



İSTANBUL ESENYURT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANA BİLİM DALI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

ELEKTRİK TESİSLERİNDE TOPRAKLAMANIN İŞ SAĞLIĞI
VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN ÖNEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUSTAFA SARI

İstanbul, 2019

İSTANBUL ESENYURT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANA BİLİM DALI

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

**ELEKTRİK TESİSLERİNDE TOPRAKLAMANIN İŞ SAĞLIĞI
VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN ÖNEMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan

Mustafa SARI

1730100602

Danışman

Dr.Öğr.Üyesi Ömer Serdar SONCELEY

İstanbul, 2019

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Ad Soyad: Mustafa SARI

İmza: 

KILAVUZA UYGUNLUK

Elektrik tesislerinde topraklamanın iş sağlığı ve güvenliği açısından önemi adlı Yüksek Lisan Proje Tezi, İstanbul Esenyurt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez ve Proje Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırlanmıştır.



Tezi Hazırlayan

Mustafa SARI



Danışman

Dr.Öğr.Üyesi Ömer Serdar SONCELEY

KABUL VE ONAY

Dr.Öğr.Üyesi Ömer Serdar SONCELEY danışmanlığında Mustafa SARI tarafından hazırlanan “Elektrik Tesislerinde Topraklamanın İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Önemi” adlı bu çalışma jürimiz tarafından İstanbul Esenyurt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

(19/09/2019)

JÜRİ:

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Ömer Serdar SONCELEY

Üye: Doç.Dr. İbrahim GÜNEŞ

Üye: Dr.Öğr.Üyesi Fazıl SABUNCUOĞLU

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

KABUL VE ONAY

Dr.Öğr.Üyesi Ömer Serdar SONCELEY danışmanlığında Mustafa SARI tarafından hazırlanan “Elektrik Tesislerinde Topraklamanın İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Önemi” adlı bu çalışma jürimiz tarafından İstanbul Esenyurt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

(19/09/2019)

JÜRİ:

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Ömer Serdar SONCELEY

Üye: Doç.Dr. İbrahim GÜNEŞ

Üye: Dr.Öğr.Üyesi Fazıl SABUNCUOĞLU

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Çalışmam süresince her türlü yardım ve fedakârlığı sağlayan, bilgi, tecrübe ve güler yüzü ile çalışmama ışık tutan, ayrıca bana bu çalışmayı vererek kendimi geliştirmeye yönelik de birkaç adım ileride olmamı sağlayan, çalışmamın danışmanı Sayın Dr.Öğr.Üyesi Ömer Serdar SONCELEY' e teşekkür ederim.

Mustafa SARI

İstanbul, 2019



ELEKTRİK TESİSLERİNDE TOPRAKLAMANIN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Mustafa SARI

**İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği
Ana Bilim Dalı**

Haziran, 2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ömer Serdar SONCELEY

ÖZET

Teknolojideki hızlı artışlar nedeni ile dünyada ve ülkemizde makineleşmede artış olmuş, sanayileşme gelişerek yaygınlaşmış ve mevcut tesislerin büyümesine yol açmıştır. Bu durum yanında tehlikeleri ve riskleri beraberinde getirmiş, buna bağlı olarak iş sağlığı ve güvenliği risklerini meydana getirmiştir. Bu nedenle iş sağlığı ve güvenliğinin önemi ciddiyet kazanmıştır. Bu nedenle artarak yaygınlaşan tesislerin inşaat aşamasında elektrik namına yapılan en önemli korunmak için yapılan uygulamalardan birisi topraklamadır. Tesislerde yapılan bu topraklama tesisatı insanları, hayvanları ve maddeyi korumak için başta gelen işlemler arasında yer almaktadır. Bu işlemler yapılırken yararlanılacak bilgiler Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği ve IEEE 80-2000 standardında bilgilendirilmiştir.

Bu tez çalışmasında, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili temel tanımları topraklamanın amacını, topraklamanın temel elemanlarını, elektrik ile ilgili temel kavramları, izin verilen maksimum adım ve temas gerilimlerini ve topraklama tesislerinde ölçme ve denetleme konularını incelenmiştir.

Sonuç olarak bir elektrik tesisinin belli bir bölümünün adım ve temas gerilimleri ETAP 7.0.0. programı ile hesaplanmıştır. Bu hesaplamada adım ve temas gerilimlerinin izin verilebilir aralıklar içerisinde olması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İş Sağlığı ve Güvenliği, Topraklama, Adım ve Temas Gerilimi

THE IMPORTANCE OF EARTHING IN ELECTRIC FACILITIES IN TERMS OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Mustafa SARI

İstanbul Esenyurt Universty, Institute of Science and Technology, Department of Occupational Health and Safety

December 2018

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ömer Serdar SONCELEY

ABSTRACT

Due to the rapid increases in technology, there has been an increase in mechanization in the world and in our country, industrialization has become widespread and the existing facilities have grown. In addition to this, it has brought dangers and risks together and thus created occupational health and safety risks. Therefore, the importance of occupational health and safety has gained seriousness. For this reason, one of the most important applications for the protection of electricity in the construction phase of the facilities is the earthing. These grounding installations in the facilities are among the leading procedures for protecting people, animals and matter. The information to be used when performing these operations was informed in the Grounding Regulation in Electricity Facilities and the IEEE 80-2000 standard.

In this thesis, the basic definitions related to occupational health and safety, grounding purpose, basic elements of grounding, basic concepts of electricity, maximum permissible step and contact voltages and measurement and control in grounding facilities are examined.

As a result, the step and contact stresses of a certain part of an electrical installation are determined by ETAP 7.0.0. program. In this calculation step and contact voltages are intended to be within allowable ranges.

Key words: Occupational Health and Safety, Grounding, Step and Contact Voltage

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------|
| BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK..... | |
| KILAVUZA UYGUNLUK..... | |
| KABUL VE ONAY | |
| ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR..... | i |
| ÖZET | ii |
| ABSTRACT..... | iii |
| İÇİNDEKİLER..... | iii |
| TABLolar LİSTESİ | viii |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | ix |
| SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR LİSTESİ | x |
| GİRİŞ..... | x |

1. BÖLÜM

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER, ELEKTRİK İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

| | |
|---|---|
| 1. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ KAVRAMI..... | 3 |
| 1.1. İş Güvenliği Tanımı | 3 |
| 1.2. İşveren Tanımı | 4 |
| 1.3. İşveren Vekili Tanımı | 4 |
| 1.4. İş Güvenliği Uzmanı | 5 |
| 1.5. OSGB | 5 |
| 1.6. Tehlike Kavramı..... | 5 |
| 1.7. Tehlikeli Durum Kavramı | 5 |
| 1.8. Tehlikeli Davranış Kavramı | 5 |
| 1.9. Risk Kavramı | 5 |
| 1.9.1. Belirsizlik | 6 |

| | |
|---|----------|
| 1.9.2. Fırsat | 6 |
| 1.10. Risk Değerlendirmesi..... | 6 |
| 1.11. İş Kazası | 6 |
| 1.12. Meslek Hastalığı..... | 6 |
| 2. ELEKTRİĞİN YAŞAMIMIZDAKİ YERİ VE ÖNEMİ..... | 7 |
| 2.1. Elektrik Enerjisinin Zararlı Etkileri | 7 |
| 3. ELEKTRİK İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR..... | 8 |
| 3.1. Elektriksel Yük..... | 8 |
| 3.2. Coulomb Kuvveti | 9 |
| 3.3. Akım..... | 9 |
| 3.3.1. Doğru Akım (DA) | 10 |
| 3.3.2. Alternatif (Değişken) Akım (AA) | 11 |
| 3.4. Potansiyel Fark (Gerilim, Voltaj)..... | 11 |
| 3.5. Direnç | 12 |
| 3.6. Elektriksel İş..... | 13 |
| 3.7. Elektriksel Güç..... | 13 |

2. BÖLÜM

ELEKTRİK TESİSLERİNDE TOPRAKLAMA VE İSG İÇİN ÖNEMİ

| | |
|---|-----------|
| 1. GENEL İLKELER..... | 14 |
| 1.1. Topraklama | 15 |
| 1.2. Topraklama ile İlgili Esas Kavramlar | 16 |
| 1.2.1. Aktif Kısımlar..... | 16 |
| 1.2.2. Gövde | 16 |
| 1.2.3. Toprak..... | 17 |
| 1.2.3.1. Toprak Yapısı ve Rutubeti..... | 17 |
| 1.2.3.2. Nem Miktarının Artırılması | 18 |
| 1.2.3.3. Tuz İlavesi..... | 19 |
| 1.2.3.4. Çimli Humus ve Toprak Eklemesi..... | 19 |
| 1.2.4. Topraklama Olayı..... | 19 |
| 1.2.5. Topraklayıcı..... | 19 |
| 1.2.5.1. Çubuk Topraklayıcı | 19 |
| 1.2.5.2. Şerit Topraklayıcı | 20 |
| 1.2.5.3. Levha Topraklayıcı | 20 |
| 1.2.6. Topraklama İletkeni..... | 21 |
| 1.2.7. Referans Toprak | 21 |

| | |
|---|-----------|
| 1.2.8. Toprak Özgül Direnci | 21 |
| 1.2.9. Yayılma Direnci | 24 |
| 1.2.10. Topraklama Direnci | 30 |
| 1.2.10.1. Sverak Yöntemi | 31 |
| 1.2.10.2. Schwarz Yöntemi..... | 31 |
| 1.2.11. Topraklayıcı Gerilimi | 33 |
| 1.2.12. Potansiyel Sürüklenmesi | 33 |
| 1.2.13. Potansiyel Düzenlenmesi..... | 34 |
| 1.2.14. Potansiyel Dengelenmesi..... | 34 |
| 1.2.15. Global Topraklama Sistemi | 35 |
| 1.2.16. Topraklayıcıdan Akım Geçmesi..... | 36 |
| 1.3. Topraklama Çeşitleri..... | 36 |
| 1.3.1. Koruma Topraklaması | 37 |
| 1.3.2. İşletme Topraklaması | 40 |
| 1.3.3. Fonksiyon Topraklaması | 40 |
| 1.3.4. Yıldırım Topraklaması | 41 |
| 1.4. YG ve AG Sistemlerinde Topraklama Tesislerinin Birleştirilmesi | 44 |
| 2. ELEKTRİĞİN TEHLİKELERİ..... | 46 |
| 2.1. Elektrik Akımının İnsan Bedenindeki Etkileri..... | 46 |
| 2.1.1. Vücut Direnci | 48 |
| 2.1.2. Vücut Dışındaki Devrenin Empedansı | 48 |
| 2.1.3. Vücuttan Geçen Akımlarda Tehlike Sınırı | 51 |
| 2.1.3.1. Kabul Edilebilir Akım Aralığı | 51 |
| 2.1.3.2. Kabul Edilebilir Vücut Akım Sınırı..... | 51 |
| 3. İZİN VERİLEBİLİR ADIM VE DOKUNMA GERİLİM KRİTERLERİ | 52 |
| 3.1. İzin Verilebilir Maksimum Adım Gerilimi | 52 |
| 3.2. İzin Verilebilir Maksimum Dokunma Gerilimi | 53 |
| 3.3. İzin Verilebilir Maksimum Metal-Metal Dokunma Gerilimi | 53 |
| 3.4. Elektrik Tesisinin Hesaplanan Dokunma ve Adım Gerilimleri | 55 |
| 3.4.1. Dokunma Gerilimi..... | 55 |
| 3.4.2. Adım Gerilimi | 57 |
| 4. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ MEVZUATI KAPSAMINDA TOPRAKLAMA YAPILAN ALANLARDA MUAYENE, ÖLÇME VE DENETLEME..... | 58 |
| 4.1. Muayene ve Denetleme Yapılmasının Amacı..... | 62 |
| 4.1.1. Nitel Gözlem | 62 |
| 4.1.2. Nicel Gözlem..... | 62 |
| 4.2. Topraklama Tesislerinde Denetleme..... | 62 |
| 4.3. Topraklama Tesislerinde Test Ölçüm Kayıt Periyotları | 64 |

| | |
|---|----|
| 4.4. İSG Uzmanının Topraklama Raporunda Dikkat Etmesi Gereken Bilgiler..... | 64 |
|---|----|

3. BÖLÜM

TOPRAKLAMA TESİSİ ÖRNEK ÇALIŞMA

| | |
|---|-----------|
| 1. ÖRNEK BİR TESİS İÇİN TOPRAKLAMA HESABI | 67 |
| 1.1. Örnek Alınan Tesisin Belirli Bir Alanının ETAP 7.0.0 ile Topraklama Hesabı | 67 |
| 1.2. Örnek Alınan Tesisin Belirli Bir Alanının Topraklama Hesabı..... | 72 |
| 1.2.1. Toprak Direnci..... | 72 |
| 1.2.2. Yüzey Tabandaki Malzeme | 72 |
| 1.2.3. Topraklama Ağ Direnci | 72 |
| 1.2.4. Maksimum Ağ Akımı..... | 73 |
| 1.2.5. İzin Verilebilir Temas ve Adım Gerilimleri Hesabı..... | 74 |
| 1.2.6. Toprak Potansiyel Yükselmesi (GPR)..... | 74 |
| 1.2.7. Topraklama Ağ Hesabı..... | 74 |
| 1.2.7.1. Dokunma Gerilim Hesabı | 74 |
| 1.2.7.2. Adım Gerilim Hesabı..... | 76 |
| SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... | 79 |
| KAYNAKLAR..... | 81 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 84 |

TABLolar LİSTESİ

| | |
|--|----|
| Tablo 2.1. AC frekanslarda toprak özgül direnci | 24 |
| Tablo 2.2. k1 ve k2 hesaplama tablosu | 33 |
| Tablo 2.3. Topraklama tesisinin yapılabilmesi için şartlar | 45 |
| Tablo 2.4. Uygulanan akımların insan bedeni üzerindeki etkileri..... | 46 |
| Tablo 2.5. Ayakkabı, alet ve elbise yalıtımlarının elektrik dirençleri | 50 |
| Tablo 3.1. Sistem verileri | 68 |
| Tablo 3.2. Toprak verileri | 68 |
| Tablo 3.3. Malzeme sabitleri..... | 69 |
| Tablo 3.4. Topraklayıcı çubuk verileri | 69 |
| Tablo 3.5. Ağ yapılandırması..... | 70 |
| Tablo 3.6. Fiyat bilgisi..... | 70 |
| Tablo 3.7. Hesaplanan ağın raporu | 71 |
| Tablo 3.8. Hata akım zamanı olarak 1 s ve 0,5 s için gerilimlerin karşılaştırılması | 78 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | |
|--|----|
| Şekil 1.1. Elektron yükü..... | 8 |
| Şekil 1.2. Elektrik yük akışı | 9 |
| Şekil 1.3. Coulomb yükü | 9 |
| Şekil 1.4. Akımın yönü..... | 10 |
| Şekil 1.5. Doğru akım grafiği | 11 |
| Şekil 1.6. Alternatif akım grafiği | 11 |
| Şekil 1.7. Elektron akışının sağlanması..... | 12 |
| Şekil 2.1. Yeryüzünün toprak tabakaları | 17 |
| Şekil 2.2. Toprağın direncinin nem, sıcaklık ve tuzuna bağlı olarak değişimi..... | 18 |
| Şekil 2.3. Çubuk Topraklayıcı | 20 |
| Şekil 2.4. Şerit Topraklayıcı | 20 |
| Şekil 2.5. Levha Topraklayıcı..... | 21 |
| Şekil 2.6. Dört sonda yöntemi | 22 |
| Şekil 2.7. Schlumberger yöntemi..... | 23 |
| Şekil 2.8. Çubuk Topraklayıcı | 25 |
| Şekil 2.9. Şerit Topraklayıcı | 26 |
| Şekil 2.10. Halka Topraklayıcı | 27 |
| Şekil 2.11. Gözlü Topraklayıcı..... | 28 |
| Şekil 2.12. Küre topraklayıcı | 29 |
| Şekil 2.13. Yarım küre topraklayıcı..... | 29 |
| Şekil 2.14. Ağ şeklindeki topraklama tesisi | 31 |
| Şekil 2.15. Potansiyel sürüklenmesi | 33 |
| Şekil 2.16. Potansiyel düzenlenmesi örneği | 34 |
| Şekil 2.17. Bir tesisteki topraklama | 35 |
| Şekil 2.18. Potansiyel Düzenleme Elektrotları | 36 |
| Şekil 2.19. Topraklama Çeşitleri | 37 |
| Şekil 2.20. Geçiş izolatörlerin teker teker topraklanması..... | 38 |
| Şekil 2.21. YG tesisinde koruma topraklaması işe ilgili örnek | 39 |
| Şekil 2.22. Yıldırım düşmesi sonucunda potansiyel çadırının oluşması | 41 |
| Şekil 2.23. Parafudr kesiti ve devreye bağlantısı..... | 42 |
| Şekil 2.24. YG tesislerinde parafudr topraklaması..... | 43 |
| Şekil 2.25. Ventricular fibrillation..... | 47 |
| Şekil 2.26. AC etkilerinin akım/zaman grafiği..... | 47 |
| Şekil 2.27. Ayakta pabuç, yüzeyde izolasyon olduğunda dirençli temas gerilimleri . | 49 |
| Şekil 2.28. Metal-metal dokunma gerilim sınırı | 54 |
| Şekil 2.29. Sınırlı akım zamanları için maksimum dokunma gerilimleri UTp | 58 |
| Şekil 3.1. İki ve üç boyutlu göz topraklayıcı çalışma sahası | 67 |
| Şekil 3.2. Hesaplama özeti..... | 71 |

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR LİSTESİ

| | |
|---------------------------------|--|
| a | : Sondalar arası mesafe [m] |
| A | : İletken kesiti [mm ²] |
| A' | : Ağın kapladığı alan [m ²] |
| b | : Dairesel metal diskin yarıçapı [m] |
| C _e | : Hattın kapasitesi |
| C _s | : Yüzey katmanı indirim katsayısı |
| d | : Halka topraklayıcının çapı [m] |
| D | : Göz topraklayıcının alanına eşit olan daire alanı [m] |
| D _f | : Azalma katsayısı |
| E | : Topraklayıcı |
| h | : Ağın gömülme derinliği [m] |
| h _s | : Yüzey malzemesinin kalınlığı [m] |
| H | : Gömülme derinliği [m] |
| I | : Akım şiddeti [A] |
| I _f | : Simetrik hata akımının etkin değeri [A] |
| I _g | : Simetrik topraklama ağı akımının etkin değeri [A] |
| I _{da} | : Direk ya da dayanaktan geçen yıldırım akımının tepe değeri [A] |
| I _B | : Vücut akımı [A] |
| I _C | : Kapasitif toprak akımı [A] |
| I _E | : Topraklayıcı akımı [A] |
| I _G | : En büyük topraklama ağı akımı [A] |
| I _H | : Harmonik akım [A] |
| I _L | : Paralel söndürme bobinlerinin akımlar toplamı [A] |
| I _R | : Kaçak akım [A] |
| I _{RES} | : Toprak teması artık akımı [A] |
| I ['] _{k1} | : Tek kutuplu toprak kısa devresinde alternatif başlangıç kısa devre akımı |
| J | : Yeryüzü potansiyeli |
| k | : Akım taşıyan kısmın malzemesine bağlı katsayı |
| k ₁ , k ₂ | : Katsayılar |
| K | : Çeşitli malzemelerin özdirençleri arasında yansıma katsayısı |
| K ₀ | : Malzeme değişmezi için alınan temel ısı-direnç sıcaklığı [°C] |
| L | : Çubuk topraklayıcının boyu [m] |
| L _c | : Ağdaki yatay iletkenlerin toplam uzunluğu [m] |
| L _R | : Bir çubuğun boyu [m] |
| L _T | : Gömülmüş toplam iletken boyu [m] |
| n _R | : Toplam çubuk sayısı |
| R _f | : Mevcut trafo sistemi topraklaması yokken bir adım da ki toprak direnci |
| R _g | : Sistem direnci [Ω] |
| R _m | : İki grup arasındaki karşılıklı direnç [Ω] |
| R _{da} | : Direk dayanak topraklama tesisinin darbe topraklama direnci [Ω] |
| R _A | : Hata devresini etkileyen toplam direnç [Ω] |
| R _E | : Yayılma direnci [W] |
| R ₁ | : Ağ iletkenleri grubunun toprak direnci [Ω] |
| R ₂ | : Çubuk grubunun toprak direnci [Ω] |
| R _{m(2nhs)} | : Özdirenci ps olan sonsuz ortamda 2nhs açıklıkla ayrılmış iki direnç |

| | |
|-----------------|--|
| S_f | : Hata akımı bölünme katsayısı |
| S_B | : Elektrik şok enerjisine bağlı olan deneysel katsayı |
| S_1, S_2, S_3 | : Ana topraklayıcıya bağlanmış olan potansiyel düzenleyici topraklayıcı |
| t | : Hata akımı süresi [s] |
| t_s | : Vücut akımının etki süresi [s] |
| T_a | : Ortam sıcaklığı [$^{\circ}C$] |
| T_c | : İletken üzerinden akan etkin akımın süresi [s] |
| T_m | : En büyük izin verilen sıcaklık [$^{\circ}C$] |
| T_r | : Malzeme değişmezi için temel alınan sıcaklığı [$^{\circ}C$] |
| U | : Elektrik potansiyeli [V] |
| U_{da} | : Yalıtkanın darbe dayanım gerilimi [V] |
| U_{mm} | : Metal-metal dokunma gerilimi [V] |
| U_A | : Hata devresini etkileyen toplam gerilim [V] |
| U_E | : Topraklama gerilimi [V] |
| U_S | : Adım gerilimi [V] |
| U_T | : Dokunma gerilimi [V] |
| U_{P1} | : P1 noktasındaki potansiyel [V] |
| U_{P2} | : P2 noktasındaki potansiyel [V] |
| $U_{adım}$ | : Mümkün olan en büyük adım gerilimi [V] |
| $U_{dokunma}$ | : Mümkün olan en büyük dokunma gerilimi [V] |
| U_{TST} | : Sürüklenmiş en büyük dokunma gerilimi, eğer kılıf en uzak noktada topraklanmamış ise [V] |
| U_{TSTE} | : Sürüklenmiş en büyük dokunma gerilimi, eğer kılıf en uzak noktada topraklanmış ise [V] |
| Z_{TH} | : İki nokta arasında ki Thevenin teoremi empedansı [Ω] |
| $2a$ | : İletken çapı [m] |
| $2b$ | : Çubuk çapı [m] |
| $3I_0$ | : Sıfır dizin hata akımı [A] |
| ρ | : Toprağın özgül direnci [$\Omega.m$] |
| ρ_s | : Yüzey malzemesi öz direnci [$\Omega.m$] |
| r_E | : Toprak öz direnci [W.m] |
| ρ_r | : T_r için temel alınan sıcaklıkta topraklama iletkeninin özgül direnci [$1/^{\circ}C$] |
| q_i | : Başlangıç sıcaklığı [$^{\circ}C$] |
| q_f | : Son sıcaklık [$^{\circ}C$] |
| b | : Akım taşıyan kısmın malzemesine bağlı $0^{\circ}C$ sıcaklıktaki direncinin sıcaklık katsayısının tersi |
| α_0 | : $0^{\circ}C$ de ısı-direnç katsayısı [$1/^{\circ}C$] |
| α_r | : T_r için temel alınan sıcaklıkta ısı-direnç katsayısı [$1/^{\circ}C$] |

Kısaltmalar

| | |
|------|--|
| AC | : Alternatif akım |
| DA | : Doğru akım |
| ETAP | : Electrical Power System Analysis Software (Elektrik Güç Sistemi Analiz Yazılımı) |

| | |
|------|---|
| ETKB | : Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı |
| ETTY | : Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği |
| IEEE | : The Institute of Electricians and Electronics Engineers (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) |
| TM | : Trafo merkezi |
| YG | : Yüksek gerilim |
| H | : Hipotez |
| ILO | : Uluslararası Çalışma Örgütü |
| ISO | : Uluslararası Standartlar Örgütü |
| İSG | : İş Sağlığı ve Güvenliği |
| WHO | : Dünya Sağlık Örgütü |



GİRİŞ

Teknolojideki hızlı gelişmeler nedeni ile dünyada ve ülkemizde makineleşmede artış olmuş, sanayileşme gelişerek yaygınlaşmış ve mevcut tesislerin büyümesine yol açmıştır. Teknolojinin ilerlemesiyle insanların çalışma metotlarında da değişimler olduğu gibi makineye dayalı işlerin daha kolay gerçekleştirilmesini sağlamıştır. Fakat teknolojinin ilerlemesi, sanayileşmenin, makineleşmenin bu şekilde artışı insanların sağlığına ve güvenliğine karşı da bir tehdit oluşturmuştur. Bu oluşan tehlikeler iş kazalarına neden olmuştur. İş kazalarının artması sonucunda iş sağlığı ve güvenliği bilimi ihtiyacı doğmuştur. Ülkemizde 2012 yılında doğan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu bu yönde çıkan çalışmalardandır.

Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği dikkate alınacak biçimde, çalışmaları ve iş kazalarının engellenmesi adına iş sağlığı ve güvenliği bilimine gereksinim duyulmuştur. Bu bilim dalı; mühendislik, tıp, idari ve sosyal bilim dallarını da kapsamaktadır. İş sağlığı ve güvenliği alanında yapılacak her uğraş bilimsel çalışmaya girmektedir.

Bu nedenle iş sağlığı ve güvenliğinin önemi ciddiyet kazanmıştır. Artarak yaygınlaşan tesislerin inşaat aşamasında elektrik namına yapılan en önemli koruma tedbirlerinden biri topraklama adı verilen işlemdir. Bir elektrik devresine toprak hattı bağlama işlemine topraklama adı verilmektedir. Tesislerde yapılan bu topraklama tesisatı insanları, hayvanları ve maddeyi korumak için başta gelen işlemler arasında yer almaktadır. Bu işlemler yapılırken yararlanılacak bilgiler Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği ve IEEE 80-2000 (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) standardında bilgilendirilmiştir.

Yüksek ve alçak gerilim tesislerinde cihazlar, bu cihazları kullanan insanlar, işletme personelleri ve hayvanlar da dahil olmak üzere herhangi bir kaçak ya da izolasyon hatası durumunda her zaman dokunma ve adım gerilimi ile karşı karşıya kalabilirler ve hayatları her daim tehlike altında olabilir. Elektrik tesislerinde hayata geçirilen topraklamanın işlevi, oluşacak bir hata durumunda, arızalı fazdan ilerleyen akımın desteği ile hata akım devresini devre dışı bırakarak canlıların hayatlarını

tehlikeli olan akım yolundan ilerlemesini önlemek veya hata gerilimlerinin tehlikeli olan limit değerlerinin altında olmasını amaçlamaktır.

Topraklama sistemlerinde en mühim olay eş potansiyeldir. Burada topraklamanın tamamı ve metal bölümlerin hepsi eş potansiyel baralar ile ve potansiyel dengeleyiciler ile aralarında bağlantılır. Bu bağlantıdaki amaç tesis alanında farklı iki nokta arasındaki gerilim farkını önlemek ve tesis içindeki her bölümde eş potansiyel oluşturmaktır. Bu şekilde yapılmış metal kısımlar arasında elektrik akımı olmaz. Nedeni ise, akım farklı potansiyellere sahip farklı iki bölüm arasında oluşur. Kaçak anında her noktada eşit potansiyel olacağından dolayı herhangi bir tehlike oluşmaz.

Elektrik Tesislerinde topraklama yapmak için yaygın olarak; levha topraklayıcı, şerit ve çubuk topraklayıcı ile topraklama ağları kullanılmaktadır.

Topraklama çeşitlerinde ise; koruma, işletme, fonksiyon ve yıldırım topraklaması olarak karşımıza çıkmaktadır.

Topraklama yaparken diğer önemli bir hususta topraklama elektrotunun tüm bölümleri toprak ile temas halinde olmasıdır.

Bu tez çalışmasının ilk bölümünde, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili temel tanımları ve elektrik ile ilgili temel tanımlara değinilmiştir. İkinci bölümünde ise, topraklamanın amacını, topraklamanın temel elemanlarını, izin verilen maksimum adım ve temas gerilimlerini ve topraklama tesislerinde ölçme ve denetleme konularını incelenmiştir. Üçüncü bölümünde ise, IEEE 80-2000 standartları ve topraklama yönetmeliği dikkate alınarak örnek bir tesisin topraklama hesabı yapılarak uygun olan temas ve adım gerilimleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama ETAP 7.0.0 (Electrical Power System Analysis Software (Elektrik Güç Sistemi Analiz Yazılımı)) programında uygulanarak yapılmıştır.

1. BÖLÜM

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER, ELEKTRİK İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

1. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ KAVRAMI

1.1. İş Güvenliği Tanımı

Toplumların beraberce yaşadığı dönemlerde ortaya çıkmış, fakat tanım yapılması ve bu alanda önlem alınması uzun zaman almış kavramdır. Canlılar yaralanmalar sonucunda tedbirler almış ve bunun sonucunda yeni tedbirler geliştirmişlerdir. Bu yapılan işlerden dolayı ortaya çıkan hastalıklar, rahatsızlıklar, çalışmayı engelleyen ve böylece iş gücünü azaltan vakalar için önlem alma arzusu meydana gelmiştir.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte işletmelerde çalışan insanların güvenlik ve sağlık açısından tehdit eden sorunlar meydana gelmiştir. Bu sorunlar insanların sağlığını tehlikeye sokmakla beraber iş verimini ve işletme için büyük sorunlar oluşturmasını sağlamıştır. Bu yüzden iş sağlığı ve güvenliğinin önemi kaçınılmaz olmuş ve önleyici tedbirler alma mecburiyeti ortaya çıkmıştır. Bunun karşısında birtakım önlemler alınmış fakat sanayileşmedeki gelişmeler, bu alınan önlemlere gün geçtikçe yetersiz olmaya başlamıştır.

Bunun sonucunda iş sağlığı ve güvenliğinin bir bilim olarak gerekli olduğu kanısı ortaya atılmış ve iş sağlığı güvenliği kavramı oluşmuştur.

İş güvenliği, işçilerin iş yerlerinde karşılarına çıkabilecek tehlikelerin, yok edilmesi ya da minimuma indirilmesi için oluşturulan yükümlülüklerden meydana gelmiş teknik kuralların tamamını bildiren, iş kazaları ve meslek rahatsızlıklarını minimuma indiren bilim dalıdır.

1.2. İşveren Tanımı

4857 sayılı İş Kanunu'nda işveren "işçi çalıştıran gerçek veya tüzel kişi yahut olmayan kurum ve kuruluşlar" olarak tanımlanmıştır. (30)

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na göre işveren "çalışan istihdam eden gerçek veya tüzel kişi yahut tüzel kişiliği olmayan kurum ve kuruluşlar" olarak tanımlanmıştır. (33)

6289 sayılı Kamu Görevlileri Sendikaları Kanunu'nda işveren, "Kamu görevlisi çalıştıran kamu kurum ve kuruluşu" şeklinde tanımlanmıştır. Aynı kanunun 5. maddesinde bir adi şirkette fiziki ya da fikri emek arzı nedeniyle ortak olanların dışındaki ortaklar da bu kanun bakımından işveren sayılacakları düzenlenmiştir. (32)

Özetle, çalışan iş gücünü idare eden kişiler veya gruplar işveren diye tabir edilebilir. (7)

1.3. İşveren Vekili Tanımı

İşveren vekilleri, iş sahalarına bakıldığında müdür, ustabaşı, şef vb. kişiler işverenler yerine görev ve yetkileri olan kişiler olarak önümüze çıkmaktadır.

4857 sayılı İş Kanunu'na göre "İşveren adına hareket eden ve işin, işyerinin ve işletmenin yönetiminde görev alan kimselere işveren vekili denir." (7)

5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu'na göre "İşveren adına ve hesabına, işin veya görülen hizmetin bütününün yönetim görevini yapan kimse, işveren vekilidir." (31)

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na göre "İşveren adına hareket eden, işin ve işyerinin yönetiminde görev alan işveren vekilleri, bu kanunun uygulanması bakımından işveren sayılır." (33)

1.4. İş Güvenliği Uzmanı

İş güvenliği uzmanı; eğitilmiş, iş sağlığı ve güvenliğini buldukları kurumlarda sağlamak ve gerekli sınavlardan başarılı olduktan sonra ilgili görevlere gelmiş mühendis, fen adamları ve teknik elemanlardır. (20)

1.5. OSGB

Ortak Sağlık ve Güvenlik Birimi (OSGB) yasal olarak; “Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş, İşyerlerine İş Sağlığı ve Güvenliği Hizmetlerini vermek üzere kurulmuş, mevzuatın gerektirdiği fiziki ve tıbbi donanıma sahip, iş sağlığı ve güvenliği profesyonellerinin (İşyeri Hekimi, İş Güvenliği Uzmanı ve Diğer Sağlık Personelinin) oluşturduğu özel kuruluşlar” olarak ifade edilmiştir. (23)

1.6. Tehlike Kavramı

Tehlike (hazard) kavramı, işin doğasında var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işi etkileyebilecek zarar verme potansiyeli, büyük zarara veya tamamen yok olmaya neden olabilecek kaynak etki ya da gerçekleşme ihtimali bulunan istenmeyen olayları tanımlamak için kullanılmaktadır. (37)

1.7. Tehlikeli Durum Kavramı

Çalışma dönemimiz boyunca önümüze çıkan, yani sağlık ve güvenliğimizi tehdit altında bırakan ve iş kazalarına sebep olan her olaya tehlikeli durum denir.

1.8. Tehlikeli Davranış Kavramı

Çalışanlar olarak yapılması gereken tüm hareketleri yapılmadığında veya uygun olmayan bir hareket yapıldığında güvensiz olan davranış sergilemiş olunur ve sonuç olarak tehlikeli hareket yaparak tehlikeli davranış kavramı tanımlanır.

1.9. Risk Kavramı

Risk kavramı, birçok disiplin ile ilgilidir. Bu sebeple riskin farklı olarak tanımları mevcuttur.

İSG (İş sağlığı ve güvenliği) açısından risk, sonucunda kayıp oluşabilecek olan tehlikelerden kaynaklanan, zararlı sonuçlar doğurma ihtimalidir. (37)

1.9.1. Belirsizlik

Belirsizlik kavramı genelde risk kavramı ile birbirine karıştırılmaktadır. Risk, belirsizliğin ölçülebilen bölümüdür. Yani gelecekte oluşacak olası sonuçların ölçümlenebilir, tahmin edilebilir olması risk kavramından, bunun tam tersi olarak ölçümlenemeyen, tahmin edilemeyen tezlere de belirsizlik denir. (37)

1.9.2. Fırsat

Fırsat, olumlu sonuçlanan belirsizliğin fayda oluşturması da fırsat olarak tanımlanabilir. Yani bir çalışmada etki olarak olumlu olan ya da sonucu kazanç ile karşımıza çıkan durumlara fırsat denir. (37)

1.10. Risk Değerlendirmesi

6331 sayılı İSG Kanun'una göre risk değerlendirme "İşyerlerinde mevcut olan, çevreden kaynaklı tehlikelerin saptanması, bu tehlikelerin riske dönüşmesine sebep olan etmenler ile tehlikelerden oluşan risklerin derecelendirilmesi ve denetleme tedbirlerinin birbiri ile karşılaştırılması amacı ile olması gereken çalışmalardır." (33)

1.11. İş Kazası

Kaza, kasti olmaksızın ortaya çıkan, beklenmedik ve sonucunda istenmeyen durumu belirten olaylardır.

İşyerlerinde ya da işin ilerlemesi sebebiyle meydana gelen, ruhen ya da bedenen yaralanmalara sebep olan aynı zamanda ölümlere sebebiyet veren olaylardır.

1.12. Meslek Hastalığı

Meslek hastalıkları, Sigortalının bulunduğu işin özelliğine göre, tekrar eden bir nedenden dolayı veya işin ilerleme şartları sebebiyle meydana geldiği geçici veya devamlı hastalık, bedensel veya ruhen durumlarıdır.

Diğer bir tanımda ise, mesleki risklerden kaynaklanan ve bunun sonucunda ortaya çıkan hastalıklardır.

Meslek hastalığı olması için;

- Yapılan iş ile ilişkili olması gerektiği,
- İşin ilerleme şartları, çalışılan sahanın koşulları ile ilişkili olması gerektiği,
- İşyerindeki ortam koşulları vb. risk oluşturan etmenlerin mesleki hastalık oluşumuna sebebiyet verebildiği bildirilmiştir.

2. ELEKTRİĞİN YAŞAMDAKİ YERİ VE ÖNEMİ

Asrımızın günlük yaşamının ve iş yaşantısının olmazsa olmaz unsuru, medeniyet ve gelişmişlik hali olan elektrik enerjisi; dünyada ilk olarak 1878 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Elektrik santralının ilki ise, 1882 yılında Londra'da hayata geçmiştir.

Ülkemizde, 1902 senesinde Tarsus'ta hayata geçirilen 120 HP kuvvetinde hidroelektrik santrali, birinci elektrik santrali olarak bilinir. (34)

Elektrik günlük yaşantıda çok önemli bir konuma sahiptir. Bu değer, başta teknoloji olarak çevrede aletlerin çalışmasında büyük rol oynar. Bu enerji neticesinde makineler çalıştırılarak üretimin oluşturulması sağlanır. Kullanılan aletlerin hemen hemen hepsi elektrik enerjisinden yararlanarak çalışır hale gelmektedir. Elektriği uygun ve doğru şekilde değerlendirildiği vakit, gelişimine olumlu yönde katkı sağlar. Gelecek nesiller için ve yeni teknolojilere katkı oluşturması için çok gerekli olan tarihin mühim buluşudur. (5)

2.1. Elektrik Enerjisinin Zararlı Etkileri

Elektrik, insanlığın yaşamında önemli bir konuma sahiptir. Elektrik enerjisi her zaman en etkin şekilde ihtiyaç olarak kullanılmaktadır. Yaşamdaki birçok cihaz elektrik ile çalışmaktadır.

Elektrik, insanlar için temel gereksinim haline gelmişken, bu kadar temel gereksinim olan elektrik insanlara yararlı olması yanında gerekli kurallar çerçevesinde dikkat edilmediğinde insanlar üzerinde zararlı bir hal alabilir. Bir o kadar önemli yer tutan elektriğin yaşattığı kazalar neticesinde maddi ve manevi zararlar ortaya çıkartmaktadır.

Elektriğin zararları içerisinde en mühim olanı elektrik çarpmalarıdır. Bu etki sonucunda insan üzerinde olumsuz etki oluşturmaktadır. Dahası olarak ölümlerle bile sonuçlanabilir. Eski ev araç ve gereçlerinin elektriği ileterek elektrik çarpmalarına neden olmaları en mühim çarpılma sebebidir. (2)

Elektrikli cihazların sebep olduğu elektrik çarpma tehlikesi insan hayatı için ciddi tehlikeler oluşturmaktadır. Bu sebeple tehlikeli akımlardan korunmak için cihazlar ve cihazların akım çektiği şebekelerde topraklama hattı kullanılmalıdır.

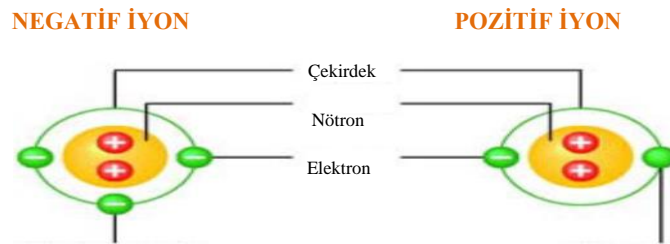
Elektrik kazalarının hemen hemen hepsi evlerde oluşacağı gibi işyerlerinde de oluşması kaçınılmazdır. Türkiye’ de işyerlerinde elektrikten dolayı çıkan kazalarla alakalı önemli çalışmalar yapılmaktadır.

İş sağlığı ve güvenliği kapsamında çalışanlara elektriğin zararları sürekli bir şekilde anlatılmakta ve bunun için gerekli eğitimler uygulanmaktadır.

3. ELEKTRİK İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

3.1. Elektriksel Yük

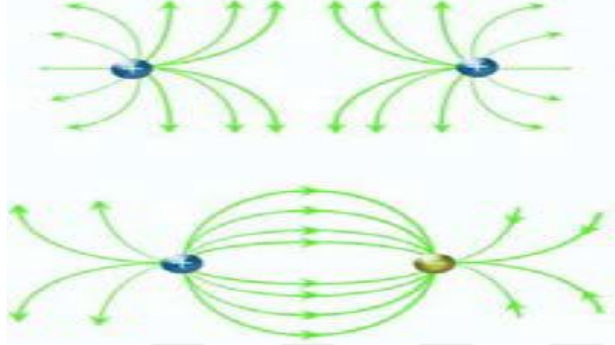
Çekirdekte bulunan proton sayısı dış yörüngedeki elektron sayısından az ya da çok olması elektrik yükünü tanımlar. Birimi “Coulomb” ile nitelendirilmektedir. (14)



Şekil 1.1. Elektron yükü

3.2. Coulomb Kuvveti

İki tane elektriksel yüklü maddenin yan yana gelerek birbirleri ile kuvvet etkileşimine girmesiyle elektriksel yükün varlığı ortaya çıkar.

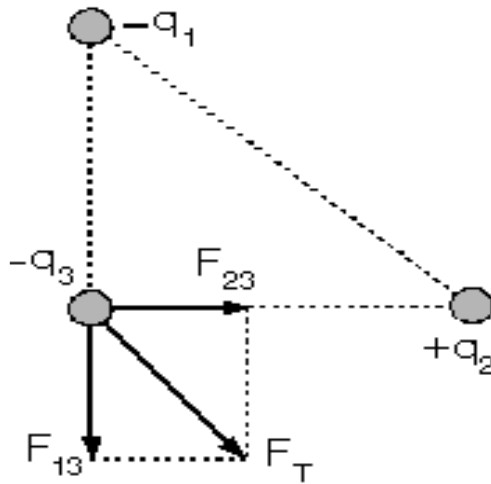


Şekil 1.2. Elektrik yük akışı (14)

Bu ortaya çıkan kuvvete coulomb kuvveti denir. + veya – yüklerin olması ters olmasına veya benzer olmasına bakılarak değişkenlik gösterir. (14)

$$F_e = \pm k_e \frac{q_1 q_2}{d^2} [N]$$

$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.987 \times 10^9 \left[\frac{Nm^2}{C^2} \right] \text{ (Coulomb Sabiti)}$$



Şekil 1.3. Coulomb yükü (14)

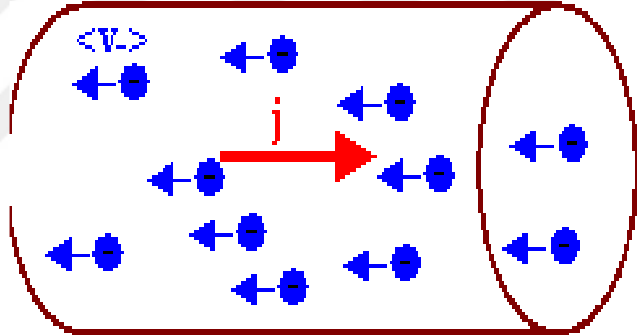
3.3. Akım

Akım, birim zamanda iletkenin belli bir bölümünden geçen elektrik yükü miktarına denir. İletkenden ne kadar elektron geçerse akımın şiddeti de o oranda olur. Akım, “I” ile gösterilir. (18)

$$I = \frac{dQ}{dt} \left[A = \frac{C}{s} \right]$$

Bir saniye de iletkenden geçen $6,2415 \times 10^{18}$ tane elektron 1 ampere denk olarak kabul edilmiştir.

Akımın ortaya çıkışı, elektronların hareketiyle sağlanır. Bu elektronların hareket yönü negatif olan kutuptan pozitif olan kutba doğrudur. (18)

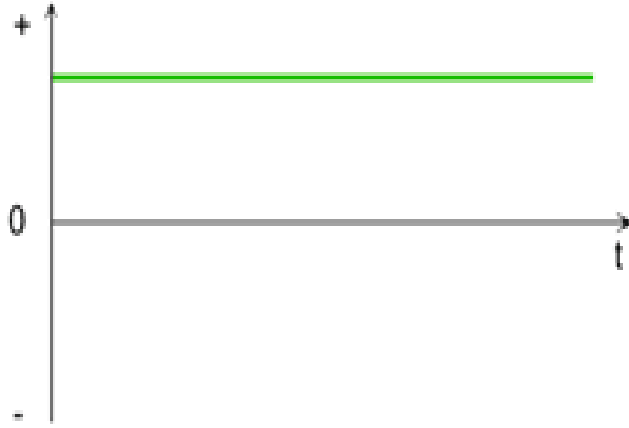


Şekil 1.4. Akımın yönü (18)

Fakat, akımın pozitif kutuptan negatif kutba şeklinde aktığı kabul görmüştür.

3.3.1. Doğru Akım (DA)

Yüksek potansiyelden alçak potansiyele doğru sabit şekilde elektrik yüklerinin akmasıdır. Yalıtkanlardan, iletkenlerden veya yarı iletkenlerden akabilir. Doğru akım ile alternatif akımı birbirinden ayıran özellik, yüklerin aynı yönde akışıdır. (18)

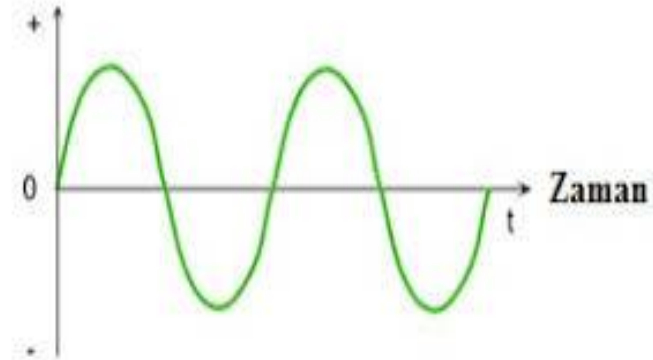


Şekil 1.5. Doğru akım grafiği (38)

3.3.2. Alternatif (Değişken) Akım (AA)

Genliği ve yönü periyodik şekilde değişim gösteren akımdır. Dalga türü olarak en çok sinüs dalgası şeklindedir. (18)

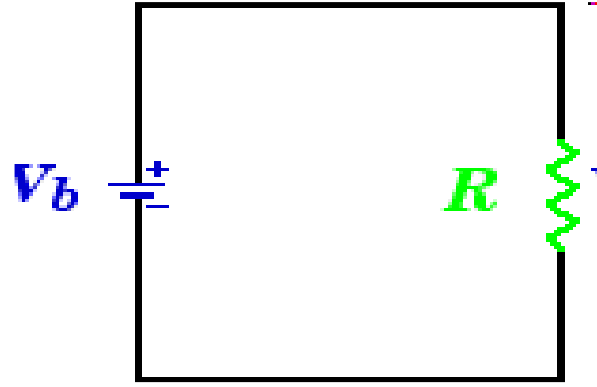
Alternatif Akım



Şekil 1.6. Alternatif akım grafiği (38)

3.4. Potansiyel Fark (Gerilim, Voltaj)

Elektrik akımının akışının sağlanması için bir kuvvet ihtiyacı doğar. Bu kuvvet olmadığı zaman elektronların hareketi gerçekleşmez ve böylece akım akmaz.



Şekil 1.7. Elektron akışının sağlanması (16)

Serbest halde bulunan elektronları hareket ettirerek akımın akmasına neden olan potansiyeller arasındaki bu farka gerilim denir. Birimi Volt' tur. V ya da E sembolleri ile gösterilir. (16)

3.5. Direnç

Direnç, elektrik akımına karşı gösterdiği zorluklardır.

Kesiti sabit olan bir iletkenen geçen akıma karşı sergilediği direnç, iletkenin kesiti ile ters, öz direnci ve uzunluğu ile doğru orantılıdır. (18)

$$R = \rho \frac{L}{A} = [\Omega \text{m} \frac{m}{m^2}]$$

Maddeye uygulanan gerilim ile maddenin üzerinden bir akım akmaya başlar ve bu uygulanan gerilim, akan akıma bölünmesi ile ohm kanunu ortaya çıkar.

$$R = \frac{V}{I} = [\Omega = \frac{V}{A}]$$

3.6. Elektriksel İş

Bir devrede gerilimleri aynı olmayan iki yer arasında bir miktar Q yükü taşınır. Bu taşıma sırasında harcanan enerji miktarına elektriksel iş denir. (18)

$$W = Q \times V = [Joule = Coulomb \times Volt]$$

3.7. Elektriksel Güç

Birim zamanda uygulanan işe ya da depolanan enerjiye güç denir.

Elektriksel güç ölçümü yaparken kullanılan alet Wattmetre' dir. (18)

$$W = \frac{dQ}{dt} \times V == I \times V [Watt = \frac{Joule}{saniye} = \frac{Coulomb}{saniye} \times Volt]$$

2. BÖLÜM

ELEKTRİK TESİSLERİNDE TOPRAKLAMA VE İSG İÇİN ÖNEMİ

1. GENEL İLKELER

Elektrik tesislerinde koruma amacıyla topraklama yapmanın gerekliliği ortaya konmuştur.

- İnsan ve hayvanları elektriğin zararlarından korumak
- Makine ve cihazları arızalardan korumak
- Elektrik enerjisini güvenli bir şekilde kullanmak

Bu sebeple elektrik tesislerinde, elektrikle çalışan cihazlarda, elektrik makinelerinde ortaya çıkan bir izolasyon hatası sonucu bu tesisler, cihazlar ve makineler elektrik tesisleriyle alakalı olmayan iletken ve madeni bölümlerinin veya bunların koruyucularının ya da tespit bölümlerinin gerilim altında olmasına neden olmaktadır. Böylece temas ve adım gerilimlerine maruz kalınır. Bu şekildeki gibi tehlikeli olan gerilimler, elektrik tesisleri ile temas halinde olabilecek kişiler, bu tesiste bulunan işletme personelleri, kısaca tüm canlılar için hayati tehlikeye sebep olur. (2)

Bu nedenle canlıları ve maddeyi tehlikeli olan temas ve adım gerilimine karşı korumak için yapılan en iyi önlem elektrik tesislerinde topraklama yapmaktır.

Yapılan topraklama sisteminin görevi, herhangi bir yalıtım hatası sonucunda arızalı fazdan akan akımın desteği ile hata akımını etkisiz hale getirmek, canlıların hayatları için tehlikeli olan kısımdan geçmesini engellemek ya da oluşan temas ve adım gerilimini tehlikeli olan sınır değerin altında olmasını gerçekleştirmektir. (1)

Topraklama sistemlerinde; topraklama yapmak için kullanılan malzeme olarak levha, çubuk, şerit ve topraklama ağları olmak üzere en çok kullanılan topraklayıcılar (topraklayıcı elektrotu) bilinmektedir.

Topraklama sistemlerinde; temas ve adıma karşı koruma topraklaması, yıldırıma karşı yapılan topraklama ve işletme (trafo) topraklaması olmak üzere topraklama çeşitleri bulunur.

Topraklama sisteminde önem arz eden olayların başında, topraklama elektrotunun bütün kısımlarının toprak ile temasını gerçekleştirmektir.

Topraklama direnç hesabı yapılabilir, fakat elde edilen sonuçların doğru olması toprak özdirenç değerinin tam olarak gerçeği yansıtmamasına bağlıdır. Toprak bilindiği üzere homojen değildir. Bu sebeple toprağın özdirenci toprağın nem oranına göre değişir.

1.1. Topraklama

Elektrik tesislerin bulunduğu tüm yapılar toprağın üstüne kuruludur. Toprak ise, sınırsız büyüklükte iletken bir maddedir. Herhangi elektrik arızası olmadığı durumda toprağın üzerinden önemli olmayan çok küçük akımlar geçmektedir. Örneğin elektrik tesislerinde bir motor, bir hata sonucunda veya bilerek toprak iletkeni ile bağlantı sağlanırsa elektrik tesisinin bu arızalı bölümü ile toprak eşit potansiyelde olur ve asimetrik olan şebekelerde toprak üzerinde yüksek akımların geçtiği gözlenir. Topraktan geçen bu yüksek ve tehlikeli akımlar arıza yerindeki canlıların üzerinden geçerse, hayati tehlikeye sebep vermektedir. Ayrıca bu tehlikeli kaçak akımlar yangına da neden olabilmektedir. (1) 0,05 Ohm/km olan toprağın kendi direnci oldukça küçük bir değerdir. Yalnız toprak üzerindeki bu akımın değerini belirleyen devre direnci, toprak ile birleşen noktalarda bulunan yayılma ve geçiş direncidir. Toprak ile temas olayı, bazen bir yalıtım hatası sonucunda rastlantı şeklinde meydana gelirken, bazen de hesaplanarak toprağa uygun şekilde yerleştirilen topraklayıcı elektrotlar ile gerçekleştirilir. Bu olaya topraklama denmektedir. Topraklama uygulamasında en önemli etken, toprak geçiş direncinin oldukça küçük olması istenir. Bu topraktan akan akımın değeri şebekenin yıldız noktasına göre de değişir. Elektrik tesislerinde topraklamanın amacı, bir arıza meydana geldiğinde oluşan kısa devre akımlarının canlıların hayatlarını tehlikeye düşürmeyecek şekilde uygun olan yoldan gitmesini sağlamaktır. Bu yüzden, topraklama tesisi yapılırken uygun şartlarda ve çok iyi hesaplanarak yapılması gerekir. (6)

İstenen bölümlerin yalıtımında, değişik nedenlerden dolayı bozulma ve yalıtkanın delinmesi gibi hatalar ile karşılaşılması kaçınılmazdır. Karşılaşılan bu şekilde ki gibi hatalar durumunda, canlıların hayatlarını ve maddeyi korumak adına topraklama tesisi yapılmaktadır. Elektrik tesislerinin, cihazların ve en önemlisi canlıların hayatlarını korumak için gerilim altında kalan bölümler bu şekilde koruma altına alınmaktadır. (2)

Topraklamadaki en önemli etken eş potansiyel oluşturma olayıdır. Eş potansiyel sisteminde amaç, topraklamaların tamamı ve tüm metal kısımlar tek bir eş potansiyel baraya bağlanır. Böylece iki nokta arasında gerçekleşecek olan gerilim farkı ortadan kalmış olur ve tesisin bütün kısımlarında eş potansiyel yapılmış olunur. Elektrik akımı iki kısım arasındaki farklı potansiyellerden meydana geldiği için, eş potansiyel yapılan iki nokta arasındaki bütün akım geçiren iletkenlerde elektrik akımı oluşmaz. Herhangi bir kaçak anında tüm kısımlarda eşit potansiyel sağlandığından dolayı, hiçbir kısımda farklı potansiyel olmayacağından dolayı tehlikeli bir durum oluşmaz. Ayrıca statik elektrik tehlikesi de oluşmayacağı için, statik elektrikten kaynaklanan yangın oluşma riski de düşünülmemektedir. (6)

1.2. Topraklama ile İlgili Esas Kavramlar

Bu kısımda topraklama sistemlerinde, adına değinilen bazı temel kavramlardan bahsedilecektir.

1.2.1. Aktif Kısımlar

Tesislerde gerilim altında olan ve akım devresinin sargıları gibi metal veya iletken olan kısımların tümüdür.

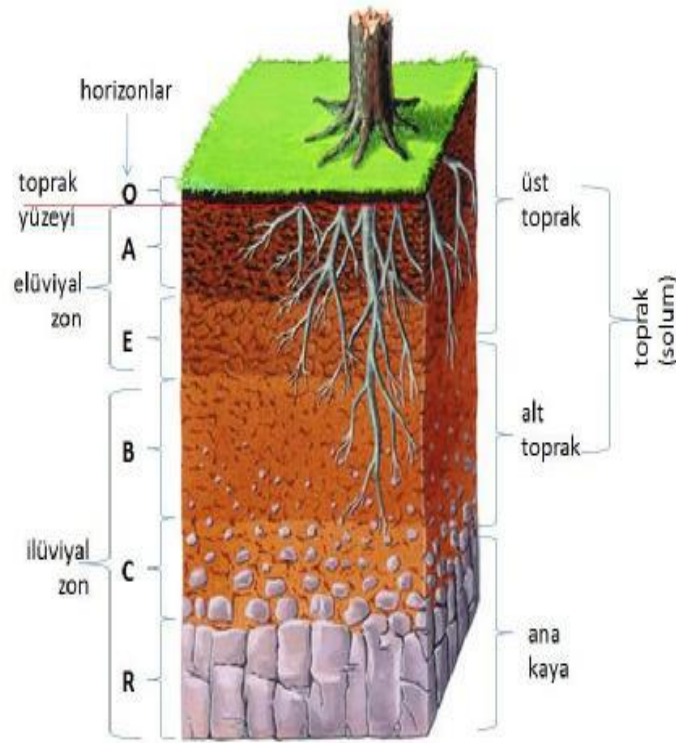
1.2.2. Gövde

Aktif bölüm olmayan, her an dokunulabilen, ancak bir hata durumunda gerilim altında olabilen madeni ve iletken bölümlerdir.

1.2.3. Toprak

Toprak, evrendeki karasal zeminlerin üzerini ince tabaka şeklinde kaplayan, çevresel etmenlerden kaynaklı olarak kayaç ve minerallerin ayrıştırılmasıyla oluşan, içerisinde hava ve su barındıran, bitkiler için besin ve tutunma kaynağı olan canlı bir varlıktır. Başka bir ifade ile, elektrik potansiyelinin her kısmında sıfır olduğu çok büyük yer ve maddedir. Bundan da anlaşılacağı gibi, toprak bir ekosistem olup karmaşık yapıya sahiptir. Arz yüzeyinde 1,5 ile 2,0 metre kalınlığının olduğu bilinen toprak, 6378 km olan dünyanın yarıçapının derinliğinin sadece %0,00003'ünü kapsayan bu yapının önemsenmeyecek kadar az olduğu görülecektir. (15)

Şekil 1.1.'de evrendeki toprak tabakaları ve yapısal farklılıkları gösterilmiştir.



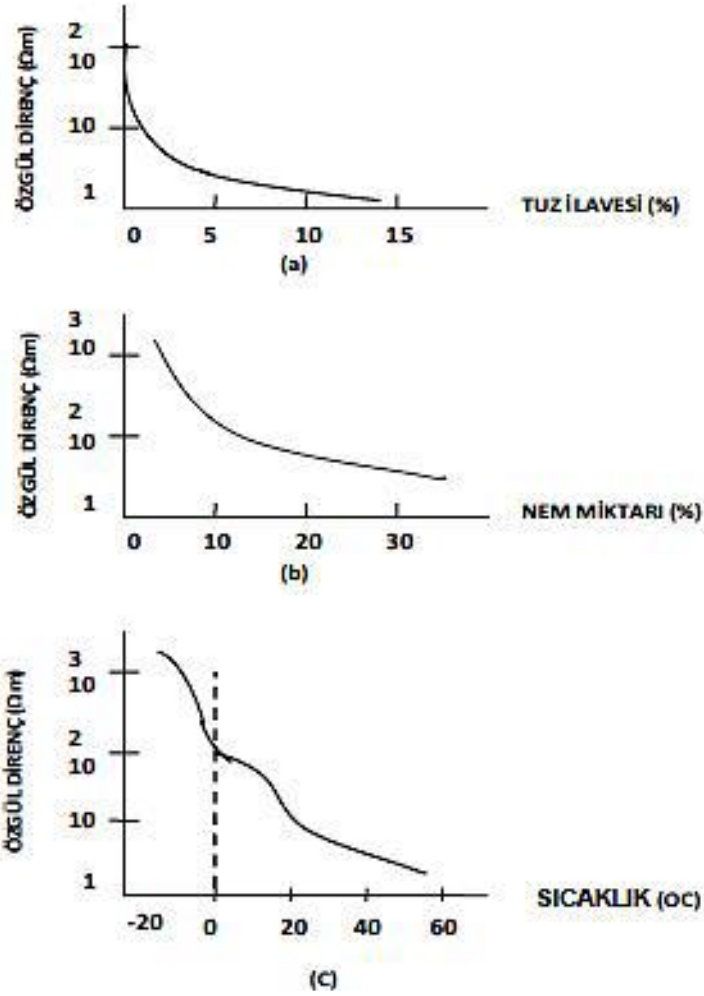
Şekil 2.1. Yeryüzünün toprak tabakaları (41)

1.2.3.1. Toprak Yapısı ve Rutubeti

Topraklama sistemi yapılırken toprağın yapısı incelenmesi önem arz etmektedir. İnsanların ve hayvanların olduğu ortamlarda toprağa geçiş direncinin

önemli ölçüde küçük tutulması gerekli ve hayati açıdan önem arz etmektedir. Bu direncin küçük olması, atmosferde oluşacak yıldırımın elektriğinin boşalmasında, meydana gelen yan atlamaları ve olası tehlikeleri azaltacağından dolayı bu olaya dikkat edilmelidir.

Şekil 1.2.' deki gibi toprağın iletkenliği nem oranına bağlı olduğu görülür.



Şekil 2.1. Toprağın direncinin nem, sıcaklık ve tuzuna bağlı olarak değişimi (35)

1.2.3.2. Nem Miktarının Artırılması

Elektrotun çevresindeki toprağın nem, yeraltındaki sular ya da ırmaklar ile çoğaltılır. Topraktaki rutubet miktarının toprak ağırlığının %15-25'i seviyesine kadar artırılarak amacına uygun elverişli toprak elde edilmiş olur ve direnci de yarıya düşmüş olur. (35)

1.2.3.3. Tuz İlavesi

Amacına hizmet eden toprağın en iyi nemlilik miktarı; suyun yarısı kadar tuz ekleyerek (toprağın %0,1'i kadar tuz eklemesi yapılacaktır) geçiş direnci %20 azaltılmış olunur. Bu rakamlar, kaya tuzu, sofr tuzu ve bakır sülfat tuzları için geçerlidir. (35) Suyun etkisi ile tuz, elektrotun etrafından dağılacığından dolayı yukarıdaki hesap sonucundaki tuz miktarının üç katı kadar elektrotun etrafına yedek olması için depo edilmelidir. Şöyle bir gerçekte var ki, topraktan kar ya da yağmur erimesi sonucunda kuvvetli yeraltı su akımları geçeceği için yapılan bu tuz eklemesi hiçbir yarar sağlamayacaktır.

1.2.3.4. Çimli Humus ve Toprak Eklemesi

Çakıllı, kayalı, taşlı zeminler üzerinde bu yöntemi kullanmak çok mantıklıdır. Kok kömürü kullanılmaz. Çünkü kükürtlü olduğundandır. Bunun için en faydalısı odun kömürü ilavesidir. Toprak direnci üzerinde, elektrotu çinko ya da kurşun maddeleri ile kaplamak hiçbir şekilde yararı olmaz. Fakat bu önlem, paslanmayı önlemek adına iyi gelir. (35)

1.2.4. Topraklama Olayı

Bir elektrik devresinin, iletken bölümleri meydana olan elektrik cihazlarının ya da elektrik tesisatının iletken bölümlerinin toprak ile ilişkilendirilmesidir.

1.2.5. Topraklayıcı

Toprağa gömülü şekilde olan ve toprak ile iletken olarak bir bağlantı kurulan ya da beton içinde gömülü olan iletken elemanlardır. Çubuk, şerit ve levha olarak topraklayıcı çeşitleri vardır.

1.2.5.1. Çubuk Topraklayıcı

Boru tipi olarak, yanıcı sıvı ya da gaz halinde olan borular ile sıcak su borusu ve bunun gibi metal olan şebeke boruları topraklayıcı olarak katıyen kullanılmaz. Fakat bu metal olan şebeke borularının bu tesisler için potansiyel dengeleme olarak uygulanmasını engellemez. (40)



Şekil 2.2. Çubuk Topraklayıcı (40)

1.2.5.2. Şerit Topraklayıcı

Şerit halinde, dikdörtgen şeklinde iletken malzemeli topraklayıcılardır. (42)



Şekil 2.3. Şerit Topraklayıcı (42)

1.2.5.3. Levha Topraklayıcı

Temel topraklayıcı olarak da adlandırılır. Yapılan yapının temelinde yapılan betonun arasına yerleştirilmiş, toprağa direk dokunmuş olan topraklayıcılardır. (39)



Şekil 2.4. Levha Topraklayıcı (39)

1.2.6. Topraklama İletkeni

Herhangi bir cihazın veya elektrik tesisinin topraklanacak olan bir bölümünü toprak ile ilişkilendiren topraklayıcı elemanıdır. Ya da izole edilmiş şekilde toprağın içine uygun şekilde koyulmuş iletkenidir.

1.2.7. Referans Toprak

Topraklayıcıdan yaklaşık 20m mesafede olan herhangi bir bölümünde görünen gerilim oluşmayan, toprağın belirli bir yeridir. (3)

1.2.8. Toprak Özgül Direnci

Dünyanın doğal yapısını meydana getiren toprağın özgül elektrik direncidir. Birimi, Ohm-metre' dir. Toprağın $1m^3$ lük alanı içinde iki karşı yüzeyi arasındaki bulunan direnç değeridir. (10)

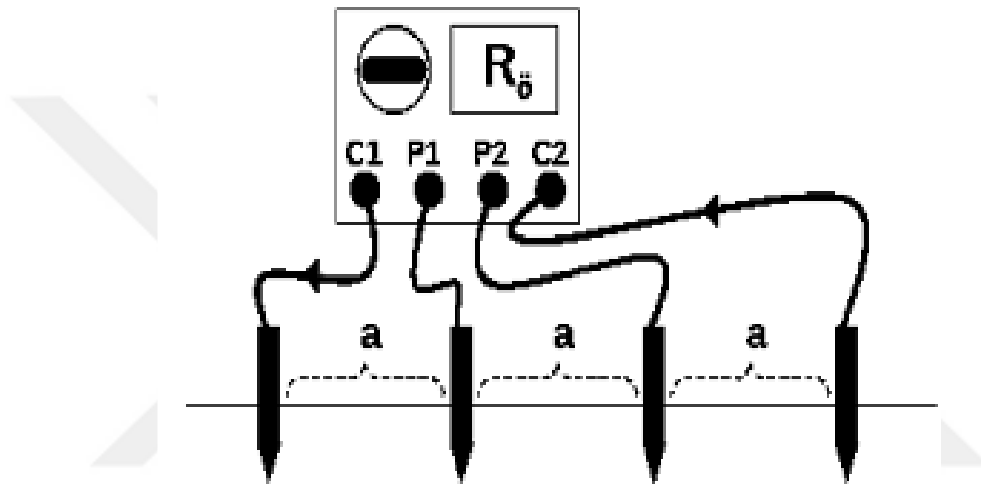
Toprak öz direncinin bulunması, toprak direncini ya da toprak yayılma direncini bulmak için önem arz etmektedir. Bu direncin farklı derinlikler için ölçme yöntemleri vardır. Bunlar, “Dört Sonda Yöntemi” yani Wenner Yöntemi, Schlumberger, tek elektrot-dipol yöntemi, yarım Wenner yöntemi, yarım Schlumberger yöntemi ve dipol-dipol yöntemleri kullanılmaktadır. Bu klasik olan yöntemlerin hepsi de 4 tane ölçüm kazığının farklı aralıklarla toprağa gömülmesi ile uygulaması yapılır.

Küçük mesafelerle yapılan ölçümlerde, gelişmiş özel makineler ile büyük mesafelerinde ise voltmetre-ampermetre metotları kullanılır. Ölçüm yapılan makinenin C1 ucu ile toprağa 100-150 Hz frekans ile +I akımı uygulanır. Bu +I akımı

-I şeklinde makinenin C2 ucu ile geri dönüş sağlar. Bu -I ve +I akımları, makinenin P1 ve P2 uçlarında bir gerilim farkı oluşmasını sağlar. Ölçme yapan makineler U/I değerini Ω cinsinden verirler. (10)

Son teknolojiadaki ölçüm makinelerinde U/I oranının yanı sıra “k” faktörünü de bulup otomatik şekilde öz direnci verebilmektedir.

Dört sonda yöntemi (Wenner yöntemi);



Şekil 2.5. Dört sonda yöntemi (10)

$$U_{p1} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} \right)$$

$$U_{p2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} \right)$$

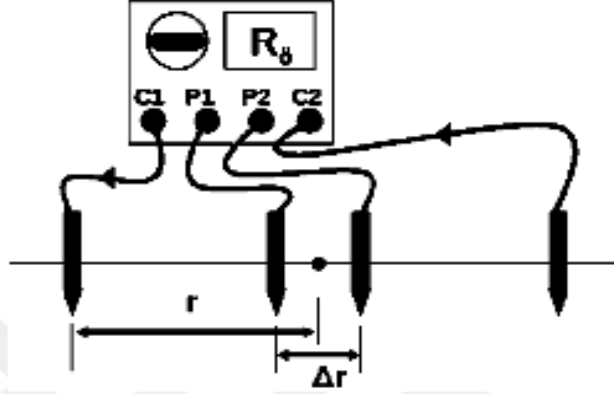
$$U = U_{p1} + U_{p2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{a} \right)$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{a} \right) = \frac{\rho}{2\pi} \times \frac{1}{a}$$

$$\rho = 2 \times \pi \times a \times R$$

Formüllerdeki, “U: Elektrik potansiyeli [V], I: Akım şiddeti [A], U_{P1} : P1 noktasındaki Potansiyel [V], U_{P2} : P2 noktasındaki potansiyel [V], r: Görünür özgül direnç [Ω], a: Sondalar arası mesafe [m]’dir.”

Schlumberger yöntemi ise;



Şekil 2.6. Schlumberger yöntemi (10)

$$U_{p1} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r - \frac{\Delta r}{2}} - \frac{1}{r + \frac{\Delta r}{2}} \right)$$

$$U_{p2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r + \frac{\Delta r}{2}} - \frac{1}{r - \frac{\Delta r}{2}} \right)$$

$$U = U_{p1} - U_{p2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r - \frac{\Delta r}{2}} - \frac{1}{r + \frac{\Delta r}{2}} - \frac{1}{r + \frac{\Delta r}{2}} + \frac{1}{r - \frac{\Delta r}{2}} \right)$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{2r + \Delta r - 2r + \Delta r}{r^2 - \frac{\Delta r^2}{4}} \right)$$

$$|P_1 \times P_2| \leq \frac{|C_1 \times C_2|}{10} \left(\Delta r \leq \frac{r}{5} \right) \text{ olması şartıyla,}$$

$$R = \frac{\rho}{2 \times \pi \times r^2} \left(\frac{2 \times \Delta r}{1 - \frac{\Delta r^2}{4r^2}} \right)$$

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

Toprağın cinsine göre, sıcaklığına ve rutubet oranına bağlı olarak özgül direnç değeri farklıdır. Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği EK-K' de sunulmuş farklı toprak çeşitleri ve bunlara bağlı öz dirençleri verilmiştir. (4)

Tablo 2.1. AC frekanslarda toprak özgül direnci (13)

| Toprak Cinsi | Toprak Özdirenci $\rho_E(\Omega \times m)$ |
|---------------------------------|--|
| Bataklık | 5-40 |
| Humus, Kil, Çamur | 20-200 |
| Çakıl | 2000-3000 |
| Kum | 200-2500 |
| Kumtaşı | 2000-3000 |
| Havanın kuvvetiyle dağılmış taş | Genellikle > 1000 |
| Buzultaş | >30000 |
| Granit | >50000 |

Farklı derinlikte olan tabaklarda, ölçülen özgül dirençler toprağın özgül dirençlerini değiştirebilir.

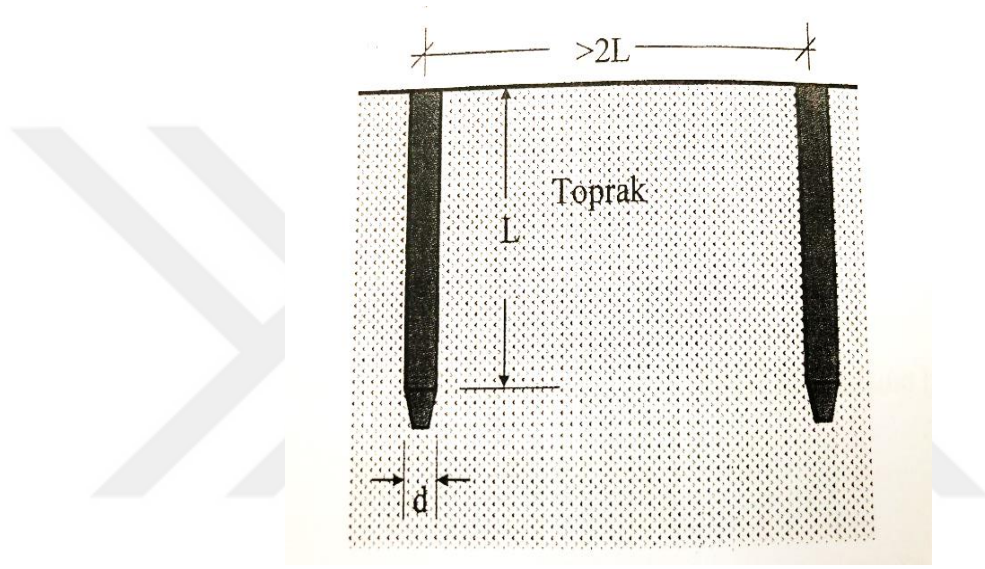
1.2.9. Yayılma Direnci

Referans olarak seçtiğimiz toprak ile topraklayıcı arasında gerçekleşen geçiş direnci olarak bilinir. Topraklayıcının düzenleme şekli ve boyutlarına göre, toprak öz direncinin yayılma direnci değişebilir.

Toprakta yayılma direnç hesabı yapılırken ETTY (Elektrik tesislerinde topraklamalar yönetmeliği), Ek-T' de verilen sayısal formüller kullanılır. Bu verilen formüller, topraklayıcı elemanlarının birbirleri ile etkileşim halinde olmadığı zamanlarda geçerlidir ya da tek oldukları zaman geçerlidir. (8)

Farklı topraklayıcı tipleri için aşağıdaki hesap yöntemleri kullanılır:

- Çubuk (Derin) topraklayıcı yayılma direnç hesabı;



Şekil 2.7. Çubuk Topraklayıcı (8)

Şekil 1.8.' deki gibi çubuk topraklayıcıların arasındaki mesafeler, çubuk uzunluğunun 2 katından büyük seçilmesi ve çubukların dirençleri paralel şekilde bağlandığı kabul edilir. Toprak yüzeyine dik olacak şekilde toprağa çakılarak uygulanır. (8) Çubuk topraklayıcının direnci aşağıdaki gibi hesaplanır.

Tam formül olarak;

$$R_E = \left(\frac{\rho_E}{2 \times \pi \times l} \right) \times \ln \left(\frac{4 \times l}{d} \right) (\Omega)$$

Yaklaşık formül olarak;

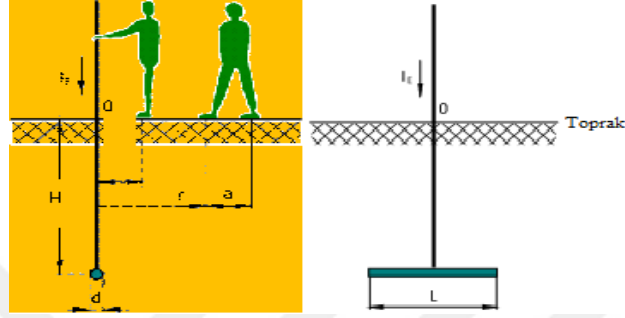
$$R_E = \frac{\rho_E}{L} (\Omega)$$

d: Çubuğun çapı (m)

l: Çubuğun boyu (m)

ρ_E : Toprağın özgül direnci ($\Omega \times m$)

- Şerit topraklayıcı yayılma direnç hesabı;



Şekil 2.8. Şerit Topraklayıcı (8)

Tam formül olarak;

- ✓ Toprağın üstüne yakın ise;

$$R_E = \left(\frac{\rho_E}{\pi \times l} \right) \times \ln \left(\frac{2 \times L}{d} \right) (\Omega)$$

- ✓ Elektrot H (m) kadar derin ise;

$$R_E = \left(\frac{\rho_E}{2 \times \pi \times l} \right) \times \ln \frac{2 \times L}{d} \left(1 + \frac{\ln \frac{L}{2 \times H}}{\ln \frac{2 \times L}{H}} \right) (\Omega)$$

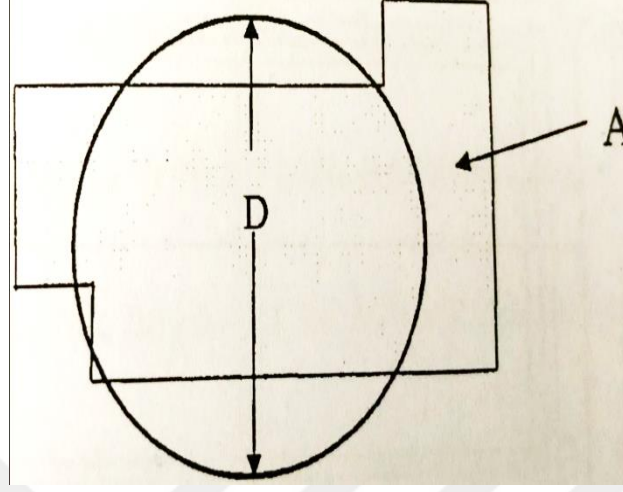
Yaklaşık formül olarak;

$$R_E = \frac{3 \times \rho}{L} (\Omega)$$

L: Elektrotun uzunluğu (m)

d: Halka elektrotunun şerit çapı (m)

- Halka topraklayıcı yayılma direnç hesabı;



Şekil 2.9. Halka Topraklayıcı (8)

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = 1,13\sqrt{A}$$

Tam formül olarak;

$$R_E = \frac{\rho_E}{\pi^2 \times D} \times \ln\left(\frac{2 \times \pi \times D}{d}\right) (\Omega)$$

Yaklaşık formül olarak;

$$R_E = \frac{2 \times \rho_E}{3 \times D} (\Omega)$$

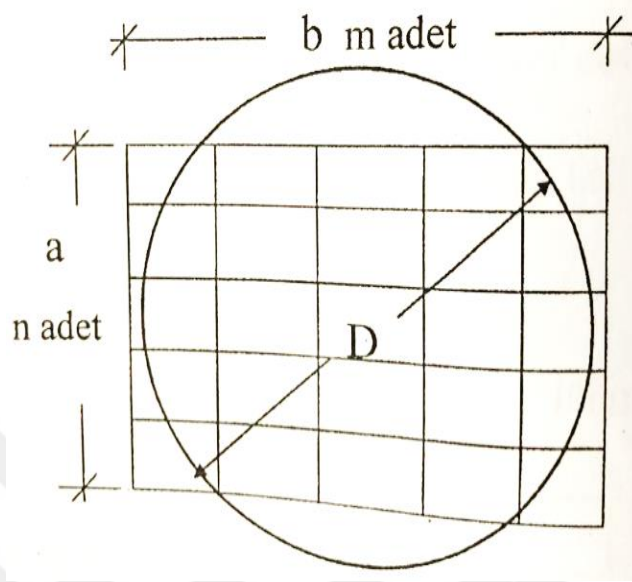
A: m²

d: Şerit dolgunluğunun yarısı (m)

D: Halka elektrotunun kuşattığı alanla aynı alana sahip dairenin çapı

Not: Yaklaşık olarak kullanılan formülde, tam formüle kıyasla çok küçük değer verildiğinden dolayı yaklaşık formül hesabına %30 şeklinde ek yapılması önerilir.

- Gözlü topraklayıcı yayılma direnç hesabı;



Şekil 2.10. Gözlü Topraklayıcı (8)

Gözlü topraklayıcılar, birbirlerine paralel olan ve birbirlerine eşit mesafeler ile yerleştirilen şerit elektrotlarının hasır şeklinde oluşturmak suretiyle göz haline getirilerek yapılmaktadırlar.

$$D = \left(\frac{4 \times a \times b}{\pi} \right)^{1/2}$$

$$L = a \times n + b \times m$$

$$R_E = \frac{\rho_E}{2 \times D} + \frac{\rho_E}{L} (\Omega)$$

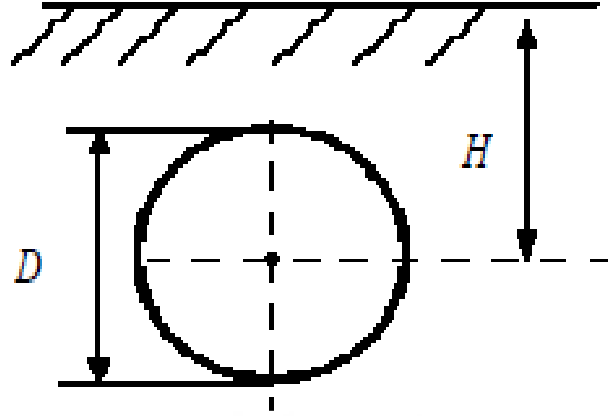
R_E : Topraklama direnci (Ω)

ρ_E : Toprak özgül direnci ($\Omega \times m$)

L : Elektrot iletken uzunluğu (m)

D : Gözlü topraklayıcı ile eş değer olan dairenin çapı (m)

- Küre topraklayıcı yayılma direnç hesabı;



Şekil 2.11. Küre topraklayıcı (3)

$$R_E = \frac{\rho_E}{4 \times \pi} \left(\frac{2}{D} + \frac{1}{2 \times H} \right) (\Omega)$$

ρ_E : Toprak özgül direnci ($\Omega \times m$)

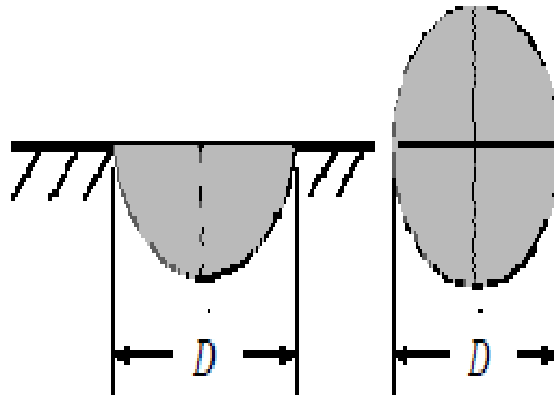
D: Halka elektrotunun çapı (m)

R_E : Yayılma direnci

H: Gömülme derinliği (m)

$H \gg D$ şeklindedir.

- Yarım küre topraklayıcı direnç hesabı;



Şekil 2.12. Yarım küre topraklayıcı (3)

Yarım küre oluşması, kürenin ortasından kesilerek elde edilmektedir. Kürenin kesilen yüzeyi toprağın yüzeyi ile aynı seviyede olacak biçimde toprağa gömülür.

$$R_E = \frac{\rho_E}{\pi \times D} (\Omega)$$

Not: Levha topraklayıcılar, günümüzde önemini kaybettiğinden ötürü tavsiye edilmemektedir.

1.2.10. Topraklama Direnci

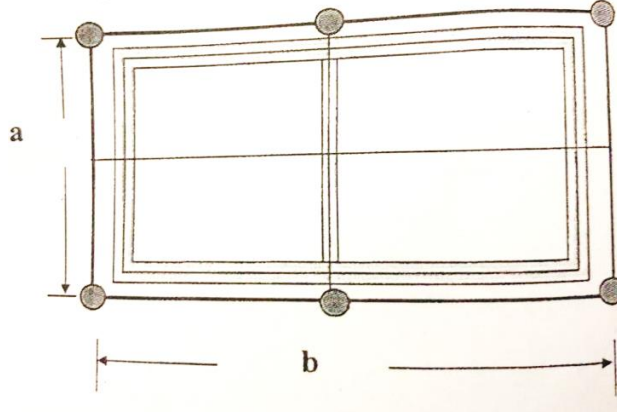
Referans toprak ile uygun mesafede olan topraklama tesisinin aralarında hesaplanan direnç değeridir. Bu ölçülen değer, topraklama barasından itibaren, topraklama iletkeni ve baralarının dirençleri, topraklayıcıların toprağa geçiş direnci, elektrotların yayılma dirençlerinden meydana gelir. Özetle, yayılma ve topraklama iletkeni dirençlerinden oluşmaktadır.

Anlaşılabacağı üzere yayılma direnci, diğer toplam dirençlerin hepsinden çok büyüktür. Topraklayıcının yüzeyindeki geçiş direnç değeri kaliteli yapılmış ise, ihmal edilebilir. Bunların sonucunda topraklama direncinin, elektrotun yayılma direncinden türediği ön görülmektedir. (8)

Bu topraklayıcı elemanları tek tek hesaplamak ve daha sonra birbirleri ile paralel çalıştığını söylemek hatalı sonuçlar doğurur. Farklı topraklayıcıların olması halinde bunların bütün olacak şekilde ele alınarak yapılan hesaplar şeklinde metotlar kullanılmalıdır. Bunlardan önde olanlar, Sverak ve Schwarz metotlarıdır.

1.2.10.1. Sverak Yöntemi

Niemann ve Laurent aracılığı ile açıklanan formüle ilave olarak ağ derinliğini getiren Sverak, ağ şeklinde oluşturulmuş topraklama düzeninin yayılma direncini yenilenmiş şekilde sunmuştur. Bu yöntemde, tesisin topraklama direncinin en düşük olduğu homojen toprak seçilmesi ve küre topraklayıcı kullanımı olarak kabul edilecektir.



Şekil 2.13. Ağ şeklindeki topraklama tesisi (8)

$$R = \frac{\rho}{4} \times \sqrt{\frac{\pi}{A} + \frac{\rho}{L}}$$

ρ : Toprağın öz direnç değeri ($\Omega \times m$)

L: Gömülmüş iletkenin uzunluğu (m)

R: Sistemin direnç değeri (Ω)

A: Ağın kapladığı alan değeri $a \times b$ (m^2)

Topraklama kazıklarının boylarının da önemli bir etkisi vardır. Bunun için formüle topraklama kazıklarının boyları da eklenir. Bu bileşenin eklenmesi ile toprak direncinde yükselme görülür. Bu farkın ortadan kalkması için sonsuz uzunlukta iletken döşemesi yapılmalı ve L değeri sonsuza denk olacak şekilde ayarlanmalıdır. (21)

$$R = \rho \times \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20 \times A}} \times \left(1 + \frac{1}{1 + h \times \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right) (\Omega)$$

h: Ağın gömülme derinliği değeri (m)

1.2.10.2. Schwarz Yöntemi

Bu yöntem, düşey çubukların direnç değerleri ile yatay iletkenlerin arasındaki direnç değerleri göz önüne alınarak uygulanan bir yöntemdir.

$$R = \frac{R_1 \times R_2 - R_m}{R_1 + R_2 - 2 \times R_m} (\Omega)$$

olacak şekilde sistem direnci verilmektedir.

k_1 ve k_2 değerlerini Tablo 1.2.' den yararlanılan katsayılar olacak şekilde,

$$a = \sqrt{2 \times a \times h}$$

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi \times L_c} \left[\ln \left(\frac{2 \times L_c}{a} \right) + \frac{k_1 + L_c}{\sqrt{A}} - k_2 \right] (\Omega)$$

$$R_2 = \frac{\rho}{2 \times n_R \pi \times L_R} \left[\ln \left(\frac{4 \times L_R}{b} \right) - 1 + \frac{2 \times k_1 \times L_R}{\sqrt{A}} \times (\sqrt{n_R} - 1)^2 \right] (\Omega)$$

$$R_m = \frac{\rho}{\pi \times L_c} \left[\ln \left(\frac{2 \times L_c}{L_R} \right) + \frac{k_1 \times L_c}{\sqrt{A}} - k_2 + 1 \right] (\Omega)$$

R: Sistem direnci (Ω)

R_1 : Ağ iletkeninin toprak direnci (Ω)

R_2 : Çubuk toprak direnci (Ω)

R_m : R_1 ve R_2 gruplarının arasındaki direnç değeri (Ω)

L_R : Çubuğun boyu (m)

$2b$: Çubuğun çapı (m)

n_R : Çubukların toplam sayısı

L_c : Ağdaki yatay olan iletkenlerin tümünün uzunluğu (m)

ρ : Toprağın öz direnç değeri ($\Omega \times m$)

A: Ağın kapladığı alan (m^2)

$2a$: Çubuğun çapı (m)

k_1 ve k_2 değerleri;

Ağın boyuna ve enine olan oranına (a), ağın toprağa çakılma derinliğine (h) ve yapılan ağın uyguladığı alana (A) bağlı olarak değişir.

k_1 ve k_2 değerleri Tablo 2.2.' deki gibi ağın alanına bağlı olacak şekilde verilmektedir.

Herhangi bir ağ derinliği için ağın alanına ait değerleri bulduktan sonra gerçek olan değer arasındaki katsayılar ara kestirim yapılarak hesaplanmalıdır. (36)

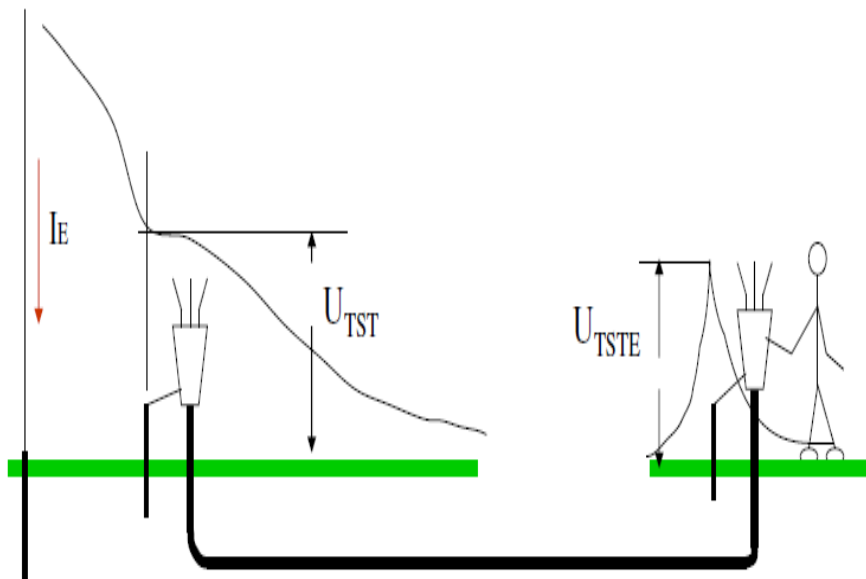
Tablo 2.1. k_1 ve k_2 hesaplama tablosu (19)

| H | k_1 | k_2 |
|------------------------|---------------|--------------|
| 0 | $-0.04a+1.41$ | $0.15a+5.50$ |
| $1/10 \times \sqrt{A}$ | $-0.05a+1.20$ | $0.10a+4.68$ |
| $1/6 \times \sqrt{A}$ | $-0.05a+1.13$ | $0.05a+4.40$ |

1.2.11. Topraklayıcı Gerilimi

Topraklama tesisi ya da bir elektrottan akım geçtiğinde topraklayıcı ile referans toprağı arasında oluşacak gerilimdir. Bu gerilimin lölme noktası olarak, gerilim altında olan elektrot elemanı ile bu elemandan 20m mesafedeki referans toprağı arasındır.

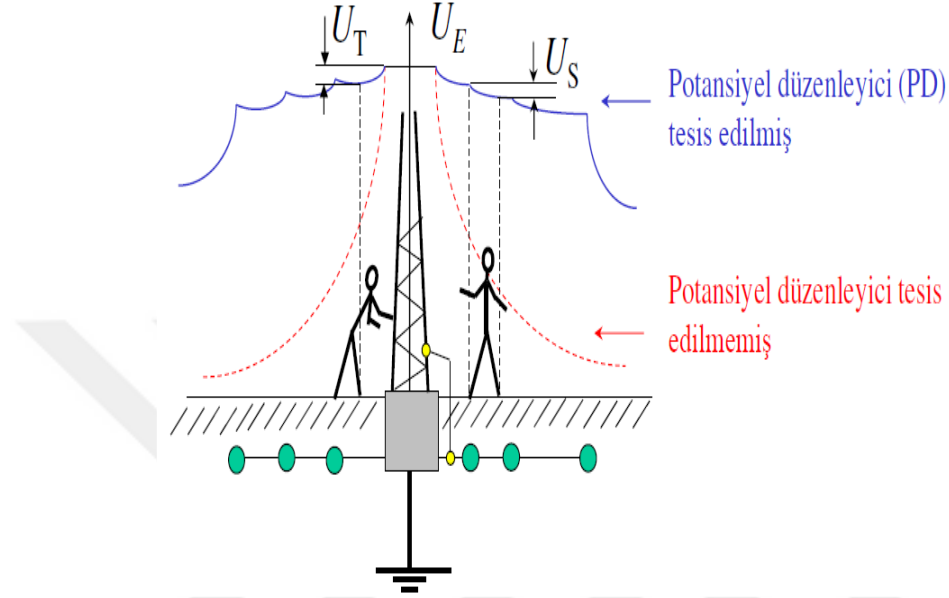
1.2.12. Potansiyel Sürüklenmesi



şekil 2.14. Potansiyel sürüklenmesi (8)

Topraklama tesisinde yükselmiş olan potansiyelin, bir iletken yolu üzerinden uzak bir noktaya taşınması olayıdır.

1.2.13. Potansiyel Düzenlenmesi



Şekil 2.15. Potansiyel düzenlenmesi örneği (9)

Topraklama tesisinin adım ve temas gerilimlerini, potansiyel dağılımını aşağı çekmek için bu tesisin etrafına düzenleyici şekilde topraklayıcılar yerleştirilerek potansiyel dağılımına tesiri olabilmektedir.

1.2.14. Potansiyel Dengelenmesi

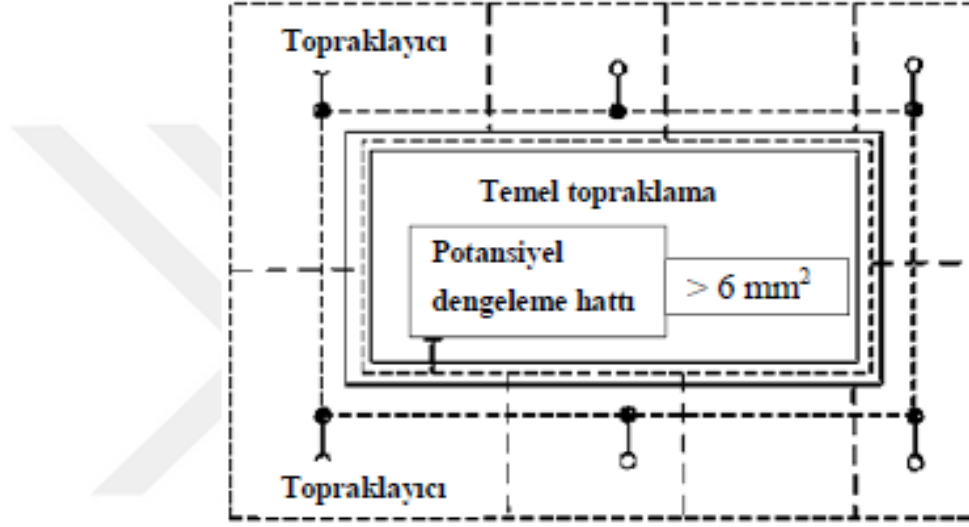
İletken bölümler arasında potansiyel farklılığının yok olması demektir. Örneğin, koruma iletken bölümleri ile iletken olan boru ve iletken olan yapılar gibi kısımların arasındaki potansiyel farkı yok etmek amaçlı uygulanan düzenlemelerdir.

Bütün tesisatlar da dengeleme iletkenleri, altta bildirilen kısımlar, tesisatın ana topraklama barasına bağlanacaktır.

- Su boruları
- Merkezi klima ile ısıtma sistemleri

- Yıldırımdan korunma sistemleri
- Binanın metal kısımları
- Gaz tesisat boruları

Ana potansiyel dengeleme iletkeninin, topraklama tesisinde kullanılan iletkenin kesit alanının yarısından ve bu kesitin 6 mm^2 'sinden az olacak biçimde olmayacaktır. (12)



Şekil 2.16. Bir tesisteki topraklama (12)

Eğer dengeleme iletken bakır ise ya da bakıra eş değer olan kesit alanında ise, o zaman bu kesit alanının 25 mm^2 yi geçmesi gerekmez. (12)

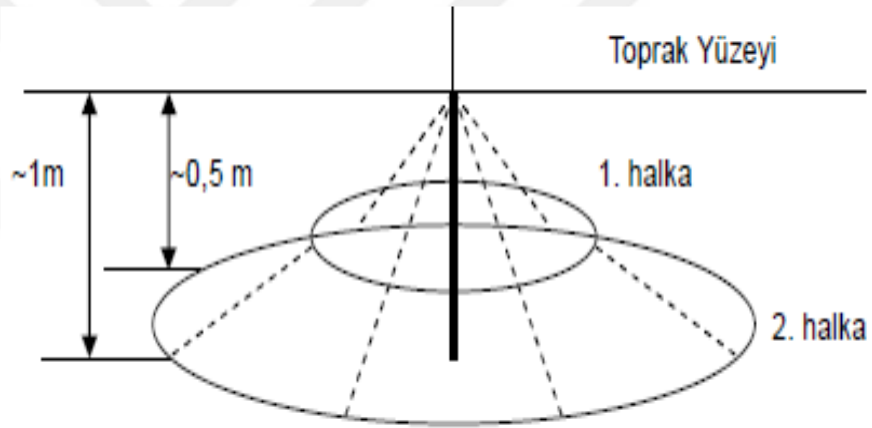
1.2.15. Global Topraklama Sistemi

Yerel olan topraklama tesislerinin birbirleri ile ilişkilendirilerek sonuca varılan ve birbirlerine yakın aralıklarla ayarlanan topraklama tesislerinde hiçbir biçimde tehlikeli topraklama gerilimi oluşmamasını amaçlayan bir topraklama sistemidir. (6) Böylece, toprak arıza akımı meydana geldiğinde bu akımın bölünmesini sağlayarak, topraklama geriliminin azaltılmasına olanak sağlar. Bu şekilde çalışan bir topraklama sistemi aynı zamanda eş potansiyel yüzey oluşmasına da katkıda bulunmuş olur.

1.2.16. Topraklayıcıdan Akım Geçmesi

Bir topraklama elektrotundan toprağa akım aktığı vakit, topraklayıcıdan başlayarak etrafa doğru bir akım yayılmaya başlanır. Bu durum sonucunda topraklayıcının etrafında potansiyel yükselmesi meydana gelir. Bu potansiyel değişim, eş potansiyel noktaları birleştirerek potansiyel çadırı ya da konisi oluşturduğu varsayılır. Aynı zamanda potansiyel değişimi, bu noktalar ile topraklayıcı arası gerilim ölçülerek bulunur. (8)

Şekil 1.18.'de çubuk topraklayıcısının etrafındaki potansiyel dağılımı gösterilmiştir. Görüldüğü üzere topraklayıcıya yakın olan kısımlarda potansiyel, değişim göstermektedir.



Şekil 2.17. Potansiyel Düzenleme Elektrotları (8)

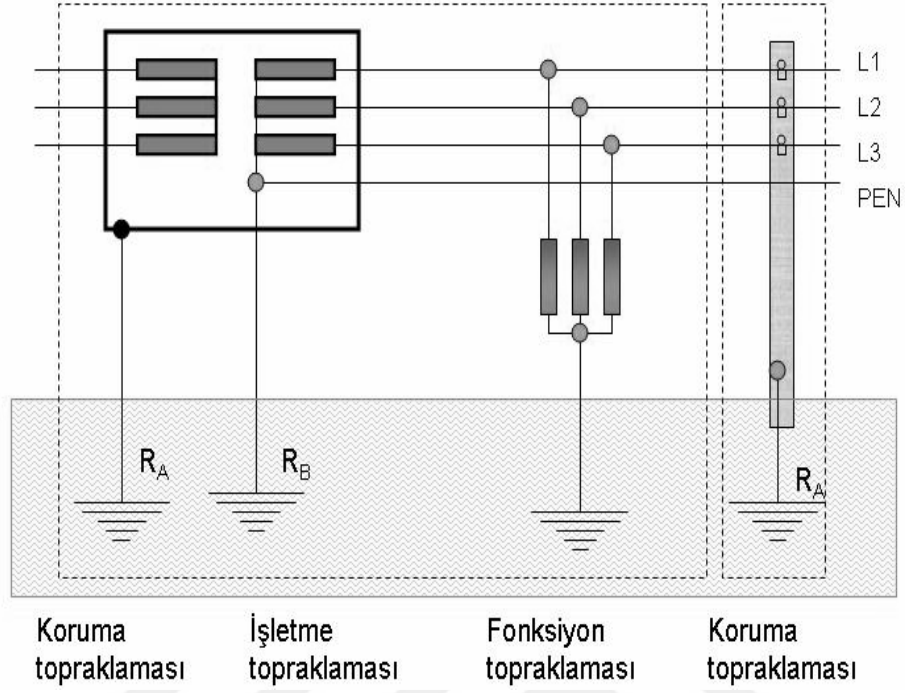
1.3. Topraklama Çeşitleri

Elektrik tesislerinde uygulanan topraklamaların farklı şekilde uygulama amaçları ve etki alanları vardır.

Bu topraklama çeşitlerinin en önemlileri olanları şunlardır;

- Koruma topraklaması
- İşletme topraklaması

- Fonksiyon topraklaması
- Yıldırım topraklaması



Şekil 2.18. Topraklama Çeşitleri (15)

1.3.1. Koruma Topraklaması

Canlıları tehlikeli temas gerilimlerine maruz bırakmamak için işletme içindeki araçların aktif şekilde olmayan metal bölümlerinin yani normal şartlar altında gerilim bulunmayan bölümlerin topraklanmasıdır. Normalde gerilim altında bulunmayan fakat bir izolasyon hatası sonucunda gerilim altında bulunulabilen ve canlıların dokunabilecekleri makinelerin, tesisteki herhangi bir elemanın madeni bölümleri bir topraklama iletkeni üzerinden topraklayıcı ile ilişkilendirilir.

Koruma topraklaması izolasyon hatası, direkt veya endirekt nedenlerden dolayı oluşur. (10)

Bu yalıtım hatasına sebep olan direkt nedenler, iletkenin kopması, yüksek akımdan ötürü izolasyonun ısınarak dayanımının azalması, yüksek gerilimde yalıtımın zorlanma sebebi ile delinmesi, bu malzemelerin uzun zaman kullanılması ve bu yalıtım

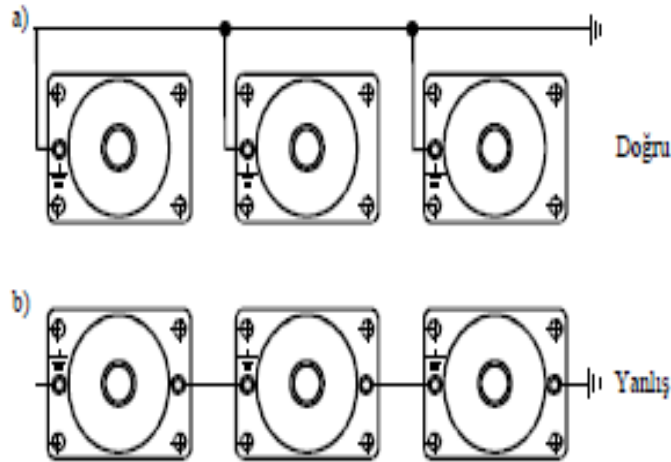
maddelerinin uzun süre kullanıldıktan sonra özelliğini kaybederek kaçak akımlara sebebiyet vermesidir. (10)

Yalıtım hatasına sebep olan en direkt nedenler ise, dış etmenlerle yalıtımın tahriş olması, atmosferik dağılmalar, yıldırım düşmesinden dolayı oluşan arklar, havai hatların izolatörlerinin pislenmesinden dolayı kaçak akımların üzerinden geçmesi veya gerilim atlamalarının oluşması, yalıtım maddelerinin dış etmenlerden dolayı kırılmasıdır. (10)

- Koruma topraklamasının etki şekli;

Topraklanacak olan makine ya da uygun olan bağlantılar ve elektrotlar ile temas gerilimi sınır değerlerini geçmemesi için önlemler alınır. Hata akımının yükselmesi istenilen mekanlarda topraklama direncinin yeteri olacak şekilde düşük olması sağlanır. Gerekli ve düzgün şekilde potansiyel dengeleme uygulanması halinde ya da topraklama yapılacak ise bu yapılacaklarda koruma topraklaması şeklinde tesir eder. (6)

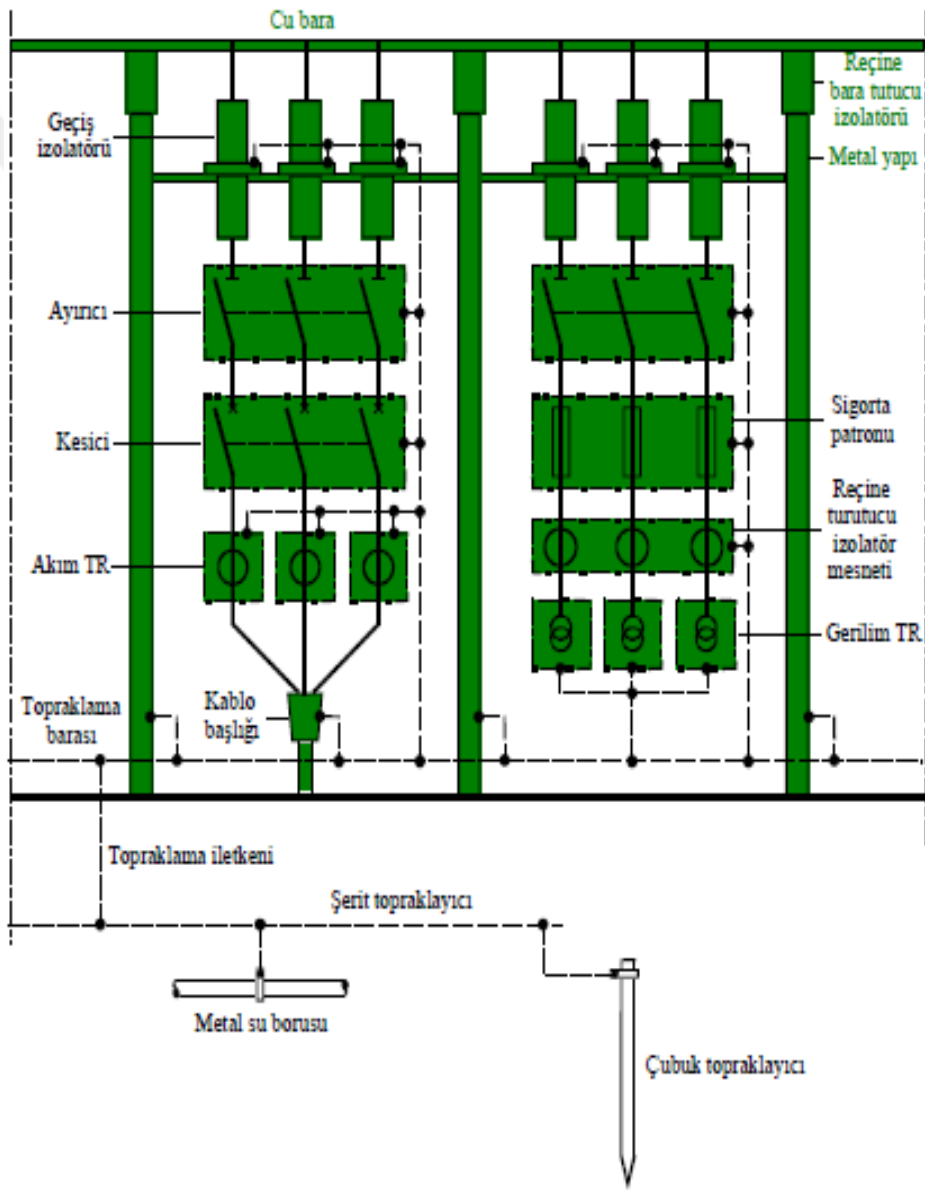
Kural olarak, topraklama yapılan metal bölümler topraklama yolu olarak kullanılmaz. Bu nedenle, Şekil 1.20.' deki gibi gövdeden gövdeye geçiş olarak uygulanmasına müsaade edilmez.



Şekil 2.19. Geçiş izolatörlerinin tek tek topraklanması (8)

YG tesislerinde ölçme, uyarı ve kumanda bölümlerinin metal kısımları ark tesiri altında olsalar dahi topraklanmaları gerekmez.

YG tesislerinde koruma topraklamasına örnek olması açısından, YG tesisi için Şekil 1.21.'de canlandırılmıştır. Şekil 1.21.'de elektrik cihazlarının gövdeleri, sac ve demir kısımları, metal kısımları ana topraklama barası ile topraklanmıştır. Elektrot olarak yüzey elektrotlar ve derin elektrotlar kullanılmıştır.



Şekil 2.20. YG tesisinde koruma topraklaması işe ilgili örnek (8)

1.3.2. İşletme Topraklaması

Elektrik tesislerinde, arıza olmadığı normal işletme konumunda nötr noktasının toprağa karşı potansiyeli, dengeli yük durumu için sıfır olarak kabul edilir. Bir fazda oluşacak faz-toprak kısa devre hatası meydana geldiği durumda, eğer nötr noktası topraklaması yapılmamış ise, nötr noktasında oluşacak gerilim faz-nötr potansiyeline, arıza olmayan fazların potansiyeli de toprağa karşı olan faz arası potansiyele ulaşır. İzolasyon açısından bu istenmeyen olayı engellemek adına nötr noktasının topraklanması yapılır. Bu şekilde topraklama ile şebeke tarafında sabit olacak gerilimli bir nokta oluşur. (9)

Şebekede oluşacak yüksek gerilimler için topraklama yapılmasının iyileştirici yönde etkisi vardır.

Gerilim altında bulunulabilen bu noktaların topraklamasına işletme topraklaması denir. (9)

İşletme topraklaması, orta ve YG şebekelerde ülkelerin yönetmeliklerine istinaden değişim göstermektedir. Ülkemizde bu şebekeler direnç üzerinden topraklaması yapılmaktadır.

Koruma topraklamasında yalnızca hata durumunda akım akar, işletme topraklamasının üzerinden ise arıza olmadığı zamanlarda da bir akım akabilir ve bu durumu, binanın en yüksek noktasında konumlandırılan ve yıldırım yakalayıcı olarak adlandırılan parafudur (ani aşırı akımların toprakla kısa devre olmasını amaçlayan ürün) üzerinden atlama gerçekleştiği zaman toprağa karşı yüksek bir potansiyel altında olabilir. Bunun için dağıtım şebekelerinin bazı noktalarının topraklaması yapılmaktadır.

1.3.3. Fonksiyon Topraklaması

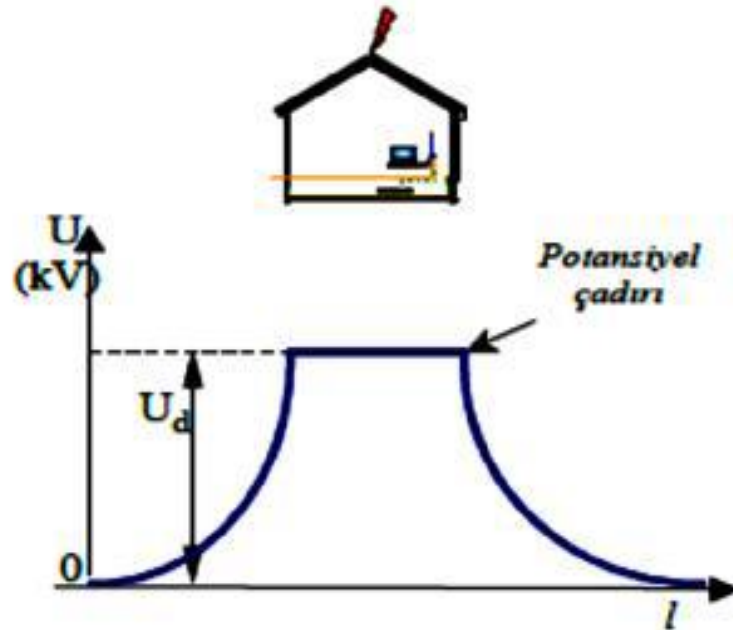
Bir iletişim tesisinin ya da işletme elemanlarından beklenen fonksiyonu yapması için uygulanan topraklamadır. Toprağa dönüş iletkeni şeklinde olan iletişim makinelerinin işletme akımları fonksiyon topraklaması taşır. Fonksiyon topraklamasına örnek olarak; yıldırımın tesirine karşı koruma topraklaması, iletişim

tesislerinde yapılan işletme topraklaması, raylı sistemler için yapılan topraklamaları verebiliriz. (1)

1.3.4. Yıldırım Topraklaması

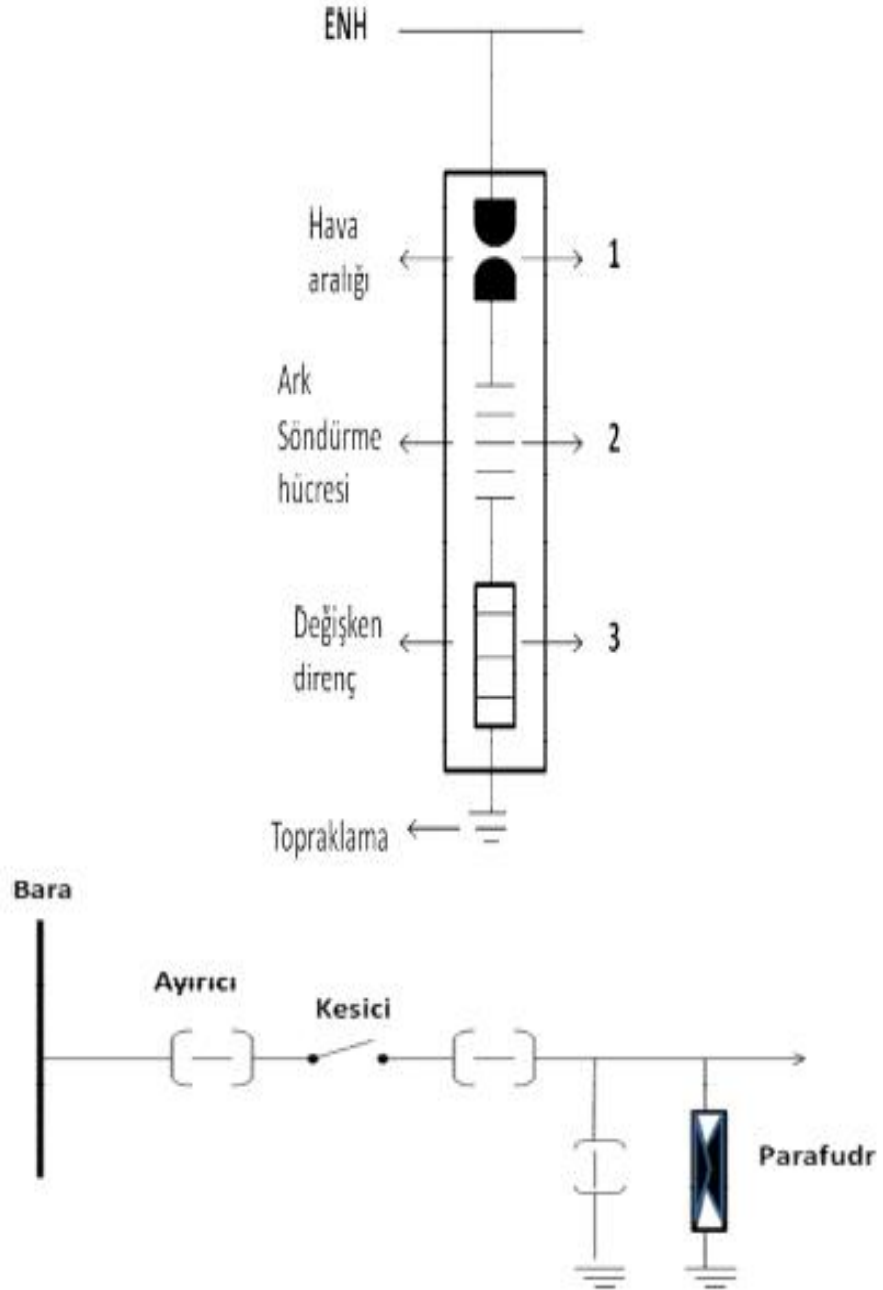
Bir elektrik tesisinde, yıldırım oluşumuna karşı korunmak için yapılan parafudrların topraklama ucu ve açık havalarda oluşacak yıldırım düşmesi olasılığı olan bütün madeni bölümler, örneğin; hava hatlarının koruma iletkenleri, demir veya beton direkler uygun topraklayıcılar ile topraklaması yapılır. Bu topraklama biçimine yıldırım topraklaması denir. Yıldırım topraklaması aynı zamanda bir koruma topraklamasıdır. Bu sebeple bu iki topraklama türleri birbirine bağlanabilir. Yıldırım topraklamasının yapılmasının amacı, yıldırım oluşunca ortaya çıkan elektrik düşmesinden kaynaklı aşırı gerilimin işletmedeki araçlara zarar vermemesi ve bu gerilimi toprağa ileterek canlıların hayatlarını tehlikelerden korumaktır. (9)

Bir yapıya ya da bu yapının korunmuş bölümüne yıldırım düşümü gerçekleştiğinde, yıldırım akım ve topraklama direncinin değerlerine bakılmaksızın 100 kV' lar seviyesinde maksimum değere sahip Şekil 1.22.' deki gibi potansiyel çadırı meydana gelir.



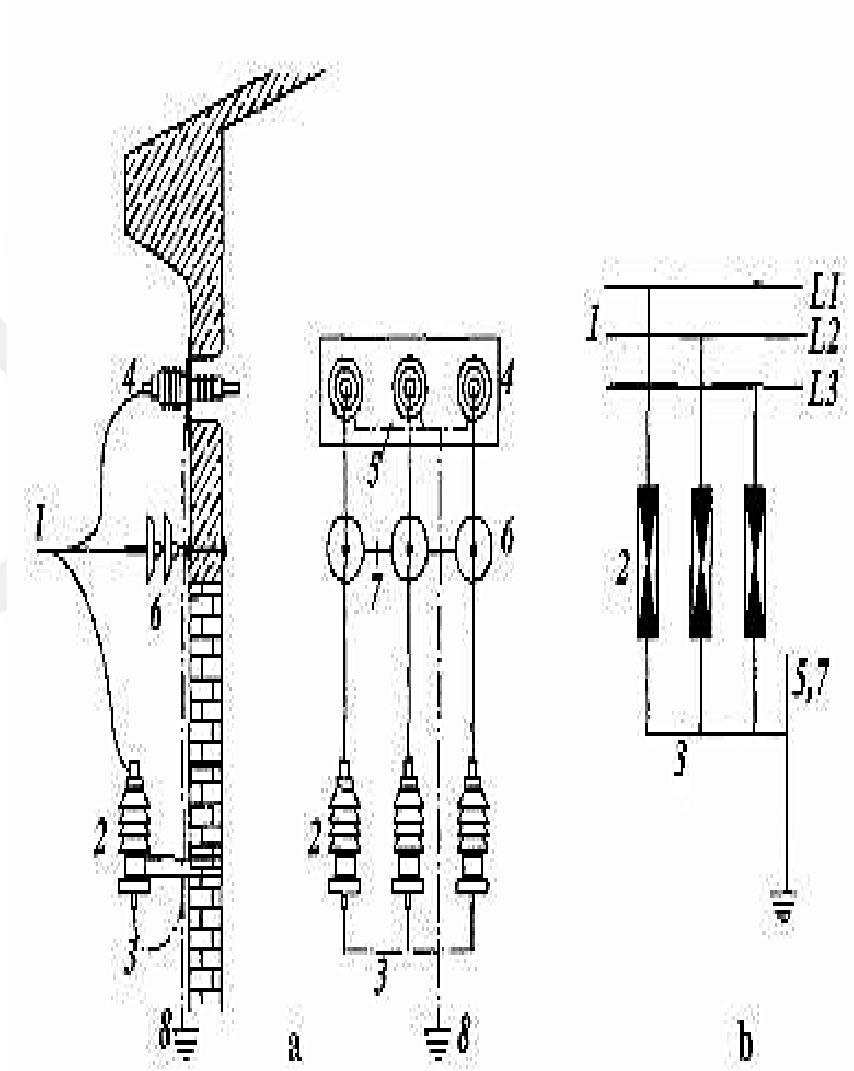
Şekil 2.21. Yıldırım düşmesi sonucunda potansiyel çadırının oluşması (11)

Bu olayın sonucunda, yapı ile çevreden gelen iletkenler arasında atlamaların yaşanması kaçınılmazdır. Bu atlamalardan oluşan hasarları en aza indirmek için bütün tesisat donanımları ve yapı için yapılan topraklamalar arasına parafudr (darbe koruma cihazları) monte edilmesi gerekmektedir. (11)



Şekil 2.22. Parafudr kesiti ve devreye bağlantısı (15)

Parafudr, direnç ve bu dirence seri bağlı olan ark söndürme eklatoründen oluşmaktadır. Şekil 1.24.' deki gibi parafudrlar YG cihazlarına en yakın yerde olacak şekilde bağlantısı yapılmalıdır. Havai hatlarının sonlarında, trafoların giriş yerlerinde her faza bir tane olacak şekilde parafudr bağlanır. (1)



Şekil 2.23. YG tesislerinde parafudr topraklaması (1)

a: Parafudr topraklamasının yapılışı

b: Üç fazlı prensip bağlama şekli

1: Faz iletkenleri

2: Bağlama şeması

- 3: Parafudr topraklaması
- 4: Geçit izolatörü
- 5: Geçit izolatör topraklaması
- 6: Gergi izolatörü
- 7: Gergi izolatör topraklaması

Topraklaması yapılmış bir tesis bölümüne yıldırım düştüğünde oluşan yıldırım akımının tesiri ile ortaya çıkan darbe geriliminin yüksekliği;

- Yıldırım akımının maksimum değerine
- Yıldırım akımının zamana göre değişimine yani yükseliş hızına ve süresine
- Topraklama durumuna yani elektrotun cinsine, yapılış şekline ve yayılma direncine bağlıdır.

1.4. YG ve AG Sistemlerinde Topraklama Tesislerinin Birleştirilmesi

ETTY' ne göre, madde 11-a' da geçen bahse göre, bir YG tesisinde toprak hatası olması durumunda, AG şebekelerinde ya da tüketim yapılan bölümlerde tehlikeli temas gerilimleri oluşmaz ise, bu iki sistemin topraklama sistemlerinde birleştirilme yapılabilir. (6)

YG' de oluşan hata sonucunda gerilimin yükselmesi, AG' de, Tablo 2.3.' de verilen değerlerden düşük olması gerekir.

Bu şartlar uygulanmadığı takdirde AG ve YG topraklama sistemleri birbiri ile ayrılmalıdır.

İşletme gerilimleri 50 kV' un altında kalan tesislerde, AG ve YG tesisleri için yapılan topraklayıcılar arasındaki mesafe en az 20m olması gerekir. (22)

YG tesislerinin himayesinde olan AG işletme araçlarının gövde kısımları koruma iletkeni yolu yardımıyla YG topraklama tesisi ile birleştirilir. (22)

Tablo 2.2. Topraklama tesisinin yapılabilmesi için şartlar (22)

| Alçak gerilim Sistem (Şebekesinin) tipi ¹⁾ | Hata süresi | Ortak topraklama sistemi için koşullar ^{2), 3)} | |
|---|------------------------|---|-----------------------------|
| | | Dokunma gerilimi açısından | Zorlanma gerilimi açısından |
| TT ⁴⁾ | $t_F \leq 5 \text{ s}$ | Uygulanmaz | $U_E \leq 1200 \text{ V}$ |
| | $t_F > 5 \text{ s}$ | | $U_E \leq 250 \text{ V}$ |
| TN ⁵⁾ | | Bir yüksek gerilim topraklama tesisinin dışındaki alçak gerilim tesislerinin beslenmesi durumunda ortak $U_E \leq U_{Tp}$ ⁶⁾ | Uygulanmaz |
| | | $U_E \leq X \cdot U_{Tp}$ ⁷⁾ | |

X katsayısı için uygun değer 2 dir, özel durumlarda deneyimler, X değerinin 5'e kadar alınabildiğini göstermektedir.

¹⁾ AG koruma iletkeni YG topraklama tesisine bağlı IT sistemleri, çoğunlukla sanayi tesislerinde kullanıldığından Madde 11-b'de dikkate alınmıştır. Diğer IT sistemleri göz önünde bulundurulmamıştır.

²⁾ Ortak topraklama tesisinin topraklama gerilimi U_E dir.

³⁾ Transformatör merkezi potansiyelinin sürüklenmiş potansiyel tarafından etkilendiği (örneğin komşu tesislere bağlanmış kablo zırhları vasıtasıyla) dikkate alınmalıdır.

⁴⁾ AG malzemelerinin yalıtkanlık dayanımı dikkate alınmalıdır.

⁵⁾ İnsanların güvenliği için dokunma gerilimi dikkate alınmalıdır.

⁶⁾ AG şebekesinin PEN iletkeni ile YG topraklama tesisi arasındaki bağlantı sadece transformatör merkezinde yapılmıştır.

⁷⁾ PEN iletkeninde ortaya çıkabilecek gerilimleri sınırlamak için, AG şebekesinin PEN iletkeni, birçok noktada toprak ile bağlanmıştır.

2. ELEKTRİĞİN TEHLİKELERİ

2.1. Elektrik Akımının İnsan Bedenindeki Etkileri

Arıza olmadığı durumlarda, işletmede toprak üzerinden çok düşük akımlar geçer. Bu akımlar kapasitif olup üç fazında toprağa doğru kapasitesinin denk olduğu kabul görülürse, akımların toplamı toprakta sifıra denk olur. Bunun yanında toprak ile vücut arasında bir dokunma meydana geldiği vakit yüksek bir toprak akımı vücuttan geçer. İnsan bedeninden geçen bu akımın şiddeti, insan bedeni tarafından köprü oluşturulan gerilime bağlı olduğu gibi bedenin direnci ile dokunulan kısımlardaki (el-el, ayak-ayak veya el-ayak) geçiş dirençlerinin tümünün toplamına bağlıdır.

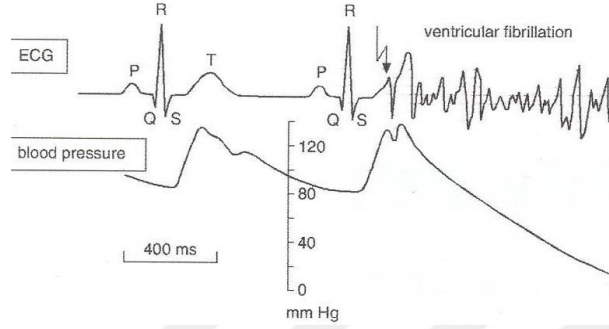
Bu dokunma ya da adım gerilimine karşı vücuttan geçen akımın insan bedeni üzerinde olan etkiler, 50 Hz' lik frekans ve AC ile yapılan deney sonuçları tablo 2.4.' de gösterilmiştir. Bu yapılan deneylerde dokunma gerilimine el-el veya el-ayak ile temas sağlanmıştır.

Tablo 2.3. Uygulanan akımların insan bedeni üzerindeki etkileri (1)

| 50 Hz' lik akım şiddeti | İnsan bedenine olan tesirler |
|-------------------------|--|
| 1 mA | His edilebilir. |
| 2....4 mA | Parmaklarda sinirler titreşir. |
| 5....7 mA | Kolda hafif kramp hissedilir. |
| 10...15 mA | Tutulan cisim henüz bırakılabilir. |
| 19...22 mA | Çok acı duyulur, tutulan cisim bırakılmaz. |
| 30 mA | Şiddetli acı duyulur, eller çalışmaz olur. |
| 50...100 mA | Ölümlü sonuçlanır. |
| 1...10 A | Yanmalar baş gösterir. |

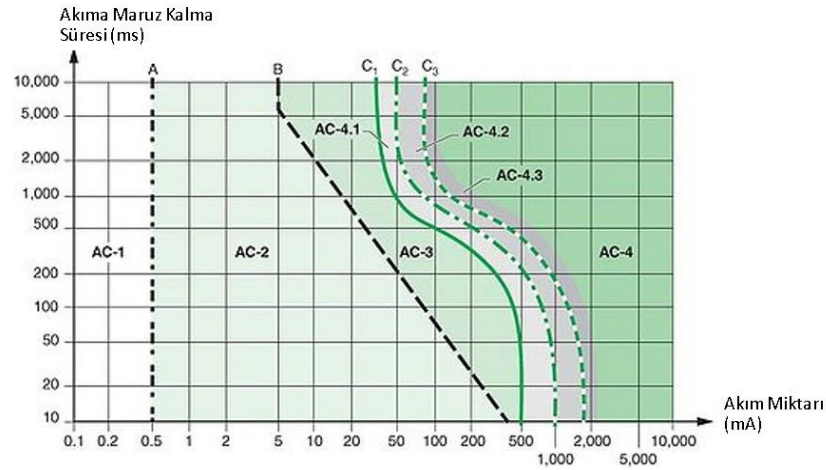
Akımın büyüklüğüne ve etki süresine bağlı olarak farklı biçimlerde fizyolojik etkiler doğar.

Vücuttan geçen akım sırasında kaslarda kasılmalar meydana gelir. Kalp adalesinin ritmini bozan bu olaya ventriküler fibrilasyon denir. Bu bozulan kalp ritmi sonucunda beyin kan ile beslenmesini engellediği için beyin ölümü gerçekleşir.



Şekil 2.25. Ventricular fibrillation (8)

Çeşitli deneyler neticesinde akımın büyük olmasına ve uygulama zamanına bağlı olarak elde edilmiş fizyolojik verileri şemalayan ve uluslararası standartların kabul gördüğü grafik Şekil 2.2.' de verilmiştir.



Şekil 2.16. AC etkilerinin akım/zaman grafiği (8)

- AC-1: Genellikle tepki yoktur.
- AC-2: Zararlı olan fizyolojik etki yoktur.
- AC-3: Kalp atışlarında oluşan aksaklıklar gözlemlenir.
- AC-4: Tehlikeli olan fizyolojik etkiler sonucu ağır yanıklar görülür.
- C1-C2: Ventriküler fibrilasyon olasılığı %5' dir.
- C2-C3: Ventriküler fibrilasyon olasılığı %50'dir. (8)

2.1.1. Vücut Direnci

İnsan bedeninin direnci çeşitli gerilimlerdeki iki nesne veya herhangi bir ortamla temasta olan kısımların yüzeylelerine ve niteliğine bağlı olarak değişir. Direnç ayrıca canlının yapısına, derinin durumuna, kalın olmasına, bütün oluşuna, gerilimin büyüklüğüne ve nemine bağlı olarak değişir.

Vücut içindeki iki doku arası direnç, birkaç yüz ohm' dur. Fakat canlının derisi bin ohm' a ulaşabilir. Deri çok kuru, aynı zamanda yüzeyi dar ise bu değer on bin ohm' a kadar çıkabilir. Belli değerler üzerinde oluşan gerilimler neticesinde derilerde delinmeler oluşturarak koruyucu olan etkinin neredeyse tamamını ortadan kaldıracaktır. Böyle durumlara 220 V' un üstündeki gerilimlerde sıklıkla karşılaşılır.

Vücut direncine izin verilebilir bir değer söylenmesi oldukça zordur ve bu sebeple çoğunlukla klasik şekilde yönetmeliklerle belirlenir. 1000 ohm' luk direnç nemli mekanlarda rastlanan zor koşulları yeterince karşılar. 5000 ohm' luk direnç ise, genellikle az kritik olan AG sistemleri için düşünülebilir. (9)

2.1.2. Vücut Dışındaki Devrenin Empedansı

Vücudun, elektrik altında olan metal araçlar, gerilim kaynağı ve gerilim altındaki diğer bir nokta ile teması halinde; vücudun kendi öz direncine ek olacak neredeyse hiçbir direnç yoktur. (1)

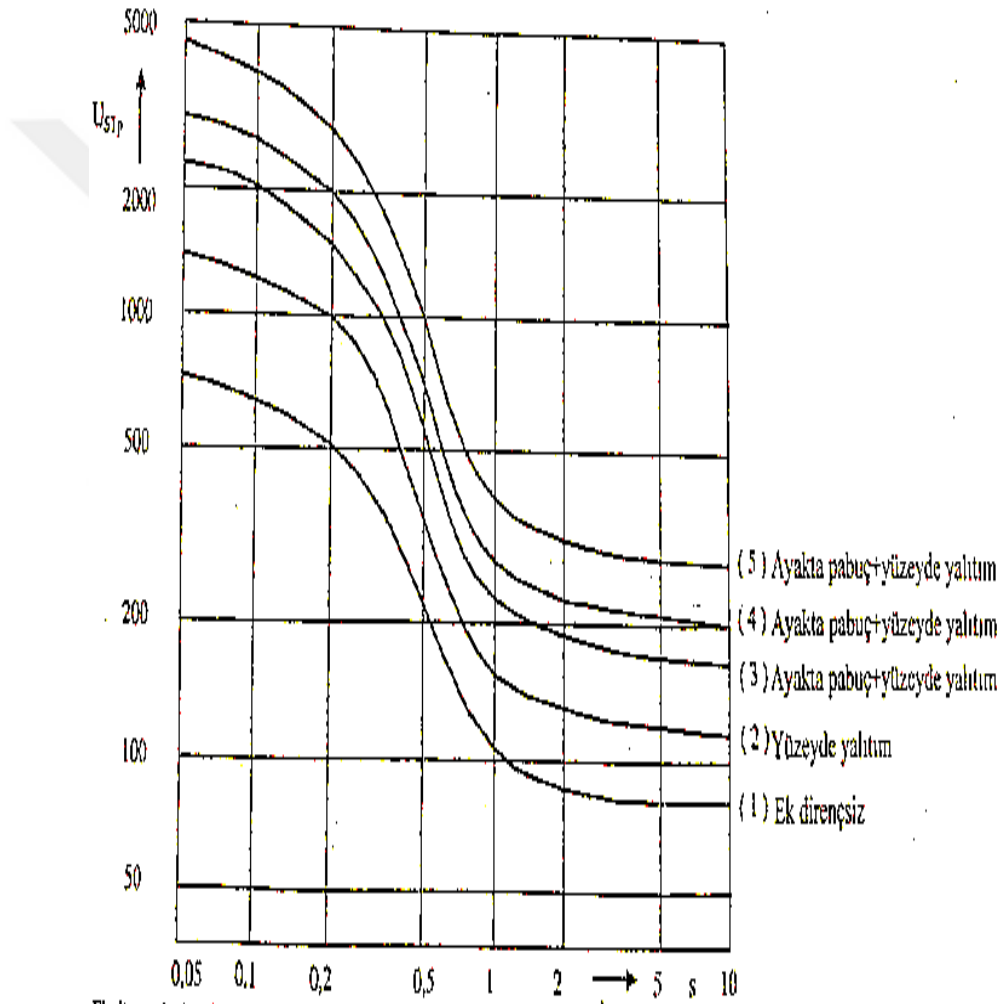
Vücuda giren akımın ayaklardan doğru aktığı hallerde toprak üstünde olan iki ayak, topraklayıcı olarak düşünülebilir.

Toprağın özgül direnci ρ olduğunu varsayarsak, topraklayıcının direnci de 2ρ olur. Yani 100 Ω .m öz dirence sahip bir arazi toprağının 200 Ω .m izolasyon tabanlıklarının kullanılması yararlı olacaktır. Çünkü çarpılma tehlikesi yüksektir. (11)

Doğal ve yapay olan toprak çeşitlerini kolayca üç kısımda inceleyebiliriz:

- Bu kısımdaki toprak çeşitlerinin direnci vücut direncinden çok düşüktür ve bedenin teması halinde gerilimin neredeyse tümüne dayanmak zorunda kalır.

- Bu kısımdaki toprak çeşitleri ise, uygulanan gerilimler için yalıtkan özelliğindedir. Öyle ki gerilimin çok az kısmı vücut üzerindedir.
- Toprak veya kaplama tarafından direnç ilavesi yapılarak artırıldığı ve şebekenin yüksek olduğu ara durumlarda; kullanılan gerilimlerin ve delinme tehlikesi dikkate alınması gerekir. Beden tarafından çekilen akım, her zaman ihmal edilebilir.



Şekil 2.27. Ayakta pabuç, yüzeyde izolasyon olması halinde ek dirençli dokunma gerilimleri (8)

Tablo 2.4. Ayakkabı, alet ve elbise yalıtımlarının elektrik dirençleri (12)

| AYAKKABILAR | | |
|------------------------------|---|-------------------|
| Taban cinsi | Ayakkabıların durumu | Direnç |
| İnce deri | Taban delik, kuru | 130 MΩ |
| | Tamamen ıslak | 455 MΩ |
| Kalın deri | Kullanılmış kuru ayakkabı | 80 MΩ |
| | Tamamen ıslak, kısmen yanlar ıslak | 182 MΩ |
| Naylon | Kuru | ∞ |
| | Yanlar ıslak | 1050 MΩ |
| İnce deri dikişli | Kuru | 1,05 MΩ |
| | Taban su ile hafifçe ıslanmış | 0,26 MΩ |
| | Aynısı, fakat iç kısmında ıslak | 0,07 MΩ |
| | Taban 15 dk suda kalmış ve iç kısım ıslak | 200 Ω' dan |
| Krep taban 1 yıl kullanılmış | Kuru | ∞ |
| | Taban ıslak | ∞ |
| | Aynısı, fakat taban çevresi ıslak | 0,29 MΩ' dan |
| | Ölçmeler 1 saat boyunca yapılmış | 0,088 MΩ' a kadar |
| Plastik madde profil | Kuru | 0,01...0,1 MΩ |
| Deri | Rutubetli | 100 MΩ |
| | Kuru elbise | 0,01...0,1 MΩ |
| | Çok terli elbise | 1000-2000 MΩ |
| | Islanmış bölgeler | 0 |
| | İzoleli aletler | 0,1-10 MΩ |

2.1.3. Vücuttan Geçen Akımlarda Tehlike Sınırı

Tehlike, vücuttan akan akımın değerine, geçiş zamanına ve geçtiği dokuların yapısına bağlıdır. Bu nedenle değişkenler çok fazla olduğundan tam olarak tehlike sınır aralığı vermek olanaksızdır.

Bilindiği üzere vücudun duyarlılık sınırı mA seviyesindedir. Kasılma başlangıcı olarak 10-15 mA seviyelerinde ve bir saniye zamanlı 100 mA' in üzerinde olan kalp kasılmalarına denk gelinebilir. Eğer akım kısa zamanda kesilmez ise 10 mA seviyesinde sağlanmış olan güvenlik çoğunlukla ortadan kalkar. Arızaların hızlı bir şekilde temizlenmesi, ya da en aza indirilmesi için gerekli bir yöntemdir.

2.1.3.1. Kabul Edilebilir Akım Aralığı

Vücudun soğurduğu enerji ile bedenden 0.03-3 sn süre ile fibrilasyonsuz akım olan I_B ' nin arasındaki bağlantı;

$$S_B = I_B^2 \times t_s$$

S_B : Elektrik şok enerjisine göre deneysel katsayı

I_B : Vücut akımının etkin değeri (A)

t_s : Vücut akımının tesir süresi (sn)

2.1.3.2. Kabul Edilebilir Vücut Akım Sınırı

Vücuttan geçen akımın genlik ve tesir zamanı arasındaki bağlantı;

$$I_B = \frac{k}{\sqrt{t_s}} (A)$$

$$S_B = I_B^2 \times t_s$$

Buradan;

$$k = \sqrt{S_B}$$

- Beden ağırlığı 50 olursa, deneysel katsayı $S_B = 0,0135$ olduğu görülür. Buradan $k_{50} = 0,116$ çıkar. Böylece vücut akımı;

$$I_B = \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} (A)$$

$t_s = 1$ sn için 116 mA

$t_s = 0,1$ sn için 367 mA

sonuçlarını verecektir. Burada ki önemli nokta, vücut akımının tesir zamanı olarak 0,03-3 sn arasında bu sınırların kullanılacağıdır. Yani çok yüksek ya da çok düşük tesir zamanları için geçerli değildir.

- Beden ağırlığı 70 kg olursa, deneysel katsayı $S_B: 0,0246$ olduğu görülür. Buradan $k_{70}: 0,157$ çıkar. Böylece vücut akımı;

$$I_B = \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} (A)$$

3. İZİN VERİLEBİLİR ADIM VE DOKUNMA GERİLİM KRİTERLERİ

Topraklama tesisinin güvenli bir şekilde olduğunu, adım ve temas geriliminin izin verilen maksimum adım ve temas gerilim hesabı yapıp ve karşılaştırılarak anlaşılır.

Bu sistemin enerjisi olduğunda ve hata olayı temizlenmeden önce, canlıların güvenliğinin sağlanması için bazı ölçütler vardır. Hatalı olan devrede, büyük tesir oluşturan gerilim değeri aşağıda verilen sınırları aşmamalıdır.

3.1. İzin Verilebilir Maksimum Adım Gerilimi

$$U_{adım} = (R_B \times 2 \times R_f) \times I_B (V)$$

50 kg vücut ağırlığında;

$$U_{adım50} = (1000 \times 6 \times C_s \times \rho_s) \times \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} (V)$$

70 kg vücut ağırlığında;

$$U_{adım70} = (1000 \times 6 \times C_s \times \rho_s) \times \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} (V)$$

3.2. İzin Verilebilir Maksimum Dokunma Gerilimi

$$U_{dokunma} = \left(R_B + \frac{R_f}{2} \right) \times I_B (V)$$

50 kg vücut ağırlığında;

$$U_{dokunma50} = (1000 \times 1,5 \times C_s \times \rho_s) \times \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} (V)$$

70 kg vücut ağırlığında;

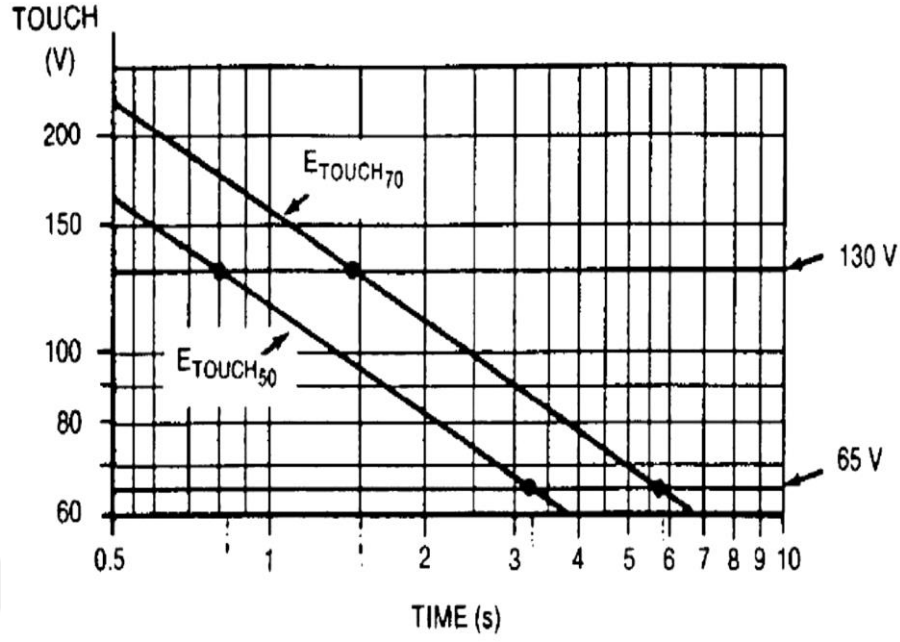
$$U_{dokunma70} = (1000 \times 1,5 \times C_s \times \rho_s) \times \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} (V)$$

Yüzey katmanı koruyucusu kullanılmadığında $C_s = 1$ olmalı ve $\rho_s = \rho$ olur.

3.3. İzin Verilebilir Maksimum Metal-Metal Dokunma Gerilimi

İki adet cihaz veya herhangi yapı arasında potansiyel fark oluştuğunda insan bedeninin (el-el, el-ayak) teması sonucunda köprü vazifesi görmesidir.

En kötü temas gerilimi, çoğunlukla ulaşma uzaklığı olan kısımlarda el ile ayak arasındaki gerilim farkında görülür. O halde akım metalden metale şeklinde ilerleyeceğinden ötürü sadece bedenin iç direnci etkili olur.



Şekil 2.28. Metal-metal dokunma gerilim sınırı (9)

Metal-metal dokunma gerilim ölçütleri IEEE-32 ile IEEE-33 bağlantılarından bulunur. Metal-metal temasında, el-el ile el-ayak olmak üzere $\rho_s = 0$ olur. Bu sebeple hatalı olan devrenin direnci beden direncine denk olur. IEEE-32 ile IEEE-33 formüllerinde $\rho_s = 0$ yerine yazılırsa metal-metal temas gerilim sınırı bulunur.

50 kg vücut ağırlığında;

$$U_{mm-dokunma50} = \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} (V)$$

70 kg vücut ağırlığında;

$$U_{mm-dokunma70} = \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} (V)$$

Bu hesaplanan adım geriliminin, temas ve meta-metal temas geriliminin güvenlik açısından izin verilen maksimum gerilim sınırından küçük olması gerekir.

3.4. Elektrik Tesisinin Hesaplanan Dokunma ve Adım Gerilimleri

3.4.1. Dokunma Gerilimi

$$U_m = \frac{\rho \times K_s \times K_i \times I_G}{I_M} (V)$$

U_M : Göz gerilimi (V)

ρ : Toprak özdirenci ($\Omega.m$)

K_g : Göz gerilimi için mesafe faktörü

K_i : Izgara geometrisi için düzeltme faktörü

I_G : Toprak etrafı ve topraklama ağı arasında akan en yüksek ağ akımı (A)

$$L_M = L_C + L_R (m)$$

$$K_s = \frac{1}{2 \times \pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16 \times h \times d} + \frac{(D + 2 \times h)^2}{8 \times D \times d} - \frac{h}{4 \times d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \times \ln \left(\frac{8}{\pi \times (2n - 1)} \right) \right]$$

D : Paralel olarak şebeke iletkenleri arası toplam uzunluk (m)

h : aklama ağı iletkenlerinin çakıldığı derinlik (m)

Ağın etrafı boyunca veya ağın köşelerinde topraklayıcı var ise, ayrıca hem etrafında hem de ağlarının tüm yerinde topraklayıcı var ise $K_{ii} = 1$ ' dir.

Ağda hiç topraklayıcı yok ya da birkaç topraklayıcı var ise ve bunlar da etrafında ya da köşelerine koyulmamış ise;

$$K_{ii} = \frac{1}{(2 \times n)^{2/n}}$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}$$

$h_0 = 1m$ ızgara referans derinliği

$$n = n_a \times n_b \times n_c \times n_d$$

$$n_a = \frac{2 \times L_c}{L_p}$$

$n_b = 1$ (kare ağı için)

$n_c = 1$ (kare ve dikdörtgen için)

$n_d = 1$ (kare, dikdörtgen ve L şekilli ağı için)

aksi hallerde;

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 \times \sqrt{A}}}$$

$$n_c = \left[\frac{L_x \times L_y}{A} \right]^{\frac{0,7 \times A}{L_x \times L_y}}$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

A: Ağının kapladığı toplam alan (m²)

L_p : Topraklama ağının etrafı (m)

L_x : Yatay (x) yönde ağın en yüksek uzunluğu (m)

L_y : Düşey (y) yönde ağın en yüksek uzunluğu (m)

D_m : Ağda herhangi iki bölüm arasındaki en yüksek mesafe (m)

düzensizlik faktörü;

$$K_i = 0,644 + 0,148 \times n$$

Topraklayıcı ya da ağa rastgele dağıtılmış az topraklayıcı var ise ve bunlar da köşelere konulmamış ise ya da ağ etrafı boyunca konulmamış ise,

$$L_M = L_C + L_R \text{ olur.}$$

Köşelerde topraklayıcının olması ve ağı tüm yerinde ve etrafında topraklayıcı var ise;

$$L_M = L_C + \left[1,55 + 1,22 \times \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] \times L_R$$

L_r : Her bir topraklayıcının uzunluğu (m)

3.4.2. Adım Gerilimi

$$U_s = \frac{\rho \times K_s K_i I_G}{L_s} (V)$$

$$L_s = 0,75 \times L_C + 0,85 \times L_R$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2 \times h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} \times (1 - 0,5^{n-2}) \right]$$

K_s : Geometrik faktör

K_i : Düzeltme faktörü

ρ : Toprak öz direnci

$$C_s = 1 - 0,106 \times \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho_s}}{2 \times h_s + 0,09} \right)$$

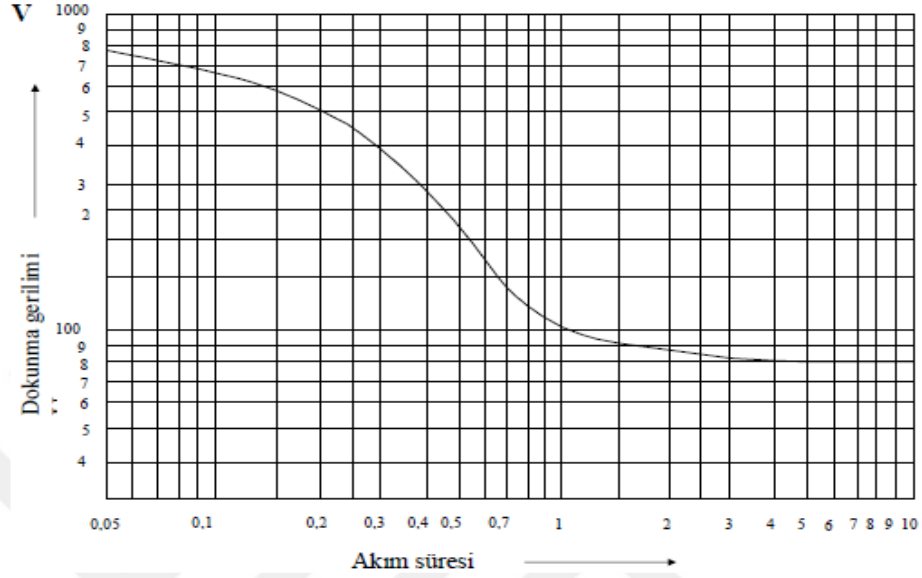
C_s = Malzeme katsayısı

ρ_s = Çakılın özgül direnci

h_s = Çakılın yüksekliği

Bu hesaplamalar neticesinde elde edilen elektrik tesisinin temas ve dokunma gerilimleri ile müsaade edilen adım ve dokunma gerilimleri elde edilir. Bu değerlere bakılarak elektrik tesisinin topraklama sistemi için uygun olan iyileştirmeler yapılır.

Şekil 3.2.' de YG şebekelerinde sınırlı akım zamanları için müsaade edilen maksimum temas gerilimleri grafiksel olarak çizilmiştir.



Şekil 3.2. Sınırlı akım zamanları için maksimum dokunma gerilimleri U_{Tp} (22)

Not 1: Bu grafik sadece YG şebekelerindeki toprak hatlarında geçerlidir.

Not 2: Akım, verildiği süreden daha uzun zaman akarsa U_{Tp} 75 V değeri uygulanabilir.

4. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ MEVZUATI KAPSAMINDA TOPRAKLAMA YAPILAN ALANLARDA MUAYENE, ÖLÇME VE DENETLEME

Bilindiği üzere 20/06/2012 tarihli 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu; “işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin oluşturulması ve mevcut sağlık ve güvenlik koşullarının iyileştirilmesi adına işveren ve çalışanların vazife, yetki, mesuliyet, hak ve yükümlülüklerinin düzenlenmesi maksadıyla konut hizmetleri ve istihdam etmek için kendi şahsına ve kendi hesabına mal ve hizmet oluşumu yapanlar hariç olmak kaydıyla tüm işyerlerini kapsayacak biçimde 30/06/2012 tarih ve 28339 sayılı Resmi Gazete’ de neşredilmiş olup işyerlerindeki bütün işçi ve işverenlerin, iş sağlığı ve güvenliği ile alakalı vazifeleri bu kanunda belirtilmiştir.” (33)

İş sağlığı ve güvenliği ile alakalı çeşitli konularla ilgili usul ve esaslar, bahsedilen kanunun 30. maddesi gereğince Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı aracılığı ile çıkarılan yönetmeliklerle düzenlenmektedir. Bu kapsamda yayımlanan yönetmelikler, diğer bölümlerde olduğu kadar elektrik tesisatının muayene, ölçme ve denetimi ile ilgili test ve ölçümler olarak da düzenlemeler içermektedir.

Elektrik tesislerinde can ve mal güvenliği bakımından topraklama sistemlerinin yapılması ve işyerlerinin periyodik olarak denetimi 21/08/2001 tarih ve 24500 sayılı Resmî Gazete’ de duyurularak yürürlüğe giren Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliğince zorunlu tutulmuştur. (26) Ayrıca, 20/06/2012 tarihli ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’nda olmak üzere 17/07/2013 tarih ve 28710 sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanarak yürürlüğe sokulan “İşyeri, Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemleri ile İlgili Yönetmelik” (28) ve 25/04/2013 tarih ve 28628 sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanarak yürürlüğe sokulan “İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği” (27) uyarınca topraklama tesisatlarının düzenli aralıklarla denetim yapılması gerekmektedir.

Ayrıca yukarıda değinilen yönetmeliklerde yer alan hükümler gereğince işyerlerinin elektrik tesisatı, topraklama tesisatı ve eğer varsa paratonerlerinin periyodik olarak kontrolleri; 21/8/2001 tarihli ve 24500 sayılı Resmî Gazete’ de yayınlanan Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği (26), 30/11/2000 tarihli ve 24246 sayılı Resmî Gazete’ de yayımlanan Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği (25) ve 4/11/1984 tarihli ve 18565 sayılı Resmî Gazete’ de yayımlanan Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği (24), TS HD 60364 ve TS EN 60079 standartlarında bahsedilen hususlara bakarak; yukarıda değinilen mevzuat hükümleri içerisinde ters bir hüküm yok ise yılda bir defa olmak kaydı ile yapılması gerektiği bildirilmiştir.

17/07/2013 tarihli ve 28710 sayılı Resmî Gazete’ de yayımlanarak yürürlüğe sokulan “İşyeri, Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik” (28) gereğince işyerlerini aydınlatma konusunda TS EN 12464-1: 2013; TS EN 12464-1.2011: 2012 standartlarının dikkate alınması gerekmektedir.

Patlayıcı ortam oluşması olasılığı olan iş yerlerinde elektrik tesisleri 30/12/2006 tarihli ve 26392 (4. Mükerrer) sayılı Resmî Gazete’ de yayımlanan “Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler ile İlgili Yönetmelik” hükümlerine uygun şekilde olması gerektiği hükmedilmiştir. (29)

Ayrıca, işyerindeki ana panoda ve tali elektrik panolarında seçicilik prensibine uygun olacak şekilde K.A.R. (artık akım anahtarı) yapılacak; parlayıcı, patlayıcı, tehlikeli şekilde ve zararlı olan maddelerin imal edildiği, işlendiği ve depolandığı mekanlarda, yüksek binalarda ve bacalarda, direk ya da sivri çıkıntılar gibi yüksek mekanlarda olan binalarda, yıldırıma karşı kanundaki mevzuatın öngördüğü önlemler alınarak tesisler kurulacaktır.

“İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği'nin” 13. maddesi gereğince periyodik olarak denetim yapmaya yetkili şahısların, bilgilerini “Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'na” elektronik olarak kayıt oluşturmaları gerekmekte olup bu maddenin yürürlüğe sokuluşu geçici madde ile üç yıl (25/04/2016) olacak şekilde ertelenmiştir. Ayrıca, periyodik olarak kontrol yapacak şahıs ve kuruluşlara akreditasyon, yetkilendirme ile eğitim mecburiyetleri getirilmesi konusunda “Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı” yetkilendirilmiştir.

Diğer yandan 20/08/2013 tarihli ve 28741 sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanarak yürürlüğe sokulan “İş Hijyeni Ölçüm, Test ve Analizi Yapan Laboratuvarlar Hakkında Yönetmelik” gereği iş sağlığı ve güvenliği kanunu kapsamında çalışma alanındaki kişisel maruziyetlere ya da çalışma mekanına yönelik fiziksel, kimyasal ve biyolojik etmenlerle alakalı iş hijyeni ölçüm, test ile analizleri ifa edecek özel ya da kamuya ait olan laboratuvarlarının yetkilendirilmesine bağlı olarak usul ve esasları düzenlenmiştir. (27)

Böylece, çalışma ortamında olan, çalışanların sağlığını olumsuz olarak etkileyebilecek herhangi fiziksel (ses, titreşim, ışık (aydınlatma), iyonlaştırıcı olmayan radyasyon, vb.), kimyasal (toz, gaz, buhar vb.) ve biyolojik, (virüs, bakteri, mantar, vb.) etmenlerinin nicelik ve nitelik atamasının yapılması vb. iş hijyeni ölçüm, test ile analizleri, şahsın işyeri ve çalışanlar açısından iç kontrol maksadı ile iş hijyeni ölçüm, test ile analizi yapan laboratuvarlar ve “İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü”

laboratuvarları haricinde bu hususta ön yeterlik ya da yeterlik belgesi olan laboratuvar tarafından yapılacaktır.

“Elektrik Mühendisleri Odası” tarafından bu konuyla alakalı test ve ölçümlerde yararlanılacak olan raporlarla alakalı formların standart biçimde olması ve yaygınlaştırılması maksadı ile yapılan çalışmalar sonucunda son dönemler itibari ile oluşturulan “Test Ölçüm Standartlaştırma ve Yaygınlaştırılması Komisyonu” hüneryi ile yürütölmekte olup meydana getirilen örnek formlar her yıl olmak üzere yayımlanan başta “En Az Ücret Tanımları” olmak üzere türlü yayınlar içerisinde yayımlanmaktadır. (23)

Tüm bu mevzuat şartları gereğince ölkemizde ki tesislerin tümünde aralıklı periyotlar halinde bütöncöl olarak denetlenmesi, bununla alakalı kurumlar tarafından herhangi bir şekilde yaptırımla karşılaşılmaması adına önemliliği varsa da daha çok, elektrik sistemindeki kayıpların yok edilmesi ya da en aza indirilmesi, verimliliğinin yükseltilmesi, ihtimal çeşitli arızaların oluşumunun engellenmesi, en önemlisi ise can ve mal güvenliği bütönlüğünün sağlanması bakımından önem arz etmektedir.

4.1. Muayene ve Denetleme Yapılmasının Amacı

Topraklama yayılma direncinin ölçülmesi ile topraklama tesisin sağlam olup olmadığına karar verilebilir. Ancak, temas gerilimi bakımından uygun olup olmadığı, topraklama direnci ölçülerek belirlenemez. Farklı elektrot çeşitleri ve topraklama uygulamaları aynı topraklama direncine sahip olsalar bile temas gerilimi ya da adım gerilimi açısından farklı özellikler gösterirler.

Topraklayıcılardan akım akması durumunda, toprak içinde gerçekleşen potansiyel dağılımı, temas gerilimini belirler. Özetle, muayene ve denetlemenin yapılmasının amacı olarak;

- Tesisin sağlamlığının denemesi
- Dokunma ve adım gerilimin izin verilen sınırlar içinde olup olmadığını belirlenmesi

diyebiliriz.

4.1.1. Nitel Gözlem

Enerjinin olmadığı durumda ki tesis için nicel gözlem uygulanmadan önce nitel gözlem yapılmalıdır.

- İşletme elemanlarının, güvenlik konusunda standartları sağlayıp sağlamadığı
- Elemanları seçerken, montaj kısmında imalatçı verilerine bağlı kalarak yapılıp yapılmadığı
- Güvenliği devre dışı bırakacak hasarların olup olmadığı
- Tehlikeli anında oluşan gövdeden geçen akımlara karşı güvenlik açısından önlemlerin alınıp alınmadığı
- Kablo, iletken ve baraların akım taşıma kapasitesine göre iletken kısımların, kablounun ve baraların uygun olarak seçilip seçilmediği vb. şeklinde ki konularının ele alınarak kontrolü yapılmalıdır.

4.1.2. Nicel Gözlem

Ölçme ve denetleme temalarını konu edinmektedir. Farklı ölçü ve test cihazları ile yapılmaktadır. (24)

ETTY göre ölçüm ve test için uygulanması gereken maddeler şöyledir;

- Süreklilik Testleri
- Yalıtım direncinin ölçülmesi
- Toprak özgül direncinin ölçülmesi
- Topraklama direncinin ölçülmesi
- Loop (Çevirim) empedans ölçümü
- RCD Testi
- PSC (kısa devre akımı) ve PFC (olası kaçak akım) testi (22)

4.2. Topraklama Tesislerinde Denetleme

Bir topraklama tesisinin mutlaka denetleme planı olmalıdır. Bu plan üzerinde bulunması gerekenler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Topraklayıcının çeşitleri
- Topraklayıcının boyutları
- Topraklayıcının yerleri
- Topraklayıcıların gömülme derinlikleri
- Topraklama için gerekli malzemeler
- Topraklama iletkenlerinin cinsi
- Diğer topraklayıcılar ile bağlantı yerleri
- Ölçmelerin yapılabileceği ayırma noktaları
- Topraklama iletkenlerinin bağlantı şekilleri ile ilgili detaylar
- Dokunma gerilimleri
- Adım gerilimleri
- Topraklama sisteminin yapıldığı tarih
- Planlanan denetleme ile ölçme sonuçları
- Proje Mühendisinin ünvanı, oda sicil numarası, adı-soyadı
- Ölçmeyi yapan elektrik mühendisinin ünvanı, adı-soyadı, odaya kaydı
- Topraklama direnç değerleri
 - Toprak öz direnci
 - Darbe topraklama direnci
 - Topraklama direnci
 - Topraklayıcının ve tesisin yayılma direnci
 - Toplam topraklama direnci

Global topraklama tesisinin haricinde tüm tesislerin toprak direnci hesaplanarak, ölçülmelidir (ölçme tekniği ayrıntıları yönetmelikte Ek-N'de verilmiştir), topraklama gerilimi hesaplanarak ölçülmelidir. Gerek olduğu durumlarda, temas gerilimi ispatı, hesaplanarak ölçülmelidir. (24)

Global topraklama tesisi alanlarında toprak direncini ya da topraklama potansiyelini doğrulamaya ihtiyaç duyulmaz. Çünkü topraklama tesisinin temel tasarımı yeterli olur.

Müsaade edilen temas gerilimlerini bulmak için özel ölçmelere ihtiyaç duyulması halinde, denetleme planına eklenmeli ve proje dökümanındaki belgelerde tanımlanmalıdır. (22)

4.3. Topraklama Tesislerinde Test Ölçüm Kayıt Periyotları

Enerji Tabi Kaynaklar Bakanlığı'na çalışılıp 21.08.2001 tarih ve 24500 sayılı Resmî Gazetede basılarak, yürürlüğe sokulan, "Elektrik tesislerinde topraklamalar yönetmeliği Ek-P' de farklı topraklama tesislerinde muayene, ölçme ve denetlemelere alakalı sunulan periyotlar verilmiştir. Bunlar;

- 1) Elektrik imalatı iletimi ve dağıtımını olan tesisler (enerji taşıma ve dağıtım ağları hariç) için: 2 yıl
 - 2) Enerji taşıma ve dağıtım ağları için: 5 yıl
 - 3) Sanayi ile ticaret merkezleri için:
 - i. Topraklamalarla alakalı dirençlerinin muayene ve ölçülmesi: 1 yıl
 - ii. Topraklama ile alakalı diğer muayene, ölçme ve denetimler: 2 yıl
 - 4) Değişken olan tesisler için:
 - i. Sabit işletme araçları için: 1 yıl
 - ii. Değişken olan işletme araçları için: 6 ay
 - 5) Parlayıcı ve patlayıcı, tehlikeli ve zararlı unsurlarla çalışılan işyerleri ve işlerde uygulanacak tedbirler ile ilgili tüzük kapsamındaki topraklama sistemleri ile ıslak alanlarda çalışılan işyerlerindeki topraklama sistemlerinin muayene, ölçme ve denetleme dönemleri bir yılı geçemez.
- (26)

4.4. İSG Uzmanının Topraklama Raporunda Dikkat Etmesi Gereken Bilgiler

- Periyodik kontrol anında kullanılan ölçme aletlerinin kalibrasyonları akredite yapılmış olup, kalibrasyona ait olan belgeler ek de sunulmalıdır.
- Yapılan kontrol neticesinde isg açısından uygun olmayan noktaların belirlenmesi ve bu noktaların ne şekilde uygun hale gelmesi ile alakalı öneriler sunulmalı ve bu noktalar giderilmeden tesisin devamının güvenli olmayacağı belirtilmelidir.

- Raporda işyerinin adı, iletişim bilgileri, adresi, periyodik olarak yaptığı tarih ve bir sonraki yapılması gereken kontrolün tarihi yer almalıdır.
- Periyodik kontrol neticesinde bulunan değerlerin standartlarda, yönetmeliklerde ve teknik literatürde olan sınır değerlere göre uygunluğu kontrol edilir.
- Periyodik kontrolleri yapan kişilerin meslekleri, diplomaları ve diploma numaraları, kimlik bilgileri bakanlık kayıt numarası ile birlikte raporun kaç nüsha olduğunu da belirterek altına imza atılır. (33)

Bu tüm bilgilerin ya da yetkili olan kişinin imzasının olmadığı raporlar geçersiz sayılır. (33)

3. BÖLÜM

TOPRAKLAMA TESİSİ ÖRNEK ÇALIŞMA

Bu bölümde izin verilen ve hesaplanan temas ve adım gerilimlerini etki altında bırakan etmenleri ETAP 7.0.0 programı yardımı ile incelenmiştir. “ETAP” programı ismini, Electrical Transient Analyzer Program kelimelerinin ilk harfleri alınarak isimlendirilmiştir. Bu program, mühendislikte uygulanan hesaplamaların ve simülasyonlarının birçoğunu gerçekleştiren IEEE standardı tabanlı olmak üzere kompleks programdır. (17)

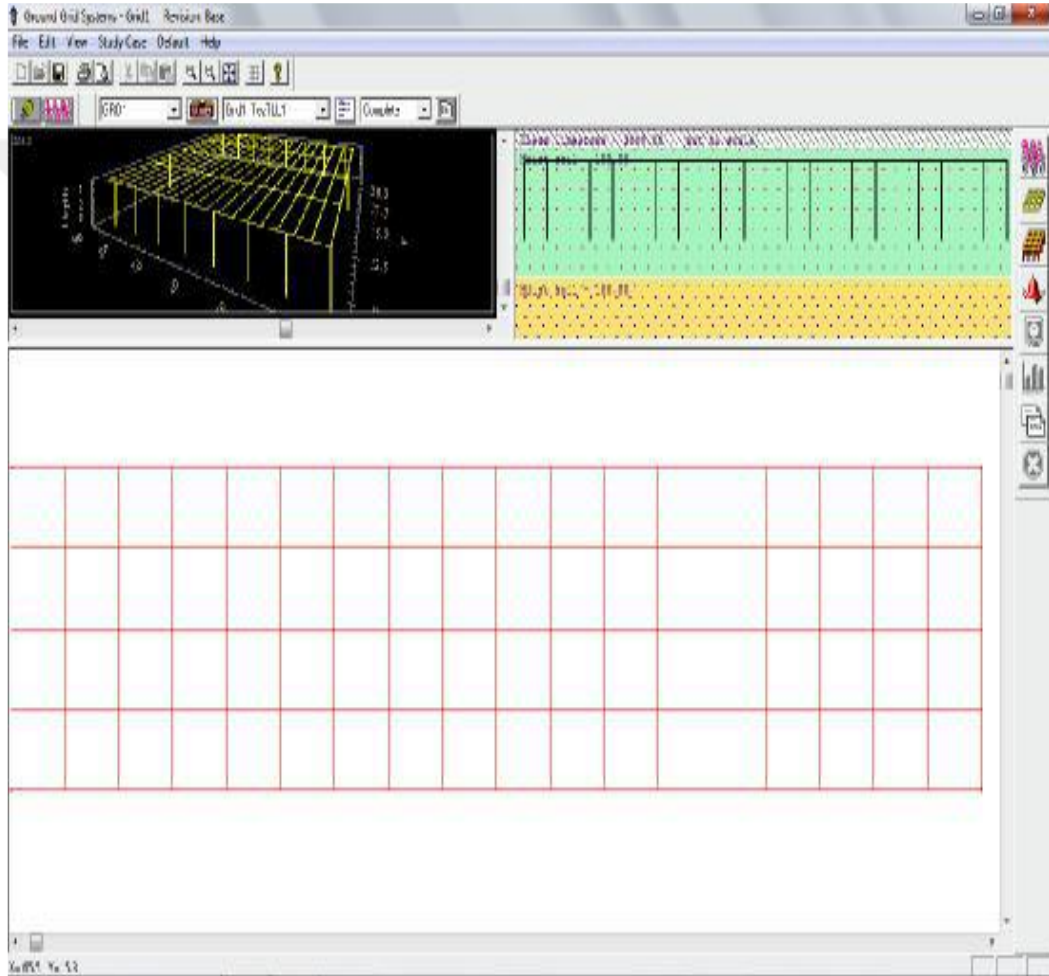
Grafiksel sonuçlara istenilen şekilde ulaşılabildiği için kullanım alanı olarak çok geniştir. Bu program, dinamik sistem modellemelerinde blok şemalar karşımıza çıkarır. Herhangi bir sistemi modelleme yaparken kullanılmak istenilen blok elemanları direkt olarak Simulink Blok kütüphanesinden bulunur. Kütüphanedeki elemanlardan modelimiz için gerekli olan en doğru eleman fare yardımı ile sürüklenerek çalışma sahasına taşınır. Çalışma alanında yapılmak istenen model için, kütüphaneden taşınan elemanları uygun şekilde birbiri ile bağlayarak model oluşturulur. Program yardımı ile oluşturduğumuz model olan göz ağı içerisinde şartlara ve ortama bağlı olarak toprağın öz direnci, hata akımı açma zamanı, toprağın hata akımı ile X/R oranı ile ilgili verilir girilir ve girilen bu veriler neticesinde program bu verileri kabul eder. Böylece hesaplama yapılarak temas ve adım gerilimleri, topraklama direnci ile toprak potansiyeli yükselme oranı çıktı olarak verilir.

Bu çalışmamızda, İzmit’ te kurulan 200 bin tonluk imalat yapılacak olan paslanmaz çelik fabrikasındaki bir elektrik odasının, dikdörtgen biçiminde göz topraklayıcı ile topraklama ağının temas ve adım gerilimleri uygun olması gereken ölçütlere uygunluğu kontrol edilerek ETAP 7.0.0 programı ile desteklenmiştir. Bu programın orijinal dili İngilizce olup, Türkçe olarak çevrilmiştir.

1. ÖRNEK BİR TESİS İÇİN TOPRAKLAMA HESABI

Topraklama tesisi kurulan alan, 5x12 metre uzunluğunda dikdörtgen biçiminde göz topraklayıcı şeklindedir. Bu alan 3 m aralıklarla eşit olacak biçimde bölünmüştür. Bu alan Şekil 3.1.' de iki ve üç boyutlu olacak biçimde gösterilmiştir.

1.1. Örnek Alınan Tesisin Belirli Bir Alanının ETAP 7.0.0 ile Topraklama Hesabı



Şekil 3.1. İki ve üç boyutlu göz topraklayıcı çalışma sahası

- Çalışma yapılan sahanın gerekli sistem verileri

Çalışma yapılan sahadaki transformatör için yıldız noktasının toprak arıza akımı 3 kA, hatalı olan X/R yaklaşık olarak 15, maksimum arıza zamanı 500 ms, akım bölme faktörü 1 ve sistemin nominal frekansı 50 Hz olarak belirtilmiştir.

Tablo 3.1. Sistem Verileri

| | | | |
|-----------------------------------|---|--|-----------------------------------|
| Frekans (Hz) | Ağırlık (kg) | Ortam sıcaklığı (°C) | |
| 50 | 70 | 40 | |
| Kısa devre akımı | | | |
| Toplam hata akımı (kA) | X/R | S _f Bölünme faktörü (%) | C _p Tahmin faktörü (%) |
| 3 | 15 | 100 | 100 |
| Hata süresi (Saniye) | | | |
| T _f Toplam hata süresi | T _c Topraklayıcı iletken ayrımı için | T _s Kullanılabilir vücut akımı için | |
| 0,50 | 0,50 | 0,50 | |

- Çalışılan alanın toprak verileri

Çalışma yapılan sahada nemli olarak kabul görülen toprak özdirenci Wenner ölçüm metodu ile yaklaşık olarak 100 Ω.m bulunmuştur. Yüzey tabakada ise, 3000 Ω.m bulunmuştur.

Tablo 3.2. Toprak verileri

| | | |
|--------------------|------------|------------|
| Yüzey malzemesi | | |
| Malzeme tipi | Direnç Ω.m | Derinlik m |
| Temiz kireç taşı | 3000 | 0,5 |
| Toprak üst katmanı | | |
| Malzeme tipi | Direnç Ω.m | Derinlik m |
| Yaş toprak | 100 | 5 |
| Toprak alt katmanı | | |
| Malzeme tipi | Direnç Ω.m | |
| Yaş toprak | 100 | |

- Topraklayıcıların sabit araç gereç bilgileri IEEE 80-2000 standardı referans alınarak Tablo 3.3.' de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Malzeme sabitleri

| Toprak iletken | | | |
|----------------|--------------------|--|--|
| Malzeme tipi | İletkenlik % | ar faktörü @ 20°C 1/°C | |
| Bakır şerit | 40 | 0,00378 | |
| K0 @ 0°C | Erime sıcaklığı °C | Toprak iletken direnci @20°C Ω.μ.cm | Isıl kapasite birim hacim J/cm ³ .°C |
| 245 | 1084 | 4,40 | 3,85 |

- Topraklayıcı çubuk verileri

Tablo 3.4. Topraklayıcı çubuk verileri

| Uzunluk m | Çap cm | Adet |
|--------------|--------|---------------|
| 3 | 2 | 18 |
| Diziliş | | Fiyat \$/Adet |
| Ağ çevresine | | 77 |

- Ağın dzenlenmiş halinin fiyat ile konfigürasyon verileri

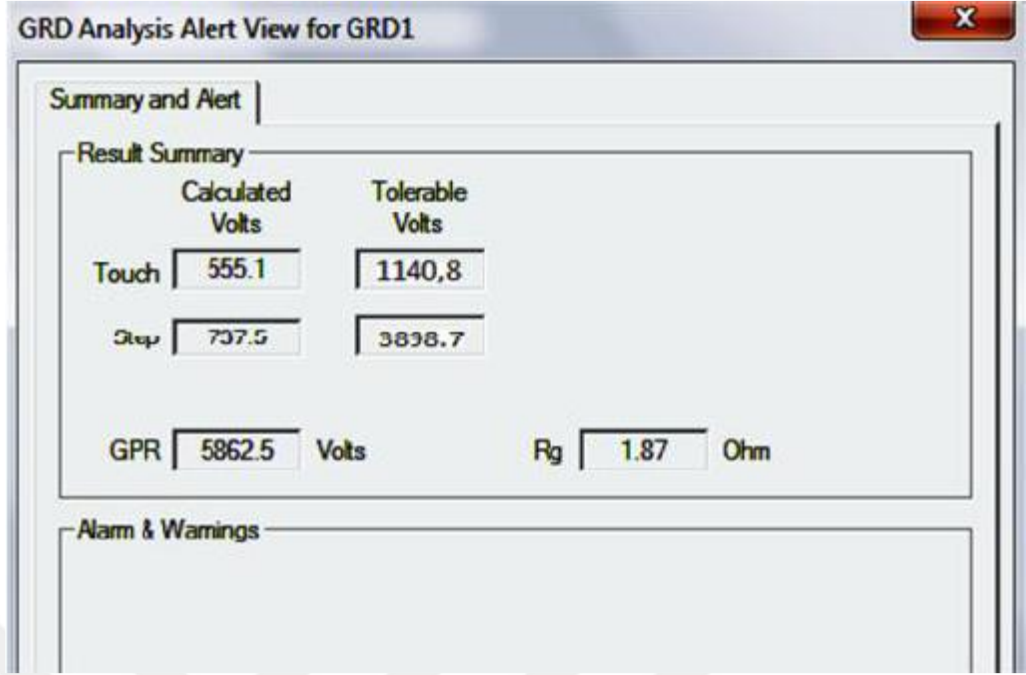
Tablo 3.5. Ağ yapılandırması

| | |
|-------------------|-------------------|
| Derinlik m | İletken kesiti mm |
| 0,5 | 120 |
| Aralık (m) | |
| Y düzlemi | X düzlemi |
| 3 | 3 |
| Kenar Uzunlukları | |
| I_y | I_x |
| 12 | 54 |
| İletken adeti | |
| Y düzlemi | X düzlemi |
| 19 | 5 |

Tablo 3.6. Fiyat bilgisi

| | | |
|--------------------|-------------|------------|
| Kazık | | |
| Toplam uzunluk (m) | Toplam adet | Fiyat (\$) |
| 54 | 18 | 1386 |
| İletken | | |
| Toplam uzunluk (m) | Toplam adet | Fiyat (\$) |
| 498 | 24 | 3486 |
| Toplam fiyat (\$) | | |
| 4872 | | |

Bu veriler girildikten sonra ETAP 7.0.0 programı ölçüm yapmaya hazır şekilde başlar. Yapılan bu çalışma neticesinde Şekil 3.2.' de gösterildiği gibi temas ve adım gerilimleri ile R_g ve GPR IEEE 80-2000 standart uyarınca hesaplanmıştır.



Şekil 3.2. Hesaplama özeti

- Son olarak uygulanmış topraklamanın hesaplama sonuçları Tablo 3.7.' de gösterilmiştir.

Tablo 3.7. Hesaplanan ağın raporu

| GPR Topraklama gerilim artışı (Volt) | R _g Topraklama direnci (ohm) | Maksimum ağ akım (kA) |
|--|---|-----------------------------------|
| 5862,5 | 1,867 | 3140 |
| Temas Gerilimi | | |
| Hesaplanan (Volt) | İzin Verilebilir (Volt) | Hesaplanan % |
| 555,1 | 1141,4 | 48,6 |
| Adım gerilimi | | |
| Hesaplanan (Volt) | İzin Verilebilir (Volt) | Hesaplanan |
| 737,5 | 3899,6 | % |
| Faktörler | | |
| İnce yüzey indirim katsayısı (C _s) | Yansıma faktörü (K) | Azaltma faktörü (D _f) |
| 0,920 | -0,935 | 1047 |

1.2. Örnek Alınan Tesisin Belirli Bir Alanının Topraklama Hesabı

Bu bölümde ETAP 7.0.0 programı ile yapılan topraklama hesabının sonuçlarının doğruluğunun tespiti için, tüm hesaplar yapılmıştır.

1.2.1. Toprak Direnci

Toprağın özgül direnci, Wenner dört sonda metodu ile ölçülerek 100 Ω .m olarak bulunmuştur. Aynı zamanda ETAP 7.0.0 programı ile gerekli veriler girilerek de 100 Ω .m bulunmuştur.

1.2.2. Yüzey Tabandaki Malzeme

Belirlenmiş yüzey tabakası için 3000 Ω .m belirlenmiştir. Bu koşula göre malzeme katsayısı;

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \times \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{(2 \times h_s) + 0,09}$$

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \times \left(1 - \frac{100}{3000}\right)}{(2 \times 0,5) + 0,09} = 0,920$$

1.2.3. Topraklama Ağ Direnci

Aşağıdaki verilere kullanılarak ETAP 7.0.0 programında bir ağ oluşturulmuştur.

- Eni 12 m ve boyu 54 m olacak şekilde bir alan oluşturulmuştur.
- 120 mm² iletken 500 mm derinliğe gömülmüştür.
- 5 adet yatay ve 19 adet dikey iletken eşit ve paralel biçimlerde oluşturulmuştur.
- Belirlenmiş olan alanın etrafına ve köşelerine 18 tane kazık yerleştirilmiştir.
- Bu yerleştirilen kazıkların boyu, 3 m seçilmiştir.

$$R_g = \rho \times \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20 \times A}} \times \left(1 + \frac{1}{1+h \times \sqrt{20/A}} \right) \right]$$

$$R_g = 100 \times \left[\frac{1}{552} + \frac{1}{\sqrt{20 \times 648}} \times \left(1 + \frac{1}{1+0,05 \times \sqrt{20/648}} \right) \right] = 1,867 \Omega$$

1.2.4. Maksimum Ağ Akımı

Topraklama ölçümü yapılan alanda bulunan transformatörün YG sargısında, tek fazında ki toprak arıza akımı 3 kA şeklinde ayarlanmış ve akım bölme faktörü de 1' dir. Sistem frekansı 500 Hz, arıza açma zamanı 500 ms ve X/R hata oranı ise 15 olacak şekilde belirlenmiştir.

- DC time offset hesabı;

$$T_A = \frac{X}{R} \times \frac{1}{2 \times \pi \times f}$$

$$T_A = 15 \times \frac{1}{2 \times \pi \times 50} = 0,04774$$

- Azaltama faktör hesabı ise;

$$D_f = \sqrt{1 + \frac{T_a}{t_f} \times \left(1 - e^{-\frac{2 \times t_f}{T_a}} \right)}$$

$$D_f = \sqrt{1 + \frac{0,04774}{0,5} \times \left(1 - e^{-\frac{2 \times 0,5}{0,04774}} \right)} = 1,047$$

- Maksimum ağ hesabı;

$$I_G = I_g \times D_f$$

$$I_G = 3 \times 1,047 = 3,14 \text{ kA}$$

1.2.5. İzin Verilebilir Temas ve Adım Gerilimleri Hesabı

- Müsaade edilen maksimum temas gerilimi hesabı;

$$U_{dokunma,70} = (1000 + 1,5 \times C_s \times \rho_s) \times \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

$$U_{dokunma,70} = (1000 + 1,5 \times 0,92 \times 3000) \times \frac{0,157}{\sqrt{0,5}} = 1141,5 \text{ V}$$

- Müsaade edilen maksimum adım gerilimi hesabı;

$$U_{adım,70} = (1000 + 6 \times C_s \times \rho_s) \times \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

$$U_{adım,70} = (1000 + 6 \times 0,92 \times 3000) \times \frac{0,157}{\sqrt{0,5}} = 3899 \text{ V}$$

1.2.6. Toprak Potansiyel Yükselmesi (GPR)

- Azami toprak gerilim yükselmesi hesabı;

$$GPR = I_G \times R_g$$

$$GPR = 3140 \times 1,867 = 5862,4 \text{ V}$$

1.2.7. Topraklama Ağ Hesabı

1.2.7.1. Dokunma Gerilim Hesabı

Dikdörtgen biçiminde olan ağa etki eden etmenler n_a , n_b , n_c ve n_d ' dir.

$$n_a = \frac{2 \times L_c}{L_p}$$

$$n_a = \frac{2 \times 498}{132} = 7,545$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 \times \sqrt{A}}}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{132}{4 \times \sqrt{648}}} = 1,138$$

$$n_c = n_d = 1$$

- Bu bilgilere göre n hesabı;

$$n = n_a \times n_b \times n_c \times n_d$$

$$n = 7,545 \times 1,138 \times 1 \times 1 = 8,586$$

- D (ağlar arasındaki aralık) hesabı;

$$D = \frac{1}{2} \times \left(\frac{W_g}{n_r - 1} + \frac{L_g}{n_c - 1} \right)$$

$$D = \frac{1}{2} \times \left(\frac{12}{5 - 1} + \frac{54}{19 - 1} \right) = 3 \text{ m}$$

- Geometrik aralık etkisi, K_m hesabı;

$$K_m = \frac{1}{2 \times \pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16 \times h \times d} + \frac{(D + 2 \times h)^2}{8 \times D \times d} - \frac{h}{4 \times d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \times \ln \left(\frac{8}{\pi \times (2n - 1)} \right) \right]$$

$$K_m = \frac{1}{2 \times \pi} \left[\ln \left(\frac{3^2}{16 \times 0,5 \times 0,01236} + \frac{(3 + 2 \times 0,5)^2}{8 \times 3 \times 0,01236} - \frac{0,5}{4 \times 0,01236} \right) + \frac{1}{1,23} \times \ln \left(\frac{8}{\pi \times (2 \times 8,586 - 1)} \right) \right] = 0,54$$

- K_i (düzensizlik katsayısı) hesabı;

$$K_i = 0,644 + 0,148 \times n$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 \times 8,586 = 1,915$$

- L_m (topraklama tesiri olan çıkılmış uzunluk) hesabı;

$$L_m = L_c + \left[1,55 + 1,22 \times \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] \times L_R$$

$$L_m = 498 + \left[1,55 + 1,22 \times \left(\frac{3}{\sqrt{54^2 + 12^2}} \right) \right] \times 54 = 585,3 \text{ m}$$

- Hesabı yapılan maksimum dokunma gerilimi hesabı;

$$U_T = \frac{\rho_s \times K_m \times K_i \times I_G}{L_M}$$

$$U_T = \frac{100 \times 0,54 \times 1,915 \times 3141}{585,3} = 555 \text{ V}$$

Hesaplama sonucunda anlaşıldığı üzere dokunma gerilimi 555 V olup, izin verilen temas geriliminin yani 1141,5 V' un altında olduğundan dolayı sistem güvenlidir.

1.2.7.2. Adım Gerilim Hesabı

- K_s (geometrik aralık faktörü) hesabı;

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2 \times h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} \times (1 - 0,5^{n-2}) \right]$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2 \times 0,5} + \frac{1}{3 + 0,5} + \frac{1}{3} \times (1 - 0,5^{8,586-2}) \right] = 0,514$$

- L_s (topraklama tesiri olan çakılmış uzunluk) hesabı;

$$L_s = 0,75 \times L_c + 0,85 \times L_R$$

$$L_s = 0,75 \times 498 + 0,85 \times 54 = 419,4 \text{ m}$$

- Hesabı yapılan azami adım gerilimi hesabı;

$$U_s = \frac{\rho \times K_s \times K_i \times I_G}{L_s} (V)$$

$$U_s = \frac{100 \times 0,514 \times 1,915 \times 3141}{L_s 419,4} = 737,2 \text{ V}$$

Hesaplama sonucunda anlaşıldığı üzere azami adım gerilimi 737,2 V olup, izin verilen adım geriliminin yani 3899 V' un altında olduğundan dolayı sistem güvenlidir.

Yapılan bu örnek projede, hata akım zamanı 0,5 s olarak alınmıştır. Eğer bu zaman 1 s olarak alınsaydı izin verilen adım ve temas gerilimleri aşağıdaki gibi olacaktır.

- Müsaade edilen maksimum temas gerilimi hesabı;

$$U_{dokunma,70} = (1000 + 1,5 \times C_s \times \rho_s) \times \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

$$U_{dokunma,70} = (1000 + 1,5 \times 0,92 \times 3000) \times \frac{0,157}{\sqrt{1}} = 806,98 \text{ V}$$

- Müsaade edilen maksimum adım gerilimi hesabı;

$$U_{adım,70} = (1000 + 6 \times C_s \times \rho_s) \times \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

$$U_{adım,70} = (1000 + 6 \times 0,92 \times 3000) \times \frac{0,157}{\sqrt{1}} = 2756,92 \text{ V}$$

Emniyet kontrolü olan t_s akım zamanı 1 s ve 0,5 s olarak Tablo 3.8.' de gösterilmiştir.

Tablo 3.8. Hata akım zamanı olarak 1 s ve 0,5 s için gerilimlerin karşılaştırılması

| Hata akım zamanı (t_s) 1s için | | |
|---------------------------------------|------------------------|----------------------------|
| | Hesaplanan gerilim (V) | İzin verilen gerilim(V) |
| Adım | $U_S = 737,5$ | $U_{adım, 70} = 2756,92$ |
| Dokunma | $U_T = 555,1$ | $U_{dokunma, 70} = 806,98$ |
| Hata akım zamanı (t_s) 0,5 s için | | |
| | Hesaplanan gerilim (V) | İzin verilen gerilim(V) |
| Adım | $U_S = 737,5$ | $U_{adım, 70} = 3898,7$ |
| Dokunma | $U_T = 555,1$ | $U_{dokunma, 70} = 1140,8$ |

Tablo 3.8.' de görüldüğü gibi, hata akım zamanının 1 s olduğu durumlarda bile hesaplanan temas ve adım gerilimleri izin verilen gerilim değerlerinin altında kaldığı görülür ve sistem güvenli olur.

Yapılan tesisin güvensiz olduğu durumlarda ise, uygulanacak adımlar sonuçlar ve öneriler kısmında anlatılmıştır.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın ilk bölümünde, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili temel bilgilere ve elektrik konusu ana başlıklar halinde özet şeklinde sunulmuştur. Asıl konu olan topraklama ile ilgili detaylı bilgiler ikinci bölümde verilerek bunları destekleyecek örnekler üçüncü bölümde sunulmuştur. Bilindiği üzere topraklama tesislerinde toprak üstü yer yalıtımı, temas ve adım gerilimleri açısından önemli yer tutar. İletkenin özelliklerine göre temas ve adım gerilimlerinin hesaplaması yapılır. Aynı zamanda bu hesaplamalar yapılırken, topraklama yapılan zemin ile bu zeminin üstündeki kişiler arasındaki oluşacak gerilimler de yönetmeliklere göre dikkat edilerek hesaplanması gerektiği anlatılmıştır. Topraklama hesabının yapılması için gerekli olan standart IEEE 80-2000 standardı olup, bunun hakkında gerekli bilgiler verilmiştir. Tezin son bölümünde, şahsım tarafından gerekli olan veriler alınarak tesisin belli bir bölümünün topraklama hesabı IEEE 80-2000 standartlarına bağlı kalarak temas gerilimleri, adım gerilimleri, elektrot dirençleri, potansiyel yükseliş gerilimlerinin hesapları yapılmıştır. Ayrıca bu hesaplamalar ETAP 7.0.0 programı ile sağlamlığı desteklenmiştir. Hesaplanan ve izin verilebilir gerilimler ile temas ve adım gerilimleri, IEEE 80-2000 standardı baz alınarak karşılaştırma yapılmış olup, tesisteki yapılan topraklama sisteminin güvenilirliği test edilmiştir.

Bu çalışmada, canlı ve maddeyi korumak adına, bir tesisteki belirli bir alanın ETAP 7.0.0 programı ile teorik olarak topraklama tesisinin adım ve temas gerilimlerinin izin verilen sınırlar içinde olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bu kontrol neticesinde tesisin güvenli olduğu görülmüştür. Eğer güvensiz olduğu görülseydi, topraklama tesisinin iyileştirilmesi gerekli olacaktı. İyileştirmek için ise, topraklayıcı adetini çoğaltarak, ağıdaki iletkenlerinin açıklığını kapatarak gibi çözüm yöntemleri uygulanabilir.

IEEE 80-2000 standardına bağlı kalarak toprağın özgül direncinin yüksek olduğu veya topraklama alanının küçük olduğu mekanlarda topraklama direncini azaltmak ve böylece canlı ile maddeyi korumak için;

- Uzak olan topraklama sistemlerinin, komşu sistemlere bağlanması
- Topraklayıcıların derin şekilde çakılması ve kuyular açılması

- Sistemin çevresindeki toprakların ve ara bağlantı elemanlarının kontrolü
- Hasırların çelik olan malzeme ile döşenmesi
- Statik kabloların ve sistem nötr hattının topraklama sistemine bağlanması
- Alandaki metal araç ve gereçler topraklama iletkeni olarak kullanılması
- Metal malzemeler diğer topraklama sistemleri ile bağlanmalı
- Uygun olan mekanlarda gerekli sayıda az olan özgül dirençli elemanlar kullanılmalıdır. Bunlar ile uygun ağ yapılarak ana topraklama ağına bağlanması kullanılabilir alternatif çözüm yöntemleridir.

Topraklama sistemi yetersiz olan zeminlerde canlıyı korumak adına, yalıtımı artırmak gerekir. Bunun için ise, çakıl, asfalt gibi toprak dirençleri büyük olan malzemeler kullanılmalıdır. Böylece, temas ve adım gerilimleri izin verilen gerilim sınırları içinde kalacaktır. Topraklama yaparken kullandığımız topraklama elemanlarının toplam uzunluğu, topraklama ağının alanı, topraklama kazıklarının adeti, iletken kesitleri ve topraklama ağının göz boyutlarının doğru şekilde belirlenmesi adım ve temas gerilimlerini olumlu olacak şekilde etkileyecektir.

Topraklama sistemi yapılırken toprağın yapısı incelenmesi önem arz etmektedir. İnsanların ve hayvanların olduğu ortamlarda toprağa geçiş direncinin önemli ölçüde küçük tutulması gerekli ve hayati açıdan önem arz etmektedir. Bu direncin küçük olması, atmosferde oluşacak yıldırımın elektriğinin boşalmasında, meydana gelen yan atlamaları ve olası tehlikeleri azaltacağından dolayı bu olaya dikkat edilmelidir.

Tesiste bulunan bütün canlıların ve maddelerin özellikle işletme personellerinin can ve mal güvenliğinin korunması adına ve topraklama tesisinin devamlılığı için yeni ve kalıcı önlemler geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Bayram, M., Elektrik Tesislerinde Topraklama, 1. Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 21-24, 2000.
2. Bayram M., İlisu İ., (2007), “Elektrik Akımının insan üzerindeki etkisi”, Elektrik Tesislerinde Güvenlik ve Topraklama, TMMOB, EMO Yayınları.
3. Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara, 2001.
4. Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara, 2001, EK-K.
5. Fowler T., Miles K., (2009), “Electrical Safety”, U.S. Department Of Health And Human Services.
6. Güner, E., Yüksek Gerilim Merkezlerinin Topraklanması, EMO Elektrik Mühendisliği Dergisi (1977).
7. Güven, İ. İ. (2015) 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nda Asıl İşveren Alt İşveren İlişkileri, Yüksek Lisans Tezi, Gediz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
8. İlisu. İ., Elektrik Tesislerinde Dolaylı Dokunmaya Karşı Koruma ve Topraklama, Elektrik Mühendisleri Odası Meslek İçi Sürekli Eğitim Merkezi, 2005, Ankara.
9. İlisu. İ., Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği ve Yeni Yönetmeliğin Getirdikleri, Seminer Notları, İzmir Şubesi, 2005.
10. İriz T., Aydın A., Elektrik Tesislerinde Topraklama Ölçümleri ve Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi, Elektrik Mühendisleri Odası http://www.emo.org.tr/ekler/1ec8b16d396beba_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=7 (Ziyaret Tarihi: 08.04.2019)
11. İsmailoğlu H. ve Yeğin M., Yıldırımdan Koruma Sistemleri Standartlar, Yönetmeliklerimiz ve Uygulamaları, 2. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi, İzmir, Türkiye, 24-27 Kasım 2011.
12. Kaşıkçı İ., YG Elektrik Tesislerinde Topraklama, Seminer Notları, EMO İzmir Şb., 2005.
13. Markiewicz H., Klajn A., Earthing System – Basic Constructional Aspects – Application Hand Note, 2nd ed, Wroclaw, Poland, 2011.

14. MEGEP, Elektrik – Elektronik Teknolojisi Alanı Elektriğin Temel Esasları Modülü, Ankara, 2005.
15. MEGEP, Mesleki Eğitim Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Elektrik Elektronik Teknolojisi, Yüksek Gerilim Tesislerinde Topraklama Sistemi, Ankara, 2006.
16. OKUMUŞ M. Tuncer, Ahmet GÜMÜŞOLUK, Elektrik Bilgisi, Kahramanmaraş, 2000.
17. Operation Technology, ETAP 7.0.0 Getting Started Guide, <http://etap.com/downloads/brochures/etap-70-demo-guide.pdf>, (Ziyaret Tarihi: 27.12.2018)
18. ÖZDEMİR Ali, Elektrik Bilgisi, Ankara, 2001
19. Schwarz S. J., Analytical Expressions for the Resistance of Grounding Systems, American Institute of Electrical Engineers Transactions, 1954, 73, 1011-1016.
20. Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, İşyeri Sağlık ve Güvenlik Birimi, İş Güvenliği Uzmanı Görev Tanımı, 13 Mayıs 2015.
21. Sverak J. G., “Simplified Analysis of Electrical Gradients above a Ground Grid; Part I How good is the present IEEE method?”, IEEE Transactions on Power Apparatus and System, 103, 7-25, 1984.
22. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği, Ankara, 2001.
23. T.C. Resmî Gazete, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı yasası, İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin Tehlike Sınıfları Tebliği, 25 Kasım 2009, Sayı: 27417.
24. T.C. Resmî Gazete, Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği, 4 Kasım 1984, Sayı: 18565.
25. T.C. Resmî Gazete, Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği, 30 Kasım 2000, Sayı: 24246.
26. T.C. Resmî Gazete, Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği, 21 Ağustos 2001, Sayı: 24500
27. T.C. Resmî Gazete, İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği, 25 Nisan 2013, Sayı: 28628.
28. T.C. Resmî Gazete, İşyeri, Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemleri ile İlgili Yönetmelik, 17 Temmuz 2013, Sayı: 28710.

29. T.C. Resmî Gazete, Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler ile İlgili Yönetmelik, 30 Aralık 2016, Sayı: 26392.
30. T.C. Resmî Gazete, 4857 Sayılı İş Kanunu, 10 Haziran 2013, Sayı: 25134.
31. T.C. Resmî Gazete, 5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu, 31 Mayıs 2016, Sayı: 26200.
32. T.C. Resmî Gazete, 6289 Sayılı Kamu Görevlileri Sendikaları Kanunu, 4 Nisan 2012, Sayı: 28261.
33. T.C. Resmî Gazete, 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası, 12 Haziran 2012, Sayısı: 28339.
34. TEDAŞ, Elektrik Dağıtım Sistemleri Temel Eğitimi, Ankara, 2001.
35. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of Ground Systems, IEEE 81-1983, New York, 1984.
36. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, IEEE 80-2000, New York, 2000.
37. Yazıcı, Mehmet, İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNDE RİSK YÖNETİMİ, İstanbul, 2016.
38. www.diyot.net/dogru-akim-alternatif-akim-nedir/
39. www.elektrikbilgisi.com/YaziOku.asp?id=95#.XT0uD-gzbiU
40. www.onayparatoner.com/topraklama-cubuklari/bakir-boru-gecme-topraklama-cubuklari
41. www.toragizbiz.com/konular/toprak-nedir-toprak-cesitleri-ve-katmanlari-nelerdir.8770/
42. www.yilkomer.com/galvaniz-topraklama-seridi/

ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında İstanbul'da doğdum. İlk öğrenimimi 2001 yılında Alparslan İ.Ö.O.' unda, orta öğrenimimi 2004 yılında Vali Rıdvan Yenişen İ.Ö.O.' unda, lise öğrenimimi Avcılar Süleyman Nazif Anadolu Lisesi'nde tamamladım. 2009 yılında Erzincan Üniversitesi Elektronik Teknolojisi bölümünde öğrenimime başladım. 2011 yılında mezun olup aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Anabilim Programına başladım. 2016 yılında mezun olup 2018 yılında İstanbul Esenyurt Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve İş Güvenliği programında Halen öğrenimime devam etmekteyim.



%15

| | | | |
|----|---|-----|---|
| 1 | www.emo.org.tr İnternet Kaynağı | %4 | > |
| 2 | Üsküdar Üniversitesi' n... Öğrenci Yazılı Ödevi | %2 | > |
| 3 | uzmangruposgb.com.tr İnternet Kaynağı | %1 | > |
| 4 | Beykent Üniversitesi' n... Öğrenci Yazılı Ödevi | %1 | > |
| 5 | yuksegerilimisletmes... İnternet Kaynağı | %1 | > |
| 6 | tayfurlab.com İnternet Kaynağı | %1 | > |
| 7 | fr.slideshare.net İnternet Kaynağı | %<1 | > |
| 8 | www.ereglisosgb.com İnternet Kaynağı | %<1 | > |
| 9 | Istanbul Aydın Universit... Öğrenci Yazılı Ödevi | %<1 | > |
| 10 | www.scribd.com İnternet Kaynağı | %<1 | > |
| 11 | dergipark.gov.tr İnternet Kaynağı | %<1 | > |
| 12 | www.elektrikrehberiniz... İnternet Kaynağı | %<1 | > |
| 13 | Universidad Católica S... | %<1 | > |

GİRİŞ

Teknolojideki hızlı gelişmeler nedeni ile dünyada ve ülkemizde makineleşmede artış olmuş, sanayileşme gelişerek yaygınlaşmış ve mevcut tesislerin büyümesine yol açmıştır. Teknolojinin ilerlemesiyle insanların çalışma metotlarında da değişimler olduğu gibi makineye dayalı işlerin daha kolay gerçekleştirilmesini sağlamıştır. Fakat teknolojinin ilerlemesi, sanayileşmenin, makineleşmenin bu şekilde artışı insanların sağlığına ve güvenliğine karşı da bir tehdit oluşturmuştur. Bu oluşan tehlikeler iş kazalarına neden olmuştur. İş kazalarının artması sonucunda iş sağlığı ve güvenliği bilimi ihtiyacı doğmuştur. Ülkemizde 2012 yılında doğan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu bu yönde çıkan çalışmalardandır.

Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği dikkate alınacak biçimde, çalışmaları ve