



TEKNİK EL KİTABI

nVent ERICO Yıldırım Koruması El Kitabı

IEC 62305 Yıldırım Koruma Standartları Serisine Göre Tasarım



ERICO

Yıldırımdan Korunma Danışmanı El Kitabı



nVent Mühendislik Elektrik ve Bağlantı Çözümleri, özel elektriksel, mekanik ve beton uygulamaları için üstün mühendislik ürünü ürünler üreten ve pazarlayan, lider küresel bir üretici ve tedarikçidir. Bu nVent ürünleri, dünya genelinde çeşitli lider markalar altında satılmaktadır: nVent ERICO kaynaklı elektrik bağlantıları, tesis elektrik koruma sistemleri ile demiryolu ve endüstriyel ürünler; nVent CADDY sabitleme, montaj ve destek ürünleri; nVent ERIFLEX alçak gerilim güç ve topraklama bağlantıları; ve betonarme için mühendislik çözümleri sunan nVent LENTON sistemleri.

ERICO, CADDY, ERIFLEX ve LENTON hakkında daha fazla bilgi için lütfen nVent.com/ERICO adresini ziyaret edin.

Giriş

Bu el kitabı, IEC 62305 yıldırımdan korunma standartları serisinin anlaşılmasına yardımcı olmak amacıyla yazılmıştır. Bu kılavuz, tipik yapılar için standartların temel noktalarını basitleştirir ve özetler; bu nedenle, son doğrulama için tam standartlara başvurulmalıdır.

Bu el kitabı, özellikle saz çatılı yapılar veya patlayıcı maddeler içeren yapılar gibi daha az yaygın veya yüksek riskli yapılar için geçerli olanlar da dahil olmak üzere, tüm IEC gerekliliklerini belgelememektedir. Birçok durumda, aynı sonuca ulaşmak için birden fazla yöntem mevcuttur; bu belge, nVent'in standartlara ilişkin yorumunu ve önerilen yaklaşımını sunmaktadır. Pratik öneriler sağlamak amacıyla, sektörde kabul görmüş uygulamalar ve diğer standartlardan bilgiler de dahil edilmiştir.

NOTLAR:

IEC® ve ulusal standartlar gelişmeye devam etmektedir. Bu el kitabı, 2009 yılı itibarıyla bu standartların mevcut baskıları referans alınarak hazırlanmıştır. Bölgesel farklılıklar nedeniyle, topraklama ve toprak bağlantısı terimleri birbirinin yerine kullanılabilir.

Anahtar Terimler ve Kısaltmalar

Terim	Tanım
Yıldırım Yakalama Ucu	Yıldırımdan korunma sisteminin, yıldırım düşmesini (yıldırım darbesini) yakalamak için kullanılan parçası. Örneğin, korunan ekipmana koruma açısı sağlayan bir yıldırım yakalama ucu ya da örgü yöntemiyle koruma sağlayan yatay veya dikey iletken.
İngiliz Standartları (BS)	Ulusal İngiliz standartlarının uygulanmasından sorumlu olan kuruluş, BS ön eki ile tanımlanır.
CENELEC	Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi (esas olarak Avrupa standardı veya Norm olarak adlandırılır, EN veya NE ön eki ile tanımlanır)
LPS Sınıfı	Yıldırımdan korunma sistemi sınıflandırması. Sınıf I, II, III, IV, yıldırımdan korunma seviyesine karşılık gelir ve örneğin kullanılacak farklı yuvarlanan küre çaplarını tanımlar.
Toprak elektrotları	Topraklama sisteminin doğrudan toprakla temas halinde olan kısımları, örneğin toprak çubukları, gömülü teller, temel topraklaması vb.
Topraklama ucu	Yıldırımdan korunma sisteminin (LPS) dış kısmında, yıldırım akımını toprağa dağıtmak için kullanılan parça.
Dış yıldırım Koruma sistemi	Yıldırım yakalama uç(ları), iniş iletken(leri) ve topraklama uç(ları)
İç yıldırım Koruma sistemi	Dış yıldırımdan korunma sisteminin (LPS), iç iletken elemanlardan eşpotansiyel bağlama ve/veya elektriksel izolasyonu.
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu, Uluslararası Standartların oluşturulmasından sorumlu kurum.
Yıldırımdan korunma seviyesi (LPL)	Doğal yıldırım tarafından aşılması gereken maksimum ve minimum yıldırım parametrelerini temsil etmek için atanan sayı.
Yıldırımdan korunma sistemi (LPS)	Yapının yıldırımdan korunması için eksiksiz sistem. İç ve dış yıldırımdan korunma önlemlerini içerir.
Yıldırımdan Korunma Bölgesi (LPZ)	Yıldırım elektromanyetik ortamının tanımlandığı bölge.
Örgü yöntemi (MM)	Hava sonlandırma sisteminin konumunu belirleme yöntemi.
Koruma açısı yöntemi (PAM)	Hava sonlandırma sisteminin konumunu belirleme yöntemi.
Yuvarlanan küre yöntemi (RSM)	Hava sonlandırma sisteminin konumunu belirleme yöntemi.
Ayrırma mesafesi	İki iletken parça arasındaki, tehlikeli kıvılcım (atlama) oluşmayan mesafe.
Hizmetler	Yapıya dış ortamdan giren devreler ve borular vb. Genellikle telefon, elektrik, televizyon, gaz, su, kanalizasyon sistemleri gibi.
Ani gerilim koruma cihazı (SPD)	Elektrik/elektronik ekipmanları geçici gerilim hasarından koruyan cihaz.

İçindekiler Tablosu

1. IEC VE EN STANDARTLARI	6
1.1 IEC 62305 seriler.....	7
1.2 EN 50164 seriler	8
1.3 Normatif ve bilgilendirici	13
1.4 IEC terminoloji.....	14
2. YILDIRIM DARBESİNİN TEORİSİ	15
2.1 Gök gürültülü bulut	16
2.2 Yıldırım düşmesinin mekaniği	17
2.3 Yıldırım parametreleri.....	21
2.4 Yıldırım hasarı ve risk yönetimi	27
3. KORUMA YÖNTEMLERİ VE RİSKLERE GİRİŞ	28
3.1 Riskler 1.....	30
4. RİSK YÖNETİMİ	34
4.1 Risk analizine genel bakış	35
5. YILDIRIMDAN KORUNMA BÖLGELERİ	45
6. TASIRIM SÜRECİ	47
7. MALZEME GEREKSİNİMLERİ	49
7.1 Bakır ve alüminyum karşılaştırması.....	49
7.2 Farklı metallerin kullanımı	52
7.3 PVC kaplı ve gizli iletkenler.....	55
7.4 Bant,katı yuvarlak ve çok telli karşılaştırması.....	56
8. DOĞAL BİLEŞENLER	57
8.1 Metalik cepheler, profiller, raylar, vb	58
8.2 Çelik konstrüksiyon kullanımı.....	58
8.3 Donatılı betonda demir donatı kullanımı.....	58
9. TASARIM YÖNTEMLERİ	62
9.1 Yuvarlanan küre	74
9.2 Ağ yönetimi	77
9.3 Koruma açısı yönetimi.....	82
10. YILDIRIM YAKALAMA UÇLARI	85
10.1 Konumlandırma ile ilgili öneri.....	88
10.2 Direkler ve Antenler	89
10.3 Çatı üstünden çıkan diğer öğelerin korunması.....	93
10.4 Çatı üstü donanımların topraklama bağlantısı.....	94
10.5 Genleşme derzleri ve çatı delikleri.....	95
11. İNİŞ İLETKENLERİ	97
11.1 İzole ve izolesiz yıldırım koruma sistemi iniş iletkenleri.....	98
11.2 İniş iletkeni güzergahı.....	99
11.3 iniş iletkenlerin sabitlenmesi.....	99

İçindekiler (devamı)

12. YAPIŞTIRMA VE AYIRMA MESAFELERİ	100
12.1 Servislerin ve harici iletken parçaların yapıştırılması	100
12.2 Ayırma mesafesi gereksinimleri	102
12.3 İç metal parçaların yapıştırılması ve diğer hizmetler	105
13. İZOLE İNİŞ İLETKENİ	105
13.1 Telekomünikasyon uygulamaları	105
13.2 Diğer uygulamalar	107
13.3 İzole İnış iletkeni tasarımı	107
14. TOPRAKLAMA	108
14.1 Topraklama direnci gereksinimleri	109
14.2 Tip A — dikey ve yatay elektrotlar	111
14.3 Tip B — halka elektrot	116
14.4 A Tipi ve B Tipi düzenlemelerin karşılaştırılması	118
14.5 Temel toprak elektrotları	119
14.6 Özel topraklama önlemleri	121
14.7 Genel topraklama tavsiyesi	122
15. MUAYENE VE TEST	133
16. ÖZEL DURUMLAR	134
16.1 Yüksek binalar	134
17. ALÇAK GERİLİM ENERJİ DAĞITIM SİSTEMLERİ İÇİN AŞIRI GERİLİM KORUMA CİHAZLARI	135
17.1 Aşırı Gerilim Koruma Cihazları ve Geçici Gerilimler	136

17.2	SPD seçimi ve kurulumu için genel prosedür.....	136
17.3	Genel bilgi ve şartlar	146
17.4	Yıldırımdan korunma sistemine sahip tesisler için SPD gereksinimleri.....	150
17.5	Yıldırımdan korunma sistemi olmayan tesisler için SPD gereksinimleri.....	158
17.6	İkincil SPD gereksinimleri	159
17.7	Yaygın güç dağıtım sistemi türleri için seçim ve bağlantı konfigürasyonu.....	166
17.8	Diğer kurulum gereksinimleri.....	179
17.9	Yüksek riskli durumlar	186
18.	TELEKOMÜNİKASYON VE SINYALİZASYON HİZMETLERİ İÇİN AŞIRI GERİLİM KORUMA CİHAZLARI	188
19.	DiĞER AŞIRI GERİLİM KORUMA CİHAZI UYGULAMALARI	190
20.	İNGİLİZ STANDARDI BS 6651 VE EN/IEC STANDARTLARI	192
20.1	BS 6651-1991, BS EN 62305 ile karşılaştırıldığında.....	192
20.2	BS EN 62305-2, IEC/EN 62305-2 ile karşılaştırıldığında	194
21.	IEC TASARIM STANDARDI VE EN BİLEŞEN STANDARDI ÇAKIŞMALARI	196

1. IEC ve EN Standartları

Bir yıldırımdan korunma sisteminin spesifikasyonu, tasarımın IEC 62305 serisi tasarım standartlarına uygun olmasını ve malzemelerin EN 50164 serisi bileşen standartlarına uygun olmasını gerektirmektedir.

Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC), uluslararası standartların uygulanmasından sorumlu bir organdır. Teknik komiteleri, her ülkenin aşağıdaki haklara sahip olduğu çeşitli üye ulusal standartların temsilcilerinden oluşur

Standartın oluşturulması ve yayınlanması sürecinde bir oy. Standartların genellikle numaralarına bir IEC öneki vardır (Fransızca versiyonlar için CEI). IEC standartları İngilizce ve Fransızca dillerinde üretilmektedir. Çoğu ülke için bu standartların benimsenmesi gönüllülük esasına dayalıdır ve genellikle standardın seçilen içeriği özümseir ve o ülkenin kendi standardında iyileştirmeler olarak tanıtılır.

Ayrıca, Avrupa'da Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi (CENELEC) bulunmaktadır. Üye ülkeler şu anda Avusturya, Belçika, Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Yunanistan, Macaristan, İzlanda, İrlanda, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Norveç, Polonya, Romanya, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre ve Birleşik Krallık'tır. IEC ve CENELEC genellikle paralel olarak çalışır ve CENELEC üyeleri, yeni IEC standartlarını CENELEC standartları olarak benimsemek için oy kullanır. Komiteler

CENELEC, IEC versiyonunda bazı değişiklikler yapmayı seçebilir. Ek olarak, CENELEC, IEC'nin muadili olmayan kendi standartlarını üretir. CENELEC belgeleri İngilizce, Fransızca ve Almanca dillerinde üretilir ve onaylanmış bir CENELEC standardı bir EN öneki (veya Fransızca dil sürümlerinde NE) sahip olacaktır.

CENELEC standartları ile ilgili önemli gerçek, kural olarak üye ülkelerin tüm CENELEC standartlarını ulusal standartlar olarak kabul

etmek zorunda olmalarıdır. Bu standartların benimsenmesi sürecinde, minimum değişikliklere izin verilir. Ülke içi hükümler (istisnalar veya değişiklikler) yalnızca çok katı koşullar altında yapılabilir. Bu tür standartlar ulusal düzeyde kabul edildiğinde, çatışan herhangi bir ulusal standart geri çekilmelidir (bir çakışma dönemine izin verilir).

EN IEC 62305 serisi yıldırımdan korunma standartları için, her üye ülke bunları Kasım 2006'ya kadar ulusal düzeyde uygulamaya koymuş ve Şubat 2009'a kadar çelişen standartları geri çekmiştir.

Her düzeyde (Uluslararası, Avrupa, Ulusal) farklı bir adlandırma öneki kuralı kullanılır Örneğin:

- IEC 62305-1 (IEC versiyonu)
- EN 62305-1 (yukarıdakilerin CENELEC tarafından kabul edilen kopyası)
- EN 62305-1 (İngiliz Ulusal Standardı yukarıdakilerin kabulü)

Bu belge, IEC/EN standartlarına odaklanmaktadır ve belirli bir tasarım için, farklılıkların olup olmadığını belirlemek için geçerli ulusal standartlara atıfta bulunulmalıdır.

Bu belgede referans, tasarım veya bileşen standartları olan standartlara verilmiştir. Tasarım standartları, yıldırımdan korunma tasarımcısı veya montajcısı tarafından yıldırımdan korunma sisteminin türünü ve yerleşimini belirlemek için kullanılan standartlardır.

Bileşen standartları, yıldırımdan korunma donanımının (bileşenlerinin) üreticisi tarafından donanımın yeterli özellik ve kalitede olmasını sağlamak için kullanılan standartlardır.

1.1. IEC 62305 SERISI

IEC 62305 serisi standartlar, öncelikle tasarım standartlarıdır ve kullanıcıya bir yapı için yıldırımdan korunma sağlamak için kurallar ve seçenekler içeren bir araç seti sunar. Standartlar, doğrudan ve dolaylı yıldırım çakmalarının etkileriyle ilgili olarak yapı korumasını ve ekipman korumasını kapsar.

IEC 62305 serisi standartlar birçok yeni husus ortaya koyarken,

“

ağırlıklı olarak çeşitli destekleyici ülke yıldırımdan korunma standartlarının Avrupa ile uyumlaştırılmasıdır.

"IEC 62305 Yıldırıma Karşı Koruma" 4 bölümden (belge) oluşur:

- IEC 62305-1 Bölüm 1: Genel İlkeler
- IEC 62305-2 Bölüm 2: Risk Yönetimi
- IEC 62305-3 Bölüm 3: Yapıya Fiziksel Hasar ve Hayati Tehlike
- IEC 62305-4 Bölüm 4: Yapılar İçindeki Elektrik ve Elektronik Sistemler
- IEC 62305-5 Bölüm 5: Hizmetler (Bu bölüm tanıtılmamıştır)

IEC 62305 serisi standartlar, önceki IEC 1024-1-1 (1993) ve IEC 1024-1-2 (1998), IEC 61622'yi genişletir, günceller ve değiştirir (1995 yılında 1996), IEC 61312-1 (1995), IEC 61312-2 (1998), IEC 61312-3 (2000) IEC 61312-4 (1998).

IEC 62305 serisi, bir CENELEC standardı olarak paralel olarak onaylandığından, EN versiyonu IEC versiyonu ile aynıdır. Bir CENELEC standardı olarak bu, EN 62305 standartlarının BS 6651, NFC 17-100 ve DIN VDE 0185 gibi çeşitli ülke kaynak standartlarının yerini aldığı anlamına gelir.

1.2. EN 50164 SERISI

Avrupa'da CENELEC, EN 50164 standart serisini yayınlamıştır. EN 50164 serisi, yıldırımdan korunma bileşenlerinin üreticilerinin ve tedarikçilerinin tasarım ve kaliteyi doğrulamak için ürünlerini test etmeleri gereken bileşen standartlarıdır. EN 50164 serisi şu anda şunlardan oluşmaktadır:

- EN 50164-1 Yıldırımdan korunma bileşenleri (LPC) –
Bölüm 1: Bağlantı bileşenleri için gereklilikler

1. IEC ve EN Standartları (devam)

- EN 50164-3 Yıldırımdan korunma bileşenleri (LPC) – Bölüm 3: Kıvılcım boşluklarının izole edilmesi için gereklilikler
- EN 50164-2 Yıldırımdan korunma bileşenleri (LPC) – Bölüm 2: İletkenler ve toprak elektrotları için gereklilikler
- EN 50164-4: Yıldırımdan Korunma Bileşenleri (LPC) – Bölüm 4: İletken bağlantı elemanları için gereklilikler
- EN 50164-5: Yıldırımdan Korunma Bileşenleri (LPC) – Bölüm 5: Toprak elektrodu muayene muhafazaları ve toprak elektrot contaları için gereklilikler
- EN 50164-6: Yıldırımdan Korunma Bileşenleri (LPC) – Bölüm 6: Yıldırım çarpması sayaçları için gereklilikler
- EN 50164-7: Yıldırımdan Korunma Bileşenleri (LPC) – Bölüm 7: Topraklama artırıcı bileşimler için gereklilikler

Bu standartlar serisi şu anda IEC 62561 serisi adı altında IEC seviyesinde yayınlanmaktadır.

EN 50164 standartlar serisi, genel olarak, ekipman tedarikçisinin ürünlerini test etmesi gereken bileşen standartlarıdır. nVent, bu standartlara göre kapsamlı bir test rejimini tamamlamıştır ve ayrıntılar talep üzerine temin edilebilir.

EN 50164-1 kapsamı, konektörler, bağlama ve köprüleme bileşenleri ve genişleme parçaları gibi bağlantı bileşenlerini ve ayrıca test bağlantılarını kapsar. Bu standardın amacı, hava terminalinin ucu ile toprak elektrodunun alt kısmı arasındaki herhangi bir mekanik bağlantının test edilmesi gerektiğidir. Bu

daha belirgin iniş iletkeni konektörlerini (çapraz konektörler, bant kelepçeleri, vb.) ve iniş iletkeni test bağlantılarını, daha az belirgin hava terminaline (çubuk) hava terminali taban bağlantısına ve iniş iletkeninden toprağa elektrot bağlantısını kapsar.

EN 50164-1 testi, ürünleri bir elektrik testi ile yıldırım akımına dayanma yeteneklerine göre sınıflandırır:

- H Sınıfı – Ağır Hizmet (100 kA 10/350 μ s ile test edilmiştir) veya
- Sınıf N – Normal çalışma (50 kA 10/350 μ s ile test edilmiştir)

Ve çevresel test ile kurulum yerine göre:

- Yer üstü (tuz sisi ve kükürtlü atmosfer testleri) ve
- Toprağa gömülü (klorür ve sülfat çözeltisi testi)

EN 50164-2 kapsamı, metalik iletkenleri, iniş iletkenlerini (bina takviye çeliği gibi "doğal" iletkenler dışında) ve toprak elektrotlarını kapsar. Metalik iletken gereksiniminin hava terminallerini (çubukları) da kapsadığına dikkat edilmelidir. bu Testler, minimum boyut gereksinimlerine, özdirenç ve çevresel testlere uygunluğu doğrulamak için yapılan ölçümleri içerir. Toprak elektrotları, bükme testleri, yapışma testleri ve çevresel testler dahil olmak üzere testlere tabi tutulur. Birleştirilmiş toprak elektrotları ve bağlantı cihazı ayrıca çekiç sıkıştırmasına (darbe testi) ve IEC 62305-1 gerekliliklerine tabi tutulur.

EN 50164-3 kapsamı, işlevsel nedenlerle doğrudan bağlantıya izin verilmeyen durumlarda, metal işleri bir yıldırımdan korunma sistemine yapıştırmak için kullanılanlar gibi yıldırımdan korunma sistemlerinde kullanılan kıvılcım boşluklarının izole edilmesini kapsar.

EN 50164-4 kapsamı, hava sonlandırma sistemlerini ve iniş iletkenlerini sabitlemek için duvar ve çatı malzemelerinin çoğunda (ancak hepsinde değil) kullanılan metalik ve metalik olmayan bağlantı elemanları için testleri, prosedürleri ve gereksinimleri kapsar . Patlayıcı ortamlarda kullanılan bağlantı elemanları bu standartta tanımlanmayan ek gerekliliklere tabi tutulmalıdır.

Standart	Başlık	Tür
IEC 62305-1 Standardı (EN 62305-1)	Yıldırımdan korunma – Bölüm 1: Genel prensipler	Tasarım Standardı
IEC 62305-2 Standardı (EN 62305-2)	Yıldırıma karşı koruma – Bölüm 2: Risk Yönetimi	Tasarım Standardı
IEC 62305-3 Standardı (EN 62305-3)	Yıldırıma karşı koruma – Bölüm 3: Yapıya Fiziksel Hasar ve Hayati Tehlike	Tasarım Standardı
IEC 62305-4 Standardı (EN 62305-4)	Yıldırımdan korunma – Bölüm 4: Yapılar İçindeki Elektrik ve Elektronik Sistemler	Tasarım Standardı
EN 50164-1	Yıldırımdan korunma bileşenleri (LPC) – Bölüm 1: Bağlantı bileşenleri için gereksinimler	Bileşen Standardı
EN 50164-2	Yıldırımdan korunma bileşenleri (LPC) – Bölüm 2: İletkenler ve toprak elektrotları için gereklilikler	Bileşen Standardı
EN 50164-3	Yıldırımdan korunma bileşenleri (LPC) – Bölüm 3: Kıvılcım boşluklarını izole etmek için gereklilikler	Bileşen Standardı
EN 50164-4	Yıldırımdan korunma bileşenleri (LPC) – Bölüm 4: İletken bağlantı elemanları için gereklilikler	Bileşen Standardı
EN 50164-5	Yıldırımdan korunma bileşenleri (LPC) – Bölüm 5: Toprak elektrodu muayene muhafazaları ve toprak elektrodu contaları için gereklilikler	Bileşen Standardı
EN 50164-6	Yıldırımdan korunma bileşenleri (LPC) – Bölüm 6: Yıldırım çarpması sayaçları için gereklilikler	Bileşen Standardı
EN 50164-7	Yıldırımdan korunma bileşenleri (LPC) – Bölüm 7: Topraklama artırıcı bileşimler için gereklilikler	Bileşen Standardı

Tablo 1. Yıldırımdan korunma sistemlerinin/bileşenlerinin tasarımı ve test edilmesi ile ilgili ana IEC ve EN standartları.

1. IEC ve EN Standartları (devam)

EN 50164-5 kapsamı, diğerlerinin yanı sıra çelik, plastik, betondan yapılmış toprak çukurları ve topraklama contaları için gereksinimleri ve testleri kapsar. Yük taşıma kapasitesi testleri ve sızdırmazlık kalitesi testleri, standartta kapsanan temel testlerdir.

EN 50164-6 kapsamı, yıldırımdan korunma sistemlerinde ve aynı zamanda aşırı gerilim koruma sistemlerinde kullanılan yıldırım çarpması sayaçları için test prosedürlerini ve gereksinimleri kapsar. Mekanik, elektrik ve

Bu standartta korozyon testleri açıklanmış ve elektromanyetik uyumluluk da ele alınmıştır.

EN 50164-7 kapsamı, toprak elektrotlarının temas yüzey alanını artırmak için kullanılan toprak güçlendirici bileşikler için gereksinimleri ve testleri kapsar. Yeniden doldurma malzemeleri bu standardın bir parçası değildir.

Standartta yer alan testler arasında iletkenlik testleri, kimyasal testler (pH, asit ortamlarında çözünürlük) ve bileşim testleri (kükürt) bulunmaktadır.

Şu anda, EN 50164-1, EN 50164-2 ve EN 50164-3 CENELEC standartları olmasına ve bu nedenle uyumluluk gerekli olmasına rağmen, IEC 62305 serisi bu standartlara tam olarak atıfta bulunmamaktadır. Başka bir deyişle, EN 50164-1/2/3 onaylı bileşenleri kullanmanız gerekirken, örneğin IEC/ EN 62305 serisi, aslında hangi durumlar için EN 50164-1 Sınıf H veya Sınıf N malzemelerin gerekli olduğunu belirtmez. Sınıf H'nin tüm uygulamalarda kullanılması şiddetle tavsiye edilir, ancak tam yıldırım akımına maruz kalmayan ögelere bağlanmak için Sınıf N cihazlara izin verilir.

EN bileşen standartlarının malzeme gereksinimleri ile IEC tasarım standartlarında yer alan malzeme özellikleri arasında minimum iletken boyutları ve tolerans gibi bazı küçük farklılıklar olduğu da bilinmelidir. Bu nedenle, örneğin, IEC 62305-3 tasarım standardının gerekliliklerini karşılayan, ancak EN 50164-2 bileşen standardının gerekliliklerini karşılamayan bir iletkeni sahip olmak mümkündür.

Daha fazla bilgi için Bölüm 21'e bakın.

Yıldırımdan korunma bileşenleri üreticileri ve tedarikçileri, ürünlerinin her biri için bu standartlara uygunluğu belirten test raporları sunabilmelidir. Daha da önemlisi, sınıflandırma (sınıf ve ortam) testin kapsamı ile birlikte belirtilmelidir. Onayın yalnızca test edilen iletken boyutları ve konfigürasyonlarının kombinasyonları için geçerli olduğunu unutmayın. Örneğin, konektör standart olmayan iletken boyutlarıyla kullanılıyorsa onayın geçerli olması olası değildir.

1.3. NORMATİF VE BİLGİLENDİRİCİ

Standartların ana gövdesinin normatif olduğu anlaşılmalıdır. Yani, verilen gereksinimler zorunludur (metinde aksi belirtilmedikçe). Standartın arka kısmında, ekler ek destek bilgileri ve örnekler sağlar.

Ekler normatif veya bilgilendirici olarak adlandırılabilir. Normatif bir ek, herhangi bir gereksinimin zorunlu olduğu anlamına gelirken, bilgilendirici bir ek bilgi amaçlıdır ve içerdiği herhangi bir gereksinim tavsiye niteliğindedir (yani zorunlu değildir).

Daha önceki bilgileri özetlemek gerekirse, CENELEC üye ülkeleri hariç olmak üzere, IEC 62305 serisinin, EN 50164 serisinin gereklilikleri veya bu belgelerden birinin ulusal versiyonu yalnızca ülke standardı özel olarak benimsemişse zorunludur. Herhangi bir yerel ulusal standart öncelikli olacaktır. CENELEC üyesi ülkeler için standartlar, varsa ulusal uygulamaya veya aksi takdirde EN versiyonuna uygunluk ile zorunludur.

“

14. IEC TERMINOLOJISI

Pratik olduğunda, bu belge IEC tarafından tanımlanan terimleri ve tanımları kullanır. Örneğin, "topraklama" terimi "topraklama" yerine kullanılır. Yıldırımdan

korunma endüstrisinde, yıldırım olayıyla ilgili yanlış terimlerin genellikle ayırım gözetmeksizin kullanılması söz konusudur. Aşağıda tercih edilen terimler açıklanmaktadır.

Yıldırım çarpması Şimşek çakmasında tek elektrik deşarjı Dünyaya. Şimşek çakması birden fazla vuruşa sahip olabilir

Terim	Tanım
Şimşek çakması	Bulut ve dünya arasında bir veya daha fazla vuruştan oluşan atmosferik kökenli elektrik boşalması
Çoklu vuruş	Birden fazla vuruşun olduğu bir şimşek çakması (elektrik boşalması) oluşur
İnme noktası	Şimşek çakmasının toprağa/nesneye çarptığı nokta
Yıldırım akımı	Çarpma noktasında akan akım

Tablo 2. Yıldırım olayıyla ilişkili ana IEC terimleri.

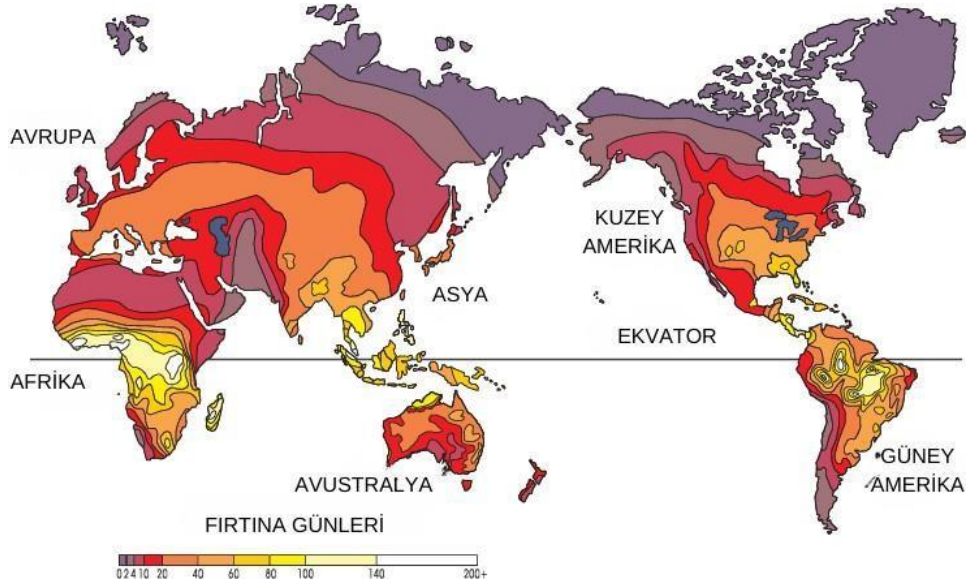
Yıldırım yaygın bir olaydır. Herhangi bir zamanda, dünya çapında aktif olan ve saniyede 100'den fazla flaş üreten yaklaşık 1700 elektrik fırtınası vardır. Bu, günde yaklaşık 7 ila 8 milyon flaşın toplamına eşittir. Bunların yaklaşık% 90'ı buluttan buluta parlamalardır ve geri kalanı ağırlıklı olarak buluttan yere parlamalardır. Dünyanın tropikal bölgeleri, isokeraunik gök gürültüsü günü haritalarında gösterildiği gibi özellikle yüksek yıldırım olaylarına sahiptir.

Ortak Terminoloji	IEC Terminolojisi
Yıldırım çarpması	Şimşek çakması
Deşarj akımı	Yıldırım akımı

Tablo 3. IEC dışı yaygın terminoloji.

2. YILDIRIM ÇAKMASININ TEORİSİ

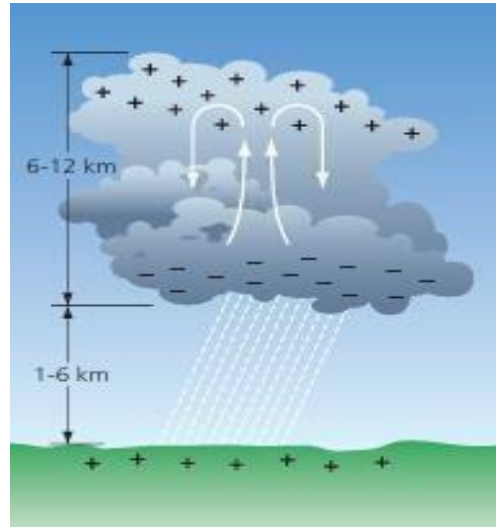
Artan karmaşıklıkta ve sofistikasyondaki binalar ve ekipmanlar nedeniyle, tek bir yıldırım darbesi fiziksel hasara ve felaket boyutunda arızalara yol açabilir. Yangına sebep olabilir, elektrik, telefon ve bilgisayar hizmetlerinde büyük çaplı kesintilere neden olabilir ve aynı anda duruş süresi (down-time) boyunca önemli gelir kayıplarına yol açabilir.



Şekil 1. Dünya gök gürültüsü günü haritası; yüksek yıldırım yoğunluğuna sahip bölgelerin ekvator çevresinde yoğunlaştığına dikkat edin.

2.1. GÖKGÜRÜLTÜSÜ BULUTU

Yıldırım, doğada meydana gelen bir fenomendir ve üst atmosfer, güneşle, ısınmış dikey bir hava sütununun daha serin üst hava kütlesiyle birleşmesi sonucu kararsız hale geldiğinde oluşur. Bu yükselen hava akımları, içinde taşıdığı su buharını daha soğuk hava ile karşılaştığında yoğunlaştırır ve bu durum konvektif fırtına faaliyetlerine yol açar. Basınç ve sıcaklık koşulları, dikey hava hareketinin kendi kendini sürdürebilir hale gelmesini sağlar ve bu da merkez çekirdeği 15.000 metrenin üzerine çıkabilen kümülonimbus bulut oluşumunun temelini oluşturur.

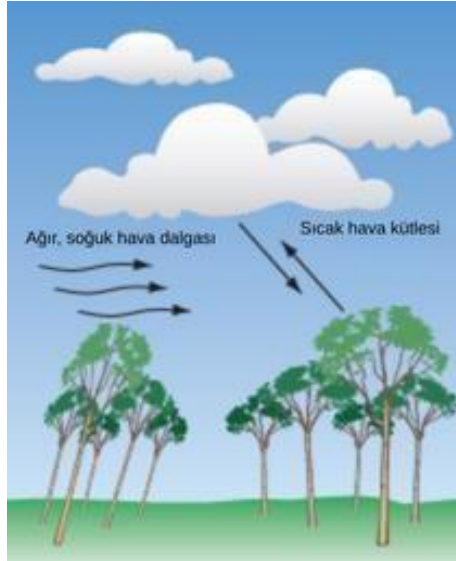


Şekil 2. Kümülonimbus bulutunda tipik yük dağılımı.

Yıldırım üretebilmek için bir bulutun 3 ila 4 km derinliğinde olması gerekir. Bulut ne kadar yüksekse, yıldırım olasılığı da o kadar artar. Kümülonimbus bulutunun merkez sütunundaki yukarı yönlü hava akımları saatte 120 km'yi aşabilir, bu da şiddetli türbülans, ani rüzgar değişimleri ve uçaklar için ciddi tehlikeler yaratır. Aynı yukarı yönlü hava akımı, elektriksel yük ayrımına neden olur ve bu da eninde sonunda yıldırım çakmasına yol açar. Şekil 2, tamamen gelişmiş bir gök gürültüsü bulutu içindeki tipik yük dağılımını göstermektedir.

Yıldırım, ayrıca soğuk hava cephesinin nemli ve sıcak bir hava kütesine doğru hareket ettiği cephe fırtınalarında da oluşabilir. Bu durumda sıcak hava yukarı itilir, kümülonimbus bulutları oluşur ve daha önce anlatılan mekanizmaya benzer şekilde yıldırım meydana gelir. Bu tür olayların önemli bir farkı, soğuk cephenin ilerlemesini sürdürerek birkaç kilometre genişliğinde kümülonimbus bulutları oluşturabilmesidir.

Yeryüzü negatif yüklüdür ve alt atmosfer bu duruma zıt yönde pozitif bir uzay yükü taşır. Yağmur damlaları, buluttan yeryüzüne doğru elektrik yüklerini taşıyarak fırtına bulutunun bir dipol karakteri kazanmasına neden olur: Bulutun alt kısmı negatif, üst kısmı pozitif yüklüdür. Şelale çalışmaları, ince yağış damlalarının pozitif yük kazandığını, daha büyük parçacıkların ise negatif yüklendiğini göstermiştir. Kümülonimbus bulutundaki yukarı yönlü hava akımı bu yükleri birbirinden ayırır.



Şekil 3. Cephe fırtınalarıyla oluşan kümülonimbus bulutları

2.2. YILDIRIM ÇAKMASININ MEKANİĞİ

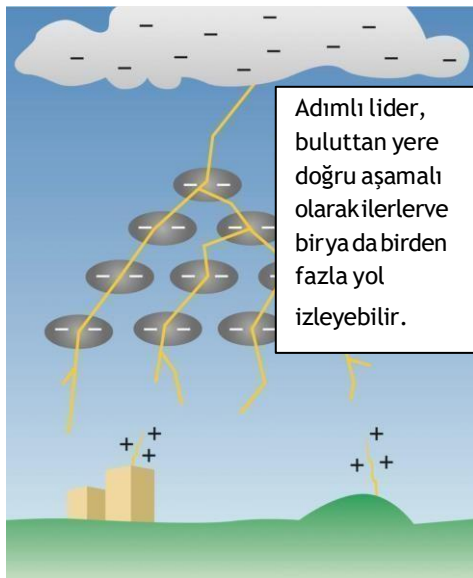
Bulut içindeki elektrik yüklerinin ayrılması, elektrik potansiyelinin nötrleştirici bir boşalmanın kaçınılmaz olduğu seviyeye kadar yükselmesine neden olur. Yıldırımdan korunma açısından esas olarak

buluttan yere olan deşarj (cloud-to-ground discharge) önemlidir. Bu olay iki aşamalı bir süreçtir: Biri buluttan, diğeri ise yerden ya da bir yapının üzerinden başlatılır.

Bulutun alt kısmında iyonizasyon meydana gelir ve korona deşarjları oluşur. Bu sırada bir lider (leader) kanalı başlatılır ve yere doğru ilerlemeye başlar. Rüzgar kesmeleri (wind shear) iyonize havayı dağıtarak bu ilerlemeyi geçici olarak durdurur, ta ki yeterli iyonizasyon oluşup bir sonraki adıma geçilene kadar. Bu şekilde, adımlı lider (stepped leader), yere doğru hızla ilerler ve genellikle birçok kola ayrılarak farklı yönlere uzanır.

Lider yere yaklaştıkça, elektrik alan hızla artar ve yer yüzeyinde yerel iyonizasyonu hızlandırır. Bu noktada, lider ile yer arasındaki potansiyel fark 100 milyon volta kadar çıkabilir ve bu da havanın nihai olarak delinmesine (breakdown) neden olur. Böylece, yerden yukarı doğru bir karşı deşarj (upward leader) başlar ve aşağı inen liderle, yerden birkaç onlarca ya da yüzlerce metre yukarıda buluşarak yıldırım çakmasını tamamlar.

2. Yıldırım Çakması Teorisi (devamı)



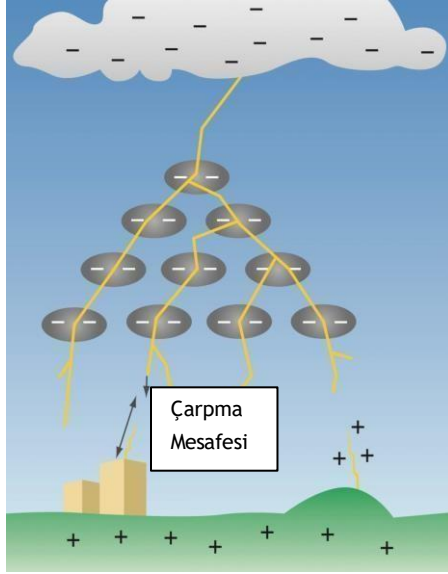
Şekil 4. Adımlı liderin yeryüzüne doğru ilerleyişi.

Yukarı ve aşağı yönlü liderlerin birleşmesiyle iyonize kanal tamamlandığında, bulut ile yer arasında düşük empedanslı bir yol oluşur ve ana deşarj (main stroke) başlar. Bu süreç, elektrik akımının tipik olarak 10 kA/μs oranında hızla artmasıyla karakterizedir. Ortalama tepe akımları yaklaşık 30 kA düzeyindedir; minimum akımlar birkaç kiloamper mertebesinde olurken, 200 kA'yı aşan maksimum yıldırım akımları da kaydedilmiştir.

Aynı kanal üzerinden art arda deşarjların gerçekleşmesi de mümkündür. Bu durum, ilk boşalmanın bulut içerisindeki yerel yüklü hücreyi nötralize etmesiyle ortaya çıkar. Yakındaki diğer yüklü bulut hücreleri daha sonra iyonize kanala doğru boşalarak bu kanalı kullanarak yere deşarj olurlar. Bu şekilde, aynı kanal üzerinden 16'ya kadar çakma gözlemlenmiştir. Tek bir yıldırım çakması içerisindeki bu çoklu deşarjlar, zaman zaman "yeniden çakma" (re-strike) olarak adlandırılır.

Bir yıldırım çakması sırasında açığa çıkan ortalama enerji yaklaşık 55 kW-saat olup, bu miktar modern enerji üretim standartlarına göre kayda değer düzeydedir. Yıldırım akımının oluşturduğu tehlike, bu enerjinin yalnızca 100 ila 300 mikrosaniyelik bir sürede açığa çıkması ve tepe akım değerine yalnızca 1 ila 2 mikrosaniyede ulaşılması gerçeğinden kaynaklanmaktadır.

Pozitif ve negatif yıldırımlar arasındaki fark, pozitif yıldırım durumunda liderin genellikle adımlı (stepped) olmaması ve nadiren birden fazla çakmanın meydana gelmesidir. Genellikle sadece bir geri çakma (return stroke) oluşur ve ardından bulutun boşalması için sürekli bir akım akışı sağlanır.



Şekil 5. Yukarı yönlü liderin iyonize kanalı tamamlaması.

2.3. Yıldırım Parametreleri

Yıldırım, analiz ve tasarım amacıyla istatistiksel bir yaklaşımla ele alınan doğal bir fenomendir.

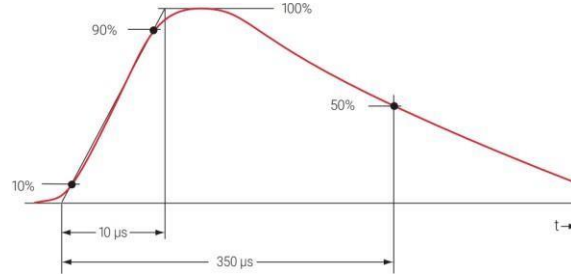
Uluslararası Büyük Elektrik Sistemleri Konseyi (CIGRE) verilerine göre:

	LPL I	LPL II	LPL III	LPL IV
Maksimum tepe akımı (kA, 10/350 μ s)	200	150	100	100
Akımın bu değeri aşma olasılığı (%)	1	2	3	3

Tablo 4, bu yıldırım koruma seviyeleri için beklenen maksimum akımı ve bu akımın aşılma olasılığını göstermektedir. Standart, hava sonlandırıcıları, iletkenler ve topraklama sonlandırmalarının, beklenen maksimum akımı taşıyacak yeterliliğe sahip olacak şekilde boyutlandırılmasını güvence altına alır.

IEC 62305 serisinde, dört farklı yıldırım koruma seviyesi tanımlanmış olup, tasarım kuralları, yıldırımdan korunma sisteminin (LPS) maksimum değerler (“boyutlandırma verimliliği”) ve minimum değerler (“yakalama verimliliği”) karşılayabilecek şekilde yapılandırılmasına dayanmaktadır. LPL I, en yüksek koruma seviyesini (en yüksek koruma düzeyi) sunarken, LPL IV en düşük koruma seviyesini sağlar.

2. Yıldırım Çakmasının Teorisi (devam)



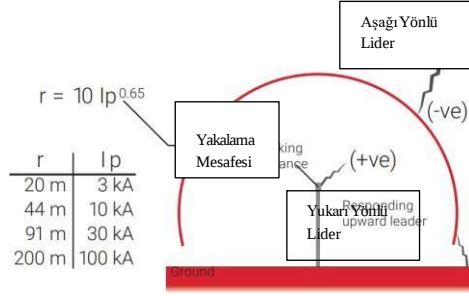
Şekil 6 Dalga Şekli

Yıldırım akımının gerçek dalga şekli olaydan olaya farklılık gösterse de, araştırmalar, belirli bir dalga şeklinin gerçekleşme olasılığının istatistiksel olarak belirlenebileceğini göstermektedir. Basitleştirme amacıyla, Tablo 4'teki maksimum değerler 10/350 µs dalga şekli kullanılarak belirtilmiştir. Şekil 6'da gösterildiği gibi, 10/350 µs'lik bir olayda ön cephe süresi (yani yükselme süresi) 10 µs, akımın %50'ye düşme süresi ise 350 µs'tir.

Paratoner yerleşiminde temel dikkate alınması gereken konu, beklenen en düşük akım değeri ve yıldırımdan korunma sisteminin bu küçük çakmaları yakalama yeteneğidir. Daha önce belirtildiği gibi, yıldırımın aşağı yönlü lideri yere veya bir yapıya yaklaştıkça, elektrik alan artar ve bu durum, yerden ya da yapıdan yukarı yönlü bir liderin başlatılmasına yol açar; bu yukarı lider, sonunda aşağı yönlü liderle birleşebilir. Bu mesafe “yakalama mesafesi” olarak adlandırılır. Yıldırım liderinin taşıdığı yük miktarı ne kadar büyükse, bu birleşmenin gerçekleştiği mesafe de o kadar büyük olur. Liderin taşıdığı yük ne kadar fazlaysa, ortaya çıkan yıldırım akımı da o kadar büyük olur. Genel olarak kabul edilen formüle göre yakalama mesafesi (r) şu şekilde hesaplanır:

$$r = 10 / 0.65$$

Burada I, oluşan çakmanın tepe akımıdır.



Şekil 7 Yakalama Mesafesi

Bu formül, bir paratonerin daha küçük bir yıldırım çakmasını yakalamasının, daha büyük bir çakmayı yakalamasından daha zor olduğunu gösterir, çünkü daha küçük bir çakma, yukarı yönlü lider başlatılmadan önce paratonere daha fazla yaklaşmak zorundadır. Yapıyı daha küçük yıldırım çakmalarına karşı korumak için paratonerlerin birbirine daha yakın yerleştirilmesi gerekir. Daha küçük yıldırım çakmalarında, bir paratonerin aşağı yönlü lideri yakalayacak kadar yakın olmama riski vardır, bu nedenle daha yakın bir yapısal nokta yukarı yönlü lideri serbest bırakır ve çakmayı yakalar (yani yapı yıldırım tarafından vurulur).

Her bir yıldırımdan korunma seviyesi için, korunması gereken minimum bir akım seviyesi belirlenmiştir (seçilmiştir). Tablo 5, bu akım seviyelerini ve yıldırımın bu seviyelerin üzerinde olma olasılık yüzdelerini ayrıntılı olarak gösterir.

Örneğin, LPL I seviyesi paratonerleri öyle bir şekilde konumlandırır ki, tüm yıldırım çakmalarının %99'u (3 kA ve üzeri olanlar) yakalanır. Sadece %1 ihtimalle yıldırım 3 kA'lık minimum değerden daha küçük olabilir ve bu durumda paratonere yeterince yakın olmayabilir, dolayısıyla yakalanmayabilir. 3 kA'dan küçük yıldırım çakmalarının nadir olduğu ve genellikle yapıya zarar vermesinin beklenmediği unutulmamalıdır. LPL I'den (%99) daha yüksek düzeyde bir koruma, önemli ölçüde daha fazla malzeme gerektirir, standart tarafından kapsanmaz ve genellikle ticari yapılar için gerekli değildir.

	<i>LPL I</i>	<i>LPL II</i>	<i>LPL III</i>	<i>LPL IV</i>
<i>Minimum Akım(kA)</i>	3	5	10	16
<i>Akımın minimum değerden büyük olma olasılığı (%)</i>	99	97	91	84
<i>Yakalama küresi yarıçapı (m)</i>	20	30	45	60

Tablo 5 Yıldırımdan korunma seviyeleri I'den IV'e kadar olan seviyeler için (yakalama verimliliği ile ilişkili) minimum akım düzeyleri

Daha düşük yıldırımdan korunma seviyeleri (LPL II, III ve IV), paratonerler arasındaki mesafeyi artırır; bu da daha küçük yıldırım çakmalarını yakalama yeteneklerini azaltır ve sonuç olarak korunabilecek yıldırım olaylarının yüzdesini düşürür.

Tablo 5 ayrıca, yuvarlanan küre tasarım yönteminde kullanılan küre yarıçaplarını da ayrıntılı olarak gösterir. Yuvarlanan küre yöntemi, paratonerlerin yerleşimlerini belirlemede tercih edilen yöntemdir (koruma açısı yöntemi ve ağ yöntemi daha sonra açıklanacaktır). Kürenin yarıçapı, seçilen yıldırımdan korunma seviyesi için belirlenen minimum akım seviyesine karşılık gelen yakalama mesafesine (önceki formül kullanılarak) eşittir. Bu hayali küre yapı üzerinde yuvarlanarak gezdirilir. Kürenin temas ettiği yüzey noktaları, aşağı yönlü lideri yakalayabilecek yukarı yönlü liderlerin başlatılabileceği olası noktaları tanımlar. Bu temas edilen tüm noktalar koruma gerektirir kabul edilirken, temas edilmeyen noktalar için bu gerekli görülmez. Genel olarak, yıldırımdan korunma sistemi öyle tasarlanır ki, yuvarlanan küre yalnızca paratoner sistemine temas eder; yapıya değil.

Tablo 5'i daha iyi açıklamak gerekirse; LPL IV koruması sağlayacak bir yıldırımdan korunma sistemi, yuvarlanan küre yöntemi kullanılarak tasarlandığında, 60 metrelik küre yarıçapına göre yerleştirilmiş paratonerler kullanır.

2. Yıldırım Çakması Teorisi (devamı)

Bu hava terminalleri 16 kA veya daha büyük tüm yıldırım çakmalarını yakalayacak şekilde konumlandırılacaktır. Böylece yıldırım en az %84'üne karşı koruma sağlanacaktır. “En az” terimi yakalanan yıldırım yüzdesinin daha büyük olabileceğini belirtmek için kullanılmıştır. Çünkü yıldırım düştüğü yer , hava terminaline daha yakın olsa yakalanamayanlar da yakalanabilir. Daha büyük bir yıldırım koruma seviyesi (**örneğin LPL I, II veya III**) sunmak için daha küçük bir yuvarlanan küre yarıçapı kullanılmalıdır. Bu, hava terminalleri arasındaki alana az boşlukla (daha fazla hava terminali) sonuçlanacak, böylece hava terminalleri daha küçük yıldırım çakmalarını yakalayacak şekilde konumlandırılacak ve yakalanan yıldırım çakmalarının toplam yüzdesi artacaktır.

2.4 Yıldırım Hasarı & Risk Yönetimi

Hiçbir yıldırım koruma sistemi %100 etkili değildir.

Standarta uyumlu olarak tasarlanmış bir sistem hasara karşı bağımsızlık garantisi vermez. Yıldırım koruması istatistiksel olasılıklar ve risk yönetiminin bir konusudur.

Standarta uyumlu olarak tasarlanmış bir sistem riski istatistiksel olarak önceden belirlenmiş bir eşik altına düşürmelidir. IEC 62305-2 risk yönetimi süreci bu analiz için bir çerçeve sağlar.

Etkili bir yıldırım koruma sisteminin çeşitlilikleri kontrol etmesi gerekir. Yıldırım çakmasının akımı bir direk/etkik tehlikeler yaratırken, termal ve mekanik tehlikelerin de ele alınması gerekir.

Yapılar ve iç ekipmanlar için riskler :

- Yıldırım çakmasının ismi, bağlantı noktası veya yıldırım akımının yapıların içinde elektrik arkı oluşturmasıyla yangın veya patlama
- İletkenlerin ohmik ısınması veya erimiş iletkenler nedeniyle oluşan artan dolaylı oluşan yangın ve/veya patlama
- Plazma ısı nedeniyle , yıldırımın çarptığı noktada yapı çatısının delinmesi
- Elektrik ve elektronik sistemlerin zarar görmesi
- Çarpma noktasında yerinden oynayan malzemeler dahil olmak üzere mekanik hasar

Kişiler (ve hayvanlar) için riskler şunlardır:

- Doğrudan flaş
- Adım potansiyeli
- Dokunma potansiyeli
- Yan flaş

İkincil Etkiler:

- Doğrudan boğulma veya yangından kaynaklanan yaralanma
- Çarpma noktasından düşen duvar gibi yapısal tehlikeler
- Çatıda ısı girişi gibi güvenli olmayan koşullarda kritiksel devreleri tehlikeye neden olan penetrasyonlar, işlemlerin, güvenlik sistemlerinin, izleme sistemlerinin anormal/anlamsız veya bozulması.

3. KORUMA YÖNTEMLERİ VE RİSKLERİNE GİRİŞ

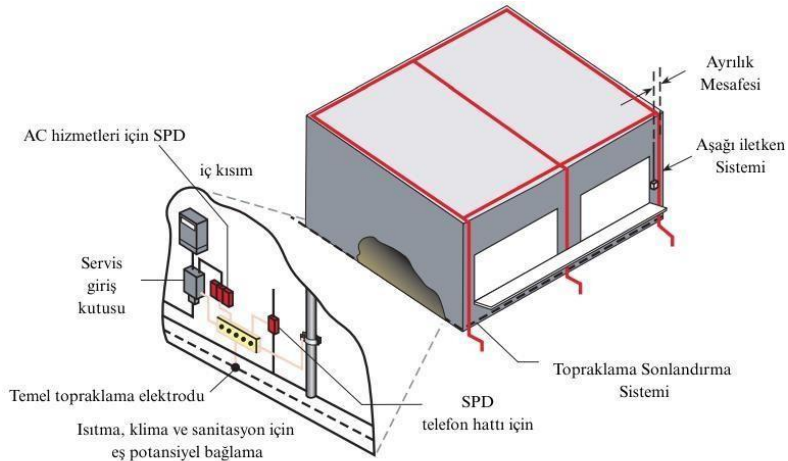
Yıldırımdan korunma biliminin ilk başlangıcı en iyi Benjamin Franklin'e atfedilir. Yıldırımın Leyden kavanozunda depolanan elektrikle aynı türde olduğunu kanıtlamak için yaptığı uçurtma uçurma deneyinin hikayesi iyi belgelenmiştir ve modern bir efsane haline gelmiştir. Geleneksel paratonerden ilk kez bahsedilmesi Franklin tarafından 1750'de Gentleman's Magazine'de [sic] ve daha sonra 1751'de yayınlanan konuyla ilgili incelemelerinde yayınlanmıştır. Burada paratonerlerin "... Evleri vb. Yıldırımdan Korumak" için kullanılmasını önermektedir. 1876'da Franklin'in araştırması James Clerk Maxwell tarafından daha da ileri götürüldü ve bir binayı metal kaplama ile tamamen kapatarak yıldırım akımının binanın dışına sınırlanacağını ve binanın içinde hiçbir akım geçmeyeceğini öne sürdü. Bu kavram, korunacak yapının etrafında eşpotansiyel bir kafes oluşturmak için iletkenlerden oluşan bir matrisin kullanıldığı, Faraday Kafesi (ağ yöntemi) olarak bilinen nispeten daha uygun maliyetli bir yaklaşımın ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Bir yıldırım koruma sisteminin tasarımı şunları gerektirir:

- Yıldırım çakmasını engellemek (yani,tercih edilen çarpma noktası oluşturmak)
 - Yıldırım akımını toprağa iletmek
 - Akımı toprağa dağıtmak
 - LPS, yapı ve dahili elemanlar/devreler arasındaki tehlikeli potansiyel farklarını önlemek için bir eşpotansiyel bağı oluşturmak
- Bunu başarmak için yıldırım koruma sistemi şunları yapmalıdır:
- Yapıya termal veya mekanik hasar vermemelidir
 - Yangın veya patlamaya neden olabilecek kıvılcımlara neden olmamalıdır
 - Yaralanma riskini kontrol etmek için adım ve temas voltajlarını sınırlamalıdır
 - Dahili elektrik ve elektronik sistemlere verilen hasarı sınırlamalıdır

Yıldırım koruma sistemi genellikle iki bölümde ele alınır.

Dış yıldırım koruma sistemi yıldırım çakmasını keser, iletir ve toprağa dağıtır.
Dahili yıldırım koruma sistemi yapı içinde tehlikeli kıvılcımlanmayı önler (eşpotansiyel bağlama veya ayırma mesafesi kullanarak).



Şekil 8. Dış ve iç yıldırımdan korunma sistemi.

Yıldırımdan korunma sistemleri genellikle iki yaklaşımı takip eder:

İzole olmayan sistem – yıldırım koruma sisteminin yapıya bağlanmasıyla potansiyel olarak zararlı voltaj farklarının sınırlandırıldığı sistem

İzole sistem – yıldırımdan korunma sisteminin yapıdan belirli bir ayırma mesafesi ile izole edildiği sistem.

Bu mesafe, enerjinin LPS'de tutulması ve yapıya kıvılcım saçmaması için yeterli olmalıdır. İzole sistemler, sazdan çatılar gibi yanıcı malzemelere sahip yapılar veya direkler ve anten gövdeleri üzerinde yıldırım akımlarının iletilmesini önlemek isteyen telekomünikasyon sahaları için oldukça uygundur.

3.1. RİSKLER

Tipik konvansiyonel yıldırımdan korunma sistemlerinin neden sıkı eşpotansiyel bağlama ve topraklama gerektirdiğini anlamak için, adım/ dokunma potansiyelleri ve yan parlamalar nedeniyle yaralanma riskinin nasıl oluştuğunu anlamak önemlidir.

3.1.1. ADIM POTANSİYELİ

İzole Olmayan

Şekil 9. İzole olmayan koruma kavramları.

İzole edilmiş

Yıldırım akımı toprağa enjekte edildiğinde, daha uzak bir noktaya göre toprak elektrodu etrafında büyük bir voltaj gradyanı oluşur. Dünya, üst üste binen yarım kürelerin bir dizisi olarak düşünülebilir. Elektrottan uzaklık ne kadar büyükse, yarım kürenin yüzey alanı o kadar büyük olur ve topraktan geçen paralel yollar da o kadar fazla olur. Bu nedenle voltaj artışı, akım yoğunluğunun en yüksek olduğu elektrot yakınında en fazladır.

Standart, maliyet, etkinlik ve tasarımda sadelik unsurlarını bir araya getiren basit geometrik tasarım formları sağlar.

Tasarım yöntemleri şunlardır:

- Örgü yöntemi
- Yuvarlanan küre yöntemi (RSM)
- Koruma açısı yöntemi (PAM)

Bu yöntemler (Bölüm 9'da açıklanmıştır) hava sonlandırmalarının optimum yerini ve bunun sonucunda oluşan aşağı iletken ve topraklama gereksinimlerini belirlemek için kullanılır.

Belirli bir yapı için risk seviyesini belirlemek ve önceden belirlenmiş bir "kabul edilebilir risk" değeriyle karşılaştırma yapmak için genellikle bir risk değerlendirmesi yapılır. Daha sonra, uygun bir yıldırım koruma seviyesinde (LPL) koruma önlemleri uygulanarak risk kabul edilebilir riske veya altına düşürülür.

Yıldırım koruma seviyesi, örgü aralıkları, yuvarlanan kürenin yarıçapı, koruma açısı vb. gibi faktörlere bağlıdır.

Yıldırımdan korunmanın genellikle hava terminalleri ve iniş iletkenlerinden oluşan bir ağ şeklinde uygulandığını belirtmek gerekir, ancak diğer yöntemlere de izin verilmektedir:

- Dokunma ve adım atma potansiyel risklerini sınırlamak için:
 - Açıkta kalan iletken parçaların yalıtımı
 - Fiziksel kısıtlama ve uyarı işaretleri
- Fiziksel hasarı sınırlamak için:
 - Yangına dayanıklılık, yangın söndürme sistemleri, korumalı kaçış yolları

Bir kişinin normal adım mesafesi 1 metreye yakındır. Deşarj sırasında toprak elektroduna yakın olmak, bu mesafedeki voltaj farkının ölümcül olabilecek kadar büyük olabileceği anlamına gelir - ayakkabı durumu vb. gibi koşullara bağlı olarak, bir alt bacadan diğerine önemli miktarda akım akabilir.

Hayvanlarda ise daha büyük bir risk söz konusudur. Daha büyük hayvanların ön ve arka bacakları arasındaki mesafe 2 metre mertebesinde olabilir ve akım yolu kalbin daha hassas bölgesinden geçer.

Tehlikenin tolere edilebilir düzeye indirildiği şu durumlarda kabul edilir:

- Kişilerin aşağı iletkene yaklaşma olasılığı veya 3 m mesafede bulunma süresi çok düşüktür - alana erişimi sınırlamak bir çözüm olabilir
- Adım potansiyeli 5 k ohm.m yalıtım bariyeri kullanılarak azaltılır
örneğin elektrottan 3 m mesafede 50 mm asfalt veya 150 mm çakıl
- Mesh sistemi gibi bir eş potansiyel topraklama sistemi doğru şekilde kullanılır

Ayrıca, toprağa giren iletkenin üst kısmının yalıtılması da iyi bir uygulamadır.

İlk 2-3 m iletken/elektrodu koruyan ısıyla büzüşen (2 mm polietilen) veya 4 mm kalınlığında PVC, adım potansiyel tehlikelerini azaltmak için yeterlidir. Bir iletken yalıtılıp gömüldüğünde, herhangi bir yalıtılan kısım Bölüm 12'nin topraklama gerekliliklerine katkıda bulunduğu düşünülmemelidir .

3. Koruma Yöntemleri ve Risklere Giriş (devam)

Şekil 10. Adım ve dokunma gerilimi gradyanları.

3.1.2. DOKUNMA POTANSİYELİ

Dokunma potansiyeli, adım potansiyeli ile benzer bir nedenden kaynaklanmaktadır, ancak dikkate alınan voltaj farkı, el ile (genellikle) ayaklar arasında var olan voltaj farkıdır. Dokunma potansiyeli nedeniyle elektrik çarpması riski, akım geçişi kalp bölgesine yakın olduğundan adım potansiyelinden daha büyüktür.

Aşağıdaki durumlarda tehlikenin tolere edilebilir düzeye indirildiği kabul edilir:

- Kişilerin yaklaşma olasılığı veya bulunma süresi çok düşüktür - alana erişimi sınırlamak bir çözüm olabilir
- Doğal aşağı iletkenler, kapsamlı metal çerçeve veya çelik işlerin birbirine bağlandığı yerlerde kullanılır
- 50 mm asfalt veya 150 mm çakıl gibi ≥ 5 k ohm.m yalıtım bariyerine sahip bir yüzey tabakası kullanılır
- Aşağı iletken en az 100 kV 1.2/50 µs darbe yalıtımı ile yalıtılmıştır (3 mm PVC)

3.1.3. YAN FLAŞLAMA

Tüm aşağı-iletkenlerin bir direnci ve daha da önemlisi endüktansı vardır. Yıldırım çakması sırasında akımın hızlı bir şekilde yükselmesi, iletkenin endüktif gerilim artışının, iletkenin yakındaki iletken ve topraklanmış bir nesneye çarpması için yeterli gerilimin mevcut olduğu bir büyüklüğe ulaşmasına neden olabilir.

Yandan yanıp sönmeye şu şekilde kontrol edilebilir:

- Her birindeki akımı azaltmak için bir dizi paralel aşağı-iletken kullanmak
- İki nesne arasındaki ayırma mesafesinin araya giren ortamı bozmayacak kadar yeterli olmasını sağlamak; veya
- Potansiyel farkını ortadan kaldırmak için nesneye bağlama (nesne kısmi bir yıldırım akımı taşıyabilir)

Standardın aşağı iletken ve bağlama gereklilikleri bu sorunları ele almaktadır.

4. Risk Yönetimi

4. Risk Yönetimi

IEC 62305-2, tolere edilebilir bir risk sınırı, gerçek riski hesaplama yöntemleri sağlayan ve ardından gerçek riski tolere edilebilir riske eşit veya daha düşük olacak şekilde düşürmek için gereken koruma yöntemlerini değerlendiren bir yıldırım riski yönetim prosedürü sağlar. Bu risk değerlendirmesinin temel çıktısı, yıldırım korumasının gerekip gerekmediğini belirlemek ve gerekiyorsa uygun yıldırım sınıfını seçmektir. Yıldırım sınıfı, yıldırım koruması tasarımında kullanılan minimum yıldırım koruma seviyesini (LPL) belirler. Risk yönetimi süreci gerekli olmadığını gösterse bile yıldırımdan korunma takılabilir. Gerekenden daha yüksek bir koruma seviyesi de seçilebilir. IEC 62305- 2 belgesinin 100 sayfadan uzun olduğu ve son derece kapsamlı ve karmaşık olduğu belirtilmelidir. Tüm risklerin tam bir manuel analizinin tamamlanması onlarca saat sürebilir. Bu amaçla, IEC standardı yazılımla birlikte gelir ve ek üçüncü taraf yazılımları da mevcuttur. Karmaşık veya yüksek riskli yapılar/durumlar için, tam standart kullanılarak daha ayrıntılı bir analiz düşünülmelidir. Bunlar şunları içerir, ancak bunlarla sınırlı değildir:

- a. Tehlikeli veya patlayıcı maddelerin bulunduğu yerler
- b. Hastaneler veya iç sistemlerin arızalanmasının yaşamsal tehlikeye yol açabileceği diğer yapılar

62305-2 Risk Yönetimi standardının ulusal düzeyde uygulanmasıyla birlikte, yerel koşulları ve kabul edilebilir yerel toleranslı riski daha iyi yansıtmak için prosedürlerde ve değerlerde bazı küçük ayarlamalar yapıldığını unutmayın. Kurulum ülkesine uygun ulusal standardı kullanın veya o ülkenin benzer yıldırım riski (yer, flaş yoğunluğu/ gök gürültülü günler) ve benzer sosyal/ekonomik değerler yaşadığı bir ulusal standardı seçin.

4.1. Risk Analizine Genel Bakış

Bu belgenin kapsamı, tam risk yönetimi gerekliliklerini açıklamak değildir. Kavramsal olarak risk analizi şu genel süreci takip eder:

1. Korunacak yapının ve çevresinin belirlenmesi
2. Her kayıp türünü ve ilişkili riski değerlendirme (R1 den R3 e)
3. Korumanın gerekli olup olmadığını belirlemek için R1 ile R3'ü uygun tolere edilebilir risk RT'siyle karşılaştırmak
4. Koruma seçeneklerini R1 ila $R3 \leq RT$ olacak şekilde değerlendirme

R1 ila R3 arasındaki kayıp riskleri için ayrı RT rakamlarının mevcut olduğunu unutmayın. Yıldırım koruması, R1, R2 ve R3'ün hepsinin ilgili tolere edilebilir riske (RT) eşit veya daha düşük olması gerekir. Yıldırımdan korunma ayrıca ekonomik risk R4 ve ilgili ekonomik fayda temelinde de haklı gösterilebilir. Bu analiz için IEC 62305-2'de ayrı bir prosedür izlenir. Aşağıdaki risklerin her biri, daha sonra yıldırımın yapı ve hizmetler üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkileri açısından değerlendirilen bireysel risk bileşenlerine (alt kategorilere) ayrılır. Bu, yapı büyüklüğü ve yıldırım çakma yoğunluğu ile ilişkili olan tehlikeli olay sayısının hesaplanmasını gerektirir. Basitleştirilmiş analiz yazılımı şunları dikkate alır:

1. Yapının Boyutları
2. Yapının Nitelikleri
3. Çevresel Etkiler
4. Tesise Giren Hizmetlerin Etkisi
5. Mevcut Koruma Önlemleri

Basitleştirilmiş yazılım IEC 62305-2 uyumludur, ancak ölçülü niteliktedir. Yani en kötü durum veya ölçülü değerler varsayılır. Birden fazla özdeş yapının inşa edileceği durumlarda, küçük bir ekonomik tasarruf elde edilip birçok yapıya uygulanabilmesi durumunda tam bir risk analizi yapılması uygun olabilir.

KAYIP TIPLERİ	R _t (y ⁻¹)	
	IEC 62305-2	BS EN 62305-2
İnsan hayatının kaybı	10 ⁻⁵ 100,000'de 1 risk	10 ⁻⁵ 100,000'de 1 risk
Kamuya hizmet kaybı	1,000'de 1 risk	10,000'de 1 risk
Kültürel mirasın kaybı	10 ⁻³ 1,000'de 1 risk	10 ⁻⁴ 10,000'de 1 risk

4.1.1. Hasar Kaynakları, Hasar Türleri, Kayıp Türleri ve Kayıp Riski

Risk yönetim sürecini daha iyi anlamak isteyenler veya bir yapının riskini manuel olarak hesaplamayı amaçlayanlar için, bu bölümün geri kalan kısmı konuya giriş niteliğindedir. Aynı zamanda, IEC 62305- 1/2'ye dayalı risk değerlendirmesinde parametre seçimlerinin etkisini anlamaya yardımcı olur ve manuel bir değerlendirme yapılacaksa uyulması gereken standartların kavranmasına katkı sağlar.

Risk değerlendirme prosedürü; yapı, içeriği, hizmetleri ve çevreyi, hasar kaynağı ve türüyle birlikte dikkate alan çeşitli kombinasyonları değerlendirdiği için, hasar kaynaklarını, hasar türlerini ve kayıp türlerini anlamak büyük önem taşır.

IEC 62305-1, hasar kaynakları kavramını tanımlar (*Şekil 11*):

- **S1** – Yapıya doğrudan yıldırım düşmesi
- **S2** – Yapı yakınına yıldırım düşmesi
- **S3** – Hizmetlere doğrudan yıldırım düşmesi
- **S4** – Hizmetlerin yakınına yıldırım düşmesi

Yıldırımın olası hasar kaynakları tanımlandığında, şu üç hasar türü belirlenir:

- **D1** – Canlıların (insan ve hayvan) dokunma ve adım gerilimi yoluyla zarar görmesi
- **D2** – Fiziksel hasar (yangın, patlama, mekanik yıkım, kimyasal tepkime)
- **D3** – İç tesisat/elektronik sistemlerin elektromanyetik darbe nedeniyle çalışamaz hâle gelmesi

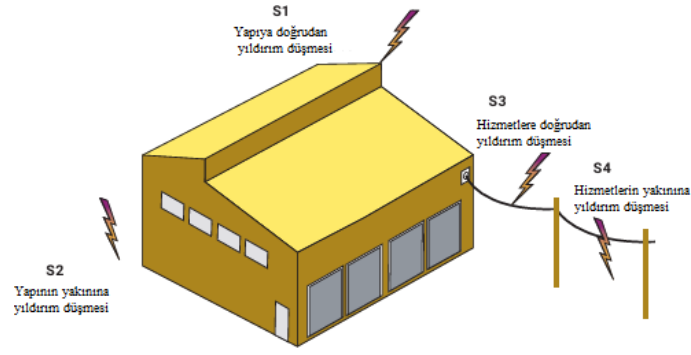
Her hasar türü için dört kayıp türü tanımlanmıştır:

- **L1 – İnsan hayatı kaybı**
- **L2 – Kamuya yönelik temel hizmet kaybı**
- **L3 – Kültürel miras kaybı**
- **L4 – Ekonomik kayıp (yapı, içeriği ve hizmet kaybı ile faaliyet kaybı dahil)**

"Hizmetler" terimi dikkatle ele alınmalıdır, çünkü bu terimin kapsamı standarda bağlıdır. Bu, yapıya bağlı fiziksel hizmetleri (su, elektrik, gaz, yakıt ya da veri/telekomünikasyon hizmetleri) ya da kamuya yönelik hizmetleri (örneğin bilgi hizmetleri) içerebilir. Kamuya sunulan hizmetlerin kapsamı, yıldırım hasarı nedeniyle hizmet veremeyen her türlü tedarikçiyi kapsar. Örneğin, yıldırım nedeniyle kasa sistemleri çalışmayan bir süpermarket veya telefon/veri bağlantı arızası yaşayan bir sigorta şirketi kamuya hizmet sunamaz duruma gelir.

Tablo 7, IEC 62305-1 Tablo 3'e göre dört farklı hasar kaynağına ilişkin hasar türlerini ve kayıp türlerini özetlemektedir. İlk üç kayıp türü (L1, L2 ve L3) için, IEC 62305-2 standardı bu kayıplara karşılık gelen riskleri (R1, R2 ve R3) değerlendirir ve bunları kabul edilebilir risk seviyeleriyle karşılaştırır. L4 kaybı için ise, yıldırımdan korunma olup olmasına bağlı olarak ekonomik kaybın maliyeti, koruma önlemlerinin maliyetiyle karşılaştırılır.

Tablo 8, bir hizmetle ilişkili hasar ve kayıp türlerini ayrıntılı şekilde göstermektedir. Hizmetlerdeki kayıp ve bu kayıplara ilişkin risk hesaplaması, yapıya göre farklılık gösterdiğinden bu kayıpları ayırt edebilmek için L2 ve L4 konvansiyonları kullanılmaktadır.



Şekil 11. Hasar Kaynakları

4. Risk Yönetimi (devamı)

Hasar kaynağı (Durum noktası)	Hasar türü	Kayıp türü
S1 Yapıya yıldırım düşmesi	D1 - Yaralanma	L1 - İnsan hayatı kaybı L4 - Ekonomik kayıp ^o
	D2 - Fiziksel hasar	L1 - İnsan hayatı kaybı ^o L2 - Hizmet kaybı L3 - Kültürel miras kaybı L4 - Ekonomik kayıp
	D3 - Sistem arızası	L1 - İnsan hayatı kaybı ^o L2 - Hizmet kaybı L4 - Ekonomik kayıp
S2 Yapının yakınına yıldırım düşmesi	D3 - Sistem arızası	L1 - İnsan hayatı kaybı L2 - Hizmet kaybı L3 - Ekonomik kayıp
S3 Hizmetlere yıldırım düşmesi	D1 - Yaralanma	L1 - İnsan hayatı kaybı L4 - Ekonomik kayıp ^o
	D2 - Fiziksel hasar	L1 - İnsan hayatı kaybı L2 - Hizmet kaybı L3 - Kültürel miras kaybı L4 - Ekonomik kayıp
	D3 - Sistem arızası	L1 - İnsan hayatı kaybı ^o L2 - Hizmet kaybı L4 - Ekonomik kayıp
S4 Hizmetlerin yakınına yıldırım düşmesi	D3 - Sistem arızası	L1 - İnsan hayatı kaybı ^o L2 - Hizmet kaybı L3 - Ekonomik kayıp

Notlar:

^o Yalnızca hayvanları kaybedilecekleri mülkler için geçerlidir

^o Yalnızca patlama riski olan yapılar ve hizmetlerin ya da iç sistemlerin arızalanmamasını insan hayatı riske attığı hastaneler veya diğer yapılar için geçerlidir

7. Tablo Farklı kaynaklardan gelen yapılarıdaki hasar ve kayıplar.

Hasar kaynağı (Durum noktası)	Hasar türü	Kayıp türü
S1 Yapıya yıldırım düşmesi	D2 - Fiziksel hasar D3 - Sistem arızası	
S3 Hizmetlere yıldırım düşmesi	D2 - Fiziksel hasar D3 - Sistem arızası	L2 - Hizmet kaybı L4 - Ekonomik kayıp
S4 Hizmetlerin yakınına yıldırım düşmesi	D3 - Sistem arızası	

8. Tablo Farklı kaynaklardan gelen yapılarıdaki hasar ve kayıplar.

4. Risk Yönetimi (devamı)

4.1.1. Risk Yönetimi Prosedürü ve Tolere Edilebilir Risk

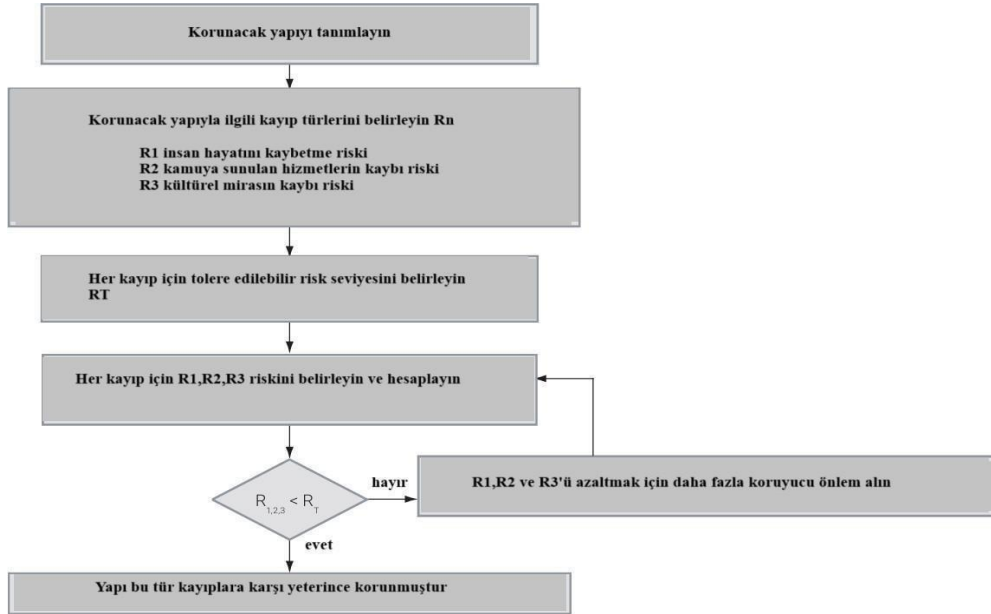
L1 ila L3 arasındaki her kayıp için, her kaybın riski belirlenir (R1-3). Daha sonra her bir kaybın riski tolere edilebilir bir riskle karşılaştırılır:

- Hesaplanan risk, ilgili tolere edilebilir riske (RT) eşit veya daha az ise yıldırım koruması gerekli değildir.
- Hesaplanan risk tolere edilebilir riskten yüksekse o zaman koruma gereklidir. Koruyucu önlemler, hesaplanan riski tolere edilebilir riske eşit veya daha düşük olacak şekilde azaltmak için değerlendirilmelidir.

Şekil 12'deki akış şeması genel prosedürü gösterirken, Tablo 9, IEC ve BS standartları tarafından sağlanan tolere edilebilir riskleri sağlar. Tolere edilebilir risk, yıl başına olay sayısı şeklinde ifade edilir ve mühendislik birimleriyle verilir (örneğin 10 üzeri -X).

Tablo 9 ayrıca bunları x'in y olay (yıl başına) biçiminde ifade eder.

KAYIP TİPLERİ	R _t (y ⁻¹)	
	IEC 62305-2	BS EN 62305-2
İnsan hayatının kaybı	10 ⁻⁵ 100,000'de 1 risk	10 ⁻⁵ 100,000'de 1 risk
Kamuya hizmet kaybı	1,000'de 1 risk	10,000'de 1 risk
Kültürel mirasın kaybı	10 ⁻³ 1,000'de 1 risk	10 ⁻⁴ 10,000'de 1 risk



4. RİSK YÖNETİMİ (DEVAM)

Risk bileşenleri	Hasar Kaynağı	Hasar Türü	Formül
R_a	S_1	D_1	$R_a = N_a \times P_a \times L_a$
R_β	S_1	D_2	$R_\beta = N_\beta \times P_\beta \times L_\beta$
R_C	S_1	D_3	$R_C = N_C \times P_C \times L_C$
R_m	S_2	D_3	$R_m = N_m \times P_m \times L_m$
R_u	S_3	D_1	$R_u = (N_u + N_u) \times P_u \times L_u$
R_v	S_3	D_2	$R_v = (N_v + N_u) \times P_v \times L_v$
R^w	S_3	D_3	$R^w = (N^w + N^{wa}) \times P^w \times L^w$
R_z	S_4	D_3	$R_z = (N_z + N_z) \times P_z \times L_z$

Tablo 10. Risk değerlendirme kayıpları.

4.1.3. RİSK BİLEŞENLERİ

Riskler R_{1-4} , uygun risk bileşenlerinin toplamından hesaplanır:

İnsan hayatı kaybı riski:

$$R_1 = R_a + R_b + R_c(1) + R_m(1) + R_u + R_v + R_w(1) + R_z(1)$$

⁽¹⁾Patlama riski olan yapılar ve iç sistemlerin arızalanması durumunda doğrudan insan hayatını tehlikeye atan hastaneler veya benzeri yapılar için geçerlidir.

Halka hizmet kaybı riski:

$$R_2 = R_b + R_c + R_m + R_w + R_z$$

Kültürel miras kaybı riski:

$$R_3 = R_a + R_u$$

Ekonomik değer kaybı riski:

$$R_4 = R_a(2) + R_b + R_c + R_m + R_u(2) + R_v + R_w + R_z$$

⁽²⁾Hayvanların kaybedilebileceği yapılar için geçerlidir.

Her bir bileşen aşağıdaki genel denklem kullanılarak yapılan daha ileri hesaplamalar, alt hesaplamalar ve referans tablolarıyla elde edilir:

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x$$

Burada:

N_x = yıl başına meydana gelen tehlikeli olay sayısı

P_x = yapıya zarar verme olasılığı

L_x = kayıp miktarı

Yılbaşına meydana gelen tehlikeli olay sayısı, esas olarak yapı boyutları, hizmet türü ve toprak yıldırım yoğunluğuna dayalıdır.

Yapının fiziksel boyutları ve hizmet türü, etkin yıldırım yakalama alanının hesaplanmasında kullanılır ve toprak yıldırım yoğunluğu, yılda beklenen olay sayısını belirlemek için kullanılır. Standarda göre çeşitli grafik ve hesaplama yöntemleri sunulmuştur.

Zarar olasılığı, standarda ait tablolardan elde edilir ve bazı basit hesaplamalar gerekir.

Kayıp miktarı da standarda ait tablolardan elde edilir ve bazı hesaplamalar yapılması gerekir.

5. Yıldırımdan Korunma Bölgeleri

5. Yıldırımdan Korunma Bölgeleri

Yıldırımdan korunma bölgeleri (LPZ), elektromanyetik çevreyi tanımlamak için kullanılır. Bu bölgeler fiziksel sınırlar (örneğin yapı duvarları) olmak zorunda değildir. Bölgeler, doğrudan veya dolaylı yıldırım darbeleri ve tam veya kısmi elektromanyetik alana maruz kalma tehdidine göre tanımlanır.

LPZ 0 (Sıfır), “en düşük” bölge olarak kabul edilir; LPZ 1, 2 ve 3 sırasıyla “daha yüksek” bölgeler olarak değerlendirilir.

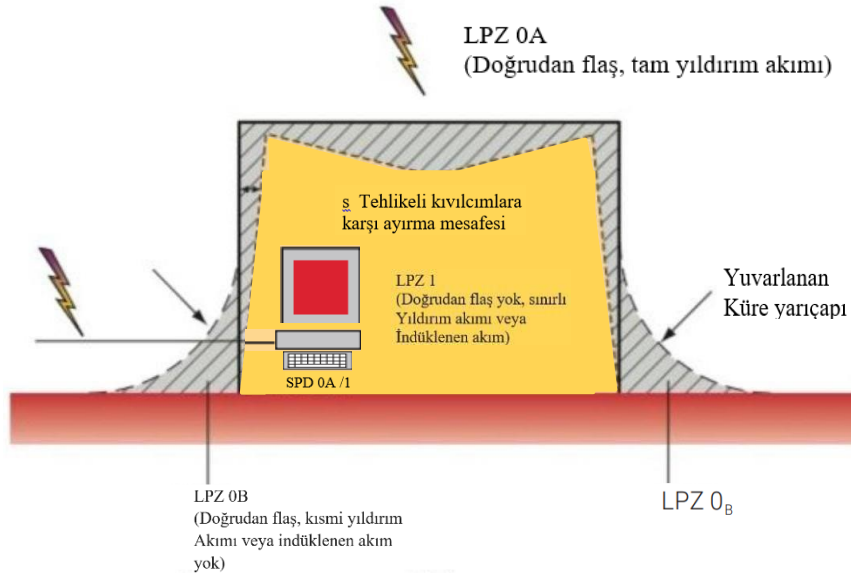
Yapının ve içeriğinin LPZ 0_B bölgesi içinde kalması, yıldırımdan korunma sisteminin (LPS) tasarımı ve yerleşimi ile sağlanır

İç sistemlerin LPZ 1 (veya daha yüksek) içinde yer alması gerekir. **Şekil 13**'te görüldüğü gibi, LPZ 1 (veya daha yüksek) bölgesinde bulunan ve dış hizmetlerle bağlantılı olan elektrik/elektronik ekipmanlar (LPZ 0_A veya LPZ 0_B'de bulunanlar), enerjiyi sınırlamak için aşırı gerilim koruma cihazları gerektirir. Bu cihazlar, tam/kısmi elektromanyetik alanlara veya yıldırım akımına maruz kalan bölgelerden gelen enerjinin iletilmesini engellemelidir. SPD gereklilikleri için **Bölüm 10.3 ve 12**'ye bakabilirsiniz.

Elektriksel olmayan hizmetler (örneğin su, gaz vb.) de, **Bölüm 10.3 ve 12**'de ayrıntılı olarak açıklanan bağlantı gerekliliklerine uygun şekilde korunmalıdır

Yıldırımdan korunma bölgesi (LPZ)	Yıldırım Darbesi	Yıldırım akımı veya endüklenmiş akım	Elektromanyetik Alan
LPZ 0 _A	EVET	TAM	TAM
LPZ 0 _B	HAYIR	KISMİ	TAM
LPZ 1	HAYIR	SINIRLI	KISMİ
LPZ 2	HAYIR	LPZ 1 seviyenin altına indirgenmiş	LPZ 1 seviyenin altına indirgenmiş

Tablo 11. Yıldırımdan korunma bölgeleri



Şekil 13. Yıldırım koruma bölgeleri.

6. TASARIM SÜRECİ

Yıldırımdan korunma tasarım süreci **Şekil 14'** de gösterildiği gibi bir dizi tasarım adımını içerir . Yapının özelliklerine, maliyete, mimari ve estetik kaygılara bağlı olarak, süreç biraz yinelemeli olabilir.

Tasarım sürecinin önemli bir parçası da ayırma mesafesi gerekliliklerine uymaktır. Bu, hangi harici ve dahili metalik öğelerin LPS'ye bağlanması gerektiğini belirler.

Ayırma mesafesi gereklilikleri dahili elektrik ve elektronik

devreler için de geçerlidir; bu nedenle binanın mevcut ve gelecekteki kullanımının dikkate alınması özellikle önemlidir.

Ayırma mesafesi gereklilikleri yıldırımdan korunma seviyesine, LPS'nin konumuna ve iniş iletkenlerinin sayısına göre belirlenir. Ayırma mesafesi gerekliliklerine uyumu kolaylaştırmak için alternatif iniş iletkeni konum(lar)ı ve sayısının artırılması gerekebilir.



Şekil 14. Aydınlatma koruması tasarım süreci

7. MALZEME GEREKSİNİMLERİ



Şekil 15. Kötü tasarım ve yapıya sonradan yapılan eklemeler nedeniyle ayırma mesafesinin ihlali.

7. MALZEME GEREKSİNİMLERİ:

Tüm yıldırımdan korunma malzemeleri EN 50164-1 ve EN 50164-2 Yıldırımdan Korunma Bileşenleri gerekliliklerine uygun olmalıdır. Bu gerekliliklerin istisnaları şunlardır: Aşağı iletken sabitleme elemanları (klipsler), anti-vandal korumalar ve mekanik destekler gibi akım taşımayan cihazlar.

IEC ve EN standartları, **Tablo 12**'de özetlendiği gibi minimum malzeme gereksinimlerini

belirler. Standartların bu seçimler arasında herhangi bir göreceli performans avantajı belirlemediğine dikkat edilmelidir. Hepsi yıldırım akımını iletme için yeterlidir. Hizmet ömründe, estetik, yapı malzemeleriyle galvanik uyumluluk ve kurulum kolaylığı göz önüne alındığında, genellikle belirli bir yapı için tercih edilen net bir malzeme seçimi vardır.

7.1. BAKIR VE ALÜMİNYUM KARŞILAŞTIRMASI

Üzerine yerleştirileceği yüzeyle ve bağlanacağı şeyle uyumlu bir iletken malzeme seçilmelidir. Tipik bir yıldırım koruma sistemi yakındaki metalik nesnelere sık sık bağlanmayı gerektirdiğinden, bununla uyumluluk da değerlendirilmelidir. Ek olarak, alüminyumun beyaz korozyonunun veya bakırın yeşil paslanmasının estetiği de dikkate alınmalıdır. PVC kaplama bu soruna bir çözüm olabilir.

Alüminyumun daha düşük maliyet avantajı vardır. Daha hafif olması da montajcı için bir avantajdır. Ancak alüminyum birçok yapı malzemesiyle daha az uyumludur ve toprağa gömülemez. Bu nedenle çoğu yıldırım koruma sistemi tamamen

bakırdır veya bakır topraklama sonlandırma sistemine bağlanan üst alüminyum kısmı kullanır. Alüminyum ve bakır uyumlu olmadığından, bu iki malzemeyi birbirine bağlamak için bimetal bir bağlantı kullanılmalıdır.

Malzeme	Ayarlama	Minimum kesit(mm ²)	Notlar
Bakır ve Kalay kaplı bakır	Bant	50	2 mm minimum kalınlık
	Katı yuvarlak ⁽¹⁾	50	8 mm çap
	Mahsur kalmış	50	Her bir telin minimum çapı 1.7 mm
	Katı yuvarlak hava terminali ⁽²⁾	200	16 mm çap
Alüminyum ve Alüminyum alaşımı	Bant ⁽³⁾	70	3 mm minimum kalınlık
	Katı yuvarlak	50	8 mm çap
	Mahsur kalmış	50	Her bir telin minimum çapı 1.7 mm
	Katı yuvarlak hava terminali ⁽²⁾	200	
Galvanizli ve paslanmaz çelik	Standarda bakın		
Doğal bileşenler	Bölüm 8'e bakın		

Notlar:

(1) Mekanik mukavemetin temel bir gereklilik olmadığı durumlarda 50 mm² (8 mm çap), 28 mm²'ye (6 mm çap) düşürülebilir

(2) 1 m veya daha kısa hava terminalleri için 10 mm çap kullanılabilir

(3) Alüminyum alaşımı ile minimum 2,5 mm kalınlığında 50 mm² kullanılabilir

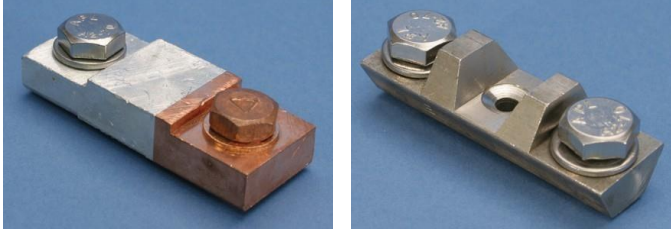
(4) Malzemeler estetik amaçlarla PVC ile kaplanabilir

(5) EN 50164-2 ile IEC 62305-3 arasındaki gerekliliklerdeki farklılıkların incelenmesi için

Bölüm 21'e bakın

Tablo 12. İletkenler ve hava sonlandırma elemanları için minimum malzeme boyutları.

MALZEME GEREKSİNİMLERİ (devam) (SAYFA 25)



Paslanmaz çelik konektör Bimetalik konektör

Şekil 16. Bimetalik konektörler

Bimetalik konektörler

Alüminyumun kullanımına dair bazı özel uyarılar vardır; bu etkiler genellikle PVC kaplı alüminyum kullanılarak giderilebilir (son iki durum hariç):

- Alüminyum, kireçtaşı, alçı, harç ve çimento ile temas ettiğinde korozyona uğramaya yatkındır. Bu nedenle, alüminyum iletkenler bu tür yüzeylerle doğrudan temas edecek şekilde yerleştirilmemelidir. Bunun yerine mesafeli montaj elemanları kullanılabilir veya PVC kaplı alüminyum iletkenler tercih edilebilir.
- Alüminyum, deniz veya kıyı ortamlarında korozyona uğramaya yatkındır.
- Alüminyum, bakır (veya bakır alaşımı) yüzeylerinden akan suya maruz kalacağı yerlere monte edilmemelidir.
- Alkalın bazlı boya ile kaplanmış yüzeylere alüminyum monte edilmemelidir.
- Aşırı neme maruz kalan yerlere (örneğin oluklar içine veya suyun birikebileceği yüzeylere) alüminyum monte edilmemelidir.
- Alüminyum, bakır iletkenlerle doğrudan bağlanmamalıdır (diğer metallerle ilgili uyarılar için Bölüm 7.2'ye bakınız).
- Alüminyum toprağa gömülmemelidir.



Şekil 17. Uygun olmayan yüzeylerle temasını önlemek için alüminyum iletkenler, yüzeyden uzaklaştırmak amacıyla mesafeli montaj tabanlarıyla (stand-off tabanlar) monte edilir.

Bakır genellikle en uygun varsayılan malzeme olarak kabul edilse de kükürtlü atmosferlerin bulunduğu alanlarda (örneğin, baca bölgeleri) paslanmaz çelik veya kurşun kaplı bakır gibi alternatif malzemeler tercih edilmelidir. Bakır, su akıntısının olduğu yerlerde galvanizli, çinko veya alüminyum parçaların üzerine (parçalar PVC kaplama gibi bir malzeme ile korunmadıkça) monte edilmemelidir. Bakır yüzeyinden akan su, ince bakır korozyon parçacıklarını taşır ve bu parçacıklar alt seviyedeki galvanizli, çinko veya alüminyum parçalarda biriktiğinde ciddi korozyona yol açabilir. Korozyonun gerçekleşmesi için iki malzemenin doğrudan temas etmesi gerekmez.

7.2 BENZER OLMAYAN METALLERİN KULLANIMI

Galvanik korozyon, iki farklı metalin bir elektrolit (iletken sıvı) varlığında birbiriyle temas etmesi durumunda meydana gelir. Bu durumda metallere biri anot, diğeri ise katot olur. Anot olan metal çözülmeye eğilimli hale gelir ve bu nedenle korozyona uğrar. Elektrolit, havadaki kirleticilerden, diğeryüzeylerden veya doğrudan metalin kendisinden gelen safsızlıkları içeren su olabilir (su akıntısı ile ilgili uyarılar için Bölüm 7.1'e bakınız).

Tablo 14, farklı metaller arasındaki potansiyel farkları göstermektedir. Potansiyel farkı 0,5 V'un üzerinde olan metal kombinasyonları aşırı korozyonu önlemek için kullanılmamalıdır. IEC 60943-1998 standardı, 0,35 V'un üzerindeki farkların da mümkünse kullanılmamasını önermektedir. Korozyon etkilerini azaltmanın bir yolu, metallere birinin veya her ikisinin kaplanarak elektrokimyasal potansiyel farkının düşürülmesidir. Bu amaçla genellikle kalay kaplı bakır iletkenler kullanılır. Kalay kaplama ayrıca yeşil renkli "verdiris" (bakır oksit) tabakasının

oluşumunu engeller ve iletkenin artık bakır gibi görünmemesi nedeniyle hırsızlık riskini azaltır. Kalay kaplı bakır iletkenler rulo halinde satın alınabileceği gibi, çıplak bakır kullanılabilir ve bağlantıdan önce uçları hazırlanarak lehimlenebilir.

Örneğin, çıplak bakır bir iletken doğrudan çeliğe bağlanmamalıdır, çünkü aralarındaki elektrokimyasal potansiyel farkı 0,53 V'tur ($\geq 0,5$ V). Ancak, bakır kalayla kaplandığında, potansiyel fark kalayın değeri olan 0,24 V'a düşer ve bu kabul edilebilir bir seviyedir.

Yapı malzemesi	En uygun LPS malzemesi
Alüminyum	Alüminyum
Dökme demir	Alüminyum veya kalay kaplı bakır
Bakır	Bakır
Tunç, bronz, vb.	Bakır
Çelik (galvanizli)	Alüminyum
Çelik (paslanmaz)	Alüminyum veya kalay kaplı bakır
Çelik	Alüminyum
Kalay	Alüminyum veya bakır
Çinko	Alüminyum

Tablo 13. Uyumlu malzemelerin seçimi.

MALZEME GEREKSİNİMLERİ (devam) (SAYFA 26)

		Anodik (-)													
		Gümüş	Monel metal	Cupro-nikel (70-30)	Bakır	Gümüş	Bronzlar	Gunmetal	Pirinçler	Paslanmaz	Kal	Kalay-kurşun	Gümüş-kurşun	Kurşun	Öri dökme
Katodik (+)	Gümüş	0	0.15	0.17	0.19	0.19	0.21	0.23	0.25	0.26	0.33	0.47	0.48	0.51	0.56
	Nikel	0	0.02	0.04	0.04	0.06	0.08	0.1	0.11	0.16	0.32	0.33	0.36	0.41	0.53
	Monel metal	0	0.02	0.02	0.04	0.06	0.08	0.09	0.16	0.3	0.31	0.34	0.39	0.54	0.55
	Cupro-nikel (70-30)	0	0	0.02	0.04	0.06	0.07	0.14	0.28	0.29	0.32	0.37	0.52	0.53	0.58
	Bakır			0	0.02	0.04	0.06	0.07	0.14	0.28	0.29	0.32	0.37	0.52	0.53
	Gümüş				0	0.02	0.04	0.05	0.12	0.26	0.27	0.3	0.35	0.50	0.51
	İlehim					0	0.02	0.03	0.1	0.24	0.25	0.28	0.33	0.48	0.49
	Bronzlar						0	0.01	0.08	0.22	0.23	0.26	0.31	0.46	0.47
	Tunç (kırmızı bronz) Pirinçler							0	0.07	0.21	0.22	0.25	0.3	0.45	0.46
	Paslanmaz								0	0.14	0.15	0.18	0.23	0.38	0.39
	çelik Kalay									0	0.01	0.04	0.09	0.24	0.25
	Kalay-kurşun lehim										0	0.03	0.08	0.23	0.24
	Gümüş-kurşun lehim											0	0.05	0.2	0.21
	Kurşun												0	0.15	0.16
	Öri dökme demir													0	0.01
	Çelikler (paslanmaz değil)														0
	Alüminyum alaşımlar														0
	Alüminyum														0
	Kadmiyum														0
	Galv. demir veya çelik														0
	Çinko bazlı alaşımlar														0
	Çinko bazlı alaşımlar														0
	Magnezyum alaşımları														0

Tablo 14. Elektrokimyasal seriler. Elektrokimyasal seriler (volt).

MALZEME GEREKSİNİMLERİ (devam) (SAYFA 27)

Bağlantılar için kalaylı kaplı bakır kullanılmalıdır:

- Kurşun
- Gri dökme demir
- Steel (paslanmaz çelik bağlantıların kalaylanması gerek yoktur)
- Alüminyum
- Kadmiyum

7.3. PVC KAPLI GİZLENMİŞ İLETKENLER

Birleşik krallıkta, yaklaşık 1mm'lik PVC kaplama ile kaplı iletkenler genellikle şu nedenlerle kullanılır:

- Estetik nedenler – iletkeni bina rengine uydurmak
- Korozyon – alüminyum iletken korozyonunun etkilerini gizlemek veya alüminyumun beton, harç vb. gibi maddelere yakın olmasından kaynaklanan korozyonunu azaltmak için

İngiliz Standardı BS 6651, PVC kaplamanın iletkenler hava sonlandırmaları olarak kullanıldığında etkinliği sınırladığını belirtirken, temelde yalıtımlı olan hava sonlandırma ağlarını görmek yaygındır. Bu, hava sonlandırmanın performansını ciddi şekilde tehlikeye atar.

IEC standartları, PVC kaplı iletkenleri özel olarak ele almamaktadır. Ancak, performansın artırılması amacıyla, dairesel küre yöntemi ağıın potansiyel bir yıldırım boşaltma noktası olabileceğini gösteriyorsa PVC kaplı iletkenlerin kullanılmaması şiddetle tavsiye edilir. Alternatif olarak, dairesel küre yöntemiyle koruma sağlamak için hava terminalleri (Franklin çubukları) eklenmesi düşünülebilir.

IEC standardı, hava sonlandırma iletkenlerinin iletken olmayan çatıların (örneğin, kiremitler) altına yerleştirilmesine izin vermektedir. Ancak, eğer vurulma noktası olurlarsa, kiremitlerin zarar görme riski ile sonrasında su hasarları meydana gelebilir. Alev alabilecek malzemelerin yakın olduğu yerlerde çatı altında kurulum düşünülmemelidir. Eğer hava sonlandırma iletkeni gizlenirse, tercih edilen, çatıdan yukarıya çıkıntılı ve arası 10 m'den

fazla olmayan kısa çubukların monte edilmesidir. Metal darbe pedleri de kullanılabilir, araları en fazla 5 m olarak bırakılmalıdır.

ŞERİT İLETKEN, TEK TELLİ YUVARLAK İLETKEN, DEMET YAPILI

Birçok iletken geometrisi seçeneği, kısmen tarihsel öncül, standart spesifikasyonlar, yüklenici tercihi ve üretici ürün farklılaştırılması nedeniyle vardır.

İletken geometrisi	Tanım
Bant İletken 	- Sadece bir eksende bükülür - bu nedenle aşağı yönlendirenler için görsel olarak düzgün bir hatın korunması açısından iyidir. Ancak, iki eksende bükülmelerin gerektiği karmaşık şekiller etrafında yönlendirmek zordur - Ağır Profil
Ser Yuvarlak İletken 	- Kurulumu kolay - her düzlemde bükülebilir - Düzleştirme aracı gerekebilir - Daha geniş 25 x 3 mm banttan daha az belirgin
Demet Yapılı (düz dokuma) 	- Doğrudan rulodan uygulanabilir - Bir kez büküldüğünde şeklini korur - Diğer iletkenlerin genişleme ve daralma sorunlarından muzdarip değildir - Yüzde 100 düz yapmak zor
Klasik Demet Yapılı İletken 	- Kullanımdan önce açılması ve düzeltilmesi gerekiyor - Büküldüğünde, çözülür veya demetleri açılır. - Yıldırım koruma uygulamalarına pek uygun değildir.

Tablo 15. Tipik iletken özellikleri

8. Doğal bileşenler (SAYFA 28)

8. DOĞAL BİLEŞENLER

Yıldırımdan korunma sisteminin ayrılmaz bir parçası olarak doğal iletken bileşenler kullanılabilir. Doğal bileşenler genellikle yapının ömrü boyunca değiştirilmeyecek olan metalik yapısal elemanlardır; örneğin, betonarme demiri, metal iskelet ve çatı/kaplama elemanları. Doğal bileşenler, belirli minimum malzeme gereksinimlerini karşılamalı ve elektriksel olarak süreklilik göstermelidir. Bileşenler arasında güvenli bağlantılar sağlanmalı; bu bağlantılar lehimleme, kaynak yapma, kelepçeleme, kenetleme, vidalama veya cıvatalama gibi yöntemlerle gerçekleştirilmelidir.

Eğer doğal bileşenin elektriksel sürekliliği garanti edilemiyorsa, o zaman ayrı ve özel iniş iletkenleri kullanılmalıdır.

Doğal hava sonlandırıcıları için gereksinimler, doğal iniş iletkenlerinden farklıdır. İniş iletkenleri ve hava sonlandırıcıları, ohmik ısınmaya ve elektromekanik/manyetik kuvvetlere dayanıklı olmalıdır; ancak hava sonlandırıcılar ayrıca yıldırımın plazma arkının ısısına da dayanabilmelidir.

Malzeme	Minimum kalınlık (mm)	
	Delinme, sıcak nokta veya tutuşma izin verilmez	Delinme, sıcak nokta veya tutuşmaya izin verilir
Kurşun		2
Çelik	4	0,5
Titanyum	4	0,5
Bakır	5	0,5
Alüminyum	7	0,65
Çinko		0,7

Not: İnce bir boya tabakası, 1 mm asfalt veya 0,5 mm PVC kaplama kullanılmasına izin verilir.

Tablo 16. Doğal hava sonlandırıcıları için metal boru ve levhaların minimum malzeme kalınlığı.

Tablo 16, doğal hava sonlandırıcıları için malzeme kalınlığı gereksinimlerini sağlar. Yanıcı malzemelerin bulunmadığı ve yıldırım nedeniyle oluşabilecek delinmelerden kaynaklanan su girişine tolerans gösterilebilen durumlarda, hava sonlandırıcılar için daha ince malzeme kullanılmasına izin verilir.

Eğer malzemeler bu gereksinimleri karşılamıyorsa, yıldırımdan korunma sistemi tarafından korunmaları gerekir.

Çatıdaki metal borular ve tanklar, **Tablo 12** ve **Tablo 16'daki** gereksinimleri sağladıkları sürece kullanılabilir. Yanıcı veya patlayıcı karışımlar içeren tanklar ve borulama için standartlara başvurulmalıdır. Yüksek basınç altında gaz veya sıvı içeren ya da yanıcı gaz veya sıvılar içeren kaplar ve boru sistemlerinin kullanılması önerilmez.

8.1. METALİK CEPHELER, PROFİLLER, RAYLAR, VB.

Metal cepheler, profiller vb., aşağıdaki şartları sağladıkları sürece iniş iletkeni olarak kullanılabilir:

- Dikey yönde elektriksel sürekliliğe sahip olmaları,
- Boyutlarının Tablo 16'daki değerlere eşit veya daha büyük olması (metal levha veya metal boru kalınlığı 0,5 mm'den az olmamalıdır)

8.2. ÇELİK YAPILARIN KULLANIMI

İniş iletkenleri için çelik kullanımı, aşağıdaki koşullar sağlandığı sürece izin verilir:

- Dikey ve yatay bağlantıların büyük bir kısmı kaynaklı veya sağlam bir şekilde bağlanmış olmalıdır.
- Boyutlar **Tablo 16'daki** değerlerle eşit veya daha büyük olmalıdır.

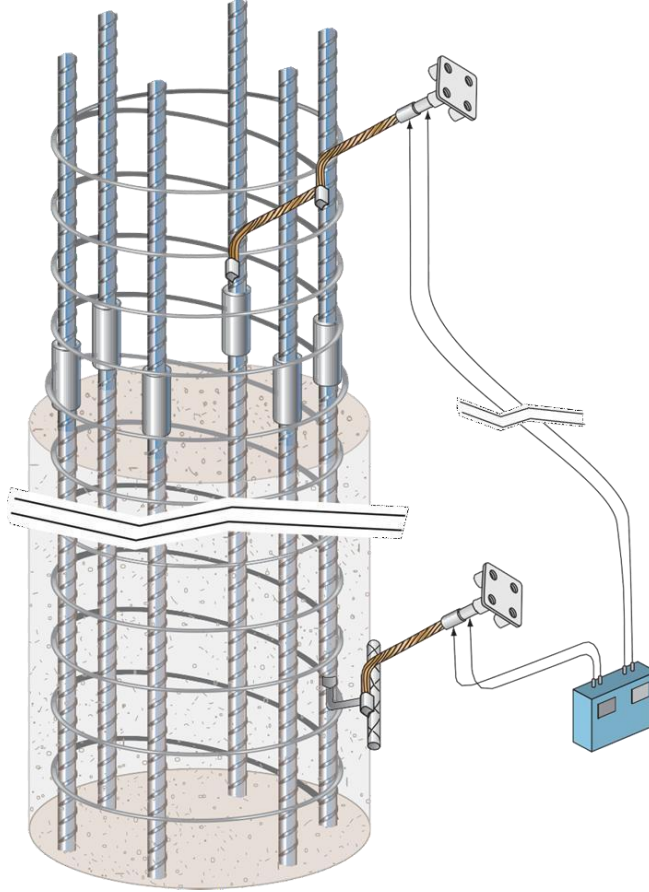
8.3. BETONARMEDE DONATI DEMİRİ KULLANIMI

İniş iletkeni olarak donatı demiri kullanımı, aşağıdaki şartlar sağlandığı takdirde izin verilir:

- Tepeden zemin seviyesine kadar olan toplam direnç 0,2 ohmdan az olmalıdır.
- Dikey ve yatay bağlantıların büyük bir kısmı kaynaklı veya sağlam bir şekilde bağlanmış olmalıdır.
- İnşaat süreci denetlenmelidir — bu yöntem, bağlantıların beton dökümünden önce planlanmadığı, belgelenmediği ve denetlenmediği mevcut binalarda önerilmez.

Donatı demiri bağlantısının toplam direncini ölçmek için, 4 kutuplu direnç ölçüm cihazı (mili-ohmmetre) kullanılması tavsiye edilir. Bu tür cihazlar, ayrı akım ve potansiyel test uçlarına sahip olduğundan, test uçlarının uzunluğunu ölçüm sonucundan etkili bir şekilde elimine eder. Genellikle cihaz, ölçülecek bağlantının üst veya alt kısmına yerleştirilir ve diğer uca iki yalıtkan test ucu uzatılır. 4 kutuplu test yöntemi, test uçlarının donatı demirine olan bağlantı direncini de etkili şekilde ortadan kaldırır. Ölçüm sırasında, akım uçlarının potansiyel uçlarının dışına yerleştirilmesi önemlidir. Bu iki prob arasında genellikle en az 50 mm mesafe olmalıdır. Test gereksinimleri için cihaz üreticisinin talimatlarına başvurulmalıdır. Bu amaçla kullanılan modern cihazların çoğu aynı zamanda dirençlilik ölçümleri için de kullanılabilir **(Bölüm 14.7.1)**. Donatı demiri içindeki bağlantıların, izin verilen durumlarda, paralel 50 mm bindirme ve en az 30 mm kaynak uzunluğu ile kaynak yapılması önerilir. nVent'in LENTON mekanik ekleri de kabul edilebilir bir elektriksel bağlantı sağlar.

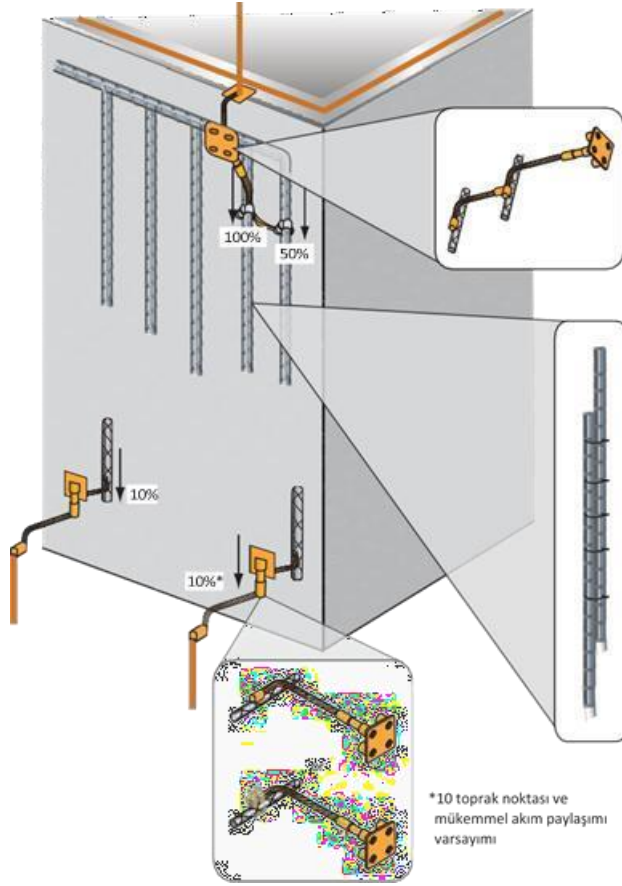
8. Doğal Bileşenler (devam)



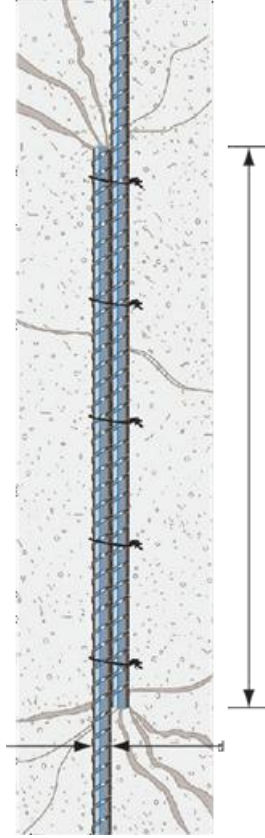
Şekil 18. Takviyenin kabul edilebilirliğini belirlemek için 4 kutuplu test yöntemi.

Tel bağ ile ara bağlantıya izin verilse de (üst üste binme uzunluğunun çapın en az 20 katı olması gerekir), kanıtlar bunun yıldırım taşıyan bir bağlantı için uygun olmadığını göstermektedir, yani yüksek akım taşıyan bağlantılar. Dış LPS'nin iç inşaat demirine olan üst bağlantısı en yüksek akım yoğunluğunu taşır. Bu bağlantının güvenli olması

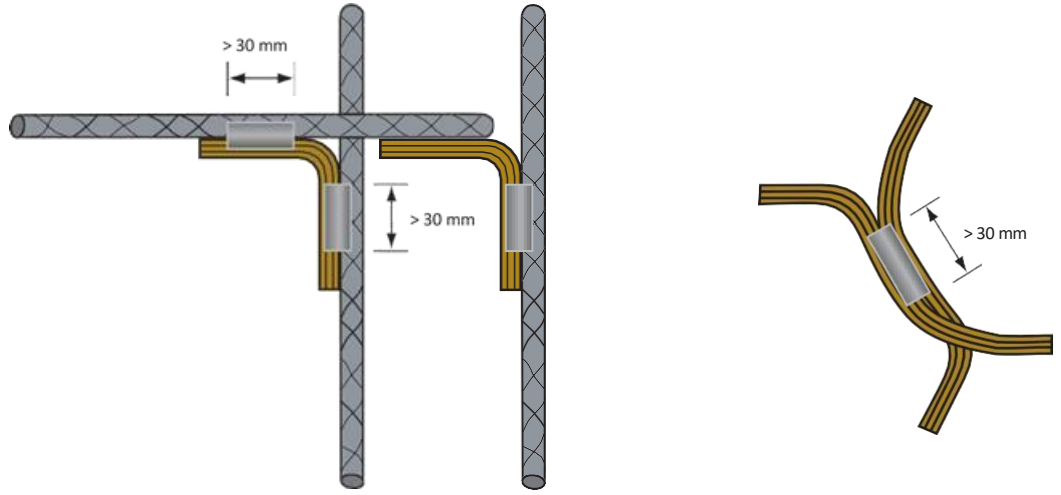
önemlidir, bu nedenle tel bağ yeterli değildir. nVent ERICO Cadweld veya kaynaklı bağlantılar önerilir. Mekanik kelepçelerin kullanıldığı yerlerde, bunlar EN 50164-1'e göre onaylanmalı veya iki bağlama iletkeni veya ayrı inşaat demirlerine bağlanan iki kelepçeli bir iletken kullanılmalıdır. Kuyrukların inşaat demirinden toprak elektrotlarına alındığı alt bağlantı için, daha düşük akım yoğunluğu tek bir Cadweld, kaynaklı bağlantı veya kelepçe kullanımına izin verir. Bağlanan metaller arasındaki uyumluluğun da dikkate alınması gerekir.



Şekil 19. Yüksek akım yoğunluğuna sahip yerler için daha güvenli bağlantılar kullanın.



Şekil 21. İnşaat demiri için örtüşme gereksinimleri.



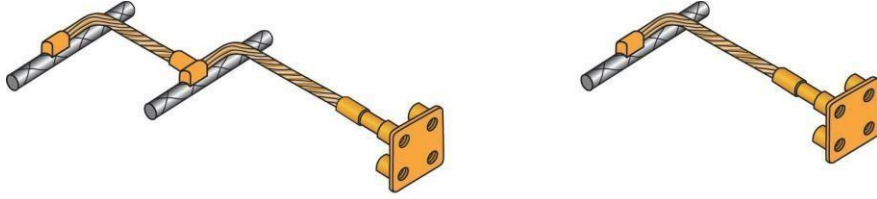
Şekil 20. Betondaki bağlantılar için inşaat demiri kaynak gereksinimleri

Doğal Bileşenler (devam)

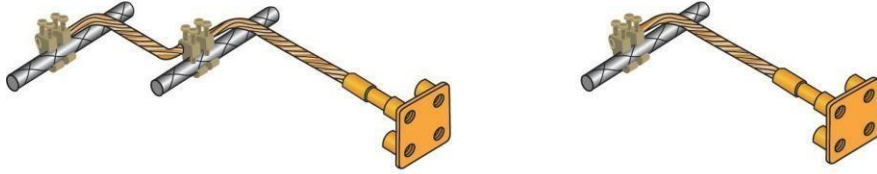


Şekil 22. nVent LENTON inşaat demirinin sonlandırılması iyi bir elektrik bağlantısı sağlar

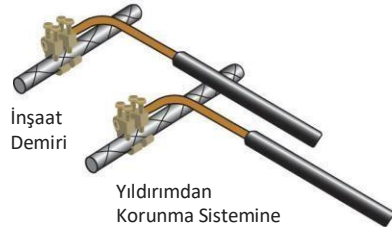
Hava sonlandırmaya bağlantı için Toprak elektroduna bağlantı için



Cadweld Ekzotermik bağlantılar



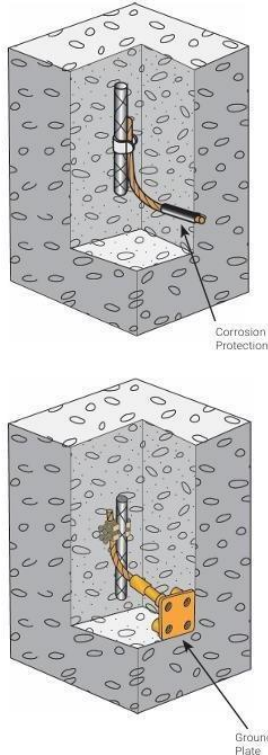
EN50164-1'e göre mekanik bağlantı



Şekil 23. Beton takviye çeliğine bağlantı için inşaat demiri kelepçeleri ve Cadweld

8. Doğal bileşenler (devam)

İnşaat ve montaj kolaylığı açısından, topraklama levhası, Yıldırımdan Korunma Sisteminin (LPS) beton elemana bağlantısı için önerilir. Eğer bir topraklama levhası kullanılmazsa, hava/beton arayüzünde korozyon korumasına dikkat edilmelidir. Eğer nervürlü demir dışarı çıkarılıyorsa, 100 mm silikon kauçuk veya bitüm kaplama kullanılmalıdır. Bakır, PVC kaplı bakır veya paslanmaz çelik iletkenler için arayüz korozyon korumasına gerek yoktur.



Eğer nervürlü demire kaynak yapılması mümkün değilse, alternatif olarak betona gömülü özel bir yıldırımdan koruma iniş iletkeni kullanılmalıdır. Bu iletken bağlanmalı ya da periyodik olarak nervürlü demire kelepçelenmelidir.

Genel uygulama, ana taşıyıcı kolonlardaki belirli nervürlü demirlerin iniş iletkeni olarak atanması ve bu iletkenlerin yapı boyunca sürekli olarak toprağa bağlanmasını sağlamaktır. Bağlantı noktası dikey olmalıdır.

Tam bağlantı, döşeme ve duvarlar gibi yatay elemanlarda da sağlanmalıdır. Veri işleme merkezleri gibi hassas yapılar için bu kritik öneme sahiptir.

Şekil 24. Topraklama levhaları

pratik ve korozyon koruması gereksinimini ortadan kaldırır.

8.3.1. Prefabrik Beton

Prefabrik beton nervürlü demir yukarıda belirtildiği gibi kullanılabilir. Ancak döşeme gibi prefabrik elemanlar genellikle nervürlü demire dış erişim sağlamaz. Tam bağlantı için, kolonlar ve diğer elemanlara bağlantı için sonlandırmalar sağlanmalıdır.

8.3.2. Ön Gerilmeli Beton

Ön gerilmeli beton en çok döşeme için kullanılır ve nadiren dikey kolonlarda – bu nedenle genellikle doğal iniş iletkeni olarak kullanılmaz. Eğer kullanılacaksa, yıldırım akımı veya LPS bağlantısından kaynaklı kabul edilemez mekanik sonuçlar nedeniyle önerilmez. Sadece 10 mm çapında veya daha büyük kablolar kullanılmalı ve çeşitli paralel kablolar tercih edilmelidir.

Ön gerilmeli beton genellikle cephelerde kullanılır ve inşaat sürecinde germe kabloları diğer yapısal elemanlardan izole edilir. Yan bir yıldırım çarpması durumunda, cephede çatlak oluşabilir ve bu da topraklama koruma betonu, harç ve germe kablosuna zarar verebilir. Bu kablolar korozyona oldukça hassastır. Bu tür durumlarda, kabloların her iki ucu LPS'ye bağlanmalıdır.

9. Tasarım yöntemleri

9. TASARIM YÖNTEMLERİ

Yuvarlanan küre yöntemi, ağ yöntemi ve koruma açısı yöntemi, yıldırım koruma hava sonlandırmalarının gerekli konumlandırmasını belirlemek için kullanılır. Koruma açısı ve ağ yöntemlerinin uygulanmasında sınırlamalar olsa da standart genellikle üç yöntemi eşdeğer olarak kabul eder.

Yuvarlanan küre yöntemi en evrensel yöntem olarak önerilirken, ağ yöntemi düz yüzeylerin korunması için daha uygundur. Koruma açısı yöntemi yalnızca sınırlı dikey mesafelerle kullanılabilir. Her yöntemin sağladığı bölgeler tüm yapıyı korumak için örtüştüğü sürece, tek bir yıldırım koruma sisteminin farklı bölgelerine farklı tasarım yöntemleri uygulanabilir.

Bu yöntemlerden herhangi biri, hava sonlandırmalarının yerleşimini belirlemek için kullanılabilir. İzin verilen hava sonlandırmaları şunlardır:

- Çubuklar (direkler ve serbest duran direkler dahil)
- Örgülü iletkenler (bina yüzeyinde veya yükseltilmiş)
- Katener telleri
- Doğal bileşenler

Hava sonlandırma olarak kullanılan örgülü iletkenler, örgü yöntemi ile karıştırılmamalıdır. Örgü yöntemi, düz yüzeyleri korumak için yüzeye monte örgülü iletkenlerin (bir ızgara) kullanımını gerektirirken, yuvarlanan küre ve koruma açısı yöntemi, çeşitli bileşik yüzeyleri korumak için yükseltilmiş örgülü iletkenler tarafından sağlanan korumayı belirlemek için de kullanılabilir.

Standart üç yöntemi eşdeğer kabul ederken, son araştırmalar örgü yönteminin gerçek etkinliğini sorgulamıştır. nVent en etkili yöntem olarak yuvarlanan küre yöntemini önermektedir. Bina yüzeyinde 0,5 m civarında yükseklikteki çubuk hava sonlandırma elemanları, daha kısa çubuklar veya iletkenlere tercih edilir. Yuvarlanan küre yöntemi

9. Tasarım yöntemleri (devamı)

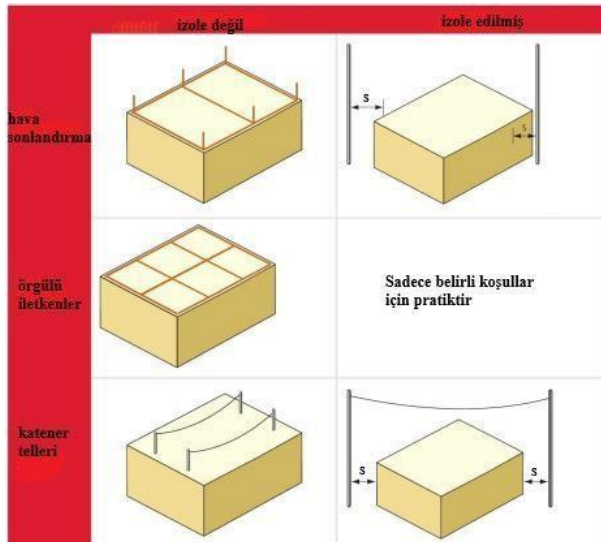
genellikle en optimize edilmiş tasarımı sağlar ve dikey hava terminali, yapı yüzeyine veya hemen üstüne yerleştirilen örgü iletkenlerden yıldırım çakmalarını yakalamada çok daha etkilidir. Daha fazla bilgi için **Bölüm 10.1'e** bakın.

Yuvarlanan kürenin yarıçapı, ağ boyutu ve koruma açısı yönteminde kullanılan açılar, yıldırım koruma sisteminin sınıfıyla ilgilidir. Yıldırım koruma sınıfı I, II, III ve IV sırasıyla koruma seviyesi I, II, III ve IV ile ilgilidir. Örneğin, risk değerlendirmesi yıldırım koruma sınıfı II olan bir yıldırım koruma sisteminin riski tolere edilebilir seviyenin altına düşürmesi

gerektiğini belirlerse, yıldırım koruma sisteminin tasarımı yıldırım koruma seviyesi II (veya daha yüksek) gerekliliklerine uygun olmalıdır. Yıldırım koruma seviyesi ne kadar yüksekse (LPL I en yüksek seviyedir), yıldırım koruma sistemi için ortaya çıkan malzeme gereksinimi de o kadar büyük olur.

LPS/LPL Sınıfı şunları etkiler:

- Yuvarlanan küre yarıçapı, ağ boyutu ve koruma açısı
- Aşağı iletkenler ve halka iletkenler arasındaki tipik mesafeler
- Ayırma mesafeleri
- Toprak elektrotlarının minimum uzunluğu



Şekil 25. Hava Sonlandırıcıları.

9. Tasarım yöntemleri (devamı)

Hava sonlandırma	Yuvarlanan küre	Koruma yöntemi	
		Orgü yöntemi	Koruma açısı
Çubuk	✓✓✓		✓✓
Orgülü iletkenler - (yapı yüzeyinde)		✓ (1)	
Orgülü iletkenler (yapıdan yükseltilmiş)	✓✓		✓✓
Katener telleri	✓✓		✓✓

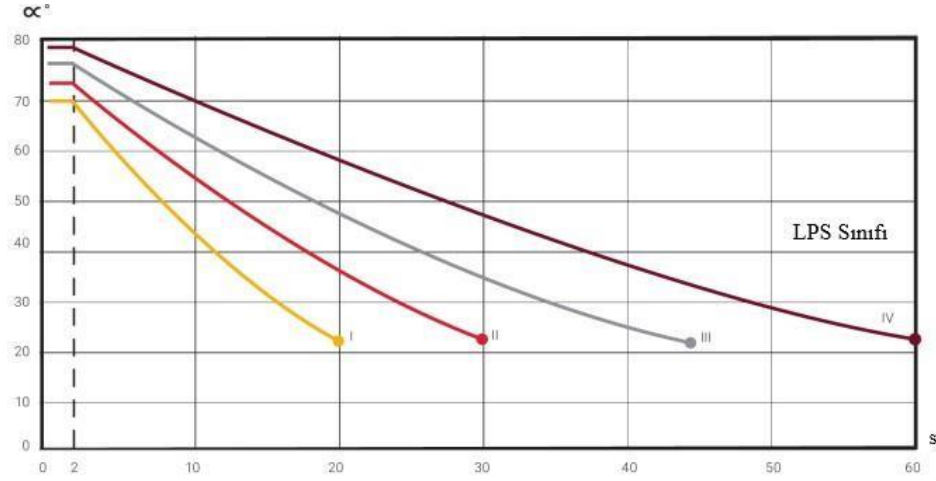
Not: (1) Mesh yöntemi, bağlı düz yüzeyin korunmasının değerlendirilmesi için uygundur. Yuvarlanan küre ve koruma açısı yöntemleri, bitişik alanların korunmasını belirlemek için kullanılabilir.

Tablo 17. Hava sonlandırma yöntemlerinin ve tasarım yöntemlerinin uygunluğu.

LPS Sınıfı (yıldırım koruma seviyesi)	Yuvarlanan küre yarıçapı (m)	Gözenek boyutu (m)	Koruma açısı
I	20	5 x 5	
II	30	10 x 10	
III	45	15 x 15	
IV	60	20 x 20	

Şekil 25'e bakın

Tablo 18. Tasarım yöntemleri için maksimum değerler.



Şekil 26. Koruma açısı grafiği.

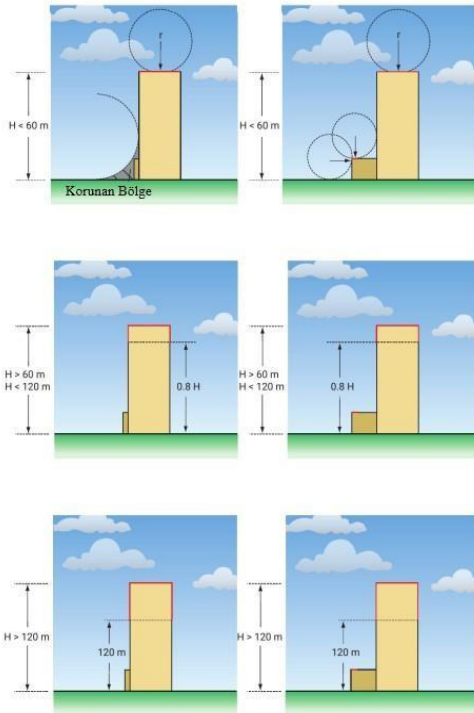
LPS Sınıfı	Yıldırım koruma seviyesi (LPL)
I	I (en yüksek)
II	II
III	III
IV	IV (en düşük)

Tablo 19. LPS Sınıfı ve Yıldırım koruma seviyesi

9. Tasarım yöntemleri (devamı)

9.1. DÖNEN KÜRE

Bölüm 2.3'te tartışıldığı gibi, dönen küre yönteminde, hayali bir küre yapının yüzeyinin üzerine yuvarlanır. Kürenin yapıya değdiği yer, yıldırım çarpmasına karşı savunmasızdır ve hava sonlandırma(lar)ı gerekir. Hava sonlandırma sistemi, kürenin yalnızca hava sonlandırmalarına değeceği ve yapıya değmeyeceği şekilde yerleştirilir.



Şekil 27. Yuvarlanan küre koruma yöntemi.

Yuvarlanan küre yönteminin basitliği, bir bina modeline ölçekli

olarak veya basit binalar için kesit çizimlerine uygulanabilmesidir.

Bölüm 10'da ayrıntılı olarak açıklandığı gibi, hava sonlandırma elemanları çubuklar, örgülü iletkenler, zincir telleri veya doğal bileşenler olabilir.

60 m'den daha düşük yükseklikteki yapılarda binanın yanlarına çarpma riskinin düşük olduğunu ve bu nedenle korunan alanların hemen altındaki dikey yanlar için koruma gerekmediğini unutmayın (**Şekil 27**). IEC standartlarında, 60 m'nin üzerindeki binalar için, yüksekliğin üst %20'sinin yanlarına koruma gerekir, **Bölüm 16.1'e** bakın.

9.1.1. ÇUBUK HAVA SONLANDIRMALARIYLA YUVARLANAN KÜRE YÖNTEMİ İÇİN HESAPLAMALAR

Çubuklar, düz yüzeylerin korunması için hava sonlandırma elemanı olarak kullanılacaksa, aşağıdaki hesaplama (**Denklem 2**) yararlıdır:

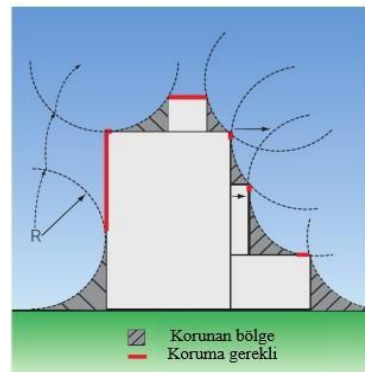
$$d = 2\sqrt{2rh - h^2}$$

Denklem 2

Konum d = iki çubuk arasındaki mesafe (m)

r = yuvarlanan kürenin yarıçapı (m)

h = çubukların yüksekliği (m)



Şekil 28. Yuvarlanan küre koruma yöntemi.

9. Tasarım yöntemleri (devamı)

Çubuk yüksekliği (m)	Hava sonlandırma noktaları arasındaki mesafe (m)			
	LPL I r = 20 m	LPL II r = 30 m	LPL III r = 45 m	LPL IV r = 60 m
0.5	8.8 (6.2)	10.9 (7.7)	13.3 (9.4)	15.4 (10.9)
1	12.4 (8.8)	15.3 (10.8)	18.8 (13.3)	21.8 (15.4)
1.5	15.2 (10.7)	18.7 (13.2)	23.0 (16.2)	26.6 (18.8)
2	17.4 (12.3)	21.5 (15.2)	26.5 (18.7)	30.7 (21.7)

Not: Parantez içindeki mesafeler ızgara mesafelerini sağlar.

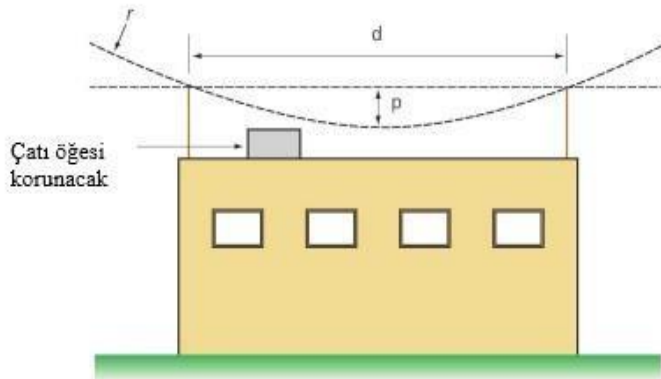
Tablo 20. Yuvarlanan küre koruma mesafesi örnekleri.

Çubuklar çatı üstü öğelerinin korunması için hava sonlandırma olarak kullanılacaksa, küre penetrasyon mesafesinin aşağıdaki hesaplaması (Denklemler 3) yararlıdır:

$$p = r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

Denklemler 3

konum p = penetrasyon mesafesi (m)
 r = yuvarlanan kürenin yarıçapı (m)
 d = iki çubuk arasındaki mesafe (m)



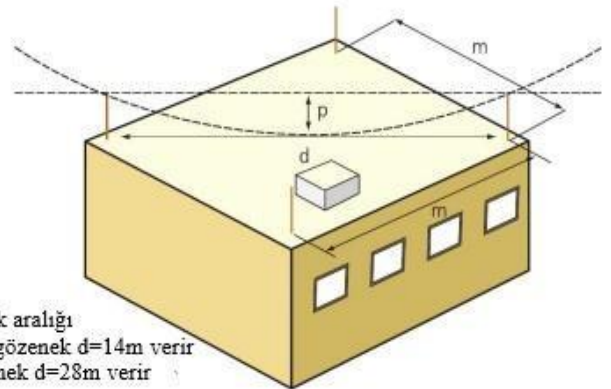
m = gözenek aralığı
 örn. 10x10 gözenek $d=14m$ verir
 20x20 gözenek $d=28m$ verir

Şekil 29. Yuvarlanan kürenin nüfuz mesafesi.

Çubuklar arasındaki mesafe D (m)	Penetrasyon mesafesi (m)			
	LPL I $r = 20$ m	LPL II $r = 30$ m	LPL III $r = 45$ m	LPL IV $r = 60$ m
1	0.01	0.00	0.00	0.00
2	0.03	0.02	0.01	0.01
3	0.06	0.04	0.03	0.02
4	0.10	0.07	0.04	0.03
5	0.16	0.10	0.07	0.05
6	0.23	0.15	0.10	0.08
7 (5 x 5 m)	0.31	0.20	0.14	0.10
8	0.40	0.27	0.18	0.13
9	0.51	0.34	0.23	0.17
10	0.64	0.42	0.28	0.21
14 (10 x 10 m)	1.27	0.83	0.55	0.41
15	1.46	0.95	0.63	0.47
20	2.68	1.72	1.13	0.84
21 (15 x 15 m)	2.98	1.90	1.24	0.93
28 (20 x 20 m)	5.72	3.47	2.34	1.66
30	6.77	4.02	2.57	1.91

Not: Parantez içindeki rakamlar, karşılık gelen diyagonal mesafenin gözenek boyutudur.

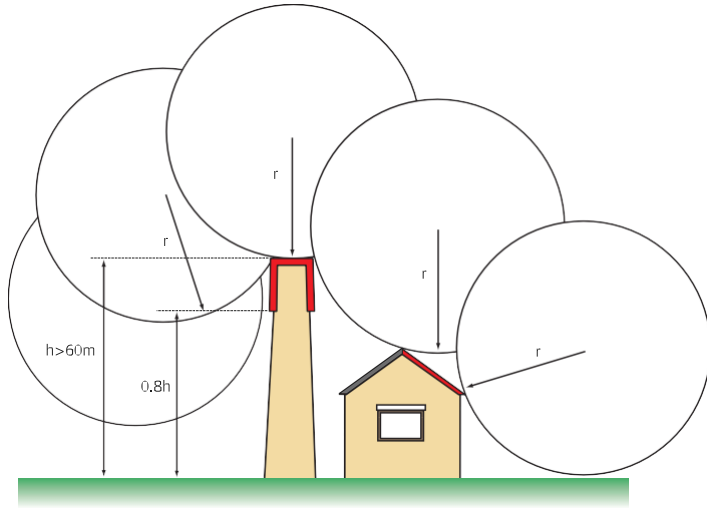
Tablo 21. Yuvarlanan küre penetrasyon mesafesi.



9.1.2. YUVARLANAN KÜRE YÖNTEMİ VE AĞ/KATENARY

İLETKENLERİN HESAPLAMALARI

Yuvarlanan küre yönteminin, örgü iletkenler veya zincir telleri ağı tarafından sağlanan korumayı değerlendirmek için kullanılacağı durumlarda, önceki iki hesaplama (Denklemler 2 ve 3) kullanılabilir. Örgü/zincir mesafesi/yüksekliği, çubuk mesafesi/yüksekliğini değiştirir. Şekil 29'da, nüfuz etme veya koruma mesafesi için mesafenin, şebekenin köşegeni olduğunu unutmayın (A ve B noktaları arasındaki mesafe).



Şekil 30. Yuvarlanan küre yöntemine örnek.

9.2. AĞ YÖNTEMİ

Düz (düz) bir yüzeyin korunması için, örgülü iletkenler şu şekildeyse, örgü yönteminin tüm bağlı yüzeyi koruduğu düşünülür:

- Yüzeyin kenarlarına (çevresine) yerleştirilir.
- Örgüboyutu Tablo 22'ye uygundur

LPL	Mesh Size
I	5 m x 5 m
II	10 m x 10 m
III	15 m x 15 m
IV	20 m x 20 m

Table 22. Mesh size for mesh method.

- Hacmin dışına hiçbir metalik yapı çıkıntı yapmaz (Bölüm 10.3'e bakın - hava terminallerini ve bunları korumak için RSM/PAM yöntemini göz önünde bulundurun)
- Her noktadan, yere en az iki ayrı yol vardır (yani çıkmaz sokak yoktur) ve bu yollar en doğrudan rotaları takip eder

Doğal bileşenler, örgü ızgaranın bir kısmı veya hatta tüm ızgara için kullanılabilir. Örgü yöntemi düz çatı yüzeyleri için önerilir. Ayrıca, yüksek binaların yanlarının yanlara doğru gelen parlamalara karşı korunması için de önerilir (bkz.)

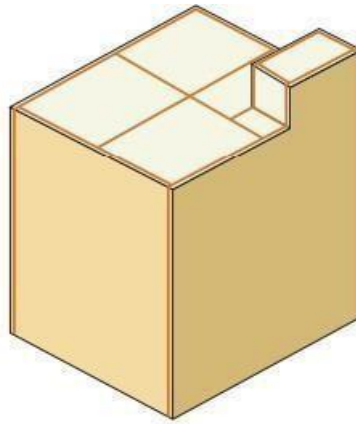
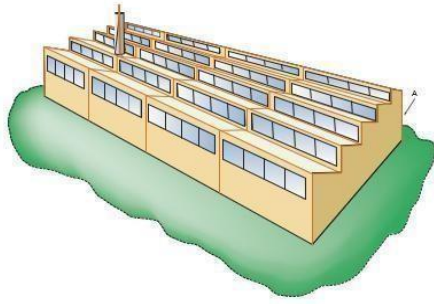
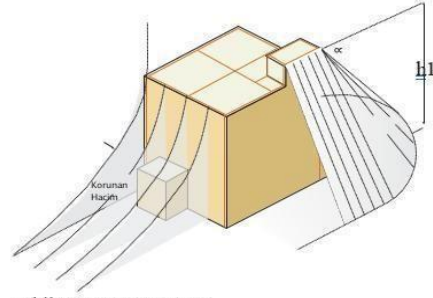


Figure 31. Protection via mesh method.

Örgü yöntemi eğimli yüzeylerde kullanılmamalıdır, ancak yatay olmayan düz yüzeylerde ve bileşik yüzeylerde kullanılabilir. Örneğin, yüksek binaların dikey kenarlarında, yanlara doğru gelen parlamalara karşı koruma için veya endüstriyel çatılar gibi bileşik yüzeylerde. Bileşik yüzeyler için, eğim 1/10'u aşarsa, iletkenler çatı sırtı hatlarına yerleştirilmelidir



Şekil 32. Bileşik şekiller için ağ yöntemi.

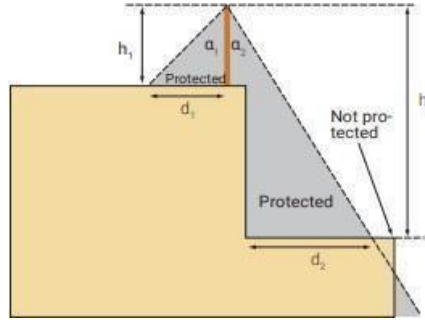


Şekil 33. PAM ve RSM yöntemine göre ağ iletkenleri tarafından korunan hacim.

Örgü yöntemiyle sağlanan koruyucu alan, örgüyle sınırlanan alandır. Örgüye bitişik alanlara (örneğin bina yanları ve alt yapısal noktalar) yönelik koruma, koruma açısı yöntemi veya yuvarlanan küre yöntemiyle belirlenir (Şekil 33'e bakın). Örgü yöntemine tam olarak uygun şekilde yerleştirilmemiş örgülü iletkenler, örneğin bina yüzeyinin üzerine yükseltilmiş olanlar, bireysel iletkenlere uygulanan alternatif bir tasarım yöntemi, yani PAM veya RSM ile belirlenmelidir. RSM kullanılırsa, Tablo 21, örgülü iletkenlerin yuvarlanan küre yöntemine uyması için bina yüzeyinin üzerinde hangi minimum mesafenin yükseltilmesi gerektiğini belirlemek için basit bir kural sağlar. Bu mesafenin, LPL I, II, III ve IV gereksinimlerine göre aralıklı örgü yöntemi ızgaraları için sırasıyla 0,31, 0,83, 1,24 ve 1,66 m olduğu görülebilir

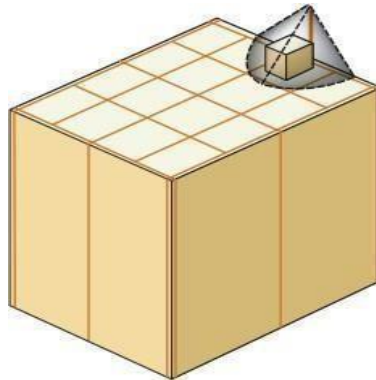
9.3. KORUMA AÇISI YÖNTEMİ

Hava sonlandırma elemanları (çubuklar/direkler ve zincir telleri) koruma açısıyla tanımlanan hacim (bkz. Şekil 34) korunacak yapıyı kaplayacak şekilde yerleştirilir. Hava sonlandırma elemanının yüksekliği, hava sonlandırma elemanının tepesinden korunacak yüzeye kadar ölçülür. Koruma açısı yöntemi, karşılık gelen yuvarlanan küre yarıçapına eşit veya daha düşük yüksekliklerle sınırlıdır.



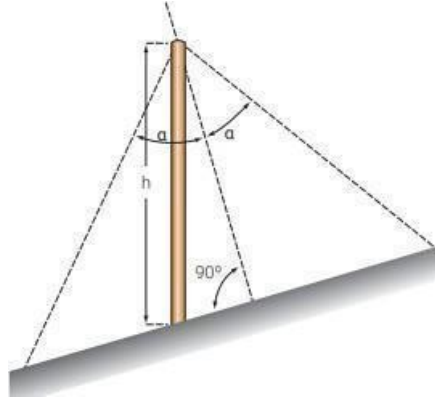
Şekil 34. Koruma açısı yöntemi

Yalnızca koruma açısı yöntemi kullanıldığında, çoğu yapı için genellikle birden fazla çubuk gerekir. Ancak koruma açısı yöntemi en yaygın olarak örgü yöntemini desteklemek için kullanılır ve düz yüzeyden çıkıntı yapan nesnelere koruma sağlar.



Şekil 35. Kombinasyon koruması

Koruma açısı yöntemi, çubuğun yüksekliğinin düşey yükseklik olduğu eğimli yüzeylerde kullanılabilir, ancak koruma açısı yüzeyden çubuğun ucuna dik bir çizgiden referans alınır.

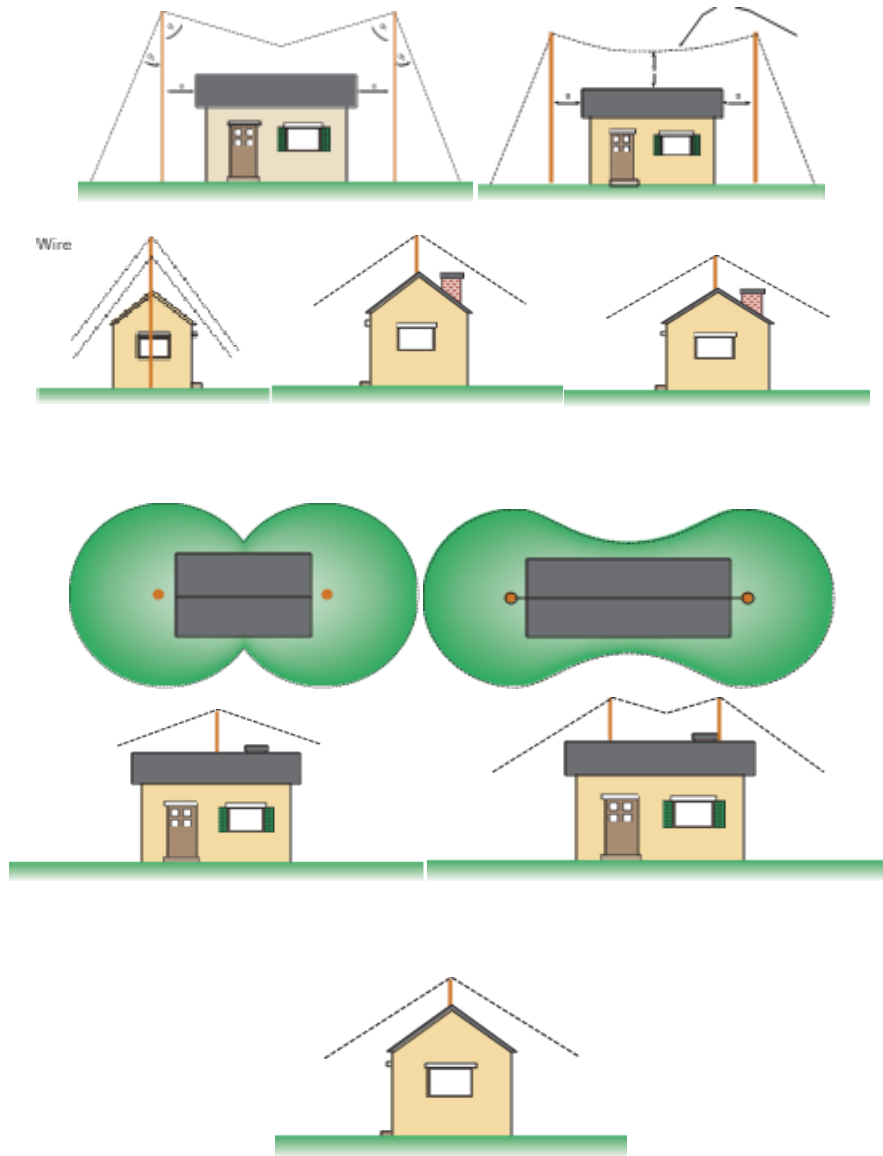


Şekil 36. Eğimli yüzeye uygulanan koruma açısı yöntemi

Hava confondurma yüksekliği h (m)	Mesafe d (m) ve koruma açısı (en yakın dereceye yuvarlanır)							
	LPL I		LPL II		LPL III		LPL IV	
	Mesafe	Açı	Mesafe	Açı	Mesafe	Açı	Mesafe	Açı
1	2.75	70	3.27	73	4.01	76	4.70	78
2	5.49	70	6.54	73	8.02	76	9.41	78
3	7.07	67	8.71	71	10.46	74	12.99	77
4	7.52	62	9.42	67	12.31	72	13.95	74
5	8.32	59	10.25	64	14.52	71	16.35	73
6	8.57	55	10.82	61	14.14	67	17.43	71
7	9.29	53	11.65	59	15.72	66	18.24	69
8	9.53	50	12.32	57	16.40	64	18.85	67
9	9.65	47	12.85	55	16.93	62	20.21	66
10	10.00	45	13.27	53	17.32	60	20.50	64
11	9.90	42	14.08	52	19.05	60	19.84	61
12	10.07	40	14.30	50	19.20	58	20.78	60
13	10.16	38	14.44	48	19.27	56	21.64	59
14	9.80	35	14.50	46	19.27	54	22.40	58
15	9.74	33	15.00	45	19.91	53	23.10	57
16	9.61	31	14.92	43	20.48	52	22.85	55
17	9.04	28	15.31	42	20.99	51	23.40	54
18	8.78	26	15.65	41	21.45	50	23.89	53
19	8.86	25	15.94	40	21.86	49	25.21	53
20	7.68	21	15.07	37	21.45	47	25.60	52
21			14.70	35	21.75	46	25.93	51
22			14.84	34	22.00	45	26.22	50
23			14.94	33	22.21	44	27.41	50
24			14.42	31	22.38	43	26.65	48
25			14.43	30	22.51	42	26.81	47
26			13.82	28	21.82	40	27.88	47
27			13.17	26	22.66	40	27.96	46
28			13.06	25	21.88	38	28.00	45
29			12.91	24	21.85	37	28.00	44
30			12.73	23	21.80	36	28.97	44
31					21.71	35	28.91	43
32					21.58	34	28.81	42
33					21.43	33	28.69	41
34					21.25	32	28.53	40
35					21.03	31	28.34	39
36					20.78	30	29.15	39
37					20.51	29	28.91	38
38					20.20	28	28.64	37
39					19.87	27	29.39	37
40					19.51	26	29.06	36
41					19.12	25	29.79	36
42					18.70	24	30.51	36
43					18.25	23	30.11	35
44					18.68	23	28.57	33
45					18.18	22	29.22	33
46							28.74	32
47							28.24	31
48							27.71	30
49							28.29	30
50							28.87	30
51							28.27	29
52							28.82	29
53							29.38	29
54							28.71	28
55							28.02	27
56							27.31	26
57							26.58	25
58							25.82	24
59							25.04	23
60							25.47	23

Tablo 23. Koruma açısı yöntemi kullanılarak yükseklik ve yatay mesafe

9.Tasarım Methodları



Şekil 37. Koruma açısı yöntemine örnekler

9. Tasarım Yöntemleri (devam)

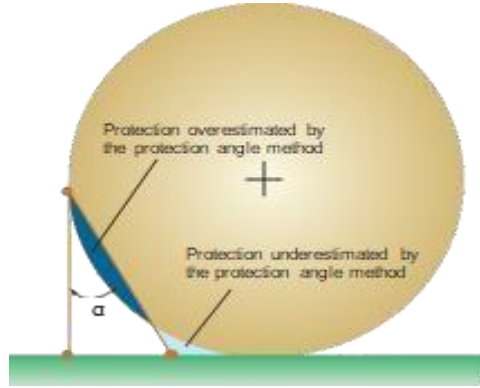
9.3.1. Koruma Açısı Yönteminin Arka Planı

Koruma açısı yöntemi, tarihi ve basit olan koruma konisi yöntemine benzer görünse de, aslında yuvarlanan küre yönteminin türetilmiş bir versiyonudur.

Koruma açısı yöntemi için gerekli açılar, Şekil 38’de gösterildiği gibi bir yuvarlanan küre analiziyle elde edilir. Bu nedenle, koruma açısı yöntemi, eşdeğer yuvarlanan kürenin maksimum yüksekliğiyle sınırlıdır. Örneğin, hava sonlandırması olan 50 metrelik bir yapı düşünüldüğünde, 45 metrelik bir yuvarlanan küre (LPL III) yapının yan yüzüne temas edeceği için, LPL III ile zemin seviyesindeki nesneler koruma açısıyla korunamaz. Ancak LPL IV göz önünde bulundurulduğunda, 60 metrelik bir yuvarlanan küre yapının yanına temas etmeyeceğinden, zemin seviyesinde hangi nesnelerin korunacağını belirlemek için LPL IV koruma açısı, hava sonlandırmasıyla birlikte kullanılabilir.

Koruma açısı yönteminin avantajı uygulamasının basit olmasıdır; ancak dezavantajı, yuvarlanan küre yönteminin daha da basitleştirilmiş bir hali olması nedeniyle, her zaman güvenilir veya verimli olmamasıdır.

Koruma açısı yönteminin yuvarlanan küre yönteminden türetildiğini bilmek, uygulamayla ilgili sıkça sorulan bir sorunun anlaşılmasına yardımcı olur. Şekil 34’e atıfla, neden α_1 açısının α_2 ’den küçük olduğu açık olmayabilir. Eğer ikinci bir hava terminali mevcut bir terminalin soluna monte edilirse, c_1 ve c_2 , ikinci terminal için eşit olur. Bunun nedeni, c_2 için kullanılan h_2 ’nin yuvarlanan küre yönteminin sunduğu korumayı kopyalamak amacıyla kullanılmasıdır.



Şekil 38: Koruma açısının kökeni

10. HAVA SONLANDIRMALARI

Hava uçlukları, yıldırım darbelerini yakalamak amacıyla özel olarak yerleştirilen elemanlardır. İzin verilen hava uçlukları şunlardır:

- Çubuklar (direkler ve serbest duran direkler dahil)
- Örgülü iletkenler (bina yüzeyine yerleştirilmiş veya yükseltilmiş)
- Halat (katener) telleri
- Doğal bileşenler

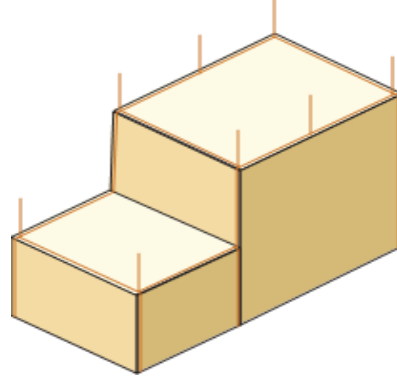
Hava uçlukları, yapıya koruma sağlamak amacıyla seçilen tasarım yöntemine uygun şekilde yerleştirilir. Ayrıca:

- Hava uçlukları her yapı seviyesinde birbirine bağlanmalıdır.
- Hava uçlukları, Bölüm 11'e uygun şekilde iniş iletkenlerine bağlanmalıdır.

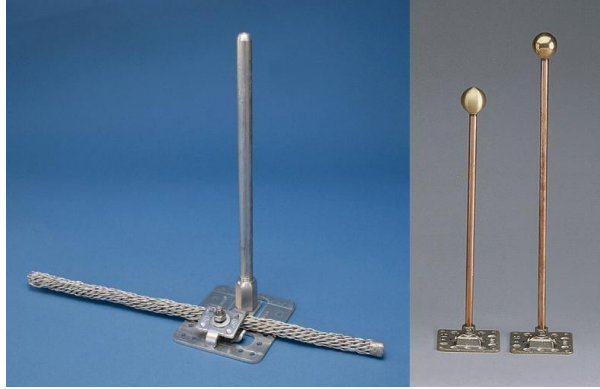
- Örgü ve hava uçluğu bağlantıları genişleme derzleriyle donatılmalıdır (bkz. Bölüm 10.5).
- Çubuk tipi hava uçlukları, saplanma (yaralanma) riski oluşturmayacak şekilde yerleştirilmeli veya uygun yükseklikte ya da uç şekline sahip olacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Çatıya iletkenler yerleştirilirken aşağıdaki ek hususlar dikkate alınmalıdır:
- Mümkün olduğunca çatı kenarlarına yakın yerleştirin.
- Tablo 26'da verilen gerekliliklere uygun şekilde sabitleyin.
- Korozyon riskini azaltacak malzemeler seçin.
- Çatı yüzeyinde takılma/engel oluşturabilecek tehlikelerden kaçın.
- Su birikebilecek alanlara (örneğin oluklar) yerleştirmeyin.
- İletkenleri sabitlemek için çatıya delik açmaktan kaçın.



Şekil 40. Tipik Hava Sonlandırıcılar



Şekil 39. Hava Sonlandırıcı Bağlantıları



Şekil 41. Saplanma riskini azaltmak için çubuk tasarımları

10.1 YERLEŞTİRME ÖNERİLERİ

IEC 62305-3 standardı, hava sonlandırıcıların (paratoner uçlarının) köşelerde, açıkta kalan noktalarda ve kenarlarda konumlandırılmasıyla ilgili genel açıklamalar yapar. Ancak, spesifik ölçüler veya toleranslar vermez. Montajcılar sık sık “ne kadar yakın yeterlidir?” sorusunu sorar. Kesin cevap, hava sonlandırıcıların yerleşiminin kullanılan tasarım yöntemine (örneğin yuvarlanan küre, koruma açısı veya örgü yöntemi) uygun olması gerektirir.

Bu nedenle, iyi bir tasarım montajcıya tam gereksinimleri belgelemeli veya normal değışkenlikleri karşılamak için tasarıma bir emniyet payı eklemelidir. Örneğin, hava sonlandırıcı çubuklar (rods) bir parapet kenarında istenebilir ve iyi bir tasarım, çubuklar parapetin üstüne, iç veya dış kenarına monte edilse bile koruma sağlayacak yeterli yüksekliğı temin etmelidir.

IEC standartları herhangi bir hava sonlandırıcı yüksekliğıne izin verirken, araştırmalar etkin koruma için hem minimum yüksekliğin hem de hava sonlandırıcı yüksekliğı ile yapı kenarından olan mesafenin ilişkisinin kritik olduğunu göstermektedir.

- Yüksekliğı 0.5 metreden az olan hava sonlandırıcıların, en etkili koruma için yapı kenarına yüksekliğinin yarısından daha az mesafede olması gerekir.
- En az 0.25 m (tercihen 0.5 m) minimum yükseklik seçilmesi ve korunan herhangi bir kenara pratik olarak mümkün olan en yakın konuma (en azından çubuk yüksekliğinin 0.5 katı içinde) yerleştirilmesi önerilir.

Bu araştırma, örgü veya diğeri tasarım yöntemleriyle binaya yerleştirilen yatay iletkenler için olumsuzdur; çünkü iletken kalınlığı genellikle 2-8

mm civarındadır ve yukarıdaki araştırma, iletkenin yapı kenarından 1-4 mm uzaklıkta kurulması gerektiğini göstermektedir.

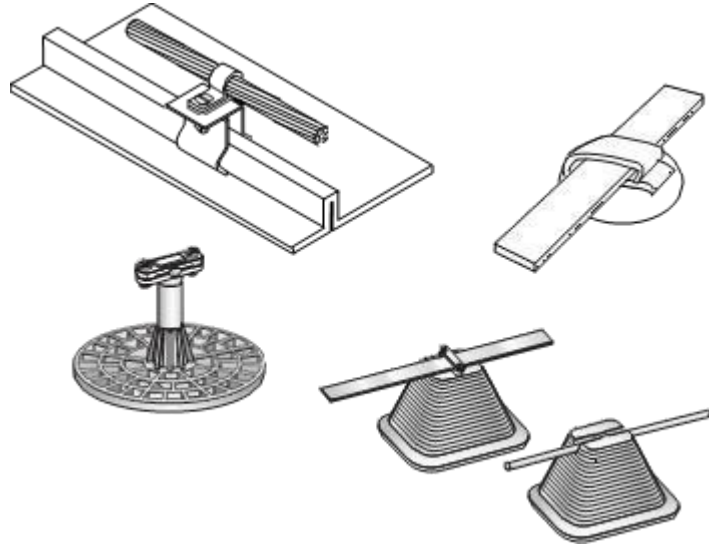
Genel olarak, bu mümkün değildir çünkü iletkeni sabitlemek için kullanılan klipsler (genellikle vidalanan) kenara bu kadar yakın takılamaz.

Yuvarlanan küre yöntemine göre, bir yapının kenarına monte edilen ve hava sonlandırıcı ağına dahil olan yatay bir iletkenin, kürenin yapı kenarına temasını önlemek için neredeyse tam kenarda olması gerekir. IEC standartları bu konuda herhangi bir öneri veya yardım sağlamaz. BS 6651-1991 standardı maksimum 0.1 m mesafenin kabul edilebilir olduğunu ima eder, ancak bunun sağlam bir dayanağı yoktur.

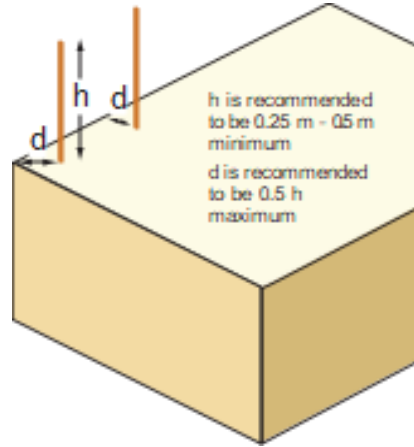
Performans endişeleri nedeniyle, nVent örgü yöntemi ile doğrudan korunan yüzeye yatay iletkenlerin hava sonlandırıcı olarak kullanılması durumunu önermemektedir. Dikey hava sonlandırıcıların (çubukların) eklenmesi sistemin performansını önemli ölçüde artırır. Örgü yöntemi dışındaki tasarımlarda, yatay hava sonlandırıcıların yüzeyden en az 0.25 m yükseğe kaldırılması performansı artırır.

Eğer bina kenarında kaplama (metal örtü) varsa ve doğal hava sonlandırıcı gereksinimleri karşılanıyorsa, kaplama iletken yerleşim sorununu ortadan kaldırır. Tasarım aşamasında kaplama kullanımı, metal el korkuluklarının montajı veya bina malzemeleri ile diğer yapısal elemanların dikkatli seçimi, performansı artırabilir ve yıldırımdan korunma sisteminin görsel etkisini azaltabilir.

Yatay iletken hava sonlandırıcı ağına dahil değilse (örneğin hava sonlandırıcıları birleştiren topraklama ağı ise), diğer hava sonlandırıcılar istenilen korumayı sağladığı sürece yerleşim o kadar kritik değildir.



Şekil 42. Yapışkan tabanlar, montaj blokları ve ayakta birleşimler, iletken sabitlemelerinin delici montajına gerek kalmasını önler.



Şekil 43. Yerleştirme için önerilen mesafeler

ERICO izole toplayıcı sistemi, doğrudan direk/anten yapısına monte edilebilen bir hava terminali ve izole toplayıcı sağlar, bu da doğrudan veya kısmi yıldırım akımlarının riskini azaltır. İzole toplayıcının, doğrudan direğe monte edilmesine izin veren özel bir yapısı vardır, ancak 1000 mm hava eşdeğer ayırım mesafesini sağlar. Daha fazla bilgi için Bölüm 13'e bakınız.

10.3. Çatının Üzerinde Çıkan Diğer Öğelerin Korunması

Yıldırım koruma sisteminin tasarımı, hava sonlandırmalarının çatıyı ve üzerindeki tüm öğeleri (havalandırmalar, skylight'lar, hava işleme üniteleri, borular vb.) yıldırım çarpmalarına karşı koruyacak şekilde konumlandırılmasını sağlamalıdır. Ancak, bazı durumlarda, daha küçük veya iletken olmayan öğeler için koruma gerekmez. Tablo 24, hava sonlandırma korumasının gerekip gerekmediğini belirlemek için gereksinimleri özetlemektedir. Bu öğeler için bağlama gereksinimlerinin ayrı bir değerlendirme gerektirdiğini unutmayın, Bölüm 10.4'e bakınız.

Bu boyutlar aşılmadığı takdirde çatı elemanlarının korunmasına gerek yoktur:	
Metal çatı elemanları	Çatı seviyesinin üzerindeki yükseklik: 0.3 m Üst yapının toplam alanı: 1.0 m ² Üst yapının uzunluğu: 2.0 m
İletken olmayan çatı elemanları	Hava sonlandırma sistemi tarafından oluşturulan yüzeyin üzerindeki çıkıntı: 0.5 m

Tablo 24. Koruma gerektirmeyen çatı elemanları.

10. Hava sonlandırmaları (devamı)

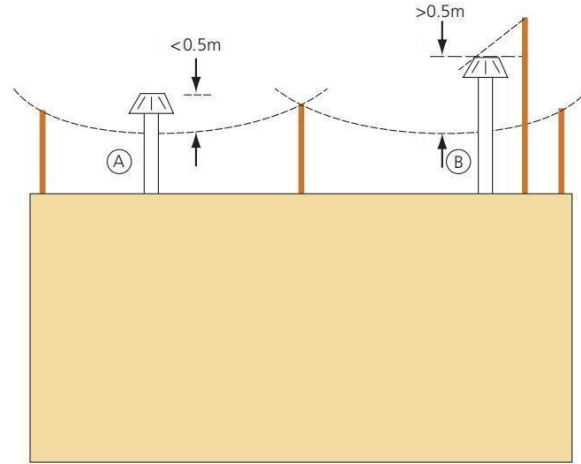
Yapıya iletken bağlantılar elektrik devreleri veya su veya gaz için metal borular gibi elektrik dışı borular ya da hava hizmetleri olabilir. Yapının iç kısmına iletken bağlantıları olan öğeler hava sonlandırma koruması gerektirir. Aksi takdirde, önemli akımlar yapının iç kısmına iletilebilir.

IEC 62305-1 Bölüm 8.3.2, iç sistemlerin LPZ 1 veya daha yüksek bir alanda bulunmasını gerektirir. LPZ 1, doğrudan şimşeklerden korunan ve yalnızca sınırlı yıldırım veya endüklenmiş akımlara maruz kalan alanlardır. Bu gerekliliği karşılamak için, iletken bağlantıların (örneğin su veya gaz boruları, elektrik gücü veya elektronik kontrol kabloları) LPS'ye bağlanması gerekmektedir.

Elektrik/elektronik devrelerin bağlanması için, aşırı gerilim koruma cihazları (SPD'ler) gereklidir.

Bazı durumlarda, iletken bağlantılar, yalıtılmış (iletken olmayan) bağlantılarla (ayrım mesafesi gereksiniminin iki katı uzunluğunda) değiştirilmesi mümkün olabilir ve böylece bu gerekliliklerin üstesinden gelinebilir. Örneğin, küçük bir basınçlı hava rezervuarı (< 0.3 m yüksekliğinde, < 1 m², 2 m'den daha az genişlik veya uzunlukta ve doğal hava sonlandırma kalınlığı gereksinimlerini karşılayan), ancak tesise giren metal borularla birlikte, hava terminalleri ve boruların bağlanması gereklidir. Ancak, bağlantı boruları iletken olmayan borularla değiştirilirse, o zaman hava terminalleri ve bağlama gerekmeyecektir.

Şekil 45'in uygulanmasına bir örnek olarak, sıhhi tesisat için kullanılanlar gibi bir plastik havalandırma, koruma bölgesinin 0.5 m'den daha az yukarısında çıkıntı yapıyorsa koruma gerektirmeyecektir. Koruma bölgesinin 0.5 m'den daha yukarısında ise, hava terminali koruması gerekecektir (Şekil 45'e bakınız).

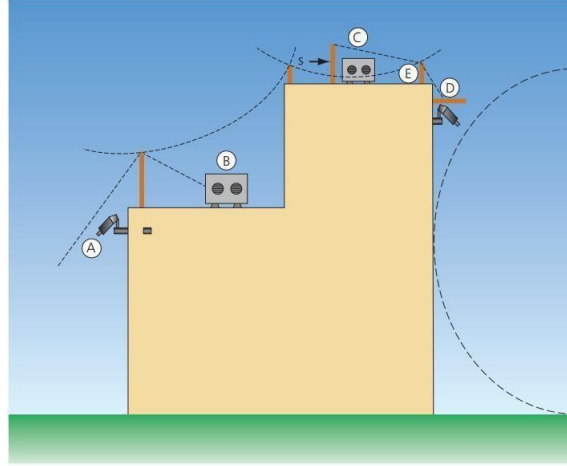


Şekil 45.İletken olmayan çatı için koruma gerekliliklerine örnek.

Çatıdaki tüm elektronik veya elektrik ekipmanını içeren öğeler,hava sonlandırmaları aracılığıyla koruma gerektirir (Şekil 46'ya bakınız). Ayrıca, elektrikli ve elektronik öğeler için, bir yıldırım çarpması olabilecek bir konumda duvara monte edilmişse koruma da gereklidir. (yani, yuvarlanan küre yöntemiyle temas eden bir konumda). İç ortama giren akımı sınırlamak için devrelere aşırı gerilim koruma cihazları kurulmalıdır.

10.Hava sonlandırmaları(devamı)

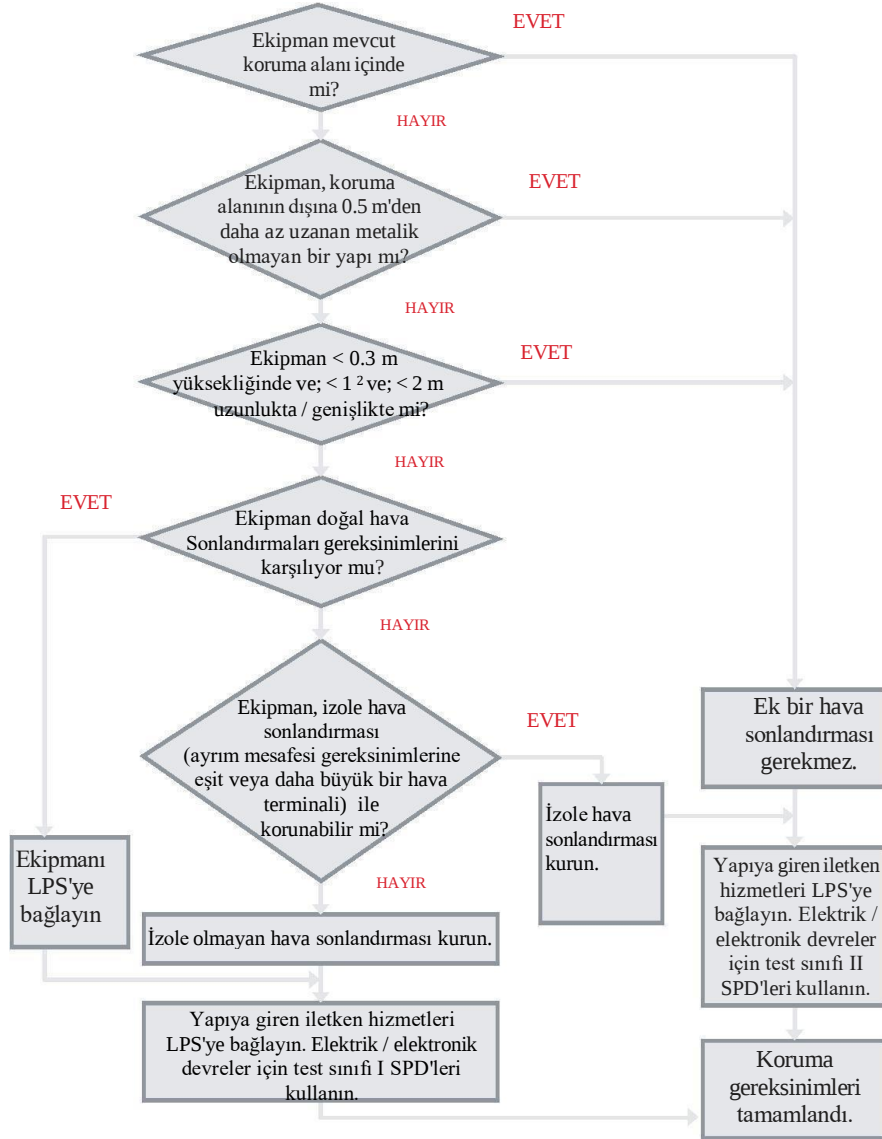
Çatıdaki tüm elektronik veya elektrik ekipmanını içeren ögeler, havasonlandırmaları aracılığıyla koruma gerektirir (Şekil 46'ya bakınız). Ayrıca, elektrikli ve elektronik ögeler için, bir yıldırım çarpmasıolabilecek bir konumda duvara monte edilmişse koruma da gereklidir. (yani, yuvarlanan küre yöntemiyle temas eden bir konumda). İç ortamagiren akımı sınırlamak için devrelere aşırı gerilim koruma cihazları kurulmalıdır.



Şekil 46. Duvara monte edilmiş elektronik/elektrik ekipmanları için gerekli hava sonlandırma koruması.

10.Hava sonlandırma(devamı)

Çoğu baca koruma gerektirecek kadar uzun olsa da, iletken olmayan bacalar veya benzeri havalandırmalar için koruma yine de önerilmektedir, çünkü kurum birikintileri bu nesneleri etkili bir şekilde iletken hale getirebilir.



Şekil 47. Çatı üstü öğeler için gereksinimleri gösteren akış şeması.

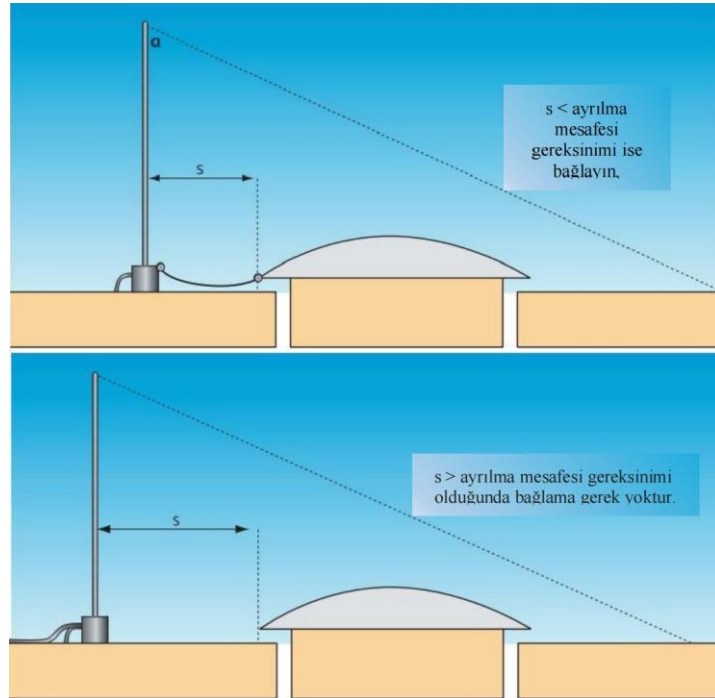
10. Hava sonlandırılmalı (devamı)

10.4. ÇATI ÜSTÜ ALETLERİN BAĞLANMASI

Hava sonlandırmaları ile tüm iletken çatı aletleri (iletken gömme aletler dahil) arasındaki ayrılma mesafesi gereksinimleri, ögenin bağlanmasının gerekip gerekmediğini belirlemek için değerlendirilmelidir. Eğer iletken alet ile LPS sistemi (hava sonlandırması veya aşağı iletken vb.) arasında ayrılma mesafesi korunamazsa, o zaman ikisi arasında özel bir bağlantı yapılmalıdır.

Ayrılma mesafesi ve diğer bağlanma gereksinimleri Bölüm 12'de detaylandırılmıştır. Bu bölüm, hava ayrılması, yüzey ayrılması ve bazı durumlarda ara malzemeler aracılığıyla ayrılma mesafesi gereksinimlerinin nasıl dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Bağlanma gereksinimini ortadan kaldırmak için, hava sonlandırma konumu ve yüksekliği seçmek mümkün olabilir, böylece alet hava sonlandırması tarafından korunur, ancak bağlanmanın gerekli olmadığı kadar uzakta konumlandırılır.



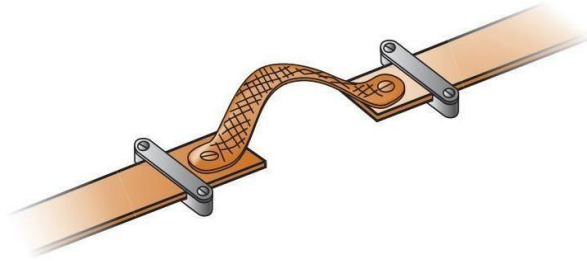
Şekil 48. İletken ögeleri için hava terminali ve bağlanma gereksiniminin yeri.

10.5. GENİŞLEME DERZLERİ VE ÇATI DELİKLERİ

Tasarım, sıcaklık değişimi nedeniyle ağ ve hava terminali bağlantı iletkenlerinin genişlemesi ve büzülmesi için de izin vermelidir. Yıllık sıcaklık değişimi -10°C ile $+35^{\circ}\text{C}$ arasında, aşağıdaki iletken hareketine neden olabilir:

- Alüminyum 1.0 mm (lineer metre başına)
- Bakır 0.75 mm (lineer metre başına)

Uzun bir iletken boyunca bu hareket, genişleme derzleri kurulmazsa önemli hasara neden olabilir – yapıştırıcı taban, iletken klipsleri veya çatı malzemesi gerilebilir veya hasar görebilir. Bir kılavuz olarak, genişleme bağlantıları yaklaşık her 40 m'de kurulmalıdır, örnek olarak Şekil 49'a bakın. Düz dokuma iletkenlerde genişleme derzleri gerekli değildir. Bakır iletkenler için, nVent, genişleme derzi olarak kullanılmak üzere ERICO bakır bağlama kayışı 556820 “MBJ- 50-100-10” (100 mm uzunluk x 28 mm x 2.5 mm esnek kalaylı bakır kayış, 10.5 mm bağlantı delikleri ile) önermektedir. Dört tane, geçiş genişleme bağlantıları için gereklidir.



Şekil 49. İletken genişleme derzleri.

11. İNİŞ İLETKENLERİ

İniş iletkenleri, hava sonlandırmalarını topraklama sonlandırmasına bağlar. Aynı iletken tipi hava sonlandırmaları (örneğin, ağ yöntemi), iniş iletkeni ve topraklama elektrotları (karşıt halka) için kullanılabilir.



Şekil 50. Tipik iniş iletkeni test eklemleri.



Şekil 51. Tipik iniş iletkeni konnektörleri.

İniş iletkenlerinin malzemeleri ve boyutları Tablo 26'nın gereksinimlerine uygun olmalıdır. Yapının doğal elemanlarının kullanımı mümkündür; bkz. Bölüm 8.

İniş iletkeni sistemi, enerjinin toprağa boşalması için çoklu paralel yollar sağlamalıdır. Bu, akım yoğunluğunu düşürerek yan kıvılcım riskini ve yapı içindeki darbe akımının elektromanyetik radyasyon etkilerini azaltır. Daha yüksek yapılarda, iniş iletkenleri arasında akım paylaşımını geliştirmek için yatay eşpotansiyel bağlama halkaları da kullanılır (bkz. Tablo 26).

İniş iletkeni sayısı, bağlama gereksinimlerini doğrudan etkiler. Yakındaki metalik öğeler ve iç iletken parçalar, ayırma mesafesi gereksinimlerine uygun şekilde bağlanmalıdır. Bazı durumlarda ayırma gereksinimlerini azaltmak için iniş iletkeni sayısını artırmak pratik olabilir.

Genel olarak, bir iniş iletkeni sistemi:

- Yıldırım akımı için çoklu yol sağlamalıdır

- Mümkin olduğunca kısa ve düz olmalıdır
- **Tablo 26'**ya uygun olarak eşpotansiyel bağlama halkalarıyla birlikte yerleştirilmelidir
- Hava sonlandırma sisteminin doğrudan devamı olmalıdır
- Oluklarda veya yağmur iniş borularında (PVC kaplı olsa bile) yer almamalıdır
- Test eklemi aracılığıyla topraklama ağına bağlanmalıdır
- Kazara zarar ya da vandallığa karşı dış koruma ile donatılmalıdır
- Dokunma potansiyelinden kaynaklanan tehlike riski varsa 3 mm çapraz bağlı polietilen izolasyon ile donatılmalıdır

Özel gereksinimler için **Bölüm 11.1.1** ve **11.1.2'**ye bakınız.



Şekil 53. Hasar ve vandallığa karşı dış koruma sağlanmalıdır

LPS Sınıfı (LPL)	Tipik mesafe (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

Tablo 25. Tipik iniş iletkeni ve eş potansiyel bağlama halkası aralıkları

11. İniş İletkenleri (devam)

İniş iletkenleri simetrik yerleştirilemiyorsa, **Tablo 13**'te belirtilen mesafe gerekliliklerinde $\pm\%20$ sapma kabul edilebilir, ancak ortalama iniş iletkeni aralığı belirtilen değerlere uygun olmalıdır.

Tablo 13, eşpotansiyel bağlama halkasının aralıklarına ilişkin gereksinimleri içerir. İlk eşpotansiyel halkasının (yatay bağlantı) yer seviyesinde veya yakınında yerleştirilmesi tavsiye edilir, ardından belirtilen yükseklik aralıklarıyla devam edilir. Eğer topraklama elektrotları Tip B (halka elektrotlar, bkz. **Bölüm 14.3**) olarak kuruluysa, bu halka elektrot ilk eş potansiyel bağlama halkası olarak kabul edilebilir.

11.1. İZOLE VE İZOLE OLMAYAN YILDIRIMDAN KORUMA SİSTEMLERİ (YKS) İÇİN İNİŞ İLETKENLERİ

11.1.1. İZOLE OLMAYAN YKS İÇİN İNİŞ İLETKENLERİ

İzole olmayan YKS'deki iniş iletkenlerine dair genel gereksinimler:

- En az iki iniş iletkeni kullanılmalıdır.
- İniş iletkenleri yapının çevresine eşit olarak dağıtılmalıdır (pratik ve estetik nedenler göz önünde bulundurularak).
- Mümkünse, iniş iletkenleri yapının dış (görünür) köşelerine (300 mm içinde) yerleştirilmelidir.
- Pencere, kapılar, çıkışlar veya insanların toplanabileceği alanlardan uzak tutulmalı; dokunma ve adım potansiyeli risklerini azaltmak için dış topraklama elektrot sistemlerinin de aynı yerlere yerleştirilmesi sağlanmalıdır.



Şekil 54. Kötü konumlandırılmış bir iniş iletkeni örneği

11.1.2. İZOLE YKS İÇİN İNİŞ İLETKENLERİ

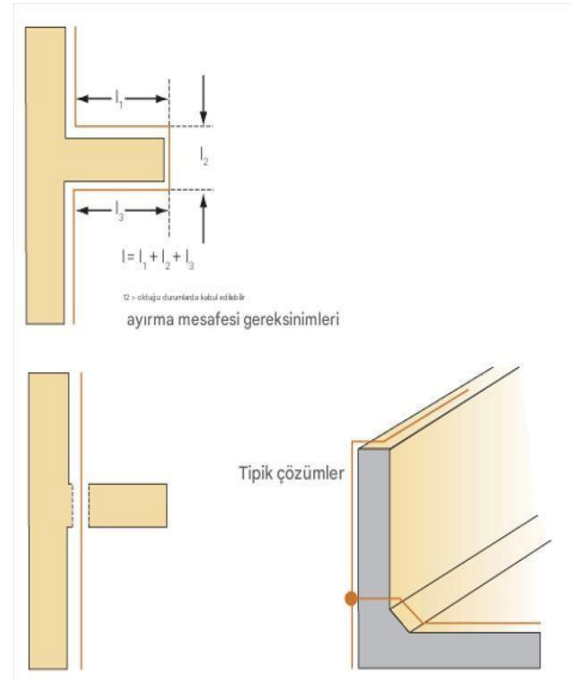
İzole YKS’de iniş iletkenleri için genel gereksinimler:

- Çubuk tipi hava sonlandırmalarında, her direk için bir iniş iletkeni gerekir. Eğer direk metalik ya da birbiriyle bağlantılı donatı çeliği ise ek bir iletken gerekmez.
- Kordon tipi hava sonlandırmalarda (bir veya daha fazla tel), her destek için en az bir iniş iletkeni gerekir.

11.2. İNİŞ İLETKENİ GÜZERGAHI

İniş iletkenleri mümkün olduğunca düz ve dikey olarak, binanın profiline uygun şekilde döşenmelidir. Döngü ve çıkıntılardan kaçınılmalıdır.

Döngüler kaçınılmazsa, açıklık mesafesi "s", uzunluk "l" için gerekli ayırma mesafesinden büyük olmalıdır. Bu mümkün değilse, iniş iletkeni doğrudan yapının içinden geçirilmelidir.

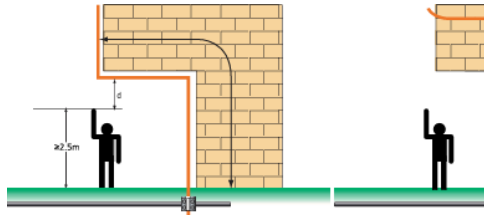


Şekil 55. İniş iletkeni döngüleri için tipik çözümler.

11. İniş İletkenleri (devam)

Çıkıntılı yapılarda, iniş iletkeninin çıkıntı boyunca döşenmesi gerekiyorsa bu, tehlikeli atlama riski yaratabilir. Bu durum özellikle insanların bulunabileceği yerlerde endişe vericidir. Eğer bir kişinin kolları açıkken (2,5 m) gerekli ayırma mesafesi korunamıyorsa, bu durumdan kaçınılmalıdır. Gerekli ayırma mesafelerini sağlamak için ilave iniş iletkenleri gerekebilir ya da iniş iletkenleri

metalik olmayan, yanıcı olmayan iç kanallarda (içinde elektrik kablosu bulunmayan) yerleştirilmelidir.



Şekil 56. Çıkıntı.

İzole olmayan sistemlerde, iniş iletkeni yanıcı olmayan duvarlara veya bu tür duvarların içine döşenebilir. Yanıcı duvarlar için, iletken yıldırım koşullarında tehlikeli sıcaklık artışı yaratmıyorsa duvar üzerine yerleştirilebilir (Bkz. IEC 62305-1 Ek D.4: LPL I için 50 mm² bakırda 22 °C, 50 mm² alüminyumda 54 °C sıcaklık artışı). Alternatif olarak, en az 100 mm mesafe sağlayan standoff braketer kullanılmalı ya da iletken kesit alanı 100 mm²'ye çıkarılmalıdır.

Duvar içinde ya da boşlukta döşenirken dikkat edilmesi gerekenler:

- Açık boşluklar tercih edilmelidir; yıldırım

koşullarında iniş iletkeninin genleşmesi sıva kaplamalarda çatlamaya yol açabilir.

- Çıplak alüminyum iletkenler sıva, harç, beton vb. ile doğrudan temas etmemelidir.
- Sıvada renk bozulması dikkate alınmalıdır.
- Hacmi ya da dayanımı sınırlı bölgelerde elektromekanik şok dalgası hasara yol açabilir.

Geniş düz yapılarda (ör. endüstriyel binalar, fuar alanları) bir cephede 4'ten fazla iniş iletkeni gerekiyorsa, yaklaşık her 40 metrede bir ilave iç iniş iletkeni yerleştirilmelidir. Çatı destek kolonları kullanılmalıdır.

11.3. İNİŞ İLETKENLERİNİN SABİTLENMESİ

İniş iletkenleri (hava sonlandırmalarında kullanılanlar dahil), iletken ya da iletken olmayan sabitleyiciler ile monte edilebilir. Yanıcı yüzeylere doğrudan sabitleme yapılmamalıdır.

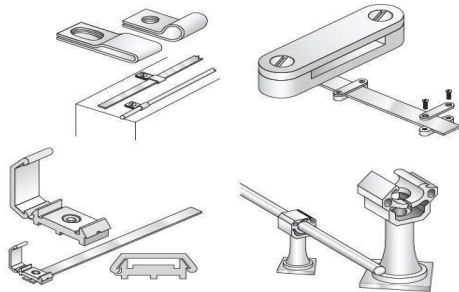
Yerleşim	Şerit & Örgü İletkenler (mm)	Yuvarlak Katı İletkenler (mm)
Yatay yüzeyde yatay iletken	500	1000
Dikey yüzeyde yatay iletken	500	1000
Zeminden 20 m'ye kadar dikey iletken	1000	1000
20 m'den sonraki dikey iletken	500	1000

Tablo 26. Önerilen iletken sabitleme aralıkları

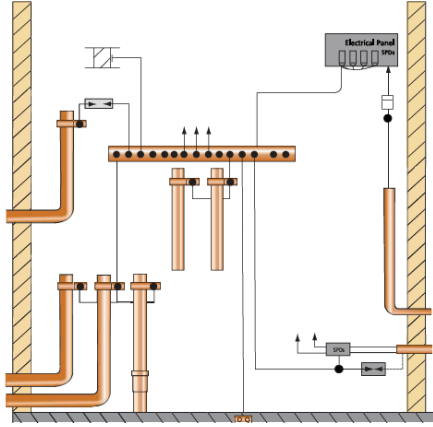
Yerel elektrik yönetmelikleri gibi diğer standartlar/kodlar da hizmetlerin ve diğer metalik öğelerin bağlanmasını gerektirir. Bu yönetmeliklerin gerekliliklerine de uyulmalıdır.

12.1. HİZMETLERİN VE DIŞ İLETKEN PARÇALARIN BAĞLANTISI

Bodrum veya zemin seviyesinde, bir bağlantı barası kurularak YLİS toprak elektrot sistemine bağlanmalıdır. Bağlantı barası, yapıya giren tüm dış metalik hizmetlere (gaz boruları, su, enerji, telefon vb.) mümkün olduğunca yakın konumlandırılmalı ve bağlanmalıdır. Büyük tesislerde birkaç birbirine bağlı bağlantı barası gerekebilir. Bu bağlantılar özel bir iç halka (veya kısmî halka) veya beton yapı içindeki donatı vasıtasıyla sağlanabilir.



Şekil 57. Tipik iniş iletkeni sabitlemeleri



Şekil 59. Hizmetlerin bağlantısı.

Yapıya giren hizmetler ve metalik öğelere örnekler:

- Telefon ve telekom hatları
- Kablo TV devreleri
- Anten hatları
- Enerji hatları
- Boru sistemleri (su, hava, gaz vb.)
- Metal kanallar

İzin verildiği durumlarda, bu öğeler doğrudan bağlantı barasına bağlanmalıdır. Elektriksel, elektronik ve tele/veri iletişim hizmetleri söz konusuysa, bağlantı paratoner koruma cihazları üzerinden yapılmalıdır.

Material	Cross section (mm ²)	
	Between bonding bars and to earth electrode	To metallic items
Bakır	14	5
Aliminyum	22	8
Çelik	50	16

Tablo 27. Minimum topraklama iletkeni boyutları.

Bu tür hizmetlere ani gerilim koruyucu cihazların (SPD) kurulumu birden fazla sorunu ele alır:

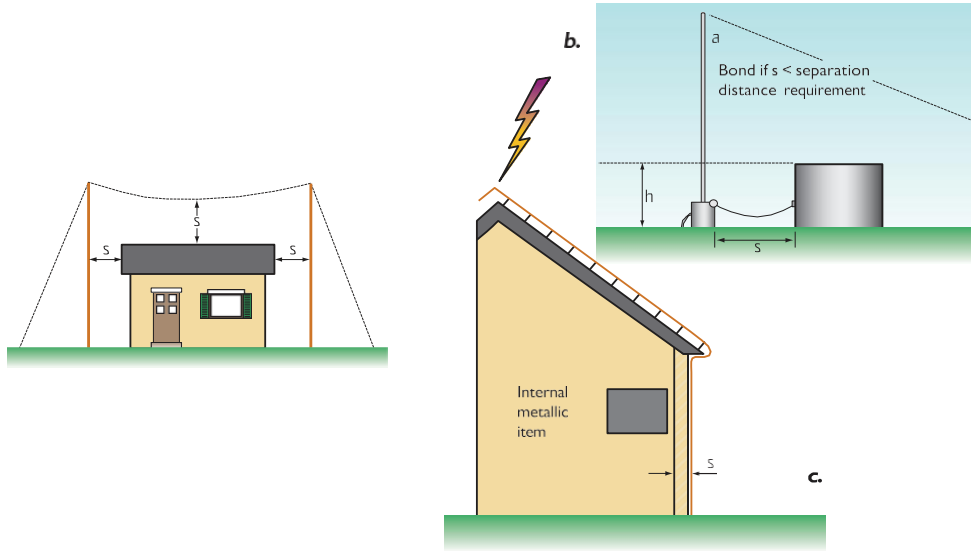
- Hizmet iletkenleriyle olan potansiyel farkları ortadan kaldırarak atlama (flashover) ve bunun sonucunda oluşabilecek yangın riskini azaltmak (IEC 62305-3)
- Yapıdaki elektrik/elektronik ekipmanları, hizmet hatlarına doğrudan veya dolaylı yıldırım darbelerinden kaynaklanan darbelere karşı korumak (IEC 62305-4)
- Doğru konumlandırılmış ve kurulmuş koruma (koordineli koruma), ayrıca elektrik devrelerinde anahtarlama veya arıza sonucu oluşabilecek darbelere bağlı ekipman hasarı riskini de azaltır
- Yıldırım Elektromanyetik Darbe (LEMP) koruma önlemlerinin önemli bir parçasıdır

Ani gerilim koruyucu cihazların (SPD) seçimi ve kurulumu konuları karmaşıktır ve EN 50164-1, -2, -3 ve -4 kapsamında yer alması, ayrıca EN 50164-3, EN 61643 serisi, ITU-T K.20 & K.21 ve IEC 61000-4-5 gibi diğer standartlara atıfta bulunulması nedeniyle daha da zorlaşmaktadır.

Yıldırımdan korunma sistemleri kurulum sektöründeki birçok kişi tarafından ani gerilim koruması yeterince iyi anlaşılmadığı için, bu doküman konuyu tanıtmakta ve ani gerilim korumasına ilişkin temel gereksinimleri ayrı olarak 17. Bölümde ele almaktadır.

12.2. AYIRMA MESAFESİ GEREKSİNİMLERİ

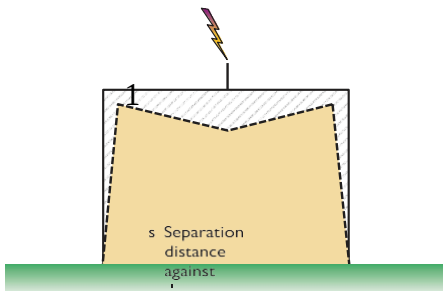
Ayırma mesafesi gereksinimleri, dış ve içte bulunan hangi metalik öğelerin yıldırımdan korunma sistemine (LPS) bağlanması gerektiğini belirler. Bu gereksinimler, iç elektriksel ve elektronik devreler için de geçerlidir; bu nedenle, mevcut ve gelecekteki bina kullanımı göz önünde bulundurularak dikkate alınmaları özellikle önemlidir.



61. Hava, yüzey ve malzeme içinden geçen ayırma mesafelerinin dikkate alınması. korunma sistemi arasında, aralarında tehlikeli kıvılcım oluşmasını önlemek amacıyla gerekli olan mesafe, IEC 62305-3, Bölüm 6.3 tarafından belirlenmiştir. Bu mesafe, “ayırma mesafesi” S olarak Değerlendirilmesi gereken öge ile yıldırımdan adlandırılır ve şu şekilde tanımlanır:

$$S = k_i \frac{k_c}{k_m} l$$

k_i , seçilen yıldırımdan korunma seviyesine bağlı olan bir katsayıdır.
 k_c , iniş iletkenlerinin sayısına bağlı olan bir katsayıdır (iki veya daha fazla iniş iletkeni için bir aralık verilir ve bu, iletkenler arasındaki akım paylaşımına bağlıdır).
 k_m , elektriksel yalıtım malzemesine bağlı olan bir katsayıdır (hava için 1,0; beton ve tuğla için 0,5 olarak alınır).
 l , değerlendirilen noktadan en yakın eşpotansiyel bağlantı noktasına kadar olan iniş iletkeni uzunluğudur.



Tablo 28. Ayırma Mesafesi – k_i Değerleri

Class of LPS	k_i
I	0.08
II	0.06
III & IV	0.04

Number of down-conductors - n	k_c
1	1
2	1 to 0.5
4 ve fazlası	1 to 1/n

Tablo 29. Ayırma Mesafesi – Değeri k_c

$$k_c = \frac{1}{2n} + 0.1 + 0.2 \times \sqrt[3]{\frac{c}{h}}$$

n: Toplam iniş iletkeni (down-conductor) sayısı
c: Bir iniş iletkeninin bir sonraki iniş iletkenine olan yatay mesafesi
h: Halka iletkenler (ring conductors) arasındaki dikey mesafe veya yükseklik

IEC 62305-3'ün Ek C'si, daha ayrıntılı hesaplamalar içermektedir. Alternatif olarak, temkinli bir yaklaşım olarak 1 değeri varsayılabilir. Ayrıca, belirli bir ayırma mesafesi için maksimum uzunluğu belirlemek üzere yeniden düzenlenmiş denklem de kullanışlıdır.

$$I = S \frac{k_m}{k_i k_c}$$

Ayırma mesafesi bağlantı gereksinimleri, yapının eşpotansiyel bağlantısına bağlanan tüm iletken parçalara uygulanır.

Mesafe, değerlendirilen noktadan, iniş iletkeni boyunca, eşpotansiyel bağlantı noktasına kadar ölçülür. Mesafe yalnızca iniş iletkeninin uzunluğudur; yapının içindeki iletkenin/metal parçasının yolu uzunluğu önemli değildir.

Doğal iniş iletkenleri kullanan yapılarda, örneğin beton içindeki donatı çeliği gibi, paralel yolların büyük sayısı nedeniyle ayırma mesafesi gereksinimleri göz ardı edilebilir. Ayırma mesafesi gereksinimleri, hava sonlandırıcı ve doğal iniş iletkenine bağlanan dış iniş iletkenine uygulanır. Bağlantı noktası, uzunluğun ölçülmesi için referans noktasıdır.

Not: IEC 62305-3 Ek C, yıldırım akımlarının bölünmesine yönelik hesaplamalar sunar ve Bölüm E.4.2.4.1 daha fazla örnek sağlar.

İzole edilmiş bir yıldırımdan korunma sisteminde, LPS, tüm gerekli öğelere gerekli ayırma mesafesini koruyacak şekilde tasarlanmıştır, bu nedenle bağlantı yalnızca yer seviyesinde yapılır.

12.3. İÇ METAL PARÇALARININ VE DİĞER HİZMETLERİN BAĞLANMASI

Bölüm 12.1'de belirtilen dış öğelere ek olarak, toprak veya bodrum seviyesinde, iç metalik öğelere de bağlantı yapılmalıdır, bunlar şunlardır:

- Su boruları
- Gaz boruları
- Isıtma boruları
- Hava kanalları
- Asansör kuyu hatları
- Elektrik tesisatları

Bu öğeler, ayırma mesafesi gereksinimlerine uyum açısından da değerlendirilmelidir, çünkü LPS'ye diğer noktalarda bağlantı ve bağlama yapılması gerekebilir. 30 m'den yüksek binalar için, eşpotansiyel bağlantı gereksinimlerinin 20 m seviyesinde ve her 20 m'de bir tekrarlanması tavsiye edilir.

13. İZOLE AŞAĞI İLETKEN TELEKOMÜNİKASYON UYGULAMALARI

İzole Aşağı İletken sistemi, doğrudan direk/anten/yapı üzerine monte edilebilen bir hava terminali ve izole aşağı iletken sağlar. İzole aşağı iletken, 1000 mm'lik bir ayırma mesafesine eşdeğer bir mesafe sağlar, ancak özel yalıtım özellikleri, doğrudan direk/anten/yapı üzerine monte edilmesine olanak tanır. Korunacak nesne. Sistem yapı üzerine kurulur (izole edilmemiş bir LPS gibi), ancak izole edilmiş bir LPS'nin birçok avantajına sahiptir. Bu sistemin kullanımı, normalde bir LPS ile ilişkili olan bağlama ve ayırma sorunlarını önemli ölçüde basitleştirir. Ayrıca, sistem anten sisteminde yıldırım akımlarının iletimini ortadan kaldırır.

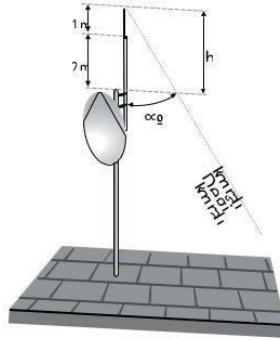
İzole Aşağı İletken, geleneksel çıplak, 50 mm⁽²⁾ IEC uyumlu bir aşağı iletkene eşit malzeme ve kesit alanı sağlar.

Telekomünikasyon endüstrisi için bu yalıtılmış iniş iletkeni, telekomünikasyon direğine ve monte edilmiş ekipmana tam veya kısmi yıldırım akımları sokmayan güvenilir bir yıldırımdan korunma şekli sağlar

Bu sistemin pratik uygulaması, izole edilmiş aşağı iletkenin içinden uzun, izole edilmiş bir destek direğidir. Direğin tepesine geleneksel bir hava terminali monte edilir.

Direk, hava terminalinin ucu IEC 62305-3 Koruma Açısı Yöntemi (PAM) tasarımı kullanılarak gerekli korumayı sağlayacak şekilde monte edilir. İzole

edilmiş destek direği genellikle korunacak nesnenin üzerine monte edilir ve aşağı iletkin topraklama sistemine veya geleneksel izole edilmiş veya edilmemiş LPS ile birbirine bağlanır.



şekil 64. Bir çatı antenini koruyan yalıtılmış direk ve yalıtılmış aşağı iletkin.

13.2 DİĞER UYGULAMALAR

Geleneksel indirme iletkenleri için ayırma mesafesi gereklilikleri karmaşıktır ve LPS'lerin tasarım standartlarına uymamasının yaygın bir nedenidir. Bazen LPS'nin tasarımcısı ve montajcısı duvar boşluğunda bu tür öğelerin varlığından haberdar olmayabilirken, daha yaygın olarak tasarım ihlali LPS kurulduktan ve ardından yapıya düşük voltajlı devreler eklendikten sonra meydana gelir. Yapıların köşeleri aşağı iletkenler için tercih edilen yerlerdir ve düşük voltajlı güvenlik kamera sistemleri için de yaygın olarak kullanılan yerlerdir. Geniş cam pencere cephesine sahip modern ticari binalar, aşağı iletkenleri çalıştırmak için sınırlı fırsatlar sunar ve bu nedenle hizmetlerin de burada yer alma olasılığı daha yüksektir. LPS'nin ayırma mesafesi. Ne yazık ki bu tür hizmetlerin tesisatçıları LPS'nin ayırma gerekliliklerinin farkında değildir ve LPS denetimi gerçekleşmeyebilir veya bu sorun ancak 1 ila 3 yıl sonra tespit edilebilir. İzole edilmiş iniş iletkeni bu sorunları ortadan kaldıran bir tasarım alternatifi sunmaktadır.

13.3. İZOLE AŞAĞI İLETKEN TASARIMI

Test gerekliliklerini geçmek için kablo tasarımı, yüksek gerilim yalıtımı uygulanmış geleneksel bir aşağı iletkeni daha fazlasını gerektirir. Böyle bir konseptle ilgili sorun, ara gerilimlerde kablo yüzeyinde kısmi bir deşarj oluşarak termalleşmeye ve kablonun bozulmasına yol açabilmesidir. Laboratuvar testleri, standart polietilen bızlı kablolar için bu tür bir flashover'ın 5 m'lik kablo mesafelerinde bile meydana gelebileceğini göstermiştir.

Parlama riskini kontrol etmek için yarı iletken bir dış kılıf kullanılır. Yarı iletken kılıf, üst sonlandırmadan ilk topraklı bağlantı noktasına kadar uzunlamasına

bilinen (yüksek) bir direnç sağlar ve böylece kısmi deşarjları ortadan kaldırır. Bu düzenleme, metalik, yarı iletken, gerilim azaltıcı ve elektriksel iletkenleri içeren özel katmanlı bir üst sonlandırma bağlantısı gerektirir. izleme önleyici bileşenler. Birincil

bağlantı, sonlandırmanın yaklaşık 2,25 m altında

kablo kılıfına yapılır. Üst sonlandırmaya eşpotansiyel bir bağ ve kontrollü voltaj gradyanı sağlamak için yapının metalik kısmına bir bağlantı yapılır.

14. TOPRAKLAMA

Tüm yıldırımdan korunma sisteminin güvenilir çalışması, etkili bir topraklama sistemine bağlıdır. Aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Yıldırımın hızla yükselen darbesini dağıtmak için düşük empedanslı bir ağ sağlanması
- Dokunma ve adım gerilimi tehlikelerinin en aza indirilmesi
- Sistemin uzun vadeli performansı – yani malzeme ve bağlantıların kalitesi

Yıldırımdan korunma sisteminin (LPS) topraklama sistemi genellikle özel bir sistem olarak kurulur ve test edilir. Ancak çoğu yönetmelik, yıldırımdan korunma topraklama sisteminin diğer topraklama sistemleriyle (örneğin enerji ve haberleşme sistemleriyle) bağlantılı olmasını zorunlu kılar. Telekomünikasyon, enerji ve diğer topraklama sistemlerinden izole edilmesi önerilmez.

Daima yerel yönetmeliklere/standartlara uygun hareket edilmelidir.

Malzeme	Uygulama	Gereklilikler
Bakır veya Kalay Kaplı Bakır	İletken	50 mm ² katı
	İletken	50 mm ² çok telli iletken (minimum iletken tel çapı 1.7mm)
	İletken	50 mm ² bakır şerit (minimum kalınlık 2mm)
	Çubuk	15mm katı bakır çubuk
	Çubuk	2 mm duvar kalınlığı ile 20 mm boru
	Plaka	500 x 500mm, minimum 2mm kalınlık

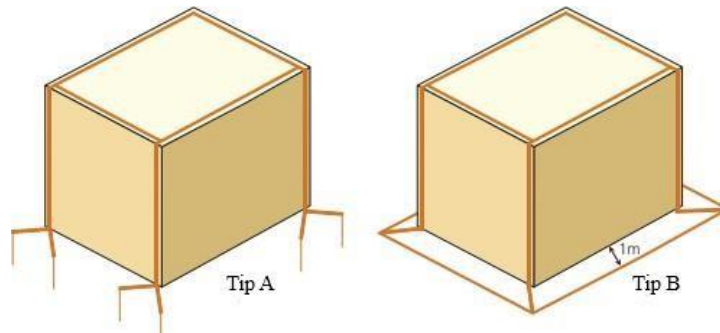
	Plaka	4.8 m kafes ızgara – 600 x 600 mm kafes, minimum 25 x 2 mm kesitli malzemeden yapılmış olmalı.
Bakır Kaplı Çelik	Çubuk	14 mm çapında, minimum 250 µm bakır kaplama – doğrudan kaplı olmalı (örn. elektro-kaplama yapılmalı, sadece yüzey kaplama olmamalı)
Galvanizli Çelik		nVent tarafından önerilmemektedir. Malzeme gereklilikleri için standarda başvurulmalıdır.

Tablo 30. Topraklama mayeryal gereksinimleri

Bazı ulusal yönetmelikler tarafından galvanizli çelik kullanımına izin verilmemektedir, çünkü korozyon direnci zayıftır. Galvanizli çeliğin korozyonu, kıl ve nemli topraklarda daha da hızlanır. Eğer galvanizli çelik beton içerisinde (Ufer topraklama) kullanılıyorsa, korozyonun hızlandığı toprakla temas noktasında dışarıya uzatılmamalıdır. Belirli koşullar altında, galvanizli çeliğin donatı demiri ile temas etmesi, betona zarar verebilir (parçalanma).

14.1. TOPRAKLAMA DİRENCİ GEREKSİNİMLERİ

Genel gereklilik, yıldırımdan korunma topraklama sisteminin 10 ohm'dan daha düşük bir dirençe sahip olmasıdır (bu ölçüm, elektrik şebekesinin frekansından veya onun katlarından farklı bir frekansta yapılmalıdır).



Şekil 67. A Tipi ve B Tipi topraklama sistemleri

Tasarım detayları iki yöntemle açıklanır:

- Tip A – Yapı alanının dışında dikey ve/veya yatay elektrotların kurulumu
- Tip B – Yapı alanının dışında bir halka elektrotun kurulumu (karşı dengeleme – counterpoise) veya yapı temeli içinde doğal toprak elektrotunun kullanımı (örn. temel donatısı)

Bu yöntemlerde zemin özgül direnci bilinmelidir. Ancak şu avantajlara sahiptirler:

Elektrotların toplam uzunluğu belirtilen gereksinimleri karşılıyorsa, ölçülen direnç 10 ohm'un üzerinde olsa bile sistem minimum gerekliliklere uygundur. Ayrıca, bu yöntemlere uygun şekilde topraklama sistemi kurulumunda sistemin toplam direnci 10 ohm'dan düşük çıkarsa, kalan malzemelerin kurulmasına gerek kalmaz. (Tip A için: topraklama simetrik olmalı ve tüm iniş iletkenleri için tamamlanmalıdır. Tip B için: tüm karşı dengeleme sistemi kurulmalıdır.)

Tip B, çıplak sert kaya zeminlerde, geniş elektronik sistemlere sahip yapılarda veya yangın riski yüksek yapılarda önerilir. Ayrıca, tip B sistemi, yerde eş potansiyel halka bulunmadığı durumlarda iniş iletkenleri arasında eş potansiyel bağlama sağlar ve iletken yapı duvarları yakınında potansiyel kontrolünü iyileştirir. Duvarları iletken olmayan yapılar (tuğla, ahşap vb.) ve temel donatısı ile bağlantı olmayan yapılar için tip B sistemi veya eş potansiyel topraklama halkası şiddetle tavsiye edilir.

Not: “Elektrot” terimi yatay veya dikey iletkenleri, çubukları, plakaları, doğal elemanları ve bunların kombinasyonlarını kapsar. Bir toprak çubuğu, elektrotların sadece bir türüdür. Birbirine bağlı çoklu paralel toprak çubukları da elektrot olarak kabul edilir.

Genel Gereklilikler:

- Topraklama sistemi (ve iniş iletkenleri), yapının giriş ve çıkışlarından ve insanların toplanabileceği alanlardan uzakta konumlandırılmalıdır. Eğer sistem, halkın erişebileceği alanlara kurulacaksa, adım potansiyeli risklerini azaltacak önlemler alınmalıdır (bkz. Bölüm 3.1.1 ve 14.6.3).
- Topraklama sistemi, diğer gömülü metalik nesnelerden (örneğin boru hatları ve hizmet altyapıları) uzakta yerleştirilmelidir.
- Test noktaları, yerel elektrot bölümleri ile iniş iletkeni arasında kurulmalı, böylece gelecekteki muayene ve testler sırasında sistemin bölümlerinin izole edilmesi ve ölçülmesi mümkün olmalıdır.

Diğer Topraklama Yöntemleri:

Standart, topraklama ağının direnci 10 ohm'dan düşük olduğu sürece diğer topraklama yöntemlerine de izin verir. Bu, örneğin ileri düzey hesaplama yöntemlerinin ve modellemelerin topraklama sistemini optimize etmek için kullanılmasına olanak tanır. Ancak, uzman bilgisi ve tasarım araçları olmadan, önerilen yöntemlerden sapılması önerilmez.

14.2. TİP A – DİKEY VE YATAY ELEKTROTLAR

Bu yöntemde dikey ve/veya yatay elektrotlar kullanılır. Her iniş iletkeninin tabanına toprak elektrotları yerleştirilmelidir. En az iki elektrot kullanılmalıdır.

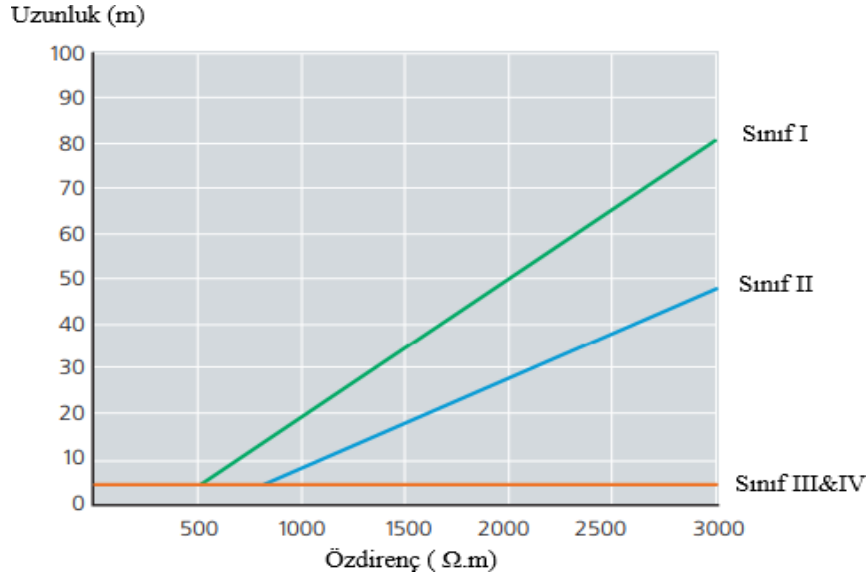
Her iniş iletkeni için elektrotların minimum toplam uzunluğu şunlardır:

- $/_1$: yatay elektrotlar için
- $0.5 /_1$: dikey (veya eğimli) elektrotlar için
- $/_1$ değeri, *Şekil 68*'den alınmalıdır.

Notlar:

- Kombinasyonlar için, toplam birleşik uzunluk dikkate alınır.
- Eğer (şebeke frekansı ya da onun katı olmayan bir frekansta) 10 ohm'dan düşük direnç ölçülürse, bu minimum gereklilikler uygulanmayabilir.
- Dikey elektrotların üst kısmı, yer yüzeyinin en az 0.5 metre altında gömülü olmalıdır. Bu, tehlikeli adım gerilimlerini azaltmak içindir. İzoleli muayene çukurlarının kullanımı da yeterli kabul edilir.
- Donmuş ve donabilecek toprak, herhangi bir elektrotun etkinliğini sınırlar. Bu nedenle, donabilecek toprak içinde bulunan elektrotlar toplam uzunluk hesabına dahil edilmemelidir. Bu durumda, toprağın üst 1.0 metresindeki elektrot uzunluğu hesaba katılmamalıdır.
- Dikey elektrotların kullanımı tercih edilmelidir (bkz. Bölüm 14.7).

Toprak elektrotları, yapı içerisine (örneğin bodrumdan geçerek) kurulabilir. Bu, dış alana erişimin sınırlı olduğu yerlerde yararlı olabilir. (Bkz. **Bölüm 14.6.2**)



Şekil 68 Elektrotların minimum uzunluğu ve Tip A ve Tip B topraklama sistemleri için I_1

Örnek:

Sınıf I bir yıldırımdan korunma sistemi, 2000 ohm.m dirençli toprakta, 6 iniş iletkeni ile kurulur.

Şekil 68'e göre $I_1 = 50$ m olarak görülmektedir.

Gereksinimler şu şekilde karşılanabilir:

6 x 50 m yatay iletken, veya

6 x 25 m dikey elektrot

Aşağıda, her iniş iletkeni için 1.2 m çakılan toprak çubukları kullanılarak alternatif senaryolar verilmiştir:

1. Tek bir dikey elektrot kullanımı:

25 m’lik elektrot kurulmalıdır (donmuş toprak olan sahalar için bu uzunluk 25.5 m olmalıdır). Elektrotun üst kısmı en az 0.5 m derinliğe gömülmelidir. (Toplam ihtiyaçlar: 21 adet 1.2 m toprak çubuğu, 20 adet birleştirici ve 1 adet çubuk kelepçesi.)

Ancak tek bir uzun elektrotun birçok toprak türünde kurulumu, özel çakma ekipmanları olmadan oldukça zor olabilir. Daha uygulaması kolay yöntem, çok sayıda paralel bağlanmış daha kısa çubukların kullanılmasıdır.

2. Birden fazla dikey elektrot kullanımı:

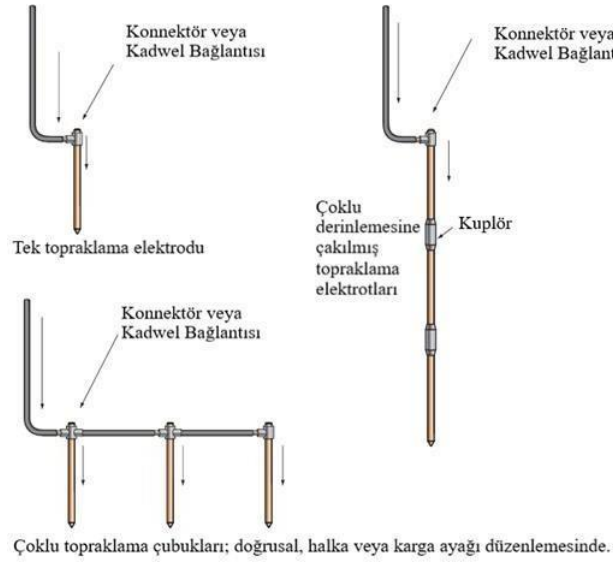
Donmuş topraktan etkilenmeyen sahalar için çözüm olarak 11 paralel elektrot kullanılabilir. Her elektrot, birbirine bağlanmış 2 x 1.2 m’lik çubuktan oluşabilir. En iyi verimlilik için bu elektrotlar, uzunluklarının 1 ila 2 katı kadar (yani 2.4 m – 4.8 m) aralıklarla yerleştirilmelidir. (Toplam ihtiyaçlar: 22 adet 1.2 m toprak çubuğu, 11 adet birleştirici, 11 adet çubuk kelepçesi ve 24 ila 48 m arası iletken.)

Yukarıdaki hesapları basitleştirmek amacıyla, çubukları birbirine bağlayan dikey iletkenin etkisi hesaba katılmamıştır. Eğer dikey elektrotlar 2.4 m aralıklarla yerleştirilmişse ve çıplak iletken ile birbirlerine bağlanmışlarsa, yatay iletkenin varlığı, her dikey elektrotta 1.2m uzunluk eklenmiş gibi etki eder.

8 x 2,4 m elektrot kullanılması gerekecektir. (Toplam ihtiyaçlar 16 x 1,2 m topraklama çubuğu, 8 bağlantı manşonu, 11 çubuk kelepçesi ve 17 m iletken).

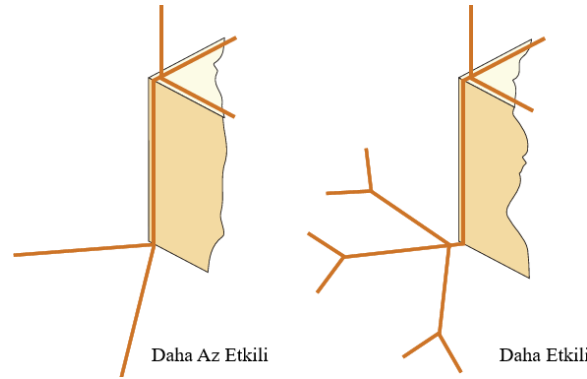
Don etkisine maruz kalan zeminler için, her bir elektrotun ilk 0,5 m’si etkinliğe katkı sağlamadığı kabul edildiğinden, daha az sayıda paralel çubuk kullanmak daha ekonomiktir. Ayrıca çubuklar arası yatay bağlantılar ek olarak 0,5 m derin olması muhtemel olmadığından, bu

bağlantının etkisi hesaplamaya dahil edilmemelidir. Eğer paralel yerleştirilmiş 2,4 m'lik elektrotlar kullanılırsa, yalnızca alt 1,9 m'lik kısmı “etkili” kabul edilir ve 14 adet elektrot gerekebilir. Daha uygun bir yapılandırma, 6 x 4,8 m elektrot kullanımı olabilir (toplam ihtiyaçlar: 24 x 1,2 m topraklama çubuğu, 18 bağlantı manşonu, 6 çubuk kelepçesi ve 24 ila 48 m iletken). Tasarım, kurulum zorluğu (maliyet) ile malzeme maliyeti arasında en etkili dengeyi kurmayı amaçlamalıdır.



Şekil 69. Dikey Elektrot Düzenlemeleri

Yatay elektrotlar konusunda dikkatli olunmalıdır, çünkü uzun hatlar, daha kısa sayıda elemanın kullanıldığı kısa uzunluklar kadar etkili değildir (karga ayağı düzenlemeleri). Bir yatay elektrotun uzunluğu yaklaşık 30 metreyi aşmamalıdır. Eş potansiyel halkalar haricinde, yatay hatların başlıca kullanım amacı, birden fazla dikey elektrot arasındaki mesafeyi sağlamak olmalıdır.



Şekil 70. Karga Ayağı Düzeni

14.3. TİP B – HALKA ELEKTROT

Yapının çevresinde bir halka elektrot veya temelin içinde bulunan doğal iletken elemanlar kullanılır.

Bir halka iletkenin aşağıdaki özellikleri taşıması gerekir:

- Şekil 68’den alınan I_1 değerine göre ortalama yarıçap $r_e \geq I_1$ olmalıdır
- En az 0,5 m derinliğe gömülmelidir. (Uygulamada, 0,5 m veya daha az derinlikteki elektrotların toplam uzunluk gereksinimine katkı sağlamadığı kabul edilir – kalıcı don bölgelerinde bu sınır 1,0 m veya daha fazla olmalıdır)
- Yapı duvarlarından yaklaşık 1 m mesafeye yerleştirilmelidir
- Yapıyı tamamen çevreleyen kapalı bir halka olmalıdır
- Toprakla en az %80 oranında temas halinde olmalıdır

Gömme derinliği şartı, elektrot-toprak bağlanmasını iyileştirmenin yanı sıra adım gerilimi riskini de azaltır. Don olayının görüldüğü yerlerde daha derine yerleştirilmiş elektrotlar tercih edilmelidir.

Yapıyı çevreleyen kapalı bir halka gerekliliği belirtilmiş olsa da, yapının içinde, temel topraklaması gibi iletkenler veya boru ve kablo kanalı gibi sürekli bağlı iletken metal parçalar kullanılmasına izin verilmiştir. Bu elemanlar, doğal bileşen kriterlerini karşılamalı ve halkanın toplam

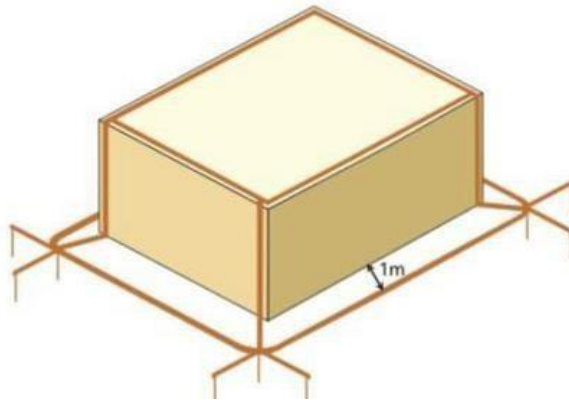
uzunluğunun en az %80'inin toprakla temas halinde olmasını sağlamalıdır. Bu %80 kuralı, halka iletkenin yapı temelini betonunda içinde veya istinat duvarları gibi yakın yapı elemanlarına gömülü olduğu durumları da kapsar.

Eğer r_e değeri, halkanın yapıya 1 m daha uzak mesafede kurulmasını gerektiriyorsa, halkanın yine de 1 m mesafeye yerleştirilmesi önerilir ve aşağıdaki şartlara uygun ek yatay veya dikey elektrotlar ilave edilir. En az iki eşit aralıklı ilave elektrot kullanılmalı ve tercihen iniş iletkenlerinin halka elektrota bağlandığı her noktada bu bağlantı sağlanmalıdır.

Her iniş iletkeninde ek yatay elektrot uzunluğu: $I_1 - r_e$

Her iniş iletkeninde ek dikey elektrot uzunluğu: $\frac{(I_1 - r_e)}{2}$

Yukarıdaki gerekliliklere göre, eğer bina çevresi 9 x 9 m'den büyükse ve özgül direnç $500 \Omega \cdot m$ 'den küçükse, binadan 1 m uzaklıktaki bir halka elektrotun uzunluğu yeterli olacaktır. Eğer bina 9 x 9 m'den küçükse veya özgül direnç $500 \Omega \cdot m$ 'den fazlaysa, 1 m uzaklıktaki halka elektrota ek olarak ilave elektrotlar gerekebilir.



Şekil 71. Ek unsurlarla birlikte Tip B topraklama sistemi

Örnek:

Bir sınıf I yıldırımdan korunma sistemi, 2000 ohm.m toprak direncine sahip bir zeminde 6 iniş iletkeniyle kurulmuştur. Binanın çevresi 60 m'dir (20 x 10 m).

Şekil 68'den görüldüğü üzere, $r_e = 50$ m olarak alınmıştır (burada r_e , halka tarafından çevrelenen alanın ortalama yarıçapıdır).

Bina çevresine 1 m uzaklıkta bir halka elektrot kurulması 68 m iletken gerektirir ve bu halka 264 m² (22 x 12 m) alan içerir.

Bu halkanın eşdeğer yarıçapı 9,16 m olacaktır:

$$(yarıçap = \sqrt{\frac{Alan}{\pi}})$$

Bu nedenle, halkeye ek olarak, her bir iniş iletkeninin tabanında ilave elektrotlar gereklidir. İki seçenekten biri uygulanabilir:

- 6 x 40.84 m ($I_1 - r_e$) yatay kollar, veya
- 6 x 20.42 m [$(I_1 - r_e)/2$] dikey elektrotlar

14.4. TİP A VE TİP B DÜZENLEMELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bir yapının özgül topraklama malzemesi gereksinimleri; toprak özgül direnci, yapının şekli (çevreye karşı alan), yıldırımdan korunma sınıfı ve elektrot düzenlemesi (Tip A'ya karşı Tip B, yatay karşı dikey elektrotlar) gibi etkenlerden etkilenir.

Dikey veya yatay tercihi; mevcut alan, toprak türü ve kazı/delme ekipmanlarının durumu gibi faktörlere bağlıdır. Ancak genel olarak şu karşılaştırmalar yapılabilir:

- Dikey elektrotlar, yataylara göre iki kat daha verimlidir, yani yarısı kadar uzunluk yeterlidir.
- Sınıf III ve IV sistemleri için, Tip A sistemi daha az malzeme gerektirir.
- Sınıf I ve II sistemleri için, daha düşük toprak özgül direncinde Tip A, daha yüksek toprak özgül direncinde Tip B daha az malzeme gerektirir.

14.5. TEMEL TOPRAKLAMA ELEKTROTLARI

Betonarme temeller topraklama elektrodu olarak kullanılabilir ve Tip B olarak kabul edilir. Korozyona karşı koruma sağlamak için çeliğin üzerinde en az 50 mm beton kaplama olmalıdır. Kullanılan malzemeler Tablo 30'daki minimum gereklilikleri karşılamalıdır (veya IEC 62305-3 Tablo 14'e bakılabilir).

Tüm yeni yapılarda yıldırımdan korunma sistemlerinin temel topraklamaya bağlanması tavsiye edilir – su yalıtımı olsa bile. Temel çeliği genellikle eşpotansiyel bağlantı sağlar.

Temel topraklama elektrotları, yalnızca yeni yapılar için uygundur ve bağlantı güvenliği sağlanabiliyorsa kullanılmalıdır (bkz. Bölüm 8.3).

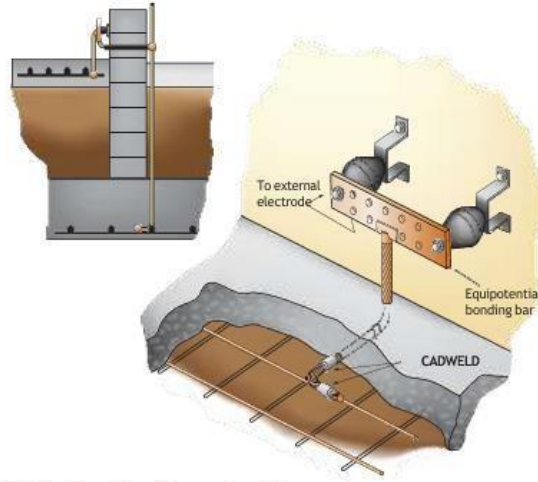
Özel bir elektrotun beton içine çelik yerine yerleştirilmesi mümkündür ama bu iletkenin periyodik olarak temel çeliğe bağlanması önerilir.

Yalnızca su geçirmez bariyere sahip temeller, toprağa uygun şekilde temas sağlar. Su yalıtımı varsa, zemin altında ayrı bir topraklama sistemi (Tip A veya B) önerilir.

Özel dikkat, beton parçalanmasını önlemek için bağlantı noktalarına gösterilmelidir.

14. Topraklama (devam)

Temel donatısının dış topraklama sistemine bağlanması yaygın ve tercih edilen bir uygulamadır. Ancak dikkat edilmelidir ki, çelik temel içinde güvenle kullanılabilse de bu çelik dışarıda gömülü bir elektrot sistemine bağlandığında, dış sistem çelik esaslı (örneğin galvanizli çelik) olmamalıdır. Beton içindeki çeliğin galvanik potansiyeli bakırla benzerdir; dolayısıyla bu çeliğin dışarıdaki bir çelik sistemle bağlanması, dış çelik sistemde galvanik korozyona yol açabilir. Bu nedenle dış elektrot sistemi olarak bakır (veya paslanmaz çelik) kullanılmalıdır. Öngerilmeli betonun kullanımı dikkatle değerlendirilmelidir, çünkü yıldırım akımı kabul edilemez düzeyde mekanik gerilimlere neden olabilir. Ayrıca çelik kolonlar ve diğer metalik yapısal elemanlar, topraklama sistemini desteklemek amacıyla da kullanılabilir.



Şekil 72. Temel topraklama örnekleri

Eşpotansiyel düzlem oluşturmak amacıyla temel donatı çeliğinin bağlanması, tüm tesisler için önerilmektedir. Bu uygulama, özellikle iç kolonların iniş iletkeni olarak kullanıldığı büyük tesislerde faydalıdır. İç kolonların temele bağlanması, iniş iletkeninden toprak elektrot devresine bir devamlılık sağlayabilir. Donatı çeliğinin bağlantısı sağlanıyorsa, özel iletkenler kullanılmalıdır. Bu özel iletkenler, belirli aralıklarla donatıya bağlanmalıdır.

14. Topraklama (devam)

14.6. ÖZEL TOPRAKLAMA ÖRNEKLERİ

14.6.1. KAYA ZEMİN

Betonarme yapılarda, temel topraklama elektrotlarının halka topraklama sistemine takviye olarak kullanılması önerilir. Elektrotların gömülmesinin mümkün olmadığı durumlarda özel danışmanlık alınmalıdır

14.6.2. ALANI SINIRLI SAHALAR

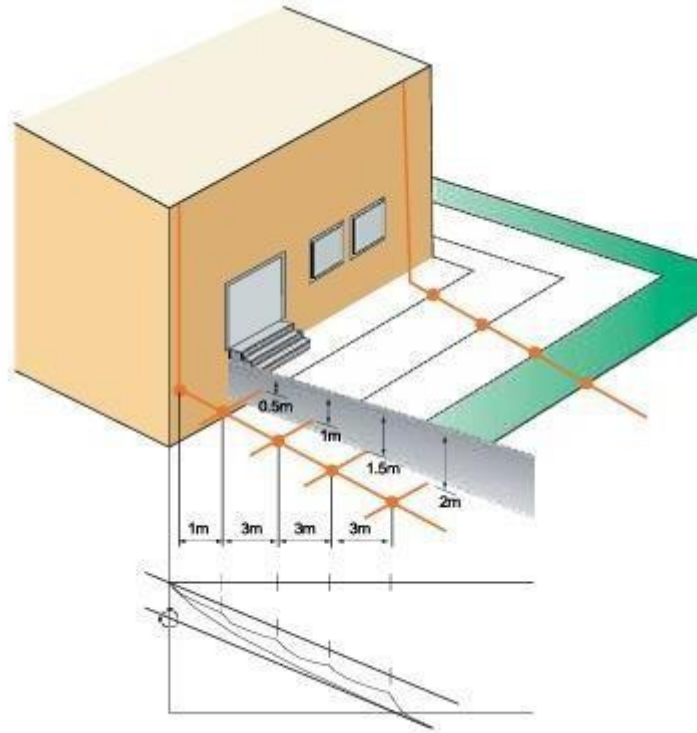
Alanı sınırlı sahalarda, istenilen sonucun elde edilmesi için dikey elektrotların kullanılması önerilir. Yeni inşaatlarda temel donatısı kullanılabilir veya topraklama elektrotları temelin altına yerleştirilebilir. Bu tür durumlarda, adım gerilimi riski dikkatlice değerlendirilmelidir. Eşpotansiyel bir ağ sistemi kullanılmalı ya da zemin döşemesi içindeki betonarme donatıya bağlantı sağlanmalıdır. Topraklama elektrotları betonun altına yerleştiriliyor ve denetlenemiyorsa, yalnızca ekzotermik kaynak (ısıyla kaynatma) önerilmektedir.

14.6.3. ADIM GERİLİMİ KONTROLÜ

İniş iletkenlerinin ve topraklama elektrotlarının insanların erişemeyeceği alanlara yerleştirilmesi önerilir. Bu mümkün değilse, adım ve dokunma gerilimlerini sınırlamak için ek önlemler alınmalıdır. Bu, çok sayıda insanın toplanabileceği yerler için özellikle önemlidir. Alınabilecek önlemler şunlardır:

- Ek halka topraklamaları, artan derinliklerde yerleştirilebilir. Örneğin, ilk halka topraklama 0,5 m derinlikte ve yapıdan 1 m uzaklıkta, ikinci halka 1 m derinlikte ve 4 m uzaklıkta, üçüncü halka 1,5 m derinlikte ve 7 m uzaklıkta, dördüncü halka ise 2 m derinlikte ve yapıdan 10 m uzaklıkta yerleştirilebilir. Bu halkalar radyal iletkenlerle birbirine bağlanmalıdır.
- Elektrotun 3 m çevresine 50 mm kalınlığında asfalt (iletken olmayan) kaplama yapılması
- Elektrotun 3 m çevresine 150 mm kalınlığında çakıl döşenmesi

14. Topraklama (devam)



Şekil 73. Adım gerilimini azaltmak için halka elektrotlar.

14.7. GENEL TOPRAKLAMA TAVSİYELERİ

14.7.1. ÖZ DİRENCİ & TOPRAKLAMA DİRENCİ

Bir topraklama elektrodunun direncinin, yerleştirildiği zeminin özgül direnci tarafından büyük ölçüde etkilendiği iyi bilinmektedir. Bu nedenle, topraklama sistemi tasarımı yapılırken zemin özgül direnci ölçümleri büyük önem taşır. Uygulama yapılacak alandaki toprak özgül direncinin bilinmesi ve bu değerin nem oranı, sıcaklık ve derinlik gibi parametrelere göre nasıl değiştiğinin anlaşılması, hedeflenen topraklama direnci değerine en az maliyet ve çabayla ulaşılmasını ve bu değerin sistem ömrü boyunca korunmasını sağlar. Özgül direnç ($\Omega \cdot m$ – ohm metre cinsinden ölçülür), bir malzemenin elektrik iletimine karşı gösterdiği direnç ölçüsüdür. Özgül direnci göstermek için genellikle ρ (Yunan harfi “rho”) sembolü kullanılır.

14. Topraklama (devam)

Buna göre, toprak özgül direnci, bir kenarı 1 metre olan bir toprak küpünün karşılıklı yüzeyleri arasındaki direnç olarak tanımlanabilir. Toprak özgül direncini ölçmek için birkaç yöntem kullanılabilir:

- Dört nokta yöntemi
- Derinlik değişimi yöntemi (üç nokta yöntemi)
- İki nokta yöntemi

Bu yöntemler arasında en doğru sonuç veren yöntem dört nokta yöntemidir. Bu yöntemde özel bir ölçüm cihazı kullanılarak dört adet çubuk (kazık) zemine yerleştirilir. Bu çubukların zemine gömülme derinliği, aralarındaki mesafenin 1/20'sinden fazla olmamalıdır. Bu ölçüm, çubukların aralarındaki mesafe kadar derinlikteki zeminin ortalama özgül direncini verir. Genellikle farklı bölgelerden alınan birden fazla ölçümle bir keşif çalışması tamamlanır.



Şekil 74. nVent ERICO'nun direnç ve özgül direnç ölçümleri için test ekipmanları

14. Topraklama (devam)

Toprak bileşimini belirlemek için aralıklandırma. Topraktaki nem oranı, toprak özgül direncini en çok etkileyen faktördür, çünkü toprakta bulunan kimyasalların elektrik akımını iletmesine yardımcı olur. Genel olarak, nem oranı arttıkça toprak özgül direnci azalır. Nem tutma kapasitesi; yerel iklim koşulları, mineral içeriği, toprak iyonizasyonu, tane boyutu ve sıkışma yoğunluğu gibi elektrolitik mekanizmalar tarafından etkilenebilir.

Toprak veya su türü	Tipik özgül direnç (ohm·m)	Normal sınırlar ohm. m
Deniz suyu	2	0.1 to 10
kil	40	8 to 70
Yeraltı ve kaynak suyu	50	10 to 150
Kil ve kum karışımları	100	4 to 300
Şeyl, arduvaz, kumtaşı vb.	120	10 to 100
Torf, humuslu toprak ve çamur	150	5 to 250
Göl ve dere suyu	250	100 to 400
Kum	2000	200 to 3000
Moren çakılı	3000	40 to 10000
Sırt çakılı	15000	3000 to 30000
Katı granit	25000	10000 to 50000
Buz	100000	10000 to 100000

Tablo 31. Tipik toprak özgül direnci (BS 7430-1991).

Çok kuru topraklarda ve kurak iklimlerde, toprak özgül direncini düşürmek için iyileştirici (toprak geliştirici) malzemelerin kullanılması gerekebilir – bu, geniş bir topraklama elektrot sistemi kurmaya kıyasla daha ekonomik bir alternatiftir. İngiliz Standardı BS 7430:1998 – Topraklama Uygulama Kodu, topraklama elektrotlarından beklenen yaklaşık direnci belirlemek için kullanılabilecek şu hesaplamaları sunmaktadır:

14. Topraklama (devam)

Elektrot Düzeni		Katsayı		
		P	Şerit	Q
Tek uzunluk		2	-1	-1.3
90° açıyla iki		4	0.5	0.99
120° açıyla üç uzunluk		6	1.8	2.2
90° açıyla dört		8	3.6	4.1

Tablo 32. Elektrot katsayıları.

Dikey elektrotlar

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\log_e \left(\frac{8L}{d} \right) - 1 \right]$$

Yatay elektrotlar

$$R = \frac{\rho}{P\pi L} \left[\log_e \left(\frac{2L^2}{wh} \right) + Q \right]$$

Nerede:

R = direnç (ohm cinsinden)

ρ = toprağın dirençlilik değeri (ohm.metrekaare cinsinden)

L = elektrotun uzunluğu (metre cinsinden)

d = elektrotun çapı (metre cinsinden)

w = bant elektrotun genişliği veya iletkenin çapı (metre cinsinden)

h = elektrotun derinliği (metre cinsinden)

P ve Q, Tablo 32'de verilen katsayılardır

• Rn= birleşik direnç (ohm cinsinden)

• R = tek bir çubuk için izolasyonda direnç (ohm cinsinden)

• ρ = toprağın özgül direnci (ohm.m cinsinden)

• s = çubuklar arası mesafe (metre cinsinden)

• λ = Tablo 33'te verilen faktör

• n = elektrot sayısı

Elektrot sayısı (n)	faktör λ
2	1.00
3	1.66
4	2.15
5	2.54
6	2.87
7	3.15
8	3.39
9	3.61
10	3.81

Tablo 33. Doğrusal şekilde paralel elektrotlar için katsayılar

Dikey elektrotların paralel bağlanmasında birleşik direnç Rn şu şekilde elde edilebilir:

$$\left[\frac{1 + \lambda a}{n} \right]$$

$$Rn = R$$

$$n$$

$$a =$$

$$\frac{\rho}{2\pi R s}$$

14. Topraklama (devam)

Bu hesaplamalar, topraklama malzemesi gereksinimlerini belirlemek için alternatif bir yöntem olarak kullanılabilir. Örneğin: Toprak özgül direnci 240 ohm.metredir ve 8 adet iniş iletkeni içeren bir yıldırımdan korunma sistemi kurulacaktır. Alan sınırlı olduğundan ve binanın çevresine kanal kazma maliyetinden kaçınmak için Tip A düzenlemesi kullanılacaktır.

Hesaplamaları basitleştirmek adına, sistemin 10 ohm'dan düşük direnç elde etmesi için, her bir iniş iletkeni 80 ohm veya daha düşük dirençli bir elektrotla bağlanmalıdır.

Denklemleri yeniden düzenlemek yerine, deneyime dayalı en iyi tahmin yöntemi kullanılır. Bu nedenle, 3.6 m'lik elektrotun (3 × 1.2 m 5/8" toprak çubuğu birleştirilmiş) hesaplanması sonucu 70.2 ohm'luk bir direnç elde edilir.

(5/8" çapındaki çubuğun nominal çapı 14.2 mm'dir)

$$R = 70.2 \text{ ohm}$$

Bu nedenle, her iniş iletkenine 3 adet 1.2 m'lik 5/8" toprak çubuğunun yerleştirilmesi sistemin 10 ohm'un altında direnç elde etmesi için yeterli olacaktır. Gerçek direnç ölçülmeli ve gerekirse 10 ohm gereksinimini karşılamak için ek düzeltici önlemler alınmalıdır. Bu, 14.2. Bölüm Tip A gerekliliklerine göre her bir iniş iletkeninin tabanına 5 m'lik elektrot yerleştirilmesi gerekliliğiyle karşılaştırılabilir

14. Topraklama (devam)

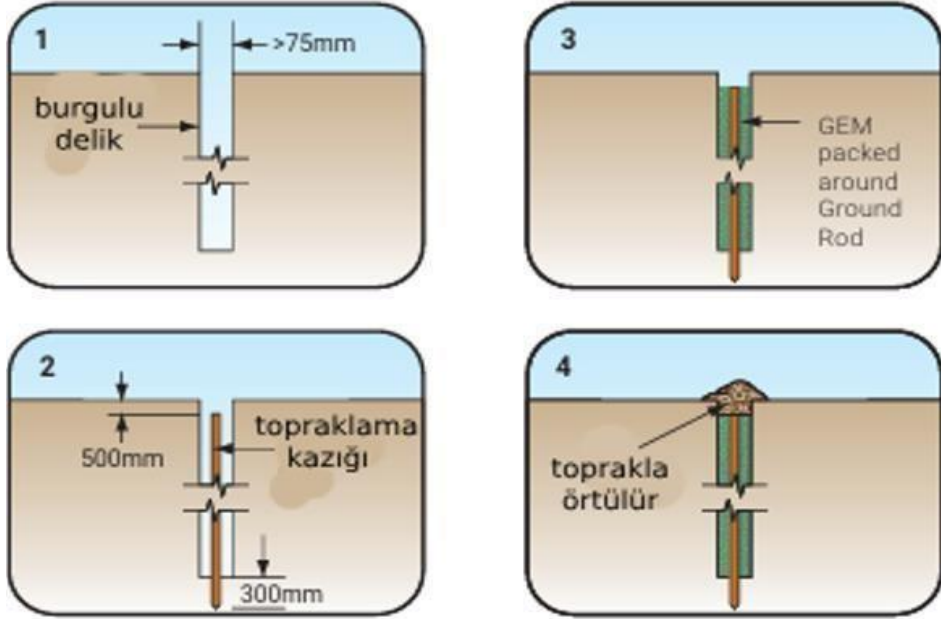
14.7.2. Toprak İyileştirme Malzemeleri

- nVent ERICO Toprak İyileştirici Malzeme (GEM), toprak bileşimini iyileştirmek amacıyla kullanılan, düşük dirençli, aşındırıcı olmayan, karbon bazlı bir malzemedir. Toprak elektroduyla doğrudan temas halinde kurulan bu malzeme, elektrot ile toprak arasındaki ara yüzeyi geliştirir. Malzeme, iletkenin görünür yüzey alanını etkili bir şekilde artırarak, çevredeki toprakla olan dirençli ve kapasitif bağlanmayı iyileştirir.
- GEM çimento içerir ve bu da malzemenin sertleşerek kalıcı, düşük dirençli bir topraklama sistemi oluşturmasını sağlar. İletken elementler sızmadığı veya yıkanmadığı için bakım gerektirmez. GEM çimento bileşimi içerse de, yapısal amaçlar için tasarlanmamış veya sınıflandırılmamıştır.
- Zayıf toprak koşullarında GEM kullanımı, elektrot gereksinimlerini önemli ölçüde azaltabilir. Kurak dönemlerde, kil bazlı malzemelerin aksine, GEM büzülmez ve elektrotla olan temasını kaybetmez, böylece yıl boyunca sürekli performans sağlar.
- Kayalık toprak gibi yerlerde delik açılarak yapılan uygulamalarda, GEM'in dolgu malzemesi olarak kullanımı ideal bir çözümdür. Uygulaması kolaydır ve direnci önemli ölçüde düşürür.
- Tuz veya tuz bazlı bileşiklerin kullanımı önerilmez, çünkü bunlar korozyonu hızlandırır, çevreyi kirletir ve sızma nedeniyle periyodik olarak yeniden doldurulmaları gerekir.

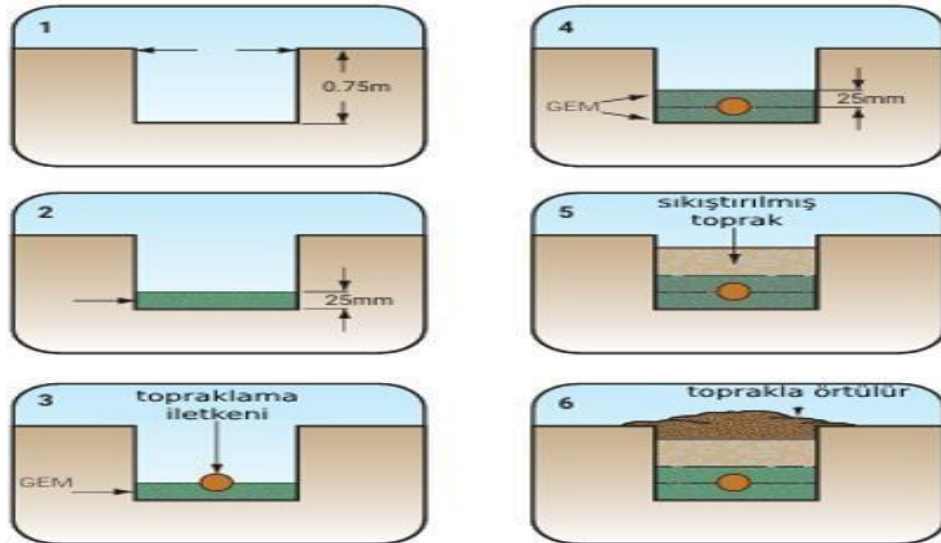
GEM'in ne kadar gerekeceğinin hesaplanmasını ve sağlanabilecek direnç iyileştirmesini basitleştirmek için nVent, analiz amacıyla bir yazılım aracı sunmaktadır. GEM hesaplayıcısı, nVent.com/ERICO adresinden ücretsiz olarak indirilebilir. Minimum bilgisayar gereksinimleri de dâhil olmak üzere yönergeler çevrimiçi olarak verilmiştir.

14. Topraklama (devam)

Yatay İletkenler İçin Kanal (Hendek) Montajı



Dikey İletkenler İçin Kanal (Hendek) Montajı



14. Topraklama (devam)

Malzeme	Özdirenç	Uyarılar
Beton	30 to 90 ohm.m	
Betonit kil		Kurduğunda büzülür ve elektrotla temasını kaybeder
GEM	0.2 ohm.m	

Tablo 34. Topraklama malzemelerinin karşılaştırması.

14. Topraklama (devamı)

14.7.3. TOPRAKLAMA ÇUBUĞU ÖNERİLERİ

Genel olarak, dikey elektrotlar yatay elektrotlardan daha etkilidir çünkü iyileştirilmiş toprak veya daha fazla nem içeriğine sahip bölgeler (örneğin su seviyeleri) gibi daha düşük toprak direncine sahip alanlara nüfuz etmek için kullanılabilirler. Ayrıca, dikey elektrotlar sınırlı alana sahip alanlar için idealdir.

Sürme veya delme işleminden önce, gömülü kabloların veya boruların doğrudan amaçlanan yerin altında olmadığından emin olmak için dikkatli olunmalıdır.

Toprak çubukları, korozyona dayanma kabiliyetlerine (toprakla uyumluluk) ve diğer elektrot türlerine bağlanırsa galvanik uyumluluğa göre seçilmelidir. Galvanizli çelik çubuklar en ucuz olanlardan biri olsa da, çok daha yüksek korozyon oranları nedeniyle kısa bir hizmet ömrüne sahiptirler. Ek olarak, temel topraklaması gibi betondaki çeliğe bağlandığında galvanik korozyon hızlanır. nVent, toprakta galvanizli çelik elektrotların kullanılmasını önermez.

Bakırla bağlanmış elektrot en uygun maliyetli seçimdir. Burada, iyi bir hizmet ömrü için elektrokaplama nikel ve bakır kaplama ($> 250 \mu\text{m}$) ile sürüş gücü için bir çelik çekirdek kullanılmıştır.

Şekil 76 hem bakırla bağlanmış (elektrokaplama) bir çubuğu hem de bakırla kaplanmış (kılıflanmış) bir çubuğu göstermektedir. Her iki çubuk da bir bükme testine tabi tutulmuştur ve kaplanmış çubukta kaplamada çatlama meydana gelmiştir. Bu, o noktada korozyona neden olur. Bakırla bağlanmış çubuklar bu davranıştan etkilenmez.

.



Şekil 76. Bakır bağı ve bakır kaplı topraklama çubukları

Genellikle, çubuklar nakliye ve kurulum kolaylığı için kesitlidir (1,2, 1,5 veya 2,1 m uzunluklar). Toprak çubukları dişli veya sıkıştırma kaplinleri kullanılarak birleştirilebilir. Sıkıştırma kaplinleri normalde çubuk sürme işlemiyle birleştirilirken, çubuklar delinmiş deliklere yerleştirilecek ve geri doldurulacaksa dişli kaplinler önerilir.

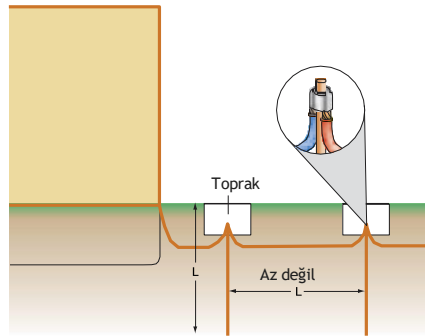


Şekil 77. Tipik topraklama çubukları ve aksesuarları. nu

Bazen daha iyi performans sağladığına inanıldığı için katı bakır çubuklar kullanılır. Ancak çelik çekirdek ve bakır bağlı çubukların direnci uygulama için fazlasıyla yeterlidir. Ek olarak, katı bakır çubuklar derin çakma için itici güce sahip değildir. Katı bakır veya paslanmaz çelik, çok agresif korozyon ortamları için uygun bir malzeme olabilir.

Bazen çelik kulelere veya kurşun kılıflı kabloların yakınında bağlantı gerektiğinde paslanmaz çelik çubuklar kullanılır. Paslanmaz çelik ayrıca kil topraklar ve deniz ortamları için de önerilir.

Bir diğer yaygın yanlış anlama ise toprak çubuğu çapıyla ilgilidir. Çapı artırmak toprakla bağlantıyı artırırken, bu maliyet açısından etkili değildir. Çapın iki katına çıkarılması direncin yalnızca yaklaşık %10 düşmesine yol açar. Daha büyük çaplı bir çubuğun mekanik gücü, kayalık toprakta çakma sırasında faydalıdır. Daha büyük çaplı bir çubuk, daha büyük yüzey alanı nedeniyle daha fazla itici güç gerektirir. GEM, standart, daha küçük çaplı bir toprak çubuğunun görünür çapını artırmak için maliyet açısından etkili bir yöntemdir. Çubukların derin çakımı pratik olmadığında, yaygın bir alternatif paralel çubuklar kullanmaktır. Çubukların ayırma mesafesi derinliklerinden daha az olmamalıdır. Bu, topraktaki yüksek akım yoğunluğu bölgelerinin çakışmamasını ve etkinliğin azalmamasını sağlar. Daha büyük ayırmalarla yalnızca küçük iyileştirmeler elde edilecektir.



Şekil 78. Önerilen topraklama çubuğu ayırımı

15. Denetleme ve Test

15. MUAYENE VE TEST

Tamamlanan yıldırımdan korunma sistemi, Tablo 35'te belirtildiği gibi düzenli aralıklarla uzmanlar tarafından kontrol edilmelidir .

Şiddetli hava koşullarına, sert atmosfere maruz kalan veya yüksek risk faktörlerine sahip yapılarda, daha sık muayene ve test yapılması önerilir. IEC 62305-3 Ek F.7, muayene ve test için önerilen prosedürleri sağlar.

Koruma Seviyesi	Görsel İnceleme (yıl)	Tam Muayene (yıl)	Kritik Sistemler Tam Denetimi (yıl)
I ve II	1	2	1
III ve IV	2	4	1

Tablo 35. Kurulum sırasında yapılan muayene ve testlerden sonra LPS muayene aralığı

16. Özel Durumlar

16. ÖZEL DURUMLAR

16.1. YÜKSEK BİNALAR

30 m'den daha yüksek binalar için, iç iletken parçaların ek eşpotansiyel bağlanması 20 m yükseklikte ve her 20 m yükseklikte bir yapılmalıdır. Canlı devreler SPD'ler aracılığıyla bağlanmalıdır.

60 m'den daha yüksek yapılarda, bina kenarlarına parlama riski artar. Yapının kenarlarının üst %20'sini korumak için hava sonlandırma sistemlerinin kurulması gerekir.

Çatılar için kullanılan aynı yerleştirme kuralları binanın yan tarafları için de geçerli olmalıdır. Ağ yöntemi tercih edilirken, özellikle doğal bileşenler kullanılıyorsa, yatay çubuklar ve yuvarlanan küre yöntemi kullanılarak korumaya izin verilir. Ancak, yatay çubuklar üzerinde

Çoğu yapı, pencere yıkama erişim ekipmanı vb. nedeniyle pratik değildir.

120 m'den daha yüksek yapılar için standart, 120 m'nin üzerindeki tüm parçaların korunmasını önermektedir. Böyle bir yapının yüksekliği ve doğası nedeniyle, LPL I veya II'ye (%99 veya %97 koruma seviyesi) göre bir tasarım gerektirmesi beklenmektedir. Yüksek binalar için, yan tarafa doğru gerçek parlama riski, endüstri tarafından tahmin edilmektedir.

%2'den az olmalıdır ve tipik olarak bunlar, örneğin aşağı doğru liderin dallarından gelen daha küçük şimşek çakmaları olacaktır. Bu nedenle, bu öneri yalnızca yüksek riskli yerler veya yapılar için uygun olacaktır.

Bina Yüksekliği (m)	Gereksinim
>30	Ek eşpotansiyel bağlama
>60	Gerekli yapının üst %20'sine kadar yandan parlamaya karşı koruma.
>120	Standart olarak önerilen 120 m'nin üzerindeki tüm parçalara koruma

Tablo 36. Yüksek binalar için gereksinimler

17. Aşırı Gerilim Koruma Cihazları

17. ALÇAK GERİLİM GÜÇ DAĞITIM SİSTEMLERİ İÇİN AŞIRI GERİLİM KORUMA CİHAZLARI

Aşırı gerilim koruma konusu, yıldırımdan korunma endüstrisindeki pek çok kişi tarafından iyi anlaşılmadığından, bu bölüm, alçak gerilim güç dağıtım sisteminin (elektrik hizmeti veya AC güç kaynağı) ve telekomünikasyon ve sinyalizasyon ağlarının korunması için özel kurulum önerileri sağlamanın yanı sıra temel kavramları tanıtmaktadır. Bu yüzden IEC 62305 serisinin dışındaki bilgiler sağlanır. Konuya aşına olanlar için, IEC 62305 serisinin temel gereksinimleri Bölümlerde ele alınmıştır:

- 17.4 Yıldırımdan korunma sistemine sahip tesisler için SPD gereksinimleri
- 17.5 Yıldırımdan korunma sistemi olmayan tesisler için SPD gereksinimleri

Bir yıldırımdan korunma sistemi gerekiyorsa, dalgalanma elektrik/elektronik hizmetlerinde koruyucu cihazlar (SPD'ler) zorunludur.

Bir tesis içinde aşırı gerilim korumasının olmaması veya varlığı genel riski etkiler, bu nedenle risk değerlendirme sonucundan birkaç farklı SPD gereksinimi mümkündür:

- Yıldırımdan korunma sistemi ve aşırı gerilim koruması gereklidir
- Yıldırımdan korunma sistemi gerekli değildir, ancak risk değerlendirmesi, hizmetin yakınında veya yakınında yıldırım düşme riskinin yüksek olması nedeniyle hizmetlerin SPD'ler gerektirdiğini göstermektedir

17.1 AŞIRI GERİLİM KORUMA CİHAZLARI VE GEÇİCİ GERİLİMLER

17.1.1 AŞIRI GERİLİM KORUMA CİHAZI NEDİR?

Aşırı gerilim koruma cihazı (SPD), geçici gerilimleri sınırlamayı ve aşırı akım akımını yönlendirmeyi amaçlayan bir cihaza verilen IEC terimidir. Dünya çapında bu ürünler, parafudr, parafudr, parafudr, sufizer, yönlendirici, paratoner, voltaj bastırıcı, geçici voltaj dalgalanma bastırıcı ve aşırı gerilim tutucu gibi birçok başka isimle anılmaktadır. Bazı endüstrilerde ve bölgelerde bu alternatif adlar tanımlanmış bir sınıflandırma için geçerli olabilir, ancak esasen bu cihazların tümü SPD'lerdir. SPD'ler farklı teknolojilerle yapılır ve genellikle bunlar kıvılcım boşlukları, ark boşlukları, gaz deşarj tüpleri (GDT'ler), metal oksit varistörleri (MOV'lar) vb. gibi diğer isimlerin temelini oluşturur.

SPD'ler, belirli koşullar altında yüksek ve düşük empedans durumu arasında geçiş yapan en az bir doğrusal olmayan bileşen içerir. Normal çalışma voltajlarında, SPD'ler yüksek empedans durumundadır ve sistemi etkilemez. Devrede geçici bir voltaj oluştuğunda, SPD bir iletim durumuna (düşük empedans) geçer ve geçici enerjiyi/akımı kaynağına veya toprağa geri yönlendirir. Bu, voltaj genliğini daha güvenli bir seviyeye sınırlar (sıkıştırır). Geçici akım yönlendirildikten sonra, SPD otomatik olarak yüksek empedans durumuna geri dönecektir.

17.1.2 GEÇİCİ GERİLİMLER NELERDİR?

Bir yapıya veya hizmete şimşek çakması meydana geldiğinde, enjekte edilen

yıldırım akımı, iletkenin empedansı nedeniyle voltajda hızlı bir artışa neden olur. Bu voltaj, hizmetin yalıtım derecesini aşabilir, bu da bir parlamaya neden olabilir ve/veya voltaj, bağlı ekipmanın dayanma gücünü aşarak kapsamlı ekipman hasarına neden olabilir.

Geçici voltaj akımları, elektrikli ve elektronik ekipmana zarar verebilecek veya çalışmasını etkileyebilecek bir tür güç dağıtım sistemi arızasıdır. SPD'ler sıklıkla olduğu gibi

Yanlış bir şekilde çok çeşitli güç dağıtım sistemi bozulmalarına karşı koruma sağladığı düşünülen ana güç kalitesi sorunları ve çözümleri kısaca açıklanmaktadır. Güç kalitesi problemlerinde, amaçlanan önleyici ekipmanın uygun olduğundan emin olmak için problem(ler)i doğru bir şekilde tanımlamak önemlidir.

SPD'lerin kurulumu (tek başına veya yangın söndürücüler vb. gibi diğer önlemlerle birlikte) genel riski tolere edilebilir seviyenin altına indireceğinden, yıldırımdan korunma sistemi gerekli değildir

• Yıldırımdan korunma sistemi ve aşırı gerilim koruması gerekli değildir

IEC/EN standardının BS EN 62305-2 uygulaması, Ulusal Ek NB.3'te aşırı gerilim koruması ile ilgili ek ifadelere sahiptir. Bunlar, aşırı gerilim korumasının gelişmiş spesifikasyonu ve koordinasyonu kullanıldığında daha düşük bir risk olasılığının değerlendirilmesi ile ilişkilidir. Bu gereksinimlere göre aşırı gerilim koruması kurulursa, yapı içindeki elektronik ekipman için iyileştirilmiş koruma seviyeleri sağlandıkça, daha düşük risk yönetimi parametresi PSPD (SPD'ler kurulduğunda dahili sistemlerde veya bir hizmette arıza olasılığı) kullanılabilir ve bu da genel risk seviyelerini potansiyel olarak düşürür.

IEC 62305-3'ün, öncelikle, voltajı hizmetin yalıtım dayanma noktasının altına sınırlayarak hizmetlerin parlamasından kaynaklanan yangın riskini azaltmayı ele aldığına dikkat edilmelidir. IEC 62305-4, hizmetin ve tipik olarak hizmete bağlı olan daha hassas elektronik ekipmanın korunması konularını ele alır.

NORMAL (NOMINAL) TEDARİK

Normal besleme, nominal frekansın 50 veya 60 Hz olduğu sinüzoidal bir dalga biçimidir. Genellikle belirtilen voltaj rms'dir (ortalama karekök) ölçümüdür. Çoğu güç dağıtım sisteminde normal voltaj nominal (hedef) $\pm$ %6 aralığında sağlanır.

GEÇİCİ GERİLİM

Geçici voltaj, normal beslemeye uygulanan çok kısa süreli (mikrosaniye) büyük bir voltajdır. Geçici voltaj birkaç bin volt büyüklüğünde olabilir.

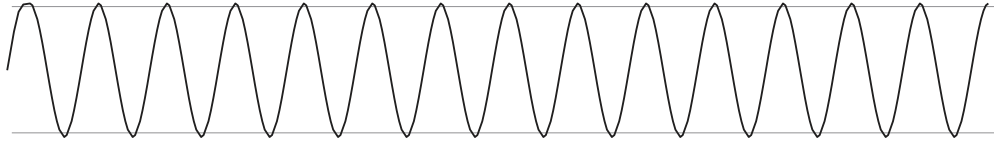
Bu olaylar çok kısa süreli olsa da, yüksek tepe voltajı genellikle hassas elektronik ekipmanı bozmaya yeterlidir. Genellikle sonuç, ekipmanın atmış bir sigortayla çalışmayı durdurmasıdır. Ne yazık ki, termal bir cihaz olan sigorta, muhtemelen geçiş geçtikten bir süre sonra atarak hassas yarı iletken bileşenlere zarar vermiştir.

Yıldırım, bu tür birçok geçici olayın sorumlusudur ve aslında başlıca suçludur. Ancak, kentsel ve ofis ortamlarındaki voltaj geçici olaylarının en büyük sayısı güç anahtarlama geçici olaylarından kaynaklanır. Motorlar, klima santralleri, ev aletleri ve hatta ofis fotokopi makinesi gibi endüktif yüklerin anahtarlama binlerce voltluk geçici olaylara neden olabilir. Bir anahtarlama darbesi genellikle daha düşük bir tepe voltajına, ancak daha uzun bir süreye sahiptir. Tüm güç kaynaklarının %85'inin.

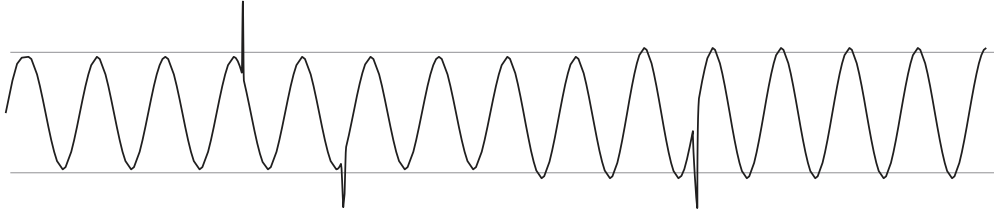
GEÇİCİ AŞIRI GERİLİM (TOV)

Aşırı gerilim, güç dağıtım sistemi geriliminin bir süre boyunca "normal" gerilimin üzerine çıkmasıdır. Standart bir tanım olmasa da, aşırı gerilimlerin besleme geriliminin birkaç çevriminden birkaç saniyeye kadar süren süreler boyunca meydana gelen gerilimler olduğu genel olarak kabul edilir. Kısa süreli aşırı gerilim genellikle çok az etkiye sahiptir, ancak uzun süreli veya anormal derecede yüksek bir büyüklük, ekipmanın aşırı ısınmasına ve arızalanmasına neden olabilir.

Kısa süreli aşırı gerilim, "yükselme" veya "dalgalanma" olarak da adlandırılabilir. Geçici aşırı gerilim (TOV) terimi genellikle koruyucu ekipman müdahalesi/işlemi olmadan normale dönen kısa süreli bir durumu tanımlamak için kullanılırken, anormal aşırı gerilim, genellikle koruyucu ekipmanın aşırı gerilim kaynağını ortadan kaldırmak için çalıştığı bir arıza durumu nedeniyle oluşan büyük bir aşırı gerilimi ifade eder.



Şekil 79. Normal Voltaj Beslemesi.

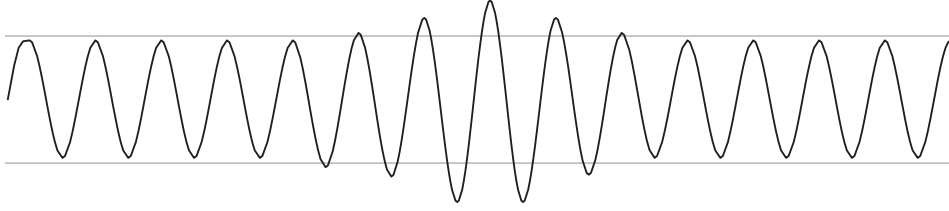


Şekil 80. Geçici Voltaj

Kalite sorunlarının çoğu geçici voltajlardan kaynaklanmaktadır ve bunların çoğu tesis içerisinde üretilen anahtarlama geçici voltajlarıdır.

Geçici voltaja aynı zamanda “ani yükselme”, “aksaklık” veya “voltaj darbesi” de denebilir.

SPD'ler yıldırım kaynaklı geçici olaylara ve daha küçük anahtarlama geçici olaylarına karşı uygun maliyetli koruma sağlar.



Şekil 81. Geçici Aşırı Gerilim.

Bir hat düzenleyici aşırı voltajlara karşı koruma sağlar ve birçok çevrimiçi UPS de aşırı voltajlara karşı koruma sağlar (bazıları yalnızca UPS akü kapasitesi süresince). Aşırı geçici aşırı voltajlar, maksimum sürekli çalışma voltajları aşıldığında, kısa süreler için bile olsa, geleneksel SPD'lere feci şekilde zarar verebilir.

ELEKTRİK KESİNTİLERİ

Elektrik kesintisi, voltaj beslemesinin tamamen yokluğuyla ayırt edilir. Bu olay, elektrik dağıtım sistemi ekipmanının arızalanması veya birinin kablo kesmesi gibi bir kaza nedeniyle meydana gelebilir. Elektrik kesintisi ayrıca, aşırı yük veya başka bir arızanın tespit edildiği bir devreden elektriği kesen bir yukarı akım aşırı akım koruma cihazının çalışmasıyla da meydana gelebilir. Elektrik kesintisinin süresi birkaç saniyenin onda birinden birkaç saate kadar olabilir.

"Düşüş" terimi, bir çevrimden daha kısa süren anlık elektrik kesintisini tanımlamak için kullanılır.

GERİLİM-ALTINDA

Düşük voltaj, güç dağıtım sistemi voltajının belirli bir süre boyunca "normal" voltajdan daha düşük olmasıyla ayırt edilir. Sınırlar ve süre için standart bir tanım olmasa da, düşük voltajların voltajın birkaç döngüsünde, birkaç saniyeye kadar süren voltajlar olduğu genel olarak kabul edilir.

Bu değişimler, güç tedarik otoritesi veya büyük motorlar, kaynak makineleri, elektrikli fırınlar vb. gibi ağır yükler çalıştıran bitişik endüstriler tarafından meydana gelebilir. Değişimler genellikle güç dağıtım sisteminin ağır yüklendiği veya şebeke besleyicilerinin uzun olduğu yerlerde meydana gelir. Elektrikli ekipmanın türüne ve düşük voltajın süresine ve genliğine bağlı olarak, bazı ekipmanlar bu koşullar altında amaçlandığı gibi çalışmayabilir.

KESİNTİLER

Bir kesinti, bir AC voltaj döngüsünün bir kısmının eksik olduğu anlık bir elektrik kesintisidir. Bu olaylar genellikle güç dağıtım sistemindeki gevşek bağlantılardan kaynaklanır. Ekipman, voltaj kesintisinin "üzerinden geçme" yeteneğine bağlı olarak etkilenir.

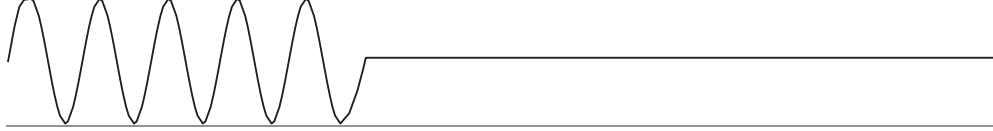
"Çentik" terimi bu olayı tanımlamak için de kullanılabilir. Ancak, daha doğru bir şekilde "çentikleme", akımın bir fazdan diğerine geçişi gibi tekrarlayan bir olaydır.

UPS kesintilere karşı koruma sağlayacaktır.

FREKANS DEğİŞİMLERİ

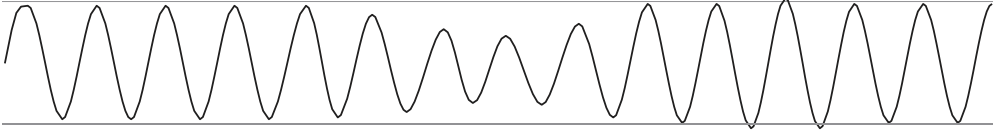
Frekans değişimi, güç dağıtım sistemi voltaj frekansının nominal değerinden (dünyanın çoğunda 50 Hz, Kuzey Amerika'da çoğunlukla 60 Hz) sapmasıdır. Sistem frekansı jeneratörlerinin dönüş hızına göre ayarlandığından, %1'den fazla değişimler nadirdir. Frekans değişimleri, küçük jeneratör sistemlerinden beslenen kaynaklarda daha yaygındır. Çoğu ekipman genellikle frekans değişimlerinden etkilenmez.

Çevrimiçi UPS'ler frekans değişikliklerine karşı koruma sağlayacaktır.



Şekil 82. Elektrik kesintisi.

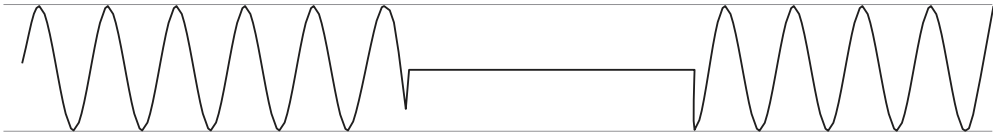
UPS, akü kapasitesinin ömrü boyunca elektrik kesintilerine karşı koruma sağlar.



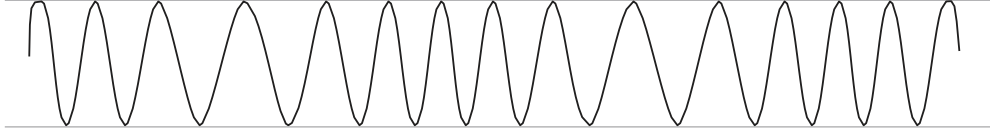
Şekil 83. Düşük voltaj.

Uzun süreli düşük voltaja "kararma" da denebilir. Kısa süreli düşük voltaja "sarkma" veya "daldırma" de denebilir.

Bir hat düzenleyici, düşük voltaj ve voltaj düşüşlerine karşı sürekli koruma sağlarken, çevrimiçi bir UPS, düşük voltaj ve voltaj düşüşlerine karşı yalnızca akü kapasitesinin süresi boyunca koruma sağlar.



Şekil 84. Bırakma.



Şekil 85. Frekans Değişimi.

GÜRÜLTÜ

Gürültü genellikle burada verilen diğer güç kalitesi sınıflandırmalarına girmeyen istenmeyen yüksek frekanslı elektrik sinyallerinin varlığı olarak tanımlanır. Gürültü genellikle katı hal doğrultucular ve anahtarlama güç kaynakları gibi elektronik anahtarlama cihazları tarafından oluşturulur. Gürültü bazı hassas ekipmanların yanlış çalışmasına, telefon devrelerinde uğultuya ve ekran monitörlerinde bozulmaya neden olabilir.

Gürültüden şüphelenildiğinde, sorunun tespiti ve çözümünde uzman görüşü alınması önerilir.

HARMONİK BOZULMA

Harmonik bozulma, doğrusal olmayan akım çeken ekipmanın (örneğin katı hal doğrultucular ve anahtarlama güç kaynakları) çalışmasıyla oluşur ve AC dalga şeklinin normal sinüs dalga şeklinden bozulmasıyla belirginleşir. Beslemenin her döngüsü, doğrusal olmayan yükün çalışma süresi boyunca benzer şekilde etkilenir.

Harmonik bozulmadan şüphelenildiğinde, sorunun tespiti ve çözümünde uzman görüşü alınması önerilir.

17.2. SPD SEÇİMİ VE MONTAJI İÇİN GENEL PROSEDÜR

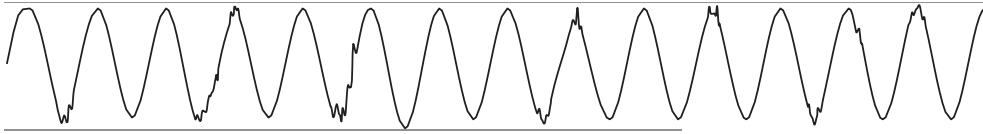
SPD'nin seçimi ve kurulumunda SPD'nin başlıca rolleri dikkate alınmalıdır:

1. Hizmetlere eş potansiyelli bağlama sağlamak, LPS'den toprağa akım enjekte edildiğinde ve bu akımın bir kısmı hizmetten uzaktaki toprak noktalarına aktığında hizmetlere/hizmetler içinde meydana gelen flaşover riskini azaltmak.
2. Servise doğrudan veya dolaylı bir flaştan tesise giren geçici enerjinin azaltılması.
3. Dahili elektrikli ve elektronik ekipmanların korunması.

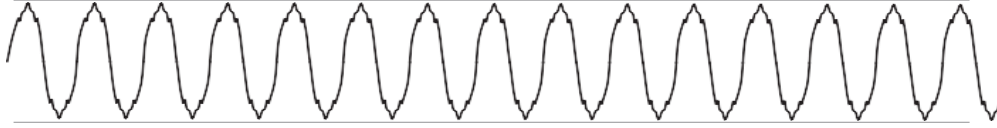
Eşpotansiyel bağlama için (rol 1), servis girişinde bir yıldırım akımı SPD'si gereklidir (yani, sınıf I testlerini karşılayan SPD). Bu SPD, LPS'li yapılar için zorunludur.

Servisin yıldırıma karşı korunması için (rol 2) servis girişinde de SPD'ler gereklidir, ancak yapıya bir LPS takılmamışsa, sınıf I veya sınıf II testlerini karşılayan SPD'ler kullanılabilir.

Dahili ekipman koruması için (rol 3), çoğu durumda ek SPD'lerin alt dağıtım panellerine veya ekipmana daha yakın veya ekipmanın içinde yerleştirilmesi gerekir. Bu SPD'ler ikincil koruyucular olarak kabul edilir ve bunların çalışması servis girişi korumasıyla koordine edilmelidir. Sınıf II veya sınıf III testlerini karşılayan SPD'ler uygundur.



Şekil 86 Gürültü.



Şekil 87. Harmonik bozulma.

SPD'lerin "servis girişinde" bulunması gerektiği belirtilse de, bu genellikle tam olarak fiziksel konum değildir. Pratik ve güvenlik hususları için SPD'ler ana elektrik dağıtım panelinin içine, ana bağlantı kesme/aşırı akım cihazından sonra yerleştirilir. Bu, bakım gerektiğinde gücün SPD'lere izole edilmesini sağlar. Büyük tesislerde SPD'ler bir izolatör cihazla beslenebilir ve bu da SPD'lerin tüm panelden/yerden gücü kesmeye gerek kalmadan servis edilmesini sağlar.

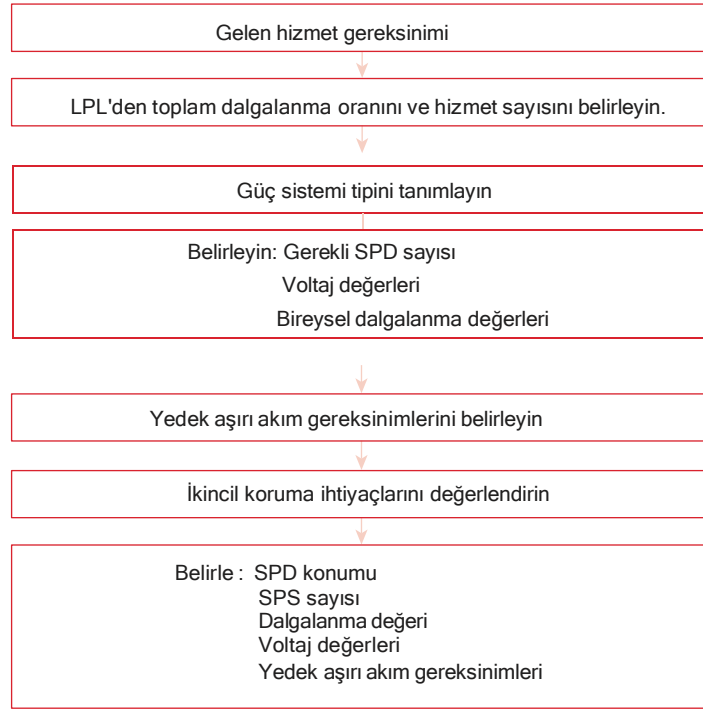
Bu SPD'lerin konumu, seçimi ve kurulumu yerel kod gerekliliklerine uymalıdır. Bazı ülkelerde, beslemeden elektrik sayacına ve ana şalter/aşırı akım cihazının canlı tarafına giden kablolama elektrik şirketine ait kabul edilir ve bu noktalara SPD kurulumuna izin verilmez ve önerilmez. Ana elektrik dağıtım panelinin ana bağlantı kesme/aşırı akım cihazından sonra kurulum önerilir.

Aşırı gerilim koruması gerekiyorsa, öncelikle gelen servislerin SPD gereksinimlerini belirleyin:

1. Servis girişi SPD'leri için toplam dalgalanma derecesini belirleyin. (Harici bir LPS gerekmediği takdirde Bölüm 17.5'e bakın, aksi takdirde Bölüm 17.4'e bakın)
2. Gerekli SPD sayısını ve voltaj değerlerini (U_c) belirlemek için güç dağıtım sistemi türünü tanımlayın (Bölüm 17.7'ye bakın).
3. Bireysel SPD akım değerlerini belirleyin.
4. Yedek aşırı akım (sigorta) gereksinimlerini belirleyin (Bölüm 17.8.1'e bakın).

İkinci olarak, ikincil koordineli korumaya olan ihtiyacı belirlemek için servis girişi SPD'lerinin kurulu performansını değerlendirin:

İkincil SPD sayısını, konumlarını, dalgalanma değerlerini, gerilim değerlerini, yedek aşırı akım (sigorta) gereksinimlerini vb. belirleyin (Bölüm 17.6'ya bakın)



Şekil 88. Aşırı gerilim koruma gereksinimlerinin belirlenmesi için akış şeması

17.3. GENEL BİLGİLER VE ŞARTLAR

IEC 62305 serisi aşağıdaki aşırı gerilim koruma standartlarına atıfta bulunmaktadır:

- IEC 61643-1 Alçak gerilim güç dağıtım sistemlerine bağlı aşırı gerilim koruma cihazları – Gereksinimler ve testler (Bölüm 1)

- IEC 61643-12 Düşük gerilimli güç dağıtım sistemlerine bağlı aşırı gerilim koruma cihazları – Seçim ve uygulama prensipleri (Bölüm 12)

Bölüm 1, aşırı gerilim koruma cihazlarının üreticilerine uygulanabilirken, Bölüm 12 genel kullanıma sahiptir (Bölüm 1'in gelecekteki sürümlerinin Bölüm 11 olarak yayınlanacağını unutmayın). Ancak, Bölüm 12'nin gereksinimlerinin çoğu IEC 62305 serisi tarafından geçersiz kılınmıştır, bu nedenle yalnızca uygulamayla ilgilenenler için önerilmez.

Yıldırım koruması için SPD'ler. Ancak bu standartlar, IEC 62305 serisinde kullanılan terminolojinin çoğunu tanımlar.

Her biri belirli bir test rejimine (test sınıfı) ve belirli işaretleme gereksinimlerine sahip üç tip SPD tanımlanmıştır. SPD üreticisi, SPD'yi bir veya daha fazla test sınıfına göre test etmeyi seçebilir ve bu da SPD'nin birden fazla uygulamada kullanılmasına olanak tanır.

SINIF I TESTLERİ

Test sınıfı I, kısmi iletilen yıldırım darbelerini simüle etmek için tasarlanmıştır. Bu nedenle, servis girişi koruması gibi yerler için, test sınıfı I sınıflandırmasına sahip bir SPD önerilir.

Iimp derecesi, test sınıfı I SPD'ler için geçerli dereceyi belirtme yöntemidir.

Bu test sınıfındaki SPD'lere yıldırım akımı SPD'leri denebilir.

SINIF II TESTLERİ

Sınıf II testi SPD'yi daha kısa süreli darbelere tabi tutar. Bu SPD'ler genellikle doğrudan darbelere daha az maruz kalan yerler için önerilir, örneğin SPD'nin yıldırım akımı SPD'sinin aşağı akışında ek koruma sağladığı ikincil koruma için. Sınıf II testlerini karşılayan SPD'ler ayrıca yapısal yıldırım koruma sistemleriyle donatılmamış yapılarda servis girişi koruması için de uygundur.

In derecesi, test sınıfı II SPD'ler için geçerli dereceyi belirtme yöntemidir.

Bu test sınıfındaki SPD'ler aşırı gerilim SPD'leri olarak adlandırılabilir, ancak ekipmanı geçici veya anormal aşırı gerilimlere karşı korumak için tasarlanmamıştır. Kısmi yıldırım akımlarını yönlendirmek için tasarlanmıştır.

SINIF III TESTLERİ

Test sınıfı III, SPD'leri voltaj darbelerine tabi tutar. Bu SPD'ler genellikle test sınıfı I ve II'yi karşılayan SPD'lerden çok daha düşük bir enerji dayanım kapasitesine sahiptir. Sınıf III'ü karşılayan SPD'ler genellikle ikincil korumanın kurulumunun ekipman koruması için yeterli olmadığı durumlarda önerilir. Bunlar, korumanın korunan ekipmana yakın sağlandığı uygulamalar için uygundur, örneğin ekipman sınıf II cihazların akış aşağısında belirli bir mesafede konumlandırıldığında.

U_{oc} / I_{sc} derecesi maksimum kombinasyonu gösterir.

SPD'ye uygulanan dalga voltajı/akımı. U_p derecesi U_{oc} / I_{sc} sağlanır.

Sadece parafudurun test sınıfını değil, aynı zamanda derecelendirildiği akımın büyüklüğünü de dikkate almak önemlidir.

I_{imp} = Darbe akımı

Tepe darbe akım dayanımı 10/350 µs dalga şeklindedir.

I_n = Nominal deşarj akımı

Esasen 8/20 µs dalga şekline sahip parafudur, 15 atışlık derecesi. IEC 61643-1, sınıf II testine göre test edilen parafudurların, I_n ’ de 15 darbeye, ardından 0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 kat I_{max} ’ a dayanmasını gerektirir.

I_{max} = Maksimum deşarj akımı

Parafudurun güvenli bir şekilde yönlendirebileceği 8/20 µs dalga şeklinin maksimum tek atış akımı. Ayrıca, parafudurun güç dağıtım sistemi voltajı açısından güvenli bir şekilde çalışacak şekilde seçilmesi ve sisteme/ekipmana yeterli koruma sağlayabilmesi önemlidir.

U_c = Maksimum sürekli çalışma gerilimi

Bu, parafudurun bozulmadan veya çalışmasını engellemeden süresiz olarak uygulanabilecek maksimum sürekli voltajdır. Parafudurun, güç dağıtım sistemi voltajının bu değeri aşmaması için seçilmesi önemlidir, aksi takdirde parafudurun felaketle sonuçlanacak şekilde arızalanması söz konusu olabilir. Bölüm 17.7, farklı sistem tipleri için önerilen seçim detayları bulunmaktadır.

U_p = Gerilim koruma seviyesi

Gerilim koruma seviyesi, parafudurun terminalleri arasındaki gerilimi sınırlama performansını karakterize eder. Gerilim koruma seviyesi genellikle yönlendirilen akımın büyüklüğüne ve dalga şekline bağlıdır. Akım ne kadar yüksekse, gerilim de o kadar yüksek olur. U_p genellikle sınıf I testlerine göre test edilen parafudurlar için I_{imp} ve sınıf II testlerine göre test edilen parafudurlar için I_n kullanılarak belirtilir. Gerilim koruma seviyesi ne kadar düşükse, parafudur o kadar iyidir. İdeal olarak, parafudur

tarafından sağlanan gerilim koruma seviyesi, güç dağıtım sisteminin flaş geriliminden ve ekipmanın dayanımından düşük olmalıdır.



Koruma Sınıfı	İşaretler		
I	“sınıf I testi” veya Iimn xx kA	In xx kA	Up xx kV
II	“sınıf II testi” veya Imax xx kA	In xx kA	Up xx kV
III	“sınıf III testi” veya Ioc xx kA		Up xx kV

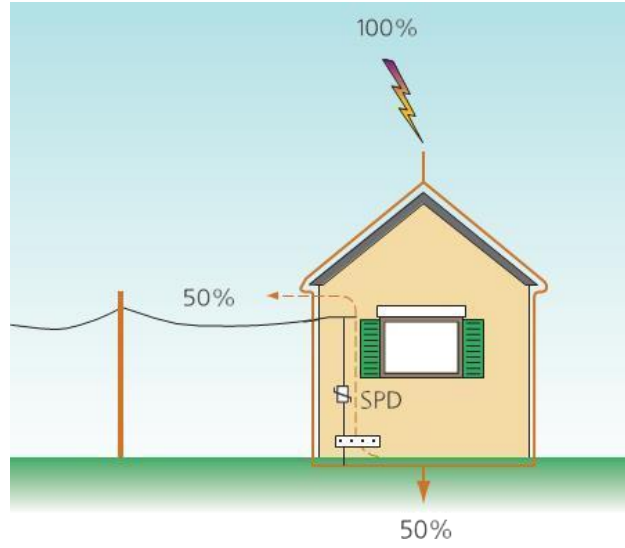
Tablo 37. Parafudur test sınıfı, işaretlemeler ve tipik uygulama.

17.4. YILDIRIM KORUMA SİSTEMİ OLAN TESİSLER İÇİN PARAFUDUR GEREKLİLİKLERİ

17.4.1. DALGALANMA DERECEŚİ

Yapıya yıldırım düşmesi sonucu yıldırım akımı iletilecek ve toprağa enjekte edilecektir. Bu akımın bir kısmı yapıdan metalik hizmetlere doğru daha uzak topraklama noktalarına doğru akacaktır. Elektrik/elektronik hizmetlerde, bu akım akışı parafudurlar boyunca "yukarı" doğru ve hizmetlerden uzak topraklama noktalarına, örneğin uzak bir dağıtım trafosu toprağına doğru gerçekleşecektir. IEC 62305 serisi, parafudurların boyutlandırılmasında en kötü durum yaklaşımını benimser; burada yıldırım

akımının %50'sinin yerel toprağa enjekte edildiği ve %50'sinin hizmetlerden dışarı aktığı varsayılır. Hizmetler iletken olduğunda, akımın aralarında eşit olarak bölündüğü varsayılır. Bir elektrik hizmeti içinde, akımın iletkenler arasında eşit olarak bölündüğü varsayılır. Parafudur seçimi için, enjekte edilen akım yıldırım koruma sistemi sınıfına ilişkin maksimum akımdan belirlenir.

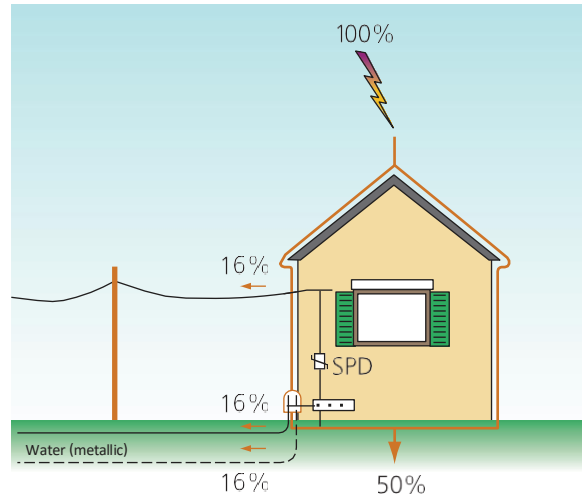


Şekil 89. Basitleştirilmiş akım dağılımı

Şekil 89, tek bir elektrik hizmetinin varsayıldığı basitleştirmeyi göstermektedir. Genellikle dalgalanma üreticileri tarafından önerilen bu, gaz veya su hizmetlerinin yapıya bağlanabilmesine rağmen, plastik mi yoksa metalik mi olduklarının bilinmeyebileceği mantığına dayanmaktadır. Bu varsayım, dalgalanma derecesi gereksinimini (ve ortaya çıkan maliyeti) önemli ölçüde artırabilir.

Yıldırım Sistemi Sınıfı	Koruma	Toplam (dalga şekli = 10 / 350 μ s)	Parafudur	Dalgalanma	Akımı
I		100 kA			
II		75 kA			
III		50 kA			
IV		50 kA			

Tablo 38. Başka hiçbir hizmetin olmadığı varsayılarak toplam SPD dalgalanma oranı gereksinimleri.



Şekil 90. Hizmetler arasındaki mevcut dağılım.

Şekil 90, yapının metalik su hizmetleri ve gaz borularına (yalıtılmamış) sahip olduğu başka bir olası senaryoyu göstermektedir. Parafudur derecelendirmelerini belirlerken, akım bölümünde daha küçük telekomünikasyon hizmet kablolarının bulunması önerilmez. Tipik olarak telekomünikasyon devreleri daha yüksek empedansa sahiptir, bu nedenle akımın daha az bir kısmı akar. Bu parafudurlar için boyutlandırma bilgileri

için **Bölüm 18'** e bakın. Her bir hizmet iletkenindeki parafudurların bireysel derecelendirmelerini belirlemek için, iletken sayısı ve güç dağıtım sistemi türü hakkında bilgi gereklidir. **Bölüm 17.7**, gereken bireysel parafudur sayısını ve her birinin dalgalanma derecesini belirlemek için bilgi sağlar. Bir yıldırım koruma sistemi kurulduğunda, seçilen parafudurlar yıldırım akımı parafudurları (sınıf I testi) olmalı ve I_{imp} derecesi **Bölüm 17.7'** nin gereksinimlerine eşit veya daha büyük olmalıdır. Daha önce de belirtildiği gibi, IEC yaklaşımı en kötü senaryoyu kapsar. Maksimum yıldırım akımının olayların yalnızca %1' inde meydana geldiğini ve yıldırım koruma sistemi toprak elektrodunun yalnızca %50 iletken olmasının da muhafazakar bir seçim olduğunu hatırlayın. Bu, gerçek devrenin iletkenlik yeteneğinden daha büyük değerlere sahip aşırı gerilim korumasının kurulumuyla sonuçlanabilir. Diğer hizmetlerin etkisi dikkate alınmazsa, o zaman dramatik aşırı boyutlandırma oluşabilir. Örneğin, üç fazlı ve nötr elektrik hizmetine sahip bir sınıf I yıldırım koruma sistemi, her biri $I_{imp} = 25 \text{ kA}$ ($10/350 \mu\text{s}$) olarak derecelendirilen parafudurlar gerektirir (bkz. **Şekil 89**). Ancak, iki iletken hizmete (su ve gaz) ve TN-C-S çoklu nötr/toprak güç sistemine sahip bir yapı durumunda, faz koruması için gereklilikler her biri için $I_{imp} = 5,5 \text{ kA}$ 'ya ($10/350 \mu\text{s}$) düşer (**Şekil 90'** a bakın). IEC 62305-1 Ek E'de, iletken kalkanlarının, boruların ve yeraltı hizmetleri için toprağın öz direncinin etkisi de dahil olmak üzere havai ve yeraltı hizmetleri arasındaki farkı dikkate alan daha karmaşık bir hesaplama yöntemi sağlanmıştır. Son olarak, IEC varsayımlarının az önce ana hatlarıyla belirtilen aşırı yüksek bir I_{imp} dalgalanma değerine yol açtığına inanan birçok kişi vardır. Gerçekten de, dalgalanma korumasına ilişkin IEEE® standartları bu konu hakkında ilginç ve açık bir tartışma içerir (bkz. IEEE C62.41.2 -2002 Ek A). Bu belge Ek A'da, "IEC belgelerinde tanımlanan gereksinimleri kabul etmek ... bir yandan Kuzey Amerika' daki parafudurların [çok daha düşük değerlere sahip] başarılı saha deneyimi ile diğer yandan IEC gereksinimlerinin ima ettiği daha yüksek gerilimler arasındaki olası bir çelişki sorununu gündeme getirir." ve "IEC belgelerinde tanımlanan parametrelerin dar ve aşırı muhafazakar bir şekilde yorumlanması parafudurların verimsiz ve maliyet açısından etkili olmayan bir şekilde uygulanmasına yol açabilir ..." ifadeleri

yer almaktadır. Belge daha sonra 10kA 10/350 µs'lik maksimum dalgalanma değerinin daha uygun olabileceğini ileri sürmektedir.

17.4.2. GERİLİM KORUMA SEVİYESİ

Gerekli dalgalanma değerini sağlamanın yanı sıra, serviste bir voltaj atlamasının oluşmasını durdurmak için, parafudur ayrıca servisin yalıtımının darbe dayanımından daha düşük bir voltaj koruma seviyesi sağlamalıdır. Ayrıca, bağlı ekipmana zarar verme riskini azaltmak için voltaj koruma seviyesi de ekipmanın dayanımından daha düşük olmalıdır. Burada voltaj koruma seviyesi terimi kullanılsa da, sadece parafudurun Up'sini değil, aynı zamanda ekipmana sağlanan voltaj koruma seviyesini de dikkate almak önemlidir, çünkü parafudura giden bağlantı kabloları da tesisat tarafından görülen voltaja eklenebilir. **Bölüm 17.8.2**, bağlantı kablolarının etkisini azaltmak için önerilen kurulum yöntemlerini sağlar. Güç tesisatının dayanımı, IEC 60664-1'de aşırı voltaj kategorilerinin kullanımıyla tanımlanmıştır. Bu test rejimi yalıtım dayanımına odaklanmıştır. Elektronik ekipmanların hatalı çalışması veya bozulmasının olası durumunu değerlendirmez.

IEC 61000 serisi bağışıklık standartları genellikle voltaj darbesi koşulları altında çalışmayı doğrulamak için elektronik ekipmanlarla kullanılır. Bu nedenle IEC 61000-4-5 test sonuçları daha pratik bir hedef voltaj koruma seviyesi verir. Ancak bu bilgiyi elde etmek genellikle zordur, özellikle de bir tesiste bulunabilecek tüm ekipmanlar düşünüldüğünde. Bu bilgiyi bulmak zor olabileceğinden, 230/400V sistemi için daha pratik bir yaklaşım şudur:

1. Ana elektrik dağıtım panosunun 4 kV' a dayanabileceğini ve doğrudan alt dağıtım panolarına beslendiğini varsayalım.

Bu nedenle servis girişi parafudur Up derecesi $\leq 2,4 \text{ kV}$ ($4 \text{ kV} \times 0,6$) olmalıdır. 0,6 çarpanı, bağlantı kablosu etkisi için %20' lik bir marj ve %20' lik bir güvenlik marjı sağlar. Tipik olarak TN-S tipi 230/415 V sistemleri için, Sınıf I parafudurun 1600 V bölgesinde bir Up sağlaması beklenir ve böylece geliştirilmiş koruma seviyeleri sağlar.

2. Panelleri ve bağı elektronik ekipmanları korumak için Alt dağıtım panellerine koordineli aşırı gerilim koruması takın.

Aşırı gerilim kategorisi (darbe dayanım kategorisi)	Dayanım seviyesi	Aşırı gerilim kategorisinin tipik ekipmanı
I	1.5 kV	Aşırı gerilim kategorisi I ekipmanları, aşırı gerilimleri uygun derecede düşük bir seviyede sınırlamak için önlemlerin alındığı devrelere bağlanan ekipmandır.
II	2.5 kV	Aşırı gerilim kategorisi II ekipmanları, sabit tesisattan beslenecek enerji tüketen ekipmanlardır.
III	4.0 kV	Aşırı gerilim kategorisi III ekipmanları, sabit tesislerdeki ekipmanlardır ve ekipmanın güvenilirliğinin ve kullanılabilirliğinin özel gereksinimlere tabi olduğu durumlar içindir.
IV	6.0 kV	Aşırı gerilim kategorisi IV ekipmanları, tesisin başlangıç noktasında kullanılır.

Tablo 39. IEC 60664-1 güç tesisatlarının (230/400 V ve 277/480 V) dayanım seviyeleri.

Test Seviyesi	Test Voltajı
1	0.5 kV
2	1.0 kV
3	2.0 kV
4	4.0 kV

Tablo 40. IEC 61000-4-5 seviye ve dayanım gerilimi.

3. $U_p \leq 1500$ V değerine sahip bir parafudur (sınıf II veya III testi) kurun.

1500 V' luk voltaj koruma seviyesi önerisi, (230 V ekipman için 650 V ($230 \text{ V} \times \sqrt{2} \times 2$)) tepe çalışma voltajının iki katı olduğu varsayılan elektronik ekipmanın kabul edilen duyarlılığından daha yüksek görünebilir. Bunun nedeni, bir sınıf II parafudurun U_p değerinin yüksek bir akım seviyesinde ölçülmesi ve belirlenmesidir. Tipik bir koordineli uygulamada, alt dağıtım parafuduru yalnızca çok daha küçük bir akım

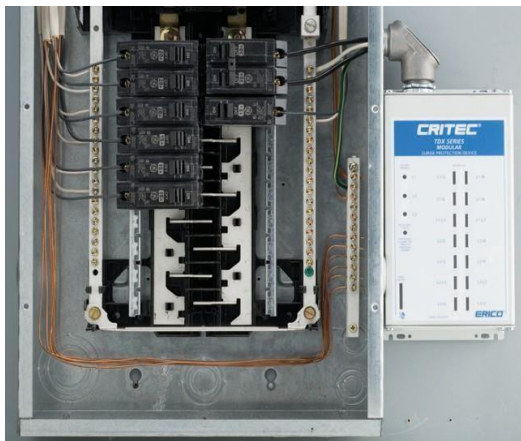
büyüklüğüne maruz kalır ve bu nedenle voltaj koruma seviyesi daha düşüktür.

Örneğin, In'de (20kA 8/20 μ s) $U_p = 1,4$ kV olan tipik bir sınıf II cihaz, 5 kA 8/20 μ s' de 1 kV' a ve 3 kA 8/20 μ s'de 850 V' a kadar koruma sağlayacaktır. Böyle bir cihaz, bu uygulamada etkinliğini kanıtlamıştır.

Notlar:

- Ana dağıtım panelindeki ve alt dağıtım panellerindeki parafudurların çalışması koordine edilmelidir. Bu noktalar arasında 10 m' den az kablolama varsa, Bölüm 17.6.1' e bakın.
- Tek başına ana dağıtım panelinin koruma seviyesi, elektronik ekipmanın korunması için genellikle yeterli değildir. Ana dağıtım paneline hassas elektronik ekipman takılıysa veya doğrudan ona bağlanıyorsa Bölüm 17.6.1' e bakın.

DIN VDE sınıflandırmalarının yaygın kullanımı nedeniyle, bu kategoriler **Tablo 41'** de referans olarak verilmiştir. Burada tipik konumlar için gerilim dayanımı verilmiştir. Uygun bir şekilde parafudurlar üreticiler tarafından bu konumlarda kullanılmaya uygunlukları açısından aynı kategori harfiyle sınıflandırılmıştır.



(a) Harici montaj parafudurları



(b) 35 mm DIN panellere dahili montaj için parafudurlar

Parafudur Açıklaması	IEC Sınıflandırması	VDE Sınıflandırması
Yıldırım akımı parafudur servis girişi	Sınıf I / Tip 1	Sınıf B
Dağıtım panosu veya yapının yıldırım koruma sistemi olmadığı yerde servis girişi	Sınıf II / Tip 2	Sınıf C
Parafudur, korunacak ekipmana yerleştirilmesi	Sınıf III / Tip 3	Sınıf D

Tablo 41. Hizmetler arasındaki mevcut dağılım.

17. Aşırı Gerilim Koruma Cihazları (Devam)

17.5. Yıldırım Koruma Sistemi Olmayan Tesisler İçin SPD

17.5.1. Aşırı Gerilim Dayanımı:

Yıldırım koruma sistemlerinin gerekli olmadığı yapılarda, risk değerlendirmesi, hizmete doğrudan veya dolaylı yıldırım darbesine karşı koruma sağlamak amacıyla aşırı gerilim korumasının kurulması gerektiğini gösterebilir ($RI > RT$ olduğunda). Tablo 42, IEC 62305-1 Tablo E.2'den önerilen aşırı gerilim dayanım değerlerini vermektedir. Bu değerler hizmetin tamamı için olup, hizmet hattındaki iletken sayısına bölünerek her bir SPD için bireysel dayanım değeri elde edilebilir.

Dayanım değerleri Iimp seviyeleri olarak verilmiş olsa da, sınıf II test cihazlarının kullanılması da mümkündür. Eğer sınıf II test SPDs kullanılacaksa, In değeri sınıf I test SPD'nin 10 katı olması önerilir. Örneğin, Koruma Seviyesi Seviyesi (LPL) = 1 olan bir durumda, hizmet hattında üç faz ve nötr varsa, 4 adet sınıf I test SPD ($I_{imp} = 2,5 \text{ kA}$, $10/350 \mu\text{s}$) veya 4 adet sınıf II test SPD ($I_{max} = 25 \text{ kA}$, $8/20 \mu\text{s}$) kullanılabilir.

IEC 62305-1 Ek E’de, yer üstü ve yer altı hizmetleri arasındaki farkları, iletken kalkanlarının, boruların ve yer altı hizmetlerinde toprak öz direncinin etkisini dikkate alan karmaşık bir hesaplama yöntemi sunulmaktadır. Bu yöntem, telekomünikasyon binaları gibi sahalar için uygun olabilir.

Kurulan SPDs’lerin sağladığı gerilim koruma seviyesi ayrıca Bölüm 17.4.2’de belirtilen gereksinimleri karşılamalıdır.

LPL	Flash to the service	Flash near the service	Near to, or on the structure
III – IV	5kA 10 / 350 μ s	2.5kA 8 / 20 μ s	0.1kA 8 / 20 μ s
I – II	10kA 10 / 350 μ s	5.0kA 8 / 20 μ s	0.2kA 8 / 20 μ s

Table 42. Total surge protection ratings for service protection.

17.6. İkincil SPD Gereksinimleri

Kurulu olan SPD’nin sağladığı gerilim koruma seviyesi, enerji dağıtım sistemi yalıtımını veya bağlı ekipmanları korumak için yeterli değilse, gerilim koruma seviyesini düşürmek amacıyla ek SPDs gereklidir. Bu ek korumanın kurulumu, birinin diğerini etkilememesi için koordine edilmelidir. Bu durum özellikle aşağıdaki durumlarda önemlidir:

- Değerlendirilen SPDs için farklı teknolojilerin kullanılması, özellikle üst akıştaki SPD kıvılcım boşluğu (sparkgap) veya gaz deşarj tüpü (GDT) tipi ise
- Tesis küçükse ve SPDs arasında 10 metreden az kablo varsa

17.6.1. SPD Koordinasyonu

Birçok durumda, ana dağıtım panosu sınıf I test gereksinimlerini karşılayan bir SPD ile, alt dağıtım panosu ise sınıf II/III SPDs ile korunabilir ve iki pano arasındaki yeterli mesafe doğal bir koordinasyon sağlar. Ancak, eğer SPDs farklı teknolojilerde ise veya panolar çok yakınsa, koordinasyon garanti edilemeyebilir.

Ana dağıtım panosunun yüksek akım dayanımı için sınıf I testli bir SPD'ye ve düşük koruma gerilimi sağlamak amacıyla sınıf II testli bir SPD'ye ihtiyaç duyduğu durumlarda etkili koordinasyon kritik öneme sahiptir.

SPD tedarikçisi ile planlanan SPDs için koordinasyon gereksinimlerinin görüşülmesi önerilir. Ancak, aşağıdaki temel bilgiler sorunu ve olası çözümleri anlamada faydalı olabilir.

Koordinasyonla ilgili ana problemler, koruma için farklı teknolojiler kullanıldığında ortaya çıkar; örneğin servis girişinde kıvılcım boşluğu (sparkgap) ve ikincil koruma için metal oksit varistör (MOV) kullanılması gibi (Şekil 92). Kıvılcım boşlukları, yüksek akım taşıma özellikleri

nedeniyle sıklıkla seçilirken, MOV'lar düşük maliyetleri ve üstün gerilim koruma seviyeleri nedeniyle ikincil koruma için tercih edilir.

17. Aşırı Gerilim Koruma Cihazları (Devam)

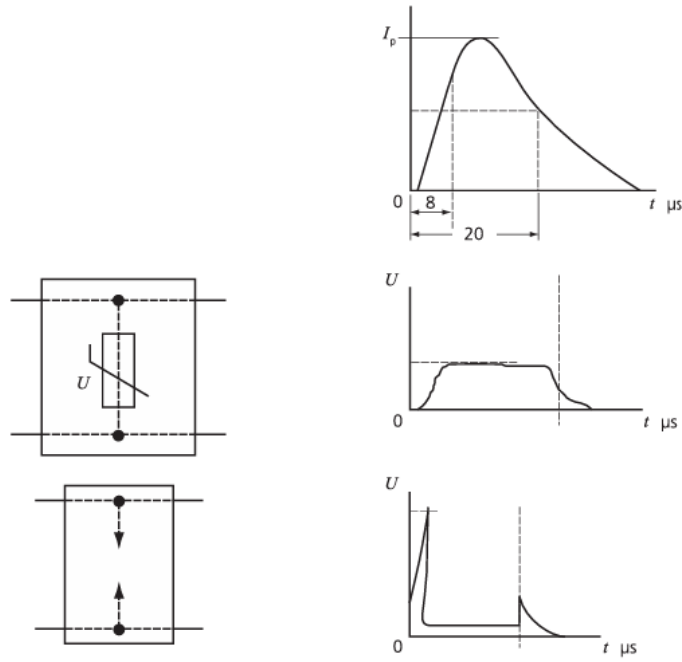
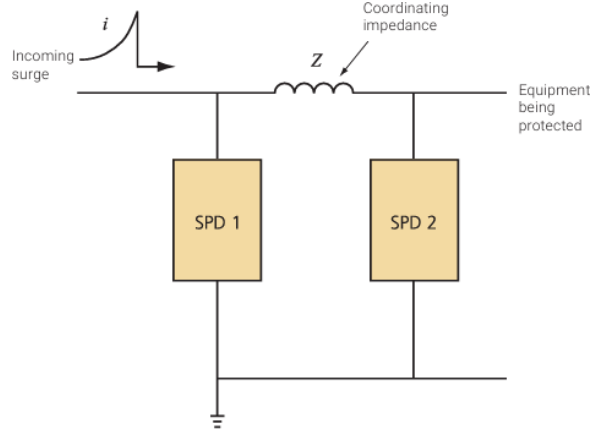


Figure 92. Characteristics of spark gaps and MOVs.

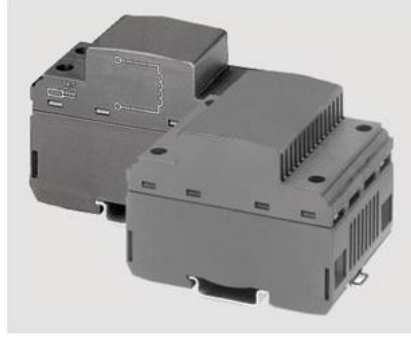
Piyasada bulunan birçok kıvılcım boşluğu (sparkgap), voltaj 3 ila 4 kV mertebesine ulaştığında “ateşler” (çalışır), oysa 230 voltluk bir besleme için tipik MOV yaklaşık 400 V’da iletme başlar ve voltajı etkili bir şekilde 600 ile 1200 volt arasında sınırlar.

Kıvılcım boşluğunun ateşlemesi için 3-4 kV gereklidir, oysa MOV voltajı yaklaşık 800 ile 1000 V arasında sınırlar. Bu nedenle, MOV önce çalışır ve voltajı kıvılcım boşluğunun ateşlemesini önleyecek kadar düşük tutar; bu durum kısmi yıldırım akımının MOV tarafından emilerek cihazın zarar görmesine yol açabilir. Sanki kıvılcım boşluğu hiç yokmuş gibi olur.



Şekil 93. SPD'lerin Koordinasyonu

Sorun, cihazlar arasında bir ayırıştırma (dekupaj) empedansı kullanılarak çözülür. İki pano arasında yeterli kablo mesafesi (> 10 m) varsa, kablo endüktansı ayırıştırma için yeterlidir. Eğer yeterli mesafe yoksa, örneğin kompakt bir sahada veya ikincil korumanın aynı pano içinde kurulması gerekiyorsa, özel tasarlanmış bir ayırıştırma empedansı kullanılır. Bu yöntemin bir sınırlaması, ayırıştırma indüktörlerinin genellikle yalnızca 32 A ve 63 A kapasiteli devreler için mevcut olmasıdır.



Şekil 94. Ayrıştırma Cihazları

Gerekli empedansın hesaplanması için iki akım dalga şekli dikkate alınır; 10/350 μ s impuls ve daha yavaş bir akım yükselme hızı olan 0,1 kA/ μ s.

İki MOV ürünü gibi benzer teknolojilerin koordinasyonu çok daha az sorunludur. 25 kA (10/350 μ s) Imp değerine sahip MOV tabanlı SPDs'nin mevcut olmasıyla, MOV ürünleri hem sınıf I hem de sınıf II test uygulamaları için kullanılabilir.

Cihaz üreticisine koordinasyon gereksinimleri için danışılmalıdır.

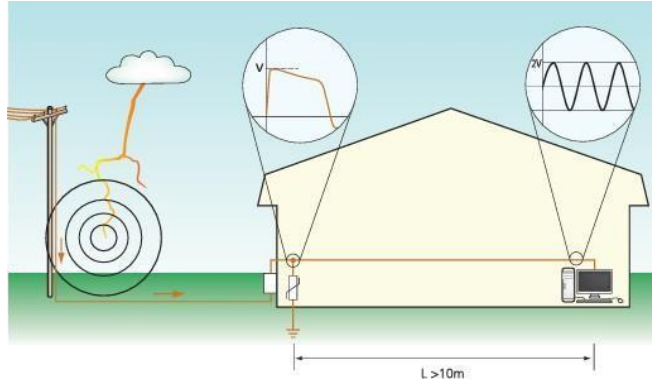
17.6.2. Etkili Mesafe, Salınım Etkisi

SPD'lerin etkili bir koruma mesafesi vardır. Ana dağıtım panosuna monte edilen bir SPD'nin, 100 metre uzağındaki bir ekipmanı yeterince korumasını beklemek gerçekçi değildir:

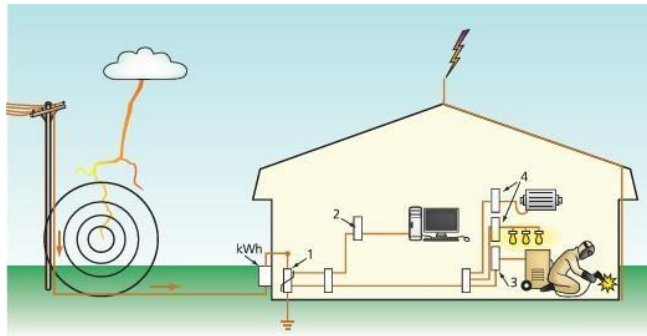
- Salınım (osilasyon) meydana gelebilir.

- Yakındaki ekipman veya devrelerdeki arızalar, yerel devreye geçici gerilimler (transientler) indükleyebilir.
- LEMP'ten (Yıldırım Elektromanyetik Darbesi) kaynaklanan yetersiz elektromanyetik koruma, uzun kablo hatlarına yıldırım akımlarının indüklenmesine yol açabilir.

17. Aşırı Gerilim Koruma Cihazları (Devam)



Şekil 95. Salınım Etkisi



1. Servis giriş koruması Sınıf I SPD'ler

2. Hassas elektronikler için ikincil koruma
3. Gürültü üreten devrelerde ikincil koruma
4. Dayanıklı ekipmanlar için ikincil koruma gerekli değildir.

Şekil 96. Diğer Kaynaklardan Gelen Geçici Dalgalanmalar

Salınım, kablolanmanın endüktansı ve kapasitansı, sınırlanan geçici gerilim dalga şekli ve yük özellikleri nedeniyle meydana gelebilir. SPD’de sağlanan gerilim koruma seviyesi, gerilim kablo boyunca aşağı doğru ilerlerken etkin bir şekilde iki katına çıkabilir. Korunacak ekipman SPD konumundan çok uzakta ise, bu iki katına çıkan gerilim ekipmanın dayanım sınırını aşabilir. Bu sorunu önlemek için ekipmanda veya alt panolarda ek koruma gerekebilir.

Eğer kurulu SPD’nin gerilim koruma seviyesi ekipmanın dayanımının yarısından azsa ya da devre uzunluğu 10 metreden kısaysa, bu problem göz ardı edilebilir.

17.7. ORTAK GÜÇ DAĞITIM SİSTEMİ TİPLERİ İÇİN SEÇİM VE BAĞLANTI KONFIGÜRASYONU

Dünyanın çeşitli ülkelerinde farklı güç dağıtım sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler yerel yönetmeliklerle belirlenir ve kaynağın, tesisattaki açıkta kalan veya iletken parçaların ve yerel topraklama arasındaki ilişkiyi tanımlar. Bu sistemler arasında TN sistemleri (TN-C, TN-S, TN-C-S), TT ve IT sistemleri yer alır. Gerekli olması hâlinde **BS 7430:1998 Topraklama Uygulama Kodu** veya **IEC 60364 serisi** daha fazla ayrıntı sunar. Doğru **Aşırı Gerilim Koruyucu (SPD)** darbe dayanım derecesi, gerilim derecesi ve bağlantı yönteminin belirlenebilmesi için sistemin doğru şekilde tanımlanması kritik öneme sahiptir.

Arıza durumlarında ortaya çıkabilecek geçici aşırı gerilim koşullarının boyutu, güç dağıtım sistemi tipine bağlıdır. **SPD'nin maksimum sürekli çalışma gerilimi (Uc)** bu durum dikkate alınarak seçilmelidir. Örneğin bazı 230 V sistemlerde SPD'ler 275 V olarak derecelendirilmelidir, ancak diğer 230 V sistemlerde 440 V derecesine sahip SPD'ler gereklidir. Ayrıca SPD sayısı, tipi ve bağlantı şekli de sistemlere göre farklılık gösterebilir.

Üç fazlı WYE (Y yıldız bağlantı) dağıtım sistemleri gösterilmiş olsa da, aşağıdaki bilgiler tek fazlı devrelerin gereksinimlerinin belirlenmesinde de kullanılabilir. **Delta sekonder dağıtım sistemleri** (özellikle topraklanmamış ya da yüksek empedanslı Delta sistemleri) veya **nötrü olmayan WYE sistemleri** için uzman görüşü alınması tavsiye edilir.

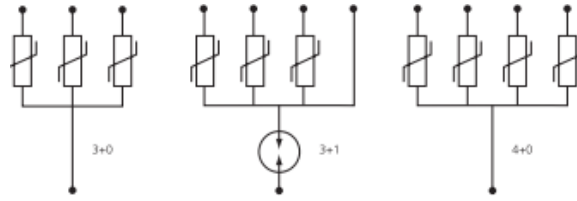
IEC 61643 serisi, 1000 V AC'ye kadar olan SPD'leri kapsar ve **Tablo 43**, konut, ticari ve hafif sanayi tesislerinde yaygın olarak kullanılan düşük gerilimli güç dağıtım sistemlerini detaylandırır. Orta veya yüksek gerilimli güç dağıtım sistemlerine sahip tesisler için uzman görüşü önerilir. Ayrıca, çeşitli standartlarda **Faz (Ph)** teriminin **Hat (L)** terimiyle birbiri yerine kullanılabildiğine dikkat edilmelidir.

Three-phase	Single Phase
120 / 208	110
220 / 380	120
230 / 440	220
240 / 415	230
277 / 480	240
347 / 600	

Tablo 43. Yaygın Tek Faz ve Üç Faz Gerilimleri.

Sanayide, **3+0**, **3+1** ve **4+0** mantığına dayalı terminoloji, aşırı gerilim koruma yapılandırmasını tanımlamak için kullanılır. Bu yapılandırmalar, farklı güç sistemleri olan **TN-C**, **TN-S**, **TN-C-S**, **TT** ve **IT** için gerekli olan **MOV** (Metal Oksit Varistör) ve **SGD** / tetiklemeli kıvılcım aralığı tipindeki SPD'lerin (Aşırı Gerilim Koruyucular) birbirine bağlanma şekilleriyle ilgilidir.

17. Aşırı Gerilim Koruma Cihazları (devam)



Şekil 97. 3+0, 3+1 ve 4+0 SPD yapılandırmaları.

"S tipi" veya "seçici" tip RCD'ler (Kaçak Akım Cihazları), yıldırım darbelerine karşı daha yüksek bağışıklığa sahip olacak şekilde özel olarak tasarlanmıştır (3 kA 8/20 μ s'ye kadar). İçsel filtreleme, cihazın algılama devrelerini harmonikler, ilk kalkış akımları ve yıldırım akımlarına karşı duyarsızlaştırır.

Genel olarak, sınıf III testinden geçmiş SPD'lerin RCD'lerin ardından kurulması konusunda önemli bir endişe yoktur. Hatta, sınıf III SPD'ler genellikle yalnızca **faz-nötr (L-N)** arasında bağlanarak diferansiyel mod gerilimlerine karşı koruma sağlarlar; bu da RCD ile etkileşim riskini daha da azaltır.

17.7.1. Kaçak Akım Cihazları (RCD) ile Güç Dağıtım Sistemleri

Bir güç dağıtım sistemi içinde, **aşırı akım koruma cihazları** ve **kaçak akım cihazları (RCD'ler)**, insanları elektrik çarpması tehlikesine karşı korumak; ayrıca yapıyı, ekipmanları ve içinde bulunanları yangın ve diğer elektriksel arızalardan kaynaklanabilecek tehlikelere karşı korumak

amacıyla kullanılır. Benzer şekilde, **aşırı gerilim koruma cihazları (SPD'ler)** de yıldırım akımlarından kaynaklanan bu riskleri azaltmak için kurulur.

Aşırı gerilim koruma cihazlarının kurulumu, aşırı akım ve kaçak akım koruma cihazlarının işleyişini **olumsuz etkilememelidir**. Herhangi bir uyumsuzluk durumunda, öncelik **aşırı akım ve kaçak akım cihazlarına** verilmelidir. Özellikle RCD'ler söz konusu olduğunda, bu dengeleme genellikle aşırı gerilim koruma cihazlarının **daha az avantajlı bir konuma** kurulmasını gerektirir.

Kaçak akım cihazları (RCD), aynı zamanda **kaçak akım devre kesicileri (RCCB)** veya **toprak kaçağı devre kesicileri (ELCB)** olarak da adlandırılabilir.

RCD'lerle ilgili üç temel sorun şunlardır:

1. RCD üzerinden geçen büyük bir yıldırım akımı, RCD'ye zarar verebilir; bu da cihazın çalışmasını engelleyerek bir güvenlik riski oluşturur.
2. Aşırı gerilim koruma cihazları (SPD'ler) aşağı yönde çalıştığında gereksiz açma (yanlış tetikleme) meydana gelebilir. Çünkü toprağa akan akım, potansiyel olarak hayatı tehdit eden bir kaçak akımı olarak algılanabilir.

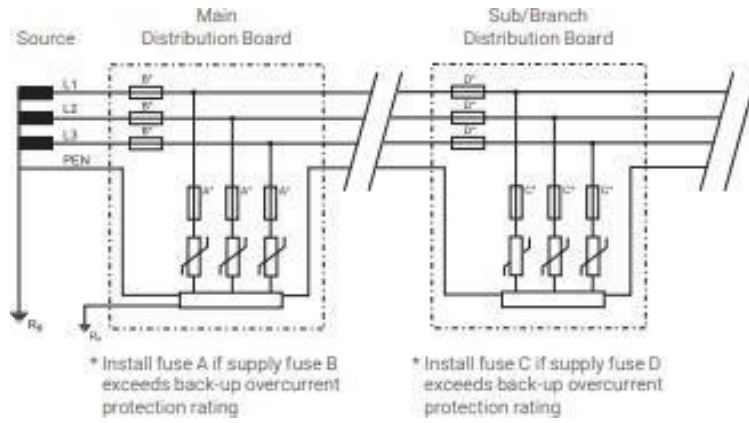
3. RCD'ler üzerinden büyük yıldırım akımları geçtiğinde gereksiz açma olabilir. Algılama devresindeki küçük dengesizlikler nedeniyle, büyük yıldırım akımları RCD üzerinden geçip geri döndüğünde, RCD yanlış bir dengesizlik algılayabilir.

Genel olarak, **durum 1'i önlemek için SPG'lerin RCD'lerden önce kurulması** tercih edilir. Ancak bazı yerel yönetmelikler, SPD'lerin RCD'lerden önce kurulmasına izin vermeyebilir. RCD'lerin seçimi ve kurulumu ile ilgili yerel yönetmeliklere uyulması önemlidir.

Bazı ülkelerde ise RCD'ler sadece banyo gibi ıslak alanlara besleme yapan devrelerde kullanılır; bu nedenle bu durumlarda SPD'ler RCD'lerden önce kurulabilir.

17.7.2. TN-C SİSTEMİ

Bu sistemde, nötr ve koruyucu toprak iletkeni sistem boyunca tek bir iletkenle birleştirilmiştir. Bu iletkene **PEN** denir, yani "Koruyucu Toprak ve Nötr" (Protective Earth & Neutral). Tüm açıkta kalan iletken ekipman parçaları PEN ile bağlanır.



Şekil 98. TN-C sistem tanımlaması.

TN-C SİSTEMİ İÇİN KORUMA ÖNERİSİ:

SPDs installed:	Kurulan SPD'ler:
U_c :	Faz – PEN (3+0)
Surge rating:	Uc: $\geq 1,1 \times U_0$

Aşırı Gerilim Derecelendirmesi:

Üç fazlı sistemlerde, her bir SPD toplam gereksinimin 1/3 oranında derecelendirilmelidir. (bakınız Bölümler 17.4 / 17.5).

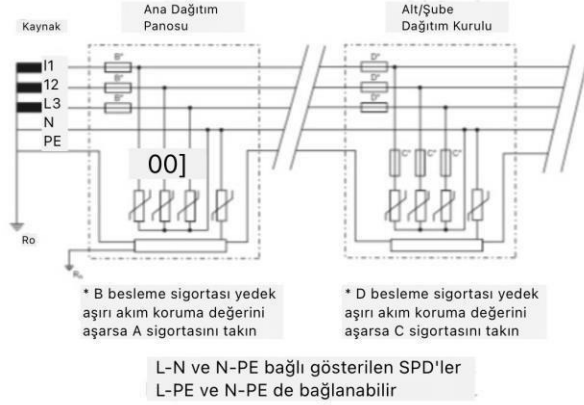
Örneğin, 240 V Faz-Nötr sisteminde, Faz-PEN korumasının U_c değeri en az 264 V olmalıdır. Genel olarak, 220 ile 240 V sistemler için 275 V U_c dereceli bir SPD seçilir.

Güç regülasyonunun zayıf olduğu bilinen tesislerde, en az $1,3 \times U_o$ değerinde U_c önerilir; örneğin “320 V” U_c dereceli SPD’ler veya nVent’in TD teknolojisi gibi.

17. Aşırı Gerilim Koruyucu Cihazlar (devam)

17.7.3. TN-S

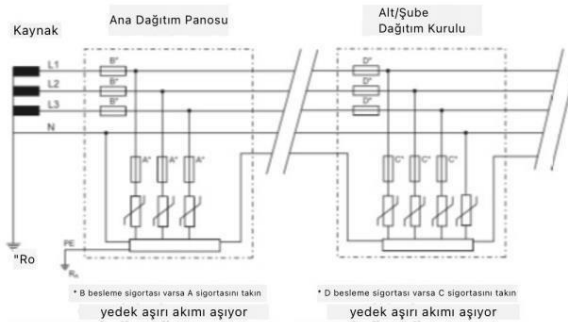
Bu sistemde, nötr ve koruyucu toprak iletkenleri sistem boyunca ayrı ayrı döşenir. Koruyucu Toprak (PE) iletkeni genellikle ayrı bir iletkenidir, ancak güç kablosunun metal kılıfı da olabilir. Tüm açıkta kalan iletken ekipman parçaları PE iletkenine bağlanır.



Şekil 99. TN-S sistem tanımlaması.

17.7.4. TN-C-S

Bu sistemde, besleme TN-C sistemine göre yapılandırılmışken, sonrasındaki tesisat TN-S sistemine göre düzenlenmiştir. Nötr ve koruyucu toprak işlevleri tek bir PEN iletkeninde birleştirilmiştir. Bu sistem, Çoklu Topraklanmış Nötr (MEN) olarak da bilinir. Koruyucu iletken, Kombine Nötr Toprak (CNE) iletkeni olarak da adlandırılabilir. Besleme PEN iletkeni, şebeke boyunca birçok noktadan topraklanır ve genellikle tüketicinin bina girişine mümkün olduğunca yakın bir noktada yer alır. Tüm açıkta kalan iletken parçalar CNE iletkenine bağlanır.



L-PE ve N-PE bağlı olarak gösterilen koruma dereceli SPD'ler L-N ve N-PE de bağlanabilir.
Şekil 100. TN-C-S sistem tanımlaması.

TN-S İÇİN KORUMA ÖNERİSİ:

SPD'ler takılı:	Fazdan PE'ye (*4+0*)
Uc: Aşırı gerilim değeri:	Nötrden PE'ye $\geq 1,1 \times U_o$ veya üç fazlı sistemlerde her bir SPD toplam gereksinimlerin 1/4'üne göre derecelendirilecektir (bkz. Bölüm 17.4 / 17.5)

Örneğin, 240 V faz-nötr (Ph-N) sistemlerde, faz-toprak (Ph-PE) ve nötr-toprak (N-PE) koruması için Uc değeri en az 264 V olmalıdır. Genellikle 220–240 V sistemler için Uc değeri 275 V olan bir AGK (Aşırı Gerilim Koruyucu) seçilir.

Güç regülasyonunun zayıf olduğu bilinen tesislerde, Uc değeri en az $1,3 \times U_o$ olan bir cihaz önerilir; örneğin "320 V" AGK'lar veya nVent'in TD teknolojisi.

"3+1" konfigürasyonu da izin verilen bir seçenektir, ancak bu tavsiye edilmez çünkü tesisat için daha düşük koruma gerilimleri sunmaz ve N-PE devresi için daha yüksek akım kapasiteli bir AGK gerektirir.

TN-C-S İÇİN KORUMA ÖNERİSİ:

SPD'ler takılı:	Fazdan PE'ye PE'ye nötr (*4+0*)
Uc: Dalgalanma değeri:	Ana dağıtım panosunda, MEN bağlantısının (*3+0*) varlığı nedeniyle Nötrden PE'ye SPD'nin gerekli olmadığını unutmayın. Ancak, kolaylık sağlamak için bu modda bir SPD kurulabilir. Alt dağıtım panelleri için N-PE SPD'ler gereklidir. $\geq 1,1 \times U_o$ Üç fazlı sistemler için her bir SPD toplam gereksinimlerin 1/4'ü oranında derecelendirilmelidir (bkz. Bölüm 17.4 / 17.5) (*)

(1)IEC 62305-1 E1.2 maddesine göre, eğer nötr iletken birden fazla noktadan topraklanmışsa — örneğin aynı besleme hattına bağlı yakınlardaki tesislerden dolayı — nötr iletkenin empedansı daha düşük olabilir ve bu durumda akımın daha büyük bir kısmını taşıyabilir. Bu durumda nötr iletken akımın %50'sini taşıyabilirken, her bir faz iletkeni %17'ser taşıyabilir. Bu nedenle, üç faza bağlı her bir AGK'nın, o hizmetin toplam kapasitesinin %17'si olarak boyutlandırılmasına izin verilir.

Örneğin, 240 V faz-nötr (Ph-N) sistemlerde, faz-toprak (Ph-PE) ve nötr-toprak (N-PE) koruması için Uc değeri en az 264 V olmalıdır. Genellikle 220–240 V sistemler için Uc değeri 275 V olan bir AGK seçilir.

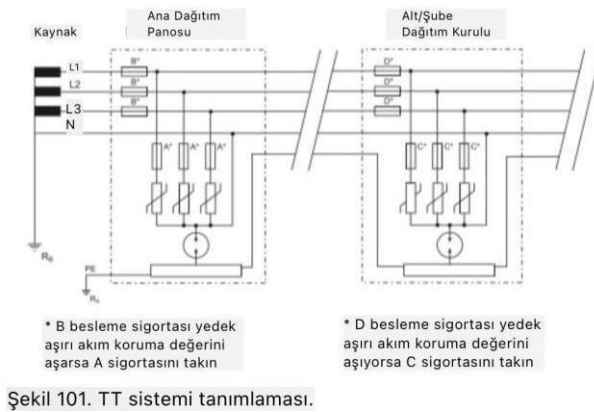
Güç regülasyonunun zayıf olduğu bilinen tesislerde, Uc değeri en az $1,3 \times U_o$ olan bir cihaz önerilir; örneğin "320 V" AGK'lar veya nVent'in TD teknolojisi gibi.

17. Aşırı Gerilim Koruyucu Cihazlar (devam)

17.7.5. TT SİSTEMİ

Enerji kaynağının bir noktasının topraklandığı ve tesisattaki açıkta kalan iletken kısımların bağımsız topraklayıcı elektrotlara bağlandığı bir sistem.

17.7.5. TT SİSTEMİ Enerji kaynağının bir noktası topraklanmış ve tesisatın açıktaki iletken kısımları bağımsız topraklanmış elektrotlara bağlanmış bir sistem.



17.7.6. IT SİSTEMİ

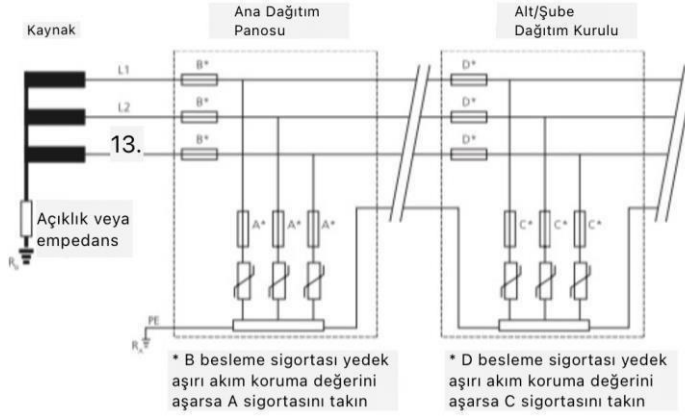
Canlı bölümler ile toprak arasında doğrudan bir bağlantının bulunmadığı, ancak tesisattaki tüm açıkta kalan iletken kısımların bağımsız topraklayıcı elektrotlara bağlandığı bir sistemdir. Kaynak, arıza akımlarını sınırlamak amacıyla bir empedans üzerinden topraklanır.

IT sisteminde arıza durumlarında oluşabilecek yüksek gerilimler nedeniyle AGK (Aşırı Gerilim Koruyucu) kurulumu sorunlu olabilir. AGK'lar, hasar riskini azaltmak için yeterince yüksek U_c değerlerine (genellikle hat-hat geriliminden yüksek) sahip olacak şekilde seçilmelidir.

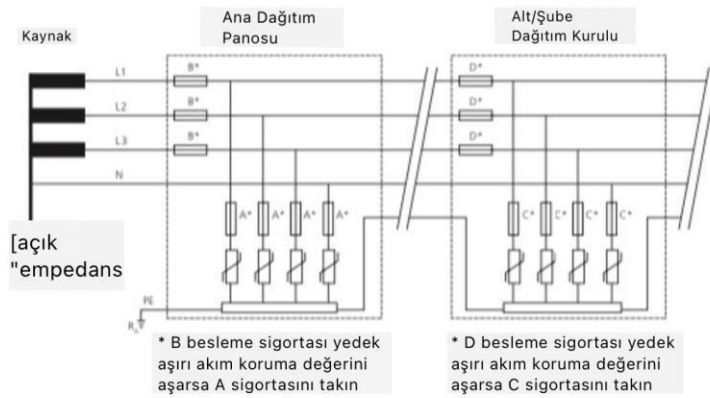
Ancak bu durum, düşük gerilim koruma seviyeleri sağlamaya çalışırken bazı zorluklar yaratır. Her durumda seçim, yeterince yüksek bir U_c değerine sahip cihazlara yönlendirilmelidir.

Kurulu IT sistemlerinin çoğunda nötr iletken bulunmaz; ekipmanlar hat-hat bağlantısından beslenir.

IT sistemi genellikle Norveç ve Fransa gibi ülkelerdeki eski tesisatlarda kullanılır. Aynı zamanda hastanelerin yoğun bakım üniteleri ve özel endüstriyel uygulamalar gibi özel durumlarda da tercih edilir.



Şekil 102. BT sistem tanımlaması - dağıtılmış nötr olmadan.



Şekil 103. BT sistemi tanımlama - dağıtılmış nötr ile.

TT İÇİN KORUMA ÖNERİSİ:

SPD'ler takıldı:	Fazdan Nötr'e GDT/tetiklenen kıvılcım aralığı tipi SPD ("3+1") aracılığıyla nötrden PE'ye
Uc:	$\geq 1,7 \times U_0$ ($V_3 \times U_0$) Üç fazlı sistemler için her bir Ph-N SPD toplam gereksinimlerin 1/4'üne göre derecelendirilmelidir (bkz. Bölüm 17.4 / 17.5)
Dalgalanma derecesi:	

Örneğin, 240 V faz-nötr (Ph-N) sistemlerde, faz-toprak (Ph-PE) ve nötr-toprak (N-PE) koruması için Uc değeri en az 415 V olmalıdır. Genellikle 220–240 V sistemler için Uc değeri 440 V olan bir AGK (Aşırı Gerilim Koruyucu) seçilir.

TT sisteminde, aşırı akım koruma cihazlarının (sigortalar ve devre kesiciler) doğru şekilde çalışabilmesi için, AGK'ların doğrudan fazdan koruyucu toprağa (PE) bağlanmaması, bunun yerine fazdan nötre ve nötrden toprağa bağlanması önemlidir. Bu nedenle, Nötr-PE arasındaki AGK hem PE–nötr hem de PE–faz darbe akımlarını taşır.

Bu tür AGK'nın, genellikle üstün enerji taşıma yeteneklerinden dolayı GDT (Gaz Deşarj Tüplü) veya tetiklemeli ark boşluklu (triggered spark gap) teknolojiye sahip olması önerilir. Genel olarak, GDT'lerin zayıf akım takibi söndürme özelliği nedeniyle canlı iletkenler (faz iletkenleri) üzerinde kullanılmaları önerilmez. Bu nedenle bu konuda üreticiyle iletişime geçilmesi tavsiye edilir.

17. Aşırı Gerilim Koruma Cihazları

KORUMA ÖNERİLERİ

A) Dağıtılmış nötrü olmayan sistemler için:

- Takılan Aşırı Gerilim Koruma Cihazları (SPD):

Fazdan PE'ye (Toprak) ("3+0")

- Uc (Nominal gerilim dayanımı):

$\geq V_{L-L} (\geq 1.1 \times V_{L-L} \text{ önerilir})$

- Aşırı gerilim değeri:

Üç fazlı sistemlerde her Faz-PE SPD, toplam gereksinimin 1/3'ü olarak derecelendirilmelidir (Bkz. Bölüm 17.4 / 17.5)

B) Dağıtılmış nötrlü sistemler için:

- Takılan SPD'ler:

Fazdan Nötr'e Nötrden PE'ye gaz deşarj tüpü tipi SPD ("3+1")

- Uc: $\geq 1.7 \times U_0 (\sqrt{3} \times U_0)$

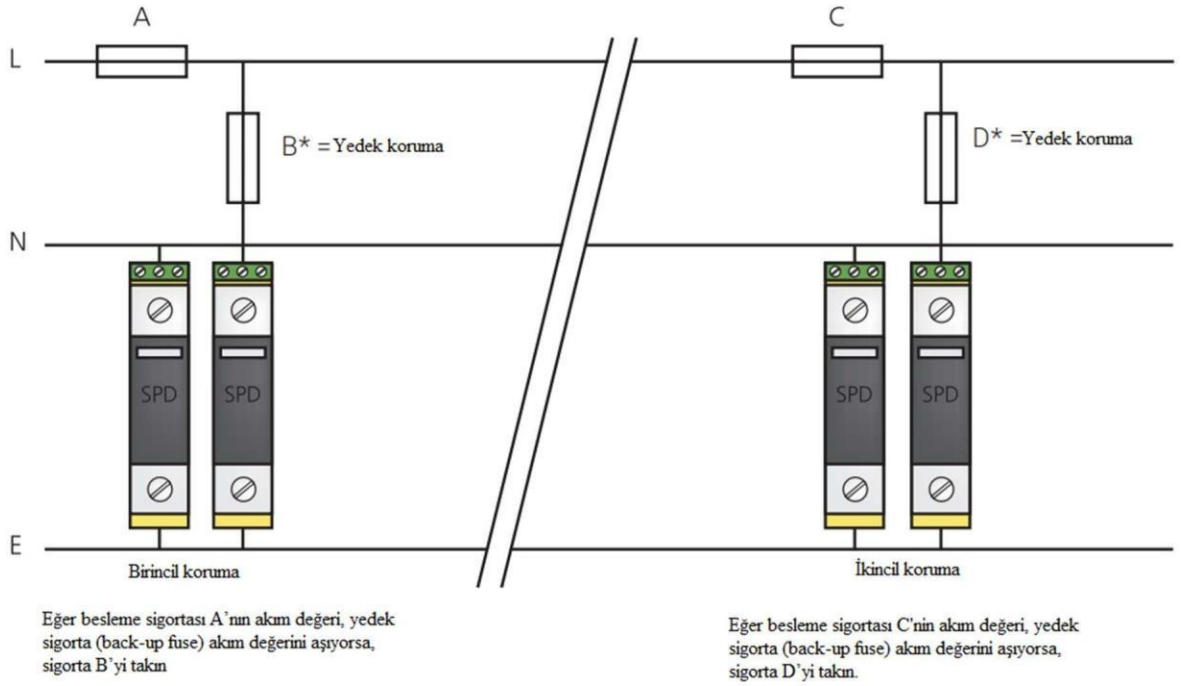
- Aşırı gerilim değeri:

Üç fazlı sistemlerde her Faz-N SPD, toplam gereksinimin 1/4'ü olarak derecelendirilmelidir (Bkz. Bölüm 17.4 / 17.5). Nötr-PE SPD toplam gereksinimin tamamına eşit olarak derecelendirilmelidir.

Örnek:

240 V'luk bir Faz-N sisteminde, Faz-PE ve N-PE koruması en az 415 V Uc değerine sahip olmalıdır.

Genel olarak 440 V Uc değerine sahip bir SPD, 220-240 V sistemler için uygundur.



Şekil 104 Yedek aşırı akım koruması örneği.

17.8. DİĞER MONTAJ GEREKSİNİMLERİ

17.8.1. YEDEK AŞIRI AKIM KORUMASI

Yüksek arıza akımı kapasitesine sahip güç dağıtım sistemlerine monte edildiğinde, SPD'lerin (Aşırı Gerilim Koruma Cihazlarının) canlı hatlara bağlandığı noktaya, SPD'nin önüne seri bir aşırı akım koruma cihazı (sigorta veya devre kesici) yerleştirilmesi gerekebilir. Bu aşırı akım koruma cihazının amacı, SPD'nin yerel bir arızayı temizleyememesi durumunda aşırı ısınmasını ve hasar görmesini önlemektir. SPD üreticisinin kurulum talimatlarında hangi sigortanın gerektiği belirtilir. Genellikle, SPD'nin bağlanacağı devredeki besleme sigortası, SPD'nin izin verdiğiinden daha yüksekse, o zaman yedek bir koruma gereklidir. Yedek aşırı akım koruma cihazlarının kısa devre akım kapasitesi, kurulumun gereksinimleriyle uyumlu olmalıdır.

Örnek:

40 kA sınıf II testine sahip yaygın bir SPD için önerilen yedek aşırı akım değeri 125 A'dır. Eğer SPD, ana devre kesicisinin 125 A veya daha az olduğu bir panele bağlanacaksa → SPD doğrudan bağlanabilir (Şekil 105). Eğer ana devre kesicisi 125 A'dan büyükse → SPD'nin önüne 125 A'lık bir yedek aşırı akım koruma cihazı yerleştirilmelidir (Şekil 106).

Koruma Cihazı Seçimi:

Yedek aşırı akım koruma cihazı, SPD üreticisinin önerisine göre seçilmelidir. Genellikle üretici, kendi testlerinde kullandığı özel bir sigorta türünü önerir. Bu önerilen cihaz

genellikle, SPD'nin en iyi performansı sağlaması için izin verilen en büyük akım değerinde olur. Fakat uygulamada, bu tür cihazların bulunabilirliği ve maliyeti sorun yaratabilir.

Genel olarak: Yedek koruma cihazının akım değeri ne kadar küçükse, kablolama hatalarına karşı koruma o kadar iyi olur. Ancak akım değeri çok düşükse, yıldırım akımı geçişinde cihaz atabilir ve SPD'yi devreden çıkarabilir.

Servis Girişlerinde (Ana Panolarda):

63 A altındaki devre kesicilerin yıldırım geçişinde açma riski yüksektir → Kabul edilemez olabilir. İkincil SPD'ler için 32 A yeterlidir.

Devre Kesici ve Sigorta Önerileri:

Eleman	Önerilen Tip
Devre kesici	Tip D veya Tip C
Sigorta	Tip gL veya gG

Test Sonuçları:

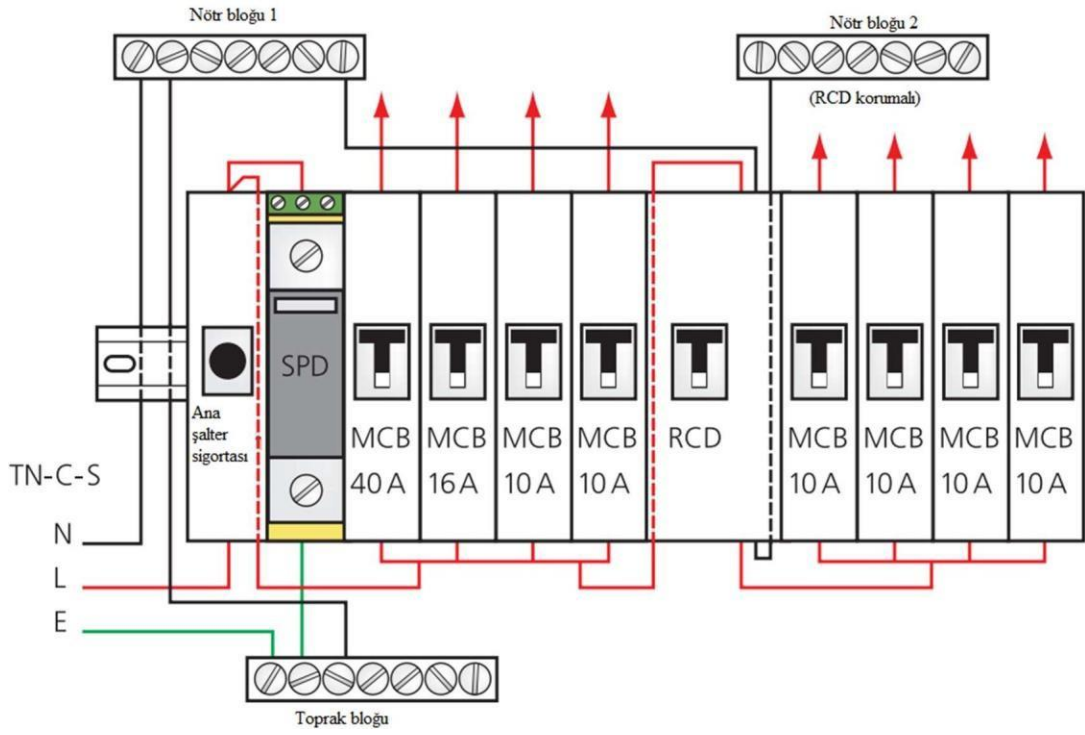
30 A'lık bir elektromekanik devre kesici, genelde 15–25 kA / 8/20 µs'lik ani akımda açar. 50 A'lık bir devre kesici, bu değeri 20–60 kA / 8/20 µs'ye yükseltir.

Ülkelere Göre Farklılıklar:

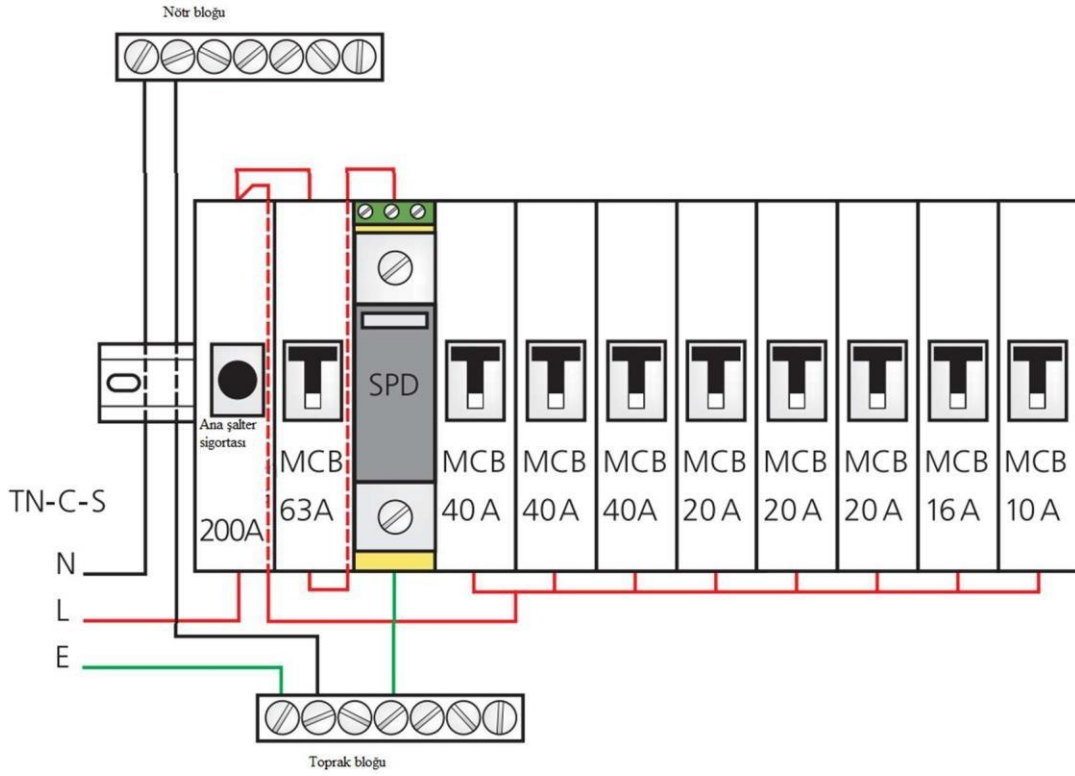
Kablolama ve dağıtım yöntemleri ülkeden ülkeye farklılık gösterebilir.

Bu nedenle **Şekil 105 ve 106** her uygulamaya doğrudan uymayabilir.

Bu şekiller yalnızca **tek fazlı alt dağıtım panosu** örneğini temsil etmektedir.



Şekil 105 Ekstra bir yedek aşırı akım koruması olmadan, tipik düşük akımlı tek fazlı panoya SPD montajı



Şekil 106 Yedek aşırı akım koruması ile birlikte, yüksek akımlı tek fazlı bir panoya SPD montajı.

17.8.2. BAĞLANTI KABLOSU UZUNLUĞUNUN ETKİSİ

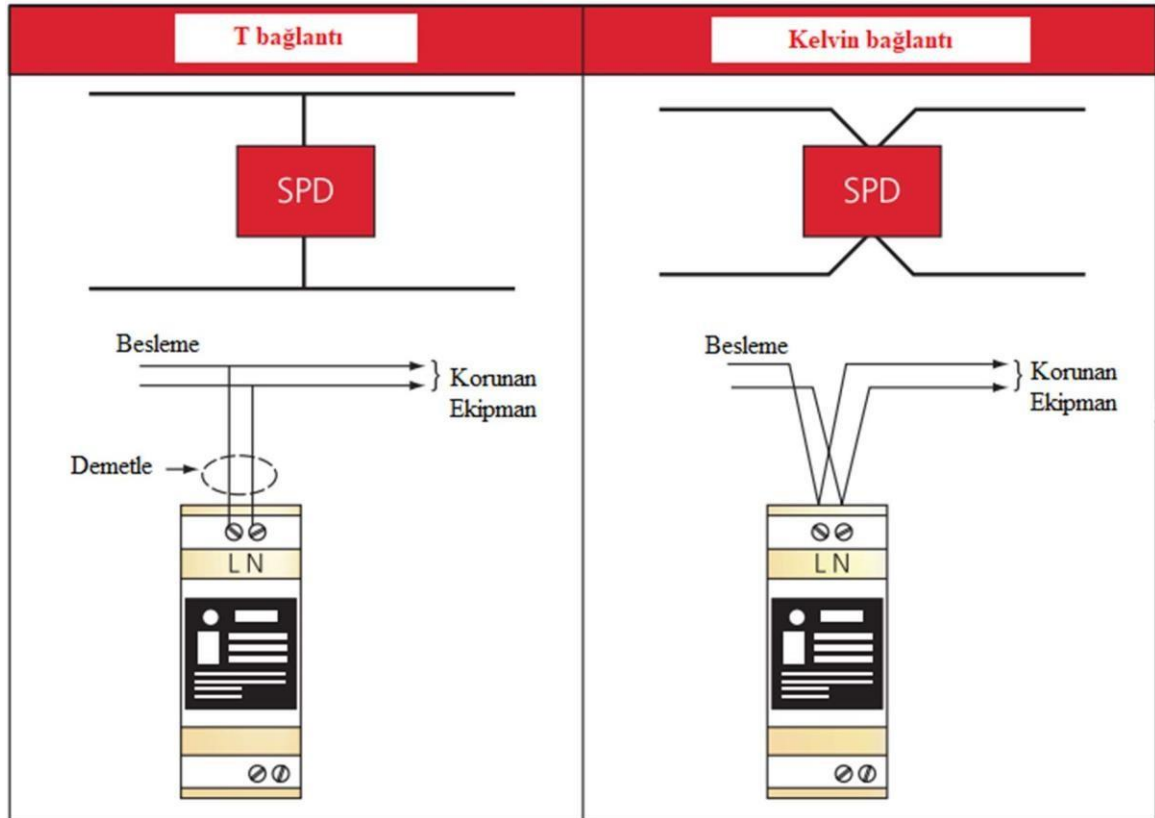
Aşırı gerilim koruma cihazlarının (SPD) fiziksel yerleşimi, **en iyi gerilim koruma seviyesi** elde edilmek isteniyorsa, **bağlantı kablolarının mümkün olduğunca kısa tutulmasını** sağlamalıdır.

Daha önce de belirtildiği gibi, yıldırım çok hızlı yükselen bir kenara sahiptir — genellikle mikrosaniye başına **binlerce volt** seviyesinde artış gösterir.

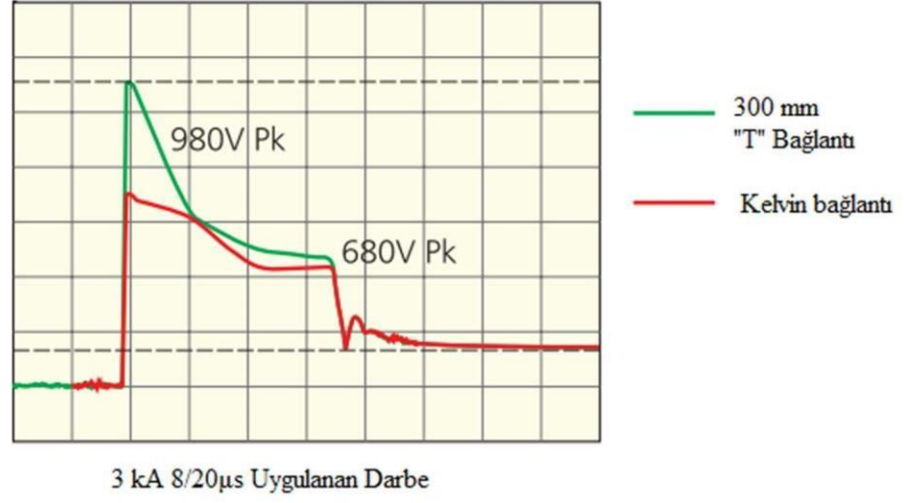
Bu kadar hızlı yükselen gerilimlerde, **bağlantı kablolarının dağıtılmış endüktansı önemli hale gelir** ve göz ardı edilemez.

Şekil 107, sadece **300 mm uzunluğunda** bir bağlantı kablosunun, korunan ekipman üzerinde ne kadar yüksek bir gerilim artışına sebep olabileceğini göstermektedir.

Eğer **optimal bir kurulum** yapılmak isteniyorsa, bağlantı kablolarının endüktans etkisinin ne kadar önemli olduğunun **iyi anlaşılması hayati öneme sahiptir**.

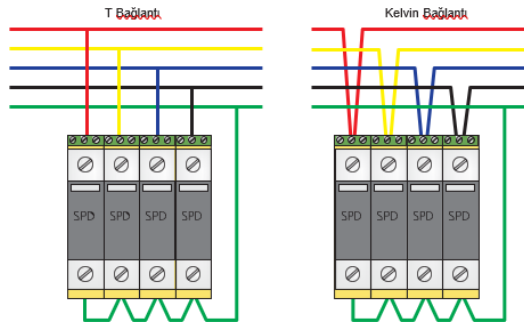


Kelvin Bağlantısının Faydaları



Şekil 107 Yük üzerinde oluşacak koruma gerilimi üzerine 300 mm'lik bağlantı kablosu uzunluğunun etkisi

17. Aşırı Gerilim Koruma Cihazları (Devamı)



Aşırı büyük iletken boyutlarının kullanılmasıyla elde edilecek çok az avantaj vardır. Şekil 109'da gösterildiği gibi, iletken boyutunu 100 kat artırmanın etkisi, voltaj koruma

seviyesinde 2 katlık bir iyileştirmeye sonuçlanmıştır. İletkenin uzunluğu ve iletkenlerin ayrılması daha kritiktir. Uzun kablo uzunluklarından kaçınılamadığında, ayrılmayı azaltmak için telleri birbirine sararak veya bükerek fayda elde edilebilir.

SPD'nin T bağlantı telinin uzunluğu (bkz. Şekil 108) 0,5 m'den azsa, bağlantı noktasında sağlanan gerçek voltaj koruma seviyesinin (U_p/f) SPD'nin U_p 'ından %20 daha yüksek olduğunu varsaymak yeterlidir. Kelvin bağlı bir SPD (bkz. Şekil 108) bu sorundan etkilenmez ve ekipmana sağlanan gerçek voltaj koruma seviyesi gerçek SPD tarafından sağlanandır.

- SPD terminallerine bağlanan kablo boyutu:
- Üreticinin önerdiği aralıkta olmalıdır
- Yukarı akış aşırı akım korumasını çalıştırmak için yeterli kısa devre akımının akmasına izin verecek uygun boyutta olmalıdır.
- Hiçbir durumda EN 62305-4 madde 5.5'ten daha küçük olmamalıdır (Tablo 1'e bakın ve burada Tablo 44 olarak gösterilmiştir).

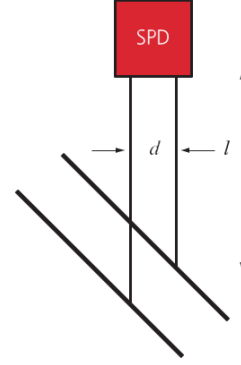
Bağlanma		Meteryal	Enine Kesit mm ²
SPD İçin Bağlantı İletkenleri	Sınıf I	Bakır	5
	Sınıf II		3
	Sınıf III		1

Tablo 44. SPD'lere bağlanan iletkenler için minimum kesit.

CSA	d	Volt drop (per kA per
1 mm ²	3.2 mm	77.1 V
100 mm ²	14.3 mm	33.9 V
1 mm ²	50.0 mm	236.0 V
100 mm ²	50.0 mm	116.0 V

Şekil 109. İletken boyutunun koruyucu voltaj üzerindeki etkisi.

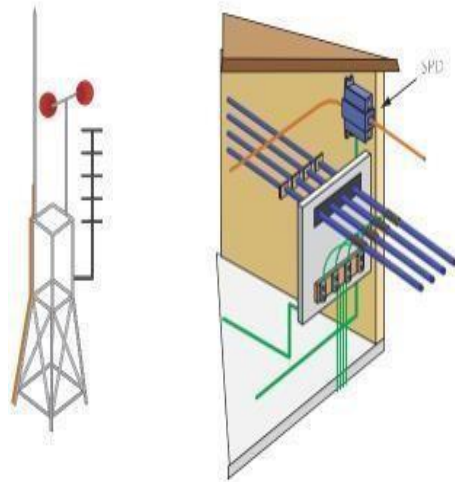
Aşırı büyük iletken boyutlarının kullanılmasıyla elde edilecek çok az avantaj vardır. Şekil 109'da gösterildiği gibi, iletken boyutunu 100 kat artırmanın etkisi, voltaj koruma seviyesinde 2 katlık bir iyileştirmeye sonuçlanmıştır. İletkenin uzunluğu ve iletkenlerin ayrılması daha kritiktir. Uzun kablo uzunluklarından kaçınılmadığında, ayrılmayı azaltmak için telleri birbirine sararak veya bükerek fayda elde edilebilir.



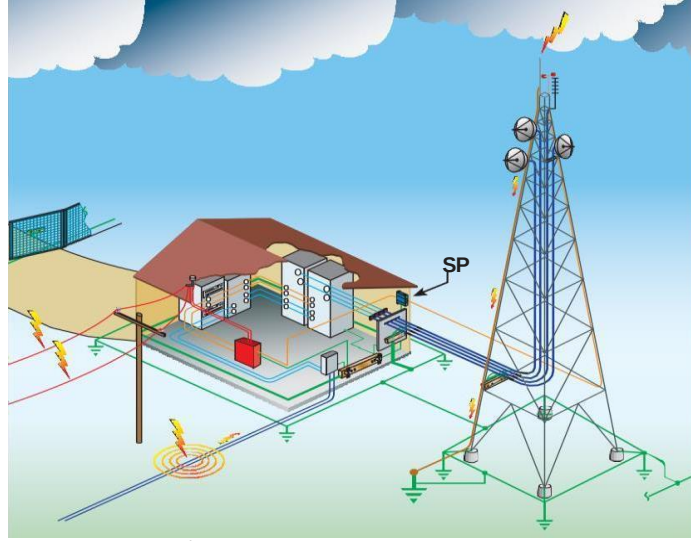
17. Aşırı Gerilim Koruma Cihazları (Devamı)

17.9. YÜKSEK RİSKLİ DURUMLAR

Otopark aydınlatma devreleri yapıdaki bir elektrik panosundan beslenen tesislerde, Bir aydınlatma direğine düşen yıldırımın yapıya geri girme riskini ele almak için SPD koruması gereklidir.



En azından aydınlatmayı besleyen devre üzerine koruma takılmalıdır. Haberleşme kulelerindeki ikaz lambaları için de benzer bir durum söz konusudur.



ŞEKİL 110. Harici devrelerden yıldırım girme riskleri..

UPS'ler genellikle kritik ekipmanları korumak için kullanılır, ancak UPS'lerin kendilerinin genellikle hassas elektronik cihazlar olduğu unutulmamalıdır. Dahili dayanıklılık genellikle 3kA 8/20 μ s seviyelerine kadardır ve özel olarak tasarlanmış SPD'ler kadar sağlam değildir. Birçok UPS sistemi, bakım, UPS arıza koşulları veya UPS aşırı yükleri sırasında (bağlı ekipmanın başlatma ani akım taleplerini karşılamak için) çalışan

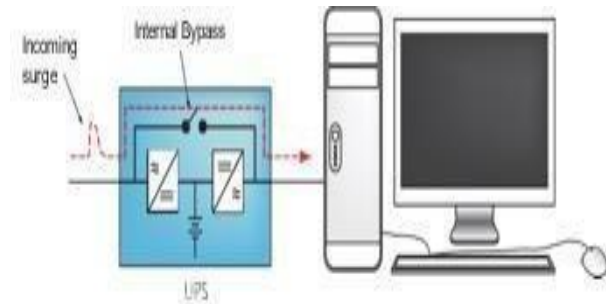


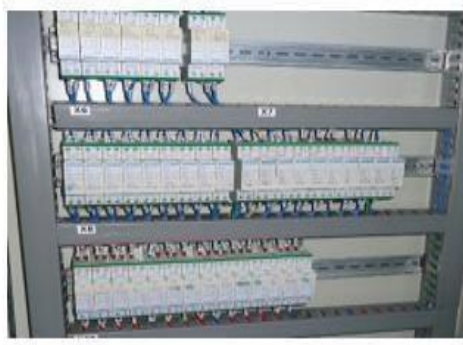
Figure 111. UPS'lere aşırı genlim koruması takılmalıdır

bypass devreleriyle donatılmıştır. Bypass çalışması sırasında bağlı ekipman UPS tarafından korunmayabilir. UPS'lerin yıldırım

akımıyla hasar gördüğü örnekler vardır; daha sonra bilgi işlem ekipmanı bypass devresi tarafından çalıştırılır, ancak bilgi işlem ekipmanının ardından gelen bir yıldırım akımıyla hasar görmesi sağlanır.

18. Telekomünikasyon İçin Aşırı Gerilim Korumalı Cihazlar

18. TELEKOMÜNİKASYON VE SİNYALİZASYON HİZMETLERİ İÇİN AŞIRI GERİLİM KORUYUCU CİHAZLAR



Şekil 114. Endüstriyel tesislerde çok sayıda devrenin korunması gerekebilir.

Telekomünikasyon ve sinyalizasyon hizmetlerinin korunması için iki ana senaryonun dikkate alınması gerekir. LPS vurulduğunda ve toprak potansiyelinin yükselmesi yıldırım akımının hizmetlerden uzak toprak noktalarına akmasına

neden olduğunda aşırı gerilim korumasının dereceleri ve hizmete veya hizmetin yakınına bir flaş olması durumunda gereken derece.

Genellikle telekomünikasyon ve sinyalizasyon hizmetleri, hizmetlerin toprağa olan yüksek empedansı, daha küçük iletken boyutu vb. nedeniyle daha düşük genlikli akımlara maruz kalır.

Telefon, kablolu TV ve diğer tüm hizmetler, tesise, yeraltına veya havaya girmesine bakılmaksızın dikkate alınmalıdır. Yeraltı hizmetleri doğrudan flaşların etkilerine daha az maruz kalsa da, yine de indüklenen ve diğer tehditlere maruz kalırlar. Mevcut çoğu SPD, en kötü durum tehdidini karşılamak için yeterli dalgalanma derecesine sahiptir. Telekomünikasyon

ve sinyal koruyucuları takarken, seçilen SPD'nin belirli hizmet ve amaçlanan uygulama için tasarlanmış olması kritik öneme sahiptir. Kötü seçilmiş bir SPD sinyal kalitesinde kayba neden olabilir. Ayrıca, hizmet sağlayıcının halihazırda koruma kurup kurmadığı ve hizmet kablolarından müşteri kablolarına geçişin sınır noktasının nerede olduğu da dikkate alınmalıdır. Hizmet sağlayıcının izni olmadan SPD'leri hizmet sağlayıcının sahip olduğu devrelere takmayın.



Şekil 112. Telefon devrelerinin fişe takılan aşırı gerilim koruma üniteleri ile korunması.



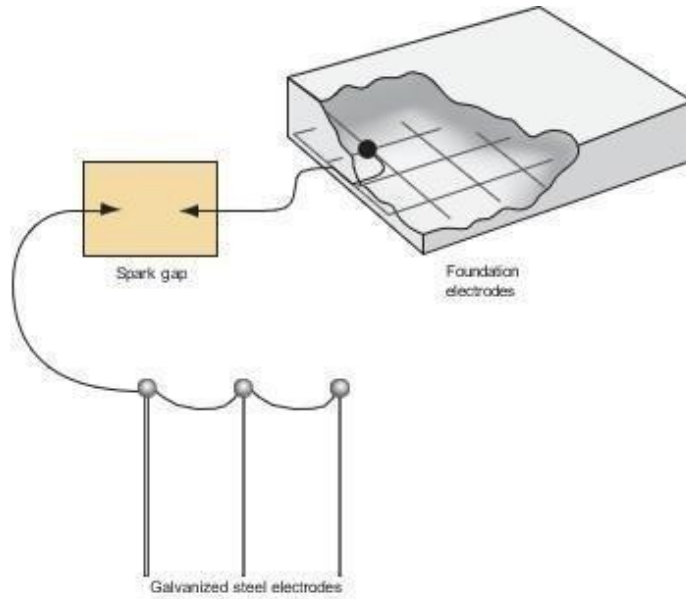
Şekil 113. Gelen anten devrelerinin korumaya ihtiyacı vardır.

Yapının dışında bulunan CCTV kameralarının ve diğer cihazların korunması dikkatlice düşünülmelidir. Ekipman LPS tarafından sağlanan koruma bölgesi içinde mi ve tesise giren enerjiyi azaltmak için devreye aşırı gerilim koruması sağlanıyor mu?

19. Diğer Aşırı Gerilim Koruma Cihazı Uygulamaları

19. DİĞER AŞIRI GERİLİM KORUYUCU CİHAZ UYGULAMALARI

Bu belgede galvanizli çelik elektrotların kullanımı önerilmemektedir. Galvanizli çelik elektrotlar çelik takviyeye (galvanizli çelik veya diğer iletken malzemeler aracılığıyla) bağlandığında, elektrotun ciddi korozyon riski oluşabilir. Galvanizli çelik elektrotlar kullanılması gerekiyorsa, çelik takviyeye olan bu galvanik bağlantıyı etkili bir şekilde kırmak için yalıtım kıvılcım aralıkları kullanılabilir. Normal koşullar altında kıvılcım aralığı izole eder ve galvanik bağlantının üst kısmında yer alır, ancak geçici koşullar altında kıvılcım aralığı yıldırım akımının akmasına izin vermek için iki sistemi geçici olarak birbirine bağlar.



Şekil 115. Topraklama sistemlerinde korozyonu önlemek için SPD'lerin kullanımı.

Sınıf I test kıvılcım aralıkları, minimum I_{imp} 50 kA (10/350 μ s), $U_p \leq 2,5$ kV ve EN 50164-3 ile uyumlu olanlar bu amaç için uygundur. Bölüm 12.3, daha uzun yapılar için elektrik ve elektronik devrelerin bağlanması ihtiyacını açıklamıştır. Bu uygulama için uzman tavsiyesi alınması önerilir.

20. İngiliz Standartları

20. İNGİLİZ STANDARTLARI BS 6651 VE EN/IEC STANDARTLARI

Birleşik Krallık, CENELEC üyesi olarak EN 62305 serisini İngiliz Ulusal Standartları olarak kabul etmiştir. Bu standartlar BS EN 62305-1, 2, 3 ve 4 olarak numaralandırılmıştır. BS EN 62305-2 haricinde, BS EN versiyonları EN kaynağı ile aynıdır.

İngiliz Standardı BS 6651 “Yapıların yıldırıma karşı korunması için uygulama kuralları” 31 Ağustos 2008 tarihinde resmi olarak geri çekilmiştir. Bu tarihten sonra, Birleşik Krallık'taki yıldırımdan korunma tasarımları BS EN 62305 serisi kullanılarak uygulanmalıdır.

EN 50164 serisi standartlar da BS Standartları olarak kabul edilmiştir ve BS EN 62305 serisi tasarımlarda kullanılan malzemeler/bileşenler bu gereklilikleri karşılamalıdır.

20.1. BS EN 62305 İLE BS 6651-1991' NİN KARŞILAŞTIRILMASI

Aşağıda BS EN 62305 serisi ile karşılaştırmalı olarak BS 6651 ana gerekliliklerinin basit bir karşılaştırması verilmiştir.

Standart	BS 6651	IEC 62305			
Koruma seviyesi	Bir	LPL 1	LPL 2	LPL 3	LPL 4
Ağ boyutu	10 x 20 m	5 x 5 m	10 x 10 m	15x15 m	20 x 20 m
Dönen küre	60 m*	20 m	30 m	45 m	60 m
İniş iletken aralığı	20 m	10 m	10 m	15 m	20 m
Yapı <20 m	10 m	10 m	10 m	15 m	20 m
Yapı >20 m					

*20 m hassas elektronikler içeren yapılar için

Tablo 45. BS 6651 ve IEC 62305 tasarım kurallarının karşılaştırılması.

İniş iletkeni sabitlenme (mm)	BS 6651	İEC 62305	
		Şerit & örgülü	Yuvarlak iletkenler
Yatay iletkenler, Yatay yüzeyler	1000	500	1000
Yatay iletkenler, Dikey yüzeyler	500	500	1000
20 metreye kadar dikey iletkenler	1000	1000	1000
20 metrenin üzerindeki dikey iletkenler	500	500	1000

Tablo 46. BS 6651 ve IEC 62305 standartlarının iletken sabitleme gerekliliklerinin karşılaştırması.

Minimum çatı kalınlığı	BS 6651	İEC 62305	
		Delinmeyi önleme	Delinmeye izin verilir
Galvanizli Çelik	0.5 mm	4 mm	0.5 mm
Paslanmaz Çelik	0.4 mm	4 mm	0.5 mm
Bakır	0.3 mm	5 mm	0.5 mm
Alüminyum ve Çinko	0.7 mm	7 mm	0.65 mm
Kurşun	2.0 mm		2.0 mm

Tablo 47. BS 6651 ve IEC 62305 standartlarının doğal çatı yakalama uçları karşılaştırması.

20. İngiliz Standartları (devam)

İniş iletkeni boyutlandırması	BS 6651	IEC 62305
Bakır- Şerit	50 mm ² (min 20 x 2.5 mm)	50 mm ² (min 2 mm kalınlığında)
Bakır- Yuvarlak	50 mm ² (8 mm çap)	50 mm ² (8 mm çap)
Bakır- Örgülü		50 mm ²
Alüminyum- Şerit	50 mm ² (min 20 x 2.5 mm)	70 mm ² (min 3 mm kalınlığında)
Alüminyum- Yuvarlak	50 mm ² (8 mm çap)	50 mm ² (8 mm çap)
Alüminyum- Örgülü		50 mm ²

Tablo 48. BS 6651 ve IEC 62305 standartlarının iniş iletkeni gerekliliklerinin karşılaştırması.

20.2. BS EN 62305-2 İLE IEC/EN 62305-2' NİN KARŞILAŞTIRILMASI

BS EN 62305-2 (Risk Yönetimi) IEC/EN 62305-2'nin İngiliz Ulusal Standart versiyonudur. İngiliz versiyonunda ek olarak NB, NC, NH ve NK adlı ulusal ekler bulunmaktadır. NB & NC ekleri, Birleşik Krallık için daha uygun olan hasar olasılığı değerlerini ve kayıplarının değerlendirilmesini sağlar. NH eki, Birleşik Krallık için daha uygun değerlerin kullanıldığı IEC/EN ekleri B, C & H'nin yeniden işlenmiş (ve düzeltilmiş) örnekleridir. NK eki alternatif kabul edilebilir risk değerlerini tanıtmaktadır (standartın Bölüm 5.4, Tablo 7'sine alternatif olarak). Her iki değer de aşağıdaki Tablo 49'da karşılaştırılmıştır. NK eki ayrıca Britanya Adaları için yer yıldırım yoğunluğu haritası ve dünya yıldırım günü haritasını içerir.

Kayıp Türleri	IEC / EN 62305-2 RT (y-1)	BS EN 62305-2 RT (y-1)
İnsan hayatının kaybı veya kalıcı yaralanmalar	10^{-5}	10^{-5}
Kamu hizmetlerinde kayıp	10^{-3}	10^{-4}
Kültürel mirasın kaybı	10^{-3}	10^{-4}

Tablo 49. BS EN 62305-2 ve IEC/EN 62305-2 arasındaki kabul edilebilir kayıpların karşılaştırılması.

Alternatif kabul edilebilir risk değerleri yıldırımdan korunmanın gerekli olma olasılığını ve / veya gerekli yıldırımdan korunma seviyesini artırma etkisine sahiptir. Birleşik Krallık'ın kültürel mirasa ve kamu hizmetlerine daha fazla önem verdiği öne sürülebilir. IEC/EN 62305-2'de Tablo 7'nin (kabul edilebilir risk seviyeleri) temsili değerler olarak verildiği ve kabul edilebilir riskin değerini belirlemenin yetki sahibi makamın sorumluluğunda olduğu tavsiyesinde bulunulduğu belirtilmelidir. İngiliz Standardı yıldırımdan korunma komitesi, İngiltere'de tablo NK.1'de verilen değerlerinin kullanılmasını tavsiye etmektedir.

21. IEC Tasarım Standardı

21. IEC TASARIM STANDARDI İLE EN BİLEŞEN STANDARDI ÇATIŞMALARI

IEC 62305-3 tasarım standardı, iletkenler, hava uçları ve topraklama malzemeleri için malzeme gereksinimlerini detaylandırır. EN 50164-2 standardı ise bu standartlar için test gereksinimlerini açıklar. Ne yazık ki, bu standartlar arasında bazı küçük tolerans farklılıkları bulunmaktadır; bu nedenle, her iki standartla uyumun gerektiği durumlarda (örneğin CENELEC üyesi ülkelerde) en kötü senaryo değerlerinin kullanılması gerekmektedir.



Güçlü marka portföyümüz:

CADDY ERICO HOFFMAN RAYCHE SCHROFF TRACER



nVent.com/ERICO

UYARI. nVent ürünleri yalnızca nVent'in ürün talimat sayfalarında ve eğitim materyallerinde belirtildiği şekilde kurulmalı ve kullanılmalıdır. Talimat sayfaları nVent.com/ERICO adresinden ve nVent müşteri hizmetleri temsilcinizden temin edilebilir. Yanlış kurulum, yanlış kullanım, yanlış uygulama veya nVent'in talimatlarına ve uyarılarına tam olarak uyulmaması ürünün arızalanmasına, maddi hasara, ciddi bedensel yaralanmalara ve ölüme neden olabilir ve/veya garantinizi geçersiz kılabilir. ©2018 nVent. ©2018 nVent. Tüm nVent markaları ve logoları nVent Services GmbH veya bağlı kuruluşlarına aittir veya lisanslıdır. Diğer tüm ticari markalar ilgili sahiplerinin mülkiyetindedir. nVent, teknik özellikleri önceden haber vermeksizin değiştirme hakkını saklı tutar. ERICO-TH-E907W-E696LT10WWEN-EN-1805