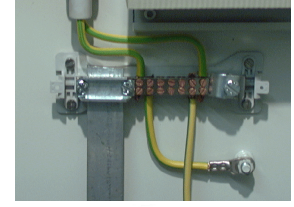
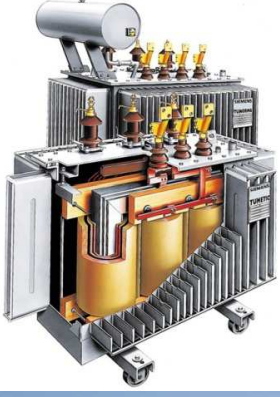


Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama Semineri



Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı

15-16 Mayıs 2013 Gaziantep



Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

Özgeçmiş:



Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı, 1952 Denizli doğumludur. Liseyi bitirdikten sonra Almanya'da iki Lisans, Londra üniversitesinde mikroelettronik ve güç sistemleri üzerine Yüksek Lisans ve Doktora yapmıştır.

18 yıl endüstride plan, proje ve çeşitli yönetim kademelerinde görev almıştır. 1992 yılından beri VDE Frankfurt ve Teknik Akademi Esslingen, Heidelberg elektrik ustalık meslek okulunda normlar, güç sistemleri, elektrik tesisatları ve projeler üzerine dersler vermektedir.

İki yıl Mannheim üniversitesi elektrik bölümünde öğretim görevlisi olarak çalışmıştır. 2002 yılında Biberach üniversitesinde Profesörlük ünvanı almıştır.

Almanya'da beş, Türkiye'de yedi, Amerika'da iki kitabı yayınlanmıştır. Uluslararası 65 bilimsel yayını bulunmaktadır. VDE ve IEEE üyesidir. Amerika'da ACTA press tarafından yayınlanan, „Güç ve Enerji Sistemleri” dergisi editör grubunda bilimsel hakemlik yapmaktadır. 2005 yılında Alman norm üst grubuna [IEC TC 64 (VDE 0100)] seçilmiştir. Avrupa Birliği Elektrik Komisyonu CENELEC'te AG kısa devre hesaplarında Almanya sözcüsüdür. Erasmus kapsamında Pamukkale, Ege ve Yıldız Teknik Üniversitesinde dersler vermiştir.

İsmail Kaşıkçı Almanca, İngilizce ve İspanyolca bilmektedir.

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

Seminerin Amacı:

Elektrik mesleğini uygulayan her kişi, teorik bilginin yanısıra yönetmelikleri, norm ve standartları bilmek, uygulamak, kaliteli ve güvenli bir elektrik tesisatı kurmak zorundadırlar.

Bugün yürürlükte olan Topraklamalar Yönetmeliği, Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği ve Proje Hazırlama Yönetmeliğinin uygulanmasında hala sorunlar vardır, zorluklar yaşanmaktadır.

Bu nedenlerden dolayı seminerin temel hedefi, elektrik tesislerinde güvenlik için gerekli olan teorik ve pratik konuları anlatmak, tesis ve tasarım için gerekli olan mevcut teknolojiler, teknikler, Norm ve Yönetmelikler üzerine bilgiler vermektir. Seminerin yararlı olmasını dilerim.

Etik kuralları:

Seminer notlarının tamamı veya herhangi bir bölümü yazarın izni olmaksızın yayınlanamaz, basılamaz, mikrofilme çekilemez, dolaylı olsa dahi kullanılamaz, fotokopi yapılamaz. Tüm notlar seminer verilen firma, kurum ve kuruluşlar dışında kullanılamaz. Metinler ve şekiller başka türlü çizilemez ve değiştirilemez.

5846 sayılı yasa No: 4110

Bir Meksiko atasözü derki:

”Bir yıl sonrasını düşünüyorsan tohum ek, 10 yıl sonrasını düşünüyorsan ağaç dik, 100 yıl sonrasını düşünüyorsan eğitim yap”.

Elektrikçinin bir ayağı hapiste bir ayağı mezardadır!

Norm ve Standart bilgisi olmayan elektrik mesleğini yapamaz!

SEMİNER KONULARI

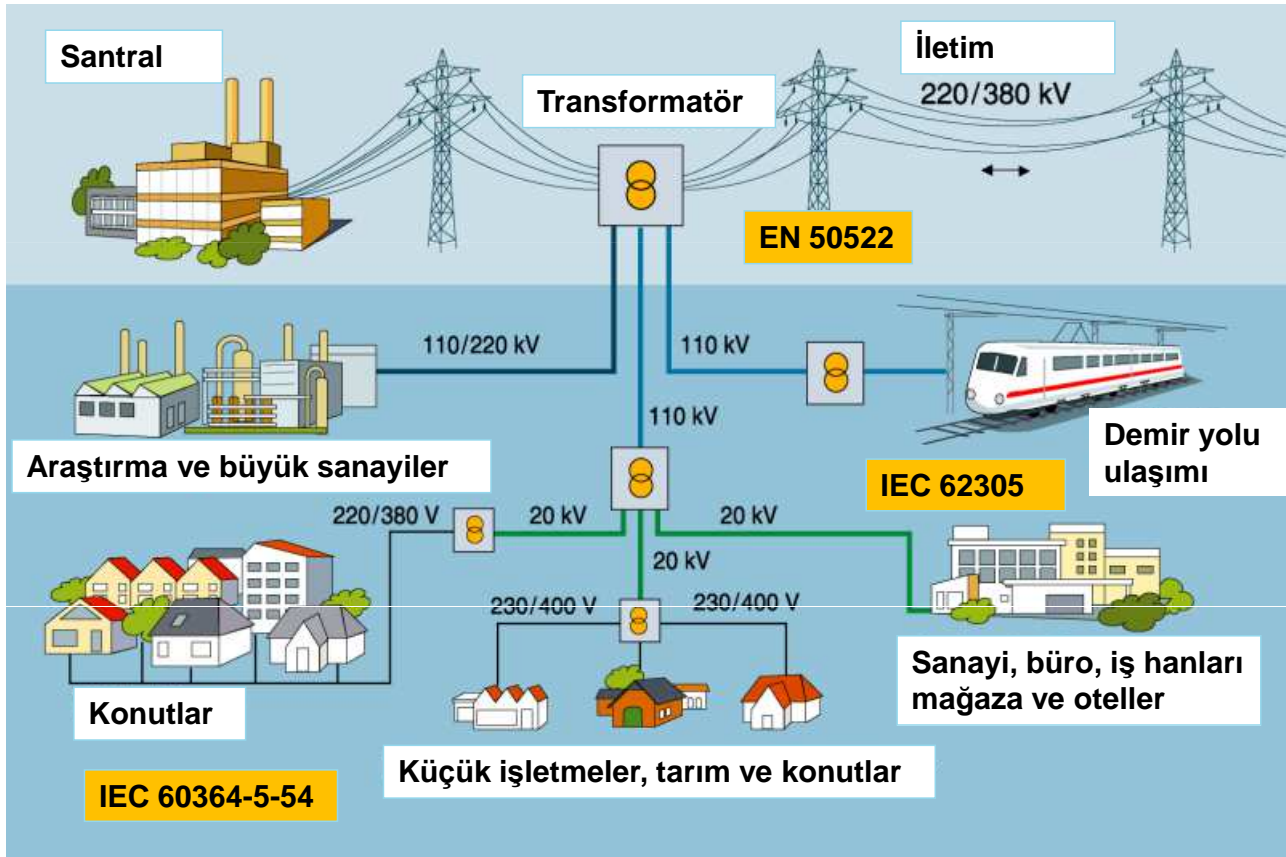
- 1. Elektrik Tesislerinde Norm ve Yönetmeliklerin kullanımı**
- 2. Elektrik Tesislerinde Kısa Devre Hesapları IEC 60909-0**
- 3. Şok Akımlara Karşı Güvenlik Önlemleri IEC 60 364-4-41**
- 4. Kablo ve İletkenlerin Aşırı Akımlara Karşı Korunması IEC 364-4-43**
- 5. Elektrik Tesislerinde Gerilim Düşümü Hesabı IEC 60 364-5-52**
- 6. Elektrik Tesislerinde Selektif Açma ve Koruma IEC 60 364-5-53: Elektrik Tesislerinde Cihazların Seçimi, Koruması ve Ayırması IEC 60 364-7-710: Tıbbi yerler IEC 60 364-7-718: Kalabalık toplulukların bulunduğu binalar**

7. Elektrik Tesislerinde Topraklamalar IEC 60 364-5-54: Topraklama, Koruma ve Potansiyel Dengeleme iletkenleri

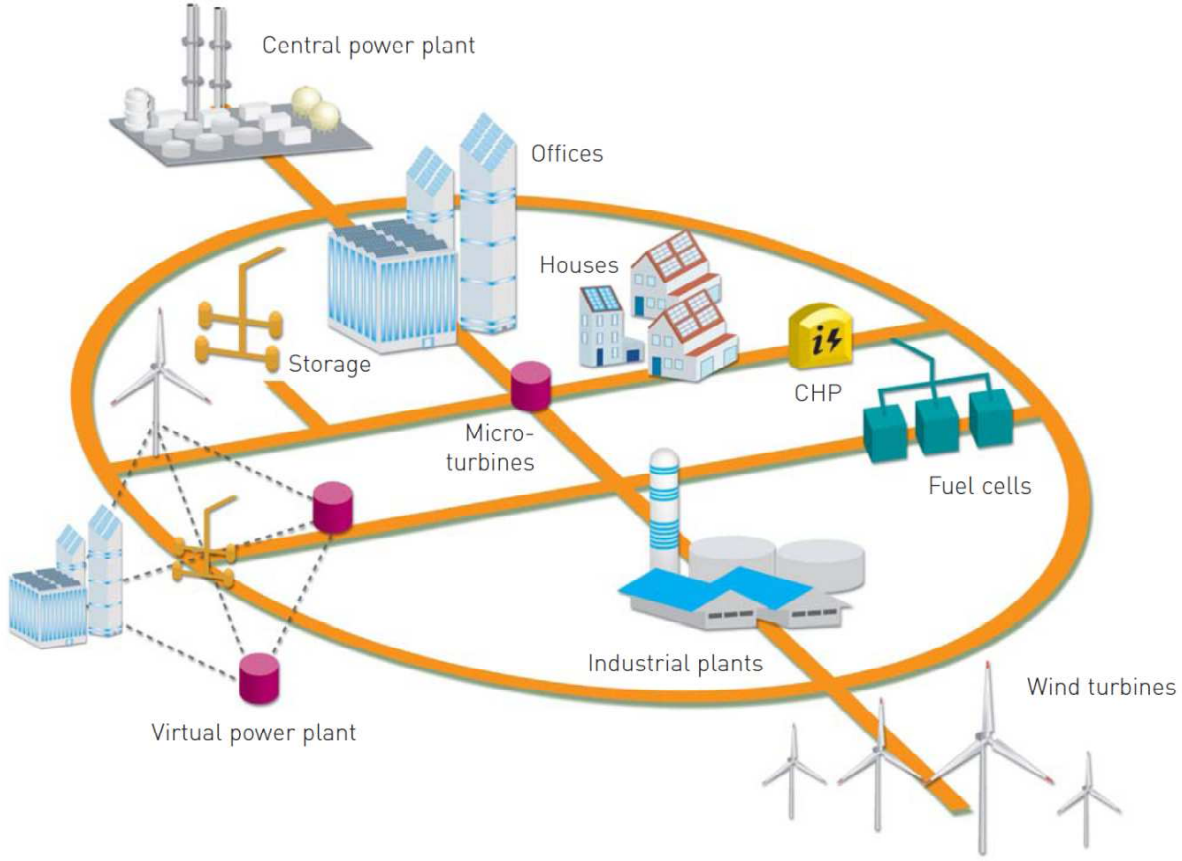
YG elektrik Tesislerinde Topraklama EN 50522, IEEE Std. 80

8. İlk Denetleme ve Deneyler IEC 60 364-6-61

Elektrik Dağıtım Sistemleri



Smart Grid



Binalarda Elektrik Tesisleri

IEC 60 364

1. IEC ve EN Normları, Türkiye’de Yönetmelikler

Standartlar can ve mal güvenliği için en asgari kurallardır. Uygulanmaları zorunludur.

EİTY’nin uygulanması sakıncalıdır.

1896

1958

2006

TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI

Ankara
Mart 2001

Bu yönetmelik 04. 11.1984 tarih ve 18565 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.

Değişiklik: 04.04.1986 tarih ve 19068 sayılı

Değişiklik: 30.11.1995 tarih ve 22479 sayılı

- 3. Değişiklik: 25.10.1996 tarihli ve 227987 sayılı

- 4. Değişiklik: 12.7.1998 tarih ve 23400 sayılı

- 5. Değişiklik: 08.12.2000 tarih ve 24254 sayılı

Resmî Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

11

CENELEC

IEC

CENELEC’e tam üye

EN

TSE

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

12

Elektrik Tesislerinde Norm ve Yönetmeliklerin kullanımı

- IEC 60 364: Binalarda Elektrik Tesisleri
- IEC 60 909: Elektrik Tesislerinde Kısa Devre Hesapları
- IEC 62305: Binaların Yıldırıma Karşı Korunması
- EN 50522: YG Elektrik Tesislerinde Topraklama
- Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği
- Elektrik İç Tesisleri Proje Hazırlama Yönetmeliği
- Elektrik Tesisleri Topraklamalar Yönetmeliği

DIN Standartları

1. DIN 18012 Binalarda Yapı Bağlantı Kutuları Tesisleri (Bina, oda ve tesis yerleri, ölçüler)
2. DIN 18013 Binalarda Sayaç Tesisi
3. DIN 18014 Temel Topraklama
4. DIN 43871 Tali Dağıtım Panoları
5. Teknik Yapı Bağlantı Şartnamesi (Enerji dağıtımı yapan firmalar)
6. DIN 18015 Binalarda Elektrik Tesisleri
 1. Kısım: Plan ve tasarım ilkeleri
 2. Kısım: Asgari donatımın cinsi ve yapısı*
 3. Kısım: İletken, şalter ve prizlerin düzenlenmesi

Dünyada Elektrik İç Tesisleri Norm Grupları



Uluslararası

IEC 60364 „Electrical installations of buildings“ → gelecekte:
„Low voltage installations“



Avrupa

HD 384 „Binalarda Elektrik Tesisleri“
→ gelecekte: HD 60364 „AG Elektrik Tesislerinin Kurulması “



Yerel (Örnek: Almanya)

DIN VDE 0100 (VDE 0100) „AG Elektrik Tesislerinin Kurulması “



Yerel (Örnek: Türkiye)

Türk Standartları Enstitüsü

Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği

Bilgisayar Programları

1. Simaris Design (Siemens)
2. Doc Win (ABB)
3. ECODIAL (Schneider)
4. NEPLAN (ABB)
5. DigSilent (Fichter)
6. Sincal (Siemens)

Sembollerin anlamını yazınız!

 R_E U_E I_C R_A U_T I_R R_B U_B I_F Z_E U_S I''_{k1} Z_S

17

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

$$I''_{k1} = \frac{c_{\min} \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}{Z_{(1)} + Z_{(2)} + Z_{(0)}}$$

$$I''_{k3} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

$$i_p = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_k''$$

$$Z_S \leq \frac{U_0}{I_a}$$

$$I''_{k1} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

$$U_E \leq 2 \cdot U_T$$

$$R_A \leq \frac{U_T}{I_{\Delta n}}$$

$$Z_S \leq \frac{U_0}{R_B + R_A + Z_T + Z_{Hat}}$$

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

IEC 60 364: Binalarda Elektrik Tesisleri

IEC 60364-1: Amaç, Kapsam, Dayanak ve Uygulama, Tanımlar

Bölüm 2: Kısım 2: Tanımlar Bölüm 3: Kısım 30 Genel Karakteristiklerin Belirlenmesi

Bölüm 3: Genel Karakteristiklerin Belirlenmesi Kısım 30: Genel Karakteristiklerin Belirlenmesi <ul style="list-style-type: none">• En büyük talep gücü• Eşzamanlılık faktörü• Beslemenin niteliği• Dağıtım kaynakları• Tesisin devre düzeni• Uyumluluk• Bakım• Besleme kaynakları• Dış etkiler	Bölüm 4: Güvenlik Önlemleri Kısım 41: Şok akımlara karşı güvenlik önlemleri Kısım 42: Termik etkilere karşı koruma Kısım 43: Kablo ve iletkenlerin aşırı akıma karşı korunması Kısım 44: Aşırı gerilime karşı koruma Kısım 45: Düşük gerilime karşı koruma	Bölüm 5: Donanımın seçimi ve koruma için güvenlik önlemleri Kısım 51: Genel önlemler Kısım 52: Kablo ve iletken tesisleri Kısım 53: Açma ve kontrol cihazları Kısım 54: Topraklama, koruma iletkeni ve potansiyel dengeleme iletkeni Kısım 55: Diğer elektrik malzemeleri Kısım 56: Güvenlik amaçlı kurulan elektrik tesisleri	Bölüm 6: İlk denetleme ve deneyler Kısım 61: Denetlemenin önemli kısımları <ul style="list-style-type: none">• Gözle denetleme• Kontrol ve ölçme• Koruma ve potansiyel dengeleme iletkeni• Elektriksel ayırma ile koruma• Yalıtım direncinin ölçülmesi• Otomatik kesme ile koruma• Döner alan ölçümü• Gerilimin ölçülmesi• Diğer ölçümler	
Bölüm 7: Özel tesisatlar veya yerler için özel kurallar	Kısım 701: Banyo ve duş yerleri Kısım 702:	Kısım 710: Tıbbî yerler Kısım 711:	Kısım 718: Kalabalık topluluk-ların bulunduğu binalar, Kısım 719:	Kısım 722: Uçan yapılar, gösteri amaçlı araba ve karavanlar Kısım 723:

IEC 60 364 ve kısımları

IEC 60 364 Bölüm 1 - Kısım 10 Amaç, Kapsam, Dayanak ve Uygulama

IEC 60 364 Bölüm 2 - Kısım 200 Genel

- Kısım 30 Elektrik tesislerinin planlanmasında genel hususlar

IEC 60 364 Bölüm 4 - Koruma Önlemleri;

Kısım 41 Tehlikeli vücut akımlarına karşı korunma

IEC 60 364 Bölüm 4 - Kısım 42 Isıl tesirlere karşı korunma

IEC 60 364 Bölüm 4 - **Kısım 43 Kablo ve iletkenlerin aşırı akımlara karşı korunması**

Kısım 44 Aşırı gerilime karşı korunma

IEC 60 364 Bölüm 4 - Kısım 45 Düşük gerilime karşı korunma

IEC 60 364 Bölüm 4 - Kısım 46 Kesme ve yol verme ile koruma

IEC 60 364 Bölüm 4 - Kısım 48 Korunma önlemlerinin seçilmesi

IEC 60 364 Bölüm 5 - Elektrik işletme malzemesinin seçimi ve tesisi

IEC 60 364 Bölüm 5 - Kısım 51 genel

IEC 60 364 Bölüm 5 - Kısım 52 kablolar, iletkenler ve baralar

IEC 60 364 Bölüm 5 - Kısım 53 Ayırma, anahtarlama ve koruma

IEC 60 364 Bölüm 5 - Kısım **54 topraklama, koruma iletkeni, potansiyel dengelemesi**

Kısım 55 Diğer elektrik cihazları

IEC 60 364 Bölüm 5 - Kısım 59 Aydınlatma aygıtları ve tesisleri

IEC 60 364 Bölüm 5 - Kısım 60 Güvenlik amaçlı elektrik tesisleri

IEC 60 364 Bölüm 6 - Deneyler; Kısım 600 İlk denetleme ve kontroller

IEC 60 364 Bölüm 6 - Deneyler; Kısım 600 İlk denetleme ve kontroller

IEC 60 364 Bölüm 7 - Özel tesisatlar veya yerler için özel kurallar;

Kısım 701 Küvet veya duşlu hacimler

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 702 Kapalı ve açık alandaki yüzme havuzları

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 703 Elektrikli Sauna ısıtıcılı hacimler

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 704 İnşaat şantiyeleri

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 705 Tarım ve bahçe yapıları

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 706 Sınırlı hareket imkanı veren geçirgen ortamlar

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 710 Hastanelerde elektrik tesisatları

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 718 İnsan kalabalıklarının olduğu elektrik tesisatları

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 720 Yangın tehlikesi olan işletmeler

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 721 Karavanlar, Tekneler, Yatlar ve bunların Kamp Yerleri veya Yat Limanlarındaki enerji

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 722 Uçan Yapılar, Gösteri amaçlı araba ve Karavanlar

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 723 Deney düzenekli derslikler

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 724 Mobilya ve benzeri tefrişattaki elektrik tesisatı; örneğin, perde rayları, dekoratif kaplamalar

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 725 Yardımcı devreler

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 726 Kaldırma araçları

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 728 Yedek güç kaynakları

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 729 Şalt tesisleri ve dağıtıcıların montajı ve çalıştırılması

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 730 Boş duvarlarda veya yanıcı malzeme ile yapılmış binalarda iletkenlerin döşenmesi

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 731 Elektrik işletmeleri ve kapalı elektrik işletmeleri

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 732 Dağıtım şebekesinde yapı bağlantı kutusu

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 736 Yüksek Gerilim şalt sahasındaki alçak gerilim akım devreleri

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 737 Nemli ve ıslak hacimler; açık hava tesisleri

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 738 Fıskiyeler

IEC 60 364 Bölüm 7 - Kısım 739 TN ve TT şebekelerde $I_{\Delta n}$ 30mA ile evlerde doğrudan dokunmaya karşı ek koruma

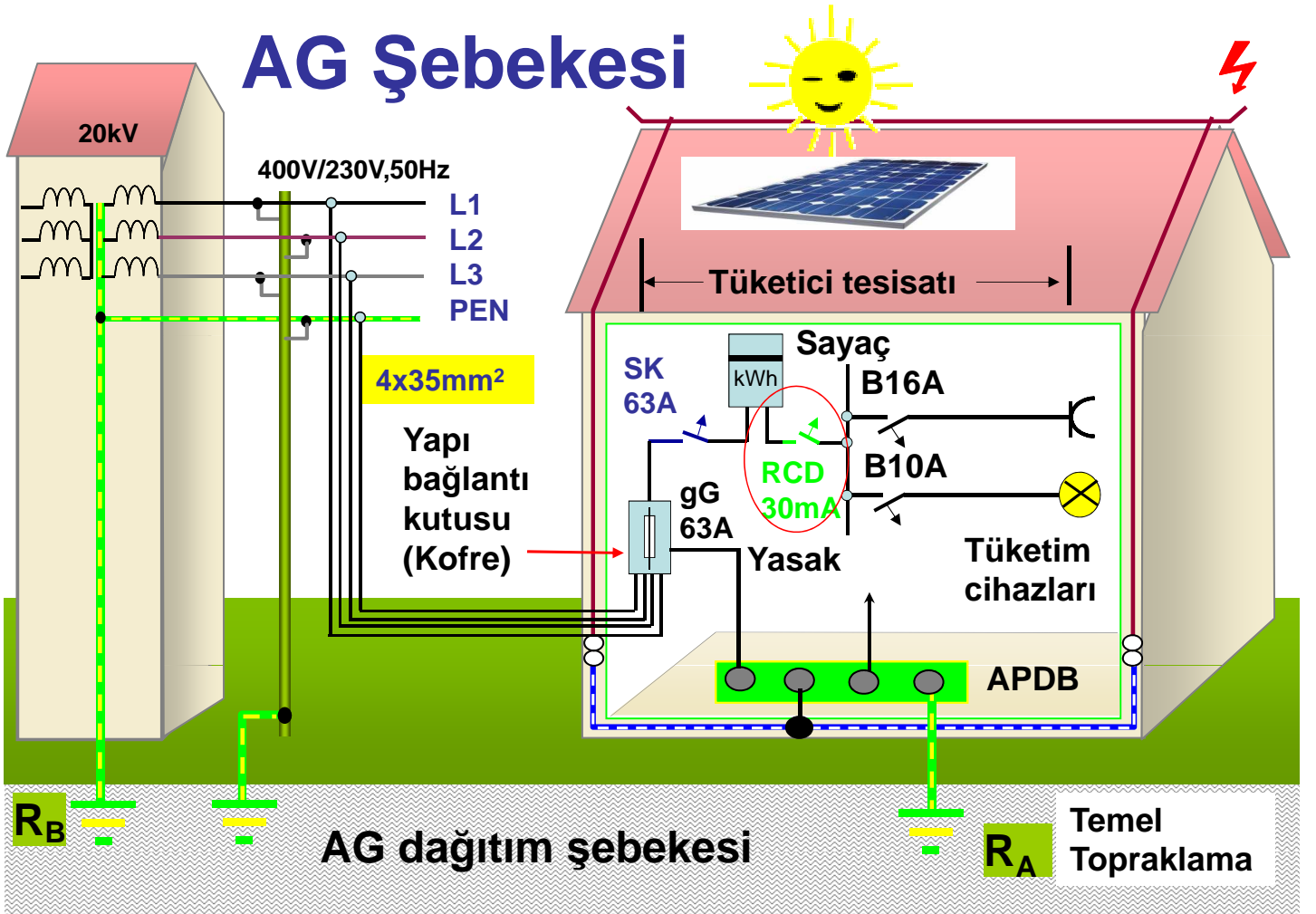
21

Mühendis, öğretmen, teknisyen ve ustaların bilmesi gereken önemli Normlar:

- 1. IEC 60 364: Binalarda Elektrik Tesisleri**
- 2. EN 60 909: Elektrik Tesislerinde Kısa Devre Hesapları**
- 3. IEC 62305: Binaların Yıldırıma Karşı Korunması**
- 4. EN 50522: YG Elektrik Tesislerinde Topraklama**

ELEKTRİK TESİSLERİNDE TOPRAKLAMALAR YÖNETMELİĞİ

Tanımlar Madde 1, 2 ve 3



Tanımlar

Madde 4:

Tasarım akımı : Normal işletmede bir devreden geçmesi öngörülen akımdır.

Aşırı akım : Beyan değerinden büyük bütün akımlardır. İletkenler için beyan değeri, akım taşıma kapasitesidir.

Aşırı yük akımı : Bir devrede hata yok iken, oluşan aşırı akımdır.

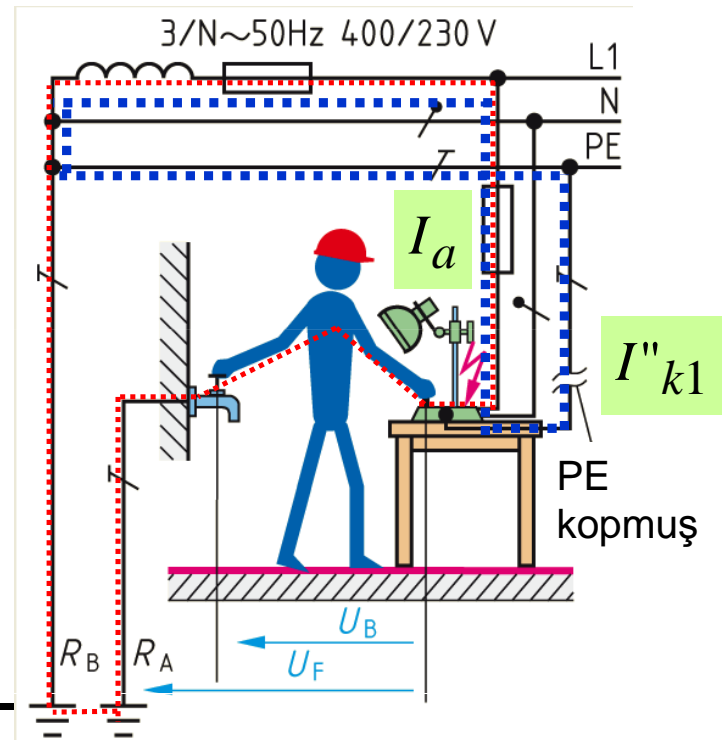
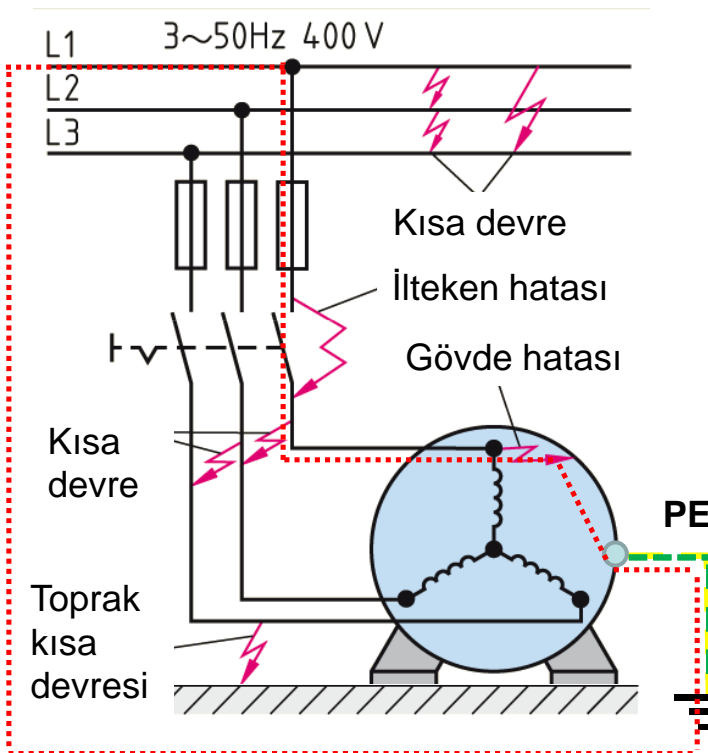
Kısa devre akımı : Normal işletme şartlarında potansiyelleri farklı olan gerilim altındaki iletkenler arasında ihmal edilebilir empedanslı bir hata sonucu meydana gelen akımdır.

Hata akımı: Normal çalışma şartları altında, potansiyel farkına sahip iletkenler arasında veya gerilim altında bulunan bir iletken ile açıktaki iletken bölümler arasında hata sonucu oluşması muhtemel bir akım değeridir.

25

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved



$U_B = (U_T)$: Dokunma gerilimi

U_F : Hata gerilimi

R_A : Koruma topraklaması

R_B : İşletme topraklaması

26

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

AG Dağıtım Şebekelerinin topraklama tipine göre sınıflandırılması:

AG tesislerinde topraklama için:

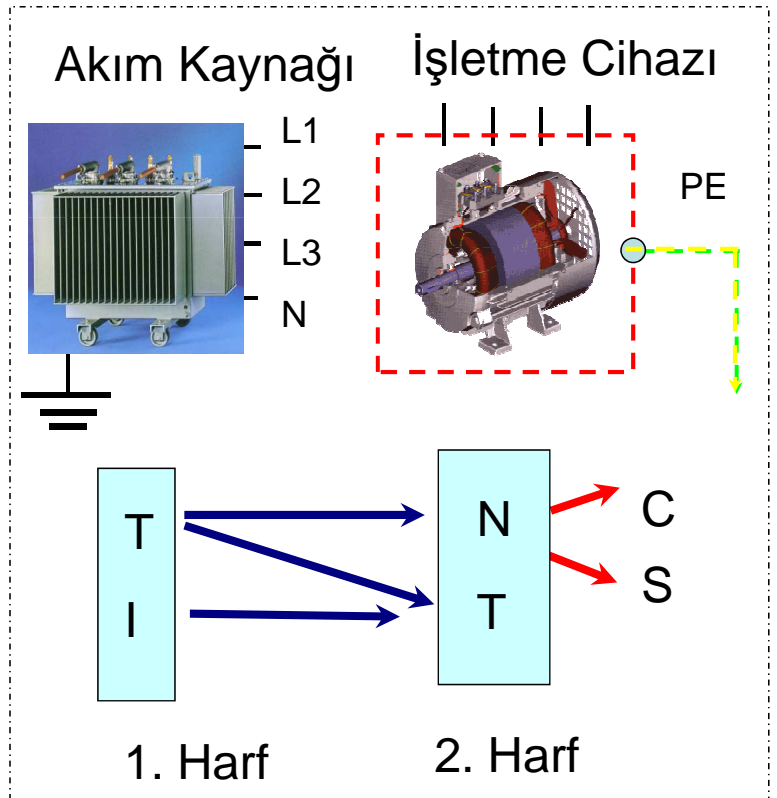
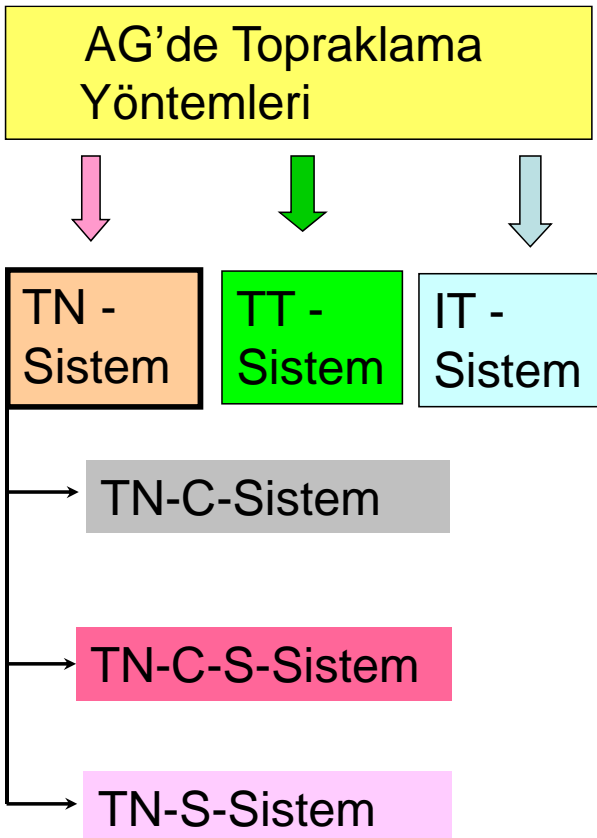
1. Güç sisteminin (örneğin enerji kaynağı veya transformatörün) yıldız noktasının toprağa nasıl bağlandığına

ETTY Sayfa 143

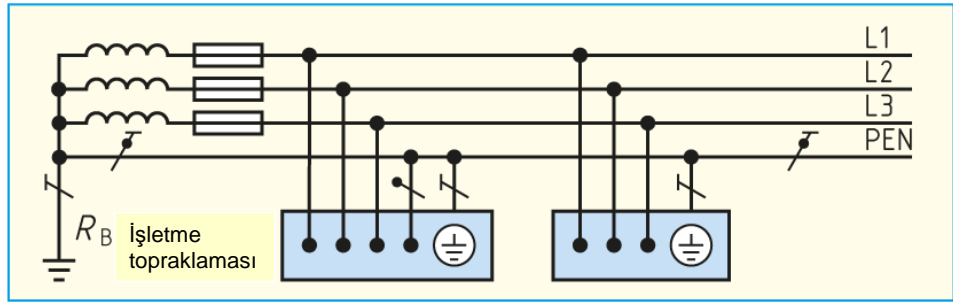
2. Tesisatın açıktaki iletken bölümlerinin (örneğin elektrik cihazları) toprağa nasıl bağlandığına

dikkat edilmelidir.

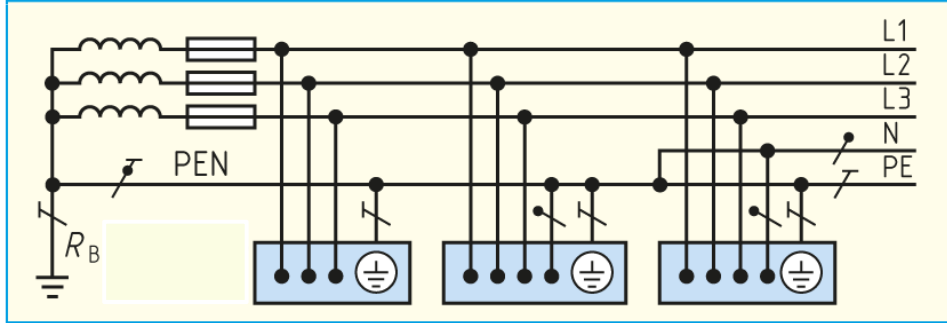
AG Elektrik Sistemlerinde Kodlama



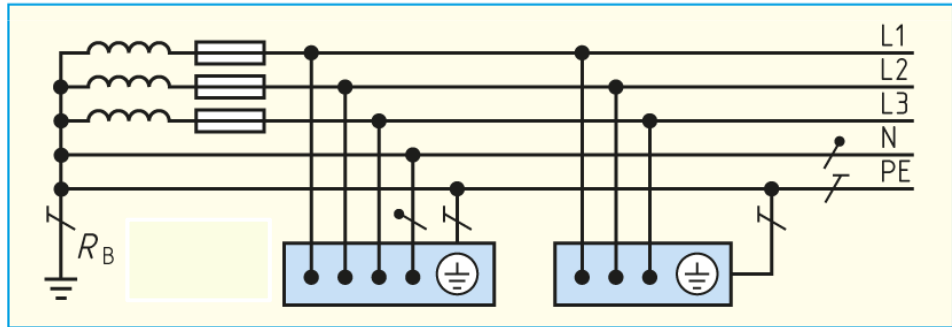
TN-C Sistem



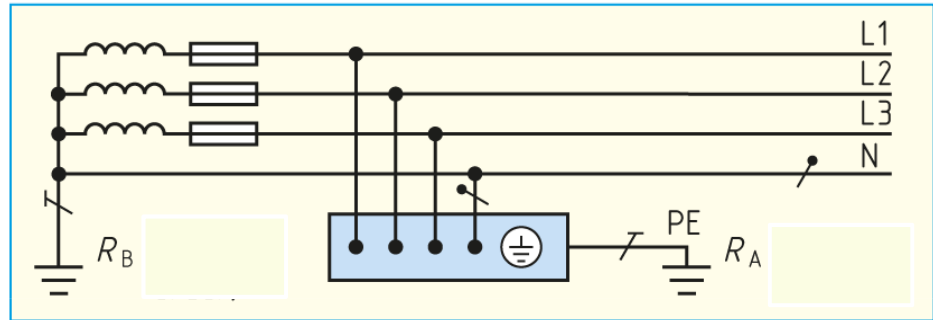
TN-C-S Sistem



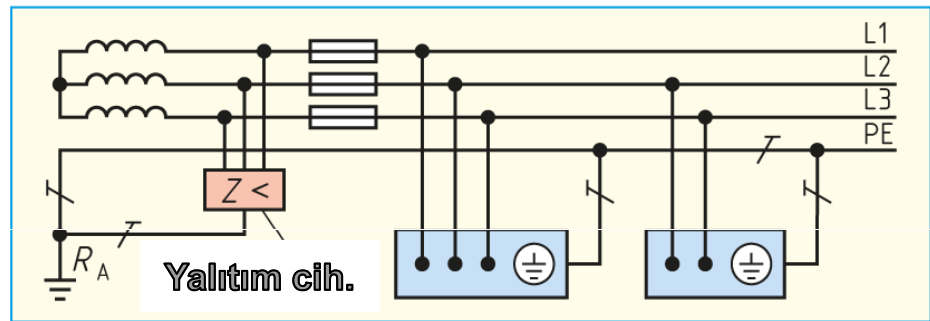
TN-S Sistem



TT- Sistem



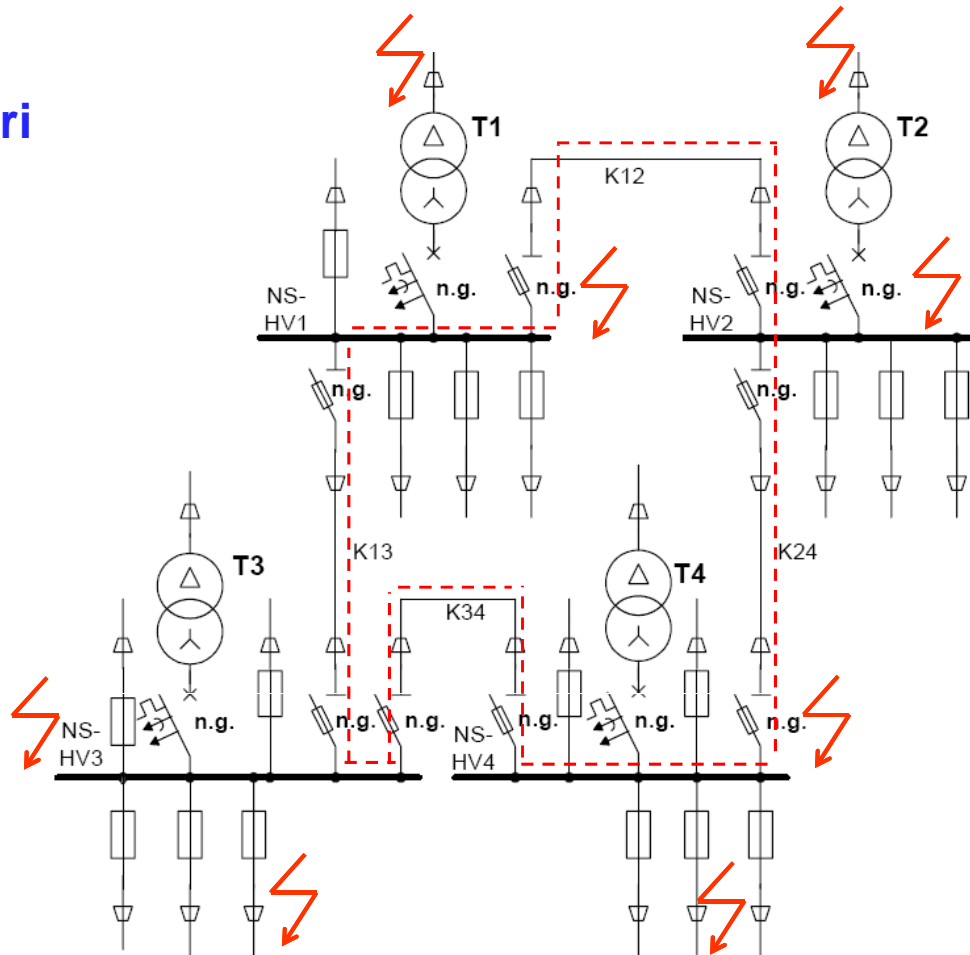
IT- Sistem



2. Elektrik Tesislerinde Kısa Devre Hesapları

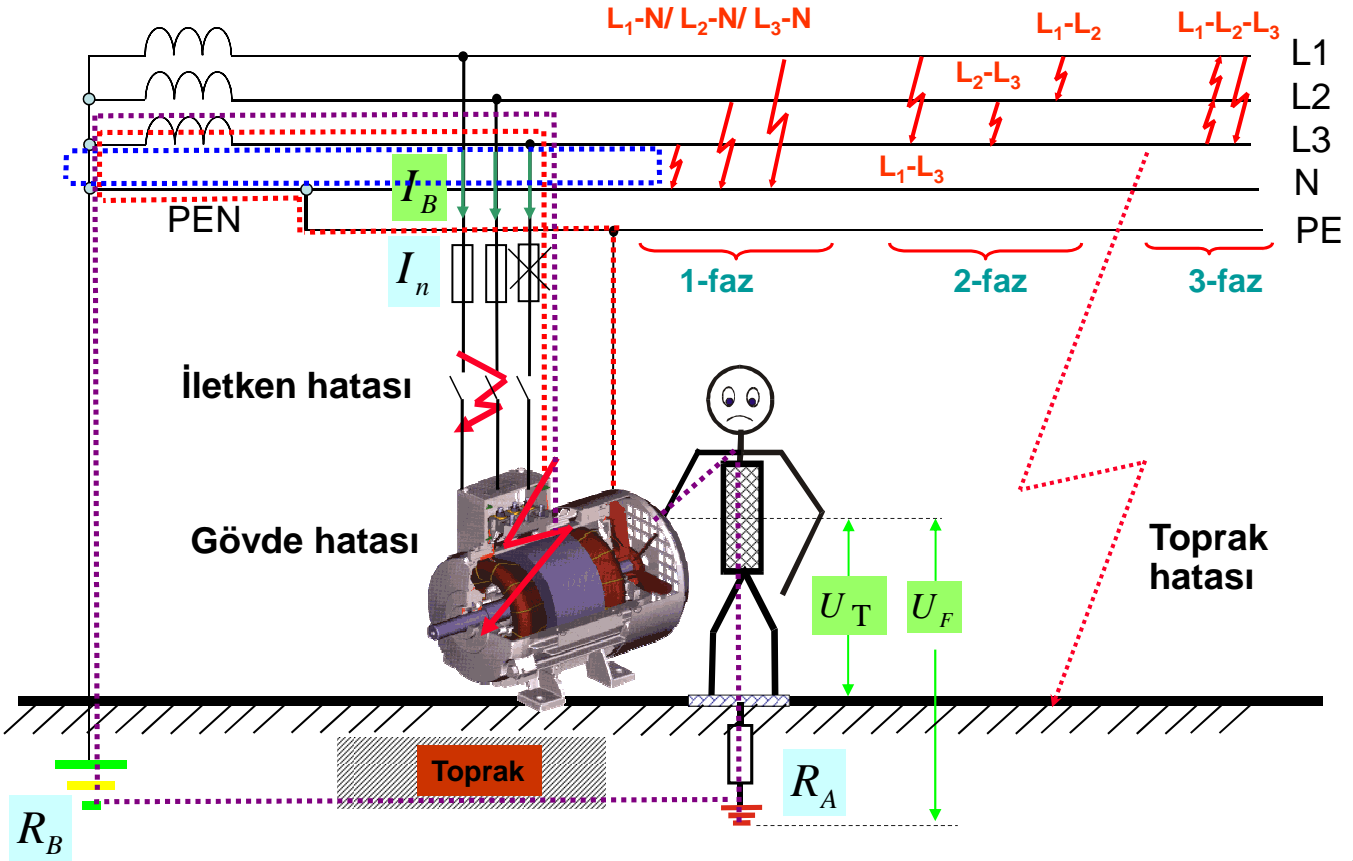
IEC 60909-0

1. Enerji Dağıtım Şebekeleri



2. IEC 60364-1: Amaç, Kapsam, Dayanak, Uygulama ve Tanımlar

Kısa devre akımları

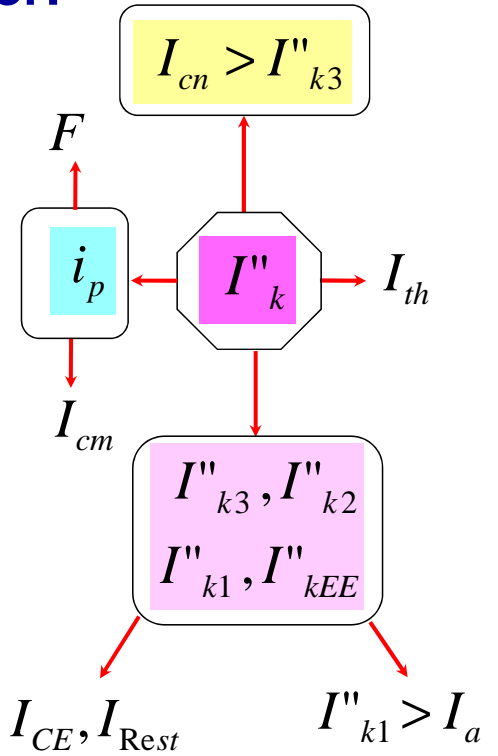
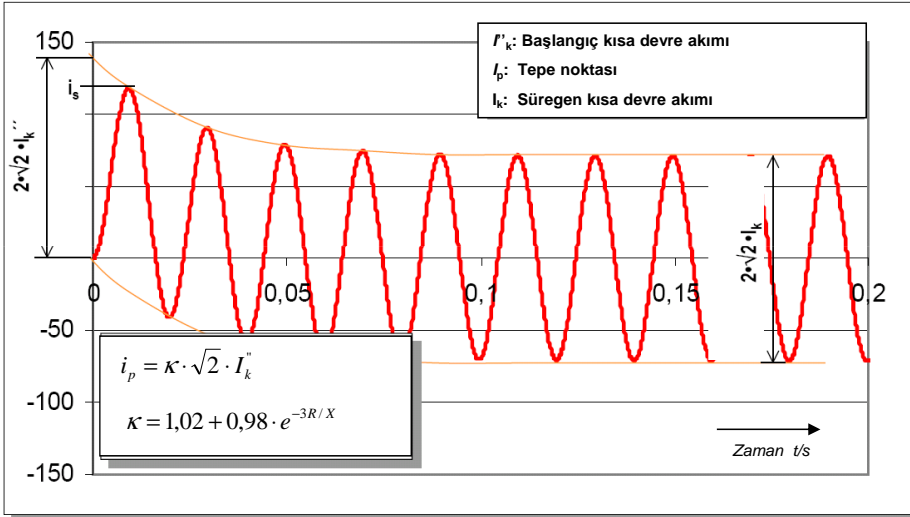


33

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

3. Kısa devre akımının tesiste etkileri



$$I''_{k1min} = \frac{c_{min} \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}{\sqrt{(2R_{IQ} + 2R_{IT} + 2R_{IL} + R_{OT} + R_{OL})^2 + (2X_{IQ} + 2X_{IT} + 2X_{IL} + X_{OT} + X_{OL})^2}}$$

$$I''_{k3} = \frac{c_{max} \cdot U_n}{\sqrt{3} Z_k}$$

$$I''_{kEE} = 0,85 \cdot I''_{k3}$$

$$I''_{kEEkablo} = 0,5 \cdot I''_{kEE}$$

34

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

4. Kısa devre akımlarının önemi

$$I''_{k3}$$



Üç kutuplu kısa devre akımı panolarda dinamik zorlamaları kontrol etmek için hesaplanır.

$$I_{cn} > I''_{k3}$$

$$I''_{k1min}$$



Tek kutuplu kısa devre akımı son devrede otomatik açmanın istenilen zamanda gerçekleşmesinin kontrolü için hesaplanır.

$$I''_{k1min} > I_a$$

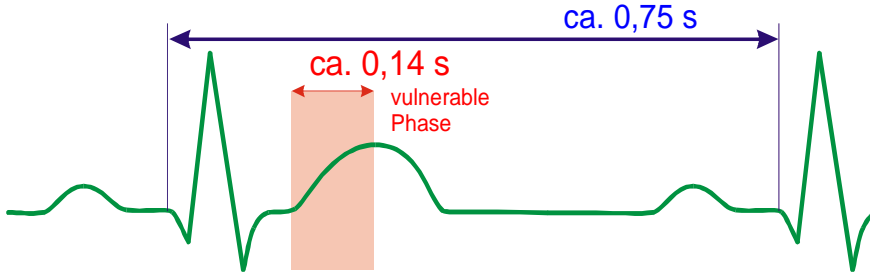
3. Şok Akımlara Karşı Güvenlik Önlemleri

IEC 60364 Bölüm 4 - Kısım 41

Elektrik Çarpmasına Karşı Koruma

ETTY Üçüncü Bölüm Sayfa 153

Elektrik kazaları

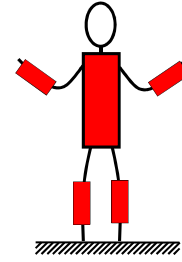
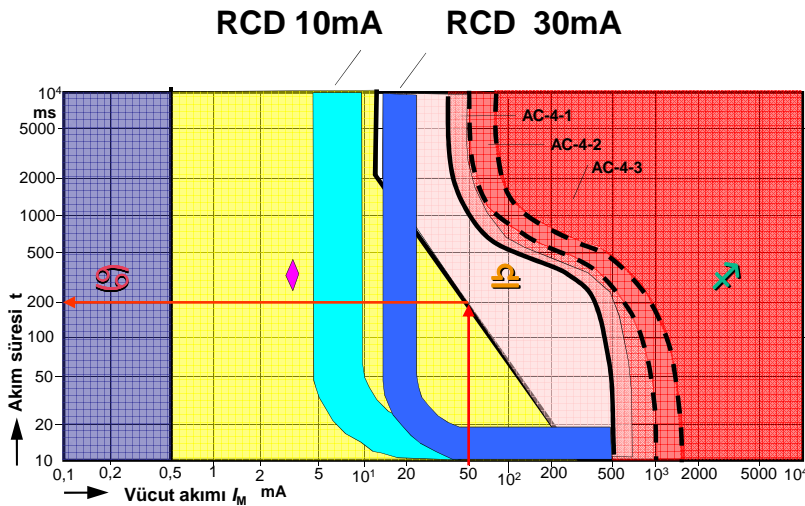


Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. Ismail Kaşıkçı /-All rights reserved

37

A.A etkilerinin akım-zaman bölgeleri

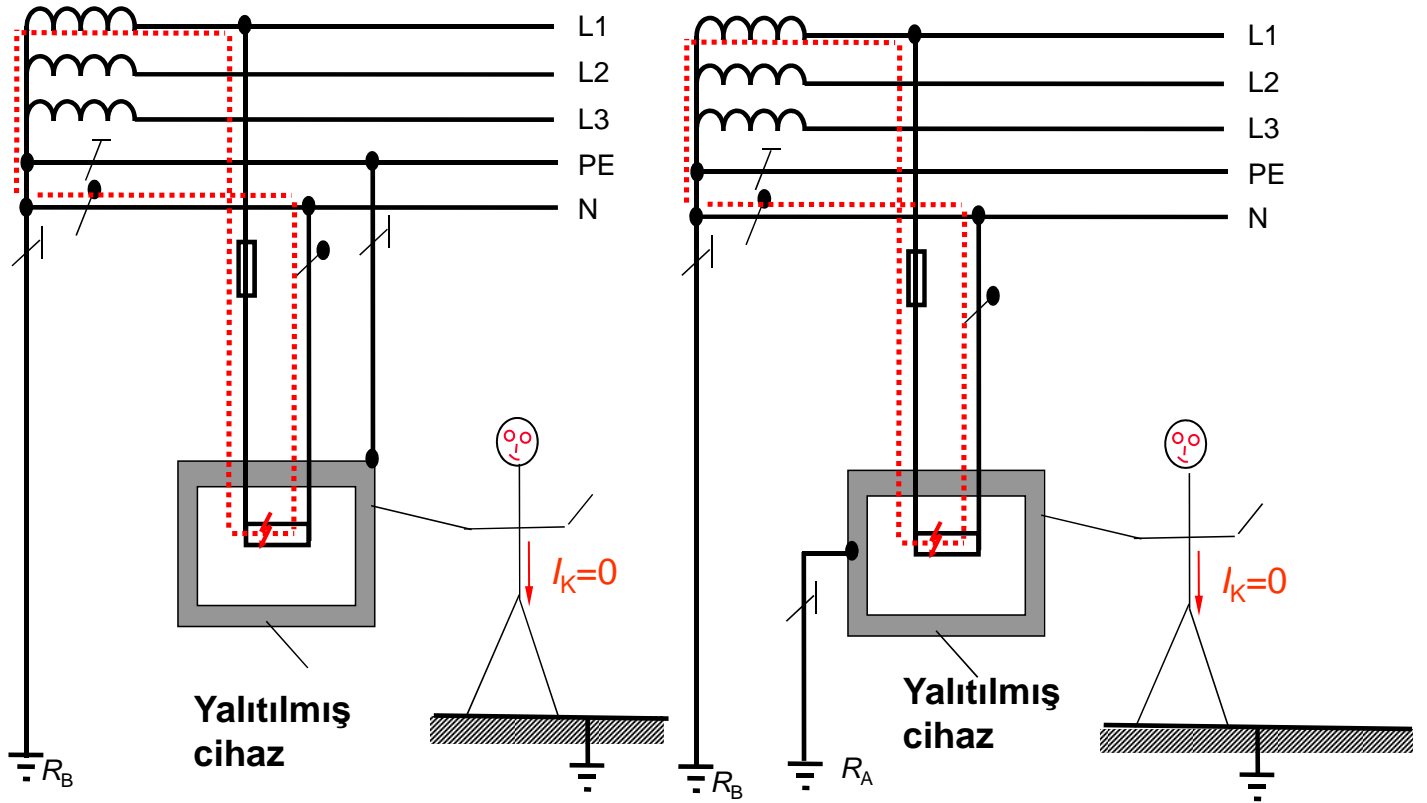


$$I = \frac{50V}{1000\Omega} = 50mA$$

Toplam vücut dirençleri	
EI - ayak	ca. 1000Ω
EI - el	ca. 1000Ω
EI - ayaklar	ca. 750Ω
Eller - ayaklar	ca. 500Ω
EI - göğüs	ca. 500Ω
Eller - göğüs	ca. 250Ω
Ayak - ayak	ca. 1000Ω

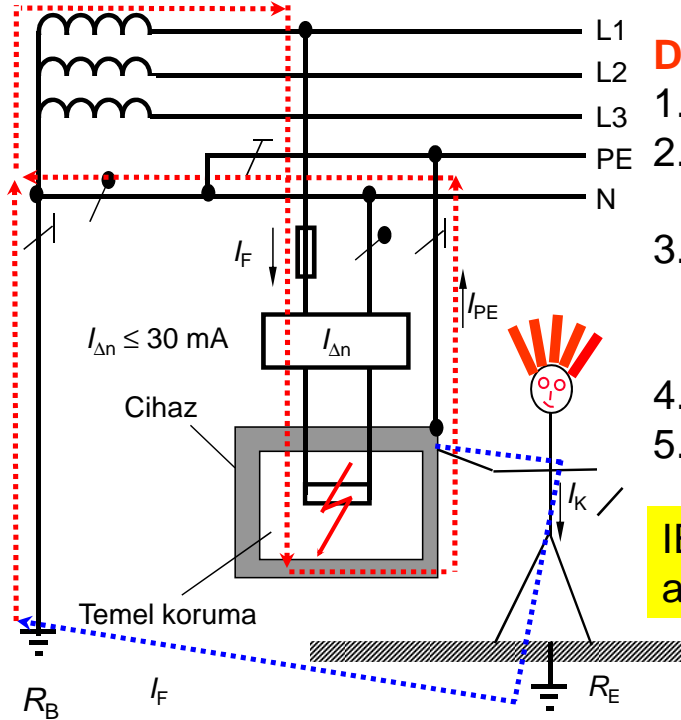
Bölüm AC-1	Bölüm AC-2	Bölüm AC-3	Bölüm AC-4
Genellikle bir tepki yoktur	Genellikle zararlı bir fizyolojik etki yoktur	Organik bir hasar olmaz. Geçici kalp kasılmaları, kaslarda kramp, nefes almada zorluklar görülür	Kalbın durması, Ağır yanıklar
			AC-4-1 5% Ventriküler fibrilasyon olasılığı AC-4-2 50% Ventriküler fibrilasyon olasılığı AC-4-3 > 50% Ventriküler fibrilasyon olasılığı

Temel koruma (Doğrudan dokunmaya karşı koruma)



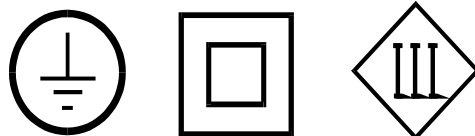
Temel koruma IP simgesi ile belirlenir.

Hata anında otomatik kesme ile koruma (TN-Sistem) (Dolaylı dokunmaya karşı koruma)

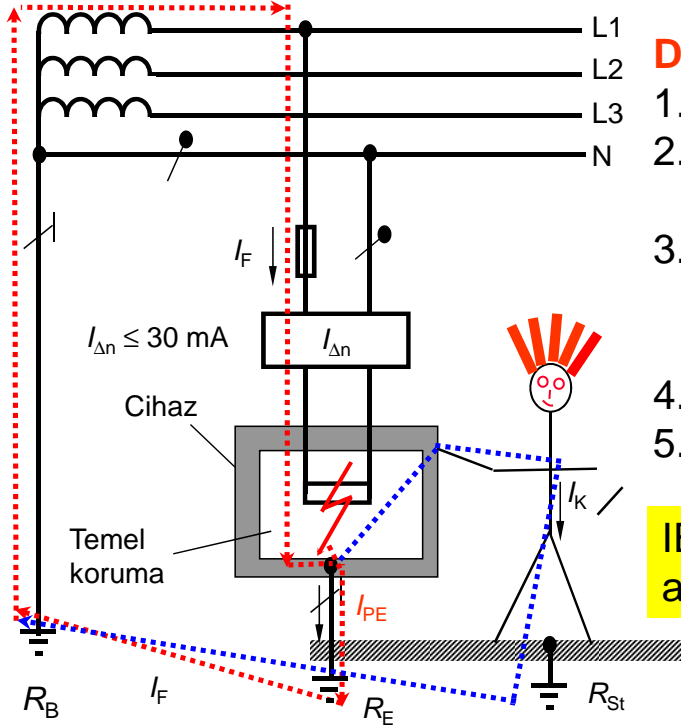


- Dolaylı dokunmaya karşı koruma için:**
1. Akım kaynağı topraklanmalıdır.
 2. Tüketim cihazı koruma iletkeni ile tesis edilmelidir.
 3. Kablo ve iletkenlerin, aşırı akım koruma cihazı ile koordinasyonu sağlanmalıdır.
 4. Temel topraklama tesis edilmelidir.
 5. Potansiyel dengeleme uygulanmalıdır.

IEC 60417'e göre tüketim cihazları için aşağıdaki koruma sınıfları geçerlidir:

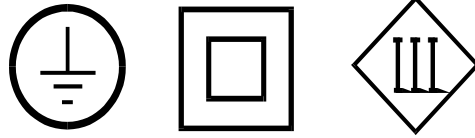


Hata anında otomatik kesme ile koruma (TT-Sistem) (Dolaylı dokunmaya karşı koruma)

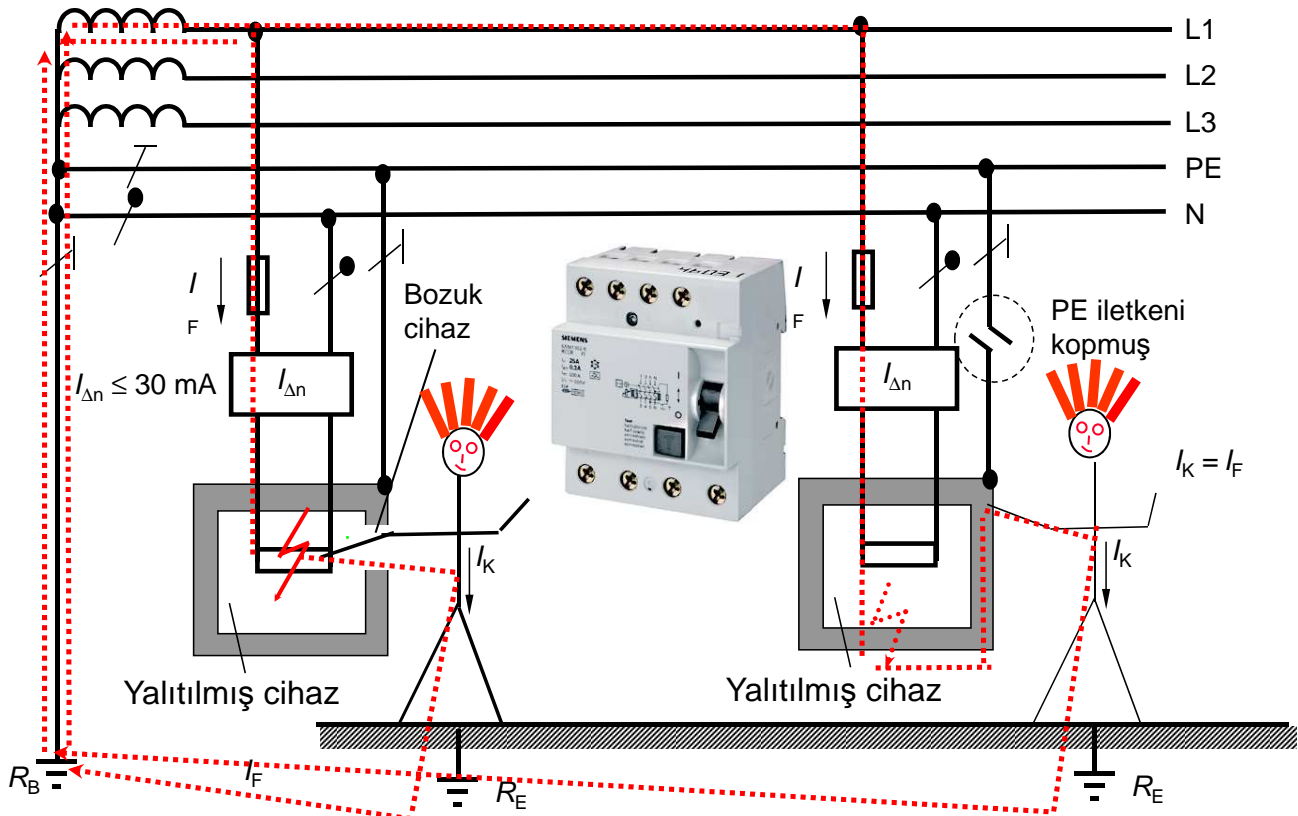


- Dolaylı dokunmaya karşı koruma için:**
1. Akım kaynağı topraklanmalıdır.
 2. Tüketim cihazı PE ile APDB'na veya panodaki klemenslere tesis edilmelidir.
 3. Kablo ve iletkenlerin, aşırı akım koruma cihazı ile koordinasyonu sağlanmalıdır.
 4. Temel topraklama tesis edilmelidir.
 5. Potansiyel dengeleme uygulanmalıdır.

IEC 60417'e göre tüketim cihazları için aşağıdaki koruma sınıfları geçerlidir:

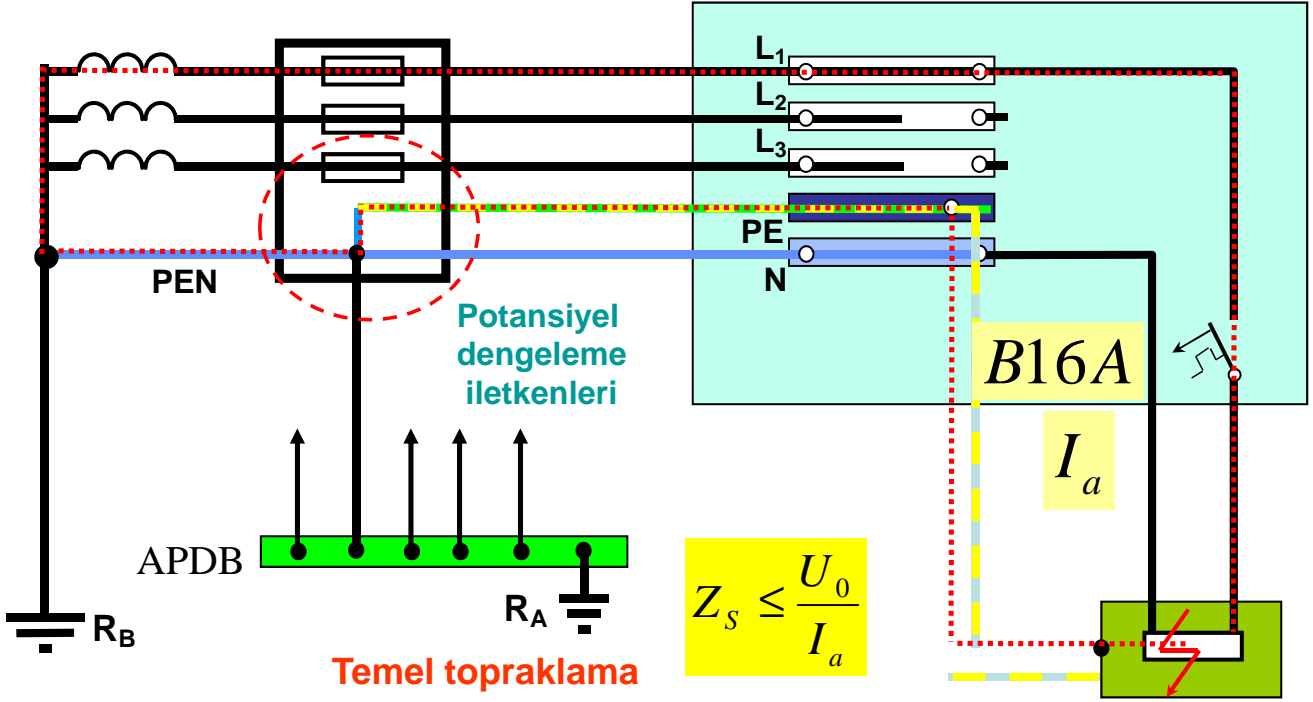


Tamamlayıcı (ek) koruma (RCD ile)



TN sistemin incelenmesi:

Dağıtım panosu

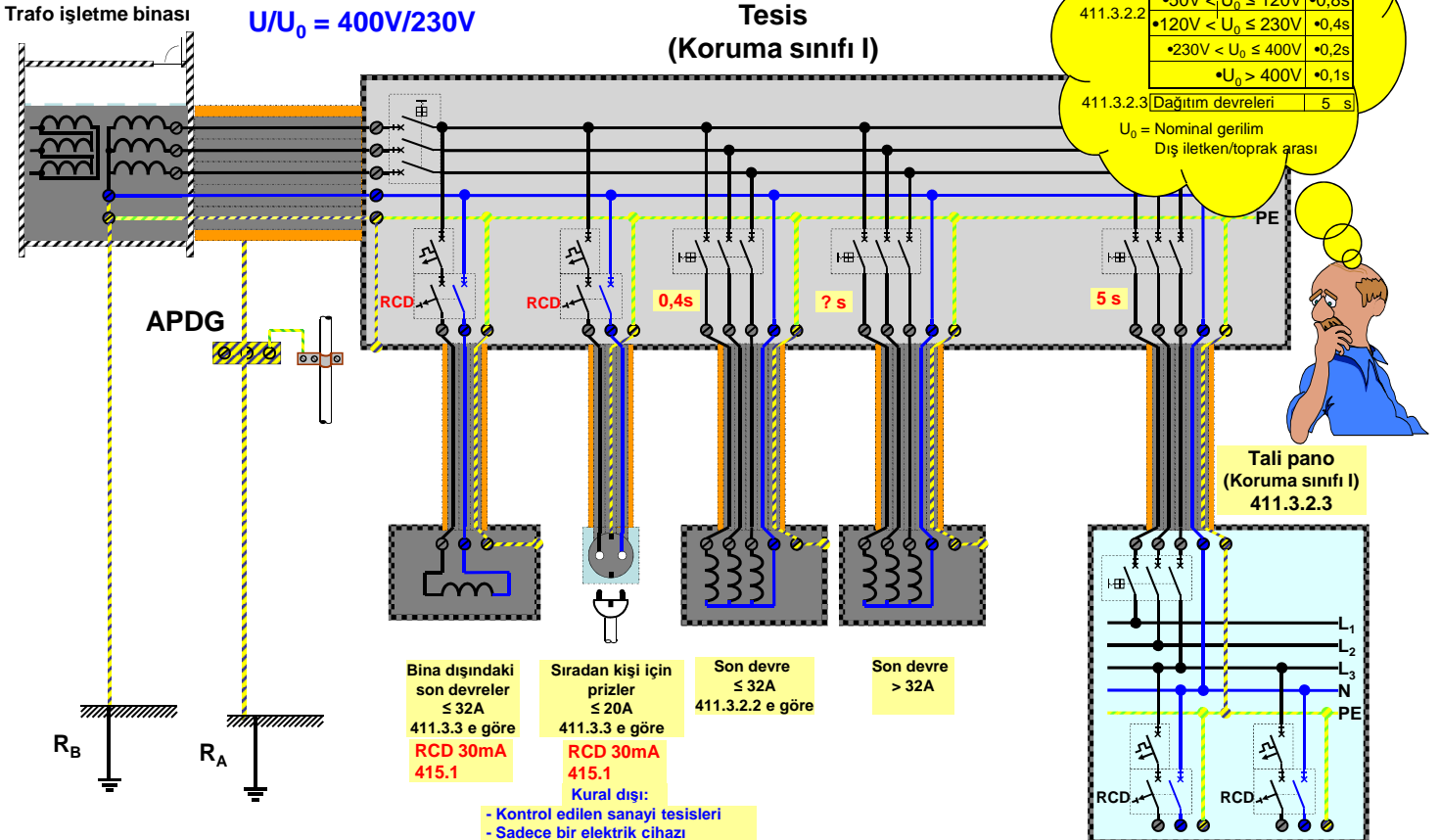


1. TN sistemde topraklama tesisatın ana ögesi değildir.
2. Hata akımı çevrim empedansı tarafından tayin edilir.

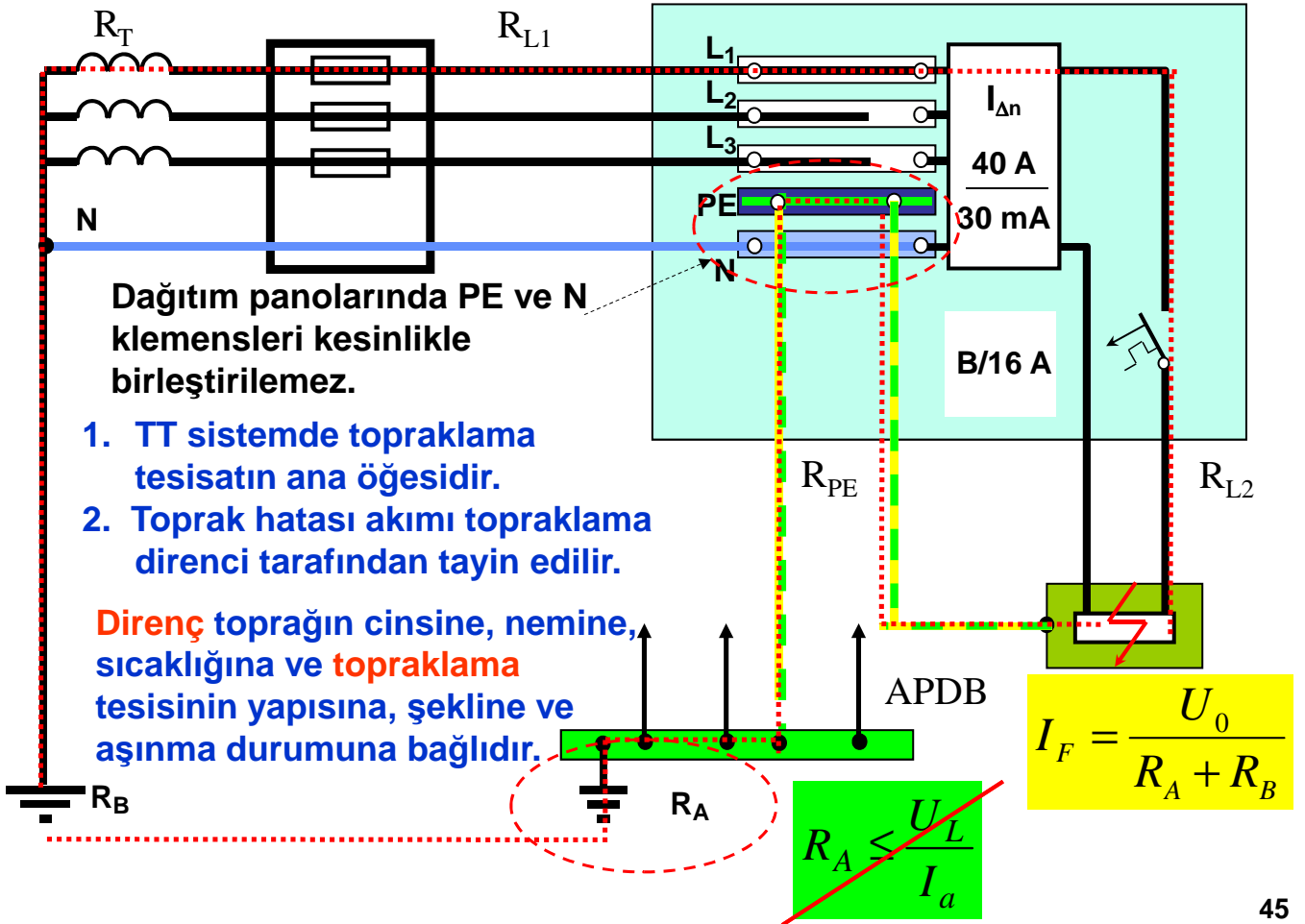
$$I''_{k1min} > I_a$$

U_0 (V)	t_a (s)
230	0,4
400	0,2

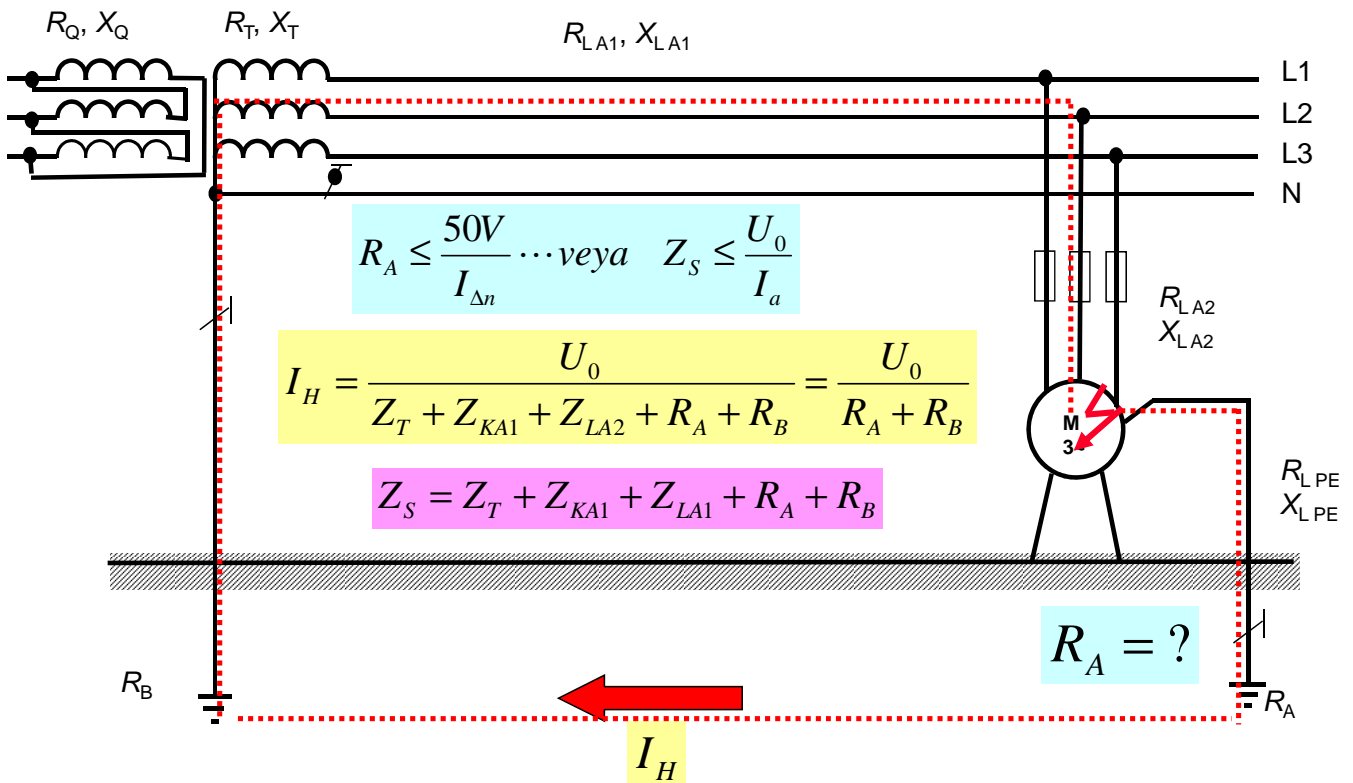
TN Sistemde otomatik Açma Şartları (yeni)



TT sistemin incelenmesi

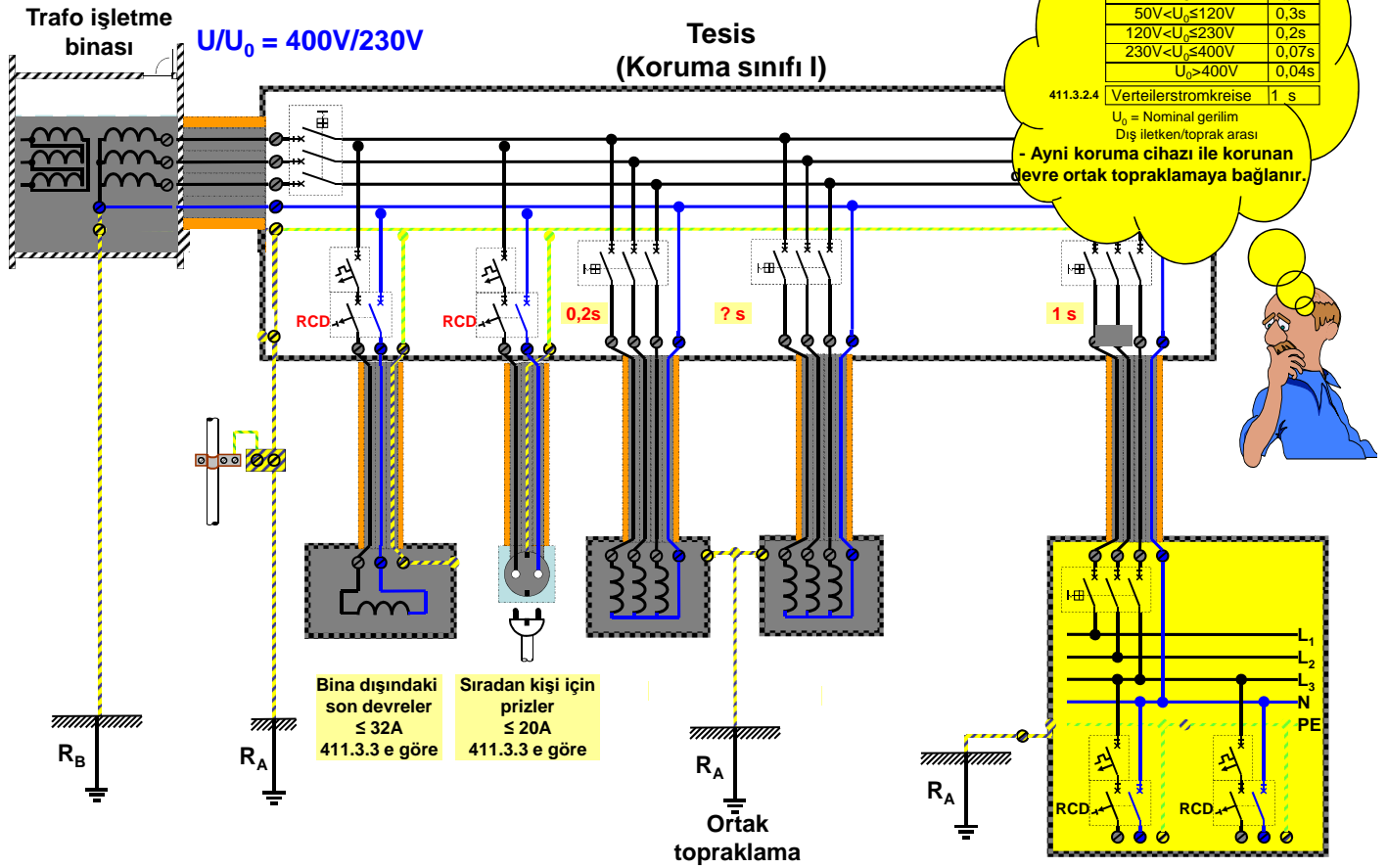


TT Sistemde topraklama direncinin ve hata akımının hesaplanması



TT Sistemde otomatik Açma Şartları (yeni)

TT Sisteminde açma şartları:

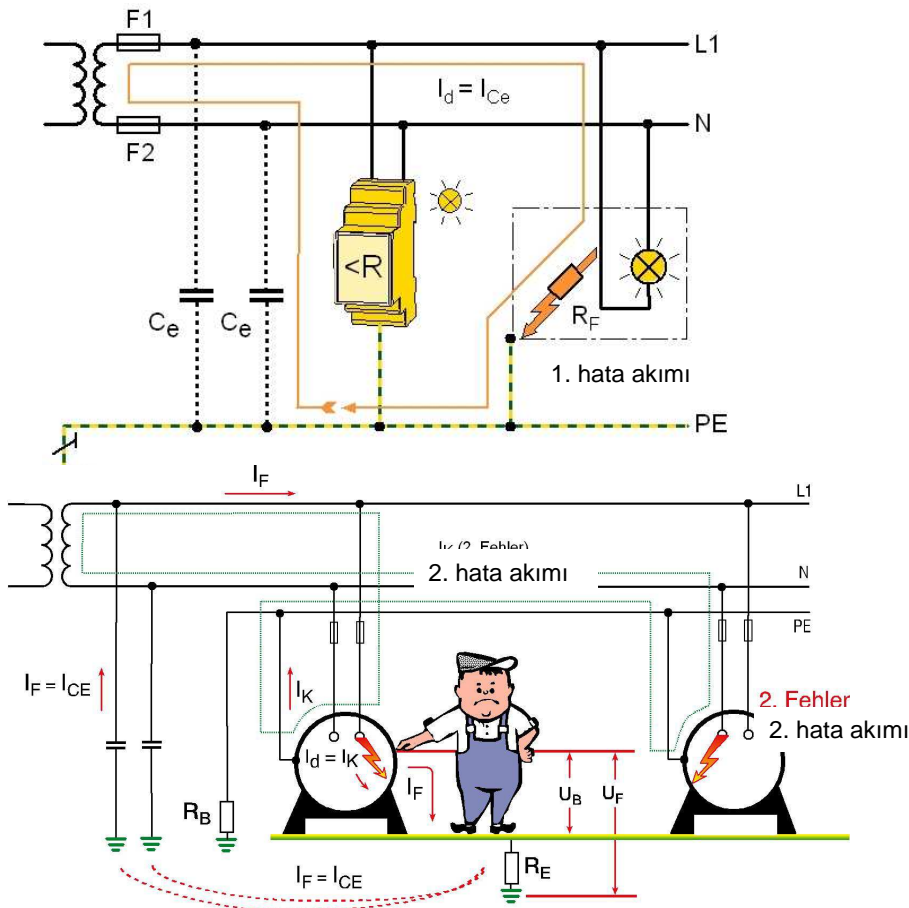


47

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. Ismail Kaşıkçı /-All rights reserved

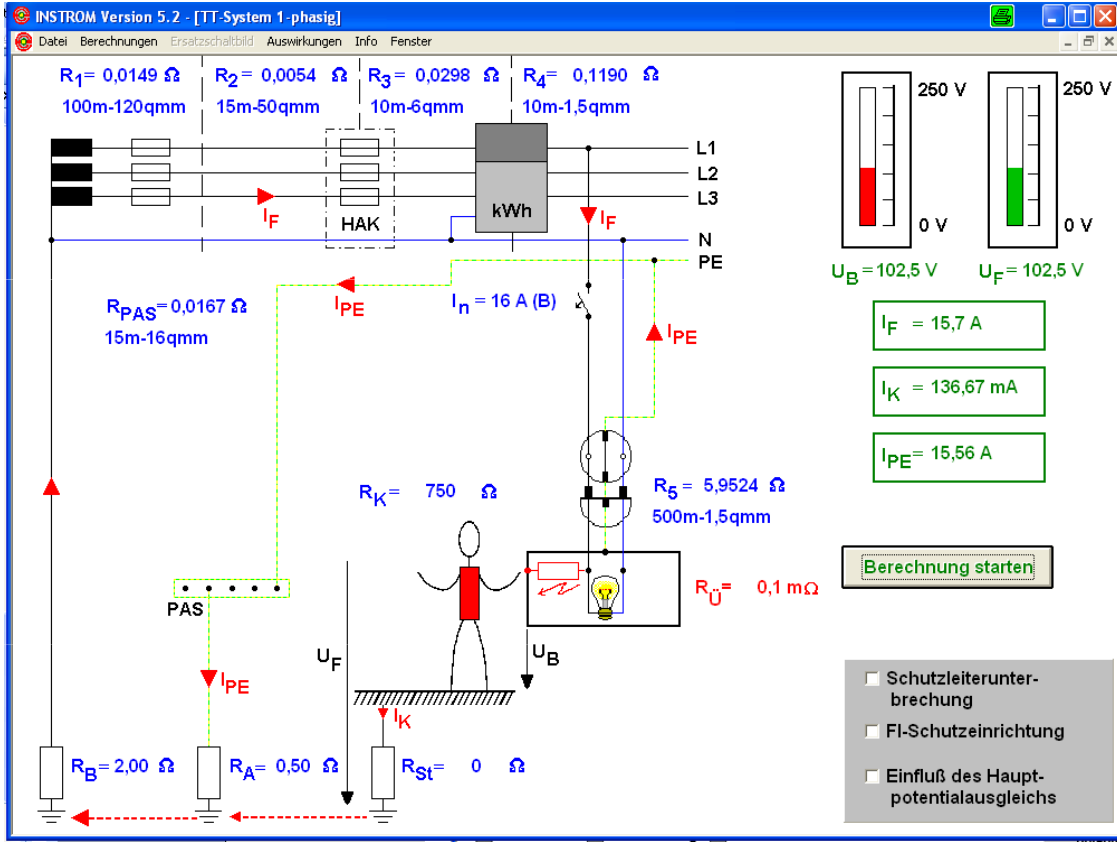
IT Sistemin incelenmesi



48

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. Ismail Kaşıkçı /-All rights reserved



4. Kablo ve İletkenlerin Aşırı Akımlara Karşı Korunması

IEC 364-4-43

(HD 384.4.43 S1)

Kısım 43

PEN (PE)

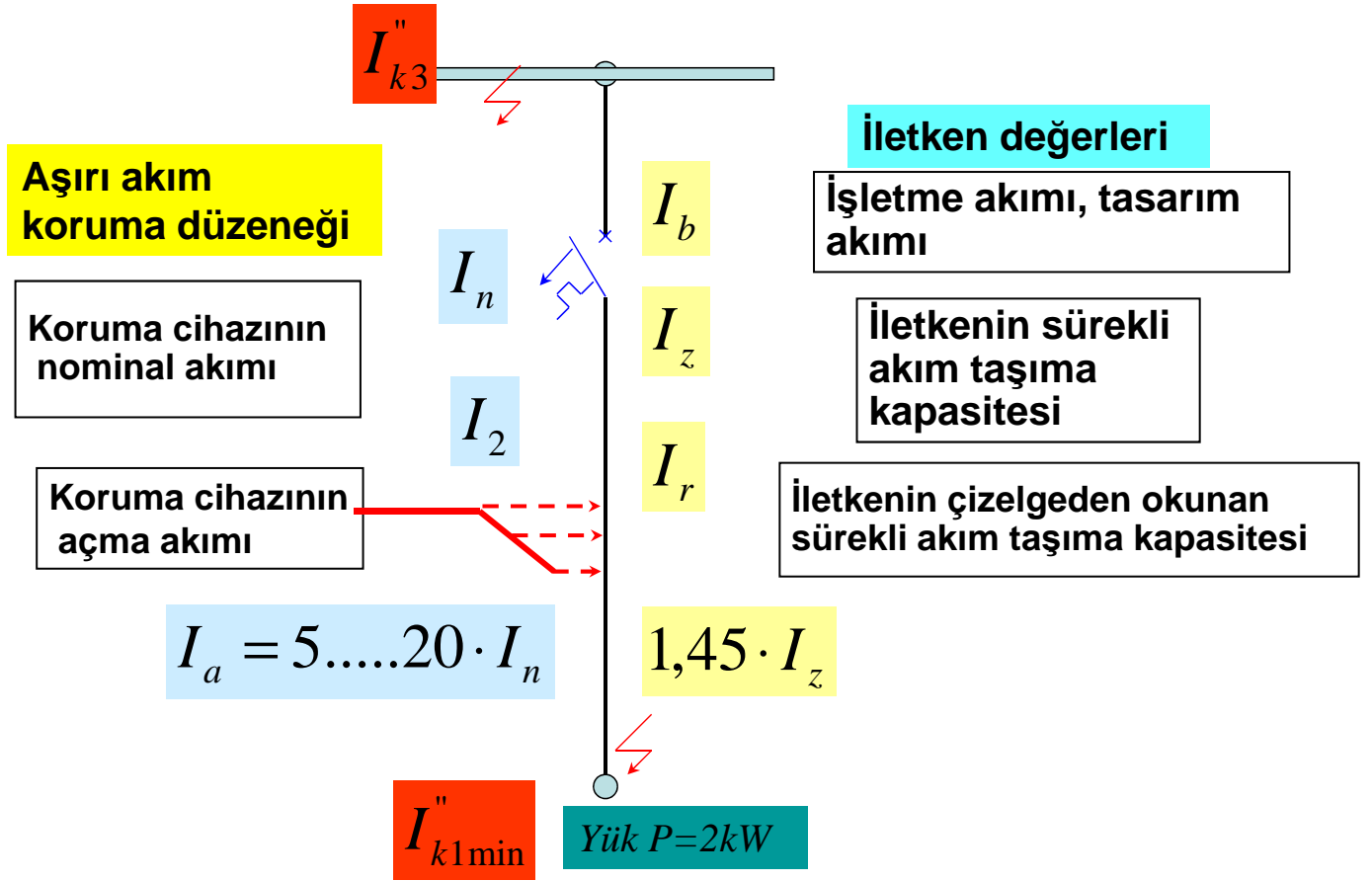
L1

EİTY Taslak

L2

L3

Dağıtım panosu



Aşırı yükte koruma

Bir kabloyu ya da yalıtılmış iletkeni aşırı yüke karşı koruyan koruma cihazının karakteristikleri aşağıdaki koşullara uygun olacaktır:

Minyatür kesiciler için (MCB):

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

$$I_b \leq I_r \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_n$$

İşletmede kablo ve iletkenlerin yüklenebilirliği için düzeltme faktörlerine dikkat edilmelidir.

$$I'_z = I_r \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4$$

f_1 : Kabloların döşeme türü **Taslak: Çizelge A.2, PVC**

f_2 : Kabloların yığılması **Taslak: Çizelge A,17**

f_3 : Değişen ortam sıcaklıkları **Taslak: Çizelge A,14**

f_4 : İşletme türü

I_r : Çizelgeden okunan değer

**EITY
10.02.05**

İşletme ısısı:

PVC: 70°C

VPE: 90°C

Kısa devre ısısı:

PVC: 160°C

VPE: 250°C

PE : 150°C

Öneri:



$$I'_z = \frac{I_r}{f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4}$$

53

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

Kısa devrede koruma

5 saniyeye kadar olan açma zamanları yaklaşık olarak aşağıdaki formül ile hesaplanabilir:

$$t_k = \left(\frac{k \cdot S}{I_k} \right)^2$$

S : İletkenin kesiti (mm²)

I_k : Hata akımı (A)

k : Malzeme katsayısı ($\frac{A\sqrt{s}}{mm^2}$)

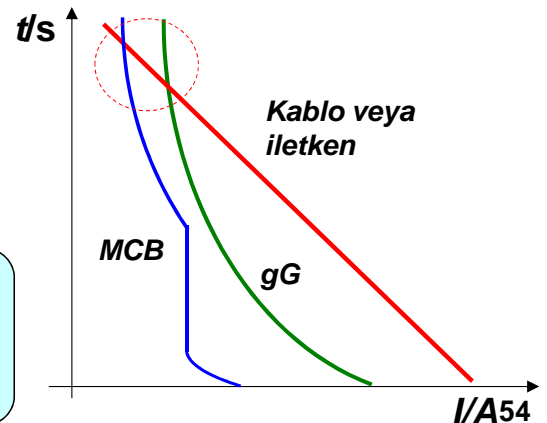
t_k : Açma süresi (s)

Çok kısa süreli açma zamanları için (t < 0,1s) aşağıdaki formül kullanılır:

$$I^2 \cdot t_k \leq k^2 \cdot S^2$$

Koruma cihazının geçirenlik enerjisi

İletkenin I²t yüklenme değeri



Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

Aşırı akım koruma cihazlarının açma akımları:

1. B Karakteristikli kesiciler (MCB)
(Priz ve aydınlatma, binalarda)



$$I_a = 5 \cdot I_n$$

2. C Karakteristikli kesiciler (MCB)
(Motor ve sanayide)



$$I_a = 10 \cdot I_n$$

3. K (Motor ve sanayide) (MCB)



$$I_a = 15 \cdot I_n$$

4. MCCB (Ana kolon ve motorlarda)



$$I_a = 8 - 12 \cdot I_n$$

5. NH/gG-Sigortalar (Ana kolon ve motorlarda) Back-up Korumada



$$I_a \approx 8 \cdot I_n$$

Sigortaların açma akımları Akım-Zaman eğrisinden okunmalıdır.

Dikkat: W ve L otomatlar ile k faktörü kullanılmaz!

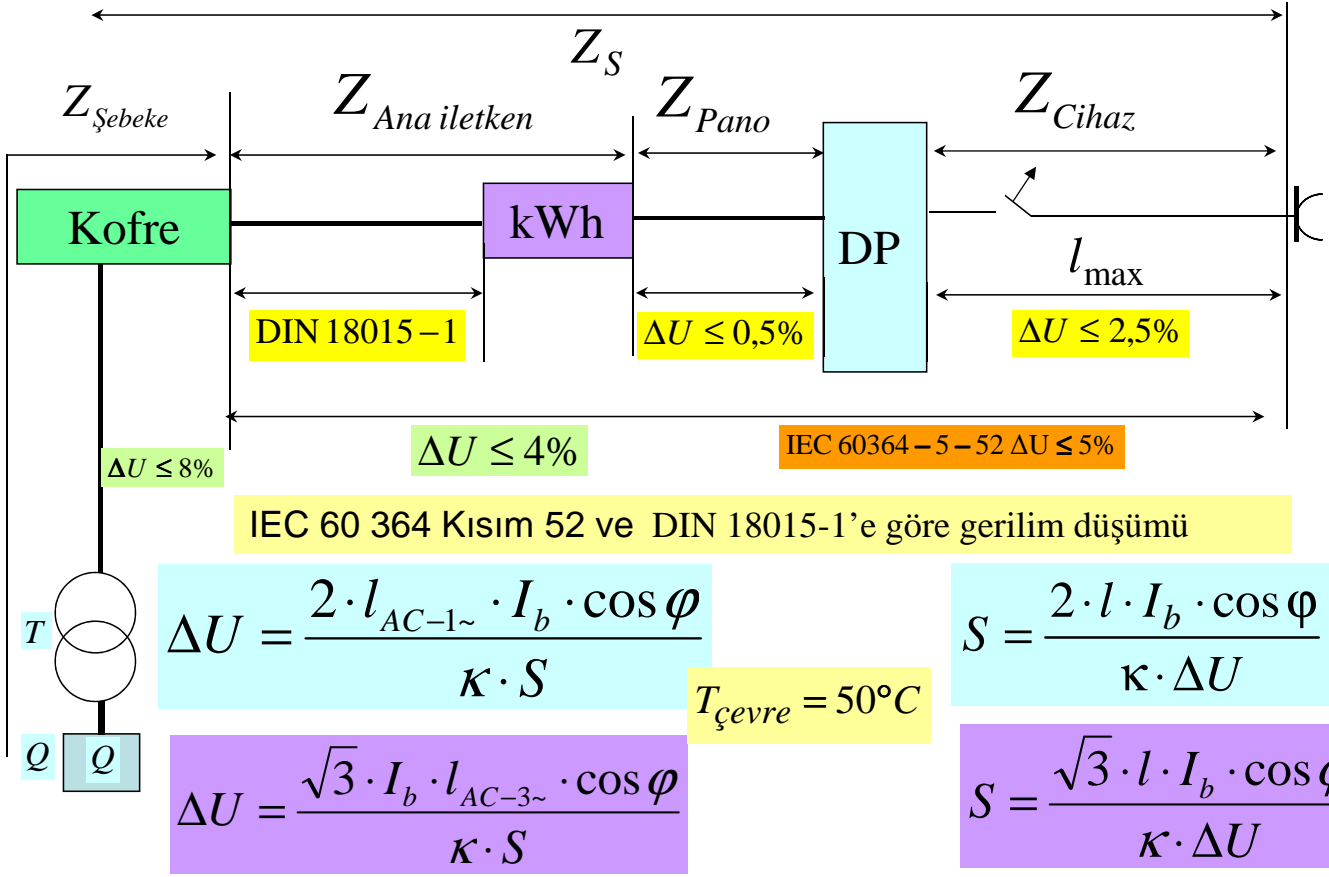
5. Elektrik Tesislerinde Gerilim Düşümü Hesabı

IEC 60 364-5-52
Bölüm 5-Kısım 52

EİTY Taslak

IEC 60 364 Kısım 41'e göre otomatik açma şartları

$$l_{müsade} = \frac{Z_S (m\Omega) \cdot 1000}{2 \cdot R'_{l30^\circ C}}$$



Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

57

Türkiye'de gerilim düşümü hesabı hesabı

Monofaze (tek faz)

$$\%e = \left[\frac{200 \times N \times L}{56 \times S \times U^2} \right] = 0,074 \times \left[\frac{N \times L}{S} \right]$$

N : güç kW
S : Kesit mm²
L :Uzunluk m
U :Gerilim V
(220 V, 380 V)
k : 56

Trifaze (üç faz)

$$\%e = \left[\frac{100 \times N \times L}{56 \times S \times U^2} \right] = 0,0124 \times \left[\frac{N \times L}{S} \right]$$

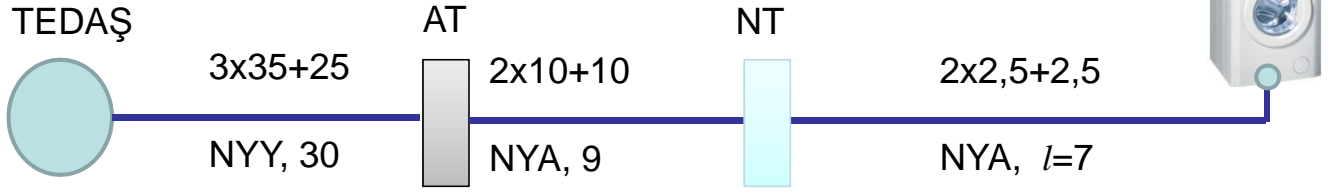
Güç N değil P' dir!!
Gerilim düşümü Δu'dur!!!

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

58

Örnek:



Gerilim düşümü

BM: 2500W

$$\%e = 0,0124x \left[\frac{94,050x30x0,43}{35} \right] + 0,074x \left[\frac{7,536x9}{10} + \frac{2,500x7}{2,5} \right] = 0,42 + 1,01 = 1,43 < 1,5$$

Akım kontrolü

$$I = \left[\frac{94,050x0,60}{1,73x380x0,9} \right] = 95,32A < 155A \quad 3x35+25 \text{ mm}^2 \text{ NYY kablo kullanılmıştır.}$$

Kablo toprakta 155 A çeker. TEDAŞ bağlantı gücüne göre %60 diversite kullanılmıştır.

Türkiye'de birimler yazılmıyor!!

6. Elektrik Tesislerinde Selektif Açma ve Koruma

IEC 60 364-5-53: Elektrik tesislerinde cihazların seçimi, tesisi, koruması ve ayırması

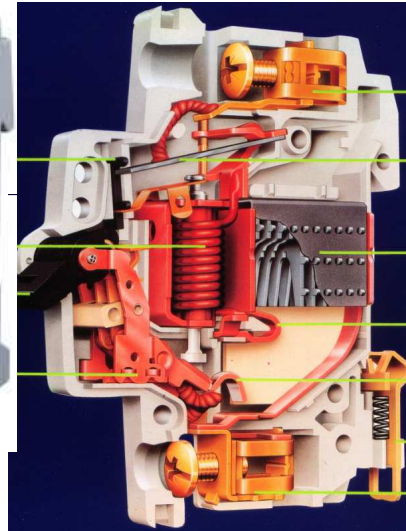
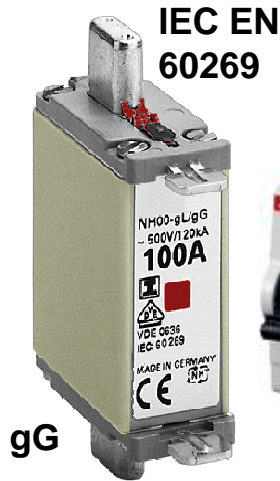
EİTY Taslak

IEC 60 364-7-710: Tıbbi yerler

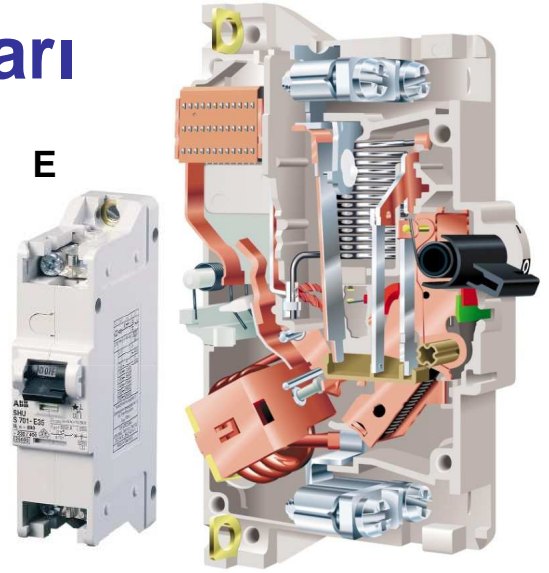
IEC 60 364-7-718: Kalabalık toplulukların bulunduğu binalar

Türkiye’de kurulan elektrik tesislerinde seçicilik ve güvenlik yoktur!

Aşırı Akım Koruma Cihazları



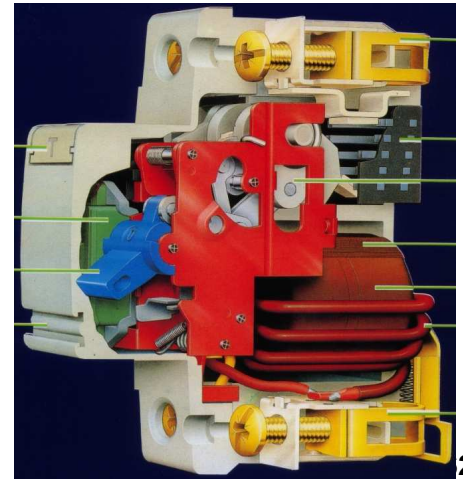
MCB IEC EN 60898



E

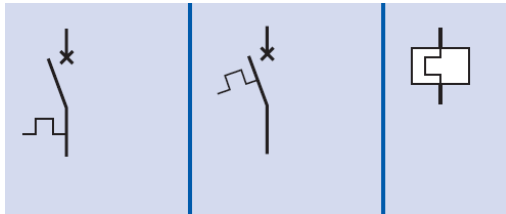


MCCB IEC EN 60947

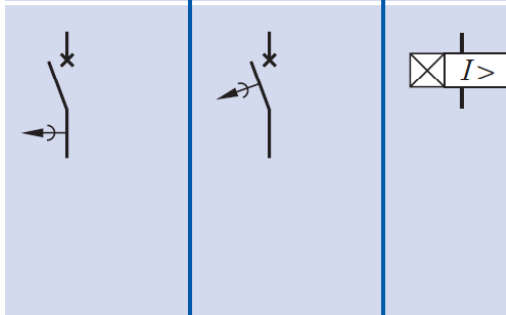


IEC EN 61008-1 RCD (KAR)

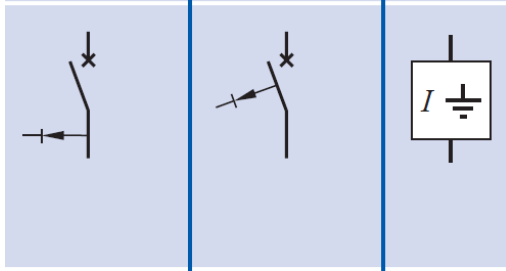
L



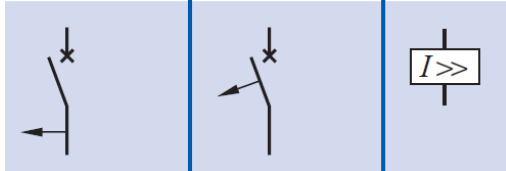
S



G



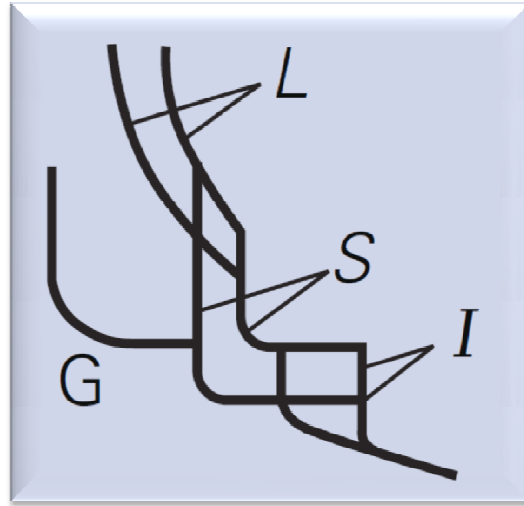
I



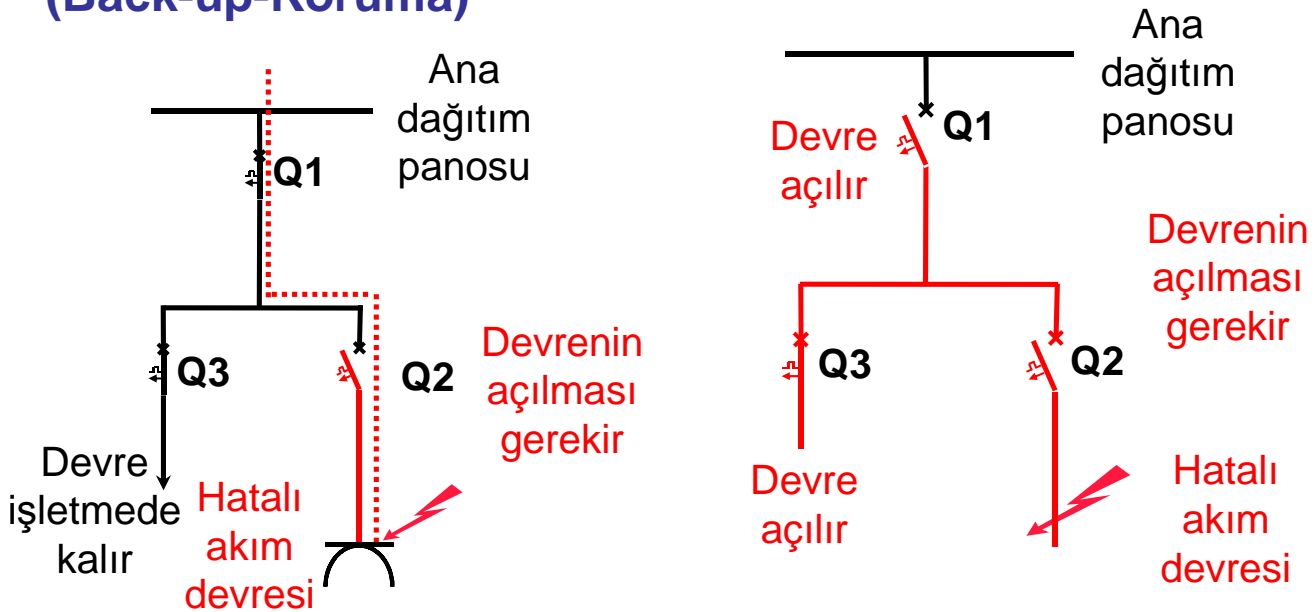
$I_{cu} / I_{cs} / I_{cm} / I_{cw}$

I''_{k3}

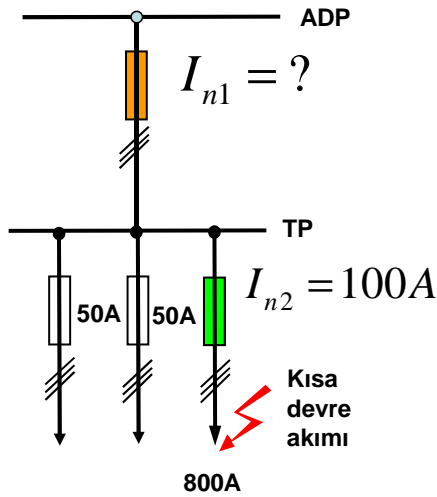
I''_{k1}



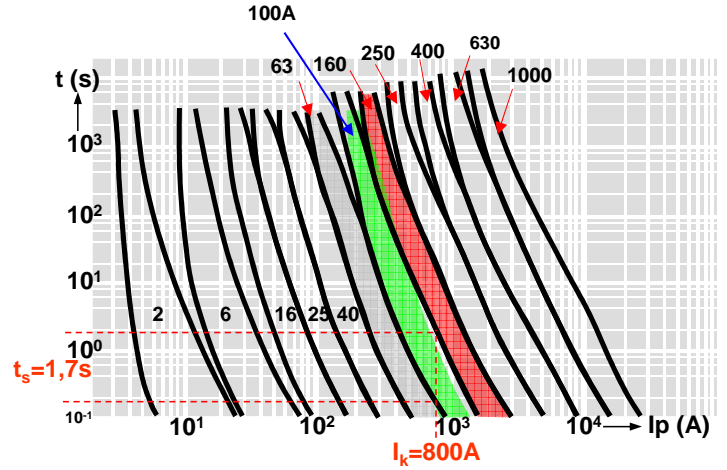
Kısa devre akımlarına karşı tesisin arızalı bölümü selektif olarak devre dışı bırakılır. Ard arda tesis edilen aşırı akım koruma düzeneklerinin koordinasyonu ve seçimi ancak kısa devre hesaplarının yapılması ile mümkündür. Selektif seçiciliğin sağlanamadığı yerlerde destekli koruma yapılır. (Back-up-Koruma)



Sigortalar ile devrelerin korunması ve selektif seçicilik



gG



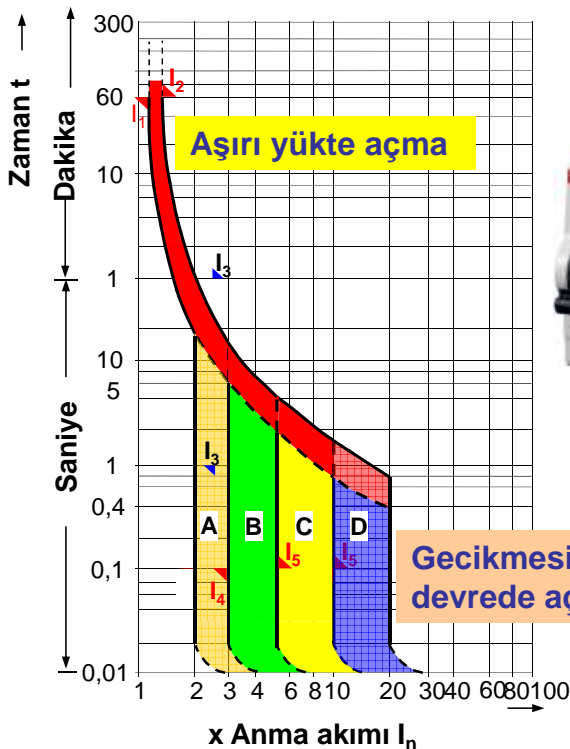
1 $I_{n1} \geq 1,6 \cdot I_{n2}$

2 Sigorta bantları birbirine değmemelidir.

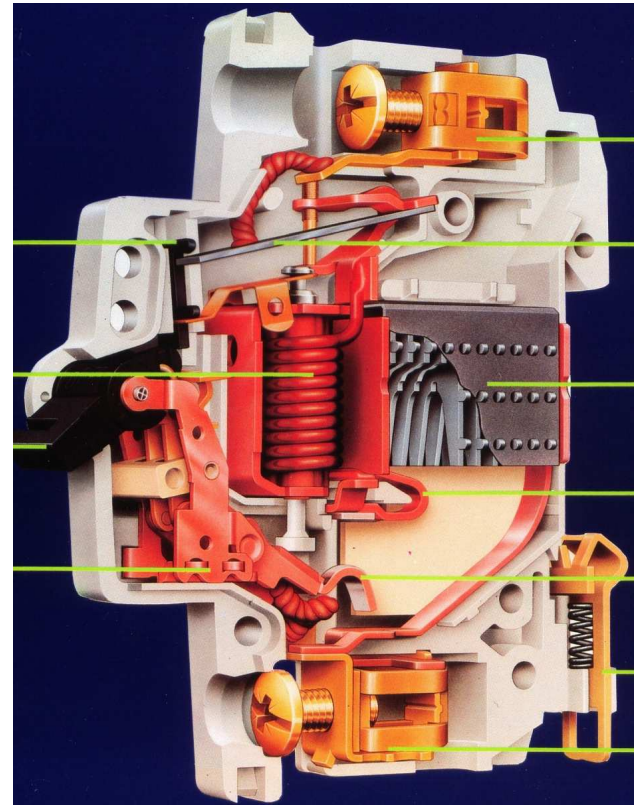
3 $\pm 6\%$ band kaymasına dikkat edilmelidir.

NH-Sigortaları IEC 60269-1 - VDE0636-201 - 2A bis 1150A

Minyatür kesiciler ile devrelerin korunması ve selektif seçicilik

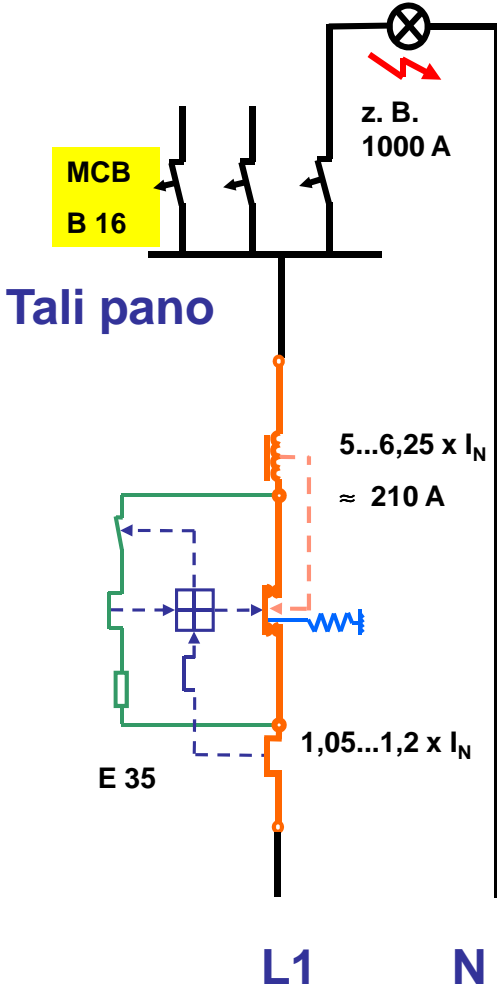
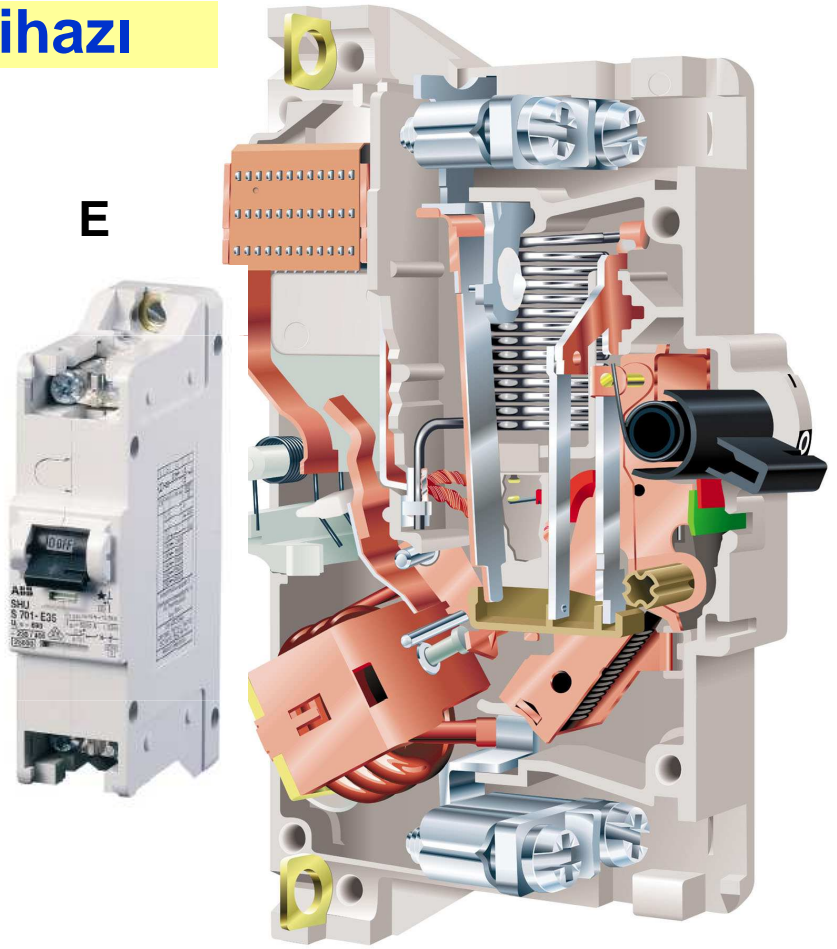
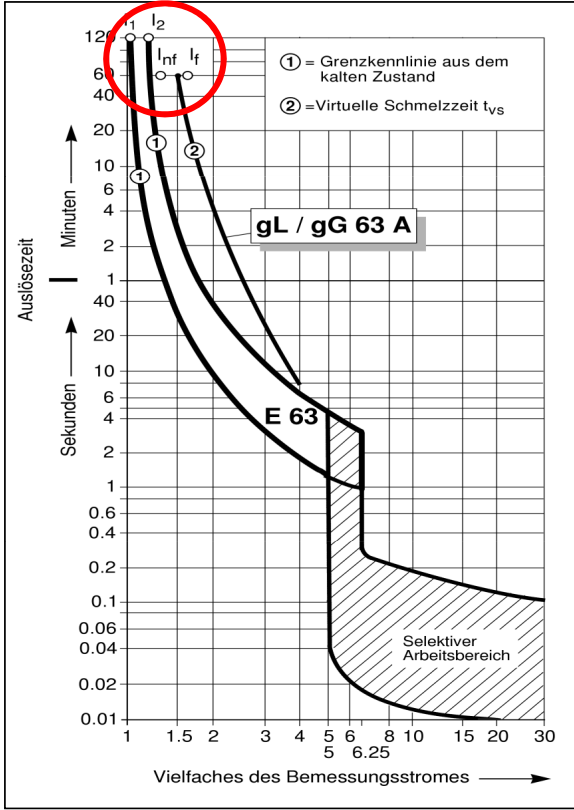


MCB



MCB Minutire Circuit Breaker IEC 60898-1 (IEC 60947-2) - $I_n = 0,5A$ bis 115A, $I_{cn} = 3 - 25kA$

Seçici Ana Koruma Cihazı



Selektif kesicilerin güce göre seçimi

E / [A]	Güç / [kVA]
10	7
16	10
20	13
25	15
32	20
35	23
40	25
50	30
63	40
80	50
100	65

Aşırı yükte seçicilik

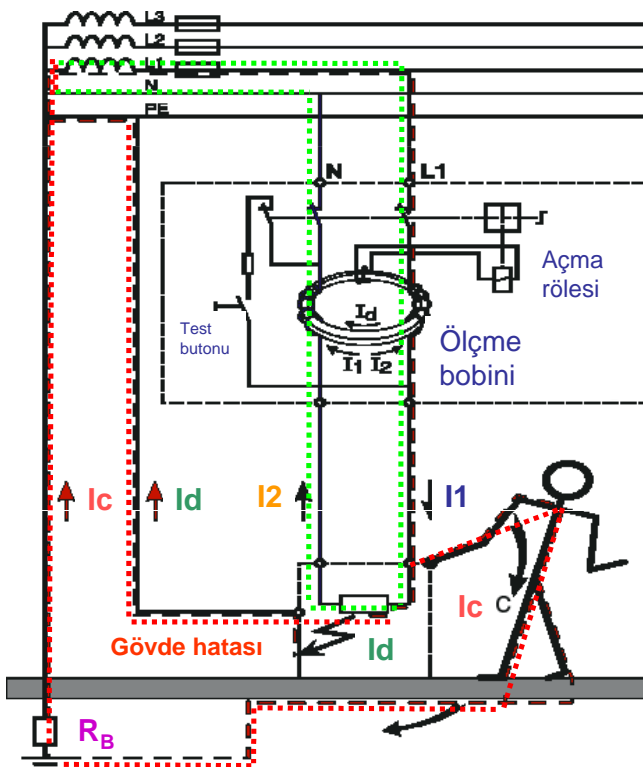
Aşırı Akım Koruma cihazları	Açma karakteristiği	Açmaması gereken akım	Açması gereken akım	Anma akımı
Selektif Ana Koruma Cihazı	E	1,05	1,2	$x I_n$
MCB	B, C	1,13	1,45	
Sigorta	gG	1,25	1,6	
MCCB		1,05	1,25	

69

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

RCD (KAR-Kaçak Akım Koruma Rölesinin Çalışma Prensipli, Tesisi ve Selektif Seçicilik)



I_1 : Tüketicinin çektiği işletme akımı (faz akımı)

I_2 : Nötr akımı

$$I_{L1} = I_N$$

I_d : Hata akımı

$$I_{L1} = I_N + I_{PE}$$

I_c : Gövde hatası durumunda insan üzerinden akan akım

R_B : İşletme topraklama direnci

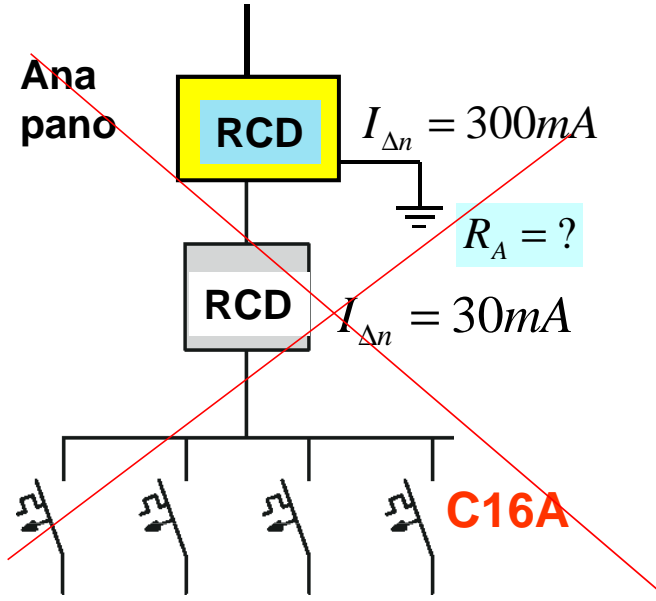
70

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

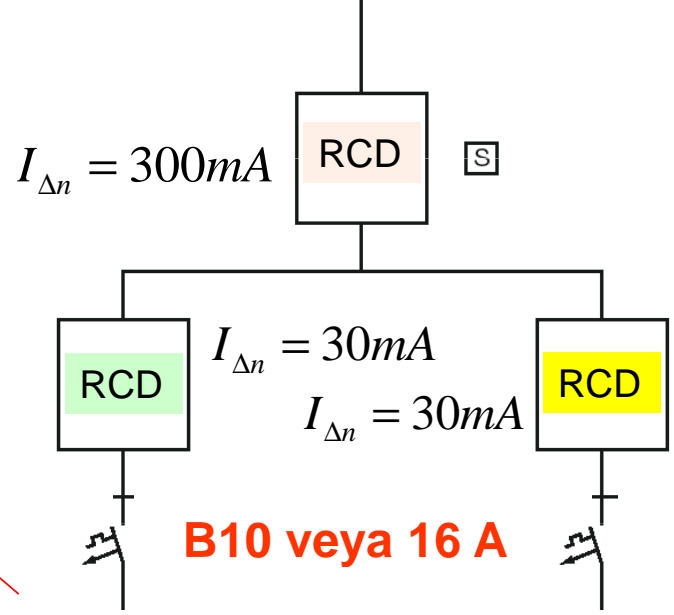
RCD (KAR-Kaçak Akım Koruma Rölesinin Çalışma Prensipli, Tesisi ve Selektif Seçicilik)

Yanlış uygulama

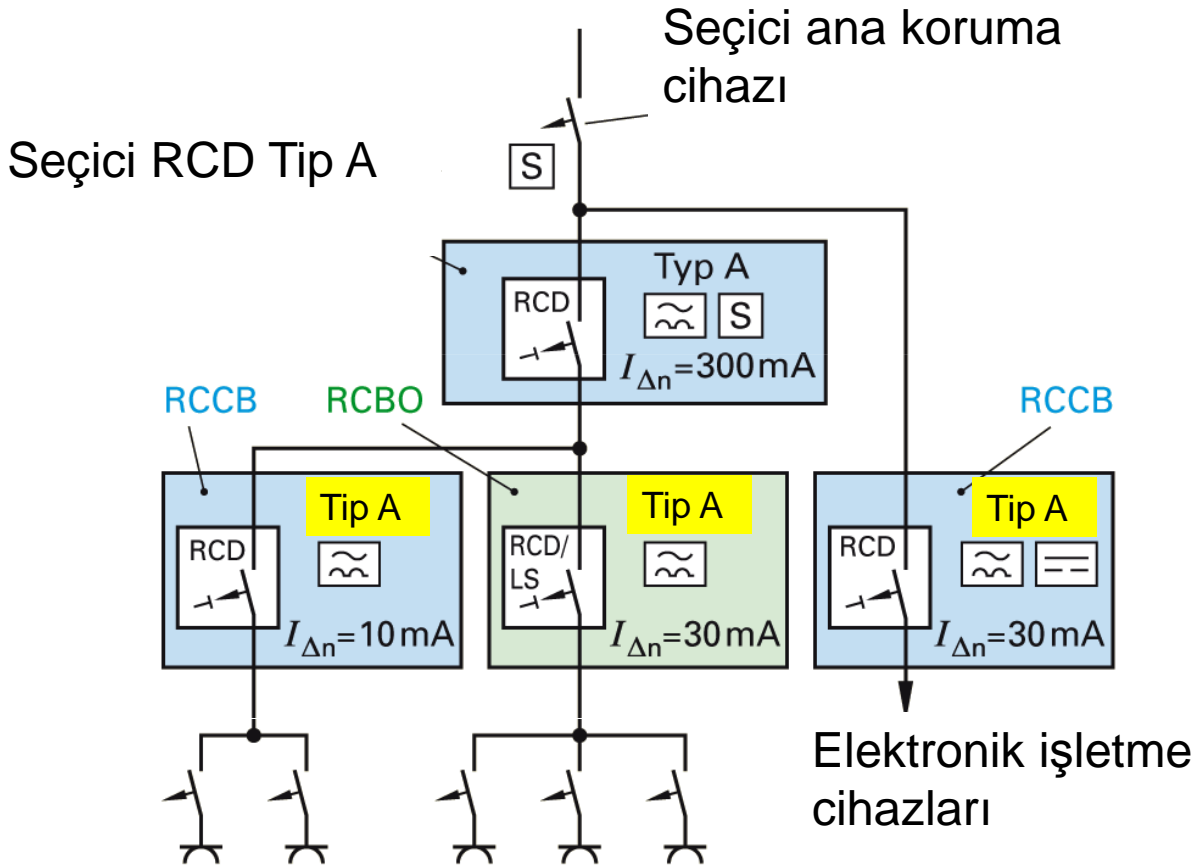


C tip kesici binalarda kullanılmaz!!!!

Doğru uygulama



Her Linyeye 30mA KAR tesis edilmelidir.



Güç kesiciler ACB, MCCB (EN 60947-2) (Termik manyetik şalterler)



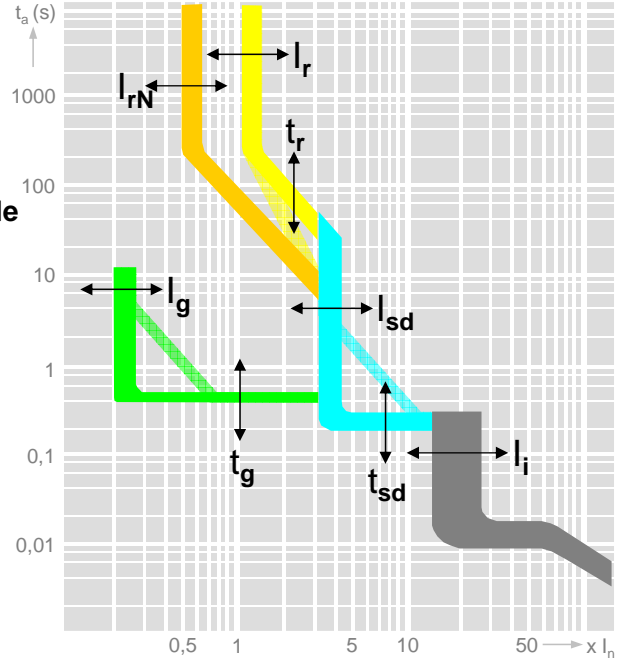
L Aşırı yükte açma „L“
Standard I^2t
Optional I^4t

S Gecikmeli kısa devrede açma „S“
Standard t_{sd}
Optional I^2t

I Gecikmesiz kısa devrede açma „I“
Standard On
Optional Off

N Nötr iletkeni koruması
Standard $0,5 - 1 \times I_r$
Optional Off

G Toprak hatasında açma
Standard t_g
Optional I^2t



$I_n = 630-6300 \text{ A}$
 $I_{cu} = 50 - 100 \text{ kA}$

$I_n = 16-1600 \text{ A}$
 $I_{cu} = 45- 100 \text{ kA}$

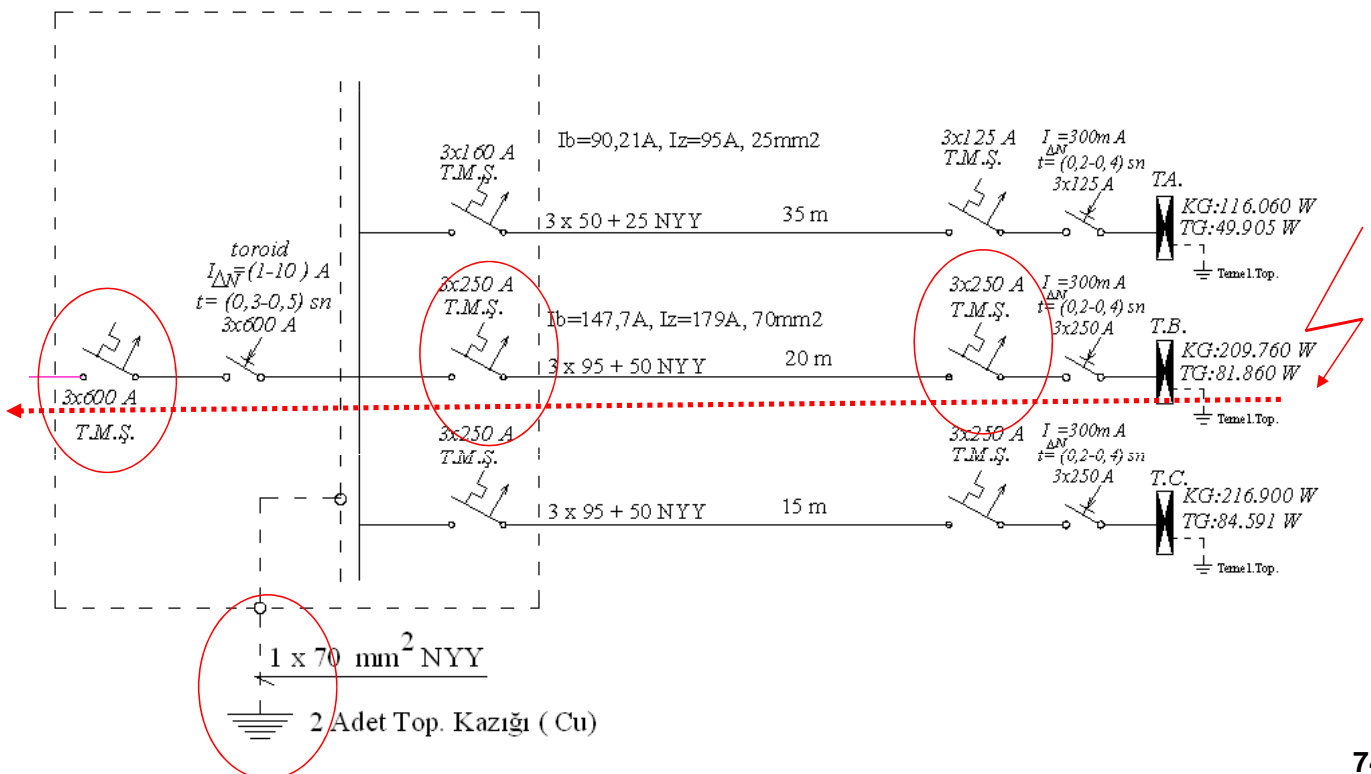


L = Long time , inverse time delayed overload release
S = Short-time delay short-circuit release
I = Instantaneous short-circuit release
G = Ground Fault Protection

Yanlış uygulamalar

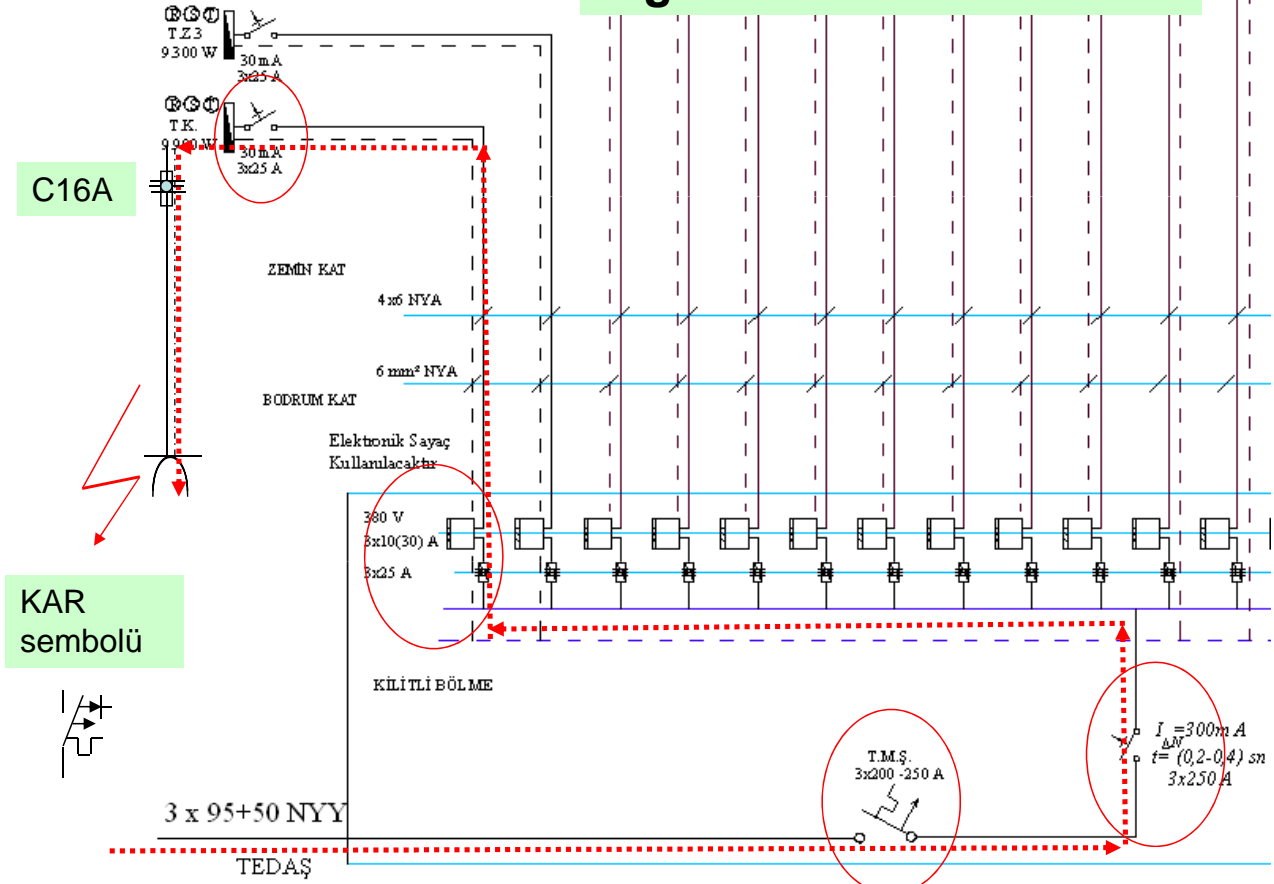
Proje örnekleri: Binalarda enerji dağıtım

BOX PANO DETAYI



Proje örnekleri: daire beslemesi

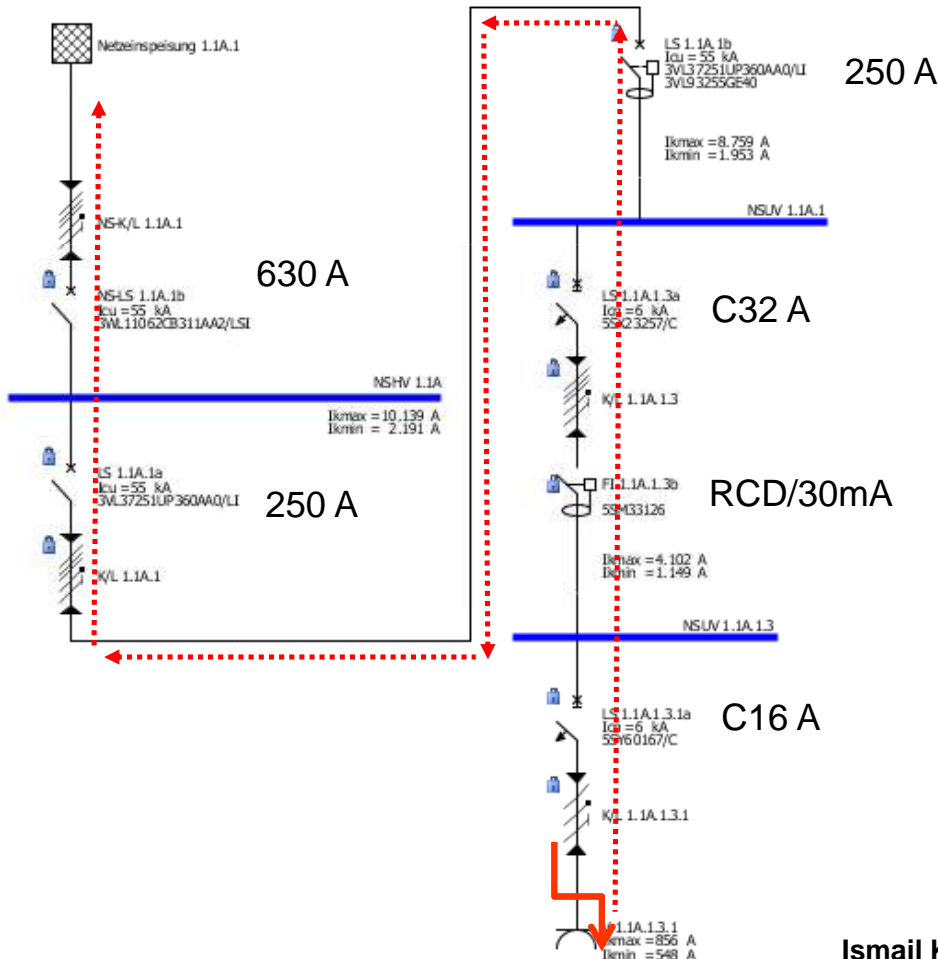
Diğer katların beslemesi



Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

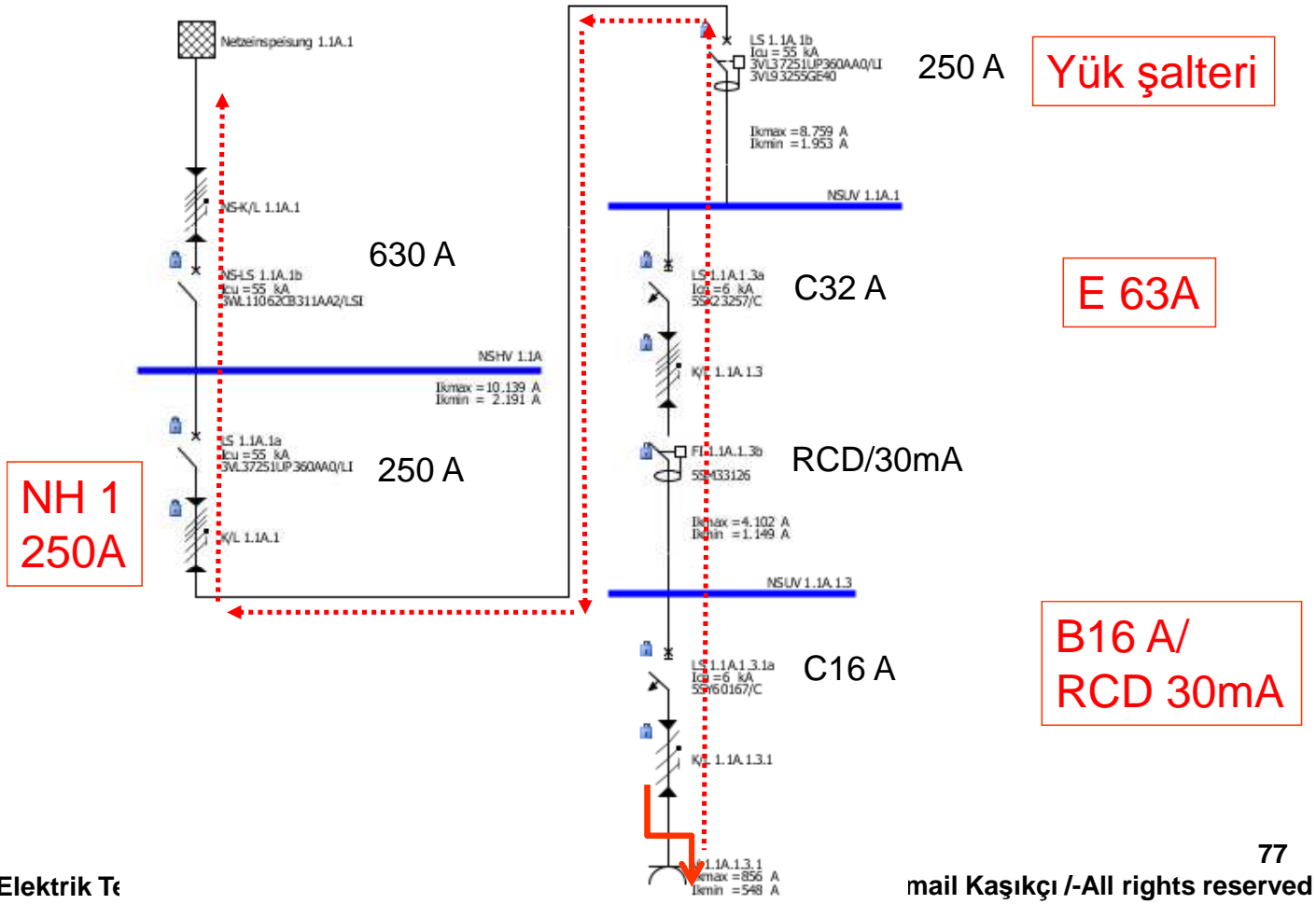
Simaris ile TMŞ'de seçiciliğin incelenmesi



Elektrik

İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

Normlara göre güvenli proje



7. AG ve YG Elektrik Tesislerinde Topraklamalar

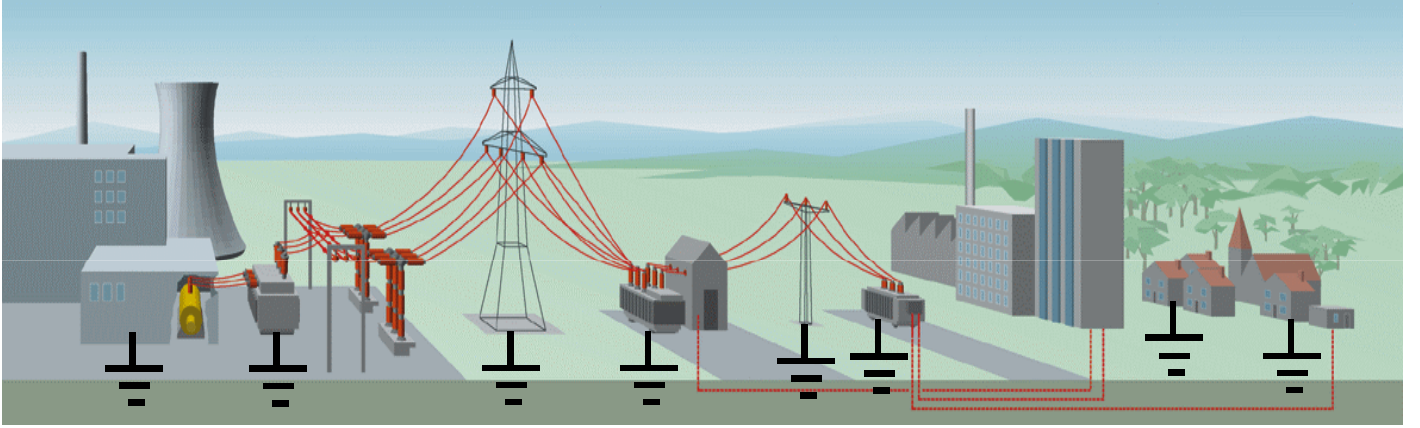
Teorik çalışma

IEC 60364-5-54

EN 50522

Soru:

AG ve YG elektrik tesislerinde topraklama direnci kaç Ohm olmalıdır?



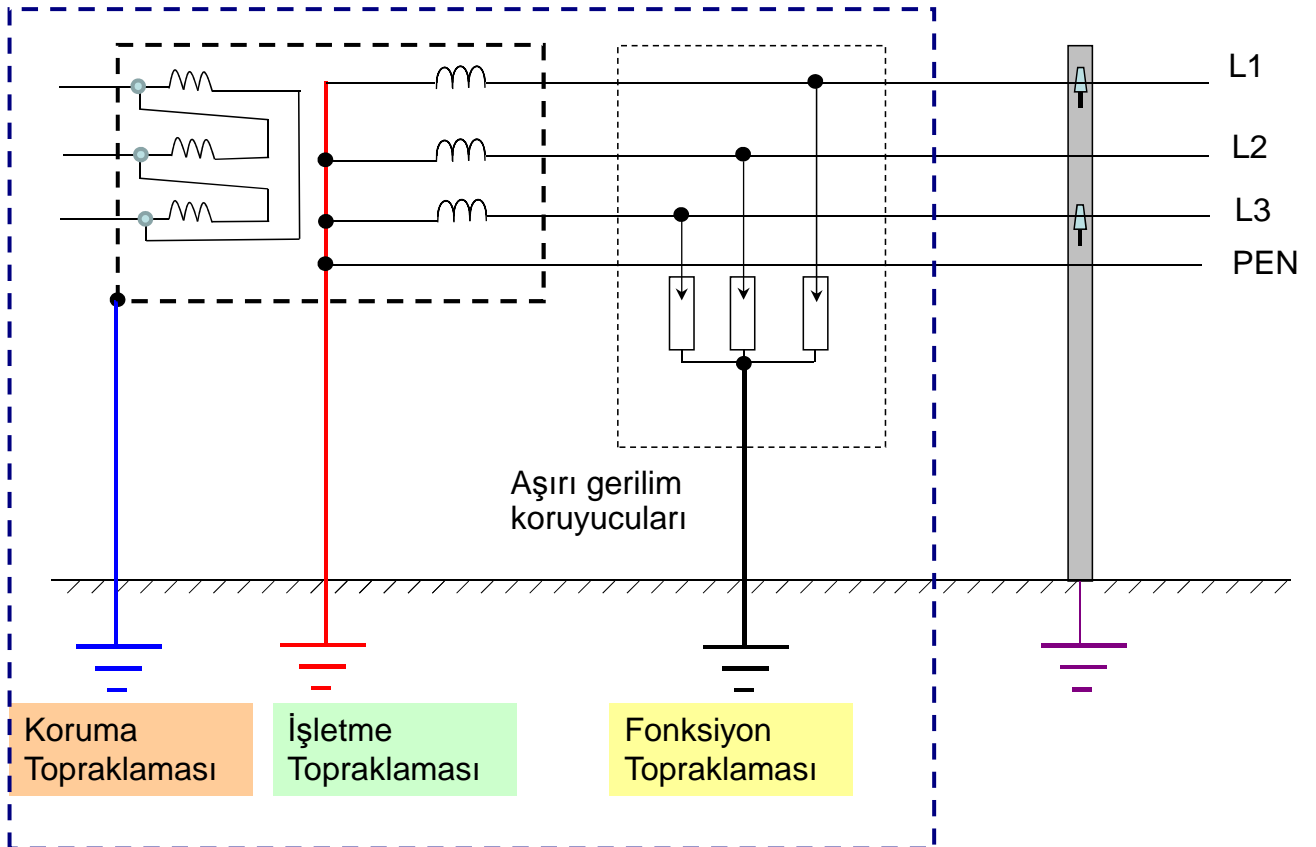
Üretim

İletim

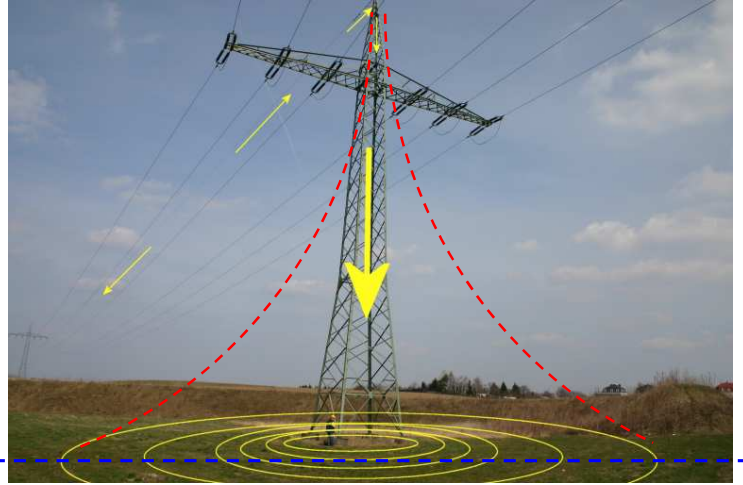
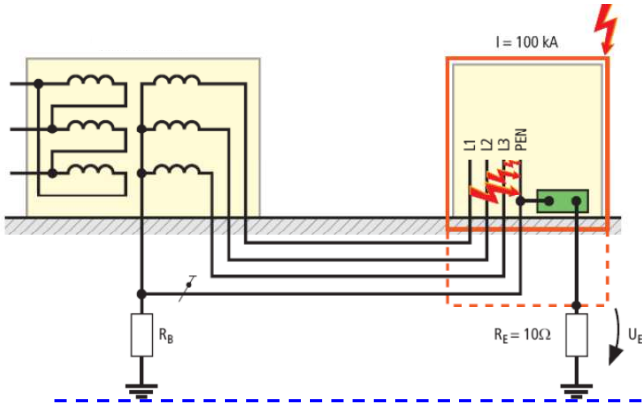
Dağıtım

Tüketim

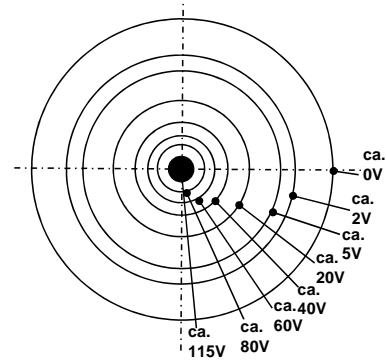
Topraklama tanımları ve çeşitleri



Elektrik akımının tehlikeleri ve yeryüzü potansiyel dağılımı

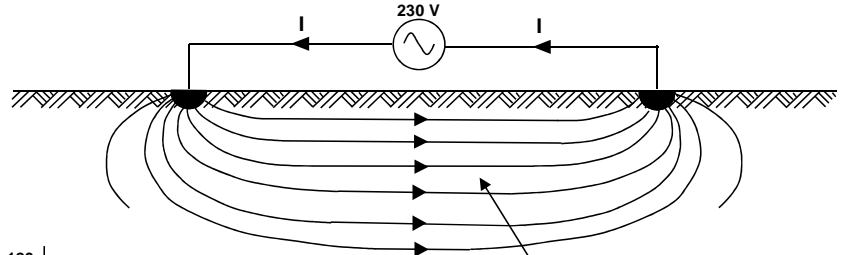


Referans toprak



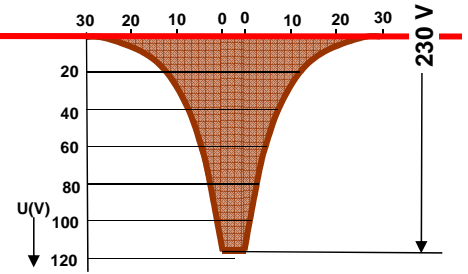
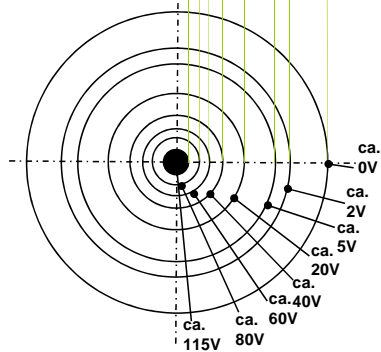
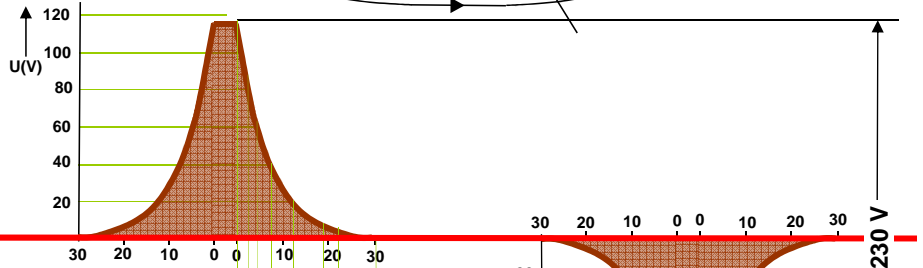
Potansiyel dağılım

Üzerinden akım geçen bir yarı küre topraklayıcının toprak gerilimi ve potansiyel dağılımı şekilde gösterilmiştir.

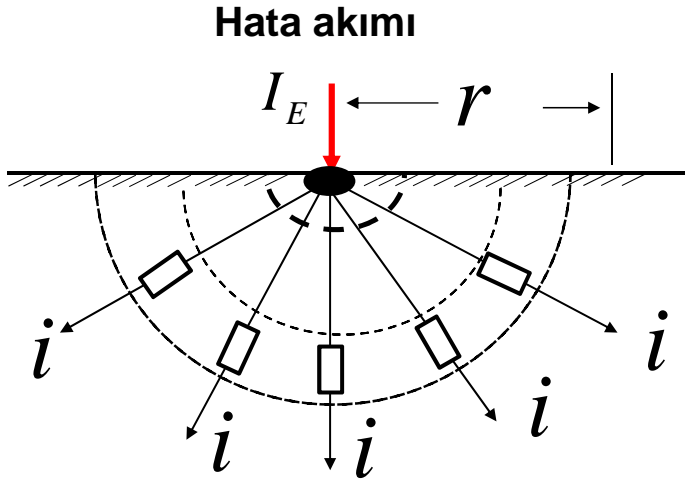


Referans toprak

$R=50\text{m}\Omega/\text{km} \approx 350\text{mm}^2 \text{ Cu}$



Üzerinden akım geçen topraklayıcının çevresinde yeryüzü potansiyelinin değişimi ve adım gerilimlerin hesaplanması



Yarı kürede akımın yayılması

Yarı küre için:

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r^2$$

Akım yoğunluğu:

$$J = \frac{I_E}{A} = \frac{I_E}{2 \cdot \pi \cdot r^2}$$

Alan şiddeti ve gerilim düşümü:

$$E_r = \frac{\Delta U}{\Delta r} = J_r \cdot \rho_E$$

$$\Delta U = I_E \cdot \frac{\rho_E \cdot \Delta r}{2\pi \cdot r^2}$$

$$\Delta U = I_E \cdot \Delta R_E$$

$$R_E = \frac{\rho_E}{2\pi} \sum_R^{r_X} \frac{\Delta r}{r^2}$$

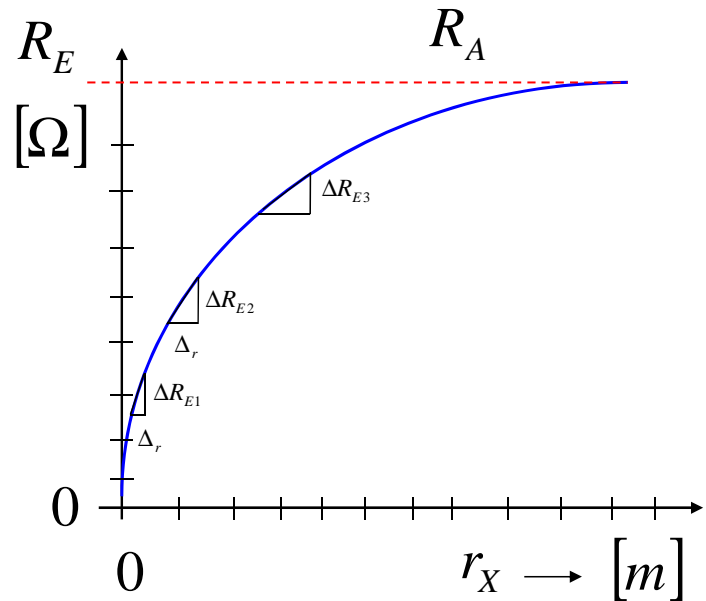
$$R_E = \frac{\rho_E}{2\pi} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{x} \right)$$

$$R_A = \frac{\rho_E}{2\pi \cdot r}$$

$$U_E = R_A \cdot I_E = R_A \cdot \frac{\rho_E}{2\pi \cdot r}$$

$$U_S = I_E \cdot \frac{\rho_E}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

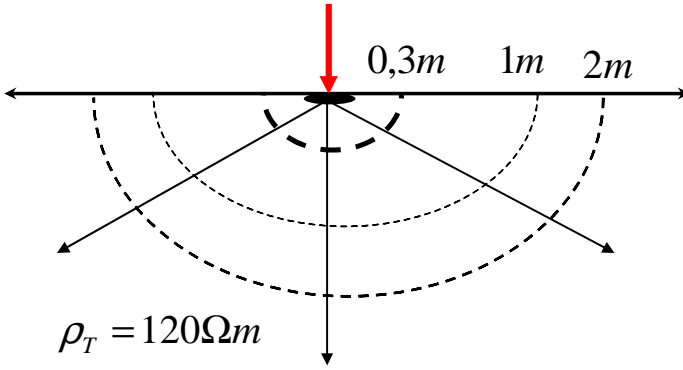
Toprak direncinin mesafeye bağlı olarak değişmesi



$$U_S = \frac{I_E \cdot \rho_E \cdot l}{2\pi \cdot r^2}$$

Örnek : Üzerinden akım geçen topraklayıcının çevresinde yeryüzü potansiyelinin değişimi ve adım gerilimlerin hesaplanması

Yarı kürede akımın yayılması



$$U = I \cdot R \quad R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad U = I \cdot \frac{\rho \cdot l}{A}$$

$$U_s = \frac{I \cdot \rho \cdot l}{2\pi \cdot r^2}$$

1m için adım gerilimi:

$$U_s = \frac{10A \cdot 120\Omega m \cdot 1m}{2\pi \cdot 1m^2} = 191V / m$$

2m için: $U_s = 95,54V / m$

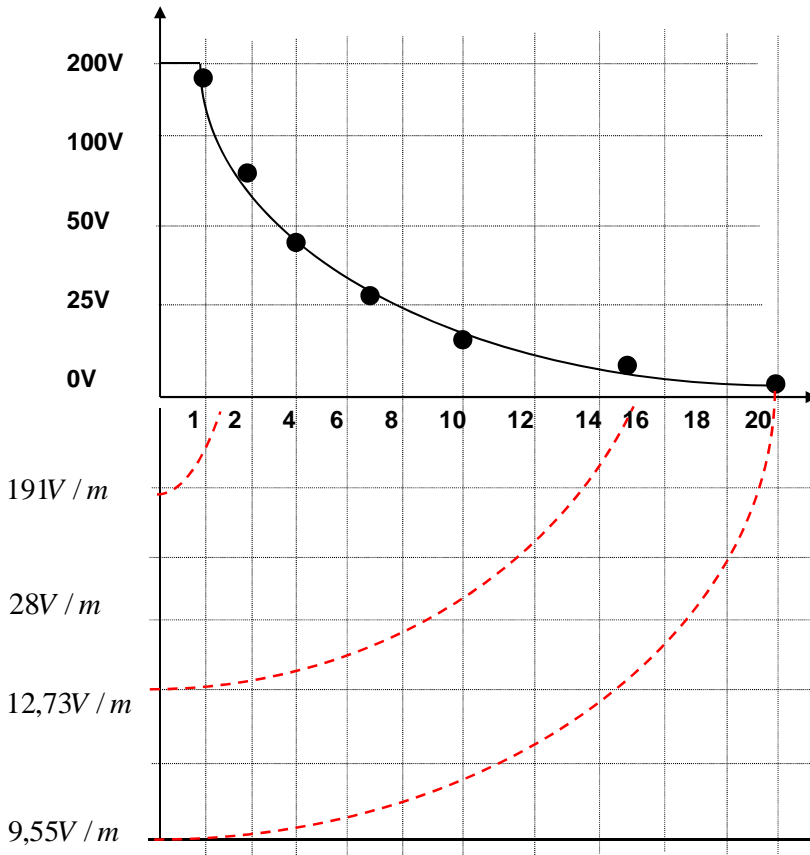
4m için: $U_s = 47,7V / m$

10m için: $U_s = 19,1V / m$

15m için: $U_s = 12,73V / m$

20m için: $U_s = 9,55V / m$

Topraklayıcıda potansiyel akımı eşdeğer potansiyel halkaları ve adım gerilimlerinin prensip şemalarının gösterilmesi



1m için adım gerilimi:

$$U_s = \frac{10A \cdot 120\Omega m \cdot 1m}{2\pi \cdot 1m^2} = 191V / m$$

2m için: $U_s = 95,54V / m$

4m için: $U_s = 47,7V / m$

7m için: $U_s = 28V / m$

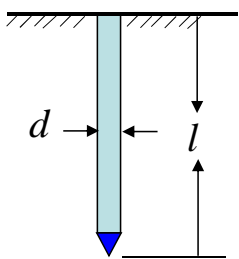
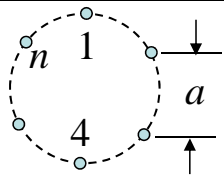
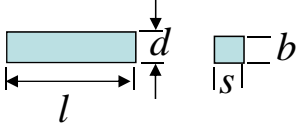
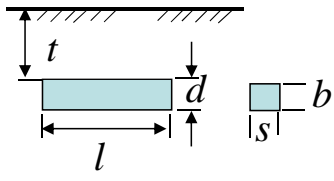
10m için: $U_s = 19,1V / m$

15m için: $U_s = 12,73V / m$

20m için: $U_s = 9,55V / m$

IEC ve EN normlarına göre adım geriliminin hesaplanmasına gerek yoktur.

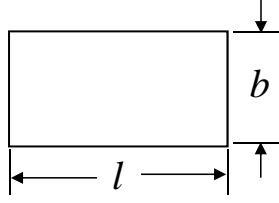
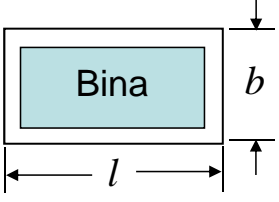
Çeşitli topraklama elektrotları ve yayılma dirençleri

Derin topraklayıcı		$R_{A-Tek} = \frac{\rho_E}{2\pi \cdot l} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot l}{d}\right)$ $R_A \approx \frac{\rho_E}{l} \quad \text{Yaklaşık formül}$
Birden fazla		$R_A \approx k \cdot \frac{1}{n} \cdot R_{Atek} \quad k = 1 \dots 2$ $a/l = 3$
Yüzeysel (şerit) topraklayıcı		$d = \frac{2 \cdot (b + s)}{\pi}$ $d = \frac{1}{2} \cdot b$ $R_A = \frac{\rho_E}{\pi \cdot l} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot l}{d}\right)$
Yüzeysel Topraklayıcı Toprak içinde		$R_A = \frac{\rho_E}{\pi \cdot l} \left\{ 2 \cdot \ln \frac{2 \cdot l}{d} + \ln \frac{\sqrt{(2t)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2} + \left(\frac{1}{2}\right)}{\sqrt{(2t)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2} - \left(\frac{1}{2}\right)} \right\}$

87

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

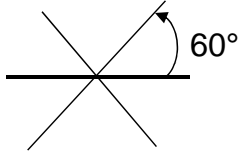
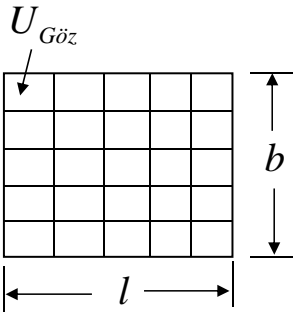
Temel topraklayıcı		$R_A = \frac{2 \cdot \rho_E}{\pi \cdot D}, \quad D = \sqrt{\frac{4 \cdot l \cdot b}{\pi}}$
Halka topraklayıcı		$R_E = \frac{\rho_E}{\pi^2 \cdot D} \cdot \ln \frac{2\pi \cdot D}{d}$ $R_A \approx \frac{\rho_E}{2\pi^2 \cdot D} \cdot k \quad k \approx 15 \dots 20$ $R_E \approx \frac{2 \cdot \rho_E}{3 \cdot D}$

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{A}$$

88

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

Yıldız topraklayıcı		$R_A = \frac{\rho_E}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l^2}{0,009 \cdot t \cdot d}$
Gözlü topraklayıcı	 $D = \sqrt{\frac{4 \cdot l \cdot b}{\pi}}$	$R_A \approx \frac{\rho_E}{2 \cdot D} + \frac{\rho_E}{l_{Toplam}}$ $R_A \approx \frac{\rho_E}{2 \cdot D}$ $R_A \approx \frac{\rho_E}{4} \sqrt{\frac{\pi}{A}}$ <p style="text-align: right;">} Yaklaşık formüller</p> $\frac{U_{Göz}}{U_E} \approx \frac{2 \cdot D}{l_{Toplam}}$ $U_E \approx \frac{\rho_E \cdot I_E}{2D}$ $U_{Göz} \approx \frac{\rho_E \cdot I_E}{l_{Toplam}}$

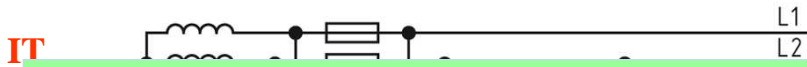
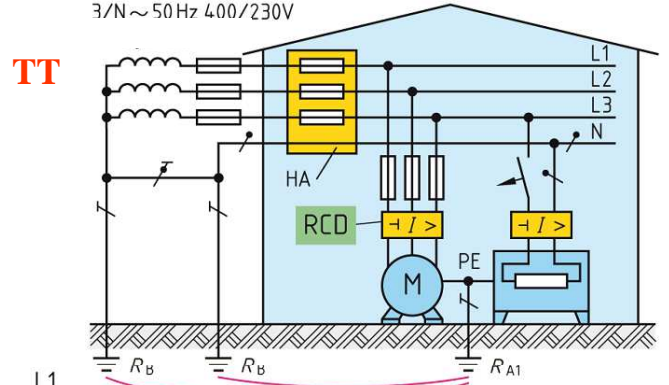
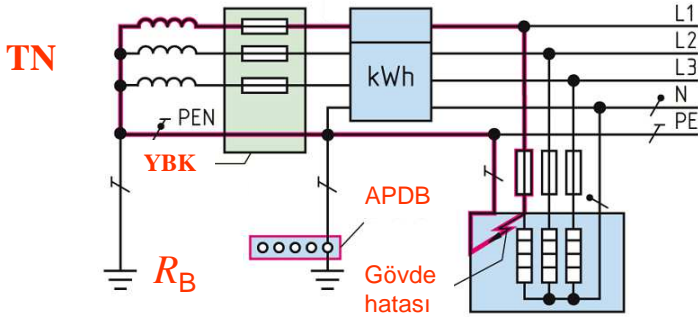
Gözlü topraklayıcı	<p>Laurent yöntemi:</p> $R_A = \frac{\rho_E}{4r} + \frac{\rho_E}{l_{Toplam}} \quad r: \text{eşdeğer yarıçap (D/2)}$ <p>Koch yöntemi:</p> $R_A = \frac{\rho_E}{2D} \cdot k \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{l_1}{a} \geq 10 \quad k = 1,3 \\ \frac{l_1}{a} \geq 20 \quad k = 1,2 \end{array} \right.$ <p>Schwarz yöntemi:</p>	<p>Semboller:</p> <p><i>h</i>: gömülme derinliği</p> <p><i>d</i>: gözlü topraklayıcıda iletken çapı veya bir çubuğun kesit çapı</p> <p><i>n</i>: iletken sayısı</p> <p><i>l</i>: bir çubuğun uzunluğu</p>
1) Gözlü topraklayıcı:	2) Çubuk topraklayıcı:	
$R_g = \frac{\rho_E}{\pi l} \cdot \ln \left(\frac{2l}{\sqrt{d \cdot h}} + k_1 \frac{l}{\sqrt{A}} - k_2 \right)$	$R_k = \frac{\rho_E}{2\pi n l} \cdot \ln \left(\frac{8l}{d} - 1 + \frac{2k_1 l}{\sqrt{A}} (\sqrt{n} - 1)^2 \right)$	
3) Karşılıklı etki direnci:	4) Eşdeğer yayılma direnci:	
$R_{Etki} = \frac{\rho_E}{\pi l_g} \cdot \ln \left(\frac{2l_g}{l_k} + k_1 \frac{l_g}{\sqrt{A}} - k_1 + 1 \right)$	$R_{Eşşdeğış} = \frac{R_g \cdot R_k - R_m^2}{R_g + R_k - 2R_m}$	

7. AG Elektrik Tesislerinde Topraklamalar

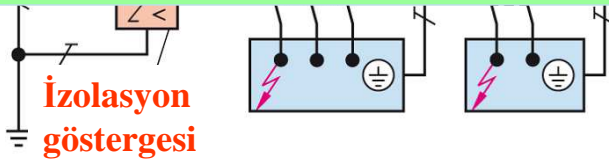
IEC 60364-54-2012

Topraklamalar Yönetmeliği
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Alçak Gerilim Tesislerinde Topraklama
Alçak Gerilim Tesislerinde Dolaylı Temasa Karşı Koruma
Madde 8



ETTY Sayfa 153-167



Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

91
© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

Alman normu VDE 0100 Türkiye'de yanlış tercüme edilmiş ve uygulanmıştır.

Sıfırlama şartları (TN sistem) ile koruma topraklaması (TT sistem) şartları birbirine karıştırılmıştır.

Şimdi bunları inceleyelim.

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

92
© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

0100
§§ 8-9 Errichten von Starkstromanlagen bis 1000 V

2. Stecker dürfen nicht in Dosen eingeführt werden können, die in derselben Anlage für höhere Spannungen, z.B. 110 oder 220 V, verwendet werden (Kleinspannungs-Steckvorrichtungen siehe DIN 49 465).

§ 9 Schutzerdung

a) Die Schutzerdung soll das Bestehenbleiben zu hoher Berührungsspannungen an Körpern verhindern. Sie wird hergestellt durch Anschließen der Körper an Erder oder geerdete Teile.

b) 1. Bei Schutzerdungen, bei denen im Fehlerfall der Rückfluß des Erdschlußstromes durch das Erdreich (Bild 9-1) stattfindet, ist folgende Bedingung zu erfüllen:

Beispiele für Schutzerdung

Bild 9-1
Rückfluß des Erdschlußstromes durch das Erdreich, bei c) z. B. beim Auftreten eines Doppelerdenschlusses

a) und b) bei Anwendung eines Einzelers, c) bei Anschluß an das Wasserrohrnetz, wobei ein etwa vorhandener Betriebsleiter als Einzelers hergestellt ist, also nicht an das Wasserrohrnetz angeschlossen ist.

0100
Errichten von Starkstromanlagen bis 1000 V § 9

Der Schutzerdungswiderstand R_s an geschützten Betriebsmitteln darf nicht größer sein als

$$R_s = \frac{65 \text{ V}}{I_A}$$

Hierin ist I_A der Abschaltstrom des vorgeschalteten Überschutzorgans des Schutzerdeten Betriebsmittels nach Tabelle 9-1.

2. Bei Schutzerdungen, bei denen der Sternpunkt oder der betriebmäßig geerdete Außenleiter und der Schutzleiter der Verbraucheranlage unter Beachtung von VDE 0190 mit demselben leitfähigen Wasserrohrnetz (Bild 9-2) verbunden sind, gelten folgende Bedingungen:

Tabelle 9-1
Zuordnung des Nennstromes I_N der Überschutzorgane zum errechneten oder gemessenen Mindestkurzschlußstrom (Abschaltstrom) $I_A = k \cdot I_N$

Nr.	Art der Überschutzorgane	Faktor k		in Kabel- und Freileitungsnetzen einschl. Hausanschlußkasten und Überschutzorgane in der Haupt-(Steig-)leitung	Bemerkungen
		flink	träge		
1	Schmelzsicherungen nach VDE 0635 und VDE 0660 Teil 4	bis 50 A	ab 63 A	2,5	
		3,5	5		
2	Schutzschalter mit Kurzschlußstromauslösung kurzverzögert nach VDE 0660	1,25 *)			
3	LS-Schalter des Typs L nach VDE 0641	3,5			
4	LS-Schalter des Typs H nach VDE 0641	2,5		2,5	Unverwechselbarkeit gegenüber Schmelzsicherungen und LS-Schaltern erforderlich

*) Hier ist $I_A = 1,25 I_E$; I_E eingestellter Strom (Ansprechstrom) der Kurzschlußstromauslösung.

$$Z_S \leq \frac{U_0}{I_a}$$

$$R_A \leq \frac{U_T}{I_{\Delta n}}$$

VDE 0100 § 10 Nullung (Sıfırlama)

3. Der Nulleiter ist in der Nähe des Stromerzeugers oder Transformators zu erden, in Freileitungsnetzen außerdem mindestens an den Enden der Netzausläufer (jeder Abzweig mit einer Länge über 200 m).

Anlagen im Freien sind in diesem Fall wie Netzausläufer zu behandeln.

Der Gesamterdungswiderstand aller Betriebsbedingungen darf 2Ω nicht überschreiten.

3.2. Der Erdungswiderstand eines oder mehrerer Erder in der Nähe des Stromerzeugers oder Transformators sowie im Bereich der letzten 200 m eines Netzausläufers soll 5Ω nicht überschreiten (Bild 10-3).

Bild 10-3
Netzausläufer

$$Z_S \leq \frac{U_0}{I_a}$$

$$Z_S \leq \frac{U_T}{I_{\Delta n}}$$

Bild 17-1
Gemeinsame Erdungsanlage

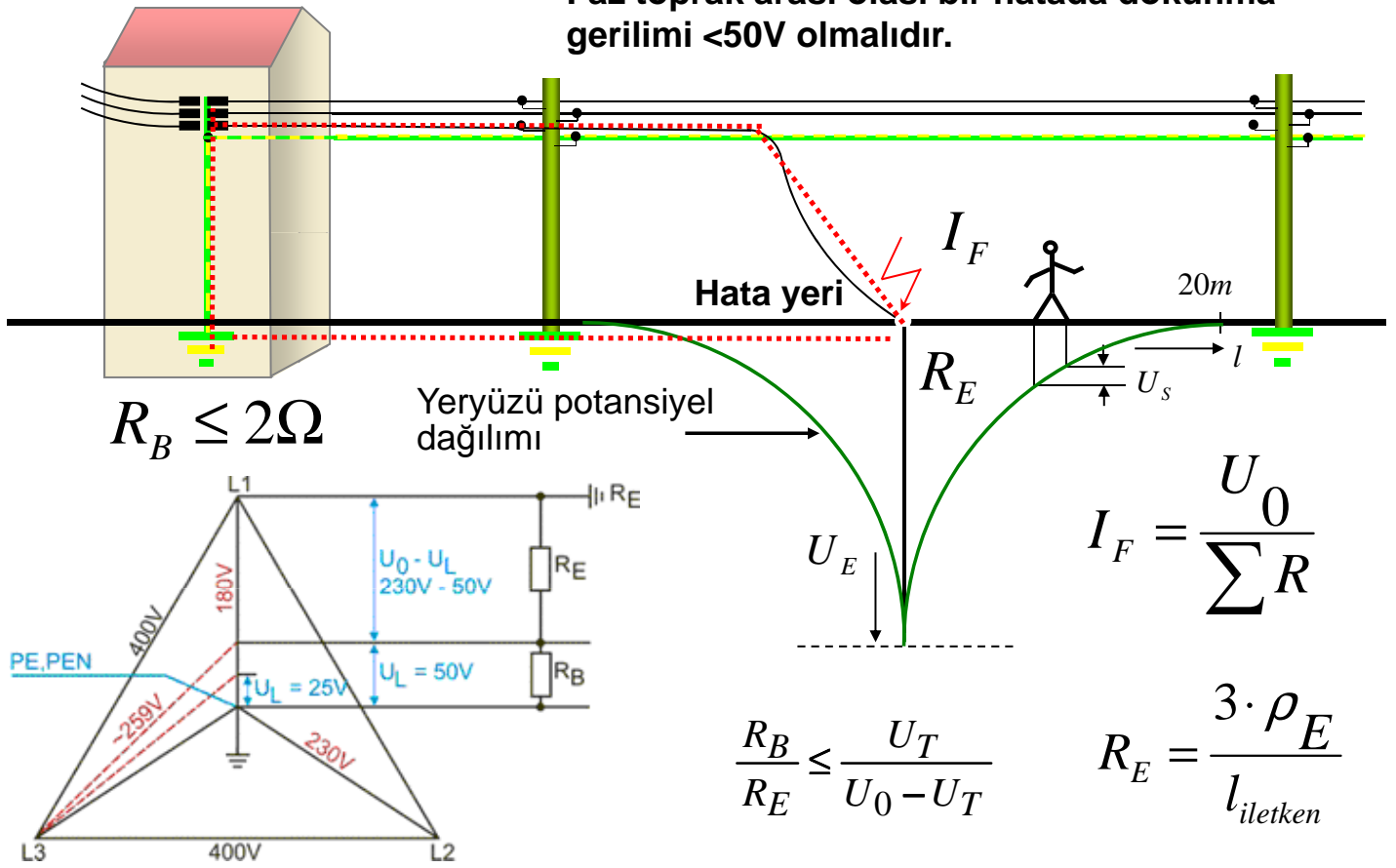
2. wenn das Hochspannungsnetz aus Kabeln und Freileitungen besteht, in allen Anlagen im Bereich des Kabelnetzes mit leitenden Außenmänneln. Dieses Kabelnetz muß mehr als zwei Strahlen mit einer Gesamtlänge von mindestens 3 km haben (Bild 17-2).

Anmerkung:
Kabel mit nichtisolierender Schutzhülle werden kurz als „Kabel mit leitendem Außenmantel“ bezeichnet.

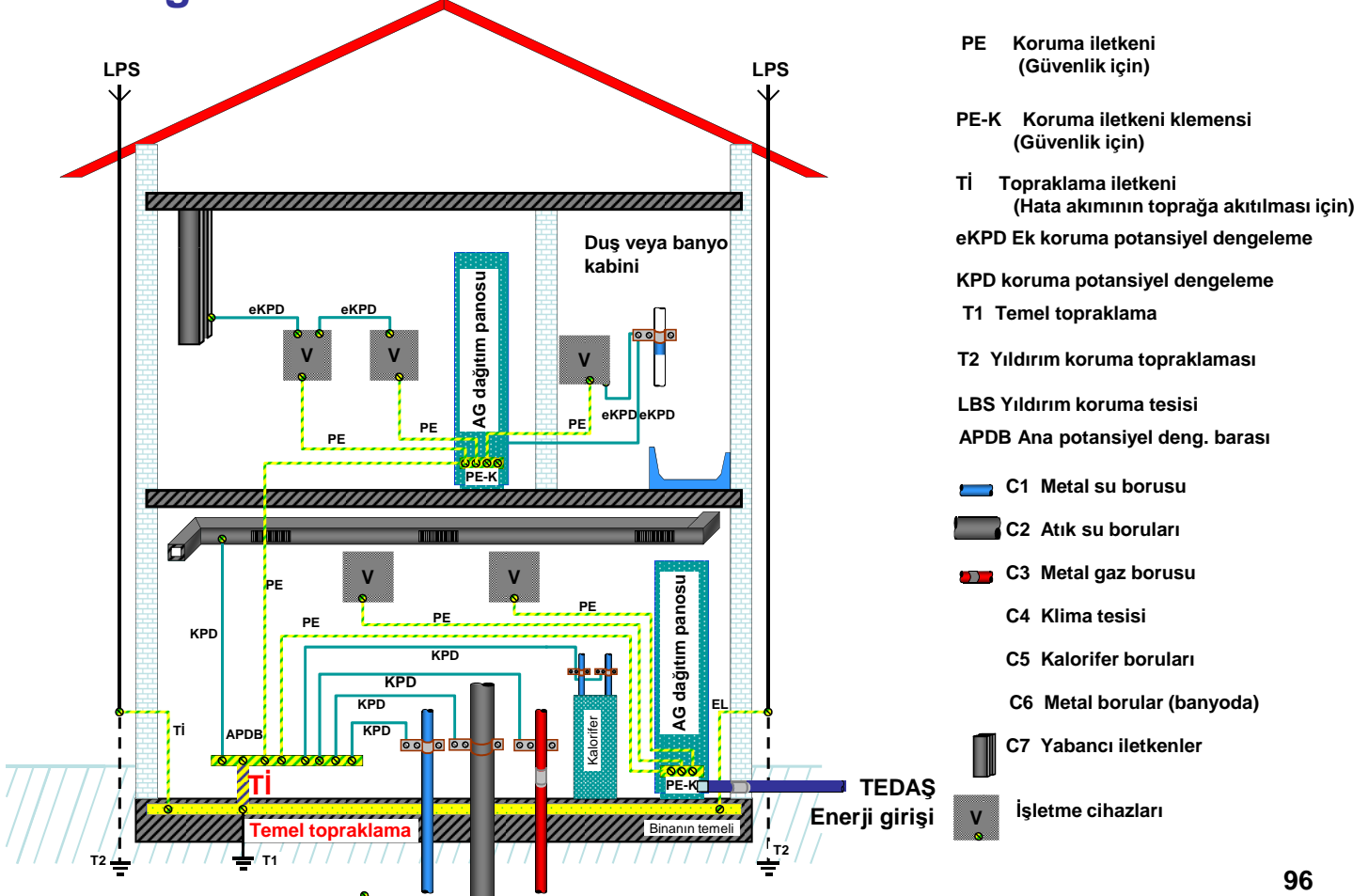
Bild 17-2
Gemeinsame Erdungsanlage

Hava hattı koptuğunda yeryüzünde oluşan potansiyel dağılımı ve gerilimler

Faz toprak arası olası bir hatada dokunma gerilimi <50V olmalıdır.

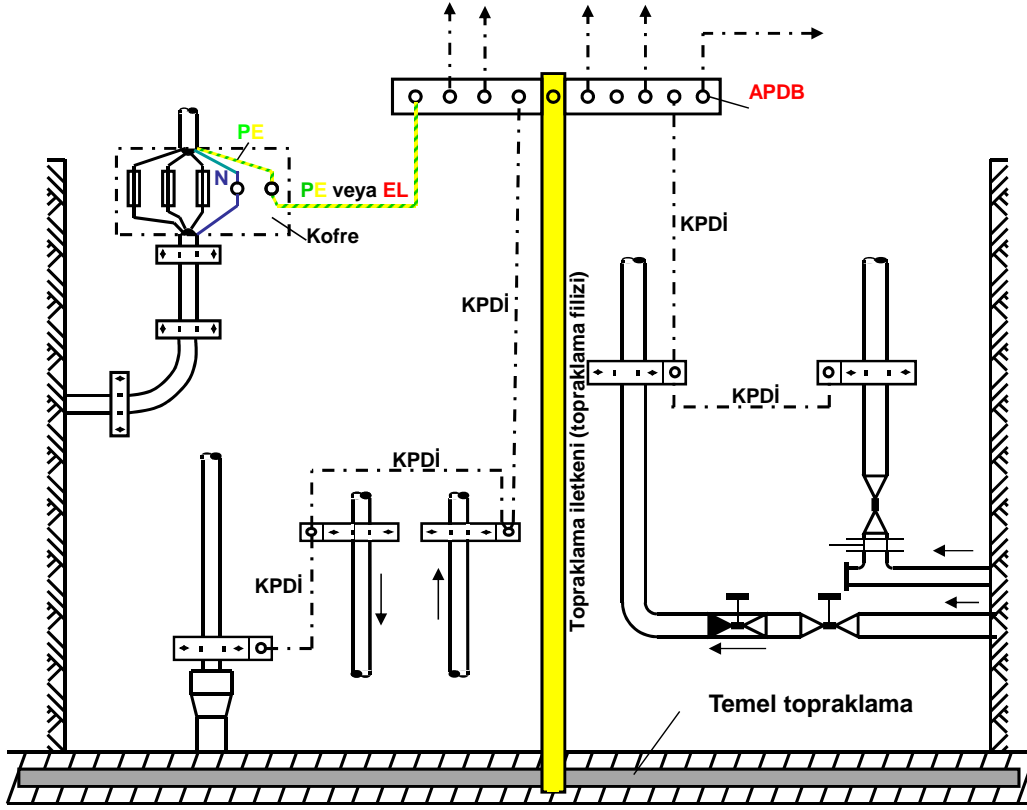


Topraklama tesisleri, koruma iletkenleri ve koruma potansiyel dengeleme iletkenleri tanımları

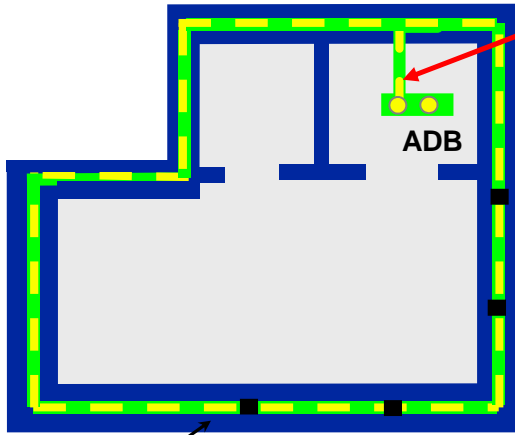


- PE Koruma iletkeni (Güvenlik için)
- PE-K Koruma iletkeni klemensi (Güvenlik için)
- Ti Topraklama iletkeni (Hata akımının toprağa akıtılması için)
- eKPD Ek koruma potansiyel dengeleme
- KPD koruma potansiyel dengeleme
- T1 Temel topraklama
- T2 Yıldırım koruma topraklaması
- LBS Yıldırım koruma tesisi
- APDB Ana potansiyel deng. barası
- C1 Metal su borusu
- C2 Atık su boruları
- C3 Metal gaz borusu
- C4 Klima tesisi
- C5 Kalorifer boruları
- C6 Metal borular (banyoda)
- C7 Yabancı iletkenler
- V İşletme cihazları

Koruma potansiyel dengeleme uygulaması



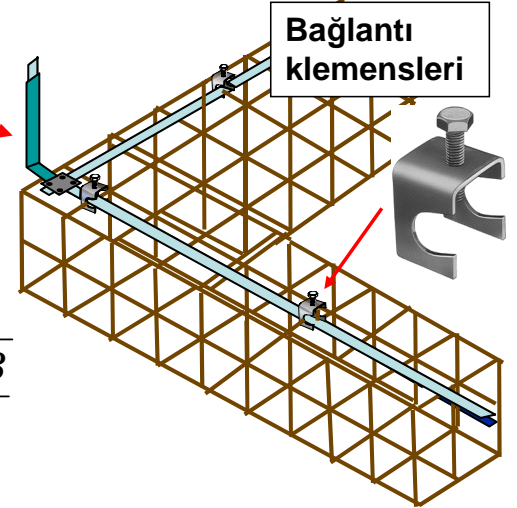
Temel topraklama



Topraklama filizi

$$R_E \approx \frac{2 \cdot \rho_E}{\pi \cdot D}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot L \cdot B}{\pi}}$$

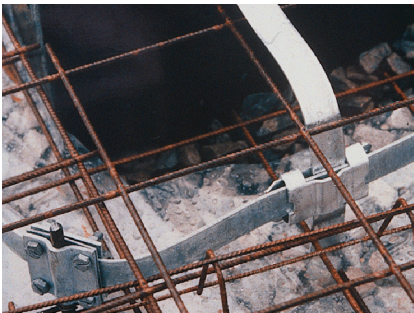


Çelik donatımlı temel topraklayıcıya örnek

Mesafe tutucu

FE

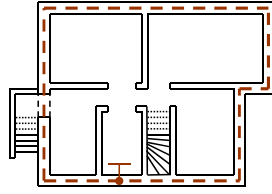
- Çubuk 10 mm veya
- Şerit 30 x 3,5 mm



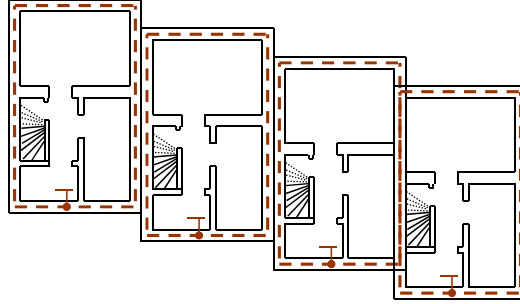
Temel topraklamaya kazık çakılması anlamsızdır!!

Temel ve halka topraklamaya örnekler

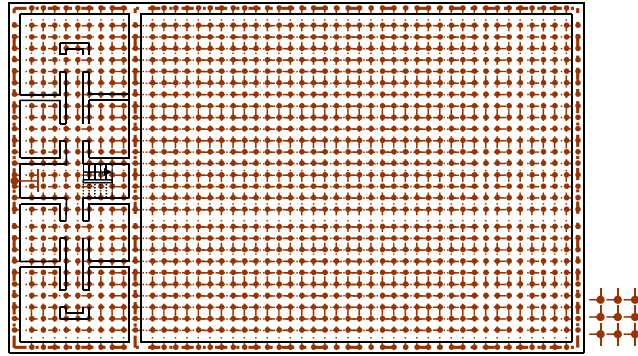
a. Tek bina



b. Bitişik binalar



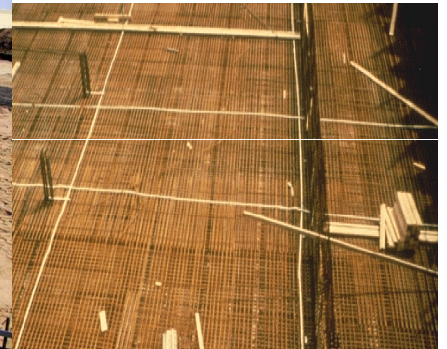
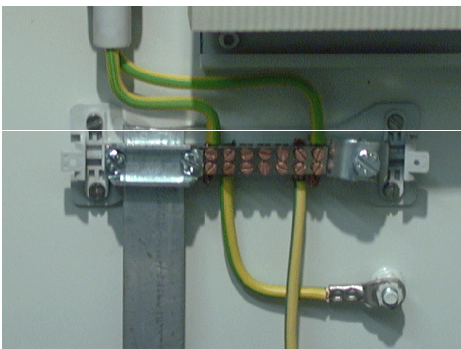
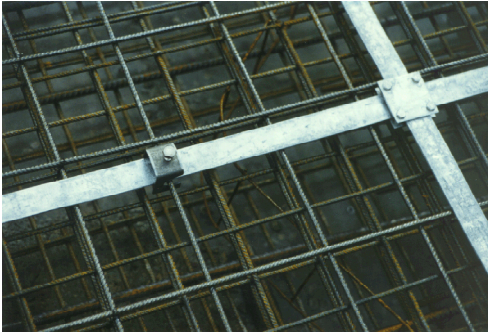
b. Endüstri binaları alışveriş merkezleri



$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot L \cdot B}{\pi}}$$

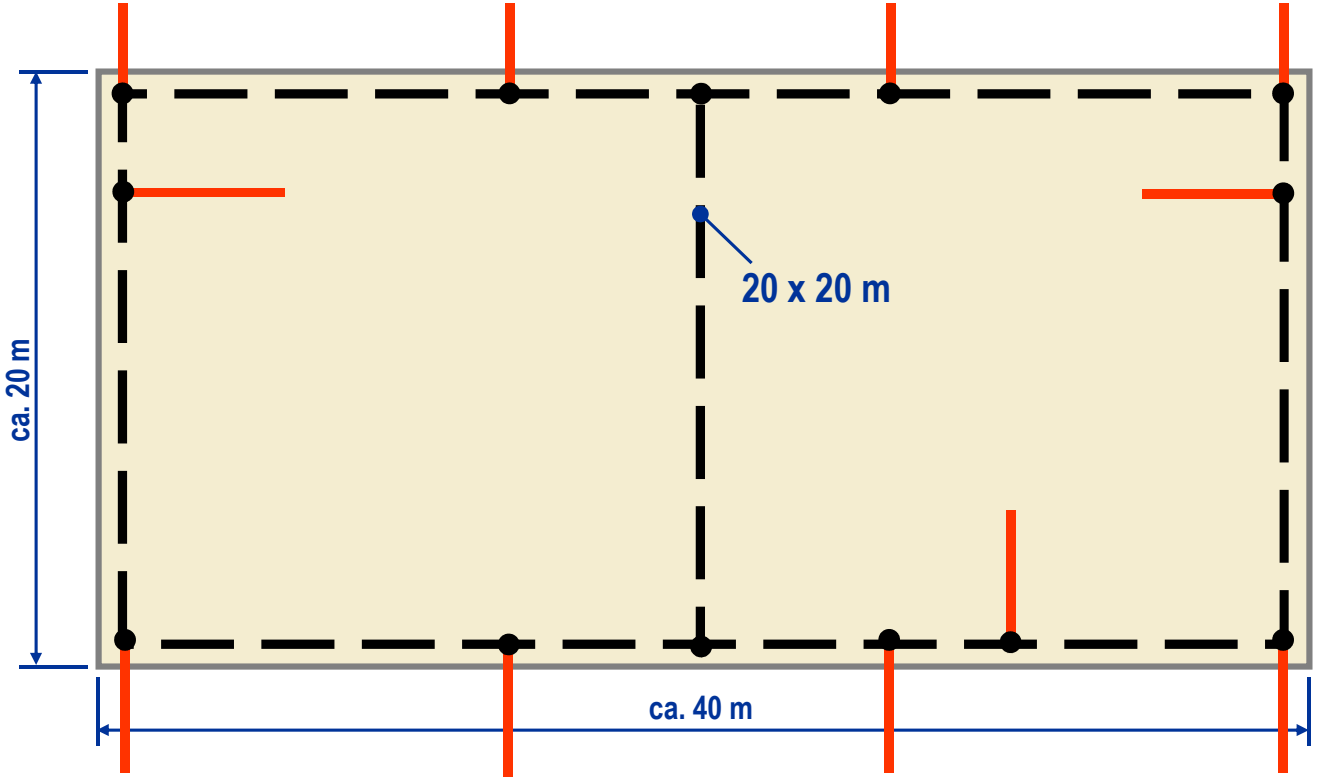
$$R_E \approx \frac{2 \cdot \rho_E}{\pi \cdot D}$$

Temel topraklama örnekleri



Çelik donatımlı temel topraklayıcının üstten görünüşü

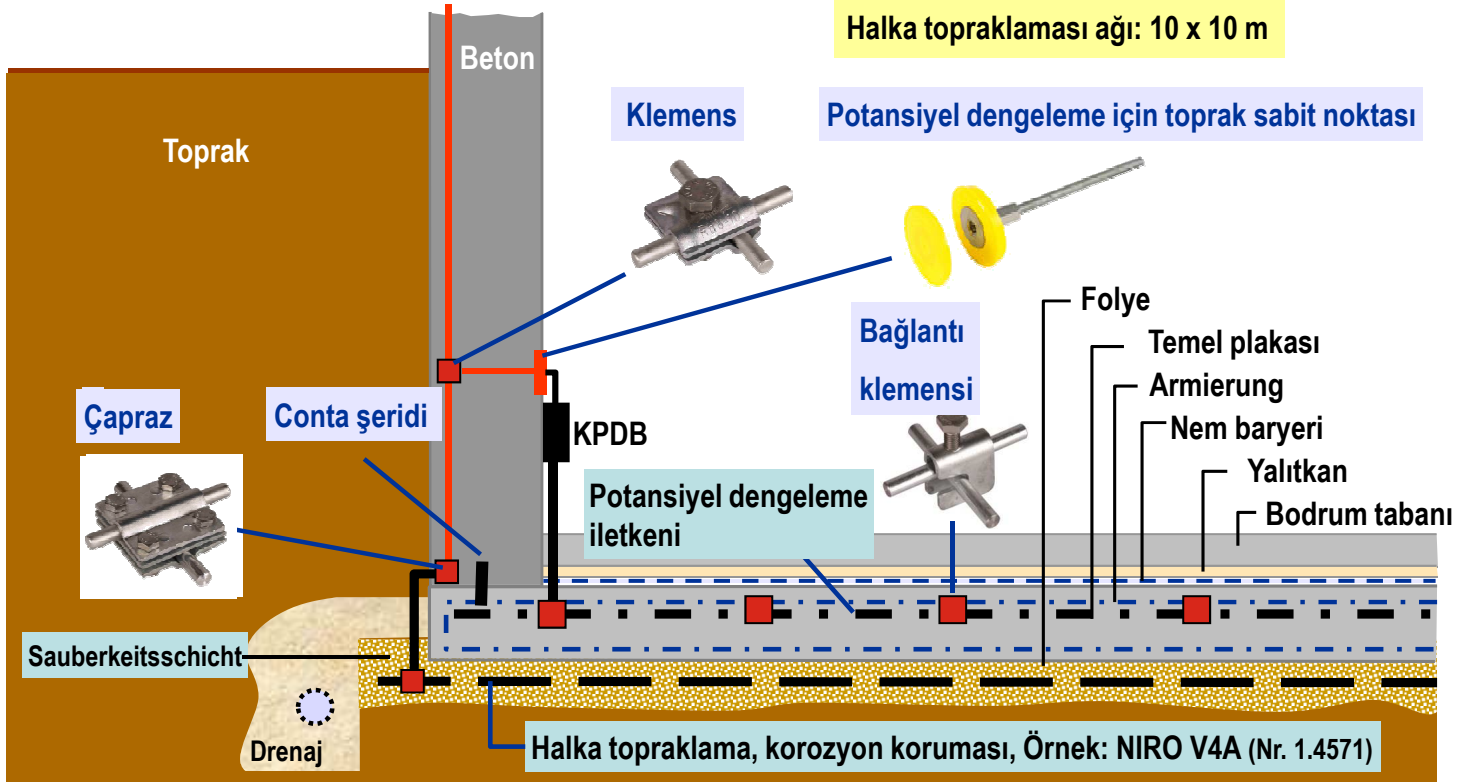
Temel Topraklama Halka 20 x 20 m



Temel topraklamanın temiz tabakaya tesisi

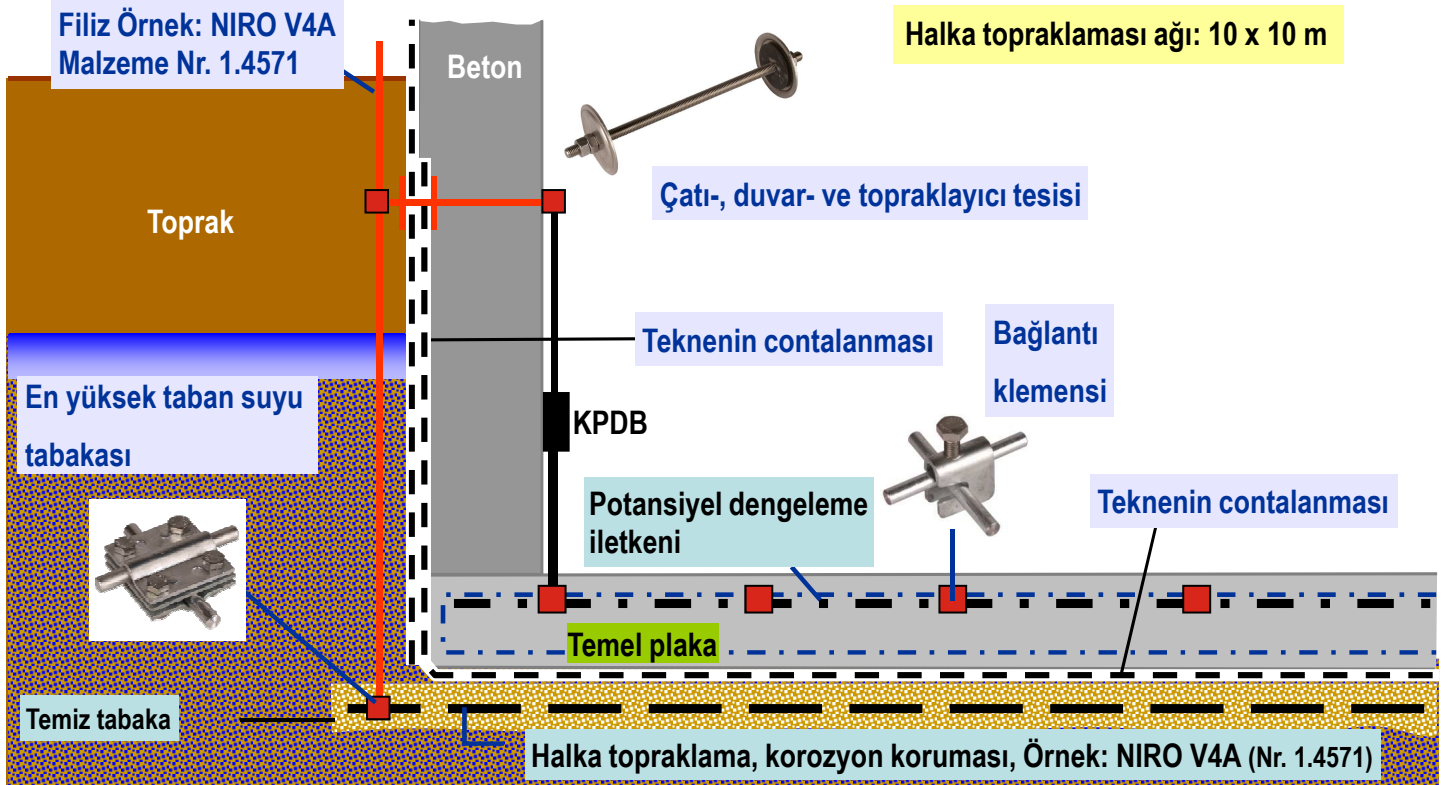


Beyaz tekne metotuna göre inşa edilen binalarda temel topraklama uygulaması



Kaynak: DIN 18014:2007-09; "Temel topraklama"

Siyah tekne metotuna göre inşa edilen binalarda temel topraklama uygulaması



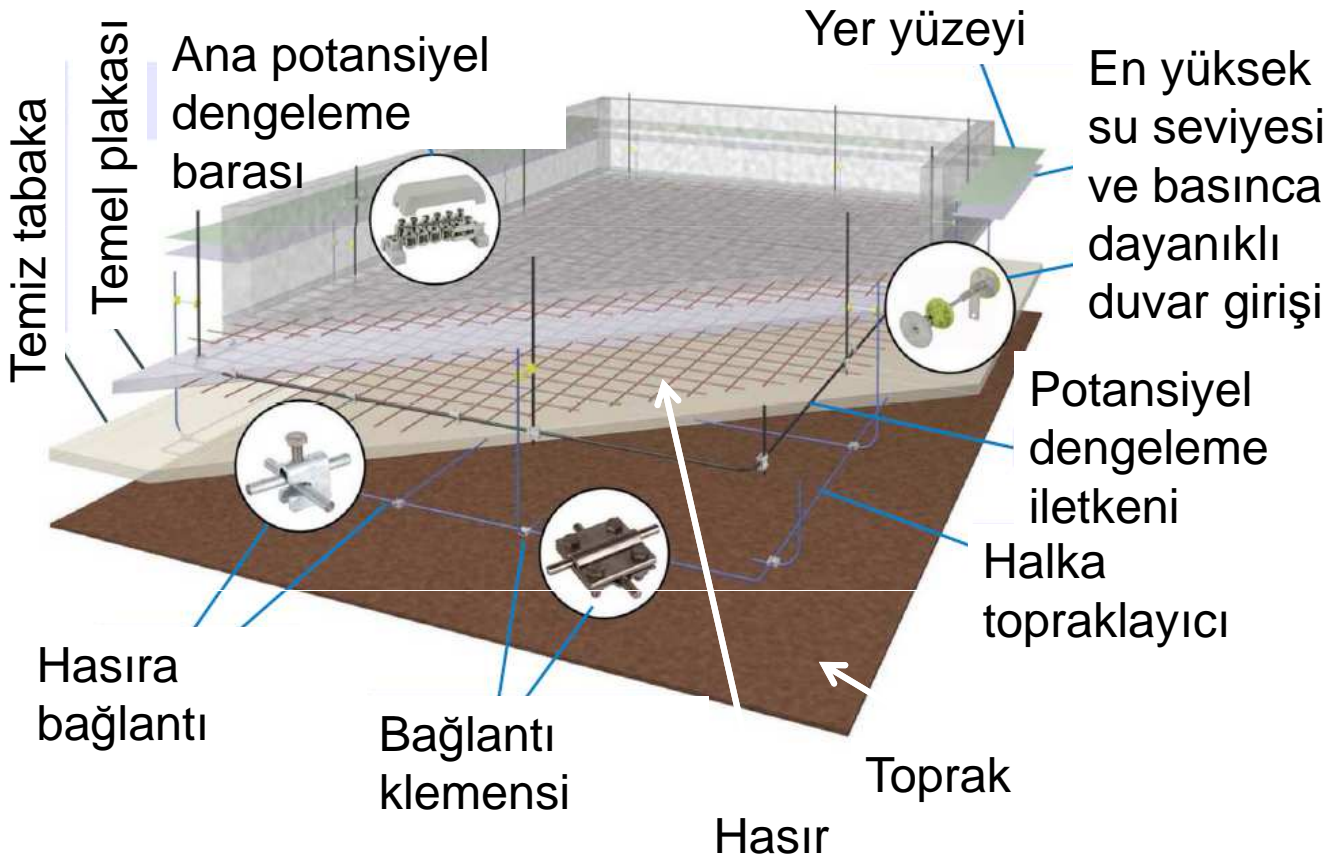
Kaynak: DIN 18014:2007-09; "Temel topraklama"

Topraklamada yenilikler

Ana potansiyel
dengeleme barası

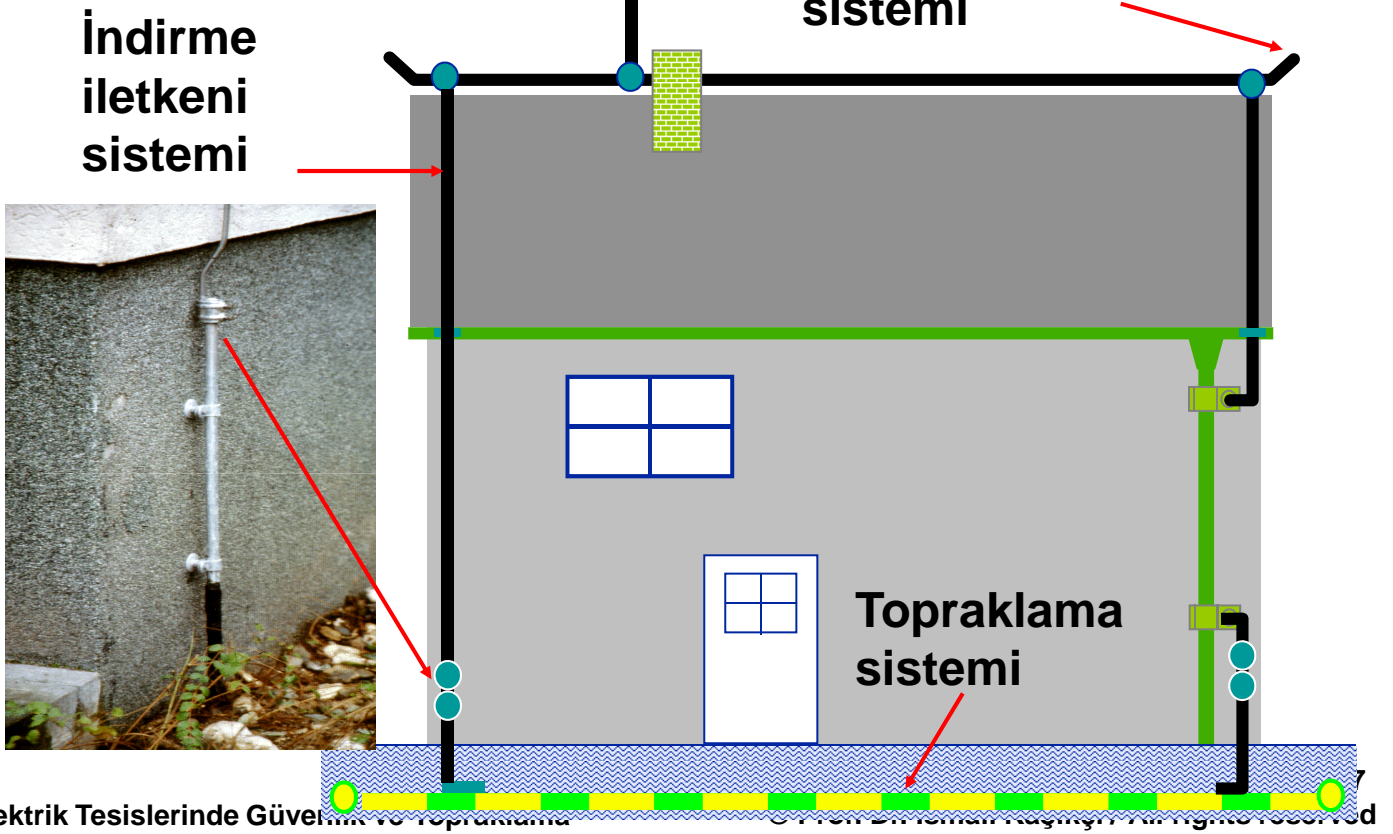
Potansiyel dengeleme iletkenleri bağlantılarının sürekliliğinin ölçülmesi zorunludur. Değer $< 0,2 \Omega$ olmalıdır.

Yeni Topraklama Normu



Topraklama ve Yıldırım Sistemleri

- 1) Topraklama gerilimi
- 2) Dokunma gerilimi



Temel topraklayıcının yıldırım sistemine tesisi

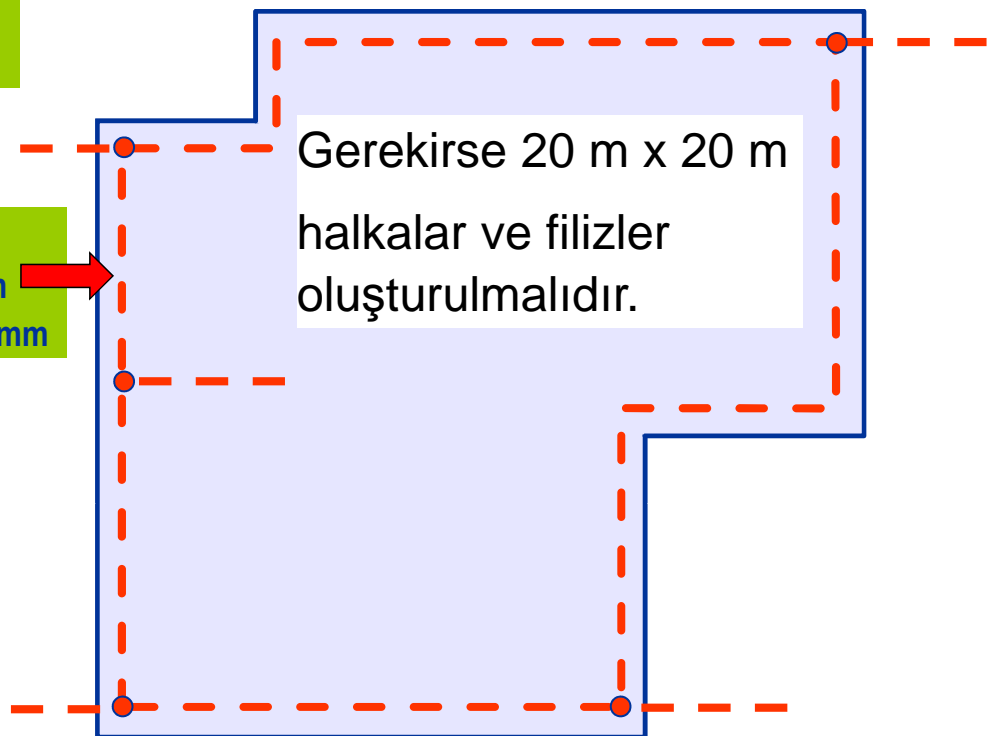
min. 1,5 m uzunluğunda
filiz 30 x 3,5 mm
veya 10 mm PVC-Kablo

Temel topraklama
- Çelik şerit 30 x 3,5 mm
- veya yuvarlak şerit 10mm

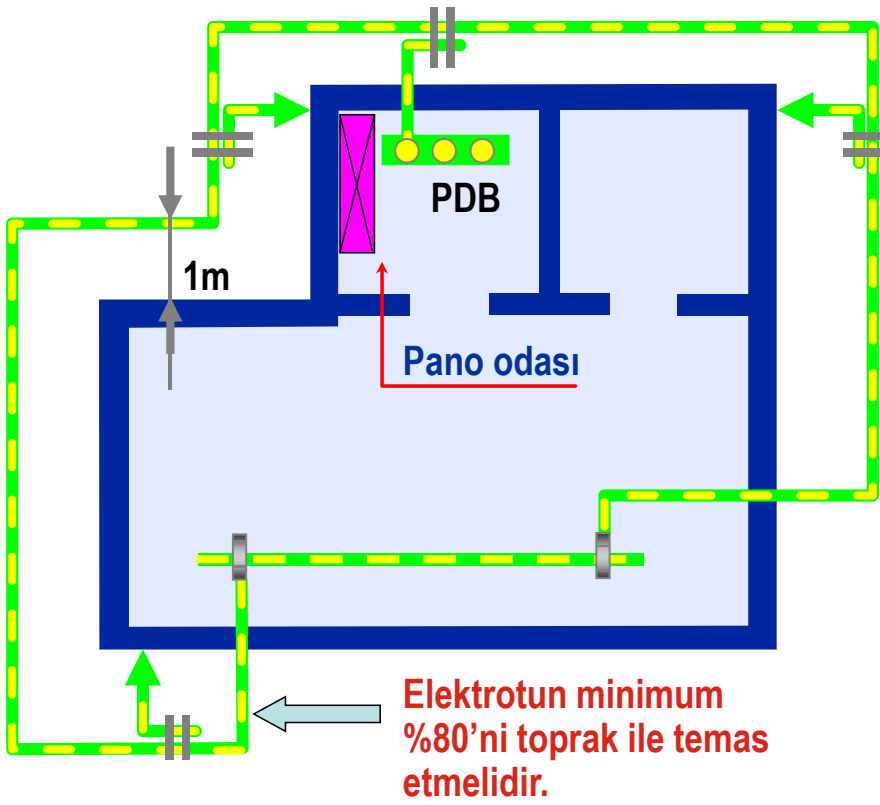
Topraklayıcının
yayıma direnci:

$$R \approx \frac{2\rho_E}{\pi D}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot L \cdot B}{\pi}}$$



B tipi halka (ring) topraklayıcılar



Daire şeklindeki topraklayıcının yayılma direnci:

$D > 30m$

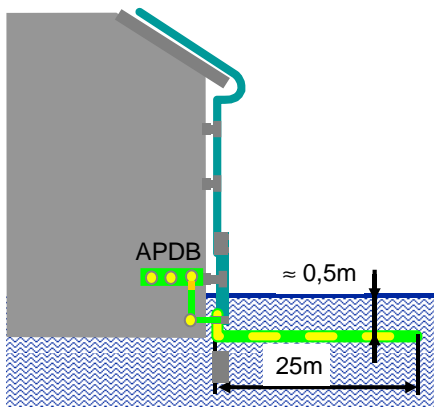
$$R = \frac{\rho_E}{\pi^2 \cdot D} \cdot \ln \frac{2\pi \cdot D}{d}$$

Daire şeklinde olmayan topraklayıcının yayılma direnci:

$$R = \frac{2\rho_E}{3 \cdot D}$$

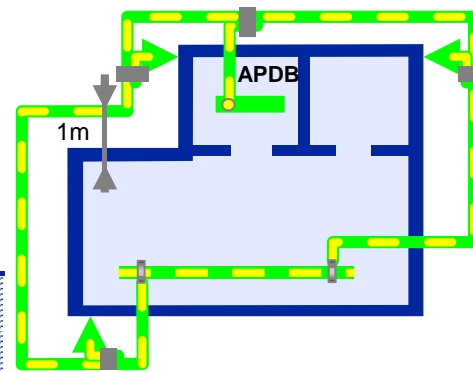
$$D = \frac{\sqrt{A \cdot 4}}{\pi}$$

Yüzeysel



$$R_E = \frac{\rho_E}{\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l}{d}$$

Halka

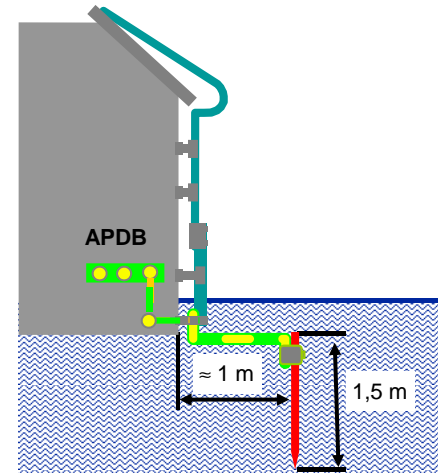


$$R_E = \frac{\rho_E}{\pi^2 \cdot D} \cdot \ln \frac{2\pi \cdot D}{d}$$

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{A}$$

$$R_E \approx \frac{2 \cdot \rho_E}{3 \cdot D}$$

Derin



$$R_E = \frac{\rho_E}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{4 \cdot l}{d}$$

$$R_E \approx \frac{\rho_E}{l}$$

1) Topraklama direnci:

$$R_A \leq \frac{U_T}{I_a} = \frac{230V}{80A} = 2,8\Omega$$

2) Topraklama elektrotlarının hesabı:

$$l \leq \frac{2 \cdot \rho_E}{R_A} = \frac{2 \cdot 150\Omega m}{2,8\Omega} = 107m$$

$$S_{Levha} = \frac{\rho_E}{4,4 \cdot R_A} = \frac{150\Omega m}{4,4 \cdot 2,8\Omega} \approx 12m$$

3) Hata akımının hesabı:

$$I_F = \frac{U_0}{R_T}$$

$$I_F = \frac{230V}{4,8\Omega} = 48A$$

4) Dokunma geriliminin hesabı

$$U_T = I_F \cdot R_A = 134,4V$$

5) Devreye RCD/30mA tesis edildiğinde topraklama direnci hesabı:

$$R_A \leq \frac{U_T}{I_a} = \frac{50V}{30mA} = 1,66k\Omega$$

Bir binaya temel topraklama tesis edilecektir. Aşağıdaki değerler ile topraklama direncini hesaplayalım.

Toprak özgül direnci: $\rho_E = 150\Omega m$ alınmıştır.

Binanın uzunluğu $L = 12m$

Binanın genişliği $B = 8m$

Temel topraklayıcının eşdeğer çapı:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot L \cdot B}{\pi}} = 11\Omega$$

Temel topraklayıcının genişleme direnci:

$$R_{TT} = \frac{2 \cdot \rho_E}{\pi \cdot D} = \frac{2 \cdot 150\Omega m}{\pi \cdot 11m} = 8,68\Omega \quad \text{bulunur.}$$

Önemli not:

Toprak özgül direnci tesis yerinde muhakkak ölçülmelidir.

Elektrik Tesislerinde Topraklama Yönetmeliği Madde 8.4ii'ye göre:

1) $R_A \cdot I_a \leq U_L$ eski 2) $(R_A + R_B) \cdot I_a \leq U_0$ yeni

Koruma düzeni, artık (kaçak) akım koruma rölesi olduğunda $I_a = I_{\Delta n}$ olacaktır.

Bu durumda topraklama direnci:

$$R_A \leq \frac{U_L}{I_{\Delta n}} \leq \frac{50V}{30mA} \leq 1,66k\Omega \quad \text{olarak hesaplanır.}$$

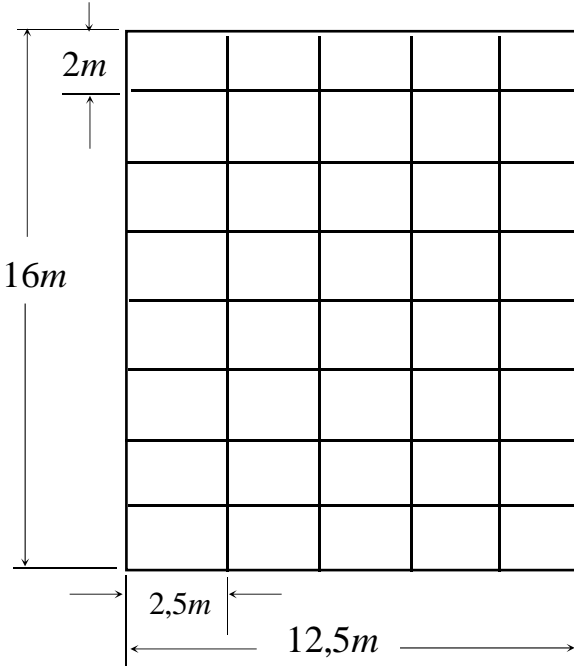
$R_A \geq R_{TT}$ olması şartına göre

$$1,66k\Omega \gg 8,68\Omega$$

Yönetmelik koşulları yerine getirilmiştir ve korunma sağlanmıştır.

Bu çok anlamsız bir hesaptır!!!!

Örnek 12: Ağ gözlü bir topraklayıcıda topraklama direncini hesaplayalım



Eşdeğer yarıçap:

$$r_e = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{16m \times 12,5m}{\pi}} = 7,98m$$

Bir gözün uzunluğu:

$$l_{göz} = (2m + 2,5m) \cdot 2 = 9m$$

Tüm gözlerin uzunluğu:

$$l_{Toplam} = 208,5m$$

Topraklama direnci (Laurent formülü ile):

$$R_{Göz} = \frac{\rho_E}{4r_e} + \frac{\rho_E}{l_{Toplam}} = \frac{150\Omega m}{4 \cdot 7,98m} + \frac{150\Omega m}{208,5m} \approx 5,47\Omega$$

EN 50522'e göre:

$$R_{Göz} = \frac{\rho_E}{2 \cdot \sqrt{A}} = \frac{150\Omega m}{2 \cdot \sqrt{(16m \cdot 12,5m)}} = 5,3\Omega$$

Topraklayıcıların karşılaştırılması

$$L = 100 \text{ m}, D = 32 \text{ m}, \rho_E = 100 \Omega\text{m}$$

Derin topraklayıcı:

$$R_A \approx \frac{1,5 \cdot \rho_E}{L} = 1,5 \Omega$$

Halka topraklayıcı:

$$R_A \approx \frac{3 \cdot \rho_E}{\pi \cdot D} = 3 \Omega$$

Şerit topraklayıcı:

$$R_A \approx \frac{3 \cdot \rho_E}{L} = 3 \Omega$$

Halka topraklayıcı:

$$R_A \approx \frac{\rho_E}{2 \cdot D} + \frac{\rho_E}{L} = 2,1 \Omega$$

Topraklayıcı özellikleri:

1. Galvanize çelik

- Korrozyona karşı dayanıklı.
- Kimyasal olarak paslanır.
- Orta derecede elektrik iletken.

2. Paslanmaz çelik V4A CrNiMo Karışımı

- Korrozyona karşı çok dayanıklı.
- Diğer malzemelere karşı kimyasal olarak nötr ve etkilenmez.
- Kötü elektrik iletken.

3. Bakır

- Korrozyona karşı çok dayanıklı.
- Çeliğe karşı kimyasal olarak aynı derecede.
- Çok iyi elektrik iletken.

2,5 yıl sonra:

Galvaniz topraklama çubuğu (altta) ve topraklama çubuğu alaşımlı paslanmaz çelik (yukarıda)



542.3 Topraklama iletkeni kesiti

Mekanik korumadan ve korozyondan dolayı topraklama iletkeni kesiti en az

6 mm² bakır

35 mm² Alüminyum ve

50 mm² çelik olmalıdır.

542.4 Ana potansiyel dengeleme barası

Her tesiste bir tane ana potansiyel dengeleme barası olmalıdır.

543 Koruma iletkeni

Çizelge 54.3 –En küçük koruma iletkeni kesitleri

Ana dış iletken kesiti S_L mm ²	Koruma iletkeni kesiti S_{PE} mm ²	
	Koruma iletkeni ile ana dış iletken aynı malzemeden	Ayrı malzemeden olursa
$S_L \leq 16$	$S_{PE} = S_L$	$\frac{k_1}{k_2} \cdot S_L$
$16 < S_L \leq 35$	16	$\frac{k_1}{k_2} \cdot 16$
$S_L > 35$	$\frac{S_L}{2}$	$\frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{S_L}{2}$

- **TT sistemde koruma iletkeni kesiti 25mm² Cu veya 35mm² Alu ile sınırlanabilir.**

- **k1 : Dış iletken**
- **k2 : Koruma iletkeni değerleri Ek A 'da verilmiştir.**

543.6 Koruma iletkeni akımları

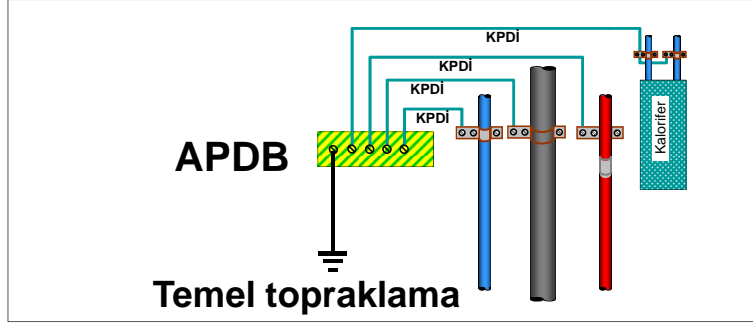
Normal işletmede 10 mA' geçen akımda kesit yükseltilmelidir.

Sistemde dengeli besleme sağlanmalıdır.

3. Harmonikler ölçülmelidir.

Nötr iletkeni üzerinden geçen akım kontrol edilmeli ve kesit yükseltilmelidir.

544.1 Koruma potansiyel dengeleme iletkeni ana dengeleme barası ile bağlandığında



En az kesitler:

- 6mm² Bakır veya
- 16mm² Alüminyum veya
- 50mm² Çelik

TT sistemde koruma iletkeni kesiti işletme ve koruma topraklamanın ayrı yapılması halinde 25 mm² bakır ve 35 mm² alüminyum ile sınırlanabilir.

0,1 < t ≤ 5 s kadar kesit hesabı:

$$S = \frac{\sqrt{I_F^2 \cdot t}}{k}$$

S : İletkenin kesiti (mm²)

I : Hata akımı (A)

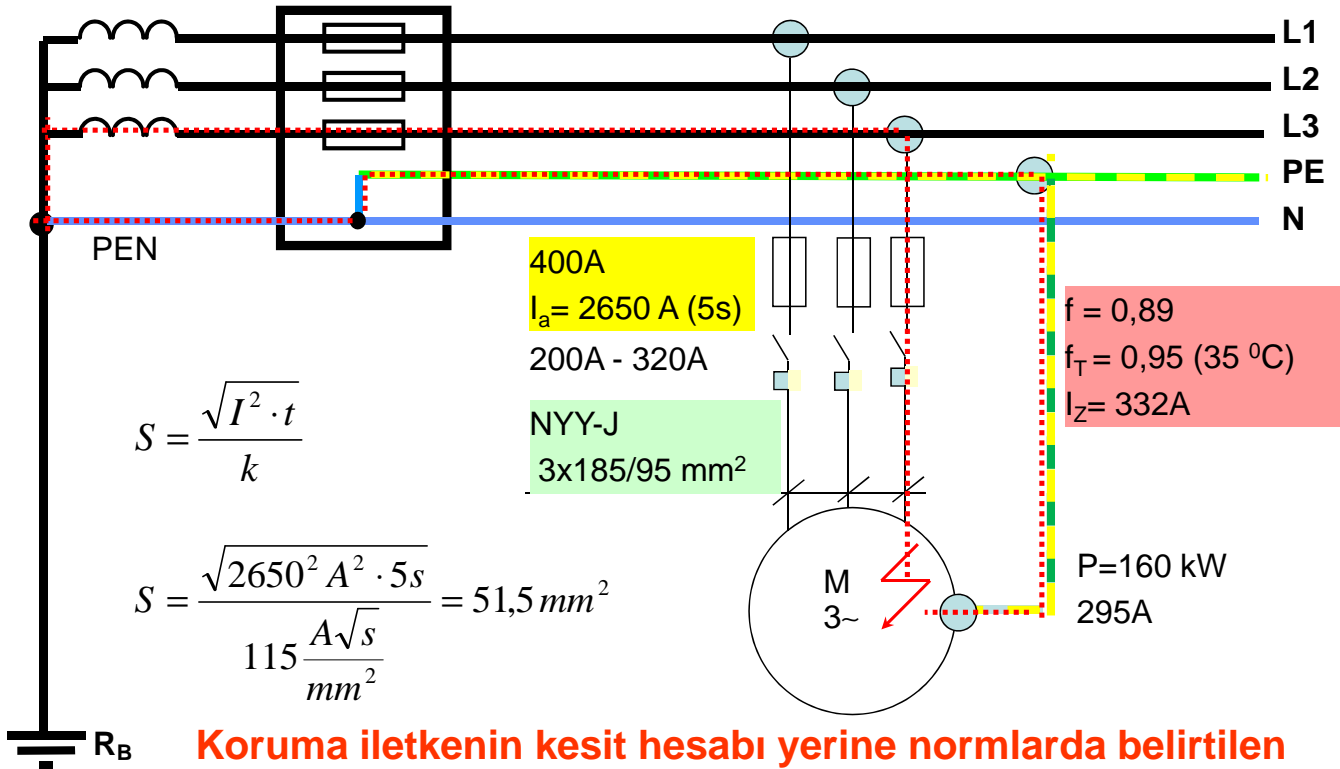
k : Malzeme katsayısı ($\frac{A\sqrt{s}}{mm^2}$)

t : Açma süresi (s)

t ≤ 0,1 s kadar kesit hesabı:

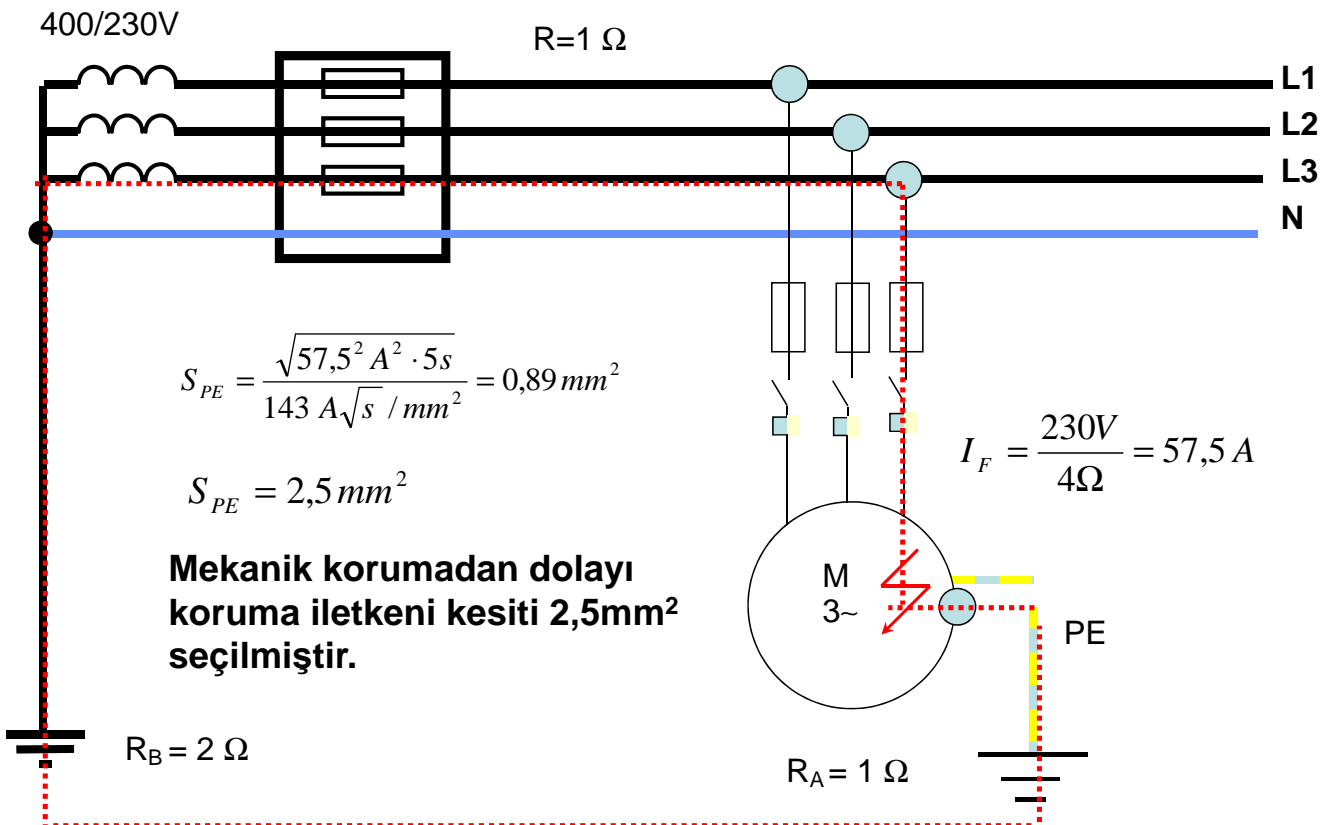
$I_F = I_D$ alınmalıdır.

TN sistemde koruma iletkenin (PE) kesit hesabı



Koruma iletkenin kesit hesabı yerine normlarda belirtilen değerlerin alınması önerilir (bak IEC 60364 Kısım 5-54).

TT sistemde koruma iletkenin (PE) kesit hesabı



Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği (21.08.2001)

Çizelge-10: TN sistemlerinde açma zamanlarına karşı düşen açma akımları için izin verilen en büyük çevrim empedansları (sigorta ve kesiciler için)

Çizelge-11: TT sistemlerinde açma zamanlarına karşı düşen açma akımları için izin verilen en büyük topraklama dirençleri (sigorta ve kesiciler için)

Çizelge-12: TT sistemlerinde açma zamanlarına karşı düşen açma akımları için izin verilen en büyük topraklama dirençleri (RCD için)

Çizelge-11: TT sistemlerinde açma zamanlarına karşı düşen açma akımları için izin verilen en büyük topraklama dirençleri (sigorta ve kesiciler için)

230V 50Hz	AG gG, gM sigortaları			Aşırı akım koruma cihazları (MCB, MCCB)					
	I_n	I_a	R_A	B		C		MCCB	
A	(5 s) A	$U_L=50V$ Ω	$U_L=25V$ Ω	$I_a=5 I_n$ A	R_A Ω	$I_a=10 I_n$ A	R_A Ω	$I_a=11 I_n$ A	R_A Ω
10	47	1,1	0,53	50	1,0	100	0,50	110	0,42
16	65	0,77	0,38	80	0,63	160	0,32	192	0,26

MCCB (güç kesiciler) için firmalardan açma katsayısı istenmeli ve topraklama direnci hesaplanmalıdır. +% 20 hata faktörleri dikkate alınmalıdır.

Çizelge-12:TT sistemlerinde hata akımı koruma düzenlerinin anma hata akımı ve işletme elemanlarının gövdelerinde izin verilen en büyük topraklama dirençleri (RCD için)

Topraklama dirençleri	Anma hata akımı	$I_{\Delta n}$	10mA	30mA	100mA	300mA
İşletme elemanlarının gövdelerinde ölçülen izin verilen en büyük topraklama dirençleri	R_A	$U_L = 50V$	5000Ω	1666Ω	500Ω	166Ω
		$U_L = 25V$	2500Ω	833Ω	250Ω	83Ω
Selektif S RCD için verilen değerler	R_A	$U_L = 50V$				83Ω

Bu çizelge teorik değerleri vermektedir. Kuru ve nemli toprak arasında ölçülen değerler arasındaki fark beş kat artabilir.

544 Koruma potansiyel dengeleme iletkeni kesitleri (Dİ)

Koruma potansiyel dengeleme iletkeni kesiti en az

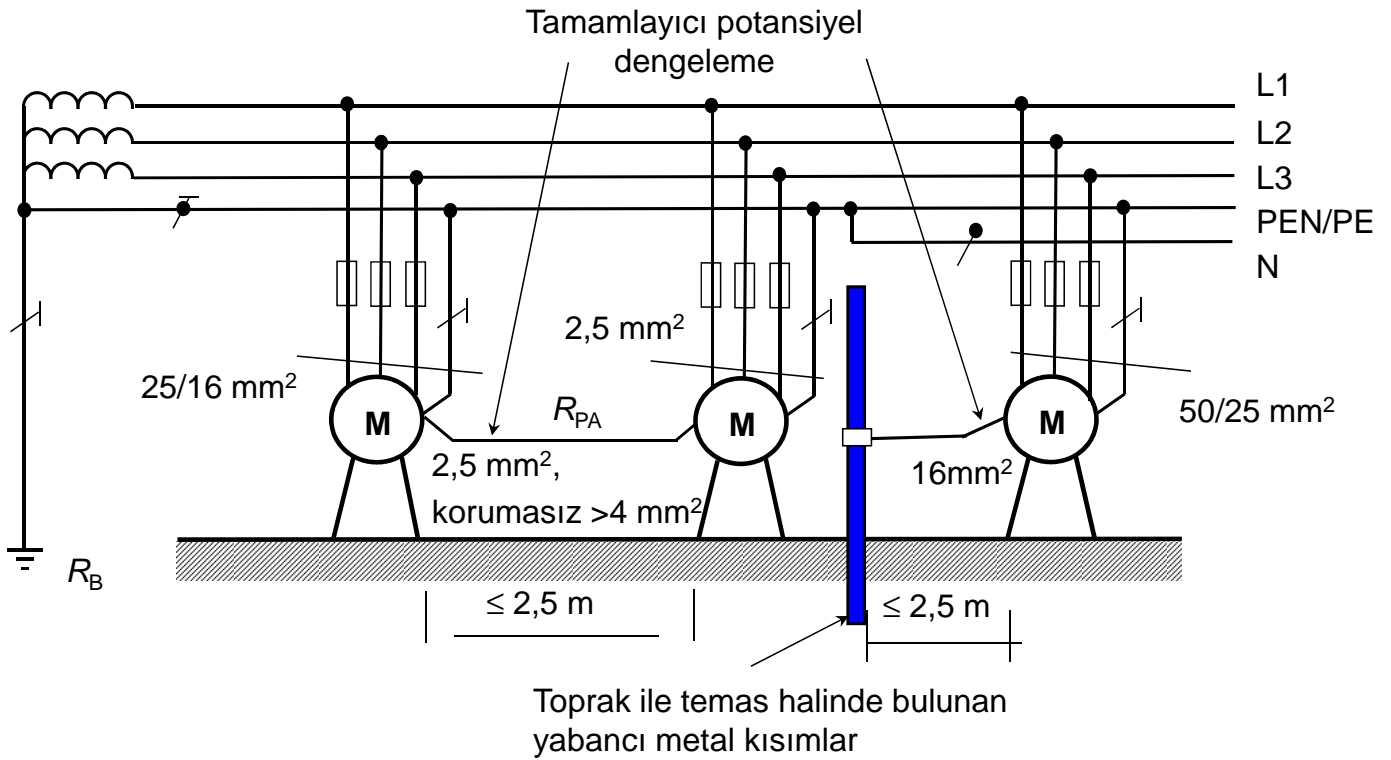
6 mm² bakır

16 mm² Alüminyum ve

50 mm² çelik

olmalıdır.

544.2 Tamamlayıcı Potansiyel Dengeleme iletkeni kesiti



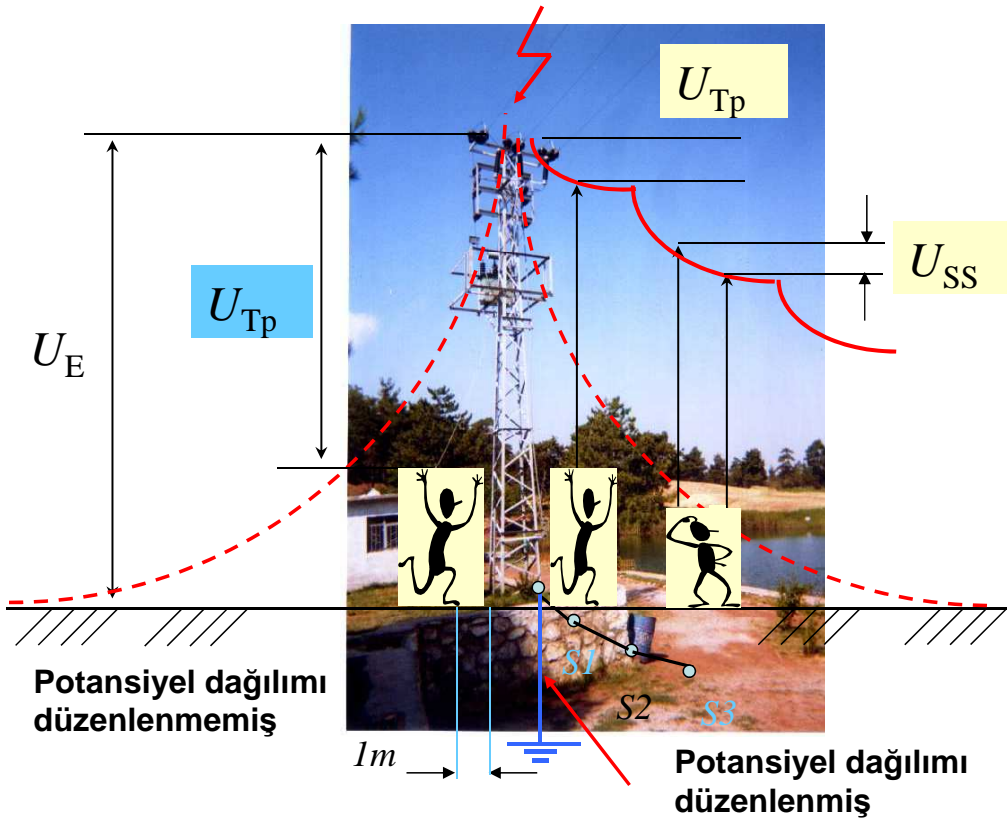
7.2 YG Elektrik Tesislerinde Topraklamalar

Topraklamalar Yönetmeliği

EN 50522-2012

ETTY Sayfa 149 İkinci Bölüm

Elektrik Tesislerinde Topraklamanın Önemi



Binada TT sistem tesis edilmiş.

Binada temel topraklama yerine levha topraklama yapılmış.

34,5kV şebeke doğrudan topraklanmış.

Yıldırıma karşı güvenlik alınmamış.

Topraklama elektrodları ayrı topraklanmış.

Topraklayıcılar arasında 20m mesafe dikkate alınmamış

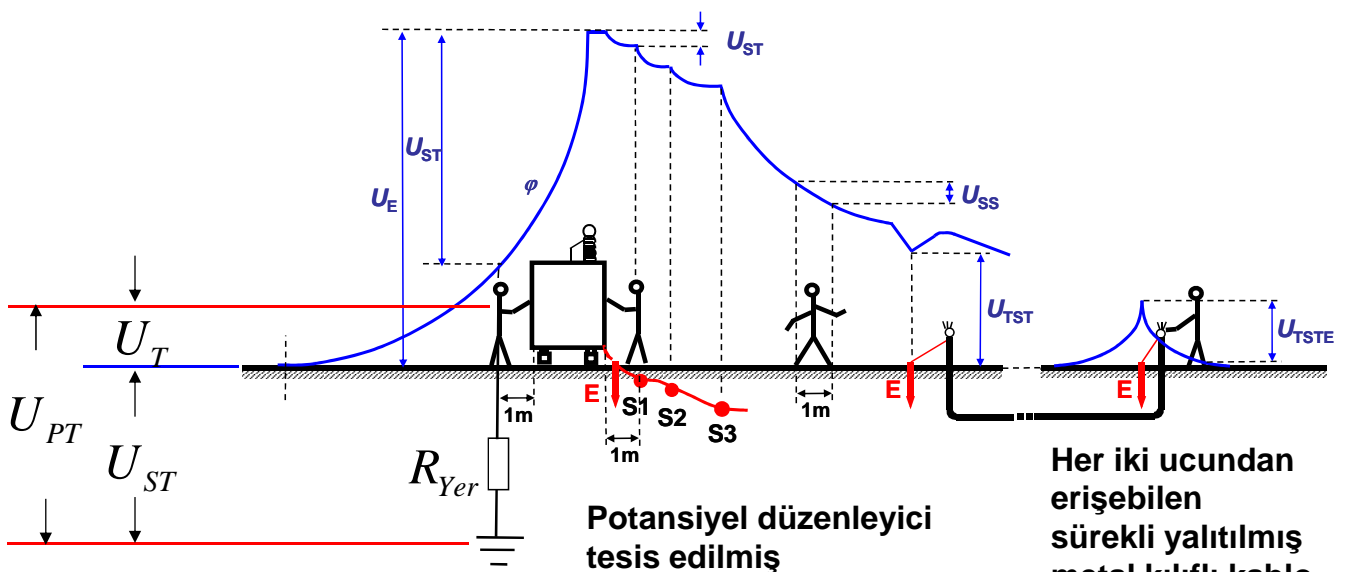
EN 50522'e göre üzerinden akım geçen topraklayıcın çevresinde yeryüzü potansiyelinin değişimi ve gerilimler

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

131

Yeryüzü potansiyel dağılımı ve gerilimler



Her iki ucundan erişilebilir sürekli yalıtılmış metal kılıflı kablo. Kılıf merkezden toprak ile bağlanmıştır.

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

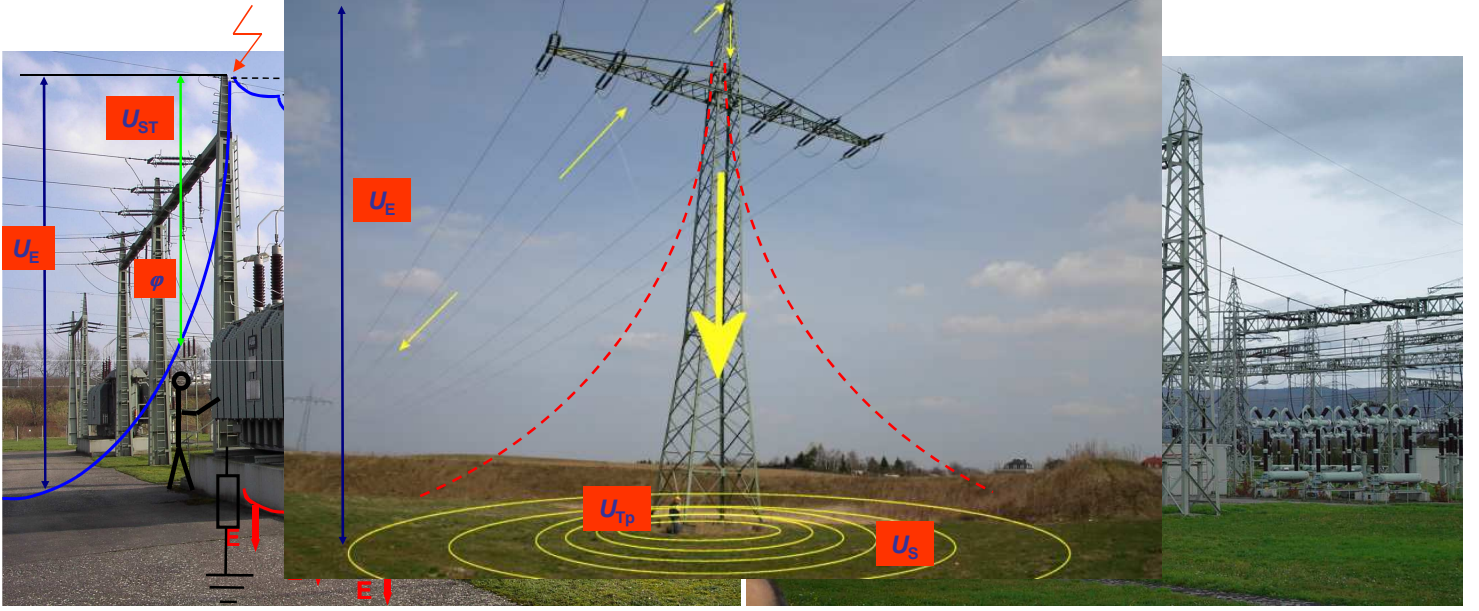
© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

132

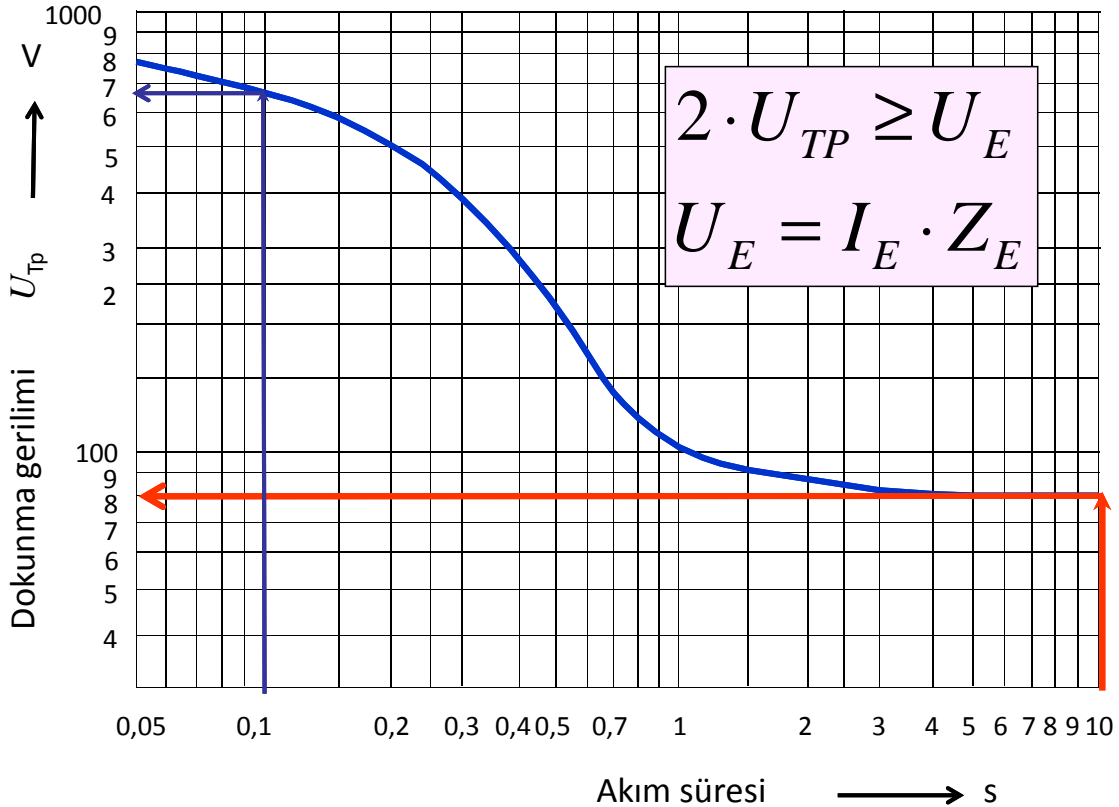
YG Elektrik Tesislerinde Topraklamalar

Topraklamalar Yönetmeliği

(EN 50522: Power installations exceeding AC 1kV)



YG'de sınırlı akım süreleri için izin verilen en yüksek dokunma gerilimleri



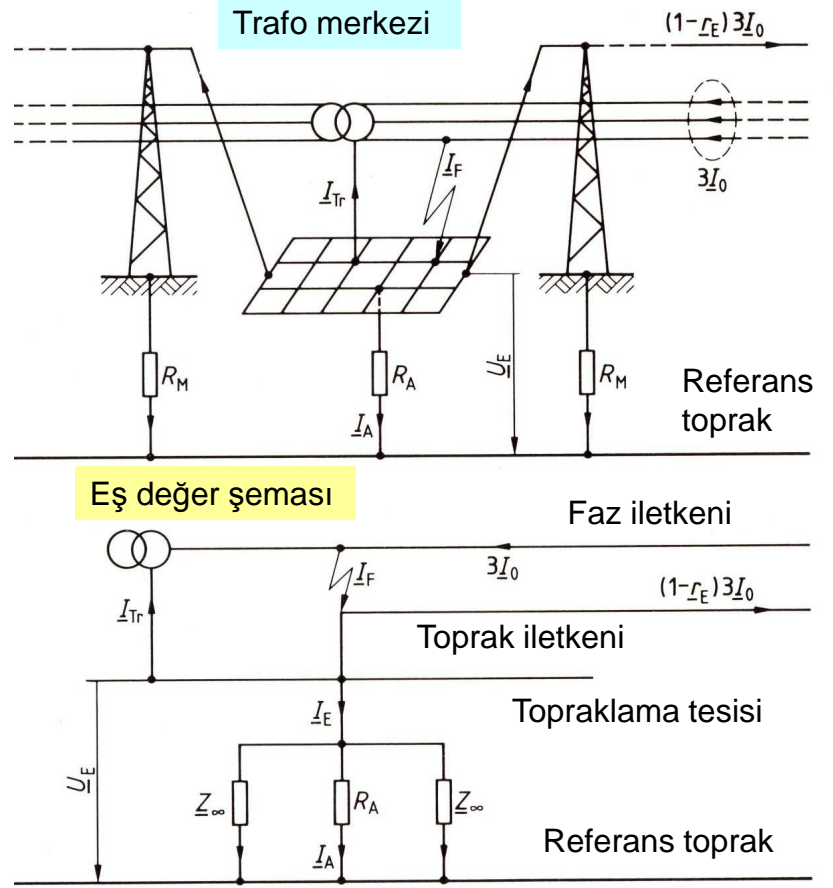
Bir transformatör merkezinde toprak teması durumunda akım, gerilim ve dirençler

$$U_E = Z_E \cdot I_E$$

$$Z_E = \frac{1}{\frac{1}{R_A} + n \frac{1}{Z_\infty}}$$

$$I_F = 3I_{0} + I_{Tr}$$

$$I_E = r_E \cdot (I_F - I_{Tr})$$



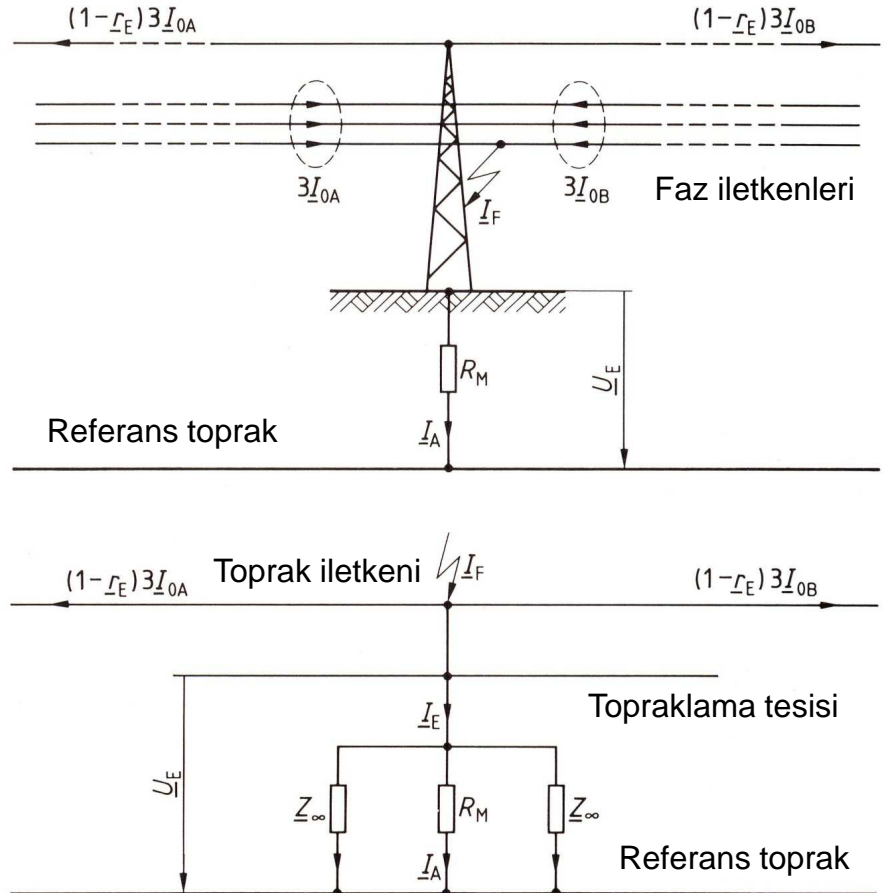
Bir direktte toprak teması durumunda akım, gerilim ve dirençler

$$U_E = Z_E \cdot I_E$$

$$Z_E = \frac{1}{\frac{1}{R_A} + 2 \frac{1}{Z_\infty}}$$

$$I_F = 3I_{0A} + 3I_{0B}$$

$$I_E = r_E \cdot I_F$$



Formüllerdeki sembollerin anlamı:

I_0	Sıfır akım
I_{Tr}	Transformatörün yıldız noktası topraklamasından geçen akım
I_F	Toprak hata akımı
I_E	Topraklama akımı
I_{RS}	Gözlü topraklayıcının yayılma direncinden geçen akım
r_E	Uzaktaki topraklayıcıya kadar hattın azalma katsayısı
R_{ES}	Gözlü topraklayıcının yayılma direnci
R_{ET}	Gözlü topraklayıcının yayılma direnci
Z_∞	Hava hatlarının zincir etkili iletken empedansı
Z_E	Topraklama empedansı
U_E	Topraklama gerilimi
n	Tesisten çıkan hava hatlarının sayısı

YG Topraklama tesislerinin boyutlandırılması için dört şart yerine getirilmelidir:

- 1) Mekanik dayanım ve korozyona karşı dayanıklılığın sağlanması (Ek-A),**
- 2) Isıl bakımdan en yüksek hata akımının hesaplanması (Çizelge-4),**
- 3) İşletme araçları ve eşyaların zarar görmesinin önlenmesi**
- 4) En yüksek toprak hata akımı esnasında, topraklama tesislerinde ortaya çıkabilecek gerilimlerden dolayı insanların güvenliğinin sağlanması.**
- 5) Dokunma ve adım gerilimlerinin boyutlandırılması.**

Bu beş koşuldan dolayı topraklama tesislerinin boyutlandırılması için aşağıdaki parametreler önemlidir:

1. Hata akımının değeri*,

2. Hatanın süresi*,

3. Toprağın özellikleri.

*** YG sisteminin nötrünün topraklanma şekline bağlıdır.**

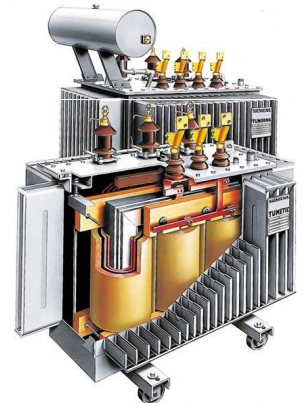
YG tesislerinde dağıtım şebekeleri

1. Yıldız noktası yalıtılmış şebeke

2. Toprak teması kompanse edilmiş şebeke

3. Yıldız noktası doğrudan doğruya topraklanmış şebeke

4. Yıldız noktası düşük bir empedans üzerinden topraklanmış şebeke.



YG'de Yıldız Noktası Topraklaması

Yıldız noktası topraklaması	Yıldız noktası yalıtılmış şebeke	Toprak teması kompanse edilmiş şebeke	Etkin topraklama	
			Düşük empedans ile	Doğrudan
Şekil				
Amaç	Hataya rağmen işletme devam eder	Hata akımı seçicilik şartlarına göre hemen kesilir		
Boyutlandırma	—	$X_D \approx \frac{1}{3 \cdot \omega C_0}$	$R \approx \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot I_{k1}} \ll \left \frac{1}{3 \cdot \omega C_0} \right $	—
Z_0/Z_1	$\left \frac{j \cdot \omega C_0}{Z_1} \right $	Yüksek omajlı	Endüktif 4 ... 60 Ohmik 30 ... 60	2 ... 4
Hata yerindeki akım	$I_{CE} \approx 3 \cdot \omega \cdot C_E \cdot U_{L-E}$	$I_{Rest} = 3 \dots 5\% \cdot I_{CE}$	$I''_{k1} = \frac{\sqrt{3} \cdot c_{min} \cdot U_n}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$	
	$10A < I_{CE} \leq 35A$	$I_{Rest} \leq 60A$	$I''_{k1} \leq 2kA$	$I''_{k1} \leq 1,5 \cdot I''_{k3}$
Hata süresi	10 - 60 dak.	10 - 60 dak.	< 1s	< 1s
Gerilim yükselmesi	Evet	Evet	Hayır	
Topraklama şartları	$U_E < 150V$ $U_B < 75V$		$U_E > 150V$	$U_B < 75V$
Toprak hatası arki	Birkaç ampere kadar söner	Kendisi söner		kalıcı
Uygulama alanı	Küçük dağıtım şebekeleri	10kV-110kV şebekelerde	10kV-110kV şebekelerde	110kV-380kV şebekelerde ve AG şebekelerinde

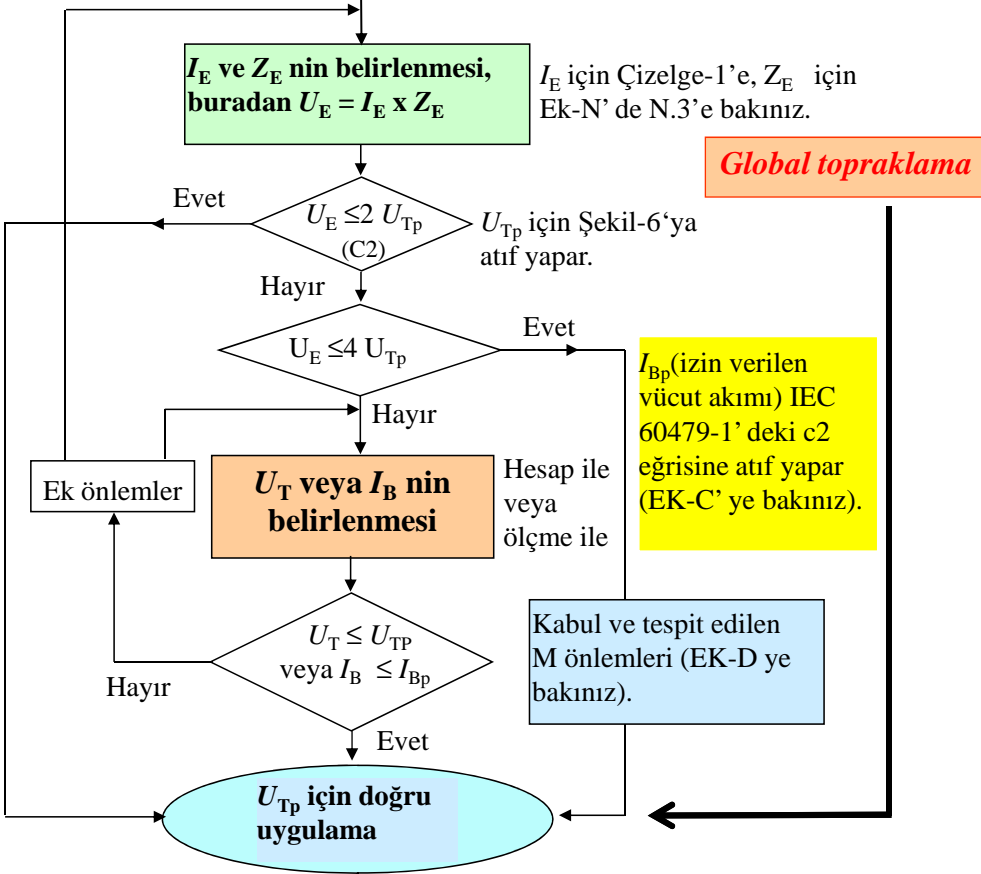
Topraklama sistemlerinin tasarımı için ilgili akımlar

Yüksek gerilim sisteminin tipi	Isıl yüklenme ile ilgili akımlar		Topraklama gerilimi ve dokunma gerilimleri ile ilgili akımlar	
	Topraklayıcılar	Topraklama iletkeni		
Yıldız noktası yalıtılmış şebekeler	- 6)	I''_{KEE} 9)	$I_E = r \cdot I_C$ 7)	
Toprak teması kompanse edilmiş şebekeler	Söndürme bobinli tesislerde	- 6)	$I_E = r \cdot \sqrt{I_L^2 + I_{Rest}^2}$ 2)	
	Söndürme bobinsiz tesislerde	-	$I_E = r \cdot I_{Rest}$	
Yıldız noktası değeri düşük bir empedans üzerinden topraklanmış şebekeler	I''_{k1} 4)	I''_{k1}	I_E 5)	
Toprak teması kompanse edilmiş ve geçici olarak yıldız noktası değeri düşük empedans üzerinden topraklanmış şebekeler	Yıldız noktası geçici olarak topraklanmış tesislerde	I''_{k1} 4)	I_E 5)	
	Öteki bütün tesislerde	Söndürme bobinli tesislerde	- 6)	$I_E = r \cdot \sqrt{I_L^2 + I_{Rest}^2}$ 2)
		Söndürme bobinsiz tesislerde	-	$I_E = r \cdot I_{Rest}$

Topraklama tesisinin tasarımı

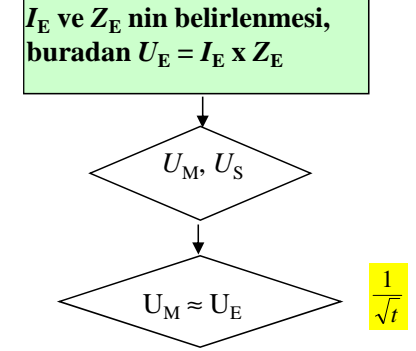
EN 50522

Temel Boyutlandırma



IEEE Std. 80

Temel Boyutlandırma



143

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. Ismail Kaşıkçı /-All rights reserved

Topraklama İletkenlerinin ve Topraklayıcıların Akım Taşıma Kapasitelerinin Hesaplanması

5 saniye içerisinde kesilebilen hata akımları için topraklama iletkenlerinin ve topraklayıcıların kesiti aşağıdaki formülden hesaplanacaktır.

$$A = \frac{I_F}{k} \cdot \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\vartheta_f + \beta}{\vartheta_i + \beta}}} \quad \text{veya} \quad \left. \begin{aligned} A &= I_F \cdot \frac{\sqrt{t_F}}{k} \\ k &= M \cdot \sqrt{\ln \frac{\vartheta_f + \beta}{\vartheta_i + \beta}} \end{aligned} \right\}$$

Burada:

A Kesit (mm²),

I İletken akımı (A, etkin değer),

t Hata akımı süresi (s),

k Akım taşıyan kısmın malzemesine bağlı katsayı, çizelge B.1 de başlangıç sıcaklığı 20 o C baz alınarak en çok kullanılan malzemeler için değerler verilmiştir,

β Akım taşıyan kısmın 0°C'deki direncinin sıcaklık katsayısının tersi (Çizelge B1 e bakınız),

ϑ_i Başlangıç sıcaklığı (°C); değerler IEC 60287-3-1 den alınabilir. Tespit edilmemiş ise 1 m derinlikteki toprak sıcaklığı 20°C olarak kabul edilebilir,

ϑ_f Son sıcaklık. (°C).

144

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. Ismail Kaşıkçı /-All rights reserved

Hata akımına bağlı en yüksek vücut akımı

Hata süresi s	Vücut akımı mA
0,05	900
0,10	750
0,20	600
0,50	200
1,00	80
2,00	60
5,00	51
10,00	50

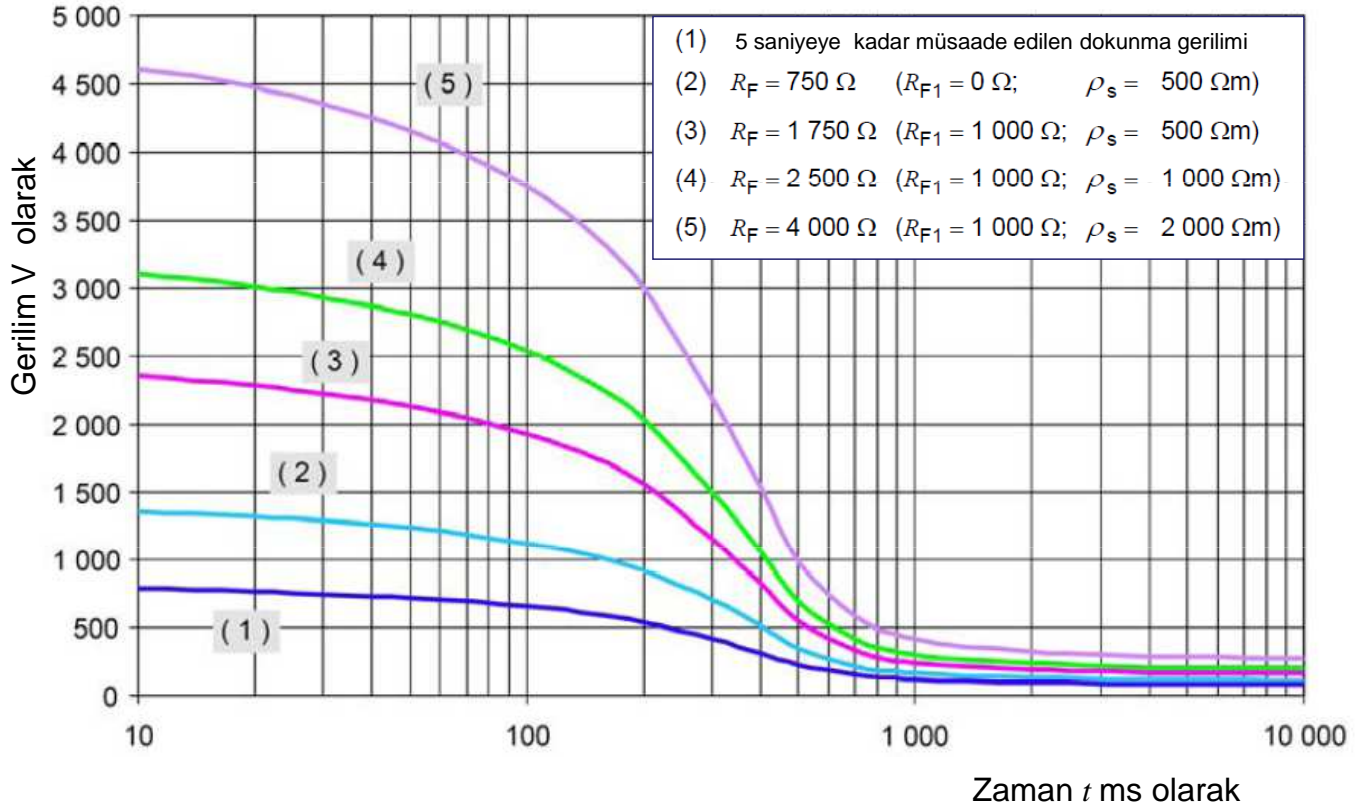
Dokunma gerilimine bağlı vücut direnci (el-el)

Dokunma gerilimi V	Vücut direnci Ω
25	3 250
50	2 500
75	2 000
100	1 725
125	1 550
150	1 400
175	1 325
200	1 275
225	1 225
400	950
500	850
700	775
1 000	775

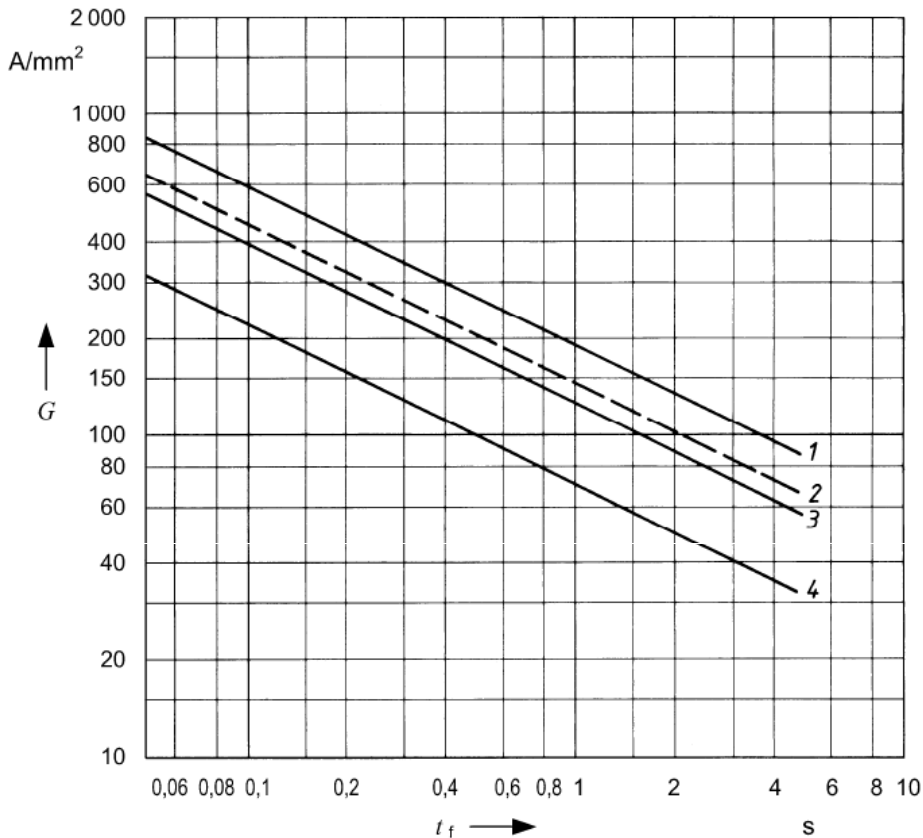
Hata akımına bağlı olarak müsaade edilen dokunma gerilimi

Hata süresi s	Müsaade edilen dokunma gerilimi U_{Tp}
0,05	716
0,10	654
0,20	537
0,50	220
1,00	117
2,00	96
5,00	86
10,00	85

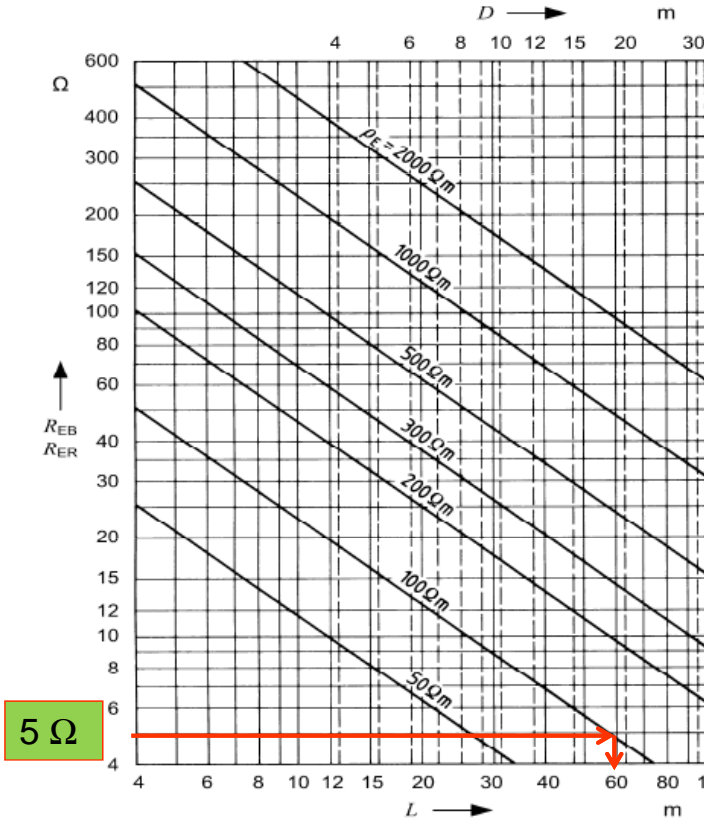
Müsaade edilen dokunma gerilimi



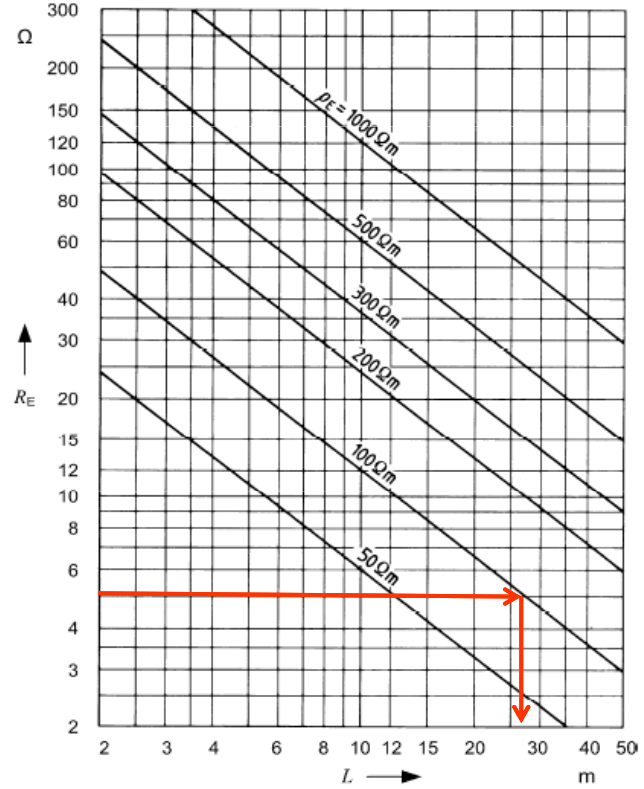
Hata akımına bağlı olarak topraklama iletkeni ve topraklayıcı için kısa devre akım yoğunluğu



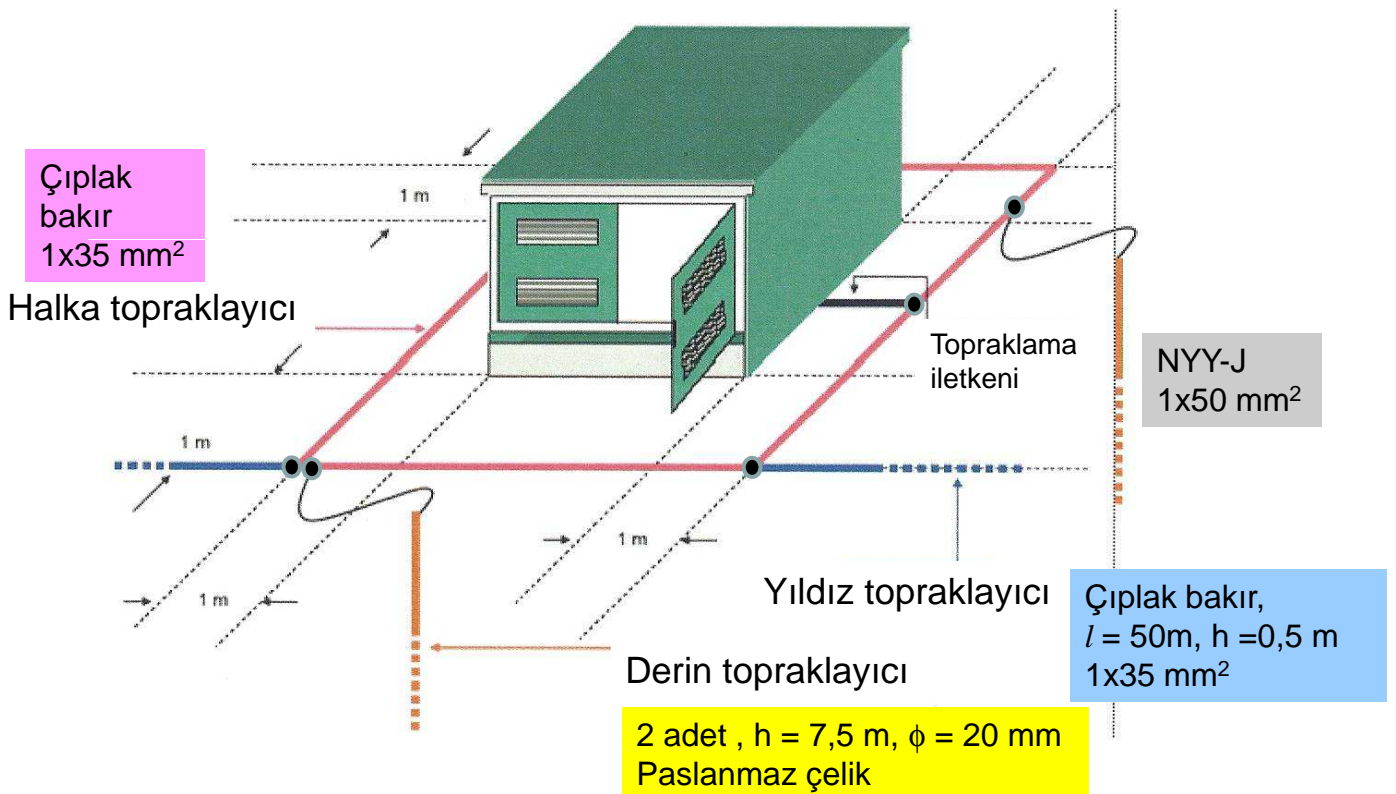
Halka veya düz olarak yerleştirilmiş yatay topraklayıcının yayılma direnci



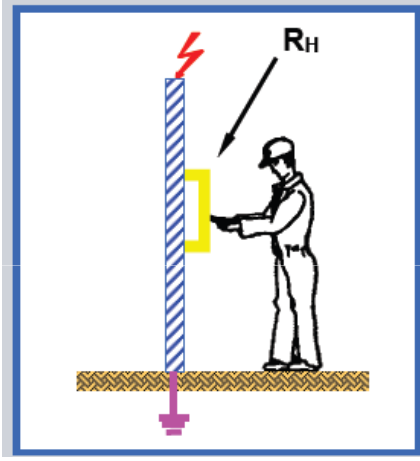
Düşey olarak yerleştirilmiş derin topraklayıcının yayılma direnci



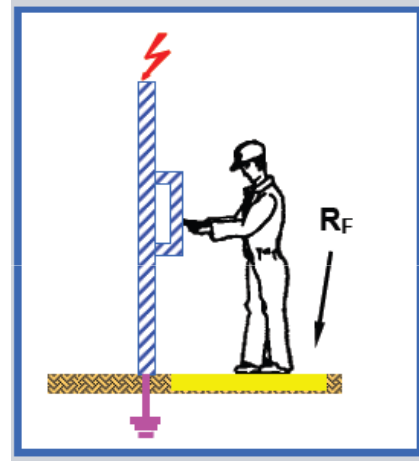
Örnek: Transformör merkezi topraklama uygulaması



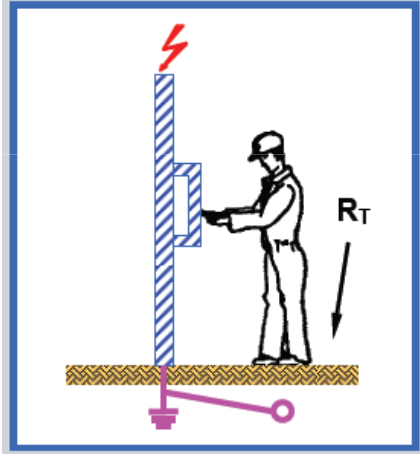
Ek önlemler Ek-D:



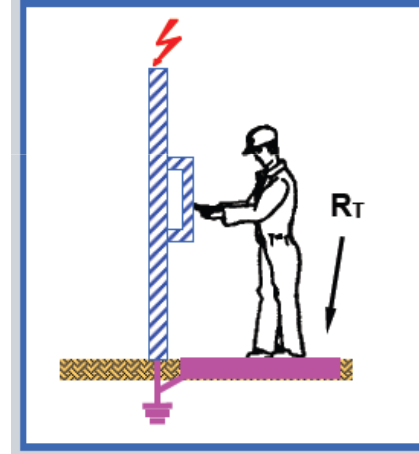
Dokunmaya
Karşı koruma



Yerin izole
edilmesi



Potansiyel
düzenleme



Potansiyel
dengeleme

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

151

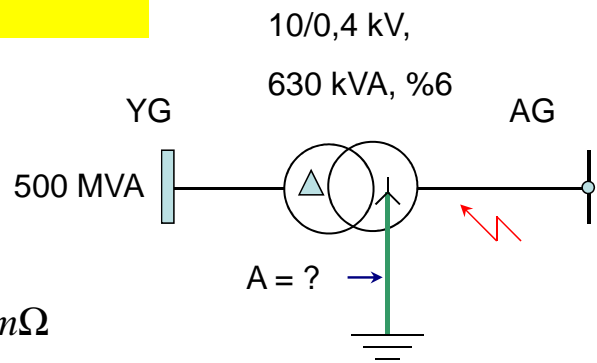
Koruma ve işletme topraklamalarının birleştirilmesi durumunda kesit hesabı

1. IEC 60 909'a göre YG tarafındaki empedans değeri:

$$Z_Q = \frac{c \cdot U_n^2}{S_{kQ}} = \frac{1,1 \cdot (400V)^2}{500MVA} = 0,352m\Omega$$

$$X_Q = 0,995 \cdot Z_Q = 0,995 \cdot 0,352m\Omega = 0,35m\Omega$$

$$R_Q = 0,1 \cdot X_Q = 0,1 \cdot 0,35m\Omega = 0,035m\Omega$$



2. Transformatorün empedansı: $S_{rT} = 630 \text{ kVA, } \% 6$

$$R_T = 2,92m\Omega, \quad X_T = 14,71m\Omega$$

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

152

Empedansların toplamı:

$$R_k = 2,955 m\Omega \quad X_k = 15,06 m\Omega$$

Kısa devre yerindeki empedans:

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_k^2}$$

$$Z_k = \sqrt{2,955^2 + 15,06^2} m\Omega = 15,347 m\Omega$$

$$I_{k1\max}'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_k} = \frac{0,95 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 15,347 m\Omega} = 14,30 kA$$

Not: Bu hesapda transformatorun sıfır empedansı yaklaşık olarak doğru empedansına eşit alınmıştır.

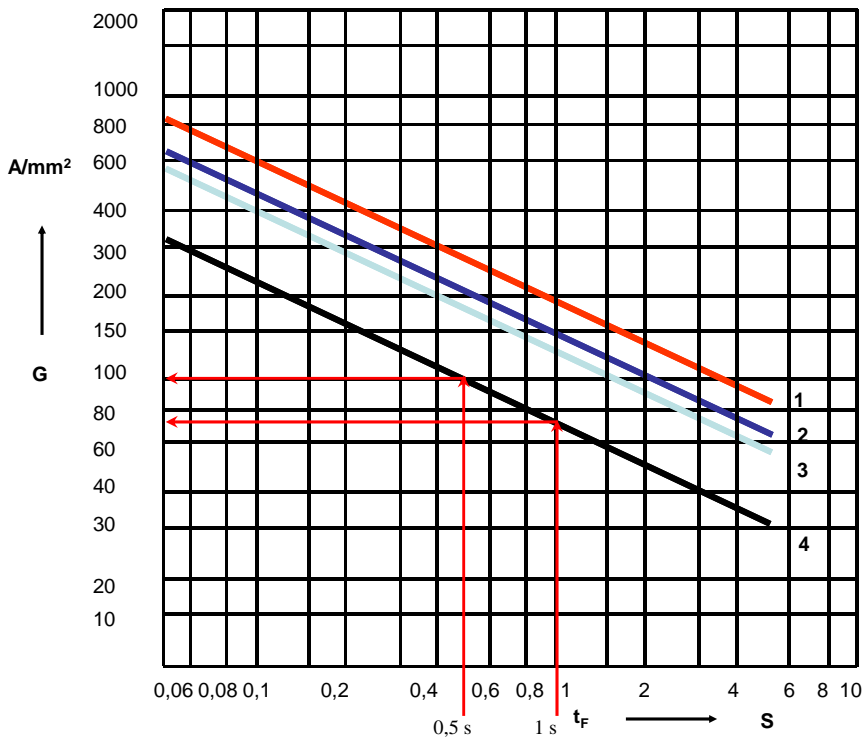
Tesiste en kötü şartlarda dikkat edilmesi gereken akım

$$I_{kEE}'' = 0,85 \cdot I_{k3}'' = 0,85 \cdot 14,30 kA = 12,15 kA$$

Kablo azaltma katsayısı ile:

$$I_{kEE-yayı}'' = 0,65 \cdot I_{kEE}'' = 0,55 \cdot 12,15 kA = 7,9 kA$$

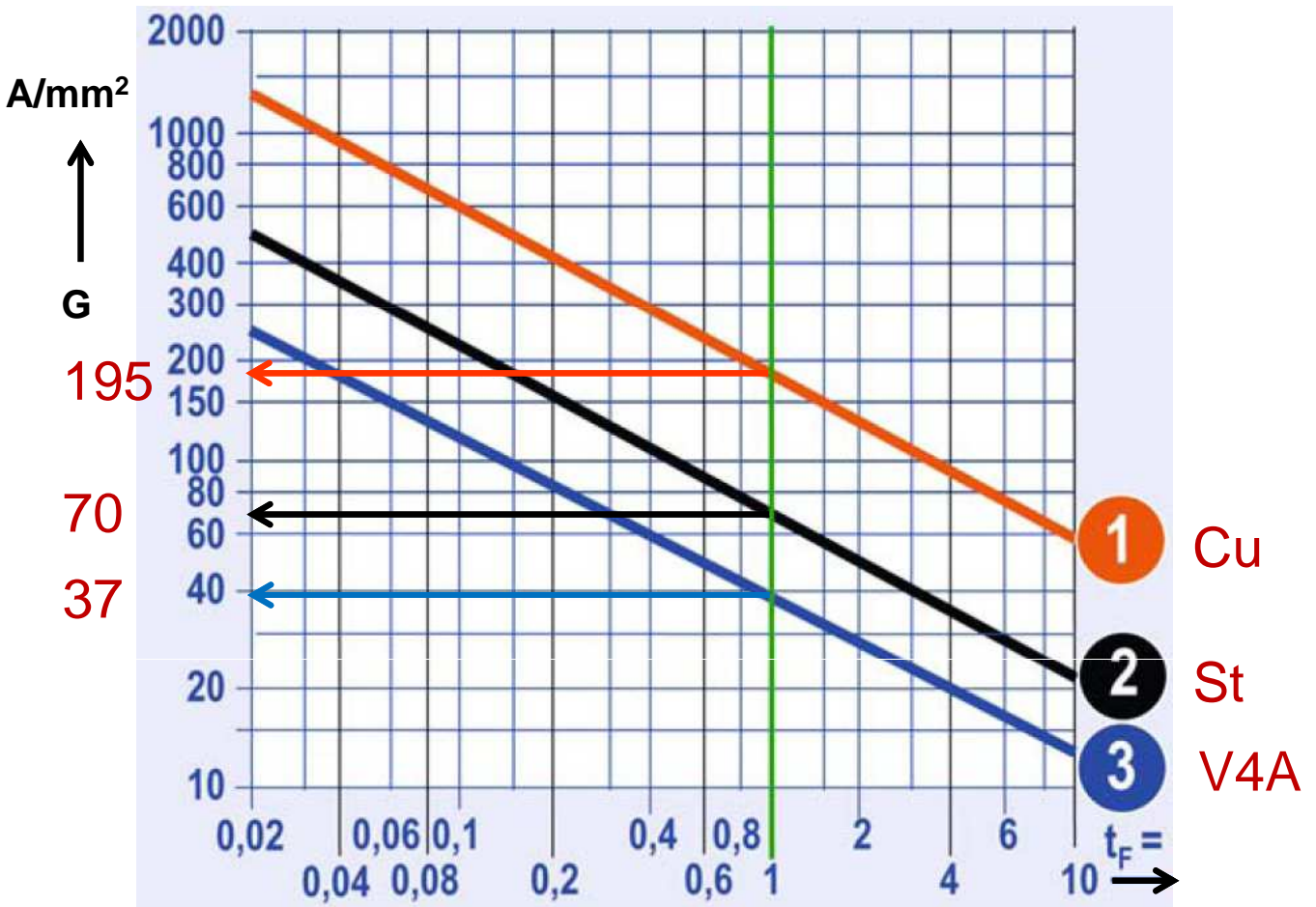
Topraklama sistemi bu akım için tasarlanmalıdır.



1,3 ve 4 no'lu eğriler 300 °C, 2 no'lu eğri 150 °C son sıcaklık için geçerlidir.

1) Bakır, çıplak veya galvanizli, 2) Bakır, kalaylı veya kurşun kaplı, 3) Alüminyum, sadece topraklama iletkeni için, 4) Galvanizli çelik.

Şekil B-1: Hata akımı süresi t_F ' ye bağlı olarak topraklama iletkenleri ve topraklayıcılar için kısa devre akım yoğunluğu G



Hata akımı süresini 1s ve 0,5 s kabul ederek gerekli olan topraklama iletkeninin kesiti kısa devre akım yoğunluğu Şekil B-1'den okunur. Buna göre

$$0,5 s \text{ için } G = 100 \frac{A}{mm^2} \text{ ve}$$

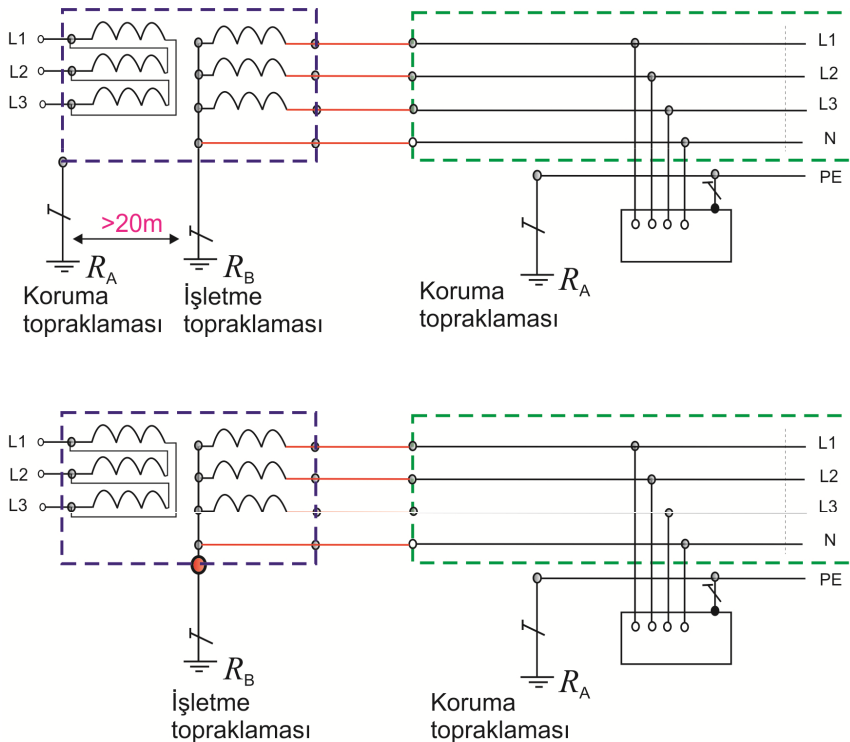
$$1 s \text{ için } G = 70 \frac{A}{mm^2}$$

Bu değerlerle topraklama iletkeninin kesitini hesaplayalım

$$0,5 s \text{ için } A = \frac{I_k''}{G} = \frac{7,9kA}{100 \frac{A}{mm^2}} = 79mm^2 \quad \Rightarrow \text{ Kesit } 95 mm^2 \text{ seçilir.}$$

$$1 s \text{ için } A = \frac{I_k''}{G} = \frac{7,9kA}{70 \frac{A}{mm^2}} = 112mm^2 \quad \Rightarrow \text{ Kesit } 120 mm^2 \text{ seçilir.}$$

YG ve AG Sistemlerinde Topraklama Tesislerinin Birleştirilmesi veya Ayrılması



Tasarım ile ilgili akımlar

$$Z_E = \frac{U_E}{I_E} = \frac{x \cdot U_{Tp}}{r \cdot I_F}$$

$$I_{k1}''$$

$$I_E = r \cdot (I_{k1}'' - I_{Tr})$$

Termik zorlama için

U_E und U_T için

$$x = 1$$

$$x \leq 2$$

Ortak topraklama sistemi

$$2 < x \leq 4$$

$$> 4$$



TT sistemde

$$t_f \leq 5s \Rightarrow U_E < 1200V$$

$$t_f > 5s \Rightarrow U_E < 250V$$

Koruma ve işletme topraklamalarının ayrılması durumunda kesit hesabı



$$I_{k1}'' = \frac{U_0}{R_E + R_B} = \frac{230V}{10\Omega} = 23,1A$$

$$I_{k1}'' = \frac{U_0}{R_E + R_B} = \frac{230V}{5\Omega} = 46,2A$$

$$I_{k1}'' = \frac{U_0}{R_E + R_B} = \frac{230V}{2\Omega} = 115,5A$$

Kesit NYY 1x50 mm² yeterlidir.

$$R_B = ?$$

$$R_E = ?$$



$$I''_{k1} = \frac{U_0}{Z_T} = \frac{U_0}{u_k \frac{U_n^2}{S_{rT}}}$$

$$= \frac{230V}{0,06 \cdot \frac{400V^2}{1000kVA}} = 24kA$$

$$S = \frac{I \cdot \sqrt{t}}{k} = \frac{24kA \cdot \sqrt{0,5s}}{159 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2}} = 107mm^2$$

3x40 mm, Cu yeterlidir.

Direklerde topraklama tesisleri, Aşırı gerilim koruma düzenekleri



400V/
230V



$$R_D = \frac{U_D}{I_D}$$

$$= \frac{550 kV}{80 kA}$$

$$= 6,8 \Omega$$

YG: 5 Ω
AG: 10 Ω

Dağıtım panosu topraklaması

Trafo yıldız noktası topraklaması

Direk topraklaması

Parafudr topraklaması

8. Elektrik Tesislerinde Ölçme ve Denetleme IEC 60364-600

Topraklamalar Yönetmeliği

ETTY Sayfa 161 Madde 10a)

Madde 7- Topraklama Tesislerinde Muayene, Ölçme ve Denetleme Madde 10-a)



Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

163

Madde 7- Topraklama Tesislerinde Muayene, Ölçme ve Denetleme Madde 10-a)

1. Ana ve tamamlayıcı potansiyel dengeleme, koruma iletkenlerinin sürekliliği,
2. Yalıtım direnci gerilim altındaki iletkenler ve her bir gerilim altındaki iletken ve toprak arasında, tesis enerjilenmeden önce,
3. TT sistemde kurulan topraklayıcının yayılma direnci,
4. TN sistemde çevrim empedansı,
5. Tek faz kısa devre akımı ve olası toprak hatası akımı,
6. RCD mekanik olarak (4 haftada bir) ve elektriksel olarak (her yıl) ölçülecektir.

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

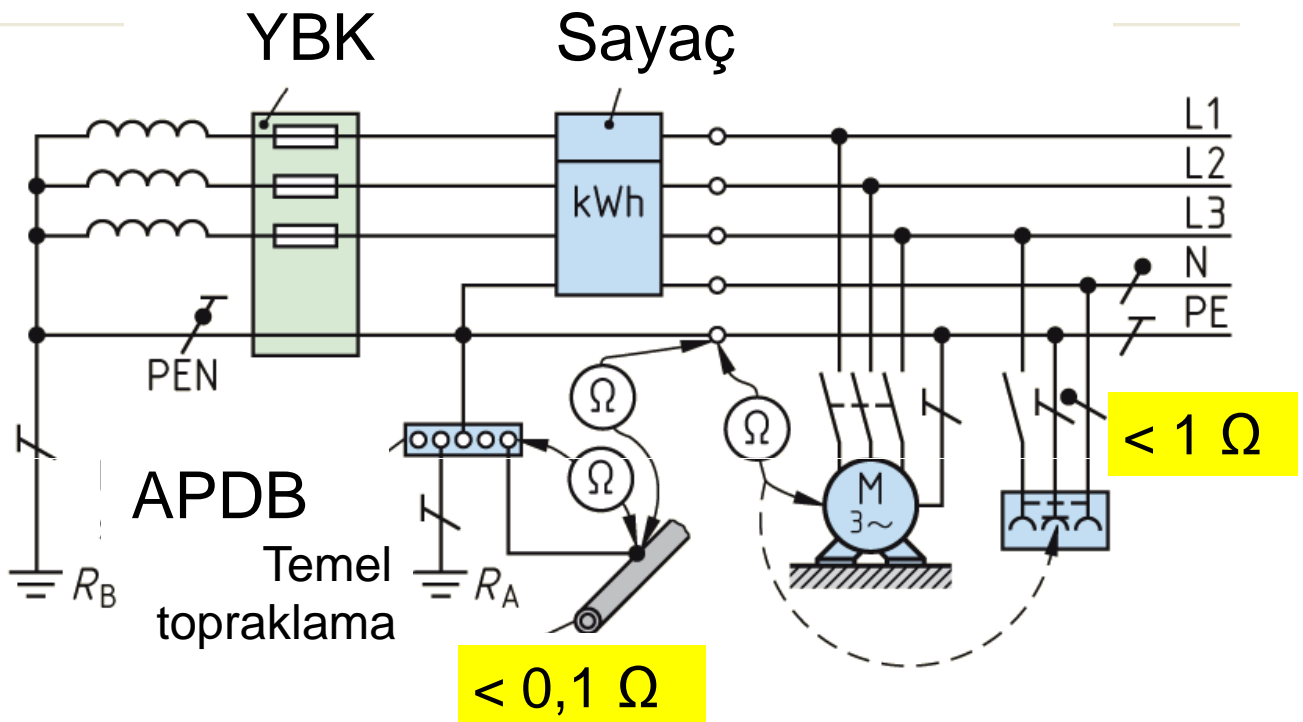
© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

164

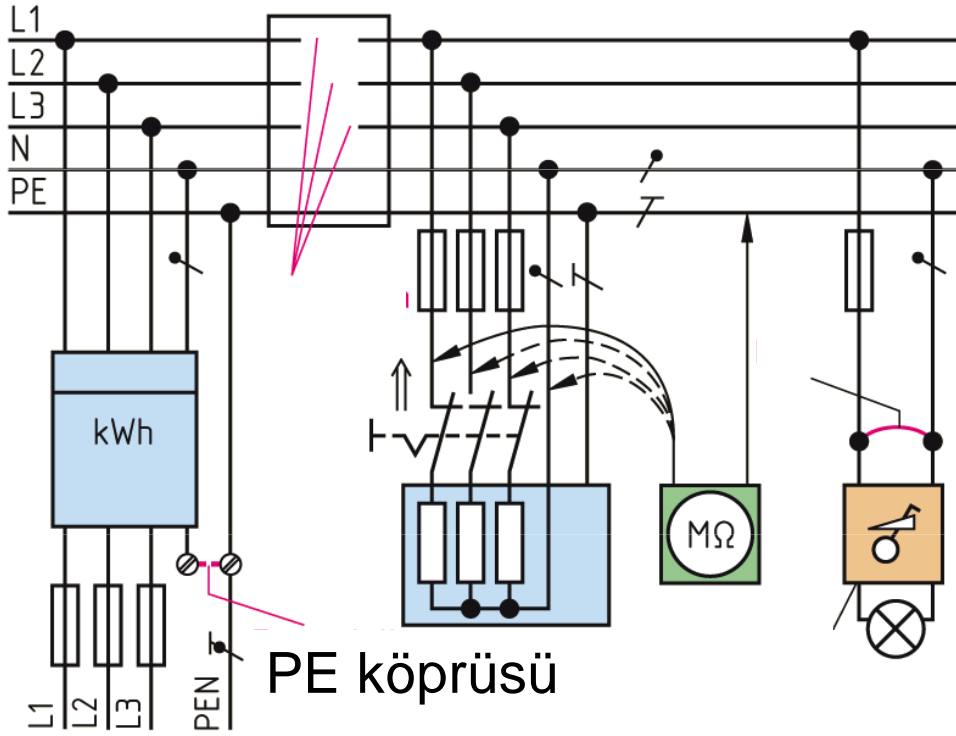
Tesis kuran kişi topraklama direnci hakkında bir fikir edinmek amacıyla ölçüm yapar.

Tesisin güvenliği için bir kriter değildir!!!!

1. Koruma iletkenlerinin, ana ve tamamlayıcı potansiyel dengeleme iletkenleri bağlantılarının sürekliliğinin ölçülmesi

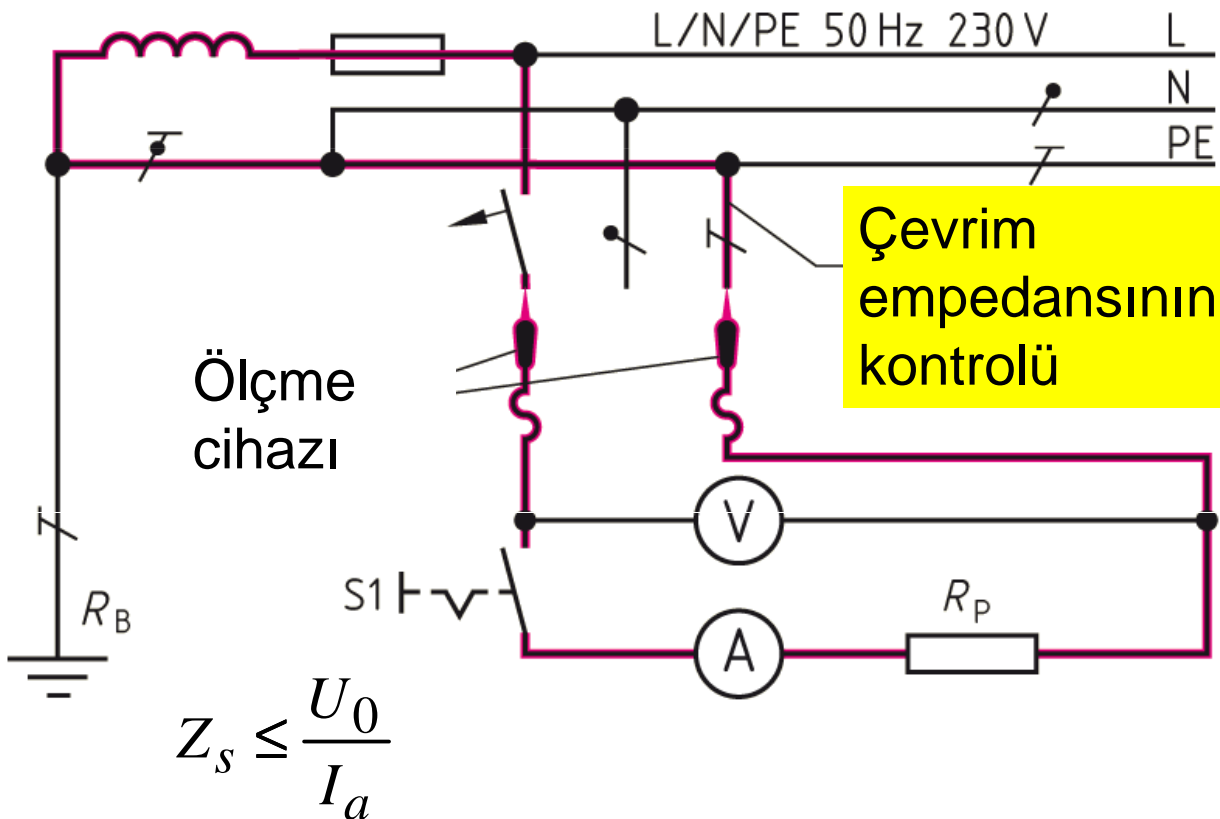


2. İletkenlerin yalıtım direncinin ölçülmesi

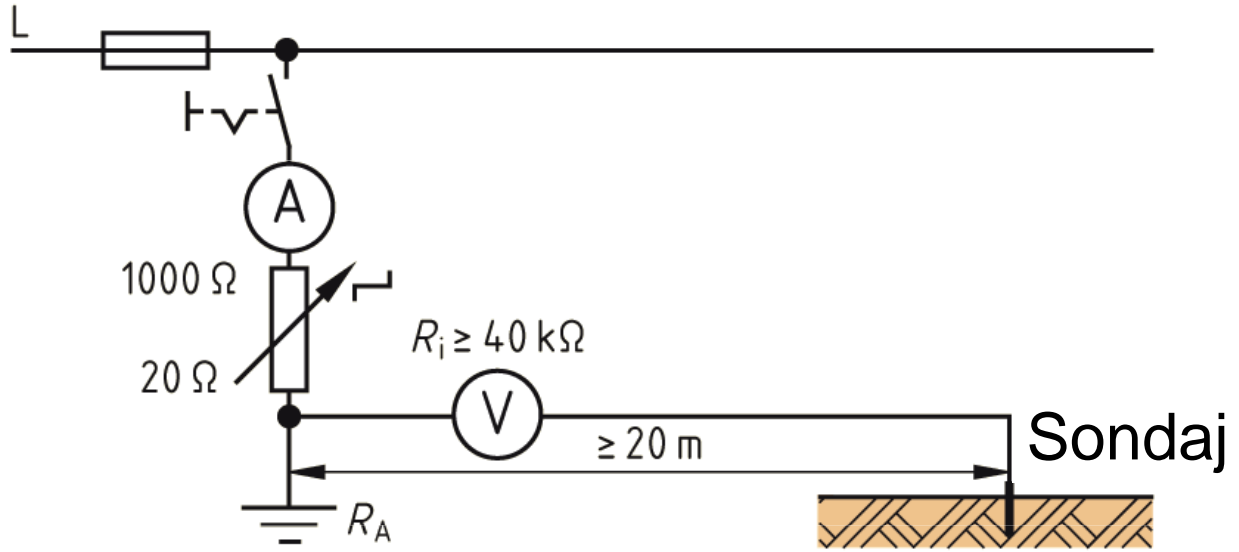


> 1 MΩ

3. Beslemenin otomatik açma işlemiyle kesilip kesilmediğinin denetlenmesi

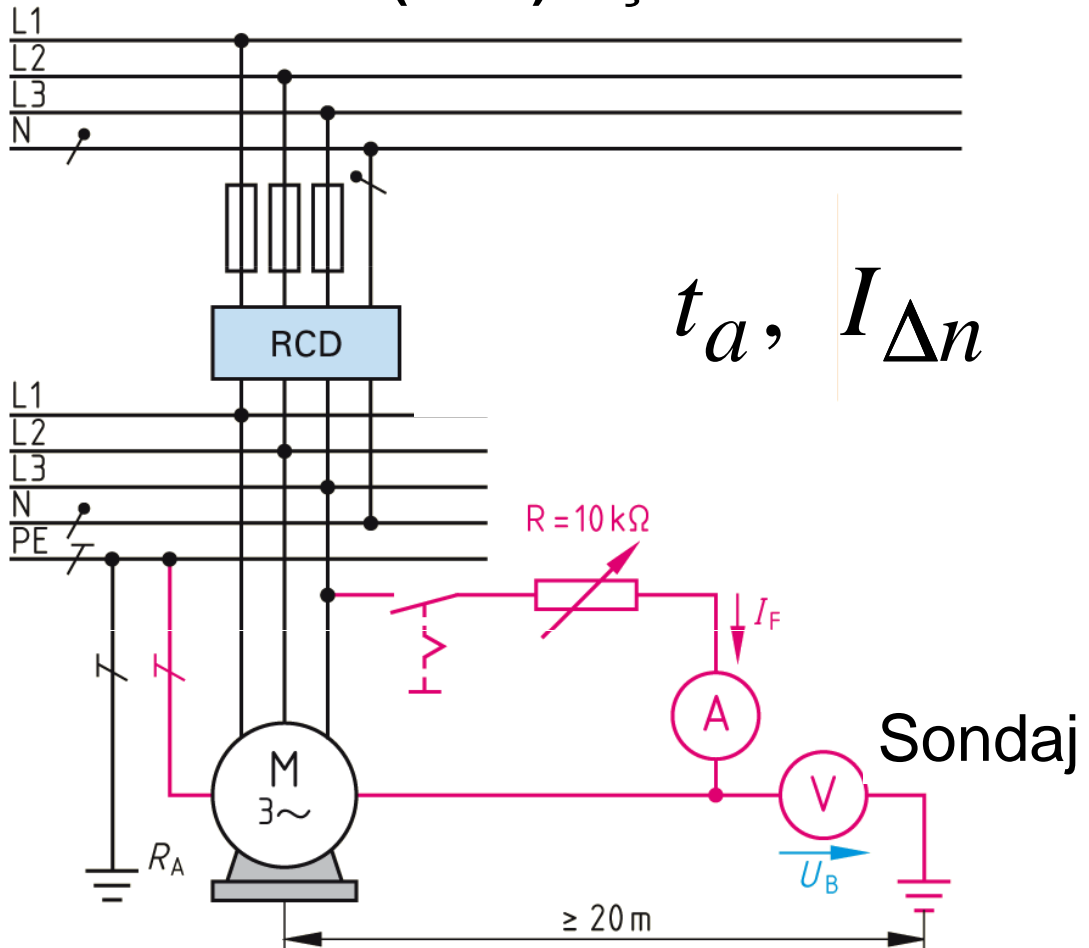


4. Topraklama direncinin ölçümü

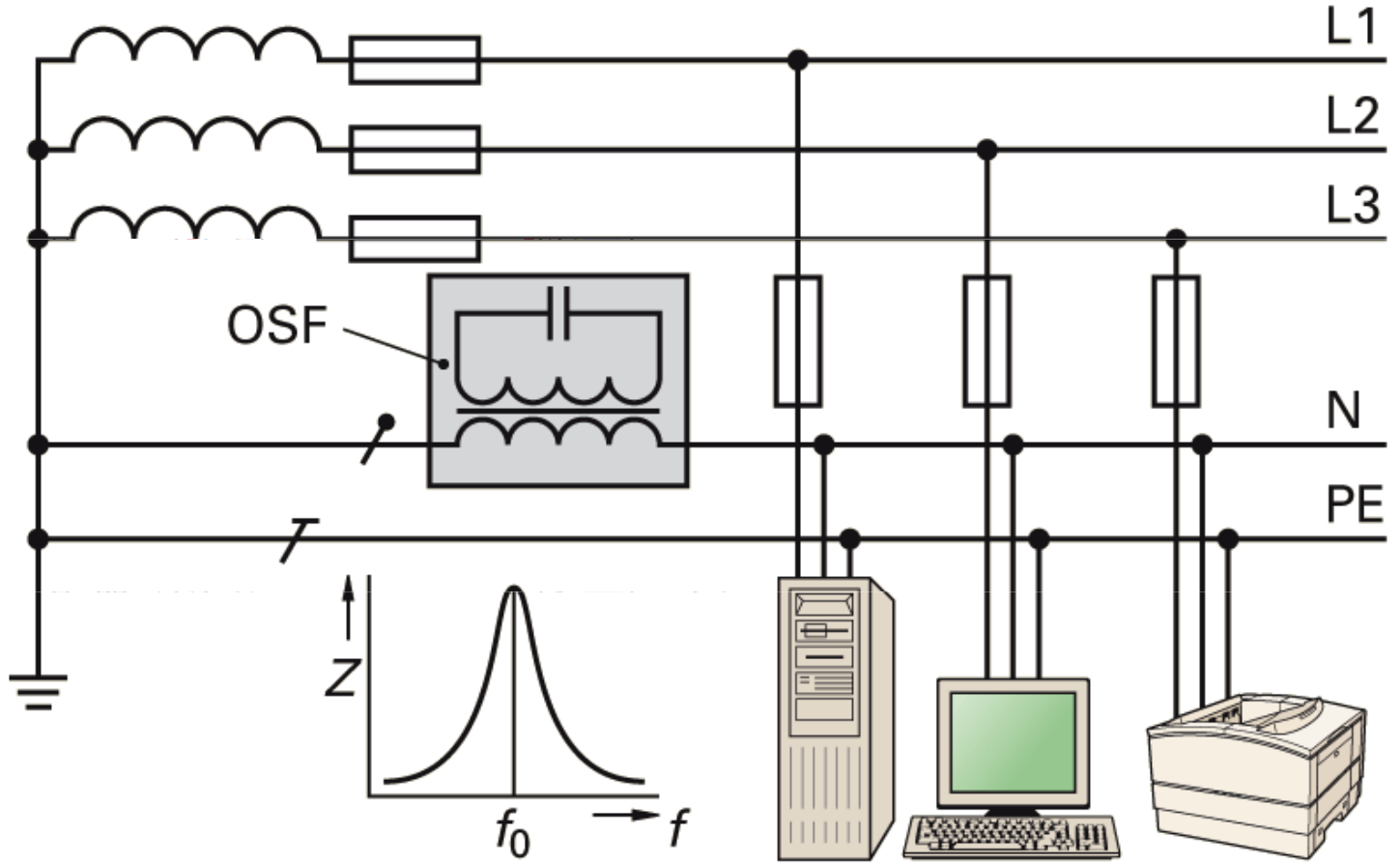


$$R_A \leq \frac{U_0}{I_a}, \quad R_A \leq \frac{U_0}{I_{\Delta n}}$$

5. RCD (KAR) ölçümü



Binalarda parazit akımlar

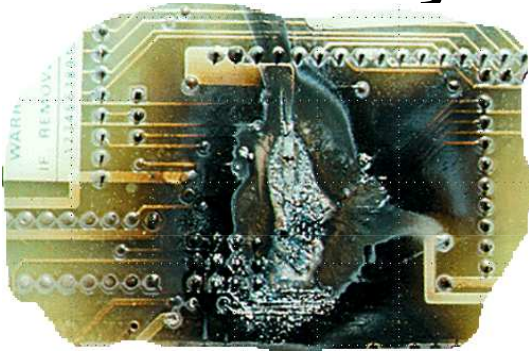


Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. Ismail Kaşıkçı /-All rights reserved

171

Kaçak akımlar



Elektronik kartlar



Kalorifer boruları

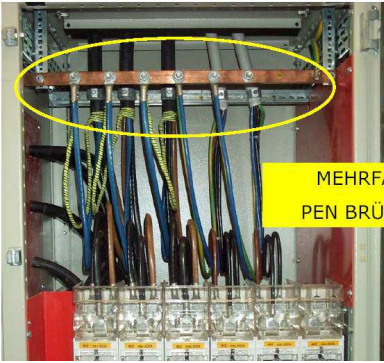


Su borusu

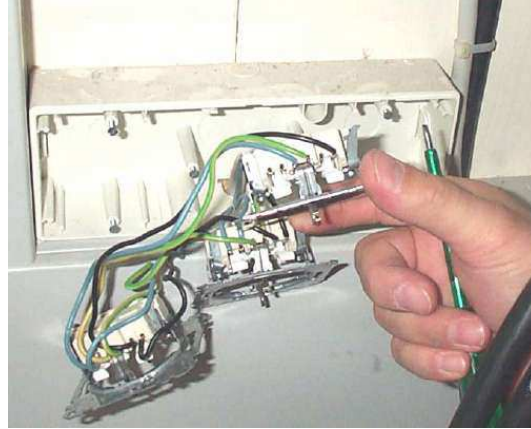
Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. Ismail Kaşıkçı /-All rights reserved

172



MEHRFACH
PEN BRÜCKEN



Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. Ismail Kaşıkçı /-All rights reserved

173

Bilgisayar bilgi- işlem kablosu



Bilgi-işlem daresinde topraklama iletkeni



Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. Ismail Kaşıkçı /-All rights reserved

174

6. Ölçüm sonuçları

EITY Taslak

236

DENEY SONUÇLARI LİSTESİ

Yüklenici: Dağıtım kutusunun yeri/Adresi: Deneyle kullanılan aletler: (Marka/No/Not 4)
 Dene tarihi: Topraklama sistemi: TN-S / TN-C-S / TT Çevrim empedansı:
 İmza: Besleme kaynağı nda Z_e Ω dur. Devamlılık:
 Dolaylı dokunmaya karşı koruma yöntemi: Faz-toprak kısa devre akımı: kA(Not 3)
 Denenecek donanım: (Not 5) Yalıtım: Artık akım kontrol cihazı:

İşin açıklanması :															
Devrenin Açıklanması	Aşırı akım Koruma cihazı			Deney sonuçları											
	Kısa devre kesme kapasitesikA (Not 6)			Hat iletkenleri		Devamlılık		Yalıtım direnci		Kutuplar	Toprak çevrim empedansı	Zsmax	Fonksiyon deneyleri		Açıklamalar
	Tip	Kategori I_n A	I_a A	Faz mm2	Koruma mm2	R_1+R_2 Ω	R_2 Ω	Faz-Faz M Ω	Faz-Toprak M Ω				Z_s Ω	AAA süresi ms	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Linye	Kablo kesiti mm ²	AAKC Tipi I_n	R_{yal} M Ω	I_{PE} mA	R_{PE} Ω	R_{PA} Ω	Z_s Ω I_k/A	RCD /30mA I_n $I_{\Delta n}$	U_T V	R_A Ω
1	NYM-J 3x1,5	B 10 A	>2,5	<10	<1	<0,1	1,84 125	25 22mA	2	25

175

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

7. Yanlış Ölçüm sonuçları

D-TEST SONUÇLARI:

ÖLÇÜM VE KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

No	ÖLÇÜLEN NOKTA	İLETKEN KESİTİ Ana /Koruma	I_n A	Açma Eğrisi Tipi	I_a A	Rx Ölçülen Ω	RA Sınır Ω	SONUÇ Rx \leq RA
1	Ana Dağıtım Panosu Koruma Topraklaması		400	TMŞ	4000	3,13		Not 1
2	Lift 1 (330893) Koruma Topraklaması		10	C	100	0,65	0,25	Not 2
3	Lift 2 (332562) Koruma Topraklaması		10	C	100	1,06	0,25	Not 2
4	Punto Makinesi Koruma Topraklaması		32	C	320	0,60	0,08	Not 2
5	Boya Fırını 1 Koruma Topraklaması		40	C	400	1,82	0,06	Not 2
6	Boya Fırını 2 Koruma Topraklaması		40	C	400	0,82	0,06	Not 2

AÇIKLAMALAR

- Dokunma gerilimi U_T , UTP ve koruma iletkenlerinin kesiti Elektrik tesislerinde topraklamalar yönetmeliğinin ilgili maddelerine göre düzenlenmiştir.
- I_n : Koruma düzeninin anma akımı
 I_a : Koruma düzeninin açma akımı
 Rx: Ölçülen topraklama yayılma direnci
 RA: Hesaplanan sınır topraklama direnci. (TT şebeke için RA=25V/ I_a)

176

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

9. YG Elektrik Tesislerinde Ölçme ve Denetleme EN 50522 Bölüm 8

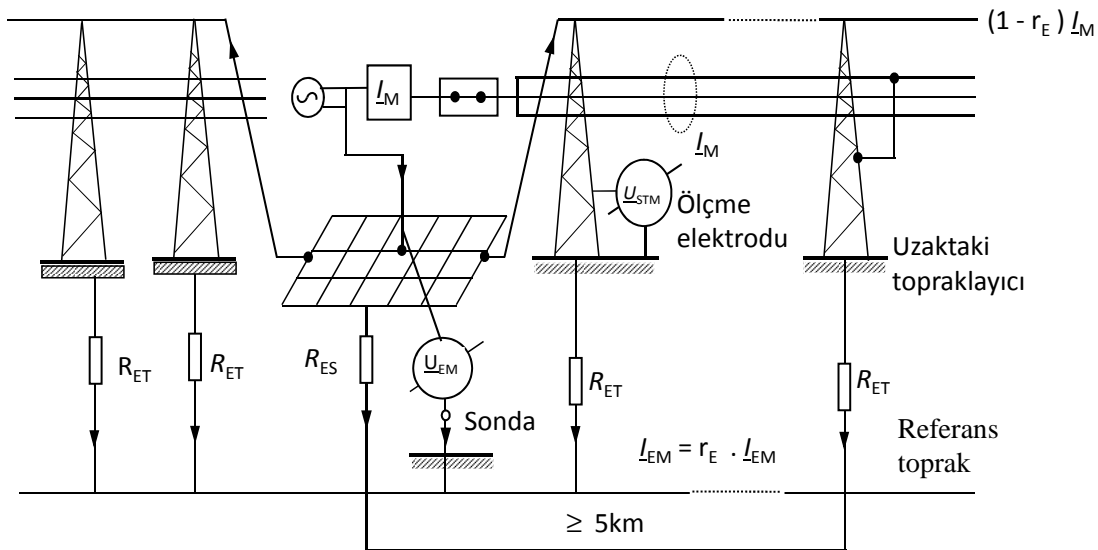


ETTY Sayfa 222

Ek N- YG'de Ölçme:

Yeni Tesis Edilecek veya Mevcut Topraklama Tesislerinde Yapılacak Ölçmeler

Akım-gerilim yöntemiyle topraklama empedansının belirlenmesine örnek

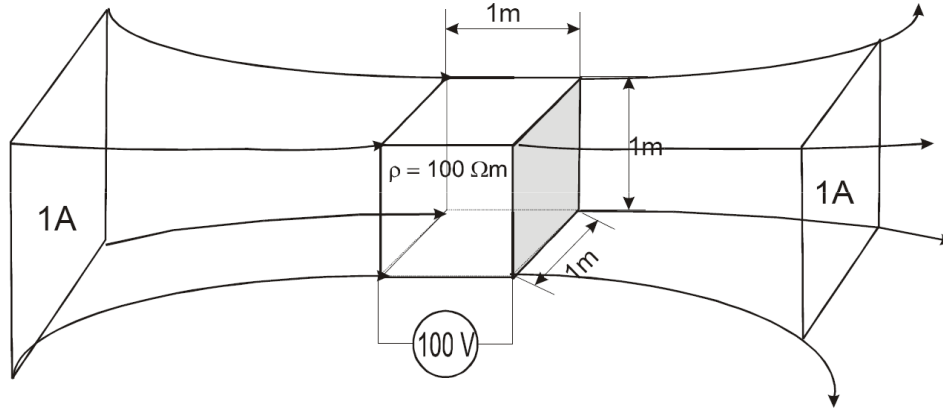


- I_M Deney akımı (genel olarak yalnızca akım veya gerilimin mutlak değeri belirlenir),
- I_{EM} Ölçme sırasında topraklama akımı (bu durumda doğrudan doğruya ölçülemez),
- r_E Uzaktaki topraklayıcıya kadar hattın azalma katsayısı,
- R_{ES} Topraklama şebekesinin (gözlü topraklayıcının) yayılma direnci,
- R_{ET} Direğin yayılma direnci,
- U_{EM} Ölçme sırasındaki topraklama gerilimi,
- U_{STM} Ölçme sırasındaki dokunma kaynak gerilimi.

Toprak Özgül Direnci (Toprak öz direnci)

Yere akan akım büyük dirençler ile karşılaşır. Topraklayıcıların dirençlerini hesaplamak veya ölçmek için toprağın özgül direncinin bilinmesi gerekmektedir. Toprak çok karışık bir iletken ve yapıya sahip olduğu için her toprağın cinsinin önceden bilinmesi önemlidir. Özgül toprak direnci toprağın sıcaklık ve nemine bağımlı olarak aylar arasında farklı değerler gösterir. Killi toprak ekili arazinin özgül toprak direnci 100 Ωm olduğunu kabul edersek, topraktan 1A geçtiğinde gösterilen alanda 100V oluşur.

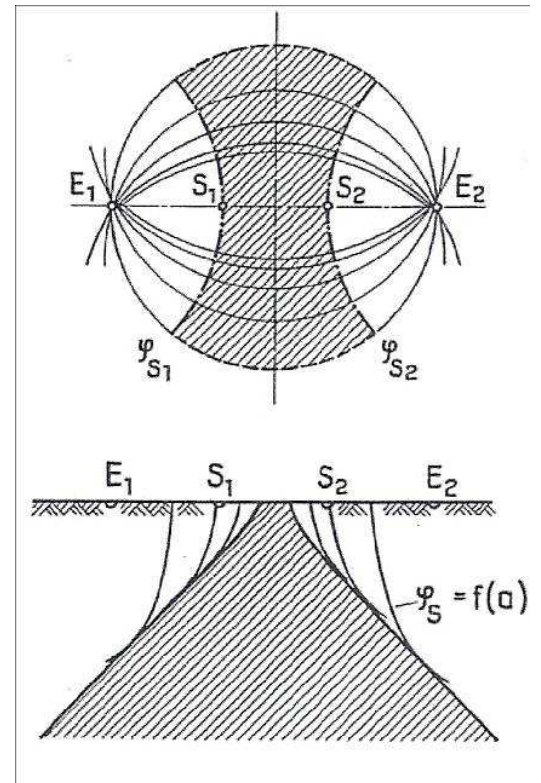
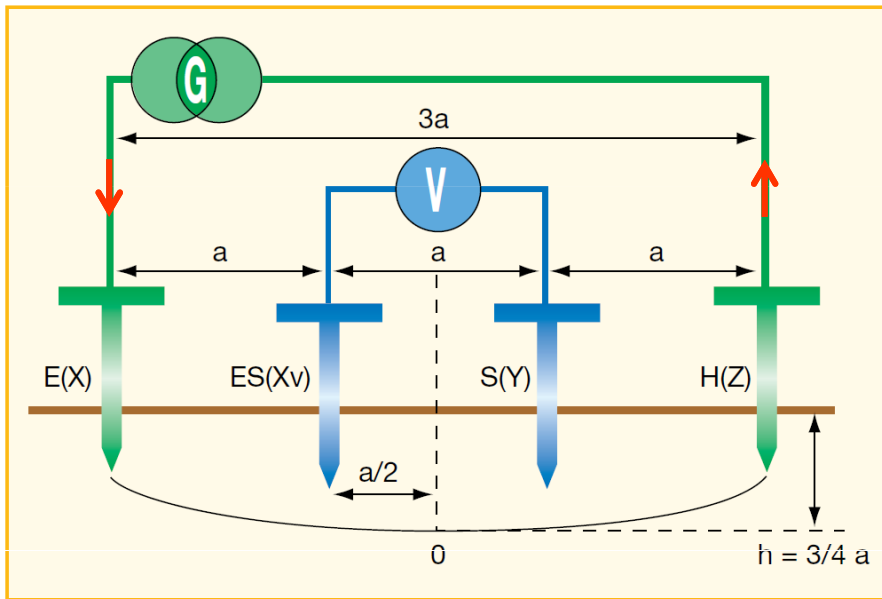
Kenarı 1 m olan bir kübün özgül direnci:



$$\rho_E = \frac{R \cdot A}{l}$$

$$\left[\frac{\Omega m^2}{m} = \Omega m \right]$$

Toprak Özgül Direnci Ölçümü Wenner Metodu



Wenner Metotuna göre Özgül Toprak Direncinin Ölçülmesi

Göz önüne alınan toprak tabakasında doğru bir çizgi üzerinde a (m) eşit uzaklıkta 4 adet kısa topraklama kazığı aşağı yukarı $a/3$ derinliğine çakılır ve sırasıyla topraklama ölçü köprüsünün 4 klemensine bağlanır. Bir çok yerde $a = 0,5$ m ve $a = 1$ m olacak şekilde ölçüler yapılır.

Özgül toprak direnci a derinliğe kadar olan toprağın ortalama değeri olarak geçerlidir. Topraklayıcının döşenme derinliğine tekabül eden a uzaklığı değiştirilerek elde edilen ölçüler vasıtasıyla en uygun özgül toprak dirençleri elde edilir.

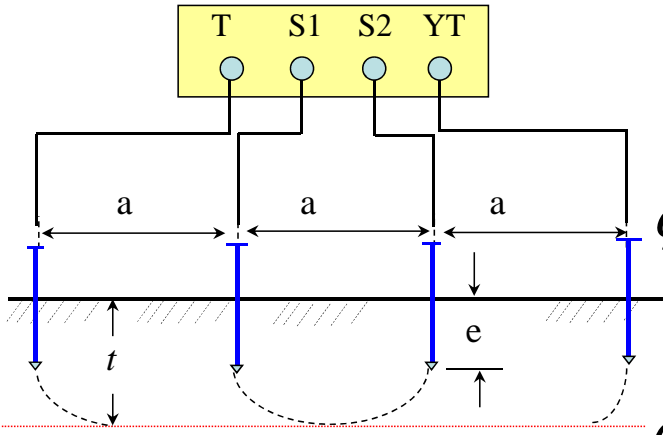
Ölçüm cihazının T ucundan 100-150 Hz $+ I$ akımı toprağa gönderilir. Bu akım $- I$ olarak YT noktasından geri döner ve S1 ve S2 uçlarında bir potansiyel farkı oluşur. Gerilim-Akım oranı Ω cinsinden cihazdan okunur.

Cihazdaki kısaltmalar: } T: Topraklayıcı (elektrot)
S1: 1. Sonda
S2: 2. Sonda
YT: Yardımcı topraklayıcı (elektrot)

181

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved



S1 ve S2 noktalarında T ve YT elektrotlarının oluşturduğu potansiyel:

$$\phi_{P1} = \frac{\rho_E \cdot I}{2\pi} \cdot \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} \right) = \frac{\rho_E \cdot I}{4\pi a}$$

$$\phi_{P2} = \frac{\rho_E \cdot I}{2\pi} \cdot \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a} \right) = -\frac{\rho_E \cdot I}{4\pi a}$$

T ve YT elektrotundan r uzaklıktaki bir noktanın potansiyeli:

$$\phi = \frac{\rho_E \cdot I}{2\pi \cdot r}$$

$$U = \phi_{P2} - \phi_{P1} = \frac{\rho_E \cdot I}{4\pi a} - \left(-\frac{\rho_E \cdot I}{4\pi a} \right)$$

$$U = \frac{\rho_E \cdot I}{2\pi a}$$

182

Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama

© Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı /-All rights reserved

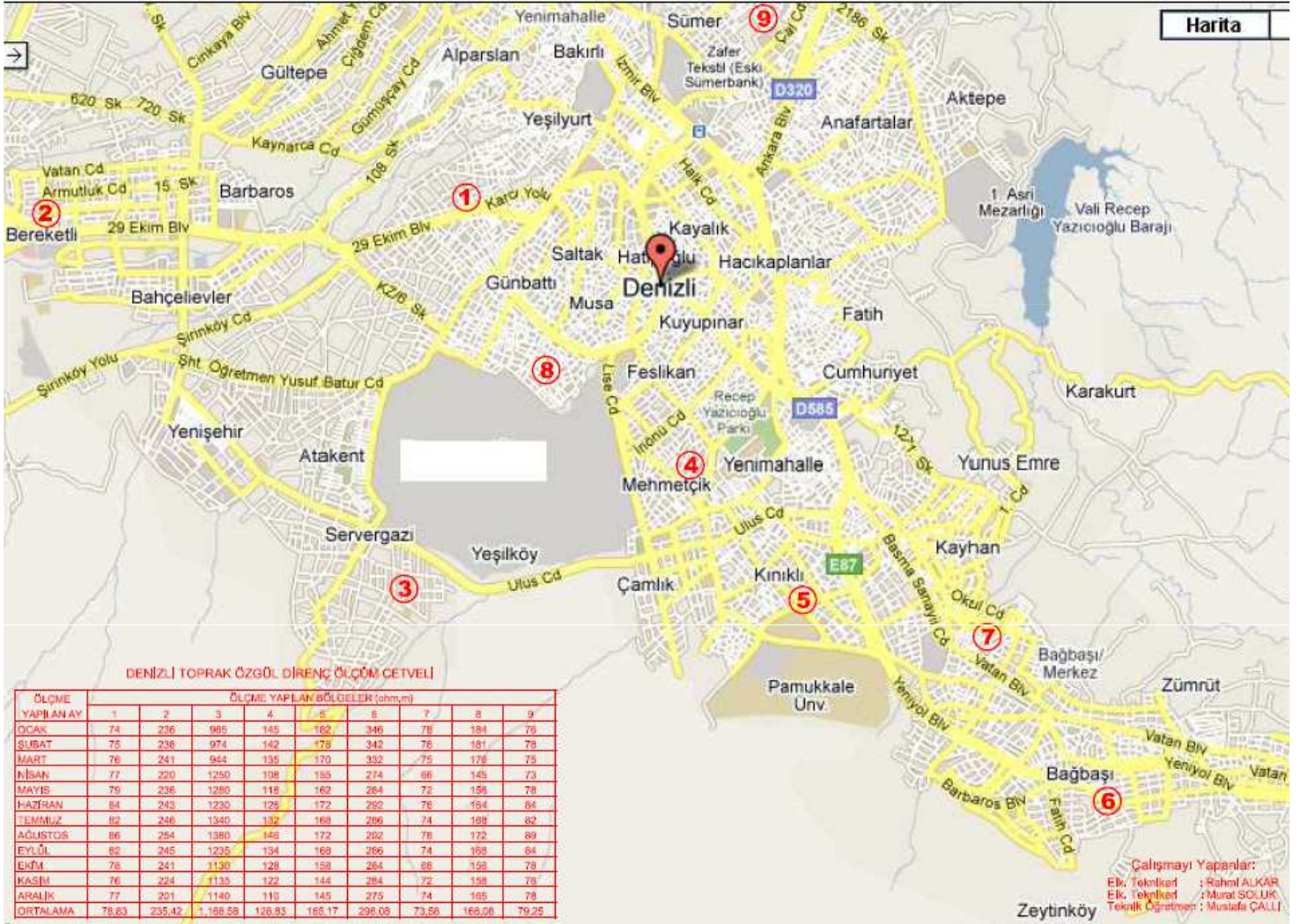
S1 ve S2 arasında kalan toprağın özgül direnci:

$$R = \frac{U}{I} \quad R = \frac{\rho_E \cdot I}{2\pi \cdot a} = \frac{\rho_E}{2\pi \cdot a}$$

$$\rho_E = 2\pi \cdot a \cdot R$$

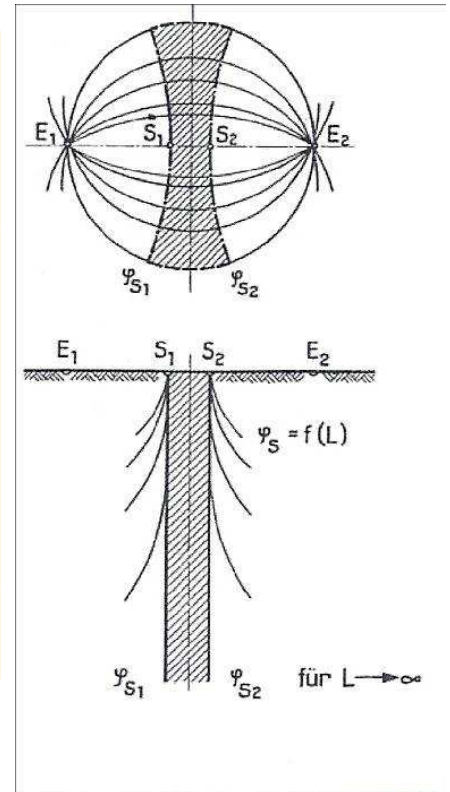
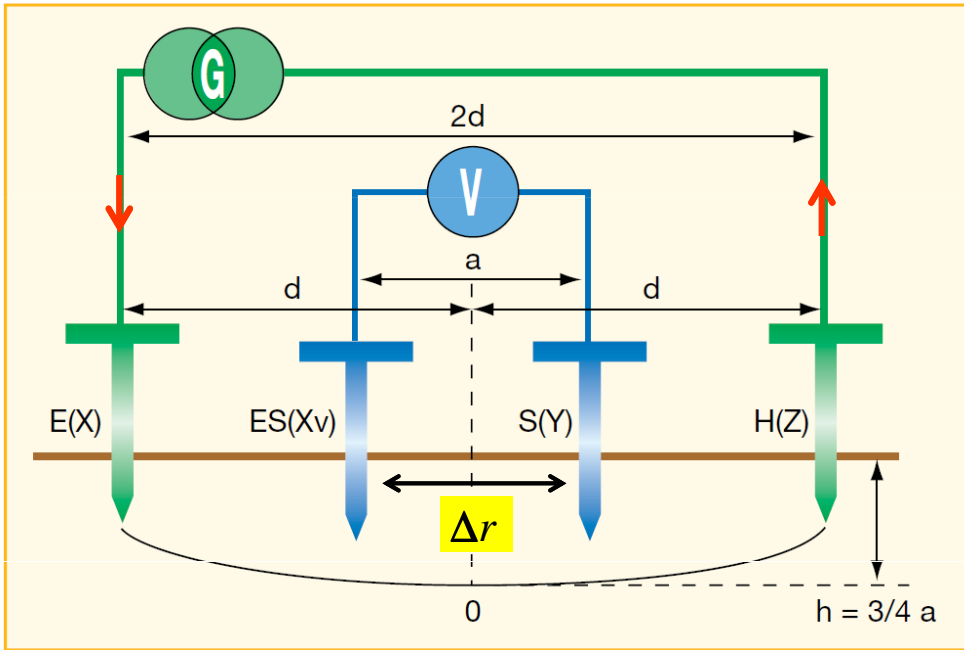
Ölçülen toprak özgül direnci görünen spesifik dirençtir. Aşağıdaki şartlar geçerlidir:

$$\rho_E \approx a \quad t = a \quad e \leq a/3 \quad t = 20 \dots 30cm$$



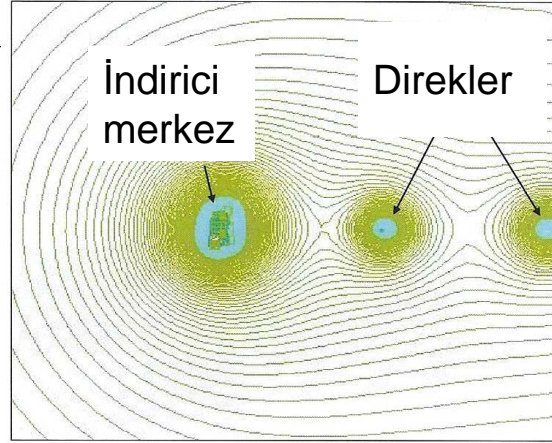
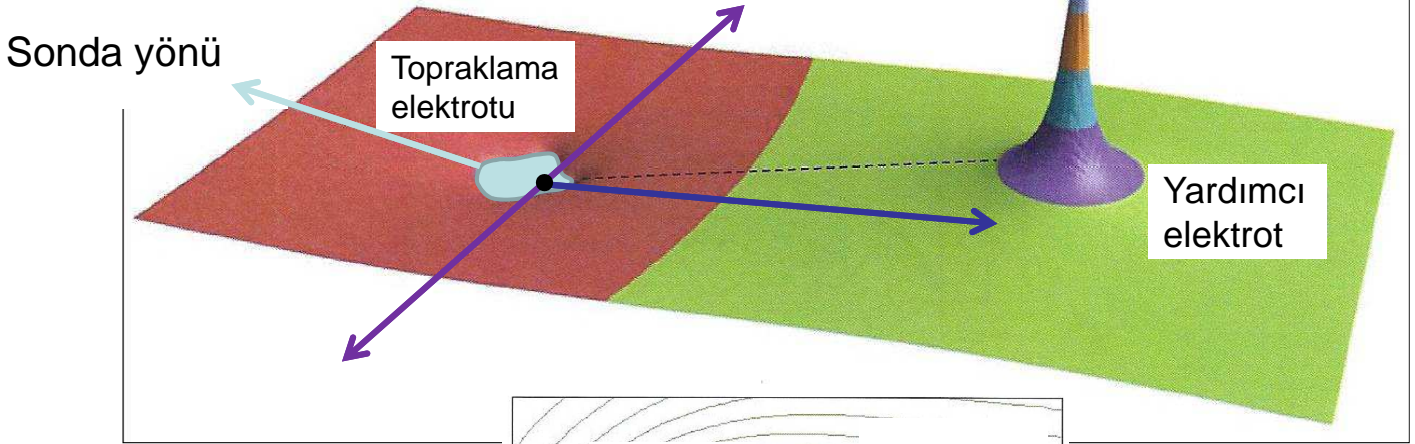
ÖLÇME YAPILAN AY	DENİZLİ TOPRAK ÖZGÜL DİRENÇ ÖLÇÜM CETVELİ								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
OCAK	74	236	985	145	182	346	78	184	76
ŞUBAT	75	238	974	142	176	342	76	181	78
MART	76	241	944	135	170	332	75	176	75
NISAN	77	220	1250	108	155	274	66	145	73
MAYIS	79	236	1280	118	162	284	72	156	78
HAZİRAN	84	243	1230	126	172	292	76	164	84
TEMMUZ	82	246	1340	132	168	286	74	168	82
AĞUSTOS	86	254	1380	146	172	292	78	172	89
EYLÜL	82	245	1235	134	168	286	74	168	84
EKİM	78	241	1130	128	158	284	68	156	78
KASIM	76	224	1135	122	144	284	72	158	76
ARALIK	77	201	1140	110	145	275	74	165	78
ORTALAMA	78,83	235,42	1,168,58	128,83	165,17	298,08	73,58	166,08	79,25

Özgül toprak direnci ölçümü Schlumberger Metodu



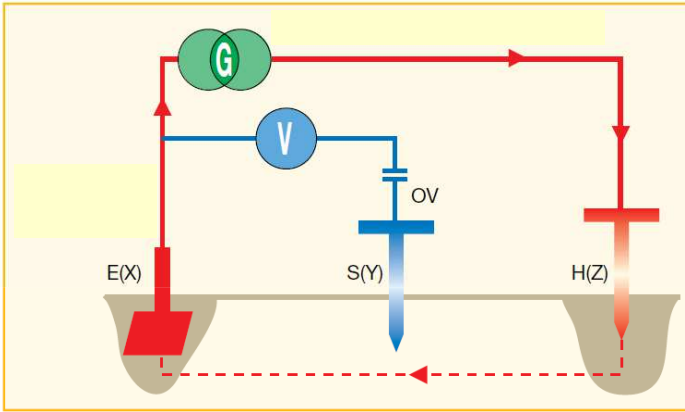
$$\rho = \pi \frac{r^2}{\Delta r} \cdot R$$

Topraklama empedansı ölçüm sorunları

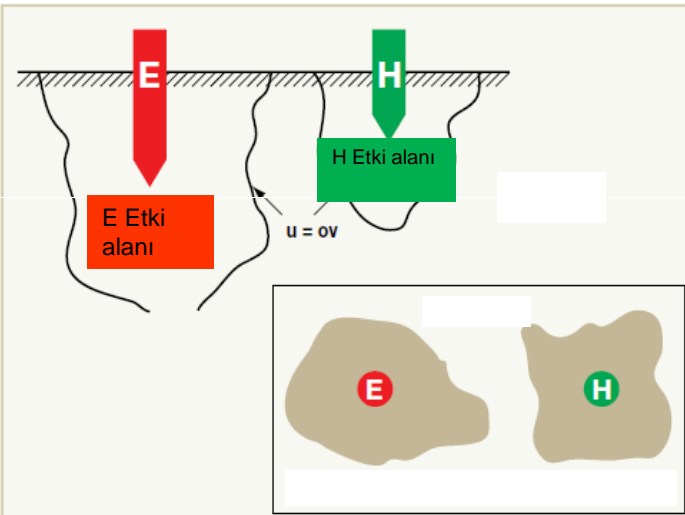


187

Topraklama direnci ölçümü- İki Nokta ölçümü (Tek elektrot)

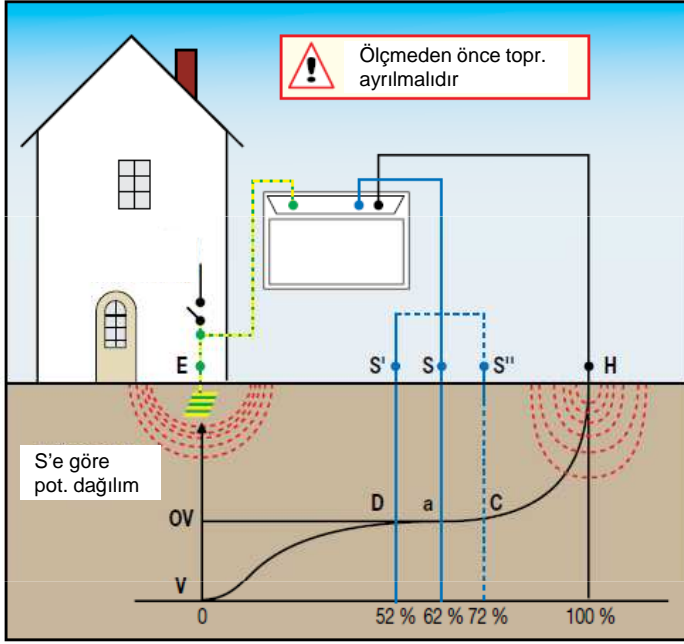


Bu ölçüm basit olmakla birlikte, hata oranları yüksektir. Bağlantı kablo dirençleri ölçümü etkiler.



188

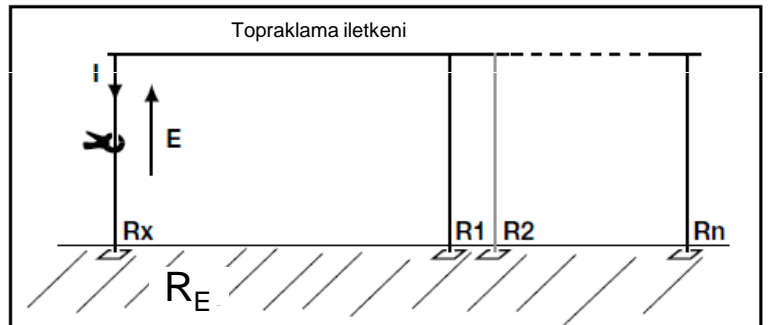
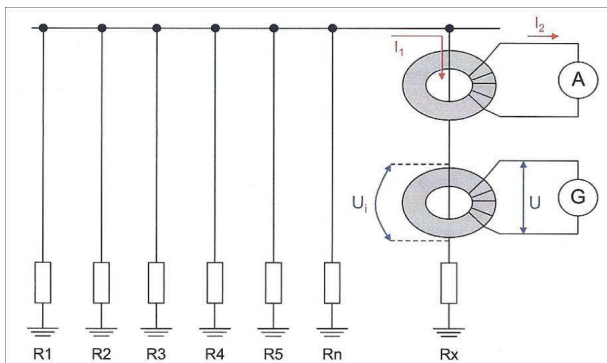
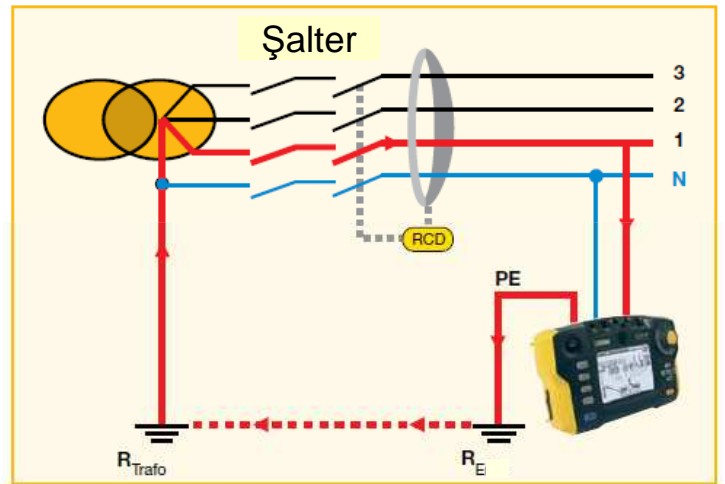
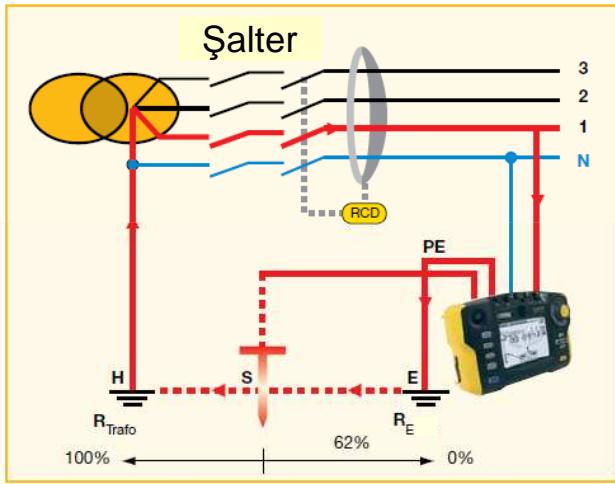
Üç Nokta ölçümü



Bu ölçüm küçük tesislerde kullanılır ve %62 yöntemi olarak bilinir. S kazığı hareket ettirilerek potansiyel etki alanı dışına çıkarılır.

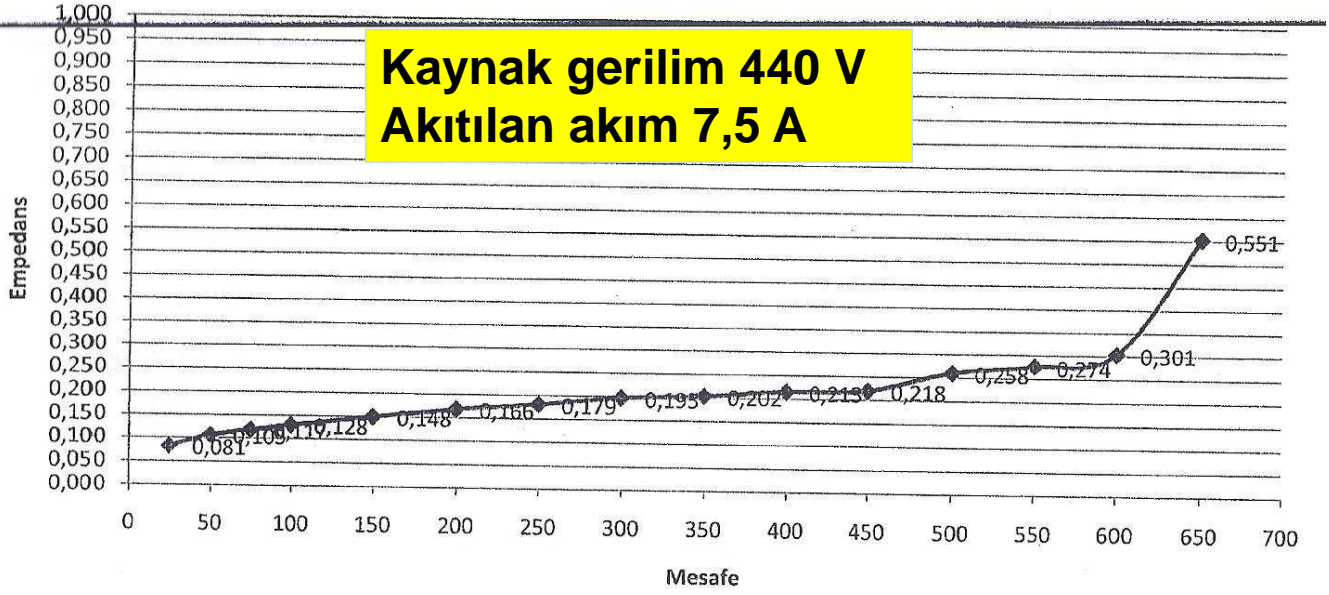
Büyük tesislerde dört nokta yöntemi, doğrular yöntemi ve eğim yöntemi uygulanır. İletken dirençleri dikkate alınmadığından daha iyi sonuçlar verir. Tercih edilen ölçüm metotudur.

Çevrim metodu ve akım trafosu ile topraklama direnci ölçümü



Topraklama empedans ölçümlerine örnekler

154 kV Şalt sistemi ölçüm raporu



İzin verilem maksimum toprak empedans değeri 0,5 Ohm
Ölçülen toprak empedans değeri 0,213 Ohm
Hesaplanan maksimum dokunma gerilimi 867,42 V
Ölçülen maksimum dokunma gerilimi 102,848 V

Topraklama empedans ölçümlerine örnekler



220 kV/ 110 kV / 20 kV
indirici merkez



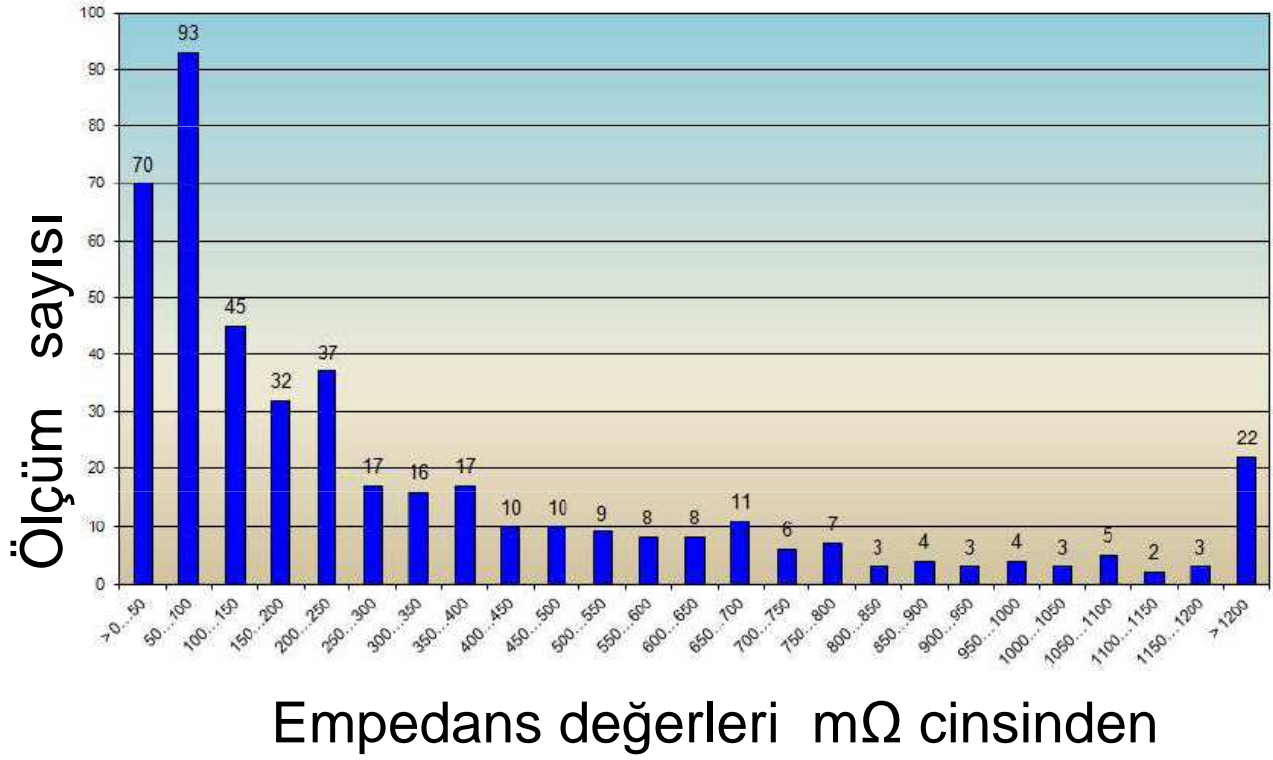
20 kV/ 0,4 kV
Dağıtım
transformatörü



110 kV
iletim direği

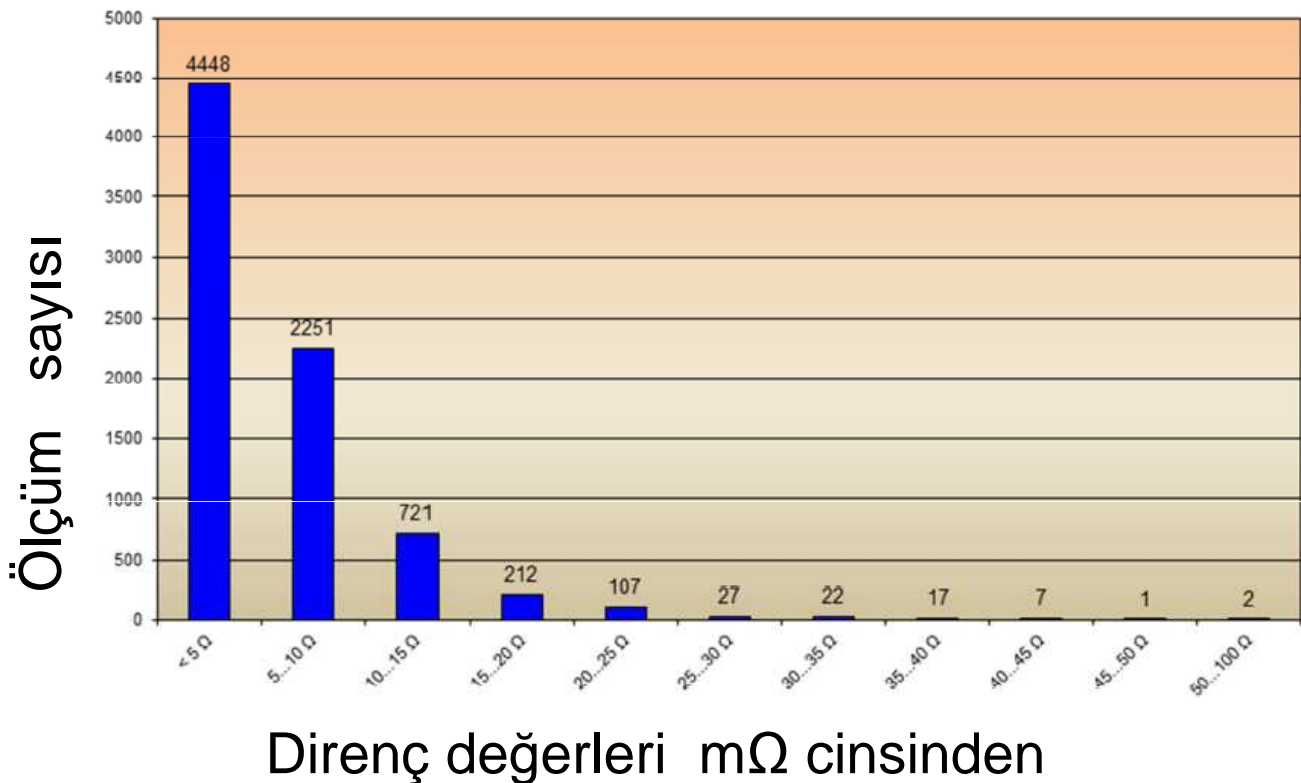


397 dağıtım merkezinde yapılan topraklama empedans ölçümleri

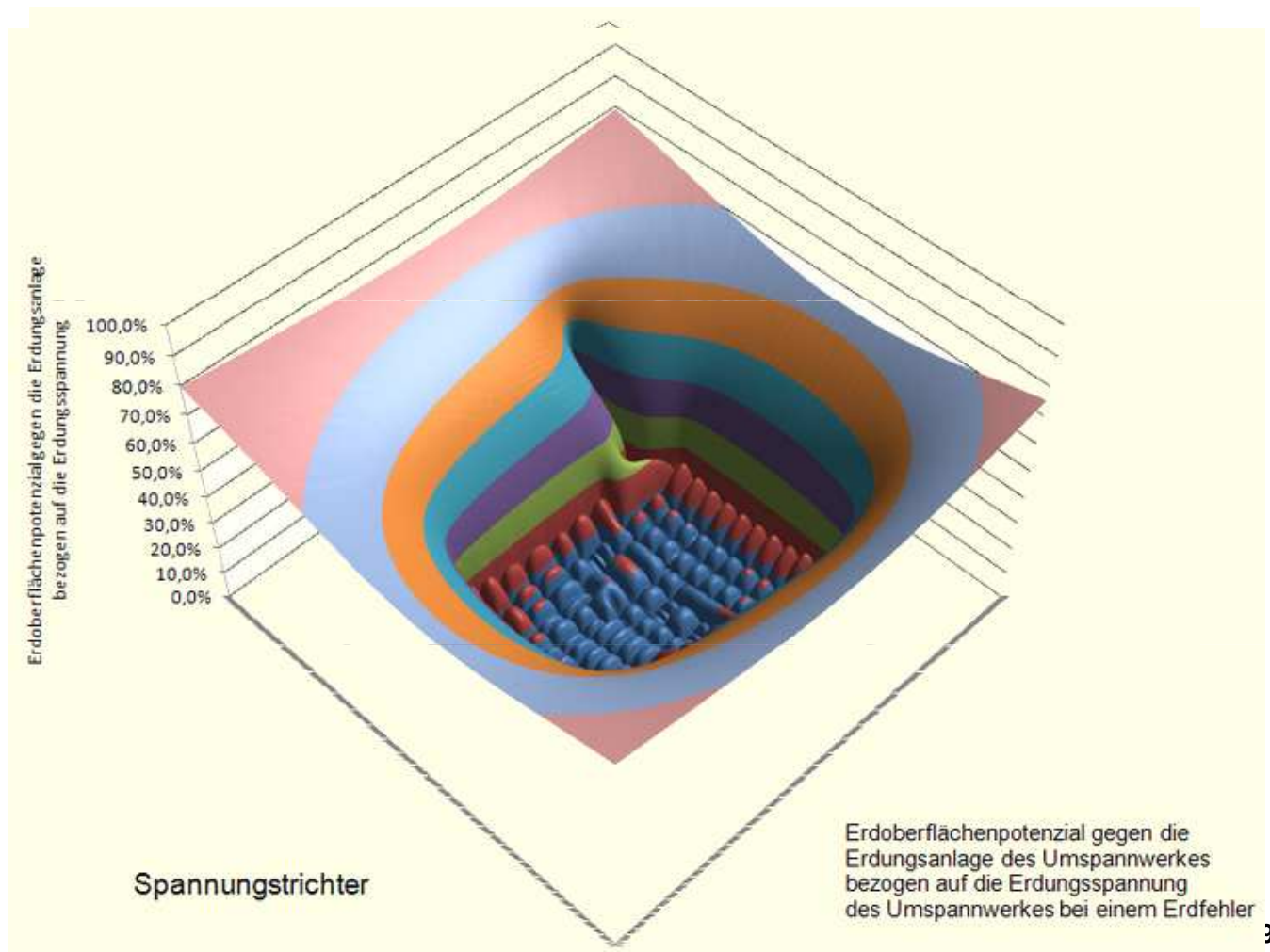


Empedans değerleri mΩ cinsinden

7815 adet , 380 kV iletim direklerinde yapılan topraklama ölçümleri



Direnç değerleri mΩ cinsinden



95

Yazarın Yayınları:

1. I. Kasikci: Projektierung von Niederspannungsanlagen, Hüthig-Verlag, Heidelberg, 3. Auflage,2010, ISBN: 978-3-8101-0274-4
2. Kasikci, Projektierungshilfe elektrischer Anlagen in Gebäuden, Schriftenreihe 148, 7. Auflage, VDE-Verlag , 2012.
3. I. Kasikci, Kurzschlussstromberechnung in elektrischen Anlagen, DIN EN 60909-0 (VDE 0102), 3.Auflage 2011, Expert-Verlag, ISBN: 978-3-8169-3060-0
4. İsmail Kaşıkçı, Analysis and Design of Low Voltage Power Systems, Wiley-VCH, 2004 ISBN 3-527-30483-5
5. İsmail Kaşıkçı, Short Circuits in Power Systems, Wiley-VCH, 2004, ISBN 3-527-30482-7
6. İsmail Kaşıkçı, Kompendium Planung von Elektroanlagen, Springer, 2001 ISBN 3-540-66290-1
7. İsmail Kaşıkçı, Alçak Gerilim Elektrik Tesislerinin Projelendirilmesi,Cihazlar, Standartlar, Pratik Uygulama Ornekleri, ETMD Dizisi 02, 2002, ISBN 975-97704-0-7
8. İsmail Kaşıkçı, Elektrik Tesislerinde Topraklama Yönetmeliği Uygulama Kitabı, ETMD Dizisi 01,2002, ISBN 975-97704-0-1-5:
9. İsmail Kaşıkçı, AG Elektrik Tesislerinde Topraklama ve Ölçme Tekniği, TMMO EMO İzmir, 2004,ISBN 975-97704-0-1-5
10. İsmail Kaşıkçı,YG Elektrik Tesislerinde Topraklama, TMMO EMO İzmir, 2004 ISBN 975-97704-0-1-5
11. İsmail Kaşıkçı, IEC 60 909: Elektrik Tesislerinde Kısa Devre Hesapları, Birsen yayınevi, 2007
12. İsmail Kaşıkçı, Uygulamalı Alçak Gerilim Elektrik Tesisleri, IEC 60364 Normları ve Açıklamaları ISBN 978-975-511-532-0
13. İsmail Kaşıkçı, AG Elektrik Tesislerinde Topraklama ve Ölçme, IEC 60364 Bolum 30, 41, 54, 600,DIN 18014, DIN VDE 01701.0702, ISBN 978-975-511-531-3
14. İsmail Kaşıkçı, Elektrik İc Tesisleri Yönetmeliği, Topraklamalar Yönetmeliği ve Proje HazırlamaYönetmeliğinin Uygulanması (Hazırlanmakta)
15. İsmail Kaşıkçı, Temel Muhendislik Formulleri (Hazırlanmakta)
16. İsmail Kaşıkçı, Elektrik Muhendisliği, Üretim, İletim ve Dağıtım (Hazırlanmakta)