



**İŞLETME HALİNDEKİ İĞDIR ÜNİVERSİTESİ  
DAĞITIM ŞEBEKESİNİN YER ALTI ELEKTRİK  
KABLOLARINDA KAPASİTİF ETKİNİN İNCELENMESİ  
VE ŞÖNT REAKTÖR TESİSİ**

**Mehmet Nasır ANGAY  
Yüksek Lisans Tezi**

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA  
BİLİM DALI**

**Danışman: Doç. Dr. Gökhan ŞAHİN  
2019**

**Her hakkı saklıdır**

**T.C.  
IĞDIR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İŞLETME HALİNDEKİ IĞDIR ÜNİVERSİTESİ DAĞITIM ŞEBEKESİNİN YER ALTI  
ELEKTRİK KABLOLARINDA KAPASİTİF ETKİNİN İNCELENMESİ VE ŞÖNT  
REAKTÖR TESİSİ**

**Mehmet Nasır ANGAY**

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**IĞDIR**

**2019**

**Her hakkı saklıdır**

Doç. Dr Gökhan ŞAHİN danışmanlığında Mehmet Nasır ANGAY tarafından hazırlanan bu çalışma ..... tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Elektrik Tesisleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Şerafettin ÖZBEY

İmza:

Üye : Doç. Dr. Gökhan ŞAHİN

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Musa Nurullah YAZAR

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun ..... / ..... /2019 tarih ve 2019/ ..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

(imza)

.....  
Doç. Dr. Süleyman TEMEL  
Enstitü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Mehmet Nasır ANGAY

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

### İŞLETME HALİNDEKİ İĞDIR ÜNİVERSİTESİ DAĞITIM ŞEBEKESİNİN YER ALTI ELEKTRİK KABLOLARINDA KAPASİTİF ETKİNİN İNCELENMESİ VE ŞÖNT REAKTÖR TESİSİ

ANGAY, Mehmet Nasır

Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Gökhan ŞAHİN

Haziran 2019, 71 sayfa

Günümüz teknolojisinin giderek değişiklik göstermesi ile birlikte elektrik enerjisinin, üretim santrallerinden iletim hatlarıyla tüketicilere kadar güvenilir kesintisiz ve kayıpsız bir şekilde ulaştırılması gerekir. Elektrik enerjisinin üretiminden, iletimine ve tüketimine kadar her aşamada birçok elektriksel kayıp oluşmaktadır. Bu kayıplar mevcut şebekeleri olumsuz ölçüde etkileyip üretim santrallerinin fazla mesai harcamasına sebep olurlar. Yapılan araştırmalara göre iletim hatlarında ve dağıtım hatlarında şebekenin yük durumuna göre ve tüketici guruplarına göre reaktif kayıplar ya endüktif bileşen ya da kapasitif bileşen olarak ortaya çıkmaktadırlar. Özellikle tüketici gurupların aktif enerji harcamasının yanında reaktif enerjiyi de kullanmaları şebekenin güç katsayısında değişimlere yol açmaktadır. Elektrik enerjisinin verimli kullanılması için reaktif bileşenler belli bir değerden sonra yok edilmelidir. Bunun için kompanzasyon tesisleri kullanılmaktadır. Elektrik Piyasası Müşteri Hizmetleri Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde buna bir düzenleme getirilmiştir. Kurulu gücü 50 kVA ve üstünde olan tesisler, tükettikleri aktif enerji miktarının yüzde 20'sinden fazla endüktif reaktif enerji veya yüzde 15'inden fazla kapasitif reaktif enerji tükettiklerinde, reaktif enerji tüketim bedeli ödemekle yükümlüdür. Kompanzasyon sistemi kurularak bu sınırların aşılması hedeflenmektedir. Tezimize konu olan İğdır Üniversitesi'nin yeraltı şebekesinin reaktif (kapasitif veya endüktif) bileşenleri göz önünde bulundurularak hattın analizi yapıp kondansatör gurupları veya reaktör gurupları kullanılarak kompanzasyon gerçekleştirilmiştir. Böylelikle güç faktörü ( $\cos\phi$ ) 1'e yaklaştırılarak reaktif tüketimden dolayı herhangi bir bedel ödenmeyecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Reaktif, Endüktif, Kapasitif, Yeraltı kabloları, Elektrik Şebekesi

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF THE CAPACITIVE EFFICIENCY OF UNDERGROUND NETWORK IN İĞDIR UNIVERSITY DISTRIBUTION NETWORK AND THE SHOCK REACTOR PLANT

Mehmet Nasır ANGAY

Master Thesis, Department of Electrical and Electronics Engineering

Thesis Adviser: Assoc. Prof. Dr. Gökhan ŞAHİN

June 2019, 71 pages

As today's technology changes gradually, electrical energy needs to be delivered to the consumers through the transmission lines from the power plants to the consumers without reliable uncertainty. There are many electrical losses at every stage of the production, production and consumption of electrical energy. These losses negatively affect the existing networks and cause overtime spending of the power plants. According to the researches, in the transmission lines and distribution lines, the reactive losses depending on the load status of the network and the consumer groups occur either as an inductive component or as a capacitive component. The fact that consumer groups use reactive energy in addition to active energy expenditure leads to changes in the power factor of the network. For efficient use of electrical energy, reactive compounds must be destroyed after a certain value. Compensation plants are used for this purpose. Compensation plants are used for this purpose. An arrangement has been introduced in the relevant articles of the Electricity Market Customer Service Regulation. Installed plants with a installed capacity of 50 kVA and above are required to pay reactive energy consumption costs when they consume more than 20 percent of the active energy amount of inductive reactive energy or more than 15 percent capacitive reactive energy. Compensation system is set up and these limits are not to be exceeded. Considering the reactive (capacitive or inductive) components of the underground network of İğdir University which is the subject of our thesis, the line will be analyzed and compensation will be performed by using capacitor groups or reactor groups. In this way, the power factor ( $\cos\phi$ ) will be brought closer to 1 and no price will be paid due to the rectifying consumption.

**Keywords:** Reactive, Inductive, Capacitive, Underground Cables, Electric Network

## ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans çalışmasında, İşletme halindeki Iğdır Üniversitesi Dağıtım Şebekesinin yer altı elektrik kablolarında kapasitif etkinin İncelenmesi amaçlanmıştır. Mevcut işletme halindeki elektrik şebekesinin analizi yapılarak kurulu güçler bazında trafolar sınıflandırılmıştır. Orta gerilim yeraltı kablolarının uzunlukları, kesitleri ve yük durumları incelenerek hangi oranda reaktif bileşenlerin ortaya çıktığı araştırılmıştır. Daha sonra reaktif bileşenlerin ortadan kaldırılması için nasıl bir çözüm gerektiği üzerinde durulmuştur.

Yüksek lisans tez çalışmamın yürütülmesi esnasında, çalışmalarına yön veren, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bana her türlü desteği sağlayan danışman hocam, Sayın Doç. Dr. Gökhan ŞAHİN' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezi, maddi ve manevi olarak tüm desteklerini üstümden esirgemeyen babam Mehmet ANGAY' a, annem Şefika ANGAY'a, kardeşlerime, sabırla bana destek veren eşim Fatma ve çalışmamdaki kelime hatalarımı düzeltmeme yardımcı olan oğlum Enes Furkan ile okumayı henüz söken ve teknik kelime merakı olan oğlum Emir Eymen ANGAY' a ithaf ediyorum.

Mehmet Nasır ANGAY

Haziran, 2019

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	2
<b>3. MATERYAL ve METOT</b> .....	4
3.1.Reaktif Güç ve Kompanzasyon.....	4
3.1.1 Reaktif güç ve önemi.....	4
3.1.2 Reaktif güç tüketicileri.....	6
3.1.3 Reaktif güç üreticileri.....	6
3.1.4 Reaktif güç kompanzasyon yöntemleri.....	7
3.1.4.a. Tek tek (münferit) kompanzasyon.....	9
3.1.4.b. Gurup kompanzasyon.....	10
3.1.4.c. Merkezi kompanzasyon.....	11
3.2. Kompanzasyon Hesabı.....	12
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA</b> .....	18
4.1. Iğdır Üniversitesi Ana Kampüsü OG Elektrik Dağıtım Şebekesi.....	18
4.1.1. Kampüs elektrik dağıtım şebekesine genel bir bakış.....	18
4.2. Güç Bazında Trafo Dağılımları .....	21
4.3. Ana Kampüs Elektrik Dağıtım Şebekesinin Karakteristikleri.....	23
4.4. Kampüs Elektrik Dağıtım Şebekesinde Kullanılan OG Yer Altı Kabloları.....	24
4.4.1. 20,3/35 kV YE <sub>3</sub> SV, XLPE kablosunun yapısı.....	25
4.4.2. 20,3/35 kV YE <sub>3</sub> SV, XLPE kablosunun parametrik değerleri.....	25



4.4.3. 20,3/35 kV YE <sub>3</sub> SV, XLPE kablosunun şebekedeki kullanımı.....	26
4.5. Dağıtım Şebekesinde Kullanılan 4.4.2. 20,3/35 kV YE <sub>3</sub> SV, XLPE Kablosunun Mesafe ve Kesit Bazında Kapasitif Analizi.....	27
4.5.1. TEDAŞ-DM1 arası analiz.....	29
4.5.2. DM1-DM2 arası analiz.....	30
4.5.3. DM2-DM3 arası analiz .....	31
4.5.4. DM3-DM4 arası analiz .....	32
4.5.5. DM1-TR2 (Rektörlük binası) arası analiz .....	33
4.5.6. DM4-DM5 arası analiz .....	34
4.5.7. DM5-DM1 arası analiz .....	35
4.5.8. DM1-TR4 (MYO) arası analiz .....	36
4.5.9. DM2-TR6 (Mediko) arası analiz .....	37
4.5.10. DM3-TR10 (Kapalı spor salonu) arası analiz .....	38
4.5.11. DM5-TR17 (Ziraat fak.) arası analiz .....	39
4.5.12. DM5-TR18 (Lojman) arası analiz .....	40
4.5.13. DM5-TR16 (Alum) arası analiz .....	41
4.5.14. TR18-TR19 (Su kuyusu) arası analiz .....	42
4.6. Gerekli Reaktif İhtiyacın Belirlenmesi .....	44
4.6.1. Şönt reaktör nedir? .....	46
4.6.2. Şönt reaktör panosu yapılmadan önceki durum .....	47
4.6.3. Şebekeye şönt reaktör ilavesi .....	50
4.6.4. Şönt reaktör panosu yapıldıktan sonraki durum .....	60
4.7. Kompanzasyon Öncesi Şebeke İle Kompanzasyon Sonrası Şebekenin Reaktif Davranışının Karşılaştırılması .....	63
4.8. Şönt Reaktörün Kurulum Maliyeti ve Elektrik Tüketimine Ekonomik Bazda Katkısı .....	65
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER .....</b>	<b>67</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>69</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>72</b>

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

<b>a</b> .....	Kablo ile duvar arasındaki mesafe
<b>C</b> .....	Kapasitans
<b>cos <math>\varphi</math></b> .....	Güç Faktörü
<b>d</b> .....	Kablolar arasındaki santimetre cinsinde mesafe
<b><math>E_k</math></b> .....	Eş zamanlılık katsayısı
<b>G</b> .....	Hesaplanan kanal dip genişliği
<b>I</b> .....	Akım
<b><math>I_C</math></b> .....	Kablonun bir kilometredeki akımı
<b><math>I'_C</math></b> .....	Kablodan geçen toplam akım
<b>k</b> .....	Kompanzasyon katsayısı
<b>L</b> .....	Santimetre olarak mesafe
<b>P</b> .....	Aktif Güç
<b><math>P_K</math></b> .....	Aktif kurulu güç
<b><math>P_T</math></b> .....	Aktif talep gücü
<b><math>P_t</math></b> .....	Sayaçta okunan aktif tüketim
<b><math>R_C</math></b> .....	Sayaçta okunan kapasitif tüketim
<b><math>R_{Ci}</math></b> .....	Kapasitif ilk endeks
<b><math>R_{CS}</math></b> .....	Kapasitif son endeks
<b><math>R_{CT}</math></b> .....	Kapasitif toplam endeks
<b><math>R_i</math></b> .....	Sayaçta okunan endüktif tüketim
<b>S</b> .....	Görünür Güç
<b><math>T_i</math></b> .....	Aktif ilk endeks
<b><math>T_S</math></b> .....	Aktif son endeks
<b><math>T_T</math></b> .....	Aktif toplam endeks
<b>U</b> .....	Kablo işletme gerilimi

$U_0$ .....	Şebeke işletme gerilimi
$V$ .....	Gerilim Kaynağı
$Z$ .....	Hat Empedansı
$X_C$ .....	Kapasitif Empedans
$X_L$ .....	Endüktif Empedans
$Q$ .....	Reaktif Güç
$\varphi$ .....	Akım ile Gerilim arasındaki açı
$Q_C$ .....	Kapasitif güç
$Q_L$ .....	Endüktif güç

#### Kısaltmalar

<b>AG</b> .....	Alçak Gerilim
<b>ATO</b> .....	Akım Trafo Oranı
<b>ÇA</b> .....	Sayaç Çarpanı
<b>DM</b> .....	Dağıtım Merkezi
<b>DM1</b> .....	Birinci Dağıtım Merkezi
<b>DM2</b> .....	İkinci Dağıtım Merkezi
<b>DM3</b> .....	Üçüncü Dağıtım Merkezi
<b>DM4</b> .....	Dördüncü Dağıtım Merkezi
<b>DM5</b> .....	Beşinci Dağıtım Merkezi
<b>GTO</b> .....	Gerilim Trafo Oranı
<b>kV</b> .....	Kilo Volt
<b>kVA</b> .....	Kilo Volt Amper
<b>kVAr</b> .....	Kilo Volt Amper Reaktif
<b>kVArh</b> .....	Kilo Volt Amper Reaktif Saat
<b>kW</b> .....	Kilo Watt
<b>kWh</b> .....	Kilo Watt Saat

<b>OG</b> .....	Orta Gerilim
<b>RGK</b> .....	Reaktif Güç Kontrol Rölesi
<b>XLPE</b> .....	Cross-related Polyethylene



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Açıya bağlı olarak karakteristik özellik gösteren reaktif güçler.....	7
Şekil 3.2. Münferit kompanzasyon .....	10
Şekil 3.3. Grup kompanzasyon .....	11
Şekil 3.4. Merkezi kompanzasyon .....	12
Şekil 3.5. Kompanzasyonda güç bağıntısı (p=sabit).....	13
Şekil 4.1. Ana kampüs dağıtım şebekesi .....	19
Şekil 4.2. Birden fazla kablo çekilmesi ve kanal detayı .....	20
Şekil 4.3. Dağıtım Merkezi (DM) ile Trafo Köşkü arası kablo kesiti .....	24
Şekil 4.4. 20,3/35 kV XLPE yalıtkanlı, bakır iletkenli OG kablosu.....	25
Şekil 4.5. TEDAŞ-DM1 arası analiz .....	29
Şekil 4.6. DM1-DM2 arası analiz.....	30
Şekil 4.7. DM2-DM3 arası analiz.....	31
Şekil 4.8. DM3-DM4 arası analiz.....	32
Şekil 4.9. DM1-TR2 arası analiz .....	33
Şekil 4.10. DM4-DM5 arası analiz.....	34
Şekil 4.11. DM5-DM1 arası analiz.....	35
Şekil 4.12. DM1-MYO arası analiz .....	36
Şekil 4.13. DM2-TR6 (Mediko) arası analiz.....	37
Şekil 4.14. DM3-TR10(Kapalı spor salonu) arası analiz.....	38
Şekil 4.15. DM5-TR17 (Ziraat Fak.) arası analiz.....	39
Şekil 4.16. DM5-TR18 (Lojman) arası analiz .....	40
Şekil 4.17. DM5-ALUM arası analiz.....	41
Şekil 4.18. TR18-TR19 arası analiz.....	42
Şekil 4.19. Tüketim üçgeni ve $\varphi$ açısı .....	45
Şekil 4.20. Üç fazlı şönt reaktör gruplarının bağlantısı .....	47
Şekil 4.21. İşletme halindeki kampüsün devre modeli (aktif ve kapasitif tüketiciler)..	47

<b>Şekil 4.22.</b> Tesisin Kapasitif bileşen olarak ceza sınırını aşması durumu .....	48
<b>Şekil 4.23.</b> Şönt Reaktör öncesi Kapasitif tüketim ve $\varphi$ açısı arasındaki ilişki.....	50
<b>Şekil 4.24.</b> İşletme halindeki kampüsün devre modeli(aktif- kapasitif, Şönt ilavesi) ..	50
<b>Şekil 4.25.</b> Şönt Reaktörün şebekeye ilavesi durumunda vektörel durum .....	55
<b>Şekil 4.26.</b> Tasarlanan şönt reaktörün bağlantısı.....	56
<b>Şekil 4.27.</b> 300 kVAR Şönt reaktör gruplarının pano içerisindeki dizilişi.....	57
<b>Şekil 4.28.</b> Şönt Reaktör Panosunda içeriye hava akımı transfer eden fanlar.....	59
<b>Şekil 4.29.</b> Şönt reaktör sonrası kapasitif tüketim ve $\varphi$ açısı arasındaki ilişki.....	62
<b>Şekil 4.30.</b> Tesisin kapasitif bileşen olarak ceza sınırının altında olması durumu .....	62
<b>Şekil 4.31.</b> Şönt reaktör öncesi ile sonrası kapasitif tüketim ve $\varphi$ açısı ilişkisi .....	63

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa No</b>
<b>Çizelge 3.1.</b> Kompanzasyon Hesabında Kullanılan k katsayısı .....	15
<b>Çizelge 4.1.</b> Güç bazında trafo dağılımları (8850 KVA).....	21
<b>Çizelge 4.2.</b> 20,3/35 kV XLPE yalıtkanlı, bakır iletkenli OG kablosu çalışma parametreleri (Hasçelik Kablo kataloğu).....	26
<b>Çizelge 4.3.</b> Mesafeler bazında kabloların kapasitif etkisi.....	43
<b>Çizelge 4.4.</b> Şönt Reaktör tesisinden önceki beş döneme ait tüketim bileşenleri.....	49
<b>Çizelge 4.5.</b> Şönt Reaktör öncesi beş döneme ait aktif, kapasitif tüketimler ile aralarındaki açının değişimi.....	49
<b>Çizelge 4.6.</b> Sistemde Şönt Reaktör yok iken ölçüm noktasındaki sayaçtan üç farklı zamanda alınan tüketim endeksleri.....	51
<b>Çizelge 4.7.</b> Şönt Reaktör Panosundaki her bir endüktif yük gurubunun nominal değerleri.....	58
<b>Çizelge 4.8.</b> Şönt Reaktör tesisinden sonraki on iki döneme ait tüketim bileşenleri.....	60
<b>Çizelge 4.9.</b> Şönt Reaktör sonrası beş döneme ait aktif, kapasitif tüketimler ile aralarındaki açının değişimi.....	61
<b>Çizelge 4.10.</b> Şönt reaktör öncesi ile şönt reaktör sonrası aktif-kapasitif tüketimler aralarındaki açının değişimi.....	64
<b>Çizelge 4.11.</b> Şönt reaktör panosunun tesis edilmesi durumunda ekonomik bazda mukayese.....	66

## 1. GİRİŞ

Elektrik enerjisinin kullanılabilmesi için, birbirinden uzak olan elektrik üretim santralleri ile tüketim merkezleri arasındaki bağlantının iletim şebekesi ve enterkonnekte sistemlerle sağlanması gerekmektedir. Yük dengelerinin sağlanması ve talep güçlerinin karşılanması amacıyla enterkonnekte sistemler kullanılır. Elektriğin iletiminde gerilim sınırlanması yapılarak iletim gerçekleştirilir. Belirli bölgelerde veya uzunluklarda ihtiyaç doğrultusunda güç transformatörleri kullanılarak iletim hatlarının kesitleri hesaplanıp, maliyet ve kayıp güç analizi yapılarak elektrik iletimi yapılır. İndirici trafo merkezlerinde yüksek gerilim, orta gerilime yani dağıtım gerilimine (1-36 kV) dönüştürülerek tüketicilere ulaştırılır. İletim hatları veya dağıtım hatları kırsal kesimlerde genellikle havai hatlardan oluşurken, yerleşim bölgelerinde ise mücbir sebeplerden yer altından geçirilir.

Yer altından geçirilen kabloların avantajları olduğu kadar dezavantajları da mevcuttur. Özellikle yüksek gerilim veya orta gerilimde kullanılan çapraz bağlı polietilen kablolar çoğu zaman reaktif güç tüketicisi gibi davranırlar. Şebekede veya tüketim noktalarında yeteri kadar reaktif güç üreticisi olmadığında, kablolar kapasitif reaktif gücü tüketmeye devam eder.

Elektrik dağıtım sistemlerinde şebekenin ve yükün reaktif güç ihtiyacı değişik yöntemler ile karşılanır. Reaktif güç ihtiyacının belli teknikler yardımıyla karşılanması işlemine Reaktif Güç Kompanzasyonu denir. Üretim santrallerindeki alternatörlerin veya reaktif güç üreticilerin ürettikleri reaktif bileşenler uzun mesafedeki iletim hatlarını gereksiz yere yükleyerek gerilim dalgalanmalarına sebebiyet verirler. Dolayısıyla istenilen aktif gücü taşımak için ekonomik yöntemler tüketilmiş olur. Bunun önüne geçmek için daha çok üretim noktalarındaki reaktif güç tedarikinin yerine, alıcıların yani tüketicilerin olduğu noktalarda reaktif gücün karşılanması daha doğru bir sonuç verecektir.

Bu çalışmamızda Iğdır Üniversitesi elektrik dağıtım şebekesi yer altı kablolarından kaynaklanan kapasitif reaktif güce karşılık şönt reaktör panosu tesis edilerek kompanzasyon işlemi yapılmıştır.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Elektrik şebekeleri, elektrik enerjisi üretilip tüketiciye ulaşınca kadar reaktif güçlerden ötürü meydana gelen dalgalanmalardan arındırılmalıdır. Bu konu üzerine birçok çalışma yapılmıştır.

Bayındır ve ark. (2007), Yapay Sinir Ağları Tabanlı Reaktif Güç Kompanzasyonu: adlı çalışmalarında Elektrik güç sistemlerinden çekilen reaktif gücün artması, kayıpların artmasına, üretim maliyetlerinin yükselmesine ve enerji sistemlerinin verimsizliğine sebep olması nedeniyle kayıpları azaltıp verimi artırmak için, reaktif enerjiyi yükün bulunduğu yerde kompanze edilmesi gerektiği üzerinde durmuşlardır. Çalışmalarında, reaktif güç kompanzasyonunun yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak gerçekleştirilmesi incelenmiştir. Kullandıkları algoritma ise Levenberg-Marquardt (LM) öğrenme algoritmasıdır. Bu algoritma ile yüksek performanslı ve hızlı kompanzasyon gerçekleştirilebileceği tespit edilmiş, YSA yapısının uygulanabilirliği değerlendirilmiştir.

Vardar ve ark. (2010), Reaktif Güç Kompanzasyonu ile Enerji Verimliliği ve Kamu Kurumlarında Reaktif Güç Kompanzasyonu: adlı çalışmalarında Enerji verimliliğinin ne olduğu ve elektrik enerjisinde verimliliğin hangi alanlara uygulandığı anlatılarak enerji verimliliği çalışma alanlarında önemli bir yere sahip olan reaktif güç katsayısının düzeltilmesiyle beraber bu alanla ilgili çalışmalar sonucu yüksek kazançlar elde edilebileceği üzerine kamudan örnekler verilerek açıklamışlardır.

Ay (2012), Yük Dengesizliği İçeren Enerji Sistemlerindeki Reaktif Güç Kompanzasyonunun Kayıp Minimizasyonu Üzerindeki Etkinliği: adlı çalışmasında, dengesiz yüklenen enerji sistemlerinde ortaya çıkan eşdeğer gücü ve ek kayıpları göz önüne alarak kayıpların minimizasyonu için yeni bir kompanzasyon gücü tanımlanmış ve dengesizliğin kompanzasyon gücü ile kayıplar üzerindeki etkinliği sayısal bir örnek yardımıyla ortaya konmuştur.

Sürmeli (2014), Marmaray Bc1 Projesi Kapasitif/Endüktif Kompanzasyon Sistemi: çalışmasında İstasyonlardaki enerji tüketiminin azaldığı zamanlarda (Geceleri tren seferlerinin azaldığı ya da olmadığı zamanlarda), kullanılan orta gerilim kablusunun uzunluğundan dolayı kablo üzerinde indüklenen kapasitif yükün etkisini

bertaraf etmek için her bir istasyon ve havalandırma binasındaki AG baralarına endüktif ve kapasitif kompanzasyon yapabilme yeteneğine sahip olan kompanzasyon sistemi bağlanarak kapasitif yük endüktif bir tesis ile kompanze edilmiştir.

Mumyalmaz (1999), Elektrikli Demiryolu Katener Hatlarının Kompanzasyonunda Statik Var Kompanzatorlerinin Kullanılması: adlı çalışmada Alternatif akımla beslenen elektrikli demiryolu katener hattının güç faktörü ile ilgili bilgiler vererek; tren geçmesi esnasında, güç faktörünün düşük olmasından bahseder. Aylık enerji tüketim miktarları göz önüne alındığında; bir demiryolu istasyonu trafo merkezinin aylık reaktif enerji tüketimi, aktif enerji tüketiminden fazla olabileceği üzerine reaktif enerjiye karşılık gelen paranın ödenmemesi için kompanzasyon yapılmasının zorunlu olduğunu savunmaktadır.

Çeltekligil (2008), Capacitive power factor and power quality correction of light rail transport system: adlı çalışmada hafif raylı taşıma sistemlerinde dinamik güç faktörü düzeltme ve voltaj regülasyonu için bir yöntemin uygulanmasını tartışmaktadır. 34,5 kV güç trafolarının dağıtımı için kurulan OG yeraltı güç kabloları çok zayıf kapasitif reaktif güç faktörüne neden olunca, kapasitif kVARh olarak elektrik faturasına yansımaktadır. Bu da aynı zamanda voltaj stabilitesini olumsuz etkilemektedir. Güçler ve güç faktörü analiz edilerek demir çekirdekli reaktörlerin kurulması sonucuna varılmıştır. Ana reaktörler, güç faktörünü algılayarak ve akım ve voltajı sürekli olarak izleyerek, güç faktörünü hesaplayarak ve endüktans banklarını gerektiğinde değiştirerek tristörlü otomatik güç kontrolörleri kullanarak çözüm sağlanmıştır

Bu çalışmamızda ise tüketici konumundaki Iğdır Üniversitesi'nin Elektrik Dağıtım Şebekesi ele alınarak; kurulu güçler trafo bazında sınıflandırılmış ve orta gerilim yeraltı kablolarının özelliklerine değinerek şebekenin yüklü ve yüksüz durumundaki reaktif bileşenleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca bilinen kondansatör ile kompanzasyon yöntemlerinden farklı olarak, yani güç katsayısının ileri yönde veya geri yönde olması durumuna göre inceleme yapılarak şönt reaktör tesisi yardımıyla kompanzasyon yapılmıştır. Daha sonra geliştirilen çözüm yöntemi ile elektrik faturası ekonomik bazda mukayese edilmiştir. Böylece reaktif tüketimin ceza sınırlarını aşmaması ile üniversite, ilgili dağıtım şirketine sadece tüketilen aktif enerjinin bedelini ödeyerek oluşabilecek cezai kesintilerden kurtulmuştur.

### **3. MATERYAL ve METOT**

Elektrik dağıtım şebeklerinde reaktif yükleri tanımlamak için yüklerin iyi analiz edilmesi gerekir. Hangi yüklerin kapasitif özellik gösterdikleri ve hangi yüklerin endüktif özellik gösterdikleri bilinirse nasıl bir kompanzasyon yapılacağı konusu netlik kazanır. Ele alınacak bölgenin elektrik dağıtım şebekesinin yük profiline bakılarak hangi zamanlarda hangi yüklerin devreye girdiği ve hangi oranda tüketimi etkiledikleri görülebilir. Hal böyle olunca yük akışı kontrol altına alınabilir.

Bu çalışmamızda öncelikli olarak reaktif yüklerin önemine vurgu yapılarak, hangi tüketicilerde kendilerini gösterdiklerine değinilmiştir. Bunun yanında reaktif güç üreticilerinin iletim veya dağıtım hatlarında zorunlu varlığını da bilmek gerekir.

Bilinen kompanzasyon yöntemleri hatırlanarak Iğdır Üniversitesi Elektrik Dağıtım Şebekesini meydana getiren yer altı elektrik kablolarının kapasitif etkisine karşılık, endüktif özellikte şönt reaktör tasarımı ile gerekli kompanzasyon yapılmıştır. Böylelikle istenilen Cosφ değeri kontrol altına alınmıştır. Üniversitenin ana kampüsünü teşkil eden yer altı elektrik dağıtım şebekesi en önemli materyaldir.

#### **3.1. Reaktif Güç ve Kompanzasyon**

##### **3.1.1. Reaktif güç ve önemi**

Elektrodinamik (Elektrik akımlarının dinamik hareketini konu edinen fizik dalı) prensibine göre çalışan tüketicilerin (motor, generatör, trafo, bobin) çalışmaları için gerekli olan manyetik alanı sağlayan mıknatıslanma akımına Reaktif Akım ve bu akıma bağlı olarak çekilen güce Reaktif Güç denir. Dünya ülkelerinin neredeyse tamamı yer altı ve yer üstü enerji kaynaklarını ekonomik bir şekilde harcama eylemine girerken, mevcut enerji kaynaklarını da daha verimli kullanılması için çözümler üretmektedir. Elektrik enerjisinin üretiminden son alıcıya ulaşıncaya kadar en az kayıpla taşınması önemlidir. Bilindiği gibi dünya ülkelerinde enerji üretiminin gittikçe pahalılaşması, taşınan enerjinin kaliteli olmasını ve ucuz kullanılabilir oranı fazla olan aktif enerjiyi zorunlu kılmaktadır.

Şebekeye bağlı bir alıcı (bir motor, bir transformatör, bir floresan lamba vb.), manyetik alanların temini için manyetik akıya ihtiyaç duyarlar ve bağlı oldukları şebekeden reaktif güç çekerler. Bu çekilen reaktif güç gereksiz yere hatları yükler. Hem

ilave gerilim düşümüne ve zayiata sebep olur hem de hattın taşıma kapasitesinin düşmesine yol açar. Reaktif güç, kontrol altına alınmazsa güç katsayısı çok düşer. Çünkü güç katsayısı reaktif güç için bir ölçü olduğundan, güç katsayısı belli bir sınırdan tutulmalıdır.

Bilindiği gibi elektrik enerjisinin tüketiminde istenmeyen ancak varlığı mecburi olan tüketici grupları vardır. Bunlar tükettikleri aktif enerjinin yanında reaktif enerjiyi de kullanarak şebekeyi gereğinden fazla yüklerler. Elektrik enerjisinin verimli kullanılmasının ve kayıpların azaltılması için reaktif güç kompanzasyonu yapılmaktadır (Bayram, 2000).

Elektrik dağıtım şebekelerinde reaktif enerji tüketicisi konumunda olan yeraltı kablolarının olması durumunda üretim santrallerindeki alternatörlerin reaktif enerji üretmek için fazladan mesai harcamasına sebep olur. Bu nedenle ekonomik olarak da düşünüldüğünde reaktif enerjinin etkileri incelenerek tedbir alınmalıdır. Kabloların normal olarak şebekeden çektiği kapasitif reaktif gücün, endüktif gücü çekmek suretiyle özel bir reaktif güç üreticisi tarafından dengelenerek güç faktörünün ( $\cos\phi$ ) 1'e yaklaştırılması gerekir (Miller, 1982).

Günümüzde reaktif güç kompanzasyonu birçok yöntemle yapılmaktadır. Reaktif güç kontrol rölesi adı verilen cihazla, tesise paralel bağlı kondansatörler, ihtiyaca göre devreye alınıp çıkarılır. Böylece tesisin güç katsayısının istenen değerde kalmasına çalışılır (Arifoğlu, 2002).

Dolayısıyla yeraltı enerji kablolarının kesitine göre taşınması gereken amperajın altında bir akım geçtiğinde, kablolar tam olarak yüklenmemiş olur ve kapasitif özellik göstererek şebekeyi kapasitif reaktif güçle zorlayacaktır. Buna önlem olarak bilinen kompanzasyona benzer Şönt Reaktör gibi reaktif güç üreteçleri devreye girilmelidir. Yani şönt reaktör panosu tesis edilmelidir (Topaloğlu, 2016).

Reaktif güçlerin üretim santrallerinde üretilmesine gerek yoktur. Sadece generatörlerin uyarılması için yeterli seviyede tutulur. Genellikle iletim ve dağıtım hatlarında kendilerini gösterirler.

### 3.1.2. Reaktif güç tüketicileri

Çalışması manyetik veya statik alana bağlı bütün elektriksel yükler şebekeden aktif güç ile beraber reaktif güç de çekerler. Bazı koşullar altında şebekeye reaktif güç de verirler. Bu tür reaktif güç tüketicilerine örnek olarak;

- Generatörler
- Transformatörler
- Düşük ikazlı senkron makineler
- Asenkron motorlar
- Senkron motorlar
- Redresörler
- Bobinler
- Endüksiyon fırınları, ark fırınları
- Kaynak makineleri
- Hava hatları
- Flüoresan lamba balastları
- Sodyum ve cıva buharlı lamba balastları
- Neon lamba balastları
- Yer altı elektrik kabloları verebiliriz.

Yukarıda adı geçen reaktif güç tüketicilerinin fazör diyagramlarında akım fazörü gerilim fazöründen belli bir açı oranında ileri veya geridir. Adı geçen tüketiciler işletmelerde reaktif etki gösterdiklerinden, sistemi negatif veya pozitif yönde reaktif enerjiye zorlarlar. Yeraltı kablolarının fiziksel yapıları incelendiğinde tipik bir kondansatör özelliği göstermektedir. Çünkü kondansatörler, iki iletken levha arasına yerleştirilen yalıtkan bir maddeden ibarettir. Örneğin orta gerilim XLPE kabloların yapısını düşünürsek bakır iletken ve XLPE yalıtkan kılıftan oluşması itibarıyla kondansatöre benzemektedir. Bundan dolayı şebekeye kapasitif etki yapmaktadırlar.

### 3.1.3. Reaktif güç üreticileri

Tüketici grupların şebekeden çektikleri endüktif reaktif gücün, kapasitif bir reaktif üreteç yardımıyla dengelenmesi veya çektikleri kapasitif reaktif bir gücün, endüktif reaktif bir üreteç yardımıyla dengelenmesi olayı kompanzasyon olarak bilinmektedir. Dinamik faz kaydırıcılarının yani senkron motorlarının uyartım akımlarının değiştirilmesi ile sisteme kapasitif veya endüktif güç aktarılmış olur.

Senkron motorlar güç kompanseörü olarak kullanıldığında üzerinde herhangi bir yük olmadığı zaman kaynaktan çektiği güç sadece mekanik kayıpları karşılamak için tercih edilir. Ancak bu durum ekonomik olarak pek tercih edilmez. Ekonomik koşullar değerlendirildiğinde kondansatörler reaktif güç kompanzasyonu sistemlerinde daha çok tercih edilir. (İTÜ, UB 2008).

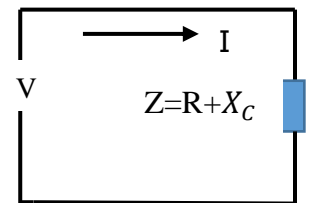
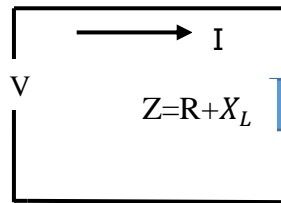
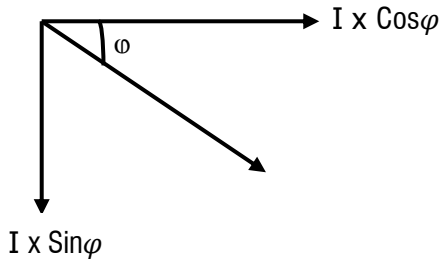
Statik faz kaydırıcı olarak nitelendirilen kondansatörlerin üstünlüklerinin olması ve kolay tesis edilip işletme kolaylığı sağlaması tercih edilmelerinde önemli bir kriterdir. Kondansatörler istenilen güç oranında bir araya getirilip tesis edilebilir. Kurulum maliyetleri düşük olup uzun ömürlüdürler. Bakımı kolay olduklarından işletme emniyetleri büyüktür. Grup, münferit veya merkezi olarak tesis edilip yer problemini oluşturmazlar.

#### 3.1.4. Reaktif güç kompanzasyonu yöntemleri

Bir şebekede reaktif güç kompanzasyonu yapılırsa aşağıdaki hususlar meydana gelir ( Arifoğlu, 2002; Gencer et al, 2018; EİE,2008; Acuner E., 2013).

- Aktif güç kapasitesi artar,
- Isı kayıpları azalır,
- Gerilim dalgalanmaları azalır,
- Gerilim düşümleri azalır
- Fazlar arasındaki gerilim dengesizlikleri azalır.

Eğer kaynaktan çekilen gücün işareti pozitif ise yük endüktif, negatif ise yük kapasitif özellik gösterir.



Şekil 3.1. Açıya bağlı olarak karakteristik özellik gösteren reaktif güçler

$$Q = V * I * \sin \varphi \quad (3.1)$$

Burada V:Volt, I:Amper, Q:vAr (volt amper reaktif) ,  $\varphi$  açısı gerilim ile akım arasındaki açıyı göstermektedir.

Aktif gücü bulmak için ise, gerilim ile akımın aktif bileşenleri çarpımından faydalanılır.

$$P = V * I * \cos \varphi \quad (3.2)$$

Burada P: Watt (Aktif Güç),  $\cos \varphi$ :Güç faktörü olarak bilinmektedir.

Sistemlerde güç sabit kalacağından ve işletme gerilimleri genellikle sabit bir genlikte tutularak, akım ile gerilim arasındaki faz açısına istinaden kompanzasyon tesisleri yapılır. Bilinen üç farklı yöntemle kompanzasyon gerçekleştirilir. Dolayısıyla mevcut kurulu tesisler veya kurulacak yeni tesisler Münferit (tek tek) Kompanzasyon, Grup Kompanzasyon ve Merkezi Kompanzasyon olarak üç yöntem ile kompanse edilir. Bunun için piyasada çeşitli teknikler kullanılır. Tesislerde;

- Mekanik olarak devreye alınan şönt kapasitörler kullanılarak
- Seri kapasitörler kullanılarak
- Seri reaktörler kullanılarak
- Şönt kapasite ile beraber reaktör kullanılarak
- Mekanik olarak devreye alınan reaktörler kullanılarak
- Bilinen Statik VAr kompanzatorleri kullanılarak

ihtiyaca ve amaca göre uygun olanı uygulanabilmektedir. Enerji iletim hatlarında çoğunlukla belli bölgelerde şönt kapasitör bankları ve şönt reaktör bankları kullanılmaktadır. Mekanik anahtarlamalı olarak yapıları ve çalışmaları basit olduğundan değişken reaktif yüklere cevap vermemeleri gibi olumsuzluklara sahiptirler. Devreye girip çıkmaları durumunda aşırı gerilimler oluşmaktadır.

Seri kapasitörler kullanıldığında hatların aşırı yüklenmesi sınırlandırılırken, seri reaktörler yardımıyla da hatların kısa devre güçleri sınırlandırılır. Şönt kapasitör ile birlikte reaktör kullanıldığında düşük harmonikli olarak çalışması senkron motor mantığını andırır. Reaktif akım bileşenlerinin kontrol altına alınmasında gelişen teknoloji ile beraber kumandalı sistemler kullanılmaktadır. Daha çok bir sürücü devresi geliştirilir ve otomasyon yardımıyla kullanılabilirlik artmaktadır. (Çalikoğlu E. Et al, 2013; Çakmanus I, 2007; Bayındır R., 2007).

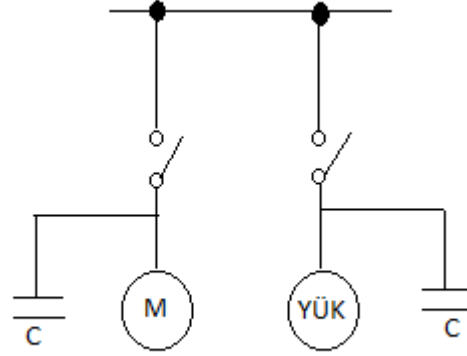
İşletmelerde kullanılan bazı cihazların reaktif enerjiye ihtiyaçları olduğundan hangi kompanzasyon çeşidi uygulanırsa uygulansın aynı formül kullanılır. Güç katsayısı ( $\cos\phi$ ), 1(bir)'e yaklaştırılmaya çalışılır. Bunun için ya aktif güç sabit tutularak ya da görünür güç sabit tutularak istenilen kondansatör veya reaktör değerleri bulunur.

#### **3.1.4.a. Tek tek (Münferit) kompanzasyon**

Münferit kompanzasyonda reaktif enerji çeken cihazların (motor, trafo, balast vb.) çıkış uçlarına ihtiyaca göre kondansatör veya reaktör doğrudan bağlanır. Yüklerin devreye girip çıkmaları ile eş zamanlı devrede olurlar. Enerji alım noktaları çoğunlukla aynı besleme şalteridir. Anahtarlama elemanı olarak kullanılan şalterin açma kapamasına bağlı olarak yükler ile beraber devreye girip çıkarlar. Bu yöntem iyi bir analiz sonucunda tercih edilirse çok daha güvenilir bir yöntemdir. Bir tesiste tüm reaktif tüketiciler tespit edilir ve her bir reaktif gücün ihtiyaç duyduğu kondansatör veya reaktör gurupları hesaplanarak kompanzasyon sağlanmış olur. Tesiste reaktif yük guruplarından herhangi birinin kompanzasyonunu sağlayan kondansatör veya reaktörlerden birinin arıza görmesi sadece o yük ile ilgili bir arıza olarak değerlendirilir. Dolayısıyla işletme halindeki tesisin tamamında kompanzasyon arızası gözükmez. Sadece lokal olarak münferit bölgede arıza giderilmeye çalışılır. Bu da münferit kompanzasyonun işletme halindeki tesiste verimi olumlu etkilemesi açısından ne kadar önemli olduğunu gösterir. Ancak bu yöntem kompanzasyon maliyetini olumsuz etkiler. Yani her bir reaktif tüketiciyi tespit etmek ve bunlara ayrı uygun kompanzasyon yapmak kurulum maliyetini yükseltir (Liu G. Et all, 2013).

Büyük güçlü motorlarda ve besleme hattı uzun olan alıcıların olması durumunda bu yöntemin uygulanması daha doğrudur. Şekil 3.2 de bir motor (M) ve herhangi reaktif bir yük (YÜK) için tasarlanan münferit kompanzasyon tesisinin basit bir şeması gösterilmiştir.





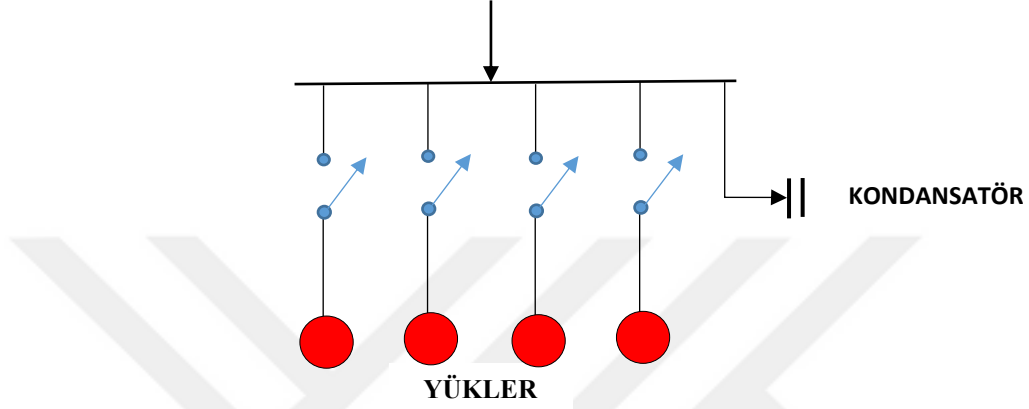
**Şekil 3.2.** Münferit kompanzasyon

Şekil 3.2. yorumlanırsa; kondansatörler motorun çıkış uçlarına (sargı uçları) paralel bağlanırlar. Motorun yol alması ve durmasıyla beraber devreye girip çıkarlar. YÜK olarak bir trafo kullanılması durumunda, trafonun ihtiyaç duyduğu reaktif enerji miktarına karşılık dağıtım şirketleri genellikle trafo gücünün %3-%5 arasında bir değerde sabit kondansatör seçilmesini isteyebilir. Örneğin; 100 KVA bir trafo için sabit kondansatör 3 kVAr iken 250 KVA trafoya 7,5 kVAr değerinde sabit kondansatör bağlanır.

#### **3.1.4.b. Gurup kompanzasyon**

Grup Kompanzasyon, reaktif yük alıcıları gruplar halinde toplanarak ihtiyaç duydukları kompanzasyon oranında devreye kondansatör veya reaktör bağlanarak gerçekleştirilir. Aynı şalter veya kontaktör üzerinden devreye giren çıkan yük gruplarının kompanzasyonunda kullanılan bir yöntemdir. Tek tek kompanzasyon yerine aynı anahtarlama elamanı ile aynı anda devreye giren yük gruplarının kompanzasyonunda kullanılan bu yöntemin kurulum masrafı daha az olur. Grup kompanzasyonunda genellikle aynı işlevi gören alıcılara ait tesis panosuna yakın bir bölgede kompanzasyon panosu tesis edilir. Bilindiği üzere kondansatör veya bobin banklarının devreye girip çıkmasında arklar meydana gelir. Bu oluşan arklara karşın kullanılacak anahtarlama elamanları uygun seçilmelidir. Deşarj akımları toprağa hızlıca aktarılabilmelidir.

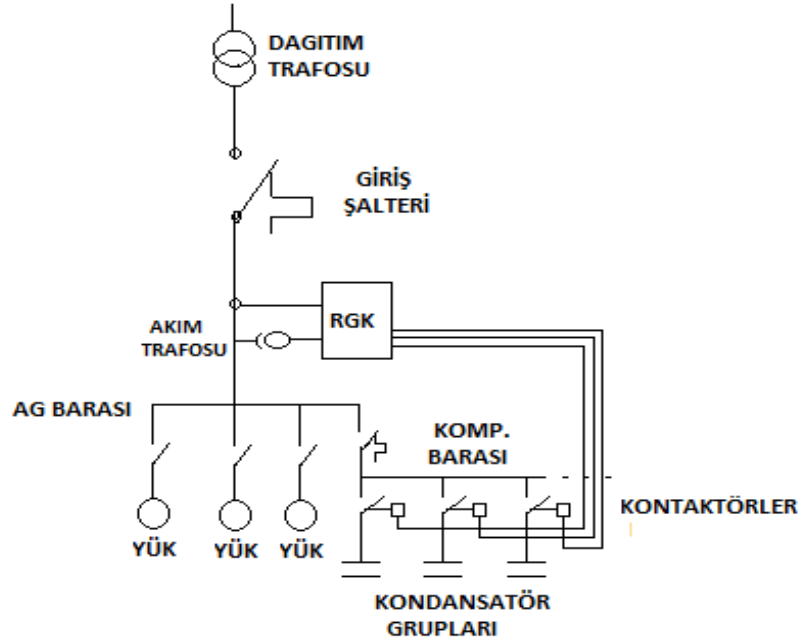
Birden çok tüketicinin bulunduğu bir tesiste her tüketiciyi tek tek kompanze etmek yerine hepsinin ortak bir kompanzasyon panosuyla kompanze edilmesi daha ekonomik bir yöntem olur. Şekil 3.3.' te grup kompanzasyona ait basit bir şema gösterilmiştir (Liang C. et all, 2009).



**Şekil 3.3.** Grup kompanzasyon

#### **3.1.4.c. Merkezi kompanzasyon**

Tüketicinin elektrik panosuna bağlı birden çok değişken reaktif alıcı olması durumunda ve bunların belirli belirsiz farklı zamanlarda devreye girip çıkması durumunda kondansatör veya reaktör gruplarının sabit olarak devrede kalmaları ihtiyaca cevap vermez. Dolayısıyla reaktif güç kontrol röleleri kullanılarak tüketicilerin enerji aldıkları bara üzerinde akım trafolarının çıkış uçlarından referans bilgileri alınarak güç katsayısı ayarlanır. Grup kompanzasyonundan daha çok gelişmiş olan bu sistemde, tüketicilerin birden çok ve farklılık göstermesinden dolayı güç faktörü devamlı kontrol altına alınarak ihtiyaca göre kondansatörler veya reaktörler devreye alınıp çıkarılırlar. Tesislerde en çok kullanılan bu yöntemin projelendirilmesi de kolay olur. Bir tesiste endüktif özellik veya kapasitif özellik gösteren reaktif alıcılar güçleri oranında çeşitlilik göstereceğinden Reaktif Güç Kontrol Rölesi programlanırken basamaklı kademeler kullanılır.



**Şekil 3.4.** Merkezi kompanzasyon

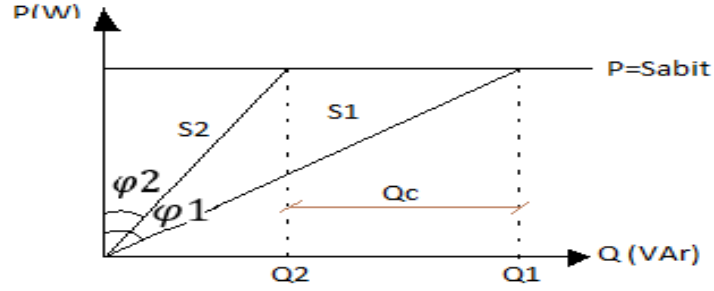
Şekil 3.4.'te gösterildiği gibi ihtiyaca göre küçükten büyüğe kondansatör sıralaması yapılır. Örneğin tesiste ihtiyaç duyulan küçük güçteki kondansatörün devreye alınması gerekirken, reaktif güç kontrol rölesine tanıtılmış büyük güçteki ilk kondansatör devreye alındığında tesis, gereğinden fazla kondansatör çekmiş olacak ki sistem kapasitif bileşen olarak reaktif girmiş olacaktır. Bu olumsuz durumu engellemek için röleye daha çok düşük güçteki kondansatörlerden başlayarak büyük güçteki kondansatörlere doğru tanıtılır. Çünkü Reaktif Güç Kontrol Rölesi  $\cos \varphi$ 'yi 1(bir)'e yaklaştırmak için otomatik olarak kondansatörleri devreye alıp çıkaracaktır (Zhenglin Y. Et all, 1999; Ganfui Y. et all, 2008). 17.02.2002 tarih ve 23967 sayılı resmî gazetede belirtildiği gibi işletme sahipleri  $\cos \varphi$ 'yi yani güç katsayısını 0,95 ile 1(bir) aralığında tutmak zorundadır

### 3.2. Kompanzasyon Hesabı

Kompanzasyon hesabında hangi kompanzasyon yöntemi tercih edilirse edilsin hesap yöntemleri genellikle aynıdır. Ya aktif gücün sabit tutulması tercih edilir ya da görünür gücün sabit tutulması tercih edilir. Daha sonra istenilen güç katsayısına ulaşmak için reaktif güç hesaplanır ve reaktif gücü oluşturan ana parametreler olarak bilinen

kondansatör veya bobin değerleri bulunur. Böylelikle tesisin ihtiyaç duyduğu kondansatör veya reaktör bankları tesis edilerek kompanzasyon gerçekleştirilmiş olur.

- **Aktif Gücün (P) Sabit Tutulması Yöntemi:**



**Şekil 3.5.** Kompanzasyonda güç bağıntısı (p=sabit)

Şekil 3.5.' te gösterilen Görünür Güç  $S(VA) = V * I$  iken P Aktif gücün sabit tutulması durumunda;

$$Q_1 = S_1 * \sin \varphi_1 \quad \text{veya} \quad Q_1 = P_1 * \tan \varphi_1 \quad (3.3)$$

$$Q_2 = S_2 * \sin \varphi_2 \quad \text{veya} \quad Q_2 = P_1 * \tan \varphi_2 \quad (3.4)$$

Şeklinde olacaktır. Kompanzasyon için gerekli olacak kondansatör gücü ise,

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P_1 * (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (3.5)$$

olarak bulunur. Birimi ise VAr (volt amper reaktif) olarak bilinir.

Eğer eşitlik 3.5.'te  $(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$  ifadesi  $k$  gibi bir katsayıyı ile ifade edilirse

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P_1 * k \gg \quad Q_c = P_1 * k \quad (3.6)$$

olarak pratikleştirilir. “ $k$ ” katsayısı için özel olarak hazırlanmış cetveller mevcuttur.

- **Görünür Gücün (S) Sabit Tutulması Yöntemi:**

Kompanzasyon yapılmadan önce tesisin güç katsayısı  $\cos \varphi_1$ , Aktif gücü  $P_1$  ve Görünür gücü  $S_1$  olmak üzere;

$P_1 = S_1 * \cos \varphi_1$  olup, bu durumda çekilen reaktif güç, güç üçgeninden

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} \quad (3.7)$$

olacaktır.

$S_1$  sabit kaldığında kompanzasyondan güç katsayısı sonra  $\cos \varphi_2$  değerine yükseltmek istenirse Aktif güç;

$$P_2 = S_1 * \cos \varphi_2 \quad (3.8)$$

değerine yükselir. Bu durumda reaktif gücün

$$Q_2 = \sqrt{S_1^2 - P_2^2} \quad (3.9)$$

olması gerekir. Buna göre;

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \quad (3.10)$$

gücünde bir kondansatör gurubuna ihtiyaç duyulur.

Kompanzasyon hesaplamalarında güç üçgeni ve karmaşık çevirimleri kullanmak yerine pratikte  $(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$  ifadesi yerine  $k$  katsayısının kullanılması yönünde çizelge 3.1.'de gösterilen bir cetvel yardımı ile bir tesisin veya tüketicinin reaktif güç ihtiyacı tespit edilir. Bu cetvel, belirli bir  $\cos \varphi_1$  güç katsayısının, istenilen bir  $\cos \varphi_2$  güç katsayısına çıkartması için beher KW aktif güç için gerekli reaktif güç miktarını verir (Ding M. et all, 2005).

Mevcut bir tesis için aşağıdaki parametreler biliniyor.

Tüketicinin Sanal gücü  $S_1 = 700$  KVA

Mevcut güç katsayısı  $\cos \varphi_1 = 0,72$

İstenilen güç katsayısı  $\cos \varphi_2 = 0,97$  dir.

Yapılan incelemeler sonucunda tesisin reaktif (endüktif bileşen olarak) cezaya girdiği ve bunun için gerekli kompanzasyon hesabının yapılması istenmektedir. Tesis için gerekli olan kondansatör gücü tayin edilirse;

**Çizelge 3.1.** Kompanzasyon Hesabında Kullanılan k katsayısı (EMO Ajandası)

<b>Cosφ2</b>	0.70	0.75	0.80	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	
<b>tanφ2</b>	(1.02)	(0.88)	(0.75)	(0.70)	(0.64)	(0.62)	(0.59)	(0.57)	(0.53)	(0.48)	(0.43)	(0.36)	(0.33)	(0.29)	(0.25)	
<b>Cosφ1</b>	<b>tanφ1</b>															
0.45	1.98	0.96	1.10	1.23	0.28	1.34	1.36	1.39	1.41	1.45	1.50	1.55	1.62	1.65	1.69	1.73
0.50	1.73	0.71	0.85	0.98	1.03	1.09	1.11	1.14	1.16	1.20	1.25	1.30	1.37	1.40	1.44	1.48
0.52	1.64	0.62	0.76	0.89	0.94	1.00	1.02	1.05	1.07	1.11	1.16	1.21	1.28	1.31	1.35	1.39
0.54	1.56	0.54	0.68	0.81	0.86	0.92	0.94	0.97	0.99	1.03	1.08	1.13	1.20	1.23	1.27	1.31
0.56	1.48	0.46	0.60	0.73	0.78	0.84	0.86	0.89	0.91	0.95	1.00	1.05	1.12	1.15	1.19	1.23
0.58	1.41	0.39	0.53	0.66	0.71	0.77	0.79	0.82	0.84	0.88	0.93	0.98	1.05	1.08	1.12	1.16
0.60	1.33	0.33	0.45	0.58	0.63	0.69	0.71	0.74	0.76	0.80	0.85	0.90	0.97	1.00	1.04	1.08
0.62	1.27	0.25	0.39	0.52	0.57	0.63	0.65	0.68	0.70	0.74	0.79	0.84	0.91	0.94	0.98	1.02
0.64	1.20	0.18	0.32	0.45	0.50	0.56	0.58	0.61	0.63	0.67	0.72	0.77	0.84	0.87	0.91	0.95
0.66	1.14	0.12	0.26	0.39	0.44	0.50	0.52	0.55	0.57	0.61	0.66	0.71	0.78	0.81	0.85	0.89
0.68	1.08	0.06	0.20	0.33	0.38	0.44	0.46	0.49	0.51	0.55	0.60	0.65	0.72	0.75	0.79	0.83
0.70	1.02		0.14	0.32	0.32	0.38	0.40	0.43	0.45	0.49	0.54	0.59	0.66	0.69	0.73	0.77
0.72	0.96		0.08	0.27	0.26	0.32	0.34	0.37	0.39	0.43	0.48	0.53	0.60	0.63	0.67	0.71
0.74	0.91		0.03	0.21	0.21	0.27	0.29	0.32	0.34	0.38	0.43	0.48	0.55	0.58	0.62	0.66
0.76	0.86			0.16	0.16	0.22	0.24	0.27	0.29	0.33	0.38	0.43	0.50	0.53	0.57	0.61
0.78	0.80			0.11	0.10	0.16	0.18	0.21	0.23	0.27	0.32	0.37	0.44	0.47	0.51	0.55
0.80	0.75			0.05	0.05	0.11	0.13	0.16	0.18	0.22	0.27	0.32	0.39	0.42	0.46	0.50
0.82	0.70					0.06	0.08	0.11	0.13	0.17	0.22	0.27	0.34	0.37	0.41	0.45
0.84	0.65						0.03	0.06	0.08	0.12	0.17	0.22	0.29	0.32	0.36	0.40
0.86	0.59								0.02	0.06	0.11	0.16	0.23	0.26	0.30	0.34
0.88	0.54										0.06	0.11	0.18	0.21	0.25	0.29
0.90	0.48											0.06	0.12	0.15	0.19	0.23
0.92	0.43												0.07	0.10	0.14	0.18
0.94	0.36													0.03	0.07	0.11

Birinci Metod: Aktif güç sabit iken

$$P_1 = S_1 * \cos \varphi_1 = 700 * 0,72 = 504 \text{ kW}$$

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = \sqrt{700^2 - 504^2} = 485,78 \text{ kVAR}$$

Güç katsayısının  $\cos \varphi_2 = 0,97$  olması halinde tüketicinin çektiği reaktif güç

$$S_2 = P_1 / \cos \varphi_2 = 504 \text{ kW} / 0,97 = 519,58 \text{ kVA değerine düşecektir.}$$

Bu durumda gerekli olan reaktif güç;

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_1^2} = \sqrt{519,58^2 - 504^2} = 126,28 \text{ kVAR}$$

olarak bulunur ve gerekli olan kondansatör gücü;

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = 485,78 - 126,28 = 359,5 \text{ kVAR olarak bulunur.}$$

İkinci Metod: Görünür güç sabit iken

Kompanzasyon yapılmadan önce tesisin aktif gücü;

$$P_1 = S_1 * \cos \varphi_1 = 700 * 0,72 = 504 \text{ kW iken reaktif güç;}$$

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = \sqrt{700^2 - 504^2} = 485,78 \text{ kVAR}$$

olarak hesaplanmıştır. Bundan dolayı  $S_1$  sabit kaldığında aktif güç;

$P_2 = S_1 * \cos \varphi_2 = 700 * 0,97 = 679 \text{ kW}$  değerine yükselir. Bu durumda reaktif güç;

$$Q_2 = \sqrt{S_1^2 - P_2^2} = \sqrt{700^2 - 679^2} = 170,17 \text{ kVAR olarak bulunur. Öyle ise}$$

tesis için gerekli kondansatör gücü de;

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = 485,78 - 170,17 = 315,61 \text{ kVAR olarak bulunur.}$$

Yukarıdaki örnek incelendiğinde mevcut tesisin görünür gücü 700 kVA' dan 519,58 kVA' ya yani %25,77 oranında düştüğü görülmektedir. Bu da tesiste mecburi kompanzasyonu gerektirmektedir. Ancak görünür güç değiştirilmeden tesise ilave aktif alıcılar yerleştirildiğinde aktif güç 504 kW' dan 679 kW'ya yani %25,77 oranında yükselir. Görülüyor ki kompanzasyon sayesinde tesiste yeni bir yatırıma gerek kalmadan bu tesisten çekilebilecek gücü arttırmak yeterlidir.

Kurulu gücü 450 KW olan bir tesisin güç katsayısı işletme halinde kosinüs metre yardımıyla  $\cos \varphi_1 = 0,78$  olarak ölçülmüştür. İşletme halindeki tesiste birbirinden farklı karakteristikte alıcı olduğundan elektrik faturasına reaktif ceza oranı yansıtıldığı gözlenmiştir. Bunun için işletme sahibi güç katsayısını 0,95'e yükselterek iyileştirme yapmak istemiştir (Pinson P. Et all, 2003; Weighang H. Et all, 2006; Qing-lai G. Et all, 2009; Zhang Z. Et all, 2009).

İşletmede tüm yükler birbirinden farklı zamanlarda devreye girip çıkmış ise ve eş zamanlılık katsayısı da 0,8 olarak kabul edilirse tesisin talep gücü;

$$P = 450 * 0,8 = 360 \text{ KW olarak bulunur.}$$

Yukarıdaki çizelge 3.1.' de beher KW için  $\cos \varphi_1 = 0,78$  ' den  $\cos \varphi_2 = 0,95$  'e yükseltmek istendiğinde k katsayısı  $k=0,47$  seçilir. Dolayısıyla istenilen kompanzasyon gücü;

$$Q_c = P * k = 360 * 0,47 = 169,2 \text{ kVAr}$$

olarak hesaplanır. İmalatı yapılan kondansatör güçleri standartlar dahilinde üretilirler. Bunun için tesise ilave edilecek kompanzasyon panosunda toplam 170 kVAr gücünde kademeli kondansatör banklarının yerleştirilmesi tercih edilir.





## **4. BULGULAR ve TARTIŞMA**

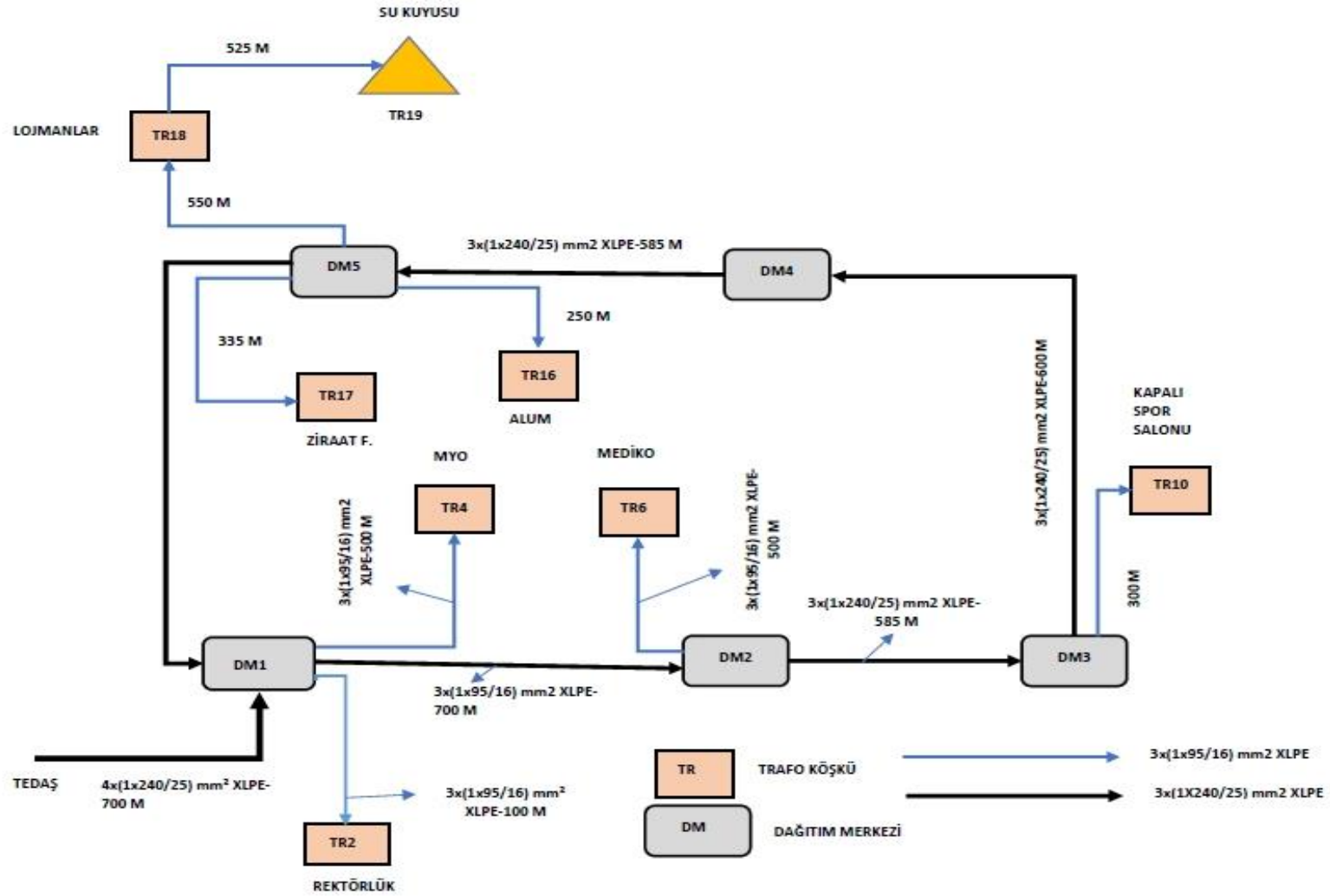
### **4.1. Iğdır Üniversitesi Ana Kampüsü OG Elektrik Dağıtım Şebekesi**

Kampüsün enerji ihtiyacının tedarikinde kullanılan yer altı elektrik dağıtım şebekesini teşkil eden OG kablolarının analizinin yapılabilmesi için şebekenin genel hatlarıyla tanınması gerekmektedir.

#### **4.1.1. Kampüs elektrik dağıtım şebekesine genel bir bakış**

Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü'nün elektrik ihtiyacı, dağıtım şirketi tarafından hat işletme gerilimi 31,5 kV olan 1x(3x477) MCM karakteristikli enerji nakil hattı ile tedarik edilmektedir. Söz konusu 8 kilometrelik hat, tek devre olarak tesis edilmiş olup dağıtım şirketince MOD-6 olarak kodlanmış dağıtım merkezinden enerjisini almaktadır. Tedarik edilen elektrik enerjisi son direktten itibaren karayolundan yatay delgi yöntemiyle 3x(1x240/25) mm<sup>2</sup> XLPE orta gerilim kablosu geçirilerek kampüs içerisinde olan DM-1 kodlu dağıtım köşkü ile irtibatlandırılmıştır.

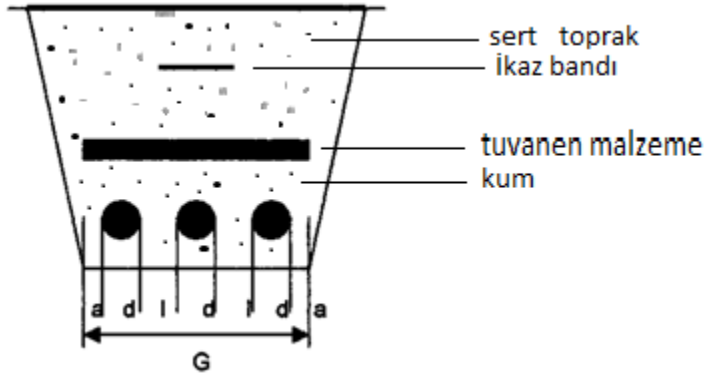
Şekil 4.1.' de görüldüğü üzere üniversitenin kampüsü beş adet dağıtım merkezinden ibaret olup ring şebeke oluşturmaktadır. Enerjinin ilk giriş noktası DM1'dir. Burada bulunan ölçü hücresi yardımıyla tüketilen enerjinin tamamı X5 elektronik sayaç üzerinden okunur. Gerilim bilgisi hücredeki gerilim trafosundan, akım bilgisi ise akım trafosundan alınacak şekilde sayaç bağlantıları yapılmıştır. TEDAŞ' a ait son direktten DM1'e kadar çekilen Orta Gerilim kablosunun uzunluğu 700 metredir. Üç faz bir yedek olarak çekilen 4x(1x240) mm<sup>2</sup> XLPE kablosunun toplam uzunluğu 2800 metredir. Ve kablolar Elektrik Dağıtım Şebekeleri Enerji Kabloları Montaj (Uygulama) Usul ve Esasları' na göre tesis edilirler.



Şekil 4.1. Ana kampüs dağıtım şebekesi

Ring Şebeke özelliği taşıyan üniversitenin elektrik dağıtım hattında hemen hemen her binanın kendine ait trafosu mevcuttur. Ve bu trafolar kendilerine en yakın dağıtım merkezine uygun kesitte orta gerilim yer altı kablosu ile irtibatlandırılmıştır. Mevcut trafoların güç dağılımı çizelge 4.1.' de gösterilmiştir. Ana ring hattını 3x(1x240) mm<sup>2</sup> XLPE orta gerilim yer altı kablosu oluşturmaktadır. Dağıtım merkezlerinden Trafo köşklere giden kabloların kesiti ise 3x(1x95) mm<sup>2</sup> XLPE olarak tesis edilmiştir.

Şekil 4.2.' de bir toprak kanalda birden fazla kablo döşendiği taktirde aşağıdaki hesap yöntemi kullanılır.



**Şekil 4.2.** Birden fazla kablo çekilmesi ve kanal detayı ( Elektrik Dağıtım Şebekeleri Enerji Kabloları Montaj (Uygulama) Usul ve Esasları)

$$G=(3xd) + (2xl) + (2xa) \quad (4.1)$$

G: Hesaplanan kanal dip genişliği

D: Kablo dış çapı

l: Kablolar arası mesafe

a: Kablo ile duvar arasındaki mesafe

Eğer;  $L=7$  cm ise ve  $d>7$  cm ise  $L=d$  dir

Eğer;  $a=7$  cm ise ve  $d>7$  cm ise  $a=d$  dir.

Genel olarak dağıtım merkezlerinde yük ayırıcılı giriş hücresi, kesicili çıkış hücreleri ve trafo koruma hücresi bulunmaktadır Kampüsün tüm tüketimi DM1’ de ölçüldüğünden trafo köşklarine ayrıca bir ölçü hücresi konuşmasına gerek duyulmamıştır. Ancak tüketim ve kayıpları daha iyi analiz etmek için trafo köşklarinin içerisine bir ölçü hücresinin konulmasında fayda vardır. Trafo köşklarinde ise yük ayırıcılı giriş hücresi ve trafo koruma hücresi bulunmaktadır. Tüm dağıtım merkezlerinde ve trafo köşklarinde ihtiyaca göre kapasitesi planlanan hermetik trafolar bulunmaktadır. İleride yapılacak olan tesislere bu trafoların AG panosundan müstakil çıkışlar alınarak gerekli enerjilendirme yapılabilecektir. Dağıtım merkezleri (DM1, DM2, DM3, DM4, DM5) PB-3 tip olarak tarif edilen prefabrik betonarme bir köşkten ibarettir.

#### 4.2. Güç Bazında Trafo Dağılımları

**Çizelge 4.1.** Güç bazında trafo dağılımları (8850 KVA)

MAHAL ADI	TRAFO GÜCÜ (KVA)
DM1	100
DM2	100
DM3	630
DM4	1250
DM5	1600
REKÖTRLÜK BİNASI	1250
MYO	400
MEDİKO	630
SPOR SALONU	250
ALUM	250
ZİRAAT FAK.	630
LOJMANLAR	1600
SU KUYUSU	160

Kampüs içerisindeki mevcut trafo güçleri yukarıdaki Çizelge 4.1.’ de belirtildiği gibi ihtiyaca göre belirlenmiştir. Dağıtım merkezlerinde (DM) bulunan trafolar ayrıca yol ve kavşak aydınlatmaları için tesis edilmiştir. Özellikle DM1 ve DM2’ de bulunan 100 KVA gücündeki trafolar dağıtım köşkü iç ihtiyacını ve yol ve kavşak aydınlatması için tercih edilmiştir. DM3, DM4 ve DM5 ‘te bulunan 630 KVA, 1250 KVA ve 1600

KVA gücündeki trafolar hem iç ihtiyaç ve yol-kavşak aydınlatmasının enerjisinin karşılanması için hem de ileride o bölgede yapılması planlanan binaların enerjisinin tedariki için uzun vadede faydalanma amaçlı tesis edilmiştir.

Bir trafonun gücünü belirlemek için kurulacak tesisin toplam kurulu güçlerinin bilinmesi gerekir. Bu kurulu güçlerin hangi oranda talep edildiği de hesaplanıp trafo kaybı da eklenerek gerekli trafo gücü hesaplanır.

$S$  (KVA): Trafo gücü

$P_k$  (KW): Toplam kurulu güç

$E_k$  : Eş zamanlılık katsayısı

$\cos \varphi$  : Güç faktörü

Olmak üzere trafo gücü;

$$S = P_k * E_k / \cos \varphi \quad (4.2)$$

şeklinde hesaplanır. Tesisin kurulu gücünü, tesiste yer alan tüm yüklerin gücüdür. Tesisin talep gücü ise; yüklerin farklı zamanlarda devreye girmesi ile ilişkili olup Eş zamanlılık katsayısı ( $E_k$ ) ile toplam kurulu gücün çarpımıdır. İşletmelerde trafolar bazı durumlarda fazla yüklenebilir. Bu durumda trafo gücü seçiminde bir üst standart değerde tercih yapılabilir. Aşağıda kampüste yer alan Rektörlük Binasına ait trafonun gücü hesaplanmıştır. Binanın;

Kurulu Gücü  $P_K$ : 1355250 W

Talep Gücü  $P_T$ : 1350250 W \*0,84 = 1138,41 KW

İstenilen  $\cos \varphi$ : 0,99 olmak üzere

Bu durumda trafo gücü;

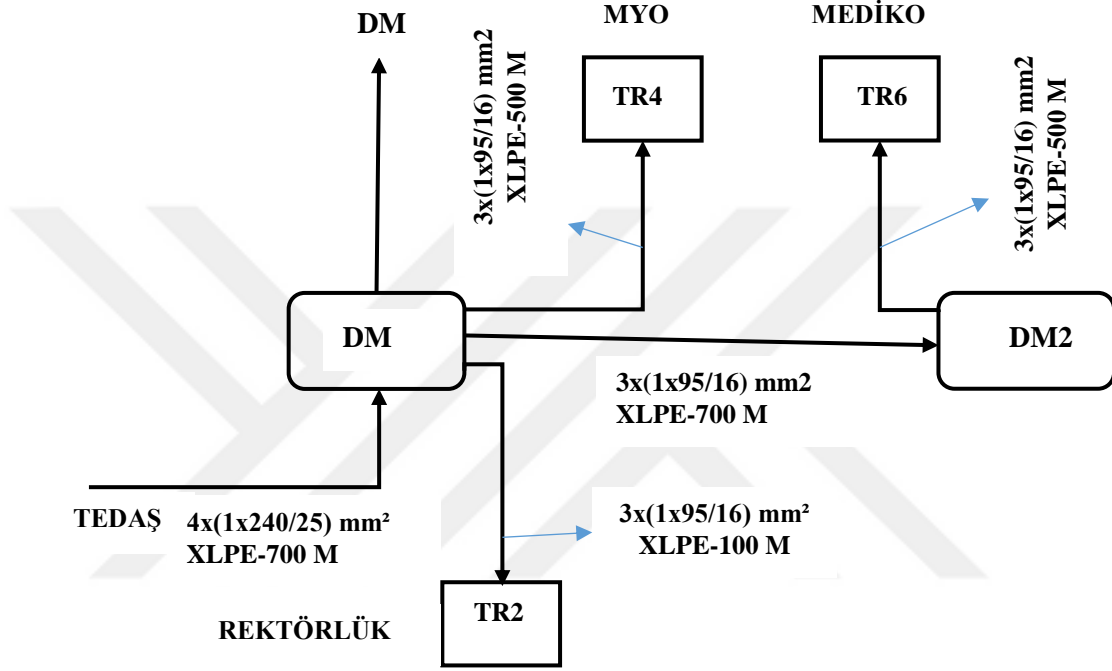
$S = 1138,41 \text{ KW} / 0,99 = 1149,90 \text{ KVA}$  olarak bulunur. Standart olarak bu trafonun gücü  $S = 1250 \text{ KVA}$  olarak seçilecektir.

Kampüs içerisinde yer alan tüm trafoların güçleri ileride yapılacak tesisler göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Ring şebekenin enerjili olması durumunda tam yüklenmeyen trafoların çalışması boştaki kayıpları meydana getirir. Ayrıca ring hattı boyunca güzergahta yer alan dağıtım merkezlerinin enerjilendirilmesi için yeraltı kabloları da aktif haldedir. Şebekenin tam yüklenmediği durumda bu OG kabloları reaktif kayıpları meydana getirmektedir. Şekil 4.1. 'de gösterilen şemaya bakıldığında elektriğin işletme yönü DM1'de branşmanlara ayrılarak DM2 ve DM5'e doğrudur. Ring şebekede iki dağıtım köşkü (örn: DM2- DM3) arasında herhangi bir noktada bir arıza meydana geldiğinde enerji tersten verilebilir. Yani DM3'ün enerjilendirilmesi için enerji, DM1-DM5-DM4-DM3 akış yönünde olur. Bu da şebekenin sürekli enerjilendirilmesi açısından önemlidir. Dikkat edildiğinde her bölgenin enerjili olması yer altı orta gerilim kablolarının da enerjili olmasıyla birlikte olur. Bu da kabloların kondansatör özelliği taşıdığı gerçeğinin yanı sıra kapasitif reaktif bileşeni meydana getirir. Eğer her trafo tam yükte çalışıyor olsaydı sistem, kapasitif reaktif enerjiden daha çok, aktif enerjiyle meşgul olacaktı. Tezimizin ana konusunu teşkil eden orta gerilim XLPE kablolarının varlığından ötürü meydana gelen kapasitif etkinin incelenip güç katsayısının düzeltilmesi için şebekenin iyi analiz edilmesi gerekir.

### **4.3. Ana Kampüs Elektrik Dağıtım Şebekesinin Karakteristikleri**

Kampüsün işletme gerilimi Iğdır ilinde uygulanan tek tip gerilim olarak 31,5 kV'dır. Kampüste kullanılan bütün trafoların işletme gerilimi de 31,5 kV'dır. Dolayısıyla DM1'de ölçü hücresindeki gerilim trafosu da bu kriterlere göre belirlenmiştir. Akım trafosu ise çift sekonderli olarak tercih edilmiş olup 150-300/5 A'dır. Ring hattını oluşturan orta gerilim yer altı kabloları tek tip olup 3x(1x240) mm<sup>2</sup> XLPE kablosudur. Yapılan gerilim düşümü hesapları neticesinde bu kesitin kullanılması uygundur. Dağıtım Merkezleri ile Trafo köşkleri arasındaki besleme hattı ise 3x(1x95) mm<sup>2</sup> XLPE olarak seçilmiştir. Şekil 4.3.'de kampüs içerisinde yer alan iki dağıtım merkezi ile iki trafo köşkü arasında tesis edilmiş olan kablo kesitleri gösterilmiştir. Mevcut durumda DM2'de yer alan kesicili çıkış hücresi üzerinden enerjisini alan

MEDİKO binasının 630 KVA gücündeki trafosunun bulunduğu köşk, her biri bir fazı göstermek üzere  $3 \times (1 \times 95) \text{ mm}^2$  kesitinde XLPE kablосуyla irtibatlandırılmıştır.



**Şekil 4.3.** Dağıtım Merkezi (DM) ile Trafo Köşkü arası kablo kesiti

#### 4.4. Kampüs Elektrik Dağıtım Şebekesinde Kullanılan OG Yer Altı Kabloları

Orta gerilim kabloları taşıyacakları güç oranında ve üzerinde çekilecek akımın kapasitesine göre üretilirler. Uygulamalarda en çok kullanılan (çapraz bağlı polietilen) izolasyonlu XLPE kablodur. Iğdır Üniversitesi'nin elektrik dağıtım şebekesinde de bu kablo türü kullanılmıştır. XLPE kablusunun çok tercih edilmesinin sebepleri

- Yüksek termik dayanıklılığı ve uzun ömürlü olmaları
- Büyük sıcaklık değişimlerinde dahi fiziksel ve elektriksel özellikleri hemen hemen aynı olması
- XLPE esnekliğini çok düşük ısılarda da koruması (-40 °C).
- XLPE izoleli kabloların dielektrik kayıpları ihmal edilebilecek kadar küçük olması
- Kimyasallara karşı dayanımının yüksek olması
- Su emme özelliğinin olmaması

- Mekanik dayanımı yüksektir. Tekrarlı bükülmelere dayanıklıdır. 25 N/mm<sup>2</sup>'yi aşan bir gerilme kuvvetine ve % 400'ün üzerinde kopma uzamasına sahip olması
- Sürekli akım taşıma kapasitesi ve kısa devre dayanımının yüksek olması
- Yoğunluğu az ve izolasyon direncinin yüksek olması

şeklinde sıralanabilir ([http://www.emo.org.tr/ekler/0cf1f7eb14c9f52\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/0cf1f7eb14c9f52_ek.pdf)).

#### 4.4.1. 20,3/35 kV YE<sub>3</sub>SV, XLPE kablosunun yapısı

Örgülü bakır iletken üzerine sarılan yarı iletken tabaka, çapraz bağlı polietilen ile izole edildikten sonra tekrar yarı iletken bir tabaka ile dizayn edilen malzeme, yarı iletken bandının bakır siper ile bütünleşmesi sonucu mekanik zorlamalara dayanım sağlayacak koruma bandı ve PVC dış bir kılıfla ile muhafaza edilmiştir. Bu kablolar genellikle kısa devre akımlarının büyük olduğu yerleşim ve sanayi bölgelerinin elektrik enerjisi ile beslenmelerinde ve yüksek güç taşınması gereken elektrik şebekelerinde kullanılırlar. Ayrıca bu kablolar mekanik zorlamaların bulunduğu yerlerde kullanılır. Şekil 4.4. 'te TEDAŞ standartlarında üretilen ve Iğdır Üniversitesi elektrik dağıtım şebekesinde kullanılan YE<sub>3</sub>SV XLPE kablosunun yapısı görülmektedir.



- |                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| 1-Bakır iletken           | 5-Yarı iletken bant |
| 2-İç yarı iletken tabaka  | 6-Bakır Siper       |
| 3-XLPE izole              | 7-Koruma bandı      |
| 4-Dış yarı iletken tabaka | 8-PVC dış kılıf     |

**Şekil 4.4.** 20,3/35 kV XLPE yalıtkanlı, bakır iletkenli OG kablosu (Hasçelik Kablo kataloğu)

#### 4.4.2. 20,3/35 kV YE<sub>3</sub>SV , XLPE kablosunun parametrik değerleri

Çizelge 4.2.' de ise 20,3/35 kV YE<sub>3</sub>SV , XLPE kablosunun farklı kesitteki akım taşıma kapasitelerini ve çalışma parametrelerini gösteren teknik bilgilere yer verilmiştir.



Çizelge 4.2.'de dikkat edilen hususlardan bir tanesi kabloların tesisinde hangi yöntemin kullanıldığıdır. Çünkü kabloların akım taşıma kapasitesi dış etkenlere de bağlıdır. Sadece yapısından değil aynı zamanda havada, toprakta ve boruda tesis edilmesi durumunda akım taşıma kapasiteleri değişkenlik gösterir. Laboratuvar ortamlarında yapılan testler sonucunda bu katalog bilgileri elde edilmiştir.

**Çizelge 4.2.** 20,3/35 kV XLPE yalıtımlı, bakır iletkenli OG kablosu çalışma parametreleri (Haşcelik Kablo kataloğu)

Nominal Kesit	Dış Çap Yaklaşık	Net Ağırlık Yaklaşık	20°C de İletken DC Direnci (Max.)	Çalışma İndüktansı Yaklaşık		Çalışma Kapasitesi Yaklaşık	Akım Taşıma Kapasitesi * (A)					
				Flat mH/km	Trefoil mH/km		Toprakta		Havada		Boruda	
mm <sup>2</sup>	mm	kg/km	Ohm/km	○ ○ ○	○ ○ ○	μF /km	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○
1x35/16 rm	35	1370	0,524	0,77	0,51	0,11	172	166	203	198	156	157
1x50/16 rm	36	1535	0,387	0,75	0,48	0,12	203	196	243	238	188	186
1x70/16 rm	38	1800	0,268	0,71	0,46	0,14	246	239	303	296	229	227
1x95/16 rm	40	2100	0,193	0,68	0,44	0,15	293	285	369	361	274	271
1x120/15 rm	42	2400	0,153	0,66	0,42	0,16	332	323	426	417	311	308
1x150/25 rm	43	2810	0,124	0,64	0,4	0,17	366	361	481	473	347	343
1x185/25 rm	45	3220	0,0991	0,62	0,39	0,18	410	406	550	543	391	387
1x240/25 rm	48	3830	0,0754	0,6	0,37	0,2	470	469	647	641	453	447
1x300/25 rm	50	4450	0,0601	0,58	0,36	0,23	524	526	739	735	510	504

#### 4.4.3. 20,3/35 kV YE<sub>3</sub>SV , XLPE kablosunun şebekede kullanımı

İğdir Üniversitesinin elektrik dağıtım şebekesinde kullanılmış olan 20,3/35 kV, 1x95/16 mm<sup>2</sup> kesitli XLPE kablosu ve 20,3/35 kV, 1x240/25 mm<sup>2</sup> kesitli XLPE kablosu düz tertipte (aynı kanal içerisinde yan yana) toprak kanal içerisine tesis edilmiştir. Bu durumda 95 mm<sup>2</sup> kesitli kablunun taşıyabileceği maksimum akım 293 Amper iken 240

mm<sup>2</sup> kesitli kablonun taşıyabileceği maksimum akım 470 Amperdir. Şebekenin işletme gerilimi  $U_0 = 31,5$  Kv,  $\text{Cos } \varphi = 0,8$  olarak ele alındığında ve gerilim düşümü olmadığı varsayılarak;

1x95/16 mm<sup>2</sup> kesitli XLPE kablosunun taşıyacağı aktif güç:

$$P = U_0 * I * \text{Cos } \varphi = 31,5 \times 293 \times 0,8 = 7383,6 \text{ kW iken,}$$

1x240/25 mm<sup>2</sup> kesitli XLPE kablosunun taşıyacağı aktif güç:

$$P = U_0 * I * \text{Cos } \varphi = 31,5 \times 470 \times 0,8 = 11844 \text{ kW dır.}$$

Yukarıdaki sonuçlara bakıldığında XLPE kabloları ile mümkün olabildiğince yüksek oranda güç taşınabilir. Bahsedilen kabloların enerjilendirilmesi sonucu maksimum kapasitede akım taşımaları durumunda, işletme halindeki tesis daha çok aktif enerji ile meşgul olur. Bu vesile ile kabloların yapısal özelliğinden dolayı herhangi bir reaktif enerji bileşeninin sistemi rahatsız edeceği düşünülemez. Ancak kampüs elektrik dağıtım şebekesinde kullanılan XLPE kablolarının 95 mm<sup>2</sup> ve 240 mm<sup>2</sup> olarak tercih edilmesi, Iğdır Üniversitesi ana kampüsünün stratejik projesi değerlendirildiğinde ileriye dönük alt yapısıyla ilişkilidir. Çünkü yatırımlar bir plan dahilinde gerçekleştirilir. Üniversite için tercih edilen yerleşkede önce alt yapı inşaatı yapılır. Yapılan alt yapı inşaatı uzun vadede gerekli hizmeti sunabilmelidir. Aksi takdirde çok uzun zaman geçmeden 5-10 yılda bir alt yapının revize edilmesi veya yeniden inşa edilmesi kamu yatırımlarına aykırı bir durumdur. Bunun için üniversitede alt yapı inşaatı kapsamında değerlendirilen elektrik dağıtım şebekesi 50 yıla kadar her türlü yüklenmeye cevap verebilecek öngörüye göre tesis edilmiştir.

#### **4.5. Dağıtım Şebekesinde Kullanılan 20,3/35 kV YE<sub>3</sub>SV , XLPE Kablosunun Mesafe ve Kesit Bazında Kapasitif Analizi**

Iğdır üniversitesinin güç dağılımına göre şekillenen şebekede, hemen hemen her trafo bölgesinde sistemi reaktif endüktif bileşenden korumak amacıyla bir kompanzasyon tesisi mevcuttur. Ayrıca kullanılmakta olan binalarda sürekli elektrik enerjisi temini için UPS'ler (kesintisiz güç kaynakları) de tesis edilmiştir. Şebeke incelendiğinde kapasitif reaktif bileşeni meydana getiren kondansatörlü kompanzasyon

panoları, trafolar için düşünölen sabit kondansatörler devreden çıkarılmıştır. Kapasitif etkiyi meydana getiren UPS' ler de mümkün mertebede ihtiyaca göre seçilmiştir.

Orta gerilim kablolarının çok uzun olmasından kaynaklanan kapasitif gücü hesaplamak için kablolar enerjili ancak yüksüz düşünölecektir. Dolayısıyla sistemde, normal bir kompanzasyon sisteminde kullanılanların aksine, orta gerilim kablosunun varlığından kaynaklanan kapasitif reaktif bir gücün kompanze edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Kablonun oluşturduğu kapasitif güç;

$$U = \sqrt{3} * I_c * X_c \quad (4.3)$$

$$X_c = 1 / (2 * \pi * f * C) \quad (4.4)$$

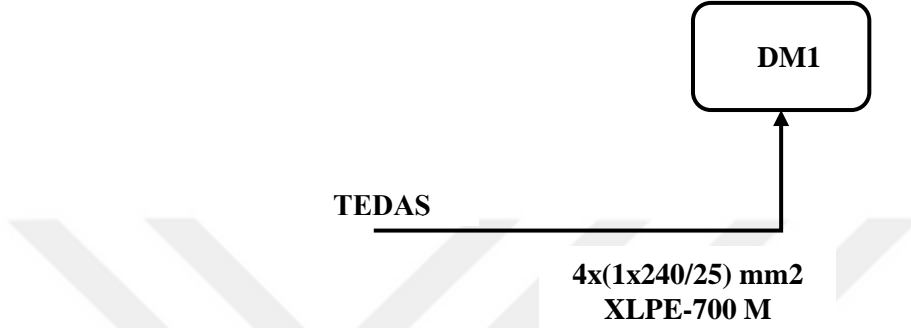
$$Q_c = \sqrt{3} * U * I_c \quad (4.5)$$

$$I_c = \left[ \frac{U * 2 * \pi * f * C}{\sqrt{3}} \right] \quad (4.6)$$

Eşitlikleri ile hesaplanacaktır. Burada U(volt) işletme gerilimi, Xc (ohm) kablolunun kapasitif direncini, c(mikro farad/ km) kablounun kilometre başına gösterdiği kondansatör değerini, Ic (Amper/km) 1(bir) kilometredeki kablodan geçen akımı, I'c (Amper) kablounun çektiği toplam akımı, f (50 hertz) frekansı, L(km) kablounun toplam uzunluğunu ve Qc (Kvar) kabloun kapasitif reaktif güç kaybını ifade eder.

Dağıtım şebekesini kısımlara ayırarak analizi daha kolay hale getirebiliriz. Her bir bölgeyi bölmekle kabloların boşta iken meydana getirdikleri kapasitif etkiyi inceleyebiliriz.

#### 4.5.1. TEDAŞ – DM1 arası analiz



Şekil 4.5. TEDAŞ-DM1 arası analiz

Şekil 4.5.'te görüldüğü üzere TEDAŞ' a ait son direkten üniversite kampüsünde yer alan DM1 kodlu dağıtım merkezi arasına çekilen XLPE kablosu 700 metrelik mesafede tesis edilmiştir. Her biri bir faz olmak üzere ve bir tanesi de yedek olacak şekilde tasarlanan toprak kanala tesis edilen kabloların toplam uzunluğu 2800 metredir. Tesis edilen kabloların kesiti 1x240/25 mm<sup>2</sup> dir.

İğdır Üniversitesi'nde kullanılan gerilim seviyesi 31,5 kV' dır. Buna göre TEDAŞ' a ait son direk ile DM1 kodlu dağıtım merkezi arasındaki kabloların kaynaklanan kapasitif güç;

$$U = 31,5 \text{ kV}$$

$$L = 2,8 \text{ Km}$$

$$C = 0,20 \mu\text{F}/\text{km} \text{ (Çizelge 4.2.' den)}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Bu verilenler ile yola çıkılarak 1x240/25 mm<sup>2</sup> kesitli kabloların bir kilometresi için Eşitlik 4.6 kullanılırsa;

$$I_c = \left[ \frac{U \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}{\sqrt{3}} \right] = \left[ \frac{31500 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,20 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{3}} \right] \cdot 1 = 1,14 \text{ A/km} ,$$

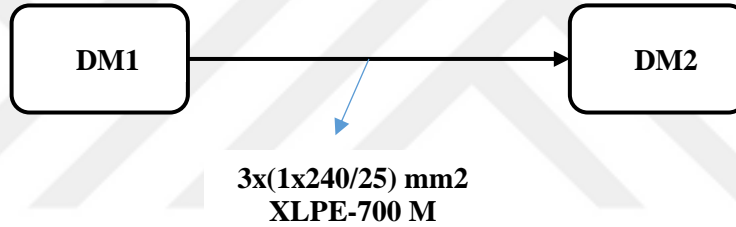
Kablonun toplam uzunluğu 2,8 km olduğuna göre çekilen akım;

$$I'_c = 1,14 \frac{A}{km} * 2,8 km = 3,19 A$$

Kablonun ihtiyaç duyduğu kapasitif güç;

$$Q_c = \sqrt{3} * U * I_c = \sqrt{3} * 31500 * 3,19 = 173,83 \text{ Kvar olarak bulunur.}$$

#### 4.5.2. DM1- DM2 arası analiz



**Şekil 4.6.** DM1-DM2 arası analiz

DM1 ile DM2 arasındaki 700 metrelik enerji bağlantısını sağlayan 3x(1x240/25) mm<sup>2</sup> kesitli kablodan her biri bir fazı göstermek üzere toplamda 2100 metre kablo çekilmiştir. Bu mesafede çekilen 240 mm<sup>2</sup> kesitli kablonun meydana getirdiği kapasitif güç;

$$U = 31,5 \text{ kV}$$

$$L = 2,1 \text{ Km}$$

$$C = 0,20 \mu F / km \text{ (Çizelge 4.2.' den)}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Bu verilenler ile yola çıkılarak 1x240/25 mm<sup>2</sup> kesitli kablonun bir kilometresi için Eşitlik 4.6 kullanılırsa;

$$I_c = \left[ \frac{U * 2 * \pi * f * C}{\sqrt{3}} \right] = \left[ \frac{31500 * 2 * 3,14 * 50 * 0,20 * 10^{-6}}{\sqrt{3}} \right] * 1 = 1,14 \text{ A/km ,}$$

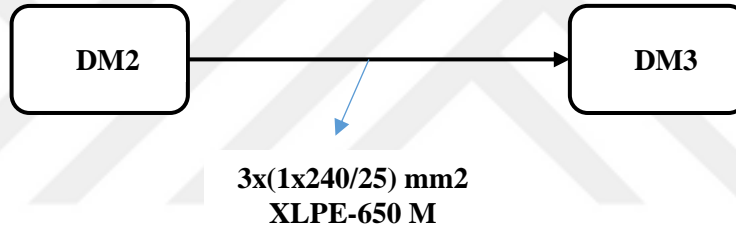
Kablonun toplam uzunluğu 2,1 km olduğuna göre çekilen akım;

$$I'_c = 1,14 \frac{A}{km} * 2,1 km = 2,39 A$$

Kablonun ihtiyaç duyduğu kapasitif güç;

$$Q_c = \sqrt{3} * U * I_c = \sqrt{3} * 31500 * 2,39 = 130,24 \text{ Kvar olarak bulunur.}$$

#### 4.5.3. DM2- DM3 arası analiz



Şekil 4.7. DM2-DM3 arası analiz

Şekil 4.7.' deki 650 metrelik mesafede tesis edilen 1950 metre 240 mm<sup>2</sup> kesitli kablonun meydana getirdiği kapasitif g;

$$U = 31,5 \text{ kV}$$

$$L = 1,95 \text{ Km}$$

$$C = 0,20 \mu F / km \text{ (izelge 4.2.' den)}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Eşitlik 4.6' dan 240 mm<sup>2</sup> kesitli kablonun bir kilometresi için çekilen akım

$$I_c = 1,14 \text{ A/km,}$$

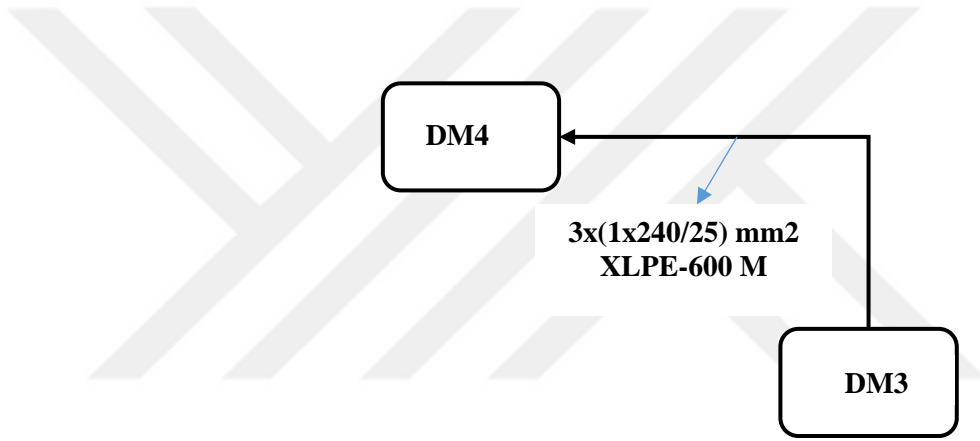
Kablonun toplam uzunluğu 1,95 km olduğuna göre çekilen akım;

$$I'_c = 1,14 \frac{A}{km} * 1,95 km = 2,22 A$$

Kablonun ihtiyaç duyduğu kapasitif güç;

$$Q_c = \sqrt{3} * U * I_c = \sqrt{3} * 31500 * 2,23 = 121,14 \text{ Kvar olarak bulunur.}$$

#### 4.5.4. DM3- DM4 arası analiz



**Şekil 4.8.** DM3-DM4 arası analiz

Şekil 4.8.' deki 600 metrelik mesafede tesis edilen 1800 metre 240 mm<sup>2</sup> kesitli kablunun meydana getirdiği kapasitif güç;

$$U = 31,5 \text{ kV}$$

$$L = 1,8 \text{ Km}$$

$$C = 0,20 \mu F / km \text{ (Çizelge 4.2.' den)}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Eşitlik 4.6' dan 240 mm<sup>2</sup> kesitli kablunun bir kilometresi için çekilen akım

$$I_c = 1,14 \text{ A/km,}$$

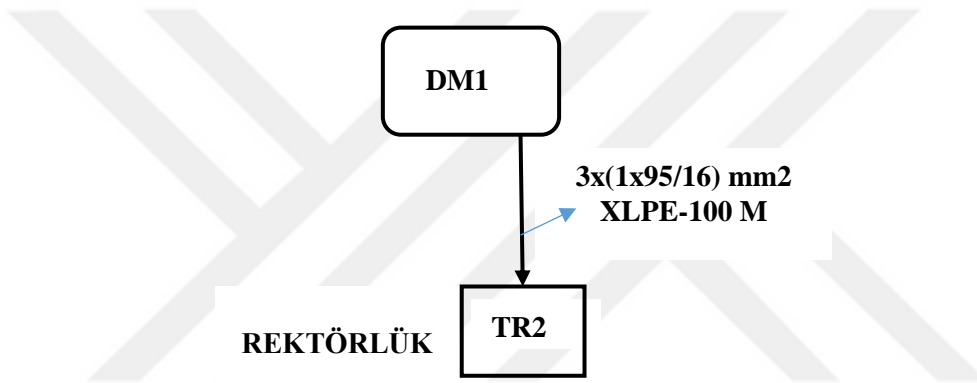
Kablonun toplam uzunluğu 1,8 km olduğuna göre çekilen akım;

$$I'_c = 1,14 \frac{A}{km} * 1,8km = 2,05 A$$

Kablonun ihtiyaç duyduğu kapasitif güç;

$$Q_c = \sqrt{3} * U * I_c = \sqrt{3} * 31500 * 2,05 = 111,71 \text{ Kvar olarak bulunur.}$$

#### 4.5.5. DM1- TR2(Rektörlük binası) arası analiz



Şekil 4.9. DM1-TR2 arası analiz

DM1 ile TR2 arasındaki 100 metreye çekilen  $3x(1x95/16) \text{ mm}^2$  XLPE kablosunun toplam uzunluğu 300 metredir. Rektörlük binasına ait 1250 kVA gücündeki trafonun enerji beslemesinde rol oynayan bu kablonun yüksüz durumda meydana getirdiği kapasitif güç;

$$U = 31,5 \text{ kV}$$

$$L = 0,3 \text{ Km}$$

$$C = 0,15 \mu F/km \text{ (Çizelge 4.2.' den)}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Bu verilenler ile yola çıkılarak  $1x95/16 \text{ mm}^2$  kesitli kablonun bir kilometresi için Eşitlik 4.6 kullanılırsa;

$$I_c = \left[ \frac{U * 2 * \pi * f * C}{\sqrt{3}} \right] = \left[ \frac{31500 * 2 * 3,14 * 50 * 0,015 * 10^{-6}}{\sqrt{3}} \right] * 1 = 0,86 \text{ A/km ,}$$



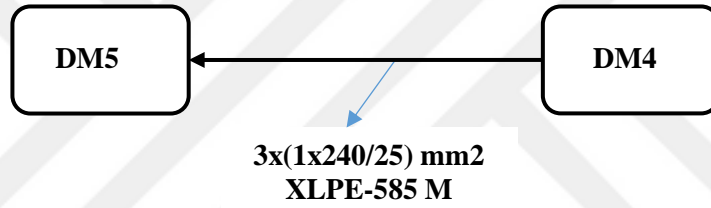
Kablonun toplam uzunluğu 0,3 km olduğuna göre çekilen akım;

$$I'_c = 0,86 \frac{A}{km} * 0,3km = 0,258 A$$

Kablonun ihtiyaç duyduğu kapasitif güç;

$$Q_c = \sqrt{3} * U * I_c = \sqrt{3} * 31500 * 0,258 = 14,02 \text{ kVAR olarak bulunur.}$$

#### 4.5.6. DM4- DM5 arası analiz



Şekil 4.10. DM4-DM5 arası analiz

Şekilde ring şebekenin bir bölümünü oluşturan DM5 ile DM4 arasındaki 585 metrelik mesafede çekilen 3x(1x240/25) mm<sup>2</sup> XLPE kablosunun toplam uzunluğu 1755 metredir. Bu bölgeyi besleyen kablonun yüksüz durumda meydana getirdiği kapasitif güç;

$$U = 31,5 \text{ kV}$$

$$L = 1,755 \text{ Km}$$

$$C = 0,20 \mu F / km \text{ (Çizelge 4.2.' den)}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

1x240/25 mm<sup>2</sup> kesitli kablonun bir kilometresi için Eşitlik 4.6 kullanılırsa;

$$I_c = \left[ \frac{U * 2 * \pi * f * C}{\sqrt{3}} \right] = \left[ \frac{31500 * 2 * 3,14 * 50 * 0,20 * 10^{-6}}{\sqrt{3}} \right] * 1 = 1,14 \text{ A/km ,}$$

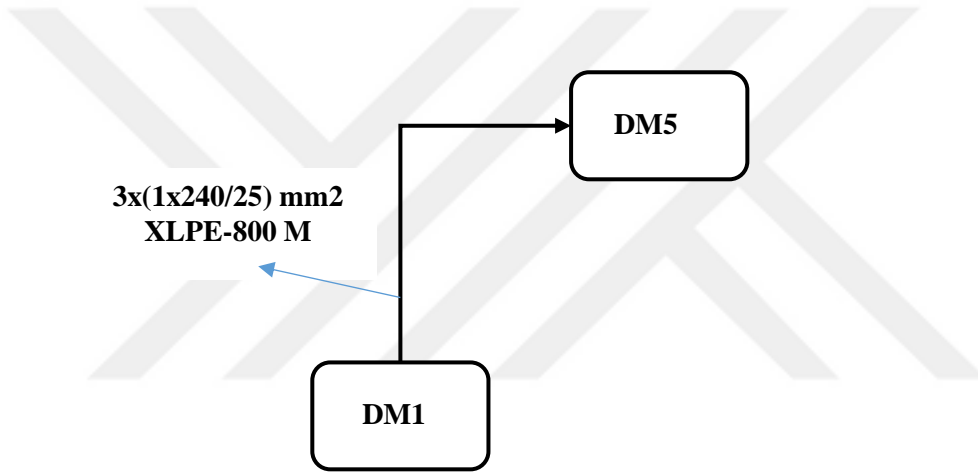
Kablonun toplam uzunluğu 1,755 km olduğuna göre çekilen akım;

$$I'_c = 1,14 \frac{A}{km} * 1,755 km = 2,01 A$$

Kablonun ihtiyaç duyduğu kapasitif güç;

$$Q_c = \sqrt{3} * U * I_c = \sqrt{3} * 31500 * 2,01 = 109,02 \text{ kVAR olarak bulunur.}$$

#### 4.5.7. DM5- DM1 arası analiz



**Şekil 4.11.** DM5-DM1 arası analiz

Şekilde ring şebekenin tamamlandığı son bölge olarak belirlenen DM5 ile DM1 arasındaki 800 metrelik mesafede çekilen 3x(1x240/25) mm<sup>2</sup> XLPE kablosunun toplam uzunluğu 2400 metredir. Bu bölgeyi besleyen kablonun yüksüz durumda meydana getirdiği kapasitif güç;

$$U = 31,5 \text{ kV}$$

$$L = 2,4 \text{ Km}$$

$$C = 0,20 \mu F/km \text{ (Çizelge 4.2.' den)}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

1x240/25 mm<sup>2</sup> kesitli kablonun bir kilometresi için Eşitlik 4.6 kullanılırsa;

$$I_c = \left[ \frac{U \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot c}{\sqrt{3}} \right] = \left[ \frac{31500 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,20 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{3}} \right] \cdot 1 = 1,14 \text{ A/km} ,$$

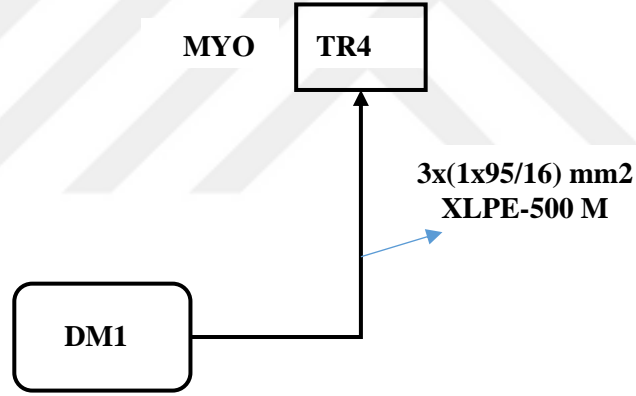
Kablonun toplam uzunluğu 2,4 km olduğuna göre çekilen akım;

$$I'_c = 1,14 \frac{\text{A}}{\text{km}} \cdot 2,4 \text{ km} = 2,73 \text{ A}$$

Kablonun ihtiyaç duyduğu kapasitif güç;

$$Q_c = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_c = \sqrt{3} \cdot 31500 \cdot 2,73 = 148,77 \text{ kVAR olarak bulunur.}$$

#### 4.5.8. DM1- TR4 (MYO) arası analiz



Şekil 4.12. DM1-MYO arası analiz

DM1'in kesicili çıkış hücresinden branşman olarak Meslek Yüksek Okul (MYO)'a ait TR4 kodlu trafo köşkünün Yük Ayırıcılı Girişi Hücresi ile irtibatlandırılan 3x(1x95/16) mm<sup>2</sup> XLPE kablosunun toplam uzunluğu 1500 (3x500) metredir. Bu tali çıkışı besleyen kablonun yüksüz durumda meydana getirdiği kapasitif güç;

$$U = 31,5 \text{ kV}$$

$$L = 1,5 \text{ Km}$$

$$C = 0,15 \mu\text{F/km} \text{ (Çizelge 4.2.' den)}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

1x95/16mm<sup>2</sup> kesitli kablonun bir kilometresi için Eşitlik 4.6 kullanılırsa;

$$I_c = \left[ \frac{U \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot c}{\sqrt{3}} \right] = \left[ \frac{31500 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,15 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{3}} \right] * 1 = 0,86 \text{ A/km} ,$$

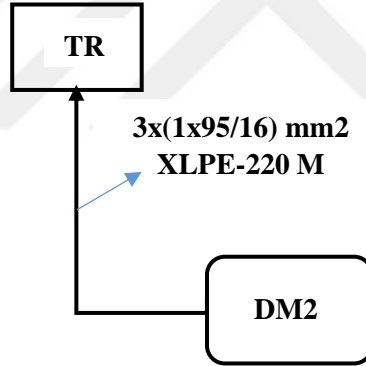
Kablonun toplam uzunluğu 1,5 km olduğuna göre çekilen akım;

$$I'_c = 0,86 \frac{\text{A}}{\text{km}} * 1,5 \text{ km} = 1,29 \text{ A}$$

Kablonun ihtiyaç duyduğu kapasitif güç;

$$Q_c = \sqrt{3} * U * I_c = \sqrt{3} * 31500 * 1,29 = 70,29 \text{ kVAR} \text{ olarak bulunur.}$$

#### 4.5.9. DM2- TR6 (Mediko) arası analiz



Şekil 4.13. DM2-TR6 (Mediko) arası analiz

DM2'in kesicili çıkış hücresinden bransman olarak MEDİKO' ya ait TR6 kodlu trafo köşkünün Yük Ayırıcılı Giriş Hücresi ile irtibatlandırılan 3x(1x95/16) mm<sup>2</sup> XLPE kablosunun toplam uzunluğu 660 (3x220) metredir. Bu tali çıkışı besleyen kablonun yüksüz durumda meydana getirdiği kapasitif güç;

$$U = 31,5 \text{ kV}$$

$$L = 0,66 \text{ Km}$$

$$C = 0,15 \mu\text{F}/\text{km} \text{ (Çizelge 4.2.' den)}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

1x95/16mm<sup>2</sup> kesitli kablonun bir kilometresi için Eşitlik 4.6 kullanılırsa;

$$I_c = 0,86 \text{ A/km} ,$$

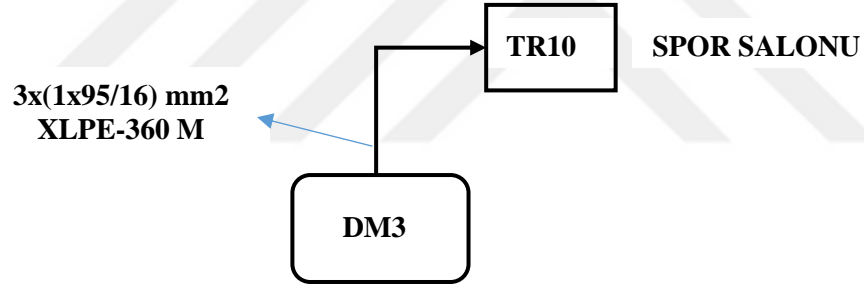
Kablonun toplam uzunluğu 0,66 km olduğuna göre çekilen akım;

$$I'_c = 0,86 \frac{\text{A}}{\text{km}} * 0,66 \text{ km} = 0,56 \text{ A}$$

Kablonun ihtiyaç duyduğu kapasitif güç;

$$Q_c = \sqrt{3} * U * I_c = \sqrt{3} * 31500 * 0,56 = 30,51 \text{ kVAR} \text{ olarak bulunur.}$$

#### 4.5.10. DM3- TR10 (Kapalı spor salonu) arası analiz



Şekil 4.14. DM3-TR10(Kapalı spor salonu) arası analiz

DM3'ün kesicili çıkış hücresinden branşman olarak KAPALI SPOR SALONU'na ait TR10 kodlu trafo köşkünün Yük Ayırıcılı Girişi Hücresi ile irtibatlandırılan 3x(1x95/16) mm<sup>2</sup> XLPE kablosunun toplam uzunluğu 1080 (3x360) metredir. Bu tali çıkışı besleyen kablonun yüksüz durumda meydana getirdiği kapasitif güç;

$$U = 31,5 \text{ kV}$$

$$L = 1,08 \text{ Km}$$

$$C = 0,15 \mu\text{F/km} \text{ (Çizelge 4.2.' den)}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

1x95/16mm<sup>2</sup> kesitli kablonun bir kilometresi için Eşitlik 4.6 kullanılırsa;

$$I_c = 0,86 \text{ A/km} ,$$

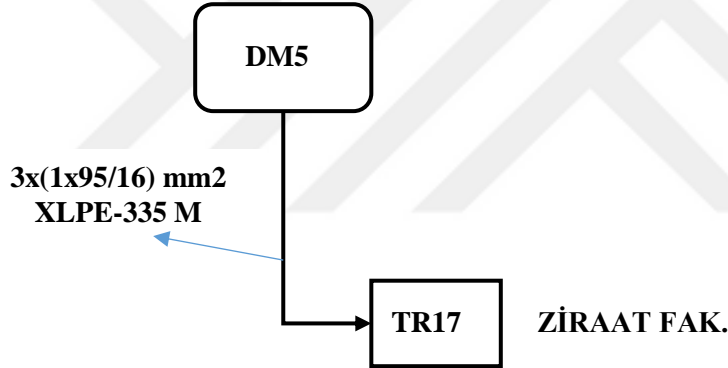
Kablonun toplam uzunluğu 1,08 km olduğuna göre çekilen akım;

$$I'_c = 0,86 \frac{\text{A}}{\text{km}} * 1,08 \text{ km} = 0,92 \text{ A}$$

Kablonun ihtiyaç duyduğu kapasitif güç;

$$Q_c = \sqrt{3} * U * I_c = \sqrt{3} * 31500 * 0,92 = 50,61 \text{ kVAR} \text{ olarak bulunur.}$$

#### 4.5.11. DM5- TR17 (Ziraat Fak.) arası analiz



Şekil 4.15. DM5-TR17 (Ziraat Fak.) arası analiz

DM5'in kesicili çıkış hücresinden bransman olarak Ziraat Fakültesi'ne ait TR17 kodlu trafo köşkünün Yük Ayırıcılı Girişi Hücresi ile irtibatlandırılan 3x(1x95/16) mm<sup>2</sup> XLPE kablusunun toplam uzunluğu 1005 (3x335) metredir. Bu tali çıkışı besleyen kablounun yüksüz durumda meydana getirdiği kapasitif güç;

$$U = 31,5 \text{ kV}$$

$$L = 1,005 \text{ Km}$$

$$C = 0,15 \mu\text{F/km} \text{ (Çizelge 4.2.' den)}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

1x95/16mm<sup>2</sup> kesitli kablounun bir kilometresi için Eşitlik 4.6 kullanılırsa;

$$I_c = 0,86 \text{ A/km} ,$$

Kablonun toplam uzunluğu 1,005 km olduğuna göre çekilen akım;

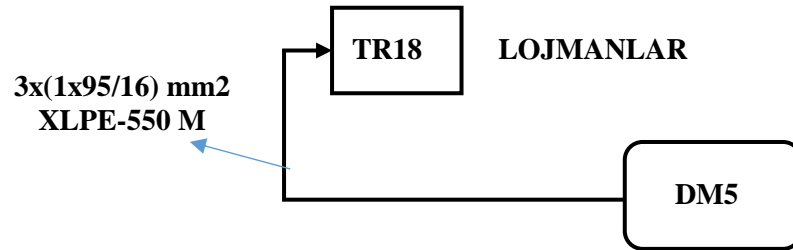
$$I'_c = 0,86 \frac{\text{A}}{\text{km}} * 1,005 \text{ km} = 0,864 \text{ A}$$

Kablonun ihtiyaç duyduğu kapasitif güç;

$$Q_c = \sqrt{3} * U * I_c = \sqrt{3} * 31500 * 0,864 = 47,08 \text{ kVAR} \text{ olarak bulunur.}$$

#### 4.5.12. DM5- TR18 (Lojman) arası analiz

DM5'in kesicili çıkış hücresinden branşman olarak LOJMANLAR' a ait TR18 kodlu trafo köşkünün Yük Ayırıcılı Girişi Hücresi ile irtibatlandırılan 3x(1x95/16) mm<sup>2</sup> XLPE kablosunun toplam uzunluğu 1650 (3x550) metredir.



Şekil 4.16. DM5-TR18 (Lojman) arası analiz

Şekil 4.16.'da gösterilen Lojmanlar' a ait tali çıkışı besleyen kablonun yüksüz durumda meydana getirdiği kapasitif güç;

$$U = 31,5 \text{ kV}$$

$$L = 1,65 \text{ Km}$$

$$C = 0,15 \mu\text{F/km} \text{ (Çizelge 4.2.' den)}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

1x95/16mm<sup>2</sup> kesitli kablonun bir kilometresi için Eşitlik 4.6 kullanılırsa;

$$I_c = 0,86 \text{ A/km} ,$$

Kablonun toplam uzunluğu 0,66 km olduğuna göre çekilen akım;

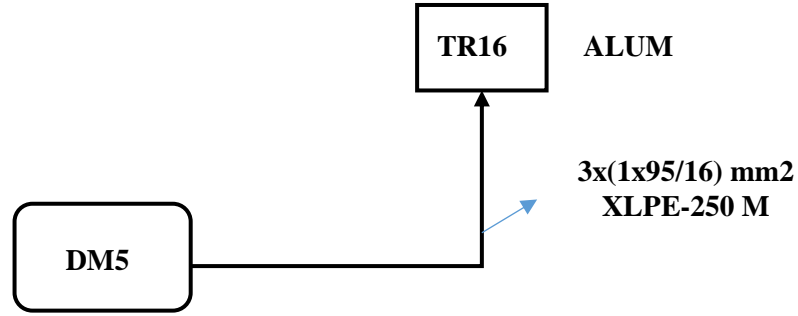
$$I'_c = 0,86 \frac{A}{km} * 1,65 km = 1,42 A$$

Kablonun ihtiyaç duyduğu kapasitif güç;

$$Q_c = \sqrt{3} * U * I_c = \sqrt{3} * 31500 * 1,42 = 77,38 \text{ kVAR olarak bulunur.}$$

#### 4.5.13. DM5- TR16 (Alum) arası analiz

DM5'in kesicili çıkışı hücresinden branşman olarak Araştırma Laboratuvarı Uygulama Merkezi (ALUM)'a ait TR16 kodlu trafo köşkünün Yük Ayırıcılı Girişi Hücresi ile irtibatlandırılan 3x(1x95/16) mm<sup>2</sup> XLPE kablosunun toplam uzunluğu 750 (3x250) metredir.



Şekil 4.17. DM5-ALUM arası analiz

Şekil 4.17.' de gösterilen ALUM' a ait tali çıkışı besleyen kablonun yüksüz durumda meydana getirdiği kapasitif güç;

$$U = 31,5 \text{ kV}$$

$$L = 0,75 \text{ Km}$$

$$C = 0,15 \mu F / km \text{ (Çizelge 4.2.' den)}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

1x95/16mm<sup>2</sup> kesitli kablonun bir kilometresi için Eşitlik 4.6 kullanılırsa;

$$I_c = 0,86 \text{ A/km ,}$$



Kablonun toplam uzunluğu 0,75 km olduğuna göre çekilen akım;

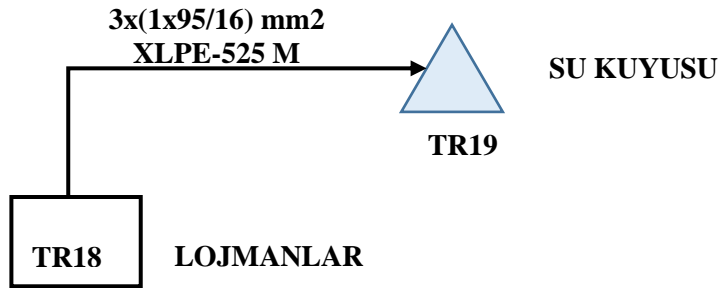
$$I'_c = 0,86 \frac{A}{km} * 0,75 km = 0,645A$$

Kablonun ihtiyaç duyduğu kapasitif güç;

$$Q_c = \sqrt{3} * U * I_c = \sqrt{3} * 31500 * 0,645 = 35,15 \text{ kVAR olarak bulunur.}$$

#### 4.5.14. TR18- TR19 (Su kuyusu) arası analiz

TR18 Trafo köşkünde yer alan Yük Ayırıcılı Giriş Hücresinden bağlantı alınarak BARA Hücresinin çıkışından branşman alarak niversitenin su ihtiyaını karşılamak için tesis edilen SU KUYUSU' na ait TR19 kodlu direk tipi trafonun OG Bushingi ile irtibatlandırılan 3x(1x95/16) mm<sup>2</sup> XLPE kablosunun toplam uzunluğu 1575 (3x525) metredir.



şekil 4.18. TR18-TR19 arası analiz

şekil 4.18.' de gösterilen SU KUYUSU' na ait tali çıkışı besleyen kablonun yüksüz durumda meydana getirdiği kapasitif g;

$$U = 31,5 \text{ kV}$$

$$L = 1,575 \text{ Km}$$

$$C = 0,15 \mu F / km \text{ (Tablo 3.2' den)}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

1x95/16mm<sup>2</sup> kesitli kablonun bir kilometresi için Eşitlik 4.6 kullanılırsa;

$$I_c = 0,86 \text{ A/km ,}$$

Kablonun toplam uzunluğu 1,5735 Km

Kablonun ihtiyaç duyduğu kapasitif güç;

$$Q_c = \sqrt{3} * U * I_c = \sqrt{3} * 31500 * 1,35 = 73,56 \text{ kVAR olarak bulunur.}$$

Şekil 3.1’de gösterilen tüm bölgelerin enerji beslemesini sağlayan orta gerilim kablolarının bağlantı noktalarındaki fazlalıklar ihmal edilerek mesafe bazında kapasitif reaktif analizi yapılmıştır. Ve Tablo 3.3’ te kampüs elektrik şebekesinde kullanılan Orta Gerilim kablolarına ait kapasitif değerler gösterilmiştir. Ring hattı ve tali beslemelerini oluşturan tüm kabloların meydana getirdiği kapasitif güç 1903 kVAr kadardır.

**Çizelge 4.3.** Mesafeler bazında kabloların kapasitif etkisi

BÖLGE ADI (ARASI)	KABLO KESİTİ (mm <sup>2</sup> )	ÇEKİLEN MESAFE (M)	TOPLAM UZUNLUK (KM)	$I_c(A)$	$I'_c(A)$	$Q_c(kVAR)$
TEDAŞ-DM1	4x(1x240/25)	700	2,8	1,14	3,19	173,83
DM1-DM2	3x(1x240/25)	700	2,1	1,14	2,39	130,24
DM2-DM3	3x(1x240/25)	650	1,95	1,14	2,22	121,14
DM3-DM4	3x(1x240/25)	600	1,8	1,14	2,05	11,71
DM4-DM5	3x(1x240/25)	585	1,755	1,14	2,01	109,02
DM5-DM1	3x(1x240/25)	800	2,4	1,14	2,73	148,77
DM1-TR2 (REKTÖRLÜK)	3x(1x95/16)	100	0,3	0,86	0,258	14,02
DM1-TR4 (MYO)	3x(1x95/16)	500	1,5	0,86	1,29	70,10
DM2-TR6 (MEDİKO)	3x(1x95/16)	220	0,66	0,86	0,56	30,51
DM3-TR10(SPOR SAL.)	3x(1x95/16)	360	1,08	0,86	0,92	50,61
DM5-TR17 (ZİRAAT FAK.)	3x(1x95/16)	335	1,005	0,86	0,864	47,08
DM5-TR18 (LOJMANLAR)	3x(1x95/16)	550	1,65	0,86	1,42	77,38
TR18-TR19 (SU KUYUSU)	3x(1x95/16)	525	1,575	0,86	1,35	73,56
DM5-TR16 (ALUM)	3x(1x95/16)	250	0,75	0,86	0,645	35,15

#### 4.6. Gerekli Reaktif İhtiyacın Belirlenmesi

Analizler sonucu görüldüğü üzere üniversitenin elektrik dağıtım şebekesinin kablolarından kaynaklanan kapasitif güç toplam 1903 kVAR 'dır. Mevcut tesisin kapasitif güç ihtiyacı ayrıca tesisin yapım aşamasında kompanzasyon panoları tarafından karşılanacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak hem kondansatör guruplarınca kompanzasyon yapılmış olması hem de kabloların meydana getirdiği kapasitif reaktif bileşenin olması, sistemin ölçü noktasında okunan endekslerde ceza sınırının kontrol edilmesini gerektirir. **Elektrik Piyasası Müşteri Hizmetleri Yönetmeliği'nin Beşinci Bölümü 16. Maddesi**'nde buna açıklık getirilmiştir. Buna göre kurulu gücü 50 KVA altında olan müşteriler, çektikleri aktif enerjinin yüzde otuz üçünü (%33) aşacak şekilde Endüktif Enerji tüketmeleri halinde veya çektikleri aktif enerjinin yüzde yirmisini (%20) aşacak şekilde Kapasitif Enerji tüketmeleri durumunda reaktif enerji bedelini ödemekle yükümlüdürler. Kurulu gücü 50 kVA''nın üstünde olan müşteriler ise, çektikleri aktif enerjinin yüzde yirmisini (%20) aşacak şekilde Endüktif Enerji tüketmeleri halinde veya çektikleri aktif enerjinin yüzde on beşini (%15) aşacak şekilde Kapasitif Enerji tüketmeleri durumunda reaktif enerji bedelini ödemekle yükümlüdürler. İğdır Üniversitesi'nin kurulu gücü 50 kVA'nın üzerinde olduğundan kapasitif reaktif tüketimi aktif tüketimin %15'inden az, endüktif reaktif tüketimi aktif tüketimin %20'sinden az olmalıdır. Yönetmeliğin ilgili maddesince belirlenen sınırların aşılmaması için kompanzasyon gerekliliğini ortaya çıkılmaktadır.

Pt: Sayaçta okunan toplan Aktif Tüketim (kwh)

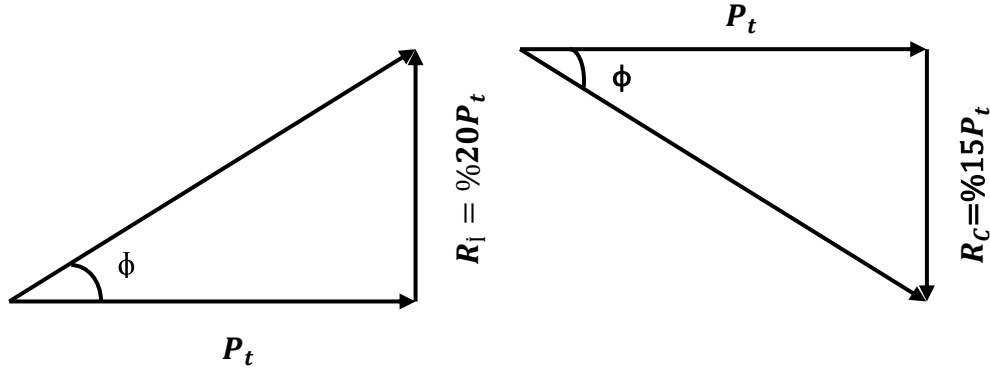
Ri : Sayaçta okunan toplam Endüktif Reaktif Tüketim (kVArh)

Rc : Sayaçta okunan toplam Kapasitif Reaktif Tüketim (kVArh)

Eğer;

Ri > %20Pt ise sistem, Endüktif Reaktif cezaya girmiştir denilir.

Rc > %15Pt ise sistem, Kapasitif Reaktif cezaya girmiştir denilir.



**Şekil 4.19.** Tüketim üçgeni ve  $\varphi$  açısı

Şekil 4.19. incelendiğinde  $\varphi$  açısının aşağıdaki aralıklarda olması için kompanzasyon yapılmalıdır.

$$\tan \varphi = \frac{R_c}{P_t} = \% \frac{15xP}{P} = 0,15 \rightarrow \varphi = -8,594^\circ$$

$$\tan \varphi = \frac{R_i}{P_t} = \% \frac{20xP}{P} = 0,20 \rightarrow \varphi = 11,459^\circ$$

Iğdır Üniversitesi ana kampüsünde yer alan ve ring şebekenin başlangıcını oluşturan DM1 kodlu dağıtım merkezi ölçüm hücrelerinde yer alan aktif-reaktif sayaçtan okunan endeksler ile işlem yapıldığında, sistemin kapasitif reaktif bileşende mi olduğu ya da endüktif reaktif bileşende mi olduğu anlaşılır. DM1 içerisinde yer alan sayaçtan okunan endekslere göre tesisin kapasitif reaktif tüketim olarak %15' lik ceza sınırında olduğu tespit edilmiştir. Orta gerilim XLPE kablolarının ürettiği kapasitif reaktif gücün belirtilen ceza sınırının altında kalması için kampüste yer alan tüm aktif yüklerin devreye girmesi istenir. Kampüsteki ileriki bir zamanda ihtiyaç için tesis edilen trafoların tam yükte çalışmaması, aktif gücün de az olduğunu göstermektedir. Aktif gücün yetmediği durumlarda şönt reaktör (endüktif reaktif yük bobini) takviyesi gerekir.

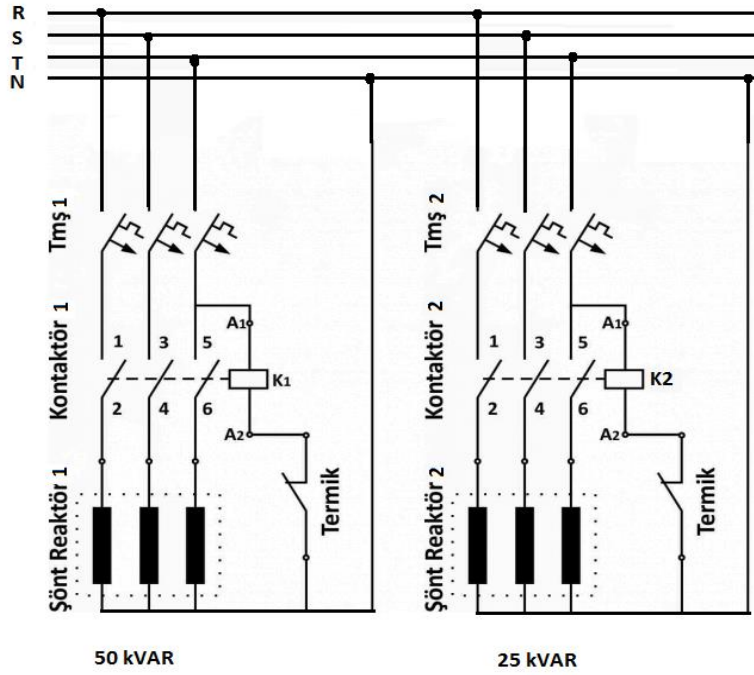
#### 4.6.1. Şönt reaktör nedir?

Alternatif iletim ve dağıtım hatlarında gerilimin etkilendiği iki önemli unsur vardır. Bunlardan birincisi hat yükleri, ikincisi ise kapasitif yüklenmelerdir. Kapasitif yüklenme reaktif güç üretimi olarak bilinip hattın gerilimine bağlıdır. Havai hatlarda veya yer altı hatlarında üretilen reaktif güç ile tüketilen reaktif güç birbirini karşılamalıdır. Üretilen tüketilenden fazla olduğunda beklenmedik sorunlar meydana gelir. Dolayısıyla reaktif güç dengesinin sağlanması için şönt kapasitörler veya şönt reaktörler kullanılır.

Şönt reaktörler hatlarda meydana gelen kapasitif gücü kompanze etmek için tasarlanmış cihazlardır. Bunlar endüktif güç üreterek hattın oluşturduğu kapasitif gücü tüketerek dengeyi sağlarlar. Yani şebekedeki kapasitif yükler enerji çektiklerinde şönt reaktörler şebekeye enerji verirler, kapasitif yükler şebekeye enerji verdiklerinde ise şönt reaktörler şebekeden enerji çekerler. Çoğunlukla hatlara paralel bağlanırlar. Şekil 4.20.'de üç fazlı şönt reaktör gruplarının bağlantısı gösterilmiştir.

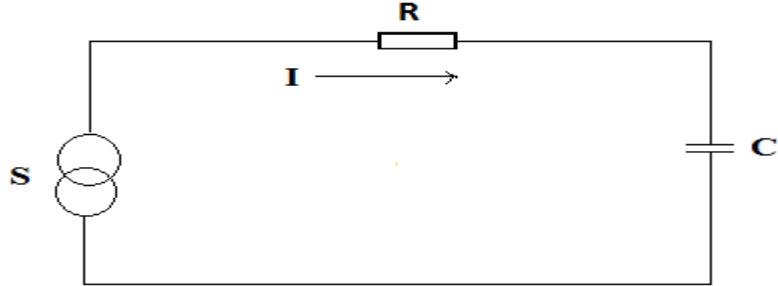
Endüktif yük ihtiyacını karşılayan ve tek sargıdan oluşan ve ince tabakalı özel kaplamalı demir nüveden ibaret olan şönt reaktörler hattın herhangi bir yerine bağlanabilirler. Dağıtım şebekelerinde otomasyonun kolay olması adına sayaca yakın noktalara tesis edilirler.

Şönt reaktörler ihtiyaç duyulan bir şebeke elemanı olmasına rağmen bazı olumsuz yanları da mevcuttur. Örneğin; çok gürültülü çalışırlar. Soğutulmaları için ayrıca ek bir soğutma tesisi gerekebiliyor. Alçak gerilim tarafına tesis edilen şönt reaktör panolarının soğutulması için çeşitli fan modülleri geliştirilir.



Şekil 4.20. Üç fazlı şönt reaktör gruplarının bağlantısı

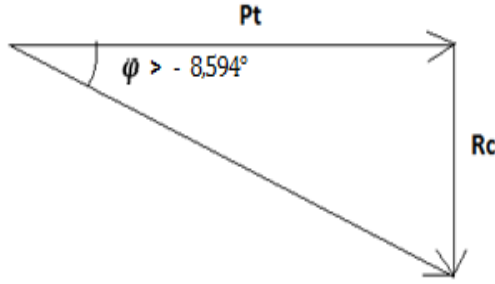
#### 4.6.2. Şönt reaktör panosu yapılmadan önceki durum



Şekil 4.21. İşletme halindeki kampüsün devre modeli (aktif ve kapasitif tüketiciler)

Iğdır Üniversitesi elektrik dağıtım şebekesi şekil 4.1. 'de gösterildiği gibi şekil 4.21.'de de devre modeli çizilmiştir. Şebekede tüketici olarak aktif tüketiciler ve çoğunlukla kapasitif tüketiciler olduğu için devrede aktif tüketiciler R, kapasitif tüketiciler C ile gösterilmiştir. Ve şebeke S gibi bir kaynaktan enerjisini almaktadır.

Üniversitenin kampüsünde yer alan tüm binaların elektrik ihtiyacını karşılayan dağıtım merkezlerindeki çıkışların tamamı aktif edilerek, aktif yüklerin tamamı devreye alınmıştır. Daha sonrasında kompanzasyon panolarının tamamı ve trafolar için konulmuş olan sabit kondansatörlerin tamamı devreden çıkarılmıştır. Böylelikle DM1’de yer alan sayaçta belli aralıklarla endeksler alınmıştır. Alınan bu endekslere göre yönetmenlikte belirtilen sınırların aşıldığı ve sistemin kapasitif yönde cezaya girdiği anlaşılmıştır. Bu durum şekil 4.22.’ de gösterilmiş olup  $\varphi$  açısı büyümüştür. Ceza sınırı olarak belirlenen  $\varphi$  açısı negatif yönde  $8,594^\circ$  iken çizelge 4.5.’ te hesaplanmış sonuçlar bu açıdan oldukça büyüktür.



**Şekil 4.22.** Tesisin Kapasitif bileşen olarak ceza sınırını aşması durumu

Meydana gelen kapasitif reaktif tüketimin de orta gerilim kablolarından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Bunun üzerine kapasitif reaktif oranının aşağı çekilmesi için Şönt Reaktör Panosu’ nun tesis edilmesine karar verilmiştir. Şönt Reaktör Panosu ile devreye endüktif reaktif yükler ilave edilerek kompanzasyon üçgenindeki  $Q_c$  ve  $Q_L$  bileşenlerinin vektörel bileşkesi açılal sınırın altında tutulacaktır. Çizelge 4.4’ te şönt reaktör panosu yapılmadan önce ana sayaçtan okunan bazı dönemlere periyodik tüketim endeksleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.4.’ te verilen tüketim endeksleri, ilk endeks ile son endeksler arasındaki fark olup o döneme ait tüketimi gösterir. Sistemin beş dönem boyunca %15 sınırını aşarak

kapasitif cezaya girmesi, aktif yüklerin yetersiz olduğu ve devrede endüktif özellik gösteren tüketicilerin az olduğunun göstergesidir. Çünkü tüketimlere bakıldığında endüktif bileşenin çok düşük değerlerde olduğunu görmekteyiz.

**Çizelge 4.4.** Şönt Reaktör tesisinden önceki beş döneme ait tüketim bileşenleri

Periyodik Dönemler	Aktif Tüketim (kwh)	Endüktif Tüketim kVARh	Endüktif Oran (%)	Kapasitif Tüketim kVARh	Kapasitif Oran (%)	AÇIKLAMA
1	466349	229	0,049105	175042	37,5345503	>% 15 ŞÖNTSÜZ
2	241426	0	0	148544	61,5277559	>% 15 ŞÖNTSÜZ
3	227654	3,15	0,001384	161831	71,0863855	>% 15 ŞÖNTSÜZ
4	248973	2916	1,171211	311531	125,126419	>% 15 ŞÖNTSÜZ
5	101115	0	0	133106	131,638234	>% 15 ŞÖNTSÜZ

**Çizelge 4.5.** Şönt Reaktör öncesi beş döneme ait aktif, kapasitif tüketimler ile aralarındaki açının değişimi

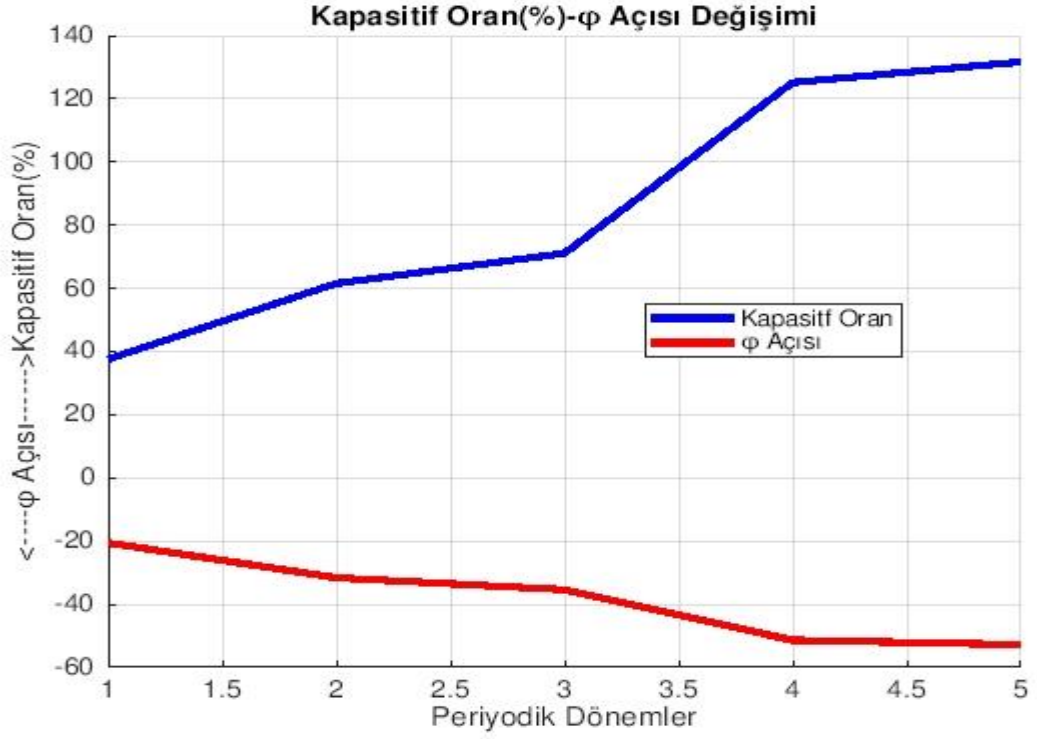
Periyodik Dönemler	Aktif Tüketim (kwh)	Kapasitif Tüketim kVARh	Kapasitif Oran (%)	$\phi$ Açısı (°)	Cos $\phi$
1	466349	175042	37,53455	-20,5734	0,9362
2	241426	148544	61,527756	-31,6031	0,8517
3	227654	161831	71,086385	-35,4076	0,8151
4	248973	311531	125,12642	-51,3684	0,6243
5	101115	133106	131,63823	-52,7776	0,6049

Çizelge 4.5. ve şekil 4.23. birlikte değerlendirildiğinde aktif tüketimlerin kapasitif tüketimler karşısında yetersiz kaldığı görülmektedir. Şekil 4.23.' de kapasitif tüketimler artarken, aktif tüketim ile reaktif tüketimin oranına bağlı olarak açılal değer artmaktadır.

Çalışmamızın başında da belirttiğimiz üzere, bir sistemde kondansatör guruplarıyla veya endüktif özellik gösteren yükler (şönt reaktör) yardımıyla kompanzasyonun yapılmasındaki amaç Cos $\phi$  değerini bir (1)' e doğru yaklaştırmaktır.

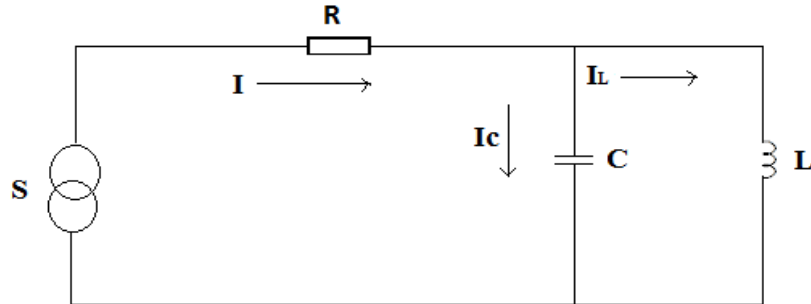


Çizelge 4.5. 'te kapasitif tüketimin artmasıyla beraber  $\cos\phi$  değerinin gittikçe düştüğü ve bir (1) değerinden uzaklaştığı görülmektedir.



Şekil 4.23. Şönt Reaktör öncesi Kapasitif tüketim ve  $\phi$  açısı arasındaki ilişki

#### 4.6.3. Şebekeye şönt reaktör ilavesi



Şekil 4.24. İşletme halindeki kampüsün devre modeli (aktif- kapasitif, Şönt ilavesi)

Iğdır Üniversitesi elektrik dağıtım şebekesi devre modeli şönt reaktör ilavesi sonucu şekil 4.24. de gösterildiği gibi şekillenmiştir. Şebekede tüketici olarak aktif tüketiciler ve çoğunlukla kapasitif tüketicilerin olduğu bir zamanda devreye endüktif yük gurubu olarak bilinen Şönt Reaktör ilave edilmiş olup L ile gösterilmiştir.

Öncelikle şebekedeki tüm kapasitif yükler (floresan lamba, UPS, Kondansatör gurupları, Sabit kondansatörler vb.) devreden çıkarılarak sayaçtan endeksler alındığında çıkan sonuca göre sistemin reaktif bileşeni kapasitif yöndedir. Daha sonra kampüste yer alan tüm aktif yüklerin devrede olduğu bir anda sayaçtan bir saatlik endeksler alınmıştır. Sisteme eklenecek reaktif güç, sayacın menüsünden 8.8.0 parametresine karşılık gelen bir saatlik ilk endeks ile son endeks arasındaki kapasitif fark sayaç çarpanı (akım trafosu oranı ile gerilim trafosu oranının çarpımı) ile çarpılarak bulunur. Sayacın 1.8.0, 8.8.0 ve 5.8.0 parametresinden iki farklı tarihte birer saatlik periyotlar ile alınan endeksler çizelge 4.6.'da listelenmiştir.

**Çizelge 4.6.** Sistemde Şönt Reaktör yok iken ölçüm noktasındaki sayaçtan üç farklı zamanda alınan tüketim endeksleri

Tarih	Saat	T (kWh)	Rc (kVArh)	Ri (kVArh)
1. Gün	13:50	2967,669	470,596	90,719
	14:50	2967,826	470,66	90,719
	15:50	2967,988	470,72	90,719
2. Gün	09:00	2969,694	470,919	90,760
	10:00	2969,836	470,995	90,760
	11:00	2970,311	471,089	90,760

Sayaç çarpanı, akım ve gerilim trafo oranlarının çarpımından bulunur. DM1 kodlu dağıtım merkezinin ölçüm hücresindeki akım trafo oranı (ATO) 50/5 A (10), gerilim trafo oranı (GTO) 31500/100 (315) olarak tesis edilmiştir. Öyle ise sayaç çarpanı (ÇA);

$$\text{ÇA} = \text{ATO} \times \text{GTO} \quad (4.7)$$

$\text{ÇA} = 10 \times 315 = 3150$  olarak bulunur.

$T_T$  : Aktif Toplam Endeks (kwh)

$T_S$  : Aktif Son Endeks (kwh)

$T_i$  : Aktif İlk Endeks (kwh)

$R_{CT}$  : Kapasitif Topalm Endeks (kVAh)

$R_{CS}$  : Kapasitif Son Endeks(kVARh)

$R_{ci}$  Kapasitif İlk Endeks(kVARh)

Olmak üzere çizelge 4.6.' ya göre 1. Gün Saat 13:50 ile 14:50 arasındaki toplam

Aktif tüketim;

$$T_T = T_S - T_i \quad (4.8)$$

$T_T = 2967,826 - 2967,669 = 0,157$  kwh, sayaç çarpanı ile çarpılırsa

$T_T = 0,157$  kwh  $\times 3150 = 494,55$  kwh olarak bulunur.

Kapasitif tüketim;

$$R_{CT} = R_{CS} - R_{ci} \quad (4.9)$$

$R_{CT} = 470,660 - 470,596 = 0,064$  kVARh,

$R_{CT} = 0,064$  kVARh  $\times 3150 = 201,6$  kVARh olarak bulunur.

Bu zaman aralığındaki kapasitif reaktif tüketim oranı ise;

$\%R_c = \frac{R_{CT}}{T_T} \times 100 = \frac{201,6}{494,55} \times 100 = 40,65$  olarak hesaplanır. Bu sonuca göre sistemin kapasitife girdiğini ve 201,6 kVAR gücünde endüktif reaktif yüke ihtiyaç vardır denilebilir.

Aynı şekilde 1. Gün Saat 14:50 ile 15:50 zaman dilimi arasındaki toplam

Aktif tüketim;

$$T_T = T_S - T_i$$

$$T_T = 2967,998 - 2967,826 = 0,172 \text{ kwh, sayaç çarpanı ile çarpılırsa}$$

$$T_T = 0,172 \text{ kwh} \times 3150 = 541,8 \text{ kwh Olarak bulunur.}$$

Kapasitif tüketim;

$$R_{CT} = R_{CS} - R_{Ci}$$

$$R_{CT} = 470,750 - 470,660 = 0,09 \text{ kVARh,}$$

$$R_{CT} = 0,09 \text{ kVARh} \times 3150 = 283,5 \text{ kVARh olarak bulunur.}$$

Bu zaman aralığındaki kapasitif reaktif tüketim oranı ise;

$\%R_c = \frac{R_{CT}}{T_T} \times 100 = \frac{283,5}{541,8} \times 100 = 52,32$  olarak hesaplanır. Bu sonuca göre sistemin kapasitife girdiğini ve 283,5 kVAR gücünde endüktif reaktif yüke ihtiyaç vardır denilebilir.

Çizelge 4.6.' ya göre 2. Gün Saat 09:00 ile 10:00 arasındaki toplam

Aktif Tüketim;

$$T_T = T_S - T_i$$

$$T_T = 2969,836 - 2969,694 = 0,142 \text{ kwh, sayaç çarpanı ile çarpılırsa}$$

$$T_T = 0,142 \text{ kwh} \times 3150 = 447,30 \text{ kwh olarak bulunur.}$$

Kapasitif tüketim;

$$R_{CT} = R_{CS} - R_{Ci}$$

$$R_{CT} = 470,995 - 470,919 = 0,076 \text{ kVARh,}$$

$$R_{CT} = 0,076 \text{ kVARh} \times 3150 = 239,4 \text{ kVARh olarak bulunur.}$$

Bu zaman aralığındaki kapasitif reaktif tüketim oranı ise;

$\%R_c = \frac{R_{CT}}{T_T} \times 100 = \frac{239,40}{447,30} \times 100 = 53,52$  olarak hesaplanır. Bu sonuca göre sistemin kapasitife girdiğini ve 239,40 kVAR gücünde endüktif reaktif yüke ihtiyaç vardır denilebilir.

Aynı şekilde 2. Gün Saat 10:00 ile 11:00 zaman dilimi arasındaki toplam

Aktif tüketim;

$$T_T = T_S - T_i$$

$$T_T = 2970,311 - 2969,836 = 0,475 \text{ kwh, sayaç çarpanı ile çarpılırsa}$$

$$T_T = 0,475 \text{ kwh} \times 3150 = 1496,25 \text{ kwh olarak bulunur.}$$

Kapasitif tüketim;

$$R_{CT} = R_{CS} - R_{Ci}$$

$$R_{CT} = 471,089 - 470,995 = 0,094 \text{ kVARh,}$$

$$R_{CT} = 0,094 \text{ kVARh} \times 3150 = 296,10 \text{ kVARh olarak bulunur.}$$

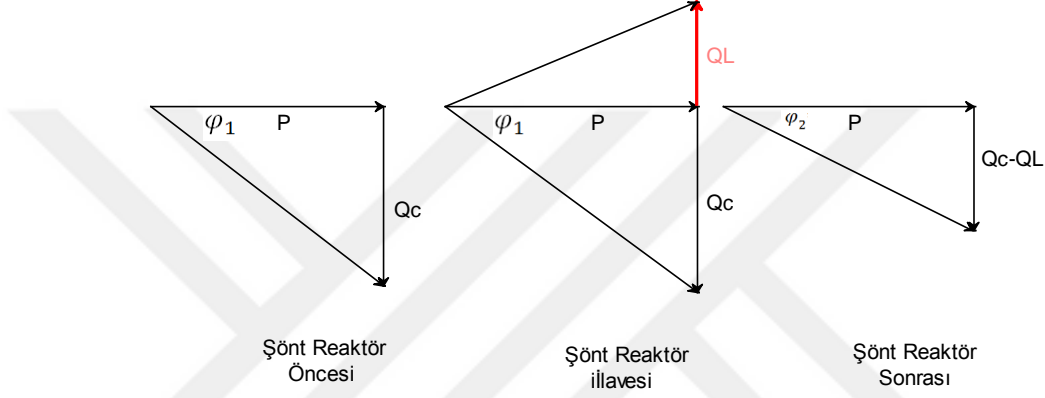
Bu zaman aralığındaki kapasitif reaktif tüketim oranı ise;

$\%R_c = \frac{R_{CT}}{T_T} \times 100 = \frac{296,10}{1496,25} \times 100 = 19,78$  olarak hesaplanır. Bu sonuca göre sistemin kapasitife girdiğini ve 296,10 kVAR gücünde endüktif reaktif yüke ihtiyaç vardır denilebilir.

Görüldüğü üzere şebekede yükler değişken olduğundan, sistemin tükettiği kapasitif güç de değişkenlik göstermektedir. Bunun için farklı zamanlarda alınan değerler farklı sonuçlar meydana getirdiğinden, birden çok zaman dilimindeki kapasitif reaktif tüketime karşılık bir şönt reaktör tesis edilmesine karar verilmiştir. Kampüsteki aktif yükler gece azaldığından şebekenin daha çok kapasitif güç çekeceği de düşünülerek 300 kVAR gücünde bir şönt reaktör tesis edilmesi gerektiği üzerinde durulmuştur.

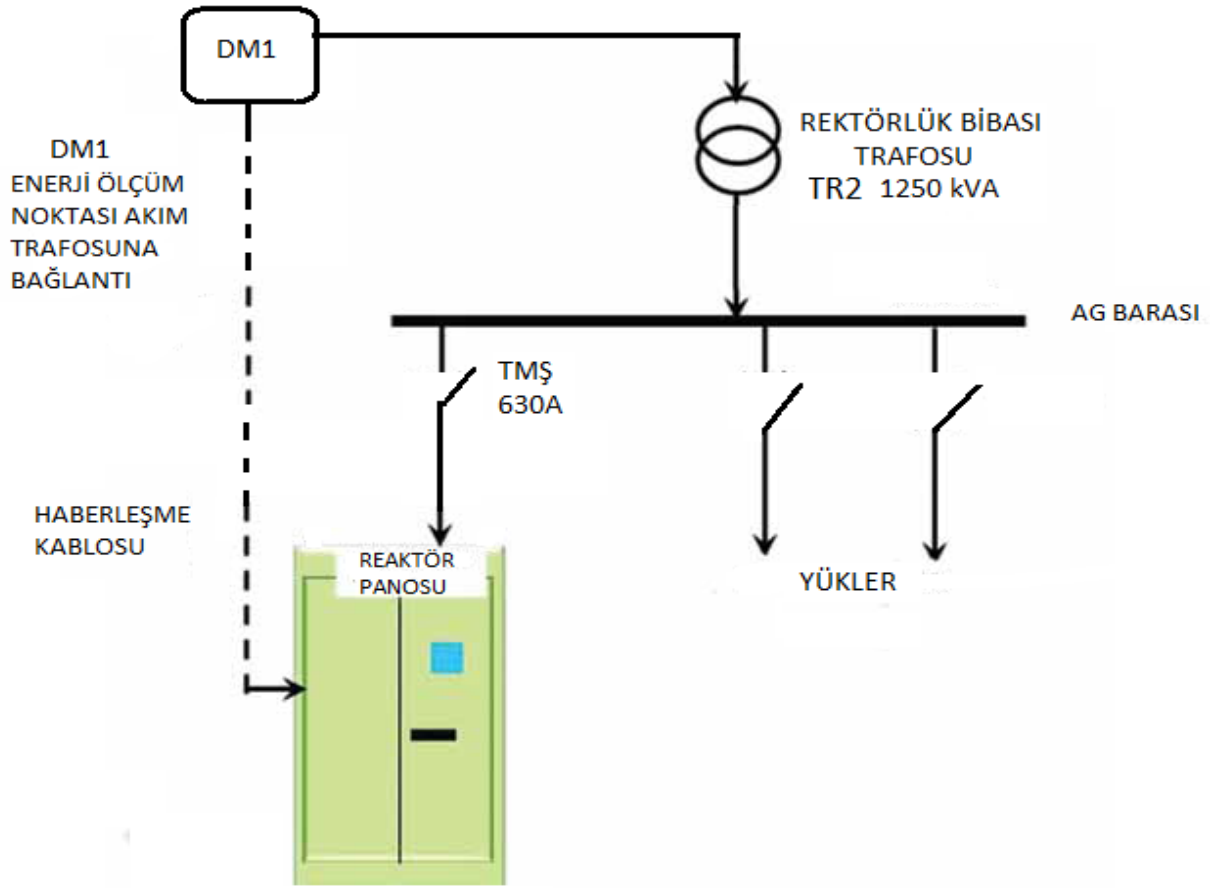
Şekil 4.25.' de gösterildiği gibi  $Q_L$  gibi bir endüktif güç eklendiğinde  $Q_T = Q_C - Q_L$  olacak şekilde sistem, kapasitif ceza sınırından kurtulmuş olacaktır. Edüktif

yük ilavesi veya Şönt reaktör ilavesi sonrası sayaçtan tekrar endeksler alındığında sistem, kapastif yöndedir ancak ceza sınırında değildir. Böylelikle kampüsün elektrik dağıtım şebekesi aşırı reaktiften arındırılarak rahatlatılmıştır.



**Şekil 4.25.** Şönt Reaktörün şebekeye ilavesi durumunda vektörel durum

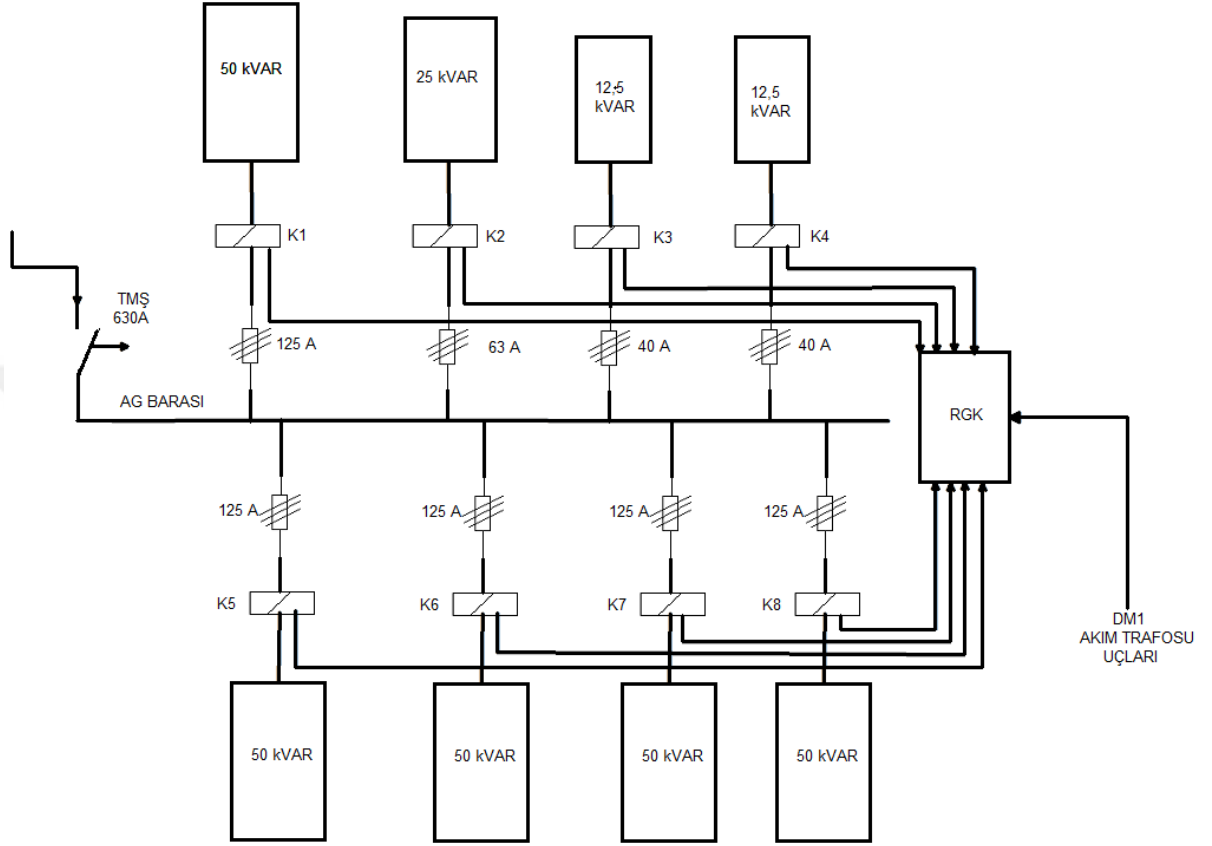
300 kVAr gücünde bir şönt reaktör panosunun tesis edilmesi için gerekli fiyat araştırmaları yapılmış ve bu proje için 150.000,00 TL ödenek ayrılarak imalatına başlanmıştır. Kısa süre içerisinde tedarik edilen bu şönt reaktör panosu DM1 kodlu dağıtım merkezinden enerjisini alan TR2 kodlu 1250 kVA Reaktörlük trafosunun alçak gerilim panosunun AG barasından 630 Amperlik bir Termik Manyetik Şalter ile irtibatlandırılmıştır. Şekil 4.26. da üniversite için tasarlanan şönt reaktör panosunun bağlantısı gösterilmiştir.



**Şekil 4.26.** Tasarlanan şönt reaktörün bağlantısı

Tasarlanan Şönt reaktör panosu TR2 kodlu Rektörlük binasının dağıtım trafosunun AG barasından çıkış alınarak 630 Amperlik bir termik manyetik şalter ile korunmaktadır. İrtibatlandırma, akım taşıma kapasitesine göre 2 adet 3x95+50 mm<sup>2</sup> kesitli NYY kablosu ile yapılmıştır.

Şönt reaktör panosunun otomatik olarak çalışabilmesi için DM1' de yer alan ölçü hücresinin içerisinde bulunan OG akım trafolarının sekonderinden çıkış alınarak şönt reaktör panosunda yer alan Reaktif Güç Kontrol Rölesi ile irtibatlandırılır. Çünkü şebekenin ihtiyaç duyacağı reaktör gruplarının hangi oranda devreye girip çıkacağı akım ve gerilim bilgisiyle mümkündür. Şönt reaktör panosunda yer alan her bir reaktör gurubunun çekeceği akıma göre koruma elemanı ve otomasyon elemanı seçilir.



**Şekil 4.27.** 300 kVAR Şönt reaktör gruplarının pano içerisindeki dizilişi

RGK, her bir endüktif yük grubunu ihtiyaca göre devreye alıp çıkarmak için bir kontakörün kontağına uyarı vermektedir. Şebekedeki yüklerin farklı zaman dilimlerinde farklı güçlerde devreye girmesi çıkması durumuna göre akım gerilim arasındaki açığa bağlı olarak kumanda etmektedir. Çünkü bazı durumlarda fazladan endüktif yük grubunun devrede olması sistemi endüktif reaktife zorlayabilir. Bunun için hem kapasitif bileşen hem de endüktif bileşen ceza sınırlarının altında tutulmaya çalışılır.

Şönt Reaktör Panosu DM1 kodlu dağıtım merkezine, yani ölçü hücresinin bulunduğu yere konulabilirdi. Ancak DM1 içerisinde yer alan iç ihtiyaç ve aydınlatma amaçlı tesis edilen 100 kVA gücündeki trafonun gücü, 300 kVAR'lık şönt reaktörün gücünü karşılayamayacaktı. Çünkü 50 kVAR'lık endüktif yük bobini 72,2 A çekerken,



25 kVAr'lık endüktif yük bobini 36,12 A, 12,5 kVAr'lık endüktif yük bobini 18,05 A çeker. Dolayısıyla Şönt Reaktör Panosu toplamda 433,24 Ampere ihtiyaç duymaktadır (çizelge 4.7.). Bu yüzden istenilen akımın TR2 kodlu 1250 kVA'lık trafodan karşılanması için şönt reaktör panosu TR2 trafo köşkünün yanına tesis edilmiştir.

**Çizelge 4.7.** Şönt Reaktör Panosundaki her bir endüktif yük gurubunun nominal değerleri

Rektör Grubu Gücü (kVAr)	Frekans (Hz)	Gerilim (V)	Akım (A)	PANO GÜCÜ (kVAr)
50	50	400	72,2	300
50			72,2	
50			72,2	
50			72,2	
50			72,2	
25			36,12	
12,5			18,08	
12,5			18,08	

Bilinen kompanzasyon panolarının tasarımında olduğu gibi, şönt reaktör panosunun endüktif yük guruplarının arasında da kademeli bir orantı mevcuttur. Düşük kademeden başlayarak istenilen kademeye doğru guruplar yerleştirilir. Çünkü şebekenin ihtiyacı ilk başlarda düşük seviyedeki bir endüktif yük olurken, daha sonraları fazladan ihtiyaç duyacaktır. Şayet ilk kademeler yüksek güçte seçilirse RGK' da tanımlı düşük kademe olmayınca fazladan endüktif yük devreye girmiş olacaktır. Bu da tercih edilmeyen bir durumdur. Böylelikle RGK ile haberleşmeli bir kompanzasyon panosunun tasarımında kademe ayarları mutlaka doğru tanımlanmalıdır. Sağlıklı bir kompanzasyonun yapılabilmesi için sistemin tüm parametrelerinin iyi bilinmesi gerekir. Özellikle işletmede olan kompanzasyon tesisinin takibinin ve bakımının ihmal edilmemesi şarttır. Bazen kondansatör veya reaktör guruplarının bağlantı noktalarında meydana gelen bir gevşeklik, malzemenin zamanla özelliğini yitirmesi, kontaktör paletlerinin yapışık kalması, bağlantıyı sağlayan kablolarının ısınmadan dolayı erimesi

gibi olumsuzluklar şebekeyi reaktife zorlayabiliyor. Bunun için teknik takibinin ve işletmeyi aksatmayacak bakım ve onarımın zamanında yapılması zorunludur.

Demir nüveli olarak imal edilen şönt reaktörler, yapıları itibariyle devrede kaldıkları sürece aşırı derecede ısınmaya maruz kalırlar. Bu da reaktör gruplarının otomasyonunu sağlayan kontaktörlerin yapılarının bozulmasına, bağlantıyı sağlayan alüminyum karakteristikli bağlantı baralarının erimesine ve kablo başlıklarının deformasyonuna zemin hazırlar. İmalathanelerde üretilen şönt reaktör panolarının içerisindeki havayı dışarıya transfer eden elektrikselsel fanlar, panonun ön kapaklarına veya panonun yan taraflarına monte edilerek çalıştırılırlar. Ancak sıcak bölgelerde kullanım yerine göre ve panonun tesis edildiği yere göre bu fanlar yetersiz kalabiliyor.

Çalışmamızda tasarladığımız şönt reaktör panosunun soğutma işlemini, dışarıdan temiz havayı içeriye transfer eden iki adet büyük güçlü metal fan yardımıyla gerçekleştirildi. Büyük fanlar dışarıdan pano içerisine hava akımını sağlarken, panonun arka tarafına monte edilen dört adet küçük fan ise içerideki havayı dışarıya transfer etmektedir (şekil 4.28.).



**Şekil 4.28.** Şönt Reaktör Panosunda içeriye hava akımı transfer eden fanlar

#### 4.6.4. Şönt reaktör panosu yapıldıktan sonraki durum

Gerekli şönt reaktör panosu (300 kVAr) tasarlandıktan sonra (şekil 4.27.) üniversitenin elektrik şebekesi ile bağlantısı yapılarak devreye alınmıştır (şekil 4.26.). Daha sonra DM1 kodlu dağıtım merkezindeki ölçü hücresinde yer alan sayaçtan belli aralıklarla tüketim endeksleri alınarak izlemeye alınmıştır.

**Çizelge 4.8.** Şönt Reaktör tesisinden sonraki on iki döneme ait tüketim bileşenleri

Periyodik Dönemler	Aktif Tüketim (kwh)	Endüktif Tüketim kVArh	Endüktif Oran (%)	Kapasitif Tüketim kVArh	Kapasitif Oran (%)	AÇIKLAMA
1	423027	49140	11,61628	315	0,07446333	<15 ŞÖNTLÜ
2	233327	8744	3,74753	5717	2,45020936	<15 ŞÖNTLÜ
3	217233	1669	0,768299	10574	4,86758458	<15 ŞÖNTLÜ
4	215079	2063	0,959182	11317	5,26178753	<15 ŞÖNTLÜ
5	172346	1017	0,590092	11821	6,85887691	<15 ŞÖNTLÜ
6	172519	3910	2,266417	8152	4,72527664	<15 ŞÖNTLÜ
7	237768	22963	9,657734	2945	1,23860234	<15 ŞÖNTLÜ
8	246891	17526	7,098679	5106	2,06811913	<15 ŞÖNTLÜ
9	208788	9601	4,598444	10747	5,14732647	<15 ŞÖNTLÜ
10	238900	1307	0,547091	37333	15,6270406	>15 ARIZA
11	281061	5733	2,039771	23023	8,19146022	<15 ŞÖNTLÜ
12	326715	9607	2,940483	5310	1,62526973	<15 ŞÖNTLÜ

Çizelge 4.8.'deki değerlere bakıldığında şönt reaktör panosunun şebekeyi yeterli seviyede kompanze ettiğini söylemek mümkündür. Aktif yükler devrede iken sistemin halen reaktif kapasitif güç ürettiğini ve akım ile gerilim arasındaki açığa bağlı olarak sisteme komut veren RGK' nın kompanzasyonu üstlendiğini görmekteyiz. İhtiyaca göre endüktif yük gruplarını sisteme ekleyip çıkararak kapasitif tüketiminin ceza sınırlarının altında tutulması sağlamıştır.

Çizelgeye baktığımızda 10. döneme ait kapasitif tüketimin ceza sınırını aştığı görülmektedir. Şönt reaktör panosu devrede iken böyle bir oranın çıkması tartışılabilir. Yapılan incelemeler sonucunda, şönt reaktör panosunun sağlıklı bir kompanzasyon yaptığı dönemde, endüktif yük gruplarının bağlantısını sağlayan kabloların erimesi

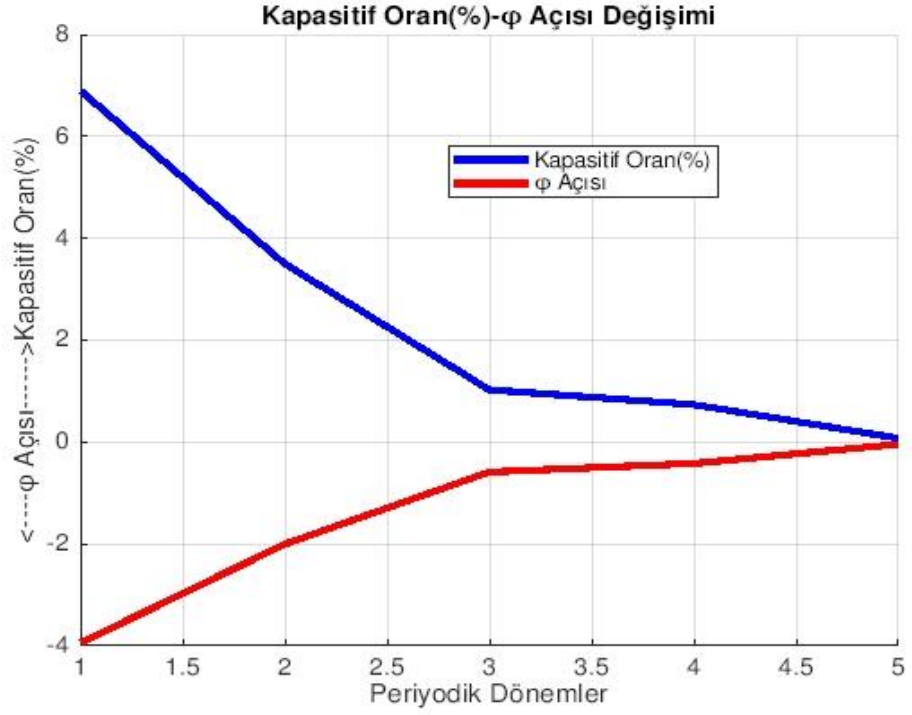
sonucu 125 Amper bıçaklı sigorta devreyi kesmiştir. Böylelikle bir müddet devre dışı kalan 50 kVAr gücündeki endüktif yük gurubunun eksikliği 10. Döneme ait kapasitif oranının yükselmesine sebep olmuştur. Gerekli bakım ve onarım yapıldıktan sonra pano tekrar devreye alındığında çizelge 4.8.' de görüldüğü üzere sonraki dönemlerde sistem normale dönmüştür.

**Çizelge 4.9.** Şönt Reaktör sonrası beş döneme ait aktif, kapasitif tüketimler ile aralarındaki açının değişimi

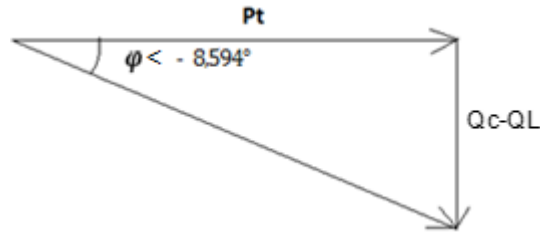
Periyodik Dönem	Aktif Tüketim (kwh)	Kapasitif Tüketim kVArh	Kapasitif Oran	$\phi$ Açısı ( $^{\circ}$ )	Cos $\phi$
1	182700	12600	6,896552	3,9452	0,9976
2	258571	9046	3,498459	2,0037	0,9994
3	346229	3553	1,026199	0,5879	0,9999
4	386240	2835	0,734000	0,4205	1,0000
5	423027	315	0,074463	0,0427	1,0000

Şönt reaktör panosu tesis edildikten sonra, panodaki endüktif yükler devreye girdiğinde şebekedeki kararlılık devam etmektedir. Endüktif yükler devreye girerek, şebekeyi negatif yöndeki kapasitif bileşenini aktif eksene yaklaştırarak Elektrik Piyasası Müşteri Hizmetleri Yönetmeliği' nin ilgili maddelerinde belirtilen cezai sınırdan kurtarmaktadır. Doğru bir kompanzasyon yapılması neticesinde Cos $\phi$  giderek 1(bir)'e yaklaştırılmıştır (çizelge 4.9.).

Şönt reaktör panosu devreye alındıktan sonra yapılan gözlemler sonucunda kapasitif oranın yönetmenlikte belirtilen %15 sınırının altında olduğu ve giderek daha da küçüldüğü, Cos $\phi$ 'nin giderek 1(bir)'e yaklaştığı görülmektedir (şekil 4.29.).



Şekil 4.29. Şönt reaktör sonrası kapasitif tüketim ve  $\varphi$  açısı arasındaki ilişki



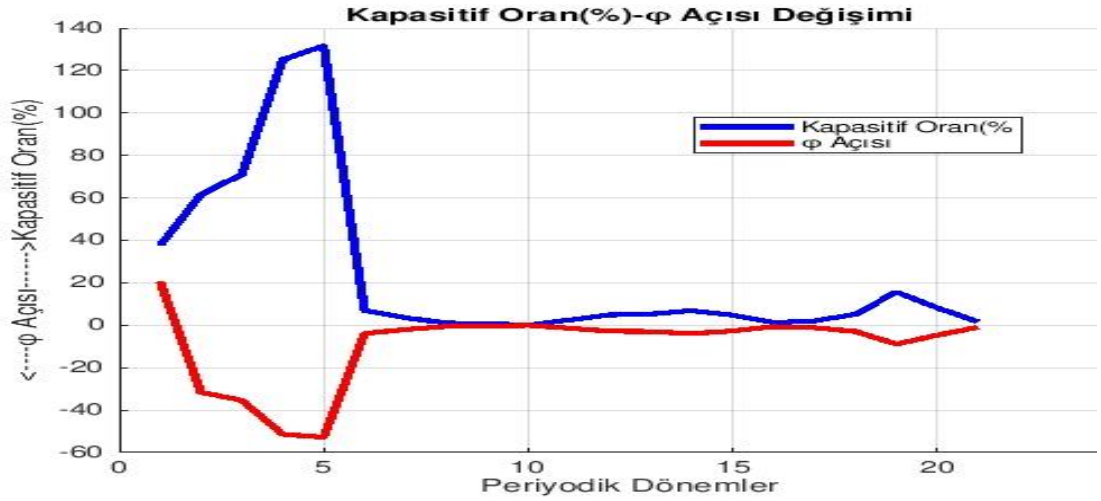
Şekil 4.30. Tesisin kapasitif bileşen olarak ceza sınırının altında olması durumu

Elektrik Piyasası Müşteri Hizmetleri Yönetmeliği'nin ilgili maddesi kapasitif tüketiminin aktif tüketimin %15'ni aşmamasını emretmektedir.

$$\tan \varphi = \frac{Rc}{Pt} = \% \frac{15xP}{P} = 0,15 \rightarrow \varphi = -8,594^\circ$$

Yukarıdaki eşitlik göz önünde bulundurulduğunda, şebekeye endüktif yükler yani Şönt Reaktör Panosu ilave edildikten sonra  $\varphi$  açısının  $-8,594^\circ$  'nin altına çekildiği görülmektedir (şekil 4.29.).

#### 4.7. Kompanzasyon Öncesi Şebeke ile Kompanzasyon Sonrası Şebekenin Reaktif Davranışının Karşılaştırılması



**Şekil 4.31.** Şönt reaktör öncesi ile sonrası kapasitif tüketim ve  $\varphi$  açısı ilişkisi

Orta gerilim XLPE kablolarının meydana getirdiği kapasitif reaktifin ay sonu elektrik faturalarına maliyet olarak yansması kompanzasyonu gerekli kılmıştır. Orta gerilim kablolarının şebeke boyunca kapasitif analizi yapılmış ve tüketilen kapasitif reaktif güçler bulunmuştur. Daha sonra sisteme endüktif yük grupları ilave edilmesi yönünde bir pano tasarlanarak şebeke rahatlatılmıştır. Panonun şebekeye bağlanması sonucunda sistemin kapasitif etkisinin azaldığı ve akım ile gerilim arasındaki açının giderek düzeldiği gözlemlenmiştir. Kapasitif oran arttıkça,  $\varphi$  açısının eksenden uzaklaştığı ve negatif yönde büyüdüğünü görmekteyiz (şekil 4.30.). Çizelgede görüldüğü gibi 5. (beşinci) dönemden itibaren şönt reaktör panosu devreye alınmış ve kapasitif oran azaldıkça  $\varphi$  açısı da sıfır eksenine doğru küçülerek kararlı duruma gelmiştir.

Çizelge 4.10.' da bazı dönemlerin aktif tüketimleri, kapasitif tüketimleri ve buna bağlı olarak kapasitif gösterilmiştir. Tabloda ilk beş dönem sistemin sürekli kapasitife

girdiği ve aktif tüketimin %15'inden fazla kapasitif tüketim meydana gelmiştir. Buna bağlı olarak kompanzasyon üçgeninde tanımlanan  $\varphi$  açısı da giderek negatif yönde büyümüştür. Açının büyümesi  $\text{Cos } \varphi$  değerinin küçülmesine zemin hazırlamıştır. Kompanzasyonda istenilen  $\text{Cos } \varphi$  değerinin bir(1)'e yaklaştırılmasıdır. Hesaplamalar sonucunda tasarlanan şönt reaktör panosu altıncı (6.) dönemden itibaren devreye alınmıştır. Bu dönemden itibaren kapasitif tüketim aktif tüketimin %15'inden az olmaya başlamıştır. Böylelikle  $\text{Cos } \varphi$  değeri de büyüyerek yani  $\varphi$  açısı küçülerek sistem reaktif cezadan kurtarılmıştır.

**Çizelge 4.10.** Şönt reaktör öncesi ile şönt reaktör sonrası aktif-kapasitif tüketimler aralarındaki açının değişimi

Periyodik Dönem	Aktif Tüketim (kwh)	Kapasitif Tüketim kVArh	Kapasitif Oran %	$\varphi$ Açısı (°)	$\text{Cos } \varphi$
1	466349	175042	37,53455	-20,5734	0,9362
2	241426	148544	61,52776	-31,6031	0,8517
3	227654	161831	71,08639	-35,4077	0,8151
4	248973	311531	125,1264	-51,3685	0,6243
5	101115	133106	131,6382	-52,7776	0,6049
6	182700	12600	6,896552	-3,9452	0,9976
7	258571	9046	3,498459	-2,0037	0,9994
8	346229	3553	1,026199	-0,5879	0,9999
9	386240	2835	0,734	-0,4205	1,0000
10	423027	315	0,074463	-0,0427	1,0000
11	233327	5717	2,450209	-1,4036	0,9997
12	217233	10574	4,867585	-2,7867	0,9988
13	215079	11317	5,261788	-3,0120	0,9986
14	172346	11821	6,858877	-3,9237	0,9977
15	172519	8152	4,725277	-2,7054	0,9989
16	237768	2945	1,238602	-0,7096	0,9999
17	246891	5106	2,068119	-1,1848	0,9998
18	208788	10747	5,147326	-2,9466	0,9987
19	238900	37333	15,62704	-8,8818	0,9880
20	281061	23023	8,19146	-4,6829	0,9967
21	326715	5310	1,62527	-0,9311	0,9999

#### **4.8. Şönt Reaktörün Kurulum Maliyeti ve Elektrik Tüketime Ekonomik Katkısı**

Tezimizin başında da belirttiğimiz gibi tüketici konumundaki Iğdır Üniversitesi'nin Elektrik Dağıtım Şebekesi ele alınarak; trafolar kurulu güçler bazında sınıflandırılmış ve orta gerilim yeraltı kablolarının özelliklerine değinerek şebekenin yüklü ve yüksüz durumundaki reaktif bileşenleri araştırılmıştır. Ayrıca bilinen kondansatör ile kompanzasyon yöntemlerinden farklı olarak, güç katsayısının durumuna göre inceleme yapılarak şönt reaktör tesisi yardımıyla kompanzasyon yapılmıştır. Tasarlanan şönt reaktör panosu ile elektrik faturası ekonomik bazda mukayese edilmiştir. Böylece reaktif tüketimin ceza sınırlarını aşmaması ile üniversite, ilgili dağıtım şirketine sadece tüketilen aktif enerjinin bedelini ödeyerek oluşabilecek cezai kesintilerden kurtulmuş olacaktır.

Şönt Reaktör Panosu işçilik dahil 180.000,00 TL' ye mal edilmiştir. Bu projenin kendini ne kadarlık bir sürede amorti ettiğini ve sisteme ekonomik getiresinin ne kadar olduğunun bilinmesi önemlidir. Çizelge 4.11.' de aktif tüketim bedeli ve aktif tüketime karşılık gelen kapasitif tüketim bedelleri gösterilmiştir. Fiyatlar 2019 birim fiyatlarına göre belirlenmiştir. Tabloda 21 dönemlik fiyatlar değerlendirildiğinde şönt reaktör yokken (ilk beş dönem) veya şönt reaktörde arıza var iken (19.dönem) elektrik tüketim faturasına 180.020,08 TL'lik ek maliyet gelmiştir. İlgili elektrik dağıtım şirketine aylık ortalama 30.000,00 TL kapasitif bedel ödenmiştir. Eğer şönt reaktör kullanılsaydı 21 dönem boyunca ortalama 630.000,00 TL bedel ödenecekti. Bu reaktif meblağ, tüketici konumundaki Iğdır Üniversitesi için ciddi bir rakamdır. Buradan anlaşılıyor ki, şönt reaktör panosu kendisini altı ay sonunda amorti etmiştir.

Sonuç olarak, Iğdır Üniversitesi elektrik tüketim bileşenleri analiz edilmiş olup ne yapılması gerektiği konusunda bir arayışa girilmiştir. Çünkü kapasitif tüketimin kablolardan mı yoksa sayaç bağlantılarının yanlış olmasından mı veya sistemde kalıcı kapasitif özellik gösteren yüklerin varlığından mı kaynaklandığı araştırmalar sonucunda öğrenilmiştir. XLPE Kabloların varlığından kaynaklanan kapasitif tüketim



için bir şönt reaktör panosunun tasarlanması ve neticesinin olumlu olması, doğru bir kompanzasyon yapıldığının göstergesidir.

Kampüs elektrik dağıtım şebekesinin kapasitif reaktif tüketiminin belirgin olduğu dönemlerde elektrik faturasına aktif tüketimin yanında reaktif tüketim bedeli de yansıyor. Bunun ekstra bir maliyet olarak tüketici konumundaki Iğdır Üniversitesi'ne yansması bütçe uygulamalarında değerlendirilmelidir.

**Çizelge 4.11.** Şönt reaktör panosunun tesis edilmesi durumunda ekonomik bazda mukayese

Periyodik Dönem	Aktif Tüketim (kwh)	Kapasitif Tüketim kVARh	Kapasitif Oran	AÇIKLAMA	Aktif Tüketim Bedeli (TL)	Kapasitif Tüketim Bedeli (TL)	Faturaya Yansıyan Miktar (TL)
1	466349	175042	37,53455	>15 ŞÖNTSÜZ	₺199.049,41	₺32.573,39	₺231.622,80
2	241426	148544	61,527756	>15 ŞÖNTSÜZ	₺103.046,65	₺27.642,40	₺130.689,06
3	227654	161831	71,086385	>15 ŞÖNTSÜZ	₺97.168,42	₺30.114,97	₺127.283,39
4	248973	311531	125,12642	>15 ŞÖNTSÜZ	₺106.267,90	₺57.972,49	₺164.240,39
5	101115	133106	131,63823	>15 ŞÖNTSÜZ	₺43.158,41	₺24.769,56	₺67.927,97
6	182700	12600	6,8965517	<15 ŞÖNTLÜ	₺77.980,93		₺77.980,93
7	258571	9046	3,4984588	<15 ŞÖNTLÜ	₺110.364,57		₺110.364,57
8	346229	3553	1,0261994	<15 ŞÖNTLÜ	₺147.779,19		₺147.779,19
9	386240	2835	0,7339996	<15 ŞÖNTLÜ	₺164.856,89		₺164.856,89
10	423027	315	0,0744633	<15 ŞÖNTLÜ	₺180.558,50		₺180.558,50
11	233327	5717	2,4502094	<15 ŞÖNTLÜ	₺99.589,80		₺99.589,80
12	217233	10574	4,8675846	<15 ŞÖNTLÜ	₺92.720,48		₺92.720,48
13	215079	11317	5,2617875	<15 ŞÖNTLÜ	₺91.801,09		₺91.801,09
14	172346	11821	6,8588769	<15 ŞÖNTLÜ	₺73.561,58		₺73.561,58
15	172519	8152	4,7252766	<15 ŞÖNTLÜ	₺73.635,42		₺73.635,42
16	237768	2945	1,2386023	<15 ŞÖNTLÜ	₺101.485,33		₺101.485,33
17	246891	5106	2,0681191	<15 ŞÖNTLÜ	₺105.379,25		₺105.379,25
18	208788	10747	5,1473265	<15 ŞÖNTLÜ	₺89.115,94		₺89.115,94
19	238900	37333	15,627041	>15 ARIZA	₺101.968,49	₺6.947,26	₺108.915,75
20	281061	23023	8,1914602	<15 ŞÖNTLÜ	₺119.963,86	Reaktif	₺119.963,86
21	326715	5310	1,6252697	<15 ŞÖNTLÜ	₺139.450,13	Ceza Yok	₺139.450,13
				TOPLAM:	₺2.318.902,24	₺180.020,08	₺2.498.922,32
2019		Aktif Tüketim B F.	(TL) :	₺0,426825			
		Kapasitif Tüketim B F.	(TL):	₺0,186089			

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, bilinen kompanzasyon yöntemlerinden bahsedilerek hatlarda kullanılan orta gerilim yer altı kablolarının meydana getirdiği reaktif bileşenler üzerinde durulmuştur. Uygulama alanı olarak Iğdır Üniversitesi'nin elektrik dağıtım şebekesi ele alınmıştır. Dağıtım şebekesinin vaziyet planı ve tek hat şeması çizilerek trafoların güçleri tasnif edilmiştir.

Kampüsteki tüm binaların aktif tüketici olarak işletmeye açık olması durumunda birinci dağıtım merkezindeki (DM1) ana sayaçtan okunan 8.8.0 parametresine karşılık gelen endeksin, ceza sınırını aştığı gözlemlenmiştir. Reaktif tüketim bedelini ödemekle yükümlü Iğdır Üniversitesi'ne ait elektrik faturasındaki reaktif tüketimin hangi sebeplerden meydana geldiği araştırılmıştır. Öncelikle tüm binaların kompanzasyon panoları ve trafoların sabit kondansatörleri devreden çıkarılarak sistem takibe alınmıştır. Sayaçtan alınan endeksler ve faturadaki değerler karşılaştırıldığında sistemin halen kapasitif yönde reaktif cezaya girdiği gözlemlenmiştir. Daha sonra sisteme kapasitif etki yapan etmenlerden sayacın bağlantıları da kontrol edilmiştir. Tüm bu araştırmalara rağmen sistemin halen kapasitif bileşen olarak reaktif ceza sınırını aşması, araştırmamızı XLPE türündeki orta gerilim kablolarına yöneltmiştir.

Elektrik dağıtım şebeklerinde kullanılan XLPE türündeki orta gerilim kablolarının yüksüz durumda iken kondansatör özelliği gösterdiği bilgisi üzerine, Iğdır Üniversitesi elektrik dağıtım şebekesini teşkil eden orta gerilim kablolarının mesafe bazında ve kesitleri de dikkate alınarak kapasitif analizleri yapılmıştır. Buna göre;

1. Elektrik dağıtım şebeklerinde kullanılan XLPE türündeki orta gerilim kabloları yüksüz durumda iken kondansatör özelliği göstermektedir.
2. Kondansatör özelliği gösteren yer altı orta gerilim kabloları tam yüklenmediği durumlarda kapasitif bileşen olarak reaktif gücü meydana getirmektedirler.
3. Kapasitif tüketimin aktif tüketime oranı %15'i geçmesi durumunda devreden ya kondansatör özelliği gösteren yükler çıkarılır ya da devreye endüktif özellik gösteren yükler ilave edilir.

4. Net bir çözüm olarak şebekedeki kapasitif tüketime karşılık endüktif özellik gösteren şönt reaktör ilave edilmelidir.
5. Şönt reaktör panolarının tesis edilmesi sonucunda tam otomatik veya yarı otomatik olarak endüktif yük gruplarının ihtiyaca göre devreye girip çıkması sağlanır.

Günümüzde elektrik tüketicileri aktif gücün yanında daha çok endüktif reaktif enerji harcadıklarından, kondansatör grupları ile kompanzasyon yapılmaktadır. Bilinen kompanzasyonu dışında varlığını gösteren şönt reaktörler özellikle uzun yer altı elektrik şebekelerinde ihtiyaç duyulan bir kompanzasyon elemanıdır. Örnek olarak tramvay ile yolcu taşıma sistemlerinde gece belli bir saatten sonra tramvay seferleri durduğunda hat yükü, aktif ve kapasitif bileşenlerden meydana gelir. Çünkü elektrikli demiryolu katener hatlarının boş olması durumunda hat kapasitif yükün etkisinde kalır. Bunun önüne geçmek için şönt reaktör tesisi gereklidir.

Benzer şekilde bir elektrik dağıtım şebekesinde, yer altı orta gerilim kablolarının büyük kesitlerde seçilmesi ve kabloların enerjili ancak tam yükte çalışmaması durumunda elektrikli demiryolu katener hatlarında olduğu gibi hat, kapasitif reaktif özellik göstermektedir. Şönt reaktör tesis edilmesi neticesinde sisteme endüktif reaktif güç takviyesi yapılarak tüketicilerin ilgili dağıtım şirketlerine cezai bedel ödenmesinin önüne geçilmiş olur.

## KAYNAKLAR

- Acuner, E., Erkin E., Onaygil S., 2013. Bina sektöründe enerji verimliliği ile ilgili yasal düzenlemeler:Binalarımızı neler bekliyor?, [http://www.yalitim.net/yayin/430/bina-sektorunde-enerji-verimliliği-ile-ilgili-yasal-duzenlemeler-ve-uygulamalar\\_11952.html#.XOJlqVIZbIU](http://www.yalitim.net/yayin/430/bina-sektorunde-enerji-verimliliği-ile-ilgili-yasal-duzenlemeler-ve-uygulamalar_11952.html#.XOJlqVIZbIU) Erişim Tarihi(10.05.2019)
- Arifoğlu, U., 2002. Güç Sistemlerinin Bilgisayar Destekli Analizi, *Alfa Yayıncılık*, İstanbul, 1, (340-341).
- Ay, S., 1992. Yük Dengesizliği İçeren Enerji sistemlerindeki Reaktif Güç Kompanzasyonunun Kayıp Minimizasyonu Üzerindeki Etkinliği, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7(1-2), 51-63.
- Bayındır, R., Sağıroğlu, Ş., Çolak, İ., (2007). Yapay Sinir Ağları Tabanlı Reaktif Güç Kompanzasyonu. *Politeknik Dergisi*, 10(2), 129-135.
- Bayram, M. 2000. Kuvvetli Akım Tesislerinde Reaktif Güç Kompanzasyonu, *Birsen Yayınevi*, 21s, İstanbul.
- Changxin, L., Tinggang J., Xiaoqi C., Status quo and developing trend of wind energy[J]. *Journal of Shanghai Dianji University*, 2009, 12(1),73-77.
- Çakmanus, I., 2007. Renovation of existing office buildings in regard to energy economy: An example from Ankara, Turkey, *Building and Environment*, 42, 1348–1357.
- Çalıköğlü E., 2008. Enerji Verimliliği ve Kanunu, *3e Electrotech Dergisi*, sayı 165.
- Çeltekligil, U., Capacitive Power Factor And Power Quality Correction of Light Rail Transport System, *50th International Symposium ELMAR*, Zadar,ss 415-418.
- Ding M, Zhang L., Wu Y., 2005. Wind speed forecast model for wind farms based on time series analysis, *Electric Power Automation Equipment*, 25(8), 32-34
- EİE, 2008. Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanılmasında Verimliliğin Artırılması'na dair Yönetmelik, [www.eie.gov.tr/duyurular/EV/EV\\_kanunu/EV\\_yonetmelik/EV\\_yonetmelik.html](http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/EV_kanunu/EV_yonetmelik/EV_yonetmelik.html).

- Gangui, Y., Maochun, W. and Gang, M., 2008. Modeling of grid-connected doubly fed induction generator for reactive static regulation capacity study, *Transection of China electricity society*, 23(7), 98-104.
- Gencer, Ö., Öztürk, S., Erfidan, T., Endüstriyel Bir Tesiste Dinamik Kompanzasyon Uygulaması; Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, <https://docplayer.biz.tr/13938168-Endustriyel-bir-tesiste-dinamik-kompanzasyon-uygulamasi.html> Erişim Tarihi (10.05.2019).
- Guan-qi, L., Ting H., Long S., Shu-ping J., 2013. Research on Reactive Power compensation strategy Based on Time Series Method in Wind Farms, *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Science and Electronics Engineering* 2013, Hangzhou, China, ss187.
- Miller, T. J. E., 1982. Reactive Power Control in Electric Systems, *Pres, John Wiley & sons*, New York, ss 205.
- Mumyalmaz, B., 1999. Elektrikli Demiryolu Katener Hatlarının Kompanzasyonunda Statik Var Kompanzatorlerinin Kullanılması, *Dumlupınar Üniversitesi Fen bilimleri Dergisi*, 1, 65-72.
- Pinson, P, Kariniotakis, G N., 2003. Wind power forecasting using fuzzy neural networks enhanced with on-line prediction risk assessment// *IEEE Power Tech Conference Proceedings*: Bologna, Vol 2, 8p.
- Qing-lai, G., Sun H., Zhang B.. 2009. Coordination of continuous variables and discrete variables in automatic voltage control part one coordinated voltage control for substations. *Automation of Electric Power System*, 32(8), 39-42.
- Sürmeli, B., 2014). Marmaray Bc1 Projesi Kapasitif/Endüktif Kompanzasyon Sistemi, *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, sayı 451, ss 56-58.
- UB, (2008), “Ulaşımda Enerji Verimliliğinin Artırılması”na ilişkin Yönetmelik, [www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/27876.html](http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/27876.html) Erişim Tarihi (0.5.05.2019).

- Vardar, T., Çam, E. ve Yalçın, E., (2010). Reaktif Güç Kompanzasyonu ile Enerji Verimliliği ve Kamu Kurumlarında Reaktif Güç Kompanzasyonu, *International Journal of Engineering Research and Development*, 2(2), 20-24.
- Weihong, H., Wang, W., Wang, Y., 2006. Power flow analysis in electrical power system including wind farms[J], *North China Electric Power*, 10, 12-15.
- Zhenglin, Y., Yaming, S., 1999. The synthetic and automatic control of substation voltage and reactive power based on ANN[J], *Automation of Electric Power Systems*, 23(13), 10-13.
- Zhong, Z. The performance comparison of SVC and SVG based on simulink[J]. *Electric Switchgear*, 2009, 12(1), 73-7.

## ÖZGEÇMİŞ

15.10.1980 tarihinde Iğdır'ın Merkez ilçesinde doğdu. İlk öğrenimini Ağrı Doğubayazıt ilçesinde başlayarak orta ve lise öğrenimini Iğdır' da tamamladı. 2001 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 06.07.2005 tarihinde mezuniyetini tamamlayarak 2006-2007 yılları arasında Mardin Kızıltepe'de bir proje ofisinde proje mühendisi olarak görev aldı. Askerlik görevini ifa ettikten sonra 2008 yılında Ağrı Diyadin'de şehir şebekesi işinde şantiye şefi olarak görev yaptı. Kısa süreli bir yurtdışı çalışmasından sonra 2009-2010 yılları arasında Iğdır'da kendi adına ait mühendislik bürosunu açarak danışmanlık, taahhüt ve proje alanında hizmet verdi. 2010 yılında Iğdır Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü'ne İşletme Mühendisi olarak atandı. Burada üç yıl kadar çalıştıktan sonra 2013 yılında Iğdır Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'na Elektrik Elektronik Mühendisi olarak atandı ve halen bu görevini sürdürmekte olan Mehmet Nasır ANGAY evli ve iki çocuk babasıdır.