



TÜRK STANDARDI

TS EN 62305-1

Kasım 2011

TS EN 62305-1:2007 yerine

ICS 29.020; 91.120.40

**Yıldırımdan korunma - Bölüm 1: Genel kurallar
(IEC 62305-1:2010, modified)**

Protection against lightning - Part 1: General principles
(IEC 62305-1:2010, modified)

Protection contre la foudre -
Partie 1: Principes généraux
(IEC 62305-1:2010, modified)

Blitzschutz -
Teil 1: Allgemeine Grundsätze
(IEC 62305-1:2010, modified)

EN 62305-1:2011 Standardının Türkçe Tercümesidir.

TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ
Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA

Milli Önsöz

- Bu standard; CENELEC tarafından onaylanan ve Kasım 2011 tarihinde TS EN 62305-1:2011 numaralı Türk standardı olarak kabul edilen EN 62305-1:2011 standardı esas alınarak, Türk Standardları Enstitüsü Elektrik İhtisas Grubu'na bağlı Elektroteknik Güvenlik ve Aydınlatma Özel Daimi Komitesi marifetiyle Türkçeye tercüme edilmiş, TSE Teknik Kurulu'nun 05.06.2012 tarihli toplantısında kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.
- Bu standard yayımlandığında TS EN 62305-1:2007 yerini alır.
- CEN/CENELEC resmi dillerinde yayınlanan diğer standard metinleri ile aynı haklara sahiptir.
- Bu standardda kullanılan bazı kelime ve/veya ifadeler patent haklarına konu olabilir. Böyle bir patent hakkının belirlenmesi durumunda TSE sorumlu tutulamaz.
- Bu standardda atıf yapılan standartların milli karşılıkları aşağıda verilmiştir.

EN, ISO, IEC vb. No	Adı (İngilizce)	TS No¹⁾	Adı (Türkçe)
IEC 62305-2:2010	Protection against lightning - Part 2: Risk management	TS EN 62305-2	Yıldırımdan korunma - Bölüm 2: Risk yönetimi
IEC 62305-3:2010	Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard	TS EN 62305-3*:2011	Yıldırımdan korunma – Bölüm 3: Yapılarda fiziksel hasar ve hayati tehlike
IEC 62305-4:2010	Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures	TS EN 62305-4*:2011	Yıldırımdan korunma - Bölüm 4: Yapılardaki elektrik ve Elektronik sistemler

¹⁾ **TSE Notu:** Atıf yapılan standartların TS numarası ve Türkçe adı 3. ve 4. kolonda verilmiştir.

Yıldırımdan korunma - Bölüm 1: Genel kurallar (IEC 62305-1:2010, modified)

Protection against lightning - Part 1: General principles
(IEC 62305-1:2010, modified)

Protection contre la foudre -
Partie 1: Principes généraux
(IEC 62305-1:2010, modified)

Blitzschutz -
Teil 1: Allgemeine Grundsätze
(IEC 62305-1:2010, modified)

Bu Avrupa standardı CENELEC tarafından 13 Ocak 2011 tarihinde kabul edilmiştir.

CEN/CENELEC üyeleri, bu Avrupa Standardına hiçbir değişiklik yapmaksızın ulusal standard statüsü veren koşulları öngören CEN/CENELEC İç Tüzüğü'ne uymak zorundadırlar. Bu tür ulusal standartlarla ilgili güncel listeler ve bibliyografik atıflar, CEN/CENELEC Yönetim Merkezi'ne veya herhangi bir CEN/CENELEC üyesine başvurarak elde edilebilir.

Bu Avrupa Standardı, üç resmi dilde (İngilizce, Fransızca, Almanca) yayınlanmıştır. Başka herhangi bir dile tercümesi, CEN/CENELEC üyesinin sorumluluğundadır ve resmi sürümleri ile aynı statüde olduğu CEN/CENELEC Yönetim Merkezi'ne bildirilir.

CENELEC üyeleri sırasıyla, Almanya, Avusturya, Belçika, Birleşik Krallık, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Kıbrıs, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Malta, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya ve Yunanistan'ın millî standard kuruluşlarıdır.

CENELEC

Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Yönetim Merkezi : Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

Önsöz

IEC/TC 81 'Yıldırımdan korunma' teknik komitesi tarafından hazırlanan IEC 62305-1'in gelecek 2. Baskısı olan 81/370/FDIS dokümanının metni, IEC-CENELEC paralel oylamasına gönderilmiş ve 13-01-2011 tarihinde CENELEC tarafından EN 62305-1 olarak kabul edilmiştir.

Bu Avrupa Standardı EN 62305-1:2006 + corr. Nov.2006 standardının yerini alır.

Bu EN 62305-1:2011 standardının, EN 62305-1:2006 + corr. Nov.2006 standardından önemli farklılıkları şöyledir:

- 1) Yapılara bağlanan hizmetlerin korunmasını kapsamaz ;
- 2) Elektrik ve elektronik sistemlerin arızasını azaltmak için koruma önlemleri olarak yalıtılmış arayüzler eklenmiştir;
- 3) Hesaplama amaçları için yeni bir yıldırım parametresi olarak ilk negatif darbe akımı eklenmiştir;
- 4) Yıldırım boşalmaları nedeniyle beklenen darbe aşırı akımları alçak gerilim güç sistemleri ve telekomünikasyon sistemleri için daha doğru bir biçimde belirtilmiştir;

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

Aşağıdaki tarihler tespit edilmiştir:

- Özdeş ulusal standart olarak yayınlayarak veya onay duyurusu yaparak EN'nin ulusal düzeyde uygulamaya konması gereken en son tarih (dop) 13-10-2011

- EN ile çelişen ulusal standartların yürürlükten kaldırılması gereken en son tarih (dow) 13-01-2014

Ek ZA, CENELEC tarafından eklenmiştir.

Onay bilgisi

IEC 62305-1:2010 Uluslararası Standardının metni, CENELEC tarafından herhangi bir değişiklik yapılmaksızın Avrupa Standardı olarak onaylanmıştır.

Resmi sürümünde, aşağıdaki notların Kaynaklar'a eklenmesi gerekmektedir:

[1] IEC 60664-1:2007 Not – EN 60664-1:2007 olarak harmonize edilmiştir (değiştirilmemiş).

[2] IEC 61000-4-5 Not – EN 61000-4-5 olarak harmonize edilmiştir.

[7] IEC 61643-1 Not – EN 61643-1 olarak harmonize edilmiştir.

[8] IEC 61643-21 Not – EN 61643-21 olarak harmonize edilmiştir.

Ek ZA

İlgili Avrupa standartlarının kaynakları ile bu standardda atıf yapılan diğer uluslararası standartlar

Bu standardda, tarih belirtilerek veya belirtilmeksizin diğer standard ve/veya dokümanlara atıf yapılmaktadır. Bu atıflar metin içerisinde uygun yerlerde belirtilmiş ve aşağıda liste halinde verilmiştir. Tarih belirtilen atıflarda daha sonra yapılan tadil veya revizyonlar, atıf yapan bu standardda da tadil veya revizyon yapılması şartı ile uygulanır. Atıf yapılan standard ve/veya dokümanın tarihinin belirtilmemesi halinde en son baskısı kullanılır

Not - Uluslar arası standardda (mod) ile gösterilen CENELEC ortak değişikliği yapıldığında ilgili EN/HD uygulanır.

Standard	Yıl	Başlık	EN/HD	Yıl
-----	-----	-----	-----	-----

IEC 62305-2	2010	Protection against lightning - Part 2: Risk management	EN 62305-2	2011
IEC 62305-3	2010	Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard	EN 62305-3	2011
IEC 62305-4	2010	Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures	EN 62305-4	2011

ULUSLARARASI STANDARD

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONAL

Yıldırımdan korunma - Bölüm 1: Genel kurallar
Bölüm 1: Genel Özellikler

Protection against lightning - Part 1: General principles
Part 1: General requirements

Protection contre la foudre -
Partie 1: Principes généraux



TELİF HAKKI KORUMALI DOKÜMAN

© Copyright 2011 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

IEC hakkında

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

IEC yayınları hakkında

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

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

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

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

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

§Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

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

ULUSLARARASI STANDARD

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONAL

Yıldırımdan korunma - Bölüm 1: Genel kurallar
Bölüm 1: Genel Özellikler

Protection against lightning - Part 1: General principles
Part 1: General requirements

Protection contre la foudre -
Partie 1: Principes généraux

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

Yıldırımdan korunma - Bölüm 1: Genel kurallar

Bölüm 1 : Genel Özellikler

ÖNSÖZ

1) Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC), tüm ulusal elektroteknik komitelerden (IEC Ulusal Komiteler) oluşan dünya çapında bir standardizasyon kuruluşudur. IEC'nin amacı, elektrik ve elektronik alanlarda standardizasyonla ilgili tüm sorulara dair uluslararası işbirliğini desteklemektir. IEC, bu amacı gerçekleştirmek için ve diğer faaliyetlerine ek olarak Uluslararası Standardlar, Teknik Spesifikasyonlar, Teknik Raporlar, Herkesin Kullanımına Açık Spesifikasyonlar (PAS) ve Rehberler (bundan böyle 'IEC Yayını/ları' olarak anılacaktır.) yayınlar. Yayınların hazırlanması görevi teknik komitelere verilmiştir; üzerinde çalışma yapılan konu ile ilgilenen herhangi bir IEC Ulusal Komitesi, bu hazırlık çalışmasına katılabilir. IEC ile işbirliği içindeki Uluslararası kuruluşlar, kamu kuruluşları ve sivil toplum kuruluşları da bu hazırlık çalışmalarına katılabilir IEC, iki kuruluş arasındaki anlaşma çerçevesinde belirlenen şartlara uygun olarak Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu (ISO) ile yakın işbirliği içindedir.

2) IEC'nin teknik konulara dair resmi kararları veya mutakabatlari, teknik komitelerin konuyla ilgilenen tüm IEC Ulusal Komitelerinden üyeleri olduğu için, mümkün olduğunca ilgili konulardaki uluslararası fikir birliği anlamına gelir.

3) IEC Yayınları, uluslararası kullanım için tavsiyeler şeklindedir ve IEC Ulusal Komiteleri tarafından da bu anlamda kabul edilirler. IEC Yayınlarının teknik muhtevasının doğru olmasını sağlamak için her türlü gayret gösterilmiş olsa da, IEC yayınlarının nihai kullanıcı tarafından kullanım yolları ya da nihai kullanıcıların yanlış yorumlamaları konusunda sorumlu tutulamaz.

4) IEC Ulusal Komiteleri, uluslararası tekipliği desteklemek için IEC yayınlarını kendi ulusal ve bölgesel yayınlarına azami ölçüde şeffaf bir biçimde uygulamayı taahhüt ederler. Herhangi bir IEC Yayını ile karşılık gelen ulusal veya bölgesel yayın arasındaki herhangi bir farklılık, ulusal veya bölgesel yayında açıkça belirtilmelidir.

5) IEC, uygunluk onaylaması yapmaz. Bağımsız belgelendirme kuruluşları uygunluk değerlendirmesi hizmeti verir ve bazı alanlarda IEC uygunluk markalarını kullanır. IEC, bağımsız belgelendirme kuruluşlarının gerçekleştirdiği herhangi bir hizmetten sorumlu tutulamaz.

6) Tüm kullanıcılar, bu yayının son baskısına sahip olduklarından emin olmalıdırlar.

7) Herhangi bir kişisel yaralanma, mal hasarı ya da herhangi bir diğer hasardan ve bu IEC yayınının ya da diğer herhangi bir IEC yayınının yayınlanmasından, kullanımdan, ya da buna dayanılmasından kaynaklanan masraflar (yasal ücretler dahil) veya harcamalardan dolayı IEC ve IEC'nin yöneticileri, çalışanları, hizmetlileri veya teknik komitelerinin üyeleri ve uzmanları ve IEC Ulusal Komiteleri dahil temsilcileri doğrudan ya da dolaylı olarak sorumlu tutulamaz.

8) Bu yayında verilen Normatif atıflara dikkat edilmelidir. Atıf yapılan yayınların kullanımı, bu yayının doğru uygulaması için kaçınılmazdır.

9) Bu IEC Yayınının bazı unsurlarının patent haklarına konu olma ihtimaline dikkat edilmelidir. IEC bu tür herhangi bir ya da tüm patent haklarının belirlenmesi durumunda sorumlu tutulamaz.

IEC 62305-1 Uluslararası Standardı, IEC 81 'Yıldırımdan korunma' teknik komitesi tarafından hazırlanmıştır .

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

Önceki baskıyla önemli teknik farklılıkları şöyledir:

- 1) Yapılara bağlanan hizmetlerin korunmasını kapsamaz ;
- 2) Elektrik ve elektronik sistemlerin arızasını azaltmak için koruma önlemleri olarak yalıtılmış arayüzler eklenmiştir;
- 3) Hesaplama amaçları için yeni yıldırım parametresi olarak ilk negatif darbe akımı eklenmiştir;
- 4) Yıldırım boşalmaları nedeniyle beklenen darbe aşırı akımları alçak gerilim güç sistemleri ve telekomünikasyon sistemleri için daha doğru bir biçimde belirtilmiştir;

Bu standart metni aşağıdaki dokümanlara dayalıdır:

FDIS Oylama raporu

81/370/FDIS 81/380/RVD

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

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

IEC 62305 serisindeki tüm bölümlerin listesi Yıldırıma karşı korunma genel başlığı altında IEC web sitesinde bulunabilir .

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

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

Bu yayının iki dildeki versiyonu gelecekte yayınlanabilir.

İçindekiler

ÖNSÖZ.....	5
0 Giriş.....	7
1 Kapsam.....	8
2 Atıf yapılan standard ve/veya dokümanlar.....	8
3 Terimler ve tarifler.....	8
4 Yıldırım akımının parametreleri.....	12
5 Yıldırımdan dolayı meydana gelen hasar.....	13
5.1 Yapıya gelen hasar.....	13
5.1.1 Yıldırımın yapı üzerindeki etkileri.....	13
5.1.2 Yapıya verilen hasarın kaynakları ve tipleri.....	14
5.2 Kayıp tipleri.....	15
6 Yıldırımdan korunma ihtiyacı ve ekonomik değerlendirme.....	17
6.1 Yıldırımdan korunma ihtiyacı.....	17
6.2 Yıldırımdan korunmanın ekonomik değerlendirmesi.....	17
7 Korunma tedbirleri.....	17
7.1 Genel.....	17
7.2 Temas ve adım gerilimlerinden dolayı canlıların zarar görmesini azaltmak için uygulanacak tedbirler.....	18
7.3 Fiziksel hasarı azaltmak için korunma tedbirleri.....	18
7.4 Elektriksel ve elektronik sistemlerin arızasını azaltmak için korunma tedbirleri.....	18
7.5 Korunma tedbirlerinin seçimi.....	18
8 Yapıların korunması için temel kriterler.....	19
8.1 Genel.....	19
8.2 Yıldırımdan korunma seviyeleri (LPL).....	19
8.3 Yıldırımdan korunma bölgeleri (LPZ).....	21
8.4 Yapıların korunması.....	24
8.4.1 Fiziksel hasarı ve ölüm tehlikesini azaltmak için korunma.....	24
8.4.2 İç sistemlerin arızasını azaltmak için korunma.....	24
Ek A (Bilgi için) Yıldırım akımının parametreleri.....	25
Ek B (Bilgi için) Analiz için yıldırım akımının zaman fonksiyonları.....	34
Ek C (Bilgi için) Deney amaçları için yıldırım akımının simüle edilmesi.....	39
Ek D (Bilgi için) LPS bileşenleri üzerinde yıldırımın etkilerini simüle eden deney parametreleri.....	42
Ek E (Bilgi için) Farklı tesis noktalarına düşen yıldırımdan kaynaklanan ani darbeler.....	54
Kaynaklar.....	59

0 Giriş

Tabiattaki hava şartlarını yıldırım boşalmalarını önleyebilecek derecede değiştirme kabiliyetine sahip cihazlar veya metotlar mevcut değildir. Yapılara veya yapıların yakınına (veya yapılarla bağlı hatlara) isabet eden yıldırım çakmaları hatlar gibi insanlar, yapılar, yapıların içindekiler ve tesisler için tehlikelidir. Bundan dolayı yıldırımdan korunma tedbirlerinin uygulanması gereklidir.

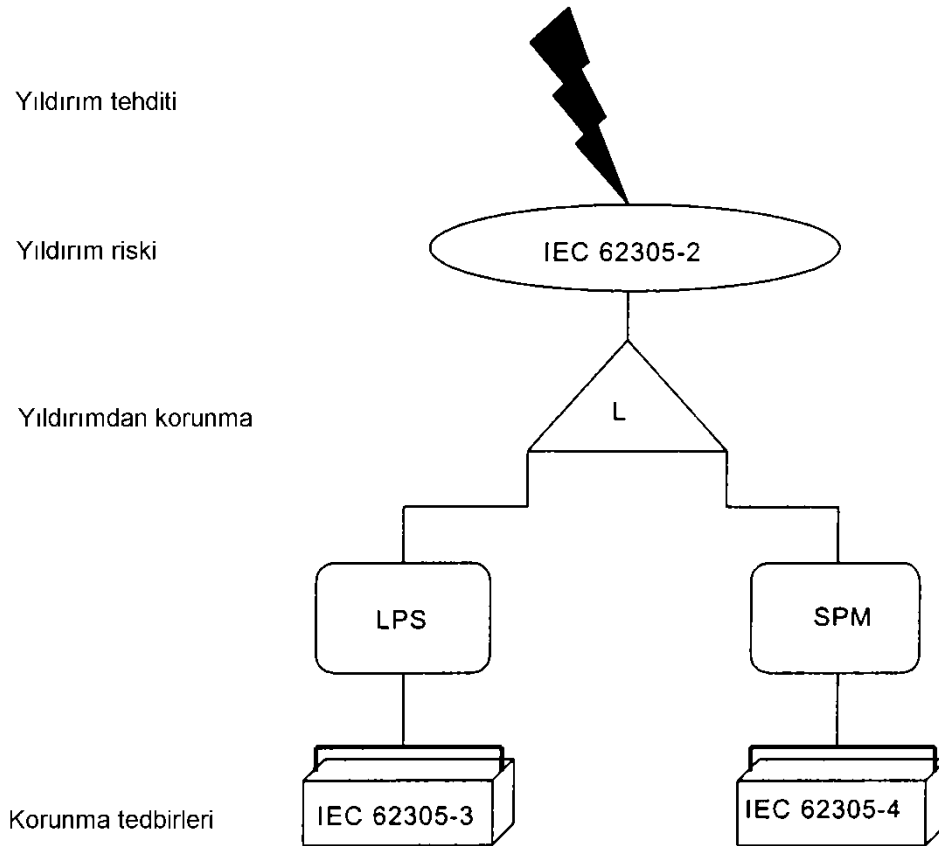
Korunma ihtiyacı, korunma tedbirlerinin yerleştirilmesinin ekonomik faydaları ve yeterli korunma tedbirlerinin seçimi risk yönetimi usullerine göre yapılmalıdır. Risk yönetimi IEC 62305-2'nin konusudur.

IEC 62305 serisinin dikkate aldığı koruma tedbirlerinin riskin azaltılmasında etkin olduğu ispatlanmıştır.

Yıldırımdan korunma için bütün tedbirler yıldırımdan korunmanın tamamını oluşturur. Uygulamadaki nedenlerden dolayı yıldırımdan korunma tedbirlerinin tasarımı, tesisi ve bakımı iki grupta dikkate alınır.

- Bir yapı içindeki ölüm ve fiziki hasar tehlikesini azaltmak için olan koruma tedbirleri ile ilgili birinci grup IEC 62305-3'te verilmiştir,
- Bir yapı içindeki elektriksel ve elektronik sistemlerin arızalarını azaltmak için koruma tedbirleri ile ilgili ikinci grup IEC 62305-4'te verilmiştir.

IEC 62305'in bölümleri arasındaki ilişki Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1 – IEC 62305'nin çeşitli bölümleri arasındaki ilişki

Yıldırımdan korunma - Bölüm 1: Genel kurallar

1 Kapsam

Bu standard, insanlar gibi tesisleri ve içindekiler dahil yapıların yıldırıma karşı korunması için takip edilecek olan genel kuralları kapsar.

Aşağıdakiler bu standardın kapsamı dışındadır:

- Demiryolu sistemleri,
- Taşıt araçları, gemiler, uçaklar, açık deniz tesisleri,
- Yeraltındaki yüksek basınçlı boru hatları,
- Bir yapının dışında olan boru, elektrik ve haberleşme hatları.

Not - Genellikle bu sistemler çeşitli özel kurumların çıkardığı ilgili yönetmeliklere tabidir.

2 Atıf yapılan standard ve/veya dokümanlar

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

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

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

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

3 Terimler ve tarifler

Bu standardın amacı için aşağıdaki terim ve tarifler uygulanır.

3.1 Yere yıldırım çakması

Bulutla yer arasında bir veya daha fazla darbeden oluşan atmosfer kaynaklı elektriksel boşalma.

3.2 Aşağıya çakma

Buluttan yere, aşağı yönde bir kılavuzun başlattığı yıldırım çakması.

Not - Aşağıya çakma ardışık darbeler tarafından takip edilebilen birinci darbeden meydana gelir. Bir veya daha fazla sayıda kısa darbeyi bir uzun darbe takip edebilir.

3.3 Yukarıya çakma

Topraklanmış bir yapıdan buluta doğru yukarı yönde bir kılavuzun başlattığı yıldırım çakması.

Not - Yukarıya çakma üzerine bindirilmiş çoklu kısa darbe bulunan veya bulunmayan bir ilk uzun darbeden meydana gelir. Bir veya daha fazla sayıda kısa darbeyi bir uzun darbe takip edebilir.

3.4 Yıldırım darbesi

Yere isabet eden bir yıldırım çakmasının içindeki tek elektriksel boşalma.

3.5 Kısa darbe

Bir yıldırım çakmasının bir darbe akımına karşılık gelen kısmı.

Not - Bu akım tipik olarak 2 ms'den daha az kuyruktaki tepe değerinin yarısına kadar olan T_2 zamanına sahiptir (Şekil A.1'e bakılmalıdır).

3.6 Uzun darbe

Bir yıldırım çakmasının sürekli akıma karşılık gelen kısmı.

Not - Bu sürekli akımın T_{long} süresi (cephenin % 10 değeri ile kuyruğun % 10 değeri arasındaki zaman) tipik olarak 2 ms'den uzun, 1 s'den kısadır (Şekil A.2'ye bakılmalıdır).

3.7 Çoklu darbe

Tipik olarak aralarında yaklaşık 50 ms zaman aralığı olan, ortalama olarak 3-4 darbeden meydana gelen yıldırım çakması.

Not - 10 ms'den 250 ms'ye kadar olan bölgedeki değerlerde aralarında zaman aralıkları bulunan birçok darbeye sahip olaylar bildirilmiştir.

3.8 Düşme noktası

Yıldırımın yere veya çıkıntı yapan bir nesneye (yapı, LPS, hizmet tesisatı, ağaç, vb) düştüğü nokta.

Not - Bir yıldırım çakmasının birden fazla düşme noktası olabilir.

3.9 Yıldırım akımı, i

Düşme noktasında akan akım.

3.10 Akım tepe değeri, I

Yıldırım akımının en yüksek değeri.

3.11 Kısa darbe akımının cephesinin ortalama dikliği

Akımın $\Delta t = t_2 - t_1$ zaman aralığında ortalama değişme hızı.

Not - Bu değer, söz konusu zaman aralığının başında ve sonundaki akımın $\Delta i = i(t_2) - i(t_1)$ değerlerinin farkının $\Delta t = t_2 - t_1$ zaman aralığına bölümü olarak ifade edilir (Şekil A.1'e bakılmalıdır).

3.12 Kısa darbe akımının cephe süresi, T_1

Tepe değerinin % 10 ve % 90 değerlerine ulaşılma zamanları arasındaki sürenin 1,25 katı olarak tarif edilen sanal parametre (Şekil A.1'e bakılmalıdır).

3.13 Kısa darbe akımının sanal orijini, O_1

Darbe akımı cephesinin % 10 ve % 90 referans noktalarından (Şekil A.1) çizilen çizginin zaman eksenini kestiği nokta; bu nokta akımın tepe değerinin % 10'una ulaştığı andan 0,1 T_1 kadar öncedir.

3.14 Kısa darbe akımının yarı değerine kadar olan süre, T_2

Sanal orijin O_1 ile akımın tepe değerinin yarısına indiği zaman arasındaki süre olarak tarif edilen sanal parametre (Şekil A.1'e bakılmalıdır).

3.15 Çakma süresi, T

Düşme noktasında yıldırım akımının aktığı süre.

3.16 Uzun darbe akımın süresi, T_{long}

Bir uzun darbedeki akımın sürekli akımın yükselmesi sırasında tepe değerinin % 10'u ile sürekli akımın azalması sırasında tepe değerinin % 10'u arasında bulunduğu süre (Şekil A.2'ye bakılmalıdır).

3.17 Çakma yükü, Q_{flash}

Bütün yıldırım çakması süresi boyunca yıldırım akımının zaman göre alınan entegrali.

3.18 Kısa darbe yükü, Q_{short}

Bir kısa darbedeki yıldırım akımının zaman entegrali.

3.19 Uzun darbe yükü, Q_{long}

Bir uzun darbedeki yıldırım akımının zaman entegrali.

3.20 Özgül enerji, W/R

Bütün yıldırım çakması süresi boyunca alınan yıldırım akımının karesinin zaman entegrali.

Not – Bu, yıldırım akımının bir birim dirençte harcadığı enerjiyi temsil eder.

3.21 Kısa darbe akımının özgül enerjisi

Kısa darbe süresi boyunca alınan yıldırım akımının karesinin zaman entegrali.

Not – Uzun darbe akımının özgül enerjisi ihmal edilebilir.

3.22 Korunacak yapı

Bu standarda uygun olarak yıldırımın etkilerine karşı korunması gereken yapı.

Not – Korunacak yapı daha büyük başka bir yapının bölümü olabilir.

3.23 Hat

Korunacak yapıya bağlı enerji hattı veya haberleşme hattı.

3.24 Haberleşme hatları

Telefon veya veri hattı gibi ayrı yapılara yerleştirilebilen teçhizat arasındaki haberleşme için amaçlanmış hatlar.

3.25 Enerji hatları

Alçak gerilim (LV) veya yüksek gerilim (HV) elektrik şebekesi gibi yapıda bulunan elektriksel ve elektronik teçhizata güç sağlamak için yapıyı elektrik enerjisi ile besleyen dağıtım hatları.

3.26 Yapıya olan yıldırım çakması

Korunacak yapıya düşen yıldırım çakması.

3.27 Yapının yakınındaki yıldırım çakması

Tehlikeli aşırı gerilimlere sebep olabilen, korunacak yapıya oldukça yakın düşen yıldırım çakması.

3.28 Elektriksel sistem

Alçak gerilim güç kaynağı bileşenlerini birbirine bağlayan sistem.

3.29 Elektronik sistem

Haberleşme teçhizatı, bilgisayar, kontrol ve ölçü aletleri sistemleri, radyo sistemleri, güç elektroniği tesisleri gibi hassas elektronik bileşenleri birbirine bağlayan sistem.

3.30 İç sistemler

Bir yapı içindeki elektriksel ve elektronik sistemler.

3.31 Fiziksel hasar

Yıldırımın mekanik, ısı, kimyasal ve patlama etkilerinden dolayı bir yapıya (veya içindekilere) verilen hasar.

3.32 Canlıların yaralanması

Yıldırımın temas ve adım gerilimlerinden dolayı ölüm dahil insanların veya hayvanların elektrik çarpmasından dolayı olan kalıcı yaralanmaları.

Not - Canlılar başka şekilde de yaralanmasına rağmen bu standarddaki 'canlıların yaralanması' terimi elektrik çarpmasından dolayı (hasar D1 tipi) tehlike ile sınırlandırılmıştır.

3.33 Elektriksel ve elektronik sistemlerin arızalanması

LEMP etkisinden dolayı elektriksel ve elektronik sistemlerde oluşan kalıcı hasar.

3.34 Yıldırım elektromanyetik darbesi, LEMP

Dirençli , endüktif ve kapasitif bağlantılar vasıtasıyla ani darbeler ve yayılan elektromanyetik alanlar yaratan yıldırım akımının bütün elektromanyetik etkileri.

3.35 Ani darbe

Aşırı gerilim ve/veya aşırı akım olarak görülebilen, LEMP tarafından yaratılan geçici rejim darbesi.

3.36 Yıldırımdan korunma bölgesi, LPZ

Yıldırımın elektromanyetik çevresinin tanımlandığı bölge.

Not - LPZ'nin bölge sınırlarının fiziksel sınırlar (örnek olarak, duvarlar, yer ve tavan gibi) olması gerekli değildir.

3.37 Risk, R

Korunacak yapının toplam değerine (insanlar veya mallar) göre yıldırımdan dolayı meydana gelmesi muhtemel ortalama yıllık kayıp (insanlar veya mallar) değeri.

3.38 Katlanılabilir risk, R_T

Korunacak yapı için katlanılabilir azami risk değeri.

3.39 Yıldırımdan korunma seviyesi, LPL

Doğal olarak meydana gelen yıldırımda azami ve asgari tasarım değerlerinin aşılmaması ihtimaline ilişkin bir yıldırım akım parametreleri takımıyla ilgili bir sayı.

Not - Yıldırımdan korunma seviyesi ilgili yıldırım akım parametreleri takımına göre korunma tedbirlerini tasarlamak için kullanılır.

3.40 Korunma tedbirleri

Riski azaltmak maksadıyla korunacak yapı için alınması gereken tedbirler.

3.41 Yıldırımdan korunma, LP

Genel olarak LPS ve SPM'den meydana gelen insanlar gibi iç sistemleri ve içindekileri dahil yıldırıma karşı yapıların korunması için olan sistemin tamamı.

3.42 Yıldırımdan korunma sistemi, LPS

Bir yapıya yıldırım düşmesinden dolayı meydana gelebilecek fiziksel hasarı azaltmak için kullanılan sistemin tamamı.

Not – Bu sistem iç ve dış yıldırımdan korunma sistemlerinden meydana gelir.

3.43 Dış yıldırımdan korunma sistemi

LPS'nin bir hava sonlandırma sistemi, bir iniş iletkeni sistemi ve bir toprak sonlandırma sisteminden meydana gelen bölümü.

3.44 İç yıldırımdan korunma sistemi

LPS'nin eş potansiyel kuşaklama ve/veya dış LPS'nin elektriksel yalıtımından meydana gelen bölümü.

3.45 Hava sonlandırma sistemi

LPS'nin çubuklar, ızgara iletkenler veya havai teller kullanılarak yıldırım çakmalarını yakalaması amaçlanan bölümü.

3.46 İniş iletkeni sistemi

LPS'nin yıldırım akımını hava sonlandırma sisteminden toprak sonlandırma sistemine iletmesi amaçlanan bölümü.

3.47 Toprak sonlandırma sistemi

LPS'nin yıldırım akımını toprağa ilemesi ve orada dağıtması amaçlanan bölümü.

3.48 Dış iletken bölümler

Borular, kablonun metal elemanları, metal kanallar, vb. gibi yıldırım akımının bir bölümünü taşıyabilen korunacak binaya giren veya çıkan dışarıdaki metal elemanlar.

3.49 Yıldırım eş potansiyel kuşaklama, EB

Yıldırım akımının sebep olduğu potansiyel farklarını azaltmak üzere, ayrı metal bölümlerin doğrudan iletken bağlantılar veya ani darbe koruyucu cihazlar üzerinden LPS'ye kuşaklanması.

3.50 Konvansiyonel topraklama empedansı

Genel olarak genlikle eş zamanlı olarak meydana gelmeyen toprak sonlandırma geriliminin ve toprak sonlandırma akımının tepe değerlerinin oranı.

3.51 LEMP korunma tedbirleri, SPM

LEMP etkilerine karşı iç sistemlerin korunması için alınan tedbirler.

3.52 Manyetik ekran

Elektriksel ve elektronik sistemlerin arızalarını azaltmak üzere, korunacak yapıyı veya onun bir bölümünü her yönden örten kapalı, metalik, ızgara benzeri veya sürekli ekran.

3.53 Ani darbe koruyucu cihaz, SPD

En az bir adet doğrusal olmayan bileşen bulduran, geçici rejim aşırı gerilimlerini sınırlandırması ve ani darbe akımlarının yönünü değiştirmesi amaçlanan cihaz.

3.54 Koordineli SPD sistem

Elektriksel ve elektronik sistemlerin arızalarını azaltmak için amaçlanan bir sistem oluşturmak amacıyla uygun şekilde seçilen, koordine edilen ve tesis edilen SPD'ler.

3.55 Beyan darbe dayanma gerilimi, U_w

Aşırı gerilimlere karşı yalıtımın belirtilen dayanma yeteneğinin özelliklerini gösteren, imalatçı tarafından teçhizata veya onun bir bölümüne tahsis edilen darbe dayanma gerilimi.

Not - Bu standardın amaçları bakımından sadece enerjili iletkenler ile toprak arasındaki dayanma gerilimi dikkate alınmıştır.

[IEC 60664-1:2007, Madde 3.9.2] ^{[1] 1}

3.56 Ayırıcı ara yüzler

LPZ'ye giren hatlar üzerinde iletilen ani darbeleri azaltma yeteneğine sahip cihazlar.

Not 1 - Bu ara yüzler, sargılar, metal olmayan fiber optik kablolar ve optik yalıtıcılar arasında topraklanmış ekranı bulunan ayırma transformatörlerini ihtiva eder.

Not 2 - Bu cihazların yalıtım dayanım karakteristikleri kendiliğinden veya SPD vasıtasıyla bu uygulama için uygundur.

4 Yıldırım akımının parametreleri

IEC 62305 serisinde kullanılan yıldırım akımının parametreleri Ek A'da verilmiştir.

Analiz amacıyla kullanılacak yıldırım akımı zaman fonksiyonu Ek B'de verilmiştir.

Deney amacıyla kullanılacak yıldırım akımının simülasyonuna ilişkin bilgiler Ek C'de verilmiştir.

Yıldırımın LPS bileşenleri üzerindeki etkilerini simüle etmek üzere laboratuvarında kullanılacak temel parametreler Ek D'de verilmiştir.

¹ Köşeli parantez içindeki sayılar kaynakları gösterir.

Farklı tesis noktalarında yıldırımdan dolayı meydana gelen ani dalgalar ile ilgili bilgiler Ek E'de verilmiştir.

5 Yıldırımdan dolayı meydana gelen hasar

5.1 Yapıya gelen hasar

Bir yapıyı etkileyen yıldırım iç sistemlerin arızaları dahil yapının kendisine, içindeki insanlara ve eşyalara zarar verebilir. Hasarlar ve arızalar ayrıca yapının çevresine kadar yayılabilir, hatta mahalli çevre ortamına da uzanabilir. Bu yayılmanın derecesi yapının ve yıldırım çakmasının karakteristiklerine bağlıdır

5.1.1 Yıldırımın yapı üzerindeki etkileri

Yapıların yıldırım etkileriyle ilgili ana karakteristikleri aşağıdakileri içerir:

- Yapı tarzı (örnek olarak ahşap, tuğla, beton, betonarme, çelik iskeletli yapılaş gibi),
- Fonksiyonu (mesken, büro, çiftlik, tiyatro, otel, okul, hastane, müze, ibadethane, hapishane, süpermarket, banka, fabrika, sanayi tesisi, spor sahası),
- İçinde bulunan insanlar ve eşyalar (insanlar ve hayvanlar, yanıcı olan ve olmayan malzemelerin varlığı, patlayıcı olan ve olmayan malzemeler, düşük ve yüksek dayanma gerilimli elektriksel ve elektronik sistemler),
- Bağlı hatlar (enerji hatları, haberleşme hatları, boru hatları),
- Mevcut veya temin edilen korunma tedbirleri (fiziksel hasarı ve hayati tehlikeyi azaltmak için korunma tedbirleri, iç sistemlerin arızasını azaltmak için korunma tedbirleri),
- Tehlikenin yayılma derecesi (tahliyesi zor olan yapılar veya panik ihtimali olan yapılar, etrafı için tehlikeli yapılar, çevre için tehlikeli yapılar).

Çizelge 1'de yıldırımın çeşitli yapı tipleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir:

Çizelge 1 - Yıldırımın tipik yapılar üzerindeki etkileri

Fonksiyonuna ve/veya içindekilere göre yapı tipi	Yıldırımın etkileri
Mesken	Elektriksel tesislerin delinmesi, yangın ve malzeme hasarı. Hasar normal olarak düşme noktasına açık olan veya yıldırım akımının yolu üzerindeki yapılarla sınırlıdır. Tesis edilen elektriksel ve elektronik teçhizat ve sistemlerde arızalar (Televizyonlar, bilgisayarlar, modemler, telefonlar, vb)
Çiftlik binası	Malzeme hasarı gibi yangın ana riski ve tehlikeli adım gerilimleri. Elektrik enerjisinin kesilmesinden dolayı ikinci risk, havalandırma ve besleme sistemleri, vb'nin elektronik kontrolünün arızalanmasından dolayı hayvanlar için hayati tehlike.
Tiyatro Otel Okul Süpermarket Spor sahası	Elektriksel tesislerinin hasar görmesi (örnek olarak, elektrikli aydınlatma) paniğe yol açabilir. Yangın alarmlarının arızalanması yangınla mücadele tedbirlerini geciktirebilir.
Banka Sigorta şirketi Ticari şirket, vb.	Yukarıdaki hususlara ilave olarak iletişimin kesilmesi, bilgisayarların arızalanması ve verilerin kaybindan dolayı meydana gelen problemler.
Hastane Bakım evi Hapishane	Yukarıdaki hususlara ilave olarak yoğun bakımdaki kişiler ile ilgili problemler ve hareket edemeyen insanların tahliyesindeki zorluklar.
Sanayi	Yukarıdakilere ilave olarak fabrikalarda bulunanlara bağlı olarak küçük hasar ilâ kabul edilemez hasar ve üretim kaybı.
Müzeler ve arkeolojik alanlar İbadethaneler	Yerine konulamayacak kültürel mirasın kaybı.
Haberleşme Enerji santralleri	Kamu hizmetlerinde kabul edilemez kesinti.
Havai fişek fabrikası Cephane tesisleri	Tesis ve etrafı için yangın ve patlama sonuçları.
Kimya tesisi Rafineri Nükleer tesis Biyokimya laboratuvarı ve tesisleri	Yangın ve tesisin arızalanması sonucu mahalli ve küresel çevreye ciddi zarar.

5.1.2 Yapıya verilen hasarın kaynakları ve tipleri

Yıldırım akımı hasarın kaynağıdır. İncelenen yapıya göre düşme noktasının yerine bağlı olarak aşağıdaki durumlar dikkate alınmalıdır:

- S1: Yapıya yıldırım düşmesi,
- S2: Yapının yakınına yıldırım düşmesi,
- S3: Yapıya bağlı hatlara yıldırım düşmesi,
- S4: Yapıya bağlı hatların yakınına yıldırım düşmesi.

a) Yapıya yıldırım düşmesi aşağıdakilere sebep olabilir:

- Sıcak yıldırım plazma arkından, iletkenlerin omik ısınmasına yol açan akımdan (aşırı ısınmış iletkenler) veya ark erozyonuna yol açan elektrik yükünden (erimiş metal) dolayı hemen meydana gelen mekanik hasar, yangın ve/veya patlama,

- Rezistif veya endüktif kuplajdan kaynaklanan aşırı gerilimlerin ve yıldırım akımlarının bir kısmının geçmesinin yol açtığı kıvılcımların tetiklediği yangın ve/veya patlama,
- Rezistif veya endüktif kuplajdan kaynaklanan adım ve temas gerilimlerinden dolayı insanların yaralanması,
- LEMP'ten dolayı iç sistemlerin arızalanması veya bozulması.

b) Yapının yakınına yıldırım düşmesi aşağıdakilere sebep olabilir:

- LEMP'ten dolayı iç sistemlerin arızalanması veya bozulması.

c) Yapıya bağlı hatlara yıldırım düşmesi aşağıdakilere sebep olabilir:

- Bağlı olan hat üzerinden iletilen aşırı gerilimlerin ve yıldırım akımlarının yol açtığı kıvılcımların tetiklediği yangın ve/veya patlama,
- Bağlı olan hat üzerinden iletilen yıldırım akımlarının yapı içinde oluşturduğu temas gerilimlerinden dolayı insanların yaralanması,
- Bağlı olan hatlar üzerinde beliren ve yapıya iletilen aşırı gerilimlerden dolayı iç sistemlerin arızalanması veya bozulması.

d) Yapıya bağlı hattın yakınına yıldırım düşmesi aşağıdakilere sebep olabilir:

- Bağlı olan hatlar üzerinde endüklenen ve yapıya iletilen aşırı gerilimlerden dolayı iç sistemlerin arızalanması veya bozulması.

Not 1 - İç sistemlerin bozulması IEC 62305 serisinin kapsamı dışındadır. IEC 61000-4-5'e bakılmalıdır. [2]

Not 2 - Sadece yıldırım akımını (tamamını veya bir kısmını) taşıyan kıvılcımların yangın başlatabileceği kabul edilir.

Not 3 - Yapıya giren boru hatları yapının eş potansiyel barasına bağlanmış olması şartıyla, bu boru hatlarının üzerine veya yakınına düşen yıldırım yapıya hasar vermez (IEC 62305-3'e bakılmalıdır).

Sonuç olarak yıldırım üç temel tip hasara sebep olabilir:

- D1: Elektrik çarpmasından dolayı canlıların yaralanması,
- D2: Kıvılcımlanma dahil olmak üzere yıldırım akımından dolayı meydana gelen fiziksel hasar (yangın, patlama, mekanik hasar, kimyasal boşalma),
- D3: LEMP'ten dolayı iç sistemlerin arızalanması.

5.2 Kayıp tipleri

Her hasar tipi kendi başına veya diğerleriyle birlikte korunacak yapıda farklı dolaylı kayıpların oluşmasına yol açabilir. Ortaya çıkabilecek kaybın tipi yapının kendi karakteristiklerine bağlıdır.

Bu standardın amaçları bakımından yapıyla ilgili hasarların bir sonucu olarak görülebilen aşağıdaki kayıp tipleri dikkate alınmıştır:

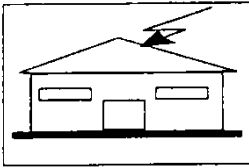
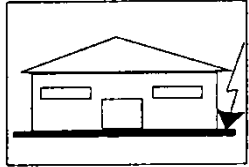
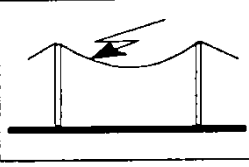
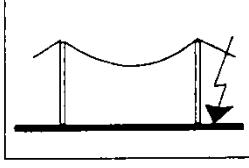
- L1: İnsan hayatının kaybı (kalıcı yaralanma dahil)
- L2: Kamu hizmetlerinin kaybı,
- L3: Kültürel mirasın kaybı,
- L4: Ekonomik değerlerin kaybı (yapı ve içeriği ile faaliyet kaybı).

Not – IEC 62305 serisinin amaçları için sadece gaz, su, TV, TLC ve güç besleme kaynakları gibi kurumlar kamu hizmetleri olarak kabul edilir.

L1, L2 ve L3 tipi kayıplar sosyal değerlerin kaybı, L4 tipi kayıp ise sadece ekonomik kayıp olarak dikkate alınabilir.

Hasar kaynağı, hasar tipi ve kaybı arasındaki ilişki Çizelge 2'de belirtilmiştir.

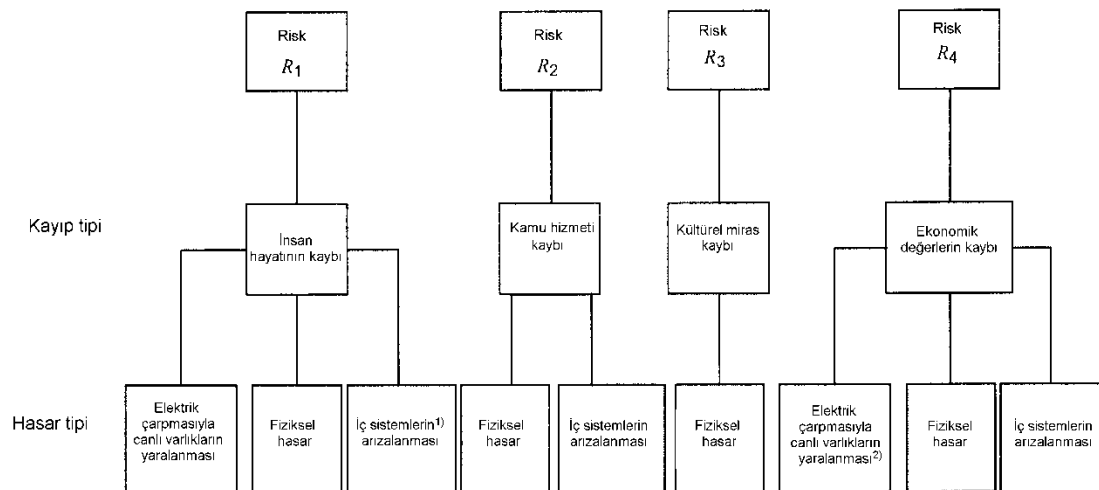
Çizelge 2 - Yıldırımın farklı düşme noktalarına göre bir yapıda meydana gelen hasarlar ve kayıplar

Düşme noktası		Hasar kaynağı	Hasar tipi	Kayıp tipi
Yapı		S1	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
Yapının yakını		S2	D3	L1 ^b , L2, L4
Yapıya bağlı hat		S3	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
Hattın yakını		S4	D3	L1 ^b , L2, L4

^a Sadece hayvan kaybı olabilecek yerler için.

^b Sadece patlama riski olan ve iç sistemlerin arızalanmasının insan hayatını hemen tehlikeye sokabileceği hastaneler veya diğer yapılar.

Hasar tiplerinden kaynaklanan kayıp tipleri ve bunlara karşılık gelen riskler Şekil 2'de belirtilmiştir.



^a Sadece iç sistemlerin arızalanmasının insan hayatını hemen tehlikeye sokabileceği hastaneler veya diğer yapılar için.

^b Sadece hayvan kaybı olabilecek yerler için.

Şekil 2 - Farklı tipteki hasarlardan kaynaklanan kayıp tipleri ve bunlara karşılık gelen riskler

6 Yıldırımdan korunma ihtiyacı ve ekonomik değerlendirme

6.1 Yıldırımdan korunma ihtiyacı

Korunacak bir yapının L1, L2 ve L3 sosyal değer kayıplarını azaltmak için yıldırımdan korunma ihtiyacı değerlendirilmelidir.

Bir yapının yıldırımdan korunmaya ihtiyaç olup olmadığını değerlendirmek için IEC 60235-2'de verilen işlemlere uygun olarak risk değerlendirmesi yapılmalıdır. Madde 5.2'de belirtilen kayıp tiplerine karşılık gelen aşağıdaki riskler dikkate alınmalıdır:

- R₁: İnsan hayatı kaybı veya kalıcı yaralanma riski,
- R₂: Kamu hizmetlerinin kaybı riski,
- R₃: Kültürel mirasın kaybı riski.

Not 1 - Risk R₄: Ekonomik değerlerin kaybı riski, yıldırımdan korunmanın ekonomik doğrulaması her ne zaman dikkate alınırsa değerlendirilmelidir.

Eğer risk R (R₁ ilâ R₃) katlanılabilir risk seviyesi R_T'den büyükse yıldırımdan korunmaya ihtiyaç vardır.

$$R > R_T$$

Bu durumda R riskinin (R₁ ilâ R₃) katlanılabilir risk seviyesi R_T'ye indirmek için korunma tedbirleri alınmalıdır:

$$R \leq R_T$$

Birden fazla tip kayıp meydana gelebilir ise $R \leq R_T$ şartı her tip kayıp için (L1, L2 ve L3) karşılanmalıdır.

Yıldırımın sosyal değer kaybına sebep olabileceği durumlarda katlanılabilir risk R_T değerleri yetkili bir milli kurumun sorumluluğu altında olmalıdır.

Not 2 - Yetkili bir makam risk değerlendirmesi yapmadan da belirli uygulamalar için yıldırımdan korunma isteyebilir. Bu durumda gerekli yıldırımdan korunma seviyesi yetkili makam tarafından belirlenir. Bazı durumlarda bu şartlardan feragati gerekçelendirmek üzere bir risk değerlendirmesi yapılabilir.

Not 3 - Risk değerlendirmesi ve korunma tedbirlerinin seçimi ile ilgili ayrıntılı bilgiler IEC 62305-2'de verilmiştir.

6.2 Yıldırımdan korunmanın ekonomik değerlendirmesi

Korunacak yapı için yıldırımdan korunma ihtiyacının yanı sıra ekonomik kaybın (L4) azaltılması için korunma tedbirlerinin ekonomik faydalarının değerlendirilmesi de yararlı olabilir.

Bu durumda ekonomik değerlerin kaybı riski, R₄, değerlendirilmelidir. R₄ riskinin değerlendirilmesi korunma tedbirlerinin olması ve olmaması durumlarında ekonomik kayıp maliyetinin değerlendirilmesini sağlar.

Eğer korunma tedbirleri varken artık kayıpların maliyeti, C_{RL} ile korunma tedbirlerinin maliyeti, C_{PM}, toplamı koruma tedbirleri yokken toplam kayıp maliyetinden, C_L, az ise yıldırımdan korunma maliyet-etkin demektir.

$$C_{RL} + C_{PM} < C_L$$

Not - Yıldırımdan korunmanın ekonomik değerlendirmesi ile ilgili ayrıntılı bilgi IEC 62305-2'de verilmiştir.

7 Korunma tedbirleri

7.1 Genel

Korunma tedbirleri hasar tipine göre riski azaltacak şekilde seçilebilir.

7.2 Temas ve adım gerilimlerinden dolayı canlıların zarar görmesini azaltmak için uygulanacak tedbirler

Alınabilecek koruma tedbirleri aşağıdakileri içerir:

- Açıktaki iletken bölümlerin uygun yalıtılması,
- Izgaralı topraklama sistemi ile eş potansiyel sağlanması,
- Fiziksel kısıtlamalar ve uyarı levhaları.
- Yıldırım eş potansiyel kuşaklama (EB).

Not 1 - Yapının içindeki ve dışındaki zeminin yüzeyin temas direncinin artması ve eş potansiyel ölüm tehlikesini azaltabilir (IEC 62305-3:2010 Madde 8).

Not 2 - Korunma tedbirleri sadece LPS ile korunmuş yapılarda etkilidir.

Not 3 - Fırtına detektörlerinin ve bununla ilgili düzenin kullanılması ölüm tehlikesini azaltabilir.

7.3 Fiziksel hasarı azaltmak için korunma tedbirleri

Korunma aşağıdaki özellikleri ihtiva eden yıldırımdan korunma sistemi (LPS) sağlanır.

- Hava sonlandırma sistemi
- İniş iletkeni sistemi
- Toprak sonlandırma sistemi
- Yıldırım eş potansiyel kuşaklama (EB)
- Dış LPS'ye karşı elektriksel yalıtım (ve dolayısıyla ayırma mesafesi).

Not 1 - Bir LPS tesis edildiğinde yangın ve patlama tehlikesini ve ölüm tehlikesini azaltmak için eş potansiyel sağlanması çok önemli bir tedbirdir. Daha fazla bilgi için IEC 62305-3'e bakılmalıdır.

Not 2 - Yangına dayanıklı bölmeler, yangın söndürücüler, yangın muslukları, yangın alarmları ve yangın söndürme tesisleri gibi yangının gelişmesini ve yayılmasını sınırlandıran düzenler fiziksel hasarı azaltabilir.

Not 3 - Korunmuş kaçış yolları personel için korunma sağlar.

7.4 Elektriksel ve elektronik sistemlerin arızasını azaltmak için korunma tedbirleri

Alınabilecek koruma tedbirleri aşağıdakileri ihtiva eder:

- Topraklama ve kuşaklama tedbirleri,
- Manyetik ekranlama,
- Hat güzergâhı,
- Ayırma ara yüzleri
- Koordineli SPD sistem.

Bu tedbirler tek başına veya birleşik olarak kullanılabilir.

Not 1 - S1 hasar kaynağı dikkate alındığında koruma tedbirleri sadece LPS ile korunmuş yapılarda etkilidir.

Not 2 - Fırtına detektörlerinin ve bununla ilgili düzenin kullanılması elektriksel ve elektronik sistemlerin arızalarını azaltabilir.

7.5 Korunma tedbirlerinin seçimi

Madde 7.2, Madde 7.3 ve Madde 7.4'te verilen koruma tedbirleri birlikte tam bir yıldırım koruması oluşturur.

En uygun korunma tedbirinin seçimi, korunma tedbirlerinin tasarımcısı ve korunacak yapının sahibi tarafından her çeşit hasarın tipine ve tutarına, farklı korunma tedbirlerinin teknik ve ekonomik yönlerine ve risk değerlendirmesinin sonuçlarına göre yapılmalıdır.

Risk değerlendirmesi ve en uygun korunma tedbirlerinin seçimiyle ilgili kriterler IEC 62305-2'de verilmiştir.

Korunma tedbirlerinin etkili olabilmesi için ilgili standartlara uygun olması ve tesis edileceği yerde beklenen zorlamalara dayanabilmesi şarttır.

8 Yapıların korunması için temel kriterler

8.1 Genel

Yapılar için ideal korunma korunacak yapının topraklanmış ve mükemmel derecede iletkenliğe sahip, yeterli kalınlıkta bir sürekli örtünün içine almak ve örtünün giriş noktasında yapıya bağlı hatlar için yeterli kuşaklamayı sağlamaktır.

Bu, yıldırım akımının ve bununla ilgili elektromanyetik alanın korunacak yapının içine nüfuz etmesini engeller ve iç sistemler için tehlikeli kıvılcımlar ve aşırı gerilimlerde olduğu gibi akımın tehlikeli ısı ve elektrodinamik etkilerine mani olur.

Uygulamada böyle mükemmel bir korunma sağlamak mümkün olmadığı gibi maliyet-etkin de değildir.

Örtünün sürekli ve/veya yeterli kalınlıkta olmaması yıldırım akımının örtüyü delmesine yol açarak aşağıdakilere sebep olur:

- Fiziksel hasar ve ölüm tehlikesi,
- İç sistemlerin arızalanması,

Bu hasarları ve bunlarla ilgili dolaylı zararları azaltmak için uygulanan korunma tedbirleri kendisine karşı korunma sağlanması gereken tanımlanmış bir yıldırım akım parametreleri takımı için tasarlanmalıdır (yıldırımdan korunma seviyesi).

8.2 Yıldırımdan korunma seviyeleri (LPL)

Bu standardın amacı bakımından dört yıldırımdan korunma seviyesi (I ila IV) tanımlanmıştır. Her LPL için bir azami ve asgari yıldırım akımı parametreleri takımı belirlenmiştir.

Not 1 - Azami ve asgari yıldırım akımı parametrelerinin LPL I için belirlenenleri aşan yıldırıma karşı korunma münferit esasa göre seçilecek ve monte edilecek olan daha etkili tedbirlere ihtiyaç duyar.

Not 2 - Azami ve asgari yıldırım akımı parametreleri LPL I için belirlenenlerin dışında parametrelere sahip yıldırımın meydana gelme ihtimali % 2'den daha azdır.

LPL I'in azami yıldırım akımı parametreleri % 99 ihtimalle aşılmaz. Varsayılan polarite oranına göre (Madde A.2) pozitif çakmalardan alınan değerlerin ihtimali % 10'un altında kalır, negatif çakmalardan alınan değerlerin ihtimali ise % 1'den azdır (Madde A.3).

LPL I'in azami yıldırım akımı parametreleri LPL II için % 75'e, LPL III ve LPL IV için ise % 50'ye düşürülür (I, Q ve di/dt için doğrusal, fakat W/R için ikinci derece denklemdir). Zaman parametreleri değişmez.

Not 3 - Azami yıldırım akım parametreleri LPL IV için belirlenenlerden daha az olan yıldırımdan korunma seviyeleri bir kimseye miktarının belirlenmesi için değil, ancak IEC 62305-2:2010 Ek B'de verilenlerden daha yüksek olan hasar ihtimali değerlerini dikkate alınmasına izin verir ve gereksiz maliyetlerden kaçınmak amacıyla koruma tedbirlerini daha iyi katlanabilir olması için faydalıdır.

Farklı yıldırımdan korunma seviyeleri için yıldırım akımı parametrelerinin azami değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Bunlar yıldırımdan korunma bileşenlerinin tasarımında (iletkenlerin kesitleri, metal levhaların kalınlıkları, SPD'lerin akım kapasiteleri, tehlikeli kıvılcımlara karşı ayırma mesafeleri gibi) ve bu bileşenler üzerinde yıldırımın etkilerini simüle etmek için (Ek D) kullanılır.

Farklı LPL için yıldırım akımının genliğinin asgari değerleri, doğrudan düşme ile erişilemeyen LPZ O_B yıldırımdan korunma seviyesini tarif etmek üzere yuvarlanan küre yarı çapını (Madde A.4) türetmek için kullanılır (Madde 8.3, Şekil 3 ve Şekil 4). Yıldırım akımının parametrelerinin asgari değerleri ile birlikte yuvarlanan küre yarıçapı Çizelge 4'te verilmiştir. Bunlar hava sonlandırma sisteminin konumlandırılması ve LPZ O_B yıldırımdan korunma bölgesinin belirlenmesi için kullanılır (Madde 8.3).

Çizelge 3 - LPL'ye göre yıldırım parametrelerinin azami değerleri

Birinci pozitif kısa darbe			LPL			
Akım parametreleri	Sembol	Birim	I	II	III	IV
Tepe akımı	I	kA	200	150	100	
Kısa darbe yükü	Q_{short}	C	100	75	50	
Özgül enerji	W/R	MJ/Ω	10	5,6	2,5	
Zaman parametreleri	T_1/T_2	μs /μs	10/350			
Birinci negatif kısa darbe ^a			LPL			
Akım parametreleri	Sembol	Birim	I	II	III	
Tepe akımı	I	kA	100	75	50	
Ortalama diklik	di/dt	kA/μs	100	75	50	
Zaman parametreleri	T_1/T_2	μs /μs	1/200			
Sonraki kısa darbe			LPL			
Akım parametreleri	Sembol	Birim	I	II	III	IV
Tepe akımı	I	kA	50	37,5	25	
Ortalama diklik	di/dt	kA/μs	200	150	100	
Zaman parametreleri	T_1/T_2	μs /μs	0,25/100			
Uzun darbe			LPL			
Akım parametreleri	Sembol	Birim	I	II	III	IV
Uzun darbe yükü	Q_{long}	C	200	150	100	
Zaman parametreleri	T_{long}	s	0,5			
Çakma			LPL			
Akım parametreleri	Sembol	Birim	I	II	III	IV
Çakma yükü	Q_{flash}	C	300	225	150	

^a Bu akım biçiminin kullanılması sadece hesaplamalarla ilgili olup, deney işlemiyle ilgili değildir.

Çizelge 4 - LPL'ye karşılık gelen yıldırım parametrelerinin asgari değerleri ve bunlarla ilgili yuvarlanan küre yarıçapı

Yakalama kriterleri			LPL			
	Sembol	Birim	I	II	III	IV
Asgari tepe akımı	I	kA	3	5	10	16
Yuvarlanan küre yarıçapı	r	m	20	30	45	60

Şekil A.5'te verilen istatistik dağılımlardan yıldırım akımı parametrelerinin her bir korunma seviyesi için tarif edilen azami değerlerden küçük olma ve asgari değerlerden büyük olma ağırlıklı ihtimali hesaplanabilir. (Çizelge 5).

Çizelge 5 - Yıldırım akımı parametrelerinin sınırlarının ihtimalleri

Yıldırım akımı parametrelerinin ihtimali	LPL			
	I	II	III	IV
- Çizelge 3'te tarif edilen azami değerlerden küçük olma	0,99	0,98	0,97	0,97
- Çizelge 6'da tarif edilen azami değerlerden büyük olma	0,99	0,97	0,91	0,84

IEC 62305-3 ve IEC 62305-4'te belirtilen korunma tedbirleri akım parametreleri tasarım için varsayılan LPL'nin tanımladığı aralık içinde kalan yıldırım için etkilidir. Bundan dolayı, bir korunma tedbirinin verimliliğinin yıldırım akımı parametrelerinin bu aralık içinde kalma ihtimaline eşit olduğu varsayılır. Bu aralığı aşan parametreler için artık hasar riski aynen kalır.

8.3 Yıldırımdan korunma bölgeleri (LPZ)

LPS, ekranlama telleri, manyetik ekranlar ve SPD gibi korunma tedbirleri yıldırımdan korunma bölgelerini (LPZ) belirler.

Korunma tedbirlerinin akış yönüne göre aşağı tarafında yer alan LPZ'ler akış yönüne göre yukarı tarafta yer alanlara göre LEMP'te önemli ölçüde azalma gösterir.

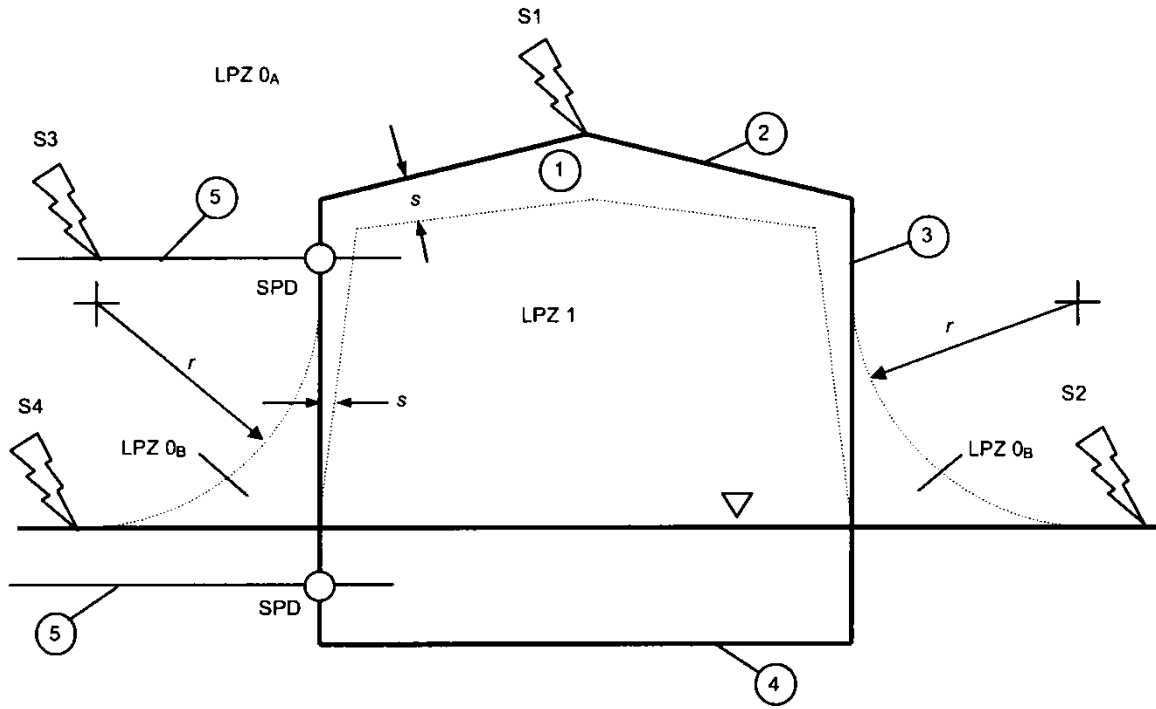
Yıldırım tehdidine göre aşağıdaki LPZ'ler tarif edilmiştir (Şekil 3 ve Şekil 4):

- | | |
|--------------------|--|
| LPZ O _A | Tehdidin doğrudan yıldırım çakması ve tam yıldırım manyetik alanından oluştuğu bölge. İç sistemler yıldırım ani darbe akımının tamamına veya bir kısmına maruz kalabilir. |
| LPZ O _B | Doğrudan yıldırım çakmasından korunmuş olan fakat tehdidin tam yıldırım manyetik alanından oluştuğu bölge. İç sistemler yıldırım ani darbe akımının bir kısmına maruz kalabilir. |
| LPZ 1 | Ani darbe akımının sınırlardaki akım bölünmesi ve/veya SPD'ler yoluyla azaltıldığı bölge. Uzaysal ekranlama yıldırım manyetik alanını zayıflatabilir. |
| LPZ 2,...n | Ani darbe akımının sınırlardaki akım bölünmesi ve/veya ilave SPD'ler yoluyla daha fazla azaltıldığı bölge. İlave uzaysal ekranlama ile yıldırım manyetik alanı daha da fazla zayıflatılabilir. |

Not 1 - Genel olarak bir korunma bölgesinin numarası ne kadar büyükse elektromanyetik ortam parametreleri o kadar düşüktür.

Korunma için genel bir kural olarak, korunacak yapı azaltılması gereken hasara (fiziksel hasar, aşırı gerilimlerden dolayı elektriksel ve elektronik sistemlerin arızalanması) yol açan zorlamalara dayanma kabiliyetiyle uyumlu elektromanyetik özelliklere sahip bir LPZ içinde olmalıdır.

Not 2 - Çoğu elektriksel ve elektronik sistemler ve donanımlar için dayanma seviyesi ile ilgili bilgiler imalatçıdan alınabilir.



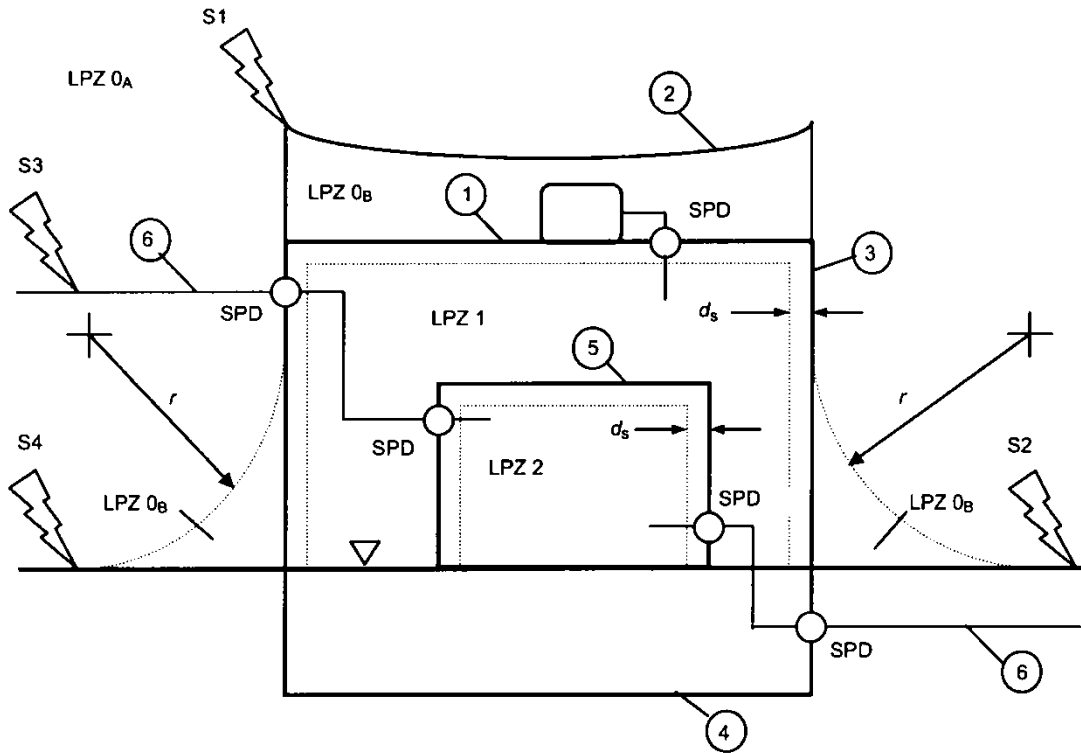
1	Yapı	S1	Yapıya olan çakma
2	Hava sonlandırma sistemi	S2	Yapının yakınına olan çakma
3	İniş iletkeni sistemi	S3	Yapıya bağlı hatta olan çakma
4	Toprak sonlandırma sistemi	S4	Yapıya bağlı hattın yakınına olan çakma
5	Giren hatlar	r	Yuvarlanan küre yarıçapı
		s	Tehlikeli kıvılcıma karşı ayırma mesafesi

- ▽ Toprak seviyesi
- SPD ile sağlanan yıldırım eş potansiyel kuşaklama

LPZ 0 _A	Doğrudan çakma, tam yıldırım akımı
LPZ 0 _B	Doğrudan çakma yok, kısmi yıldırım akımı veya endüklenen akım
LPZ 1	Doğrudan çakma yok, sınırlı yıldırım akımı veya endüklenen akım

LPZ 1 içinde korunan hacim s ayırma mesafesine riayet etmelidir.

Şekil 3 – LPS ile tarif edilen LPZ (IEC 62305-3)



- | | | | |
|---|----------------------------|-------|---|
| 1 | Yapı (LPZ 1'in örtüsü) | S1 | Yapıya olan çakma |
| 2 | Hava sonlandırma sistemi | S2 | Yapının yakınına olan çakma |
| 3 | İniş iletkeni sistemi | S3 | Yapıya bağlı hatta olan çakma |
| 4 | Toprak sonlandırma sistemi | S4 | Yapıya bağlı hattın yakınına olan çakma |
| 5 | Oda (LPZ 2'nin örtüsü) | r | Yuvarlanan küre yarıçapı |
| 6 | Yapıya bağlı hatlar | d_s | Çok yüksek manyetik alana karşı ayırma mesafesi |

- ▽ Toprak seviyesi
- SPD ile sağlanan yıldırım eş potansiyel kuşaklama

- LPZ O_A Doğrudan çakma, tam yıldırım akımı, tam manyetik alan
- LPZ O_B Doğrudan çakma yok, kısmi yıldırım akımı veya endüklenen akım, tam manyetik alan
- LPZ 1 Doğrudan çakma yok, sınırlı yıldırım akımı veya endüklenen akım, azalan manyetik alan
- LPZ 2 Doğrudan çakma yok, endüklenen akımlar, daha fazla azalan manyetik alan
- LPZ 1 ve LPZ 2 içinde korunan hacimler d_s ayırma mesafesine riayet etmelidir.

Şekil 4 - SPM ile tarif edilen LPZ (IEC 62305-4)

8.4 Yapıların korunması

8.4.1 Fiziksel hasarı ve ölüm tehlikesini azaltmak için korunma

Korunacak yapı LPZ O_B veya daha yüksek bir korunma bölgesinde olmalıdır. Bu, bir yıldırımdan korunma sistemi (LPS) ile sağlanır.

Bir LPS iç ve dış yıldırımdan korunma sistemlerinden meydana gelir.

Dış LPS'nin fonksiyonları şunlardır:

- Binaya gelen yıldırım çakmasını yakalamak (hava sonlandırma sistemi ile),
- Yıldırım akımını emniyetle toprağa iletmek (iniş iletkeni sistemi ile),
- Yıldırım akımını toprağa yaymak (toprak sonlandırma sistemi ile).

İç LPS'nin fonksiyonu eş potansiyel kuşaklama veya LPS bileşenleri ile yapının içindeki diğer iletken bileşenler arasında ayırma mesafesi, s, (böylece elektriksel ayırma) kullanarak yapı içinde tehlikeli kıvılcımların oluşmasını önlemektir.

Karşılık gelen LPL'yi esas alarak bir yapı kuralları takımı olarak dört sınıf LPS (I, II, III, IV) tarif edilmiştir. Her bir takım seviyeye bağımlı olan (yuvarlanan küre yarıçapı, ızgara karesi genişliği gibi) ve olmayan (kesit alanları, malzemeler gibi) yapı kuralları vardır.

Yapının dışındaki zeminin ve içindeki yer döşemesinin yüzey öz direnci düşük tutulduğu yerlerde temas ve adım gerilimlerinden dolayı ölüm tehlikesi aşağıdaki tedbirlerle azaltılır:

- Yapının dışında açıktaki iletken bölümlerin yalıtılması, zeminin ızgaralı topraklama sistemi ile eş potansiyel hale getirilmesi, ikaz işaretleri ve fiziksel kısıtlamalar ile,
- Yapının içinde yapıya giriş noktasındaki hatların eş potansiyel kuşaklanması ile.

LPS; IEC 62305-3'in özelliklerine uygun olmalıdır.

8.4.2 İç sistemlerin arızasını azaltmak için korunma

İç sistemlerin arıza riskini azaltmak için LEMP'e karşı korunma aşağıdakileri sınırlandırır:

- Yapıya düşen yıldırım çakmalarının rezistif ve endüktif kuplajdan kaynaklanan ani darbeleri,
- Yapının yakınına düşen yıldırım çakmalarının endüktif kuplajdan kaynaklanan ani darbeleri,
- Hatlara veya hatların yakınına düşen yıldırım çakmalarından dolayı hatlar tarafından iletilen ani darbeleri,
- Donanım ile doğrudan bağlantılı olan manyetik alanları.

Not - İlgili EMU ürün standardlarında tarif edilen radyo frekans (RF) yayılan ışımaya ve bağışıklık deneylerine uygun olmak şartıyla, teçhizata doğrudan yayılan elektromanyetik alanlardan dolayı donanımın arızalanması ihmal edilebilir (IEC 62305-2 ve IEC 62305-4).

Korunacak sistem LPZ 1 veya daha üst bir bölge içine yerleştirilmelidir. Bu, endüklenen manyetik alanı zayıflatan manyetik ekranlar ve/veya endüksiyon halkasını azaltan uygun kablo güzergâhından meydana gelen elektriksel ve elektronik sistem korunma tedbirleri (SPM) ile sağlanır. LPZ sınırlarında sınırı geçen metal parçalar ve sistemler için kuşaklama sağlanmalıdır. Bu kuşaklama bağlantı iletkenleri veya gerektiğinde parafudurlar (SPD) ile sağlanabilir.

Herhangi bir LPZ için korunma tedbirleri IEC 62305-4'e uygun olmalıdır.

İç sistem arızalarına sebep olan aşırı gerilimlere karşı etkin korunma ayrıca, korunacak sistemin beyan darbe dayanım geriliminin altındaki aşırı gerilimleri sınırlayan ayırma ara yüzleri ve/veya koordine edilmiş SPD sistemi vasıtasıyla sağlanır.

Ayırma ara yüzleri ve SPD'ler IEC 62305-4'teki özelliklere göre seçilmeli ve tesis edilmelidir.

Ek A (Bilgi için)

Yıldırım akımının parametreleri

A.1 Yere düşen yıldırım çakmaları

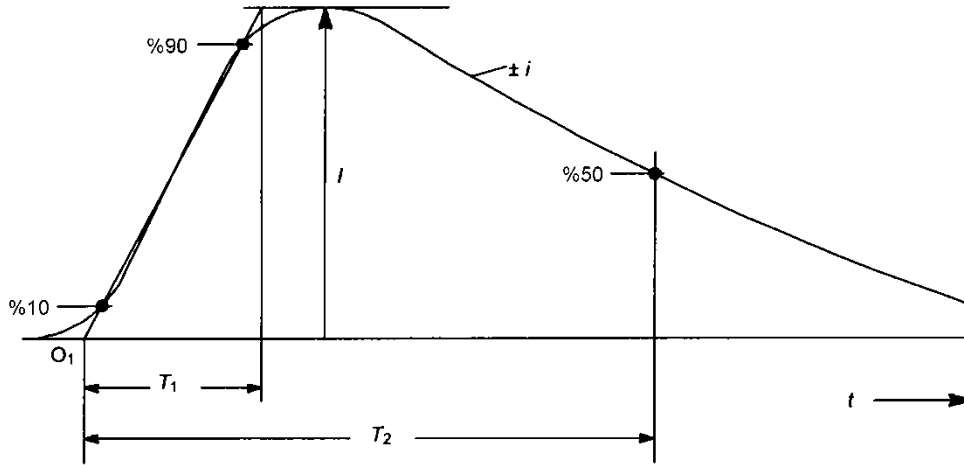
İki temel tip çakma vardır:

- Buluttan toprağa aşağıya doğru bir kılavuzun başlattığı çakma,
- Topraklanmış bir yapıdan yukarıya doğru bir kılavuzun başlattığı çakma.

Çoğu aşağıya doğru çakmalar düz arazide ve alçak yapılara olur, açıktaki ve/veya yüksek yapılarda yukarıya doğru çakmalar daha fazladır. Etkin yükseklik ile yapılara doğrudan yıldırım düşmesi ihtimali artar (IEC 62305-2:2010 Ek A) ve fiziksel şartlar değişir.

Bir yıldırım akımı bir veya daha fazla farklı darbeden meydana gelir:

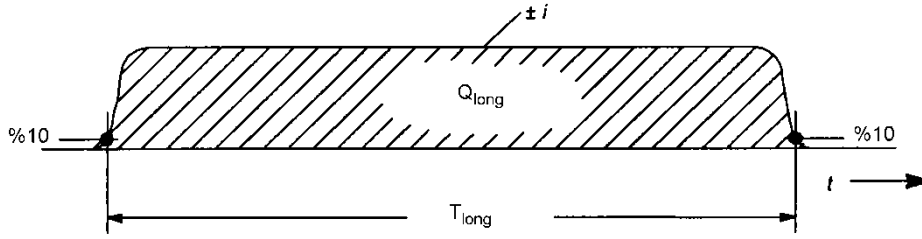
- Süresi 2 ms'den az olan kısa darbeler (Şekil A.1),
- Süresi 2 ms'den fazla olan uzun darbeler (Şekil A.2).



Açıklama

O_1	Sanal orijin
I	Tepe akımı
T_1	Cephe süresi
T_2	Yarı değere olan zaman

Şekil A.1 - Kısa darbe akım parametrelerinin tarifleri (tipik olarak $T_2 < 2$ ms)

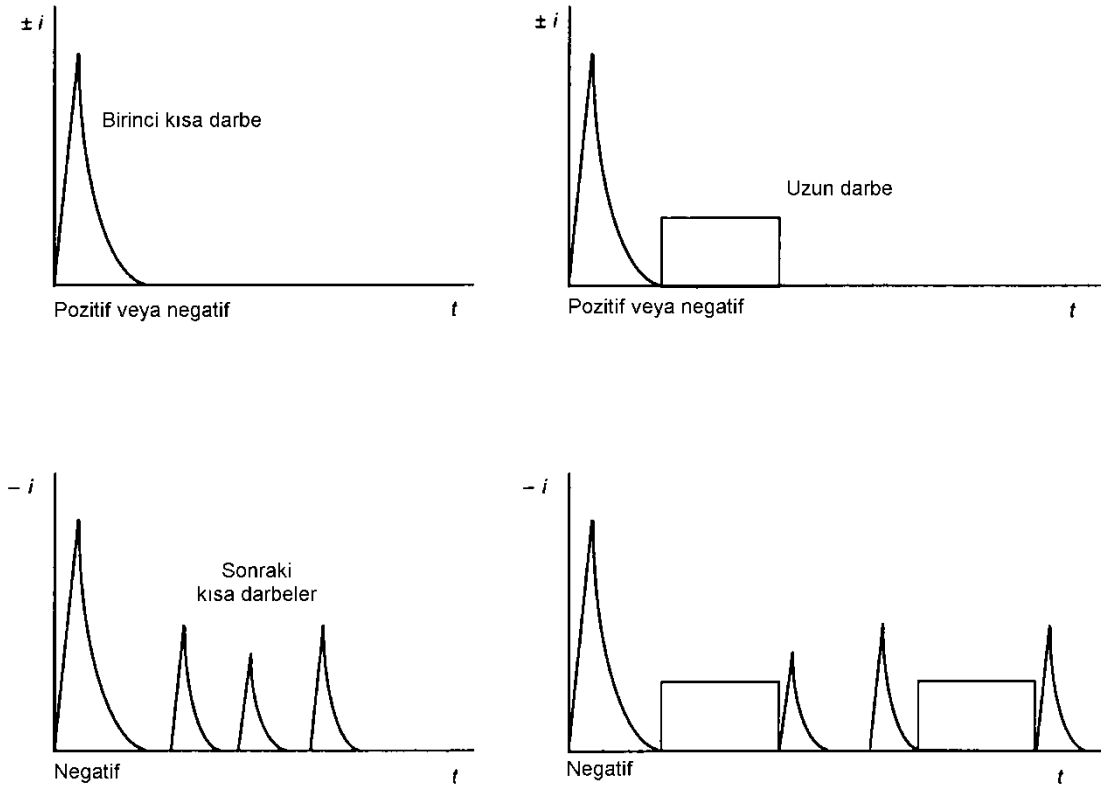


Açıklama

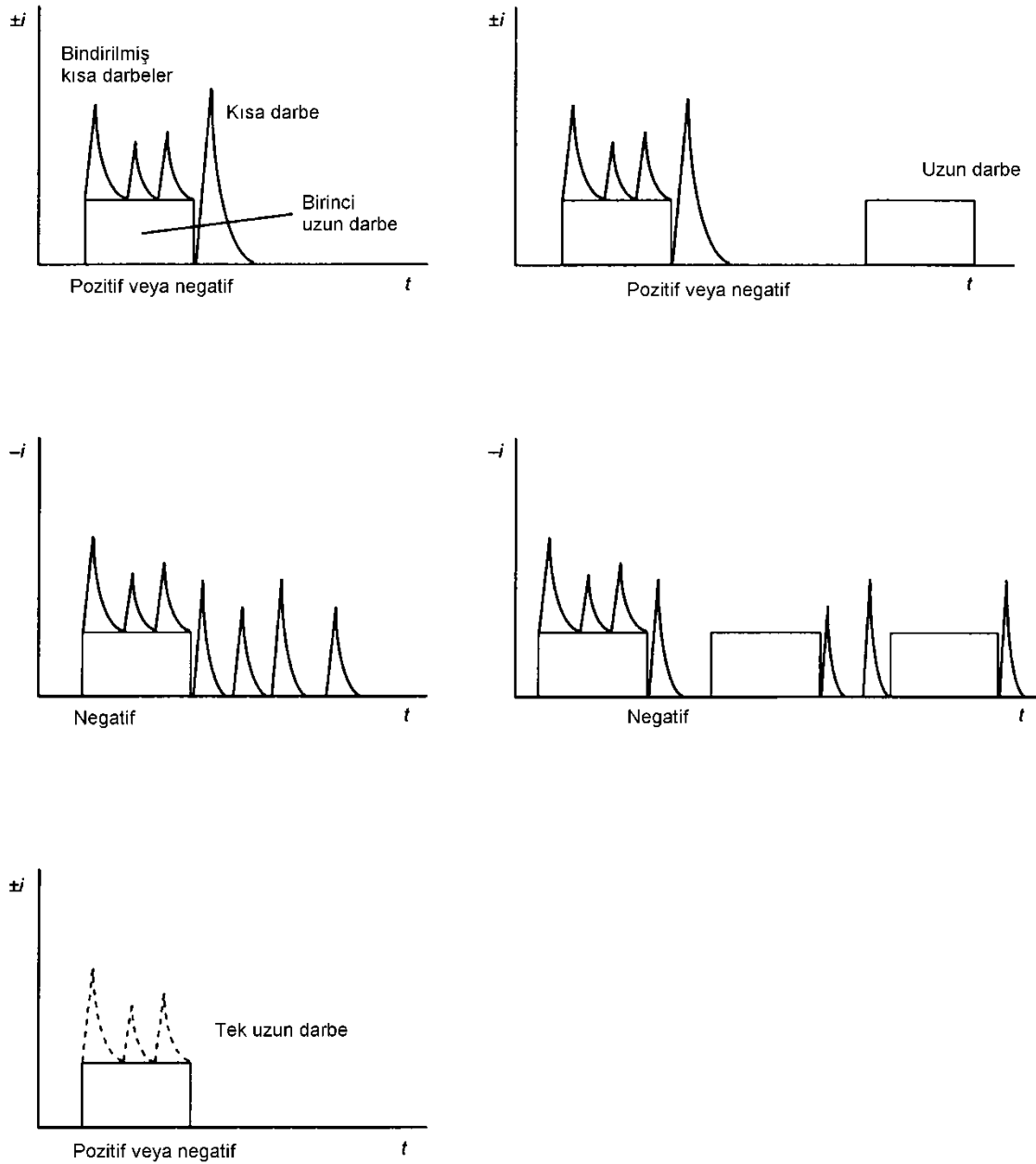
T_{long} Devam süresi
 Q_{long} Uzun darbe yükü

Şekil A.2 - Uzun süreli darbe parametrelerinin tarifleri (tipik olarak $2 \text{ ms} < T_{long} < 1 \text{ s}$)

Darbelerin ilave ayırımı polaritelerinden (pozitif veya negatif) ve çakma esnasındaki pozisyonlarından (birinci, sonraki, bindirilmiş) gelir. Muhtemel bileşenler aşağıya çakmalar için Şekil A.3'te, yukarıya çakmalar için ise Şekil A.4'te gösterilmiştir.



Şekil A.3 - Aşağıya çakmanın muhtemel bileşenleri (tipik olarak düz arazide ve alçak yapılara)



Şekil A.4 - Yukarıya çakmanın muhtemel bileşenleri (tipik olarak açıktaki ve/veya yüksek yapılara)

Yukarıya çakmalardaki ilave bileşen birinci uzun darbedir. Bununla beraber yaklaşık on adede kadar bindirilmiş kısa darbeler olabilir veya olmayabilir. Ancak, yukarıya çakmaların bütün kısa darbe akım parametreleri aşağıya doğru olan çakmalarından daha azdır. Yukarıya çakmaların daha yüksek uzun darbe yükü henüz teyit edilmemiştir. Bundan dolayı, yukarıya çakmaların yıldırım akımı parametrelerinin aşağıya çakmalar için verilen azami değerlerin kapsamında olduğu değerlendirilir. Yıldırım akımı parametrelerinin ve bunların aşağıya veya yukarıya doğru çakmalara bağımlılığı daha hassas olarak değerlendirilmesi inceleme safhasındadır.

A.2 Yıldırım akımının parametreleri

Bu standarddaki yıldırım akımı parametreleri Uluslararası Büyük Elektrik Sistemleri Uluslar arası Konseyi'nin (CIGRE) Çizelge A.1'de verilen sonuçlarına dayandırılmıştır. Bunların istatistik dağılımının logaritmik normal dağılıma sahip olduğu varsayılır. Bunlara karşılık gelen ortalama değer μ ve saçılma σ_{\log} değerleri Çizelge

A.2'de verilmiştir. Bu esasa göre her bir parametrenin herhangi bir değerinin meydana gelme ihtimali belirlenebilir.

Polarite oranı olarak % 10 pozitif, % 90 negatif varsayılmıştır. Polarite oranı arazinin bir fonksiyonudur. Eğer yerel bilgi yoksa burada verilen oran kullanılmalıdır.

Önceden kabul edilen değerleri aşan yıldırım akımının tepe değerlerinin meydana gelme ihtimalinin değeri Çizelge A.3'te belirtilmiştir.

Çizelge A.1 - CIGRE'den alınan yıldırım akımı parametrelerinin çizelge haline getirilmiş değerleri (Electra No 41 veya 69) [3] [4]

Parametre	LPL I için sabit değerler	Değerler			Darbe tipi	Şekil A.5'teki çizgi
		% 95	% 50	% 5		
I (kA)		4 ^a	20 ^a	90	Birinci negatif kısa ^b	1A+1B
	50	4,9	11,8	28,6	Sonraki negatif kısa ^b	2
	200	4,6	35	250	Birinci pozitif kısa (tek)	3
Q _{flash} (C)		1,3	7,5	40	Negatif çakma	4
	300	20	80	350	Pozitif çakma	5
Q _{short} (C)		1,1	4,5	20	Birinci negatif kısa	6
		0,22	0,95	4	Sonraki negatif kısa	7
	100	2	16	150	Birinci pozitif kısa (tek)	8
W/R (kJ/Ω)		6	55	550	Birinci negatif kısa	9
		0,55	6	52	Sonraki negatif kısa	10
	10000	25	650	15000	Birinci pozitif kısa	11
di/dt _{max} (kA/μs)		9,1	24,3	65	Birinci negatif kısa ^b	12
		9,9	39,9	161,5	Sonraki negatif kısa ^b	13
	20	0,2	2,4	32	Birinci pozitif kısa	14
di/dt % 30/%90 (kA/μs)	200	4,1	20,1	98,5	Sonraki negatif kısa ^b	15
Q _{long} (C)	200				Uzun	
T _{long} (s)	0,5				Uzun	
Cephe süresi (μs)		1,8	5,5	18	Birinci negatif kısa	
		0,22	1,1	4,5	Sonraki negatif kısa	
		3,5	22	200	Birinci pozitif kısa (tek)	
Darbe süresi (μs)		30	75	200	Birinci negatif kısa	
		6,5	32	140	Sonraki negatif kısa	
		25	230	2000	Birinci pozitif kısa (tek)	
Zaman aralığı (ms)		7	33	150	Çoklu negatif darbeler	
Toplam çakma süresi (ms)		0,15	13	1100	Negatif çakma (tamamı)	
		31	180	900	Negatif çakma (tek çakmasız)	
		14	85	500	Pozitif çakma	

^a I= 4 kA ve I=20 kA değerleri sırasıyla % 98 ve % 80 ihtimallere karşılık gelir.

^b Parametreler ve ilgili değerler Electra No:69'da verilmiştir.

Çizelge A.2 - Yıldırım akımı parametrelerinin logaritmik normal dağılımı - CIGRE'den alınan % 95 ve % 5 değerlerinden hesaplanan ortalama μ ve saçılma σ_{\log} değerleri (Electra No 41 veya 69) ^{[3][4]}

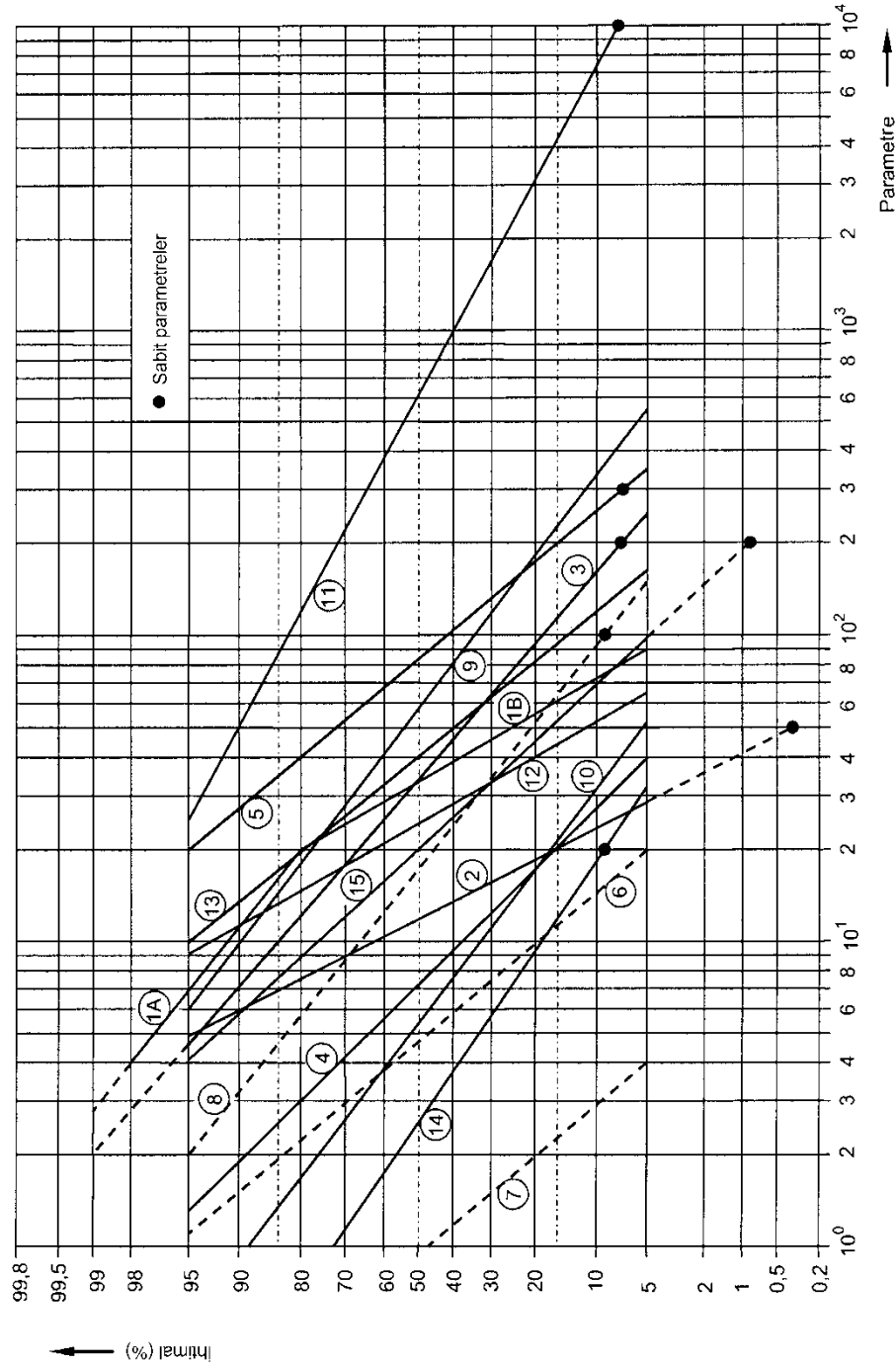
Parametre	Ortalama μ	Saçılma ^a σ_{\log}	Darbe tipi	Şekil A.5'teki çizgi
I (kA)	(61,1)	0,576	Birinci negatif kısa (% 80) ^b	1A
	33,3	0,263	Sonraki negatif kısa (% 80) ^b	1B
	11,8	0,233	Sonraki negatif kısa ^b	2
	33,9	0,527	Birinci pozitif kısa (tek)	3
Q _{flash} (C)	7,21	0,452	Negatif çakma	4
	83,7	0,378	Pozitif çakma	5
Q _{short} (C)	4,69	0,383	Birinci negatif kısa	6
	0,938	0,383	Sonraki negatif kısa	7
	17,3	0,570	Birinci pozitif kısa (tek)	8
W/R (kJ/Ω)	57,4	0,596	Birinci negatif kısa	9
	5,35	0,600	Sonraki negatif kısa	10
	612	0,844	Birinci pozitif kısa	11
di/dt _{max} (kA/μs)	24,3	0,260	Birinci negatif kısa ^b	12
	40,0	0,369	Sonraki negatif kısa ^b	13
	2,53	0,670	Birinci pozitif kısa	14
di/dt %30/ %90 (kA/μs)	20,1	0,420	Sonraki negatif kısa ^b	15
Q _{long} (C)	200		Uzun	
T _{long} (s)	0,5		Uzun	
Cephe süresi (μs)	5,69	0,304	Birinci negatif kısa	
	0,995	0,398	Sonraki negatif kısa	
	26,5	0,534	Birinci pozitif kısa (tek)	
Darbe süresi (μs)	77,5	0,250	Birinci negatif kısa	
	30,2	0,405	Sonraki negatif kısa	
	224	0,578	Birinci pozitif kısa (tek)	
Zaman aralığı (ms)	32,4	0,405	Çoklu negatif darbeler	
Toplam çakma süresi (ms)	12,8	1,175	Negatif çakma (tamamı)	
	167	0,445	Negatif çakma (tek çakmasız)	
	83,7	0,472	Pozitif çakma	

^a $\sigma_{\log} = \log (X_{\%16}) - \log (X_{\%50})$ dir. Burada X, parametre değeridir.

^b Parametreler ve ilgili değerler Electra No:69'da verilmiştir.

Çizelge A.3 - Yıldırım akımı I'nin fonksiyonu olarak P ihtimalinin değerleri

I (kA)	P
0	1
3	0,99
5	0,95
10	0,9
20	0,8
30	0,6
35	0,5
40	0,4
50	0,3
60	0,2
80	0,1
100	0,05
150	0,02
200	0,01
300	0,005
400	0,002
600	0,001



Not - Eğrilerin numaralandırılması için Çizelge A.1 ve Çizelge A.2'ye bakılmalıdır.

Şekil A.5 - Yıldırım akımı parametrelerinin kümülatif frekans dağılımı
(% 95 ve % 5 değerinden geçen çizgiler)

Bu standardda verilen LPL için bütün sabit değerler hem yukarıya hem aşağıya doğru çakmalar için geçerlidir.

Not - Yıldırım parametrelerinin değeri genel olarak yüksek yapılardan alınan ölçümlerden elde edilir. Yüksek yapıların etkisini dikkate almayan tahmini yıldırım akımı tepe değerlerinin istatistik dağılımı da yıldırım tespit sistemlerinden elde edilir.

A.3 LPL I için azami yıldırım akımı parametrelerinin tespit edilmesi

A.3.1 Pozitif kısa darbe

Yıldırımın mekanik etkileri akımın tepe değeri (I) ve özgül enerji (W/R) ile ilişkilidir. Isıl etkiler ise rezistif kuplaj varsa özgül enerji (W/R) ile, tesiste ark oluşursa yük (Q) ile ilişkilidir. Endüktif kuplajın meydana getirdiği aşırı gerilimler ve tehlikeli kıvılcıklar ise yıldırım akımı cephesinin ortalama dikliği (di/dt) ile ilişkilidir.

Tek parametrelerin her biri (I, Q, W/R, di/dt) her bir arıza mekanizmasında baskın olabilir. Deney işlemlerini belirlerken bu husus dikkate alınmalıdır.

A.3.2 Pozitif kısa darbe ve uzun darbe

Mekanik ve ısıl etkilerle ilişkili I, Q ve W/R değerleri pozitif çakmalardan belirlenir (çünkü bunların % 10 değerleri negatif çakmaların karşılık gelen % 1 değerlerinden çok daha yüksektir). Şekil A.5'ten (çizgi 3, 5, 8, 11 ve 14) % 10'un altında olan ihtimaller ile aşağıdaki değerler alınabilir:

$$\begin{aligned} I &= 200 \text{ kA} \\ Q_{\text{flash}} &= 300 \text{ C} \\ Q_{\text{short}} &= 100 \text{ C} \\ W/R &= 10 \text{ MJ}/\Omega \\ di/dt &= 20 \text{ kA}/\mu\text{s} \end{aligned}$$

Şekil A.1'e göre birinci pozitif kısa darbe için bu değerler cephe süresi için ilk yaklaşık değeri verir:

$$T_1 = I / (di/dt) = 10 \mu\text{s} \quad (T_1 \text{ daha az önemlidir})$$

Üstel olarak sönmülenen darbe için yaklaşık yük ve enerji değerleri için aşağıdaki formül geçerlidir ($T_1 \ll T_2$):

$$Q_{\text{short}} = (1/0,7) \cdot I \cdot T_2$$

$$W/R = (1/2) \cdot (1/0,7) \cdot I^2 \cdot T_2$$

Bu formüller yukarıdaki değerlerle birlikte yarı değere olan zaman için ilk yaklaşık değeri verir:

$$T_2 = 350 \mu\text{s}$$

Uzun darbe için yük değeri aşağıdaki formülden yaklaşık olarak hesaplanabilir:

$$Q_{\text{long}} = Q_{\text{flash}} - Q_{\text{short}} = 200 \text{ C}$$

Devam süresi ise Şekil A.2'ye göre çakma süresinden Çizelge A.1'deki verilerden tahmin edilebilir:

$$T_{\text{long}} = 0,5 \text{ s}$$

A.3.3 Birinci negatif kısa darbe

Bazı endüktif kuplaj etkileri için birinci negatif kısa darbe, örnek olarak betonarmeden yapılmış kablo kanalları içindeki kablolar için en yüksek endüklenmiş gerilimlere yol açar. Şekil A.5'ten (çizgi 1 ve 12) % 1'in altında olan ihtimaller ile aşağıdaki değerler elde edilebilir

$$\begin{aligned} I &= 100 \text{ kA} \\ di/dt &= 100 \text{ kA}/\mu\text{s} \end{aligned}$$

Şekil A.1'e göre birinci negatif kısa darbe için bu değerler cephe süresi için ilk yaklaşık değeri verir:

$$T_1 = I / (di/dt) = 1,0 \mu\text{s}$$

Yarı değere olan zaman birinci negatif kısa darbelerin darbe süresinden tahmin edilebilir.

$$T_2 = 200 \mu\text{s} \quad (T_2 \text{ daha az önemlidir})$$

A.3.4 Sonraki kısa darbe

Endüktif kuplajın sebep olduğu tehlikeli kıvılcımlanma ile ilişkili ortalama dikliğinin (di/dt) azami değeri negatif çakmaların sonraki kısa darbelerinden belirlenir (çünkü bunların % 1 değerleri birinci negatif darbelerin % 1 değerlerinden ve pozitif çakmaların karşılık gelen % 10 değerlerinden çok daha yüksektir). Şekil A.5'ten (çizgi 2 ve 15) % 1'in altında olan ihtimaller ile aşağıdaki değerler elde edilebilir

$$I = 50 \text{ kA}$$
$$di/dt = 200 \text{ kA}/\mu\text{s}$$

Şekil 1'e göre bu değerler sonraki kısa darbe için cephe süresinin ilk yaklaşık değerini verir:

$$T_1 = I / (di/dt) = 0,25 \mu\text{s}$$

Bunun yarı değere olan zamanı ise sonraki negatif kısa darbelerin darbe süresinden hesaplanabilir:

$$T_2 = 100 \mu\text{s} \text{ (} T_2 \text{ daha az önemlidir)}$$

A.4 Asgari yıldırım akımı parametrelerinin tespit edilmesi

Bir hava sonlandırma sisteminin yakalama verimi asgari yıldırım akımı parametrelerine ve ilgili yuvarlanan küre yarıçapına bağlıdır. Doğrudan yıldırım çakmalarına karşı korunan alanların geometrik sınırları yuvarlanan küre metodu kullanılarak belirlenebilir.

Elektro-geometrik modeli takip ederek, yuvarlanan küre yarıçapı r (nihai atlama mesafesi) ilk kısa darbe akımının tepe değeri ile ilişkilendirilir. Bir IEEE çalışma grubu raporunda [5] bu ilişki, şu şekilde verilmiştir:

$$r = 10 \cdot I^{0,65} \quad (\text{A.1})$$

Burada:

$$r \quad \text{Yuvarlanan küre yarıçapı (m),}$$
$$I \quad \text{Tepe akımıdır (kA).}$$

Yuvarlanan küre yarıçapının (r) verilen bir değeri için asgari tepe değerine (I) karşılık gelenden daha yüksek tepe değerine sahip bütün çakmaların tabii veya özel hava sonlandırmaları ile yakalanacağı varsayılabilir. Bundan dolayı, Çizelge A.5'ten (çizgi 1A ve 3) negatif ve pozitif ilk darbelerin tepe değerlerinin ihtimalleri yakalama ihtimali olarak varsayılmıştır. Polarite oranı % 10 pozitif ve % 90 negatif çakmalar olarak dikkate alınarak toplam yakalama ihtimali hesaplanabilir (Çizelge 5).

Ek B (Bilgi için)

Analiz için yıldırım akımının zaman fonksiyonları

- 10/ 350 µs birinci pozitif kısa darbe
- 1/200 µs birinci negatif kısa darbe
- 0,25/100 µs sonraki negatif kısa darbelerin

akım biçimleri aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$i = \frac{I}{k} \cdot \frac{(t/T_1)^0}{1 + (t/T_1)^0} \cdot \exp(-t/T_2) \quad (B.1)$$

Burada:

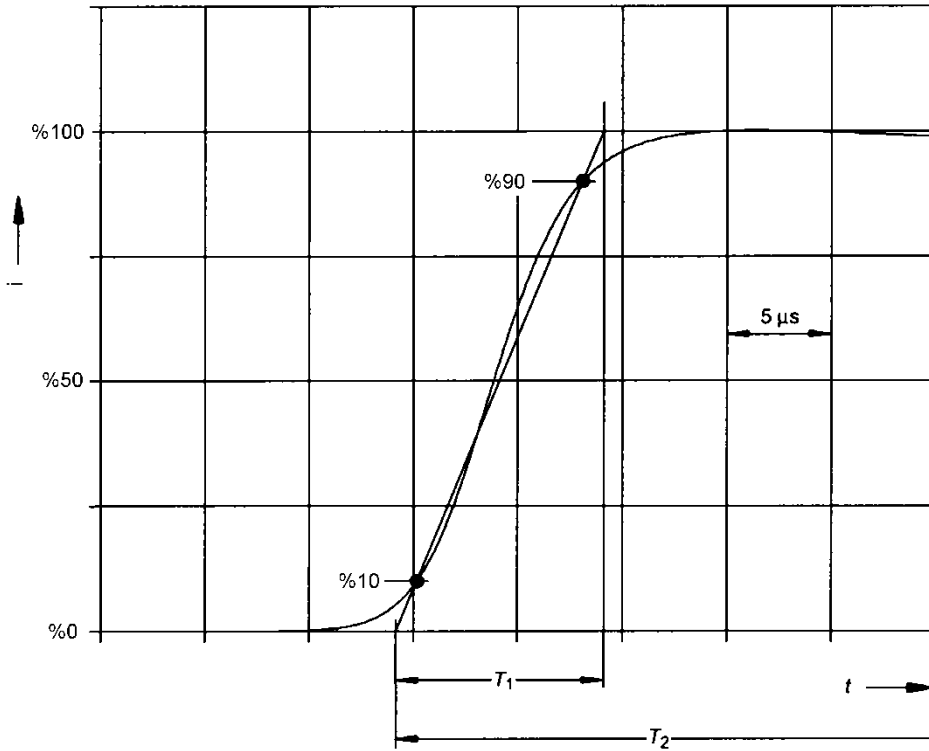
- I tepe akımı,
k tepe akımı için düzeltme faktörü,
t zaman
T₁ cephe süresi sabiti,
T₂ kuyruk süresi sabiti

dır.

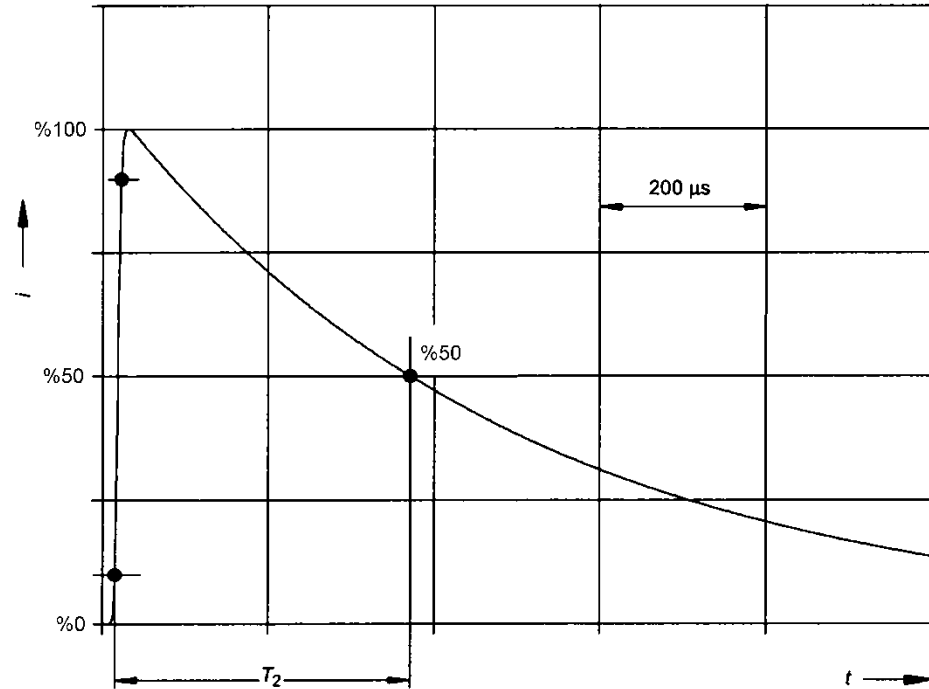
Farklı LPL için birinci pozitif kısa darbe, birinci negatif kısa darbe ve sonraki negatif kısa darbelerin akım biçimleri için Çizelge B.1'de verilen parametreler uygulanır. Zamanın fonksiyonu olarak analitik eğriler Şekil B.1 ile Şekil B.6'da gösterilmiştir.

Çizelge B.1 – (B.1) formülü için parametreler

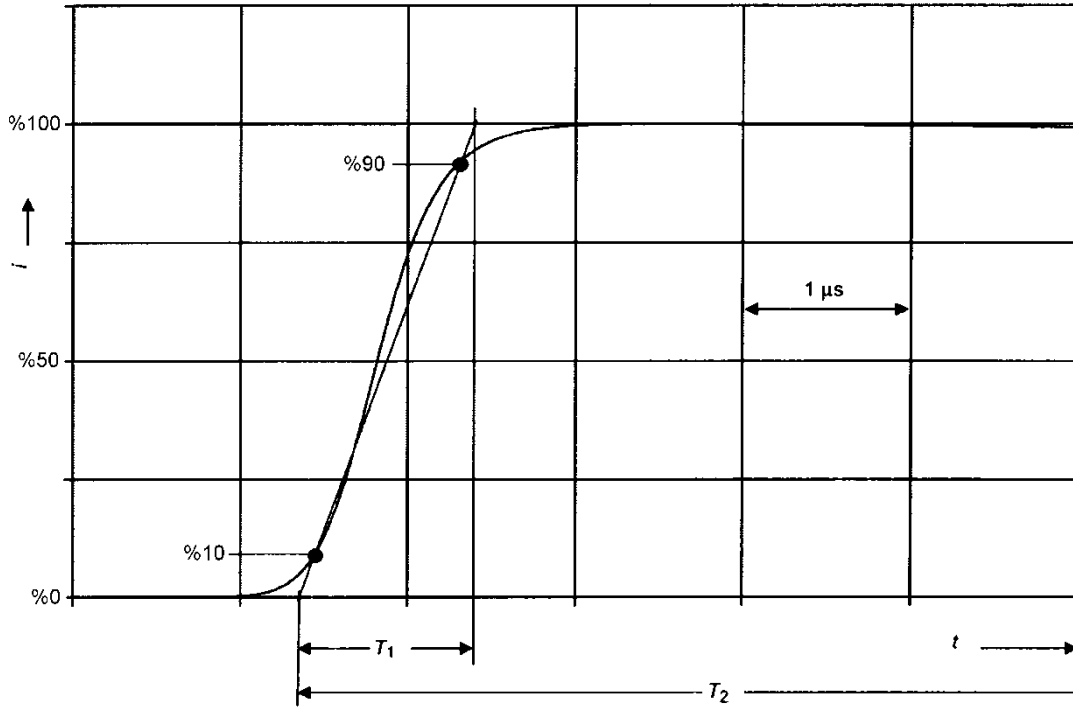
Parametreler	Birinci pozitif kısa darbe			Birinci negatif kısa darbe			Sonraki negatif kısa darbe		
	LPL			LPL			LPL		
	I	II	III-IV	I	II	III-IV	I	II	III-IV
I(kA)	200	150	100	100	75	50	50	37,5	25
k	0,93	0,93	0,93	0,986	0,986	0,986	0,993	0,993	0,993
T ₁ (µs)	19	19	19	1,82	1,82	1,82	0,454	0,454	0,454
T ₂ (µs)	485	485	485	285	285	285	143	143	143



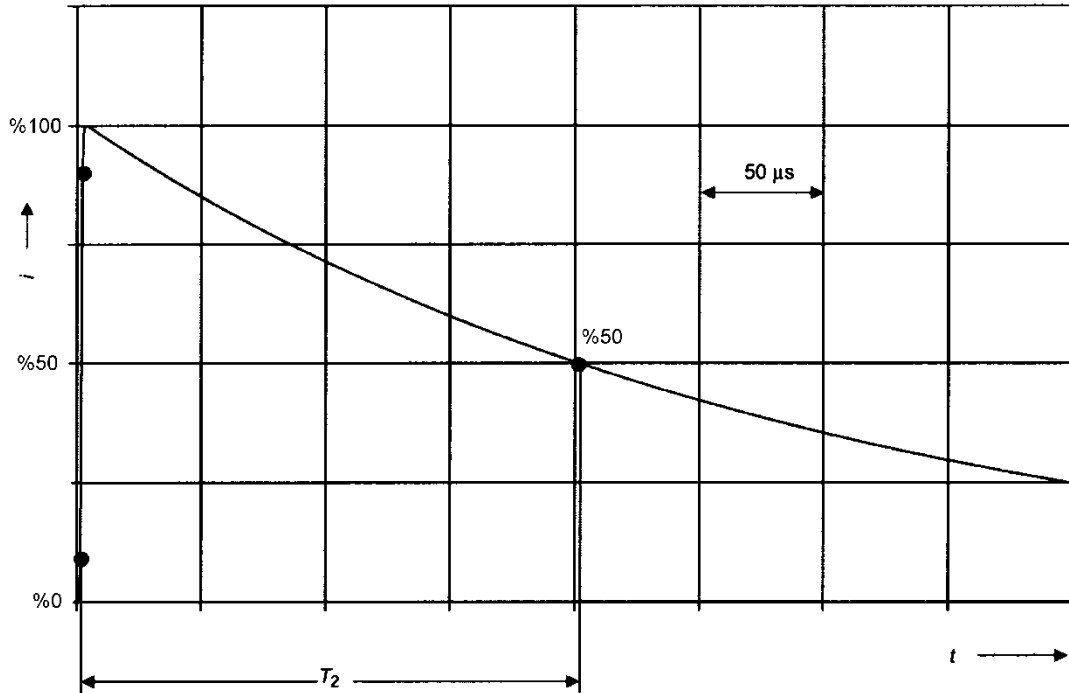
Şekil B.1 - Birinci pozitif kısa darbenin akım artışının biçimi



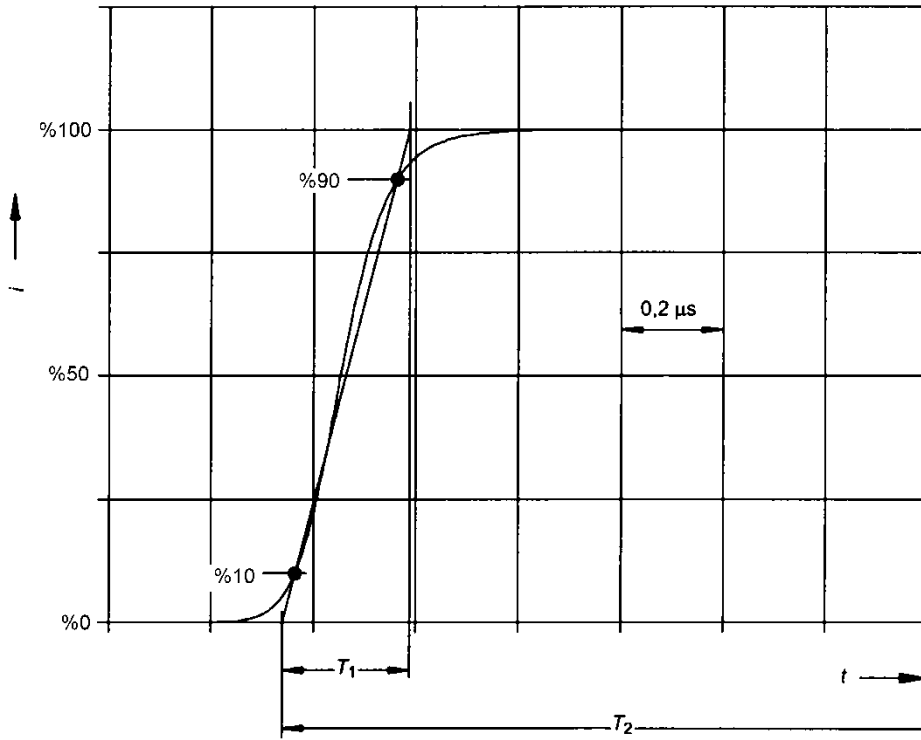
Şekil B.2 - Birinci pozitif kısa darbenin akım kuyruğunun biçimi



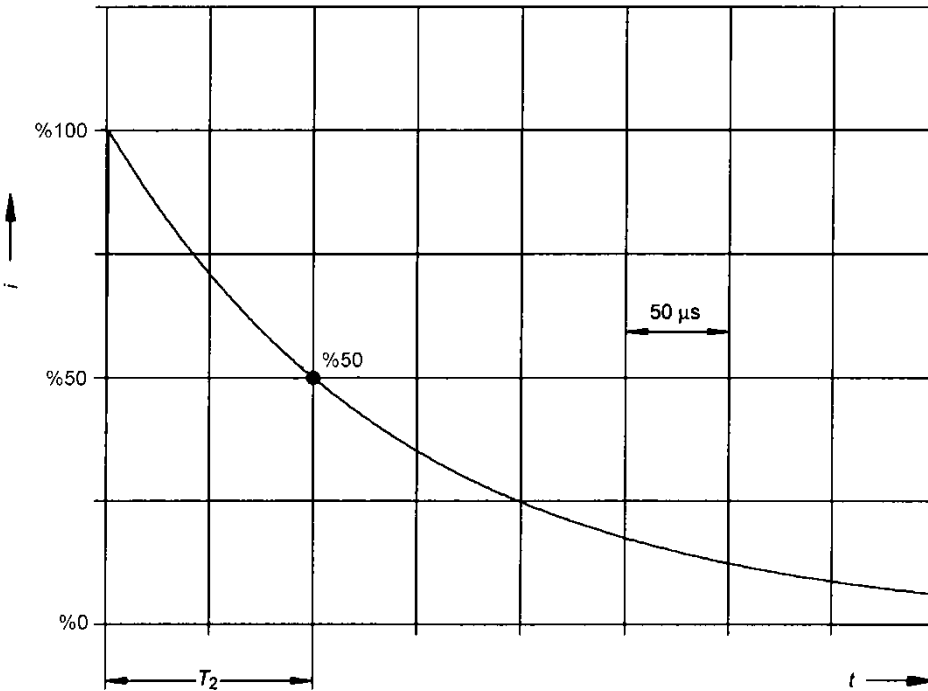
Şekil B.3 - Birinci negatif kısa darbenin akım artışının biçimi



Şekil B.4 - Birinci negatif kısa darbenin akım kuyruğunun biçimi



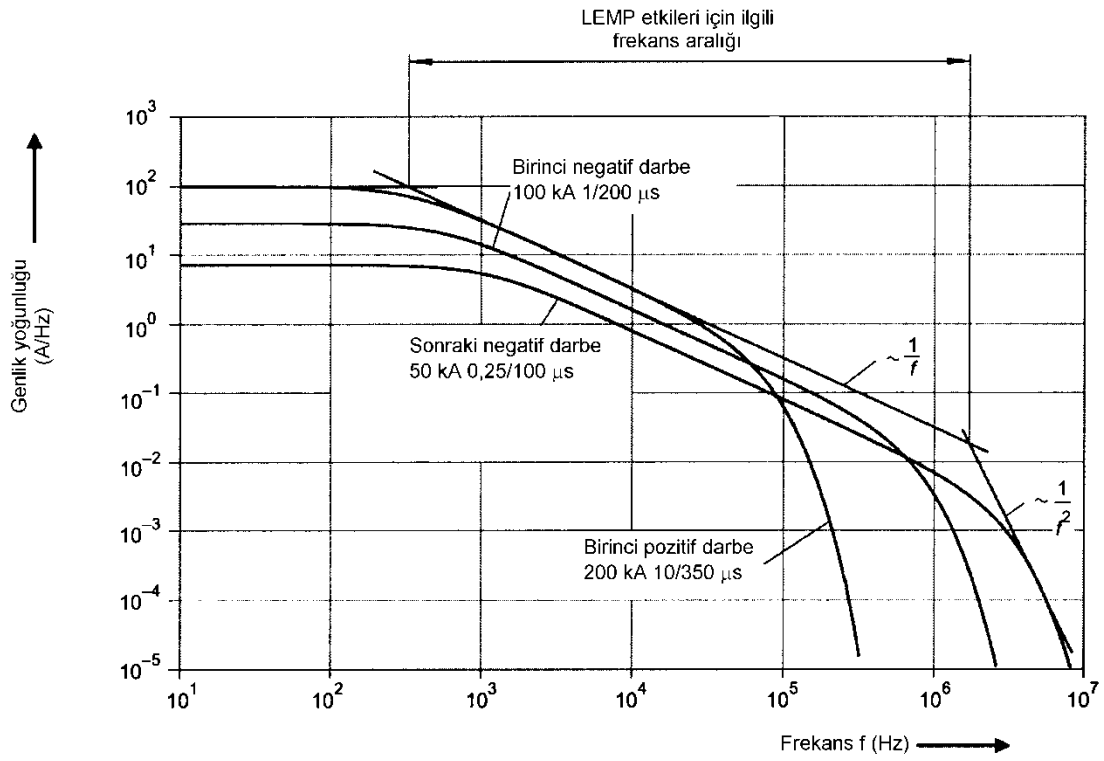
Şekil B.5 – Sonraki negatif kısa darbelerin akım artışının biçimi



Şekil B.6 - Sonraki negatif kısa darbelerin akım kuyruğunun biçimi

Uzun darbe Çizelge 3'e göre I ortalama akımı ve T_{long} süresi ile dikdörtgen bir dalga biçimi ile açıklanabilir

Zamanın bir fonksiyonu olan analitik eğrilerden yıldırım akımının genlik yoğunluğu (Şekil B.7) elde edilebilir.



Şekil B.7 - LPL l'e göre yıldırım akımının genlik yoğunluğu

Ek C (Bilgi için)

Deney amaçları için yıldırım akımının simüle edilmesi

C.1 Genel

Bir yapıya yıldırım düşmesi halinde yıldırım akımı yapı içinde dağılır. Münferit korunma tedbiri bileşenleri deneyden geçirilirken bu husus her bileşen için uygun deney parametreleri seçilmek suretiyle dikkate alınmalıdır. Bu amaçla bir sistem analizi yapılmalıdır.

C.2 Birinci pozitif kısa darbenin özgül enerjisinin ve uzun darbenin yükünün simüle edilmesi

Deney parametreleri Çizelge C.1 ve Çizelge C.2'de tanımlanmış olup Şekil C.1'de bir örnek deney jeneratörü gösterilmiştir. Bu jeneratör birinci pozitif kısa darbenin özgül enerjisini uzun darbenin yükü ile birleşik olarak simüle etmek için kullanılabilir.

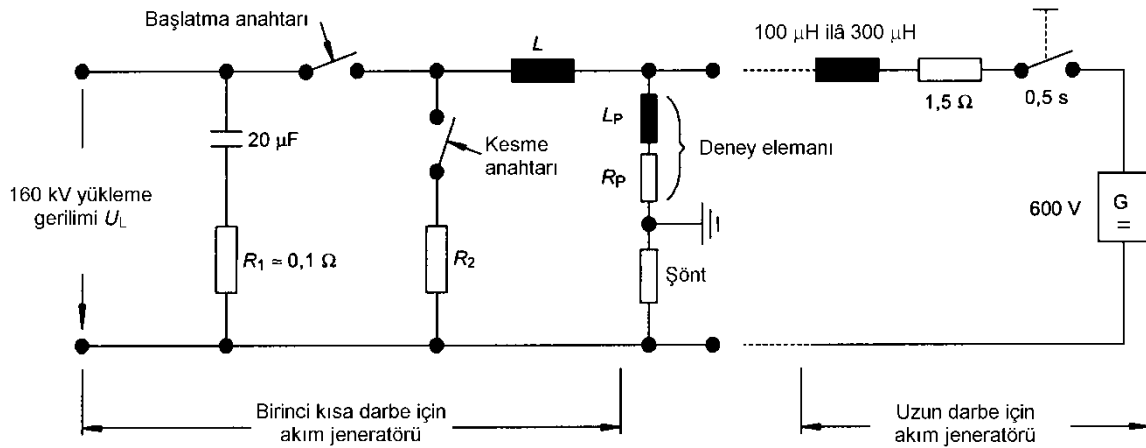
Deneyler; mekanik bütünlük, olumsuz ısınma etkilerinden ve erime etkilerinden korunma durumunu değerlendirmek için yapılabilir.

Birinci pozitif kısa darbenin simüle edilmesine için ilgili deney parametreleri (tepe akımı I , özgül enerji W/R , ve yük Q_{short}) Çizelge C.1 'de verilmiştir. Bu parametreler aynı kısa darbe içinde elde edilmelidir. Bu; T_2 değeri $350 \mu s$ civarında olan, üstel olarak sönümlenen akım ile sağlanır.

Uzun darbenin simüle edilmesi için ilgili deney parametreleri (yük Q_{long} ve devam süresi T_{long}) Çizelge C.2 'de verilmiştir.

Deney malzemesine ve beklenen hasar mekanizmalarına bağlı olarak birinci pozitif kısa darbe veya uzun darbe deneyleri tek tek veya birinci kısa darbeden hemen sonra uzun darbe ile birlikte yapılabilir. Ark eritme deneyleri her iki polarite kullanılarak yapılmalıdır.

Not - Birinci negatif kısa darbe deney amaçları için kullanılmamalıdır.



Not - Değerler LPL l'e uygulanır.

Şekil C.1 - Birinci pozitif kısa darbenin özgül enerjisinin ve uzun darbenin yükünün simüle edilmesi için örnek deney jeneratörü

Çizelge C.1 - Birinci pozitif kısa darbenin deney parametreleri

Deney parametreleri	LPL			Tolerans %
	I	II	III-IV	
Tepe akımı, I (kA)	200	150	100	±10
Yük, Q _{short} (C)	100	75	50	±20
Özgül enerji, W/R (MJ/Ω)	10	5,6	2,5	±35

Çizelge C.2 - Uzun darbenin deney parametreleri

Deney parametreleri	LPL			Tolerans %
	I	II	III-IV	
Yük, Q _{long} (C)	200	150	100	±20
Devam süresi T _{long} (s)	0,5	0,5	0,5	±10

C.3 Kısa darbelerin cephe akım dikliğinin simüle edilmesi

Akımın dikliği, yıldırım akımını taşıyan iletkenlerin yakınına tesis edilen döngülerde manyetik olarak endüklenen gerilimleri belirler.

Bir kısa darbenin akım dikliği yükselme zamanı Δt süresince akımın yükselmesi Δi olarak tarif edilir (Şekil C.2). Bu akım dikliğini simüle etmekle ilgili deney parametreleri Çizelge C.3'te verilmiştir. Örnek deney jeneratörleri Şekil C.3 ve Şekil C.4'te gösterilmiştir (Bunlar doğrudan yıldırım çakması ile ilgili yıldırım akımı cephe dikliğini simüle etmek için kullanılabilir). Simülasyon birinci pozitif kısa darbe ve sonraki negatif kısa darbe için yapılabilir.

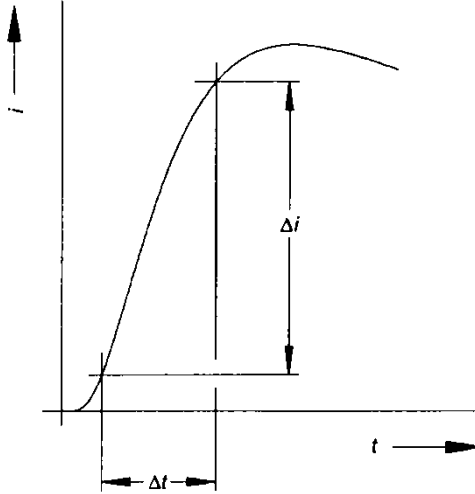
Not – Bu simülasyon kısa darbelerin cephe akım dikliğini kapsar. Akımın kuyruk tarafının bu tip simülasyon üzerinde hiçbir etkisi yoktur.

Madde C.3'e göre yapılan simülasyon bağımsız olarak veya Madde C.2'ye göre yapılan simülasyonla birlikte uygulanabilir.

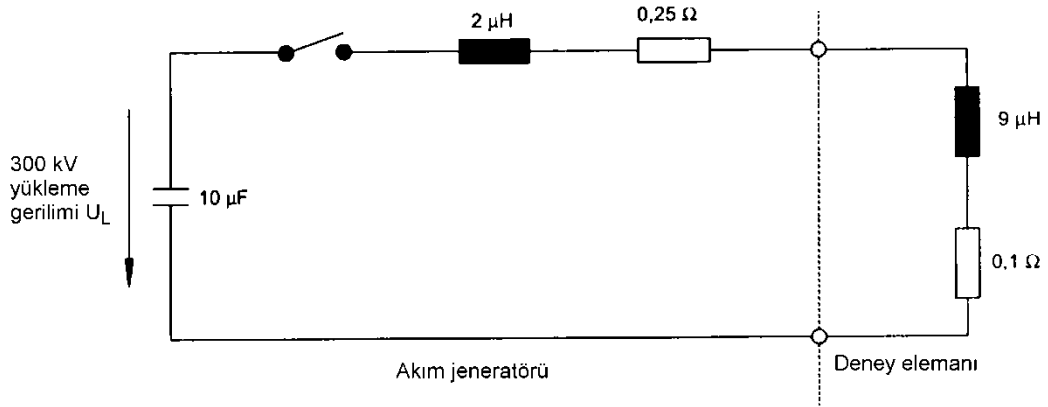
LPS bileşenleri üzerinde yıldırım etkilerini simüle etmek için kullanılan deney parametreleri hakkında daha fazla bilgi için Ek D'ye bakılmalıdır.

Çizelge C.3 - Kısa darbelerin deney parametreleri

Deney parametreleri	LPL			Tolerans %
	I	II	III-IV	
Birinci pozitif kısa darbe				
Δi (kA)	200	150	100	±10
Δt (μs)	10	10	10	±20
Sonraki negatif kısa darbe				
Δi (kA)	50	37,5	25	±10
Δt (μs)	0,25	0,25	0,25	±20

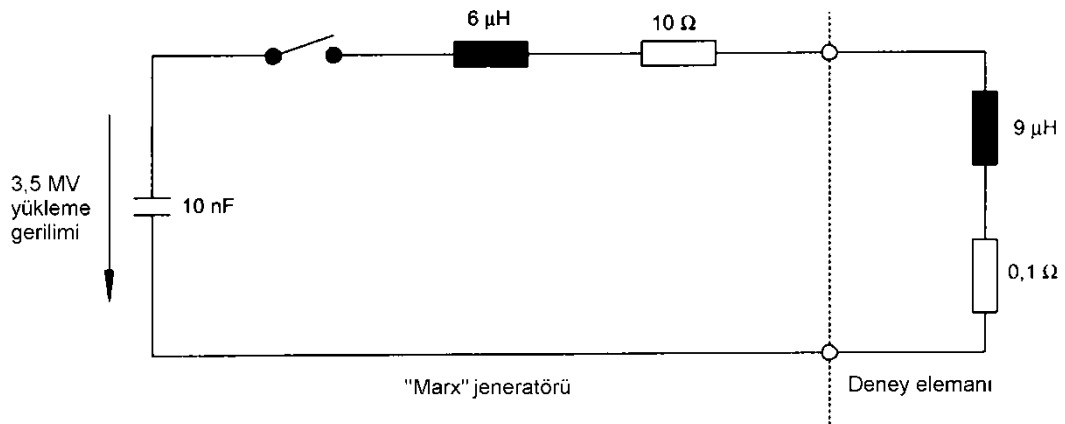


Şekil C.2 - Çizelge C.3'e uygun akım dikliğinin tanımı



Not - Bu değerler LPL i'ye uygulanır.

Şekil C.3 - Büyük deney malzemeleri için birinci pozitif kısa darbenin cephe dikliğinin simüle edilmesi için örnek deney jeneratörü



Not - Bu değerler LPL i'ye uygulanır.

Şekil C.4 - Büyük deney malzemeleri için sonraki negatif kısa darbenin cephe dikliğinin simüle edilmesi için örnek deney jeneratörü

Ek D (Bilgi için)

LPS bileşenleri üzerinde yıldırımın etkilerini simüle eden deney parametreleri

D.1 Genel

Bu ek yıldırımın etkilerinin laboratuvarında simüle edilmesi için kullanılabilen temel parametreleri verir. Bu ek yıldırım akımının tamamına veya önemli bir bölümüne maruz kalan bütün LPS bileşenlerini kapsar ve her özel bileşenle ilgili özellikleri ve deneyleri belirleyen standartlarla birlikte kullanılabilir.

Not – Sistem hususlarıyla ilgili parametreler (parafudurların koordinasyonu gibi) bu ekte dikkate alınmamıştır.

D.2 Düşme noktasıyla ilgili akım parametreleri

LPS'nin fiziksel bütünlüğü içinde rol oynayan yıldırım akımı parametreleri genel olarak tepe akımı I, yük Q, özgül enerji W/R, devam süresi T ve akımın ortalama dikliğidir di/dt. Aşağıda ayrıntılı olarak analiz edildiği gibi, her parametre farklı bir arıza mekanizmasında baskın olma eğilimindedir. Deneyler için dikkate alınacak akım parametreleri bu değerlerin birleşimidir ve LPS'nin deneyden geçirilen bölümünün gerçek arıza mekanizmasını laboratuvarında temsil edecek şekilde seçilir. Önemli miktarların seçim kriterleri Madde D.5'te verilmiştir.

Çizelge D.1'de deneylerde dikkate alınması gereken I, Q, W/R, T ve di/dt için azami değerler gerekli korunma seviyesinin bir fonksiyonu olarak verilmiştir.

Çizelge D.1 – Farklı LPS bileşenleri ve farklı LPL için deney değerlerinin hesaplanmasında dikkate alınması gereken yıldırım tehdit parametrelerinin özeti

Bileşen	Ana problem	Yıldırım tehdit parametreleri					Açıklamalar
		LPL	Q_{long} C	T			
Hava sonlandırması	Bağlanma noktasında erozyon (ince metal levhalar gibi)	I	200	<1 s (Q_{long} tek darbeye uygulanır)			
		II	150				
III-IV	100						
Hava sonlandırması ve iniş iletkeni	Omik ısınma	LPL	W/R kJ/Ω	T		IEC 62305-3'e göre boyutlandırma deneyi gereksiz kılar	
		I	10000	W/R adiyabatik olarak uygulanmalıdır			
	II	5600					
	III-IV	2500					
Mekanik etkiler	LPL	I kA	W/R kJ/Ω				
	I	200	10000				
II	150	5600					
III-IV	100	2500					
Bağlantı bileşenleri	Birleşik etkiler (ısı, mekanik ve ark)	LPL	I kA	W/R kJ/Ω	T		
		I	200	10000	<2 ms (I ve W/R tek darbeye uygulanır)		
II	150	5600					
III-IV	100	2500					

Toprak sonlandırmaları	Bağlanma noktasında erozyon	LPL	Q_{long} C	T			Boyutları genellikle mekanik/ kimyasal özellikler (korozyon gibi) belirler
		I II III-IV	200 150 100	<1 s (Q_{long} tek darbeye uygulanır)			
Kıvılcım boşlukları ihtiva eden SPD'ler	Birleşik etkiler (ısı, mekanik ve ark)	LPL	I kA	Q_{short} C	W/R kJ/Ω	di/dt kA/μs	I, Q_{short} ve W/R tek darbeye uygulanır (süre T<2ms); $\Delta i/\Delta t$ ayrı darbeye uygulanır
		I II III-IV	200 150 100	100 75 50	10000 5600 2500	200 150 100	
Metal oksit direnç blokları ihtiva eden SPD'ler	Enerji etkileri (aşırı yük)	LPL	Q_{long} C				Her iki husus kontrol edilmelidir
		I II III-IV	100 75 50				
	Dielektrik etkisi (kıvılcım atlaması/çatlama)	LPL	I kA	T			Ayrı deneyler dikkate alınabilir
		I II III-IV	200 150 100	<2 ms (I tek darbeye uygulanır)			

D.3 Akım paylaşımı

Çizelge D.1'de verilen parametreler yıldırım akımının düşme noktasıyla ilgilidir. Gerçekte, bir dış LPS'de normal olarak birden fazla iniş iletkeni ve tabii iletkenler olduğu gibi, akım toprağa birden fazla yoldan akar. Buna ilave olarak korunan yapıya normal olarak birden fazla hat girer (su ve gaz boruları, güç ve enerji hatları gibi). Bir LPS'nin belirli bileşenlerinden akan gerçek akım parametrelerinin belirlenmesi için akım paylaşımı dikkate alınmalıdır. Tercihan, LPS'nin belirli bir yerindeki bileşen üzerindeki akım genliği ve biçimi değerlendirilmelidir. Münferit değerlendirme yapılması mümkün değilse, akım parametreleri aşağıdaki işlemlerle değerlendirilebilir.

Dış LPS içinde akım paylaşımının değerlendirilmesi için konfigürasyon faktörü k_c (IEC 62305-3:2010 Ek C) kullanılabilir. Bu faktör en kötü durumda dış LPS'nin iniş iletkenlerinden akan yıldırım akımı payının tahmini değerini verir.

Dış iletken bölümler ile korunan yapıya bağlı güç ve haberleşme hatlarının olması durumunda akım paylaşımını değerlendirmek için Ek E'de verilen k_e ve k'_e yaklaşık değerleri kullanılabilir.

Yukarıda açıklanan yaklaşım toprağa belli bir yoldan akan akımın tepe değerinin değerlendirilmesi içindir. Akımın diğer parametrelerinin hesaplanması aşağıdaki gibi yapılır:

$$I_p = k \times I \quad (D.1)$$

$$Q_p = k \times Q \quad (D.2)$$

$$(W/R)_p = k^2 \times (W/R) \quad (D.3)$$

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_p = k \times \left(\frac{di}{dt}\right) \quad (D.4)$$

Burada;

x_p Toprağa giden belli bir yol "p" için dikkate alınan miktarın değeri (tepe akımı I_p , yük Q_p , özgül enerji $(W/R)_p$, akım dikliği $(di/dt)_p$),

- x Toplam yıldırım akımı için dikkate alınan miktarın değeri (tepe akımı I, yük Q, özgül enerji (W/R), akım dikliği (di/dt)),
- k Akım paylaşım faktörü:
- k_c Dış LPS için akım paylaşım faktörü (IEC 62305-3:2010 Ek C),
 - k_e, k'_e Dış iletken parçalar ile korunan yapıya bağlı elektrik ve telekomünikasyon hatlarının olması durumunda akım paylaşım faktörleridir (Ek E).

D.4 Yıldırım akımının hasar yapabilen etkileri

D.4.1 Isıl etkiler

Yıldırım akımıyla bağlantılı ısı etkileri bir LPS'nin iletkeninin direnci üzerinden veya LPS'nin içine akan elektrik akımının dolaşmasından kaynaklanan rezistif ısınmayla ilgilidir. Isıl etkiler aynı zamanda bağlantı noktasındaki ve LPS'nin ark oluşmasıyla ilgili bütün ayrılmış bölümlerindeki (kıvılcım boşlukları gibi) ark köklerinde meydana gelen ısıyla ilişkilidir.

D.4.1.1 Rezistif ısınma

Rezistif ısınma yıldırım akımının önemli bir bölümünü taşıyan LPS'nin herhangi bir bileşenlerinde meydana gelir. İletkenlerin en küçük kesit alanları etrafa yangın tehlikesi arz etmeyecek seviyede iletkenlerin aşırı ısınmasını önlemeye yetecek kadar olmalıdır. Madde D.4.1'de açıklanan ısı hususlarına rağmen, atmosfer şartlarına ve/veya korozyona maruz olan bölümler için mekanik dayanıklılık ve sağlık kriterleri dikkate alınmalıdır. Yıldırım akımının akışından dolayı iletkenin ısınmasının değerlendirilmesi, bazen insanların yaralanması, yangın ve patlama hasarı riski dolayısıyla problemlerin çıkması durumunda gereklidir.

Yıldırım akımının akışından dolayı iletkenlerin sıcaklık artışlarının değerlendirilmesi ile ilgili kılavuzluk bilgileri aşağıda verilmiştir.

Analitik yaklaşım aşağıda verildiği gibidir:

Bir iletkende elektrik akımından dolayı ısı olarak harcanan ani güç aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$P(t) = i^2(t) \times R \quad (D.5)$$

Bundan dolayı, yıldırım darbesinin tamamının ürettiği ısı enerjisi dikkate alınan LPS bileşeninin içinden geçen yıldırım akımı yolunun omik direnci ile darbenin özgül enerjisinin çarpımına eşittir. Bu enerji Joule (J) veya Watt.saniye (W x s) cinsinden ifade edilir.

$$W = R \times \int i^2(t) \times dt \quad (D.6)$$

Bir yıldırım boşalmasında yıldırım çakmasının yüksek özgül enerji safhaları yapıda üretilen ısının önemli ölçüde yayılması için süre olarak çok kısadır. Bundan dolayı bu olay adiyabatik olarak ele alınmalıdır.

LPS'nin iletkenlerinin sıcaklığı aşağıdaki gibi değerlendirilebilir:

$$\theta - \theta_0 = \frac{1}{\alpha} \left[\exp \left(\frac{W}{q^2 \times \gamma \times C_w} \right) - 1 \right] \quad (D.7)$$

Formül (D.7)'de verilen fiziksel parametrelerin karakteristik değerleri LPS'de kullanılan farklı malzemeler için Çizelge D.2'de gösterilmiştir.

Burada;

$\theta - \theta_0$ İletkenlerin sıcaklık artışı (K),

α	Direncin sıcaklık katsayısı (1/K),
W/R	Akım darbesinin özgül enerjisi (J/ Ω),
ρ_0	Ortam sıcaklığında iletkenin özgül omik direnci (Ω m),
q	İletkenin kesit alanı (m ²),
γ	Malzeme yoğunluğu (kg/m ³),
C_w	Isıl kapasite (J/kgK),
C_s	ergimenin gizli ısı (J/kg),
θ_s	Ergime sıcaklığıdır (°C).
dır.	

Çizelge D.2 – LPS bileşenlerinde kullanılan tipik malzemelerin fiziksel karakteristikleri

Miktar		Malzeme			
		Alüminyum	Yumuşak çelik	Bakır	Paslanmaz çelik ^a
ρ_0	(Ω .m)	29 x 10 ⁻⁹	120 x 10 ⁻⁹	17,8 x 10 ⁻⁹	700 x 10 ⁻⁹
α	(1/K)	4,0 x 10 ⁻³	6,5 x 10 ⁻³	3,92 x 10 ⁻³	0,8 x 10 ⁻³
γ	(kg/m ³)	2700	7700	8920	8000
θ_s	(°C)	658	1530	1080	1500
C_s	(J/kg)	397 x 10 ³	272 x 10 ³	209 x 10 ³	–
C_w	(J/kgK)	908	469	385	500

^a Ostenitik, manyetik olmayan.

Çizelge D.3'te bu formülün bir uygulama örneği olarak farklı malzemelerden yapılmış iletkenlerin sıcaklık artışı W/R ve iletken kesit alanının fonksiyonu olarak verilmiştir.

Çizelge D.3 – W/R'nin fonksiyonu olarak farklı kesitlerdeki iletkenler için sıcaklık artışı

Kesit alanı mm ²	Malzeme											
	Alüminyum			Yumuşak çelik			Bakır			Paslanmaz çelik ^a		
	W/R MJ/ Ω			W/R MJ/ Ω			W/R MJ/ Ω			W/R MJ/ Ω		
	2,5	5,6	10	2,5	5,6	10	2,5	5,6	10	2,5	5,6	10
4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	564	–	–	–	–	–	169	542	–	–	–	–
16	146	454	–	1120	–	–	56	143	309	–	–	–
25	52	132	283	211	913	–	22	51	98	940	–	–
50	12	28	52	37	96	211	5	12	22	190	460	940
100	3	7	12	9	20	37	1	3	5	45	100	190

^a Ostenitik, manyetik olmayan.

Tipik yıldırım darbesi kısa süreli bir darbe (yarı değere olan zaman birkaç 100 μ s) ve yüksek akım tepe değeri ile karakterize edilir. Bu şartlar altında yüzey etkisi de dikkate alınmalıdır. Ancak LPS bileşenleriyle ilgili pratik durumların çoğunda malzeme özellikleri (LPS iletkeninin dinamik manyetik geçirgenliği) ve

geometrik konfigürasyon (LPS iletkeninin kesit alanı) iletkendeki yüzey etkisinden kaynaklanan sıcaklık artışını ihmal edilebilecek dereceye düşürür.

Yıldırım çarpmasının bu ısınma mekanizmasıyla en fazla bağlantılı olan bileşeni ilk dönüş darbesidir.

D.4.1.2 Bağlanma noktası ısıl hasarı

Bağlanma noktası ısıl hasarı ark oluşmasının meydana geldiği hava sonlandırma sistemleri, kıvılcım boşlukları vb. gibi bütün LPS bileşenleri üzerinde gözlemlenebilir.

Bağlanma noktasında malzeme ergimesi ve erozyon meydana gelebilir. Gerçekten ark tabanı alanında ark tabanından gelen büyük bir ısıl giriş ile yüksek akım yoğunluklarından kaynaklanan omik ısınma yoğunlaşması vardır. Isıl enerjinin çoğu metalin yüzeyinde veya yüzeyin çok yakınında üretilir. Taban alanında üretilen ısı metal tarafından iletimle emilebilecek miktardan veya metalin ergimesi veya buharlaşması ile yayılabilecek olan miktardan çok daha fazladır. İşlemin şiddeti akımın genliği ve süresi ile bağlantılıdır.

D.4.1.2.1 Genel

Bir yıldırım kanalının bağlanma noktasındaki metal yüzeyler üzerindeki ısıl etkilerinin hesaplanması için birçok teorik modeller geliştirilmiştir. Basitlik bakımından bu standardda sadece anot-veya-katot gerilim düşmesi modeli açıklanacaktır. Bu modelin uygulanması özellikle ince metal cidarlar için etkilidir. Yıldırım bağlanma noktasında enjekte edilen enerjinin metali ergetmek veya buharlaştırmak için kullanıldığını varsaydığı, ısının metal içindeki yayılmasını ihmal ettiği için her durumda klasik sonuçlar verir. Diğer modeller yıldırım bağlanma noktası hasarının akım darbesinin süresi üzerindeki bağımsızlığını belirtir.

D.4.1.2.2 Anot-veya-katot gerilim düşmesi metodu

Ark tabanındaki W enerji girişinin anot/katot gerilim düşmesi $u_{a,c}$ ile yıldırım akımının yükü Q 'nün çarpımına eşit olduğu varsayılır:

$$W = \int_0^{\infty} u_{a,c}(t) i(t) dt = u_{a,c} \int_0^{\infty} |i(t)| dt \quad (D.8)$$

Burada ele alınan akım aralığı içinde $u_{a,c}$ oldukça sabit olduğu için ark tabanındaki enerji dönüşümünden esas itibariyle yıldırım akımının yükü (Q) sorumludur.

Anot-veya-katot gerilim düşmesi $u_{a,c}$ birkaç on volt civarında değere sahiptir.

Basitleştirilmiş bir yaklaşım ark tabanında gelişen enerjinin tamamının sadece ergetme için kullanıldığını varsayar. Formül (D.9)'da bu varsayım kullanılmış, fakat ergimiş hacim için fazla yüksek bir tahmine ulaşılmıştır.

$$V = \frac{u_{a,c} \times Q}{\gamma} \cdot \frac{1}{C_w \times (\theta_s - \theta_u) + C_s} \quad (D.9)$$

Burada;

V	Ergiyen metalin hacmi (m^3),
$u_{a,c}$	Anot-veya-katot gerilim düşmesi (sabit olduğu varsayılır) (V),
Q	Yıldırım akımının yükü (C),
γ	Malzeme yoğunluğu (kg/m^3),
C_w	Isıl kapasite (J/kgK),
θ_s	Ergime sıcaklığı ($^{\circ}C$),
θ_u	Ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$),
C_s	Ergimenin gizli ısısı (J/kg).

dır.

LPS'de kullanılan farklı malzemeler için bu formülde verilen fiziksel parametrelerin karakteristik değerleri Çizelge D.2'de gösterilmiştir.

Temel olarak, dikkate alınması gereken yük dönüş darbesinin yükü ile yıldırımın devam eden akımının toplamıdır. Laboratuvar tecrübeleri devam eden akımın etkileri ile mukayese edildiğinde dönüş darbesinin etkilerinin önemsiz olduğunu göstermiştir.

D.4.2 Mekanik etkiler

Yıldırım akımının meydana getirdiği mekanik etkiler akımın genliğine, süresine ve etkilenen mekanik yapının elastik özelliklerine bağlıdır. Mekanik etkiler geçerli olan durumlarda birbirine temas eden LPS bileşenleri arasındaki sürtünme kuvvetine de bağlıdır.

D.4.2.1 Manyetik etkileşim

İki akım taşıyan iletken arasında veya tek bir akım taşıyan iletken varsa bu iletken bir köşe veya döngü oluşturuyorsa, manyetik kuvvetler meydana gelir.

Bir devreden akım geçtiğinde devresinin çeşitli konumlarında meydana gelen elektrodinamik kuvvetlerin genliği hem yıldırım akımının genliğine hem de devrenin geometrik konfigürasyonuna bağlıdır. Ancak bu kuvvetlerin mekanik etkileri sadece bunların genliğine değil, aynı zamanda akımın genel şekline, süresine ve tesisin geometrik konfigürasyonuna bağlıdır.

D.4.2.1.1 Elektrodinamik kuvvetler

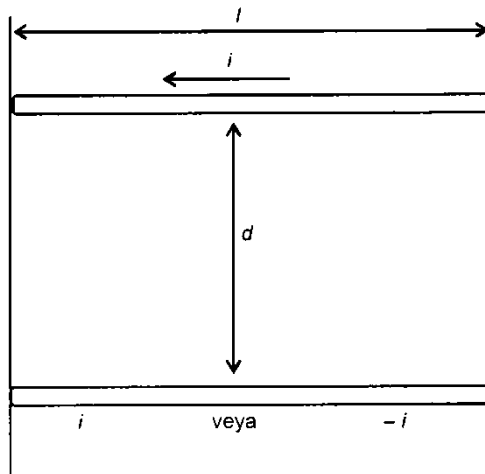
Şekil D.1'de gösterildiği gibi l uzunluğunda uzun paralel bölümlere ve d mesafesine sahip bir iletkene (uzun ve küçük döngü) akan bir i akımının meydana getirdiği elektrodinamik kuvvetler aşağıdaki formülle yaklaşık olarak hesaplanabilir.

$$F(t) = \frac{\mu_0}{2\pi} \times i^2(t) \times \frac{l}{d} = 2 \times 10^{-7} \times i^2(t) \times \frac{l}{d} \quad (D.10)$$

Burada:

F(t)	Elektrodinamik kuvvet (N),
i	Akım (A),
μ_0	Uzayın (boşluğun) manyetik geçirgenliği ($4\pi \times 10^{-7}$ H/m),
l	İletkenlerin uzunluğu (m),
d	İletkenin düz paralel bölümleri arasındaki mesafe (m).

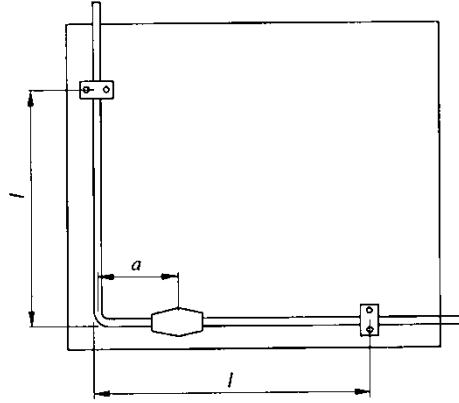
dır.



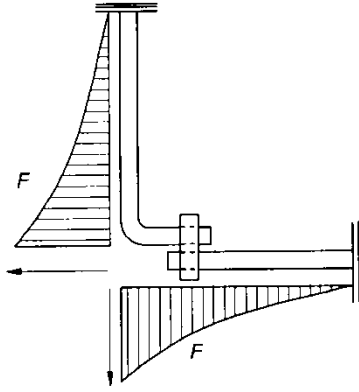
Şekil D.1 - Elektrodinamik kuvvetin hesaplanması için iki iletkenin genel düzenlemesi

Bir LPS'de bir örnek 90 derece açı oluşturacak şekilde simetrik köşe düzeninde yer alan iletkenler ile verilir. Şekil D.2'de görüldüğü üzere köşe yakınına bir kelepçe konulmuştur. Bu konfigürasyonunun zorlanmalarının diyagramı Şekil D.3'te verilmiştir. Yatay iletken üzerindeki aksenal kuvvet iletkeni kelepçenin dışına çekmeye

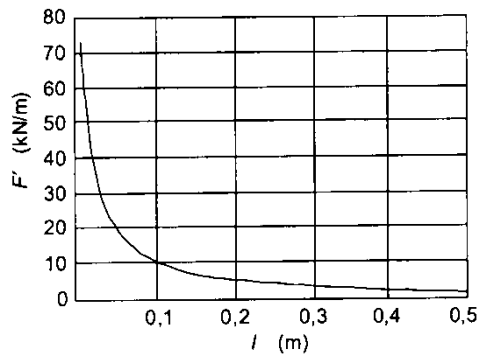
çalışır. Yatay iletken üzerindeki kuvvetin sayısal değeri, 100 kA akım tepe değeri ve 0,5 m dikey iletken uzunluğu için Şekil D.4'te gösterilmiştir.



Şekil D.2 - Bir LPS'deki tipik iletken düzenlemesi



Şekil D.3 - Şekil D.2'deki konfigürasyonu için zorlamaların diyagramı



Not - Akım tepe değeri 100 kA ve dikey iletken uzunluğu 0,5 m'dir

Şekil D.4 - Şekil D.2'deki yatay iletken boyunca birim uzunluk için F' kuvveti

D.4.2.1.2 Elektrodinamik kuvvetlerin etkileri

Uygulanan kuvvetin genliği cinsinden elektrodinamik kuvvetin $F(t)$ ani değeri ani akımın karesiyle $I(t)^2$ orantılıdır. LPS yapısının elastik Şekil bozukluğu $\delta(t)$ ve elastik sabitinin çarpımı olarak ifade edilen mekanik LPS yapısı içinde zorlamanın oluşması bakımından iki etki dikkate alınmalıdır. Tabii mekanik frekans (LPS yapısının elastik davranışı ile bağlantılı olarak) ve LPS yapısının kalıcı Şekil bozukluğu (plastik davranışı ile bağlantılı olarak) en önemli parametrelerdir. Buna ilave olarak, birçok durumda yapı içindeki sürtünme kuvvetlerinin etkisi de büyük öneme sahiptir.

Yıldırım akımının oluşturduğu elektrodinamik kuvvetin meydana getirdiği elastik LPS yapısının titreŐimlerinin genliği ikinci dereceden diferansiyel denklemlerle değerendirilebilir. Burada önemli faktör akım darbesinin süresi ile LPS yapısının salınımlarının tabii frekansı arasındaki orandır. LPS uygulamalarında karşılaşılan tipik durum tabii salınım periyotlarının uygulanan kuvvetin periyodundan (yıldırım akım darbesinin süresi) çok daha uzun olmasıdır. Bu durumda azami mekanik zorlama akım darbesinin durmasından sonra meydana gelir ve tepe değeri uygulanan kuvvetinkinden düşük olur. Çoğu durumda azami mekanik zorlama ihmal edilebilir.

Çekme gerilmesi malzemenin elastik sınırını aŐtıđında plastik Şekil bozukluğu meydana gelir. Eğer LPS'yi meydana getiren malzeme, alüminyum veya tavlınmış bakır gibi yumuşak ise elektrodinamik kuvvetler iletkenleri köşelerde ve döngülerde Şekil bozukluğuna uğratabilir. Bundan dolayı LPS bileşenleri bu kuvvetlere dayanacak ve esas olarak plastik davranıŐ gösterecek Şekilde tasarlanmalıdır.

LPS'ye uygulanan toplam mekanik zorlama uygulanan kuvvetin zaman entegraline ve dolayısıyla akım darbesinin özgül enerjisine bağlıdır. Ayrıca akım darbesinin biçimine ve süresine (yapının tabii salınım periyodu ile mukayeseli olarak) bağlıdır. Bundan dolayı, deney işlemi sırasında bütün bu etki eden parametreler dikkate alınmalıdır.

D.4.2.2 Akustik Şok dalgası hasarı

Bir yıldırım akımı bir arktan aktığı zaman bir Şok dalgası meydana gelir. Őokun Şiddeti akım tepe değerine ve akımın artış hızına bağlıdır.

Genel olarak akustik Şok dalgasından dolayı LPS'nin metal bölümleri üzerinde meydana gelen hasar önemsizdir, fakat etraftaki malzemeler üzerinde hasar oluŐturabilir.

D.4.2.3 Birleşik etkiler

Uygulamada ısıl ve mekanik etkiler eş zamanlı olarak meydana gelir. Bileşenlerin malzemelerinin ısınması (çubuklar, kelepçeler, vb. gibi) malzemeleri yumuŐatacak kadar yüksekse çok daha fazla hasar meydana gelebilir. AŞırı durumlarda iletken patlayarak eriyebilir ve etraftaki yapılara önemli ölçüde zarar verebilir. Eğer metalin kesiti toplam işlemi karşılayacak kadar büyükse sadece toplam mekanik bütünlüğün kontrol edilmesi gereklidir.

D.4.3 Kıvılcımlanma

Genel olarak kıvılcımlanma sadece tutuŐabilir ortamlar için veya yanabilir malzemeler olması durumunda önemlidir. En pratik durumlarda kıvılcımlanma LPS bileşenleri için önemli değildir.

İki farklı cins kıvılcımlanma meydana gelebilir: ısıl ve gerilim kıvılcımlanmaları. Isıl kıvılcımlanma iki iletken malzeme arasındaki bir ekten çok yüksek bir akımın geçirilmeye çalıŐılması esnasında meydana gelir. Ara yüz basıncı çok düşükse kıvılcım ekin içinde kenarların yakınında oluŐur. Bunun sebebi esas olarak yüksek akım yoğunluğu ve yetersiz ara yüz basıncıdır. Isıl kıvılcımlanmanın Şiddeti özgül enerji ile bağlantılıdır ve bundan dolayı yıldırımın en kritik safhası ilk dönüş darbesidir. Gerilim kıvılcımlanması akımın eklerin içinde olduğu gibi sarmal yollardan geçmeye zorlanması halinde, böyle bir halka içinde endüklenen gerilim metal bölümler arasındaki delinme gerilimini aŐması halinde oluŐur. Endüklenen gerilim öz endüktans ile yıldırım akımının dikliğinin çarpımıyla orantılıdır. Bundan dolayı gerilim kıvılcımlanması için en kritik yıldırım bileşeni sonraki negatif darbedir.

D.5 LPS bileşenleri, ilgili problemler ve deney parametreleri

D.5.1 Genel

Yıldırımdan korunma sistemleri çeşitli farklı bileŐenlerden yapılmıŐtır ve bunların her biri sistem içinde belirli bir fonksiyona sahiptir. Bunların performansını kontrol etmek için laboratuvar deneyleri hazırlanırken bileşenlerin yapısına ve bunların maruz kaldığı belirli zorlamalara özel dikkat gereklidir.

D.5.2 Hava sonlandırması

Hava sonlandırma sistemleri üzerindeki etkiler hem mekanik hem de ısı etkilerden (Madde D.5.3'te açıklandığı üzere, fakat yıldırım düşen bir hava sonlandırma iletkeninden yıldırım akımının yüksek bir bölümünün geçeceği bilinerek) ve bazı durumlarda, özellikle ince metal çatı kaplamaları veya cidar yüzeyleri (delinme veya aşırı arka yüzey sıcaklık artışı meydana gelebilir) gibi tabii LPS bileşenlerinde ve asılı iletkenlerde ark erozyon etkilerinden kaynaklanır.

Ark erozyon etkileri için iki ana deney parametresi dikkate alınmalıdır: bir başka ifadeyle uzun süreli akımın yükü ve süresi gibi.

Yük, ark tabanındaki enerjiyi belirler. Bu etki için uzun süreli darbeler çok şiddetlidir, kısa süreli darbeler ise ihmal edilebilir.

Akım süresinin malzemeye ısı transferi işleminde önemli bir rolü vardır. Deneyler esnasında uygulanan akımın süresi uzun süreli darbelerin süresi (0,5 ila 1 s) ile mukayese edilebilir olmalıdır.

D.5.3 İniş iletkenleri

Yıldırımın iniş iletkenleri üzerinde sebep olduğu etkiler iki ana kategoriye ayrılabilir:

- Rezistif ısınmadan kaynaklanan ısı etkiler,
- Yıldırım akımının birbirine yakın iletkenler arasında paylaşıldığı veya akımın yön değiştirdiği (kıvrımlar veya birbirine göre belli bir açıyla konumlandırılmış iletkenler arasındaki bağlantılar) durumlarda manyetik etkileşimle bağlantılı mekanik etkiler.

Birçok durumda iki etki birbirinden bağımsız olarak hareket eder ve her etkinin birbiri üzerindeki etkisini kontrol etmek için ayrı deneyler yapılabilir. Bu yaklaşım, yıldırım akımının ürettiği ısının mekanik özellikleri ciddi şekilde değiştirmedeği bütün durumlarda kullanılabilir.

D.5.3.1 Rezistif ısınma

Yıldırım akımının bir iletkeninden geçişinden dolayı farklı kesitteki ve farklı malzemelerden yapılmış iletkenlerin ısınmasıyla ilgili hesaplamalar ve ölçümler çeşitli yazarlar tarafından yayınlanmıştır. Çizimler ve formüller bakımından önemli sonuçlar Madde D.4.1.1'de özetlenmiştir. Bundan dolayı, genel olarak bir iletkenin sıcaklık artışına göre davranışını kontrol etmek için laboratuvar deneylerine ihtiyaç yoktur.

Laboratuvar deneyi gerektiren bütün durumlar için aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

- İncelenecek ana deney parametreleri özgül enerji ve darbe akımı süresidir.
- Özgül enerji, yıldırım akımının geçmesiyle oluşan Joule ısınmasından kaynaklanan sıcaklık artışını belirler. Dikkate alınacak sayısal değerler ilk darbeye ait olanlardır. Pozitif darbeleri dikkate alarak klasik veriler elde edilebilir.
- Darbe akımı süresi incelenen iletkenin etrafındaki ortam şartlarına göre ısı alış-verişi üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Birçok durumda darbe akımının süresi o kadar kısadır ki ısınma işleminin adiyabatik olduğu varsayılabilir.

D.5.3.2 Mekanik etkiler

Madde D.4.2.1'de açıklandığı gibi yıldırım akımını taşıyan iletkenler arasında mekanik etkileşimler meydana gelir. Buradaki kuvvet iletkenlerde akan akımların çarpımı (veya tek bir bükülmüş iletken dikkate alınırsa akımın karesi) ile orantılıdır ve iletkenler arasındaki mesafenin tersi ile bağlantılıdır.

Görülebilir bir etkinin meydana geldiği normal durum bir iletkenin döngü meydana getirmesi veya bükülmesi durumudur. Böyle bir iletken yıldırım akımı taşıdığı zaman döngüyü genişletmeye ve köşeyi düzeltmeye, böylece dışarıya doğru genişletmeye çalışan bir mekanik kuvvete maruz kalır. Bu kuvvetin genliği akım genliğinin karesi ile orantılıdır. Ancak, akım genliğinin karesi ile orantılı olan ve karşılık gelen zorlaması LPS'nin mekanik yapısının elastik özelliklerine bağlı olan elektrodinamik kuvvetle açık bir ayırım yapılması gereklidir. Tabii frekansları nispeten düşük olan LPS yapıları için LPS yapısı içinde oluşan zorlama elektrodinamik kuvvetten oldukça küçük olur. Bu durumda, kesit alanları bu standardın özelliklerine uygun olduğu sürece dik açı ile bükülmüş bir iletkenin mekanik davranışını kontrol etmek için laboratuvar deneyi yapmaya lüzum yoktur.

Laboratuar deneyi gerektiren bütün durumlarda (özellikle yumuşak malzemeler için) aşağıdaki hususlar göz önüne alınmalıdır. İlk dönüş darbesinin üç parametresi incelenmelidir: süre, darbe akımının özgül enerjisi ve rijit sistemler için akımın genliği.

Darbe akımının süresi, LPS yapısının tabii mekanik salınım süresi ile mukayeseli olarak sistemin yer değiştirme şeklindeki mekanik tepkisini belirler:

- Darbe akımının süresi; LPS yapısının tabii mekanik salınım süresinden çok kısa ise (yıldırım darbeleri ile zorlamaya maruz kalan LPS yapıları için normal durum) sistemin kütlesi ve esnekliği önemli ölçüde yer değiştirmesine mani olur ve bununla ilgili mekanik zorlama esas itibarıyla akım darbesinin özgül enerjisi ile ilgilidir. Darbe akımının tepe değeri sınırlı bir etkiye sahiptir.
- Darbe akımının süresi; LPS yapısının tabii mekanik salınım süresine yakın veya ondan uzun ise sistemin yer değiştirmesi uygulanan zorlamanın biçimine karşı daha hassastır. Bu durumda deney sırasında akım darbesinin tepe değeri ve özgül enerjisi üretilmesine ihtiyaç vardır.

Darbe akımının özgül enerjisi LPS yapısında elastik ve plastik şekil bozukluğu meydana getiren zorlamayı kontrol eder. Dikkate alınması gereken sayısal değerler ilk darbeye ilgili olanlardır.

Darbe akımının azami değerleri, rijit sistemler için yüksek tabii salınım frekanslarına sahip LPS yapısının azami yer değiştirmesinin uzunluğunu belirler. Dikkate alınması gereken sayısal değerler ilk darbeye ilgili olanlardır.

D.5.3.3 Bağlantı bileşenleri

Bir LPS'nin bitişik iletkenleri arasındaki bağlantı bileşenleri çok yüksek zorlamaların meydana geldiği muhtemel mekanik ve ısıl zayıflık noktalarıdır.

Bağlayıcının yerleştirilmesi iletken bir dik açı yapacak şekilde ise zorlamanın ana etkileri iletken takımını düzeltmeye çalışan mekanik kuvvetler ve bağlantı sağlayan bileşen ile bağlantıyı ayırmaya çalışan iletkenler arasındaki sürtünme kuvvetleriyle bağlantılıdır. Farklı bölümlerin temas noktalarında ark oluşması mümkündür. Buna ilave olarak, küçük temas yüzeylerinde akımın yoğunlaşmasından kaynaklanan ısınma etkisi de önemlidir.

Laboratuar deneyleri karmaşık bir ortak etkinin meydana gelmesinden dolayı bir etkiyi diğerinden ayırmanın zor olduğunu göstermiştir. Mekanik dayanıklılık temas noktasının yerel ergimesinden etkilenir. Bağlantı bileşenlerinin bölümleri arasındaki birbirine göre yer değiştirmeler ark oluşmasına ve buna bağlı şiddetli ısı üretilmesine yol açar.

Geçerli bir model olmadığı durumda, laboratuar deneyleri yıldırım akımının parametrelerini en kritik durumda mümkün olduğu kadar yaklaşık olarak temsil edecek şekilde yapılmalıdır: Diğer bir ifadeyle; yıldırım akımının yaklaşık parametreleri tek bir elektriksel deney vasıtasıyla uygulanmalıdır.

Bu durumda üç parametre ele alınmalıdır: Darbe akımının tepe değeri, özgül enerjisi ve süresi.

Darbe akımının azami değerleri azami kuvveti belirler veya elektrodinamik çekme kuvvetleri sürtünme kuvvetlerinden büyük olursa, LPS yapısının azami yer değiştirmesinin uzunluğunu belirler. Dikkate alınacak sayısal değerler ilk darbeye ilgilidir. Pozitif darbeler dikkate alarak klasik veriler elde edilir.

Akım darbesinin özgül enerjisi akımın küçük alanlarda yoğunlaştığı temas yüzeylerindeki ısınmayı tayin eder. Dikkate alınacak sayısal değerler ilk darbeye ilgilidir. Pozitif darbeleri dikkate alarak klasik veriler elde edilir.

Darbe akımının süresi sürtünme kuvvetleri aşıldıktan sonra yapının yer değiştirmesini belirler ve malzemedeki ısı iletimi olayında önemli bir rol oynar.

D.5.3.4 Toprak sonlandırması

Toprak sonlandırma elektrotlarıyla ilgili gerçek problemler kimyasal korozyon ve elektrodinamik kuvvetlerin haricindeki kuvvetlerin sebep olduğu mekanik hasarlardır. Pratik durumlarda toprak elektrotunun ark tabanında erozyona uğramasının önemi azdır. Ancak, hava sonlandırmalarının aksine, bir LPS'de birden fazla toprak sonlandırması olduğu dikkate alınmalıdır. Yıldırım akımı birden fazla topraklama elektrotu

arasında bölünecek ve dolayısıyla ark tabanında daha az önemli etkilere sebep olacaktır. Bu durumda iki ana deney parametresi dikkate alınmalıdır.

- Yük, ark tabanındaki enerji girişini belirler. Özellikle, ilk darbenin katkısı ihmal edilebilir, çünkü bu bileşen için uzun süreli darbelerin en şiddetli etkiye sahip olduğu görülmektedir.
- Darbe akımının süresi malzemedeki ısı iletimi olayında önemli bir rol oynar. Deney işlemi sırasında uygulanan akım darbesinin süresi uzun süreli darbelerinki (0,5 ila 1 s) ile mukayese edilebilir olmalıdır.

D.6 Ani darbe koruyucu cihaz (SPD)

D.6.1 Genel

SPD üzerinde yıldırımın sebep olduğu zorlamanın etkileri dikkate alınan SPD'nin tipine, özellikle içinde boşluk olup olmamasına bağlıdır.

D.6.2 Kıvılcım boşlukları bulunan SPD

Yıldırımın kıvılcım boşlukları üzerinde sebep olduğu etkiler iki ana kategoriye ayrılabilir:

- Malzemenin ısınması, ergimesi ve buharlaşması ile boşluk elektrotlarının erozyona uğraması,
- Boşalma şok dalgasının sebep olduğu mekanik zorlama.

Bu etkileri ayrı olarak değerlendirmek çok zordur, çünkü her ikisi de ana yıldırım akımı parametrelerine karmaşık ilişkilerle bağlıdır.

Kıvılcım boşlukları için laboratuvar deneyleri yıldırım akımının parametrelerini en kritik durumda mümkün olduğu kadar yaklaşık olarak temsil edecek şekilde yapılmalıdır: Bir başka ifadeyle; yıldırım akımının yaklaşık parametreleri tek bir elektriksel zorlama vasıtasıyla uygulanmalıdır.

Bu durumda beş parametre dikkate alınmalıdır: Darbe akımının tepe değeri, yükü, süresi, özgül enerjisi ve artış hızı.

Akım tepe değeri şok dalgasının şiddetini belirler. Dikkate alınacak sayısal değerler ilk darbeye ilgilidir. Pozitif darbeleri dikkate alarak klasik veriler elde edilir.

Yük, arktaki enerji girişini tayin eder. Arktaki enerji bağlanma noktasındaki elektrot malzemesinin bir kısmını ısıtır, ergitir ve belki de buharlaştırır. Dikkate alınacak sayısal değerler yıldırım çakmasının tamamıyla ilgilidir. Ancak, birçok durumda güç besleme kaynağı sisteminin konfigürasyonuna bağlı olarak (TN, TT veya IT) uzun süreli akımın yükü ihmal edilemeyebilir.

Darbe akımının süresi elektrot kütlesine ısı iletimini ve bundan kaynaklanan ergime cephesinin yayılmasını belirler.

Akım darbesinin özgül enerjisi arkın kendinden manyetik sıkışma durumunu ve elektrot yüzeyi ile ark arasındaki ara yüzde oluşan elektrot plazma jetlerinin (önemli miktarda ergimiş malzeme püskürtebilir) fiziksel durumunu kontrol eder. Dikkate alınacak sayısal değerler ilk darbeye ilgilidir. Pozitif darbeleri dikkate alarak klasik veriler elde edilir.

Not - Güç besleme kaynağı sistemlerinde kullanılan kıvılcım boşlukları için muhtemel güç frekansının akım genliğini takip etmesi önemli bir zorlama faktörü oluşturur ve bu husus dikkate alınmalıdır.

D.6.3 Metal oksit varistörleri bulunan SPD

Yıldırımın sebep olduğu metal oksit varistörler üzerinde meydana gelen zorlamalar iki ana kategoriye ayrılabilir: bunlar aşırı yük ve kıvılcım atlamasıdır. Her kategori farklı bir olay ile meydana gelen ve farklı parametreler tarafından belirlenen arıza modları ile karakterize edilir. Metal oksit SPD'lerin arızalanması en zayıf özellikleri ile bağlantılıdır ve bundan dolayı farklı ciddi zorlamalar arasında eş etkinlik oluşması pek muhtemel değildir. Bundan dolayı her arıza modu şartındaki davranışı ayrı deneylerle kontrol etmek kabul edilebilir bulunmuştur.

Aşırı yükler cihazın yeteneklerini aşan miktarda enerjinin emilmesinden kaynaklanır. Burada dikkate alınan aşırı enerji yıldırım zorlamasının kendisiyle ilgilidir. Ancak, güç besleme kaynağı sistemlerine monte edilen SPD'ler için yıldırım akımının akmasının durmasından hemen sonra güç sistemi tarafından cihaza enjekte edilen takip akımı SPD'nin ciddi şekilde arızalanmasında önemli bir rol oynayabilir. Son olarak, bir SPD

dirençlerin volt-ampere karakteristiklerinin negatif sıcaklık katsayısıyla ilgili olarak uygulanan gerilim altında ısı kararsızlıktan dolayı ciddi hasara uğrayabilir. Metal oksit varistörlerin aşırı yük simülasyonu için bir ana parametre dikkate alınmalıdır: O da yüküdür.

Yük, metal oksit direnç bloklarına enerji girişini kontrol eder. Bunun için metal oksit direnç bloklarının artık gerilimlerinin sabit olduğu varsayılır. Dikkate alınacak sayısal değerler yıldırım çakmasıyla ilgilidir.

Kıvılcım atlamaları ve çatlama dirençlerin yeteneklerini aşan akım darbesi genlikleri tarafından oluşturulur. Bu arıza modu genellikle boğaz üzerinde meydana gelen bir harici kıvılcım atlamasıyla ile görülür. Bazen bu kıvılcım atlaması direnç bloğuna nüfuz ederek boğaza dik bir çatlak veya delik açabilir. Bu arıza esas itibarıyla direnç bloğunun boğazının dielektrik delinmesiyle bağlantılıdır.

Bu yıldırım olayının simülasyonu için iki ana parametrenin dikkate alınması gerekir: Bunlar darbe akımının azami değeri ve süresidir.

Darbe akımının azami değeri karşılık gelen artık gerilim seviyesi yoluyla direnç boğazındaki azami dielektrik dayanıklılığının aşılmadığını kontrol eder. Dikkate alınacak sayısal değerler ilk darbeye ilgilidir. Pozitif darbeleri dikkate alarak klasik veriler elde edilir.

Darbe akımının süresi direnç boğazı üzerindeki dielektrik zorlamasının uygulanma süresini belirler.

D.7 LPS bileşenlerinin deney işleminde kullanılacak deney parametrelerinin özeti

Çizelge D.1 her LPS bileşeninin çalışması esnasındaki en kritik özellikleri gösterir ve laboratuvar deneylerinde üretilmesi gereken yıldırım akımı parametrelerini belirtir.

Çizelge D.1'de verilen sayısal değerler düşme noktasında önemli olan yıldırım parametreleri ile ilgilidir.

Deney değerleri, Madde D.3'te açıklandığı üzere, akım paylaşma faktörü ile ifade edilebilecek akım paylaşımı dikkate alınarak hesaplanmalıdır.

Bundan dolayı deneylerde kullanılacak parametrelerin sayısal değerleri Çizelge D.1'de verilen veriler esas alınarak ve akım paylaşma ile ilgili azaltma faktörleri uygulanarak Madde D.3'te açıklanan formüller ile gösterildiği gibi hesaplanabilir.

Ek E (Bilgi için)

Farklı tesis noktalarına düşen yıldırımdan kaynaklanan ani darbeler

E.1 Giriş

İletkenlerin, SPD'lerin ve donanımın boyutlandırılması için bu bileşenlerin tesis edildikleri özel noktalardaki ani darbelerden dolayı maruz kaldıkları tehdit belirlenmelidir. Ani darbeler yıldırım akımlarından (kısmen) ve tesis döngülerine gelen endüksiyon etkilerinden oluşabilir. Bu ani darbelerden kaynaklanan tehditler kullanılan bileşenlerin (gerekirse yeterli deneyler ile belirlenen) dayanma seviyelerinden küçük olmalıdır.

E.2 Yapıya düşen yıldırım çakmalarından kaynaklanan ani darbeler (Hasar kaynağı S1)

E.2.1 Yapıya bağlı dış iletken bölümler ve hatlar üzerinden akan ani darbeler

Toprağa iletildiğinde yıldırım akımı toprak sonlandırma sistemi, dış iletken bölümler ve hatlar arasında doğrudan veya bunlara bağlı SPD'ler üzerinden bölünür.

Eğer;

$$I_F = k_e \times I \quad (E.1)$$

yıldırım akımının her bir dış iletken bölüm veya hatla ilgili kısmı ise, bu durumda akım paylaşım faktörü k_e aşağıdakilere bağlıdır:

- Paralel yol sayısı,
- Yer altı bölümler için klasik topraklama empedansı veya hava hattı bölümler için bunların yer altı bölümlerine bağlandığı yerlerdeki toprak direnci,
- Toprak sonlandırma sisteminin klasik topraklama empedansı.

$$\bullet \text{ Yer altı tesis için } k_e = \frac{Z}{Z_1 + Z \times \left(n_1 + n_2 \times \frac{Z_1}{Z_2} \right)} \quad (E.2)$$

$$\bullet \text{ Hava hattı tesis için } k_e = \frac{Z}{Z_2 + Z \times \left(n_2 + n_1 \times \frac{Z_2}{Z_1} \right)} \quad (E.3)$$

Burada;

Z Toprak sonlandırma sisteminin klasik topraklama empedansı,

Z₁ Dış bölümlerin veya hatların yer altından giden bölümünün klasik topraklama empedansı (Çizelge E.1),

Z₂ Hava hattını toprağa bağlayan topraklama düzeninin toprak direnci. Topraklama noktasının toprak direnci bilinmiyorsa Çizelge E.1'de gösterilen Z₁ değeri kullanılabilir (öz direncin topraklama noktasıyla ilgili olduğu yerlerde).

Not 1 - Yukarıdaki formülde bu değerlerin bütün topraklama noktaları için aynı olduğu varsayılmıştır. Eğer durum böyle değilse daha karmaşık formüllerin kullanılması gerekir.

n₁ Yer altından giden dış bölümlerin veya hatların toplam sayısı,

n_2 Havadan giden dış bölümlerin veya hatların toplam sayısı,

I İncelenen yıldırım koruma seviyesi (LPS) ile ilgili yıldırım akımı.

İlk yaklaştırma olarak, yıldırım akımının yarısının toprak sonlandırma sisteminden aktığı ve $Z_2 = Z_1$ olduğu varsayılırsa, bir dış iletken bölüm veya hat için k_e 'nin değeri aşağıdaki formülle bulunur:

$$k_e = 0,5/(n_1 + n_2) \quad (E.4)$$

Giren hatlar (örnek olarak elektriksel veya haberleşme hatları gibi) ekranlanmış değilse veya metal borular içine alınmamışsa n' adet iletkenin her biri yıldırım akımının eşit bir bölümünü taşır:

$$k'_e = k_e / n' \quad (E.5)$$

Burada n' toplam iletken sayısıdır.

Girişte kuşaklanmış ekranlı hatlarda n' adet iletkenin her biri için k'_e değeri aşağıdaki formülle bulunur:

$$k'_e = k_e \times R_s / (n' \times R_s + R_c) \quad (E.6)$$

Burada;

R_s Ekranın birim uzunluk başına omik direnci,
 R_c İç iletkenin birim uzunluk başına omik direncidir.

Not 2 – Bu formülde damar ile ekran arasındaki karşılıklı endüktanstan dolayı ekranın yıldırım akımını saptırma rolü dikkate alınmamış olabilir.

Çizelge E.1 – Toprağın öz direncine göre klasik topraklama empedansı değerleri Z_1 ve Z_2

P Ωm	Z_1^a Ω	LPS sınıfına göre klasik topraklama empedansı ^b Z Ω		
		I	II	III - IV
≤100	8	4	4	4
200	11	6	6	6
500	16	10	10	10
1000	22	10	15	20
2000	28	10	15	40
3000	35	10	15	60

Not - Bu çizelgede verilen değerler gömülü bir iletkenin darbe şartları altındaki (10/350 μs) klasik topraklama empedansını verir.

^a 100 m'den fazla uzunluktaki dış bölümleri belirten değerler. Yüksek özdirençli topraktaki (> 500 Ωm) 100 m'den daha az uzunluktaki dış bölümler için Z_1 değerleri iki kat olabilir.

^b IEC 62305-3:2010'a uygun topraklama sistemi.

E.2.2 Güç hatlarında yıldırım akımının paylaşılmasını etkileyen faktörler

Ayrıntılı hesaplamalar için bu ani darbelerin genliğini ve dalga şeklini çeşitli faktörler etkileyebilir:

- Kablo uzunluğu L/R oranından dolayı akım paylaşımı ve biçim karakteristiklerini etkileyebilir.
- Nötr ve faz iletkenlerinin farklı empedansları hat iletkenleri arasında akım paylaşımını etkileyebilir.

Not 1 - Örnek olarak, nötr (N) iletkeni birden fazla toprağa sahipse L_1 , L_2 ve L_3 faz iletkenleri ile mukayese edildiğinde N'nin düşük empedansı akımın % 50'sinin N iletkeni üzerinden akmasına, geriye kalan % 50'sinin diğer üç hat iletkeni arasında paylaşılmasına (her birinden % 17) sebep olabilir. N, L_1 , L_2 ve L_3 aynı empedansa sahipse her bir iletken yaklaşık olarak akımın % 25'ni taşır.

- Farklı transformatör empedansları akım paylaşımını etkileyebilir (transformatörler empedanslarını baypas eden SPD'ler ile korunuyorsa bu etki ihmal edilebilir),
- Transformatörlerin ve yük tarafındaki nesnelerin klasik topraklama dirençleri arasındaki ilişki akım paylaşımını etkileyebilir (Transformatörün empedansı ne kadar küçük olursa alçak gerilim sistemine akan ani darbe akımı o kadar büyük olur),
- Paralel tüketiciler alçak gerilim sisteminin etkili empedansının azalmasına sebep olabilir, bu da sisteme giren kısmi yıldırım akımı miktarını yükseltir.

Not 2 - Daha fazla bilgi için IEC 62305-4:2010 Ek D'ye bakılmalıdır.

E.3 Yapıya bağlı hatlara düşen yıldırım çakmalarından kaynaklanan ani darbeler

E.3.1 Hatlara düşen yıldırım çakmalarından kaynaklanan ani darbeler (hasar kaynağı S3)

Bağlı hatlara doğrudan düşen yıldırımlar için hem yıldırım akımının her iki yönde bölünmesi hem de yalıtımın delinmesi dikkate alınmalıdır.

I_{imp} değerinin seçimi alçak gerilim sistemleri için Çizelge E.2 ve Çizelge E.3'te ve I_{imp} nin tercih edilen değerlerinin yıldırımdan korunma seviyesi (LPL) ile birleşik olduğu haberleşme sistemleri için ise Çizelge E.3'te verilen değerleri esas alabilir.

Çizelge E.2 – Alçak gerilim sistemlerinde yıldırım çakmalarından dolayı beklenen ani darbe aşırı akımları

LPL (sınıf)	Alçak gerilim sistemleri			
	Hizmet tesisine olan doğrudan veya dolaylı çakmalar		Yapı yakınına olan çakma ^a	Yapıya olan çakma ^a
	Hasar kaynağı S3 (doğrudan çakma) ^b	Hasar kaynağı S4 (dolaylı çakma) ^c	Hasar kaynağı S2 (endüklenen akım)	Hasar kaynağı S1 (endüklenen akım)
	Akım biçimi: 10/350 µs kA	Akım biçimi: 8/20 µs kA	Akım biçimi: ^d 8/20 µs kA	Akım biçimi: ^d 8/20 µs kA
III - IV	5	2,5	0,1	5
I - II	7,5	3,75	0,15	7,5
I	10	5	0,2	10

Not – Bütün değerler her bir hat iletkenine atıf yapar

^a Endükleyen akımdan olan mesafe ve döngü iletkenlerinin güzergahı beklenen ani darbe aşırı akım değerlerini etkiler. Bu çizelgedeki değerler LPS'li ekranlanmamış yapının veya binanın ($K_c = 0,5$) iç tarafında, yapı duvarından 1 m uzaklıkta, büyük binalardaki (döngü alanı 50 m², genişlik = 5 m büyüklüğünde) farkı güzergahı olan kısa devre edilmiş, ekranlanmamış döngü iletkenlerini belirtir. Diğer döngü ve yapı karakteristikleri için değerler, K_{S1} , K_{S2} ve K_{S3} faktörleri ile çarpılmalıdır (IEC 62305-2:2010 Madde B.4'e bakılmalıdır).

^b Tüketicie ve çoklu iletken (üç faz + nötr) hattına yakın hattın son direğine olan darbe ile ilgili değerler.

^c Hava hatlarını belirten değerler. Gömülü hatlar için değerler ikiye bölünebilir.

^d Döngü endüktansı ve direnç endüklenen akımın biçimini etkiler. Döngü direncinin ihmal edilebilir olduğu durumda 10/350 µs biçimi dikkate alınmalıdır. Bu durum, anahtarlama tipindeki SPD'nin endüklenmiş devrede tesis edildiği durumdur.

Çizelge E.3 - Haberleşme sistemlerinde yıldırım çakmalarından dolayı beklenen ani darbe aşırı akımları

LPL (sınıf)	Haberleşme sistemleri ^a			
	Hizmet tesisine olan doğrudan veya dolaylı çakmalar		Yapı yakınına olan çakma ^b	Yapıya olan çakma ^b
	Hasar kaynağı S3 (doğrudan çakma) ^c	Hasar kaynağı S4 (dolaylı çakma) ^d	Hasar kaynağı S2 (endüklenen akım)	Hasar kaynağı S1 (endüklenen akım)
	Akım biçimi: 10/350 µs kA	Akım biçimi: 8/20 µs kA	Akım biçimi: 8/20 µs kA	Akım biçimi: 8/20 µs kA
III - IV	1	0,035	0,1	5
I - II	1,5	0,085	0,15	7,5
I	2	0,160	0,2	10

Not – Bütün değerler her bir hat iletkenine atıf yapar

^a Daha fazla bilgi için ITU-T tavsiye K.67 ^[6] ye bakılmalıdır.

^b Endükleyen akımdan olan mesafe ve döngü iletkenlerinin güzergahı beklenen ani darbe aşırı akım değerlerini etkiler. Bu çizelgedeki değerler LPS'li ekranlanmamış yapının veya binanın ($K_c = 0,5$) iç tarafında, yapı duvarından 1 m uzaklıkta, büyük binalardaki (döngü alanı 50 m², genişlik = 5 m büyüklüğünde)farklı güzergahı olan kısa devre edilmiş, ekranlanmamış döngü iletkenlerini belirtir. Diğer döngü ve yapı karakteristikleri için değerler, K_{S1} , K_{S2} ve K_{S3} faktörleri ile çarpılmalıdır (IEC 62305-2:2010 Madde B.4'e bakılmalıdır).

^c Birçok çiftli ekranlanmamış hatları belirten değerler. Ekranlanmamış iniş teli için değerler 5 kat daha yüksek olabilir.

^d Ekranlanmamış hava hatlarını belirten değerler. Gömülü hatlar için değerler ikiye bölünebilir.

Ekranlanmış hatlar için Çizelge E.2'de verilen aşırı akım değerleri 0,5 oranında azaltılabilir.

Not - Ekranın direncinin bütün paralel hat iletkenlerinin direncine yaklaşık olarak eşit olduğu varsayılmıştır.

E.3.2 Hatların yakınına düşen yıldırım çakmalarından kaynaklanan ani dalgalar (Hasar kaynağı S4)

Hatların yakınına düşen yıldırım çakmalarından kaynaklanan ani darbeler doğrudan hatlara düşen yıldırım çakmalarına göre (hasar kaynağı S3) çok daha azdır.

Belirli yıldırımdan korunma seviyesi (LPL) ile ilgili beklenen aşırı akımlar Çizelge E.2 ve Çizelge E.3'te verilmiştir.

Ekranlanmış hatlar için Çizelge E.2 ve Çizelge E.3'te verilen aşırı akım değerleri 0,5 oranında azaltılabilir.

E.4 Endüksiyon etkilerinden kaynaklanan ani darbeler (Hasar kaynağı S1 veya S2)

E.4.1 Genel

Yakına düşen yıldırım çakmalarının (hasar kaynağı S2) veya dış LPS'den geçen yıldırım akımının veya LPZ 1'in uzaysal ekranından geçen yıldırım akımının (hasar kaynağı S1) manyetik alanlardan gelen endüksiyon etkilerinden kaynaklanan ani darbeler tipik olarak 8/20 µs akım biçimine sahiptir. Bu şekildeki ani darbeler LPZ 1 içindeki donanımın bağlantı ucunda veya bunların yakınında ve LPZ 1 / 2 sınırında olduğu kabul edilmelidir.

E.4.2 Ekranlanmamış bir LPZ 1 içindeki ani darbeler

Ekranlanmamış bir LPZ 1 içinde (örneğin sadece IEC 62305-3'e göre ızgara genişliği 5 m'den büyük bir dış LPS ile korunan) zayıflatılmamış manyetik alandan kaynaklanan endüksiyon etkilerinden dolayı oldukça yüksek ani darbeler beklenmelidir.

Belirli yıldırımdan korunma seviyesi (LPL) ile ilgili beklenen aşırı akımlar Çizelge E.2 ve Çizelge E.3'te verilmiştir.

E.4.3 Ekranlanmış LPZ'ler içindeki ani darbeler

Etkili uzaysal ekranlamaya sahip LPZ'ler içinde (IEC 62305-4:2011 Ek A'ya göre ızgara genişliği 5 m'den küçük olmalıdır) manyetik alanlardan kaynaklanan endüksiyon etkilerinden dolayı olan ani dalgalarda önemli ölçüde zayıflar. Böyle durumlarda ani dalgalarda Madde E.4.2'de verilenlerden çok daha düşüktür.

LPZ 1 içinde uzaysal ekranlamanın zayıflatma etkisinden dolayı endüksiyon etkileri daha düşüktür.

LPZ 2 içinde hem LPZ 1 hem de LPZ 2'nin ardışık uzaysal ekranlama etkisinden dolayı ani darbeler daha da düşüktür.

E.5 SPD'lerle ilgili genel bilgiler

SPD'lerin kullanımı güç sistemleri için IEC 61643-1^[7] ve haberleşme sistemleri için IEC 61643-21^[8]'de sınıflandırılan dayanma yeteneğine bağlıdır.

SPD'ler tesis yerlerine göre aşağıdaki gibi kullanılmalıdır:

- a) Hattın yapıya girişinde (LPZ 1 sınırında, örnek olarak ana dağıtım panosu MB'de):
 - I_{imp} ile deneyden geçirilmiş SPD (tipik akım biçimi 10/350), örnek olarak, Sınıf I'e göre deneyden geçirilmiş SPD
 - I_n ile deneyden geçirilmiş SPD (tipik akım biçimi 8/20), örnek olarak, Sınıf II'ye göre deneyden geçirilmiş SPD),
- b) Korunan donanımın yakınında (LPZ 2 veya daha yükseğinin sınırında, örnek olarak, tali dağıtım panosu SB'de, veya priz çıkışı SA'da):
 - I_{imp} ile deneyden geçirilmiş SPD (tipik akım biçimi 10/350), örnek olarak, güç SPD'ler için Sınıf I'e göre deneyden geçirilmiş SPD
 - I_n ile deneyden geçirilmiş SPD (tipik akım biçimi 8/20), örnek olarak, Sınıf II'ye göre deneyden geçirilmiş SPD,
 - Birleşik dalga ile deneyden geçirilmiş SPD (tipik akım biçimi 8/20), örnek olarak, Sınıf III'e göre deneyden geçirilmiş SPD).

Kaynaklar

- [1] IEC 60664-1:2007, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems - Part 1: Principles, requirements and tests
- Not** – EN 60664-1:2007 olarak harmonize edilmiştir (değiştirilmemiş).
- [2] IEC 61000-4-5, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test
- Not** – EN 61000-4-5 olarak harmonize edilmiştir.
- [3] BERGER K., ANDERSON R.B., KRÖNINGER H., Parameters of lightning flashes. CIGRE Electra No 41 (1975), p. 23 – 37
- [4] ANDERSON R.B., ERIKSSON A.J., Lightning parameters for engineering application. CIGRE Electra No 69 (1980), p. 65 – 102
- [5] IEEE working group report, Estimating lightning performance of transmission lines- Analytical models. IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 8, n. 3, July 1993
- [6] ITU-T Recommendation K.67, Expected surges on telecommunications and signalling networks due to lightning
- [7] IEC 61643-1, Low-voltage surge protective devices – Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Requirements and tests
- Not** – EN 61643-1 olarak harmonize edilmiştir.
- [8] IEC 61643-21 Low-voltage surge protective devices – Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods
- Not** – EN 61643-21 olarak harmonize edilmiştir.