IEC 62305-4

Edition 3.0 2024-09

INTERNATIONAL STANDARD

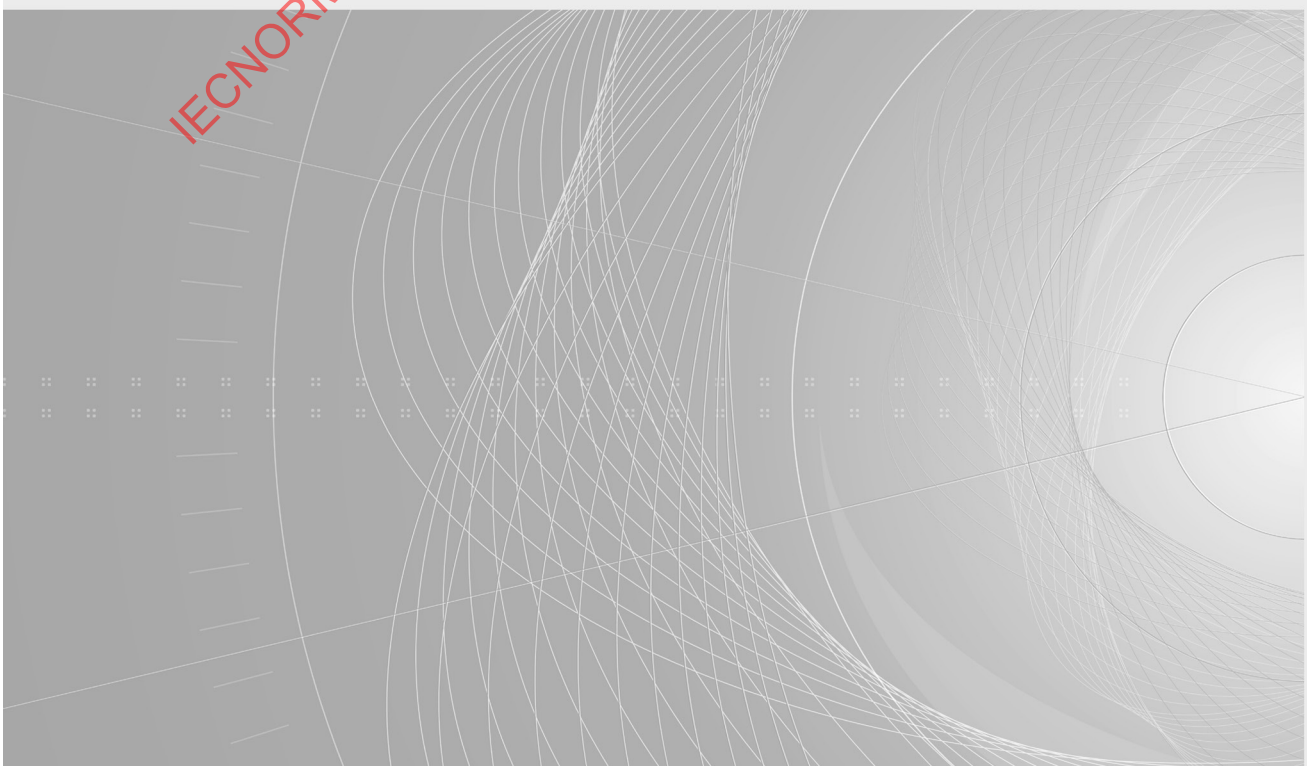
NORME INTERNATIONALE

colour inside

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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 62305-4:2024-09(en-fr)

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2024 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform
The advanced search enables 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 online and once a month by email.

IEC 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: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch
Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org
The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC
La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC
Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC - webstore.iec.ch/advsearchform
La recherche avancée permet de trouver des publications IEC 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.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished
Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch
Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org
Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

IEC 62305-4

Edition 3.0 2024-09

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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

ICS 29.020, 91.120.40

ISBN 978-2-8322-7933-5

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
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 8
INTRODUCTION 10
1 Scope 11
2 Normative references 11
3 Terms and definitions 12
4 Design and installation of SPM 16
4.1 General 16
4.2 Design of SPM 20
4.3 Lightning protection zones (LPZs) 20
4.3.1 General 20
4.3.2 Outer zones 20
4.3.3 Inner zones 21
4.4 Basic SPM 23
5 Earthing and bonding networks 24
5.1 General 24
5.2 Earth-termination system 25
5.3 Bonding network 26
5.4 Bonding bars 31
5.5 Bonding at the boundary of an LPZ 32
5.6 Material and dimensions of bonding components 32
6 Magnetic shielding and line routing 33
6.1 General 33
6.2 Spatial shielding 33
6.3 Shielding of internal lines 33
6.4 Routing of internal lines 34
6.5 Shielding of external lines 34
6.6 Material and dimensions of magnetic shields 34
7 Coordinated SPD system 34
8 Isolating interfaces 35
9 SPM management 35
9.1 General 35
9.2 SPM management plan 36
9.3 Inspection of SPM 38
9.3.1 General 38
9.3.2 Inspection procedure 38
9.3.3 Inspection documentation 39
9.4 Maintenance 39
Annex A (informative) Basis of electromagnetic environment evaluation in an LPZ 40
A.1 General 40
A.2 Damaging effects on electrical and electronic systems due to lightning 40
A.2.1 Sources of damage 40
A.2.2 Object of damage 40
A.2.3 Withstand of equipment signal ports 40
A.2.4 Withstand of equipment power ports 41
A.2.5 Relationship between the object of damage and the source of damage 42
A.3 Spatial shielding, line routing and line shielding 42

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

A.3.1 General 42
A.3.2 Grid-like spatial shields 45
A.3.3 Line routing and line shielding 47
A.4 Magnetic field inside LPZ 51
A.4.1 Approximation for the magnetic field inside LPZ 51
A.4.2 Numerical magnetic field calculation in case of direct lightning strikes 57
A.4.3 Experimental evaluation of the magnetic field due to a direct lightning strike 61
A.5 Calculation of induced voltages and currents 62
A.5.1 General 62
A.5.2 Situation inside LPZ 1 in the case of a direct lightning strike 62
A.5.3 Situation inside LPZ 1 in the case of a nearby lightning strike 65
A.5.4 Situation inside LPZ 2 and higher 66
Annex B (informative) Implementation of SPM for an existing structure 67
B.1 General 67
B.2 Checklists 67
B.3 Design of SPM for an existing structure 68
B.4 Design of basic protection measures for LPZs 70
B.4.1 Design of basic protection measures for LPZ 1 70
B.4.2 Design of basic protection measures for LPZ 2 70
B.4.3 Design of basic protection measures for LPZ 3 71
B.5 Improvement of an existing LPS using spatial shielding of LPZ 1 71
B.6 Establishment of LPZs for electrical and electronic systems 71
B.7 Protection using a bonding network 74
B.8 Protection by surge protective devices 74
B.9 Protection by isolating interfaces 75
B.10 Protection measures by line routing and shielding 75
B.11 Protection measures for externally installed equipment 77
B.11.1 General 77
B.11.2 Protection of external equipment 77
B.11.3 Protection by maintaining electrical insulation to the LPS 79
B.11.4 Reduction of overvoltages in cables 80
B.12 Improving interconnections between structures 81
B.12.1 General 81
B.12.2 Isolating lines 81
B.12.3 Metallic lines 81
B.13 Integration of new internal systems into existing structures 81
B.14 Overview of possible protection measures 82
B.14.1 Power supply 82
B.14.2 Surge protective devices 83
B.14.3 Isolating interfaces 83
B.14.4 Line routing and shielding 83
B.14.5 Spatial shielding 83
B.14.6 Bonding 83
B.15 Upgrading a power supply and cable installation inside the structure 83
Annex C (informative) Selection and installation of a coordinated SPD system 84
C.1 General 84
C.2 Selection of SPDs 85
C.2.1 Location of SPDs according to source of damage 85

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

C.2.2 Selection with regard to lightning current I 86
C.2.3 Selection with regard to voltage protection level U_p 87
C.2.4 SPD arrangements 92
C.2.5 Equipment protection by two SPDs 92
C.2.6 Equipment connected to two different services 93
C.2.7 Selection with regard to location and discharge current 93
C.2.8 Coordination of the SPD with back-up overcurrent protective device (OCPD) 96
C.3 Installation of a coordinated SPD system 97
C.3.1 General 97
C.3.2 Installation location of SPDs 97
C.3.3 Connecting conductors 98
C.3.4 Coordination of SPDs 98
C.3.5 Procedure for installation of a coordinated SPD system 98
Annex D (informative) Factors to be considered in the selection of SPDs 99
D.1 General 99
D.2 Factors determining the stress experienced by an SPD 99
D.3 Quantifying the statistical threat level to an SPD 101
D.3.1 General 101
D.3.2 Installation factors effecting current distribution 101
D.3.3 Considerations in the selection of SPD ratings: I_{imp}, [I_{max}], I_n, U_{OC} 102
Annex E (informative) Lightning current sharing using simulation modelling 104
E.1 General 104
E.1.1 Overview 104
E.1.2 Methods to determine the lightning current distribution 104
E.2 Lightning current parameters for SPDs 105
E.2.1 Lightning current parameters in accordance with IEC 62305-1 105
E.2.2 Conclusion on lightning current sharing from numerical modelling 105
E.3 Distribution of lightning currents in power supply systems 106
E.3.1 Influencing factors 106
E.3.2 Considerations in lightning current sharing using numerical modelling 108
E.4 Current distribution in structures 111
E.4.1 General 111
E.4.2 Structures with externally installed equipment and non-isolated LPS 112
E.4.3 Tall buildings 113
E.4.4 Transformer located inside a structure 114
Annex F (informative) Lightning current sharing in photovoltaic installations 115
F.1 General 115
F.2 Structures with roof-mounted PV systems 117
F.2.1 Description and assumptions 117
F.2.2 Simplified calculation for the lightning current flowing in DC conductors 117
F.3 Outside free-field power plant with a non-isolated LPS 119
F.3.1 General 119
F.3.2 Finding the lightning current flowing through the DC conductor via the SPD 120
F.3.3 Results 120
Annex G (informative) Testing system level behaviour under lightning discharge conditions 122
G.1 General 122

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

G.2 SPD discharge current test under normal service conditions 122
G.3 Induction test due to lightning currents 122
G.4 Recommended test classification of system level immunity (IEC 61000-4-5) 122
Annex H (informative) Induced voltage in the circuits protected by an SPD 124
H.1 General 124
H.2 Direct flashes to the structure (Figure H.1) 124
H.3 Flashes near the structure (Figure H.2) 125
H.4 Flashes to the service 126
Annex I (informative) Isolation interfaces using surge isolation transformers (SITs) 128
I.1 SIT for low-voltage power distribution system 128
I.2 SIT for communication systems 128
I.3 SIT surge mitigation performance (low-voltage power distribution systems) 128
Bibliography 130

Figure 1 – General principle for the division into different LPZs 17
Figure 2 – Examples of possible SPM (LEMP protection measures) 19
Figure 3 – Examples of interconnected LPZs 22
Figure 4 – Examples of extended lightning protection zones 23
Figure 5 – Example of a three-dimensional earthing system consisting of the bonding network interconnected with the earth-termination system 25
Figure 6 – Meshed earth-termination system of a plant 26
Figure 7 – Utilization of reinforcing rods of a structure as a protection measure against LEMP and for equipotential bonding 28
Figure 8 – Equipotential bonding in a structure with steel reinforcement 29
Figure 9 – Integration of conductive parts of internal systems into the bonding network 30
Figure 10 – Combinations of integration methods of conductive parts of internal systems into the bonding network 31
Figure A.1 – LEMP situation due to lightning strike to the structure 42
Figure A.2 – Simulation of the rise of the field of the subsequent stroke (0,25/100 µs) by damped 1 MHz oscillations (multiple impulses 0,2/0,5 µs) 45
Figure A.3 – Large volume shield built by metal reinforcement and metal frames 46
Figure A.4 – Volume for electrical and electronic systems inside an inner LPZ n 47
Figure A.5 – Reducing induction effects by line routing and shielding measures 48
Figure A.6 – Example of SPM for an office building 50
Figure A.7 – Evaluation of the magnetic field values in case of a direct lightning strike 51
Figure A.8 – Evaluation of the magnetic field values in case of a nearby lightning strike 53
Figure A.9 – Distance s_a depending on rolling sphere radius and structure dimensions 56
Figure A.10 – Types of structure geometries with different volume shields 58
Figure A.11 – Magnetic field strength $H_{1/MAX}$ inside a grid-like shield for the cubic structure shown in Figure A.10 [14] 59
Figure A.12 – Magnetic field strength $H_{1/MAX}$ inside a grid-like shield for the cubic structure according to mesh width 60
Figure A.13 – Low-level test to evaluate the magnetic field inside a shielded structure 61
Figure A.14 – Voltages and currents induced into a loop formed by lines 62
Figure B.1 – SPM design steps for an existing structure 70
Figure B.2 – Methods of establishing LPZs in existing structures 73

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Figure B.3 – Reduction of loop area using shielded cables close to a metal plate 76
Figure B.4 – Example of a metal plate for additional shielding 76
Figure B.5 – Protection of aerials and other external equipment 78
Figure B.6 – Separation distance maintained or not maintained 79
Figure B.7 – Inherent shielding provided by bonded ladders and pipes 80
Figure B.8 – Ideal positions for lines on a mast (cross-section of steel lattice mast) 80
Figure B.9 – Upgrading of the SPM in existing structures 82
Figure C.1 – Selection of SPDs by source of damage 86
Figure C.2 – Example of installation of an SPD to reduce the effect of SPD lead length 88
Figure C.3 – Surge voltage between live conductor and bonding bar 91
Figure C.4 – Equipment with two ports and SPDs on both services bonded to two different earthing points of a non-equipotential earthing system 93
Figure D.1 – Installation example of SPD test class I, class II and class III in a TN system 100
Figure D.2 – Basic example of different sources of damage to a structure and lightning current distribution within a system 101
Figure D.3 – Example of the simplified current distribution in a TN power distribution system 102
Figure E.1 – Approach to computer simulation used to analyse lightning current sharing 105
Figure E.2 – MEN earthing system 108
Figure E.3 – Parallel connected structures 109
Figure E.4 – Influence of lightning current flow in parallel connected structures 109
Figure E.5 – Influence of lightning current flow in star connected structures 110
Figure E.6 – Influence of other metallic conductive services on lightning current sharing 110
Figure E.7 – Influence of lightning current flow from S3 events 111
Figure E.8 – Structures with externally installed equipment and non-isolated LPS 112
Figure E.9 – Protection of internally located sub-station transformers 114
Figure F.1 – Current sharing between LPS down conductors and the internal cabling of a PV system in which the separation distance s has not been maintained 116
Figure F.2 – Protection of a roof-mounted PV system 117
Figure F.3 – Free-field PV power plant with multiple earthing and meshed earthing system 120
Figure G.1 – Example circuit of an SPD discharge current test under service conditions 123
Figure G.2 – Example circuit of an induction test due to lightning currents 123
Figure H.1 – Induced loop by a lightning current on the structure 125
Figure H.2 – Induced loop by a lightning current near the structure 125
Figure I.1 – Use of SPDs to protect windings of SIT 129

Table 1 – Minimum cross-sections for bonding components 33
Table 2 – SPM management plan for new buildings and for extensive changes in construction or use of existing buildings 37
Table A.1 – Rated impulse voltage of equipment per IEC 60364-4-44:2007, Clause 443 and IEC 60364-4-44:2007/AMD1:2015, Clause 443 41
Table A.2 – Parameters relevant to source of harm and equipment 43

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Table A.3 – Examples for $I_{0/MAX}$ = 100 kA and w_m = 2 m 53
Table A.4 – Attenuation of the magnetic field of grid-like spatial shields for a plane wave 54
Table A.5 – Rolling sphere radius corresponding to maximum lightning current 56
Table A.6 – Examples for $I_{0/MAX}$ = 100 kA and w_m = 2 m corresponding to SF = 12,6 dB 57
Table B.1 – Structural characteristics and surroundings 67
Table B.2 – Installation characteristics 68
Table B.3 – Equipment characteristics 68
Table B.4 – Other questions to be considered for the protection concept 68
Table B.5 – Type of LPS 68
Table C.1 – Required rated impulse voltage of equipment 87
Table C.2 – Connection of the SPD dependent on supply system 94
Table C.3 – Selection of impulse discharge current (I_{imp}) where the building is protected against direct lightning strike (S1) based on simplified rules 95
Table C.4 – Nominal discharge current (I_n) in kA depending on supply system and connection type 95
Table C.5 – Selection of impulse discharge current (I_{imp}) where the building is protected from direct strikes to the line (S3) 96
Table D.1 – Preferred values of I_{imp} 99
Table E.1 – General trends associated with protection installations for different power distribution systems 107
Table F.1 – Simplified calculated values of I_{imp} ($I_{10/350}$) and I_n ($I_{8/20}$) for voltage-limiting SPDs on the DC side of a PV installation mounted on the roof of a building with an external LPS if the separation distance is not maintained (see Figure F.1) 118
Table F.2 – Simplified calculated values of I_{imp} ($I_{10/350}$) for voltage switching SPDs on the DC side of a PV installation mounted on the roof of a building with an external LPS if the separation distance is not maintained (see Figure F.1) 119
Table F.3 – Simplified calculated values of $I_{10/350}$ and $I_{8/20}$ for SPDs intended to be used in free-field PV power plants with multiple earthing and a meshed earthing system based on Figure F.3 121
Table H.1 – Flashes near the structure: induced voltage per square metre q as a function of LPL 126
Table H.2 – Values of k_c 127
Table H.3 – Values of k_{S1} and k_{S2} for some copper shields 127

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at https://patents.iec.ch. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

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

a) addition of new informative Annex E and Annex F on the determination of current sharing using modelling and current sharing in PV installations respectively;
b) addition of a new informative Annex G on methods of testing of system level behaviour;
c) addition of a new informative Annex H on induced voltages in SPD-protected installations.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
81/733/FDIS	81/752/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

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

The following differing practices of a less permanent nature exist in the countries indicated below.

1) Subclause 5.6: In Japan, the minimum values of the cross-section are reduced from:
   - 16 mm^2 to 14 mm^2 for copper and 25 mm^2 to 22 mm^2 for aluminium, for bonding conductors connecting different bonding bars and conductors connecting the bars to the earth-termination system;
   - 6 mm^2 to 5 mm^2 for copper, 10 mm^2 to 8 mm^2 for aluminium and 16 mm^2 to 14 mm^2 for steel, for bonding conductors connecting internal metal installations to the bonding bars;
   - 16 mm^2 to 14 mm^2, 6 mm^2 to 5 mm^2 and 2,5 mm^2 to 2 mm^2 for copper, for earthing conductors to the SPD, conductors connecting SPDs and overcurrent protective devices to live conductors.
2) Subclause E.3.2.3: In South Africa SANS 10142-1:2020, Clause 6.1.6 [1][1] states that 'The neutral conductor shall not be connected direct to earth or to the earth continuity conductor on the load side of the point of control'.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

[1] Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

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 can be enough to cause damage to sensitive electronic equipment in electrical and electronic systems within a structure, 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 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.

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 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:

– conducted and induced surges transmitted to equipment via connecting wiring;
– 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, tripping of circuit breakers, blowing of fuses.

NOTE 2 Further information about the protection against switching overvoltages created within structures can be found in IEC 60364-4-43 [2], IEC 60364-5-53 and IEC 61643-12.

Coupling can arise from different mechanisms, namely:

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

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, or its natural components, in accordance with IEC 62305-3 or in an external spatial shield in accordance with this document).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

PROTECTION AGAINST LIGHTNING –

Part 4: Electrical and electronic systems within structures

1 Scope

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

This document does not cover protection against electromagnetic interference due to lightning, which can 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 [3] and in the IEC 61000 series [4].

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

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

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60364-5-53:2019, *Low-voltage electrical installations – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Devices for protection for safety, isolation, switching, control and monitoring*

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

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

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

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

IEC 61643-11:2011, *Low-voltage surge protective devices– Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Requirements and test methods*

IEC 61643-12:2020, *Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Selection and application principles*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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 61643-31, *Low-voltage surge protective devices – Part 31: Requirements and test methods for SPDs for photovoltaic installations*

IEC 61643-32:2017, *Low-voltage surge protective devices – Part 32: Surge protective devices connected to the d.c. side of photovoltaic installations – Selection and application principles*

IEC 62305-1:2024, *Protection against lightning – Part 1: General principles*

IEC 62305-2:2024, *Protection against lightning – Part 2: Risk management*

IEC 62305-3:2024, *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*

IEC 62561 (all parts), *Lightning protection system components (LPSC)*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62305-1, IEC 62305-2 and IEC 62305-3 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminology databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at https://www.electropedia.org/
- ISO Online browsing platform: available at https://www.iso.org/obp

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 of a structure

Note 1 to entry: Internal systems may for example be located on the roof of the structure provided they are connected internally to the structure.

3.4
lightning protection system
LPS
complete system used to reduce physical damage due to lightning flashes to a structure

Note 1 to entry: The LPS consists of both external and internal lightning protection systems but not measures taken to protect internal systems against the effects of LEMP.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

3.5
lightning electromagnetic impulse
LEMP
electromagnetic effects of lightning current via resistive, inductive and capacitive coupling which create surges and electromagnetic fields

3.6
surge
transient in lines and equipment, created by LEMP, that appears either as an overvoltage or overcurrent or both

3.7
rated impulse voltage
U_W
impulse withstand voltage value assigned by the manufacturer to the equipment or to a part of it, characterizing the specified withstand capability of its insulation against overvoltages

Note 1 to entry: For the purposes of this document, only withstand voltage between live conductors and earth is considered.

Note 2 to entry: In IEC 60664-1, "rated impulse voltage" is called "rated impulse withstand voltage", U_{imp}.

3.8
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 1 to entry: A lightning protection level is used to design protection measures according to the relevant set of lightning current parameters.

3.9
lightning protection zone
LPZ
zone where the lightning electromagnetic environment is defined

Note 1 to entry: The zone boundaries of an LPZ are not necessarily physical boundaries (e.g. walls, floor and ceiling).

3.10
surge protection measures
SPM
measures taken to protect internal systems against the effects of lightning electromagnetic impulses (LEMP)

Note 1 to entry: Surge protection measures are part of the overall lightning protection.

3.11
separation distance
s
necessary distance between a conductor carrying partial lightning current and other conductive parts to avoid dangerous sparking

3.12
safety distance
d_s
necessary distance between the internal systems and the shield of the LPZ, at which the shielding effect of the LPZ against the influence of the magnetic field is valid

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

3.13
grid-like spatial shield
magnetic shield characterized by openings

Note 1 to entry: For a building or a room, the grid-like spatial shield is preferably built by interconnected natural metal components of the structure (e.g. rods of reinforcement in concrete, metal frames and metal supports).

3.14
earth-termination system
part of an external LPS which is intended to conduct and disperse lightning current into the earth

3.15
bonding
joining of metallic parts to form an electrically conductive path to ensure equipotentialization, electrical continuity and the capacity to conduct current imposed between the metallic parts

3.16
bonding network
interconnecting network of all conductive parts of the structure and of internal systems (live conductors excluded) to the earth-termination system

3.17
earthing system
complete system combining the earth-termination system and the bonding network

3.18
surge protective device
SPD
device intended to limit transient overvoltages and divert surge currents and that contains at least one non-linear component

Note 1 to entry: An SPD is a complete assembly having appropriate connecting means.

3.19
SPD assembly
one SPD or a set of SPDs, in both cases including all SPD disconnectors required by the SPD manufacturer, providing the required overvoltage protection for a type of system earthing

[SOURCE IEC 60364-5-53: 2019, 530.3.8]

3.20
impulse discharge current for class I test
I_{imp}
crest value of a discharge current through the SPD with specified charge transfer Q and specified energy W/R in the specified time

3.21
nominal discharge current for class II test
I_n
crest value of the current through the SPD having a current waveshape of 8/20

Note 1 to entry: For the definition of waveshape 8/20 see IEC 62475 [5].

3.22
SPD current
I_{SPD}
expected surge current at the SPD's point of installation

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

3.23
SPD tested with a combination wave
SPD that withstands induced surge currents with a typical waveform 8/20 and requires a corresponding combination wave short-circuit current I_{CW}

Note 1 to entry: For power lines a suitable combination wave test is defined in the Class III test procedure of IEC 61643-11 defining the open circuit voltage U_{OC} 1,2/50 and the combination wave short-circuit current I_{CW} 8/20 of a 2 Ω combination wave generator.

Note 2 to entry: For the definition of waveshape 1,2/50 see the IEC 60060 series [6].

3.24
voltage-switching 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 to entry: Common examples of components used in voltage switching SPDs are spark gaps, gas tubes and thyristors. These are sometimes called "crowbar type" components.

3.25
voltage-limiting 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 to entry: Common examples of components used in voltage-limiting SPDs are varistors and avalanche breakdown diodes. These are sometimes called "clamping type" components.

3.26
combination SPD
SPD that incorporates both voltage switching components and voltage limiting components

Note 1 to entry: The SPD can exhibit voltage switching, limiting or both.

3.27
one-port SPD
SPD having no intended series impedance

Note 1 to entry: A one-port SPD may have separate input and output connections.

3.28
two-port SPD
SPD having a specific series impedance connected between separate input and output connections

3.29
coordinated SPD system
SPDs properly selected, coordinated and installed to form a system intended to reduce failures of electrical and electronic systems

3.30
equipotential bonding SPD
SPD intended to provide an equipotential between two points, where these points cannot be interconnected directly, for example between an external line entering a structure and the LPS earthing system

3.31
isolating interface
device which can reduce conducted surges on lines entering the LPZ

Note 1 to entry: Isolating interfaces include isolation transformers with earthed screen between windings, metal-free fibre optic cables and opto-isolators.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Note 2 to entry: The insulation withstand characteristics of isolating interfaces are suitable for this application intrinsically or via SPDs.

3.32
overcurrent protective device
OCPD
device intended to permanently disconnect downstream equipment in the event of excess overcurrent

Note 1 to entry: The disconnecting device is required to have isolating capability for safety purposes.

3.33
voltage protection level
U_p
maximum voltage to be expected at the SPD terminals due to an impulse stress with defined voltage steepness and an impulse stress with a discharge current with given amplitude and waveshape

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.14, modified – The note has been deleted.]

3.34
effective voltage protection level
$U_{p/f}$
protection level resulting from the SPD assembly and the wiring to the point of installation

4 Design and installation of SPM

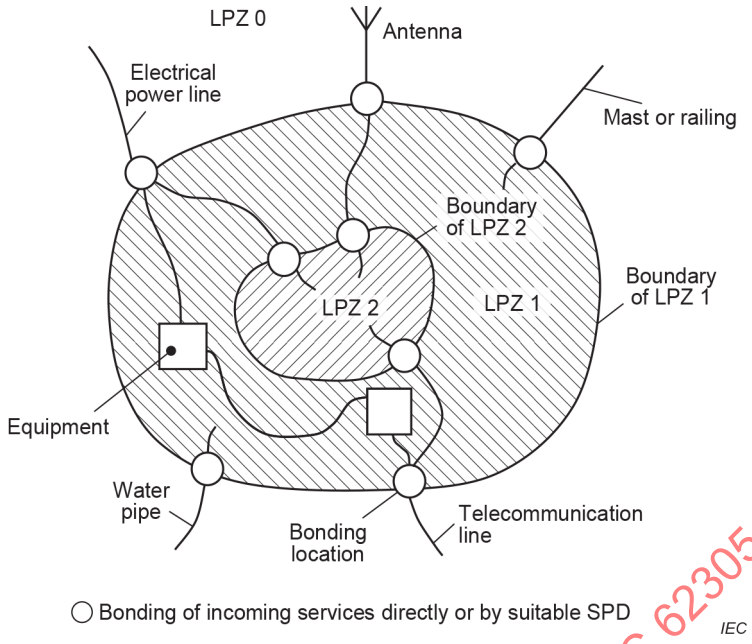
4.1 General

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

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 an assigned part of the 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).

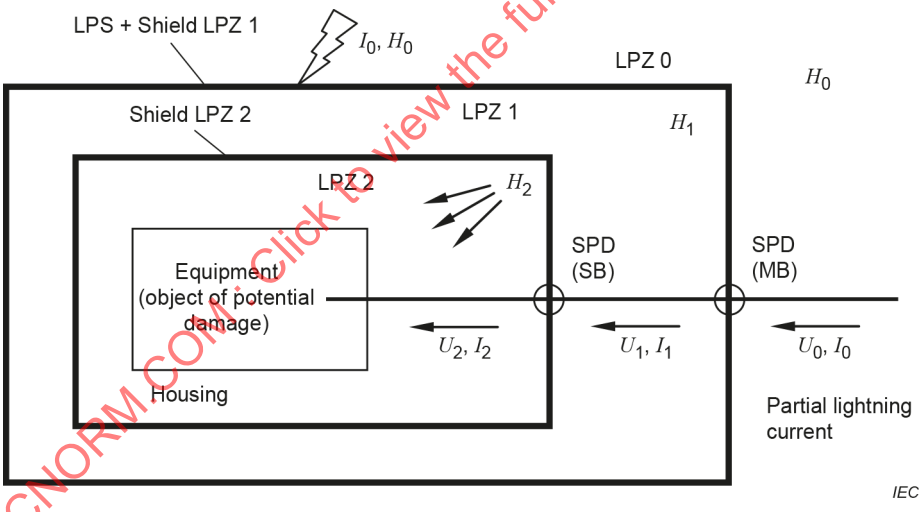
The design of SPM is recommended to be carried out by experts in lightning and surge protection who possess a broad knowledge of EMC and installation practices.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



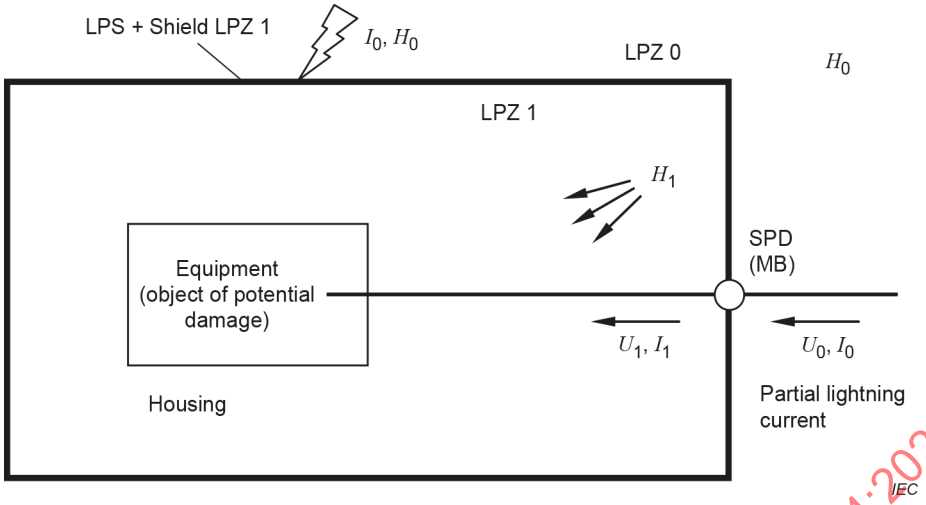
NOTE This Figure 1 shows an example of dividing a structure into inner LPZs. All metal services entering the structure are bonded via bonding bars at the boundary of LPZ 1. In addition, the conductive services entering LPZ 2 (e.g. computer room) are bonded via bonding bars at the boundary of LPZ 2.

Figure 1 – General principle for the division into different LPZs

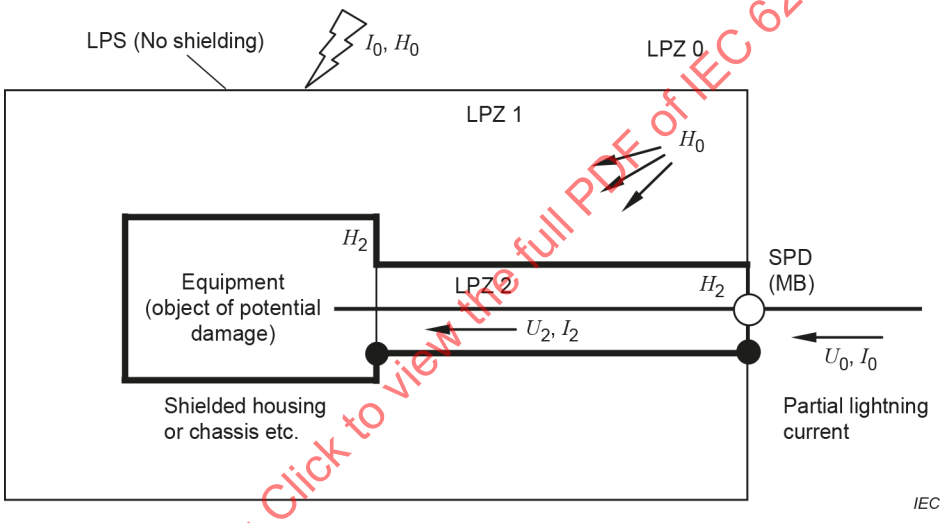


a) SPM using spatial shields and a coordinated SPD system – Equipment well protected against conducted surges (U_2 << U_0 and I_2 << I_0) and against radiated magnetic fields (H_2 << H_0)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

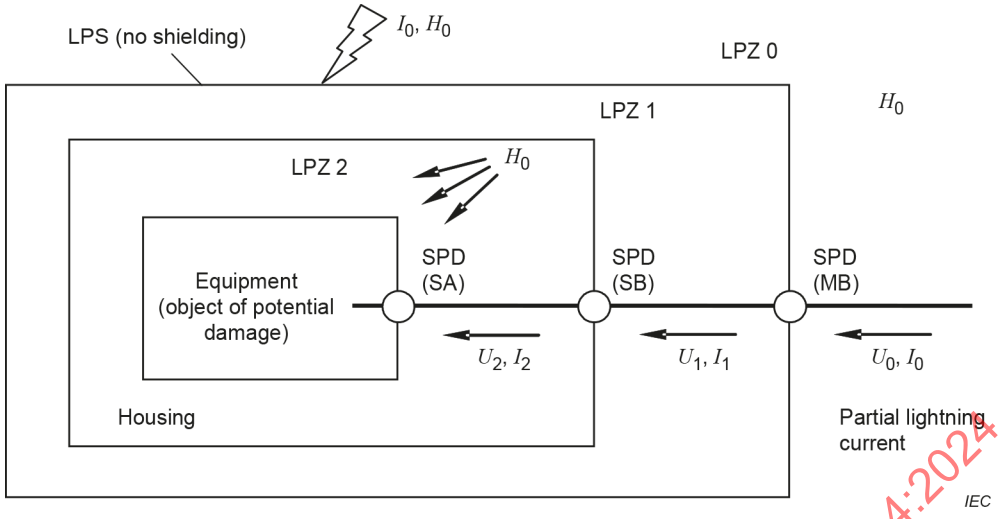


b) SPM using spatial shield of LPZ 1 and SPD protection at entry of LPZ 1 – Equipment protected against conducted surges ($U_1 < U_0$ and $I_1 < I_0$) and against radiated magnetic fields ($H_1 < H_0$)



c) SPM using internal line shielding and SPD protection at entry of LPZ 1 – Equipment protected against conducted surges ($U_2 << U_0$ and $I_2 << I_0$) and against radiated magnetic fields ($H_2 << H_0$)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



d) SPM using a coordinated SPD system only – Equipment protected against conducted surges (U_2 << U_0 and I_2 << I_0), but not against radiated magnetic field (H_0)

Key

▬▬	shielded boundary
▬ ▬	non-shielded boundary
●	bonding of shield to the earthing network
○	bonding of incoming services directly or by suitable SPD

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 or equipment SA).

NOTE 2 For additional installation rules refer to 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 the equipment itself.

For protection against the effects of radiated electromagnetic fields impinging directly onto the equipment, SPM consisting of spatial shields (such as a shielded equipment enclosure) or shielded lines, or both, should be used. The shielded lines should have their shield earthed at both ends, either through direct connection or indirectly at one end using a device such as a gas discharge tube (GDT) or an isolating spark gap (ISG).

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 are usually considered to be sufficient to protect such equipment against the effects of LEMP.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

The equipment's withstand level against radiated magnetic fields shall be selected in accordance with IEC 61000-4-9 and IEC 61000-4-10.

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

NOTE For explosive environments (Ex), SPDs can be subject to special approvals from nationally recognized authorities.

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, 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 2 a)). 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 2 b)).

NOTE 1 The protection will not be sufficient if the magnetic field remains too high (due to the 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 2 c)). To achieve a lower threat level (in one step from LPZ 0 to LPZ 2), a special SPD can 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 that is insensitive to radiated magnetic fields, since the SPDs will only provide protection against conducted surges (see Figure 2 d)). A lower threat surge level can be achieved using coordinated SPDs.

NOTE 2 An LPS in accordance with IEC 62305-3 that employs only equipotential bonding SPDs, provides no effective or only limited protection against failure of sensitive electrical and electronic systems. The LPS can be improved by reducing the mesh dimensions and selecting suitable SPDs, to make it an effective component of the SPM.

4.3 Lightning protection zones (LPZs)

4.3.1 General

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

4.3.2 Outer zones

LPZ 0 Zone where the threat is due to the unattenuated lightning electromagnetic field and where the internal systems can 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 can 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 can be subjected to partial lightning surge currents.

NOTE If an isolated LPS is used, SPDs at the service entrance can be subjected to the full or partial lightning surge current, but the internal systems are stressed only by the induced lightning current effects.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

4.3.3 Inner zones

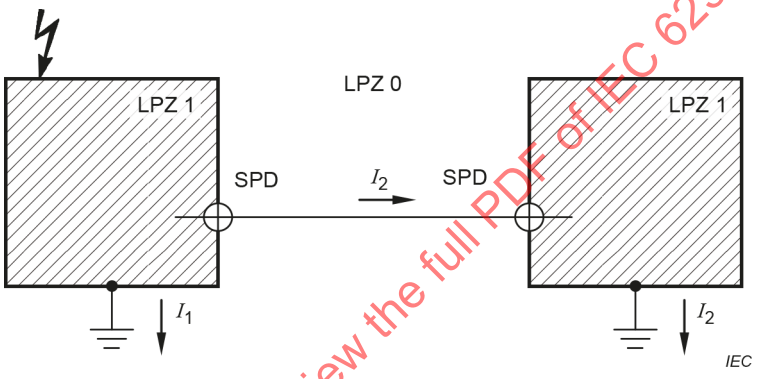
LPZ 1 Zone where the surge current is limited by current sharing and isolating interfaces and/or by SPDs at the boundary. Spatial shielding can attenuate the lightning electromagnetic field.

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

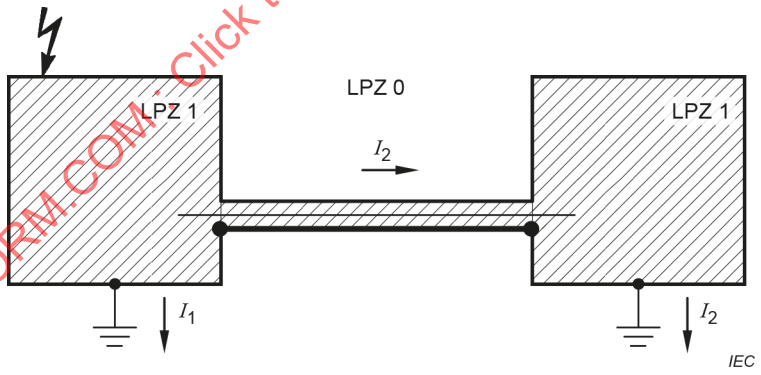
The LPZs are implemented by the installation of the SPM, e.g. installation of a coordinated SPD system or magnetic shielding or both (see Figure 2). Depending on the number, type and withstand level of the equipment to be protected, suitable LPZs can be defined. These may include small local zones (e.g.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

Interconnection of LPZs of the same order can be necessary if either two separate structures are connected by electrical or signal lines [7], or the number of required SPDs is to be reduced (see Figure 3).

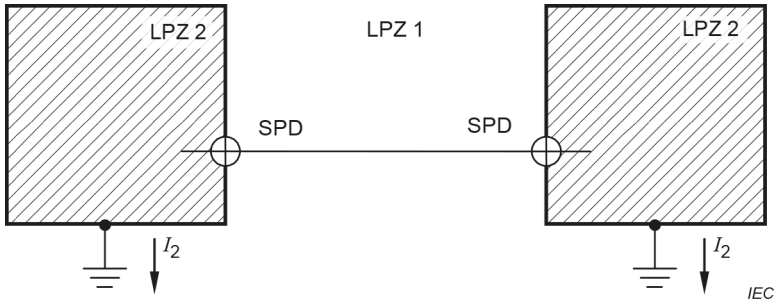
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



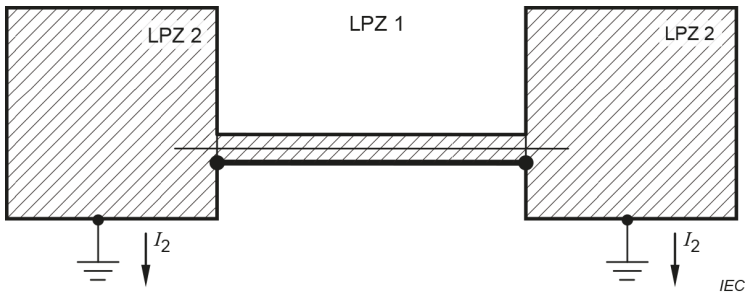
a) Interconnecting two LPZ 1 using SPDs



b) Interconnecting two LPZ 1 using shielded cables or shielded cable ducts.



c) Interconnecting two LPZ 2 using SPDs



d) Interconnecting two LPZ 2 using shielded cables or shielded cable ducts

Key

I_1, I_2 partial lightning currents

Figure 3 a) shows two LPZ 1 connected by electrical, or signal lines. 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.

Figure 3 b) shows that this problem can be solved using shielded cables or shielded cable ducts with the shield earthed at both ends, and 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, no direct strike can occur on the shielded cable and both structures are protected by an LPS at the same level of protection.

Figure 3 c) 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.

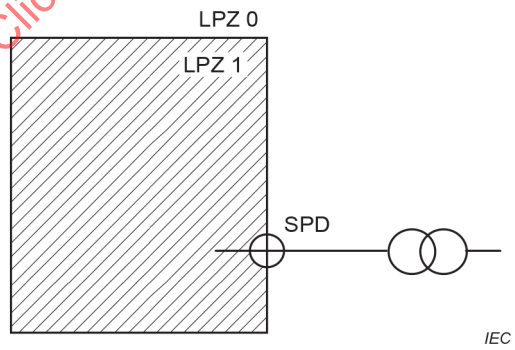
Figure 3 d) shows that such interference can be avoided and the SPDs can be omitted, if shielded cables or shielded cable ducts with earthing of the shield at both ends, are used to interconnect both LPZ 2.

Figure 3 – Examples of interconnected LPZs

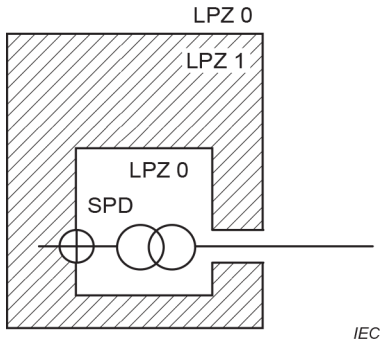
Extending an LPZ into another LPZ can be needed in special cases or can be used to reduce the number of required SPDs (see Figure 4).

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

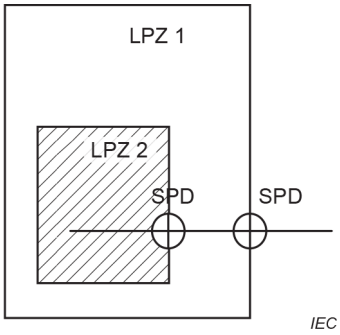
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



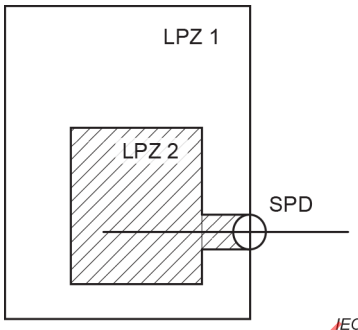
a) Transformer outside the structure (within LPZ 0)



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



c) Two coordinated SPDs needed (one SPD between zones 0/1 and one SPD between zones 1/2)



d) Only one SPD needed (between zones 0/2)

Figure 4 a) 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 4 b) shows the transformer placed inside the structure without an SPD on the HV side (since the owner of the building is often not permitted to adopt protection measures on the high-voltage side). In such a situation, 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 4 c) shows an LPZ 2 supplied by a power or signal line. This line needs two coordinated SPDs: one at the boundary of LPZ 0/1, the other at the boundary of LPZ 1/2.

Figure 4 d) 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, with the shield earthed at both ends. However, this SPD will reduce the threat immediately to the level of LPZ 2.

Figure 4 – Examples of extended lightning protection zones

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

4.4 Basic SPM

Basic protection measures against LEMP include:

a) Earthing and bonding network (see Clause 5)

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

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

b) 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 (with earthing of the shield at both ends), minimizes internally induced surges.

Appropriate 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 (with earthing of the shield at both ends) entering the structure reduces surges from being conducted onto the internal systems.

c) Coordinated SPD system (see Clause 7)

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

d) Isolating interfaces (see Clause 8)

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

Earthing and bonding shall always be ensured. Conductive services shall be bonded to earth at the point of entry to the structure, either directly or via an equipotential bonding SPD.

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 carried out using a risk assessment in accordance with IEC 62305-2, considering technical and economic factors.

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

Lightning equipotential bonding (EB) in accordance with IEC 62305-3 will protect against dangerous sparking only. Protection of internal systems against surges requires SPM in accordance with this document.

NOTE 2 Further information on the implementation of SPM can be found in IEC 60364-4-44 [3].

NOTE 3 Isolating interfaces do not limit the effects of surges which enter the structure via induced effects.

e) Use of thunderstorm warning system (TWS)

IEC 62305-1:2024, 7.1 indicates that provisions activated by means of a TWS compliant with IEC 62793 [8], can be used as a protection measure to disconnect external services, thereby reducing the frequency of damage to electrical and electronic systems.

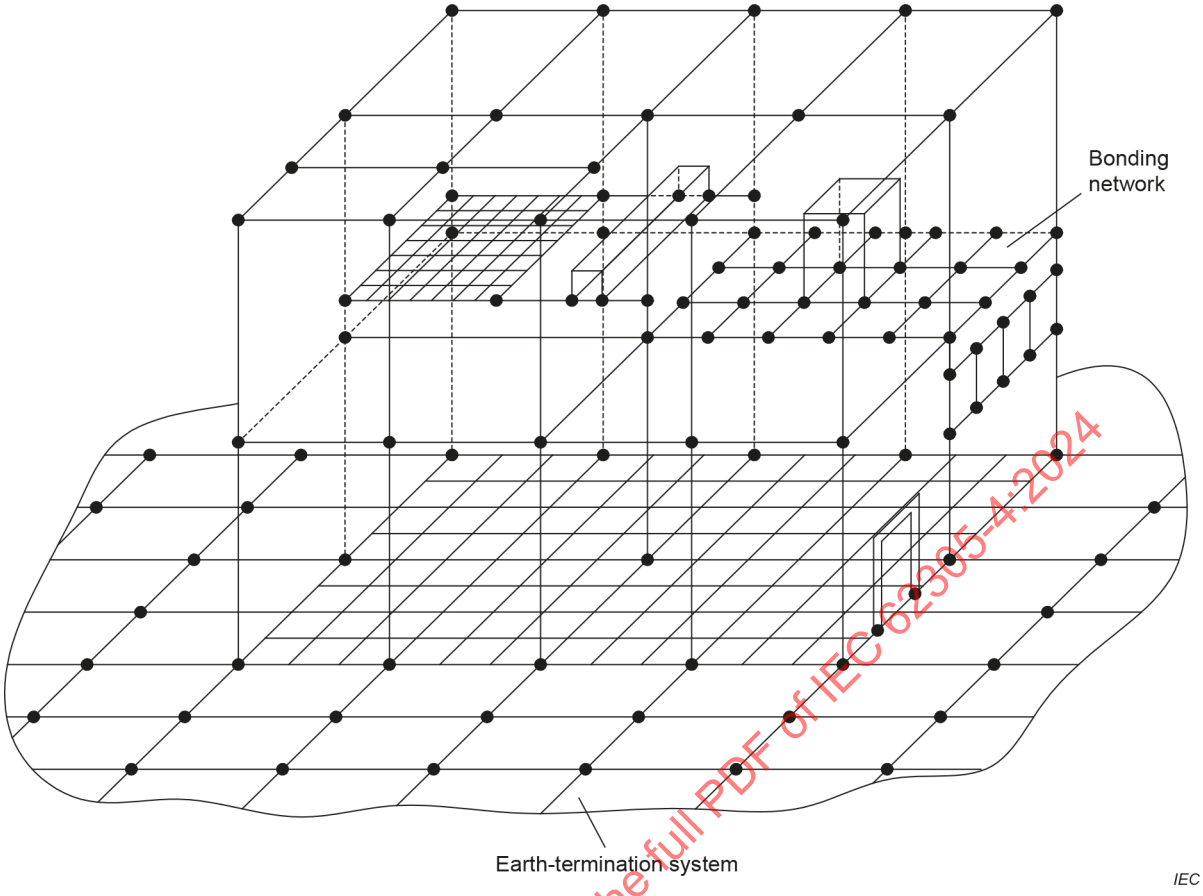
5 Earthing and bonding networks

5.1 General

Suitable earthing and bonding networks 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).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



NOTE All drawn conductors are either bonded structural metal elements or bonding conductors. Some of them can 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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

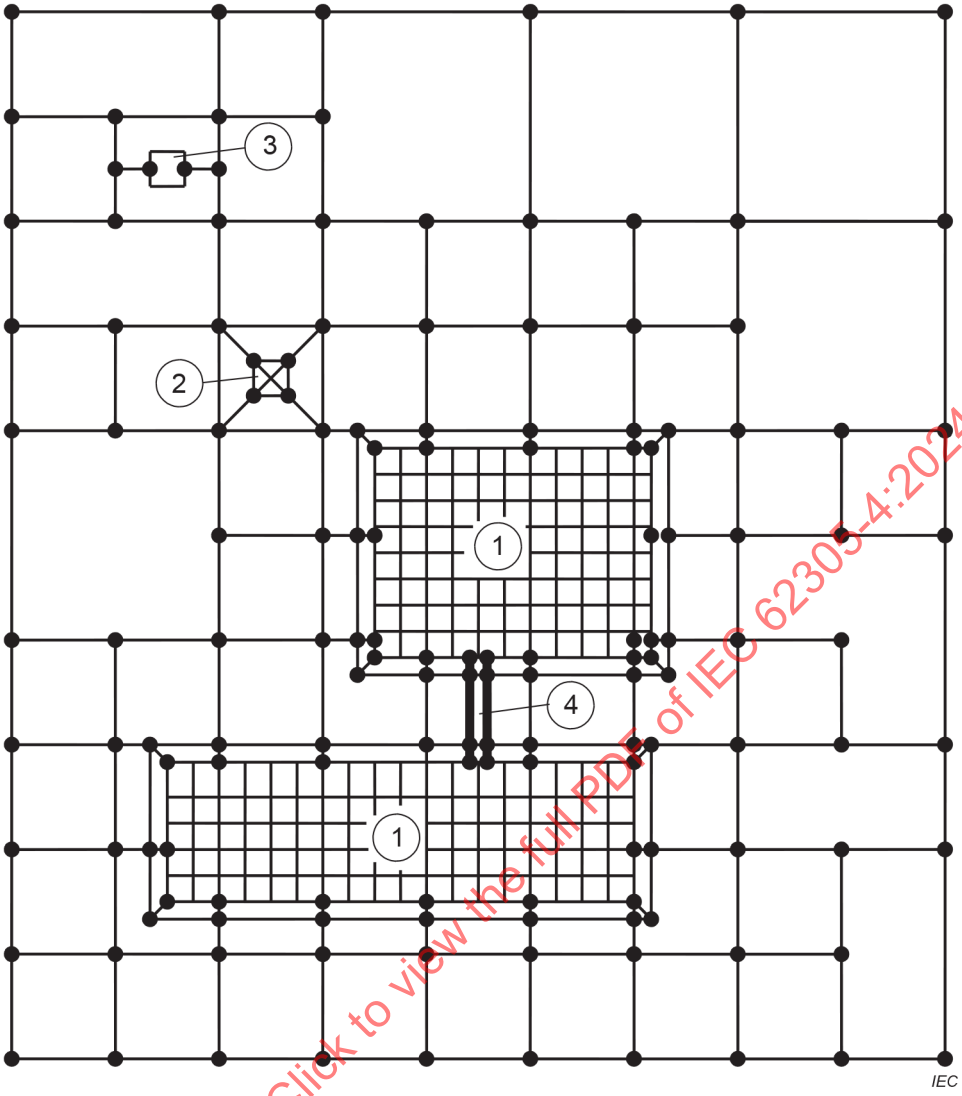
5.2 Earth-termination system

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.

The earth-termination system may be improved by installing an additional earth point close to the connection point with the power utility. A lower earth impedance will result in lower lightning currents entering the installation. In reinforced concrete or metal structures, the foundation reinforcement may be bonded to the earth-termination system to help reduce the impedance to earth.

From the viewpoint of lightning and surge protection, a single integrated earthing system (rather than separate ones for lightning protection, SPDs, power and telecommunications) is essential (see IEC 62305-3:2024 D.6.2.2).



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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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 earth-termination systems;

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

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 realized 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.

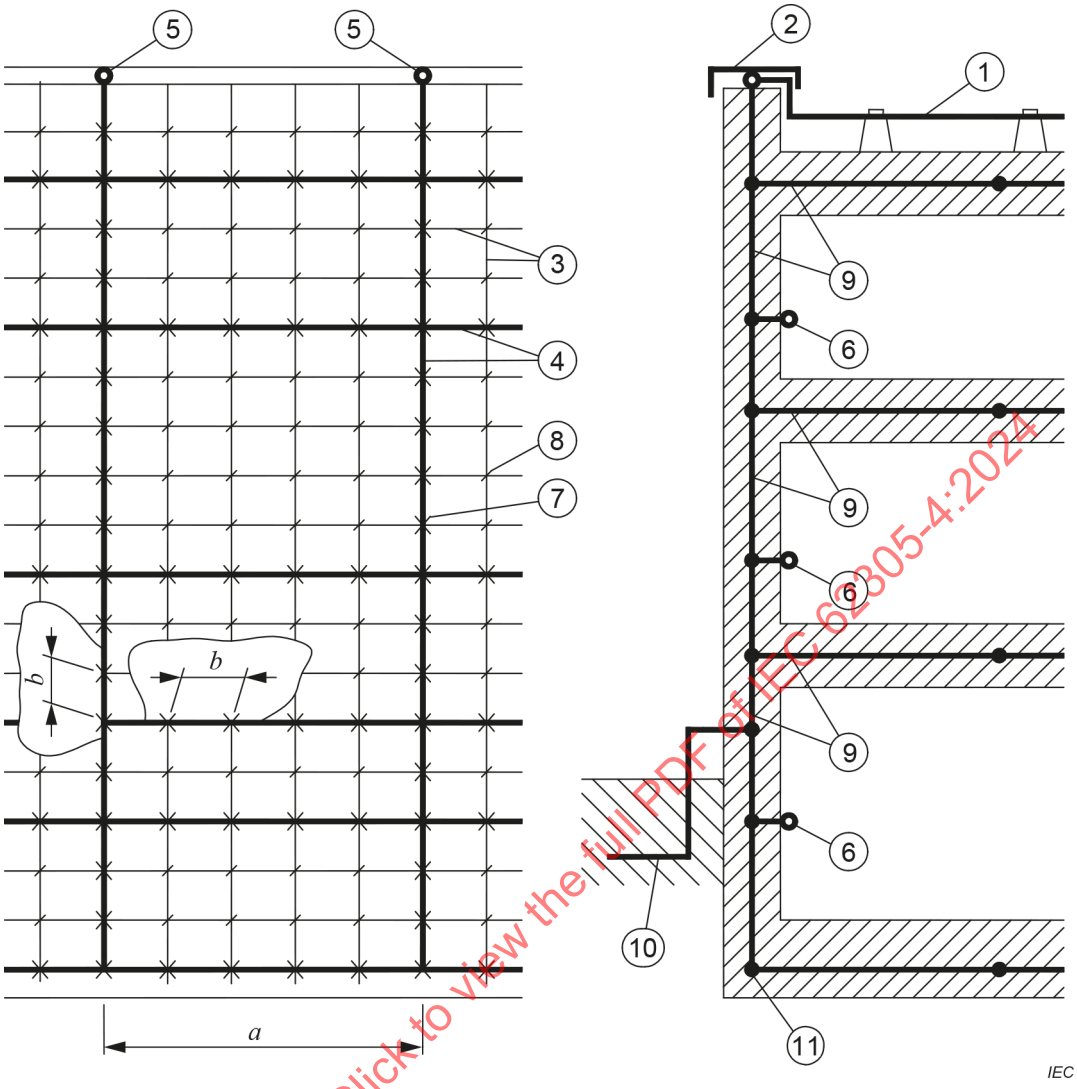
The bonding network can be arranged as a three-dimensional meshed structure with a typical mesh width of 5 m (see Figure 5). This requires multiple interconnections of metal components in and on the structure (such as concrete reinforcement, elevator rails, cranes, metal roofs, metal facades, metal frames 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 Figure 7 and Figure 8.

Maintaining the separation distance between the LPS air-termination system and the conductive parts of the structure (see IEC 62305-3:2024, 6.3), results in reduction of the current flowing in these conductive parts. Additionally, electromagnetic interference inside the structure is also reduced.

A good current sharing around the structure due to the use of multiple down conductors, generally leads to lower magnetic fields.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



Key

1 air-termination conductor

2 metal covering of the roof parapet

3 steel reinforcing rods

4 mesh conductors superimposed on the reinforcement

5 joints of the mesh conductor

6 joints for an internal bonding bar

7 connections made by welding or clamping

8 arbitrary connections

9 steel reinforcement in concrete (with superimposed mesh conductors)

10 ring earthing electrodes (if any)

11 foundation earthing electrodes

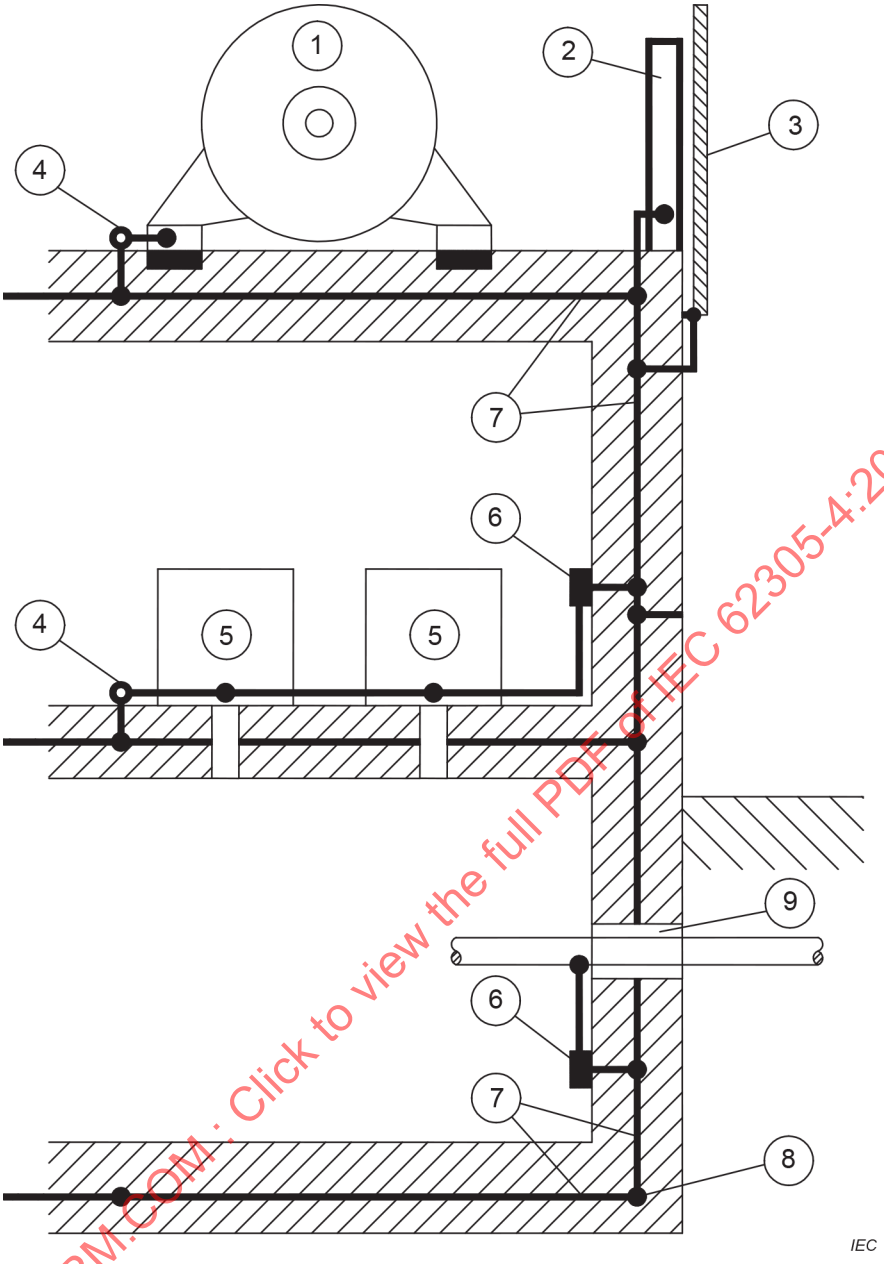
a typical distance of 5 m for superimposed mesh conductors

b typical distance of 1 m or 2 m between interconnections of the mesh (4) to the reinforcement

For structures with sensitive electrical and electronic equipment a more detailed analysis for the mesh width is required.

Figure 7 – Utilization of reinforcing rods of a structure as a protection measure against LEMP and for equipotential bonding

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



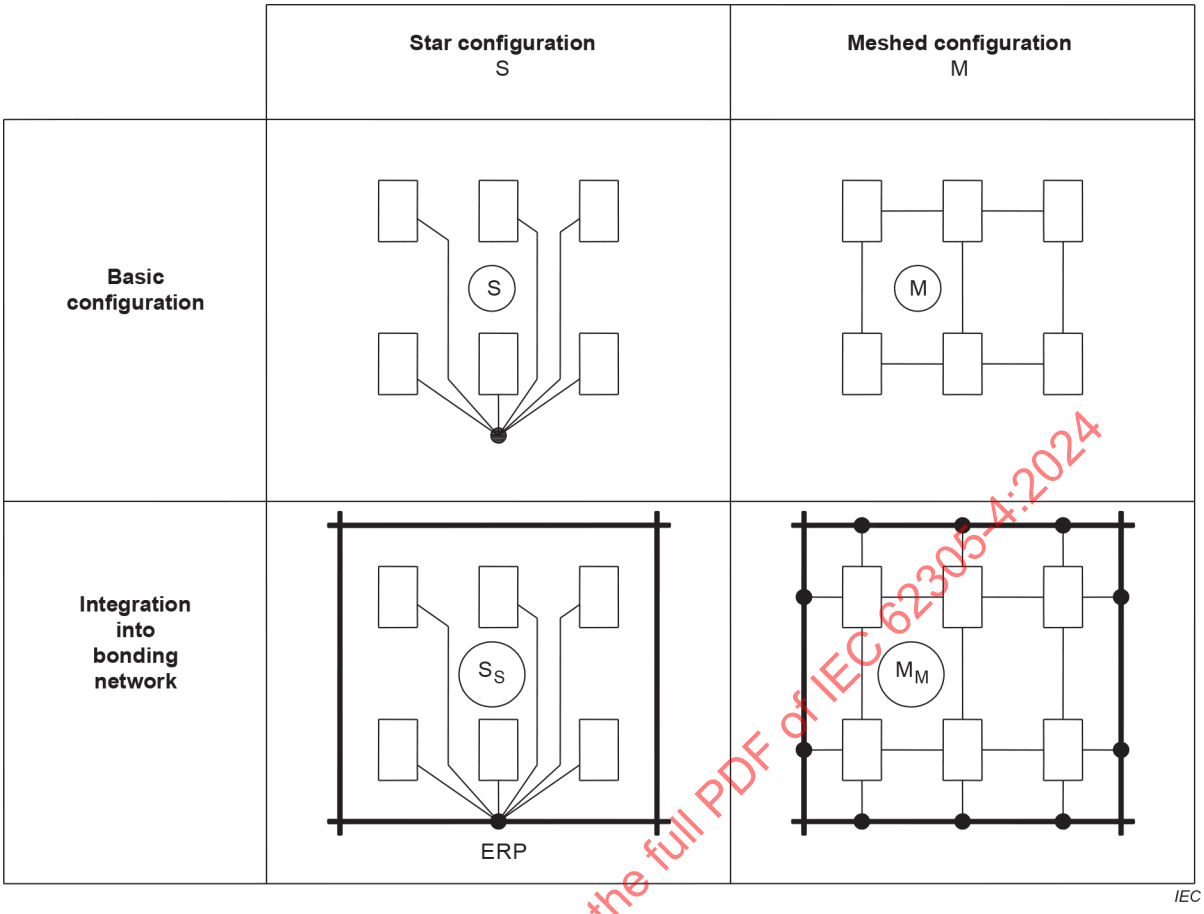
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Key

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

Figure 8 – Equipotential bonding in a structure with steel reinforcement

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):



Key

▬▬	bonding network
———	bonding conductor
▯	equipment
•	bonding point to the bonding network
ERP	earthing reference point
S_S	star point configuration integrated via earthing reference point
M_M	meshed configuration integrated by mesh

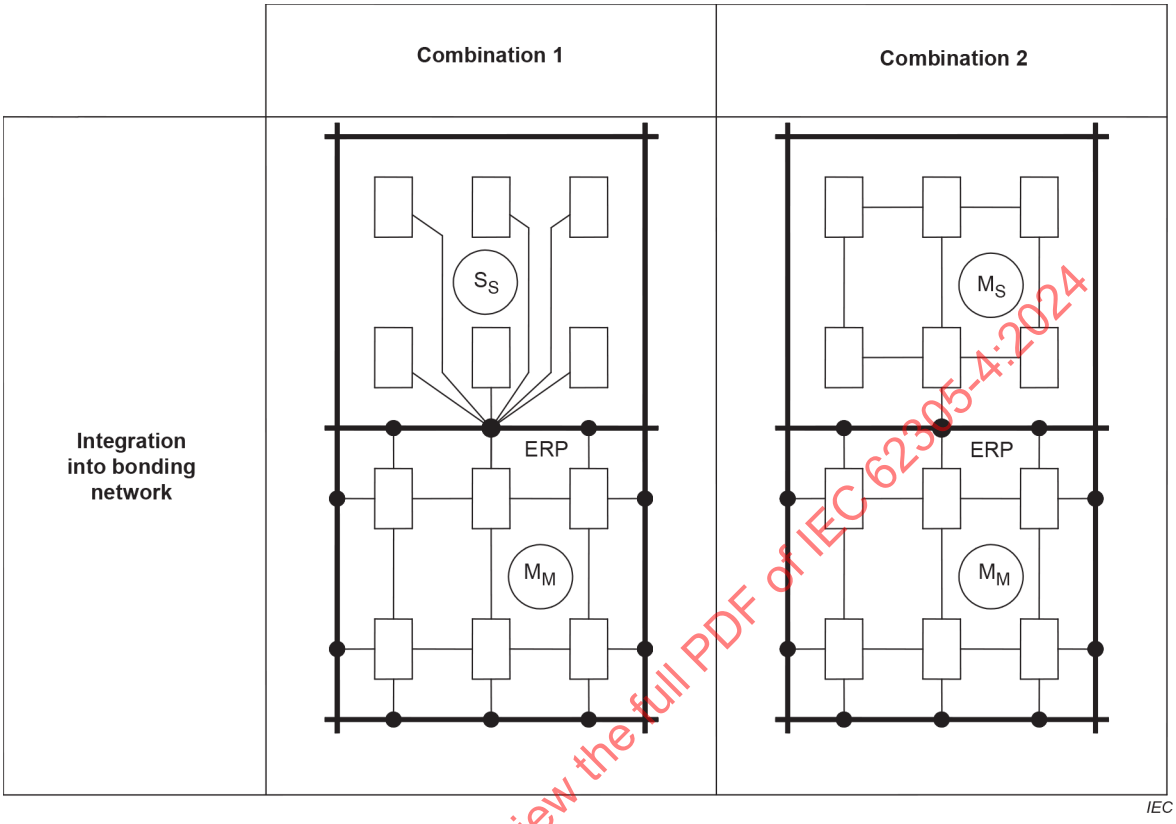
Figure 9 – Integration of conductive parts of internal systems into the bonding network

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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 to avoid induction loops. Configuration S can be used where internal systems are in relatively small zones and all lines enter the zone at one point only.

If configuration M is used, the metal components (e.g. cabinets, enclosures, racks) of the internal systems shall not 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 over a whole structure, or where many lines run between the individual pieces of equipment and enter the structure at several points.

In complex systems, the advantages of both configurations (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).



Key

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

5.4 Bonding bars

Bonding bars shall be installed for bonding of:

– 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 with earthing of the shield at both ends.

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.

Bonding of services entering LPZ 1 should be discussed with the service network providers involved (e.g. electrical power or telecommunication authorities), because there can 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 interconnected. To realize 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 LPZs 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 and the IEC 62561 series. 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Table 1 – Minimum cross-sections for bonding components

Bonding component		Material[a]	Cross-section[b] mm^2
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 Al Fe	16 25 50
Connecting conductors from internal metal installations to bonding bars (carrying a partial lightning current)		Cu Al Fe	6 10 16
Earthing conductors to the SPD[c]	SPD tested to Class I SPD tested to Class II SPD tested to Class III Other SPDs[d]	Cu	16 6 1,5 1
Conductors connecting SPDs and the overcurrent protective devices to live conductors[c]	SPD tested to Class I SPD tested to Class II SPD tested to Class III Other SPDs[d]	Cu	6 2,5 1,5 1

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

[b] In some countries, smaller conductor sizes may be used provided they fulfil the thermal and mechanical requirements – see IEC 62305-1:2024, Annex D.

[c] For SPDs used in power applications, the conductors shall be dimensioned according to IEC 60364-5-53 and IEC 61643-12.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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 can cover the whole structure, a part of it, a single room, or the equipment enclosure only. These can 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 can 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 either routing the cables close to natural components of the structure which have been earthed or by routing electrical and signal lines together or both.

NOTE Some distance between power lines and unshielded signal lines can 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, or down conductors, or both. In particular:

– minimum thickness of sheet metal parts, metal ducts, piping and cable shields shall comply with IEC 62305-3:2024, Table 3;

– layouts of grid-like spatial shields and the minimum cross-section of their conductors, shall comply with IEC 62305-3:2024, Table 7.

The dimensions of electro-magnetic shields not intended to carry lightning currents are not required to conform to IEC 62305-3:2024, Table 3 and IEC 62561-2, Table 3:

– at the boundary of LPZs 1/2 or higher, provided that the separation distance s between magnetic shields and the LPS is fulfilled (see IEC 62305-3:2024, 6.3);

– at the boundary of any LPZ, if the number of dangerous events N_D due to lightning flashes to the structure are 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 a coordinated SPD system for both power and signal lines.

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 SPDs shall comply with:

– IEC 61643-11 for power systems;

– IEC 61643-21 for telecommunication and signalling systems;

– IEC 61643-31 for PV systems.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Information on the selection and installation of a coordinated SPD system are reported in Annex C. The selection and installation of a coordinated SPD system shall comply with:

– IEC 61643-12 and IEC 60364-5-53 for protection of power systems;
– IEC 61643-22 for protection of telecommunications and signalling systems;
– IEC 61643-32 for PV 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 document and IEC 62305-1:2024, Annex E. For photovoltaic installations see Annex D of this document.

Information and guidelines on how to analyse, or test the coordination of SPDs, are provided in IEC 61643-12:2020, Annex F.

Information on lightning current sharing in photovoltaic installations is provided in Annex F.

Information and guidance on testing system level behaviour under lightning discharge conditions is provided in Annex G.

8 Isolating interfaces

Isolating interfaces, such as surge isolation transformers (SITs), may be used to reduce the effects of LEMP. For sources of damage S1 and S3, it is possible that the withstand level of the isolating interface will not be adequate. In such circumstances, an additional SPD should be installed upstream of, and as close as possible to, the interface, and the U_p should be selected to be less than U_w of the interface (see C.2.1). For source of damage S2 and S4, the withstand level of the isolating interface shall be selected in accordance with the relevant overvoltage categories of IEC 60664-1.

Equipment downstream of an isolating interface is protected if the internal system between the isolating interface and the equipment is shielded.

When the internal system is unshielded and the voltage induced in this loop can be greater than the rated impulse voltage of the equipment, an additional SPD should be installed close to the equipment.

When an SIT is damaged, the downstream equipment remains protected, however the service will be interrupted.

Annex I provides basic information on isolation interfaces used in SITs.

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 new structures. However, it is possible to minimize the cost by a proper choice of LPZs and by using existing installations or by upgrading them.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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. Before carrying out significant changes to the structure or to the protection measures, a new risk assessment shall be carried out.

9.2 SPM management plan

The planning and coordination of the SPM require 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);
– if required, the distance to the air termination and down-conductor system shall be verified.

After the above steps have been carried out, the cost/benefit ratio of the selected protection measures should be re-evaluated and optimized using the risk assessment method again.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Table 2 – SPM management plan for new buildings and for extensive changes in construction or use of existing 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 Ensuring the adequacy of the SPM	Lightning protection expert[c] Supervisor
Recurrent inspections	Checking for any alterations or changes by visual inspection and by measurement	Lightning protection expert[c] Supervisor

[a] See IEC 62305-2.

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

[c] For certain structures authorities having jurisdiction may require an independent lightning protection expert.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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 can perform their design function;
– any new additional protection measure is integrated correctly into the SPM.

Inspections shall be made:

– 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, a lightning current measuring system, 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 for:

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

Where no specific requirements are identified by the authority having jurisdiction, the guidance given in IEC 62305-3:2024, Clause D.7 should be applied.

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;
– bonding of different metal parts 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 comply to the documentation.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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.

If an SPD does not have a status indicator, measurements shall be performed in accordance with the manufacturer's instructions to confirm its operating status.

The inspection programme implemented for the SPD installation should be incorporated in the inspection procedure according to IEC 62305-3:2024, Clause C.6 and Clause D.7.

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 their task, so that all aspects of the installation and its components, test methods, test equipment and recorded test data, 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.
– the date of inspection;
– the name of inspector(s).

9.4 Maintenance

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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.

NOTE No significance is attributed to whether a subscript of a parameter is written in upper or lower case.

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

A.2.1 Sources of damage

The primary source of damage is the lightning current and its associated magnetic field, which is considered here as having 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, can be damaged or operate incorrectly when subjected to the effects of lightning and its associated 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.

A.2.3 Withstand of equipment signal ports

The signal ports of equipment shall be tested in accordance with IEC 61000-4-5.

The equipment impulse withstand (or resistibility) levels for signal ports are defined by ITU-T Recommendations K.21 [9] and K.20 [10] for equipment installed at the customer's premises and the exchange building respectively. A summary of the basic impulse withstand requirements for equipment at the customer's premises is:

– port connected to external line, i.e. a line which goes outside the building;
  - 1,5 kV common mode test (port to earth);
  - 1,5 kV differential mode test (between signal conductors);
– port connected to unshielded internal line, i.e. line which remains wholly within the building (no direct connection to an external line);
  - 1 kV common mode test.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

A.2.4 Withstand of equipment power ports

The power ports (main ports) of equipment shall be tested in accordance with IEC 60664-1 and IEC 61000-4-5.

i) General rule: voltage protection level (U_p) as a function of equipment rated impulse voltage (U_w):

One of the most important selection criteria for SPDs is the voltage protection level U_p, defined at the stress I_n, as given in the parts of the IEC 61643 series listed in Clause 2. This parameter should be coordinated with the rated impulse voltage of the equipment U_w in accordance with Table A.1 (see IEC 60664-1) and is the maximum voltage to be expected across the terminals of the SPD during the tests in specific conditions. U_p is only used in this document for coordination with the rated impulse voltage of the equipment U_w.

IEC 60664-1 is primarily concerned with the requirements for clearances, creepage distances and solid insulation for equipment based upon their performance criteria. It includes methods of electric testing with respect to insulation coordination. It also defines the rated impulse voltage U_W of the equipment i.e., the highest peak impulse voltage (using specified waveform and polarity) which does not cause breakdown of the equipment's insulation. In addition, it describes different overvoltage categories for equipment energized directly from the low voltage mains supply. The term 'overvoltage category' in this document is synonymous with 'impulse withstand category' as used in IEC 60364-4-44:2007, Clause 443 and IEC 60364-4-44:2007/AMD1:2015, Clause 443.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Table A.1 – Rated impulse voltage of equipment per IEC 60364-4-44:2007, Clause 443 and IEC 60364-4-44:2007/AMD1:2015, Clause 443

Nominal voltage of the installation V	Required rated impulse voltage 1,2/50 of the equipment[c] kV			
	Overvoltage category IV (equipment with very high impulse voltage)	**Overvoltage category III (equipment with high impulse voltage)**	**Overvoltage category II (equipment with normal impulse voltage)**	**Overvoltage category I (equipment with reduced impulse voltage)**
	For example: energy meter, tele control systems	For example: distribution boards, switches, socket outlets	For example: domestic appliances, tools	For example: sensitive electronic equipment
120/208[a] 127/220	4	2,5	1,5	0,8
230/400[a] [b] [d] 277/480[b]	6	4	2,5	1,5
400/690[a]	8	6	4	2,5
1 000[a]	12	8	6	4
1 250 DC	12	8	6	4
1 500 DC	15	10	8	6

[a] According to IEC 60038 [11].

[b] In Canada and the USA, for voltages to earth higher than 300 V, the rated impulse voltage corresponding to the next highest voltage in this column applies.

[c] This rated impulse voltage is applied between live conductors and PE conductors.

[d] For IT systems from 220 V to 240 V, the 230/400 V row should be used due to the voltage to earth at the earth fault on one line.

ii) Specific rule: In cases where the impulse current distribution within the installation has been determined:

The value of the installed SPD's residual voltage, at the maximum impulse current determined at the point of installation, should be below the required immunity level of the equipment according to IEC 61000-4-5. In general, surge immunity levels of equipment as per IEC 61000-4-5 are lower than insulation withstand levels per IEC 60664-1. The issue is further complicated since the test waveshapes are not always comparable between the two standards. More information on immunity versus insulation withstand of equipment is provided in IEC 61643-12:2020, Annex M.

A.2.5 Relationship between the object of damage and the source of damage

The equipment's withstand level shall be compatible with the source of damage. To achieve this, the coupling mechanisms shall 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.

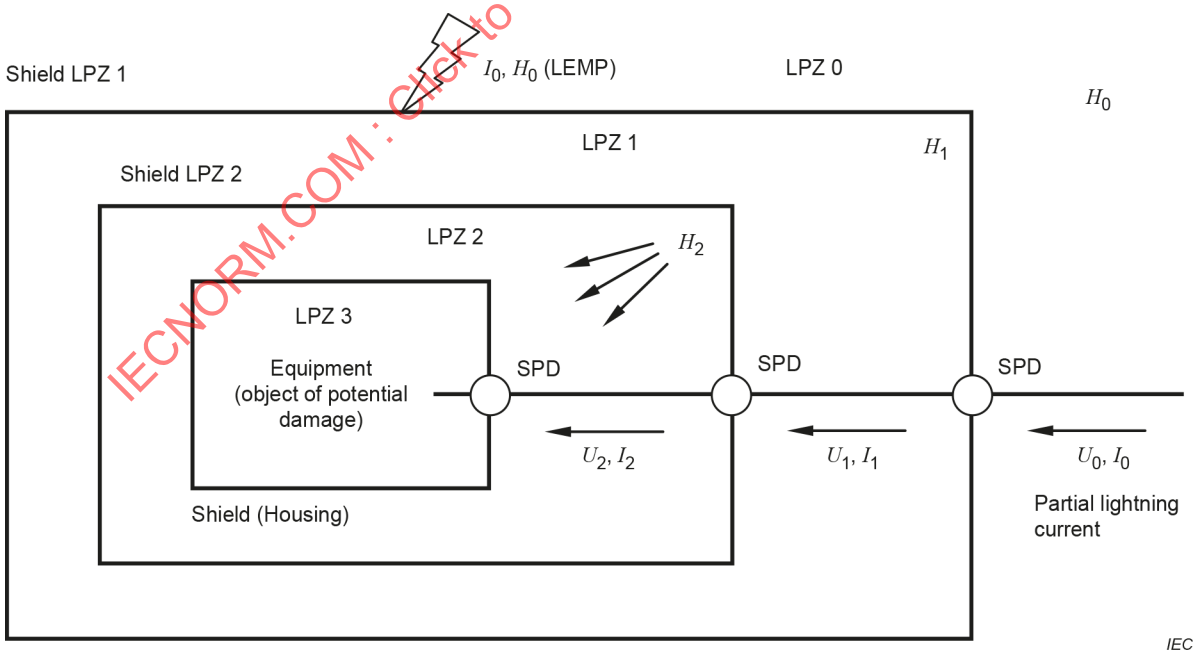


Figure A.1 – LEMP situation due to lightning strike to the structure

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Table A.2 – Parameters relevant to source of harm and equipment

<table>
<tr><th></th><th>Equipment relevant to source of harm</th><th>Standard</th><th colspan="12">Parameter</th></tr>
<tr><td rowspan="6">1</td><td rowspan="6">Primary source of harm LEMP</td><td rowspan="6">IEC 62305-1</td><td colspan="12">As defined from parameters in accordance with LPLs I to IV</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Impulse
µs</td><td colspan="4">Amplitude
kA</td><td colspan="4">Steepness
kA/µs</td><td rowspan="2">Relevant effect</td></tr>
<tr><td colspan="4">LPL</td><td colspan="4">LPL</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">I_0</td><td>10/350</td><td>200</td><td>150</td><td>100</td><td>100</td><td>20</td><td>15</td><td>10</td><td>10</td><td>Partial lightning current</td></tr>
<tr><td>1/200</td><td>100</td><td>75</td><td>50</td><td>50</td><td>100</td><td>75</td><td>50</td><td>50</td><td>Induction</td></tr>
<tr><td>0,25/100</td><td>50</td><td>37,5</td><td>25</td><td>25</td><td>200</td><td>150</td><td>100</td><td>100</td><td>Induction</td></tr>
<tr><td>H_0</td><td colspan="11">Derived from the corresponding I_0</td></tr>
<tr><td rowspan="11">2</td><td rowspan="11">Rated impulse voltage level of power installation</td><td rowspan="11">IEC 60664-1</td><td colspan="3">Supply voltage
V</td><td colspan="8">Required rated impulse voltage 1.2/50 of equipment
kV</td></tr>
<tr><td>Nominal voltage of the supply system
Three phase systems</td><td>Nominal voltage of the supply system
Single phase systems</td><td>Voltage line to neutral
Nominal AC or DC voltages up to and including</td><td colspan="8">Overvoltage category</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>50</td><td colspan="2">1,5</td><td colspan="2">0,8</td><td colspan="2">0,5</td><td>0,33</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>100</td><td colspan="2">2,5</td><td colspan="2">1,5</td><td colspan="2">0,8</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>120/208
127/220</td><td>120/240
127/254</td><td>150</td><td colspan="2">4</td><td colspan="2">2,5</td><td colspan="2">1,5</td><td>0,8</td></tr>
<tr><td>230/400
277/480</td><td></td><td>300</td><td colspan="2">6</td><td colspan="2">4</td><td colspan="2">2,5</td><td>1,5</td></tr>
<tr><td>400/690</td><td></td><td>600</td><td colspan="2">8</td><td colspan="2">6</td><td colspan="2">4</td><td>2,5</td></tr>
<tr><td>1 000</td><td></td><td>1 000</td><td colspan="2">12</td><td colspan="2">8</td><td colspan="2">6</td><td>4</td></tr>
<tr><td></td><td>1 250 DC</td><td>1 250 DC</td><td colspan="2">12</td><td colspan="2">8</td><td colspan="2">6</td><td>4</td></tr>
<tr><td></td><td>1 500 DC</td><td>1 500 DC</td><td colspan="2">15</td><td colspan="2">10</td><td colspan="2">8</td><td>6</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="11"></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Withstand level of TLC equipment</td><td colspan="12">ITU-T Recommendations K.20 [10], K.21 [9] and K.45 [12]</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4</td><td rowspan="3">Test for equipment without suitable product standard</td><td rowspan="3">IEC 61000-4-5</td><td colspan="12">Withstand level of equipment as defined for conducted (U, I) lightning effects</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Impulse</td><td colspan="4">Test level</td></tr>
<tr><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr>
<tr><td>U_{OC} (kV)</td><td>1,2/50 (µs)</td><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>I_{SC} (kA)</td><td>8/20 (µs)</td><td>2</td><td>1</td><td>0,5</td><td>0,25</td></tr>
</table>

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

The primary electromagnetic sources of harm to the electronic system are the lightning current I_0 and the magnetic field H_0. 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} generates 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 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.

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 levels 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.

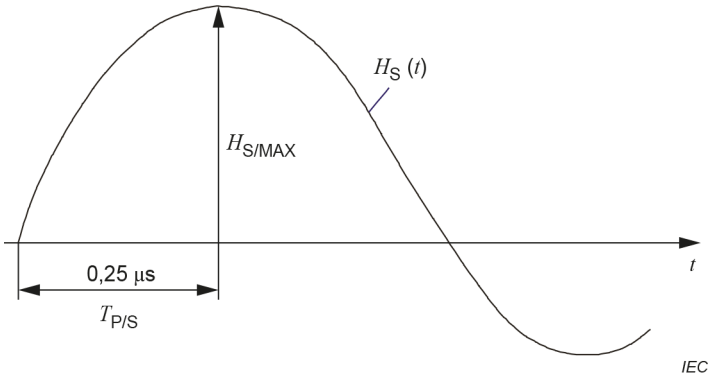
The reduction of I_1 to I_2 and of U_1 to U_2 is the subject of Annex C, whereas the reduction of H_0 to a sufficiently low value of H_2 is considered here as follows:

In the case of a grid-like spatial shield, it can 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).

Typically, a 10/350 µs waveshape 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 (see Clause H.2 and Clause H.3).

The induced surges caused by the magnetic field coupled into the induction loop (see Clause A.5), should not exceed the equipment's withstand level.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



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, here their numerical values are taken as equal.

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 the field of the subsequent stroke (0,25/100 µs) by damped 1 MHz oscillations (multiple impulses 0,2/0,5 µs)

A.3.2 Grid-like spatial shields

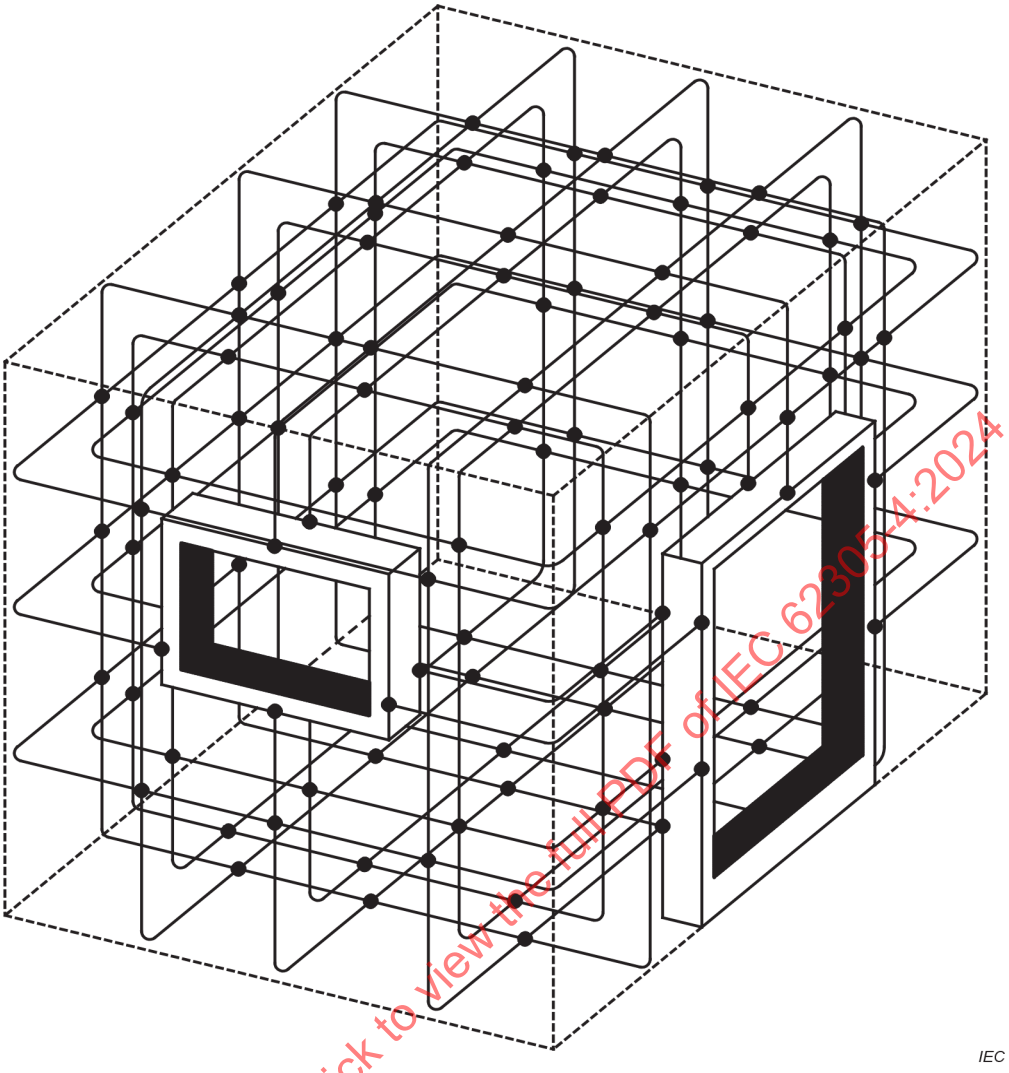
In practice, the large volume shields of LPZs are usually created by natural components of the structure such as the metal reinforcement in the ceilings, walls and floors, the metal framework, the metal roofs, and metal facades. These components together create a grid-like spatial shield. Effective shielding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

NOTE 1 The shielding effect can 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 LPZs can be accomplished 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



IEC

Key

- welded or clamped at every rod and at the crossings

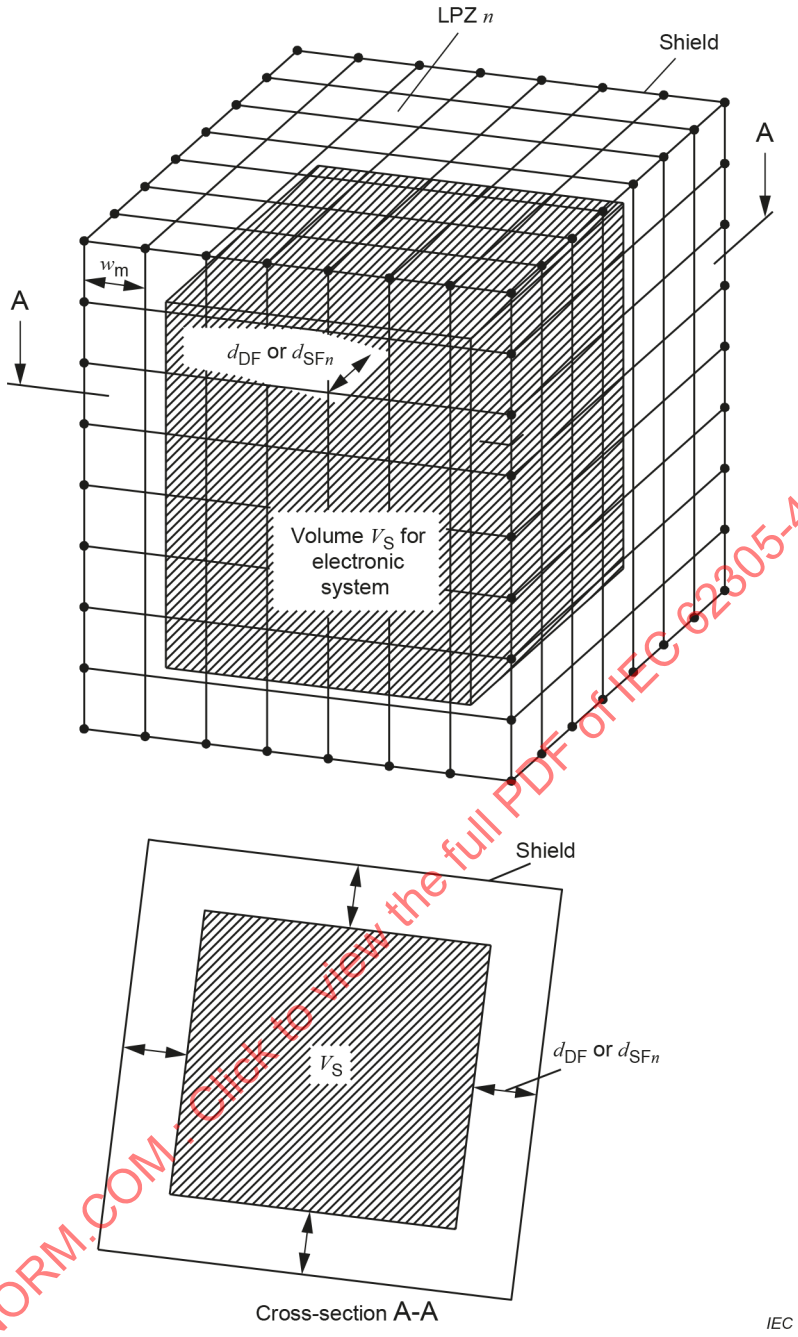
The typical methods of joining reinforcing rods in concrete as given in IEC 62305-3:2024, Annex D should be applied.

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 can be a connection at about every 1 m or 2 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).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

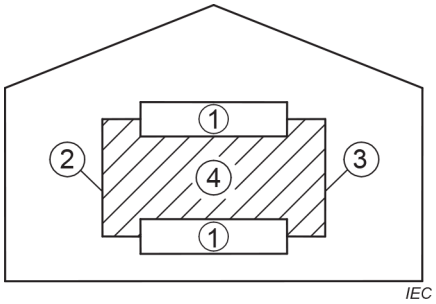
The volume V_S should keep a safety distance d_{DF} or d_{SFn} from the shield of LPZ n, where n is the number of inner lightning protection zones – see Clause A.4.

All connections that conduct lightning current should be made according to IEC 62305-3:2024, Figure D.23.

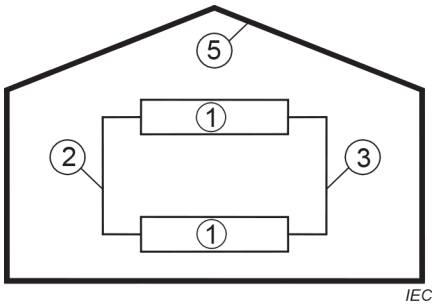
Figure A.4 – Volume for electrical and electronic systems inside an inner LPZ n

A.3.3 Line routing and line shielding

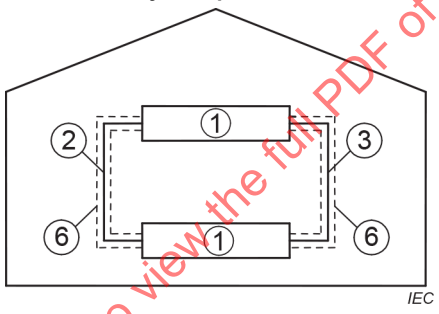
Surges induced into the internal systems can be reduced by suitable line routing (minimizing the induction loop area), by using shielded cables or metallic cable ducts with earthing of the shield on both ends either through direct connection, or indirectly at one end using a device such as a GDT or ISG (minimizing the induction effects inside), or a combination of both (see Figure A.5)



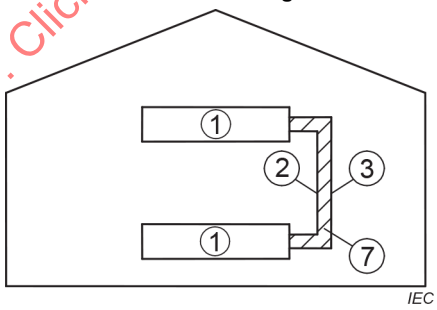
a) Unprotected system



b) Reducing the magnetic field inside an inner LPZ by its spatial shield



c) Reducing the influence of the field on lines by line shielding



d) Reducing the induction loop area by suitable line routing

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Key

1 equipment
2 signal wiring
3 power wiring
4 induction loop
5 spatial shielding
6 line shielding
7 reduced loop area

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

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 TR 61000-5-2 [13]).

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.

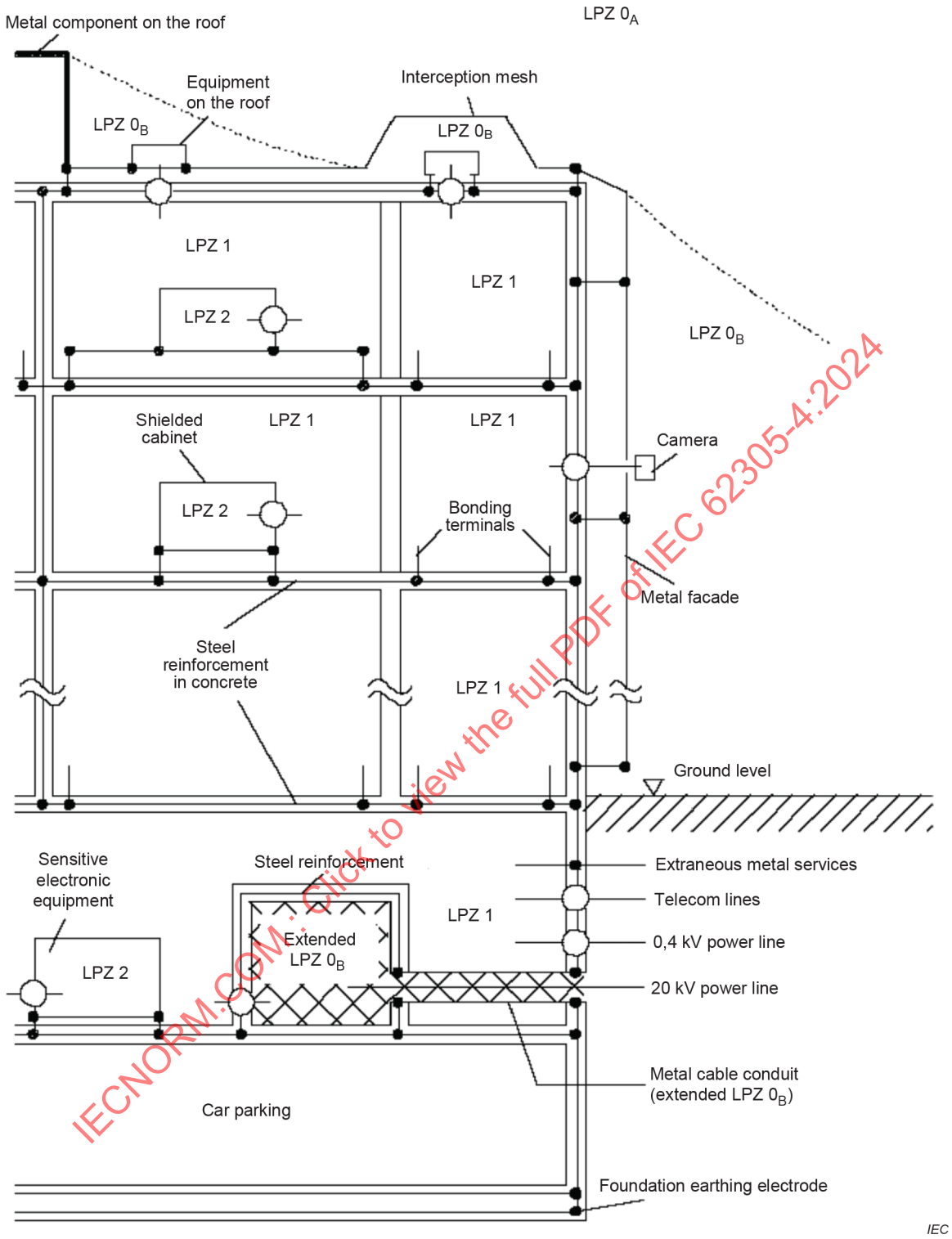
When cables, which run between separate structures, need to be protected, they should be run in metal cable ducts. These ducts should be bonded at both ends to the bonding bars of the separate structures. If the cable shields (bonded at both ends) are able to carry the anticipated partial lightning current, 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Key

- Equipotential bonding
- O Surge protective device (SPD)

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

A.4 Magnetic field inside LPZ

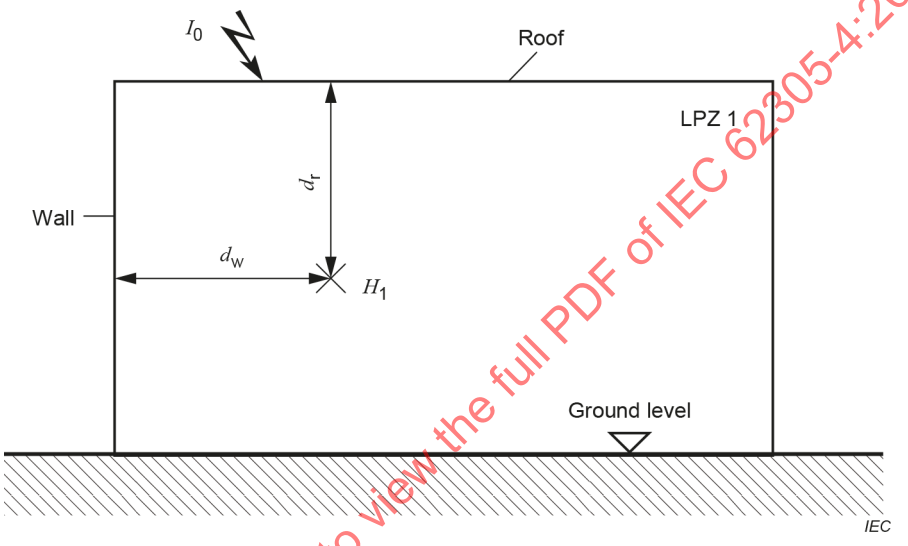
A.4.1 Approximation for the magnetic field inside LPZ

A.4.1.1 General

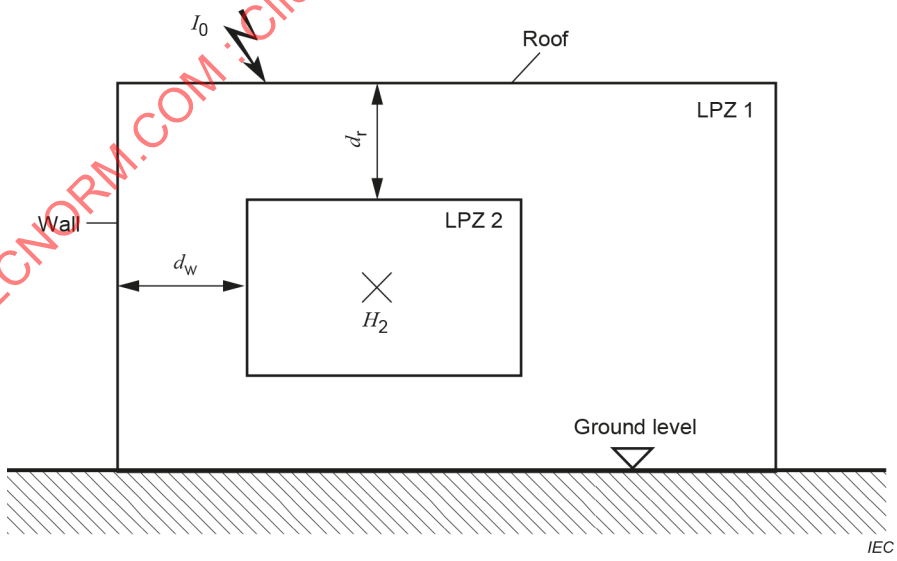
If a theoretical (A.4.2), or experimental (A.4.3), investigation of the shielding effectiveness is not performed, the attenuation should be evaluated as follows.

A.4.1.2 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.7 a) assuming the lightning hits the structure at an arbitrary point of the roof.



a) Magnetic field inside LPZ 1



b) Magnetic field inside LPZ 2

NOTE 1 In Figure A.7 a), distances d_w and d_r are determined for the point considered.

NOTE 2 In Figure A.7 b), distances d_w and d_r are determined for the boundary of LPZ 2,

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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

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

where

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

d_w is the shortest distance between the point considered and the wall of shielded LPZ 1, expressed in metres (m);

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

k_h is the configuration factor, typically k_h = 0,01;

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

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

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

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

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

where

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

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

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

NOTE 1 The field is reduced by a factor of 2 if a meshed bonding network in accordance with 5.3 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_{DF} from the LPZ 1 shield (see Figure A.4):

$$d_{DF} = w_m \quad \text{(m)} \tag{A.5}$$

where

w_m is the mesh width of the grid-like shield, expressed in metres (m).

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 usually less than that resulting from the equations above. However, in some cases the magnetic field locally, close to the lightning current path, can be even higher than that resulting from that given in the equations depending on the location of the lightning strike and the lightning current distribution. It can be necessary for such cases to be investigated in detail e.g. using numerical field calculation programs.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

EXAMPLE Three copper grid-like shields with dimensions given in Table A.3 and having an average mesh width of w_m = 2,0 m, are considered (see Figure A.10). This results in a safety distance d_{DF} = 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.3. 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: $d_w = d_{DF}$ (worst case near the wall).

Table A.3 – Examples for $I_{0/MAX}$ = 100 kA and w_m = 2 m

Type of shield see Figure A.10	**Building dimensions** $l \times w \times h$ m	$H_{1/MAX}$ **(centre)** A/m	$H_{1/MAX}$ ($d_w = d_{DF}$) A/m
1	10 × 10 × 10	179	447
2	50 × 50 × 10	36	447
3	10 × 10 × 50	80	200

A.4.1.3 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.

NOTE 1 If it is necessary to consider the influence of the lightning current flowing very close to the spatial shield, the formulae in A.4.1.2 are not applicable. It can be necessary for such cases to be investigated in detail e.g. using numerical field calculation programs.

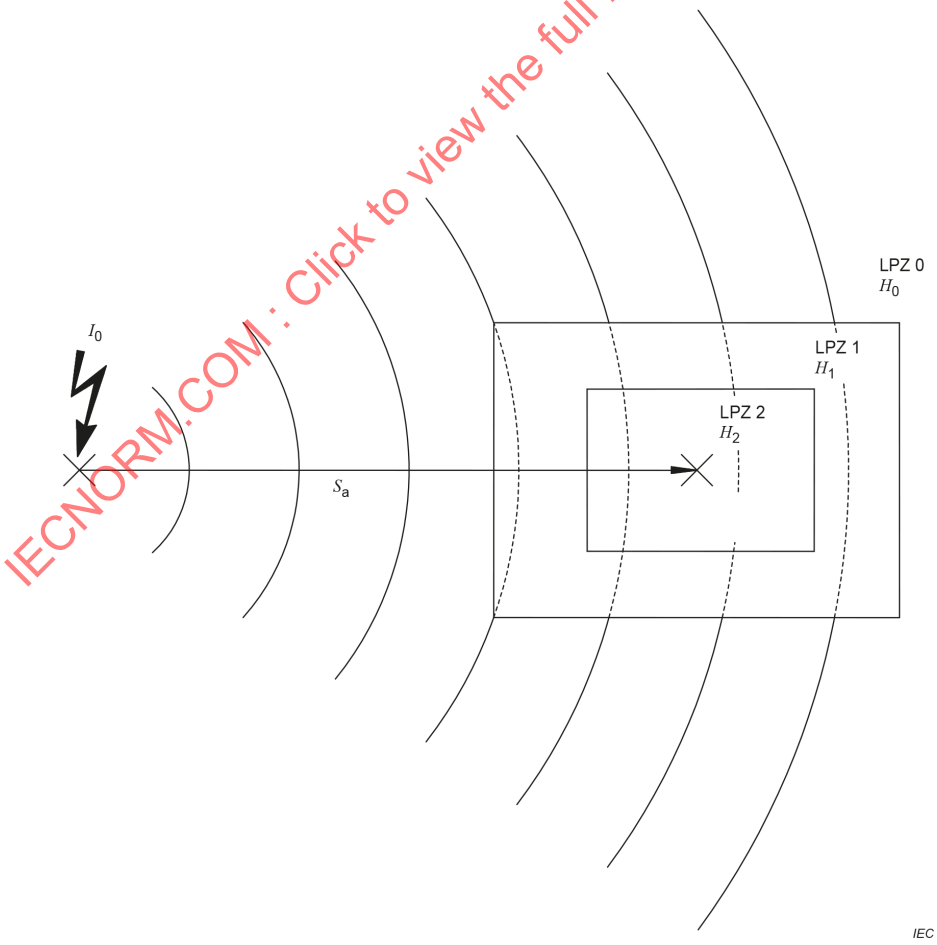


Figure A.8 – Evaluation of the magnetic field values in case of a nearby lightning strike

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

The shielding factor SF of the grid-like spatial shields for a plane wave is given in Table A.4 below.

Table A.4 – Attenuation of the magnetic field of grid-like spatial shields for a plane wave

Material	Shielding factor 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	$20 \times \log_{10} (8{,}5/ w_m)$	$20 \times \log_{10} (8{,}5/ w_m)$
Steel[c]	$20 \times \log\left[(8{,}5 / w_m) / \sqrt{1 + 18 \times 10^{-6} / r_c^2} \right]$	$20 \times \log_{10} (8{,}5/ w_m)$

Key

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 5.3 is installed.

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

For a precise determination of SF, the use of numerical field calculation programs is recommended. The shielding factor value depends on the dimensions of the protected volume, in particular its transverse dimensions. Shielding effectiveness of small volumes can be significantly worse than the SF value. For precise investigation, numerical analysis is advised.

The incident magnetic field H_0 is calculated using:

$$H_0 = I_0 / (2 \times \pi \times s_a) \quad \text{(A/m)} \tag{A.6}$$

where

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

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

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.7)

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

– $H_{0/S/MAX} = I_{S/MAX} / (2 \times \pi \times s_a)$ (A/m) caused by the subsequent strokes (A.9)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

where

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

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

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

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

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

where

SF is the shielding factor evaluated from the formulae of Table A.4, expressed in dB;

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

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

– $$H_{1/F/MAX} = H_{0/F/MAX} / 10^{SF/20} \quad \text{(A/m)} \quad \text{caused by the first positive stroke} \qquad \text{(A.11)}$$

– $$H_{1/FN/MAX} = H_{0/FN/MAX} / 10^{SF/20} \quad \text{(A/m)} \quad \text{caused by the first negative stroke} \qquad \text{(A.12)}$$

– $$H_{1/S/MAX} = H_{0/S/MAX} / 10^{SF/20} \quad \text{(A/m)} \quad \text{caused by the subsequent strokes} \qquad \text{(A.13)}$$

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

– $$d_{SF/n} = w_m \cdot SF/10 \quad \text{(m)} \qquad \text{for } SF \geq 10 \qquad \text{(A.14)}$$

– $$d_{SF/n} = w_m \quad \text{(m)} \qquad \text{for } SF < 10 \qquad \text{(A.15)}$$

where

SF is the shielding factor evaluated from the formulae of Table A.4, expressed in dB;

w_m is the mesh width of the grid-like shield of the LPZ n, expressed in metres (m).

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.

EXAMPLE 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.6) 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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

- 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.5), defined from the electro-geometric model (see IEC 62305-1:2024, Clause A.4).

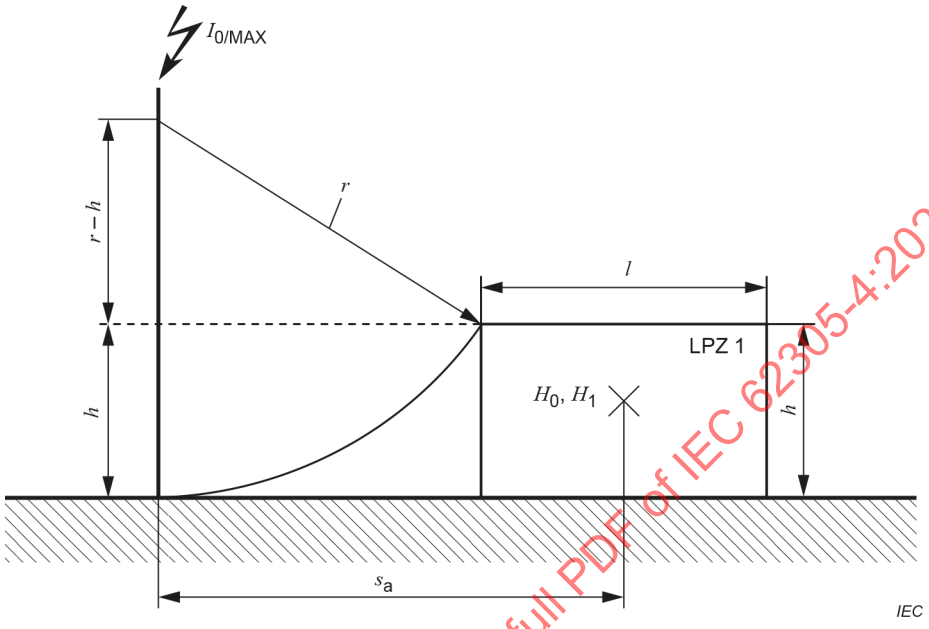


Figure A.9 – Distance s_a depending on rolling sphere radius and structure dimensions

The distance can be calculated as:

$$s_a = \sqrt{2 \times r \times h - h^2} + l/2 \quad \text{for } h < r \tag{A.16}$$

$$s_a = r + l/2, \quad \text{for } h \geq r \tag{A.17}$$

NOTE 2 For distances smaller than this minimum value, the lightning strikes the structure directly.

Three typical shields can 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 $d_{SF/1}$ = 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.6.

Table A.5 – 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 to IV	100	200

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Table A.6 – 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	Building dimensions $l \times w \times h$ 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

A.4.1.4 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.4.1.3 for nearby lightning strikes:

$$H_{n+1} = H_n / 10^{SF/20} \quad \text{(A/m)} \tag{A.18}$$

where

SF is the shielding factor from Table A.4, expressed in dB;

H_n is the magnetic field inside LPZ n, expressed in 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.4.1.2 and Figure A.7 b), 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.4.1.3 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 $d_{SF/n}$ from the shield of LPZ n (as defined in A.4.1.3 and shown in Figure A.4).

A.4.2 Numerical magnetic field calculation in case of direct lightning strikes

In A.4.1.2, 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.

NOTE 1 For more precise determination, the numerical field calculation programs can be used.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

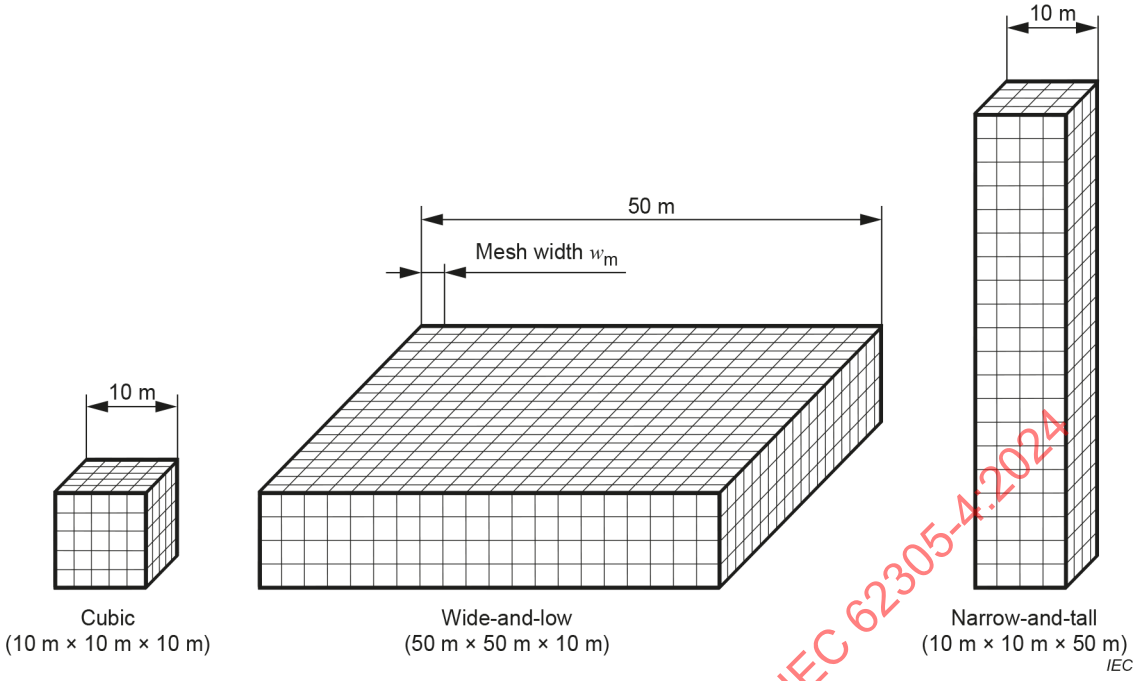


Figure A.10 – Types of structure geometries with different volume shields

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 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 Figure A.11 and Figure A.12.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

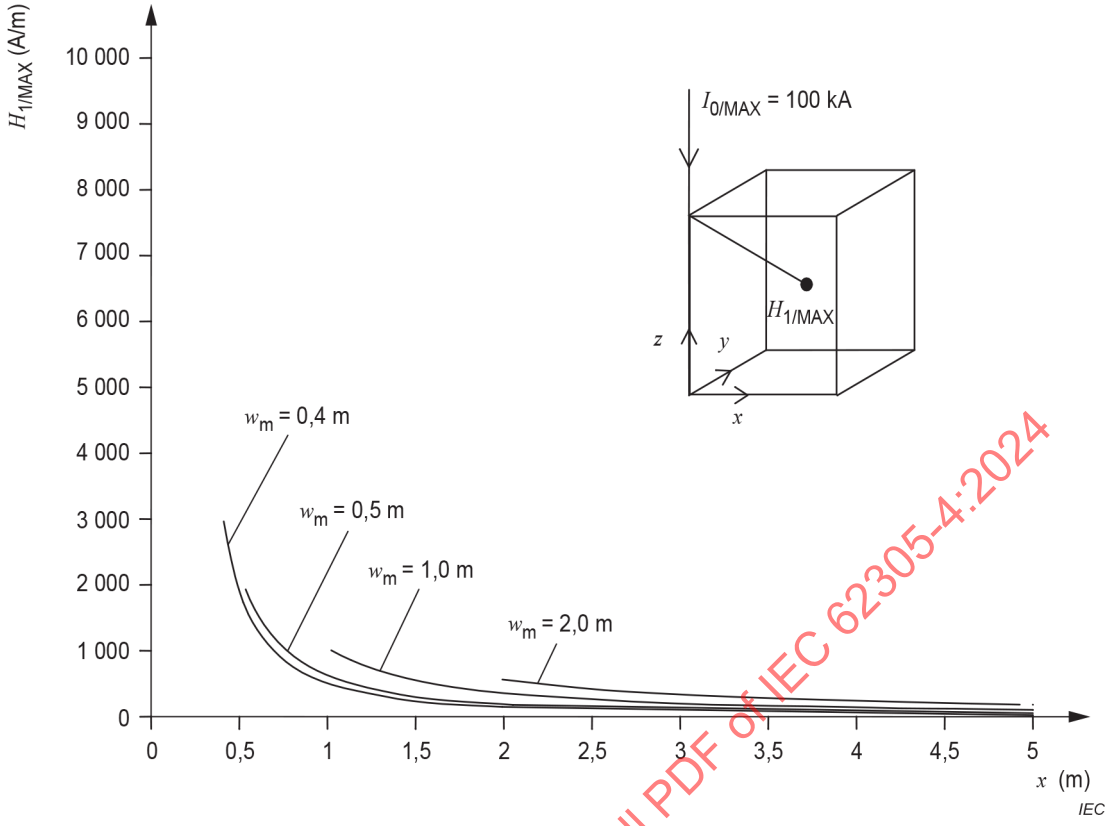


Figure A.11 – Magnetic field strength $H_{1/MAX}$ inside a grid-like shield for the cubic structure shown in Figure A.10 [14]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

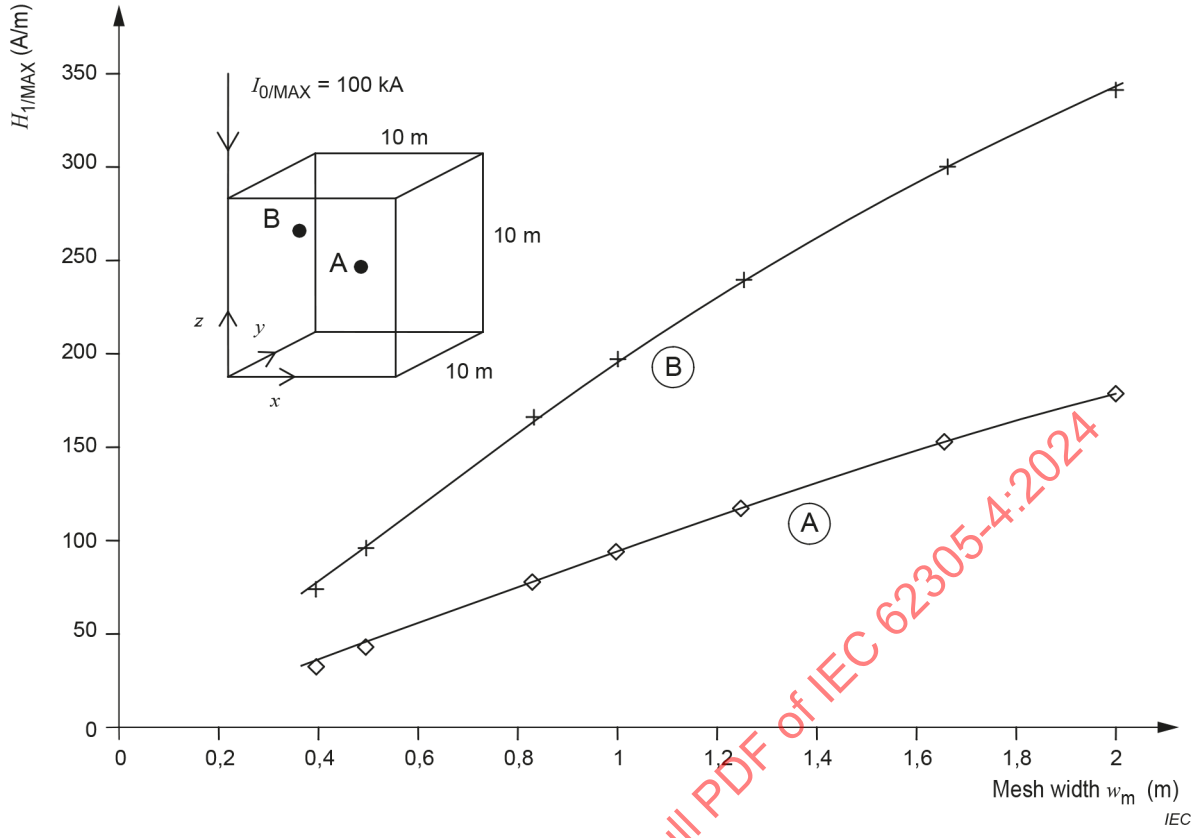


Figure A.12 – Magnetic field strength $H_{1/MAX}$ inside a grid-like shield for the cubic structure according to mesh width

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.

NOTE 3 The calculated results are valid only for distances $d_{DF} > w_m$ to the grid-like shield.

In all cases, a maximum lightning current $I_{0/MAX}$ = 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 H_z:

$$H_{1/MAX} = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2} \tag{A.19}$$

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.

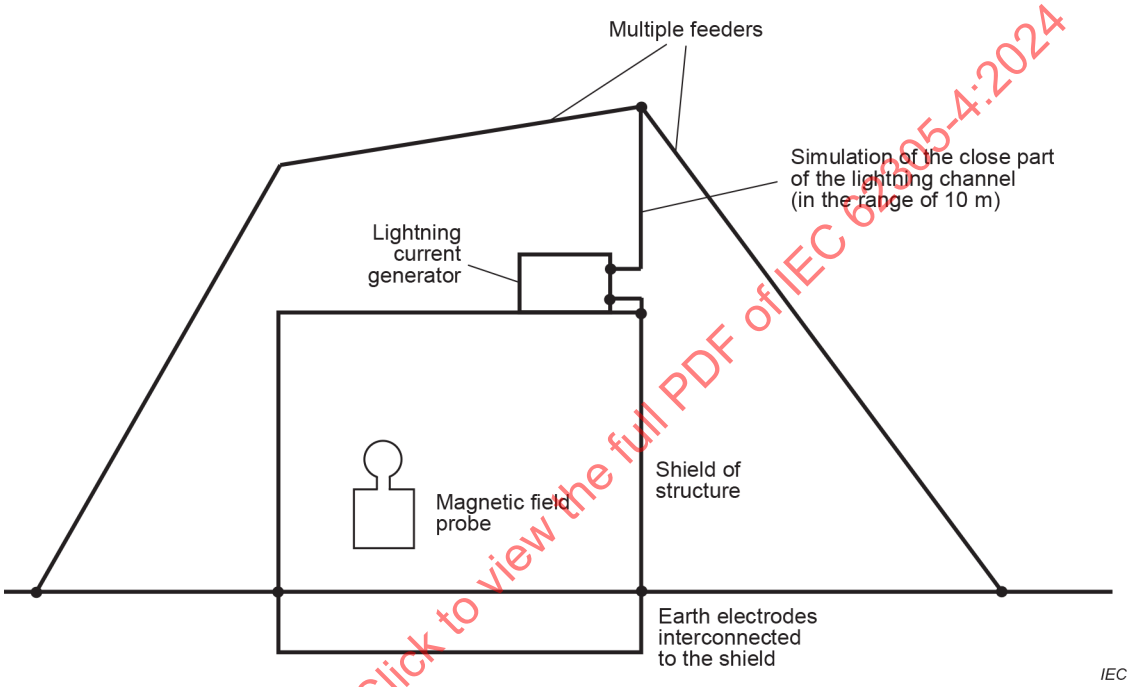
Both figures show the effects of the main parameters governing the magnetic field distribution inside a grid-like shield: the distance from the wall or roof, and the mesh width.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

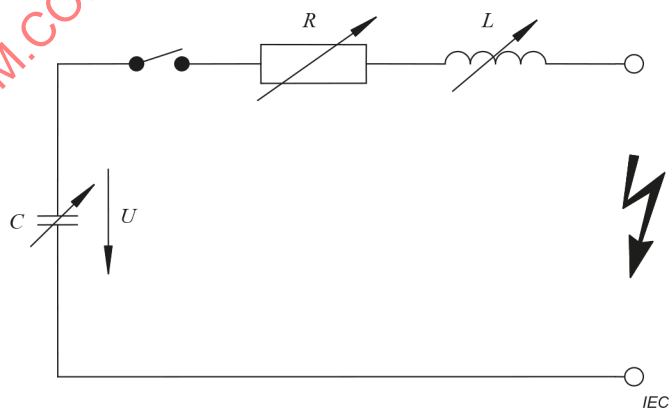
In Figure A.11 it should be observed that along other lines through the volume of the shield, there can be zero-axis crossings and sign changes of the components of the magnetic field strength $H_{1/MAX}$. The formulae in A.4.1.2 are therefore first-order approximations of the real, and more complicated, magnetic field distribution inside a grid-like shield.

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.



a) Test arrangement



b) Lightning current generator

Key

U typically some 10 kV

C typically some 10 nF

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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 segmented into two or more rectangular configurations and the induced voltage will be the sum of the induced voltages in each rectangular configuration.

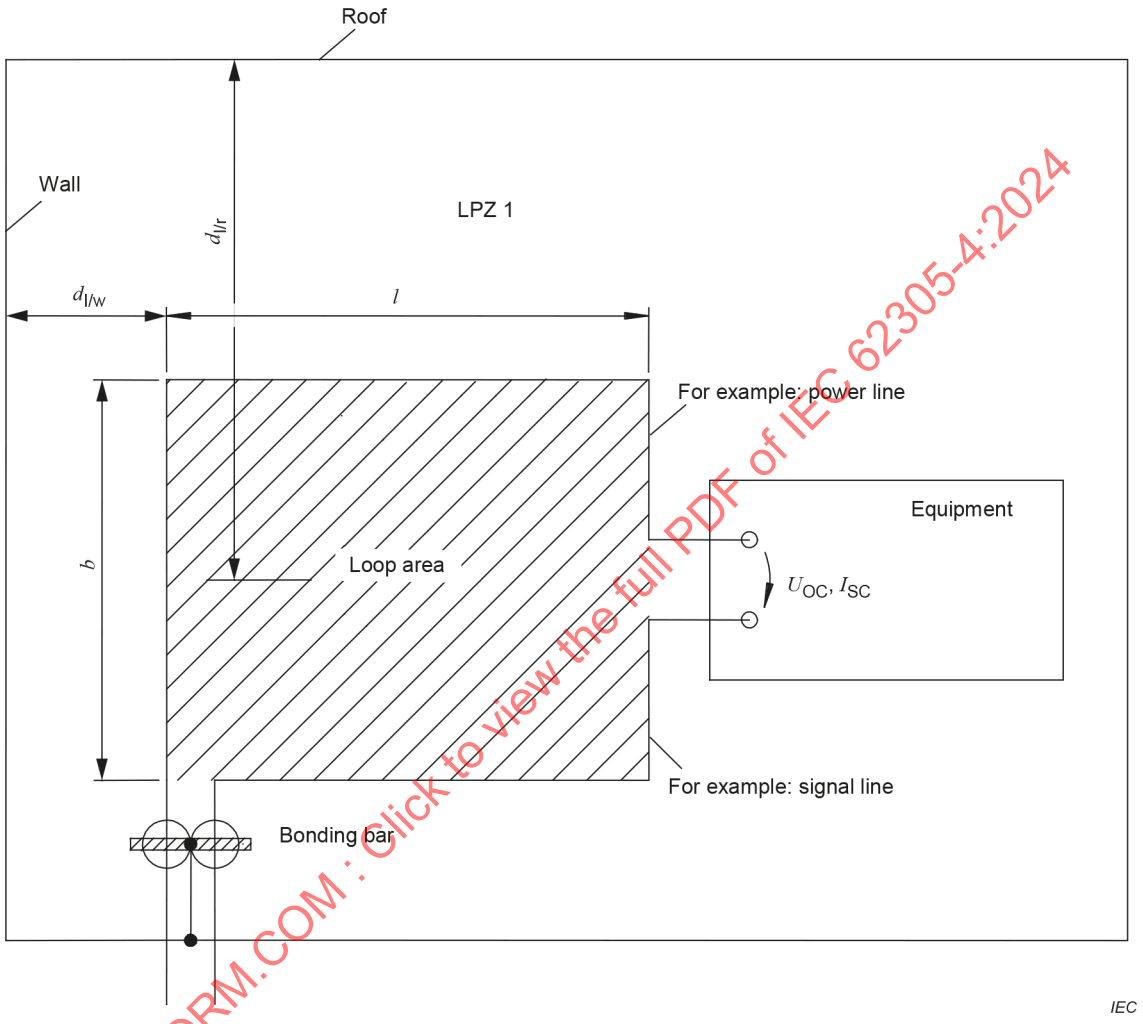


Figure A.14 – Voltages and currents induced into a loop formed by lines

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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.4.1.2):

$$H_1 = k_h \times I_0 \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r}) \quad \text{(A/m)} \tag{A.20}$$

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

$$U_{OC} = L_M \, dI_0/dt \quad \text{(V)} \tag{A.21}$$

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

$$U_{OC/MAX} = L_M \, I_{0/MAX} / T_1 \quad \text{(V)} \tag{A.22}$$

where

L_M is the mutual inductance between the lightning current and the internal loop;

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

$I_{0/MAX}$ is the maximum value of the lightning current stroke in LPZ 0_A, expressed in amperes (A);

T_1 is the front time of the lightning current stroke in LPZ 0_A, expressed in seconds (s).

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

$$I_{SC} = L_M \times I_0 / L_s \quad \text{(A)} \tag{A.23}$$

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

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

$$I_{SC/MAX} = L_M \times I_{0/MAX} / L_s \quad \text{(A)} \tag{A.24}$$

where L_S is the self-inductance of the loop, expressed in henry (H).

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

$$L_s = \left\{0{,}8 \times \sqrt{l^2 + b^2} - 0{,}8 \times (l + b) + 0{,}4 \times l \times \ln\left[(2b / r_c) / \left(1 + \sqrt{1 + (b / l)^2}\right)\right]\right.$$
$$\left. + 0{,}4 \times b \times \ln\left[(2l / r_c) / \left(1 + \sqrt{1 + (l / b)^2}\right)\right]\right\} \times 10^{-6} \quad \text{(H)} \tag{A.25}$$

where r_c is the radius of the loop conductor, expressed in metres (m).

The mutual inductance can be calculated:

- for a building with a grid-like shield

$$L_M = 2 \, \mu_0 \, k_h \, w_m \, [(d_{l/r} + b/2)^{1/2} - (d_{l/r} - b/2)^{1/2}] \ln [(l + d_{l/w})/d_{l/w}] \tag{A.26}$$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

- for a building with LPS

$$L_M = (\mu_o/2\pi) \times k_c \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \quad \text{(H)} \tag{A.27}$$

where

μ_o is equal to $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ expressed in Vs/Am;

b is the width of the loop, expressed in metres (m);

$d_{l/w}$ is the distance of the loop from the wall of the shield, where $d_{l/w} \geq d_{DF}$, expressed in metres (m);

$d_{l/r}$ is the average distance of the loop from the roof of the shield, expressed in metres (m);

k_h is the configuration factor $k_h = 0{,}01$, expressed in $1/\sqrt{m}$;

k_c is the lightning current partitioning factor between down conductors (IEC 62305-3:2024, Table 13);

l is the length of the loop, expressed in metres (m);

w_m is the mesh width of the grid-like shield, expressed in metres (m).

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

$$U_{oc/f/max} = 10^5 \times L_M \times I_{f/max} \quad \text{(V)} \tag{A.28}$$

$$I_{sc/f/max} = L_M \times I_{f/max}/L_S \quad \text{(A)} \tag{A.29}$$

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

$$U_{oc/f/max} = 10^6 \times L_M \times I_{f/max} \quad \text{(V)} \tag{A.30}$$

$$I_{sc/f/max} = L_M \times I_{f/max}/L_S \quad \text{(A)} \tag{A.31}$$

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

$$U_{oc/s/max} = 4 \times 10^6 \times L_M \times I_{s/max} \quad \text{(V)} \tag{A.32}$$

$$I_{sc/s/max} = L_M \times I_{s/max}/L_S \quad \text{(A)} \tag{A.33}$$

where

$I_{f/max}$ is the maximum value of the current of the first positive stroke, expressed in kA;

$I_{fn/max}$ is the maximum value of the current of the first negative stroke, expressed in kA;

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

$I_{s/max}$ is the maximum value of the current of the subsequent strokes, expressed in kA.

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.4.1.3).

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

$$U_{OC} = \mu_o \times b \times l \times dH_1 / dt \quad \text{(V)} \tag{A.34}$$

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

$$U_{OC/MAX} = \mu_o \times b \times l \times H_{1/MAX} / T_1 \quad \text{(V)} \tag{A.35}$$

where

μ_o is equal to $4 \cdot \pi\ 10^{-7}$ and is expressed in Vs/Am;

b is the width of the loop, expressed in metres (m);

H_1 is the time dependent magnetic field inside LPZ 1, expressed in amperes per metre (A/m);

$H_{1/MAX}$ is the maximum value of the magnetic field inside LPZ 1, expressed in amperes per metre (A/m);

l is the length of the loop, expressed in metres (m);

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

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

$$I_{SC} = \mu_o \times b \times l \times H_1 / L_S \quad \text{(A)} \tag{A.36}$$

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

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

$$I_{SC/MAX} = \mu_o \times b \times l \times H_{1/MAX} / L_S \quad \text{(A)} \tag{A.37}$$

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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

$$U_{OC/F/MAX} = 0{,}126 \times b \times l \times H_{1/F/MAX} \quad \text{(V)} \tag{A.38}$$

$$I_{SC/F/MAX} = 1{,}26 \times 10^{-6} \times b \times l \times H_{1/F/MAX} / L_S \quad \text{(A)} \tag{A.39}$$

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

$$U_{OC/FN/MAX} = 1{,}26 \times b \times l \times H_{1/FN/MAX} \quad \text{(V)} \tag{A.40}$$

$$I_{SC/FN/MAX} = 1{,}26 \text{ x } 10^{-6} \times b \times l \times H_{1/FN/MAX} / L_S \quad \text{(A)} \tag{A.41}$$

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

$$U_{OC/S/MAX} = 5{,}04 \times b \times l \times H_{1/S/MAX} \quad \text{(V)} \tag{A.42}$$

$$I_{SC/S/MAX} = 1{,}26 \times 10^{-6} \times b \times l \times H_{1/S/MAX} / L_S \quad \text{(A)} \tag{A.43}$$

where

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

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

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

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.4.1.4).

Therefore, the same formulae in A.5.3 for the calculation of induced voltages and currents apply, where H_1 is substituted by H_n.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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 document. This Annex B attempts to describe the main points for consideration and provides information on protection measures which are not mandatory but can help to improve the overall protection provided.

B.2 Checklists

In existing structures, suitable protection measures need to consider 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, a systematic layout should be established for the zoning concept and for earthing, bonding, line routing and shielding.

The checklists given in Table B.1, Table B.2, Table B.3, Table B.4, and Table B.5 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 [3].

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.	

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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	Is equipment 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 or digital or both, 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 Recommendation K.21 [9], 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.	

Table B.5 – Type of LPS

Item	Question
1	Is the external LPS isolated or non-isolated?
2	Does it maintain the safety distance only in some areas such as between the air termination and the structure, or the down conductor and the structure?
3	Is the LPS earth termination system bonded with the main bonding bar of the structure?

B.3 Design of SPM for an existing structure

The first step in the design process is work through the checklist in accordance with Clause B.2 and conduct the risk assessment. If this analysis shows that SPM are 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).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

The basis of the SPM is 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. If the separation distance cannot be ensured, this ring conductor shall be bonded to each down conductor of the external LPS. In this case class I tested SPDs are required.

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.

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 shall be improved to make them proper screens for the cables running in or over them or both.

If possible, additional measures such as screening of walls, floors, ceilings 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 flowchart (see Figure B.1).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

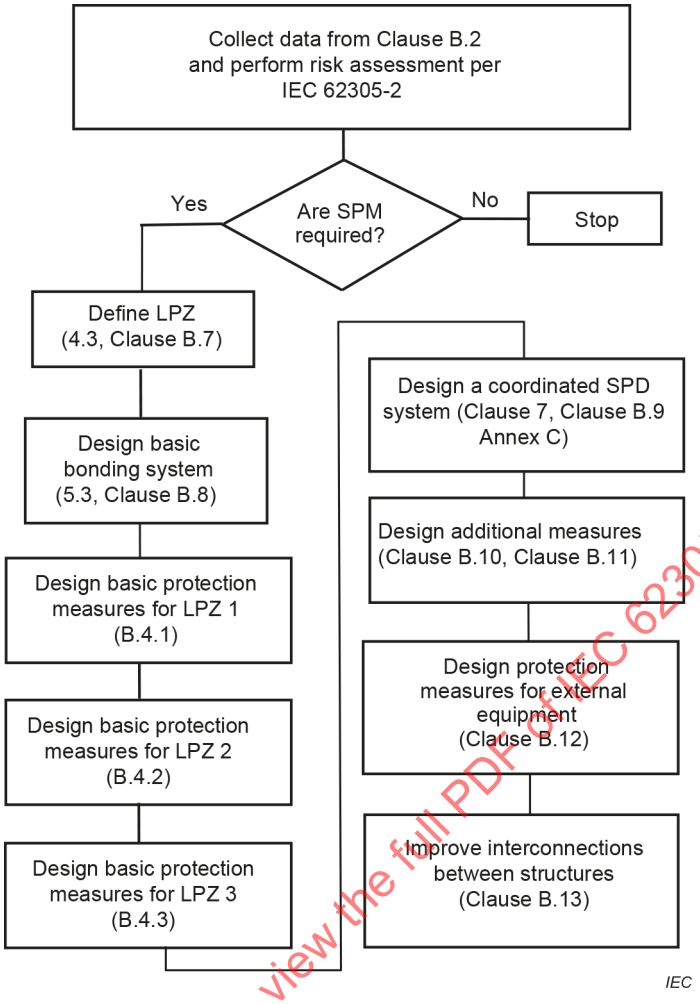


Figure B.1 – SPM design steps for an existing structure

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

B.4 Design of basic protection measures for LPZs

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 shall 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 shall be made creating meshes not exceeding 5 m × 5 m. The ring conductor shall 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 shall be made creating meshes not exceeding 5 m × 5 m. The ring conductor shall be connected to the ring conductor of the surrounding LPZ 2 at two locations at least, and as far apart as possible.

B.5 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 which 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,

– installing flexible bonding conductors across the expansion joints between adjacent, but structurally separated, reinforced blocks.

B.6 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 piece of 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:

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

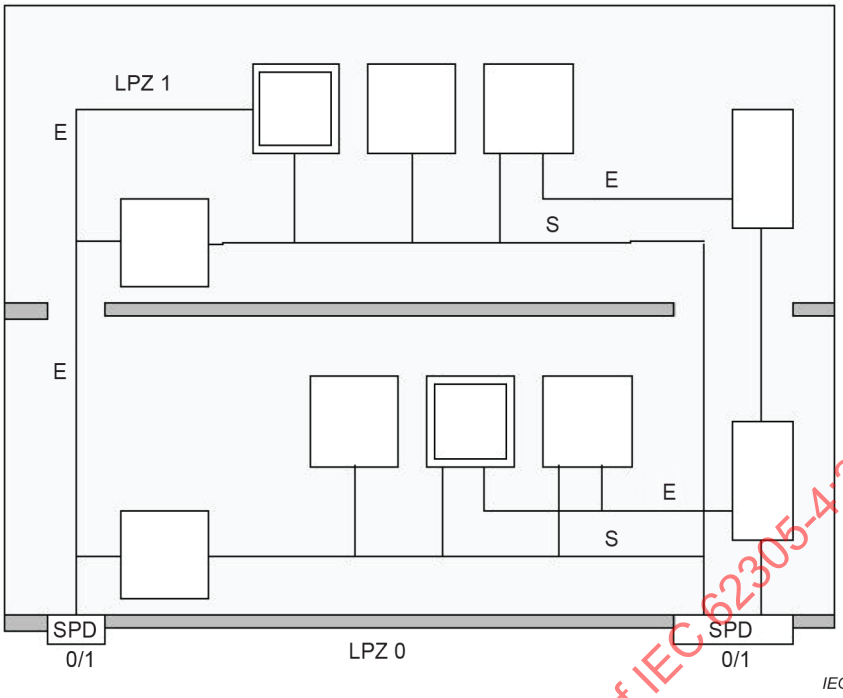
– This LPZ 1 can be created using an LPS, in accordance with IEC 62305-3, that consists of an external LPS (air-termination, down-conductor and earth-termination system) and an internal LPS (lightning equipotential bonding and compliance with the separation distances).

– The external LPS protects LPZ 1 against lightning flashes to the structure, but the magnetic field inside LPZ 1 remains nearly un-attenuated. 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.

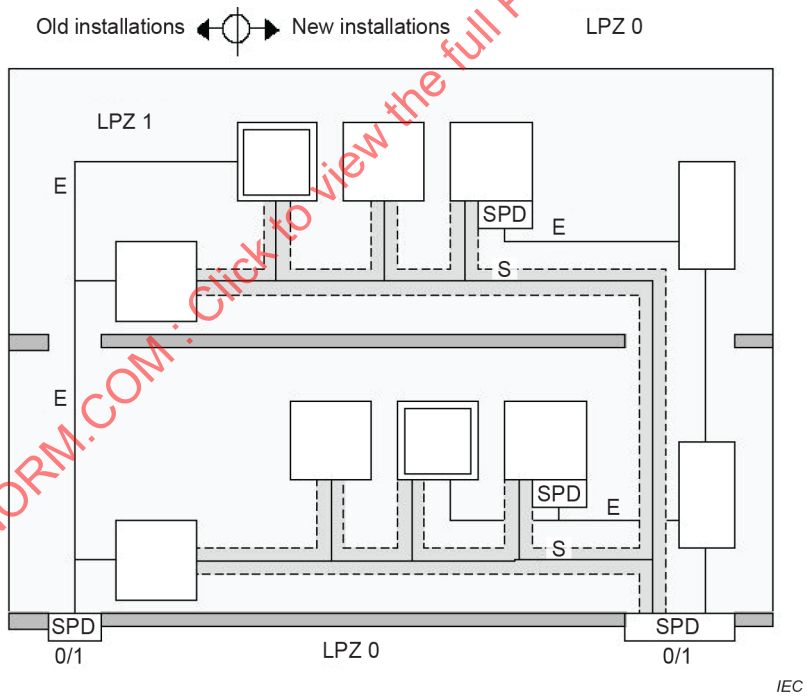
– The internal LPS requires bonding of all services entering the structure at the boundary of LPZ 1, including the installation of SPDs for all electrical and signal lines. This ensures that the conducted surges on the incoming services are limited at the entrance by SPDs.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

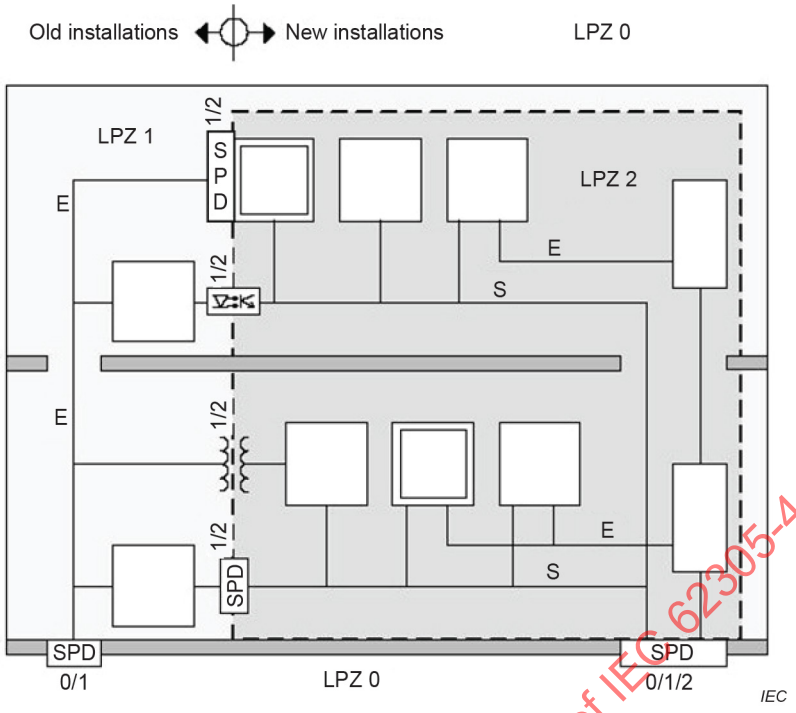


a) Unshielded LPZ 1 using an LPS and SPDs at the entrance of the lines into the structure (e.g. for enhanced rated impulse voltage level of the systems or for small loops inside the structure)

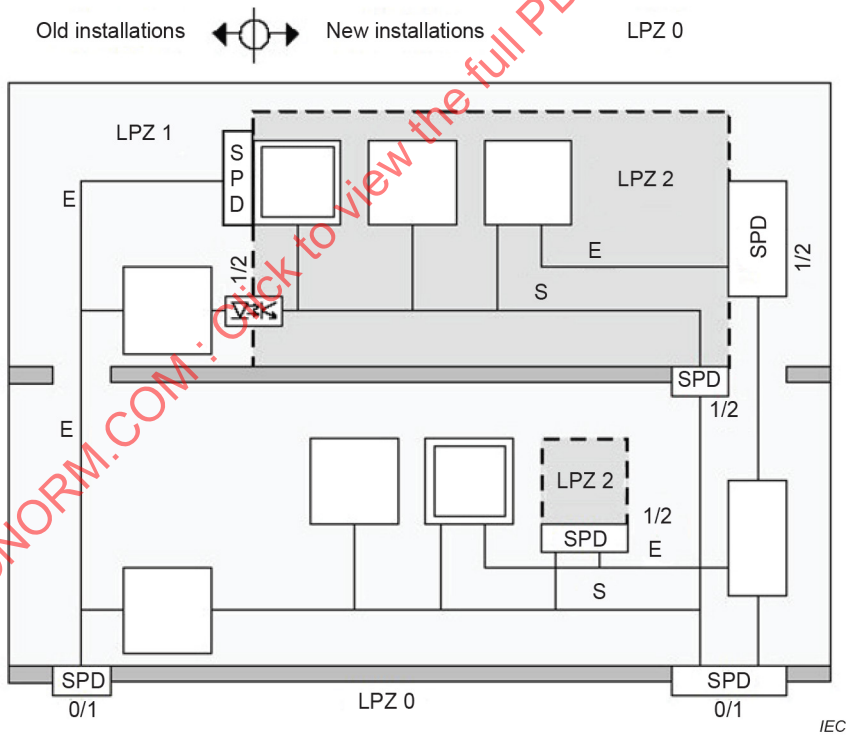


b) Unshielded LPZ 1 with protection for new internal systems using shielded signal lines and coordinated SPDs in power lines

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



c) Unshielded LPZ 1 and large shielded LPZ 2 for new internal systems



d) Unshielded LPZ 1 and two local LPZs 2 for new internal systems

Key

E power lines

S signal lines

Figure B.2 – Methods of establishing LPZs in existing structures

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Figure B.2 b) shows that in an unshielded LPZ 1, new equipment shall also 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 can 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.

Figure B.2 c) 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.2 d) 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.

B.7 Protection using a bonding network

It is possible that existing power-frequency earthing systems will not provide a satisfactory equipotential plane for lightning currents with frequencies up to several MHz, because their impedance can be too high at these frequencies.

It is possible that 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, will not be enough for sensitive internal systems. This is because the impedance of this bonding system can 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, to avoid power frequency interference in the electronic system.

B.8 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.9, no. 3).

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

B.9 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:

– isolation transformers;
– metal-free fibre optic cables;
– optical couplers.

The insulation withstand of the isolating interface should be higher than the equipment's withstand level, see Clause 8.

B.10 Protection measures by line routing and shielding

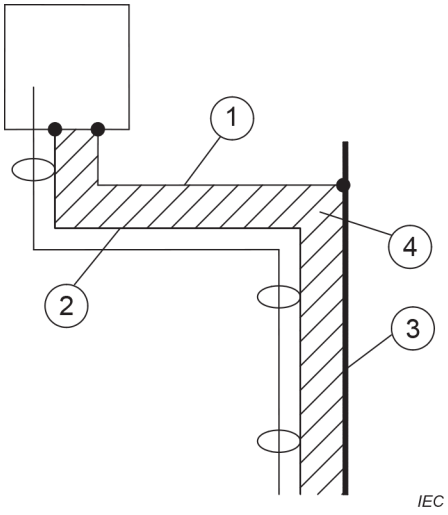
Suitable line routing and shielding are effective measures to reduce induced overvoltages. These measures are especially important if the spatial shielding effectiveness of LPZ 1 is negligible. In this case, the following principles provide improved protection:

– minimizing the induction loop area;
– powering new equipment from the existing mains should be avoided, because it creates a large 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.9, 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. 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 TR 61000-5-2 [13]).

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

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



Key

1 PE, only when class I equipment is used

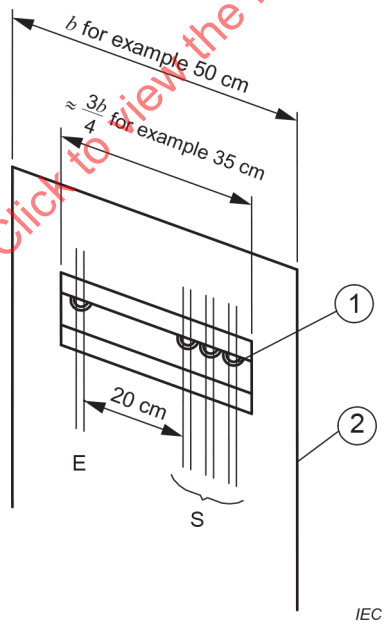
2 cable shield bonded at both ends

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



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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

B.11 Protection measures for externally installed equipment

B.11.1 General

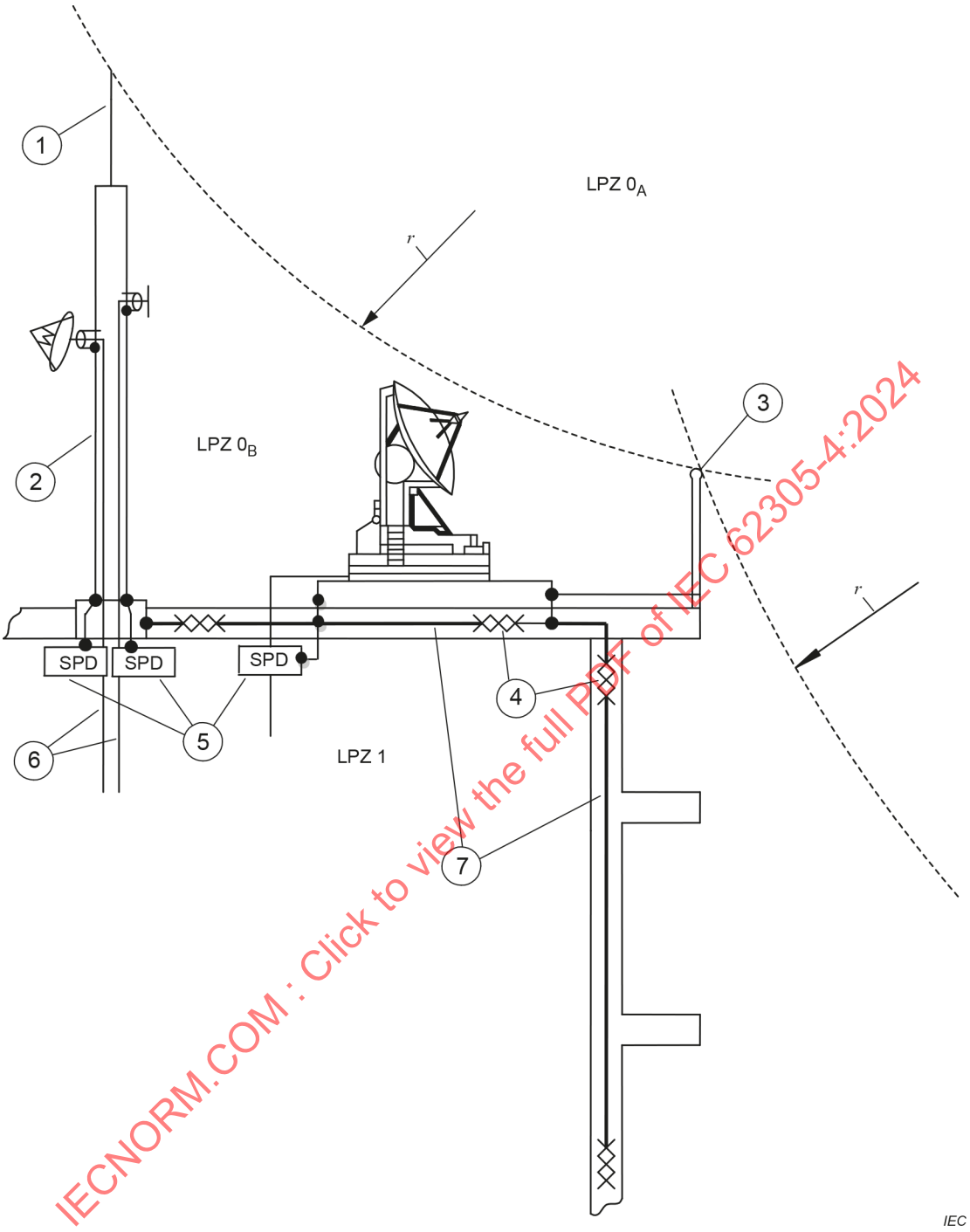
Examples of externally installed equipment include aerials, meteorological sensors; surveillance TV cameras, exposed sensors on process plants (pressure, temperature, flow rate, valve position, etc.) and any other electrical, electronic or radio equipment located on structures like masts or process vessels.

B.11.2 Protection of external equipment

Wherever possible the equipment should be brought under the protective zone LPZ 0_B by installing 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 equipment installed on the top or sides of the structure are exposed to direct flashes. If this is the case, additional air terminations should be used. In many cases handrails, ladders, pipes, etc. can adequately perform the function of 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 can require SPDs to be installed on their feeder cables to prevent excessive transients flowing on the cable to the radio equipment. When an external LPS is available, the aerial supports should be bonded to it.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Key

1 lightning rod

2 steel mast with antennas

3 handrails meeting requirement for natural air termination

4 interconnected reinforcements

5 line coming from LPZ 0_B needs an SPD at entry

6 the shield of coaxial antennae feeders from LPZ 0_B (inside the mast) should be bonded to the mast at the upper end and have antennae SPDs installed where these cables enter the radio building

7 part of the reinforcement system meeting the requirements of LPS down conductors (the function of bonding is also achieved if the superimposed mesh is applied)

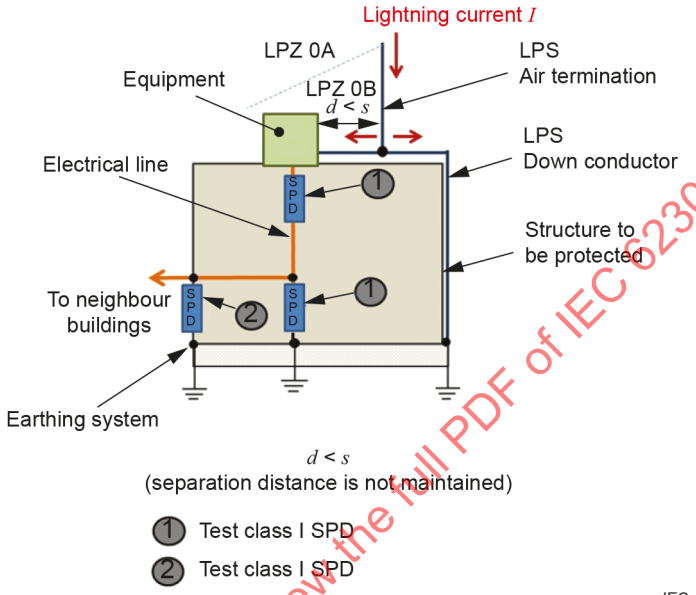
r radius of the rolling sphere

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

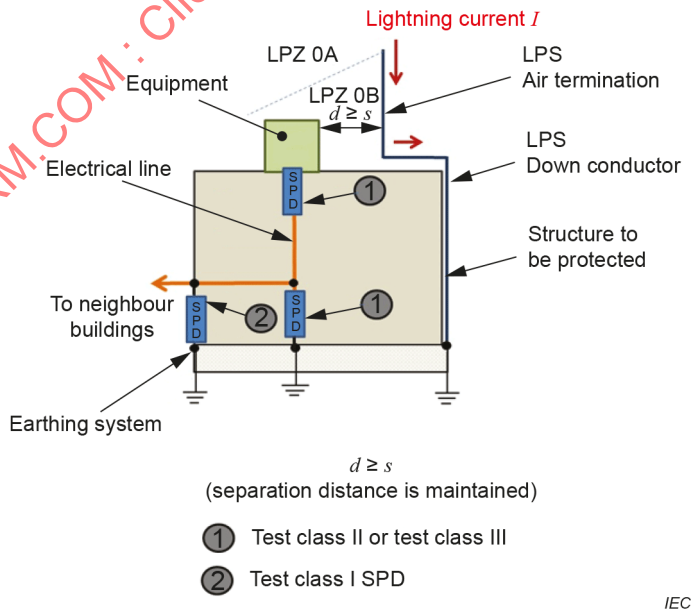
B.11.3 Protection by maintaining electrical insulation to the LPS

Maintaining the electrical insulation between the LPS and metallic parts of a structure which contains conductive paths entering the structure (i.e. ducts, pipes, cables), will reduce the electromagnetic interference inside the structure and will minimize the lightning current entering the structure – Figure B.6 b).

Maintaining the electrical insulation can be achieved by applying an isolated LPS or by maintaining the separation distance locally as per IEC 62305-3 between an LPS (i.e. air termination or down conductors or both) and the conductive paths entering the structure.



a) Separation distance s between LPS and external mounted equipment is not maintained



b) Separation distance s between LPS and external mounted equipment is maintained

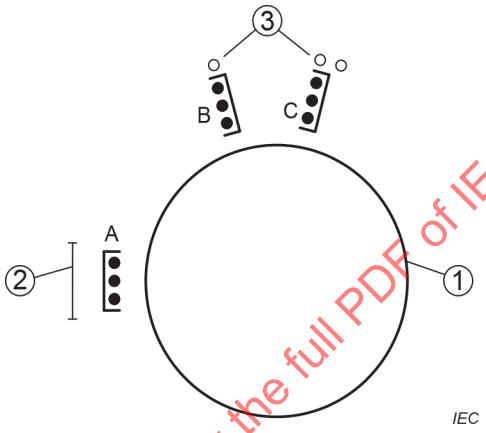
Figure B.6 – Separation distance maintained or not maintained

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

In the case where the separation distance cannot be maintained (Figure B.6 a)), the electrical lines carrying partial lightning currents shall be treated like down conductors.

B.11.4 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 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 be run on the outside but close to the structure and make as much use as possible of the natural shielding provided by metal pipes, steel rung ladders and any other well bonded conducting materials (see Figure B.7). 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.8).



Key

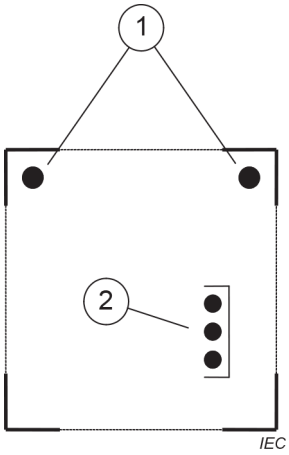
1 process vessel

2 rung ladders

3 pipes

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

Figure B.7 – Inherent shielding provided by bonded ladders and pipes



Key

1 ideal positions for cables in corners of L-girders

2 alternative positions for bonded cable tray within the mast

Figure B.8 – Ideal positions for lines on a mast (cross-section of steel lattice mast)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

B.12 Improving interconnections between structures

B.12.1 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 line, the number of lines and whether the earth-termination systems of the structures are interconnected.

B.12.2 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 additional protection measures for these cables are required.

B.12.3 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 can 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 can 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. Such measures help to reduce the magnetic coupling to the internal cabling and thereby reduce induced voltages.

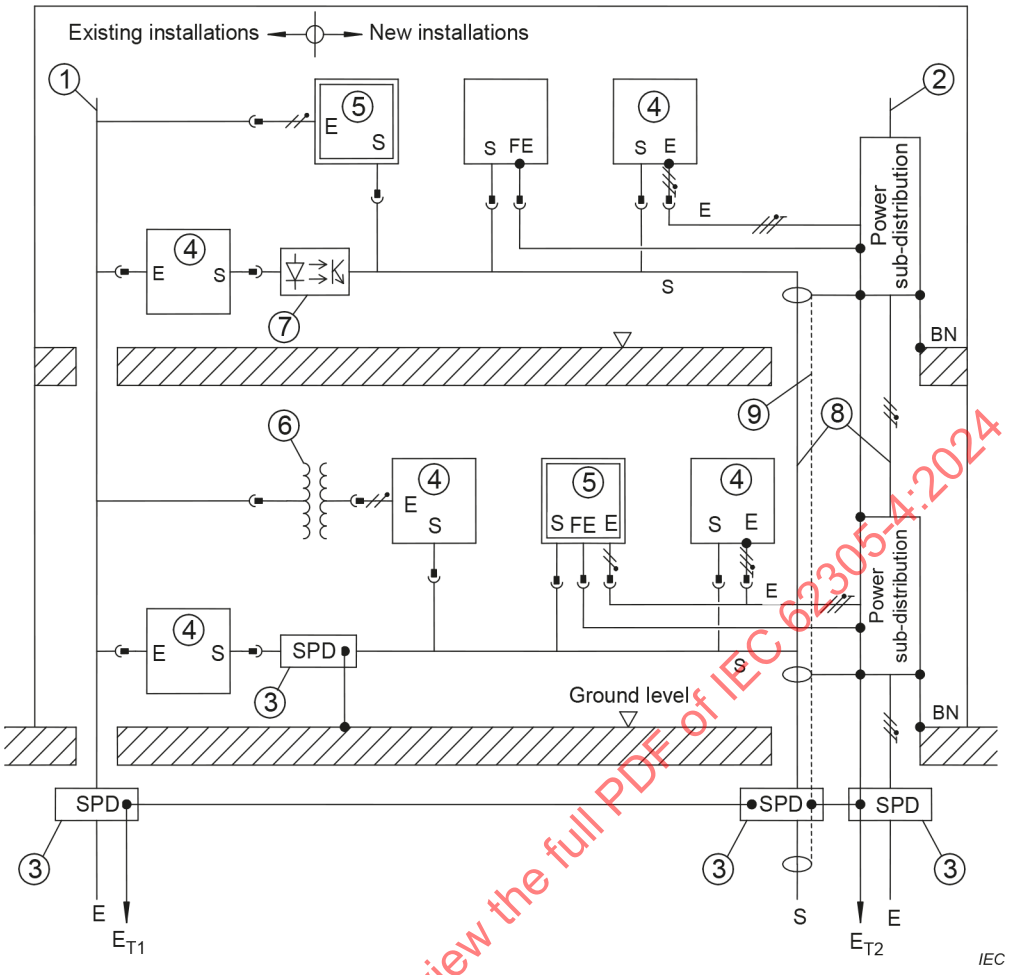
Where proper interconnection between the earth-termination systems of separate structures is implemented, the protection of lines by interconnected metal ducts is still recommended. Where many cables are run between interconnected structures, the shields or the armouring of these cables, bonded at either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

B.13 Integration of new internal systems into existing structures

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

Figure B.9 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Key

1	existing mains (TN-C, TT, IT)	E	electrical lines
2	new mains (TN-S, TN-C-S, 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	FE	functional earthing conductor (if any)
6	isolation transformer		
7	optical coupler or fibre optic cable	///T	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.9 – Upgrading of the SPM in existing structures

B.14 Overview of possible protection measures

B.14.1 Power supply

Existing mains supply (see Figure B.9, no. 1) to the structure may be of the type TN-C, which can cause power frequency interference. Such interference can be avoided by using an isolating interface (see B.14.3).

If a new mains supply (see Figure B.9, no. 2) is installed, a TN-S type is strongly recommended.

B.14.2 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.9, no. 3 and Figure B.2).

B.14.3 Isolating interfaces

To avoid interference, isolating interfaces between existing and new equipment can be used: Class II insulated equipment (see Figure B.9, no. 5), isolation transformers (see Figure B.9, no.6), fibre optic cables or optical couplers (see Figure B.9, no. 7).

B.14.4 Line routing and shielding

Large loops in line routing can 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.9, 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.9, 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.14.5 Spatial shielding

Spatial shielding of an 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).

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

B.14.6 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.15 Upgrading a power supply and cable installation inside the structure

The power distribution system in older structures (see Figure B.9, 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 type (see Figure B.9, 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Annex C
(informative)

Selection and installation of a coordinated SPD system

C.1 General

Lightning flashes to a structure (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 of internal systems (see IEC 62305-1:2024, 5.1).

This Annex C provides information on the selection and installation of a coordinated SPD system. Additional information can 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.

A coordinated SPD system is the typical protection measure for the protection of apparatus against surge due to lightning.

The risk or the frequency of damage assessment gives the probability factor of a coordinated SPD system being needed for reducing the risk or the frequency of damage below the tolerable value.

This probability is a key point for proper selection and installation of a coordinated SPD system.

The probability P_{SPD} with which a given SPD system reduces the frequency of damage of apparatus is the probability that an overvoltage damages an apparatus protected by an SPD system.

Equipment is often connected to two different services e.g. power line and data line. From field experience it is noted that such equipment is often subjected to surge related damage. SPD protection of both the power and signal circuits as well as ensuring a common ground reference between these services and the equipment, is required to achieve effective protection.

The selection of an SPD system able to reduce the probability of damage to the equipment below a required value is a complex matter depending on:

- the required P_{SPD};
- the rated impulse voltage of the equipment to be protected U_W;
- the source of damage (S1, S2, S3 and S4);
- the characteristics of the external and internal installation to which equipment is connected;
- the SPD technology (switching type, limiting type, combination type).

For these reasons the simplified rules provided below are intended for general guidance only.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

NOTE 1 The probability P_{SPD} with which a given SPD system reduces the frequency of damage of apparatus can be evaluated by the lightning protection designer. An accurate assessment of P_{SPD} can be made only if the characteristics of the circuits and components under consideration are known.

This Annex C provides two different sets of rules for the selection and application of SPDs:

a) Rule no. 1: Simple analysis for general applications

This rule is taken from IEC 60364-5-53 and IEC 61643-12.

NOTE 2 When the SPD protection level is selected according to Rule no. 1, the P_{SPD} values are those given in IEC 62305-2:2024, Table B.7, Table B.8 and Table B.13.

b) Rule no. 2: More detailed analysis for specific applications

When the protection level is selected according to Rule no. 2, the P_{SPD} values should be evaluated specifically.

When it is required to select the SPD based on more complex criteria, it can be necessary to consider the:

- sharing of current between various SPDs, taking into account the sources of damage considered in the risk calculation, and the influence of the waveshape on this current;
- effective voltage reaching the equipment, taking into account voltage drop on the connecting leads to the SPD and the magnitude and waveshape of the current flowing in these, as determined above;
- associated probabilities (P_{SPD}, P_{UP}, P_{EB}) used in the risk calculations to demonstrate that the required protection level has been achieved.

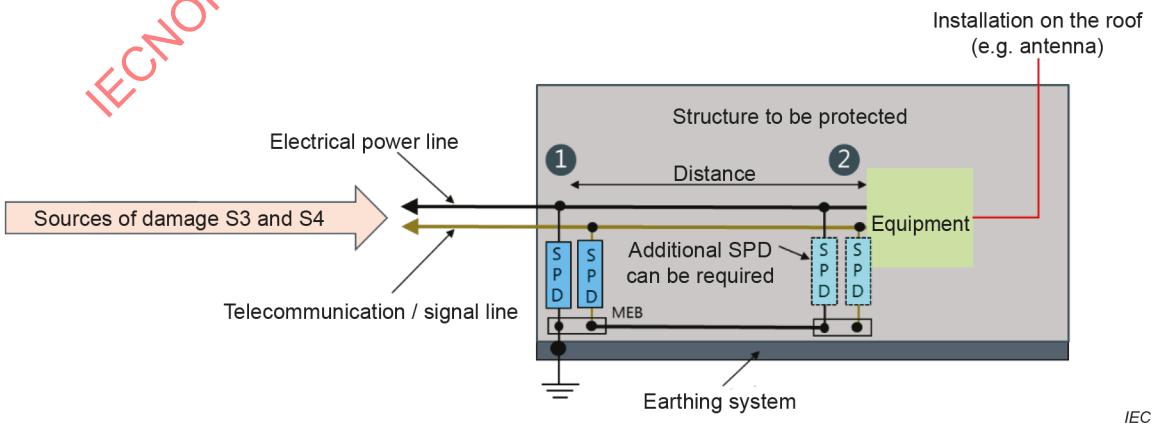
Such calculations can require more comprehensive software simulation techniques – see Annex E.

NOTE 3 P_{SPD} values when applying Rule no. 2, can be evaluated using IEC 62305-2:2024, Clause B.1.

C.2 Selection of SPDs

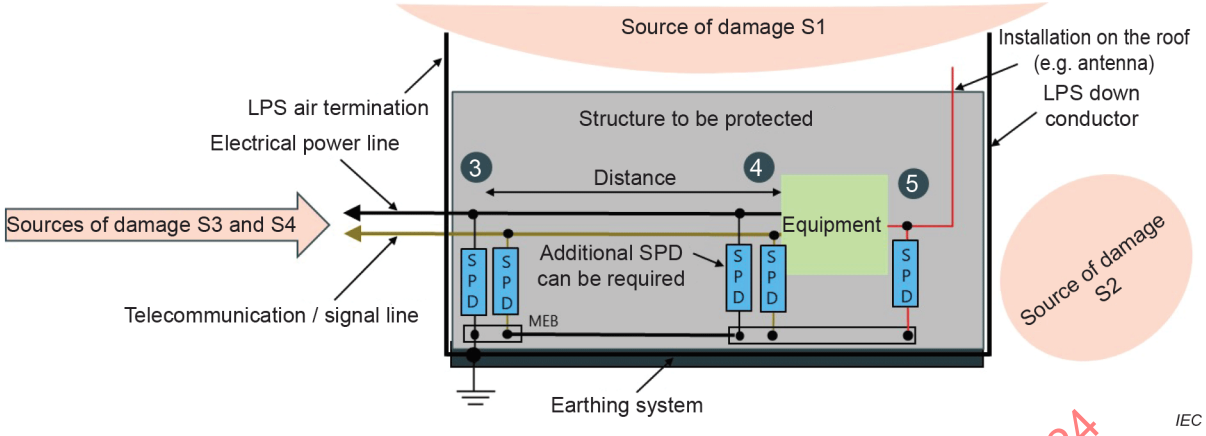
C.2.1 Location of SPDs according to source of damage

The location and test class of the SPDs are 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). Figure C.1 a) and Figure C.1 b) show the SPD locations for the different sources of damage:



a) Consideration of sources of damage S3 and S4 only

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



b) Consideration of sources of damage S1, S2, S3, S4

Key

1 SPD at origin of installation (as required by IEC 60364-4-44 [3])

2 SPD close to equipment, if required (see C.2.2)

3 SPD at origin of installation

4 SPD close to equipment if required due to oscillation and induction (see C.2.2)

5 SPD required to protect equipment from surges due to external installations (where separation distance cannot be maintained, or in the case of inductive coupling with the installation on the roof, or both)

Figure C.1 – Selection of SPDs by source of damage

C.2.2 Selection with regard to lightning current I

The use of SPDs depends on their discharge capability, classified in IEC 61643-11 for power and in IEC 61643-21 for telecommunication systems.

Information on the required impulse discharge current for class I test, I_{imp} (SPD tested to class I for a power line and tested to class D1 for a telecommunication or signal line) and the required nominal discharge current for class II test, I_n (SPD tested to class II for a power line and tested to class C2 for a telecommunication or signal line) is provided in IEC 62305-2:2024, Annex B, based on the required LPL and source of damage being considered.

Where the structure is equipped with an external lightning protection system or protection against effects of direct lightning is otherwise specified, class I tested SPDs should be used.

Where the structure is not equipped with an external lightning protection system and where the occurrence of direct lightning strike to the overhead lines between the last pole and the entrance of the installation is to be taken into consideration, class I tested SPDs at or near the origin of the electrical installation, may also be selected.

For protection against the effects of induced lightning or switching overvoltages, SPDs tested to test class II should be installed. If the structure is protected by an LPS, or if protection against the effects of direct lightning is otherwise specified, SPDs tested to test class I shall be installed.

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 dangerous events arising from direct flashes to the structure (N_D), to lines serving the structure (N_L) and to adjacent buildings with lines connected to the structure (N_{DJ}), complies with the condition $N_D + N_L + N_{DJ} \leq 0{,}01$ per year.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

C.2.3 Selection with regard to voltage protection level U_p

C.2.3.1 Rule # 1: Simple analysis

C.2.3.1.1 General

The voltage protection level U_p of SPDs should be selected in accordance with the required rated impulse voltage according to overvoltage category II of Table C.1. To provide adequate protection of equipment, the voltage protection level between live conductors and the PE conductor should in no case exceed the required rated impulse voltage of the equipment according to Table C.1.

Where failure of internal systems is critical, the additional influence of voltage doubling due to oscillatory effects should be considered, and the criteria $U_{p/f} \leq 0{,}5\ U_w$ used.

Table C.1 – Required rated impulse voltage of equipment

Nominal voltage of the supply system[a] Three-phase systems	Nominal voltage of the supply system[a] Single-phase systems	Voltage line to neutral from nominal AC or DC voltages up to and including	Required rated impulse voltage[b] (U_w) of equipment for:	
			Overvoltage category II (equipment with normal rated impulse voltage)	Overvoltage category I (equipment with reduced rated impulse voltage)
V	V	V	kV	kV
		50	0,5	0,33
		100	0,8	0,5
	120/240	150	1,5	0,8
230/400 277/480		300	2,5	1,5
400/690		600	4	2,5
1 000		1 000	6	4
		1 250 DC	6	4
		1 500 DC	8	6

[a] According to IEC 60038 [11].

[b] The rated impulse voltage applies between the live conductor and PE conductor.

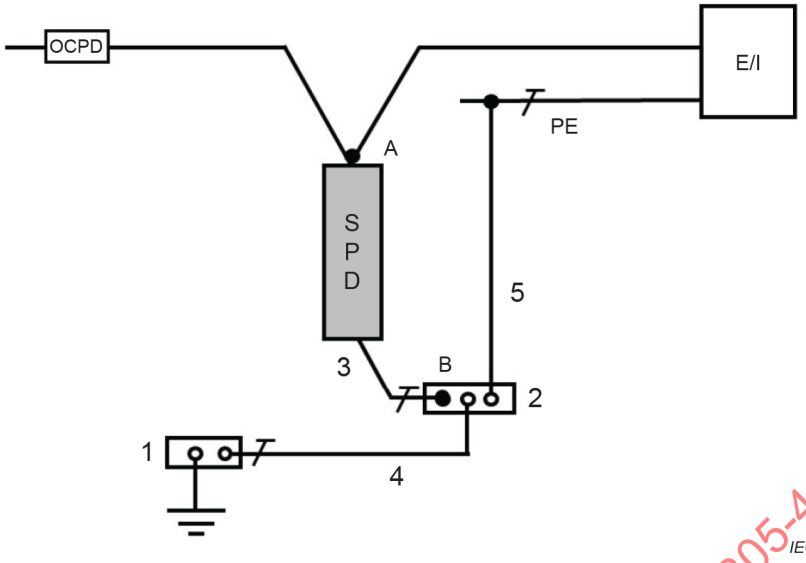
Where the required voltage protection level cannot be met with a single SPD assembly, additional coordinated SPDs should be applied to ensure the required voltage protection level.

C.2.3.1.2 Requirement when the equipment to be protected is ≤ 10 m from the SPD at the service entrance

The voltage protection level provided by SPDs should not exceed 80 % of the required rated impulse voltage for equipment according to Table C.1, and corresponding to overvoltage category II, and shall in no case exceed the required rated impulse voltage of the equipment. This safety margin is not necessary where one of the following cases applies:

- where the equipment is connected directly to the SPD terminals;
- where a protection scheme according to Figure C.2 is applied;
- where the voltage drop across the overcurrent protection in the SPD branch circuit is considered for the voltage protection level U_p.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



Key

OCPD	overcurrent protective device
SPD	surge protective device
PE	protective earthing
E/I	equipment/installation
1	main earthing terminal
2	intermediate earthing terminal
3	length (to be considered)
4	cable lengths need not be considered
5	cable lengths need not be considered
A and B	connection points on the SPD assembly

Figure C.2 – Example of installation of an SPD to reduce the effect of SPD lead length

In general, the following simplified requirement can be applied to typical cases.

C.2.3.1.3 50 cm lead length requirement

The effective voltage protection level within the installation depends significantly on the connection and the wiring length and arrangement of the SPD itself and the required SPD disconnectors. All conductors and interconnections to the relevant line to be protected as well as the connections between the SPD and any external SPD disconnector should be kept as short and as straight as possible and any unnecessary cable loop should be avoided. The length of the connecting conductors is the sum of the path length of conductors used from the live conductor to the PE conductor. Consideration should be given to limit the total wiring length of conductors between connection points of the SPD assembly to a value not greater than 0,5 m. If the total wiring length exceeds 0,5 m, at least one of the following options should be chosen:

- select an SPD with a lower voltage protection level U_p (a 1 m length of rectilinear cable carrying a discharge current of 10 kA (8/20) adds a voltage drop of about 1 000 V);
- install a second coordinated SPD close to the equipment to be protected to adapt the voltage protection level U_p to the rated impulse voltage of the equipment to be protected;
- use the installation described in Figure C.2.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

C.2.3.1.4 Additional requirements when the equipment to be protected is > 10 m from the entrance SPD

Where the distance between the SPD and the equipment to be protected is greater than 10 m, additional protective measures should be provided such as:

- an additional SPD installed as close as possible to the equipment to be protected; its voltage protection level U_p should in no case exceed the required rated impulse voltage U_w of the equipment; or
- the use of one-port SPDs at or near the origin of the installation; their voltage protection level U_p should in no case exceed 50 % of the required rated impulse voltage U_w of the equipment to be protected; this measure should be implemented together with other measures such as the use of shielded wiring in the whole protected circuit(s); or
- the use of two-port SPDs at or near the origin of the installation; their voltage protection level U_p should in no case exceed the required rated impulse voltage U_w of the equipment to be protected. This measure should be implemented together with other measures such as the use of shielded wiring in the whole protected circuit(s).

NOTE The requirement $U_p \leq 0{,}5\ U_w$ is because propagation effects are considered, but with a two-port SPD the dU/dt is expected to be reduced to the point that these propagation effects can be ignored, so the requirement is $U_p \leq U_w$ for two-port SPDs.

C.2.3.2 Rule # 2: Detailed analysis

When a more detailed analysis is required, for example when the demonstration of SPD protection is needed, the following more complete analysis should be carried out (compared to the simplified Rule no. 1 given above).

The required voltage protection level U_p depends on:

- the inductive voltage drop ΔU on the leads and connections of the SPD, which is affected by the length of the connecting conductors to the SPD (similar to Rule no. 1 for usual cases), see C.2.3.3;
- the effects of the surge travelling along the protected circuit, which is affected by its length (similar to Rule no. 1 for usual cases), see C.2.3.4;
- the overvoltage U_i induced by lightning current in the protected circuit, which is affected by its routing (this has no equivalence in terms of simplified rules as it is ignored for usual cases), see C.2.3.5;

and can be calculated using the following equation:

$$U_{p/f} = (U_w - U_i) / k_r \qquad \text{(C.1)}$$

where

$U_{p/f}$ is the SPD effective protection level, which depends on the SPD protection level U_p and on the voltage drop ΔU in the SPD connecting leads (see C.2.3.3);

U_w is the equipment rated impulse voltage;

k_r is the reflection coefficient, whose value is between 1 and 2 (see C.2.3.4); if unknown, the worst-case value of 2 should be used;

U_i is the voltage induced in the loop between the SPD and the equipment to be protected (see C.2.3.5).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

The effective protection level, then the protection level, should be evaluated with reference to the lightning current of subsequent strokes of negative flashes, which represents the worst case.

NOTE 1 The rated impulse voltage U_W of the equipment to be protected is defined in Clause A.2.

NOTE 2 The voltage protective level U_p of a voltage-limiting SPD is related to the residual voltage measured at the nominal discharge current for test class II I_n, or at an 8/20 current impulse with a peak of the impulse discharge current for test class I I_{imp}. For higher or lower currents passing through the SPD, the value of voltage at the SPD's terminals will change accordingly. For a voltage-switching SPD, the voltage protective level U_p is related to the front of-wave rise time. For a combination type SPD, U_p is determined as the highest of both values. U_p is fixed by the manufacturer based on test results.

NOTE 3 The voltage protective level U_p is compared to the rated impulse voltage U_w of the equipment.

NOTE 4 Equipment can contain internal voltage-limiting or internal voltage-switching components or both. The characteristics of these internal components can affect the coordination.

C.2.3.3 Effective protection level $U_{p/f}$ versus protection level U_p: voltage drop ΔU in the SPD connecting leads

When an SPD is connected to equipment to be protected, the inductive voltage drop ΔU of the connecting conductors will affect the effective protection level $U_{p/f}$ 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 and connections (see Figure C.3), can be assumed as being:

$$U_{p/f} = U_p + \Delta U \quad \text{for voltage-limiting type SPDs} \tag{C.2}$$

$$U_{p/f} = \max (U_p, \Delta U) \quad \text{for voltage-switching type SPDs} \tag{C.3}$$

NOTE 1 For some switching type SPDs it can be necessary to add the arc voltage to ΔU. This arc voltage can be as high as some hundreds of volts.

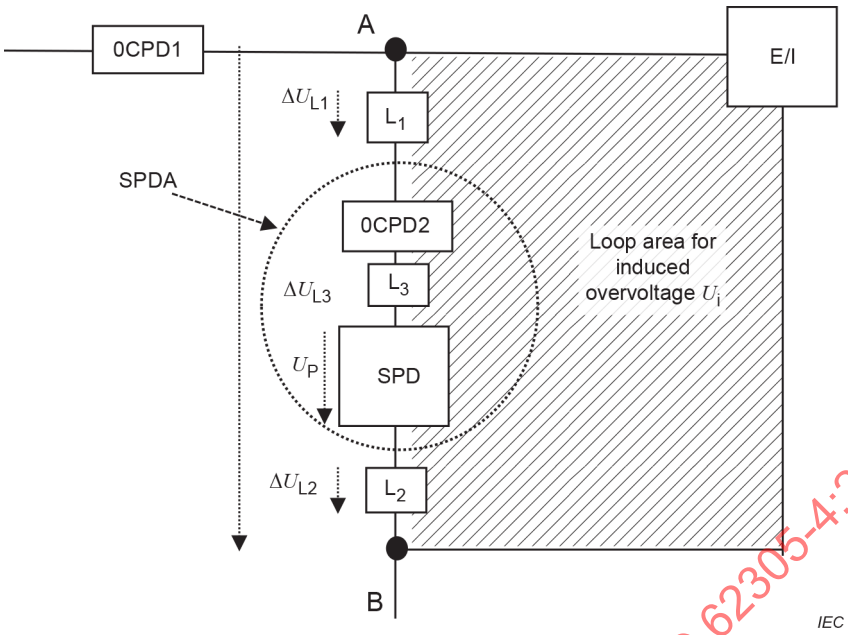
The voltage drop in the connecting leads to an SPD can be approximated by the following formula:

$$\Delta U = 0{,}1 \times I_{SPD} \quad \text{kV/m} \tag{C.4}$$

where I_{SPD} is the current in kA flowing through the SPD (e.g. one metre in length of connecting leads, carrying 10 kA I_{SPD} current, will create a voltage drop of approximately 1 kV).

NOTE 2 The value ΔU is a function of many different aspects including: the current waveshapes, the source of damage S1, S2, S3 and S4 and the conductor type. The voltage drops due to sources of damage S1 and S3 can be greater than the value given by Equation (C.4).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



Key

OCPD1 overcurrent protective device in the installation

OCPD2 overcurrent protective device (SPD disconnector) required by the SPD manufacturer

SPD surge protective device

SPDA SPD assembly

A and B connection points of the SPD assembly

E/I equipment or installation to be protected

U_i induced overvoltage

$U_{p/f}$ surge voltage between live conductor and bonding bar

$U_{p/f}$ = U_p + ΔU for a limiting SPD

$U_{p/f}$ = max (U_p, ΔU) for a switching SPD

U_p voltage protection level of the SPD

ΔU = ΔU_{L1} + ΔU_{L2} + ΔU_{L3}, inductive voltage-drop on the bonding conductors

L_1 length of cable from live line to OCPD2

L_2 length of cable from SPD to earth line

L_3 length of cable from OCPD2 to SPD

NOTE 1 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). Moreover, the lightning current near or to the structure 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.

NOTE 2 For combination type SPDs more complex formulae can be needed.

NOTE 3 Information on connecting conductors: connecting configurations and fuse withstand levels for SPDs can be found in IEC 61643-12 and IEC 60364-5-53.

NOTE 4 The voltage drop across the OCPD can be considerable depending on the type of OCPD, and can need to be considered in the calculation of $U_{p/f}$.

Figure C.3 – Surge voltage between live conductor and bonding bar

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

C.2.3.4 Propagation effects

During the operating state of an SPD, the voltage between the SPD terminals is limited to U_p 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 × $U_{p/f}$ and failure of equipment can result; even if:

$$U_{p/f} \leq U_w \quad \text{(C.5)}$$

When the SPD is installed at the equipment input, the propagation effect is negligible.

C.2.3.5 Induced voltage U_i

Lightning flashes to the structure or to ground nearby the structure can induce an overvoltage U_i in the circuit loop between the equipment and the closest SPD upstream (Figure C.3), which 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 conductors, loop area between power and signal lines) and decrease with attenuation of the magnetic field strength (spatial shielding or line shielding or both).

For the evaluation of induced overvoltages U_i, Clause A.5 applies. The approximate induced voltage U_i can be calculated using Annex H. If spatial shielding of the structure (or of the rooms) or line shielding (use of shielded cables or metallic cable ducts), or both, are provided, the induced overvoltage U_i is usually negligible and may be disregarded in most cases.

C.2.4 SPD arrangements

The simplest means of achieving protection of the equipment is to install a coordinated SPD system.

There are cases where protection of the equipment can also be achieved by installing a single SPD at the service entrance to the structure.

C.2.5 Equipment protection by two SPDs

A coordinated SPD system consisting of two SPDs is often required when the source of damage S1 or S3, or both, cannot be neglected.

NOTE A source of damage can be neglected when it is not necessary to reduce its effects for limiting the risk or the frequency of damage value below the tolerable value.

The first SPD (SPD1) should be installed as close as possible to the service entrance to the structure, e.g. at the main distribution board.

The impulse current I_{imp} (SPD tested to class I for a power line, and class D1 for a telecommunication or signal line) or the nominal discharge current I_n (SPD tested to class II for a power line and class C2 for a telecommunication or signal line) of SPD1 should be selected according to C.2.2.

Where possible the length of SPD1 leads and connections should not be greater than 0,5 m.

The second SPD (SPD2) (test class II for a power SPD or class C2 for a telecommunication and signal SPD) is installed near the equipment input.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

The length of SPD2 leads and connections should not be greater than 0,5 m.

C.2.6 Equipment connected to two different services

Where SPDs are required to be installed on the power lines supplying equipment, then additional SPDs shall be installed on all other metallic services suppling this same equipment e.g. telecommunication lines. If these other services originate from inside the structure or originate from outside the structure but enter via an isolation interface, then it is possible that the additional SPDs will not be required.

Services connected to different ports of the same equipment (Figure C.4) shall not be connected to different points on the earthing system, except in the following cases:

- These different points are equipotential bonded, for example using a:
  - foundation earth electrode densely meshed (in the order of 1 m × 1 m);
  - ring electrode welded or bolted to the steel reinforcement.
- The internal services are shielded or located inside a metallic duct where the shield or the metallic conduit is connected to the bonding bar (BB) at one end, and the equipment earth, at the other end.
- A bonding connection using a single conductor between each BB, has been provided but is inadequate on its own to provide potential equalization. To improve the transient response of the equipotential plane, the earthing ring electrode system can be connected to the structure's steel reinforcement. In this case the earthing system becomes the equipotential plane for the equipment by lowering the impedance, and not just the ohmic resistance, between each BB.
- A multiservice SPD between ports A and B has been provided. This SPD should be able to withstand the stress related to an S1 or S3 event or both.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

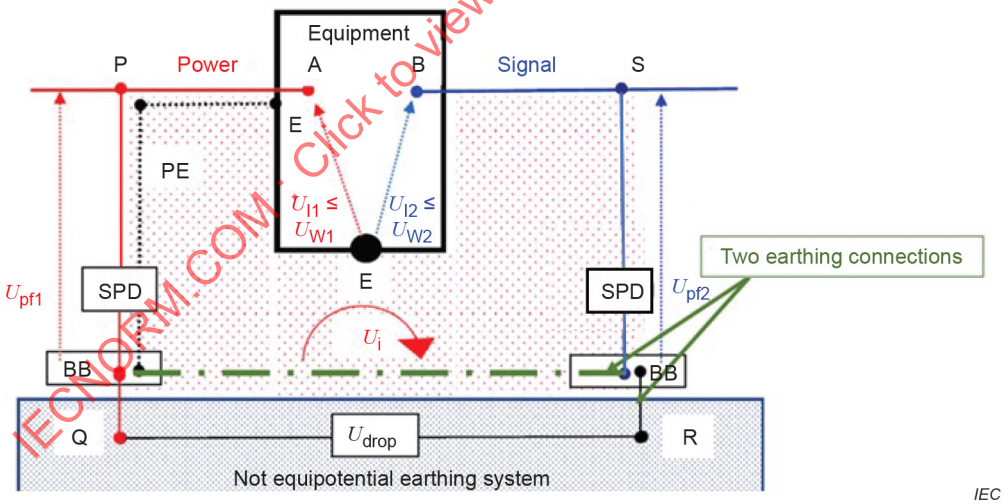


Figure C.4 – Equipment with two ports and SPDs on both services bonded to two different earthing points of a non-equipotential earthing system

C.2.7 Selection with regard to location and discharge current

Surge protective devices at or near the origin of installation should be connected according to Table C.2.

Table C.2 – Connection of the SPD dependent on supply system

Supply system at the connection point of the SPD assembly	Connection type	
	CT1	CT2
TN system	X	X
TT system	SPD only downstream of RCD	X
IT system with neutral	X	X
IT system without neutral	X	N/A
Key		
X applicable		
N/A not applicable		

NOTE 1 Connection type CT1 provides primarily common mode protection. If differential mode protection is also necessary, additional SPDs will be installed between live conductors.

NOTE 2 Connection type CT2 provides a combination of common mode protection and differential mode protection.

To provide adequate protection L-PE, the sum of U_p between L-N and N-PE needs to be below the equipment's withstand level for L-PE. Where such combined voltage protection level between the line conductor and PE conductor is not provided in the data sheet of the manufacturer, it shall be calculated by adding the voltage protection levels of the individual SPD's modes of protection, which are connected in series.

NOTE 3 Additional requirements can apply to SPDs installed on applications such as railway systems, HV power systems and mobile sites.

NOTE 4 For more information regarding connection types CT1 and CT2 refer to IEC 60364-5-53:2019, Clause 534.

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

a) SPD1 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 for a power line and class D for a telecommunication or signal line);
   - SPD tested with I_n (class II test for a power line and class C for a telecommunication or signal line). This type of SPD can be used when the sources of damage S1 and S3 can be disregarded.

b) SPD2 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 for a power line and class C for a telecommunication or signal line).

NOTE 5 SPDs tested with a combination wave U_{OC} (class III test for a power line, class n for a telecommunication or signal line) can be used when the lines entering are entirely within LPZ 0B of an isolated LPS or when the risk of failures of the SPD due to sources of damage S1 and S3 can be disregarded.

Information relating to the LPL, sources of damage S1, S2, S3, S4, the current I_{SPD} flowing through the SPD, and the probability values P_{SPD} and P_{EB} to be used in the risk assessment calculations, are given in IEC 62305-2:2024, Table B.8, Table B.9 and Table B.14. More specific calculations of current sharing may be performed.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

The following simplified rules can be applied to simplified cases:

At or near the origin of the installation, SPDs should comply with one of the following cases, as applicable:

- where the building is protected against direct lightning strike, for SPDs at the origin of the installation the impulse discharge current (I_{imp}) should be not less than as given in Table C.3;
- in other cases, class II tested SPDs are required at or near the origin of installation, their nominal discharge current should be not less than that given in Table C.4.

Table C.3 – Selection of impulse discharge current (I_{imp}) where the building is protected against direct lightning strike (S1) based on simplified rules

LPL class	Connection	I_{imp} kA			
		Supply system			
		Single-phase		Three-phase	
		CT1	CT2	CT1	CT2
I	L – N		25		25
	L – PE	25		25	
	N – PE	25	50	25	100
II	L – N		18,75		18,75
	L – PE	18,75		18,75	
	N – PE	18,75	37,5	18,75	75
III and IV	L – N		12,5		12,5
	L – PE	12,5		12,5	
	N – PE	12,5	25	12,5	50

Table C.4 – Nominal discharge current (I_n) in kA depending on supply system and connection type

Connection	I_n kA			
	Supply system			
	Single-phase		Three-phase	
	CT1	CT2	CT1	CT2
L – N		5		5
L – PE	5		5	
N – PE	5	10	5	20

Further SPDs installed downstream of the SPDs at or near the origin of the installation should be coordinated. Manufacturer's instructions on how to achieve coordination between SPDs should be followed with reference to IEC 61643-12.

Where overvoltage protection according to IEC 60364-4-44:2007, Clause 443 and IEC 60364-4-44:2007/AMD1:2015, Clause 443 is required and in the case of lightning strikes to the lines entering the building are considered, SPDs at the origin of the installation shall be selected according to Table C.5.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Table C.5 – Selection of impulse discharge current (I_{imp}) where the building is protected from direct strikes to the line (S3)

LPL class	Connection	I_{imp} kA			
		Supply system			
		Single-phase		Three-phase	
		CT1	CT2	CT1	CT2
I	L – N		10		10
	L – PE	10		10	
	N – PE	10	20	10	40
II	L – N		7,5		7,5
	L – PE	7,5		7,5	
	N – PE	7,5	15	7,5	30
III and IV	L – N		5		5
	L – PE	5		5	
	N – PE	5	10	5	20

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

C.2.8 Coordination of the SPD with back-up overcurrent protective device (OCPD)

C.2.8.1 General

Subclause C.2.8 details the coordination of the SPD with upstream OCPD(s) (i.e. fuses or circuit breakers) in respect to the lightning current withstand of back-up protection. Coordination of the SPD's short-circuit rating with the prospective short-circuit current on the power network is covered in IEC 60364-5-53:2019, Clause 534.

When an SPD discharges partial lightning currents or high impulse currents, these surge currents not only flow through the SPDs, but also through all other devices in the upstream circuit. For most installation devices (e.g. meters, terminals, protective devices, switches) that may be installed upstream of the SPD, there is no dedicated surge current withstand capability required by the relevant product standards. Therefore, unwanted tripping, melting or destruction of these devices can occur.

There is a noticeable difference in the way OCPDs interrupt power short-circuit currents compared to the way they disconnect loads with impulse currents, particularly with lightning impulse currents. Therefore, the short-circuit interrupting rating of overcurrent protective devices is not identical to its impulse and lightning current withstand.

For further information about surge current withstand of OCPDs see IEC 61643-12 and the manufacturer's information. The surge withstand of mechanical circuit breakers is dependent on the type of device. Manufacturers of OCPDs can also provide further information.

The behaviour of the back-up OCPD in the case of partial lightning current or high impulse current should be considered:

Case 1: No melting and no tripping of OCPD permissible. The OCPD can withstand the impulse of the expected surge current through the SPD without tripping or melting;

Case 2: Melting and tripping of OCPD permissible. The energy of the lightning impulse current is enough to operate the OCPD – e.g. melt the fuse or trip the circuit breaker;

Case 3: Mechanical destruction of OCPD permissible. If the energy of the lightning impulse current exceeds the withstand level of the OCPD, mechanical destruction can occur.

C.2.8.2 Recommendations and conclusions

- In cases 2 and 3 above, the installation is no longer protected from subsequent surges (i.e. those within a multi-pulse lightning event following the first stroke). Installation of additional SPDs can help to ensure continued protection to specific downstream circuits during such events.
- Care should be taken before replacing blown OCPDs or re-closing tripped MCBs, since the SPD can have failed into a short circuit.
- To avoid partial lightning currents or high impulse currents flowing through installation devices, it is recommended to install the Class I SPD as close as possible to the origin of installation.
- To limit melting and tripping or destruction of the SPD's back-up OCPD during a lightning discharge, the maximum permissible OCPD as specified by the SPD manufacturer should be installed. Furthermore, this OCPD should be coordinated with the upstream system OCPD in terms of short-circuit current rating. Meeting these two requirements at the same time can be a challenge. In that case, it is generally advisable to select the solution leading to the highest safety for the electrical installation i.e. a rating of the back-up OCPD lower than the rating of the upstream system OCPD.
- In the case of melting and tripping or mechanical destruction of the back-up OCPDs there is no reduction of the lightning current flowing into the electrical installation as lightning impulse current continues to flow despite the operation or destruction of the back-up OCPD (lightning is considered an ideal, current source). Given this assumption, the required impulse current carrying capability of the SPD cannot be reduced.
- Even in the case of unwanted tripping, melting of the back-up OCPD, the SPD provides a controlled current path for the lightning current and the downstream installation is protected against uncontrolled flashovers and mechanical destruction. In the event of multiple pulses, it is possible that protection will not be guaranteed;
- Additional information related to the selection of an OCPD in coordination with an SPD can be found in IEC 61643-12.

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 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 that 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 that should be checked is that the closer an SPD is to the equipment being protected, the more effective its protection will be (technical advantage).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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 shall be energy coordinated in accordance with IEC 61643-12 and IEC 61643-22. For this purpose, the SPD manufacturer should provide enough information as to how to achieve energy and voltage protection level coordination between the different SPDs.

C.3.5 Procedure for installation of a coordinated SPD system

A coordinated SPD system should be installed as follows:

– Only one SPD at the line entrance into the structure:
  - 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.2.3.
  - Select the impulse current (I_{imp}), or the nominal discharge current (I_n), of SPD1 in accordance with C.2.7 or IEC 62305-2:2024, Annex B.
  - Determine the rated impulse voltage U_W of internal systems to be protected.
  - Select the voltage protection level U_{P1} of SPD1.

If these requirements are met, the equipment is adequately protected by SPD1. Otherwise an additional SPD2, or possibly several of these, are needed.

This procedure applies to all service lines entering the structure.

– Install SPD1 at the structure's service entrance LPZ 1 boundary (e.g. at the main distribution board MB). This SPD shall fulfil the requirements of C.2.5 and have an impulse current (I_{imp}) in accordance with C.2.2.

– Install SPD2 close to the equipment LPZ 2 boundary (e.g. at the secondary distribution board or at the equipment terminals).

NOTE Instead of SPD1 and SPD2, a single two-port SPD can be installed at the service entrance to the structure.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Annex D
(informative)

Factors to be considered in the selection of SPDs

D.1 General

I_{imp} and I_n, (I_{max} optional) 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_n (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 IEC 61643-11, are reproduced in Table D.1. Table D.1 refers to SPDs connected line to neutral (CT1 connection).

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

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

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

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:

– the location of the SPD(s) within the structure – See Figure D.1;

– the method of coupling of the lightning strike to the facility (see Figure D.2) – for example, via a direct strike to the structure's LPS (S1), or via induction onto the building wiring due to a nearby strike (S2), or services feeding the structure (S3 and S4);

– the 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, and the equipotential bonding SPDs used on these;

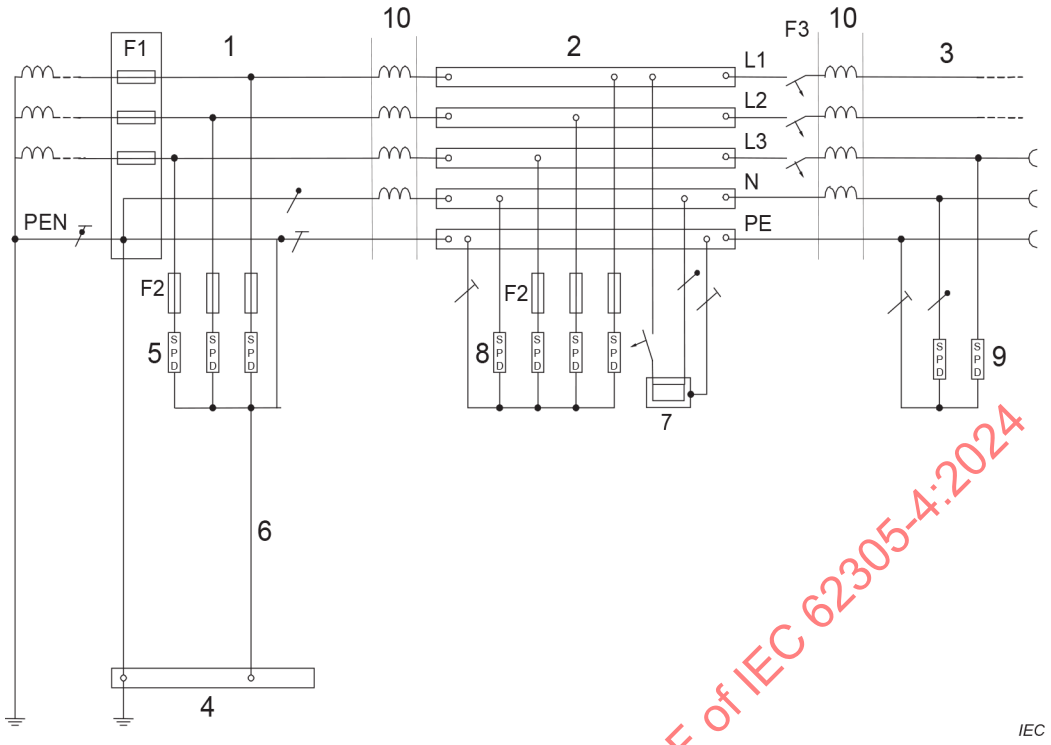
– the resistance and inductance of services entering the structure, as these components effect the current peak value I and charge Q distribution ratios;

– the 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;

– the type of waveshape being considered – it is not possible to simply consider 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;

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



Key

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

NOTE 1 Refer to IEC 61643-12 for further information.

NOTE 2 According to IEC 60364-5-53, if the distance between the PE-N bonding point and the installed SPD is more than 0,5 m, an additional SPD between the N-conductor and PE-conductor is required.

Figure D.1 – Installation example of SPD test class I, class II and class III in a TN system

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

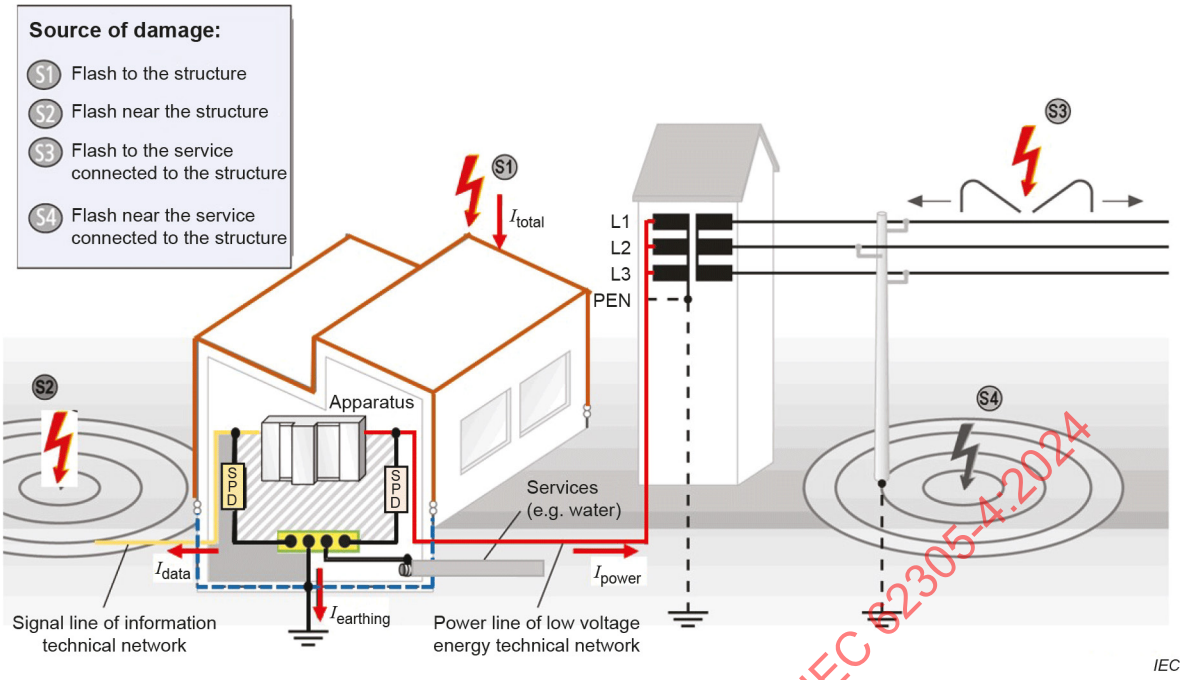


Figure D.2 – Basic example of different sources of damage to a structure and lightning current distribution within a system

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 the risk assessment for the involved structure in order to limit such risk to the tolerable value (see IEC 62305-1:2024, Clause 6).

This document considers that under an LPL I the magnitude of a direct strike (S1) to the structure's LPS can be as high as 200 kA with a waveshape of 10/350 µs (see IEC 62305-1:2024, 8.2 and Annex A. 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 the SPD is subjected.

D.3.2 Installation factors effecting current distribution

The value of current sharing should be calculated. When no specific calculation of current sharing (see IEC 62305-1:2024, Clause E.2) is carried out, a general assumption is made that 50 % of this current is conducted to the building's earthing system (provided this is in accordance with IEC 62305-3), and where only the power service is being considered, 50 % returns via the equipotential bonding SPD(s) to the earthing system of the transformer. With reference to Figure D.3 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

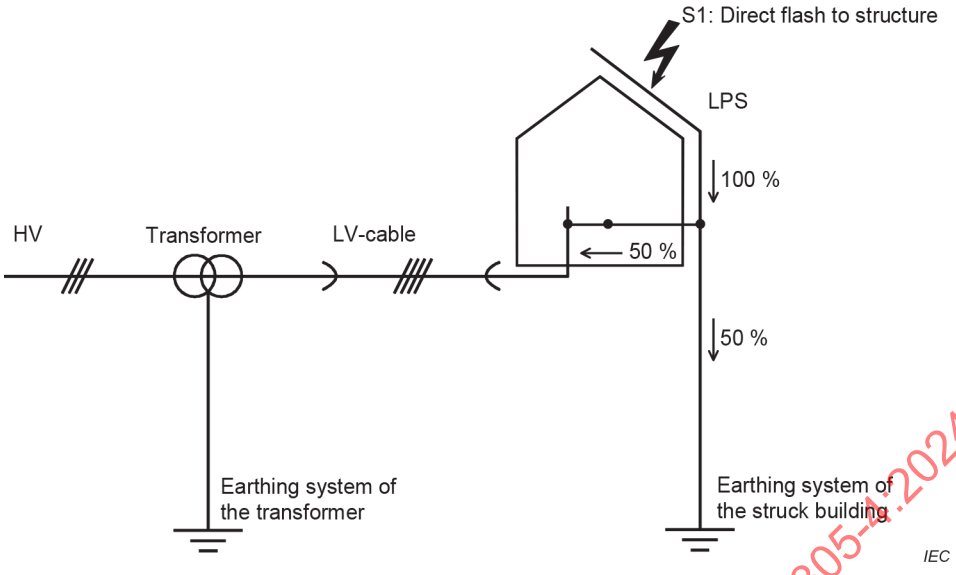


Figure D.3 – Example of the simplified current distribution in a TN power distribution system

If, however, three metallic services supply the structure, and the model of IEC 62305-1:2024, Clause E.2 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 the earthing system of the transformer 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) can 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 it is possible that the waveshape will 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. 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 can be subject, on field experience collected over time. IEC 62305-1:2024, Table E.1 is based mainly on field experience (see IEEE C62.41 [15]).

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

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),

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

can often be greater than the risk arising from surges created by direct strikes to the structure (S1) or to lines (S3).

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 can 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 discharge current capability (I_{imp}, I_n, [I_{max}], U_{OC}) which it can handle (see IEC 62305-2:2024, Annex B).

At the expected I_n, an SPD with a limiting voltage lower than the rated impulse 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 can result only in a longer SPD operating life. However, an SPD with lower limiting voltage can be more susceptible to possible damage from temporary overvoltages (TOV) if installed on poorly regulated power systems.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Annex E
(informative)

Lightning current sharing using simulation modelling

E.1 General

E.1.1 Overview

This Annex E provides additional information to that provided in IEC 62305-1:2024, Annex E on the distribution (sharing) of lightning currents. It considers direct lightning strikes to the structure (S1) and to an incoming service (S3), using three main factors:

- which of the lightning current parameters described in IEC 62305-1 are to be considered for the selection of SPDs?
- factors effecting the lightning current distribution in power supply systems;
- lightning current distribution in structures.

This Annex E provides the designer of SPM additional information to assess the lightning current distribution within complex systems by presenting several different examples.

The reader is advised that simulation methods are only as accurate as the model relied upon and as such the results and conclusion obtained in this Annex E should only be considered for purposes of guidance and general trends.

E.1.2 Methods to determine the lightning current distribution

E.1.2.1 Most simplified model

For a simplified assessment of the partial lightning current flowing through the low-voltage system it is enough to consider only the ohmic earthing resistance of the structure and the resulting earthing resistance of the low-voltage system (see IEC 62305-1:2024, Annex E, IEC 61643-12). In such a simplified assessment, the assumed maximum current is associated with the lightning protection level (LPL).

In the most simplified of models, the current is evenly distributed between the earthing system and other metallic services (electrical, water, gas, etc.).

E.1.2.2 Numerical simulations method

Numerical calculations using network analysis software can be used for a more detailed analysis of the lightning current distribution; however, this is not within the scope of this Annex E. IEC 62305-1:2024, Annex B describes the relevant time functions of the lightning current for analysis purposes. Figure E.1 shows the basic method to evaluate the lightning current distribution in systems by numerical calculations.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

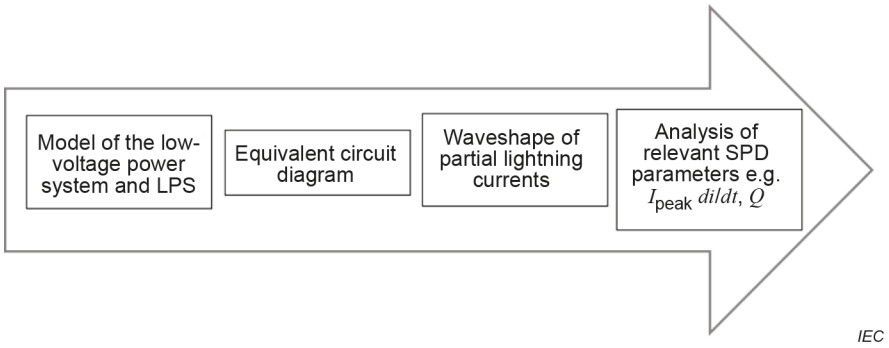


Figure E.1 – Approach to computer simulation used to analyse lightning current sharing

E.2 Lightning current parameters for SPDs

E.2.1 Lightning current parameters in accordance with IEC 62305-1

IEC 62305-1:2024, Table 3 describes the maximum values of the lightning current parameters according to the lightning protection level (LPL) for the different lightning discharge components:

- first positive stroke (10/350 µs impulse);
- first negative stroke (1/200 µs impulse);
- subsequent stroke (0,25/100 µs impulse);
- long stroke (0,5 s duration).

IEC 62305-1:2024, 8.2 requires that these values be used for the design of lightning protection components. Thus, these lightning current parameters shall also be used to determine the current carrying capability of SPDs.

In accordance with the product standards of the IEC 61643 series listed in Clause 2, only the first positive stroke with a 10/350 µs test impulse shall be used as test impulse for SPDs for lightning equipotential bonding.

E.2.2 Conclusion on lightning current sharing from numerical modelling

E.2.2.1 First positive stroke (10/350 µs impulse)

- The earthing impedance of the building and the resulting impedance of the low-voltage system determine the lightning current distribution.
- During the front of the lightning waveshape, a higher portion of the total current flows into the earthing system (than other services).
- In the tail of the lightning discharge the current distribution between the power supply and the lightning earthing system is almost equal if the earth resistance of the power supply is nearly equal to the earth resistance of the lightning earthing system.
- The front of wave steepness of the partial lightning current is an important parameter in the energy coordination between the SPD located at the zone LPZ 0/1 transition and the SPD located downstream.
- The rise time of the first positive stroke is adequate for laboratory testing of energy coordination between SPDs (see IEC 61643-12).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

E.2.2.2 First negative stroke (1/200 µs impulse) and subsequent stroke (0,25/100 µs impulse)

- During the front of the first negative stroke, or subsequent strokes, the lightning current is distributed more unevenly between the low-voltage electrical system and the building's earthing system, resulting in a higher percentage of the total current flowing into the building's earthing system.
- In the tail of the lightning discharge the current distribution between the power supply and the lightning earthing system is again almost equal if the earth resistance of the power supply is nearly equal to the earth resistance of the lightning earthing system.
- The di/dt of the partial lightning current flowing through the SPDs into the low-voltage system is considerably reduced. This di/dt also influences the voltage drop on the connecting lines of the SPDs and thus the effective voltage protection level $U_{p/f}$ of the SPDs, as described in Annex C.
- Since the front-of-wave flowing into the low voltage system is more represented by the 8 µs or 10 µs, the steepness of the subsequent stroke should not be used to determine the effective voltage protection level.
- Testing the SPD with the high-energy first positive stroke is adequate. SPDs do not have to be additionally tested with both the first negative stroke and the subsequent stroke.

E.2.2.3 Long stroke (0,5 s)

- In consumer's installations with a directly earthed neutral conductor, as is the case of TN-C systems, the long stroke current will flow between the lightning earthing system and the transformer's remote earthing using this neutral conductor. Since the resistance of this conductor is very low and the rise time of the long stroke current is also low, the SPD will not be involved in this current path.
- In the case of TT or TN-S systems, part of the long stroke current can flow through the SPDs.

Despite the general conclusions arrived at using the modelling techniques above, SPD behaviour under long stroke currents should be more carefully evaluated using actual laboratory testing when relied upon for more critical locations where operating safety is paramount.

E.3 Distribution of lightning currents in power supply systems

E.3.1 Influencing factors

In accordance with IEC 62305-1:2024, Clause E.3 and Clause E.4, the following factors can influence the amplitude and wave form of the partial lightning currents in power supply systems:

- cable impedances;
- type of the low-voltage earthing system;
- transformer impedances;
- multiple earthing of the neutral conductor;
- parallel consumers;
- other conductive supply systems;
- sources of damage S1 and S3;
- local earthing system impedance;
- type of SPDs (voltage limiting or voltage switching).

The effect of the following factors with respect to the lightning current distribution is shown in Table E.1. For each scenario, it is assumed that one factor is changed at a time:

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

- earthing system of the distribution network (TN, TT or IT);
- transformer inside the structure with common earthing system with the LPS;
- length and cross-section (i.e. impedance) of the LV cable connecting the distribution transformer with the user;
- impedance of the LPS earthing system;
- presence of parallel connected structures on the same feeder line from the transformer;
- presence of SPDs at the distribution transformer's low voltage side in parallel with SPDs installed at the user LV main panel board.

Table E.1 – General trends associated with protection installations for different power distribution systems

	TN–S systems			
	Phase conductor current	Neutral conductor current	PE conductor current	LPS earthing current
Install SPDs at the LV distribution transformer side in parallel to the SPDs installed at the user side	↑	↑	–	↓
Increasing distance (cable length) between LV distribution transformer and LV customer	↑	↓	↓	↑
Reducing LPS earthing impedance	↓	↓	↓	↑
Parallel connected structures, and the structure struck by lightning, fed by the same LV line	↑	↑	↑	↓
Common earthing of distribution transformer and LPS	↓	↓	↓	↑
	TN–C or TN–C–S systems with multiple PEN earthing points			
	Phase conductor current	PEN conductor current	PE conductor current	LPS earthing current
Install SPDs at the LV distribution transformer side in parallel to the SPDs installed at the user side	↑	–	n/a	↓
Increasing distance (cable length) between LV distribution transformer and LV customer	↑	↓	n/a	↑
Reducing LPS earthing impedance	↓	↓	n/a	↑
Parallel connected structures, and the structure struck by lightning, fed by the same LV line	↑	↑	n/a	↓
Common earthing of distribution transformer and LPS	↓	↓	n/a	↑
	TT systems			
	Phase conductor current	Neutral conductor current	PE conductor current	LPS earthing current
Install SPDs at the LV distribution transformer side in parallel to the SPDs installed at the user side	↑	–	n/a	↓
Increasing distance (cable length) between LV distribution transformer and LV customer	↑	↓	n/a	↑
Reducing LPS earthing impedance	↓	↓	n/a	↑
Parallel connected structures, and the structure struck by lightning, fed by the same LV line	↑	↑	n/a	↓
Common earthing of distribution transformer and LPS	↓	↓	n/a	↑
NOTE Symbol ↑ indicates an increase while symbol ↓ indicates a reduction of the partial lightning current flow with respect to specific energy and charge.				

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

E.3.2 Considerations in lightning current sharing using numerical modelling

E.3.2.1 General

Figure E.2 to Figure E.7 show the current paths that need to be considered in the numerical modelling of various power supply configurations.

E.3.2.2 Impedances

If SPDs are installed on the low voltage output of the transformer or in the case of a flashover of the low voltage windings, the influence of the transformer impedances is negligible.

The front-time of the lightning current on the power supply lines increases with increasing cable length.

Test class I SPDs for lightning equipotential bonding, tested with 10/350 µs impulse currents, usually accommodate the changing wave form resulting from the longer low-voltage lines.

E.3.2.3 Multiple earthing of the neutral conductor (MEN)

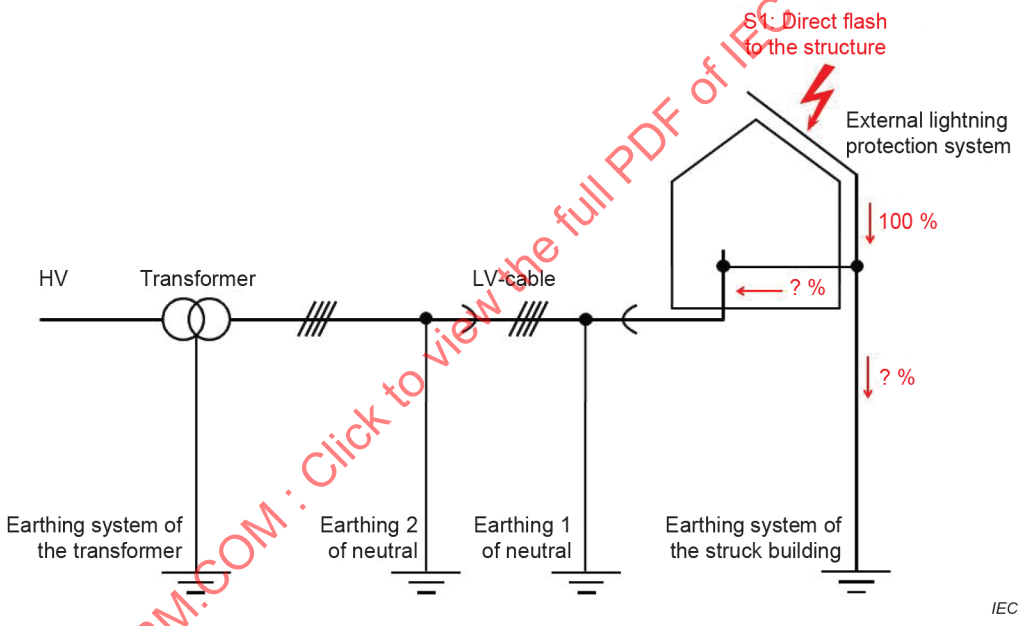


Figure E.2 – MEN earthing system

Multiple earthing of the neutral conductor, for example at the service entrance to each building, or at the tower or pole base in the case of low-voltage overhead lines, reduces the impedance of the neutral conductor compared to the impedance of the phase conductor. This results in a significantly higher portion of the total lightning current flowing in the neutral, as opposed to the phase conductor.

Multiple earthing of the neutral conductor also reduces the total impedance of the low-voltage system, resulting in a greater percentage of the total lightning current flowing into the low-voltage system.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

E.3.2.4 Parallel connected structures

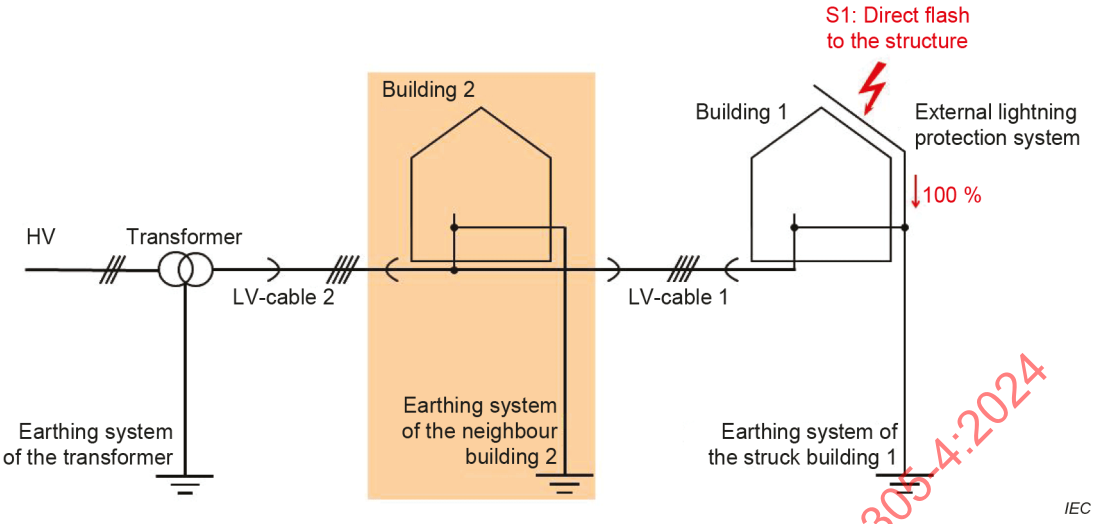


Figure E.3 – Parallel connected structures

- The parallel connection of consumers on the same low-voltage transformer reduces the total impedance of the low-voltage system.
- This results in an increase in the partial lightning current flowing into the low-voltage system via the SPDs.
- When lightning strikes a building, partial lightning current will flow to an adjacent building which shares the low voltage side of the distribution.

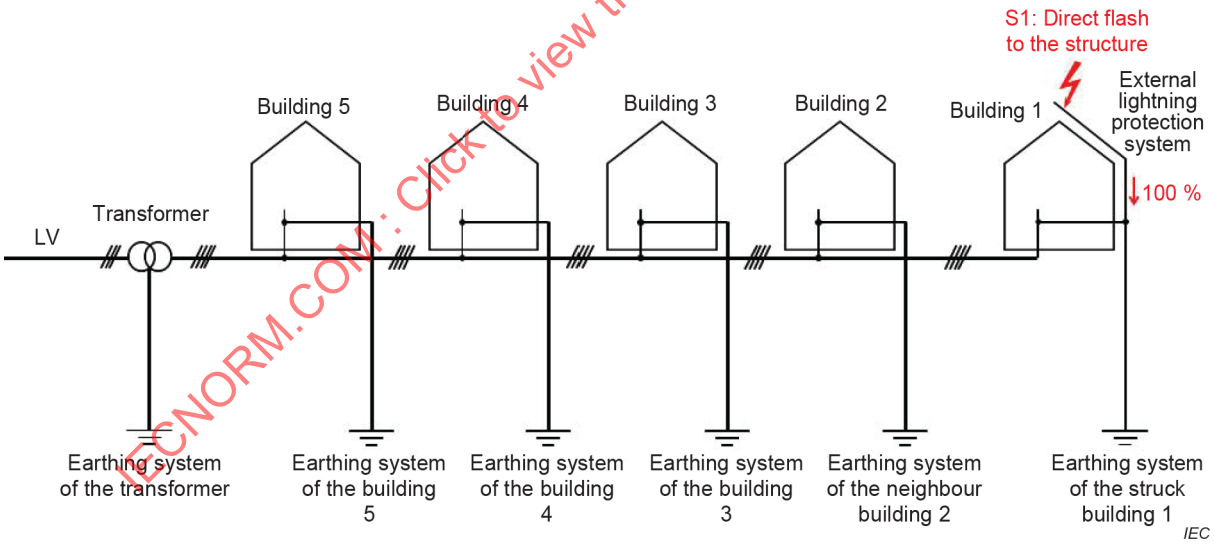


Figure E.4 – Influence of lightning current flow in parallel connected structures

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

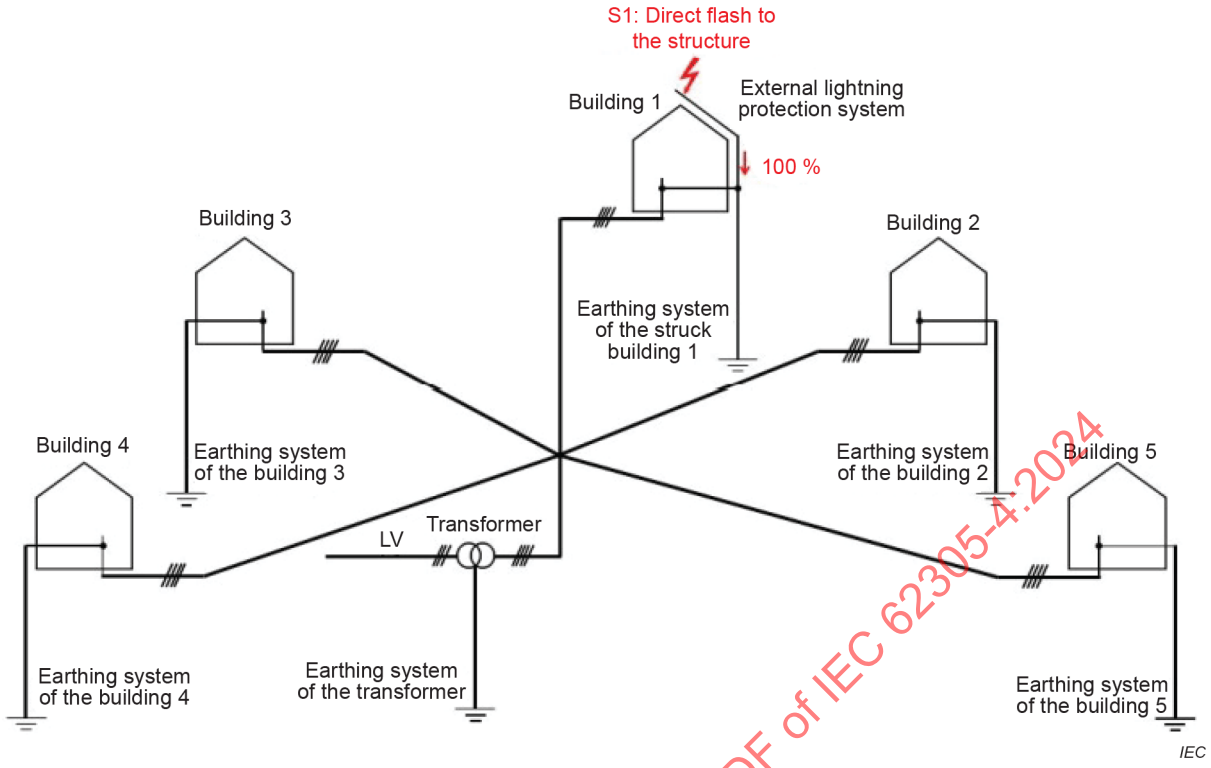


Figure E.5 – Influence of lightning current flow in star connected structures

- The lightning current flowing into the low-voltage system increases further in the case of parallel connected structures.
- The lightning current carried by the SPD(s) in the struck building is virtually independent of the system topology (string or star topology).
- Depending on the class of LPS, test class I SPDs can conduct these increased partial lightning currents to ground.

E.3.2.5 Influence of other conductive services

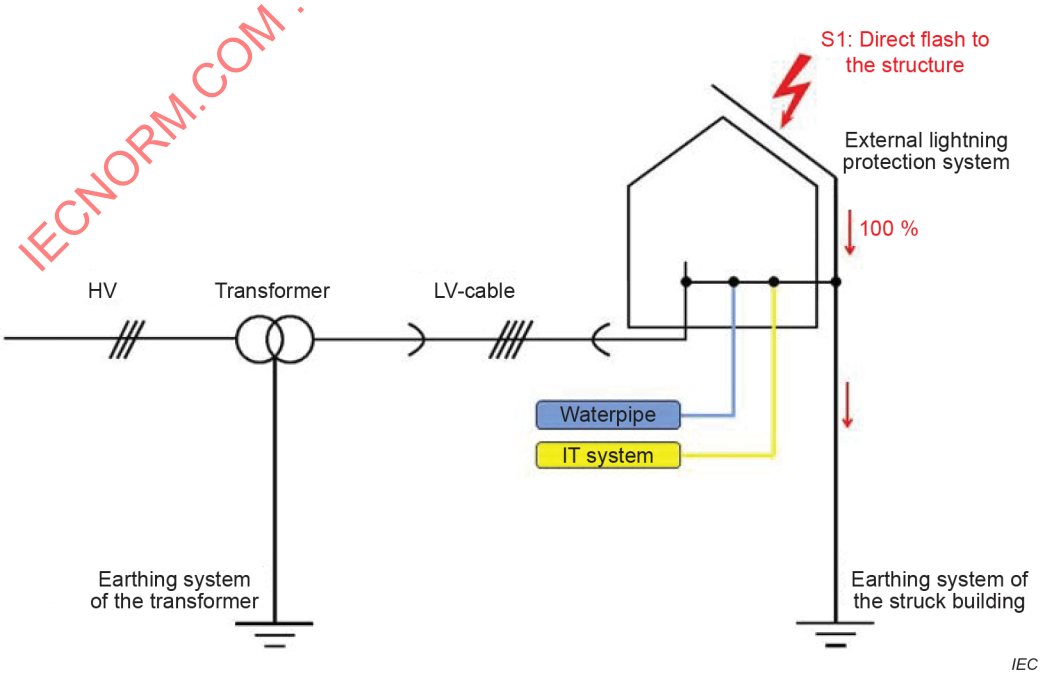


Figure E.6 – Influence of other metallic conductive services on lightning current sharing

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

- Other conductive services such as telecommunication lines, metal water lines or metal gas lines, also carry a portion of the total lightning current.
- These additional paths serve to reduce the lightning current flowing via the low-voltage power system to ground.
- Consideration should be paid to the fact that such metallic services may be partly or completely sheathed in plastic, which can reduce their current sharing contribution. In addition, telephone lines have a limited current carrying capacity due to their small conductor cross-section.

E.3.2.6 Source of damage S3

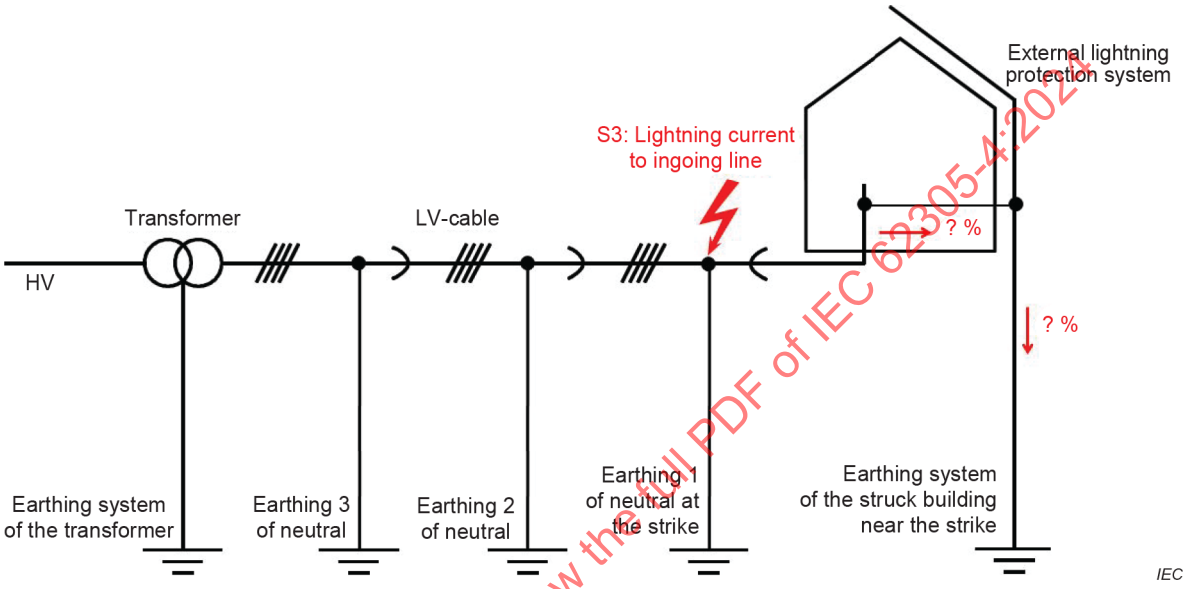


Figure E.7 – Influence of lightning current flow from S3 events

Test class I SPDs and category D SPDs should be installed at the entrance to the building when considering source of damage S3.

E.4 Current distribution in structures

E.4.1 General

Lightning current distribution in simplified structures can be determined with relative accuracy when using the simplified methods described, however, computer simulations may be the only practical means to analyse the lightning current distribution in more complex electrical system and structures, such as:

- structures with externally installed equipment and non-isolated LPS;
- high buildings;
- buildings with roof-mounted PV systems;
- ground-mounted PV systems;
- power plants;
- transformer installed internal to the structure;
- wind turbines.

Each of the above scenarios has been analysed using computer simulations. For each, general considerations are provided along with summaries of key aspects and recommendations as to suitable protection techniques.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

E.4.2 Structures with externally installed equipment and non-isolated LPS

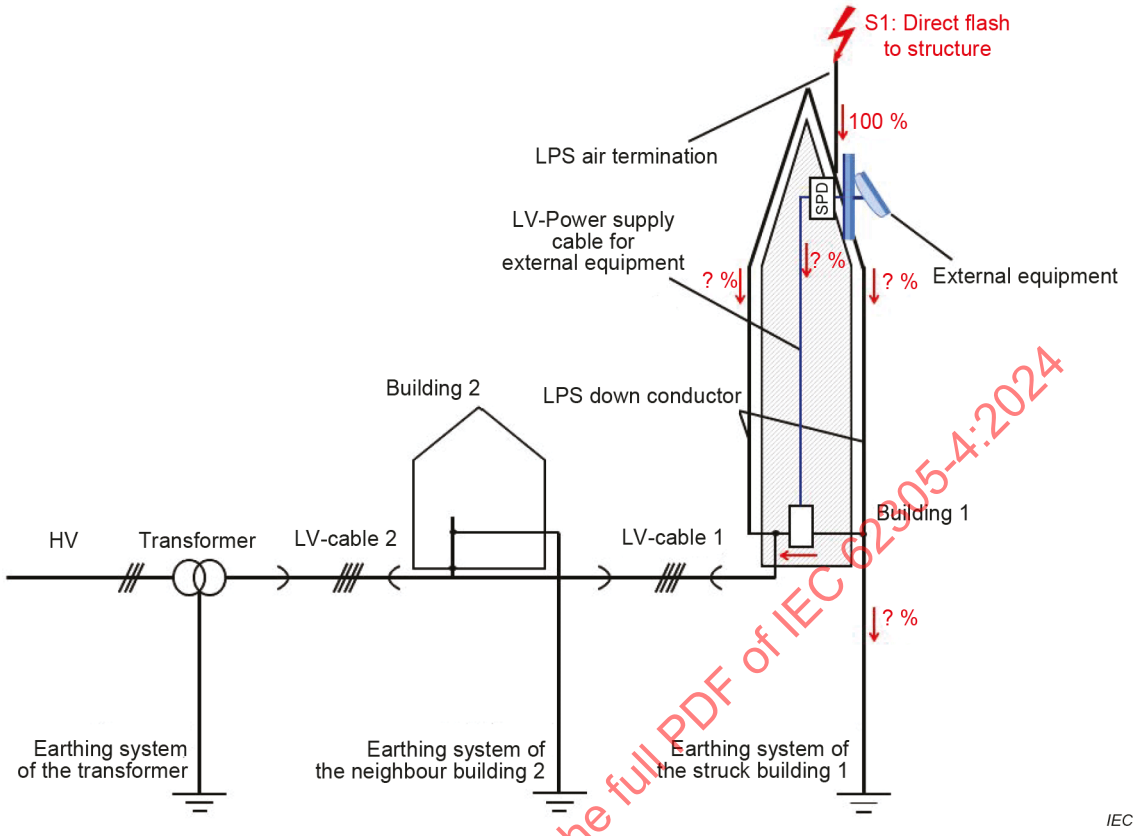


Figure E.8 – Structures with externally installed equipment and non-isolated LPS

Figure E.8 shows a direct strike to the air termination protecting both the structure and the external equipment.

Clause B.12 describes the protection of externally installed equipment, where an air-termination system is used to protect the equipment from a direct lightning strike, and lightning equipotential bonding SPDs are installed on service electrical lines.

The lightning current distribution (sharing) between the down conductors of the external LPS and the electrical power system is a function of the number and length of the LPS down conductors, and the number, cross-section, and length of the electrical conductors, as well as the impedance presented by the SPD during conduction (voltage switch type or voltage-limiting type).

Test class I SPDs should be installed as close as possible to the externally installed equipment (roof level). In addition, test class I SPDs should be installed at the entrance of the electrical service.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

E.4.3 Tall buildings

E.4.3.1 Description and assumptions

IEC 62305-3:2024, D.6.2.1 emphasizes that not only the conductive elements of the structure itself shall be connected to the equipotential bonding system, but also the lines of the power and communication services. For buildings taller than 30 m, IEC 62305-3:2024, Clause D.6 recommends that a supplementary equipotential bonding system be created at each 20 m higher up. This means that at least the external down conductors, internal down conductors and metal structural components shall be bonded at these points. Active supply lines should also be bonded via suitable equipotential-bonding SPDs. These SPDs shall be rated to withstand the expected partial lightning current at their point of installation. In general, it can be expected that the SPDs connected at roof level will be required to carry a greater portion of the total injected lightning current compared to SPDs installed further down.

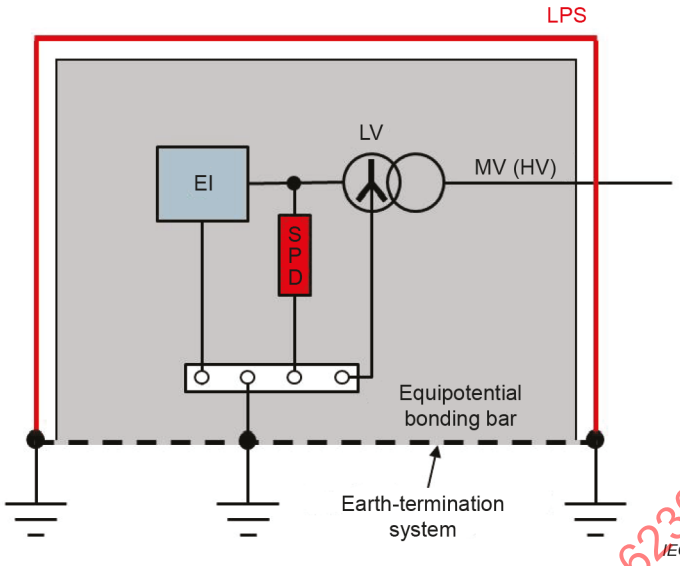
E.4.3.2 Summary and general recommendations

A greater portion of the lightning current will be carried by the SPDs installed on the top of the structure. The lightning current is distributed non-uniformly and depends on many factors including the actual point of attachment. In general, it is recommended that:

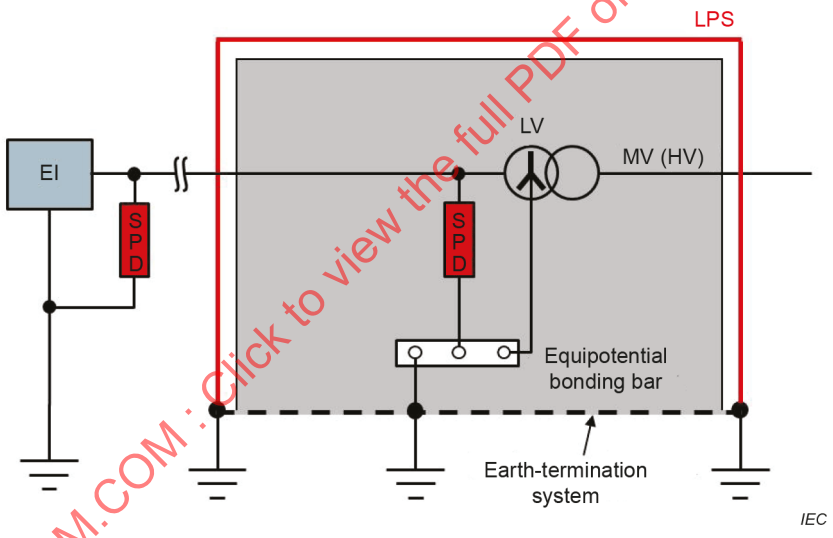
- at the top-level of the structure, test class I SPDs should be installed;
- at intermediate levels additional test class 2 SPDs can be sufficient;
- depending on the ratio of the earth impedance of the structure to that of the power system, considerable partial lightning currents may also flow in the SPDs at the ground-level, therefore in this case, test class I SPDs should also be installed.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

E.4.4 Transformer located inside a structure



a) Protection of sub-station transformer located inside a structure, where the equipment being supplied is also internal to the structure



b) Protection of sub-station transformer located inside a structure, where the equipment being supplied is external to the structure

Figure E.9 – Protection of internally located sub-station transformers

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Figure 10 shows two arrangements of a transformer that is arranged inside the structure without SPDs on the high-voltage side of the transformer (see also Figure 4 b)). In the second case there is electrical equipment/installation (EI) external to the building.

If the neutral of the transformer is connected to the earthing system of the building, test class II SPDs on the low-voltage side of the transformer are adequate, see Figure E.9 a).

If the transformer feeds equipment with an independent earthing system some distance away (~ 20 m), partial lightning currents can flow through the SPDs on the low-voltage side of the transformer, in which case test class I SPDs should be installed on the low-voltage side of the transformer, see Figure E.9 b).

A high-voltage arrestor is included on the MV (HV) side of the transformer – which is not shown in Figure E.9.

Annex F
(informative)

Lightning current sharing in photovoltaic installations

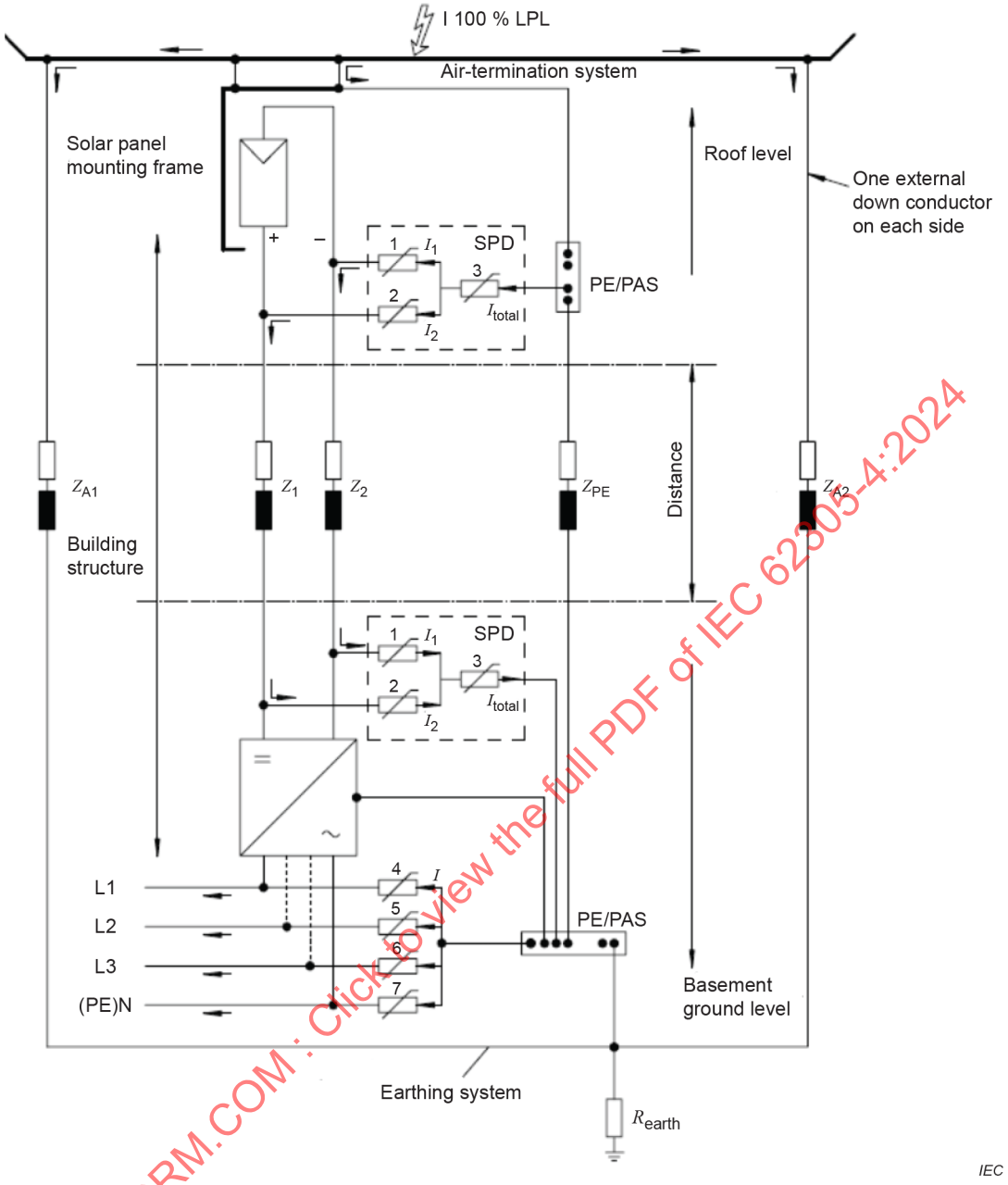
F.1 General

The IEC 62305 series adopts a global approach to the protection of structures from the effects of lightning. Protection of the structure itself from direct lightning discharges and protection of electrical and electronic systems from induced overvoltages is based on a comprehensive risk analysis (IEC 62305-2).

For each installation, a risk analysis should be performed to determine the protective measures and the lightning protection level (LPL), ranging from I to IV.

Figure F.1 gives a typical layout of a PV installation on the roof of a building showing the required surge protection and the parameters for calculation of lightning current sharing. It should be noted that the SPDs between the PV array and the inverter shall be suitable for the DC rating of the array.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Key

Z_{A1}, Z_{A2}	impedance of the external down conductors
Z_{PE}	impedance of the equipotential bonding conductor
PE/PAS	equipotential bonding bar
Z_1, Z_2	impedance of the DC power conductor
I_1, I_2	current for each pole (or branch) of DC SPDs (1, 2)
I_{total}	total current of DC SPDs
I_4 to I_7	current for each pole of AC SPDs (4 to.7)
R_{earth}	earth resistance

Figure F.1 – Current sharing between LPS down conductors and the internal cabling of a PV system in which the separation distance s has not been maintained

If the separation distance s is not maintained, and a bonding connection between the LPS and the PV panel frame or the construction frame is required, then in addition to the use of class I SPDs, shielding of the DC wiring is recommended (shielded cable, metallic cable ducts or conduit).

In this case the shield should be considered as a down conductor and capable of carrying partial lightning currents. The shield should be connected on both ends to the local bonding bars.

F.2 Structures with roof-mounted PV systems

F.2.1 Description and assumptions

- If a module array is protected by a lightning protection system (LPS) (see Figure F.2) and the separation distance s is maintained, test class II SPDs should be installed on the DC lines to protect the PV module and the inverter(s). The peak value of this current is I_n = 5 kA 8/20 (see IEC 62305-1:2024, Table E.1 and Table E.2) when protection according to lightning protection level (LPL) III is required.
- If a module array is protected by an LPS the separation distance s is recommended to be maintained.
- If the separation distance s cannot be maintained, test class I SPDs should be installed on the DC lines to protect the PV module and the inverter(s), and adequate separation between these DC lines and other parts of the installation need to be considered.
- The lightning current discharges to earth via the LPS down conductors and the DC electrical system (via the DC-SPDs) and bonding conductors if present.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

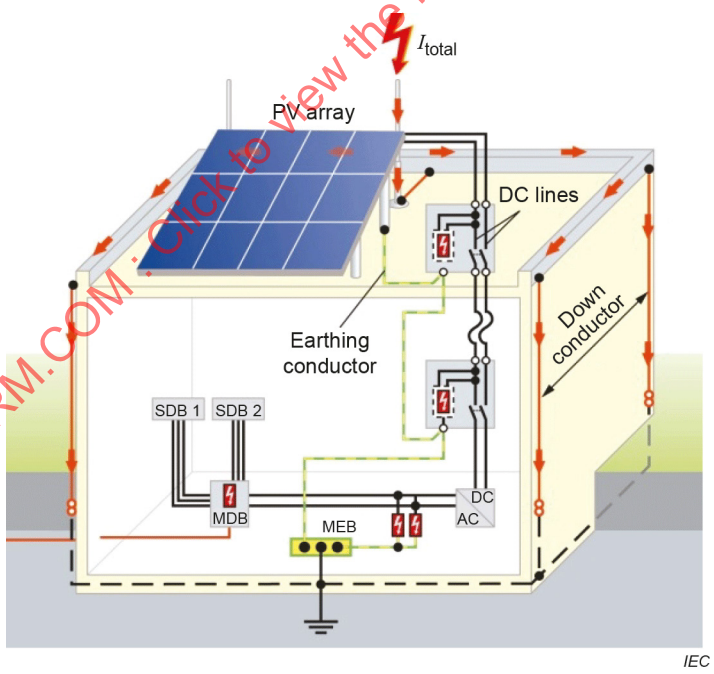


Figure F.2 – Protection of a roof-mounted PV system

F.2.2 Simplified calculation for the lightning current flowing in DC conductors

In case of a non-isolated LPS (i.e. separation distance not maintained), the lightning current will flow also through the DC power conductors since there is an ohmic coupling with the LPS through SPDs.

The lightning current distribution depends on:

- the lightning current striking the structure according to the LPL;
- the number of down conductors;
- the number of DC power conductors and bonding conductors;
- the layout of the down conductors and the DC power conductors.

The value of current sharing should be calculated. If no specific calculation of current sharing is carried out, the peak values of the lightning current flowing through each DC power conductor can be calculated by the following simplified equation:

$$I_{dc} = I_{LPL} \times k_c / 2 \times n' \quad \text{(F.1)}$$

where

I_{dc} is the partial lightning current flowing through each DC power conductor;

I_{LPL} is the lightning current rated to the corresponding LPL (i.e. 200 kA LPL I, 150 kA LPL II, 100 kA LPL III and IV);

k_c is the coefficient related to the number of down conductors: k_c = 1 for one down conductor, k_c = 0,66 for two down conductors and k_c = 0,44 for three or more down conductors (see IEC 62305-3:2024, 6.3.2 and Table 12);

n' is the number of DC power conductors and bonding conductors.

NOTE 1 An alternative and more comprehensive solution for buildings with an LPS and PV system, where the separation distance is not maintained, is given in IEC 61643-32:2017, Clause A.2. This simplified approach results in the surge current values given in Table F.1, Table F.2 and Table F.3.

NOTE 2 The value calculated by this simplified approach (where only one service is considered) is expected to be greater than that of the actual lightning current.

Table F.1 – Simplified calculated values of I_{imp} ($I_{10/350}$) and I_n ($I_{8/20}$) for voltage-limiting SPDs on the DC side of a PV installation mounted on the roof of a building with an external LPS if the separation distance is not maintained (see Figure F.1)

LPL Maximum current corresponding to LPL 10/350		Number of external down conductors			
		< 4		≥ 4	
		Test class I values for voltage-limiting SPDs based on a selection of 8/20 and 10/350			
		$I_1 = I_2$ 8/20 / 10/350	$I_1 + I_2 = I_{total}$ 8/20 / 10/350	$I_1 = I_2$ 8/20 / 10/350	$I_1 + I_2 = I_{total}$ 8/20 / 10/350
I or unknown	200 kA	17 / 10	34 / 20	10 / 5	20 / 10
II	150 kA	12,5 / 7,5	25 / 15	7,5 / 3,75	15 / 7,5
III or IV	100 kA	8,5 / 5	17 / 10	5 / 2,5	10 / 5

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Table F.2 – Simplified calculated values of I_{imp} ($I_{10/350}$) for voltage switching SPDs on the DC side of a PV installation mounted on the roof of a building with an external LPS if the separation distance is not maintained (see Figure F.1)

LPL Maximum current corresponding to LPL 10/350		Number of external down conductors			
		< 4		≥ 4	
		Test class I values for voltage switching SPDs			
		$I_1 = I_2$ 10/350	$I_1 + I_2 = I_{total}$ 10/350	$I_1 = I_2$ 10/350	$I_1 + I_2 = I_{total}$ 10/350
I or unknown	200 kA	25	50	12,5	25
II	150 kA	18,5	37,5	9	18
III or IV	100 kA	12,5	25	6,25	12,5

Either of the simplified methods may be applied.

EXAMPLE The case of a structure with Class IV LPS (I_{LPL} = 100 kA) and four down conductors (k_c = 0,44) is considered. A PV power supply cable with two DC conductors is bonded to the LPS through SPDs and there is also one bonding conductor (therefore n' = 3). When no specific calculation of current sharing is carried out, the partial lightning current flowing through each DC power conductor is given by:

$$I_{DC} = I_{LPL} \times k_c / 2 \times n' \rightarrow I_{DC} = 100\ \text{kA} \times 0{,}44 / 6 \rightarrow I_{DC} = 7{,}3\ \text{kA}$$

F.3 Outside free-field power plant with a non-isolated LPS

F.3.1 General

The value of current sharing should be calculated. If specific calculations are not carried out, the lightning current value flowing through the DC conductor is calculated using a simplified approach.

The example given in Figure F.3 is a simplified approach to the protection of an extensive ground mounted PV facility, which according to the risk assessment of IEC 62305-2 generally leads to LPL III. Free-field PV power plants are characterized by multiple earthing and a meshed earthing system. This leads to the values of I_{imp} flowing through the DC conductor as shown in Table F.3 for an LPL III. These values are obtained from practical experience and modelling.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

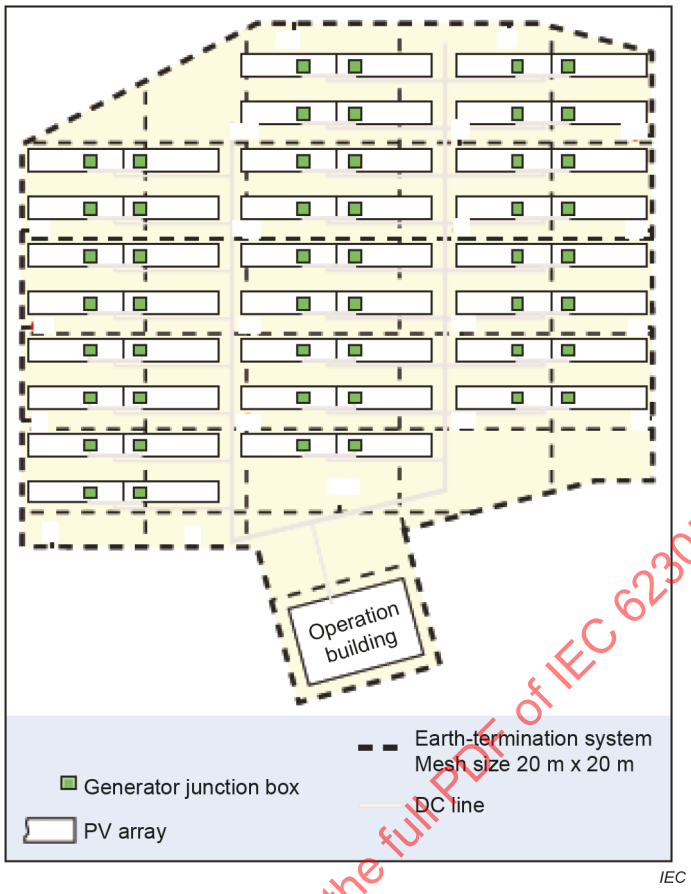


Figure F.3 – Free-field PV power plant with multiple earthing and meshed earthing system

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

F.3.2 Finding the lightning current flowing through the DC conductor via the SPD

The partial lightning currents which flow via the SPDs into the DC system depends on:

– the class of LPS;

  For this example, it will be assumed that the lightning risk assessment identified that the ground mounted PV installation requires an LPL III.

– the earth resistivity;

  A higher earth resistivity results in higher partial currents flowing into the DC system via the SPDs.

– the mesh size of the earth termination system;

  Figure F.3 shows an earth termination system with a mesh size of 20 m × 20 m. Larger mesh sizes result in higher partial currents flowing into the DC side of the PV installation via the SPDs.

– the number and arrangement of DC conductors.

F.3.3 Results

When no specific calculation of current sharing is carried out, Table F.3 provides the values of I_{imp} and I_n for test class I SPDs on the DC side of an extended PV installation under LPL III and with a mesh size 20 m × 20 m.

Table F.3 – Simplified calculated values of $I_{10/350}$ and $I_{8/20}$ for SPDs intended to be used in free-field PV power plants with multiple earthing and a meshed earthing system based on Figure F.3

LPL Maximum current corresponding to LPL (10/350 µs)		Partial lightning currents kA					
		Limiting or combination (series) type SPD				Switching or combination (parallel) type SPD	
		$I_{10/350}$		$I_{8/20}$		$I_{10/350}$	
		per mode	I_{total}	per mode	I_{total}	per mode	I_{total}
III	100 kA	5	10	15	30	10	20

NOTE 1 The partial lightning currents are for SPDs connected to the DC side I_{imp} in kA (10/350 µs), I_n in kA (8/20 µs).

NOTE 2 In the case of a lightning strike in close proximity to the SPD protecting the inverter (e.g. a direct lightning strike to the facility housing the inverter), higher lightning currents can be expected to flow through the SPDs.

For this application three possibilities are given (Table F.1):

- limiting or combination (series) type SPD (class I and class II) with $I_{imp} \geq I_{10/350}$ and with $I_n \geq I_{8/20}$;
- or a limiting or combination (series) type SPD (class I) where $I_{imp} \geq I_{8/20}$;
- or a switching or combination (parallel) type SPD (class I) with $I_{imp} \geq I_{10/350}$.

The use of a shielded cable for the DC wires between the PV array and the central inverter station is also recommended to reduce the induction onto the DC system. In this case, the shield is required to be capable of carrying partial lightning currents. The shield should be connected on both ends to the local bonding bars.

In large solar power plants using several string inverters, the values given in Table F.1 apply to the class I SPDs on the AC side of the string inverters and the low-voltage side of the central transformer. On the DC side of the string inverter (where cabling between the PV string and the inverter is very short), class II SPDs are normally sufficient provided only one set of SPDs is included on this DC side.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Annex G
(informative)

Testing system level behaviour under lightning discharge conditions

G.1 General

The following testing method can be used to evaluate the overall system immunity level.

G.2 SPD discharge current test under normal service conditions

a) Prior to the system level immunity test:

   The immunity of the equipment to be protected should be determined. For equipment connected to power lines, IEC 60664-1 and IEC 61643-12 are used, and for equipment connected to telecom lines IEC 61643-22, ITU-T Recommendations K.20 [10], K.21 [9] and K45 [12] are used.

   The voltage protection level provided by the SPDs should be determined using the test procedures described in IEC 61643-11 for low voltage power line SPDs, or IEC 61643-21 for low voltage signal line SPDs.

b) The equipment to be protected should be tested with the intended SPDs installed as per the manufacturer's instructions. The equipment should be energized at its nominal supply voltage and stressed with the surge current required for the SPD's point of installation. If this surge current cannot be evaluated, the nominal discharge current parameters rated for the SPD can be applied. Where applicable, additional circuits, such as communication lines, sensors, motors should be connected.

c) Figure G.1 provides an example circuit of such an SPD discharge test under normal service conditions.

G.3 Induction test due to lightning currents

a) Impulse currents should be injected into a metallic mounting plate to examine the behaviour of the complete system due to electromagnetic fields generated by the simulated lightning discharge.

b) The system under test should be installed as realistically as possible. This simulated installation should include the equipment being protected: the installed SPDs and the real length and type of the interconnection lines.

c) The resulting induced impulse currents within the cabling of the complete system should be monitored.

d) The characteristic and applicable values of the primary lightning current discharge should be as given in IEC 62305-1:2024, Table C.3.

e) Figure G.2 provides an example of an induction test when class II SPDs are installed on the power and control systems.

G.4 Recommended test classification of system level immunity (IEC 61000-4-5)

This document defines the following pass criteria:

a) normal performance within limits specified by the manufacturers;

b) temporary loss of function or degradation of performance which ceases after the disturbance ceases and from which the equipment under test recovers its normal performance without operator intervention;

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

c) temporary loss of function or degradation of performance, the correction of which requires operator intervention;

d) loss of function or degradation of performance which is not recoverable owing to damage to hardware or software or loss of data.

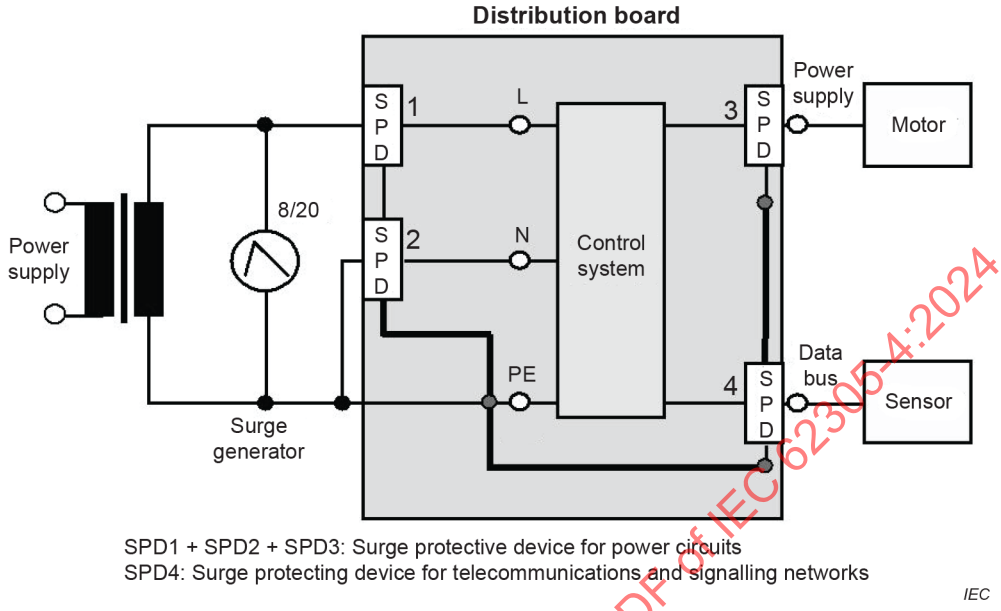


Figure G.1 – Example circuit of an SPD discharge current test under service conditions

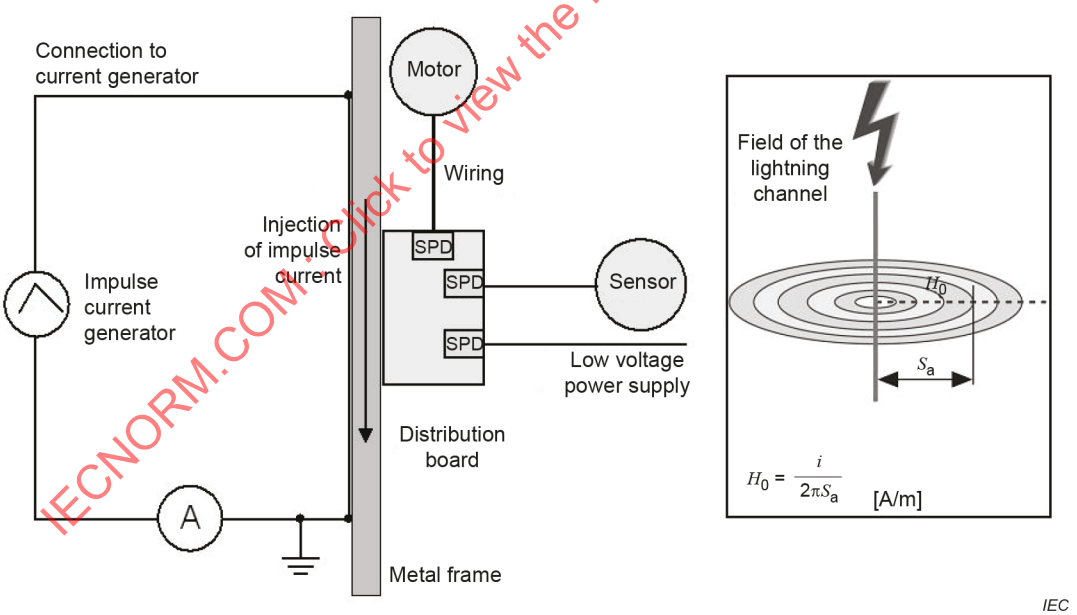


Figure G.2 – Example circuit of an induction test due to lightning currents

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Annex H
(informative)

Induced voltage in the circuits protected by an SPD

H.1 General

Flashes on a structure (source of damage S1), flashes near the structure (source of damage S2) and flashes to a service (source of damage S3) can induce a voltage U_i in the circuit between the SPD and the equipment to be protected which, adding to the $U_{p/f}$ voltage, reduces the protective effect of the SPD.

The induced voltage U_i increases with:

– the steepness of the inducing lightning current;
– the circuit length;
– the distance between live conductors and the PE conductor;
– the area of the loop formed by the power and signal conductors;

and is reduced by shielding surfaces on the:

– structure;
– zones internal to the structure;
– circuits.

A precise calculation of the induced voltage U_i can be carried out using the criteria provided in Clause A.5. A simplified calculation of U_i can be carried out as follows:

H.2 Direct flashes to the structure (Figure H.1)

$$U_{i1} = 0{,}7 \times h \times k_c \times k_{s2} \times l_{eq} \quad \text{(H.1)}$$

where

$h = 0{,}8 \times \ln [(d + w) / d] \times I$

is the induced voltage per metre of the portion of the circuit parallel to the down conductor (kV/m) by the lightning current I (kA) of the subsequent strokes on the structure;

d is the distance between the circuit and down conductor, in metres.

w is the mesh width in metres;

k_c is the coefficient which takes into account the lightning current repartition between the down conductors of the LPS (Table H.2);

k_{s2} is the coefficient which takes into account the screening of shields internal to the structure (Table H.3);

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

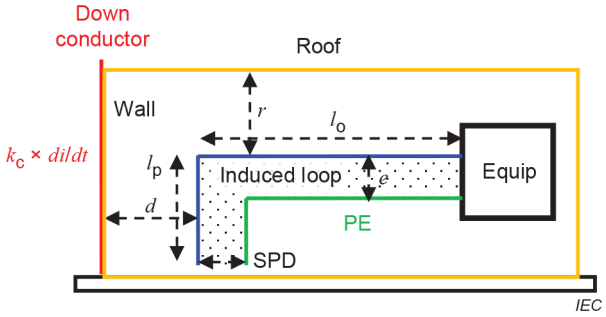


Figure H.1 – Induced loop by a lightning current on the structure

$l_{eq} = l_p + l'_o$;

l_p is the length (m) of the vertical circuit;

l_o is the length (m) of the horizontal circuit;

$l'_o = l_o \times w \times \ln [(d + l_o) / d] / [l_o \times \ln [(d + w) / d]]$;

is the length of the vertical circuit where the induced voltage is equal to that induced in the horizontal circuit l_o (m).

H.3 Flashes near the structure (Figure H.2)

$$U_{i2} = k_{s1} \times k_{s2} \times S \times q \quad \text{(H.2)}$$

where

k_{s1} is the coefficient which takes into account the screening of the grid-like shield on the structure (Table H.3);

S is the loop area of the internal circuit $S = (l_p + l_0) \times w$ in square metres;

q is the induced voltage per 1 m^2 loop area of the internal circuit reported in Table H.1 as a function of LPL.

NOTE The voltage U_{i2} can be multiplied by the environment factor C_e.

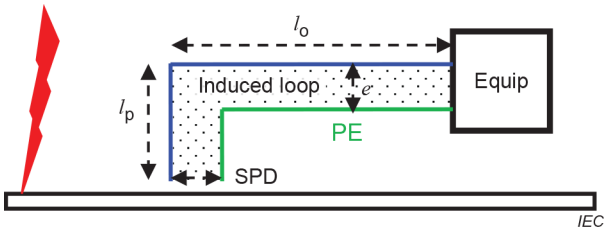


Figure H.2 – Induced loop by a lightning current near the structure

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

H.4 Flashes to the service

$$U_{i3} = 0{,}7 \times k_{s1} \times k_{s2} \times h \times l_{eq} \quad \text{(H.3)}$$

where

h = 0,8 × ln [(d + w) / d] × I;

d is the distance between the circuit and the inducing lightning current, in metres;

w is the mesh width, in metres;

l is the length of the portion of the circuit parallel to the down conductor by which the lightning current I (kA) induces a voltage onto the service (kV/m);

$l_{eq} = l_p + l_o$;

l_p is the length (m) of the vertical circuit;

l_o is the length (m) of the horizontal circuit;

$l'_o = l_o \times w \times \ln [(d + l_o) / d] / [l_o \times \ln [(d + w) / d]]$;

is the length of the vertical circuit where the induced voltage is equal to that induced in the horizontal circuit l_o (m).

Table H.1 – Flashes near the structure: induced voltage per square metre q as a function of LPL

LPL	I	II	III/IV
q V/m^2	10	7,5	5
q values can also be evaluated, as a function of the probability P, with the following equation: $q = 1/\sqrt{P}$.			

It is possible to assume h = 0 in the following cases, where:

– the structure, or the internal zone where the circuits to be protected are installed, is shielded (mesh size w ≤ 0,1 m);

– the circuit is shielded or located inside a closed metallic duct; the shields or ducts are bonded at both ends to earthing bars where the equipment to be protected is bonded too;

– the cables are optical fibre cables without metallic elements;

– the live and the PE conductor are twisted;

– the risk assessment does not require the installation of an LPS.

It is possible to assume q = 0 in the following cases, where:

– the structure, or the internal zone where the circuits to be protected are installed, is shielded (mesh size w ≤ 0,1 m);

– the circuit is shielded or located inside a closed metallic duct; the shields or ducts are bonded at both ends to earthing bars where the equipment to be protected is bonded too;

– the cables are optical fibre cables without metallic elements;

– the live and the PE conductor are twisted;

– the active conductors are in the same cable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Table H.2 – Values of k_c

Not shielded structure		Shielded structure
Number of down conductors	**k_c**	
1	1	$k_c = K_{S1}/2$
2	0,66	
≥ 3	0,44[a]	
[a] k_c < 0,44 values are possible (see IEC 62305-3:2024, Annex B).		

Table H.3 – Values of k_{S1} and k_{S2} for some copper shields

Shield type	$k_{S1} = k_{S2}$
No shield	1
Mesh	$0,12 \times w$
Solid (thickness ≥ 1 mm)	10^{-4}
Key w mesh size, in metres NOTE For two or more shields, k_{S2} is the product of each k_{S2}.	

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Annex I
(informative)

Isolation interfaces using surge isolation transformers (SITs)

I.1 SIT for low-voltage power distribution system

An SIT is a purpose-designed transformer with insulation between the primary and secondary windings and a shield (electromagnetic screen) between these windings. These shields and insulating layers help attenuate the common mode surge on the primary side (appearing between the primary winding and earth) from passing to the secondary side (appearing between the secondary winding and earth).

The SIT is designed to have an improved rated impulse voltage compared to ordinary transformers. SITs with enhanced insulation between the primary winding and the electromagnetic screen are sometimes called unidirectional withstand voltage devices, while SITs with an additional enhanced insulation between the secondary winding and the electromagnetic screen, are sometimes called bidirectional withstand voltage devices.

I.2 SIT for communication systems

Some SIT standards that cover communication and signalling networks are:

- IEC 61643-351 [16], Components for low-voltage surge protective devices – Part 351: Performance requirements and test methods for telecommunications and signalling network surge isolation transformers (SITs);
- IEC 61643-352 [17], Components for low-voltage surge protection – Part 352: Selection and application principles for telecommunications and signalling network surge isolation transformers (SITs);
- ITU-T K.95 [18], Surge parameters of isolating transformers used in telecommunication devices and equipment and IEEE Std C62.69™ [19] for the surge parameters of isolating transformers used in networking devices and equipment;
- ITU-T K.126: Annex A [20] which addresses the use of SITs in power systems.

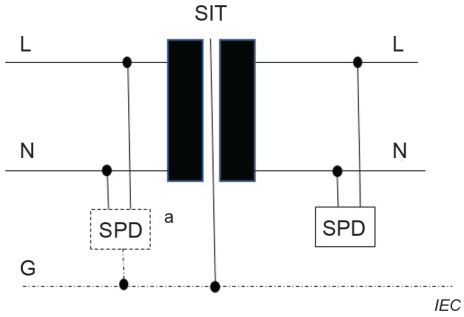
I.3 SIT surge mitigation performance (low-voltage power distribution systems)

SITs are designed to attenuate common-mode (L-PE) impulses between the primary and secondary windings but will not attenuate differential-mode (L-L, L-N) impulses. For this reason, an additional SPD is required after the secondary winding.

The combination of an SIT and test class I SPD is intended for partial or direct lightning strikes to power lines. Where the induced voltage of an indirect stroke is less than the rated impulse voltage of the SIT's primary winding, no additional SPD is required.

In scenarios S1, S3 and S4, if the overvoltage caused by lightning is expected to be greater than, or equal to, the rated impulse voltage of the SIT, SPDs should be installed to protect the SIT windings. See Figure I.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



[a] Test Class I SPD to be used in the case of the S1 and S3 events.

Figure I.1 – Use of SPDs to protect windings of SIT

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Bibliography

[1] SANS 10142-1:2020, South African National Standards, *The wiring of premises – Part 1: Low-voltage installations*

[2] IEC 60364-4-43, *Low-voltage electrical installations – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

[3] IEC 60364-4-44:2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*
IEC 60364-4-44:2007/AMD1:2015
IEC 60364-4-44:2007/AMD2:2018

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

[5] IEC 62475, *High-current test techniques – Definitions and requirements for test currents and measuring systems*

[6] IEC 60060 (all parts), *High-voltage test techniques*

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

[8] IEC 62793, *Thunderstorm warning systems – Protection against lightning*

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

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

[11] IEC 60038, *IEC standard voltages*

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

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

[14] M. König, H. Steinbigler *Magnetic field distribution inside a grid-like spatial shield in the case of a direct lightning strike*, 24th International Conference on Lightning Protection, 1998, Birmingham, UK

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

[16] IEC 61643-351, *Components for low-voltage surge protective devices – Part 351: Performance requirements and test methods for telecommunications and signalling network surge isolation transformers (SITs)*

[17] IEC 61643-352, *Components for low-voltage surge protection – Part 352: Selection and application principles for telecommunications and signalling network surge isolation transformers (SITs)*

[18] ITU-T K.95, *Surge parameters of isolating transformers used in telecommunication devices and equipment*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

[19] IEEE Std C62.69™-2016, *IEEE Standard for the Surge Parameters of Isolating Transformers Used in Networking Devices and Equipment*

[20] ITU-T K.126, *Surge protective component application guide – High frequency signal isolation transformers*

_____

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 139
INTRODUCTION 142
1 Domaine d'application 144
2 Références normatives 144
3 Termes et définitions 145
4 Conception et mise en œuvre de MPF 149
4.1 Généralités 149
4.2 Conception de MPF 153
4.3 Zones de protection contre la foudre (ZPF) 153
4.3.1 Généralités 153
4.3.2 Zones extérieures 154
4.3.3 Zones intérieures 154
4.4 MPF fondamentales 157
5 Réseaux de mise à la terre et d'équipotentialité 158
5.1 Généralités 158
5.2 Réseau de prises de terre 159
5.3 Réseau d'équipotentialité 161
5.4 Barres d'équipotentialité 165
5.5 Équipotentialité à la frontière d'une ZPF 166
5.6 Matériaux et dimensions des éléments d'équipotentialité 166
6 Écrans magnétiques et cheminement des lignes 167
6.1 Généralités 167
6.2 Blindage spatial 167
6.3 Écran des lignes internes 168
6.4 Cheminement des lignes internes 168
6.5 Blindage des lignes externes 168
6.6 Matériaux et dimensions des écrans magnétiques 168
7 Système de protection par parafoudres coordonnés 168
8 Interfaces d'isolement 169
9 Gestion des MPF 170
9.1 Généralités 170
9.2 Plan de gestion des MPF 170
9.3 Inspection des MPF 172
9.3.1 Généralités 172
9.3.2 Procédure d'inspection 172
9.3.3 Documentation d'inspection 173
9.4 Maintenance 173
Annexe A (informative) Éléments essentiels à l'évaluation de l'environnement électromagnétique dans une ZPF 174
A.1 Généralités 174
A.2 Dégradation par la foudre des réseaux de puissance et de communication 174
A.2.1 Sources de dommages 174
A.2.2 Objets des dommages 174
A.2.3 Tenue des ports de signalisation du matériel 174
A.2.4 Tenue des ports d'alimentation du matériel 175
A.2.5 Relation entre l'objet des dommages et la source de dommages 176

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

A.3 Blindage spatial, cheminement et blindage des lignes 177
A.3.1 Généralités 177
A.3.2 Écrans spatiaux maillés 180
A.3.3 Cheminement et blindage des lignes 182
A.4 Champ magnétique dans les ZPF 186
A.4.1 Approximation du champ magnétique dans les ZPF 186
A.4.2 Calcul numérique du champ magnétique en cas d'impacts de foudre directs 192
A.4.3 Évaluation expérimentale du champ magnétique dû à un impact de foudre direct 196
A.5 Calcul des tensions et courants induits 197
A.5.1 Généralités 197
A.5.2 Situation dans une ZPF 1 en cas d'impact de foudre direct 197
A.5.3 Situation dans la ZPF 1 en cas d'impact de foudre à proximité 200
A.5.4 Situation dans une ZPF 2 ou d'ordre supérieur 201
Annexe B (informative) Mise en œuvre des MPF pour une structure existante 202
B.1 Généralités 202
B.2 Listes de vérifications 202
B.3 Conception des MPF pour une structure existante 203
B.4 Conception des mesures de protection de base pour les ZPF 205
B.4.1 Conception des mesures de protection de base pour la ZPF 1 205
B.4.2 Conception des mesures de protection de base pour la ZPF 2 205
B.4.3 Conception des mesures de protection de base pour la ZPF 3 206
B.5 Amélioration d'un SPF existant en utilisant un blindage spatial de la ZPF 1 206
B.6 Détermination des ZPF pour les réseaux de puissance et de communication 206
B.7 Protection par réseau d'équipotentialité 209
B.8 Protection par parafoudres 209
B.9 Protection par interfaces d'isolement 210
B.10 Mesures de protection par cheminement et blindage des lignes 210
B.11 Mesures de protection pour le matériel placé à l'extérieur 212
B.11.1 Généralités 212
B.11.2 Protection du matériel extérieur 212
B.11.3 Protection par le maintien d'un isolement électrique par rapport au SPF 214
B.11.4 Réduction des surtensions dans les câbles 215
B.12 Amélioration des interconnexions entre des structures 216
B.12.1 Généralités 216
B.12.2 Lignes isolées 216
B.12.3 Lignes métalliques 216
B.13 Intégration de nouveaux réseaux internes dans des structures existantes 216
B.14 Vue d'ensemble des mesures de protection possibles 217
B.14.1 Alimentation électrique 217
B.14.2 Parafoudres 218
B.14.3 Interfaces d'isolement 218
B.14.4 Cheminement et blindage des lignes 218
B.14.5 Blindage spatial 218
B.14.6 Équipotentialité 218
B.15 Amélioration de l'alimentation électrique et du cheminement des câbles dans la structure 219
Annexe C (informative) Choix et mise en œuvre d'un système de protection par parafoudres coordonnés 220

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

C.1 Généralités 220
C.2 Choix des SPD 221
C.2.1 Emplacement des SPD selon la source de dommages 221
C.2.2 Choix en fonction du courant de foudre I 222
C.2.3 Choix en fonction du niveau de protection de tension U_p 223
C.2.4 Dispositions des SPD 229
C.2.5 Protection du matériel par deux SPD 229
C.2.6 Matériel connecté à deux services différents 230
C.2.7 Choix en fonction de l'emplacement et du courant de décharge 231
C.2.8 Coordination du SPD avec le dispositif de protection contre les surintensités (OCPD) amont 233
C.3 Mise en œuvre d'un système de protection par parafoudres coordonnés 235
C.3.1 Généralités 235
C.3.2 Emplacement des SPD 235
C.3.3 Conducteurs de connexion 235
C.3.4 Coordination des parafoudres 235
C.3.5 Procédure d'installation d'un système de protection par parafoudres coordonnés 235
Annexe D (informative) Facteurs à prendre en compte dans le choix des SPD 237
D.1 Généralités 237
D.2 Facteurs qui déterminent la contrainte exercée sur un SPD 237
D.3 Quantification du niveau de menace statistique pour un SPD 239
D.3.1 Généralités 239
D.3.2 Facteurs de l'installation qui affectent la distribution du courant 239
D.3.3 Considérations pour le choix des caractéristiques assignées des SPD: I_{imp}, [I_{max}], I_n, U_{OC} 240
Annexe E (informative) Répartition du courant de foudre par modélisation et simulation 242
E.1 Généralités 242
E.1.1 Vue d'ensemble 242
E.1.2 Méthodes pour déterminer la distribution du courant de foudre 242
E.2 Paramètres du courant de foudre pour les SPD 243
E.2.1 Paramètres du courant de foudre conformément à l'IEC 62305-1 243
E.2.2 Conclusion sur la répartition du courant de foudre à partir de la modélisation numérique 243
E.3 Distribution des courants de foudre dans les réseaux d'alimentation électrique 244
E.3.1 Facteurs d'influence 244
E.3.2 Considérations sur la répartition du courant de foudre à l'aide de la modélisation numérique 246
E.4 Distribution du courant dans les structures 250
E.4.1 Généralités 250
E.4.2 Structures qui comportent du matériel placé à l'extérieur et des SPF non isolés 251
E.4.3 Bâtiments de grande hauteur 252
E.4.4 Transformateur placé à l'intérieur d'une structure 253
Annexe F (informative) Répartition du courant de foudre dans les installations photovoltaïques 254
F.1 Généralités 254
F.2 Structures qui comportent des systèmes photovoltaïques montés sur le toit 256

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

F.2.1 Description et hypothèses 256
F.2.2 Calcul simplifié du courant de foudre qui s'écoule dans les conducteurs en courant continu 257
F.3 Centrale extérieure en champ libre avec un SPF non isolé 258
F.3.1 Généralités 258
F.3.2 Détermination du courant de foudre qui s'écoule à travers le conducteur courant continu par l'intermédiaire des SPD 259
F.3.3 Résultats 259
Annexe G (informative) Essais de comportement des systèmes dans les conditions de décharge de la foudre 261
G.1 Généralités 261
G.2 Essai de courant de décharge dans un SPD en conditions normales de fonctionnement 261
G.3 Essai d'induction due aux courants de foudre 261
G.4 Classification recommandée pour l'essai d'immunité au niveau système (IEC 61000-4-5) 262
Annexe H (informative) Tension induite dans les circuits protégés par un SPD 263
H.1 Généralités 263
H.2 Impacts directs sur la structure (Figure H.1) 263
H.3 Impacts à proximité de la structure (Figure H.2) 264
H.4 Impacts sur le service 265
Annexe I (informative) Interfaces d'isolement qui utilisent des transformateurs d'isolement contre les surtensions (SIT) 267
I.1 SIT pour réseau de distribution d'énergie basse tension 267
I.2 SIT pour réseaux de communication 267
I.3 Capacité d'atténuation des surtensions des SIT (réseaux de distribution d'énergie basse tension) 267
Bibliographie 269

Figure 1 – Principe général de division en plusieurs ZPF 150
Figure 2 – Exemples de MPF possibles (mesures de protection contre l'IEMF) 152
Figure 3 – Exemples de ZPF interconnectées 155
Figure 4 – Exemples de zones de protection contre la foudre étendues 157
Figure 5 – Exemple de réseau de mise à la terre tridimensionnel constitué du réseau d'équipotentialité interconnecté avec le réseau de prises de terre 159
Figure 6 – Réseau de prises de terre maillé d'une implantation 160
Figure 7 – Utilisation des tiges de renfort d'une structure comme mesure de protection contre l'IEMF et pour la liaison équipotentielle 162
Figure 8 – Liaison équipotentielle dans une structure avec armature en acier 163
Figure 9 – Intégration des parties conductrices des réseaux internes dans le réseau d'équipotentialité 164
Figure 10 – Associations de méthodes d'intégration des parties conductrices des réseaux internes dans le réseau d'équipotentialité 165
Figure A.1 – Situation de l'IEMF due à un impact de foudre sur la structure 177
Figure A.2 – Simulation de l'élévation du champ magnétique due au coup subséquent (0,25/100 µs) par des oscillations amorties de 1 MHz (chocs multiples 0,2/0,5 µs) 180
Figure A.3 – Écran à large volume réalisé par armatures et ossatures métalliques 181
Figure A.4 – Volume pour les réseaux de puissance et de communication dans une ZPF n intérieure 182

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Figure A.5 – Réduction des effets d'induction par des mesures de cheminement et de blindage des lignes 183
Figure A.6 – Exemple de MPF d'un immeuble de bureaux 185
Figure A.7 – Évaluation des valeurs du champ magnétique en cas d'impact de foudre direct 186
Figure A.8 – Évaluation des valeurs du champ magnétique dans le cas d'un impact de foudre à proximité 188
Figure A.9 – Distance s_a en fonction du rayon de la sphère fictive et des dimensions de la structure 191
Figure A.10 – Types de géométries de structures avec des écrans de différents volumes 193
Figure A.11 – Champ magnétique $H_{1/MAX}$ dans un écran maillé pour la structure cubique représentée à la Figure A.10 [14] 194
Figure A.12 – Champ magnétique $H_{1/MAX}$ dans un écran maillé pour la structure cubique selon la taille de maille 195
Figure A.13 – Essai à bas niveau pour déterminer le champ magnétique dans une structure écrantée 196
Figure A.14 – Tensions et courants induits dans une boucle formée par les lignes 197
Figure B.1 – Étapes de la conception des MPF pour une structure existante 205
Figure B.2 – Méthodes d'établissement de ZPF dans des structures existantes 208
Figure B.3 – Réduction de la surface de boucle en utilisant des câbles écrantés proches d'une plaque métallique 211
Figure B.4 – Exemple de plaque métallique utilisée comme écran complémentaire 211
Figure B.5 – Protection du matériel aérien et autre matériel extérieur 213
Figure B.6 – Distance de séparation maintenue ou non 214
Figure B.7 – Écran naturel fourni par des échelles et canalisations mises à la terre 215
Figure B.8 – Emplacements idéaux pour des lignes sur un mât (section d'un mât treillis en acier) 215
Figure B.9 – Amélioration des MPF dans les structures existantes 217
Figure C.1 – Choix des SPD selon la source de dommages 222
Figure C.2 – Exemple d'installation d'un SPD pour réduire l'effet de la longueur des câbles du SPD 224
Figure C.3 – Tension de choc entre un conducteur actif et la barre d'équipotentialité 228
Figure C.4 – Matériel avec deux ports et SPD installés sur les deux services relié à deux points de mise à la terre différents d'un réseau de mise à la terre non équipotentiel 230
Figure D.1 – Exemple d'installation de SPD soumis à l'essai de classes I, II et III dans un réseau TN 238
Figure D.2 – Exemple de base de différentes sources de dommages à une structure et distribution du courant de foudre dans un réseau 239
Figure D.3 – Exemple de distribution simplifiée du courant dans un réseau de distribution d'énergie TN 240
Figure E.1 – Approche de simulation numérique utilisée pour analyser la répartition du courant de foudre 243
Figure E.2 – Réseau de mise à la terre MEN 247
Figure E.3 – Structures raccordées en parallèle 247
Figure E.4 – Influence de l'écoulement du courant de foudre dans les structures raccordées en parallèle 248

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Figure E.5 – Influence de l'écoulement du courant de foudre dans les structures raccordées en étoile 248
Figure E.6 – Influence des autres services conducteurs métalliques sur la répartition du courant de foudre 249
Figure E.7 – Influence de l'écoulement du courant de foudre dû à des événements S3 250
Figure E.8 – Structures qui comportent du matériel placé à l'extérieur et des SPF non isolés 251
Figure E.9 – Protection des transformateurs de poste placés à l'intérieur 253
Figure F.1 – Répartition du courant entre les conducteurs de descente du SPF et le câblage interne d'un système photovoltaïque, dans laquelle la distance de séparation s n'a pas été maintenue 255
Figure F.2 – Protection d'un système photovoltaïque monté sur le toit 256
Figure F.3 – Centrale photovoltaïque en champ libre avec de multiples mises à la terre et un réseau de mise à la terre maillé 259
Figure G.1 – Exemple de circuit d'essai de courant de décharge dans un SPD en conditions de fonctionnement 262
Figure G.2 – Exemple de circuit d'essai d'induction due aux courants de foudre 262
Figure H.1 – Boucle induite par un courant de foudre sur la structure 264
Figure H.2 – Boucle induite par un courant de foudre à proximité de la structure 264
Figure I.1 – Utilisation de SPD pour protéger les enroulements de SIT 268

Tableau 1 – Sections minimales des éléments d'équipotentialité 167
Tableau 2 – Plan de gestion des MPF pour des bâtiments neufs et pour des modifications importantes dans la construction ou l'utilisation de bâtiments existants 171
Tableau A.1 – Tension de choc assignée du matériel selon l'Article 443 de l'IEC 60364-4-44:2007 et l'Article 443 de l'IEC 60364-4-44:2007/AMD1:2015 176
Tableau A.2 – Paramètres relatifs à la source de dégradations et au matériel 178
Tableau A.3 – Exemples pour $I_{0/MAX}$ = 100 kA et w_m = 2 m 188
Tableau A.4 – Atténuation du champ magnétique des écrans spatiaux maillés dans le cas d'une onde plane 189
Tableau A.5 – Rayon de la sphère fictive qui correspond au courant maximal de foudre 192
Tableau A.6 – Exemples pour $I_{0/MAX}$ = 100 kA et w_m = 2 m correspondant à SF = 12,6 dB 192
Tableau B.1 – Caractéristiques et environnements des structures 202
Tableau B.2 – Caractéristiques des installations 203
Tableau B.3 – Caractéristiques du matériel 203
Tableau B.4 – Autres questions à prendre en considération pour la détermination du concept de protection 203
Tableau B.5 – Type de SPF 203
Tableau C.1 – Tension de choc assignée exigée du matériel 223
Tableau C.2 – Connexion du SPD en fonction du réseau d'alimentation 231
Tableau C.3 – Choix du courant de choc (I_{imp}) d'après des règles simplifiées lorsque le bâtiment est protégé contre les impacts de foudre directs (S1) 232
Tableau C.4 – Courant nominal de décharge (I_n) en kA en fonction du réseau d'alimentation et du type de connexion 232
Tableau C.5 – Choix du courant de choc (I_{imp}) lorsque le bâtiment est protégé contre les impacts de foudre directs sur la ligne (S3) 233

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Tableau D.1 – Valeurs préférentielles de I_{imp} 237

Tableau E.1 – Tendances générales associées aux installations de protection pour différents réseaux de distribution d'énergie 245

Tableau F.1 – Valeurs calculées simplifiées de I_{imp} ($I_{10/350}$) et de I_n ($I_{8/20}$) pour les SPD à limitation de tension du côté courant continu d'une installation photovoltaïque montée sur le toit d'un bâtiment avec un SPF externe si la distance de séparation n'est pas maintenue (voir Figure F.1) 257

Tableau F.2 – Valeurs calculées simplifiées de I_{imp} ($I_{10/350}$) pour les SPD à coupure de tension du côté courant continu d'une installation photovoltaïque montée sur le toit d'un bâtiment avec un SPF externe si la distance de séparation n'est pas maintenue (voir Figure F.1) 258

Tableau F.3 – Valeurs calculées simplifiées de $I_{10/350}$ et $I_{8/20}$ pour les SPD destinés à être utilisés dans des centrales photovoltaïques en champ libre avec mises à la terre multiples et système de mise à la terre maillé, d'après la Figure F.3 260

Tableau H.1 – Impacts à proximité de la structure: tension induite par mètre carré q en fonction du NPF 265

Tableau H.2 – Valeurs de k_C 266

Tableau H.3 – Valeurs de k_{S1} et k_{S2} pour certains écrans en cuivre 266

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

PROTECTION CONTRE LA FOUDRE –

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

AVANT-PROPOS

1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse https://patents.iec.ch. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

L'IEC 62305-4 a été établie par le comité d'études 81 de l'IEC: Protection contre la foudre. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2010. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) ajout de nouvelles Annexe E et Annexe F informatives sur la détermination de la répartition du courant à l'aide d'une modélisation et dans les installations photovoltaïques, respectivement;

b) ajout d'une nouvelle Annexe G informative sur les méthodes d'essai des comportements de niveau système;

c) ajout d'une nouvelle Annexe H informative sur les tensions induites dans les installations protégées par des SPD.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
81/733/FDIS	81/752/RVD

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

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62305, publiées sous le titre général *Protection contre la foudre*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Les différentes pratiques suivantes, à caractère moins permanent, existent dans les pays indiqués ci-après.

1) 5.6: Au Japon, les valeurs minimales de la section sont réduites:
   - de 16 mm^2 à 14 mm^2 pour le cuivre et de 25 mm^2 à 22 mm^2 pour l'aluminium, pour les conducteurs d'équipotentialité qui relient différentes barres d'équipotentialité et les conducteurs qui relient les barres au réseau de prises de terre;
   - de 6 mm^2 à 5 mm^2 pour le cuivre, de 10 mm^2 à 8 mm^2 pour l'aluminium et de 16 mm^2 à 14 mm^2 pour l'acier, pour les conducteurs d'équipotentialité qui relient les installations métalliques internes aux barres d'équipotentialité;
   - de 16 mm^2 à 14 mm^2, de 6 mm^2 à 5 mm^2 et de 2,5 mm^2 à 2 mm^2 pour le cuivre, pour les conducteurs de mise à la terre vers le SPD, les conducteurs de connexion des SPD et des dispositifs de protection contre les surintensités aux conducteurs actifs.
2) E.3.2.3: En Afrique du Sud, le 6.1.6 de la norme SANS 10142-1:2020 [1][1] stipule que "le conducteur de neutre ne doit pas être connecté directement à la terre ou au conducteur de continuité de terre côté charge du point de contrôle".

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

1 Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

INTRODUCTION

La foudre, en tant que cause de dégradations, est un phénomène à très haut niveau d'énergie. Les impacts de foudre libèrent des centaines de mégajoules d'énergie. En comparaison des millijoules d'énergie qui peuvent suffire à endommager le matériel électronique sensible sur les réseaux de puissance et de communication au sein d'une structure, des mesures de protection additionnelles sont nécessaires pour protéger certains de ces équipements.

L'utilité de la présente Norme internationale est apparue en raison de l'augmentation des coûts des défaillances des réseaux de puissance et de communication, causées par les effets électromagnétiques de la foudre. Les réseaux de communication utilisés dans le traitement et le stockage de données, ainsi que le contrôle et la sécurité des processus pour les installations qui représentent un capital immobilisé, une taille et une complexité considérables (dont les défaillances sont particulièrement indésirables pour des raisons de sécurité et de coût), sont importants.

La foudre peut entraîner différents types de dommages dans une structure, comme cela est défini dans l'IEC 62305-1.

L'IEC 62305-3 traite des mesures de protection destinées à réduire les risques de dommages physiques et les dangers de mort, mais ne couvre pas la protection des réseaux de puissance et de communication.

La présente partie de l'IEC 62305 fournit donc des informations sur les mesures de protection destinées à réduire le risque de défaillances permanentes des réseaux de puissance et de communication au sein des structures.

De telles défaillances permanentes des réseaux de puissance et de communication peuvent être causées par l'impulsion électromagnétique de la foudre (IEMF), par l'intermédiaire:

– des chocs conduits et induits, transmis au matériel par l'intermédiaire du câblage de liaison;
– des effets des champs électromagnétiques rayonnés directement dans le matériel.

Les chocs sur la structure peuvent provenir de sources externes à la structure ou de l'intérieur de la structure elle-même:

– les chocs d'origine externe à la structure sont créés par les coups de foudre qui frappent des lignes entrantes ou le sol à proximité de ces lignes. Ils sont transmis aux réseaux de puissance et de communication de la structure par l'intermédiaire de ces lignes;
– les chocs d'origine interne à la structure sont créés par les coups de foudre qui frappent la structure elle-même ou le sol à proximité.

NOTE 1 Les chocs peuvent aussi être d'origine interne à la structure et provenir d'effets de coupure, par exemple la coupure de charges inductives, le déclenchement de disjoncteurs, le saut de fusibles.

NOTE 2 Des informations complémentaires concernant la protection contre les surtensions de coupure générées à l'intérieur des structures peuvent être obtenues dans l'IEC 60364-4-43 [2], l'IEC 60364-5-53 et l'IEC 61643-12.

Un couplage peut découler de différents mécanismes, à savoir:

– couplage résistif (l'impédance de terre du réseau de prises de terre ou la résistance de l'écran du câble, par exemple);
– couplage de champ magnétique (provoqué par exemple par les boucles de câblage dans le réseau de puissance et de communication ou par l'inductance de conducteurs d'équipotentialité);
– couplage de champ électrique (provoqué par exemple par la réception sur une antenne tige).

NOTE 3 Les effets de couplage de champ électrique sont généralement très faibles par rapport au couplage de champ magnétique et peuvent par conséquent être ignorés.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Des champs électromagnétiques rayonnés peuvent être générés par l'intermédiaire:

– du courant de foudre direct qui s'écoule dans le canal de foudre;
– du courant de foudre partiel qui s'écoule dans les conducteurs (par exemple dans les conducteurs de descente d'un SPF extérieur ou de ses composants naturels conformément à l'IEC 62305-3, ou dans un écran spatial externe conformément au présent document).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

PROTECTION CONTRE LA FOUDRE –

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

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62305 fournit des exigences relatives à la conception, à l'installation, à l'inspection, à la maintenance et aux essais des mesures de protection contre les chocs (MPF) destinées aux réseaux de puissance et de communication, lesquelles visent à réduire le risque de défaillances permanentes dû aux impulsions électromagnétiques de foudre (IEMF) dans une structure.

Le présent document ne traite pas de la protection contre le brouillage électromagnétique dû à la foudre, qui peut être à l'origine de 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 l'IEC 60364-4-44 [3] et dans la série IEC 61000 [4].

Le présent document donne des lignes directrices pour la coopération entre le concepteur des réseaux de puissance et de communication et le concepteur des mesures de protection afin d'obtenir la protection la plus efficace.

Le présent document ne traite pas de la conception détaillée des réseaux de puissance et de communication eux-mêmes.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 60364-5-53:2019, *Installations électriques à basse tension – Partie 5-53: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Dispositifs de protection pour assurer la sécurité, le sectionnement, la coupure, la commande et la surveillance*

IEC 60664-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les réseaux d'énergie électrique à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

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

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

IEC 61000-4-10, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-10: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité du champ magnétique oscillatoire amorti*

IEC 61643-11:2011, *Parafoudres basse-tension – Partie 11: Parafoudres connectés aux systèmes basse tension – Exigences et méthodes d'essai*

IEC 61643-12:2020, *Parafoudres basse tension – Partie 12: Parafoudres connectés aux réseaux à basse tension – Principes de choix et de mise en œuvre*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

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

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

IEC 61643-31, *Parafoudres basse tension – Partie 31: Parafoudres pour usage spécifique y compris en courant continu – Exigences et méthodes d'essai des parafoudres pour installations photovoltaïques*

IEC 61643-32:2017, *Parafoudres basse tension – Partie 32: Parafoudres connectés au côté courant continu des installations photovoltaïques – Principes de choix et d'application*

IEC 62305-1:2024, *Protection contre la foudre – Partie 1: Principes généraux*

IEC 62305-2:2024, *Protection contre la foudre – Partie 2: Évaluation des risques*

IEC 62305-3:2024, *Protection contre la foudre – Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains*

IEC 62561 (toutes les parties), *Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 62305-1, l'IEC 62305-2 et l'IEC 62305-3 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse https://www.electropedia.org/
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse https://www.iso.org/obp

3.1
réseau de puissance
réseau qui comprend des composants de l'alimentation de puissance basse tension

3.2
réseau de communication
réseau qui comprend des composants électroniques sensibles tels que le matériel de communication, les systèmes informatiques, de commande et d'instrumentation, les systèmes radio et les installations électroniques de puissance

3.3
réseaux internes
réseaux de puissance et de communication d'une structure

Note 1 à l'article: Les réseaux internes peuvent par exemple se trouver sur le toit de la structure, à condition d'être connectés en interne à la structure.

3.4
système de protection contre la foudre
SPF
installation complète utilisée pour réduire les dommages physiques dus aux impacts de foudre sur une structure

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Note 1 à l'article: Le SPF comprend à la fois une installation extérieure et une installation intérieure de protection contre la foudre, à l'exclusion des mesures prises pour protéger les systèmes internes contre les effets de l'IEMF.

3.5
impulsion électromagnétique de foudre
IEMF
effets électromagnétiques du courant de foudre par le biais du couplage résistif, inductif et capacitif qui crée des chocs de tension et des champs électromagnétiques

3.6
choc
onde transitoire formée dans les lignes et le matériel qui crée une surtension ou une surintensité ou les deux, due à l'IEMF

3.7
tension de choc assignée
U_W
valeur de tension de tenue aux chocs fixée par le fabricant pour les matériels ou une partie d'entre eux, qui caractérise la capacité de tenue spécifiée de son isolation contre les surtensions

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, seule la tension de tenue entre les conducteurs actifs et la terre est prise en compte.

Note 2 à l'article: Dans l'IEC 60664-1, la "tension de choc assignée" est appelée "tension assignée de tenue aux chocs", U_{imp}.

3.8
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 de conception associées maximales et minimales ne soient pas dépassées lorsque la foudre apparaît de manière naturelle

Note 1 à l'article: 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.

3.9
zone de protection contre la foudre
ZPF
zone dont l'environnement électromagnétique est défini

Note 1 à l'article: Les frontières d'une ZPF ne sont pas nécessairement physiques (par exemple parois, plancher, plafond).

3.10
mesures de protection contre les chocs
MPF
mesures prises pour protéger les réseaux internes contre les effets de l'impulsion électromagnétique de la foudre (IEMF)

Note 1 à l'article: Les mesures de protection contre les chocs font partie de la protection globale contre la foudre.

3.11
distance de séparation
s
distance nécessaire entre un conducteur qui transporte un courant de foudre partiel et d'autres parties conductrices afin d'éviter un arc dangereux

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

3.12
distance de sécurité
d_s
distance nécessaire entre les réseaux internes et l'écran de la ZPF, à laquelle l'effet d'écran de la ZPF contre l'influence du champ magnétique est valide

3.13
écran spatial maillé
écran magnétique caractérisé par des ouvertures

Note 1 à l'article: Pour un bâtiment ou un local, l'écran spatial maillé est préférentiellement réalisé par interconnexion de composants métalliques naturels de la structure (par exemple tiges de renfort dans le béton, cadres et supports métalliques).

3.14
réseau de prises de terre
partie d'un SPF extérieur destinée à conduire et à dissiper le courant de foudre à la terre

3.15
équipotentialité
jonction de parties métalliques pour former un chemin électriquement conducteur afin d'assurer l'équipotentialisation, la continuité électrique et la capacité de conduire le courant imposé entre les parties métalliques

3.16
réseau d'équipotentialité
réseau d'interconnexion de toutes les parties conductrices de la structure et des réseaux internes (à l'exclusion des conducteurs actifs) au réseau de prises de terre

3.17
réseau de mise à la terre
réseau complet qui associe le réseau de prises de terre et le réseau d'équipotentialité

3.18
parafoudre
SPD
dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et évacuer les courants de choc, et qui inclut au moins un composant non linéaire

Note 1 à l'article: Un SPD est un ensemble complet qui dispose des moyens de connexion appropriés.

Note 2 à l'article: L'abréviation "SPD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "surge protective device".

3.19
jeu de parafoudre
parafoudre unique ou non, comprenant dans les deux cas tous les déconnecteurs de parafoudre exigés par le constructeur de parafoudre, fournissant la protection requise contre les surtensions pour un type de mise à la terre du réseau

[SOURCE: IEC 60364-5-53:2019, 530.3.8]

3.20
courant de décharge de choc pour essai de classe I
I_{imp}
valeur crête d'un courant de décharge qui s'écoule par le SPD avec le transfert de charge spécifié Q et l'énergie spécifiée W/R dans le temps spécifié

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

3.21
courant de décharge nominal pour essai de classe II
I_n
valeur crête du courant qui s'écoule par le SPD avec une forme d'onde de courant 8/20

Note 1 à l'article: Pour la définition de la forme d'onde 8/20, voir l'IEC 62475 [5].

3.22
courant de SPD
I_{SPD}
courant de choc prévisible au point d'installation du SPD

3.23
SPD soumis à l'essai en onde combinée
SPD qui résiste à des courants de choc induits d'onde type de 8/20 s et qui exige un courant de court-circuit en onde combinée I_{CW} correspondant

Note 1 à l'article: Pour les lignes de puissance, une onde combinée d'essai est spécifiée dans la méthode d'essai de Classe III de l'IEC 61643-11 qui définit la tension en circuit ouvert U_{OC} 1,2/50 et le courant de court-circuit en onde combinée I_{CW} 8/20 d'un générateur d'onde combinée de 2 Ω.

Note 2 à l'article: Pour la définition de la forme d'onde 1,2/50, voir la série IEC 60060 [6].

3.24
SPD à coupure de tension
SPD qui présente une impédance élevée en l'absence de choc, mais qui peut chuter rapidement en réponse à un choc de tension

Note 1 à l'article: Les éclateurs, tubes à gaz et thyristors sont des exemples de composants couramment utilisés dans les SPD de coupure de tension. Ces composants sont parfois appelés composants "de type crowbar".

3.25
SPD à limitation de tension
SPD qui présente 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 à l'article: Les varistances et les diodes à avalanche sont des exemples de composants couramment utilisés dans les SPD de limitation de tension. Ces composants sont parfois appelés composants "de type clamping".

3.26
SPD de type combiné
SPD qui comprend à la fois des composants de type coupure de tension et de type limitation de tension

Note 1 à l'article: Le SPD peut assurer une coupure de tension, une limitation de tension ou les deux.

3.27
SPD à un port
SPD qui n'a pas d'impédance série prévue

Note 1 à l'article: Un SPD à un accès peut avoir des connexions d'entrée et de sortie distinctes.

3.28
SPD à deux ports
SPD qui a une impédance série spécifique connectée entre les connexions d'entrée et de sortie distinctes

3.29
système de protection par parafoudres coordonnés
parafoudres choisis, coordonnés et mis en œuvre de manière appropriée afin de constituer un réseau destiné à réduire les défaillances des réseaux de puissance et de communication

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

3.30
parafoudre d'équipotentialité
parafoudre destiné à assurer l'équipotentialité entre deux points qui ne peuvent pas être interconnectés directement, par exemple entre une ligne externe qui entre dans une structure et le réseau de mise à la terre du SPF

3.31
interface d'isolement
dispositif qui peut réduire les chocs conduits sur les lignes qui pénètrent dans la ZPF

Note 1 à l'article: Les interfaces d'isolement 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.

Note 2 à l'article: Les caractéristiques de tenue d'isolement des interfaces d'isolement sont adaptées à cette application de manière intrinsèque ou par l'intermédiaire de parafoudres.

3.32
dispositif de protection contre les surintensités
OCPD
dispositif destiné à déconnecter de manière permanente le matériel en aval en cas de surintensité excessive

Note 1 à l'article: Le dispositif de déconnexion est exigé afin d'obtenir la capacité d'isolement pour des raisons de sécurité.

Note 2 à l'article: L'abréviation "OCPD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "overcurrent protective device".

3.33
niveau de protection de tension
U_p
tension maximale à prévoir aux bornes du parafoudre, due à une contrainte de choc à gradient de tension défini et à une contrainte de choc à courant de décharge, d'amplitude et de forme d'onde données

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.14, modifié – La note a été supprimée.]

3.34
niveau de protection de tension efficace
$U_{p/f}$
niveau de protection procuré par le jeu de parafoudre et le câblage jusqu'au point d'installation

4 Conception et mise en œuvre de MPF

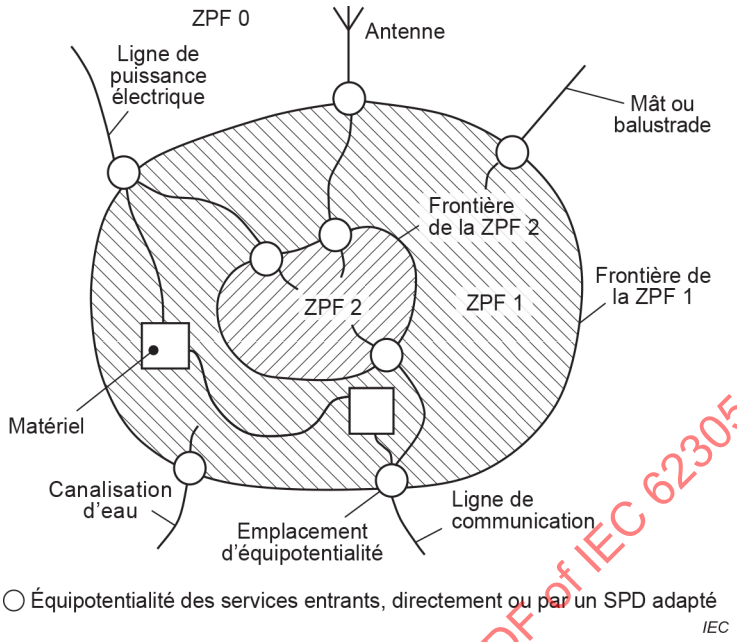
4.1 Généralités

Les réseaux de puissance et de communication sont sujets aux dommages par l'impulsion électromagnétique de la foudre (IEMF). Par conséquent, des MPF doivent être mises en place pour éviter toute défaillance des réseaux internes.

La protection contre l'IEMF se fonde sur le concept de zone de protection contre la foudre (ZPF): la zone qui comporte des réseaux à protéger doit être divisée en ZPF. Ces zones constituent une partie théoriquement assignée de l'espace (ou d'un réseau interne) où la sévérité de l'IEMF est compatible avec le niveau de tenue des réseaux internes qu'elles contiennent (voir Figure 1). Les zones successives sont caractérisées par des modifications significatives de la sévérité de l'IEMF. Les frontières d'une ZPF sont définies par les mesures de protection utilisées (voir Figure 2).

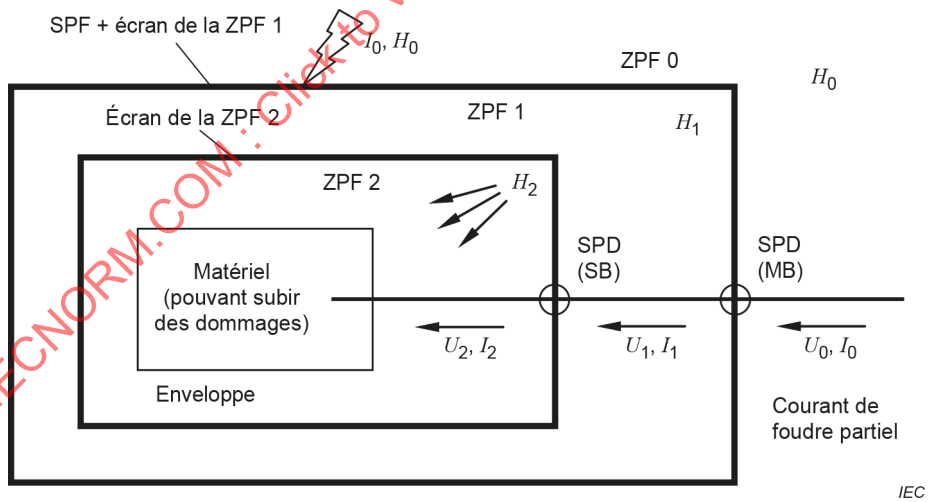
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Il est recommandé que les MPF soient conçues par des experts en protection contre la foudre et les chocs de foudre qui possèdent une connaissance approfondie en matière de CEM et de pratiques de mise en œuvre.



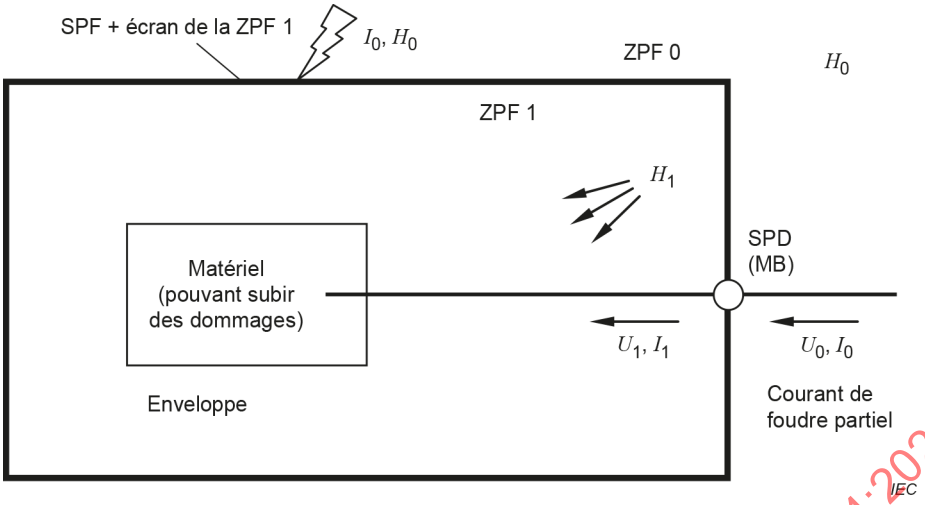
NOTE La présente Figure 1 représente un exemple de division d'une structure en ZPF intérieures. Tous les services composés de lignes métalliques qui entrent dans la structure sont reliés par des barres d'équipotentialité à la frontière de la ZPF 1. En outre, les services conducteurs entrant dans la ZPF 2 (par exemple une salle informatique) sont reliés par des barres d'équipotentialité à la frontière de la ZPF 2.

Figure 1 – Principe général de division en plusieurs ZPF

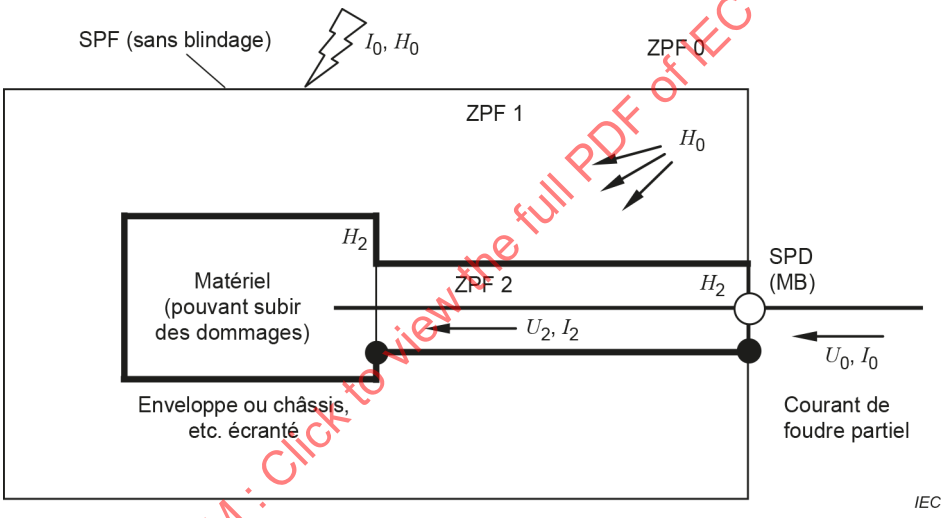


a) MPF qui utilise des écrans spatiaux et un système de protection par parafoudres coordonnés – Matériels bien protégés contre les chocs conduits (U_2 << U_0 et I_2 << I_0) et contre les champs magnétiques rayonnés (H_2 << H_0)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

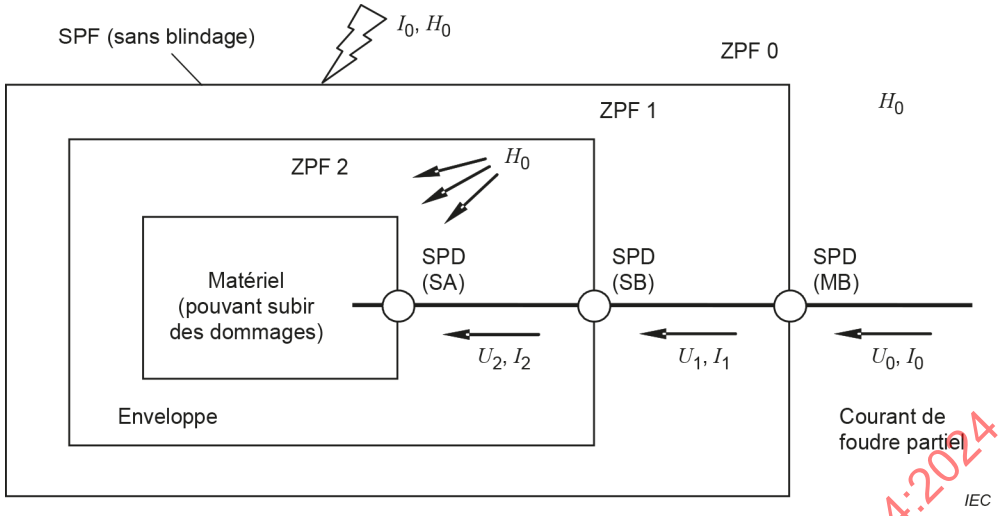


b) MPF qui utilise un écran spatial pour la ZPF 1 et une protection par SPD à l'entrée de la ZPF 1 – Matériels protégés contre les chocs conduits ($U_1 < U_0$ et $I_1 < I_0$) et contre les champs magnétiques rayonnés ($H_1 < H_0$)



c) MPF qui utilise un blindage de ligne intérieure et une protection par SPD 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 ($H_2 << H_0$)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



d) MPF qui utilise seulement un système de protection par parafoudres coordonnés – 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
●	liaison de l'écran au réseau de mise à la terre
○	liaison des services entrants, directement ou par l'intermédiaire d'un SPD approprié

NOTE 1 Les SPD peuvent être situés aux points suivants:

- à la frontière de la ZPF 1 (par exemple sur le tableau de distribution principal MB);
- à la frontière de la ZPF 2 (par exemple sur le tableau de distribution secondaire SB);
- sur ou à proximité du matériel (par exemple au niveau du socle de prise de courant ou du matériel SA).

NOTE 2 Pour des règles d'installation supplémentaires, voir l'IEC 60364-5-53.

Figure 2 – Exemples de MPF possibles (mesures de protection contre l'IEMF)

Une défaillance permanente des réseaux de puissance et de communication due à l'IEMF peut être causée par:

- des chocs conduits et induits, transmis au matériel par l'intermédiaire du câblage de liaison;
- les effets des champs électromagnétiques rayonnés directement dans le matériel.

Pour la protection contre les effets des champs électromagnétiques rayonnés directement sur le matériel, il convient d'utiliser des MPF comprenant des écrans spatiaux (comme du matériel sous enveloppe écrantée) ou des lignes écrantées, ou les deux. Il convient que l'écran des lignes écrantées soit mis à la terre aux deux extrémités, par connexion directe ou indirecte à une extrémité à l'aide d'un dispositif tel qu'un éclateur à gaz (GDT, *Gas Discharge Tube*) ou un éclateur d'isolement (ISG, *Isolating Spark Gap*).

Pour la protection contre les effets des chocs conduits et induits transmis au matériel par les câbles de connexion, il convient d'utiliser des MPF qui consistent en un système de protection par parafoudres coordonnés.

Les défaillances dues à des champs électromagnétiques directs sur le matériel peuvent être jugées négligeables si le matériel satisfait aux essais d'émission et d'immunité RF définis dans les normes de produits CEM correspondantes.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

En règle générale, le matériel est exigé conforme aux normes de produits CEM correspondantes. Par conséquent, des MPF consistant en un système de protection par parafoudres coordonnés sont généralement considérées comme étant suffisantes pour protéger ce type de matériel contre les effets de l'IEMF.

Le niveau de tenue du matériel contre les champs magnétiques rayonnés doit être choisi conformément à l'IEC 61000-4-9 et à l'IEC 61000-4-10.

Si des applications spécifiques l'exigent, un essai de niveau système qui inclut le ou les SPD, le câblage d'installation et le matériel à l'étude peut être réalisé afin de vérifier l'efficacité du système coordonné.

NOTE Pour les atmosphères explosibles (Ex), les SPD peuvent être soumis à des approbations spéciales délivrées par des autorités reconnues au niveau national.

4.2 Conception de MPF

Des MPF peuvent être conçues pour la protection du matériel contre les chocs et contre les champs électromagnétiques. La Figure 2 donne des exemples de MPF qui font appel à des mesures de protection, des écrans magnétiques et des systèmes de protection par parafoudres coordonnés:

- des MPF qui utilisent des écrans spatiaux et un système de protection par parafoudres coordonnés protègent contre les champs magnétiques rayonnés et contre les chocs conduits (voir Figure 2 a)). Des écrans spatiaux en cascade et des SPD coordonnés peuvent réduire le champ magnétique et les chocs à des valeurs inférieures au niveau de menace;
- des MPF utilisant un écran spatial de la ZPF 1 et un SPD à l'entrée de la ZPF 1 peuvent protéger le matériel contre le champ magnétique et contre les chocs conduits (voir Figure 2 b)).

NOTE 1 La protection n'est pas suffisante si le champ magnétique reste trop élevé (en raison de la faible efficacité du blindage de la ZPF 1) ou si l'ampleur des chocs reste trop élevée (en raison d'un niveau élevé de protection contre la tension du SPD et des effets d'induction sur le câblage en aval du SPD).

- des MPF qui utilisent des lignes écrantées, associées à du matériel sous enveloppes écrantées, protègent contre les champs magnétiques rayonnés. Le SPD à l'entrée de la ZPF 1 assure la protection contre les chocs conduits (voir Figure 2 c)). Pour obtenir un niveau de menace inférieur (en une étape de la ZPF 0 à la ZPF 2), un SPD particulier peut être exigé (par exemple étages intérieurs de coordination supplémentaires) pour obtenir un niveau de protection contre la tension suffisamment bas;
- des MPF qui utilisent un système de protection par parafoudres coordonnés ne sont efficaces que pour du matériel insensible aux champs magnétiques rayonnés, car les SPD n'assurent que la protection contre les chocs conduits (voir Figure 2 d)). Un niveau de menace inférieur peut être obtenu par des SPD coordonnés.

NOTE 2 Un SPF conforme à l'IEC 62305-3, qui utilise uniquement des parafoudres d'équipotentialité, ne fournit aucune protection efficace ou ne fournit qu'une protection limitée 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 SPD adaptés, constituant ainsi un composant efficace des MPF.

4.3 Zones de protection contre la foudre (ZPF)

4.3.1 Généralités

Selon la menace due à la foudre, les ZPF suivantes sont définies (voir l'IEC 62305-1).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

4.3.2 Zones extérieures

ZPF 0 Zone où la menace provient du champ électromagnétique de foudre non amorti et où les réseaux internes peuvent être soumis au courant de choc plein ou partiel de la foudre. Une ZPF 0 se subdivise en:

ZPF 0_A Zone où la menace provient des impacts de foudre directs et du champ électromagnétique total de foudre. Les réseaux internes peuvent être soumis au plein courant de choc de la foudre.

ZPF 0_B Zone protégée contre les impacts de foudre directs, mais où le champ électromagnétique total de foudre constitue la menace. Les réseaux internes peuvent être soumis aux courants de choc partiels de la foudre.

NOTE Si un SPF isolé est utilisé, les SPD à l'entrée du service peuvent être soumis au courant de choc plein ou partiel de la foudre, mais les réseaux internes subissent uniquement les effets du courant de foudre induit.

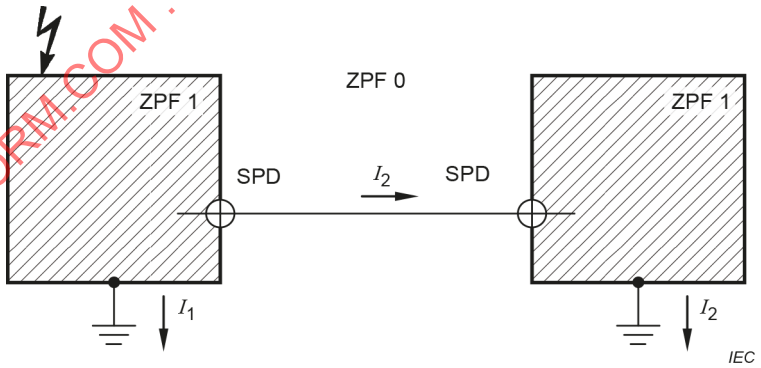
4.3.3 Zones intérieures

ZPF 1 Zone où le courant de choc est limité par les interfaces de répartition et d'isolement du courant et/ou par des SPD disposés à la frontière. Un écran spatial peut amortir le champ électromagnétique de foudre.

ZPF 2…n Zone où le courant de choc peut être encore limité par la répartition du courant et des interfaces d'isolement et/ou par des SPD supplémentaires disposés à la frontière. Un écran spatial additionnel peut être utilisé pour amortir davantage le champ électromagnétique de foudre.

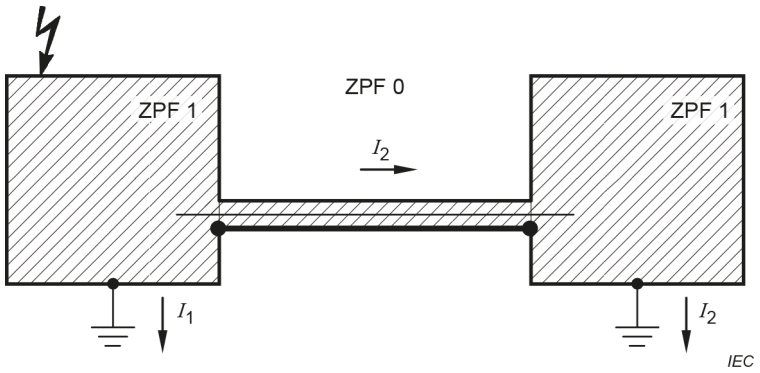
Les ZPF sont mises en œuvre par la mise en place des MPF, par exemple installation d'un système de protection par parafoudres coordonnés ou d'un écran magnétique, ou des deux (voir Figure 2). En fonction du nombre, du type et du niveau de tenue des matériels à protéger, des ZPF appropriées peuvent être définies. 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 distinctes sont connectées par des lignes de puissance ou de signalisation [7], ou si le nombre de SPD exigé doit être réduit (voir Figure 3).

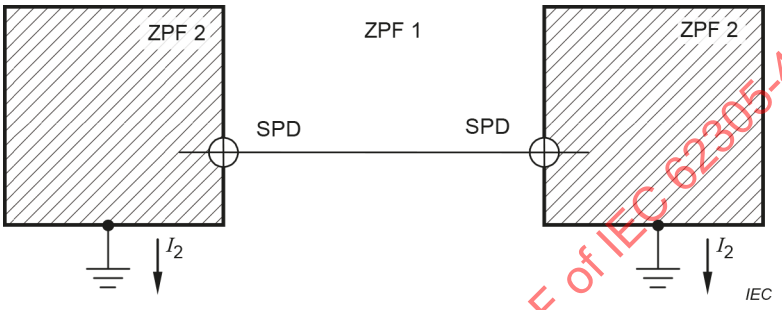


a) Interconnexion de deux ZPF 1 qui utilise des SPD

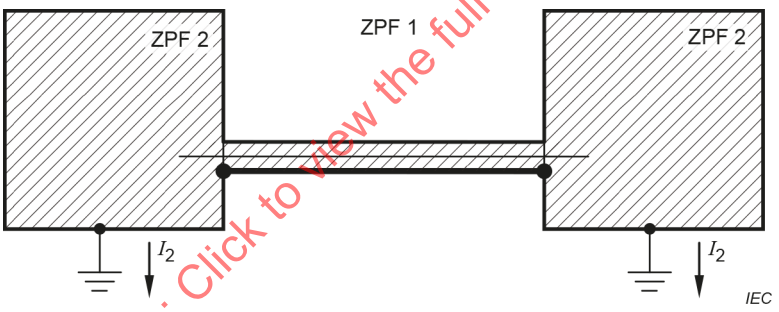
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



b) Interconnexion de deux ZPF 1 qui utilise des câbles ou des conduits écrantés



c) Interconnexion de deux ZPF 2 qui utilise des SPD



d) Interconnexion de deux ZPF 2 qui utilise des câbles ou des conduits écrantés

Légende

I_1, I_2 courants de foudre partiels

La Figure 3 a) représente deux ZPF 1 connectées par des lignes de puissance ou de signalisation. Il convient de prendre des précautions si les deux ZPF 1 représentent des structures distinctes qui disposent chacune de leur propre réseau de mise à la terre, distants de plusieurs dizaines ou centaines de mètres. Dans ce cas, une grande partie du courant de foudre peut s'écouler le long des lignes interconnectées.

La Figure 3 b) montre que ce problème peut être résolu en utilisant des câbles ou des conduits écrantés, avec mise à la terre de l'écran aux deux extrémités, pour interconnecter les deux ZPF 1, à condition que les écrans soient en mesure de transporter le courant de foudre partiel. Le SPD peut être omis si la chute de tension le long de l'écran n'est pas trop élevée, si aucun coup direct ne peut frapper le câble écranté et si les deux structures sont protégées par un SPF de même niveau de protection.

La Figure 3 c) représente deux ZPF 2 connectées par des lignes de puissance ou de signalisation. En raison de l'exposition des lignes au niveau de menace de la ZPF 1, des SPD sont exigés à l'entrée de chaque ZPF 2.

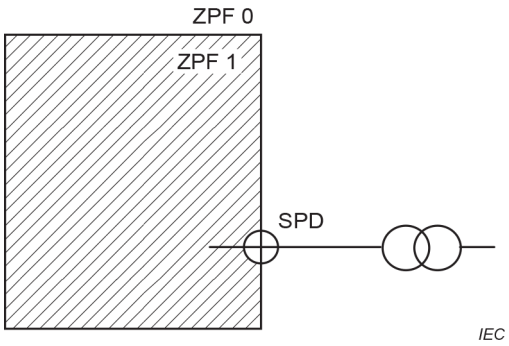
La Figure 3 d) montre que de telles perturbations peuvent être évitées et que les SPD peuvent être omis si des câbles ou conduits écrantés, avec mise à la terre de l'écran aux deux extrémités, sont utilisés pour interconnecter les deux ZPF 2.

Figure 3 – Exemples de ZPF interconnectées

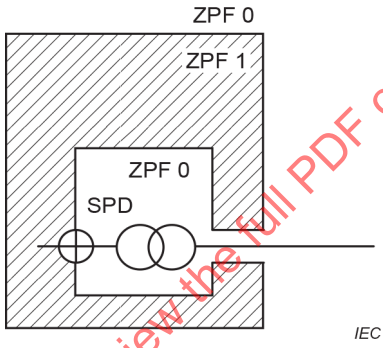
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

L'extension d'une ZPF en une nouvelle ZPF peut être nécessaire dans des cas particuliers, ou encore peut être utilisée pour réduire le nombre de SPD exigé (voir Figure 4).

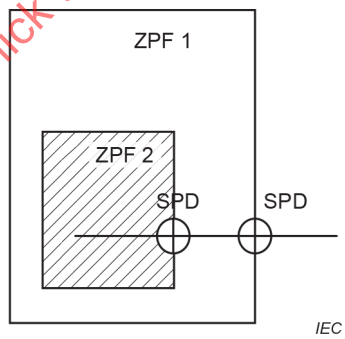
Une évaluation détaillée de l'environnement électromagnétique d'une ZPF est décrite à l'Annexe A.



a) Transformateur à l'extérieur de la structure (dans la ZPF 0)

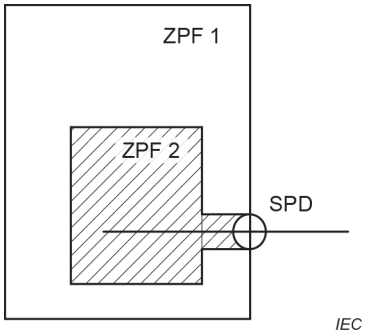


b) Transformateur à l'intérieur de la structure (ZPF 0 étendue à la ZPF 1)



c) Deux SPD coordonnés sont nécessaires (un SPD entre les zones 0/1 et un SPD entre les zones 1/2)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



d) Un seul SPD est nécessaire (entre les zones 0/2)

La Figure 4 a) représente une structure alimentée par un transformateur. Si le transformateur se trouve à l'extérieur de la structure, seules les lignes basse tension qui pénètrent dans la structure exigent une protection par un SPD.

La Figure 4 b) représente le transformateur placé à l'intérieur de la structure sans SPD 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). Dans une telle situation, le problème peut être résolu en étendant la ZPF 0 dans la ZPF 1, ce qui ne nécessite la présence de SPD que du côté basse tension.

La Figure 4 c) représente une ZPF 2 alimentée par une ligne de puissance ou de signalisation. Cette ligne nécessite deux SPD coordonnés: un à la frontière des ZPF 0/1, et l'autre à la frontière des ZPF 1/2.

La Figure 4 d) montre que la ligne peut pénétrer directement dans la ZPF 2 et un seul SPD est exigé si la ZPF 2 est étendue à la ZPF 1 à l'aide de câbles ou conduits écrantés, dont l'écran est mis à la terre à ses deux extrémités. Toutefois, ce SPD réduit immédiatement la menace au niveau de la ZPF 2.

Figure 4 – Exemples de zones de protection contre la foudre étendues

4.4 MPF fondamentales

Les mesures de protection fondamentales contre l'IEMF sont les suivantes:

a) Réseau de mise à la terre et d'équipotentialité (voir Article 5)

Le réseau de mise à la terre écoule et disperse le courant de foudre à la terre.

Le réseau d'équipotentialité réduit le plus possible les différences de potentiel et peut réduire le champ magnétique.

b) Écrans magnétiques et cheminement des lignes (voir Article 6)

Le blindage spatial atténue le champ magnétique dans la ZPF, dû à des impacts directs de foudre sur la structure ou à proximité, et réduit les chocs internes.

Le blindage des lignes internes, en utilisant des câbles ou des conduits écrantés (avec mise à la terre de l'écran aux deux extrémités), réduit le plus possible les chocs induits en interne.

Un cheminement approprié des lignes internes peut réduire le plus possible les boucles d'induction et réduire les chocs internes.

NOTE 1 Le blindage spatial, le blindage et le cheminement des lignes internes peuvent être associés ou utilisés séparément.

Le blindage des lignes externes (avec mise à la terre de l'écran aux deux extrémités) qui pénètrent dans la structure réduit les chocs transmis aux réseaux internes.

c) Système de protection par parafoudres coordonnés (voir Article 7)

Un système de protection par parafoudres coordonnés limite les effets des chocs en provenance de l'extérieur et transmis à l'intérieur.

d) Interfaces d'isolement (voir Article 8)

Les interfaces d'isolement limitent les effets des chocs conduits sur les lignes qui pénètrent dans la ZPF.

La mise à la terre et l'équipotentialité doivent toujours être assurées. Les services conducteurs doivent toujours être reliés à la terre au point d'entrée dans la structure, de manière directe ou par l'intermédiaire d'un parafoudre d'équipotentialité.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

D'autres MPF peuvent être utilisées seules ou en combinaison.

Les MPF doivent résister aux contraintes de fonctionnement (par exemple de température, d'humidité, d'atmosphère corrosive, de vibrations, de tension et de courant) attendues à 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 l'IEC 62305-2, en tenant compte des facteurs techniques et économiques.

Des informations pratiques sur la mise en œuvre des MPF pour les réseaux internes dans les structures existantes sont données à l'Annexe B.

Une liaison équipotentielle de foudre (EB) conforme à l'IEC 62305-3 protège uniquement contre les arcs dangereux. La protection des réseaux internes contre les chocs exige des MPF conformes au présent document.

NOTE 2 Des informations complémentaires sur la mise en œuvre de MPF peuvent être obtenues dans l'IEC 60364-4-44 [3].

NOTE 3 Les interfaces d'isolement ne limitent pas les effets des chocs qui pénètrent dans la structure par le biais d'effets induits.

e) Utilisation d'un système d'alerte aux orages (TWS, *Thunderstorm Warning System*)

Le 7.1 de l'IEC 62305-1:2024 indique que des dispositions activées au moyen d'un TWS conforme à l'IEC 62793 [8] peuvent être utilisées comme mesure de protection pour déconnecter les services externes et réduire ainsi la fréquence des dommages des réseaux de puissance et de communication.

5 Réseaux de mise à la terre et d'équipotentialité

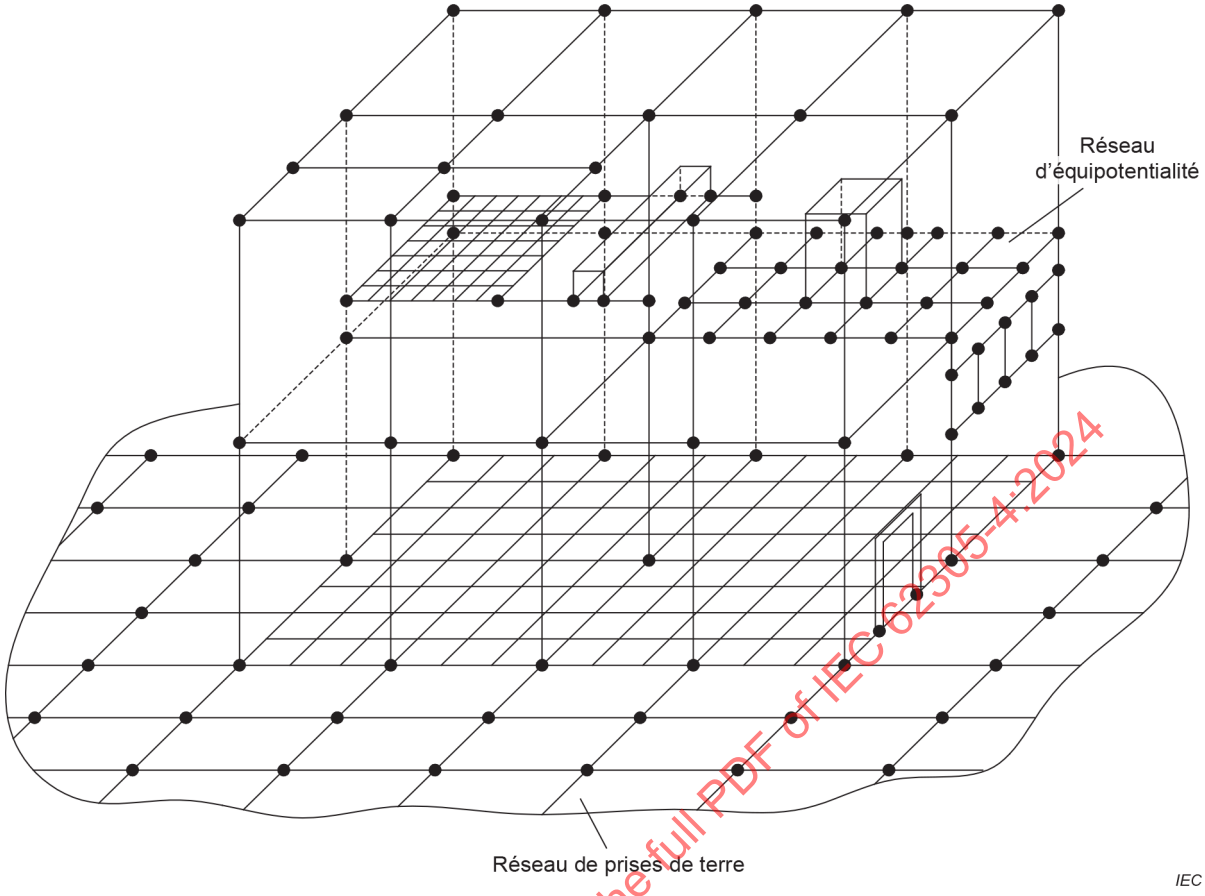
5.1 Généralités

Les réseaux de mise à la terre et d'équipotentialité appropriés reposent sur un système de mise à la terre complet (voir Figure 5) qui associe:

– le réseau de prises de terre (qui disperse le courant de foudre dans le sol), et

– le réseau d'équipotentialité (qui réduit le plus possible les différences de potentiel et réduit le champ magnétique).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



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

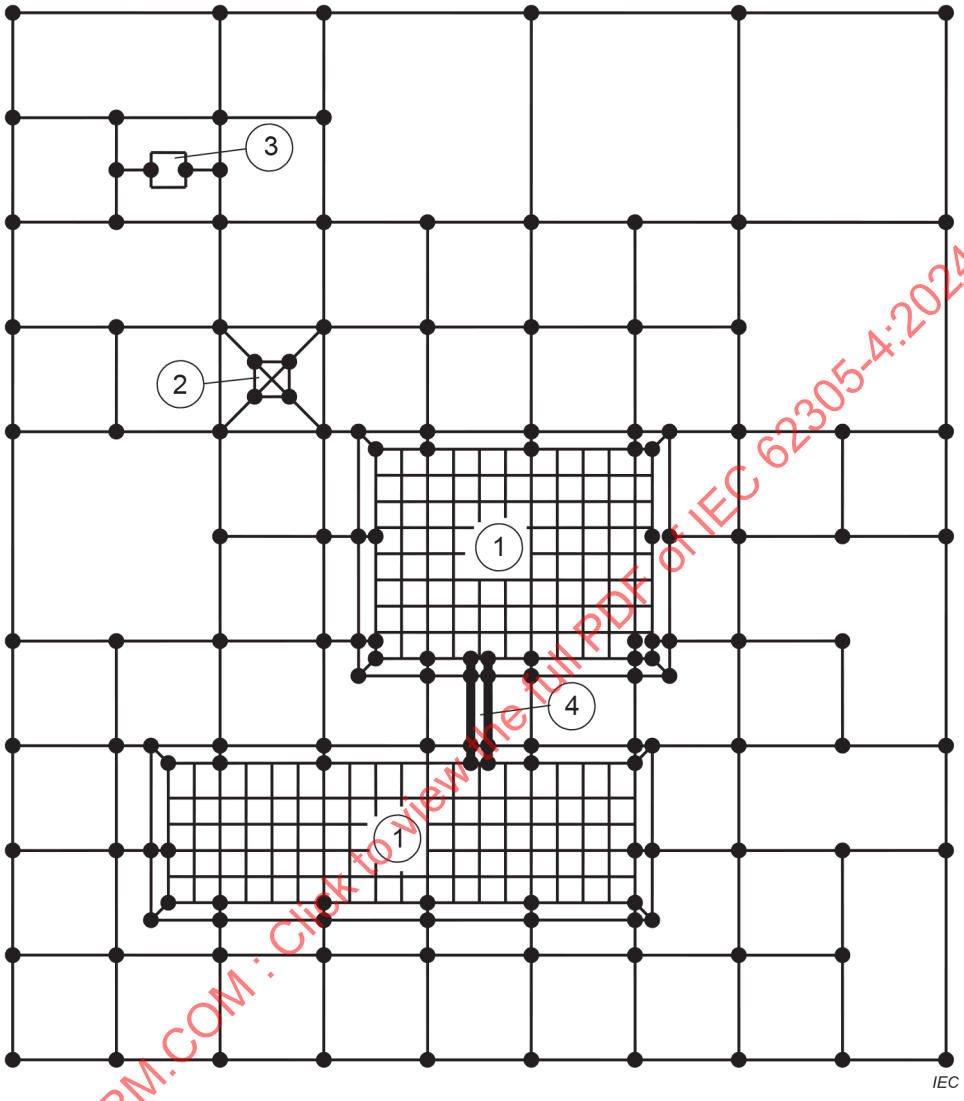
Le réseau de prises de terre de la structure doit être conforme à l'IEC 62305-3. Dans des structures où seuls des réseaux de puissance existent, une disposition de mise à la terre de Type A peut être utilisée, mais une disposition de mise à la terre de Type B est privilégiée. Dans des structures qui comportent des réseaux de communication, une disposition de mise à la terre de Type B est recommandée.

Il convient que l'électrode de terre en boucle autour de la structure, ou celle dans le béton à la périphérie de la fondation, soit intégrée à un réseau maillé en dessous et autour de la structure, d'une taille de maille type de 5 m. Cela améliore grandement les performances du réseau de prises de terre. Les armatures du béton dans le sol qui forment un maillage interconnecté bien défini et sont connectées au réseau de prises de terre, généralement tous les 5 m, sont également appropriées. Un exemple de réseau de prises de terre maillé d'une implantation est représenté à la Figure 6.

Le réseau de prises de terre peut être amélioré par l'installation d'un point de mise à la terre supplémentaire à proximité du point de connexion avec le réseau public de puissance. Une impédance de terre inférieure entraîne la pénétration de courants de foudre plus faibles dans l'installation. Dans les structures métalliques ou en béton armé, l'armature des fondations peut être reliée au réseau de prises de terre afin de contribuer à réduire l'impédance de terre.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Du point de vue de la protection contre la foudre et contre les chocs, un réseau de mise à la terre unique et intégré (plutôt que des réseaux distincts pour la protection contre la foudre, les SPD et les lignes de puissance et de communications) est essentiel (voir D.6.2.2 de l'IEC 62305-3:2024).



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Légende

1 bâtiment avec réseau maillé de l'armature

2 tour dans l'implantation

3 matériel 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 qui peuvent dans certains cas particuliers être connectés à des réseaux de mise à la terre différents, les méthodes suivantes peuvent être appliquées:

– utilisation de plusieurs conducteurs d'équipotentialité parallèles dans les mêmes cheminements que les câbles électriques, ou les câbles enfermés dans des conduits en béton armé maillés (ou qui présentent une continuité métallique), intégrés dans les deux réseaux de prises de terre;

– utilisation de câbles écrantés dont les blindages présentent une section adéquate, reliés aux deux extrémités aux différents réseaux de mise à la terre.

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 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 SPD appropriés.

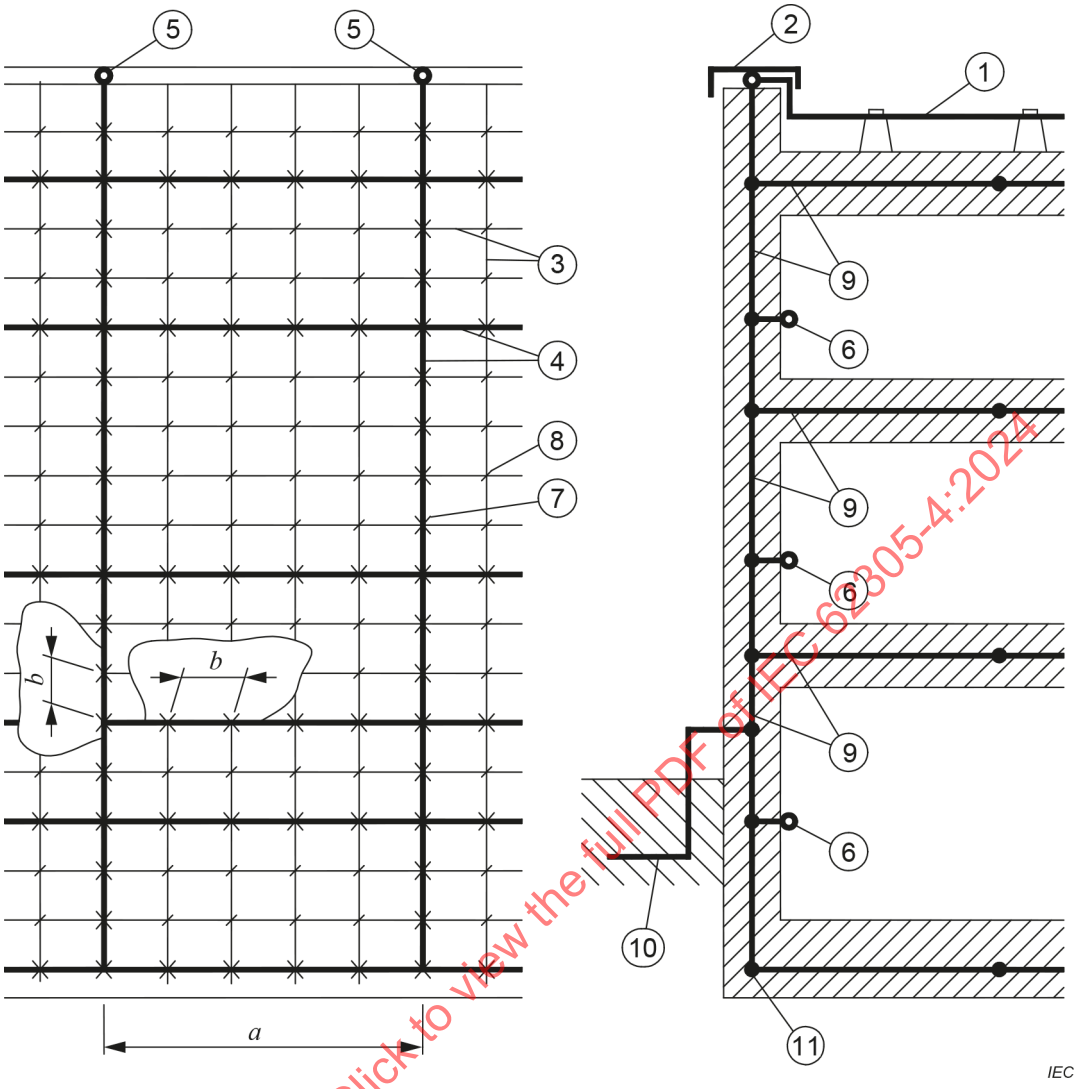
Le réseau d'équipotentialité peut être réalisé comme une structure maillée tridimensionnelle avec une taille de maille type de 5 m (voir Figure 5). Cela exige de multiples interconnexions des éléments métalliques dans et sur la structure (tels qu'armatures du béton, rails d'ascenseurs, grues, toitures métalliques, façades métalliques, cadres métalliques de fenêtres, de portes et 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 à la Figure 7 et à la Figure 8.

Le fait de maintenir la distance de séparation entre le dispositif de capture d'un SPF et les parties conductrices de la structure (voir 6.3 de l'IEC 62305-3:2024) entraîne une réduction du courant qui s'écoule dans ces parties conductrices. De plus, le brouillage électromagnétique à l'intérieur de la structure est également réduit.

Une bonne répartition du courant autour de la structure par l'utilisation de plusieurs conducteurs de descente conduit généralement à des champs magnétiques plus faibles.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Légende

1 conducteur de capture

2 revêtement métallique du parapet

3 tiges de renfort en acier

4 conducteurs maillés superposés sur l'armature

5 jonctions du conducteur maillé

6 jonctions pour une barre d'équipotentialité interne

7 connexions par soudure ou par serrage

8 connexions arbitraires

9 armature en acier dans le béton (avec conducteurs maillés superposés)

10 électrodes de terre en boucle (le cas échéant)

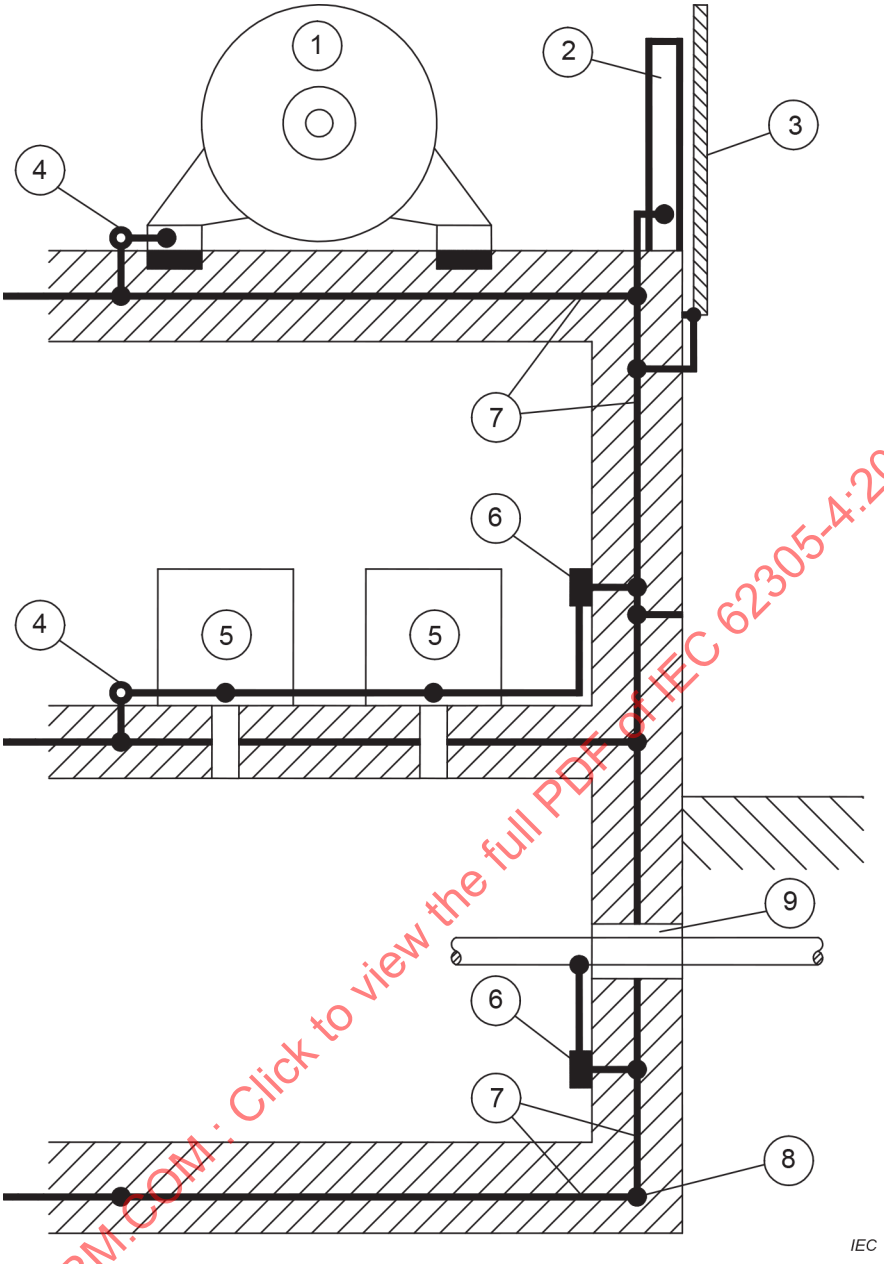
11 électrodes de terre à fond de fouille

a distance type de 5 m pour les conducteurs maillés superposés

b distance type de 1 m ou 2 m entre les interconnexions du réseau maillé (4) à l'armature

Pour les structures qui comportent des matériels électriques et électroniques sensibles, une analyse plus détaillée en ce qui concerne la taille de maille est exigée.

Figure 7 – Utilisation des tiges de renfort d'une structure comme mesure de protection contre l'IEMF et pour la liaison équipotentielle



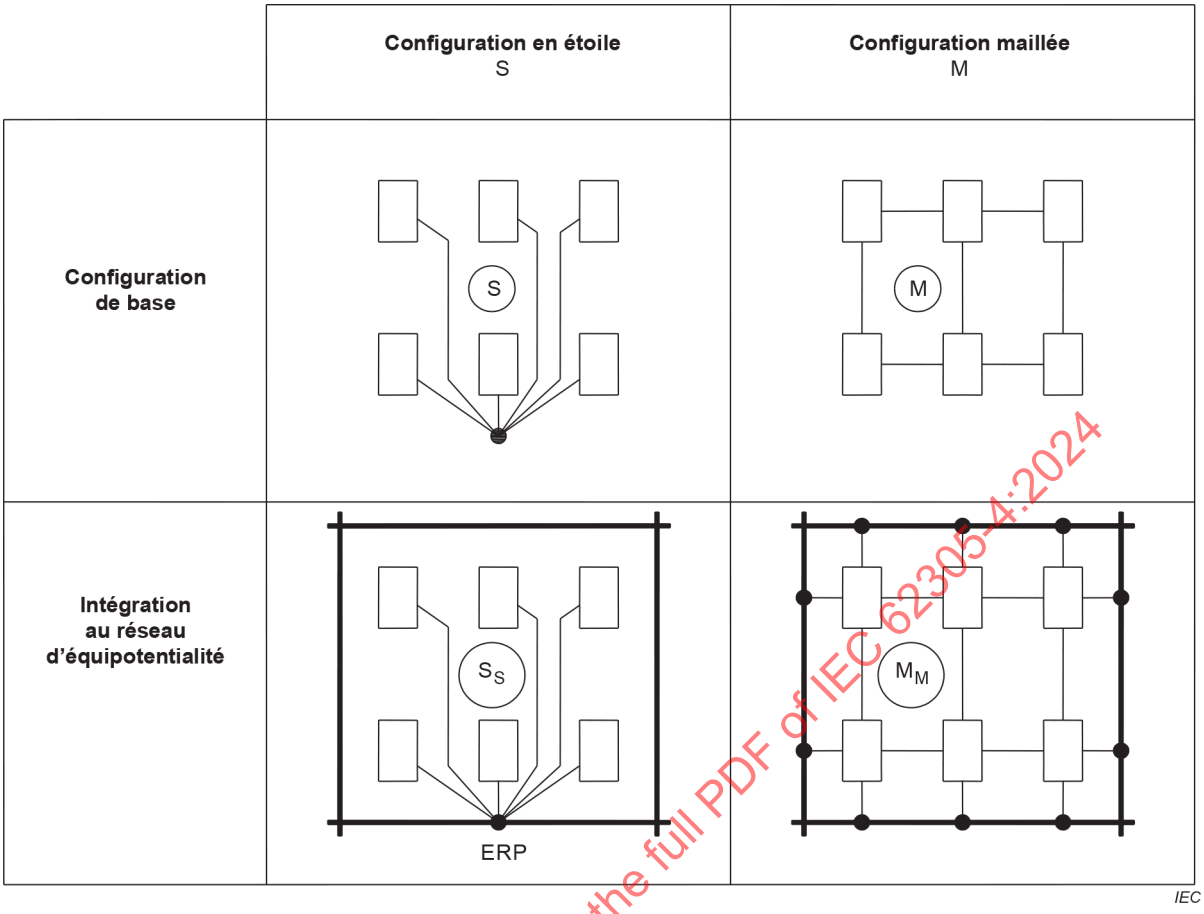
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Légende

1 matériel électrique de puissance
2 poutres en acier
3 revêtement métallique de la façade
4 jonctions d'équipotentialité
5 matériel électrique ou électronique
6 barres d'équipotentialité
7 armature en acier dans le béton (avec conducteurs maillés superposés)
8 électrodes de terre à fond de fouille
9 point de pénétration commun à différents services

Figure 8 – Liaison équipotentielle dans une structure avec armature en acier

Les parties conductrices (par exemple armoires, enveloppes, tiroirs) et le conducteur de mise à la terre de protection (PE, *Protective Earth*) des réseaux internes doivent être connectés au réseau d'équipotentialité conformément aux configurations suivantes (voir Figure 9):



Légende

▬▬	réseau d'équipotentialité
———	conducteur d'équipotentialité
▯	matériel
•	point de liaison au réseau d'équipotentialité
ERP	point de référence terre
S_S	configuration en étoile intégrée par un point de référence terre
M_M	configuration maillée intégrée par une maille

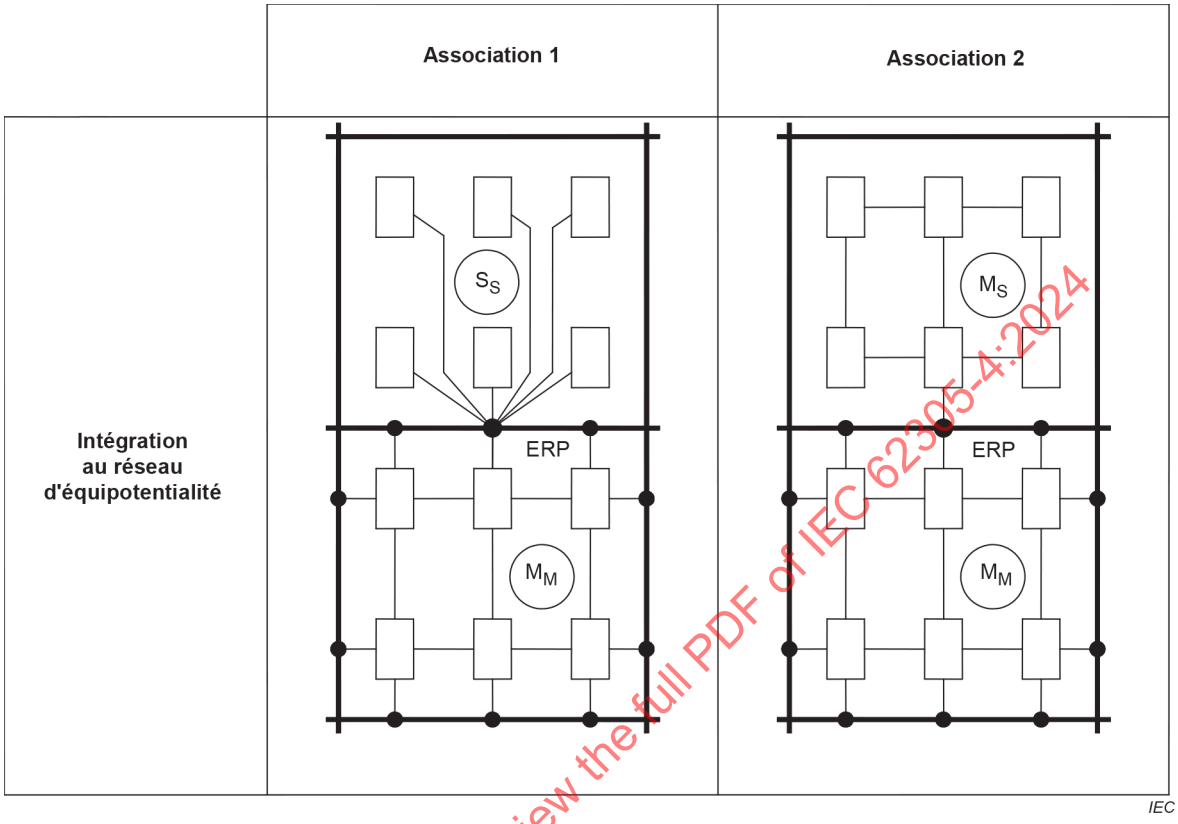
Figure 9 – Intégration des parties conductrices des réseaux internes dans le réseau d'équipotentialité

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Si la configuration S est utilisée, tous les éléments métalliques (par exemple armoires, enveloppes, tiroirs) des réseaux internes doivent être isolés du réseau de mise à la terre. La configuration S ne doit être intégrée dans le réseau de mise à la terre que par une seule barre d'équipotentialité qui agit comme le point de référence terre (ERP, *Earth Reference Point*), donnant un type S_S. Dans ce cas, toutes les lignes entre chaque matériel doivent cheminer parallèlement aux conducteurs d'équipotentialité et à proximité de ces derniers en suivant la configuration en étoile, afin d'éviter des boucles d'induction. La configuration S peut être utilisée lorsque les réseaux internes se trouvent dans des zones relativement petites et lorsque toutes les lignes pénètrent dans la zone en un seul point.

Si la configuration 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 y être intégrés par plusieurs points d'équipotentialité, donnant un type M_M. La configuration M est privilégiée pour les réseaux internes qui s'étendent sur des zones relativement larges dans l'ensemble d'une structure, ou lorsque de nombreuses lignes cheminent entre les matériels et pénètrent dans la structure en plusieurs points.

Dans les systèmes complexes, les avantages des deux configurations (M et S) peuvent être associés comme cela est représenté à la Figure 10, entraînant l'association 1 (S_S avec M_M) ou l'association 2 (M_S avec M_M).



Légende

▬▬	réseau d'équipotentialité
———	conducteur d'équipotentialité
▭	matériel
●	point de liaison au réseau d'équipotentialité
ERP	point de référence terre
S_S	configuration en étoile intégrée par un point de référence terre
M_M	configuration maillée intégrée par une maille
M_S	configuration maillée intégrée par un point de référence terre

Figure 10 – Associations de méthodes d'intégration des parties conductrices des réseaux internes dans le réseau d'équipotentialité

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

5.4 Barres d'équipotentialité

Les barres d'équipotentialité doivent être installées pour la liaison équipotentielle:

– de tous les services conducteurs qui entrent dans une ZPF (directement ou par des SPD appropriés);
– du conducteur de mise à la 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 au réseau de mise à la terre par le chemin le plus court possible;
– les matériaux et dimensions des barres et des conducteurs d'équipotentialité doivent satisfaire au 5.6;
– il convient de placer les SPD de manière à utiliser les connexions les plus courtes possible avec la barre d'équipotentialité, ainsi qu'avec les conducteurs actifs, réduisant ainsi le plus possible les chutes de tension inductive;
– il convient, du côté protégé du circuit (en aval d'un SPD), de réduire le plus possible les effets d'induction mutuelle, soit en réduisant le plus possible la surface des boucles, soit en utilisant des câbles ou des conduits écrantés, avec mise à la terre de l'écran aux deux extrémités.

5.5 Équipotentialité 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, lignes de puissance ou de signalisation) qui pénètrent la frontière de la ZPF.

Il convient que l'équipotentialité des services entrant dans la ZPF 1 soit concertée avec les fournisseurs des réseaux concernés (de puissance ou de communication, par exemple), dans la mesure où des exigences conflictuelles peuvent exister.

L'équipotentialité doit être assurée à l'aide de barres de même nature, disposées aussi près que possible du point de pénétration à la frontière.

Dans la mesure du possible, il convient que tous 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 différentes barres doivent être interconnectées. À cette fin, un ceinturage d'équipotentialité (conducteur de ceinturage) est recommandé.

Des parafoudres d'équipotentialité sont toujours exigés au point de pénétration dans la ZPF afin de relier les lignes entrantes, connectées aux réseaux internes dans la ZPF, à la barre d'équipotentialité. Le nombre de SPD exigé 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 des ZPF, peuvent être utilisés pour l'interconnexion de plusieurs ZPF proches de même niveau, ou pour étendre une ZPF à la frontière suivante.

5.6 Matériaux et dimensions des éléments d'équipotentialité

Les matériaux, dimensions et conditions d'utilisation doivent être conformes à l'IEC 62305-3 et à la série IEC 62561. La section minimale des éléments d'équipotentialité doit être conforme au Tableau 1 ci-dessous.

Les fixations doivent être dimensionnées conformément aux valeurs du courant de foudre du niveau de protection contre la foudre correspondant (voir l'IEC 62305-1) et à l'analyse de la répartition du courant (voir l'IEC 62305-3).

Les SPD doivent être dimensionnés conformément à l'Article 7.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Tableau 1 – Sections minimales des éléments d'équipotentialité

Élément d'équipotentialité		Matériau[a]	Section[b] mm^2
Barres d'équipotentialité (cuivre, acier revêtu de cuivre ou acier galvanisé)		Cu, Fe	50
Conducteurs de connexion entre les barres d'équipotentialité et le réseau de mise à la terre ou les autres barres d'équipotentialité (qui transportent 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 (qui transportent un courant de foudre partiel)		Cu Al Fe	6 10 16
Conducteurs de mise à la terre vers le SPD[c]	SPD soumis à l'essai pour la classe I SPD soumis à l'essai pour la classe II SPD soumis à l'essai pour la classe III Autres SPD[d]	Cu	16 6 1,5 1
Conducteurs de connexion des SPD et des dispositifs de protection contre les surintensités aux conducteurs actifs[c]	SPD soumis à l'essai pour la classe I SPD soumis à l'essai pour la classe II SPD soumis à l'essai pour la classe III Autres SPD[d]	Cu	6 2,5 1,5 1

[a] Il convient que les autres matériaux utilisés présentent des sections qui assurent une résistance équivalente.

[b] Dans certains pays, des conducteurs de plus petites dimensions peuvent être utilisés, à condition qu'ils satisfassent aux exigences thermiques et mécaniques (voir l'IEC 62305-1:2024, Annexe D).

[c] Pour les SPD utilisés dans des applications de puissance, les conducteurs doivent être dimensionnés conformément à l'IEC 60364-5-53 et à l'IEC 61643-12.

[d] Les autres SPD incluent ceux utilisés dans les réseaux de communications et de signalisation.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

6 Écrans magnétiques et cheminement des lignes

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 réduire le plus possible l'ampleur des chocs internes induits. Les deux mesures sont efficaces pour la réduction des défaillances permanentes des réseaux internes.

6.2 Blindage spatial

Les écrans spatiaux définissent des zones protégées, qui peuvent couvrir l'ensemble de la structure, une partie de celle-ci, un seul local ou seulement l'enveloppe qui contient du matériel. Il peut s'agir d'écrans métalliques maillés ou continus, ou de l'utilisation de "composants naturels" de la structure elle-même (voir l'IEC 62305-3).

Des écrans spatiaux sont conseillés dans les cas où il est plus pratique et utile de protéger une zone définie de la structure que plusieurs matériels individuellement. Il convient de prévoir des écrans spatiaux dès l'étude préliminaire d'une structure neuve ou d'un nouveau réseau interne. L'amélioration d'installations existantes peut entraîner des coûts plus élevés et des difficultés techniques plus importantes.

6.3 Écran des lignes internes

Le blindage peut être limité au câblage et au matériel du réseau à protéger; écran métallique des câbles, conduits métalliques fermés et enveloppes métalliques du matériel sont utilisés à cette fin.

6.4 Cheminement des lignes internes

Un cheminement approprié des lignes internes réduit le plus possible les boucles d'induction et réduit la génération de surtensions internes dans la structure. La surface de boucle peut être réduite le plus possible par un cheminement des câbles adjacent aux composants naturels mis à la terre de la structure ou par un cheminement adjacent des lignes de puissance et de signalisation, ou les deux.

NOTE Une certaine distance entre les lignes de puissance et les lignes de signalisation non écrantées peut rester nécessaire pour éviter des perturbations.

6.5 Blindage des lignes externes

Le blindage des lignes externes qui pénètrent dans la structure comprend le blindage des câbles, les conduits métalliques fermés ou en béton armé avec armatures interconnectées. Le blindage des lignes externes est utile, mais souvent hors de la responsabilité du concepteur des MPF (car le propriétaire des lignes externes est généralement le fournisseur du réseau).

6.6 Matériaux et dimensions des écrans magnétiques

À la frontière des zones ZPF 0A et ZPF 1, les matériaux et les dimensions des écrans magnétiques (par exemple écrans spatiaux maillés, écrans de câbles ou enveloppes de matériel) doivent satisfaire aux exigences de l'IEC 62305-3 relatives aux conducteurs de capture ou de descente, ou les deux. En particulier:

– l'épaisseur minimale des feuilles, conduits et canalisations métalliques et de l'écran des câbles doit satisfaire à l'IEC 62305-3:2024, Tableau 3;
– la disposition des écrans spatiaux maillés et la section minimale de leurs conducteurs doivent être conformes à l'IEC 62305-3:2024, Tableau 7.

Il n'est pas exigé que les dimensions des écrans électromagnétiques non destinés à acheminer les courants de foudre soient conformes à l'IEC 62305-3:2024, Tableau 3, et à l'IEC 62561-2, Tableau 3:

– 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 l'IEC 62305-3:2024, 6.3);
– 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 Système de protection par parafoudres coordonnés

La protection des réseaux internes contre les chocs exige une approche systématique qui consiste à utiliser un système de protection par parafoudres coordonnés pour les lignes de puissance et de signalisation.

Dans les MPF qui utilisent le concept de zone de protection contre la foudre avec plusieurs ZPF intérieures (ZPF 1, ZPF 2 et plus), le ou les SPD doivent être placés au point d'entrée des lignes dans chaque ZPF (voir Figure 2).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Dans les MPF qui utilisent seulement une ZPF 1, un SPD doit être placé au moins au point d'entrée des lignes dans la ZPF 1.

Dans les deux cas, des SPD supplémentaires peuvent être exigés si la distance entre l'emplacement du SPD et le matériel à protéger est importante (voir Annexe C).

Les SPD doivent être conformes à:

– l'IEC 61643-11 pour les réseaux de puissance;
– l'IEC 61643-21 pour les réseaux de communication et de signalisation;
– l'IEC 61643-31 pour les systèmes photovoltaïques.

L'Annexe C donne des informations sur le choix et la mise en œuvre d'un système de protection par parafoudres coordonnés. Ce choix et cette mise en œuvre d'un système de protection par parafoudres coordonnés doivent être conformes à:

– l'IEC 61643-12 et l'IEC 60364-5-53 pour la protection des réseaux de puissance;
– l'IEC 61643-22 pour la protection des réseaux de communication et de signalisation;
– l'IEC 61643-32 pour les systèmes photovoltaïques.

Pour les besoins du dimensionnement des SPD en différents points d'installation dans la structure, des informations et des lignes directrices sur l'amplitude des chocs dus à la foudre sont données à l'Annexe D du présent document et dans l'IEC 62305-1:2024, Annexe E. Pour les installations photovoltaïques, voir l'Annexe D du présent document.

Des informations et des lignes directrices concernant l'analyse ou l'essai de la coordination des SPD sont données dans l'IEC 61643-12:2020, Annexe F.

Des informations concernant la répartition du courant de foudre dans les installations photovoltaïques sont données à l'Annexe F.

Des informations et des lignes directrices concernant les essais de comportement des systèmes dans les conditions de décharge de la foudre sont données à l'Annexe G.

8 Interfaces d'isolement

Des interfaces d'isolement, comme des transformateurs d'isolement contre les surtensions (SIT, *Surge Isolation Transformers*), peuvent être utilisées pour réduire les effets de l'IEMF. Pour les sources de dommages S1 et S3, il est possible que le niveau de tenue de l'interface ne soit pas approprié. Dans de telles circonstances, il convient d'installer un SPD supplémentaire en amont de l'interface et aussi près que possible de celle-ci, et de choisir une valeur de U_p inférieure à la valeur de U_w de l'interface (voir C.2.1). Pour les sources de dommages S2 et S4, le niveau de tenue de l'interface d'isolement doit être choisi conformément aux catégories de surtension appropriées de l'IEC 60664-1.

Les matériels en aval d'une interface d'isolement sont protégés si le réseau interne entre l'interface d'isolement et le matériel est écranté.

Si le réseau interne n'est pas écranté et si la tension induite dans cette boucle peut être supérieure à la tension de choc assignée du matériel, il convient d'installer un SPD supplémentaire à proximité du matériel.

Lorsqu'un SIT est endommagé, le matériel en aval reste protégé, mais le service est interrompu.

L'Annexe I fournit des informations de base sur les interfaces d'isolement utilisées dans les SIT.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

9 Gestion des MPF

9.1 Généralités

Afin d'obtenir un système de protection efficace et rentable, il convient que sa conception soit réalisée pendant la phase de conception du bâtiment et avant la construction de ce dernier. Ainsi, il est possible d'optimiser l'utilisation des composants naturels de la structure et de choisir le meilleur compromis pour l'emplacement des câbles et du matériel.

Pour l'amélioration de structures existantes, le coût des MPF est généralement plus élevé que pour des structures neuves. Toutefois, il est possible de réduire le plus possible le coût par un choix approprié des ZPF et en utilisant les installations existantes ou en les améliorant.

Une protection appropriée ne peut être obtenue que si:

– des dispositions sont définies par un expert en protection contre la foudre;
– une bonne coordination existe entre les différents experts impliqués dans la construction du bâtiment et les MPF (par exemple ingénieurs civils et électriciens);
– le plan de gestion décrit en 9.2 est suivi.

Les MPF doivent être maintenues par inspection et par entretien. Avant d'apporter des modifications importantes à la structure ou aux mesures de protection, une nouvelle évaluation des risques doit être effectuée.

9.2 Plan de gestion des MPF

La planification et la coordination des MPF exigent un plan de gestion (voir Tableau 2), qui commence par une évaluation initiale des risques (IEC 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 l'IEC 62305-1, et aux mesures de protection à adopter, les étapes suivantes doivent être réalisées:

– un réseau de mise à la terre, qui comprend un réseau d'équipotentialité et un réseau de prises de terre, doit être prévu;
– les parties métalliques extérieures et les services entrants doivent être mis à la terre soit directement soit par des SPD appropriés;
– le réseau interne doit être intégré au réseau d'équipotentialité;
– un blindage spatial associé au cheminement et au blindage des lignes peut être mis en place;
– les exigences concernant un système de protection par 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 Annexe B);
– si cela est exigé, la distance par rapport aux réseaux de conducteurs de capture et de descente doit être vérifiée.

Après avoir réalisé les étapes ci-dessus, il convient de réévaluer le rapport coût/bénéfice des mesures de protection choisies et de l'optimiser en utilisant à nouveau la méthode d'évaluation des risques.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Tableau 2 – Plan de gestion des MPF pour des bâtiments neufs et pour des modifications importantes dans la construction ou l'utilisation de bâtiments existants

Étape	Objectif	Action à effectuer par
Analyse préliminaire des risques[a]	Vérification de la nécessité de protection contre l'IEMF Si nécessaire, choix des MPF appropriées par la méthode d'évaluation des risques Vérification de la réduction des risques après réalisation de chaque mesure de protection successive	Expert en protection contre la foudre[b] Propriétaire
Analyse finale des risques[a]	Il convient d'optimiser le rapport coût/bénéfice des mesures de protection choisies en utilisant de nouveau la méthode d'évaluation des risques Comme résultat, sont définis: • le NPF et les paramètres de foudre • les ZPF et leurs frontières	Expert en protection contre la foudre[b] Propriétaire
Planification des MPF	Définition des MPF: • mesures de blindage spatial • réseaux d'équipotentialité • réseaux de prises de terre • blindage et cheminement des lignes • blindage des services entrants • système de protection par parafoudres coordonnés • interface d'isolement	Expert en protection contre la foudre Propriétaire Architecte Concepteurs des réseaux internes Concepteurs des installations concernées
Conception des MPF	Schémas généraux et descriptions Préparation des listes de pièces Schémas détaillés et projets d'installation	Bureau d'études ou équivalent
Installation des MPF y compris le contrôle	Qualité de l'installation Documentation Révision éventuelle des schémas détaillés	Expert en protection contre la foudre Installateur des MPF Bureau d'études Contrôleur
Approbation des MPF	Vérification et documentation de l'état du réseau Vérification de la conformité des MPF	Expert en protection contre la foudre[c] Contrôleur
Inspections périodiques	Recherche d'éventuelles altérations ou modifications par inspection visuelle ou par mesurage	Expert en protection contre la foudre[c] Contrôleur

a Voir l'IEC 62305-2.

b Avec une vaste connaissance de la CEM et des règles d'installation.

c Pour certaines structures, les autorités compétentes peuvent exiger l'intervention d'un expert indépendant en protection contre la foudre.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

9.3 Inspection des MPF

9.3.1 Généralités

L'inspection comprend la vérification de la documentation technique, les inspections visuelles et les mesures d'essai. L'objectif d'une inspection consiste à vérifier que:

– les MPF sont conformes à leur conception;
– les MPF peuvent remplir leur fonction prévue;
– toute nouvelle mesure de protection supplémentaire est intégrée de manière correcte dans les MPF.

Les inspections doivent être effectuées:

– au cours de l'installation des MPF;
– après l'installation des MPF;
– périodiquement;
– après toute modification de composants relatifs aux MPF;
– si possible, après un impact de foudre sur la structure (identifié par exemple par un compteur d'impacts de foudre, un système de mesure du courant de foudre, un témoin oculaire, ou encore si un dommage lié à la foudre est constaté visuellement sur la structure).

La fréquence des inspections périodiques doit être fixée en tenant compte:

– de l'environnement local, tel que des sols corrosifs ou une atmosphère corrosive;
– du type des mesures de protection utilisées.

En l'absence d'exigences spécifiques identifiées par l'autorité compétente, il convient d'appliquer les recommandations données à l'Article D.7 de l'IEC 62305-3:2024.

9.3.2 Procédure d'inspection

9.3.2.1 Vérification de la documentation technique

Après l'installation de nouvelles MPF, la documentation technique doit être vérifiée pour contrôler sa conformité avec les normes correspondantes, ainsi que son exhaustivité. Par suite, la documentation technique doit être mise à jour d'une façon régulière, par exemple après toute modification ou extension des MPF.

9.3.2.2 Inspection visuelle

Une inspection visuelle doit être réalisée pour vérifier

– que les conducteurs et les jonctions ne présentent aucune connexion desserrée ni aucune rupture fortuite;
– qu'aucune partie du système n'est fragilisée par la corrosion, en particulier au niveau du sol;
– que les conducteurs d'équipotentialité et les écrans des câbles sont intacts et interconnectés;
– que les différentes parties métalliques sont intactes et interconnectées;
– qu'aucune extension ou modification n'impose de mesures de protection complémentaires;
– qu'aucun endommagement des SPD, de leurs fusibles ou de leurs déconnecteurs n'est constaté;
– que des cheminements de câbles appropriés sont maintenus;
– que les distances de sécurité par rapport aux blindages spatiaux sont conformes à la documentation.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

9.3.2.3 Mesurages

Pour les parties des réseaux de mise à la terre et d'équipotentialité non visibles lors de l'inspection, il convient d'effectuer un mesurage de continuité électrique.

Si un SPD ne comporte aucun indicateur d'état, des mesurages doivent être effectués conformément aux instructions du fabricant afin de confirmer son état de fonctionnement.

Il convient d'intégrer le programme d'inspection mis en œuvre pour l'installation du SPD dans la procédure d'inspection selon l'IEC 62305-3:2024, Article C.6 et Article D.7.

9.3.3 Documentation d'inspection

Il convient d'élaborer un guide d'inspection pour en faciliter le processus. Il convient que le guide contienne des informations suffisantes pour aider l'inspecteur dans sa tâche, de façon qu'il puisse documenter tous les aspects de l'installation et des composants, les méthodes d'essai, les matériels 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 des informations concernant:

– l'état général des MPF;
– l'écart ou les écarts par rapport à la documentation technique;
– le résultat des éventuels mesurages effectués;
– la date de l'inspection;
– le nom du ou des inspecteurs.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Annexe A
(informative)

Éléments essentiels à l'évaluation de l'environnement électromagnétique dans une ZPF

A.1 Généralités

L'Annexe A fournit des informations relatives à l'évaluation de l'environnement électromagnétique dans une ZPF. Ces informations peuvent être utilisées pour la protection contre l'IEMF. Elles sont également adaptées à la protection contre le brouillage électromagnétique.

NOTE Aucune importance n'est accordée au fait que l'indice d'un paramètre soit noté en majuscules ou en minuscules.

A.2 Dégradation par la foudre des réseaux de puissance et de communication

A.2.1 Sources de dommages

La source primaire de dommages est le courant de foudre et le champ magnétique associé, qui est considéré ici comme ayant la même forme d'onde que le courant de foudre.

NOTE Pour la protection, l'influence du champ électrique de foudre a généralement un moindre intérêt.

A.2.2 Objets des dommages

Les réseaux internes installés dans ou sur une structure ayant une immunité limitée contre les chocs et les champs magnétiques peuvent être endommagés ou fonctionner de manière incorrecte lorsqu'ils sont soumis aux effets de la foudre et à aux champs magnétiques associés.

Les réseaux installés à l'extérieur d'une structure peuvent être soumis à des risques en raison du champ magnétique non amorti et, éventuellement, des chocs dus aux courants de foudre pleins d'un impact de foudre direct si ces réseaux sont mis en œuvre dans des emplacements exposés.

Les réseaux installés à l'intérieur d'une structure peuvent être soumis à des risques en raison du champ magnétique amorti restant, des chocs internes conduits ou induits, et des chocs externes conduits par les lignes entrantes.

A.2.3 Tenue des ports de signalisation du matériel

Les ports de signalisation du matériel doivent être soumis à l'essai conformément à l'IEC 61000-4-5.

Les niveaux de tenue aux chocs (ou résistibilité) du matériel pour les accès de signaux sont définis par les Recommandations UIT-T K.21 [9] et K.20 [10] pour le matériel installé dans les locaux du client et dans le central de télécommunications, respectivement. Les exigences de base en matière de tenue aux chocs du matériel dans les locaux du client sont récapitulées comme suit:

– port connecté à une ligne externe, c'est-à-dire une ligne qui va à l'extérieur du bâtiment;
  - essai 1,5 kV en mode commun (port relié à la terre);
  - essai 1,5 kV en mode différentiel (entre conducteurs de signalisation);

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

– port connecté à une ligne interne non écrantée, c'est-à-dire une ligne qui reste entièrement dans le bâtiment (aucune connexion directe vers une ligne externe);
  - essai à 1 kV en mode commun

A.2.4 Tenue des ports d'alimentation du matériel

Les ports d'alimentation (ports principaux) du matériel doivent être soumis à l'essai conformément à l'IEC 60664-1 et à l'IEC 61000-4-5.

i) Règle générale: niveau de protection de tension (U_p) en fonction de la tension de choc assignée (U_w) du matériel:

L'un des plus importants critères de choix d'un SPD est le niveau de protection de tension U_p, défini pour la contrainte I_n, comme cela est indiqué dans les parties de la série IEC 61643 répertoriées à l'Article 2. Il convient de coordonner ce paramètre avec la tension de choc assignée du matériel U_w conformément au Tableau A.1 (voir l'IEC 60664-1). Il s'agit de la tension maximale à prévoir aux bornes du SPD durant les essais dans des conditions spécifiques. U_p est uniquement utilisé dans le présent document pour la coordination avec la tension de choc assignée du matériel U_w.

L'IEC 60664-1 s'intéresse principalement aux exigences relatives aux distances d'isolement, aux lignes de fuite et à l'isolement solide du matériel, d'après ses critères de performances. Elle comprend des méthodes d'essai électrique qui ont trait à la coordination des isolements. Elle définit également la tension de choc assignée U_W du matériel, c'est-à-dire le plus haut pic de tension de choc (avec la forme d'onde et la polarité spécifiées) qui n'entraîne pas d'interruption de l'isolement du matériel. En outre, elle décrit les différentes catégories de surtension pour le matériel alimenté directement à partir de l'alimentation secteur basse tension. Dans le présent document, le terme "catégorie de surtension" est synonyme du terme "catégorie de tenue aux chocs" utilisé dans l'IEC 60364-4-44:2007, Article 443 et l'IEC 60364-4-44:2007/AMD1:2015, Article 443.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Tableau A.1 – Tension de choc assignée du matériel selon l'Article 443 de l'IEC 60364-4-44:2007 et l'Article 443 de l'IEC 60364-4-44:2007/AMD1:2015

Tension nominale de l'installation V	Tension de choc assignée exigée 1,2/50 du matériel[c] kV			
	Catégorie de surtension IV (matériel à très haute tension de choc)	**Catégorie de surtension III (matériel à haute tension de choc)**	**Catégorie de surtension II (matériel à tension de choc normale)**	**Catégorie de surtension I (matériel à tension de choc réduite)**
	Par exemple: compteur d'énergie, systèmes de télécommande	Par exemple: tableaux de distribution, commutateurs, socles de prises de courant	Par exemple: appareils ménagers, outils	Par exemple: matériel électronique sensible
120/208[a] 127/220	4	2,5	1,5	0,8
230/400[a b d] 277/480[b]	6	4	2,5	1,5
400/690[a]	8	6	4	2,5
1 000[a]	12	8	6	4
1 250 en courant continu	12	8	6	4
1 500 en courant continu	15	10	8	6

[a] Conformément à l'IEC 60038 [11].

[b] Au Canada et aux États-Unis, pour les tensions à la terre supérieures à 300 V, la tension de choc assignée qui correspond à la tension immédiatement supérieure de cette colonne s'applique.

[c] Cette tension de choc assignée est appliquée entre les conducteurs actifs et les conducteurs PE.

[d] Pour les systèmes en schéma IT de tension comprise entre 220 V et 240 V, il convient d'utiliser la rangée 230/400 V en raison de la tension à la terre d'un défaut à la terre sur une ligne.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

ii) Règle particulière: lorsque la répartition du courant de choc dans l'installation a été déterminée:

Il convient que la valeur de la tension résiduelle des SPD installés, au courant de choc maximal déterminé au point d'installation, soit inférieure au niveau d'immunité exigé du matériel selon l'IEC 61000-4-5. En général, les niveaux d'immunité contre les chocs du matériel selon l'IEC 61000-4-5 sont plus faibles que les niveaux de résistance d'isolement selon l'IEC 60664-1. La question est d'autant plus compliquée que les formes d'ondes de l'essai ne sont pas toujours comparables d'une norme à l'autre. L'Annexe M de l'IEC 61643-12:2020 donne davantage d'informations sur l'immunité par rapport à la résistance d'isolement du matériel.

A.2.5 Relation entre l'objet des dommages et la source de dommages

Le niveau de résistance du matériel doit être compatible avec la source de dommages. Pour cela, les mécanismes de couplage doivent être contrôlés de manière appropriée, par la création de zones de protection contre la foudre (ZPF).

A.3 Blindage spatial, cheminement et blindage des lignes

A.3.1 Généralités

Le champ magnétique occasionné à l'intérieur d'une ZPF par des impacts de foudre directs ou à proximité de la structure ne peut être réduit que par un blindage spatial de la ZPF. Les chocs induits dans les réseaux de communication peuvent être réduits le plus possible par blindage spatial, par cheminement et blindage des lignes ou par association des deux méthodes.

La Figure A.1 constitue un exemple d'IEMF en cas d'impact de la foudre sur la structure et représente 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.

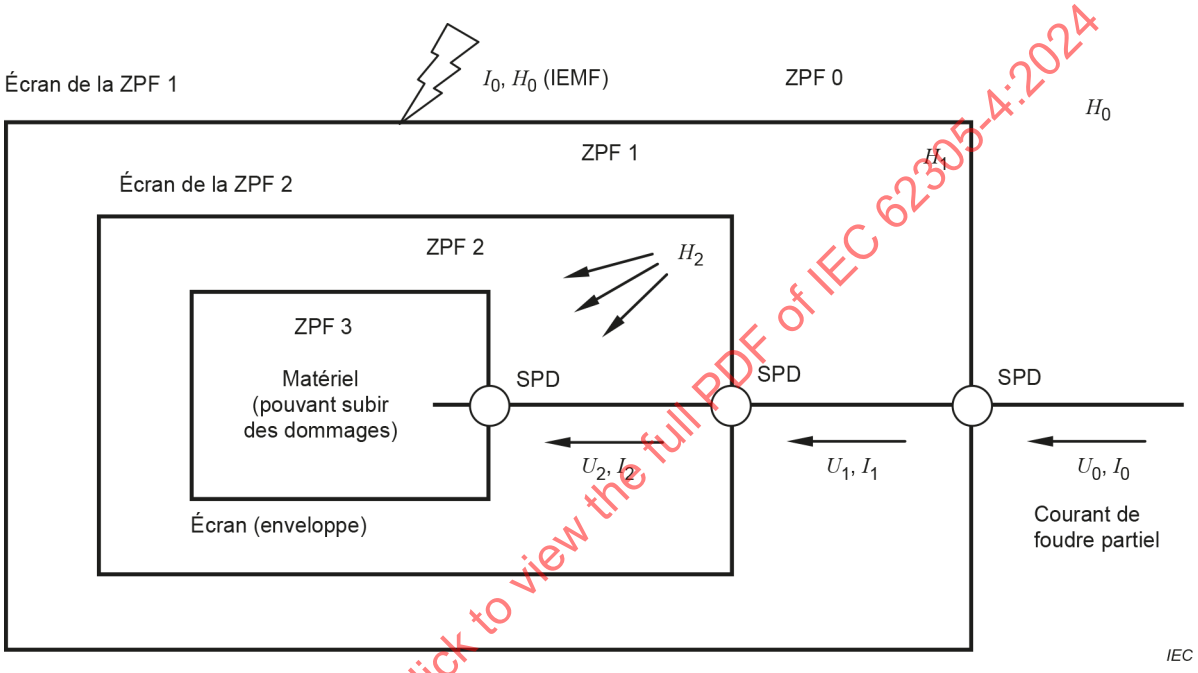


Figure A.1 – Situation de l'IEMF due à un impact de foudre sur la structure

Les points 1 et 2 du Tableau A.2 définissent les paramètres I_0, H_0 et U_W (matériel) de la Figure A.1. Les paramètres d'essai appropriés, qui visent à s'assurer que le matériel peut résister à la contrainte prévue à son emplacement d'installation, sont donnés aux points 3 et 4.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Tableau A.2 – Paramètres relatifs à la source de dégradations et au matériel

<table>
<tr><th></th><th>Matériel pertinent pour la source de dégradations</th><th>Norme</th><th colspan="13">Paramètre</th></tr>
<tr><td rowspan="5">1</td><td rowspan="5">Source primaire de dégradations – IEMF</td><td rowspan="5">IEC 62305-1</td><td colspan="13">Définie à partir de paramètres des NPF I à IV</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Choc
µs</td><td colspan="4">Amplitude
kA</td><td colspan="4">Raideur
kA/µs</td><td rowspan="2">Effet important</td></tr>
<tr><td colspan="4">NPF</td><td colspan="4">NPF</td></tr>
<tr><td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">I_0</td><td>10/350</td><td>200</td><td>150</td><td>100</td><td>100</td><td>20</td><td>15</td><td>10</td><td>10</td><td>Courant de foudre partiel</td></tr>
<tr><td>1/200</td><td>100</td><td>75</td><td>50</td><td>50</td><td>100</td><td>75</td><td>50</td><td>50</td><td>Induction</td></tr>
<tr><td>0,25/100</td><td>50</td><td>37,5</td><td>25</td><td>25</td><td>200</td><td>150</td><td>100</td><td>100</td><td>Induction</td></tr>
<tr><td>H_0</td><td colspan="12">Déduit de I_0 correspondant</td></tr>
<tr><td rowspan="11">2</td><td rowspan="11">Niveau de tension de choc assignée de l'installation de puissance</td><td rowspan="11">IEC 60664-1</td><td colspan="3">Tension d'alimentation
V</td><td colspan="10">Tension de choc assignée 1,2/50 exigée du matériel
kV</td></tr>
<tr><td>Tension nominale du réseau d'alimentation
Réseaux triphasés</td><td>Tension nominale du réseau d'alimentation
Réseaux monophasés</td><td>Tension entre ligne et neutre
Tensions nominales alternatives ou continues inférieures ou égales à</td><td colspan="10">Catégorie de surtension</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3">IV</td><td colspan="3">III</td><td colspan="2">II</td><td>I</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>50</td><td colspan="3">1,5</td><td colspan="3">0,8</td><td colspan="2">0,5</td><td>0,33</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>100</td><td colspan="3">2,5</td><td colspan="3">1,5</td><td colspan="2">0,8</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>120/208
127/220</td><td>120/240
127/254</td><td>150</td><td colspan="3">4</td><td colspan="3">2,5</td><td colspan="2">1,5</td><td>0,8</td></tr>
<tr><td>230/400
277/480</td><td></td><td>300</td><td colspan="3">6</td><td colspan="3">4</td><td colspan="2">2,5</td><td>1,5</td></tr>
<tr><td>400/690</td><td></td><td>600</td><td colspan="3">8</td><td colspan="3">6</td><td colspan="2">4</td><td>2,5</td></tr>
<tr><td>1 000</td><td></td><td>1 000</td><td colspan="3">12</td><td colspan="3">8</td><td colspan="2">6</td><td>4</td></tr>
<tr><td></td><td>1 250 en courant continu</td><td>1 250 en courant continu</td><td colspan="3">12</td><td colspan="3">8</td><td colspan="2">6</td><td>4</td></tr>
<tr><td></td><td>1 500 en courant continu</td><td>1 500 en courant continu</td><td colspan="3">15</td><td colspan="3">10</td><td colspan="2">8</td><td>6</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Niveau de résistance du matériel de télécommunication</td><td colspan="14">Recommandations UIT-T K.20 [10], K.21 [9] et K.45 [12]</td></tr>
<tr><td rowspan="4">4</td><td rowspan="4">Essai pour matériel sans norme de produit appropriée</td><td rowspan="4">IEC 61000-4-5</td><td colspan="14">Niveau de résistance du matériel défini pour les effets de foudre conduits (U, I)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Choc</td><td colspan="12">Niveau d'essai</td></tr>
<tr><td colspan="3">4</td><td colspan="3">3</td><td colspan="3">2</td><td colspan="3">1</td></tr>
<tr><td>U_{OC} (kV)</td><td>1,2/50 (µs)</td><td colspan="3">4</td><td colspan="3">2</td><td colspan="3">1</td><td colspan="3">0,5</td></tr>
<tr><td>I_{SC} (kA)</td><td>8/20 (µs)</td><td colspan="3">2</td><td colspan="3">1</td><td colspan="3">0,5</td><td colspan="3">0,25</td></tr>
</table>

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Le courant de foudre I_0 et le champ magnétique H_0 constituent les sources électromagnétiques primaires de dégradations 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 comprend le courant du premier coup positif I_F (généralement avec une forme d'onde de longue queue de 10/350 µs), le courant du premier coup négatif I_{FN} (forme d'onde de 1/200 µs) et les courants des coups subséquents I_S (forme d'onde de 0,25/100 µs). Le courant du premier coup positif I_F génère le champ magnétique H_F, le courant du premier coup négatif I_{FN} génère le champ magnétique H_{FN} et les courants des coups subséquents I_S génèrent les champs magnétiques H_S.

Les effets d'induction magnétique sont essentiellement occasionnés par le front montant du champ magnétique. Comme cela est représenté à la Figure A.2, le front montant de H_F peut être caractérisé par un champ d'oscillation amortie de 25 kHz de valeur maximale H_F et un temps de 10 µs jusqu'à la valeur maximale de $T_{P/F}$. De la même manière, le front montant de H_S peut être caractérisé par un champ d'oscillation amortie de 1 MHz de valeur maximale $H_{S/MAX}$ et un temps de 0,25 µs jusqu'à la valeur maximale $T_{P/S}$. De même, le front montant de H_{FN} peut être caractérisé par un champ d'oscillation amortie de 250 kHz de valeur maximale $H_{FN/MAX}$ et un temps de 1 µs jusqu'à la valeur maximale $T_{P/FN}$.

En installant des écrans magnétiques et des SPD aux interfaces des ZPF, il convient de réduire l'effet du coup de foudre non amorti défini par I_0 et H_0, jusqu'aux niveaux de résistance du matériel ou au-dessous de ces niveaux. Comme cela est 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.

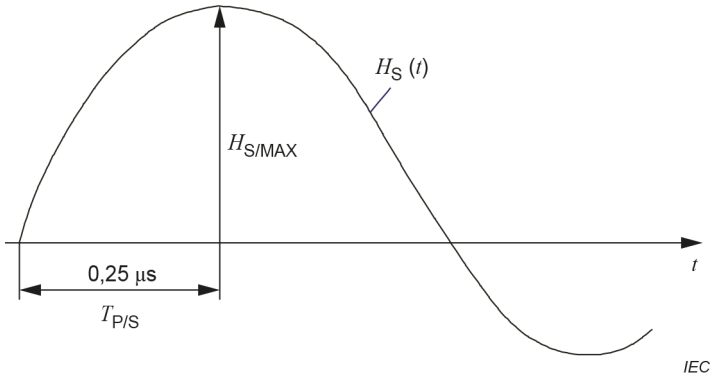
La réduction de I_1 à I_2 et de U_1 à U_2 est traitée à l'Annexe C, la réduction de H_0 à une valeur suffisamment faible de H_2 étant pour sa part traitée comme suit:

Dans le cas d'un écran spatial maillé, l'hypothèse retenue peut être 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).

Généralement, une forme d'onde de 10/350 µs peut être utilisée pour déterminer la résistance du matériel aux champs magnétiques créés par l'élévation du champ magnétique lors du premier coup positif H_F (voir Article H.2 et Article H.3).

Il convient que les chocs induits dus au champ magnétique couplé à la boucle d'induction (voir Article A.5) ne dépasse pas le niveau de résistance du matériel.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



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 ici prises égales pour une approche pratique.

NOTE 2 Le ratio des valeurs maximales $H_{F/MAX}$: $H_{FN/MAX}$: $H_{S/MAX}$ = 4: 2: 1.

Figure A.2 – Simulation de l'élévation du champ magnétique due au coup subséquent (0,25/100 µs) par des oscillations amorties de 1 MHz (chocs multiples 0,2/0,5 µs)

A.3.2 Écrans spatiaux maillés

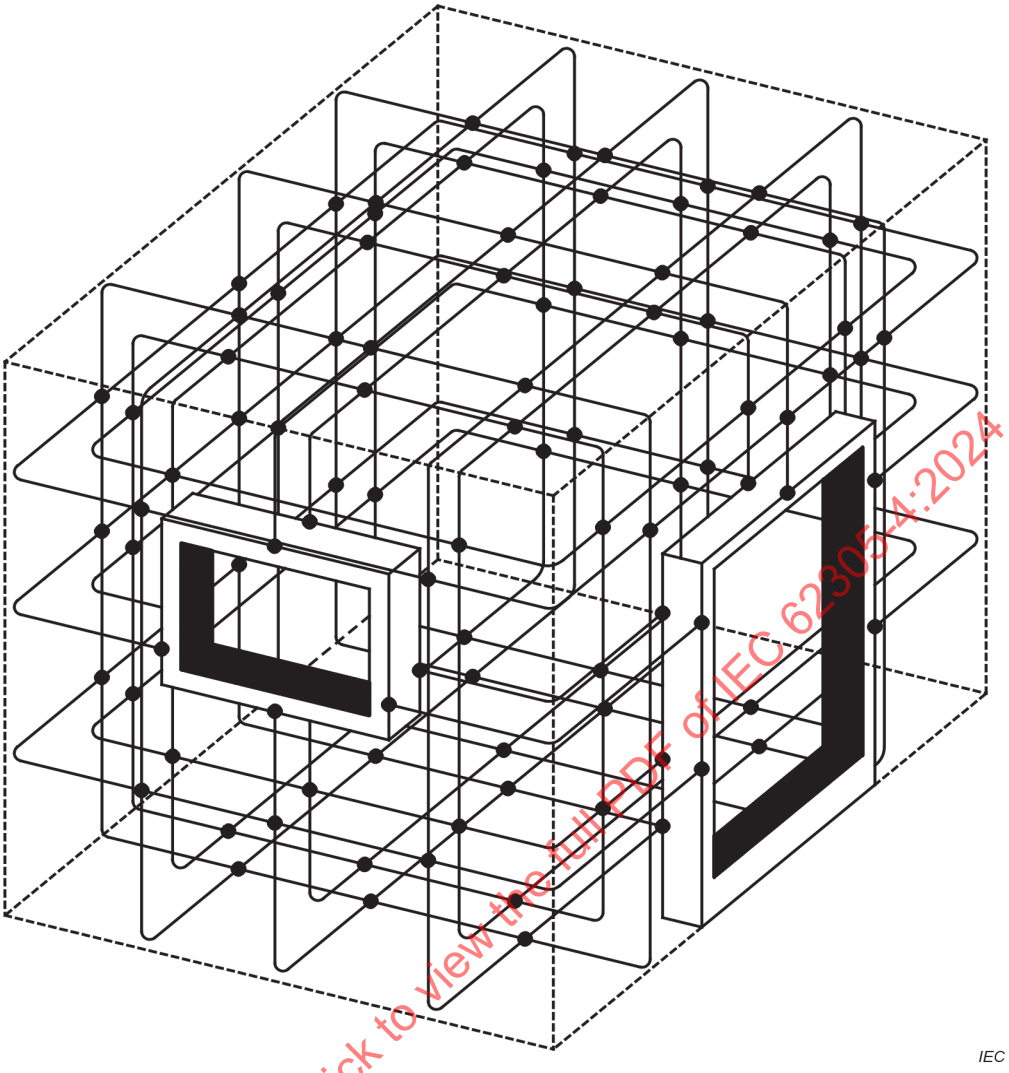
En pratique, les écrans à large volume des ZPF sont habituellement constitués des composants naturels de la structure tels que les supports ou armatures métalliques des plafonds, murs et planchers, l'ossature métallique, les toits ou façades métalliques. Ces composants constituent ensemble un écran spatial maillé. Un blindage efficace exige généralement une taille de maille inférieure à 5 m.

NOTE 1 L'effet d'écran peut être négligé si une ZPF 1 est créée par un SPF extérieur normal conformément à l'IEC 62305-3, avec des largeurs de mailles et des distances types 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 significatif.

NOTE 2 Le blindage dans les ZPF intérieures subséquentes peut être réalisé par des mesures de blindage spatial, par des tiroirs ou armoires métalliques fermés ou par les enveloppes 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 un local ou un bâtiment.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Légende

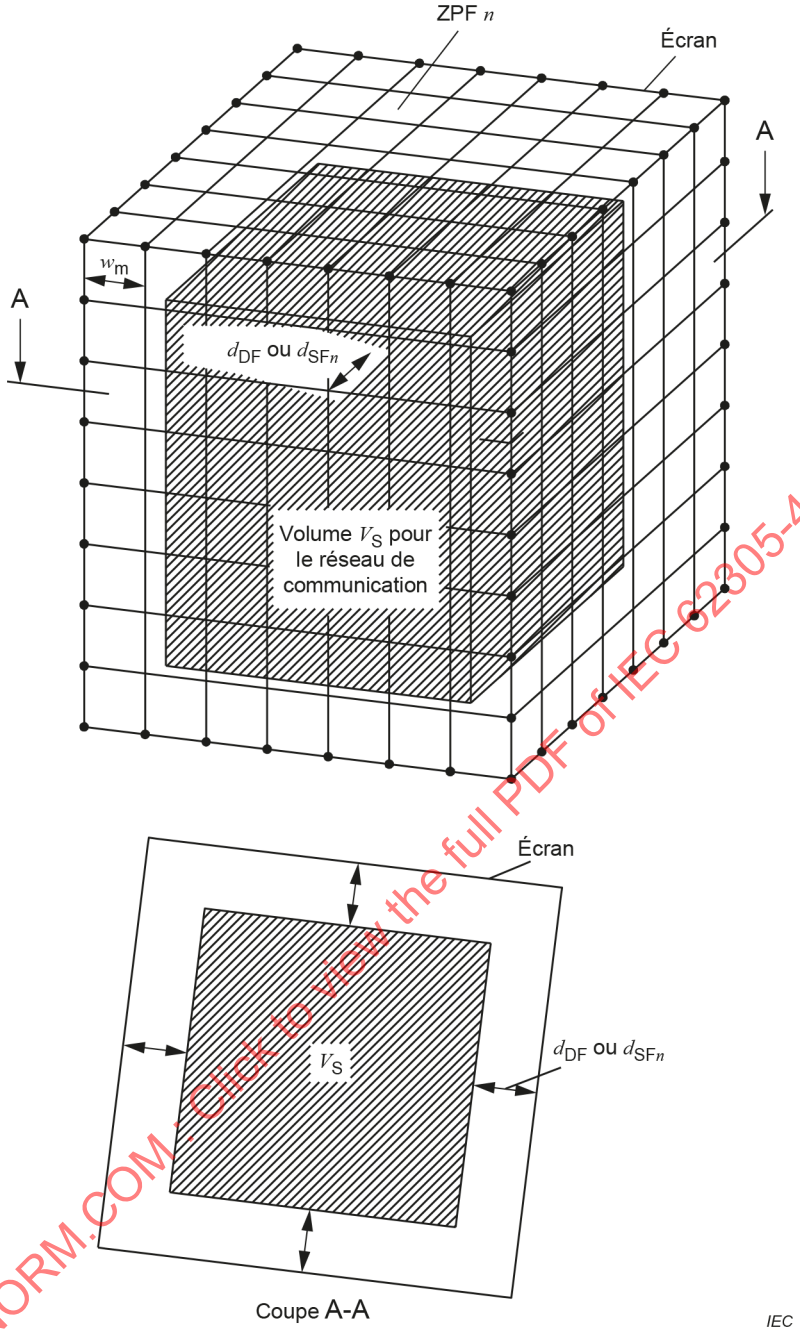
- soudure ou fixation sur chaque tige et aux croisements

Il convient d'appliquer les méthodes types de jonction des tiges de renfort dans le béton données dans l'IEC 62305-3:2024, Annexe D.

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 contrats directs ou par des liaisons additionnelles. Une approche pratique peut par conséquent consister à réaliser une connexion tous les 1 m ou 2 mm environ.

Figure A.3 – Écran à large volume réalisé par armatures et ossatures métalliques

Il convient de mettre en œuvre les réseaux internes dans des "volumes sûrs" en respectant la distance de sécurité avec 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 des courants de foudre partiels dans l'écran (en particulier dans la ZPF 1).



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

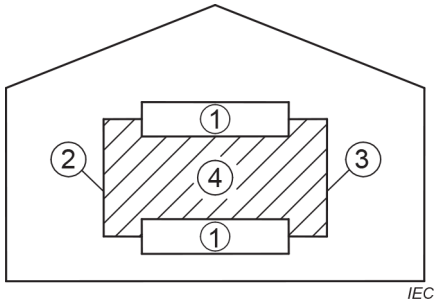
Il convient que le volume V_S conserve une distance de sécurité d_{DF} ou d_{SFn} par rapport à l'écran de ZPF n, où n est le nombre de zones de protection contre la foudre intérieures (voir Article A.4).

Il convient de réaliser toutes les connexions qui acheminent le courant de foudre conformément à l'IEC 62305-3:2024, Figure D.23.

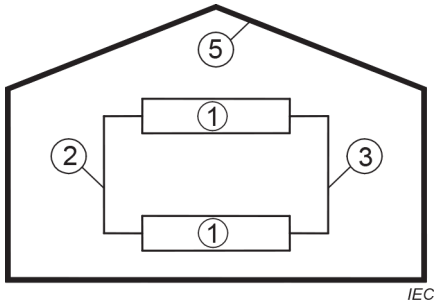
Figure A.4 – Volume pour les réseaux de puissance et de communication dans une ZPF *n* intérieure

A.3.3 Cheminement et blindage des lignes

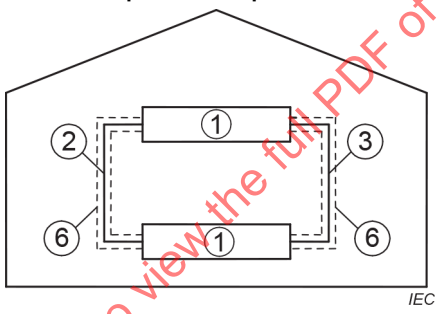
Les chocs induits dans les réseaux internes peuvent être réduits par des cheminements de lignes appropriés (qui réduisent le plus possible la surface de boucle d'induction) ou par l'utilisation de câbles écrantés ou de conduits métalliques avec mise à la terre de l'écran aux deux extrémités par connexion directe ou indirecte à une extrémité à l'aide d'un dispositif tel qu'un éclateur à gaz ou un éclateur d'isolement (qui réduisent le plus possible les effets inductifs internes), ou par une association des deux (voir Figure A.5).



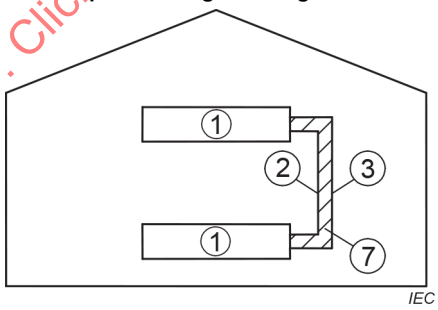
a) Réseau non protégé



b) Réduction du champ magnétique dans une ZPF intérieure par écran spatial



c) Réduction de l'influence du champ magnétique sur les lignes par blindage des lignes



d) Réduction de la surface de la boucle d'induction par cheminement approprié des lignes

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Légende

1 matériel
2 câble de communication
3 câble de puissance
4 boucle d'induction
5 blindage spatial
6 blindage des lignes
7 surface réduite de la boucle

Figure A.5 – Réduction des effets d'induction par des mesures de cheminement et de blindage des lignes

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 enveloppes métalliques du réseau d'équipotentialité, par exemple des conduits en U ou des goulottes métalliques (voir aussi l'IEC TR 61000-5-2 [13]).

Il convient d'accorder une attention toute particulière à la mise en œuvre des câbles à proximité de l'écran d'une ZPF (en particulier la ZPF 1) en raison de la valeur élevée des champs magnétiques à cet emplacement.

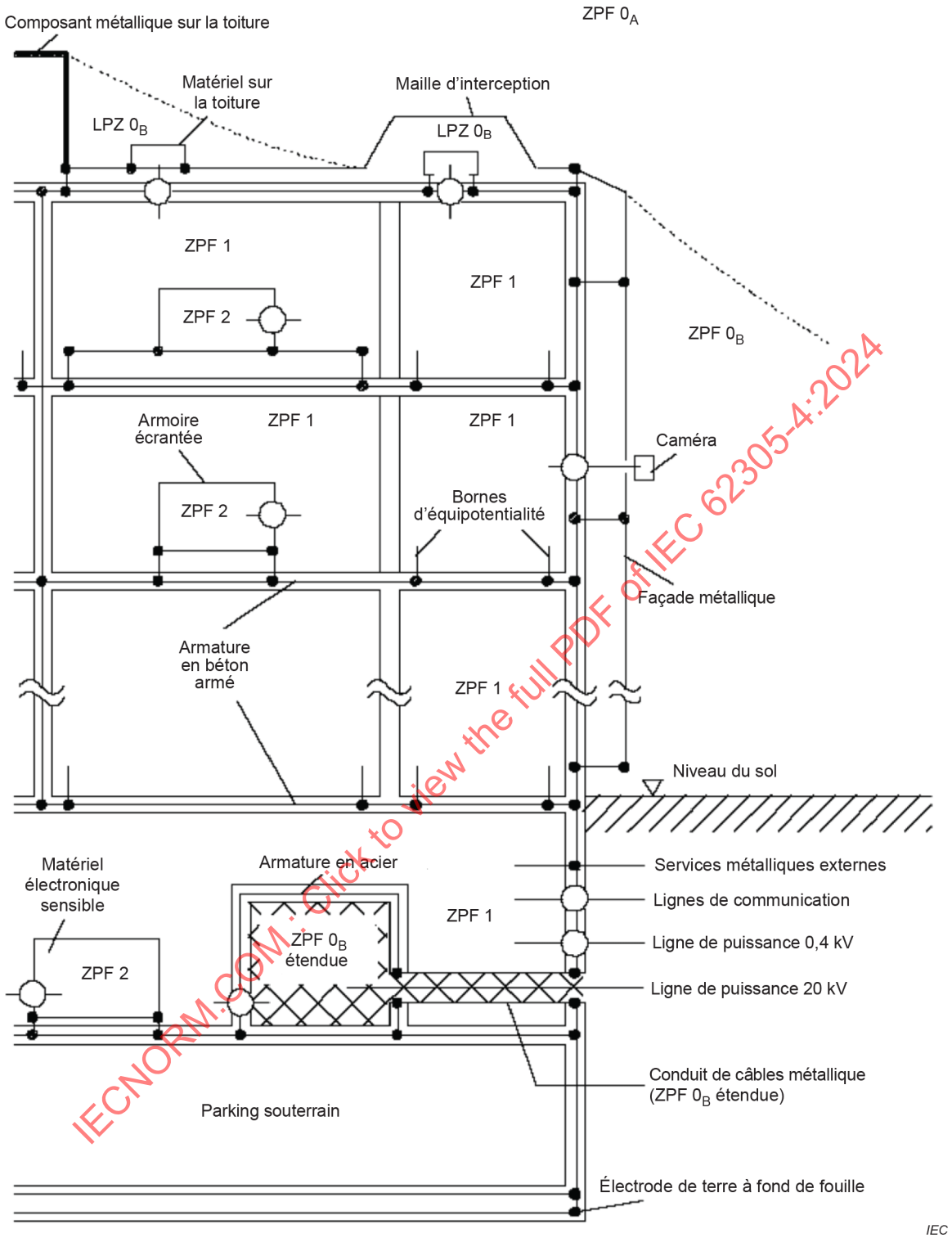
Lorsqu'il est nécessaire de protéger les câbles qui cheminent entre des structures distinctes, il convient de les placer dans des conduits métalliques. Il convient que ces conduits soient reliés à leurs deux extrémités aux barres d'équipotentialité des structures distinctes. Si les écrans des câbles (reliés à leurs deux extrémités) peuvent supporter le courant de foudre partiel présumé, des conduits métalliques additionnels ne sont pas exigés.

Les tensions et courants induits dans les boucles formées 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 représente un exemple de grand immeuble de bureaux:

- le blindage est réalisé par une armature en acier et des façades métalliques pour la ZPF 1, et par des enveloppes écrantées pour les réseaux internes sensibles dans la ZPF 2. Pour être en mesure d'installer un réseau d'équipotentialité maillé étroit, plusieurs bornes d'équipotentialité sont prévues dans chaque local;
- la ZPF 0 est étendue à la ZPF 1 pour abriter une alimentation électrique de 20 kV, dans la mesure où l'installation de SPD du côté alimentation haute tension immédiatement à l'entrée n'a pas été possible dans ce cas particulier.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Légende

- Liaison équipotentielle
- O Parafoudre (SPD)

Figure A.6 – Exemple de MPF d'un immeuble de bureaux

A.4 Champ magnétique dans les ZPF

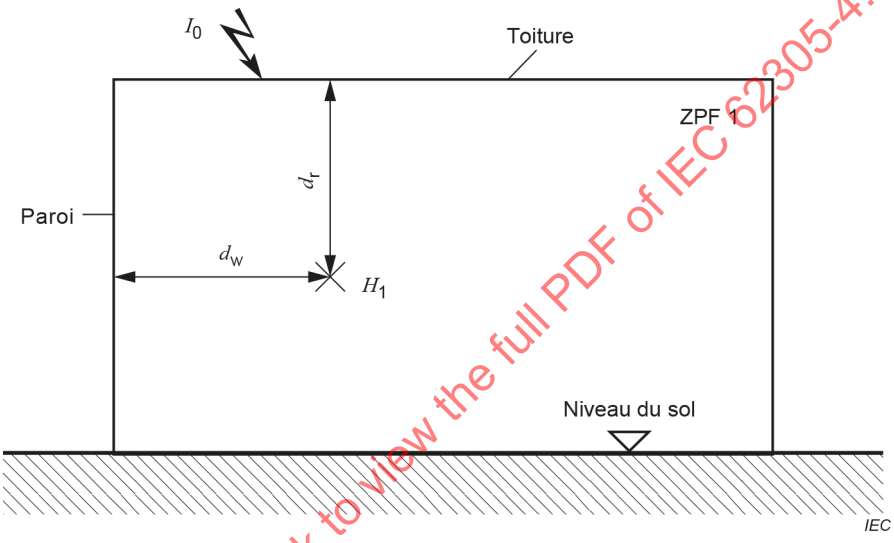
A.4.1 Approximation du champ magnétique dans les ZPF

A.4.1.1 Généralités

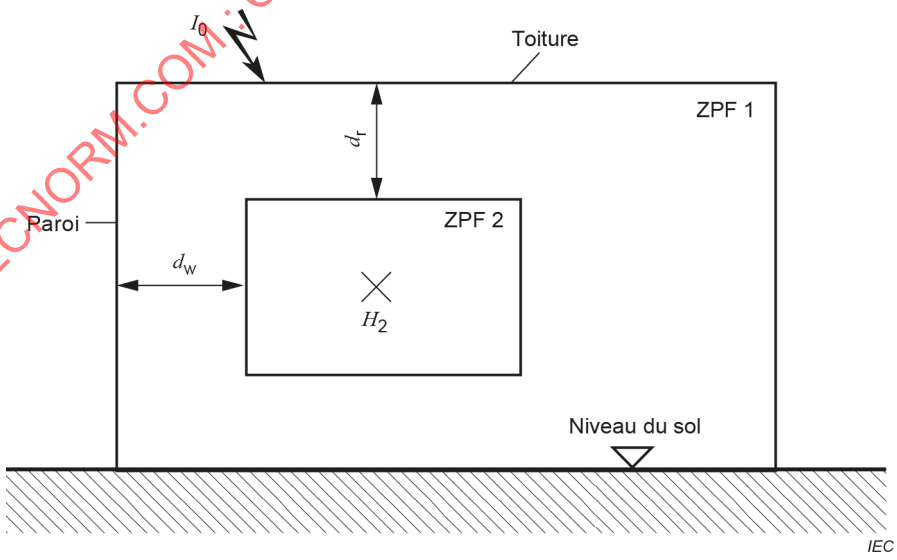
Si une étude théorique (A.4.2) ou expérimentale (A.4.3) de l'efficacité du blindage n'est pas effectuée, il convient de calculer l'atténuation comme suit.

A.4.1.2 Écran spatial maillé de la ZPF 1 en cas d'impact de foudre direct

L'écran d'un bâtiment (qui entourent une ZPF 1) peut être une partie du SPF extérieur; les courants dus aux impacts de foudre directs s'écoulent le long de ce dernier. La Figure A.7 a) représente une telle situation en prenant pour hypothèse que la foudre frappe la structure en un point arbitraire de la toiture.



a) Champ magnétique dans la ZPF 1



b) Champ magnétique dans la ZPF 2

NOTE 1 Sur la Figure A.7 a), les distances d_w et d_r sont déterminées pour le point étudié.

NOTE 2 Sur la Figure A.7 b), les distances d_w et d_r sont déterminées pour la frontière de la ZPF 2.

Figure A.7 – Évaluation des valeurs du champ magnétique en cas d'impact de foudre direct

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Pour le champ magnétique H_1 en un point arbitraire dans la ZPF 1, la formule suivante s'applique:

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

où

d_r est la distance la plus courte entre le point étudié et le toit de la ZPF 1 écrantée, exprimée en mètres (m);

d_w est la distance la plus courte entre le point étudié et la paroi de la ZPF 1 écrantée, exprimée en mètres (m);

I_0 est le courant de foudre dans la ZPF 0_A, exprimé en amères (A);

k_h est le facteur de configuration, généralement k_h = 0,01;

w_m est la taille de maille de l'écran maillé de la ZPF 1, exprimée en mètres (m).

Le résultat de cette formule est la valeur maximale du champ magnétique dans la ZPF 1 (en tenant compte de la note ci-après):

$$H_{1/F/MAX} = k_h \times I_{F/MAX} \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r}) \quad \text{(A/m) dû au premier coup positif} \tag{A.2}$$

$$H_{1/FN/MAX} = k_h \times I_{FN/MAX} \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r}) \quad \text{(A/m) dû au premier coup négatif} \tag{A.3}$$

$$H_{1/S/MAX} = k_h \times I_{S/MAX} \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r}) \quad \text{(A/m) dû aux coups subséquents} \tag{A.4}$$

où

$I_{F/MAX}$ est la valeur maximale du courant du premier coup positif, choisie conformément au niveau de protection, exprimée en ampères (A);

$I_{FN/MAX}$ est la valeur maximale du courant du premier coup négatif, choisie conformément au niveau de protection, exprimée en ampères (A);

$I_{S/MAX}$ est la valeur maximale des courants des coups subséquents, choisie conformément au niveau de protection, exprimée en ampères (A).

NOTE 1 Le champ magnétique est réduit d'un facteur 2 en cas de mise en place d'un réseau d'équipotentialité maillé conformément au 5.3.

Les valeurs du champ magnétique ne sont valables que pour un volume de sécurité V_S à l'intérieur de l'écran maillé avec une distance de sécurité d_{DF} par rapport à l'écran de la ZPF 1 (voir Figure A.4):

$$d_{DF} = w_m \quad \text{(m)} \tag{A.5}$$

où

w_m est la taille de maille de l'écran maillé, exprimée en mètres (m).

NOTE 2 Les résultats expérimentaux du champ magnétique dans une ZPF 1 avec un écran maillé indiquent que l'augmentation du champ magnétique à proximité de l'écran est généralement inférieure à la valeur obtenue avec les équations ci-dessus. Cependant, dans certains cas, le champ magnétique local, à proximité du chemin de courant de foudre, peut même être supérieur à celui qui résulte de celui donné dans les équations en fonction de l'emplacement de l'impact de foudre et de la distribution du courant de foudre. Il peut être nécessaire d'étudier en détail de tels cas, par exemple à l'aide de programmes de calcul numérique du champ.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

EXEMPLE Trois écrans maillés en cuivre, dont les dimensions sont indiquées dans le Tableau A.3 et avec une taille moyenne de maille w_m = 2,0 m, sont étudiés (voir Figure A.10). Il en résulte une distance de sécurité d_{DF} = 2,0 m, qui définit le volume de sécurité V_S. Les valeurs de $H_{1/MAX}$ valides à l'intérieur de V_S sont calculées pour $I_{0/MAX}$ = 100 kA et indiquées dans le Tableau A.3. La distance jusqu'au toit correspond à la moitié de la hauteur: $d_r = h/2$. La distance jusqu'à la paroi correspond à la moitié de la longueur: $d_w = L/2$ (centre) ou égale à: $d_w = d_{DF}$ (cas le plus défavorable à proximité de la paroi).

Tableau A.3 – Exemples pour $I_{0/MAX}$ = 100 kA et w_m = 2 m

Type d'écran voir Figure A.10	**Dimensions du bâtiment** $l \times w \times h$ m	$H_{1/MAX}$ **(centre)** A/m	$H_{1/MAX}$ **(**$d_w = d_{DF}$**)** A/m
1	10 × 10 × 10	179	447
2	50 × 50 × 10	36	447
3	10 × 10 × 50	80	200

A.4.1.3 Écran spatial maillé de la ZPF 1 en cas d'impact de foudre à proximité

La situation d'un impact de foudre à proximité est représentée à la Figure A.8. Le champ magnétique incident autour du volume écranté de la ZPF 1 peut être assimilé à une onde plane.

NOTE 1 S'il est nécessaire de prendre en compte l'influence du courant de foudre qui s'écoule à proximité immédiate de l'écran spatial, les formules du A.4.1.2 ne s'appliquent pas. Il peut être nécessaire d'étudier en détail de tels cas, par exemple à l'aide de programmes de calcul numérique du champ.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

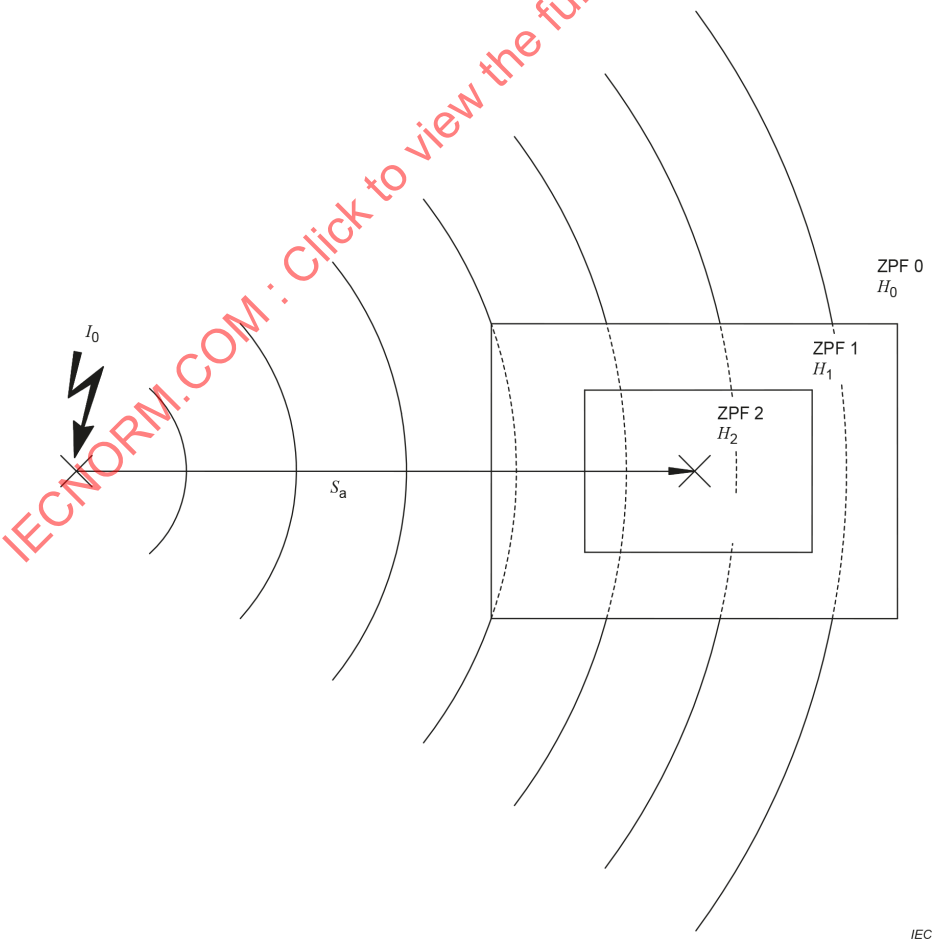


Figure A.8 – Évaluation des valeurs du champ magnétique dans le cas d'un impact de foudre à proximité

Le facteur de blindage SF des écrans spatiaux maillés pour une onde plane est donné dans le Tableau A.4 ci-après.

Tableau A.4 – Atténuation du champ magnétique des écrans spatiaux maillés dans le cas d'une onde plane

Matériau	Facteur de blindage SF dB [a] [b]	
	25 kHz (valable pour le premier coup positif)	1 MHz (valable pour les coups subséquents) ou 250 kHz (valable pour le premier coup négatif)
Cuivre ou aluminium	$20 \times \log_{10} (8{,}5/ w_m)$	$20 \times \log_{10} (8{,}5/ w_m)$
Acier[c]	$20 \times \log\left[(8{,}5 / w_m) / \sqrt{1 + 18 \times 10^{-6} / r_c^2} \right]$	$20 \times \log_{10} (8{,}5/ w_m)$

Légende

w_m taille de maille de l'écran maillé (m)

r_c rayon d'une tige de l'écran maillé (m)

[a] SF = 0 si les résultats obtenus par les formules sont négatifs.

[a] SF augmente de 6 dB si un réseau d'équipotentialité maillé est mis en œuvre conformément au 5.3.

[c] Perméabilité $\mu_r \approx 200$.

Pour une détermination précise de SF, il est recommandé d'utiliser des programmes de calcul numérique du champ. La valeur du facteur de blindage dépend des dimensions du volume protégé, en particulier de ses dimensions transversales. L'efficacité du blindage de faibles volumes peut être considérablement plus défavorable que la valeur du SF. Une analyse numérique est conseillée pour une étude précise.

Le champ magnétique incident H_0 est calculé ainsi:

$$H_0 = I_0 / (2 \times \pi \times s_a) \quad \text{(A/m)} \tag{A.6}$$

où

I_0 est le courant de foudre dans la ZPF 0_A, exprimé en ampères (A);

s_a est la distance entre le point d'impact et le centre du volume écranté, exprimé en mètres (m).

Il en est déduit 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) dû au premier coup positif (A.7)

– $H_{0/FN/MAX} = I_{FN/MAX} / (2 \times \pi \times s_a)$ (A/m) dû au premier coup négatif (A.8)

– $H_{0/S/MAX} = I_{S/MAX} / (2 \times \pi \times s_a)$ (A/m) dû aux coups subséquents (A.9)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

où

$I_{F/MAX}$ est la valeur maximale du courant de foudre du premier coup positif, choisie conformément au niveau de protection retenu, exprimée en ampères (A);

$I_{FN/MAX}$ est la valeur maximale du courant de foudre du premier coup négatif, choisie conformément au niveau de protection retenu, exprimée en ampères (A);

$I_{S/MAX}$ est la valeur maximale du courant de foudre des coups subséquents, choisie conformément au niveau de protection retenu, exprimée en ampères (A).

La réduction de H_0 à H_1 dans la ZPF 1 peut être déduite des valeurs de SF indiquées dans le Tableau A.3:

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

où

SF est le facteur de blindage obtenu à partir des formules du Tableau A.4, exprimé en dB;

$H_{0/MAX}$ est le champ magnétique dans la ZPF 0, exprimé en A/m.

Il en est déduit la valeur maximale du champ magnétique dans la ZPF 1:

– $$H_{1/F/MAX} = H_{0/F/MAX} / 10^{SF/20} \quad \text{(A/m)} \quad \text{dû au premier coup positif} \qquad \text{(A.11)}$$

– $$H_{1/FN/MAX} = H_{0/FN/MAX} / 10^{SF/20} \quad \text{(A/m)} \quad \text{dû au premier coup négatif} \qquad \text{(A.12)}$$

– $$H_{1/S/MAX} = H_{0/S/MAX} / 10^{SF/20} \quad \text{(A/m)} \quad \text{dû aux coups subséquents} \qquad \text{(A.13)}$$

Ces valeurs de champ magnétique ne sont valables que pour un volume de sécurité V_S à l'intérieur de l'écran maillé avec une distance de sécurité $d_{SF/n}$ par rapport à l'écran (voir Figure A.4).

– $$d_{SF/n} = w_m \cdot SF/10 \quad \text{(m)} \quad \text{pour } SF \geq 10 \qquad \text{(A.14)}$$

– $$d_{SF/n} = w_m \quad \text{(m)} \quad \text{pour } SF < 10 \qquad \text{(A.15)}$$

où

SF est le facteur de blindage obtenu à partir des formules du Tableau A.4, exprimé en dB;

w_m est la taille de maille de l'écran maillé de la ZPF n, exprimée en mètres (m).

Pour obtenir des informations complémentaires sur le calcul du champ magnétique dans les écrans maillés en cas d'impacts de foudre à proximité, voir A.4.3.

EXEMPLE Le champ magnétique $H_{1/MAX}$ dans la ZPF 1 dans le cas d'un impact de foudre à proximité dépend du courant de foudre $I_{0/MAX}$, du facteur de blindage SF de l'écran de la ZPF 1 et de la distance s_a entre le canal de foudre et le centre de la ZPF 1 (voir Figure A.8).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Le courant de foudre $I_{0/MAX}$ dépend du NPF choisi (voir l'IEC 62305-1). Le facteur de blindage SF (voir Tableau A.6) est essentiellement fonction de la taille de maille de l'écran maillé. 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 à proximité 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 courte possible. Comme cela est 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, qui correspond à $I_{0/MAX}$ (voir Tableau A.5), défini par le modèle électrogéométrique (voir l'IEC 62305-1:2024, Article A.4).

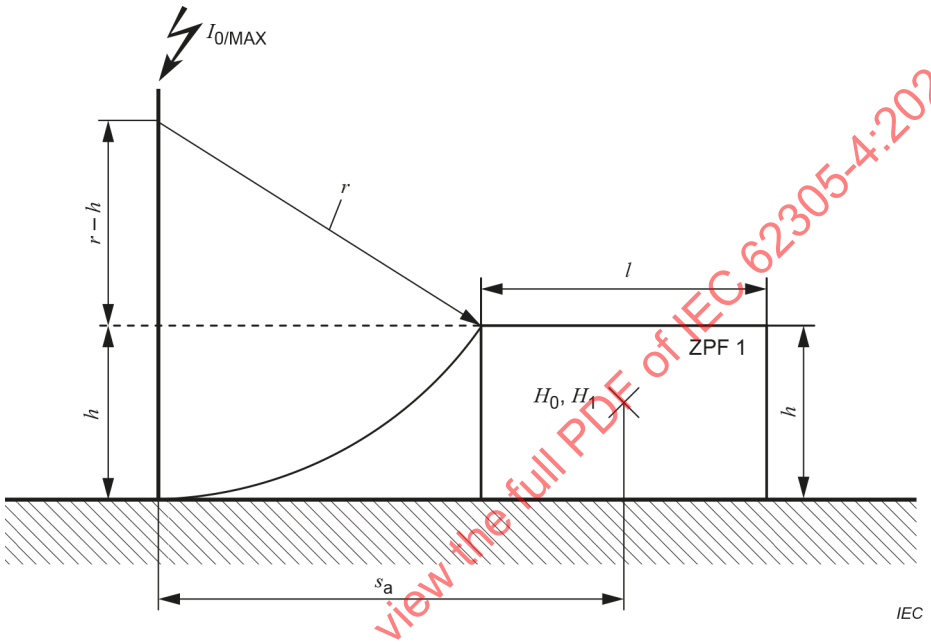


Figure A.9 – Distance s_a en fonction du rayon de la sphère fictive et des dimensions de la structure

La distance peut être calculée comme suit:

$$s_a = \sqrt{2 \times r \times h - h^2 + l/2} \quad \text{pour } h < r \tag{A.16}$$

$$s_a = r + l/2, \quad \text{pour } h \geq r \tag{A.17}$$

NOTE 2 Pour des distances inférieures à cette valeur minimale, la foudre frappe directement la structure.

Trois écrans types peuvent être définis, dont les dimensions sont données dans le Tableau A.5. Un écran maillé en cuivre d'une taille moyenne de maille w_m = 2 m est pris pour hypothèse. Il en résulte un facteur de blindage SF = 12,6 dB et une distance de sécurité $d_{SF/1}$ = 2,5 m qui définit le volume de sécurité V_S. Les valeurs de $H_{0/MAX}$ et $H_{1/MAX}$ qui sont, par hypothèse, valides n'importe où à l'intérieur de V_S, sont calculées pour $I_{0/MAX}$ = 100 kA et indiquées dans le Tableau A.6.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Tableau A.5 – Rayon de la sphère fictive qui correspond au courant maximal de foudre

Niveau de protection	Courant maximal de foudre $I_{0/MAX}$ kA	Rayon de la sphère fictive r m
I	200	313
II	150	260
III à IV	100	200

Tableau A.6 – 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	Dimensions du bâtiment $l \times w \times h$ 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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

A.4.1.4 Écrans spatiaux maillés pour une ZPF 2 ou d'ordre supérieur

Dans les écrans maillés qui entourent des ZPF 2 ou d'ordre supérieur, aucun courant de foudre partiel significatif ne s'écoule. Ainsi, en première approche, la réduction de H_n à H_{n+1} dans la ZPF n+1 peut être calculée comme cela est indiqué en A.4.1.3 pour les impacts de foudre à proximité:

$$H_{n+1} = H_n / 10^{SF/20} \quad \text{(A/m)} \tag{A.18}$$

où

SF est le facteur de blindage donné dans le Tableau A.4, exprimé en dB;

H_n est le champ magnétique dans la ZPF n, exprimé en A/m.

Si $H_n = H_1$, cette valeur de champ peut être déterminée comme suit:

- en cas d'impacts de foudre directs sur l'écran maillé de la ZPF 1, (voir A.4.1.2 et Figure A.7 b), d_w et d_r étant les distances entre l'écran de la ZPF 2 et, respectivement, la paroi et le toit;
- en cas d'impacts de foudre à proximité de la ZPF 1, voir A.4.1.3 et Figure A.8.

Ces valeurs de champ magnétique ne sont valables que pour un volume de sécurité V_S à l'intérieur de l'écran maillé avec une distance de sécurité $d_{SF/n}$ par rapport à l'écran de la ZPF n (comme cela est défini en A.4.1.3 et représenté à la Figure A.4).

A.4.2 Calcul numérique du champ magnétique en cas d'impacts de foudre directs

En A.4.1.2, 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 maillés types représentés à la Figure A.10. Pour ces calculs, un impact de foudre sur un des rebords du toit est pris pour hypothèse. 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.

NOTE 1 Pour une détermination plus précise, les programmes de calcul numérique du champ peuvent être utilisés.

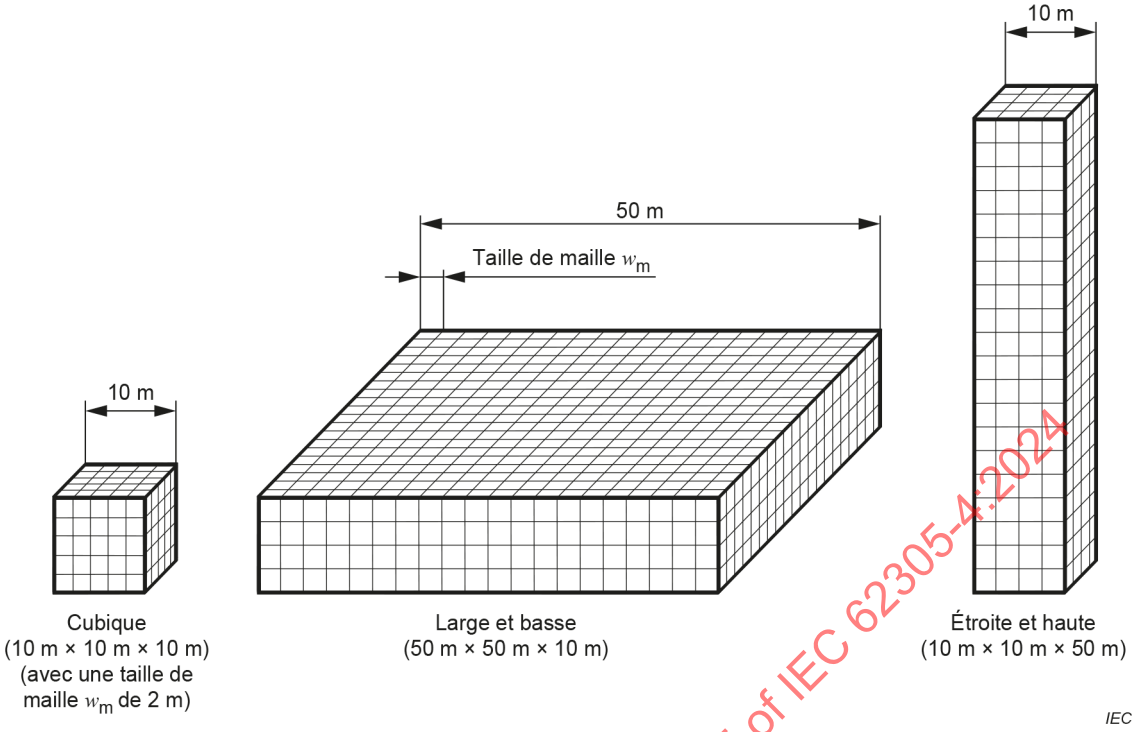


Figure A.10 – Types de géométries de structures avec des écrans de différents volumes

Pour le calcul, le couplage magnétique de toute tige de l'écran maillé, y compris toutes les autres tiges et le canal de foudre simulé, est pris en compte, cela aboutissant à un système d'équations qui permet de calculer la répartition du courant de foudre dans la grille. Le champ magnétique dans l'écran se déduit de la répartition du courant de foudre. Par hypothèse, la résistance des tiges peut être ignorée. Ainsi, la répartition du courant dans l'écran maillé et le champ magnétique sont indépendants de la fréquence. Le couplage capacitif est également ignoré de manière à éviter les effets transitoires.

Pour l'écran de type 1 représenté à la Figure A.10, certains résultats sont indiqués sur la Figure A.11 et la Figure A.12.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

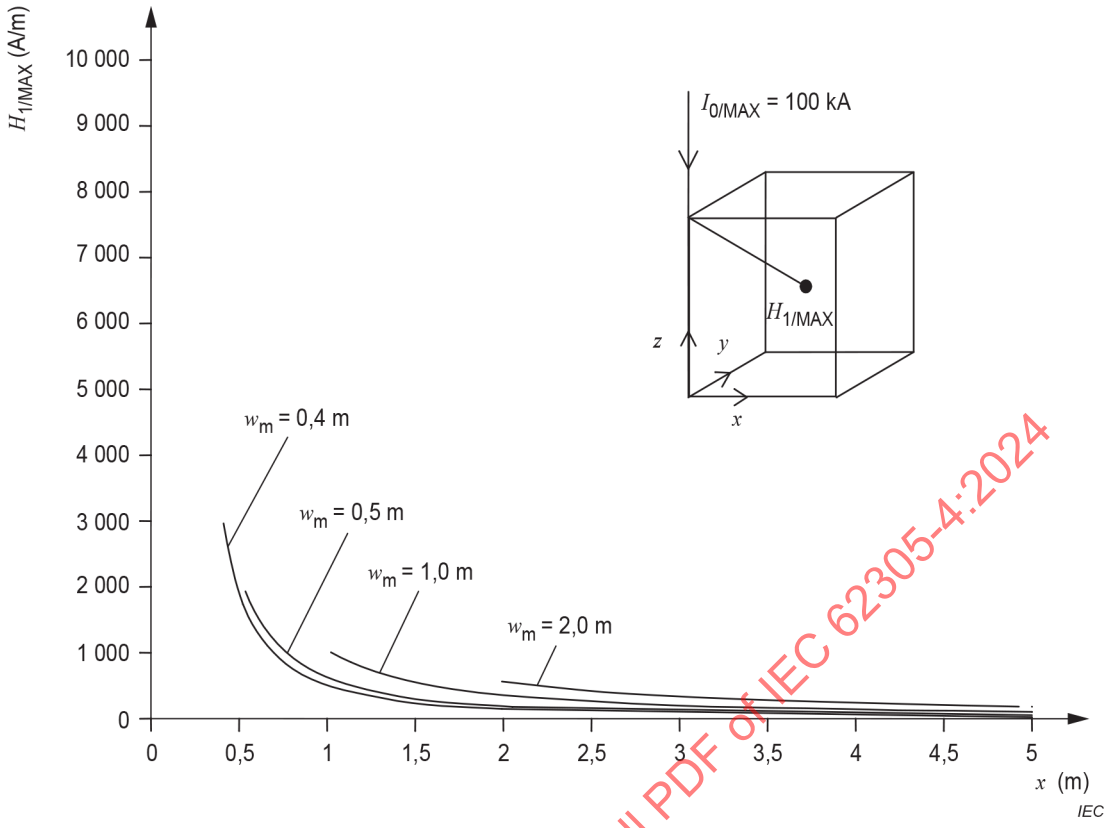


Figure A.11 – Champ magnétique $H_{1/MAX}$ dans un écran maillé pour la structure cubique représentée à la Figure A.10 [14]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

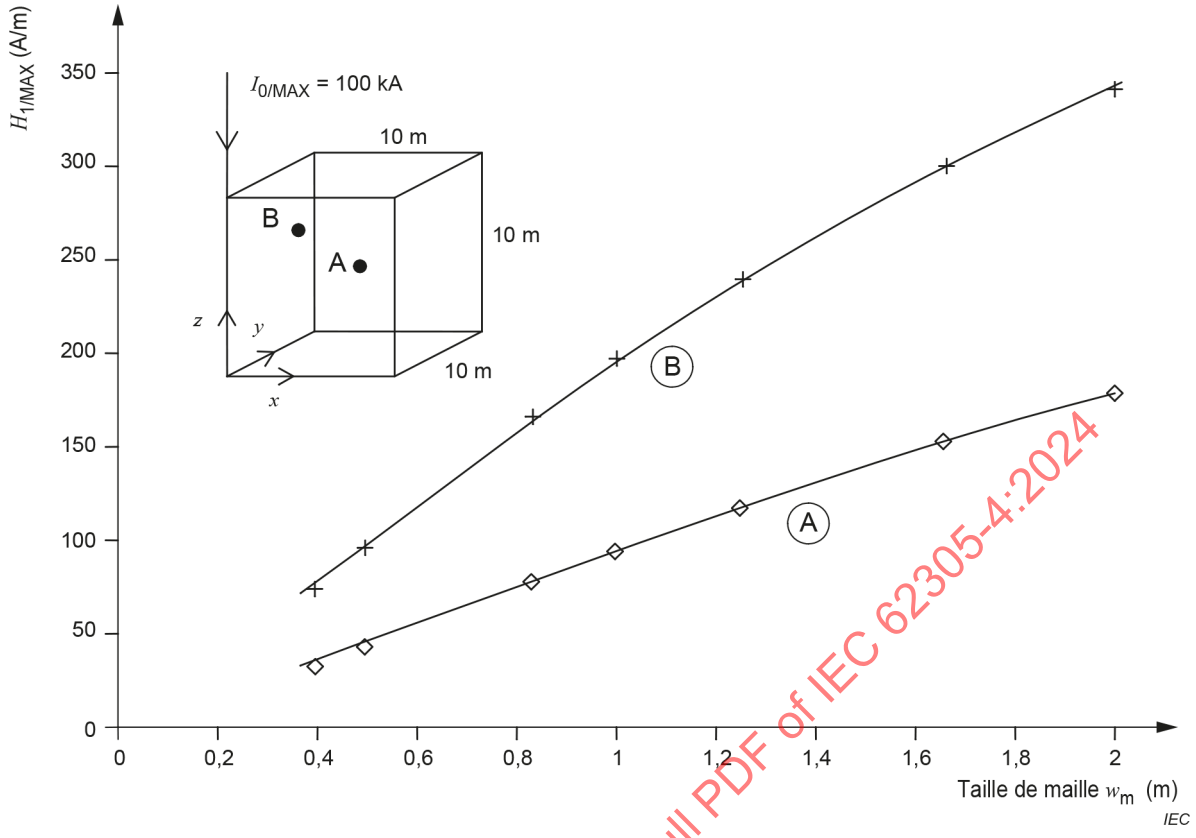


Figure A.12 – Champ magnétique $H_{1/MAX}$ dans un écran maillé pour la structure cubique selon la taille de maille

NOTE 2 Les résultats expérimentaux du champ magnétique dans une ZPF 1 avec un écran maillé indiquent que l'augmentation du champ magnétique à proximité de l'écran est inférieure à la valeur obtenue avec les équations ci-dessus.

NOTE 3 Les résultats du calcul ne sont valables que pour des distances $d_{DF} > w_m$ par rapport à l'écran maillé.

Dans tous les cas, un courant maximal de foudre $I_{0/MAX}$ = 100 kA est admis par hypothèse. Sur la Figure A.11 et la Figure A.12, $H_{1/MAX}$ est le champ magnétique maximal en un point dérivé de ses composantes H_x, H_y et H_z:

$$H_{1/MAX} = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2} \tag{A.19}$$

Sur la Figure A.11, $H_{1/MAX}$ est calculé le long d'une ligne droite qui part du point d'impact ($x = y = 0$, $z = 10$ m) et se termine au centre du volume ($x = y = 5$ m, $z = 5$ m). $H_{1/MAX}$ est représenté graphiquement en fonction de la coordonnée sur l'axe *x* pour chaque point sur cette ligne. Le paramètre est la taille de maille w_m de l'écran maillé.

Sur la Figure A.12, $H_{1/MAX}$ est calculé pour deux points à l'intérieur de l'écran (point A: $x = y = 5$ m, $z = 5$ m; point B: $x = y = 3$ m, $z = 7$ m). Le résultat est représenté graphiquement en fonction de la taille de maille w_m.

Les deux figures représentent l'influence des principaux paramètres de la répartition du champ magnétique à l'intérieur de l'écran maillé: la distance par rapport à la paroi ou au toit et la taille de maille.

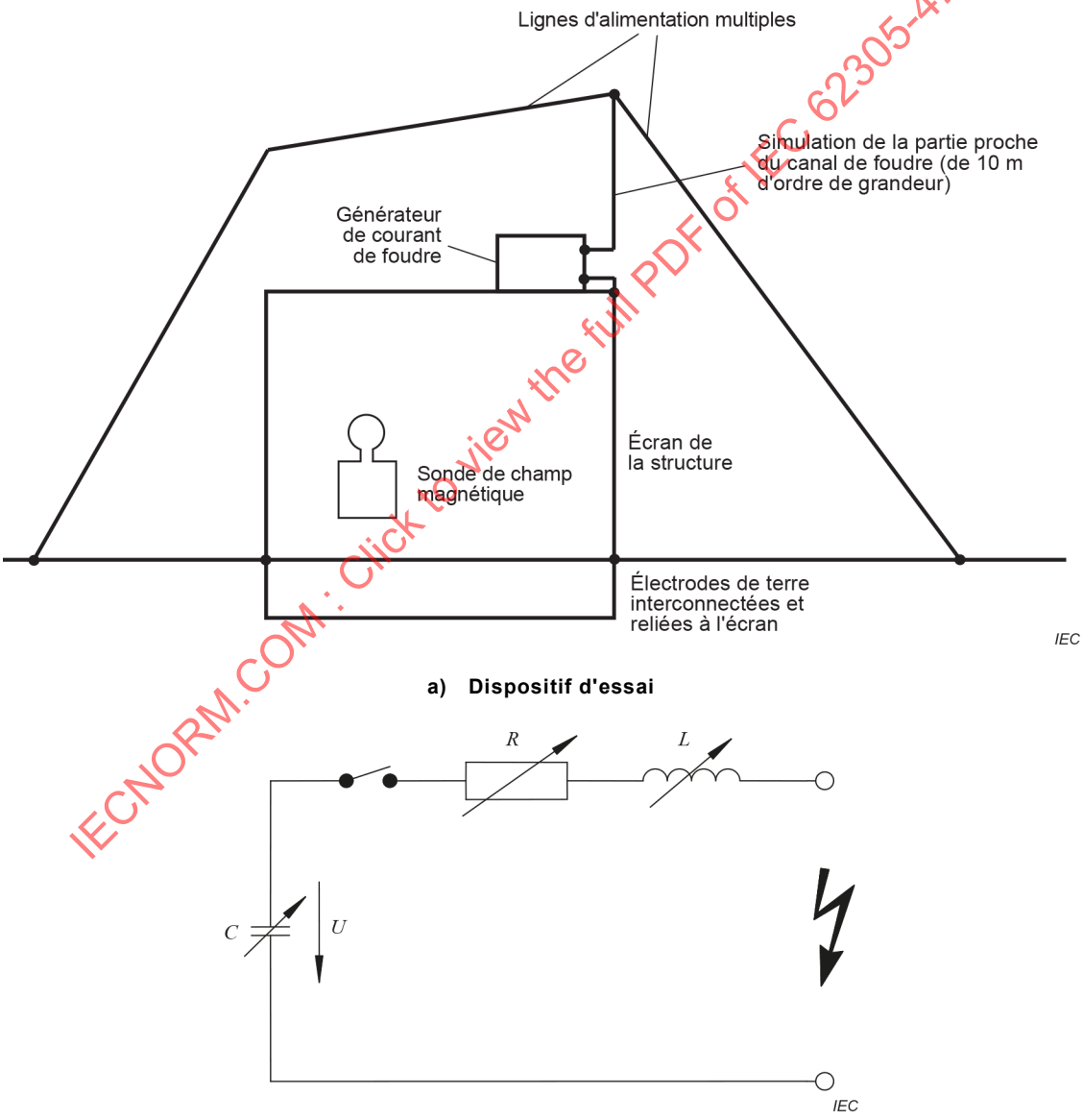
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Sur la Figure A.11, il convient de remarquer que, le long d'autres lignes qui passent par le volume de l'écran, il peut y avoir des croisements de l'axe zéro et des changements de signe des composantes du champ magnétique $H_{1/MAX}$. Les formules en A.4.1.2 sont donc des approximations du premier ordre de la répartition du champ magnétique réelle, et plus compliquée, à l'intérieur d'un écran maillé.

A.4.3 Évaluation expérimentale du champ magnétique dû à un impact de foudre direct

Les champs magnétiques dans des structures écrantées peuvent également être déterminés par des mesures expérimentales. La Figure A.13 représente une proposition de simulation d'un impact de foudre direct en un point arbitraire d'une structure écrantée, 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



Légende

U habituellement 10 kV environ

C habituellement 10 nF environ

Figure A.13 – Essai à bas niveau pour déterminer le champ magnétique dans une structure écrantée

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 segmenter les boucles ayant d'autres formes en au moins deux configurations rectangulaires, la tension induite étant la somme des tensions induites dans chaque configuration rectangulaire.

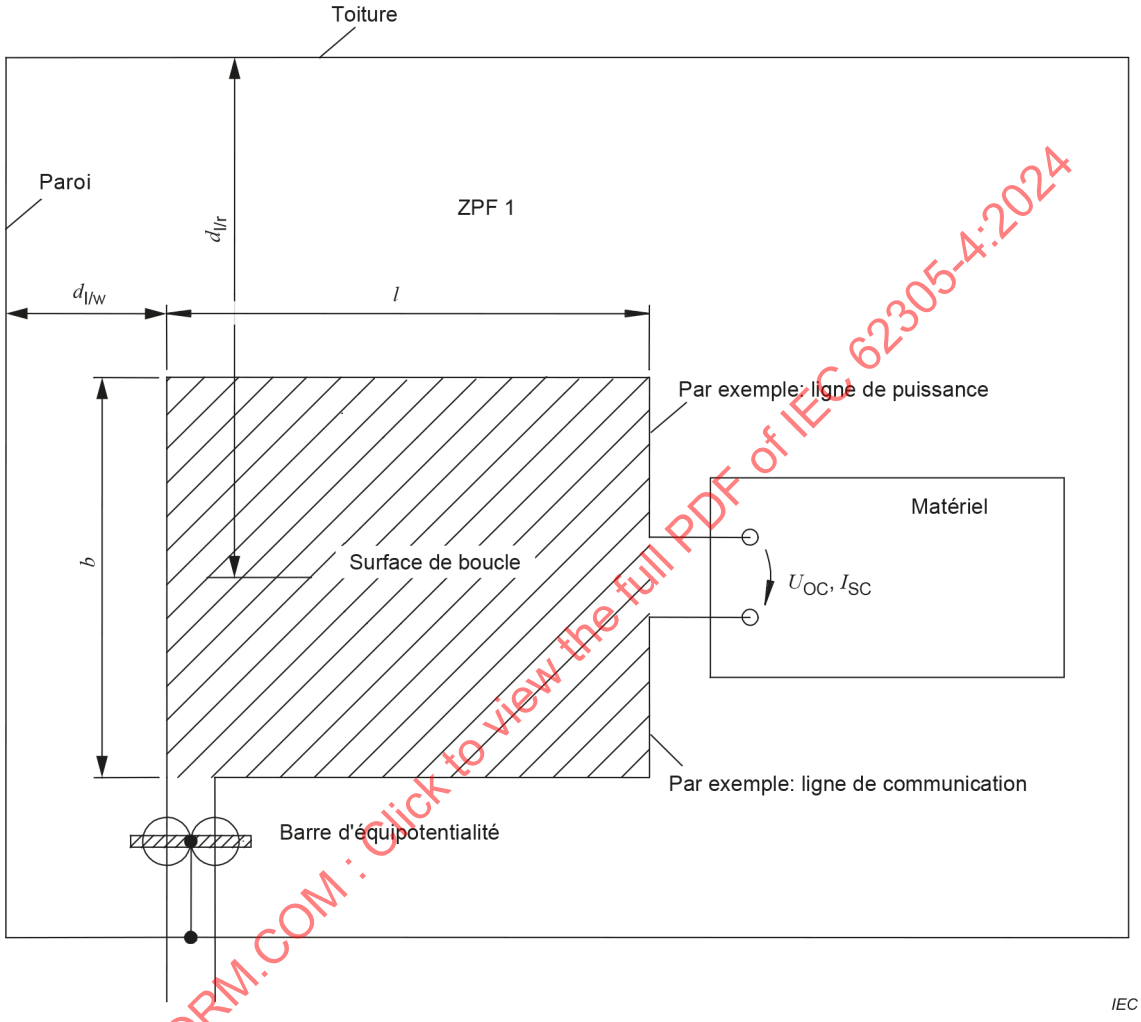


Figure A.14 – Tensions et courants induits dans une boucle formée par les lignes

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

A.5.2 Situation dans une ZPF 1 en cas d'impact 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.4.1.2):

$$H_1 = k_h \times I_0 \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r}) \quad \text{(A/m)} \tag{A.20}$$

La tension du circuit ouvert U_{OC} est donnée par:

$$U_{OC} = L_M \, dI_0/dt \quad \text{(V)} \tag{A.21}$$

La valeur crête $U_{OC/MAX}$ se produit durant le temps de montée T_1

$$U_{OC/MAX} = L_M \, I_{0/MAX} / T_1 \quad \text{(V)} \tag{A.22}$$

où

L_M est l'inductance mutuelle entre le courant de foudre et la boucle interne;

I_0 est le courant de foudre dans la ZPF 0_A, exprimé en ampères (A);

$I_{0/MAX}$ est la valeur maximale du courant de foudre dans la ZPF 0_A, exprimée en ampères (A);

T_1 est le temps de montée du courant de foudre dans la ZPF 0_A, exprimé en secondes (s).

Le courant de court-circuit I_{SC} est donné par:

$$I_{SC} = L_M \times I_0 / L_s \quad \text{(A)} \tag{A.23}$$

où la résistance ohmique du conducteur peut être négligée (cas le plus défavorable).

La valeur maximale $I_{SC/MAX}$ est donnée par:

$$I_{SC/MAX} = L_M \times I_{0/MAX} / L_s \quad \text{(A)} \tag{A.24}$$

où L_S est l'auto-inductance de la boucle, exprimé en henry (H).

Pour des boucles rectangulaires, l'auto-inductance L_S peut être calculée à partir de:

$$L_s = \left\{0{,}8 \times \sqrt{l^2 + b^2} - 0{,}8 \times (l + b) + 0{,}4 \times l \times \ln\left[(2b / r_c) / \left(1 + \sqrt{1 + (b / l)^2}\right)\right]\right.$$
$$\left. + 0{,}4 \times b \times \ln\left[(2l / r_c) / \left(1 + \sqrt{1 + (l / b)^2}\right)\right]\right\} \times 10^{-6} \quad \text{(H)} \tag{A.25}$$

où r_c est le rayon du conducteur de boucle, exprimé en mètres (m).

L'inductance mutuelle peut être calculée:

- pour un bâtiment avec un écran maillé

$$L_M = 2 \, \mu_0 \, k_h \, w_m \, [(d_{l/r} + b/2)^{1/2} - (d_{l/r} - b/2)^{1/2}] \ln [(l + d_{l/w})/d_{l/w}] \tag{A.26}$$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

- pour un bâtiment avec SPF

$$L_M = (\mu_o/2\pi) \times k_c \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \quad \text{(H)} \tag{A.27}$$

où

μ_o est égal à $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$, exprimé en Vs/Am;

b est la largeur de la boucle, exprimée en mètres (m);

$d_{l/w}$ est la distance entre la boucle et la paroi de l'écran, avec $d_{l/w} \geq d_{DF}$, exprimée en mètres (m);

$d_{l/r}$ est la distance moyenne entre la boucle et la toiture de l'écran, exprimée en mètres (m);

k_h est le facteur de configuration k_h = 0,01, exprimé en 1/√m;

k_c est le facteur de répartition du courant de foudre entre les conducteurs de descente (IEC 62305-3:2024, Tableau 13);

l est la longueur de la boucle, exprimée en mètres (m);

w_m est la taille de maille de l'écran maillé, exprimée en mètres (m).

La tension et le courant induits par le champ magnétique du premier coup positif (T_1 = 10 µs) sont donnés par:

$$U_{oc/f/max} = 10^5 \times L_M \times I_{f/max} \quad \text{(V)} \tag{A.28}$$

$$I_{sc/f/max} = L_M \times I_{f/max}/L_S \quad \text{(A)} \tag{A.29}$$

La tension et le courant induits par le champ magnétique du premier coup positif (T_1 = 1 µs) sont donnés par:

$$U_{oc/f/max} = 10^6 \times L_M \times I_{f/max} \quad \text{(V)} \tag{A.30}$$

$$I_{sc/f/max} = L_M \times I_{f/max}/L_S \quad \text{(A)} \tag{A.31}$$

La tension et le courant induits par le champ magnétique des coups subséquents (T_1 = 0,25 µs) sont donnés par:

$$U_{oc/s/max} = 4 \times 10^6 \times L_M \times I_{s/max} \quad \text{(V)} \tag{A.32}$$

$$I_{sc/s/max} = L_M \times I_{s/max}/L_S \quad \text{(A)} \tag{A.33}$$

où

$I_{f/max}$ est la valeur maximale du courant du premier coup positif, exprimée en kA;

$I_{fn/max}$ est la valeur maximale du courant du premier coup négatif, exprimée en kA;

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

$I_{s/max}$ est la valeur maximale du courant des coups subséquents, exprimée en kA.

A.5.3 Situation dans la ZPF 1 en cas d'impact de foudre à proximité

Par hypothèse, le champ magnétique H_1 dans le volume V_S de la ZPF 1 est considéré comme homogène (voir A.4.1.3).

La tension du circuit ouvert U_{OC} est donnée par:

$$U_{OC} = \mu_o \times b \times l \times dH_1 / dt \quad \text{(V)} \tag{A.34}$$

La valeur crête $U_{OC/MAX}$ se produit durant le temps de montée T_1:

$$U_{OC/MAX} = \mu_o \times b \times l \times H_{1/MAX} / T_1 \quad \text{(V)} \tag{A.35}$$

où

μ_o est égal à $4 \cdot \pi\ 10^{-7}$ et est exprimé en Vs/Am;

b est la largeur de la boucle, exprimée en mètres (m);

H_1 est le champ magnétique dans la ZPF 1 en fonction du temps, exprimé en ampères par mètre (A/m);

$H_{1/MAX}$ est la valeur maximale du champ magnétique dans la ZPF 1, exprimée en ampères par mètre (A/m);

l est la longueur de la boucle, exprimée en mètres (m);

T_1 est le temps de montée du champ magnétique, identique à celui du courant de foudre, exprimé en seconds (s)..

Le courant de court-circuit I_{SC} est donné par:

$$I_{SC} = \mu_o \times b \times l \times H_1 / L_S \quad \text{(A)} \tag{A.36}$$

où la résistance ohmique du conducteur est négligée (cas le plus défavorable).

La valeur maximale $I_{SC/MAX}$ est donnée par:

$$I_{SC/MAX} = \mu_o \times b \times l \times H_{1/MAX} / L_S \quad \text{(A)} \tag{A.37}$$

où L_S est l'auto-inductance de la boucle, exprimée en henry (pour le calcul de L_S, voir A.5.2).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

La tension et le courant induits par le champ magnétique $H_{1/F}$ du premier coup positif (T_1 = 10 µs) sont donnés par:

$$U_{OC/F/MAX} = 0{,}126 \times b \times l \times H_{1/F/MAX} \quad \text{(V)} \tag{A.38}$$

$$I_{SC/F/MAX} = 1{,}26 \times 10^{-6} \times b \times l \times H_{1/F/MAX} / L_S \quad \text{(A)} \tag{A.39}$$

La tension et le courant induits par le champ magnétique $H_{1/FN}$ du premier coup négatif (T_1 = 1 µs) sont donnés par:

$$U_{OC/FN/MAX} = 1{,}26 \times b \times l \times H_{1/FN/MAX} \quad \text{(V)} \tag{A.40}$$

$$I_{SC/FN/MAX} = 1{,}26 \text{ x } 10^{-6} \times b \times l \times H_{1/FN/MAX} / L_S \quad \text{(A)} \tag{A.41}$$

La tension et le courant induits par le champ magnétique $H_{1/S}$ des coups subséquents (T_1 = 0,25 µs) sont donnés par:

$$U_{OC/S/MAX} = 5{,}04 \times b \times l \times H_{1/S/MAX} \quad \text{(V)} \tag{A.42}$$

$$I_{SC/S/MAX} = 1{,}26 \times 10^{-6} \times b \times l \times H_{1/S/MAX} / L_S \quad \text{(A)} \tag{A.43}$$

où

$H_{1/F/MAX}$ est la valeur maximale du champ magnétique dans la ZPF 1 dû au premier coup positif, exprimée en ampères par mètre (A/m);

$H_{1/FN/MAX}$ est la valeur maximale du champ magnétique dans la ZPF 1 dû au premier coup négatif, exprimée en ampères par mètre (A/m);

$H_{1/S/MAX}$ est la valeur maximale du champ magnétique dans la ZPF 1 dû aux coups subséquents, exprimée en ampères par mètre (A/m).

A.5.4 Situation dans une ZPF 2 ou d'ordre supérieur

Par hypothèse, le champ magnétique H_n dans la ZPF n pour $n \geq 2$ est homogène (voir A.4.1.4).

Ainsi, les mêmes formules que celles données en A.5.3 pour le calcul des tensions et courants induits s'appliquent, en remplaçant H_1 par H_n.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Annexe B
(informative)

Mise en œuvre des MPF pour une structure existante

B.1 Généralités

Pour le matériel installé dans des structures existantes, il n'est pas toujours possible de suivre les MPF spécifiées dans le présent document. La présente Annexe B 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 globale.

B.2 Listes de vérifications

Dans les structures existantes, il est nécessaire que des mesures de protection appropriées prennent en compte la construction concernée, l'état de la structure, ainsi que les réseaux de puissance et de communication existants.

Un ensemble de listes de vérifications facilite l'analyse des risques et le choix des mesures de protection les plus adaptées.

En ce qui concerne les structures existantes, il convient d'établir une disposition systématique pour la définition des zones, la mise à la terre, l'équipotentialité, le cheminement et le blindage des lignes.

Il convient d'utiliser les listes de vérifications données dans le Tableau B.1, le Tableau B.2, le Tableau B.3, le Tableau B.4 et le Tableau B.5 pour collecter les données exigées de la structure existante et de ses installations. En se fondant sur ces données, il convient d'effectuer une évaluation des risques conformément à l'IEC 62305-2 pour déterminer la nécessité d'une protection et, le cas échéant, identifier les mesures de protection les plus rentables à appliquer.

NOTE 1 Pour obtenir des informations complémentaires sur la protection contre le brouillage électromagnétique (EMI) dans les bâtiments, voir l'IEC 60364-4-44 [3].

Les données collectées au moyen des listes de vérifications sont également utiles pour la conception.

Tableau B.1 – Caractéristiques et environnements des structures

Point	Question[a]
1	Structures maçonnées, briques, bois, béton armé, structures en acier, façade métallique?
2	Structure intégrée simple ou blocs interconnectés avec jonctions 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 SPF extérieur?
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 l'IEC 62305-2.	

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Tableau B.2 – Caractéristiques des installations

Point	Question[a]
1	Type de services entrants (enterrés ou aériens)?
2	Type de services aériens (antennes ou autres dispositifs externes)?
3	Type d'alimentation électrique (haute ou basse tension, enterrée ou aérienne)?
4	Cheminement des lignes (nombre et emplacement des colonnes montantes, conduits)?
5	Utilisation de conduits métalliques?
6	Le matériel est-il intégré dans la structure?
7	Connexions métalliques à d'autres structures?
[a] Pour des informations détaillées, voir l'IEC 62305-2.	

Tableau B.3 – Caractéristiques du matériel

Point	Question[a] [b]
1	Type d'interconnexions de réseaux internes (câbles multiconducteurs écrantés ou non, câbles coaxiaux, analogiques ou numériques, ou les deux, symétriques ou non, à fibre optique)?[a]
2	Le niveau de résistance du réseau de communication est-il spécifié?[a] [b]
[a] Pour des informations détaillées, voir l'IEC 62305-2.	
[b] Pour des informations détaillées, voir la Recommandation UIT-T K.21 [10], l'IEC 61000-4-5, l'IEC 61000-4-9 et l'IEC 61000-4-10.	

Tableau B.4 – Autres questions à prendre en considération pour la détermination du concept de protection

Point	Question[a]
1	Configuration de mise à la terre de l'alimentation électrique – TN (TN-S, TN-C ou TN-C-S), 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.	

Tableau B.5 – Type de SPF

Point	Question
1	Le SPF externe est-il isolé ou non?
2	Maintient-il la distance de sécurité seulement dans certaines zones comme entre le conducteur de capture et la structure, ou entre le conducteur de descente et la structure?
3	Le réseau de prises de terre du SPF est-il relié à la barre d'équipotentialité principale de la structure?

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

B.3 Conception des 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 de MPF, il convient alors de les mettre en œuvre en suivant les étapes spécifiées à la Figure B.1.

Affecter des ZPF appropriées à tous les emplacements d'installation du matériel à protéger (voir 4.3).

Les MPF reposent sur un blindage interne et un réseau d'équipotentialité. Il convient que la taille des mailles de ce réseau ne dépasse 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. Si la distance de séparation ne peut pas être assurée, ce conducteur de ceinturage doit être relié à chaque conducteur de descente du SPF externe. Dans ce cas, des SPD soumis à l'essai de classe I sont exigés.

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 SPD.

Il convient que le système de protection par parafoudres coordonnés soit conçu pour protéger les câbles qui traversent les frontières des différentes ZPF.

La conception de mesures complémentaires améliore grandement la protection par équipotentialité et SPD.

La conception des chemins de câbles, des échelles à câbles et dispositifs analogues doit être améliorée pour en faire des écrans appropriés pour les câbles qu'ils contiennent ou qui les chevauchent, ou les deux.

Si possible, il convient d'envisager des mesures supplémentaires (blindage des parois, planchers, et plafonds, par exemple) pour procurer une protection supplémentaire aux mesures déjà appliquées (voir Article 6).

Concevoir des mesures pour améliorer les interconnexions entre la structure à l'étude et les autres structures (voir 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 décrit le processus de conception dans son ensemble (voir Figure B.1).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

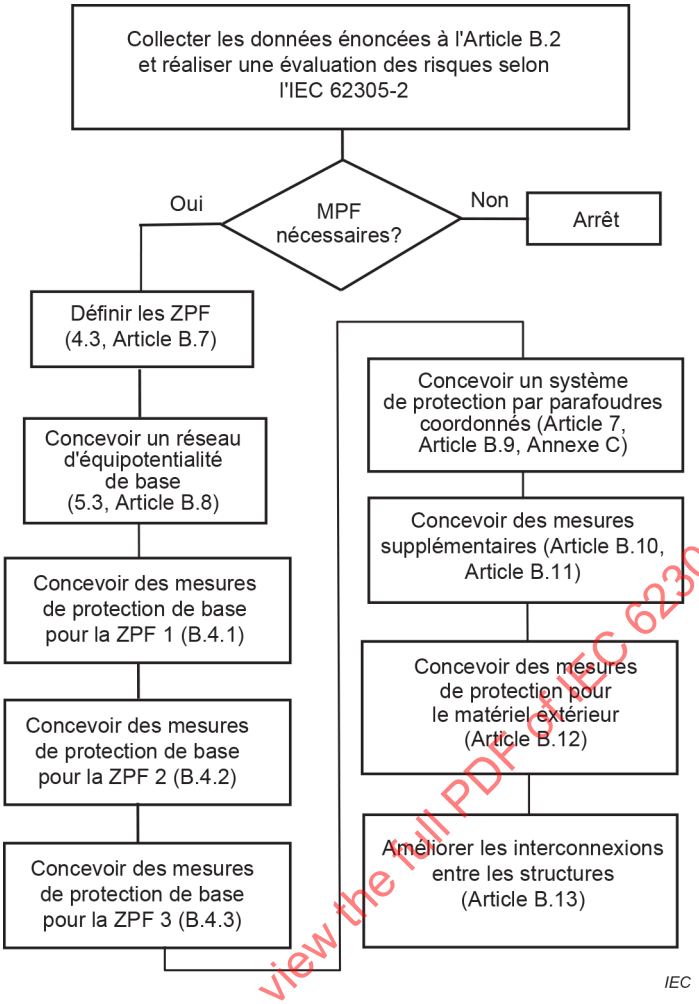


Figure B.1 – Étapes de la conception des MPF pour une structure existante

B.4 Conception des mesures de protection de base pour les ZPF

B.4.1 Conception des mesures de protection de base pour la ZPF 1

Il convient que les mesures de protection soient fondées sur le blindage interne et le réseau d'équipotentialité ou sur le conducteur de ceinturage à l'intérieur de la paroi extérieure, laquelle est normalement la frontière de la ZPF 1. Si la paroi externe n'est pas la frontière de la ZPF 1 et en cas d'impossibilité de réalisation d'un blindage interne et d'un réseau d'équipotentialité, il convient d'installer un conducteur de ceinturage sur la frontière de la ZPF 1. Ce conducteur de ceinturage doit être connecté à celui de la paroi extérieure à au moins deux endroits aussi éloignés que possible.

B.4.2 Conception des mesures de protection de base pour la ZPF 2

Les mesures de protection sont fondées sur le blindage interne et le réseau d'équipotentialité ou sur le conducteur de ceinturage à l'intérieur de la paroi extérieure. En cas d'impossibilité de réalisation d'un blindage interne et d'un réseau d'équipotentialité, il convient d'installer un conducteur de ceinturage sur 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 qui ne dépassent pas 5 m × 5 m. Le conducteur de ceinturage doit être connecté à celui de la ZPF 1 environnante à au moins deux endroits aussi éloignés que possible.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

B.4.3 Conception des mesures de protection de base pour la ZPF 3

Les mesures de protection sont fondées sur le blindage interne et le réseau d'équipotentialité ou sur le conducteur de ceinturage à l'intérieur de la ZPF 2. En cas d'impossibilité de réalisation d'un blindage interne et d'un réseau d'équipotentialité, il convient d'installer un conducteur de ceinturage sur 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 qui ne dépassent pas 5 m × 5 m. Le conducteur de ceinturage doit être connecté à celui de la ZPF 2 environnante à au moins deux endroits aussi éloignés que possible.

B.5 Amélioration d'un SPF existant en utilisant un blindage spatial de la ZPF 1

Un SPF existant (conformément à l'IEC 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 est assurée;
– la réduction de l'espacement entre les conducteurs de descente et une taille de mailles du dispositif de capture généralement inférieure de 5 m;
– l'installation de conducteurs d'équipotentialité souples sur les jonctions d'expansion entre des blocs armés adjacents, mais structurellement distincts.

B.6 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 adaptées sont définies, depuis de petites zones locales (l'enveloppe d'un matériel électronique) jusqu'à de grandes zones complètes (la totalité du volume d'un bâtiment).

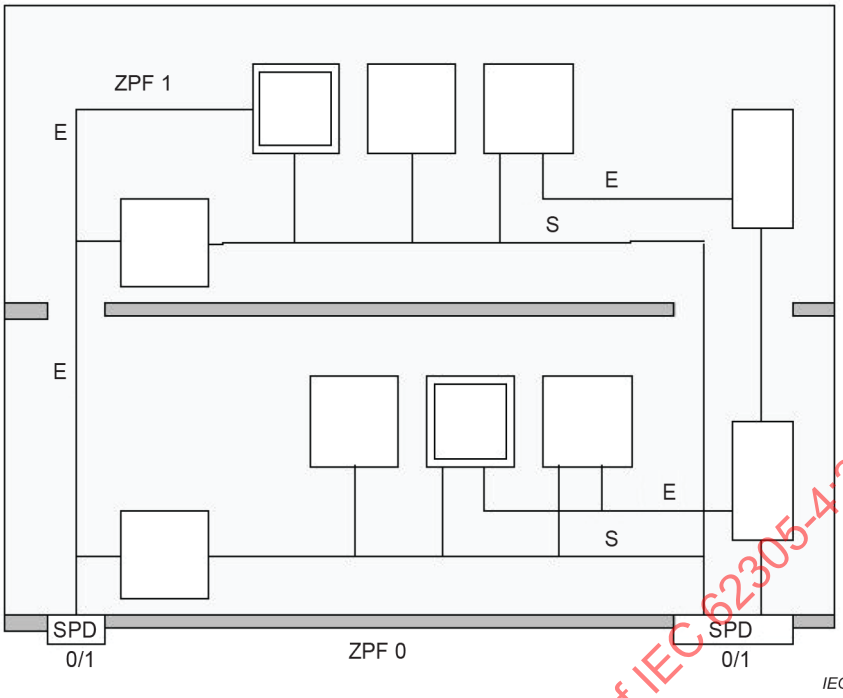
La Figure B.2 représente le principe de ZPF types pour la protection des réseaux internes en donnant différentes solutions adaptées, en particulier aux structures existantes:

La Figure B.2 a) représente l'installation d'une ZPF 1 simple, en créant un volume protégé dans l'ensemble de la structure (pour des niveaux améliorés de tension de choc assignée des réseaux internes, par exemple):

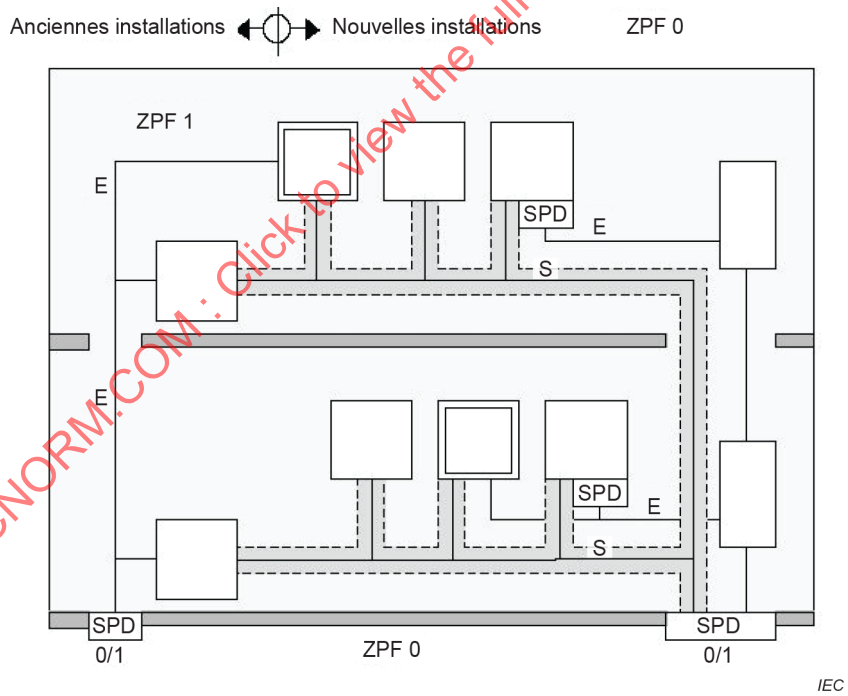
– cette ZPF 1 peut être créée par un SPF, conforme à l'IEC 62305-3, constitué d'un SPF extérieur (dispositif de capture, conducteur de descente et réseau de prises de terre) et d'un SPF intérieur (liaison équipotentielle de foudre et conformité aux distances de séparation);
– le SPF extérieur protège la ZPF 1 contre les impacts de foudre sur la structure, mais le champ magnétique dans la ZPF 1 demeure peu atténué. Cela est dû au fait que les dispositifs de capture et les conducteurs de descente ont une taille de maille et des distances types supérieures à 5 m; par conséquent, l'effet du blindage spatial est négligeable, comme cela est expliqué ci-dessus;
– le SPF intérieur exige l'équipotentialité de tous les services qui pénètrent dans la structure à la frontière de la ZPF 1, y compris l'installation de SPD pour toutes les lignes de puissance et de signalisation. Cette disposition assure la limitation par SPD des chocs conduits sur les services entrants.

NOTE Les interfaces d'isolement peuvent être utiles dans la ZPF 1 pour éviter des perturbations à basse fréquence.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

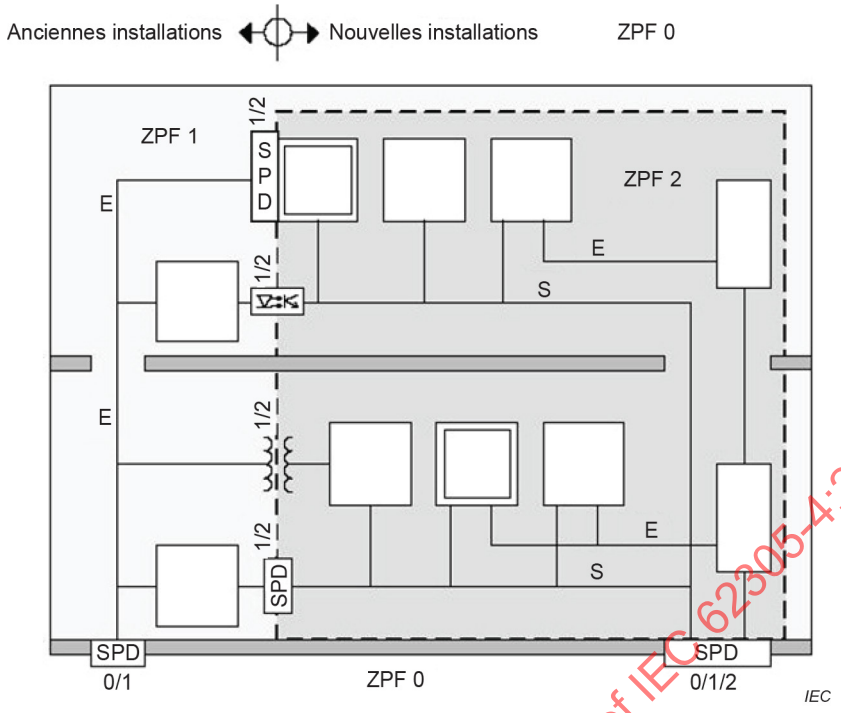


a) ZPF 1 non écrantée qui utilise un SPF et des SPD à l'entrée des lignes dans la structure (pour un niveau amélioré de tension de choc assignée des réseaux ou pour de petites boucles dans la structure, par exemple)

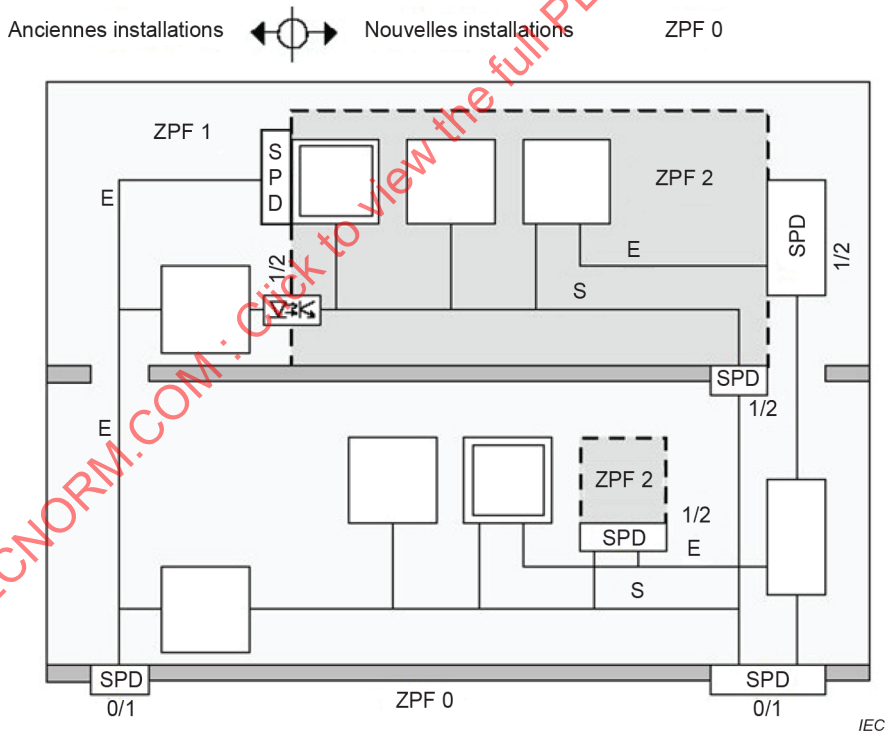


b) ZPF 1 non écrantée avec une protection pour de nouveaux réseaux internes qui utilise des lignes de signalisation écrantées et des SPD coordonnés dans les lignes de puissance

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



c) ZPF 1 non écrantée et grande ZPF 2 écrantée pour de nouveaux réseaux internes



d) ZPF 1 non écrantée et deux ZPF 2 locales pour de nouveaux réseaux internes

Légende

E lignes de puissance

S lignes de signalisation

Figure B.2 – Méthodes d'établissement de ZPF dans des structures existantes

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

La Figure B.2 b) montre que dans une ZPF 1 non écrantée, le nouveau matériel nécessite également une protection contre les chocs conduits. Par exemple, les lignes de signalisation peuvent être protégées par des câbles écrantés et les lignes de puissance par un système de protection par parafoudres coordonnés. Cela peut nécessiter des SPD supplémentaires soumis à l'essai avec I_n et des SPD soumis à l'essai avec une onde combinée, installés à proximité du matériel et coordonnés avec les SPD à l'entrée des services.

La Figure B.2 c) représente l'installation d'une grande ZPF 2 complète dans la ZPF 1 pour s'adapter aux nouveaux réseaux internes. L'écran spatial maillé de la ZPF 2 assure une atténuation significative du champ magnétique de foudre. Sur le côté gauche, il convient de coordonner les SPD installés à la frontière de la ZPF 1 (transition des ZPF 0/1) puis à la frontière de la ZPF 2 (transition des ZPF 1/2), conformément à l'IEC 61643-12. Sur le côté droit, il convient de choisir les SPD installés à la frontière de la ZPF 1 pour une transition directe des ZPF 0/2 (voir C.3.5).

La Figure B.2 d) représente la création de deux ZPF de plus petite taille (ZPF 2) à l'intérieur de la ZPF 1. Il convient d'installer des SPD supplémentaires pour les lignes de puissance et de signalisation à la frontière de chaque ZPF 2. Il convient de coordonner ces SPD avec les SPD situés à la frontière de la ZPF 1 conformément à l'IEC 61643-12.

B.7 Protection par réseau d'équipotentialité

Il est possible que les réseaux de mise à la terre à fréquence industrielle existants ne fournissent pas une équipotentialité satisfaisante pour des courants de foudre dont les fréquences sont de plusieurs MHz, car leur impédance peut se révéler trop élevée à ces fréquences.

Il est possible que même un SPF conçu conformément à l'IEC 62305-3, qui admet une taille de mailles généralement supérieure à 5 m avec liaison équipotentielle de foudre en tant que partie obligatoire du SPF intérieur, ne soit pas suffisant pour des réseaux internes sensibles. Ceci est dû à l'impédance de ce réseau d'équipotentialité qui peut toujours être trop élevée pour cette application.

Un réseau d'équipotentialité à faible impédance avec une taille de mailles type de 5 m ou moins est fortement recommandé.

Généralement, il convient que le réseau d'équipotentialité ne serve pas de voie de retour de puissance ou de signalisation. Pour cette raison, il convient que le conducteur PE soit incorporé au réseau d'équipotentialité, mais il convient que le conducteur PEN ne le soit pas.

Une liaison directe d'un conducteur de mise à la terre fonctionnel (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 lignes de puissance ou de signalisation est 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.8 Protection par parafoudres

Pour limiter les chocs conduits dus à un impact de foudre sur les lignes de puissance, il convient d'installer des SPD à l'entrée de toute ZPF intérieure (voir Figure B.2 et Figure B.9, n° 3).

Dans des bâtiments qui ne comportent pas de SPD coordonnés, des dommages sur le réseau interne peuvent se produire si un SPD en aval ou un SPD intégré dans le matériel ne permet pas le bon fonctionnement du SPD installé à l'entrée des services.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Pour maintenir l'efficacité des mesures de protection adoptées, il est nécessaire d'établir un plan d'installation de tous les SPD prévus.

B.9 Protection par interfaces d'isolement

Les courants de perturbation à fréquence industrielle dans le matériel et ses lignes de signalisation associées 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 transformateurs d'isolement;
– des câbles non métalliques à fibre optique;
– des coupleurs optiques.

Il convient que l'interface d'isolement ait une résistance d'isolement supérieure au niveau de résistance du matériel (voir Article 8).

B.10 Mesures de protection par cheminement et blindage des lignes

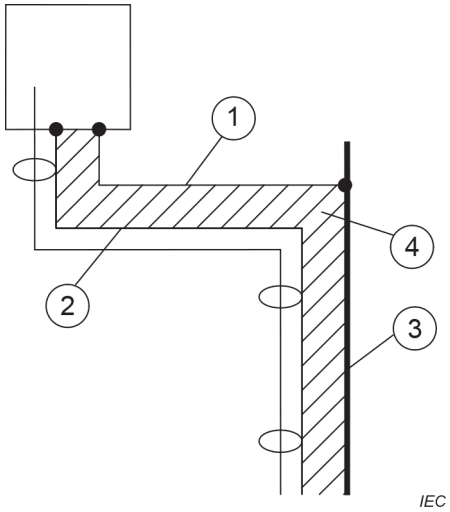
Un cheminement et un blindage adaptés des lignes constituent des mesures efficaces de réduction des surtensions induites. Ces mesures sont particulièrement importantes si l'efficacité du blindage spatial de la ZPF 1 est négligeable. Dans ce cas, les principes suivants apportent une protection améliorée:

– réduction le plus possible de la surface de boucle d'induction;
– il convient d'éviter l'alimentation de nouveaux matériels par le réseau existant, car cela crée des boucles d'induction de grande surface et, de ce fait, des risques de dommage accrus. De plus, des cheminements de lignes de puissance et de signalisation adjacentes peuvent éviter la présence de larges boucles (voir Figure B.9, n° 8);
– utilisation de câbles écrantés: il convient de relier les écrans de ces lignes de signalisation à chacune de leurs deux extrémités au moins;
– utilisation de conduits métalliques ou de plaques métalliques mises à la terre: il convient que les différentes sections métalliques présentent une bonne continuité électrique entre elles et que la longueur totale soit reliée à chacune de ses deux extrémités. Il convient de réaliser les connexions par boulonnage des parties à recouvrement ou par des conducteurs d'équipotentialité. Pour maintenir une impédance faible du conduit, il convient de répartir plusieurs vis ou bandes à sa périphérie (voir l'IEC TR 61000-5-2 [13]).

Des exemples de techniques correctes de cheminement et de blindage des lignes sont représentés à la Figure B.3 et à la Figure B.4.

Si la distance entre les lignes de signalisation et le matériel électronique dans les zones générales (non destinées particulièrement aux réseaux de communication) est supérieure à 10 m, il est recommandé d'utiliser des lignes de signalisation équilibrées avec des accès à isolement galvanique appropriés (des coupleurs optiques, transformateurs ou amplificateurs d'isolement de signal, par exemple). De plus, l'utilisation de câbles triaxiaux peut être avantageuse.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



Légende

1 PE uniquement lorsque du matériel de Classe I est utilisé

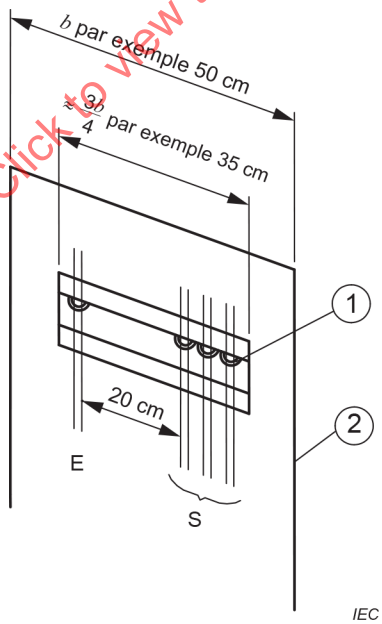
2 écran du câble mis à la terre à ses deux extrémités

3 plaque métallique comme écran complémentaire (voir Figure B.4)

4 petite surface de boucle

NOTE En raison de la petite surface de la boucle, la tension induite entre l'écran du câble et la plaque métallique est faible.

Figure B.3 – Réduction de la surface de 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 signalisation

Figure B.4 – Exemple de plaque métallique utilisée comme écran complémentaire

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

B.11 Mesures de protection pour le matériel placé à l'extérieur

B.11.1 Généralités

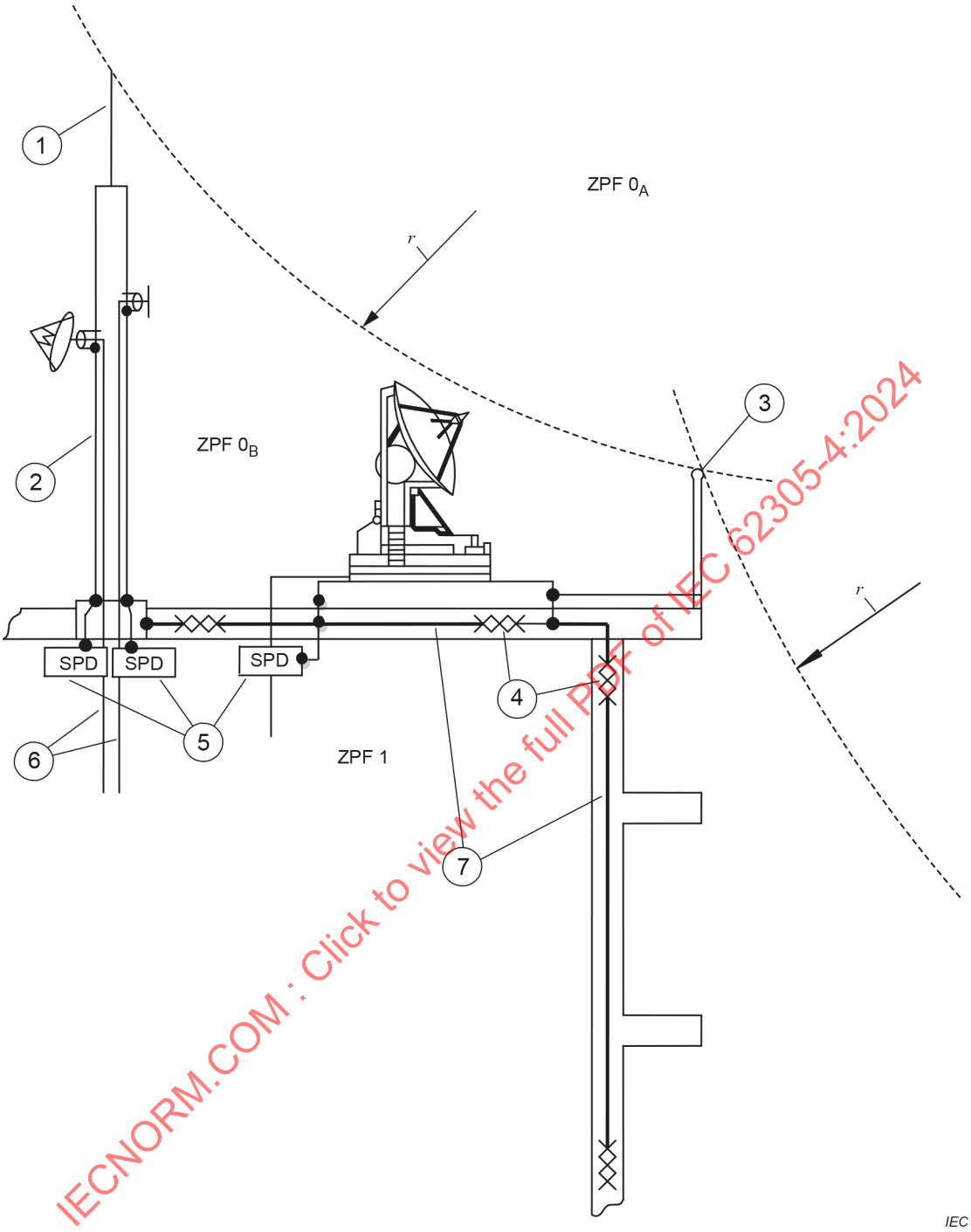
Le matériel placé à l'extérieur comprend, par exemple, le matériel aérien, les capteurs météorologiques, les caméras vidéo de surveillance, les capteurs exposés placés sur des installations de traitement (pression, température, débit, position de vanne, etc.) et tout autre matériel électrique, électronique ou radio situé sur des structures telles que des mâts et des citernes.

B.11.2 Protection du matériel extérieur

Il convient, dans la mesure du possible, de placer le matériel sous la zone de protection ZPF 0_B en installant un dispositif de capture local de manière à protéger le matériel contre les impacts de foudre directs (voir Figure B.5).

Sur les structures de grande hauteur, il convient d'appliquer la méthode de la sphère fictive (voir l'IEC 62305-3) afin de déterminer si le matériel installé sur la toiture ou sur les façades de la structure est exposé à des impacts de foudre directs. 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. Tout le matériel, à l'exception de certains types de matériels aériens, peut être protégé de cette manière. Le matériel aérien doit parfois être placé en des lieux exposés, afin d'éviter que ses performances ne soient altérées par les conducteurs de foudre à proximité. Certains matériels aériens présentent une autoprotection intrinsèque, car seuls des éléments conducteurs correctement mis à la terre sont exposés aux impacts de foudre. D'autres types de matériels aériens peuvent exiger la mise en place de SPD sur leurs câbles d'alimentation pour empêcher l'écoulement de transitoires excessifs dans le câble vers le matériel radio. Lorsqu'un SPF extérieur est installé, il convient que les supports du matériel aérien y soient reliés.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Légende

1 tige de capture

2 mât en acier avec antennes

3 rambardes conformes aux exigences relatives aux dispositifs de capture naturels

4 armatures interconnectées

5 ligne issue de la ZPF 0_B qui nécessite un SPD en entrée

6 il convient que le blindage des câbles d'alimentation d'antennes issus de la ZPF 0_B (à l'intérieur du mât) soit relié au mât à l'extrémité supérieure et qu'il ait des SPD d'antennes installés là où ces câbles entrent dans le local des équipements radio

7 partie de l'armature qui satisfait aux exigences des conducteurs de descente du SPF (la fonction de liaison est également assurée si le maillage superposé est appliqué)

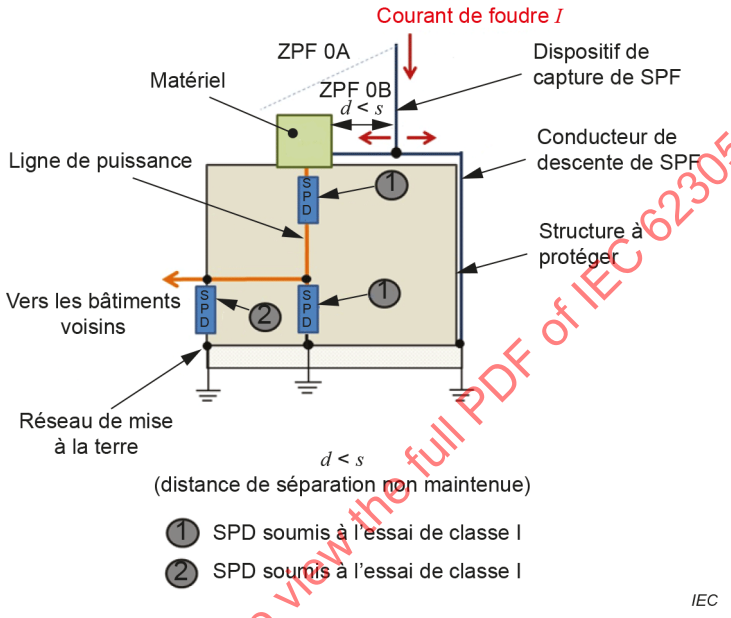
r rayon de la sphère fictive

Figure B.5 – Protection du matériel aérien et autre matériel extérieur

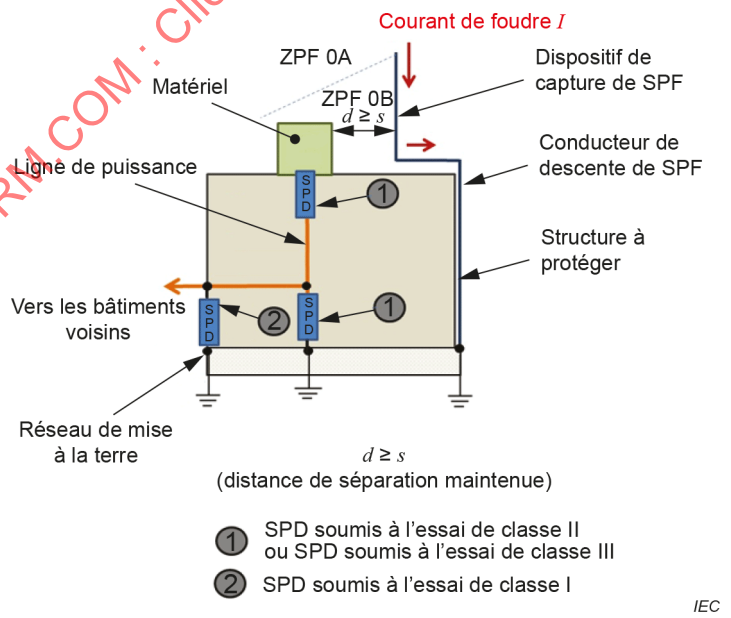
B.11.3 Protection par le maintien d'un isolement électrique par rapport au SPF

Le maintien de l'isolement électrique entre le SPF et les parties métalliques d'une structure qui contient les éléments conducteurs qui entrent dans la structure (à savoir conduites, tuyaux, câbles), permet de réduire le brouillage électromagnétique à l'intérieur de la structure et réduit le plus possible le courant de foudre à l'entrée de celle-ci (Figure B.6 b)).

Le maintien de l'isolement électrique peut être obtenu par l'application d'un SPF isolé ou en maintenant la distance de séparation localement selon l'IEC 62305-3, entre un SPF (c'est-à-dire des conducteurs de capture ou de descente, ou les deux) et les éléments conducteurs qui entrent dans la structure.



a) La distance de séparation s entre le SPF et le matériel monté à l'extérieur n'est pas maintenue



b) La distance de séparation s entre le SPF et le matériel monté à l'extérieur est maintenue

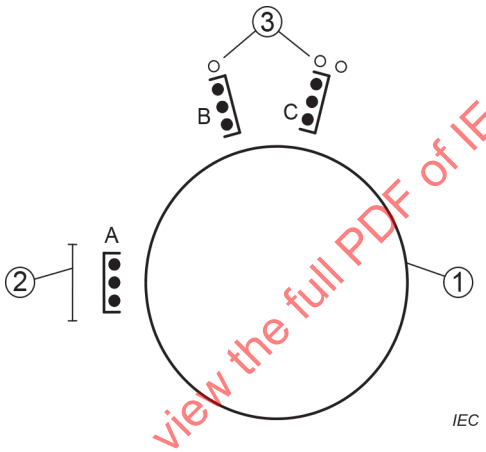
Figure B.6 – Distance de séparation maintenue ou non

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

Dans le cas où la distance de séparation ne peut pas être maintenue (Figure B.6 a)), les lignes électriques qui transportent les courants de foudre partiels doivent être traitées comme des conducteurs de descente.

B.11.4 Réduction des surtensions dans les câbles

Des tensions et des courants induits élevés peuvent être évités par un cheminement des câbles dans des conduits, des goulottes ou des tubes métalliques reliés à l'équipotentialité. Il convient que tous les câbles qui mènent à du matériel particulier quittent le conduit en un seul point. Il convient, dans la mesure du possible, d'exploiter au mieux les propriétés de blindage inhérentes à la structure en faisant cheminer tous les câbles ensemble 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 le blindage naturel formé par les canalisations, les échelles métalliques et tout autre matériau conducteur correctement mis à la terre (voir Figure B.7). Sur les mâts à cornière en forme de L, il convient de placer les câbles dans le coin intérieur du L de la cornière pour une protection maximale (voir Figure B.8).

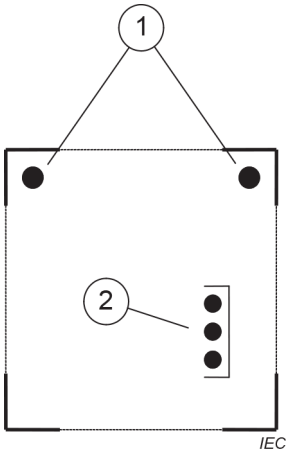


Légende

1 citerne
2 échelles
3 canalisations

NOTE A, B et C constituent de bons choix pour l'emplacement des chemins de câbles.

Figure B.7 – Écran 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 autres emplacements de chemin de câbles mis à la terre dans le mât

Figure B.8 – Emplacements idéaux pour des lignes sur un mât (section d'un mât treillis en acier)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024

B.12 Amélioration des interconnexions entre des structures

B.12.1 Généralités

Les lignes qui interconnectent des structures distinctes sont soit:

– isolantes (câbles à fibre optique non métalliques); soit
– métalliques (par exemple paires câblées, câbles multiconducteurs, guides d'ondes, câbles coaxiaux ou câbles à fibre optique avec composants métalliques continus).

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.12.2 Lignes isolées

Si des câbles à fibre optique non métalliques (c'est-à-dire sans armure métallique, barrière antimoisissure ou fil de tirage en acier) sont utilisés pour l'interconnexion de structures distinctes, aucune mesure de protection supplémentaire n'est exigée pour ces câbles.

B.12.3 Lignes métalliques

Si une interconnexion appropriée des réseaux de prises de terre de structures distinctes 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 le long de ces lignes. Dans ce cas:

– l'équipotentialité exigée des lignes, directement ou par l'intermédiaire d'un SPD à l'entrée des deux ZPF 1, protège seulement le matériel placé à l'intérieur, 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 réparti entre les lignes et ce conducteur d'équipotentialité;
– il est recommandé de faire cheminer les lignes dans des conduits métalliques fermés et interconnectés. Ces mesures contribuent à réduire le couplage magnétique avec le câblage interne et à réduire ainsi les tensions induites.

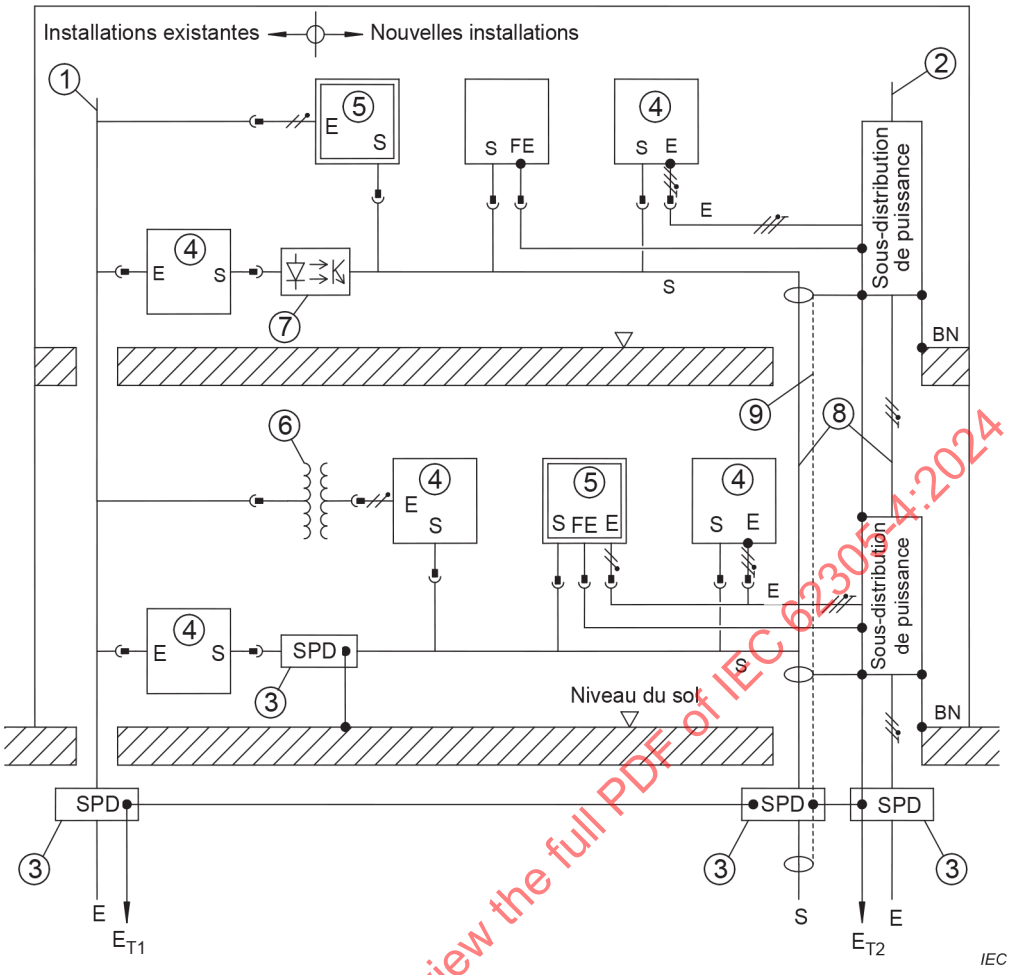
Lorsqu'une interconnexion appropriée des réseaux de prises de terre de structures distinctes est réalisée, la protection des lignes par des conduits métalliques interconnectés est toujours recommandée. Lorsque de nombreux câbles cheminent entre des structures interconnectées, les écrans ou armures de ces câbles, reliés à chacune de leurs extrémités, peuvent être utilisés pour assurer la protection en lieu et place des conduits.

B.13 Intégration de nouveaux réseaux internes dans des structures existantes

Il se peut que l'installation existante restreigne les mesures de protection qui peuvent être adoptées, lors de l'ajout de nouveaux réseaux internes à une structure existante.

La Figure B.9 représente un exemple d'installation existante (à gauche) interconnectée à une nouvelle installation (à droite). L'installation existante présente des restrictions concernant les mesures de protection qui peuvent être mises en œuvre. Toutefois, la conception et la planification de la nouvelle installation peuvent permettre l'adoption de l'ensemble des mesures de protection nécessaires.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024



Légende

1	réseau existant (TN-C, TT, IT)	E	lignes électriques
2	nouveaux réseaux (TN-S, TN-C-S, TT, IT)	S	lignes de signalisation (écrantées ou non)
3	parafoudre (SPD)	E_T	réseau de prises de terre
4	isolement normalisé de classe I	BN	réseau d'équipotentialité
5	double isolement de classe II sans PE	FE	conducteur de mise à la terre fonctionnelle (le cas échéant)
6	transformateur d'isolement		
7	optocoupleur ou câble à fibre optique	///	ligne de puissance à 3 fils: L, N, PE
8	cheminement adjacent des lignes de puissance et de signalisation	//	ligne de puissance à 2 fils: L, N
9	conduits écrantés	•	points d'équipotentialité (PE, FE, BN)

Figure B.9 – Amélioration des MPF dans les structures existantes

B.14 Vue d'ensemble des mesures de protection possibles

B.14.1 Alimentation électrique

L'alimentation secteur existante (voir Figure B.9, n° 1) dans la structure peut être du type TN-C, ce qui peut générer des perturbations à fréquence industrielle. Ces perturbations peuvent être évitées au moyen d'une interface d'isolement (voir B.14.3).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62305-4:2024