



TÜRK STANDARDI

TS EN 62305-4

Kasım 2011

TS EN 62305-4: 2007 yerine

ICS 29.020; 91.120.40

Yıldırımdan korunma - Bölüm 4: Yapılarda bulunan elektrik ve elektronik sistemler (IEC 62305-4: 2010, değiştirilmiş)

Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures
(IEC 62305-4: 2010, modified)

Protection contre la foudre -
Partie 4: Réseaux de puissance et de
communication dans les structures
(CEI 62305-4:2010, modifiée)

Blitzschutz - Teil 4: Elektrische und
elektronische Systeme in baulichen
Anlagen
(IEC 62305-4:2010, modifiziert)

EN 62305-4:2011 Standardının Türkçe Tercümesidir.

TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ
Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA

Milli Ön söz

- Bu standard; CENELEC tarafından onaylanan ve Kasım 2011’de TS EN 62305-4: 2011 numaralı Türk standardı olarak kabul edilen EN 62305-4: 2011 standardı esas alınarak, Türk Standardları Enstitüsü Elektrik İhtisas Kurulu’na bağlı TK07 Yüksek Gerilim Teknikleri ve Yıldırımdan Korunma Teknik Komitesi marifetiyle Türkçeye tercüme edilmiş TSE Teknik Kurulu’nun 02 Ocak 2014 tarihli toplantısında kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.
- Bu standard yayımlandığında TS EN 62305-4: 2007’nin yerini alır.
- CENELEC resmi dillerinde yayınlanan diğer standard metinleri ile aynı haklara sahiptir.
- Bu standardda kullanılan bazı kelime ve/veya ifadeler patent haklarına konu olabilir. Böyle bir patent hakkının belirlenmesi durumunda TSE sorumlu tutulamaz.
- Bu standardda atıf yapılan standartların milli karşılıkları aşağıda verilmiştir.

EN, ISO, IEC vb. No	Adı (İngilizce)	TS No	Adı (Türkçe)
IEC 60364-5-53:2001	Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control	TS HD 60364-5-53	Alçak gerilim elektrik tesisleri – Bölüm 5 - 53: Elektriksel teçhizatın seçilmesi ve montajı – Ayırma, anahtarlama ve kontrol
IEC 60664-1:2007	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests	TS EN 60664-1	Yalıtım koordinasyonu – Alçak gerilim sistemlerinde kullanılan donanımlar için - Bölüm 1: İlkeler, kurallar ve deneyler
IEC 61000-4-5:2005	Electrical compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test	TS EN 61000-4-5	Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Bölüm 4-5: Deney ve ölçme teknikleri - Anî yükselmelere karşı bağışıklık deneyi
IEC 61000-4-9:1993	Electrical compatibility (EMC) – Part 4-9: Testing and measurement techniques – Pulse magnetic field immunity test	TS EN 61000-4-9	Elektromanyetik uyumluluk (EMU) Bölüm 4-9: Deney ve ölçme teknikleri - Darbe şeklinde manyetik alan bağışıklık deneyi
IEC 61000-4-10:1993	Electrical compatibility (EMC) – Part 4-10: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory magnetic field immunity test	TS EN 61000-4-10	Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Bölüm 4-10 Deney ve ölçme teknikleri - Sönümlü osilasyonlu manyetik alan bağışıklık deneyi
IEC 61643-1:2005	Surge protective devices connecting to low-voltage power distribution systems – Part 1: Performance requirements and testing methods	-	-
IEC 61643-12:2008	Low voltage surge protective devices Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles	TS CLC/TS 61643-12	Düşük gerilimli ani artışa karşı koruma elemanları - Bölüm 12: Düşük gerilimli güç dağıtım sistemlerine bağlanan ani artışa karşı koruma elemanları

EN, ISO, IEC vb. No	Adı (İngilizce)	TS No	Adı (Türkçe)
IEC 61643-21	Low voltage surge protective devices Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods	TS EN 61643-21*	Parafudurlar- Alçak Gerilim - Bölüm 21: Haberleşme ve İşaretleşme Şebekelerine Bağlı Parafudular - Özellikler ve Deney yöntemleri
IEC 61643-22	Low voltage surge protective devices Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Selection and application principles	-	-
IEC 62305-1:2010	Protection against lightning - Part 1: General principles	TS EN 62305-1	Yıldırımdan korunma - Bölüm 1: Genel kurallar
IEC 62305-2:2010	Protection against lightning - Part 2: Risk management	TS EN 62305-2	Yıldırımdan korunma - Bölüm 2: Risk yönetimi
IEC 62305-3:2010	Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard	TS EN 62305-3	Yıldırımdan korunma - Bölüm 3:Yapıları ve yaşamı tehlikeye sokan fiziksel hasarlar

TS EN 62305-4:2011 standardı, EN 62305-4: 2011 standardı ile birebir aynı olup, Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi'nin (CENELEC, Avenue Marnix 17 B-1000 Brussels) izniyle basılmıştır.

Avrupa Standardlarının herhangi bir şekilde ve herhangi bir yolla tüm kullanım hakları Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi (CENELEC) ve üye ülkelerine aittir. TSE kanalıyla CENELEC'den yazılı izin alınmaksızın çoğaltılamaz

**Yıldırımdan korunma -
Bölüm 4: Yapılarda bulunan elektrik ve elektronik sistemler
(IEC 62305-4: 2010, değiştirilmiş)**

Protection against lightning —
Part 4: Electrical and electronic systems within structures
(IEC 62305-4: 2010, modified)

Protection contre la foudre -
Partie 4: Réseaux de puissance et de
communication dans les structures
(CEI 62305-4:2010, modifiée)

Blitzschutz - Teil 4: Elektrische und
elektronische Systeme in baulichen
Anlagen
(IEC 62305-4:2010, modifiziert)

Bu Avrupa Standardı CENELEC tarafından 13-01-2011 tarihinde onaylanmıştır. CENELEC üyeleri, bu Avrupa Standardına hiçbir değişiklik yapmaksızın ulusal standard statüsü veren koşulları öngören CEN/CENELEC İç Yönetmeleri'ne uymak zorundadırlar.

Bu tür ulusal standartlarla ilgili güncel listeler ve bibliyografik atıflar, Merkez Sekretarya'ya veya herhangi bir CENELEC üyesine başvurarak elde edilebilir.

Bu Avrupa Standardı, üç resmi dilde (İngilizce, Fransızca, Almanca) yayınlanmıştır. Başka herhangi bir dile tercümesi, CENELEC üyesinin sorumluluğundadır ve resmi sürümleri ile aynı statüde olduğu Merkez Sekretarya'ya bildirilir.

CENELEC üyeleri sırasıyla, Almanya, Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Büyük Britanya, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Kıbrıs (Güney Kıbrıs Rum Yönetimi), Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Malta, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya ve Yunanistan'ın milli elektroteknik komiteleridir.

CENELEC

Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung

Yönetim Merkezi: Avenue Marnix 17, B - 1000 Brussels

Ön söz

IEC TC 81 'Yıldırımdan korunma' komitesi tarafından hazırlanan IEC 62305-4'ün gelecek 2. Baskısı olan 81/370/FDIS dokümanının metni, IEC-CENELEC paralel oylamasına gönderilmiş ve 13-01-2011 tarihinde CENELEC tarafından EN 62305-4 olarak kabul edilmiştir.

Bu Avrupa Standardı EN 62305-4: 2006 + corr. Kasım 2006 standardının yerini alır.

Bu standardın, EN 62305-4: 2006 + corr. Kasım 2006 standardından önemli teknik farklılıkları şöyledir:

- 1) Yapıya giren hatlar üzerinde iletim yoluyla yayılan ani darbeleri azaltma yeteneğine sahip ayırma ara yüzleri dâhil edilmiştir,
- 2) Kuşaklama bileşenleri ile ilgili en küçük kesitler biraz değiştirilmiştir,
- 3) Dâhili sistemlerde elektromanyetik hasar kaynağı olarak hesaplama amaçları bakımından ilk negatif darbe akımı dâhil edilmiş,
- 4) Koruma seviyelerine göre SPD seçimi, SPD'nin çıkış devresinde osilasyon ve endüksiyon olaylarını dikkate almak için düzeltilmiştir,
- 5) SPD koordinasyonundan bahsedilen Ek C geri çekilmiş ve SC 37A'ya geri verilmiştir,
- 6) SPD'lerin seçiminde dikkate alınması gereken faktörlere dair verilen bilgiler, bilgi için yeni Ek D'ye dâhil edilmiştir.

Bu dokümanın bazı unsurlarının patent haklarına konu olabileceğine dikkat edilmelidir. Böyle herhangi bir patent hakkının belirlenmesi durumunda CEN [ve/veya CENELEC] sorumlu tutulamaz.

Aşağıdaki tarihler tespit edilmiştir:

- Özdeş ulusal standard olarak yayınlamak veya onay duyurusu yaparak EN'nin ulusal düzeyde uygulamaya konması gereken en son tarih (dop) 13-10-2011
- EN ile çelişen ulusal standardların yürürlükten kaldırılması gereken en son tarih (dow) 13-01-2014

Ek ZA, CENELEC tarafından eklenmiştir.

Onay bilgisi

IEC 62305-4:2010 Uluslararası Standardının metni, CENELEC tarafından herhangi bir değişiklik yapılmaksızın Avrupa Standardı olarak onaylanmıştır.

Resmi sürümünde, aşağıdaki notların Kaynaklar'a eklenmesi gerekmektedir:

IEC 61000 serisi	Not	EN 61000 serisi (kısmen değiştirilmiş) olarak harmonize edilmiştir.
IEC 61643-11	Not	EN 61643-11 olarak harmonize edilmiştir.

Ek ZA (Normatif)

Karşılık gelen Avrupa yayınları ile beraber uluslararası yayınların normatif atıfları

Aşağıdaki atıf dokümanları, bu dokümanın uygulaması için zaruridir. Tarihli atıflar için, atıflı dokümanın (tadiller dâhil) son baskısı geçerlidir.

Not - Uluslararası yayın, (mod) kısaltmasıyla gösterilen ortak değişikliklerle değiştirilirse, buna uygun EN/HD geçerlidir.

<u>Yayın</u>	<u>Yıl</u>	<u>Başlık</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Yıl</u>
IEC 60364-5-53	2001	Electrical installations of buildings -Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment - Isolation, switching and control	-	-
IEC 60664-1	2007	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems -Part 1: Principles, requirements and tests	EN 60664-1	2007
IEC 61000-4-5	2005	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test	EN 61000-4-5	2006
IEC 61000-4-9	1993	Electromagnetic compatibility (EMC) -Part 4-9: Testing and measurement techniques - Pulse magnetic field immunitytest	EN 61000-4-9	1993
IEC 61000-4-10	1993	Electromagnetic compatibility (EMC) -Part 4-10: Testing and measurement techniques - Damped oscillatory magnetic field immunity test	EN 61000-4-10	1993
IEC 61643-1	2005	Low-voltage surge protective devices - Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems - Requirements and tests	-	-
IEC 61643-12 (mod)	2008	Low-voltage surge protective devices -Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems -Selection and application principles	CLC/TS 61643-12	2009
IEC 61643-21	-	Low voltage surge protective devices -Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks - Performance requirements and testing methods	EN 61643-21	-
IEC 61643-22 (mod)	-	Low-voltage surge protective devices - Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks - Selection and application principles	CLC/TS 61643-22	-
IEC 62305-1	2010	Protection against lightning - Part 1: General principles	EN 62305-1	2011
IEC 62305-2	2010	Protection against lightning - Part 2: Risk management	EN 62305-2	2011

<u>Yayın</u>	<u>Yıl</u>	<u>Başlık</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Yıl</u>
IEC 62305-3	2010	Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard	EN 62305-3	2011



IEC 62305-4

2. Baskı 2010-12

ULUSLARARASI STANDARD

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Yıldırımdan korunma – Bölüm 4: Yapılarda bulunan elektrik ve elektronik sistemler (IEC 62305-4: 2010, değiştirilmiş)

Protection against lightning –
Part 4: Electrical and electronic systems within structures
(IEC 62305-4: 2010, modified)

Protection contre la foudre -
Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures
(CEI 62305-4:2010, modifiée)



BU YAYIN, TELİF HAKKI KORUMALIDIR.

Copyright © 2011 IEC, Geneva, Switzerland

Tüm hakları saklıdır. Aksi belirtilmedikçe, bu yayının herhangi bir bölümü herhangi bir şekilde ya da fotokopi ve mikrofilm dâhil aşağıda adresi verilen IEC'den yazılı izin alınmaksızın ya da dokümanı talep edenin ülkesindeki IEC üyesi Ulusal Komitenin yazılı izni olmaksızın elektronik veya mekanik herhangi bir yolla çoğaltılamaz ya da kullanılamaz.

IEC telif hakları ile ilgili herhangi bir sorunuz olması halinde ya da bu yayınlara ilgili ilave haklar konusunda bilgi talebiniz olması halinde, detaylı bilgi için lütfen aşağıdaki adresle veya IEC üyesi Ulusal Komitenizle temasa geçiniz.

IEC Merkez Ofis
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
İsviçre
e-posta: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

IEC hakkında

Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC), tüm elektrik, elektronik ve ilgili teknolojiler konusunda Uluslararası Standartlar hazırlayan ve yayınlayan önde gelen(lider) küresel kuruluştur.

IEC yayınları hakkında

IEC yayınlarının teknik muhtevası, IEC tarafından sürekli gözden geçirilmektedir. En son baskıyı aldığınızdan emin olun, bir düzeltme ya da tadil yayınlanmış olabilir.

IEC Yayınları kataloğu için: www.iec.ch/searchpub

IEC on-line kataloğu, çeşitli kriterlerle (atıf numarası, metin, teknik komite) arama yapabilmeyi sağlar. Ayrıca projeler, yürürlükten kaldırılmış ve yerine geçen yayınlar konusunda da bilgi verir.

IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Tüm yeni IEC yayınlarını hakkında bilgi sahibi olun. Just Published, yeni çıkan tüm yayınları ayda iki kez detaylı olarak verir. On-line ya da e-posta yoluyla da mevcuttur.

Electropedia: www.electropedia.org

İngilizce ve Fransızca 20 000'in üzerinde terim ve tanımları kapsayan dünyanın önde gelen çevrimiçi elektronik ve elektrik terimleri sözlüğü. Online Uluslararası Elektroteknik Sözlük olarak da bilinir.

Müşteri Hizmetleri Merkezi: www.iec.ch/webstore/custserv

Bu yayınlara ilgili düşüncelerinizi iletmek isterseniz ya da daha fazla yardıma ihtiyacınız varsa, lütfen Müşteri Hizmetleri Merkezi Sık Sorulan Soruları ziyaret ediniz ya da bizimle temas kurunuz:

e-posta: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Faks: +41 22 919 03 00

ULUSLARARASI STANDARD INTERNATIONAL STANDARD NORME INTERNATIONALE

Yıldırımdan korunma – Bölüm 4: Yapılarda bulunan elektrik ve elektronik sistemler

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

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

ULUSLARARASI
ELEKTROTEKNİK
KOMİSYONU

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRI **XB**

ICS 29.020; 91.120.40

ISBN ISBN 978-2-88912-283-7

İçindekiler

ÖN SÖZ	4
GİRİŞ	6
1 Kapsam	8
2 Atıf yapılan standard ve/veya dokümanlar	8
Terimler ve tarifler	9
3.1 Elektrik sistemi	9
3.2 Elektronik sistem	9
3.3 Dâhili sistemler	9
3.4 Yıldırımdan korunma	9
3.5 Yıldırımdan korunma sistemi.....	9
3.6 Yıldırım elektromanyetik darbesi	9
3.7 Ani darbe (surge).....	9
3.8 Beyan darbe dayanım gerilim seviyesi	9
3.9 Yıldırımdan korunma seviyesi	9
3.10 Yıldırımdan korunma bölgesi.....	10
3.11 LEMP'ten korunma tedbirleri	10
3.12 Izgara benzeri uzaysal siper	10
3.13 Toprak sonlandırma sistemi	10
3.14 Kuşaklama şebekesi.....	10
3.15 Topraklama sistemi	10
3.16 Ani darbe koruma düzeni.....	10
3.17 I_{imp} ile deneye tâbi tutulan SPD	10
3.18 I_n ile deneye tâbi tutulan SPD	10
3.19 Birleşik dalga ile deneye tâbi tutulan SPD.....	10
3.20 Gerilim anahtarlama tip SPD	10
3.21 Gerilim sınırlama tip SPD	11
3.22 Birleşik tip SPD	11
3.23 Koordineli SPD sistemi	11
3.24 Ayırma ara yüzleri.....	11
4 SPM'nin tasarımı ve tesisi	11
4.1 Genel	11
4.2 SPM tasarımı.....	15
4.3 Yıldırımdan korunma bölgeleri (LPZ)	16
4.4 Temel SPM.....	19
5 Topraklama ve kuşaklama	20
5.1 Genel	20
5.2 Toprak-sonlandırma sistemi.....	21
5.3 Kuşaklama şebekesi	22
5.4 Kuşaklama baraları	26
5.5 LPZ sınırında kuşaklama	26
5.6 Kuşaklama bileşenlerine ait malzemeler ve boyutlar	26
6 Manyetik siperleme ve hat güzergâhı	27
6.1 Genel	27
6.2 Uzaysal siperleme	27
6.3 Dâhili hatların siperlenmesi	27
6.4 Dâhili hatların güzergâhı	27
6.5 Dış hatların siperlenmesi.....	27
6.6 Manyetik siperleme malzemeleri ve boyutları	28
7 Koordineli SPD sistemi	28
8 Ayırma ara yüzleri	28
9 SPM'nin yönetimi	29
9.1 Genel	29
9.2 SPM yönetim planı	29
9.3 SPM'nin muayenesi	30
9.4 Bakım	31

Ek A (Bilgi için) Bir LPZ'deki elektromanyetik ortamın değerlendirilme ilkesi	32
Ek B (Bilgi için) Mevcut bir yapı içinSPM uygulaması	55
Ek C (Bilgi için) Koordineli bir SPD sisteminin seçimi ve tesisi	71
Ek D (Bilgi için) SPD'lerin seçiminde dikkate alınması gereken faktörler	76
Kaynaklar.....	80
Şekil 1 - Farklı LPZ 'lere ayırma için genel prensip	12
Şekil 2 - Muhtemel SPM örnekleri (LEMP'e karşı korunma tedbirleri)	14
Şekil 3 - Birbirlerine bağlanmış LPZ için örnekler	18
Şekil 4 - Genişletilmiş yıldırımdan korunma bölgeleri için örnekler	19
Şekil 5 - Toprak-sonlandırma sistemi ile birbirlerine bağlanmış kuşaklama şebekesinden oluşan üç boyutlu topraklama sistemine ait örnek	20
Şekil 6 - Bir tesisteki gözenekli toprak-sonlandırma sistemi.....	21
Şekil 7 - Eş potansiyel kuşaklama için bir yapıdaki takviye çubuklarının kullanılması	22
Şekil 8 - Çelik takviyeli bir yapıda eş potansiyel kuşaklama.....	23
Şekil 9 - Kuşaklama şebekesi içinde dâhilisistemlerin iletken bölümlerinin entegrasyonu	24
Şekil 10 - Kuşaklama şebekesi içinde iç sistemlerin iletken bölümleri ile ilgili entegrasyon yöntemlerinin birleşimleri.....	25
Şekil A.1 - Yıldırım çakmasından dolayı LEMP'in durumu	33
Şekil A.2 - Sönümlü salınımlar vasıtasıyla manyetik alandaki artışının simülasyonu	35
Şekil A.3 - Metal takviye ve metal çerçeveler ile oluşturulan büyük hacim siperi.....	36
Şekil A.4 - İçteki bir LPZ n içindeki elektrik ve elektronik sistemler için hacim.....	37
Şekil A.5 - Hat güzergâhı belirleme ve siperleme tedbirleri ile endüksiyon etkilerinin azaltılması	38
Şekil A.6 - Bir ofis binası için SPM'ye ait örnek.....	40
Şekil A.7 - Doğrudan yıldırım çakması durumunda manyetik alan değerlerinin hesaplanması	41
Şekil A.8 - Yakına yıldırım çakması durumunda manyetik alan değerlerinin değerlendirilmesi	43
Şekil A.9 - Yuvarlanan küre yarı çapına ve yapının boyutlarına bağlı olarak mesafesi	46
Şekil A.10 - Izgara benzeri büyük hacim siperleri ile ilgili tipler.....	47
Şekil A.11 - Tip 1 ızgara benzeri siper içinde manyetik alan şiddeti	48
Şekil A.12 - Gözenek genişliğine göre tip 1 ızgara benzeri siper içinde manyetik alan şiddeti.....	48
Şekil A.13 - Siperlenmiş bir yapı içindeki manyetik alanı değerlendirmek için düşük seviyeli deney	50
Şekil A.14- Hatlar tarafından oluşturulan bir döngü içindeki gerilimler ve akımlar	51
Şekil B. 1 - Mevcut bir yapı için SPM tasarım adımları.....	57
Şekil B. 2 - Mevcut yapılarla LPZ'ler yerleştirme ihtimalleri	62
Şekil B.3 - Metal bir levhaya yakın siperli kablolar kullanılmak suretiyle döngü alanının azaltılması	64
Şekil B. 4 - İlave siperleme amacıyla kullanılan metal levhaya ait örnek	65
Şekil B. 5 - Antenlerin ve diğer dış donanımın korunması	66
Şekil B.6 - Kuşaklanmış merdivenler ve borular ile sağlanan doğal siperleme	67
Şekil B. 7 - Bir direk üzerindeki hatlar için ideal konumları (kafes çelik direğin kesiti)	67
Şekil B. 8 - Mevcut binalarda LEMP'den korunma tedbirleri ve elektromanyetik uyum	69
Şekil C.1 - Gerilimli iletken ile kuşaklama barası arasındaki ani darbe gerilimi.....	73
Şekil D 1 - Sınıf I, Sınıf II ve Sınıf III SPD deneylerine ait tesisat örneği.....	77
Şekil D 2 - Bir yapıda farklı hasar kaynakları ve bir sistem içinde yıldırım akımının dağılımı ile ilgili temel örnek	77
Şekil D 3 - Dengeli akım dağılımına ait temel örnek	78
Çizelge 1 - Kuşaklama bileşenleri için en küçük kesitler	27
Çizelge 2 - Yeni binalar ve binaların inşaatında veya kullanımında fazla değişiklikler için SPM..... yönetim planı	30
Çizelge A. 1 - Hasar kaynağı ve donanımla ilgili parametreler.....	34
Çizelge A. 2 - $i_{0/MAX} = 100 \text{ kA}$ ve $w_m = 2$ için örnekler	43
Çizelge A.3 - Bir düzlem dalga için ızgara benzeri uzaysal siperlerin manyetik zayıflatması	44
Çizelge A. 4 - En büyük yıldırım akımına karşılık gelen yuvarlanan küre yarı çapı	46
Çizelge A.5 - SF = 12,6 dB'ye karşılık gelen $I_{0/MAX} = 100 \text{ kA}$ ve $w_m = 2 \text{ m}$ için örnekler	46
Çizelge B.1 - Yapısal karakteristikler ve çevreler.....	55
Çizelge B.2 - Tesisat karakteristikleri	56
Çizelge B.3 - Donanım karakteristikleri	56
Çizelge B.4 - Korunma kavramı ile ilgili dikkate alınması gereken diğer sorular.....	56
Çizelge D. 1 - Tercih edilen I_{imp}^a değerleri.....	76

ULUSLARARASI ELEKTROTEKNİK KOMİSYONU

YILDIRIMDAN KORUNMA -

Bölüm 4: Yapılarda bulunan elektrik ve elektronik sistemler

ÖN SÖZ

- 1) Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC), tüm ulusal elektroteknik komitelerden (IEC Ulusal Komiteler) oluşan dünya çapında bir standardizasyon kuruluşudur. IEC'nin amacı, elektrik ve elektronik alanlarda standardizasyonla ilgili tüm sorulara dair uluslararası işbirliğini desteklemektir. IEC, bu amacı gerçekleştirmek için ve diğer faaliyetlerine ek olarak Uluslararası Standardlar, Teknik Spesifikasyonlar, Teknik Raporlar, Herkesin Kullanımına Açık Spesifikasyonlar (PAS) ve Rehberler (bundan böyle 'IEC Yayını/ları' olarak anılacaktır.) yayınlar. Yayınların hazırlanması görevi teknik komitelere verilmiştir; üzerinde çalışma yapılan konu ile ilgilenen herhangi bir IEC Ulusal Komitesi, bu hazırlık çalışmasına katılabilir. IEC ile işbirliği içindeki Uluslararası kuruluşlar, kamu kuruluşları ve sivil toplum kuruluşları da bu hazırlık çalışmalarına katılabilir. IEC, iki kuruluş arasındaki anlaşma çerçevesinde belirlenen şartlara uygun olarak Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu (ISO) ile yakın işbirliği içindedir.
- 2) IEC'nin teknik konulara dair resmi kararları veya mutakatları, teknik komitelerin konuyla ilgilenen tüm IEC Ulusal Komitelerinden üyeleri olduğu için, mümkün olduğunca ilgili konulardaki uluslararası fikir birliği anlamına gelir.
- 3) IEC Yayınları, uluslararası kullanım için tavsiyeler şeklindedir ve IEC Ulusal Komiteleri tarafından da bu anlamda kabul edilirler. IEC Yayınlarının teknik muhtevasının doğru olmasını sağlamak için her türlü gayret gösterilmiş olsa da, IEC yayınlarının nihai kullanıcı tarafından kullanım yolları ya da nihai kullanıcıların yanlış yorumlamaları konusunda sorumlu tutulamaz.
- 4) IEC Ulusal Komiteleri, uluslararası tektipliği desteklemek için IEC yayınlarını kendi ulusal ve bölgesel yayınlarına azami ölçüde şeffaf bir biçimde uygulamayı taahhüt ederler. Herhangi bir IEC Yayını ile karşılık gelen ulusal veya bölgesel yayın arasındaki herhangi bir farklılık, ulusal veya bölgesel yayında açıkça belirtilmelidir.
- 5) IEC, uygunluk onaylaması yapmaz. Bağımsız belgelendirme kuruluşları uygunluk değerlendirmesi hizmeti verir ve bazı alanlarda IEC uygunluk markalarını kullanır. IEC, bağımsız belgelendirme kuruluşlarının gerçekleştirdiği herhangi bir hizmetten sorumlu tutulamaz.
- 6) Tüm kullanıcılar, bu yayının son baskısına sahip olduklarından emin olmalıdırlar.
- 7) Herhangi bir kişisel yaralanma, mal hasarı ya da herhangi bir diğer hasardan ve bu IEC yayınının ya da diğer herhangi bir IEC yayınının yayınlanmasından, kullanımdan, ya da buna dayanılmasından kaynaklanan masraflar (yasal ücretler dâhil) veya harcamalardan dolayı IEC ve IEC'nin yöneticileri, çalışanları, hizmetlileri veya teknik komitelerinin üyeleri ve uzmanları ve IEC Ulusal Komiteleri dâhil temsilcileri doğrudan ya da dolaylı olarak sorumlu tutulamaz.
- 8) Bu yayında verilen Normatif atıflara dikkat edilmelidir. Atıf yapılan yayınların kullanımı, bu yayının doğru uygulaması için kaçınılmazdır.
- 9) Bu IEC Yayınının bazı unsurlarının patent haklarına konu olma ihtimaline dikkat edilmelidir. IEC bu tür herhangi bir ya da tüm patent haklarının belirlenmesi durumunda sorumlu tutulamaz.

IEC 62305-4 Uluslararası Standardı, IEC 81 'Yıldırımdan korunma' teknik komitesi tarafından hazırlanmıştır.

Bu ikinci baskı, 2006 yılında yayınlanan birinci baskıyı iptal eder ve yerine geçer ve teknik bir revizyon teşkil eder.

Bu baskı önceki baskıya göre aşağıdaki önemli temel farklılıkları içerir:

- 1) Yapıya giren hatlar üzerinde iletim yoluyla yayılan ani darbeleri azaltma yeteneğine sahip ayırma ara yüzleri dâhil edilmiştir,
- 2) Kuşaklama bileşenleri ile ilgili en küçük kesitler biraz değiştirilmiştir,
- 3) Dâhili sistemlerde elektromanyetik hasar kaynağı olarak hesaplama amaçları bakımından ilk negatif darbe akımı dâhil edilmiş,
- 4) Koruma seviyelerine göre SPD seçimi, SPD'nin çıkış devresinde osilasyon ve endüksiyon olaylarını dikkate almak için iyileştirilmiştir,
- 5) SPD koordinasyonundan bahsedilen Ek C geri çekilmiş ve SC 37A'ya geri verilmiştir,

- 6) SPD'lerin seçiminde dikkate alınması gereken faktörlere dair verilen bilgiler, bilgi için yeni Ek D'ye dâhil edilmiştir.

Bu standard metni aşağıdaki dokümanlara dayalıdır:

FDIS	Oylama raporu
81/373/FDIS	81/383/RVD

Bu standardın onaylanması ile ilgili oylamaya dair tüm bilgi, yukarıdaki tabloda gösterilen oylama raporunda bulunabilir.

Bu yayın, ISO/IEC Direktifleri, Bölüm 2'ye uygun olarak hazırlanmıştır.

IEC 62305 serisindeki tüm bölümlerin listesi, *Yıldırımdan korunma* genel başlığı altında IEC web sitesinde bulunabilir.

Komite, yayınlarla ilgili bilgilerin yer aldığı "<http://webstore.iec.ch>" web adresinde gösterilen değişmezlik tarihine kadar, bu yayının muhtevasının değişmemesine karar vermiştir. Bu tarihte, yayın;

- yeniden onaylanır,
- yürürlükten kaldırılır,
- revize bir baskı ile yer değiştirir veya
- tadil edilir.

Bu standardın iki dilli sürümü daha sonraki tarihte yayınlanabilir.

GİRİŞ

Bir hasar kaynağı olarak görülen yıldırım çok yüksek enerjili bir tabiat olayıdır. Yıldırım çakmaları ile yüzlerce mega joule'lük enerji açığa çıkar. Bir yapı içinde bulunan elektrik ve elektronik sistemdeki hassas elektronik donanımda hasar oluşturması için mili joule'ler metresinde enerjinin yeterli olabildiği durumla karşılaştırıldığında, bu donanımın bir kısmını korumak için ilâve koruma tedbirlerine ihtiyaç duyulacağı açıktır.

Yıldırımdan kaynaklanan elektromanyetik etkilerin sebep olduğu, elektrik ve elektronik sistemlerdeki arızaların neden olduğu maliyetin artmasından dolayı bu standarda olan ihtiyaç ortaya çıkmıştır. Önemli ölçüde sermaye maliyeti, büyüklük ve karmaşıklığa sahip tesisler (maliyet ve güvenlik nedenlerinden dolayı kesintilerin veya arızaların hiçbir şekilde istenmediği tesisler) için süreç kontrol ve güvenlikte dâhil olmak üzere, veri işlem ve depolama amacıyla kullanılan elektronik sistemlerin özel önemi vardır.

Yıldırım, IEC 62305-1'de tanımlandığı gibi, bir yapıda aşağıda belirtilen farklı tipte hasarlara sebep olabilir:

- D1 Elektrik çarpmasından dolayı canlılara verilen zarar,
- D2 Kıvılcım atlama dâhil, yıldırım akımının etkilerinden dolayı fiziksel hasar (yangın, patlama, mekanik tahrip, açığa çıkan kimyasallar),
- D3 Yıldırım elektromanyetik darbesi (LEMP) nedeniyle dâhili sistemlerde arıza.

IEC 62305-3, fiziki hasar risklerini ve canlılara verilecek zararları azaltmaya yönelik koruma tedbirleri ile ilgilidir ancak, elektrik ve elektronik sistemlerin korunmasını kapsamamaktadır.

Bu standard, bu nedenle yapılar içinde bulunan elektrik ve elektronik sistemlerdeki kalıcı arıza risklerini azalmak için koruma tedbirleri hakkında bilgi sağlar.

Elektrik ve elektronik sistemlerdeki kalıcı arızaya, aşağıdakiler vasıtasıyla, yıldırım elektromanyetik darbesi sebep olmaktadır:

- a) Bağlantı kablağı üzerinden donanıma gönderilen iletim veya endükleme yoluyla yayılan ani darbeler,
- b) Donanımın kendi içine doğrudan ışımaya yoluyla yayılan elektromanyetik alanların etkileri.

Yapıdaki ani darbeler, aşağıda belirtildiği gibi, yapı dışındaki veya yapı içindeki kaynaklardan meydana gelebilir:

- Yapı dışından kaynaklanan ani darbeler, yıldırım çakmalarının yapıya giren hatlara veya bunlara yakın yere çarpması ile meydana gelir ve bu hatlar üzerinden yapıda bulunan elektrik ve elektronik sistemlere iletilir,
- Yapı içinden kaynaklanan ani darbeler, yıldırım çakmalarının yapının kendisine veya yapıya yakın yere çarpması ile meydana gelir.

Not 1- Ani darbeler, anahtarlama etkilerinden dolayı (örneğin, endüktif yüklerin anahtarlama), ayrıca yapının içinde de meydana gelebilir.

Aşağıda belirtilen farklı mekanizmalardan dolayı kuplaj meydana gelebilir:

- Rezistif kuplaj (örneğin, toprak sonlandırma sisteminin toprak empedansı veya kablo siper direnci),
- Manyetik alan kuplajı (örneğin, elektrik ve elektronik sistemlerdeki kablaj döngüleri veya kuşaklama iletkenlerinin endüktansı ile oluşan),
- Elektrik alan kuplajı (çubuk antenin yakalaması ile oluşan).

Not 2- Elektrik alan kuplajının etkileri, manyetik alan kuplajı ile karşılaştırıldığında genellikle çok küçüktür ve dikkate alınmayabilir.

Işıyan elektromanyetik alanlar, aşağıdakiler vasıtasıyla meydana gelebilir:

- Yıldırım kanalında doğrudan yıldırım akımının akması,
- İletkenlerde kısmi yıldırım akımının akması (örneğin, IEC 62305-3'e uygun dış LPS'ye ait iniş iletkenlerinde veya bu standarda uygun dış uzaysal siper).

YILDIRIMDAN KORUNMA -

Bölüm 4: Yapılarda bulunan elektrik ve elektronik sistemler

1 Kapsam

Bu standard, bir yapı içinde yıldırım elektromanyetik darbesinin (LEMP) sebep olduğu kalıcı arıza risklerini azaltmak için elektrik ve elektronik sistem koruma tedbirlerinin (SPM) tasarım, tesis, muayene, bakım ve deneyleri ile ilgili bilgileri kapsar.

Bu standard, dâhili sistemlerin çalışma bozukluğuna sebep olabilen yıldırım nedeniyle elektromanyetik girişimlere karşı korumayı kapsamaz. Ancak, Ek A'da verilen bilgiler, bu gibi bozulmaları değerlendirmek için kullanılabilir. Elektromanyetik girişimlere karşı koruma tedbirleri, IEC 60364-4-44^{[1] 1)} ve IEC 61000 serisi ^[2] kapsamındadır.

Bu standard, en uygun korunma etkinliğini elde etmek için, elektrik ve elektronik sistem tasarımcısı ile korunma tedbirleri tasarımcısı arasında işbirliği sağlamaya yönelik yol gösterici mahiyette bilgiler sağlar.

Bu standard, elektrik ve elektronik sistemlerin kendileri ile ilgili ayrıntılı tasarımı kapsamaz.

2 Atıf yapılan standard ve/veya dokümanlar

Aşağıdaki atıf dokümanları, bu dokümanın uygulanması için zaruridir. Tarih belirtilen atıflarda, belirtilmiş olan baskı geçerlidir. Tarih belirtilmemiş atıflarda, atıf yapılan dokümanın en son baskısı (tadiller dâhil) kullanılır.

IEC 60364-5-53:2001, *Electrical installations of buildings – Part 5:53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control* (Alçak gerilim elektrik tesisleri – Bölüm 5 - 53: Elektriksel teçhizatın seçilmesi ve montajı – Ayırma, anahtarlama ve kontrol – Kısım 534: Aşırı gerilimlere karşı koruma düzenleri)

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests* (Yalıtım koordinasyonu – Alçak gerilim sistemlerinde kullanılan donanımlar için - Bölüm 1: İlkeler, kurallar ve deneyler)

IEC 61000-4-5:2005, *Electrical compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test* (Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Bölüm 4-5: Deney ve ölçme teknikleri - Ani yükselmelere karşı bağışıklık deneyi)

IEC 61000-4-9:1993, *Electrical compatibility (EMC) – Part 4-9: Testing and measurement techniques – Pulse magnetic field immunity test* (Elektromanyetik uyumluluk (EMU) Bölüm 4-9: Deney ve ölçme teknikleri - Darbe şeklinde manyetik alan bağışıklık deneyi)

IEC 61000-4-10:1993, *Electrical compatibility (EMC) – Part 4-10: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory magnetic field immunity test* (Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Bölüm 4-10 Deney ve ölçme teknikleri - Sönümlü osilasyonlu manyetik alan bağışıklık deneyi)

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

IEC 61643-12:2008, *Low voltage surge protective devices Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles* (Düşük gerilimli ani artışa karşı koruma elemanları-Bölüm 12: Düşük gerilimli güç dağıtım sistemlerine bağlanan ani artışa karşı koruma elemanları)

IEC 61643-21, *Low voltage surge protective devices Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods* (Parafudurlar- Alçak Gerilim- Bölüm 21: Haberleşme ve işaretleşme şebekelerine bağlı parafudurlar - Özellikler ve deney metotları)

¹⁾ Köşeli parantezler içindeki rakamlar kaynaklar ile ilgilidir.

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

IEC 62305-1:2010, *Protection against lightning . Part 1: General principles* (Yıldırımdan korunma - Bölüm 1: Genel kurallar)

IEC 62305-2:2010, *Protection against lightning . Part 2: Risk management* (Yıldırımdan korunma - Bölüm 2: Risk yönetimi)

IEC 62305-3:2010, *Protection against lightning . Part 3: Physical damage to structures and life hazard* (Yıldırımdan korunma - Bölüm 3:Yapıları ve yaşamı tehlikeye sokan fiziksel hasarlar)

3 Terimler ve tarifler

Bu standardın amacı bakımından, IEC 62305'in diğer bölümlerinde verilenlerle birlikte, aşağıdaki terimler ve tarifler uygulanır.

3.1 Elektrik sistemi

Alçak gerilim güç besleme bileşenlerinden oluşan sistem.

3.2 Elektronik sistem

Haberleşme donanımı, bilgisayar, kontrol ve ölçme cihaz sistemleri, radyo sistemleri, güç elektroniği tesisleri gibi hassas elektronik bileşenlerden oluşan sistem.

3.3 Dâhili sistemler

Bir yapı içinde bulunan elektrik ve elektronik sistemler.

3.4 Yıldırımdan korunma

LP

Yapıların ve/veya bu yapılarda bulunan elektrik ve elektronik sistemlerin yıldırım etkilerinden korunması amacıyla kullanılan LPS ve SPM'den oluşan komple sistem.

3.5 Yıldırımdan korunma sistemi

LPS

Bir yapıya yıldırım çakmaları nedeniyle fiziksel hasarı azaltmak için kullanılan komple sistem.

Not - LPS, iç ve dış yıldırımdan korunma sistemlerinin her ikisini de içerir.

3.6 Yıldırım elektromanyetik darbesi

LEMP

Ani darbeler ve elektromanyetik alanlar oluşturan rezistif, endüktif ve kapasitif kuplaj yoluyla yıldırım akımının komple elektromanyetik etkileri.

3.7 Ani darbe (surge)

Aşırı gerilim veya aşırı akım şeklinde görünen LEMP tarafından oluşturulan geçici rejim.

3.8 Beyan darbe dayanım gerilim seviyesi

U_w

Aşırı gerilimlere karşı donanım yalıtımının belirtilen dayanma yeteneğini karakterize eden, donanıma veya donanımın bir bölümüne imalâtçı tarafından tahsis edilen darbe dayanım gerilimi.

Not – Bu standardın amacı bakımından, sadece gerilimli iletkenler ile toprak arasındaki dayanım gerilimi dikkate alınmıştır.

3.9 Yıldırımdan korunma seviyesi

LPL

İlgili en büyük ve en küçük tasarım değerlerinin, doğal olarak meydana gelen yıldırımda aşılmayacağı olasılığına ilişkin yıldırım akımı parametre değerlerinden oluşan bir küme ile ilgili sayı.

Not - Yıldırımdan korunma seviyesi, yıldırım akımı parametrelerine ait ilgili kümeye uygun olarak korunma tedbirlerini tasarlamak için kullanılır.

3.10 Yıldırımdan korunma bölgesi

LPZ

Yıldırım elektromanyetik ortamın tanımlandığı bölge.

Not - Bir LPZ'nin bölge sınırlarının, fiziki sınırlar (örneğin, duvarlar, zemin ve tavan) olması gerekli değildir.

3.11 LEMP'ten korunma tedbirleri

SPM

LEMP etkilerine karşı dâhili sistemleri korumak için alınan tedbirler.

Not - Bu korunma tedbirleri, tüm yıldırımdan korunmanın bir bölümüdür.

3.12 Izgara benzeri uzaysal siper

Açıklıklar ile karakterize edilen manyetik siper.

Not - Bir bina veya oda için, ızgara benzeri uzaysal siper, tercihen yapıdaki doğal metal bileşenlerin birbirlerine bağlanması suretiyle yapılır (örneğin, betondaki takviye çubukları, metal çerçeveler ve metal destekler).

3.13 Toprak sonlandırma sistemi

Yıldırım akımının toprağa iletilmesinin ve dağıtılmasının ön görüldüğü dış LPS'nin bölümü.

3.14 Kuşaklama şebekesi

Yapıya ve dâhili sistemlere ait bütün iletken bölümlerin (gerilimli iletkenler hariç) oluşturduğu şebeke ile toprak sonlandırma sisteminin birbirlerine bağlanması.

3.15 Topraklama sistemi

Toprak sonlandırma sistemi ile kuşaklama şebekesini birleştiren komple sistem.

3.16 Ani darbe koruma düzeni

SPD

Geçici rejim aşırı gerilimlerini sınırlamak ve ani darbe akımını başka yöne çevirmek amacıyla kullanılan düzen. Bu düzen, en az bir adet doğrusal olmayan bileşen içerir.

3.17 I_{imp} ile deneye tâbi tutulan SPD

10/350 μ s'lik tipik dalga biçimine sahip kısmi yıldırım akımına dayanan ve karşılık gelen I_{imp} darbe deney akımına ihtiyaç duyan SPD'ler.

Not - Güç hatları için uygun deney akımı I_{imp} , IEC 61643-1:2005'teki I Sınıfına ait deney işleminde tanımlanmıştır.

3.18 I_n ile deneye tâbi tutulan SPD

8/20 μ s'lik tipik dalga biçimine sahip endüklenen ani darbe akımına dayanan ve karşılık gelen bir I_n darbe deney akımına ihtiyaç duyan SPD'ler.

Not - Güç hatları için uygun deney akımı I_n , IEC 61643-1:2005'teki Sınıf II'ye ait deney işleminde tanımlanmıştır.

3.19 Birleşik dalga ile deneye tâbi tutulan SPD

8/20 μ s'lik tipik bir dalga biçimine sahip endüklenen ani darbe akımına dayanan ve karşılık gelen bir I_{sc} darbe deney akımına ihtiyaç duyan SPD'ler.

Not - Güç hatları için uygun birleşik dalga deneyi, 2 Ω 'luk birleşik dalga jeneratörünün açık devre gerilimi U_{oc} 1,2/50 μ s ve kısa devre akımı I_{sc} 8/20 μ s şeklinde belirlendiği IEC 61643-1:2005'deki III Sınıfına ait deney işleminde tanımlanmıştır.

3.20 Gerilim anahtarlama tip SPD

Ani darbe olmadığında, yüksek empedansa sahip olan ancak bir gerilim ani darbesine tepki olarak düşük değere kadaraniden değişen bir empedansa sahip olan SPD.

Not 1 - Gerilim anahtarlama elemanları olarak kullanılan bileşenlere yaygın örnekler, kıvılcım atlama aralıkları, gaz boşalmalı lambalar (GDL), tristörler (silikon kontrollü doğrultucular) ve triyakları kapsar. Bu SPD'ler, bazen "şönt tipi" olarak adlandırılır.

Not 2 - Bir gerilim anahtarlama elemanı, sürekli olmayan gerilim/akım karakteristiğine sahiptir.

3.21 Gerilim sınırlamalı tip SPD

Ani darbe olmadığında yüksek bir empedansa sahip olan, ancak artan ani darbe gerilim ve akımı ile sürekli olarak azalan SPD.

Not 1 - Doğrusal olmayan elemanlar olarak kullanılan bileşenlere ait yaygın örnekler, varistörler ve bastırıcı diyotlardır. Bu SPD'ler, bazen "kaskı tipi" olarak adlandırılır.

Not 2 - Bir gerilim sınırlama düzeni, sürekli gerilim/akım karakteristiğine sahiptir.

3.22 Birleşik tip SPD

Gerilim anahtarlama ve gerilim sınırlamalı tipindeki bileşenleri birlikte bulandıran ve uygulanan gerilimin karakteristiklerine bağlı olarak gerilim anahtarlama, gerilim sınırlama veya hem gerilim anahtarlama ve hem de gerilim sınırlama davranışı gösterebilen SPD.

3.23 Koordineli SPD sistemi

Elektrik ve elektronik sistemlerdeki arızaları azaltmak için ön görülen sistemi oluşturmak amacıyla uygun bir şekilde seçilen, koordine edilen ve tesis edilen SPD'ler.

3.24 Ayırma ara yüzleri

LPZ'ye giren hatlar üzerinde iletilen ani darbeleri düşürme yeteneğine sahip düzenler.

Not 1 - Bu tip ara yüzler, metal sargılar, metal olmayan fiber optik kablolar ve opto-ayırıcılar arasında topraklı ekrana sahip ayırma transformatörlerini kapsar.

Not 2 - Bu düzenlerin yalıtım dayanım karakteristikleri doğası gereği veya SPD üzerinden bu uygulama için uygundur.

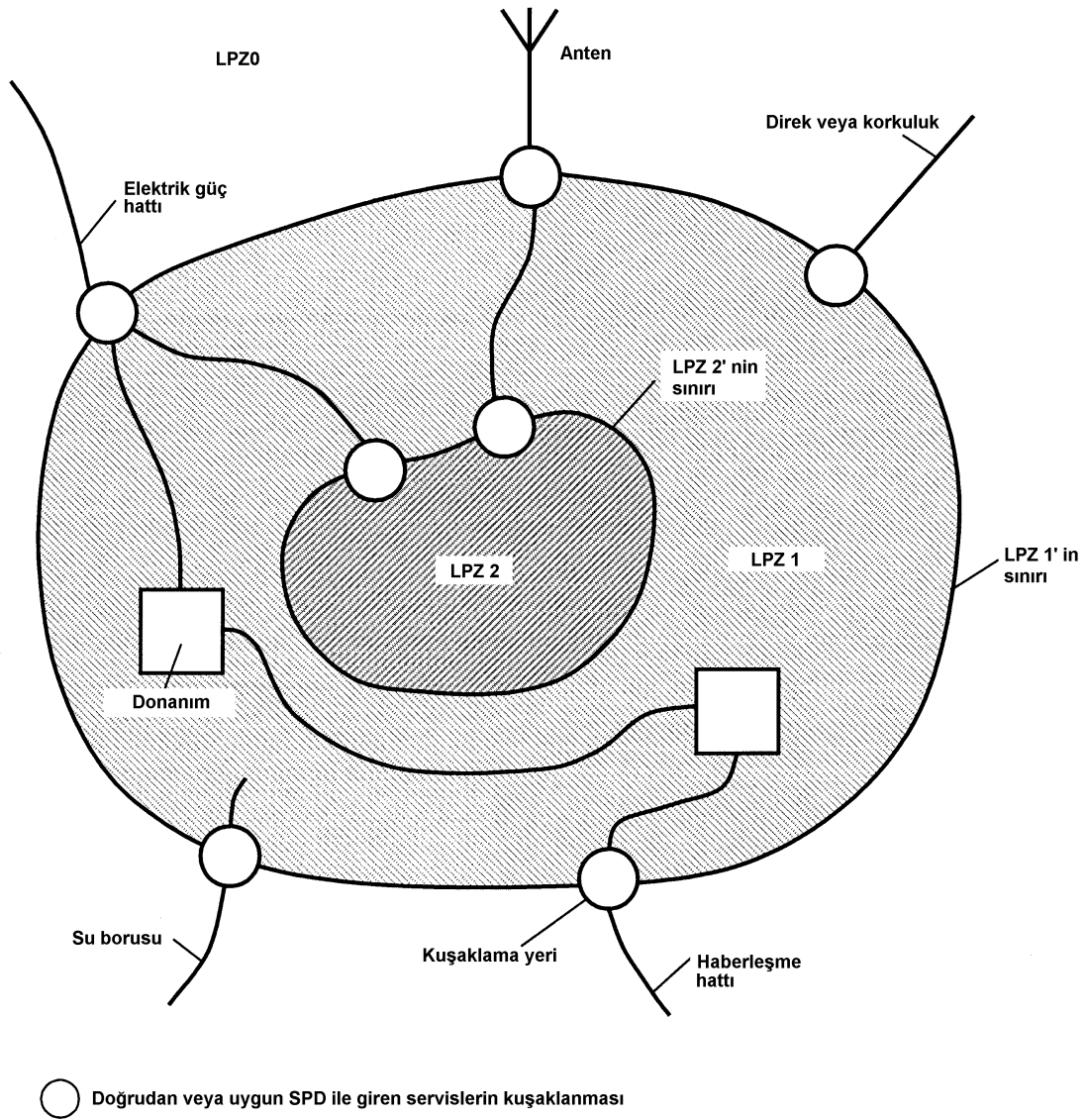
4 SPM'nin tasarımı ve tesisi

4.1 Genel

Elektrik ve elektronik sistemler, yıldırım elektromanyetik darbesinden (LEMP) dolayı hasara maruz kalır. Bu nedenle, dâhili sistemlerdeki arızayı önlemeyi sağlayacak SPM'ye ihtiyaç duyulur.

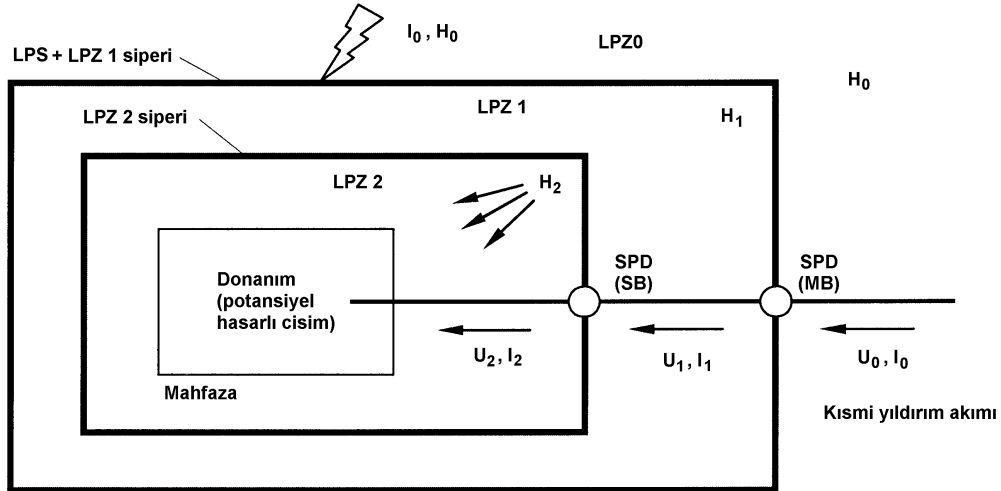
SPM tasarımı, geniş EMU bilgisine ve tesis tecrübesine sahip ve ayrıca yıldırım ve ani darbesine karşı korunma konusunda uzman kişiler tarafından yapılmalıdır.

LEMP'e karşı korumada, yıldırımdan korunma bölgesi (LPZ) kavramı esas alınır. Korunması gereken sistemlerin bulunduğu bölge LPZ'ler şeklinde bölünmelidir. Bu bölgeler, teorik olarak, LEMP şiddet derecesinin mahfaza içine alınan dâhili sistemlerin dayanma seviyesi ile uyumlu olduğu mekân bölümüne (veya bir dâhili sistemin bölümüne) tahsis edilir (bk. Şekil 1). Birbirini takip eden bölgeler, LEMP şiddet derecesindeki önemli değişiklikler ile karakterize edilir. LPZ'nin sınırı, kullanılan korunma tedbirleri ile tanımlanır (bk. Şekil 2)

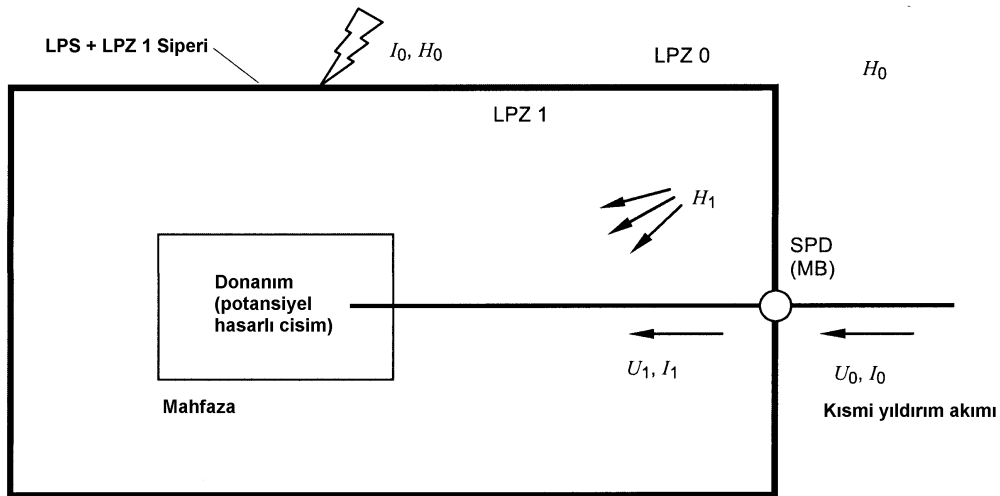


Not - Bu şekilde, bir yapının iç LPZ'lere bölünmesi ile ilgili bir örnek gösterilmiştir. Yapıya giren bütün metal hizmetler, LPZ 1'in sınırında kuşaklama baraları ile kuşaklanmıştır. İlave olarak, LPZ 2'ye giren iletken hizmetler (örneğin, bilgisayar odası) LPZ 2'nin sınırında kuşaklama baraları vasıtasıyla kuşaklanmıştır.

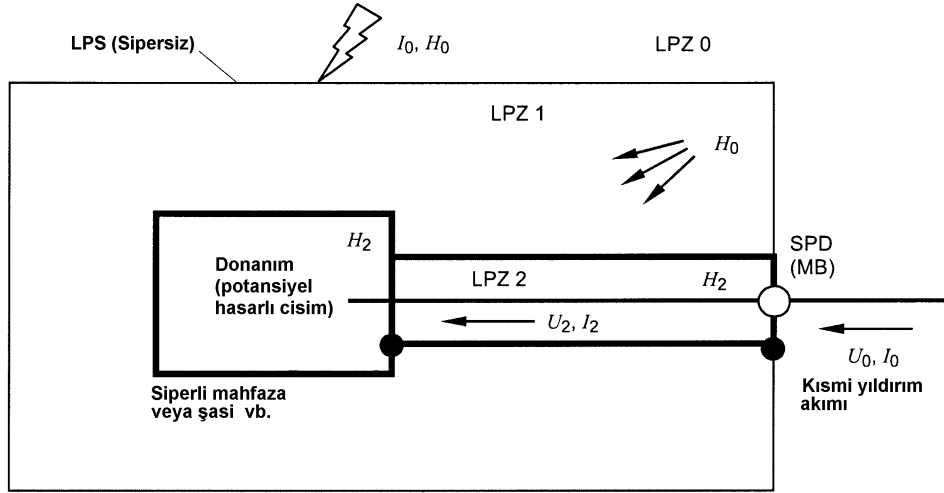
Şekil 1 - Farklı LPZ 'lere ayırma için genel prensip



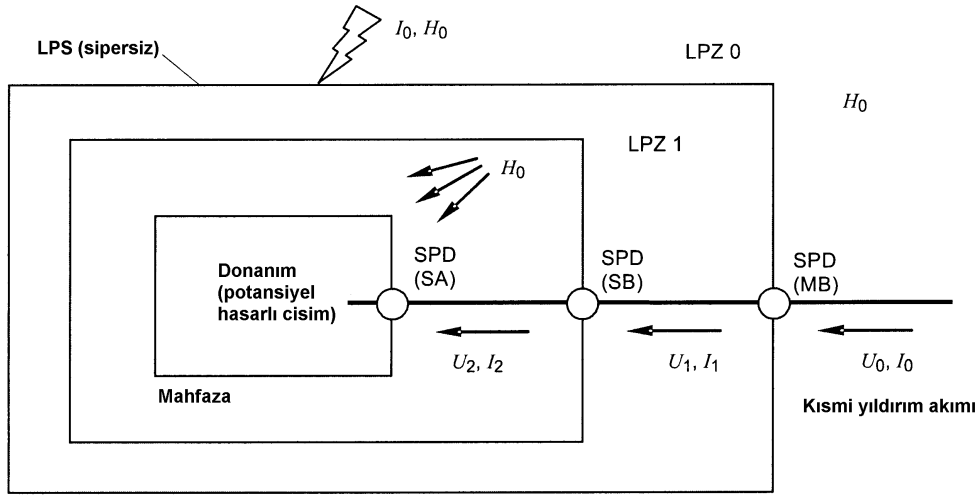
Şekil 2a - Uzaysal siperlerin ve koordineli SPD sisteminin kullanıldığı SPM – İletim yoluyla yayılan ani darbelerle ($U_2 \ll U_0$ ve $I_2 \ll I_0$) karşı ve ışınma yoluyla yayılan manyetik alanlara ($H_2 \ll H_0$) karşı iyi korunan donanım



Şekil 2b - LPZ 1'in uzaysal siperininin ve LPZ 1'in girişinde SPD korumasının kullanıldığı SPM– İletim yoluyla yayılan ani darbeye ($U_1 < U_0$ ve $I_1 < I_0$) karşı ve ışınma yoluyla yayılan manyetik alanlara ($H_1 < H_0$) karşı korunan donanım



Şekil 2c - İç hat siperlemesinin ve LPZ 1'in girişinde SPD korumasının kullanıldığı SPM – İletim yoluyla yayılan ani darbelere ($U_2 < U_0$ ve $I_2 < I_0$) karşı ve ışıma yoluyla yayılan manyetik alanlara ($H_2 < H_0$) karşı korunan donanım



Şekil 2d - Sadece koordineli SPD sisteminin kullanıldığı SPM – İletim yoluyla yayılan ani darbelere ($U_2 \ll U_0$ ve $I_2 \ll I_0$) karşı korunmuş ancak ışıma yoluyla yayılan manyetik alanlara (H_0) karşı korunmamış donanım

Açıklama

- Siperlenmiş sınır
- Siperlenmemiş sınır

Not 1- SPD'ler aşağıdaki noktalara yerleştirilebilir:

- LPZ 1'in sınırına (örneğin, MB ana dağıtım panosuna),
- LPZ 2'nin sınırına (örneğin, SB sekonder dağıtım panosuna),
- Donanıma veya donanıma yakın noktalara (örneğin, SA priz çıkışlarına).

Not 2- Ayrıntılı tesis kuralları için ayrıca IEC 60364-5-53'e bakılmalıdır.

Şekil 2 - Muhtemel SPM örnekleri (LEMP'e karşı korunma tedbirleri)

LEMP'ten dolayı elektrik ve elektronik sistemlerdeki kalıcı arızalara aşağıdakiler sebep olabilir:

- Bağlantı kablağı üzerinden iletim ve endükleme yoluyla donanıma gönderilen ani darbeler,
- Donanımın kendi üzerine doğrudan çarpan ışımaya yoluyla yayılan elektromanyetik alanların etkileri.

Donanım üzerine doğrudan çarpan ışımaya yoluyla yayılan elektromanyetik alanların etkilerine karşı koruma için siperlenmiş donanım mahfazaları ile birleştirilmiş uzaysal siperler ve/veya siperli hatlardan meydana gelen SPM kullanılmalıdır.

Bağlantı kablağı üzerinden donanıma gönderilmekte olan iletim veya endükleme yoluyla yayılan ani darbelerle karşı koruma için koordineli SPD sisteminden meydana gelen SPM kullanılmalıdır.

Donanım üzerine doğrudan çarpan elektromanyetik alanlardan dolayı meydana gelen arızaların, donanımın ilgili radyo frekans yayını ve bağımsızlık EMU ürün standardlarına uygun olması şartıyla, önemsiz olduğu kabul edilebilir.

Genellikle, donanımın ilgili EMU standardlarına uygun olması gerekir. Bu nedenle koordineli SPD sisteminden meydana gelen SPM'nin genellikle LEMP etkilerine karşı bu gibi donanımı korumada yeterli olduğu kabul edilir.

İlgili EMU ürün standardlarına uygun olmayan donanım için, yalnız başına koordineli SPD sisteminden meydana gelen SPM'nin, LEMP etkilerine karşı bu gibi donanımı korumada yeterli olmadığı kabul edilir. Bu durumda, donanım üzerine doğrudan çarpan elektromanyetik alanlara karşı en iyi korunmanın nasıl sağlanacağına dair daha fazla bilgi Ek A'da verilmiştir. Işıma yoluyla yayılan manyetik alanlara karşı donanımın dayanım seviyesinin, IEC 61000-4-9 ve IEC 61000-4-10'a uygun olarak seçilmesi gereklidir.

Özel uygulamalar için gerekli ise, SPD'leri, tesis kablağını ve gerçek donanımı içeren bir simüle edilmiş sistem seviye deneyi, koruma dayanım koordinasyonunu doğrulamak için yapılabilir.

4.2 SPM tasarımı

SPM, ani darbelerle ve elektromanyetik alanlara karşı donanımı korumak için tasarlanabilir. LPS, manyetik siperler ve koordineli SPD sistemleri gibi koruma tedbirlerinin kullanıldığı bazı SPM örnekleri Şekil 2'de verilmiştir:

- Uzaysal siperleri ve koordineli SPD sistemini kullanan bir SPM, ışımaya yoluyla yayılan manyetik alanlara ve iletim yoluyla yayılan ani darbelerle karşı koruma sağlayacaktır (bk. Şekil 2a). Ardışık bağlanmış uzaysal siperler ve koordineli SPD'ler, manyetik alan ile ani darbeleri daha düşük bir tehdit seviyesine düşürebilir.
- LPZ 1'in uzaysal siperini ve LPZ 1'in girişindeki SPD'yi kullanan bir SPM, ışımaya yoluyla yayılan manyetik alana ve iletim yoluyla yayılan ani darbelerle karşı donanımı koruyabilir (bk. Şekil 2b).

Not 1- Manyetik alanın çok yüksek değerde kalması (LPZ 1'in siperleme etkinliğinin düşük olmasından dolayı) veya ani darbe genliğinin çok yüksek değerde kalması (SPD'nin yüksek gerilim koruma seviyesinden ve SPD'nin çıkışında kablağı üzerindeki endüksiyon etkilerinden dolayı) durumunda koruma yeterli olmayacaktır.

- Siperli donanım mahfazaları ile birleştirilen siperli hatlar kullanılarak oluşturulan bir SPM, ışımaya yoluyla yayılan manyetik alanlara karşı koruma sağlayacaktır. LPZ 1'in girişindeki SPD ise iletim yoluyla yayılan ani darbelerle karşı koruma sağlayacaktır (bk. Şekil 2c). Daha düşük bir tehdit seviyesine erişmek için (LPZ 0'dan LPZ 2'ye bir adımda) yeterli düşük gerilim koruma seviyesine erişmek amacıyla özel bir SPD gerekli olabilir (örneğin, içerde ek koordineli adımlar).
- Koordineli SPD koruma sistemi kullanılarak oluşturulan bir SPM, sadece ışımaya yoluyla yayılan manyetik alanlara duyarlı olmayan donanımı korumak için uygundur. Bunun nedeni, SPD'lerin sadece iletim yoluyla yayılan ani darbelerle karşı koruma sağlayacak olmasıdır (bk. Şekil 2d). Koordineli SPD'ler kullanılarak daha düşük tehdit oluşturan ani darbe seviyesi elde edilebilir.

Not 2- Şekil 2a ile Şekil 2c'ye uygun çözümler, ilgili EMU ürün standartlarına uygun olmayan donanım için özellikle tavsiye edilmektedir.

Not 3- Sadece eş potansiyel kuşaklama SPD'lerini kullanan IEC 62305-3'e uygun bir LPS, hassas elektrik ve elektronik sistemlerin arızasına karşı etkin olmayan koruma sağlar. Gözenek boyutlarını azaltmak ve uygun SPD'ler seçmek suretiyle LPS'de iyileştirme sağlanabilir, böylece SPM'nin etkin bir bileşeni haline getirilmiş olur.

4.3 Yıldırımdan korunma bölgeleri (LPZ)

Yıldırım tehdidi ile ilgili olarak, aşağıda belirtilen LPZ tanımları yapılmıştır (bk. IEC 62305-1):

Dış bölgeler

LPZ 0 Zayıflatılmamış yıldırım elektromanyetik alanından dolayı tehdidin meydana geldiği ve dâhili sistemlerin tam veya kısmi yıldırım ani darbe akımına maruz kalabildiği alan. LPZ 0 aşağıdaki alt bölgelere ayrılır:

LPZ 0_A Doğrudan yıldırım çakması ve tamamen yıldırım elektromanyetik alanından dolayı tehdidin meydana geldiği bölge. Dâhili sistemler, tamamen yıldırım ani darbe akımına maruz kalabilir.

LPZ 0_B Doğrudan yıldırım çakmalarına karşı korunan bölge, ancak bu bölgede tehdit oluşturan tamamen yıldırım elektromanyetik alanıdır. Dâhili sistemler, kısmi yıldırım ani darbe akımlarına maruz kalabilirler.

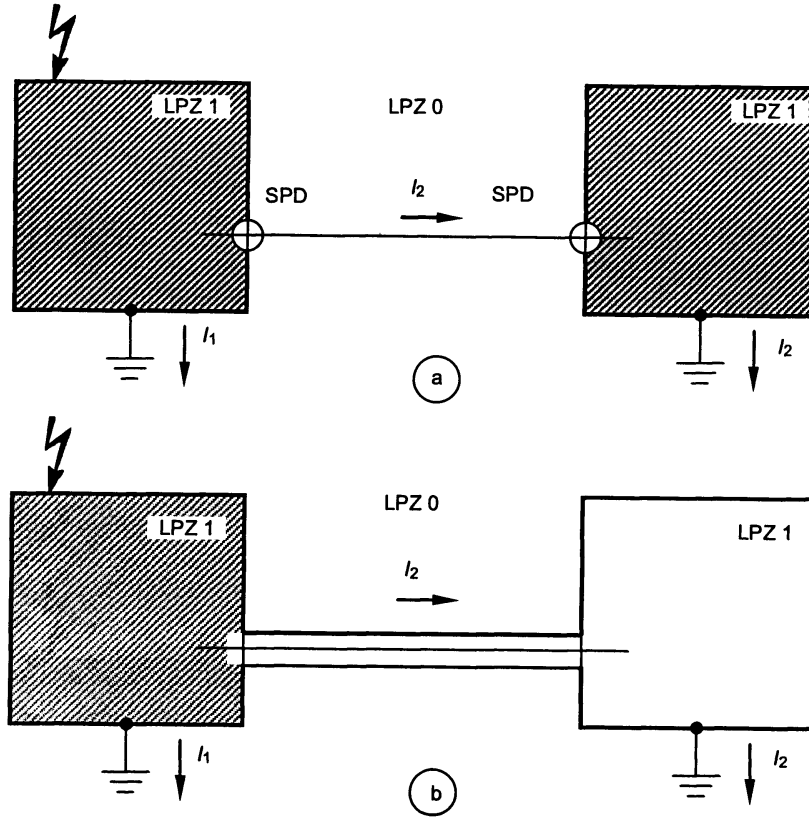
İç bölgeler (doğrudan yıldırım çakmalarına karşı korumuş)

LPZ 1 Ani darbe akımının, akım paylaşımı ve ayırma ara yüzleri ve/veya sınırdaki SPD'ler vasıtasıyla sınırlandırıldığı bölge. Uzaysal siperleme yıldırım elektromanyetik alanını zayıflatılabilir.

LPZ 2..n Ani darbe akımının, akım paylaşımı ve ayırma ara yüzeyleri ve/veya sınırdaki ilâve SPD'ler vasıtasıyla daha fazla sınırlandırıldığı bölge. İlave uzaysal siperleme, yıldırım elektromanyetik alanının daha fazla zayıflatılması amacıyla kullanılabilir.

LPZ'ler, SPM'nin tesis edilmesi (örneğin, koordineli SPD sisteminin ve/veya manyetik siperlemenin tesis edilmesi) ile oluşturulur (bk. Şekil 2). Korunması gereken donanımın sayısı, tipi ve dayanım seviyesine bağlı olarak uygun LPZ tanımlanabilir. Bunlar küçük yerel bölgeleri (örneğin, donanım mahfazaları) veya geniş yekparebölgeleri (örneğin, bütün yapı) içine alabilir (bk. Şekil B.2)

İki ayrı yapı elektrik veya işaret hatları ile bağlanmış ise veya istenen SDP'lerin sayısı zorunlu olarak azaltılacak ise, aynı mertebedeki LPZ'lerin birbirlerine bağlanması gerekli olabilir (bk. Şekil 3).



Not - Şekil 3a'da, elektrik veya işaret hatları ile bağlanmış iki LPZ 1 gösterilmiştir. Her iki LPZ 1'in birbirlerinden onlarca veya yüzlerce metre aralıklı, ayrı topraklama sistemlerine sahip ayrı yapıları temsil etmeleri durumunda, özel önlem alınmalıdır. Bu durumda, yıldırım akımının büyük bir bölümü, korunmamış olan bağlantı hatları boyunca akabilir.

Not -Şekil 3b'de, siperlerin kısmi yıldırım akımlarını taşıyabilme imkânı olması şartıyla, her iki LPZ 1'i birbirine bağlayan siperli kablolar veya siperli kablo kanalları kullanılarak bu problemin çözülebildiği görülmektedir. Siper boyunca gerilim düşümü çok yüksek değil ise, SPD kullanılmayabilir.

Açıklama

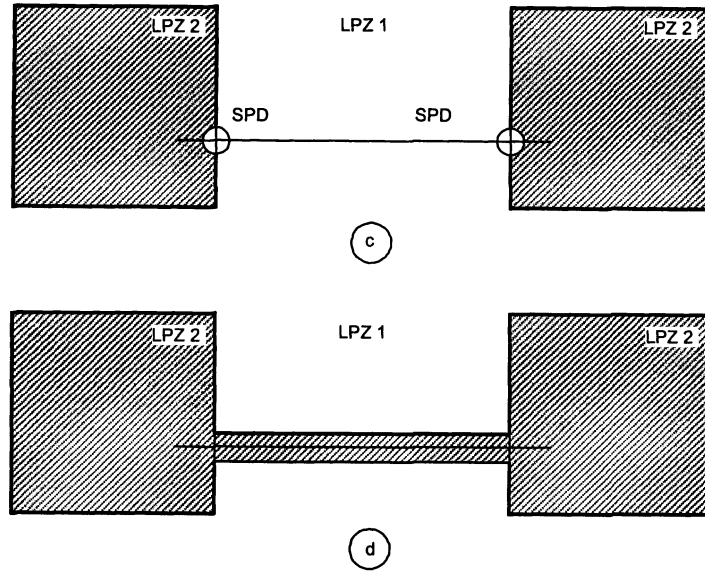
I_1, I_2 kısmi yıldırım akımları

Şekil 3a – SPD kullanılarak iki LPZ 1'in birbirine bağlanması

Açıklama

I_1, I_2 kısmi yıldırım akımları

Şekil 3b – Siperli kablolar veya siperli kablo kanalları kullanılarak iki LPZ 1'in birbirine bağlanması



Not - Şekil 3c'de, elektrik veya işaret hatları ile bağlanmış iki LPZ 2 gösterilmiştir. Hatların LPZ 1'in tehdit seviyesine maruz kalması nedeniyle, her LPZ 2'nin içine girişinde SPD'ler gereklidir.

Şekil 3c – SPD'ler kullanılarak iki LPZ 2'nin birbirine bağlanması

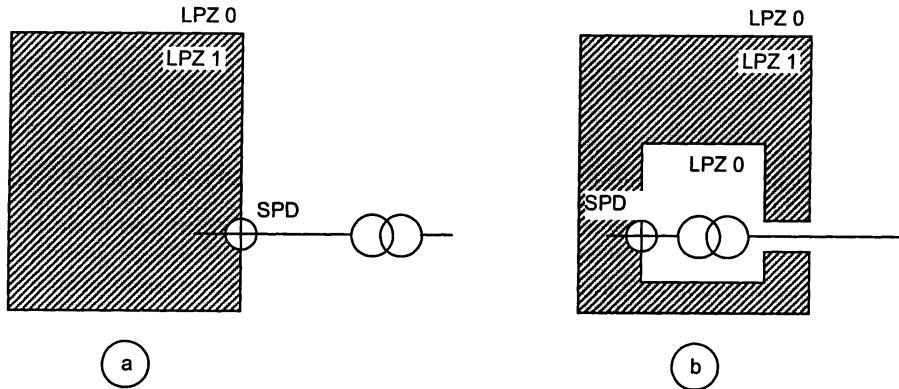
Not - Şekil 3d'de, siperli kablolar veya siperli kablo kanalları her iki LPZ 2'yi birbirine bağlamak için kullanılıyor ise, bu gibi girişimlerin önlenemediği ve SPD'lerin kullanılmayabildiği gösterilmiştir.

Şekil 3d – Siperli kablolar veya siperli kablo kanalları kullanılarak iki LPZ 2'nin birbirine bağlanması

Şekil 3 - Birbirlerine bağlanmış LPZ için örnekler

Bir LPZ'in bir başka LPZ'nin içine doğru genişletilmesine özel hallerde ihtiyaç olabilir veya gerekli SPD sayısını azaltmak için kullanılabilir (bk. Şekil 4).

Bir LPZ'deki elektromanyetik ortamın ayrıntılı değerlendirilmesi, Ek A'da açıklanmıştır.

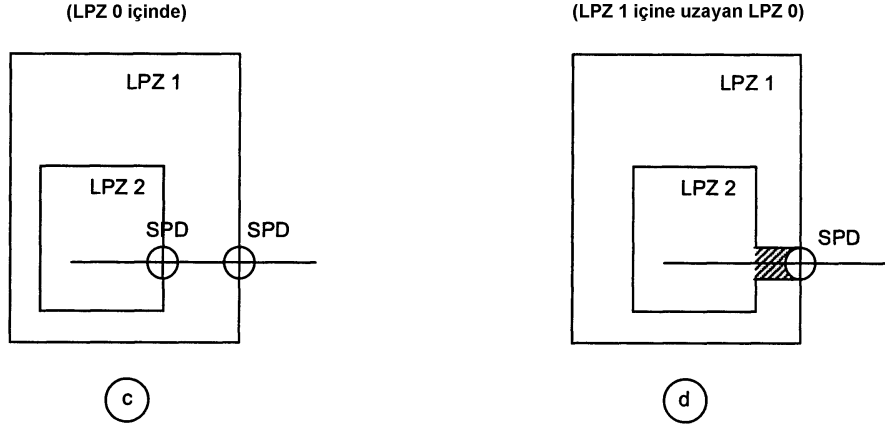


Not - Şekil 4a'da, bir transformatör vasıtasıyla beslenen bir yapı gösterilmektedir. Transformatör yapının dışına yerleştirilmiş ise, sadece yapıya giren alçak gerilim hatlarının bir SPD kullanılarak korunması gerekir.

Şekil 4a – Transformatör yapı dışında

Not - Transformatör binanın içine yerleştirilmiş ise ve yüksek gerilim (HV) tarafında tesis edilmiş bir SPD yok ise (yapı sahibi genellikle yüksek gerilim tarafında koruma tedbirlerinin almasına izin vermemesinden dolayı), Şekil 4b uygulanır. Şekil 4b'de, LPZ 0'ı LPZ 1 içinde genişletmek suretiyle problemin çözülebileceği gösterilmiştir. Bu durumda sadece alçak gerilim tarafında tesis edilecek SPD'lere tekrar gerek duyulur.

Şekil 4b – Transformatör yapı içinde (LPZ 0, LPZ 1 içinde genişletilmiş)



Not - Şekil 4c'de, bir elektrik veya işaret hattı ile beslenen bir LPZ 2 gösterilmiştir. Bu hat için, birisi LPZ 0/1'in sınırında ve diğeri ise LPZ 1/2'nin sınırında olan iki adet koordineli SPD'ye ihtiyaç vardır.

Not - Şekil 4d'de, siperli kablolar veya kablo kanalları kullanılarak LPZ 2'nin LPZ 1 içinde genişletiliyor ise, hattın LPZ 2 içine doğrudan doğruya girebildiği ve sadece bir SPD'ye ihtiyaç olduğu gösterilmiştir. Ancak, bu SPD tehdidi hemen LPZ 2'nin tehdit seviyesine düşürecektir.

Şekil 4c – İki adet koordineli SPD'ye ihtiyaç duyulması – SPD (0/1 bölgeleri arasında) ve SPD (1/2 bölgeleri arasında)

Şekil 4d – Sadece bir adet SPD'ye ihtiyaç duyulması – SPD (0/2 bölgeleri arasında) (LPZ 2 LPZ 1 içinde genişletilmiş)

Şekil 4 - Genişletilmiş yıldırımdan korunma bölgeleri için örnekler

4.4 Temel SPM

LEMP'e karşı temel korunma tedbirleri aşağıdakileri kapsamaktadır:

- **Topraklama ve kuşaklama (bk. Madde 5)**

Topraklama sistemi, yıldırım akımlarını toprağa iletir ve dağıtır.

Kuşaklama şebekesi, potansiyel farklarını en düşük seviyeye indirir ve manyetik alanları azaltabilir.

- **Manyetik siperleme ve hat güzergâhı (bk. Madde 6)**

Uzaysal siperleme, binaya doğrudan veya yakınına çakan yıldırımdan dolayı meydana gelen LPZ içindeki manyetik alanları zayıflatır ve dâhili ani darbeleri azaltır.

Siperli kablolar veya kablo kanalları kullanılarak iç hatların siperlenmesi, içte endüklenen ani darbeyi en düşük seviyeye indirir.

Dâhili hatların takip ettiği güzergâh, endüksiyon döngülerini en aza indirebilir ve dâhili ani darbeyi azaltır.

Not 1- Uzaysal siperleme, dâhili hatların siperlenmesi ve güzergâhının belirlenmesi birleştirilebilir veya ayrı ayrı kullanılabilir.

Yapıya giren dıştaki hatların siperlenmesi, dâhili sistemler üzerinde iletim yoluyla meydana gelen ani darbeleri azaltır.

- **Koordineli SPD sistemi (bk. Madde 7)**

Koordineli SPD sistemi, dışardan kaynaklanan ve içerde meydana gelen ani darbelerin etkilerini sınırlar.

- **Ayırma ara yüzleri (bk. Madde 8)**

Ayırma ara yüzleri LPZ'ye giren hatlar üzerinde iletim yoluyla yayılan ani darbelerin etkilerini sınırlar.

Topraklama ve kuşaklama, daima yapıya giriş noktasında, özellikle, her iletken hizmetin doğrudan veya bir eş potansiyel kuşaklama SPD'si üzerinden kuşaklanarak sağlanmalıdır.

Diğer SPM, kendi başına veya birleşik olarak kullanılabilir.

SPM, tesisatın bulunduğu yerdeki beklenen operasyonel zorlamalara dayanmalıdır (örneğin, sıcaklık, nem, korozyon atmosfer, titreşim, gerilim ve akım zorlamaları).

En uygun SPM'nin seçimi, teknik ve ekonomik faktörler göz önünde bulundurularak ve IEC 62305-2'ye uygun risk değerlendirmesi kullanılarak yapılmalıdır.

Mevcut yapılardaki iç sistemlerle ilgili SPM uygulanması hakkında pratik bilgiler Ek B'de verilmiştir.

Not 2- IEC 62305-3'e uygun yıldırım eş potansiyel kuşaklaması (EB), sadece tehlikeli kıvılcım atlamalarına karşı koruma sağlayacaktır. Ani darbelerle karşı dâhili sistemlerin korunması, bu standarda uygun koordineli SPD sistemini gerektirir.

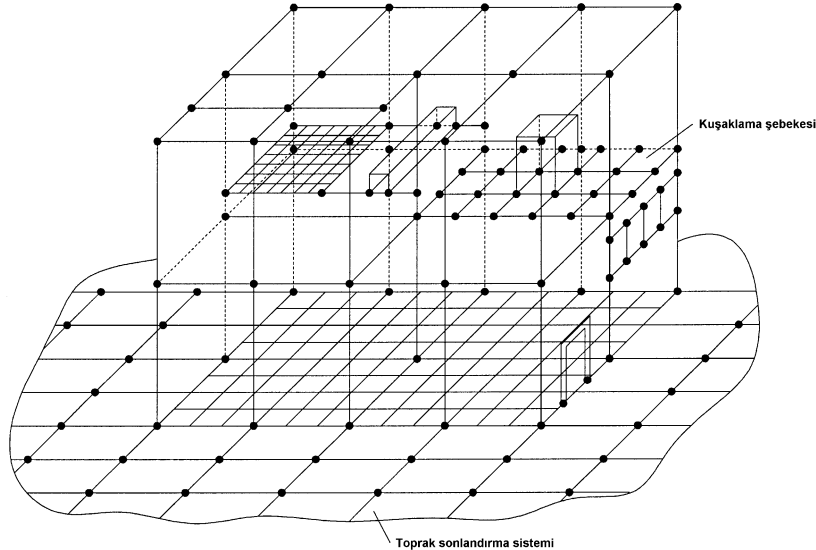
Not 3- SPM uygulanmasına yönelik daha fazla bilgi IEC 60364-4-44'te bulunabilir.

5 Topraklama ve kuşaklama

5.1 Genel

Uygun topraklama ve kuşaklamada, aşağıdakilerle bir araya getirilen bütün bir topraklama sistemi esas alınır (bk. Şekil 5):

- Toprak sonlandırma sistemi (yıldırım akımını toprağa dağıtan) ve
- Kuşaklama şebekesi (potansiyel farklarını en düşük seviyeye indiren ve manyetik alanı azaltan).



Not - Çizilen iletkenlerin tümü, kuşaklanmış yapı metal elemanları veya kuşaklama iletkenleridir. Bunlardan bazıları, ayrıca yıldırım yakalamaya, yıldırım akımını iletmeye ve toprağa dağıtmaya yardım edebilir.

Şekil 5 - Toprak-sonlandırma sistemi ile birbirlerine bağlanmış kuşaklama şebekesinden oluşan üç boyutlu topraklama sistemine ait örnek

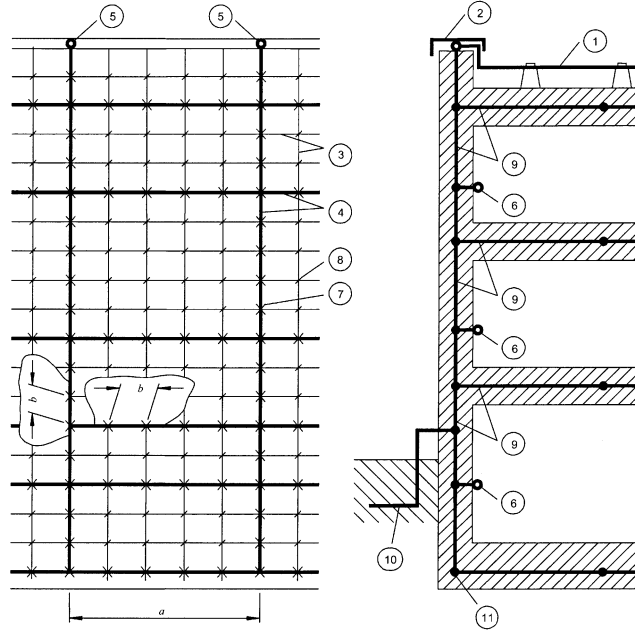
5.3 Kuşaklama şebekesi

İçteki LPZ içinde bulunan bütün donanımlar arasındaki tehlikeli potansiyel farklarını önlemek için düşük empedanslı kuşaklama şebekesine ihtiyaç vardır. Üstelik, bunun gibi bir kuşaklama şebekesi ayrıca manyetik alanı da azaltır (bk. Ek A).

Bu durum, yapının iletken bölümlerini veya dâhili sistemlerin bölümlerini entegre eden gözenekli kuşaklama şebekesi ve her LPZ'nin sınırında doğrudan metal bölümler veya iletken tesisatın kuşaklanması veya uygun SPD'ler kullanılması suretiyle gerçekleştirilebilir.

Kuşaklama şebekesi, tipik olarak 5 m'lik gözenek genişliğine sahip üç boyutlu gözenekli yapı olarak düzenlenebilir (bk. Şekil 5). Bu durum, yapı içinde veya üzerindeki metal bileşenlerin (beton takviye, asansör rayları, vinçler, metal çatılar, metal ön cepheler, pencereler ve kapıların metal çerçeveleri, metal zemin çerçeveleri, hizmet boruları ve kablo tavaları gibi) birbirlerine çoklu bağlantı yapılmasını gerektirir. Kuşaklama baraları (örneğin, halka kuşaklama baraları, yapının farklı seviyelerindeki çeşitli kuşaklama baraları) ve LPZ'nin manyetik siperleri aynı şekilde entegre edilmelidir.

Kuşaklama şebekeleri ile ilgili örnekler Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterilmiştir.

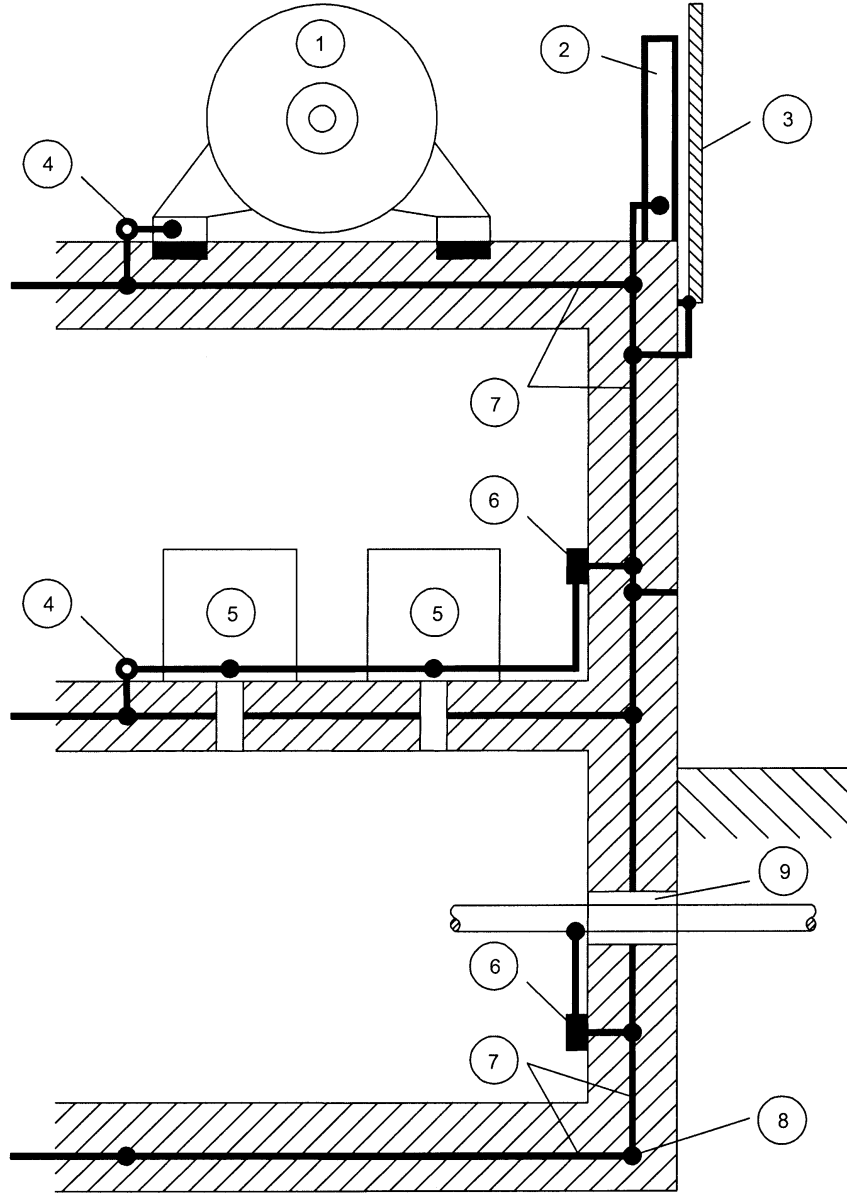


Açıklama

- 1 Hava-sonlandırma iletkeni
- 2 Çatı parapetinin metal kaplaması
- 3 Çelik takviye çubukları
- 4 Takviye üstüne üst üste konmuş gözenek iletkenleri
- 5 Gözenek iletkenine ait ek yeri
- 6 Dâhili kuşaklama barasına ait ek yeri
- 7 Kaynak veya sıkıştırma ile yapılan bağlantı
- 8 Herhangi bir bağlantı
- 9 Betondaki çelik takviye (gözenek iletkenleri ile üst üste konmuş)
- 10 Halka toprak elektrodu (varsa)
- 11 Temel toprak elektrodu

- a Üst üste konmuş gözenek iletkenleri için 5 m'lik tipik mesafe
b Takviyeli bu gözeneği bağlamak için 1 m'lik tipik mesafe

Şekil 7 - Eş potansiyel kuşaklama için bir yapıdaki takviye çubuklarının kullanılması

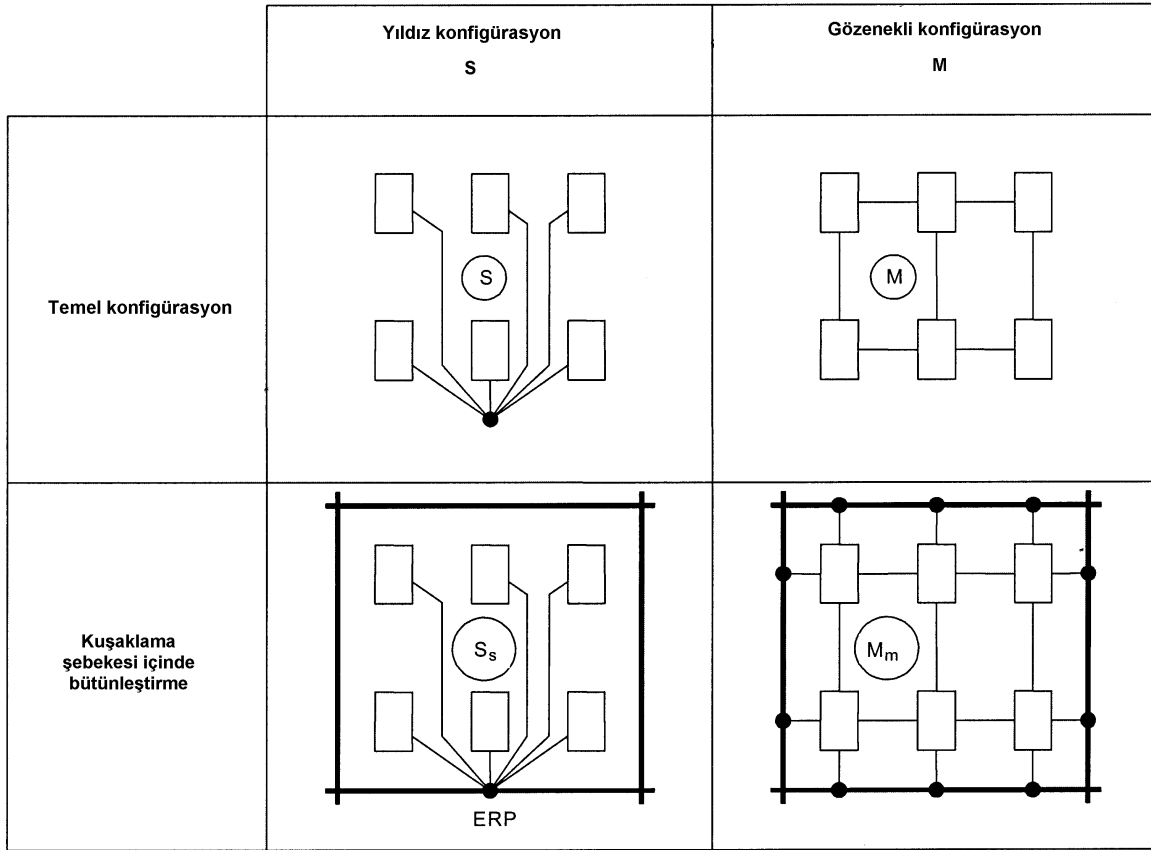


Açıklama

- 1 Elektrik güç donanımı
- 2 Çelik kiriş
- 3 Dış cephedeki metal kaplama
- 4 Kuşaklama ek yeri
- 5 Elektrik veya elektronik donanım
- 6 Kuşaklama barası
- 7 Betondaki çelik takviye (üst üste konmuş gözenek iletkenleri ile)
- 8 Temel topraklama elektrodu
- 9 Farklı hizmetler için ortak giriş noktası

Şekil 8 - Çelik takviyeli bir yapıda eş potansiyel kuşaklama

Dâhili sistemlere ait iletken bölümler (örneğin, dolaplar, mahfazalar, raflar) ve koruyucu toprak iletkenleri (PE), aşağıdaki konfigürasyonlara uygun olarak kuşaklama şebekesine bağlanmalıdır (bk. Şekil 9):



Açıklama

- Kuşaklama şebekesi
- Kuşaklama iletkeni

Donanım

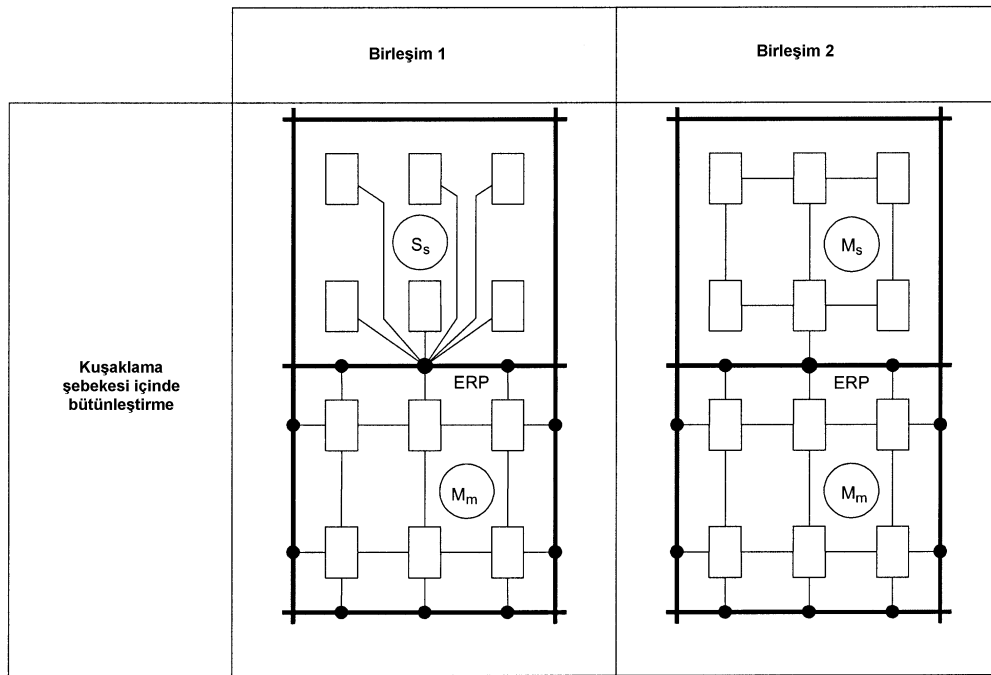
- Kuşaklama şebekesine kuşaklama noktası
- ERP Topraklama referans noktası
- S_s Yıldız noktası ile entegre edilmiş yıldız nokta konfigürasyonu
- M_m Gözenek ile entegre edilmiş gözenekli konfigürasyon

Şekil 9 - Kuşaklama şebekesi içinde dâhili sistemlerin iletken bölümlerinin entegrasyonu

S konfigürasyonunun kullanılması durumunda, dâhili sistemlerin bütün metal bileşenleri (örneğin kabinler, mahfazalar, raflar), topraklama sisteminden ayrılmalıdır. S konfigürasyonu, S_s tipi ile sonuçlanan, toprak referans noktası (ERP) olarak davranan tek bir kuşaklama barası vasıtasıyla topraklama sistemine entegre edilmelidir. S konfigürasyonu kullanıldığında, münferit donanımlar arasındaki bütün hatlar, endüksiyon döngülerini önlemek için yıldız konfigürasyonunu izleyen kuşaklama iletkenleri ile paralel gitmelidir. S konfigürasyonu, dâhili sistemlerin bağıl olarak küçük bölgelere yerleştirilmesi ve bütün hatların sadece bir noktada bölgeye girmesi durumunda kullanılabilir.

M konfigürasyonunun kullanılması durumunda, dâhili sistemlerin bütün metal bileşenleri (örneğin kabinler, mahfazalar, raflar), topraklama sisteminden ayrılmamalı ancak, M_m tipi ile sonuçlanan birden fazla kuşaklama noktaları vasıtasıyla topraklama sistemine entegre edilmelidir. Pek çok hattın donanımın münferit parçaları arasında geçmesi ve hatların yapıya muhtelif noktalardan girmesi durumunda, bağıl olarak geniş bölgelere veya tüm yapıya yayılmış dâhili sistemler için M konfigürasyonu, tercih edilir.

Karmaşık sistemlerde, her iki konfigürasyonun (M ve S konfigürasyonu) avantajları, birleşim 1 (S_s 'nin M_m ile birleşimi) veya birleşim 2 (M_s 'nin M_m ile birleşimi) ile sonuçlanan Şekil 10'da gösterildiği gibi birleştirilebilir.



Açıklama

- Kuşaklama şebekesi
- Kuşaklama iletkeni

□ Donanım

- Kuşaklama şebekesine kuşaklama noktası
- ERP Topraklama referans noktası
- S_s Yıldız nokta ile entegre edilmiş yıldız nokta konfigürasyonu
- M_m Gözenekle entegre edilmiş gözenekli konfigürasyon
- M_s Yıldız noktası ile entegre edilmiş gözenekli konfigürasyon

Şekil 10 - Kuşaklama şebekesi içinde iç sistemlerin iletken bölümleri ile ilgili entegrasyon yöntemlerinin birleşimleri

5.4 Kuşaklama baraları

Kuşaklama baraları aşağıdakileri kuşaklamak için tesis edilmelidir:

- Bir LPZ'ye giren bütün iletken hizmetler (doğrudan veya uygun SPD'ler kullanılmak suretiyle),
- Koruyucu toprak iletkeni PE,
- Dâhili sistemlerin metal bileşenleri (örneğin kabinler, mahfazalar, raflar),
- Yapının çevresi ve içinde LPZ'ye ait manyetik siperler,

Etkili kuşaklama için aşağıda tesis kuralları önemlidir:

- Bütün kuşaklama tedbirleri için temel ilke kuşaklama şebekesinin düşük empedanslı olmasıdır,
- Kuşaklama baraları, mümkün olan en kısa güzergâh ile topraklama sistemine bağlanmalıdır,
- Kuşaklama baraları ve kuşaklama iletkenlerinin malzemesi ve boyutları Madde 5.6'ya uygun olmalıdır,
- Endüktif gerilim düşümlerinin en düşük seviyede olması için SPD'ler, gerilimli iletkenler ile birlikte, kuşaklama baralarına mümkün olan en kısa bağlantılar kullanılacak şekilde tesis edilmelidir,
- Devrenin korunmalı tarafında (bir SPD'den sonra) karşılıklı endüksiyon etkileri, döngü alanlarını minimize etmek veya siperli kablolar veya kablo kanalları kullanılmak suretiyle en az seviyeye indirilmelidir.

5.5 LPZ sınırında kuşaklama

Bir LPZ tanımlandığında, LPZ sınırını delip geçen bütün metal bölümler ve hizmetler (örneğin, metal borular, güç hatları ve işaret hatları) için kuşaklama yapılmalıdır.

Not - Çelişkili istekler olabileceğinden, LPZ 1'e giren hizmetlerin kuşaklanması konusunda ilgili hizmet şebeke sağlayıcıları (örneğin elektrik güç veya haberleşme yetkilileri) ile müzakere edilmelidir.

Kuşaklama, sınırdaki giriş noktasına mümkün olduğunca yakın olarak tesis edilen kuşaklama baraları üzerinden yapılmalıdır.

Mümkün olması durumunda, yapıya giren hizmetler aynı yerden LPZ'ye girmeli ve aynı kuşaklama barasına bağlanmalıdır. Hizmetlerin farklı yerlerden LPZ'ye girmesi durumunda, her hizmet bir kuşaklama barasına bağlanmalı ve bu kuşaklama baraları ise birbirlerine bağlanmalıdır. Bunu gerçekleştirmek için bir halka kuşaklama barasına (halka iletken) kuşaklama yapılması tavsiye edilir.

Eş potansiyel kuşaklama SPD'leri, daima LPZ içinde bulunan dâhili sistemlere bağlanan giren hatları kuşaklama baralarına kuşaklamak için LPZ girişinde gereklidir. Birbirlerine bağlanmış veya genişletilmiş LPZ kullanılarak gerekli SPD sayısı azaltılabilir.

Her LPZ sınırında kuşaklanmış siperli kablolar veya birbirlerine bağlı metal kablo kanalları, aynı mertebedeki bir kaç LPZ'yi bir LPZ ek yerinde birbirlerine bağlamak için veya LPZ'yi bir sonraki sınıra kadar genişletmek için kullanılabilir.

5.6 Kuşaklama bileşenlerine ait malzemeler ve boyutlar

Kullanılan malzemeler, boyutlar ve şartlar IEC 62305-3'e uygun olmalıdır. Kuşaklama bileşenleri için en küçük kesit Çizelge 1'e uygun olmalıdır.

Sıkıştırma elemanları LPL'nin yıldırım akım değerlerine (IEC 62305-1) ve akım paylaşım analizine (IEC 62305-3) uygun boyutlarda olmalıdır.

SPD'ler Madde 7'ye uygun olarak boyutlandırılmalıdır.

Çizelge 1 - Kuşaklama bileşenleri için en küçük kesitler

Kuşaklama bileşeni		Malzeme ^a	Kesit alanı ^b mm ²
Kuşaklama baraları (bakır, bakır kaplı çelik veya galvanizli çelik)		Cu, Fe	50
Kuşaklama baralarından topraklama sistemine veya diğer kuşaklama baralarına bağlantıyı sağlayan iletkenler (yıldırım akımının tamamını veya önemli bir bölümünü taşıyan)		Cu Al Fe	16 25 50
Dâhili metal tesisatlardan kuşaklama baralarına bağlantıyı sağlayan iletkenler (kısmi yıldırım akımını taşıyan)		Cu Al Fe	6 10 16
SPD için topraklama iletkenleri (yıldırım akımının tamamını veya önemli bir bölümünü taşıyan) ^c	Sınıf I	Cu	16
	Sınıf II		6
	Sınıf III		1
	Diğer SPD'ler ^d		1
^a Kullanılan diğer malzemeler, eş değer direnç değerini sağlayan kesitlere sahip olmalıdır.			
^b Bazı ülkelerde, ısıl ve mekanik özellikleri karşılımları şartıyla, daha küçük iletken büyüklükleri kullanılabilir. IEC 62305-1:2010, Ek D'ye bakılmalıdır.			
^c Güç uygulamalarında kullanılan SPD'ler için bağlantı iletkenleri ile ilgili ilave bilgiler IEC 60364-5-53 ve IEC 61643-12'de verilmiştir.			
^d Diğer SPD'ler, haberleşme ve işaretleme sistemlerinde kullanılan SPD'leri içerir.			

6 Manyetik siperleme ve hat güzergâhı

6.1 Genel

Manyetik siperleme, içte endüklenen ani darbelerin genlikleri de dâhil elektromanyetik alanı azaltabilir. İçteki hatların uygun bir güzergâhı takip etmesi, ayrıca içte endüklenen ani darbelerin genliklerini en düşük seviyeye indirebilir. Her iki tedbir, idâhili sistemlerde kalıcı arızaların azaltılmasında etkilidir.

6.2 Uzaysal siperleme

Uzaysal siperler, bütün yapıyı, yapının bir bölümünü, tek bir odayı veya sadece donanım mahfazasını kapsayabilen korunan bölgeleri tanımlar. Bunlar, ızgara benzeri veya sürekli metal siperler olabilir veya yapının kendisine ait "doğal bileşenleri" den meydana gelebilir (bk. IEC 62305-3).

Uzaysal siperler, donanımın bazı münferit parçaları yerine yapının tanımlı bir bölgesini korumak için daha pratik ve faydalı olduğunda tavsiye edilir. Uzaysal siperler, yeni bir yapının veya içerdeki yeni bir sistemin ilk planlama aşamasında yapılmalıdır. Mevcut tesislerin iyileştirilmesi yüksek maliyeti gerektirir ve daha büyük teknik zorluklar doğurur.

6.3 Dâhili hatların siperlenmesi

Siperleme, korunacak sisteme ait iletken bağlantılara ve donanıma kısıtlama getirebilir. Kabloların metalik siperleri, kapalı metalik kablo kanalları ve donanımın metalik mahfazası bu amaç için kullanılır.

6.4 Dâhili hatların güzergâhı

Dâhili hatların uygun güzergâhı takip etmesi, endüksiyon döngülerini en aza indirir ve yapıda dâhili olarak ani darbe gerilimlerinin meydana gelmesini azaltır. Döngü alanı, kablo güzergâhlarının yapıdaki topraklanmış doğal bileşenlere yakın olması ve/veya elektrik ve işaret hatlarının birlikte aynı güzergâhı takip etmesi ile en aza indirilebilir.

Not - Güç hatları ile sipersiz işaret kabloları arasında girişimi önlemek için biraz mesafe bırakılmasına hala ihtiyaç duyulabilir.

6.5 Dış hatların siperlenmesi

Yapıya giren dış hatların siperlenmesi, kablo siperleri, kapalı metal kablo kanalları ve takviye çelikleri ile birbirlerine bağlı beton kablo kanallarını kapsar. Dış hatların siperlenmesi faydalıdır, ancak siperlemeden

genel olarak SPM planlayıcısı sorumlu değildir (normal olarak, dış hatların sahibinin şebeke sağlayıcıları olması nedeniyle).

6.6 Manyetik siperleme malzemeleri ve boyutları

LPZ 0_A ve LPZ 1'in sınırında, manyetik siperleme (örneğin, ızgara benzeri uzaysal siperler, kablo siperleri ve donanım mahfazaları) malzemeleri ve boyutları, hava-sonlandırma iletkenleri ve/veya iniş iletkenleri için IEC 62305-3'te belirtilen kurallara uygun olmalıdır. Özellikle;

- Metal levha bölümler, metal kanallar, boru sistemleri ve kablo siperlerinin en küçük kalınlıkları, IEC 62305-3:2010, Çizelge 3'e uygun olmalı,
- Izgara benzeri uzaysal siperlerin yerleşim planları ve bu uzaysal siperleri oluşturan iletkenlerin en küçük kesitleri, IEC 62305-3:2010, Çizelge 6'ya uygun olmalıdır.

Yıldırım akımlarını taşıması ön görülmeyen manyetik siperlerin boyutlarının, aşağıdaki durumlarda IEC 62305-3:2010, Çizelge 3 ve Çizelge 6'ya uygun olması gerekmez:

- Manyetik siperler ile LPS arasındaki s ayırma mesafesinin karşılanması şartıyla (bk. IEC 62305-3:2010, Madde 6.3), 1/2 veya daha yüksek LPZ'lerin sınırında,
- Yapıya yıldırım çakmasından dolayı tehlikeli olayların sayısı N_b ihmal edilebilir ise (diğer bir ifadeyle yıl başına $N_b < 0,01$ ise) herhangi bir LPZ sınırında.

7 Koordineli SPD sistemi

Ani darbelerle karşı dâhili sistemlerin korunması, güç ve işaret hatlarının her ikisi için koordineli SPD'lerden oluşan sistematik bir yaklaşımı gerektirir. Koordineli bir SPD sisteminin seçimi ve tesisi için kurallar her iki durumda da aynıdır (bk. Ek C).

İçinde birden fazla LPZ (LPZ 1, LPZ 2 ve daha yüksek) olan yıldırımdan korunma bölgeleri kavramını kullanan bir SPM'de, SPD'ler her LPZ'nin içine hat girişinde yerleştirilmelidir (bk.Şekil 2).

Sadece LPZ 1 kullanan SPM'de, SPD en azından LPZ 1'in içine hat girişinde yerleştirilmelidir.

Her iki durumda, SPD'nin yeri ile korunmakta olan donanım arasındaki mesafe uzun ise (bk. Ek C), ilâve SPD'lere ihtiyaç duyulabilir.

SPD'lere ait deney kuralları aşağıdakilere uygun olmalıdır:

- Güç sistemleri için IEC 61643-1,
- Haberleşme ve işaretleşme sistemleri için IEC 61643-21.

Koordineli SPD sisteminin seçimi ve tesisi hakkında bilgiler Ek C'de verilmiştir. Koordineli SPD sisteminin seçimi ve tesisi ayrıca aşağıdakilere uygun olmalıdır:

- Güç sistemlerini korumak için IEC 61643-12 ve IEC 60364-5-53,
- Haberleşme ve işaretleşme sistemlerini korumak için IEC 61643-22.

Yapıda farklı tesis noktalarında, SPD'lerin boyutlandırılması amacı bakımından, yıldırım tarafından meydana getirilen ani darbelerin büyüklüğüne dair bilgiler ve ana esaslar bu standardda Ek D'de ve IEC 62305-1:2010, Ek E'de verilmiştir.

8 Ayırma ara yüzleri

Ayırma ara yüzleri LEMP etkilerini azaltmak için kullanılabilir. Gerekli olduğunda, bu gibi ara yüzlerin aşırı gerilimlere karşı korunması, SPD'ler kullanılarak sağlanabilir. Ayırma ara yüzlerinin dayanım seviyesi ve SPD'nin gerilim koruma seviyesi U_p , IEC 60664-1'deki aşırı gerilim kategorileri ile koordine edilmelidir.

Not - Bu standardın kapsamı, yapılar içindeki donanımın korunması ile ilgilidir ve ayırma transformatörlerinin bazı faydalar sağlayabildiği birbirlerine bağlı yapıların korunması ile ilgili değildir.

9 SPM'nin yönetimi

9.1 Genel

Maliyet etkin ve yeterli koruma sistemleri elde etmek için tasarım, binanın tasarım aşaması sırasında ve inşaattan önce yapılmalıdır. Bu durum, yapının doğal bileşenlerinin kullanılmasının optimize edilmesine ve kablo döşeme planı ve donanımın yeri ile ilgili en uygun olanının seçilmesine izin verir.

Mevcut yapılardaki donanımın iyileştirilmesinde SPM'nin maliyeti genellikle yeni yapılardaki maliyetten daha yüksektir. Bununla birlikte, uygun bir LPZ seçilerek ve mevcut tesisatlar kullanılarak veya bunlar geliştirilerek yatırım maliyetini en aza indirmek mümkündür.

Sadece aşağıdaki hususların yerine getirilmesi durumunda uygun koruma sağlanabilir:

- Şartların yıldırımdan korunma uzmanı tarafından tanımlanması,
- Binanın inşası ile SPM'den sorumlu farklı uzmanlar arasında (örneğin, inşaat ve elektrik mühendisleri) iyi bir koordinasyon sağlanması,
- Madde 9.2'deki yönetim planının izlenmesi.

SPM, muayene edilerek ve bakımı yapılarak idame ettirilmelidir. Binada ve koruma tedbirlerindeki ilgili değişikliklerden sonra yeni bir risk değerlendirmesi yapılmalıdır.

9.2 SPM yönetim planı

Bir SPM'nin planlanmasının koordinasyonunda, riski katlanılabilir bir seviyeye düşürmek için ihtiyaç duyulan gerekli koruma seviyesini tayin etmek amacıyla bir başlangıç risk değerlendirmesi (IEC 62305-2) ile başlayan bir yönetim planı gereklidir (bk. Çizelge 2). Bunun gerçekleştirilmesi için, yıldırımdan korunma bölgeleri belirlenmelidir.

IEC 62305-1'de tanımlanan LPL'ye ve seçilmesi gereken koruma tedbirlerine uygun olarak, aşağıdaki adımlar gerçekleştirilmelidir:

- Bir kuşaklama şebekesi ve bir toprak-sonlandırma sisteminden meydana gelen topraklama sistemi sağlanmalıdır,
- Dışarıdaki metal bölümler ile yapıya giren hizmetler doğrudan veya uygun SPD'ler üzerinden kuşaklanmalıdır,
- Dâhili sistemler, kuşaklama şebekesine entegre edilmelidir,
- Hat güzergâhı ve hat siperlemesi ile birleşik haldeki uzaysal siperleme uygulanabilir,
- Koordineli SPD sistemi ile ilgili kurallar belirlenmelidir,
- Ayırma ara yüzlerinin uygunluğu belirlenmelidir,
- Mevcut yapılarda, özel tedbirlere ihtiyaç duyulabilir (bk. Ek B).

Bundan sonra, seçilen koruma tedbirlerine ait maliyet/fayda oranı, risk değerlendirme yöntemi tekrar kullanılarak yeniden değerlendirilmeli ve optimize edilmelidir.

Çizelge 2 - Yeni binalar ve binaların inşaatında veya kullanımında fazla değişiklikler için SPM yönetim planı

Adım	Hedef	Faaliyetin kimler tarafından yürütüleceği
Başlangıç risk analizi ^a	LEMP'ten korunmaya yönelik ihtiyacı kontrol etmek İhtiyaç var ise, risk değerlendirme yöntemi kullanılarak uygun SPM'yi seçmek Peş peşe alınan her koruma tedbirinden sonra risk azalmasını kontrol etmek	Yıldırımdan korunma uzmanı ^b Yapı sahibi
Nihai risk analizi ^a	Seçilen koruma tedbirleri için maliyet/fayda oranı, risk değerlendirme yöntemi tekrar kullanılarak optimize edilmelidir. Sonuç olarak aşağıdakiler tanımlanır: - LPL ve yıldırım parametreleri - LPZ'ler ve bunların sınırları	Yıldırımdan korunma uzmanı ^b Yapı sahibi
SPM planlaması	SPM'nin tanımı: - Uzaysal siperleme tedbirleri - Kuşaklama şebekeleri - Toprak-sonlandırma sistemleri - Hat siperlemesi ve güzergâhı - Gelen hizmetlerin siperlenmesi - Koordineli bir SPD sistemi - Ayırma ara yüzü	Yıldırımdan korunma uzmanı Yapının sahibi Mimar Dâhili sistem planlayıcıları İlgili tesisat planlayıcıları
SPM tasarımı	Genel çizimler ve açıklamalar Teklif verenler için listelerin hazırlanması Tesisatla ilgili ayrıntılı çizimler ve zaman çizelgeleri	Mühendislik bürosu veya eş değeri
Denetleme dâhil SPM'nin tesisi	Tesisin kalitesi Dokümantasyon Ayrıntılı çizimlerdeki muhtemel değişiklikler	Yıldırımdan korunma uzmanı SPM tesisatçısı Mühendislik bürosu Denetleyici
SPM'nin onayı	Sistemin durumunun kontrol ve doküman edilmesi	Bağımsız yıldırımdan korunma uzmanı Denetleyici
Tekrarlanan muayeneler	SPM'nin yeterliliğinden emin olunması	Yıldırımdan korunma uzmanı Denetleyici

^{a)} IEC 62305-2'ye bakılmalıdır.
^{b)} EMU konusunda geniş bilgiye ve tesisat uygulamalarında yeterli bilgiye sahip olan

9.3 SPM'nin muayenesi

9.3.1 Genel

Muayene, teknik dokümantasyonun kontrol edilmesini, gözle muayeneleri ve deneyle ilgili ölçmeleri kapsar. Muayenenin amacı, aşağıdakileri doğrulamaya yöneliktir:

- SPM'nin tasarıma uygun olduğu,
- SPM'in kendine ait tasarım fonksiyonunu yerine getirme yeteneğine sahip olduğu,

- Yeni ilâve edilen herhangi bir koruma tedbirinin SPM'ye doğru bir şekilde entegre edildiği.

Muayeneler:

- SPM'nin tesisi sırasında,
- SPM'nin tesisinden sonra,
- Periyodik olarak,
- SPM ile ilgili herhangi bir bileşenin değiştirilmesinden sonra,
- Yapıya olası bir yıldırım çakmasından sonra (örneğin, yapıya yıldırım çakmasının bir yıldırım çakma sayıcısı ile gösterilmesi veya yapıya yıldırım çakmasının bir görgü tanığının beyanı ile sağlanması veya yapıdaki yıldırımla ilişkili hasarın gözle görülür kanıtının olması durumunda).

Periyodik muayenelerin sıklığı, aşağıdaki hususlar dikkate alınarak belirlenmelidir:

- Korozif topraklar ve korozif atmosfer şartları gibi yerel ortam,
- Kullanılan koruma tedbirlerinin tipi.

Not - Yetkili kuruluş tarafından özel kuralların tanımlanmaması durumunda, IEC 62305-3:2010, Çizelge E.2'deki değerler tavsiye edilir.

9.3.2 Muayene işlemleri

9.3.2.1 Teknik dokümantasyonun kontrol edilmesi

Yeni bir SPM tedbirinin tesisinden sonra teknik dokümantasyon ilgili standartlara uygunluk ve tamam olma durumu bakımından kontrol edilmelidir. Sonuç olarak, teknik dokümantasyon sürekli güncellenmelidir (örneğin, SPM'de değişiklikler veya eklentilerin yapılmasından sonra).

9.3.2.2 Gözle muayene

Gözle muayene aşağıdaki hususları doğrulamak için yapılmalıdır:

- İletkenler ve ek yerlerinde gevşek bağlantıların ve kazara meydana gelen kopmaların olmadığı,
- Sisteme ait herhangi bir bölümde, özellikle toprak seviyesinde, korozyondan dolayı zayıflama meydana gelmediği,
- Kuşaklama iletkenlerinin ve kablo siperlerinin sağlam ve birbirlerine bağlanmış olduğu,
- Daha fazla koruma tedbirleri gerektiren ilâvelerin veya değişikliklerin yapılmamış olduğu,
- SPD'lerde ve SPD'leri koruyan sigortalarda veya ayırıcılarda arıza belirtisinin olmadığı,
- Uygun hat güzergâhlarının muhafaza edildiği,
- Uzaysal siperlere olan güvenlik mesafelerinin muhafaza edildiği.

9.3.2.3 Ölçmeler

Muayenede gözle görülmeyen topraklama sistemine ve kuşaklama şebekesine ait bölümler için elektriksel süreklilik ölçmeleri yapılmalıdır.

Not - SPD görsel bir göstergeye (bayrağa) sahip değil ise, istendiğinde ölçmeler kendi çalışma durumunu doğrulamak için kullanıcının talimatlarına uygun olarak yapılmalıdır.

9.3.3 Muayene dokümantasyonu

İşlemi kolaylaştırmak için bir muayene kılavuzu hazırlanmalıdır. Bu kılavuz, tesisata ve tesisata ait bileşenlere, deney yöntemlerine ve kaydedilen deney verilerine ait bütün hususların dokümanite edilebilmesi için muayeneyi yapacak kişiye görevini yapmada yardımcı olmak amacıyla yeterli bilgileri içermelidir.

Muayeneyi yapan kişi, teknik dokümantasyona ve önceki muayene raporlarına eklenecek bir rapor hazırlamalıdır. Muayene raporu aşağıdaki bilgileri içermelidir:

- SPM'nin genel durumu,
- Teknik dokümantasyondan sapma/sapmalar,
- Yapılan ölçmelerin sonuçları.

9.4 Bakım

Muayeneden sonra, kaydedilen bütün kusurlar gecikmeksizin düzeltilmelidir. Gerekli ise, teknik dokümantasyon güncellenmelidir.

Ek A (Bilgi için)

Bir LPZ'deki elektromanyetik ortamın değerlendirilme ilkesi

A.1 Genel

Bu ekte, LEMP'ye karşı korunma amacıyla kullanılabilen bir LPZ içindeki elektromanyetik ortamın değerlendirilmesi için bilgiler verilmektedir. Bu bilgiler ayrıca elektromanyetik girişimlere karşı korunma içinde uygundur.

A.2 Yıldırımından dolayı elektrik ve elektronik sistemler üzerinde oluşan hasar verici etkiler

A.2.1 Hasar kaynağı

Hasarın ana kaynağı, yıldırım akımı ile yıldırım akımındaki gibi aynı dalga biçimine sahip ve bu akımla birlikte oluşan manyetik alandır.

Not - Koruma değerlendirmelerinde yıldırım elektrik alanının etkisinin genel olarak daha az önemli olduğu kabul edilir.

A.2.2 Hasar konusu

Ani darbeler ve manyetik alanlara karşı sadece sınırlı dayanım seviyesine sahip olan ve bir yapının içine veya üzerine tesis edilen dâhili sistemler, yıldırımın ve sonra manyetik alanların etkilerine maruz kaldığında, hasar görebilir veya doğru bir şekilde çalışmayabilir.

Bir yapının dışına monte edilmiş sistemler, zayıflatılmamış manyetik alandan ve açıkta konumlandırılmış ise, doğrudan yıldırım çakmasından oluşan tam yıldırım akımına karşılık gelen ani darbelerden dolayı risk altında olabilir.

Bir yapı içinde tesis edilen sistemler, arta kalan zayıflatılmış manyetik alandan ve içte iletilen veya endüklenen ani darbelerden dolayı ve yapıya giren hatlar tarafından iletilen dış ani darbeler nedeniyle risk altında olabilir.

Donanımın dayanım seviyelere ilişkin ayrıntılar için uygun standartlar aşağıda verilmiştir:

- Güç tesisatının beyan dayanım seviyesi IEC 60664-1:2007, Çizelge F.1'de tanımlanmıştır. Dayanım seviyesi, 230/400 V ve 277/480 V sistemler için 1,5 kV – 2,5 kV, - 4 kV ve 6 kV'luk beyan darbe dayanım gerilimleri ile tanımlanır.
- Haberleşme donanımının dayanım seviyesi ITU-T K.20^[3], K.21^[4] ve K.45^[5] de tanımlanmıştır.

Donanımın dayanım seviyesi genel olarak ürünle birlikte verilen özellik föylerinde tanımlanmıştır veya

- 1,2/50 µs'lik dalga biçiminde 0,5 kV – 1 kV – 2 kV ve 4 k V'luk gerilim için ve 8/20 µs dalga biçimde 0,25kA – 0,5kA -1kA ve 2 kA'lık akım için deney seviyeleri ile IEC 61000-4-5 kullanılarak iletilen ani darbelerle karşı,

Not - Bazı donanımın yukarıdaki standardın kurallarını karşılaması için bunlar dâhili SPD'lerle birlikte olabilirler. Bu dâhili SPD'lerin karakteristikleri koordinasyon kurallarını etkileyebilir.

- 8/20 µs'lik dalga biçiminde 100 A/m – 300 A/m – 1000 A/m'lik akım seviyeleri ile IEC 61000-4-9 ve 1 MHz'de 10 A/m – 30 A/m -100A/m'lik deney seviyeleri IEC 61000-4-10 kullanılarak manyetik alanlara karşı deneye tâbi tutulabilir.

İlgili EMU ürün standartlarında tanımlandığı gibi, radyo frekanslı ışınım yoluyla yayılım ve bağışıklık deneylerine uygun olmayan donanım, kendi içine doğrudan ışınım manyetik alanlardan dolayı risk altında olabilir. Diğer taraftan, bu standartlara uygun donanıma ait arıza ihmal edilebilir.

A.2.3 Hasar kaynağı ile hasar konusu arasındaki kuplaj mekanizmaları

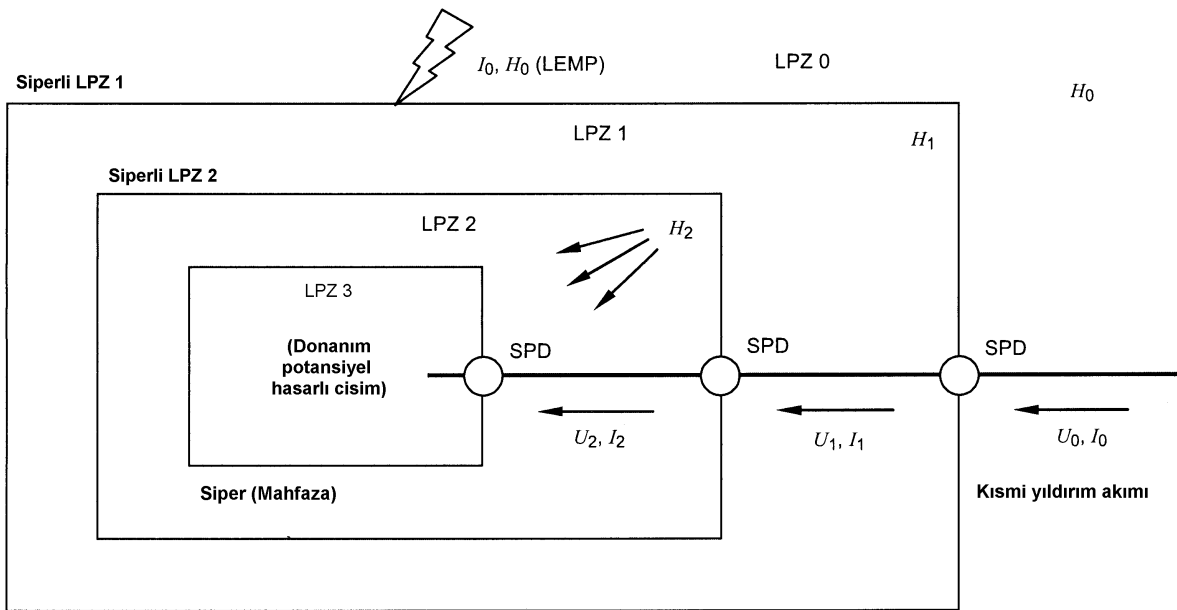
Donanımın dayanım seviyesinin hasar kaynağı ile uyumlu olması gerekir. Bunu sağlamak amacıyla uygun şekilde yıldırımdan korunma bölgeleri (LPZ'ler) oluşturularak yeterince kontrol edilecek kuplaj mekanizmalarına ihtiyaç vardır.

A.3 Uzaysal siperleme, hat güzergâhı ve hat siperleme

A.3.1 Genel

Yapıya veya yakındaki bir yere yıldırım çakmasından dolayı bir LPZ içinde meydana gelen manyetik alan sadece LPZ'nin uzaysal siperlemesi ile azaltılabilir. Elektronik sistemler içine endüklenen ani darbeler, uzaysal siperleme veya hat güzergâhı ve siperleme veya her iki yöntemin birleşimi ile en düşük seviyeye indirilebilir.

Şekil A.1'de, LPZ 0, LPZ 1 ve LPZ 2 yıldırımdan korunma bölgelerinin gösterildiği yapıya yıldırım çakması durumunda LEMP'ye ait bir örnek verilmiştir. Korunacak elektronik sistem LPZ 2 içinde tesis edilmiştir.



Şekil A.1 - Yıldırım çakmasından dolayı LEMP'in durumu

Çizelge A.1'deki 1, 2 ve 3 noktaları Şekil A.1'deki I_0 , H_0 ve U_w parametrelerini tanımlar. Donanımın tesis edildiği yerdeki beklenen zorlamaya dayanabilmesini sağlamak için uygun deney parametreleri 4 ve 5 noktalarında verilmiştir.

Çizelge A. 1 - Hasar kaynağı ve donanımla ilgili parametreler

Primer LEMP hasar kaynağı						
LPLI ila IV'e uygun parametrelerden tanımlandığı gibi						
1.	IEC 62305-1		Darbe μs	Genlik LPL I – II – III – IV için kA	Diklik LPL I – II – III – IV için kA/ μs	İlgili etkiler
		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	Kısmi yıldırım akımı Endüksiyon Endüksiyon
		H_0	Karşılık gelen I_0 'dan türetilen			
Güç tesisatının beyan darbe gerilim seviyesi						
230/400 V ve 277/480 V anma gerilimlerinde I ila IV aşırı gerilim kategorisi için tanımlandığı gibi						
2.	IEC 60664-1	U_w Aşırı gerilim kategorisi I ila IV		6 kV – 4 kV – 2,5 kV – 1,5 kV		
Haberleşme donanımının dayanım seviyesi						
3.	ITU Recommendation K.20 [3], K.21 [4] ve K.45 [5]					
Uygun ürün standartları olmayan donanım için deneyler						
İletim yoluyla yayılan (U, I) yıldırım etkileri için tanımlandığı gibi donanımın dayanım seviyesi:						
4.	IEC 61000-4-5	U_{oc}	Darbe 1,2/50 μs	4 kV – 2 kV – 1 kV – 0,5 kV		
		I_{sc}	Darbe 8/20 μs	2 kVA – 1 kVA – 0,5 kVA – 0,25 kVA		
İlgili EMU ürün standartlarına uygun olmayan donanım için deneyler						
İşima yoluyla yayılan (H) yıldırım etkileri için tanımlandığı gibi donanımın dayanım seviyesi:						
	IEC 61000-4-9	H	Darbe 8/20 μs (Sönümlü salınımlı 25 kHz, $T_p=10 \mu\text{s}$)	1000 A/m – 300 A/m – 100 A/m		
	IEC 61000-4-10	H	Sönümlü salınımlı 1 MHz, (Darbe 0,2/0,5 μs , $T_p=0,25 \mu\text{s}$)	100 A/m – 30 A/m – 10 A/m		

Elektronik sistemlere hasar veren primer elektromanyetik kaynaklar, yıldırım akımı I_0 ve manyetik alan H_0 dir. Kısmi yıldırım akımları, yapıya giren hizmetler üzerinden akar. Manyetik alanlar da dâhil bu akımlar, aynı dalga biçimine sahiptir. Burada dikkate alınması gereken yıldırım akımı, uygulanan ilk pozitif vuruş (stroke) I_F (tipik olarak uzun kuyruklu 10/350 μs dalga biçimine sahip) ve ilk negatif vuruş I_{FN} (1/200 μs dalga biçimine sahip) ve takip eden vuruşlar I_S 'den (0,25/100 μs dalga biçimine sahip) meydana gelmektedir. İlk pozitif vuruş akımı I_F manyetik alan H_F 'yi ve ilk negatif vuruş akımı I_{FN} manyetik alan H_{FN} 'yi ve sonra gelen I_S vuruşları ise H_S manyetik alanlarını meydana getirir.

Manyetik alanın yükselen cephesi esas itibarıyla manyetik endüksiyon etkilerine sebep olur. Şekil A.2'de görüldüğü gibi H_F 'nin yükselen cephesi, en büyük değeri H_{FMAX} olan ve bu değere 10 μs 'lik en büyük $T_{P/F}$ süresinde erişilen 25 kHz'lik sönümlü salınımlı bir alan ile karakterize edilebilir. Aynı şekilde H_S 'nin yükselen cephesi, en büyük değeri H_{SMAX} olan ve bu değere 0,25 μs 'lik en büyük $T_{P/S}$ süresinde erişilen 1 MHz'lik sönümlü bir salınımla karakterize edilebilir. Benzer şekilde, H_{FN} 'nin yükselen cephesi, en büyük değeri H_{FNMAX} olan ve 1 μs 'lik en büyük $T_{P/FN}$ süresinde erişilen 250 kHz'lik sönümlü salınımlı bir alan ile karakterize edilir.

Bundan, ilk pozitif vuruşun manyetik alanının tipik 25 kHz'lik frekansla karakterize edilebildiği ve ilk negatif vuruşun manyetik alanının tipik 250 kHz'lik frekansla karakterize edilebildiği ve sonra gelen vuruşların manyetik alanlarının 1 MHz'lik frekansla karakterize edilebildiği sonucu çıkar. Bu frekanslardaki sönümlü manyetik alan salınımları, deney amaçları bakımından IEC 61000-4-9 ve IEC 61000-4-10'da tanımlanmıştır.

LPZ ara yüzlerinde manyetik siperler ve SPD'ler tesis edilmek suretiyle I_0 ve H_0 ile tanımlanan zayıflatılmamış yıldırım etkileri, donanımın dayanım seviyesine veya altına kadar düşürülebilir. Şekil A.1'de gösterildiği gibi donanım etrafındaki H_2 manyetik alana ve iletim yoluyla yayılan I_2 yıldırım akımı ile U_2 yıldırım gerilimine dayanmalıdır.

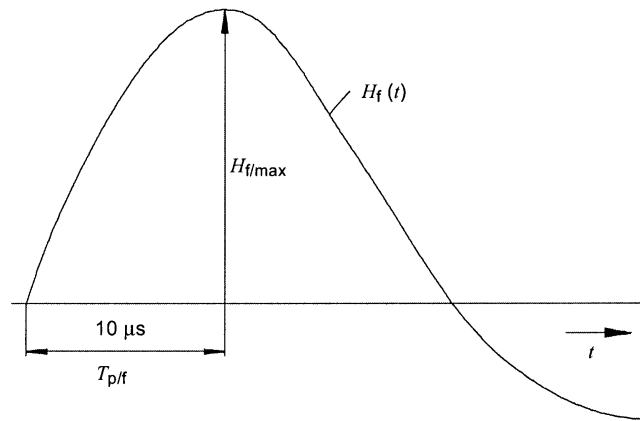
I_1 'in I_2 ve U_1 'in U_2 seviyesine düşürülmesi, Ek C'nin konusudur. Halbuki, H_0 'in yeterince küçük H_2 değerine kadar düşürülmesi aşağıda belirtildiği gibi burada dikkate alınmıştır:

Izgara benzeri uzaysal siperler olması durumunda, LPZ'ler içindeki manyetik alanların (H_1 , H_2) dalga biçimlerinin dışarıdaki manyetik alanın (H_0) dalga biçimi ile aynı olduğu kabul edilir.

Şekil A.2'de gösterilen sönümlü salınım dalga biçimleri, IEC 61000-4-9 ve IEC 61000-4-10'da tanımlanan deneye uygundur ve ilk pozitif vuruş H_F 'den ve sonra gelen vuruşlar H_S 'den dolayı manyetik alanın artması ile meydana gelen manyetik alanlara karşı dayanım seviyesini belirlemek için kullanılabilir.

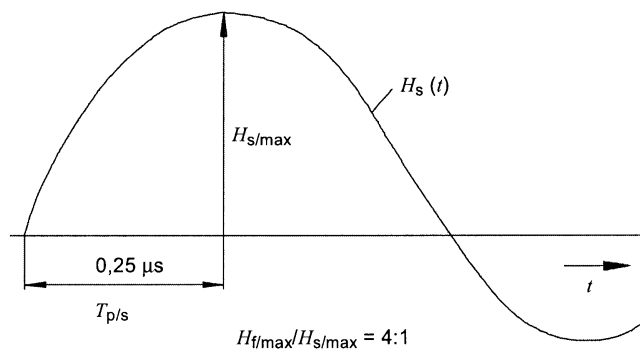
Endüksiyon döngüsü içine kuple edilen manyetik alan tarafından meydana getirilen endüklenmiş ani darbeler (Madde A.5), donanımın dayanım seviyesinden daha düşük veya eşit olmalıdır.

Temel Standard: IEC 61000-4-9



Şekil A.2a – 8/20 µs'lik tek bir darbe (25 kHz sönümlü salınımlı) vasıtasıyla ilk pozitif vuruş (10/350 µs) alanındaki artışın simülasyonu

Temel Standard: IEC 61000-4-10



Şekil A.2b – 1 MHz'lik sönümlü salınımlar (0,2/0,5 µs'lik çoklu darbeler) vasıtasıyla peş peşe gelen darbelerin (0,25/100 µs) alanlarındaki artışın simülasyonu

Not 1- En büyük değer T_p 'ye kadar olan süre ile T_1 cephe süresinin tanımları farklı olmasına rağmen, burada bunların sayısal değerlerinin eşit olarak alınması uygun bir yaklaşımdır.

Not 2- En büyük değerlerinin oranı $H_{F/MAX}/H_{FN/MAX}/H_{S/MAX} = 4:2:1$ 'dir.

Şekil A.2 - Sönümlü salınımlar vasıtasıyla manyetik alandaki artışının simülasyonu

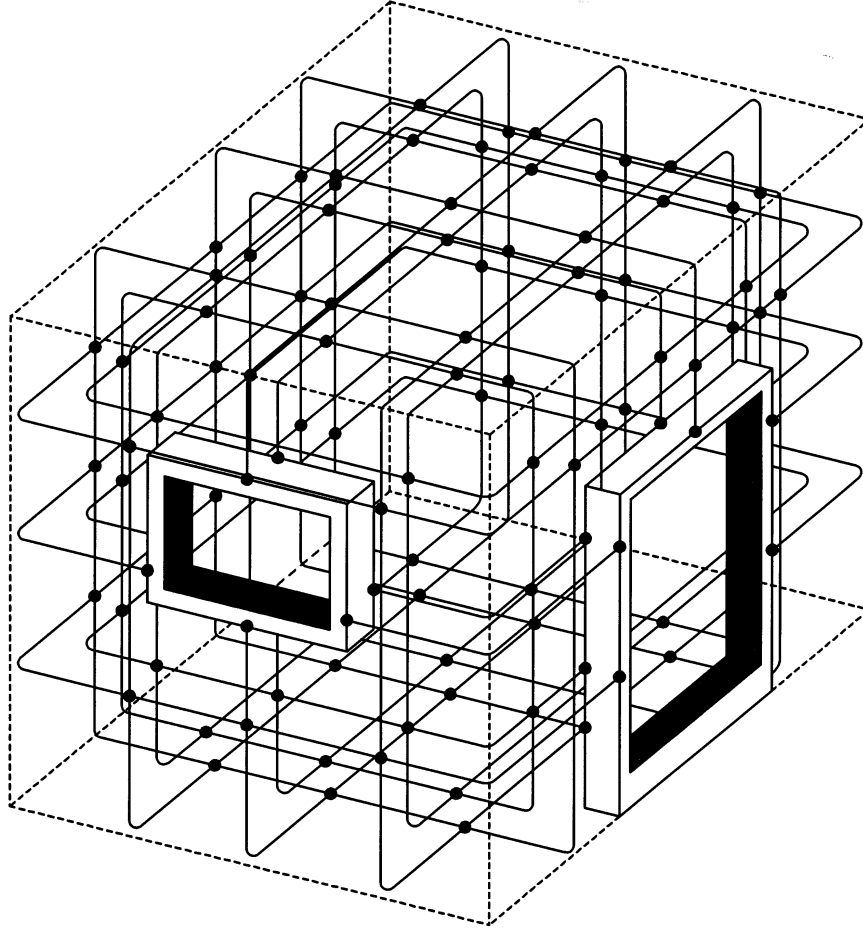
A.3.2 Izgara benzeri uzaysal siperler

Uygulamada; tavanlar, duvarlar ve zeminler, metal iskelet, metal çatılar ve metal dış cephelerdeki metal takviyeler gibi yapının doğal bileşenleri, genellikle LPZ'nin büyük hacim siperlerini meydana getirir. Bu bileşenler bir arada ızgara benzeri uzaysal siper oluşturur. Etkin siperleme yapabilmek için gözenek genişliğinin tipik olarak 5 m'den daha küçük olması gerekir.

Not 1- LPZ 1,5 m'den büyük gözenek genişliklerine ve tipik mesafelere sahip IEC 62305-3'e uygun normal bir dış LPS vasıtasıyla oluşturulmuş ise, bu siperlemenin etkisi ihmal edilebilir. Aksi taktirde, yapıdaki pek çok çelik desteklerle yapılan büyük bir çelik çerçeve önemli ölçüde bir siperleme etkisi sağlar.

Not 2- Bir sonraki içteki LPZ'lerde siperleme, uzaysal siperleme tedbirleri, kapalı metal çekmeceler veya dolaplar veya donanımın metal mahfazası kullanılmak suretiyle gerçekleştirilebilir.

Şekil A.3'te, uygulamada betondaki metal takviyelerin ve metal çerçevelerin (metal kapılar ve muhtemelen siperli pencereler için) bir oda veya binayla ilgili büyük bir hacim siperi meydana getirmek için nasıl kullanılabildiği gösterilmiştir.



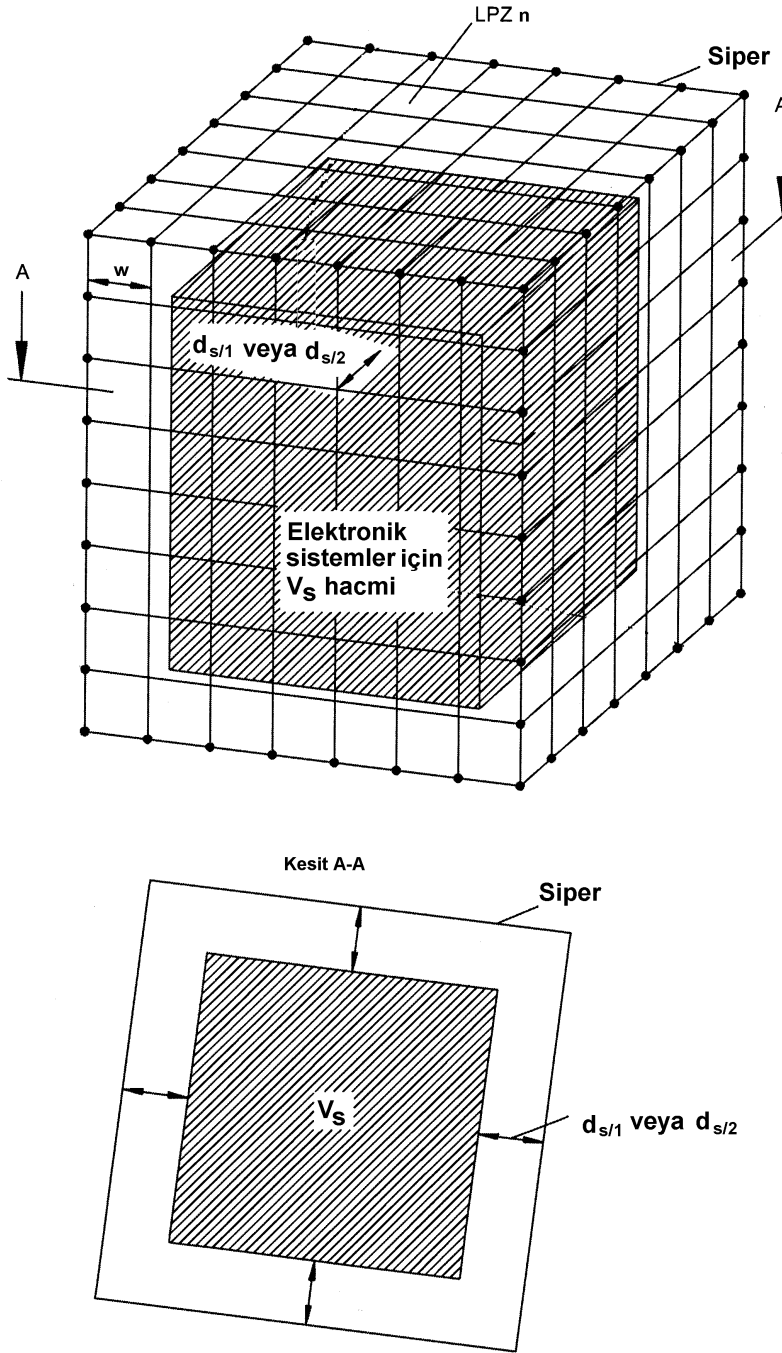
Açıklama

- Her çubukta ve kesişme yerlerinde kaynak yapılmış veya sıkıştırılmış

Not - Uygulamada, büyük yapılar için her noktada kaynak veya kenetleme yapılması mümkün değildir. Ancak, noktaların pek çoğu, doğrudan temas sağlamak veya ilave iletken bağlantılar yapmak suretiyle doğal olarak bağlanır. Bu nedenle, yaklaşık her 1 m'de bir bağlantı yapılması pratik bir yaklaşım olabilir.

Şekil A.3 - Metal takviye ve metal çerçeveler ile oluşturulan büyük hacim siperi

Dâhili sistemler, LPZ'nin siperinden itibaren güvenli bir mesafede olmasını sağlayan "güvenli bir hacim" içine yerleştirilmelidir (bk. Şekil A.4). Bunun nedeni, siperde akan kısmi yıldırım akımları nedeniyle (özellikle LPZ 1 için) bağıl olarak yüksek manyetik alanların sipere yakın yerlerde meydana gelmesidir.



Not - V_s hacmi, LPZ n'nin siperinden itibaren $d_{s/1}$ veya $d_{s/2}$ güvenli mesafede tutulmalıdır (bk. Madde A.4).

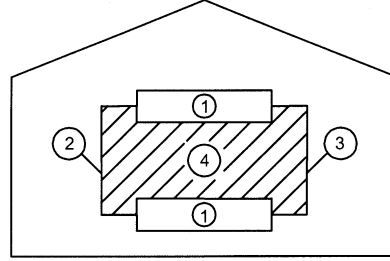
Şekil A.4 - İçteki bir LPZ n içindeki elektrik ve elektronik sistemler için hacim

A.3.3 Hat güzergâhı belirleme ve hat siperleme

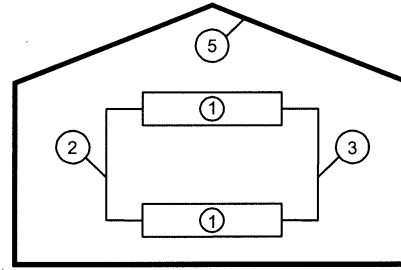
Dâhili sistemlere doğru endüklenen ani darbeler, uygun hat güzergâhı belirlemek (endüksiyon döngü alanlarını en az düzeye indirme) veya siperli kablolar veya metal kablo kanalları kullanmak (içerdeki endüksiyon etkilerini en az düzeye indirme) veya her ikisinin bir birleşimini kullanmak suretiyle azaltılabilir (bk. Şekil 5).

Açıklama

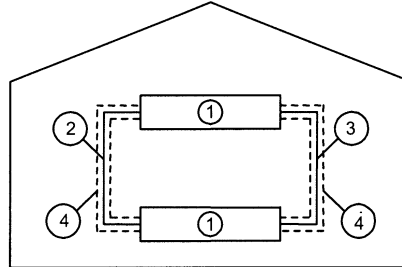
- 1 Donanım
- 2 İşaret kablağı
- 3 Güç kablağı
- 4 Endüksiyon döngüsü

**Şekil A.5a** – Korunmamış sistem**Açıklama**

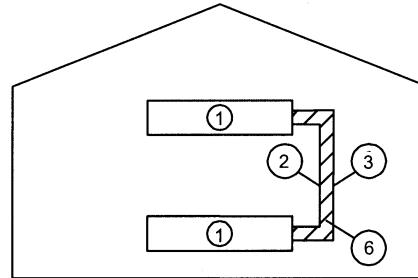
- 1 Donanım
- 2 İşaret kablağı
- 3 Güç kablağı
- 5 Uzaysal siperleme

**Şekil A.5b** – Kendi uzaysal siperi ile içteki bir LPZ içerisinde manyetik alanın azaltılması**Açıklama**

- 1 Donanım
- 2 İşaret kablağı
- 3 Güç kablağı
- 6 hat siperleme

**Şekil A.5c** – Hat siperlemesi ile hatlar üzerindeki alanın etkisinin azaltılması**Açıklama**

- 1 Donanım
- 2 İşaret kablağı
- 3 Güç kablağı
- 7 Azaltılmış döngü alanı

**Şekil A.5d** – Uygun hat güzergâhı belirlemek suretiyle endüksiyon döngü alanının azaltılması**Şekil A.5** - Hat güzergâhı belirleme ve siperleme tedbirleri ile endüksiyon etkilerinin azaltılması

Dâhili sistemlere bağlı iletken kablolar, kuşaklama şebekesinin metal bileşenlerine mümkün olduğunca yakın geçirilmelidir. Bu kabloların kuşaklama şebekesine ait mahfaza içinden (örneğin, U biçimli kablo kanalları veya metal kablo kanalları) geçmesi yararlıdır (ayrıca, bk. IEC 61000-5-2^[6]).

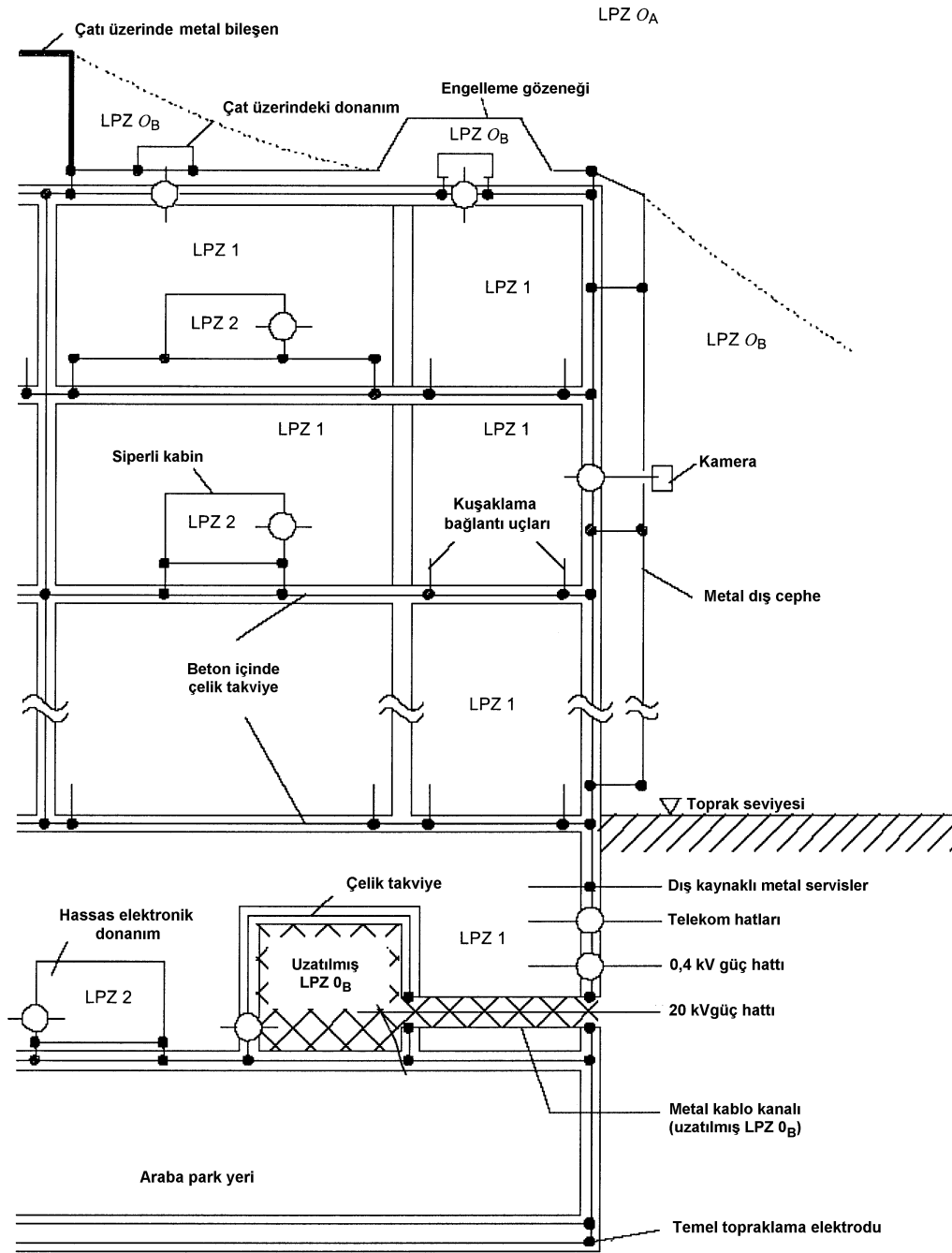
Kablolar bir LPZ'nin (özellikle LPZ 1) siperine yakın yere tesis edilirken, bu yerdeki manyetik alanların yüksek değerlerde olmasından dolayı bu hususa özel önem verilmelidir.

Ayrı yapılar arasına çekilen kabloların korunmasına ihtiyaç duyulduğunda, bunlar kablo kanalları içinden geçirilmelidir. Bu kanallar, her iki ucunda ayrı yapıların kuşaklama baralarına kuşaklanmalıdır. Kablo siperlerinin (her iki ucunda kuşaklanmış) muhtemel kısmi yıldırım akımını taşıyabilme imkânına sahip olması durumunda, ilâve metal kablo kanallarının kullanılmasına gerek yoktur.

Tesisat ile oluşturulan döngülerde endüklenen gerilimler ve akımlar, dâhili sistemlerde ortak modlu darbeler meydana getirir. Endüklenen bu akımlar ve gerilimlerin hesaplanması, Madde A.5'te açıklanmıştır.

Şekil A.6'da büyük bir ofis binasına ait örnek verilmiştir:

- Siperleme, LPZ 1 için çelik takviye ve metal dış cepheler ve LPZ 2'de hassas dâhili sistemler için kullanılan siperli mahfazalar vasıtasıyla elde edilir. Dar gözenekli bir kuşaklama sisteminin tesisine imkân sağlayabilmek için, her odada birkaç kuşaklama bağlantı ucu sağlanmalıdır.
- 20 kV'luk bir güç beslemesini yerleştirmek için LPZ 0, LPZ 1'in içine kadar uzatılır. Bu uzatmanın nedeni, bu özel durum için hemen girişte yüksek gerilim güç tarafı üzerine SPD'lerin tesis edilmesinin mümkün olmamasıdır.



Açıklama

- Eş potansiyel kuşaklama
- Ani darbe koruma düzeni (SPD)

Şekil A.6 - Bir ofis binası için SPM'ye ait örnek

LPZ içinde herhangi bir noktada H_1 manyetik alan şiddetinin hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılır:

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

Burada;

d_r (m) Dikkate alınan nokta ile siperli LPZ 1'in çatısı arasındaki en kısa mesafe,

d_w (m) Dikkate alınan nokta ile siperli LPZ 1'in duvarı arasındaki en kısa mesafe,

I_0 (A) LPZ 0A'daki yıldırım akımı,

k_H ($1/\sqrt{m}$) Konfigürasyon faktörü, tipik olarak $k_H = 0,01$,

w_m (m) LPZ 1'in ızgara benzeri siperine ait gözenek genişliği dir.

Bu formülden elde edilen sonuç, LPZ 1'deki manyetik alanın en büyük değeridir (aşağıdaki Not dikkate alınarak):

- İlk pozitif vuruştan meydana gelen $H_{1/F/MAX} = k_h \times I_{F/MAX} \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r}) \quad (\text{A/m}) \quad (\text{A.2})$

- İlk negatif vuruştan meydana gelen $H_{1/FN/MAX} = k_h \times I_{F/MAX} \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r}) \quad (\text{A/m}) \quad (\text{A.3})$

- Sonra gelen vuruşlardan meydana gelen $H_{1/S/MAX} = k_H \times i_{S/MAX} \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r}) \quad (\text{A/m}) \quad (\text{A.4})$

Burada;

$I_{F/MAX}$ (A) Koruma seviyesine uygun olarak ilk pozitif vuruş akımının en büyük değeri,

$I_{FN/MAX}$ (A) Koruma seviyesine uygun olarak ilk negatif vuruş akımının en büyük değeri,

$I_{S/MAX}$ (A) Koruma seviyesine uygun olarak sonra gelen vuruşlara ait akımların en büyük değeri dir.

Not 1- Bu alan, gözenekli kuşaklama şebekesinin Madde 5.2'ye uygun olarak tesis edilmesi durumunda, 2 faktörü ile azaltılır.

Bu manyetik alan değerleri, aşağıda belirtildiği gibi sadece siperden itibaren $d_{S/1}$ güvenlik mesafesindeki ızgara benzeri bir siper içindeki bir V_s güvenlik hacmi için geçerlidir (bk. Şekil A.4).

$$SF \geq 10 \text{ için} \quad d_{S/1} = w_m \times SF / 10 \quad (\text{m}) \quad (\text{A.5})$$

$$SF < 10 \text{ için} \quad d_{S/1} = w_m \quad (\text{m}) \quad (\text{A.6})$$

Burada;

SF (dB) Çizelge A.3'teki formüllerden hesaplanan siperleme faktörü,

w_m (m) ızgara benzeri siperin gözenek genişliğidir.

Not 2- ızgara benzeri bir siperde sahip LPZ 1 içindeki manyetik alanın deneysel sonuçları siperde yakın manyetik alandaki artışın yukarıdaki denklemlerden elde edilenden daha az olduğunu göstermiştir.

ÖRNEK

Çizelge A.2'de verilen boyutlara sahip üç adet bakır ızgara benzeri siper (ortalama gözenek genişliği $w_m = 2$ m olan) bir örnek olarak dikkate alınmıştır (bk. Şekil A.10). Bu durum, $d_{S/1} = 2$ m güvenlik mesafesinde tanımlanan V_s güvenlik hacmini meydana getirir. V_s içinde geçerli $H_{1/MAX}$ ile ilgili değerler, $i_{0/MAX} = 100 \text{ kA}$ için hesaplanmış ve Çizelge A.2'de gösterilmiştir. Çatıya olan mesafe yüksekliğin yarısı,

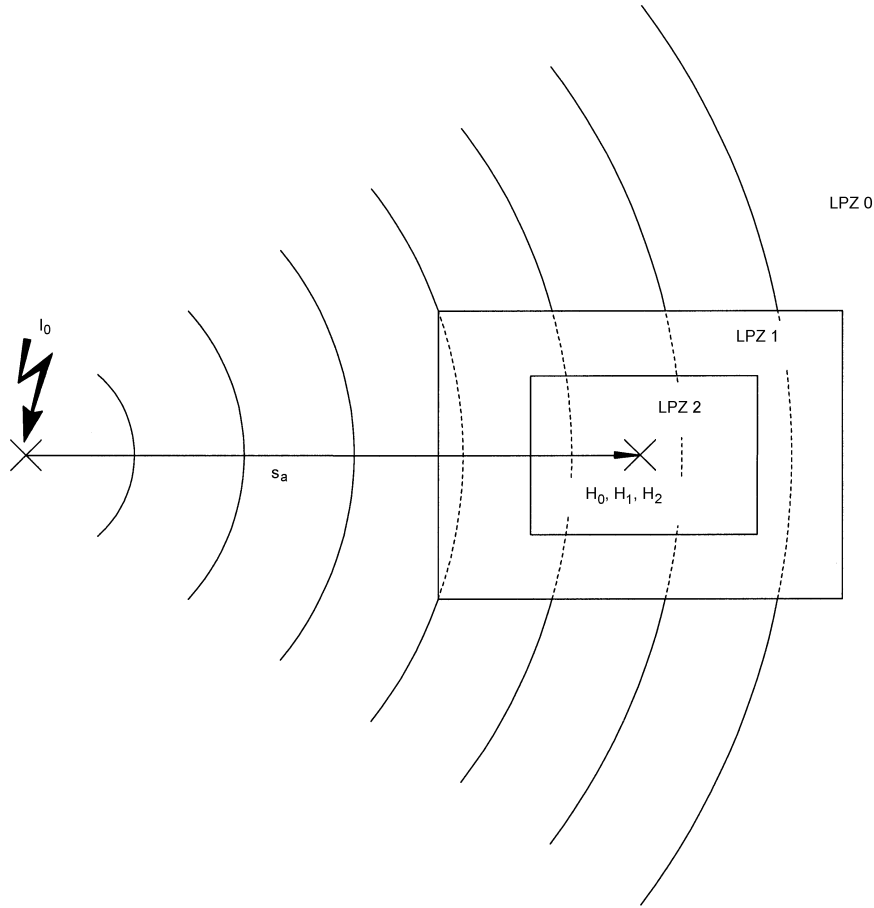
yani $d_r = H/2$ 'dir. Duvara olan mesafe ise uzunluğun yarısı, yani $d_w = \frac{L}{2}$ (merkez) veya $d_w = d_{s/1}$ dir (duvara yakın en kötü durum).

Çizelge A. 2 - $i_{0/MAX} = 100 \text{ kA}$ ve $w_m = 2 \text{ m}$ için örnekler

Siper tipi (bk. Şekil A.10)	$L \times W \times H$ m	$H_{1/MAX}$ (merkez) 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.4.1.2 Yakına yıldırım çakması durumunda LPZ 1'in ızgara benzeri uzaysal siperi

Yakına yıldırım çakma durumu Şekil A.8'de gösterilmiştir. Siperli LPZ 1 hacmi civarına gelen manyetik alan yaklaşık olarak bir düzlem dalga gibi değerlendirilebilir.



Şekil A.8 - Yakına yıldırım çakması durumunda manyetik alan değerlerinin değerlendirilmesi

Düzlem dalda ile ilgili ızgara benzeri uzaysal siperlerin SF siperleme faktörü Çizelge A.3'te verilmiştir.

Çizelge A.3 - Bir düzlem dalga için ızgara benzeri uzaysal siperlerin manyetik zayıflatması

Malzeme	SF (dB) ^{a, b}	
	25 kHz (ilk pozitif vuruş için geçerli)	1 MHz (sonra gelen vuruşlar için geçerli) veya 250 kHz (ilk negatif vuruş için geçerli)
Bakır veya alüminyum	$20 \times \log(8,5/w_m)$	$20 \times \log(8,5/w_m)$
Çelik ^c	$20 \times \log \left[(8,5/w_m) / \sqrt{1 + 18 \times 10^{-6} / r_c^2} \right]$	$20 \times \log(8,5/w_m)$
w_m Izgara benzeri siperin gözenek genişliği (m) r_c Izgara benzeri siperdeki bir çubuğun yarıçapı (m)		
^a Formüllerden eksi sonuçlar elde edilmesi halinde $SF = 0$ dir. ^b Madde 5.2'ye uygun olarak gözenekli kuşaklama şebekesi tesis edilmesi durumunda, SF 6 dB'e kadar artar. ^c Manyetik geçirgenlik $\mu_r \approx 200$		

Gelen manyetik alan H_0 aşağıdaki formülden hesaplanır:

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

Burada;

I_0 (A) LPZ 0_A'daki yıldırım akımı,

s_a (m) Çakma noktası ile siperli hacmin merkezi arasındaki mesafe dir.

Buradan, LPZ 0'daki manyetik alanın en büyük değeri için aşağıdakiler elde edilir:

- İlk pozitif vuruştan meydana gelen $H_{0/F/MAX} = i_{F/MAX} / (2 \times \pi \times s_a)$ (A/m) (A.8)

- İlk negatif vuruştan meydana gelen $H_{0/FN/MAX} = i_{FN/MAX} / (2 \times \pi \times s_a)$ (A/m) (A.9)

- Sonra gelen vuruşlardan meydana gelen $H_{0/S/MAX} = i_{S/MAX} / (2 \times \pi \times s_a)$ (A/m) (A.10)

Burada;

$I_{F/MAX}$ (A) Seçilen koruma seviyesine uygun olarak ilk pozitif çarpma yıldırım akımının, A cinsinden, en büyük değeri,

$I_{FN/MAX}$ (A) Seçilen koruma seviyesine uygun olarak ilk negatif çarpma yıldırım akımının, A cinsinden, en büyük değeri,

$I_{S/MAX}$ (A) Seçilen koruma seviyesine uygun olarak ardışık gelen çarpmalara ait yıldırım akımlarının, A cinsinden, en büyük değeri

dir.

LPZ 1 içinde H_0 'ın H_1 'e kadar düşürülmesi, Çizelge A.3'te verilen SF değerleri kullanılarak aşağıdaki formülden elde edilebilir:

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

Burada;

SF (dB) Çizelge A.3'teki formüllerden elde edilen siperleme faktörü,
 $H_{0/MAX}$ (A/m) LPZ 0 içindeki manyetik alan
dır.

Buradan, LPZ 1'deki manyetik alanın en büyük değeri için aşağıdakiler elde edilir:

$$- \text{ İlk pozitif vuruştan meydana gelen } H_{1/F/MAX} = H_{0/F/MAX} / 10^{SF/20} \text{ (A/m)} \quad (\text{A.12})$$

$$- \text{ İlk negatif vuruştan meydana gelen } H_{1/FN/MAX} = H_{0/FN/MAX} / 10^{SF/20} \text{ (A/m)} \quad (\text{A.13})$$

$$- \text{ Sonra gelen vuruşlardan meydana gelen } H_{1/S/MAX} = H_{0/S/MAX} / 10^{SF/20} \text{ (A/m)} \quad (\text{A.14})$$

Bu manyetik alan değerleri, sadece siperden itibaren bir $d_{s/2}$ güvenlik mesafesine sahip ızgara benzeri siper içinde bir V_s güvenlik hacmi için geçerlidir (bk. Şekil A.4):

$$- \text{ } SF \geq 10 \text{ için, } d_{s/2} = w_m^{SF/10} \text{ (m)} \quad (\text{A.15})$$

$$- \text{ } SF < 10 \text{ için, } d_{s/2} = w_m \text{ (m)} \quad (\text{A.16})$$

Burada;

SF (dB) Çizelge A.3'teki formüllerden elde edilen siperleme faktörü,
 w (m) ızgara benzeri siper için gözenek genişliği
dır.

Yakına yıldırım çakması halinde ızgara benzeri siperler içinde manyetik alan şiddetinin hesaplanması ile ilgili ilâve bilgi için Madde A.4.3'e bakılmalıdır.

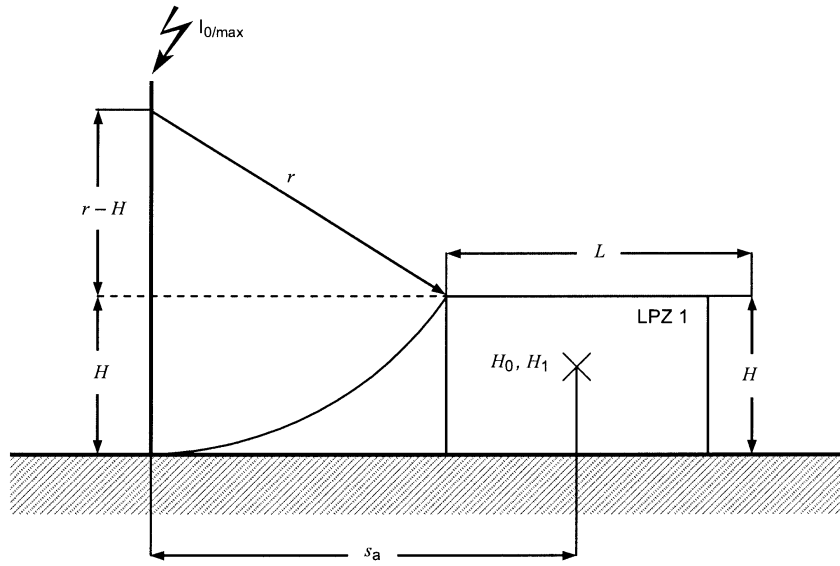
ÖRNEKLER

Yakına yıldırım çakması halinde, LPZ 1 içindeki $H_{1/MAX}$ manyetik alan şiddeti; $I_{0/MAX}$ yıldırım akımına, LPZ 1'e ait siperin SF siperleme faktörüne ve yıldırım kanalı ile LPZ 1'in merkezi arasındaki s_a mesafesine bağlıdır (bk. Şekil A.8).

$I_{0/MAX}$ yıldırım akımı, seçilen LPL'ye bağlıdır (bk. IEC 62305-1). SF siperleme faktörü (bk. Çizelge A.3), esas itibarıyla ızgara benzeri siperin gözenek genişliğinin bir fonksiyonudur. s_a mesafesi aşağıdakilerden biri ile verilir:

- Yakındaki bir cisme yıldırım çakması durumunda, bu cisim (örneğin bir direk) ile LPZ 1'in merkezi arasında verilen bir mesafe veya
- LPZ 1'e yakın toprağa yıldırım çakması durumunda, LPZ 1'in merkezi ile yıldırım kanalı arasındaki en küçük mesafe.

Böylece, en kötü durum şartı, en yakın s_a mesafesi ile birlikte en yüksek $I_{0/MAX}$ yıldırım akımı ihtimalidir. Şekil A.9'da gösterildiği gibi, bu en küçük s_a mesafesi, yapının (LPZ 1) H yüksekliğinin ve L uzunluğunun (veya W genişliğinin) ve elektro geometrik modelden tanımlanan $I_{0/MAX}$ 'a (bk. Çizelge A.4) karşılık gelen yuvarlanan kürenin yarı çapı r 'nin (Çizelge A.4) bir fonksiyonudur (bk. IEC 62305-1:2010, Madde A.4).



Şekil A.9 - Yuvarlanan küre yarı çapına ve yapının boyutlarına bağlı olarak s_a mesafesi

Mesafe aşağıdaki biçimde hesaplanabilir:

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

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

Not - En küçük değerden daha küçük mesafeler için yıldırım, yapıya doğrudan çakar.

Çizelge A.5'te verilen boyutlara sahip üç tipik siper tanımlanabilir. $w = 2$ m'lik ortalama gözenek genişliği olan bakırdan yapılmış izgara benzeri bir siper var sayılmıştır. Bu durumda, siperleme faktörü $SF = 12,6$ dB ve güvenlik hacmi V_s 'yi tanımlayan bir güvenlik mesafesi $d_{s/2} = 2,5$ m elde edilir. V_s içinde her yerde geçerli olduğu var sayılan $H_{0/MAX}$ ve $H_{1/MAX}$ ile ilgili değerler, $I_{0/MAX} = 10$ kA için hesaplanmış ve Çizelge A.5'te gösterilmiştir.

Çizelge A. 4 - En büyük yıldırım akımına karşılık gelen yuvarlanan küre yarı çapı

Koruma seviyesi	En büyük yıldırım akımı $I_{0/MAX}$ kA	Yuvarlanan küre yarı çapı, r m
I	200	313
II	150	260
III - IV	100	200

Çizelge A.5 - $SF = 12,6$ dB'ye karşılık gelen $I_{0/MAX} = 100$ kA ve $w_m = 2$ m için örnekler

Siper tipi (bk. Şekil 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.4.1.3 LPZ 2 ve daha yüksek olanlar için ızgara benzeri uzaysal siperler

LPZ 2 ve daha yüksek olanlara ait ızgara benzeri siperlerde, dikkate değer kısmi yıldırım akımları akmaz. Bu nedenle, ilk yaklaşım olarak, yakına yıldırım çakmalarında LPZ n+1 içinde H_n 'nin H_{n+1} 'e düşürülmesi, Madde A.4.1.2'de verildiği gibi hesaplanabilir:

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

Burada;

SF (dB) Çizelge A.3'ten elde edilen siperleme faktörü,

H_n (A/m) LPZ n içindeki manyetik alan
dır.

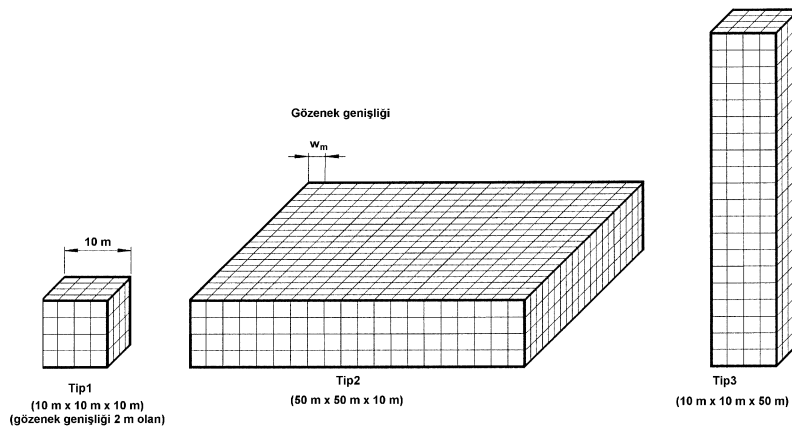
$H_n = H_1$ ise, alan şiddeti aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

- LPZ2'nin siperi ile duvar ve sırasıyla çatı arasındaki mesafeler d_w ve d_r olmasına rağmen, LPZ 1'in ızgara benzeri siperine doğrudan yıldırım çakmaları olması durumunda, Madde A.4.1.1 ve Şekil A.7b'ye bakılmalıdır,
- LPZ 1 yakınına yıldırım çakmaları olması durumunda, Madde A.4.1.2 ve Şekil A.8'e bakılmalıdır.

Bu manyetik alan değerleri, sadece siperden itibaren güvenlik mesafesi $d_{s/2}$ olan ızgara benzeri siper içindeki güvenlik hacmi V_s için geçerlidir (Madde A.4.1.2'de tanımlandığı ve Şekil A.4'te gösterildiği gibi)

A.4.2 Doğrudan yıldırım çakmaları nedeniyle manyetik alanın teorik olarak değerlendirilmesi

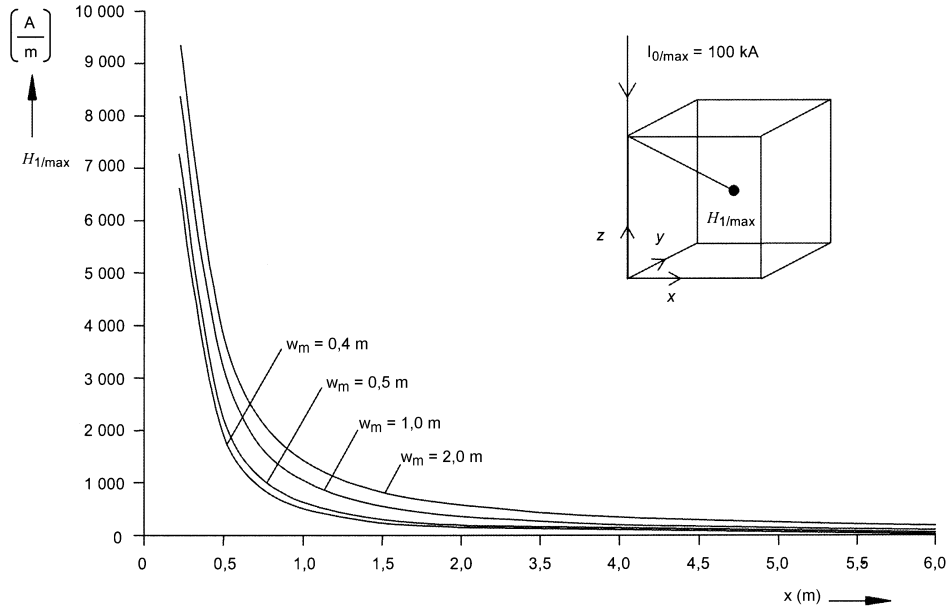
Madde A.4.1.1'deki $H_{1/MAX}$ manyetik alan şiddetinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılan formüllerde, Şekil A.10'da gösterildiği gibi üç tipik ızgara benzeri siperler için sayısal manyetik alan hesaplamaları esas alınmıştır. Bu hesaplamalarda, çatı kenarlarından birisine bir yıldırımın çaktığı var sayılmıştır. Yıldırım kanalı, çatı üstünde bulunan 100 m uzunluğunda düşey bir iletken çubuk ile simüle edilmiştir. İdeal bir iletken levha toprak düzlemini simüle etmektedir.



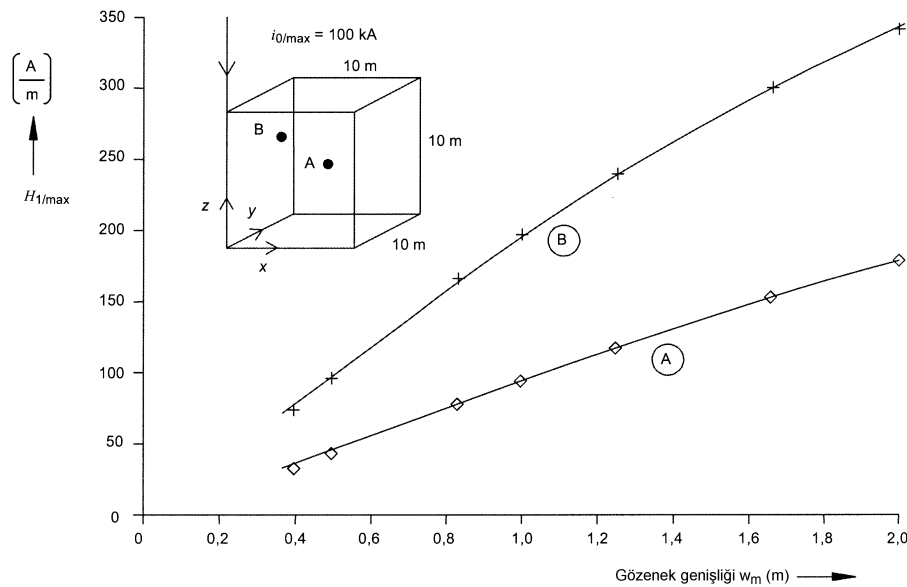
Şekil A.10 - Izgara benzeri büyük hacim siperleri ile ilgili tipler

Hesaplama, bütün diğer çubuklar ve simüle edilen yıldırım akım kanalı da dâhil, ızgara benzeri siper içindeki her çubuğun manyetik alan kuplajı dikkate alınır ve ızgarada yıldırım akımı dağılımını hesaplamak için denklemlerden oluşan bir küme meydana gelir. Bu akım dağılımından hareket edilerek, siper içindeki manyetik alan şiddeti elde edilir. Çubukların direncinin ihmal edilebildiği varsayılır. Bu nedenle, ızgara benzeri siperdeki akım dağılımı ve manyetik alan şiddeti frekanstan bağımsızdır. Ayrıca, geçici rejim etkilerini önlemek için kapasitif kuplaj ihmal edilir.

Tip 1 siper durumu için (bk. Şekil A.10), bazı sonuçlar Şekil A.11 ve Şekil A.12'de gösterilmiştir.



Şekil A.11 - Tip 1 ızgara benzeri siper içinde manyetik alan şiddeti



Şekil A.12 - Gözenek genişliğine göre tip 1 ızgara benzeri siper içinde manyetik alan şiddeti

Not 1- İzgara benzeri bir sipere sahip bir LPZ 1 içindeki manyetik alanın deneysel sonuçları, sipere yakın manyetik alandaki artışın yukarıdaki denklemlerden elde edilen manyetik alandaki artıştan daha az olduğunu gösterir.

Not 2- Hesaplanan sonuçlar ızgara benzeri sipere göre sadece $d_{s/1} > w_m$ mesafeleri için geçerlidir.

Bütün durumlarda, en büyük yıldırım akımı $I_{0/MAX} = 100$ kA olarak kabul edilmiştir. Şekil A.11 ve Şekil A.12'in her ikisinde $H_{1/MAX}$, alana ait H_x , H_y ve H_z bileşenlerinden aşağıdaki formül kullanılarak elde edilen bir noktadaki en büyük manyetik alan şiddetidir:

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

Şekil A.11'de, $H_{1/MAX}$, çakma noktasından başlayarak ($x = y = 0$, $z = 10$ m) düz bir hat boyunca hesaplanır ve hesaplama işlemine hacmin merkezinde ($x = y = 5$ m, $z = 5$ m) son verilir. $H_{1/MAX}$, ızgara benzeri siperin w_m gözenek genişliği parametre alınarak, bu hat üzerindeki her nokta için x koordinatının bir fonksiyonu olarak çizilir.

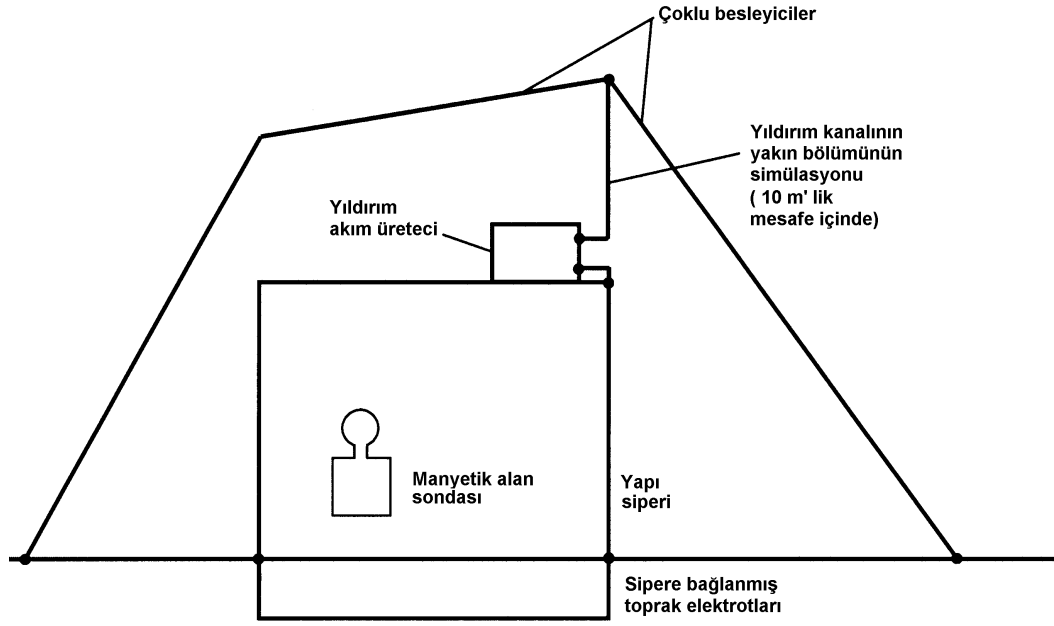
Şekil A.12'de, $H_{1/MAX}$, siper içinde bulunan iki nokta için (A noktası: $x = y = 5$ m, $z = 5$ m, B noktası: $x = y = 3$ m, $z = 7$ m) hesaplanır. Sonuç, w_m gözenek genişliğinin fonksiyonu olarak çizilir.

Her iki şekilde de ızgara benzeri siper içindeki manyetik alan dağılımına yön veren ana parametrelerin etkileri gösterilmiştir. Bu ana parametreler, duvar veya çatıdan olan mesafe ve gözenek genişliğidir.

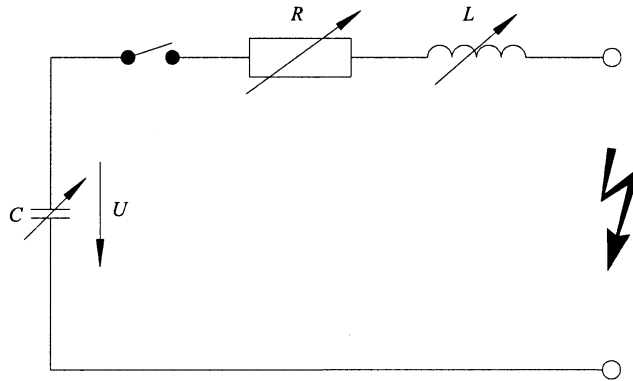
Şekil A.11'de, siper hacmi içindeki diğer çizgiler boyunca sıfır eksen geçişlerin ve $H_{1/MAX}$ manyetik alan şiddetine ait bileşenlerin işaretlerinde değişme olabildiği gözlemlenmelidir. Bu nedenle, Madde A.4.1.1'de verilen formüller, ızgara benzeri siper içindeki gerçek ve daha karmaşık olan manyetik alan dağılımının birinci dereceden yaklaşımlarıdır.

A.4.3 Doğrudan bir yıldırım çakması nedeniyle manyetik alanın teorik olarak değerlendirilmesi

Siperlenmiş yapılar içindeki manyetik alanlar, ayrıca deneysel ölçmeler yapmak suretiyle de belirlenebilir. Şekil A.13'te, bir yıldırım akım jeneratörü kullanılarak, siperlenmiş bir yapının herhangi bir noktasına doğrudan yıldırım çakmasının simülasyonu için bir öneri gösterilmiştir. Normal olarak bu gibi deneyler, ancak simüle edilen yıldırım akımının dalga biçiminin gerçek yıldırım boşalma akımına özdeş olması durumunda, düşük akım seviyesi deneyleri olarak yapılabilir.



Şekil A.13a - Deney düzeni

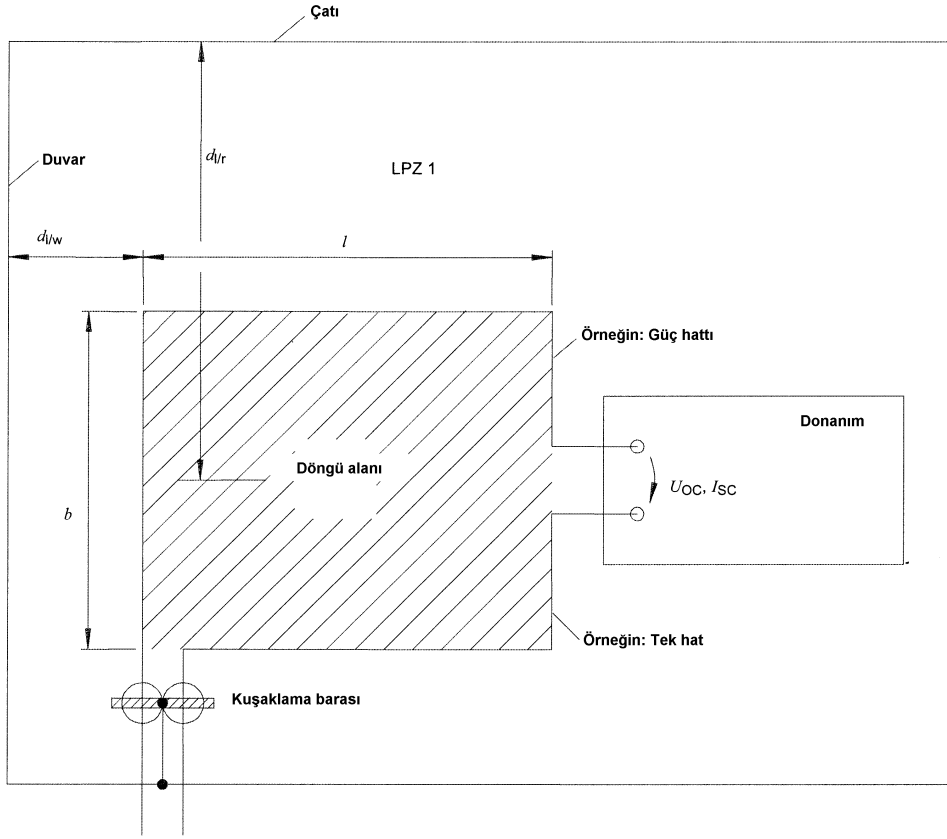
**Açıklamalar:** U Tipik olarak yaklaşık 10 kV C Tipik olarak yaklaşık 10 nF

Şekil A.13b - Yıldırım akım jeneratörü

Şekil A. 13 - Siperlenmiş bir yapı içindeki manyetik alanı değerlendirmek için düşük seviyeli deney

A.5 Endüklenen gerilim ve akımların hesaplanması**A.5.1 Genel**

Sadece Şekil A.14'e uygun dikdörtgen biçimindeki döngüler dikkate alınmıştır. Başka biçimde olan döngüler, aynı döngü alanına sahip dikdörtgen konfigürasyonlara dönüştürmelidir.



Şekil A.14- Hatlar tarafından oluşturulan bir döngü içindeki gerilimler ve akımlar

A.5.2 Doğrudan bir yıldırım çakması durumunda LPZ 1 içindeki durum

Bir LPZ 1'in V_s hacmi içindeki H_1 manyetik alanı hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılır (bk. Madde A.4.1.1):

$$H_1 = k_h \times i_0 \times w / (d_w \times \sqrt{d_r}) \text{ (A/m)} \quad (\text{A.21})$$

U_{oc} açık devre gerilimi aşağıdaki formülden elde edilir:

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

Tepe değer $U_{oc/MAX}$, T_1 darbe cephe süresi sırasında oluşur:

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

Burada;

- μ_0 $4 \times \pi \times 10^{-7}$ 'ye eşittir (Vs)/(Am),
 b (m) Döngü genişliğidir,
 $d_{l/w}$ (m) $d_{l/w} \geq d_{s/1}$ ise, siper duvarından itibaren döngünün mesafesidir,

$d_{l/r}$ (m)	Siper çatısından itibaren döngünün ortalama mesafesidir,
I_0 (A)	LPZ 0A'daki yıldırım akımıdır,
$I_{0/MAX}$ (A)	LPZ 0A'daki yıldırım akım vuruşunun en büyük değeridir,
$k_H (1/\sqrt{m})$	Konfigürasyon faktörü $k_H = 0,01 \cdot (1/\sqrt{m})$ 'dir,
l (m)	Döngünün uzunluğudur,
T_1 (s)	LPZ 0A'daki yıldırım akım vuruşunun cephe süresidir,
w_m (m)	Izgara benzeri siperin gözenek genişliğidir.

I_{sc} kısa devre akımı aşağıdaki bağıntıdan elde edilir:

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

Burada telin omik direnci ihmal edilmiştir (en kötü durum).

En büyük değer $I_{SC/MAX}$, aşağıdaki formülden elde edilir:

$$I_{SC/MAX} = \mu_0 \times b \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot k_h (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{0/MAX} / L_S \text{ (A)} \quad (\text{A.25})$$

Buradaki L (H), L'nin öz endüktansdır.

Dikdörtgen biçimindeki döngülerde, L'nin öz endüktansı aşağıdaki formülden hesaplanır:

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

Burada, r_c (m) döngü iletkeninin yarıçapıdır.

İlk pozitif vuruşun ($T_1 = 10 \mu s$) oluşturduğu manyetik alan ile endüklenen gerilim ve akım aşağıdaki bağıntılardan elde edilir:

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

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

İlk negatif vuruşun ($T_1 = 1 \mu s$) oluşturduğu manyetik alan ile endüklenen gerilim ve akım aşağıdaki bağıntılardan elde edilir:

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

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

Ardışık gelen vuruşların ($T_1 = 0,25 \mu s$) oluşturduğu manyetik alan ile endüklenen gerilim ve akım aşağıdaki bağıntılardan elde edilir

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

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

Burada;

- $I_{F/MAX}$ (kA) İlk pozitif vuruştan oluşan akımının en büyük değeridir,
 $I_{FN/MAX}$ (kA) İlk negatif vuruştan oluşan akımının en büyük değeridir,
 $I_{S/MAX}$ (kA) Ardışık vuruşlardan oluşan akımın en büyük değeridir.

A.5.3 Yakına bir yıldırım çakması durumunda LPZ 1 içindeki durum

LPZ 1'in V_s hacmi içindeki H_1 manyetik alanın homojen olduğu kabul edilmiştir (bk. Madde A.4.1.2)

U_{OC} açık devre gerilimi aşağıdaki bağıntıdan elde edilir:

$$U_{OC} = \mu_0 \times b \times l \times dH_1 / dt \text{ (V)} \quad (\text{A.33})$$

Tepe değer $U_{OC/MAX}$, T_1 darbe cephesi süresi sırasında oluşur:

$$U_{OC/MAX} = \mu_0 \times b \times l \times H_{1/MAX} / T_1 \text{ (V)} \quad (\text{A.34})$$

Burada;

- μ_0 $4\pi \cdot 10^{-7}$ 'ye eşittir (Vs)/(Am)
 b (m) Döngü genişliğidir,
 H_1 (A/m) LPZ 1 içindeki zamana bağımlı manyetik alandır,
 $H_{1/MAX}$ (A/m) LPZ 1 içindeki manyetik alanın en büyük değeridir,
 l (m) Döngünün uzunluğudur,
 T_1 (s) Yıldırım akım vuruşunun cephe süresi ile özdeş olan, manyetik alanın cephe süresidir.

I_{SC} kısa devre akımı aşağıdaki bağıntıdan elde edilir:

$$I_{SC} = \mu_0 \times b \times l \times H_1 / L_S \text{ (A)} \quad (\text{A.35})$$

Burada, telin omik direnci ihmal edilmiştir (en kötü durum)

En büyük değer $I_{SC/MAX}$, aşağıdaki bağıntıdan elde edilir:

$$I_{SC/MAX} = \mu_0 \times b \times l \times H_{1/MAX} / L_S \text{ (A)} \quad (\text{A.36})$$

Burada; $L_S(H)$ döngünün öz endüktansıdır (L_S 'nin hesaplanması için Madde A.5.2'ye bakılmalıdır).

İlk pozitif vuruşun ($T_1 = 10 \mu s$) oluşturduğu $H_{1/F}$ manyetik alanı tarafından endüklenen gerilim ve akım aşağıdaki bağıntılardan elde edilir:

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

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

İlk negatif vuruşun ($T_1 = 1 \mu s$) oluşturduğu $H_{1/FN}$ manyetik alanı tarafından endüklenen gerilim ve akım aşağıdaki bağıntılardan elde edilir:

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

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

Ardışık gelen vuruşların ($T_1 = 0,25 \mu s$) oluşturduğu $H_{1/S}$ manyetik alanı tarafından endüklenen gerilim ve akım aşağıdaki bağıntılardan elde edilir:

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

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

Burada;

$H_{1/F/MAX}$ (A/m)	İlk pozitif vuruştan dolayı LPZ 1 içinde meydana gelen manyetik alanın en büyük değeridir,
$H_{1/FN/MAX}$ (A/m)	İlk negatif vuruştan dolayı LPZ 1 içinde meydana gelen manyetik alanın en büyük değeridir,
$H_{1/s/max}$ (A/m)	Ardışık gelen vuruşlardan dolayı LPZ 1 içinde meydana gelen manyetik alanın en büyük değeridir,

A.5.4 LPZ 2 ve daha yüksek olanlar içindeki durum

$n \geq 2$ için LPZ n içindeki H_n manyetik alanın homojen olduğu kabul edilmiştir (Madde A.4.1.3).

Bu nedenle H_1 yerine H_n konularak, aynı formüller endüklenen gerilimler ve akımlar için uygulanır (Madde A.4.1.2).

Ek B (Bilgi için)

Mevcut bir yapı için SPM uygulaması

B.1 Genel

Mevcut yapılar içindeki donanım için bu standarda ana hatları verilen SPM'yi izlemesi her zaman mümkün değildir. Bu ek'te, göz önünde bulundurulmuş ana noktaları açıklamaya gayret edilmiş ve zorunlu olmayan, ancak sağlanan toplam korumayı artırmaya katkısı olabilen koruma tedbirleri hakkında bilgi verilmiştir.

B.2 Kontrol listesi

Mevcut binalarda, yıldırım etkilerine karşı uygun korunma tedbirlerinin verilen yapımın, yapı durumunun ve mevcut elektrik ve elektronik sistemlerin dikkate alınması gereklidir.

Bir kontrol listesi takımı, risk analizini ve en uygun koruma tedbirlerinin seçimi kolaylaştırır.

Özellikle mevcut yapılar için, bölge oluşturma kavramı için ve topraklama, kuşaklama, hat güzergâhını belirleme ve siperleme için sistematik bir plan hazırlanmalıdır.

Çizelge B.1 ila Çizelge B.4'te verilen kontrol listeleri, mevcut yapılar ve bu yapılardaki tesislere ait istenen verileri toplamak için kullanılmalıdır. Bu veriler esas alınarak, korunma ile ilgili ihtiyacı belirlemek ve böylece, kullanılacak en maliyet etkin koruma tedbirlerini tanıtmak amacıyla IEC 62305-2'ye uygun bir risk değerlendirmesi yapılmalıdır.

Not - Elektromanyetik girişime (EMG) karşı korunma ile ilgili daha fazla bilgi için IEC 60364-4-44^[1]e bakılmalıdır.

Kontrol listeleri vasıtasıyla toplanan veriler, ayrıca tasarım sürecinde de kullanılabilir.

Çizelge B.1 - Yapısal karakteristikler ve çevreler

Madde	Soru ^a
1	Taş, tuğla, ahşap, betonarme, çelik çerçeveli yapılar, metal ön cephe?
2	Tek bir yapı veya genişleme ek yerleri ile birbirlerine bağlı bloklar?
3	Düz ve alçak veya yüksek yapılar (yapıların boyutları) ?
4	Yapı boyunca elektriksel olarak bağlanan takviye çubukları?
5	Metalik çatı malzemelerinin cinsi, tipi ve kalitesi?
6	Kuşaklanan metal dış cepheler?
7	Kuşaklanan metal pencere çerçeveleri?
8	Pencere büyüklükleri ?
9	Dış LPS ile donatılan yapı?
10	Bu LPS tipi ve kalitesi?
11	Zemin malzemesi (kaya, toprak)?
12	Çok yakın yapıların yüksekliği, mesafesi ve topraklaması?
^a Ayrıntılı bilgi için IEC 62305-2'ye bakılmalıdır.	

Çizelge B.2 - Tesisat karakteristikleri

Madde	Soru ^a
1	Giren hizmetlerin tipi (yer altı veya havai)?
2	Anten tipleri (antenler veya diğer dış elemanlar)?
3	Güç besleme tipi (yüksek gerilim, alçak gerilim, havai veya yer altı)?
4	Hat güzergâhı (düşey hatların, kablo kanallarının sayısı ve yeri)?
5	Metal kablo kanallarının kullanımı?
6	Yapı içinde bağımsız olan donanımlar var mı?
7	Diğer yapılara giden metal iletkenler?

^a Ayrıntılı bilgi için IEC 62305-2'ye bakılmalıdır.

Çizelge B.3 - Donanım karakteristikleri

Madde	Soru ^{a,b}
1	Dâhili sistemlerin ara bağlantı tipleri (siperli veya sipersiz çok damarlı kablolar, eş eksenli kablo, analog ve/veya sayısal, dengeli veya dengesiz fiber optik kablolar)? ^a
2	Belirtilen elektronik sistemin dayanım seviyesi? ^{a,b}

^a Ayrıntılı bilgi için IEC 62305-2'ye bakılmalıdır.
^b Ayrıntılı bilgi için ITU-T K.21^[4], IEC 61000-4-5, IEC 61000-4-9 ve IEC 61000-4-10'a bakılmalıdır.

Çizelge B.4 - Korunma kavramı ile ilgili dikkate alınması gereken diğer sorular

Madde	Soru ^a
1	Güç besleme topraklamasının konfigürasyonu - TN (TN-S, TN-C veya TN-C-S), TT veya IT?
2	Elektronik donanımın yeri? ^a
3	Kuşaklama şebekesi olan dâhili sistemin fonksiyonel topraklama iletkenlerinin ara bağlantıları?

^a Ayrıntılı bilgi için Ek A'ya bakılmalıdır

B.3 Mevcut bir yapı için SPM tasarımı

Tasarım sürecinde ilk adım, Madde B.2'ye uygun olarak kontrol listesi üzerinde çalışmak ve risk değerlendirmesi yapmaktır.

Bu analiz ile SPM'nin gerekli olduğuna karar verilir ise, bu durumda Şekil B.1'de ana hatları verilen adımlar izlenerek uygulanmalıdır.

Korunacak donanımın yerleştirildiği bütün yerlere uygun LPZ'ler tahsis edilir (bk. Madde 4.3).

SPM'nin temelini bir dâhili siperleme ve kuşaklama şebekesi oluşturmalıdır. Bu şebeke herhangi bir yönde 5 m'yi aşmayan gözenek genişliklerine sahip olmalıdır. Yapının planı, bu siperleme ve kuşaklamaya izin vermez ise, her zemin üzerinde yapının dış duvarının iç tarafına en az bir halka iletken tesis edilmelidir. Bu halka iletken, dış LPS'nin her bir iniş iletkenine kuşaklanmalıdır.

Not - Mevcut yapılarda iyileştirme amacıyla siperleme yapılması genellikle pratik ve ekonomik değildir. Böyle bir durumda, SPD'lerin kullanımı etkin bir alternatif sağlar.

B.4 LPZ için temel koruma tedbirlerinin tasarımı**B.4.1 LPZ 1 için temel koruma tedbirlerinin tasarımı**

Koruma tedbirlerinde, dâhili siperleme ve kuşaklama şebekesi veya normal olarak LPZ 1'in sınırı olan dış duvarın iç tarafındaki halka iletken esas alınır. Dış duvar LPZ 1'in sınırı değil ise ve bir dâhili siperleme ve kuşaklama mümkün değil ise, LPZ 1'in sınırında bir halka iletken tesis edilmelidir. Halka iletken, en azından mümkün olduğu kadar birbirinden uzak iki yerde dış duvardaki halka iletkene mutlaka bağlanmalıdır.

B.4.2 LPZ 2 için temel koruma tedbirlerinin tasarımı

Koruma tedbirlerinde, dâhili siperleme ve kuşaklama şebekesi veya dış duvarın iç tarafında halka iletken esas alınır. Bir dâhili siperleme ve kuşaklama mümkün değil ise, her LPZ 2'nin sınırında bir halka iletken

tesis edilmelidir. Bir LPZ 2, 5 m x 5 m den daha büyük ise, 5 m x 5 m yi aşmayan gözenekler oluşturularak bir alt bölüm oluşturulması zorunludur. Halka iletken, en azından mümkün olduğu kadar birbirinden uzak iki yerde LPZ 1'i çevreleyen halka iletkene mutlaka bağlanmalıdır.

B.4.3 LPZ 3 için temel koruma tedbirlerinin tasarımı

Koruma tedbirlerinde, dâhili siperleme ve kuşaklama şebekesi veya LPZ 2'nin iç tarafındaki halka iletken esas alınır. Bir dâhili siperleme ve kuşaklama mümkün değil ise, her LPZ 3'ün sınırında bir halka iletken tesis edilmelidir. Bir LPZ 3, 5 m x 5 m den daha büyük ise, 5 m x 5 m yi aşmayan gözenekler oluşturularak bir alt bölüm oluşturulması zorunludur. Halka iletken, en azından mümkün olduğu kadar birbirinden uzak iki yerde LPZ 2'i çevreleyen halka iletkene mutlaka bağlanmalıdır.

B.5 Koordineli SPD sisteminin tesisi

Koordineli bir SPD sistemi, farklı LPZ'lerin sınırlarından geçen kabloları korumak için tasarlanmalıdır.

İlave tedbirlerin tasarlanması, kuşaklama ve SPD sistemleri ile korumayı önemli ölçüde artıracaktır.

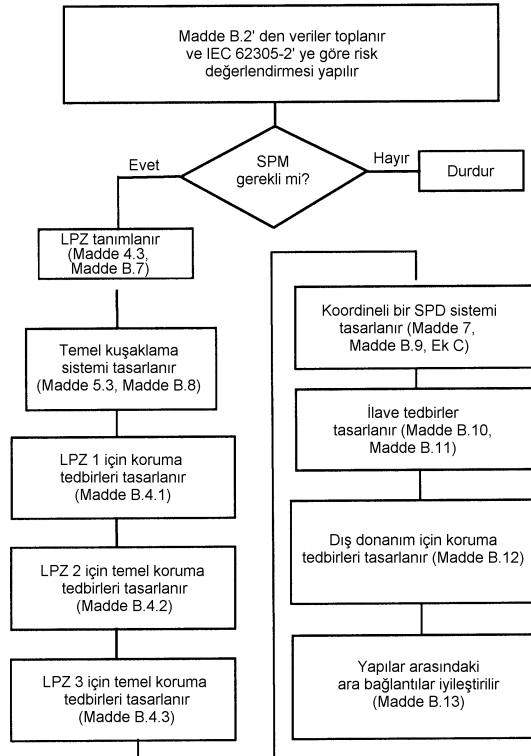
Kablo tavaları, kablo merdivenleri ve benzerlerinin tasarımı, bunların içinden ve/veya üzerinden geçen kablolar için uygun siperler oluşturmak için mutlaka iyileştirme sağlamalıdır.

Mümkün ise, duvarların, zeminlerin, tavanların vb'nin siperlenmesi gibi ilave tedbirler, halen uygulanmakta olan tedbirlere ilave koruma sağlaması için dikkate alınmalıdır (bk. Madde 6).

İnceleme altındaki yapı ile diğer yapılar arasındaki ara bağlantıları iyileştirecek tedbirler tasarlanırlar (bk. Madde B.11).

Koruma tedbirleri ile henüz donatılmış bir yapıda yeni dâhili sistemlerin tesis edilmesi durumunda, bu dâhili sistemlerin yeni için tasarım süreci tekrarlanmalıdır.

Komple tasarım süreci, akış diyagramı olarak gösterilmiştir (bk. Şekil B.1).



Şekil B. 1 - Mevcut bir yapı için SPM tasarım adımları

B.6 LPZ 1'in uzaysal siperlemesi kullanılarak mevcut LPS'in iyileştirilmesi

LPZ 1 etrafındaki mevcut bir LPS (IEC 62305-3'e uygun) aşağıdakiler ile iyileştirilebilir:

- Mevcut metal dış cephelerin ve metal çatıların dış LPZ 1 ile entegre edilmesi,
- Yapıdaki takviye çubuklarının kullanılması (takviye çubuklarının üst çatıdan itibaren toprak sonlandırma sistemine kadar elektriksel olarak sürekliliği sağlanarak),
- İnşaat iletkenlerinin açıklıklarının azaltılması ve hava sonlandırma sisteminin gözenek büyüklüğünün tipik olarak 5 m'nin altına düşürülmesi,
- Birbirlerine çok yakın, ancak yapısal olarak ayrılmış, takviyeli bloklar arasındaki genişleme ek yerleri arasına bükülgen kuşaklama iletkenlerinin monte edilmesi.

B.7 Elektrik ve elektronik sistemler için LPZ'lerin tesis edilmesi

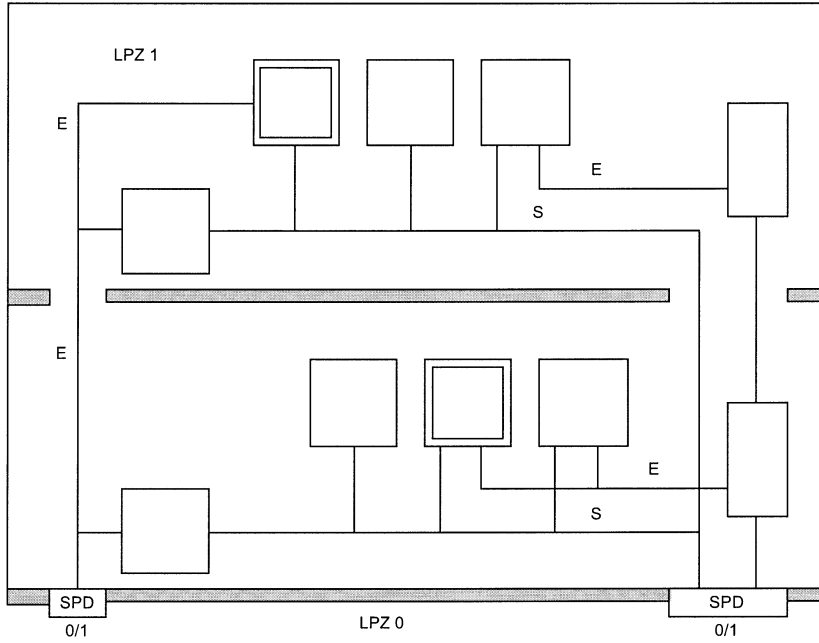
Elektrik ve elektronik sistemlerin sayısı, tipi ve hassasiyetine bağlı olarak, küçük yerel bölgelerden (tek bir elektronik donanımın mahfazası) başlayarak büyük birleşik alanlara (bütün bina hacmi) kadar uzanan uygun iç LPZ'ler tanımlanır.

Şekil B.2'de, özellikle mevcut yapılarda dâhili sistemlerin korunması için farklı uygun çözümler sağlayan tipik LPZ planları gösterilmiştir.

Şekil B.2a'da, bütün bir yapı içinde korunan bir hacmi meydana getiren (örneğin, dâhili sistemlerin artırılmış gerilime dayanım seviyeleri için) tek bir LPZ 1'e ait tesisat gösterilmiştir:

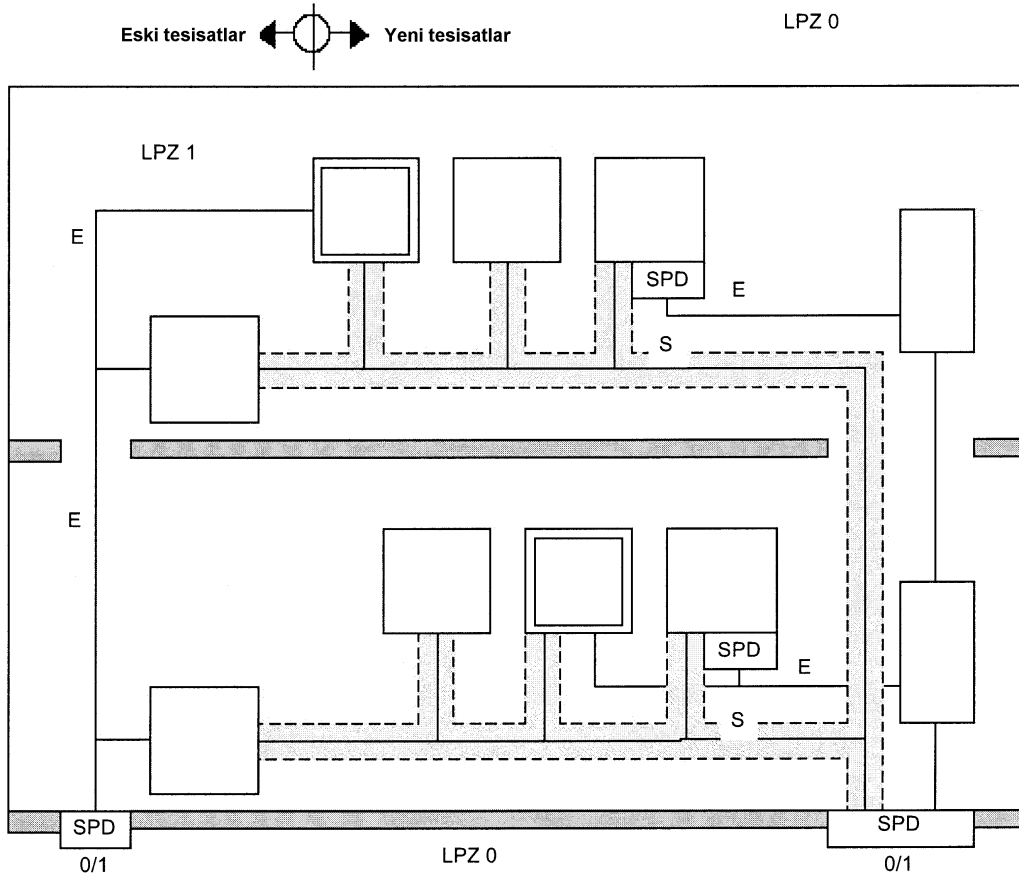
- Bu LPZ 1, IEC 62305-3'e uygun bir dış LPS (hava sonlandırma, iniş iletkeni ve toprak sonlandırma sistemi) ve bir iç LPS'den (yıldırım eş potansiyel kuşaklama ve uygun ayırma mesafeleri) meydana gelen bir LPS kullanılarak meydana getirilebilir.
- Dış LPS, yapıya yıldırım çakmalarına karşı LPZ 1'i korur, ancak LPZ 1 içindeki manyetik alan hemen hemen zayıflatılmamış olarak kalır. Bunun nedeni, hava sonlandırma ve iniş iletkenlerinin gözenek genişlikleri ve tipik mesafelerinin 5 m'den fazla olmasıdır. Bu nedenle, uzaysal siperleme etkisi, yukarıda da açıklandığı gibi ihmal edilebilir seviyededir.
- Dâhili LPS'de, bütün elektrik ve işaret hatları için SPD'lerin tesisatı da dâhil, LPZ 1'in sınırında yapıya giren bütün hizmetlerin kuşaklanması gerekir. Bu sayede, gelen hizmetler üzerinde iletilen ani darbelerin SPD'ler tarafından girişte sınırlandırılması sağlanmış olur.

Not - Ayırma ara yüzleri, düşük frekanslı girişimi önlemek için LPZ 1 içinde faydalı olabilir.

**Açıklama**

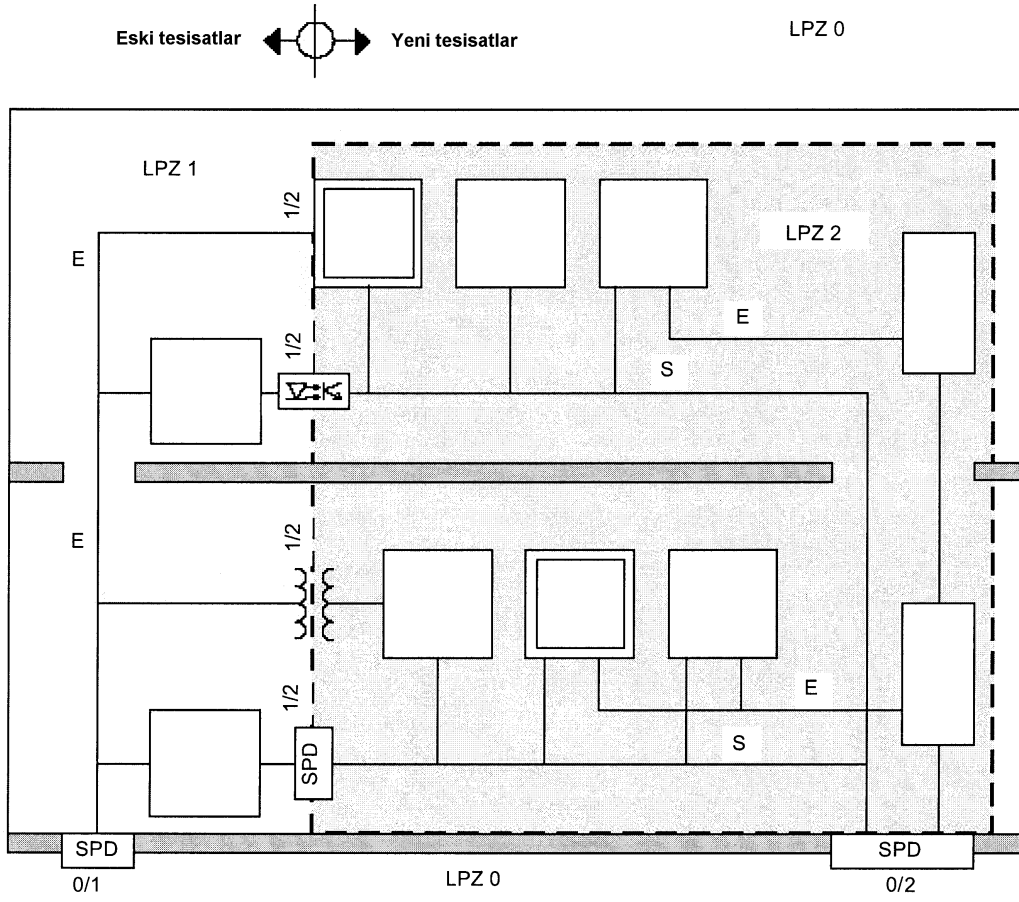
- E Güç hatları
S İşaret hatları

Şekil B.2a - Yapıya hatların girişinde LPS ve SPD'lerin kullanıldığı siperlenmemiş LPZ 1 (örneğin, sistemlerin artırılmış gerilime dayanım seviyelerine dayanımı için veya yapı içindeki küçük döngüler için)

**Açıklama**

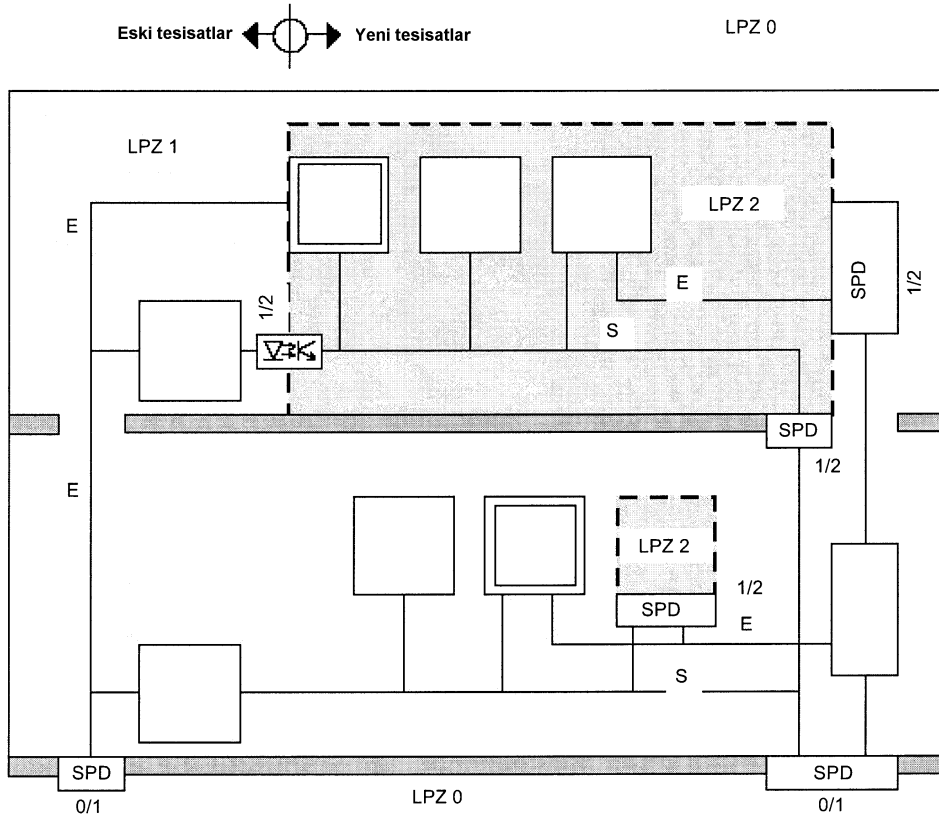
- E Güç hatları
S İşaret hatları

Şekil B.2b - Siperli işaret hatları ve güç hatlarında koordineli SPD'lerin kullanıldığı yeni dâhili sistemler için korumalı siperlenmemiş LPZ 1

**Açıklama**

- E Güç hatları
S İşaret hatları

Şekil B.2c - Yeni dâhili sistemler için siperlenmemiş LPZ 1 ve siperlenmiş büyük LPZ 2



Açıklama

- E Güç hatları
S İşaret hatları

Şekil B.2d - Yeni dâhili sistemler için siperlenmemiş LPZ 1 ve iki yerel LPZ 2

Şekil B. 2 - Mevcut yapılara LPZ'ler yerleştirme ihtimalleri

Şekil B.2b'de, siperlenmemiş bir LPZ 1 içindeki yeni donanımın iletim yoluyla yayılan ani darbelere karşı korunmasına ayrıca ihtiyaç oluşu gösterilmiştir. Örnek olarak, işaret hatları siperli kablolar kullanılarak ve güç hatları bir koordineli SPD sistemi kullanılarak korunabilir. Bu durumda, I_N ile deneye tâbi tutulan ilâve SPD'lere ve donanıma yakın tesis edilen ve hizmet girişinde SPD'lerle koordine edilen birleşik bir dalga ile deneye tâbi tutulan SPD'lere ihtiyaç olabilir. Ayrıca donanımın ilâve Sınıf II "çift yalıtım"lı olması gerekebilir.

Şekil B.2c'de, yeni dâhili sistemleri yerleştirmek için LPZ 1'in içinde büyük yekpare bir LPZ 2 tesisatı gösterilmiştir. LPZ 2'ye ait ızgara benzeri uzaysal siper, yıldırım manyetik alanının önemli ölçüde zayıflatılmasını sağlar. Sol tarafta, LPZ 1'in sınırında (LPZ 0/1geçışı) ve bunu takip eden LPZ 2 (LPZ 1/2 geçışı) sınırında tesis edilen SPD'ler, IEC 61643-12'ye uygun olarak koordine edilmelidir. Sağ tarafta, LPZ 1'in sınırında tesis edilen SPD'ler, LPZ 0/2'nin doğrudan geçışı için seçilmelidir (bk. Madde C.3.5).

Şekil B.2d'de, LPZ 1 içinde iki adet daha küçük LPZ 2'nin oluşturulduğu gösterilmiştir. Her bir LPZ 2 sınırında işaret hatlarında dâhil olmak üzere güç hatları için ilâve SPD'ler tesis edilmelidir. Bu SPD'ler, IEC 61643-12'ye uygun olarak LPZ 1'in sınırındaki SPD'lerle koordineli olmalıdır.

B.8 Kuşaklama şebekesi kullanılarak koruma

Mevcut şebeke frekanslı topraklama sistemleri, birkaç MHz'e kadar olan frekanslara sahip yıldırım akımları için tatmin edici bir eş potansiyel düzlem sağlamayabilir. Bunun nedeni, yıldırım akımlarından kaynaklanan empedansın bu frekanslarda çok yüksek değerlere erişebilmesidir.

IEC 62305-3'e uygun olarak tasarımılanmış bir LPS olsa bile, gözenek genişliklerinin tipik olarak 5 m'den daha büyük olmasına izin vermesi ve dâhili LPS'nin zorunlu bir bölüm olarak yıldırım eş potansiyel kuşaklamayı içermesi nedeniyle, hassas dâhili sistemler için yeterli olmayabilir. Bu durumda, kuşaklama sisteminin empedansı bu uygulama için hala çok yüksek değerde olabilmektedir.

5 m ve altında tipik gözenek genişliklerine sahip düşük empedanslı kuşaklama şebekesinin kullanılması özellikle tavsiye edilir.

Genel olarak kuşaklama şebekesi, güç veya işaret için geri dönüş iletkeni olarak kullanılmamalıdır. Bu nedenle, PE iletkeni kuşaklama şebekesiyle entegre edilmeli, ancak PEN iletkeni için buna izin verilmemelidir.

Bir fonksiyonel topraklama iletkenin (örneğin, elektronik bir sisteme özgü temiz toprak) düşük empedanslı kuşaklama şebekesine doğrudan kuşaklanmasına izin verilir. Bundan dolayı, elektrik ve işaret hatları ile olan girişim kuplajı çok düşük seviyede olur. PEN iletkenine veya bu iletkenine bağlı diğer metal bölümlere doğrudan kuşaklama yapılmasına izin verilmez. Böylece, elektronik sistemlerde şebeke frekanslı girişim önlenmiş olur.

B.9 SPD'ler vasıtasıyla koruma

Elektrik hatları üzerinde yıldırımdan dolayı iletilen ani darbeleri sınırlandırmak için, içteki herhangi bir LPZ girişine SPD'ler tesis edilmelidir (Şekil B.2 ve Şekil B.8, No.3).

Koordine edilmemiş SPD'lerin bulunduğu binalarda, çıkıştaki SPD'nin veya bir donanım içindeki SPD'nin, hizmet girişinde SPD'nin uygun olarak çalışmasını önlüyor ise, dâhili sistemlerde hasar oluşturabilir.

Kabul edilen koruma tedbirlerinin etkinliğini sürdürmesi için tesis edilmiş bütün SPD'lerin yerlerinin dokümante edilmesi gereklidir.

B.10 Ayırma ara yüzleri vasıtasıyla koruma

Donanım ve bu donanımın bağlı olduğu işaret hatlarından akan şebeke frekanslı girişim akımları, büyük döngülerden veya yeterince düşük empedanslı kuşaklama şebekesinin yetersizliğinden dolayı meydana gelebilir. Bu tür girişimi önlemek için (esas itibarıyla TN-C tesisatlarında), aşağıda belirtildiği gibi, ayırma ara yüzleri kullanılarak mevcut ve yeni tesisatlar arasında uygun bir ayırım sağlanabilir:

- Sınıf II yalıtımlı donanım (diğer bir ifadeyle, bir PE iletkeni olmayan çift yalıtım),
- Ayırma transformatörleri,
- Metal bulunmayan fiber optik kablolar,
- Optik bağlayıcılar.

Not - Metal donanım mahfazalarının, kuşaklama şebekesine veya diğer metal bölümlere ön görülmeyen bir galvanik bağlantıya sahip olmadığına, ancak bunların ayrılması gerektiğine dikkat edilmelidir. Evlerde veya bürolarda tesis edilen elektronik donanımın sadece bağlantı kabloları üzerinden toprak referansına bağlanmasından dolayı, pek çok hallerde bu durumla karşılaşmaktadır.

B.11 Hat güzergâhı belirleme ve siperleme vasıtasıyla koruma tedbirleri

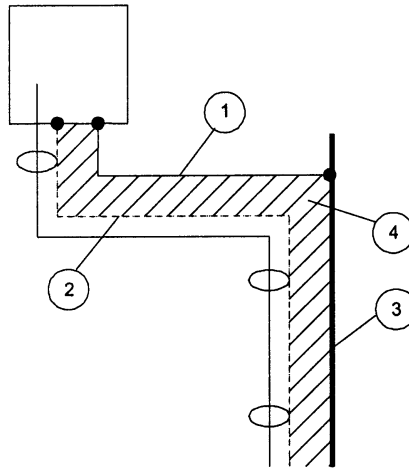
Hattın uygun bir güzergâhının belirlenmesi ve siperlenmesi, endüklenen aşırı gerilimleri azaltmak için etkili tedbirlerdir. LPZ 1'in uzaysal siperlemesinin etkinliği ihmal edilebilir seviyede ise, bu tedbirler özellikle önemlidir. Bu durumda, aşağıda belirtilen kurallar artırılmış koruma sağlar:

- Endüksiyon döngü alanının en aza indirilmesi,
- Mevcut şehir şebekesinin, hasar riskini önemli ölçüde artıracak büyük kapalı endüksiyon döngü alanı oluşturmasından dolayı, yeni donanımın bu mevcut şebekeden enerjilendirilmesinin önlenmesi. Bununda ötesinde, elektrik ve işaret hatlarının birbirlerine yakın çekilmesi büyük döngüleri önleyebilir (bk. Şekil B.8, No.8),
- Siperli kablolar kullanılması - Bu işaret hatlarının siperleri, en az her iki ucunda kuşaklanmalıdır,

- Metal kablo kanalları ve kuşaklanmış metal levhaların kullanılması - Ayrı metal kısımlar, elektriksel olarak birbirlerine iyi bir şekilde bağlanmalı ve bütün uzunluk her iki uçta kuşaklanmalıdır. Bağlantılar, üst üste binen parçaların cıvata ile bağlanması veya kuşaklama iletkenleri kullanılması suretiyle yapılmalıdır. Kablo kanallarının empedansını düşük tutmak için çok sayıdaki vidalar veya şeritler kablo kanalı çevresi boyunca dağıtılmış olmalıdır (bk.IEC 61000-5-2) [6].

İyi hat güzergâhı belirleme ve siperleme tekniklerine ait örnekler Şekil B.3 ve B.4'te verilmiştir.

Not - Genel alanlar (elektronik sistemler için özel olarak belirlenmeyen) içinde bulunan işaret hatları ile elektronik donanım arasındaki mesafenin 10 m'den büyük olması durumunda, uygun galvanik ayırma kaplarına sahip (örneğin, optik bağlayıcılar, işaret ayırma transformatörleri veya ayırma yükselteçleri) dengeli işaret hatlarının kullanılması tavsiye edilir. İlave olarak, üç eksenli kabloların kullanılması avantajlı olabilir.

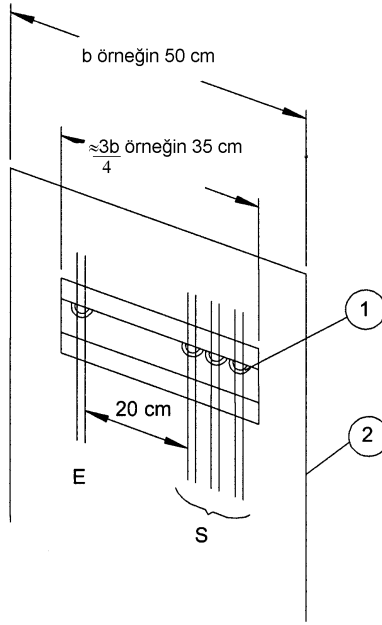


Açıklama:

- 1 PE, sadece Sınıf I donanım kullanıldığında
- 2 Her iki ucunda kuşaklanması gereken isteğe bağlı kablo
- 3 İlave siper olarak kullanılan metal levha (bk. Şekil B.4)
- 4 Küçük döngü alanı

Not - Küçük döngü alanından dolayı, kablo siperi ile metal levha arasında endüklenen gerilim küçüktür.

Şekil B.3 - Metal bir levhaya yakın siperli kablolar kullanılmak suretiyle döngü alanının azaltılması

**Açıklama:**

- 1 Kablonun, levhaya kablo siperlerinin kuşaklanarak veya kuşaklanmadan sabitlenmesi
 2 Kenarlardaki manyetik alan levhanın ortasındaki alandan daha fazladır
 E Elektrik hatları
 S İşaret hatları

Şekil B. 4 - İlave siperleme amacıyla kullanılan metal levhaya ait örnek

B.12 Dışarıya tesis edilmiş donanım için koruma tedbirleri

B.12.1 Genel

Dışarıya tesis edilmiş donanım örnekleri şunlardır: Antenler dâhil her çeşit algılayıcılar, meteorolojik algılayıcılar, izleme TV kameraları, proses tesisleri üzerinde açıkta bulunan algılayıcılar (basınç, sıcaklık, akış hızı, vana konumu vb.) ve yapılar, direkler ve proses kapları üzerinde dışarıda konumlandırılan diğer elektrik, elektronik veya radyo donanımı.

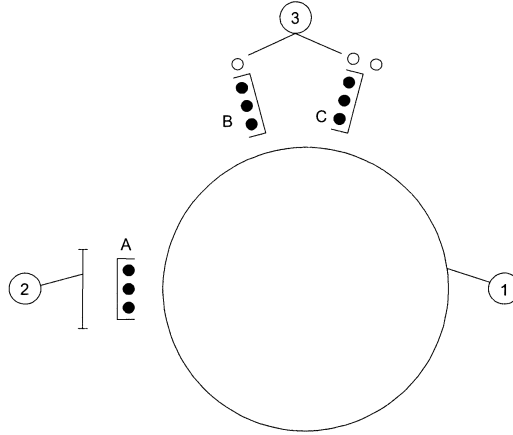
B.12.2 Dış donanımın korunması

Mümkün olduğunca, donanımı doğrudan yıldırım çakmalarına karşı korumak için, örneğin bir yerel hava bağlantı ucu kullanılarak, bu donanım LPZ 0_B koruma bölgesi altına alınmalıdır (Şekil B.5).

Yüksek yapılar üzerinde, binanın tepesine veya yan taraflarına monte edilen donanımın doğrudan yıldırıma maruz kalma ihtimalinin olup olmadığını belirlemek için yuvarlanan küre metodu uygulanmalıdır (bk. IEC 62305-3). Bu durumda, ilâve hava sonlandırıcılar kullanılmalıdır. Pek çok durumda, parmaklıklar, merdivenler ve borular vb. hava sonlandırma fonksiyonunu yeterince yerine getirebilir. Bazı anten tipleri hariç, bütün donanım bu şekilde korunabilir. Antenlerin yakınındaki yıldırım iletkenleri ile performanslarının kötü bir şekilde etkilenmesini önlemek için bu antenlerin bazen açık konumlarda yerleştirilmesi zorunludur. Bazı anten tasarımları, sadece iyi topraklanmış iletken elemanların yıldırım çakmalarına maruz kalmalarından dolayı, doğal olarak kendiliğinden koruma sağlamaktadır. Diğer antenlerde ise, kablodan alıcı veya vericiye akan aşırı geçici rejim akınlarını önlemek için, besleme kabloları üzerine yerleştirilecek SPD'lere ihtiyaç olabilir. Bir dış LPS'nin mevcut olması durumunda, anten destekleri bu LPS'ye kuşaklanmalıdır.

B.12.3 Kablolardaki aşırı gerilimlerin azaltılması

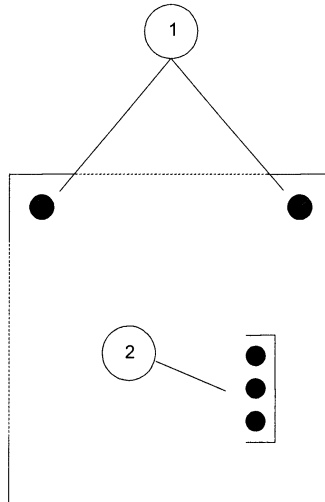
Endüklenen yüksek gerilimler ve akımlar, kabloları kuşaklı kanal, kablo kanalı ve metal borular içinden geçirmek suretiyle önlenir. Belirli donanıma giden bütün kablolar, tek bir noktada kablo kanalından çıkmalıdır. Mümkün olan yerlerde, yapının kendisine ait doğal siperleme özellikleri, bütün kablolar birlikte yapının tüp biçimindeki elemanlarının içinden geçirilmek suretiyle en büyük avantaj sağlamak için kullanılmalıdır. Bunun mümkün olmadığı yerlerde, proses kapları durumunda olduğu gibi, kablolar dışarıdan, ancak yapıya yakın geçirilmeli ve metal borular, çelik el merdivenleri veya iyi kuşaklanmış diğer bütün iletken malzemeler ile sağlanan doğal siperleme mümkün olduğunca çok kullanılmalıdır (bk. Şekil B.6). L biçimindeki köşe elemanlarının kullanıldığı direkler üzerindeki kablolar, en fazla koruma sağlaması için L'nin içteki köşesine yerleştirilmelidir (bk. Şekil B.7).

**Açıklama**

- 1 Süreç kabı
- 2 El merdiveni
- 3 Borular

Not - Kablo tavasının konumlandırılması için A, B, C iyi seçeneklerdir.

Şekil B.6 - Kuşaklanmış merdivenler ve borular ile sağlanan doğal siperleme

**Açıklama**

- 1 L kirişlerinin köşelerindeki kablolar için ideal konumlar
- 2 Direk içindeki kuşaklanmış kablo tavası için alternatif konum

Şekil B.7 - Bir direk üzerindeki hatlar için ideal konumları (kafes çelik direğin kesiti)

B.13 Yapılar arasındaki ara bağlantıların iyileştirilmesi

B.13.1 Genel

Ayrı yapıları birbirlerine bağlayan hatlar aşağıdaki gibidir:

- Ayırma hatları (metal bulunmayan fiber optik kablolar) veya
- Metalik hatlar (örneğin, tel çiftleri, çok damarlılar, dalga kılavuzları, eş eksenli kablolar veya sürekli metal bileşenleri olan fiber optik kablolar).

Koruma kuralları, hattın tipine, hatların sayısına ve yapıların toprak sonlandırma sistemlerine bağlanmış olup olmamasına bağlıdır.

B.13.2 Ayırma hatları

Ayrı yapıların birbirlerine bağlanmasında metal bulunmayan fiber optik kabloların (diğer bir ifadeyle, metal zırh, nem girişini önleyici yaprak veya çelik iç çekme teli olmayan) kullanılması durumunda, bu kablolar için koruma tedbirlerine gerek yoktur.

B.13.2 Metalik hatlar

Ayrı yapılara ait toprak sonlandırma sistemleri arasında uygun bağlantı olmaması durumunda, bağlantıyı sağlayan hatlar, yıldırım akımları için düşük empedanslı bir yol oluşturur. Bu durum, yıldırım akımının önemli bir kısmının bu hatlar boyunca akmasına sebep olur.

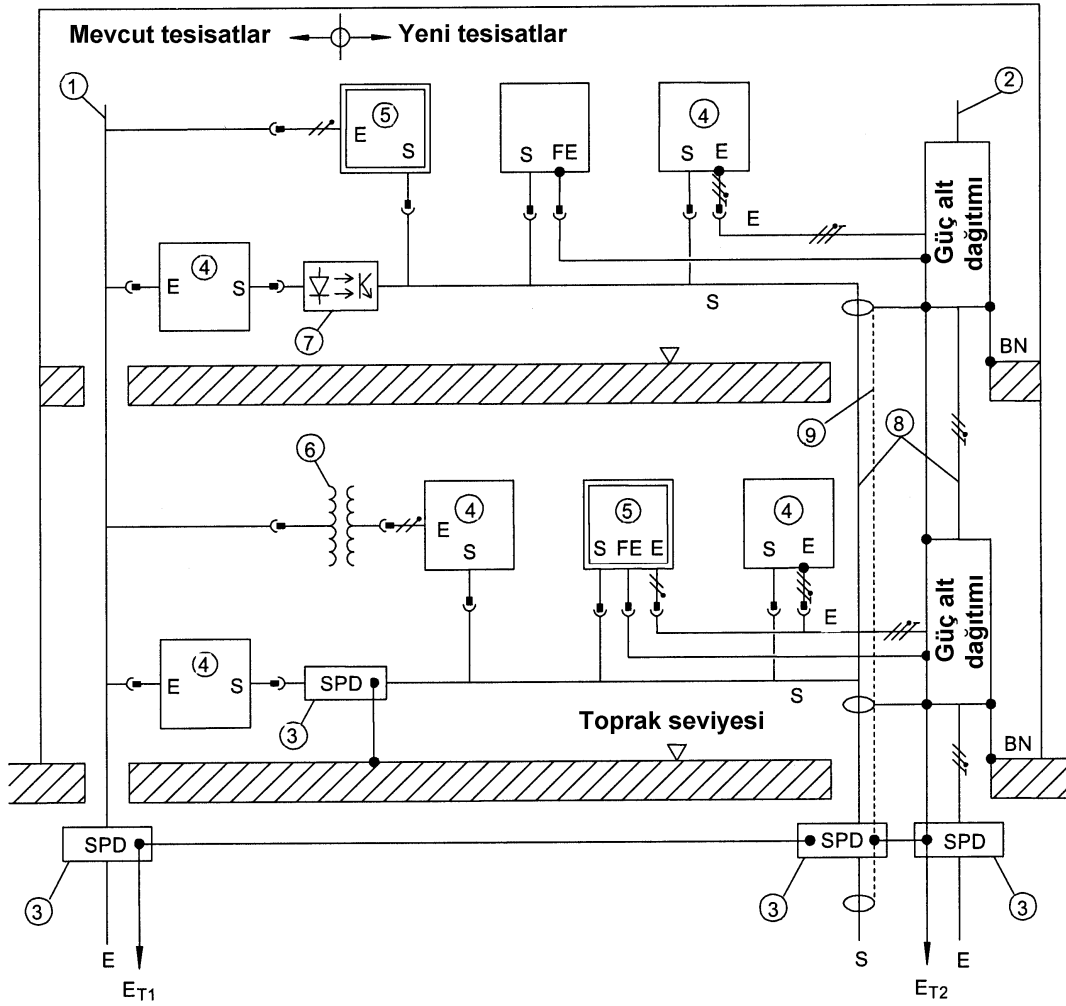
- Her iki LPZ 1'e girişlerde, doğrudan veya SPD'ler üzerinden yapılması istenen kuşaklama, sadece içerdeki donanımı korur, oysa dıştaki hatlar korunmasız kalmaktadır.
- Bir ilâve kuşaklama iletkeninin paralel olarak tesis edilmesi suretiyle hatlar korunabilir. Bu durumda, yıldırım akımı hatlarla bu kuşaklama iletkeni arasında paylaşılır.
- Kabloların, kapalı ve birbirlerine bağlı metal kablo kanalları içinden geçirilmesi tavsiye edilmektedir. Bu durumda, donanım da dâhil olmak üzere hatlar korunmuş olur.

Ayrı yapılara ait toprak sonlandırma sistemleri arasında uygun ara bağlantı uygulanan yerlerde, birbirlerine bağlı metal kablo kanalları vasıtasıyla hatların korunması yine de tavsiye edilmektedir. Birbirlerine bağlı yapılar arasında çok sayıda kablonun döşendiği yerlerde, bu kabloların her iki ucunda kuşaklanmış siperleri veya zırhı, kablo kanalları yerine kullanılabilir.

B.14 Mevcut yapılar içine yeni dâhili sistemlerin entegrasyonu

Mevcut bir yapıya yeni dâhili sistemler ilave edildiğinde, mevcut tesisat kabul edilen koruma tedbirlerini sınırlandırabilir.

Şekil B.8'de, mevcut bir tesisin (solda gösterilen) yeni bir tesise (sağda gösterilen) bağlanması durumunda, bir örnek gösterilmiştir. Mevcut tesis, kullanılabilen koruma tedbirleri ile ilgili kısıtlamalara sahiptir. Bununla birlikte, yeni tesisin tasarımı ve planlanması kabul edilecek gerekli bütün tedbirler için izin verebilir.



Açıklama

1	Mevcut şebeke beslemesi (TN-C, TT, IT)	E	Elektrik hatları
2	Yeni şebeke beslemesi (TN-S, TN-CS, TT, IT)	S	İşaret hatları (siperli veya sipersiz)
3	Ani darbe koruma düzeni (SPD)	ET	Toprak sonlandırma sistemi
4	Sınıf I standart yalıtım	BN	Kuşaklama şebekesi
5	Sınıf II PE'siz çift yalıtım	PE	Koruyucu topraklama iletkeni
6	Ayırma transformatörü	FE	Fonksiyonel topraklama iletkeni (varsa)
7	Opto bağlayıcı veya fiber optik kablo	///	3- telli elektrik hattı: L, N, PE
8	Elektrik ve işaret hatlarının yakın güzergâhı	//	2- telli elektrik hattı: L, N
9	Siperli kablo kanalları	•	Kuşaklama noktaları (PE, FE, BN)

Şekil B. 8 - Mevcut binalarda LEPM'den korunma tedbirleri ve elektromanyetik uyum

B.15 Muhtemel koruma tedbirlerinin gözden geçirilmesi

B.15.1 Güç beslemesi

Binadaki mevcut şebeke beslemesi (bk. Şekil B.8, No.1), şebeke frekansında girişime sebep olabilen genellikle TN-C tipindedir. Bu gibi bir girişim, girişimleri ayırma ara yüzleri vasıtasıyla önlenmelidir (aşağıdakilere bakılmalıdır).

Yeni bir şebeke beslemesi (bk. Şekil B.8, No.2) tesis edildiğinde, TN-S tipi şiddetle tavsiye edilmektedir.

B.15.2 Ani darbe koruma düzenleri

Hatlar üzerinde iletilen ani darbeleri kontrol etmek için, SPD'ler herhangi bir LPZ'nin girişinde ve muhtemelen korunacak donanımda tesis edilmelidir (bk. Şekil B.8, No.3 ve Şekil B.2).

B.15.3 Ayırma ara yüzleri

Girişimleri önlemek için, mevcut ve yeni donanımlar arasında ayırma ara yüzleri kullanılabilir. Bu ayırma ara yüzleri, Sınıf II yalıtımlı donanım (bk. Şekil B.8, No.5), ayırma transformatörleri (Şekil B.8, No.6), fiber optik kablolar veya optik bağlayıcılarıdır (Şekil B.8, No.7).

B.15.4 Hat güzergâhını belirleme ve siperleme

Hat güzergâhındaki büyük döngüler, çok yüksek gerilimler ve akımların endüklenmesine sebep olabilir. Elektrik ve işaret hatlarının (bk. Şekil B.8, No.8) birbirlerine yakın güzergâhtan geçirilmesi ve böylece döngü alanının en aza indirilmesi suretiyle, bu çok yüksek gerilimler ve akımların endüklenmesi önenebilir. Siperli işaret hatlarının kullanılması tavsiye edilmektedir. Genişletilmiş yapılar için, ilâve siperleme yapılması (örneğin, kuşaklı kablo kanalları kullanılması) ayrıca tavsiye edilmektedir (bk. Şekil B.18, No.9). Bütün bu siperler her iki ucunda kuşaklanmalıdır.

Hattın uygun bir güzergâhı takip etmesi ve siperlenmesi tedbirleri, LPZ 1'in uzaysal siperinin daha az siperleme etkinliğinde ve büyük döngü alanında daha önemli olmaktadır.

B.15.5 Uzaysal siperleme

Yıldırım manyetik alanlarına karşı LPZ'nin uzaysal siperlemesinde, gözenek genişliklerinin tipik olarak 5 m'den daha az olması istenir.

IEC 62305-3'e uygun normal bir dış LPS (hava sonlandırma, iniş iletken ve toprak sonlandırma sistemi) ile oluşturulan LPZ 1, gözenek genişlikleri ve tipik mesafeler 5 m'den daha büyük olduğundan, ihmal edilebilir seviyede siperleme etkilerine sahiptir. Daha yüksek siperleme etkinliğinin istenmesi durumunda, dış LPS'de yenileştirme yapılmalıdır (bk. Madde B.4).

LPZ 1 ve daha yukarı LPZ'lerde, ışımali radyo frekans yayınına ve bağışıklık kurallarına uygun olmayan dâhili sistemlerin korunması için uzaysal siperleme yapılması gerekebilir.

B.15.6 Kuşaklama

Bir kaç MHz'e kadar frekanslara sahip yıldırım akımları için eş potansiyel kuşaklamada, 5 m'lik tipik bir gözenek genişliğine sahip gözenekli düşük empedanslı kuşaklama şebekesi gerekmektedir. Bir LPZ'ye giren bütün hizmetler, doğrudan veya uygun bir SPD üzerinden LPZ'nin sınırına mümkün olduğunca yakın olacak şekilde kuşaklanmalıdır.

Mevcut yapılarda, bu şartların yerine getirilememesi durumunda, diğer uygun koruma tedbirleri alınmalıdır.

B.16 Yapı içindeki güç beslemesi ve kablo tesisatının yenileştirilmesi

Eski yapılardaki güç dağıtım sistemleri (bk. Şekil B.8, No.1), genel olarak TN-C tipindedir. PEN iletkenleri olan topraklı işaret hatlarının bağlantısından kaynaklanan 50/60 Hz'deki girişim, aşağıda belirtildiği şekilde önenebilir:

- Sınıf II elektrik donanımının kullandığı ayırma ara yüzleri veya çift yalıtımlı transformatörler. Sadece bir kaç elektronik donanım var ise, bu çözüm olabilir. (bk. Madde B.5).
- Güç dağıtım sisteminin TN-S'ye dönüştürülmesi (Şekil B.8, No.2). Özellikle çok sayıda elektronik donanımdan oluşan sistemler için bu tavsiye edilen bir çözümdür.

Topraklama, kuşaklama ve hat güzergâhını belirleme ile ilgili kurallar sağlanmalıdır.

Ek C (Bilgi için)

Koordineli bir SPD sisteminin seçimi ve tesisi

C.1 Giriş

Bir yapıya (hasar kaynağı S1), yapıya yakın (S2), yapıya bağlı bir servise (S3), yapıya bağlı yakın bir servise (S4) yıldırım çakmaları, dâhili sistemlerde arızalara veya işlevsel bozukluğa sebep olabilir (bk. IEC 62305-1: 2010, Madde 5.1).

Bu Ek'te koordineli bir SPD sisteminin seçimine yönelik bilgiler verilmiştir. Aşırı akıma karşı koruma konusunda ve SPD arızası durumunda sonuçlara dair ilave bilgiler IEC 61643-12 ve IEC 60364-5-53'te verilmiştir.

Elektronik donanımda başışıklık seviyesini aşan ani darbelerden dolayı meydana gelen arıza, IEC 62305 serisi kapsamında değildir. Okuyucu, bu konunun incelenmesi için IEC 61000-4-5'e başvurmalıdır.

Ancak, yıldırım ani akım darbeleri, sıkça yalıtımın delinmesinden dolayı veya aşırı gerilimler donanımın ortak mod yalıtım seviyesini aştığında elektrik ve elektronik donanımda arızaya sebep olur.

Donanımın bağlantı uçlarında (ortak mod dayanma gerilimi) donanımın darbe dayanma gerilimi U_W , gerilimli iletkenler ile toprak arasındaki ani darbe aşırı geriliminden büyük ise, bu donanım korunmuştur. Değil ise, SPD tesis etmek gereklidir.

Bunun gibi bir SPD, etkin koruma seviyesi $U_{P/F}$, (anma boşalma akımı I_n aktığında elde edilen koruma seviyesi U_P , bağlantı iletkenlerdeki endüktif gerilim düşümü ΔU 'ya eklenen) U_W 'den daha düşüktür. SPD'nin tesis edildiği noktada meydana gelen boşalma akımı SPD için belirlenen I_n değerini aşıyor ise, koruma seviyesi U_P 'nin daha yüksek olacağı ve $U_{P/F}$ 'nin donanımın dayanma seviyesi U_W 'yi aşabileceği not edilmelidir. Bu durumda donanım artık korunmaz. Bu nedenle, SDP anma akımı I_n 'nin, tesisin bu noktasında beklenilebilen yıldırım boşalma akımına eşit veya daha yüksek olacak şekilde seçilmesi zorunlu hale gelir.

$U_{P/F} \leq U_W$ 'ye sahip bir SPD'nin korunması ön görülen donanımı yeterince korumama olasılığı, bu SPD'nin tesis edildiği noktadaki boşalma akımının, U_P 'nin tayin edildiği noktadaki akımı aşma olasılığına eşittir.

Tesisteki çeşitli noktalarda beklenen akımların değerlendirilmesi IEC 62305-1: 2010, Ek E'de verilmiş ve bu değerlendirmede IEC 62305-2 kullanılarak tayin edilen LPL esas alınmıştır. S1 olayı dikkate alındığında komple bir akım paylaşım analizinin yapılması gerekir. Bu standardın Ek D'sinde ilave bilgi verilmiştir.

Daha düşük bir U_P değerine (donanımın U_W 'si ile karşılaştırıldığında) sahip bir SPD'nin seçimi, tam olarak daha düşük bir hasar olasılığı oluşturamayabilen donanımda daha az bir zorlamaya, ancak daha uzun bir çalışma ömrü ile sonuçlanacağına dikkate edilmelidir.

LPL'nin bir fonksiyonu olarak olasılık değerleri P_{SPD} , IEC 62305-1: 2010, Çizelge B.3'te verilmiştir.

Not - Daha iyi koruma karakteristikleri sağlayan SPD'lerle ilgili P_{SPD} değerleri, SPD'nin akım gerilim karakteristiği var ise, tayin edilebilir.

Sonuç olarak, etkin bir koordineli SPD sistemi oluşturulacak ise güç ve işaret devrelerine SPD koruması uygulanması zorunludur.

C.2 SPD'nin seçimi

C.2.1 Gerilim koruma seviyesine göre seçim

SPD'nin uygun gerilim koruma seviyesinin seçimi aşağıdakilere bağlıdır:

- Korunması gereken donanımın U_W darbe dayanım gerilimi,
- SPD'ye olan bağlantı iletkenlerinin uzunluğu,
- SPD ile donanım arasındaki devrenin uzunluğu ve güzergâhı.

Korunması gereken donanımın U_W darbe dayanım gerilimi aşağıdakiler için tanımlanmalıdır:

- IEC 60664-1 ve IEC 61643-12'ye uygun güç hatlarına bağlanan donanım,
- IEC 61643-22, ITU –T K.20 ^[3] ve K.21 ^[4] ve K.45 ^[5]'e uygun haberleşme hatlarına bağlanan donanım,
- İmalatçıdan elde edilen bilgilere uygun diğer hatlar ve donanım bağlantı uçları.

Not 1 - SPD'ye ait U_P gerilim koruma seviyesi, tanımlanmış bir I_n anma akımında artık gerilim ile ilgilidir. SPD'den geçen daha yüksek ve daha düşük akımlar için, SPD bağlantı uçlarındaki gerilimin değeri buna bağlı olarak değişecektir.

Not 2- Gerilim koruma seviyesi U_P , SPD'de olduğu gibi aynı şartlar altında deneye tabi tutulan (aşırı gerilim ve aşırı akım dalga biçimi ve enerji, enerjilendirilmiş donanım vb.) donanımın darbe dayanım gerimi U_W ile karşılaştırılmalıdır. Bu husus inceleme aşamasındadır.

Not 3- Donanım dâhili SPD bileşenlerini içerebilir. Bu dâhili SPD'lerin karakteristikleri koordinasyona etki edebilir.

SPD, korunması gereken donanıma bağlandığında, bağlantı iletkenlerindeki ΔU endüktif gerilim düşümü SPD'ye ait U_P gerilim koruma seviyesine ilâve edilecektir. Koruma seviyesi ve bacaklar/bağlantılardaki kablaj gerilim düşümünden meydana gelen ve SPD çıkışında gerilim olarak tanımlanan etkin koruma seviyesi $U_{P/F}$ 'nin, SPD tipleri için aşağıdaki gibi olması varsayılabilir (bk. Şekil C.1):

$$\text{Gerilim sınırlamalı tip SPD/SPD'ler için} \quad U_{P/F} = U_P + \Delta U,$$

$$\text{Gerilim anahtarlama tip SPD/SPD'ler için} \quad U_{P/F} = \max(U_P, \Delta U).$$

Not 4- Bazı anahtarlama tip SPD'lerde, ark gerilimini ΔU 'ya ilâve etmek gerekebilir. Bu ark gerilimi, birkaç yüz volt kadar yüksek olabilir. Birleşik tip SPD'ler için çok daha karmaşık formüllere ihtiyaç olabilir.

SPD, yapıya hat girişinde tesis edildiğinde, m uzunluk başına $\Delta U = 1$ kV kabul edilmelidir. Bağlantı iletkenlerinin uzunluğunun $\leq 0,5$ m olması durumunda, $U_{P/F} = 1,2 \times U_P$ kabul edilebilir. SPD'nin sadece endüklenen ani darbeleri taşıması durumunda, ΔU ihmal edilebilir.

Bir SPD'nin çalışma durumu sırasında SPD bağlantı uçları arasındaki gerilim, SPD'nin bulunduğu yerde $U_{P/F}$ ile sınırlıdır. SPD ile donanım arasındaki mesafe çok uzun ise, ani darbelerin yayımı bir salınım olayına yol açar. Donanımın bağlantı uçlarında bir açık devre olması durumunda, bu, aşırı gerilimi $2 \times U_{P/F}$ 'ye kadar artırır ve $U_{P/F} \leq U_W$ olsa bile, donanımda arıza meydana gelebilir.

SPD'ler için bağlantı iletkenleri, bağlantı konfigürasyonları ve sigorta dayanım seviyelerine dair bilgiler IEC 61643-12 ve IEC 60364-5-53'te bulunabilir.

Yapıya veya yapıya yakın toprağa daha fazla yıldırım çakmaları, SPD ile donanım arasındaki devre döngülerinde bir U_i aşırı gerilim endükleyebilir. Endüklenen bu aşırı gerilim $U_{P/F}$ 'ye eklenir ve böylece SPD'nin koruma etkinliği azalır. Endüklenen aşırı gerilimler, döngünün boyutları (hat güzergâhı: devrenin uzunluğu, PE ile aktif iletken arasındaki mesafe, güç ile işaret hatları arasındaki döngü alanı) ile artar ve manyetik alan şiddetinin zayıflaması ile azalır (uzaysal siperleme ve/veya hat siperleme).

Not 5- Endüklenen U_i aşırı gerilimlerinin değerlendirilmesi için Madde A.4 uygulanır.

Aşağıdaki durumlarda dâhili sistemler korunmuş olur:

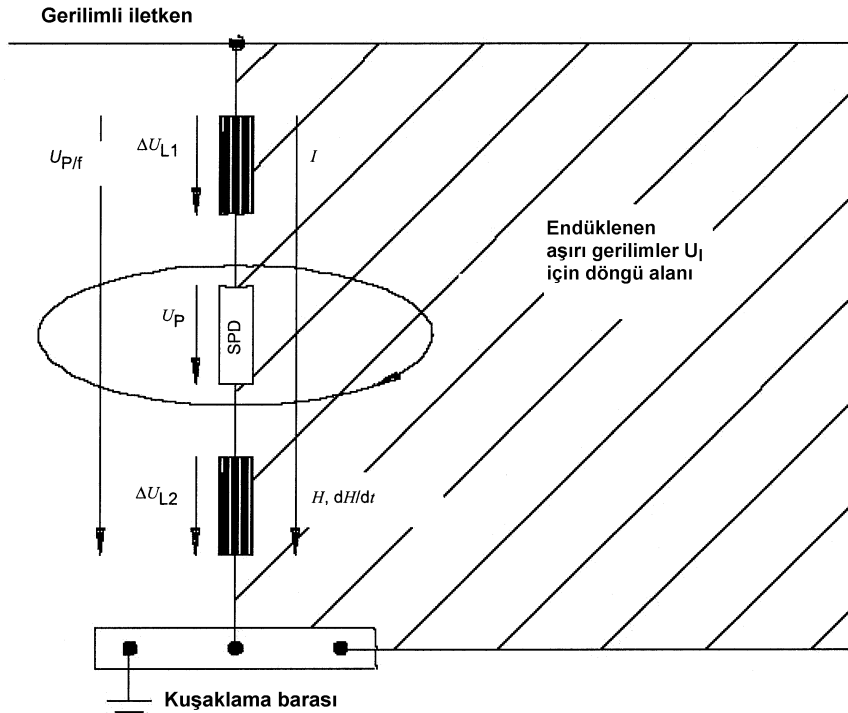
- SPD/SPD'ler girişi ile enerjinin koordine edilmesi ve
- Aşağıdaki üç şarttan birinin sağlanması:
 - 1) $U_{P/F} \leq U_W$: SPD ile donanım arasındaki devre uzunluğu ihmal edildiğinde (donanımın bağlantı uçlarında tesis edilen tipik bir SPD durumu),
 - 2) $U_{P/F} \leq 0,8 U_W$: Devre uzunluğu 10 m den daha fazla olduğunda (sekonder bir dağıtım panosunda veya bir priz çıkışında tesis edilen tipik bir SPD durumu),

Not 6- Dâhili sistemlerdeki arızanın insan hayatının kaybına veya halka sunulan servisin kaybına sebep olabileceği durumda, osilasyonlardan dolayı şebeke geriliminin iki katına çıkması dikkate alınmalıdır ve bu durumda, $U_{P/F} \leq (U_W - U_I)/2$ kriterinin uygulanması gerekir.

$U_{P/F} \leq (U_W - U_I)/2$: Devre uzunluğu on metreden fazla ise (hattın binaya girişinde veya bazı durumlarda sekonder dağıtım panosunda tesis edilen tipik SPD durumu).

Not 7 - Siperlenmiş haberleşme hatları için dalga cephesinin dikliğinden dolayı farklı kurallar uygulanabilir. Bu olayla ilgili bilgiler, ITU-T yıldırım el kitabınının 10. bölümünde verilmiştir.

Yapıdaki (veya çatıdaki) uzaysal siperleme ve/veya hat siperlemesi (siperli kabloların veya metalik kablo kanallarının kullanılması) sağlanıyor ise, endüklenen U_I aşırı gerilimler genellikle ihmal edilir ve pek çok durumda dikkate alınmayabilir.



Açıklama

I	Kısmi yıldırım akımı
U_I	Endüklenen gerilim
$U_{P/F} = U_P + \Delta U$	Gerilimli iletken ile kuşaklama barası arasındaki ani darbe gerilimi
U_P	SPD'nin sınırlama gerilimi
$\Delta U = \Delta U_{L1} + \Delta U_{L2}$	Kuşaklama iletkenlerindeki endüktif gerilim düşümü
$H, dH/dt$	Manyetik alan ve manyetik alanın türevi

Not - Gerilimli iletken ile kuşaklama barası arasındaki ani darbe gerilimi $U_{P/F}$, kuşaklama iletkenlerindeki ΔU endüktif gerilim düşümünden dolayı, SPD'nin U_P koruma seviyesinden daha yüksektir (U_P ve ΔU 'nun en büyük değerlerinin mutlaka aynı anda ortaya çıkması gerekli olmasa bile). Yani, SPD içinden akan kısmi yıldırım akımı, SPD'yi izleyen devrenin korunan tarafındaki döngüde ilâve gerilim endükler. Bu nedenle, bağlanan cihazı tehlikeye sokan en büyük gerilim, SPD'nin U_P koruma seviyesinden önemli ölçüde daha yüksek olabilir.

Şekil C.1 - Gerilimli iletken ile kuşaklama barası arasındaki ani darbe gerilimi

C.2.2 Bulunduğu yere ve boşalma akımına göre seçim

SPD'ler, IEC 62305-1: 2010, Ek E'ye uygun olarak tesis edildikleri noktada beklenen boşalma akımına dayanmalıdır. SPD'lerin kullanımı, güç sistemleri için IEC 61643-1'de ve haberleşme sistemleri için IEC 61643-21'de Sınıflandırılan dayanma yeteneğine bağlıdır.

SPD'ler, ön görülen tesis yerlerine göre aşağıdaki gibi seçilmelidir:

a) Hattın yapıya girişinde (LPZ 1'in sınırında, örneğin MB ana dağıtım panosunda):

- **I_{imp} ile denenen SPD (Sınıf I deneyi)**
SPD'nin istenen I_{imp} darbe akımı, IEC 62305-1: 2010, Madde E.2 (S1 hasar kaynağı) ve/veya Madde E.3.1'e (S3 hasar kaynağı) göre seçilen LPL 'nin esas alındığı bu tesis noktasında beklenen (kısmi) yıldırım akımını sağlamalıdır.
- **I_n ile denenen SPD (Sınıf II deneyi)**
Giren hatların tamamen LPZ 0_B içinde olması veya S1 ve S3 hasar kaynaklarından dolayı SPD'lerdeki arıza olasılığının dikkate alınamaması durumunda, bu tip SPD kullanılabilir. SPD'nin istenen I_n anma boşalma akımı, IEC 62305-1: 2010, Madde E.3.2'ye göre seçilen LPL ve ilgili aşırı akımların esas alındığı tesis noktasında beklenen ani darbe seviyesini sağlamalıdır.

Not 1- Binaya (N_B) ve hatta (N_L) doğrudan çakmaların toplam sayısı, $N_B + N_L \leq 0,01$ şartını sağlıyor ise, S1 ve S3 hasar kaynaklarından dolayı SPD'lerdeki arıza riski dikkate alınmayabilir.

b) Korunması gereken cihaza yakın bir yerde (LPZ 2 ve daha yüksek LPZ'lerin sınırında, örneğin, SB sekonder dağıtım panoları veya SA priz çıkışında):

- **I_n ile denenen SPD (Sınıf II deneyi)**
SPD'nin istenen I_n anma boşalma akımı IEC 62305-1:2010, Madde E.4'e göre seçilen LPL ve ilgili aşırı akımın esas alındığı tesis noktasında beklenen ani darbe seviyesini sağlamalıdır.

Not 2- Sınıf 1 ve Sınıf II deney karakteristiklerine sahip bir SPD bu yerde kullanılabilir.

- **Birleşik dalga ile denenen SPD (Sınıf III deneyi)**
Giren hatların tamamının LPZ 0_B içinde olması veya S1 ve S3 hasar kaynaklarından dolayı SPD'lerdeki arıza olasılığının dikkate alınamaması durumunda, bu tip SPD kullanılabilir. SPD'nin beyan edilen istenen açık devre gerilimi U_{oc} (Sınıf III deneyi, 2 Ω 'luk bir empedansa sahip birleşik bir dalga jeneratörü kullanılarak yapıldığından dolayı, kısa devre akımı I_{sc} tayin edilebilir), IEC 62305-1: 2010, Madde E.4'e göre seçilen LPL ve ilgili aşırı akımların esas alındığı tesis noktasında beklenen ani darbe seviyesini sağlamalıdır.

C.3 Koordineli SPD sisteminin tesisi

C.3.1 Genel

Koordineli bir SPD sisteminin etkinliği, sadece SPD'lerin uygun olarak seçilmesine bağlı olmayıp, bunların doğru bir şekilde tesis edilmesine de bağlıdır. Dikkate alınması gereken hususlar aşağıdakileri kapsar:

- SPD'nin yeri,
- Bağlantı iletkenleri.

C.3.2 SPD'nin tesis edildiği yer

SPD'nin yeri, Madde C.2.2'ye uygun olmalıdır. SPD'nin yerini, esas olarak aşağıda belirtilen kriterler etkiler:

- Özel hasar kaynağı örneğin, bir binaya (S1), bir hatta (S2), binanın yakınında toprağa (S3) veya hattın yakınında toprağa (S4) yıldırım çakması,
- Ani darbe akımını toprağa yöneltecek en yakın elverişli durum (yapı içindeki bir hattın giriş noktasına mümkün olduğunca yakın).

Dikkate alınması gereken ilk kriter şudur: Bir SPD, gelen hattın giriş noktasına ne kadar yakınsa, bu SPD tarafından korunacak yapı içindeki donanım miktarı o kadar fazla olur (ekonomik avantaj). Sonra ikinci kriter kontrol edilmelidir: Bir SPD korunmakta olan donanıma ne kadar yakınsa, bu SPD'nin koruma etkinliği daha fazla olacaktır (teknik avantaj).

C.3.3 Bağlantı iletkenleri

SPD bağlantı iletkenleri, Çizelge 1'de verilen en küçük kesit alanlarına sahip olmalıdır.

C.3.4 SPD'lerin koordinasyonu

Kordineli SPD sisteminde, ardışık SPD'lerin, IEC 61643-12 ve/veya IEC 61643-22'ye uygun olarak enerjiyi koordine etmeleri gerekir. Bu amaç için, SPD imalatçıları SPD'ler arasındaki enerji koordinasyonunun nasıl sağlandığına dair yeterli bilgileri vermelidir.

SPD koordinasyonu ile ilgili bilgiler Ek C'de verilmiştir.

C.3.5 Koordineli SPD sisteminin tesisi ile ilgili işlem

Bir koordineli SPD sistemi, aşağıdaki şekilde tesis edilmelidir:

- Hattın yapıya girişinde (LPZ 1'in sınırında, örneğin, MB noktasında), Madde C.2.2'deki kuralları sağlayan SPD 1 tesis edilir,
- Korunacak dâhili sisteme ait U_w darbe dayanım gerilimi tayin edilir.
- SPD 1'in U_{P1} gerilim koruma seviyesi seçilir.
- Madde C.2.1'deki kuralların karşılandığı kontrol edilir.

Bu kural karşılanır ise, donam, SPD 1 tarafından yeterince korunmuş olur. Aksi takdirde, ilave SPD 2 (SPD 2'lere) ihtiyaç vardır.

- Gerekli ise, donanıma daha yakın (LPZ 2'nin sınırında, örneğin SB veya SA tesis noktasında) Madde C.2.2'deki kuralları sağlayan SPD 2 tesis edilir ve SPD 1 girişi ile enerji koordine edilir (bk. Madde C.3.4).
- SPD 2'nin U_{P2} gerilim koruma seviyesi seçilir.
- Madde C.2.1'deki kuralların karşılandığı kontrol edilir.

Bu kural karşılandığı takdirde, donamın, SPD 1 ve SPD 2 tarafından yeterince korunmuş olur.

- Aksi takdirde, donanıma yakın (örneğin SA tesis noktasında) Madde C.2.2'deki kuralları sağlayan ilâve SPD 3 'e (SPD 3'lere) ve SPD 1 ve SPD 2 girişleri ile enerji koordine edilir (bk. Madde C.2.3).
- $U_{P/P3} \leq U_w$ şartının sağlandığı kontrol edilir (bk. Madde C.2.1).

Ek D (Bilgi için)

SPD'lerin seçiminde dikkate alınması gereken faktörler

D.1 Giriş

I_{imp} , I_{max} ve I_n , Sınıf I ve Sınıf II deneyleri için çalışma deneylerinde kullanılan deney parametreleridir. Bunlar, sistemde SPD'nin tesis edildiği yerde LPL olasılık seviyesinde meydana gelmesi beklenen boşalma akımının en büyük değerleri ile ilişkilidir. I_{max} Sınıf II deneyleri ve I_{imp} Sınıf I deneyleri ile ilgilidir.

Gelecekteki IEC 61643-11 ^[8] uygun I_{imp} , Q , W/R için tercih edilen değerler Çizelge D.1'de tekrar oluşturulmuştur.

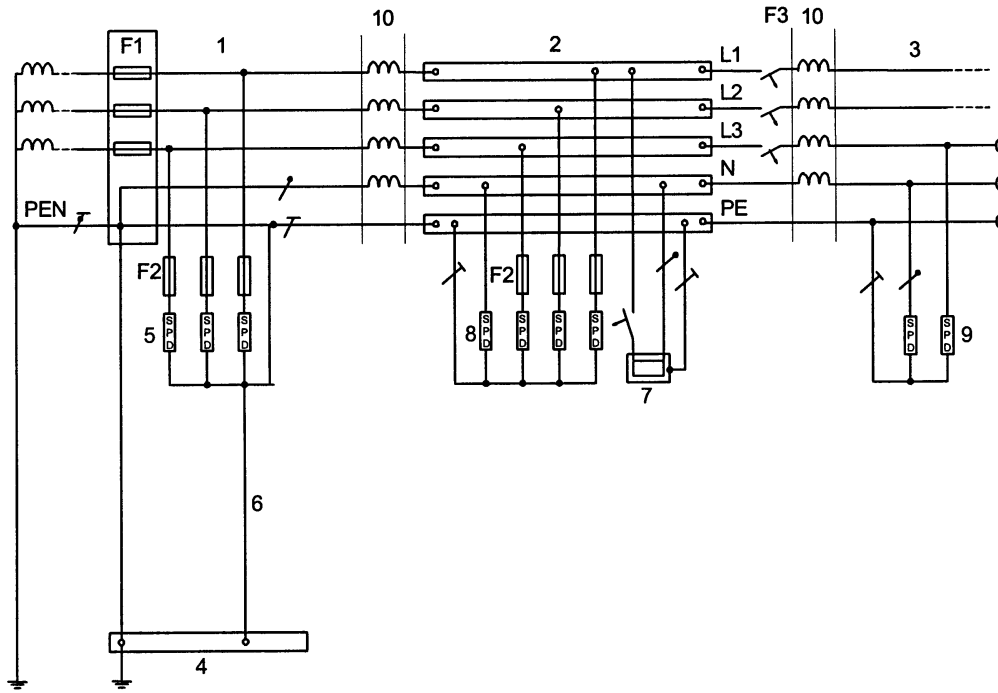
Çizelge D. 1 - Tercih edilen I_{imp} ^a değerleri

I_{imp} ^b kA	1	2	5	10	12,5 ^c	20	25
Q (C)	0,5	1	2,5	5	6,25 ^c	10	12,5
W/R (kJ/Ω)	0,25	1	6,25	25	39 ^c	100	156
^a Çizelge D.1, hat-nötr arasına bağlanan (CT1 bağlantısı) SPD'ler ile ilişkilidir. ^b Genel olarak I_{imp} , I_{max} 'dan daha uzun dalga biçimleri ile ilgilidir (örneğin, 10/350 μs) ^c IEC 60364-5-53:2001'e bakılmalıdır.							

D.2 Bir SPD'nin maruz kaldığı zorlanmayı belirleyen faktörler

Bir SPD'nin ani darbe şartları altında maruz kalacağı zorlama, pek çok karmaşık ve birbirleriyle ilişkili parametrelerin bir fonksiyonudur. Bunlar aşağıdakileri içerir:

- Yapı içindeki SPD'nin/SPD'lerin yeri - (bk. Şekil D.1),
- Tesise yıldırım çarpmasının kuplaj yöntemi (bk. Şekil D.2) – örneğin, kuplaj yapıdaki LPS'ye doğrudan çarpma yoluyla (S1) veya yakına çarpmadan dolayı bina kablağı üzerinde endüksiyon yoluyla (S2) veya yapıyı besleyen servisler (S3 ve S4) yoluyla olur,
- Yapı içindeki yıldırım akımlarının dağılımı – örneğin, yıldırım akımının ne kadarlık kısmı topraklama sistemine girer ve arta kalan kısmının ne kadarı güç dağıtım sistemi, metalik borular, telekom servisleri vb. gibi yapıya giren servisler ve bunlar üzerinde kullanılan eş potansiyel kuşaklama SPD'leri üzerinden uzaktaki topraklara doğru yol bulup akar,
- Yapıya giren servislerin direnç ve endüktans değeri, çünkü bu bileşenler akım tepe değeri I 'yı ve Q yük dağılım oranlarını etkiler,
- Tesise bağlı ilave iletken servisler – Bu servisler, doğrudan yıldırım akımının bir kısmını taşıyacaktır ve bu nedenle yıldırım eş potansiyel kuşaklama SPD/SPD'ler yoluyla güç dağıtım sistemi üzerinde akan kısmı azalacaktır. İletken olmayan bölümler ile değiştirilme ihtimali olmasından dolayı bu gibi servislerin kalıcılığına özellikle dikkat edilmelidir,
- İncelenmekte olan dalga biçiminin tipi – SPD'nin ani darbe şartları altında iletmesi gereken tepe akımını basit bir şekilde incelemek mümkün değildir, ayrıca bu ani darbenin dalga biçiminin (örneğin, doğrudan veya kısmi yıldırım akımını kapsayan 10/350 μs'lik ani darbe, endüklenen yıldırım akımını kapsayan 8/20 μs'lik ani darbe) ve Q yığının yükünün de incelenmesi gerekir.
- Güç servisi üzerinden primer yapıya bağlanan başka ilave yapılar, çünkü bunlar akım paylaşım dağılımına ayrıca etki edecektir.

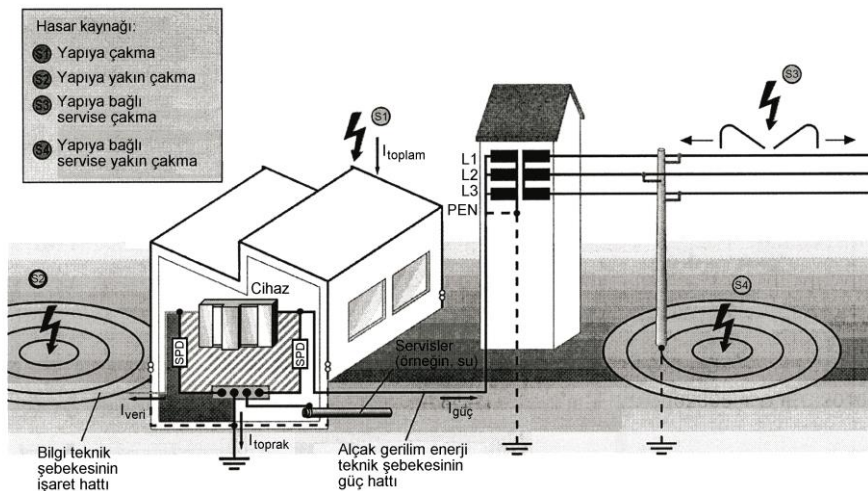


Açıklama

- | | | | |
|---|--|------------|---|
| 1 | Tesisatın orijini | 7 | Korunması gereken sabit donanım |
| 2 | Dağıtım panosu | 8 | Ani darbe koruma düzeni, Sınıf II deneyine tabi tutulmuş |
| 3 | Dağıtım prizi | 9 | Ani darbe koruma düzeni, Sınıf II veya Sınıf III deneyine tabi tutulmuş |
| 4 | Ana topraklama bağlantı ucu veya bara | 10 | Dekuplaj elemanı veya hat uzunluğu |
| 5 | Ani darbe koruma düzeni, Sınıf I veya Sınıf II deneyine tabi tutulmuş | F1, F2, F3 | aşırı akım koruma ayırıcıları |
| 6 | Ani darbe koruma düzeninin topraklama bağlantısı (topraklama iletkeni) | | |

Not - Daha fazla bilgi için IEC 61643-12'ye bakılmalıdır.

Şekil D 1 - Sınıf I, Sınıf II ve Sınıf III SPD deneylerine ait tesisat örneği



Şekil D 2 - Bir yapıda farklı hasar kaynakları ve bir sistem içinde yıldırım akımının dağılımı ile ilgili temel örnek

D.3 Bir SPD için istatistiksel tehdit seviyesini nicemlendirme

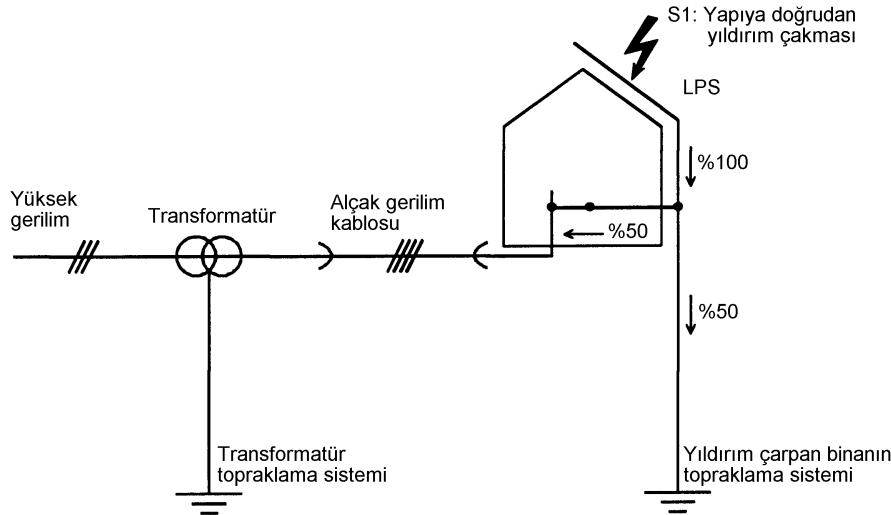
D.3.1 Genel

Bir tesis içinde farklı yerlerde SPD'nin maruz kalacağı elektriksel ortamı ve "tehdit seviyesi" ni nicemlendirmek için pek çok teşebbüste bulunulmuştur. Örneğin, yapısal bir LPS'nin yerleştirildiği bir servis girişinde, tehdit seviyesi bu gibi riskleri katlanılabilir bir seviyede sınırlandırmak için ilgili yapı için risk değerlendirmesine göre istenen LPL'ye bağlıdır (bk. IEC 62305-1:2010, Madde 6).

Bu standardda, bir LPL I altında yapıdaki LPS'ye doğrudan çarpmanın (S1) büyüklüğü 10/350 µs'lik bir dalga biçimine sahip 200 kA kadar yüksek olabildiği (bk. Madde 8.1 ve IEC 62305-1:2010, Ek A) varsayılmıştır. Ancak, SPD'ler risk değerlendirmesi ile tanımlanan istenen LPL'yi sağlayacak şekilde seçilmesine rağmen, SPD'nin maruz kaldığı yıldırım akımının büyüklüğüne etki edebilecek ilave faktörler vardır.

D.3.2 Akım dağılımına etki eden tesisat faktörleri

Özel akım dağılımı hesaplaması yapılmadığında (bk. IEC 62305-1:2010, Madde E.2), bu akımının % 50'sinin binanın topraklama sistemine iletildiği ve % 50'sinin ise eş potansiyel kuşaklama SPD'si/SPD'leri üzerinden geri döndüğü genel bir yaklaşım olarak varsayılır. LPL I için, bu durum her SPD'nin maruz kaldığı ilk 200 kA'lık boşalma kısmı I_{imp} 'nin üç faz ve bir nötrü olan bir güç dağıtım sistemi için 25 kA olması anlamına gelmektedir – Şekil D.3'e bakılmalıdır



Şekil D 3 - Dengeli akım dağılımına ait temel örnek

Bununla birlikte, üç metalik servis yapıyı besliyor ve IEC 62305-1:2010, Madde E.2'deki model kabul ediliyor ise, üç fazlı sistemde her eş potansiyel kuşaklama SPD'sinde toplam akım I_{imp} , 8,3 kA olur.

Bir güç dağıtım sistemi üzerinde yıldırım akımının dağılımı, binaya giren servislerin topraklama uygulaması ile önemli ölçüde etkilenir. Örneğin, çok topraklı nötre sahip TN-C sisteminde, yıldırım akımları için toprağa doğru bir TT sisteminde olduğundan daha düz ve düşük empedansa sahip bir yol sağlar.

Basitleştirilmiş akım dağıtım varsayımları, SPD'nin/SPD'lerin maruz kalabildiği olası tehdit seviyelerini göz önünde bulundurmada faydalıdır, ancak yapılmakta olan varsayımları içerikte tutmak önemlidir. İlave olarak, SPD'den/SPD'lerden geçen bu akım bileşenin dalga biçimlerinin ilk boşalma akımı gibi aynı dalga biçiminde olacağı varsayılmıştır, oysaki gerçekte dalga biçimi bina kablağı vb 'nin empedansı ile değişmiş olabilir.

SPD'lerin doğru seçiminde bu faktörleri dikkate almak için bilgisayar simülasyonları faydalı bir araç olabilir. Karmaşık bir sistemde yıldırım akım dağılımını değerlendirmek için, Şekil D.2'de gösterildiği gibi, gerçek dünya sistemini eşdeğer bir elektrik devre diyagramına çevirmek gereklidir.

Pek çok standardda, daha ziyade bir SPD'nin maruz kalabildiği tehdit seviyesi ile ilgili dikkate alınacak hususlar, zaman içinde toplanan alan deneyimine dayandırılarak araştırılmıştır. IEC 62305-1:2010, Çizelge E.2'de, esas itibarıyla alan deneyimi esas alınmıştır (bk. IEEE C62.41^[9]).

D.3.3 SPD beyan değerlerinin seçiminde dikkate alınacak hususlar: I_{imp} , I_{max} , I_n ve U_{oc}

Yukarıda belirtilenlerden, bir SPD'ye ait I_{imp} , I_{max} , I_n ve U_{oc} için uygun beyan değerlerinin seçiminin birçok karmaşık ve birbirleri ile bağlantılı parametrelere bağlı olduğu açıktır.

Güç, telefon ve veri hatlarının kuplajından endüklenen etkilerden (S4) ve yapıya yakın çarpmalardan oluşan kuplajın LEMP etkilerinden (S2) meydana gelen ani darbeler nedeniyle bir yapı içinde dâhili sistemlerdeki hasar riskinin, yapının kendisine (S1) veya hatlara (S3) doğrudan çarpmalardan meydana gelen ani darbelerin etkisinden dolayı aynı dâhili sistemlerdeki hasar riskinden çoğu kez daha büyük olabileceğini içerikte tutmak önemlidir.

Birçok binada yapıya veya yapıya gelen hatlara doğrudan çarpmalara karşı koruma gerekmez ve bu durumda deney Sınıfı I SPD/SPD'ler için kurala gerek yoktur, buna karşın doğru bir şekilde tasarlanmış deney Sınıfı II SPD sistemi uygun olabilir.

Genel olarak, yaklaşım doğrudan veya kısmi yıldırım akımları ile ilgili olan deney Sınıfı I SPD (S1/S3) ve endüklenen etkiler için deney Sınıfı II/III SPD (S2/S4) kullanmak olmalıdır.

Bu gibi zorluklara adreslendiğinde, SPD seçimindeki en önemli konu beklenen ani darbe olayı sırasında bu SPD'nin gerilim sınırlama performansı ve kontrol edebildiği enerji dayanımının (I_{imp} , I_{max} , I_n ve U_{oc}) akılda tutulması ihtiyacıdır (bk. IEC 62305-2:2010, Çizelge B.7'yi izleyen Not 4).

Beklenen I_n 'de, donanıma ait dayanım geriliminden daha düşük bir sınırlama gerilimine sahip bir SPD, donanımın korunmasını, özellikle eklenecek gerilimler yaratan (bağlantı bacaklarındaki gerilim düşümü, osilasyonlar ve endüksiyon olayları) dış faktörler dikkate alınarak sağlayacaktır. Tersine, tesis noktasında gerekenden daha yüksek bir dayanım enerjisine sahip bir SPD, sadece daha uzun bir SPD çalışma ömrüne sahip olabilir. Bununla birlikte, daha düşük bir sınırlama gerilimine sahip bir SPD, yetersiz bir şekilde regüle edilen güç sistemleri üzerine tesis edilmiş ise, geçici aşırı gerilimden dolayı olası hasara karşı fazla duyarlı olabilir.

Kaynaklar

- [1] IEC 60364-4-44, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*
- [2] IEC 61000 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC)*
- [3] ITU-T Recommendation K.20:2008, *Resistibility of telecommunication equipment installed in a telecommunications centre to overvoltages and overcurrents*
- [4] ITU-T Recommendation K.21:2003, *Resistibility of telecommunication equipment installed in customer premises to overvoltages and overcurrents*
- [5] ITU-T Recommendation K.45:2003, *Resistibility of telecommunication equipment installed in the access and trunk networks to overvoltages and overcurrents*
- [6] IEC 61000-5-2:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5-2: Installation and mitigation guidelines – Earthing and cabling*
- [7] ITU-T *Lightning handbook:1994, The protection of telecommunication lines and equipment against lightning discharges – Chapter 10*
- [8] IEC 61643-11: *Low-voltage surge protective devices – Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Performance requirements and testing methods*
- [9] IEEE C62.41:1991, *Recommended practice on surge voltages in low-voltage ac power circuits*