



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN NİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**DİREK TİPİ TRAFO TESİSLERİ İÇİN TİP
PROJE UYGULAMALARININ
GELİŞTİRİLMESİ**

İbrahim KÜÇÜKSÜMBÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

**Aralık-2020
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

İbrahim Küçüksümbül tarafından hazırlanan “Direk Tipi Trafo Tesisleri İçin Tip Proje Uygulamalarının Geliştirilmesi” adlı tez çalışması 14/12/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç.Dr.Nurettin ÇETİNKAYA

.....

Danışman

Prof.Dr.Muciz ÖZCAN

.....

Üye

Dr.Öğr.Üyesi M.Fahri ÜNLERŞEN

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. S. Savaş DURDURAN
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İbrahim KÜÇÜKSÜMBÜL

Tarih: 14.12.2020

ÖZET

YÜKSEK LİSANSTEZİ

DİREK TİPİ TRAFÖ TESİSLERİ İÇİN TİP PROJE UYGULAMALARININ GELİŞTİRİLMESİ

İbrahim KÜÇÜKSÜMBÜL

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof.Dr. Muciz ÖZCAN

2020, 113 Sayfa

Jüri

Prof.Dr. Muciz ÖZCAN

Doç.Dr. Nurettin ÇETİNKAYA

Dr.Öğr.Üyesi M.Fahri ÜNLERŞEN

Her geçen gün artan enerji ihtiyacı, elektrik şebekelerinin yükünü ve büyüklüğünü arttırmaktadır. Elektrik şebekelerinde istenmeyen durumların başında gelen elektrik arızaları sebebiyle tedarik şirketleri ve tüketiciler, maddi manevi zararlarla karşı karşıya kalmaktadır.

Enerji taleplerini karşılamak için dağıtım hatlarına trafolar eklenmektedir. 400 kVA'ya kadar direk tipi olarak tesis edilebilen dağıtım trafoları özellikle yüksek güçte tüketim yapan tüketiciler tarafından ve AG abonelerinin ihtiyacını karşılamak için tedarik şirketi tarafından tesis edilmektedir. Direk tipi trafo tesislerinin tip projeleri TEDAŞ tarafından belirlenmektedir ve tesis sahada tip projesine uygun olarak yapılmak zorundadır.

Bu çalışmada direk tipi trafo tesislerinin tip projesinde revize çalışması yapılarak parafudr kaynaklı OG arızaların şebekeye olumsuz etkilerinin önlenmesi araştırılmıştır. Öncelikle tesiste kullanılan ekipmanların teknik bilgileri edinilerek ilgili yönetmelik ve mevzuatlara uygunlukları incelenmiştir. Çalışma bölgesi olarak direk tipi trafolu tesislerin sayısı 2018 yılında 1952 adet, 2019 yılında 2187 adet olarak kaydedilen Konya ili Ereğli ilçesi seçilmiştir. Bu tesislerde meydana gelen kalıcı OG arıza sayılarının 2018 yılında %10'unu, 2019 yılında ise %13'ünü parafudr arızalarının oluşturduğu tespit edilmiştir. Direk tipi trafolu tesis sayısı artışı ile parafudr kaynaklı arıza sayısının artışı ilişkilendirilerek aktarılmıştır. Parafudr arızalarından kaynaklanan tahakkuk kaybı ve onarım maliyetleri birim fiyatlar üzerinden işlenerek çalışma içerisinde sunulmuştur.

Çalışılan şebekede dpPower ve PSS Sincal programları ile modelleme yapılmıştır. Bu modellemede kısa devre analizine, şebeke topolojisine ve simülasyonuna yer verilmiştir. Kısa devre analizi yapılarak arıza senaryolarında meydana gelen kısa devre akımlarının büyüklükleri ile hangi noktalarda arıza akımının daha yüksek olduğu simülasyon sonuçları ile eklenmiştir. Bölgesel veriler ve teknik sonuçlar derlenerek revize edilen yeni tip projenin autoCAD çizimi görsel olarak içeriğe eklenmiştir.

Son kısımda sahada yapılan pilot uygulamadan bahsedilmiştir. Pilot uygulama için, 2019 yılının ilk 8 aylık süresinde 4 kez parafudr arızası yaşanan, arıza uzman

ekiplerin ofisine 15 km uzaklıkta, 22 direk tipi trafolu tesisin daha beslendiği hattan beslenen bir abone seşilmiştir. Bu tüketicinin tesisinde meydana gelen parafudr arızalarının şebekeye maliyeti 8 aylık süreçte 74,828.8 Türk lirasıdır. Revize edilen yeni tip projenin tüketici tesisine uygulanması ile parafudr arızalarının sebebiyet verdiği şebeke maliyeti ortadan kaldırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arıza, Enerji Sürekliliği, Güvenlik, Parafudr, Tip Proje, Trafo, Yüksek Gerilim



ABSTRACT

MS THESIS

DEVELOPMENT OF TYPE PROJECT APPLICATIONS FOR POLE TYPE TRANSFORMER PLANTS

İbrahim KÜÇÜKSÜMBÜL

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERING**

Advisor: Prof.Dr Muciz ÖZCAN

2020, 113 Pages

**Jury
Prof.Dr Muciz ÖZCAN
Assoc. Prof. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA
Asst. Prof. Dr. M.Fahri ÜNLERŞEN**

Increasing energy demand with each passing day increases the load and size of electricity networks. Supply companies and consumers are faced with material and moral damages due to electrical failures, which are one of the most undesirable situations in electricity networks.

Transformers are added to the distribution lines to meet the energy demands. Distribution transformers that can be installed as a direct type up to 400 kVA are installed especially by high power consumers and by the supply company to meet the needs of LV subscribers. The type projects of the pole type transformer facilities are determined by TEDAŞ and the facility must be built on site in accordance with the type project.

In this study, the prevention of the negative effects of surge arrester-induced HV failures on the network was researched by revising the type project of pole type transformer facilities. First of all, technical knowledge of the equipment used in the facility was obtained and their compliance with the relevant regulations and legislation was examined. Ereğli district of Konya province was selected as the study area, where the number of direct-type transformer facilities was recorded as 1952 in 2018 and 2187 in 2019. It has been determined that 10% of the number of permanent HV failures in these facilities in 2018 and 13% in 2019 were surge arrester failures. The increase in the number of facilities with pole type transformers and the increase in the number of surge arrester-related breakdowns has been associated and transferred. Accrual loss and repair costs arising from surge arrester failures are processed at unit prices and presented in the study.

Modeling was done with dpPower and PSS Sincal programs in the network studied. Short circuit analysis, network topology and simulation are included in this modeling. Short circuit analysis was performed and the magnitudes of the short circuit currents occurring in the fault scenarios and at which points the fault current was higher were added with the simulation results. The autoCAD drawing of the new type of project,

which was revised by compiling regional data and technical results, was added to the content visually.

In the last part, the pilot application in the field was mentioned. For the pilot application, a subscriber that experienced 4 surge arrester failures in the first 8 months of 2019, 15 km away from the fault expert teams' offices, was selected from the line feeding the facility with 22 direct-type transformers. The cost of surge arrester failures in the facility of this consumer to the network is 74,828.8 Turkish lira in 8 months. With the application of the revised new type project to the consumer facility, the network cost caused by surge arrester failures has been eliminated.

Keywords: Fault, Energy Continuity, Security, Surge Arrester, Type Project, Transformer, High Voltage



ÖNSÖZ

Bu çalışma boyunca bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşıp yol gösteren, desteklerini esirgemeyen değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Muciz ÖZCAN'a ve bölümümüzün kıymetli tüm öğretim elemanlarına,

Çalışma süresi içerisinde sağladıkları ortam ve gösterdikleri anlayıştan ötürü, başta değerli yöneticilerim olmak üzere tüm “Meram Elektrik Dağıtım A.Ş.” ailesine, tasarım aşamasında kıymetli fikirleri ile bana destek olan MEDAŞ Ereğli işletmesi arıza-bakım surveyanı Sayın Mehmet GÖKLER'e,

Öğrenim hayatım boyunca yanımda olan, her aşamada bana sonsuz destek olan ve sabır gösteren kıymetli aileme;

Saygı ve sevgilerimi sunarım.

İbrahim KÜÇÜKSÜMBÜL
KONYA-2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
------------	----

ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİL VE TABLOLAR	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
3.1. Direk Tipi Trafo Tesisleri	5
3.1.1. Direk tipi trafo tesisi ekipmanları	7
3.1.1.1. Elektrik direği	8
3.1.1.2. İzolatörler.....	15
3.1.1.3. Parafudr.....	20
3.1.1.4. Ayırıcı	22
3.1.1.5. OG sigorta.....	25
3.1.1.6. Transformatör	26
3.1.1.7. Trafo platformu.....	34
3.1.1.8. Ölçüm panosu	34
3.1.2. Parafudr.....	41
3.1.2.1. Çalışma prensibi	43
3.1.2.2. Parafudr çeşitleri	43
3.1.2.3. Parafudr arızaları.....	46
3.2. Hizmet Kalitesi Hedefleri Ve TEDAŞ Tip Projesi.....	47
3.2.1. EPDK'nın belirlediği tedarik sürekliliği kalitesi göstergeleri	47
3.2.1.1. Ortalama kesinti süresi endeksi (OKSÜRE, SAIDI)	48
3.2.1.2. Ortalama kesinti sıklığı endeksi (OKSIK, SAIFI).....	48
3.2.2. Direk tipi trafo tesisi topraklama tip projesi	49
4.BÖLGESEL VERİLER VE TİP PROJESİ TASARIMI.....	52
4.1. Arıza Sayısı ve Kesinti Süreleri	53
4.2. Arıza Durumu Şebeke Modellemesi.....	57
4.2.1. Elektrik şebekesi üzerinde arıza olmadan hattın beslendiği durum.....	58
4.2.2. Elektrik şebekesi üzerinde oluşan bir arıza veya bakım durumu.....	59
4.2.3. Elektrik şebekesinde arıza meydana gelmesi halinde hedeflenen yeni durum.....	61
4.3. Parafudr Arızası Sonucu Hatlarda Oluşan Kısa Devre Akımı ve Değerinin Hesaplanması	65
4.3.1. Enerji Nakil Hatlarında Meydan Gelebilecek Kısa Devre Çeşitleri	66

4.4.Maliyet Hesapları.....	75
4.5.Tip Projesi Tasarımı.....	80
4.6. Yapılan Çalışmaya Ait Elde Edilen Sonuçların Saha Pilot Uygulaması	83
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	88
6. KAYNAKLAR	91
EKLER	95
ÖZGEÇMİŞ	99



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

VA	: Volt-Amper
V	: Volt
α	: Dönüştürme Oranı
SF6	: Kükürt Hekzaflorür
Hz	: Hertz.
A	: Amper
ZnO	: Çinko Oksit
mm	: Milimetre
Vsc	: Sürücü Gerilimi
Ts	: Anahtar Gecikmesi
Sk''	: Başlangıç Kısa Devre Alternatif Gücü
Ik''	: Başlangıç Kısa Devre Akımı
$\phi Ik''$	: Açık – Başlangıç Kısa Devre Akımı
Sa	: Açma Gücü
Ib	: Açma Akımı
Ip	: Tepe Kısa Devre Akımı
Ikmin	: Minimum Sürekli Kısa Devre Akımı

Kısaltmalar

TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
MEDAŞ	: Meram Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

AG	: Alçak Gerilim
OG	: Orta Gerilim
YG	: Yüksek Gerilim
YEMD	: Yıldırım Elektro-Manyetik Dalgaları
TM	: Trafo Merkezleri
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
DpPower	: Topoloji programı
PSS Sincal	: Şebeke analiz yazılımı
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
KÖK	: Kesicili Ölçü Kabini
DM	: Dağıtım Merkezi
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
IEC	: Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
VDE	: “Alman Elektrik Mühendisler Birliği” standartlar için.
DIN	: “Deutsches Institut für Normung” - “Alman Norm Enstitüsü”
ENH	: Enerji Nakil Hattı
YTS	: Yatırım Takip Sistemi
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
SAIDI	: Ortalama Kesinti Süresi Endeksi (OKSÜRE)
SAIFI	: Ortalama Kesinti Sıklığı Endeksi (OKSIK)

ŞEKİL VE TABLOLAR

Şekil 3.1. Direk tipi trafo tesisi	7
Şekil 3.2. Fonksiyonuna göre direkler	9
Şekil 3.3. a: Lenteli destek b: Payandalı destek	10
Şekil 3.4. AG Şebeke ağaç direk örneği	11
Şekil 3.5. Sırasıyla U, L ve I demir profil kesitleri	12
Şekil 3.6. Beton ENH direği örneği	13
Şekil 3.7. Beton trafo direği	14
Şekil 3.8. İzolatör iç yapısı	15
Şekil 3.9. Porselen izolatör	16
Şekil 3.10. Cam izolatör	17
Şekil 3.11. Epoksi reçineli izolatör	17
Şekil 3.12. Silikon izolatörler	18
Şekil 3.13. N95 tipi izolatör	19
Şekil 3.14. VHD-35 izolatör	20
Şekil 3.15. Yüksek gerilim izolatör örneği	20
Şekil 3.16. OG parafudr örneği	21
Şekil 3.17. Direk tipi trafo tesisinde OG parafudr bağlantısı	22
Şekil 3.18. Dahili ayırıcı	23
Şekil 3.19. a: Harici ayırıcı b: Harici sigortalı ayırıcı	24
Şekil 3.20. Yük ayırıcısı	24
Şekil 3.21. OG sigorta genel yapısı	25
Şekil 3.22. Transformatör modeli	27
Şekil 3.23. Genleşme depolu transformatör kısımları	28
Şekil 3.24. Hermetik tip transformatör	29
Şekil 3.25. Kuru tip transformatör bölümleri	30
Şekil 3.26. Güç transformatörü	32
Şekil 3.27. Gerilim trafosu	33
Şekil 3.28. a: OG akım trafosu b: AG akım trafosu	34
Şekil 3.29. Mesnet izolatörü bara bağlantısı	35
Şekil 3.30. Akım trafoları bara bağlantıları	36
Şekil 3.31. Ana şalter çeşitleri	37
Şekil 3.32. x/5 Kombi elektrik sayacı	39
Şekil 3.33. Sabit kompanzasyon kondansatörleri	39
Şekil 3.34. AG pano iç görseli	41
Şekil 3.35. Yüksek gerilim parafudrları	42
Şekil 3.36. Parafudr boyutları gerilime göre	44
Şekil 3.37. Çinko oksit direnç yapısı ve akım-gerilim karakteristiği	45
Şekil 3.38. a: Porselen ve polimer parafudr gövdeleri ve dirençleri	46
Şekil 3.38. b: Porselen ve polimer	46
Şekil 3.39. Demir trafo direği tip projesi	50
Şekil 3.40. Beton trafo direği tip projesi	51
Şekil 4.1. 2018 yılı OG arıza verileri	53
Şekil 4.2. 2019 yılı OG arıza verileri	55
Şekil 4.3. Hattın enerjili durumu	59
Şekil 4.4. Arıza hali durumu	60
Şekil 4.5. Arıza halinde hedeflenen durum	63
Şekil 4.6. Faz-toprak kısa devre gösterimi	67
Şekil 4.7. Faz-faz kısa devre arızası gösterimi	69
Şekil 4.8. Faz-faz kısa devre bileşen devre gösterimi	70
Şekil 4.9. Üç faz kısa devre arızası gösterimi	71

Şekil 4.7. Faz-faz kısa devre arızası gösterimi	68
Şekil 4.8. Faz-faz kısa devre bileşen devre gösterimi	69
Şekil 4.9. Üç faz kısa devre arızası gösterimi	70
Şekil 4.10. PSS SINCAL şebeke modellemesi ve kısa devre analizi	72
Şekil 4.11. PSS SINCAL kısa devre analizi sonucu	73
Şekil 4.12. dpPower kısa devre analizi yapılan şebeke	74
Şekil 4.13. Yatırım maliyet hesaplama programı ara yüzü.....	78
Şekil 4.14. Envanter maliyet bilgileri.....	79
Şekil 4.15. Revize edilmiş direk tipi trafo tesisi tip projesi çizimi	81
Şekil 4.16. KONYA 4 TM güç trafosu parafudr bağlantısı.....	82
Şekil 4.17. Arıza onarım süreçleri	85
Şekil 4.18. Saha pilot uygulaması parafudr yeni irtibatları.....	86
Şekil 4.19. Saha pilot uygulaması.....	87
Tablo 3.1. Trafo direği özellikleri.....	13
Tablo 3.2. OG sigorta teknik değerleri	26
Tablo 3.3. Elektrik sayacı çeşitleri	38
Tablo 3.4. Anma değerleri	40
Tablo 3.5. Anma akımları	40
Tablo 3.6. Pano girişinde beklenen en yüksek kısa devre akımları	41
Tablo 4.1. Abone için dpPower kısa devre analizi sonucu	75

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi yaşamımızda önemli bir yeri olan temel enerji kaynaklarından biridir. Gelişmişlik düzeyinin göstergelerinden birisi olan elektrik enerjisi tüketimi, gün geçtikçe yeni talepler doğrultusunda artmaktadır. Dağıtım hatları seviyesinde ki enerji talepleri için, belirli belgeler temin edilerek sorumlu dağıtım şirketlerine başvuru yapılmaktadır. İlgili tesisin kullanım amacı, talep gücü, şebekeye yakınlığı gibi kriterler göz önünde bulundurularak yönetmelikler çerçevesinde istenen enerji talepleri karşılanmaktadır.

Talep gücünün fazlalığı, şebekelerin kısıtlı oluşu ve benzeri sebeplerden dolayı her talep dağıtım şirketleri tarafından AG seviyesi üzerinden karşılanamamaktadır. Bu tip elektrik enerjisi ihtiyacı talebinde bulunan tüketiciler kendi trafo tesislerini kurarak dağıtım şebekesine bağlantılarını OG seviyeden gerçekleştirmektedir. Tesisin kurulacağı platforma göre adlandırılan müstakil trafo tesislerinden en yaygın olanlarından birisi ise *direk tipi trafo tesisleridir*. Aynı zamanda bu tesisler dağıtım şirketleri tarafından yerleşim yerlerinde ki AG abonelerin ihtiyaçlarını karşılamak içinde kullanılmaktadır.

Dağıtım şebekesi seviyesindeki bu OG tesislerinin kabulü şu an ilgili dağıtım şirketlerince, TEDAŞ'ın belirlediği şartnameler doğrultusunda ve ilgili yönetmeliklere göre yapılmaktadır. Trafoların tip test deneyleri, elektrik ekipmanlarının uygunluk belgeleri, tesis gücü göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamalara göre seçilmiş olmaları gibi kontroller tesis kabul aşamasında yapılmaktadır.

TEDAŞ tarafından kabul edilen tip projeler tüm dağıtım şirketlerini kapsamakta ve tesis standartlarını kalıplaştırmaktadır. Her geçen gün şebekelere eklenen bu müstakil trafolu tesislerle birlikte elektrik şebekeleri genişlemektedir. Şebekeye eklenen her elektriksel envanter muhtemel birer arıza kaynağı olarak görülmektedir. Elektrik şebekelerinde karşılaşılan elektrik arızaları, ihtiyaçlar doğrultusunda yenilenme çalışmalarının da önünü açmıştır. Aynı zamanda bu arızaların meydana getirdiği can ve mal kayıpları, dağıtım şirketlerinin hizmet kalitesi hedefleri de bu alanda yapılacak yeniliklerin önemini arttırmıştır.

Yapılan bu tez çalışması ile; can ve mal kayıplarının önüne geçilmesi, kaliteli enerji tedariki ve sürekliliği, kullanıcı ve çalışan memnuniyetinin artırılması için neler yapılması gerektiğinin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda tip projede belirtilen ekipmanların

seçimi, bağlantı şekilleri, iç yapısı ve yenilenmesi değerlendirilerek optimum şartlarda çalışan güncel tesisler kurulması hedeflenmiştir.

Mevcut tip projeye ait sistemlerin arıza sayıları, kesinti süreleri, etkilenen abone sayıları, meydana getirdiği kayıplar veri kayıt ve topoloji programlarıyla tespit edilmiş, sahada keşfi yapılarak kayıt altına alınmıştır. Geliştirilen tip projeye göre pilot uygulama sahada kurularak, eski durumdaki aynı parametrelere göre takibi yapılması sağlanmıştır. Geliştirilen tip projeyle gerçekleştirilen yenilikler sahada uygulanıp, en iyi sonuçların elde edildiği değişiklikler tespit edilmiştir. Can kaybının önlenmesi, kesinti süreleri ve etkilenen abone sayılarının azalması tez çalışmasının önemli hedef parametreleri olarak göz önünde bulundurulmuştur. Son bölümde ise genel sonuçlar ve değerlendirmeler sunulmuştur.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

Özdemir ve Öztürk 2011 yılında ki 380kV enerji iletim sisteminde hat parafudr koruması isimli çalışmayla; ATP benzetim yazılımı kullanılarak Türkiye 380 kV'lık elektrik iletim şebekesinin Erzurum-Özlüce enerji iletim hattı modellenmiş ve direklere düşen farklı parametrelili yıldırım akımlarının oluşturacağı aşırı gerilimler incelemişlerdir. Söz konusu hatta uzunca bir zamandır oluşan geçici açmaların nedenleri ve bunlara karşı alınacak önlemler kapsamında yürütülen tez çalışmasında; direk yapısı, direk topraklama direnci, hattın dalga empedansı, yıldırımın akımının zamanlaması, yıldırım akımının genliği parametre alınarak benzetimler yapılmış ve izolatörlerde oluşacak geçici aşırı gerilimler hesaplanmıştır. Benzetim sonuçlarına göre, yıldırım akımının tepe değeri ve zamanlamasına bağlı olarak, izolatörlerde geri atlama oluşturacak topraklama direnci değerleri belirlenmiştir. Mevcut durumda, farklı parametreler için, izolatörlerde geri atlama oluşturacak gerilimlerin üzerinde bir gerilim oluşmaması için optimum hat parafudru yerleşimi sağlanmıştır. Elde edilen, benzeri çalışma sonuçlarıyla kıyaslanarak, çalışmanın doğruluğu irdelenmiştir.

Hasbi İsmailoğlu, yaptığı çalışmasında; aşırı gerilimler, oluşumları ve etkileri tanımlanmış, aşırı gerilimlere karşı koruma amacıyla kullanılan parafudrlar, yapı ve özellikleri açısından kısaca değerlendirilmiş ve sınıflandırmaları yapılmıştır. Parafudr seçimi ve bağlantılarına ilişkin temel kavramlardan bahsetmiştir.

Turan Çakıl, H. Feza Carlak ve Şükrü Özen yıldırımın elektromanyetik etkilerini inceledikleri yazılarında; yıldırım elektromanyetik dalgasının (YEMD), enerji nakil hatlarına veya güç sistemlerine yakın yerlere düşmesi sonucunda oluşturduğu etkiler incelenmiştir. Problemin modellenerek nümerik olarak çözülmesinde ATP-EMTP programı kullanılmıştır. Örnek bir güç şebekesinin tek hat şemasından yararlanarak bir bölümüne YEMD uygulanmıştır. Simülasyon çalışmasında, paratoner bulunmayan bir enerji tesisi veya yüksek kesimde bulunan bir enerji nakil hattının faz iletkenine YEMD düşmesi durumu incelenmiştir. YEMD'in enerji tesisine bir kez düştüğü düşünülmüştür. YEMD kaynağı için ATP programında bulunan Heidler dalga modeli ve rampa fonksiyonları kullanılmıştır. Voltaj kademesi 380/154 kV gerilim değerine sahip indirici bir transformatör merkezi (TM) ve merkeze bağlı enerji şebekesinde bulunan enerji nakil hatları birebir programda modellenmiştir. Elde edilen sonuçlar YEMD'den kaynaklanan voltajların 154 kV güç sistemi için yalıtım aşınma seviyesinin üzerinde MV'lara ulaşabileceğini göstermiştir.

Onur Akalp, İbrahim Kaya, Serhat Berat Efe 2016 yılında hazırladıkları yüksek gerilim teçhizatlarında dış etken kaynaklı arızaların analizi ve azaltılması isimli makale ile; yüksek gerilim güç sistemlerinde arızaların en çok yaşandığı teçhizatlar olan izolatörler ve porselen dış yüzeye sahip şalt ekipmanları incelenmiştir. Bu teçhizatlar da arızalara neden olan dış ortam etkileri belirlenmiştir. Dış ortam etkilerinin teçhizatlar üzerinde meydana getirdiği arızalar aşama aşama incelenmiştir. Kirlilik etmenlerinin ortamın nemli ve yağışlı yapısıyla birleşerek izolatör yüzeylerinde yüzey kaçak akımları oluşturduğu, oluşan kaçak akımların kuru band bölgelerini meydana getirdiği bilinmektedir. İzolatör yüzeyinde oluşan kısmi arkların tüm yüzeye yayılarak atlamaya neden olması sonucu izolatörde deformasyon olduğu saptanmıştır. Bu arızaların sonucunda elektrik kesintileri ve maddi kayıplar oluşmaktadır. Bu çalışmada, meydana gelen bu arızaların azaltılması için porselen izolatörlerin silikon kaplama materyalleriyle kaplanması ya da silikon izolatörlerle değiştirilmesi gerekliliği ortaya konulmuştur. Yüksek gerilim şalt ekipmanlarının da silikon kaplamayla kaplanması gerekmektedir. Bu yöntem ile porselen izolatörlerin hidrofobikliğin artırılması ve bu sayede yüzey kaçak akımlarının bastırılması amaçlanmıştır.

Mehmet Bayrak, elektrik güç sistemlerinde enerji kalitesi çalışmasında, elektrik güç sistemlerinde meydana gelen kısa devre, açma-kapama olayları ve büyük yük değişimlerinin şebeke gerilimine etkisi ile özellikle son yıllarda sayıları ve kullanım alanları gittikçe artan güç elektroniği devrelerinin şebeke akım ve geriliminde meydana getirdiği dalga şekli bozuklukları bilgisayar yardımı ile incelenerek şebekede diğer tüketicilere olan etkisi açıklanmıştır. Bununla birlikte, bu bozucu etkilerin enerji kalitesine olan etkisi ile standartlara uygunluğu araştırılarak, bu etkilerin azaltılması için bazı çözüm yöntemleri verilmiştir.

N.Cahit GENÇER yıldırım ve aşırı gerilimlerin YG hatlara etkilerini, kullanılan koruma ekipmanlarının atlama gerilimi ile ilişkisini incelediği 2015 yılındaki çalışmasıyla, yıldırım ve aşırı gerilimler, yüksek gerilim hava hatları, yeraltı kabloları, dağıtım transformatörleri, izolatörler, kablo başlıklarına, hatta AG alıcıların zarar verdiğini aktarmıştır. Elektrik tesislerinde kısa veya uzun süreli kesintilere yol açacak bu tehlikenin varlığı dikkate alınarak tesislerin yapımı ve işletilmesi gerçekleştirilirse, hem milli ekonomimizin daha az zarar göreceğini hem de kesintisiz ve kaliteli bir elektrik enerjisinin kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

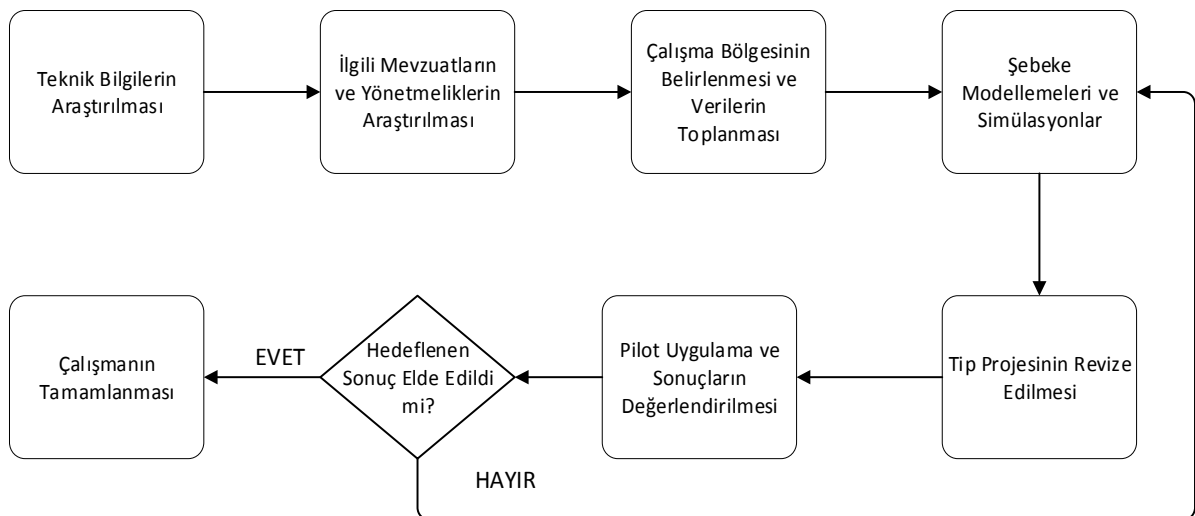
Bu tez çalışmasında elektrik şebekelerinde meydana gelen OG arıza sayısını ve bu arızanın doğurduğu olumsuz sonuçları en aza indirmek için direk tipi trafo tesislerinin tip projesinde revize çalışması yapılmıştır. Tip projesinde çalışma yapılmasında ki sebep, tip projelerinin elektrik tesislerini belirli bir kalıba sokarak ulusal geçerliliğinin bulunmasıdır. Bu yüzden hedeflenen sonuç elde edilirse çalışmanın aynı zamanda ulusal uygulanabilirliği hayata geçirilecektir.

Öncelikle direk tipi trafo tesisleri araştırılmıştır. Teknik bilgiler temin edilerek saha uygulamaları ve gerçekleştirmeleri için direk tipi trafo tesisi fazla olan Ereğli bölgesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma bölgesine ait veriler, topoloji ve veri kayıt programları ile toplanarak çalışma detaylandırılmıştır.

Pilot uygulaması için mevzuatların belirlediği kurallar ve saha şartları değerlendirilerek hazırlık yapılmıştır. Parafudrların sebebiyet verdiği kalıcı arızaların tip projesi çalışmasıyla önlenabilir olduğu anlaşıldıktan sonra pilot uygulamasıyla birlikte sonuçlar değerlendirilmiştir. Şebeke isterlerinin değişmesi veya öngörülemeyen bir sorun tespit edilmesi halinde yeni çözüm yolları düşünülerek çalışma düzenlenmiştir.

Tasarlanan tip proje; güvenlik durumu, mevzuatlara uygunluk, maliyet, elektrik arızalarına olumlu ve olumsuz etkileri gibi birçok parametrede değerlendirilerek hazırlanmıştır.

Çalışmada ilk olarak tezin anlaşılması için gereken teknik bilgiler aktarılmıştır. Akabinde yapılan saha çalışmaları ile birlikte elde edilen sonuçlardan bahsedilmiştir. Bu tez çalışmasında izlenen adımların blok diyagramı aşağıda verilmiştir.



3.1. Direk Tipi Trafo Tesisleri

Elektrik enerjisi iletim ve dağıtımında kullanılan sistemlerin başında trafo merkezleri gelmektedir. Trafo merkezleri elektrik enerjisi iletim ve dağıtım hatlarında indirme, yükseltme, ölçme ve koruma görevi yapar (Alboyacı,2008).

Bu tesisler ulusal olarak kabul edilmiş standartlara uygun olarak tesis edilmektedir. Bu önemli trafo merkezleri;

- Direk Tipi Trafo Merkezleri,
 - Bina Tipi Trafo Merkezleri,
 - Açık ve Kapalı Tip Trafo Merkezleri,
 - Yeraltı Trafo Merkezleri
- olmak üzere 4 grupta incelenebilir.

Trafo merkezinin gücüne ve fonksiyonuna göre değişen bu başlıklardan yaptığımız tez çalışmamızda inceleyeceğimiz tesis, *direk tipi trafo tesisleridir*. Direk tipi trafo tesisleri 400 kVA'ya kadar olan transformatörlerin, demir veya beton direk üzerine konumlandırılmasıyla oluşturulan tesislerdir. Trafo ve ekipmanları direk üzerine monte edilmiştir. Bir kısım şalt elemanları ise direk ağırlığını azaltmak için yanına konulacak alçak gerilim panosuna içine monte edilir. Orta gerilim seviyesindeki elektrik enerjisini alçak gerilim seviyesine indirerek son tüketiciye enerji aktarmakta kullanılan sistemlerdir (Bayrak,2016).

Direk tipi trafo tesisleri genellikle yerleşim yerlerindeki tüketicilere elektrik enerji temininde kullanılmaktadır. Dağıtım şirketleri tarafından veya AG gerilim seviyesinde dağıtım hattından talebi karşılanamayan kullanıcı tarafından tesis edilebilirler. Her geçen gün enerji ihtiyacının artmasıyla birlikte elektrik şebekelerindeki kullanılan Şekil 3.1'de gösterilen direk tipi trafo tesis sayısı da hızla artmaktadır.



Şekil 3.1. Direk tipi trafo tesisi

3.1.1. Direk tipi trafo tesisi ekipmanları

Her elektrik tesisinde olduğu gibi direk tipi trafo tesislerinde de çeşitli ekipmanlar bir araya gelerek trafo tesisini oluşturmaktadır. Tesis gücüne göre değişik çeşitleri tercih edilse de bu temel ekipmanlar bir direk tipi trafo tesisinin olmazsa olmazlarındandır. Direk tipi trafo tesisini oluşturan ekipmanlar:

- Elektrik direği
- İzolatör
- Parafudr

- Ayırıcı
- Orta gerilim sigortaları
- Trafo
- Dağıtım panosu

şeklinde sıralanabilir.

3.1.1.1. Elektrik direği

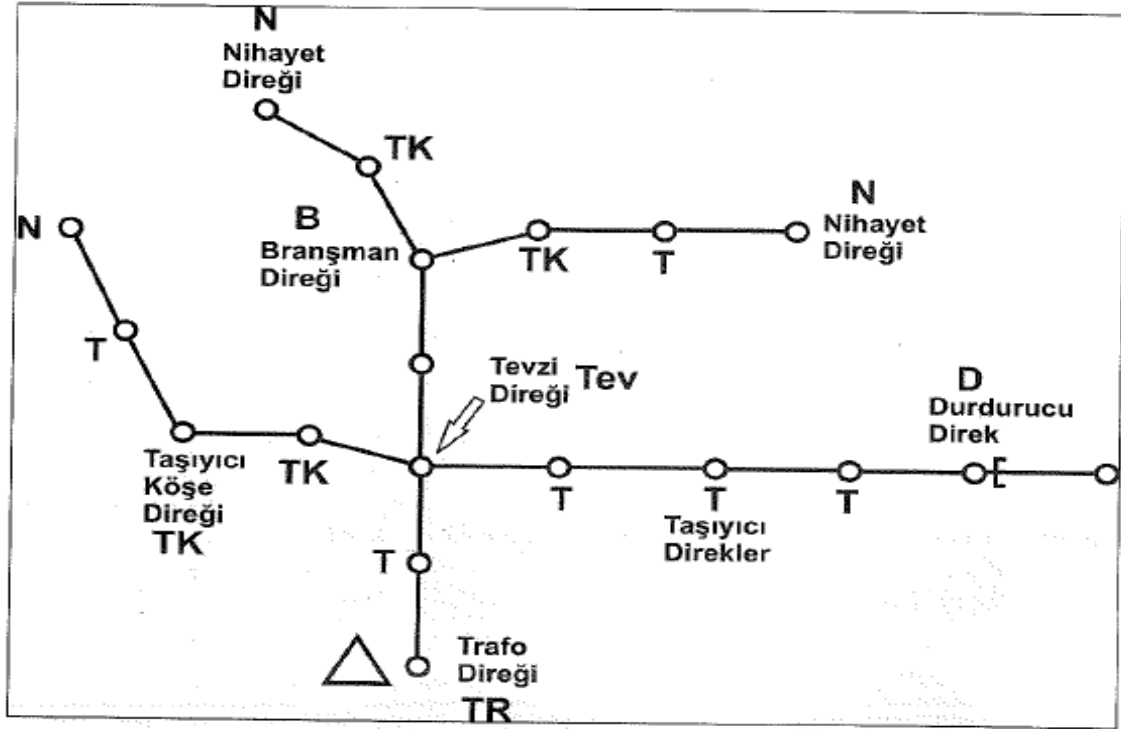
Elektrik direklerini *fonksiyonlarına göre direkler* ve *yapım malzemesine göre direkler* olarak 2 ana grupta inceleyebiliriz.

i. Fonksiyonlarına göre direkler:

Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği'ndeki Madde 47-a'ya göre direkler; taşıyıcı, durdurucu, nihayet ve ayırım (dağıtım) direkleri olmak üzere dört gruba ayrılır. Sahada kullanımına ve projelendirme açısından tercih edilen sınıflandırmaya göre elektrik direklerini fonksiyonlarına göre sıralayacak olursak:

- Taşıyıcı direkler (T)
- Köşede taşıyıcı direkler (KT)
- Branşman direkler (B)
- Durdurucu direkler (D)
- Köşede durdurucu direkler (KD)
- Nihayet direkler (N)
- Tevzi (Ayırım) direkler (A)

Direklerin fonksiyonlarına göre çeşitleri toplu olarak Şekil 3.2'de gösterildiği gibidir.

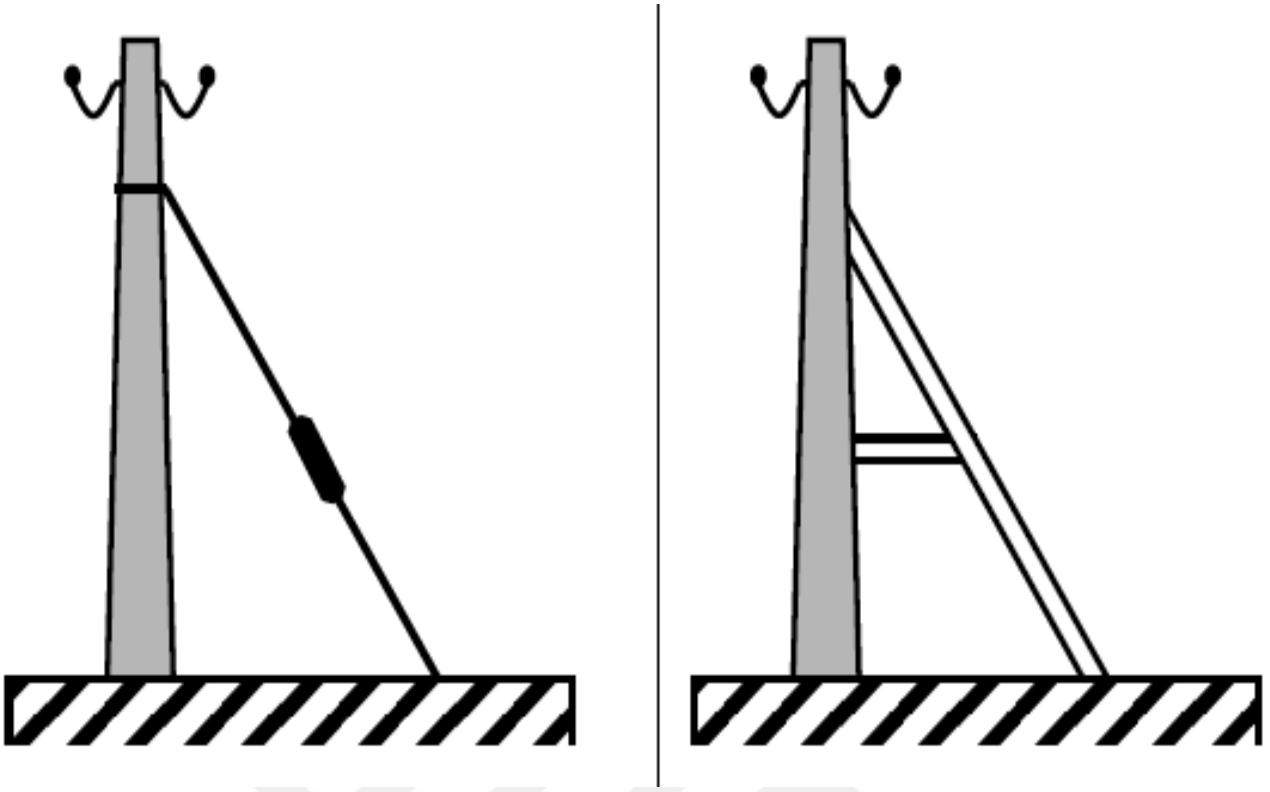


Şekil 3.2. Fonksiyonuna göre direkler

ii. Yapım malzemesine göre direkler:

Elektrik direklerini yapım malzemesine göre 3 ana grupta inceleriz. Bunlar:

- **Ağaç direkler:** Çamgiller ve sert ağaçlardan yapılan direklerdir. Ağaçların özel işlemlerden geçirilmesi (CuSO₄ emdirme gibi) sonucu elde edilen bu direklerin tam boyları ortalama olarak 9-15 metredir. Ekonomik, hafif, kullanımları kolay olmasına rağmen ömürleri kısadır ayrıca mekanik dayanımları zayıf ve tepe kuvvetleri de düşüktür. Tepe Kuvvetlerini arttırmak için ağaç direklere Şekil 3.3a'da ki gibi *lenteli* veya Şekil 3.3 b'deki gibi *payandalı* destek yapılabilir. Şekil 3.4'de ise AG şebeke tesisinde kullanılan 9 metrelik ağaç direk örneği vardır.



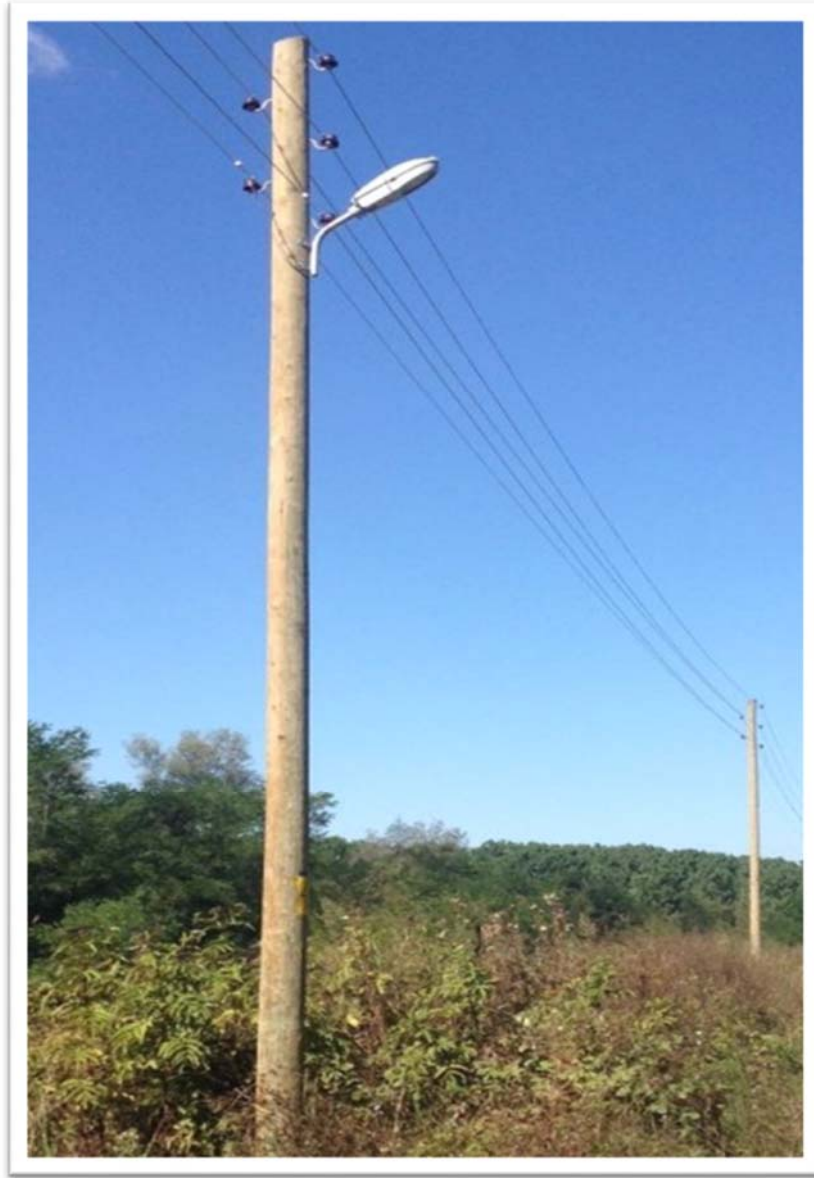
Şekil 3.3. a: Lenteli destek

b: Payandalı destek

Ağaç direkler hafif olduklarından her türlü arazide rahatlıkla monte edilebilirler. Dağıtım şebekelerimizde 35 kV'a kadar olan gerilimlerde ağaç direk kullanılabilir.

Ağaç direkler beton ve demir direklere göre:

- Ucuzdur
- Hafiftir
- Taşınması ve montajı kolaydır.
- Esnektir
- Boya masrafları yoktur
- Yalıtım seviyesi daha yüksektir.



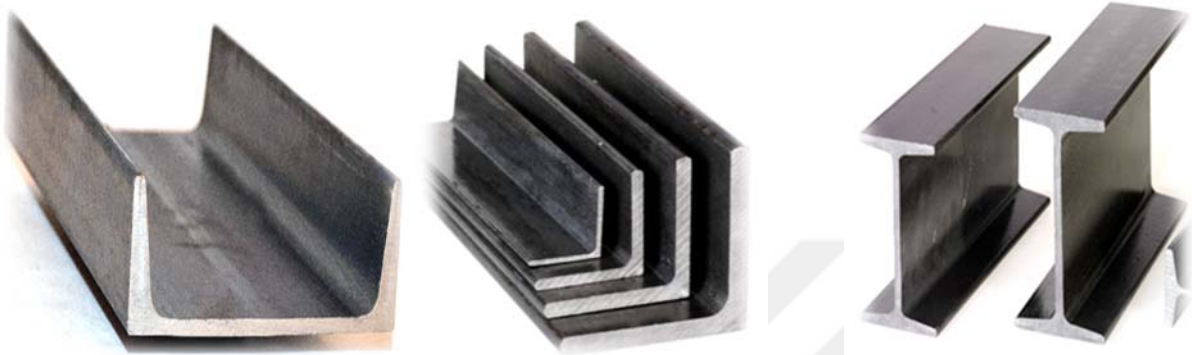
Şekil 3.4. AG Şebeke ağaç direk örneği

Ağaç direkler tepe ve dip çaplarına göre de hafif (H), orta (O) ve ağır (A) olarak sınıflandırılmaktadır.

Ağaç direklerin:

- 9 m'lik olanları, AG şebeklerinde
- 10 m'lik olanları, AG şebekesi yol atlamalarında
- 11 m'lik olanları kırsal kesim şebekelerinde müşterek direkli hatlarda
- 12 m'lik olanları AWG-3(Swallow) iletkenli olarak kırsal alan ENH'da kullanılır.

- **Demir direkler:** Alçak gerilim (AG) ve orta gerilim (OG) kullanılabilen, olumsuz şartlardan etkilenmemeleri için üzerleri boyanarak (koruyucu madde ile kaplanan) kaynaklı veya galvanizlenerek galvaniz cıvatalı olarak monte edilen bu tip direkler U, I ve L demirlerden (profil demir, demir çelik) yapılırlar. Bu profillerin kesitleri Şekil 3.5’de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Sırasıyla U, L ve I demir profil kesitleri

Dağıtım şebekelerinde ki demir direkler *boyalı kaynaklı demir direkler* ve *galvaniz cıvatalı demir direkler* olarak iki gruba ayrılırlar.

➤ **Boyalı kaynaklı demir direkler:** Şebekemizde 4 ayrı tip boyalı kaynaklı direkler kullanılmaktadır. Bunlar:

- AG şehir şebekesi kısa mesafeli direkler
- Müşterek/OG şehir şebekesi kısa mesafeli direkler
- Enerji nakil hattı direkleri
- Trafo direkleridir.

✓ **Demir trafo direkleri:** En fazla 400 kVA’ya kadar olan trafolar direk tipi olarak tesis edilmektedir. Boyalı kaynaklı olduğu gibi galvaniz cıvatalı olarak da imal edilmektedirler. Uygulamada kullanılan demir trafo direk çeşitleri; T15, T25, T35, T50’dir. Trafo direkleri çeşitleri ve özellikleri tablo 3.1’de açıklanmıştır.

Tablo 3.1. Trafo Direği Özellikleri

Trafo Direk Tipi	Tepe Kuvveti (Kg)	Direk Ağırlığı (Kg)	Direğe Konulabilecek Trafo Gücü (kVA)
T_{15}	1500	848/795	125 kVA' ya kadar
T_{25}	2500	938/885	160-250 kVA' ya kadar
T_{35}	3500	1027/975	400 kVA' ya kadar
T_{50}	5000	1154/1097	400 kVA' ya kadar

T harfi trafo tipi olduğunu, indis kısmındaki sayılar tepe kuvvetini belirtmektedir. Trafo direği tiplerinin şartnamesi EK-1 ve EK-2 'te verilmiştir.

- **Beton direkler:** Başlıca yapı malzemeleri çimento ve demir (çelik tel/çubuk) olan; AG ve OG' de kullanılabilen, tepe kuvvetleri yüksek, uzun ömürlü, bakım gerektirmeyen ve çevre koşullarından etkilenmeyen direk türleridir. Beton direkler aynı zamanda uygun boy ve tepe kuvvetinde seçilerek trafo direği olarak da kullanılmaktadır. Şekil 3.6'da örnek bir beton direk görseli eklenmiştir. Üretim şekillerine göre iki çeşittir. Bunlar: VBA (vibra) beton direkler ve SBA (savurmalı, santrifüjlü) beton direkler.

**Şekil 3.6.** Beton ENH direği örneği

▪ **Beton trafo direkleri:** En az 12 metre üretilen beton trafo direkleri ihtiyaç ve kullanım amacına göre daha uzun boyda da üretilebilmektedir. Hat iletkeninin karakteristiğine göre hesaplanan tepe kuvveti trafo gücüne göre de değişmektedir. İsimlendirmesi normal beton direkler gibi olup başına “TR” ibaresi konularak yapılır. Trafo platformu ve beton direkli bir trafo tesisi şekil 3.7’da verilmiştir.

TR 13/12 olarak adlandırılan beton bir trafo direğinin boyu 13 metre, tepe kuvveti $12 \times 100 = 1200$ kg olarak bulunur.

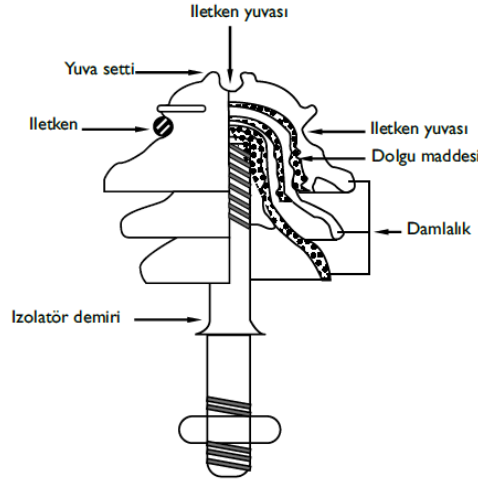
Trafo direği üzerinde ki platforma trafo yerleştirilerek (400 kVA’ya kadar) beton direkli bir direk tipi trafo tesisi elde edilmektedir. 250 kVA kadar olan trafolar “PL – 250” 250 kVA’dan 400 kVA’ya kadar olan trafolar için “PL – 400” olarak 2 tip platform üretilmektedir.



Şekil 3.7. Beton trafo direği (Betokav)

3.1.1.2. İzolatörler

İzolatörler, hava hattı iletkenlerini direkler üzerinde taşımaya veya faz iletkenlerini topraktan yalıtıma yararlar. İzolatörlerin iç yapısı Şekil 3.8’da temsili gösterilmiştir.



Şekil 3.8. İzolatör iç yapısı

Bir izolatör aşağıdaki temel özellikleri taşımalıdır:

- Elektriksel dayanımı iyi olmalıdır. İzolatör içerisinde bir delinme veya yüzeyden toprağa kaçak meydana gelmemelidir. Bunun için izolatörlerin delinme bakımından elektriksel zorlanmaları karşılaması gerekir.
- Mekaniksel dayanımı iyi olmalıdır. İzolatörlerin mekaniksel dayanımı; iletken ağırlığı, kar ve buz yükleri ile rüzgar etkisinden doğacak yükleri güvenle taşıyacak düzeyde olmalıdır.
- Kendinden temizlenebilme özelliği iyi olmalıdır. Yani, üzerlerinde toplanabilecek toz ve kirler, yağmur suları ve rüzgar ile, kolayca temizlenebilmelidir(Url-1).

İzolatörleri;

- Yapım malzemesine,
 - Kullanıldığı gerilim seviyesine
- göre iki ana gruba ayırabiliriz.

3.1.1.2.1. Yapım malzemesine göre izolatörlerin sınıflandırılması

İzolatörler yapım malzemesine göre aşağıda belirtildiği şekilde dört ana grupta toplanabilir. Bunlar;

- i) Porselen izolatörler,
- ii) Cam izolatörler,
- iii) Epoksi reçineli izolatörler,
- iv) Silikon (kompozit) izolatörlerdir.

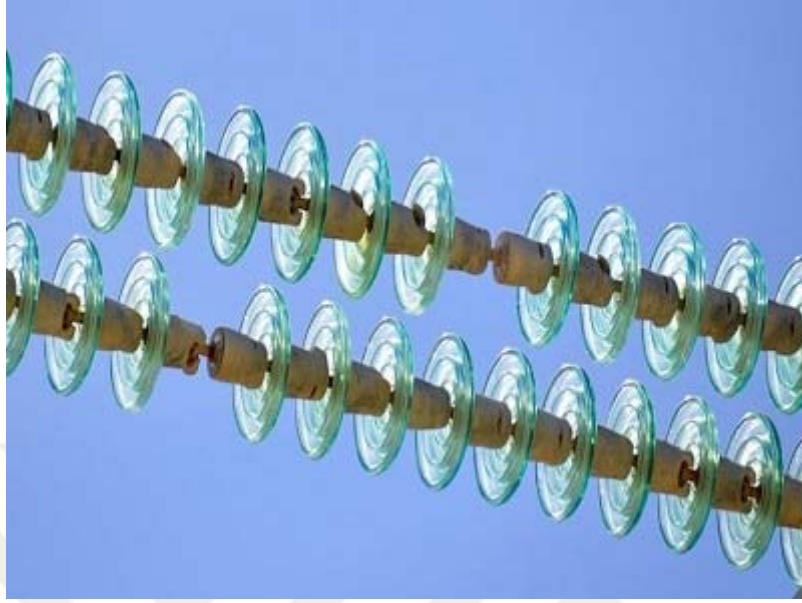
i) Porselen izolatörler: %50 koalin, %25 kuvars ve %25 feldspat maddelerinden oluşan sert porselenden yapılan izolatör türüdür. Porselen yüzeyi bir tabaka ile kaplanarak izolatörün dielektrik dayanımı arttırılmaktadır. Ayrıca bu tabaka sayesinde izolatör yüzeyi pürüzsüzleşmekte, böylece de kir tutma oranı düşmektedir. Şekil 3.9’de şebekelerde kullanılan porselen izolatör örneği vardır.



Şekil 3.9. Porselen izolatör

ii) Cam izolatörler: Camdan yapılan ve dielektrik dayanımları, porselenden daha yüksek olan izolatörlerdir. Ayrıca üretim maliyetleri de porselene göre düşüktür. Şekil 3.10’de cam izolatör görülmektedir. Cam izolatörlerin termik genleşmeleri, porselen izolatörlere göre daha küçük olduğundan ortam ısısının değişmelerinde fiziki zarar görme olasılığı azdır. Nem, cam izolatör üzerinde porselene göre daha çabuk yoğunlaşır, bu da cam izolatör üzerinde pisliklerin toplanmasına ve kaçak akımlara neden olur. Cam ışığı geçiren bir madde olduğundan güneş ışığında daha az ısınır, porselen izolatör daha çok ısınır. Cam izolatörlerin mazisi porselen izolatörler kadar eski olmamakla birlikte, son zamanlarda yapılan enerji nakil hatlarında cam

izolatörler de kullanılmaktadır. Çöl, buzullu bölge veya ağır kış olan bölgelerde, sisli-tozlu bölgelerde cam tipi olanları tercih edilir(Megep,2011).



Şekil 3.10. Cam izolatör (Url-2)

iii) Epoksi reçineli izolatörler: Diğer izolatörlere nazaran pahalı olduğu için ülkemizde enerji nakil hatlarında epoksi reçineden yapılan izolatörler henüz kullanılmaya başlanmamıştır. Ancak dâhilî sistemlerde bara ve ayırıcı mesnet izolatörü olarak kullanılmaktadır. Şekil 3.11’da uygulamada kullanılan epoksi reçineli izolatörler gösterilmektedir (Url-1).



Şekil 3.11. Epoksi reçineli izolatör

iv) Silikon (kompozit) izolatörler: Şekil 3.20’de verilen silikon izolatörlerin diğer adıyla kompozit izolatörlerin cam ve porselen izolatörlere karşı birçok üstünlükleri olmakla beraber pahalı olmaları dolayısıyla kullanım alanları azdır. Ancak gelişmiş güvenlik ortamı sağlaması sebebiyle yakın gelecekte daha geniş bir kullanım alanı bulacağı kesindir. Silikon izolatörlerin üstünlüklerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Darbelere karşı dayanıklıdır.
- Hafif olduğundan tesise ek bir yük getirmez.
- Gerilme vb. kuvvetlere karşı dayanımı çok yüksektir.
- Üzerinde yağmur suyu, kar suyu tutunamadığından ark gibi önemli bir elektriksel olumsuzluk olmaz.
- Çatlama ve kırılma riski çok azdır.
- Çok soğuk ve çok sıcak havalarda bile özelliğini kaybetmez (Megep,2011).



Şekil 3.12. Silikon izolatörler

3.1.1.2.2. Kullanıldığı gerilim seviyesine göre izolatörlerin sınıflandırılması

Dağıtım şebekelerimizdeki izolatörleri gerilim seviyesine göre sınıflandırılması aşağıda belirtildiği şekilde;

- i) AG İzolatörleri,
- ii) OG İzolatörleri,
- iii) YG İzolatörleri,

olarak üç ana grupta toplanabilir.

i) AG izolatörleri: Anma gerilimi 1000 volta kadar olan ve TS 76 kapsamına giren izolatörlerdir. Küçük boyutlu olanlar alçak gerilimde kullanılır ve bunlara fincan tipi izolatörler de denilmektedir. Çekilecek hava hattı iletkeni izolatör fincanında bulunan oyuya oturtulur ve bir bağ teli ile ya da özel bir kelepçe ile sıkıca tespit edilir. Pin tipi izolatörler ara izolatörü N 80- E 80, N 95- E 95 sembolleri ile anılır.

N-80 ve N-95 kullanılır. Şekil 3.13’de N-95 tipi izolatör gösterilmiştir. İzolatör demiri olarak da A-80, B-80 ve B-95 kullanılmaktadır.



Şekil 3.13. N95 tipi izolatör

ii) OG izolatörleri: Anma gerilimi 35 kV’a kadar olan izolatörlerdir. Pin tipi izolatörler (VHD 10- 15- 20- 35) adıyla, hava hattı mesnet izolatörleri (VKS-35) adıyla anılır.

En sık kullanılan çeşitleri VHD-15 ve Şekil 3.14’de gösterilen VHD-35 tipidir. İzolatör demiri olarak B-15 ve C-35 kullanılır.



Şekil 3.14. VHD-35 izolatör

iii) YG İzolatörleri: Aynı cins izolatörlerin uygun gereçlerle birbirlerine eklenmesiyle elde edilen izolatörlerdir. Genellikle yüksek gerilimli hava hatlarının taşınmasında kullanılır.

Her izolatör elemanının alt kısmında yuvarlak şekilde yapılmış pim, üst kısmında ise bu pimin geçebileceği yuva bulunur. Bu aparatlar yardımıyla izolatör zincirini oluşturan elemanlar birbirine eklenir. Elde edilen izolatör grubunun zincire benzemesinden dolayı bu ismi almıştır. Mekanik dayanımları çok yüksektir. Kullanılacağı bölgenin iklim durumuna göre değişik tiplerde, cam veya porselenden yapılır.

Bakla sayısı gerilim seviyesine göre değişmektedir. Şekil 3.15’de örnek bir yüksek gerilim izolatörü görülmektedir (Kılıç,2000).



Şekil 3.15. Yüksek gerilim izolatör örneği

3.1.1.3. Parafudr

Orta gerilim ve yüksek gerilim tesislerinde hat arızaları, yıldırım düşmeleri ve kesici açması gibi manevralar sonucu meydana gelen aşırı ve zararlı yüksek gerilim şoklarının etkisini önler. Ayrıca iletim hatlarında meydana gelen yürüyen dalgaların tahrip etkisini önleyen önemli bir koruma cihazıdır.



Şekil 3.16. OG parafudr örneği (Url-4)

Parafudrlar enerji nakil hatlarında bir çeşit emniyet supabı gibi çalışırlar. Aşırı gerilim dalgalarını sonucu hatlarda oluşan aşırı gerilimi toprağa akıtır. Direk tipi trafolarda orta gerilim iletkeni ile toprak arasına bağlanır. OG hatlarda kullanılan parafudr Şekil 3.16’de gösterilmiştir. Parafudrların OG hatlara bağlantısı ise Şekil 3.17’de verilmiştir.

Bu çalışmada, direk tipi trafo tesislerinin tip projesinde parafudr yerinin revizyonu değerlendirildiği için parafudrlar bölüm 3.1.2’de ayrıntılı olarak incelenmiştir.



Şekil 3.17. Direk tipi trafo tesisinde OG parafudr bağlantısı

3.1.1.4. Ayırıcı

Ayırıcılar, OG ve YG sistemlerinde devre yüksüz iken açma kapama işlemi yapabilen ve açık konumda gözle görülebilen bir ayırma aralığı oluşturan şalt cihazlarıdır. Uygulamada seksiyoner olarak da bilinir.

Tesis bölümlerini birbirinden ayırıp bakım ve kontrol işlerini güvenli bir şekilde yapılmasını sağlar. Ayrıca birden azla ana bara bulunan sistemlerin açma ve kapama manevralarının hazırlanmasında ve bağlantısında kullanılır. Yük ayırıcıları haricinde ayırıcılar ile devre yüklü iken yani akım geçerken açma kapama işlemi yapılamaz. Yapılması durumunda meydana gelen ark sebebi ile devre ve işlemi yapan kişi zarar görür. (Megep,2007)

Ayırıcılar 1 kV'nın üzerindeki şalt cihazlarını kapsamına alan TSE 565, VDE 670 ve IEC 129'a uygun olarak imal edilmelidir. Ayırıcıların anma akımları TSE 656 ve DIN 40003'te standartlaştırılmış değerlerde, bara bağlantıları DIN 46206'ya göre tasarlanmalıdır. Ayırıcı ölçü ve bağlantı esasları TEDAŞ tarafından hazırlanan şartnamede belirtilen kriterlere uygun olmalıdır. Ölçüleri ile ilgili şartnamede belirtilen detaylar EK-3 ve EK-4'de gösterilmiştir.

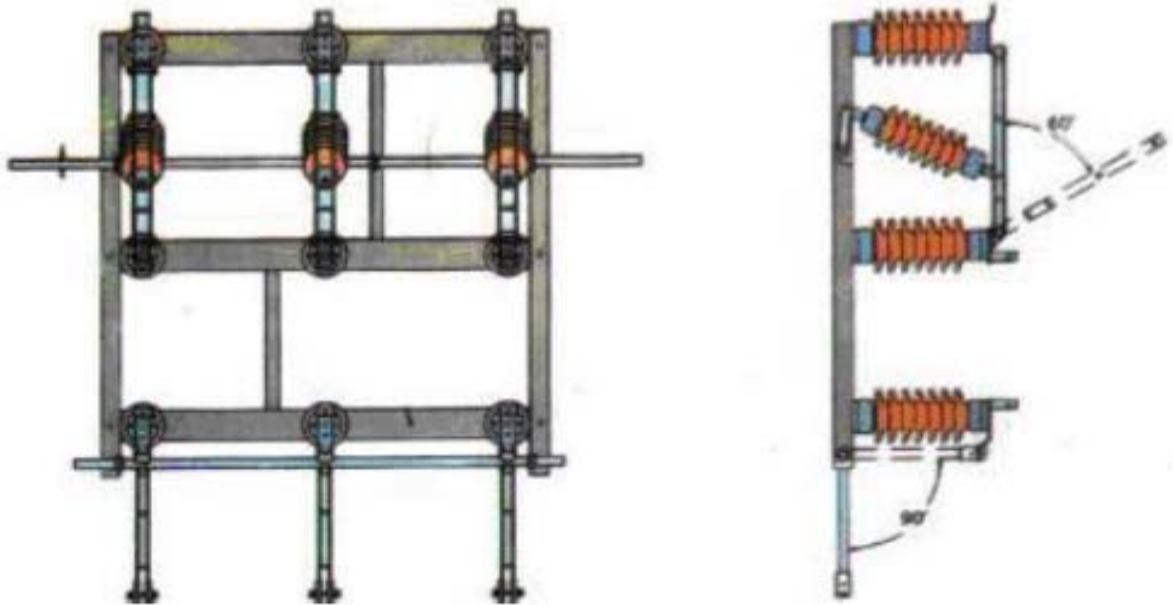
Yapılarına göre ayırıcılar:

- i) Dahili Tip Ayırıcılar
- ii) Harici Ayırıcılar
- iii) Yük Ayırıcılar

olarak üç başlıkta incelenebilir.

i) Dahili ayırıcılar: Dahili adi ayırıcı ve dahili topraklı ayırıcı olarak iki başlıkta incelenir. Dahili adi ayırıcı açık şalt binalarda “bara ayırıcısı” ve “hat(giriş-çıkış) ayırıcısı” olarak kullanılır.

Dahili topraklı ayırıcı ise açık şalt binalarda “hat (giriş-çıkış) ayırıcısı” olarak kullanılır. Şekil 3.18'de dahili ayırıcı yapısı gösterilmiştir.

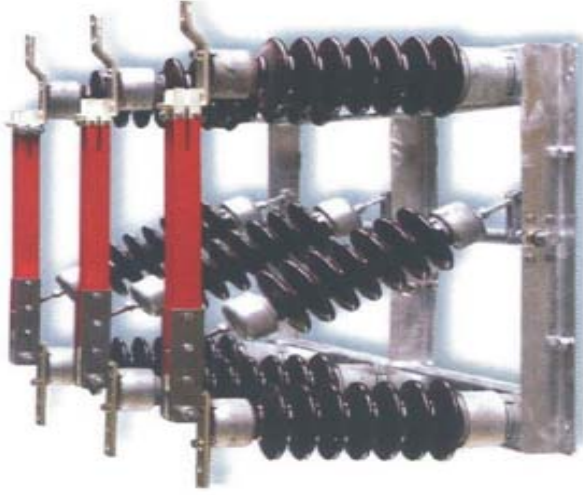


Şekil 3.18. Dahili ayırıcı (MEGEP,2007)

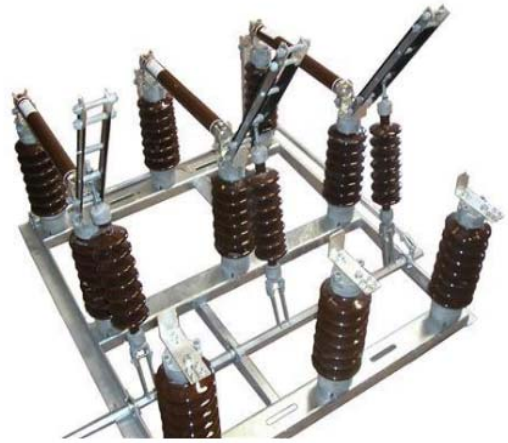
ii) Harici ayırıcılar: Şekil 3.19 a ve b’de sırasıyla verilen harici adi ayırıcı ve harici sigortalı ayırıcı olarak iki başlıkta incelenecek olursa;

Harici adi ayırıcı ENH’lardan branşman alan binaların yer altı girişlerinde kullanılır. Sigorta veya toprak bulundurmazlar.

Harici sigortalı ayırıcı direk tipi trafolarla kullanılır. Ayrıca harici sigortalı topraklı ayırıcı ENH hat başı direklerinde kullanılır.



Şekil 3.19. a: Harici ayırıcı



b: Harici sigortalı ayırıcı

iii) Yük ayırıcıları: Normal yüklü devreleri açıp kapayan, kısa devre kesme özelliği olmayan ayırıcı çeşitidir, görsel olarak Şekil 3.20’de eklenmiştir. Düşük basınçlı SF6 gazı ile ark söndürme işlemi yapmaktadır. Modüler binalarda sekonder koruma ihtiyacı olmayan giriş hücrelerinde ve OG sigortaları ile birlikte trafo koruma hücrelerinde kullanılır. (Bayer, 2018)

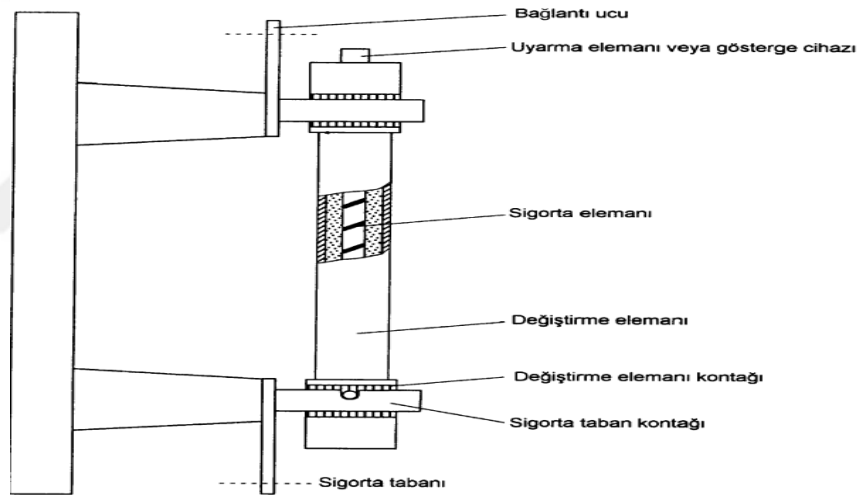


Şekil 3.20. Yük ayırıcısı

3.1.1.5. OG sigorta

Enerji hatlarında aşırı gerilim, yanlış manevra, canlı çarpılması, faz toprak arası kaçak durumu gibi birçok sebepten kısa devre akımları görülür. Sigorta akım devresine seri bağlanarak akım değeri belirli bir değeri aştığında devreyi kesen koruyucu bir ekipmandır. (Yunusoğlu,1995)

OG sigortalar, elektrik tesislerinde kısa devre akımlarına karşı ekonomik ve uygulanabilir bir koruma yöntemlerindendir. Sigortaların görevi, sigortanın minimum kesme akımından daha büyük olan kısa devre akımlarının sebep olduğu dinamik ve termal etkilerden orta gerilim şalt tesislerini korumaktır. Bakıma ihtiyaç duyulmaması, düşük maliyet gibi avantajlarından dolayı OG şalt tesislerini sigortalarla korumak ideal bir yöntemdir. İç yapısı ile ilgili Tedaş şartnamesinde kullanılan görsel Şekil 3.21’de verilmiştir.



Şekil 3.21. OG sigorta genel yapısı (TEDAŞ, 2018)

Her elektriksel ekipmanın olduğu gibi OG sigortalar içinde yetkili kuruluş TEDAŞ tarafından belirlenen şartnameye uygun şekilde OG sigorta temini şarttır. Bu şartname kapsamındaki YG Sigortalar bina içi veya bina dışı kullanıma uygun, akım sınırlayıcı tipte, yüksek kesme kapasiteli (high rupturing capacity, HRC), genel kullanım amaçlı sigorta (general purpose fuse) veya artçı sigorta (birleşik sigorta, back-up fuse) tipinde olacaktır. Sigortalar kullanım amaçlarına bağlı olarak aşağıda belirtildiği gibi;

- i) Genel kullanım amaçlı,
- ii) Artçı,

iki genel gruba ayrılabilir.

- i. **Genel kullanım amaçlı sigortalar:** Belirtilen kullanım ve davranış şartlarında en büyük kesme akımından 1 saat veya daha uzun bir süre içerisinde sigorta elemanının erimesine neden olan akıma kadar tüm akımları kesebilen akım sınırlayıcı sigortadır.
- ii. **Artçı sigortalar:** Belirtilen kullanım ve davranış şartlarında en büyük kesme akımından en küçük beyan kesme akımına kadar tüm akımları kesebilen akım sınırlayıcı sigortadır. (TEDAŞ,2018)

Projelerde aksi belirtilmedikçe, şartname kapsamındaki eriyen telli yüksek gerilim sigortaların anma değerleri aşağıdaki Tablo 3.2’de verildiği gibi alınır.

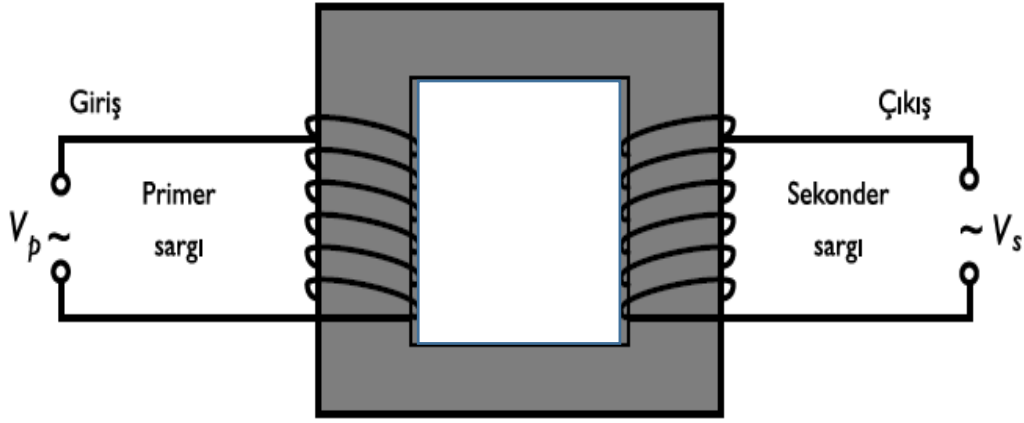
Tablo 3.2. OG sigorta teknik değerleri (TEDAŞ,2018)

Anma Frekansı (Hz)	50
Anma Gerilimleri (kV)	7,2-12-17,5-24-36
Anma Akımları (A)	2-4-6,3-10-16-20-25-31,5-40-50-63-80-100-125-160-200

Anma Kesme Kapasitesi (En Büyük Kesme Akımı)	Anma Gerilimi (kV-etken)	(kA-etken)
	7,2	12,5-16-25
	12	12,5-16-20-25
	17,5	12,5-16
	24	12,5-16
	36	12,5-16

3.1.1.6. Transformatör

Transformatör, alternatif akım elektrik gücünü bir gerilim seviyesinden başka bir gerilim seviyesine değiştirir. Bu işlemi manyetik indüksiyon yoluyla gerçekleştirilir. Ortak bir ferromanyetik(mıknatıslanabilen) nüve üzerine sarılan iki veya daha fazla sayıdaki sargıdan oluşur. Trafo yapısının basitleştirilmiş bir modeli Şekil 3.22’de gösterilmiştir. Sargılar arasındaki bağı nüvede oluşturulan manyetik akı sağlamaktadır. Bir transformatör bir AA gerilim seviyesini başka bir gerilim seviyesine değiştirirken sağladığı gerçek güç değeri (ideal durumda) etkilenmez. Giriş ve çıkış gücü eşit olması gerektiğinden gerilim oranındaki değişiklik akım değerleri oranındaki değişimi etkiler. (Kabalcı, 2014)



Şekil 3.22. Transformatör modeli

Bir transformatördeki gerilim ve akım değerleri ile sarım sayıları arasında;

- α : Dönüştürme oranı
- V_p : Primer Gerilimi, volt (V)
- V_s : Sekonder Gerilimi, volt (V)
- N_p : Primer Sarım Sayısı
- N_s : Sekonder Sarım Sayısı
- I_p : Primer akımı, amper (A)
- I_s : Sekonder akımı, amper (A)

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} = \alpha \quad (2.1)$$

bağıntısı vardır. Bu eşitlikte verilen N_p/N_s oranına transformatörün “çevirme (dönüştürme) oranı” denir ve α ile gösterilir.

Dönüştürme oranına göre primer sarım sayısı ve gerilimi sabit kabul edilirse sekonder sarım sayısı artırılırsa sekonder gerilimi artar ve sekonder akımı düşer. Sekonder sarım sayısı az olursa sekonder gerilimi düşer.

3.1.1.6.1. Transformatörlerin soğutma tipine bağlı olarak sınıflandırılması

Transformatörler soğutma tipine göre;

- i) Yağlı tip transformatörler,
- ii) Kuru Tip Transformatörler,

olmak üzere iki grupta toplanabilirler.

i) Yağlı tip transformatörler: Yağlı tip transformatörlerin *Genleşme Depolu* ve *Hermetik* olmak üzere iki çeşidi vardır. Bunlarda soğutucu sıvının sistemin içinde dolaşım şekline bağlı olarak;

- a) Genleşme depolu transformatörler,
- b) Hermetik Transformatörler,

olmak üzere iki genel gruba toplanabilir.

a) Genleşme depolu transformatörler



Şekil 3.23. Genleşme depolu transformatör kısımları (Bayer, 2018)

Şekil 3.23'te verilen genleşme depolu transformatörler atmosfere açık olarak dizayn edilir. Herhangi bir basınç ayarı gerektirmez. Sadece izolasyon yağı seviye ayarı gereklidir. Genleşme deposu izolasyon yağının genleşmesini, içerisindeki hava boşluğunun atmosfere atılması ve geri çekilmesi ile tolere eder. Genleşme deposu izolasyon yağının maksimum genleşmesine göre dizayn edilir ve dolum yapılırken, seviye bu genleşme miktarına göre ayarlanır. Hava

alışverişi nemlenmeye karşı; nemi alan ve nemlendiğinde değiştirilen bir hava kurutucusu üzerinden gerçekleşir (Url-5).

Avantajları:

- ❖ Transformatörün içerisinde hiçbir surette tehlikeli bir basınç oluşmayacaktır. Dolayısıyla aşırı yükte basınç problemleri yaşanmayacaktır.
- ❖ Metaldeki deformasyon genleşme olmadığından daha az olacaktır.
- ❖ Yerde bakım/onarım için daha uygun bir yapısı vardır.

En Önemli Dezavantajı:

- ❖ Periyodik olarak kontrol, test, değişim ve bakım gerektiren unsur ve elemanlara sahiptir.

b) Hermetik Transformatörler

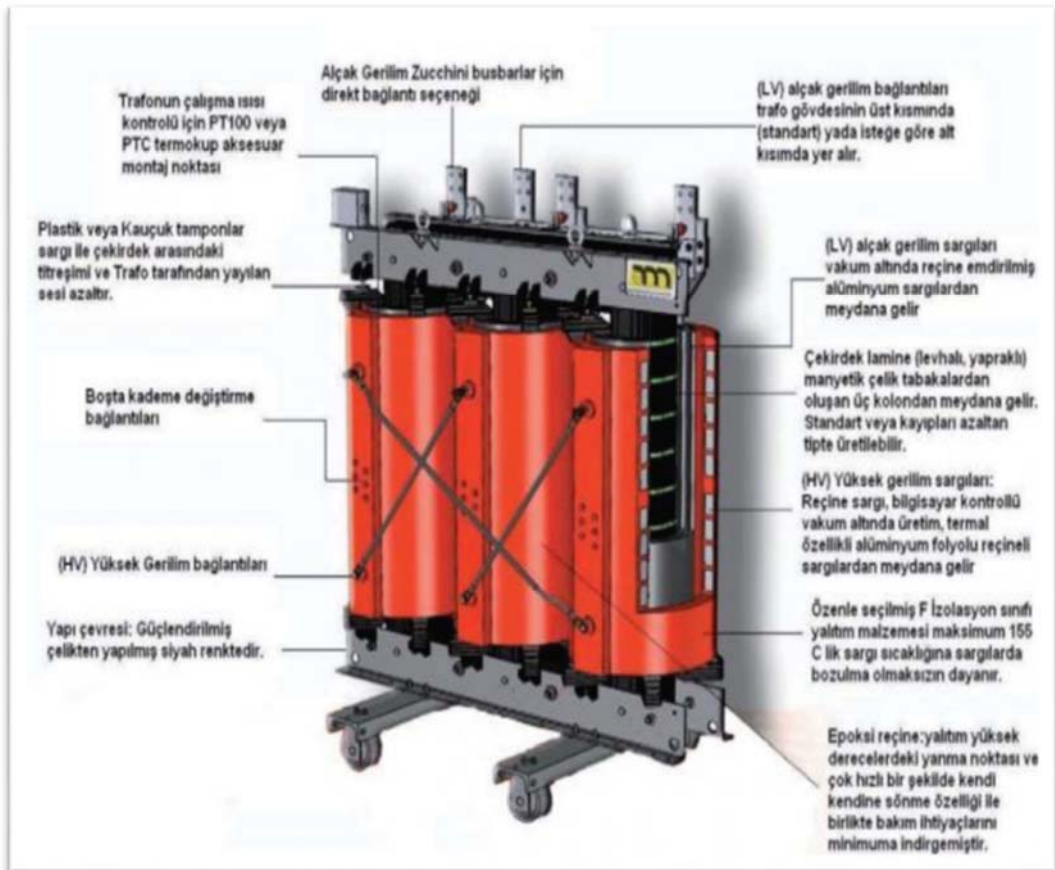


Şekil 3.24. Hermetik tip transformatör (Url-5)

Şekil 3.24'te gösterilen hermetik trafolar, çekirdek ve bobin yapısı genleşme deposu olan transformatörler ile aynıdır. Hermetik tip trafo fabrikalarda hermetik basınç ayarı yapılarak atmosfere kapatılmıştır. Yağın termik etkiler sebebi ile genleşmesi dalgalı ve elastik kazan yapısı ile kontrol altına alınmıştır. Trafo yağı hava ile temas etmediğinden ortamda oksijen yoktur. Bundan dolayı oksitlenmeye bağlı olarak yağda yaşlanma olmaz ve yağ nem almaz. Bu sebeple genleşme depolu trafolarla göre daha uzun ömürlülerdir. Hacim olarak daha küçüktür. Bara ve kablo bağlantıları için emniyet mesafeleri anlamında da daha kullanışlıdır. Şantiyeler, fabrikalar, OSB, dağıtım merkezleri gibi kullanım alanları vardır. (Anonim¹)

ii) Kuru Tip Transformatörler

Şekil 3.25'te görseli ve bölümleri verilen kuru tip trafolar, AG ve YG seviyesinde kapalı ortamlarda sargıları epoksi reçine ile örtülü olarak üretilmektedir. Sargıları ve manyetik devreleri yalıtıcı bir sıvı içerisinde bulunmaz. Kuru tip trafo, sargı yalıtımında kullanılan epoksi kolay tutuşmayan ve kendiliğinden sönebilen yanmayan özelliklere sahiptir. Bu sebepten yangına karşı güvenlidir. Arka maruz kaldığı zaman zehirli gaz çıkışı olmaz. İnsanların yoğun olarak bulunduğu bölgelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Koruma sistemi olarak termik etkilere karşı koruyan sıcaklık kontrol sistemleri vardır. Sargı yapısı sebebi ile kısa devrelere karşı yüksek dayanım gösterirler. Bakım masrafları diğer trafo tiplerine göre çok daha azdır. Neme karşı dayanıklı yapısı sebebi ile nemli ortamlarda kullanılmasında sakınca yoktur. (Anonim²)



Şekil 3.25. Kuru tip transformatör bölümleri (Url-6)

3.1.1.6.2. Transformatörlerin kullanım amacına göre sınıflandırılması

Transformatör kullanılma amacına göre ise;

- i) Dağıtım transformatörleri,
- ii) Güç transformatörleri,
- iii) Ölçü transformatörleri,

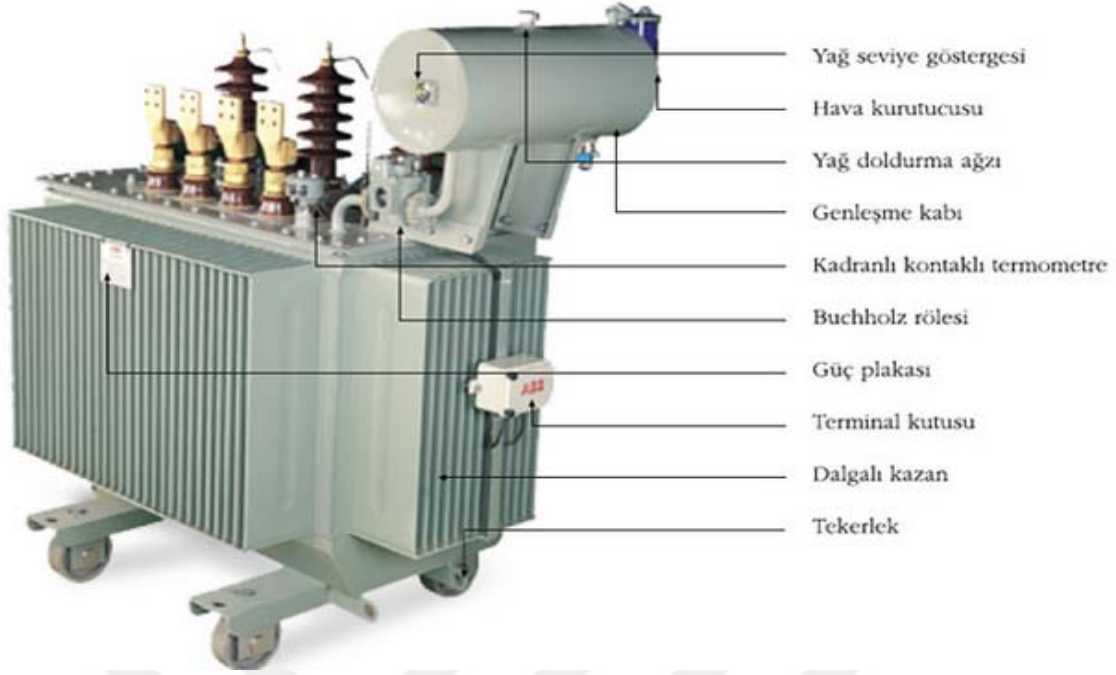
olmak üzere üç genel grupta toplayabiliriz.

i) Dağıtım transformatörleri

Dağıtım şebekelerinde kullanılırlar. Yağlı tip ve kuru tip olmak üzere ikiye ayrılırlar. Gerilim seviyeleri genellikle 31,5 kV/400V veya 15,8 kV/400 V olmaktadır. Bağlantı grubu Üçgen-Yıldızdır. Üçgen-Yıldız bağlantı grubunda harmonikler primerde yok edilir ve sekonderinde nötr hattının topraklanabilmesi avantajlarındandır. (Alboyacı,2007)

ii) Güç transformatörleri

Güç transformatörleri, elektrik santrallerinde OG'yi YG'ye yükselten (step-up) ve indirici merkezlerde YG'i OG'e indiren (step-down) büyük güçlü transformatörlerdir. Güçleri 2500 kVA-1000 MVA, gerilimleri ise 36 kV-1500 kV arasında değişir. Ülkemizde TEİAŞ'ta 154/33 kV gerilimli, 380/33 kV gerilimli, 100 MVA güç transformatörleri ve 380/154 kV transformatörler yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 3.26'da kısımları gösterilen güç trafolarında YG tarafında yük altında otomatik gerilim ayarı yapan kademe değiştirici vardır (Url-7).



Şekil 3.26. Güç transformatörü (Url-8)

iii) Ölçü transformatörleri

Ölçü transformatörleri, bir güç sisteminde yüksek gerilim ve akımların standart düşük ölçme aralıklı voltmetreler ve ampermetreler ile ölçülmesi ve izlenmesi amacı ile tasarlanmıştır. Ölçü transformatörlerinin primer ve sekonderleri arasında elektriksel yalıtımı bulunması, bu ölçmeler yapılırken aynı zamanda güvenliği sağlamaktadır. Bunun için ölçü transformatörleri, yüksek gerilim ve akımları standart ölçü aletlerinin ölçme aralığına uygun seviyelere düşürürler. Ölçü transformatörleri gerilim ve akım trafoları olarak iki başlıkta sınıflandırılmaktadır (Kabalcı, 2014). Ölçüm transformatörleride;

- a) Gerilim trafoları,
- b) Akım trafoları,

olmak üzere iki grupta toplanabilir.

a) Gerilim trafoları

Primer devre gerilimini dönüştürme oranı dahilinde küçülterek sekonder devre elamanlarına aktaran ve primerle sekonder gerilimler arasındaki faz farkı yaklaşık sıfır

derece olan transformatörlerdir. Örnek görsel Şekil 3.27'dedir. Aynı zamanda ölçü ve koruma cihazlarının yüksek gerilim sisteminden yalıtımını sağlar. Dağıtım sistemlerinde ölçü ve koruma cihazlarının nominal çalışma gerilimi ihtiyaçlarını karşılar. KÖK gibi içerisinde alçak gerilim besleme gerilimleri bulunmayan binalarda aydınlatma, redresör, kesici açma ve kapama bobinleri beslemeleri de gerilim trafolarından sağlanır. Gerilim trafoları aynı zamanda trafolu yüksek güçlü abonelerin sayaç ölçü hücrelerinde kullanılmaktadır (Bayer,2018).



Şekil 3.27. Gerilim trafosu (Url-9)

b) Akım trafoları

Hat akımını ölçmek ve izlemek, sekonder uçlarına bağlanan ölçü aletlerini ve röleleri yalıtma amaçlı kullanılırlar. Gerilim seviyelerine göre örnekleri Şekil 3.28 a ve b'de verilmiştir. Yüksek hassasiyetli çeşitleri olan transformatörlerdir. Primer ve sekonder akımları arasındaki faz açıları çok küçüktür, sıfır dereceye yakındır. Yüksek hassasiyetli akım oranı ve küçük faz açısı değerleri uyartım akımı çok düşük tutularak gerçekleştirilmektedir. Akım trafolarının primer sargısı hat ile seri olarak bağlanır. Sekonder akımı genellikle 5 A değerindedir. Yüksek gerilim iletim hatlarında akım ölçülürken güvenlik nedeni ile akım transformatörleri büyük önem arz etmektedir. Ölçüm ve koruma amaçlı kullanılan akım trafoları, hassasiyetine göre ve çalıştığı gerilim seviyelerine göre sınıflandırılmakta, tesis yapısı ve kullanım amacına göre seçilmektedir. (Kabalcı,2014)



Şekil 3.28.

a: OG akım trafosu

b: AG akım trafosu

3.1.1.7. Trafo platformu

Trafoların direk üzerine konulmasını sağlayan ekipmanlardır. Demir direklerdeki direk tipi trafolarla kullanılan trafo platformu köşebent şeklinde parçalardan oluşur. Beton direklerde ise gövdeye monte edilmiş özel kalıplarla yapılmış beton parçadan oluşur. Transformatör platformları 160kVA'lık trafo ve 400kVA'lık trafoların monte edilebileceği şekilde iki tipte projelendirilir. Tip projede 160kVA'lık trafoların monte edildiği platforma *küçük tip platform*, 400kVA'lık trafoların monte edildiği platforma *büyük tip platform* denilmiştir. İleride gücü artabilecek trafolarla büyük tip kullanılması tavsiye edilir. (Megep,2007)

3.1.1.8. Ölçüm panosu

Direk tipi trafo tesislerinde ölçüm, koruma ve izolasyon için gerekli ekipmanlarla donatılan, saçıtan yapılmış kapalı bölüme ölçüm panosu denir.

Pano içerisinde:

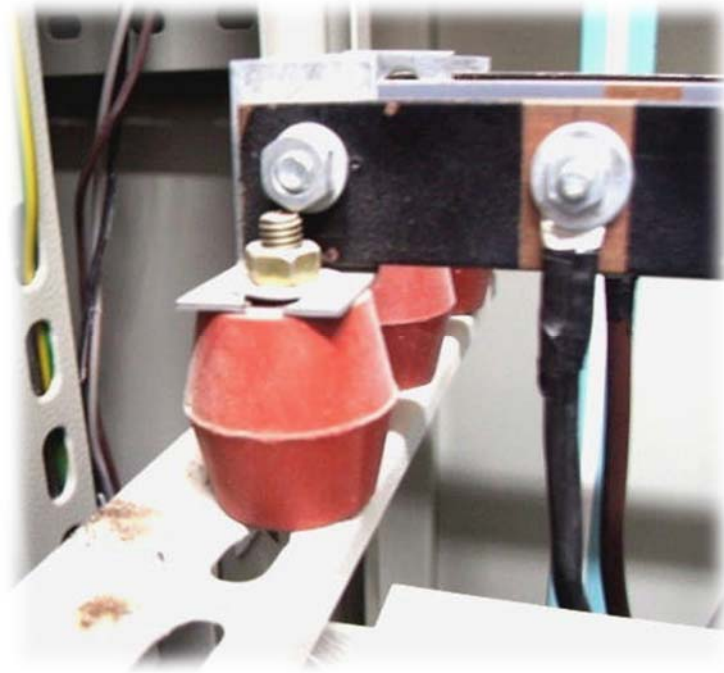
- i) Baralar ve mesnet izolatörleri
- ii) Akım trafoları
- iii) Ana şalter
- iv) Elektrik sayacı
- v) Sabit kompanzasyon kondansatörü
- vi) Anahtarlı otomatik sigortalar

bulunmaktadır.

Ölçüm panosunun görevi enerji ölçümü ve takibini sağlamanın yanında enerjinin kesilmesi gereken durumlarda panodan enerji kesme işlemini sağlayabilmektir.

i) Baralar ve mesnet izolatörleri: 60 Amperden fazla akım çeken panolar baralı tipte olmalıdır. Baralar saf elektrolitik bakırdan yapılır. Genellikle panolarda dikdörtgen kesitli, yassı şerit baralar kullanılır. Baralar pano gövdesine bara izolatörleri (mesnet izolatörleri) ile tutturulur (Megep,2012). Dinamik kuvvetlerin etkisi ile baralar ve mesnet izolatörleri yeterli mekanik sağlamlık göstermezlerse tesislerde hasarlar oluşabilir.

Mesnet izolatörleri kullanıldıkları yerin ve baranın büyüklüğüne göre çeşitli boyutlarda plastik, sert kauçuk ve bakalitten yapılır. Mesnet izolatörlerinin görevi baraları panonun metal kısımlarından izole etmek ve baraları emniyet mesafesi gözetilerek panoya tutturmaktır. Şekil 3.29'da mesnet izolatörü ile bara bağlantısı gösterilmiştir.



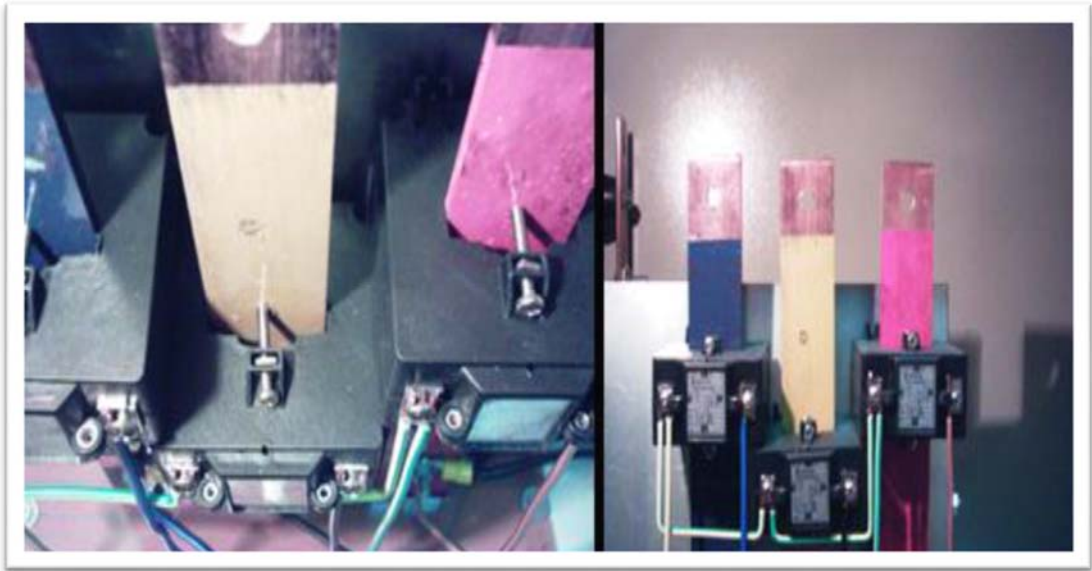
Şekil 3.29. Mesnet izolatörü bara bağlantısı

ii) Akım trafoları: Panolarda ölçüm değerini kayıt eden elektrik sayaçları, koruma ile görevli röleler gibi benzer teknikte çalışan ekipmanlar vardır. Bu ekipmanlar yüksek akım değerleriyle çalışamazlar. Yüksek akımları dönüştürme oranıyla doğru orantılı şekilde indirgeyerek bu

sistemlerin çalışmasını sağlayan ekipmanlar ölçüm panolarındaki akım trafolarıdır. Baralı sistemde akım trafosu bağlantısı Şekil 3.30’da verilmiştir.

Tesisin harcadığı güç, nominal akım değerleri, ölçüm hassasiyeti gibi unsurlar akım trafolarını seçerken belirleyici kriterlerdir.

Bir akım Trafosunun sınıfı (doğruluk sınıfı); primerden anma akımı akarken, sekonderden akan akımın, olması gerekenden, % olarak, en fazla ne kadar sapabileceğini ifade eder. Bu sapma (+) veya (-) yönde olabilir. Koruma amaçlı akım trafoları genellikle sınıf:3 veya özel durumlar için sınıf:1, ölçü amaçlı akım trafoları genellikle sınıf:1 veya özel durumlarda sınıf:0,5 olarak üretilirler (Büyükdora,2006).



Şekil 3.30. Akım trafoları bara bağlantıları (Megep)

iii) Ana şalter: Direk tipi trafolu tüketicilerin haricî olan ölçüm panolarında devre kesici olarak kullanılan şalterlere, ana şalter denir. Bu şalterler, kompakt (termik-manyetik) tipte olmalıdır. Kesici, normal işletme şartlarında devreyi kapamaya, kesmeye ve bu devrenin akımını taşımaya, kısa devre ve aşırı akım gibi normal dışı şartlarda ise devreyi otomatik olarak kesmeye yarayan mekanik bir açma-kapama cihazıdır. Devre kesicilerin devreyi açma-kapama işleminden başka en önemli fonksiyonu, normal dışı şartlarda devreyi korumalarıdır (Ünsal,Durmuş,2011). Şekil 3.31’de devre kesicileri çeşitleri verilmiştir.



Şekil 3.31. Ana şalter çeşitleri

Ana şalterler koruma tipine göre;

- a) Termik korumalı,
- b) Manyetik korumalı,

olmak üzere genel olarak iki gruba ayrılırlar.

- a) **Termik koruma (Aşırı yük şartlarında koruma):** Termik koruma devreyi aşırı yüklere karşı korur. Bu koruma işlemini sıcaklık değişimlerinde uzama kat sayıları birbirinden farklı iki metalin birleştirilmesiyle oluşan bimetal denen bir malzemeden faydalanarak yapar. Bimetal ısıtıldığında uzama kat sayısı daha az olan metale doğru bükülür. Aşırı yüklenmelerde akım nominal akım değerinin üzerine çıkar, akımın artmasıyla doğru orantılı olarak kontaklardaki ve bimetal üzerindeki sıcaklık artar. Böylece bimetaller artan sıcaklıkla beraber bükülerek kesici mekanizmasının açılmasına yardımcı olan bir tırnağı kurtararak kesiciyi devre dışı bırakır. Şalterin devreyi aşırı yüklenmelere ve aşırı akımlara karşı korumasını sağlar.
- b) **Manyetik koruma (Kısa devre şartlarında koruma):** İki iletkenin birbiriyle teması veya toprakla teması hâlinde kısa devre oluşur. Kısa devrede aradaki direnç sifıra çok yakın bir değerdedir. Bu nedenle kısa devre akımı normal işletme akımının binlerce katına ulaşabilmektedir. Kısa devre akımı önlenmemesi hâlinde son derece zararlı ve tahrip edicidir. Bundan dolayı çok kısa bir süre içerisinde devrenin açtırılması gerekmektedir. Şalterin üzerinde bulunan manyetik mekanizmada kısa devre sırasında

büyük bir manyetik alan endüklenir bu manyetik alanın oluşturduğu kuvvetle sabit nüve hareketli nüveyi hızla kendisine çeker, hareketli nüve bu hareketi sırasında açtırma mekanizmasına hızla çarparak sistemi anında açtırır.

iv) Elektrik sayacı: Konutlarda, iş yerlerinde veya elektrikle çalışan cihazların tükettiği elektrik enerjisi miktarını veya bir jeneratör vb. cihaz tarafından üretilen elektrik enerjisi miktarını ölçen cihazdır. Elektrik sayacı, faturalandırmanın doğru bir şekilde yapılabilmesi için oldukça önemli bir araçtır. Temel olarak üretilen/tüketilen gücün zaman içerisindeki miktarını ölçerek çalışan bu cihazlar zaman dilimi olarak "saati" kullanmaktadır. Elektrik Sayaçları; ölçülen noktadan geçen gücü zaman ekseninde toplayarak genellikle kWh – kVarh – MWh – MVarh cinsinden kaydeden cihazlar olarak tanımlanabilir (Şahin, 2007).

Tablo 3.3’de görüldüğü gibi sayaçlar yapısına göre, devreye bağlanma şekline göre, imalat ve bağlantı şekline göre, ölçülen enerjinin cinsine göre, fonksiyonlarına ve kullanım yerine göre sınıflandırılabilir (Şahin, 2007). Ayrıca direk tipi trafo tesislerinde genellikle kullanılan x/5 kombi sayaç Şekil 3.32’de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Elektrik sayacı çeşitleri

Yapısına Göre	Mekanik Elektromekanik Elektronik
İmalat ve Bağlantı Şekline Göre	Bir Faz İki Telli (Bir elemanlı) Üç Faz Dört Telli (Üç elemanlı) Üç Faz Dört Telli (2 ½ elemanlı) Üç Faz Üç Telli (Aron veya 2 elemanlı)
Devre Bağlanma Şekline Göre	Sekonder, Doğrudan Bağlanan Primer, Akım Trafosu ile Bağlanan(x/5,AG) Akım ve Gerilim Trafosu ile Bağlanan(x/5,OG)
Ölçülen Enerjiye Göre	Aktif Sayaçlar Reaktif Sayaçlar Aktif-Reaktif Kombi Sayaçlar VA Sayaçlar
Fonksiyonlarına Göre	Normal Sayaçlar Demantmetreli Sayaçlar Çok Tarifeli Sayaçlar Çok Yönlü Sayaçlar (İmport-Export) Yük Profili Kaydeden Sayaçlar Haberleşme Özellikli Sayaçlar
Kullanım Yerine Göre	Tüketici Sayaçlar Dengeli Uzlaştırma Sisteminin Gerektirdiği Haberleştirme Sağlayacak Sayaçlar



Şekil 3.32. x/5 Kombi elektrik sayacı(Url-10)

v) **Sabit kompanzasyon kondansatörü:** Güç transformatörleri devreye alındıklarında gövdelerindeki sarımlardan dolayı hem aktif hem de reaktif güç tüketirler. Aktif güç tüketimi sargıların DC direncinden kaynaklanır ve buna bakır kayıpları denir. Sarımın bobin özelliğinden kaynaklanan güç kaybı ise endüktif güç tüketimidir ve trafo demir kaybı olarak isimlendirilir. Trafo tarafından tüketilen bu reaktif endüktif gücü kompanze etmek için trafo çıkışına, ana şalter girişine akım trafolarının önüne sabit kondansatör bağlarız. Şekil 3.33'te sabit kondansatör çeşitleri görülmektedir. Trafo projeleri hazırlanırken, bağlanacak sabit kondansatör gücü trafo gücünün %3 ile %5'i aralığında alınmaktadır (Uzunkaya,2017).



Şekil 3.33. Sabit kompanzasyon kondansatörleri

vi) Anahtarlı otomatik sigortalar: Direk tipi trafo ölçüm panosunda sabit kompanzasyon kondansatörlerinin korumasında anahtarlı otomatik sigortalar kullanılır. Kompanzasyon kondansatörlerinin bulunduğu mühürlü bölmede tesis edilirler. Otomatik sigortalar, bağlı bulunduğu elektrik devresini aşırı akım ve kısa devrelere karşı korur. Devrenin kolayca açılıp kapatılmasına imkân sağlar. 1 fazlı 3 adet sigorta kullanılmalıdır. Örnek olarak 5 kvar kondansatör nominal akımı 7,2 A olduğuna göre 16 amperlik sigortalar kullanılabilir (Yılmaz, Ünsan,2012).

Otomatik sigortalar 2 A'den 63 A'e kadar 1, 2, 3, ve 4 kutuplu olarak imal edilir. TS 5018 EN 60898 standartlarına göre B ve C olmak üzere iki ayrı tipi mevcuttur. B tipi genellikle aydınlatma, priz ve kumanda devrelerinde, C tipi ise transformatör, floresan lamba gibi endüktif yüklerde kullanılır. Bu sigortalar kısa devre anında devreyi kısa sürede açar, böylece kısa devre akımının termik ve manyetik zorlanmaları sınırlandırılır. Otomatik sigortalar 6 kV'luk darbe gerilimine, 55°C'lik çevre sıcaklığı ve %95'lik bağıl neme dayanıklıdır.

Panolarının tasarımı ve imalinde;

- Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği,
- Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği,
- Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği'nin,

yürürlükteki en son baskılarının ilgili hükümlerine uyulacaktır. Panoların anma akım ve beklenen en yüksek kısa devre akım değerleri aşağıda tablolarda belirtilmiştir(TEDAŞ, 2019).

Tablo 3.4. Anma değerleri

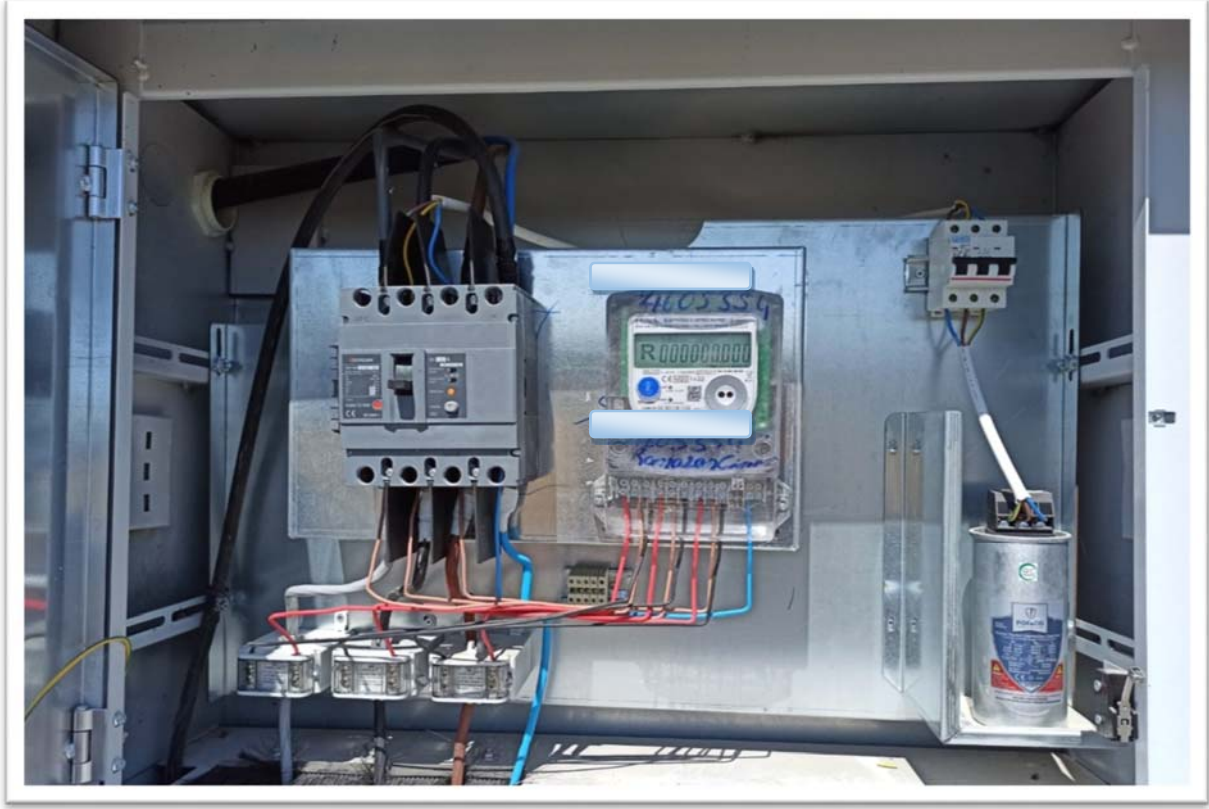
Anma frekansı	50 Hz
Ana bara anma akımı	Bağlanacağı OG/AG Dağıtım Trafosu gücüne göre Tablo 3.3'te verilmiştir.
Anma Çalışma Gerilimi	231/400V; Üç faz dört telli sistem

Tablo 3.5. Anma akımları

Trafo Gücü (kVA)	50	100	160	250	400	630	800	1000
Ana bara anma akımı (A)	72	145	230	360	580	910	1155	1445
Giriş Ünitesi Anma Akımı (A)	72	145	230	360	580	910	1155	1445

Tablo 3.6. Pano girişinde beklenen en yüksek kısa devre akımları

Transformatörün Gücü (kVA)	50		100	160	250	400	630	800	1000
Etken Değer (kA)	2		4	6	9	15	23	19	24
Tepe Değeri (kA)	3		6	10	15	30	48	38	50
Cos ϕ	0.7		0.7	0.5	0.5	0.3	0.25	0.3	0.25



Şekil 3.34. AG pano iç görseli

Açıklaması yapılan pano ekipmanlarının, saha uygulamasında enerjilendirmeye hazır tesis edilmiş hali Şekil 3.34'te verilmiştir.

Tesis gücü, koruma ve izlemesi için ihtiyaca göre başka ekipmanlarda eklenebilir.

3.1.2. Parafudr

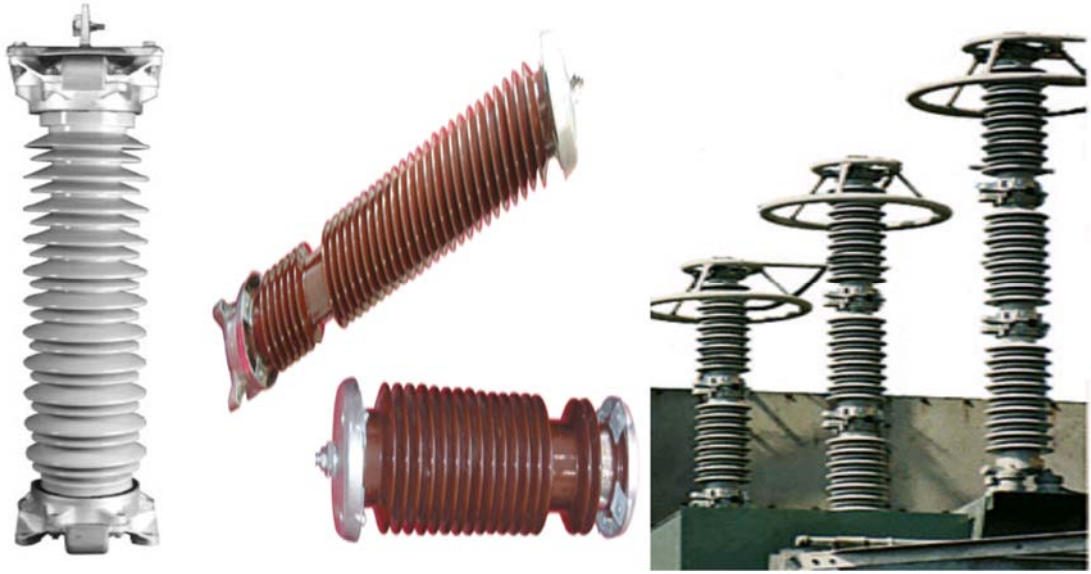
Parafudr, ani aşırı gerilim darbelerine karşı elektrik sistemlerini koruyan, normalde pasif olan ve sisteme paralel bağlanan koruma elemanıdır. Parafudur, büyük akım darbelerini toprağa iletir ve işletmeyi kesintiye uğratmadan aşırı gerilimleri şebeke izolasyonu için zararsız bir düzeye indirir. Normal durumda parafudurlar yalıtkan durumdadır. Aşırı gerilim darbesi anında üzerinden çok büyük akımlar geçirerek toprağa iletir. Aşırı akımın etkisi geçince tekrar eski

haline (yalıtkan) döner (Özkaya,1996). Şekil 3.35'te yüksek gerilim parafudr çeşitleri gösterilmiştir.

Bu ani aşırı gerilimler;

- Hat arızaları sonucu oluşan yüksek gerilimlerden
- Yıldırım etkisi ile oluşan yüksek gerilimlerden
- Devre açma-kapama sırasında oluşan yüksek gerilimlerden

kaynaklı olabilir.



Şekil 3.35. Yüksek gerilim parafudrları (MEGEP,2011)

Parafudrlarla ilgili bazı önemli tanımlar şunlardır:

- Parafudrun Anma Gerilimi (U_r): Geçici aşırı gerilim şartlarında parafudrun sağlıklı çalışabilmesi için yapımında öngörülen, bağlantı uçları arasında izin verilebilen maksimum güç frekanslı gerilimin etken değeridir.
- Parafudrun Sürekli Çalışma Gerilimi (U_c): Parafudr bağlantı uçları arasına sürekli olarak uygulanabileceği belirtilen güç frekanslı gerilim etken değeridir.
- Parafudrun Nominal Boşalma Akımı (I_n): Parafudrun sınıflandırılması amacıyla kullanılan, yıldırım akım darbesinin tepe değeridir.
- Parafudrun Sürekli Akımı: Sürekli Çalışma Gerilimi (U_c) ile enerjilendiğinde parafudr içinden geçen akımdır.

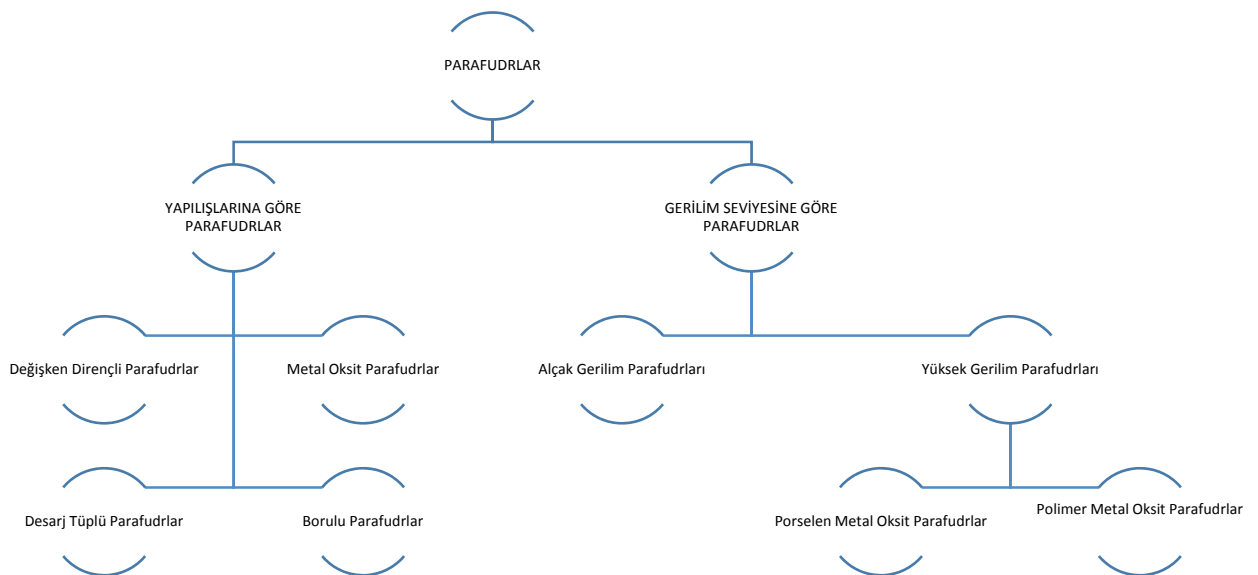
- Parafudrun referans gerilimi (U_{ref}): Parafudrdan referans akımı akıtılabilmek için, Parafudra uygulanması gereken güç frekanslı gerilimin tepe değerinin $\sqrt{2}$ 'ye bölünmesi ile elde edilen değeridir.
- Parafudrun artık gerilimi (U_{res}): Boşalma akımının geçişi sırasında parafudrun bağlantı uçları arasında görülen gerilimin tepe değeridir. (Boşalma gerilimi)(TEDAŞ,1996)

3.1.2.1. Çalışma prensibi

Parafudrun yapısında çinko oksitten meydana gelmiş varistör vardır. Çinko oksit (ZnO) parçacıkları aşırı gerilim yüklenmesi olmadığı zaman rezistans görevi görür akımı geçirmezler. Aşırı gerilim artışı olması halinde çinko oksit parçacıkları birleşerek akımı toprağa deşarj edilmesini sağlar. Çinko oksitlerin rezistans değeri, meydana gelen yüksek gerilim şiddeti ile ters orantılıdır. Gerilim şiddeti değeri ne kadar yüksek olursa çinko oksit parçacıklarının rezistans değerleri o kadar küçük olur ve daha çok deşarj sağlarlar.

Parafudr tek kullanımlık bir envanter değildir. Şebekede meydana gelen gerilim dalgalanmalarında (39 kV – 90 kV) defalarca devreye girer çıkar, fakında olamayabilirsiniz. Yüksek seviyedeki gerilim arızalarında (90 kV – 170 kV) şebekeyi korumak için kendisini feda edecektir, bu durumda ayırıcısı atacaktır. Ayırıcısı (pimi) atmış parafudr kesinlikle tekrar kullanılmamalıdır, parafudr komple değiştirilmelidir. Aksi durumda sürekli arıza kaynağı haline gelebilir. (Özkan,2020)

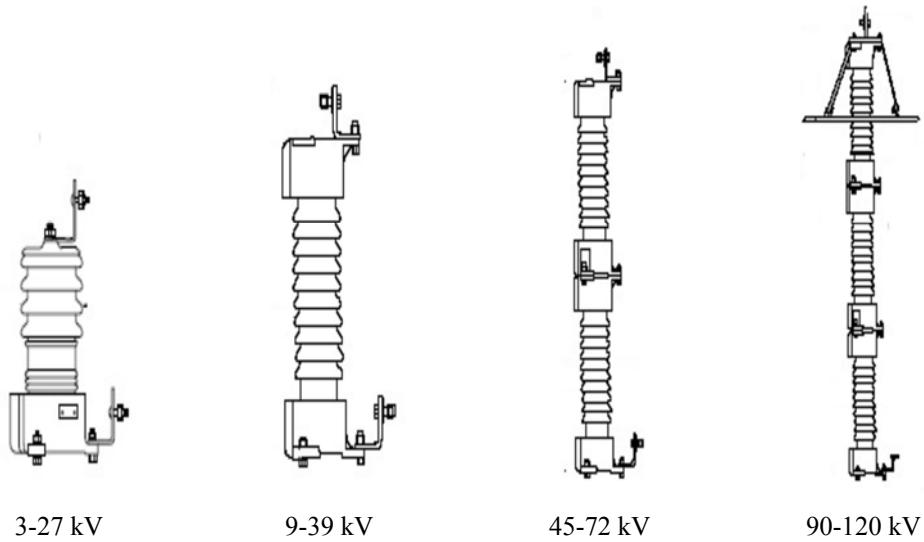
3.1.2.2. Parafudr çeşitleri



Yukarıdaki diyagramda parafudrların çeşitleri gösterilmiştir. Direk tipi trafo tesislerinde kullanılan parafudr çeşitleri yüksek gerilim parafudrları sınıfına girdiği için bu grup aşağıda açıklanmıştır.

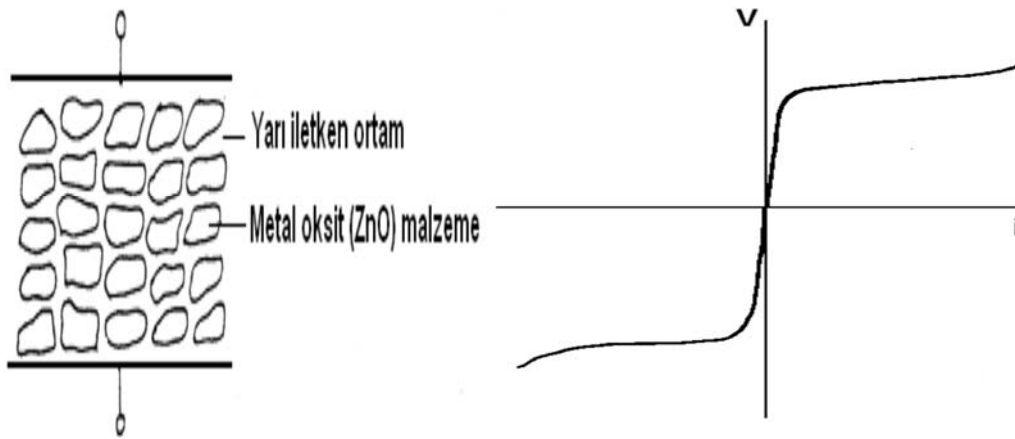
- **Yüksek gerilim parafudrları**

Yüksek gerilim parafudrları metal oksit yapılı olup; enerji nakil hatlarının, trafo merkezlerinin, yüksek gerilim kablolarının, şalt sahalarının iç ve dış aşırı gerilimlerden korunması amacıyla kullanılır. Şekil 3.36'ten anlaşılacağı üzere kullanılan gerilim miktarı arttıkça parafudr boyutları da büyümektedir.



Şekil 3.36. Parafudr boyutları gerilime göre (Megep,2011)

Metal oksit yapılı parafudrlarda aktif eleman olarak yarı iletken malzeme, çinko oksit (ZnO) bloklar kullanılır. Metal oksit parafudrların dirençleri çeşitli malzemelerin karışımından hazırlanmaktadır. İçlerinde yaklaşık % 95-97 oranında temel bileşen olan çinko oksit bulunmaktadır. Fakat non-lineerlik özelliği küçük miktarlardaki diğer metallerle ve imalat sürecindeki katılaştırma işlemiyle kontrol edilir. İçerisinde çinko oksitin yanı sıra bizmut, kadmiyum, kobalt, manganez, baryum, antimon, titanyum ve silisyum gibi elemanlar da bulunabilir. Tam birleşimi ve bileşen miktarları üreticiye göre değişir (Bialek,1999). ZnO direnç yapısı ve akım gerilim eğrisi Şekil 3.37'te verilmiştir.



Şekil 3.37. Çinko oksit direnç yapısı ve akım-gerilim karakteristiği (Erbaş,2009)

Parafudrların gövde kısmı dayanıklı olmalı ve iç elemanların dış ortam koşullarına göre sağlıklı bir şekilde yalıtılması gereklidir. Metal oksit parafudrlar gövde malzemesinin porselen ve polimer oluşuna göre;

- a)Porselen metal oksit parafudrlar,
 - b)Polimer metal oksit parafudrlar,
- olmak üzere iki grupta toplanabilirler.

a) Porselen metal oksit parafudrlar

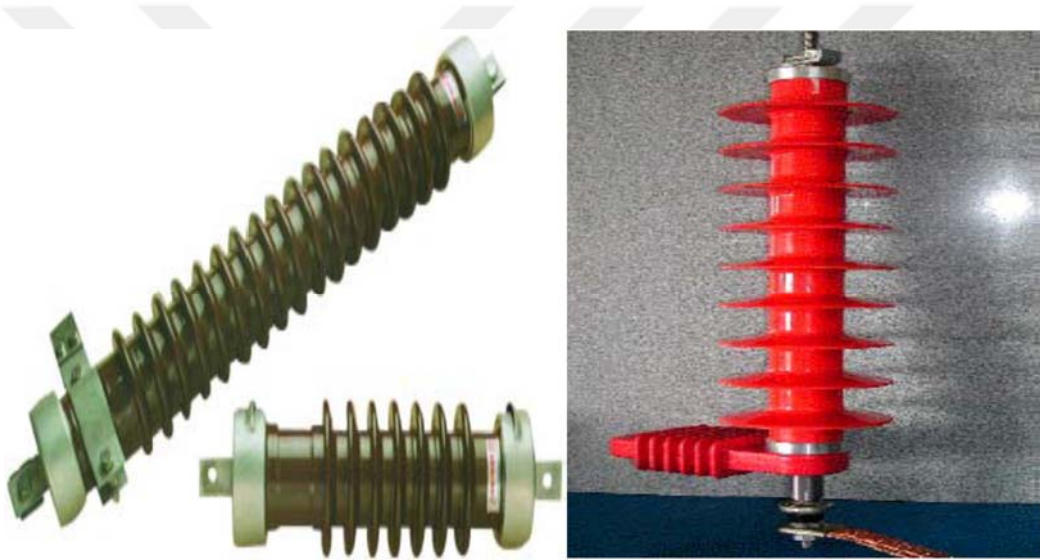
Gövde yapısında porselen malzemesi kullanılmıştır. İzolatör içerisinde küçükte olsa boşluklar vardır. İçerisine bu sebeple nem içermeyen gaz doldurulur. Hava temasını kesmek adına iç yapıya bağlı kısımlar tamamen kapatılır. Eski tip parafudrlardır. Kalıcı arıza durumuna geçtiklerinde göz ile fark edilmeyebilirler.

b) Polimer metal oksit parafudrlar

Polimer malzemeden yapılan parafudrların gövdesinde herhangi bir boşluk yoktur böylece sızıntı riski ortadan kalkmıştır. Daha uzun mekanik dayanıma sahiptirler. Porselen gövdeli parafudrlara göre hafif ve hacim olarak küçüktürler. Şekil 3.38’de polimer metal oksit parafudrların dirençleri ve gövdeleri gösterilmiştir.



Şekil 3.38. a: Porselen ve polimer parafudr gövdeleri ve dirençleri(Url-11)



b: Porselen ve polimer gövdeli parafudrlar(Url-11)

3.1.2.3. Parafudr arızaları

Parafudrlar yüksek gerilim darbelerini ve şebekedeki gerilim dalgalarını toprağa iletirler. Gerek darbe gerilimlerinin geçişinde gerek olumsuz hava şartları ve çevre etkisiyle zamanla parafudrlar da arızalar meydana gelir. Bunları genel anlamda;

- i) Kırılma,
- ii) Patlama,

olmak üzere iki grupta inceleyebiliriz.

i) Kırılma

Aşırı kirlenmenin olduğu tozlu bölgelerde, tuzlanmanın ve rutubetin olduğu deniz kıyısındaki bölgelerde parafudrların temizlenmesi gerekir. Parafudrların normal durumda olduklarının tespiti için meger cihazı ile izolasyon dirençlerinin ölçülüp karşılaştırılması yeterlidir. İzolasyon direnci bariz düşük olanların yenileriyle değiştirilmesi gereklidir. Başlıklardaki deliklerde ve çevrelerinde şayet is izleri ve lekeler görülürse basınç boşaltma cihazı arızalı demektir. Bu durumda parafudr derhal değiştirilmelidir.

ii) Patlama

Parafudrların patlama sebebi olan değişken direncin değerindeki değişme yalnız gerilime bağlı değildir. Kullanılan malzemenin ısı kat sayısı negatif olduğundan ısındıkça değeri düşer. Bu nedenle büyük boşalma akımlarında aşırı ısınma olur bu aşırı ısınma parafudr patlamasına sebebiyet verir. Sistem topraklamasının bir ohmdan büyük olması sebebiyle boşalma işlemi daha geç zamanda olacağından dolayı parafudr deşarj ile patlar. Parafudr terminalleri arasındaki izolasyon seviyesi sistemin izolasyon seviyesinden daha düşük olmalıdır ki aşırı gerilimde boşalma parafudr üzerinden gerçekleşebilsin. Başka bir deyişle elektrik akımı en yakın direnci ve en düşük izolasyonu takip edeceğinden parafudr bu özelliklere sahip olmalıdır.

Herhangi bir noktada parafudr sık sık patlıyor ise parafudr topraklaması ve parafudr seçimi gözden geçirilmelidir(Url-12).

3.2. Hizmet Kalitesi Hedefleri Ve TEDAŞ Tip Projesi

Günümüzde elektrik enerjisi temini kadar enerjinin sürekliliği ve teknik kaliteside önem arz etmektedir. Elektrik şebekelerinde arızaların meydana gelmesi, maddi ve manevi birçok kayıplara neden olmaktadır. Bu arızaların şebeke kısıtlılıkları ile ilişkisi, ilgili tedarikçi tarafından temini, kullanıcının şebekeye zarar vermemesi ve riayet etmesi gereken kurallar gibi birçok unsur EPDK tarafından belirlenen yönetmelikler çerçevesinde belirtilmiştir.

Elektrik Dağıtım ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği ile elektrik enerjisinin tedarik sürekliliği, teknik kalitesine ilişkin dağıtım şirketlerinin uyması gerektiği esaslar ve kullanıcılar tarafından uyulması gereken kurallar belirtilmiştir.

3.2.1. EPDK'nın belirlediği tedarik sürekliliği kalitesi göstergeleri

Hizmet kalitesi yönetmeliğinde enerji sürekliliğini ve kalitesini yorumlamada kullanılan bazı endeksler vardır. Bu veriler ile ilgili dağıtım şirketlerine hedefler verilmekte bu hedeflerin üzerine çıkılmaması EPDK tarafından beklenmektedir. Bu endeksleri yorumlayabilmek ve hedefleri gerçekleştirebilmek aslında bölge ile ilgili birçok şebeke programına ışık tutar. Arıza sıklığı yaşanan şebekeler, yatırım gerektiren bölgeler, izolasyon ve bakım çalışması önceliği arz eden noktalar, röle koordinasyonu gözden geçirilmesi gereken yerler, olumsuz hava şartlarının sık yaşandığı noktalar, çevresel faktörlerin etkisinin incelenmesi gereken yerler, sekonder koruma gerektiren noktalar gibi, bu endekslerden önemli ikisi “Ortalama Kesinti Süresi Endeksi (OKSÜRE, SAIDI)” ve “Ortalama Kesinti Sıklığı Endeksi (OKSIK, SAIFI)” dir.

3.2.1.1. Ortalama kesinti süresi endeksi (OKSÜRE, SAIDI)

Abone başına düşen kesinti sayısı ve süresi olarak ifade edebileceğimiz bu değer in kısaltması “OKSÜRE” şeklinde kullanılır. Hesaplaması formül 3.1’den yapılır.

$$OKSÜRE = \frac{\sum_{i=1}^n U_i \cdot t_i}{U_{top}} \quad (3.1)$$

Formülde;

n: Bir yılda meydana gelen tüm uzun kesintilerin sayısını,

U_i : i inci kesintiden etkilenen kullanıcı sayısını,

t_i : i inci kesinti süresini ,

U_{top} : Bir yılda dağıtım şirketinin hizmet verdiği kullanıcı sayısını,

ifade eder(EDPSİHKY,2012).

3.2.1.2. Ortalama kesinti sıklığı endeksi (OKSIK, SAIFI)

Bir kesintide etkilenen abone sayısının dağıtım şirketine ait toplam abone sayısına bölümünden çıkan değer olarak ifade edebileceğimiz ortalama kesinti sıklığı endeksi kısaltması “OKSIK” şeklinde kullanılır. Hesaplaması ise aşağıda belirtilen formül 3.2’den yapılır:

$$OKSIK = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{U_{top}} \quad (3.2)$$

n: Bir yılda meydana gelen tüm uzun kesintilerin sayısını,

U_i : i inci kesintiden etkilenen kullanıcı sayısını,

U_{top} : Bir yılda dağıtım şirketinin hizmet verdiği kullanıcı sayısını,

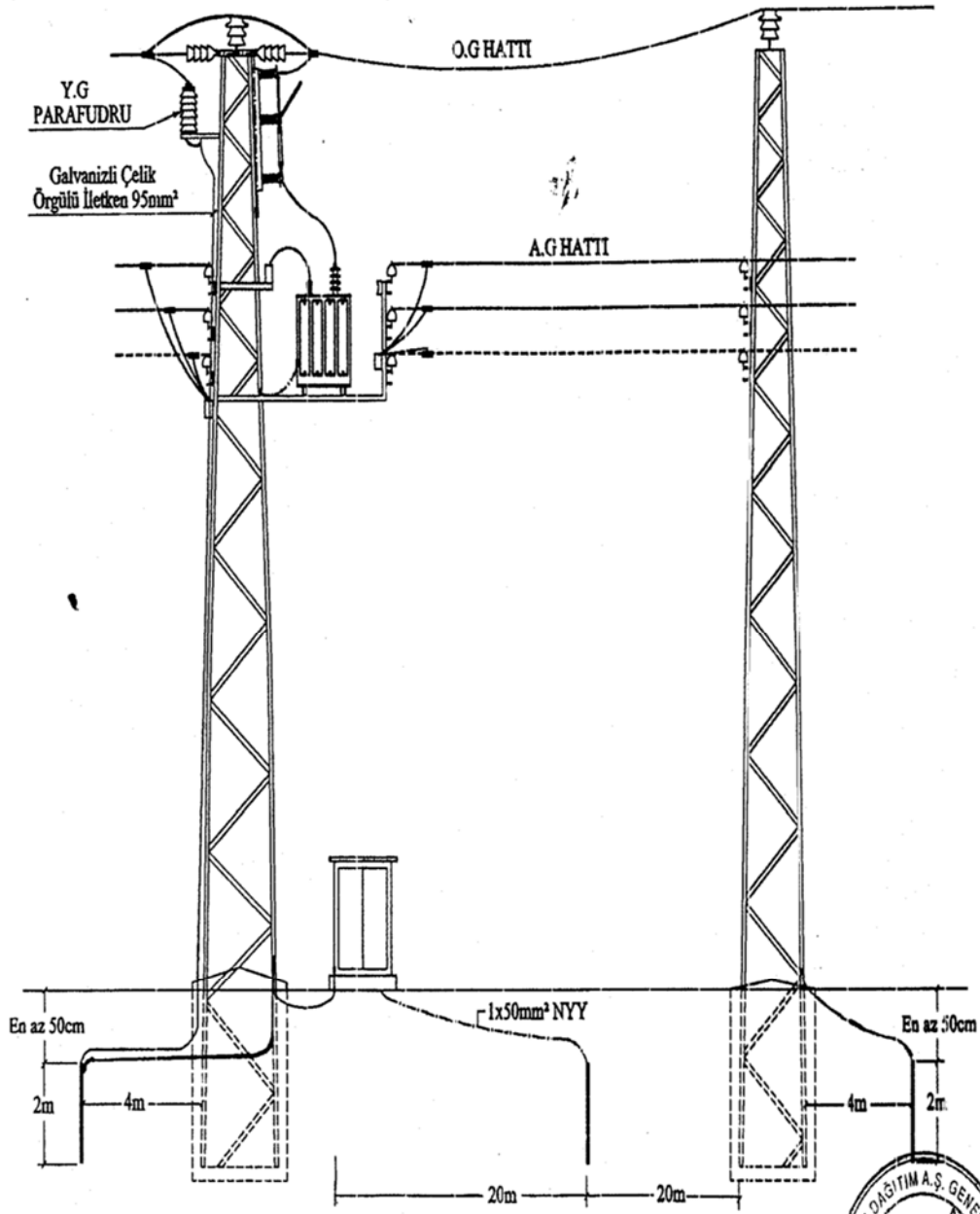
ifade eder(EDPSİHKY,2012).

3.2.2. Direk tipi trafo tesisi topraklama tip projesi

Direk tipi trafo merkezleri bir tip projesi belirlenerek kalıplaştırılmıştır. Gerek aboneler gerekse dağıtım şirketlerince kurulan bu tesislerin tip projesi TEDAŞ tarafından belirlenmiştir. Çalışmada ele alacağımız ve revizyonu durumda meydana gelen sonuçları inceleyeceğimiz tip proje, 1994 yılında onaylanan ve günümüzde direk tipi trafolu tesislerde geçerli olan “ENH ve AG-OG Elektrik Dağıtım Tesislerinde Topraklamalara Ait Uygulama Esasları” diğer bir ismi ile “El Kitabı-6” da belirtilmiştir.

Revizyon çalışması yapacağımız ve şu an geçerliliği bulunan direk tipi trafo tesislerinin demir direk için tip projesi Şekil 3.39’da, beton direk için tip projesi ise Şekil 3.40’ta gösterilmiştir.

Tip projesinde koruma ekipmanlarının yerleri ve topraklama ile ilgili detaylar verilmiştir. Devreye alınacak trafo tesisinin sahada tesisinde bu hususlara uygun tesis edip edilmediği kabul aşamasında denetlenmektedir. Tip projeye uymayan tesisler kabul aşamasını geçemeyerek enerji verilmemektedir.

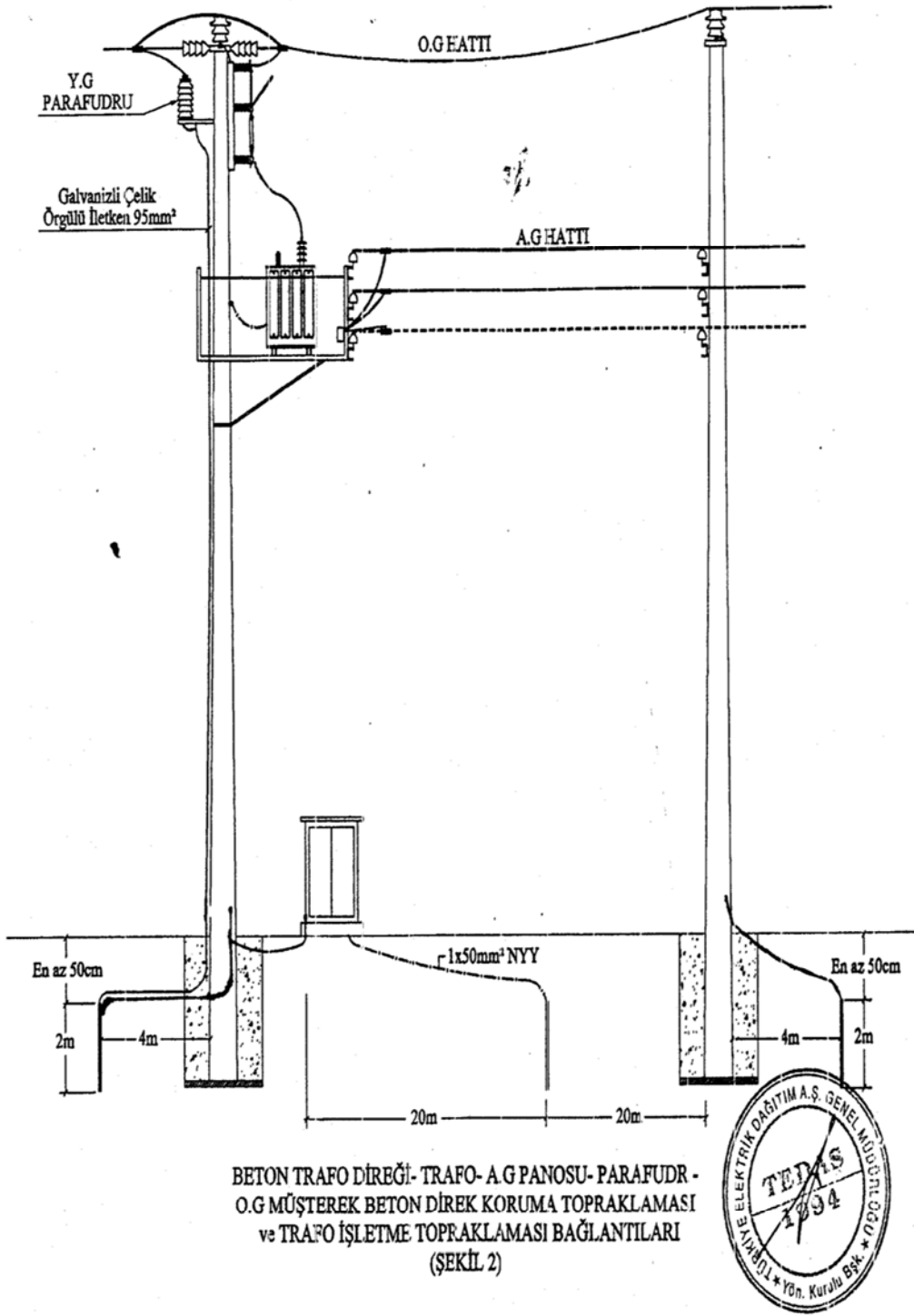


DEMİR TRAFİ DİREĞİ- TRAFİ- A.G PANOSU- PARAFUDR -
O.G MÜŞTEREK DEMİR DİREK KORUMA TOPRAKLAMASI
ve TRAFİ İŞLETME TOPRAKLAMASI BAĞLANTILARI
(ŞEKİL 1)



Handwritten signature and initials.

Şekil 3.39. Demir trafo direği tip projesi



Handwritten signature and initials.

Şekil 3.40. Beton trafo direği tip projesi

4.BÖLGESEL VERİLER VE TİP PROJESİ TASARIMI

Günümüzde artan enerji ihtiyacı doğrultusunda yapılan şebeke yatırımları ile elektrik şebekesi ağı sürekli olarak genişleyerek büyümektedir. Şebekelerin tesis edilmesinde kullanılan kanun, yönetmelik, şartname, tip proje gibi sistemi belirli kalıplar doğrultusunda sınırlayan kuralların yenilenmesi ve değişmesi de bu doğrultuda kaçınılmaz olmaktadır.

Yenileme veya iyileştirme çalışmalarının yapılması için ihtiyaçlara ve şebeke sorunlarına hâkim olmak hatta yaşanması muhtemelen sorunları önceden öngörerek alınması gereken tedbirleri alarak belirlenen hedefler doğrultusunda birtakım adımlar atmak proaktif yaklaşımın bir parçası olarak karşımıza çıkmaktadır. Verimli bir saha çalışması için gereken verileri doğru bir şekilde toplamak gerekmektedir. Yapılacak çalışmalardan doğru sonuçlar elde etmek için bölgenin tüketici profili, şebeke yapısı, çevresel faktörler, arıza sayıları, kesinti süreleri gibi verilerin analiz edilmesi çalışmanın başarıya ulaşması için oldukça önemli faktörler arasında yer alır. Bu çalışmada yukarıda bahsedilen veriler önceden derlenerek pilot uygulamanın geliştirilmesi sağlanmıştır.

Tez çalışmasının bu bölümünde odak noktası olarak OG seviyede meydana gelen parafudr kaynaklı kalıcı tip elektrik arızaları, bunların meydana getirdiği olumsuz sonuçların neler olabildiği ve bunların nasıl elimine edilebileceği konuları seçilmiştir. Tesis edilen *direk tipi trafo tesislerinin* tip projelerinde, parafudrun montaj edileceği yer üzerinde yapılacak bir değişikliğinin elektrik şebekesi üzerine ne gibi olumlu etkileri olacağı ve saha çalışması sonucunda incelenen parafudr arızalarının şebeke üzerinde oluşturması muhtemel olumsuz etkilerinin nasıl değiştirilebileceği incelenmiştir. Ayrıca sahada yapılan alt çalışmalar ve incelenen veriler de dikkate alınarak şebekeye ait verilerin gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları ile önerilen sistemin şebekeye olan olumlu katkıları görsel olarak da desteklenmiştir.

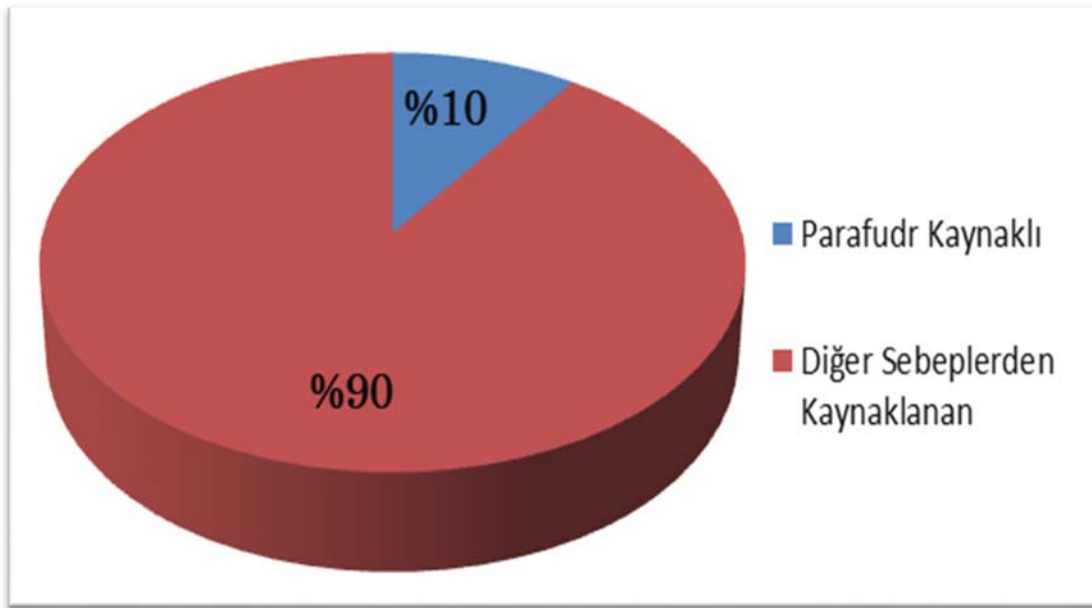
Direk tipi trafo sayısı fazla olan Konya ili Ereğli ilçesi çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Abone sayısı fazla olan bu bölgede elde edilecek başarılı sonuçların abone sayıları nispeten daha az olan bölgelerde uygulanabilirliğinin kolay olacağı öngörülmüştür. Parafudr kaynaklı arızaların sık yaşandığı ENH'larda bakım onarım ve tahakkuk kayıpları minimize edilerek, milli ekonomiye katkı sağlanması ayrıca bu gider kalemlerinin fayda maliyeti yüksek yatırımlar için kaynak olması hedefler arasında yer almaktadır.

4.1. Arıza Sayısı ve Kesinti Süreleri

Tedarik şirketi ve tüketici tarafından elektrik şebekesinde yaşanması istenmeyen ilk durum olarak enerji tüketiminin sektöre uğramasına sebep olan elektrik arızaları gösterilmektedir. Kurulan her elektrik tesisi için ilk hedef sıfır arıza ve kesintisiz enerji tedariki olsa da uygulamada bunun sağlanması çok zordur.

Elektrik arızalarından dolayı meydana gelen can ve mal kayıpları, kaliteli ve sürekli enerji tedarikinin kanunlarla desteklenmesi de enerji sürekliliğinin önemini ortaya koymaktadır. Elektrik şebekelerinde arıza sayısını minimuma indirmek, kaliteli enerji sürekliliğini sağlamak ancak şebekede yaşanan ve müdahale edilebilecek kalıcı arızaları önlemek ile mümkün olmaktadır.

2018 ve 2019 yılları arasında Ereğli bölgesinde meydana gelen OG arıza sayıları ve nedenleri değerlendirilmiştir. Bu arızaların parafutr kaynaklı olarak gerçekleşenleri, bunların toplam OG arızalar içindeki oranı tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. 2018 yılı OG arıza verileri

Ereğli bölgesinde meydana gelen, uygun şekilde filtrelenen dışsal OG arıza sayıları 2018 yılı için toplam 563 adet olarak gerçekleşmiştir. Bu arızaların 55 tanesi parafutr kaynaklı OG arızadır. Bu da Şekil 4.1’de görüldüğü üzere dışsal kaynaklı arızaların yaklaşık %10’luk bir kısmı parafutr kaynaklı arızalardan oluşmaktadır. Arıza yaşanan şebekelerde parafutr kaynaklı meydana gelen arızalarda toplam kesinti süresi yıllık olarak 95 saat 44 dakika 37 saniye

olarak kayıtlara geçmiştir. Bu arızadan etkilenecek enerjisiz kalan abone sayısı toplamda 16690'dır(Call-us,2018).

Bu arızanın dağıtım şebekesine maliyeti ise tahakkuk zararı ve arızanın giderilmesi için kullanılan ekipman ve montajı için işçilik giderleri olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Bir bölgedeki tahakkuk zararını hesaplamak için bilinmesi gereken değerler vardır. Bu değerler:

- i) SG: Sözleşme gücü (Kurulu güç x 0.6) (kV)
- ii) KS: Kesinti süresi (Gün)
- iii) TS: Tüketim saati (Tarife grubuna göre EPTHY'de belirtilen saatler)
- iv) BF: Birim fiyatlar (Tarife grupları EPDK birim fiyatları 2018) (krş/kwh)
- v) AS: Abone Sayısı (adet)

Açıklanan bu değerlere bağlı olarak tahakkuk zararı eşitliğini formül 4.1'deki gibi ifade edilir.

$$\text{Tahakkuk Zararı (₺)} = \text{SG} \times \text{KS} \times \text{TS} \times \text{BF} \times \text{AS} \quad (4.1)$$

2018 yılı için OG arızaları incelenen bölgedeki direk tipi trafolu tesisi olan abonelerin kurulu güçlerinin ortalaması 105 kV'dır (MBS, 2018). Parafudr kaynaklı arızalarda kesinti süresi önceki bölümde bahsedildiği üzere 95 saat 44 dakika 37 saniye olarak kayıtlara geçmiştir. Kesinti süresinin gün cinsinden değeri 3.98'dir. OG abonelerinin ağırlıklı tarifesi ticarethane olduğu için mevzuatlarca tahakkuk hesabında belirlenen tarife grubuna göre tüketim saati değeri 8 saat olarak alınmıştır. Son olarak ticarethane tarifесinin 2018 birim fiyatı değeri EPDK tarafından yayımlanan nihai tarife tablosunda 35 kr/kwh olarak belirlenmiştir. İncelenen şebekeye bağlı OG abone sayısı 2018 yılında 1952 adettir.

İncelenen bölgede 2018 yılında parafudr kaynaklı arızalardan dolayı tahakkuk yapılamayan elektrik enerjisinin bedeli formül 4.1 kullanılarak;

$$\text{Tahakkuk zararı} = 105 \times 0.6 \times 3.98 \times 8 \times 0.35 \times 1952 = 1.370.444,54 \text{ ₺ olarak hesaplanmıştır.}$$

Bölgedeki parafudr kaynaklı onarım bedelinin hesaplanması için bilinmesi gereken değerler:

- i) Malzeme ₺
- ii) Montaj ₺
- iii) Demontaj ₺

iv) OS: Onarım Sayısı (adet)

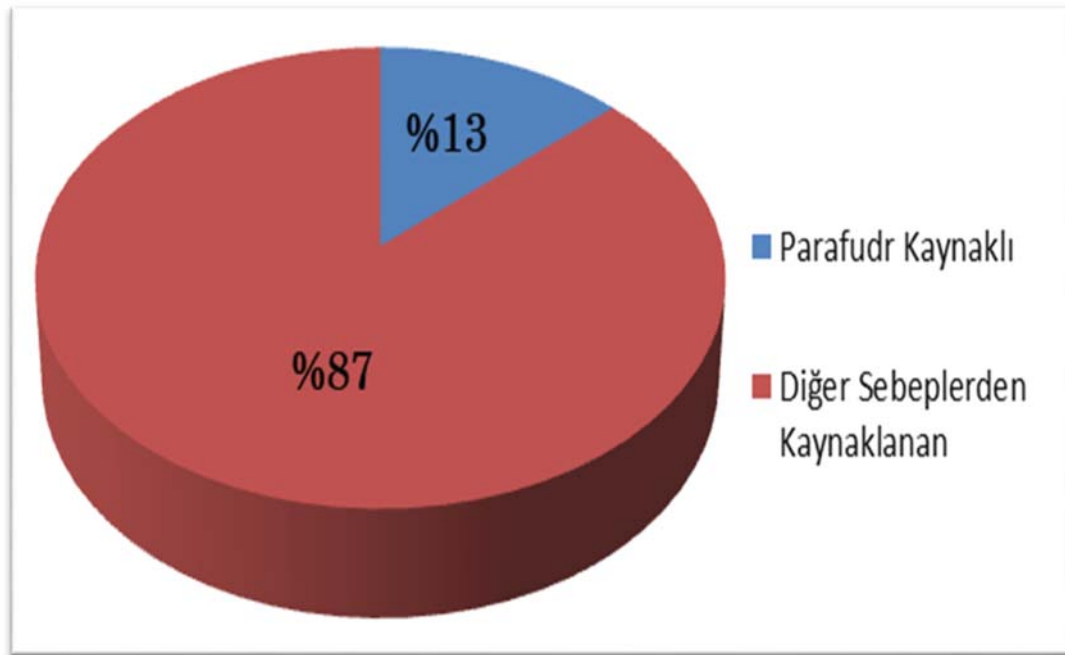
Bu değerlere bağlı olarak onarım bedeli eşitliği formül 4.2'deki gibi ifade edilir:

$$\text{Onarım Bedeli (₺)} = (\text{Malzeme} + \text{Montaj} + \text{Demontaj}) \times \text{OS} \quad (4.2)$$

2018 yılı parafudr malzeme, montaj, demontaj bedelleri TEDAŞ birim fiyatları listesinde belirlenmektedir. TEDAŞ 2018 birim fiyatlar listesinde malzeme (106,09₺), montaj (288,24₺), demontaj (115,87₺) olarak belirlenmiştir. 2018 içerisinde incelenen bölgede gerçekleşen onarım sayısı ise parafudr arıza sayısına bağlı olarak 55 adettir. 2018 yıl içerisinde parafudr kaynaklı arızaların onarım bedeli formül 4.2 kullanılarak;

$$\text{Onarım Bedeli (₺)} = (106,09 + 288,24 + 115,87) \times 55 = 28.061 \text{ ₺ olarak hesaplanmıştır.}$$

Tahakkuk zararı ve onarım bedeli hesaplarına göre incelenen bölgedeki parafudr arızalarının dağıtım şebekesine 2018 yılında toplam maliyeti 1.398.505,54 Türk lirasıdır.



Şekil 4.2. 2019 yılı OG arıza verileri

2019 yılı içerisinde toplam OG arıza sayısı 508 adet olarak gerçekleşmiştir. Bu arızaların 68 tanesi parafudr kaynaklı OG arızadır. Bu da Şekil 4.2'de görüldüğü üzere dışsal kaynaklı arızaların yaklaşık %13'u gibi bir orana karşılık gelmektedir. Arıza yaşanan

şebekelerde parafudr kaynaklı meydana gelen arızalarda toplam kesinti süresi yıllık olarak 72 saat 18 dakika 26 saniye olarak kayıtlara geçmiştir. Bu arızadan etiketlenen abone sayısı 18468'dir(Call-us,2019).

2019 yılı için OG arızaları incelenen bölgedeki direk tipi trafolu tesisi olan abonelerin kurulu güçlerinin ortalaması 101 kV'dır (MBS, 2019). Parafudr kaynaklı arızalarda kesinti süresi önceki bölümde bahsedildiği üzere 72 saat 18 dakika 26 saniye olarak kayıtlara geçmiştir. Kesinti süresinin gün cinsinden değeri 3.01'dir. OG abonelerinin ağırlıklı tarifesi ticarethane olduğu için mevzuatlarca tahakkuk hesabında belirlenen tarife grubuna göre tüketim saati değeri 8 saat olarak alınmıştır. Son olarak ticarethane tarifesinin 2019 birim fiyatı değeri EPDK tarafından yayımlanan nihai tarife tablosunda 62 kr/kwh olarak belirlenmiştir. İncelenen şebekeye bağlı OG abone sayısı 2019 yılında 2187 adettir.

İncelenen bölgede 2019 yılında parafudr kaynaklı arızalardan dolayı tahakkuk yapılamayan elektrik enerjisinin bedeli formül 4.1 kullanılarak;

Tahakkuk zararı = $101 \times 0.6 \times 3.01 \times 8 \times 0.62 \times 2187 = 1.978.652,73 \text{ ₺}$ olarak hesaplanmıştır.

2019 yılı parafudr malzeme, montaj, demontaj bedelleri TEDAŞ birim fiyatları listesinde belirlenmektedir. TEDAŞ 2019 birim fiyatlar listesinde malzeme (148,64₺), montaj (376₺), demontaj (151,26₺) olarak belirlenmiştir. 2019 içerisinde incelenen bölgede gerçekleşen onarım sayısı ise parafudr arıza sayısına bağlı olarak 68 adettir. 2019 yıl içerisinde parafudr kaynaklı arızaların onarım bedeli formül 4.2 kullanılarak;

Onarım Bedeli (₺) = $(148,64 + 376 + 151,26) \times 68 = 45.961,2 \text{ ₺}$ olarak hesaplanmıştır.

Tahakkuk zararı ve onarım bedeli hesaplarına göre incelenen bölgedeki parafudr arızalarının dağıtım şebekesine 2019 yılında toplam maliyeti 2.024.613,93 Türk lirasıdır.

Ereğli bölgesinde 2018 yılı için müstakil trafolu abone sayısı 1952 iken 2019 yılında bu sayı 2187 olarak abone ölçüm tutanaklarına yansımıştır. Bu rakamlar neticesinde müstakil trafolu abone sayısında ki artış %13,66 olarak görülmektedir. Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de verilen grafiklerinden anlaşılaçağı üzere arıza oranlarında görüldüğü gibi 2018 yılı ile 2019 yılı karşılaştırıldığında parafudr kaynaklı arızaların OG arıza sayıları içerisindeki payında %3'lük bir artış meydana gelmiştir. Müstakil trafolu abone sayısındaki artış ile parafudr kaynaklı arıza sayısındaki artışı şu şekilde ilişkilendirebiliriz:

Şebekeye eklenen her tesis elektrik hatlarını kompleks hale getirmektedir. Aynı zamanda tesislerde tercih edilen koruma ekipmanları tedarik şirketine ait hatlar ve özel mülkiyetli hatların olması açısından farklılıklar göstermektedir. Bu durum şebeke envanterlerinin karakteristikleri açısından kritik bir öneme sahiptir.

Yeni kurulan elektrik tesisleri devreye alınmadan önce yetkili kurum ve kuruluşlar tarafından incelenerek, kullanılan ekipmanların standartlara uygunluğu ve doğru tesis edildiği sahada teyit edilmektedir. Elektrik tesislerinde kullanılan ekipmanlar mevzuatlarca belirlenen sertifika belgelerine sahip olsada; yapım malzemesi, izolasyon durumu ve enerji altındaki çalışma karakteristiğine bağlı olarak şebeke işletmeciliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Örneğin bir gergi izolatörü üzerinde montaj sırasında oluşan yüzey çatlakları gibi özel durumlar, gözle görülemeyen ama tesisi devreye alınca sebep olduğu birtakım olumsuz etkilerden anlaşıldığı durumlar gibi. Elektrik tesislerini daha düşük maliyetle tamamlayabilmek için muadillerine göre daha düşük kalitede tercih edilen envanterlerin tesis inşasında kullanılması, enerjilendirme sonrası elektrik arızalarına davetiye çıkarmaktadır.

Ayrıca imar durumlarının değişimine bağlı olarak yerleşim yerlerinin genişlemesi, tarımsal faaliyetlerin yoğun olması ve her geçen gün artması, teknolojik gelişmelerin artışıyla enerji ihtiyacına bağlı tüketici taleplerinin çoğalması, sanayide yüksek güçlü elektrik makinalarının sayısının yükselmesi ve aşırı yüklenmeler şebeke kısıtlıklarına sebebiyet vermektedir.

Her bölgede yeni enerji nakil hatları kısa bir sürede tesis edilemediği için mevcut enerji nakil hatlarının üzerindeki yük miktarı sınır değerlere yaklaşmaktadır. Bu duruma bağlı olarak kimi ENH'lar gereğinden fazla yükü beslemek zorunda kalabilmektedir. Bahsedilen bu ENH'lara bağlantısı yapılacak her elektrik tesisinin koruma ekipmanları ve yerleri, kalıcı şebeke arızalarının yaşanma sıklığını doğrudan etkilemektedir. Özellikle OG seviyede tesis kurulumu esnasında her tesis için temin edilen standart ekipmanların sebebiyet verdiği arızaları sınırlayabilmek, hem arıza noktası tespitinde işgücü ve zaman kaybını önleyecek hem de olumsuz etkilerinin daha yüksek maliyet doğurmadan, daha çok tüketiciye sirayet etmeden önlenmesinde avantaj sağlayacaktır. Önlenmesi mümkün olan bu maliyetler milli ekonomiye katkı sağlayarak, fayda maliyeti yüksek daha verimli yatırımlar için bütçe oluşturulmasına zemin hazırlayacaktır.

4.2. Arıza Durumu Şebeke Modellemesi

Araştırma konusunda şebeke modellemeleri, analiz sonuçlarının doğruluğunu ve çalışmanın yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır. Şebeke modellemeleri direk tipi trafo tesisleri açısından yoğun bir bölge olan Ereğli ilçesi OG şebekesi üzerinde yapılmıştır.

Dağıtım şebekesi modellemesi dpPower isimli topoloji programı kullanılarak yapılmıştır. DpPower topoloji programı, yerleşim yerlerine ait güncel imar planlarının katmanlarına gömülü şekilde entegre edilmesiyle sahada ki dağıtım hatlarının yapısını en doğru şekilde gösterebilmektedir. Dağıtım hattında yapılan teçhizat ve tesis eklemeleri sahada devreye alınmalarıyla beraber bu topoloji programına eş zamanlı olarak işlenmektedir. Dağıtım hatlarına bağlı bulunan üretim ve tüketim gruplarının güncel endeks değerleri haberleşme ekipmanları aracılığıyla sürekli arka planda çekilerek programa anlık olarak işlenmektedir. Böylece dpPower topoloji programının işletilen şebekenin saha durumuyla uyumu en üst seviyede olmaktadır. Programın bu üstün özellikleri sayesinde şebeke analizi sonuçlarını doğrudan tespit edilebiliyor olması bu çalışmada dpPower programının kullanılması için önemli bir faktördür.

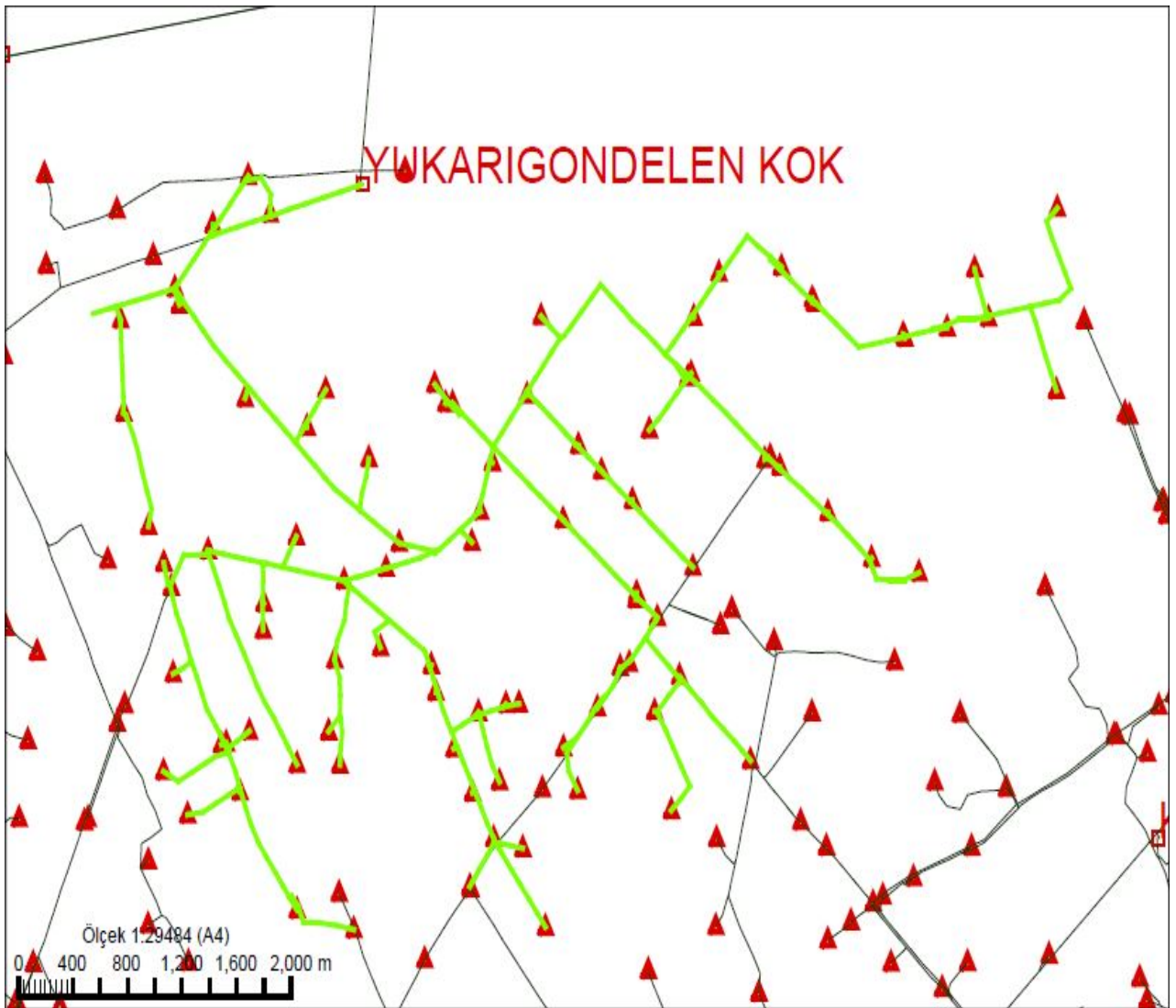
Çalışmamıza konu olan elektrik şebekesinin modellemesi şebekelerde en sık karşılaşılabilecek şu durumlar için incelenmiştir:

1. Elektrik şebekesi üzerinde arıza olmadan hattın beslendiği durum (İstenilen durum),
2. Elektrik şebekesi üzerinde oluşan bir arıza veya bakım durumu (Arıza veya bakım sonucu oluşabilecek durum),
3. Elektrik şebekesinde arıza meydana gelmesi halinde hedeflenen yeni durum (Revize durumu).

İncelenen ilk iki durumla elektrik şebekelerinde sık sık karşılaşılmaktadır. Üçüncü durum ise tüketicinin tesisinde meydana gelen arızaların, tip projesinde yapılacak revize çalışması sonucunda hedeflenen şebeke durumudur. Revize durumunda ki en önemli avantajlardan birisi tüketici kaynaklı arızaların dağıtım hattına sirayet etmeyecek olmasıdır. Hedeflenen yeni durum sonucunda, dağıtım hattından beslenen diğer tüketici tesislerini ve şebekeyi kesinti halinden koruduğu gibi arıza noktası tespitinin kolaylığını sağlayacaktır. Aynı zamanda şebeke kısıtlıklarının minimuma indirilmesiyle birlikte tüketici memnuniyeti kendiliğinden sağlanmış olacak, mevzuatların belirlediği çerçevede kaliteli enerji temini sağlanmış olacaktır.

4.2.1. Elektrik şebekesi üzerinde arıza olmadan hattın beslendiği durum

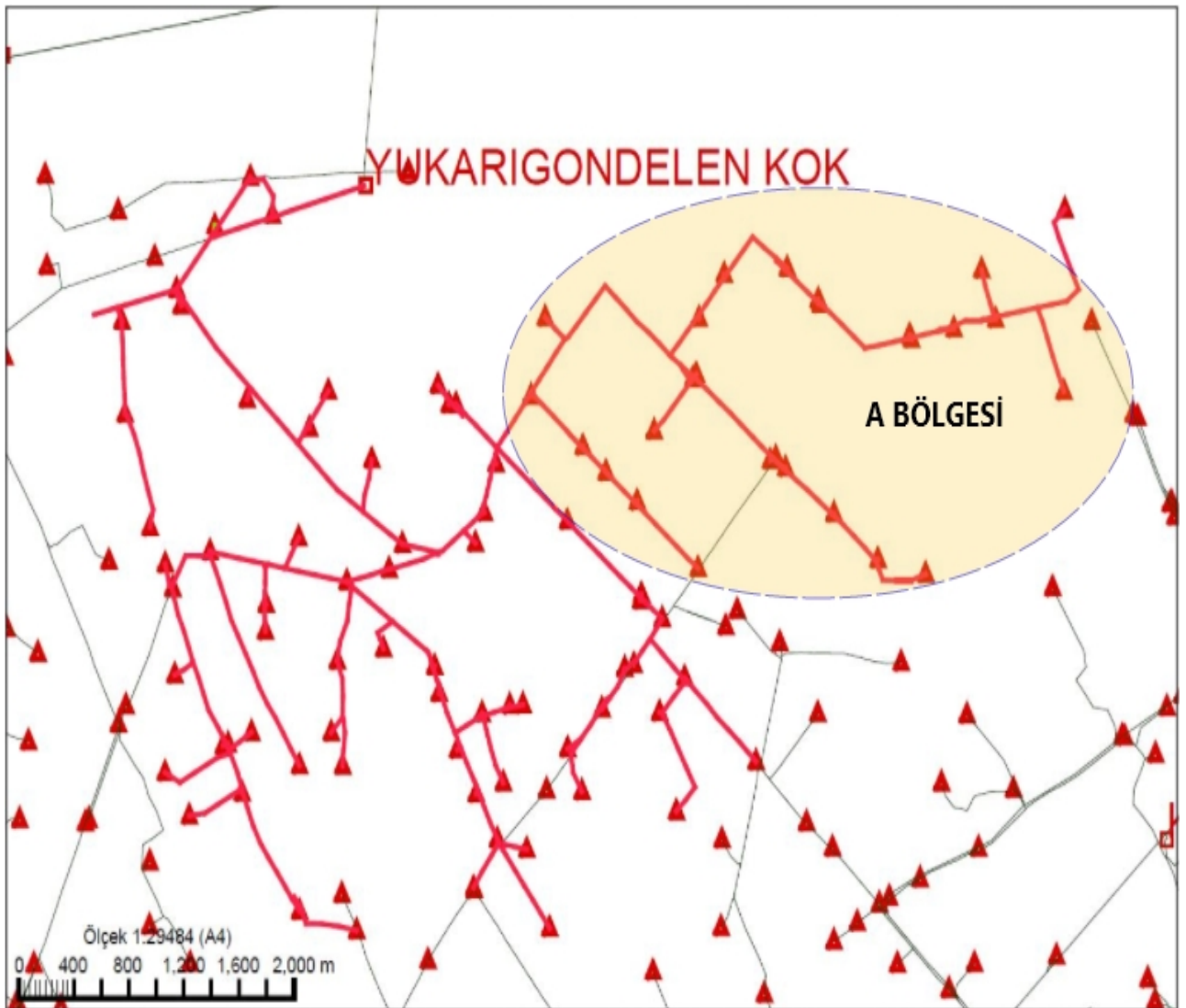
Şebekede üzerinde arıza olmadan şebekenin beslendiği durumda; Şekil 4.3'te verilen Yukarı Gündelen KÖK'e ait ilgili baradan beslenen hattın enerjili güzergâhı gösterilmiştir. Yani şebekede arıza olmaması durumunda bu güzergâh üzerinden bulunan aboneler bu hat üzerinden beslenmektedir. Müstakil trafolu tüketicilerin kırmızı üçgenlerle sembolize edildiği Şekil 4.3 incelendiğinde, KÖK binasının ilgili bara çıkışından 89 adet OG tüketicinin enerji aldığı görülmektedir. Elektrik hattında yapılacak bir bakım çalışmasında veya hattı etkileyecek bir abone arızasında ilgili kol tamamen enerjisiz kalarak 89 tüketicinin eş zamanlı olarak bu durumdan etkilenmesine sebep olacaktır.



Şekil 4.3. Hattın enerjili durumu

4.2.2. Elektrik şebekesi üzerinde oluşan bir arıza veya bakım durumu

Elektrik şebekesi üzerinde oluşan bir arıza veya bakım durumu için; şebeke üzerinde Şekil 4.4'te verilen A bölgesi örnek olarak seçilmiştir. Seçilen bu A bölgesinde bulunan herhangi bir tüketicide bir parafudr arızası meydana geldiği durumda dağıtım hattını etkileyecek olan bu arızanın KÖK binasından açmaya sebebiyet verdiği hal için şebeke modellenmiştir. Yine A bölgesinde herhangi bir tüketici için arıza hali haricinde parafudr üzerinde yapılacak herhangi rutin bakım işlemi içinde sahada karşılaşılmaması muhtemel olan şebeke durumunu da sembolize etmektedir. Arıza halinde meydana gelen elektrik kesintisi sonrasında arıza yeri tespiti için yapılacak çalışma süresince hattın enerjisiz kalacak olması, hattan beslenen 89 abonenin de enerjisiz kalacağını göstermektedir.



Şekil 4.4. Arıza hali durumu

Ayrıca şebeke üzerinde bulunan parafudrlar enerji nakil hattı tarafına bağlandığı için oluşan bu arızanın giderilmesi için yapılacak bakım çalışması esnasında (arızalı parafudr ve

malzemelerinin değişim işlemlerini gerçekleştirmek için) yine ilgili OG hattı üzerinde bulunan abonelerin enerjisiz kalması durumu söz konusudur.

Özellikle yapım tarihi 20 yılı aşmış şebekeler için, müstakil trafolu aboneler (örneğin tarımsal sulama aboneleri) ile köy ve yayla gibi kırsal yerleşim yerlerini besleyen dağıtım trafoları aynı ENH üzerinden branşman alarak beslenmektedir. Bu tarz ENH'lar için aynı tip parafudr arızası oluşması senaryosu düşünüldüğünde yine müstakil trafolu tüketicide meydana gelecek bir arıza durumu için tüm köy gruplarının da enerjisiz kalması kaçınılmazdır. OG hat üzerinde oluşan bu arıza, aynı hattan beslenen dağıtım trafolarını da enerjisiz bırakacağı için AG aboneleri de etkilemektedir.

Sahada sık karşılaşılan bu durumların incelenmesiyle müstakil trafolu abonelerde oluşan arıza noktasının sınırlandırılması, yalnızca OG tüketiciler için değil aynı zamanda AG tüketicileri içinde çok önemli olmaktadır. Bu arıza durumuna için çözüm üretmek amacıyla sahada yüksek maliyetli şebeke yatırımları yapılmaktadır. Bu yatırımlara;

- Sık arıza gelen ENH'lar için alternatif besleme yapabilmek amacıyla yeni ENH hatlarının inşa edilmesi,
- Köy ve yayla gruplarının, müstakil trafolu tüketicilerle beraber bağlı bulundukları ENH'lar üzerinden ayrılması için şebekeye yeni MOD ve KÖK binalarının inşa edilmesi,
- Şebekeye en yakın mevcut binadan yeni ENH hatları inşası gerçekleştirilerek hatların ayrılması

gibi yapılan bazı çalışmalar örnek olarak verilebilir. Bu yatırımlar içerisinde kamulaştırma bedelleri, kablo kanalı, işçilik ve her türlü teçhizat (iletken, bina, koruma ekipmanları vs.) giderleri düşünüldüğünde yapılacak bu revize çalışmasıyla yatırımların ötelenebilmesi katma değeri yüksek bir çözüm olacaktır.

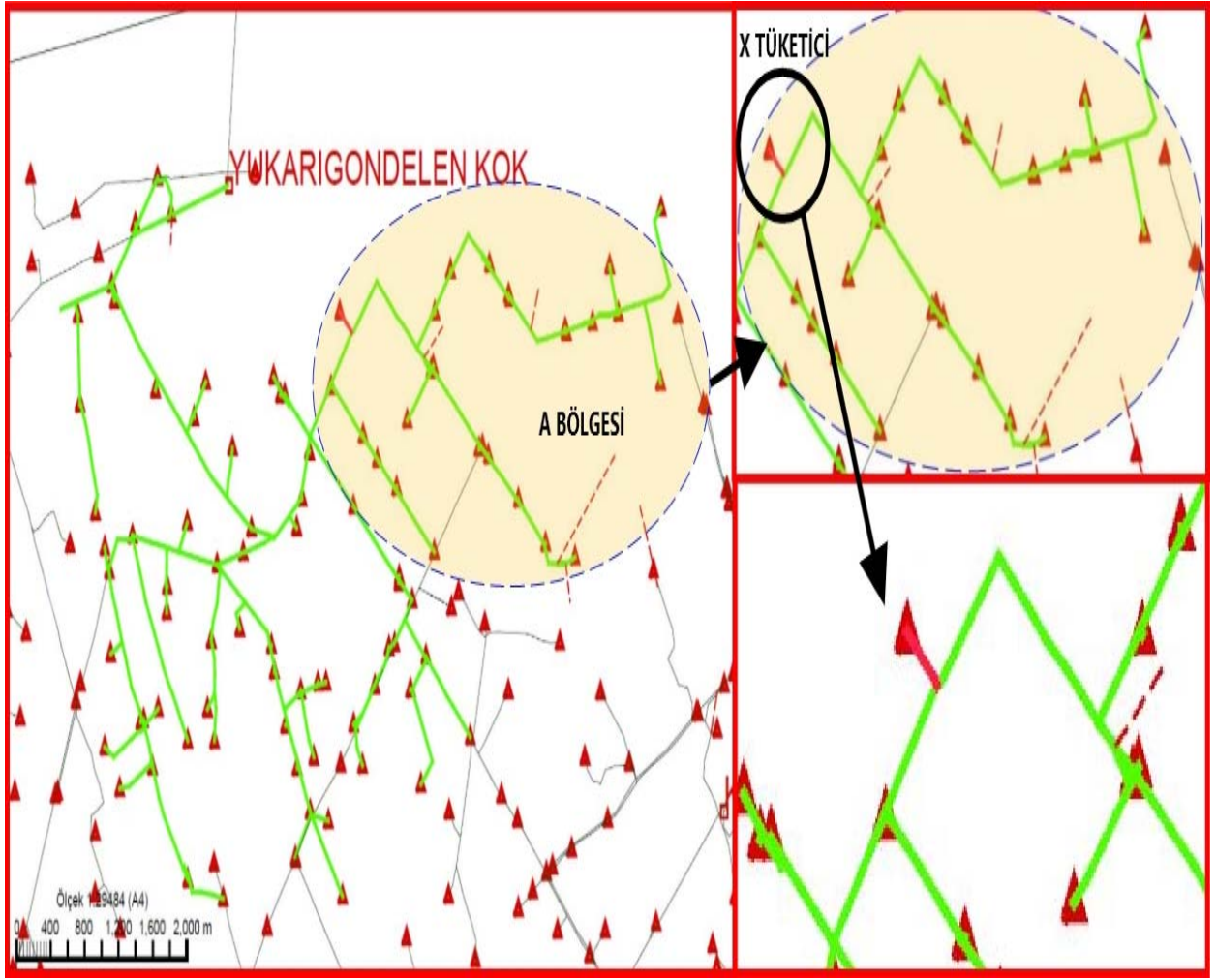
4.2.3. Elektrik şebekesinde arıza meydana gelmesi halinde hedeflenen yeni durum

Arıza veya bakım onarım halinde yeni şebeke durumu bu kısımda modellenmiştir. Modelleme, Şekil 4.4'te belirlenen A bölgesinde bulunan X tüketicisinde oluşabilecek bir arıza veya bakım durumu senaryosu için tasarlanmıştır. Tasarlanan kısıtlılık durumuna ait modelleme Şekil 4.5'te verilmiştir.

Şu an yürürlükte ve geçerli olan tip projeye göre direk tipi trafo tesislerinde parafudrlar hat tarafına montaj edilmektedir. Bu durumda parafudrlarda meydana gelen arızalar dağıtım şebekesini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca parafudrlar üzerinde yapılacak değişim ve bakımda hattın enerjisi kesilerek yapılmak zorundadır.

Revize çalışması sonucu hedeflenen durumun elde edilebilmesi için parafudr bakımı veya arızası şebeke enerjisini etkilememelidir. Yani arıza noktası sınırlandırılmalıdır. Hat tarafında bulunan parafudrun arıza durumunda direk dağıtım şebekesini etkilemesinden dolayı revize çalışması ile montaj yerinin değiştirilerek arızanın sınırlandırılması öngörülmüştür. Geçerli tip projede hat tarafına irtibatlanan parafudrlar yeni durumla birlikte trafo platformu(balkonu) tarafına taşınmıştır. Yeni durum için parafudrların bağlantı yeri ve irtibatları Bölüm 4.5'te işlenmiştir. Bağlantı yeri ise görsel olarak Şekil 4.15' de gösterilmiştir.

Direk tipi trafo tesislerinin branşman noktalarındaki ayırıcı açılarak tüketici tesisinin enerjisi kesilebilmekte ve parafudrlar için yapılacak olan bakım çalışması veya oluşan bir arıza durumu için seksiyoner direğinin fonksiyonundan yararlanılmaktadır. Şöyle ki parafudr arızası durumunda ayırıcı üzerinde bulunan OG sigortasından parafudr arızası sonucu oluşan toprak kaçak akımı geçecektir. Bu durumun sigortanın atmasına sebep olması ile beraber yalnızca ilgili tüketicinin enerjisi kesilecektir. Aynı dağıtım hattından enerji alan diğer OG tüketicilerinin enerjisinin kesilmesi önleneyecektir. ENH hattı üzerinde gerçekleştirilecek bu değişikliğin sağlayacağı avantajlar arıza ve bakım olmak üzere iki başlıkta toplanabilir.



Şekil 4.5. Arıza halinde hedeflenen durum

İlk olarak arıza durumu için, parafudr arızasının akabinde meydana gelecek kısa devre akımı OG sigortasını attırarak dağıtım hattına sirayet etmek yerine yalnızca arızanın olduğu noktadaki ilgili tüketici tesisin enerjisi kesilecektir. Böylece arızaya sebep olan tüketici tesisinin dağıtım şebekesinden ayrılması sağlanır. Tüketici enerji tesisinde arızaya neyin sebep olduğu tesisi üzerinde yapılacak basit bir gözle muayenede bile anlaşılabilir. OG sigortasının attığını belirlemek için üzerine montaj edilen kırmızı ihbar levhasının gözükmemesi yani üzerinde meydana gelen bu renk değişiminden sigortanın atmış olduğu çok kolay bir şekilde anlaşılabilir. Bu durum arıza uzman ekiplerine gelen enerjisi kesintisi ihbarının neden oluştuğunun çok kolay bir şekilde tespit etmesini sağlayacaktır. Önerilen bu yapıyla artık tüm ENH nakil hattının dolaşarak arızalı noktanın tespit edilmeye çalışılmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. Arızalı noktanın tespit edilmesi için ENH hattının dolaşılması için harcanan yakıt gideri, zaman ve iş gücü kaybı bu sayede önlenmiş olacaktır. Bu durum aynı zamanda arıza noktasının tespiti için

alternatif yollar (hattı tekrar besleyerek arıza gelen kısmı sınırlandırmaya çalışmak gibi) tercih edilmeden arızaya müdahale imkânı da sunacaktır. Hat üzerinde bulunan kesici, sigorta ve seksiyonerlerin gereksiz yere kısa devre akımlarına maruz kalmasının önlenmesini sağlayacaktır.

Geliştirilen bu proje ile hat üzerinde arızalı elektrik ekipmanlarının bakım ve değişim çalışmaları için elektrik şebekesinin tamamen enerjisiz kalması önlenerek ilgili abone için gerekli çalışmanın yapılmasına olanak sağlayacaktır. Şöyle ki abonenin tek başına branşman noktasından aldığı enerji kesilebilmekte dolayısıyla enerjinin taşındığı ENH hattı üzerinde ikinci bir kesintiye sebep olmadan arızalı parafudrların değiştirilebilmesine imkân sağlanmaktadır.

Yukarıda bahsedilen iyileştirmeler dağıtım şebekesinde gerçekleştirildikten sonra Şekil 4.5'te örnek olarak ele alınan X tüketicisinde meydana gelen OG parafudr arızası, diğer tüketicilerin kesinti yaşamadan arıza yerinin bulunması ve arızanın giderilmesi için harcanacak işçilik giderlerini azaltacaktır. Bu hat üzerinde yapılan iyileştirme çalışmalarının sonucunda diğer tüketicilerin etkilenmemesi tüketici memnuniyetinin artmasını sağlayacaktır.

Özetle Şekil 4.5'te X noktasında oluşacak arıza durumunda ENH hattı üzerinde belirtilen iyileştirmelerin gerçekleştirilmesi sonucunda elde edilecek kazanımları sıralayacak olursak;

- Can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi,
- Hattan beslenen diğer 88 abonenin gereksiz yere enerjisiz kalmaması,
- Arızanın meydana geldiği noktanın tespitinin kolayca yapılması,
- Arıza ekiplerinin tüm ENH dolaşmak zorunda kalmasının önlenerek iş yükünün azaltılması,
- Mevzuatlar çerçevesinde belirlenen ve kanunlarla korunan kaliteli enerji tedarik ve sürekliliği hedeflerinin gerçekleştirilmesi,
- Elektrik enerjisi üretim tesislerin bu kesintilerden etkilenmemesi,
- Enerji kesintisinin sebep olacağı üretim aksamalarının yaşanmaması,
- Şebekelere yapılan, arıza kaynaklı yüksek maliyetli yatırımların önlenerek fayda maliyeti yüksek diğer şebeke yatırımlarına harcanması,
- Müşteri memnuniyetinin iyileştirilmesi,

sağlanmış olacaktır.

4.3. Parafudr Arızası Sonucu Hatlarda Oluşan Kısa Devre Akımı ve Değerinin Hesaplanması

Bir elektrik tesisi hangi gerilim seviyesinde olursa olsun istenmeyen durumlarla karşılaşılma olasılığına karşı mutlaka koruma ekipmanlarına sahip olmalıdır. Bu koruma ekipmanlarının doğru kriterlerde seçilmesi ve tesisin bu kriterler göz önüne alınarak inşa edilmesi koruma işleminin fonksiyonlarını yerine getirmesinin sağlanması için oldukça önemlidir.

OG seviyelerinde primer ve sekonder koruma ekipmanlarının seçiminde en önemli hususlardan birisi hat üzerinde oluşabilecek kısa devre yerlerinin ve bu esnada hattın akması muhtemel akım değerinin bilinmesi veya öngörülebilmesidir. Seçilecek koruma ekipmanları ise şebekede oluşabilecek en yüksek kısa devre akımını, yük tarafına ve şebekeye yansıtmadan bertaraf edebilmelidir.

Kısa devre akımı değerinin doğru bir şekilde belirlenmesi tesis maliyeti ve güvenliğini doğrudan etkilemektedir. Selektivitenin ayarlanması, teçhizatların doğru konumlandırılması; iç veya dış aşırı gerilimler sebebiyle oluşabilecek kısa devre akımının termik ve dinamik etkilerinden tesisin korunması için ilk adımı oluşturur. Çalışmamızda tip proje üzerinde yer değişikliği yapılan parafudrlar da hatlara düşen yıldırım veya hat üzerinde gerçekleştirilen manevralar esnasında oluşabilecek yüksek gerilim anında bir iletken gibi davranarak ilettime geçer ve hat geriliminin yükselmesine neden olan aşırı gerilimi toprağa iletirken tesiste meydana gelen yüksek akım değerlerinin güvenli bir şekilde toprağa akmasını sağlar. Daha öncede bahsedildiği üzere mevcut olarak kullanılan direk tipi trafo tesislerine ait tip projelerde parafudrlar hat tarafına tesis edilmektedir.

Çalışmanın bu kısmında enerji nakil hatlarında meydana gelen kısa devre akımlarının hesaplanması açıklanacaktır ve gerçekleştirilen kısa devre simülasyonlarına değinilecektir. Kısa devre akımı değerini etkileyen; hattın yük durumu, hattın uzunluğu, iletken karakteristiği gibi parametreler belirlenerek incelenen şebeke, dpPower ve PSS Sincal programları olmak üzere iki farklı simülasyon programı ile simüle edilmiştir. DpPower programı saha ile uyumlu olması ve şebeke yükleri belirlenirken güncel endeks değerlerini sahadan anlık çekebildiği için tercih edilmiştir. Böylece analiz işleminde daha doğru sonuçların elde edilebilmektedir. PSS Sincal programı ise hesaplama metodolojilerinin geliştirmeye açık yapısı sayesinde çeşitli problemlerin çözümünde esneklik sağlaması, mevcut şebeke durumlarının incelenmesi ve en uygun şebeke durumlarının belirlenmesi için yapılan analizlerde kullanılması sebebiyle tercih edilmiştir. Aynı enerji nakil hattı için iki farklı simülasyon gerçekleştirilerek sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır. ENH hatlarında olması muhtemel hata durumları:

4.3.1. Enerji Nakil Hatlarında Meydan Gelebilecek Kısa Devre Çeşitleri

Alternatif akım güç sistemlerinde oluşabilecek arızaların çok büyük bir kısmı dengesiz olup, çok az bir kısmı ise dengelidir. Sistemin normal şartlar altında işletilmesi dengelidir, ancak sistemde bir kısa devre arızası, normal koşulları bozmaktadır (Kakilli, 2013).

Elektrik sistemindeki arızaların çok önemli bir kısmı dengesiz (asimetrik) olup, çok az bir kısmı dengelidir (simetrik). Arızaların pratikte oluşma sıklığı; şebekenin yapısına, çevre şartlarına ve bölgeye göre değişse de sıralama genelde aynıdır. Arızaların tiplerine göre oluşma sıklıkları yapılan bir araştırmaya göre şöyle sıralanabilir (Tür, Aydoğmuş, 2011):

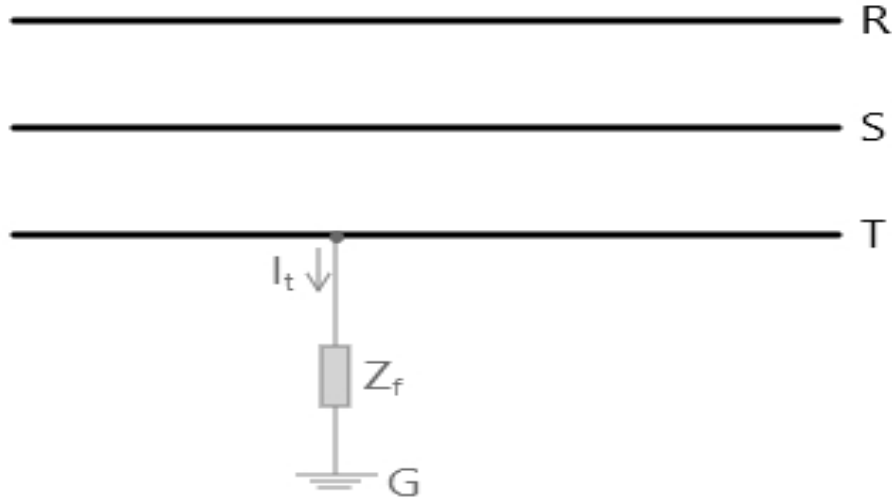
- Üç fazlı simetrik kısa devre arızası %5
- İki faz-toprak kısa devre arızası %10
- Faz-faz kısa devre arızası %15
- Faz-toprak kısa devre arızası %70

Arıza yolu tam temaslı kısa devre denilen arızada sıfır empedansa ya da ark direnci nedeniyle oluşan sıfır olmayan empedansa sahiptir. Enerji nakil hatlarında oluşan arızaların kısa devre harici gelişen diğer çeşidi de iletken kopması, kesicinin bir veya iki fazını yanlışlıkla açması ya da üç fazında açamaması nedeniyle oluşan bir iletken açık ve iki iletken açık durumudur (Erim,2015). Araştırma sonuçlarına göre anlaşıyor ki üç fazlı simetrik kısa devre arızaları enerji nakil hatlarında en az rastlanan kısa devre arızasıdır. Faz-toprak ve faz-faz kısa devre arızaları ise meydana gelme sıklığı en yüksek iki kısa devre arızası olarak görünmektedir.

Bu bölümde enerji nakil hatlarında en sık karşılaşılan iki kısa devre arızası ve kısa devre arıza akımı değeri en yüksek olan üç faz kısa devre arızası açıklanmıştır.

4.3.1.1. Faz-toprak arasında meydana gelen kısa devre durumu

Faz iletkenin doğrudan ya da dolaylı yoldan (herhangi bir empedans üzerinden) toprağa temas etmesi ile faz-toprak kısa devre arızası meydana gelir. Enerji nakil hatlarında en sık karşılaşılan kısa devre arızası türüdür (Erim, 2015; Tür, Aydoğmuş, 2011). Şekil 4.6’da temsili olarak T fazının toprağa temas ettiği arızanın devresi sembolize edilmiştir.



Şekil 4.6. Faz-toprak kısa devre gösterimi

Şekilde 4.6’da; G(ground) toprak, Z_f arıza empedansını ifade etmektedir. Kısa devre arızası T fazından gerçekleştiği için diğer fazlardan arıza akımı akmaz. T fazından akan arıza akımı I_t olarak gösterilmiştir. Sistemin akım ve gerilim değerleri Formül 4.1, Formül 4.2 ve Formül 4.3 kullanılarak hesaplanabilir.

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & r & r^2 \\ 1 & r^2 & r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ I_t \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} I_t \\ I_t \\ I_t \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

$$\begin{bmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & r & r^2 \\ 1 & r^2 & r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ V_S \\ V_T \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

Formül 4.1 ve 4.2 eşitliklerinden ve Z_f empedansı kullanılarak Formül 4.3 elde edilir.

$$V_0 + V_1 + V_2 = Z_f (I_0 + I_1 + I_2) \quad (4.3)$$

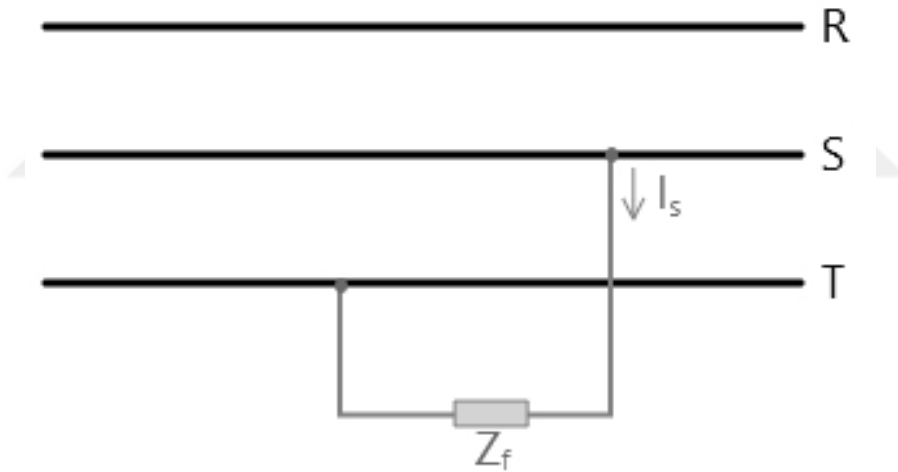
Formül 4.1 eşitliğinden pozitif, negatif ve sıfır bileşen akımları eşittir ve bu üç bileşen akımın toplamından I_t akımına ulaşılmaktadır. Birbirine eşit olan bu akım değerlerini kısa devre empedansı üzerinde oluşacak V_f gerilimini de göz önünde bulundurarak Formül 4.4’teki gibi ifade edebiliriz. Formül 4.1 ve 4.4 eşitliklerinden yararlanarak kısa devre akım değerini Formül 4.5’teki gibi ifade edebiliriz.

$$I_0 = I_1 = I_2 = \frac{V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3Z_f} \quad (4.3)$$

$$I_t = I_0 + I_1 + I_2 = \frac{3V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3Z_f} \quad (4.4)$$

4.3.1.2. Faz-Faz arasında meydana gelen kısa devre durumu

Elektrik iletim ve dağıtım şebekelerinde en çok karşılaşılan ikinci kısa devre arızası faz-faz kısa devre arızasıdır. Faz-faz kısa devre arızası iki iletkenin birbirine temas etmesiyle meydana gelir. Bu duruma canlı çarpılmaları, hatalı manevralar, fırtına veya kaza gibi durumlarda iletkenlerin mevcut konumlarını kaybederek temas etmesi gibi olaylar sebebiyet verebilir. Şekil 4.7’de S ve T fazları arasında meydana gelen faz-faz arızası gösterilmiştir.



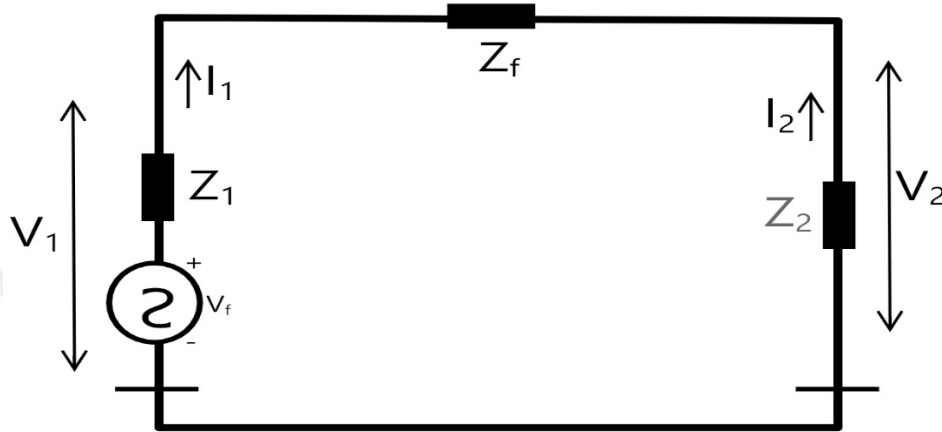
Şekil 4.7. Faz-faz kısa devre arızası gösterimi

Şekil 4.7’de görüldüğü üzere R fazı arızaya dahil olmadığından herhangi bir arıza akımı akmayacaktır. Faz-toprak kısa devre durumunda olduğu gibi arıza durumunda oluşacak empedans Z_f ile gösterilmiştir. S ve T fazlarında oluşan Faz-Faz kısa devresinde, bu iki fazın akımı mutlak büyüklük olarak birbirine eşit iken akım yönleri birbirine terstir. Bu durum Formül 4.5’te belirtilmiştir:

$$\begin{aligned} I_S &= -I_T, I_R = 0 \\ V_{Sg} - V_{Tg} &= Z_f I_S \end{aligned} \quad (4.5)$$

Devrenin akım ve gerilim değerlerinin hesabı için simetrlili bileşenler eşitliğini yazalım:

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & r & r^2 \\ 1 & r^2 & r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ I_s \\ -I_s \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{3}(r - r^2)I_s \\ \frac{1}{3}(r^2 - r)I_s \end{bmatrix} \quad (4.6)$$



Şekil 4.8. Faz-faz kısa devre bileşen devre gösterimi

$$(a^2 - a)V_1 - (a^2 - a)V_2 = Z_f(a^2 - a)I_1 \quad (4.7)$$

$$V_1 - V_2 = Z_f I_1 \quad (4.8)$$

Formül 4.7’de simetrlili bileşenler yönteminin gerilim ifadesinin eşitliğinde yapılan gerilim değerlerinin eşitliği ifadesinden elde edilir. Formül 4.5’te ifade edilen eşitlikten yola çıkarak faz-faz kısa devre durumunda $I_1 = -I_2$ olduğundan Formül 4.9 elde edilir.

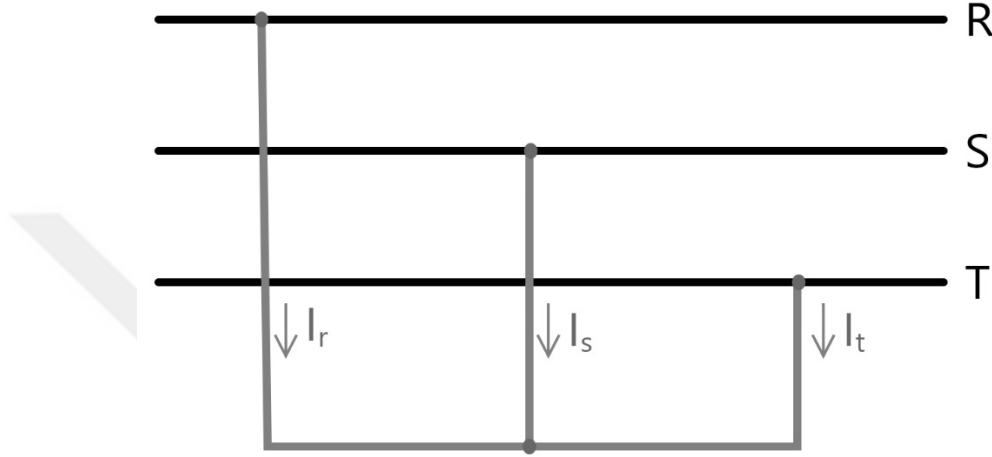
$$I_1 = -I_2 = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \quad (4.9)$$

Formül 4.6’da ki eşitlikte $I_s = (a^2 - a)I_1$ olduğundan arıza akımı değeri Formül 4.10’daki gibi bulunur:

$$I_s = \frac{-j\sqrt{3}V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \quad (4.10)$$

4.3.1.3. Üç Faz Kısa Devre Arızası

Enerji nakil hatlarında en az karşılaşılan hata durumudur fakat bu durumda oluşan kısa devre akımı değeri çok yüksek olması nedeniyle bu çalışmada bu hata tipi incelenmiştir. Üç fazın teması sonucu meydana gelen bu arızada en yüksek kısa devre arıza akımı oluşur. En yüksek arıza akımı bu durumda olduğu için koruma ekipmanlarının seçiminde üç faz kısa devre arıza akımı dikkate alınır. Dış etkenler sebebiyle iletkenlerin birbirlerine değmesi veya iç aşırı gerilimlere sebebiyet verecek yanlış hat manevraları gibi olaylar şebekelerde üç faz kısa devre meydana getirebilir. Bu durum sembolik olarak Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Üç faz kısa devre arızası gösterimi

Üç fazlı kısa devre arızasında faz gerilimleri birbirine eşit ve sıfırdır. Faz gerilimlerinin sıfıra eşit olması ve bileşen devre yöntemi ile gerilim değerinin bulunacağı matrisel form Formül 4.11 ile verilmiştir.

$$\begin{bmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & r & r^2 \\ 1 & r^2 & r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ V_S \\ V_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

$$\begin{bmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ V_f \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

I_R faz iletkeninde meydana gelen iç faz kısa devre akımının değeri olup tüm fazlarda meydana gelen kısa devre akımının mutlak değerleri birbirine eşittir ($I_R = I_S = I_T$). Formül 4.11 ve 4.12 eşitlikleri çözülerek üç faz kısa devre arıza akım değeri sonuç olarak Formül 4.13 ‘te verilmiştir.

$$I_R = \frac{V_f}{Z_1} \quad (4.13)$$

4.3.1.4. PSS SINCAL Kısa devre simülasyonu

Bu kısımda **PSS SINCAL** programında şebekenin kısa devre simülasyonu yapılmıştır. Öncelikle şebekede bulunan envanterler ve karakteristikleri tespit edilmiştir. Bu verilerde bulunan bilgilere örnek olarak;

- İletken uzunluğu,
- İletken kesiti,
- Şebekeyi besleyen trafoların etiket bilgileri,
- Kublaj durumu ve bara bilgileri,

verilebilir.

Ayrıca şebekeden beslenen abonelerin yük profilleri incelenerek şebekenin yüklenme durumu da analiz edildi. Özellikle tarımsal sulama abonelerinin fazla olduğu bu hattın yük durumu yaz aylarının puant yüküne bağlı olarak analiz edilmiştir.

Sahadan elde edilen bu veriler Şekil 4.10'daki gibi PSS Sincal programında modellenmiştir. Dağıtım şebekesinin ana kaynağı trafo merkezleri olduğundan dolayı bu modelleme Ereğli TM'den başlanarak yapılmıştır. Ereğli TM'den itibaren incelenen şebekeye kadar olan kısımda bulunan dağıtım merkezleri ve trafo binaları baralar şeklinde modellemeye eklenmiştir. ENH'tan besli bulunan bölgeler ve yerleşim yerleri ise modellemede yük olarak işlenerek üçgen şeklinde gösterilmiştir. Hatlardan enerji alarak beslenen trafo bölgelerinin bağlantıları ise düğüm noktaları olarak sembolize edilmiştir.

Primer teçhizat seçiminde dikkate alınan değer olan, en yüksek kısa devre akımına sahip üç faz kısa devre sonuçları Şekil 4.11'deki gibi elde edilmiştir. Sonuçlarda görüldüğü üzere ENH'ta meydana gelen üç faz kısa devre arızası durumunda çalışmada incelenen abone grubunun beslendiği barada oluşan kısa devre akımı 1056 Amper olarak elde edilmiştir.

Düğüm Adı	Kısa Devre	S_k'' [MVA]	I_k'' [kA]	I_b [kA]	i_p [kA]
BARA					
	3-Faz Kısa Devre	57,590	1,056	1,056	1,954
	2-Faz Kısa Devre	33,249	0,914	0,914	1,692
	1-Faz Toprak Arızası	0,008	0,000	0,000	1,954

Şekil 4.11 PSS SINCAL Kısa Devre Analizi Sonucu

- > **S_k''** : Başlangıç Kısa Devre Alternatif Gücü
- > **I_k''** : Başlangıç Kısa Devre Akımı
- > **I_b** : Açma Akımı
- > **i_p** : Tepe Kısa Devre Akımı

4.3.1.5. dpPower kısa devre simülasyonu

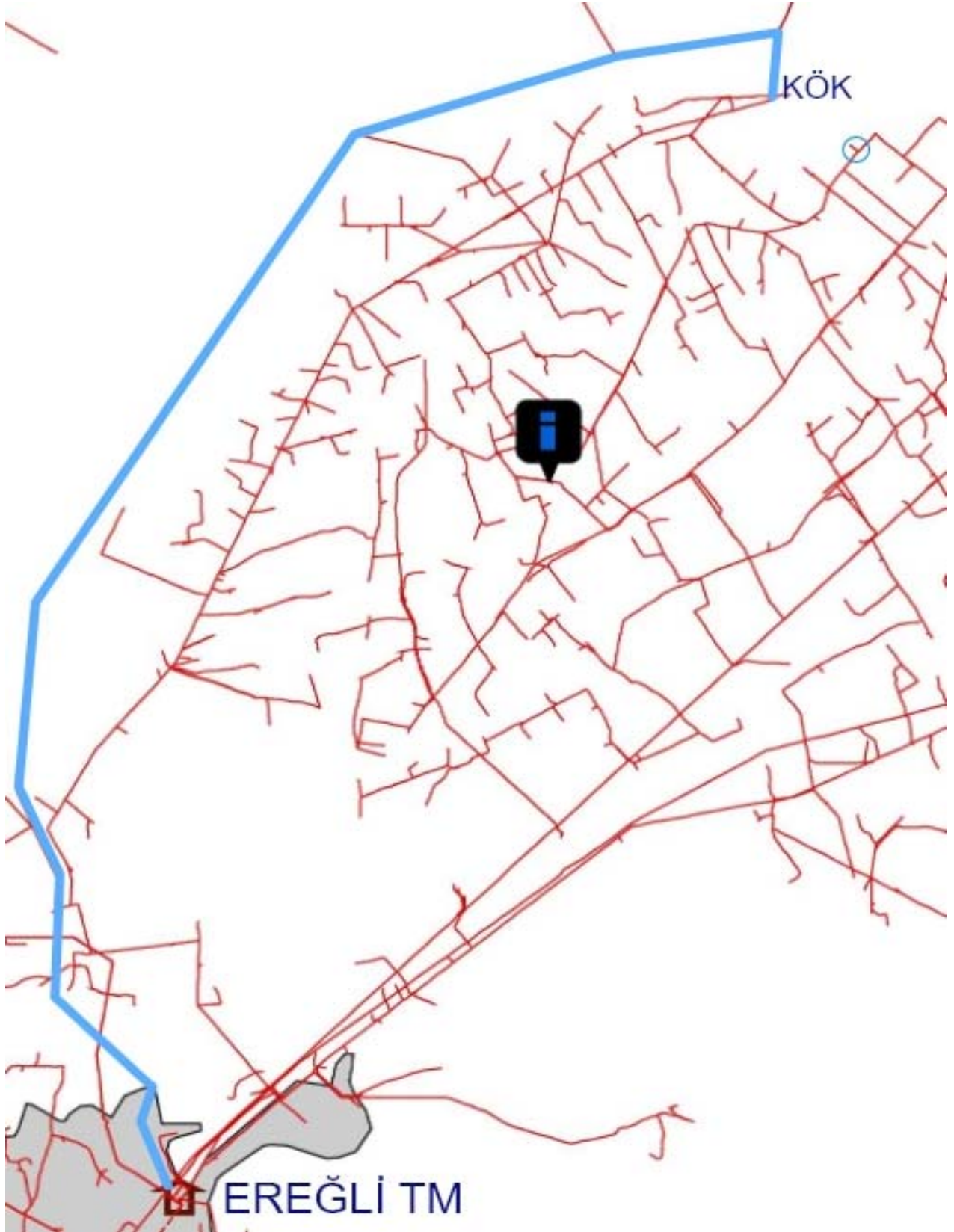
Bu aşamada incelenen şebekenin kısa devre simülasyonu dpPower topoloji programı ile yapılmıştır. İlk olarak abone grubunun beslendiği hat güzergahı belirlenmiştir. Bu şebeke dpPower topoloji programında simülasyon çalıştırmak için işaretlenmiştir. Modelleme işlemini manuel yapmadığımızdan için şebeke envanterleri işaretleme ile birlikte seçilmiş olmaktadır.

Daha sonra şebekede bulunan anahtarlama elemanları normal çalışma durumundaki konumlarına göre ayarlanmıştır. Eğer anahtarlama elemanlarının konumlarının doğru ayarlanmazsa, şebeke kriterleri (yük durumu, besleme güzergahı vb.) değişeceği için simülasyon sonuçları da bu durumdan doğrudan etkilenecektir.

Abonelerin tüketim miktarları yani şebekenin yük durumu ise dağıtım şebekesindeki binalarda bulunan sayaçlardan güncel endeks değerleri alınarak dpPower programına işlenmiştir. Endeks değerleri yine puant zamanına denk gelen yaz aylarında anlık olarak çekilerek simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Şekil 4.12'de Ereğli TM'den itibaren tüketicinin bağlı bulunduğu son binaya (KÖK binasına) kadar olan ENH gösterilmiştir. Kısa devre arıza senaryolarına göre simülasyon

yapılmıştır. Üç faz kısa devre arızası halinde barada meydana gelen kısa devre arıza akım değeri ise Tablo 4.1 'deki gibi elde edilmiştir.



Şekil 4.12 dpPower kısa devre analizi yapılan şebeke

Tablo 4.1 Abone için dpPower kısa devre analizi sonucu

Obje tipi	Gerilim (V)	Gerilim Düşümü (%)	Ani yük gerilim düşümü(%)	Ik3 (A)	3-Faz kısa devre görünür güç (kVA)
İstasyon Barası	30580	2,92	0,2	1186	67982,8

Tablo 4.1 incelendiğinde barada meydana gelen kısa devre arıza akımı değeri 1186 amperdir.

PSS SINCAL programında dağıtım hattı özellikleri ve yük profilleri verilerine dikkat edilerek modellenen şebeke için elde edilen kısa devre arıza akımı ile güncel endeks değerleri ve sahadaki envanterlerin birebir kullanılarak analiz yapılan dpPower programından elde edilen kısa devre arıza akımı sonuçlarının yakın olması simülasyonların uyumunu göstermektedir. Ayrıca bu sonuçlar; PSS SINCAL programı ile yapılan modellemede sahada ki envanterlerin ve şebeke yükünün programa doğru işlendiğini anlatmaktadır.

Sonuç değerleri incelendiğinde ve kısa devre akımı değerleri için yapılan tanımlarda bahsedildiği üzere şebekede kaynağa yaklaştıkça kısa devre akım değeri artmaktadır. Koruma işlemini kaynağa yakın yerden başlatarak, kısa devre akımlarının maksimum değerine dayanacak şekilde gerçekleştirmek arıza kaynaklı maddi ve manevi zararları en aza indirecektir.

Kaynağa en yakın noktada koruma işlemi yapmak önem arz ettiğinden yapacağımız çalışmada parafudr korumasını trafoya yaklaştırarak gereken avantaj sağlamıştır.

4.4.Maliyet Hesapları

Elektrik şebekelerinde meydana gelen OG parafudr arızalarının etkilerini önlemeyi hedefleyen bu çalışmada maliyet durumu değerlendirilirken iki farklı durumda bu konu incelenmiştir.

İlk durumda şebekelerde meydana gelen arızalar tedarik sürekliliğini aksattığından dolayı bir tahakkuk (faturalandırma) kaybının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Tedarik sürekliliğinin sağlanamamasından dolayı meydana gelen ve mevzuatlarca belirlenmiş tazminat miktarları da şirketler için ekstra bir gider kalemi olarak maliyet hesaplarında yer almaktadır. Ayrıca bu kayıp tüketicinin üretim alanında kullanması gereken elektrik enerjisi kullanamaması anlamına gelmektedir. Seri üretim yapan ve özellikle hassas hammaddelerin işlenerek kullanıldığı üretim tezgahlarında kesintinin meydana gelmesi, yüksek maliyetli üretim kayıplarına ve hammadde zararına yol açmaktadır. Bu durum üreticiye büyük zararlar vermektedir. Aynı zamanda faturalandırma ile tüketiciden tahsil edilecek tutar ile devletin ve

tedarik şirketinin kasasına giren gelir olumsuz etkilenmektedir. Milli ekonomiyi olumsuz etkileyen bu durum, enerji sektöründe istihdam edilen personel içinde zarar olarak yansımaktadır.

İkinci durumda incelenecek konu meydana gelen arızalarda şebeke ve yük tarafında oluşan maddi zararlardır. Bu bölüme teknik kısımda oluşan zararlar da diyebiliriz. Özellikle OG seviyede uzun enerji nakil hatlarında meydana gelen arızaların şebekede bulunan KÖK, DM, ADM ve TM'ye sirayet etmesi durumunda elektriksel teçhizatların zarar görmesiyle yüksek maliyetli zararlar meydana gelmesine sebep olmaktadır. Öncelikle arıza noktasının tespit edilebilmesi için enerji nakil hattı üzerinden bulunan dağıtım noktalarında sekonder koruma yapılmışsa rölelerden faydalanarak arıza konumu sınırlandırılabilir. Sekonder korumanın yapılamadığı özellikle eski tarihlerde inşa edilmiş elektrik şebekelerinde arıza konumu tekrar besleme yöntemiyle sınırlandırılmaya çalışılırsa kısa devre akımları meydana gelerek teçhizatlara ve bağlı bulunan yüke (yüksek güçlü elektrik motorları gibi) kalıcı hasarlar verilmesine neden olabilir. ENH üzerinde bulunan elektriksel ekipmanların bozulması durumunda genellikle kullanılan ekipmanlar özelliklerini kaybettiğinden dolayı tamiri mümkün olmayan arızalara neden olarak ancak yenisiyle değiştirilmesi ile arıza giderilebilmektedir.

Şebekede arıza tespitinin yerinin ve neden kaynaklandığının doğru ve kısa sürede tespit edilmesi çok önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Uzun mesafeli ENH'larda arıza tespiti için harcanan süre, kaybedilen iş gücü, arıza yerinin tespiti için ENH boyunca gezilmesi sonucu ortaya çıkan yakıt ve araç giderleri, arıza tespitinde yapılan tekrar beslemelerden kaynaklı yaşanan olumsuz durumlar göz ardı edilemeyecek kadar yüksek ekonomik gider kalemlerine sebep olmaktadır.

Elektrik teçhizatlarının imal standartlarına ve yapım malzemelerine göre bir ekonomik ömrü vardır. Şebekede yaşanan; kısa devre arızaları, yüksek gerilimler, yanlış anahtarlama gibi istenmeyen durumlar ekipmanların teknik ömürlerinin beklenenden çok daha kısa sürede bitmesine neden olur. Burada yapılan bakım ve yenileme çalışmaları da ekstra maddi masraflar yapılmasına yol açar.

Arızalardan kaynaklı oluşan problemler nedeniyle binalarda öngörülen sürelerden önce yapılan hücre yenilemesi, yeni direklerin ve koruma ekipmanlarının tesis edilmesi, şebeke çalışmaları da milli ekonomiyi olumsuz etkilemekte ve fayda maliyet durumunu negatif yönde etkilemektedir.

Elektrik arızalarından dolayı fazla abonelerin etkilendiği şebekeler için yapılan yatırımlarda kullanılan envanterlerin birim fiyatları TEDAŞ tarafından belirlenmektedir.

Şebeke yatırımlarının birim fiyatlar üzerinden maliyetini değerlendirebilmek için Excel makro ile bir program oluşturulmuştur. Bu programın Şekil 4.13'te verilen ara yüzünde dağıtım şebekelerinde yapılan yatırımlarda sık kullanılan envanterler verilmiştir. Bu ara yüz tasarlanırken yer verilen bölümlerde;

- **Dağıtım trafoları:** Bina tipi ve direk tipi olarak
- **ADM/DM/KOK/TR binaları:** Dağıtım şebekelerinde kullanılan bina tipleri
- **Havai şebeke:** AG şebekeler kesitlere göre yeşil renkte, müşterek hatlar sık kullanılan kesitleri belirtilerek mavi renkte, ENH'lar tek devre ve çift devre olarak sık kullanılan kesitleri siyah renkte son olarak yatırım kapsamında sahadan sökülen mevcut hatta sarı renkli demontaj olarak işlenmiştir. Ayrıca bu kısımda direklerin beton ve direk olma durumları, tesisin bulunduğu bölgenin buz yükü seviyesi de maliyet durumunu belirleyen kriterler olarak seçilmesi sağlanmıştır.
- **Yeraltı şebeke:** Özellikle şehir merkezi ile ilgili yatırımlarda kullanılan yer altı şebekelerin sık kullanılan kesitleri verilmiştir. AG hatlar için yeşil renk, OG hatlar için kırmızı renk kullanılmıştır. Bu bölümün alt kısmında yer altı yatırımları için gereken kablo kanalı maliyeti, özellikle karayolları geçişlerinde tercih edilen yatay delgi işlemi maliyeti, TM fider çıkışlarında yer alan beton galeri yapımı ve yer altı aydınlatma yatırımı maliyeti,

seçenekleri ayrı ayrı eklenerek işlenmiştir.

DAGITIM TRAFOLARI	HAVAI SEBEKE	YERALTI SEBEKE	
☐ Direk_Tipi_50 ☐ Direk_Tipi_100 ☐ Direk_Tipi_160 ☐ Direk_Tipi_250 ☐ Direk_Tipi_400 ☒ Direk ☐ Bina	☒ 3A+R/P ☐ 4P/R ☐ ALPEK ☐ SW + (3A+R/P) ☐ 3/0 + (3A+R/P) ☐ SWALLOW TEK ☐ 3/0 TEK ☐ 3/0 ÇİFT ☐ 477 TEK ☐ 477 ÇİFT ☐ DEMONTAJ	☐ 3 X 70 + 35ş - CU ☐ 3 x 120 + 70ş - CU ☐ 3 x 185 + 95ş - CU ☐ 3(1 X 95ş / 16) - CU ☐ 3(1 X 120ş / 16) - CU ☐ 3(1 X 150ş / 25) - CU ☐ 3(1 X 240ş / 25) - CU ☐ 3 X 150 + 70ş - AL ☐ 3 X 185 + 95ş - AL ☐ 3 X 240 + 120ş - AL ☐ 3(1 X 150ş / 25) - AL ☐ 3(1 X 185ş / 25) - AL ☐ 3(1 X 400ş / 25) - AL ☐ AYDINLATMA (KANAL DAHİL) ☐ KABLO KANALI ☐ YATAY DELGI ☐ BETON GALERİ	☒ Beton ☐ Demir ☐ 3. Buz Yuku ☐ 4. Buz Yuku

3(1 X 400ş / 25) - AL

Miktar

1 2 3

Ekle

Şekil 4.13. Yatırım maliyet hesaplama programı ara yüzü

Maliyet hesaplama programı ara yüzünde yapılan seçimler maliyet bilgileri ile birlikte Şekil 4.14’te verilen çıktı ekranına aktarılmaktadır. Şekil 4.14’te verilen çıktı ekranında;

- **Envanter:** Dağıtım şebekesinde yatırım planında bulunan envanter ismini
- **B.Y.:** Yatırım yapılan bölgenin buz yükü bölgesinin değerini
- **2019/BF:** 2019 TEDAŞ listesinde belirlenen birim fiyat tutarını
- **Miktar:** İletkenler için kilometre(km) diğer envanterler için adet türünde değeri

ifade edilmektedir.

Şekil 4.14’de bahsedilen tesislere harcanacak yatırım tutarlarının yüksek tutarda oldukları görülmektedir. Şebeke yatırım ihtiyacı doğuran elektrik arızaları gibi unsurları en aza indirdiğimizde, arıza kaynaklı yapılan yatırımlar diğer şebeke problemleri ve bakım maliyetleri

için planlanarak milli ekonomiye katkı sağlanabilir ve maddi harcamalar daha faydalı çalışmalara yönlendirilebilir.

ENVANTER	B.Y	2019/BF	MİKTAR
Direk_Tipi_100		84.000,00 TL	1
Direk_Tipi_160		90.000,00 TL	1
Direk_Tipi_250		108.000,00 TL	1
Direk_Tipi_400		120.000,00 TL	1
Bina_Tipi_630		84.000,00 TL	1
Bina_Tipi_1000		90.000,00 TL	1
Bina_Tipi_1250		102.000,00 TL	1
TİP 1A		36.000,00 TL	1
TİP 1B		42.000,00 TL	1
TİP 1C		50.000,00 TL	1
TİP 2H		50.000,00 TL	1
MOD 5A		276.000,00 TL	1
MOD 5B		336.000,00 TL	1
Hucre		30.000,00 TL	1
3A+R/P BETON	3	105.000,00 TL	1
4P/R BETON	3	95.000,00 TL	1
ALPEK BETON	3	210.000,00 TL	1
SW + (3A+R/P) BETON	3	120.000,00 TL	1
3/0 + (3A+R/P) BETON	3	140.000,00 TL	1
SWALLOW TEK BETON	3	110.000,00 TL	1
3/0 TEK BETON	3	145.000,00 TL	1
3/0 ÇİFT BETON	3	220.000,00 TL	1
477 TEK BETON	3	200.000,00 TL	1
477 ÇİFT BETON	3	280.000,00 TL	1
DEMONTAJ BETON	3	45.000,00 TL	1
AYDINLATMA (KANAL DAHİL		215.000,00 TL	1
KABLO KANALI		230.000,00 TL	1
YATAY DELGİ		1.000.000,00 TL	1
3 x 120 +70ş - CU		350.000,00 TL	1
3 x 185 +95ş - CU		435.000,00 TL	1
3 X 150 +70ş - AL		155.000,00 TL	1
3 X 185 +95ş - AL		165.000,00 TL	1
3 X 240 +120ş - AL		175.000,00 TL	1
3(1 X 95ş / 16) - CU		185.000,00 TL	1
3(1 X 120ş / 16) - CU		210.000,00 TL	1
3(1 X 150ş / 25) - CU		250.000,00 TL	1
3(1 X 240ş / 25) - CU		330.000,00 TL	1
3(1 X 150ş / 25) - AL		135.000,00 TL	1
3(1 X 185ş / 25) - AL		140.000,00 TL	1
3(1 X400ş / 25) - AL		190.000,00 TL	1

Şekil 4.14. Envanter maliyet bilgileri

Ayrıca yapılan bu revize çalışmasının mevcut trafo tesislerinin üretim ve tesis aşamasına getirdiği ek bir maliyet yoktur. Hali hazırda geçerli tip projesinde de kullanılan trafo balkonuna parafudrların taşınması planlandığı için tesis ve imalat aşamasında ekstra bir maliyet oluşturmamaktadır.

Bu kısımda incelenen durumlar projenin uygulanabilirliği açısından olumlu bir kriter olarak değerlendirilerek fayda maliyet analizinde önemli bir avantaj sağlamaktadır. Çalışma sonucunda ek bir maliyet olmadan, parafudr kaynaklı arızaların doğurduğu maddi kayıpların en aza indirilmesi öngörülmektedir.

4.5.Tip Projesi Tasarımı

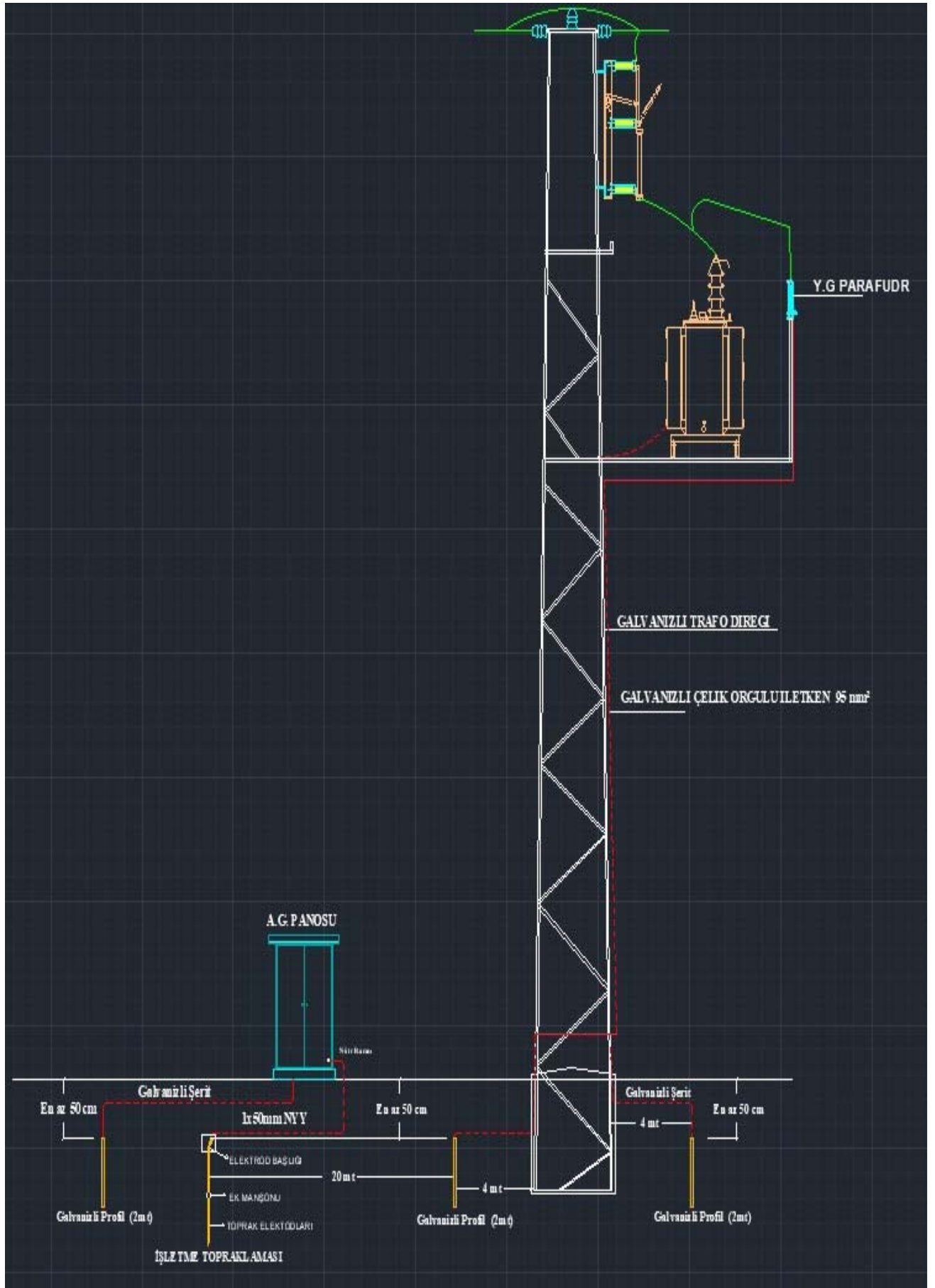
Şebekelerde meydana gelen parafudr arızaların meydana getirdiği kalıcı arızaların şebeke üzerinde sebep olduğu olumsuz etkilerini azaltmak için hali hazırda geçerliliğini koruyan tip projesi üzerinde yapılması gereken revize çalışması Şekil 4.15’de sunulmuştur.

Trafo platformuna (balkonuna) yerleştirilecek olan parafudrun bağlantısı, hattan gelen enerjinin OG sigortalardan geçerek trafoyu enerjilendirdiği iletkenle bağlanmasıyla yapılacaktır. Geçerli tip projesine göre parafudrun yeni durumu; hat tarafında değil trafo tarafına tesis edilmesi şeklinde açıklanabilir. Hali hazırda trafo için platform tesis edildiğinden parafudrun yeni yeri için ekstra bir maliyet ortaya çıkmayacaktır.

Bu çalışmada parafudr yerinde yapılan değişiklik ile arıza durumları değerlendirilmiştir. Trafo balkonuna alınan parafudr yeni konumunda meydana getireceği bir arızada oluşacak kısa devre durumunda OG sigorta enerjiyi kesecektir. Sigortada meydana gelen hasardan dolayı arıza noktasının yeri de kolayca tespit edilebilecektir.

Trafo platformuna tesis edilecek parafudrlar için öngörülen emniyet mesafesi sorunları için ise; OG hatlarda emniyet mesafesi açısından parafudr yeni yerinin bir risk teşkil etmeyeceği görülerek çözülmüştür.. Müşterek hatlar için ise parafudrun yeri AG şebekenin bir sonraki direğine kadar yer altından giderek havai hatta bağlanması yapılarak karşılaşılabilecek sorun çözüme kavuşturulmuştur.

Parafudrların deformesi sonucu meydana gelen abone arızalarında ise elektrik şebekesine oluşan arıza yansımayaacağından diğer aboneler bu oluşan arızadan etkilenmemiş olacaktır. Elektrik arızasının bu şekilde sigortaların seçicilik özelliği kullanılarak oluşan ve oluşması muhtemel arızalara müdahale süresini de kısaltmaktadır.



Şekil 4.15. Revize edilmiş direk tipi trafo tesisi tip projesi çizimi

Ayrıca Bölüm 4.3.1’de açıklandığı ve kısa devre simülasyon sonuçları ile Şekil 4.10’da gösterildiği üzere kısa devre akımlarının kaynağa yakın noktada en üst seviyede olduğu görülmüştür. Elektrik tesislerinde meydana gelebilecek en yüksek arıza akımı koruma ekipmanlarının seçiminde referans alınmaktadır. Arıza noktası ve arıza akımı arasındaki ilişkiden dolayı kaynağa en yakın noktada yapılacak koruma işlemi, arıza durumlarında en başarılı sonuçları elde etmek için önemlidir.

Dağıtım trafolarında parafudrun montaj yeri ile ilgili yaptığımız revize çalışmasının uygulanabilirliği açısından iletim seviyesindeki trafolarla parafudrun montaj yeri ile ilgili incelemeler yapılmıştır. Yerinde yapılan saha incelemeleri neticesinde TEİAŞ’a ait trafo merkezlerinde (380/154 kV güç trafolarında) parafudrun montaj yerlerinin yaptığımız revize çalışmasıyla benzer olduğu tespit edilmiştir. Yani YG parafudrlarının trafo merkezlerindeki yeri trafo buşinglerine hattın bağlandığı yerdedir. Trafo merkezine gelen şebeke tarafında direk bağlı değil, trafonun buşinglerinin bulunduğu tarafta trafoya emniyet mesafelerine uygun en yakın noktaya tesis edilerek irtibatlıdır. Açıklaması yapılan bu durum KONYA 4 TM ‘den çekilmiş olan Şekil 4.16’da verilmiştir. Bu bilgiler ışığında iletim seviyesindeki güç trafolarında parafudrların tesislerdeki konumu ile tasarlanan revize çalışmasında dağıtım seviyesindeki trafolar için parafudrun tesisteki konumunun örtüştüğü görülmektedir.



Şekil 4.16. KONYA 4 TM Güç trafosu parafudr bağlantısı

4.6. Yapılan Çalışmaya Ait Elde Edilen Sonuçların Saha Pilot Uygulaması

Teknik analiz ve değerlendirmeler sonucu elde edilen veriler ışığında çalışmanın sahada pilot uygulaması gerçekleştirilmiştir. Burada amaç hem projenin saha uygulaması yapılarak sonuçlarını incelemek hem de çalışmanın şebeke isterlerine göre değerlendirmesini yapmaktır. Ereğli bölgesinde pilot uygulama için seçilen tüketici; sık sık parafudr arızası yaşamakta ve beslendiği hatta elektrik kesintilerine sebebiyet vermektedir. Şebeke kısıtlıklarından ve çevresel şartlardan dolayı bu arızayı sık yaşadığı görülen tüketicinin direk tipi trafo tesisinde bulunan parafudrlar hat tarafından trafo tarafına alınmıştır. Tüketicinin enerji aldığı dağıtım hattından aynı zamanda 22 adet direk tipi trafo tesisi bulunan tüketicide beslenmektedir.

01.01.2019 ile 01.08.2019 tarihleri arasında 4 kez parafudr arızası yaşayan tüketici, yaşanan her parafudr arızasında beslenen diğer tüm tüketicilerin enerjisiz kalmasına sebebiyet vermektedir (Call-US 2019). 2019 yılı ağustos ayı itibariyle yapılan pilot uygulama sonucu abonede 2020 yılı ağustos ayına kadar herhangi bir parafudr arızası meydana gelmemiştir. Yapılan saha pilot uygulamasının ve elektriksel ekipmanların yeni bağlantı yerleri farklı açılardan Şekil 4.18 ve Şekil 4.19 da görselleri verilmiştir.

Pilot uygulama yapılan tüketicide önceki durumda meydana gelen bu 4 parafudr arızasında oluşan şebekeye maliyeti:

➤ **Yakıt masrafı:** Tüketicinin arıza ekibi ofisine uzaklığı 15 km'dir. Arıza noktasına gidiş ve dönüş uzaklığı 30 km olup 4 kere arızanın yaşandığı tespit edildiği için harcanan yakıt masrafı 96 ₺.

➤ **Tahakkuk zararı:** 2019 yılı için parafudr arızası incelenen tüketicinin bölgesindeki direk tipi trafolu tesisi olan abonelerin kurulu güçlerinin ortalaması 100 kV'dır (MBS, 2019). Tüketicinin arızaları nedeniyle şebekede sebebiyet verdiği kesinti süresi toplamda 2 saat 40 dakika 33 saniye olarak kayıtlara geçmiştir (Call-US,2019). Kesinti süresinin gün cinsinden değeri 0.11'dir. OG abonelerinin ağırlıklı tarifesi ticarethane olduğu için mevzuatlarca tahakkuk hesabında belirlenen tarife grubuna göre tüketim saati değeri 8 saat olarak alınmıştır. Son olarak ticarethane tarifesinin 2019 birim fiyatı değeri EPDK tarafından yayımlanan nihai tarife tablosunda 62 kr/kwh olarak belirlenmiştir. Tüketicinin bağlı bulunduğu şebekede OG abone sayısı 22 adettir.

Tüketicinin parafudr kaynaklı arızalarından dolayı tahakkuk yapılamayan elektrik enerjisinin bedeli formül 4.1 kullanılarak;

$$\text{➤ Tahakkuk Zararı (₺)} = SG \times KS \times TS \times BF \times AS$$

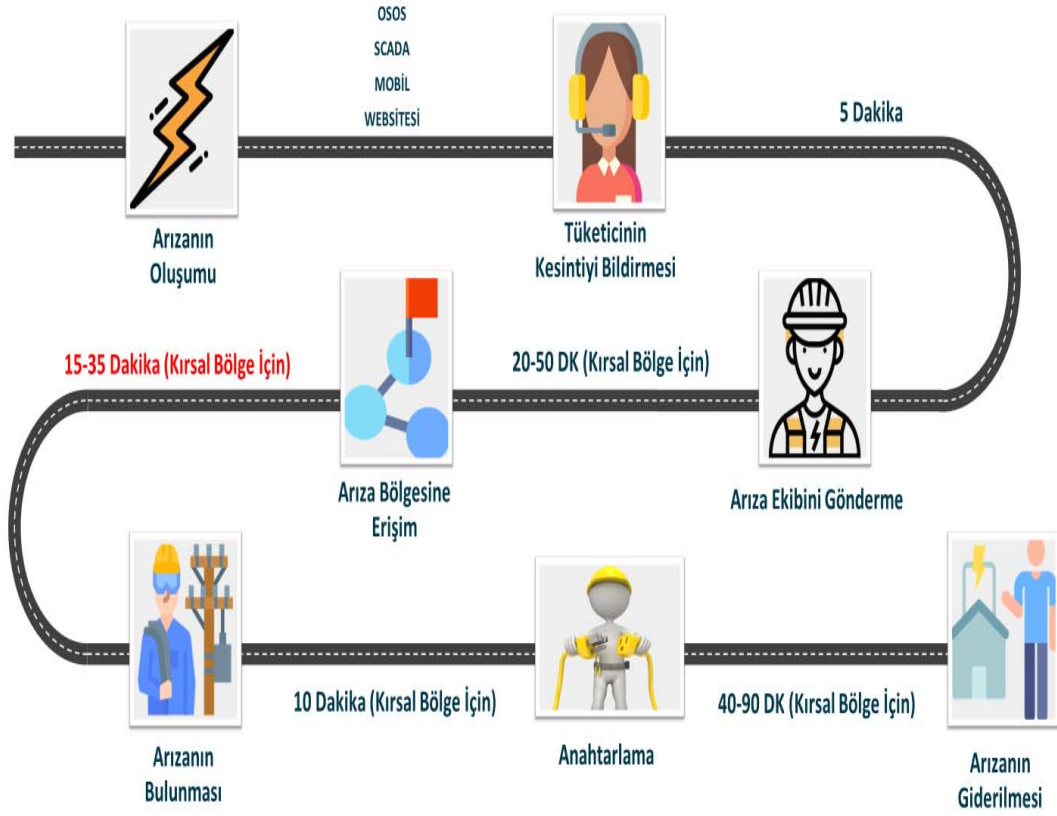
$$\text{Tahakkuk Zararı (₺)} = 100 \times 0,6 \times 0,11 \times 8 \times 62 \times 22 = 72.019,2 \text{ ₺}$$

➤ **Onarım Bedeli:** 2019 yılı parafudr malzeme, montaj, demontaj bedelleri TEDAŞ birim fiyatları listesinde belirtilmektedir. TEDAŞ 2019 birim fiyatlar listesinde malzeme 148,64₺, montaj 376₺, demontaj 151,26₺ olarak belirlenmiştir. Tüketicinin parafudr onarım sayısı ise 4'tür. Parafudr kaynaklı arızaların onarım bedeli formül 4.2 kullanılarak;

$$\begin{aligned} \text{Onarım Bedeli (₺)} &= (\text{Malzeme} + \text{Montaj} + \text{Demontaj}) \times OS \\ \text{Onarım Bedeli (₺)} &= (148,64 + 376 + 151,26) \times 4 = 2.703,6 \text{ ₺} \end{aligned}$$

Pilot uygulama için seçilen tüketicinin parafudr kaynaklı bu arızalarının şebekeye maliyeti 74.828,8 ₺ olarak kayıt edilmiştir. Maliyet durumuna ek olarak uzman ekiplerin bu zamanda harcadıkları iş gücü kaybı ve arıza noktasında meydana gelen can ve mal güvenliği riski de bulunmaktadır.

Belirlenen elektrik hattından enerji alan tüketiciler için ve tedarik şirketi açısından yapılan bu çalışma ekstra bir maliyet gerektirmeden parafudr arızasını çözüme kavuşturmuştur. Olası bir parafudr arızasının belirlenen pilot uygulamada yaşanması durumunda OG sigortanın atarak enerjiyi keseceği ve sadece aboneyi enerjisiz bırakacağı öngörülmüştür. Abonenin enerjisiz kaldığı yönündeki ihbarı neticesinde parafudr arızası giderilerek hattı etkileyen noktada kısa süreli bir elektrik kesintisi alınarak OG sigortanın değiştirilmesi ile giderilebilecektir. Burada meydana gelen maddi zarar yalnızca OG sigortanın güncel piyasa değeri olarak düşünülmüştür. Bu durum uzman ekiplerin iş yükünü önemli ölçüde azaltmıştır. Arıza noktası tespiti için geçen sürede böylece arıza bölgesine ulaşılmasıyla eş zamanlı olarak sonuçlanmıştır. Parafudr arızasından dolayı kaynaklanan onarım süreci Şekil 4.17'de gösterilmiştir. Arıza ihbarının sisteme düşmesi ile onarım tamamlanarak anahtarlanmanın yapılması için gerçekleşen aksiyonlar sürelerle bağlı olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Arıza onarım süreçleri

Şekil 4.17 de gösterilen arıza durumunda ki süreç çizelgesinde yapılan çalışma ile kırmızı fontla belirtilen, arıza bölgesine uzman ekiplerin erişmesinden sonra arıza bulunması arasında geçen süre ortadan kaldırılmıştır. Böylece arıza onarımı için kayıt kapatmaların sonucunda elde edilen onarım süresi maksimum 90 dakika iken yeni durumda 60 dakikaya çekilmiştir.



Şekil 4.18. Saha pilot uygulaması parafudr yeni irtibatları



Şekil 4.19. Saha pilot uygulaması

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Her geçen gün kompleks bir yapıya dönüşen şebekelerde istenmeyen durumların başında elektrik arızaları gelmektedir. OG seviyesinde ki dağıtım şebekelerinde meydana gelen arızaların maddi ve manevi birçok olumsuz etkileri vardır. Bu etkilere örnek olarak; can ve mal kayıpları, tahakkuk zararları, iş yükü artması, milli ekonominin zarara uğraması verilebilir. Elektrik arızalarının olumsuz etkilerini en aza indirmek için koruma ekipmanları tesis edilir. Bu ekipmanların temini ve tesisi için şebekeler tip projelere göre planlanmaktadır.

Bu tez çalışında Konya ili Ereğli ilçesi çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Ereğli ilçesinde 2018 yılında 1952 adet, 2019 yılında 2187 adet direk tipi trafo tesisi bulunmaktadır (MBS). Direk tipi trafo tesislerinin yer aldığı dağıtım şebekesinde meydana gelen kalıcı OG arızaları incelendiğinde; 2018 yılında gerçekleşen 563 OG arızanın 55 tanesinin, 2019 yılında gerçekleşen 508 OG arızanın 68 tanesinin parafudr kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Direk tipi trafo tesisi sayısında bir yıl içerisinde gerçekleşen %13,66'lık artış parafudr arızalarında %3'lük bir artışa sebebiyet verdiği görülmüştür (Call-Us). Ayrıca bu parafudr kaynaklı arızaların şebekeye tahakkuk zararı ve onarım maliyeti olarak; 2018 yılında 1.398.505,54 Türk lirası, 2019 yılında ise 2.024.613,93 Türk lirası şeklinde yansıdığı Bölüm 4.1'de hesaplanmıştır.

Bölgesel verilerin toplanması ve arıza sayılarının incelenmesinden sonra incelenen şebekenin modellenmesi yapılmıştır. Dppower ve PSS Sincal programlarıyla şebeke modellenerek kısa devre arızası simülasyonları yapılmıştır. Yapılan analizler sonucu şebekeyi besleyen kaynak noktasında kısa devre arıza akımının en yüksek olduğu görülmüştür. Kısa devre arızası senaryolarında ilgili abonenin beslendiği barada üç faz kısa devre akımı arızasının en yüksek değerde olduğu ve bu değer 1056 Amper ölçüldüğü sonuç ekleriyle sunulmuştur.

Elektrik arızalarından çok sayıda abonenin etkilenmesi veya arızaların elektriksel envanterleri kullanılamaz hale getirmesi şebekeye yatırım yapılmasını gerektirmektedir. Yapılacak yatırımların büyük ölçekli ekonomik giderlere sebebiyet verdiği TEDAŞ birim fiyatları üzerinden hesaplanarak yatırım envanterlerinin bulunduğu Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Kısa devre simülasyonu için incelenen şebekede bulunan müstakil trafolu tesislerin sebebiyet verdiği arızalardan dolayı köy besleme gruplarının ve diğer müstakil trafolu tesislerin ayrıştırılması ile ilgili ENH yatırımı 2021 yılı için tedarik şirketi tarafından planlanmıştır. Planlanan bu yatırım tutarı yaklaşık 615.000 Türk lirasıdır (YTS, 2020). Proje aşamasında meydana gelecek keşif artışları ile birlikte bu yatırım tutarı daha yüksek rakamlara ulaşacaktır. Yatırımların ötelenebilmesi ve parafudr arızalarının önlenmesi için direk tipi trafo tesisleri tip projesinde revize çalışması yapılmıştır. Teknik hesaplamaların derlenmesi ve ilgili

yönetmeliklerde belirtilen emniyet mesafelerinin incelenmesi ile tip projesinde yapılan revize çalışması autoCAD programında çizilerek Şekil 4. 15'te gösterilmiştir.

Tasarımı yapılan yeni tip projenin pilot uygulaması sahada başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulama için, 2019 yılının ilk 8 ayında 4 kez parafudr arızası yaşayarak şebekeye 74.828,8 Türk lirası maliyete sebebiyet veren direk tipi trafolu tesis aboneli seçilmiştir. Yapılan revize çalışmasının abonenin meydana getirdiği şebeke maliyetini ortadan kaldırdığı çalışma sonucu olarak elde edilmiştir.

Parafudr yerinin değiştirilerek tasarlanan tip projesinde yeni parafudr konumunun emniyet mesafeleri, sahada yapılan pilot uygulama sayesinde birebir alınmıştır. EKAT yönetmeliğinde belirtilen yaklaşım mesafelerinin referans alındığı bu çalışmada saha ölçümlerinin yaklaşım mesafelerini ihlal etmediği görülmüştür.

Revize çalışması sonucu parafudrun yeni yerinin yıldırım düşmesi sonucu oluşan elektrik arızalarında tesisi korumayacağı teorisi araştırma esnasında dikkate alınmıştır. Teorinin karşılaşılabilişliğini değerlendirmek adına 2018 ve 2019 yılı arıza kayıtları incelenmiştir. Yıldırım düşmesi ile oluşan arızalar ve kapatma kayıtlarına bakıldığında, tesislerin parafudrlarının güncel tip projede belirtilen konumda olduğu fakat yıldırım düşmesi kaynaklı arızalarda tesisin zarar gördüğü saptanmıştır. Bu veriler ile birlikte yıldırım düşmesi sonucu oluşan arızaların sahada incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Parafudrun güncel konumunun yıldırımın tesise zarar vermesini engelleyemediği yerinde yapılan incelemeler ile de görülmüştür. Böylece revize çalışmasıyla trafo platformu tarafına taşınan parafudrun yıldırım kaynaklı arızalarda tesisi korumasız hale getireceği düşüncesi uygulamanın önünde bir engel olmaktan çıkmıştır.

Özellikle 15 yılı aşkın süreden önce tesis edilmiş şebekelerde, eski tip parafudrların arıza durumu anlaşılmamasından dolayı arıza noktasının tespiti zordur. Bu tarz şebekelerde arıza noktası tespiti için kullanılan hattı tekrar besleme gibi durumlarda farklı şebeke sorunları yaşanılması kaçınılmazdır (motor yanmaları, trafo izolasyonu sorunları, şebekede ark oluşmaları vb.). Yeni tip pinli parafudrların da arızalanması sonucunda pini atarak arıza noktasının tespitinde kolaylık sağlasa da tekrarlayan arızalarda sık kesintiden kaçınmak için iptal edildiği görülmüştür. Her elektrik kesintisinde ve parafudr arızasında etkilenen abone sayısının değişmemesi sadece pinli parafudrlarla bu sorunun çözülemeyeceğini göstermiştir.

İş gücü kaybı, milli ekonomiye olumsuz etkiler, can ve mal kayıpları, yatırım harcamalarının fayda maliyeti yüksek alanlara yönlendirilememesi, tüketici memnuniyeti, tedarik şirketi hedef ve amaçları gibi birçok kritik konuda kazanç sağlanacağı öngörülen bu tez

alışması, revize edilerek tasarlanan yeni tip proje pilot uygulaması ile sahada sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Ülkemizin gelişmekte olan bir ülke olması sebebiyle her geçen gün enerji ağıının büyümesi; geçmiş dönemlerde kabul edilmiş, günümüz şebeke ihtiyaçlarına cevap vermeyen tip projeleri için araştırma ve geliştirme çalışmalarının önemini arttırmıştır. Bu minvalde yapılan mühendislik çalışmaları ülkemizin teknik anlamda bilgi birikimini de arttıracaktır.



6. KAYNAKLAR

- [1] **Öztürk, 2011**, *380 kV Enerji İletim Sisteminde Hat Parafudr Koruması*, İstanbul Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Hilmi Coşkun Öztürk
- [2] **İsmailoğlu, Aşırı Gerilimler, Oluşumları, Etkileri ve Aşırı Gerilimlere Karşı Koruma**, Kocaeli Üniversitesi Araştırma Yazısı, Hasbi İsmailoğlu
- [3] **Url-1** <<http://ee.tek.firat.edu.tr/sites/ee.tek.firat.edu.tr/files/>>
- [4] **Url-2** <<https://elektrikinfo.com/izolator/>>
- [5] **Kılıç, 2000**, *Endüstriyel Elektrik Ders Kitabı*, Kahramanmaraş, Elektrik Öğretmeni Eyüp Kılıç
- [6] **Bayer, 2018**, *Elektrik Dağıtım Şebekeleri Sunumu*, Mert BAYER, MEDAŞ Şebeke Planlama Birim Müdürü
- [7] **Kalenderli, 1995**, *Elektrik Mühendisliğinde Sonlu Elemanlar Yöntemi*, Ders Notları, İTÜ, İstanbul, Prof.Dr. Özcan KALENDERLİ
- [8] **IEEE Standard for Metal-Oxide Surge Arresters for AC Power Circuits (>1kV)**, IEEE Std C62.11TM-2005, pp. 5-7
- [9] **Özkan, 2020**, *Parafudr Modülü*, Hacı Osman ÖZKAN, MEDAŞ Koruma Sistemleri ve Eğitim Başmühendisi
- [10] **Url-3** <<https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/inceleme-ayiricilar/4193#ad-image-0>>
- [11] **Shirakawa, Yamada, Tanaka, Ejiri, Watahiki, and Kondo, 2000**: Improved Zinc Oxide Surge Arresters Using High Voltage Gradient 300 V/mm, 400 V/mm ZnO Elements. *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 15, No. 2, pp. 569-574
- [12] **Url-4** <<http://polipar.com.tr/3-45-kv-dh-sinif-1-10ka-silikon-polimer-mahfazali-metal-oksid-parafudrlar-urun-276>>
- [13] **Akdağ, Mamiş, 2018**, *Transformatörlerinde Kapasitansların Yıldırım Darbe Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi*, Güç Sistemleri Konferansı, Ankara
- [14] **Url-5** <<http://sbstransformator.com/index.php/tr-tr/urunler-3/dagitim-transformatorleri>>
- [15] **Erken, Kalenderli, 2018**, *Yüksek Gerilim Güç Sistemlerinde Ark Patlamalarının Modellenmesi ve Analizi*, Güç Sistemleri Konferansı, Senih Erken, Özcan Kalenderli
- [16] **Url-6** <<http://elektrotesisat.blogspot.com/2013/04/kuru-tip-ve-yagl-trafolarnkarslastrlmas.html>>

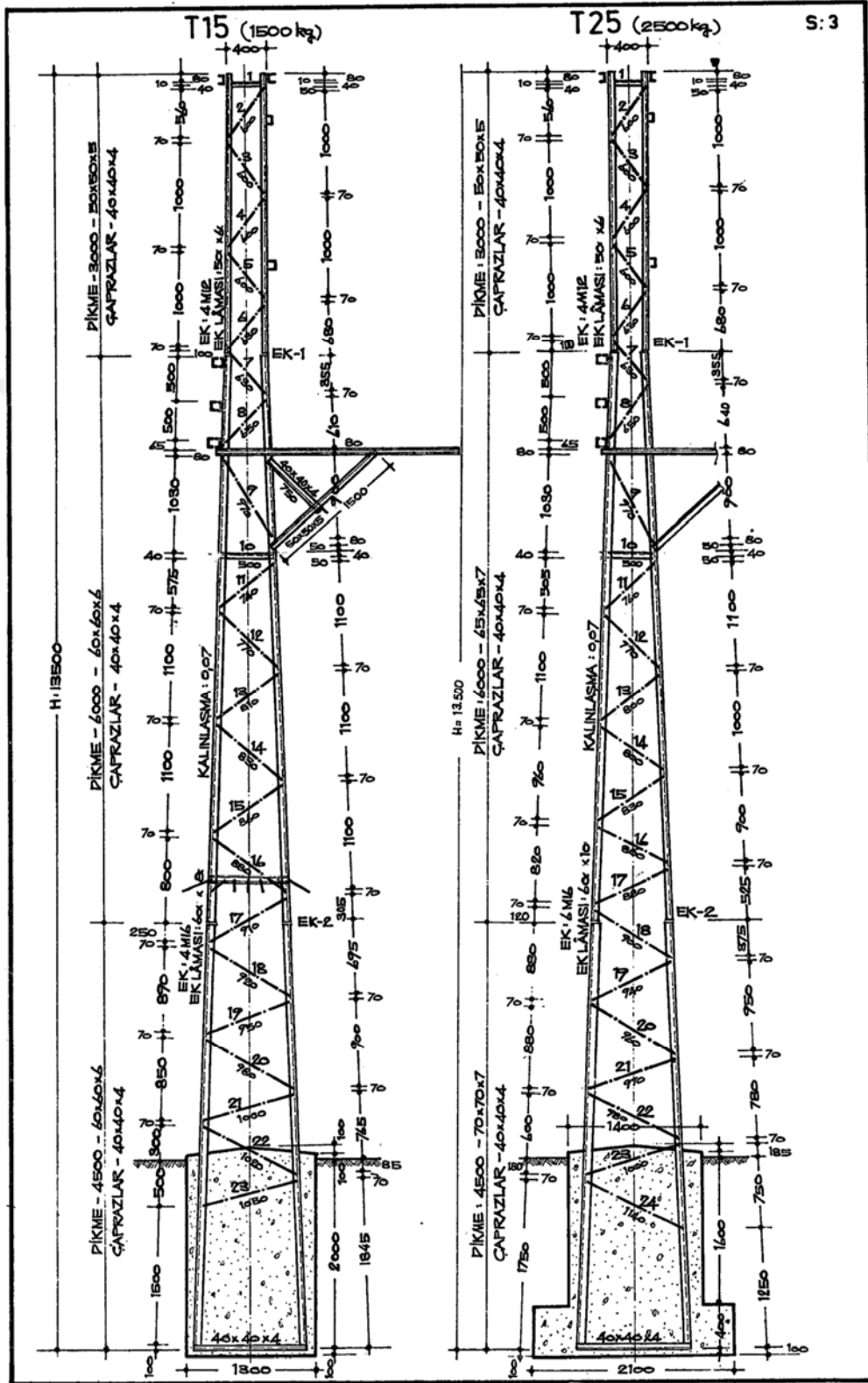
- [17] **Cebeci, 1991**, *Zincir izolatörlerde elektrik alan dağılımının incelenmesi*, Fırat Üniversitesi Doktora Tezi, Mehmet CEBECİ
- [18] **Url-7** <<http://docplayer.biz.tr/111349593-Elektrik-dagitim-sistemi-elemanlari-1-guc-transformatorleri-ve-dagitim-transformatorleri.html>>
- [19] **Url-8** <<http://elektrikloji.blogspot.com/2014/07/guc-trafolar.html>>
- [20] **Yunusoğlu, 2014**, *34,5 kV Enerji Nakil Hatları Cilt-1*, Atilla Yunusoğlu, Elektrik Yüksek Mühendisi, Ankara
- [21] **Yunusoğlu, 2014**, *34,5 kV Enerji Nakil Hatları Cilt-2*, Atilla Yunusoğlu, Elektrik Yüksek Mühendisi, Ankara
- [22] **Url-9**<<http://www.esitelectric.com/tr-TR/akim-ve-gerilim-transformatorleri/4/159/0>>
- [23] **Url-10**<<http://www.makel.com.tr/tr/sayaclar/sayaclar-grubu>>
- [24] **Erbaş, 2009**, *Doğrusal Olmayan Dirençli Koruma Elemanlarının Modellemesi*, İTÜ Yüksek Lisans Tezi, Mehmet Fatih ERBAŞ
- [25] **Tulaz, 2014**, *Optimization of location and number of lightning arresters in 420 kV substations in turkish high voltage electricity system*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Mert Ozan TULAZ
- [26] **Megep, 2007**, *Transformatör Merkezleri*, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Elektrik Elektronik Teknolojisi, Ankara
- [27] **Akça, 2015**, *Direk Tipi Trafo Merkezleri Araştırma Yazısı*, Serkan Akça, Fırat Üniversitesi
- [28] **Bayrak, 2016**, *Trafo Merkezleri Sunumu*, Ebru BAYRAK, 9 Eylül Üniversitesi
- [29] **Vahidi, Nasab, Moghani and Hosseinian, 2004**, *Electric Field and Voltage Distribution on ZnO Surge Arrester*, IEEE, Tehran, Iran, pp. 367-368
- [30] **Kabalci, 2014**, *Transformatörler Konu Anlatımı*, Prof. Dr. Ersan KABALCI
- [31] **TEDAŞ, 2001**, *Şehir Şebekeleri OG-AG Elektrik Projesi Yapım Esasları (El kitabı 5)*, Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. Genel Müdürlüğü Dağıtım Hat ve Şebekeleri Proje ve Tesis Dairesi Başkanlığı
- [32] **Parsons, A. C. (2004)**, *Arc-flash Energy Calculations for Circuit Breakers and Fuses*, TX:Square D/Schneider Electric Engineering Services, Austin.

- [33] **Alboyacı, 2008**, *Enerji Dağıtımı -I Ders Notları*, Prof. Dr. Bora ALBOYACI
- [34] **TEDAŞ, 2001**, *ENH ve OG-AG Elektrik Dağıtım Tesislerinde Topraklamalara Ait Uygulama Esasları*, Dağıtım Hat ve Şebekeleri Proje ve Tesis Dairesi Başkanlığı, Ankara
- [35] **Özkaya, 1996**, *Yüksek Gerilim Tekniği*, Prof. Dr. Muzaffer Özkaya, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [36] **Tedaş, 1996**, Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. Orta Gerilim Ayırıcıları Teknik Şartnamesi (2013 Revize)
- [37] **Tedaş, 1999**, Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. Eriyen Telli Yüksek Gerilim Sigortaları Teknik Şartnamesi (Revize 2018)
- [38] **Yoldaş, 2019**, *Yıldırım elektromanyetik darbelerinin yüksek gerilim hatlarına etkilerinin izolatörler ve topraklama açısından incelenmesi*, Akdeniz Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Ahmet Yaşar YOLDAŞ
- [39] **Tedaş, 1996**, Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. OG Sistemleri İçin Metal Oksit Parafudrlar Teknik Şartnamesi (Revize 2005)
- [40] **Tedaş, 2003**, Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. Alçak Gerilim Dağıtım Panoları Teknik Şartnamesi (Revize 2019)
- [41] **Kaşıkcı, 2010**, *Elektrik Tesislerinde Dağıtım ve Koruma*, Prof. Dr. İsmail Kaşıkcı, Ege Üniversitesi
- [42] **Megep, 2011**, *Parafudr ve Sigortalar*, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Elektrik Elektronik Teknolojisi, 2011, Ankara
- [43] **Bialek, 1999**, Insulation System Protection with Zinc Oxide Surge Arresters. *IEEE Electrical Insulation Magazine*, Vol. 15, No. 1, pp. 5-10
- [44] **Url-11** <http://www.elimsangroup.com/urunler/polimerparafudr/Polimer_Parafudr.pdf>
- [45] **Url-12** <<http://www.elektroforum.org/orta-amp-yuksek-gerilim/21624-parafudr-arizalari-nelerdir.html>>
- [46] **EDPSİHKY, 2012**, Elektrik Dağıtımı ve Parakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği
- [47] **Anadolu Üniversitesi, 2013**, *Elektrik Enerjisi İletimi ve Dağıtımı Kitabı*, Web-Ofset, Eskişehir

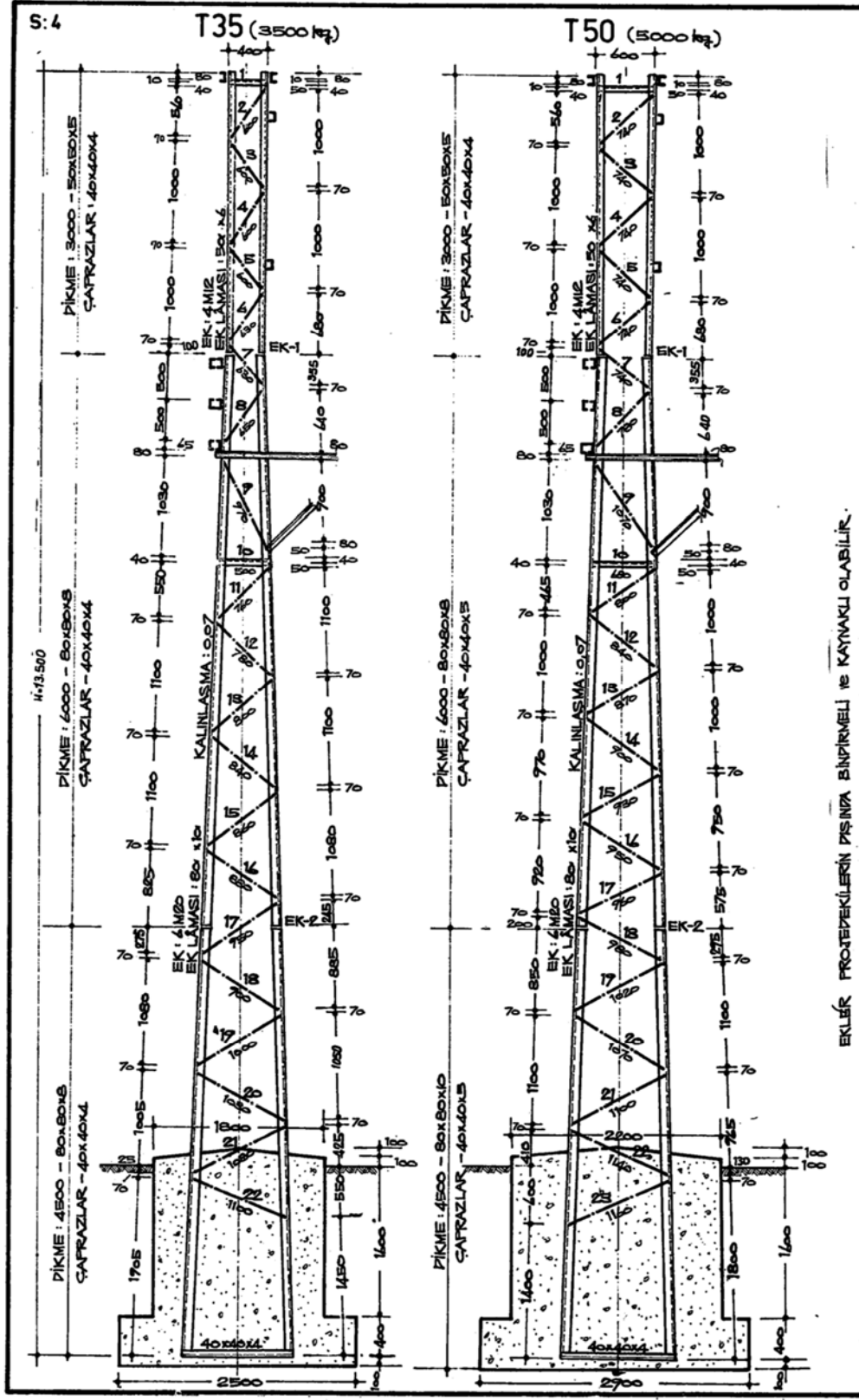
- [48] **Kakilli, A. (2013).** *System analysis with the MVA Method for symmetrical three-phase faults*. TEM Journal. Cilt 2, Sf. 51-56.
- [49] **Glover, J. D., Sarma, M. S., Overbye, T. J. (2008).** *Power System Analysis and Design*. Cengage Learning, Stamford.
- [50] **Şen, 2020,** “*Rüzgâr Enerji Santrallerinin Modellenmesi ve Kısa Devre Analizi*”. NEÜ, Yüksek Lisans Tezi, Mehmet ŞEN.
- [51] **Erim, 2015,** “*154 kV Bir İletim Şebekesinin Kapalı (Ring) Sisteme Dönüşmesiyle Çift Taraflı Beslenen Trafo Merkezlerinde Bara Kısa Devre İncelemesi*”, İTÜ, Yüksek Lisans Tezi, Bilal Erim.
- [52] **Tür,Aydoğmuş, 2011,** “*Enerji İletim Hatlarındaki Kısa Devre Arıza Tiplerinin Bulanık Mantık İle Tespiti*”. International Advanced Technologies Symposium (IATS’11), Elazığ, Mehmet Rıda TÜR, Zafer AYDOĞMUŞ.

EKLER

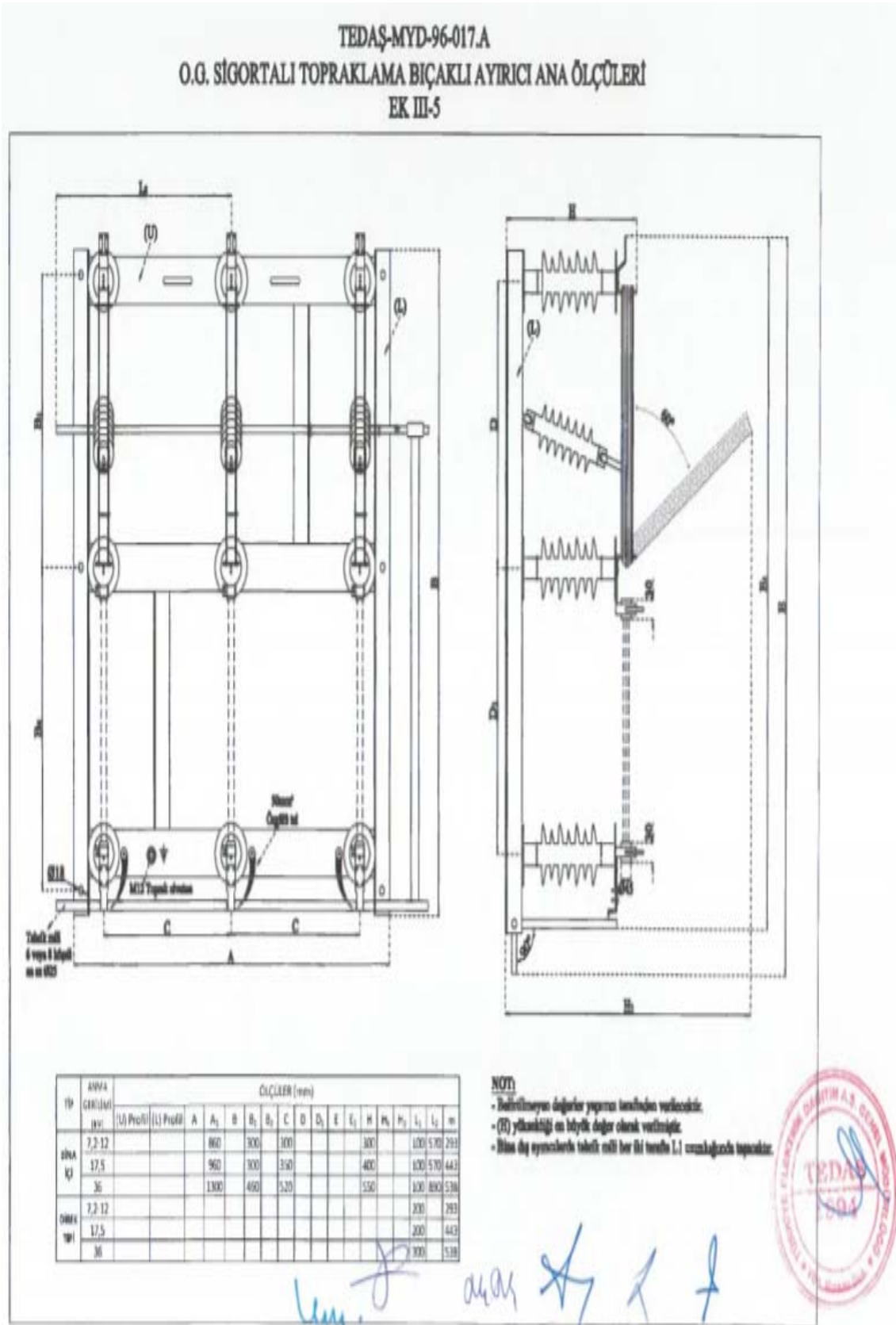
EK-1 T 15 ve T 25 Trafo Direği Tipi



EK-2 T 35 ve T 50 Trafo Direği Tipi



EK-4 Tedaş Şartnamesine Göre Bıçaklı Ayırıcı Ana Ölçüleri



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İbrahim Küçüksümbül
Uyruğu : Türk
Doğum Yeri ve Tarihi : Çumra-KONYA, 1995
Telefon : 05447866951
Faks :
e-mail : ibrahimkucuksumbul@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Anadolu Lisesi, Çumra, Konya	2013
Üniversite	: Necmettin Erbakan Üniversitesi	2018
Yüksek Lisans	:	
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2019-2020	Meram Elektrik Dağıtım A.Ş	İşletme Mühendisi
2020-	Meram Elektrik Dağıtım A.Ş	Şebeke Planlama Mühendisi

YABANCI DİLLER

İngilizce