



	DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4)	
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	

ICS 91.120.40

Einsprüche bis 2010-05-31

Entwurf

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 62305-4
(VDE 0185-305-4):2006-10 und
DIN EN 62305-4 Ber 1
(VDE 0185-305-4 Ber 1):2007-06

**Blitzschutz –
Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen
(IEC 81/338/CDV:2009);
Deutsche Fassung FprEN 62305-4:2009**

Protection against lightning –
Part 4: Electrical and electronic systems within structures
(IEC 81/338/CDV:2009);
German version FprEN 62305-4:2009

Protection contre la foudre –
Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures
(CEI 81/338/CDV:2009);
Version allemande FprEN 62305-4:2009

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2010-03-15 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an **dke@vde.com** in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter **www.dke.de/stellungnahme** abgerufen werden
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 184 Seiten

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments FprEN 62305-4:2009 „Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 81/338/CDV:2009 „Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures“ unverändert in den Entwurf FprEN 62305-4:2009 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 81 „Lightning protection“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Ein vollständiger Blitzschutz besteht aus dem Blitzschutzsystem LPS nach DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) und dem Schutzsystem von elektrischen und elektronischen Einrichtungen nach DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4).

Dieser Norm-Entwurf behandelt den Schutz von baulichen Anlagen mit elektrischen und elektronischen Systemen gegen die Wirkungen des elektromagnetischen Blitzimpulses LEMP durch ein Schutzsystem von elektrischen und elektronischen Einrichtungen. Weil isolierte oder nicht integrierte Einzelmaßnahmen keinen wirksamen Schutz bieten, wird ein solches Schutzsystem aus einer individuell angepassten Kombination aus folgenden Schutzmaßnahmen aufgebaut:

- Erdung und Potentialausgleich,
- räumliche Schirmung,
- Leitungsführung und -schirmung,
- koordiniertes SPD-System,
- isolierende Schnittstellen.

Die Kennwerte der Schutzmaßnahmen müssen dem gewählten Gefährdungspegel LPL entsprechen. Die Basis für den Aufbau des Schutzsystems von elektrischen und elektronischen Einrichtungen ist das Blitzschutz-zonen-Konzept. Das Schutzsystem von elektrischen und elektronischen Einrichtungen wird nachfolgend ESP [en: electrical und electronic system protection] abgekürzt.

Die Anhänge zu diesem Norm-Entwurf zeigen die Grundlagen zur Bestimmung der elektromagnetischen Umgebung in einer Blitzschutzzone, ergänzende Hinweise für den ESP-Schutz in bestehenden baulichen Anlagen, Regeln zur Auswahl und Installation eines koordinierten SPD-Systems und Kennwerte, die bei der Auswahl von SPDs zu beachten sind.

Im Abschnitt 9 wird für die Planung, Errichtung und Prüfung von LEMP-Schutzsystemen eine Blitzschutz-Fachkraft gefordert, die nach Tabelle 2 auch über fundierte Kenntnisse der EMV und der Installationspraxis verfügen soll.

Der Begriff der Blitzschutz-Fachkraft wurde im Text der internationalen Norm IEC 62305-4 nicht festgelegt. Aus diesem Grund hat das für die nationale Norm zuständige Komitee K 251 eine Erläuterung für den Begriff der Blitzschutz-Fachkraft verabschiedet, in der die Bereiche der Planung, Prüfung und Errichtung berücksichtigt werden.

Erläuterung zur Blitzschutz-Fachkraft:

Eine Blitzschutz-Fachkraft ist, wer aufgrund seiner fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Normen Blitzschutzsysteme planen, errichten und prüfen kann. Die Bereiche Planung, Prüfung und Errichtung erfordern unterschiedliche Kenntnisse. Eine Blitzschutz-Fachkraft muss sich laufend über die örtlich geltenden bauaufsichtlichen Vorschriften und die einschlägigen, allgemein anerkannten Regeln der Technik informieren. Der Nachweis kann durch die regelmäßige Teilnahme an nationalen Weiterbildungsmaßnahmen geführt werden.

Die Blitzschutz-Fachkraft verfügt über eine mehrjährige Berufserfahrung und zeitnahe berufliche Tätigkeiten im Bereich des Blitzschutzes.

Die Blitzschutz-Fachkraft erfüllt wenigstens eine der nachfolgenden Anforderungen:

a) Planung:

Für den Bereich Planung sind Kenntnisse über umfassende physikalische Zusammenhänge, Einsatz und Anwendung der unterschiedlichen Planungsmethoden und der anzuwendenden normativen Berechnungsverfahren, Installationsrichtlinien von Blitzschutzbauteilen und Überspannungs-Schutzgeräten sowie der bautechnischen Erfordernisse und grundlegender Montagetechniken erforderlich.

b) Errichtung/Montage:

Für den Bereich Errichtung und Montage sind Kenntnisse über physikalische Zusammenhänge, detaillierte Kenntnisse der Installationsrichtlinien von Blitzschutzbauteilen und Überspannungs-Schutzgeräten sowie umfangreiche bautechnische Erfordernisse und Montagetechniken erforderlich.

c) Prüfung:

Für den Bereich Prüfung sind Kenntnisse über physikalische Zusammenhänge, Einsatz der unterschiedlichen Planungsmethoden und anzuwendende normative Berechnungsverfahren, Installationsrichtlinien von Blitzschutzbauteilen und Überspannungs-Schutzgeräten, allgemeine bautechnische Erfordernisse und Montagetechniken erforderlich.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 251 „Blitzschutzanlagen und Blitzschutzbauteile“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2006-10 und DIN EN 62305-4 Ber 1 (VDE 0185-305-4 Ber 1):2007-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) ein vollständiger Blitzschutz LP besteht aus dem Blitzschutzsystem LPS und dem Schutzsystem von elektrischen und elektronischen Einrichtungen ESP. Diese Begriffe wurden eingeführt, um deutlich zu machen, dass nur ein vollständiges, in sich abgestimmtes Schutzsystem wirksamen Schutz bietet;
- b) die Anhänge A und B wurden redaktionell überarbeitet;
- c) der frühere Anhang C, der die physikalischen Grundlagen zur Koordination der unterschiedlichen SPD verschiedener Bauart enthielt, ist ganz entfallen;
- e) der neue Anhang C enthält ausführliche Regeln zur Auswahl und zur Installation eines koordinierten SPD-Systems. Ähnliche Regeln aus dem alten Anhang D wurden stark überarbeitet und dann integriert;

- f) der neue Anhang D behandelt die bei der Auswahl von SPDs zu berücksichtigenden Faktoren, wie Einbauort, Art der Einkopplung, Stromaufteilung, Wellenform und benachbarte Anlagen. Außerdem wird eine Bewertung des statistischen Bedrohungspegels für SPDs angegeben.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 60364-4-443:2006	IEC 60364-4-44:2001 (zurückgezogen) ersetzt durch: IEC 60364-4-44:2007	DIN VDE 0100-443 (VDE 0100-443):2007-06	VDE 0100-443
–	IEC 60364-5-53:2001 + A1:2002	–	–
EN 60664-1:2007	IEC 60664-1:2002 (zurückgezogen) ersetzt durch: IEC 60664-1:2007	DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2008-01	VDE 0110-1
–	IEC/TR3 61000-1-1:1992	–	–
EN 61400-4-5:2006	IEC 61000-4-5:1995 (zurückgezogen) ersetzt durch: IEC 61000-4-5:2005	DIN EN 61000-4-5 (VDE 0847-4-5):2007-06	VDE 0847-4-5
EN 61000-4-9:1993 + A1:2001	IEC 61000-4-9:1993 + A1:2000	DIN EN 61000-4-9 (VDE 0847-4-9):1994-05 (zurückgezogen) ersetzt durch: DIN EN 61000-4-9 (VDE 0847-4-9):2001-12	VDE 0847-4-9

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 61000-4-10:1993 + A1:2001	IEC 61000-4-10:1993 + A1:2000	DIN EN 61000-4-10 (VDE 0847-4-10):1994-05 (zurückgezogen) ersetzt durch: DIN EN 61000-4-10 (VDE 0847-4-10):2001-12	VDE 0847-4-10
–	IEC/TR3 61000-5-2:1997	–	–
–	IEC/TR 61000-5-6:2002	–	–
–	IEC 61643-1:2005	–	–
CLC/TS 61643-12:2006	IEC 61643-12:2002 (zurückgezogen) ersetzt durch: IEC 61643-12:2008	DIN CLC/TS 61643-12 (VDE V 0675-6-12):2007-10	VDE V 0675-6-12
EN 61643-21:2001	IEC 61643-21:2000	DIN EN 61643-21 (VDE 0845-3-1):2002-03	VDE 0845-3-1
CLC/TS 61643-22:2006	IEC 61643-22:2004	DIN CLC/TS 61643-22 (VDE V 0845-3-2):2007-09	VDE V 0845-3-2
EN 62305 (Reihe)	IEC 62305 (Reihe)	DIN EN 62305 (VDE 0185-305) (Reihe)	VDE 0185-305 (Reihe)
EN 62305-1	IEC 62305-1	DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1)	VDE 0185-305-1
EN 62305-2	IEC 62305-2	DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2)	VDE 0185-305-2
EN 62305-3	IEC 62305-3	DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3)	VDE 0185-305-3

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN CLC/TS 61643-12 (VDE V 0675-6-12):2007-10, *Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 12: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Auswahl und Anwendungsgrundsätze (IEC 61643-12:2002, modifiziert); Deutsche Fassung LC/TS 61643-12:2006*

DIN CLC/TS 61643-22 (VDE V 0845-3-2):2007-09, *Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 22: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken – Auswahl- und Anwendungsprinzipien (IEC 61643-22:2004, modifiziert); Deutsche Fassung CLC/TS 61643-22:2006*

DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2008-01, *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen (IEC 60664-1:2007); Deutsche Fassung EN 60664-1:2007*

— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03

DIN EN 61000-4-5 (VDE 0847-4-5):2007-06, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-5: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen (IEC 61000-4-5:2005); Deutsche Fassung EN 61000-4-5:2006*

DIN EN 61000-4-9 (VDE 0847-4-9):2001-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-9: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen impulsförmige Magnetfelder (IEC 61000-4-9:1993 + A1:2000); Deutsche Fassung EN 61000-4-9:1993 + A1:2001*

DIN EN 61000-4-10 (VDE 0847-4-10):2001-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-10: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen gedämpft schwingende Magnetfelder (IEC 61000-4-10:1993 + A1:2000); Deutsche Fassung EN 61000-4-10:1993 + A1:2001*

DIN EN 61643-21 (VDE 0845-3-1):2002-03, *Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 21: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken – Leistungsanforderungen und Prüfverfahren (IEC 61643-21:2000 + Corrigendum:2001); Deutsche Fassung EN 61643-21:2001*

DIN EN 62305 (VDE 0185-305) (Reihe), *Blitzschutz*

DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1), *Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze*

DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2), *Blitzschutz – Teil 2: Risiko-Management*

DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3), *Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen*

DIN VDE 0100-443 (VDE 0100-443):2007-06, *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-44: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen – Abschnitt 443: Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen (IEC 60364-4-44:2001 + A1:2003, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-4-443:2006*

Deutsche Fassung

**Blitzschutz –
Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen**

Inhalt

	Seite
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Planung und Installation von Schutzmaßnahmen für ESP	12
4.1 Allgemeines	12
4.2 Auslegung eines ESP	16
4.3 Blitzschutzzonen (LPZ).....	17
4.4 Grundlegende Schutzmaßnahmen in einem ESP.....	21
5 Erdung und Potentialausgleich.....	22
5.1 Erdungsanlage	22
5.2 Potentialausgleich-Netzwerk	23
5.3 Potentialausgleichsschienen	28
5.4 Potentialausgleich an der Grenze einer LPZ.....	29
5.5 Werkstoffe und Maße von Komponenten für den Potentialausgleich	29
6 Magnetische Schirmung und Leitungsführung	30
6.1 Räumliche Schirmung	30
6.2 Schirmung von inneren Leitungen.....	30
6.3 Leitungsführung von inneren Leitungen	31
6.4 Schirmung von äußeren Leitungen	31
6.5 Werkstoffe und Abmessungen von magnetischen Schirmen.....	31
7 Koordiniertes SPD-System.....	31
8 Isolierende Schnittstellen.....	32
9 Management eines ESP	32
9.1 ESP-Managementplan	32
9.2 Prüfung eines ESP	34
9.2.1 Durchführung der Prüfung.....	34
9.2.2 Dokumentation der Prüfung	35
9.3 Instandhaltung	35
Anhang A (informativ) Grundlagen für die Bestimmung der elektromagnetischen Umgebung in einer LPZ	36

— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
FprEN 62305-4:2009

	Seite
A.1 Schäden an elektrischen und elektronischen Systemen durch Blitzeinschlag.....	36
A.1.1 Störquelle.....	36
A.1.2 Störsenke.....	36
A.1.3 Kopplungsmechanismus zwischen Störsenke und Störquelle.....	37
A.2 Räumliche Schirmung, Leitungsführung und -schirmung.....	37
A.2.1 Allgemeines.....	37
A.2.2 Gitterförmige räumliche Schirme.....	40
A.2.3 Leitungsführung und -schirmung.....	42
A.3 Magnetisches Feld innerhalb der LPZs.....	45
A.3.1 Näherung für das magnetische Feld innerhalb von LPZs.....	45
A.3.2 Theoretische Ermittlung des magnetischen Feldes bei direkten Blitzeinschlägen.....	52
A.3.3 Experimentelle Bestimmung des magnetischen Feldes bei direkten Blitzeinschlägen.....	55
A.4 Berechnung von induzierten Spannungen und Strömen.....	56
A.4.1 Situation innerhalb LPZ 1 bei direkten Blitzeinschlägen.....	57
A.4.2 Situation innerhalb LPZ 1 bei nahen Blitzeinschlägen.....	59
A.4.3 Situation innerhalb LPZ 2 und höher.....	60
Anhang B (informativ) Realisierung des ESP-Schutzes für eine bestehende bauliche Anlage.....	61
B.1 Allgemeines.....	61
B.2 Checklisten.....	61
B.3 Auslegung des ESP-Schutzes für eine bestehende bauliche Anlage.....	62
B.4 Planung grundsätzlicher Schutzmaßnahmen für LPZ 1.....	63
B.4.1 Planung grundsätzlicher Schutzmaßnahmen für LPZ 2.....	63
B.4.2 Planung grundsätzlicher Schutzmaßnahmen für LPZ 3.....	63
B.5 Installation eines koordinierten SPD-Systems.....	63
B.6 Aufrüstung eines bestehenden LPS durch räumliche Schirmung von LPZ 1.....	64
B.7 Einrichtung von LPZs für elektrische und elektronische Systeme.....	64
B.8 Schutz durch ein Potentialausgleichsnetzwerk.....	68
B.9 Schutz durch Überspannungsschutzgeräte.....	68
B.10 Schutz durch isolierende Schnittstellen.....	69
B.11 Schutzmaßnahmen durch Leitungsführung und -schirmung.....	69
B.11.1 Schutzmaßnahmen für außen angebrachte Betriebsmittel.....	71
B.11.2 Schutz von außen angebrachten Betriebsmitteln.....	71
B.11.3 Verringerung von Überspannungen in Kabeln.....	72
B.12 Aufrüstung von Verbindungsleitungen zwischen baulichen Anlagen.....	73
B.12.1 Isolierende Leitungen.....	73
B.12.2 Metallene Leitungen.....	73
B.13 Integration von neuen elektronischen Systemen in bestehende bauliche Anlagen.....	74
B.14 Übersicht über mögliche Schutzmaßnahmen.....	75

	Seite
B.14.1 Stromversorgung	75
B.14.2 Überspannungsschutzgeräte.....	75
B.14.3 Isolierende Schnittstellen.....	75
B.14.4 Leitungsführung und -schirmung.....	75
B.14.5 Räumliche Schirmung	75
B.14.6 Potentialausgleich	75
B.15 Aufrüstung von Stromversorgung und Kabelinstallation innerhalb einer baulichen Anlage	76
Anhang C (informativ) Auswahl und Installation eines koordinierten SPD-Systems.....	77
C.1 Einführung	77
C.2 Auswahl der SPDs.....	78
C.2.1 Auswahl hinsichtlich des Schutzpegels.....	78
C.2.2 Auswahl hinsichtlich Einbauort und Entladestrom.....	80
C.3 Installation eines koordinierten SPD-Systems	81
C.3.1 Einbauorte der SPDs.....	81
C.3.2 Verbindungsleiter.....	82
C.3.3 Koordination von SPDs	82
C.3.4 Vorgehensweise zur Installation eines koordinierten SPD-Systems.....	82
Anhang D (informativ) Bei der Auswahl von SPDs zu berücksichtigende Faktoren	83
D.1 Einführung	83
D.1.1 Bestimmende Faktoren für die Belastung eines SPDs	83
D.2 Bewertung des statistischen Bedrohungspegels für ein SPD	85
D.2.1 Einfluss der Installation auf die Stromaufteilung	86
D.2.2 Wahl der SPD Kennwerte: I_{imp} , I_{max} , I_n , U_{oc}	86
Literaturhinweise.....	88
 Bilder	
Bild 1 – Allgemeines Prinzip für die Einteilung in verschiedene LPZs	13
Bild 2a – ESP mit räumlichen Schirmen und einem koordinierten SPD-System – Die Betriebsmittel sind gut geschützt gegen leitungsgeführte Stoßwellen ($U_2 \ll U_0$ und $I_2 \ll I_0$) sowie gegen abgestrahlte magnetische Felder ($H_2 \ll H_0$)	14
Bild 2b – ESP mit räumlichem Schirm von LPZ 1 und mit Überspannungsschutz am Eintritt in LPZ 1 – Die Betriebsmittel sind geschützt gegen leitungsgeführte Stoßwellen ($U_1 < U_0$ und $I_1 < I_0$) sowie gegen abgestrahlte magnetische Felder ($H_1 < H_0$)	14
Bild 2 – Schutz gegen LEMP – Beispiele für mögliche LEMP-Schutzsysteme (ESP)	15
Bild 3a – Verbindung von zwei LPZs 1 mit SPDs.....	18
Bild 3b – Verbindung von zwei LPZs 1 mit geschirmten Kabeln oder geschirmten Kabelkanälen	18
Bild 3c – Verbindung von zwei LPZs 2 mit SPDs	19
Bild 3d – Verbindung von zwei LPZs 2 mit geschirmten Kabeln oder geschirmten Kabelkanälen	19
Bild 3 – Beispiele für miteinander verbundene LPZs.....	19
Bild 4 – Beispiele für ein- oder ausgestülpte Blitzschutzzonen	20

— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
FprEN 62305-4:2009

	Seite
Bild 5 – Beispiel eines dreidimensionalen Erdungssystems, das durch die Verbindung des Potentialausgleichsnetzwerks mit der Erdungsanlage entsteht	22
Bild 6 – Vermaschte Erdungsanlage eines Fabrikgeländes	23
Bild 7 – Verwendung der Bewehrungsstäbe einer baulichen Anlage für den Potentialausgleich	25
Bild 8 – Potentialausgleich in einer baulichen Anlage unter Nutzung der Stahlbewehrung	26
Bild 9 – Integration von elektronischen Systemen in das Potentialausgleichsnetzwerk	27
Bild 10 – Kombination von Integrationsmethoden von elektronischen Systemen in das Potentialausgleichsnetzwerk	28
Bild A.1 – LEMP-Situation im Fall eines Blitzeinschlags.....	37
Bild A.2a – Simulation der Stirn des Magnetfeldes des ersten Teilblitzes (10/350 μ s) durch einen Einzelimpuls 8/20 μ s (gedämpfte Schwingung 25 kHz)	39
Bild A.2b – Simulation der Stirn des Magnetfeldes des Folgeblitzes (0,25/100 μ s) durch eine gedämpfte Schwingung 1 MHz (Mehrfachimpuls 0,2/0,5 μ s)	40
Bild A.2 – Simulation des magnetischen Feldes im Anstiegsbereich durch gedämpfte Schwingungen	40
Bild A.3 – Großer räumlicher Schirm, gebildet durch metallene Bewehrungen und Rahmen.....	41
Bild A.4 – Volumen für elektrische und elektronische Systeme innerhalb einer LPZ n	42
Bild A.5a – Ungeschütztes System	43
Bild A.5b – Verringerung des Magnetfeldes innerhalb einer LPZ durch räumliche Schirmung.....	43
Bild A.5c – Verringerung der Magnetfeldwirkung durch geschirmte Leitungen.....	43
Bild A.5d – Verringerung der Fläche der Induktionsschleife durch geeignete Leitungsführung.....	43
Bild A.5 – Verringerung der Induktionswirkung durch Leitungsführung und -schirmung.....	43
Bild A.6 – Beispiel für ein ESP eines Bürogebäudes.....	45
Bild A.7a – Magnetische Feldstärke innerhalb von LPZ 1	46
Bild A.7b – Magnetische Feldstärke innerhalb von LPZ 2	46
Bild A.7 – Berechnung der Werte der magnetischen Feldstärke bei direktem Blitzeinschlag	46
Bild A.8 – Bestimmung der Werte des magnetischen Feldes bei nahem Blitzeinschlag.....	48
Bild A.9 – Abstand s_a in Abhängigkeit vom Radius der Blitzkugel und den Maßen der baulichen Anlage.....	51
Bild A.10 – Typen von ausgedehnten, gitterförmigen, räumlichen Schirmen.....	53
Bild A.11 – Magnetische Feldstärke $H_{1/\max}$ innerhalb eines gitterförmigen Schirms Typ 1	54
Bild A.12 – Magnetische Feldstärke $H_{1/\max}$ innerhalb eines gitterförmigen Schirms Typ 1	54
Bild A.13a – Prüfanordnung	55
Bild A.13b – Blitzstromgenerator.....	56
Bild A.13 – Low-level-Prüfung zur Bestimmung des magnetischen Feldes innerhalb einer geschirmten baulichen Anlage.....	56
Bild A.14 – In eine Leiterschleife der Verkabelung induzierte Spannungen und Ströme	57
Bild B.1 – ESP Planungs-Schritte für eine bestehende bauliche Anlage	64
Bild B.2a – Ungeschirmte LPZ 1 mit LPS und SPDs an der Eintrittsstelle der Versorgungsleitungen in die bauliche Anlage (z. B. bei erhöhter Spannungsfestigkeit der Systeme oder bei nur kleinen Leiterschleifen innerhalb der baulichen Anlage)	66

	Seite
Bild B.2b – Ungeschirmte LPZ 1 mit Schutz für die neuen elektronischen Systeme durch Verwendung geschirmter Datenleitungen und durch ein koordiniertes SPD-System für die Stromversorgungsleitungen.....	66
Bild B.2c – Ungeschirmte LPZ 1 und große geschirmte LPZ 2 für die neuen elektronischen Systeme	67
Bild B.2 – Möglichkeiten für die Einrichtung von LPZs in bestehenden baulichen Anlagen	67
Bild B.3 – Verkleinerung der Schleifenfläche unter Verwendung von geschirmten Kabeln dicht an einer Metallplatte	70
Bild B.4 – Beispiel für die Nutzung einer Metallplatte als zusätzliche Schirmung.....	70
Bild B.5 – Schutz von Antennen und anderen außen angebrachten Geräten	71
Bild B.6 – Inhärente Schirmung durch in den Potentialausgleich einbezogene metallene Leitern und Rohre	72
Bild B.7 – Ideale Position für Leitungen an einem Mast (Querschnitt durch einen Stahlgittermast).....	73
Bild B.8 – Verbesserung des ESP-Schutzes und elektromagnetische Verträglichkeit in bestehenden baulichen Anlagen	74
Bild C.1 – Stoßspannung zwischen Phasenleiter und Potentialausgleichsschiene	80
Bild D.1 – Beispiel für die Installation nach Klasse I, Klasse II und Klasse III geprüfter SPDs.....	84
Bild D.2 – Grundsätzliches Beispiel für verschiedene Schadensquellen für eine bauliche Anlage und für die Stromaufteilung im System	85
Bild D.3 – Grundbeispiel für eine ausgewogene Stromaufteilung	86
 Tabellen	
Tabelle 1 – Mindestquerschnitte von Komponenten für den Potentialausgleich.....	30
Tabelle 2 – ESP-Managementplan für neue Gebäude und für umfassende Änderungen des Aufbaus oder der Nutzung von Gebäuden.....	33
Tabelle A.1 – Beispiele für $I_{0/\max} = 100 \text{ kA}$ und $w = 2 \text{ m}$	48
Tabelle A.2 – Magnetische Dämpfung von gitterförmigen räumlichen Schirmen gegen eine ebene Welle.....	49
Tabelle A.3 – Blitzkugelradius abhängig vom maximalen Blitzstrom	51
Tabelle A.4 – Beispiele für $I_{0/\max} = 100 \text{ kA}$ und $w = 2 \text{ m}$ entsprechend $SF = 12,6 \text{ dB}$	52
Tabelle B.1 – Strukturelle Kenndaten und Umgebungsbedingungen	61
Tabelle B.2 – Installations-Kenndaten	62
Tabelle B.3 – Kenndaten der Betriebsmittel	62
Tabelle B.4 – Weitere für das Schutzkonzept wichtige Fragen	62
Tabelle D.1 – Vorzugswerte für I_{imp}	83

Einleitung

Der Blitz als Schadensursache weist eine sehr hohe Energie auf. Blitzeinschläge setzen eine Energie von vielen hundert Megajoule frei. Vergleicht man dies mit den Millijoule an Energie, die ausreichen können, um empfindliche elektronische Geräte in elektrischen und elektronischen Systemen in baulichen Anlagen zu beschädigen, so ist klar, dass zusätzliche Schutzmaßnahmen nötig sind, um einige dieser Geräte zu schützen.

Die Notwendigkeit für diese Internationale Norm ergab sich aus anwachsenden Kosten von Ausfällen elektrischer und elektronischer Systeme, die durch die elektromagnetischen Auswirkungen eines Blitzeinschlags verursacht werden. Von besonderer Bedeutung sind elektronische Systeme, die zur Verarbeitung und Speicherung von Daten sowie zur Prozesssteuerung und Sicherheitsüberwachung in Fertigungsanlagen mit hohem Kapitalwert, großen Abmessungen und hoher Komplexität verwendet werden (bei denen Stillstandszeiten aus Kosten- und Sicherheitsgründen äußerst unerwünscht sind).

Blitzeinschlag kann verschiedene Schadensarten in einer baulichen Anlage verursachen, die in IEC 62305-1 definiert sind:

- D1 Verletzungen von Lebewesen durch Berührungs- und Schrittspannungen;
- D2 physikalische Schäden durch mechanische, thermische, chemische und explosive Auswirkungen;
- D3 Ausfälle von elektrischen und elektronischen Systemen durch elektromagnetische Auswirkungen.

IEC 62305-3 behandelt Schutzmaßnahmen zur Verringerung des Risikos physikalischer Schäden und von Lebensgefahren, jedoch nicht den Schutz von elektrischen und elektronischen Systemen.

IEC 62305-4 liefert deshalb Angaben zu Schutzmaßnahmen, um das Risiko bleibender Schäden an elektrischen und elektronischen Systemen in baulichen Anlagen zu verringern.

Bleibende Schäden an elektrischen und elektronischen Systemen können verursacht werden durch den elektromagnetischen Blitzimpuls (LEMP) aufgrund von:

- a) leitungsgeführten und induzierten Stoßwellen, die über die Anschlussleitungen in die Geräte übertragen werden;
- b) Auswirkungen direkt in die Geräte eingestrahelter elektromagnetischer Felder.

Stoßwellen in der baulichen Anlage können außerhalb oder innerhalb der baulichen Anlage erzeugt werden:

- äußere Stoßwellen für die bauliche Anlage werden durch Blitzeinschläge in eingeführte Leitungen oder in die Erde neben den Leitungen erzeugt und über diese Leitungen an die elektrischen und elektronischen Systeme übertragen;
- innere Stoßwellen für die bauliche Anlage werden durch Blitzeinschläge in die bauliche Anlage oder in die Erde neben der baulichen Anlage erzeugt.

ANMERKUNG Innere Stoßwellen für die bauliche Anlage können auch durch Schaltvorgänge, z. B. durch Schalten von induktiven Lasten, erzeugt werden.

Die Kopplung kann durch verschiedene Mechanismen entstehen:

- galvanische Kopplung (z. B. aufgrund des Stoßerdungswiderstands des Erdungssystems oder durch den Schirmwiderstand der Kabel);
- Magnetfeldkopplung (z. B. durch Schleifen in der Verkabelung der elektrischen und elektronischen Systeme oder durch Induktivitäten der Potentialausgleichsleiter);
- Kopplung durch elektrisches Feld (z. B. durch Stabantennen).

ANMERKUNG Die Kopplung durch das elektrische Feld ist im Allgemeinen klein im Vergleich zur Kopplung durch das magnetische Feld und kann vernachlässigt werden.

Abgestrahlte elektromagnetische Felder können erzeugt werden von:

- dem im Blitzkanal fließenden Blitzstrom;
- in Leitern fließenden anteiligen Blitzströmen (z. B. in Ableitern eines äußeren Blitzschutzsystems nach IEC 62305-3 oder in einer äußeren räumlichen Schirmung nach IEC 62305-4).

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 62305 liefert Angaben für Planung, Installation, Inspektion, Instandhaltung und Prüfung von Schutzsystemen von elektrischen und elektronischen Einrichtungen (ESP), und für Schutzmaßnahmen, mit denen das Risiko bleibender Schäden durch elektromagnetische Blitzimpulse (LEMP) in baulichen Anlagen verringert werden kann.

Diese Norm behandelt nicht den Schutz gegen elektromagnetische Störungen durch Blitzeinschlag, die Fehlfunktionen elektronischer Systeme verursachen können. Die Angaben in Anhang A können jedoch auch verwendet werden, um derartige Störgrößen abzuschätzen. Schutzmaßnahmen gegen elektromagnetische Störungen werden in IEC 60364-4-44 und in der Reihe IEC 61000 [1]¹⁾ beschrieben.

Die vorliegende Norm enthält Leitlinien für die Zusammenarbeit des Planers der elektrischen und elektronischen Systeme mit dem Planer der Schutzmaßnahmen, um einen optimalen Schutz zu erzielen.

Diese Norm behandelt nicht den detaillierten Entwurf der elektrischen und elektronischen Systeme.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60364-4-44:2001, *Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

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

IEC 60664-1:2002, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

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

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

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

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

IEC 61643-1:2005, *Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Part 1: Performance requirements and testing methods*

IEC 61643-12:2002, *Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles*

IEC 61643-21:2000, *Low voltage surge protective devices – Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods*

IEC 61643-22:2004, *Low voltage surge protective devices – Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Selection and application principles*

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

¹⁾ Nummern in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

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

ITU-T Recommendation K.20:2003, *Resistibility of telecommunication equipment installed in a telecommunication centre to overvoltages and overcurrents*

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

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden sowie die in weiteren Teilen von IEC 62305 angegebenen Begriffe.

3.1

elektrisches System

System, das Niederspannungsbauteile für die elektrische Stromversorgung enthält

3.2

elektronisches System

System, das empfindliche elektronische Bauteile enthält, wie Kommunikationseinrichtungen, Rechner, Steuer- und Messsysteme, Funkanlagen, Anlagen der Leistungselektronik

3.3

inneres System

elektrische und elektronische Systeme in einer baulichen Anlage

3.4

Blitzschutz

LP

(en: lightning protection)

vollständiges System für den Schutz von baulichen Anlagen und/oder elektrischen und elektronischen Einrichtungen gegen die Auswirkungen von Blitzeinschlägen. Es besteht aus dem Blitzschutzsystem LPS und dem Schutzsystem von elektrischen und elektronischen Einrichtungen ESP

3.5

Blitzschutzsystem

LPS

(en: lightning protection system)

vollständiges System, das zur Verringerung physikalischer Schäden an einer baulichen Anlage durch direkte Blitzeinschläge angewendet wird

ANMERKUNG Es besteht sowohl aus dem äußeren als auch aus dem inneren Blitzschutzsystem.

3.6

elektromagnetischer Blitzimpuls

LEMP

(en: lightning electromagnetic impulse)

alle elektromagnetischen Auswirkungen des Blitzstroms die durch galvanische, induktive oder kapazitive Kopplung leitungsgeführte Stoßwellen und elektromagnetische Impulsfelder erzeugen

3.7

Stoßwelle

(en: surge)

durch LEMP verursachte transiente Welle, die als Überspannung und/oder Überstrom auftritt

3.8

Bemessungs-Stehstoßspannung

U_w

einem Betriebsmittel oder einem Teil davon vom Hersteller zugewiesene Stehstoßspannung, die das festgelegte Stehvermögen seiner Isolierung gegen Überspannungen charakterisiert

ANMERKUNG Für die Zwecke dieser Norm wird nur die Stehstoßspannung zwischen Leiter und Erde betrachtet.

3.9

Gefährdungspegel

LPL

(en: lightning protection level)

Zahlenwert, der auf einen Satz von Blitzstrom-Parameterwerten hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit bezogen wird, mit der zugehörige größte und kleinste Bemessungswerte bei natürlich auftretenden Blitzen nicht überschritten werden

ANMERKUNG Der Gefährdungspegel wird zur Auslegung von Schutzmaßnahmen entsprechend dem zutreffenden Satz der Blitzstromparameter verwendet.

3.10

Blitzschutzzone

LPZ

(en: lightning protection zone)

Zone, in der die elektromagnetische Umgebung hinsichtlich Blitzgefährdung festgelegt ist

ANMERKUNG Die Zonengrenzen einer LPZ sind nicht unbedingt physikalische Grenzen (z. B. Wände, Boden oder Decke).

3.11

Schutzsystem von elektrischen und elektronischen Einrichtungen

(en: electrical and electronic system protection)

ESP

Maßnahmen zur Verringerung des Risikos von Ausfällen elektrischer und elektronischer Einrichtungen durch LEMP

ANMERKUNG Dieses Schutzsystem ist Bestandteil des vollständigen Blitzschutzes LP.

3.12

gitterförmiger räumlicher Schirm

magnetischer Schirm, gekennzeichnet durch Öffnungen

ANMERKUNG Für ein Gebäude oder einen Raum besteht er vorzugsweise aus durchverbundenen, natürlichen metallenen Bauteilen der baulichen Anlage (z. B. Bewehrungsstäbe im Beton, metallene Rahmen und Träger).

3.13

Erdungsanlage

Teil des äußeren Blitzschutzes, der den Blitzstrom in die Erde ableitet und dort verteilt

3.14

Potentialausgleichsnetzwerk

Netzwerk, das alle leitfähigen Teile der baulichen Anlage und von inneren Systemen (spannungsführende Leiter ausgenommen) untereinander und mit dem Erdungssystem verbindet

3.15

Erdungssystem

gesamtes System, das die Erdungsanlage und das Potentialausgleichsnetzwerk umfasst

3.16

Überspannungsschutzgerät SPD

(en: surge protective device)

Gerät, das dazu bestimmt ist, transiente Überspannungen zu begrenzen und Stoßströme abzuleiten. Es enthält mindestens ein nichtlineares Bauelement.

3.17

mit I_{imp} geprüftes SPD

SPDs, die anteiligen Blitzströmen mit einer typischen Wellenform 10/350 standhalten müssen, erfordern einen entsprechenden Prüf-Stoßstrom I_{imp}

ANMERKUNG Für Stromversorgungsleitungen ist ein geeigneter Prüfstrom I_{imp} im Klasse-I-Prüfverfahren nach IEC 61643-1 definiert.

3.18

mit I_n geprüftes SPD

SPDs, die induzierten Stoßströmen mit einer typischen Wellenform 8/20 standhalten müssen, erfordern einen entsprechenden Prüf-Stoßstrom I_n

ANMERKUNG Für Stromversorgungsleitungen ist ein geeigneter Prüfstrom I_n im Klasse-II-Prüfverfahren nach IEC 61643-1 definiert.

3.19

mit einem kombinierten Stoß geprüftes SPD

SPDs, die induzierten Stoßströmen mit einer typischen Wellenform 8/20 standhalten müssen, erfordern einen entsprechenden Prüf-Stoßstrom I_{sc}

ANMERKUNG Für Stromversorgungsleitungen ist eine geeignete Kombinations-Prüfung im Klasse-III-Prüfverfahren nach IEC 61643-1 definiert, in der die Leerlaufstoßspannung U_{oc} 1,2/50 und der Kurzschlussstoßstrom I_{sc} 8/20 eines 2- Ω -Hybridgenerators festgelegt ist.

3.20

spannungsschaltendes SPD

SPD, das eine hohe Impedanz hat, wenn keine Stoßspannung anliegt, das aber mit einem plötzlichen Wechsel zu niedrigerer Impedanz auf eine Stoßspannung reagieren kann

ANMERKUNG 1 Typische Beispiele für Bauelemente solcher SPDs sind Funkenstrecken, Gasentladungsableiter (GDT), Thyristoren (gesteuerte Siliziumgleichrichter) und Triacs. Diese SPDs werden manchmal als Crowbar-Typ (Kurzschließer) bezeichnet.

ANMERKUNG 2 Ein spannungsschaltendes SPD hat eine diskontinuierliche Spannung-Strom-Kennlinie.

3.21

spannungsbegrenzendes SPD

SPD, das eine hohe Impedanz hat, wenn keine Stoßspannung anliegt, das aber seine Impedanz mit steigenden Werten von Stoßstrom und Stoßspannung kontinuierlich verringert

ANMERKUNG 1 Typische Beispiele für Bauelemente solcher SPDs sind Varistoren und Suppressordioden. Diese SPDs werden manchmal als Clamping-Typ (Begrenzer) bezeichnet.

ANMERKUNG 2 Ein spannungsbegrenzendes SPD hat eine kontinuierliche Spannung-Strom-Kennlinie.

3.22

kombiniertes SPD

SPD, das sowohl spannungsschaltende als auch spannungsbegrenzende Bauelemente beinhaltet. Abhängig von der angelegten Spannung kann es spannungsschaltendes, spannungsbegrenzendes oder beiderlei Verhalten aufweisen.

3.23

koordiniertes SPD-System

SPDs, die fachgerecht ausgewählt, koordiniert und installiert werden, um ein System zu bilden, das Ausfälle von elektrischen und elektronischen Systemen verringert

3.24

isolierende Schnittstellen

Geräte, die Stoßwellen auf Leitungen, die in eine LPZ eintreten, vermindern können. Solche Geräte umfassen: Isoliertransformatoren mit geerdetem Schirm zwischen den Wicklungen, metallfreie Lichtwellenleiter und Optokoppler

ANMERKUNG Die Isolationsfestigkeit dieser Vorrichtungen muss dieser Anwendung entsprechen.

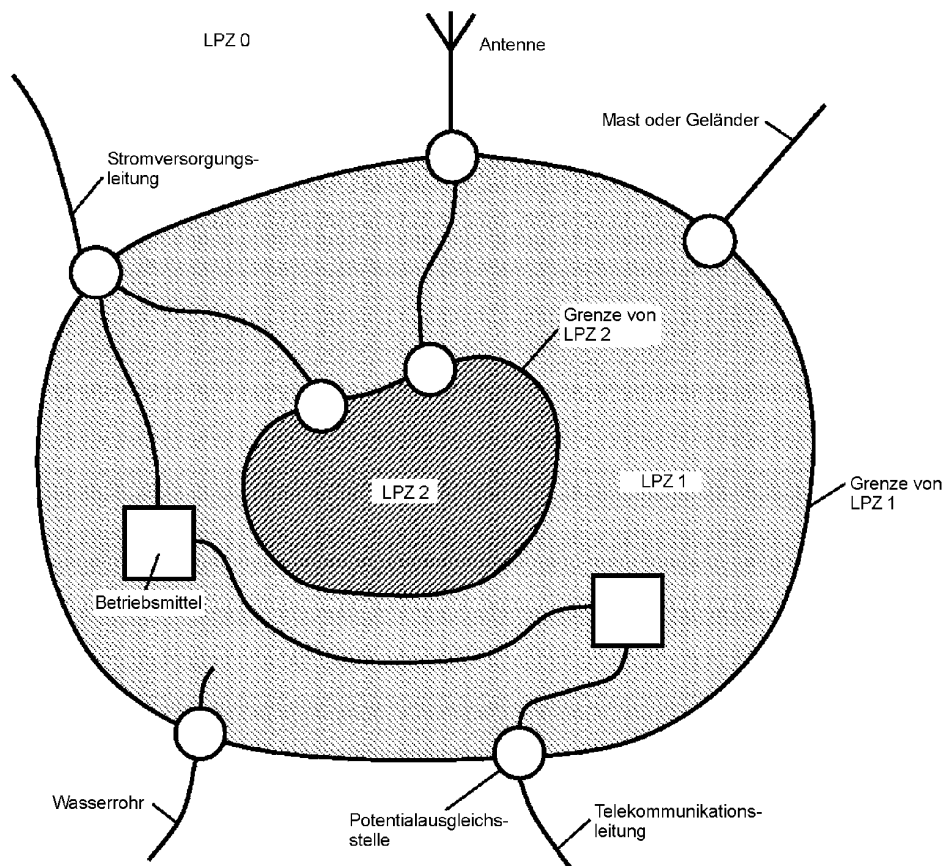
4 Planung und Installation von Schutzmaßnahmen für ESP

4.1 Allgemeines

Elektrische und elektronische Systeme sind durch elektromagnetische Blitzimpulse (LEMP) gefährdet. Aus diesem Grund ist ein ESP zur Vermeidung von Ausfällen innerer Systeme vorzusehen.

Die Planung der ESP Schutzmaßnahmen sollte von Blitzschutz- und Überspannungsschutz-Fachkräften ausgeführt werden, die auch über umfassende Kenntnisse der EMV und über Installationspraxis verfügen.

Der Schutz gegen LEMP beruht auf dem Blitzschutzzonen(LPZ)-Konzept: der Bereich, der die zu schützenden Systeme enthält, ist in LPZs einzuteilen. Diese Zonen sind theoretisch festgelegte räumliche Bereiche (oder Bereiche von inneren Systemen), in denen der LEMP-Bedrohungspegel mit dem Störfestigkeitspegel der inneren Systeme verträglich ist (siehe Bild 1). Aufeinanderfolgende Zonen sind durch deutliche Änderungen des LEMP-Bedrohungspegels gekennzeichnet. Die Grenze einer LPZ wird durch die angewandten Schutzmaßnahmen bestimmt (siehe Bild 2).



- Potentialausgleich von eingeführten Versorgungsleitungen direkt oder durch geeignete SPD

ANMERKUNG Dieses Bild zeigt ein Beispiel für die Einteilung einer baulichen Anlage in innere LPZ. Für alle metallenen Versorgungsleitungen, die in die bauliche Anlage eingeführt sind, erfolgt der Potentialausgleich über Potentialausgleichsschienen an den Grenzen von LPZ 1. Zusätzlich erfolgt für metallene Versorgungsleitungen, die in LPZ 2 eingeführt sind (z. B. Rechnerraum), ein Potentialausgleich über Potentialausgleichsschienen an der Grenze von LPZ 2.

Bild 1 – Allgemeines Prinzip für die Einteilung in verschiedene LPZs

— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
 FprEN 62305-4:2009

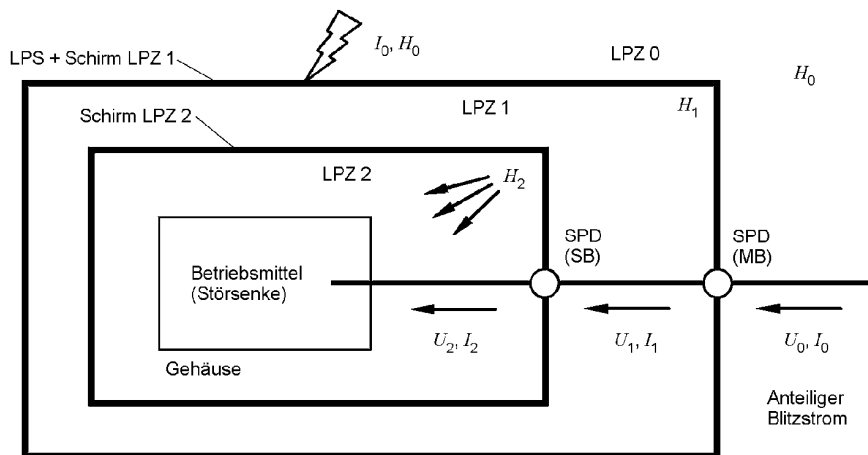


Bild 2a – ESP mit räumlichen Schirmen und einem koordinierten SPD-System – Die Betriebsmittel sind gut geschützt gegen leitungsgeführte Stoßwellen ($U_2 \ll U_0$ und $I_2 \ll I_0$) sowie gegen abgestrahlte magnetische Felder ($H_2 \ll H_0$)

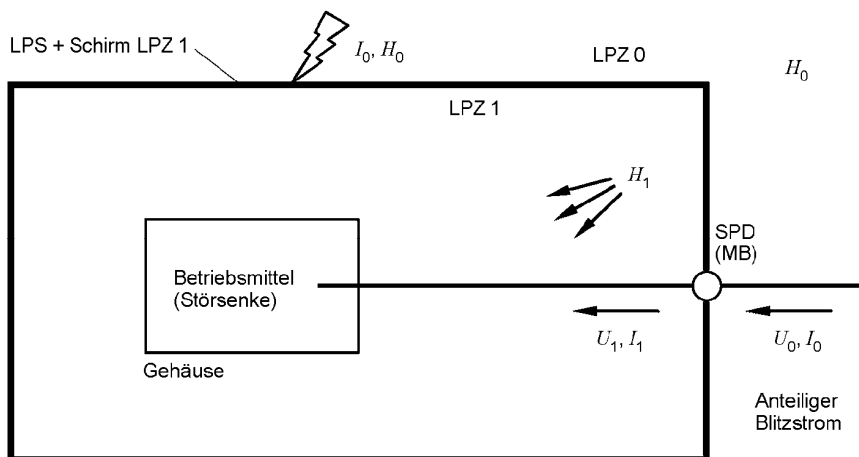


Bild 2b – ESP mit räumlichem Schirm von LPZ 1 und mit Überspannungsschutz am Eintritt in LPZ 1 – Die Betriebsmittel sind geschützt gegen leitungsgeführte Stoßwellen ($U_1 < U_0$ und $I_1 < I_0$) sowie gegen abgestrahlte magnetische Felder ($H_1 < H_0$)

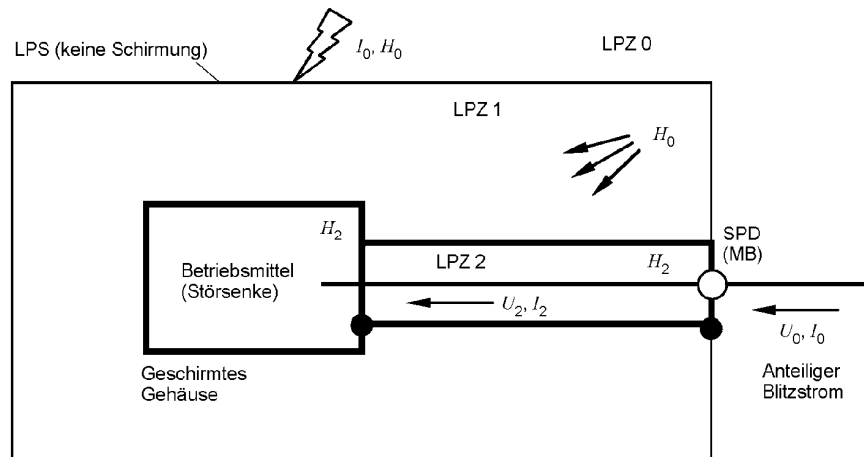


Bild 2c – ESP mit geschirmten Leitungen und Geräten innen und mit Überspannungsschutz am Eintritt in LPZ 1 – Die Betriebsmittel sind geschützt gegen leitungsgeführte Stoßwellen ($U_2 < U_0$ und $I_2 < I_0$) sowie gegen abgestrahlte magnetische Felder ($H_2 < H_0$)

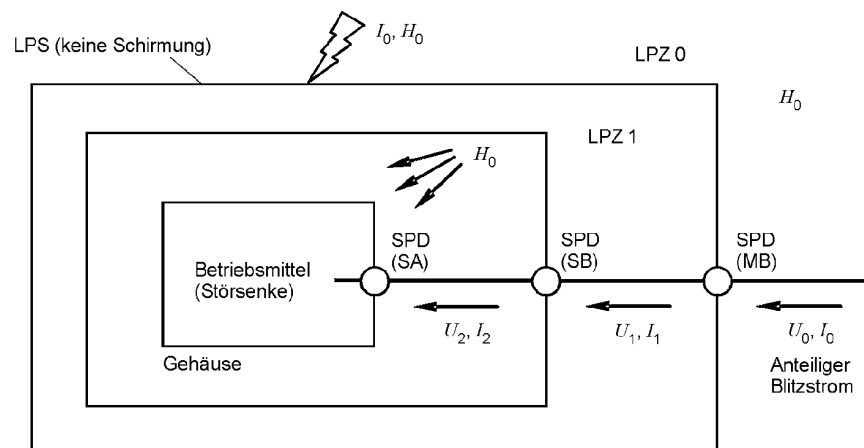


Bild 2d – ESP nur mit einem koordinierten SPD-System – Die Betriebsmittel sind geschützt gegen leitungsgeführte Stoßwellen ($U_2 \ll U_0$ und $I_2 \ll I_0$), aber nicht gegen das abgestrahlte magnetische Feld (H_0)

- Geschirmte Grenze
- Nicht geschirmte Grenze

ANMERKUNG 1 SPDs können an den folgenden Punkten eingebaut werden:

- an der Grenze von LPZ 1 (z. B. im Hauptverteiler MB);
- an der Grenze von LPZ 2 (z. B. im Unterverteiler SB);
- an oder nahe an den Geräten (z. B. an der Steckdose SA).

ANMERKUNG 2 Für genaue Installationsregeln siehe auch IEC 60364-5-53.

Bild 2 – Schutz gegen LEMP – Beispiele für mögliche LEMP-Schutzsysteme (ESP)

Dauerhafte Ausfälle von elektrischen und elektronischen Systemen durch LEMP können verursacht werden durch:

- leitungsgeführte und induzierte Stoßwellen, die durch die Verkabelung zu den Betriebsmitteln übertragen werden;
- Wirkungen der abgestrahlten elektromagnetischen Felder, die direkt in die Betriebsmittel eindringen.

Für den Schutz gegen die Wirkungen von direkt in die Betriebsmittel eingestrahlten elektromagnetischen Feldern sollte ein ESP verwendet werden, das aus räumlichen Schirmen und/oder geschirmten Leitungen zusammen mit geschirmten Betriebsmittel-Gehäusen besteht.

Für den Schutz gegen die Wirkungen von leitungsgeführten und induzierten Stoßwellen, die durch die Verkabelung zu den Betriebsmitteln übertragen werden, sollte ein ESP bestehend aus einem koordinierten SPD-System verwendet werden.

Ausfälle durch direkt in die Betriebsmittel eingestrahlte elektromagnetische Felder können vernachlässigt werden, wenn die Betriebsmittel die entsprechenden EMV-Produktnormen für die Abstrahlung von und die Störfestigkeit gegen Hochfrequenz erfüllen.

Im Allgemeinen erfüllen die Betriebsmittel die entsprechenden EMV-Produktnormen, so dass ein ESP bestehend aus einem koordinierten SPD-System üblicherweise ausreicht, diese Betriebsmittel gegen die Wirkungen des LEMP zu schützen.

Für Betriebsmittel, die die entsprechenden EMV-Produktnormen nicht erfüllen, ist ein ESP bestehend aus einem koordinierten SPD-System allein nicht ausreichend, diese Betriebsmittel gegen die Wirkungen des LEMP zu schützen. Für diesen Fall bietet Anhang A weitere Informationen, wie wie der beste Schutz gegen direkt eingestrahlte elektromagnetische Felder erreicht werden kann. Die Störfestigkeit der Betriebsmittel gegen eingestrahlte magnetische Felder ist nach IEC 61000-4-9 and IEC 61000-4-10 auszuwählen.

Soweit bei speziellen Anwendungen nötig, kann eine Prüfung im Labor auf Systemebene durchgeführt werden, die die SPD(s), die Verkabelung und die betroffenen Betriebsmittel einschließt, um so die Koordination der Festigkeiten zu prüfen.

4.2 Auslegung eines ESP

Ein ESP kann für den Schutz von Betriebsmitteln gegen Stoßwellen und gegen elektromagnetische Felder ausgelegt werden. Bild 2 zeigt Beispiele:

- Ein ESP mit räumlichen Schirmen und mit einem koordinierten SPD-System schützt gegen abgestrahlte magnetische Felder sowie gegen leitungsgeführte Stoßwellen (siehe Bild 2a). Hintereinandergeschaltete räumliche Schirme und koordinierte SPD-Systeme können magnetisches Feld und Stoßwellen auf kleinere Bedrohungspegel reduzieren.
- Ein ESP mit einem räumlichen Schirm von LPZ 1 und mit einem Überspannungsschutz am Eintritt in LPZ 1 kann Betriebsmittel gegen abgestrahlte magnetische Felder sowie gegen leitungsgeführte Stoßwellen schützen (siehe Bild 2b).

ANMERKUNG 1 Der Schutz ist nicht ausreichend, wenn das magnetische Feld zu hoch bleibt (durch zu geringe Schirmung von LPZ 1) oder wenn die Stoßwellen-Amplitude zu hoch bleibt (durch einen hohen Schutzpegel der SPDs und durch Induktionswirkungen auf die Verkabelung hinter den SPDs).

- Ein ESP mit geschirmten Leitungen, kombiniert mit Betriebsmitteln in Schirmgehäusen, schützt gegen abgestrahlte magnetische Felder. Die SPDs am Eintritt in LPZ 1 schützen gegen leitungsgeführte Stoßwellen (siehe Bild 2c). Um einen niedrigeren Bedrohungspegel zu erreichen (in einem Schritt von LPZ 0 nach LPZ 2), können spezielle SPDs nötig sein (z. B. mit weiteren, koordinierten inneren Stufen).
- Ein ESP nur mit einem koordinierten SPD-System kann nur Betriebsmittel schützen, die unempfindlich gegen abgestrahlte magnetische Felder sind, weil die SPDs nur gegen leitungsgeführte Stoßwellen Schutz bieten (siehe Bild 2d). Mit koordinierten SPDs kann ein niedrigerer Bedrohungspegel erreicht werden.

ANMERKUNG 2 Lösungen nach Bildern 2a bis 2c werden insbesondere für Betriebsmittel empfohlen, die entsprechende EMV-Produktnormen nicht erfüllen.

ANMERKUNG 3 Ein LPS nach IEC 62305-3, das nur den Blitzschutz-Potentialausgleich durch SPDs aufweist, bietet keinen wirksamen Schutz gegen Ausfälle empfindlicher elektrischer und elektronischer Systeme. Das LPS kann aufgerüstet werden durch Verringerung der Maschenweiten und durch die Wahl geeigneter SPDs, wodurch es zu einem wirksamen Teil eines ESP gemacht werden kann.

4.3 Blitzschutzzonen (LPZ)

Abhängig von der Art der Blitzbedrohung sind folgende LPZ definiert (siehe IEC 62305-1):

Äußere Zonen:

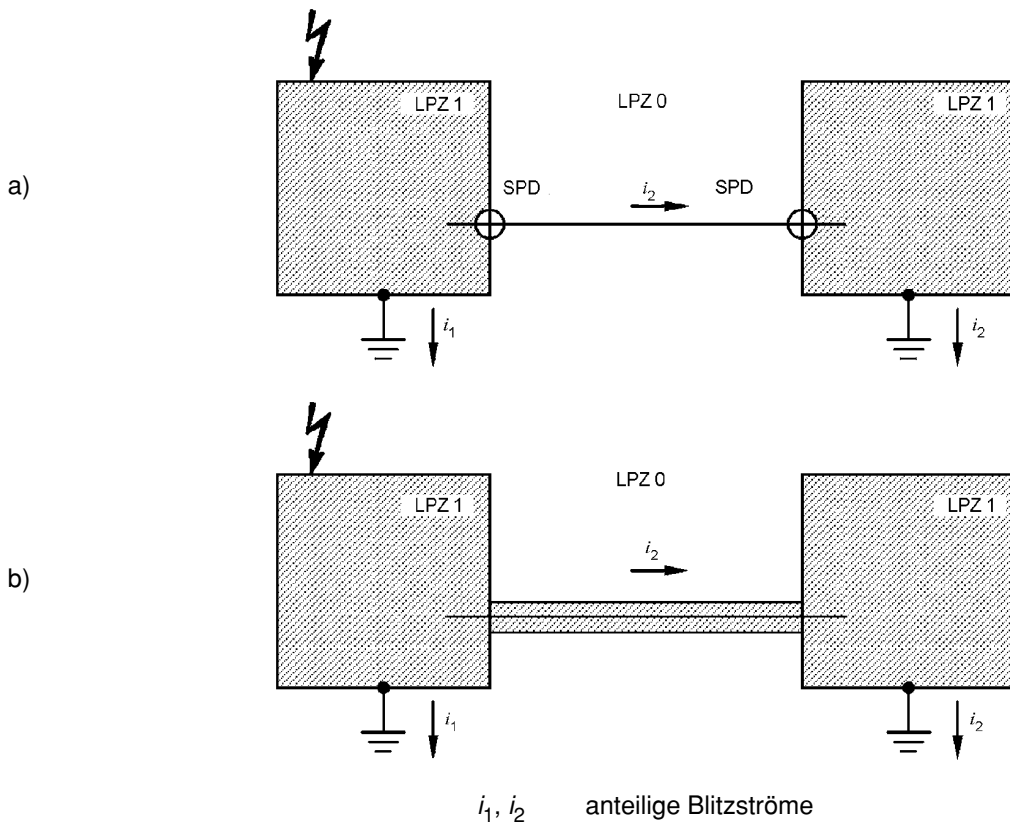
- LPZ 0 Zone, die durch das ungedämpfte elektromagnetische Feld des Blitzes gefährdet ist, und in der die inneren Systeme dem vollen oder anteiligen Blitzstrom ausgesetzt sein können. LPZ 0 wird unterteilt in:
- LPZ 0_A Zone, die durch direkte Blitzeinschläge und das volle elektromagnetische Feld des Blitzes gefährdet ist. Die inneren Systeme können dem vollen Blitzstrom ausgesetzt sein.
- LPZ 0_B Zone, die gegen direkte Blitzeinschläge geschützt, aber durch das volle elektromagnetische Feld des Blitzes gefährdet ist. Die inneren Systeme können anteiligen Blitzströmen ausgesetzt sein.

Innere Zonen: (Geschützt gegen direkte Blitzeinschläge)

- LPZ 1 Zone, in der Stoßströme durch Stromaufteilung und durch SPDs an den Zonengrenzen begrenzt werden. Das elektromagnetische Feld des Blitzes kann durch räumliche Schirmung gedämpft sein.
- LPZ 2 ... n Zone, in der Stoßströme durch Stromaufteilung und durch zusätzliche SPDs an den Zonengrenzen weiter begrenzt werden können. Das elektromagnetische Feld des Blitzes kann durch zusätzliche räumliche Schirmung weiter gedämpft sein.

Die LPZ werden eingerichtet durch die Installation des ESP, z. B. durch Installation eines koordinierten SPD-Systems und/oder von magnetischen Schirmen (siehe Bild 2). In Abhängigkeit von Anzahl, Art und Festigkeit der zu schützenden Betriebsmittel können geeignete LPZs festgelegt werden. Das können kleine lokale Zonen (z. B. Gehäuse von Betriebsmitteln) oder große umfassende Zonen (z. B. das Gesamtvolumen der baulichen Anlage) (siehe Bild B.2) sein.

Die Verbindung von LPZ der gleichen Art kann entweder erforderlich sein, wenn zwei getrennte bauliche Anlagen durch elektrische oder Signalleitungen verbunden sind oder die Anzahl erforderlicher SPDs verringert werden soll (siehe Bild 3).

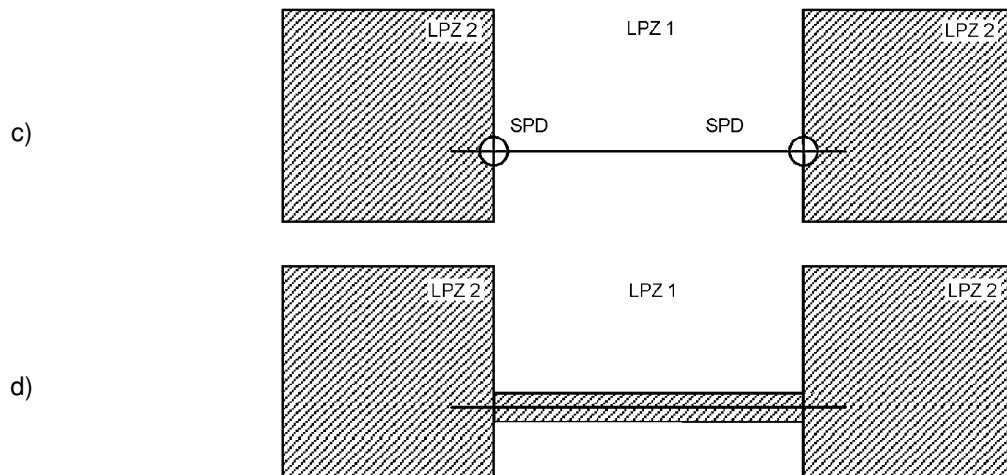


ANMERKUNG 1 Bild 3a zeigt zwei LPZs 1, die mit Stromversorgungs- oder Signal-Leitungen miteinander verbunden sind. Besondere Sorgfalt ist notwendig, wenn beide LPZs 1 getrennte bauliche Anlagen mit getrennten Erdungssystemen darstellen, die einige zehn oder hundert Meter voneinander entfernt sind. In diesem Fall kann ein großer Teil des Blitzstroms entlang der Verbindungsleitungen fließen, die nicht geschützt sind.

Bild 3a – Verbindung von zwei LPZs 1 mit SPDs

ANMERKUNG 2 Bild 3b zeigt, dass dieses Problem mit geschirmten Leitungen oder geschirmten Kabelkanälen bei der Verbindung beider LPZs 1 gelöst werden kann, vorausgesetzt, die Schirme können den anteiligen Blitzstrom führen. Die SPDs können entfallen, wenn der Spannungsfall entlang des Schirms nicht zu groß ist.

Bild 3b – Verbindung von zwei LPZs 1 mit geschirmten Kabeln oder geschirmten Kabelkanälen



ANMERKUNG 3 Bild 3c zeigt zwei LPZs 2, die mit Stromversorgungs- oder Signalleitungen miteinander verbunden sind. Da die Leitungen dem Bedrohungspegel der LPZ 1 ausgesetzt sind, sind SPDs an den Einführungsstellen in jede LPZ 2 erforderlich.

ANMERKUNG 4 Bild 3d zeigt, dass derartige Störungen vermieden werden und die SPDs entfallen können, wenn geschirmte Leitungen oder geschirmte Kabelkanäle für die Verbindung beider LPZs 2 verwendet werden.

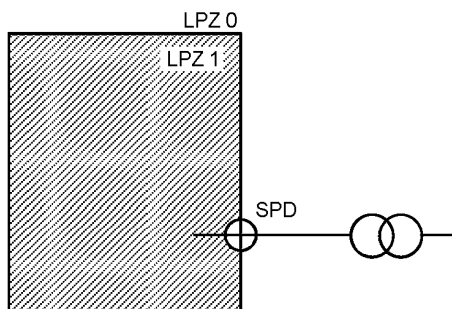
Bild 3c – Verbindung von zwei LPZs 2 mit SPDs

Bild 3d – Verbindung von zwei LPZs 2 mit geschirmten Kabeln oder geschirmten Kabelkanälen

Bild 3 – Beispiele für miteinander verbundene LPZs

Die Ausstülpung einer LPZ in den Bereich einer anderen LPZ kann in speziellen Fällen nötig werden oder kann dazu verwendet werden, um die erforderliche Anzahl von SPDs zu verringern (siehe Bild 4).

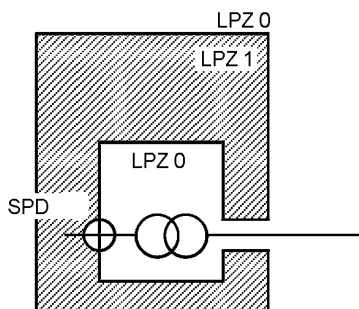
Ausführliche Angaben zur Bestimmung der elektromagnetischen Umgebung in einer LPZ enthält Anhang A.



a)

ANMERKUNG 1 Bild 4a zeigt eine bauliche Anlage, die von einem Transformator gespeist wird. Wenn sich der Transformator außerhalb der baulichen Anlage befindet, brauchen nur die in die bauliche Anlage eingeführten Niederspannungsleitungen durch SPDs geschützt zu werden.

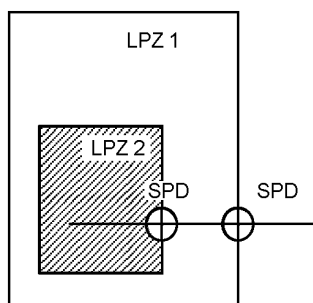
Bild 4a – Transformator außerhalb der baulichen Anlage



b)

ANMERKUNG 2 Wenn der Transformator innerhalb der baulichen Anlage angeordnet werden sollte, ist es dem Eigentümer des Gebäudes oftmals nicht gestattet, Schutzmaßnahmen auf der Hochspannungsseite des Transformators vorzusehen. Bild 4b zeigt, dass dieses Problem mit der Einstülpung der LPZ 0 in LPZ 1 gelöst werden kann, was wieder nur SPDs an der Niederspannungsseite erforderlich macht.

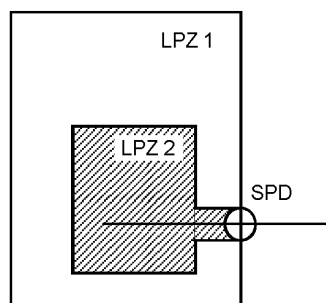
Bild 4b – Transformator innerhalb der baulichen Anlage (LPZ 0 eingestülpt in LPZ 1)



c)

ANMERKUNG 3 Bild 4c zeigt eine LPZ 2, die von einer Stromversorgungs- oder Signalleitung gespeist wird. Diese Leitung erfordert zwei koordinierte SPDs: ein SPD an der Grenze der LPZs 0/1, das andere SPD an der Grenze der LPZs 1/2.

**Bild 4c – Zwei koordinierte SPDs sind nötig:
SPD (zwischen LPZs 0/1) und
SPD (zwischen LPZs 1/2)**



d)

ANMERKUNG 4 Bild 4d zeigt, dass die Leitung unmittelbar in LPZ 2 eingeführt werden kann und nur ein SPD erforderlich ist, wenn LPZ 2 in LPZ 1 ausgestülpt wird, indem geschirmte Kabel oder geschirmte Kabelkanäle verwendet werden. Jedoch muss dieses SPD die Bedrohungspegel unmittelbar auf den Wert von LPZ 2 verringern.

**Bild 4d – Nur ein SPD (0/1/2) ist nötig:
SPD (zwischen LPZs 0/2)
(LPZ 2 ausgestülpt in LPZ 1)**

Bild 4 – Beispiele für ein- oder ausgestülpte Blitzschutzzonen

4.4 Grundlegende Schutzmaßnahmen in einem ESP

Die grundlegenden Schutzmaßnahmen gegen LEMP umfassen:

– **Erdung und Potentialausgleich (siehe 5)**

Das Erdungssystem soll den Blitzstrom ableiten und in die Erde verteilen.

Das Potentialausgleichsnetzwerk minimiert Potentialunterschiede und kann das magnetische Feld verringern.

– **Magnetische Schirmung und Leitungsführung (siehe 6)**

Räumliche Schirmung dämpft das magnetische Feld innerhalb der LPZ, das durch Blitzeinschläge in die oder neben der baulichen Anlage verursacht wird, und verringert innere Stoßwellen.

Schirmung innerer Leitungen mit geschirmten Kabeln oder Kabelkanälen minimiert innere Stoßwellen, die in die Installation induziert werden.

Die Leitungsführung von inneren Leitungen kann Induktionsschleifen minimieren und innere Stoßwellen verringern.

ANMERKUNG 1 Räumliche Schirmung, Schirmung und Leitungsführung von inneren Leitungen können kombiniert oder einzeln angewendet werden.

Die Schirmung von äußeren Leitungen, die in die bauliche Anlage eingeführt werden, verringert äußere Stoßwellen, die an die inneren Systeme geleitet werden.

– **Koordiniertes SPD-System (siehe 7)**

Ein koordiniertes SPD-System begrenzt die Wirkung von äußeren und inneren Stoßwellen.

– **Isolierende Schnittstellen (siehe 8)**

Isolierende Schnittstellen begrenzen die Wirkung von leitungsgeführten Stoßwellen auf Leitungen, die in die bauliche Anlage eingeführt werden.

Erdung und Potentialausgleich sollten immer sichergestellt werden, besonders der Potentialausgleich jeder leitfähigen Versorgungsleitung an der Einführungsstelle in die bauliche Anlage, direkt oder über ein SPD des Blitzschutzpotentialausgleichs.

Andere ESP-Schutzmaßnahmen dürfen einzeln oder in Kombination angewendet werden.

ESP-Schutzmaßnahmen müssen den am Installationsort zu erwartenden Beanspruchungen standhalten (z. B. durch Temperatur, Luftfeuchte, korrosive Atmosphäre, Schwingungen, Spannung und Strom).

Die Auswahl der am besten geeigneten ESP-Schutzmaßnahmen muss durch eine Risikoanalyse nach IEC 62305-2 unter Berücksichtigung von technischen und wirtschaftlichen Faktoren erfolgen.

Angaben für die praktische Umsetzung von ESP-Schutzmaßnahmen für elektronische Systeme in bestehenden baulichen Anlagen enthält Anhang B.

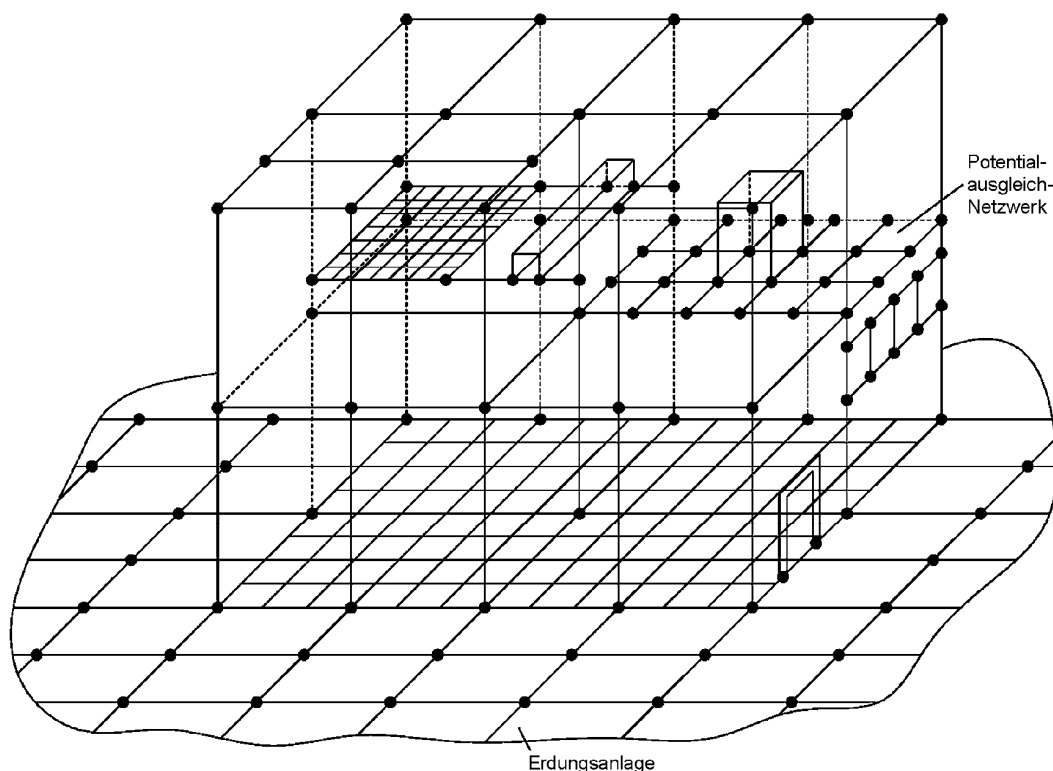
ANMERKUNG 2 Ein Blitzschutzpotentialausgleich (EB) nach IEC 62305-3 schützt nur gegen gefährliche Funkenbildung. Der Schutz von inneren Systemen gegen Stoßwellen erfordert ein koordiniertes SPD-System nach dieser Norm.

ANMERKUNG 3 Weitere Angaben für die Umsetzung von ESP-Schutzmaßnahmen findet man in IEC 60364-4-44.

5 Erdung und Potentialausgleich

Geeignete Erdung und geeigneter Potentialausgleich beruhen auf einem vollständigen Erdungssystem (siehe Bild 5), welches

- die Erdungsanlage (Verteilung des Blitzstroms in die Erde); und
- das Potentialausgleichsnetzwerk (Minimierung von Potentialunterschieden und Verringerung des magnetischen Feldes) umfasst.



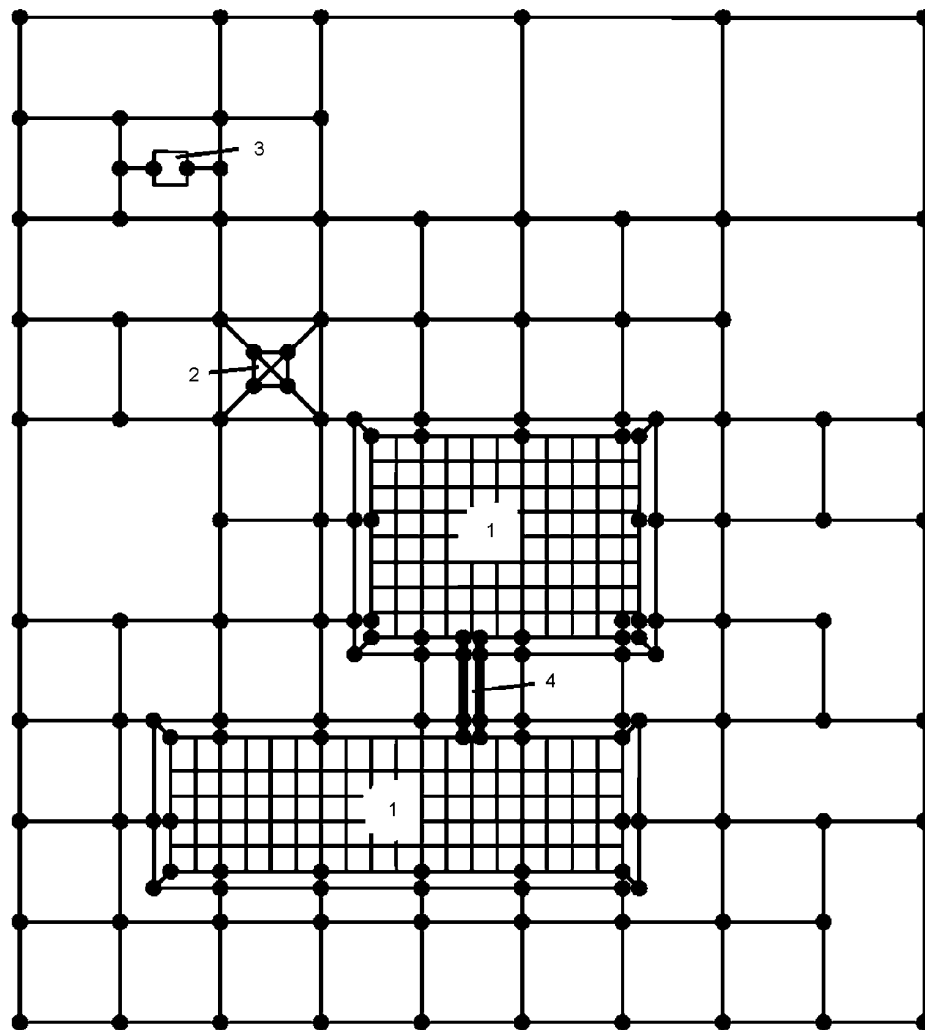
ANMERKUNG Alle eingezeichneten Verbindungen sind entweder metallene Elemente des Potentialausgleichs der baulichen Anlage oder Potentialausgleichsverbindungen. Einige von ihnen können auch zum Einfangen, Ableiten und Verteilen des Blitzstroms in die Erde dienen.

Bild 5 – Beispiel eines dreidimensionalen Erdungssystems, das durch die Verbindung des Potentialausgleichsnetzwerks mit der Erdungsanlage entsteht

5.1 Erdungsanlage

Die Erdungsanlage der baulichen Anlage muss IEC 62305-3 entsprechen. In baulichen Anlagen, in denen nur elektrische Systeme vorgesehen sind, darf eine Erdungsanordnung Typ A angewendet werden, wobei jedoch eine Erdungsanordnung Typ B vorzuziehen ist. In baulichen Anlagen mit elektronischen Systemen wird eine Erdungsanordnung Typ B empfohlen.

Der Ringerder um die bauliche Anlage herum oder der Ringerder im Beton an der Umgrenzung des Fundaments sollte in ein vermaschtes Netz unter und um die bauliche Anlage herum eingebunden sein, dessen Maschenweite üblicherweise 5 m beträgt. Dadurch wird die Wirksamkeit der Erdungsanlage stark verbessert. Wenn die Betonbewehrung im Fußboden des Kellergeschosses der baulichen Anlage ein gut durchverbundenes Gitter bildet und mit der Erdungsanlage üblicherweise alle 5 m verbunden ist, erfüllt sie ebenfalls diese Funktion. Ein Beispiel einer vermaschten Erdungsanlage eines Fabrikgeländes ist in Bild 6 dargestellt.



Legende

- 1 Gebäude mit vermaschtem Netzwerk in der Bewehrung
- 2 Turm innerhalb des Geländes
- 3 Freistehende Einrichtung
- 4 Kabeltrasse

Bild 6 – Vermaschte Erdungsanlage eines Fabrikgeländes

Zur Verringerung von Potentialunterschieden zwischen zwei inneren Systemen, die mit getrennten Erdungssystemen verbunden sind, können die folgenden Methoden verwendet werden:

- mehrere parallele Potentialausgleichsleiter, verlegt in derselben Route wie die elektrischen Leitungen, oder Führung der Kabel in gitterförmig bewehrten Betonkanälen (oder in durchverbundenen metallenen Kabelkanälen), die in beide Erdungssysteme integriert sind;
- geschirmte Kabel mit einem Schirm ausreichender Dicke, der an beiden Enden mit den getrennten Erdungssystemen verbunden ist.

5.2 Potentialausgleich-Netzwerk

Zur Vermeidung gefährlicher Potentialunterschiede zwischen allen Betriebsmitteln in der inneren LPZ ist ein Potentialausgleich-Netzwerk mit niedriger Impedanz erforderlich. Ein derartiges Potentialausgleich-Netzwerk verringert auch das magnetische Feld (siehe Anhang A).

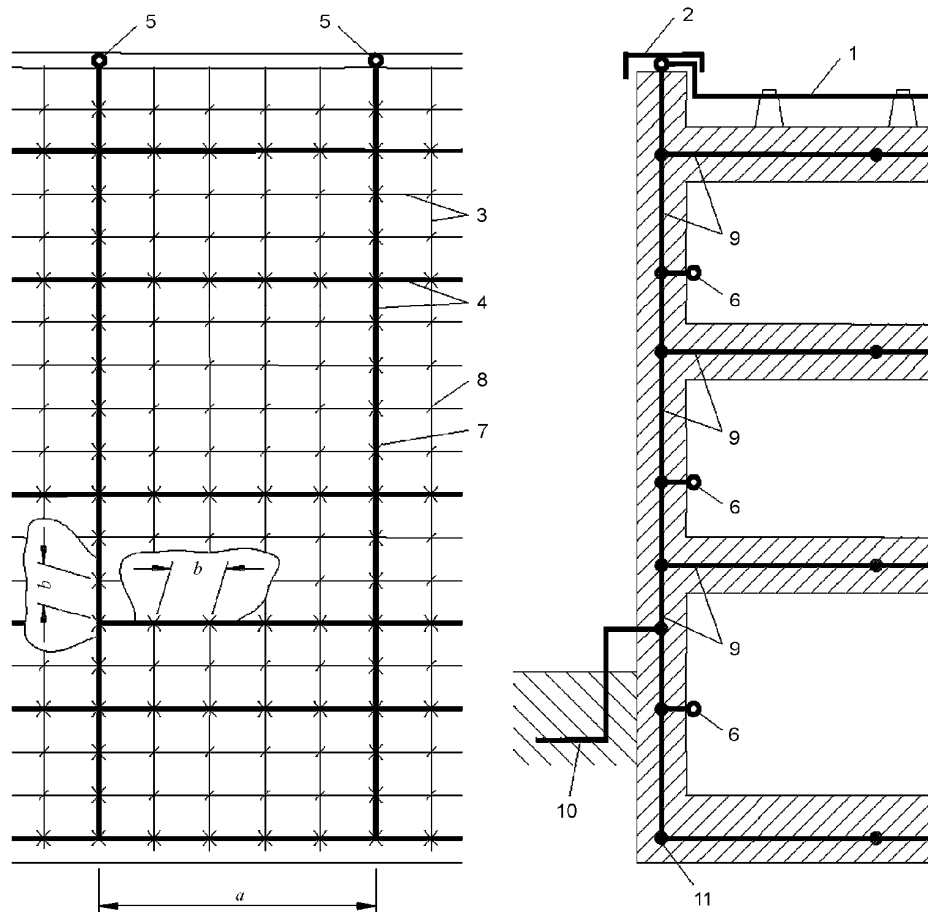
— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
FprEN 62305-4:2009

Dies kann durch ein vermaschtes Potentialausgleich-Netzwerk erreicht werden, in das alle leitfähigen Teile der baulichen Anlage und des inneren Systems einbezogen sind und in dem alle metallenen Teile oder leitfähigen Versorgungsleitungen an den Grenzen jeder LPZ direkt oder durch geeignete SPDs verbunden werden.

Es kann als dreidimensionales vermaschtes Potentialausgleich-Netzwerk mit einer typischen Maschenweite von 5 m aufgebaut werden (siehe Bild 5). Dies erfordert die vielfache Verbindung aller metallenen Teile in und an der baulichen Anlage (wie Betonbewehrung, Aufzugschienen, Krane, metallene Dächer, Metallfassaden, metallene Rahmen von Fenstern und Türen, metallene Bodenrahmen, Versorgungsleitungen und Kabeltrassen). Die Potentialausgleichsschienen (z. B. Ringpotentialausgleichsschienen, mehrere Potentialausgleichsschienen in unterschiedlichen Ebenen der baulichen Anlage) und die magnetischen Schirme der LPZ müssen in der gleichen Weise integriert werden.

Beispiele für Potentialausgleichsnetzwerke werden in den Bildern 7 und 8 dargestellt.



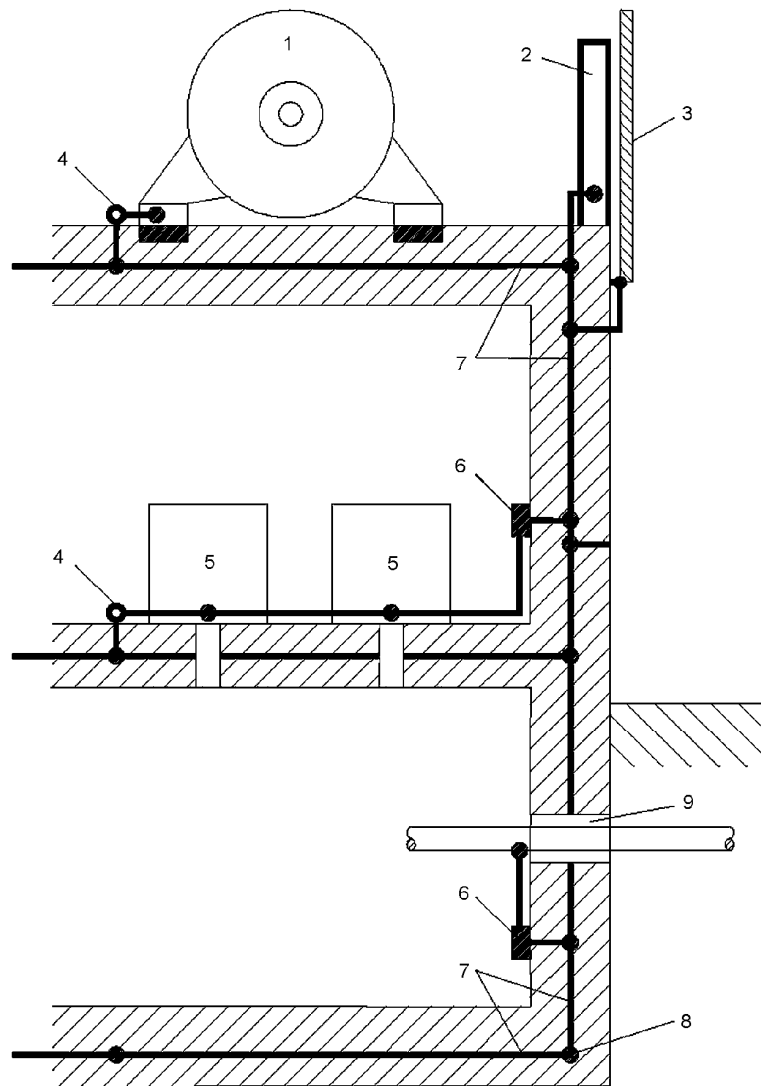
Legende

- 1 Leiter der Fangeinrichtung
- 2 metallene Abdeckung der Dachbrüstung
- 3 Bewehrungsstäbe aus Stahl
- 4 der Bewehrung überlagertes Maschengitter
- 5 Anschluss an das Gitter
- 6 Anschluss für eine interne Potentialausgleichsschiene
- 7 Verbindung durch Schweißen oder Klemmen
- 8 willkürliche Verbindung
- 9 Stahlbewehrung im Beton (mit überlagertem Maschengitter)
- 10 Ringerder (soweit vorhanden)
- 11 Fundamenterder
- a* typischer Abstand von 5 m im überlagerten Maschengitter
- b* typischer Abstand von 1 m für Verbindungen dieses Gitters mit der Bewehrung

Bild 7 – Verwendung der Bewehrungsstäbe einer baulichen Anlage für den Potentialausgleich

— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
FprEN 62305-4:2009

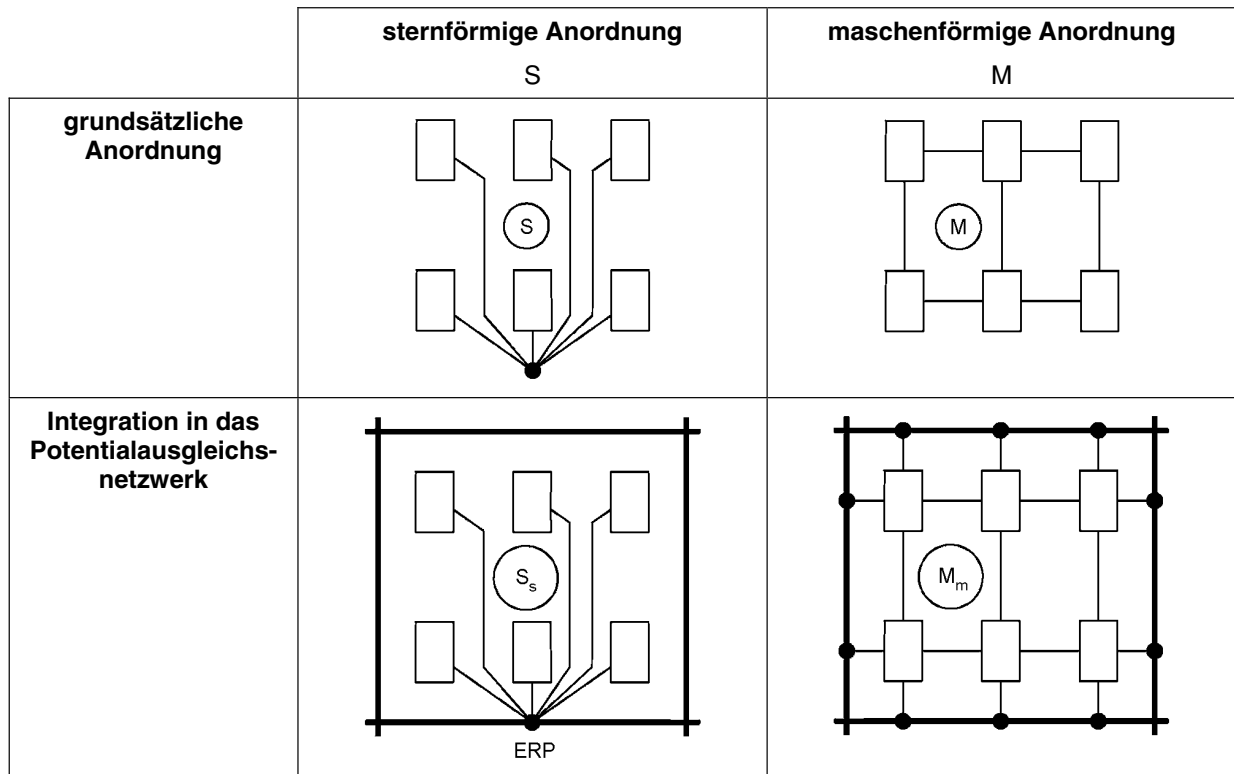


Legende

- 1 Geräte der elektrischen Stromversorgung
- 2 Stahlträger
- 3 metallene Verkleidung der Fassade
- 4 Anschluss für den Potentialausgleich
- 5 elektrische oder elektronische Betriebsmittel
- 6 Potentialausgleichsschiene
- 7 Bewehrung im Beton (mit überlagertem Maschengitter)
- 8 Fundamenterder
- 9 gemeinsame Eintrittsstelle für verschiedene Versorgungsleitungen

Bild 8 – Potentialausgleich in einer baulichen Anlage unter Nutzung der Stahlbewehrung

Leitfähige Teile (z. B. Schränke, Gehäuse, Gestelle) und der Schutzleiter (PE) der inneren Systeme müssen entsprechend den folgenden Konfigurationen mit dem Potentialausgleichsnetzwerk verbunden werden (siehe Bild 9):



Legende

- Potentialausgleichsnetzwerk
- Potentialausgleichsleiter
- Betriebsmittel
- Anschlusspunkt an das Potentialausgleichsnetzwerk
- ERP Erdungsbezugspunkt
- S_s sternförmige Anordnung integriert über einen Sternpunkt
- M_m maschenförmige Anordnung integriert über ein Maschengitter

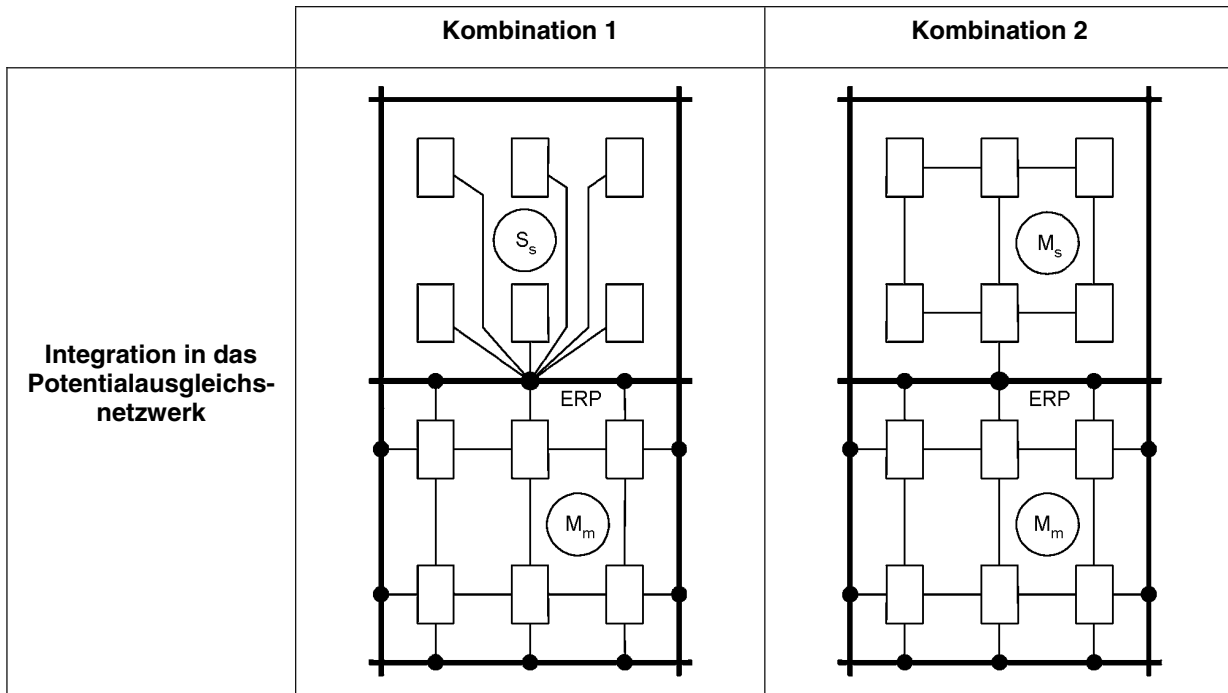
Bild 9 – Integration von elektronischen Systemen in das Potentialausgleichsnetzwerk

Wenn die Sternpunktanordnung S verwendet wird, müssen alle metallenen Komponenten (z. B. Schränke, Gehäuse, Gestelle) des elektrischen und elektronischen Systems gegen das Erdungssystem isoliert sein. Die Anordnung S darf nur durch eine einzige Potentialausgleichsschiene in das Erdungssystem integriert werden, die als Erdbezugspunkt (ERP) wirkt und wodurch sich die Anordnung S_s ergibt. Zur Vermeidung von Induktionsschleifen müssen bei der Anordnung S alle Leitungen zwischen den einzelnen Betriebsmitteln parallel zu und nahe den Potentialausgleichsleitern der Sternpunktanordnung verlaufen. Die Sternpunktanordnung S kann angewendet werden, wo sich die elektrischen und elektronischen Systeme in relativ kleinen Zonen befinden und alle Leitungen an nur einem Punkt in die Zone eingeführt sind.

Wenn die Maschenanordnung M verwendet wird, müssen die metallenen Teile (z. B. Schränke, Gehäuse, Gestelle) der elektrischen und elektronischen Systeme nicht gegen das Erdungssystem isoliert sein, sondern sie müssen an mehreren Potentialausgleichspunkten in das Erdungssystem integriert sein, wodurch sich die Anordnung M_m ergibt. Die Maschenanordnung M ist im Allgemeinen für elektrische und elektronische Systeme vorzuziehen, die sich über relativ große Zonen oder eine gesamte bauliche Anlage erstrecken, wo viele

Leitungen zwischen den einzelnen Betriebsmitteln verlaufen und wo die Leitungen an mehreren Stellen in die bauliche Anlage eingeführt sind.

In komplexen Systemen können die Vorteile der beiden Anordnungen (Sternpunktanordnung S_s und Maschenanordnung M) kombiniert werden, wie es in Bild 10 dargestellt ist, wodurch sich die Kombination 1 (S_s kombiniert mit M_m) oder die Kombination 2 (M_s kombiniert mit M_m) ergibt.



Legende

- Potentialausgleichsnetzwerk
- Potentialausgleichsleiter
- Betriebsmittel
- Anschlusspunkt an das Potentialausgleichsnetzwerk
- ERP Erdungsbezugspunkt
- S_s sternförmige Anordnung integriert über einen Sternpunkt
- M_m maschenförmige Anordnung integriert über ein Maschengitter
- M_s maschenförmige Anordnung integriert über einen Sternpunkt

Bild 10 – Kombination von Integrationsmethoden von elektronischen Systemen in das Potentialausgleichsnetzwerk

5.3 Potentialausgleichsschienen

Potentialausgleichsschienen müssen installiert werden für den Potentialausgleich von:

- allen leitfähigen Versorgungsleitungen, die in eine LPZ eingeführt werden (direkt oder durch geeignete SPDs);
- Schutzleitern PE;
- metallenen Komponenten der inneren Systeme (z. B. Schränke, Gehäuse, Gestelle);
- magnetischen Schirmen der LPZ an der Peripherie und innerhalb der baulichen Anlage.

Für einen wirksamen Potentialausgleich sind die folgenden Installationsregeln wichtig:

- die Basis für alle Potentialausgleichsmaßnahmen ist ein niederinduktives Potentialausgleichsnetzwerk;
- Potentialausgleichsschienen sollten an das Erdungssystem mit kürzestmöglichen Leitungen angeschlossen werden;
- Werkstoffe und Maße der Potentialausgleichsschienen und der Potentialausgleichsleiter müssen mit 5.5 übereinstimmen;
- SPDs sollten über kürzestmögliche Leitungen an die Potentialausgleichsschiene und ebenso an die spannungsführenden Leiter angeschlossen werden, um induktive Spannungsfälle auf ein Mindestmaß zu senken;
- auf der geschützten Seite des Stromkreises (hinter einem SPD) sollten Gegeninduktionswirkungen auf ein Mindestmaß verringert werden, indem die Flächen der Leiterschleifen klein gehalten oder indem geschirmte Kabel oder Kabelkanäle verwendet werden.

5.4 Potentialausgleich an der Grenze einer LPZ

Wo eine LPZ festgelegt ist, muss der Potentialausgleich für alle metallenen Teile und Versorgungsleitungen (z. B. Metallrohre, Stromversorgungsleitungen oder Signalleitungen) vorgesehen werden, die die Grenze einer LPZ durchdringen.

ANMERKUNG Der Potentialausgleich von Versorgungsleitungen, die in eine LPZ 1 eingeführt sind, sollten mit dem betreffenden Netzbetreiber (z. B. Stromversorger oder Telekommunikationsanbieter) diskutiert werden, weil sich widersprechende Anforderungen auftreten könnten.

Der Potentialausgleich ist mit Potentialausgleichsschienen vorzunehmen, die so nahe wie möglich an der Einführungsstelle an der Grenze zu installieren sind.

Soweit möglich, sollten eingeführte Versorgungsleitungen an derselben Stelle in die LPZ eingeführt und an dieselbe Potentialausgleichsschiene angeschlossen werden. Wenn Versorgungsleitungen an verschiedenen Stellen in die LPZ eingeführt werden, muss jede Versorgungsleitung an eine Potentialausgleichsschiene angeschlossen werden und diese Potentialausgleichsschienen müssen untereinander verbunden werden. Zu diesem Zweck wird eine Ringpotentialausgleichsschiene (ringförmiger Leiter) empfohlen.

SPDs für den Potentialausgleich sind immer an den Grenzen der LPZ nötig, um die eingeführten Leitungen, die mit den inneren Systeme innerhalb der LPZ verbunden sind, an die Potentialausgleichsschiene anzuschließen. Durch Nutzung durchverbundener oder ausgestülpter LPZ kann die Anzahl der erforderlichen SPDs verringert werden.

Geschirmte Kabel oder durchverbundene metallene Kabelkanäle mit Potentialausgleich an jeder LPZ-Grenze dürfen entweder zur Verbindung mehrerer LPZ der gleichen Art zu einer gemeinsamen LPZ oder zur Ausstülpung einer LPZ bis zur nächsten Grenze verwendet werden.

5.5 Werkstoffe und Maße von Komponenten für den Potentialausgleich

Werkstoffe, Maße und Anwendungsbedingungen müssen IEC 62305-3 entsprechen. Der Mindestquerschnitt von Komponenten für den Potentialausgleich muss Tabelle 1 entsprechen.

Klemmen müssen unter Berücksichtigung der Werte des Blitzstroms entsprechend dem Gefährdungspegel LPL (siehe IEC 62305-1) und der ermittelten Stromaufteilung (siehe IEC 62305-3) bemessen werden.

SPD müssen nach Abschnitt 7 bemessen werden.

Tabelle 1 – Mindestquerschnitte von Komponenten für den Potentialausgleich

Komponente für den Potentialausgleich		Werkstoff	Querschnitt mm ²
Potentialausgleichsschienen (Kupfer oder verzinkter Stahl)		Cu, Fe	50
Leiter für die Verbindung von Potentialausgleichsschienen zum Erdungssystem oder zu weiteren Potentialausgleichsschienen. (Sie führen den vollen oder einen großen Teil des Blitzstroms.)		Cu	16
		Al	22
		Fe	50
Leiter für die Verbindung von inneren metallenen Teilen zu Potentialausgleichsschienen. (Sie führen anteilige Blitzströme.)		Cu	6
		Al	10
		Fe	16
Leiter für den Anschluss von SPD. (Sie führen den vollen oder einen großen Teil des Blitzstroms.)	Klasse I		16
	Klasse II	Cu	6
	Klasse III		1
ANMERKUNG 1 Werden andere Werkstoffe verwendet, müssen sie einen widerstandsgleichen Querschnitt haben.			
ANMERKUNG 2 Für Verbindungsleiter von SPDs, die in Stromversorgungssystemen eingesetzt werden, sind weitere Informationen in IEC 60364-5-53 und IEC 61643-12 angegeben.			
ANMERKUNG 3 In manchen Ländern können kleinere Leiterabmessungen verwendet werden, solange sie die thermischen und mechanischen Anforderungen erfüllen (siehe IEC 62305-1, Anhang D).			

6 Magnetische Schirmung und Leitungsführung

Die magnetische Schirmung verringert das elektromagnetische Feld sowie induzierte innere Stoßwellen. Eine geeignete Leitungsführung innerer Leitungen kann ebenfalls induzierte innere Stoßwellen auf ein Mindestmaß verringern. Beide Maßnahmen sind gegen bleibende Schäden an elektrischen und elektronischen Systemen wirksam.

6.1 Räumliche Schirmung

Räumliche Schirme legen geschützte Zonen fest, die die gesamte bauliche Anlage, einen Teil davon, einen einzelnen Raum oder nur das Gehäuse eines Betriebsmittels umfassen können. Es können gitterförmige oder durchgängige metallene Schirme sein oder sie können die natürlichen Komponenten der baulichen Anlage einbeziehen (siehe IEC 62305-3).

Räumliche Schirmungen sind ratsam, wenn es praktischer und sinnvoll ist, eine bestimmte Zone der baulichen Anlage anstatt mehrere Betriebsmittel einzeln zu schützen. Räumliche Schirme sollten in frühen Planungsphasen einer neuen baulichen Anlage oder eines neuen inneren Systems vorgesehen werden. Nachrüstung von bestehenden Installationen kann höhere Kosten und größere technische Schwierigkeiten verursachen.

6.2 Schirmung von inneren Leitungen

Die Schirmung kann auf die Verkabelung und die Betriebsmittel des zu schützenden Systems beschränkt sein: metallene Schirme von Kabeln, geschlossene metallene Kabelkanäle und Metallgehäuse von Betriebsmitteln werden für diese Zwecke eingesetzt.

6.3 Leitungsführung von inneren Leitungen

Eine geeignete Leitungsführung von inneren Leitungen minimiert Induktionsschleifen und verringert die Entstehung von Überspannungen innerhalb der baulichen Anlage. Die Schleifenfläche kann minimiert werden, indem die Leitungen in der Nähe von geerdeten natürlichen Komponenten der baulichen Anlage und/oder indem Stromversorgungs- und Signalleitungen nebeneinander geführt werden.

ANMERKUNG Ein gewisser Abstand zwischen Stromversorgungsleitungen und ungeschirmten Signalleitungen kann noch nötig sein, um Störungen zu vermeiden.

6.4 Schirmung von äußeren Leitungen

Die Schirmung von äußeren Leitungen, die in die bauliche Anlage eingeführt werden, umfasst: Kabelschirme, geschlossene metallene Kabelkanäle oder Kabelkanäle aus Beton mit durchverbundener Bewehrung. Die Schirmung äußerer Leitungen ist hilfreich, liegt jedoch häufig nicht in der Verantwortung des ESP-Planers (weil der Eigentümer der äußeren Leitungen meistens der Netzbetreiber ist).

6.5 Werkstoffe und Abmessungen von magnetischen Schirmen

An der Grenze der Zonen LPZ 0_A und LPZ 1 müssen die Werkstoffe und Abmessungen der magnetischen Schirme (z. B. gitterförmige räumliche Schirme, Kabelschirme und Gehäuse von Betriebsmitteln) den Anforderungen nach IEC 62305-3 für Leiter der Fangeinrichtung und/oder für Ableitungen entsprechen. Dies betrifft besonders:

- Mindestdicke von Metallmänteln, Metallkanälen, Rohren und Kabelschirmen müssen IEC 62305-3, Tabelle 3, entsprechen;
- Anordnung und Mindestquerschnitt der Leiter von gitterförmigen räumlichen Schirmen müssen IEC 62305-3, Tabelle 6, entsprechen.

Für magnetische Schirme, die keine Blitzströme führen sollen, ist die Einhaltung der IEC 62305-3, Tabellen 3 und 6, nicht gefordert:

- an den Grenzen der Zonen LPZ 1/2 oder höher, vorausgesetzt, dass der Trennungsabstand s zwischen magnetischen Schirmen und LPS eingehalten wird (siehe IEC 62305-3, 6.3);
- an der Grenze jeder LPZ, wenn die Zahl der gefährlichen Ereignisse N_D durch Blitzeinschläge in die bauliche Anlage vernachlässigbar ist, d. h. $N_D < 0,01$ pro Jahr.

7 Koordiniertes SPD-System

Der Schutz innerer Systeme gegen Stoßwellen erfordert eine systematische Lösung bestehend aus koordinierten SPDs für Stromversorgungs- und Signalleitungen. Die Regeln für Auswahl und Installation eines koordinierten SPD-Systems sind in beiden Fällen ähnlich (siehe Anhang C).

In einem ESP nach dem Blitzschutzkonzept mit mehr als einer LPZ (LPZ 1, LPZ 2 und höher) müssen SPDs an der Eintrittsstelle in jede LPZ angeordnet werden (siehe Bild 2).

In einem ESP mit nur LPZ 1 müssen SPDs zumindest an der Leitungseinführung in LPZ 1 angeordnet sein.

Zusätzliche SPDs können in beiden Fällen erforderlich sein, wenn der Abstand zwischen dem Einbauort des SPD und dem zu schützenden Betriebsmittel zu groß wird (siehe Anhang C).

Die Prüfanforderungen für die SPDs müssen entsprechen:

- IEC 61643-1 für Stromversorgungssysteme;
- IEC 61643-21 für Telekommunikations- und Signalsysteme.

Informationen zu Auswahl und Einbau eines koordinierten SPD-Systems sind in Anhang C angegeben. Auswahl und Einbau eines koordinierten SPD-Systems müssen auch entsprechen:

- IEC 61643-12 und IEC 60364-5-53 für den Schutz von Stromversorgungssystemen;
- IEC 61643-22 für den Schutz von Telekommunikations- und Signalsystemen.

Für die Auslegung von SPDs an verschiedenen Einbauorten der baulichen Anlage enthält Anhang D dieser Norm und IEC 62305-1, Anhang E, einige Angaben zur Größe der durch Blitzeinschlag verursachten Stoßwellen.

8 Isolierende Schnittstellen

Isolierende Schnittstellen können verwendet werden um die Wirkungen des LEMP zu verringern. Sie erfordern eine üblicherweise eine Stoßspannungsfestigkeit von 5 kV bei einer Wellenform von 1,2/50 μ s. Der Schutz solcher Schnittstellen gegen höhere Überspannungen kann – soweit nötig – durch den Einsatz von SPDs erreicht werden. Der Schutzpegel U_p dieser SPDs muss so gewählt werden, dass er nur knapp unter der Stoßspannungsfestigkeit der isolierenden Schnittstelle liegt. Ein kleinerer Wert von U_p kann Sicherheitsanforderungen verletzen (siehe B.10).

9 Management eines ESP

Um ein kostengünstiges und wirksames Schutzsystem zu erreichen, sollte die Auslegung während der Planungsphase der baulichen Anlage und vor ihrer Errichtung festgelegt werden. Auf diese Weise kann die Nutzung natürlicher Komponenten der baulichen Anlage optimiert und die beste Alternative für die Leitungsführung und für die Aufstellung der Betriebsmittel gefunden werden.

Für die Nachrüstung von bestehenden baulichen Anlagen sind die Kosten eines ESP im Allgemeinen höher als bei neuen baulichen Anlagen. Die Kosten können aber minimiert werden, indem die LPZ geeignet ausgewählt und bestehende Installationen genutzt oder aufgerüstet werden.

Ein geeigneter Schutz kann nur erreicht werden, wenn:

- die Maßnahmen von einer Blitzschutz-Fachkraft geplant werden;
- gute Abstimmung zwischen den Experten für den Bau und für das ESP (z. B. zwischen Bau- und Elektroingenieuren) besteht;
- dem Managementplan nach 9.1 gefolgt wird.

Das ESP muss durch Prüfung und Wartung aufrechterhalten bleiben. Nach wesentlichen Änderungen an der baulichen Anlage oder an den Schutzmaßnahmen muss eine erneute Risikobewertung durchgeführt werden.

9.1 ESP-Managementplan

Planung und Koordination eines ESP erfordern einen Managementplan (siehe Tabelle 2), der mit einer ersten Risikobewertung (IEC 62305-2) zur Bestimmung der Schutzmaßnahmen beginnt, die nötig sind, um das Risiko auf oder unter einen annehmbaren Wert zu verringern. Dazu müssen die Blitzschutzzonen festgelegt werden.

Tabelle 2 – ESP-Managementplan für neue Gebäude und für umfassende Änderungen des Aufbaus oder der Nutzung von Gebäuden

Schritt	Ziel	Maßnahme ist durchzuführen von
Erste Risikoanalyse ^{a)}	Prüfung der Notwendigkeit eines LEMP-Schutzes. Falls erforderlich, ist ein geeignetes ESP anhand einer Risikobewertung auszuwählen. Prüfung der Verminderung des Risikos nach jeder schrittweise vorgenommenen Schutzmaßnahme.	Blitzschutz-Fachkraft ^{b)} Eigentümer
Abschließende Risikoanalyse ^{a)}	Das Kosten/Nutzen-Verhältnis für die ausgewählten Schutzmaßnahmen sollte noch einmal mit einer Risikobewertung optimiert werden. Als Ergebnis werden bestimmt: – LPL und die Blitzparameter – LPZ und deren Grenzen	Blitzschutz-Fachkraft ^{b)} Eigentümer
Planung des ESP	Definition des ESP: – Maßnahmen für räumliche Schirmung – Potentialausgleichsnetzwerke – Erdungsanlagen – Leitungsführung und -schirmung – Schirmung eingeführter Versorgungsleitungen – koordiniertes SPD-System	Blitzschutz-Fachkraft Eigentümer Architekt Planer der inneren Systeme Planer maßgeblicher Installationen
Auslegung des ESP	Allgemeine Zeichnungen und Beschreibungen Vorbereitung der Ausschreibungsunterlagen Detailzeichnungen und Zeitpläne für die Installation	Ingenieurbüro oder gleichwertig
Installation und Überprüfung des ESP	Qualität der Installation Dokumentation mögliche Revision von Detailzeichnung	Blitzschutz-Fachkraft Errichter des ESP Ingenieurbüro Prüfungsbeauftragter
Abnahme des ESP	Prüfung und Dokumentation des Zustands des Systems	unabhängige Blitzschutz-Fachkraft Prüfungsbeauftragter
Wiederkehrende Prüfungen	Sicherstellung eines angemessenen ESP	Blitzschutz-Fachkraft Prüfungsbeauftragter
^{a)} Siehe IEC 62305-2. ^{b)} Mit fundierten Kenntnissen der EMV und der Installationspraxis.		

Entsprechend dem Gefährdungspegel LPL nach IEC 62305-1 und den anzuwendenden Schutzmaßnahmen sind die folgenden Schritte auszuführen:

- ein Erdungssystem, bestehend aus Potentialausgleichsnetzwerk und Erdungsanlage, muss vorgesehen werden;
- äußere Metallteile und eingeführte Versorgungsleitungen müssen direkt oder durch geeignete SPDs an den Potentialausgleich angeschlossen werden;
- das innere System muss in das Potentialausgleichsnetzwerk integriert werden;
- räumliche Schirmung in Kombination mit Leitungsführung und -schirmung können eingeplant werden;

- Anforderungen an ein koordiniertes SPD-System sind festzulegen;
- bei bestehenden baulichen Anlagen können besondere Maßnahmen nötig werden (siehe Anhang B).

Danach sollte das Kosten/Nutzen-Verhältnis für die ausgewählten Schutzmaßnahmen durch Anwendung des Verfahrens zur Risikoabschätzung neu bewertet und optimiert werden.

9.2 Prüfung eines ESP

Die Prüfung umfasst die Prüfung der technischen Dokumentation, Sichtprüfungen und Messungen. Mit der Prüfung soll sichergestellt werden, dass:

- das ESP mit den Plänen übereinstimmt;
- das ESP seine geplanten Funktionen erfüllen kann;
- jede neu hinzugefügte Schutzmaßnahme sachgerecht in das ESP einbezogen ist.

Prüfungen müssen durchgeführt werden:

- während der Installation des ESP;
- nach der Installation des ESP;
- periodisch;
- nach jeder Änderung von Komponenten, die für das ESP relevant sind;
- gegebenenfalls nach einem Blitzeinschlag in die bauliche Anlage (z. B. nach dem Ansprechen eines Blitzzählers oder wenn ein Augenzeuge einen Blitzeinschlag in die bauliche Anlage beobachtet hat oder wenn ein augenscheinlich durch Blitzeinschlag verursachter Schaden an der baulichen Anlage vorliegt).

Die Häufigkeit der periodischen Prüfungen muss festgelegt werden unter Berücksichtigung:

- der lokalen Umgebungsbedingungen, wie korrosiver Boden und Atmosphäre;
- der Art der angewendeten Schutzmaßnahmen.

ANMERKUNG Wenn keine bestimmten Anforderungen durch eine Behörde mit Gerichtsbarkeit festgelegt sind, werden die Zeitintervalle nach IEC 62305-3, Tabelle E.2, empfohlen.

9.2.1 Durchführung der Prüfung

9.2.1.1 Prüfung der technischen Dokumentation

Nach der Installation eines neuen ESP muss die technische Dokumentation auf Übereinstimmung mit den zutreffenden Normen und auf Vollständigkeit geprüft werden. Die technische Dokumentation muss anschließend kontinuierlich auf dem neuesten Stand gehalten werden, z. B. nach jeder Änderung oder Erweiterung des ESP.

9.2.1.2 Sichtprüfung

Die Sichtprüfung muss sicherstellen, dass

- es keine lockeren Verbindungen oder Unterbrechungen an Leitungen und Klemmen gibt;
- kein Teil des Systems, insbesondere auf Erdniveau, durch Korrosion beschädigt ist;
- Potentialausgleichsleitungen und Kabelschirme unbeschädigt sind;
- keine Erweiterungen oder Änderungen vorgenommen wurden, die zusätzliche Schutzmaßnahmen erfordern;
- es keine Anzeichen für Schäden an SPDs und deren Sicherungen oder Abtrennvorrichtungen gibt;
- die geeignete Leitungsführung erhalten geblieben ist;
- die Sicherheitsabstände zu räumlichen Schirmungen eingehalten sind.

9.2.1.3 Messungen

An den Teilen eines Erdungs- und Potentialausgleich-Systems, die einer Sichtprüfung nicht zugänglich sind, sollten Durchgangsmessungen gemacht werden.

9.2.2 Dokumentation der Prüfung

Zur Erleichterung der Prüfung sollte ein Prüfprotokoll vorbereitet sein. Das Prüfprotokoll sollte ausreichende Angaben enthalten, um den Prüfer so durch seine Aufgabe zu leiten, dass er alle Prüfergebnisse an der Installation und an den Komponenten, die Prüfverfahren und die aufgezeichneten Messwerte dokumentieren kann.

Der Prüfer muss einen Prüfbericht erstellen, der der technischen Dokumentation und den vorhergehenden Prüfberichten hinzugefügt werden muss. Der Prüfbericht muss folgende Angaben enthalten:

- allgemeiner Zustand des ESP;
- jede Abweichung von der technischen Dokumentation;
- Ergebnisse aller durchgeführten Messungen.

9.3 Instandhaltung

Nach einer Prüfung müssen alle festgestellten Mängel unverzüglich beseitigt werden. Wenn nötig, muss die technische Dokumentation auf den neuesten Stand gebracht werden.

Anhang A (informativ)

Grundlagen für die Bestimmung der elektromagnetischen Umgebung in einer LPZ

Dieser Anhang enthält Angaben für die Bestimmung der elektromagnetischen Umgebung innerhalb einer LPZ, die für den Schutz gegen LEMP verwendet werden können. Die Angaben sind auch für den Schutz gegen elektromagnetische Störungen geeignet.

A.1 Schäden an elektrischen und elektronischen Systemen durch Blitzeinschlag

A.1.1 Störquelle

Die hauptsächliche Störquelle ist der Blitzstrom und das damit verbundene magnetische Feld, das die gleiche Wellenform wie der Blitzstrom hat.

ANMERKUNG Für Schutzzwecke ist der Einfluss des elektrischen Blitzfeldes meist von untergeordneter Bedeutung.

A.1.2 Störsenke

Die inneren Systeme einer baulichen Anlage haben nur eine begrenzte Störfestigkeit gegen Stoßwellen und magnetische Felder. Deshalb können sie zerstört werden oder Fehlfunktionen zeigen, wenn sie den Wirkungen des Blitzes und seiner magnetischen Felder ausgesetzt werden.

Systeme, die außen an einer baulichen Anlage angebracht sind, sind durch das ungedämpfte magnetische Feld und, soweit sie in einer exponierten Lage angebracht sind, durch direkte Blitzeinschläge mit Stoßwellen bis zum vollen Blitzstrom gefährdet.

Systeme im Inneren einer baulichen Anlage sind durch das verbleibende gedämpfte magnetische Feld, durch leitungsgebundene oder induzierte innere Stoßwellen und durch äußere Stoßwellen auf eingeführten Leitungen gefährdet.

Zur Störfestigkeit der Betriebsmittel wird auf die folgenden Normen verwiesen:

- Die Störfestigkeit der Stromversorgung ist in IEC 60664-1, Tabelle 1, definiert. Die Störfestigkeit ist definiert durch die Bemessungs-Stehstoßspannung von 1,5 – 2,5 – 4 und 6 kV;
- Die Störfestigkeit von Telekommunikationseinrichtungen ist festgelegt in ITU-T K.20, K.21 und K.45.
- Die Störfestigkeit von Betriebsmitteln ist üblicherweise in ihren Produktbeschreibungen festgelegt oder kann geprüft werden:
 - gegen leitungsgeführte Stoßwellen nach IEC 61000-4-5 mit Prüfwerten für die Spannung: 0,5 – 1 – 2 – 4 kV bei einer Wellenform von 1,2/50 μ s und für den Strom: 0,25 – 0,5 – 1 – 2 kA bei einer Wellenform von 8/20 μ s;
ANMERKUNG Um die Anforderungen an die Störfestigkeit entsprechend der vorstehenden Norm einzuhalten, können einige Betriebsmittel innere SPDs enthalten. Die Kennwerte dieser inneren SPDs können die Koordination beeinflussen.
 - gegen magnetische Felder nach IEC 61000-4-9 mit Prüfwerten: 100 – 300 – 1 000 A/m bei einer Wellenform von 8/20 μ s und nach IEC 61000-4-10 mit Prüfwerten: 10 – 30 – 100 A/m bei 1 MHz.

Wenn Betriebsmittel die in den entsprechenden EMV-Produktnormen festgelegten Prüfungen für Hochfrequenz-Abstrahlung und -Störfestigkeit nicht erfüllen, können sie durch direkt eingestrahlte magnetische Felder gefährdet sein. Andererseits kann der Ausfall von Betriebsmitteln vernachlässigt werden, wenn diese Normen erfüllt sind.

A.1.3 Kopplungsmechanismus zwischen Störsenke und Störquelle

Das Betriebsmittel mit seiner Störfestigkeit muss mit der Störquelle verträglich sein. Dazu muss die Kopplung zwischen Störquelle und Störsenke durch die Einrichtung geeigneter Blitzschutz-zonen (LPZ) ausreichend verringert werden.

A.2 Räumliche Schirmung, Leitungsführung und -schirmung

A.2.1 Allgemeines

Das magnetische Feld, das von Blitzeinschlägen in die bauliche Anlage oder neben der baulichen Anlage innerhalb einer LPZ erzeugt wird, kann nur durch räumliche Schirmung der LPZ reduziert werden. Andererseits können Stoßwellen, die in dem elektronischen System induziert werden, entweder durch räumliche Schirmung oder durch Leitungsführung und -schirmung oder durch Kombination beider Maßnahmen reduziert werden.

Bild A.1 gibt ein Beispiel für den LEMP bei einem Blitzeinschlag in die bauliche Anlage und zeigt die Blitzschutz-zonen LPZ 0, LPZ 1 und LPZ 2. Das zu schützende elektronische System ist in LPZ 2 installiert.

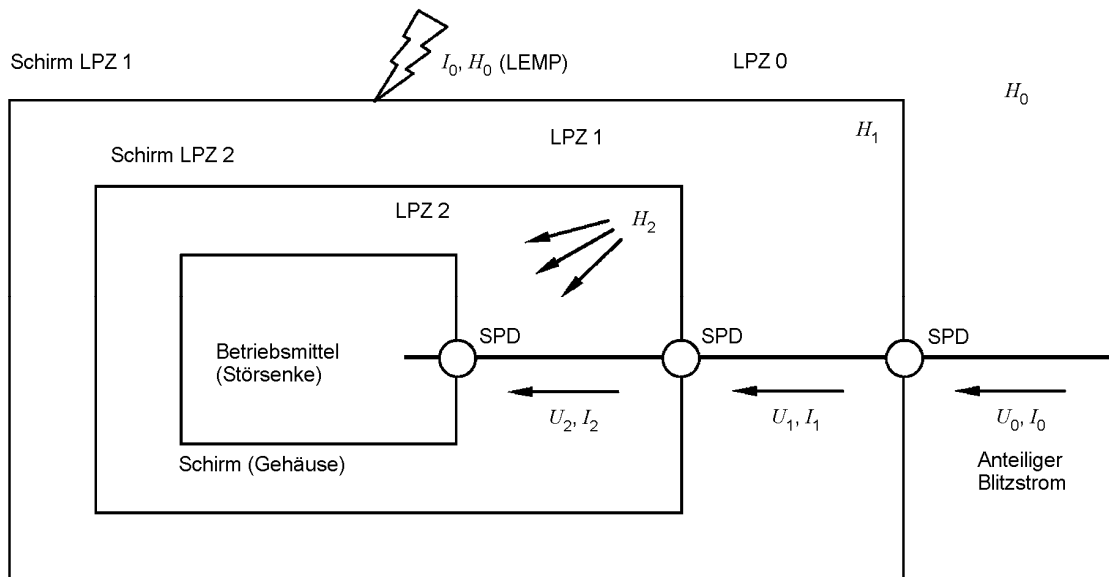


Bild A.1 – LEMP-Situation im Fall eines Blitzeinschlags

— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
FprEN 62305-4:2009

1. Primäre Störquelle LEMP

Definiert durch die Parameter entsprechend LPL I bis IV:

		Impuls μs	Amplitude für LPL I – II – III – IV kA	Steilheit für LPL I – II – III – IV kA/ μs	Einfluss auf:
IEC 62305-1	I_0	10/350 1/200 0,25/100	200 – 150 – 100 – 100 100 – 75 – 50 – 50 50 – 37,5 – 25 – 25	20 – 15 – 10 – 10 100 – 75 – 50 – 50 200 – 150 – 100 – 100	Anteiligen Blitzstrom Induktion Induktion
	H_0	Abgeleitet vom zugehörigen I_0 .			

2. Störfestigkeit der Stromversorgungsinstallation

Definiert durch die Überspannungskategorie I bis IV für Nennspannungen von 230/400 V und 277/480 V:

IEC 60664-1 U_w Überspannungskategorie I bis IV 6 – 4 – 1,5 kV

3. Störfestigkeit der Telekommunikationsinstallation

ITU Empfehlungen K.20, 5.21 und K.45

4. Prüfungen für Betriebsmittel ohne passende EMV-Produktnormen

Störfestigkeit des Betriebsmittels (Störsenke), definiert für leitungsgeführte (U , I) Blitzwirkungen:

IEC 61000-4-5 U_{oc} Impuls 1,2/50 μs 4 – 2 – 1 – 0,5 kV

I_{sc} Impuls 8/20 μs 2 – 1 – 0,5 – 0,25 kA

5. Prüfungen für Betriebsmittel ohne passende EMV-Produktnormen

Störfestigkeit des Betriebsmittels (Störsenke), definiert für abgestrahlte (H) Blitzwirkungen:

IEC 61000-4-9 H Impuls 8/20 μs
(gedämpfte Schwingung 25 kHz, $T_p = 10 \mu\text{s}$) 1 000 – 300 – 100 A/m

IEC 61000-4-10 H gedämpfte Schwingung 1 MHz,
(Impuls 0,2/0,5 μs , $T_p = 10 \mu\text{s}$) 100 – 30 – 10 A/m

ANMERKUNG 1 IEC 61000-4-10 behandelt hauptsächlich Feldbeeinflussungen durch Schaltüberspannungen.

ANMERKUNG 2 Die Reihe IEC 61000 betrachtet die Störfestigkeit, wobei der zeitweise Verlust der Stromversorgung von Geräten durch niedrige Stoßwellen geprüft wird. Anteilige oder volle Blitzströme, die in IEC 61000 nicht abgedeckt sind, können dauerhafte Schäden an Geräten verursachen, wenn deren Isolationsfestigkeit überschritten wird. Der Schutz gegen anteilige oder volle Blitzströme ist durch IEC 61643-12 abgedeckt. Die gewählten SPDs sollten eine Schutzpegel U_p gegen Stoßspannungen haben, der unterhalb der Zerstörfestigkeit des Geräts oder – in Fällen, in denen die unterbrechungsfreie Funktion der Geräte kritisch ist – unterhalb der Störfestigkeit des Geräts liegt.

Die primäre elektromagnetische Bedrohung für das elektronische System ist der Blitzstrom I_0 und das magnetische Feld H_0 . Auf den eingeführten Versorgungsleitungen fließen anteilige Blitzströme. Diese Ströme und die magnetischen Felder haben annähernd die gleiche Wellenform. Der hier zu betrachtende Blitzstrom besteht aus einem positiven ersten Teilblitz I_f (typische Wellenform 10/350 μs mit langem Rücken), einem negativen ersten Teilblitz I_{fn} (Wellenform 1/200 μs mit langem Rücken) und aus Folgeblitzen I_s (Wellenform 0,25/100 μs). Der Strom des positiven ersten Teilblitzes I_f erzeugt das magnetische Feld H_f , der des negativen ersten Teilblitzes I_{fn} erzeugt das magnetische Feld H_{fn} , und die Ströme der Folgeblitze I_s die magnetischen Felder H_s .

Die magnetischen Induktionswirkungen sind im Wesentlichen durch den Anstieg des magnetischen Feldes bestimmt. Wie in Bild A.2 gezeigt, kann der Anstieg von H_f durch ein gedämpft schwingendes Feld von 25 kHz mit dem Scheitelwert $H_{f/\max}$ und der Zeit bis zum Scheitelwert $T_{p/f}$ von $10 \mu\text{s}$ charakterisiert werden. Auf gleiche Weise kann der Anstieg von H_s durch ein gedämpft schwingendes Feld von 1 MHz mit dem Scheitelwert $H_{s/\max}$ und der Zeit bis zum Scheitelwert $T_{p/s}$ von $0,25 \mu\text{s}$ charakterisiert werden. Ähnlich kann der Anstieg von H_{fn} durch ein gedämpft schwingendes Feld von 250 kHz mit dem Scheitelwert $H_{fn/\max}$ und der Zeit bis zum Scheitelwert $T_{p/fn}$ von $1 \mu\text{s}$ charakterisiert werden.

Daraus folgt, dass das magnetische Feld des positiven ersten Teilblitzes durch eine typische Frequenz von 25 kHz, das des negativen ersten Teilblitzes durch eine typische Frequenz von 250 kHz, und das der Folgeblitze durch eine typische Frequenz von 1 MHz charakterisiert werden kann. Gedämpft schwingende magnetische Felder mit diesen Frequenzen sind für Prüfzwecke in IEC 61000-4-9 und IEC 61000-4-10 definiert.

Durch den Einbau von magnetischen Schirmen und SPDs an den Grenzen der LPZ werden die ursprünglichen Blitzwirkungen bedingt durch I_0 und H_0 bis auf den Festigkeitspegel der Störsenke verringert. Wie in Bild A.1 gezeigt, muss die Störsenke dem umgebenden magnetischen Feld H_2 und den leitungsgeführten Strömen I_2 und Spannungen U_2 standhalten.

Die Verringerung von I_1 auf I_2 und von U_1 auf U_2 wird in Anhang C behandelt, während die Verringerung von H_0 auf einen ausreichend niedrigen Wert von H_2 hier behandelt wird:

Bei gitterförmigen räumlichen Schirmen kann angenommen werden, dass die Wellenform des magnetischen Feldes innerhalb der LPZ (H_1, H_2) die gleiche ist wie die des äußeren magnetischen Feldes (H_0).

Die in Bild A.2 gezeigten gedämpft schwingenden Wellenformen entsprechen den Prüfungen nach IEC 61000-4-9 und IEC 61000-4-10 und können zur Bestimmung der Festigkeit des Betriebsmittels gegen magnetische Felder des ersten Teilblitzes H_f und der Folgeblitze H_s verwendet werden.

Die induzierten Stoßwellen, die durch die Einkopplung von magnetischen Feldern in Induktionsschleifen verursacht werden (siehe A.4), sollten den Festigkeitspegel des Betriebsmittels nicht überschreiten.

Grund-Norm: IEC 61000-4-9

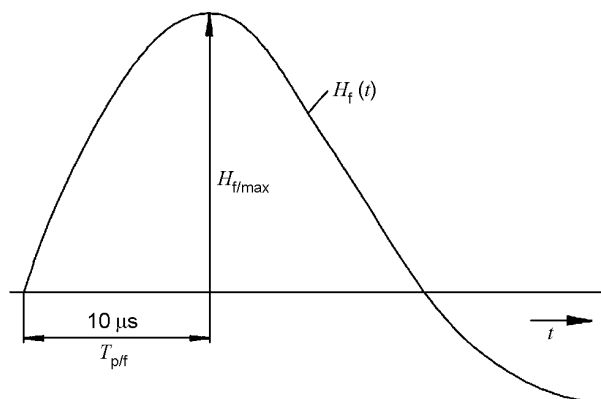


Bild A.2a – Simulation der Stirn des Magnetfeldes des ersten Teilblitzes (10/350 μs) durch einen Einzelimpuls 8/20 μs (gedämpfte Schwingung 25 kHz)

Grund-Norm: IEC 61000-4-10

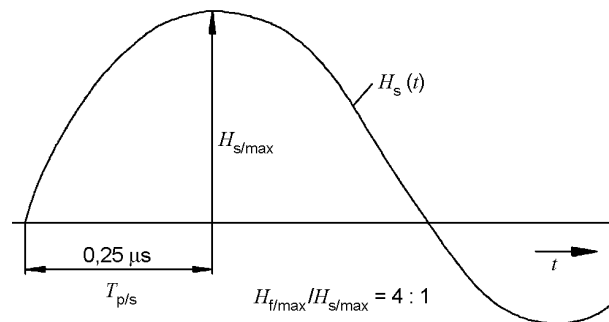


Bild A.2b – Simulation der Stirn des Magnetfeldes des Folgeblitzes (0,25/100 μs) durch eine gedämpfte Schwingung 1 MHz (Mehrfachimpuls 0,2/0,5 μs)

ANMERKUNG 1 Auch wenn die Definitionen der Zeit bis zum Höchstwert T_p und der Stirnzeit T_1 verschieden sind, können ihre Werte in erster Näherung gleichgesetzt werden.

ANMERKUNG 2 Das Verhältnis der Höchstwerte ist $H_{f/max} / H_{fn/max} / H_{s/max} = 4 : 2 : 1$.

Bild A.2 – Simulation des magnetischen Feldes im Anstiegsbereich durch gedämpfte Schwingungen

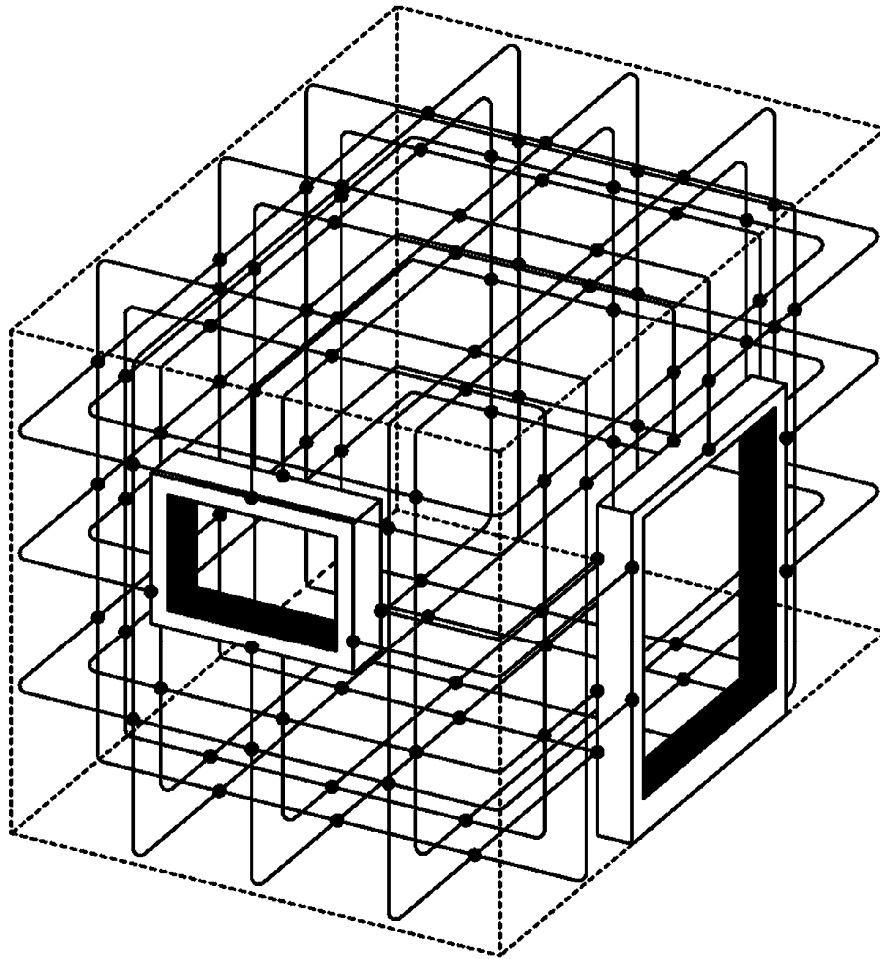
A.2.2 Gitterförmige räumliche Schirme

Große räumliche Schirme von inneren LPZ sind in der Praxis üblicherweise aus natürlichen Komponenten der baulichen Anlage aufgebaut, wie aus der metallenen Bewehrung in Decken, Wänden und Böden oder aus metallenen Rahmen, Dächern und Fassaden. Diese Komponenten bilden einen gitterförmigen räumlichen Schirm. Eine wirksame Schirmung erfordert typische Maschenweiten kleiner als 5 m.

ANMERKUNG 1 Deshalb kann die Schirmwirkung vernachlässigt werden, wenn eine LPZ 1 von einem normalen äußeren Blitzschutz nach IEC 62305-3 mit Maschenweiten und typischen Abständen größer als 5 m gebildet wird. Andererseits hat ein großes Gebäude in Stahlbauweise mit vielen Baustahlstreben eine bedeutende Schirmwirkung.

ANMERKUNG 2 Die Schirmung in weiteren inneren LPZ kann durch räumliche Schirmung, durch geschlossene metallene Gestelle oder Schränke oder durch die metallenen Gerätegehäuse bewirkt werden.

Bild A.3 zeigt, wie in der Praxis metallene Betonbewehrung und metallene Rahmen (für Metalltüren und möglicherweise für geschirmte Fenster) zum Aufbau eines großen räumlichen Schirms für einen Raum oder für ein Gebäude eingesetzt werden können.

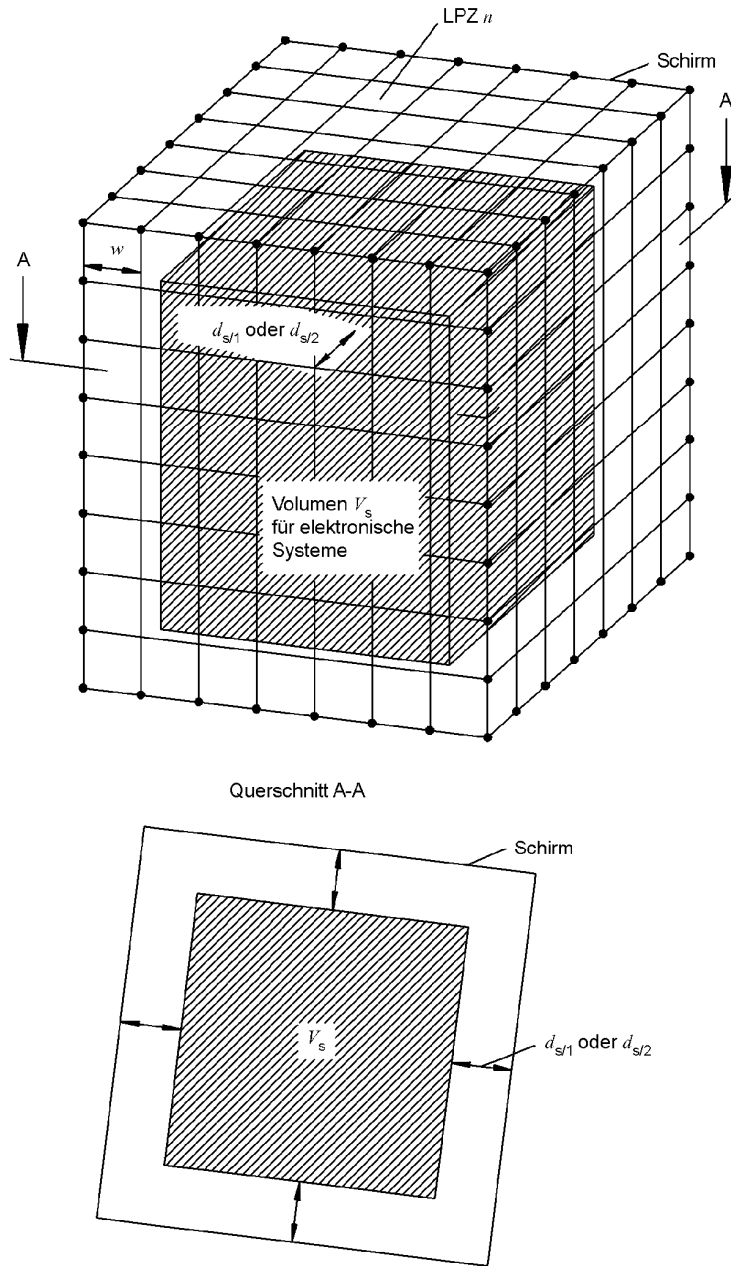


- geschweißt oder geklemmt an jedem Stab und an den Kreuzungspunkten

ANMERKUNG In der Praxis wird es für ausgedehnte bauliche Anlagen nicht möglich sein, tatsächlich an jedem Punkt zu schweißen oder zu klemmen. Aber die meisten Punkte sind natürlicherweise verbunden durch festen Berührungskontakt oder durch Verrödeln. Für die Praxis genügt deshalb etwa eine Verbindung je Meter.

Bild A.3 – Großer räumlicher Schirm, gebildet durch metallene Bewehrungen und Rahmen

Elektronische Systeme dürfen nur innerhalb eines Sicherheitsvolumens aufgestellt werden, das den Sicherheitsabstand vom Schirm der LPZ einhält (siehe Bild A.4). Der Grund sind die relativ hohen Werte des magnetischen Feldes nahe dem Schirm, der von anteiligen Blitzströmen durchflossen sein kann (besonders bei LPZ 1).



ANMERKUNG Das Volumen V_s muss einen Sicherheitsabstand $d_{s/1}$ oder $d_{s/2}$ vom Schirm der LPZ n einhalten (siehe A.3).

Bild A.4 – Volumen für elektrische und elektronische Systeme innerhalb einer LPZ n

A.2.3 Leitungsführung und -schirmung

Stoßwellen, die in ein elektronisches System induziert werden, können vermindert werden durch geeignete Leitungsführung (Minimieren der Fläche von Leiterschleifen) oder durch Verwendung von geschirmten Kabeln oder Kabelkanälen (Minimieren der Induktionswirkung innen) oder durch eine Kombination von beidem (siehe Bild A.5).

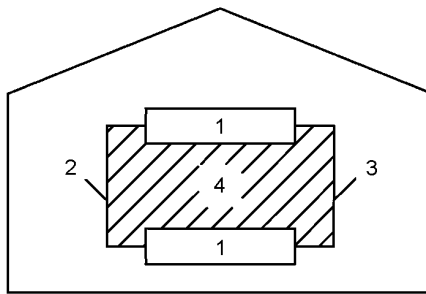


Bild A.5a – Ungeschütztes System

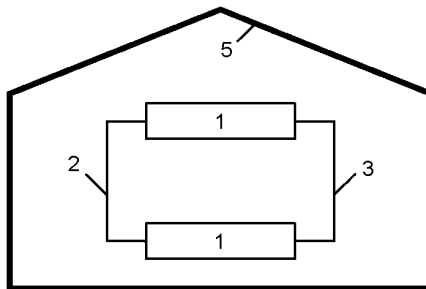


Bild A.5b – Verringerung des Magnetfeldes innerhalb einer LPZ durch räumliche Schirmung

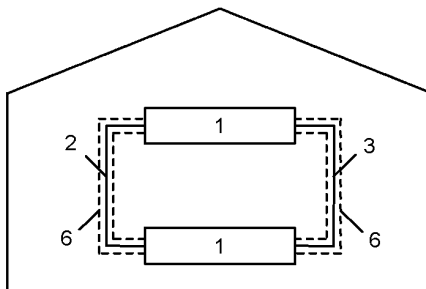


Bild A.5c – Verringerung der Magnetfeldwirkung durch geschirmte Leitungen

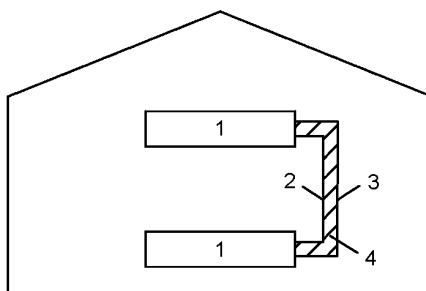


Bild A.5d – Verringerung der Fläche der Induktionsschleife durch geeignete Leitungsführung

Legende

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1 Betriebsmittel in Metallgehäuse | 4 Induktionsschleife |
| 2 Stromversorgungsleitung | 5 Äußerer räumlicher Schirm |
| 3 Datenleitung | 6 Metallener Leitungsschirm |

Bild A.5 – Verringerung der Induktionswirkung durch Leitungsführung und -schirmung

— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
FprEN 62305-4:2009

Die Leitungen und Kabel von elektronischen Systemen sind so nahe wie möglich entlang der metallenen Komponenten des Potentialausgleichsnetzwerks zu verlegen. Es ist vorteilhaft, die Leitungen und Kabel in metallene Schienen des Potentialausgleichsnetzwerks einzubetten, z. B. in U-förmige Kanäle oder in Rohre (siehe auch IEC 61000-5-2).

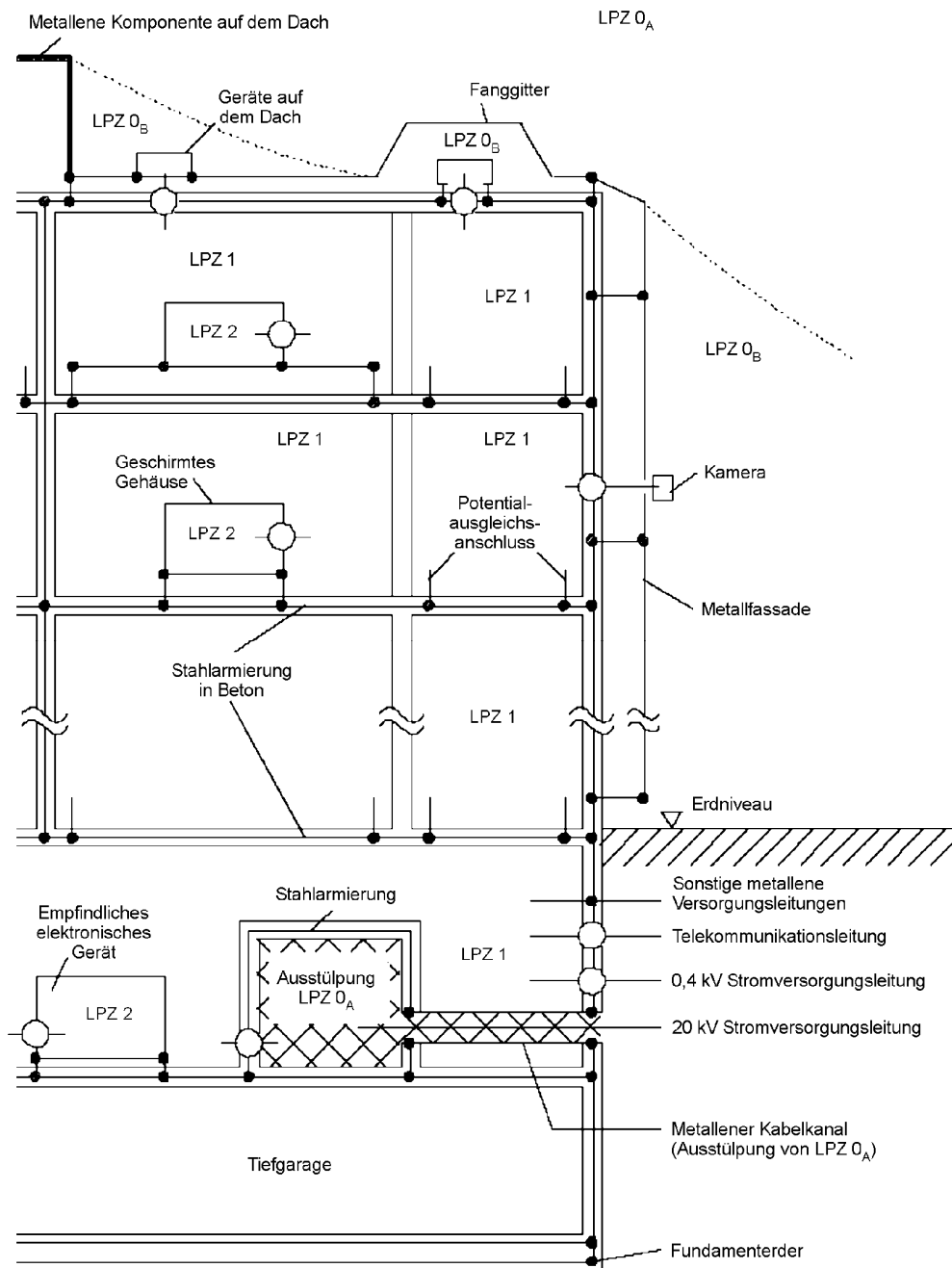
Nahe am Schirm einer LPZ (besonders LPZ 1) ist wegen der dort hohen magnetischen Feldstärken besondere Vorsicht bei der Installation von Leitungen nötig.

Wenn Leitungen, die zwischen getrennten baulichen Anlagen verlaufen, zu schützen sind, sollten sie in metallenen Kabelkanälen geführt werden. Diese Kabelkanäle sollten an beiden Enden an den Potentialausgleichsschienen der getrennten baulichen Anlagen angeschlossen werden. Wenn die (wie zuvor beidseitig an den Potentialausgleich angeschlossenen) Kabelschirme den zu erwartenden anteiligen Blitzstrom führen können, sind zusätzliche metallene Kabelkanäle nicht notwendig.

Spannungen und Ströme, die in Leiterschleifen von Installationen induziert werden, erzeugen leitungsgeführte Stoßwellen (Gleichtakt) im elektronischen System. Zur Berechnung dieser magnetisch induzierten Spannungen und Ströme siehe A.4.

Bild A.6 zeigt als Beispiel ein großes Bürogebäude:

- Die Schirmung wird durch die Stahlbewehrung und durch die metallenen Fassaden für LPZ 1 und durch geschirmte Schränke für empfindliche elektronische Systeme in LPZ 2 erreicht. Damit ein eng vermaschtes Potentialausgleichsnetzwerk installiert werden kann, sind mehrere Anschlüsse an den Potentialausgleich in jedem Raum vorgesehen.
- LPZ 0 ist in den Bereich von LPZ 1 eingestülpt, um die 20-kV-Energieeinspeisung aufzunehmen, weil die Installation von Überspannungsschutzgeräten an der Hochspannungsseite unmittelbar beim Gebäudeeintritt in diesem besonderen Fall nicht möglich ist.



- Potentialausgleich geschweißt oder geklemmt an jedem Stab und an den Kreuzungspunkten
- Überspannungsschutzgerät (SPD)

Bild A.6 – Beispiel für ein ESP eines Bürogebäudes

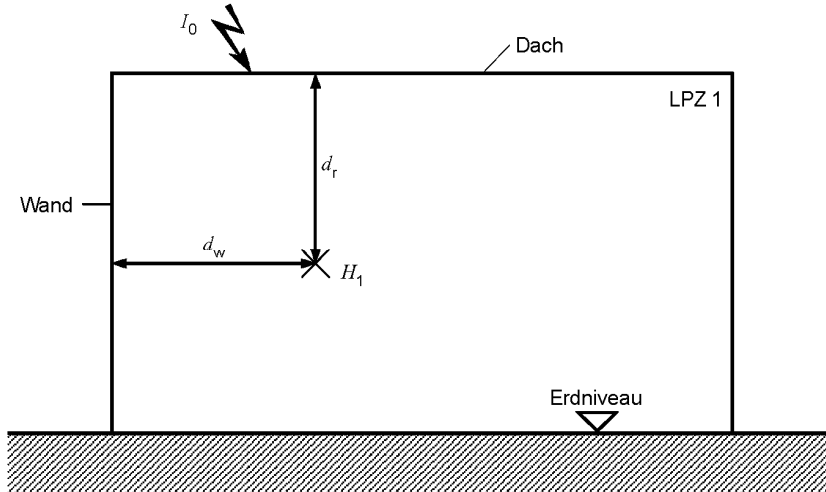
A.3 Magnetisches Feld innerhalb der LPZs

A.3.1 Näherung für das magnetische Feld innerhalb von LPZs

Wenn die Wirksamkeit der Schirmung nicht durch theoretische (siehe A.3.2) oder experimentelle (siehe A.3.3) Untersuchung bestimmt wird, sollte die Dämpfung wie im Folgenden berechnet werden.

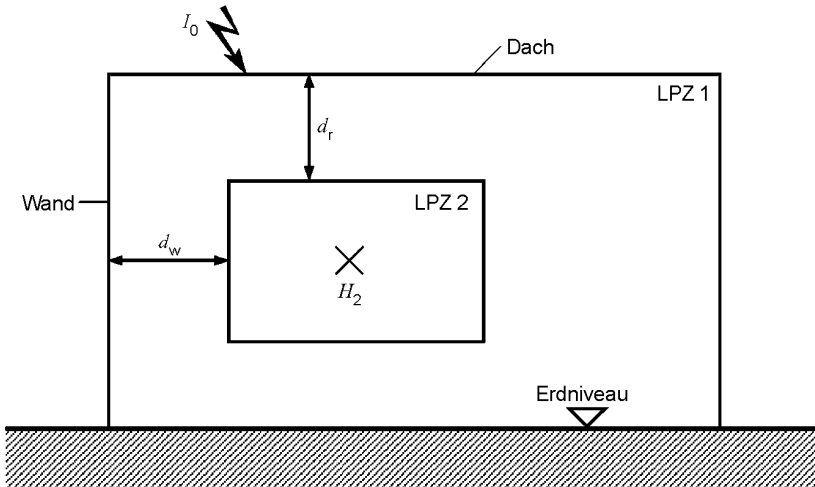
A.3.1.1 Gitterförmiger räumlicher Schirm von LPZ 1 bei direkten Blitzeinschlägen

Der Schirm eines Gebäudes (umgebender Schirm von LPZ 1) kann Teil eines äußeren LPS sein, so dass bei einem direkten Blitzeinschlag die Blitzströme darin fließen. Dieser Fall wird in Bild A.7a dargestellt mit der Annahme, dass der Blitz die bauliche Anlage an einem bestimmten Punkt des Daches trifft.



ANMERKUNG Die Abstände d_w und d_r sind auf den betrachteten Punkt bezogen.

Bild A.7a – Magnetische Feldstärke innerhalb von LPZ 1



ANMERKUNG Die Abstände d_w und d_r sind auf die Grenze von LPZ 2 bezogen.

Bild A.7b – Magnetische Feldstärke innerhalb von LPZ 2

Bild A.7 – Berechnung der Werte der magnetischen Feldstärke bei direktem Blitzeinschlag

Für die magnetische Feldstärke H_1 in einem bestimmten Punkt innerhalb von LPZ 1 gilt:

$$H_1 = k_H \cdot I_0 \cdot w / (d_w \cdot \sqrt{d_r}) \quad (\text{A/m}) \tag{A.1}$$

Dabei ist

- d_r (m) der kürzeste Abstand zwischen dem betrachteten Punkt und dem Dach der geschirmten LPZ 1;
- d_w (m) der kürzeste Abstand zwischen dem betrachteten Punkt und der Wand der geschirmten LPZ 1;
- I_0 (A) der Blitzstrom in LPZ 0_A;
- k_H (1/√m) der Geometriefaktor, typischer Wert $k_H = 0,01$ (1/√m);
- w (m) die Maschenweite des gitterförmigen Schirms von LPZ 1.

Daraus folgt für den Höchstwert des magnetischen Feldes in LPZ 1 (Anmerkung beachten):

– bedingt durch den positiven ersten Teilblitz: $H_{1/f/\max} = k_H \cdot I_{f/\max} \cdot w / (d_w \cdot \sqrt{d_r})$ (A/m) (A.2)

– bedingt durch den negativen ersten Teilblitz: $H_{1/fn/\max} = k_H \cdot I_{fn/\max} \cdot w / (d_w \cdot \sqrt{d_r})$ (A/m) (A.3)

– bedingt durch die Folgeblitze: $H_{1/s/\max} = k_H \cdot I_{s/\max} \cdot w / (d_w \cdot \sqrt{d_r})$ (A/m) (A.4)

Dabei ist

- $I_{f/\max}$ (A) der Höchstwert des positiven ersten Teilblitzstroms entsprechend dem Gefährdungspegel;
- $I_{fn/\max}$ (A) der Höchstwert des negativen ersten Teilblitzstroms entsprechend dem Gefährdungspegel;
- $I_{s/\max}$ (A) der Höchstwert der Folgeblitzströme entsprechend dem Gefährdungspegel.

ANMERKUNG Das magnetische Feld vermindert sich um den Faktor 2, wenn ein vermaschtes Potentialausgleichsnetzwerk nach 5.2 installiert ist.

Diese Werte des magnetischen Feldes gelten nur im Sicherheitsvolumen V_S innerhalb des gitterförmigen Schirms mit dem Sicherheitsabstand $d_{s/1}$ zum Schirm (siehe Bild A.4):

$$d_{s/1} = w \cdot SF / 10 \text{ (m) for } SF \geq 10 \quad (\text{A.5})$$

$$d_{s/1} = w \text{ (m) for } SF < 10 \quad (\text{A.6})$$

Dabei ist

- SF (dB) der aus den Gleichungen der Tabelle A.2 bestimmte Schirmfaktor;
- w (m) die Maschenweite des gitterförmigen Schirms.

ANMERKUNG Experimentelle Ergebnisse für das magnetische Feld innerhalb eines gitterförmigen Schirms um die LPZ 1 zeigen, dass die magnetische Feldstärke nahe dem Schirm kleiner ist als die nach obigen Gleichungen berechnete Feldstärke.

Beispiele:

Als Beispiel werden drei gitterförmige Kupferschirme mit den Maßen nach Tabelle A.1 und einer mittleren Maschenweite von $w = 2$ m betrachtet (siehe Bild A.10). Das ergibt einen Sicherheitsabstand $d_{s/1} = 2,0$ m, der das Sicherheitsvolumen V_S definiert. Die innerhalb von V_S gültigen Werte für $H_{1/\max}$ werden für $I_{0/\max} = 100$ kA berechnet und in Tabelle A.1 angegeben. Der Abstand zum Dach ist halb so groß wie die Höhe: $d_r = H/2$. Der Abstand zur Wand ist entweder halb so groß wie die Länge: $d_w = L/2$ (Mittelpunkt) oder gleich: $d_w = d_{s/1}$ (ungünstigster Fall in der Nähe der Wand).

Tabelle A.1 – Beispiele für $I_{0/\max} = 100 \text{ kA}$ und $w = 2 \text{ m}$

Typ des Schirms (siehe Bild A.10)	$L \times W \times H$ m	$H_{1/\max}$ (Mittelpunkt) A/m	$H_{1/\max} (d_w = d_{s/1})$ A/m
1	10 × 10 × 10	179	447
2	50 × 50 × 10	36	447
3	10 × 10 × 50	80	200

A.3.1.2 Gitterförmiger räumlicher Schirm von LPZ 1 bei nahem Blitzeinschlägen

Die Situation im Falle eines nahen Blitzeinschlags ist in Bild A.8 dargestellt. Das einfallende magnetische Feld um das geschirmte Volumen von LPZ 1 kann als ebene Welle angenähert werden.

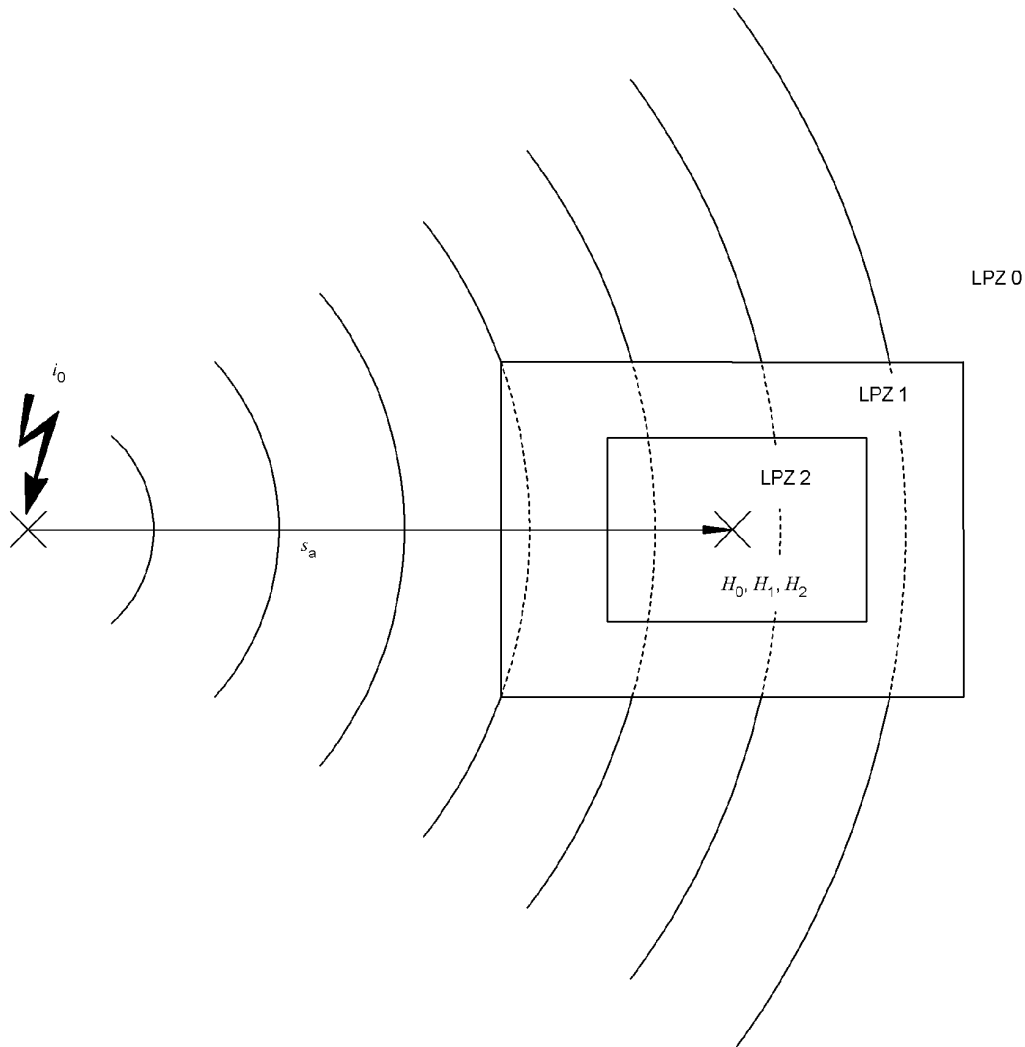


Bild A.8 – Bestimmung der Werte des magnetischen Feldes bei nahem Blitzeinschlag

Der Schirmungsfaktor SF der gitterförmigen räumlichen Schirme für eine ebene Welle ist in Tabelle A.2 angegeben.

Tabelle A.2 – Magnetische Dämpfung von gitterförmigen räumlichen Schirmen gegen eine ebene Welle

Werkstoff	SF (dB) (siehe Anmerkungen 1 und 2)	
	25 kHz (gültig für den positiven ersten Teilblitz)	1 MHz (gültig für Folgeblitze)
Kupfer oder Aluminium	$20 \cdot \log(8,5/w)$	$20 \cdot \log(8,5/w)$
Stahl (siehe Anmerkung 3)	$20 \cdot \log \left[(8,5/w) / \sqrt{1 + 18 \cdot 10^{-6} / r^2} \right]$	$20 \cdot \log(8,5/w)$

w Maschenweite des gitterförmigen Schirms (m).
 r Radius eines Stabes des gitterförmigen Schirms (m).
 ANMERKUNG 1 $SF = 0$, wenn das Ergebnis der Formeln negativ wird.
 ANMERKUNG 2 SF erhöht sich um 6 dB, wenn ein vermaschtes Potentialausgleichsnetzwerk nach 5.2 installiert ist.
 ANMERKUNG 3 Permeabilität $\mu_r \approx 200$.

Das einfallende Magnetfeld H_0 ist zu berechnen mit:

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

Dabei ist

I_0 (A) der Blitzstrom in LPZ 0_A;

s_a (m) der Abstand zwischen dem Einschlagpunkt und dem Mittelpunkt des geschirmten Volumens.

Daraus ergibt sich für den Höchstwert des magnetischen Feldes in LPZ 0

– bedingt durch den positiven ersten Teilblitz: $H_{0/f/\max} = I_{f/\max} / (2 \cdot \pi \cdot s_a) \quad (\text{A/m}) \quad (\text{A.8})$

– bedingt durch den negativen ersten Teilblitz: $H_{0/fn/\max} = I_{fn/\max} / (2 \cdot \pi \cdot s_a) \quad (\text{A/m}) \quad (\text{A.9})$

– bedingt durch die Folgeblitze: $H_{0/s/\max} = I_{s/\max} / (2 \cdot \pi \cdot s_a) \quad (\text{A/m}) \quad (\text{A.10})$

Dabei ist

$I_{f/\max}$ (A) der Höchstwert des positiven ersten Teilblitzstroms entsprechend dem Gefährdungspegel;

$I_{fn/\max}$ (A) der Höchstwert des negativen ersten Teilblitzstroms entsprechend dem Gefährdungspegel;

$I_{s/\max}$ (A) der Höchstwert der Folgeblitzströme entsprechend dem Gefährdungspegel.

Die Verringerung von H_0 zu H_1 innerhalb von LPZ 1 kann aus den SF -Werten nach Tabelle A.2 abgeleitet werden:

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

Dabei ist

SF (dB) der aus den Gleichungen der Tabelle A.2 bestimmte Schirmfaktor;

$H_{0/\max}$ (A/m) das magnetische Feld in LPZ 0.

Daraus folgt für den Höchstwert des magnetischen Feldes in LPZ 1:

– bedingt durch den positiven ersten Teilblitz: $H_{1/f/\max} = H_{0/f/\max} / 10^{SF/20} \quad (\text{A/m}) \quad (\text{A.12})$

– bedingt durch den negativen ersten Teilblitz: $H_{1/fn/\max} = H_{0/fn/\max} / 10^{SF/20} \quad (\text{A/m}) \quad (\text{A.13})$

– bedingt durch die Folgeblitze: $H_{1/s/\max} = H_{0/s/\max} / 10^{SF/20} \quad (\text{A/m}) \quad (\text{A.14})$

— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
FprEN 62305-4:2009

Diese Werte des magnetischen Feldes gelten nur für ein Sicherheitsvolumen V_s innerhalb der gitterförmigen Schirmung mit einem Sicherheitsabstand $d_{s/2}$ vom Schirm (siehe Bild A.4):

$$d_{s/2} = w^{SF/20} \text{ (m) für } SF \geq 10 \quad (\text{A.15})$$

$$d_{s/2} = w \text{ (m) für } SF < 10 \quad (\text{A.16})$$

Dabei ist

SF (dB) der Schirmungsfaktor, berechnet nach den Gleichungen in Tabelle A.2;

w (m) die Maschenweite des gitterförmigen Schirms.

Zu weiteren Angaben für die Berechnung der magnetischen Feldstärke innerhalb gitterförmiger Schirmungen bei nahen Blitzeinschlägen siehe A.3.3.

Beispiele:

Die magnetische Feldstärke $H_{1/\max}$ innerhalb von LPZ 1 bei nahen Blitzeinschlägen ist abhängig von dem Blitzstrom $I_{0/\max}$, dem Schirmungsfaktor SF des Schirms von LPZ 1 und dem Abstand s_a zwischen dem Blitzkanal und dem Mittelpunkt von LPZ 1 (siehe Bild A.8).

Der Blitzstrom $I_{0/\max}$ hängt vom gewählten Gefährdungspegel ab (siehe IEC 62305-1). Der Schirmungsfaktor SF (siehe Tabelle A.2) ist im Wesentlichen eine Funktion der Maschenweite des gitterförmigen Schirms. Der Abstand s_a ist entweder:

- ein gegebener Abstand zwischen dem Mittelpunkt von LPZ 1 und einem Objekt in der Nähe (z. B. ein Mast), das vom Blitz getroffen wird; oder
- der Mindestabstand zwischen dem Mittelpunkt von LPZ 1 und dem Blitzkanal, wenn der Blitz in der Nähe der LPZ 1 in den Erdboden einschlägt.

Der ungünstigste Fall ist der größtmögliche Strom $I_{0/\max}$ kombiniert mit dem kleinstmöglichen Abstand s_a . Wie in Bild A.9 gezeigt, ist der Mindestabstand s_a eine Funktion der Höhe H und der Länge L (beziehungsweise der Breite W) der baulichen Anlage (LPZ 1) und eine Funktion des Blitzkugelradius r in Abhängigkeit von $I_{0/\max}$ (siehe Tabelle A.3), definiert nach dem elektrogeometrischen Modell (siehe IEC 62305-1, A.4).

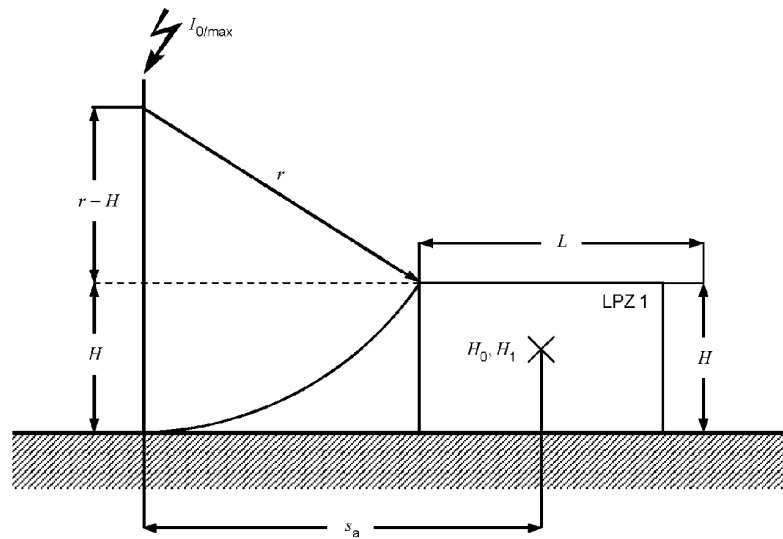


Bild A.9 – Abstand s_a in Abhängigkeit vom Radius der Blitzkugel und den Maßen der baulichen Anlage

Der Abstand ergibt sich aus:

$$s_a = \sqrt{2 \cdot r \cdot H - H^2} + L/2 \quad \text{für } H < r \quad (\text{A.17})$$

$$s_a = r + L/2 \quad \text{für } H \geq r \quad (\text{A.18})$$

ANMERKUNG Bei kleineren Abständen als diesem Mindestwert schlägt der Blitz direkt in die bauliche Anlage ein.

Es können drei typische Schirme mit den Maßen nach Tabelle A.4 definiert werden. Für den gitterförmigen Schirm aus Kupfer wird eine mittlere Maschenweite von $w = 2 \text{ m}$ angenommen. Das ergibt einen Schirmungsfaktor $SF = 12,6 \text{ dB}$ und einen Sicherheitsabstand $d_{S/2} = 2,5 \text{ m}$, der das Sicherheitsvolumen V_S definiert. Die Werte für $H_{0/\text{max}}$ und $H_{1/\text{max}}$, die überall innerhalb von V_S als gültig angenommen werden, werden für $I_{0/\text{max}} = 100 \text{ kA}$ berechnet und in Tabelle A.4 angegeben.

Tabelle A.3 – Blitzkugelradius abhängig vom maximalen Blitzstrom

Gefährdungspegel	Maximaler Blitzstrom	Blitzkugelradius
	$I_{0/\text{max}}$ kA	r m
I	200	313
II	150	260
III – IV	100	200

Tabelle A.4 – Beispiele für $I_{0/\max} = 100 \text{ kA}$ und $w = 2 \text{ m}$ entsprechend $SF = 12,6 \text{ dB}$

Typ des Schirms (siehe Bild A.10)	$L \times W \times H$ 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.3.1.3 Gitterförmige räumliche Schirme von LPZ 2 und höher

In den gitterförmigen Schirmen von LPZ 2 und höher fließen keine wesentlichen Anteile von Blitzströmen. Deshalb kann in erster Näherung die Reduzierung von H_n auf H_{n+1} innerhalb von LPZ $n+1$ wie in A.3.1.2 für nahe Blitzeinschläge berechnet werden:

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

Dabei ist

SF (dB) der Schirmungsfaktor nach Tabelle A.2;

H_n (A/m) das magnetische Feld innerhalb LPZ n .

Wenn $H_n = H_1$ ist, kann diese Feldstärke wie folgt berechnet werden:

- Bei Blitzeinschlägen direkt in den gitterförmigen Schirm von LPZ 1 siehe A.3.1.1 und Bild A.7b, wobei d_w und d_r die Abstände zwischen dem Schirm von LPZ 2 und der Wand bzw. dem Dach sind.
- Bei Blitzeinschlägen nahe LPZ 1 siehe A.3.1.2 und Bild A.8.

Diese Werte des magnetischen Feldes gelten nur im Sicherheitsvolumen V_s innerhalb des gitterförmigen Schirms mit dem Sicherheitsabstand $d_{s/2}$ zum Schirm (wie in A.3.1.2 definiert und in Bild A.4 dargestellt).

A.3.2 Theoretische Ermittlung des magnetischen Feldes bei direkten Blitzeinschlägen

Die Gleichungen, die in A.3.1.1 zur Bestimmung der magnetischen Feldstärke $H_{1/\max}$ angegeben sind, beruhen auf Berechnungen des magnetischen Feldes für drei typische gitterförmige Schirme nach Bild A.10. Für diese Berechnungen wurde ein Blitzeinschlag in eine der Ecken des Daches angenommen. Der Blitzkanal wurde durch einen senkrechten Stab mit einer Länge von 100 m oberhalb des Daches nachgebildet. Die Erde wurde durch eine ideal leitende Ebene nachgebildet.

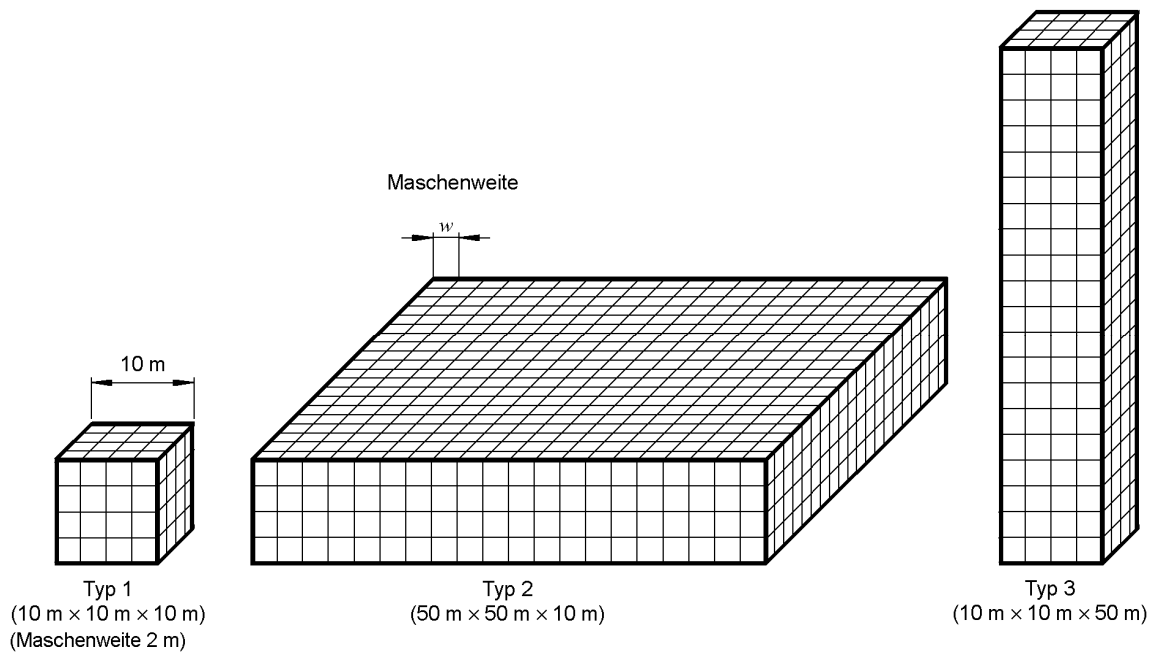


Bild A.10 – Typen von ausgedehnten, gitterförmigen, räumlichen Schirmen

Für die Berechnung wurde die magnetische Feldkopplung zwischen jedem Stab des gitterförmigen Schirms mit allen anderen Stäben, einschließlich des Blitzkanals, berücksichtigt, woraus sich ein Gleichungssystem für die Berechnung der Blitzstromverteilung im Gitter ergibt. Aus dieser Stromverteilung wurde die magnetische Feldstärke innerhalb des Schirms abgeleitet. Es wurde angenommen, dass die ohmschen Widerstände der Stäbe vernachlässigt werden können. Deshalb ist die Stromverteilung im gitterförmigen Schirm und die magnetische Feldstärke nicht frequenzabhängig. Weil auch die kapazitive Kopplung vernachlässigt wurde, treten keine transienten Effekte auf.

Die Bilder A.11 und A.12 zeigen einige Ergebnisse für den gitterförmigen Schirm Typ 1 (siehe Bild A.10).

— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
FprEN 62305-4:2009

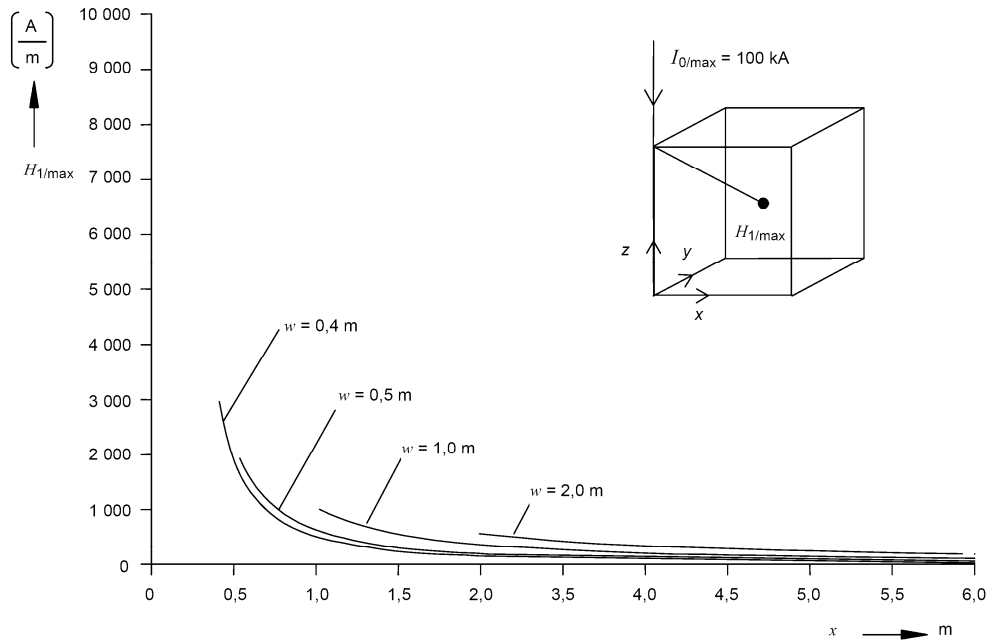


Bild A.11 – Magnetische Feldstärke $H_{1/\max}$ innerhalb eines gitterförmigen Schirms Typ 1

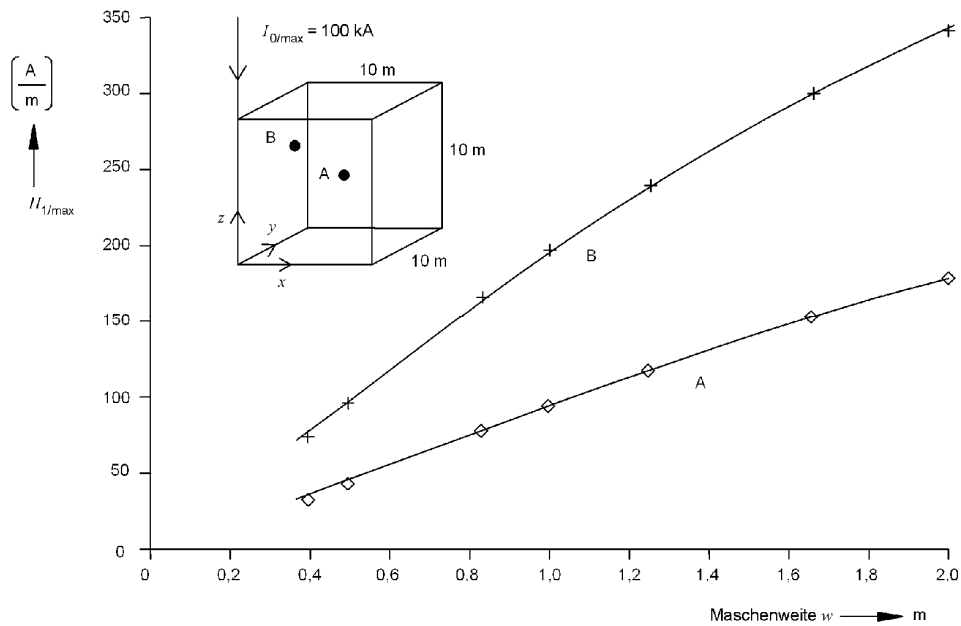


Bild A.12 – Magnetische Feldstärke $H_{1/\max}$ innerhalb eines gitterförmigen Schirms Typ 1

ANMERKUNG 1 Experimentelle Ergebnisse für das magnetische Feld innerhalb eines gitterförmigen Schirms um die LPZ 1 zeigen, dass der Anstieg des magnetischen Feldes nahe dem Schirm kleiner ist als nach obigen Gleichungen berechnet.

ANMERKUNG 2 Die Berechnungsergebnisse gelten nur, wenn die Abstände zum gitterförmigen Schirm $d_{S/1} > w$ sind.

In allen Fällen wurde ein maximaler Blitzstrom $I_{0/\max} = 100 \text{ kA}$ angenommen. In beiden Bildern ist $H_{1/\max}$ die maximale magnetische Feldstärke im betrachteten Punkt, abgeleitet aus den Komponenten H_x , H_y und H_z :

$$H_{1/\max} = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2} \quad (\text{A.20})$$

In Bild A.11 ist $H_{1/\max}$ entlang einer geraden Linie vom Blitzeinschlagpunkt ($x = y = 0$, $z = 10 \text{ m}$) zum Mittelpunkt des Volumens ($x = y = 5 \text{ m}$, $z = 5 \text{ m}$) berechnet. $H_{1/\max}$ ist als Funktion der x -Koordinate eines Punkts auf dieser Linie aufgetragen mit der Maschenweite w des gitterförmigen Schirms als Parameter.

In Bild A.12 ist $H_{1/\max}$ für zwei Punkte innerhalb des Schirms (Punkt A: $x = y = 5 \text{ m}$, $z = 5 \text{ m}$; Punkt B: $x = y = 3 \text{ m}$, $z = 7 \text{ m}$) berechnet. Das Ergebnis ist als Funktion der Maschenweite w aufgetragen.

Beide Bilder zeigen die bestimmenden Parameter für die Verteilung des magnetischen Feldes innerhalb eines gitterförmigen Schirms: der Abstand von der Wand oder dem Dach und die Maschenweite.

In Bild A.11 sollte beachtet werden, dass entlang von anderen Linien durch das Volumen des Schirms Nulldurchgänge und Vorzeichenwechsel bei den Komponenten der magnetischen Feldstärke $H_{1/\max}$ auftreten können. Die Gleichungen in A.3.1.1 sind deshalb nur erste Näherungen für die in Wirklichkeit weit komplexere Verteilung des magnetischen Feldes innerhalb eines gitterförmigen Schirms.

A.3.3 Experimentelle Bestimmung des magnetischen Feldes bei direkten Blitzeinschlägen

Das magnetische Feld innerhalb von geschirmten baulichen Anlagen kann auch durch experimentelle Messungen bestimmt werden. Bild A.13 zeigt einen Vorschlag für die Nachbildung eines direkten Blitzeinschlags in einem bestimmten Punkt einer geschirmten baulichen Anlage durch einen Blitzstromgenerator. Derartige Messungen können mit einem Blitzstromgenerator bei geringeren Stromamplituden durchgeführt werden, wobei aber die Wellenform der des originalen Blitzstroms entsprechen muss.

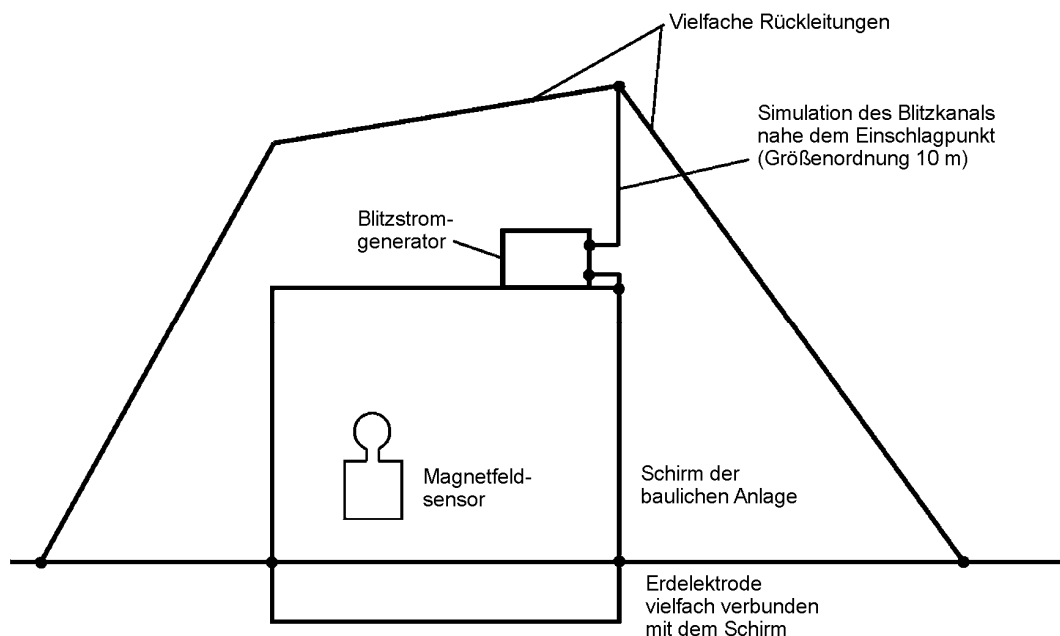
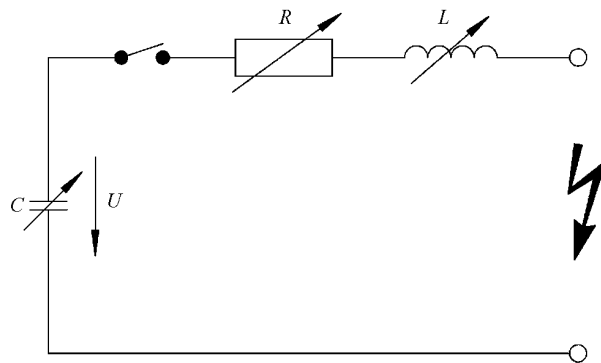


Bild A.13a – Prüfanordnung



Legende

- U üblicherweise einige 10 kV
- C üblicherweise einige 10 nF

Bild A.13b – Blitzstromgenerator

**Bild A.13 – Low-level-Prüfung zur Bestimmung des magnetischen Feldes
innerhalb einer geschirmten baulichen Anlage**

A.4 Berechnung von induzierten Spannungen und Strömen

Es werden nur rechteckige Schleifen nach Bild A.14 betrachtet. Wenn andere Schleifenanordnungen bestehen, können sie in rechteckige Schleifen mit gleicher Fläche umgewandelt werden.

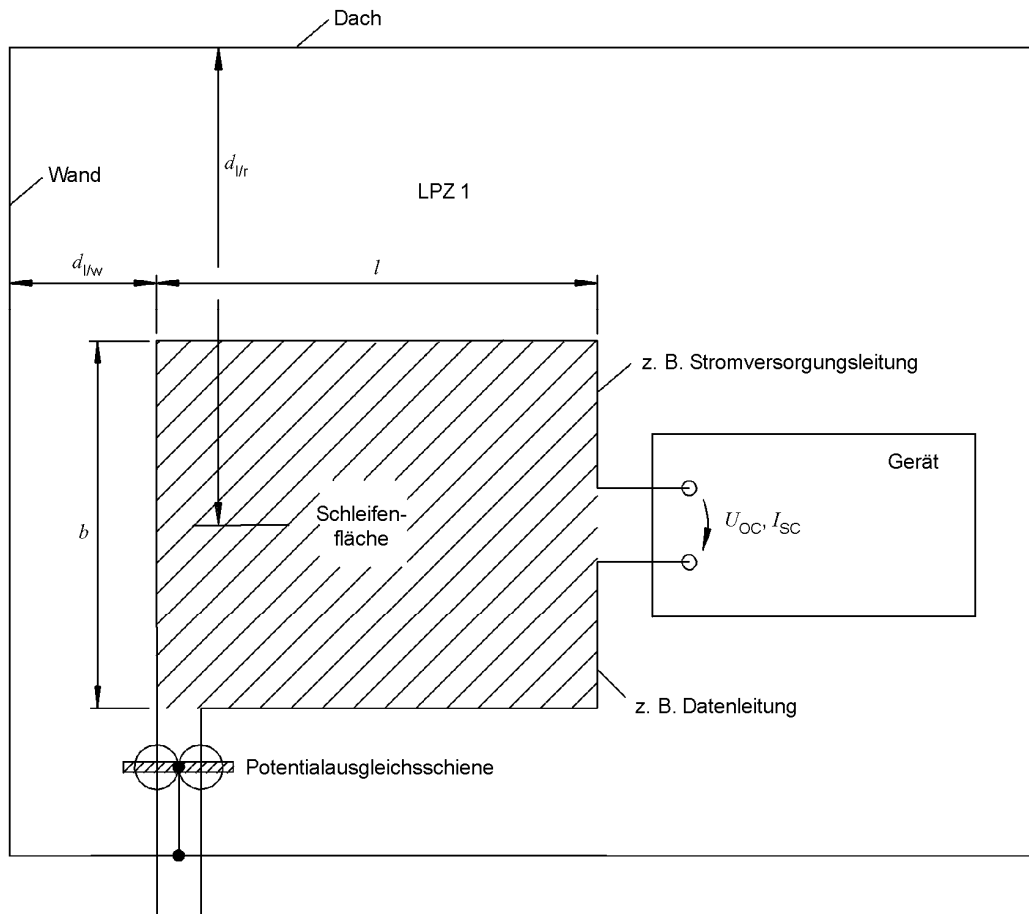


Bild A.14 – In eine Leiterschleife der Verkabelung induzierte Spannungen und Ströme

A.4.1 Situation innerhalb LPZ 1 bei direkten Blitzeinschlägen

Für das magnetische Feld H_1 innerhalb des Volumens V_s von LPZ 1 gilt (siehe A.3.1.1):

$$H_1 = k_H \cdot I_0 \cdot w / (d_w \cdot \sqrt{d_r}) \quad (\text{A/m}) \quad (\text{A.21})$$

Für die Leerlaufspannung U_{oc} gilt:

$$U_{oc} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot k_H \cdot (w / \sqrt{d_{l/r}}) \cdot dI_0/dt \quad (\text{V}) \quad (\text{A.22})$$

Während der Stirnzeit T_1 tritt der maximale Wert $U_{oc/max}$ auf:

$$U_{oc/max} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot k_H \cdot (w / \sqrt{d_{l/r}}) \cdot I_{0/max} / T_1 \quad (\text{V}) \quad (\text{A.23})$$

Dabei ist

- μ_0 gleich $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ (Vs)/(Am)}$;
- b (m) die Breite der Leiterschleife;
- $d_{l/w}$ (m) der Abstand der Leiterschleife von der Wand des Schirms, wobei $d_{l/w} \geq d_{s/1}$ ist;
- $d_{l/r}$ (m) der mittlere Abstand der Leiterschleife von der Decke des Schirms;

— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
FprEN 62305-4:2009

- I_0 (A) der Blitzstrom in LPZ 0_A;
 $I_{0/\max}$ (A) der Höchstwert des Blitzstroms in LPZ 0_A (in A);
 k_H ($1/\sqrt{m}$) der Geometriefaktor $k_H = 0,01$ ($1/\sqrt{m}$);
 l (m) die Länge der Leiterschleife;
 T_1 (s) die Stirnzeit des Blitzstroms in LPZ 0_A;
 w (m) die Maschenweite des gitterförmigen Schirms.

Für den Kurzschlussstrom I_{sc} gilt:

$$I_{sc} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot k_H \cdot (w / \sqrt{d_{l/r}}) \cdot I_0 / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.24})$$

solange der ohmsche Widerstand des Drahtes vernachlässigbar ist (ungünstigster Fall).

Der maximale Wert $I_{sc/\max}$ ist:

$$I_{sc/\max} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot k_H \cdot (w / \sqrt{d_{l/r}}) \cdot I_{0/\max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.25})$$

Dabei ist

L (H) Eigeninduktivität der Leiterschleife.

Für rechteckige Schleifen kann die Eigeninduktivität L berechnet werden mit:

$$L = \left\{ 0,8\sqrt{l^2 + b^2} - 0,8(l + b) + 0,4 \cdot l \cdot \ln\left(\frac{2b/r}{1 + \sqrt{1 + (b/l)^2}}\right) + 0,4 \cdot b \cdot \ln\left(\frac{2l/r}{1 + \sqrt{1 + (l/b)^2}}\right) \right\} \cdot 10^{-6} \quad (\text{H}) \quad (\text{A.26})$$

Dabei ist

r (m) Radius des Drahtes der Leiterschleife.

Für Spannung und Strom, die vom magnetischen Feld des positiven ersten Teilblitzes ($T_1 = 10 \mu\text{s}$) induziert werden, gilt:

$$U_{oc/t/\max} = 1,26 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot (w / \sqrt{d_{l/r}}) \cdot I_{t/\max} \quad (\text{V}) \quad (\text{A.27})$$

$$I_{sc/t/\max} = 12,6 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot (w / \sqrt{d_{l/r}}) \cdot I_{t/\max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.28})$$

Für Spannung und Strom, die vom magnetischen Feld des negativen ersten Teilblitzes ($T_1 = 1 \mu\text{s}$) induziert werden, gilt:

$$U_{oc/fn/\max} = 12,6 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot (w / \sqrt{d_{l/r}}) \cdot I_{fn/\max} \quad (\text{V}) \quad (\text{A.29})$$

$$I_{sc/fn/\max} = 12,6 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot (w / \sqrt{d_{l/r}}) \cdot I_{fn/\max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.30})$$

Für Spannung und Strom, die vom magnetischen Feld von Folgeblitzen ($T_1 = 0,25 \mu\text{s}$) induziert werden, gilt:

$$U_{oc/s/\max} = 50,4 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot (w / \sqrt{d_{l/r}}) \cdot I_{s/\max} \quad (\text{V}) \quad (\text{A.31})$$

$$I_{sc/s/\max} = 12,6 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot (w / \sqrt{d_{l/r}}) \cdot I_{s/\max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.32})$$

Dabei ist

$I_{f/\max}$ (kA) der Höchstwert des Stroms des positiven ersten Teilblitzes;

$I_{fn/\max}$ (kA) der Höchstwert des Stroms des negativen ersten Teilblitzes;

$I_{s/\max}$ (kA) der Höchstwert des Stroms der Folgeblitze.

A.4.2 Situation innerhalb LPZ 1 bei nahen Blitzeinschlägen

Das magnetische Feld H_1 innerhalb des Volumens V_S von LPZ 1 wird als homogen angenommen (siehe A.3.1.2).

Für die Leerlaufspannung U_{oc} gilt:

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

Der Höchstwert $U_{oc/\max}$ tritt während der Stirnzeit T_1 auf:

$$U_{oc/\max} = \mu_o \cdot b \cdot l \cdot H_{1/\max} / T_1 \quad (V) \quad (A.34)$$

Dabei ist

μ_o gleich $4\pi \cdot 10^{-7}$ (Vs)/(Am);

b (m) die Breite der Leiterschleife;

H_1 (A/m) das zeitabhängige magnetische Feld innerhalb LPZ 1;

$H_{1/\max}$ (A/m) der Höchstwert des magnetischen Feldes innerhalb LPZ 1;

l (m) die Länge der Leiterschleife;

T_1 (s) die Stirnzeit des magnetischen Feldes, identisch mit der Stirnzeit des Blitzstroms.

Für den Kurzschlussstrom I_{sc} gilt, solange der ohmsche Widerstand der Drähte vernachlässigbar ist (ungünstigster Fall):

$$I_{sc} = \mu_o \cdot b \cdot l \cdot H_1 / L \quad (A) \quad (A.35)$$

Der Höchstwert von $I_{sc/\max}$ ist:

$$I_{sc/\max} = \mu_o \cdot b \cdot l \cdot H_{1/\max} / L \quad (A) \quad (A.36)$$

Dabei ist

$L(H)$ die Eigeninduktivität der Leiterschleife (zur Berechnung von L siehe A.4.1).

Für Spannung und Strom, die vom magnetischen Feld $H_{1/f}$ des positiven ersten Teilblitzes ($T_1 = 10 \mu s$) induziert werden, gilt:

$$U_{oc/f/\max} = 0,126 \cdot b \cdot l \cdot H_{1/f/\max} \quad (V) \quad (A.37)$$

$$I_{sc/f/\max} = 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot l \cdot H_{1/f/\max} / L \quad (A) \quad (A.38)$$

— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
FprEN 62305-4:2009

Für Spannung und Strom, die vom magnetischen Feld $H_{1/f}$ des negativen ersten Teilblitzes ($T_1 = 1 \mu\text{s}$) induziert werden, gilt:

$$U_{oc/fn/max} = 1,26 \cdot b \cdot l \cdot H_{1/fn/max} \quad (\text{V}) \quad (\text{A.39})$$

$$I_{sc/fn/max} = 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot l \cdot H_{1/fn/max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.40})$$

Für Spannung und Strom, die vom magnetischen Feld $H_{1/s}$ von Folgeblitzen ($T_1 = 0,25 \mu\text{s}$) induziert werden, gilt:

$$U_{oc/s/max} = 5,04 \cdot b \cdot l \cdot H_{1/s/max} \quad (\text{V}) \quad (\text{A.41})$$

$$I_{sc/s/max} = 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot l \cdot H_{1/s/max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.42})$$

Dabei ist

$H_{1/f/max}$ (A/m) der Höchstwert des magnetischen Feldes innerhalb LPZ 1 durch den positiven ersten Teilblitz;

$H_{1/fn/max}$ (A/m) der Höchstwert des magnetischen Feldes innerhalb LPZ 1 durch den negativen ersten Teilblitz;

$H_{1/s/max}$ (A/m) der Höchstwert des magnetischen Feldes innerhalb LPZ 1 durch Folgeblitze.

A.4.3 Situation innerhalb LPZ 2 und höher

Das magnetische Feld H_n innerhalb LPZ n für $n \geq 2$ wird als homogen angenommen (siehe A.3.1.3).

Deshalb gelten für die Berechnung von induzierten Spannungen und Strömen dieselben Gleichungen wie in A.3.1.2, wobei anstelle von H_1 jeweils H_n einzusetzen ist.

Anhang B (informativ)

Realisierung des ESP-Schutzes für eine bestehende bauliche Anlage

B.1 Allgemeines

In bestehenden baulichen Anlagen ist es nicht immer möglich, den ESP-Schutz für die Geräte nach dieser Norm auszuführen. Dieser Anhang versucht die wichtigsten Punkte zu beschreiben, die zu beachten sind, und bietet Informationen über Schutzmaßnahmen, die nicht verpflichtend sind, die aber helfen können, den gesamten Schutz zu verbessern.

B.2 Checklisten

In bestehenden baulichen Anlagen müssen geeignete Schutzmaßnahmen den vorhandenen Aufbau und vorgegebene Bedingungen von baulichen Anlagen und von bestehenden elektrischen und elektronischen Systemen berücksichtigen.

Checklisten erleichtern die Risikoanalyse und die Auswahl der am besten geeigneten Schutzmaßnahmen.

Insbesondere für bestehende bauliche Anlagen ist eine systematische Planung für das Blitzschutzkonzept und für Erdung, Potentialausgleich, Leitungsführung und -schirmung nötig.

Die Checklisten in den Tabellen B.1 bis B.4 sollen dazu dienen, die benötigten Daten über die bestehende bauliche Anlage und ihre Installationen zu sammeln. Auf der Basis dieser Daten muss dann eine Risikoanalyse nach IEC 62305-2 durchgeführt werden, um festzustellen, ob ein Schutz notwendig ist und, wenn ja, um die kostengünstigsten Schutzmaßnahmen zu finden.

ANMERKUNG Für weitere Angaben zum Schutz gegen elektromagnetische Störungen (EMI) in Gebäudeinstallationen siehe IEC 60364-4-44.

Die in den Checklisten gesammelten Daten sind auch für den Planungsprozess nützlich.

Tabelle B.1 – Strukturelle Kenndaten und Umgebungsbedingungen

Punkt	Fragen
1	Mauerwerk, Ziegel, Holz, bewehrter Beton, Stahlskelett, metallene Fassaden?
2	Einzelne bauliche Anlage oder miteinander verbundene Blöcke mit Dehnungsfugen?
3	Flache und niedrige oder hochragende bauliche Anlagen? (Maße der baulichen Anlage)
4	Bewehrungsstäbe der baulichen Anlage überall durchverbunden?
5	Art, Typ und Qualität des metallenen Dachmaterials?
6	Metallene Fassaden in den Potentialausgleich einbezogen?
7	Metallene Fensterrahmen in den Potentialausgleich einbezogen?
8	Größe der Fenster?
9	Bauliche Anlage mit einem äußeren LPS ausgerüstet?
10	Schutzklasse und Qualität dieses LPS?
11	Material des Erdbodens (Fels, Erde)?
12	Höhe, Abstand und Erdung von benachbarten baulichen Anlagen?
ANMERKUNG Für detaillierte Informationen siehe IEC 62305-2.	

Tabelle B.2 – Installations-Kenndaten

Punkt	Fragen
1	Typ von eintretenden Versorgungsleitungen (Erdkabel oder Freileitung)?
2	Art der Außengeräte (Antennen oder andere außen angebrachte Geräte)?
3	Typ der Stromversorgung (Hoch- oder Niederspannung, Freileitung oder Erdkabel)?
4	Leitungsführung (Anzahl und Anordnung von Steigleitungen, Kabeltrassen)?
5	Verwendung von metallenen Kabelkanälen?
6	Haben die elektronischen Betriebsmittel innerhalb der baulichen Anlage eine unabhängige Stromversorgung?
7	Gibt es metallene Verbindungen zu anderen baulichen Anlagen?
ANMERKUNG Für detaillierte Informationen siehe IEC 62305-2.	

Tabelle B.3 – Kenndaten der Betriebsmittel

Punkt	Fragen
1	Verbindungsleitungen der elektronischen Systeme (geschirmte oder ungeschirmte Mehrader-Kabel, Koaxialkabel, analog und/oder digital, symmetrisch oder unsymmetrisch, Lichtwellenleiter)? (siehe Anmerkung 1)
2	Störfestigkeitspegel der elektronischen Systeme festgelegt? (siehe Anmerkungen 1 und 2)
ANMERKUNG 1 Für detaillierte Informationen siehe IEC 62305-2.	
ANMERKUNG 2 Für detaillierte Informationen siehe ITU-T K.21, IEC 61000-4-5, IEC 61000-4-9 und IEC 61000-4-10.	

Tabelle B.4 – Weitere für das Schutzkonzept wichtige Fragen

Punkt	Fragen
1	Typ des Energienetzes ist TN (TN-S oder TN-C), TT oder IT?
2	Aufstellungsort der elektronischen Betriebsmittel? (siehe Anmerkung)
3	Verbindungen von Funktionserdungsleitungen des elektronischen Systems mit dem Potentialausgleichsnetzwerk?
ANMERKUNG Für detaillierte Informationen siehe Anhang A.	

B.3 Auslegung des ESP-Schutzes für eine bestehende bauliche Anlage

Der erste Schritt im Planungsprozess ist es, die Checklisten nach B.2 zu erstellen und die Risikoanalyse durchzuführen.

Wenn diese Risikoanalyse ergibt, dass ein ESP-Schutz nötig ist, dann sollte dieser nach den in Bild B.1 gezeigten Schritten ausgeführt werden.

Für alle Bereiche, in denen sich zu schützende Geräte befinden, sind geeignete LPZs festzulegen (siehe 4.3).

Die Grundlage für den ESP-Schutz muss ein inneres Schirmungs- und Potentialausgleichsnetzwerk sein. Dieses Netzwerk sollte Maschenweiten nicht über 5 m in jeder Richtung haben. Wenn die Nutzung oder die Konstruktion der baulichen Anlage ein solches Netzwerk nicht erlaubt, sollte zumindest ein Ringleiter innerhalb der Außenwand in jedem Stockwerk installiert werden. Dieser Ringleiter ist mit jeder Ableitung des äußeren Blitzschutzes zu verbinden.

ANMERKUNG Nachträgliche Schirmungsmaßnahmen an einer bestehenden baulichen Anlage sind oft praktisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll. In diesem Fall bietet der Einsatz von SPDs eine wirksame Alternative.

B.4 Planung grundsätzlicher Schutzmaßnahmen für LPZ 1

Die Schutzmaßnahmen sollten auf einem inneren Schirmungs- und Potentialausgleichsnetzwerk oder dem Ringleiter innerhalb der Außenwand aufbauen, die üblicherweise die Grenze von LPZ 1 bildet. Wenn die Außenwand nicht die Grenze von LPZ 1 ist und ein inneres Schirmungs- und Potentialausgleichsnetzwerk nicht möglich ist, sollte ein Ringleiter an der Grenze von LPZ 1 installiert werden. Dieser Ringleiter ist mit dem Ringleiter der Außenwand an zumindest zwei, möglichst weit voneinander entfernten Stellen, zu verbinden.

B.4.1 Planung grundsätzlicher Schutzmaßnahmen für LPZ 2

Die Schutzmaßnahmen bauen auf einem inneren Schirmungs- und Potentialausgleichsnetzwerk oder dem Ringleiter innerhalb der Außenwand auf. Wenn ein inneres Schirmungs- und Potentialausgleichsnetzwerk nicht möglich ist, sollte ein Ringleiter an der Grenze jeder LPZ 2 installiert werden. Wenn eine LPZ 2 größer ist als 5 m x 5 m ist sie zu unterteilen, damit die Maschenweite 5 m x 5 m nicht überschreitet. Der Ringleiter ist mit dem Ringleiter der umgebenden LPZ 1 an zumindest zwei, möglichst weit voneinander entfernten Stellen, zu verbinden.

B.4.2 Planung grundsätzlicher Schutzmaßnahmen für LPZ 3

Die Schutzmaßnahmen bauen auf einem inneren Schirmungs- und Potentialausgleichsnetzwerk oder dem Ringleiter innerhalb von LPZ 2 auf. Wenn ein inneres Schirmungs- und Potentialausgleichsnetzwerk nicht möglich ist, sollte ein Ringleiter an der Grenze jeder LPZ 3 installiert werden. Wenn eine LPZ 3 größer ist als 5 m x 5 m ist sie zu unterteilen, damit die Maschenweite 5 m x 5 m nicht überschreitet. Der Ringleiter ist mit dem Ringleiter der umgebenden LPZ 2 an zumindest zwei, möglichst weit voneinander entfernten Stellen, zu verbinden.

B.5 Installation eines koordinierten SPD-Systems

Ein koordiniertes SPD-System sollte geplant werden um alle Kabel zu schützen, die Grenzen der verschiedenen LPZs durchdringen.

Die Planung zusätzlicher Maßnahmen kann den Schutz durch Potentialausgleich und SPD-Systeme wesentlich verbessern.

Die Auslegung von Kabelkanälen, Kabelträgern usw. ist zu verbessern, damit sie geeignete Schirme für die in oder auf ihnen geführten Kabel bilden.

Wenn möglich, sollten zusätzliche Maßnahmen wie Schirmung von Wänden, Böden, Decken usw. in Betracht gezogen werden, um den Schutz über den bereits angewendeten hinaus zu verbessern (siehe Abschnitt 6).

Maßnahmen zur Verbesserung der Verbindungen zwischen der betrachteten baulichen Anlage und anderen baulichen Anlagen (siehe B.11).

Wenn neue elektronische Systeme in einer baulichen Anlage installiert werden, die bereits mit Schutzmaßnahmen ausgestattet ist, sollte der Planungsprozess für den Bereich dieser elektronischen Systeme erneut durchgeführt werden.

Der gesamte Planungsprozess ist in einem Flussplan dargestellt (siehe Bild B.1).

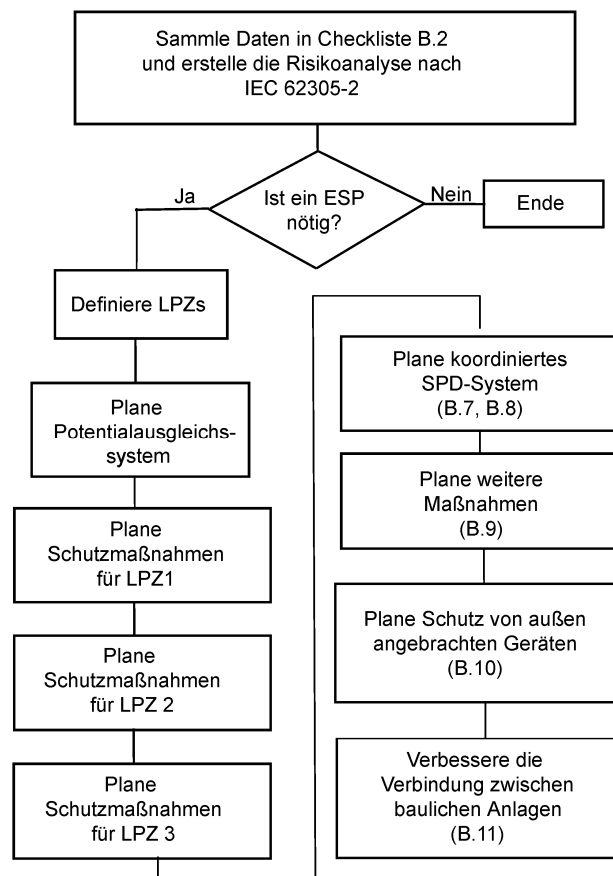


Bild B.1 – ESP Planungs-Schritte für eine bestehende bauliche Anlage

B.6 Aufrüstung eines bestehenden LPS durch räumliche Schirmung von LPZ 1

Ein bestehendes LPS (nach IEC 62305-3), das eine LPZ 1 umschließt, kann aufrüstet werden durch:

- Integration von bestehenden metallenen Fassaden und Dächern in das äußere LPS;
- Einbinden der Bewehrungsstäbe der baulichen Anlage, soweit sie vom obersten Dach bis zur Erdungsanlage elektrisch durchverbunden sind;
- Verringerung der Abstände der Ableitungen und der Maschenweite der Fangeinrichtungen typisch unter 5 m;
- Installation von flexiblen Potentialausgleichsleitern zur Überbrückung von Dehnungsfugen zwischen benachbarten, aber strukturell getrennten, bewehrten Teilen.

B.7 Einrichtung von LPZs für elektrische und elektronische Systeme

Abhängig von Anzahl, Typ und Empfindlichkeit der elektrischen und elektronischen Systeme werden geeignete innere LPZ definiert, von kleinen lokalen Zonen (das Gehäuse eines einzelnen elektronischen Betriebsmittels) bis zu großen integrierten Zonen (das gesamte Gebäudevolumen).

Bild B.2 zeigt die typische Auslegung von LPZs für den Schutz von elektronischen Systemen und zeigt verschiedene Lösungen, die besonders auch für bestehende bauliche Anlagen geeignet sind:

Bild B.2a zeigt die Installation einer einzelnen LPZ 1, wodurch ein geschütztes Volumen innerhalb der gesamten baulichen Anlage entsteht, z. B. für elektronische Systeme mit erhöhter Spannungsfestigkeit.

- Diese LPZ 1 kann durch ein LPS nach IEC 62305-3 gebildet werden, das aus einem äußeren LPS (Fangeinrichtungen, Ableitungen und Erdungsanlage) und einem inneren LPS (Blitzschutz-Potentialausgleich und Einhaltung der Trennungsabstände) besteht.
- Das äußere LPS schützt die LPZ 1 gegen direkte Blitzeinschläge, aber das magnetische Feld innerhalb von LPZ 1 bleibt nahezu ungedämpft. Weil Fangeinrichtungen und Ableitungen typische Maschenweiten und typische Abstände von mehr als 5 m haben, ist - wie oben erklärt - die räumliche Schirmwirkung vernachlässigbar. Wenn das Risiko R_D von direkten Blitzeinschlägen in die bauliche Anlage sehr gering ist, kann das äußere LPS auch entfallen.
- Das innere LPS erfordert den Potentialausgleich aller Versorgungsleitungen, die in die bauliche Anlage an der Grenze von LPZ 1 eingeführt sind, was die Installation von SPDs für alle Stromversorgungs- und Datenleitungen einschließt. Dadurch werden die leitungsgeführten Stoßwellen auf den eintretenden Versorgungsleitungen an der Eintrittsstelle durch die SPDs begrenzt.

ANMERKUNG Isolierende Schnittstellen innerhalb von LPZ 1 können nützlich sein, um niederfrequente Störungen zu vermeiden.

Die Bilder B.2b bis B.2d zeigen verschiedene Möglichkeiten, wie LPZs in bestehenden baulichen Anlagen eingerichtet werden können.

— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
FprEN 62305-4:2009

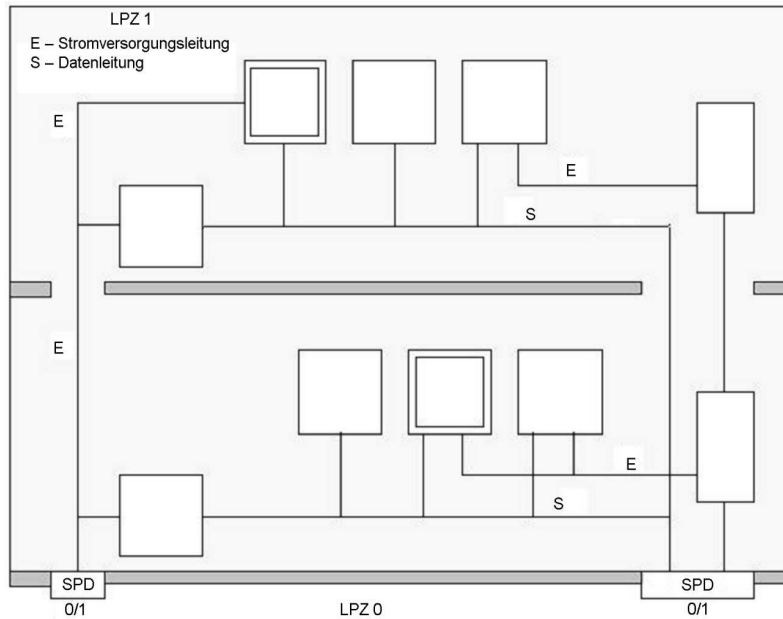


Bild B.2a – Ungeschirmte LPZ 1 mit LPS und SPDs an der Eintrittsstelle der Versorgungsleitungen in die bauliche Anlage (z. B. bei erhöhter Spannungsfestigkeit der Systeme oder bei nur kleinen Leiterschleifen innerhalb der baulichen Anlage)

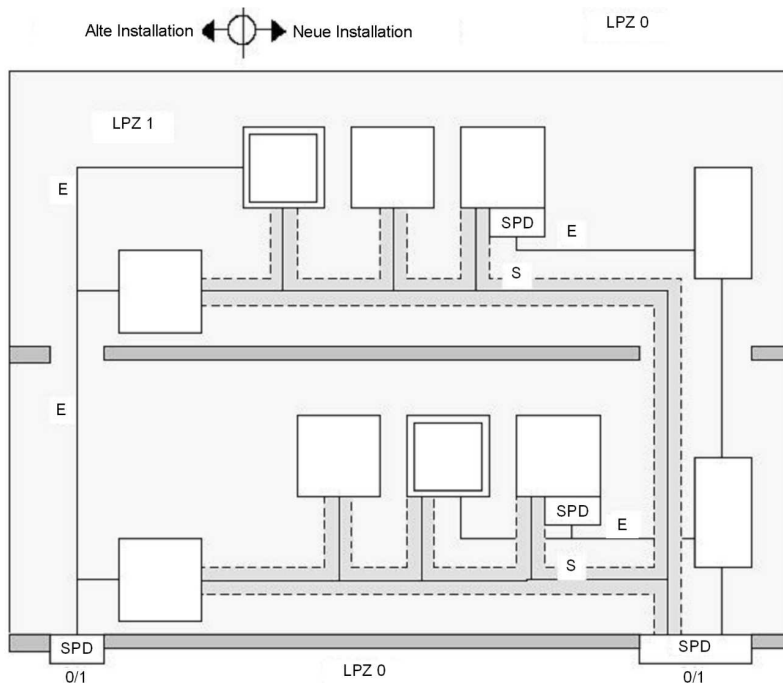


Bild B.2b – Ungeschirmte LPZ 1 mit Schutz für die neuen elektronischen Systeme durch Verwendung geschirmter Datenleitungen und durch ein koordiniertes SPD-System für die Stromversorgungsleitungen

— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
FprEN 62305-4:2009

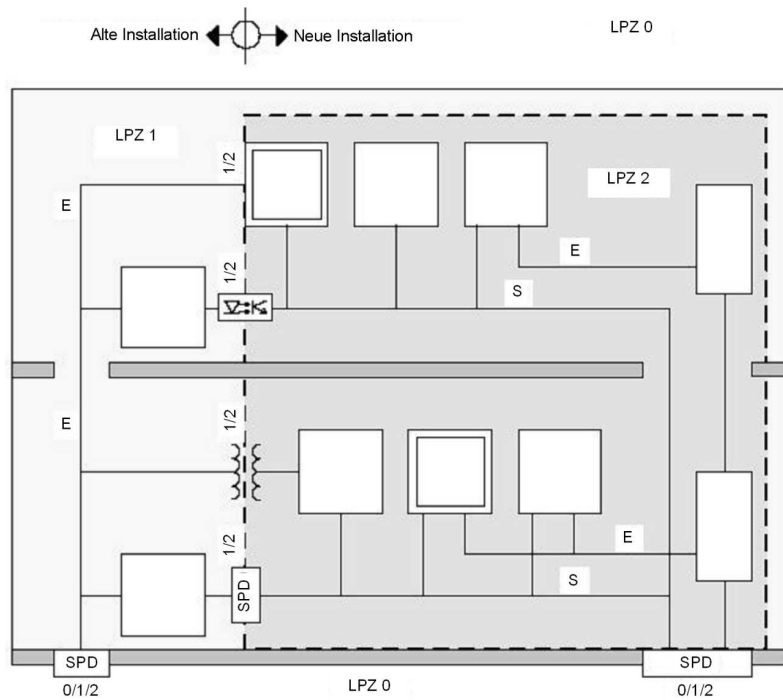


Bild B.2c – Ungeschirmte LPZ 1 und große geschirmte LPZ 2 für die neuen elektronischen Systeme

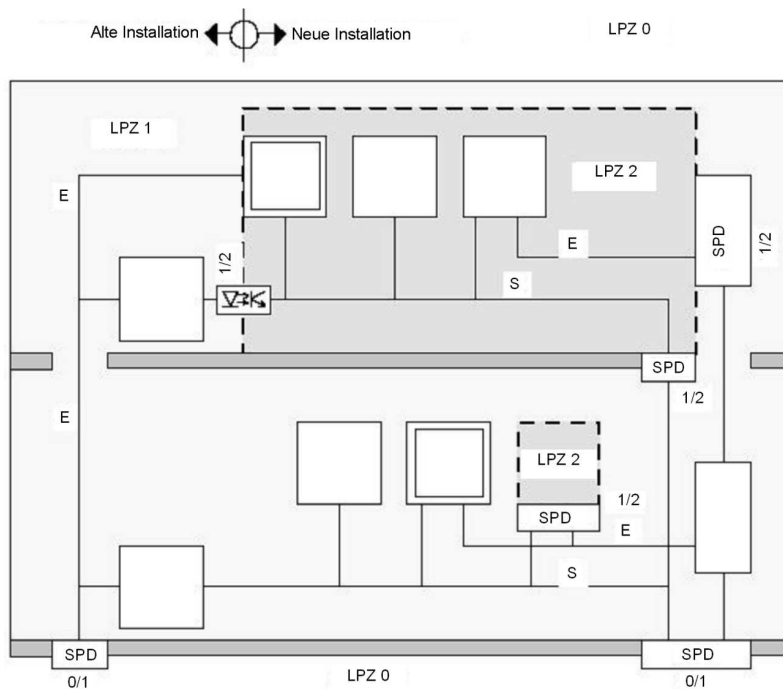


Bild B.2d – Ungeschirmte LPZ 1 und zwei lokale LPZ 2 für die neuen elektronischen Systeme

Bild B.2 – Möglichkeiten für die Einrichtung von LPZs in bestehenden baulichen Anlagen

Bild B.2b zeigt, dass die neuen Betriebsmittel in einer ungeschirmten LPZ 1 auch gegen leitungsgeführte Stoßwellen geschützt werden müssen. Beispielsweise können die Datenleitungen durch Verwendung geschirmter Kabel und die Stromversorgungsleitungen durch ein koordiniertes SPD-System geschützt werden. Das kann zusätzliche mit I_n oder mit einem Hybridimpuls geprüfte SPDs erfordern, die nahe an den Betriebsmitteln installiert und mit den SPDs am Eingang koordiniert sind. Außerdem können zusätzliche nach Klasse II doppelt isolierte Betriebsmittel nötig sein.

Bild B.2c zeigt die Installation einer großen integralen LPZ 2 innerhalb von LPZ 1 für die Unterbringung der neuen elektronischen Systeme. Der gitterförmige räumliche Schirm von LPZ 2 bietet eine signifikante Dämpfung des magnetischen Blitzfeldes. Auf der linken Seite müssen die SPDs, die an der Grenze von LPZ 1 (Übergang der LPZs 0/1) installiert sind und die nachfolgenden SPDs an der Grenze von LPZ 2 (Übergang der LPZs 1/2) nach IEC 61643-12 koordiniert sein. Auf der rechten Seite müssen die SPDs, die an der Grenze von LPZ 1 installiert sind, für den direkten Übergang der LPZs 0/2 ausgewählt werden (siehe C.3.4).

Bild B.2d zeigt die Installation von zwei kleineren LPZs (LPZs 2) innerhalb von LPZ 1. An der Grenze jeder LPZ 2 müssen zusätzliche SPDs sowohl für die Stromversorgungs- als auch für die Datenleitungen installiert werden. Diese SPDs müssen mit den SPDs an der Grenze von LPZ 1 nach IEC 61643-12 koordiniert sein.

B.8 Schutz durch ein Potentialausgleichsnetzwerk

Bestehende Erdungssysteme für Netzfrequenz stellen möglicherweise keinen ausreichenden Potentialausgleich für Blitzströme mit Frequenzen bis zu einigen MHz dar, weil deren Impedanz für diese Frequenzen zu hoch sein kann.

Sogar ein LPS nach IEC 62305-3, das typische Maschenweiten größer als 5 m erlaubt und zwingend den Blitzschutz-Potentialausgleich als Teil des inneren LPS einschließt, kann für empfindliche elektronische Systeme unzureichend sein. Der Grund ist, dass die Impedanz eines solchen Potentialausgleichssystems für diese Anwendung noch zu hoch sein kann.

Die Installation eines niederimpedanten Potentialausgleichsnetzwerks mit typischen Maschenweiten von 5 m und darunter wird dringend empfohlen.

Im Allgemeinen sollte das Potentialausgleichsnetzwerk nicht als Rückleiter für Stromversorgungs- oder Datenleitungen verwendet werden. Deshalb muss der PE-Leiter in das Potentialausgleichsnetzwerk integriert werden, während der PEN-Leiter nicht integriert werden darf.

Der direkte Anschluss eines Funktions-Erdungsleiters (z. B. eine saubere Erde speziell für ein elektronisches System) an das niederimpedante Potentialausgleichsnetzwerk ist erlaubt, weil in diesem Fall die Störeinkopplung in Stromversorgungs- oder Datenleitungen sehr gering ist. Ein direkter Anschluss an PEN-Leiter oder andere mit ihm verbundene Teile ist verboten, um netzfrequente Störungen im elektronischen System zu vermeiden.

B.9 Schutz durch Überspannungsschutzgeräte

Um vom Blitz erzeugte, leitungsgeführte Stoßwellen auf elektrischen Leitungen zu begrenzen, müssen an jeder Einführungsstelle in eine innere LPZ SPDs installiert werden (siehe Bild B.2 und Bild B.8, Nr. 3).

Eine unkoordinierte Anwendung von SPDs innerhalb von Gebäuden kann zu Zerstörungen im elektronischen System führen, wenn nachgeschaltete SPDs oder SPDs innerhalb von Geräten das ordnungsgemäße Funktionieren der SPDs an der Gebäudeeinführung verhindern.

Damit die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen aufrechterhalten werden kann, ist es nötig, den Einbauort aller installierten SPDs zu dokumentieren.

B.10 Schutz durch isolierende Schnittstellen

Netzfrequente Störströme in Betriebsmitteln und ihren Datenleitungen können durch große Leiterschleifen oder durch das Fehlen eines ausreichend niederimpedanten Potentialausgleichsnetzwerks entstehen. Solche Störungen (besonders in TN-C-Installationen) lassen sich vermeiden, indem eine geeignete Trennung zwischen bestehenden und neuen Installationen durch isolierende Schnittstellen erreicht wird, z. B. durch:

- Klasse II-isolierte Betriebsmittel (d. h. doppelte Isolierung ohne PE-Leiter);
- Trenntransformatoren;
- Lichtwellenleiter ohne metallene Komponenten;
- Optokoppler.

ANMERKUNG Es ist sorgfältig darauf zu achten, dass metallene Gehäuse der Betriebsmittel keinen zufälligen galvanischen Kontakt mit dem Potentialausgleichsnetzwerk oder mit anderen metallenen Teilen haben. Sie müssen gegen diese isoliert bleiben. Diese Forderung ist meistens erfüllt, weil elektronische Betriebsmittel, die in Wohn- oder Büroräumen verwendet werden, nur über ihre Kabel mit Erde verbunden sind.

B.11 Schutzmaßnahmen durch Leitungsführung und -schirmung

Geeignete Leitungsführung und -schirmung sind wirksame Maßnahmen, um induzierte Überspannungen zu verringern. Diese Maßnahmen sind besonders wichtig, wenn die räumliche Schirmwirkung von LPZ 1 vernachlässigbar klein ist. In diesem Fall verbessern die folgenden Maßnahmen den Schutz:

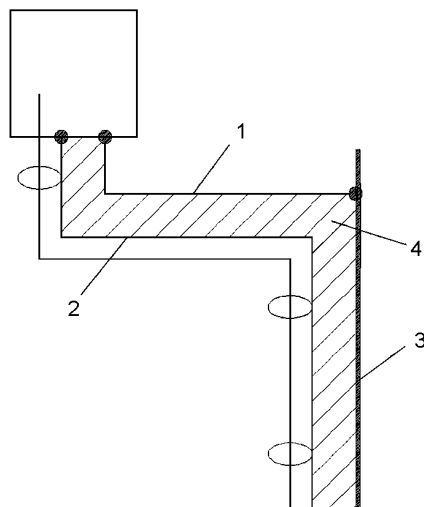
- Minimieren der Flächen von Leiterschleifen.
- Energieeinspeisung neuer Geräte aus dem bestehenden Netz sollte vermieden werden, weil dadurch Leiterschleifen mit großer Fläche entstehen, was das Risiko von Zerstörungen an der Isolation signifikant erhöht. Weiterhin können große Leiterschleifen durch eng benachbarte Führung von Stromversorgungs- und Datenleitungen vermieden werden (siehe Bild B.8, Nr. 8).
- Verwendung von geschirmten Kabeln, wobei die Schirme zumindest an beiden Enden mit dem Potentialausgleich verbunden sein müssen.
- Verwendung von metallenen Kabelkanälen oder von metallenen Platten, die an den Potentialausgleich angeschlossen und gut durchverbunden sein müssen. Die Verbindungen müssen durch Verschraubung von überlappten Teilen oder durch Potentialausgleichsleiter erfolgen. Um die Impedanz des Kabelkanals klein zu halten, müssen mehrere Verschraubungen oder Potentialausgleichsleiter über den Umfang des Kabelkanals verteilt werden (siehe IEC 61000-5-2).

Beispiele für gute Leitungsführung und -schirmung zeigen die Bilder B.3 und B.4.

ANMERKUNG Für Datenleitungen von mehr als 10 m Länge zwischen elektronischen Betriebsmitteln in allgemeinen Bereichen (die nicht speziell für elektronische Systeme ausgelegt sind) wird empfohlen, symmetrische Datenleitungen mit geeigneten galvanischen Trennungen, z. B. durch Optokoppler, Trenntransformatoren oder Trennverstärker, einzusetzen. Die zusätzliche Verwendung doppelt geschirmter Kabel kann von Vorteil sein.

— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
FprEN 62305-4:2009

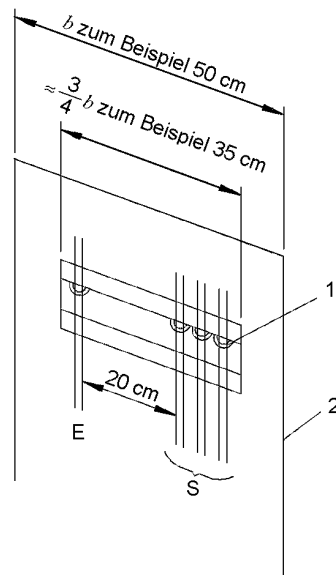


Legende

- 1 PE, nur bei Verwendung von Klasse-I-Betriebsmitteln
- 2 optionale Kabelschirme müssen an beiden Enden an den Potentialausgleich angeschlossen werden
- 3 Metallplatte als zusätzliche Schirmung (siehe Bild B.4)
- 4 kleine Schleifenfläche

ANMERKUNG Wegen der kleinen Schleifenfläche bleibt die induzierte Spannung zwischen dem Kabelschirm und der Metallplatte klein.

Bild B.3 – Verkleinerung der Schleifenfläche unter Verwendung von geschirmten Kabeln dicht an einer Metallplatte



Legende

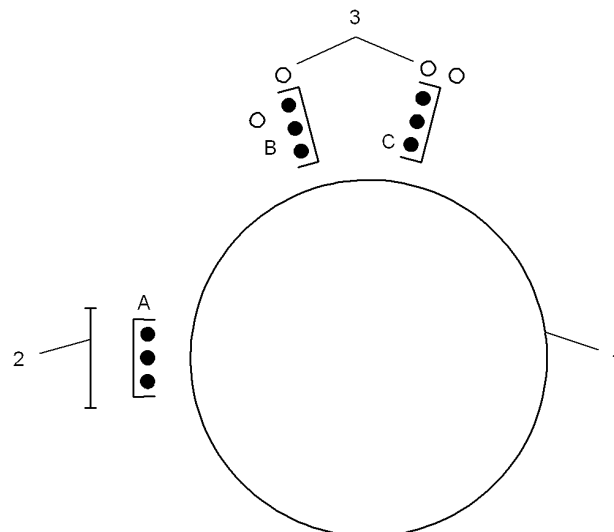
- 1 Kabelbefestigung mit oder ohne Potentialausgleich zwischen Kabelschirmen und Metallplatte
 - 2 an den Kanten ist die magnetische Feldstärke größer als in der Mitte der Metallplatte
- E Stromversorgungsleitungen
S Datenleitungen

Bild B.4 – Beispiel für die Nutzung einer Metallplatte als zusätzliche Schirmung

An hohen baulichen Anlagen soll das Blitzkugelverfahren (siehe IEC 62305-3) angewendet werden, um festzustellen, ob Betriebsmittel auf dem Dach oder an den Seiten des Gebäudes durch direkten Blitzeinschlag getroffen werden können. In diesem Fall sollten zusätzliche Fangeinrichtungen verwendet werden. In vielen Fällen können Geländer, Leitern, Rohre usw. die Funktion der Fangeinrichtung übernehmen. Auf diese Weise können alle Betriebsmittel, mit Ausnahme von bestimmten Arten von Antennen, geschützt werden. Antennen müssen manchmal an exponierter Stelle angebracht werden, weil ihre Leistung von Blitzableitungen in der Nähe ungünstig beeinflusst werden kann. Manche Antennenbauarten sind selbstschützend, weil nur gut geerdete, leitfähige Elemente einem Blitzeinschlag ausgesetzt sind. Andere Bauarten können den Einbau von SPDs an den Zuleitungskabeln erfordern, damit keine zu hohen Stoßwellen über das Kabel bis zum Sender oder Empfänger gelangen können. Wenn ein äußeres LPS vorhanden ist, sollten Antennenträger daran angeschlossen werden.

B.11.3 Verringerung von Überspannungen in Kabeln

Hohe induzierte Spannungen und Ströme können vermieden werden, indem die Leitungen in geerdeten Kanälen, Trassen oder Metallrohren geführt werden. Alle Kabel, die zu einem bestimmten Betriebsmittel führen, sollten den Kabelkanal am selben Punkt verlassen. Soweit möglich sollten die inhärenten Schirmungseigenschaften der baulichen Anlage optimal genutzt werden, indem Kabel soweit wie möglich innerhalb von rohrförmigen Komponenten geführt werden. Wo dies nicht möglich ist, wie im Fall von Prozessbehältern, sollten die Kabel auf der Außenseite, jedoch dicht an der baulichen Anlage geführt werden und die natürliche Schirmung durch metallene Rohre, stählerne Leitern und andere gut geerdete Teile so gut wie möglich nutzen (siehe Bild B.6). Bei Masten aus L-Profilen sollten für eine bestmögliche Schutzwirkung die Kabel im inneren Winkel des L-Profiles geführt werden (siehe Bild B.7).

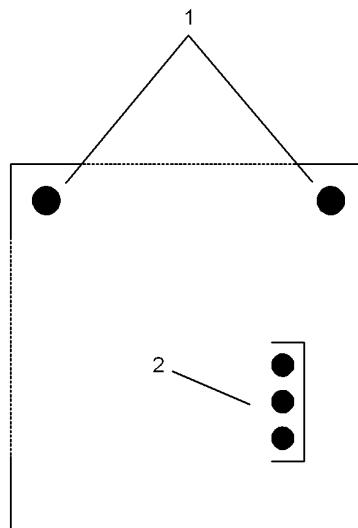


Legende

- 1 Prozessbehälter
- 2 Steigleiter
- 3 Rohre

ANMERKUNG A, B, C sind gute Alternativen für die Positionierung von elektrischen Leitungen.

Bild B.6 – Inhärente Schirmung durch in den Potentialausgleich einbezogene metallene Leitern und Rohre



Legende

- 1 ideale Position für Leitungen in den inneren Ecken der L-Träger
- 2 alternative Position für eine in den Potentialausgleich einbezogene Kabeltrasse innerhalb des Mastes

**Bild B.7 – Ideale Position für Leitungen an einem Mast
(Querschnitt durch einen Stahlgittermast)**

B.12 Aufrüstung von Verbindungsleitungen zwischen baulichen Anlagen

Verbindungsleitungen zwischen getrennten baulichen Anlagen sind entweder

- isolierend (Lichtwellenleiter ohne metallene Komponenten); oder
- metall (z. B. Drahtpaare, Mehraderleitungen, Wellenleiter, Koaxialkabel oder Lichtwellenleiter mit durchgehenden metallenen Komponenten).

Die Schutzanforderungen hängen ab vom Typ der Leitung, der Anzahl der Leitungen und davon, ob die Erdungsanlagen der baulichen Anlagen miteinander verbunden sind.

B.12.1 Isolierende Leitungen

Wenn Lichtwellenleiter ohne metallene Komponenten (z. B. ohne metallene Bewehrung, Feuchtigkeitssperrefolie oder internen Stahldraht) verwendet werden, um getrennte bauliche Anlagen miteinander zu verbinden, sind für diese Leitungen keine Schutzmaßnahmen erforderlich.

B.12.2 Metallene Leitungen

Ohne geeignete Verbindung der Erdungsanlagen von getrennten baulichen Anlagen bilden die Verbindungsleitungen einen niederimpedanten Strompfad für den Blitzstrom. Dadurch kann ein wesentlicher Teil des Blitzstroms entlang dieser Verbindungsleitungen fließen.

- Der erforderliche Potentialausgleich direkt oder durch SPDs an den Einführungsstellen in beide LPZ 1 schützt nur die Betriebsmittel innerhalb, während die Leitungen außerhalb ungeschützt bleiben.
- Die Leitungen könnten durch die Installation eines zusätzlichen parallelen Potentialausgleichsleiters geschützt werden. Der Blitzstrom teilt sich dann zwischen den Leitungen und diesem Potentialausgleichsleiter auf.
- Es wird empfohlen, die Leitungen in geschlossenen und durchverbundenen metallenen Kabelkanälen zu führen. In diesem Fall sind sowohl die Leitungen als auch die Betriebsmittel geschützt.

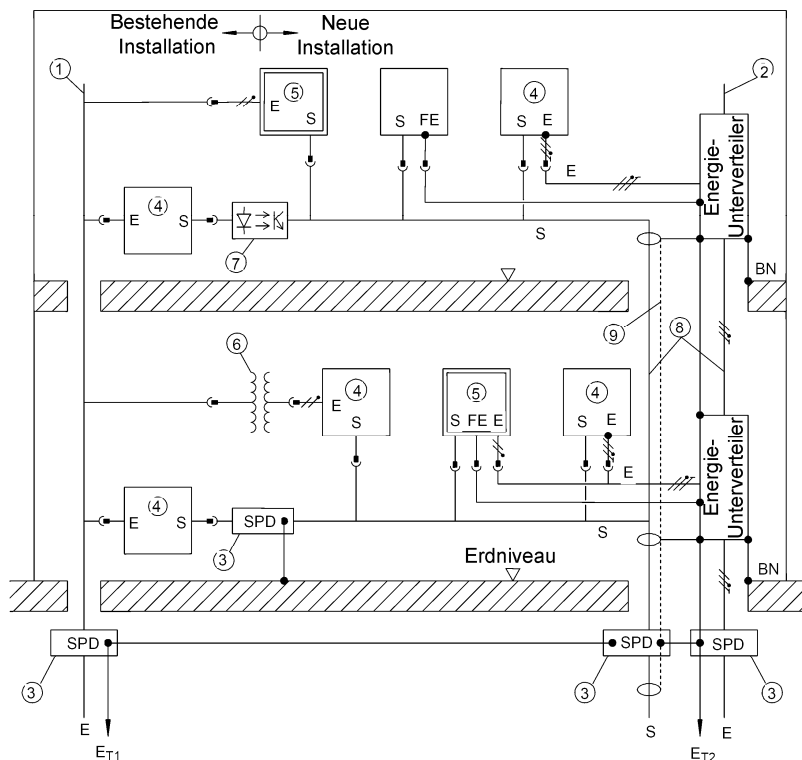
Auch bei geeigneter Verbindung der Erdungsanlagen von getrennten baulichen Anlagen wird der Schutz der Leitungen mit durchverbundenen metallenen Kabelkanälen empfohlen. Wenn aber sehr viele Leitungen die

beiden baulichen Anlagen verbinden, können die Schirme oder Bewehrungen der Kabel, wenn sie auf beiden Seiten geerdet sind, die Funktion der Kabelkanäle übernehmen.

B.13 Integration von neuen elektronischen Systemen in bestehende bauliche Anlagen

Wenn bestehende Installationen um neue elektronische Systeme erweitert werden, können die bestehenden Installationen die anwendbaren Schutzmaßnahmen beschränken.

Bild B.8 zeigt ein Beispiel, in dem eine bestehende Installation (auf der linken Seite) mit einer neuen Installation (auf der rechten Seite) zusammengeschaltet ist. Die bestehende Installation schränkt die anwendbaren Schutzmaßnahmen ein. Trotzdem können durch entsprechende Planung und Auslegung der neuen Installation alle notwendigen Schutzmaßnahmen eingesetzt werden.



Legende

- | | |
|--|---|
| 1 bestehendes Energienetz (TN-C, TT, IT) | E Stromversorgungsleitungen |
| 2 neues Energienetz (TN-S, TN-CS, TT, IT) | S Datenleitungen (geschirmt oder ungeschirmt) |
| 3 Überspannungsschutzgerät (SPD) | E_T Erdungsanlage |
| 4 Klasse I-Standardisolierung | BN Potentialausgleichsnetzwerk |
| 5 Klasse II-doppelte Isolierung ohne PE | PE Schutzleiter |
| 6 Trenntransformator | FE Funktions-Erdungsleiter (soweit vorhanden) |
| 7 Optokoppler oder Lichtwellenleiter | /// 3-Ader-Stromversorgungsleitung: L, N, PE |
| 8 benachbarte Führung von Stromversorgungs- und Datenleitungen | / / 2-Ader-Stromversorgungsleitung: L, N |
| 9 geschirmte Kabelkanäle | • Potentialausgleichspunkte (PE, FE, BN) |

Bild B.8 – Verbesserung des ESP-Schutzes und elektromagnetische Verträglichkeit in bestehenden baulichen Anlagen

B.14 Übersicht über mögliche Schutzmaßnahmen

B.14.1 Stromversorgung

Die bestehende Stromversorgung (Bild B.8, Nr. 1) in einer baulichen Anlage ist sehr oft vom Typ TN-C, was netzfrequente Störungen verursachen kann. Derartige Störungen können durch isolierende Schnittstellen vermieden werden (siehe unten).

Wenn eine neue Stromversorgung installiert wird (Bild B.8, Nr. 2), wird dringend Typ TN-S empfohlen.

B.14.2 Überspannungsschutzgeräte

Um die leitungsgeführten Stoßwellen zu begrenzen, müssen SPDs an den Einführungsstellen in jede LPZ und gegebenenfalls auch an den zu schützenden Betriebsmitteln installiert werden (Bild B.8, Nr. 3 und Bild B.2).

B.14.3 Isolierende Schnittstellen

Um Störungen zu vermeiden, können isolierende Schnittstellen zwischen bestehenden und neuen Betriebsmitteln eingesetzt werden: Klasse II-isolierte Betriebsmittel (Bild B.8, NR. 5), Trenntransformatoren (Bild B.8, Nr. 6), Lichtwellenleiter-Kabel oder Optokoppler (Bild B.8, Nr. 7).

B.14.4 Leitungsführung und -schirmung

Große Schleifen in der Leitungsführung können zu sehr hohen induzierten Spannungen oder Strömen führen. Diese können vermieden werden, indem Stromversorgungs- und Datenleitungen eng benachbart geführt werden (Bild B.8, Nr. 8), wodurch die Fläche der Leiterschleife minimiert wird. Es wird der Gebrauch von geschirmten Datenleitungen empfohlen. Für ausgedehnte bauliche Anlagen wird auch eine zusätzliche Schirmung z. B. durch metallene Kabelkanäle (Bild B.8, Nr. 9) empfohlen. Alle diese Schirme müssen auf beiden Seiten an den Potentialausgleich angeschlossen sein.

Maßnahmen bei Leitungsführung und -schirmung sind umso wichtiger, je geringer die Schirmwirkung des räumlichen Schirms von LPZ 1 und je größer die Fläche der Leiterschleife ist.

B.14.5 Räumliche Schirmung

Die räumliche Schirmung einer LPZ gegen das magnetische Feld eines Blitzes erfordert typische Maschenweiten unter 5 m.

Eine LPZ 1, die von einem normalen äußeren LPS nach IEC 62305-3 (Fangeinrichtungen, Ableitungen und Erdungsanlage) gebildet wird, hat Maschenweiten und typische Abstände größer als 5 m. Deshalb ist ihre Schirmwirkung vernachlässigbar. Wenn eine höhere Schirmwirkung nötig ist, muss das äußere LPS aufgerüstet werden (siehe B.4).

Um elektronische Systeme zu schützen, die nicht die Anforderungen für Hochfrequenz-Abstrahlung und -Störfestigkeit erfüllen, können für Blitzschutz zonen LPZ 1 und höher räumliche Schirme nötig sein.

B.14.6 Potentialausgleich

Der Potentialausgleich für Blitzströme mit Frequenzen bis zu einigen MHz erfordert ein vermaschtes, niederimpedantes Potentialausgleichsnetzwerk mit typischen Maschenweiten von 5 m. Alle Versorgungsleitungen, die in eine LPZ eingeführt werden, müssen so nahe wie möglich an der Grenze der LPZ direkt oder durch geeignete SPDs an den Potentialausgleich angeschlossen werden.

Wenn diese Bedingungen in bestehenden baulichen Anlagen nicht erfüllt werden können, müssen andere geeignete Schutzmaßnahmen vorgesehen werden.

B.15 Aufrüstung von Stromversorgung und Kabelinstallation innerhalb einer baulichen Anlage

Die bestehende Stromversorgung (Bild B.8, Nr. 1) in einer baulichen Anlage ist sehr oft vom Typ TN-C. Störungen bei 50/60 Hz, die durch die Verbindung von geerdeten Datenleitungen mit dem PEN-Leiter verursacht werden, können vermieden werden durch:

- isolierende Schnittstellen mit Klasse II-isolierten elektrischen Geräten oder mit Trenntransformatoren. Dies kann eine Lösung sein, wenn es nur wenige elektronische Betriebsmittel sind (siehe B.5);
- Umrüsten der Stromversorgung in Typ TN-S (siehe Bild B.8, Nr. 2). Dies ist die empfohlene Lösung, besonders bei ausgedehnten Systemen mit elektronischen Betriebsmitteln.

Die Anforderungen an Erdung, Potentialausgleich und Leitungsführung müssen erfüllt werden.

Anhang C (informativ)

Auswahl und Installation eines koordinierten SPD-Systems

C.1 Einführung

Blitzeinschläge in eine bauliche Anlage (Schadensquelle S1), nahe einer baulichen Anlage (S2), in eine in die bauliche Anlage eingeführte Versorgungsleitung (S3) und nahe einer solchen Leitung (S4) können Ausfälle oder Fehlfunktionen innerer Systeme bewirken (siehe IEC 62305-1, 5.1).

Dieser Anhang bietet Informationen zur Auswahl und Installation eines koordinierten SPD-Systems. Weitere Informationen finden sich in den Normen IEC 61643-12 und IEC 60364-5-53, die den Schutz gegen Überströme und die Folgen von SPD Ausfällen behandeln.

Ausfälle von elektronischen Betriebsmitteln durch Stoßwellen, die den Störfestigkeitspegel überschreiten, sind nicht im Anwendungsbereich der Reihe IEC 62305 abgedeckt. Der Leser wird dafür auf IEC 61000-4-5 verwiesen.

Allerdings verursachen blitzbedingte Stoßwellen häufig Ausfälle von elektrischen und elektronischen Systemen, weil die Isolierung durchschlagen wird oder die Überspannungen größer sind als die Isolationsfestigkeit der Betriebsmittel gegen Gleichtaktspannungen.

Die Betriebsmittel sind geschützt, wenn ihre Bemessungs-Stehstoßspannung U_w an den Eingängen (Gleichtakt-Spannungsfestigkeit) größer ist als die Überspannung der Stoßwelle zwischen Leiter und Erde. Wenn nicht, ist ein SPD zu installieren.

Ein solches SPD schützt das Betriebsmittel, wenn sein wirksamer Schutzpegel $U_{P/f}$ (der Schutzpegel, wenn der Nennentladungsstrom I_n fließt, addiert mit dem induktiven Spannungsfall ΔU auf den Verbindungsleitungen) kleiner ist als U_w . Es ist anzumerken, dass der Schutzpegel U_P größer wird, wenn der Entladungsstrom am Einbauort des SPD den festgelegten Wert I_n des SPD überschreitet, wodurch die Bemessungs-Stehstoßspannung U_w des Betriebsmittels überschritten werden kann. In diesem Fall ist das Betriebsmittel nicht mehr geschützt.

Daraus folgt, dass der Nennstrom I_n des SPD gleich oder höher gewählt werden sollte als der am Einbauort zu erwartende Blitzentladungsstrom.

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein SPD mit $U_{P/f} \leq U_w$ das Betriebsmittel, zu dessen Schutz es gedacht ist, nicht ausreichend schützt, ist gleichzusetzen mit der Wahrscheinlichkeit, dass der Entladungsstrom am Einbauort dieses SPD den Strom überschreitet, mit dem U_P bestimmt wurde.

Die Bestimmung der an verschiedenen Einbauorten in der Installation zu erwartenden Ströme ist in IEC 62305-1, Anhang E, angegeben und beruht auf dem nach IEC 62305-2 festgelegten Gefährdungspegel LPL. Wenn direkte Blitzeinschläge (S1) betrachtet werden, ist eine vollständige Berechnung der Stromaufteilung erforderlich. Anhang D dieser Norm gibt dazu weitere Informationen.

Weiter ist anzumerken, dass die Wahl eines SPD mit einem kleineren Wert für U_P (verglichen mit dem Wert U_w für das Betriebsmittel) eine geringere Beanspruchung für das Betriebsmittel bedeutet, die nicht nur eine kleinere Schadenswahrscheinlichkeit, sondern auch eine längere Lebensdauer bewirkt.

Werte für die Wahrscheinlichkeit P_{SPD} als Funktion des Gefährdungspegels LPL sind in IEC 62305-2, Tabelle B.3, angegeben.

ANMERKUNG Werte von P_{SPD} für SPDs mit besseren Schutzkennwerten können bestimmt werden, wenn die Strom-Spannungs-Kennlinie der SPDs verfügbar ist.

Schließlich darf nicht unterschätzt werden, wie wichtig es ist, SPDs sowohl in den Stromversorgungs- als auch in den Daten-Leitungen einzusetzen, wenn ein wirksames koordiniertes SPD-System entstehen soll.

C.2 Auswahl der SPDs

C.2.1 Auswahl hinsichtlich des Schutzpegels

Die Wahl des geeigneten Schutzpegels für ein SPD hängt ab von:

- der Bemessungs-Stehstoßspannung U_w des zu schützenden Betriebsmittels;
- der Länge der Verbindungsleitungen zum SPD;
- der Länge und der Leitungsführung zwischen dem SPD und dem Betriebsmittel.

Die Bemessungs-Stehstoßspannung U_w des zu schützenden Betriebsmittels sollte bestimmt werden für:

- mit Stromversorgungsleitungen verbundene Betriebsmittel nach IEC 60664-1;
- mit Telekommunikationsleitungen verbundene Betriebsmittel nach ITU-T K.20, K.21 und K45;
- andere Leitungen und Geräteeingänge nach den Angaben der Hersteller.

ANMERKUNG 1 Der Schutzpegel U_p eines SPD ist definiert für den Nennstrom I_n . Fließen höhere oder niedrigere Ströme durch das SPD, ändert sich die Spannung an den Klemmen des SPD entsprechend.

ANMERKUNG 2 Der Spannungsschutzpegel U_p sollte mit der Bemessungs-Stehstoßspannung U_w des Betriebsmittels verglichen werden, die unter den gleichen Prüfbedingungen wie bei SPDs ermittelt wurde (Wellenform und Energie von Überspannungen und -strömen, Geräte unter Betriebsbedingungen usw.). Dieses Thema ist in Beratung.

ANMERKUNG 3 Betriebsmittel können innere SPDs enthalten. Die Kennwerte dieser inneren SPDs können die Koordination beeinflussen.

Wenn ein SPD an ein zu schützendes Betriebsmittel angeschlossen ist, addiert sich der induktive Spannungsfall ΔU an den Verbindungsleitern zum Schutzpegel U_p des SPD. Der effektive Schutzpegel $U_{p/f}$, definiert als Spannung am Ausgang des SPD, der sich aus dem Schutzpegel und dem Spannungsfall an den Verbindungsleitern ergibt (siehe Bild C.1), kann wie folgt angenommen werden:

$$U_{p/f} = U_p + \Delta U \quad \text{für spannungsbegrenzende SPD(s);}$$

$$U_{p/f} = \max(U_p, \Delta U) \quad \text{für spannungsschaltende SPD(s).}$$

ANMERKUNG 4 Für einige spannungsschaltende SPDs kann es nötig sein, die Lichtbogenspannung zu ΔU zu addieren. Diese Lichtbogenspannung kann einige hundert Volt betragen. Für kombinierte SPDs können komplexere Formeln nötig werden.

Wenn ein SPD am Gebäudeeintritt einer Leitung installiert ist, sollte für $\Delta U = 1 \text{ kV}$ je Meter Länge angenommen werden. Wenn die Länge der Verbindungsleiter $\leq 0,5 \text{ m}$ ist, kann $U_{p/f} = 1,2 U_p$ angenommen werden. Wenn ein SPD nur induzierte Ströme führt, kann ΔU vernachlässigt werden.

Wenn ein SPD anspricht, ist am Einbauort die Spannung an den Klemmen auf $U_{p/f}$ begrenzt. Wenn die Leitung zwischen SPD und Betriebsmittel zu lang ist, können Wanderwellen zu Schwingungsvorgängen führen. Bei offenem Eingang des Betriebsmittels kann dadurch die Überspannung bis $2 \cdot U_{p/f}$ ansteigen und das Betriebsmittel kann beschädigt werden, auch wenn $U_{p/f} \leq U_w$ ist.

Informationen zu Verbindungsleitern und Verbindungsschaltungen für SPDs finden sich in IEC 61643-12 und IEC 60364-5-53.

Darüber hinaus können Blitzeinschläge in die bauliche Anlage oder nahe der baulichen Anlage eine Überspannung U_i in die Leiterschleife zwischen SPD und Betriebsmittel induzieren, die sich zu $U_{P/f}$ addiert und dadurch die Wirksamkeit des SPD-Schutzes verringert. Die induzierten Überspannungen vergrößern sich mit den Abmessungen der Schleife (Leitungsführung: Länge der Leitung, Abstand zwischen PE und den Phasenleitern, Schleifenfläche zwischen Stromversorgungs- und Datenleitungen) und verkleinern sich mit der Dämpfung des magnetischen Feldes (räumliche Schirmung und/oder Leitungsschirmung).

ANMERKUNG 5 Die induzierten Überspannungen U_i können nach A.4 bestimmt werden.

Innere Systeme sind geschützt, wenn:

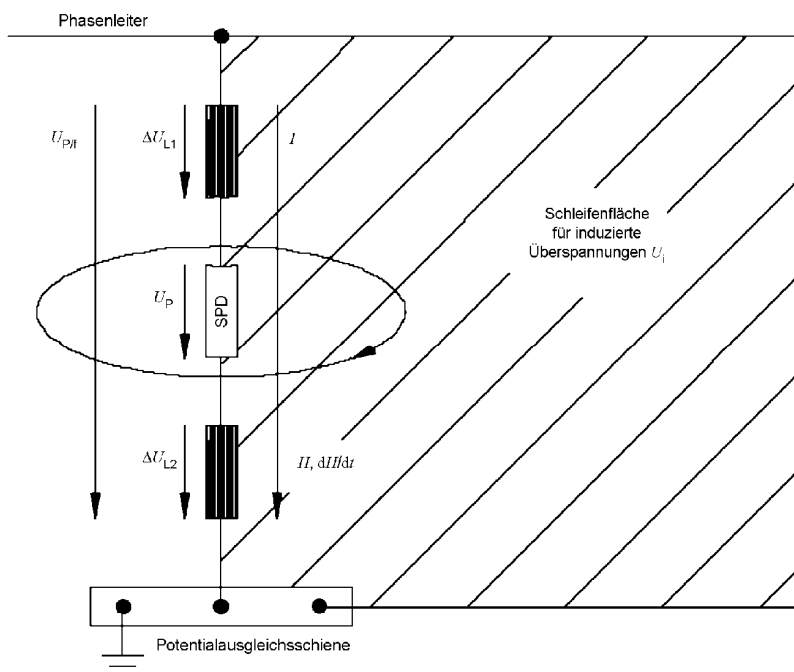
- sie energetisch koordiniert sind mit den vorgeschalteten SPD,
- eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:
 - 1) $U_{P/f} \leq U_w$: wenn die Leitungslänge zwischen SPD und dem Betriebsmittel vernachlässigbar ist (typisch, wenn ein SPD am Geräteeingang installiert ist);
 - 2) $U_{P/f} \leq U_w/2$: wenn die Leitungslänge wenige Meter beträgt (typisch, wenn ein SPD in einer Unterverteilung oder an einer Steckdose installiert ist);

ANMERKUNG 6 Wenn der Ausfall eines Betriebsmittels keinen Schaden für die Anlage oder das Personal bewirkt, kann stattdessen die vereinfachte Regel $U_P < 0,8 U_w$ verwendet werden, wenn das SPD weniger als 10 m entfernt vom zu schützenden Betriebsmittel installiert ist.

- 3) $U_{P/f} \leq (U_w - U_i)/2$: wenn die Leitungslänge einige zehn Meter beträgt (typisch, wenn ein SPD am Gebäudeeintritt oder manchmal auch in einer Unterverteilung installiert ist);

ANMERKUNG 7 Für geschirmte Telekommunikationsleitungen können wegen der Steilheit der Wellenfront andere Anforderungen gelten. Informationen zu diesem Effekt sind in Kapitel 10 des Blitzschutzhandbuchs der ITU-T angegeben.

Die induzierten Überspannungen U_i können vernachlässigt werden, wenn eine räumliche Schirmung des Gebäudes (oder einzelner Räume) oder eine Leitungsschirmung vorhanden ist.



Legende

- I anteiliger Blitzstrom
- U_i induzierte Überspannung
- $U_{P/f} = U_P + \Delta U$ Stoßspannung zwischen Phasenleiter und Potentialausgleichsschiene
- U_P Begrenzungsspannung des SPD
- $\Delta U = \Delta U_{L1} + \Delta U_{L2}$ induktiver Spannungsfall an den Potentialausgleichsleitern
- $H, dH/dt$ magnetisches Feld und seine Ableitung nach der Zeit

ANMERKUNG Die Stoßspannung $U_{P/f}$ zwischen dem Phasenleiter und der Potentialausgleichsschiene ist höher als der Schutzpegel U_P des SPD wegen des induktiven Spannungsfalls ΔU an den Potentialausgleichsleitern (wenn auch die Höchstwerte von U_P und ΔU nicht notwendigerweise gleichzeitig auftreten). Der anteilige Blitzstrom, der durch das SPD fließt, induziert außerdem eine zusätzliche Spannung in die Schleife auf der geschützten Seite des Stromkreises hinter dem SPD. Deshalb kann der Höchstwert der Spannung, die ein angeschlossenes Betriebsmittel gefährdet, beträchtlich höher sein als der Schutzpegel U_P des SPD.

Bild C.1 – Stoßspannung zwischen Phasenleiter und Potentialausgleichsschiene

C.2.2 Auswahl hinsichtlich Einbauort und Entladestrom

SPDs müssen den Entladestrom aushalten, der an ihrem Einbauort in Übereinstimmung mit Anhang E von IEC 62305-1 erwartet wird. Der Einsatz der SPDs hängt von deren Festigkeit ab, die für Stromversorgungssysteme nach IEC 61643-1 und für Telekommunikationssysteme nach IEC 61643-21 festgelegt wird.

Die Auswahl des Nenn-Entladestroms eines SPD hängt von der Art des Anschlusses und von der Art des Stromversorgungsnetzwerks ab. Weitere Informationen dazu finden sich in IEC 61643-12 und IEC 61364-5-53.

SPDs sollen nach ihrem vorgesehenen Einbauort wie folgt ausgewählt werden:

- a) Am Leitungseintritt in die bauliche Anlage (an der Grenze von LPZ 1, z. B. in der Hauptverteilung MB):
- **SPDs geprüft mit I_{imp} (Klasse-I-Prüfung)**
Der notwendige Stoßstrom I_{imp} des SPD soll den (anteiligen) Blitzstrom abdecken, der an seinem Einbauort und bei dem gewählten LPL nach E.1 und/oder IEC 62305-1, E.2, zu erwarten ist.
 - **SPDs geprüft mit I_n (Klasse-II-Prüfung)**
Diese Art der SPDs kann verwendet werden, wenn sich die eingeführten Versorgungsleitungen vollständig innerhalb LPZ 0_B befinden oder wenn die Wahrscheinlichkeit für den Ausfall von SPDs durch die Schadensquellen S1 und S3 vernachlässigt werden kann. Der notwendige Nenn-Entladestrom I_n des SPD muss den am Einbauort und bei dem gewählten LPL nach IEC 62305-1, E.2.2, zu erwartenden Stoßstrompegel abdecken.

ANMERKUNG 8 Das Ausfallrisiko der SPDs durch die Schadensquellen S1 und S3 kann vernachlässigt werden, wenn die Gesamtzahl von direkten Blitzeinschlägen in die bauliche Anlage (N_D) und in die Leitung (N_L) die Bedingung $N_D + N_L \leq 0,01$ erfüllt.

- b) Nahe an dem zu schützenden Betriebsmittel (an der Grenze von LPZ 2 und höher, z. B. in der Unterverteilung SB oder an der Steckdose SA):
- **SPDs geprüft mit I_n (Klasse-II-Prüfung)**
Der notwendige Nenn-Entladestrom I_n des SPD soll den am Einbauort entsprechend der Stromaufteilung und dem gewählten LPL nach IEC 62305-1, E.3, zu erwartenden anteiligen Blitzstrom abdecken.
 - **SPDs geprüft mit einem Hybridgenerator-Impuls U_{oc} (Klasse-III-Prüfung)**
Diese Art der SPDs kann verwendet werden, wenn sich die eingeführten Versorgungsleitungen vollständig innerhalb LPZ 0_B befinden oder wenn die Wahrscheinlichkeit für den Ausfall von SPDs durch die Schadensquellen S1 und S3 vernachlässigt werden kann. Die notwendige Nenn-Leerlaufspannung U_{oc} (woraus der Kurzschlussstrom I_{SC} bestimmt werden kann, weil die Klasse-III-Prüfung mit einem Hybridgenerator mit 2 Ohm Innenwiderstand durchgeführt wird) soll für das SPD so gewählt werden, dass der am Einbauort und bei dem gewählten LPL nach IEC 62305-1, E.3, zu erwartende Stoßstrompegel abdeckt ist.

C.3 Installation eines koordinierten SPD-Systems

Die Wirksamkeit eines koordinierten SPD-Systems hängt nicht nur von der richtigen Auswahl der SPDs, sondern auch von ihrer sachgemäßen Installation ab. Zu berücksichtigende Gesichtspunkte umfassen:

- die Einbauorte der SPD;
- die Verbindungsleiter.

C.3.1 Einbauorte der SPDs

Die Einbauorte der SPDs müssen C.1.2 entsprechen und sind hauptsächlich bestimmt durch:

- die jeweilige Schadensquelle z. B. Blitzeinschläge in eine bauliche Anlage (S1), in eine Versorgungsleitung (S3), in die Erde neben einer baulichen Anlage (S2) oder neben einer Versorgungsleitung (S4),
- die nächstgelegene Möglichkeit, den Stoßstrom zur Erde abzuleiten (so nahe wie möglich an der Einführungsstelle der Leitung in die bauliche Anlage).

Das erste zu berücksichtigende Kriterium ist: Je näher am Eintrittspunkt einer eingeführten Leitung ein SPD eingebaut ist, desto größer ist die Anzahl der von diesem SPD geschützten Betriebsmittel (wirtschaftlicher Vorteil). Anschließend sollte das zweite Kriterium überprüft werden: Je näher an den zu schützenden Betriebsmitteln ein SPD eingebaut ist, desto besser ist der Schutz (technischer Vorteil).

C.3.2 Verbindungsleiter

Verbindungsleiter von SPDs müssen die in Tabelle 1 angegebenen Mindestquerschnitte haben.

C.3.3 Koordination von SPDs

In einem koordinierten SPD-System müssen hintereinander geschaltete SPDs nach IEC 61643-12 und/oder IEC 61643-22 energetisch koordiniert werden. Dazu müssen die Hersteller der SPDs ausreichende Angaben bereitstellen, wie die energetische Koordination zwischen ihren verschiedenen SPDs erreicht werden kann.

C.3.4 Vorgehensweise zur Installation eines koordinierten SPD-Systems

Ein koordinierter SPD-Schutz sollte wie folgt installiert werden:

- Installiere SPD 1 am Leitungseintritt in die bauliche Anlage (an einer Grenze von LPZ 1, z. B. am Einbauort MB) (siehe C.1.2).
- Bestimme die Bemessungs-Stehstoßspannung U_w des zu schützenden inneren Systems.
- Wähle den Schutzpegel U_{P1} von SPD 1.
- Prüfe die Anforderungen so, dass $U_{P1} \leq (U_w - U_i)/2$.

Wenn diese Bedingungen erfüllt sind, ist das Betriebsmittel durch SPD 1 ausreichend geschützt. Andernfalls ist zusätzlich SPD 2 erforderlich.

- Dann installiere SPD 2 näher am Betriebsmittel (an der Grenze von LPZ 2, z. B. am Einbauort SB oder SA) und koordiniere es energetisch mit dem vorgeschalteten SPD 1 (siehe C.2.5).
- Wähle den Schutzpegel U_{P2} von SPD 2.
- Prüfe die Anforderung $U_{P2} \leq (U_w/2)$ (siehe C.1.1).

Wenn diese Bedingungen erfüllt sind, ist das Betriebsmittel durch SPD 1 und SPD 2 ausreichend geschützt.

- Andernfalls ist zusätzlich SPD 3 nahe am Betriebsmittel (z. B. am Einbauort der Steckdose SA) erforderlich und mit den vorgeschalteten SPD 1 und SPD 2 energetisch zu koordinieren (siehe C.2.5) und die Bedingung $U_{P3} \leq U_w$ zu erfüllen (siehe C.1.1).

Anhang D (informativ)

Bei der Auswahl von SPDs zu berücksichtigende Faktoren

D.1 Einführung

I_{imp} , I_{max} and I_n sind die Prüfwerte, die bei der Arbeitsprüfung nach Klasse I und Klasse II verwendet werden. Sie sind bezogen auf die Höchstwerte der Entladeströme, die am Einbauort des SPD im System bei dem entsprechenden Gefährdungspegel LPL zu erwarten sind. I_{max} gehört zur Klasse II Prüfung und I_{imp} zur Klasse-I-Prüfung.

Die Vorzugswerte für I_{imp} , Q , W/R nach IEC 61643-11 sind in Tabelle D.1 wiedergegeben.

Tabelle D.1 – Vorzugswerte für I_{imp}

I_{imp} (kA)	1	2	5	10	12,5 ^{a)}	20
Q (C)	0,5	1	2,5	5	6,25 ^{a)}	10
W/R (kJ/ Ω)	0,25	1	6,25	25	39 ^{a)}	100
ANMERKUNG 1 Tabelle D.1 gilt für SPDs zwischen Phasenleiter und Neutralleiter (CT1-Verbindung).						
ANMERKUNG 2 ^{a)} Siehe IEC 60364-53-534.						
ANMERKUNG 3 Im Allgemeinen hat I_{imp} eine längere Wellenform (z. B. 10/350) als I_{max} .						

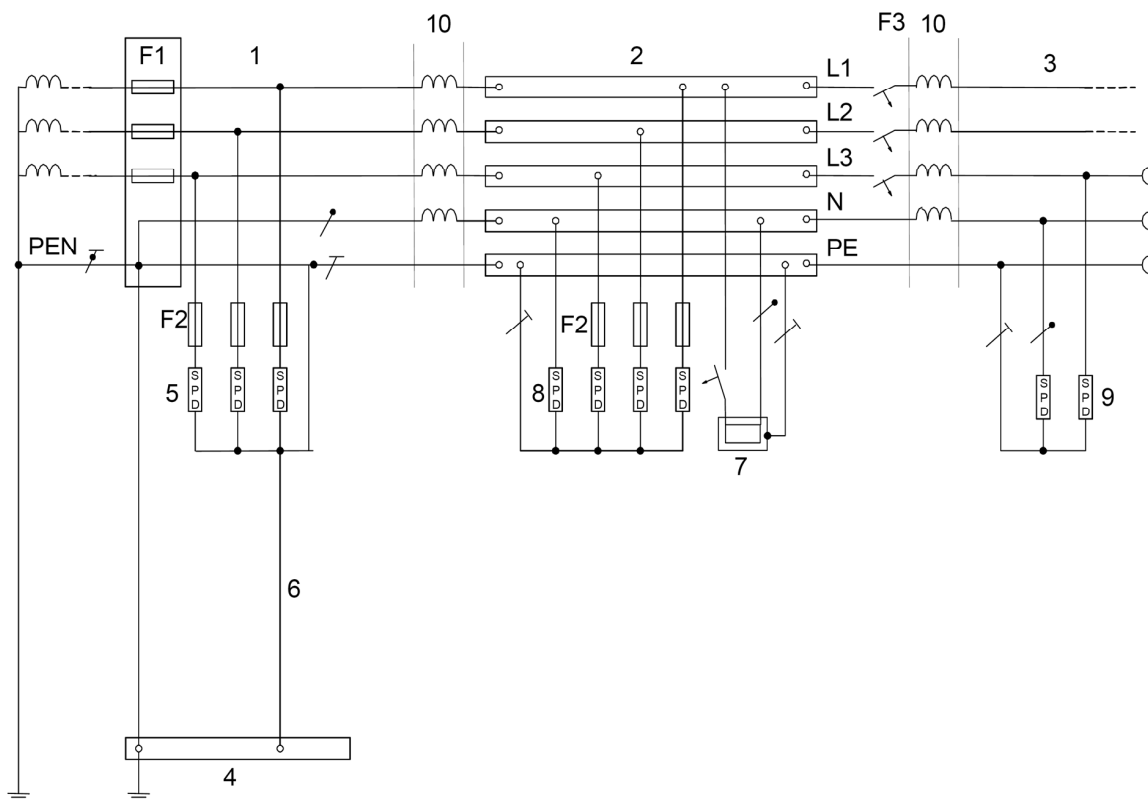
D.1.1 Bestimmende Faktoren für die Belastung eines SPDs

Die Belastung, der ein SPD durch Stoßwellen ausgesetzt ist, ist eine Funktion von vielen komplexen und untereinander abhängigen Kennwerten. Dazu gehören:

- Einbauort des SPD(s) in der baulichen Anlage – siehe Bild D.1.

— Entwurf —

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
FprEN 62305-4:2009



Legende

- | | |
|---|--|
| 1 Hauptverteiler | 7 Zu schützendes Betriebsmittel |
| 2 Unterverteiler | 8 Überspannungsschutzgerät, nach Klasse II geprüft |
| 3 Steckdose | 9 Überspannungsschutzgerät, nach Klasse II oder Klasse III geprüft |
| 4 Haupt-Potentialausgleichschiene | 10 Entkopplungselement oder Leitungslänge |
| 5 Überspannungsschutzgerät, nach Klasse I oder Klasse II geprüft | F1, F2, F3 Überstrom-Sicherungen |
| 6 Erdungsverbindung (Erdungsleiter) des Überspannungsschutzgeräts | |

ANMERKUNG Weiter Informationen siehe IEC 61643-12.

Bild D.1 – Beispiel für die Installation nach Klasse I, Klasse II und Klasse III geprüfter SPDs

- Einkopplung des Blitzeinschlags in die bauliche Anlage (siehe Bild D.2) – Beispielsweise durch direkten Blitzeinschlag in das äußere LPS der Anlage (S1), oder durch Induktionswirkung in die Verkabelung der Anlage durch nahen Blitzeinschlag (S2), oder über die eingeführten Leitungen (S3 und S4)

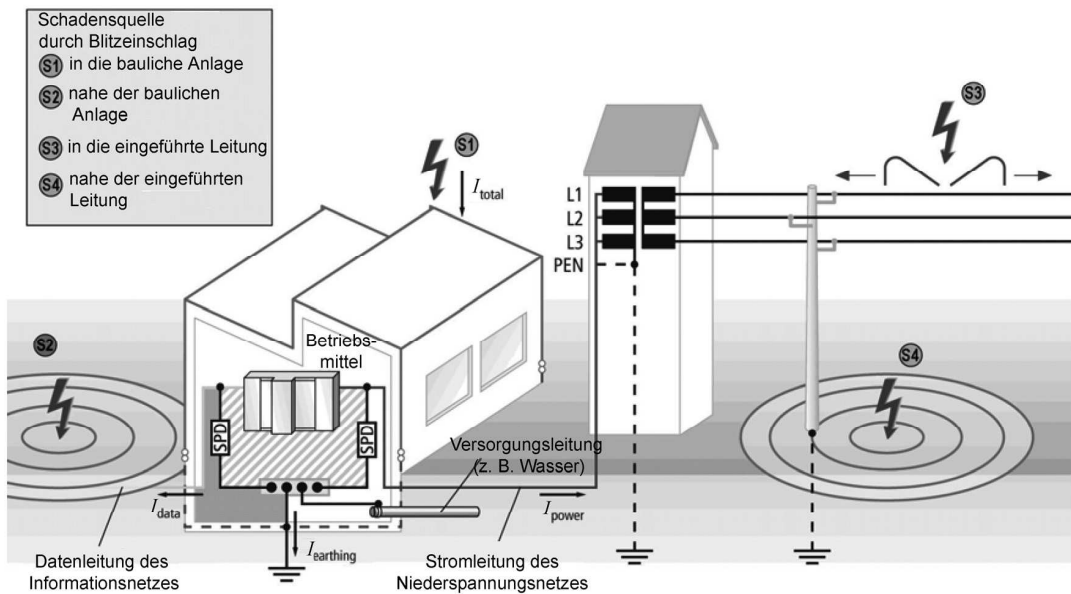


Bild D.2 – Grundsätzliches Beispiel für verschiedene Schadensquellen für eine bauliche Anlage und für die Stromaufteilung im System

- Aufteilung der Blitzströme innerhalb der baulichen Anlage – Beispielsweise: Welcher Anteil des Blitzstroms fließt in das Erdungssystem und welcher verbleibende Anteil findet den Weg zur entfernten Erde über die eingeführten Versorgungsleitungen, wie z. B. über das Stromversorgungssystem, metallene Rohrleitungen, Telekommunikationsleitungen usw. und über die dort zum Potentialausgleich verwendeten SPDs.
- Der Widerstand und die Induktivität der eingeführten Versorgungsleitungen, weil diese die Verteilung von Stromscheitelwert I_{peak} und Ladung Q beeinflussen.
- Zusätzliche leitfähige Versorgungsleitungen, die an die bauliche Anlage angeschlossen werden – Diese übernehmen einen Teil des Blitzstroms und verringern dadurch den Anteil, der über die SPDs des Blitzschutz-Potentialausgleichs in das Stromversorgungssystem fließt. Es ist darauf zu achten, dass solche Versorgungsleitungen dauerhaft angeschlossen bleiben, da sie auch durch nichtleitende Teile ersetzt werden könnten.
- Die Wellenform ist zu beachten – Es ist nicht möglich, einfach nur den Scheitelwert des Stroms zu betrachten, den das SPD infolge der Stoßwellen führen muss. Es muss auch die Wellenform (z. B. 10/350 μ s für direkte oder anteilige Blitzströme oder 8/20 μ s für blitzinduzierte Ströme) und die Ladung Q beachtet werden.
- Alle weiteren baulichen Anlagen, die über das Stromnetz an die erste bauliche Anlage angeschlossen werden, weil diese ebenfalls die Stromaufteilung beeinflussen.

D.2 Bewertung des statistischen Bedrohungspegels für ein SPD

Es wurden viele Versuche gemacht, die elektrische Umgebung und den „Bedrohungspegel“ zu bewerten, denen ein SPD an den verschiedenen Einbauorten einer Anlage ausgesetzt ist. Beispielsweise hängt der Bedrohungspegel für ein SPD an der Eintrittsstelle einer baulichen Anlage, die mit einem LPS ausgestattet ist, vom erforderlichen Gefährdungspegel LPL ab. Dieser wird aus der Risikoanalyse bestimmt, die für die betreffende bauliche Anlage durchgeführt wird, um das Risiko auf einen tolerierbaren Wert zu begrenzen (siehe IEC 62305-1, Abschnitt 6).

Diese Norm nimmt an, dass bei einem Gefährdungspegel LPL I die Größe eines direkten Blitzeinschlags (S1) in das äußere LPS der baulichen Anlage bis zu 200 kA bei einer Wellenform 10/350 μ s reichen kann (siehe IEC 62305-1, 8.1 und Anhang A). Auch wenn die SPDs so ausgewählt werden sollen, dass sie dem nach der Risikoanalyse erforderlichen Gefährdungspegel LPL entsprechen, gibt es weitere Faktoren, die die Größe des blitzbedingten Stoßstroms durch das SPD beeinflussen.

D.2.1 Einfluss der Installation auf die Stromaufteilung

Wenn keine genaue Berechnung der Stromaufteilung (siehe IEC 62305-1, E.1) durchgeführt wird, wird üblicherweise angenommen, dass 50 % des Stroms über das Erdungssystem der baulichen Anlage und 50 % über die SPDs des Blitzschutz-Potentialausgleichs abfließen. Für den Gefährdungspegel LPL I bedeutet das, dass von den ursprünglich 200 kA der Blitzentladung nur $I_{imp} = 25$ kA durch jedes SPD einer Stromversorgung mit drei Phasenleitern und einem Neutralleiter fließen (siehe Bild D.3).

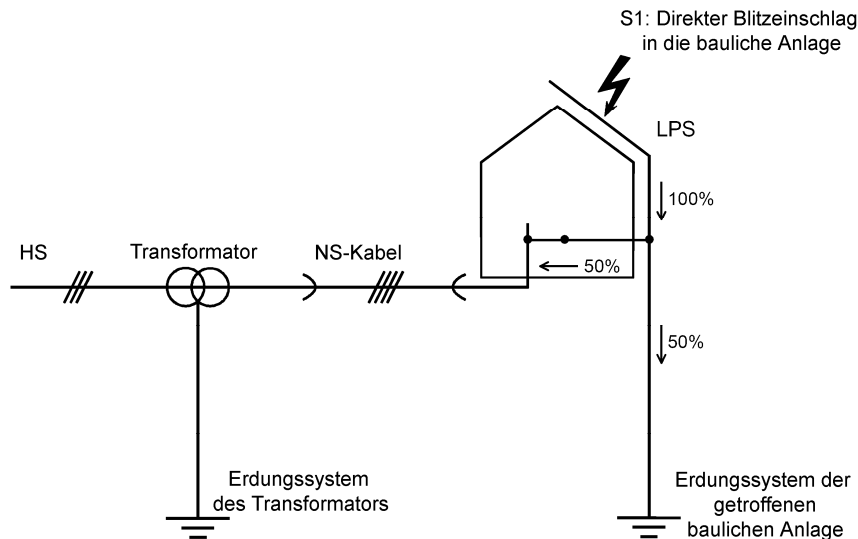


Bild D.3 – Grundbeispiel für eine ausgewogene Stromaufteilung

Wenn wir aber annehmen, dass die bauliche Anlage von drei metallenen Versorgungsleitungen gespeist wird, und die Modellvorstellung von IEC 62305-1, E.1, anwenden, so fließt nur noch $I_{imp} = 8,3$ kA durch jedes SPD des Dreiphasensystems.

Die Aufteilung des Blitzstroms in einem Stromversorgungssystem hängt stark von der Erdungsmethode ab, die bei den eingeführten Leitungen verwendet wurde. Beispielsweise hat ein TN-C System mit einem vielfach geerdeten Neutralleiter einen direkteren und niederimpedanteren Erdungspfad für Blitzströme als ein TT System.

Vereinfachte Annahmen über die Stromaufteilung sind nützlich um die möglichen Bedrohungspegel zu bestimmen, denen die SPDs ausgesetzt sein können. Dabei ist es aber wichtig, die getroffenen Annahmen im Auge zu behalten. Zusätzlich ist angenommen, dass die Wellenform der Stromanteile durch die SPDs dieselbe bleibt, wie die der ursprünglichen Blitzentladung, während die Wellenform in der Realität durch die Impedanz der Gebäudeverkabelung usw. verändert sein kann.

Computersimulationen können helfen, diese Faktoren für die richtige Auswahl der SPDs zu berücksichtigen. Um die Blitzstromaufteilung in einem komplexen System bestimmen zu können, muss das reale System, wie in Bild D.2 gezeigt, in ein elektrisches Ersatzschaltbild umgewandelt werden.

Viele Normen haben eher versucht, ihre Betrachtungen zum Bedrohungspegel, dem die SPD ausgesetzt sein können, auf über die Zeit gesammelte Felderfahrungen zu stützen. IEC 62305-1, Tabelle E.2, stützt sich hauptsächlich auf solche Felderfahrungen.

D.2.2 Wahl der SPD Kennwerte: I_{imp} , I_{max} , I_n , U_{oc}

Wie oben gezeigt, hängt die Wahl der geeigneten Kennwerte I_{imp} , I_{max} , I_n und U_{oc} eines SPD offensichtlich von vielen komplexen und untereinander abhängigen Einflussgrößen ab.

Es ist wichtig, im Auge zu behalten, dass das Schadensrisiko für elektronische Systeme in baulichen Anlagen durch Stoßwellen aufgrund von:

- Induktionswirkungen in Stromversorgungs-, Telefon- und Daten-Leitungen (S4),
- LEMP-Wirkungen von Blitzeinschlägen nahe der baulichen Anlage (S2)

oft größer sein kann, als das durch Stoßwellen aufgrund von direkten Blitzeinschlägen in die bauliche Anlage (S1) oder in die Versorgungsleitungen (S3).

Viele bauliche Anlagen brauchen keinen Schutz gegen direkte Blitzeinschläge in die bauliche Anlage oder in die Versorgungsleitungen. In diesem Fall sind nach Klasse I geprüfte SPDs nicht nötig, sondern ein richtig ausgelegtes und nach Klasse II geprüftes SPD-System kann ausreichen.

Die allgemeine Vorgehensweise sollte sein, nach Klasse I geprüfte SPD zu verwenden, wenn direkte oder anteilige Blitzströme (S1/S3), und nach Klasse II/III geprüfte SPD, wenn Induktionswirkungen (S2/S4) betroffen sind.

Auch wenn man so komplexe Dinge betrachtet, sollte man im Auge behalten, dass der wichtigste Gesichtspunkt bei der Auswahl eines SPD seine Fähigkeit zur Spannungsbegrenzung (U_p) bei Stoßwellenbeanspruchung und sein Energieabsorptionsvermögen (I_{imp} , I_{max} , I_n , U_{oc}) sind (siehe IEC 62305-2, Tabelle B.3, Anmerkung 2 und Tabelle B.7, Anmerkung 3, Anhang B).

Ein SPD, das beim erwarteten Strom I_n eine Begrenzungsspannung unterhalb der Spannungsfestigkeit des Betriebsmittels hat, sichert den Schutz des Betriebsmittels, insbesondere, wenn auch die äußeren Faktoren beachtet wurden, die zusätzliche Spannungsfälle verursachen (Spannungsfall an Verbindungsleitungen, Schwingungs- und Induktions-Wirkungen). Im Gegensatz dazu kann ein Energieabsorptionsvermögen eines SPD, das höher ist als am Einbauort benötigt, nur zu einer höheren Lebensdauer des SPD führen. Allerdings kann ein SPD mit einer niedrigeren Begrenzungsspannung empfindlicher sein gegen mögliche Schäden durch zeitweilige Überspannungen (TOV), wenn es in ungenügend geregelten Stromversorgungssystemen eingebaut wird.

Literaturhinweise

- [1] IEC 61000-1-1:1992, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1: General – Section 1: Application and interpretation of fundamental definitions and terms*
 - [2] IEC 61000-5-6:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5-6: Installation and mitigation guidelines – Mitigation of external EM influences*
-

CONTENTS

1	Scope	10
2	Normative references.....	10
3	Terms and definitions	11
4	Design and installation of measures for ESP.....	15
4.1	General	15
4.2	Design of ESP	18
4.3	Lightning protection zones (LPZs).....	19
4.4	Basic ESP measures.....	23
5	Earthing and bonding.....	23
5.1	Earth-termination system	24
5.2	Bonding network	26
5.3	Bonding bars	31
5.4	Bonding at the boundary of an LPZ.....	31
5.5	Material and dimensions of bonding components.....	31
6	Magnetic shielding and line routing.....	32
6.1	Spatial shielding	32
6.2	Shielding of internal lines	32
6.3	Routing of internal lines	32
6.4	Shielding of external lines	33
6.5	Material and dimensions of magnetic shields.....	33
7	Coordinated SPD system	33
8	Isolating interfaces	34
9	ESP management.....	34
9.1	ESP management plan.....	34
9.2	Inspection of ESP	36
9.2.1	Inspection procedure	36
9.2.2	Inspection documentation	37
9.3	Maintenance.....	37
Annex A	(informative) Basis of electromagnetic environment evaluation in an LPZ.....	38
A.1	Damaging effects on electrical and electronic systems due to lightning.....	38
A.1.1	The source of damage	38
A.1.2	Object of damage	38
A.1.3	Coupling mechanisms between the object of damage and the source of damage.....	39
A.2	Spatial shielding, line routing and line shielding.....	39
A.2.1	General.....	39
A.2.2	Grid-like spatial shields.....	42
A.2.3	Line routing and line shielding.....	44
A.3	Magnetic field inside LPZs.....	48
A.3.1	Approximation for the magnetic field inside LPZs	48
A.3.2	Theoretical evaluation of the magnetic field due to direct lightning strikes.....	54
A.3.3	Experimental evaluation of the magnetic field due to a direct lightning strike	57
A.4	Calculation of induced voltages and currents.....	58
A.4.1	Situation inside LPZ 1 in the case of a direct lightning strike.....	59

A.4.2	Situation inside LPZ 1 in the case of a nearby lightning strike	61
A.4.3	Situation inside LPZ 2 and higher	62
Annex B (informative)	Implementation of ESP measures for an existing structure.....	63
B.1	General	63
B.2	Checklists	63
B.3	Design of ESP measures for an existing structure	65
B.4	Design of basic protection measures for LPZ 1	65
B.4.1	Design of basic protection measures for LPZ 2	65
B.4.2	Design of basic protection measures for LPZ 3	65
B.5	Installation of a coordinated SPD system	65
B.6	Improvement of an existing LPS using spatial shielding of LPZ 1.....	66
B.7	Establishment of LPZs for electrical and electronic systems	67
B.8	Protection using a bonding network	70
B.9	Protection by surge protective devices	70
B.10	Protection by isolating interfaces	71
B.11	Protection measures by line routing and shielding	71
B.11.1	Protection measures for externally installed equipment	73
B.11.2	Protection of external equipment	73
B.11.3	Reduction of overvoltages in cables	74
B.12	Improving interconnections between structures	75
B.12.1	Isolating lines.....	75
B.12.2	Metallic lines	75
B.13	Integration of new electronic systems into existing structures.....	76
B.14	Overview of possible protection measures.....	77
B.14.1	Power supply	77
B.14.2	Surge protective devices.....	77
B.14.3	Isolating interfaces	77
B.14.4	Line routing and shielding	77
B.14.5	Spatial shielding.....	77
B.14.6	Bonding	77
B.15	Upgrading a power supply and cable installation inside the structure	78
Annex C (informative)	Selection and installation of a coordinated SPD system.....	79
C.1	Introduction	79
C.2	Selection of SPDs.....	80
C.2.1	Selection with regard to voltage protection level.....	80
C.2.2	Selection with regard to location and to discharge current	82
C.3	Installation of a coordinated SPD protection	83
C.3.1	Installation location of SPDs	83
C.3.2	Connecting conductors	83
C.3.3	Coordination of SPDs	83
C.3.4	Procedure for installation of a coordinated SPD system.....	83
Annex D (informative)	Factors to be Considered in the Selection of SPDs	86
D.1	Introduction	86
D.1.1	Factors determining the stress experienced by an SPD	86
D.2	Quantifying the statistical threat level to an SPD	88
D.2.1	Installation factors effecting current distribution	89
D.2.2	Considerations in the selection of SPD ratings: I_{imp} , I_{max} , I_n , U_{oc}	90

LIST OF FIGURES

Figure 1 – General principle for the division into different LPZs	15
Figure 2a – ESP using spatial shields and a coordinated SPD system –Equipment well protected against conducted surges ($U_2 \ll U_0$ and $I_2 \ll I_0$) and against radiated magnetic fields ($H_2 \ll H_0$).....	16
Figure 2b – ESP 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 ($H_1 < H_0$)	16
Figure 2c – ESP 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 ($H_2 < H_0$)	17
Figure 2d – ESP using a coordinated SPD system only –Equipment protected against conducted surges ($U_2 \ll U_0$ and $I_2 \ll I_0$), but not against radiated magnetic field (H_0)	17
Figure 2 – Protection against LEMP – Examples of possible LEMP protection measures systems (ESP)	17
Figure 3a – Interconnecting two LPZs 1 using SPDs.....	20
Figure 3b – Interconnecting two LPZs 1 using shielded cables or shielded cable ducts.....	20
Figure 3c – Interconnecting two LPZs 2 using SPDs.....	21
Figure 3d – Interconnecting two LPZs 2 using shielded cables or shielded cable ducts.....	21
Figure 3 – Examples for interconnected LPZs	21
Figure 4a – Transformer outside the structure	22
Figure 4b – Transformer inside the structure (LPZ 0 extended into LPZ 1).....	22
Figure 4c – Two coordinated SPDs needed: SPD (between zones 0/1) and SPD (between zones 1/2)	22
Figure 4d – Only one SPD needed: SPD (between zones 0/2) (LPZ 2 extended into LPZ 1).....	22
Figure 4 – Examples for extended lightning protection zones	22
Figure 5 – Example of a three-dimensional earthing system consisting of the bonding network interconnected with the earth-termination system	24
Figure 6 – Meshed earth-termination system of a plant	25
Figure 7 – Utilization of reinforcing rods of a structure for equipotential bonding	27
Figure 8 – Equipotential bonding in a structure with steel reinforcement	28
Figure 9 – Integration of electronic systems into the bonding network.....	29
Figure 10 – Combinations of integration methods of electronic systems into the bonding network	30
Figure A.2a - Simulation of the rise of the field of the first stroke (10/350 μ s) by a single impulse 8/20 μ s (damped 25 kHz oscillation).....	41
Figure A.2b - Simulation of the rise of the field of the subsequent stroke (0,25/100 μ s) by damped 1MHz oscillations (multiple impulses 0,2/0,5 μ s)	42
Figure A.2 – Simulation of the rise of magnetic field by damped oscillations	42
Figure A.3 – Large volume shield built by metal reinforcement and metal frames	43
Figure A.4 – Volume for electrical and electronic systems inside an inner LPZ n.....	44
Figure A.5a - Unprotected system.....	45
Figure A.5b - Reducing the magnetic field inside an inner LPZ by its spatial shield	45
Figure A.5c - Reducing the influence of the field on lines by line shielding	45
Figure A.5d - Reducing the induction loop area by suitable line routing	45

Figure A.5 - Reducing induction effects by line routing and shielding measures	45
Figure A.6 – Example of ESP for an office building	47
Figure A.7a – Magnetic field inside LPZ 1	48
Figure A.7b – Magnetic field inside LPZ 2	48
Figure A.7 – Evaluation of the magnetic field values in case of a direct lightning strike	48
Figure A.10 – Types of grid-like large volume shields	55
Figure A.11 – Magnetic field strength $H_{1/\max}$ inside a grid-like shield type 1	56
Figure A.12 – Magnetic field strength $H_{1/\max}$ inside a grid-like shield type 1	56
Figure A.13a – Test arrangement	57
Figure A.13b – Lightning current generator	58
Figure A.13 – Low-level test to evaluate the magnetic field inside a shielded structure	58
Figure A.14 – Voltages and currents induced into a loop formed by lines	59
Figure B.1 – ESP design steps for an existing structure	66
Figure B.2a – Unshielded LPZ 1 using LPS and SPDs at the entrance of the lines into the structure (e.g. for enhanced withstand voltage level of the systems or for small loops inside the structure)	68
Figure B.2b – Unshielded LPZ 1 with protection for new electronic systems using shielded signal lines and coordinated SPDs in power lines.....	68
Figure B.2c – Unshielded LPZ 1 and large shielded LPZ 2 for new electronic systems	69
Figure B.2d – Unshielded LPZ 1 and two local LPZs 2 for new electronic systems	69
Figure B.3 – Reduction of loop area using shielded cables close to a metal plate.....	72
Figure B.4 – Example of a metal plate for additional shielding	72
Figure B.5 – Protection of aerials and other external equipment.....	73
Figure B.6 – Inherent shielding provided by bonded ladders and pipes	74
Figure B.7 – Ideal positions for lines on a mast (cross-section of steel lattice mast)	75
Figure B.8 – Upgrading of the ESP and the electromagnetic compatibility in existing structures.....	76
Figure C.1 – Surge voltage between live conductor and bonding bar	82
Figure D.1 - Installation example of test Class I, Class II and Class III SPDs	87
Figure D.2 – Basic example for different sources of damage to a structure and lightning current distribution within a system.....	88
Figure D.3 – Basic example of balanced current distribution	89

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 the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards, 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 the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

The text of this second edition of IEC 62305-4 is compiled from and replaces IEC 62305-4, first edition (2006).

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

FDIS	Report on voting
81/xxx/FDIS	81/xxx/RVD

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

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

IEC 62305 consists of the following parts, under the general title *Protection against lightning*:

Part 1: General principles

Part 2: Risk management

Part 3: Physical damage to structures and life hazard

Part 4: Electrical and electronic systems within structures

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

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

INTRODUCTION

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

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

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

- D1 injuries to living beings due to touch and step voltages;
- D2 physical damage due to mechanical, thermal, chemical and explosive effects;
- D3 failures of electrical and electronic systems due to electromagnetic effects.

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

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

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

- a) conducted and induced surges transmitted to equipment via connecting wiring;
- b) the effects of radiated electromagnetic fields directly into equipment itself.

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

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

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

The coupling can arise from different mechanisms:

- resistive coupling (e.g. the earth impedance of the earth-termination system or the cable shield resistance),
- magnetic field coupling (e.g. caused by wiring loops in the electrical and electronic system or by inductance of bonding conductors),
- electric field coupling (e.g. caused by rod antenna reception).

NOTE 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 in accordance with IEC 62305-3 or in an external spatial shield in accordance with this standard).

PROTECTION AGAINST LIGHTNING –

Part 4: Electrical and electronic systems within structures

1 Scope

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

This standard does not cover protection against electromagnetic interference due to lightning, which may cause malfunctioning of electronic 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 and in the IEC 61000 series [1]¹.

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

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

2 Normative references

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

IEC 60364-4-44:2001, *Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

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

IEC 60664-1:2002, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

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

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

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

¹ Figures in square brackets refer to the bibliography.

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

IEC 61643-1:2005, *Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Part 1: Performance requirements and testing methods*

IEC 61643-12:2002, *Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles*

IEC 61643-21:2000, *Low voltage surge protective devices – Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods*

IEC 61643-22:2004, *Low voltage surge protective devices – Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Selection and application principles*

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

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

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

ITU-T Recommendation K.20:2003, *Resistibility of telecommunication equipment installed in a telecommunications centre to overvoltages and overcurrents*

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

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

3 Terms and definitions

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

3.1

electrical system

system incorporating low voltage power supply components

3.2

electronic system

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

3.3

internal systems

electrical and electronic systems within a structure

3.4
lightning protection

LP

complete system for the protection of structures and/or electrical and electronic systems from the effects of lightning, consisting of an LPS and ESP

3.5
lightning protection system

LPS

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

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

3.6
lightning electromagnetic impulse

LEMP

all electromagnetic effects of lightning current via resistive, inductive and capacitive coupling that create surges and electromagnetic fields

3.7
surge

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

3.8
rated impulse withstand voltage level

U_w

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

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

3.9
lightning protection level

LPL

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

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

3.10
lightning protection zone

LPZ

zone where the lightning electromagnetic environment is defined

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

3.11
electrical and electronic system protection

ESP

measures taken to protect internal systems against the effects of LEMP

NOTE This is part of the overall LP.

3.12
grid-like spatial shield

magnetic shield characterized by openings

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

3.13

earth-termination system

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

3.14

bonding network

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

3.15

earthing system

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

3.16

surge protective device

SPD

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

3.17

SPD tested with I_{imp}

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

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

3.18

SPD tested with I_n

SPDs which withstand induced surge currents with a typical waveform 8/20 μ s and require a corresponding impulse test current I_n

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

3.19

SPD tested with a combination wave

SPDs that withstand induced surge currents with a typical waveform 8/20 μ s and require a corresponding impulse test current I_{sc}

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

3.20

voltage-switching type SPD

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

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

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

3.21

voltage-limiting type SPD

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

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

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

3.22

combination type SPD

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

3.23

coordinated SPD system

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

3.24

isolating interfaces

devices which are capable of reducing conducted surges on lines entering the LPZ. These include isolation transformers with earthed screen between windings, metal-free fibre optic cables and opto-isolators

NOTE 1 Insulation withstand characteristics of these devices shall be suitable for this application.

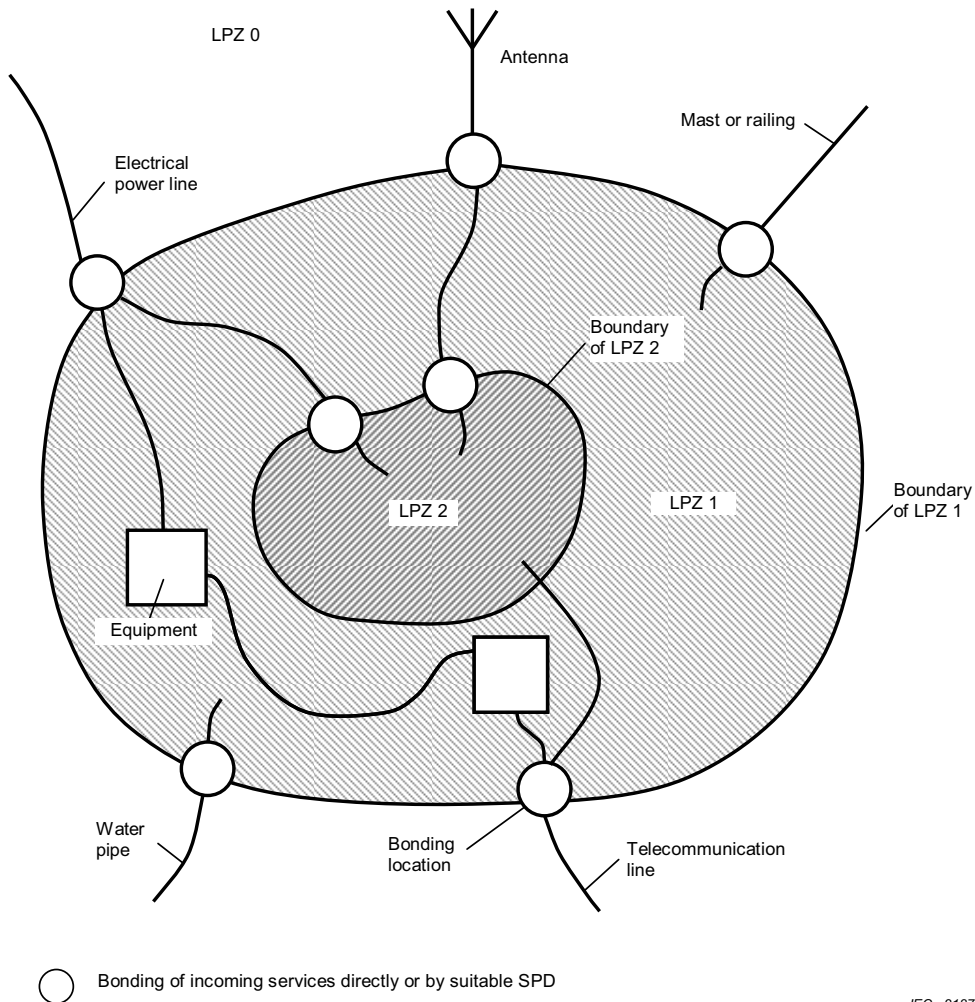
4 Design and installation of measures for ESP

4.1 General

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

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

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



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

Figure 1 – General principle for the division into different LPZs

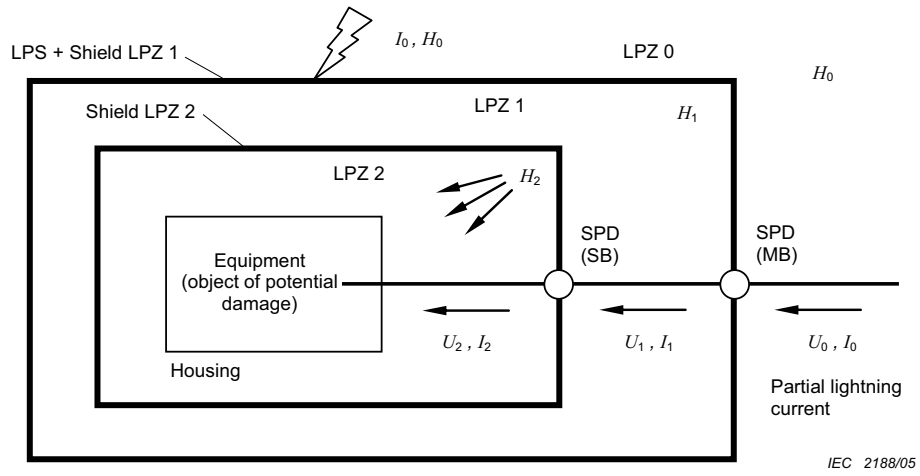


Figure 2a – ESP using spatial shields and a coordinated SPD system –Equipment well protected against conducted surges ($U_2 \ll U_0$ and $I_2 \ll I_0$) and against radiated magnetic fields ($H_2 \ll H_0$)

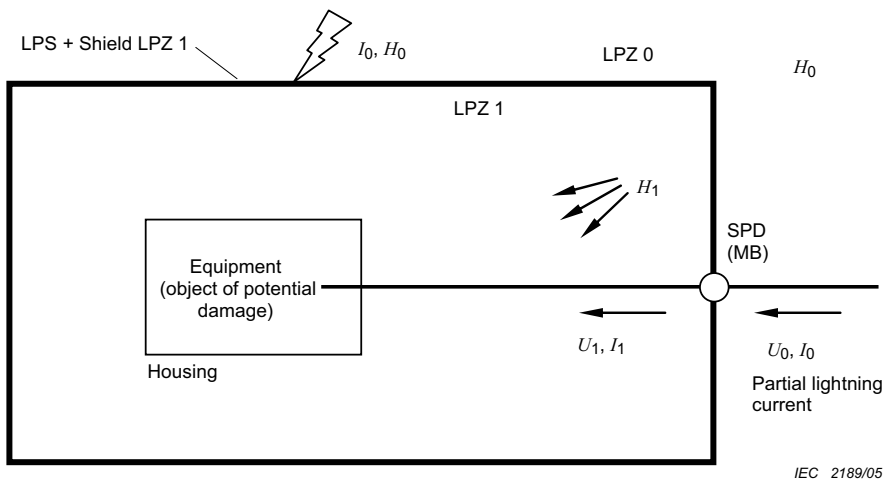


Figure 2b – ESP using spatial shield of LPZ 1 and SPD protection at entry of LPZ 1 – Equipment protected against conducted surges ($U_1 < U_0$ and $I_1 < I_0$) and against radiated magnetic fields ($H_1 < H_0$)

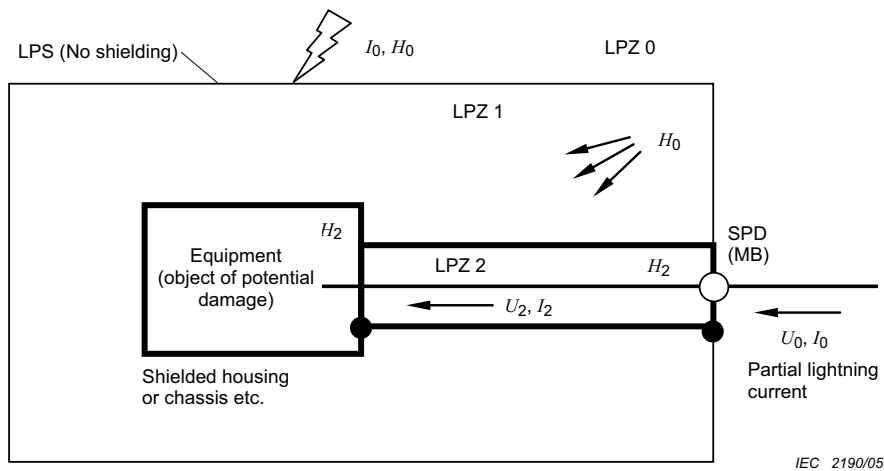


Figure 2c – ESP using internal line shielding and SPD protection at entry of LPZ 1 – Equipment protected against conducted surges ($U_2 < U_0$ and $I_2 < I_0$) and against radiated magnetic fields ($H_2 < H_0$)

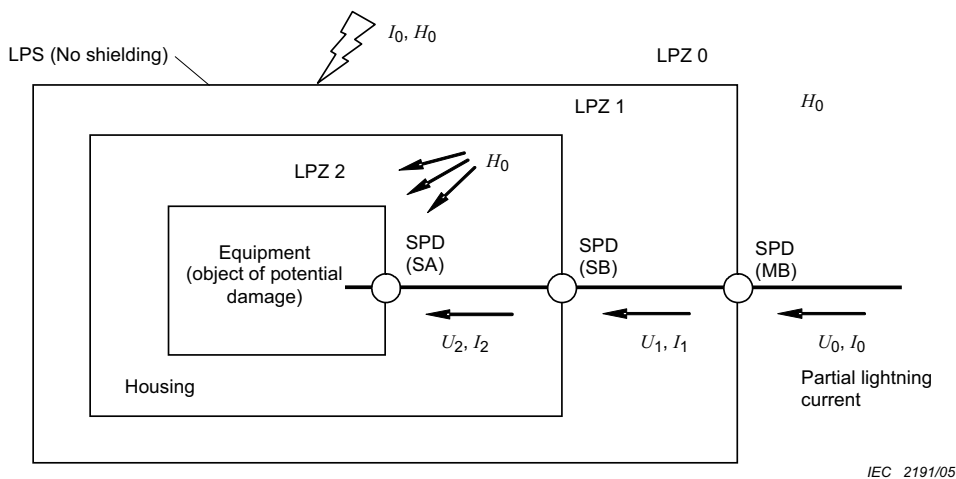


Figure 2d – ESP using a coordinated SPD system only – Equipment protected against conducted surges ($U_2 \ll U_0$ and $I_2 \ll I_0$), but not against radiated magnetic field (H_0)

- shielded boundary
- non-shielded boundary.

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

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

Figure 2 – Protection against LEMP – Examples of possible LEMP protection measures systems (ESP)

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

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

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

For protection against the effects of conducted and induced surges being transmitted to the equipment via connection wiring, ESP 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 ESP consisting of a coordinated SPD system is usually considered sufficient to protect such equipment against the effects of LEMP.

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

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

4.2 Design of ESP

ESP can be designed for protection of equipment against surges and electromagnetic fields. Figure 2 provides examples:

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

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

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

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

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

4.3 Lightning protection zones (LPZs)

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

Outer zones:

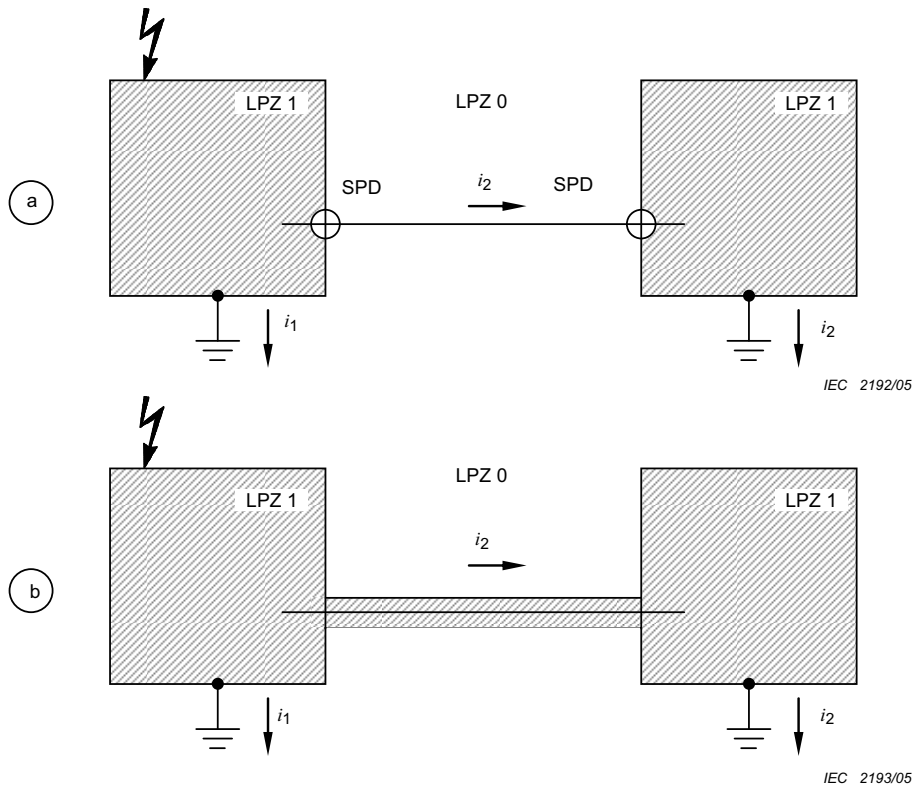
- LPZ 0 Zone where the threat is due to the unattenuated lightning electromagnetic field and where the internal systems may be subjected to full or partial lightning surge current. LPZ 0 is subdivided into:
- LPZ 0_A zone where the threat is due to the direct lightning flash and the full lightning electromagnetic field. The internal systems may be subjected to full lightning surge current.
- LPZ 0_B zone protected against direct lightning flashes but where the threat is the full lightning electromagnetic field. The internal systems may be subjected to partial lightning surge currents.

Inner zones: (protected against direct lightning flashes)

- LPZ 1 Zone where the surge current is limited by current sharing and by SPDs at the boundary. Spatial shielding may attenuate the lightning electromagnetic field.
- LPZ 2...n Zone where the surge current may be further limited by current sharing and 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 ESP, e.g. installation of a coordinated SPD system and/or magnetic shielding (see Figure 2). Depending on the number, type and withstand level of the equipment to be protected, suitable 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 LPZ of the same order may be necessary if either two separate structures are connected by electrical or signal lines, or the number of required SPDs is to be reduced (see Figure 3).



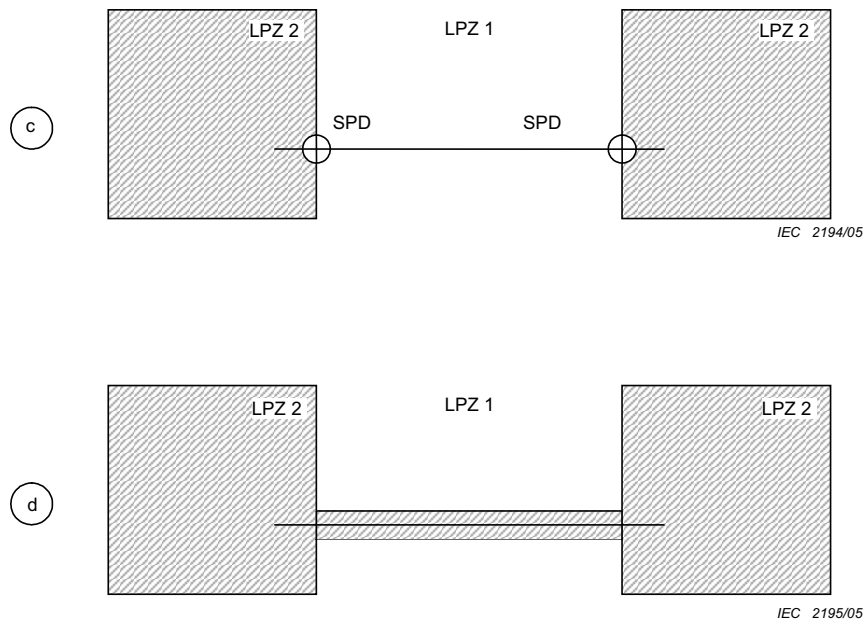
i_1, i_2 partial lightning currents

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

Figure 3a – Interconnecting two LPZs 1 using SPDs

NOTE: Figure 3b shows, that this problem can be solved using shielded cables or shielded cable ducts to interconnect both LPZs 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.

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



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

Figure 3c – Interconnecting two LPZs 2 using SPDs

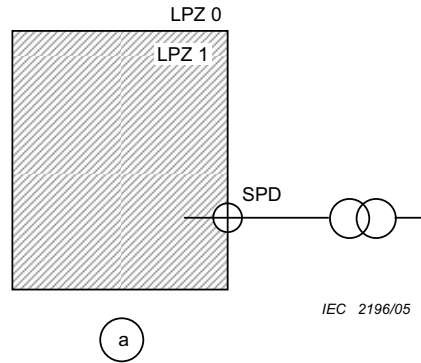
NOTE: Figure 3d shows that such interference can be avoided and the SPDs can be omitted, if shielded cables or shielded cable ducts are used to interconnect both LPZs 2.

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

Figure 3 – Examples for interconnected LPZs

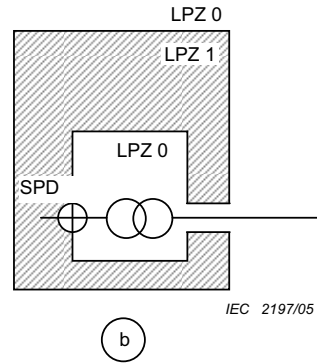
Extending an LPZ into another LPZ might be needed in special cases or can be used to reduce the number of required SPDs (see Figure 4).

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



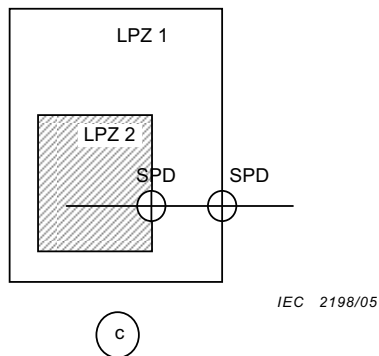
NOTE: Figure 4a shows a structure powered by a transformer. If the transformer is placed outside the structure, only the low voltage lines entering the structure require protection using an SPD.

Figure 4a – Transformer outside the structure



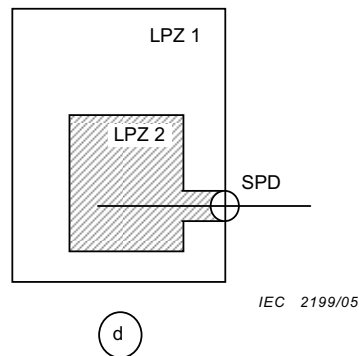
NOTE: If the transformer is placed inside the structure, the owner of the building is often not permitted to adopt protection measures on the high voltage side. Figure 4b shows that the problem can be solved by extending LPZ 0 into LPZ 1, which again requires SPDs to be installed on the low voltage side only.

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



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

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



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

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

Figure 4 – Examples for extended lightning protection zones

4.4 Basic ESP measures

Basic protection measures against LEMP include:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Other ESP measures can be used alone or in combination.

ESP measures 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 ESP measures shall be made using a risk assessment in accordance with IEC 62305-2 taking into account technical and economic factors.

Practical information on the implementation of ESP measures for electronic systems in existing structures are given in Annex B.

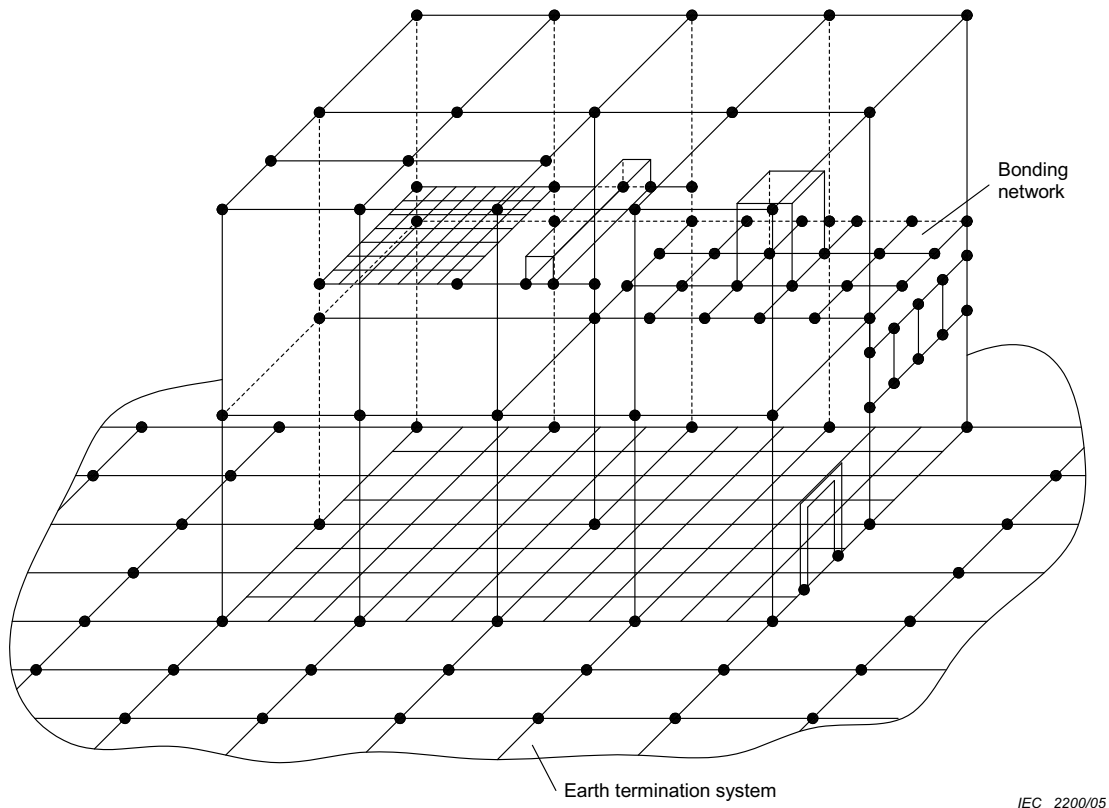
NOTE 2 Lightning equipotential bonding (EB) in accordance with IEC 62305-3 will protect against dangerous sparking only. Protection of internal systems against surges requires a coordinated SPD system in accordance with this standard.

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

5 Earthing and bonding

Suitable earthing and bonding is 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).



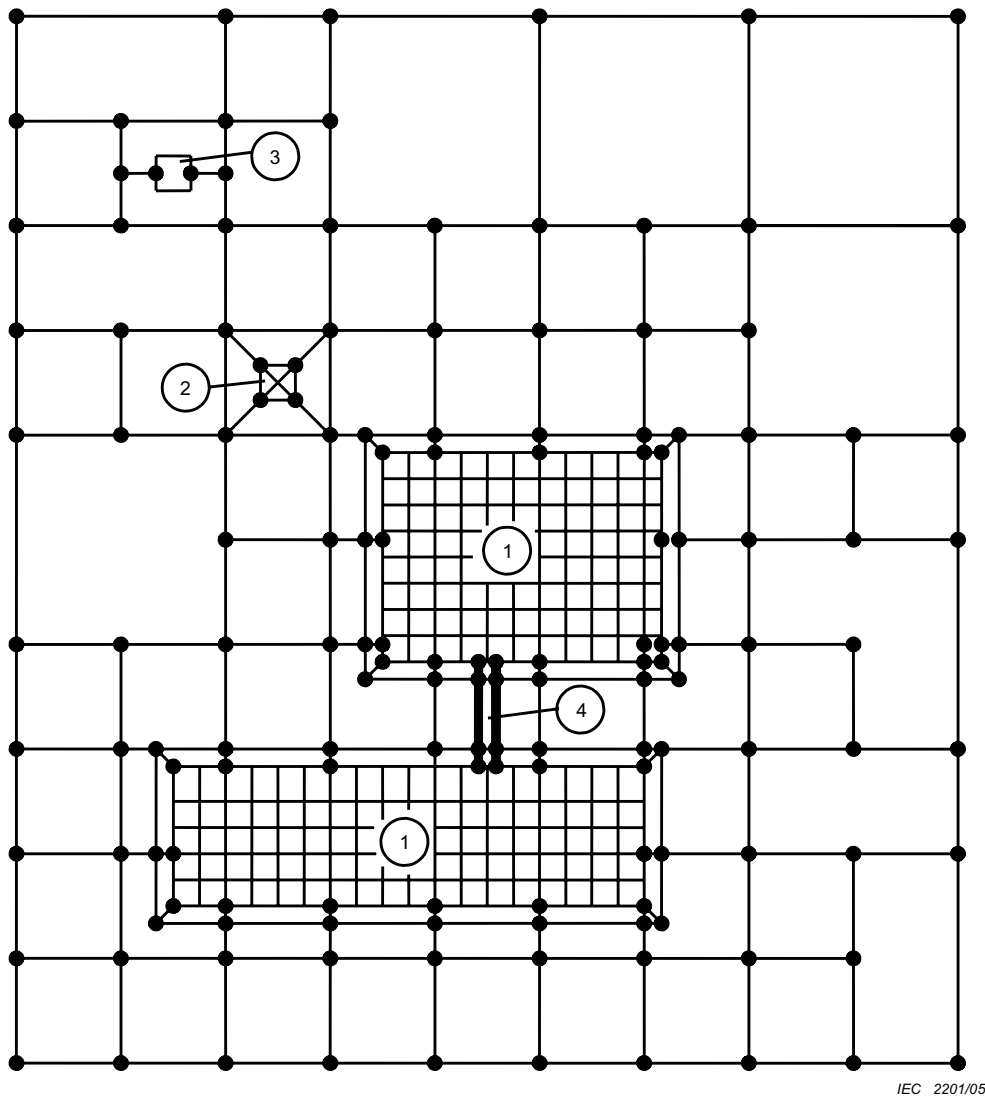
NOTE All drawn conductors are either bonded structural metal elements or bonding conductors. Some of them may also serve to intercept, conduct and disperse the lightning current into the earth.

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

5.1 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.



Key

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

Figure 6 – Meshed earth-termination system of a plant

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

- several parallel bonding conductors running in the same paths as the electrical cables, or the cables enclosed in grid-like reinforced concrete ducts (or continuously bonded metal conduit), which have been integrated into both of the earth-termination systems;
- shielded cables with shields of adequate cross-section, and bonded to the separate earthing systems at either end.

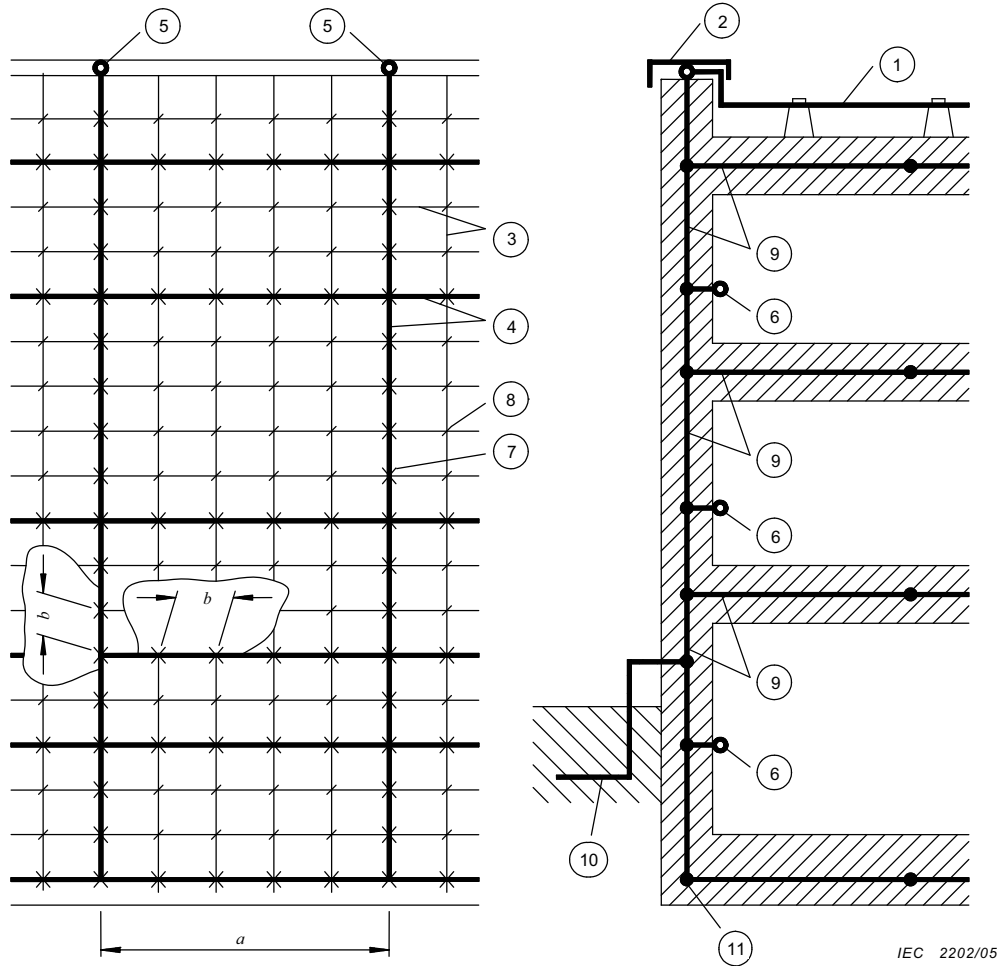
5.2 Bonding network

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

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

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

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

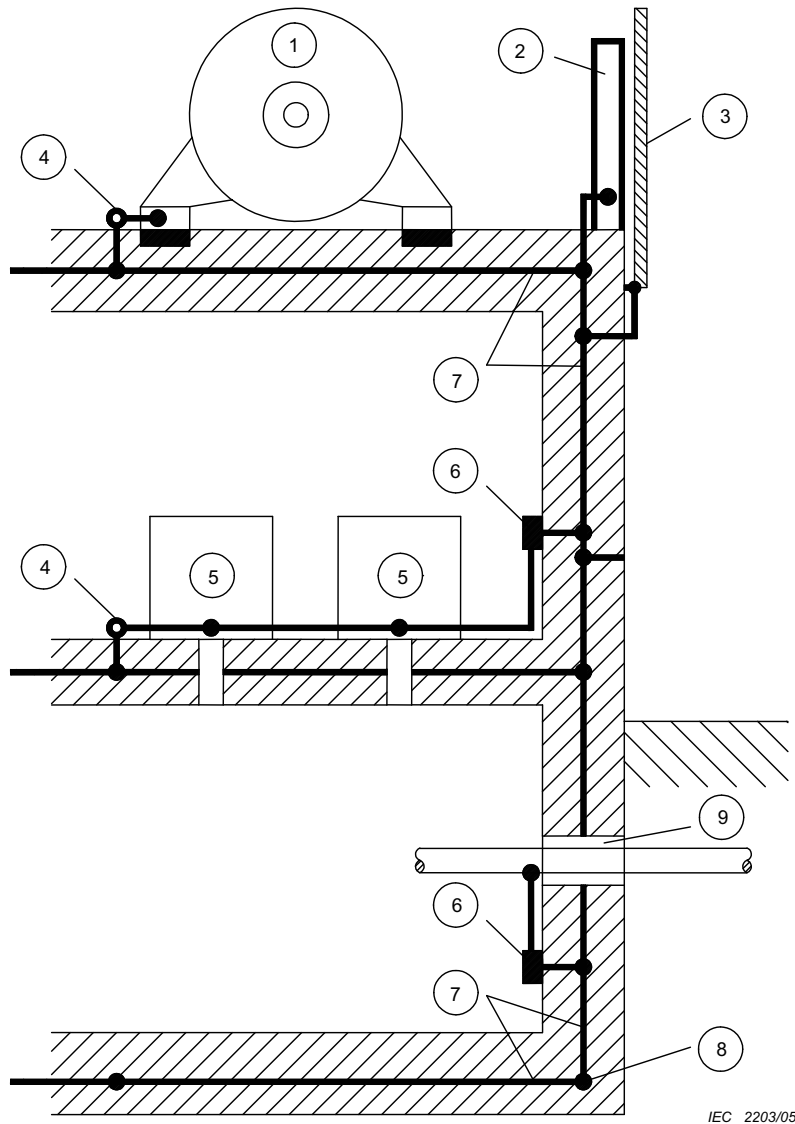


Key

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

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

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



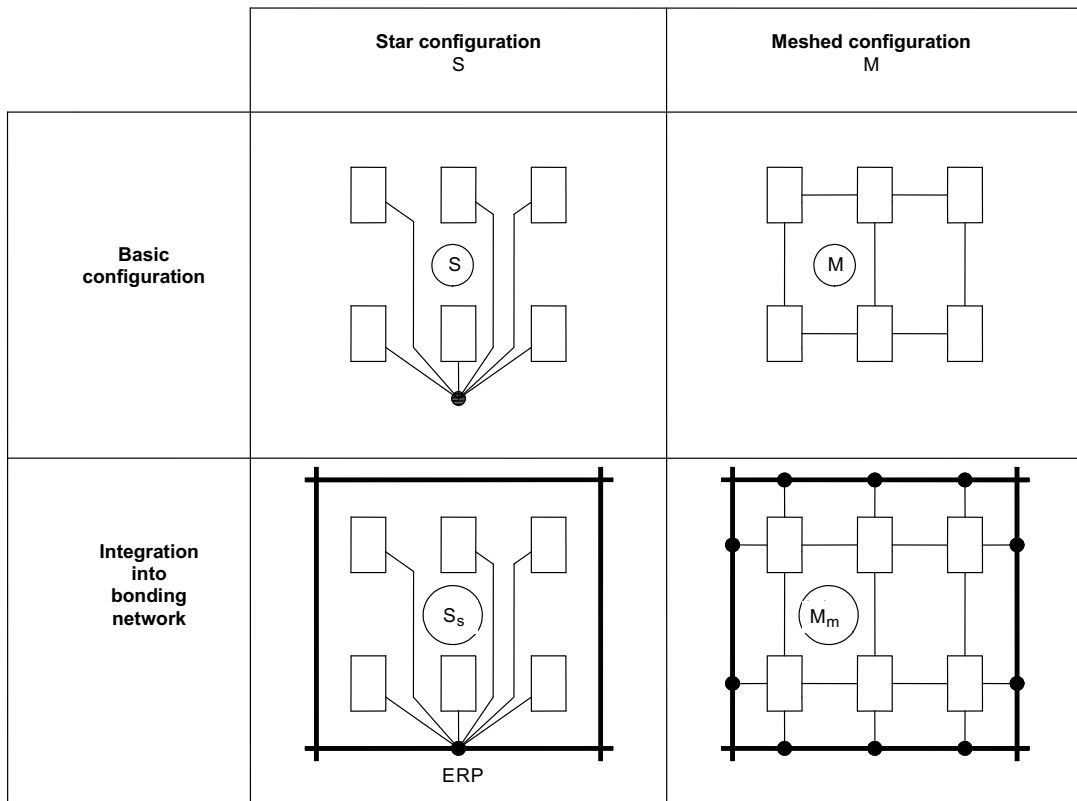
IEC 2203/05

Key

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

Figure 8 – Equipotential bonding in a structure with steel reinforcement

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):



IEC 2204/05

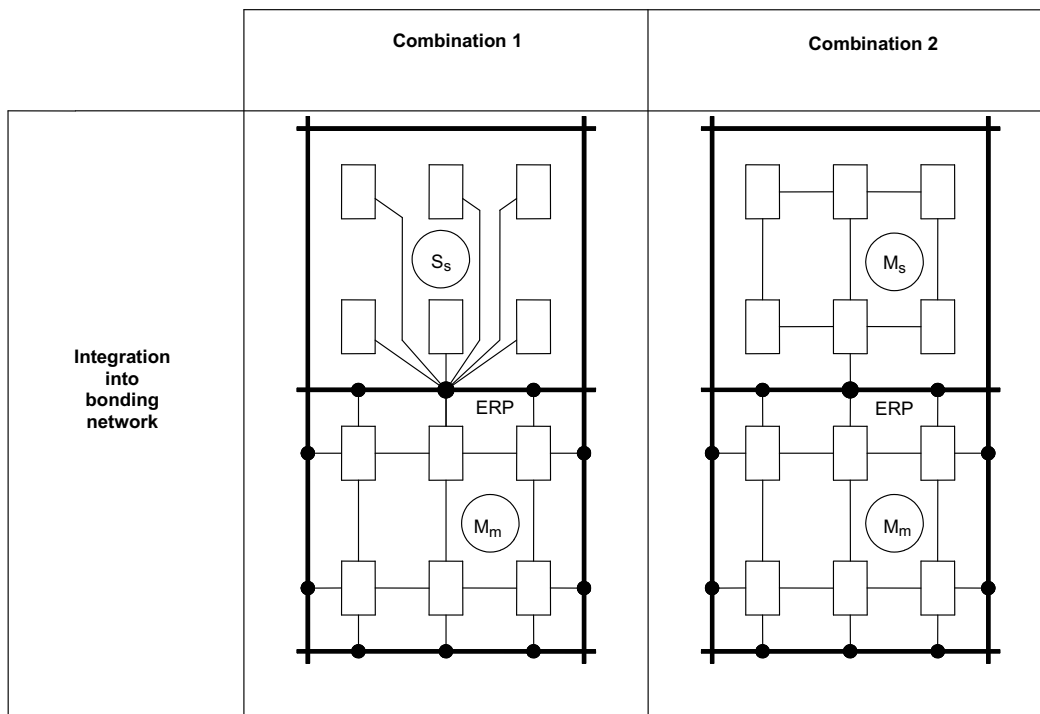
- Bonding network
- Bonding conductor
- Equipment
- Bonding point to the bonding network
- ERP Earthing reference point
- S_s Star point configuration integrated by star point
- M_m Meshed configuration integrated by mesh

Figure 9 – Integration of electronic systems into the bonding network

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

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

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



IEC 2205/05





-  Bonding network
-  Bonding conductor
-  Equipment
-  Bonding point to the bonding network
- ERP Earthing reference point
- S_s Star point configuration integrated by star point
- M_m Meshed configuration integrated by mesh
- M_s Meshed configuration integrated by star point

Figure 10 – Combinations of integration methods of electronic systems into the bonding network

5.3 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 5.5,
- SPDs should be installed in such a way as to use the shortest possible connections to the bonding bar as well as to live conductors, thus minimizing inductive voltage drops,
- on the protected side of the circuit (downstream of an SPD), mutual induction effects should be minimized, either by minimizing the loop area or using shielded cables or cable ducts.

5.4 Bonding at the boundary of an LPZ

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

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

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

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

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

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

5.5 Material and dimensions of bonding components

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

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.

Table 1 – Minimum cross-sections for bonding components

Bonding component		Material	Cross-section mm ²
Bonding bars (copper or galvanized steel)		Cu, Fe	50
Connecting conductors from bonding bars to the earthing system or to other bonding bars (carrying the full or a significant part of lightning current)		Cu	16
		Al	25
		Fe	50
Connecting conductors from internal metal installations to bonding bars (carrying a partial lightning current)		Cu	6
		Al	10
		Fe	16
Connecting conductors to the SPD (carrying the full or a significant part of lightning current)	Class I	Cu	16
	Class II		6
	Class III		1
NOTE 1: Other material used should have cross-sections ensuring equivalent resistance.			
NOTE 2: For SPDs used in power applications, additional information for connecting conductors is given in IEC 60364-5-53 and IEC 61643-12			
NOTE 3: In some countries smaller conductor sizes may be used, provided that they fulfil the thermal and mechanical requirements – see IEC 62305-1 Annex D.			

6 Magnetic shielding and line routing

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.

6.1 Spatial shielding

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

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

6.2 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.

6.3 Routing of internal lines

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

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

6.4 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 ESP planner (since the owner of external lines is normally the network provider).

6.5 Material and dimensions of magnetic shields

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

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

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

- at the boundary of LPZs 1/2 or higher, provided that the separation distance s between magnetic shields and the LPS is fulfilled (see 6.3 of IEC 62305-3),
- at the boundary of any LPZ, if the risk component number N_D of dangerous events due to lightning flashes to the structure is negligible, i.e. $N_D < 0.01$ per year.

7 Coordinated SPD system

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

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

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

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

The SPD's test requirements shall comply with

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

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

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

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

8 Isolating interfaces

Isolating interfaces may be used to reduce the effects of LEMP. These require a typical withstand voltage of 5 kV with a 1,2/50 waveshape. Protection of such interfaces against higher overvoltages, where needed, may be achieved using SPDs. The voltage protection levels U_P of these SPDs needs to be selected to be only slightly below the withstand voltage of the isolating interface. A lower U_P may violate safety requirements (see Annex B.10).

9 ESP management

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

Proper protection can be achieved only if:

- provisions are defined by a lightning protection expert,
- good coordination exists between the different experts involved in the building construction and in the ESP (e.g. civil and electrical engineers),
- the management plan of 9.1 is followed.

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

9.1 ESP management plan

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

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

Step	Aim	Action to be taken by
Initial risk analysis ¹⁾	To check the need for LEMP protection If needed, select suitable ESP using the risk assessment method To check the risk reduction after each successive protection measure taken	Lightning protection expert ²⁾ Owner
Final risk analysis ¹⁾	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 ²⁾ Owner
ESP planning	Definition of the ESP: - spatial shielding measures - bonding networks - earth-termination systems - line shielding and routing - shielding of incoming services - a coordinated SPD system	Lightning protection expert Owner Architect Planners of internal systems Planners of relevant installations
ESP design	General drawings and descriptions Preparation of lists for tenders Detailed drawings and timetables for the installation	Engineering office or equivalent
Installation of the ESP including supervision	Quality of installation Documentation Possibly revision of the detailed drawings	Lightning protection expert Installer of the ESP Engineering office Supervisor
Approval of the ESP	Checking and documenting the state of the system	Independent lightning protection expert Supervisor
Recurrent inspections	Ensuring the adequacy of the ESP	Lightning protection expert Supervisor
¹⁾ See IEC 62305-2. ²⁾ With a broad knowledge of EMC and knowledge of installation practices.		

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

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

9.2 Inspection of ESP

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

- the ESP complies with the design.
- the ESP is capable of performing its design function.
- any new additional protection measure is integrated correctly into the ESP.

Inspections shall be made:

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

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

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

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

9.2.1 Inspection procedure

9.2.1.1 Checking of technical documentation

After the installation of new ESP 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 ESP.

9.2.1.2 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.
- there are no additions or alterations which require further protection measures.
- there is no indication of damage to the SPDs and their fuses or disconnectors.
- appropriate line routings are maintained.
- safety distances to the spatial shields are maintained.

9.2.1.3 Measurements

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

9.2.2 Inspection documentation

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

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

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

9.3 Maintenance

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

Annex A (informative)

Basis of electromagnetic environment evaluation in an LPZ

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

A.1 Damaging effects on electrical and electronic systems due to lightning

A.1.1 The source of damage

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

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

A.1.2 Object of damage

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

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

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

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

- The withstand level of the power installation is defined in IEC 60664-1 Table 1. The withstand level is defined by the rated impulse withstand voltage 1,5 - 2,5 - 4 and 6 kV,
- The withstand level of telecommunication equipment is defined in ITU-T K.2, K.21 and K.45.

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

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

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

- Against magnetic fields using IEC 61000-4-9 with test levels: 100 – 300 - 1000 A/m at 8/20 μ s waveshape and IEC 61000-4-10 with test levels: 10 - 30 - 100 A/m at 1MHz.

Equipment not complying with radio frequency (RF) radiated emission and immunity tests, as defined by the relevant EMC product standards, can be at risk due to directly radiated magnetic fields into it. On the other hand, the failure of equipment complying with these standards can be neglected.

A.1.3 Coupling mechanisms between the object of damage and the source of damage

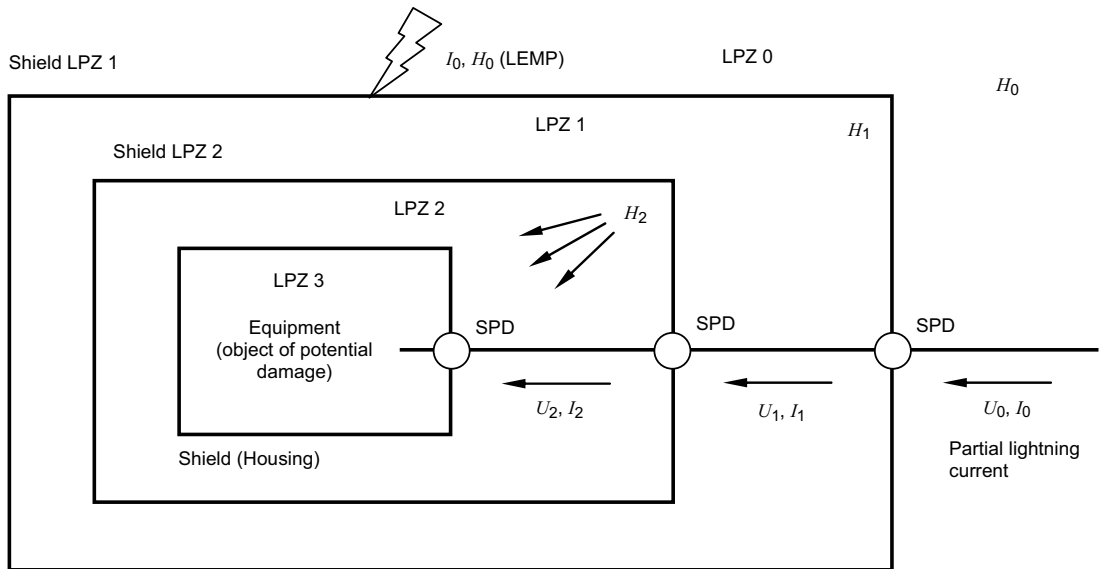
The equipment's withstand level needs to be compatible with the source of damage. To achieve this, the coupling mechanisms need to be adequately controlled by the appropriate creation of lightning protection zones (LPZs).

A.2 Spatial shielding, line routing and line shielding

A.2.1 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 minimised 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.



IEC 2206/05

Figure A.1 – LEMP situation due to lightning strike

1. Primary source of harm LEMP

As defined from parameters in accordance with LPLs I to IV:

		Impulse μs	Amplitude for LPL I – II – III - IV kA	Steepness for LPL I – II – III - IV kA/ μs	Relevant effects on:
IEC 62305-1	I_0	10/350 1/200 0,25/100	200 - 150 - 100 - 100 100 - 75 - 50 - 50 50 - 37,5 - 25 - 25	20 - 15 - 10 - 10 100 - 75 - 50 - 50 200 - 150 - 100 - 100	Partial lightning current Induction Induction
	H_0	Derived from the corresponding I_0			

2. Withstand level of power installation

As defined for installation category I to IV for nominal voltages 230/400 V and 277/480 V:

IEC 60664-1 U_w Installation category I to IV 6 - 4 - 2,5 - 1,5 kV

3. Withstand level of telecommunication equipment

ITU Recommendation K.20, K.21 and K.45

4. Tests for equipment without suitable product standards

Withstand level of equipment as defined for conducted (U, I) lightning effects:

IEC 61000-4-5 U_{OC} impulse 1,2/50 μs 4 - 2 - 1 - 0,5 kV
 I_{SC} impulse 8/20 μs 2 - 1 - 0,5 - 0,25 kA

5. Tests for equipment not complying with relevant EMC product standards

Withstand level of equipment as defined for radiated (H) lightning effects:

IEC 61000-4-9 H impulse 8/20 μs , 1000 - 300 - 100 A/m
(damped oscillation 25 kHz, $T_p = 10 \mu\text{s}$)
IEC 61000-4-10 H damped oscillation 1 MHz, 100 - 30 - 10 A/m
(impulse 0,2/0,5 μs , $T_p = 0,25 \mu\text{s}$)

Note 1: IEC 61000-4-10 primarily deals with field influences due to switching overvoltages.

Note 2: IEC 61000 series considers the immunity withstand where the temporary loss of energized equipment from low level surges is tested. Partial or direct lightning currents, not covered within IEC 61000, can cause permanent equipment damage by further exceeding the insulation withstand of equipment. Protection against partial or direct lightning currents is covered by IEC 61643-12. The selected SPDs should provide a protective level U_p lower than the impulse withstand capability of the equipment or, in some cases where the continuous operation of the equipment is critical, lower than the impulse immunity of the equipment.

The primary electromagnetic source of harm to the electronic system is the lightning current I_0 and the magnetic field H_0 . Partial lightning currents flow on 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 stroke I_f (typically with a long tail 10/350 μs waveshape) and negative first stroke I_{fn} (1/200 μs waveshape) and subsequent strokes I_s (0,25/100 μs waveshape). The current of the first stroke I_f generates the magnetic field H_f , the current of the negative first stroke I_{fn} generate the magnetic field H_{fn} , and the currents of the subsequent strokes I_s generate the magnetic fields H_s .

The magnetic induction effects are mainly caused by the rising front of the magnetic field. As shown in Figure A.2, the rising front of H_f can be characterised by a damped oscillating field of 25 kHz with maximum value $H_{f/max}$ and time to maximum value $T_{p/f}$ of 10 μs . In the same way, the rising front of H_s can be characterised 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 characterised by a damped oscillating field of 250 kHz with maximum value $H_{fn/max}$ and time to maximum value $T_{p/fn}$ of 1 μs .

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

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

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

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

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

The induced surges caused by the magnetic field coupled into the induction loop (see Clause A.4), should be lower than, or equal to, the equipment's withstand level.

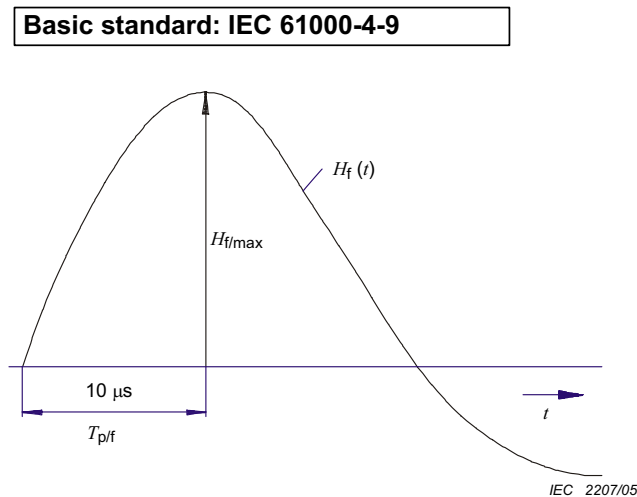


Figure A.2a - Simulation of the rise of the field of the first stroke (10/350 μs) by a single impulse 8/20 μs (damped 25 kHz oscillation)

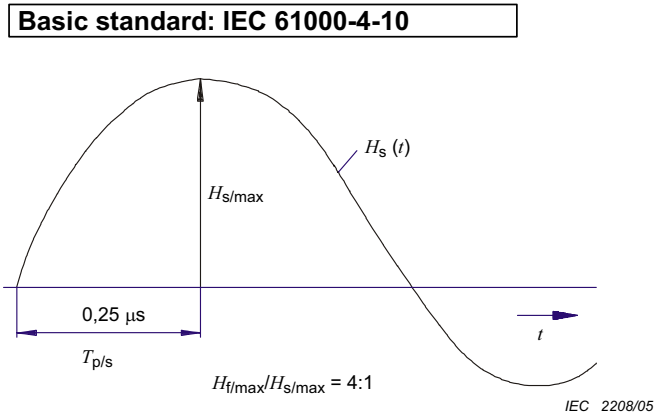


Figure A.2b - Simulation of the rise of the field of the subsequent stroke (0,25/100 μ s) by damped 1MHz oscillations (multiple impulses 0,2/0,5 μ s)

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

NOTE 2 The ratio of the maximum values $H_{f/\max} / H_{f/\max} / H_{s/\max} = 4 : 2 : 1$

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

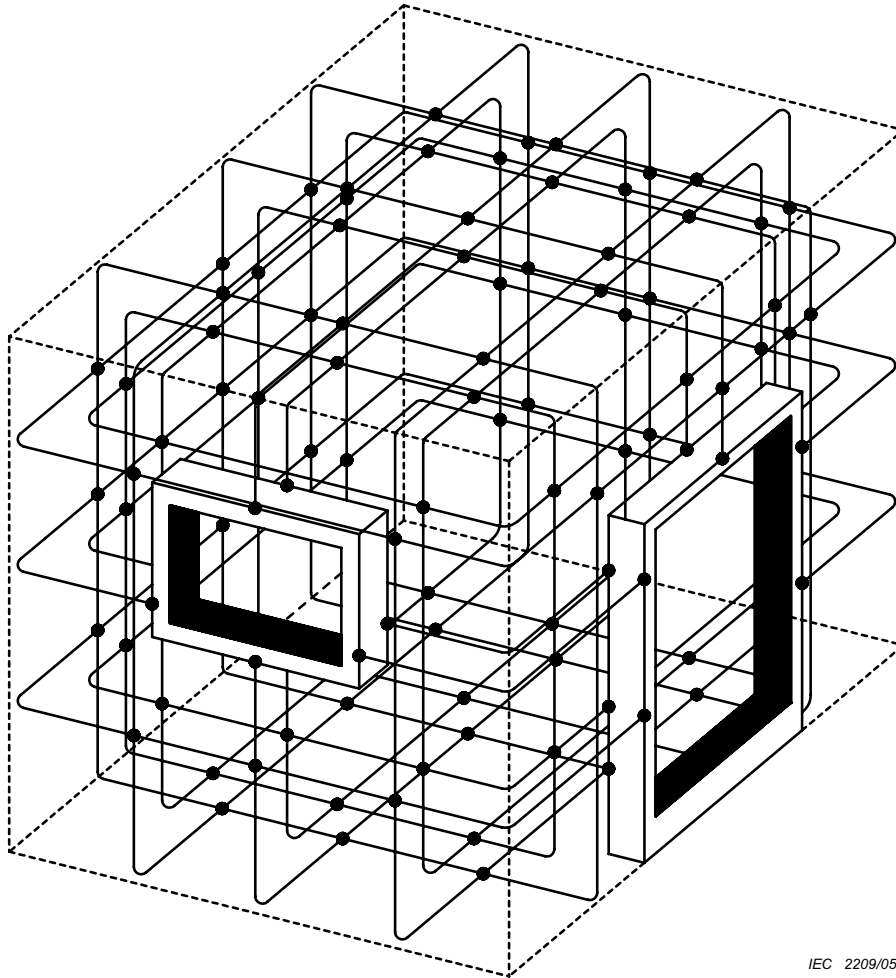
A.2.2 Grid-like spatial shields

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

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

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

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



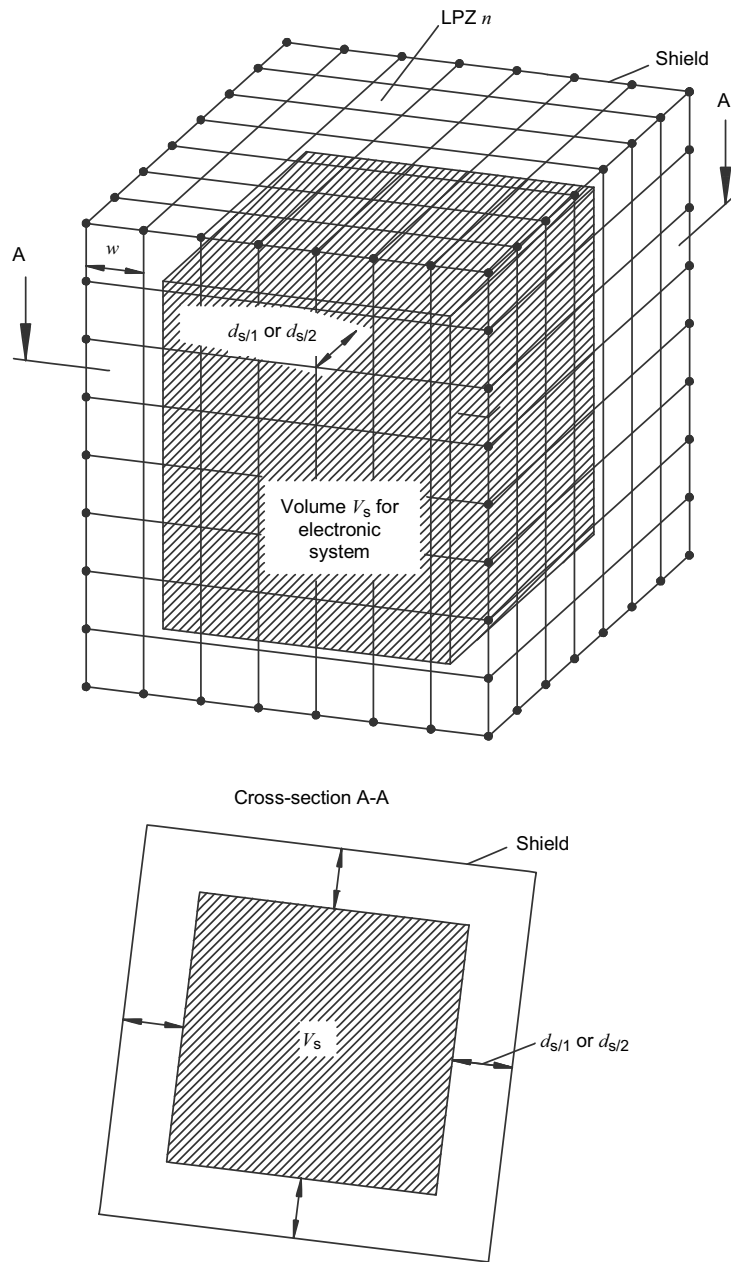
IEC 2209/05

- welded or clamped at every rod and at the crossings

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

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

Electronic 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).



IEC 2210/05

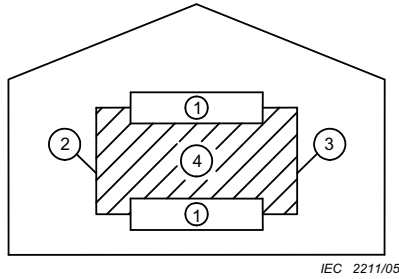
NOTE The volume V_s should keep a safety distance $d_{s/1}$ or $d_{s/2}$ from the shield of LPZ n – see A.3,

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

A.2.3 Line routing and line shielding

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

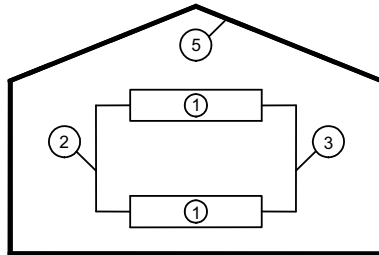
- 1. Equipment
- 2. Signal wiring
- 3. Power wiring
- 4. Induction loop



IEC 2211/05

Figure A.5a - Unprotected system

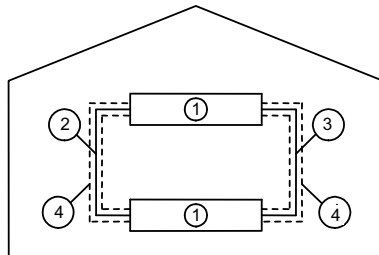
- 1. Equipment
- 2. Signal wiring
- 3. Power wiring
- 5. Spatial shielding



IEC 2212/05

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

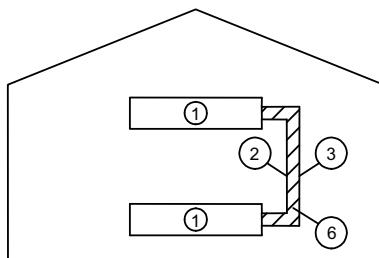
- 1. Equipment
- 2. Signal wiring
- 3. Power wiring
- 4. Line shielding



IEC 2213/05

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

- 1. Equipment
- 2. Signal wiring
- 3. Power wiring
- 6. Reduced loop area



IEC 2214/05

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

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

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

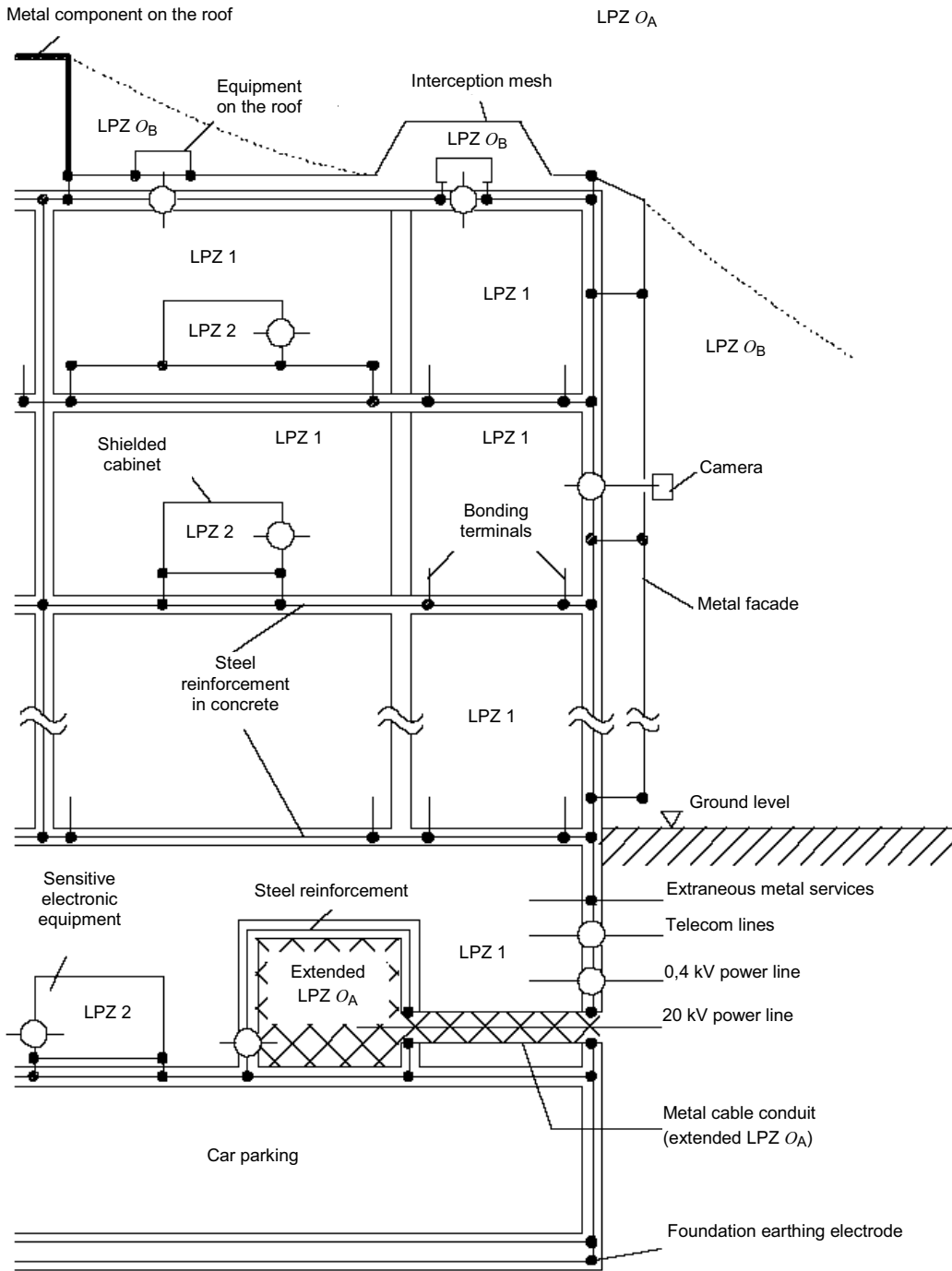
Particular attention should be paid when installing cables close to the shield of an LPZ (especially LPZ 1) due to the substantial value of the magnetic fields at that location.

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 electronic systems. Calculations of these induced voltages and currents are described in Clause A.4.

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 electronic 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.



IEC 2215/05

- Equipotential bonding
- O Surge protective device (SPD)

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

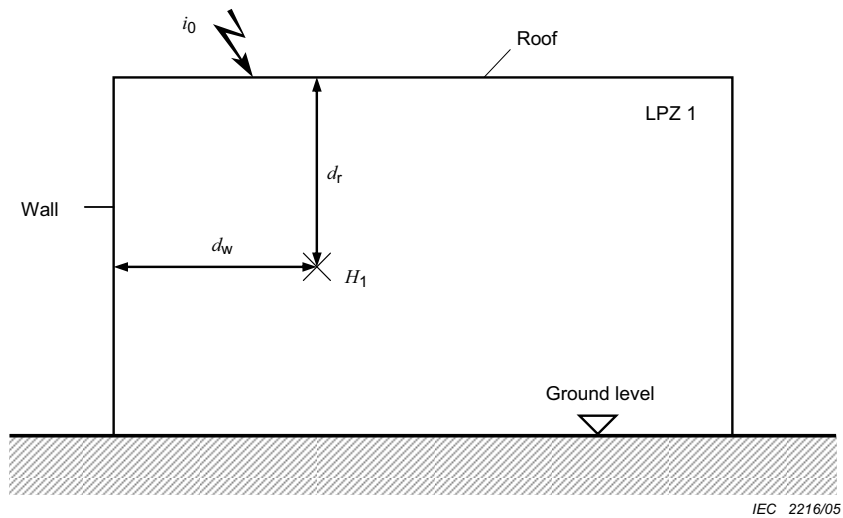
A.3 Magnetic field inside LPZs

A.3.1 Approximation for the magnetic field inside LPZs

If a theoretical (Clause A.3.2), or experimental (Clause A.3.3), investigation of the shielding effectiveness is not performed, the attenuation should be evaluated as follows.

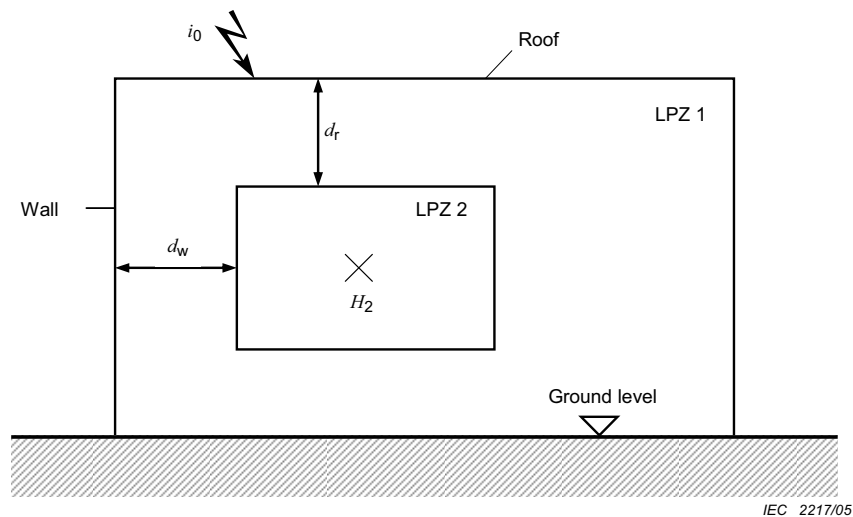
A.3.1.1 Grid-like spatial shield of LPZ 1 in the case of a direct lightning strike

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



NOTE Distances d_w and d_r are determined for the point considered

Figure A.7a – Magnetic field inside LPZ 1



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

Figure A.7b – Magnetic field inside LPZ 2

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

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

$$H_1 = k_H \cdot I_0 \cdot w / (d_w \cdot \sqrt{d_r}) \quad (\text{A/m}) \quad (\text{A.1})$$

where:

- d_r (m) shortest distance between the point considered and the roof of shielded LPZ 1
- d_w (m) shortest distance between the point considered to the wall of shielded LPZ 1
- I_0 (A) lightning current in LPZ 0_A
- k_H (1/√m) configuration factor, typically $k_H = 0,01$ (1/√m)
- w (m) mesh width of the grid-like shield of LPZ 1

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

- caused by the first stroke: $H_{1/f1/\max} = k_H \cdot I_{f1/\max} \cdot w / (d_w \cdot \sqrt{d_r}) \quad (\text{A/m}) \quad (\text{A.2})$

- caused by the negative first stroke: $H_{1/fn/\max} = k_H \cdot I_{fn/\max} \cdot w / (d_w \cdot \sqrt{d_r}) \quad (\text{A/m}) \quad (\text{A.3})$

- caused by the subsequent strokes: $H_{1/s/\max} = k_H \cdot I_{s/\max} \cdot w / (d_w \cdot \sqrt{d_r}) \quad (\text{A/m}) \quad (\text{A.4})$

where:

- $I_{f1/\max}$ (A) maximum value of the first stroke current in accordance with the protection level,
- $I_{fn/\max}$ (A) maximum value of the negative first stroke current in accordance with the protection level,
- $I_{s/\max}$ (A) maximum value of the subsequent stroke currents in accordance with the protection level.

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

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

$$d_{s/1} = w \cdot SF / 10 \quad (\text{m}) \quad \text{for } SF \geq 10 \quad (\text{A.5})$$

$$d_{s/1} = w \quad (\text{m}) \quad \text{for } SF < 10 \quad (\text{A.6})$$

where:

- SF (dB) shielding factor evaluated from the formulae of Table A.2
- w (m) mesh width of the grid-like shield

NOTE 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.

Examples:

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

Table A.1 – Examples for $i_{0/\max} = 100 \text{ kA}$ and $w = 2 \text{ m}$

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

A.3.1.2 Grid-like spatial shield of LPZ 1 in the case of a nearby lightning strike

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

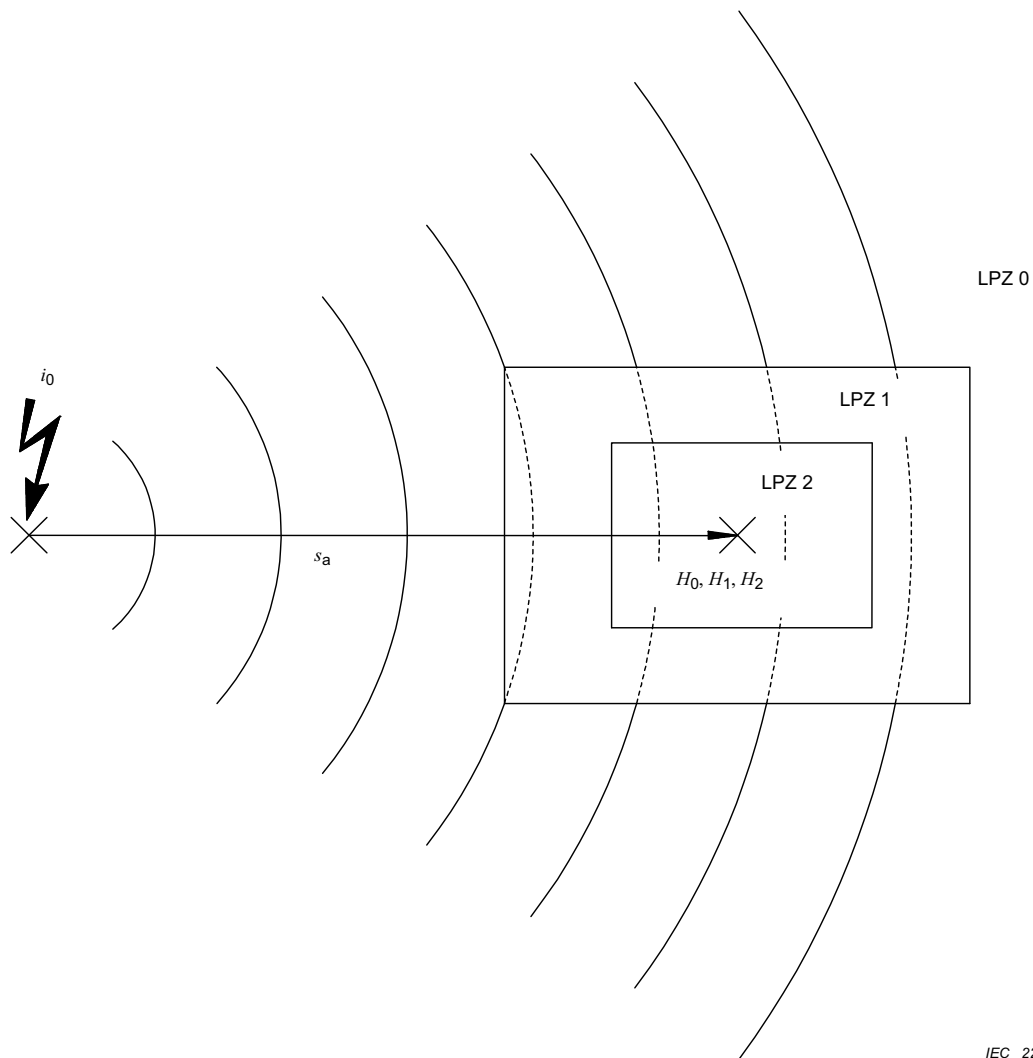


Figure A.8 – Evaluation of the magnetic field values in case of a nearby lightning strike

The shielding factor SF of the grid-like spatial shields for a plane wave is given in Table A.2 below.

Table A.2 - Magnetic attenuation of grid-like spatial shields for a plane wave

Material	<i>SF</i> (dB) (see NOTES 1 and 2)	
	25 kHz (valid for the first stroke)	1 MHz (valid for subsequent strokes)
Copper or aluminium	$20 \cdot \log(8,5/w)$	$20 \cdot \log(8,5/w)$
Steel (see NOTE 3)	$20 \cdot \log \left[\left(8,5 / w \right) / \sqrt{1 + 18 \cdot 10^{-6} / r^2} \right]$	$20 \cdot \log(8,5/w)$
<p><i>w</i> mesh width of the grid-like shield (m) <i>r</i> radius of a rod of the grid-like shield (m) NOTE 1 - <i>SF</i> = 0 in case of negative results of the formulae NOTE 2 - <i>SF</i> increases by 6 dB, if a meshed bonding network in accordance with clause 5.2 is installed NOTE 3 - permeability $\mu_r \approx 200$</p>		

The incident magnetic field H_0 is calculated using:

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

where:

I_0 (A) lightning current in LPZ 0_A

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

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

- caused by the first stroke: $H_{0/f/\max} = I_{f/\max} / (2 \cdot \pi \cdot s_a) \text{ (A/m)} \quad (\text{A.8})$

- caused by the negative first stroke: $H_{0/fn/\max} = I_{fn/\max} / (2 \cdot \pi \cdot s_a) \text{ (A/m)} \quad (\text{A.9})$

- caused by the subsequent strokes: $H_{0/s/\max} = I_{s/\max} / (2 \cdot \pi \cdot s_a) \text{ (A/m)} \quad (\text{A.10})$

where:

$I_{f/\max}$ (A) maximum value of the lightning current of the first stroke in accordance with the chosen protection level.

$I_{fn/\max}$ (A) maximum value of the lightning current of the negative first stroke in accordance with the chosen protection level.

$I_{s/\max}$ (A) maximum value of the lightning current of the subsequent strokes in accordance with the chosen protection level.

The reduction of H_0 to H_1 inside LPZ 1 can be derived using the *SF* values given in Table A.2:

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

where:

SF (dB) shielding factor evaluated from the formulae of Table A.2

$H_{0/\max}$ (A/m) magnetic field in LPZ 0

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

- caused by the first stroke: $H_{1/f/\max} = H_{0/f/\max} / 10^{SF/20} \text{ (A/m)} \quad (\text{A.12})$

- caused by the negative first stroke: $H_{1/fn/\max} = H_{0/fn/\max} / 10^{SF/20} \text{ (A/m)} \quad (\text{A.13})$

- caused by the subsequent strokes: $H_{1/s/\max} = H_{0/s/\max} / 10^{SF/20} \text{ (A/m)} \quad (\text{A.14})$

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

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

$$d_{s/2} = w \text{ (m) for } SF < 10 \quad (\text{A.16})$$

where:

SF (dB) shielding factor evaluated from the formulae of Table A.2
 w (m) mesh width of the grid-like shield

For additional information about the calculation of the magnetic field strength inside grid-like shields in case of nearby lightning strikes, see Clause A.3.3.

Examples:

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

The lightning current $I_{0/\max}$ depends on the LPL chosen (see IEC 62305-1). The shielding factor SF (see Table A.2) is mainly a function of the mesh width of the grid-like shield. The distance s_a is either:

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

The worst-case condition then is the highest current $i_{0/\max}$ combined with the closest distance s_a possible. As shown in Figure A.9, this minimum distance s_a is a function of height H and length L (or width W) of the structure (LPZ 1), and of the rolling sphere radius R corresponding to $I_{0/\max}$ (see Table A.3), defined from the electro-geometric model (see IEC 62305-1 Annex A.4).

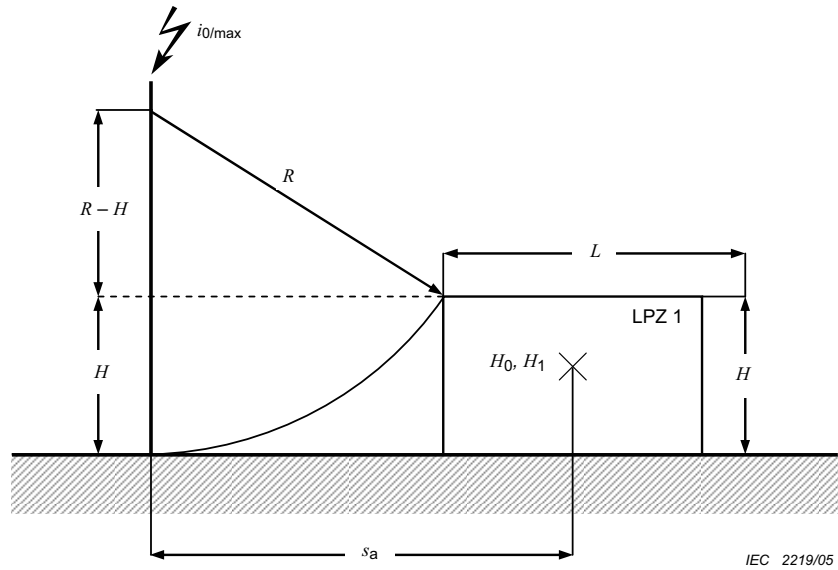


Figure A.9 – Distance s_a depending on rolling sphere radius and structure dimensions

The distance can be calculated as:

$$s_a = \sqrt{2 \cdot R \cdot H - H^2} + L/2 \quad \text{for } H < R \quad (\text{A.17})$$

$$s_a = R + L/2 \quad \text{for } H \geq R \quad (\text{A.18})$$

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

Three typical shields may be defined, having the dimensions given in Table A.4. A grid-like shield of copper with an average mesh width of $w = 2$ m is assumed. This results in a shielding factor $SF = 12,6$ dB and in a safety distance $d_{s/2} = 2,5$ m defining the safety volume V_s . The values for $H_{0/\max}$ and $H_{1/\max}$, which are assumed to be valid everywhere inside V_s , are calculated for $I_{0/\max} = 100$ kA and shown in Table A.4.

Table A.3 – Rolling sphere radius corresponding to maximum lightning current

Protection level	Maximum lightning current $I_{0/\max}$ kA	Rolling sphere radius R m
I	200	313
II	150	260
III - IV	100	200

Table A.4 – Examples for $i_{0/\max} = 100$ kA and $w = 2$ m corresponding to $SF = 12,6$ dB

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

A.3.1.3 Grid-like spatial shields for LPZ 2 and higher

In the grid-like shields of LPZ 2, and higher, no significant partial lightning currents will flow. Therefore, as a first approach, the reduction of H_n to H_{n+1} inside LPZ n+1 can be evaluated as given by Clause A.3.1.2 for nearby lightning strikes:

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

where:

SF (dB) shielding factor from Table A.2
 H_n (A/m) magnetic field inside LPZ n (A/m)

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

- In the case of lightning strikes direct to the grid-like shield of LPZ 1 see clause A.3.1.1 and Figure A.7b, while d_w and d_r are the distances between the shield of LPZ 2 and the wall respectively the roof.
- In the case of lightning strikes nearby LPZ 1 see clause A.3.1.2 and Figure A.8.

These magnetic field values are valid only for a safety volume V_s inside the grid-like shield with a safety distance $d_{s/2}$ from the shield (as defined in Clause A.3.1.2 and shown in Figure A.4).

A.3.2 Theoretical evaluation of the magnetic field due to direct lightning strikes

In Clause A.3.1.1, the formulae for the assessment of the magnetic field strength $H_{1/\max}$ are based on numerical magnetic field calculations for three typical grid-like shields as shown in Figure A.10. For these calculations, a lightning strike to one of the edges of the roof is assumed. The lightning channel is simulated by a vertical conducting rod with a length of 100 m on top of the roof. An idealised conducting plate simulates the ground plane.

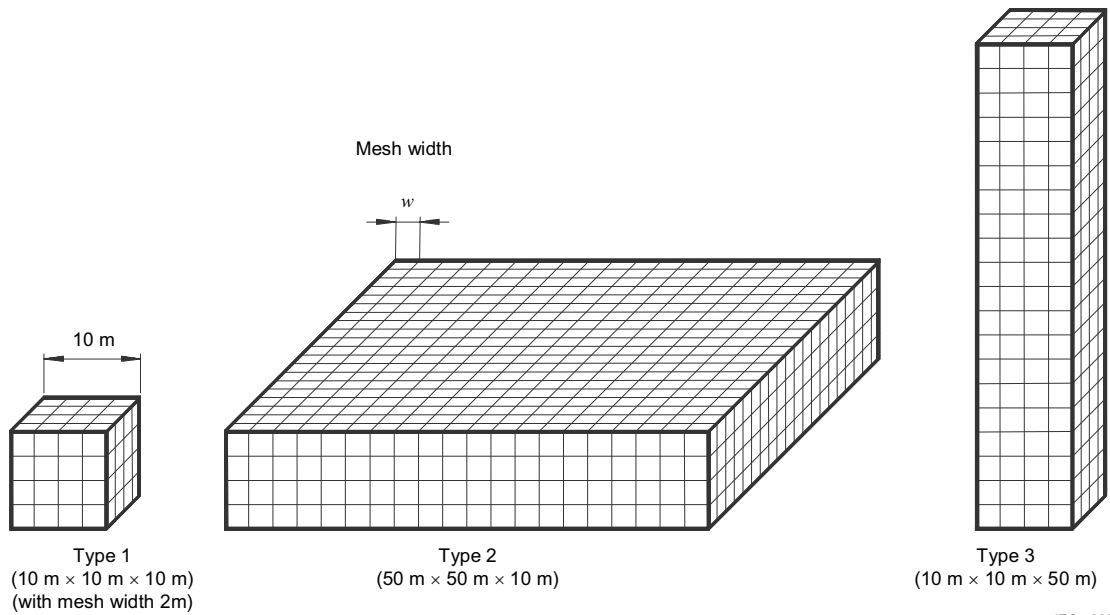


Figure A.10 – Types of grid-like large volume shields

In the calculation, the magnetic field coupling of every rod within the grid-like shield, including all other rods and the simulated lightning channel, is considered and results in a set of equations to calculate the lightning current distribution in the grid. From this current distribution, the magnetic field strength inside the shield is derived. It is assumed that the resistance of the rods can be neglected. Therefore, the current distribution in the grid-like shield and the magnetic field strength are independent of the frequency. Also, capacitive coupling is neglected to avoid transient effects.

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

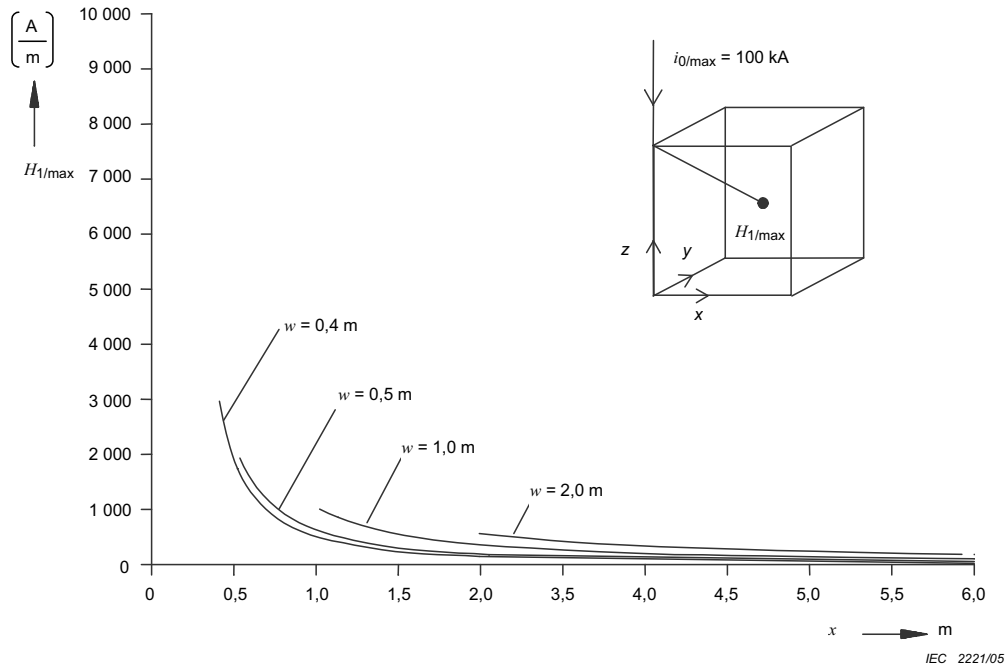


Figure A.11 – Magnetic field strength $H_{1/\max}$ inside a grid-like shield type 1

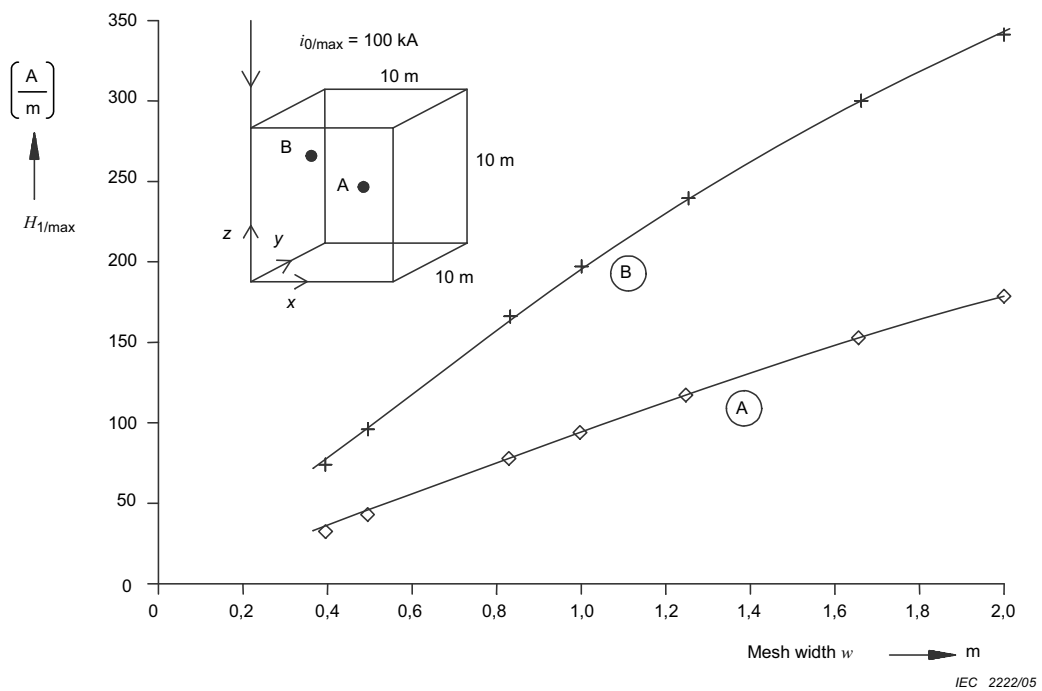


Figure A.12 – Magnetic field strength $H_{1/\max}$ inside a grid-like shield type 1

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

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

In all cases a maximum lightning current $i_{o/\max} = 100$ kA is assumed. In both figures, $H_{1/\max}$ is the maximum magnetic field strength at a point, derived from its components H_x , H_y and H_z

$$H_{1/\max} = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2} \quad (\text{A.20})$$

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

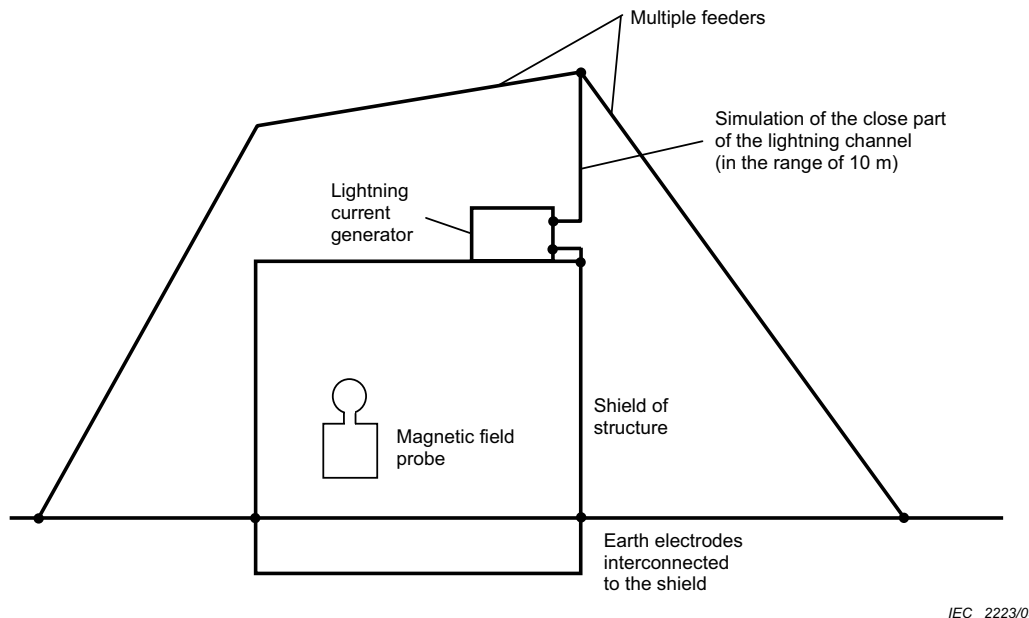
In Figure A.12 $H_{1/\max}$ is calculated for two points inside the shield (point A: $x = y = 5$ m, $z = 5$ m; point B: $x = y = 3$ m, $z = 7$ m). The result is plotted as a function of the mesh width w .

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

In Figure A.11 it should be observed that along other lines through the volume of the shield, there may be zero-axis crossings and sign changes of the components of the magnetic field strength $H_{1/\max}$. The formulae in clause A.3.1.1 are therefore first-order approximations of the real, and more complicated, magnetic field distribution inside a grid-like shield.

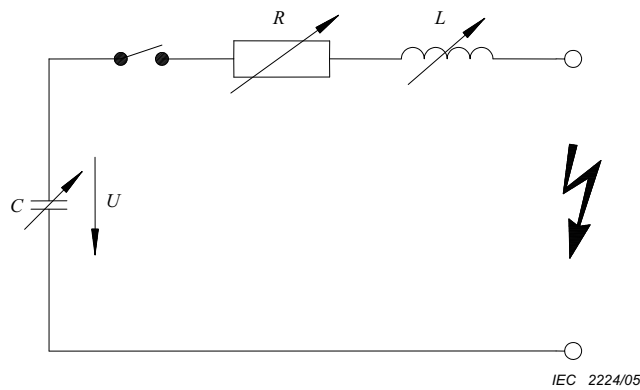
A.3.3 Experimental evaluation of the magnetic field due to a direct lightning strike

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.



IEC 2223/05

Figure A.13a – Test arrangement



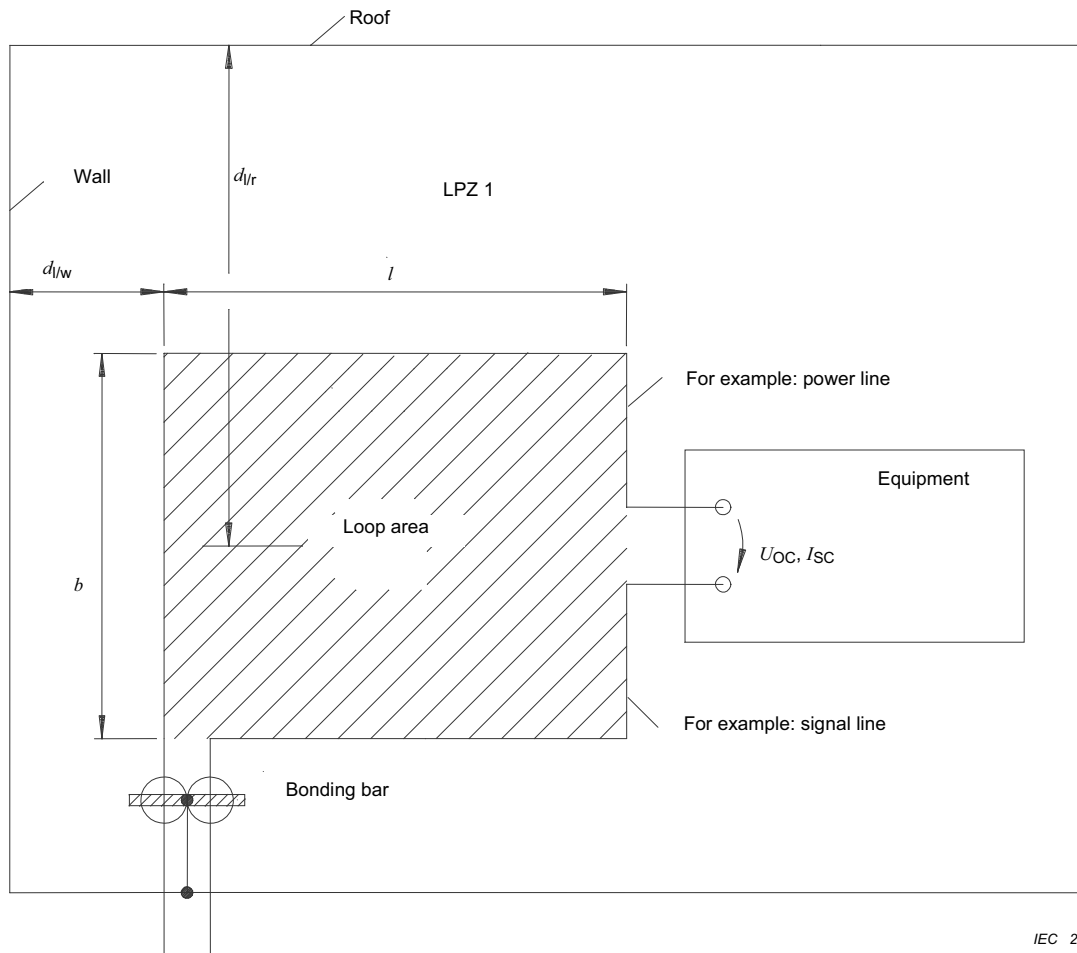
U : typically some 10 kV
 C : typically some 10 nF

Figure A.13b – Lightning current generator

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

A.4 Calculation of induced voltages and currents

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



IEC 2225/05

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

A.4.1 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 Clause A.3.1.1):

$$H_1 = k_H \cdot I_0 \cdot w / (d_w \cdot \sqrt{d_r}) \quad (\text{A/m}) \quad (\text{A.21})$$

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

$$U_{oc} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot k_H \cdot (w / \sqrt{d_{l/r}}) \cdot di_0/dt \quad (\text{V}) \quad (\text{A.22})$$

The peak value $U_{oc/max}$ occurs during the front time T_1

$$U_{oc/max} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot k_H \cdot (w / \sqrt{d_{l/r}}) \cdot I_{0/max} / T_1 \quad (\text{V}) \quad (\text{A.23})$$

where:

μ_0	is equal to $4\pi \cdot 10^{-7}$ (Vs)/(Am)
b (m)	width of the loop
d_{llw} (m)	distance of the loop from the wall of the shield, where $d_{llw} \geq d_{s/1}$
d_{llr} (m)	average distance of the loop from the roof of the shield
I_0 (A)	lightning current in LPZ 0 _A
$I_{0/\max}$ (A)	maximum value of the lightning current stroke in LPZ 0 _A
k_H (1/√m)	configuration factor $k_H = 0,01 \cdot (1/\sqrt{m})$
l (m)	length of the loop
T_1 (s)	front time of the lightning current stroke in LPZ 0 _A
w (m)	mesh width of the grid-like shield

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

$$I_{sc} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{llw}) \cdot k_H \cdot (w/\sqrt{d_{llr}}) \cdot I_0 / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.24})$$

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

The maximum value $I_{sc/\max}$ is given by:

$$I_{sc/\max} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{llw}) \cdot k_H \cdot (w/\sqrt{d_{llr}}) \cdot I_{0/\max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.25})$$

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

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

$$L = \left\{ 0,8 \cdot \sqrt{l^2 + b^2} - 0,8 \cdot (l + b) + 0,4 \cdot l \cdot \ln \left[(2b/r) / \left(1 + \sqrt{1 + (b/l)^2} \right) \right] \right. \\ \left. + 0,4 \cdot b \cdot \ln \left[(2l/r) / \left(1 + \sqrt{1 + (l/b)^2} \right) \right] \right\} \cdot 10^{-6} \quad (\text{H}) \quad (\text{A.26})$$

where r (m) is the radius of the wire.

The voltage and current induced by the magnetic field of the first stroke ($T_1 = 10 \mu\text{s}$) is given by:

$$U_{oc/f/\max} = 1,26 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{llw}) \cdot (w/\sqrt{d_{llr}}) \cdot I_{f/\max} \quad (\text{V}) \quad (\text{A.27})$$

$$I_{sc/f/\max} = 12,6 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{llw}) \cdot (w/\sqrt{d_{llr}}) \cdot I_{f/\max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.28})$$

The voltage and current induced by the magnetic field of the negative first stroke ($T_1 = 1 \mu\text{s}$) is given by:

$$U_{oc/fn/\max} = 12,6 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{llw}) \cdot (w/\sqrt{d_{llr}}) \cdot I_{fn/\max} \quad (\text{V}) \quad (\text{A.29})$$

$$I_{sc/fn/\max} = 12,6 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{llw}) \cdot (w/\sqrt{d_{llr}}) \cdot I_{fn/\max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.30})$$

The voltage and current induced by the magnetic field of the subsequent strokes ($T_1 = 0,25 \mu\text{s}$) is given by:

$$U_{oc/s/\max} = 50,4 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{llw}) \cdot (w/\sqrt{d_{llr}}) \cdot I_{s/\max} \quad (\text{V}) \quad (\text{A.31})$$

$$I_{sc/s/\max} = 12,6 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{llw}) \cdot (w/\sqrt{d_{llr}}) \cdot I_{s/\max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.32})$$

where:

$I_{f/\max}$ (kA)	maximum value of the current of the first stroke
$I_{fn/\max}$ (kA)	maximum value of the current of the negative first stroke
$I_{s/\max}$ (kA)	maximum value of the current of the subsequent strokes

A.4.2 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 Clause A.3.1.2).

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

$$U_{oc} = \mu_0 \cdot b \cdot l \cdot dH_1 / dt \quad (\text{V}) \quad (\text{A.33})$$

The peak value $U_{oc/\max}$ occurs during the front time T_1

$$U_{oc/\max} = \mu_0 \cdot b \cdot l \cdot H_{1/\max} / T_1 \quad (\text{V}) \quad (\text{A.34})$$

where:

μ_0	is equal to $4\pi \cdot 10^{-7}$ (Vs)/(Am)
b (m)	width of the loop
H_1 (A/m)	time dependent magnetic field inside LPZ 1
$H_{1/\max}$ (A/m)	maximum value of the magnetic field inside LPZ 1
l (m)	length of the loop
T_1 (s)	front time of the magnetic field, identical with the front time of the lightning current stroke

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

$$I_{sc} = \mu_0 \cdot b \cdot l \cdot H_1 / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.35})$$

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

The maximum value $I_{sc/\max}$, is given by:

$$I_{sc/\max} = \mu_0 \cdot b \cdot l \cdot H_{1/\max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.36})$$

where L (H) is the self-inductance of the loop (for the calculation of L see Clause A.4.1).

The voltage and current induced by the magnetic field $H_{1/f}$ of the first stroke ($T_1 = 10 \mu\text{s}$) is given by:

$$U_{oc/f/\max} = 0,126 \cdot b \cdot l \cdot H_{1/f/\max} \quad (\text{V}) \quad (\text{A.37})$$

$$I_{sc/f/\max} = 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot l \cdot H_{1/f/\max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.38})$$

The voltage and current induced by the magnetic field $H_{1/fn}$ of the negative first stroke ($T_1 = 1 \mu\text{s}$) is given by:

$$U_{oc/fn/\max} = 1,26 \cdot b \cdot l \cdot H_{1/fn/\max} \quad (\text{V}) \quad (\text{A.39})$$

$$I_{sc/fn/\max} = 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot l \cdot H_{1/fn/\max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.40})$$

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

$$U_{oc/s/\max} = 5,04 \cdot b \cdot l \cdot H_{1/s/\max} \quad (\text{V}) \quad (\text{A.41})$$

$$I_{sc/s/\max} = 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot l \cdot H_{1/s/\max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{A.42})$$

where:

$H_{1/f/\max}$ (A/m) maximum of the magnetic field inside LPZ 1 due to the first stroke

$H_{1/fn/\max}$ (A/m) maximum of the magnetic field inside LPZ 1 due to the negative first stroke

$H_{1/s/\max}$ (A/m) maximum of the magnetic field inside LPZ 1 due to the subsequent strokes

A.4.3 Situation inside LPZ 2 and higher

The magnetic field H_n inside LPZ n for $n \geq 2$ is assumed to be homogeneous (see Clause A.3.1.3).

Therefore the same formulae for the calculation of induced voltages and currents apply (Clause A.3.1.2), where H_1 is substituted by H_n .

Annex B (informative)

Implementation of ESP measures for an existing structure

B.1 General

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

B.2 Checklists

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

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

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

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

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

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

Table B.1 – Structural characteristics and surroundings

Item	Question
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?

NOTE: For detailed information see IEC 62305-2.

Table B.2 – Installation characteristics

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

NOTE: For detailed information see IEC 62305-2.

Table B.3 – Equipment characteristics

Item	Question
1	Type of electronic system interconnections (shielded or unshielded multicore cables, coaxial cable, analogue and/or digital, balanced or unbalanced, fibre optic cables)? (see Note 1)
2	Withstand level of the electronic system specified? (see Notes 1 and 2)

NOTE 1: For detailed information see IEC 62305-2.
NOTE 2: For detailed information see ITU-T K.21, 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
1	Configuration of power supply earthing - TN (TN-S or TN-C), TT or IT?
2	Location of the electronic equipment? (see Note)
3	Interconnections of functional earthing conductors of the electronic system with the bonding network?

NOTE: For detailed information see Annex A.

B.3 Design of ESP measures for an existing structure

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

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

Assign LPZ levels to all locations where equipment to be protected is located (see 4.3).

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

NOTE 1 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.

B.4 Design of basic protection measures for LPZ 1

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

B.4.1 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 x 5 m a subdivision has to be made creating meshes not exceeding 5 x 5 m. The ring conductor has to be connected to the ring conductor of the surrounding LPZ 1 at two locations at least, and as far apart as possible.

B.4.2 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 x 5 m a subdivision has to be made creating meshes not exceeding 5 x 5 m. The ring conductor has to be connected to the ring conductor of the surrounding LPZ 2 at two locations at least, and as far apart as possible.

B.5 Installation of a coordinated SPD system

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

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

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

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

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

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

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

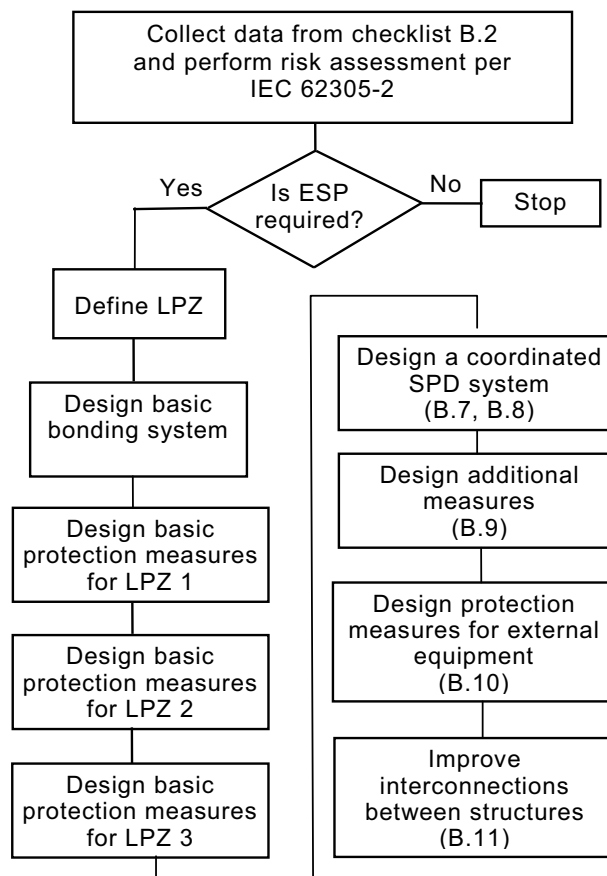


Figure B.1 – ESP design steps for an existing structure

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

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

- integrating existing metal facades and metal roofs into the external LPS,
- using such structural reinforcing bars as are electrically continuous from the upper roof to the earth termination system,
- reducing the spacing of the down conductors and reducing the mesh size of the air-termination system to typically below 5 m,

- installation of flexible bonding conductors across the expansion joints between adjacent, but structurally separated, reinforced blocks.

B.7 Establishment of LPZs for electrical and electronic systems

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

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

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

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

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

Figures B.2b through d, show various ways in which LPZs can be established in existing structures.

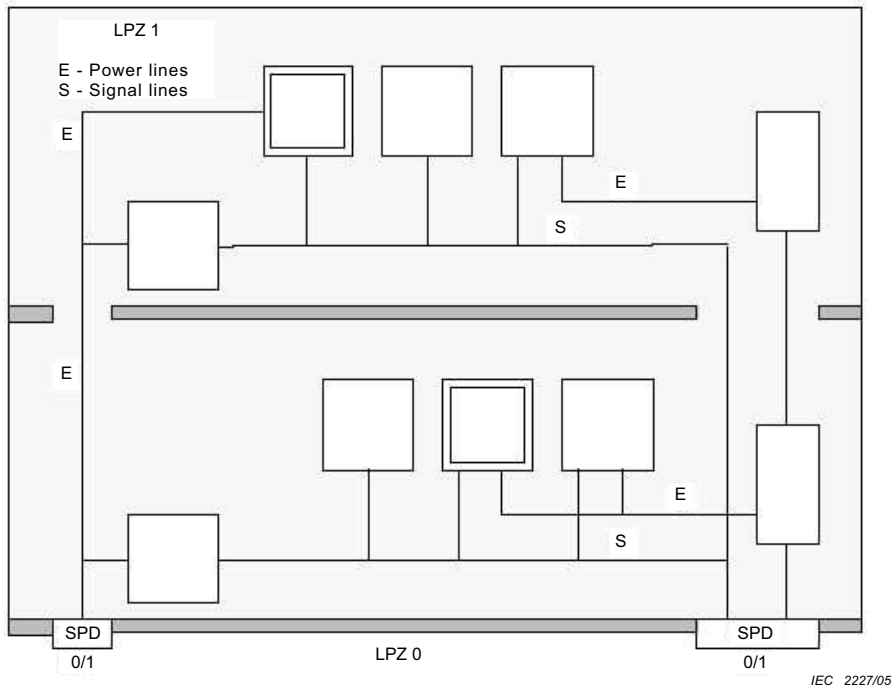


Figure B.2a – Unshielded LPZ 1 using LPS and SPDs at the entrance of the lines into the structure (e.g. for enhanced withstand voltage level of the systems or for small loops inside the structure)

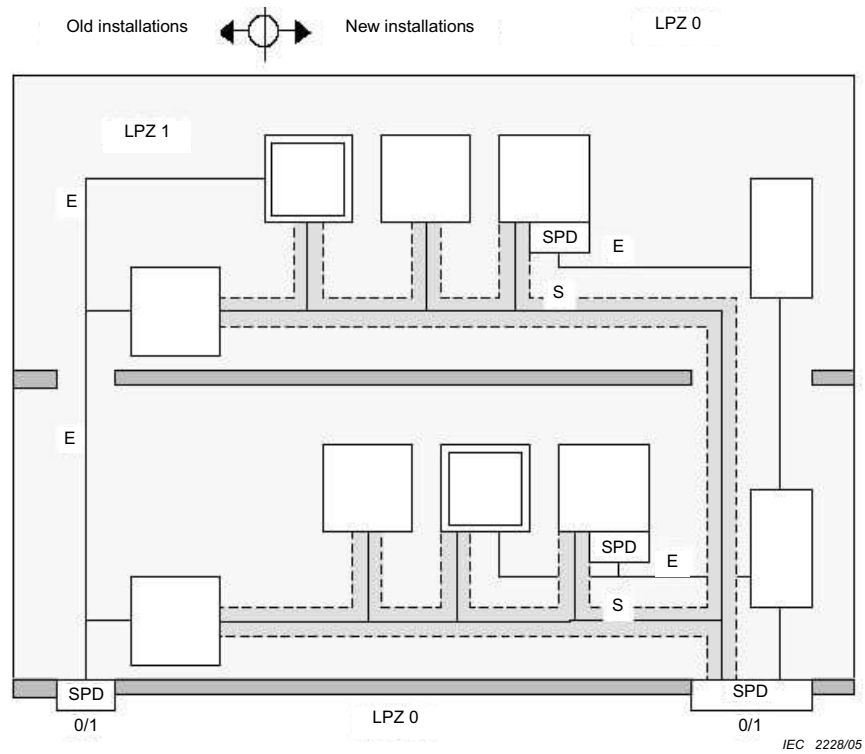


Figure B.2b – Unshielded LPZ 1 with protection for new electronic systems using shielded signal lines and coordinated SPDs in power lines

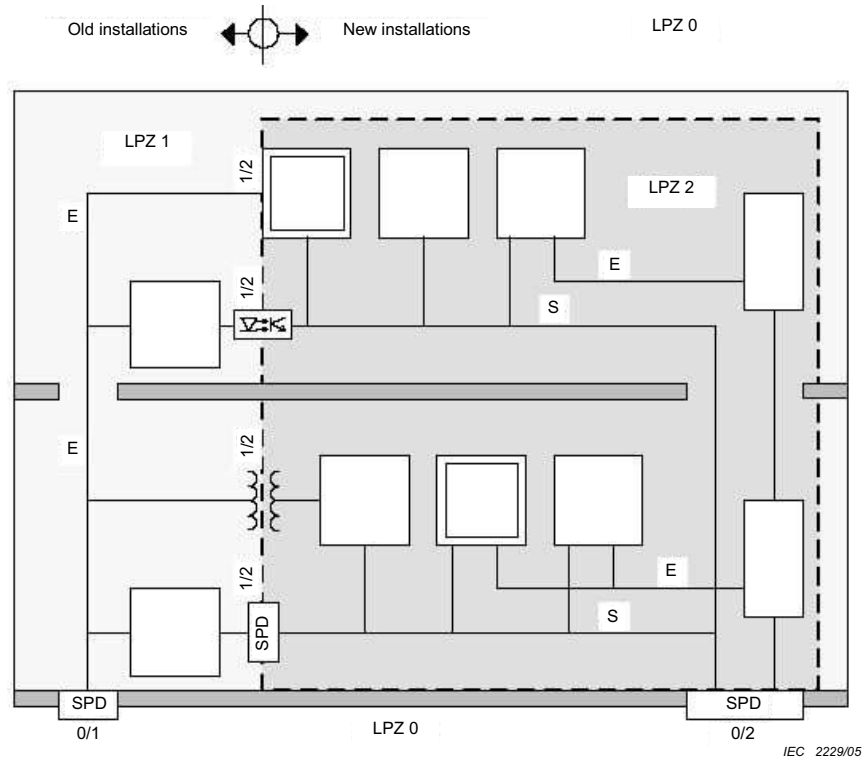


Figure B.2c – Unshielded LPZ 1 and large shielded LPZ 2 for new electronic systems

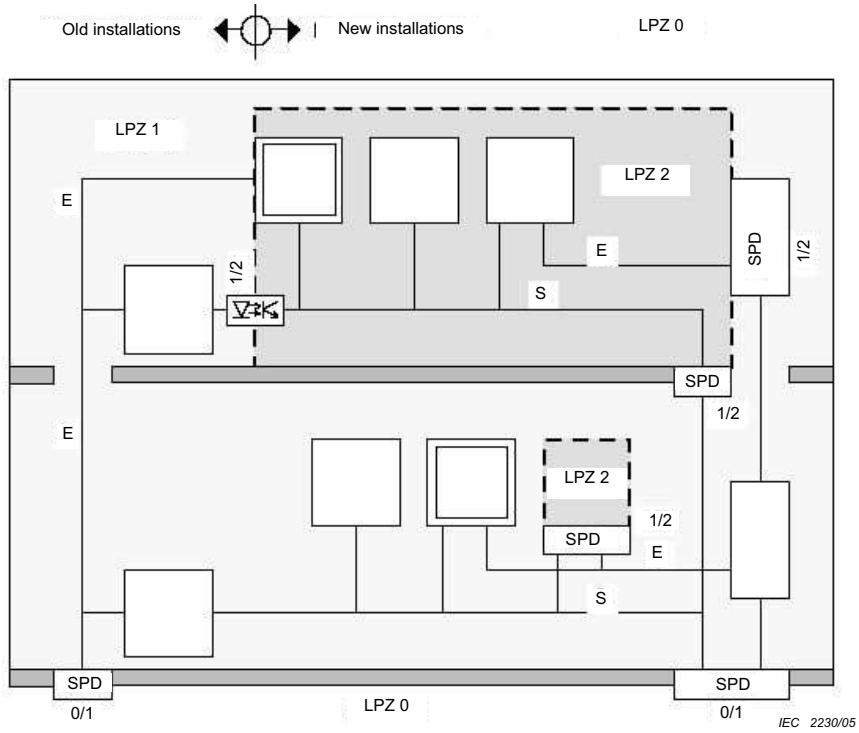


Figure B.2d – Unshielded LPZ 1 and two local LPZs 2 for new electronic systems

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

Figure B.2c shows the installation of a large integral LPZ 2 inside of LPZ 1, to accommodate the new electronic 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.3.4).

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

B.8 Protection using a bonding network

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

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

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

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

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

B.9 Protection by surge protective devices

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

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

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

B.10 Protection by isolating interfaces

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

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

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

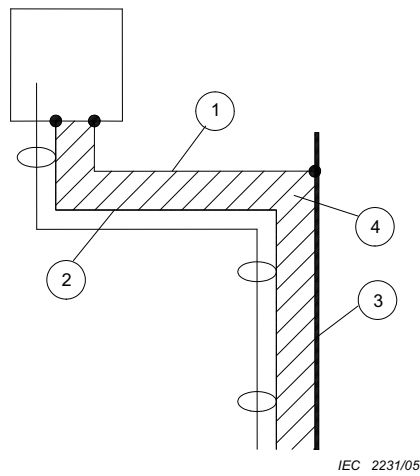
B.11 Protection measures by line routing and shielding

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

- minimizing the induction loop area,
- powering new equipment from the existing mains should be avoided, because it creates a large enclosed induction loop area, which will significantly increase the risk of damage. Furthermore, routing electrical and signal lines adjacent to one another can avoid large loops (see Figure B.8, no.8),
- using shielded cables – the shields of these signal lines should be bonded at least at either end,
- using metal cable ducts or bonded metal plates – the separate metal sections should be electrically well interconnected. The connections should be performed by bolting the overlapping parts or by using bonding conductors. In order to keep the impedance of the cable duct low, multiple screws or strips should be distributed over the perimeter of the cable duct (see IEC 61000-5-2).

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

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

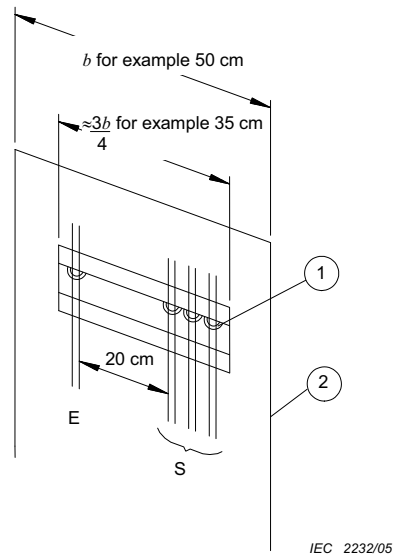


Key

- 1 PE, only when Class I equipment is used
- 2 Optional cable shield needs to be bonded at both ends
- 3 Metal plate as additional shield (see Figure B.4)
- 4 Small loop area

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

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



Key

- 1 Cable fixing with or without bonding of cable shields to the plate
- 2 At the edges, the magnetic field is higher than in the middle of the plate
- E Electrical lines
- S Signal lines

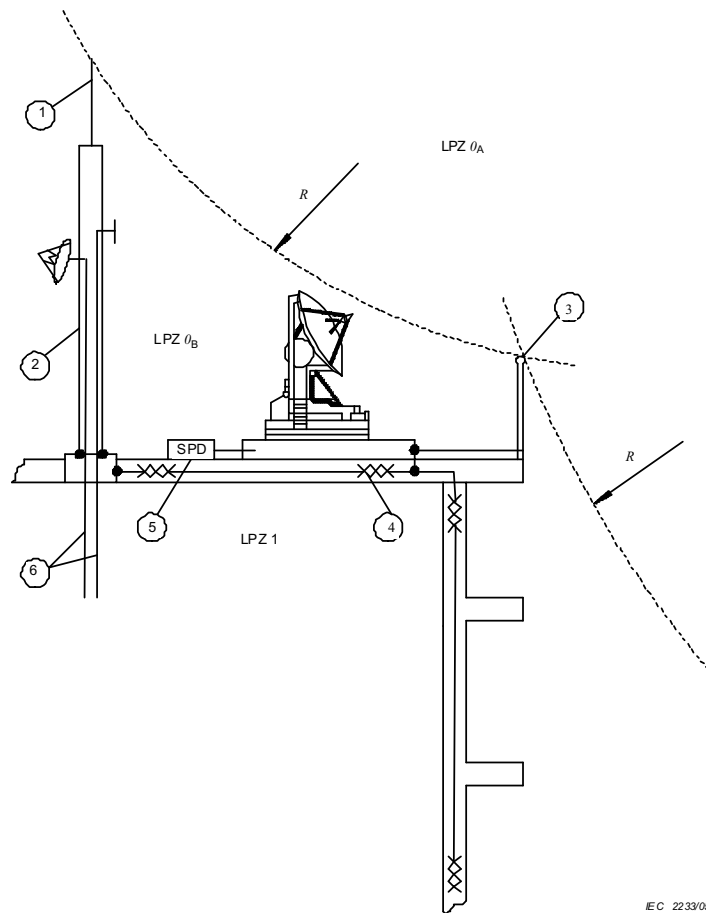
Figure B.4 – Example of a metal plate for additional shielding

B.11.1 Protection measures for externally installed equipment

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

B.11.2 Protection of external equipment

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



Key

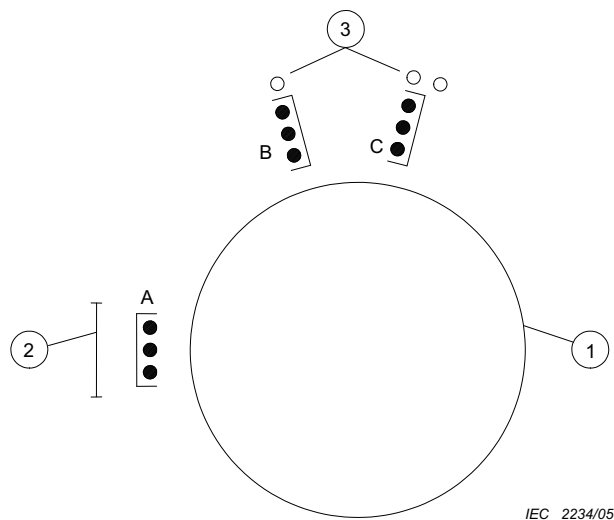
- 1 Lightning rod
- 2 Steel mast with antennas
- 3 Hand rails
- 4 Interconnected reinforcement
- 5 Line coming from $LPZ 0_B$ needs an SPD at entry
- 6 Lines coming from $LPZ 1$ (inside the mast) may not need SPDs at entry
- R* Radius of the rolling sphere

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

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

B.11.3 Reduction of overvoltages in cables

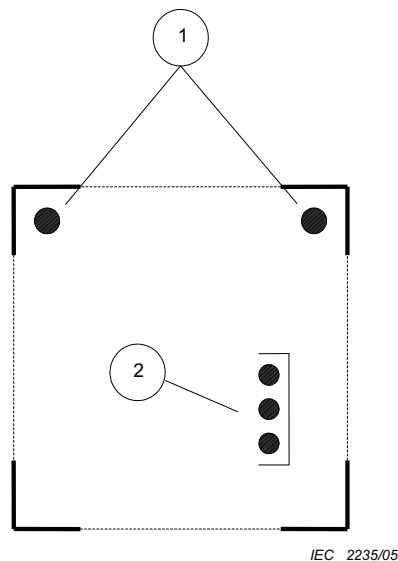
High induced voltages and currents can be prevented by running cables in bonded ducting, trunking or metal tubes. All cables leading to the specific equipment should leave the cable duct at a single point. Where possible, the inherent shielding properties of the structure itself should be used to maximum advantage by running all cables together within the tubular components of the structure. Where this is not possible, as in the case of process vessels, cables should run on the outside but close to the structure and make as much use as possible of the natural shielding provided by metal pipes, steel rung ladders and any other well bonded conducting materials (see Figure B.6). On masts which use L-shaped corner members, cables should be placed in the inside corner of the L for maximum protection (see Figure B.7).



- Key**
- 1 Process vessel
 - 2 Rung ladder
 - 3 Pipes

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

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



Key

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

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

B.12 Improving interconnections between structures

Lines interconnecting separate structures are either:

- isolating (metal-free fibre optic cables), or
- metallic (e.g. wire pairs, multicores, wave guides, coaxial cables or fibre optic cables with continuous metal components).

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

B.12.1 Isolating lines

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

B.12.2 Metallic lines

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

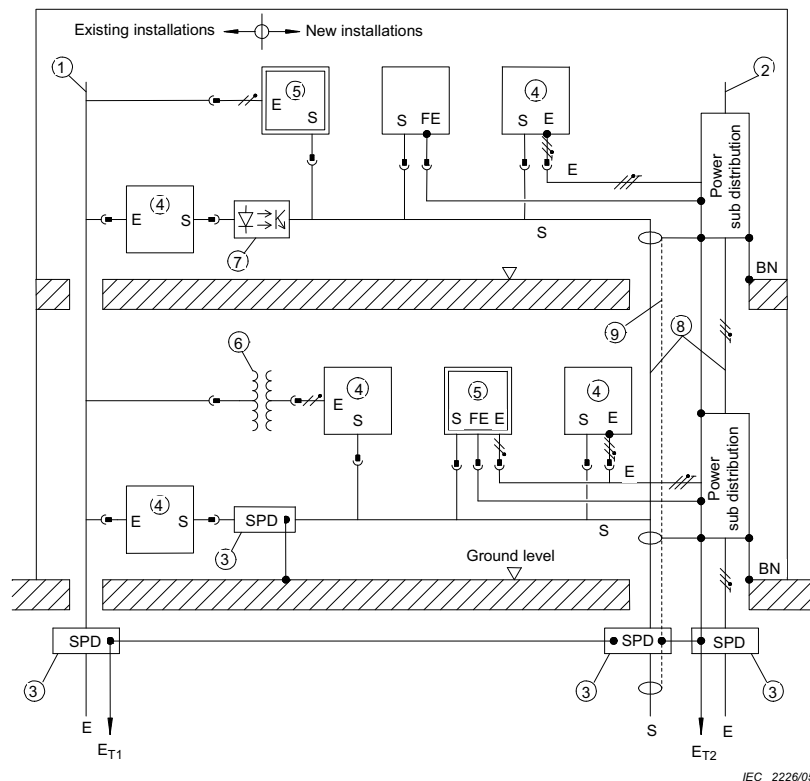
- The required bonding, directly or via an SPD, at the entries to both LPZs 1 will protect only the equipment inside, whereas the lines outside remain unprotected.
- The lines might be protected by installing an additional bonding conductor in parallel. The lightning current will then be shared between the lines and this bonding conductor.
- It is recommended that the lines be run in closed and interconnected metal cable ducts. In this case the lines as well as the equipment are protected.

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

B.13 Integration of new electronic systems into existing structures

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

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



IEC 2228/05

Key

1	Existing mains (TN-C, TT, IT)	E	Electrical lines
2	New mains (TN-S, TN-CS, TT, IT)	S	Signal lines (shielded or unshielded)
3	Surge protective device (SPD)	E_T	Earth-termination system
4	Class I standard insulation	BN	Bonding network
5	Class II double insulation without PE	PE	Protective earthing conductor
6	Isolation transformer	FE	Functional earthing conductor (if any)
7	Opto-coupler or fibre optic cable	///	3-wire electrical line: L, N, PE
8	Adjacent routing of electrical and signal lines	//	2-wire electrical line: L, N
9	Shielded cable ducts	•	Bonding points (PE, FE, BN)

Figure B.8 – Upgrading of the ESP and the electromagnetic compatibility in existing structures

B.14 Overview of possible protection measures

B.14.1 Power supply

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

If a new mains supply (see Figure B.8, key no.2) is installed, type TN-S 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.8, key 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.8, key no.5), isolation transformers (see Figure B.8, key no.6), fibre optic cables or optical couplers (see Figure B.8, key no.7).

B.14.4 Line routing and shielding

Large loops in line routing might lead to very high induced voltages or currents. These can be avoided by routing electrical and signal lines adjacent to each other (see Figure B.8, key no.8), thereby minimizing the loop area. It is recommended to use shielded signal lines. For extended structures, additional shielding, for example by bonded metal cable ducts (see Figure B.8, key 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 LPZ against lightning magnetic fields requires mesh widths typical less than 5 m.

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

LPZ 1 and higher may require spatial shielding to protect electronic 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 close 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.8, key no.1) is very often TN-C. Interference at 50/60 Hz arising from the connection of earthed signal lines with the PEN conductor can be avoided by:

- isolating interfaces using Class II electrical equipment or double insulated transformers. This can be a solution if there is only a small amount of electronic equipment (see Clause B.5),
- changing the power distribution system to a TN-S (see Figure B.8 key 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.

Annex C (informative)

Selection and installation of a coordinated SPD system

C.1 Introduction

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

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

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

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

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

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

It follows that the nominal current I_n of the SPD should be selected to be equal to, or higher, than the discharge lightning current which can be expected at this point of installation.

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

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

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

Values of the probability P_{SPD} as a function of the LPL are given in IEC 62305-2, Table B.3.

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

Finally, the importance of applying SPD protection to both power and signal circuits must not be underestimated if an effective coordinated SPD system is to result.

C.2 Selection of SPDs

C.2.1 Selection with regard to voltage protection level

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

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

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

- equipment connected to power lines in accordance with IEC 60664-1,
- equipment connected to telecom lines in accordance with ITU-T K.20, K.21 and K45,
- other lines and equipment terminals in accordance with information obtained from the manufacturer.

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

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

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

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

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

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

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

When the SPD is installed at the line entrance into the structure, $\Delta U = 1$ kV per m length, should be assumed. When the length of the connection conductors is ≤ 0.5 m, $U_{P/f} = 1.2 U_P$ can be assumed. When the SPD is carrying induced surges only, ΔU can be neglected.

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

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

Moreover lightning flashes to the structure or to ground nearby the structure, can induce an overvoltage U_i in the circuit loop between the SPD and the equipment, that adds to $U_{P/f}$ and thereby reduces the protection efficiency of the SPD. Induced overvoltages increase with the

dimensions of the loop (line routing: length of circuit, distance between PE and active conductors, loop area between power and signal lines) and decrease with attenuation of the magnetic field strength (spatial shielding and/or line shielding).

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

Internal systems are protected if:

- they are energy coordinated with the upstream SPD,
- one of the following conditions is fulfilled:

1) $U_{p/ff} \leq U_w$: when the circuit length between the SPD and the equipment is negligible (typical case of an SPD installed at equipment terminals);

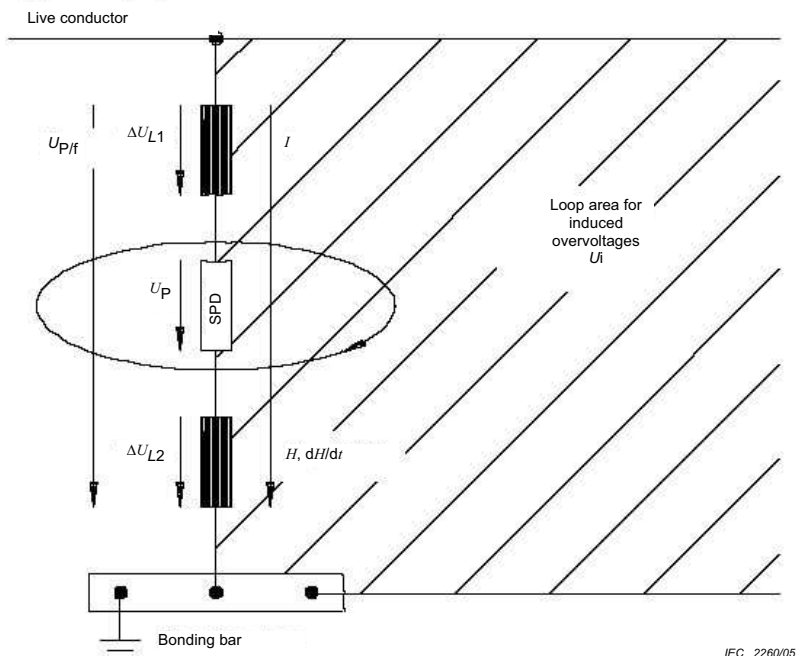
2) $U_{p/ff} \leq U_w/2$: when the circuit length is in the order of a few metres (typical case of SPD installed at a secondary distribution board or at a socket outlet);

NOTE 7 When failure of equipment does not create a hazard to the facility or personnel, the simplified rule $U_p < 0.8 U_w$ may be used instead, provided that the SPD is installed less than 10m from the equipment to be protected.

3) $U_{p/ff} \leq (U_w - U_i)/2$: when the circuit has a length of some tens of metres (typical case of SPD installed at the line entrance into the structure or in some cases at the secondary distribution board).

NOTE 6 For shielded telecommunication lines, different requirements may apply due to the steepness of the wave front. Information on this effect is provided in Chapter 10 of ITU-T Lightning Handbook.

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



I	Partial lightning current
U_i	Induced overvoltage
$U_{P/ff} = U_P + \Delta U$	Surge voltage between live conductor and bonding bar
U_P	Limiting voltage of SPD
$\Delta U = \Delta U_{L1} + \Delta U_{L2}$	Inductive voltage drop on the bonding conductors

$H, dH/dt$

Magnetic field and its time derivative

Note. The surge voltage U_{pff} 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). Namely, the partial lightning current flowing through the SPD induces additional voltage into the loop on the protected side of the circuit following the SPD. Therefore the maximum voltage endangering the connected equipment can be considerably higher than the protection level U_p of the SPD.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

This type of SPD can be used when the lines entering are entirely within LPZ 0_B or when the probability of failures of the SPD due to sources of damage S1 and S3 can be disregarded. The required nominal discharge current I_n of the SPD should provide for the surge level to be expected at the installation point based on the chosen LPL in accordance with E.2.2 of IEC 62305-1.

NOTE 8 The risk of failures of the SPDs due to sources of damage S1 and S3 can be disregarded if the total number of direct flashes to structure (N_D) and to line (N_L) complies with the condition $N_D + N_L \leq 0.01$.

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

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

The required nominal discharge current I_n of the SPD should provide for the partial lightning current to be expected at this point of the installation, based on current sharing and the chosen LPL in accordance with E.3 of IEC 62305-1.

- **SPD tested with a combination wave U_{oc} (Class III test)**

This type of SPD can be used when the lines entering are entirely within LPZ 0_B or when the risk of failures of the SPD due to sources of damage S1 and S3 can be disregarded. The required open circuit voltage rating U_{oc} of the SPD (from which the short circuit current I_{sc} can be determined, since test class III is carried out using a combination wave generator with a 2 ohm impedance) should provide for the surge level to be expected at the installation point, based, for the given LPL, in accordance with clause E.3 of IEC 62305-1.

C.3 Installation of a coordinated SPD protection

The efficiency of a coordinated SPD protection 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.3.1 Installation location of SPDs

The location of the SPDs should comply with C.1.2 and is primarily affected by:

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

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

C.3.2 Connecting conductors

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

C.3.3 Coordination of SPDs

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

C.3.4 Procedure for installation of a coordinated SPD system

A coordinated SPD system should be installed as follows:

- At the line entrance into the structure (at the boundary of LPZ 1, e.g. at installation point MB) install SPD1 (C.1.2).
- Determine the impulse withstand voltage U_w of internal systems to be protected.
- Select the voltage protection level U_{P1} of SPD1.
- Check the requirements that $U_{Pf1} \leq (U_w - U_i)/2$.

If this requirement is met, the equipment is adequately protected by SPD1. Otherwise, an additional SPD2(s) is needed.

- If so required, install SPD2 closer to the equipment (at the boundary of LPZ 2, e.g. at the installation point SB or SA), and energy coordinate this SPD with the upstream SPD1 (Clause C.2.5).
- Select the protection level U_{P2} of SPD2.
- Check the requirements $U_{Pf2} \leq (U_w/2)$ (Clause C.1.1).

If this requirement is met, the equipment is adequately protected by SPD1 and SPD2.

- Otherwise an additional SPD3(s) is needed close to the equipment (e.g. at installation point SA socket) and energy coordinated with the upstream SPD1 and SPD2 (Clause C.2.5), fulfilling the condition $U_{P13} \leq U_w$ (Clause C.1.1).

E DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2010-03
FprEN 62305-4:2009

Annex D (informative)

Factors to be Considered in the Selection of SPDs

D.1 Introduction

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

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

I_{imp} (kA)	1	2	5	10	12.5*	20
Q (C)	0.5	1	2,5	5	6.25*	10
W/R (kJ/Ω)	0.25	1	6.25	25	39*	100

Note 1 Table D.1 refers to SPDs connected Line to Neutral (CT1 connection).

Note 2 *See IEC60364-53-534.

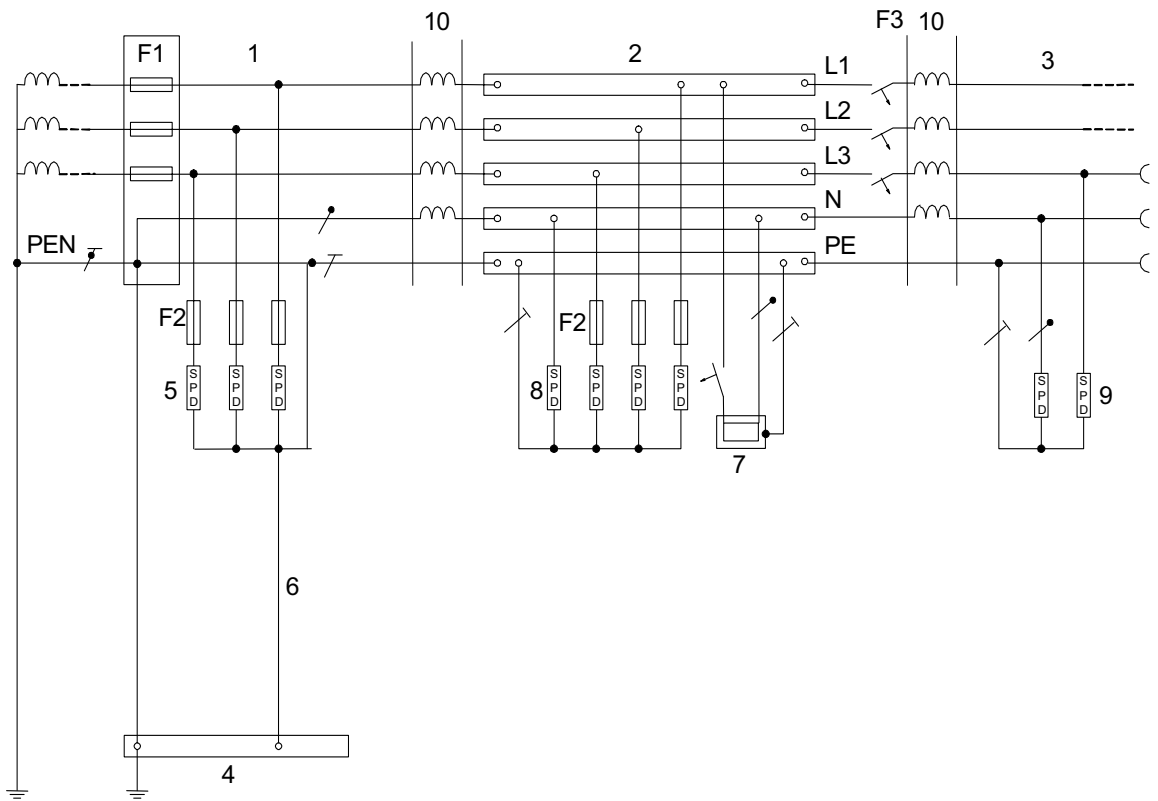
Note 3 In general I_{imp} is associated with longer waveshapes (for example 10/350 μs) than I_{max} .

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

D.1.1 Factors determining the stress experienced by an SPD

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

- Location of the SPD(s) within the structure – Ref. Figure D.1.



IEC 9

Key:

- | | |
|---|---|
| 1 Origin of the installation | 7 Fixed equipment to be protected |
| 2 Distribution board | 8 Surge protective device, Class II tested |
| 3 Distribution outlet | 9 Surge protective device, Class II or Class III tested |
| 4 Main earthing terminal or bar | 10 Decoupling element or line length |
| 5 Surge protective device, Class I or II tested | F1, F2, F3 Overcurrent protective disconnectors |
| 6 Earthing connection (earthing conductor) of the surge protective device | |

NOTE 1 Please refer to IEC 61643-12 for further information.

Figure D.1 - Installation example of test Class I, Class II and Class III SPDs

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

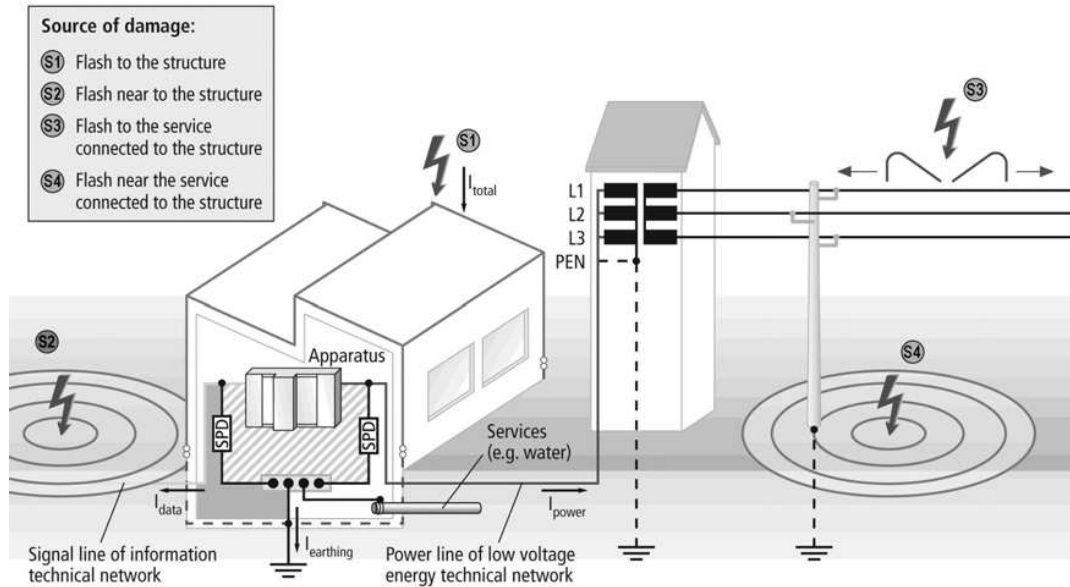


Figure D.2 – Basic example for different sources of damage to a structure and lightning current distribution within a system

- Distribution of lightning currents within the structure – for example, what portion of the lightning current enters the earthing system, and what remaining portion seeks a path to remote earths via services which enter the structure such as the power distribution system, metallic pipes, telecom services etc. and the equipotential bonding SPDs used on these.
- The resistance and inductance of services entering the structure, as these components effect the current peak value I_{peak} and charge Q distribution ratios.
- Additional conductive services connected to the facility – these will carry a portion of the direct lightning current and therefore reduce the portion which flows through the power distribution system via the lightning equipotential bonding SPD(s). Attention should be paid to the permanence of such services due to possible replacement by non-conductive parts.
- Type of waveshape being considered – it is not possible to consider simply the peak current which the SPD will have to conduct under surge conditions, one also has to consider the waveshape of this surge (for example, 10/350 μ s covering direct and partial lightning current, 8/20 μ s 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 effect the current sharing distribution.

D.2 Quantifying the statistical threat level to an SPD

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

This standard postulates that under an LPL I the magnitude of a direct strike (S1) to the structure's LPS may be as high as 200 kA with a waveshape of 10/350 μ s (see Clause 8.1 and Annex A of IEC 62305-1). 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 subject to the SPD.

D.2.1 Installation factors effecting current distribution

When no specific calculation of current sharing (see IEC62305-1 clause E.1) is carried out, a general assumption is made that 50% of this current is conducted to the building's earthing system, and 50% returns via the equipotential bonding SPD(s). For LPL I this implies that the portion of the initial 200 kA discharge experienced by each SPD, I_{imp} , is 25 kA for a three phase plus neutral power distribution system – see Figure D.3.

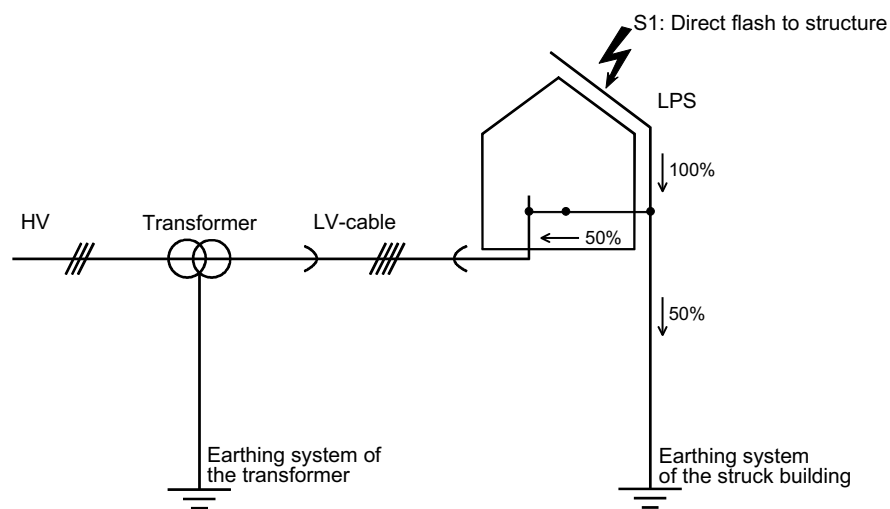


Figure D.3 – Basic example of balanced current distribution

If however we consider three metallic services supplying the structure, and adopt the model of IEC 62305-1 clause E1, 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 grounding 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 ground is provided for lightning currents than in a TT system.

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

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

Many standards have sought rather to base their considerations of the threat level to which an SPD may be subject, on field experience collected over time. Table E.2 of IEC 62305-1 is based mainly on field experience.

D.2.2 Considerations in the selection of SPD ratings: I_{imp} , I_{max} , I_n , U_{oc}

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

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

- induced effects coupling power, phone and data lines (S4),
- LEMP effects of coupling from nearby strikes to the structure (S2)

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

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

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

When addressing such complexities, one needs to keep in mind that the most important aspect in selecting an SPD is its voltage limiting performance (U_p) during the expected surge event, and the energy withstand (I_{imp} , I_{max} , I_n , U_{oc}) which it can handle (see Table B.3 Note 2 and Table B.7 Note 3, Annex B IEC 62305-2).

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

Bibliography

- [1] IEC 61000-1-1:1992, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1: General – Section 1: Application and interpretation of fundamental definitions and terms*
 - [2] IEC 61000-5-6:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5-6: Installation and mitigation guidelines – Mitigation of external EM influences*
-