

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



YÜKSEK GERİLİM YILDIRIM KORUMA SİSTEMİ

Hasan ERSOY

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2024

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



YÜKSEK GERİLİM YILDIRIM KORUMA SİSTEMİ

Hasan ERSOY

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK GERİLİM YILDIRIM KORUMA SİSTEMİ

Hasan ERSOY

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi tarafından iç destekli projeler kapsamında desteklenmiştir.

TEMMUZ 2024

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK GERİLİM YILDIRIM KORUMA SİSTEMİ

Hasan ERSOY

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 11/07/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sacit ÖZDEMİR

Doç. Dr. Murat KAPLAN

Dr. Öğr. Üyesi Burçin DÖNMEZ (Danışman)

ÖZET

YÜKSEK GERİLİM YILDIRIM KORUMA SİSTEMİ

Hasan ERSOY

Yüksek Lisans Tezi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Burçin DÖNMEZ

Temmuz 2024; 101 sayfa

Günümüz teknolojisinin geldiği son noktada yıldırım deşarjına karşı tam koruma sağlayabilen herhangi bir cihaz, metot veya çözüm mevcut değildir. Yıldırımın yıkıcı etkisi canlı yaşamını tehdit etmesinin yanında cihaz veya sistemler için dönüşü olmayan arızalara sebep olmaktadır. Yıldırım deşarjı ve gerilim yükselmelerinden etkilenen, elektrik, elektronik bileşenlere sahip her türlü cihaz veya sistem, günümüzde paratoner, parafudr, Faraday kafesi vb. araçlar yardımı ile korunmaya çalışılmaktadır. Cihaz veya sistemlerin korunmasında yetersiz kalan uygulamadaki yöntemlere ek olarak, cihazların veya sistemlerin giriş ve çıkış birimlerinde bulunan elektrik, elektronik, kontrol, enerji besleme, haberleşme vb. iletkenlere YGY-KORSİS seri bağlanmak suretiyle 50000 V ve üzeri yüksek gerilim ve yıldırım deşarjının cihazlara veya sistemlere ulaşmasını engellemektedir. YGY-KORSİS yüksek gerilim dayanım ve geçirgenlik testine, yüksek frekanslı veri iletim testine, veri paketleri aktarım testine tabi tutulmuştur. YGY-KORSİS sabit ve hareketli kontak yapısından oluşmaktadır. Kontak dizisi modüler bir yapıya sahip olup kontaklar modifiye edilebilmektedir. İletken kablo kullanan her türlü sisteme ve cihaza uygulanabilir. YGY-KORSİS otomatik/robotik veya kullanıcı talebi doğrultusunda uzaktan erişimle de kontrol edilebilmektedir. YGY-KORSİS üzerinde meydana gelen tüm olayları kaydederek raporlar. Savunma, uzay, havacılık, iletişim, üretim tesisleri ile yüksek rakımda yıldırım deşarjlarının çok sık yaşandığı rasathaneler, askeri üst bölgeleri, radar sistemleri, GSM ve TRT vericileri, rüzgâr enerji türbinleri ile düzlüklerde belli bir yüksekliğe ihtiyaç duyan hava meydanlarının kule kısımlarında kullanılan sistemlerin veya cihazların korunmasında kullanılabilir. Teknik personele ihtiyaç duyulan koruma uygulamalarında YGY-KORSİS personel ihtiyacı olmadan canlı yaşamını tehdit eden yıldırım deşarjlarını yöneterek iş sağlığı ve güvenliğine katkı sağlamaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Ayırıcı, Frekans, Kontak, Parafudr, Paratoner, Terminal, Topraklama, Yalıtkan, Yıldırım, Yüksek gerilim.

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi Burçin DÖNMEZ

Prof. Dr. Sacit ÖZDEMİR

Doç. Dr. Murat KAPLAN

ABSTRACT

HIGH VOLTAGE LIGHTNING PROTECTION SYSTEM

Hasan ERSOY

MSc Thesis in Space Sciences and Technologies

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Burçin DÖNMEZ

July 2024; 101 pages

With today's technology, there is no device, method or solution that can provide complete protection against lightning discharge. The destructive effect of lightning not only threatens living beings, but also causes irreversible failures for devices or systems. Today, all kinds of devices or systems with electrical and electronic components that are affected by lightning discharge and voltage increases are tried to be protected with the help of lightning rods, surge arresters, Faraday cages and similar devices. In addition to the methods in practice that are inadequate for the protection of devices or systems, YGY-KORSIS prevents high voltage and lightning discharge up to 50000 V and above from reaching devices or systems by connecting it series to the conductors of electrical, electronic, control, energy supply, communication, etc. in the input and output units of the devices or systems. YGY-KORSIS has been subjected to high voltage resistance and permeability test, high frequency data transmission test, and data packet transmission test. YGY-KORSIS consists of fixed and movable contact structures. The contact array has a modular structure and the contacts can be modified. It can be applied to all kinds of systems and devices that use conductive cables. YGY-KORSIS can also be controlled automatically/robotically or via remote access upon user request. All events will be recorded and reported that heppening in the YGY-KORSIS. It can be used for the protection of defense, space, aviation, communication and production facilities and observatories, military bases, radar systems, GSM and TRT transmitters, wind energy turbines, where lightning discharges occur frequently at high altitudes and systems or devices used in the air traffic control towers that require a certain height on the ground. In protection applications that require technical personnel, YGY-KORSIS contributes to occupational health and safety by managing lightning discharges that threaten living things without the need for personnel.

KEYWORDS: Contact, Frequency, Ground, High Voltage, Insulator, Lightening, Lightning Rod, Separator, Surge Arrester, Terminal

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. Burçin DÖNMEZ

Prof. Dr. Sacit ÖZDEMİR

Assoc. Prof. Dr. Murat KAPLAN

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yürütülmesinde, fikrin bir ürün olarak ortaya çıkmasında katkılarını esirgemeyen Prof. Dr. Sacit ÖZDEMİR'e, şahsıma duyduğu güven ilgi ve desteğini hissettiğim danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Burçin DÖNMEZ'e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Koşulsuz desteği ile her zaman yanımda olan eşim Habibe hanıma, yoğun çalışmalarım sırasında anlayışları için çocuklarım Berire, Zeynep ve Esad'a, YGY-KORSİS'in yapım aşamasında motivasyon kaynağım olan dostum Sertan SÜVARİ, Engin ÇOŞKUN ve Oğuzhan OKUYAN'a çalışmam sırasında tüm yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Yıldırım	3
2.1.1 Yıldırımların sınıflandırılması.....	3
2.1.1.1 Bulut içideşarj.....	4
2.1.1.2. Buluttan bulutadeşarj.....	4
2.1.1.3. Buluttan yeredeşarj.....	4
2.2. Koruma Grupları	8
2.2.1. Dış yıldırımlıklar.....	8
2.2.1.1. Paratoner koruma sistemi	8
2.2.1.2. Franklin çubuğu koruma sistemi	10
2.2.1.3. Faraday kafesi.....	11
2.2.2. İç yıldırımlıklar	12
2.2.2.1. Tip1 = B sınıfı koruma parafudr.....	12
2.2.2.2. Tip2 = C sınıfı koruma parafudr.....	13
2.2.2.3. Tip1+2 = B+C sınıfı	14
2.2.2.4. Doğru akım parafudr (Dc)	14
2.2.3. Topraklama	15
2.2.3.1. Koruma topraklaması	16
2.2.3.2. Adım gerilimi.....	17
2.2.3.3. İşletme topraklaması.....	17
2.2.3.4. Yıldırım topraklaması.....	18
2.2.3.5. Fonksiyon topraklaması.....	18
2.2.4. Topraklama direnci	19
2.2.4.1. Toprak öz direnci	19

2.3. Kablo	25
2.3.1. İletken kablo.....	26
2.3.2. Kablolarda yalıtım/izolasyon	27
2.3.2.1. Polietilen (PE)	27
2.3.2.2. Polivinilklorür (PVC)	27
2.3.2.3. Polipropilen (PP)	27
2.3.2.4. Poliüretan (PUR)	27
2.3.2.5. Çapraz bağlı polietilen (XLPE).....	28
2.3.2.6. Etilen propilen kauçuk (EPR).....	28
2.3.2.7. Silikon.....	28
2.3.2.8. Polytetrafluoroethylene (PTFE)	28
2.3.2.9. Ethylene tetrafluoroethylene (ETFE).....	28
2.3.3. Kablolarda ısı transferi.....	29
2.4. Yalıtkan Malzemeler.....	29
2.4.1. Poliamidler	29
2.4.2. Polietilen (PE)	32
2.4.3. Polipropilen.....	33
2.4.4. Fenol fiber	34
2.5. İş Sağlığı ve Güvenliği.....	35
3. MATERYAL VE METOT	37
3.1. Kaplama.....	37
3.1.1. Terminal kontak bütünü kaplama.....	37
3.1.2. Üniform korozyon.....	38
3.1.3. Çukurcuk korozyonu.....	38
3.1.4. Sürtünme ve erozyon korozyonu	39
3.1.5. Galvanik korozyon	39
3.2. Kontak Teması Direnç Ölçümü	44
3.3. Konnektörler.....	47
3.3.1. Konnektör çeşitleri	48
3.3.2. Konnektör kasetleri	49
3.3.3. Konnektör bağlantıları	49
3.3.3.1. Mekanik olarak sıkıştırma / çakma.....	50
3.3.3.2. Sıcak daldırma / lehimleme	50
3.4. Hareket Sistemi	50

3.4.1. Redüktör.....	50
3.4.2. Rulman.....	52
3.4.3. Miller.....	52
3.4.4. Motorlar	53
3.4.4.1. Step motor	53
3.4.4.2. Servo motor	54
3.4.5. Enkoder	55
3.5. Yüksek Gerilim Yıldırım Koruma Sistemi.....	55
3.6. Tesla Bobini.....	68
3.6.1. Transformatör.....	69
3.6.2. Statik atlama aralığı	70
3.6.3. Birincil kapasite	70
3.6.4. Birincil bobin	71
3.6.5. İkincil bobin ve toroid.....	72
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	75
4.1. Yüksek Gerilim Geçirgenlik ve Dayanım Testi.....	75
4.1.1. Yüksek gerilim testleri	75
4.1.2. Yapısal bütünlük testi	75
4.1.3. Donanımsal bütünlük	76
4.1.3.1. Kontaklar kapalı test.....	77
4.1.3.2. Kontaklar açık test.....	77
4.1.4. Cihaz koruma testi.....	77
4.1.4.1. Kontaklar açık test.....	78
4.1.4.2. Kontaklar kapalı test.....	78
4.2. Enerji / Veri İletim Testi	79
4.2.1. Enerji iletimi.....	79
4.2.2. Zayıf akım iletimi:.....	79
4.2.3. Zayıf akım yüksek frekans iletimi.....	79
4.2.3.1. RF kablo etkisinin tespiti.....	80
4.2.3.2. RF kablo + terminal kontak bütününe etkisi	83
4.2.3.3. İki ölçüm farkı	86
4.3. İletişim Ağı Veri Paketlerinin İletimi	89
4.4. T60 Kubbe Kontrol Sistemine Entegrasyon.....	90
4.5. İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından YGY-KORSİS	94

4.6. Patent	94
5. SONUÇ	95
6. KAYNAKLAR.....	97
7. EKLER.....	99
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisan Tezi olarak sunduğum “YÜKSEK GERİLİM YILDIRIM KORUMA SİSTEMİ” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

11 / 07 / 2024

Hasan ERSOY



SİMGELER VE KISATMALAR

Simgeler

AC	: Alternatif Akım
°C	: Santigrat Derece
cm	: Santimetre
DC	: Doğru Akım
gr	: Gram
I	: Akım
I _{imp}	: Kısa Devre Kesme Akımı
kA	: Kiloamper
kHz	: Kilohertz
kJ	: Kilojoule
km	: Kilometre
kV	: Kilovolt
m	: Metre
mg	: Miligram
MHz	: Megahertz
MIL-C	: Askeri standart
mm	: Milimetre
MPa	: Megapascal
µs	: Mikrosaniye
P	: Güç
PE	: Polietilen
PP	: Polipropilen
PTFE	: Polytetrafluoroethylene
PUR	: Poliüretan
PVC	: Polivinilklorür

R	: Direnç
s	: Saniye
V	: Volt
XLPE	: Çapraz Bağlı Polietilen
Ω	: Ohm

Kısaltmalar

ASTM	: Amerikan Society for Testing and Materials
AWG	: American Wire Gauge
DMSP	: Meteorolojik savunma uydu programı
E.S.E.	: Early Streamer Emission
EPR	: Etilen Propilen Kauçuk
ETFE	: Ethylene Tetrafluroethylene
HDPE	: Yüksek yoğunluklu polietilen
IEC	: Uluslararası standart
IEEE	: Institute of Electrical and Electronics Engineers
LDPE	: Düşük yoğunluklu polietilen
MIL-C	: Askeri standart
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
T60	: 60 cm Ayna çapına sahip teleskop
T100	: 100 cm Ayna çapına sahip teleskop
TUG	: TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi
TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel Teknik Araştırma Kurumu
YGY-KORSİS	: Yüksek Gerilim Yıldırım Koruma Sistemi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Atmosferik deşarj	4
Şekil 2.2. Buluttan yere, yerden buluta deşarj	5
Şekil 2.3 Yıldırım deşarj süreci.....	6
Şekil 2.4. Küresel yıldırım deşarj dağılımı	7
Şekil 2.5. Türkiye yıldırım deşarj dağılımı	7
Şekil 2.6. Bina tipi paratoner tek hat şeması.....	10
Şekil 2.7.a) Franklin çubuğu yakalama ucu yüksekliğe göre koruma açış; b) Franklin çubuğu koruma alanı	11
Şekil 2.8 Faraday kafesi tek hat şeması	11
Şekil 2.9. Parafudr B Tipi, 3 Faz + Nötr, I _{imp} = 100kA	13
Şekil 2.10. Parafudr C Tipi, 3 Faz + Nötr, I _{imp} = 40kA	13
Şekil 2.11. Parafudr B + C Tipi, 3 Faz + Nötr, I _{imp} = 60kA.....	14
Şekil 2.12. Kartuş tipi DC parafudr	15
Şekil 2.13. Koruma topraklaması.....	16
Şekil 2.14. Adım gerilimi.....	17
Şekil 2.15. Trafo yıldız noktası için işletme topraklama bağlantısı.....	18
Şekil 2.16. Özelleşmemiş topraklama türleri	19
Şekil 2.17. a) Özgül direncin tuzluluk oranına göre değişimi; b) Özgül direncin nem oranına göre değişimi; c) Özgül direncin sıcaklık karşısındaki değişimi	20
Şekil 2.18. Kenarları 1 metre olan küp şeklindeki toprak yığını ve ölçme devresi	22
Şekil 2.19. a) Topraklama direnç ölçüm megeri; b) Topraklama ölçüm megeri bağlantı şeması.....	23
Şekil 2.20. Çok telli çok damarlı kablo kesiti ve katmanları	25
Şekil 2.21. Tek damarlı kablo kesiti ve katmanları.....	26
Şekil 2.22. İletken kesiti	26
Şekil 2.23.Yüksek gerilime maruz kalma şiddetinin canlı yaşamına olan etkileri	36

Şekil 3.1. Kaplam aşamaları	37
Şekil 3.2. Temizleme solüsyonları	40
Şekil 3.3. Nikel kaplama öncesi yüzey aktifleştirme solüsyonu.....	41
Şekil 3.4. Akımsız nikel kaplama solüsyonu	42
Şekil 3.5. Akımlı altın kaplama solüsyonu	43
Şekil 3.6. Fischerscope cihazı ekran görüntüsü	43
Şekil 3.7. Kaplama öncesi terminal kontak bütünü	44
Şekil 3.8. Kaplama sonrası terminal kontak bütünü	44
Şekil 3.9. Miliohmmetre bağlantısı.....	45
Şekil 3.10. Multimetre bağlantısı.....	46
Şekil 3.11. Konnektör kasetleri.....	49
Şekil 3.12. Redüktör	51
Şekil 3.13. Rulmanlar	52
Şekil 3.14. Mil yapısı.....	52
Şekil 3.15. Adım motor yapısı	53
Şekil 3.16. Servo motor yapısı.....	54
Şekil 3.17. Encoder iç yapısı.....	55
Şekil 3.18. %90 Bağlı nemde YGY-KORSİS için atlama mesafesi	56
Şekil 3.19. Altıgen ana gövde	57
Şekil 3.20. Ana gövde iskelet yapısı	57
Şekil 3.21. Hareketli terminal kontak bütünü	58
Şekil 3.22. Sabit terminal kontak bütünü.....	58
Şekil 3.23. Kontak şekilleri.....	59
Şekil 3.24. Terminal tutucu kasetler.....	61
Şekil 3.25. Hareket sistem bütünü	61
Şekil 3.26. Step motor hız grafiği	62

Şekil 3.27. Yıldırım deşarj sayıcı.....	63
Şekil 3.28. YGY-KORSİS dış görünüş	64
Şekil 3.29. YGY-KORSİS iç yapısı genel görünüm	67
Şekil 3.30. Tamamlanmış genel görünüm.....	68
Şekil 3.31. Tesla bobini blok diyagramı	68
Şekil 3.32. Tesla bobin şeması	69
Şekil 3.33. Neon transformatör.....	70
Şekil 3.34. Tesla bobini Primer sargısı	71
Şekil 3.35. Tesla ikincil bobin sarımı.....	72
Şekil 3.36. Tesla bobini sekonder sargısı.....	73
Şekil 3.37. Tesla bobini.....	74
Şekil 4.1. Yapısal bütünlük testi.....	76
Şekil 4.2. Donanımsal bütünlük testi	76
Şekil 4.3. Cihaz koruma testi	78
Şekil 4.4. RG 316 spektrum analizör bağlantısı	80
Şekil 4.5. Kablo etkisi Ölçüm grafiği	82
Şekil 4.6. Sabit kontak tutucu kaset.....	83
Şekil 4.7. Hareketli + Sabit kontak kaseti.....	83
Şekil 4.8. RG316 kablo + BNC + sabit hareketli kontak test düzeneği.....	84
Şekil 4.9. RG316 kablo + BNC + Sabit hareketli kontak etkisinin ölçüm grafiği.....	86
Şekil 4.10. Fark grafiği	88
Şekil 4.11. İletişim ağı veri iletimi.....	89
Şekil 4.12. İletişim ağı wireshark kaydı.....	90
Şekil 4.13. Yıldırım deşarjında zarar gören T100 Enerji dağıtım panosu	91
Şekil 4.14. T60 kubbe kontrol panosuna bağlantı.....	91
Şekil 4.15. T60 kubbe kontrol panosu	92

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Yüzey toprağı, kumlu balçık, silika bazlı kum için nem içeriğine göre direnç değerleri.....	21
Çizelge 2.2. Toprak çeşitlerinin özgül dirençleri	24
Çizelge 2.3. Polyamid özellikleri.....	30
Çizelge 2.4. Polyamidlerin kimyasal dayanımları	31
Çizelge 2.5. Plietenlerin özellikleri	32
Çizelge 2.6. Polipropilenin özellikleri	33
Çizelge 2.7. Fenol Fiber özellikleri.....	34
Çizelge 3.1. Kontak temas direnç ölçümü	46
Çizelge 3.2. Konnektör çeşitleri.....	48
Çizelge 3.3. Kontak üretile bilirlik limitleri	59
Çizelge 3.4. Kontak üretim toleransları	60
Çizelge 3.5. İzolasyon sıvısı özellikleri	65
Çizelge 3.6. Neon transformatör özellikleri.....	70
Çizelge 3.7. Primer sargı özellikleri	71
Çizelge 3.8. Sekonder sargı özellikleri	72
Çizelge 3.9. Toroid sargı özellikleri.....	73
Çizelge 4.1. 100 kHz – 8 GHz arası RG316 kablo + BNC etkisinin ölçümü.....	81
Çizelge 4.2. 100 kHz – 8 GHz arası RG316 kablo + BNC + Sabit hareketli kontak etkisinin ölçümü.....	84
Çizelge 4.3. Fark tablosu	87

1.GİRİŞ

Bir doğa olayı olan yıldırım deşarjları günümüz modern hayatın olağan akışını olumsuz yönde etkileyen, can kayıplarının yanında maddi zarara neden olan bir süreçtir. Özellikle kıyı bölgelerinde kıyıya paralel dağ sıralarının yoğunlaştığı alanlar ile etrafına göre belli bir yükseltiye sahip düzlükler üzerinde bulunan doğal veya insan yapımı yapılara yıldırım deşarjının gerçekleşme olasılığı çok daha fazladır. Dünyamızda yıllık ortalama 9 milyon yıldırım deşarjı meydana gelmektedir. Yıldırım deşarjının etki alanı içinde kalan bölgelerde bulunan elektrikli cihazların tamiri mümkün olmayacak şekilde hasara uğramasının yanı sıra bina ve tesislerde yangına sebep olmaktadır. Canlı yaşamını tehdit eden yıldırımın yıkıcı etkisinden, elektrikli cihazları korumak ve meydana gelecek maddi kayıpların önüne geçmek için araştırmalar devam etmektedir. Engellenemeyen yıldırım deşarjının güvenli olarak topraklama sistemlerine yönlendirilmesi ve sönümlenmesi günümüzün güncel sorunlarından biridir.

Yıldırım deşarjının zararlı etkilerinden korunmak için ülkemizde uluslararası IEC62305 standardı kapsamında hazırlanan yönetmelik geçerlidir. IEC62305 standardın amacı risklerin değerlendirilmesi için prosedür sağlamak olup tanımında aşağıdaki ifade yer almaktadır.

“IEC62305 standardı, bir yapı içinde yıldırım elektromanyetik darbesinin (LEMP) sebep olduğu kalıcı arıza risklerini azaltmak için elektrik ve elektronik sistem koruma tedbirlerinin (SPM) tasarım, tesis, muayene, bakım ve deneyleri ile ilgili bilgileri kapsar” (TS EN 62305, 2007).

Günümüzde paratoner, parafudr, Faraday kafesi vb. iç ve dış yıldırımlıklar olarak bilinen koruma yöntemleri kullanılmaktadır. TSE 62305 yönetmeliğine uygun üretilen iç yıldırımlıklar, korunmak istenen cihazlara ve sistemlere ait enerji iletim hatlarına paralel bağlanarak kullanılır. Dış yıldırımlıklar ise doğrudan topraklama yapılarına bağlıdır. Günümüzde tüm yönetmeliklere ve kurallara uygun hareket edilse bile, yıldırım deşarjının direkt veya dolaylı etkisinden %100 koruma sağlayan bir araç veya yöntem yoktur.

Askeri ve savunma unsurlarında stratejik öneme sahip veya özel sektör tarafından kullanılmakta olan, yüksek maliyetli sistemlerin elektrik elektronik bileşenlerini yıldırım deşarjından veya dolaylı etkilerinden korunabilmek için yürürlükte bulunan yönetmelikler ve koruyucu tedbirlerin yanı sıra, yıldırım deşarjı gerçekleşme olasılığının yüksek olduğu ve yüklü bulutların bir araya geldiği fırtınalı zaman dilimlerinde korunmak istenen cihazların veya sistemlerin harici iletken bağlantıları servis harici edilerek korunmaya çalışılmaktadır. Cihaz ve sistemlerinin kurulu bulunduğu yerde, harici iletken bağlantılarını elle devre dışı bırakmak için, müdahalede bulunan teknik personelin hayatını riske atmaktadır. İş sağlığı ve güvenliğine uygun olmayan bu koruma tedbiri cihaz ve sistemlerde farklı sorun ve arızalara neden olmaktadır.

Bu tezin çalışma konusu, yıldırımın yıkıcı etkisinin cihazlara ve sistemlere ulaşmasını engelleyecek insan yaşamını tehlikeye atmayan, iş sağlığı ve güvenliğine uygun çözüm sunan bir cihazın geliştirilmesidir. Yüksek Gerilim Yıldırım Koruma Sistemi (YGY-KORSİS) için tasarım, üretim ve test aşamalarına ayrı ayrı değinilmektedir. Yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi, sabit ve hareketli kontak

gruplarının oluşturduğu bir yapıdan meydana gelmektedir. Kontak kaplamasında kullanılan malzemeler (MIL-C, ASM, ASTM-B733) standartlara uygun, çok katmanlı kaplama sayesinde kontakların iletim kabiliyeti artırılmıştır. Yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi, uzaktan kontrol edilebilen, robotik veya kullanıcı talebi doğrultusunda çalışabilecek şekilde kurgulanmıştır. Hareket sistemi, hızlanarak doğrusal harekete devam edip, yavaşlayarak hareketini tamamlamaktadır. Hareket sistemi üzerinde tanımlanan limit aralıklarında yumuşak geçişi sayesinde, sabit ve hareketli kontaklar arasında kontak temasını garanti etmekle birlikte hareketli kontak için belirlenen bası değerine ulaşana kadar hareketin devamlı olmasını sağlamaktadır.

Yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi Raspberry Pi üzerinde Linux işletim sistemini kullanarak hareket ve kontrol birimlerini kumanda etmektedir. YGY-KORSİS üzerinde gerçekleşen tüm olayların kaydını tutmaktadır. YGY-KORSİS üzerinde ikinci bir harici yıldırım sayacı sayesinde gerçek zamanlı meydana gelen yıldırım deşarjı ve gerilim yükselmelerini tarih, saat, dakika, saniye düzeyinde kaydetmektedir. Yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi polietilen ve fiber pertinaks yalıtkan malzemeleri kullanılarak yapılmıştır. İlk prototip üretiminde 50000 V gerilim dayanımı göz önüne alınarak ana gövde polietilenden (Bkz.Çizelge 2.5), hareket sistemi kontak tutucular Fenol fiber kullanılarak imal edilmiştir (Bkz. Çizelge 2.7).

Korunmak istenen cihaza veya sisteme, yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi kendi üzerinde bulunan konnektörler vasıtasıyla seri olarak bağlanır. Konnektör bağlantıları için herhangi bir kısıtlama bulunmamakta olup, montaj ve demontaj kolaylığı sağlanmaktadır. Yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi imalat ve montaj sonrasında bir dizi teste tabi tutulmuştur, bunlar;

- Yüksek Gerilim Geçirgenlik ve Dayanım Testi,
- Enerji / Veri İletim Testi,
- İletişim ağı Veri Paketlerinin İletim Testi,
- T60 Kubbe Kontrol Sisteminin Koruma Testi.

Bu tez çalışmasının son bölümünde yukarıda maddeler halinde verilmiş olan test adımlarının bilimsel sonuçları göz önünde bulundurularak yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi için öngörülemeyen sorunların tespiti ve çözümlerine değinilerek YGY-KORSİS için güvenli koruma limitleri belirlenmiştir. Cihazların çalışma geriliminden daha yüksek gerilimine maruz kalması özellikle ana kol yıldırım deşarjlarında 10-100000 kV ile 30 kA mertebelerinde olabilmektedir. Potansiyel farkın havanın direnç değerini aştığı durumlarda akımın yıkıcı etkisi gözlemlenir. Yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi insan hayatını tehlikeye atmadan iş sağlığı ve güvenliğine uygun 50000 V gerilim için koruma sağlayabilen bir sistem olarak tasarlanmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

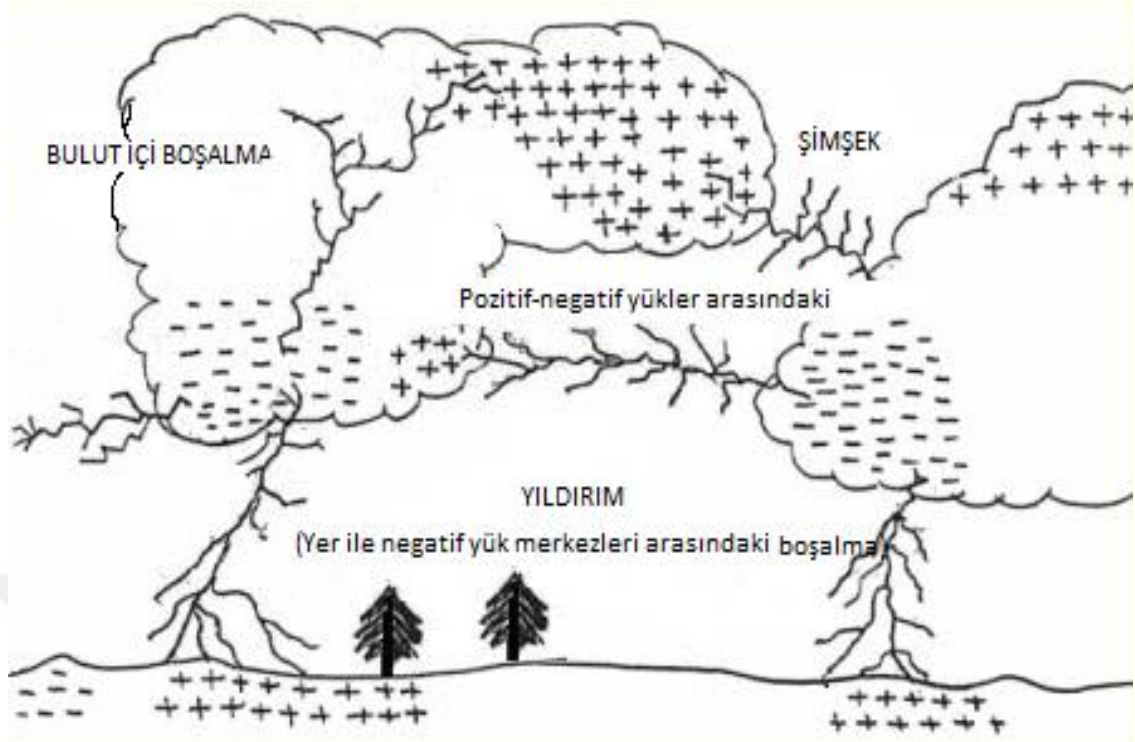
2.1. Yıldırım

Yıldırım, dünya tarihinde yaşamış bütün toplumları etkileyen, yer yer büyük yıkımlara, can kayıplarına sebep olan, korkutucu bir doğa olayıdır. 3 milyar yıldır var olduğu tahmin edilen yıldırımdan korunmak için günümüzde birçok yöntem geliştirilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerinde bir insanın yıldırıma çarpılma olasılığı 600.000’de 1 olsa da Türkiye’de Mayıs 2018’de yıldırım çarpması sonucu 9 kişi hayatını kaybetmiş, 26 kişi ağır şekilde yaralanmıştır (Şen, 2018). Yıldırım dünya üzerindeki en parlak ışığın ve duyulabilen en yüksek sesin kaynağıdır. Dünya’da günlük ortalama 9 milyon yıldırım veya şimşek deşarjı meydana gelmektedir. Yıldırım hakkında tarih boyunca birçok bilim insanı çalışmalar yürütmüş olup bu çalışmalar günümüzde halen devam etmektedir. 1800’lü yıllarda tarihe paratonerin mucidi olarak geçen Benjamin Franklin’in yıldırımın elektriksel bir olay olduğunu bulmasında, fırtınalı havada uçurtma uçurarak yaptığı deney vardır. Deney esnasında yıldırım deşarjının, uçurtmaya bağlı bulunan iplik üzerinden akması sonucu iki yardımcısı hayatını kaybetmiştir. Yıldırım elektrostatik deşarj olarak oluşan, elektromanyetik radyasyon üreten doğal bir süreçtir. Burada önemli olan yıldırım hadisesinin meydana gelme sıklığının yanı sıra, meydana gelmeden önce veya hadisenin yaşandığı anda, bu olaydan direkt ya da dolaylı etkilenen sektörleri, kurum ve kuruluşların nasıl uyarıldığı önem arz etmektedir. Ses ve ışık birlikteliği ile algılanan yıldırım için ortalama mesafe tahmininde bulunabiliriz. Ses hızının yaklaşık 340 m/s olduğundan yola çıkarak yıldırımı ışık olarak algıladıktan sonra sesin bize ulaşması için geçen süre ile ses hızını çarptığımızda ortalama mesafeyi bulabileceğimiz gibi günümüzde düşük frekanslı radyo sinyal alıcıları sayesinde yıldırımın konumu tespit edilebilmektedir. Sat24 uydu sistemi yardımıyla küresel boyutta gerçek zamanlı yıldırım deşarjlarının konum ve yönelimleri izlenebilmektedir.

Atmosfer bir bütün olarak düşünüldüğünde gök ile yer arasında bir elektriksel yük dengesi vardır. Yeryüzünün ısınması ile yükselen hava ve su buharının daha soğuk katmanlara ulaşması ile bulutlar oluşur. Hava akımlarının meydana gelmesi ile yükseklerde doğru çıkıldıkça sıcaklık düşer ve nispeten daha aşağıda bulunan sıcak hava tabakası ile yükseklerde bulunan soğuk hava tabakası yer değiştirir. Yükselen hava akımları ile soğuyan su buharları yoğunlaşır ve su kristalleri dolu tanecikleri oluşturur. Ortamdaki hava sıcaklığı -10 ile -40 derece arasında olduğunda buz taneciklerinin sayısı artar. Ortamdaki buz kristallerinin bir kısmı dolu tanecikleri ile birleşir. Bu birleşme ortamda bulunan soğuk su taneciklerinin birleşmesi ile devam eder. Buluttaki yüklerin oluşumu hakkında farklı teoriler olsa da kabul gören fiziksel nedenlerden dolayı bulutların üst kısmı pozitif, alt kısımları negatif yükler bulunduğu görüş kabul görmektedir. Pozitif ve negatif yüklerin oluşumu bulutun içerisinde yer alan buzların parçalanması ile başlar, parçalanmış küçük buz tanecikleri pozitif yüklenirken büyük buz tanecikleri negatif yüklenir. Bulutun içerisinden geçen dikey rüzgâr bu küçük buz parçalarını bulutun üst kısımlarına doğru taşır, büyük buz tanecikleri bulutun alt kısmında kalır. Böylelikle bulutun üst tarafında pozitif alt tarafında negatif yükler toplanmış olur.

2.1.1 Yıldırımların sınıflandırılması

Yıldırım deşarjları üç ana tipe ayrılabilir. (Thanasaksiri 2004; IEEE Standard 2004).



Şekil 2.1. Atmosferik deşarj (Golding, 2005)

2.1.1.1 Bulut içi deşarj

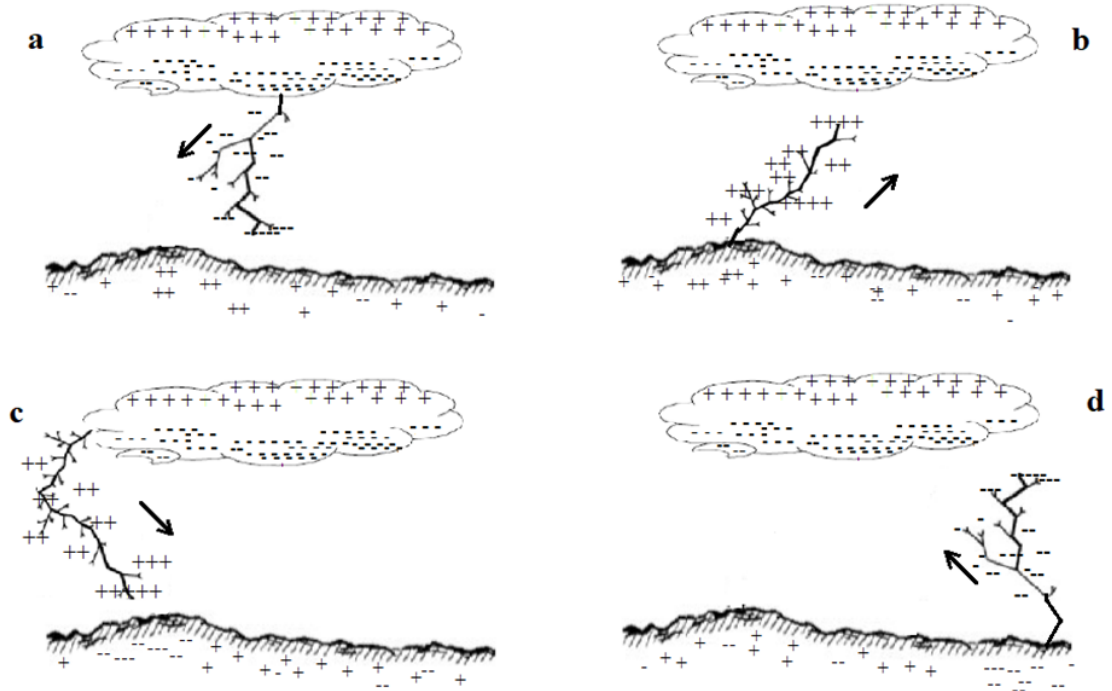
Bulut içinde meydana gelen boşalmalar, negatif ve pozitif yüklerle yüklü olan bulut kümesindeki yüklerin birbiri ile etkileşmesi sonucunda meydana gelir. Şekil 2.1.'de bulut içi deşarj gösterilmiştir. Meydana gelen bu boşalmanın yeryüzüne olan etkisi, bulut ile yer arasında meydana gelen yıldırım deşarjına göre çok daha azdır.

2.1.1.2. Buluttan buluta deşarj

Farklı bulut kümesindeki pozitif ve negatif yüklerin arasında meydana gelir. Şekil 2.1.'de buluttan buluta deşarj gösterilmiştir. Bu etkileşime şimşek ismi verilmektedir. Meydana gelen bu boşalmanın yeryüzüne olan etkisi, bulut ile yer arasında meydana gelen yıldırım deşarjına göre çok daha azdır.

2.1.1.3. Buluttan yere deşarj

Bulut ile yer arasında meydana gelen boşalmalara yıldırım adı verilmektedir. Meydana gelen bu boşalmanın etkisi ve şiddeti bulutla yer arasındaki mesafenin artması ile ters orantılı olarak artmaktadır. Şekil 2.2.'de yıldırım deşarj gösterilmiştir. Meydana gelen boşalmaların %90'a yakın kısmı negatif kutupludur. Yıldırım deşarjı çoğunlukla bulut kümesinden yeryüzüne doğru gerçekleşir. Şekil 2.2.a ile Şekil 2.2.c'de buluttan yere, Şekil 2.2.b ile Şekil 2.2.d'de yerden buluta deşarj durumları gösterilmiştir.

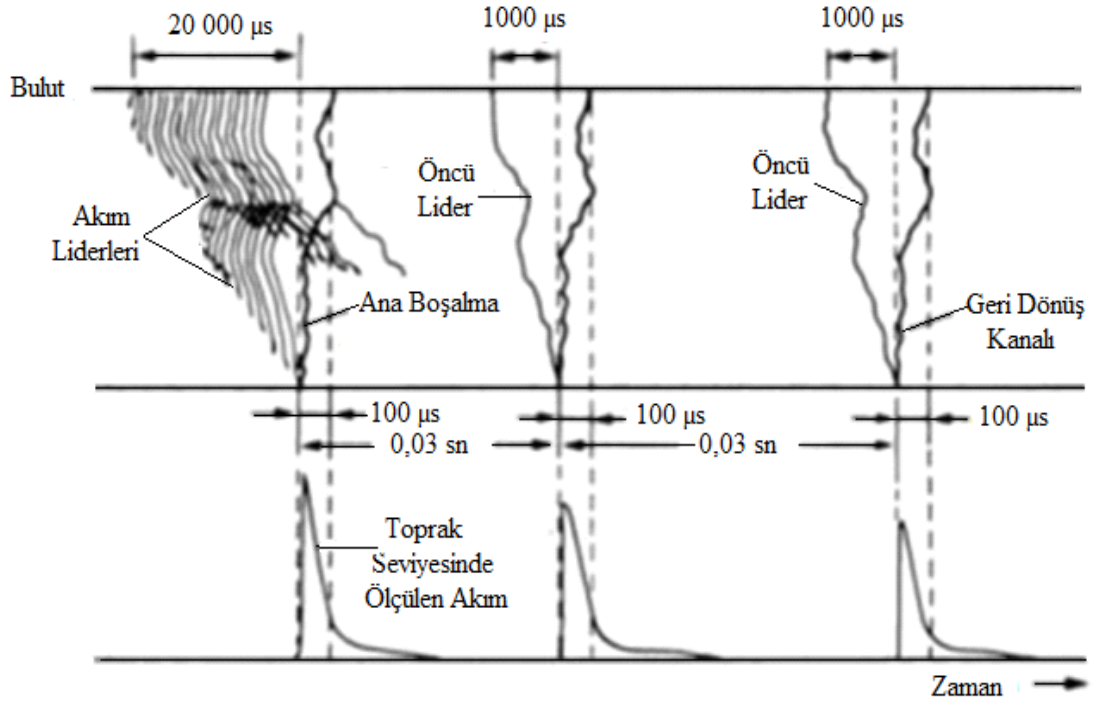


Şekil 2.2. Buluttan yere, yerden buluta deşarj (Meted, 2016).

Yıldırımın kanal içerisinden yer kabuğuna doğru ilerleme hızı yaklaşık olarak saatte 96.000 km'dir. Yeryüzünde bulunan doğal ve yapay yükseltiler, binalar, kuleler, vb. yapılar yeryüzünden buluta doğru bir yıldırım oluşmasına neden olabilir. Ancak bunun gerçekleşme durumu buluttan yere olan yıldırım deşarjından daha azdır. Bu olay Şekil 2.2.b ve Şekil 2.2.d'de görülmektedir.

Bulut kümesinde meydana gelen yük birikimleri belli bir eşik değerine ulaştığında, bulutun alt kısmından toprağa doğru öncü deşarjlar meydana gelir. Gerçekleşen bu deşarja, bulutun alt tarafında toplanan yüklerin negatif olmasından dolayı negatif kutuplu deşarj denir. Şekil 2.2.a'da görülmektedir.

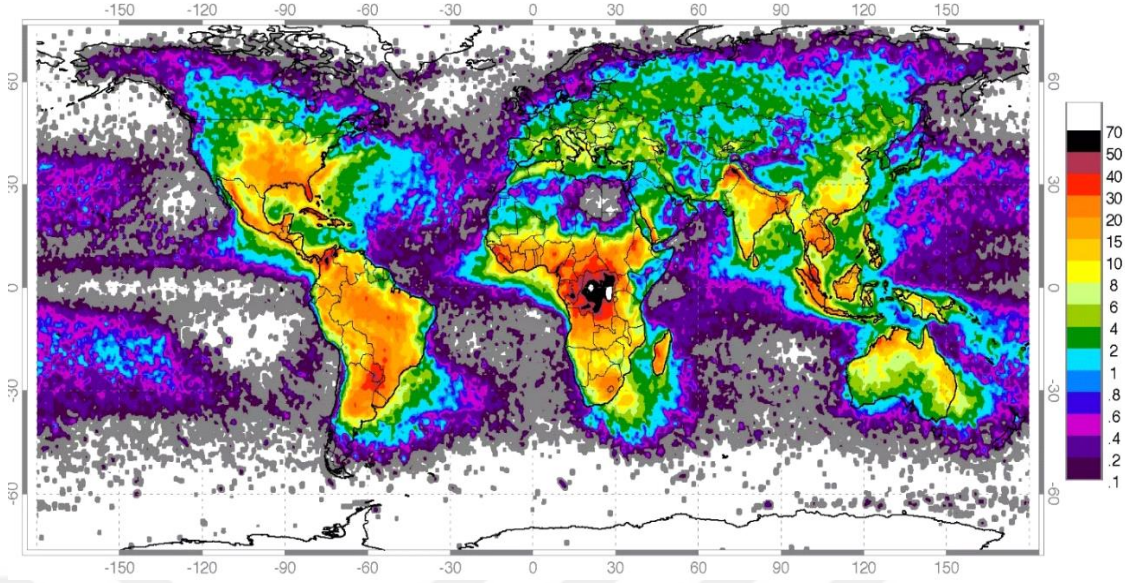
Yıldırım kaynağı olan negatif yük merkezleri ile yeryüzü arasında 500 metreden 10 km'ye kadar aralık vardır. Negatif bir yük merkezi civarındaki elektrik alan 10 kV/cm'ye ulaştığında (10 kV/cm büyük su damlaları bulunan havanın delinme gerilimi) iyonize olmuş olan kanal buluttan yere doğru oluşmaya başlar. İyonlaşmış kanalda elektron hızı, ışık hızının onda biri kadardır (Wagner 1942). Şekil 2.3'de görüleceği gibi her seferinde ortalama 10-200 m yol alarak aşağıya doğru ilerleyen dalga 2-3 µs ilerler, durur ve daha sonra yoluna devam eder. Bu dalga adım adım ilerlediği için lider adım (stepped leader) olarak adlandırılır.



Şekil 2.3 Yıldırım deşarj süreci (Wagner, 1942)

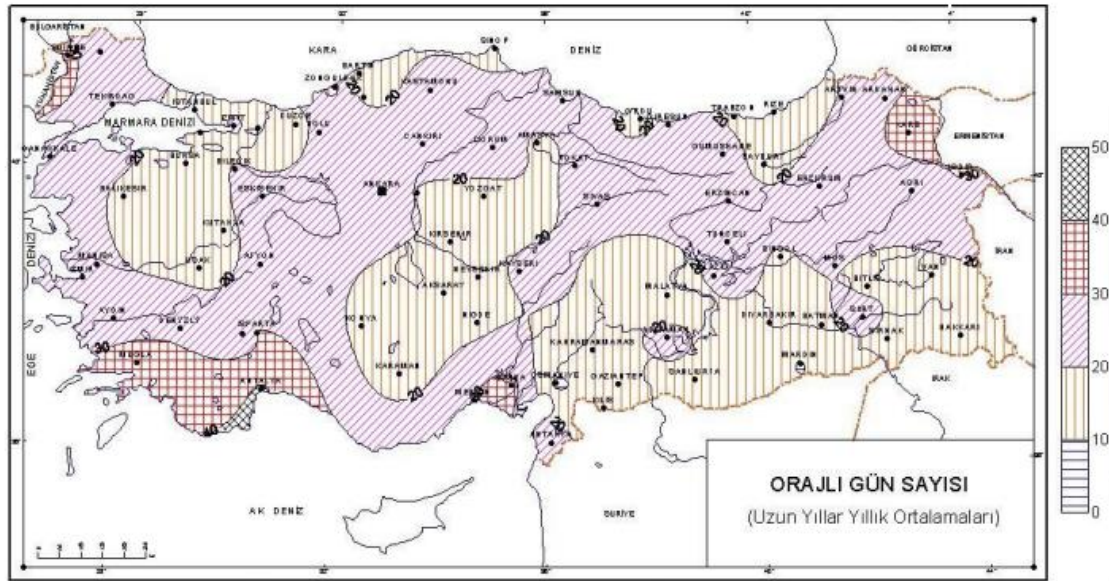
Bulut kümesinin üst kısmında bulunan pozitif yüklerin yeryüzüne deşarj olması pozitif kutuplu boşalma olarak adlandırılır. Genellikle rakımca yüksek ve dağlık bölgelerde meydana gelir ve görülme sıklığı negatif kutuplu boşalmaya göre çok daha azdır. Yaklaşık %10 kadar olan pozitif kutuplu deşarjın akım değeri 50 kA mertebesinde Şekil 2.2.c’de görülmektedir.

Dünya üzerindeki yaşamı birçok yönden etkileyen yıldırım deşarjı için dünya çapında çalışmalar yapılmaktadır, meteorolojik olayları tahmin etmek ve askeri operasyonlarda faydalanmak üzere NASA tarafından kurulmuş olan Meteorolojik Savunma Uydu Programıyla (DMSP) 1977 yılında CORONA projesi kapsamında alçak yörüngeye uydu sistemleri yerleştirmiştir. Sensörler sayesinde nem, sıcaklık vb. ölçümlerin yanında küresel yıldırım etkinliğini izlemek için bulut örtüsünü görsel ve kızılötesi görüntülenmesini sağlayan optik sistemlerden oluşturulmuş bir uydudur. Proje kapsamında beş yıl gözlem yapmıştır. Elde edilen yıldırım deşarj sonuçları Şekil 2.4.’da verilmektedir. Oraj (Thunderstorm) nispeten kısa süreli fırtına, türbülans, kuvvetli sağanak yağmur, dolu ile beraberinde ortaya çıkan kümülüs bulutlarının oluşturduğu yıldırımları ifade etmektedir, orajın meydana geldiği bulutların taban sıcaklığı 0 °C negatif yüklü tepe sıcaklığı -20 °C pozitif olduğu görülür. Sonuçlar bölgesel olarak incelendiğinde yıldırım yoğunluğunun sahil kısımlarında yoğunlaştığını görülmektedir.



Şekil 2.4. Küresel yıldırım deşarj dağılımı (Christian, 2003)

Türkiye ölçeğinde bakıldığında, özellikle deniz üzerinden rahatlıkla ilerleyen yüklü bulut kümelerinin, kıyıya paralel dağ yükseltileri ile karşılaştığı yerlerde yıldırım deşarjının yoğunlukla yaşandığı görülmektedir. En fazla yıldırım deşarjı Akdeniz bölgesinin batı tarafıdır, bölge içerisinde Toros sıra dağlarının bir bölümü olan Beydağları ve etrafı yıldırım deşarjının en fazla olduğu kısımdır. Şekil 2.5.'de Türkiye orajlı gün sayısı dağılımı görülmektedir.



Şekil 2.5. Türkiye yıldırım deşarj dağılımı (Orak, 2018)

2.2.Koruma Grupları

2.2.1. Dış yıldırımlıklar

Bir doğa olayı olan yıldırımın zararlarından korumak için günümüzde birçok yöntem kullanılmaktadır. İlk önceliği insan yaşamını korumak olan bu yöntemler tek tek veya beraber kullanılabilir. Yıldırımın yıkıcı etkisi canlı yaşamının yanında binaları, tesisleri, elektrik, elektronik cihazları etkilemekte, tamiri mümkün olmayacak hasarlara yol açmaktadır. Günümüzde kullanılan kabul görmüş koruma yöntemleri tam korumayı garanti edememektedir. Yıldırımdan korunmadaki amaç, yıldırımın doğrudan veya dolaylı yıkıcı etkilerini mümkün olduğunca ortadan kaldırmaktır.

Bulutta biriken yüklerin yeryüzüne deşarjı önüne geçilemeyen bir durumdur. Buluttan yeryüzüne deşarj yıldırım olarak adlandırılmaktadır, meydana gelen deşarjın zararlı etkisini ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için, deşarjının yapılar, binalar, cihazlar, vb. sistemlere ulaşmadan yakalama uçlu düzeneklerle yakalandıktan sonra iletkenler yardımı ile yükün toprağa ulaştırılmasıdır. Yıldırım korunma sistemleri iç ve dış yıldırımlıklar olmak üzere iki çeşittir. Dış yıldırımdan korunma sistemleri olarak özelleşmiş yükün toprağa boşalmasında kullanılan, paratoner koruma sistemi, Franklin çubuğu koruma sistemi, Faraday kafesi ile koruma sistemlerine sırası ile değineceğiz.

2.2.1.1. Paratoner koruma sistemi

Tarihe paratonerin mucidi olarak geçen Benjamin Franklin fırtınalı havada uçurtma uçurarak yaptığı deneyde, iki yardımcısının ölmesi ile sonuçlansa da yıldırımın elektriksel bir olay olduğunu bulmuştur. Yıldırımı elektrostatik deşarj olarak oluşan, elektromanyetik radyasyon üreten doğal bir süreç olarak tanımlarken elektrik yüklerini artı ve eksi olarak tanımlamış ve 1760 yılında ilk paratoneri yapmıştır.

Paratoner zaman içinde gelişmiş olup, aktif ve pasif olarak farklı türleri üretilmiştir. Genel olarak paratoner istenmeyen yükleri toprağa güvenli bir şekilde iletme üzere metal iletken gruplardan meydana gelmektedir. Yakalama kısmında bulunan metal çubukların varlığı eş potansiyeli bozarak, sıfır olarak kabul edilen toprak düzlemini paratonerin en uç noktasına taşır. Bu noktadaki iyonlar gerilim yoğunluğunu arttırarak paratonerin yakalama uçları sayesinde bulutta biriken yükün en kısa yoldan yeryüzüne ulaşmasını sağlar.

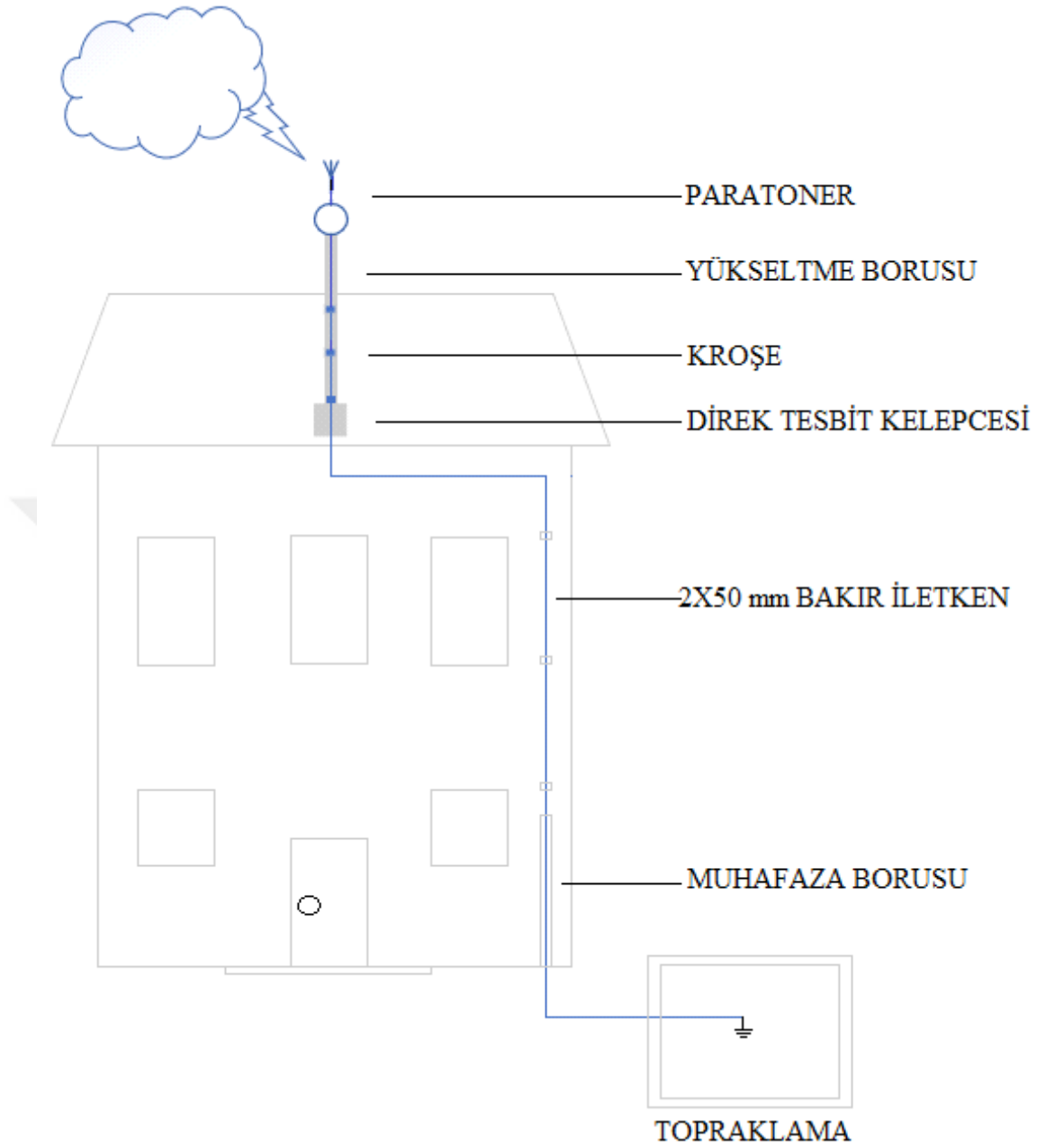
Paratonerlerin çalışma prensibi basit ama etkilidir. Havada bulunan yüklerin, elektrik alan şiddetlerini artırarak yıldırım deşarjının üzerinden geçmesini sağlayan basit bir düzenektir. Aktif paratonerler iki tiptir, elektrostatik paratoner ve piezoelektrik kristalli aktif paratonerler. Başlıca kullanım alanları ve kullanım biçimleri birbirinden farklıdır.

Elektrostatik paratonerler, yıldırım oluşmadan önce havada değişen-yoğunlaşan elektromanyetik alanı kullanarak çalışmaktadırlar. Hava ile yer arasındaki elektromanyetik alan farkı arttığında, paratonerin içindeki mekanizma bu farkı kullanarak iyonizasyon sistemine geçer ve iyon yaymaya başlar. Bu iyon yayılımı ile yıldırım kanalı oluşturarak yıldırım akımını kendi üzerinden toprağa boşaltır.

Piezoelektrik Kristalli E.S.E (Early Streamer Emission) Aktif Paratonerler mekanik enerjiyi elektrik enerjisine, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren kristal yapılardır. Kurşun zirkon titanat uçları elektrot oluşturmak için nikel ile kaplanmıştır. Piezoelektrik kristali, lokal elektrik alanını genişleterek, normal şartlarda yıldırım deşarj kanalının oluşumunu öne çekerek, kendi üzerinde bir deşarj kanalının oluşmasını sağlar.

Aktif paratonerlerin diğer bir çeşidi radyoaktif paratonerlerdir. Radyoaktif paratonerler içerisinde bir miktar radyoaktif madde bulundurulur. Radyoaktif maddeden yayılan ışınlar sayesinde bulunduğu etki alanında yıldırım deşarjı için iyonize bir yol oluşturarak deşarjı kendi üzerine çeker. Radyoaktif paratonerler genellikle Radyum veya Amerikyum barındırırlar. İçinde bulundurdıkları radyoaktif maddelerden dolayı çevre ve insan sağlığına zararlıdır. Ülkemizde Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) 10700-0005 sayılı genelgeyle 31.03.2000 tarihinden itibaren radyoaktif paratoner ithalatını ve kullanımını süresiz olarak durdurmuştur.

Paratoner kurulumu için ülkemizde uluslararası IEC62305 standardı kapsamında hazırlanan Yapı ve Tesislerin Yıldırımdan Korunması Standardı TSE 62305 olarak yayınlanmıştır. İlgili standartta yapılacak risk analizine göre paratonerlerin yerleri belirlenmektedir. Paratoner sistemi NFC17 102 standartları kapsamında tasarlanmaktadır. Paratonerler yeryüzünde bulunan doğal yükseltiler olan dağlar, tepeler veya yapay yükseltiler olan binalar, kuleler gibi etrafına göre yüksek yerlerin uç noktasından yükseğe bir taşıyıcı yardımı ile sabitlenir. Sabitlenen paratonerin üzerinden deşarj olacak yıldırım akımını topraklama çukuruna ulaştırması için birbirine paralel iki iletken bulunmaktadır. Şekil 2.6'da paratonerin yapı üzerinde yükseltilerek sabitlenmesi ile topraklama çukuruna iletkenler yardımı ile irtibatının yapılması görülmektedir.

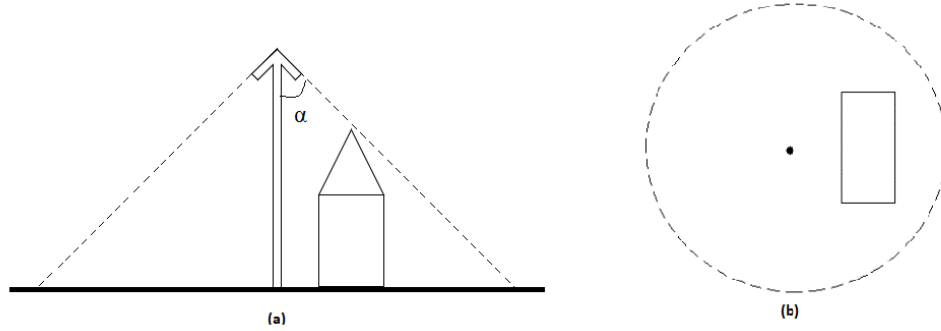


Şekil 2.6. Bina tipi paratoner tek hat şeması

2.2.1.2. Franklin çubuğu koruma sistemi

Pasif korunma türü olan Franklin çubuğu, sivri uçlu, çelik üzeri nikel kaplı veya pirinç üzeri krom-nikel kaplı iletken bir yapıdır. Yıldırım deşarj akımını taşıyabilecek Franklin çubukları etrafına göre yüksek yerlerin uç noktasına sabitlenir. Franklin çubukları iletkenler yardımıyla birbirine bağlanarak topraklama çukuruna irtibatlandırılır. Bu yapı daha çok geniş alanlı çatılarda, baca çıkışlarında, deniz fenerleri ile camii minarelerinin uç noktalarında kullanılmaktadır. Yakalama çubuğunun korunmak istenen

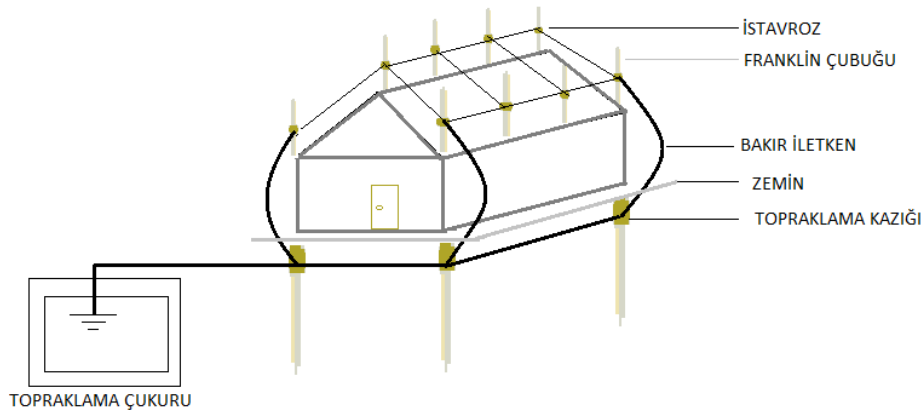
yapıdan daha yüksekte olması ve korunmak istenen yapının tamamının koruma alanının içinde kalması gereklidir. Şekil 2.7.a'da Franklin çubuğu yakalama ucu yükseltiye göre koruma açısı görülmekte olup Şekil 2.7.b'de koruma alanının temsili çapı görülmektedir.



Şekil 2.7. a) Franklin çubuğu yakalama ucu yüksekliğe göre koruma açısı **b)** Franklin çubuğu koruma alanı (Güner, 1977)

2.2.1.3.Faraday kafesi

Faraday kafesi 1836 yılında İngiliz Fizikçi Michael Faraday'ın adını verdiği bir korunma yöntemidir. Bu yöntemde yapı, iletkenlerin ağ biçiminde örülmesi ile korunur. Şekil 2.8'de örnek bir yapı için Faraday kafesi uygulama ve bağlantıları görülmektedir. Faraday kafesi, örülerek oluşturulan ağın içinde kalan hacmi, dışarda bulunan elektrik alanlarından koruyan bir işlev görmektedir. Faraday kafesinin çalışma ilkesi, iletken malzemeleri oluşturan atomların dış yörüngelerindeki değerlik elektronlarının hareket etme özelliğinden kaynaklanmaktadır. Kapalı devreye sahip olan iletken, elektrik alanı içerisine yerleştirildiğinde, elektronlar iletkenin içerisindeki elektrik alanı sıfırlanıncaya kadar hareket ettikten sonra yeniden dağılıma uğrar.



Şekil 2.8 Faraday kafesi tek hat şeması

Faraday kafesi ağ biçiminde örülmüş iletkenlerin bir araya gelmesiyle oluşturulmaktadır. Ağ yapısını oluşturan birleşim yerlerinin mümkünse kadvel kaynağı ile yapılması veya bağlantı klemensinin iki iletken arasında boşluk kalmayacak şekilde sıkıştırılması gerekmektedir.

2.2.2. İç yıldırımlıklar

Dış yıldırımlık sistemlerinden bağımsız olarak kullanılan iç yıldırımlıklar ana ve tali enerji dağıtım panolarında gerilim yükselmelerine karşı kullanılmakta olan pasif elemanlardır. Bir yıldırım deşarjında oluşan elektromanyetik darbeler veya elektrostatik boşalmalar toprak tarafından sönümlenir. Sönümlenme süresinde yaklaşık 2 km çap içinde kalan enerji iletim hatları, haberleşme hatları, güvenlik sistemleri vb. tesisler üzerinde direk yıldırım deşarjı veya manyetik alan etkisi ile bir gerilim indüklenmesi oluşur. Aynı zamanda enerji sistemine bağlı çalışan cihazların enerji hatlarında meydana gelecek ani kesilme (kesici açması) orta gerilim/alçak gerilim trafolarındaki yük değişimleri sonucunda iletken hat üzerinde bir gerilim yükselmesi meydana gelir. Meydana gelen bu gerilim yükselmeleri tesisatın veya tesisata bağlı cihazların dayanım sınırlarının üstünde ise izolasyon bozulmaları, yanmalar, patlamalar şeklinde açığa çıkmaktadır. Bir bütün olarak düşünüldüğünde yapılarda yangın vb. durumları iletim hatlarının izolasyon dayanımlarını ve sisteme bağlı bulunan cihazların korunabilmesi için iç yıldırımlık sistemi parafudr kullanılması gereklidir. Koruma sınıflarına göre üç tip parafudr vardır.

2.2.2.1. Tip1 = B Sınıfı koruma parafudr

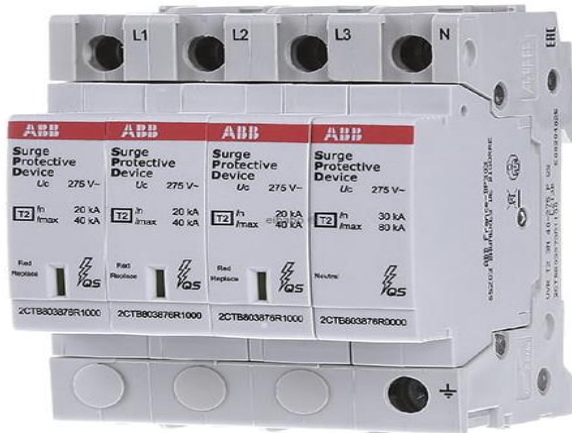
Tip1 B sınıfı parafudrlar yıldırım darbelerinin etkilerini sınırlandırmak üzere kullanılırlar. Bir tesis ya da yapının üzerinde bulunan bir paratoner varlığında veya harici olarak konuşlandırılmış bir paratonere 50 metre mesafede bir tesisin korunması için alçak gerilim enerji besleme hattının binaya ilk giriş noktasında; varsa ana dağıtım panosuna, ana dağıtım panosu yoksa tali enerji dağıtım panosuna konulur. Böylelikle yıldırım deşarjlarının ana besleme noktalarına zarar vermesini engeller. Tek kutuplu olarak imal edilen modüllerin her faz ve nötr için ayrı ayrı uygulanması gerekir. Özel hesaplama yöntemleri ile yapılan hesaplamalar sonrası tesisin maruz kalacağı yüksek gerilim miktarı ve akım değerlerine göre seçilmesi gerekmektedir. Enerji hatlarına paralel olarak bağlanan parafudrların imalatında genelde çinko oksit içeren varistör grupları kullanılmaktadır. Şekil 2.9.'da B tipi üç faz parafudr gösterilmiştir. Normal işletme şartlarında yalıtkan olan B tipi parafudr eşik gerilim değerini aşan bir gerilim yükselmesi ile karşılaştığında iletim durumuna geçer, üzerinde bağlı bulunan topraklama havuzuna giden iletken ile gerilim yükselmesi gerçekleşen iletkeni kendi üzerinde kısa devre ederek yüksek gerilimin topraklama yapısına yönlendirerek bağlı bulunduğu sistemi korumaya çalışır.



Şekil 2.9. Parafudr B tipi, 3 Faz + Nötr, $I_{imp}= 100$ kA (ABB Ürün Kataloğu, 2023)

2.2.2.2. Tip2 = C Sınıfı koruma parafudr

Tesis içindeki her bağımsız yapının, tesis içi aşırı gerilimlere karşı koruma yapabilmek için tesisattaki her dağıtım panosuna konulmalıdır. Tek kutuplu olarak imal edilen modüller her faz ve nötr için ayrı ayrı uygulanması gerekir. Özel yöntemler ile yapılan hesaplamalar sonrası tesisatın maruz kalacağı yüksek gerilime göre parafudr özelliklerinin belirlenmesi ve seçilmesi gerekmektedir. Tesisata paralel olarak bağlanan parafudrların imalatında genelde metal oksit varistör grupları kullanılmaktadır. Şekil 2.10'da C tipi üç faz parafudr gösterilmiştir. Normal işletme şartlarında yalıtkan olan C tipi parafudr eşik gerilim değerini aşan bir gerilim yükselmesi ile karşılaştığında iletim durumuna geçer, üzerinde bağlı bulunan topraklama havuzuna giden iletken ile gerilim yükselmesi gerçekleşen iletkeni kendi üzerinde kısa devre ederek yüksek gerilimin topraklama yapısına yönlendirerek, bağlı bulunduğu sistemi korumaya çalışır. C sınıfı koruma gruplarına sahip parafudrlar B sınıfı koruma gruplarına göre düşük akım değerlerine sahip olup daha ucuzlardır. Parafudrların sağlam olup olmadığı üzerlerinde bulunan durum göstergesinden takip edilebilir.



Şekil 2.10. Parafudr C Tipi, 3 Faz + Nötr, $I_{imp}= 40$ kA (ABB Ürün Kataloğu, 2023)

2.2.2.3. Tip1+2 = B+C Sınıfı

Enerji beslemesi ile dağıtım/tali panoların birbirine çok yakın veya aynı pano içinde olmasından dolayı tesisat bütünündeki elemanlar arası kuplaj yapılamamaktadır. Kuplaj imkânı olmayan alt yapılarda tip1 ve tip 2 (TİP1+2 = B+C) koruma sınıflarını aynı anda kullanmak gerekir. Bu parafudrlar hassas elektronik bileşeni bulunan gerilim yükselmelerinden ve harmoniklerden çok etkilenen tesislerde tercih edilir. Şekil 2.11.'de tip B+C üç faz parafudr görülmektedir. Normal işletme şartlarında yalıtkan olan tip B+C parafudr eşik gerilim değerini aşan bir gerilim yükselmesi ile karşılaştığında iletim durumuna geçer, üzerinde bağlı bulunan topraklama havuzuna giden iletken ile gerilim yükselmesi gerçekleşen iletkeni kendi üzerinde kısa devre ederek yüksek gerilimin topraklama yapısına yönlendirerek, bağlı bulunduğu sistemi korumaya çalışır. Tip B+C parafudrlar aynı gerilim eşik değerlerinde olmak zorundadır.



Şekil 2.11. Parafudr B + C Tipi, 3 Faz + Nötr, Iimp= 60 kA (ABB Ürün Kataloğu, 2023)

2.2.2.4. Doğru akım parafudr (DC)

DC parafudrlar kritik ve hassas sistem gruplarının korunması için kullanılır. DC enerji hatlarının korunmasında 5V, 12V, 24V, 48V, gibi daha düşük voltaj seviyelerinde beslenen cihazları korumak için AC/DC konverterden sonra DC hattına paralel olarak bağlanırlar. Bu sistemlerin başında, haberleşme hatları, sinyal aktarımı için kullanılan koaksiyel hatlar, data işleme hatları, güvenlik ve görüntüleme hatları gelmektedir. Şekil 2.12.'de kartuş tipi DC parafudr görülmektedir. Doğru akım Parafudru normal işletme şartlarında yalıtandır, parafudrlar eşik gerilim değerini aşan bir gerilim yükselmesi ile karşılaştığında iletim durumuna geçer, üzerinde bağlı bulunan topraklama hattı ile voltaj yükselmesi gerçekleşen iletkeni kendi üzerinde kısa devre ederek voltaj yükselmelerinin sönümlenmesini sağlar.



Şekil 2.12. Kartuş tipi DC parafudr (ABB Ürün Kataloğu, 2023)

2.2.3. Topraklama

Dünya var olduğu günden bugüne kadar bir doğa olayı olan yıldırım deşarjları süre gelmektedir, 18. yüzyılda elektriğin icadı sonrasında hayatımızın çeşitli alanlarında kullanılan elektrik enerjisi, belli izolasyon şartları altında kullanılmadığı durumlarda insan sağlığına zarar vermekte, ölümlere sebep olmaktadır. Günlük hayatımızda kullandığımız sistemlerinin sağlıklı çalışabilmeleri, uygun gerilim ve izolasyon limitleri içinde olmalarına bağlıdır. Gerekli limitlerin sağlanamadığı tüm durumlarda elektrik enerjisi ile çalışan sistemler için geri döndürülemez hasarlara, maddi kayıplara sebep olmaktadır. Zaman içerisinde çeşitli koruma yöntemleri geliştirilmiş olup uyulması gereken kurallar, yönetmelikler belirlenmiştir. Tüm koruma gruplarının topraklama yapısı olmadan kullanılması düşünülemez.

Topraklama; elektrik potansiyelinin her noktada sıfır olduğu kabul edilen yeryüzünün ‘madde’ ve ‘yer’ olarak ifadesi olan toprağa aktarmasıdır. Limitler dışındaki gerilim yükselmeleri ve yıldırım deşarjlarındaki kontrol edilemeyen gerilimin topraklama yapısına yönlendirilerek sönmülmesini sağlamak ilk önceliktir. Bir bütün olarak düşünüldüğünde tüm koruma yöntemlerinin amacı yüksek gerilimin canlı ve sistemlerden uzaklaştırılması çabasıdır. Bunun için günümüzde çeşitli kuralları belirlenmiş topraklama havuzu veya topraklama sistemi olarak adlandırılan yapılar oluşturulmuştur. Normal işletme esnasında varlığını hemen hemen hiç hissetmediğimiz topraklama havuzu, bir yıldırım deşarjı veya elektriksel bir arıza meydana geldiğinde, zararlı olan gerilimi sönmüleme görevini yapar.

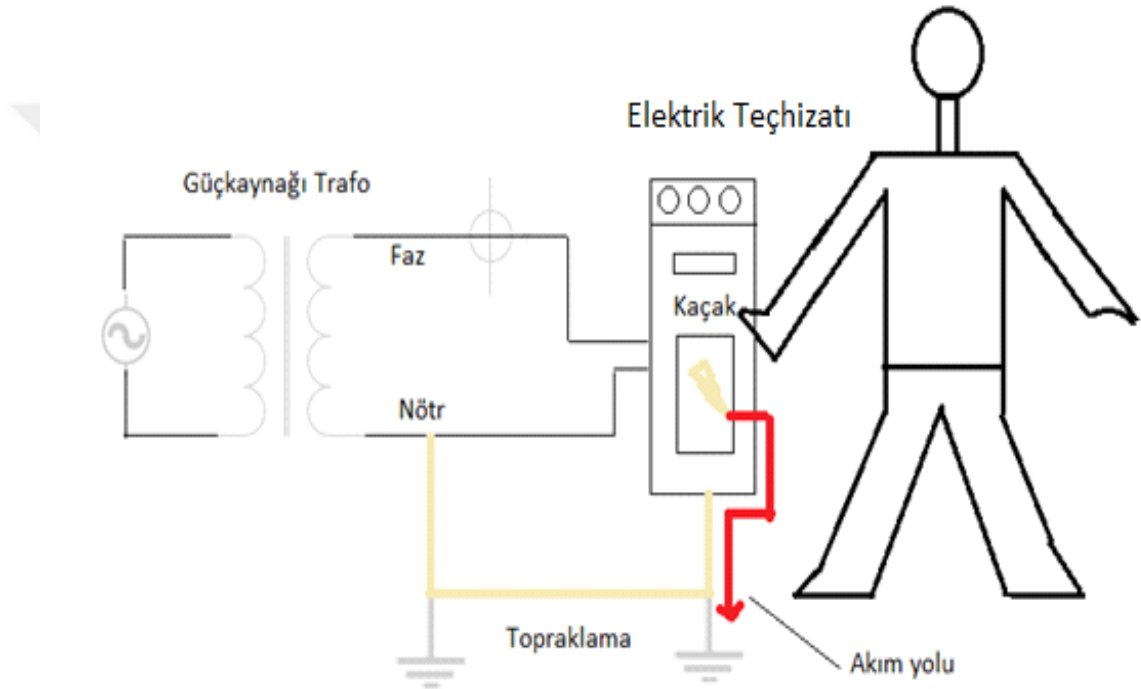
Topraklama sistemleri kullanım türüne göre sınıflandırılmıştır, bunlar;

- Koruma topraklaması,
- İşletme topraklaması,
- Yıldırım topraklaması,
- Fonksiyonel (özel) topraklama.

2.2.3.1.Koruma topraklaması:

Yönetmeliklerde alçak gerilim tesislerinde toprağa karşı gerilimin 50V'dan büyük olan tüm değerler için dokunma gerilimine karşı tedbir alınması, her faz toprak arası gerilimin 250V'u geçmemesi şarttır.

Canlı dokunmalarına karşı tesisin işletme akım devresine ait olmayan, ark etkisi veya yalıtım hatasından kaynaklı, üzerinden gerilim geçişine izin veren, canlıların dokunabileceği iletken kısımların topraklama havuzuna bağlanmasına koruma topraklaması denir (Bkz. Şekil 2.13).

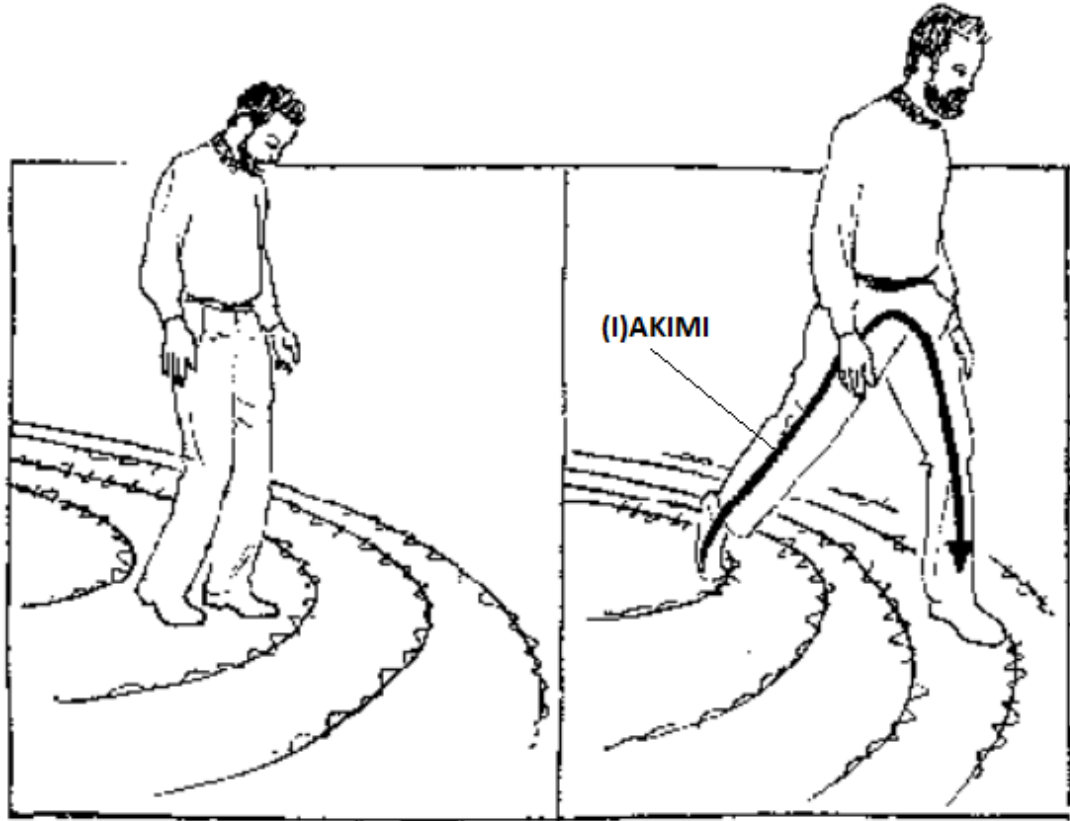


Şekil 2.13.Koruma topraklaması

Yalıtım hatasını ikiye ayırmak mümkündür. Birincisi direkt etki olup sistemlerde kullanılan enerji tesisatları ve yapılarıdır. Yalıtım hatasını oluşturan iletken kopması, iletkenin taşıyacağı akımdan daha fazla bir akımın taşınması sonucu iletkenin izolasyon kısmının ısınarak gerilim dayanımının azalması, aşırı gerilimin yalıtım maddesini zorlanarak delmesi, malzemelerin yaşlanması örnek verilebilir. İkinci etki ise doğrudan olmayan etkidir, bunların en önemlisi atmosferik deşarj olan yıldırımlar, çevre şartlarına maruz kalan iletken izolasyonunun zayıflaması yıpranması örnek verilebilir. Koruma topraklamasının ilk önceliği canlı yaşamını korumaya yönelik olmasıdır.

2.2.3.2.Adım gerilimi

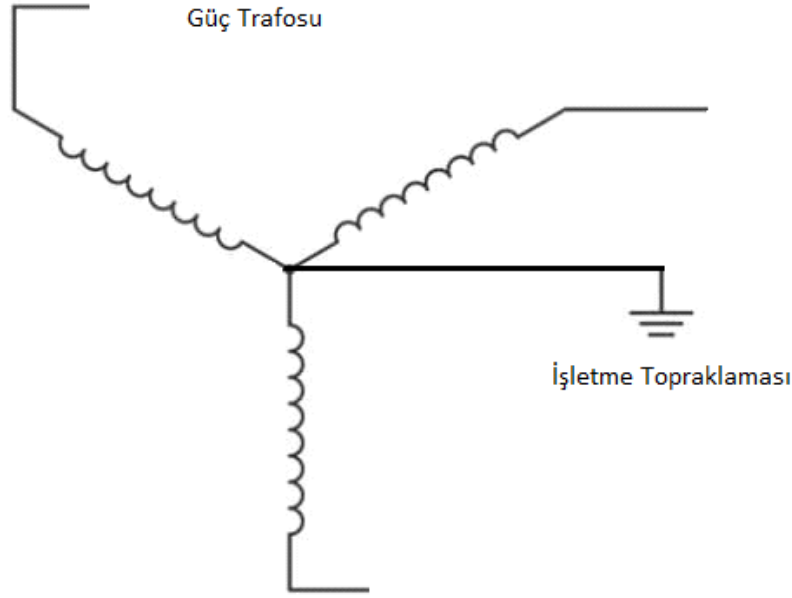
Canlının herhangi bir maddeye temas olmadan, aynı anda zemine temas eden iki ayağının arasındaki mesafenin 1 m veya daha fazla mesafede bulunmasından dolayı zemin yüzeyindeki potansiyel farkın canlı üzerinden akması sonucu canlının zarar görmesi, adım gerilimi olarak tanımlanır. Şekil 2.14.'de adım geriliminin nasıl gerçekleştiği görülmektedir. Daha çok yıldırım deşarjlarında yıldırım akımını absorbe eden topraklayıcı sistemlerin yakınında bulunan canlılar ile yüksek gerilim tesislerinde izolasyon hatalarında, canlı yaşamı zarar görmektedir.



Şekil 2.14. Adım gerilimi (Kaya 2013)

2.2.3.3. İşletme topraklaması

Tesislerdeki aktif kısımların topraklama işlemine işletme topraklaması denir. Başka bir ifade ile işletme akım devresi ile toprak arasında direkt bir bağlantının yapılmasıdır. Bu topraklamanın amacı, topraklanan noktayı toprak potansiyelinde tutmaktır. Şekil 2.15.'de bir güç trafosunda yıldız noktasının topraklama bağlantı noktası görülmektedir.



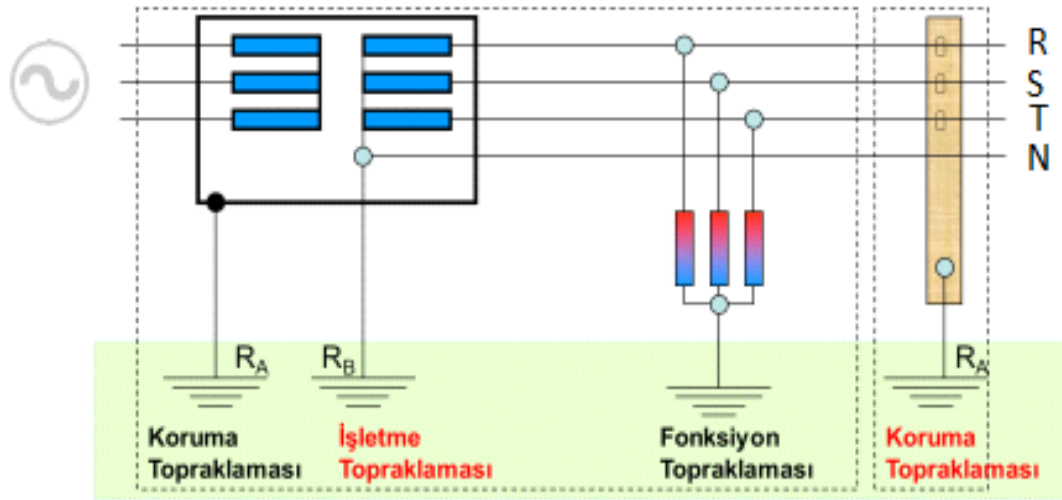
Şekil 2.15.Trafo yıldız noktası için işletme topraklama bağlantısı

2.2.3.4.Yıldırım topraklaması

Yıldırım deşarjında yıkıcı etkinin en kısa yoldan toprağa aktarılması gerekir, paratonerler, parafudrlar, Faraday kafesi, Franklin yakalama çubuğu vb. yıldırım topraklaması aslında bir koruma topraklamasıdır. Bundan dolayı yıldırım topraklaması ile koruma topraklaması birbirine bağlanmaktadır. Topraklamada ilk amaç, yıldırım deşarjı sırasında insan hayatına zararlı etkiler oluşturmada yıldırım deşarjını toprağa iletmektir. Ayrıca elektrik iletim sistemleri üzerine düşebilecek yıldırımların oluşturduğu aşırı gerilim dalgalarının işletmelerde bulunan sistemlere ve cihazlara ulaşmasını engellemektir.

2.2.3.5.Fonksiyon topraklaması

Fonksiyon topraklaması, toprağın bir iletken olarak kullanıldığı topraklama türüdür. Bir iletişim tesisinin veya bir işletme elemanının istenen fonksiyonu yerine getirmesi amacıyla yapılan topraklamadır. Raylı sistemlerin topraklaması, zayıf akım cihazlarının topraklaması, telsiz haberleşme sistemlerinin topraklanması fonksiyon topraklama türüne örnektir. Şekil 2.16.'da amacına göre özelleşmiş topraklama türleri görülmektedir.



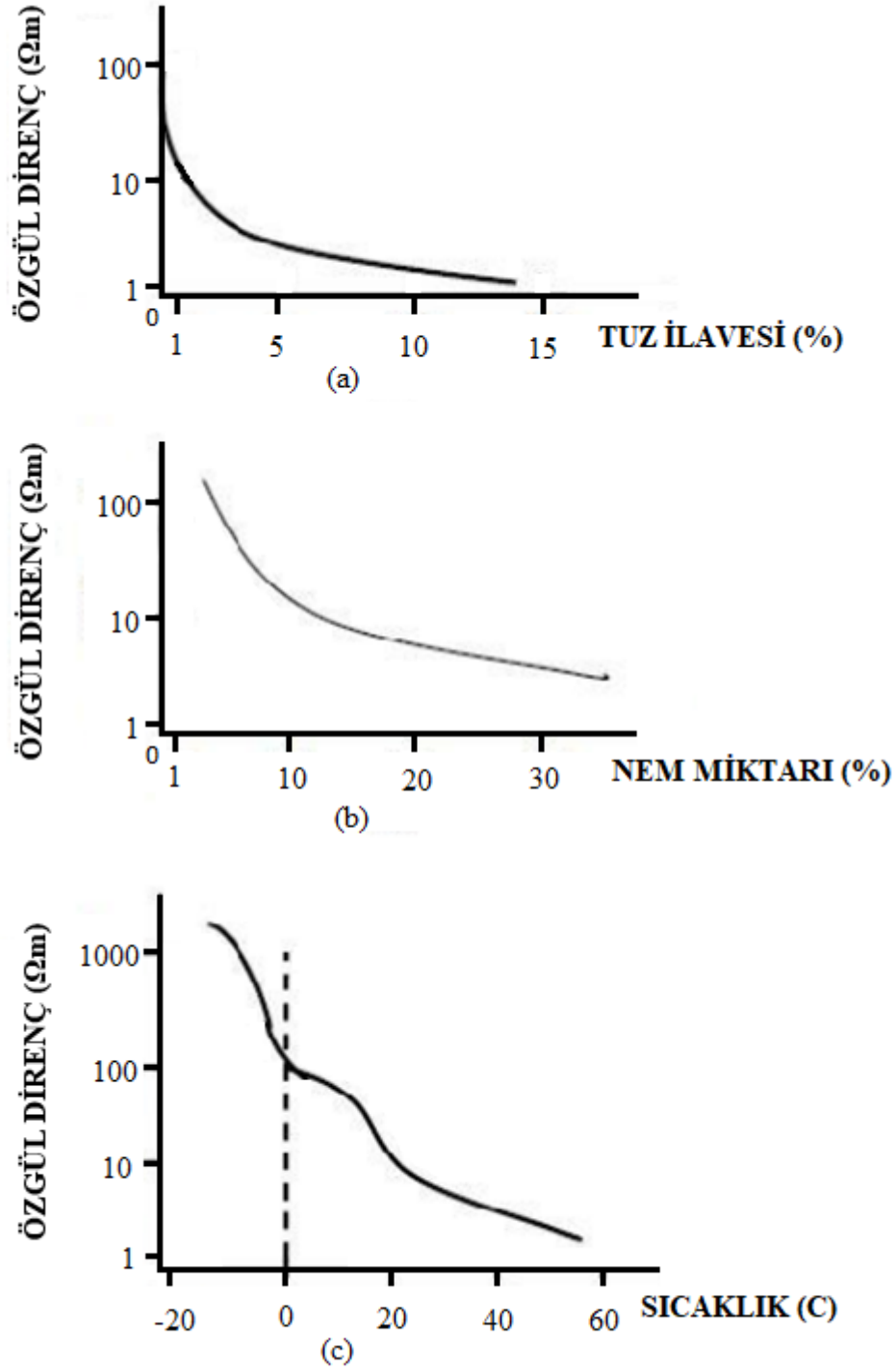
Şekil 2.16 Özelleşmiş topraklama türleri (Enser, 2015)

2.2.4. Topraklama direnci

Toprağın cinsine, nemine ve sıcaklığına bağlı olarak değişen toprağın elektriksel öz direncidir. Direnç, bir iletkenin her iki ucuna gerilim uygulandığında, bu iletkenin içinden geçen akıma karşı uyguladığı mukavemet veya zorluk olarak kabul edilir. Direnç değerinin ölçülmesinde ohm ölçü birimi kullanılır.

2.2.4.1. Toprak öz direnci

Toprağın değişik derinliklerinde farklı özgül dirençler ölçülür. Toprak öz direnci, her bir kenarı 1 metre olan küp şeklindeki bir toprak yığınının, karşılıklı iki yüzeyi arasındaki ölçülen direnç değeri olup birimi Ωm 'dir. Toprağın öz direnci, toprağın cinsine (Kil, Humus, Kumtaşı, Granit. vb.) göre değişirken, toprağın kimyasal bileşeni, çözülmüş tuz yoğunluğu vb. durumların yanında, sıcaklık ve nem özgül direnci etkileyen en önemli unsurlardır.

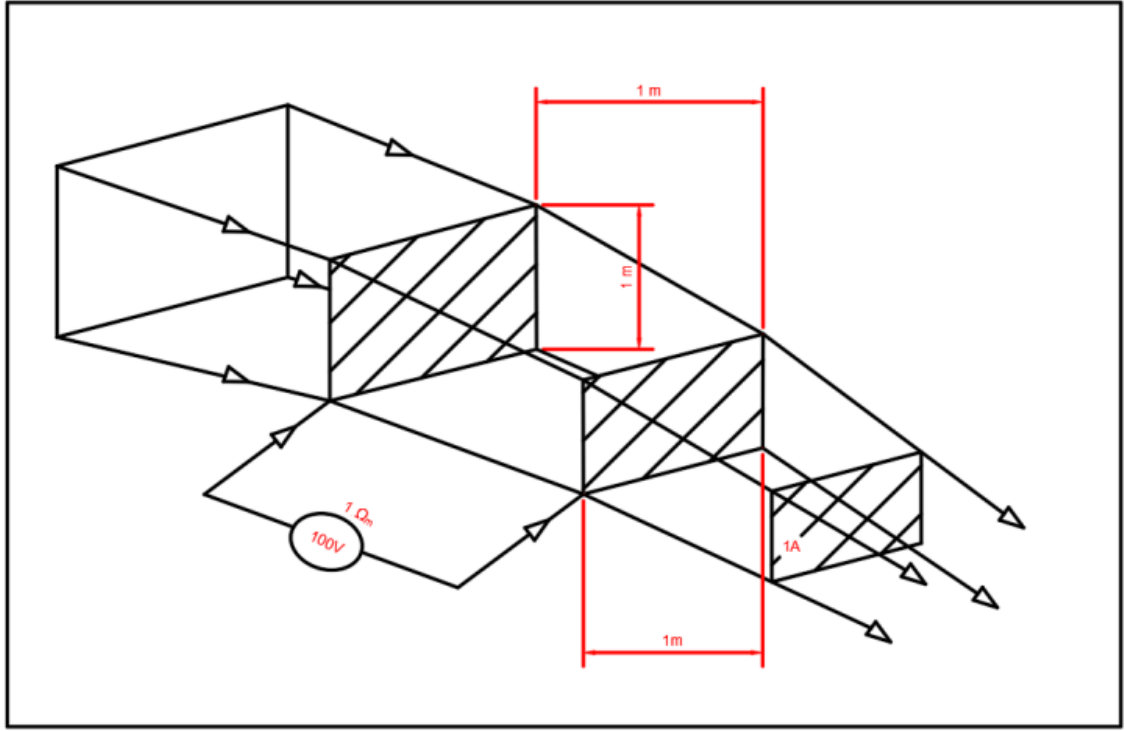


Şekil 2.17. a) Özgül direncin tuzluluk oranına göre değişimi; **b)** Özgül direncin nem oranına göre değişimi; **c)** Özgül direncin sıcaklık karşısındaki değişimi. (Mamiş, 2001)

Çizelge 2.1 Yüzey toprağı, Kumlu balçık, Silika bazlı kum için nem içeriğine göre direnç değeri (Mamiş, 2001)

Ağırlığa göre nem içeriği (%)	Direnç Ωm		
	Yüzey toprağı	Kumlu balçık	Silika bazlı kum
0	10000000	10000000	-
2,5	2500	1500	3000000
5	1650	430	50000
10	530	185	2100
15	210	105	630
20	120	63	290
30	100	42	-

Toprağın iletkenliği, temel olarak nem oranına bağlıdır. Şekil 2.17.'de toprağın özgül direncinin, tuzluluk miktarına, nem miktarına ve sıcaklık değişimlerine göre nasıl değiştiği görülmektedir. Çizelge 2.1.'de nem oranının farklı toprak türlerindeki direnç değeri listelenmiştir. Mevsim koşullarının topraklama havuzlarındaki uygun nem değeri değişmemesi ve topraklama havuzunu yüzeysel etkilerden korumak için toprak yüzeyinin ortalama 1-2 metre kadar derinlikte topraklama havuzu oluşturmak ohm değeri sabit kalmasında etkili olacaktır.

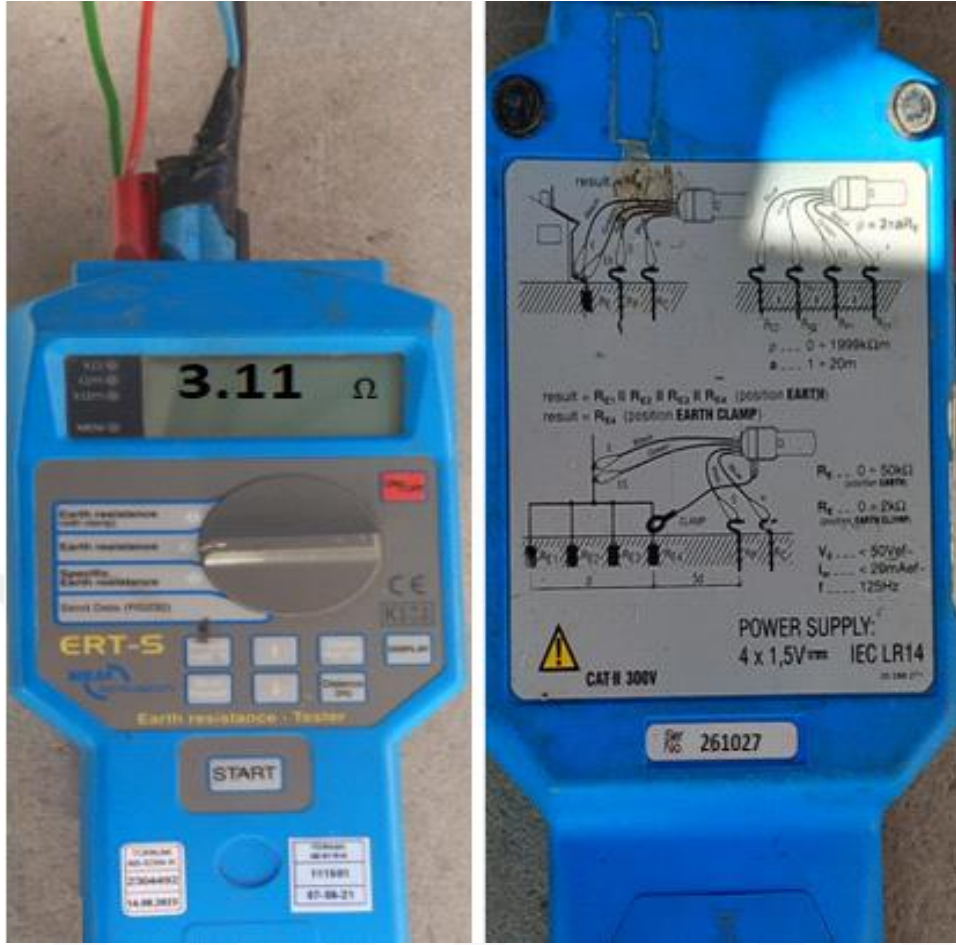


Şekil 2.18. Kenarları 1 metre olan küp şeklindeki toprak yığını ve ölçme devresi (Kaşıkçı, 2002)

Toprak özgül direnç değerleri, topraklamanın yapıldığı konuma göre değişir. Aynı tür topraklar olsalar bile toprak içindeki kimyasal yapı ve nem değiştikçe toprak öz direnci de değişecektir. Örneğin, bir nehir kenarındaki çamur balçık karışımında $1,5 \Omega m$ özgül direncine sahipken, kuru kum veya granit bulunan dağlık ve kayalık bölgelerde $1000 \Omega m$ özgül direnç değerinde olabilmektedir.

Özgül direnç ölçümü yapmak için kenarları 1 metre olan küp şeklindeki toprak yığını ölçme devresi kullanılır. Şekil 2.18.'de toprak yığını ölçme devresi görülmektedir. Topraklama yönetmeliğine göre topraklama direnç ölçümü meger¹ ile yapılır. Şekil 2.19.a.'da topraklama meger ölçüm cihazı Şekil 2.19.b.'da ölçüm için gerekli bağlantı yapısı görülmektedir.

¹ Meger: Toprak direnç ölçümünü bulan firmanın (Megger firması 1889) cihaza verdiği isimdir. Meger Topraklama ölçüm izolasyon test cihazıdır.



Şekil 2.19. a) Topraklama direnç ölçüm megeri; **b)** Topraklama ölçüm megeri bağlantısı

Temel olarak toprak megerinin çalışma prensibi, toprak megeri ölçüm kısmında akım ve gerilim sağlamak için iki tane bobin bulunur. Akım bobini çıkış probundan 100-150 Hz frekanslı I akımını toprağa gönderir, gerilim bobini çıkış probundan DC gerilimi toprağa gönderir. Çıkış probundan gönderilen (I) akımı ve (V) gerilim, ölçüm probuna ulaşır. Meger tarafından ölçüm probundan okunan I akımını ve ölçülen potansiyel farkın oranı kullanarak (U/I) ohm (Ω) cinsinden direnç değeri bulunmuş olur.

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{Ohm kanunu kullanılarak hesaplanır;}$$

Burada;

V: Her iki uca karşılıklı olarak uygulanan potansiyel farkı (V),

I: Topraktan geçen akımı (A),

R: Toprağın gösterdiği ohm (Ω) cinsinden direnci ifade eder.

Bir malzemenin direnci elektriği iletebilme kabiliyetini belirler, ölçülen direnç değeri düşük olursa iyi bir iletken, yüksek olursa kötü bir iletken veya iyi bir yalıtkan olarak isimlendirilir. Toprağın (R) direnci, öz direnç değeri kullanılarak aşağıdaki bağıntıdan türetilir;

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

Burada;

ρ : İletken malzemenin cinsinden öz direnci (Ωm)

L: İletkenin (m) cinsinden uzunluğu

A: İletkenin (m^2) cinsinden kesitidir.

Çizelge 2.2. Toprak çeşitlerinin özgül dirençleri

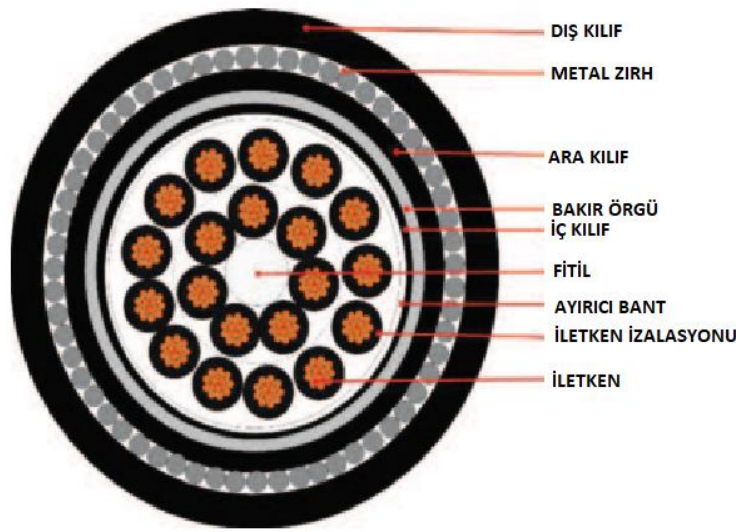
TOPRAĞIN CİNSİ	ÖZGÜL DİRENÇ (Ωm)
Bataklık	1-30
Balçık, Mil	20-100
Humuslu	10-150
Nemli turbo	10-100
Killi kum	50-500
Silisli kum	200-300
Çıplak taşlı toprak	1500-3000
Gevşek kalkerler	100-300
Sıkışık kalkerler	1000-5000
Çatlak kalkerler	500-1000
Kumtaşı	2000-3000
Çimenle kaplı taş	300-500
Buzultaş	>50000
Granit	>50000

Topraklama havuzlarının oluşturulmasında ilk dikkat edilecek husus bölgesel olarak toprak öz direncidir. Topraklama yapılarında demir boru, levha, kazık, köşebent gibi dayanıklı iletkenler kullanılır. İletkenler yerin 1-2 m derinlikte 2-3 m aralıkta gömülerek veya çakılarak yerleştirilir. Topraklama havuzunun içerisine yerleştirilen demir boru, levha, kazık, şerit, köşebent vb. iletkenlerin her biri diğer iletkenle uygun kesitli iletkenler (Ø8) yardımı ile irtibatlandırılır, toprak yüzeyine bırakılan bir iletim ucu sayesinde topraklanmak istenen yapıya bağlanır.

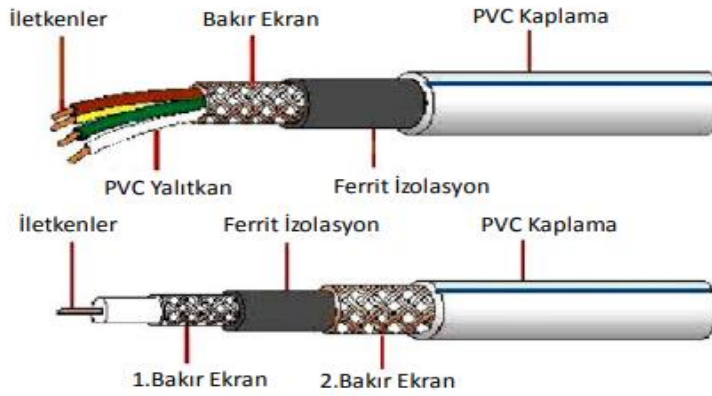
Yeterli toprak öz direncine sahip olmayan rakımca yüksek yerlere kurulması istenen yapılar için istenilen topraklama ohm değerlerine ulaşmak zordur. Bu alanlarda istenilen ohm değerlerini sağlamak için fiziki olarak tarım toprağı taşımasının yanında, çeşitli karbon, tuz ve kimyasallar içeren direnç azaltıcı katkı maddeleri kullanılması gerekir. Topraklama havuzu oluşturulduktan sonra üzeri toprak ile kapatılır. Topraklama havuzu içinde kalan iletkenlerin ve bağlantı elemanlarının sağlamlığını güvence altına almak için birleşim yerlerinin mümkünse kadvel kaynağı ile yapılması veya bağlantı klemensinin iki iletken arasında boşluk kalmayacak şekilde sıkıştırılması gerekmektedir. Meger ile yapılan periyodik ölçümlerle direnç değerlerinin kontrol edilmesi ve limitler içerisinde olduğundan emin olunması gerekir. Topraklama sistemindeki bozulmaları, direnç değişimlerini takip ederek gerektiğinde topraklama havuzunda iyileştirme yapmak için periyodik ölçümlerin raporlanması önemlidir.

2.3. Kablo

Kablo elektrik enerjisini ve elektriksel işaretleri ileten, iki elektrik cihazını birbirine elektriksel olarak bağlamaya yarayan, tek damarlı ve birden çok damarlı olarak bulunabilen, damarları ayrı ayrı elektriksel olarak yalıtılmış bir araçtır. Şekil 2.20.'de çok telli çok damarlı, damarları yalıtılmış kablo kesiti ve katmanları görülmektedir. Şekil 2.21.'de tek damarlı kablo kesiti ve katmanları görülmektedir.



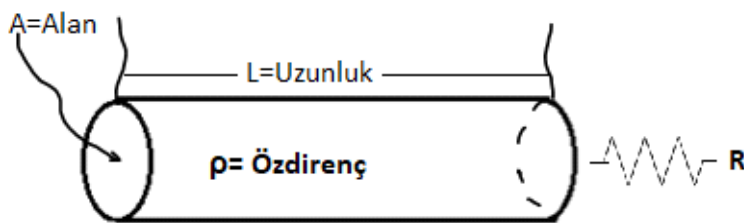
Şekil 2.20. Çok telli çok damarlı kablo kesiti ve katmanları (ABB Ürün Kataloğu, 2023)



Şekil 2.21. Tek damarlı kablo kesiti ve katmanları (Memiş, 2019)

2.3.1. İletken kablo

Elektrik enerjisini veya elektriksel işaretleri iletmekte kullanılan bir veya birden çok telden meydana gelen, yalıtılmış ya da yalıtılmamış tel veya tel demetidir. Kablolarda kullanılan iletkenler, geometrik kesitleri (mm^2) veya çapları (mm) ile ölçülendirilmekte olup yaygın olarak AWG (American Wire Gauge) ölçü sistemi kullanılmaktadır. Bu ölçü sistemine göre, tel ne kadar kalınsa, karşılık gelen ölçü numarası o kadar küçüktür. Örneğin, 10 gauge tel 26 gauge telden daha kalındır. İhtiyaç duyulan gauge/kesit üzerinden geçecek akıma ve uzunluğuna bağlı olarak değişmektedir. İletkenin en önemli özelliği elektriksel direncidir. Bir malzemenin, elektrik akımının akışına karşı gösterdiği zorluğa “dirence” denir. Şekil 2.22.’de iletkenin kesiti görülmektedir.



Şekil 2.22. İletken kesiti

ρ : İletken malzemenin (Ωm) cinsinden öz direnci

L: İletkenin (m) cinsinden uzunluğu

A: İletkenin (m^2) cinsinden kesitidir.

Malzeme bilgisi olarak kabloların ana bileşenlerinden biri olan iletkenlerin hangi standartlara göre nasıl üretildiğinin yanı sıra hangi kablo çeşitlerinde hangi tip iletkenin kullanıldığının bilinmesi önem arz etmektedir. Kabloların kullanım alanların göre fiziki dayanım ve kapasitelerinin bilinmesi gerekmektedir.

2.3.2.Kablolarda yalıtım/izolasyon

Gerilim uygulanmış iletkenleri birbirinden ve topraktan elektriksel olarak ayıran işleme yalıtım denmektedir. Kablo endüstrisinde kullanılan izolasyon malzemeleri, ekstrüzyon metodu ile iletkenlere kaplanır. Burada amaç farklı iletkenler arasındaki akım geçişine engel olmaktır. Elektriksel yalıtkan malzemelerin birçok çeşidi vardır. Bu yalıtkan malzemeler seçilirken mekanik, ısı, çevre etkenleri gibi zorlayıcı koşullara dayanıklı ve uygun olması göz önünde bulundurulmalıdır.

2.3.2.1. Polietilen (PE)

Termoplastik bir tür olan Polietilen elektriksel yalıtımda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek elektrik direncine sahip olup PE yalıtkanı köpük veya katı olarak iki formda yalıtım malzemesi olarak kullanılabilir. Normal ve düşük sıcaklıkta sert, dayanımı yüksek bir malzeme özelliği taşımaktadır. Polietilen yalıtkanın nem direncinin yüksek olmasından dolayı, polietilenler nem oranı yüksek yerler ile ıslak ortamda kullanılmaktadır. Sıcaklık dayanımı en fazla +90°C'dir.

2.3.2.2.Polivinilklorür (PVC)

Oldukça geniş kullanım alanına sahip olan Polivinil klorür (PVC izolasyon) bir polietilen polimeridir. İletkenlerin izolasyonunda sıklıkla kullanılır. Kimyasalların, asitlerin aşındırmasına dayanıklı olmasından dolayı aşındırıcı kimyasallarının kullanıldığı alanlarda tercih edilmektedir. PVC yalıtkanlar, nem direncinden dolayı ıslak ortamlarda da kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklık isteyen uygulamalarda kullanımı uygun olmayıp sıcaklık dayanımı en fazla +70°C'dir.

2.3.2.3. Polipropilen (PP)

Termoplastik bir yalıtkan türüdür, PP'nin özellikleri PE'ye benzemekle beraber daha sert ve dayanıklıdır. Polipropilen kullanım alanı genellikle iletkenlerin birincil izolasyon katındadır. Kaplamayı hafifletmek ve yalıtım özelliğini artırmak için köpürtülerek kullanılabilir. Sıcaklık dayanımı -30 ° C ila +105 ° C'lik geniş bir aralığa sahiptir.

2.3.2.4. Poliüretan (PUR)

Poliüretan, düşük sıcaklıklarda bile yüksek mekanik mukavemetinin yanında esnekliği ve esneklik ömrünün uzun olması ile bilinir. Çok iyi kimyasal stabilizeye sahiptir, kimyasalların, asitlerin aşındırmasına dayanıklıdır, PVC lirin esnekliğini koruma kabiliyetlerinin düşük kaldığı, sürekli hareketin olduğu ortamlarda kullanılmaktadır. Neme karşı direnç özelliğine sahiptir. Bu özellikleri yanında çabuk alev alabilen bir yapıda olan Poliüretan yanma riskinin olmadığı ya da az olduğu amaçlarda kullanılmaktadır.

2.3.2.5. Çapraz bağlı polietilen (XLPE)

XLPE yüksek basınç ve ısı ile birbirine bağlanmış çapraz bağlara sahip bir yalıtkandır. Bu nedenle XLPE yüksek sıcaklık uygulamalarında daha avantajlı olup, yüksek akımları ve yüksek gerilimleri taşıyabilmektedir. Özellikle, ana güç trafolarının kuplaj bağlantılarında, orta gerilim yer altı iletim kablolarında kullanılırlar. Sıcaklık dayanımı en fazla +110°C'dir.

2.3.2.6. Etilen propilen kauçuk (EPR)

EPR, PE ve XLPE'den daha esnek, yüksek gerilim kablolarında tercih edilen iyi bir termal özelliğe sahip daha yumuşak ve esnek bir malzemedir. Hava şartları, su ve kimyasallara direnci yüksektir. Çalışma sıcaklık aralığı -50°C +160°C'dir.

2.3.2.7. Silikon

Silikon, Kauçuk hammaddeli bir malzeme olmasına rağmen yüksek ısıya maruz kaldığında etrafa yapışmaz, erimez, ısınmaz ve yalıtkan özelliğinden bir şey kaybetmez. Bütün hareketli bağlantı sistemlerinde hafif ve esnek olma özelliğinden dolayı tercih edilir. Herhangi bir yangın anında 300-400 °C sıcaklıklarda işlevselliğini korumaya devam eder. Silikon, oksitlenmeye, zararlı kimyasal ve organik yağlara, tuz çözeltilerine, ultraviyole ışınlarına karşı yüksek direnç göstermektedir. Bu durum diğer çeşitlere göre silikon kabloyu öne çıkarmaktadır. İş emniyeti ve güvenliği açısından üstünlüğe sahip olan silikon kaplamalı kablolar, özellikle zor şartlar altında çalışma zorunluluğu bulunan sistemlere ait enerji besleme iletim hatlarında, asansörlerde, yangın algılama ve söndürme sistemlerinde kullanılırlar.

2.3.2.8. Polytetrafluoroethylene (PTFE)

Polytetrafluoroethylene sentetik kökenli floropolimerler, teflon olarak bilinirler. Sıcaklık dayanımı -190 +260 °C arasındadır. Dayanıklı bir yapıya sahiptir, PTFE yaygın olarak ağır kimyasal kullanımı olan alanlarda kullanılırlar. Savunma, havacılık ve uzay sanayi başta olmak üzere, kontrol sistemlerinde yüksek frekans iletim, yüksek ısı kontrol panolarında kullanılmaktadır. PTFE, kabloların iletken tellerinde kabloya farklı özellikler kazandırmak için kaplamalar bulunmakta olup kaplama türleri şöyledir.

- PTFE gümüş kaplı bakır teller, elektriksel ve termal iletkenliği artırmak için iletkende gümüş kullanır.
- PTFE nikel kaplı bakır teller, nikel bakırdan çok daha yüksek bir erime noktasına sahiptir, bu nedenle bakır çekirdeğini etkili bir şekilde korumak için kullanılırlar.
- PTFE kalay kaplı bakır teller, bakır çekirdeğin daha fazla oksidasyonunu önlemek için kullanılan kaplamadır.

2.3.2.9. Ethylene tetrafluoroethylene (ETFE)

ETFE, sentetik kökenli tetrafluoroetilen, ETFE 1 mikrometre kalınlığında filimler şeklinde uygulanabilen, reçine formunda yüksek sıcaklıklara dayanabilen bir izolasyon

çeşididir. Sert bir yapıya sahip olup havacılık, tıp ve nükleer gibi alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Sıcaklık dayanımı -190 +260 °C aralığındadır.

2.3.3. Kablolarda ısı transferi

Kablo ile irtibatlanacak iki nokta arasındaki kablo kesitinin belirlenmesinde dikkat edilecek ilk husus kablo öz direnci ve kablo üzerinden geçecek akım miktarıdır. Kablo üzerindeki ısınmanın başlıca kaynağı, iletkenden geçen I akımının, iletkenin R direncinde yarattığı elektriksel güç kaybıdır. ($P=I^2 \times R$) Bu güç kaybı, akımın aktığı t süresinde ısı enerjisi olarak ortaya çıkar. Oluşan ısı iletkenden çevreye yayılır. Enerji iletiminde kullanılan iletkenler için ısıya dönüşen enerji bir kayıp oluştururken, zayıf akım iletiminde ise veri kayıpları oluşmaktadır. Bu istenmeyen durum kullanılan kablonun uzunluğu ile doğru orantılı olarak değişir. Başlı başına bir konu olan kablodan geçen akımın ısıya dönüşmesi ve bu ısının transfer edilmesi aynı zamanda kablonun bulunduğu ortama bağlıdır. Ortam şartlarının yetersiz kaldığı durumlarda soğutma sıvısı olarak izolasyon özelliğine sahip sentetik yağlar kullanılmaktadır.

2.4. Yalıtkan Malzemeler

Yıldırım koruma sisteminin ana gövdesi ile sistemin tamamının dış ortama karşı yalıtılmasında kullanılacak olan malzemelerin uygun dayanıma sahip olması önemlidir. Kullanılacak malzemelerin torna, freze, taşlama vb. ekipmanlarla işlenebilir yapıda olması, işleme sonrası malzemeye verilen formu koruyabilmesi, iyi bir yalıtkan ve mekanik, ısı ve çevre etkenleri gibi zorlayıcı koşullara dayanıklılığa sahip olmasına özen gösterilmesi gerekmektedir. Yıldırım koruma sisteminin, yalıtım özelliklerini karşılamak için, ihtiyaç durumunda izolasyon sıvısı kullanılması gerekmekte olup, izolasyon sıvısının temas edeceği malzemelerin kimyasal dayanımları ayrıca önem kazanmaktadır.

2.4.1. Poliamidler

Poliamidler genellikle düşük frekanslı uygulamalarda sıklıkla kullanılırlar. İyi bir yalıtkan olmanın yanında esnek, rijit, mekanik, ısı dayanım ve kimyasal dayanımları ile öne çıkarlar. En çok kullanılan plastiklerden biri olan poliamidlerin, moleküler yapıları düzenli olmasından dolayı yüksek gerilmelere dayanıklı iyi bir yalıtkan olan termoplastik bir üründür. Kolay işlenmeleri, elektriksel yalıtkanlığın arandığı alanlarda sıklıkla tercih edilmektedir. Sert ve dayanıklı olan poliamidler aşınmaya da dirençlidirler. Sürtünme katsayıları düşük olan poliamidlerin birçok çeşidi bulunmaktadır. Poliamid 6, Poliamid 6.6, Poliamid 6.10, Poliamid 11 öne çıkan çeşitleridir. Poliamidin dielektrik dayanımı milimetre kalınlık başına 10.000 volttan büyük olup, PA 6.6 ve PA 6'nın dielektrik dayanımları 23°C de 22 ile 25 kV/mm aralığındadır (Bkz.Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3. Polyamid özellikleri

Polyamid Genel Özellikler		
Renk	Sarı/Natürel	Birim (SI)
Özgül Ağırlık	1,15	gr/cm ³
Su emme (Doymuş)	7	%
Çekme Dayanımı	850	kg/cm ²
Elastik Modül	4000	MPa
Kopma Uzaması	>20	%
Basma dayanımı	950	kg/cm ²
Basma Modülü	2700	MPa
Darbe dayanımı Çentikli	5,6	kJ/ m ²
Sürtünme Katsayısı Dinamik	0,39	
Sertlik	84	Shore D
Aşınma Hızı	0,44	mg/km
K Faktörü	5×10^{-6}	mm ³ /Nm
Erime Sıcaklığı	220	°C
Erime Sıcaklığı	220	°C
Maksimum Sürekli Çalışma Sıcaklığı	110	°C
Dielektrik Sabiti	3,7	
Dielektrik Dayanımı	25	kV/mm
Hacimsel Direnç	$>10^{-14}$	Ω cm
YüzeySEL Direnç	$>10^{-13}$	Ω

Polyamidlerin asitler, fenoller ve bazı oksitleyici ajanlara, dayanım sınırları Çizelge 2.4.'de verilmiştir. Polyamid grupları içinde kimyasal dayanımı en iyi PA12'dir.

1=Dayanıklılık

2=Sınırlı dayanım

3=Sınırlı ürün ömrü

4=Materyal çözünür, kısa sürede bozulur.

Çizelge 2.4. Polyamidlerin kimyasal dayanımları

KİMYASAL	KONS. (%)	PA 4.6	PA 6	PA 6.6	PA 12
Asetik asit	10	-	3	3	2
Asetaldehit	40	1	2	2	1
Aseton	100	1	1	1	1
Bütanol	100	1	1	1	1
Karbon tetraklorit	100	1	1	1	2
Mazot	100	1	1	1	1
Etanol	96	1	1	1	1
Formik asit	3	-	3	3	-
Formik asit	10	4	4	4	3
Benzin kurşunsuz	100	1	1	1	1
Hidrojen peroksit	2	4	4	4	2
Metilen klorit	100	2	2	2	3
Fenol	75	4	3	3	3
Potasyum hidroksit	10	2	1	1	1
Sülfürik asit	10	4	4	4	2
Toluen	100	1	1	1	1
İzolasyon Yağı	100	1	1	1	1

2.4.2. Polietilen (PE)

Uzun zincirli doymuş bir hidrokarbon olan polietilen endüstride PE olarak bilinir en çok tercih edilen polimer grubu olup kullanım alanında fiyat fayda bakımından ilk tercihtir. Yüksek darbe dayanımı, aşınma direnci, esnekliği, iyi bir yalıtkan olmanın yanında maliyet avantajı, hafifliği, seçici özellikleri arasında gösterilebilir. PE yoğunluk ve kimyasal özellikleri temel alınarak çeşitli kategorilerde sınıflandırılır. Bu sınıflandırma için en yaygın kullanılan özellik yoğunluktur. Polietilen levhalar HDPE, LDPE, LLDPE ve UHWPE olarak farklı moleküler ağırlıklara göre üretilmektedir. Tüm frekans aralıklarında güç faktörü %0,03 olup alternatif akımda ve doğru akımda yalıtım mukavemeti yüksek ve sabittir, HDPE polietilen dielektrik dayanımı milimetre kalınlık başına 9.000 volttan büyük olup 23°C de 10 ile 14 kV/mm'dir (Çizelge 2.5). Polietilen çeşitlerinden olan PE1000, PE500, PE300'ün standartlar kapsamında yapılan test sonuçları görülmektedir. Polietilen malzemenin kullanılması tercih edildiğinde özellikle yalıtım seviyesi göz önünde bulundurularak ihtiyaç duyulan yalıtım seviyesi için malzeme kalınlığı belirlenmelidir.

Çizelge 2.5. Polietilenlerin özellikleri

ÖZELLİK	Test Metodu	Birim	PE 1000	PE 500	PE 300
Yoğunluk	DIN 53479	gr/cm ³	0,93–0,94	0,95	0,95
Molekül Ağırlığı	DIN 53728– T	gr/mol	>4000000	500000	30000
Darbe Dayanımı Çentikli	DIN 53453	kJ/m ²	Kırılmaz	Kırılmaz	12
Çekme Dayanımı	DIN 53455	kg/cm ²	>250	250	250
Kopma Uzaması	DIN 53455	%	>300	>500	>500
Kullanım Sıcaklığı	Maksimum °C		+90	+80	+80
	Maksimum °C		-269	-100	-100
Uzama Katsayısı	DIN 53752	°C ⁻¹	2X10 ⁴	2X10 ⁴	2X10 ⁴
Sürtünme Katsayısı	Asil		0,1 – 0,15	0,15-0,2	0,2-0,25
Dielektrik Dayanımı	DIN 53481	kV/cm	900	900	700

2.4.3. Polipropilen

Polipropilen çok uzun polimer molekülü ya da zinciri içeren termoplastik bir malzemedir, Polipropilen hafif olmasına rağmen, yüksek sıcaklıkta ve gerilme dayanımı göstermesinden dolayı çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. PP, homopolimer ve kopolimer olarak iki gruba ayrılır. Yalıtım mukavemeti yüksek, PP dielektrik dayanımı milimetre kalınlık başına 9.000 voltan büyük olup 23°C de 10 ile 13 kV/mm aralığındadır (Bkz. Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6. Polipropilenin özellikleri

ÖZELLİK	TEST METODU	DEĞERİ	BİRİM
Özgül Ağırlığı	ASTM – D - 1501	0,90 – 0,91	g/cm ³
Akmada Gerilme Direnci	ASTM – D – 638	300 – 350	kg/cm ² (23 °C)
Kopma Noktasında Uzama	ASTM – D – 638	600 - 700	%
Bükülme Mukavemeti	ASTM – D – 747	7500 - 8000	kg/cm ² (23 °C)
Su Absorpsiyon Hızı	ASTM – D – 570	< 0,03	% Ağırlık Kazancı
Dielektrik Sabiti	ASTM – D – 150	2,2 – 2,3	X10 ⁶ CS (10 °C)
Dielektrik Kaybı	ASTM – D – 150	0,0003-0,001	X10 ⁶ CS (18 °C)
Voltaj Direnci	ASTM – D – 149	30 - 32	Kv/mm
Darbe Dayanımı	ASTM - D	350	Kg/cm
Spesifik Hacim Direnci	ASTM – D – 257	<10 ¹⁶	Ω- cm
Termal İletkenlik		2,7 X 10 ⁻⁷	Kcal/cm/cm ² /s/°C
Spesifik Isı		0,46	gcal/g°C
Termal Genleşme Katsayısı	ASTM – D – 695	110 X 106	Mm/mm/°C
Deformasyon Noktası	ASTM – D – 648	120 – 130	°C
Yumuşama Noktası	ASTM – D – 648	168 – 172	°C
Alkaliye Karşı Direnci		Mükemmel	
Çözücüye Karşı Direnci		Mükemmel	

2.4.4. Fenol fiber

Fenol fiberler, sahip olduğu mikro yapı sayesinde mükemmel mekanik özellikleri olan malzemelerdir. Mukavemet/ağırlık oranları ve yorulma mukavemeti çok yüksektir. Kimyasal olarak inert bir malzeme olduğu için birlikte kullanıldıkları malzemeler ile reaksiyona girmez. Yüksek termal ve elektriksel yalıtkanlığa sahiptir, en büyük dezavantajı pahalı ve düşük darbe dayanımına sahip olmalarıdır. Genelde milimetre kalınlık başına >10.000 volt olup 20°C de izolasyon yağ içinde 10 kV/mm'dir. Çizelge 2.7.'da Fenol Fiberi için iki kalite türü kıyaslanmış olup Fenol Fiber levha ile Fenol Fiber çubuk özellikleri sıralanmıştır.

Çizelge 2.7. Fenol Fiber özellikleri

FENOL FİBER		
Özellikler	Kalite A	Kalite B
Özgül Ağırlık	1,30 – 1,42	1,30 – 1,42
Sıcaklık Mukavemeti	min. 25 °C	min. 125 °C
Bükülme Mukavemeti	min. 1100 kgf/cm ²	min. 720 kgf/cm ²
Gerilme Mukavemeti	min. 700 kgf/cm ²	min. 550 kgf/cm ²
Yapıştırma Mukavemeti	min. 550 kgt	min. 450 kgf
Darbe Mukavemeti	min. 25 kgfXcm/cm ²	min. 17 kgfXcm/cm ²
Kırılma Mukavemeti	min. 2 – 4 kV/mm	min. 1,2 kV/mm
FENOL FİBER ÇUBUK		
Özgül Ağırlık	1,25	
Su Emme	max. %1	
Bükülme Mukavemeti	min. 1200 kgf/cm ²	
Gerilme Mukavemeti	min. 800 kgf/cm ²	
İzolasyon Mukavemeti	min. 1,0 X 10 ohm	
Kırılma Mukavemeti	min. 10 kV/mm	

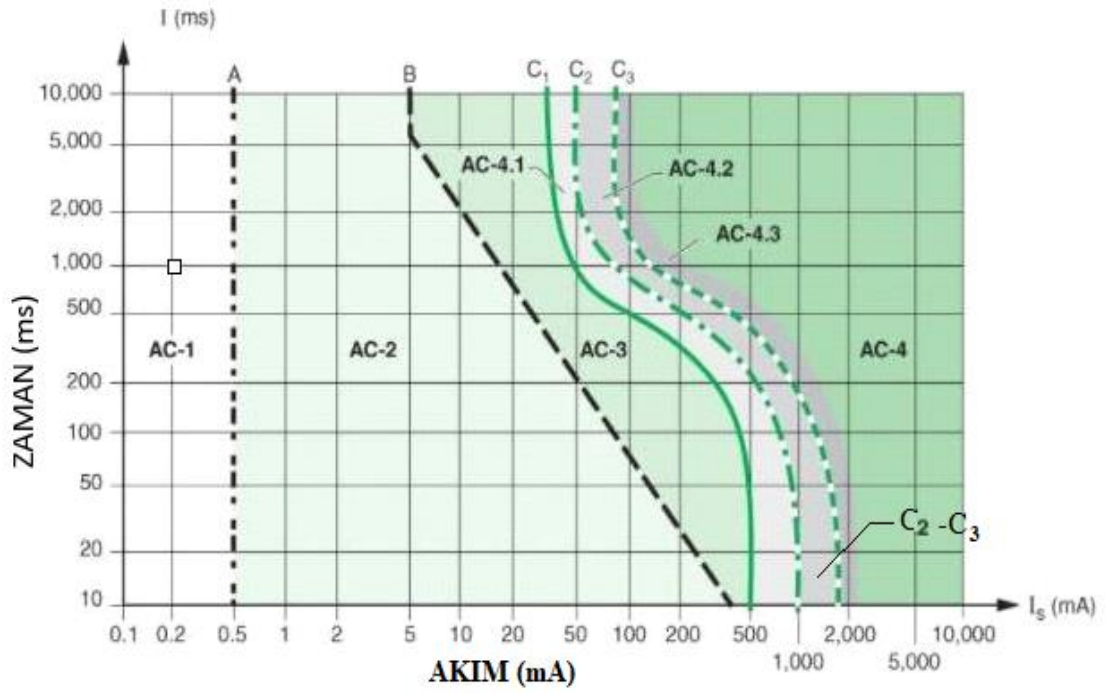
2.5. İş Sağlığı ve Güvenliği

İş sağlığı ve güvenliği, Dünya Sağlık Örgütü ve Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ilkelerinin tanımında; çalışanın sözleşmesinin türü ne olursa olsun tüm çalışanların fiziksel, psikolojik ve sosyal sağlık, güvenlik ve refahının maksimum düzeyde korunmasını sağlamaktır. Ayrıca iş sağlığı ve güvenliği; İşyerinde sağlıksız işyeri koşullarının ortadan kaldırılmasını amaçlar; çalışanların beden ve ruh sağlığını tehlikeye sokan risk faktörlerinin ortadan kaldırılması, çalışanların beden ve ruh sağlığını koruyan bir çalışma ortamının oluşturulması olarak tanımlanmaktadır. Riskleri ve risk faktörlerini ortadan kaldırmaya veya en aza indirmeye yönelik araştırmalar iş sağlığı kavramı içinde yer almaktadır (Çiçek ve Öcal, 2016).

İş sağlığı ve güvenliği; işletmeler, çalışanlar ve ülke ekonomisi için büyük önem taşımaktadır. Sağlık ve güvenlik önlemlerini almış şirketlerde çalışanların iş tatmini ve verimliliği artarken, bu verimlilik operasyonel verimliliği de olumlu etkileyecektir. Ayrıca sağlık ve güvenlik önlemlerinin alınması sayesinde işletmeler ve ülke ekonomisi, iş kazaları ve meslek hastalıklarının neden olduğu maliyet kalemlerinden kurtulabilecek ve büyük kayıpların önüne geçebilecektir. Bu nedenle iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesi kişisel, örgütsel ve sosyal düzeyde maddi ve manevi kayıpları azaltabileceğinden oldukça önemlidir (Tozkoparan ve Taşoğlu, 2011).

Yüksek gerilime maruz kalan canlı, yaşamını yitirme tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır. Gerekli güvenlik önlemleri alınmasına rağmen ülkemizde yüksek gerilim ve yıldırım kaynaklı birçok can kaybı yaşanmaktadır. Maruz kalınan akımın büyüklüğüne ve süresine bağlı olarak çalışanın uğradığı zarar fizyolojik olarak değişiklik göstermektedir (Bkz. Şekil 2.23).

Yüksek gerilime maruz kalındığında vücuttaki kaslarda kasılma meydana gelir. Kaslarda meydana gelen bozucu kasılma özellikle kalp kasında gerçekleşir. Kalpteki kasılma sonucu Ventriküler fibrilasyon yaşayan canlı yaşamını yitirmekle beraber daha yüksek akımlara maruz kalındığında ağır yanıklar ve uzuv kayıpları yaşamaktadır.



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 ² olasılığı %5'dir.
C2-C3	Ventriküler fibrilasyon olasılığı %50'dir.

Şekil 2.23. Yüksek gerilime maruz kalma şiddetinin canlı yaşamına olan etkileri (Bülbül, 2013)

Yüksek gerilimden kaçınma en iyi korunma yöntemidir. Yıldırım deşarjının gerçekleşme olasılığının arttırdığı durumlarda ise çalışan sağlığını korumak için gerekli güvenlik önlemleri alınmış kapalı yerlerde kalınması önerilmektedir.

² Ventriküler fibrilasyon : Kalbin düzensiz ve hızlı çarptığı anormal kalp ritim durumu.

3. MATERYAL VE METOT

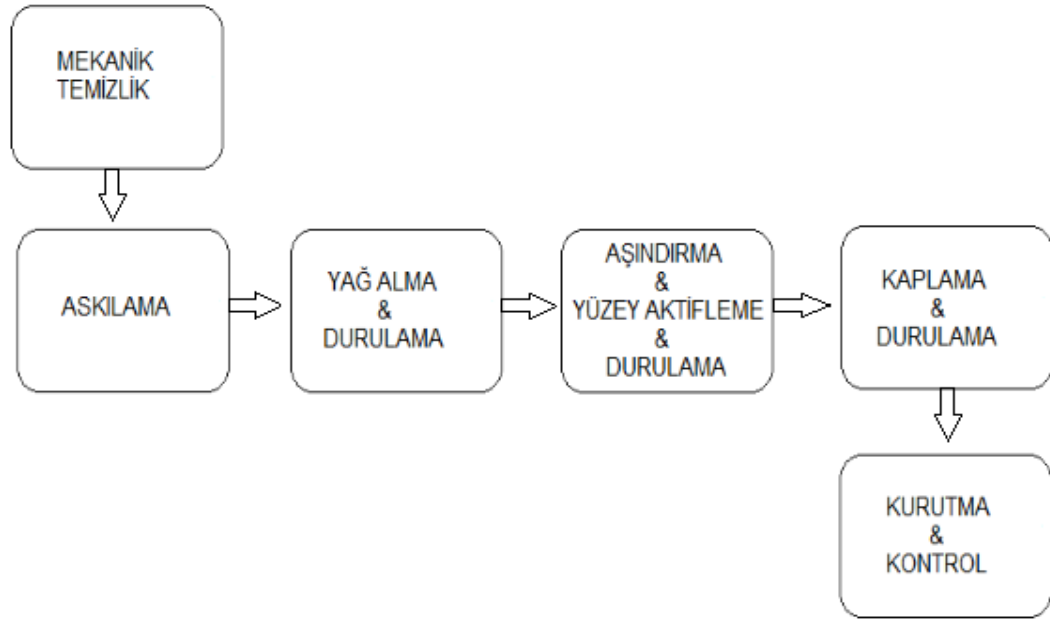
Bu bölümde yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminin tasarım aşamasında uygulanabilirlik ve imalat sürecinden bahsedilmektedir. YGY-KORSİS'in bir bütün olarak amacına uygun çalışabilmesi için gerekli olan ana taşıyıcı yapı ile yapıyı oluşturan kısımlar, terminal kontak bütünü ve kaplanması, hareket sistemi elemanları ile test araçlarından oluşmaktadır.

3.1. Kaplama

Kaplamayı, mekanik malzemelerin performansını iyileştirmek, ömrünü uzatmak ya da görünümünü iyileştirmek olarak tanımlamak mümkündür. Kaplama yapılacak malzemenin kullanım koşulları üst limit sıcaklığında yeterli sürtünme direncine ve yorulma mukavemetine sahip olmasının yanında malzeme yüzeyinin oksidasyona karşı yeterli dirence sahip olması gerekir.

3.1.1. Terminal kontak bütünü kaplama

Elektrik kontak malzemeleri, sistem üzerinden geçen akımı veya sinyali iletmeye veya iletimi kesmeye yarayan elektromekanik malzemelerdir. Açma kapama sırasında elektrik kontak malzemelerin yüzeyinde aşınma meydana gelebilir. İyi bir iletken olmak zorunda olan kontaklar aynı zamanda iyi mekanik özelliklere ve dayanıma sahip olmalıdır. Özellikle mikro elektronik bileşenler gibi, yüzeye yakın özelliklerin çok önemli olduğu ve kütlenin esas olarak yüzey malzemesi için bir kontak görevi gördüğü uygulamalar için yüzey modifikasyonlarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Şekil 3.1.'de genel kaplama süreci için akış şeması görülmektedir.



Şekil 3.1. Kaplama aşamaları

Kaplamanın yapılma nedenini, kaplanacak malzemenin hangi kaplama türleri için uygun olduğunu, kaplama sonrası kaplama yüzeyinde istenilen özellikler belirlemede aşağıda sıralanan ihtiyaçlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

- Korozyon dayanım ihtiyacı
- İletkenlik/yalıtkanlık ihtiyacı
- Sertlik ihtiyacı
- Sürtünme/aşınma dayanım ihtiyacı
- Kalınlık alıp/alınmaması
- Birden çok kaplamaya olan ihtiyacı

Kaplamalarda korozyonu önlemek ilk amaçtır. Korozyon, metal ve bunlara ait alaşımların çevreleriyle kimyasal reaksiyonları sonucu bozulmaya uğrayarak aşınmaları olarak tanımlanabilir. Kullanılan metallerin çoğu oksijen, su, sülfürlü bileşikler gibi birçok maddelerle tepkimeye girerek özelliklerinin kaybetmeye başlarlar. Korozyon tepkimesinin elektrokimyasal yoldan gerçekleşmesi için, potansiyel farkı, elektrot ve elektrolitik iletkenler arasında yük transfer reaksiyonunun akım iletimi yolu ile sürekli olmasına bağlıdır. Metalin birim zamanda çözünme miktarına korozyon hızı denir. Korozyon hızı, malzemenin dayanımı ile ömrünün belirlenmesinde önem teşkil etmektedir. Metal yüzeyinin her yanında aynı hızla çözünmenin olduğu koşullarda korozyon hızı kütle azalması olarak da tanımlanabilir. Kütle azalması yüzey alanı ile ilgili olup, korozyon hızı, aşağıdaki formülle tanımlıdır.

$$\text{Korozyon hızı} = \frac{\text{Kütle azalması (mg)}}{\text{Metalin yüzey alanı (dm}^2\text{)}} \times \frac{1}{\text{zaman(gün)}}$$

Malzemenin bulunduğu koşullar ve işlevselliği, malzemenin korozyona uğrama durumlarında değişikliğe sebep olmaktadır. Bunlar;

3.1.2. Üniform korozyon

Metal yüzeyinin her noktasında aynı hızla ilerleyen korozyon çeşididir. Üniform korozyon sonucu metal kalınlığı her noktada aynı derecede incelir.

3.1.3. Çukurcuk korozyonu

Metal yüzeyinin bazı noktalarında çukur oluşturarak meydana gelen korozyon türüdür. Korozyon sonucu yüzeyin bazı noktalarında oluşan çukur gittikçe büyüyerek metalin o noktadan delinmesine neden olur. Bu nedenle çukur tipi korozyon çok tehlikeli bir korozyon türü olarak kabul edilir.

3.1.4. Sürtünme ve erozyon korozyonu

Sürtünme korozyonunda özellikle mekanik aşınma ile kopan yüzey parçacıklarının erozyona uğraması sonucu oluşmaktadır, uyum pası diye adlandırılan korozyon türüdür.

3.1.5. Galvanik korozyon

Birbiriyle temas halinde olan farklı türden metal ve alaşımların aynı ortamda etkileşimleri sonucu karşılaştığımız korozyon türüdür. Çoğunlukla bu tür galvanik Birbiriyle temas halinde olan farklı türden metal ve alaşımların aynı ortamda etkileşimleri sonucu karşılaştığımız korozyon türüdür. Çoğunlukla bu tür galvanik eşlemeler kontrolümüz dışında, bir tasarım veya imalat gereksinimi olarak karşımıza çıkarlar. Galvanik korozyona meydan vermemek ve iki farklı metal arasında elektron transferini önlemek için ipek bant, amyant macunu vb. ayırıcılar veya izolasyon malzemeleri kullanılabilir.

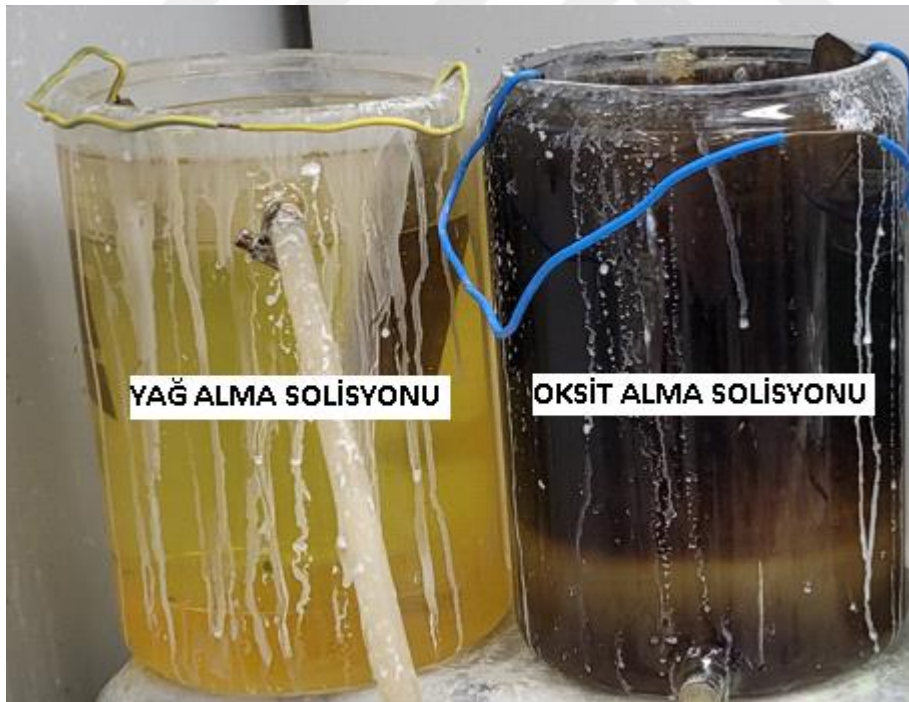
Farklı potansiyele sahip metaller elektriksel olarak temas ettiklerinde bu metaller arasında bir akım meydana gelir ve bu metaller galvanik korozyona maruz kalabilirler. Metallerden biri korozyona uğrarken, daha katodik karakterli olan metal hasarsız olarak kalır. Oluşacak korozyonu önlemede metali kendisinden daha soy karakterli (nikel ve krom gibi) bir metalle kaplanması korozyonu önleme yöntemi olarak kullanılmaktadır. Farklı korozyon türlerine farklı türde koruma yönteminin uygulanması gerekmektedir. Günümüzde genel olarak korozyonun önlenmesi için kullanılan yöntemleri şöyle sıralayabiliriz:

- 1) Saf metal kullanımı
- 2) Alaşım elementi katma
- 3) Isıl işlem
- 4) Uygun tasarım
- 5) Katodik koruma
- 6) Korozyon önleyicisi (inhibitör) kullanımı
- 7) Yüzey kaplama

Yukarıda bahsi geçen korozyon türleri göz önünde bulundurularak yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminde kullanılacak olan kontak terminal bütününe korozyondan korunması ve iletim değerlerinin iyileştirilmesi için kaplama yapılacaktır (Bkz. Şekil 3.1). Kaplama işlemi, akımsız nikel kaplama üzerine elektroliz yöntemiyle altın kaplama işlemi yapılacaktır. Kaplama işleminin ilk adımı kaplama malzemesinin yüzeyini uygun hale getirmektir. Kaplanacak malzemenin yüzeyini temizlemek, yüzeydeki, kirleticileri ve kirleri uzaklaştırmak için özel uygulamalar gerektirmektedir. Temizleme prosedürünün seçimi mevcut temizlik malzemelerinin çeşitliliği ve işlem adımlarının farklı olmasından dolayı büyük ölçüde kaplanacak malzeme için gereken temizliğin derecesine ve gerçekleştirilecek müteakip işlemlere bağlıdır. En düşük temizleme derecesini sağlayan

aşındırıcı püskürtme yöntemi kolay ve ucuz olmasından dolayı kritik olmayan kaplama öncesi en çok kullanılan yöntemdir. Hassas temizlik için solvent buharlı yağ giderme, emülsiyonla ıslatma, alkaline ıslatma, alkaline elektro temizleme, ultrasonik temizleme yöntemlerinin her biri aşamalı olarak daha temiz bir yüzey elde etmek için kullanılırlar.

Terminal kontak bütününe yüzey temizleme işleminde Şekil 3.2.'de görülen yağ alma solüsyonları kullanılmaktadır. Terminal kontak bütününe zarar vermemek için asit kökenli solventler kullanılmamıştır. Terminal kontak bütününe temizlenmesinde sodyum hidroksit ve sodyum siyanür kökenli solüsyonlar tercih edilir. Tercih edilen yağ alma solüsyonları bazik yapıdaki kimyasallardan oluşmaktadır. Piyasada MT6 solüsyonu olarak bulunabilen solüsyon 1/5 oranda saf su ile seyreltilerek kullanılmıştır. Terminal kontak bütünü uygun bir yerinden askılayarak Şekil 3.2.'de görülen yağ alma solüsyonuna daldırılır. Yağ alma solüsyonuna akım uygulanır. Solüsyon içindeki terminal kontak bütününe yüzeyindeki hareketlilik bitene kadar solüsyon içinde tutulur. Yüzeyindeki yağdan kurtulmuş olan terminal kontak bütünü saf su ile yıkanarak üzerindeki solüsyon temizlenir. Temizleme işleminin son adımı için Şekil 3.2.'de görülen oksit alma solüsyonuna daldırılır. Oksit alma solüsyonuna akım uygulanır. Solüsyon içindeki terminal kontak bütününe yüzeyindeki hareketlilik bitene kadar solüsyon içinde tutulur. Yüzeyindeki oksitten kurtulmuş olan terminal kontak bütünü saf su ile yıkanarak üzerindeki solüsyon temizlenir.



Şekil 3.2. Temizleme solüsyonları

Temizlik işlemi tamamlanan terminal kontak bütününe homojen olarak nikel ile kaplanabilmesi için, Şekil 3.3.'de görülen nikel sitrik içine daldırılır. Bu sayede kaplanma

isteği az olan terminal kontak bütünü'nün yüzeyinde oluşan aktifleşme sayesinde terminal kontak bütünü'nün tüm yüzeyi homojen olarak nikel kaplanabilir duruma getirilmiş olur. Akımsız nikel kaplama akımlı nikel kaplamaya kıyasla daha homojen kaplama yüzeyi elde edilebildiği için özellikle seçilmiştir.



Şekil 3.3. Nikel kaplama öncesi yüzey aktifleştirme solüsyonu

Terminal kontak bütünü'nün yüzeyi homojen olarak nikel kaplama yapmaya uygun duruma gelince, akımsız nikel kaplama için terminal kontak bütünü (aminoborablar, hidrazin, hipofosit) nikel solüsyonuna daldırılır (Bkz Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Akımsız nikel kaplama solüsyonu

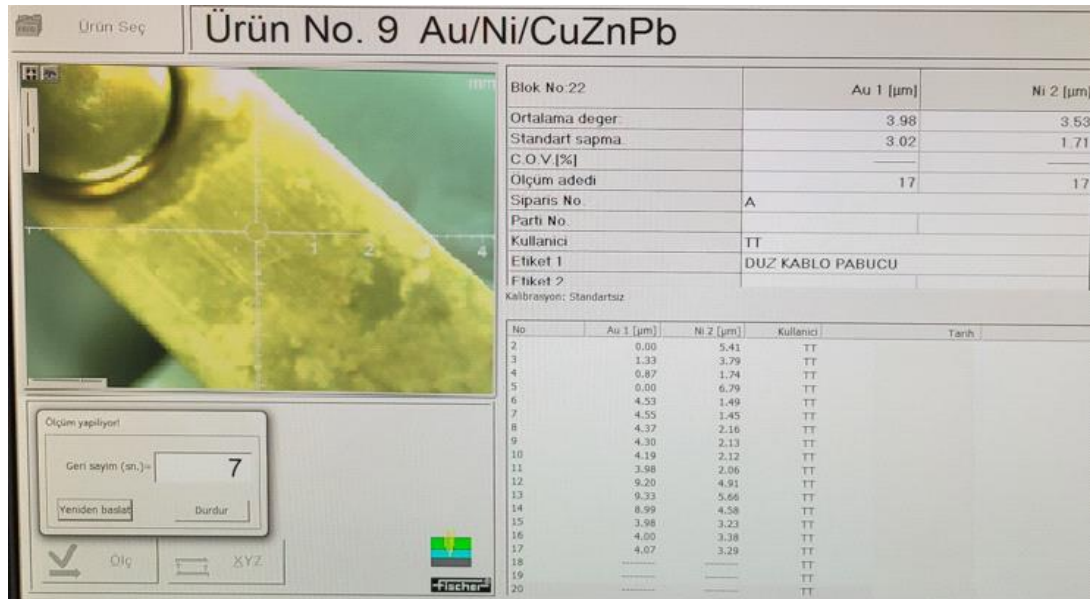
Terminal kontak bütününün yüzeyinde oluşan nikel kaplama istenilen kalınlığa ulaşana kadar nikel kaplama solüsyonu içinde tutulmaya devam edilir. İstenilen kalınlıkta nikel kaplanan terminal kontak bütününü, altın kaplamaya hazır hale gelmiştir. Altın kaplama sayesinde elektriksel iletkenliğini arttırmak, lehimlenebilir yüzey elde etmek, yüksek frekans iletimini iyileştirmek korozyonu önlemek amaçlanmaktadır.

Şekil 3.5.'de akımlı altın kaplama solventi görülmektedir. Altın kaplamak için kaplanacak malzemenin özelliklerine ve yüzey alanına uygun akım ayarlamasının yapılması gerekmektedir. Altın kaplama esnasında kaplanacak olan malzemenin geometrisinde bulunan sivri uçlar akım yığılmasına sebep olacağı için bu bölgelerde beklenen değerden kalın altın kaplaması gerçekleşir. Kaplama yüzeyinin iç kısımlarında tam tersi durum söz konusudur, yani altın kaplama esnasında kaplanacak olan malzemenin geometrisinde bulunan malzemenin iç kısmı (kutu, boru vb.), delik içleri gibi yüzeyler beklenenden daha az kaplama kalınlığına sahip olacaktır. Nikel kaplı terminal kontak bütününü altın kaplamak için Şekil 3.5.'de görülen solventin içine daldırılır. İstenilen kaplama değerine ulaşıncaya kadar solvent içinde tutulur.



Şekil 3.5. Akımlı altın kaplama solüsyonu

Terminal kontak bütünü altın kaplama sonrasında istenilen kalınlık değerinde kaplamanın gerçekleştiğini ölçmek için Fischerscope cihazı yardımı ile ölçümler yapıldı. Şekil 3.6.'da Fischerscope cihazı ekran görüntüsü görülmektedir. Terminal kontak bütünü yüzeyindeki kaplama kalınlıkları farklı noktalardan birden çok ölçüm yapılarak doğrulanmıştır.



Şekil 3.6. Fischerscope cihazı ekran görüntüsü

Terminal kontak bütünü için nikel, gümüş, kalay, bakır, altın kaplamaları, tek tek veya üst üste yapılabilir. Nikel üzeri altın kaplama için, Ek-1’de verilmiş olan kaplama kalınlık değerleri için ölçümler yapıldı. ASTM –B 703 standardına uygun nikel kaplama gerçekleştiği yapılan ölçümler ($3,53 \mu\text{m}$) sayesinde tespit edildi. Nikel üzerine yapılan altın kaplamanın MIL-DTL 45204 standardına uygun ($3,98 \mu\text{m}$) olduğu ölçüldü. Şekil 3.7.’de kaplama işlemi öncesi terminal kontak bütünü görülmektedir. Şekil 3.8.’de kaplama sonrası terminal kontak bütünü görülmektedir. Ek 1’de kaplama kalınlık standartları verilmiştir.



Şekil 3.7. Kaplama öncesi terminal kontak bütünü

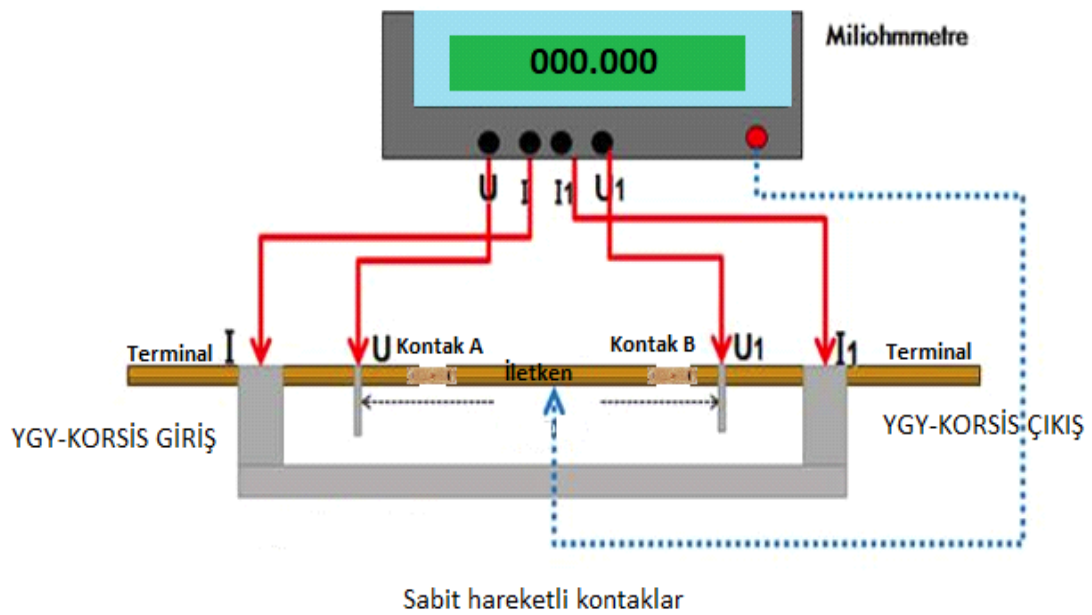


Şekil 3.8. Kaplama sonrası terminal kontak bütünü

3.2. Kontak Teması Direnç Ölçümü

Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminde kullanılan kontak grupları, terminal kontak bütünlüğünün bir araya gelerek oluşturduğu yapıdır. Sabit ve hareketli olmak üzere iki tür kontak takımı kullanılmaktadır. Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminin bir iletim grubunda toplam 4 adet kontak bulunur. İki sabit, iki hareketli kontak, temas noktaları üst üste gelerek iletim hattının devamlılığını sağlar. Sabit ve hareketli kontakların temas anında az da olsa bir direnç oluşturması beklenirken bu kontakların birbirleri ile tam uyumlu olması gerekmektedir. Oluşan bu direnç farkının ölçülmesi, enerji ve veri iletiminde oluşacak kayıpların önceden tespit edilmesinde büyük önem taşımaktadır.

Kontak temas geçirgenlik direncini miliohm metre ile tespit etmek için (Bkz. Şekil 3.9), ölçüm düzeneği hazırlandı. YGY-KORSİS'in giriş ve çıkışlarında bulunan ölçüm noktalarına, miliohm metrenin propları bağlanmıştır. Bu bağlantı, miliohm metre akım bağlantı noktası (I), YGY-KORSİS giriş konnektör terminal (I) kısmına, miliohm metre gerilim bağlantı noktası (U), YGY-KORSİS kontak A terminal (U) kısmına, miliohm metre gerilim bağlantı noktası (U₁), YGY-KORSİS kontak B terminal (U₁) kısmına, miliohm metre akım bağlantı noktası (I₁), YGY-KORSİS çıkış konnektör terminal (I₁) kısmına bağlantıları yapıldı. Ölçüm farklı ortam sıcaklıkları için, 0V – 5V – 24V, 100mA – 500mA akım değerlerinde çoklu sayıda yapılmıştır.

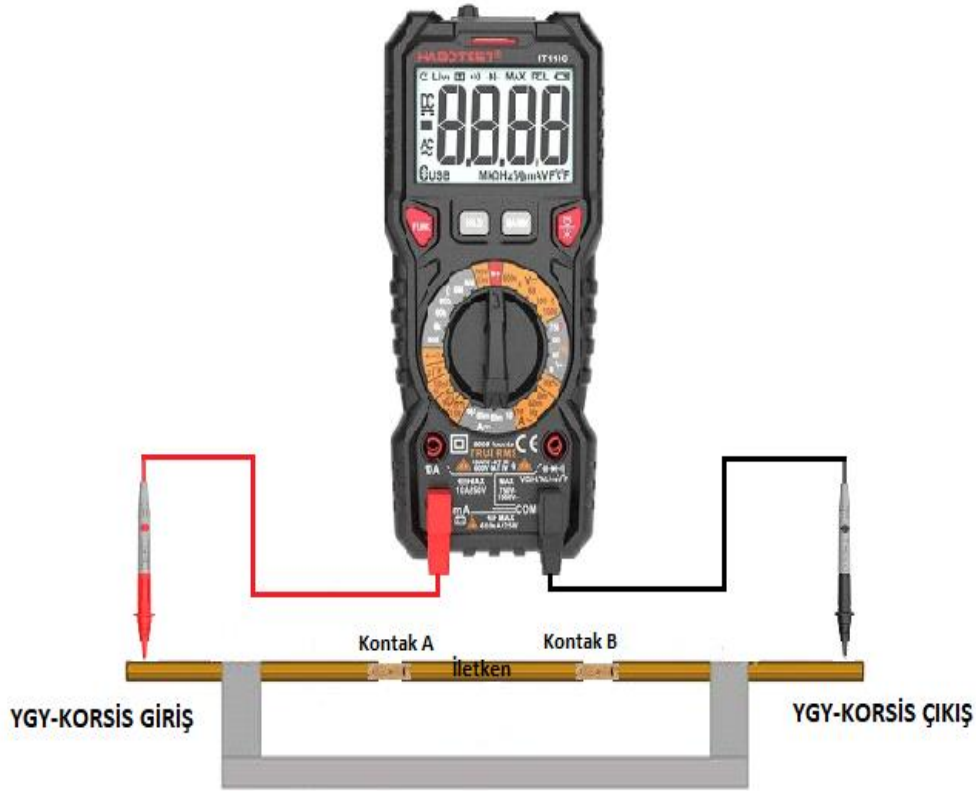


Şekil 3.9. Miliohm metre bağlantısı

Kontak temas geçirgenlik direncini multimetre ile tespit etmek için (Bkz. Şekil 3.10), ölçüm düzeneği hazırlandı. YGY-KORSİS'in giriş ve çıkışlarında bulunan ölçüm noktalarına probalar bağlanmıştır. Bu bağlantı, multimetrenin ölçüm probu YGY-KORSİS'in giriş konnektör kısmına, multimetrenin COM probu YGY-KORSİS'in çıkış konnektör kısmına bağlanarak yapılmıştır. Ölçüm farklı ortam sıcaklıkları (17,3 C° - 40,6 C°) için tekrarlanmıştır.

Miliohm metre ve multimetre ile (Bkz. Çizelge 3.1) yapılan ölçümlerin minimum ve maksimum direnç değerleri sıralanmıştır. Yapılan ölçümler sonrasında elde edilen kontak temas direnç değerlerinden maksimum değerler göz önüne alındığında, ölçülen direnç değerlerinin, enerji ve veri iletimine olumsuz etkisinin (maksimum 0,1 ohm, minimum 0,02 ohm) sınırlı olacağı öngörülmektedir. Sistem ve cihazların çalışmasında,

verinin bir bütün olarak iletilmesinde herhangi bir etkisinin olmayacağı değerlendirildi. Gerçekleştirilen ölçümler sonucu ulaşılan sonuçlara göre yapılan ön değerlendirmenin kanıtlanması için YGY-KORSİS veri iletim testine tabi tutulmuştur.



Şekil 3.10. Multimetre bağlantısı

Çizelge 3.1. Kontak temas direnç ölçümü

Ortam Sıcaklığı C°	Akım mA	Gerilim V	Kontak Sıcaklığı C°	Ölçüm Cihazı	Min Direnç Ω	Test Sayısı	Max Direnç Ω
17,3	0	0	17,5	TD2000	0,620	100	0,640
17,3	100	5	17,5	TD2000	0,620	200	0,640
17,3	500	24	17,5	TD2000	0,630	200	0,650
17,3	0	0	17,5	HT118C	0,780	10	0,810
19,7	0	0	20	TD2000	0,620	1000	0,640

Çizelge 3.1'in devamı

19,7	100	5	20	TD2000	0,630	1000	0,650
19,7	500	24	20	TD2000	0,630	1000	0,650
19,7	0	0	20,1	HT118C	0,770	10	0,810
25,2	0	0	25,1	TD2000	0,620	1000	0,640
25,2	100	5	25,1	TD2000	0,640	1000	0,670
25,2	500	24	25,3	TD2000	0,630	1000	0,650
25,2	0	0	25,2	HT118C	0,780	20	0,820
30,1	0	0	30,2	TD2000	0,640	1000	0,680
30,1	100	5	30,2	TD2000	0,650	1000	0,690
30,1	500	24	30,3	TD2000	0,640	1000	0,680
29,8	0	0	30,1	HT118C	0,810	20	0,880
35,3	0	0	35,4	TD2000	0,640	1000	0,700
35,3	100	5	35,4	TD2000	0,650	1000	0,720
35,5	500	24	35,5	TD2000	0,650	1000	0,700
35,5	0	0	35,5	HT118C	0,810	20	0,910
40,6	0	0	40,7	TD2000	0,650	1000	0,740
40,6	100	5	40,7	TD2000	0,660	1000	0,760
40,8	500	24	40,8	TD2000	0,650	1000	0,740
40,6	0	0	40,8	HT118C	0,820	20	0,920

3.3. Konnektörler

Kelime olarak bağlayıcı anlamına gelen konnektör, birçok cihazda kullanılmakta olup genel olarak bir sistemi veya iletim hattını birbirine bağlamak ve ayırmak için kullanılır. Günlük hayatımızda kullandığımız birçok cihaz ile askeri amaçlar için üretilmiş sistemlerde kullanılırlar. Bunlara cep telefonu, bilgisayar, televizyon, yazıcı vb. cihaz ve sistemlerin dış ortam bağlantıları için giriş çıkış birimleri gösterilebilir.

3.3.1. Konnektör çeşitleri

Konnektörler kullanım yerlerine göre özelleşmiş mekanik yapılardır. Konnektörlerin kullanılacağı yer için çevre şartlarına uygun olası birincil önceliktir

Birçok alanda kullanılan konnektörler, kullanım alanları veya sektörler için özel tasarlanmış ürünlerdir. Genel kullanım alanı bulmuş konnektörler uluslararası standardizasyon sonrası ürün yelpazesi haline gelmiştir. Yapıldığı malzeme özellikleri, kullanım yerleri ve çevre şartlarına uyum bakımından değişiklik gösteren konnektörler, günlük yaşamdan askeri alana, nükleer sistemlerden uydu yapılarına kadar birçok alanda kullanılmaktadır (Bkz. Çizelge 3.2).

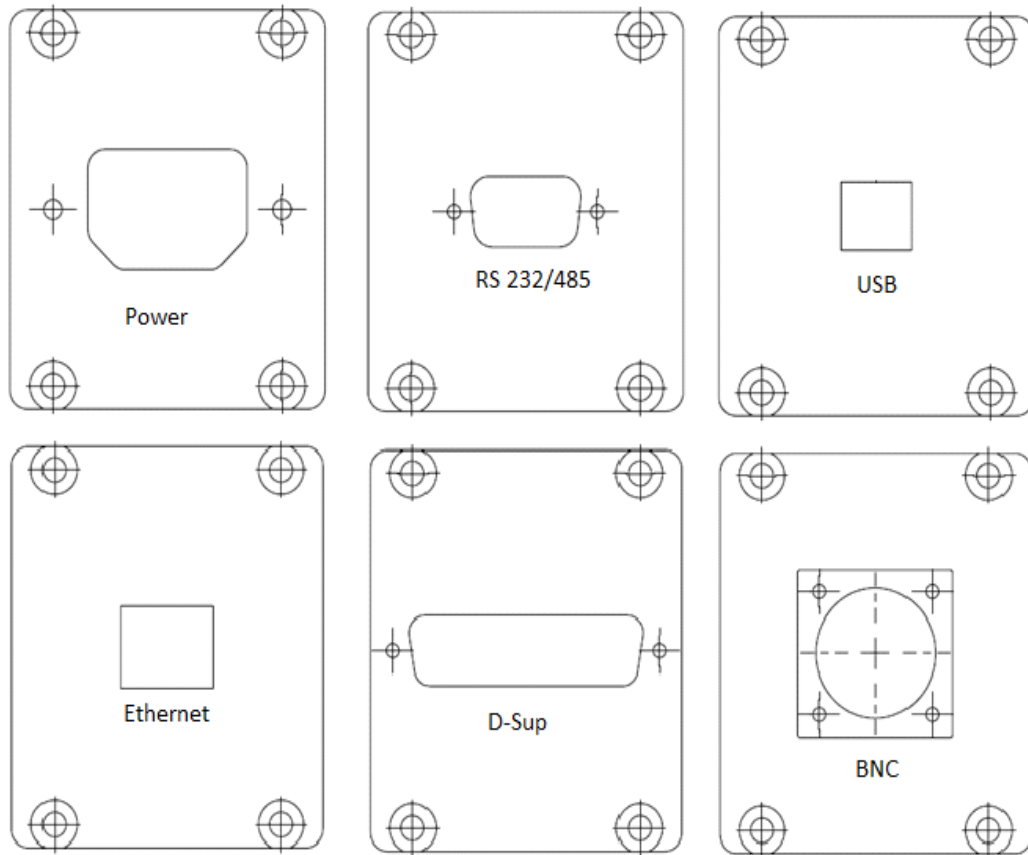
Çizelge 3.2. Konnektör çeşitleri

KONNEKTÖRLER	
USB	Bilgisayarlar ve mobil cihazlar gibi elektronik cihazlar arasında enerji ve veri aktarımı için seri bağlantı özelliğinde sahip konnektördür, Tip A, Tip B, Tip C gibi farklı türleri vardır.
HDMI	Ses ve görüntü sinyallerini taşımak için kullanılır. Yüksek çözünürlüklü video için idealdir. Tip A, Tip B, Tip C gibi farklı türleri vardır.
Ethernet	Bilgisayar ağları arasında veri aktarımı için kullanılır. RJ45 olarak adlandırılan bu konnektör ethernet kablosu ile kullanılır.
BNC	CCTV kameraları ve diğer video uygulamaları için kullanılır. Koaksiyel kabloları birbirine bağlar.
Güç	Güç kaynaklarını birbirine veya sistemlere bağlamak için kullanılır. Büyüklükleri gerekli olan güç durumuna göre farklılık gösterir.
D-Sub	Bilgisayarların seri portlarında giriş çıkış bağlantısı olarak kullanılır.
RCA	RCA konnektörler düşük frekanslarda sinyal taşımak için kullanılır.
RS-232	Seri asenkron olarak gönderilen verinin alınması veya iletilmesi için kullanılır. Mikro denetleyici ve bilgisayar arasında veri transferi yapmak için kullanılan bir standart haline dönüşmüş konnektördür.

3.3.2. Konnektör kasetleri

Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminin takılacağı cihazların/sistemlerin bağlantı birimlerine kolayca bağlanabilmesi için YGY – KORSİS için özel konnektör kasetleri tasarlanarak üretilmiştir.

Şekil 3.11’de konnektör kaset örnekleri görülmektedir. Kasetler tüm konnektör türlerine uyum sağlayabildiği için herhangi özel ekipman veya personele ihtiyaç duymadan cihazlara/sistemlere entegre olabilmektedir.



Şekil 3.11. Konnektör kasetleri

3.3.3. Konnektör bağlantıları:

Bir konnektör ile diğer konnektör arasında iletim sağlayan kabloların konnektörlere bağlantısının yapılması gerekir. Konnektörlere bağlanacak iletkenlerin çevre şartlarına dayanımı en az konnektörün dayanımı kadar olmalıdır. Konnektörlerin uygun iletkenlerle birleştirilerek sonlandırılması için yaygın kullanılan yöntemlerden bahsederek.

3.3.3.1. Mekanik olarak sıkıştırma / çakma

Konnektör yuvasının her birine uygun olarak geçmeye hazır pinler, sıkma pensesi kullanılarak uygun kesitteki kablunun uç kısmı ile pin birleştirilerek yapılır. Sıcaklık ve mekanik dayanımı yüksek olup, uygulaması ve muayene edilmesi kolaydır.

3.3.3.2. Sıcak daldırma/ lehimleme

Konnektör yuvasında sabitlenmiş pinlerin arka bağlantı kısmı ile, kablunun uç kısmının lehimleyerek birleştirilmesidir. Yapımı uzmanlık, deneyim ister, özel atletlere ihtiyaç duyulur. Sıcaklık ve mekanik dayanımı düşük olup muayene edilmesi zordur.

3.4. Hareket Sistemi

Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminin kontaklarının korumaya geçebilmesi için sabit kontaklar hareketsiz dururken hareketli kontaklarını açmak ve kapatma yönünde belirlenen limitler içinde hareketini sağlayan motorlu uzaktan erişimli hareket sistemi tasarım yapılmıştır. Hareket sistemini oluşturan kısımlara değinecek olursak.

3.4.1. Redüktör

En az iki veya daha fazla sayıda dişlinin bir araya gelerek güç ünitesi ile iş makinesi arasında, farklı güç ve hareket iletiminde kullanılan sisteme redüktör denir. Redüktörler bir milden diğer mile hareket ve güç iletiminde bulunur. Biri döndüren diğeri döndürülen çark olmak üzere, giriş devir sayısına oranla, çıkış devir sayısını küçülten veya büyüten, ihtiyaç duyulan sisteme eklenen bağımsız elemanlardır.

Döndüren küçük dişli (pinyon) 1 indisi, döndürülen büyük dişli (çark) 2 indisi ile gösterirsek;

Çevrim oranı:

$$i = \frac{W_1}{W_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad n_1 \text{ Giriş dönüş hızı (rpm)}, n_2 \text{ Çıkış dönüş hızı (rpm)}, W_1, W_2 \text{ Açısal hız}$$

$i > 1$ yani $n_1 > n_2$ hız düşürücü,

$i < 1$ yani $n_1 < n_2$ hız büyültücü redüktör olarak tanımlanır.

Redüktörlerde Döndüren küçük dişli (pinyon) ile döndürülen büyük dişli (çark) arasındaki, devir sayıları ile momentler birbirine ters orantılıdır. Bu sayede moment-hız dönüşümleri yapılabilmektedir.

Redüktörün avantajları ile dezavantajları aşağıda sıralanmıştır.

-Avantajları:

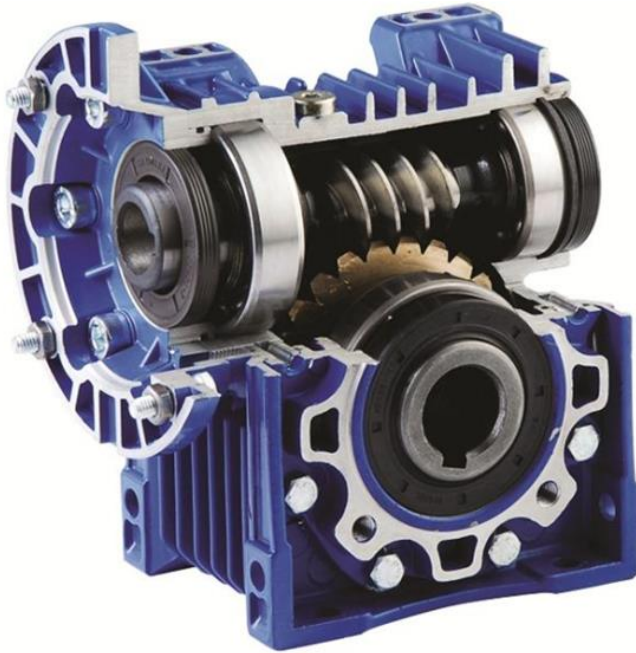
- Birbirinden uzak iki sistemi birbirine bağlamak için kullanılabilir.

- Redüktörler paralel ve kesişen millerde, güç ve devir sayılarında değişik çevrim oranına ihtiyaç duyulan sistemlerde kullanılabilir.
- Boyuna hareketi dönme ve dönme hareketini boyuna harekete çevirmeye ihtiyaç olan sistemlerde kullanılabilirler.
- Dişli yapısına göre döndürülen taraf geri kaçırma veya kayma söz konusu değildir.
- Aynı güçte diğer makinelere oranla daha verimli ve az yer işgal ederler.
- Tek bir giriş hızı olmasına rağmen birden çok çıkış hızları verirler.
- İki döndürülen elemandan oluşan sistemlerde, bu iki elemanın arasında hareket bakımından bağımsızlık sağlamak için kullanılırlar.

-Dezavantajları

- Pahalıdırlar.
- Gürültülü çalışırlar sıralanabilir.

Redüktörlerde düz konik dişli, helisel dişli, heliselli kremayer dişli, düz dişli vb. dişli türleri kullanılmaktadır. Redüktörler kullanım alanları ve ihtiyaca göre dişli grupları ve özellikleri farklılık gösterebilmektedir. Şekil 3.12.'de YGY-KORSİS de kullanılan redüktör görülmekte olup sonsuz dişli yapısına sahiptir. Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminde kullanılan redüktör özel olarak seçilmiş olup döndürülen çark tarafın geri kaçırması veya kayması söz konusu değildir.



Şekil 3.12. Redüktör (Ünal, 2009)

3.4.2. Rulman

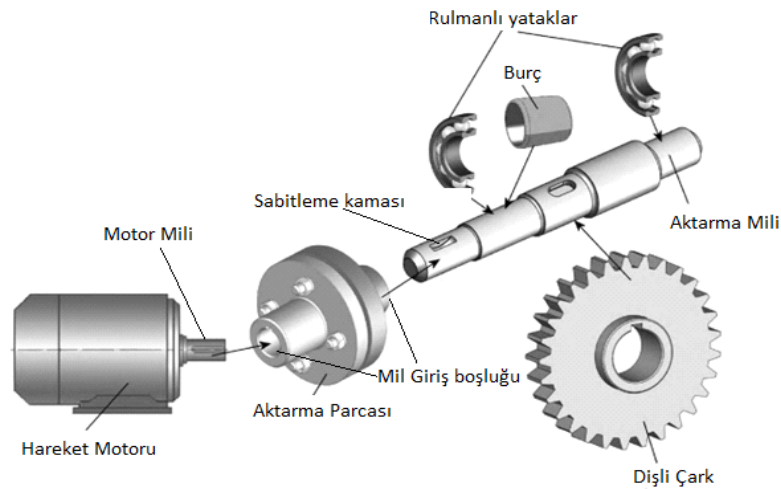
Birbiri üzerinde hareketli veya duran yapıların hareketine olanak sağlayan yataklama yapısındaki sürtünmeyi azaltan bir elemandır. Rulman yuvarlanma-kayma prensibine göre çalışır. Dönen bir mil ile duran gövde arasında kuvvet geçişini sağlamanın yanında dönen kısım ile sabit kısmın sürtünmeden dolayı aşınmasını önlerler. Şekil 3.13.'de rulman çeşitleri görülmektedir. Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminin yataklama kısmında kullanılmaktadır.



Şekil 3.13. Rulmanlar

3.4.3. Miller

Genellikle dairesel kesitli olarak imal edilen, taşıdıkları elemanlarla birlikte dönerek moment ve hareket ileten makine elemanlarıdır. Milleri, mil boşluklarında sabitlemek için genellikle kama kullanılır. Şekil 3.14.'de mil yapısı ile bağlantı kısımları gösterilmektedir.



Şekil 3.14. Mil yapısı (Ünal, 2009)

3.4.4. Motorlar

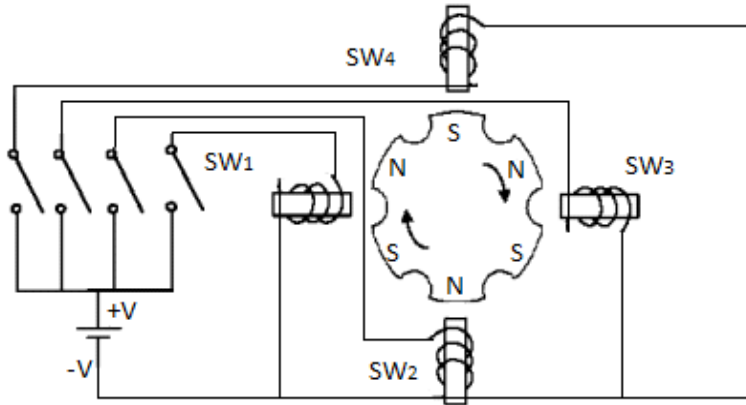
Motoru kısaca kuvvet makinesi olarak tanımlamak mümkündür. Motor bir enerji formunu mekanik enerjiye çeviren yapıdır. Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminin hareket sisteminde kullanılacak olan mekanik enerjisini karşılanması için kullanılacak olan motor türlerinden kısaca bahsederek;

3.4.4.1. Step motor

Konum kontrolünün hassas olması gereken yerlerde kullanılan bir motor tipidir. Step motorlar sürekli bir dönme hareketi yerine eşit büyüklükte ayırık açısal hareketler yapabilen bir elektromekanik sistemdir. Hareketini adım adım yapar.

Adım motorunun kontrolü analog gerilim ve akımlar yerine darbe sinyalleridir. Adım motorunun sürücüsüne uygulanan bir sayısal darbe sinyali, motorun belirli bir açı kadar hareket yapmasına neden olur ve bu olayın her darbe sinyali için tekrarlanmasıyla dönme olayı elde edilir. Problemsiz ve hızlı olarak devreye giriş çıkış özelliğinin yanında çok geniş bir hız aralığında çalışabilirler.

Diğer elektrik motorlarında, motora enerji verildiği andan itibaren sürekli olarak rotorda dönme meydana gelmektedir. Bu dönme olayının son bulması için enerjinin kesilmesi gerekirken adım motoruna girişine tek seferlik darbe sinyali uygulandığında bir adım döner ve durur. Bu dönme miktarı motorun yapısına göre belirli bir açı ile sınırlandırılmaktadır. Kullanılacak yere ve istenilen hassasiyete göre seçilmesi gereken adım motoru, tasarım aşamasında adım sayısı belirlenerek üretilmektedir. Adım motorunda rotorun dönmesi girişe uygulanan pals sayısına bağlı olarak değişir. Girişe bir tek atım verildiğinde rotor tek bir adım hareket ederek dururken, palslerin arka arkaya uygulanmasıyla rotor devamlı dönme yapar.



Şekil 3.15. Adım motor yapısı (Akar, 2005)

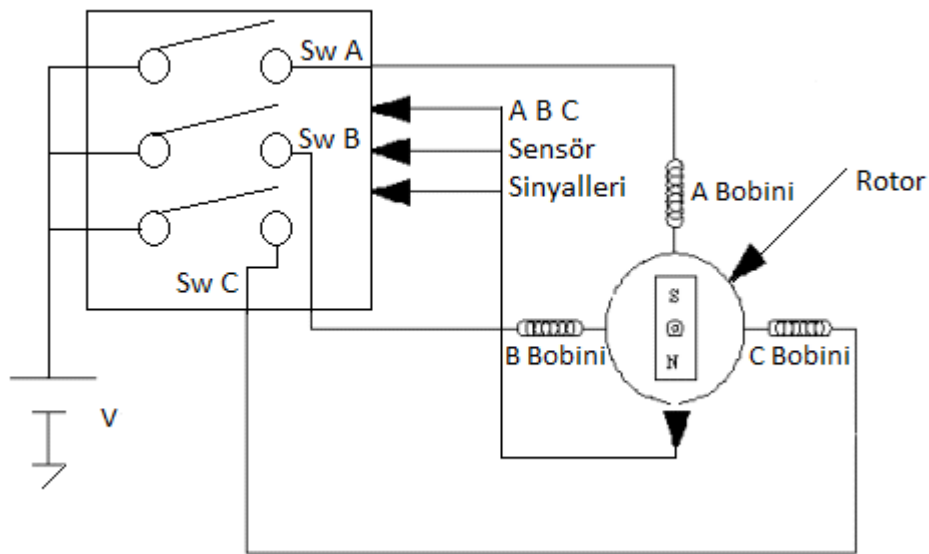
Adım motoru, bir daire içindeki elektromanyetik alanların dönüşü ile ifade edilebilir, SW₁ numaralı anahtar kapandığı zaman rotorda bulunan sabit mıknatıs stator

elektromanyetik alan ile aynı hizaya gelecektir. Bundan sonra SW₁ numaralı anahtar açılıp SW₂ numaralı anahtar kapatıldığı zaman rotordaki sabit mıknatıs statordaki elektromanyetik alanın karşısına gelecektir. Bu olaylar sırasıyla tekrarlanırsa sabit mıknatıs yani rotor, bir daire içinde düzgün şekilde dönme hareketi yapacaktır. Rotorun kaç tur atacağı veya tam olarak hangi açıda duracağı verilen darbenin sürekliliği ile belirlenmektedir (Bkz. Şekil 3.15).

3.4.4.2. Servo motor

Hız ve moment kontrolü yapılabilen anma güçleri 5 kW'tan düşük yardımcı motorlar servo motor olarak adlandırılırlar. Servo motorların rotor kısmında sabit mıknatıs, stator kısmında sargılar tarafından oluşturulan manyetik alan bulunur. Rotor kısmında bir uyarım akımına gerek olmadan statordaki sargılar tarafından oluşturulan manyetik alanın kutbunu senkron olarak takip etmesi sonucu dönme hareketi meydana gelir. Diğer motorlarla kıyaslandığında daha az sargı kullanıldığı için kayıpları az olup daha verimlidirler. Servo motorlar, konum kontrolü yapan, özellikle otomatik kontrol sistemlerinde çok kullanılan motorlardır. Servo motorların tercih sebeplerini sıralayacak olursak;

- Motor milinde 40 Nm'ye kadar olan dönme momenti ihtiyaçlarında,
- Kısa süreli olarak dönme momentinin, iki katına kadar aşırı yük ihtiyaç duyulan yerlerde,
- Hızın sabit kalması istenilen yüksek devir kararlılığı gereken yerlerde,
- Hareket sisteminde, hareket için verilen komutların geciktirilmeden yerine getirilmesinde kullanılırlar.

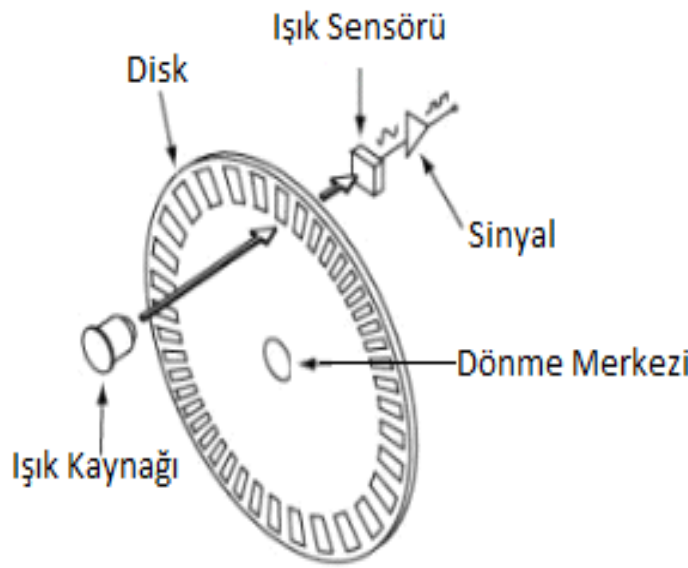


Şekil 3.16. Servo motor yapısı (Akar, 2005)

Şekil 3.16’da servo motor yapısı görülmektedir. SwA, SwB, SwC bobinlerine uygulanan gerilim sonrası, bobinde meydana gelen manyetik alan kutbu, rotorda bulunan sabit manyetik alan kutbu ile etkileşime girerek dönme hareketini gerçekleştirir.

3.4.5. Enkoder

Enkoder, rotorun mekanik hareketlerini ve pozisyonunu elektriksel bilgiye çeviren elektronik ekipmandır. İstenilen hareketin gerçekleşip gerçekleşmediğini veya herhangi bir yönde ne kadarlık bir hareketin gerçekleştiğini geri bildirim olarak gönderen pasif elemanlardır. Enkoderler doğrusal tip ve döner tip olmak üzere iki farklı çeşidi bulunmakta olup hareket miline veya rotora bağlanarak kullanılırlar.



Şekil 3.17. Encoder iç yapısı (Akar, 2005)

Şekil 3.17.’da enkoder yapısı görülmektedir. Opak yapıdaki disk malzemesi üzerine açılan deliklerden, ışığın karşıda bulunan algılayıcıya dönme anında kesikli olarak ulaşması sonucu, dönmenin hızı, dönme açısı vb. bilgilere kare dalga analizi sayesinde hassas olarak ulaşılabilir. Bu sayede hareket halindeki bir sistemde meydana gelen değişim kullanıcıya bildirilmektedir.

3.5. Yüksek Gerilim Yıldırım Koruma Sistemi

Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminin, koruma sağlayacağı üst limit 50000 V olacak şekilde planlanması yapıldı. Yapılan araştırmalar sonrasında yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi için tasarım aşamasına geçildi.

Teorik olarak hesaplanan sabit kontaklar arasındaki mesafe, tasarım ön koşulu olarak kullanılacaktır. Teorik hesaplama;

$C=B/A$ için;

A= Atmosfer ortamında cm başına atlama gerilimi yaklaşık 1060 V kabul edilmektedir.

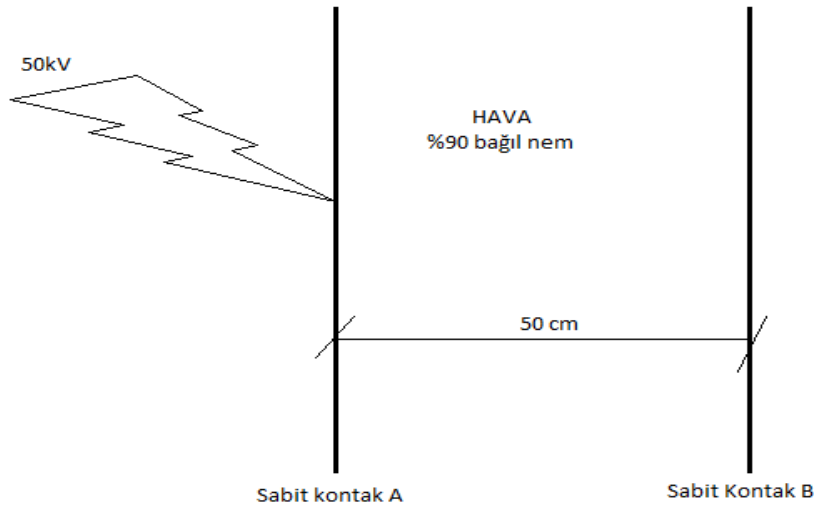
B= YGY-KORSİS için Atlama gerilimi = 50000 V

C= Atlama mesafesi

$$C = 50000V/1060cmV$$

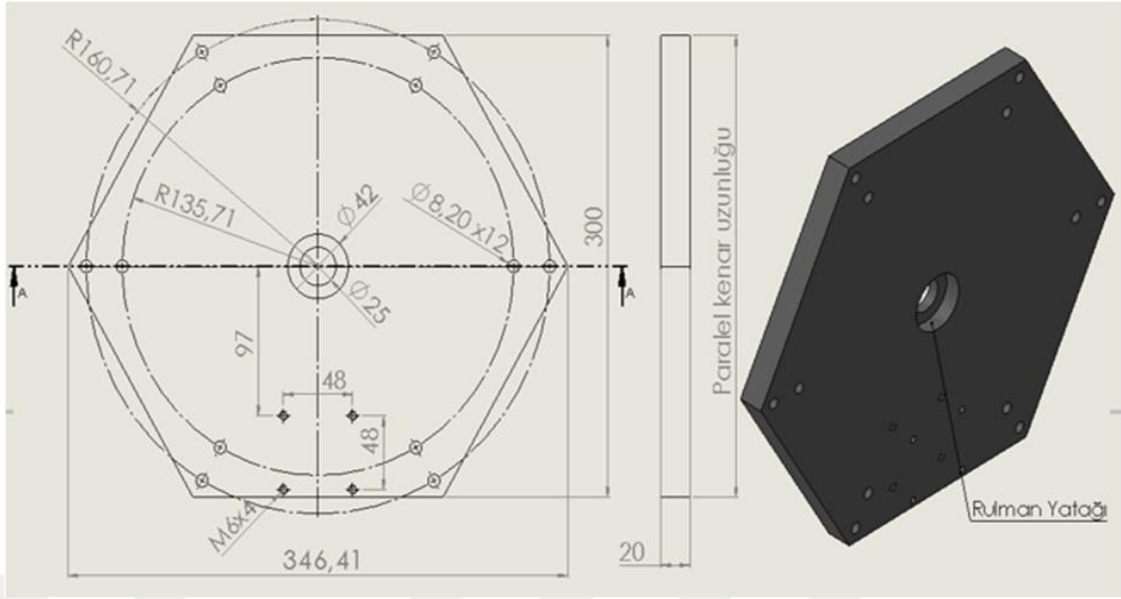
$$C \approx 47 \text{ cm}$$

Bağıl nemin %90 olduğu atmosferdeki santimetre başına atlama mesafesi teorik değer olan, 1060 volt kabul edilmiştir. 50000 V atlama mesafesi yaklaşık 47 cm olarak bulunmuştur. Emniyet payı ve üretim kolaylığı için 3 cm ekleyerek tasarım için sabit kontaklar arası mesafe 50 cm olacak şekilde tasarıma başlanmıştır (Bkz. Şekil 3.18).



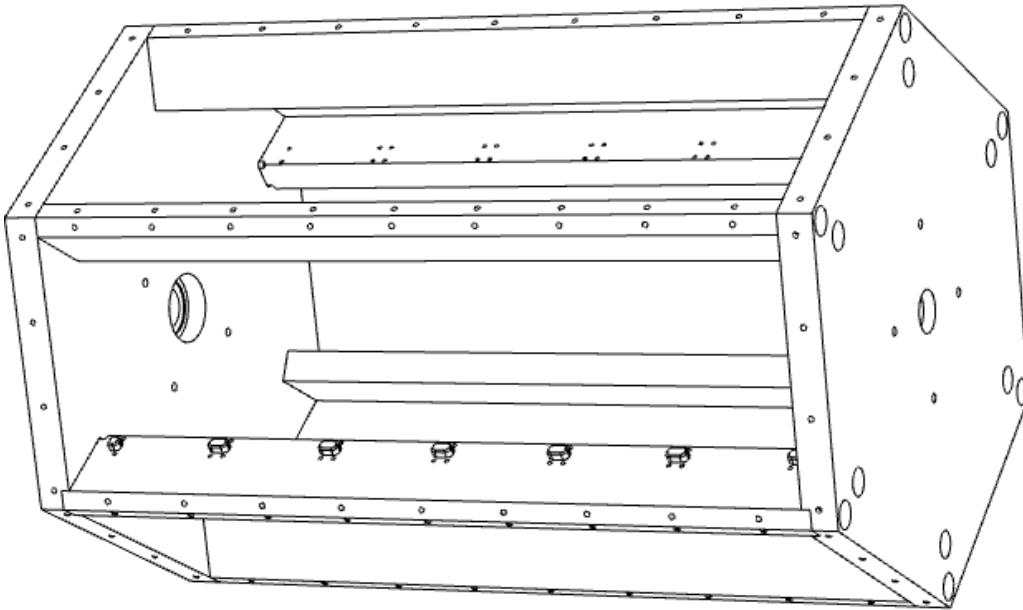
Şekil 3.18. %90 Bağıl nemde YGY-KORSİS için atlama mesafesi

YGY-KORSİS Ana gövde geometrik olarak altıgen yapı özellikle seçilmiştir. Altıgen geometrik şekil sayesinde, sabit kontakların karşılıklı aynı düzlemde olmasının yanı sıra, aralarında kalan mesafenin eşit olması, karşılıklı gruplar halinde birden çok kontak serisi oluşturmaya imkân vermektedir. Ana gövde yapımında kullanılan malzeme yalıtıcıdır. Ana gövdenin imal edileceği malzeme seçiminde, özgül ağırlık, bükülme kuvveti, laminasyona dikey dayanım, boyutsal stabilize, sürtünmeye karşı dayanım, alev mukavemeti, hacimsel direnç, termal uzama ve izolasyon değeri 50 kV ve üzeri dayanımına sahip polietilen malzeme kullanılmıştır (Bkz. Şekil 3.19).



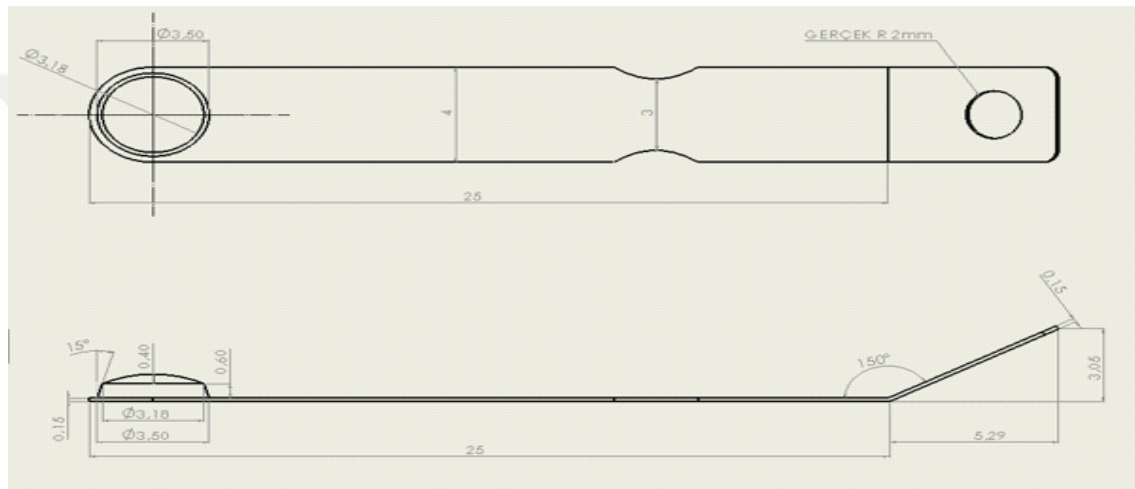
Şekil 3.19. Altıgen ana gövde

YGY-KORSİS ana gövdeyi oluşturan parçaların birbirine bağlantısını sağlayan iskelet yapısı için üretilen parçaların üzerinde sabit kontak kasetlerini aynı eksene getirmek ve montaj kolaylığını sağlamak için çıkıntılar tasarlanmıştır. YGY-KORSİS'i oluşturan parçaların montajda fiber katkıli pertinaks [PFB11S] kullanılarak üretilmiş olan vidalar ve sabitleme pimleri kullanılmıştır (Bkz. Şekil 3.20).

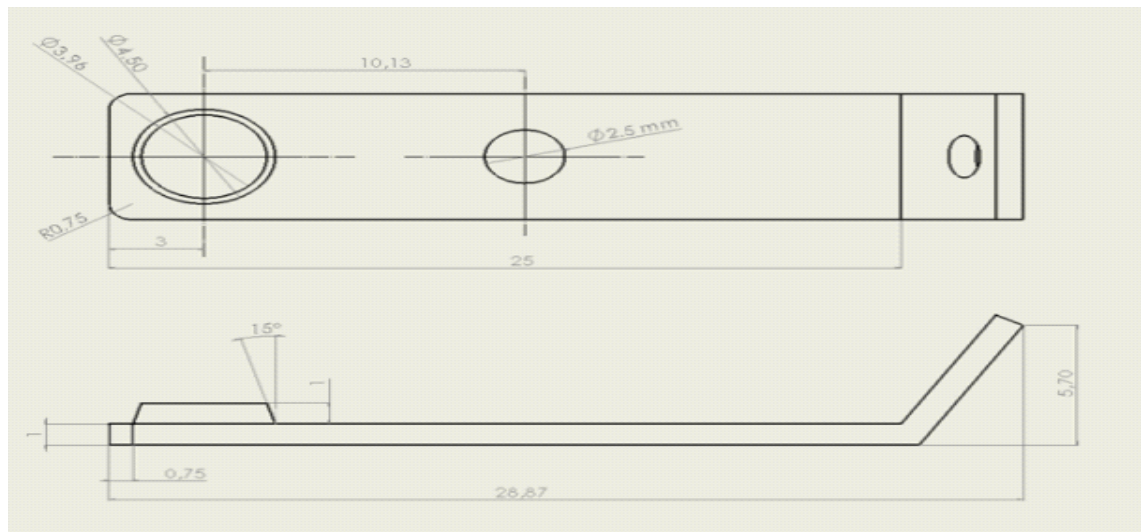


Şekil 3.20 Ana gövde iskelet yapısı

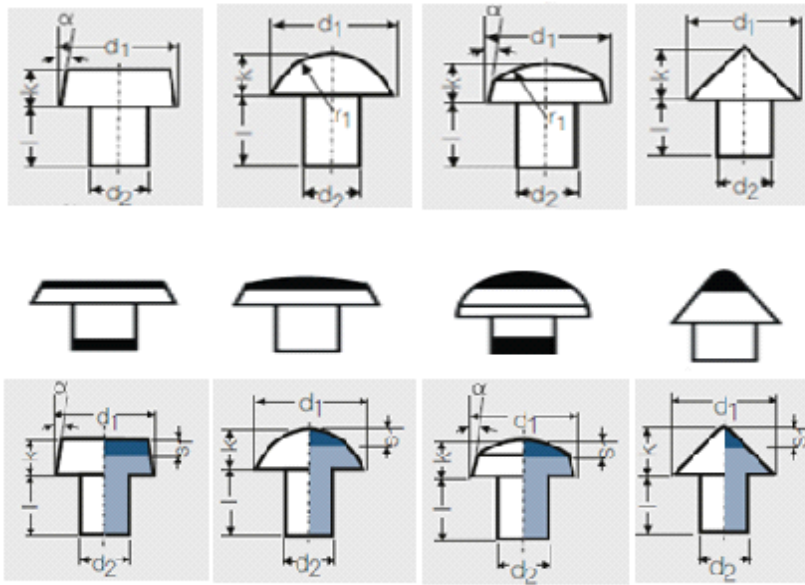
Kontak yapısının üretimi, kontağın terminale sabitlenmesi, yıldırım koruma sisteminin en önemli aşamalarından biridir. Kontaklar arasındaki temasın minimum direnç değerinde sağlanması önemlidir. Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminde iki farklı terminal kontak bütünü yapısı kullanılmaktadır. Şekil 3.21.'de hareketli terminal kontak bütünü görülmekte olup Şekil 3.22.'de sabit terminal kontak bütünü görülmektedir. Sabit kontak terminal bütünü'nün kontak yüzeyi düz ve terminale paralel yapıda tasarlanmıştır. Hareketli kontak terminal bütünü ise kontak yüzeyi pahlı olarak tasarlanmıştır. Bu tasarımın amacı, sabit ve hareketli kontakların temasını garanti etmektir. Sabit ve hareketli kontakların üretimi için seçilen geometriler Şekil 3.23.'de görülmekte olup Çizelge 3.3.'de kontağın üretilebilirlik alt-üst limit aralıkları ile Çizelge 3.4.'de üretim tolerans limitleri görülmektedir.



Şekil 3.21. Hareketli terminal kontak bütünü



Şekil 3.22. Sabit terminal kontak bütünü



Şekil 3.23. Kontak şekilleri

Çizelge 3.3. Kontak üretilebilirlik limitleri

Kafa Çapı (d_1)	2,0 mm ile 10, 0 mm arası
Kafa Yüksekliği (k)	0,5 mm ile 3,0 mm arası
Ayak Çapı (d_2)	1,0 mm ile 4,0 mm arası
Ayak Yüksekliği (I)	0,6 mm ile 6,0 mm arası
Gümüş Kalınlığı (s)	0,2 mm ile 1,5 mm arası
Kafa Pahtı (r_1)	1,5 mm ile 100 mm arası

Çizelge 3.4. Kontak üretim toleransları

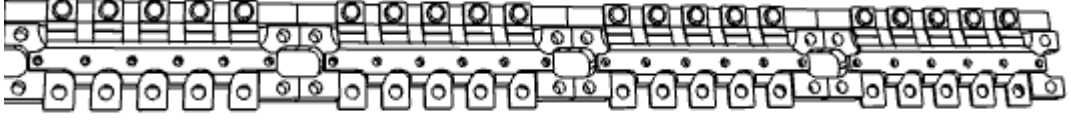
	(d ₁)	(k)	(d ₂)	(I)	(s)	(r ₁)
Minimum	-0,1	-0,05	-0,05	-0,1	-0,05	-%10
Maksimum	+0,1	+0,05	+0,05	+0,1	+0,05	+%10

Hareketli kontak terminal kısmı esnek yapıya sahiptir. Sabit ve hareketli kontakların temas anındaki basıyı garanti etmek, kontaklar arasında direnç oluşumunu engellemek için hareketli kontağa, hareket sistemi tarafından baskı uygulanmaktadır. Hareketli kontak üzerindeki bası kaldırıldığında terminal normal formuna dönmektedir. Hareketli kontak terminal üretiminde esnek özellikte olan Blister bakır, Bakır+Çinko, Bakır+Nikel+Çinko şeritleri kullanılmaktadır. Sabit kontak terminal üretiminde ise verilen formu koruyan, Blister bakır, Bakır+Çinko, Bakır+Nikel+Çinko şeritleri kullanılarak üretilmiştir.

Terminal üretimi için kullanılacak malzeme kaplama yapmaya uygun türde seçilmiştir. Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminin bağlanacağı sistemlerde kullanılan frekans, enerji, akım değerlerine göre terminal kontak bütünü kaplama çeşitleri farklılık göstermektedir. Yüksek frekanslı iletim için, terminal kontak bütünü akımsız nikel kaplama [Ni] üzerine elektroliz yöntemi ile akımlı altın [Au] kaplam kullanılırken, düşük frekans iletiminde kalay [Sn] veya Alman gümüşü [CuNiZn] ile kaplama tercih edilmektedir.

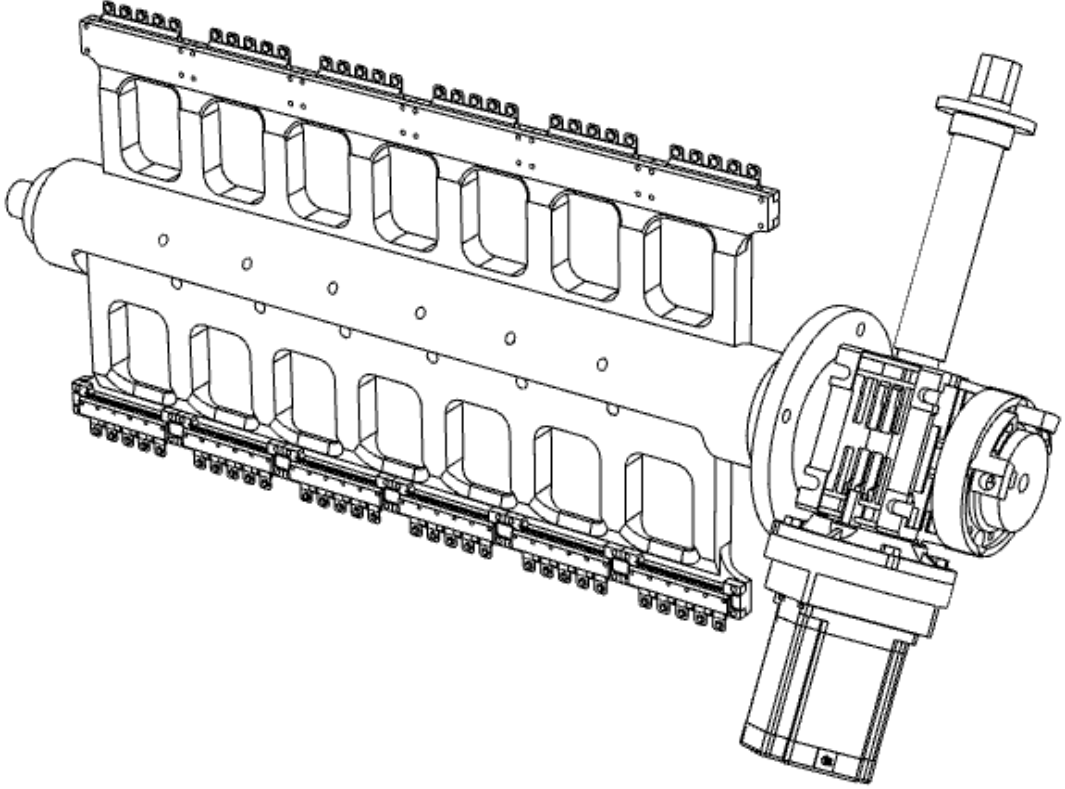
Masif kontak, ihtiyaç duyulan akım ve temas yüzey özelliğine göre üretilmektedir. Masif kontakların üretiminde alaşımlı metaller kullanılmaktadır. Kontak üretiminde Cu, Ag, AgNi, AgNi [80/20], AgNi [85/15], AgNi [90/10], AgCdO [85/15], AgCdO [90/10], AgZnO [90/10], AgZnO [92/8], AgSnO₂ [88/12], AgSnO₂ [90/10] kullanılmaktadır. Kontak üretim malzemesinin seçiminde iletkenlik, dayanım ve kaplanan malzemeye uyumu önemlidir. Sabit ve hareketli terminallere kontak bağlantısını gerçekleştirmek için pres ve lehimleme aynı anda kullanılarak birleştirilmiştir. Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminin, koruma sağlayacağı sistemlerin/cihazların çeşitlilik göstermesinden dolayı sabit sayıda kontak yapısı olmakla birlikte çok katlı ve isteğe göre modifiye edilebilen kontak yapısı tasarlanmıştır (Bkz. Şekil 3.24).

Bu kasetler, terminal kontak bütünü aynı düzlemde eşit mesafede olmasını garanti edecek şekilde tasarlanmıştır. Terminal kontak bütünü üzerinden geçecek sinyal/akım değerlerine göre tasarlanarak üretilmiştir. Üretilen terminal kontak bütünü kaset içinde sabitleyecek kanallar veya çentikler oluşturulup, terminal ile konnektörleri birleştirecek kablo yapısı için bağlantı noktası tasarlanmıştır.



Şekil 3.24. Terminal tutucu kasetler

Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminin hareketli kontaklarını limitler dahilinde hareket ettiren bir sistem vardır. Şekil 3.25’de hareket sistemi bir bütün olarak görülmektedir.

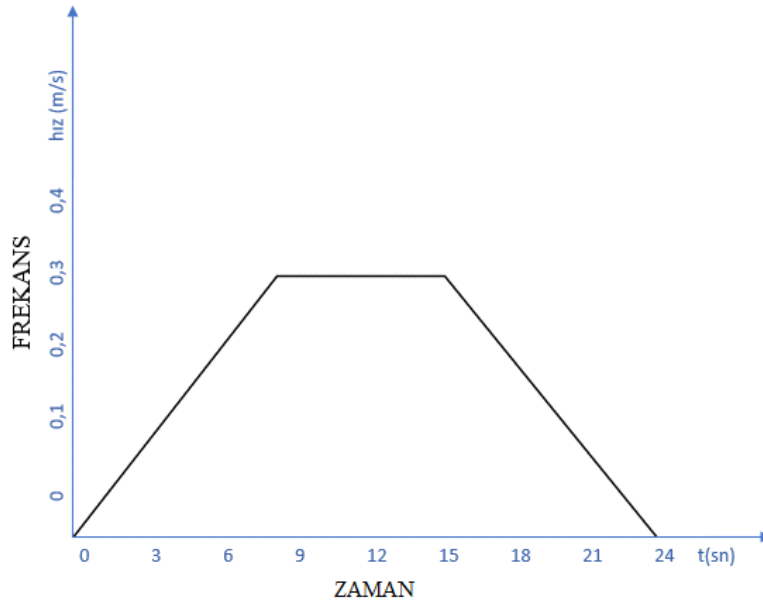


Şekil 3.25. Hareket sistem bütünü

Hareketli kontakların hareketini sağlayan, hareket sistem bütünü limitleyen, mekanik dayanma noktası vardır. Mekanik sınırlandırma, limit anahtarı ve sensörlerin gerisinde bulunup bir arıza olması durumunda kontakların zarar görmesini engellemektedir.

Hareket sisteminde mil çapına uygun, altıgen ana gövde ile dönme mili arasında kuvvet geçişini sağlamak, aşınmayı önlemek için rulman kullanılmaktadır. Dönme mili hareket hassasiyeti ve sabit basıyı garanti etmek için redüktör yapısına bağlı olup diğer taraftan step motor ve manuel kontrol miline bağlıdır. Manuel kontrol kolu otomatik hareket sisteminde bir sorun olduğunda kontaklarının her türlü hareketine olanak sağlamaktadır. Manuel kontrol kolu YGY-KORSİS'in bulunduğu mahalden kontrol edilebilir. Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminde uzaktan erişimli otomatik hareket için step motor tercih edilmiştir. Step motor 360 derecelik bir turunu 200 adımda tamamlamakta olup, redüktörü çıkış milinin 360 derece dönebilmesi için redüktör giriş milinin 40 tam tur dönmesi gerekir. Bu durumda hareket milinin bir tam turu için, step motorun 8000 adım atması gerekmektedir. Step motora bir pals verildiğinde, yani bir adım dönme hareketi yaptığında, hareket milinin minimum dönmesi $0,045^\circ$ hassasiyetle gerçekleştirmektedir. İki sabit kontak arasındaki mesafe 25 cm yarı çapında olduğundan, hareket milinin minimum dönme açısında hareket etmesiyle, hareketli kontağın sabit kontağa yaklaşma/uzaklaşma hassasiyeti 0,2 mm'dir.

Step motorun hareket grafiği Şekil 3.26'deki gibidir. Kontakların açılma/kapanma sırasında, düzgün hızlanıp maksimum hızda sabit devam ettikten sonra, düzgün yavaşlayan bir hareket gerçekleştirmektedir.



Şekil 3.26. Step motor hız grafiği

Hareket sisteminin konum bilgisi için rotasyonel enkoder çeşidi olan, mutlak enkoder tercih edilmiştir. Mutlak enkoder konum bilgisini korumaktadır. Herhangi bir kalibrasyona ihtiyaç duymamaktadır. Hareket sisteminin tamamını kontrol etmek için Raspberry Pi board kullanılmıştır. Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminde GNU/Linux işletim sistemi kullanılmıştır. Otomatik/robotik veya kullanıcı talebi

doğrultusunda uzaktan kontrol edilebilen YGY-KORSİS'e gönderilen her komutun gerçekleşme durumu kaydedilmektedir. Kayıt tutulan verilere; step motor dönüş yönü ve hızı [ccw/cv], manyetik Hall sensörü³, mikro anahtar, acil stop, sıcaklık, nem, kontak basınç değeri, UPS gerilim değerleri vb. örnek verilebilir.

Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminde gerçekleşen yıldırım deşarjlarını saymak için harici bir yıldırım sayıcı bulunmaktadır. Sayaç sayesinde gerçek zamanlı oluşan yıldırım deşarjları kaydedilmektedir. Şekil 3.27'de harici yıldırım sayıcı görülmektedir. Bu sayıcı, yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminden bağımsız çalışmaktadır. YGY-KORSİS'in bağlandığı sistem veya cihazların üzerinde gerçekleşen yıldırım deşarjını kayıt altına almaktadır.

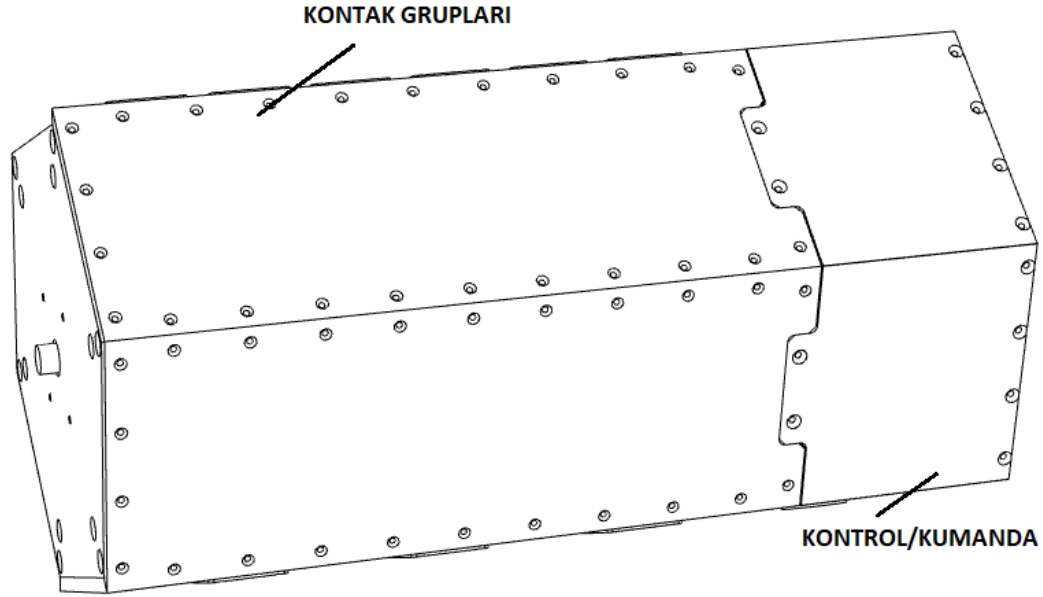


Şekil 3.27. Yıldırım deşarj sayıcı

Yüksek gerilim yıldırım koruma Sisteminin enerji ihtiyacı AC 220V-50 Hz, DC 12V, 2A, DC 5V – 3A'dır. Enerjinin kesintisiz sağlanması için online UPS bulunmaktadır. Yüksek gerilim yıldırım Koruma Sistemi tam güçte iken UPS 20 dakika boyunca enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Enerji kesintisinin 20 dakikadan uzun sürmesi veya UPS şarj durumu %20 seviyesine düştüğünde, yıldırım koruma sistemine bağlı bulunan cihazları/sistemleri yüksüz duruma getirip kontakları açarak koruma altına alır.

³ Manyetik hall sensörü: Sabit bir mıknatısın hareket limitinde tanımlı kontakları kapatması sonucu konum bilgisinin işletim sistemine bildiren devre elemanı.

Yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi dış gövde yapısı iki kısımdan oluşmaktadır.



Şekil.3.28. YGY-KORSİS dış görünüş

YGY-KORSİS bağlantı özellikleri ve konumları bakımından sol tarafta, korunmak istenen cihaz veya sistemlerin bağlanacağı konnektörler bulunmaktadır. Sağ tarafında ise yıldırım koruma sistemini kontrol eden, hareket sistemini de içinde barındıran kontrol/kumanda kısmı bulunmaktadır. Dış gövde kapağı toplamda 6 adetten oluşmaktadır. 4. kapakta topraklama barası montaj delikleri vardır. Topraklama barası hareketli kontakların açık durumunun son noktasıdır. Topraklama barası kontakların açık durum limitine geldiğinde tüm hareketli kontakları kısa devre etmektedir. Bu sayede sabit kontaklar arasında 50000 voltu aşan yüksek gerilim değerlerinin geçişini perdeleyerek engeller (Bkz. Şekil.3.28).

Yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi normal şartlarda korunmak istenen cihazlar/sistemler için yüksüz konumdayken kullanılabilir. Sabit ve hareketli kontaklardan gerilim, akım, sinyal vb. bir trafik yokken, kontakları açıp/kapama işlemini yapabilmesi ön şart olarak tanımlanmıştır. Olağanüstü şartlar altında yüksek gerilim veya yıldırım deşarjının tespit edildiği anda (Bkz. Şekil 3.27) hiçbir kısıtlama olmadan, YGY-KORSİS iletim halindeki kontak gruplarını açarak koruma durumuna geçmektedir.

YGY-KORSİS kontak yapısının bulunduğu alan atmosfer ortamıdır. Ancak yük altında kontakları açmayı gerektiren durumlar için atmosfer ortamı izolasyon yağı ile doldurulur. İzolasyon yağı sayesinde (Bkz. Çizelge 3.5) yük altında ani açma durumunda kontaklar arasındaki ark oluşumu engellenmektedir. İzolasyon sıvısı kontak yapısındaki bozulmaları engellemenin yanında, yüksek gerilim atlama mesafesini de artırmaktadır. Ayrıca izolasyona yağı santimetre başına yaklaşık 35000 V gerilimine dayanmaktadır. Bu sayede 50 kV için yüksek gerilim yıldırım koruma sistemlerinin daha küçük boyutlarda

yapılabilmesinin yanında 50 kV'tan daha yüksek gerilim değerleri için YGY-KORSİS'in yapılmasına imkân sağlamaktadır.

Çizelge 3.5. İzolasyon sıvısı özellikleri (Shell ürün kataloğu, 2023)

İZALASYON SIVISI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ			
Kinematik Viskozite	ASTM D 445	ASTM D 3487 Type II	Diala S2 ZX-A
40 °C mm ² /s		max. 12	9,0
0 °C mm ² /s		max. 76	60
100 °C mm ² /s		max. 3	2,2
Parlama Noktası (COC) °C	ASTM D 92	min. 145	150
Akma Noktası °C	ASTM D 97	max. 40	< 57
Anilin Noktası °C	ASTM D 611	63-84	69
Görünüm	ASTM D 15	Açık ve Parlak	Açık ve Parlak
Yoğunluk @ 15 °C kg/I	ASTM D 12	max. 0,91	0,89
Yüzey Gerilimi 25 °C N/cm	ASTM D 971	min. 40	42
Korozif Sülfür (1275)	ASTM D	İçermiyor	İçermiyor
Su İçeriği mg/kg	ASTM D 1533	max. 35	< 30
Oksidasyon Önleyici Katkı %	ASTM D 1473	max. 0,3	Karşılar
Delinme Gerilimi	ASTM D 1816 (VDE)	kV	kV
Treatment Öncesi kV		min. 35	40
Treatment Sonrası kV		min. 56	> 70
Güç Faktörü 150 °C %	ASTM D 924	max. 0,3	0,1
PCB İçeriği mg/kg	ASTM D	İçermiyor	İçermiyor

Çizelge 3.5.’in devamı

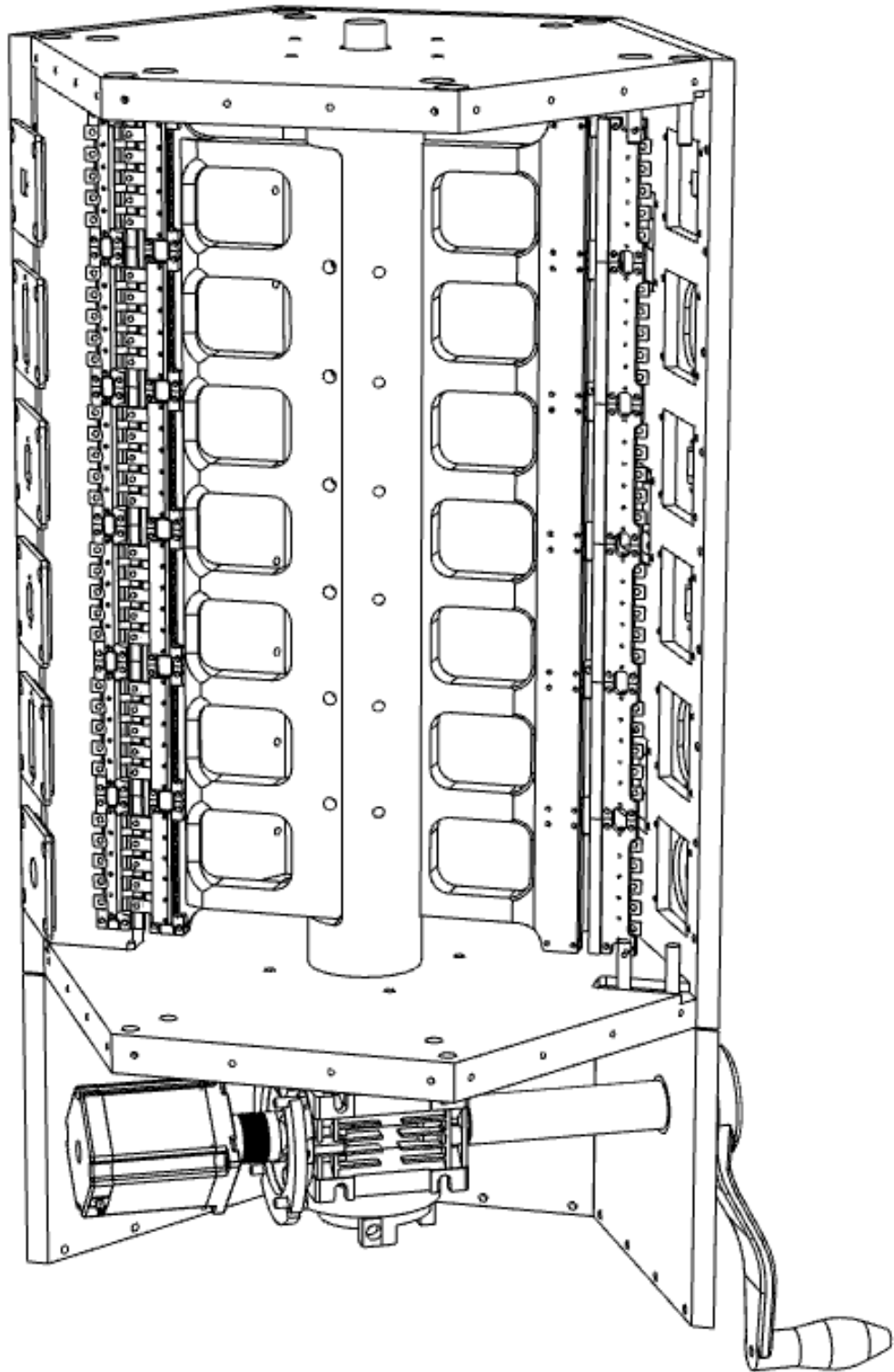
Oksidasyon kararlılığı		%m / mg KOH/g	
72 saat Sludge %m	ASTM D	max. 0,1	< 0,01
72 saat Asit Sayısı mg		max. 0,3	< 0,01
164 saat Sludge %m		max. 0,2	< 0,01
164 saat Asit Sayısı mg		max. 0,4	0,1

İzolasyon değerleri ve atlama mesafesine özen gösterilmiştir. Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminin tamamında eş potansiyel alan oluşturmak için sivri yüzeylerden kaçınılmış, birleştirme vidaları ve pimleri yalıtkan malzemelerden yapılmıştır (Bkz. Çizelge 3.5).

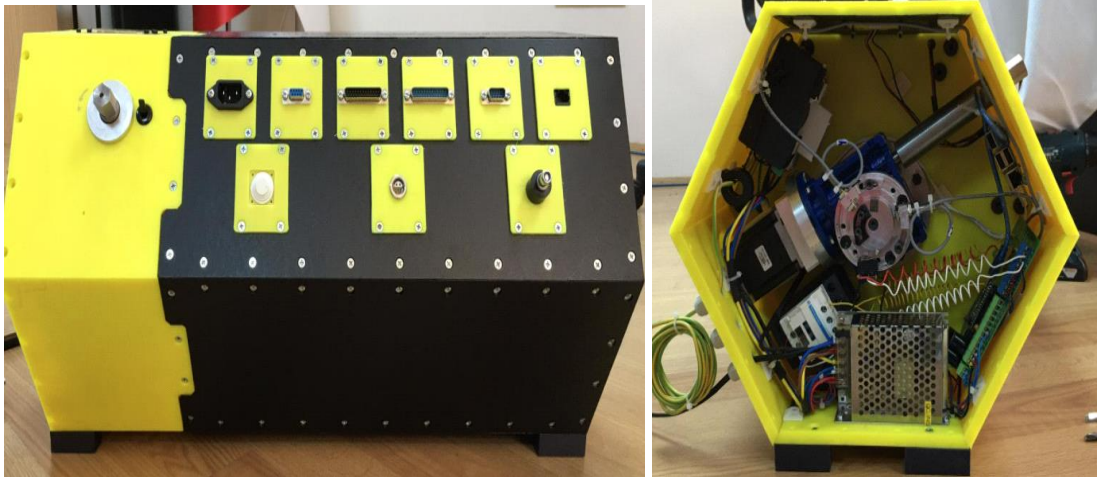
Yüksek gerilim yıldırım koruma sisteminin, kontrol kısmında korunmak istenen cihaza/sisteme ait enerji beslemesini kesmek, sistemleri ve cihazları yüksüz duruma getirmek için kontaktör yapısı bulunmaktadır. Kontaktörün kontrol bobinleri Raspberry Pi tarafından kontrol edilmektedir. İhtiyaç halinde kullanıcıya, uzaktan erişimli cihazları/sistemleri açıp kapatmasına olanak sunmaktadır.

YGY-KORSİS’in kontak yapısı göz önüne alındığında. Giriş ve çıkış tarafı için 60 adet sabit, 60 adet hareketli kontak dizisinden meydana gelmiştir. Toplamda 120 adet terminal kontak bütünü kullanılmıştır. Kullanılan terminal kontak bütününün sayısı yetersiz kaldığında, katlı yapıda veya altıgen ana gövdenin diğer karşılıklarına ek yapılabilmektedir. Bu sayede korunmak istenen cihaz/sistemin ihtiyaç duyduğu kontak sayısınınca ekleme veya çıkarma yapılabilmektedir (Bkz. Şekil 3.29).

YGY-KORSİS üretim sırasında üretilen parçaları için ayrı ayrı özgül ağırlık, bükülme kuvveti, laminasyona dikey dayanım, delinme voltajı, yüksek frekans dayanımı, boyutsal stabilite, sürtünmeye karşı dayanım, aleve mukavemeti, hacimsel direnç, termal uzama ve izolasyon mukavemeti dikkate alınarak yapılmıştır (Bkz. Çizelge 2.5). (Bkz. Şekil 3.30).



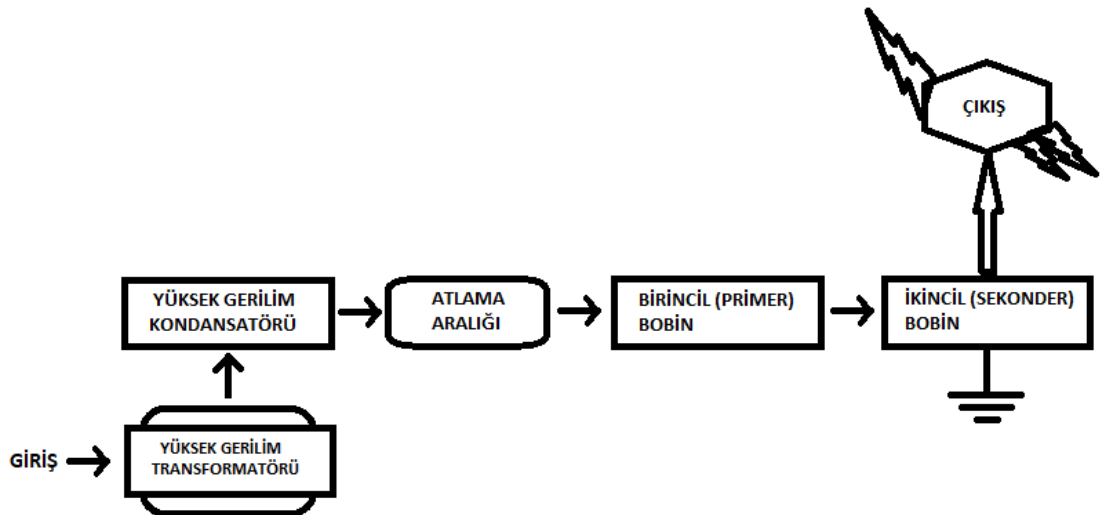
Şekil 3.29. YGY-KORSİS iç yapısı genel görünüm



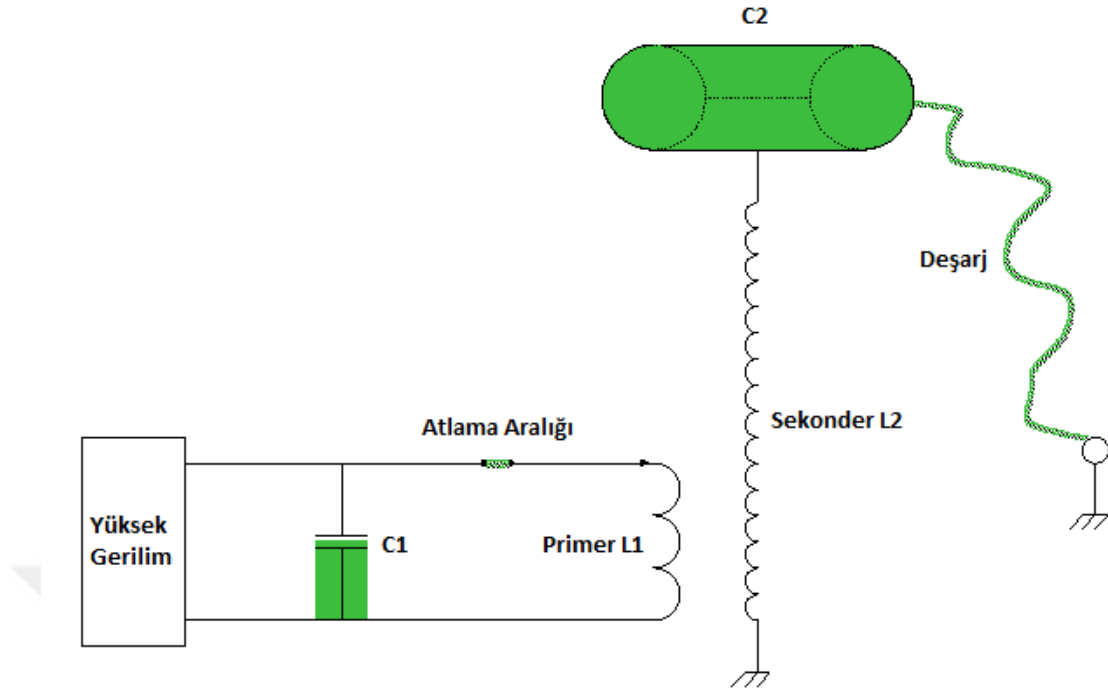
Şekli 3.30. Tamamlanmış genel görünüm

3.6. Tesla Bobini

YGY-KORSİS'i gerçeğe yakın çevresel şartlar altında test etmek için, yüksek gerilim kaynağına ihtiyaç vardır. Testi yapabilmek için taşınabilir, standartlara ve yönetmeliklere uygun, Şekil 3.31'de diyagram yapısı görülmekte olan literatürde 'Tesla Bobini' olarak adlandırılan yüksek gerilim kaynağı yapılmıştır. Yüksek voltaj, düşük akım ve yüksek frekansta alternatif akım üreten deşarj bobini üretilmiştir.



Şekil 3.31. Tesla bobini blok diyagramı



Şekil 3.32. Tesla bobin şeması

Şekil.3.32.'de Tesla bobini çalışması görülmektedir. Yüksek gerilim kaynağının çalışması için primer LC ile sekonder LC devrelerinin aynı frekansta salınmaları gerekmektedir. Bunun için yüksek gerilim transformatorünün rezonans değerleri önemlidir. Rezonans frekansı, kondansatörlerin kapasitesine, bobinin endüktansına ve atlama aralığındaki mesafeye bağlıdır.

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{L_2}{L_1}$$

Temelde basit bir denkleme dayanan Tesla bobininin yapımında (Kalender, 1999) sunumundaki hesaplamalardan faydalanılmıştır.

3.6.1. Transformatör

Yüksek gerilim kaynağının giriş kısmında neon transformatörü tercih edilmiştir. Kısa devre durumunda uzun süre çalışmaya devam etme özelliği bulunan neon transformatörü, farklı güç ve özelliklerde piyasadan temin edilebilmektedir. Şekil 3.33.'de neon transformatörü görülmekte olup Çizelge 3.6.'de Neon transformatör özellikleri gösterilmektedir.



Şekil 3.33 Neon transformatör

Çizelge 3.6. Neon transformatör özellikleri;

Giriş Voltajı	230	V
Giriş Frekansı	50	Hz
Çıkış Voltajı	15	kV
Çıkış Gücü	450	W
Akımı	30	mA
Kapasite	6,3	nF

3.6.2. Statik atlama aralığı:

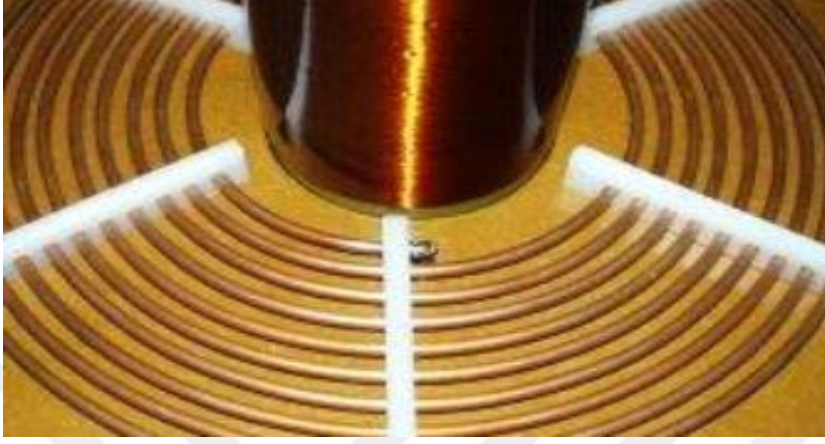
Havanın ortalama iletkenliği 1 mm için yaklaşık 100 V olduğu göz önüne alındığında, atlama aralığı Tesla bobininde direnç olarak kullanılmaktadır. Atlama aralığını değiştirerek çıkış deşarj mesafesi ayarlanabilmektedir. Atlama mesafesinde ortaya çıkan kayıp kendisini ısı, ışık, ses olarak gösterir.

3.6.3. Birincil kapasite:

Kondansatör seçiminde (Kalender, 1999) tavsiye ettiği Polipropilen (MKP) tip kondansatör kullanılmıştır. MKP tip kondansatör yüksek voltaj, yüksek frekans, yüksek akım ve yüksek darbe dayanımı olan düşük kayıplı film kondansatördür. Birincil kapasitenin toplam eşdeğer kapasitesi: 21,3 nF 22400 kV'tur.

3.6.4. Birincil bobin (Primer)

Birincil bobinin görevi elektromanyetik enerjiyi depolamaktır.



Şekil 3.34. Tesla bobini Primer sargısı

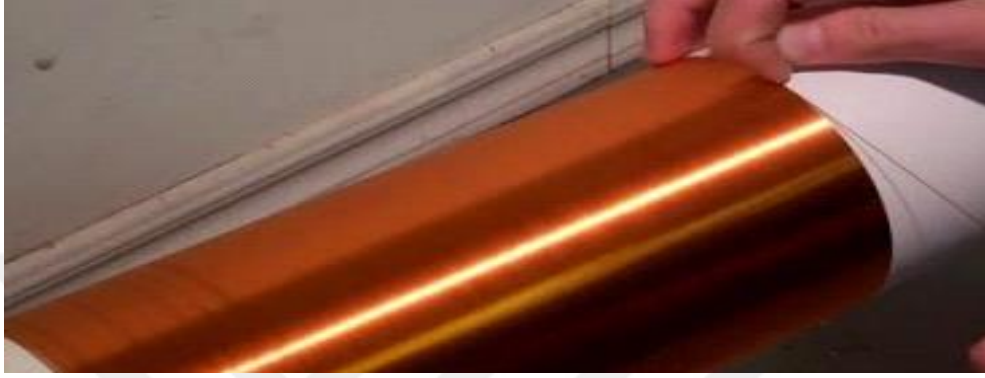
Çizelge 3.7. Primer sargı özellikleri

Boru Çapı	9,50	mm
Boru Uzunluğu	11,80	m
Tur Sayısı	11	-
Dönüş Aralığı Boşluğu	10	mm
Tur merkezi iç çapı	12	cm
Tur Dış Çapı	55	cm
Endüktans (L)	0,04	mH (milihenry)
Kapasitans (C)	2500	pF
Rezonans Frekansı	145	kHz

Birincil bobin Şekil 3.34.'da görülmekte olup Çizelge 3.7.'de Primer sargı özellikleri gösterilmektedir. Bobini yapmak için klima ünite bağlantılarında kullanılan Ø9 içi boş, bakır boru kullanılmıştır. Bakır boru ölçekli olarak hazırlanmış, araları eşit

mesafeli, kılavuz kullanılarak spiral şekli verilmiştir. Elde edilen bobinin bir ucu sabit, diğer ucuna hareket etme özelliği olan bağlantı kelepçesi takılmıştır. Hareketli bağlantı kelepçesinin amacı, ikincil devrenin doğal rezonansına uyması için birincil kapasitör devresindeki frekansı ayarlayabilmemizi sağlar.

3.6.5. İkincil bobin (Sekonder) ve toroid

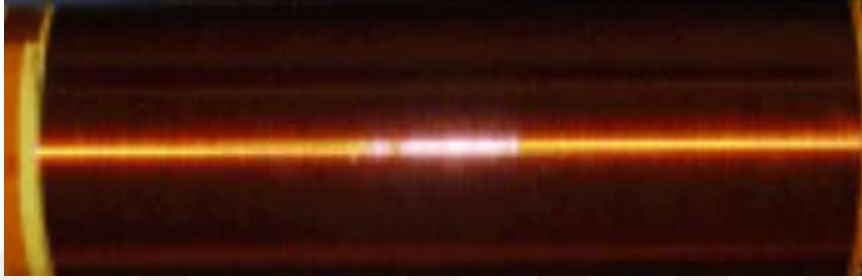


Şekil 3.35. Tesla ikincil bobin sarımı

Çizelge 3.8. Sekonder sargı özellikleri

Tel Çapı	0,4	mm
Bobin Çapı	11	cm
Bobin Uzunluk	55	cm
Tur Sayısı	1375	sıra
Bir Turdaki Tel Uzunluğu	340,5	mm
Toplam Tel Uzunluk	475	Metre
İkincil Bobin (C2) = C Bobin + C Halka		
Endüktans (L)	33	mH (milihenry)
Rezonans Frekansı	150	kHz
Çıkış Voltajı	400	kV
Çıkış frekansı	166	KHZ

Şekil 3.35.'da İkincil bobinin sarım anı görülmekte olup Çizelge 3.8.'de Sekonder sargı özellikleri gösterilmektedir. Sekonder sarım 0,4 mm kalınlığındaki izoleli bakır telin 100 mm çapta PVC boru üzerine 1375 tur boşluk ve atlama olmadan sarılmasıyla oluşturulmuştur. Yüksek gerilim kısmını oluşturan ikincil bobinde izolasyon değerini artırmak için sarılan bobin üzerine iki kat izolasyon verniği uygulanmıştır. Şekil 3.36.'de tamamlanmış sekonder bobini görülmektedir.



Şekil 3.36. Tesla bobini sekonder sargısı

Çizelge 3.9. Toroid özellikleri

Dış Çap	40	cm
Kanal Geniřlięi	10	cm
Kapasitansı	20	pF

Toroid Yüksek gerilim kaynağının deşarj noktası olan, yapının en üst noktasında bulunan kısımdır. Toroid seçiminde kıvılcım uzunluğu fazla olması için, toroid yapısının yuvarlak, yüzeyinin pürüzsüz olması tercih edilmektedir. Yuvarlak ve pürüzsüz olmasının sebebi toroidin kapasitör görevi yapması, yüksek voltajı depolamasıdır. Toroid yapısı için alüminyum spiral boru kullanılmıştır (Bkz. Çizelge 3.9). Şekil 3.37.'de tamamlanmış yüksek gerilim kaynağı Tesla bobini görülmektedir.



Şekil 3.37. Tesla bobini

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde üretimi tamamlanmış yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi için yapılan testler ile elde edilen sonuçlar bulunmaktadır. Test kalemleri olarak, yüksek gerilime dayanım testi, kayıpsız veri iletim testi, yüksek frekanslı veri iletimi ile gerçek zamanlı teleskop kubbe kontrol sistemini 6 ay süre ile koruma testlerini içermektedir.

4.1. Yüksek gerilim geçirgenlik ve dayanım testi

Yıldırımın ve yüksek gerilimin yıkıcı etkisine karşı korunmak için insanlık tarihinde birçok çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar neticesinde bilimin ortaya koyduğu kabul gören birçok standart ortaya çıkmıştır. Günümüzde geçerli olan standartlara göre devletler, yetkili kurullar vb. kuruluşlar yönetmelikler yayınlamışlardır. Ülkemizde TSE 62305 olarak yayınlanan yönetmelikler yürürlüktedir.

YGY-KORSİS'in, yüksek gerilim karşısında yapısal ve donanımsal bütünlüğünü koruduğunun tespit ettikten sonra (Bkz. Ek-2) gerilim atlama mesafesinin sağladığının kanıtlamak için yüksek gerilim kaynağı olarak Tesla bobini kullanılarak aşağıdaki test adımları gerçekleştirildi (Bkz. Ek-2).

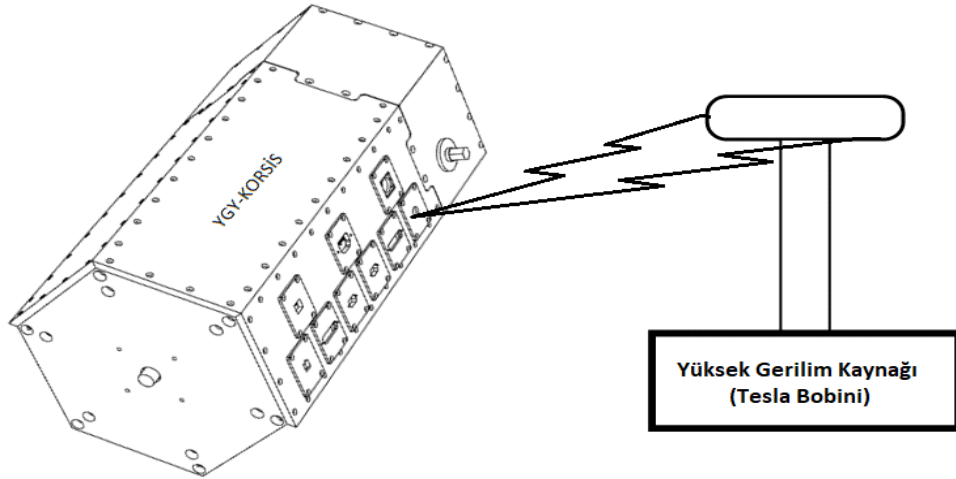
4.1.1. Yüksek gerilim testleri

Yüksek gerilim kaynağı olarak Tesla bobini kullanılacaktır. Tesla bobini için güvenli kullanım mesafesi, toroidden 2 metre uzakta bulunmaktadır. Güvenli alan için 2m yarıçapına sahip daire merkezine yüksek gerilim kaynağı Tesla bobini yerleştirildi. Tesla bobinini uzaktan kontrol edebilmek için, yüksek gerilim kaynağının enerji beslemesi kontaktöre bağlanmıştır. Test esnasında gerekli güvenlik önlemleri ve uyarı işaretleri konularak test adımlarına geçildi. Yapılan test kelemleri sonuç uygunluk tablosu Ek-2'de verilmiştir.

4.1.2. Yapısal bütünlük testi

Test alanında topraklama ve koruma önlemleri alındı. YGY-KORSİS'in yapısal bütünlüğünü koruyup koruyamadığı veya öngörülemez bir sorun varlığını anlamak için test düzeneği hazırlandı. Şekil 4.1.'deki test düzeneğinde 2 metre yarıçaplı alanın merkezine Tesla bobini konularak karşısına YGY-KORSİS yerleştirildi. YGY-KORSİS'e herhangi bir cihaz bağlı değilken, gövde üzerinde farklı noktalara direkt, peş peşe yüksek gerilim darbe deşarjı gerçekleştirilmiştir.

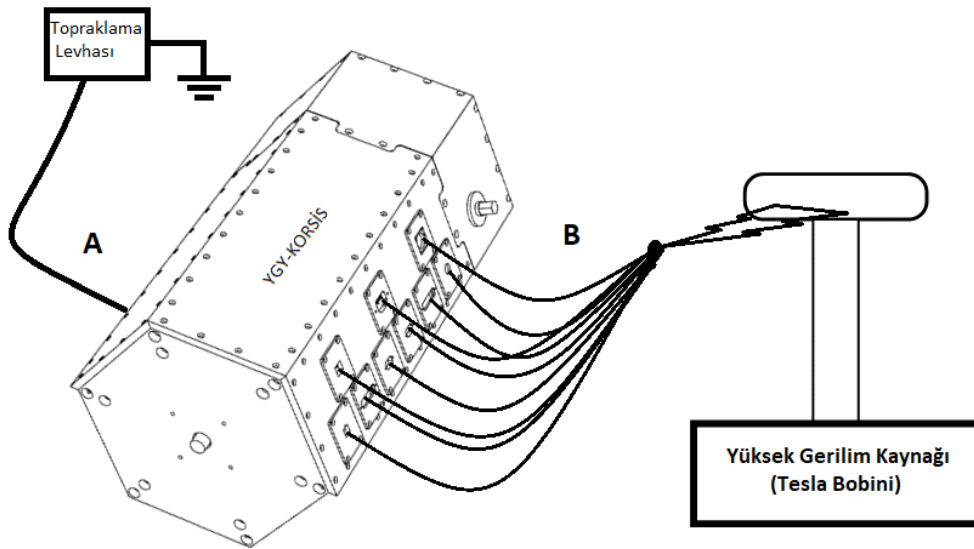
Gerekli güvenlik önlemlerine dikkat edilerek yapılan incelemede YGY-KORSİS dış gövde izolasyonunda herhangi bir dezenformasyonun oluşmadığı, yapısal bütünlüğünü koruduğu görülmüştür.



Şekil 4.1 Yapısal bütünlük testi

4.1.3. Donanımsal bütünlük

Test alanında topraklama ve koruma önlemleri alındı. YGY-KORSİS'in donanımsal bütünlüğünü koruyup koruyamadığı veya öngörülemeyen bir sorunun varlığını anlamak için test düzeneği hazırlandı. Şekil 4.2.'deki test düzeneğinde 2 metre yarıçaplı alanın merkezine Tesla bobini konularak karşısına YGY-KORSİS yerleştirildi. YGY-KORSİS'e herhangi bir cihaz bağlı değilken, giriş ve çıkış dışı konnektörlerine, ucunda erkek konnektör bulunan kablolar takıldı. Giriş tarafına takılan kabloların boşta kalan uçları birleştirilerek deşarj noktası oluşturuldu. Çıkış tarafında uçları boş olan kablolar birleştirilerek topraklama levhasına bağlandı.



Şekil 4.2. Donanımsal bütünlük testi

4.1.3.1. Kontaklar kapalı test

YGY-KORSİS'in kontak grupları kapalı durumda. Yani sabit ve hareketli kontaklar temas halindeyken, YGY-KORSİS'in giriş tarafındaki (B tarafı) konnektörlere bağlanan kabloların deşarj noktasına Tesla bobininden peş peşe yüksek gerilim darbe deşarjı gerçekleştirildi. Gerekli güvenlik önlemlerine dikkat edilerek yapılan incelemede ve ölçümlerde YGY-KORSİS kontak gruplarının kapalı olduğundan üzerine düşen yüksek gerilimi çıkış konnektörlerine (A tarafı) geçmesine izin verdiği, çıkış konnektörlerine bağlı bulunan iletken kablolar tarafından topraklama levhasına iletilerek sönmüldüğü görüldü (Bkz. Şekil 4.2).

YGY-KORSİS kontak gruplarının tamamı tek tek incelenerek direnç ölçümleri yapıldı. Kontak gruplarında herhangi bir bozulma tespit edilmedi. Ayrıca üzerinden yüksek gerilim geçmiş olan YGY-KORSİS donanımsal olarak incelendi, herhangi bir arıza veya bozulma görüldü.

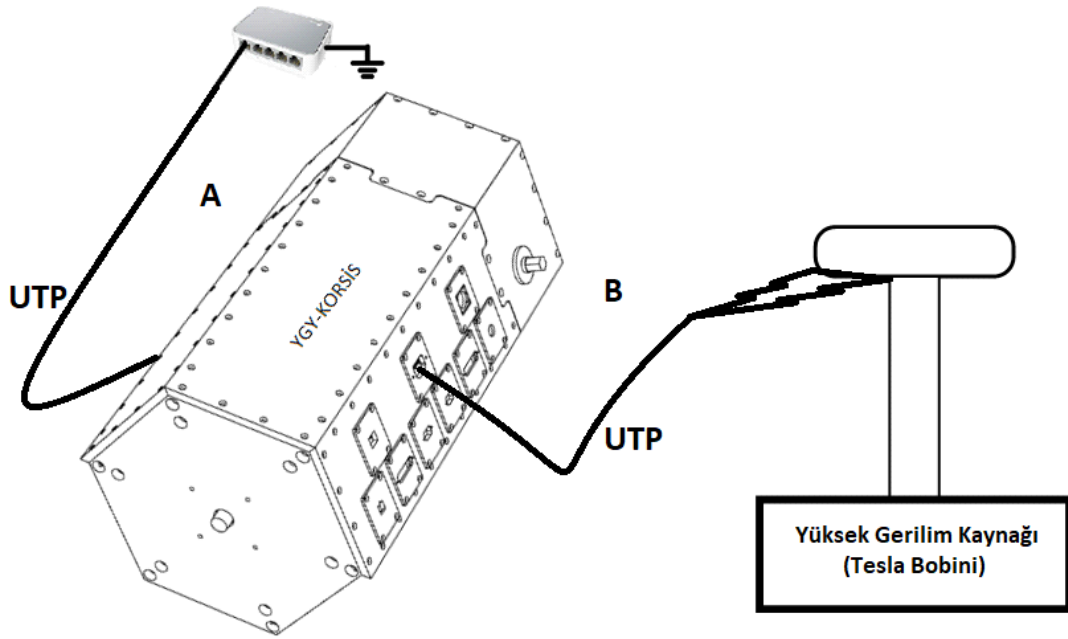
4.1.3.2. Kontaklar açık test

YGY-KORSİS'in kontak grupları açık durumda, yani sabit ve hareketli kontaklar birbirinden ayrı durumdayken, YGY-KORSİS'in giriş tarafındaki (B Tarafı) konnektörlere bağlanan kabloların deşarj noktasına Tesla bobininden peş peşe yüksek gerilim darbe deşarjı gerçekleştirildi. Gerekli güvenlik önlemlerine dikkat edilerek yapılan incelemede ve ölçümlerde YGY-KORSİS kontak gruplarının açık olduğu, üzerine düşen yüksek gerilimi çıkış (A Tarafı) konnektörlerine geçmesine izin vermediği ve çıkış konnektörlerine bağlı bulunan iletkenlere bağlanan multimetre hold⁴ konumunda yapılan ölçümlerde kablolarında herhangi bir indüklenmenin olmadığı görülmüştür (Bkz. Şekil 4.2).

4.1.4.Cihaz koruma testi

Test alanında topraklama ve koruma önlemleri alındı. YGY-KORSİS'e bağlı bulunan cihazlar/sistemler için YGY-KORSİS'in etkin koruma yapıp yapmadığını veya öngörülemez bir sorun varlığını anlamak için test düzeneği hazırlandı. Şekil 4.3.'deki test düzeneğinde 2 metre yarıçaplı alanın merkezinde yüksek gerilim kaynağı konulup karşısına YGY-KORSİS'in UTP konnektör giriş kısmına ethernet kablosu takıldı. YGY-KORSİS'in UTP çıkış konnektör kısmına 1 metre uzunluğunda RJ45 soketli ethernet kablosu bağlandı. YGY-KORSİS'in çıkış konnektöründe takılı olan 1 m uzunluğundaki ethernet kablosunun diğer RJ45 soketine, ekonomik ömrünü doldurmuş halen sağlam olan network anahtar takıldı. Network anahtar topraklanmış metal plaka üzerine yerleştirilip harici güç kaynağı ile çalışır duruma getirildi.

⁴ Multimetre Hold : Multimetre ile ölçün esnasında ani değişen değerlerin gözden kaçmaması için değer LCD ekranda sabitlenmesi



Şekil 4.3. Cihaz koruma testi

4.1.4.1 Kontaklar açık test

YG-Y-KORSİS kontak grupları açık konumdayken test düzeneği gözden geçirilerek network anahtarın sağlamlık ve haberleşme kontrollü yapıldı. YG-Y-KORSİS'in giriş taraftaki (B Tarafı) konnektörlere bağlanan ethernet kablosuna yüksek gerilim kaynağından peş peşe yüksek gerilim darbe deşarjı gerçekleştirildi. Gerekli güvenlik önlemlerine dikkat edilerek yapılan inceleme ve ölçümlerde YG-Y-KORSİS kontak gruplarının açık pozisyonda olduğu, B taraftan uygulanan yüksek gerilimin çıkış (A Tarafı) konnektörlerine geçmesine izin vermediği, çıkış konnektörlerine bağlı bulunan ethernet kablosunda herhangi bir indüklenmenin olmadığı görüldü. YG-Y-KORSİS çıkış konnektöründe ethernet kablosunda bağlı bulunan network anahtarın ilk incelemesinde fiziki olarak sağlam olduğu görüldü. Network anahtarla yapılan testlerde donanımsal olarak sağlıklı çalışmakta olduğu haberleşme işlemini yapabildiği tespit edildi. YG-Y-KORSİS yapısal ve donanımsal olarak incelendi, herhangi bir arıza veya bozulma görülmedi (Bkz. Şekil 4.3).

4.1.4.2. Kontaklar kapalı test

YG-Y-KORSİS kontak grupları kapalı durumdadır. Yani sabit ve hareketli kontaklar temas halindedir. Test düzeneği gözden geçirildikten sonra network anahtarın sağlamlık testi yapılarak test adımlarına geçildi. YG-Y-KORSİS'in giriş tarafındaki (B Tarafı) konnektörlere bağlanan ethernet kablosuna Tesla bobininden yüksek gerilim deşarjı gerçekleştirildi (Bkz. Şekil 4.3).

Gerekli güvenlik önlemlerine dikkat edilerek yapılan incelemede ve ölçümlerde YG-Y-KORSİS'in kontak gruplarının kapalı olduğu, kontaklar üzerinden yüksek gerilimin çıkış (A Tarafı) konnektörlerine geçtiği, çıkış konnektörlerine bağlı bulunan ethernet

kablosu RJ45 soketinde bozulmanın olduğu görüldü. YGY-KORSİS çıkış UTP konnektörüne bağlı bulunan network anahtarın donanımsal olarak zarar gördüğü, elektronik bileşenlerin bir kısmında tamiri mümkün olmayacak şekilde bozulmanın meydana geldiği tespit edildi. YGY-KORSİS'in UTP konnektör çıkış pinlerinde bozulmaların olduğu görüldü. Üzerinden yüksek gerilim geçmiş olan YGY-KORSİS yapısı bir bütün olarak incelendi. UTP konnektör çıkış pinleri haricinde herhangi bir arıza veya bozulma görülmedi. YGY-KORSİS'in donanım yapısının sağlıklı çalıştığı, verilen komutları yerine getirdiği görüldü.

4.2. Enerji / Veri İletim Testi

Yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi, cihazlara/sistemlere konnektörler aracılığı ile bağlanır. Konnektörlerin bağlı bulunduğu terminal kontak bütünü üzerinden geçecek akım, gerilim, düşük- yüksek frekanslı veri iletiminde meydana gelebilecek kayıpların tespit edilmesinin yanında YGY-KORSİS'in kapasitesini belirlemek için test edilecektir.

4.2.1. Enerji iletimi

Terminal kontak bütünü istenilen akım-gerilim değerine göre üretilmektedir. Terminal yüzey alanının hesaplanmasında akım değeri baz alınırken, masif kontak⁵ ise temas noktasına göre üretilmektedir. YGY-KORSİS'de kullanılan sabit ve hareketli kontaklar, 110V, 220V, 400V gerilimde taşıyabilecekleri akım değeri üst sınırları için iletim testi yapıldı. Kontaklar üzerinden geçirilen akım sonrasında, terminalde meydana gelen uzama, kontak temas direnci, açma kapama durumunda form bozulması yönünden incelendi. Terminal kontak bütününde herhangi bir bozulma veya enerji iletimini bozacak herhangi bir etki gözlemlenmedi. Terminal kontak bütünü üzerinden geçirilen enerji giriş/çıkış olarak gerçek zamanlı izlendi. Giriş ve çıkış konnektörlerinde okunan gerilim ve akım değerlerinin aynı olduğu görüldü.

4.2.2. Zayıf akım iletimi

YGy-KORSİS'de kullanılan sabit ve hareketli kontaklar 5 V, 12 V ve 24 V gerilimde zayıf akım sinyalleri için test edildi. Terminal kontak bütünü üzerinden geçirilen zayıf akım sinyali giriş/çıkış olarak gerçek zamanlı izlendi. Giriş ve çıkış konnektörlerinde okunan değerlerin aynı olduğu görüldü.

4.2.3 Zayıf akım yüksek frekans iletimi

Yüksek frekans iletimi başlı başına uzmanlık konusudur. Yüksek frekans iletiminde kullanılan iletkenler farklı özelliklerde olup bazı kısıtlayıcı şartlara uygun olmaları gerekmektedir. Yüksek frekans iletimi için kullanılan iletkenler, bükülme, kıvrılma, ezilme, ek, konnektör geçiş ve bağlantıları, kablonun yapısı ve özellikleri bakımından iletilecek frekans yapısında bozulmalara ve kayıplara neden olabilirler.

⁵ Masif kontak: Çeşitli alaşımlarla elde edilmiş metal iletkenin soğuk pres yöntemleri ile terminale sabitlenmiş kontak türü

Test amacı YGY-KORSİS'in zayıf akımda yüksek frekans iletimi yapan bir iletkenin arasına bağlandığında, iletimde meydana gelecek değişimi tespit edilmeye yöneliktir.

YGY-KORSİS'in yüksek frekans iletimine etkilerini tespit etmek için spektrum analizör kullanılacaktır. Kullanılan spektrum analizör, üzerinde frekans jeneratörü bulunan 100 kHz ile 8 GHz aralığına sahiptir. İlk aşamada spektrum analizör jeneratörü tarafından üretilen 100 kHz ile 8 GHz frekanslı veriyi, giriş tarafına bir kablo yardımıyla aktararak jeneratör tarafından üretilen sinyale kablonun etkisi tespit edilmiştir. Tespit edilen etki ikinci ölçüm için referans olarak kullanılacaktır. İkinci testin amacı, ilk teste kullanılan kablonun arasına sabit ve hareketli bir kontak takımını yerleştirerek, spektrum analizör jeneratörü tarafından üretilen yüksek frekanslı veri için kontakların etkisi belirlenmiştir.

4.2.3.1. RF kablo etkisinin tespiti:

Spektrum analizör jeneratör çıkışına 1 metre uzunluğunda 100 kHz ile 8 GHz aralığında üretilen sinyalin iletim sırasındaki ölçümünde kullanılmak üzere; Kablo Tipi: RG 316, Empedans: 50 Ω değerine sahip RF koaksiyel kablo bağlanmıştır. Tercih edilen kablo RF iletiminde kullanılan, dış elektromanyetik alandan etkilenmesi sınırlı düzeyde olan kablo türüdür RG 316 50 Ω koaksiyel kablo BNC konnektörle sonlandırılıp bir ucu spektrum analizörün jeneratör çıkış konnektörüne, diğer ucu spektrum analizörün giriş konnektörüne bağlandı (Bkz. Şekil 4.4).



Şekil 4.4 RG 316 kablonun spektrum analizöre bağlantısı

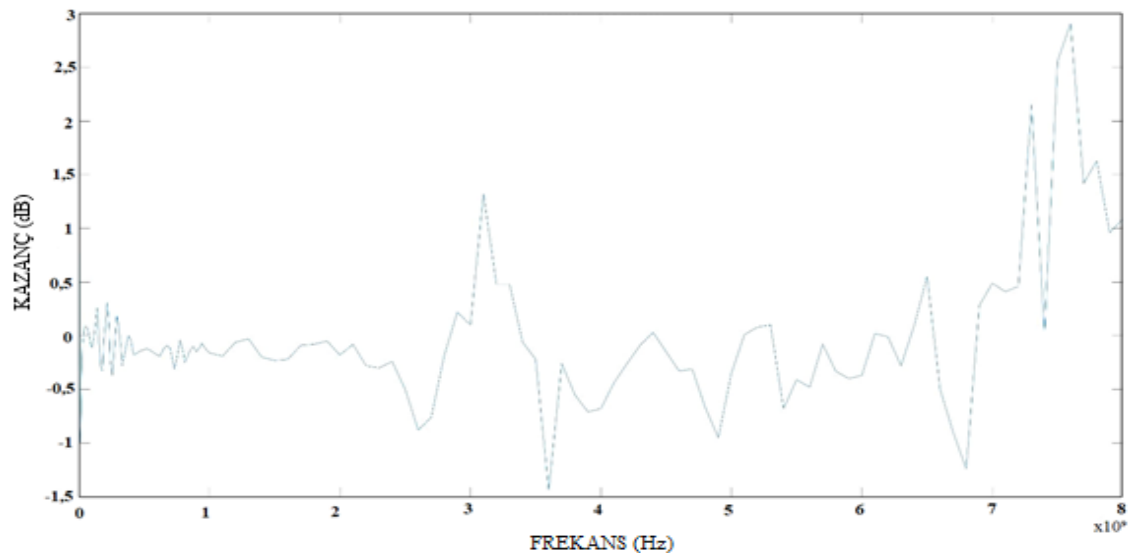
Kablonun düz olmasına, kırılma veya bükülme olmamasına özen gösterildi. 100 kHz'den başlanarak 8 GHz'e kadar ölçüm yapıldı. Ölçüm kayıtları frekansa karşılık kazanç olacak şekilde sıralandı (Bkz. Çizelge 4.1). Elde edilen kazanç değerleri, frekansa karşılık dB olarak şekilde grafik çizdirildi (Bkz. Şekil 4.5).

Çizelge 4.1. 100 kHz – 8 GHz arası BNC Konnektör + RG316 kablo etkisinin ölçümü

BNC RG316 Kablo 50 Ω 1 Metre Kablo							
Frekans	Ölçülen	Frekans	Ölçülen	Frekans	Ölçülen	Frekans	Ölçülen
100kHz	-0.15dB	381MHz	0dB	1.8GHz	-0.08dB	5.2GHz	0.08dB
200kHz	-0.24dB	400MHz	-0.05dB	1.9GHz	-0.05dB	5.3GHz	0.1dB
300kHz	-0.33dB	410MHz	-0.13dB	2GHz	-0.18dB	5.4GHz	-0.68dB
500kHz	-0.38dB	420MHz	-0.18dB	2.1GHz	-0.08dB	5.5GHz	-0.41dB
750kHz	-0.45dB	445MHz	-0.16dB	2.2GHz	-0.28dB	5.6GHz	-0.48dB
1MHz	-0.7dB	460MHz	-0.15dB	2.3GHz	-0.3dB	5.7GHz	-0.08dB
3MHz	0.78dB	470MHz	-0.14dB	2.4GHz	-0.24dB	5.8GHz	-0.33dB
5MHz	-0.81dB	500MHz	-0.13dB	2.5GHz	-0.5dB	5.9GHz	-0.4dB
10MHz	-1dB	520MHz	-0.12dB	2.6GHz	-0.88dB	6GHz	-0.37dB
25MHz	-0.09dB	550MHz	-0.14dB	2.7GHz	-0.76dB	6.1GHz	0.02dB
38MHz	0.05dB	600MHz	-0.18dB	2.8GHz	-0.18dB	6.2GHz	-0.01dB
50MHz	0.09dB	620MHz	-0.19dB	2.9GHz	0.22dB	6.3GHz	-0.28dB
63MHz	0.08dB	650MHz	-0.12dB	3GHz	0.1dB	6.4GHz	0.09dB
76MHz	0.01dB	675MHz	-0.09dB	3.1GHz	1.32dB	6.5GHz	0.55dB
88MHz	-0.07dB	700MHz	-0.12dB	3.2GHz	0.48dB	6.6GHz	-0.5dB
100MHz	-0.11dB	730MHz	-0.31dB	3.3GHz	0.48dB	6.7GHz	-0.9dB
114MHz	-0.02dB	750MHz	-0.21dB	3.4GHz	-0.06dB	6.8GHz	-1.24dB
140MHz	0.26dB	775MHz	-0.04dB	3.5GHz	-0.22dB	6.9GHz	0.28dB
150MHz	0.02dB	800MHz	-0.16dB	3.6GHz	-1.44dB	7GHz	0.49dB

Çizelge 4.1.'in Devamı

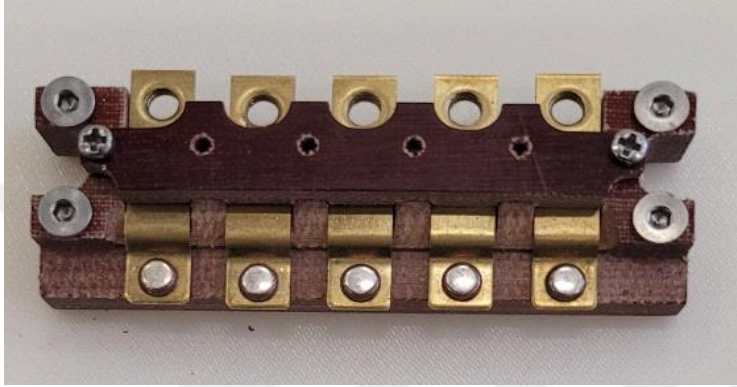
165MHz	-0.28dB	810MHz	-0.25dB	3.7GHz	-0.26dB	7.1GHz	0.41dB
180MHz	-0.33dB	850MHz	-0.14dB	3.8GHz	-0.55dB	7.2GHz	0.46dB
190MHz	-0.06dB	875MHz	-0.1dB	3.9GHz	-0.71dB	7.3GHz	2.15dB
215MHz	0.31dB	900MHz	-0.15dB	4GHz	-0.68dB	7.4GHz	0.04dB
230MHz	0.08dB	930MHz	-0.1dB	4.1GHz	-0.44dB	7.5GHz	2.56dB
240MHz	-0.23dB	940MHz	-0.07dB	4.2GHz	-0.26dB	7.6GHz	2.91dB
255MHz	-0.37dB	975MHz	-0.13dB	4.3GHz	-0.09dB	7.7GHz	1.42dB
265MHz	-0.22dB	1GHz	-0.16dB	4.4GHz	0.03dB	7.8GHz	1.63dB
280MHz	0.04dB	1.1GHz	-0.19dB	4.5GHz	-0.15dB	7.9GHz	0.96dB
290MHz	0.19dB	1.2GHz	-0.06dB	4.6GHz	-0.33dB	8GHz	1.09dB
300MHz	0.12dB	1.3GHz	-0.03dB	4.7GHz	-0.31dB		
320MHz	-0.1dB	1.4GHz	-0.2dB	4.8GHz	-0.67dB		
330MHz	-0.28dB	1.5GHz	-0.23dB	4.9GHz	-0.95dB		
350MHz	-0.17dB	1.6GHz	-0.22dB	5GHz	-0.35dB		
370MHz	-0.04dB	1.7GHz	-0.09dB	5.1GHz	0.01dB		



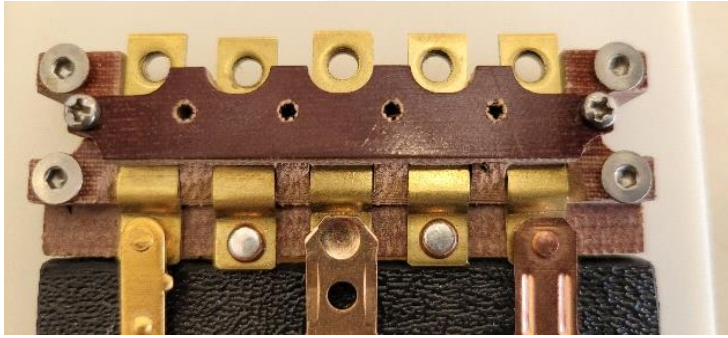
Şekil 4.5. Kablo etkisi ölçüm grafiği

4.2.3.2. RF kablo + terminal kontak bütünüünün etkisi:

Kablo etkisini tespit etmek için kullanılan RF koaksiyel, kablo tipi RG 316, Empedans 50Ω değerine sahip 1 metre uzunluğundaki kablo orta kısmından kesilerek bir tarafı boş, bir tarafında BNC konnektör bulunan iki adet kablo elde edildi. Sabit ve hareketli kontakların bulunduğu test kasetleri hazırlandı. Şekil 4.6’da sabit kontakların bulunduğu kaset görülmektedir. Hareketli kontaklar ile sabit kontakların bir araya geldiği test kaseti Şekil 4.7.’de görülmektedir.



Şekil 4.6. Sabit kontak tutucu kaset



Şekil 4.7. Hareketli + Sabit kontak kaseti

RF kablo etkisinin tespiti testinde kullanılan kablo orta kısmında kesilerek araya sabit ve hareketli kontakların montajına olanak sağlayacak iki uç elde edildi. Spektrum analizör jeneratör çıkış tarafından kesilerek elde edilen yeni kablo ucu sabit kontakın bağlantı noktasına lehimlenerek sabitlendi. Spektrum analizör giriş tarafından kesilerek elde edilen yeni kablo ucu hareketli kontakın bağlantı noktasına lehimlenerek sabitlendi. Test düzeneği ve bağlantı kablolarının düzgün olmasına kırılma ve bükülme olmamasına özen gösterildi (Bkz. Şekil 4.8).



Şekil 4.8. RG316 kablo + BNC + sabit hareketli kontak test düzeneği

100 kHz den başlanarak 8 GHz e kadar ölçüm yapıldı. Ölçüm kayıtları frekansa karşılık dB olacak şekilde sıralandı. Çizelge 4.2.'de ölçüm değerleri görülmekte olup Şekil 4.9.'da ölçüm verilerinin grafiği görülmektedir.

Çizelge 4.2. 100 kHz – 8 GHz arası RG316 kablo + BNC + Sabit hareketli kontak etkisinin ölçümü

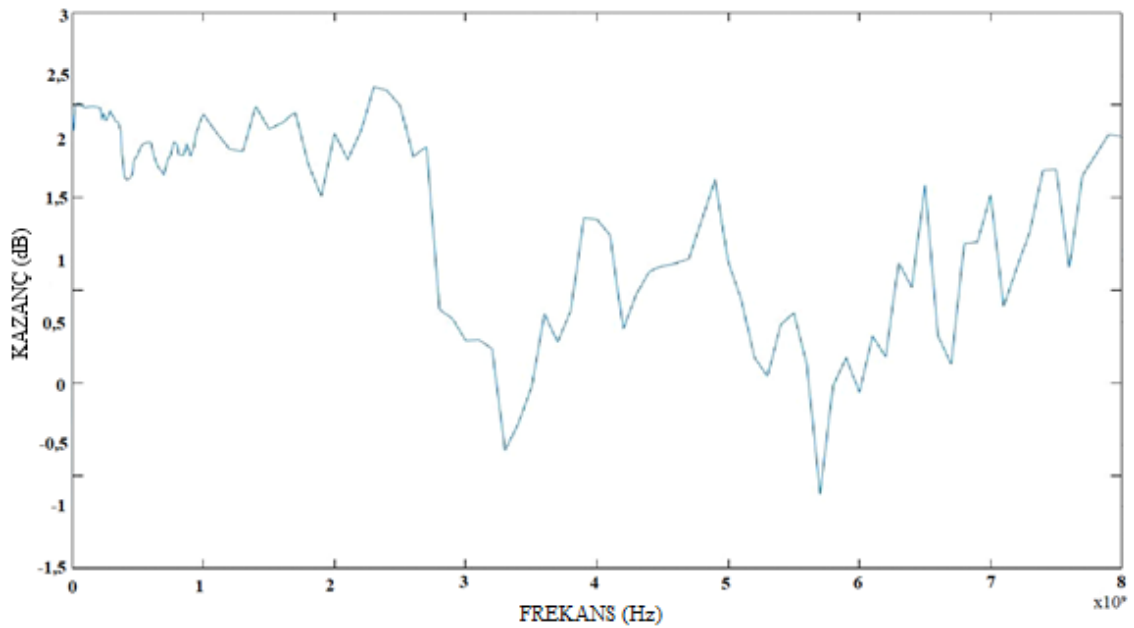
BNC+RG316 Kablo + Sabit hareketli kontak							
Frekans	Ölçülen	Frekans	Ölçülen	Frekans	Ölçülen	Frekans	Ölçülen
100kHz	-0.21dB	381MHz	-2.6dB	1.8GHz	-3.2dB	5.2GHz	-13.63dB
200kHz	-0.3dB	400MHz	-3.89dB	1.9GHz	-4.91dB	5.3GHz	-14.64dB

Çizelge 4.2.'nin devamı

300kHz	-0.45dB	410MHz	-4.02dB	2GHz	-1.54dB	5.4GHz	-11.87dB
500kHz	-0.58dB	420MHz	-4.05dB	2.1GHz	-2.95dB	5.5GHz	-11.22dB
750kHz	-0.62dB	445MHz	-3.92dB	2.2GHz	-1.44dB	5.6GHz	-14dB
1MHz	-0.61dB	460MHz	-3.69dB	2.3GHz	0.98dB	5.7GHz	-21.01dB
3MHz	-0.8dB	470MHz	-3.01dB	2.4GHz	0.77dB	5.8GHz	-15.13dB
5MHz	-0.95dB	500MHz	-2.69dB	2.5GHz	-0.039dB	5.9GHz	-13.65dB
10MHz	-1.4dB	520MHz	-2.29dB	2.6GHz	-2.79dB	6GHz	-15.51dB
25MHz	-0.13dB	550MHz	-2.06dB	2.7GHz	-2.25dB	6.1GHz	-12.49dB
38MHz	0.09dB	600MHz	-2dB	2.8GHz	-11.03dB	6.2GHz	-13.6dB
50MHz	0.07dB	620MHz	-2.67dB	2.9GHz	-11.55dB	6.3GHz	-8.54dB
63MHz	0.08dB	650MHz	-3.28dB	3GHz	-12.71dB	6.4GHz	-9.85dB
76MHz	-0.05dB	675MHz	-3.51dB	3.1GHz	-12.67dB	6.5GHz	-4.34dB
88MHz	-0.11dB	700MHz	-3.78dB	3.2GHz	-13.16dB	6.6GHz	-12.48dB
100MHz	-0.15dB	730MHz	-2.95dB	3.3GHz	-18.65dB	6.7GHz	-14dB
114MHz	-0.1dB	750MHz	-2.72dB	3.4GHz	-17.2dB	6.8GHz	-7.47dB
140MHz	-0.09dB	775MHz	-1.99dB	3.5GHz	-15.28dB	6.9GHz	-7.4dB
150MHz	-0.05dB	800MHz	-2.16dB	3.6GHz	-11.26dB	7GHz	-4.85dB
165MHz	-0.08dB	810MHz	-2.66dB	3.7GHz	-12.8dB	7.1GHz	-10.86dB
180MHz	-0.1dB	850MHz	-2.71dB	3.8GHz	-11.12dB	7.2GHz	-8.79dB
190MHz	-0.1dB	875MHz	-2.1dB	3.9GHz	-6.09dB	7.3GHz	-6.8dB
215MHz	-0.15dB	900MHz	-2.75dB	4GHz	-6.19dB	7.4GHz	-3.52dB
230MHz	-0.8dB	930MHz	-2.2dB	4.1GHz	-7.03dB	7.5GHz	-3.48dB
240MHz	-0.45dB	940MHz	-1.67dB	4.2GHz	-12.09dB	7.6GHz	-8.78dB
255MHz	-0.83dB	975MHz	-0.91dB	4.3GHz	-10.22dB	7.7GHz	-3.82dB

Çizelge 4.2.'nin devamı

265MHz	-0.78dB	1GHz	-0.49dB	4.4GHz	-8.98dB	7.8GHz	-2.7dB
280MHz	-0.53dB	1.1GHz	-1.5dB	4.5GHz	-8.7dB	7.9GHz	-1.6dB
290MHz	-0.31dB	1.2GHz	-2.38dB	4.6GHz	-8.55dB	8GHz	-1.7dB
300MHz	-0.46dB	1.3GHz	-2.52dB	4.7GHz	-8.31dB		
320MHz	-0.72dB	1.4GHz	-0.08dB	4.8GHz	-6.2dB		
330MHz	-0.88dB	1.5GHz	-1.3dB	4.9GHz	-4.02dB		
350MHz	-0.9dB	1.6GHz	-0.97dB	5GHz	-8.49dB		
370MHz	-1.39dB	1.7GHz	-0.39dB	5.1GHz	-10.5dB		



Şekil 4.9. RG316 kablo + BNC + Sabit hareketli kontak etkisinin ölçüm grafiği

4.2.3.3. İki ölçüm farkı

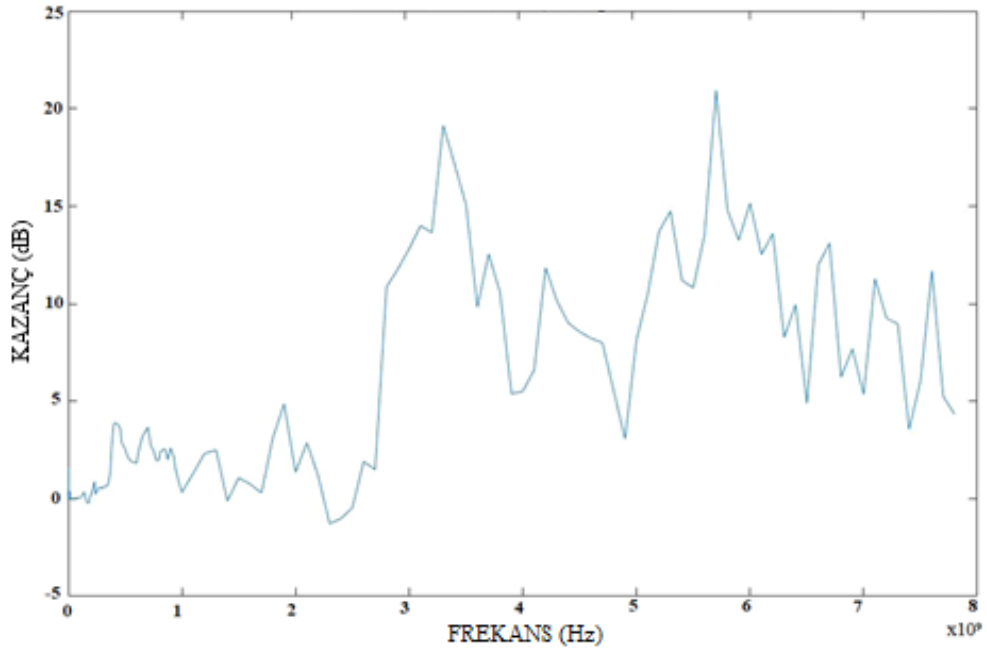
‘RF kablo etkisinin tespiti’ ile ‘RF kablo + terminal kontak bütününün etkisi’ başlıklar altında yapılan test sonucundan faydalanılarak yüksek frekans iletiminde sadece sabit ve hareketli kontakların etkisi tespit edilecektir. Sabit ve hareketli kontakların etkisini tespit edebilmek için, ‘RF kablo + terminal kontak bütününün etkisi’ başlıklı testten ‘RF kablo etkisinin tespiti’ başlıklı test sonuçları çıkarılmaktadır (Bkz. Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Fark tablosu

Sabit hareketli terminal kontak bütünü							
Frekans	Ölçülen	Frekans	Ölçülen	Frekans	Ölçülen	Frekans	Ölçülen
100kHz	0.06dB	381MHz	2.6dB	1.8GHz	3.12dB	5.2GHz	13.71dB
200kHz	0.06dB	400MHz	3.84dB	1.9GHz	4.86dB	5.3GHz	14.74dB
300kHz	0.12dB	410MHz	3.89dB	2GHz	1.36dB	5.4GHz	11.19dB
500kHz	0.2dB	420MHz	3.87dB	2.1GHz	2.87dB	5.5GHz	10.81dB
750kHz	0.17dB	445MHz	3.76dB	2.2GHz	1.16dB	5.6GHz	13.52dB
1MHz	-0.09dB	460MHz	3.54dB	2.3GHz	-1.28dB	5.7GHz	20.93dB
3MHz	1.58dB	470MHz	2.87dB	2.4GHz	-1.01dB	5.8GHz	14.8dB
5MHz	0.14dB	500MHz	2.56dB	2.5GHz	-	5.9GHz	13.25dB
10MHz	0.4dB	520MHz	2.17dB	2.6GHz	1.91dB	6GHz	15.14dB
25MHz	0.04dB	550MHz	1.92dB	2.7GHz	1.49dB	6.1GHz	12.51dB
38MHz	-0.04dB	600MHz	1.82dB	2.8GHz	10.85dB	6.2GHz	13.59dB
50MHz	0.02dB	620MHz	2.48dB	2.9GHz	11.77dB	6.3GHz	8.26dB
63MHz	0dB	650MHz	3.16dB	3GHz	12.81dB	6.4GHz	9.94dB
76MHz	0.06dB	675MHz	3.42dB	3.1GHz	13.99dB	6.5GHz	4.89dB
88MHz	0.04dB	700MHz	3.66dB	3.2GHz	13.64dB	6.6GHz	11.98dB
100MHz	0.04dB	730MHz	2.64dB	3.3GHz	19.13dB	6.7GHz	13.1dB
114MHz	0.08dB	750MHz	2.51dB	3.4GHz	17.14dB	6.8GHz	6.23dB
140MHz	0.35dB	775MHz	1.95dB	3.5GHz	15.06dB	6.9GHz	7.68dB
150MHz	0.07dB	800MHz	2dB	3.6GHz	9.82dB	7GHz	5.34dB
165MHz	-0.2dB	810MHz	2.41dB	3.7GHz	12.54dB	7.1GHz	11.27dB
180MHz	-0.23dB	850MHz	2.57dB	3.8GHz	10.57dB	7.2GHz	9.25dB
190MHz	0.04dB	875MHz	2dB	3.9GHz	5.38dB	7.3GHz	8.95dB

Çizelge 4.3.'ün devamı

215MHz	0.46dB	900MHz	2.6dB	4GHz	5.51dB	7.4GHz	3.56dB
230MHz	0.88dB	930MHz	2.1dB	4.1GHz	6.59dB	7.5GHz	6.04dB
240MHz	0.22dB	940MHz	1.6dB	4.2GHz	11.83dB	7.6GHz	11.69dB
255MHz	0.46dB	975MHz	0.78dB	4.3GHz	10.13dB	7.7GHz	5.24dB
265MHz	0.56dB	1GHz	0.33dB	4.4GHz	9.01dB	7.8GHz	4.33dB
280MHz	0.57dB	1.1GHz	1.31dB	4.5GHz	8.55dB	7.9GHz	2.56dB
290MHz	0.5dB	1.2GHz	2.32dB	4.6GHz	8.22dB	8GHz	2.79dB
300MHz	0.58dB	1.3GHz	2.49dB	4.7GHz	8dB		
320MHz	0.62dB	1.4GHz	-0.12dB	4.8GHz	5.53dB		
330MHz	0.6dB	1.5GHz	1.07dB	4.9GHz	3.07dB		
350MHz	0.73dB	1.6GHz	0.75dB	5GHz	8.14dB		
370MHz	1.35dB	1.7GHz	0.3dB	5.1GHz	10.51dB		

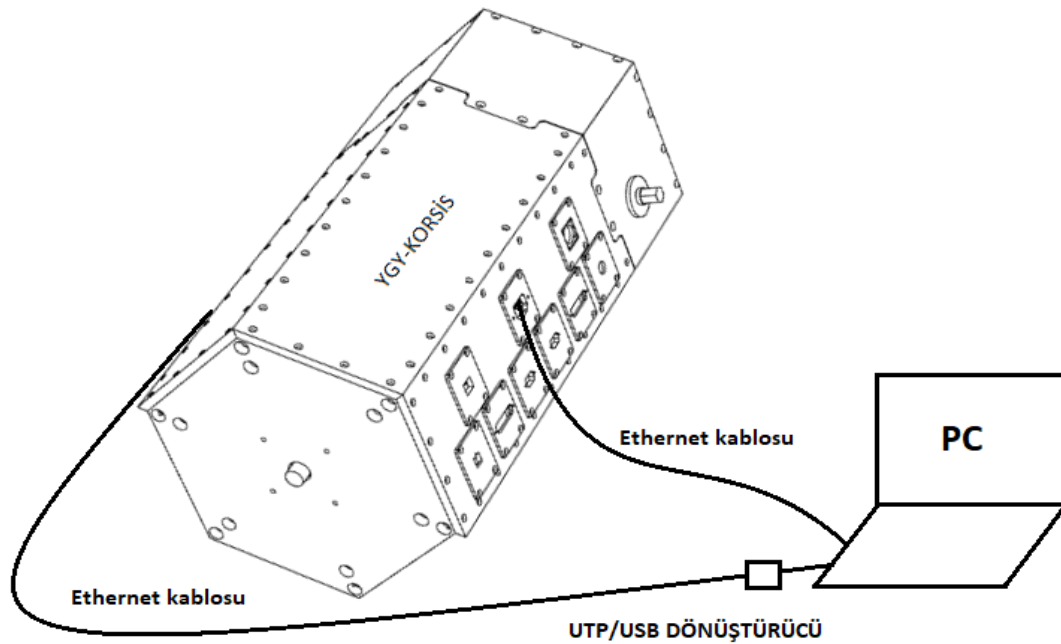


Şekil 4.10. Fark grafiği

Yapılan testlerdeki ölçümlere dayanarak elde edilen fark tablosu incelendiğinde 100 kHz ile 2,8 GHz arasında etkinin sınırlı limitlerde kaldığı, 2,8 GHz ile 8 GHz arasında kabul edilebilir limitlerin üzerinde bir etkinin olduğu, 63 MHz frekansta hiçbir etkinin olmadığı, en fazla farkın 5,7 GHz frekansında 20.93 dB olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun sebebi açıkta kalan kablolarda meydana gelen elektromanyetik girişim ile kontak kaplamasında kullanılan malzemelerin frekans karşısında gösterdiği davranıştan kaynaklanmaktadır. Terminal kontak bütününde kullanılan kaplama malzemelerinin özellikleri yanında terminaller ve kontakların temas düzeneğindeki farklılıklar iletilmek istenen frekans aralığı için belirleyici özelliktir. İletilmek istenen frekans aralıklarına göre özel üretilecek terminal kontak bütünü sayesinde, yüksek frekans iletimi gerçekleştirilmektedir.

4.3. İletişim Ağı Veri Paketlerinin İletimi

Açık kaynak kodlu bir grafik arayüzü olan Wireshark⁶ ağ trafiğinin izlenmesini, kayıt edilmesini veya kayıt edilen veri paketlerinin incelenmesini sağlar. YGY-KORSİS'in üzerinden geçecek ağ trafiğine etkilerinin olup olmadığını anlamak için Şekil 4.11.'de görülen test düzeneği hazırlandı.



Şekil.4.11 İletişim ağı veri iletimi testi

YGY-KORSİS'in UTP giriş konnektör kısmına 1 metre uzunluğunda iki tarafında RJ45 soket bulunan ethernet kablosunun bir ucu takıldı. Ethernet kablonun diğer ucu bilgisayarın ethernet portuna takıldı. YGY-KORSİS'in UTP çıkış konnektör kısmına 2

⁶ Wireshark : Anlık Ethernet, IEEE802.11, PPP, Loopback gibi farklı ağ türlerini okuyabilir. Açık kaynak erişim. <https://wireshark.org/download.html>

metre uzunluğunda, iki tarafında RJ45 soket bulunan ethernet kablosunun bir ucu takıldı, ethernet kablonun diğer ucu UTP/USB dönüştürücüye bağlandı. UTP/USB dönüştürücü bilgisayarın USB portuna takıldı.

Test düzeneği öncesinde İletişim ağı üzerinden Wireshark arayüz kullanılarak gerçek zamanlı ağ trafiği kaydedildikten sonra, bilgisayarın dış ağ bağlantısı kesildi. Bilgisayarın dahili ethernet portundan kaydedilen veri paketleri oynatılmaya başlandı. Wireshark USP üzerinden gelen ağ trafiği kaydedildi (Bkz. Şekil 4.12).

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
424	97.477204	fe80::33a9:bbb8:d26ff02::c	239.255.255.250	SSDP	M-SEARCH * HTTP/1.1
425	97.478171	192.168.156.225	239.255.255.250	SSDP	M-SEARCH * HTTP/1.1
426	97.860395	192.168.156.225	239.255.255.250	UDP	Source port: 49665 Destination port: ws-discovery
427	98.080444	192.168.156.225	239.255.255.250	SSDP	M-SEARCH * HTTP/1.1
428	98.867984	192.168.156.225	20.189.173.2	TCP	49797 > https [RST, ACK] Seq=5664 Ack=7430 win=0 Len=0
429	98.876570	fe80::33a9:bbb8:d26ff02::c	239.255.255.250	UDP	Source port: 49666 Destination port: ws-discovery
430	99.734617	192.168.156.225	239.255.255.250	SSDP	M-SEARCH * HTTP/1.1
431	99.875667	192.168.156.225	239.255.255.250	UDP	Source port: 49665 Destination port: ws-discovery
432	100.286927	192.168.156.225	239.255.255.250	SSDP	M-SEARCH * HTTP/1.1
433	100.493092	fe80::33a9:bbb8:d26ff02::c	239.255.255.250	SSDP	M-SEARCH * HTTP/1.1
434	100.494290	192.168.156.225	239.255.255.250	SSDP	M-SEARCH * HTTP/1.1
435	100.926216	fe80::33a9:bbb8:d26ff02::c	239.255.255.250	UDP	Source port: 49666 Destination port: ws-discovery
436	101.892485	192.168.156.225	239.255.255.250	UDP	Source port: 49665 Destination port: ws-discovery
437	102.943020	fe80::33a9:bbb8:d26ff02::c	239.255.255.250	UDP	Source port: 49666 Destination port: ws-discovery
438	103.500872	fe80::33a9:bbb8:d26ff02::1:2	239.255.255.250	DHCPv6	Solicit XID: 0xd248df CID: 000100012c06554228f10e2103c9

Offset	Hex	ASCII
0000	5a 4c 96 63 68 e0 a0 d3 7a 94 af b1 08 00 45 00	ZL.ch... 2....E.
0010	00 28 af 9b 40 00 80 06 2b eb c0 a8 9c e1 14 bd	..(..@...+.....
0020	ad 02 c2 85 01 bb bd 87 f5 da 1f e3 e7 16 50 14	P.....
0030	00 00 11 ea 00 00	

Şekil 4.12. İletişim ağı veri paketleri Wireshark kaydı

Gönderilen ve alınan ağ paketleri birebir karşılaştırıldı, Şekil 4.12.'deki son dört satır 0000, 0010, 0020, 0030, uzantılarında bulunan veri paketleri YGY-KORSİS'in üzerinden geçirilerek gönderilen veri paketleri ile geri alınan veri paketleri bire bir karşılaştırıldı. YGY-KORSİS üzerinden geçen veri paketlerinde hiçbir kaybın olmadığı görülmektedir.

4.4. T60 Kubbe Kontrol Sistemine Entegrasyon;

TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) Antalya ili Beydağları mevki, Bakırlitepe yerleşkesinde 2500 metre rakımda bulunan T60 robotik teleskobu kubbe kontrol sistemine YGY-KORSİS dahil edilerek, gerçek koşullar altında, gerçek zamanlı test ve denemelere tabi tutuldu. Test süresi yaklaşık 6 ay olarak planlandı.

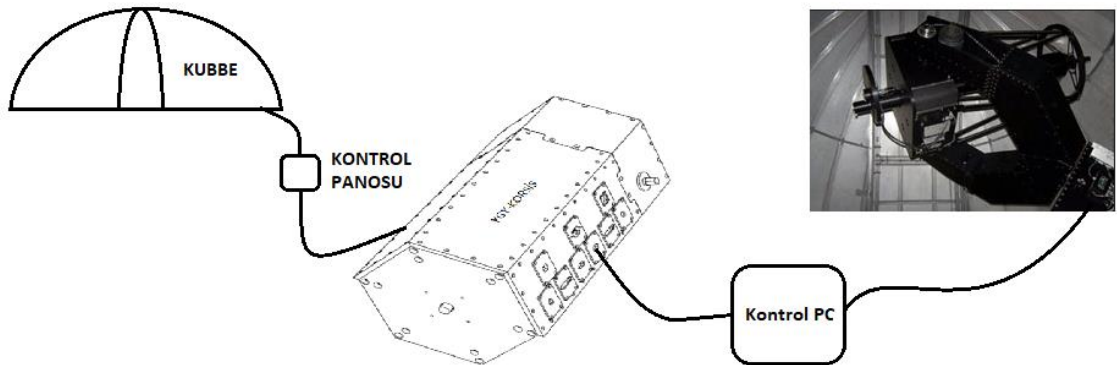
TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ne yıl içerisinde özellikle mevsim geçişlerinde birçok yıldırım deşarjı gerçekleşmektedir. Meydana gelen yıldırım deşarjları sonucu yerleşkede bulunan teleskop bileşenleri zaman zaman arızalanmakta ve zarar

görmektedir. TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ne 12.12.2014 tarihinde meydana gelen yıldırım deşarjı sırasında enerji dağıtım panolarında hasar meydana gelmiştir. Şekil 4.13.'de T100 teleskobuna ait panoda yıldırım deşarjı sonrası meydana gelen hasar görülmektedir.



Şekil 4.13. Yıldırım deşarjında zarar gören T100 Enerji dağıtım panosu

TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi yerleşkesinde buluna 5 adet paratonerin üzerinde bulunan yıldırım deşarj sayacı 10.11.2019-17.11.2019 tarih aralığındaki bir haftada 23 adet yıldırım deşarjı kaydetmiştir. YGY-KORSİS'in böylesine fazla yıldırım deşarjının yaşandığı bir yerleşkede gerçek zamanlı T60 Teleskobu kubbe kontrol sistemine bağlanarak meydana gelecek yıldırım deşarjı sırasında yetkiliğini ve sınırlarını tespit edilmeye çalışılmıştır. YGY-KORSİS'in T60 teleskop kubbe kontrol panosuna bağlantısı Şekil 4.14'de görülmektedir.



Şekil 4.14 T60 kubbe kontrol panosuna bağlantısı.

T60 Teleskobu kubbe kontrol panosu Şekil 4.15.'de görülmektedir. YGY-KORSİS'in kubbe kontrol panosuna bağlanmasında, teleskop kontrol bilgisayarına bağlı bulunan haberleşme ve kumanda kablosu ile kubbe kontrol panosunun enerji besleme hattına müdahale edilmemiştir. T60 kubbe kontrol panosuna YGY-KORSİS'in bağlantısı için pin diyagramına⁷ uyan yeni kablo kullanılmaktadır. Yeni kablo kullanmadaki amaç YGY-KORSİS'de beklenmedik bir sorun anında mevcut duruma hızlıca geçerek T60'da yapılan gözleme engel olmamasıdır. Yeni kablo 150 cm uzunluğunda, bir ucunda dişi D-SUB⁸ diğer ucunda erkek D-SUB bulunmaktadır. YGY-KORSİS yeni kablo kullanılarak T60 Kubbe kontrol sistemine bağlanmıştır.



Şekil 4.15 T60 kubbe kontrol panosu

Teleskop yapılarında kubbe en zayıf yerdir. Teleskopla dış ortamı birbirinden ayıran kubbe, dış ortamdan gelecek her türlü tehlike için ilk noktadır. T60 kubbesinin yapıldığı malzeme, taşıyıcı profil iskelet üzerine alüminyumdan çift cidarlı iletken sacdan meydana gelmektedir. Kubbe yapısı bir bütün olarak 360° kendi etrafında sınırlama olmadan dönebilmektedir. Kubbe hareketini T60 teleskop kontrol bilgisayarından gelen komutlara göre yapmaktadır. Kubbe açıklığı, teleskobun gözlem yaptığı alanı görece pozisyonda olup T60 teleskop yönelimlerini takip etmektedir. T60 teleskobu kontrol bilgisayarı kubbenin konumunu, kubbe hareket sistemi üzerinde bulunan enkoderden almaktadır. Kubbe yapısında kullanılan kontrol sistemi zayıf akım DC gerilimle çalışan hassas elektronik bileşenler ile motor sürücü sistemi içermektedir.

⁷ Pin Diyagramı: Enerji veya veri iletiminde kullanılan kabloların konnektör kısımlarında bulunan bağlantı temas noktasının karşılığı ile uyumu.

⁸ D-SUB : D-subminiature metal pinli konnektör çeşidi.

T60 Robotik bir teleskop olup, uzaktan kontrol edilebilmektedir. YGY-KORSİS T60 teleskop kubbe yapısına entegre edildikten sonra, kubbe kontrol kısmı koruma işlemini üstlenmiştir. Test süreci boyunca ortaya çıkan sorunlar ve çözümleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Kontakların pozisyon bilgisi gecikmeli gelmesi

YGy-KORSİS'in hareketli kontakların açık kapalı bilgisi gecikmeli geldiği tespit edildi. Yapılan kontrollerde hareketli kontakların kapama yönüne giderken birinci limit kontağı geçtiği, ikinci stop kontağı kadar ilerlediği görüldü. Birinci limit kontağı durum bilgisinin kontrol sistemine gönderilemediğinden, konum bilgisi gerçek zamanlı doğru yorumlanamamış ve aktarılamamıştır. Limit kontağın konumu ve montaj yeri yeniden ayarlanarak sorun giderilmiştir.

2. Kontak pozisyon bilgisinin kararlı gelmemesi

YGy-KORSİS'in hareketli kontak bilgisinin hareket sisteminde hiçbir hareket veya işlem yapmıyorken, ara yüzde kontak durum bilgisinin değişiklik gösterdiği tespit edildi. Sorunun mekanik limit kontağından kaynaklandığı anlaşıldı. Mekanik anahtar kontağına dayanma parçasına temasında sorun olduğu görüldü. Sorunu gidermek için ayarlama yapılsa da havanın -25 C° olduğu gecelerde genleşmeden dolayı sorunun tekrarlandığı görüldü. Soruna kalıcı çözüm olması için mekanik anahtar manyetik konum sensörü ile değiştirilerek sorun giderilmiştir.

3. Kubbe Kontrol sistemini ile teleskop bilgisayarı arasında +Rx iletiminin olmaması

T60 gözlem sırasında kubbe bilgilerinin zaman zaman kesintili geldiği T60 gözlem sorumlusu tarafından bildirildi. Sorunun kaynağını tespit etmek için YGY-KORSİS devreden çıkarıldığında +Rx⁹ iletiminin gerçekleşmediği tespit edildi. Yapılan çalışmalar neticesinde sorunun teleskop kontrol kartı olan NODE¹⁰ kartlarının çıkış pininde olduğu tespit edildi. Pin yenisi ile değiştirilerek sorun giderildi. YGY-KORSİS devreye alınıp aktif duruma getirilmiştir.

4. Flat lambası kontrolü

T60 Kubbe kontrol panosu üzerinden kontrol edilen flat lambası T60 gözlem sorumlusu tarafından uzaktan erişimli olarak lamba açılmak istenmiş ancak gerçekleştirememiştir. Sorunun nereden kaynaklandığını tespit etmek için YGY-KORSİS devreden çıkarıldı. Eski bağlantı yapısında flat lambalarının kontrol edildiği görüldü. Sorunun YGY-KORSİS ten kaynaklandığı anlaşıldı. Flat lambalarının kontrol komutunu ileten hareketli kontağın temasında yeterli basının olmadığı görüldü. Yapılan çalışmalar neticesinde özellikle -20 C° civarında terminal kontak bütünüünün esneme özelliğinde azalma olduğu tespit edildi. Mevcut tasarıma göre üretilen kontak yapısında değişikliğe gidilemediği için kontak temas basısının artırılması ile geçici çözüm bulundu. Sorunun kalıcı çözümü ancak yeni terminal kontak yapısının tasarlanıp imal edilmesi ile çözülecektir. Yeni terminal kontak bütünüünde, esneme özelliği olan terminale ilaveten

⁹ Rx : Veri trafiğinde alınan veriyi ifade eder.

¹⁰ NODE: Kontrol ve haberleşme işleri için kullanılan özelleşmiş PCB kart

ikinci bir bası yayı takılması sorunu kalıcı olarak çözeceği değerlendirilmektedir. Yeni hareketli terminal kontak bütünü üretilene kadar mevcut YGY-KORSİS için sıcaklık limitleri +55 C° ile -15 C° arasında çalışmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

YG-Y-KORSİS TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi T60 Teleskobu kubbe kontrol sistemine yaklaşık 6 ay kadar bağlı kalmıştır. Bu süreç içerisinde yukarıda bahsedilen sorunlar tespit edilmiş olup, çoğu giderilmiştir. YGY-KORSİS kubbe sistemine bağlı kaldığı süre boyunca koruma işlemini gerçekleştirmiştir. YGY-KORSİS üzerinde bulunan harici yıldırım sayıcı sayesinde T60 üzerinde 2022 Ocak-Mart kış döneminde olmak üzere iki defa yıldırım deşarjı kaydedilmiştir. YGY-KORSİS yıldırım deşarjının kubbe kontrol panosuna ile teleskop yapısına ulaşmasını başarılı bir şekilde engelleyerek koruma işlemini gerçekleştirmiştir.

4.5. İş Sağlığı ve Güvenliği açısından YGY – KORSİS

Kaynak taraması kısmında 2.5. İş Sağlığı ve Güvenliği başlığı altında yıldırımın canlı yaşamı ile iş güvenliğine etkilerinden bahsedilmektedir. Ani değişen atmosferik olaylar tam doğrulukla tespit edilememektedir. Yer, zaman ve şiddeti bilinmeyen yıldırım deşarjlarında sistemlerin zarar görmesi yüksek ihtimaldir. Yüksek gerilim ve yıldırım deşarjlarından sistemleri korumak için birçok yöntem uygulanmakta olup %100 koruma sağlanamamaktadır. Yüksek gerilim ve yıldırım deşarjında sistemlerin, zarar görmelerini engellemek için bir teknisyenin sistem tarafından kullanılan elektrik, elektronik ve kontrol sistemlerine ait enerji bağlantıları ile, haberleşme ve kumanda bileşenlerinde bulunan iletken bağlantılarını fiziki olarak sökmesi gerekmektedir.

Bu işlemin yapılabilmesi için ilk olarak yıldırım deşarjının olma olasılığının arttığı zamanı tahmin edilerek, korunacak sistemin bulunduğu yapıya fiziki olarak ulaşılmalıdır. Teknik personelin korunmak istenen sistemin bulunduğu yapıya ulaşması ve geri dönmesi için gereken süreçte üstlenilen risk çok yüksektir. Sisteme müdahale ettiği anda bir yıldırım deşarjının gerçekleşmeme garantisi bulunmadığı gibi, çalışanın maruz kalacağı yüksek gerilim, hayati kayıplarla sonuçlanabilir.

Yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi manuel yapılması gereken işlemleri otomatik/robotik veya kullanıcı talebi doğrultusunda uzaktan erişimli olarak gerçekleştirir. Çalışanın fiziki olarak sistemin bulunduğu yere gitmesine gerek kalmamakla birlikte sisteme ve iletkenlere fiziki müdahale ihtiyacını ortadan kaldırır. Yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi zaman olarak kazanım sağlamasının yanında yıldırım deşarjlarının sistemlere etkilerini ortadan kaldırarak, iş sağlığı ve güvenliğine doğrudan katkıda bulunmaktadır.

4.6. Patent

TÜBİTAK Teknoloji Transfer Ofisi (TTO) maharetiyle YGY-KORSİS'e Türk Patent ve marka Kurumu tarafında TR2024/001215 numarasıyla kaydedilmiş şekil uygunluğu verilmiş olup patent süreci devam etmektedir.

5. SONUÇLAR

Dünya üzerindeki yaşamı birçok yönden etkileyen yıldırım deşarjı için günümüz teknolojisinin geldiği son noktada yıldırım deşarjına karşı tam koruma sağlayabilen herhangi bir cihaz, metot veya çözüm mevcut değildir. Dünyamızda yıllık ortalama 9 milyon yıldırım deşarjı meydana gelmektedir. Yıldırım deşarjı ve gerilim yükselmesinden kaynaklı can kayıpları yaşanmakta ve milyonlarca lira maddi zarar oluşmaktadır. Yıldırım deşarjından ve dolaylı zararlı etkilerinden korunmak için uluslararası kabul görmüş olan Paratoner, Parafudr, Faraday kafesi, Franklin çubuğu, vb. yöntemler bulunmaktadır. Günümüzde tüm yönetmeliklere ve kurallara uyulsa da yıldırım deşarjının direkt veya dolaylı etkisinden kaçınılamamaktadır.

Günümüzde kullanılan iç yıldırımlıklar cihazlara/sistemlere paralel olarak bağlanmaktadır. Her koşulda çalışması gereken sistemler için vazgeçilmez bir bağlantı ve koruma yöntemidir. Ancak, sürekli çalışması gerekmeyen veya yüksek maliyetli sistemlerin/cihazların korunması öncelendiği durumlarda yetersiz kalmaktadır. Kurum ve kuruluşları yüksek maliyetli sistemlerini/cihazlarını korumak için iş sağlığı ve güvenliğinden taviz vermeye zorlamaktadır.

Yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi, insan hayatını tehlikeye atmadan iş sağlığı ve güvenliğine uygun koruma sağlayabilen bir sistemdir. YGY-KORSİS özgün bir yapıdır. Literatür taramasında yüksek gerilim yıldırım koruma sistemine benzer bir ürün yoktur. Yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi korunmak istenen sistemlerin iletken kısımlarına seri bağlanır. Sisteme ait tüm iletkenlere bağlanabileceği gibi özellikle seçilen iletken kısımlara da kısmi bağlanabilir. YGY-KORSİS kullanıcı talebi doğrultusunda robotik veya uzaktan erişimli kullanılabilir. Günümüzde uydu teknolojisindeki gelişmeler sonrasında global ölçekte, atmosferik olaylar, bulut hareketliliği, yıldırım deşarjının konumu, yönelimi ve doğrultusu gerçek zamanlı izlenebilmektedir. YGY-KORSİS uydudan gelen yıldırım deşarj alarmlarına veya radyo frekans yardımı ile yıldırımın konumu hakkında kestirimde bulunan cihazlardan gelen bilgiye göre, sistemleri/cihazları koruyabilmektedir. Koruma işlemini kullanıcının belirlediği limitler doğrultusunda gerçekleştirmektedir.

YGY-KORSİS uzun süren bir çalışmanın sonunda ortaya çıkmıştır. Bu tezde anlatılan prototip birçok teste tabi tutulmuştur. Bu testlerden öne çıkanlar;

- Yüksek Gerilim Geçirgenlik ve Dayanım Testi,
- Enerji / Veri İletim Testi,
- İletişim ağı Veri Paketlerinin İletim Testi,
- T60 Kubbe Kontrol Sisteminin Koruma Testi.

YGY-KORSİS yüksek gerilim geçirgenlik ve dayanım testinde yapısal bütünlüğünü koruduğu, belirlenen limitler içinde sağlıklı çalışmaya devam ettiği görülmüştür. Enerji / Veri İletim Testi bakımından terminal kontak bütünü üzerinden geçirilen enerji için, giriş tarafı ile çıkış tarafının aynı olduğu ölçülerek tespit edilmiştir. İletişim ağı veri paketleri iletim testinde YGY-KORSİS üzerinde gönderilen ve alınan ağ paketlerinde, hiçbir kayba

sebeup olmadığı görülmüştür. Yüksek frekans iletiminde 2,8 GHz üzerinde, veri iletimi için üretilecek terminal kontak bütünü için çalışma frekans aralığı sistemlerin/cihazların ihtiyaçları doğrultusunda belirlenmeli ve üretilmelidir. YGY-KORSİS gerçek koşullar altında TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi T60 Teleskobu kubbe kontrol sistemine yaklaşık 6 ay süre bağlı kalmıştır. Bu süre içinde T60 üzerine 2 defa yıldırım deşarj kaydetmiştir. YGY-KORSİS yıldırım deşarjının kubbe kontrol panosuna ve teleskop yapısına ulaşmasını başarılı bir şekilde engelleyerek koruma işlemini gerçekleştirmiştir.

Testleri başarı ile geçen yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi yıldırım deşarjından korunmada bir kilometre taşındır. Sistemleri/cihazları koruma yeterliliğine sahiptir. Yüksek gerilim yıldırım koruma sistemi manuel yapılması gereken işlemleri otomatik/robotik veya kullanıcı talebi doğrultusunda uzaktan erişimli olarak gerçekleştirir. Çalışanın fiziki olarak sistemin bulunduğu yere gitmesine gerek kalmamakla birlikte sisteme ve iletkenlere fiziki müdahale ihtiyacını ortadan kaldırır. YGY-KORSİS yıldırım deşarjlarının sistemlere/cihazlara olan etkilerini ortadan kaldırarak, iş sağlığı ve güvenliğine doğrudan katkıda bulunmaktadır.

Yeni lineer hareket sistemi ile 150 kV gerilim koruma sistemi için çalışmalar devam etmektedir. Terminal kontak bütünü kaplama özellikleri ile kontak basısı için yeni tasarım çalışmaları sürmektedir

6. KAYNAKLAR

- ABB Ürün Kataloğu. pdf, www.abbelektrifikasyonfiyatlistesi.com/ [erişim tarihi: 2023].
- Akar, M. 2005. Bulanık mantık yöntemiyle bir servo motorun kontrolü ve geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi, Marmara üniversitesi, İstanbul.
- Akdeniz, B. 2021. Yüksek ve alçak gerilim dağıtım şebekeleri bakım çalışmasında iş sağlığı ve güvenliği önlemleri. Yüksek lisans tezi, İstanbul Rumeli Üniversitesi, İstanbul.
- Akgün, H. 2008. Poliüretan-Karbon fiber kompozitlerin hazırlanması ve karakterizasyonu. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Apaydın, H. 2006. Adım motorlarının karakteristikleri ve bilgisayar ile konum kontrol uygulaması. Yüksek lisans tezi, Marmara üniversitesi, İstanbul.
- Çallı, Ç. 2013. Farklı seramik takviyeli bakır matrisli kompozit kaplamalar ile elektrik kontak malzemelerinin yüzey özelliklerinin geliştirilmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Doğan, T. 2011. Bakırın elektrokimyasal davranışlarına bisfenola'nın etkisi. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Erden, S.S. 2004. Alçak gerilim topraklama şebekelerinin analizi ve simülasyonu. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Enser, O. 2015. Hidroelektrik santrallerde yöntem karşılaştırılmalı topraklama empedansı ölçümü: örnek çalışma kılavuzlu HES. Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Güner E. 1977. Yüksek Gerilim Merkezlerinin Topraklanması, EMO Elektrik Mühendisliği Dergisi.
- Kalenderli, Ö. 2015 Nikola Tesla sempozyumu Yüksek frekanslı yüksek gerilim transformatörü Tesla bobin tasarımı, ss.1-58, 14 Mayıs Ege üniversitesi, İzmir.
- Kalenderli, Ö., Özdemir, A. 1990 Yüksek gerilim laboratuvar deneyleri, İ.T.Ü. Elektrik – Elektronik Fakültesi, İstanbul.
- Karabacak, K. Düşük sıcaklıkta yüksek darbe dayanımına sahip cam ve karbon elyaf takviyeli iletken Poliamid 6 ve Poliamid 66 karışımlarının hazırlanması. Yüksek lisans tezi, Yalova Üniversitesi, Yalova.
- Kaşıkcı, İ. 2002. Elektrik tesislerinde topraklama yönetmeliği uygulama kitabı. İzmir: Elektrik tesisat Mühendisleri Derneği Yayınları, 67
- Kaya, H. 2005. CoNiFe ince film alaşımlarının elektrokimyasal olarak elde edilmesi ve özelliklerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Kaya, R. 2013. Faraday kafesi ile koruma ve topraklama direncinin verim artırma yöntemleri. Yüksek lisans tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Kodal, M. 2009. Polipropilen ve dolgu maddeleri ile hazırlanan karışımların fiziksel ve

- kimyasal özelliklerin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Kurt, C. 2011. Özel redüktör tasarımı. Yüksek lisans tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Memiş, S. 2019 Sonlu elemanlar yöntemi ile yıldırımın uçaklara olan etkisinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Orak, V. 2018 İstanbul Üniversitesi Avcılar yerleşkesi yıldırım risk analizi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Shell Ürün kataloğu.pdf, www.ozgunshell.com/SHELLDIALAS2ZX-A [erişim tarihi: 2023].
- Taşkın, S., Şeker, Ş. S., Kalenderli, Ö., Karahan, M. 2014. Coherence analysis on thermal effect for power cables under different environmental conditions. Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, Vol. 22, No. 1, Article 3, Ankara.
- Temiz, V. 2022. Aktarma organları çalıştayını miller ve akslar, ss. 1-70, Aralık, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Türk Standartları Enstitüsü, TS 348 Deney ve ölçüler için standart ortam şartları. Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 60060-2 Yüksek gerilim deney teknikleri bölüm 2 Ölçme sistemleri. Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü, TS HD 588.1 S1 Yüksek gerilim deney teknikleri. Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 62305 2007 Yıldırımdan korunma genel kuralları. Ankara.
- Uzun, H. 2013. Yüksek verimli ve standart asenkron motorların farklı hız kontrol yöntemleri kullanılarak karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Ünal, B. 2009. Yapay zeka yardımı ile redüktör seçimi. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Yıldız, B, M. 2021. Hava taşıtlarında kablolarda elektriksel ve ısı zorlanmasının incelenmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

7. EKLER

Ek-1 Kaplama kalınlık standartları

Kaplama malzemesi	Kaplama standardı	Standart sınıfı	Kalınlık
Akımsız nikel kaplam	MIL-C-26074	Sınıf A	min 25µ
Akımsız nikel kaplam	MIL-C-26074	Sınıf B	min 12,7µ
Akımsız nikel kaplam	MIL-C-26074	Sınıf C	min 38µ
Akımsız nikel kaplam	AMS-2404	Alüminyum	min 25µ
Akımsız nikel kaplam	AMS-2404	Bakır, Nikeli	min 13µ
Akımsız nikel kaplam	AMS-2404	Demir, Çelik	min 36µ
Akımsız nikel kaplam	ASTM-B733	SC0	0,1-5µ
Akımsız nikel kaplam	ASTM-B733	SC1	5-13µ
Akımsız nikel kaplam	ASTM-B733	SC2	13-25µ
Akımsız nikel kaplam	ASTM-B733	SC3	25-76µ
Akımsız nikel kaplam	ASTM-B733	SC4	min 75µ
Gümüş kaplama	AMS-2410	Aksi belirtilmedikçe	min 2,5µ
Gümüş kaplama	QQ-S-365	Aksi belirtilmedikçe	min 13µ
Kalay kaplama	MIL-T-10727	Kullanım yerine	2,5-15µ
Bakır kaplama	MIL-C-14550	Sınıf.0	25,4-127µ
Bakır kaplama	MIL-C-14550	Sınıf.1	min 25,4µ
Bakır kaplama	MIL-C-14550	Sınıf.2	12,7-25,4µ
Bakır kaplama	MIL-C-14550	Sınıf.3	5,08-12,7µ
Bakır kaplama	MIL-C-14550	Sınıf.4	2,54-5,08µ
Altın kaplam	MIL-DTL-45204	Sınıf.0	0,5-0,762µ
Altın kaplam	MIL-DTL-45204	Sınıf.0	0,762-1,27µ
Altın kaplam	MIL-DTL-45204	Sınıf.1	1,27-2,54µ

Ek-1'in devamı

Altın kaplam	MIL-DTL-45204	Sınıf.2	2,54-5,08µ
Altın kaplam	MIL-DTL-45204	Sınıf.3	5,08-7,62µ
Altın kaplam	MIL-DTL-45204	Sınıf.4	7,62-12,7µ
Altın kaplam	MIL-DTL-45204	Sınıf.5	12,7-38,1µ
Altın kaplam	MIL-DTL-45204	Sınıf.6	min 38,1µ
Akımlı nikel kaplam	AMS-QQ-N-290	Tip.A	min 40µ
Akımlı nikel kaplam	AMS-QQ-N-290	Tip.B	30-40µ
Akımlı nikel kaplam	AMS-QQ-N-290	Tip.C	25-30µ
Akımlı nikel kaplam	AMS-QQ-N-290	Tip.D	20-25µ
Akımlı nikel kaplam	AMS-QQ-N-290	Tip.E	15-20µ
Akımlı nikel kaplam	AMS-QQ-N-290	Tip.F	10-15µ
Akımlı nikel kaplam	AMS-QQ-N-290	Tip.G	5-10µ

MIL-C-26074 / 14550 / 45204 / Military Standards

AMS-2404 / 2410 / QQ-N-290 / Aerospace Material Specification

ASTM-B733 ASTM International Standards

Ek-2 Yüksek Gerilim Testi

YÜKSEK GERİLİM TESTİ					
Ölçüm Yöntemi	Fiziki Muayene	HT118C	Kontrol Sistemi	Konnektör	Modem
Yapısal Bütünlük Testi	GEÇTİ		GEÇTİ	GEÇTİ	
Donanımsal Bütünlük	GEÇTİ	GEÇTİ	GEÇTİ	GEÇTİ	
Cihaz Koruma Testi Kontaklar Açık	GEÇTİ	GEÇTİ	GEÇTİ	GEÇTİ	GEÇTİ
Cihaz Koruma Testi Kontaklar Kapalı	GEÇTİ	GEÇTİ	GEÇTİ	KALDI	KALDI
Enerji İletimi	GEÇTİ	GEÇTİ	GEÇTİ	GEÇTİ	
Zayıf Akım İletimi	GEÇTİ	GEÇTİ	GEÇTİ	GEÇTİ	

ÖZGEÇMİŞ

Hasan ERSOY

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2020-2023	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2015- 2020	Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Antalya
Lisans 2009- 2013	Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Eskişehir
Ön Lisans 1998- 2000	Süleyman Demirel Üniversitesi Burdur Meslek Yüksek Okulu, Elektronik Bölümü, Burdur

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

AR-GE Başteknisyeni 2022-Devam Ediyor	TÜBİTAK Savunma Sanayi Araştırma Geliştirme Enstitüsü, Ankara
Teknik Hizmetler Sorumlusu 2010-2022	TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG), Antalya
Tekniker 2005-2010	Oymapınar H.E.S Elektrik-Elektronik Bakım Onarım, Antalya