

**MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ALÇAK GERİLİM ELEKTRİK TESİSLERİNDE  
TOPRAKLAMA**

**YÖNETEN : Doç. Dr. Nesrin TARKAN**

**YAPAN : Kayhan UĞURTAN**

**İstanbul - 1984**

**MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ALÇAK GERİLİM ELEKTRİK TESİSLERİNDE  
TOPRAKLAMA**

**YÖNETEN : Doç. Dr. Nesrin TARKAN**

**YAPAN : Kayhan UĞURTAN**

**İstanbul - 1984**



## ÖNSÖZ

Elektrik enerjisini topraklamalar uygulamadan kullanmak mümkün olmamıştır. toprağın iletme ve yerküresinin nötrleme özelliği gerçekten şükredilecek rasantılardır.

Topraklamaların işletme ve koruma topraklamaları olarak ayrılmasına rağmen çoğu yerde birlikte görünmeleri kavram farkını gidermez. Kesin ayrımlar yapılmamasına rağmen enerjinin üretimden en küçük kullanma kadar ki aşamalarda, önce ikisi birlikte uçlara doğru ise koruma topraklamaları ağırlık kazanmaktadır diyebiliriz.

Çalışmamızda alçak gerilimli sanayi ve yerleşim tesislerinde topraklama uygulamaları incelenmiş, sonuçta bu gibi tesislerde uygulanan yada bizce uygun görülen şekiller üzerinde durulmuştur. Pratik ölçme projelendirme yerleştirme örnekleri sunulmuştur.

Çalışmamızın, ona başvuranlar için faydalı olmasını dilerim.

Ufkumuzun genişlemesinde şimdiye dek kuşkusuz çok büyük katkıları olan danışman hocam Doç. Dr. Nesrin TARKAN'a burada teşekkür etmeyi borç bilirim. Deneylerin hazırlanmasında yardımlarını gördüğüm Arş. Gör. Mürşit YAZGAN'a teşekkür ederim.

Kadıköy 1984

Kayhan UĞURTAN

## İÇ İNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
1. Genel ilkeler	1
1.1 Topraklamanın işlevleri	
1.1.1 Alçak gerilim tesislerinde topraklamanın işlevleri	2
1.1.2 Yüksek gerilim tesislerinde topraklamanın işlevleri	3
1.2 Yönetmelikler	4
2. Güvenlik	12
2.1 Tehlikeler	12
2.2 Elektrik şoku	12
2.3 Güvenlik eğrisi	12
2.3.1 Vücut direnci	13
2.4 Güvenlik gerilimi	14
2.5 Doğrudan ve dolaylı temaslar	14
2.6 Temaslara karşı koruma	15
2.6.1 Doğrudan temaslara karşı koruma	15
2.6.2 Dolaylı temaslara karşı koruma	15
3. Toprağın elektriksel özellikleri	19
3.1 Toprağın özgül direncine sıcaklığın, nemin taneciklerin etkisi	19
3.2 Elektrot empedansını belirleyen etmenler	20
3.2.1 Topraklama elektrodu direncinin akan akımla değişmesi	20
3.2.2 Toprak kapasitesinin etkisi	21
3.3 Elektrotların sınıflaması	22
3.3.1 Yarı küre elektrot	23
3.4 Akımın toprakta dağılması	24
3.5 Toprağın ısınması ve ısınma hızı	26
3.6 Koruma ilkelerinin uygulanması	27
3.6.1 Nötr noktasının doğrudan topraklanması ve tesisdeki gövdelerin ayrı topraklanması.	27
3.6.2 Nötr noktasının doğrudan topraklanması ve tesisdeki gövdelerin nötr noktası ile birleştirilmesi	29
3.6.3 Nötr noktasının empedans üzerinden topraklanması yada nötr noktası ile topraklama arasında bağlantı olmaması	30
3.7 Konutlarda ve sanayi tesislerinde dolaylı temaslara karşı koruma	31
3.7.1 Konutlarda dolaylı temaslara karşı koruma	31

	<u>Sayfa</u>
3.7.2 Sanayi tesislerinde dolaylı temaslara karşı koruma	32
3.8 Sonuç	32
4. Elektrod gerilimleri	33
4.1 Elektrod geriliminin etkileri	34
4.2 Elektrod gerilimini azaltmak	34
4.2.1 Toprak direnci	35
4.2.2 Toprak kısa devre akımının dağılımı	36
5. Ölçme ve projelendirme	38
5.1. Projelendirme yöntemi	38
5.2 Elektrot, adım, dokunma ve transfer gerilimleri	38
5.3 Gerilim yükselmeleri	41
5.4 Toprak özgül direncinin ölçülmesi	42
5.5 Elektrot akım değerinin bulunması	45
5.6 Topraklama direncinin bulunması	45
5.7 Pratik öneriler	
5.8 Topraklama sistemi direncinin ölçülmesi	46
5.8.1 Toprak megere ile ölçüm	48
5.8.2 Voltmetre-Ampermetre yöntemi	49
5.8.3 Watmetre-Ampermetre yöntemi	50
5.9 Yardımcı toprak uçlarının yerinin tayini	51
5.10 Alçak gerilim tesisleri için önerilen şekil ve sonuç	52

1- GENEL İLKELER

Elektrik tesislerinde topraklama genel olarak üç yönden gerekli olur.

- a- Çevredeki insan ve hayvanları elektrik şoklarından korumak
- b- Aygıtları arızalardan korumak
- c- Enerjinin güvenle kullanımını temin etmek

Bunların sağlanabilmesi için aşağıdaki koşulların yerine getirilmesi gerekir.

Normal çalışma yada arıza koşullarında doğabilecek adım ve dönüşüm gerilimlerinin tehlikeli değerlere ulaşması önlenerek şalt yada trafo merkezleri içerisindeki yada yakınındaki personelin güvenliğini sağlamak.

Yıldırım akımlarının boşalmasını ve dağılımını kolaylaştırmak

Elektrik sistemlerinde toprak arızalarında, toprak arıza rölelerinin çalışmasını sağlamak.

Sistem arızalarında trafo merkezlerinde ayrılan denetim ve iletişim kabloları boyunca doğacak gerilim farklarını sınırlamak.

Faz toprak arızalarında sistemde gerilim yükselmelerini önlemek için nötr noktalarını doğrudan yada empedanslar üzerinden topraklamak.

1-1 TOPRAKLAMANIN İŞLEMLERİ

Sistem ve elektrik tesislerinde topraklama hem sistemin toprak arızasındaki işleyişini etkilemek, hemde arıza noktasının yakınındaki canlıların güvenliğine katkıda bulunmak için yapılır.

Birinci durumdaki topraklamaya servis topraklaması, ikincisine ise güvenlik topraklaması dendiği olur.

Servis topraklamasına özellikle nötr iletkenleri veya uçlar topraklaması girer.

İki topraklama türü arasındaki fark mutlak bir kavram değildir. Çoğunlukla bir merkezde aynı topraklama, hem nötr uçları hemde metalik gövdelerin topraklanmasını sağlar ve arıza akımı güvenlik topraklaması üzerinden toprağa alıp işletme topraklaması üzerinden sisteme döner. Bu akımın düzeyi iki topraklamanın direnci tarafından belirlenir.

Bu iki topraklama türüne bir üçüncü topraklama türü kabul edilecek parafudr topraklaması eklenebilir.

Koruma topraklamasının uygulandığı bir şebekede topraklanacak olan en önemli tesisler ve işletme araçları şunlardır.

Evlerde kullanılan ve insanların temas edebilecekleri dış muhafazaları metalik olan her nevi tüketici makineler ve cihazlar, gerilim altına girmesi mümkün olan madeni bina kısımları.

Atelyelerde ve işyerlerinde her nevi elektrik motorları cihazlar ve tesisler.

Bağlama ve dağıtım tesislerinde saçtan mamul dağıtım tabloların madeni kılıfları ve elemanları, madeni kablo başlıkları, ek ve bransman kutuları, kontrol cihazlarının metal muhafazaları, kumanda kolları ve el çarkları, madeni kapılar, kapaklar bölmeler, koruma ızgaraları ve madeni tesis hücreleri.

Transformatör istasyonlarında metalik kısalar, muhafazalar ve madeni konstrüksiyon.

Havai hat şebekelerinde madeni direkler bu sınıfa girerler.

İşletme topraklaması ise alçak gerilim tesislerinde

Alçak gerilim tesislerini doğrudan doğruya besleyen generatörlerin, statör sargılarının yıldız noktaları.

Alçak gerilim tesislerini besleyen dağıtım transformatörlerinin alçak gerilim tarafı yıldız noktaları yada üçgen bağlı alçak gerilim sargısı herhangi bir faz iletkeni veya orta iletken

Orta iletken aracılığı ile yapılan koruma topraklamaları sıfırlama diye de adlandırılmaktadır. Sıfırlama alçak gerilim şebekelerinde ve elektrik iç tesislerinde çok uygulanan bir yöntemdir. Sıfırlamanın amacı gerilim altında olmayan iletken tesis bölümlerinde oluşabilecek yüksek dokunma gerilimlerinin sürekli olarak kalmasını önlemektir.

Sıfırlama yapılacak şebekede doğrudan doğruya topraklanmış bir iletkenin örneğin; topraklanmış orta iletkenin bulunması gerekir.

#### 1-1.1 ALÇAK GERİLİM TESİSLERİNDE TOPRAKLAMALARIN İŞLEVLERİ:

Alçak gerilimde, tüm dağıtım şebekelerinin nötrleri ilke olarak iyi ya da kötü topraklanır. Bu topraklamanın amacı her koşulda nötrün çok düşük bir gerilimde ve faz iletkenlerinin anma gerilimlerine yakın değerlerde tutulması ve iletkenlerle doğrudan olan temasların tehlikesini sistem işleyişini bozmadan azaltmaktır. Alçak gerilim sistemlerinin nötrlerinin topraklamasının yeterli düzeyde olmadığı durumdaki bir



faz toprak arızasında sağlam faz iletkenleri fazlar arası gerilime yükselebilir.

Kaynak ile gövde arasında bir bağlantı olduğu sürece nötr iletkeni ile arızalı aygıtın gövdesinde aynı anda çok düşük bir gerilimin sağlanması olanaksızdır. bu nedenle gerçek bir kısa devre meydana gelebilmesi için gövde ve nötr topraklama dirençlerinin yeterince küçük olması gereklidir. Oysa gerçek çalışma koşullarında bozulmuş gereçlerin otomatik olarak hemen devreden çıkarılması düşünülemez. Siçorta telini eritebilecek düzeydeki arızalar çok azdır.

Alçam gerilim sistemlerinin topraklanması güç bir sorundur. Buna rağmen kamu dağıtım sistemlerinde nötrün topraklanması yüksek gerilimle karşılaşma tehlikesinden ötürü hala istenmektedir. Ancak özel sistemlerde ve özellikle sistemin toprağa olan yalıtımın sürekli sağlanabildiği durumlarda bu gerekli değildir. Böylece her basit arıza veya her bir iletkenle olan doğrudan temasın anında işareti alınır. Ve ikinci bir arızanın doğmasına fırsat bırakılmadan arıza temizlenir.

#### 1.1.1-2 YÜKSEK GERİLİM TESİSLERİNDE TOPRAKLAMALARIN İŞLEVLERİ

Nötrü yalıtılmış yada bir petersen bobini üzerinden topraklanmış yüksek gerilim sistemlerinde topraklamanın yokluğu; toprak arıza akımlarını sınırlandırdığı, termik ve elektrodinamik etkileri azalttığı için malzemenin korunmasına yardımcı olur.

Arıza akımlarının düşük bir değerde olması toprağa karşı olan arkaların kendiliğinden sönmeye yardımcı olur ve sistemin sürekliliğine katkıda bulunur. Ayrıca koruyucu topraklamanın üzerinden arıza akımlarının geçmesiyle doğan gerilimler azalacağından personelin güvenliği de bir ölçüde sağlanmış olur.

Nötrü doğrudan topraklı yüksek gerilim sistemlerinde; toprak arıza akımlarının büyük olmalarına karşılık, bir yandan aşırı gerilimlerin düşük olması, diğer yandan da aşırı akımlarla çalışan korunmalar yardımıyla sistemde kalma süresi azaltıldığı için malzeme korunmuş olur. Arızalı bölümler devre dışı bırakıldığından dolayı servis kalitesi yükselebilir, arızanın çok hızlı temizlenmesiyle de personelin güvenliğine katkıda bulunulmuş olur.

Yeterli bir güvenliğin elde edilmesi yalnızca topraklama ile gerçekleşmez, topraklama ile koruma sistemleri arasındaki eş güdümlü (koordinasyon) da sağlanması gereklidir.

Sistemde iyi bir topraklamanın gerçekleşmesinin güçlüğü kadar rollerin duyarlılığının da fazla olması önemli bir unsurdur.

Arıza merkezinde gerilimlerin tehlikeli olmayan değerlerde sınırlandırılması (özellikle nötrü topraklı yüksek gerilim sistemlerinde) koruyucu topraklamadan her zaman her zaman istenemez. Bu sistemlerde personelin güvenliği arızaların çok hızlı temizlenmesi ile sağlanmaya çalışılır. Burada koruyucu topraklamanın görevi, üzerinden yeterli büyüklükte bir akım geçirmesi ve korumanın çok hızlı çalışmasını sağlamaktır.

Uygulamada bu şekilde sağlanan güvenliğin yeterli ve iyi olduğu görülüyor. Personel kazaları nötrü topraklı ve uygun korumalarla donatılan yüksek gerilim tesislerinde hemen hiç görülmemekte, oluşan kazaların çok az bir bölümü de nötrü yalıtılmış ve toprak akımlarının küçük olması nedeniyle bu akımların uzun süre akabildiği sistemlerde oluşmaktadır.

## 1.2. YÖNETMELİKLER

Ülkemizde halen 1979 yılında yürürlüğe giren "Elektrik tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği" geçerlidir. Bu yönetmeliğin kapsamına;

- a- Doğru akım tesisleri
- b- Zayıf akım tesisleri
- c- Elektrikli ulaşım araçlarına ait topraklama tesisleri girmemektedir.

Yönetmelikle sekiz genel, onsekiz topraklamaya ilişkin tanım yapılmıştır. Tanımlar ortak bir anlaşmayı temin etmesi açısından faydalı olacağından, bu tanımlardan burada bahsetmeyi uygun bulduk.

### Tanımlar

#### a- Genel tanımlar

##### a.1 - Elektrikli kuvvetli akım tesisleri

İnsanların ve eşyalar için bazı durumlarda (yaklaşma, dokunma vb.) tehlikeli olan ve elektrik enerjisinin üretilmesini, özelliğini, biriktirilmesini iletilmesini dağıtılmasını ve mekanik enerjiye ışığa kimyasal enerjiye vb. enerjilere dönüştürülerek kullanılmasını sağlayan tesislerdir.

**a.2 - Alçak gerilim**

Etkin değeri 1000 volt ya da 1000 voltun altında olan gerilimdir.

**a.3 - Yüksek gerilim**

Etkin değeri 100 voltun üstünde olan gerilimdir.

Açıklama : a.2 ve a.3 de açıklanan gerilim değerleri faz arasındadır.

**a.4 - Tehlikeli gerilim**

Etkin değeri 65 volt'un üstünde olan gerilimdir.

**a.5 - Toprağa karşı gerilim**

Orta noktası ya da yıldız noktası topraklanmış şebekelerde bir faz iletkeninin bu noktalara karşı gerilimidir. Bir gerilim faz gerilimine eşittir.

Bunun dışındaki bütün şebekelerde bir faz iletkeninin toprağa temas etmesi durumunda öteki faz iletkenleri ile toprak arasında oluşan gerilimdir. Arıza yerinde ark yoksa, bir fazın toprağa karşı gerilimi faz arası gerilim değerine eşittir.

**b.1 - Toprak:**

Yeryüzünün madde ve yer olarak ifadesidir.

**b.2 - Referans toprağı (Nötr toprak)**

Topraklayıcıdan yeterince uzak bulunan ve topraklama tesisinin etki alanı dışında kalan yeryüzü bölümüdür. Bu bölümde herhangi iki nokta arasında, topraklama akımının neden olduğu önemli bir gerilim oluşmaz.

**b.3 - Topraklama iletkeni:**

Topraklanacak bir aygıtı ya da tesis bölümünü bir topraklayıcıya bağlayan toprağın dışında, ya da yalıtılmış olarak toprağın içinde çekilmiş bir iletkenidir.

**b.4 - Topraklama barası:**

Birden fazla topraklama iletkeninin bağlandığı bir topraklama iletkenidir.

Aşağıdaki iletkenler topraklama barası sayılmaz:

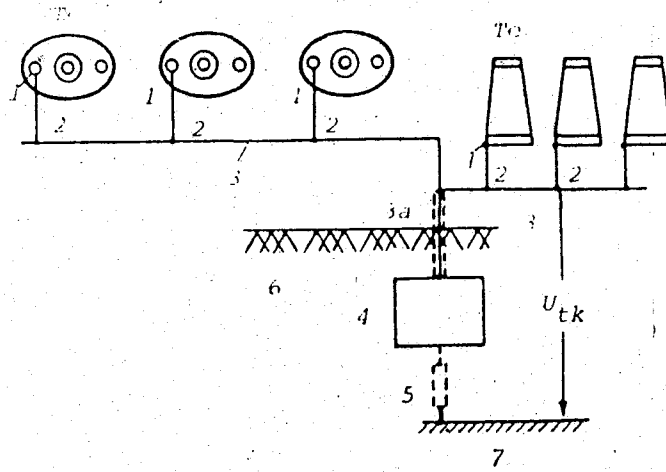
i) Üç fazlı düzenlerde ( 3 ölçü transformatörü, 3 kablo başlığı, 3 mesnet izalatörü vb.) her bir aygıtın topraklanacak bölümlerini birleştiren topraklama iletkenleri.

ii) Hücre biçimindeki tesislerde bir çok aygıtın topraklanacak bölüm-

lerini birleştiren ve hücre içinde kesintisiz olarak döşenmiş olan bir topraklama barasına bağlanmış olan topraklama iletkenleri.

#### b.5 - Topraklama tesisi

Birbirlerine iletken olarak bağlanan ve sınırlı bir alan içinde bulunan topraklayıcılar ya da aynı görevi yapan (boyasız direk ayakları, zırhlar ve metal kablo kılıfları gibi) metal parçalar ve topraklama iletkenlerinin tümüdür.



Şekil 20. Topraklama tesisi.

- $T$ , Topraklanacak tesis elemanları,
- 1 Topraklama bağlantı ucu,
- 2 Topraklama iletkeni,
- 3 Topraklama barası,
- 3a Yalıtılmış topraklama iletkeni,
- 4 Topraklayıcı,
- 5 Yayılma direnci,
- 6 Zemin, toprak,
- 7 Referans toprağı,  
(Potansiyel sıfır),
- $U_{tk}$  Topraklayıcı gerilimi.

#### b.6 - Topraklamak:

Elektriksel bakımdan iletken bir parçayı bir topraklama tesisi üzerinden toprağına başlamak.

#### b.7 - Topraklama

Topraklamak için kullanılan araç ve düzenlerin tümüdür.

#### b.8 - Topraklayıcı

Toprağa gömülü ve onunla iletken bir bağlantısı olan iletken parçalardır.

**b.9 - Topraklayıcı çeşitleri:**

- Konuma göre:

**1) Yüzeysel topraklayıcı:**

Genel olarak 1 m'den az bir derinliğe yerleştirilen topraklayıcıdır. Levha, şerit, yuvarlak gereç ya da örgülü iletkenle yapılabilir ve yıldız, halka, gözlü topraklayıcı ya da bunların karışımı olabilir.

**II) Derin topraklayıcı:**

Genellikle düşey olarak 1 m'den daha derine yerleştirilen topraklayıcıdır. Levha, boru, yuvarlak çubuk ya da öteki profillerden yapılabilir.

- Biçim ve profile göre:

**III) Şerit topraklayıcı,**

**IV) Boru ve profillerden yapılan topraklayıcı.**

V) Örgülü iletkenle yapılan topraklayıcı (örgülü iletkeni oluşturan teller ince olmamalı, örneğin TS 833'e göre a grubu iletken olmalıdır.)

**VI) Levha topraklayıcı.**

**VII) Doğal topraklayıcı:**

Temel amacı topraklama olmayan fakat topraklayıcı olarak etkili olan yapıların çelik bölümleri gibi metal parçalardır.

**VIII) Topraklayıcı etkisi olan kablo:**

Metal kılıfı, siperi (ekran) ve zırhlarının iletkenliği toprağa göre şerit topraklayıcı düzeyinde olan kablodur.

**IX) Çıplak topraklayıcı bağlantı iletkeni:**

Bir topraklayıcıya bağlanan çıplak topraklama iletkeninin toprak altında kalan bölümü topraklayıcının bir parçası sayılır.

**X) Su borusu şebekesi:**

Özellikle yer altına gömülmüş dallı ya da gözlü metal su borusu sistemidir. Şebeke ana besleme ve bağlantı su boruları ile vanalardan ve sayaçlardan oluşur; tüketici boruları bunun dışında kalır.

XI) Potansiyel düzenleyici topraklayıcı (kısa olarak düzenleyici topraklayıcı):

Belirli bir yayılma direncinin korunmasından çok potansiyel dağılımının düzenlenmesine yarayan topraklayıcıdır. (Şekil - 1)

b.10) Topraklama direnci çeşitleri:

i) Özgül toprak direnci :

Toprağın özgül elektrik direncidir. Bu direnç, genellikle  $\text{ohm m}^2 / \text{m}$  ya da Ohm m olarak verilir.

Bu direnç, kenar uzunluğu 1 m olan toprak bir küpün karşılıklı iki yüzeyi arasındaki dirençtir.

ii) Topraklayıcının ya da topraklama tesisinin yayılma direnci  $R_y$ :

Bir topraklayıcı ya da topraklama tesisi ile referans toprağı arasındaki toprağın direncidir. (Şekil - 3)

$R_y$  yaklaşık olarak etkin dirençtir.

iii) Topraklama direnci:

Topraklayıcının yayılma direnci ile topraklama iletkenin direncinin toplamıdır.

iv) Topraklama direnci:

Bir yerde ölçülebilen ve ölçüye giren bütün topraklamaların toplam direncidir.

v) Topraklama empedansı  $Z_t$ :

Bir topraklama tesisi ile referans toprağı arasında işletme frekansındaki alternatif akım direncidir. Bu empedansın mutlak değeri, topraklayıcıların yayılma direnci ile toprak iletkenleri ve topraklayıcı etkisi olan kablolar gibi zincir iletkenlerinin empedanslarının paralel bağlanması ile elde olunur. (Şekil- 2 ve 3)

vi) Darbe topraklama direnci  $R_d$ :

Bir topraklama tesisinin herhangi bir noktası ile referans toprağı arasında yıldırım akımlarının geçmesinde etkili olan dirençtir.

b.11 - Topraklama çeşitleri:

i) Koruma topraklaması:

İnsanları tehlikeli dokunma gerilimlerine karşı korumak için işletme akım devresinde bulunmayan iletken bir bölümün topraklanmasıdır.

## ii) İşletme topraklaması:

İşletme akım devresinin bir noktasının aygıtların ve tesislerin normal işletilmesi için topraklanmasıdır.

Bu topraklama iki şekilde yapılabilir:

## - Dirençsiz (Doğrudan doğruya) işletme topraklaması:

Bu durumda normal topraklama empedansından başka hiçbir direnç bulunmamaktadır.

## - Dirençli işletme topraklaması:

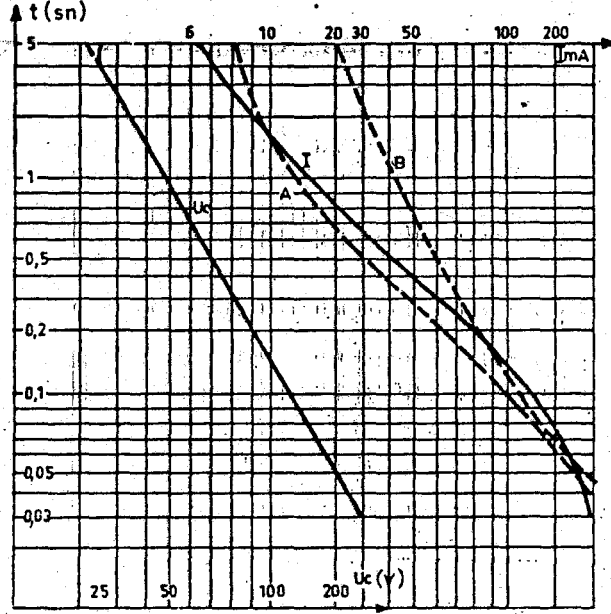
Bu durumda ek olarak omik, endüktif ya da kapasitif dirençler bulunmaktadır.

## iii) Yıldırıma karşı topraklama:

Yıldırım düşmesi durumunda işletme gereği gerilim altında bulunan iletkenlere atlamaları (geri atlamalar) geniş ölçüde önlemek için işletme akım devresine ilişkin olmayan iletken bölümlerin topraklanmasıdır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Topraklamada gözönüne alınacak gerilimler.



Şekil 5.  $U_C$ : Dokunma gerilimi  
I: İnsan vücudundan dokunma geriliminde geçecek akım.  
A ve B Şekil 2'deki güvenlik akım sınırları.

iii) Dokunma gerilimi  $U_d$  :

Topraklama geriliminin insan tarafından köprülenebilen bölümüdür. (Şekil 1) Bu durumda insan vücudu üzerindeki akım yolu elden **ayağa** (dokunulabilen yere yatay uzaklık yaklaşık 1 m) ya da elden eledir.

iv) Adım gerilim  $U_d$  :

Topraklama geriliminin insanın 1 m'lik adım açıklığı ile köprüleyebildiği bölümüdür. Bu durumda insan vücudu üzerindeki akım yolu ayaktan ayağadır. (Şekil - 1)

Tesislerin dışında ve trafiğin çok olduğu yerlerde tehlikeli adım gerilimi 90 V. civarındadır.

v) Hata gerilimi  $U_h$  :

İnsanlar tarafından dokunulabilen ve işletme akım devresine ilişkin olmayan **iletken** bölümler arasında ya da böyle bir bölüm ile referans toprağı arasında oluşan gerilimdir.

vi) Potansiyel Dağılımı:

Topraklanmış bir işletme aracında bir hata sonucunda bir gövde kısa devresi baş gösterdiğinde referans toprağından başlayarak ölçülmek üzere söz konusu işletme aracına doğru yeryüzünde potansiyelin dağılmasıdır.



MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

vii) Potansiyel dağılımının düzenlenmesi (kısa olarak potansiyel düzenlenmesi) :

Bir topraklama tesisinin potansiyel dağılımının düzenlenmesi, adım ve dokunma gerilimlerini küçültmek için potansiyel düzenleyici topraklayıcıları yerleştirerek potansiyel dağılımına etki etmektedir. (Şekil 1)

Söz konusu topraklayıcıların topraklama tesisine bağlı olup olmamalarının önemi yoktur.

viii) Potansiyel Dengelemesi:

Potansiyel farklarının ortadan kaldırılmasıdır.

2. GÜVENLİK

Elektrik tesislerinde insanların ve aygıtların güvenliğinin sağlanması temel ilkedir. Elektrik tesisi normal çalışması veya bir öğenin arızalanması sırasında insan ve aygıtlar üzerinde tehlike yaratmamalıdır. Gerçekte soyut güvenlik yoktur, çok kötü koşullarda koruyucu aygıtlarda arızalanabilir. Ayrıca çok ayrıntılı güvenlik önlemleri almaya çalışmak bizi oransız yatırımlara götürür.

2.1 TEHLİKELER2.2. Elektrik şoku

Elektrik akımının yaratacağı tehlikelere karşı kullanılan koruyucu aygıtlar, insan vücudundan tehlikeli akımların geçmesini önlemeyi amaçlar.

Kişinin eliyle tutabileceği bir iletken den geçecek maksimum akım 6-10 mA değerindedir. Daha yüksek akımlar adale kasılması ve iletkenin elden atılmaması gibi olaylara yol açmaktadır.

Nesne tutulmaksızın yapılan temaslarda ise kişiye göre 20-30 mA arasındaki akımlar kalpte kasılma olayı yaratmaz bu akımlarda gerilimli nesneye dokunan kişi itilir. Daha yüksek akımlarda itilme olmayabilir.

2.3 Güvenlik eğrisi

Yapılan araştırmalar sonucu insan vücudu için tehlike yaratmayacak akımın zamanın işlevi olduğunu ortaya koymuştur.

$$I = I_1 + A/T$$

$I_1$  = sürekli akım (mA)

T= Zaman (s)

A= Katsayı

Bu formül tehlikenin insan vücudundan geçen elektrik akımının niceliğine bağlı olduğunu göstermektedir. A katsayısının değeri genellikle 10 olarak alınır.  $I_1$  akımı ise değeri kişilere ve temasın niteliğine bağlı olarak 6-20 mA arasında değişir.

Yukarıdaki formülle belirlenen güvenlik eğrisi, frekansı 10-500 Hz arasında değişen alternatif akımlar için geçerlidir.

Daha yüksek frekansta,  $I_1$  akımının değeri frekansa bağlı olarak artar.

Doğru akım için formüldeki T (msn) değeri zamanın logaritması ile çarpılır. Çünkü T zamanı çok küçükse doğru ve alternatif akımların değerleri (etkin değer yönünden) aynıdır. Zaman birkaç saniyeye çıktığında doğru akımın yaratacağı tehlike alternatif akımın yaratacağı tehlikenin dört katına çıkar.

Bu güvenlik eğrisi 50 kg ağırlığındaki çocuk ve yetişkinler için geçerlidir. ( N.K.A )

Bu eğri optimum güvenlik düzeyini gösterdiğinden bu değer altındaki akımların tehlike yaratmayacağı söylenemez.

Ancak dانا düşük akımların insan vücudundan geçmesi öldürücü kazalara yol açmaz.

### 2.1.3 vücut direnci

Güvenlik gerilimi, insanın dayanabileceği en büyük gerilim farkı ya da vücuda uygulandığında "sürekli akım" değerinde bir akım üreten gerilim olarak tanımlanır.

Bu gerilim insanın vücut direncinin bilinmesiyle saptanabilir. Vücut direnci de uygulanan gerilimin bir işlevidir. (Şekil 1)

$$R = A + B/U$$

$$U = \text{Gerilim (V)}$$

A = En küçük direnç (normalde 650 ohm civarındadır, çok nemli ortamda bu değer düşebilir )

B = Katsayı (87 500 olarak alınabilir)

Bu durumda bağıntı

$$R = 650 + 87 500 /U \text{ şeklini alır.}$$

Bu formül bir elden diğerine ya da bir elden ayağa kadar olan akım yolunda vücudun göstereceği dirençleri verir. A ve B değerleri az nemli ortamlar ve metalik temaslar (dirençsiz temaslar ) için alındığından direnç, oldukça kötü koşullar için ve güvenliği arttıracak yände saptanmış olur.

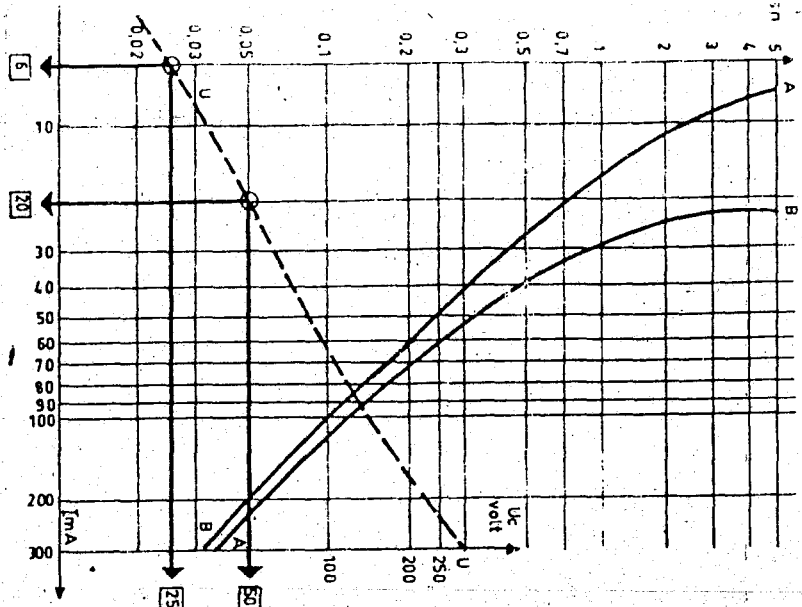
### 2.4.5 Güvenlik Gerilimi

Güvenlik gerilimi sürekli akım değerine göre saptanır. Sürekli akım da temel olarak insanın elektrik akımına alış biçimine bağlıdır.

Arızanın başlangıcından koruma sisteminin gerekli açtırmaları yapmasına kadar geçen sürede personelin arızalı ağıta dokunma olasılığı gözönüne alınmalıdır. Elde tutularak çalıştırılan (portatif) ağıtlarda bu olasılık fazla, çalışma anında elle denetimi gerektirmeyen birimlerde daha azdır.

Sürekli akım için iki değer alınmasının nedeni budur. Sürekli akım elde çalıştırılan ağıtlar için 6 mA, diğerleri içinde 20 mA dır.

Vücut direnci gözönüne alınırsa bu akımlara karşılık olan güvenlik gerilimleri 25V. ve 50V tur. (Şekil 2)



Güvenlik eğrileri (patofizyolojik olarak tehlikeli akım sınırları)

- A. 6 mA sürekli akım için (Elde çalıştırılan ağıtlar)
- B. 20 mA sürekli akım için (Diğer ağıtlar)

### 2.5. Doğrudan ve dolaylı temaslar

Kişinin korunması açısından teması iki şekilde tanımlayabiliriz. Elektrik ağıtlarının normal işletme gerilimindeki bölümleri ile olan temasa doğrudan temas, normal işletme geriliminde olmayan bölüm ya da gövdeleri ile olan temasa da dolaylı temas denir.

Örneğin aygıtın sargılarıyla gövdesi arasında bir kaçak varsa bu dolaylı temastır. Bu durumda gövde işletme geriliminden küçük bir gerilim değerine yükselir. Çünkü gövde ile sargılar arasında bir yalıtıklık direnci olacaktır.

## 2.6 Temaslara karşı koruma

### 2.6.1 Doğrudan temaslara karşı koruma

Doğrudan temaslara karşı koruma, tesis sırasında gerilimli bölmelerin tehlike yaratmayacak bir şekilde (kişinin dokunamayacağı şekilde) yapılması ile sağlanır. Gerilimli bölmelerle elle tutulabilecek bölmeler arasında gerekli yalıtım yapılır.

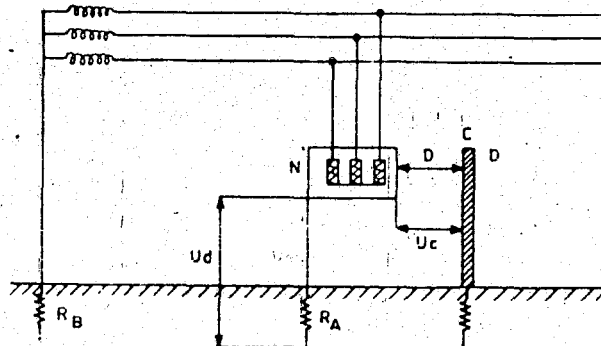
Yapım sırasında böyle bir yalıtım sağlanamıyorsa gerilimli bölmeler ya dokunulamayacak yüksekliğe çıkarılır. (Havai hatlarda olduğu gibi) ya da kapalı birimler biçimine sokulur. (dağıtım ve transformator kabinleri gibi) Doğrudan temaslara karşı koruma yüksek duyarlıklı (30 mA fark akımında çalışan) diferansiyel koruma aygıtlarıyla sağlanabilir.

Yalıtma, uzaklaştırma ve engel çıkarma gibi koruyucu önlemlerin ortadan kalması durumunda ise ek bir önlemin devreye girmesinin yararı büyüktür.

### 2.6.2 Dolaylı temaslara karşı koruma

#### a) Korunma ilkesi:

Dolaylı temaslarda temel ilke; insanın aynı anda dokunabileceği iletken öğeler arasında güvenlik geriliminden büyük bir dokunma geriliminin oluşmasını önlemektir. Dolaylı temaslara karşı korumanın koşullarını saptayabilmek için önce arıza ve dokunma gerilimlerinin belirlenmesi gerekir.



D: Ulaşılabilir (dokunulabilir) uzaklık

C: Toprağa bağlı iletken

$U_D$  = Arıza gerilimi (gövde ile topraklama elektrodu arasında)

$U_C$  = Dokunma gerilim (Diğer dokunulabilir iletkenler)

$U_C$  dokunma gerilimi, kişi arıza anında gövdeye dokunmasa bile vardır. Kişinin dokunduğunda bu gerilimin az da olsa düştüğü görülür. Güvenliği arttırıcı yöndeki bu düşme yok varsayılabilir.

Gününüz uygulamalarında çoğunlukla arıza gerilimi temel alınır. Çünkü dokunma gerilimi her zaman arıza geriliminden küçüktür.

b) Güvenlik eğrisinin kullanılışı:

Güvenlik eğrisini kullanabilmek için şu koşullar gereklidir:

$U_s$  = Güvenlik gerilimi

$I_n$  = Anma çalışma akım

Z = Empedans olmak üzere

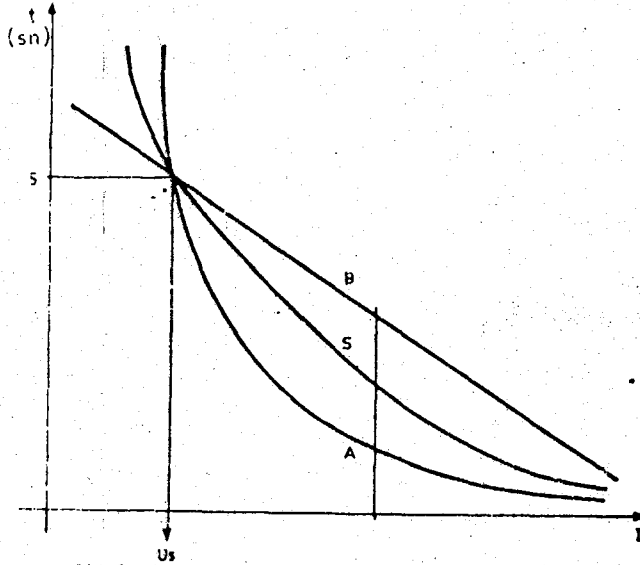
$$Z = \frac{U_s}{I_n}$$

bl- Koruyucu sistem dolaylı temaslarda arızayı 5 saniye içinde temizlemelidir. Bu süre içinde arıza gerilimi  $U_s$  güvenlik gerilimine ulaşır. (Güvenlik eğrisindeki A noktası)

Bu ilk koşul koruyucu aygıtın  $I_n$  anma çalışma akımıyla (artık diferansiyel rolelerinde  $I_n$  anma artık diferansiyel akımı) kısa devre akım yolunun Z empedansı arasındaki bağıntıyı verir.

$$Z < \frac{U_s}{I_n}$$

b.2 İşleyiş açısından koruyucu aygıtın çalışma eğrisi (uygulamada en üst çalışma sınırı) le s güvenlik eğrisinin karşılaştırması yapılabilir.



Koruyucu aygıtın A çalışma eğrisi S güvenlik eğrisinin altında ise güvenlik tüm kısa devrelerde sağlanmıştır. Yani arıza geriliminin değeri ne olursa olsun güvenlik için ayrı bir koruma aygıtına gerek yoktur.

Koruyucu aygıtın B çalışma eğrisi S güvenlik eğrisinin üzerindeyse, aynı anda dokunabilecek tüm gövde ve iletken öğelerinin eş gerilim bağlantıları yapılmalıdır ki koruma sisteminin çalışması esnasında temas gerilimi,  $U_s$  günlük geriliminin üzerine çıkmaz.

### c- ) İletken Yerler

İletken yerlerde kişinin normal olarak toprak gerilimindeki iletken öğelere dokunabileceği varsayılır.

Bu durumda güvenlik dokunma gerilimi arıza gerilimine eşit alınarak saptanır. Uygulamada belirli bir güvenlik katsayısı (tesisin yerel koşullarına bağlı olarak 2 ile 3 arasında alınır.

c.1) Sabit aygıtların korunmasında güvenlik gerilimi 50 V alınır.

Koruma sistemi dokunma gerilimi 50 volta ulaştığında 5 saniye içinde açtırmaları yapılmalıdır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu koşul, koruma sistemi arıza gerilimini (doğrudan ya da dolaylı) ölçer ve arıza gerilimi 50 V' a kadar ulaştığında 5 saniye içinde temizleme garantilersek, sağlanmış olur.

Diferansiyel korumalar kullanılırsa temizleme süresi 1 saniyeye düşürülebilir.

Kişinin, arıza başlangıcı ile korumanın çalışması arasındaki zaman farkında arızalı malzemeye dokunma olasılığı çok zayıftır.

c. 2 Elde çalıştırılan aygıtların korumasında güvenlik gerilimi 25 V alınır.

Uygulamada koruyucu aygıtların çalışma eğrilerinin çizelge 1 deki değerlere uygun olması gereklidir.

Çizelgede tüm kullanılabilir koruma sistemlerinin ve özellikle aşırı akımla çalışanların (sigortalar, kesiciler) gerçek karakteristikleri gözönüne alınmıştır.

<u>İnsan vücudundan geçen Akım</u>	<u>Dokunma Gerilimi (V)</u>	<u>Maximum Kesme Süresi (sn)</u>
6	25	5
20	50	1
27	60	0,7
44	80	0,4
80	110	0,2
145	150	0,1
220	220	0,05
280	280	0,03

(Çizelge 1)

Bu çizelgedeki değerler şekil 5 de I eğrisi ile gösterilmiştir. koruyucu aygıtların çalışma eğrileri bu eğrinin ya altında ya da üstünde çakışır durumda olmalıdır. ( bu eğri güvenlik eğrisine çok yakındır.)

Elde çalıştırılan aygıtların tutulacak bölümleri çift yalıtılmışsa koruyucu aygıtın çalışma eğrisinin doğrulanmasına gerek yoktur.



d.) İletken Olmayan Yerler

Toprağın ve döşemenin direnci öyle bir değerdedir ki, arızalı bir gövdeye dokunulduğunda insan vücudundan geçen akım sürekli akım değerinin (6 mA) altında kalır. Bu durumdaki bir gövde için koruma önlemi alınmayabilir.

Bu direncin değeri gövdenin toprağa olan gerilimine bağlıdır.

6 mA lik sınır akım için gerilim ve direnç değerleri çizelge 2 de verilmiştir.

<u>Gövdenin Toprağa Olan Gerilimi (V)</u>	<u>Toprak ve Döşemenin En küçük direnci (Ohm)</u>
250	42000
500	84000
1000	168000

(Çizelge 2 )

2. TOPRAĞIN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİ2.1 Toprağın özgül direncine sıcaklığın, nemin, taneciklerin etkisi:

Toprağın özgül direnci ile topraklama elektrotlarının çalışması etkilenir. Toprağın özgül direnci aşağıdaki nitelikleri gösterir.

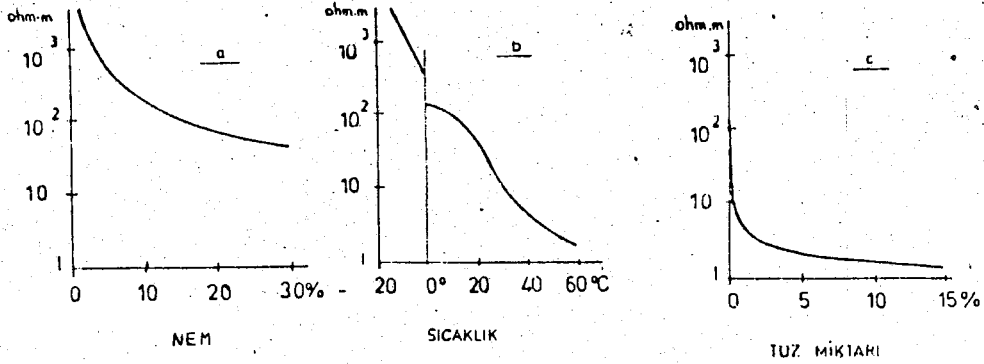
1- Özgül direnç kayaların yapısına ve nem yüzdelerine bağlı olarak bir bölgeden diğerine çok büyük değişiklik gösterir.

2- Belirli bir bölgedeki toprak hem yatayına hem de derinliğine çok az homojendir.

3- Toprağın yüzeysel katlarının özgül direnci mevsimlere göre çok büyük değişiklikler gösterir. (Örneğin; kuraklık ve donlarda artar, nemli olduğunda azalır). Bu olay daha çok 1-2 metrelik derinliklerde görülür.

4- Yapım gerçekleştirilmeden önce yüzeyde ve çok az derinlikte toprağın özgül direnci iyi bilinemez. Elektrotlar yerleştirildikten sonra ancak toprağın niteliği üzerindeki ilk veriler elde edilebilir.

Ohm.m cinsinden bir özgül direnç sayısal olarak kenarı 1 metre olan 1 m<sup>3</sup> toprağın direncine eşittir.



Toprağın iletkenliği temel olarak elektrolitik niteliklidir. Kuru ortamda çok zayıftır. Ancak sabit bir sıcaklıkta nemle orantılı artar. Ve belirli bir nem oranında da sıcaklıkla orantılı artar.

Toprağın bişesimindeki diğer bir önemli öge olan taneciklenme; toprağın güvenilirlik ile nem tutuculuğunu ve aynı zamanda elektrotlarla olan temasının niteliğini etkiler. İri tanecikli toprakların, topraklama elektrotlarının yerleştirilmesinde kullanılması iyi değildir. Bu sorun çoğunlukla elektrot yüzeyini belirli bir kalınlıktaki ince ve yağlı toprakla yada daha iletken bir malzeme ile sararak çözülür.

## 2.2 Elektrot empedansını belirleyen etmenler:

### 2.2.1 Topraklama elektrotu direncinin akan akımla değişmesi:

Topraklama elektrotlarının direnci, üzerinden geçen akımla çok az bağlıdır.

Elektrotun direnci, oldukça karmaşık ve çok sayıdaki etken nedeniyle üzerinden geçen akım arttıkça azalma eğilimindedir.

Bu azalmanın birinci nedeni; geçen akımın etkisiyle elektrotların yakınındaki toprağın ısınması olabilir. Isınma toprağın özgül direncini azaltır. İkinci bir etken: elektrot metali ile hemen yakınındaki toprak arasındaki temasın iyi olmamasıdır. Örneğin toprağın sıkıştırılması sırasında yüzeyler arasında kalan hava tabakası düşük akımların geçişinde büyük direnç gösterebilir.

2.2.2 Topraklama elektrotu direncinin...

2.2.2 Toprak kapasitesinin etkisi:

Homojen iletken bir ortamda herhangi bir elektrodun direnci ile homojen dielektrik bir ortamdaki aynı elektrodun kapasitesi arasında bir bağlantı vardır.

İletken ortamın özgül direnci  $\rho$  (Ohm.m) ve yalıtkan ortamın başta-ki dielektrik sabiti K ise birinci durumdaki direnç ile ikinci durumdaki kapasite şu bağlantılardan bulunur.

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S}, \dots \dots (\text{Ohm})$$

$$C = \frac{K \cdot S}{4 L} \dots \dots m$$

1 F in 9000 m yi gösterdiği düşünülürse

$$CR = \frac{K \rho}{36000} \dots \dots (\text{ohm} - F)$$

veya

$$CR = \frac{K \rho}{100000} \dots \dots (\text{ohm} - F)$$

bulunur.

Bir vücut ne tam bir iletken ne de tam bir yalıtıktır. Her maddenin aynı anda belirli bir  $\rho$  özgül direnci ve bir K elektrik sabitesinin olduğu kabul edilir. Yani eş gerilimli iki yüzeyden oluşan her küçük hacimin bir direnç ve bir kondansatörün paralel birleşimi olduğu kabul edilir.

Alternatif akımda frekansın belirli bir değerine kadar kondansatörün pek fazla etkisi yoktur. Uygulamada bu değer oldukça yüksektir.

Az nemli topraklar için dielektrik sabitesini 10, çok kuru topraklar için ise dielektrik sabitesini 4 olarak kabul edebiliriz.

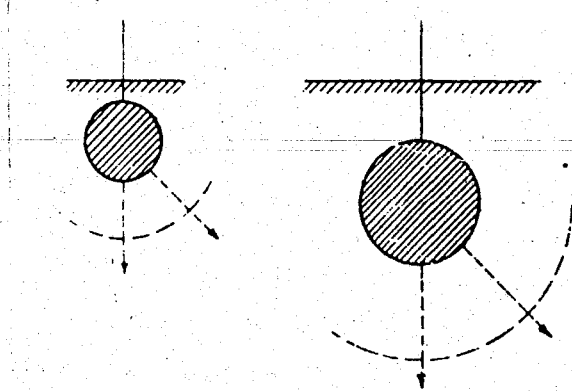
### 2.3. Elektrotların sınıflaması

a) Homojen bir toprakla belirli bir topraklama elektrotu olduğunu ve toprağın özgül direncinin ise iki katına çıktığını düşünürsek; akım ağlarının yolunda bir değişiklik olmaz, tüm gerilim düşümlerinin iki katına çıkar.

Bir topraklama elektrotunun direnci toprağın özgül direnciyle orantılıdır.

b) Biçim ve toprak özgül direncinde bir değişme olmadan elektrodun tüm boyutlarının 2 katına çıktığını düşünelim; eşgerilimli yüzeylerin alanları 4 kat ve iki eşgerilimli yüzey arasındaki akım yolu 2 kat artacak, dolayısıyla elektrot direnci ikiye bölünür.

Belirli bir biçimdeki topraklama elektrotunun homojen topraktaki direnci doğrusal boyutlarıyla ters orantılı değişir.



c) Elektrot boyutları ile eşgerilimli yüzeylerin birlikte genişlemesi durumunda ise çok büyük boyutlu topraklama elektrotları direncinin toprağın uzaktaki katlarında çok önemli etkisi olur. Çünkü uzaktaki toprak katlarına karşılık olan direnci küçük boyutlu elektrotlar durumunda

ara toprak katlarının direnci eklenir.

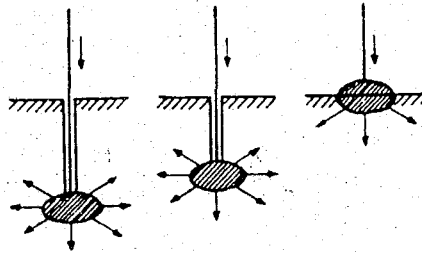
d) Çok uzatılmış biçimdeki topraklama elektrotlarının direnci küçük boyutlara (örneğin; çap) çok az bağlıdır ve hemen hemen büyük boyutlarla (örneğin uzunluk) ters orantılıdır.

e) Uzun biçimli elektrotlarda metal daha kolay işlenir. ve topraklama işleri arazi direnci ne kadar fazla ise o kadar pahalıya mal olur. Yine de toprak ne kadar kötü iletken ise çok uzatılmış topraklama elektrotlarını kullanmak o kadar karlıdır.

f) Elektrotla toprak yüzeyi arasındaki bağlantının yalıtılmış olduğunu varsayarak elektrotun gömülme derinliğini inceleyelim.

Elektrot simetrik ise; yarısı toprak yüzeyinde iken elektrottan geçen akım yayılma alanı olarak; sonsuz bir derinliğe gömüldüğündeki yayılma bölgesinin yarısından yararlanır.

Ara derinlikler için başka hesaplama yapmadan bu iki sınır değer arasında yapılacak bir tahmin gerçeğe yakın bir sonuç verir.



### 2.3.1. Yarıküre elektrot

Homojen arazide en basit elektrot, toprak yüzeyi ile düzenlenmiş bir yarıküre elektrottur. Akımın dağılım çizgileri elektrotun yarıçaplarının uzantılarıdır ve eş gerilimli yüzeyler aynı merkezli yüzeylerdir.

**2.3. AKIMIN TOPRAKTA DAĞILMASI:**

Bir iletkenin toprakla temasından doğacak akım, en genel durumda Theven'in kuramına göre iletkenle toprak arasında arıza öncesinde var olan gerilime eşit (sistemin faz-toprak gerilimi) tek bir emk'nın üreteceği akıma eşit olacaktır.

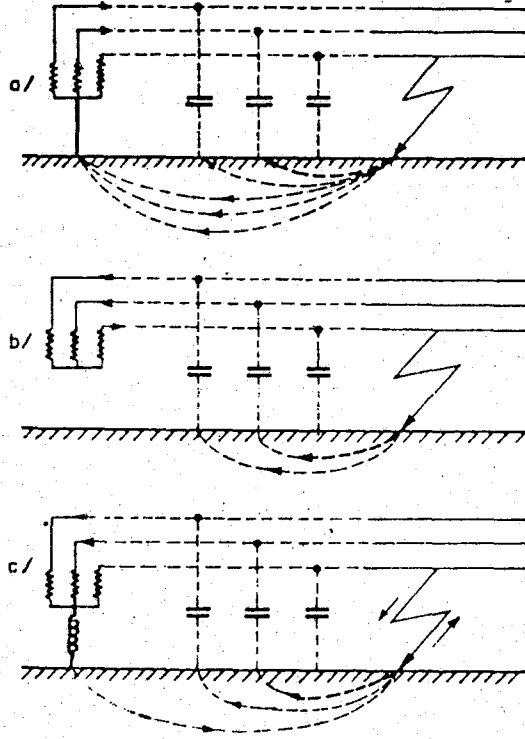
İletkenden toprağa bir akımın akabilmesi için kuşkusuz sistemde bir dönüş yolunun (kapalı devrenin) olması gerekir. Bu dönüş yolu ya bu amaçla düzenlenen bir yada birkaç nötr noktası üzerinden yada sistemin sağlam fazları ile toprak arasında oluşan kondansatörler üzerinden gerçekleşir. Toprağa akan akımı sınırlayan dönüş yolunun empedansına, topraklama elektrodunun giriş empedansı ile şebekenin boyuna empedanslar eklenir.

Çoğunlukla akım devrede birçok şardel dönüş kolunu kullanır. Ancak dönüş akımların yoğunluğu bütün kollarda aynı değildir. Topraklamada bu olgudan Petersen bobinleri ile nasıl yararlanılabileceği sorusu akla gelebilir. Akım Petersen bobinleri hatların kapasitansına akort edilmiş bir endüktif devre olarak görülür. Böylece hat kondansatörleri ile Petersen bobini çok büyük empedanslı bir tıkaç olarak akımı çok küçük bir değerde sınırlar.

Ayrıca toprağa akan akımın sistemin normal kaynaklarından değil de bir yıldırım düşmesinden besleniş durumunda incelenmesi gerekir. Akımın yüklü buluta dönüşü kara yüzeyi ile bulut arasında dağılmış kondansatörler aracılığıyla gerçekleşir.

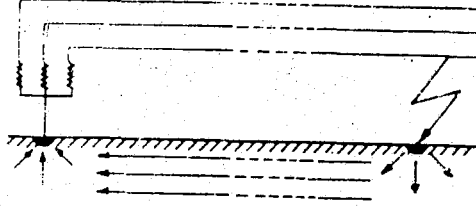
Topraklama elektrodu üzerinden toprağa akan akım önce elektrodun etrafında yayılır. Daha sonra her akım çizgisi ya dönüş yolu üzerindeki topraklama elektroduna yada kapanışı sağlayan kondansatörlerin bulunduğu bölgeye yönelir.

İlke olarak böyle bir akımın yayılma bölgesi tüm gezegene uzanır. Ancak uygulamada akım yoğunlukları ve gerilim gradjenleri belirli bölgelerin dışında çok zayıftır.



Genel bir kural ve çok önemli bir basitleştirme olarak; akımın giriş ve çıkışındaki topraklama elektrodlarının birbirlerini etkilememesi için elektrotlar arası açıklık yeterince büyük olmalıdır. Topraklama elektrodundan akan akım, elektrodun boyutlarıyla karşılaştırılabilir, bir uzaklığa kadar her yönde düzensizce yayılır. Eğer dönüş elektrodu sonsuza kadar düzgün biçimde yayılmışsa giriş elektrodunun empedansı tüm yönlerde aynıdır. Yolun evresinde akım, giriş ve çıkış bölgeleri arasındaki toprak içersinde yoğunluğu azalmış olarak akar.

Sonuncu evrede akım, tekrar yoğunlaşmış olarak topraklama elektrodu üzerinden sisteme döner.



Giriş ve çıkış, akış terimlerinin basit birer referans anlamı vardır. ve iki topraklama elektrodu yayılma zamanı ihmal edilebilen düşük frekanslı olaylarda tümüyle simetrik olarak çalışır.

Bu düşünceler bizi topraklama elektrodunda özgül empedans kavramına götürür. Bu empedans tüm yönlerde ve sonsuzda gerçekleşen ve akımın dönüş devresinden bağımsız olan bir empedanstır.

Giriş ve çıkış bölgeleri arasında topraktan geçen akım ortalama birkaç yüz metre derinlikten taşıyıcı hatları takip eder. Bu dönüş yolunun direnç ve reaktansı toprağın yapısına bağlıdır ve ohm/km'nin çok küçük bir bölümü düzeyindedir.

Bu empedans taşıyıcı hatların sffır dizi bileşen empedanslarının hesabında gözönüne alınmaktadır. Bu nedenle, bu empedans üzerinde çok fazla durmak gereksizdir.

Toprak içinde dönüş akımları hatları izlerken karşılıklarına yeterince iletken başka yollar çıkarsa (örneğin metal kanal ve kablo kılıfları) Akımın az yada çok bazı sapmalar yaptığı görülür.

#### TOPRAĞIN ISINMASI VE ISINMA HIZI:

Toprağın elektrolitik nitelikte olan iletkenliği, toprağın nemiy-le orantılı olarak artar. Suyu tümüyle çekilmiş toprak hemen hemen mükemmel bir yalıtıkandır. Belirli bir nem oranında toprağın iletkenliği sıcaklıklarda artar. Bir topraklama elektrodunun direnci, üzerinden geçen akımın etkisiyle, toprak ısındıkça düşmeye başlar.



Ancak toprağın ısınması aynı zamanda suyun buharlaşmasına yol açar. Suyun kaynama noktasına ulaşmadıkça bu etki az hissedilir. Elektrodun hemen yakınındaki tabaka  $100^{\circ}\text{C}$ 'a yükseldiğinde, bu tabaka hızla suyunu yitirir ve direnci çok yüksek bir değere yükselir. Yerel gradyenler dallanmış arkların oluşmasına yol açar.

Bu arklarda kurutma işlevini gerilim ne kadar yüksekse o kadar uzağa yayar. Bu durumda elektrodun akımı boşaltma kapasitesi çok küçük bir değere düşer.

Bu yüzden elektrodun yakınında sıcaklığın hiçbir zaman  $100^{\circ}\text{C}$ 'a ulaşmaması istenir.

## 2.7 Koruma ilkelerinin uygulanması:

Koruma koşulları, tesisin nötr noktasının toprağa göre durumuna ve gövdelerin sistemin nötr noktası ile olan bağlantısına bağlıdır. Bu tip uygulamaları üç bölümde toplayabiliriz.

### 2.7.1 Nötr Noktasının Doğrudan Topraklanması ve Tesisteki gövdelerin ayrı topraklanması

Bu tür tesisler TT diye adlandırılır. Bu yöntem, alçak gerilim dağıtım sistemlerinden doğrudan beslenen tesislerde kullanılır. Bu tesislerde dolaylı temaslara karşı koruma; artık diferansiyel akımla çalışan yani doğrudan toprağa akan akımı ölçen koruyucu aygıtlarla sağlanır.

Örneğin artık diferansiyel akımla çalışan koruma, diferansiyel akım,  $I_n$  anma diferansiyel akımına eşitse en çok 1 sn içinde çalışmalıdır.

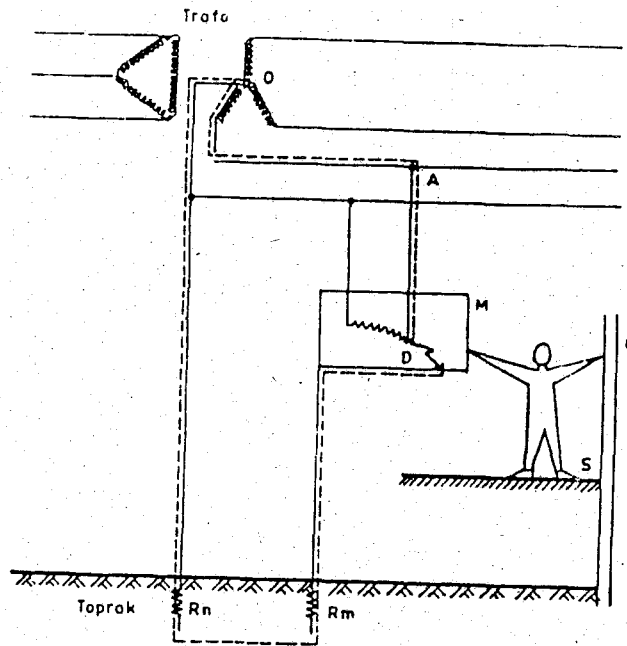
Bu koşullarda tesisteki korumanın aşağıdaki iki koşulu yerine getirmesi gerekir.

a) Tesisteki gövdelerin bağlı olduğu topraklama direnci, güvenlik geriliminin diferansiyel koruma sisteminin anma akımına oranından küçük olmalıdır.

$$R = \frac{U_s}{I_n} \leq \frac{25}{I_n}$$

b) Aynı koruyucu sistemle korunan tüm gövdeler aynı topraklama elektroduna bağlanmalıdır.

Bu koşul aynı binadaki tesisler için ortak bir topraklama elektrotu ile gerçekleştirilebilir. Bu durum özellikle konut olarak kullanılan binalar için geçerlidir



Şekil Nötr noktasının doğrudan topraklanması, tesis gövdelerinin ayrı topraklanması.

M aygıtındaki D yalıtkanlık arızasında; noktali olarak gösterilen arıza devresinde bir akım oluşur ve M gövdesi ile toprağa bağlı C iletken ögesi arasında bir gerilim görülür. (Dokunma gerilimi)

Eğer bu gerilim 25 V'un altında tutuluyorsa ya da bu gerilim aşıldığında devre güvenlik eğrisine karşılık bir zaman içersinde kesiliyorsa koruma sağlanmış olur.

### 2.7.2 Nötr Noktasının Doğrudan Topraklanması ve tesisdeki gövdelerin nötr noktası ile birleştirilmesi

Biz bu tesisleri TN olarak adlandırıyoruz. Böyle bir çözüm sistemlerin sadeleştirilmesini sağlar. Dolaylı temaslara karşı koruma aşırı akımla çalışan aygıtlarla sağlanır. Böylece bir fazın gövdeye kısa devresi durumunda yalnızca o faz ile nötr arasında kısa devre akımı akar. Ancak nötr iletkeninin geriliminin yükselmesi önlenmelidir, çünkü gövdeler arası bağlantı açık ve elle dokunulabilecek durumdadır. Bu nedenle tüm gövde ve iletken öğelerin eş gerilim bağlantısı yapılmalı ve nötr iletkeni topraklama elektrotuna bağlanmalıdır.

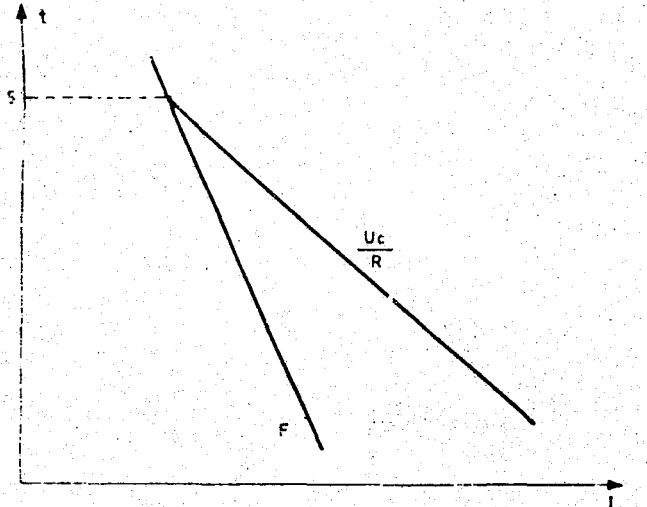
Güvenlik eğrisinin doğrulanması için, koruma sisteminin çalışma eğrisi ile güvenlik geriliminin aynı anda dokunulabilecek tüm iletken öğe ve gövdeler arasında ölçülen dirence oranı karşılaştırılır. Bu durumda güvenlik geriliminin koşulu şu ifadeyi alır.

$$R = \frac{U_c}{I}$$

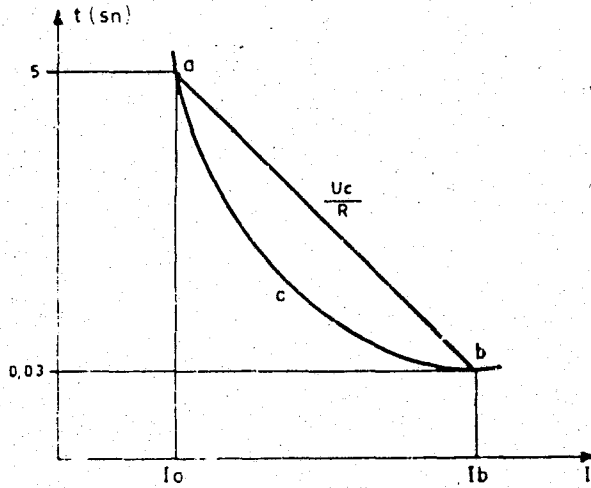
$U_c$  : Güvenlik gerilimi

$R$  : Bir gövdeyle diğer gövde arasındaki direnç

Koruyucu sistem sigortaysa en az 5 saniyelik çalışma zamanı için koşulun doğrulanması yeterli olur. çünkü sigortanın çalışma eğrisi güvenlik eğrisine göre daha dik yada eğimi daha fazladır.



Eğer koruma kesicilerle sağlanıyorsa, bunların normalize edilmiş eğrileri olmadığından yapımıcının verdiği eğriyi  $U_c/R$  eğrisi ile karşılaştırmak gerekir. Yalnız termik koruyucusu bulunan kesicilerde bu doğrulama yalnız 5 saniye ve 30 msn'lik zamanlar için yapılmalıdır. Bunlar güvenlik eğrisinin uç noktalarıdır.



### 2.7.3 Nötr Noktasının Empe-dans Üzerinden Topraklanmısa yada nötr Noktası ile topraklama arasında hiçbir Bağlantının Olmaması:

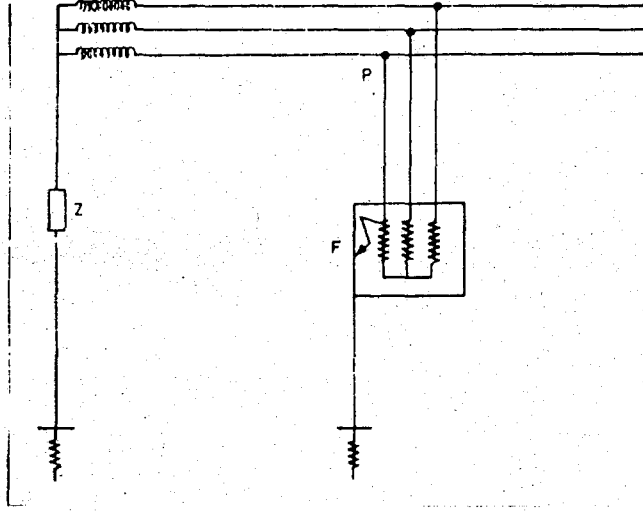
Bu tip tesisler IT olarak adlandırılır ve beslemenin ilk yalıtkanlık arızalarında kesilmesini önler. Çünkü ilk faz toprak arızasında akım küçüktür ve gövdenin gerilimi güvenlik geriliminin üzerine çıkamaz. İlk arızada akım yoğunluğu temel olarak tesisin yapısından gelen kaçak empedanslara bağlı olduğundan tesislerde tüketime sürekliliği sağlanmış olur. Bu durum özellikle kısa süreli enerji kesilmesinin bile ciddi tehlikelere yol açabileceği sanayi tesisleri için geçerlidir.

Bu tür tesislerde tesisin yalıtkanlığı sürekli olarak denetlenmeli ve yalıtkanlık düzeyinde bir düşme olduğu takdirde hemen sinyal alınmalı ve ikinci bir arıza olmadan arızanın yeri bulunup temizlenmelidir.

Birinci arıza bulunmadan ikinci bir arıza olursa dolaylı temaslara karşı korunma :

- a) Tesislerdeki aşırı akımlara karşı korunma sistemleri ,  
b) Tüm iletken öğeler ve gövdeler arasındaki eşgerilim bağlantıları ile sağlanır.

Böylece iki ayrı yerdeki faz toprak arızası faz arası arızasına dönüştürülerek aşırı akım koruma sisteminin çalışması ve aynı anda dokunulabilecek iki öğe arasında güvenlik geriliminden büyük bir gerilimin oluşmaması sağlanır.



Nötrü doğrudan topraklı olmayan yada bir empedans üzerinden topraklı tesisler.

Z empedansı öyle bir değerdedir ki ilk arızada (F) doğan akım gövdelerin gerilimini güvenlik geriliminden büyük bir gerilime yükseltmez.

## 2.8 . Konutlar ve Sanayi Tesislerinde Dolaylı Temaslara Karşı Koruma

### 2.8.1 Konut Tesislerinde dolaylı temaslara karşı koruma

Konutlarda dolaylı temaslara karşı korunma elektrikli aygıtların gövdelerinin topraklanması ile sağlanır.

Kuru yada iletken olmayan yerlerde (oda, salon gibi) eğer elektrikli aygıtlar topraktan yalıtılmamış iletken öğelerden en az 1 metre uzakta bulunuyorsa aygıtların gövdelerinin topraklanmaması düşünülebilir.

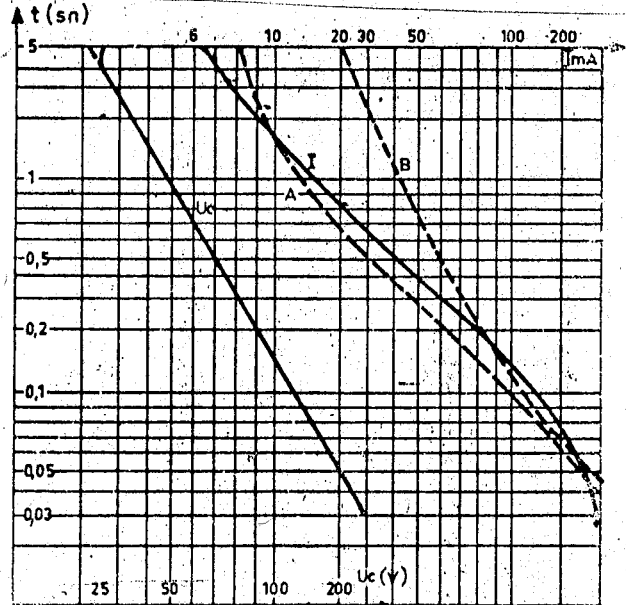
Su içindeki insanın direnci 200 ohm'un altına düşebileceğinden insan büyük bir tehlike ile karşı karşıya kalır. Bu nedenle banyolarda şu ek önlemler alınmalıdır.

- Tüm gövdeler ve iletken öğeler arasında eş gerilim bağlantıları yapılmalıdır.
- Banyo teknesi ve duş iletken malzemelerden uzakta olmalıdır.
- Esnek kablo ile beslenen aygıtların devreleri güvenlik korumasından ayrı tutulmalıdır.
- Elektrik iletkenlerinin bulunduğu kanallar gövdelerden yalıtılmalıdır.

### 2.8.2. Sanayi tesislerinde dolaylı temaslara karşı koruma

Bu tesislerde ise iyi bir topraklama gerçekleştirilmesi ve gövdeler ile aynı anda dokunulabilecek iletken öğeler arasında eş gerilim bağlantıları yapılmalıdır.

Ayrıca bazı çalışma merkezlerinde yada bölümlerinde ek koruma önlemleri alınabilir. Tank ve kazan gibi metal bölmelerde yalnız düşük gerilimde güvenlik yönteminin kullanılması gerekir.



Şekil 5.  $U_C$ : Dokunma gerilimi  
I: İnsan vücudundan dokunma geriliminde geçecek akım.  
A ve B Şekil 2'deki güvenlik akım sınırları.

ELEKTROT GERİLİMLERİ

Yüksek gerilim merkezlerinde herhangi bir faz toprak kısa devresinde toprak direnci boyunca meydana gelecek gerilim şu şekilde yazılabilir.

$$U_E = I_E R_E$$

$U_E$  : Elektrot gerilimi

$I_E$  : Toprak direnci üzerinden akan akım

$R_E$  : Toprak direnci

En büyük elektrot gerilimi yüksek gerilim trafo merkezinde meydana gelecek kısa devrede ortaya çıkacaktır.  $I_{kl}$  kısa devre akımının yalnızca bir bölümü  $R_E$  toprak direnci üzerinden akacaktır. Büyük bir bölümü ise havai hattın toprak teli ve dengeleme iletkeni üzerinden kaynağa yönelecektir.

Bu nedenle genel olarak şu bağıntı yazılabilir,

$$k = \frac{I_E}{I_{kl}}$$

Bu iki denklemi birleştirirsek bağıntıyı şu şekilde yazabiliriz.

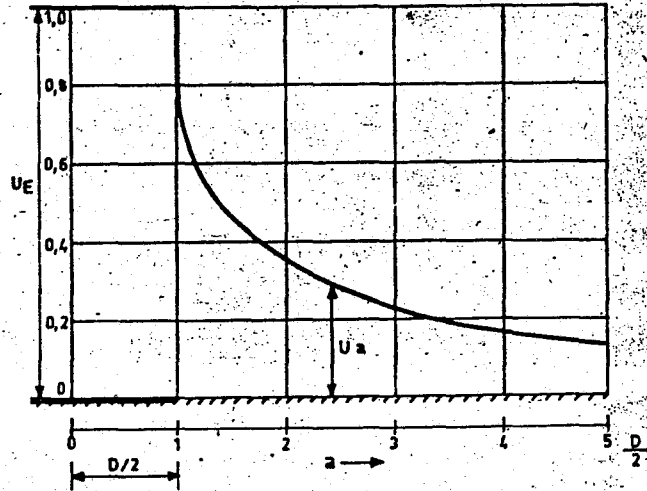
$$U_E = k \cdot I_{kl} \cdot R_E$$

Buradan görüleceği gibi elektrot gerilimi merkezin kurulduğu yerdeki  $R_E$  toprak direncine,  $I_{kl}$  faz toprak kısa devre akımına ve bu akımın sistemdeki k bölümüne katsayısına bağlıdır.

### 5.1 Elektrot geriliminin etkileri

Elektrot gerilimi bir çok istenmeyen olaya neden olabilir. Şekilde verilen gerilim dağılımı eğrisi gözönüne alındığında kişiler, topraklanmış metal kısımlara dokunarak yada bu gerilim dağılımının etken olduğu zemini adımlayarak belirli bir gerilim altına girerler. Bu gerilimin büyüklüğü ve etki süresi saptanmış bir değerden büyükse, yaşam için tehlikeli olabilir.

Yanda görülen şekil yuvarlak bir levha elektrot geriliminin etkilerini göstermektedir. Şekil örnek olarak verilmiştir.



Şekil 2. Yuvarlak bir levha elektrotun kenarındaki gerilim profili.

Gerilim dağılımı eğrisi içine giren topraklanmış metal kısımlar farklı gerilimli iki noktayı köprülemiş olabilir. Bu durumda elektrot akımının bir bölümü, borular, tanklar gibi elektriksel işlevi olmayan metal kısımlar üzerinden toprağa akar.

Yalıtılmış iletkenler, örneğin telekomünikasyon kabloları elektrot gerilimini dışarı taşıyabileceği gibi, sonsuz toprak noktasını da (sıfır gerilimli toprak) trafo merkezine getirebilir. Bu nedenle bunların gerek işletme ve gerekse koruma toprakları yalnızca bir noktadan yapılmalıdır. Ayrıca elektrot gerilimi telekomünikasyon kablolarının ve alçak gerilim kablolarının çekirdekleri ile zırhları arasındaki yalıtımı zorlar. Bütün bu istenmeyen etkilerden sakınmak veya zararlarını en alt düzeyde tutmak için elektrot gerilimini en düşük değerde sınırlandırmak gerekir.

### 5.2 Elektrot gerilimini azaltmak



Elektrot gerilimi formülü

$$U_E = k \cdot I_{k1} \cdot R_E$$

olduğundan bu gerilimi küçültmek için üç ana yol vardır.

Bu yollar,

- a) Havai hat toprak telleri ve dengeleme iletkenleriyle toprak akımını düşürmek ( k katsayısını düşürmek).
- b) Topraklama sisteminin boyutlarını artırarak  $R_E$  topraklama direncini küçültmek.
- c)  $I_{k1}$  toprak kısa devre akımlarını sınırlamak için sistemdeki bazı trafoları reaktans üzerinden topraklamak.

Uygulamada bu önlemler fiziksel, işletme koşulları, teknik ve ekonomik nedenlerle sınırlanmışlardır. Etkiyetli bir elektrot gerilimi ancak bunların belirli ölçülerde bir arada uygulanmasıyla sağlanabilir.

### 5.2.1 Toprak direnci

Bir yüksek gerilim trafo merkezinin topraklama elektrotu şerit yada örgülü iletkenlerin bir ağ biçiminde ve ortalama 0,8 metre derinliğe gömülmesi ile gerçekleştirilir. Malzeme olarak ise genellikle galvanizli demir şeritler veya örgülü bakır iletkenler kullanılır.

Yuvarlak levha elektrotu için toprak direnci bağıntısı şu şekilde yazılabilir.

$$R_E = \frac{S}{2 D}$$

$R_E$  = Toprak direnci (Dağılma direnci)

S = Toprak öz direnci (ohm.m)

D = Levha elektrotun çapı (m)

Denklemden de görüleceği gibi toprak öz direncine etki edilemediği

ğine göre toprak direncini azaltmak için yalnızca topraklama alanının (D çapının) artırılması gerekir.

### 5.2.2. Toprak kısa devre akımının dağılımı

bilindiği gibi toprak direnci üzerinden akan elektrot akımı ( $I_E$ ) toplam toprak kısadevre akımının ( $I_{k1}$ ) yalnızca bir bölümüdür. Çünkü merkeze giren yüksek gerilim hatları genellikle bir yada daha fazla toprak teli ile donatılır ve topraklama elektrotuna bağlanırlar.

Havai hat toprak tellerinden ve dengeleme ilektenlerinden akan akımların iki bileşenden oluştuğu düşünülebilir. Bunlardan birincisi iletkenler arasındaki ortak endüktansa bağlı olarak meydana gelen hat boyunca sabit değerde olan ve arıza noktasına nispeten bağımsız olan bileşendir. İkinci bileşenin değeri ise, toprak telleri ile, dengeleme iletkenlerinin direncine ve direkler ile merkezin topraklama direncine bağlıdır. Bu bileşen kısa devre noktasında en büyük değerde olup bu noktadan uzaklaştıkça direk topraklamalarından emilerek ve gömülü iletkenlerden toprağa yayılarak azalır. Tek başına birinci bileşen dengeli akım dağılımını, birinci ve ikinci bileşen beraberince gerçek akım dağılımını gösterir.

Gerçek ve dengeli akımlar arasındaki fark arıza noktasındaki toprak direnci ne kadar küçükse o kadar azdır..

Dengeli akım dağılımını p düzeltme katsayısı yardımı ile hesaplırsak,

$$p = \frac{I_4}{3 I_0}$$

$I_4$  = Toprakta akan akım

$I_0$  = sıfır bileşen akımı

$$3 I_0 = I_R + I_S + I_T$$

Yalnız bir taraftan beslenen arızalarda sıfır bileşen akımı kısa devre akımına eşittir.

$$3 I_0 = I_{k1}$$

MARMARA UNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Arıza noktasından toprağa akan elektrot akımı daima toprak kısa devre akımının dengeli bileşeninden küçük yada en fazla ona eşittir.  $k$  ile  $p$  katsayısı arasında şu bağıntı vardır.

$$k \leq p$$

**7.ÖLÇME VE PROJELENDİRME****7.1 Projelendirme yöntemi**

Topraklamanın önemi nedeni ile projesi yapılacak topraklama tesisi öncelikle bir bütün olarak da ele alınmak ve çok dikkatli bir biçimde incelenmelidir.

Proje hazırlanmasında aşağıdaki yakın izlenmesi tavsiye edilebilir.

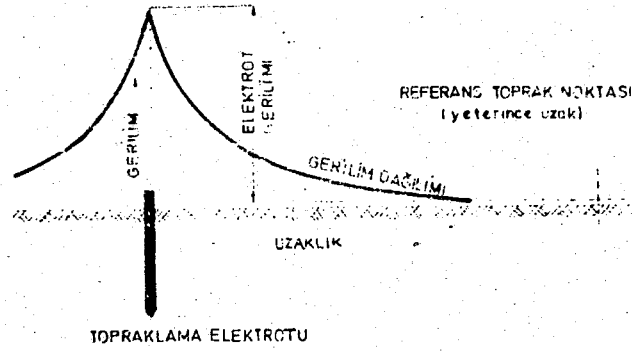
- 1- Çevre toprak karakteristiklerinin incelenmesi.
- 2- Maximum toprak arıza akımının tesbit edilmesi.
- 3- Proje taslağının hazırlanması.
- 4- Topraklama direncinin hesaplanması.
- 5- Topraklama şebekesinde maximum gerilim yükselmesinin hesaplanması.
- 6- Ön görülen adım ve dokunma gerilimlerinin tesbiti.
- 7- Taslağın yeniden gözden geçirilmesi.
- 8- Sistemin yapım projesinin hazırlanması.
- 9- Tesisi tamamlanan topraklama sisteminin direnci ile adım ve dokunma gerilimlerinin ölçülmesi.
- 10- Bulunan ölçü sonuçlarına göre karşılaştırmalar.
- 11- Bu karşılaştırmalara göre tesiste gerekli iyileştirmelerin yapılması.

**7.2 Elektrot, adım, dokunma ve transfer gerilimleri:**

7.1 de adı geçen bu kavramların neler olduğuna bir göz atalım. Bugün topraklama elektrodu olarak bakır yada demir de yapılmış aşağıdaki tiplerde iletken elemanlar kullanılmaktadır.

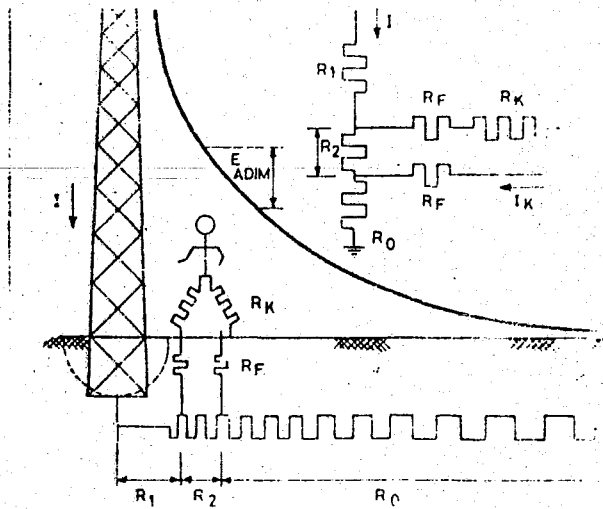
- Şerit iletkenler
- Som ya da örgülü iletkenler
- Boru yada profil demirden yapılmış çubuklar.
- Levhalar

Elektrot gerilim: Referans olarak alınan yeterli uzaklıktaki bir toprak noktasına göre elektrodun yükseldiği gerilime demir aşağıdaki şekil e-  
lektrot etrafındaki gerilim dağılımını göstermektedir.

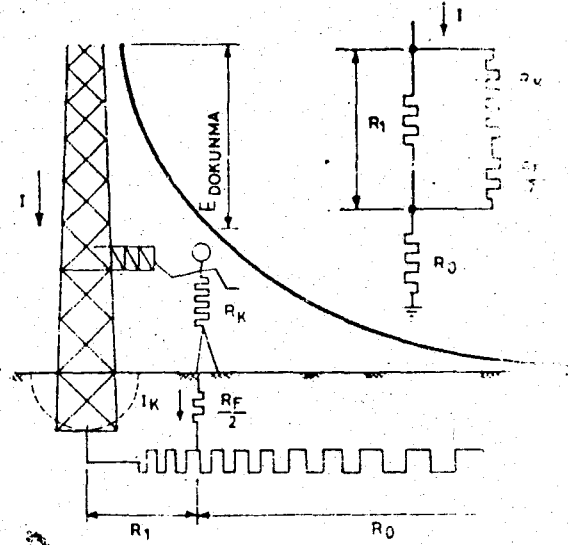


Adım gerilimi: Adım aralığı yaklaşık bir metre olan bir insanın köprülediği elektrot gerilimine denir. Bu durumda insan vücudu şekil 3 deki gibi devreye paralel olarak girer. Akım bir ayaktan diğerine akar.

Dokunma gerilimi: Bir kimsenin yatay olarak bir metre uzaklıktan şekil 4 teki gibi köprülediği elektrot gerilimidir. Akım yolu bir elden ayağa ya da diğer ele doğrudur.

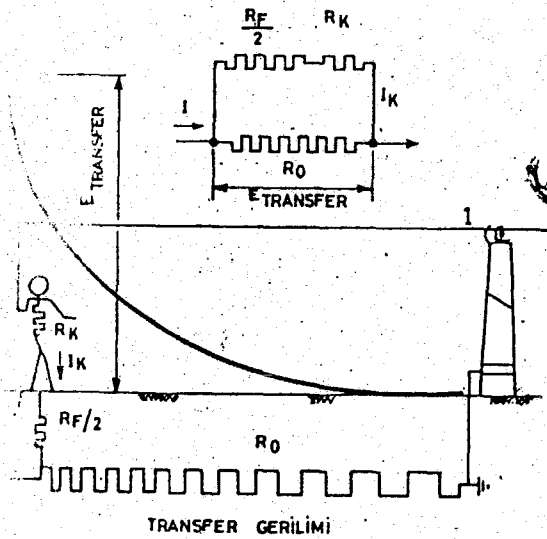


Şekil 3. Adım geriliminin gösterimi.



Şekil 4. Dokunma geriliminin gösterimi.

Transfer gerilimi: Şekil 7.4 deki duran bir kişinin uzakta topraklanmış bir iletkene yada merkezin dışındaki bir kişinin merkezin topraklama şebekesine doğrudan bağlı bir iletkene dokunması ile karşılaşacağı gerilim farkına denir. Transfer gerilimi topraklama şebekesinin yükseldiği gerilimin tamamına eşit olabilir.



Şek. 7.4

## 7.3 Gerilim yükselmeleri

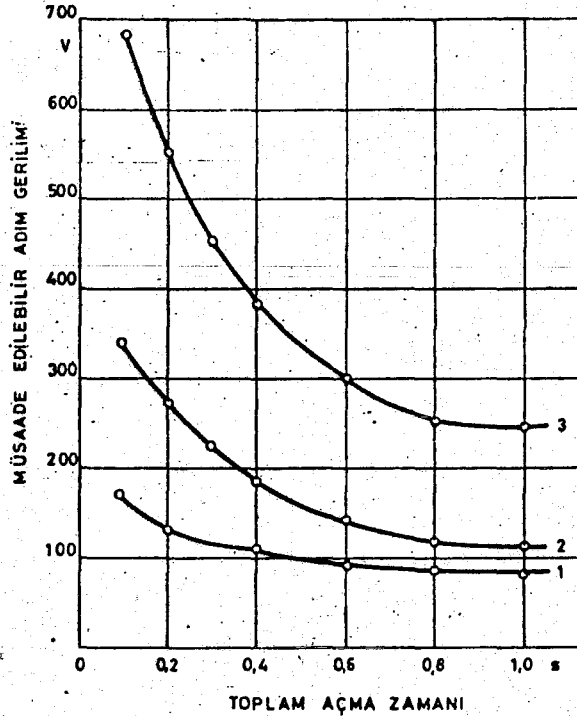
İnsan vücudunda can alıcı bölümlerinden geçen akımı tahrip etkisi; akımın frekansına büyüklüğüne ve etki süresine bağlıdır. Şimdiye kadar ki deneylerden alınan sonuçlara göre etki süresinde bağlı olarak dayanabileceği akım

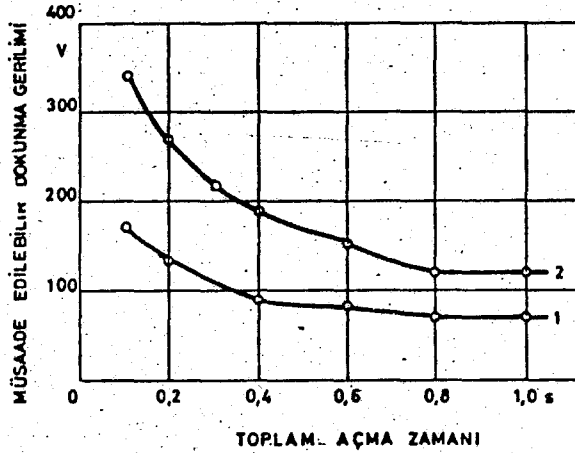
$$I = ( 0,165 / t )$$

olarak öngörülmüştür. Bu formülün üç saniye süreli akımlar için verildiğini belirtmek isteriz.

İnsan vücudunun el ile ayağı yada iki ayağı arasındaki direnci 1000 ohm alınarak verilmiş, dokunma, adım, gerilimlerine ait bazı ampirik bağıntılar verilmiştir. Bunların yüksek gerilime yönelik olduğundan burada değinmeyeceğiz.

Dokunma ve adım gerilimleri için daha pratik ve hassas değerler isviçre standardında verilmiştir. Şekil 7.5 teki grafikte etki süresine göre dokunma ve adım gerilimlerinin alabileceği değerler gösterilmektedir.





b

Şekil 7.5 için verilen adım ve dokunma gerilimlerinin etki süresine göre değişimi.

İzin verilebilir maksimum topraklama direnci, maximum faz toprak akımına izin verilebilir gerilim yükselmesine bağlı olarak her sistemde ayrı ayrı tanımlanmalıdır.

VDE 0141 Alman standardında izin verilebilir adım ve dokunma gerilimleri belirlenmiş ise de izin verilebilir topraklama elektrodu gerilimi doğrudan verilmemiştir.

#### 7.4 Toprak özgül direncinin ölçülmesi

Toprak özgül direncinin değişimi aşağıda sıralayacağız

.../.



etkenlere bağlı olarak değişir.

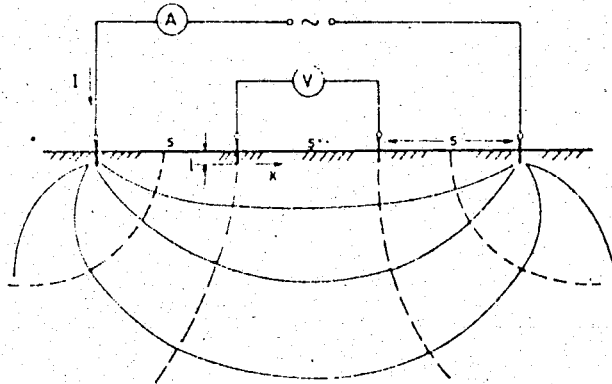
- Toprak karışımının özelliği
- Gözönüne alınan derinlik
- Isı
- Kapsadığı nem miktarı

Toprak özgül direncinin ölçülmesinde genellikle dört elektrot yöntemi kullanılır.

Bu yöntemde eşit aralıklarla toprağa düşey çakılı çubuklarda dıştaki iki elektrotla akım geçirilir ve iki elektrot arasındaki gerilim farkı ölçülür. Dört uçlu toprak megeri genellikle bu ölçüm için kullanılan bir akım kaynağıdır. Ölçü aygıtında okunan direnç  $R$  ise toprak özgül direnci  $P$  (Ohm.m) aşağıdaki formülden hesaplanabilir.

$$P = 2 \cdot \pi \cdot S \cdot R \cdot \text{ohm.m}$$

Bu formülde  $S$  şekil 7.6 da görüldüğü gibi elektrotlar arası mesafedir.

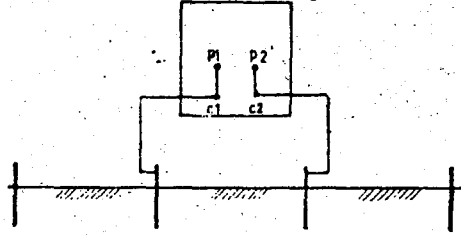


Şekil 7.6 Toprağın özgül direncinin dört elektrot yöntemiyle ölçülmesi.

Şekilde de görüldüğü gibi deney akımının derinliği elektrotlar arası açıklığa bağlıdır. Toprak yapısının derinliğe göre değişimi elektrotlar arası açıklığı değiştirerek tekrarlanan deneylerde incelenebilir.

Deneyde S açıldığı 1,5 m da 5 15 m lik kademelerle 60 m ye kadar artırılabilir.

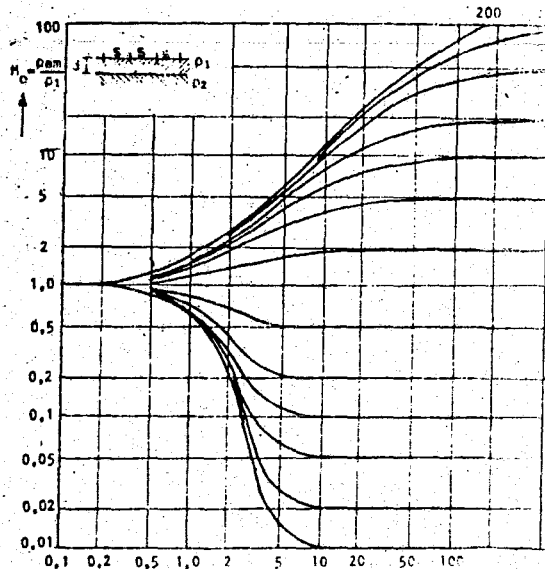
Şekil 7.7 de bizimde ölçmelerle kullandığımız tipte meger ile ölçümün nasıl yapıldığı gösterilmiştir.



Şekil 7.7 Gerilim elektrotlarının toplam direncinin (R) dört uçlu meger ile ölçülmesi.

Toprak özgül direnci toprak kalınlığı ile değişebileceği gibi uniform kabul edilen tabaka boyunca da değişebilir ve bu değişimler tehlikeli kısmi gerilim yükselmelerine neden olabilir.

Aşağıdaki şekilde S açıklığına (dolayısı ile derinliğe) göre toprak özgül direncinin değişiminin tipik değerleri verilmiştir.



## 7.5- Elektrot akım değerinin bulunması;

Elektrik tesislerinde sıfır empedansı topraklama direnci, koruma iletkenleri, bağlantı dirençlerinden oluşur.

Bir toprak arızasında yada dengesiz yüklenme durumlarında elektrot gerilimi yükselmesini toprak empedanslarında akan  $I_g$  akımı belirler. En kötü koşullarda, bu akımın büyüklüğünün bilinmesi gerekir. Yüksek gerilim değeri

$$V = Z_g \cdot I_g \max \leq V_{\max}$$

bağıntısından bulunur. Tek faz dağıtım dengesiz sistemlerde örnek olarak konutlarda su tesisatında gerilim oluştuğu gözlenir. Bu gerilim değeri dağıtım dengesizliği ve yüklerin zaman içindeki varsasyon ile ilgili olarak değişme gösterir.

## 7.6 Topraklama direncinin bulunması;

Bir tesis için gerekli ortalama topraklama direnci  $R$  uzakta topraklanmış bir noktaya göre bu tesis için izin verilen maximum gerilim yükselmesi ile tesiste akan maximum elektrot akımı bilindiğine göre;

$$V = I_{g\max} \cdot Z_g \leq V_{\max}$$

bağıntısından hesaplanır. Bu gün tüm geliştirilmiş topraklama sistemlerinde ortak amaç ve yöntem  $Z_g$  değerini küçülterek elektrot gerilimini aşağıya çekmeştir. Bunu sağlamak için ise;

Topraklama ağı kullanılarak düzgün gerilim dağılımının sağlanması. Topraklama ağına topraklama çubuğu veya boru ilave etmek veya ağın alanını genişletmek ağı yerleştirildiği yerde toprak özgül direnci yüksek se yakın çevre toprağından yararlanmak.

Topraklama direnci düşürülürken boyutlar, yerleştirme ve ekonomi açısından tutarlı kararlar alınması gerekmektedir.

Deneylemler sonucunda yeterli özgül direnç elde edilmişse problem bundan sonra alternatif montajlar arasındaki maliyet karşılaştırılmasına dönüşür. Biz burada VDE 0141/2.64 de tavsiye edilen topraklama elektrodlarının minimum boyutlarını vereceğiz .

Topraklama Elektrodunun tipi	Galvanizli çelik	Bakır kaplamalı çelik	Bakır
Serit elektrot	Minimum 3 mm kalınlığında 100 mm <sup>2</sup> kesitli çelik serit ..... 95 mm <sup>2</sup> örgülü iletken	50 mm <sup>2</sup>	Minimum 2 mm kalınlığında 50 mm <sup>2</sup> kesitli bakır serit ..... 35 mm <sup>2</sup> örgülü iletken
Çubuk elektrot	Çelik boru 1" Profil çelik: L : 65-65-7 U : 6 1/2 T : T 6, X : 50-3 yada eşdeğer diğer çubuklar	2,5 mm kalınlıkta bakır kaplamalı ve 1,5 mm çapında çelik	Minimum 2 mm kalınlığında ve 50 mm <sup>2</sup> kesitli bakır serit ..... 35 mm <sup>2</sup> kesitli dolu yada örgülü iletken ..... 30 x 3'lük bakır boru
Levha elektrot	3 mm'lik çelik levha	-	2 mm'lik bakır levha

Şekil 7.9 VDE 0141/2.64 öngörülen minimum elektrod boyutları.

Elektrodun geometrik yapısı ile ilgili olarak birçok ampirik direnç formülleri verilmiştir. Ancak bizim çalışmamızda başlangıçtan itibaren deneyci yaklaşıma ağırlık verildiğinden istenilen dirence ulaşma işini iyi bir kestirimden sonra deneme yanılma iyileştirme yoluyla çözüleceğine ininiyoruz.

#### 7.7 Pratik öneriler:

Topraklama sistemleri genellikle donatım için açılmış temellerdeki çakılı çelik malzeme ve bakır çubuklar ve bağlantı barajından oluşur.

Zemin çubuk çakılmasına elverişli değilse ek topraklama iletkenleri gömülerek daha yoğun bir ağ temin edilebileceği gibi, topraklama ağı etrafta şartları daha elverişli bir yere yerleştirilecek topraklama elektrodlarına bağlanabilir.

Topraklama ağında kullanılacak iletkenlerin boyutu ile gömülme derinliği öncelikle mekanik hasar ihtimalini en aza indirecek biçimde seçilmelidir. Ağın gözler şeklinde yada paralel devreler şeklinde oluşturulması, topraklama sisteminin bir bölümünde mekanik hasar olsa bile elektriksel iletkenliği diğer devre sağlayacağından emniyetli düzenlemelemdir.

Elektrodlar ile donatım gereçleri arasındaki bağlantılar kaynaklı, uygun civatalı yada sıkıştırılmalı tipte klemensler ile yapılması elektriksel ve mekaniksel emniyeti artırır. Topraklama iletkenleri ve hemde bağlantı elemanları mekanik ve termik zorlanmalara, korozyona karşı dayanıklı malzemelerden yapılmalıdır.

600°C nin altında eriyen lehim ve kaynak maddeleri kullanılmamalıdır. İki ayrı malzeme birleştirilirken elektrolitik korozyonu önleyecek önlemler alınmalı; ondan sonra

Örneğin: Alüminyum bir yapının topraklanmasında bakır toprak terminal pabuçları kalayla kaplanmalı yada alüminyum pabuçlar kullanılmalıdır,

Topraklama iletkenleri yanabilecek, mekanik hasar görebilecek yerlerden uzağa konulmalı, açığa yerleştirilmişlerse tanınmalarını sağlayacak biçimde işaretlenmelidirler. Zor geçebileceği yerlerde boru içine alınmak yada geniş yerleri tercih etmelidir.

Araç gereçlerin kendi muhafazaları, toprak hatlarından yararlanılabilir,

Açığa yerleştirilen topraklama iletkenleri  $16 \text{ mm}^2$  den toprak altındaki iletkenler  $50 \text{ mm}^2$  den daha küçük kesitte olmalıdır. Leyha yada şerit tipi elektrolarda kalınlık  $3 \text{ mm}$  den kesitte  $50 \text{ mm}^2$  den daha küçük olmamalıdır. Özel topraklamalar için iletkenler en az 4 kw a göre yalıtılmalıdır.

Sanayi tesisleri ve konutlarda topraklanması gereken cihaz ve aletleri şöyle sıralayabiliriz.

- Transformatorların nötr noktaları ve muhafazaları ,
- Sigortalar dağıtım hücre ve panoları,
- Kablo muhafazaları ve kablo başlıkları

- Çevre çitleri yağ ve yakıt tankları
- Metal boru şebekeleri,
- Isıtıcılar, redresörler, yardımcı trafolar gibi taşınamayan cihazlar
- Yapıların çelik gövdeleri,
- Her türlü anten
- Evlerde buzdolabı, ütü, çamaşır makinası v.s

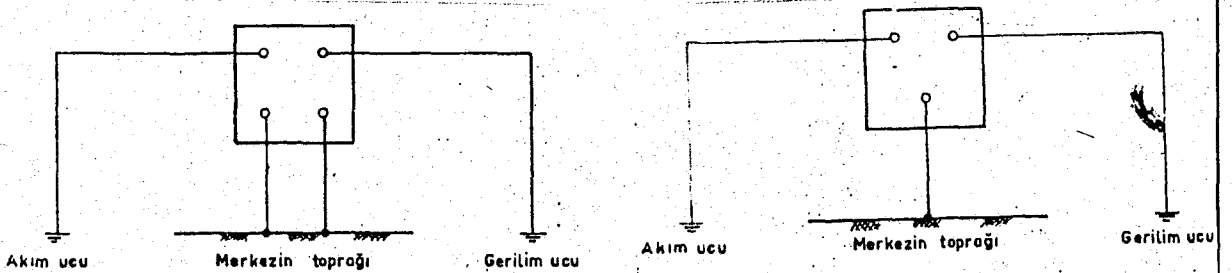
#### 7.8 Topraklama sistemi direncinin ölçülmesi;

Topraklama sisteminin genellikle dirençli kapasitif ve endüktif bileşenlerde oluşan bir empedansı vardır. Kapasitif ve endüktif bileşen bilhassa yüksek frekansta ve yıldırım boşalmasında itkeli olur. Bunun dışında dirençli etki göz önüne alınır. Topraklama sistemi direncinin ölçülmek istenmesindeki amaçlar başlıca şunlardır,

- a- Yapılan hesapların kontrol edilmesi,
- b- Topraklama sisteminin yıldırım olayındaki etkinliğini saptamak,
- c- Sistemde gerilim yükselmesini her noktadaki değerinin belirlenmesi,
- d) Çevredeki diğer topraklama sistemleri için fikir edinme

#### 7.8.1 Toprak Megeri ile ölçüm:

En basit yöntemdir, ölçüme üç uçlu ve dört uçlu meger kullanılma durumuna göre sırayla şekil 7.10 daki bağlantılar kullanılır.



Her iki durumda da devre akımı merkezin toprağı ve toprağına bağlanan akım ucu yolu ile ölçü aletinin akım devresinde akar. Ölçü aletinin gerilim devresi ise merkezin toprağı ile aletin toprağına bağlı diğer gerilim ucu arasına bağlanır. Üç uçlu meger kullanılmadığında ölçü aleti ile merkezin toprağı arasındaki bağlantının direnci ayrıca ölçülür ve deney değerlerinde çıkarılır. Eğer gerilim ucunun direnci yüksekse gerçek değerlerin elde edilebilmesi için yapıcı yönergesine başvurulmak gerekecektir.

Akım ucunun yüksek dirençli olması ise ölçü aletinin duyarlılığını düşürür, Ancak okumanın doğruluğunu etkilemez.

Bu yöntemin aşağıda sayılan durumlarda kullanılması uygun değildir.

- Ölçülecek sistemin direnci çevredeki dirençle aşırı farklılık gösteriyorsa (Homojen olmayan topraklar)

- Topraklama direnci megerden okunabilecek en küçük değerden daha küçük ise

- Deneyde kullanılan kablolar direnci topraklama direncinden büyükse,

Yukarıda sayılan durumlarda şimdi açıklanacak olan voltmetre-Ampermetre yöntemini kullanmak daha uygun olur.

#### 7.8.2- Voltmetre-Ampermetre yöntemi

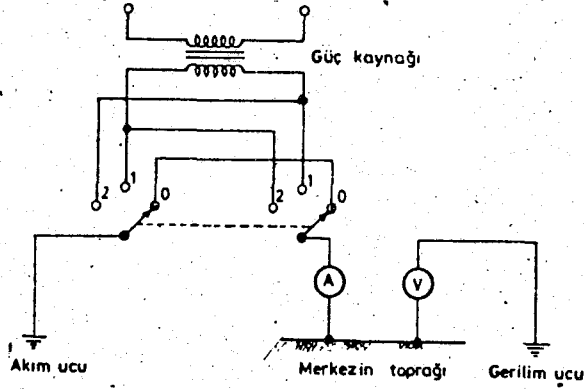
Bu yöntem ölçülecek sistem toprağı (merkez) ile yardımcı uçların bir doğruya yakın hat üzerinde bulunmaları durumunda uygulanır.

Bu yöntemin prensip bağlamı şekil de gösterilmiştir.

Ölçülen gerilim E ve deney akımı I olduğuna göre merkezin topraklama direnci R şu formülle hesaplanabilir.

$$R = K \frac{E}{I}$$

Burada K yardımcı toprak uçların merkezden yeterince uzağa yerleştirilmemesinden gelen ölçü hatasını g düzeltmek için kullanılan bir çarpandır.



Voltmetre-Ampermetre yöntemi ile toprak direncinin ölçülmesi.

### 7.8.3 Wattmetre-Ampermetre yöntemi

Sistemin topraklama iletkenleri ile yardımcı toprak bağlantılarının kısmen yada tamamen paralel olması durumunda bu yöntemin kullanılması uygun olur. Prensip bağlamı şekil a şekil deki gibi bir wattmetrenin ilave edilmesinden ibarettir.

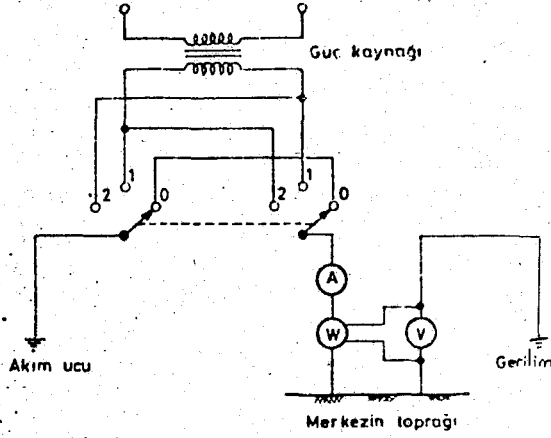
Topraklama sisteminin direnci R ölçülen güç P ile deneye akımı I bilindiğine göre;

$$R = K \frac{P}{I^2}$$

bağıntısından bulunabilir.

Burada K yardımcı toprak elektrotlarının birbirine yakınlığı nedeniyle doğan hatayı düzelten bir çarpandır.





Wattmetre-Ampermetre yöntemi ile toprak direncinin ölçülmesi,

#### 7.9. Yardımcı toprak uçlarının yerinin tayini

Yardımcı elektrodların uygulama tayininde göz önüne alınması gerekli noktalar şöyle sıralanabilir.

İki yardımcı elektrotun arasındaki alandan yada bunların biri i ile merkez toprağı arasından bir boru, ray, kablo yada toprak iletkenli, enerji nakil hattı geçmemelidir.

Elektrod yerinin uygunluğundan emin olmak için ölçme en az bir kere tekrarlanmalıdır.

Elektrodlar ve merkezi birleştiren hat mümkünse doğruya yakın olmalıdır.

Merkezin topraklama sisteminin diğer harici topraklama sistemleri ile olan bağlantılarını çözmek ve yalnız merkezin direncini ölçmektir.

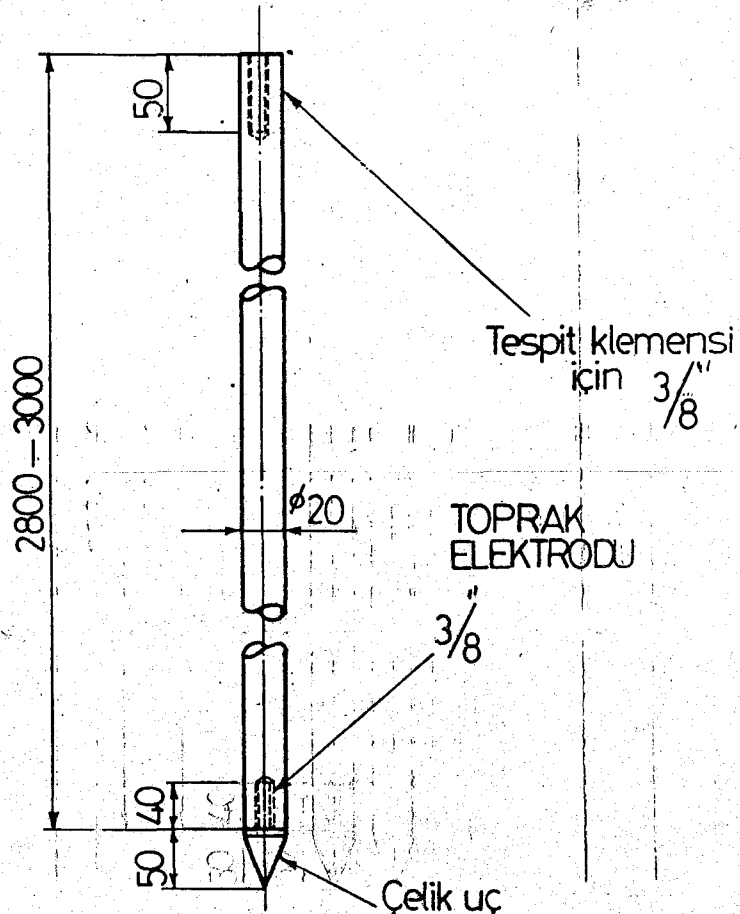
## 7.10 Alçak gerilim tesisleri için önerilen şekil

Geçmiş bölümlerde sözü edilen elektrot tipleri ve tatbik şekilleri, ekonomik yönden ele alındığında çubuk elektrot dışındakilerin pratik olmadığı görülür.

Bizce en uygun topraklama tesisi yapının metal donatımı ile birleştirilen çoklu çubuk elektrot ağıdır.

Yapılan deneylerde ekte analiz raporu verilen toprakta tek bir çubuk elektrodu topraklama direnci 50 - 150 $\Omega$  arasında değişebileceği gözlenmiştir.

Bu bize sistemi değişik noktalarda topraklayarak yapının metal donatımı ile birleştirilmesi halinde oldukça düşük bir topraklama direncine erişilebileceğini ve sistemde düzgün bir gerilim dağılımının sağlanabileceğini gösterir.



Ekteki gibi bir topraklama tesisinde yukarıdaki sonuçlara göre 1 3 arasında bir topraklama direnci elde edilebileceği açıktır. Bu şekildeki gibi bir tesis elektrodunun kimyasal yıpranması olayına karşıda iyi bir alternatif çözüm olarak görülmektedir. Elektrotlar tek, tek değiştirilip bakım yapılabilir. Ayrıca bu elektrod tipinin en uzun ömürlü elektrot olduğu söylenebilir.

Tesiste haberleşme araçları yada sonradan kurulacak cihaz ve donanımlar için kullanışlı prizlerin bulunması önemlidir. Elektrotlar arası bağlantılar kablo kanalları yoluyla ve yüksek toleranslı kesite sahip iletkenlerle yapılmalıdır.

#### SONUÇ

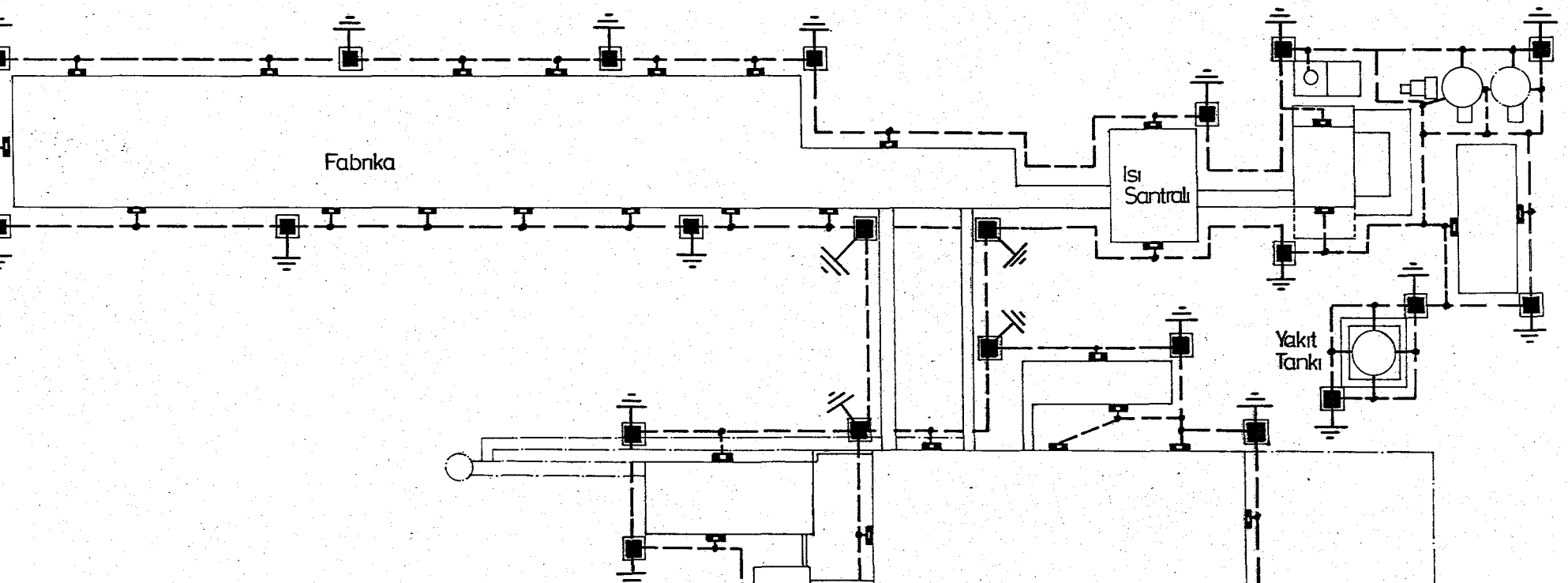
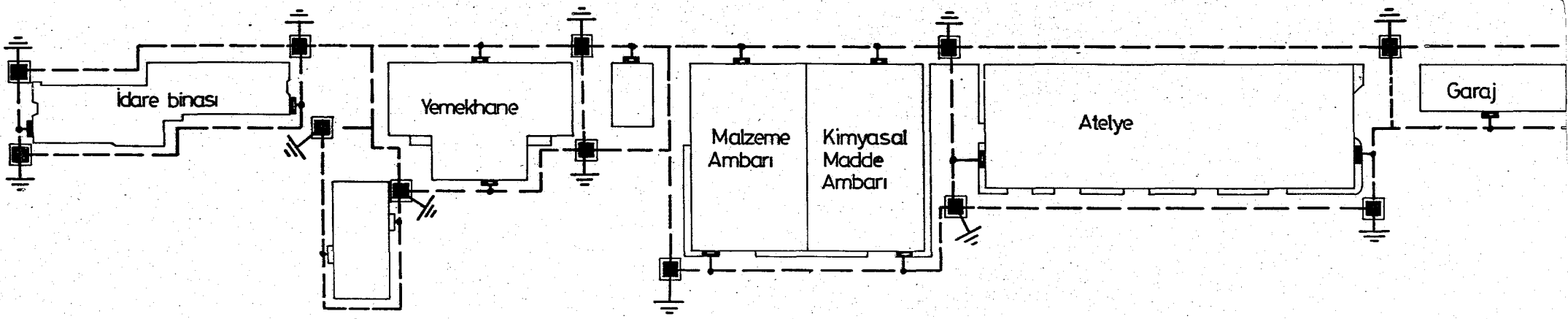
Kişilerin güvenliğini sağlamak için alınan önlemler, tesisin tipine ve elektrik makinelerinin kurulduğu yerlerin niteliğine bağlıdır.

Bu önlemler genel olarak, elektrik aygıtlarının gövdelerinin topraklanması, aynı anda dokunulabilecek iletken öğelerin eşgerilim bağlantılarının yapılması ve uygun kesme aygıtlarının kullanılmasıyla ilgilidir.

Elektrik malzemelerinin yalnız elektriksiz zorlanmalaragöre değil, çalışma ortamının koşullarına da uyacak biçimde seçilmesi gerekir.

Artık diferansiyel akımla çalışan rölelerin gelişmesi güvenlik düzeyini artırdığı gibi yüksek duyarlılığı ile koruma önlemlerinde daima olabilecek aksaklıklara karşı insanlar korunmuş olacaktır.

Elektrik tesislerinde güvenlik düzeyini artıracak diğer bir öğe de gövdelerin yalıtımındaki gelişmedir. (Çift yalıtımlı malzemelerin kullanımının yaygınlaştırılması gibi)



SEMBOL TABLOSU

Sembol	Anlamı
■	Rogar
■	İrtibat kutusu
—●—	İrtibat klemensi
—	∅8 Cu 50mm som bakır iletken
—	∅20 Cu 20mm som bakır iletken 2-25 m

## Yararlanılan Kaynaklar

- 1- Elektrik Tesislerinde Topraklama M.Bayram 1977
- 2- OB-AG Elektrik tesisinde muhtelif topraklamaların yapılışı  
İller Bankası Tip Projeleri 131
- 3- Topraklama yönetmeliği
- 4- Elektrik tesislerinde topraklamalar yönetmeliği Ocak 1980
- 5- "Les bases generales de la technique des mises ala terre dane les  
installations electriques "  
Bulletin de la Societe Française des Electriciens,  
Edf. P.G. Laurent Çeviren K Bakırcıoğlu Haziran 1951
- 6- "The earthing of the high-voltage supply systems in oil refineries"AEG  
Review, Cilt 53, 1963 NO: 516 P9 203-210  
Edt Gernot Funk, AEG Çev. Gediz Ezdem. TEK
- 7- " La secvrite dans les installa tions electriques"  
Revue Generale de I' electricite,  
Cilt 82 No: 5 P9 314-322  
Clande Remond Çev. K Bakırcıoğlu Mayıs 1973