

# ELEKTRİK TESİSLERİNDE DOLAYLI DOKUNMAYA KARŞI TOPRAKLAMA

Hazırlayan : Y.Müh. İsa İLİSU

İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi Emekli Öğr. Görevlisi

İnsan iç direnci dokunma gerilimine olduğu kadar, kişiden kişiye; dokunma noktalarının yeri ve durumuna göre değişiklikler gösterdiği için akım büyüklükleri ile hesap yapmak olanaksızdır. Bu sebeple dokunma gerilimi ve etki süresi büyüklüklerine bağlı olarak tehlike sınırları tarif edilmiştir.

Dokunma gerilimi ve vücut akımı ile ilgili diğer bilgiler Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği Ek-C de bulunmaktadır.

Alçak gerilim için izin verilen dokunma gerilimi  $U_L = 50 \text{ V}$ 'u aşmayacaktır. Şantiyeler, tarım alanları v.b. yerlerde bu değer  $25 \text{ V}$  olarak sınırlanmıştır. 230/400 V alçak gerilim şebekelerinde hatalı devre genel olarak:

5 s ve  
TN sistemde el aletleri ve portatif cihazlar için 0,4 s  
içinde kesilmelidir.

Yüksek gerilim tesislerinde dokunma gerilimi sınırları ise aşağıdaki eğri ile verilmiştir.

## **Alçak gerilim tesislerinde dolaylı dokunmaya karşı koruma yöntemleri:**

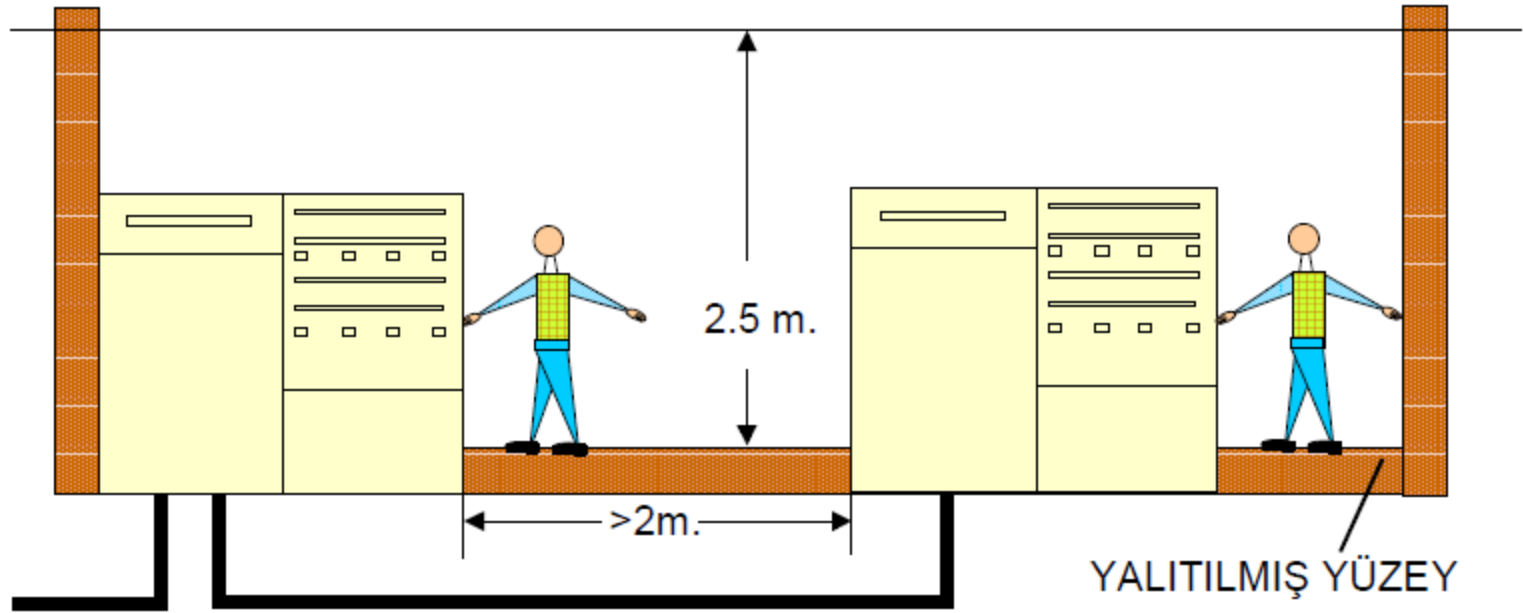
- Beslemenin otomatik olarak ayrılması ile koruma,
- Koruma sınıfı II olan donanım veya eşdeğeri yalıtım ile koruma,
- İletken olmayan mahallerde koruma,
- Topraklamasız tamamlayıcı yerel eşpotansiyel kuşaklama ile koruma,
- Elektriksel ayırma ile koruma,
- Küçük gerilim,

olarak adlandırılan yöntemler ihtiyaca uygun olarak değişik yerlerde uygulanır.

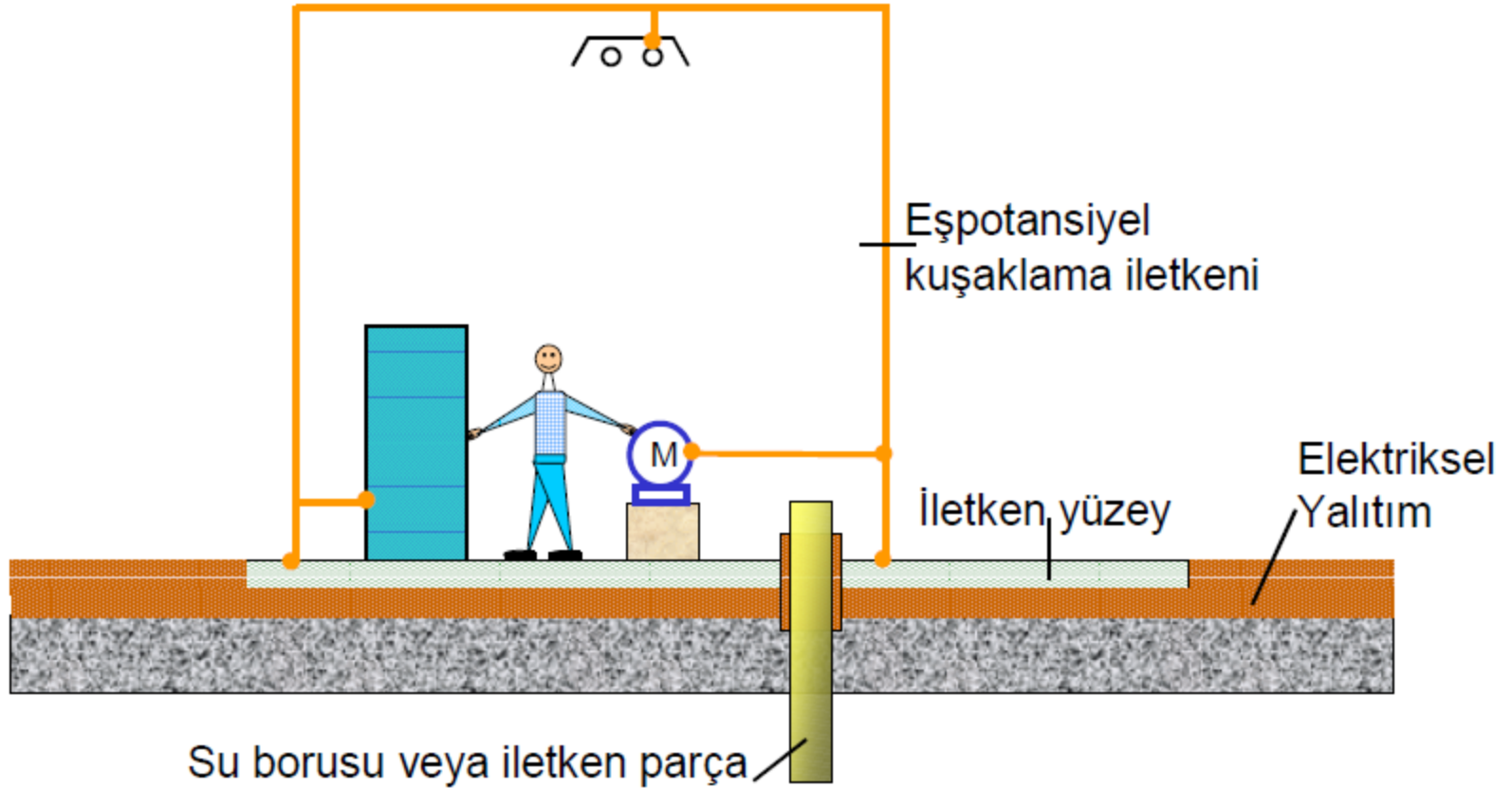
## **Yüksek gerilim tesislerinde dolaylı dokunmaya karşı koruma yöntemleri:**

Yüksek gerilim tesislerinde dolaylı dokunmaya karşı tek koruma yöntemi topraklamadır.

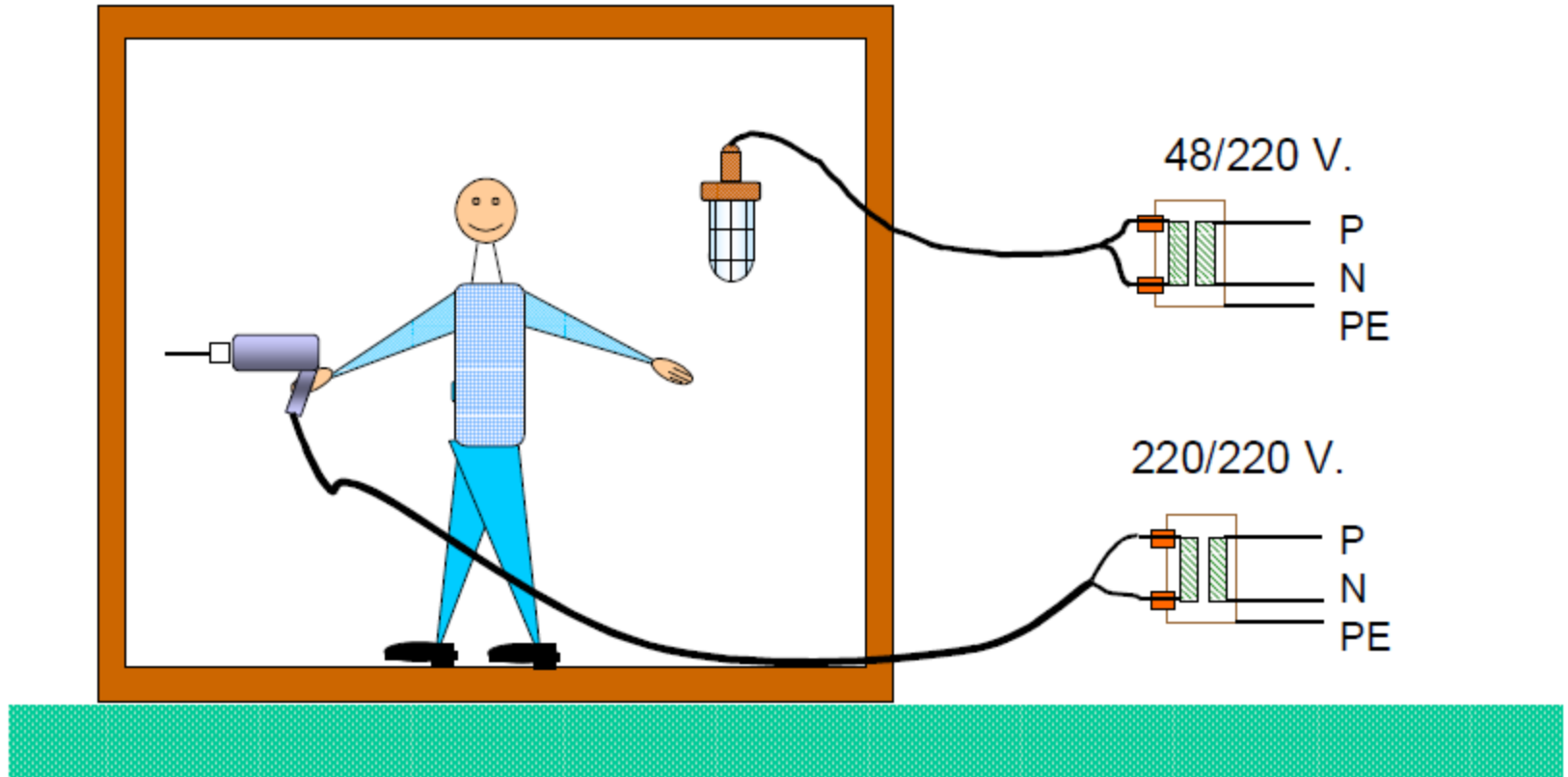
## İLETKEN OLMAYAN MAHALLERDE KORUMA



# TOPRAKLAMASIZ TAMAMLAYICI YEREL EŞPOTANSİYEL KUŞAKLAMA İLE KORUMA



# ELEKTRİKSEL AYIRMA İLE KORUMA (İletken Mahaller)



## Topraklama

**Tanım:** Elektrikli işletme araçlarının (generatör, transformator, motor, kesici, ayırıcı, direk, aydınlatma armatürü, buz dolabı, çamaşır makinası v.b.) aktif olmayan (normal işletmede gerilim altında olmayan) metal kısımlarının bir iletken üzerinden toprakla birleştirilmesidir.

Toprakla bağlantı çeşitli şekillerdeki topraklayıcılarla (toprak elektrotları) yapılır.

## **Topraklamanın amaca göre sınıflandırılması**

Topraklama başlıca üç amaçla yapılmaktadır.

### **1. Koruma topraklaması**

İnsanları tehlikeli dokunma gerilimlerine karşı korumak için işletme araçlarının aktif olmayan metal kısımlarının topraklanması. (Normal şartlarda gerilim altında olmayan kısımlar)

### **2. İşletme topraklaması**

İşletme akım devresinin, tesisin normal işletilmesi için topraklanması. (Aktif kısımların topraklanması. Normal şartlarda gerilim altında olabilen kısımlar)

### **3. Fonksiyon topraklaması**

Bir iletişim tesisinin veya bir işletme elemanının istenen fonksiyonu yerine getirmesi için yapılan topraklama.

Yıldırım etkilerine karşı koruma, raylı sistem topraklaması, İletişim tesisleri işletme topraklaması.



### **Koruma topraklamasının etki şekli:**

- A- Topraklanacak cihaz veya bölüm ile referans toprak (topraklanan nesnenin elektrodundan oldukça uzak, en az 20 m, bir toprak parçası) arasındaki direncin (topraklama direnci, elektrot yayılma direnci) olabildiğince küçük olmasını sağlamak,
- B- Bu suretle doğacak hata akımlarını yeteri kadar büyültmek ve bu sırada dokunma gerilimini tehlike sınırları içinde tutmak,

Bu maksatla yapılan topraklamaya KORUMA TOPRAKLAMASI denmektedir.

## TANIMLAR

**Koruma iletkeni (PE) :** İşletme elemanlarının aktif olmayan bölümlerini:

- Potansiyel dengeleme barasına,
- Topraklayıcılara ,
- Elektrik enerji kaynağının topraklanmış noktasına,

bağlayan iletkenidir.

**Koruma iletkeni + nötr iletkeni (PEN) :** Koruma iletkeni ve nötr iletkeni fonksiyonlarını bir iletkende birleştiren topraklanmış iletken.

**Temel topraklayıcı :** Beton içine gömülü, toprakla beton vastası ile geniş yüzeyli olarak temasta bulunan iletken.

**Topraklayıcının yayılma direnci :** Bir topraklama tesisi ile referans toprak arasındaki direnc.

**Topraklama gerilimi :** Topraklama tesisi ile referans toprak arasında oluşan gerilim.

**Dokunma gerilim :** Topraklama geriliminin insan tarafından köprülenen bölümü

**Potansiyel sürüklenmesi:** Bir topraklama tesisinin yükselen potansiyelinin, bu tesise bağılı bir iletken yolu ile uzak bir bölgeye taşınmasıdır.

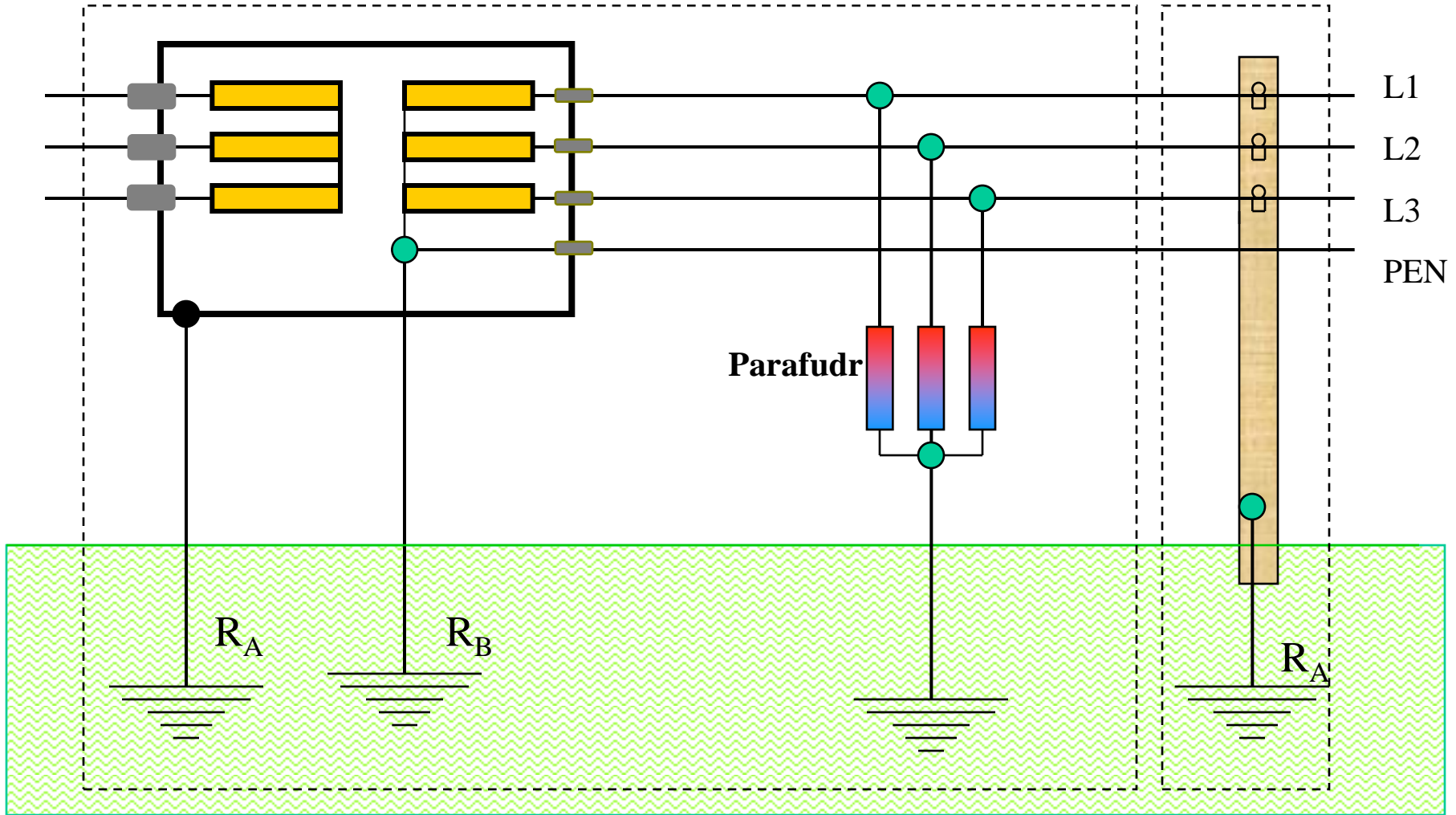
**Potansiyel düzenlenmesi:** Bir topraklama tesisinin potansiyel dağılımını adım ve dokunma gerilimlerini küçültmek için, düzenleyici elektrotlar yerleştirilmesi

**Potansiyel dengelenmesi:** İletken kısımlar arasında potansiyel farklarının ortadan kaldırılması. Koruma iletkenleri ile iletken yapı kısımları arasında ya da yapı bölümleri arasında potansiyel farklılıklarının giderilmesi amacı ile yapılan düzenlemeler.

**Potansiyel dengeleme hattı (Eşpotansiyel kuşaklama):** Potansiyel dengelemesini sağlamak amacı ile kullanılan bağlantı iletkenleri.

**Global topraklama sistemi:** Yerel topraklama tesislerinin birbirlerine bağlanması ile elde edilen topraklama sistemi. Böyle sistemler toprak arıza akımının bölünmesine yol açarak, topraklama sisteminde topraklama geriliminin küçültülmesini sağlar.

## Topraklamaların amaçlarına örnekler



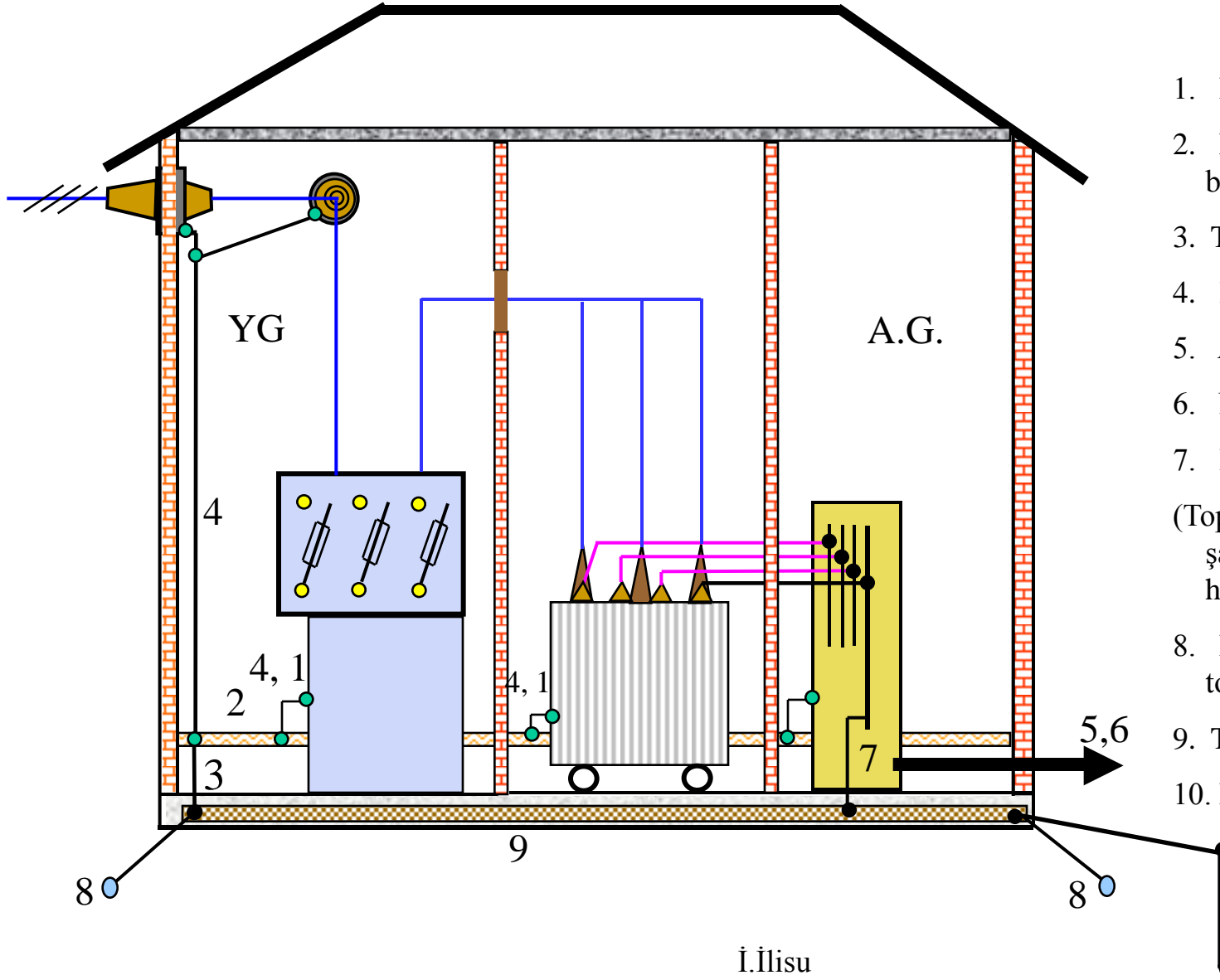
Koruma  
topraklaması

İşletme  
topraklaması

Fonksiyon  
topraklaması

Koruma  
topraklaması

## Topraklamada kullanılan önemli tanımlar



1. Koruma topraklaması
2. Potansiyel dengeleme barası
3. Topraklama iletkeni
4. Koruma iletkeni
5. A.G.kabloları
6. Nötr (N) veya PEN
7. İşletme topraklaması  
(Topraklamaların birleşmesi şartlarının geçerli olması halinde)
8. Potansiyel düzenleyici topraklayıcılar
9. Temel topraklama
10. Derin topraklayıcı

## Topraklayıcıdan akım geçmesi

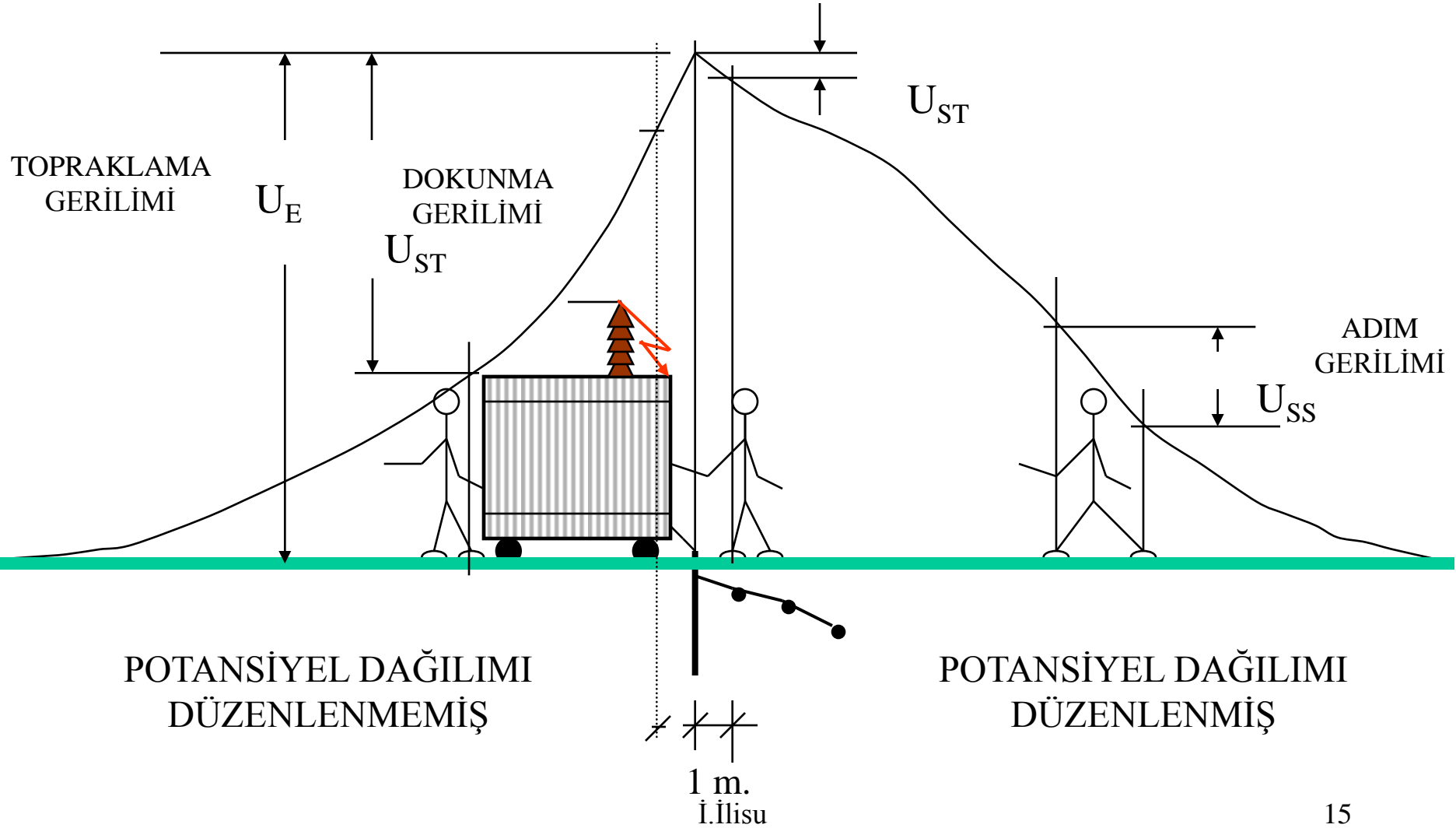
Bir topraklayıcıdan (topraklama elektrodundan) toprağa akım aktığı zaman topraklayıcıdan itibaren çevreye doğru akım yayılması meydana gelir. Bu yayılma topraklayıcı çevresindeki potansiyelin yükselmesine yol açar. Toprak içinde eşpotansiyel noktaları birleştiren eğrilerin bir potansiyel çadırı veya konisi meydana getirdiği düşünülür. Topraklayıcı çevresindeki potansiyel değişimi, referans toprak ile topraklayıcıya doğru değişik noktalar arasındaki gerilim ölçülerek bulunur.

Aşağıdaki slaytlar da bir çubuk elektrot çevresindeki, gerçek değerlere göre çizilmiş, potansiyel dağılımı da gösterilmiştir. Elektrota yakın noktalarda potansiyel, hızla değişmektedir.

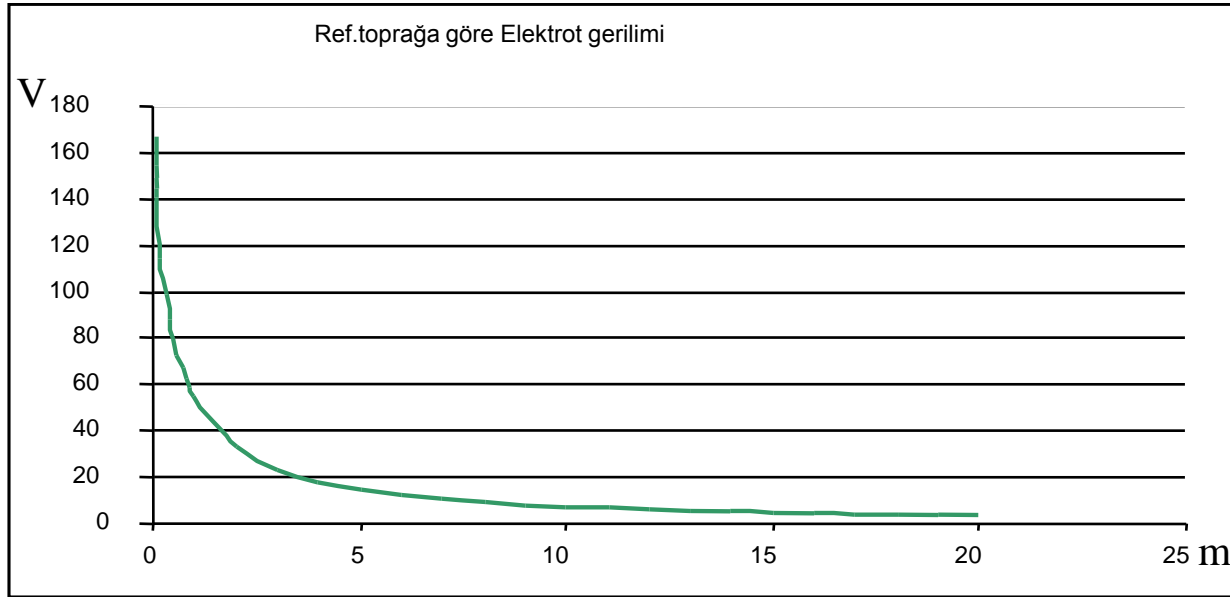
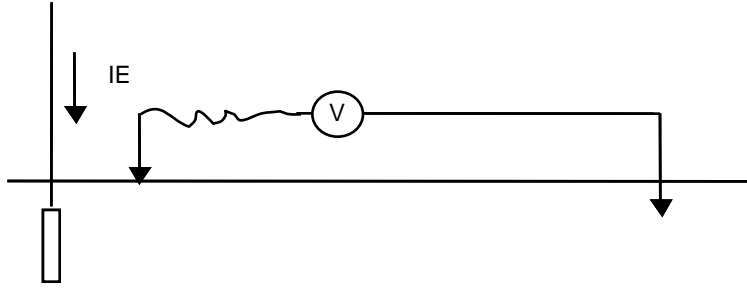
Bir topraklama elektrodunun yükselen potansiyeli, bu elektrodun etki alanında bulunan ikinci bir elektroda bağlı metal kısımlara taşınarak, bu kısımlarda referans toprağa karşı gerilim yükselebilir. Bu olaya Potansiyel sürüklenmesi adı verilmektedir.

Adım gerilimleri, şekillerden de görüldüğü gibi, elektrot çevresinde yüksek olacaktır. Potansiyel değişiminin yumuşatılması maksadı ile elektrot çevresine potansiyel düzenleme elektrotları yerleştirilir.

## Potansiyel dağılımı



## Çubuk topraklayıcı çevresinde potansiyel dağılımı



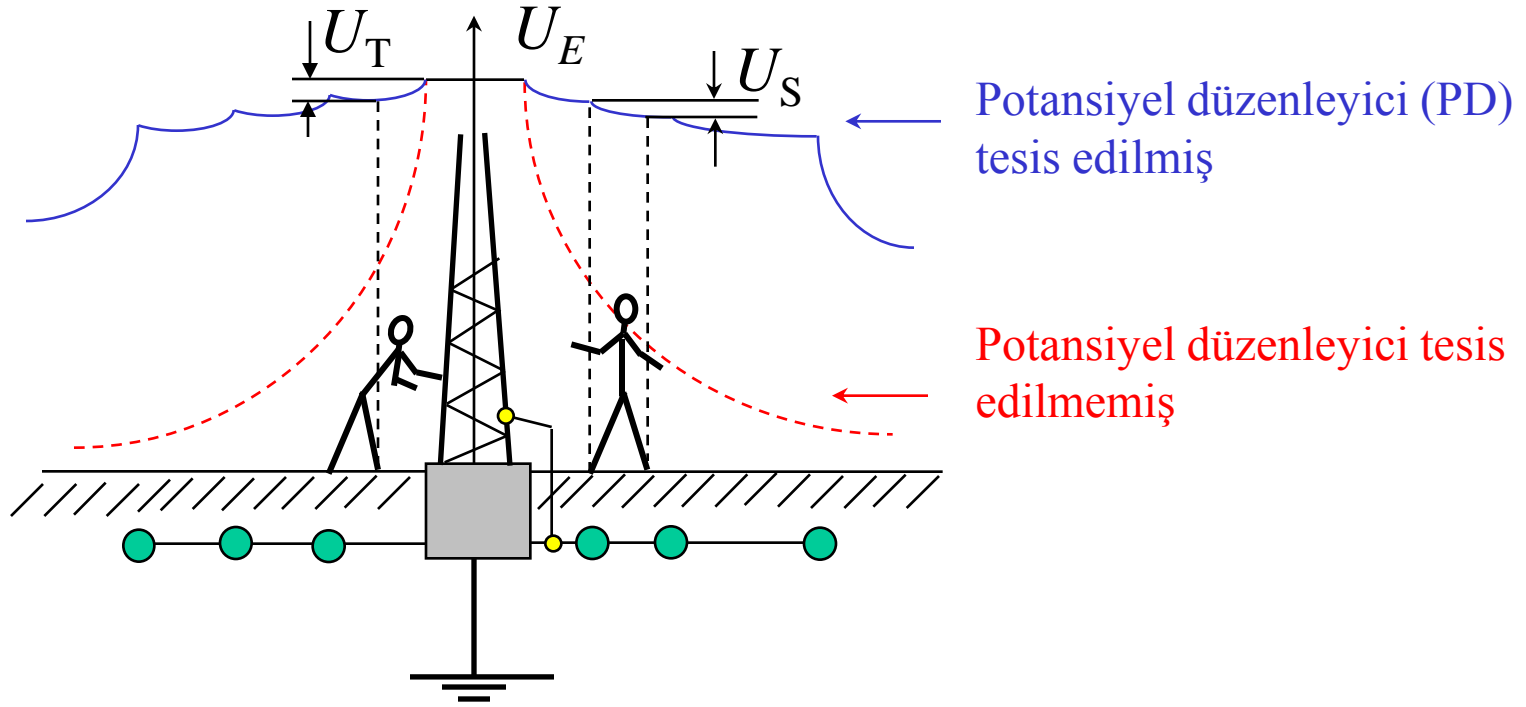
$L = 2 \text{ m.}$   $D = 2.5 \text{ cm.}$   $\rho_E = 10 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$   $I_E = 96 \text{ A.}$   $r = \text{Elektrotdan uzaklık}$

$$\varphi = U - \left( \frac{I_E \cdot \rho_E}{2\pi \cdot L} \right) \cdot \ln \left( \frac{4 \cdot L \cdot r}{D(L + (r^2 + L^2)^{1/2})} \right)$$

İ.İlisu



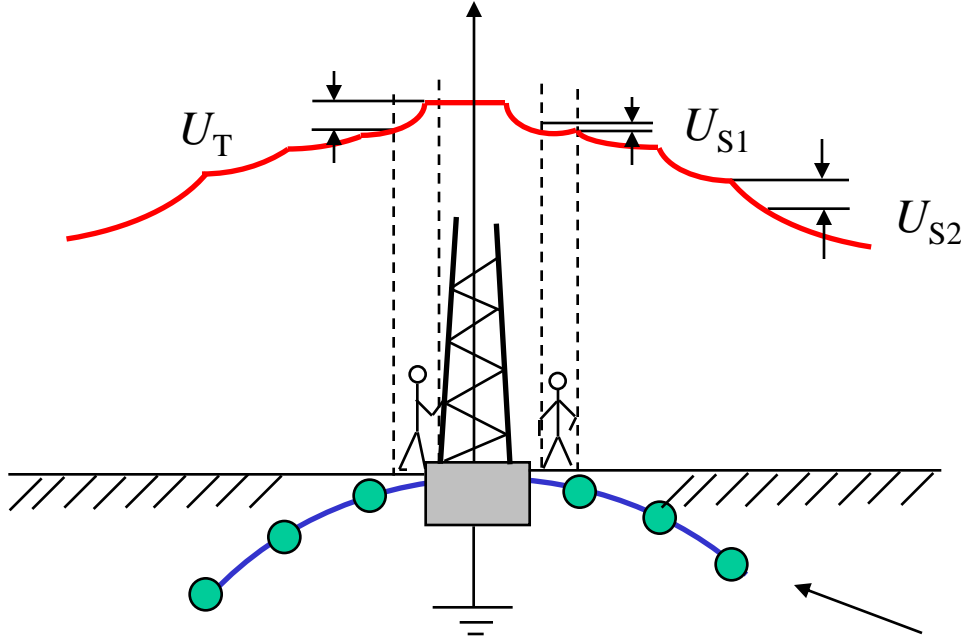
## Potansiyel düzenleme



Eşit derinliklere tesis edilmiş potansiyel düzenleyici elektrotlar.

Potansiyel dağılımında dik bölümler oluşabilir.

## Potansiyel düzenleyici topraklayıcıların yerleşimi

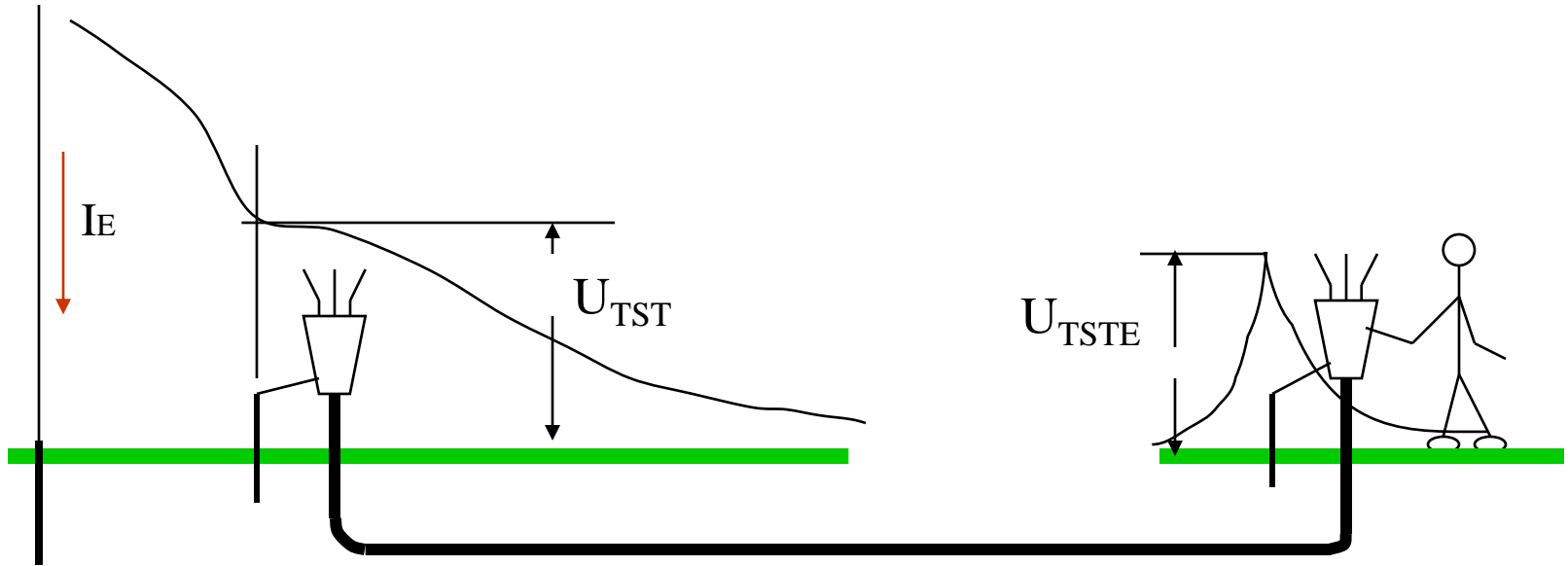


Farklı derinliklere tesis edilmiş potansiyel düzenleyici elektrotlar

Düzenleyici elektrotların çap ve derinliklerine göre adım geriliminde değişiklikler meydana gelir.

$$U_{S2} > U_{S1}$$

## Potansiyel sürüklenmesi



Tesisat yönetmelikleri, alçak gerilim şebekelerinde kullanılmak üzere, temel olarak üç çeşit topraklama bağlantısı bildirmektedir. Bağlantı şekillerini belirleyen isimlerde ilk harf trafonun sıfır noktasının toprakla bağlantı durumuna işaret etmektedir.

T Toprağa bağlı,

I Topraktan yalıtılmış.

İkinci harf ise cihazların toprağa bağlantı durumunu göstermektedir.

T Toprağa bağlı

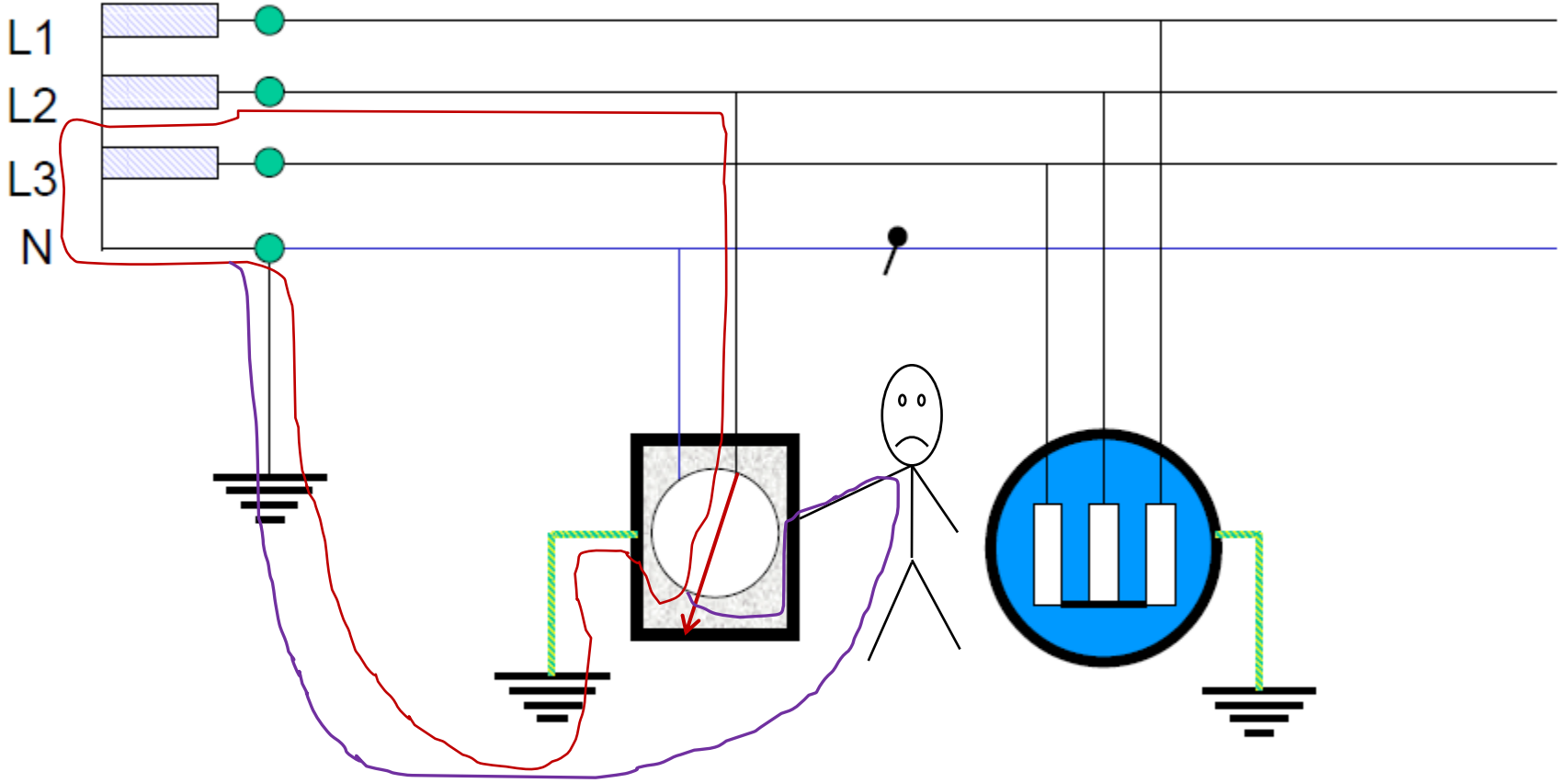
N sıfır hattına bağlı

Bu duruma göre üç ana sistem TT, TN, IT şeklinde oluşmakta TN sistemin ise yine üç adet alt grubu meydana gelmektedir.

TN-C, TN-S, TN-C-S

Aşağıda topraklama sistemleri sıra ile verilmiştir.

# ALÇAK GERİLİM ŞEBEKELERİNDE TOPRAKLAMA ŞEKİLLERİ

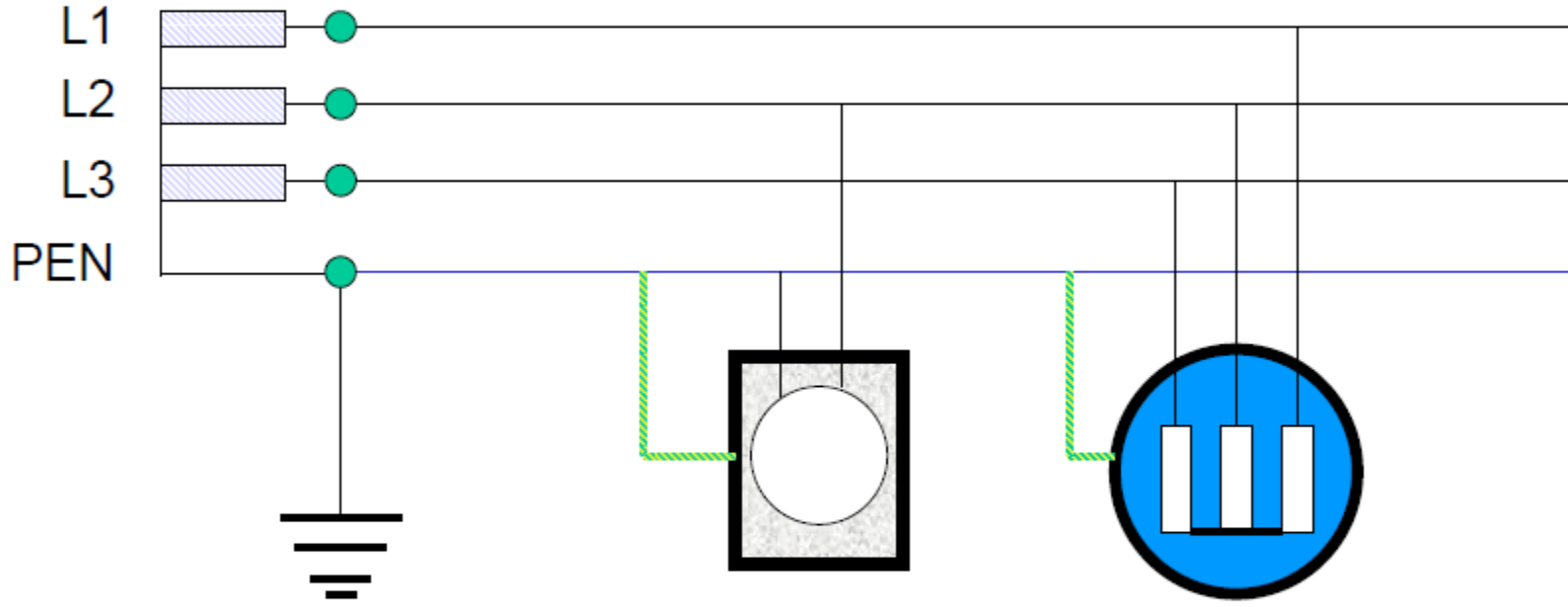


**TT Sistemi**

Sistem nötrü ve cihazlar ayrı ayrı topraklanmış

Yalıtılmış nötr hattı

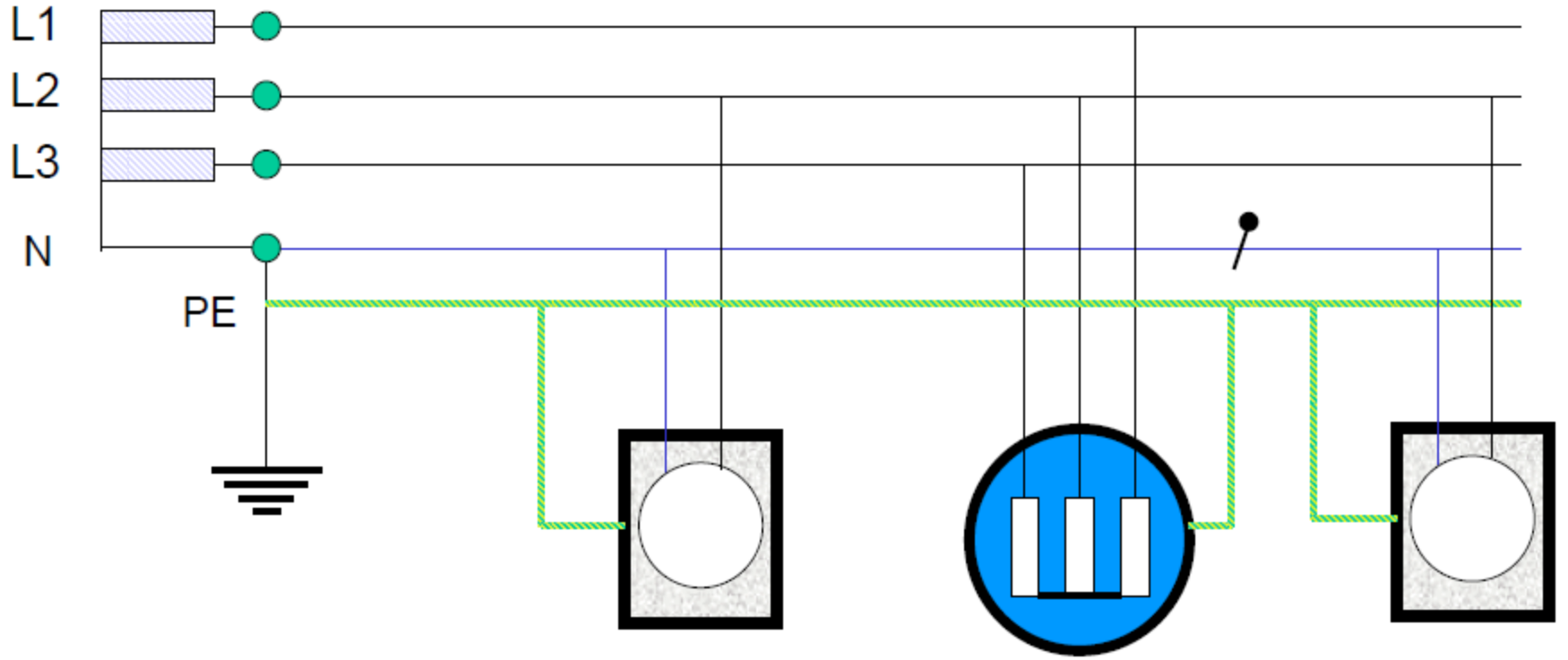
# ALÇAK GERİLİM ŞEBEKELERİNDE TOPRAKLAMA ŞEKİLLERİ



## TN-C Sistemi


Koruma ve nötr fonksiyonları birleştirilmiş

# ALÇAK GERİLİM ŞEBEKELERİNDE TOPRAKLAMA ŞEKİLLERİ

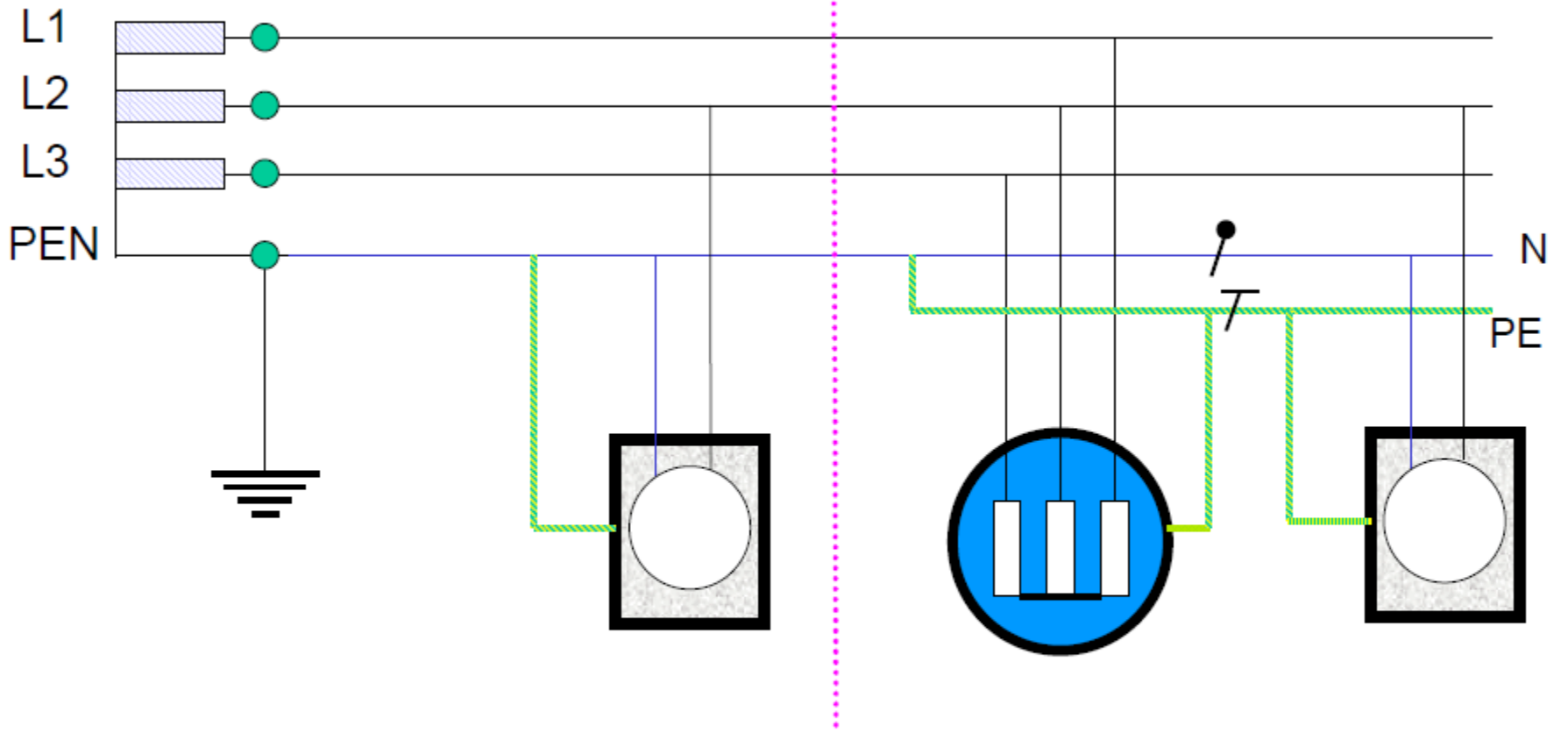


## TN-S Sistemi

Koruma ve nötr fonksiyonları ayrı iletkenlerle

 Yalıtılmış nötr hattı

# ALÇAK GERİLİM ŞEBEKELERİNDE TOPRAKLAMA ŞEKİLLERİ



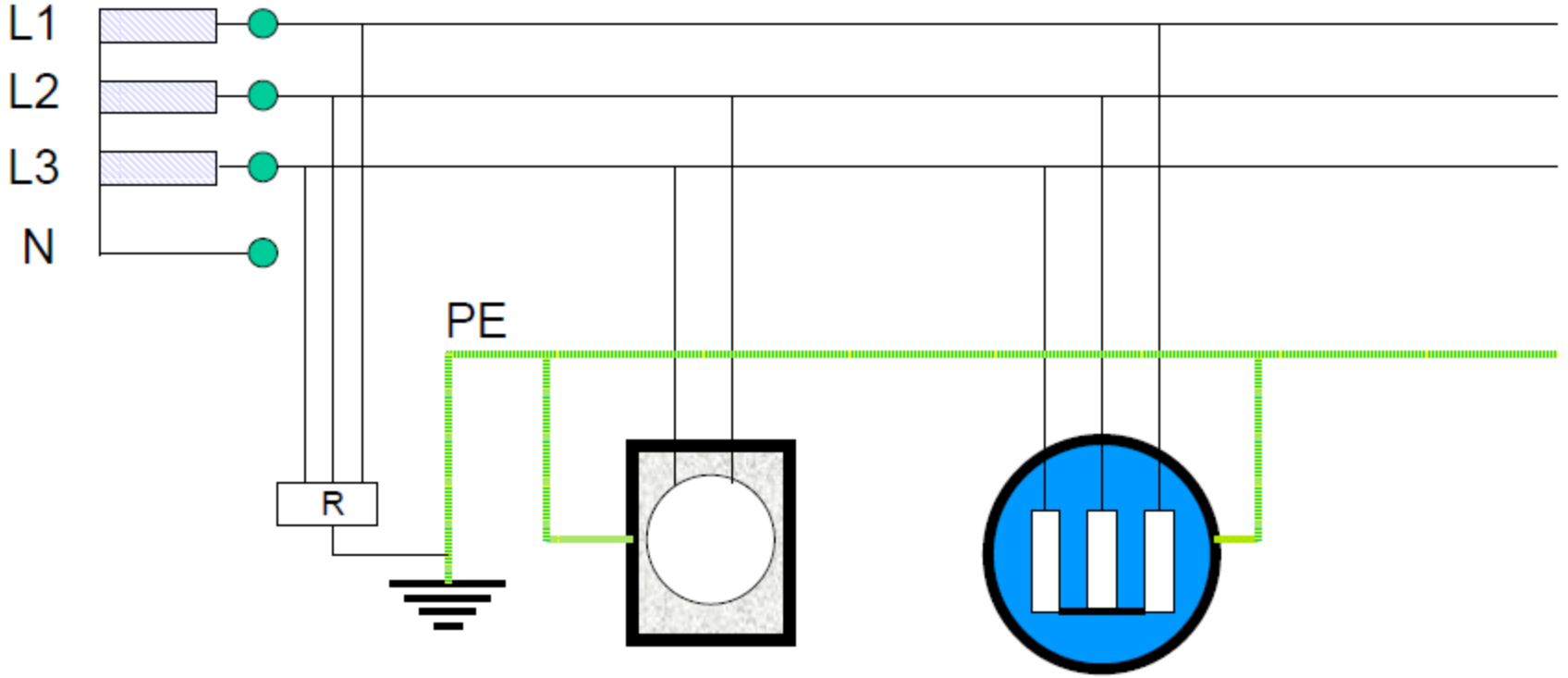
**TN-C-S Sistemi**

Koruma ve nötr fonksiyonları şebekenin bir bölümünde birleştirilmiş

● Yalıtılmış nötr hattı



# ALÇAK GERİLİM ŞEBEKELERİNDE TOPRAKLAMA ŞEKİLLERİ



## IT Sistemi

Sistem nötrü yalıtılmış ve cihazlar topraklanmış

Yurdumuzda alçak gerilim dağıtım şebekelerinin TT sistem olarak inşa edilmekte olduğu anlaşılmaktadır. Tüketici kesimde ise uygulama çeşitlilikleri vardır.

### TT sistem uygulanacak ise:

1- Tüketicilerde koruma hatları nötr ile bağlanmamalı ve kesin olarak FARK AKIM ANAHTARI tesis edilmelidir.

2- Alçak gerilim şebekesi hava hattı direklerinde meydana gelebilecek toprak hatalarında; temas gerilimi, direk gövdesinde 50 V.'u aşmayacak şekilde önlem alınmalıdır.

Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği Madde 35 b2'de -anlatıma göre TT sistemde- Nötr hattının ev bağlantılarında su borusu şebekesine bağlanması şartı getirilmektedir.

Burada çelişki ortaya çıkmaktadır.

### TN sistem uygulanacak ise:

1- Alçak gerilim şebekesi hava hattı direkleri, nötr hattına bağlanmalıdır.

2- Müşterek direklerde topraklama direnci, Yönetmelik madde 11' e uygun olmalıdır.

Değişik açma sürelerine göre, Sigortalar, Hat koruma anahtarları ve Kesiciler için en büyük çevrim empedans değerleri Yönetmelik Çizelge-10 ve 11'de verilmiştir.

## Y.G. TESİSLERİNDE TOPRAKLAMA DİRENÇLERİ

Y.Gerilim tesislerinde çeşitli topraklama dirençleri için tavsiye edilen değerler:

İşletme topraklaması	$R_B < 2 \text{ ohm}$
Koruma topraklaması	$R_A$ Koruma düzeneğine bağlı olarak
Dengelenmiş şebekelerde	$R_A < 2 \text{ ohm}$
Trafo merkezlerinde, direklerde	$R_A < 4 \text{ ohm}$
A.G. Ve Y.G. Bağlama tesisleri birleştirildiğinde	$R_A < 1 \text{ ohm}$
Parafudr topraklama direnci	$R_A < 5 \text{ ohm}$

## **Topraklama tesislerinde muayene, ölçme ve denetleme:**

Yönetmelik madde 10-a 'da açıklandığı üzere her topraklama tesisi montaj esnasında ve işletme aşamalarında periyodik olarak kontrol edilecektir. Yapılacak kontroller

- Gözle muayene,
- Koruma iletkenlerinin, ana ve tamamlayıcı potansiyel dengeleme iletkenleri bağlantılarının sürekliliğinin ölçülmesi ve denetlenmesi,
- Elektrik tesisinin yalıtım direncinin ölçülmesi ve denetlenmesi,
- Toprak özgül direncinin ölçülmesi,
- Topraklama (yayıma) direncinin ölçülmesi,
- Beslemenin otomatik kesilip kesilmediğinin denetlenmesi,
- Çevrim empedansının kontrolü,
- Artık akım koruma düzeninin kontrolü,

şeklinde sıralanmaktadır.

Yapılacak kontrollarda Yönetmelik Ek-P'de verilen şekilde formların kullanılması tavsiye olunur. Kontrol periyotlarına da aynı ekte değinilmiştir.

## Alçak Gerilim Tesislerinde Topraklama, Koruma, Potansiyel dengeleme iletkenlerinin seçimi

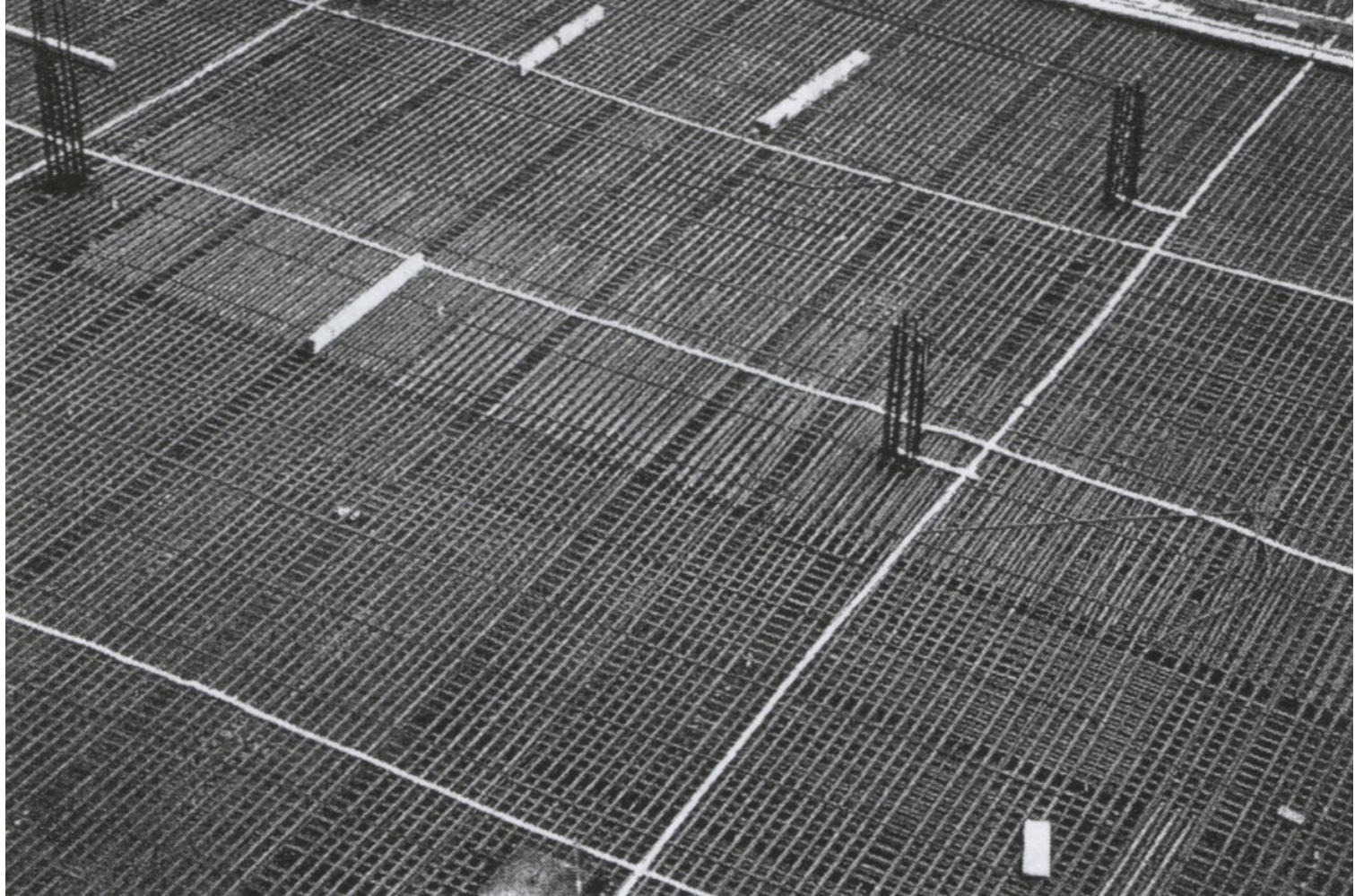
Topraklayıcının yayılma direnci koruma koşullarına uygun olmalı ve fonksiyonu değişmeden kalabilmelidir.

Dış etkilere karşı yeteri kadar sağlam olmalı veya ek mekanik önlemler alınmalıdır.

Diğer metal kısımlarla elektrolitik etkileşimle hasara uğramasına karşı önlem alınmalıdır.

Topraklayıcılar:

- Çubuk veya boru
- Şerit veya örgülü iletken
- Levha (Tavsiye edilmez)
- Temel topraklayıcı
- Toprağa gömülü beton içindeki demir donatı
- Toprak altındaki diğer uygun metalik yapılar



## Çeşitli topraklama tesislerinin işletme dönemi içinde denetlenme periodları

Elektrik üretim, iletim, dağıtım tesisleri (Hatlar hariç): 2 yıl

Enerji nakil ve dağıtım hatları: 5 yıl

Sanayi tesisleri ve ticaret merkezleri:

- Topraklamalara ilişkin dirençlerin muayene ve ölçülmesi 1 yıl

- Topraklama tesisleri ile ilgili diğer kontroller 2 yıl

Sabit olmayan tesisler için :

- Sabit işletme elemanları 1 yıl

- Yer değiştirebilen işletme elemanları 6 ay