

FİLTRELİ DİNAMİK KOMPANZASYON

Oğuzhan ÖZSÜREKÇİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM 2008
ANKARA**

Oğuzhan Özsürekci tarafından hazırlanan FİLTRELİ DİNAMİK KOMPANZASYON adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU
Tez Danışmanı, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. M. Sezai DİNÇER
Elektrik-Elektronik Mühendisliği, G.Ü.

Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU
Elektrik-Elektronik Mühendisliği, G.Ü.

Doç. Dr. Mehmet Ali AKCAYOL
Bilgisayar Mühendisliği, G.Ü.

Tarih : 10/10/2008

Bu tez ile G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN
Fen Bilimleri Enstitüsü 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.

Oğuzhan ÖZSÜREKÇİ

FİLTRELİ DİNAMİK KOMPANZASYON

(Yüksek Lisans Tezi)

Oğuzhan ÖZSÜREKÇİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2008

ÖZET

Bu tezin amacı hızlı değişen yüklerde, reaktif güç ihtiyacını karşılayabilmek için kullanılan dinamik kompanzasyonu incelemek, faydalarını iki ayrı örnek sistem üzerinde açıklamak ve sonuçları bilgisayar ortamında kurulan model ile karşılaştırmaktır. Ayrıca bu tez ile harmoniklerin elektrik tesisleri üzerindeki zararlı etkileri irdelenecek ve bu etkilerin filtre yöntemiyle azaltılması açıklanacaktır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun yayımlamış olduğu 20.06.2007 tarih, 26558 sayılı Elektrik Piyasası Müşteri Hizmetleri Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmeliğin 1. Maddesi uyarınca, kurulu gücü 50 kVA ve üzerinde olan tesisler, çektikleri aktif enerji miktarının %20' sini aşan şekilde endüktif reaktif enerji tüketmeleri veya aktif enerji miktarının %15' ini aşan şekilde, sisteme kapasitif reaktif enerji vermeleri halinde, reaktif enerji bedeli ödemekle yükümlü tutulmuşlardır. İhtiyaç duyulan reaktif enerjinin izin verilen sınırlar içerisinde şebekeden sağlanması için kullanılan kompanzasyon sistemlerinde, çoğunlukla elektromekanik anahtarlama elemanları kullanılmaktadır. Statik kompanzasyon sistemleri olarak adlandırılan bu sistemler, anahtarlama elemanlarının, gerek tepki sürelerinin yavaş olması, gerekse anahtarlama sayılarının sınırlı olması nedeniyle, hızlı değişen yükler için yetersiz kalmaktadırlar. Bu sorunun çözümü için geliştirilen filtreli dinamik kompanzasyon sistemleri ile reaktif güç

ihtiyacı gerçek zamanlı olarak belirlenerek, öngörülen sınırlar içerisinde, çok daha hızlı olarak karşılanmakta ve harmoniklerin sistem üzerindeki zararlı etkileri azaltılmaktadır.

Bilim Kodu : 905.1.150
Anahtar Kelimeler : Dinamik kompanzasyon, harmonikler, filtre
Sayfa Adedi : 119
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU

DYNAMIC COMPENSATION WITH FILTER
(M.Sc. Thesis)

Oğuzhan ÖZSÜREKÇİ

GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
October 2008

ABSTRACT

The purposes of this study are to examine the dynamic compensation used to compensate reactive power consumption for fast changing loads, to explain advantages with two modeling and compare the results with the model set on computer program. This study also determines the harmful effect of harmonics on electric facilities and decreases these effects by filter method. According to the first clause of dated 06.20.2007 with number 26558 regulation in accordance with electric market customer service, enterprises has current power more than or equal to 50 kVA must pay reactive energy fee in the case that they consume the inductive reactive energy more than 20% of pullet active energy or give to the system capacitive reactive energy more than 15% of active energy. Electromechanical switches are commonly used for supporting sufficient reactive energy in compensation systems. These conventional compensation systems called static compensation are unable to cope with rapid loads due to the fact that their slow reaction time and limited switching operations. To overcome this problem, dynamic compensation systems are designed and by means of these systems, reactive energy necessities are determined in real time and compansated very fast with decreasing the harmful effect of harmonics of the system.

Science Code : 905.1.150
Key Words : Dynamic compensation, harmonics, filter
Page Number : 119
Adviser : Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU' na, Başkent Elektrik Dağıtım A.Ş. personeli M. Fahri YAPICIOĞLU ve Serkan YAĞAN' a, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan ve dostluğunu hiçbir zaman unutamayacağım TCDD personeli Bekir YILMAZ' a, değerli katkılarından dolayı Elektrik Elektronik Mühendisi Mert Burkay ÇÖTELİ' ye, en zor günlerimde yanımda yer alan kardeşim Endüstri Mühendisi Şükrü ÖZSÜREKÇİ' ye, aileme ve hayata sınırsız sarılmamı sağlayan, biricik eşim Dr. Yasemin ÖZSÜREKÇİ' ye sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ	1
2. REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONUNUN İNCELENMESİ	3
2.1. Reaktif Güç.....	3
2.2. Reaktif Güç Kompanzasyonunun Tanımı	3
2.3. Reaktif Güç Kompanzasyonunu Nasıl Yapılır?	4
2.4. Reaktif Güç Kompanzasyonunun Faydaları	4
2.5. Reaktif Güç Kompanzasyonunda Hesaplamalar	5
2.6. Reaktif Güç Kompanzasyonu Çeşitleri	7
2.6.1. Sabit kompanzasyon	7
2.6.2. Otomatik kompanzasyon	8
3. HARMONİKLER	17
3.1. Harmonik Kirlilik ve Harmonik Sorununun Kaynakları	17
3.2. Fourier Dönüşümleri	18
3.3. Harmonik Kaynakları	20
3.3.1. Nonlineer yükler	21

Sayfa

3.4. Harmoniklerin Simetri Bileşenler Cinsinden İfade Edilmesi	21
3.5. Harmonik Kirliliğin Elektrik Tesisleri Üzerindeki Olumsuz Etkisi	22
3.5.1. Kondansatörler üzerindeki etkiler	23
3.5.2. Sistem kayıplarına olan etkiler.	24
3.5.3. Rezonansa olan etkiler	24
3.6. Harmonik Filtreler	26
3.6.1. Harmonik filtreli reaktif güç kompanzasyon sistemleri	26
4. FİLTRELİ DİNAMİK KOMPANZASYON	31
4.1. Dinamik Kompanzasyonun Tanımı	31
4.2. Dinamik Kompanzasyonun Uygulama Alanları	33
4.3. Dinamik Kompanzasyonun Temel Elemanları	36
4.2.1. Kontrolör	36
4.2.2. Tristör	39
5. DİNAMİK KOMPANZASYON UYGULAMALARI	42
5.1. Rüzgâr Santralleri	42
5.1.1. Rüzgâr santrali çalışma prensibi	42
5.1.2. Rüzgâr türbinleri temel elemanları	43
5.1.3. Rüzgâr türbinlerinde reaktif güç kompanzasyonu	45
5.1.4. Rüzgâr türbinleri reaktif güç kompanzasyonunun şebekeye olan etkisi	54
5.2. TCDD Dinamik Kompanzasyon Uygulamaları	54
5.2.1. Demiryolları elektrifikasyon sisteminin incelenmesi	54
5.2.2. Karagözler trafo merkezi	56

Sayfa

5.2.3. Kompanzasyon sisteminde kullanılan ana elemanların seçim hesapları	63
5.2.4. Filtreli dinamik kompanzasyon sisteminin çalışma prensibi.....	69
5.2.5. Filtreli dinamik kompanzasyon sisteminin sonuçları	73
5.3. Filtreli Dinamik Kompanzasyonun Bilgisayar Programında Modellenmesi.....	74
5.3.1. Kompanzasyon öncesi	75
5.3.2. Statik kompanzasyon	77
5.3.3. Dinamik kompanzasyon	79
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	82
KAYNAKLAR	85
EKLER.....	89
EK-1 TCDD Karagözler trafo merkezi filtreli dinamik kompanzasyon öncesi akım, gerilim ve reaktif gücün ortalama değerleri.....	90
EK-2 TCDD Karagözler trafo merkezi filtreli dinamik kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan ölçümler.....	96
EK-3 TCDD Karagözler trafo merkezi filtreli dinamik kompanzasyon öncesi ve sonrası güç faktöründeki değişim.....	117
EK-4 TCDD Karagözler trafo merkezi filtreli dinamik kompanzasyon öncesi ve sonrası reaktif güç değişimi.....	118
ÖZGEÇMİŞ.....	119

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Güç üçgeni	6
Şekil 2.2. Sabit kompanzasyon	7
Şekil 3.1. Temel bileşen ve harmonikler	19
Şekil 3.2. Nominal akımdaki artış seviyesi ile harmonik seviyesi grafiği	27
Şekil 3.3. Reaktör yardımıyla rezonans frekansının 5. harmonikten öncesine alınması	28
Şekil 3.4. Harmonik filtreli ve filtresiz kondansatör akımı	29
Şekil 4.1. Kompanzasyon sistemleri	32
Şekil 4.2. Kontaktörlerin anahtarlama ile kondansatör üzerinde görülen baskın akım	33
Şekil 4.3. Otomobil fabrikasında dinamik kompanzasyon öncesi ve sonrası akım, gerilim ve reaktif güç grafiği	34
Şekil 4.4. Tristör ile anahtarlanan kondansatörün 3 fazlı akım grafiği	35
Şekil 4.5. Kontaktör ve tristör anahtarlama sonucu kondansatör üzerindeki akım ve gerilim grafiği	36
Şekil 4.6. Kontrolör	37
Şekil 4.7. Kompanzasyon sonrası akım grafikleri	38
Şekil 4.8. Tristörün yapısı	40
Şekil 4.9. Tristörün karakteristiği	40
Şekil 5.1. Kalkış sırasında jeneratörün reaktif güç tüketimi	47
Şekil 5.2. Kalkış sırasındaki akım ve gerilim değerleri	48
Şekil 5.3. Dinamik kompanzasyon sonrası kalkış sırasındaki reaktif güç	49
Şekil 5.4. Dinamik kompanzasyon sonrası kalkış sırasındaki akım ve gerilim değerleri	50

Şekil	Sayfa
Şekil 5.5. Kompanzasyon öncesi aktif ve reaktif güçler	52
Şekil 5.6. Dinamik kompanzasyon sonrası 10 dakikalık ölçüm sonuçları.....	53
Şekil 5.7. Lokomotif elektrik şeması.....	55
Şekil 5.8. Demiryolları tek hat şeması.....	56
Şekil 5.9. Kompanzasyon sistemi tek hat şeması.	60
Şekil 5.10. Filtreli dinamik kompanzasyon sistemi blok diyagramı	72
Şekil 5.11. Filtreli dinamik kompanzasyon öncesi ve sonrası akım ve reaktif enerji değişimi.....	73
Şekil 5.12. Kompanzasyon modeli.....	75
Şekil 5.13. Kompanzasyon öncesi çekilen akım	76
Şekil 5.14. Kompanzasyon öncesi çekilen reaktif güç.....	76
Şekil 5.15. Kompanzasyon öncesi güç faktörü.....	77
Şekil 5.16. Statik kompanzasyon sonrası çekilen akım.....	78
Şekil 5.17. Statik kompanzasyon sonrası çekilen reaktif güç.....	78
Şekil 5.18. Statik kompanzasyon sonrası güç faktörü	79
Şekil 5.19. Dinamik kompanzasyon sonrası çekilen akım.....	80
Şekil 5.20. Dinamik kompanzasyon sonrası çekilen reaktif güç.....	80
Şekil 5.21. Dinamik kompanzasyon sonrası güç faktörü	81

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 5.1. Kompanzasyon grupları	.65
Resim 5.2. Tetikleme kartı	.70
Resim 5.3. Tristör grubu	.70
Resim 5.4. Filtre reaktör.....	.71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simge ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

$\cos \varphi$	Güç Faktörü
Hz	Frekans Birimi (Hertz)
I_m	Maksimum Akım
I_0	Nominal Akım
I_p	Aktif akım
I_q	Reaktif akım
kV	kiloVolt
kVAr	Reaktif Güç
kW	Aktif Güç (kiloWatt)
kVA	Görünür güç
C	Kapasite (Farad)
DC	Doğru akım

Kısaltmalar

Açıklama

AG/LV	Alçak Gerilim
A.Ş.	Anonim Şirketi
CPU	Merkezi İşlem Birimi
DM	Dağıtım Merkezi
DSP	Dijital Sinyal İşleyici
EPDK	Elektrik Piyasası Düzenleme Kurulu
EDAŞ	Elektrik Dağıtım A.Ş.
İM	İndirici Merkez
MTU	Merkezi İşlem Birimi
OG/MV	Orta Gerilim

Kısaltmalar**Açıklama****PLC**

Programlanabilir Mantık Kontrol

RTU

Uzak Uç Birim

SCADA

Denetimsel Kontrol ve Veri Toplama

TCDD

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları

TEDAŞ

Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.

TEİAŞ

Türkiye Elektrik İletim A.Ş.

TEK

Türkiye Elektrik Kurumu

TM

Tali Merkez

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmelere bağlı olarak hızla artan elektrik enerjisi talebi karşısında, üretimi artırma ya da tüketimi kısıtlama gibi çeşitli çözüm yollarına başvurulmakla birlikte, gerek üretim maliyetlerinin çok yüksek olması ve doğal kaynaklardaki azalmalar, gerekse elektrik enerjisinin hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olması, mevcut enerjinin en verimli düzeyde kullanılması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır.

İhtiyaç duyulan endüktif reaktif enerjinin üretim tesislerinden en düşük seviyede karşılanması, elektrik enerjisinin verimli kullanılmasını sağlayan en önemli etkenlerden biridir. Bu sebeple reaktif güç kompanzasyonu ülkemizde çok büyük önem kazanmış, kurulu gücü 50 kVA' nın üzerindeki tesislerde zorunlu hale getirilmiştir. Reaktif güç kompanzasyonu ile jeneratör, trafo ve enerji nakil hatlarının yüksek kapasitede çalışmaları sağlanırken, tesislerdeki gerilim düşümü azalır ve kayıplar aşağı çekilir [1].

Ülkemizde, tüketilen endüktif reaktif enerjinin, aktif enerjinin belli bir oranından yüksek olması durumunda reaktif enerji bedeli kullanıcıdan talep edilmektedir. Bu yolla, tüketicilerin kompanzasyon konusundaki duyarlılığı artarken, enerjinin de verimli kullanılması sağlanır. Söz konusu oran 2002 yılına kadar %50 olarak belirlenmiş, 2002 yılında %33' e indirilmiş, en son olarak ta 2008 yılında %20 kabul edilmiştir [2].

Sistemden çekilen endüktif reaktif enerji belli bir seviyede tutulmak istenirken, aşırı kompanzasyon sonucu sisteme kapasitif reaktif enerji verilmesi de sınırlandırılmıştır. Yine ülkemizde bu sınır, 2002 yılında %20 olarak belirlenmiş, 2008 yılında da %15' e indirilmiştir.

Reaktif güç kompanzasyonu genel olarak, reaktif güç ihtiyacının belirleyen reaktif güç rölesi, ihtiyaca göre devreye giren kondansatörler ve bu kondansatörleri devreye alıp çıkaran anahtarlama elemanları ile yapılır.

Genellikle anahtarlama elemanı olarak elektromekanik anahtarlar (kontaktör) kullanılmaktadır. Özellikle 2007 yılından sonra endüktif reaktif ve kapasitif reaktif oranlarının istenilen düzeyde tutulması, hızlı değişen yükler için neredeyse imkânsız hale gelmiştir. Bu oranların yakalanabilmesi, ancak hızlı çalışan röleler ve elektronik anahtarlama, yani dinamik kompanzasyon ile mümkün olabilmektedir.

Önceleri ark ocakları, rüzgâr santralleri ve demiryolları gibi çok değişken yüklerde kullanılan dinamik kompanzasyonun düşürülen oranlarla birlikte uygulama alanları genişlemiş, kurulu gücü düşük olsa dahi değişken yüklere sahip bütün tesislerde gerekliliği tartışılmaya başlanmıştır.

Kompanzasyon sistemleri ile birlikte sistemde paralel rezonans ihtimali arttığından, harmonikler de dikkat edilmesi gereken unsurlardan biridir. Filtreli dinamik kompanzasyon uygulamaları ile sistemdeki paralel rezonans frekansı değiştirilerek, harmoniklerin zararlı etkileri azaltılmaktadır.

Bu tez ile filtreli dinamik kompanzasyon sistemleri incelenirken, malzeme seçimleri, kompanzasyon öncesi ve sonrası yapılan ölçümler tartışılmış, bu sonuçlar bilgisayar modeli ile oluşturulan sistem sonuçları ile karşılaştırılarak filtreli dinamik kompanzasyonu gerekliliği vurgulanmıştır.

2. REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONUNUN İNCELENMESİ

2.1. Reaktif Güç

Endüksiyon prensibine göre çalışan tüm makine ve cihazların manyetik alan oluşturabilmeleri için bir mıknatıslanma akımına ihtiyaçları vardır. Bu mıknatıslanma akımı sistemden çekilen reaktif akımdır. Bu akım sonucu çekilen güç, yalnızca manyetik alan oluşturmada kullanılır ve manyetik alan oluşumundan sonra şebekeye geri döner. Böylece reaktif güçten sağlanan enerji sistemin iki katı frekansta salınım yapar. Sistemde asıl işi yapan aktif güç olmasına rağmen her ne kadar gereksizmiş gibi görünse de motor, jeneratör vb. araçları çalıştırmada manyetik alana ihtiyaç duyulduğundan bu tür aletlerin kullanımında reaktif güce kesinlikle ihtiyaç vardır [3].

Yalnızca manyetik alan oluşturmaya yarayan bu reaktif güç, şebeke tarafından karşılandığında şebekeden çekilen görünür güç artmakta buda;

- Gerilim düşümüne,
- Kayıpların artmasına
- Sistem kapasitesinin yeterli biçimde kullanılamamasına yol açmaktadır [4].

2.2. Reaktif Güç Kompanzasyonunun Tanımı

Reaktif güç ihtiyacı olan işletmelerde bu ihtiyacın bir kısmının ya da tamamının özel bir reaktif güç üreticisi tesis edilerek karşılanmasına reaktif güç kompanzasyonu denir [5].

2.3. Reaktif Güç Kompanzasyonu Nasıl Yapılır?

Reaktif güç kompanzasyon sistemlerinde statik ve dinamik faz kaydırıcılardan yararlanılır. En çok bilinen ve yoğun olarak kullanılan yöntem reaktif güç ihtiyacının statik faz kaydırıcı olan kondansatörler yardımıyla karşılanmasıdır. Kondansatörlerin çektiği kapasitif reaktif güç ile ihtiyaç duyulan endüktif reaktif güç arasında 180^0 faz farkı vardır ve birbirlerine ters etki yaparlar. Bu sebeple endüktif reaktif güç ihtiyacı, kondansatörlerin kapasitif reaktif güç çekmesiyle karşılanmış olur. Uygun değerlerde kondansatör tesis edilmesiyle şebekeden çekilen reaktif güç belli bir seviyede tutulur ve aynı zamanda ihtiyaç duyulan reaktif güç karşılanmış olur [6]. Kompanzasyon sistemlerinde ağırlıklı olarak kondansatörlerin tercih edilmesinin nedenleri:

- Aktif enerji tüketimleri çok düşüktür.
- Düşük maliyetlidir.
- Uzun ömürlüdür.
- Sisteme bağlantısı kolaydır.
- Bakım masrafları düşüktür.

2.4. Reaktif Güç Kompanzasyonunun Faydaları

Şebeke Yönünden

Reaktif güç kompanzasyonu sonucunda elektrik üretimi, iletimi ve dağıtım açısından:

- Jeneratörlerin, enerji iletim hatlarının ve trafoların yükleri azalır, yeni yükler için imkân sağlanır.
- İletim ve dağıtım hatlarındaki kayıplar azalır.
- Gerilim düşümü azalır [7].

Tüketici Yönünden

Reaktif güç kompanzasyonu sonucunda elektrik tüketicisi açısından:

- Dağıtım şirketlerine reaktif ceza ödenmez.
- Tesisdeki toplam gerilim düşümü azalır.
- Tesisdeki toplam kayıplar azalır.
- Tesislerin daha küçük güçlere göre dizayn edilmesi ya da mevcut tesislerden daha büyük güç çekilebilmesi sağlanır [7].

2.5. Reaktif Güç Kompanzasyonunda Hesaplamalar

3 fazlı, yıldız bağlı bir yükün şebekeden çektiği görünür güç:

$$S = \sqrt{3}.V.I \text{ şeklinde ifade edilir.} \quad (2.1)$$

Burada;

V : faz faz arası gerilim

I : hat akımıdır.

Çekilen gücün reaktif bileşeni olması durumunda gerilim ve akım arasında ϕ açısı meydana gelir. Reaktif bileşenin endüktif ya da kapasitif olmasına göre çekilen akım gerilimin ϕ açısı kadar ilerisinde ya da gerisindedir.

Sistemden çekilen

Aktif akım:

$$I_p = I.\cos \phi \quad (2.2)$$

Reaktif akım:

$$I_q = I.\sin \phi \quad (2.3)$$

Aktif güç:

$$P = S.\cos \phi \quad (2.4)$$

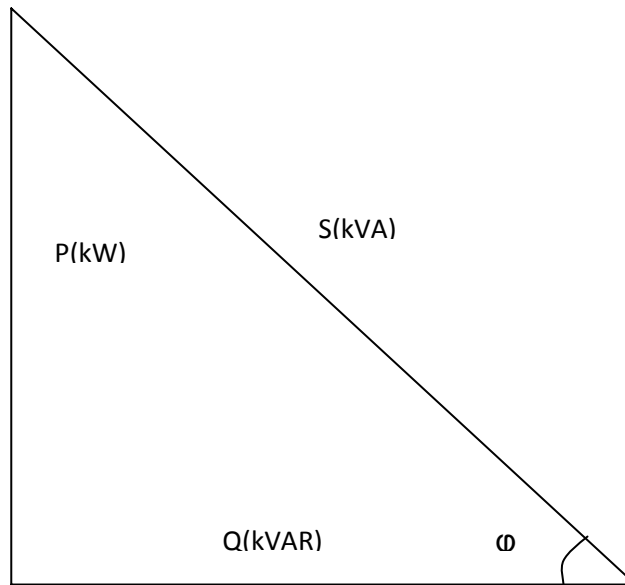
Reaktif güç:

$$Q = S \cdot \sin \phi \text{ olarak ifade edilir.} \quad (2.5)$$

Böylece

$$I = \sqrt{I_p^2 + I_q^2} \quad (2.6)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ bağıntıları ortaya çıkar.} \quad (2.7)$$



Şekil 2.1. Güç üçgeni

Görünür gücün, aktif güce oranına güç faktörü denir. Güç faktörü, görünür güç ile aktif gücün arasındaki ϕ açısının kosinüsü olarak hesaplanır. Güç faktörü 0 ile 1 arasında değişim göstermektedir. Güç faktörünün 1'e eşit olması durumunda ϕ açısı sıfıra eşit olacak ve tüketilen enerjinin tamamı aktif bileşenden oluşacaktır. Güç faktörü tesis, kullanılan cihaz ve makinelere göre değişiklik gösterir. Ayrıca güç faktörü cihazların yüklenme oranlarına bağlı olarak ta değişebilmektedir.

Güç faktörü ($\cos\phi$) teriminin yanı sıra, reaktif güç ile aktif güç arasındaki oran olan $\tan\phi$, özellikle elektrik tüketiminin faturalandırılmasında kullanılmaktadır. Ayrıca enerji ölçüm cihazlarında da aktif ve reaktif güç tüketimleri $\tan\phi$ değeri hesaplanarak ölçülür. $\tan\phi$ değeri ne kadar küçük olursa şebekeden çekilen reaktif enerji o ölçüde düşük olur.

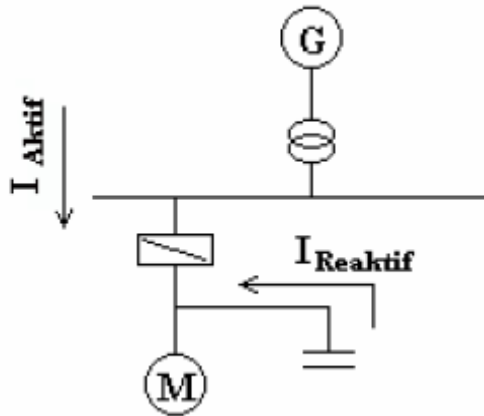
$\cos\phi$ ve $\tan\phi$ değerleri arasında

$$\cos\phi = \frac{1}{\sqrt{1+(\tan\phi)^2}} \text{ bağıntısı vardır.} \quad (2.8)$$

2.6. Reaktif Güç Kompanzasyonu Çeşitleri

2.6.1. Sabit kompanzasyon

Sabit bir değerde kondansatör ya da kondansatör grubunun yüke paralel bağlanmasıyla yapılan reaktif güç kompanzasyonudur. Değişken olmayan yüklere sahip tesislerde veya küçük işletmelerde kullanılmaktadır. Kolay tesis edilir ve ekonomiktir.



Şekil 2.2. Sabit kompanzasyon [8].

Ölçüm ya da hesaplama ile belirlenen reaktif güç ihtiyacına göre uygun değerde kondansatör kullanılır. Kondansatörün şebekeden çektiği kapasitif reaktif enerji yükün ihtiyaç duyduğu endüktif reaktif enerjiyi kompanze ederek reaktif güç ihtiyacı karşılanır.

Sabit kompanzasyonun avantajları:

- Ölçüm ve anahtarlama elemanları kullanılmadığından oldukça ekonomiktir.
- Kolay tesis edilebilir.

Sabit kompanzasyonun dezavantajları:

- Değişken yüklerde reaktif güç ihtiyacı da değiştiğinden yapılan kompanzasyon kimi zaman yetersiz kalmakta kimi zamansa aşırı kompanzasyon oluşmaktadır.

Aşırı kompanzasyon sonucunda da kondansatörden şebekeye reaktif enerji iletimi olur. Buda istenmeyen gerilim yükselmesi meydana getirir.

2.6.2. Otomatik kompanzasyon

Tüketicinin reaktif güç ihtiyacındaki değişimlere bağlı olarak bu değişimlere en uygun şekilde cevap verebilmek için kompanzasyon gücü belli gruplara ayrılmıştır. Sistemin anlık reaktif güç ihtiyacı ölçülerek, bu ihtiyacı karşılayabilmek için gerekli kondansatör grup ya da grupları devreye alınır. Aynı şekilde ihtiyacın ortadan kalkması durumunda da bu grup ya da gruplar devreden çıkarılarak güç faktörünün belirlenen sınırlarda tutulması sağlanır [8].

Otomatik kompanzasyon temel olarak 5 ana kısımdan oluşmaktadır.

- Ölçü devresi
- Reaktif güç kontrol rölesi
- Anahtarlama elemanları
- Koruma elemanları
- Kondansatörler

Ölçü devresi

Tüketicinin reaktif güç ihtiyacının belirlenebilmesi ve uygun değerde kondansatör grup ya da gruplarının devreye alınabilmesi için öncelikle ölçüm bilgisine ihtiyaç vardır. Bu bilgi alçak gerilim sistemlerinde akım trafoları, orta gerilim sistemlerinde ise akım ve gerilim trafoları aracılığıyla sağlanır.

Akım trafoları

Primer sargıları üzerinden sisteme girerek sekonderlerine bağlanacak ölçü, kayıt, koruma ve kontrol elemanlarının ilgili fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için sistemde geçen akımı güvenli sınırlar içinde sağlayan küçük güçlü trafolardır [3]. Bu trafolar sekonder devrelerine bağlı olan cihazları şebekeden izole ederler ve manyetik devrelerin özelliklerinden dolayı sistemde oluşabilecek aşırı akımların zararlı olabilecek etkilerini de ortadan kaldırır.

Akım trafolarının kullanım amaçları

1. Akımı kullanışlı bir seviyeye indirmek.
2. İzolasyonu sağlamak.
3. Kullanımda bir standart sağlamak.

Akım trafolarının seçimi

Akım trafolarının sekonderi standart olarak 5 A belirlenmiştir. Primer akımı ise sistemden çekilen akımın belirlenmesi ile bulunur.

400 V' ta çalışan, 3 fazlı, 100 kVA lık bir sistem için

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad (2.9)$$

$$100 = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot I$$

$$I = 144,33 \text{ A}$$

Bu sistem için 150/5 A akım trafosu seçilir ve çarpan 30 dur.

Gerilim trafoları

Orta gerilim sistemlerinde ölçü sistemleri için akım trafolarının yanında gerilim trafolarına da ihtiyaç vardır. Gerilim trafoları primer devre gerilimini, manyetik bir kuplaj ile sekonder devreye aktarır ve bu devreye bağlı cihazların gerilime duyarlı elemanlarının enerjilenmesini sağlarlar [3].

Gerilim trafolarının seçimi

Gerilim trafolarının sekonderi standart olarak 100 V belirlenmiştir.

34,5 kV' ta çalışan, 3 fazlı, 1 MVA' lık bir sistem için

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad (2.9)$$

$$1000 = \sqrt{3} \cdot 34,5 \cdot I$$

$$I = 16,73 \text{ A}$$

Bu sistem için 34500/100 V gerilim trafosu ile 20/5 A akım trafosu seçilir ve çarpan 1380 olur.

Reaktif güç kontrol rölesi

Reaktif güç kontrol rölesi, otomatik kompanzasyon sistemlerinde çeşitli yük durumlarında gerekli sayıda kondansatör grubunun devreye alınmasını veya devreden çıkarılmasını sağlayarak güç faktörünü istenilen değerde tutar [9].

Röle genel hatlarıyla akım ve gerilim trafoları ile ölçülen reaktif akımı değerlendiren elektronik bir devreden oluşur. Reaktif akımla doğru orantılı olan gerilim düşümü, bir karşılaştırma devresinde c/k oranına uygun olarak ayarlanır. Akımın endüktif ya da kapasitif olduğunun belirleyerek zaman devresine kumanda verilir. Bu da çıkış devresini kumanda eden bir lojik kontrol ünitesini kontrol eder. Zaman devresinden gelen sinyallere göre çıkış rölelerine kumanda edilir. Çıkış devresinden gelen sinyaller ise kondansatör gruplarına kumanda eden anahtarlama elemanlarını devreye sokar veya devreden çıkarır [6].

Reaktif güç rölesi çalışma prensibi

Reaktif güç rölesi reaktif akımın, ölçülen reaktif güçle orantılı olması prensibine göre çalışır [9]. Harici bir gerilim gerektirmez. Besleme gerilimi cihaz içerisindeki besleme trafosundan alınır. Elektronik devre ve çıkış rölelerini besler.

a. Ölçme devresi

İşletmedeki reaktif akımı algılayarak ölçer. Bu ölçme devresi cihaz içinde yer alan akım ve gerilim trafoları ile elektronik devreden oluşmuştur.

b. Zaman devresi

Ölçme devresinden gelen sinyale göre çalışır ve çıkış rölesini kontrol ve kumanda eden lojik kontrol ünitesini kontrol eder.

c. Lojik kontrol ünitesi

Zaman devresinden gelen sinyallere göre çıkış rölelerini devreye alır ya da devreden çıkarır.

d. Çıkış devresi

Röle kontaklarından oluşur. Anahtarlama elemanlarına sinyal göndererek kondansatör gruplarının devreye alınmasını ya da devreden çıkarılmasını sağlar.

e. Cosφ metre

Röle içerisine yerleştirilen özel bir ölçü devresiyle röle üzerinden kompanze edilen sistemin güç katsayısı izlenebilmektedir.

Anahtarlama Elemanları

Otomatik kompanzasyon sistemlerinde anahtarlama elemanları olarak elektromekanik anahtarlar (kontaktör) veya elektronik anahtarlar kullanılmaktadır. Kullanılan anahtarlama elemanlarının çeşidine göre otomatik kompanzasyon, elektromekanik anahtarlar kullanılması durumunda statik kompanzasyon, elektronik anahtarlar kullanılması durumunda ise dinamik kompanzasyon olarak adlandırılır. Geleneksel güç katsayısı kontrolü ile yapılan reaktif güç kompanzasyonu elektromekanik anahtarlar üzerine temellendirilmiştir [10].

Kontaktör

Aşırı yük işletme şartları dâhil olmak üzere normal çalışma şartlarında devreyi açmaya ve kapamaya yarayan mekanik anahtarlama düzenekleridir [3]. Kontaktörler esas itibarı ile ana akım yolu ve tahrik sistemlerinden

meydana gelirler. Ana akım yolu elemanları ana ve yardımcı kontaklar, büyük kontaktörlerde kullanılan seperatör ve bağlantı uçlarıdır. Tahrik sistemi elemanları ise demir nüve, bobin veya yaydan meydana gelir.

Ana akım yolu kontaktörün temel kısmını oluşturur. Bunun dışında kalan yapı elemanları ana akım yolunu çalıştırmaya ve çalışmasını düzenlemeye yarar. Ana akım yolu kontaktörün izolasyon, sürekli akım, ısınma, bağlanacak iletkenler ve kısa devre dayanımı gibi özelliklerini belirlerler.

Kontaktörün en önemli elemanı kontaklardır. Devrenin sürekli çalışması ve açma kapama kumandasının verilmesi bakımından kontaklar önemli bir yer taşırlar. Kontaktörlerde iki tür kontak vardır. Bunlardan birisi ana devrenin kumanda edilmesini sağlayan ana kontaklardır ki bunların sayısı kutup sayısı kadardır. 3 fazlı sistemlerde kontak sayısı üçtür.

Kontaktörler ayrıca yardımcı kontaklarla donatılırlar. Yardımcı kontaklar normalde açık ve normalde kapalı olmak üzere iki çeşittir. Normalde açık kontak, kontaktör açık iken açık, kontaktör kapalı iken kapalı konumdadır. Normalde kapalı kontak ise kontaktör açık iken kapalı, kapalı iken açıktır [3].

Çalışma prensibi

Kontaktörlerin çekirme bobinine enerji verildiğinde, alt gövde silisli sacları üzerinde bir manyetik alan indüklenir [10]. Bu manyetik alan üst gövde silisli saclarını kendisine doğru çeker. Hareketli kontak baraları ile birlikte aşağı doğru çekilir. Bu çekilme işlemi sonunda hareketli kontaklar sabit kontağa temas eder, bu arada açtırma yayının mukavemetini de yenerek silisli saclar birbirleriyle yüzeysel temas sağlarlar. Böylece devre tamamlanarak akım iletilmiş olur.

Çektirme bobininin enerjisi kesildiğinde, açtırma yayı üst gövde silisli sacını ve dolayısıyla hareketli kontağı yukarı doğru iterek sabit kontakla temasını keser. Böylece devreden akım geçişi engellenmiş olur.

Koruma elemanları

Alçak gerilim kompanzasyon sistemlerinde koruma elemanı olarak genellikle Termik Manyetik Şalterler kullanılırken, orta gerilim kompanzasyon sistemlerinde kısa devre akımlarına daha kısa sürede tepki veren hızlı sigortalar kullanılır [6].

Reaktif güç kompanzasyon sistemlerinde kondansatörlerin, nominal akımın 1,3 katına kadar çalışmalarına müsaade edilir. Bu sebeple de koruma elemanları seçilirken, nominal akımın 1,6 katı kadar değerlerde seçilmesine dikkat edilir.

Kondansatörler

Kondansatörler temelde enerji depolamaya yarayan, iki iletken tabaka ve bunların arasındaki dielektrik (yalıtkan) malzemeden oluşmuş cihazlardır [11]. Güç katsayısını düzeltmek için kullanılan kuvvetli akım güç kondansatörleri saf polipropilenden yapılmış mekik üzerine, iki çinko metalize polipropilen filmin üst üste sarılmasıyla elde edilir. Kondansatörlerin kapasite değerlerini filmlerin genişliği, filmlerin kalınlığı, sarım sayısı, aktif genişlik ve kaydırma aralığı belirler.

Kondansatör kapasitesi:

$$C = \varepsilon \frac{A}{d} \text{ formülüne göre hesaplanır.} \quad (2.10)$$

C: Kapasite (Farad)

ε : Yalıtkan ortamın dielektrik sabiti

A: İletken levhanın alanı

d: iletken levhalar arasındaki aralık

Kondansatörün özellikleri

- a. Kayıpları çok düşük olup, nominal güçlerinin %5' inin altındadır.
- b. Bakım masrafları yok denecek kadar azdır.
- c. Üretim maliyetleri dinamik faz kaydırıcılara göre çok daha düşüktür.
- d. Tesisleri kolay olup, gerektiğinde sisteme ilave edilebilir ya da çıkartılabilir.
- e. İşletme ömürleri uzundur.
- f. Gerekli kapasiteyi temin amacıyla kondansatörler bir araya getirilerek grup oluşturulabilir.

Kondansatör hesabı

Kondansatörlerin alternatif akım şebekelerinde ohm cinsinden kapasitif reaktansı:

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} \text{ dir.} \quad (2.11)$$

C: kondansatörün kapasitesi.

ω : dairesel frekans.

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \text{ 'e eşittir.} \quad (2.12)$$

V gerilimine bağlı bir kondansatörün çektiği I_c kapasitif akımı.

$$I_c = \frac{V}{X_c} = V \cdot \omega \cdot C \text{ dir.} \quad (2.13)$$

Bu akım V gerilimine göre 90^0 önde gider. Bu sebeple şebekeye bağlı bir kondansatörün şebekeden kapasitif akım çekmesi, şebekeye endüktif akım vermesine eşdeğerdir.

3. HARMONİKLER

3.1. Harmonik Kirlilik ve Harmonik Sorununun Kaynakları

Elektrik sistemlerinde enerjinin üretilmesi, iletilmesi ve dağıtımı sırasında akım ve gerilimin, 50 Hz frekansta salınan sinüs eğrisine çok benzer bir biçimde olması istenir. Bu koşul elektrik enerjisinin kalitesini belirleyen ana faktörlerden biridir [1].

Ancak, sisteme bağlı cihazların elektrik ve manyetik devrelerinde bulunan lineer olmayan elemanlar nedeniyle akım ve gerilim büyüklükleri sinüs formundan uzaklaşırlar. Manyetik devrelerin doyması, elektrik arkları ve güç elektroniği devrelerinde sinüzoidal gerilimin anahtarlanması, lineer olmayan olaylardır. Demir çekirdekli aygıtlar doyma bölgesinde çalışıyorlarsa harmonik akımları üretirler. DC motorlar ve frekans konvertörleri harmonik üreten kaynaklardır. Redresör ve tristörler sinüzoidal akım dalgasını kıyarken harmonikler oluşturabilirler. Bu nedenlerle, oluşan harmonik frekanslı akımların sistemde dolaşması, harmonik frekanslı gerilimlerin oluşmasına neden olur. Çeşitli frekanslarda harmoniklerin bulunduğu bir şebekede, bileşke akımın veya gerilimin dalga biçimi, temel frekansa ilişkin ana bileşenin ani değerlerinin toplamı olarak ortaya çıkar [12].

Harmonikli bir gerilim dalgasında, bileşke gerilimin ani değeri:

$$V = V_{1m} \sin(\omega t + \varphi_1) + V_{2m} \sin(2\omega t + \varphi_2) + \dots + V_{nm} \sin(n\omega t + \varphi_n) \quad (3.1)$$

biçiminde yazılabilir.

ω : ana bileşen frekansı (temel frekans)

V_{nm} : n. harmoniğe ilişkin tepe değeri

Benzer olarak harmoniklerin bulunması durumunda, akımın ani değeri:

$$I = I_{1m} \sin(\omega t + \varphi_1) + I_{2m} \sin(2\omega t + \varphi_2) + \dots + I_{nm} \sin(n\omega t + \varphi_n) \quad (3.2)$$

biçiminde yazılabilir.

Ana bileşene ilişkin gerilim dalgası ile ana bileşenle aynı ve farklı fazlarda 3. 5. ve 7. harmoniklerin bulunması durumunda bileşke gerilimin dalga biçimi sinüs eğrisinden oldukça uzaklaşacaktır. 50 Hz temel frekanslı şebekede sinüzoidal dalga formunun, 1 tam periyodunu tamamlaması için geçen süre 20 ms dir. 250 Hz frekanslı 5. harmonik bileşeni bu süre içerisinde 5 tam periyot tamamlar. Benzer şekilde 7. Harmonik bileşeni 7, 11. harmonik bileşeni 11 tam periyot tamamlarlar. Tüm bu yüksek frekanslı harmonik bileşenlerin ve 50 Hz lik temel bileşenin fourier analizi ile toplanması bazı harmonik bileşenlerinin birbirlerini sönmelerken, diğerlerinin oluşturduğu toplam eğri, olması gereken gerçek sinüzoidal karakteristiktan farklı bir yapıda olacaktır [12].

Bu farklılığın biçimi ve oransal büyüklüğü o anda, o noktadaki harmoniklerin derecelerine ve genliklerine bağlı olarak küçük veya büyük seviyelerde olacaktır. Oluşan bu yeni eğrinin, temel bileşen sinüzoidal eğriye fourier metodu ile orantılanmasıyla elde edilen büyüklük Toplam Harmonik Distorsiyon olarak adlandırılır ve % THD şeklinde gösterilir [13].

3.2. Fourier Dönüşümleri

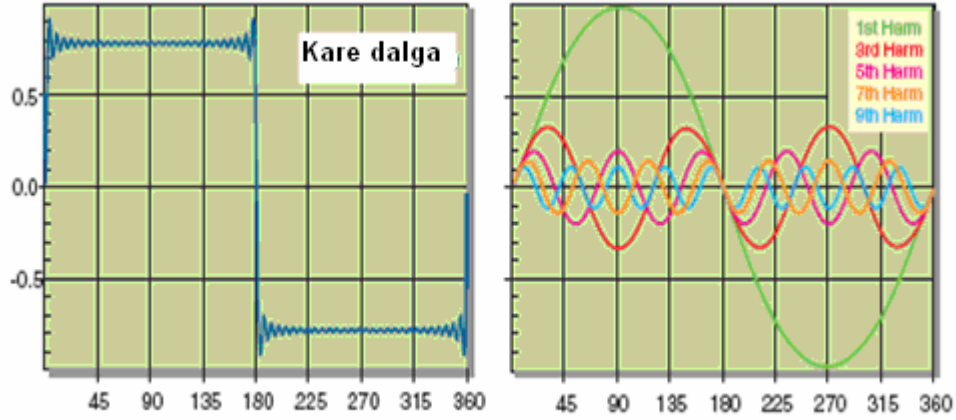
Fourier dönüşümlerine göre herhangi bir periyodik fonksiyon doğru akım (DC), temel frekans ve harmonik bileşenlerinden oluşan sinüzoidal bir seri ile ifade edilebilir [13].

$$V(t) = V_{dc} + V_1(t) + V_2(t) + + V_h(t) \quad (3.3)$$

V_{dc} = DC bileşen

$V_1(t)$ = Temel bileşen

$V_2(t) + + V_h(t)$ = harmonikleri ifade etmektedir.



Şekil 3.1. Temel bileşen ve harmonikler [12].

Fourier dönüşümleri, harmonik analiz yapan ölçü aletlerinin temelini oluşturmaktadır. Bozulmuş olan herhangi bir periyodik dalga, fourier analizleri ile temel frekans ve harmonik frekanslarda sinüzoidal dalga şekillerine ayrılabilir. Harmonik sayısı k ile gösterildiğinde, bozulmaya uğramış periyodik akım dalgası aşağıdaki formülle ifade edilir.

$$I(t) = I_{dc} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos(k\omega_0 t) + b_k \sin(k\omega_0 t)) \quad \omega_0 = 2\frac{\pi}{T} \quad (3.4)$$

Bu formülde:

$$I_{dc} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} h(t) dt \quad (3.5)$$

$$a_k = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} I(t) \cos(k\omega_0 t) dt \quad (3.6)$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} I(t) \sin(k\omega_0 t) dt \quad (3.7)$$

Şebeke analizlerinde, fourier analizi yapılırken periyodik dalganın yarım dalga simetrisi olduğu kabul edilir. Bir dalgada yarım dalga simetrisi varsa

doğru akım bileşeni ve çift harmonik bileşenlerinin olmadığı kabul edilir. Bu durumda a_k ve b_k katsayıları aşağıdaki formüller yardımıyla bulunur.

$$a_k = \frac{4}{T} \int_{t_0}^{t_0+T/2} I(t) \cos(k\omega_0 t) dt \quad (3.8)$$

$$b_k = \frac{4}{T} \int_{t_0}^{t_0+T/2} I(t) \sin(k\omega_0 t) dt \quad (3.9)$$

Bu formüllerdeki k katsayısı tek harmonikleri gösteren tek rakamlardır. Elektrik enerjisi dağıtım şebekelerinde yarım dalga simetrisi yaygın bir özelliktir.

Yarım dalga simetrisi olan bir dalgada pozitif ve negatif yarım çevrimler, kendilerini kesen dik eksene göre simetriktir.

Bir periyot içerisinde dalganın ortalama değeri sıfırdır, yani doğru akım bileşeni mevcut değildir. Bir başka deyişle pozitif ve negatif yarı çevrimler birbirinin aynısıdır ve yatay eksen üzerinde merkezlenmiştir [13].

Yarım dalga simetrisine sahip dalgada çift harmonikler olmayacaktır.

Harmonik üreten nonlinear yüklerin büyük bir çoğunluğu simetrik dalga şekillerine sahiptirler. Bu nedenle harmonik analizlerinde çift harmoniklerin ve doğru akım bileşenlerinin olmadığı kabul edilir.

3.3. Harmonik Kaynakları

Harmonikler dağıtım sistemine bağlanmış olan nonlinear yükler tarafından oluşturulmaktadır. Nonlinear yükler, sinüzoidal olmayan akımlar çekmektedirler. Direnç, kondansatör ve reaktörler lineer yükler olup

sinüzoidal akım çekerler. Nonlineer yükler ise sinüzidal olmayan akımlar çekerler [14].

3.3.1. Nonlineer yükler

- Ferromanyetik cihazlar:
Manyetik devreler, transformatörler, manyetik balastlar.
- Ark üreten cihazlar:
Ark fırınları, elektrik ark kaynakları, flüoresan lambalar, cıva ve sodyum buharlı armatürler
- Elektrik konvertörler:
Redresörler, elektronik balastlar, dimmer, elektronik hız kontrol cihazları, faks makineleri, kişisel bilgisayarlar, yazıcılar, fotokopi makineleri, televizyonlar vb. [14].

3.4. Harmoniklerin Simetri Bileşenler Cinsinden İfade Edilmesi:

Dengesiz 3 fazlı bir sistemde, her bir faza ait akım veya gerilim vektörleri pozitif, negatif ve sıfır bileşen vektörlerin toplamı şeklinde gösterilebilir. Pozitif bileşenlerin yönü orijinal vektörlerin dönüş yönü ile aynı, negatif bileşenlerin yönü ise orijinal vektörlerin dönüş yönünün tersi yöndedir [15].

Harmoniklerin simetri bileşenler cinsinde ifadesi özellikle motorlarda önem arz etmektedir. Temel dalga ile aynı yönde dönen pozitif bileşenler motordaki döner alanı güçlendirmekte, negatif bileşenler ise döner alanı zayıflatmakta ve ters yönde dönmeye zorlamaktadır. Bunun sonucu olarak motorda yüksek frekansta uğultu ve vibrasyon olmakta, ısı kayıpları artmaktadır [15]. Sonuç olarak, motor ömrü azalmaktadır. Üç ve üçün katı olan üçlü harmonikler sıfır bileşenlidir, bu nedenle nötr hattında birbirine ilave olurlar. Tümüyle dengeli 3

fazlı, 4 telli sistemden birbirinin aynısı olan tek fazlı nonlinear yüklerin beslendiğini varsayalım. Bu durumda pozitif ve negatif bileşen harmonikleri nötrde birbirlerini yok edecek, fakat sıfır bileşen harmonik akımları nötrde birbirine ilave olacaktır. Uygulamalar sonucunda, harmonik ve dengesiz yüklenmiş 3 fazlı sistemlerde, nötr akımı faz akımının %173 değerine kadar çıkabileceği görülmüştür. Bu nedenle harmonikli ortamlarda nötr iletkeni kesiti faz iletkeni kesitinden büyük seçilmelidir [15].

Bir faz iletkenindeki sıfır bileşen akımının fazı diğer fazdaki sıfır bileşen akımı ile aynı olduğu için 3 fazın sıfır bileşen akımları nötrde birbirine ilave olurlar. Primeri üçgen, sekonderi yıldız bağlı bir trafoda harmonik akımları sekonderden primere geçer, ancak üçgen içerisinde dönerler ve trafonun ısınmasına neden olurlar. Pozitif ve negatif bileşenli harmonik akımlar, trafoların sekonder sargısından primer sargısına geçerler ve vektörlerin yönleri birbirinin aksi yöndedir. Üçgen yıldız bağlı bir trafoda sıfır bileşen empedansı yüksek olduğu için bu empedanstan geçen sıfır bileşen akımları gerilim bozulmasına neden olurlar. Kabloların sıfır bileşen empedansları pozitif veya negatif bileşen empedansından genellikle büyük olduğu için, uzun kablolarla beslenen tek fazlı yükler sıfır bileşen akımlarının neden olduğu 3. harmonik gerilim bozulmasına maruz kalırlar. Şebekeyi kirlüten yüklerin büyük bölümü tek fazlı yükler olduğu için, sıfır bileşen akımları ve sıfır bileşen empedansları büyük önem arz ederler. Sıfır bileşen akımlarının neden olduğu gerilim bozulmasını azaltmak için sıfır bileşen empedansları küçültülmelidir [15].

3.5. Harmonik Kirliliğin Elektrik Tesisleri Üzerindeki Olumsuz Etkisi

Harmonik akımların frekansları 50 Hz in tam katları olduğundan bu akımların jeneratörler, trafolar ve hat reaktansları üzerinde meydana getirdiği gerilim düşümü artar, şebeke geriliminin frekansından farklı frekanstaki bu gerilim düşümleri, temel şebeke gerilimi üzerine binerek sinüzoidal gerilim biçimini bozarlar [16].

Elektriksel olayların hızla değiştiği yerlerde, harmonik akımların neden olduğu gerilim düşümleri de hızla değişir ve bazı hallerde şebeke geriliminden 2-15 Hz frekanslı salınımlar ortaya çıkar. Bu salınımların meydana geldiği yere yakın yerlerdeki cihaz ve aydınlatma aygıtları bu salınımlardan olumsuz etkilenir.

3.5.1. Kondansatörler Üzerindeki Etkiler

Bir kondansatörün kapasitif reaktansı $1/\omega C$ olup, harmonik frekansına bağlı olarak ters orantılı biçimde değişir. Diğer bir deyişle yüksek frekanslı harmoniklerde reaktans küçülür. n' inci harmonik için, kapasitif reaktans $1/n\omega C$ ve bu frekanstaki akımın tepe değeri:

$$I_{nm} = V_{nm} \cdot n \cdot \omega \cdot C \text{ olacaktır.} \quad (3.10)$$

$$V = V_1 \sin(\omega t) + V_2 \sin(2\omega t) + \dots + V_n \sin(n\omega t) \quad (3.11)$$

Biçiminde ise bu kondansatörlerden geçen akım:

$$I = V_1 \omega C \sin(\omega t + \pi/2) + V_2 2\omega C \sin(2\omega t + \pi/2) + \dots \text{ olacaktır.} \quad (3.12)$$

Bu bağıntılardan görüldüğü gibi akım dalgasındaki harmonik yüzdesi, gerilim dalgasındaki harmonik yüzdesinden daha büyüktür.

Sonuç olarak yüksek frekanslı harmoniklerin bulunduğu şebekelerde kondansatörlerden geçen akım artar. Güç kondansatörleri, ilgili standart gereği nominal çalışma akımının 1.3 katında sürekli olarak çalışabilecek şekilde imal edilirler [13]. Eğer sürekli çalışma akımı harmonikler nedeni ile bu sınırın üzerine çıkarsa, reaktif güç kompanzasyonu amacı ile sitemde kullanılan kondansatörlerin ömrü kısalmaktadır.

3.5.2. Sistem kayıplarına olan etkiler

Harmonikler, elektrik makineleri, trafolar ve enerji nakil hatlarında temel bileşen akıma ilave olarak, yüksek frekanslı akımlarında geçmesine dolayısıyla, kayıpların artmasına neden olurlar [16]. Bu durumda elektrik makineleri ve trafolar da aşırı ısınmalar meydana gelebilir. 50 Hz sürekli çalışma frekansına göre imal edilmiş olan tüm makine, trafo ölçüm ve kontrol cihazları vb. elektriksel donanımlar bu ilave ısınmalardan olumsuz yönde etkilenirler. Arızalanma, aşırı ısınma, veri kayıpları, verimsizlik gibi olumsuzluklar sıkça rastlanır.

3.5.3. Rezonansa olan etkiler

Harmonikler içeren bir gerilim, endüktans ve kapasitansların bulunduğu bir devreye uygulanırsa harmonik frekanslarından birinde rezonans meydana gelebilir. Devrenin yapısına bağlı olarak seri rezonans meydana gelirse, rezonans frekansında devredeki toplam omik direncin değerine bağlı olarak büyük akımlar dolaşabilir. Bu akımlar, endüktans ve kapasitans uçlarında aşırı gerilimler oluşmasına neden olabilir. Eğer paralel rezonans meydana gelirse, devrenin şebekeden çekeceği akım azalır. Talep gücün sağlanabilmesi için bara gerilim çok yüksek değerlere yükselir. Eşdeğer akım çok küçük değerlere düşerken devredeki endüktans ve kapasitanslarda dolaşan lokal akımlar çok büyük değerlere ulaşabilir.

Rezonansların oluşması sistemde arıza ve hasarlar meydana getirebilir. Koruma cihazlarının görevlerini yerine getirmesi, bu aşamaya gelmiş sistemde karşılaşılabilecek iyi bir durumdur. Bu durumlar, elektrik sistemlerinin genel yapısından ötürü normal yüklü zamanlara nazaran sistem yükünün az olduğu yüksek oranlı harmonikli zamanlarda daha sık meydana gelmektedir.

Paralel Rezonans

Bir elektrik devresinde endüktif reaktansın, kapasitif reaktansa eşit olması halinde rezonans gerçekleşir [13].

Kompanzasyon kondansatörlerinin şebeke reaktansı ile paralel rezonans devresi oluşturması, harmonik frekanslarda rezonans ihtimalini artırmaktadır. Kondansatör gücü arttıkça, paralel rezonansın olduğu harmonik sayısı küçülmekte ve rezonans frekansı şebekede hakim olan harmoniklerin (5, 7, 11, 13 gibi) frekansına yaklaşmaktadır. Şebeke güçlü ise, yani kısa devre gücü yüksek ise rezonans yüksek frekanslara doğru kaymaktadır. Statik güç konvertörünün harmonik akımının frekansı, rezonans devresi frekansı civarında ve akımın genliği rezonansı uyuracak büyüklükte ise paralel rezonans oluşmakta, gerilim yükselmekte ve osilasyon yapan yüksek akımlar nedeniyle kondansatör sigortalı atmaktadır.

Seri Rezonans

Harmoniklerle kirlenmiş olan bir şebekede, gerilim bozulmuş olacak ve bu gerilim 5,7,11,13 gibi harmonikleri içerecektir. Böyle bir şebekede alçak gerilim tarafına bir kompanzasyon sistemi tesis edilmiş olsun. Şebeke reaktansı X_s , trafo reaktansı X_c olan bu devre, bir seri rezonans devresi oluşturacaktır.

Seri rezonans devresinin frekansı şebekede mevcut harmoniklerden birisi ile aynı ise bu frekansta kondansatörlerden geçen toplam akım artacaktır. Toplam akımın değeri $1.3 I_c$ değerinden büyükse kondansatörlerden ses gelecek ve bir süre sonra kondansatörlerdeki ısınma nedeni ile kVAR kapasitesi azalacaktır.

3.6. Harmonik Filtreler

Doğrusal olmayan yüklerin bulunduğu bir sistemde toplam harmonik distorsiyon değeri belirli bir limitin üzerindeyse harmonik akımların etkilerinin azaltılması için harmonik filtrelelere ihtiyaç vardır [17].

Reaktif güç kompanzasyonu bulunan bir tesiste, harmoniklerin etkisi ilk olarak empedansın en zayıf olduğu noktada, başka bir deyişle kompanzasyon sistemindeki kondansatörler üzerinde görülür. Harmonikler nedeniyle kondansatörler üzerindeki akım ve gerilim artar. Aynı zamanda, sistemdeki harmonikler nedeniyle oluşabilecek rezonans etkisi ile artış gösterecek olan akım ve gerilim bozulmaları, kompanzasyon sisteminde sebep olacağı tahribatın yanı sıra hassas yüklerinde arızalanmasına neden olabilir [18].

3.6.1. Harmonik filtreli reaktif güç kompanzasyon sistemleri

Reaktif güç kompanzasyon sistemlerinde harmonik filtre olarak iki tür filtre kullanılmaktadır. Genel olarak bu filtrelelere pasif filtre de denir [18].

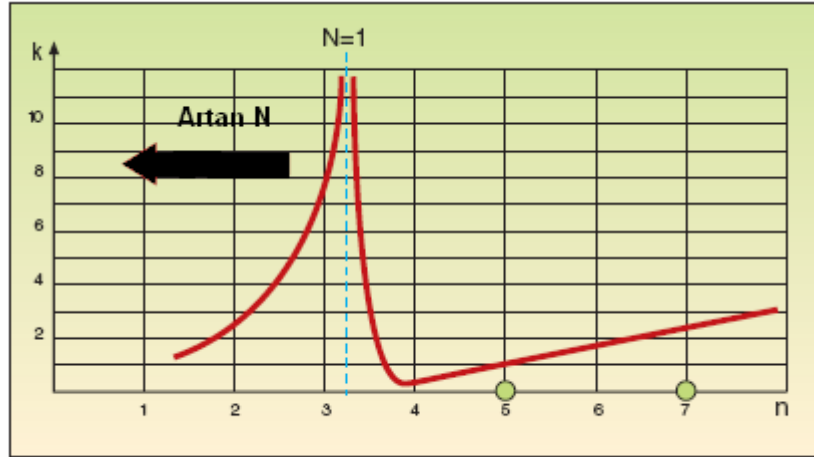
- Düşük ayarlı filtre (detuned filtre)
- Ayarlı filtre (tuned filtre)

Kompanzasyon sistemlerinde gerek maliyet gerekse işletme kolaylığı açısından düşük ayarlı filtreler tercih edilmektedir [18].

Düşük Ayarlı Filtreler:

Eğer bir tesiste reaktif güç kompanzasyonu mevcutsa, kondansatörler ile ana empedansın paralel rezonans oluşturacağı bir frekans bulunmaktadır. Bu paralel rezonans frekansının, herhangi bir harmonik kaynağına yakın olması durumunda kaynak ve kondansatörler arasında bir akım dolaşır. Bu akım, gerilim artışına ve kondansatör akımının nominal değerinin oldukça üstüne

ıkmasına neden olabilir. Şekil 3.2 de harmonik seviyesi ile nominal akımda ki artış seviyesinin grafiği görülmektedir.



Şekil 3.2. Nominal akımdaki artış seviyesi ile harmonik seviyesinin grafiği [17].

Reaktif güç kompanzasyon sistemlerinde, paralel rezonans frekansının kondansatörlere seri olarak bağlanacak reaktörler yardımıyla baskın olan harmoniğin öncesine alınması harmonik filtreli kompanzasyon olarak adlandırılmaktadır [19].

Rezonans herhangi bir frekansta olabilir ama genellikle akım harmonikleri 5. 7. 11. ve 13. harmoniklerde baskın olduklarından, temel hedef rezonans frekansının bu harmonik frekanslarından önceki bir değere kaydırılmasıdır [20].

Kaydırma işlemi için öncelikli olarak hedeflenen rezonans frekansı seçilir. Pratikte sistemin durumuna göre 210 Hz., 189 Hz. veya 135 Hz. değerlerinden birisi seçilmektedir [21].

Rezonans frekansı olarak 135 Hz. seçilmesi durumunda:

$$f_0 = 135\text{Hz}$$

Temel frekans 50 Hz. olduğundan

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

$$n = \frac{f_0}{f} = \frac{135}{50} = 2,7 \text{ olacaktır.}$$

$$n = \sqrt{\frac{X_C}{X_L}} = 2,7$$

$$\frac{X_C}{X_L} = (2,7)^2$$

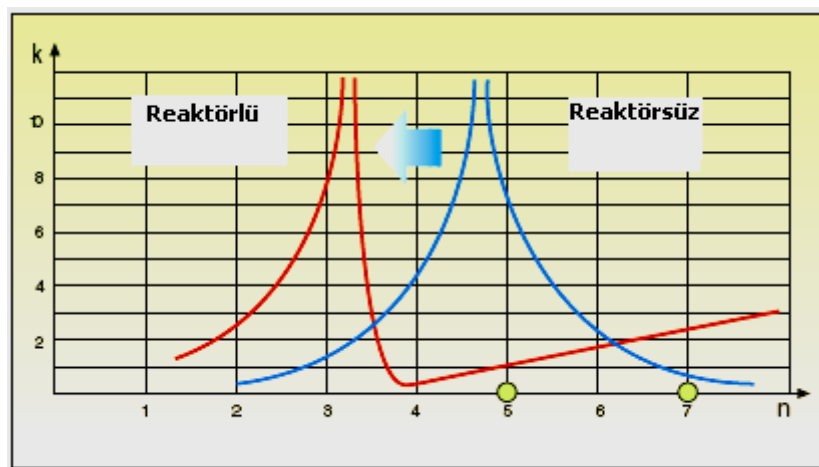
Bu durumda reaktör ve kondansatör arasında:

$$X_L = 0,1372.X_C \text{ bağıntısı olacaktır.} \quad (3.13)$$

$$X_{EQ} = X_C - X_L = X_C - 0,1372X_C = 0,8628X_C$$

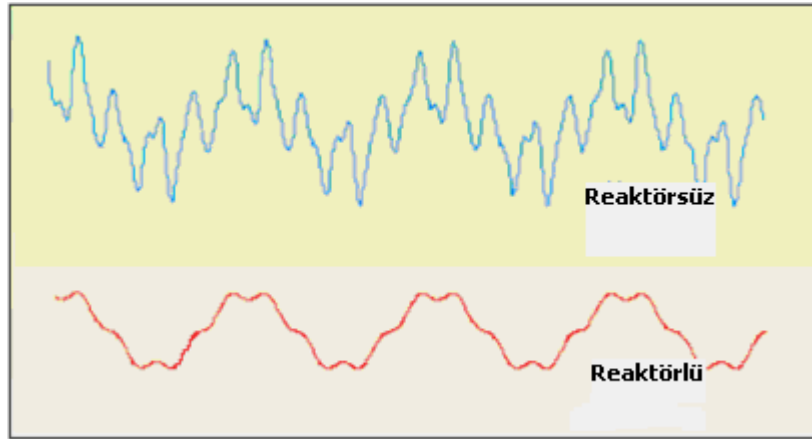
Kondansatör grubu sisteme kondansatör değerinin 0,8628' i kadar reaktif enerji sağlayacaktır. Hesaplamalarda bu değer dikkate alınmalı ve malzeme seçimi buna göre yapılmalıdır.

Şekil 3.3 te seri bağlı harmonik reaktörler yardımıyla rezonans frekansının baskın olan 5. harmoniğin öncesine alınması görülmektedir.



Şekil 3.3. Reaktör yardımıyla rezonans frekansının 5. harmonikten öncesine alınması [17].

Şekil 3.4 te reaktif güç kompanzasyonunda harmonik filtre uygulanmadan önce ve uygulandıktan sonra kondansatör üzerindeki akımın değişimi görülmektedir. Baskın olan harmoniğin rezonans riski ortadan kaldırılmış ve kondansatör üzerindeki akım sinüs formuna oldukça yaklaşmıştır.



Şekil 3.4. Harmonik filtreli ve filtresiz kondansatör akımı [17].

Ayarlı Pasif Filtreler:

Kompanzasyon gruplarında kondansatörlere seri olarak bağlanan filtre reaktörler sistemde etkin olan harmonik frekanslarına eşit olacak şekilde tasarlanır [22]. Her grup ayrı bir harmonik frekansı için seri rezonans devresi oluşturur. Ayrıca yüksek mertebeli harmonikler için geniş bantlı bir filtre devresi de tasarlanabilir. 50 kVAR' lık, 4 kademeli, toplam 200 kVAR bir kompanzasyon sistemini ele alırsak, her grup sırasıyla 5., 7., 11. ve 13. harmoniğe seri rezonans oluşturacaktır. Burada temel amaç harmonikleri ortadan kaldırarak sistemde oluşturacakları zararlı etkileri önlemektir [23].

Ayarlı pasif filtrelerin en büyük dezavantajı çalışma şartlarının düşük ayarlı filtrelerle göre oldukça zor olmasıdır [18]. Otomatik kompanzasyon sistemlerinde reaktif güç ihtiyacı arttıkça, kompanzasyon grupları ihtiyaca göre devreye girerler. Grupların devreye girmesi belli bir sıra dâhilinde olursa (önce 1. grup, sonra 2. grup, sırasıyla diğerleri) devreye sürekli olarak ilk

giren grup, zamanla daha çok yıpranacak buda malzemelerin arızalanmasına ve ömürlerinin daha kısa olmasına yol açacaktır. Sorunun çözümü açısından otomatik kompanzasyon sistemlerinde grupların devreye girip çıkması belli bir sıra dâhilinde değil, rastgele gerçekleşir.

Ayarlı pasif filtrelerin bulunduğu bir kompanzasyon sisteminde ise sistemde baskın olan 5. harmonik ile seri rezonans oluşturan grup, bu harmoniğin sürekli olarak önlenmesi gerektiğinden, ilk olarak devreye girmeli, sürekli devrede kalmalı ve en son olarak devreden çıkmalıdır [24]. Ayrıca bu grubun arızalanması durumunda kompanzasyon sisteminin zarar görmemesi için diğer gruplar devreye girmezler. Buda kompanzasyon sisteminin sağlıklı çalışmamasına yol açar. Bu sebeplerden ötürü ayarlı pasif filtreler gerek kurulum, gerekse kullanım açısından oldukça pahalı olup, sürekli bakım gerektirmektedir [24].

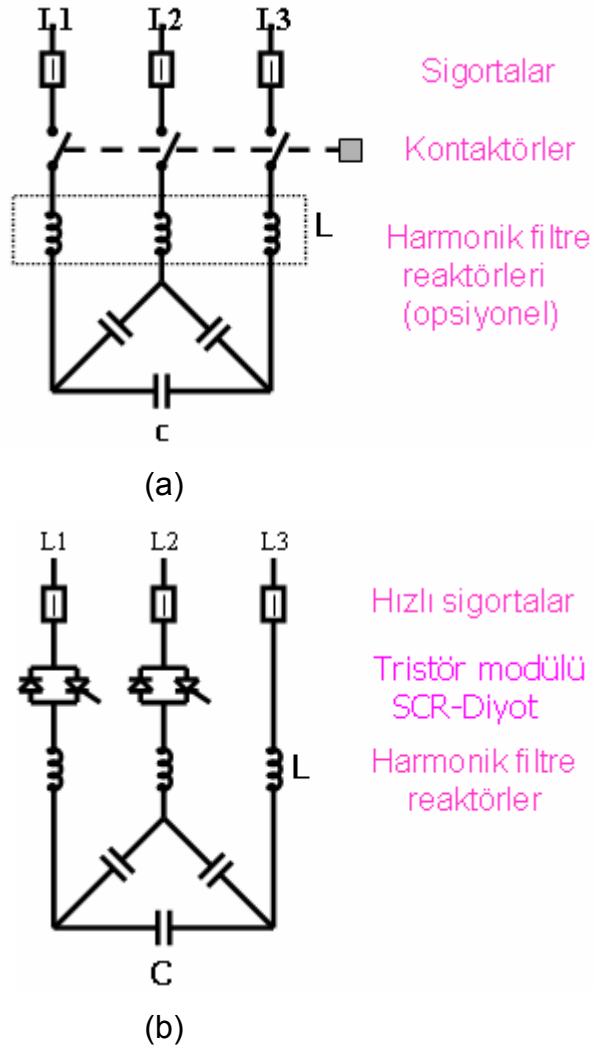
4. FİLTRELİ DİNAMİK KOMPAZASYON

4.1. Dinamik Kompanzasyonun Tanımı

Yük değişiminin çok hızlı gerçekleştiği bir otomobil fabrikasını ele alalım. Burada kullanılan oldukça fazla sayıda kaynak makinesi bulunmaktadır. Kaynak makinesi kimi zaman kısa süreli çalışmakta, bu kısa sürede de büyük miktarda aktif ve reaktif güce ihtiyaç duymaktadır [25]. Bu makinelerin eş zamanlı olarak çalıştığını düşünürsek ortaya sürekli değişen bir reaktif güç ihtiyacı çıkacaktır. Statik kompanzasyon uygulandığında ihtiyaç duyulan reaktif güç tespit edilip kompanzasyon sistemi devreye alınıncaya kadar, makineler devreden çıkacak, reaktif güç ihtiyacı şebekeden karşılanmış olacaktır. Reaktif güç ihtiyacının şebekeden karşılanması, sistemde gerilim düşümü oluşmasının yanı sıra, tüketici ya yeterli kompanzasyon yapmadığından ya da gereksiz yere aşırı kompanzasyon yaptığından reaktif cezaya girebilecektir.

Sorunun çözümü için tek çare reaktif güç ihtiyacının gerçek zamanlı olarak belirlenmesi, kompanzasyon sisteminin olabilecek en kısa sürede devreye alınması ve en kısa sürede devreden çıkarılmasıdır. Bu işlem sırasında anahtarlama elemanlarının sayısız açma ve kapamalara dayanıklı olması ve kompanzasyon sisteminin de bu açma kapamalarda zarar görmemesi beklenir [26].

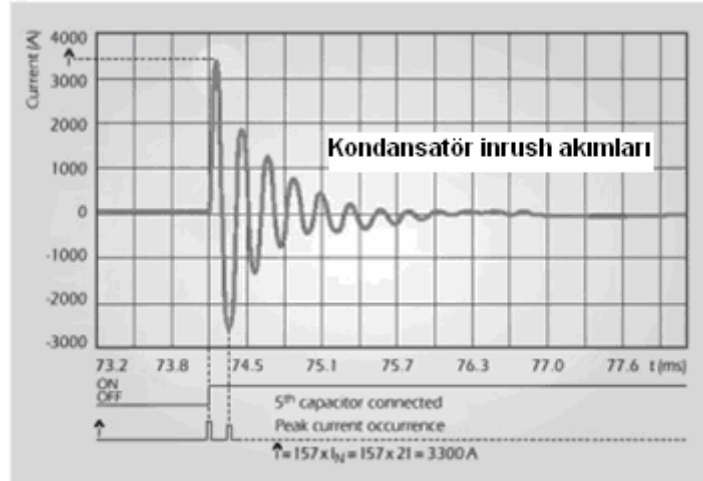
Kontaktörlü sistemlerle reaktif güç ihtiyacının değişimine yeteri kadar hızlı cevap verilemeyen ve anahtarlama transientlerinden dolayı zarar görme riski olan sistemlerde, kontaktör yerine tristör kullanılarak oluşturulmuş kompanzasyon sistemleri Dinamik Kompanzasyon Sistemleri olarak isimlendirilir [27].



Şekil 4.1. Kompanzasyon Sistemleri a) Statik kompanzasyon b) Dinamik kompanzasyon [27].

Geleneksel olarak uygulanan statik reaktif güç kompanzasyonu tekniğinde, kompanzasyon, elektromekanik anahtarlama elemanları ile yapılır. Bu sistemlerde kondansatör gruplarının devreye girip çıkabilmesi için 60 saniyeden fazla bir deşarj süresine ihtiyaç vardır [28]. Ayrıca elektromekanik anahtar olarak kullanılan kontaktörlerin yavaş anahtarlama özelliği nedeniyle, ms' ler seviyesinde yük değişimi olan sistemlerde reaktif güç ihtiyacı istenilen düzeyde karşılanamamaktadır.

Genel olarak kontaktörlerin çalışma sayısı yılda 5000 ile sınırlıdır ve anahtarlama sırasında tranziyentler oluştururlar. Şekil 4.2. de anahtarlama sırasında oluşan ve kondansatörlerin nominal akımının 150 katından fazla değerdeki baskın akımlar görülmektedir [29].



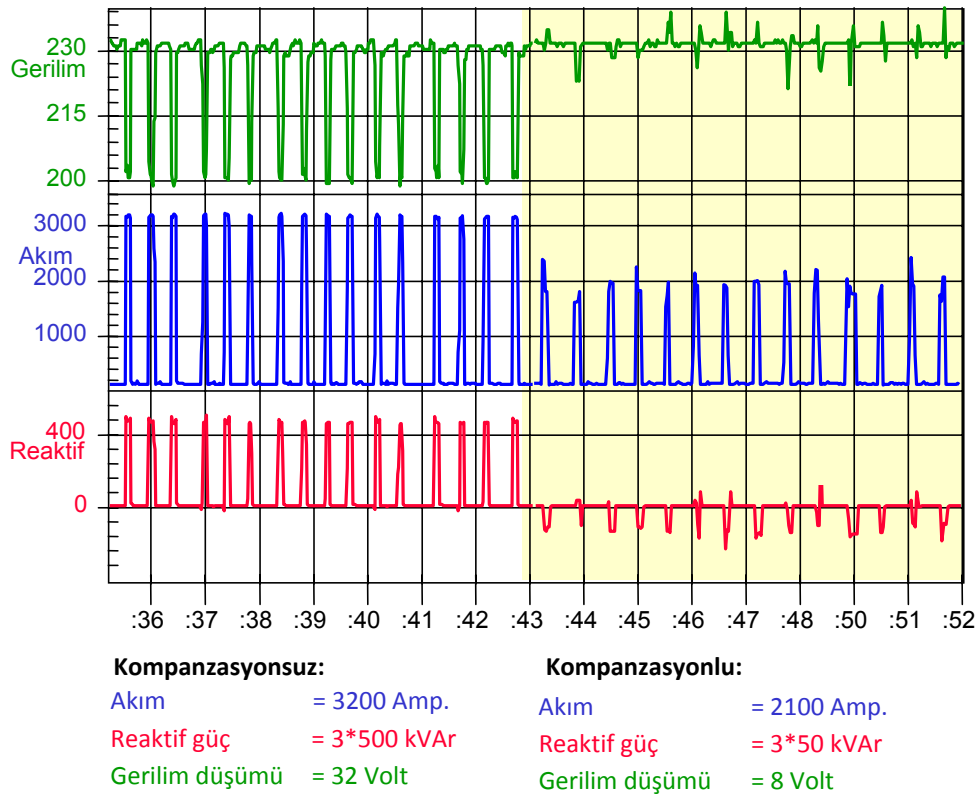
Şekil 4.2. Kontaktörlerin anahtarlama ile kondansatör üzerinde görülen baskın akımı [29].

Bu akımlar kondansatörlerin zarar görmesini ve ömürlerini kısa sürede tamamlamasına neden olurlar. Bu sebeplerden ötürü hızlı değişen ve hassas yükler için statik kompanzasyon tekniğine alternatif olarak, dinamik kompanzasyon tekniği geliştirilmiştir [28].

4.2. Dinamik Kompanzasyon Uygulama Alanları

- Hızlı değişen yükler:

Değişken yüklerin anahtarlama sıklığının yüksekliği geleneksel kompanzasyon sistemlerinin yetersiz kalacağı uygulamalarda kompanzasyon sisteminin hızlı devreye girip çıkmasının sağlanması için kullanılır [30]. Şekil 4.3' de yük değişimi çok hızlı gerçekleşen bir otomobil fabrikasında dinamik kompanzasyon öncesi ve sonrası akım, gerilim ve reaktif güç grafikleri görülmektedir.



Şekil 4.3. Otomobil fabrikasında dinamik kompanzasyon öncesi ve sonrası akım, gerilim ve reaktif güç grafiği [30].

- Büyük güçlü motorların yol alması

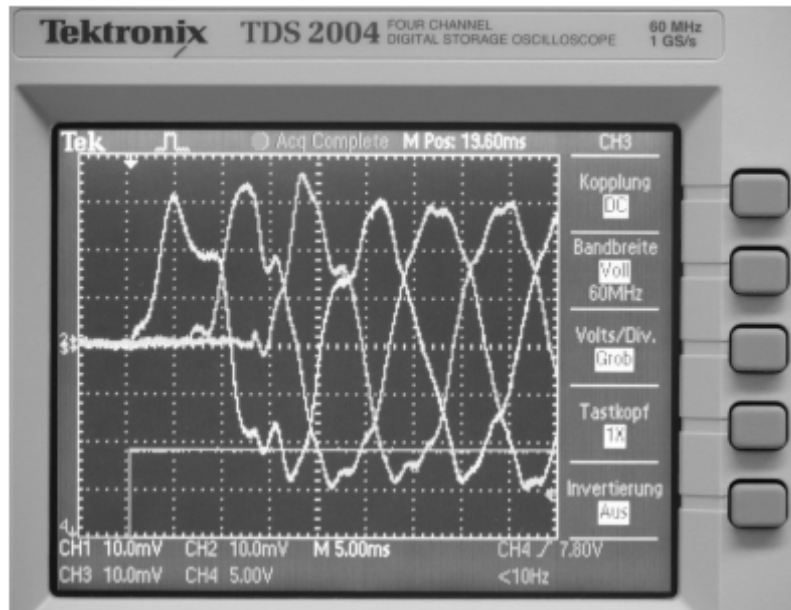
Enerji besleme sistemine doğrudan bağlı, büyük güçlü motorların yol almaları sırasında büyük reaktif akım bileşenlerinin kompanse edilmesi amacıyla kullanılabilir [27].

- Hassas yükler

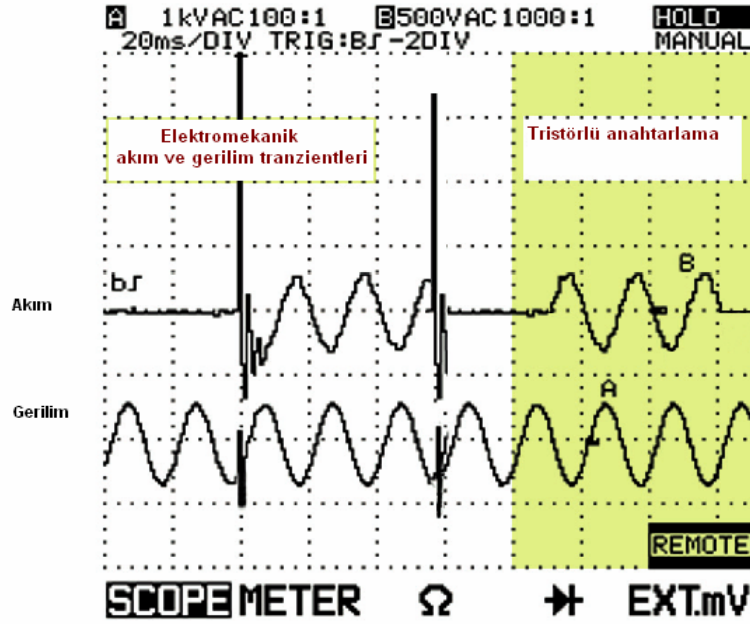
Yarı iletken elemanlarının üretimi gibi hassas uygulamalarda, kontrol merkezi bilgisayar sistemlerinin enerji sistemindeki anahtarlamalardan dolayı oluşabilecek aşırı gerilimlerden etkilenmemesi için dinamik kompanzasyon sistemleri kullanılabilir [27].

Dinamik kompanzasyon sistemlerinin temelini, özel olarak üretilen reaktif güç kontrol röleleri ve tristörler oluşturmaktadır. Bu kombinasyon sonucunda 20 ms' den de daha kısa bir sürede kondansatör gruplarının devreye alınması yada devreden çıkarılması gerçekleştirilir [25].

Kondansatör gruplarının tristör yardımıyla tetiklenmesi şebeke geriliminin maksimum değere ulaştığı sırada gerçekleşir [30]. Akım, gerilimin türevi olduğundan, gerilimin maksimum olduğu noktada akım değeri sıfıra eşittir. Tristörler akım sıfırken anahtarlama yaptığından kondansatörler yüksek akımlara maruz kalmazlar ve zarar görmeleri engellenir [28]. Şekil 4.4. de tristör ile anahtarlama yapılan kondansatörün osiloskop grafiği görülmektedir.



Şekil 4.4. Tristör ile anahtarlanan kondansatörün 3 fazlı akım grafiği [28].



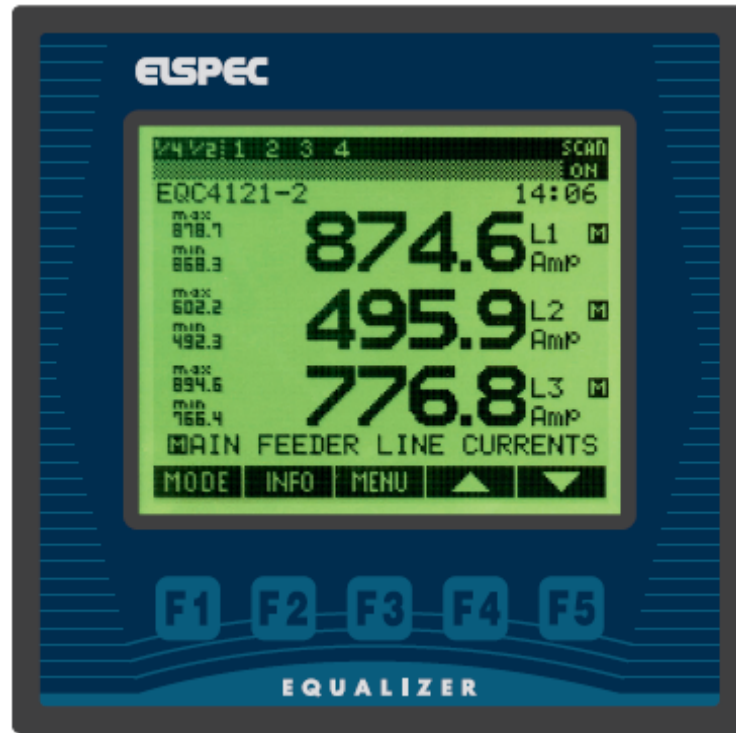
Şekil 4.5. Kontaktör ve tristör anahtarlama sonucu kondansatör üzerindeki akım ve gerilim grafiği [28].

Dinamik kompanzasyon sistemleri, yük değişimlerine gerçek zamanlı olarak müdahale etmelerinin yanı sıra, anahtarlama sebebiyle kondansatörlerin zarar görmelerini de engellerler.

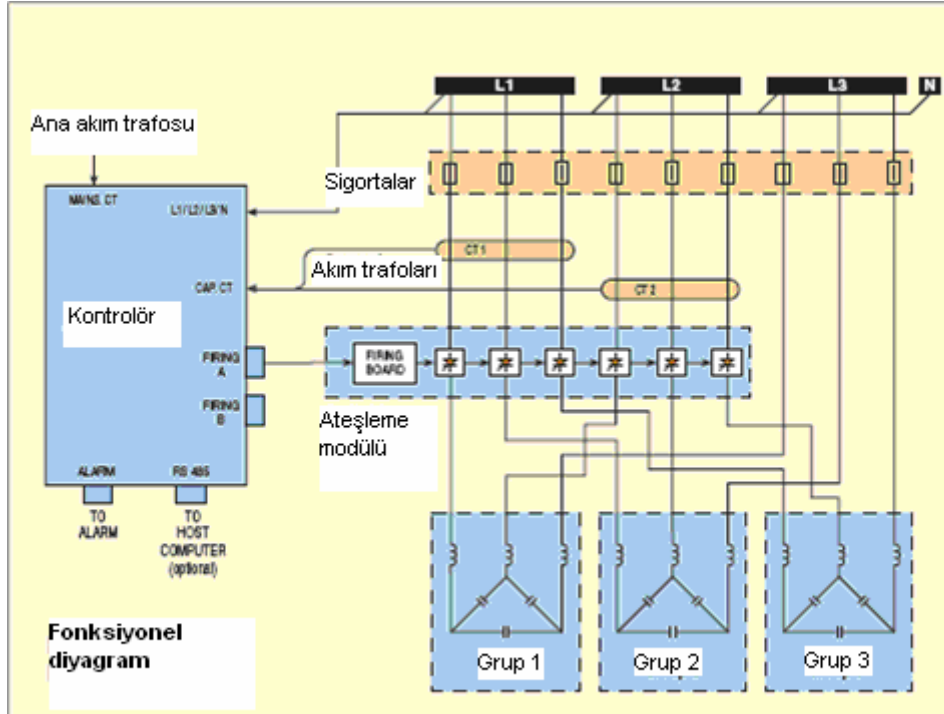
4.3. Dinamik Kompanzasyonun Temel Elemanları

4.3.1. Kontrolör (reaktif güç kontrol rölesi)

Dinamik kompanzasyon sistemlerinde kullanılan reaktif güç kontrol röleleri kontrolör olarak adlandırılmaktadır. Gerek yazılım, gerekse işlevi açısından diğer reaktif güç kontrol rölelerinden oldukça farklılık göstermektedirler. Reaktif güç ihtiyacı her periyot için ölçülerek gerçek zamanlı olarak kompanzasyon yapılır [31]. Çoğunlukla DSP (Digital Signal Processor) tabanlı olup, VLSI bileşeninden oluşmaktadır. LCD ekranları, analog ve dijital devreleri, ateşleme ve opsiyonel olarak uzaktan kumanda kartları bulunmaktadır. Şekil 4.6.a' da kontrolör ve Şekil 4.6.b' de kontrolör bağlantı şeması görülmektedir.



(a)



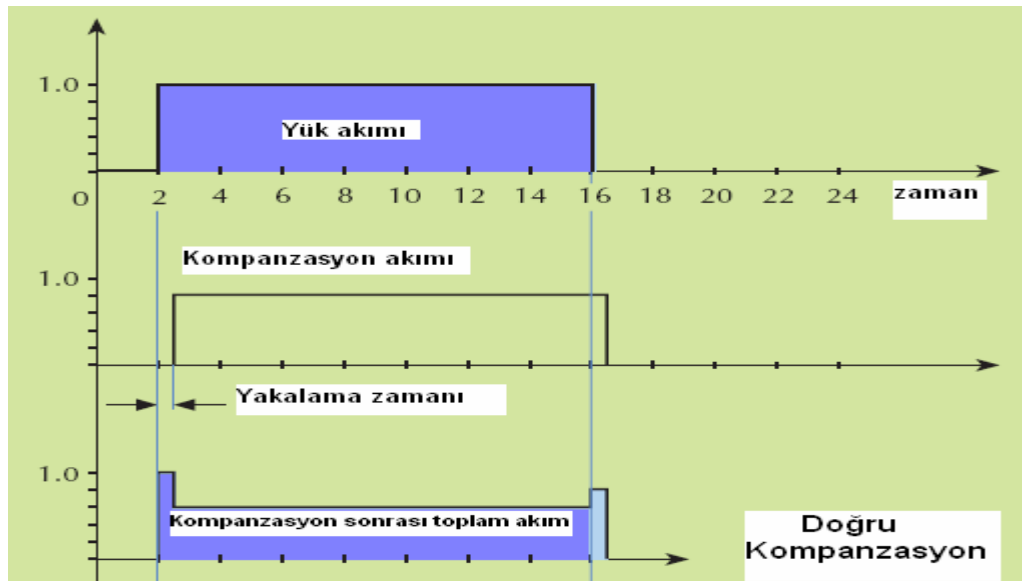
(b)

Şekil 4.6. Kontrolör a) Genel görünüş b) Bağlantı şeması [25].

Kontrolör Özellikleri

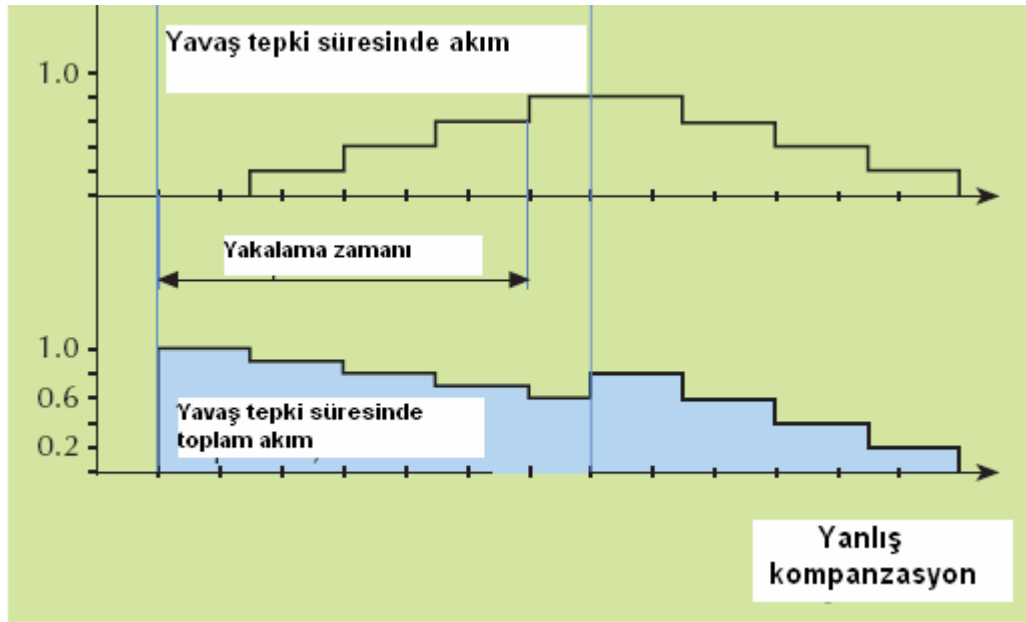
- Her periyot için şebeke analizi yapabilmektedir.
- 63. harmoniğe kadar sistem harmonikleri tespit edilebilmektedir.
- Akım, gerilim ve bunların grafikleri, reaktif güç, güç faktörü, harmonikler, frekans, tüketilen enerji miktarı ve demant bilgisi LCD ekrandan görülebilmekte ve bu bilgiler bilgisayara kayıt edilebilmektedir.

Her periyot için analiz edilen yük ve şebeke durumu mantık devresinde çözümlenerek kompanzasyon ihtiyacı belirlenir. Temel çalışma prensibi bu analizler sonrasında sistemin ihtiyacına göre, ilgili grubun devreye alınması yada çıkarılması için, tetikleme kablosu yardımıyla tetikleme devresine sinyal gönderilmesi, buradan da tristörün uyarılmasıyla ilgili grup yada grupların devreye alınıp çıkarılmasıdır. Sistemin sağlıklı çalışabilmesi için ihtiyaca göre aynı anda birden fazla grubun devreye alınması ya da çıkarılması gerekebilir. Bu dinamik kompanzasyon sistemleri için oldukça büyük önem teşkil etmekte aksi halde hedeflenen güç faktörü yakalanamamaktadır. Şekil 4.7.a ve 4.7.b' de bu durum grafiksel olarak gösterilmektedir.



(a)

Şekil 4.7. Kompanzasyon sonrası akım grafikleri



(b)

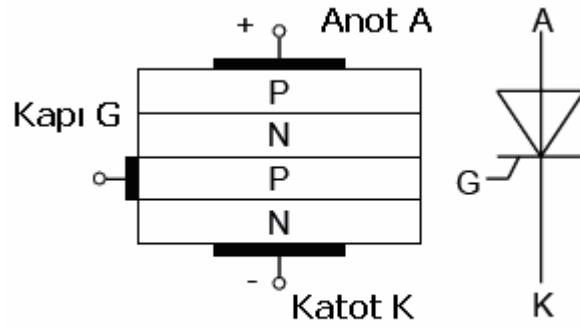
Şekil 4.7. (Devam) a) Kondansatör gruplarının birer birer devreye girmesiyle elde edilen akım grafiği. b) İhtiyaç anında birden fazla grubun aynı anda devreye girmesi sonucu elde edilen akım grafiği [25].

Bu iki grafikten de görüleceği üzere kondansatör gruplarının eş zamanlı olarak devreye girmesi çekilen akımın en kısa sürede istenilen düzeye gelmesini sağlamıştır. Bu, özellikle çok hızlı değişen yüklerde büyük önem arz etmektedir.

4.3.2. Tristör

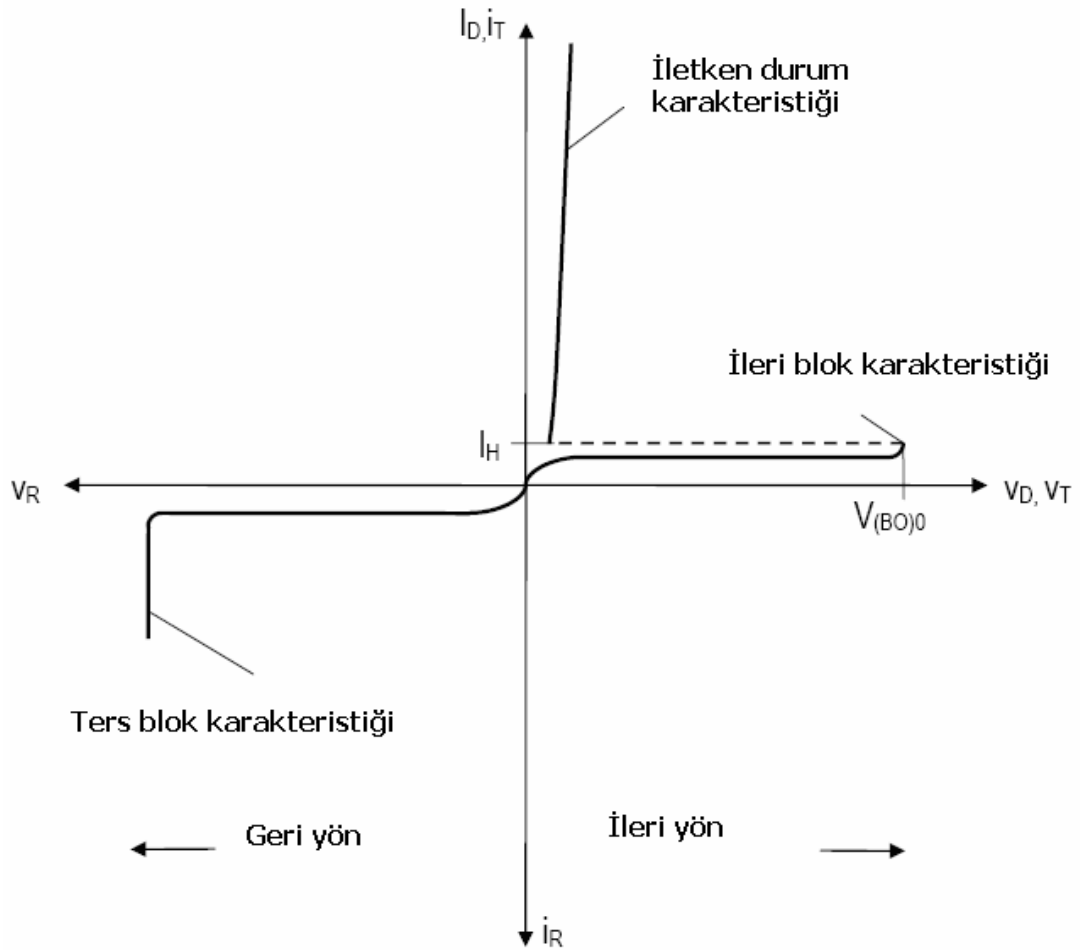
Dinamik kompanzasyon uygulamalarında elektronik anahtarlama elemanı olarak tristör modülleri kullanılır. Tristör modülü tristör ve diyottan oluşmaktadır. 3 fazlı sistemlerde, 2 faza yerleştirilen tristör modülleri kondansatör gruplarının devreye alınıp, çıkarılmasını sağlar.

Tristör açık ya da kapalı konumda bulunabilen 4 tabakalı yarı iletken bir malzemedir [32].



Şekil 4.8. Tristörün yapısı [32].

Şekil 4.9’ da yer alan tristörün karakteristiğinden de görüleceği gibi başlangıçta tristör ileri ve geri yönde bloke durumdadır. Genel olarak blokaj kapasitesi her iki yön içinde aynıdır.



Şekil 4.9. Tristörün karakteristiği [32].

İleri yada geri yönde birkaç kV seviyesinde gerili uygulandığında, yalnızca çok küçük bir değerde blokaj akımı anot ve katottan geçer. V_D gerilimi uygulandığında ise kontrol terminali (kapı) ve katot arasında I_G akımı tristörü tetikler. Fakat aynı şekilde kontrol terminali aracılığıyla kapalı duruma geçemez. Tristörün kapanabilmesi için ya üzerindeki akım sıfır olacak ya da belli bir I_H değerinin altında olacaktır.

Hızlı tristörlerin 2 temel versiyonu bulunmaktadır.

- Simetri Blokaj Tristörleri

SCR (Silicon Controlled Rectifier)

Bu tristörler her iki yönde de yaklaşık olarak aynı blokaj yeteneğine sahiptirler. Blokaj yeteneklerine, akım taşıma kapasitelerine ve gate-katot yapılarına göre kendi aralarında çeşitlilik gösterirler. Kompanzasyon uygulamalarında genel olarak bu tür tristörler kullanılır [30].

- Asimetrik Blokaj Tristörleri

Bu tristörler ileri yönde tam blokaj, geri yönde ise çok az blokaj yeteneğine sahiptirler. Simetri blokaj tristörlerine göre avantajları kapama zamanının daha kısa olmasıdır.

Dinamik kompanzasyon sırasında kondansatör grupları devreye alınırken tristörlerin akım sıfırken çalışması, hem kondansatör gruplarının baskın akımından zarar görmemelerini sağlar, hem de tristörler deformasyona uğramazlar [29]. Bu sebeple tristörlerin anahtarlama sayısı teorik olarak limitsizdir. Pratikte ise elektromekanik anahtarlama elemanları ile karşılaştırdığımızda kontaktörlerin anahtarlama sayısı arttıkça kontaklarında yapışma meydana geldiği ve kısa sürede bozulduğu görülmekte olup tristörler ise yüksek miktardaki anahtarlama oldukça uzun süre dayanabilmektedir.

5. DİNAMİK KOMPANZASYON UYGULAMALARI

5.1. Rüzgâr Santralleri

Rüzgâr enerjisi, enerji üretimine önemli katkı sağlayabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. 1970' li yıllar itibarı ile rüzgâr türbinleri geliştirilmeye ve elektrik üretimi için ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır. Son on yılda kaydedilen sürekli gelişmeler, bu endüstrinin önemli ölçüde büyümesini sağlamıştır. Bu kapsamda, büyük türbinler üretilmeye başlanmış, verimlilik ve kullanılabilirlik özellikleri geliştirilerek rüzgâr enerjisi önemli elektrik üretimi kaynaklarından biri haline gelmiştir.

Rüzgâr santrallerinde reaktif güç kompanzasyonu, verimi etkileyen en önemli etkenlerden birisidir. Endüktif asenkron jeneratörler olan endüktif rüzgâr türbinleri kalkış sırası da dâhil olmak üzere bütün yük koşullarında reaktif enerji tüketmektedirler. Reaktif enerji tüketimi gün içerisinde çok hızlı olarak değiştiğinden, statik kompanzasyon tekniği yetersiz kalmakta, çözüm olarak da dinamik kompanzasyon tesisleri kurulmaktadır. Ülkemizde de önemi anlaşılarak, hızla gelişen ve oldukça fazla sayıda kurulması planlanan rüzgâr santrallerinde, dinamik kompanzasyon tekniğinin kuruluş aşamasında düşünülmesi, gerek ekonomik açıdan fayda sağlayacak, gerekse rüzgâr santrallerinin daha verimli kullanılmasına yol açacaktır.

5.1.1. Rüzgâr santrali çalışma prensibi [33].

Rüzgâr enerjisini kullanarak çalışan rüzgâr türbinlerinde, türbin rotorundan geçen havanın itme kuvveti rotor kanatlarına transfer edilmektedir. Rotor dönüş düzlemi, rüzgâr yönüne dik olacak şekilde kontrol edilir. Rotor kanadında oluşan hava akım bileşkesi kanadın her iki tarafında bir basınç farkı oluşturmaktadır. Söz konusu basınç farkı, bileşke hava akışına dik bir itme kuvveti yaratır ve itme kuvvetinin bileşeni bir mekanik tork üreterek rotor

ve şaftın dönmesini sağlar. Şaft gücü, geliştirilen jeneratörlerle entegre olan büyük makinelerle elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.

5.1.2. Rüzgâr Türbini Temel Elemanları [33].

Rotor ve Kanatlar

Modern bir rüzgâr türbininde iki, tercihen üç kanat bulunur. Kanatların üretimi için cam veya karbon fiberler ile güçlendirilmiş polyester kullanılmaktadır. Boyları 1 metreden 100 metreye kadar olan kanatlar ticari olarak üretilmektedir. Kanatlar, göbek veya merkez olarak bilinen bir çelik konstrüksiyona bağlanmaktadır. Bazı kanatlar ayarlanabilir olup eksenel kontrol özelliğine sahiptir.

Nasel

Nasel, türbinin makine dairesi olarak düşünülebilir. Nasel gövde konstrüksiyonu, çelik kule üzerinde, rotor rüzgâr yönüne dik durumdayken, dönecek şekilde yapılmaktadır. Bu, türbin gövdesi üzerinde bulunan bir rüzgârgülü (flama) vasıtasıyla kontrol edilen tam otomatik bir sistem tarafından sağlanmaktadır. Ana şaft, yataklar, dişli kutusu, jeneratör, frenler ve döner aksam gibi temel elemanların bulunduğu türbin gövdesine kuleden geçilebilir. Rotor torku ana şaft üzerinden dişli kutusuna aktarılmaktadır.

Dişli kutusu

Oldukça yavaş sayılabilecek bir hızda (52 m çaplı kanatlar için 1 dakikada yaklaşık 20 devir) dönen rotor hareketinin, dişli kutusu tarafından ihtiyaç duyulan seviyede (1500 rpm) jeneratöre aktarılması gerekir.

Jeneratör

Günümüzde esas itibariyle üç tip rüzgâr jeneratörü kullanılmaktadır.

- Sincap kafesli endüksiyon jeneratörü
- Çift beslemeli (rotor sargısı) endüksiyon jeneratörü
- Direk tahrik senkron jeneratör

Aralarındaki belli başlı farklar jeneratörle ve (nominal değerin üzerindeki rüzgar hızlarında aşırı yüklenmeyi önlemeye yönelik) rotor aerodinamik verimliliğinin ne şekilde sınırlandırıldığı ile ilgilidir.

Bu jeneratörler içerisinde en fazla kullanılan asenkron sincap kafesli jeneratörlerdir. Türbin ve jeneratör dönüş hızları arasındaki büyük fark nedeniyle, bağlantı için bir dişli kutusu kullanılmıştır. Stator sargıları şebekeye bağlıdır. Sincap kafesli endüksiyon jeneratörlerde rotor hızındaki küçük (yaklaşık %1) değişimler mümkün olmakla birlikte, bu sistem sabit hızlı rüzgâr türbini olarak tanımlanmaktadır. Sincap kafesli jeneratörün reaktif güç çekme özelliği nedeniyle, özellikle zayıf bir şebekede kompanzasyon gereklidir.

Diğer iki tip jeneratör sistemlerinde minimum ile maksimum rotor hızı arasında, yaklaşık iki kat fark olabilir. Şebeke ve rotor frekanslarına göre bu farklı hız seviyeleri, güç elektroniği kullanılarak kontrol edilmektedir. Rüzgar enerjisi ile geleneksel termal veya nükleer enerji üretimi arasındaki temel fark rüzgar türbinlerinde senkron jeneratörlerin kullanılmamasıdır.

Fren sistemi

Rüzgâr türbinleri, aerodinamik fren sistemi dâhil üçlü bir güvenlik sistemi ile donatılmıştır. Acil durumlar veya bakım duruşları için fren bulunmaktadır.

Kontrol sistemi

Rüzgâr türbinleri, türbin statüsü hakkında ayrıntılı bilgilerin depolandığı güçlü bilgisayar sistemleriyle kontrol edilmektedir. Bir iletişim bağlantısı üzerinden yapılacak uzaktan kumanda ile istenilen bilgilere ulaşılarak bazı kontrol fonksiyonları uygulanabilir.

5.1.3. Rüzgâr türbinlerinde reaktif güç kompanzasyonu

Rüzgâr türbinlerinde çıkış birçok parametreden etkilenmektedir. Rüzgârın hızı, santralin bulunduğu yer, elektrik şebekesi gibi parametrelere yanı sıra, reaktif güç kompanzasyon sistemi de verimi etkileyen en önemli etkenlerden biridir [34].

Reaktif güç kompanzasyonu, jeneratörün verimi dışında, elektrik şebekesi içinde büyük önem taşımaktadır. Endüktif asenkron jeneratörler olan endüktif rüzgâr türbinleri kalkış sırası da dâhil olmak üzere bütün yük koşullarında reaktif enerji tüketmektedirler.

Kalkış sırasında tüketilen reaktif enerji oldukça yüksektir. Bazen türbinlerin aktif gücü seviyesine ulaşabilmektedir. Jeneratörler çeşitli değerlerde kompanzasyon sistemleri ile kompanze edilebilirler. Yüksüz durumlar baz alınarak (genellikle bu sistem uygulanır) yada maksimum yük durumuna göre kompanzasyon sistemleri uygulanmaktadır [34].

Elektromekanik anahtarlar (kontaktörler) kullanılarak yapılan kompanzasyon sistemleri çoğu zaman yetersiz kalmakta özellikle gün içerisinde defalarca gerçekleşen kalkışlar sırasında ortaya çıkan reaktif enerjiyi kompanze edememektedir.

1300 kW lık bir türbin örneğini inceleyecek olursak

Bu türbinde reaktif güç kompanzasyonu yapmak amacıyla 325 kVAR' lık statik kompanzasyon tesisi mevcuttur. Fakat bu tesis yetersiz kalmakta, özellikle kalkış sırasında reaktif güç ihtiyacı karşılanamamaktadır. Sorunun çözümü için reaktif güç ihtiyacı iki aşamalı olarak ele alınmıştır. Birinci aşamada kalkış sırasında ihtiyaç duyulan reaktif güç ihtiyacı 660 kVAR' lık dinamik kompanzasyon yardımıyla, kalkış sonrasındaki ihtiyaç ise mevcut statik kompanzasyon yardımıyla karşılanmıştır. İkinci aşamada ise bu dinamik kompanzasyon yüksüz ve tam yüklü çalışma koşullarında uygulanmıştır [35].

Birinci Aşama

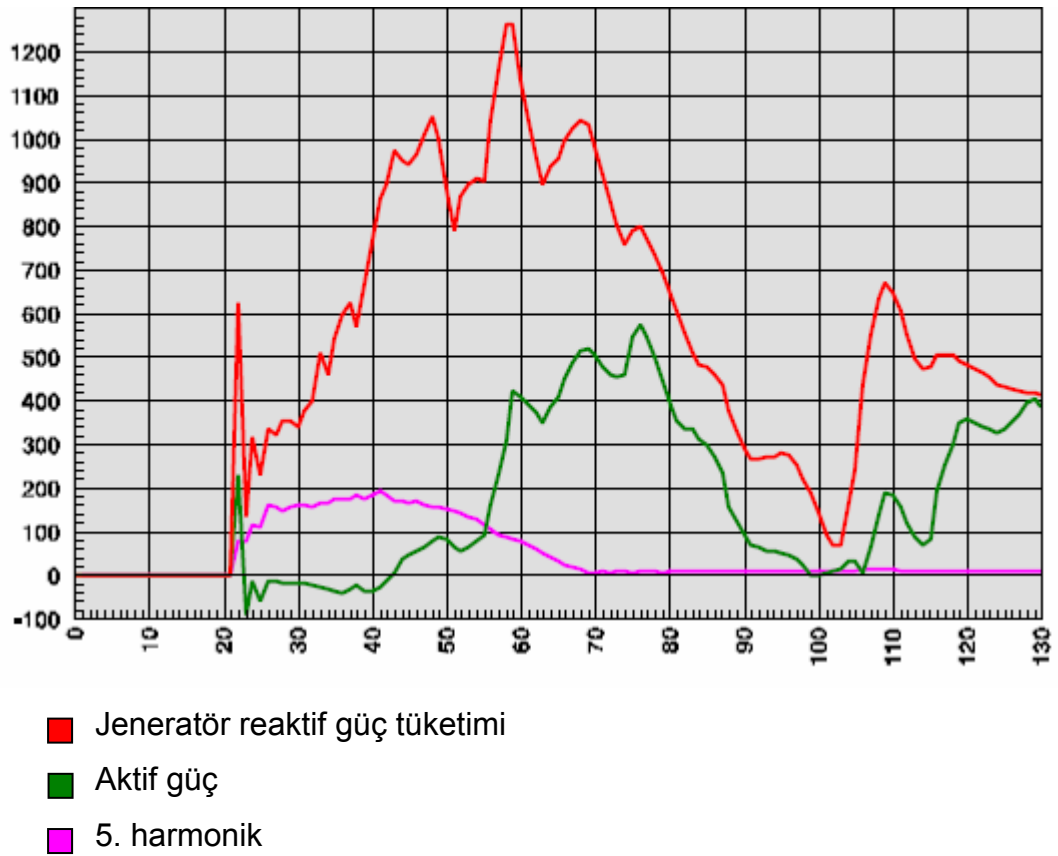
Bu aşamada dinamik kompanzasyon sistemi yalnızca kalkış sırasında devreye girmekte en geç 2 saniye sonra devreden çıkmaktadır [35].

Dinamik kompanzasyon yardımıyla rotorun harekete başlaması ve yeterli RPM e ulaşması için geçecek sürede, tristörlerin ateşlemesiyle yumuşak bir kalkış sağlanır, buda jeneratörün sisteme bağlanması sırasında oluşacak mekanik ve elektriksel darbeleri azaltmış olur.

Rotorun yeterli RPM e ulaşması için gereken sürede (genellikle 30 – 35 periyot) harmonik distorsiyon aşırı derecede yüksektir, temel aktif akım ise oldukça düşük seviyededir. Akımın Toplam Harmonik Distorsiyonu %1000 ler seviyesindedir ve dalga şekli oldukça bozulmuştur. Türbinlerin mevcut kompanzasyon sistemi bu periyotta bozulmayı engellemek için yetersiz kalmakta ve kompanzasyon sisteminin kendisinde yüksek THD den zarar görebilmektedir.

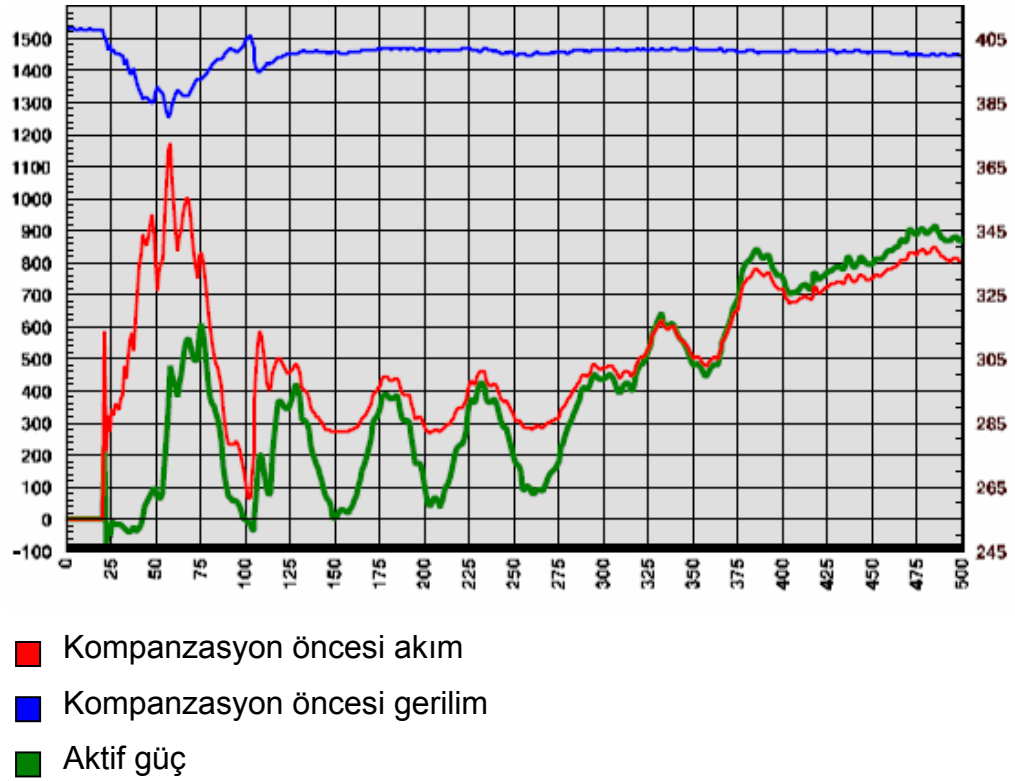
1,2 ile 2 saniye arasında devrede kalan tristörler bu süre sonunda jeneratörün ana kontaktörünün kapanmasıyla devre dışı kalırlar. Türbinlerin

kompanzasyon sistemi devreye girer. Tiristörlerin devrede kaldığı süre içerisinde jeneratörün reaktif tüketimi maksimum seviyededir. Trafonun akımı 1200 A, reaktif tüketim ise 1200 kVar ın üzerindedir [35].



Şekil 5.1. Kalkış sırasında jeneratörün reaktif güç tüketimi [35].

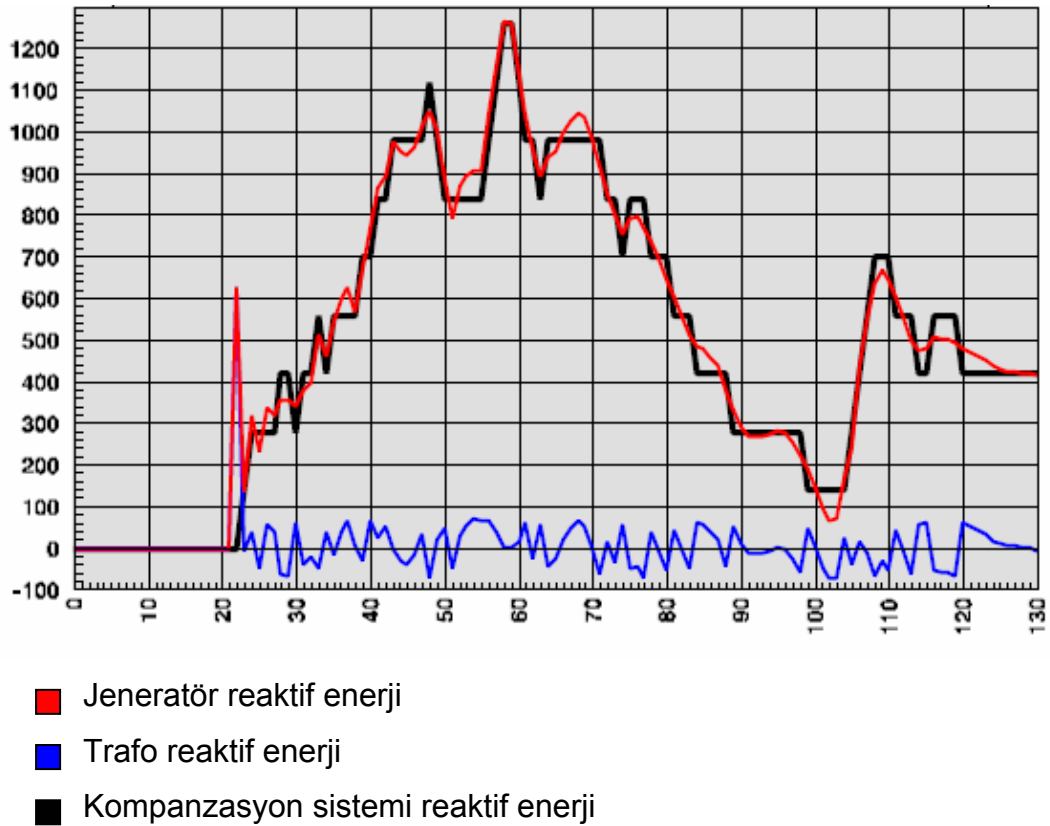
Yüksek reaktif enerji tüketimi sebebiyle meydana gelen gerilim düşümü şebeke geriliminde de dalgalanmaya yol açmaktadır. Birden fazla türbinin şebekeye bağlanması durumunda ise dalgalanma daha da büyür.



Şekil 5.2. Kalkış sırasındaki akım ve gerilim değerleri [35].

Kalkış sırasında oluşan anlık reaktif enerji elimine edilebilir veya azaltılabilirse akım önemli değerde azalacak bunun sonucunda da gerilim dengeli hale gelecektir. Gerilim dalgalanması belirli bir limit içerisinde kalacaktır.

Türbinlerde dinamik kompanzasyon kullanılması ile reaktif bileşen bir periyotluk süre içerisinde (5 – 20 ms) tespit edilerek kompanzasyon sistemi devreye girer böylece yükteki hızlı dalgalanmalar için maksimum kompanzasyon sağlanır.

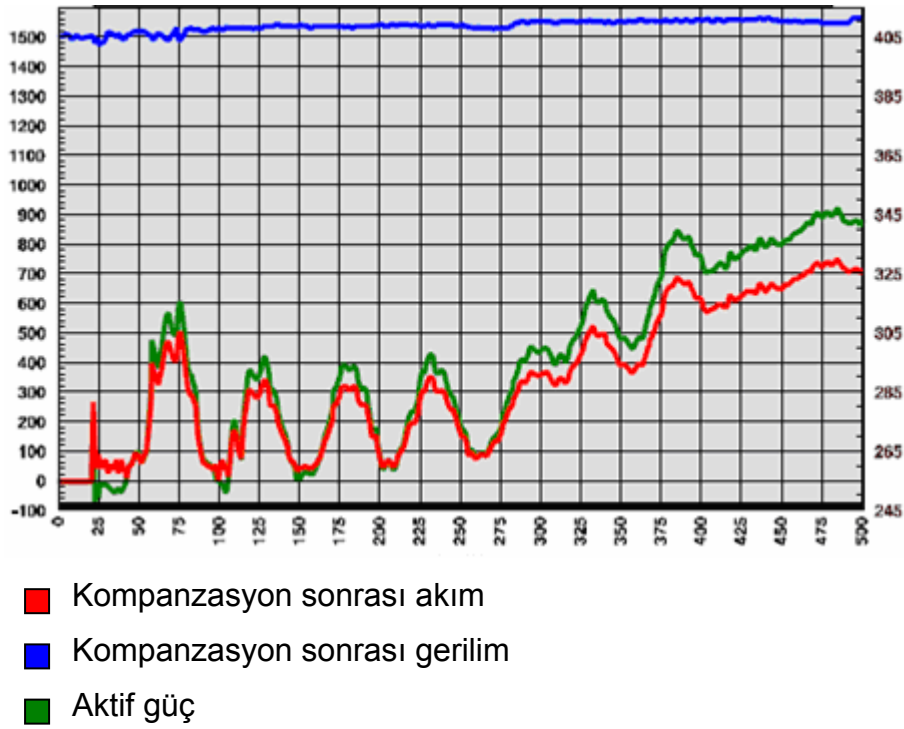


Şekil 5.3. Dinamik kompanzasyon sonrası kalkış sırasındaki reaktif güç [35].

Şekil 5.3' den de görüleceği üzere birinci periyottan sonra jeneratör reaktif tüketimi kompanse edilmeye başlanır. +/- 70 kVar lık bir farklılıkla (140 kVar lık bir kademenin %50 si) trafodaki reaktif yüklenme minimumda tutulur.

Şekil 1 den görüleceği gibi jeneratör ana kontaktörü kapanmadan önceki ilk 30 – 35 periyotluk sürede, trafoda akım kalkış sırasında 600 A' e yükselir. Devamındaki 25 periyotta 1000 A' e kadar çıkar. Bu akımın neredeyse tamamı reaktif güçten ve harmonik akımlardan oluşmaktadır. Jeneratörün ana kontaktörü kapandığı anda 1200 A lik en yüksek akım değerine ulaşılır. Bu aşamada aktif güç üretilerek şebekeye iletilir.

Dinamik kompanzasyon sayesinde güç faktörü 1 seviyesine ulaştığından kalkış sırasındaki akımın reaktif bileşeni elimine edilmiş olup, bu akım yalnızca temel aktif bileşenden ve harmonik akımlardan oluşacaktır.



Şekil 5.4. Dinamik kompanzasyon sonrası kalkış sırasındaki akım ve gerilim değerleri [35].

Şekil 5.4' te dinamik kompanzasyon sonucu kalkış akımındaki azalma ve gerilimdeki iyileşme görülmektedir. İlk periyot sonrasındaki 35 periyotluk sürede başlangıç akımı 100 A azalmaktadır. Jeneratörün ana kontaktörü kapandığında trafonun maksimum akımı 500 A e düşmektedir. Buda şekil 2 de görülen aynı periyot sırasındaki değerin yalnızca % 42 si kadardır.

Sonuç olarak ana gerilim 2 – 3 voltluk değişimin dışında sabit hale gelmiştir.

İkinci Aşama

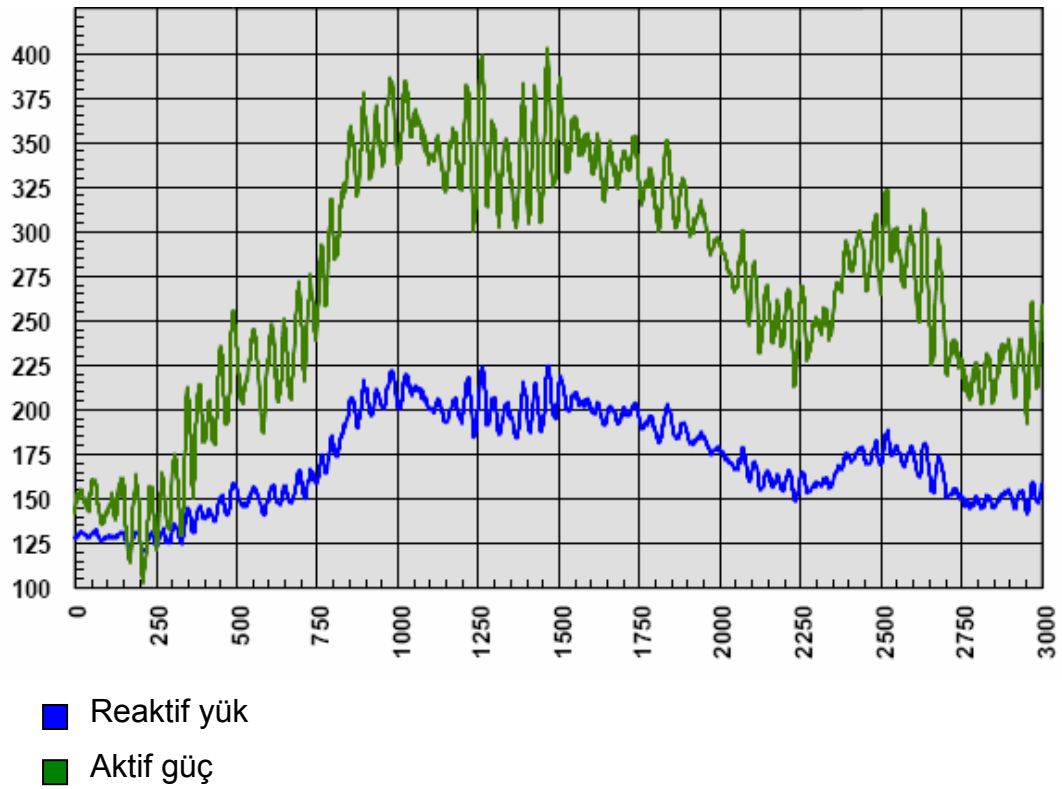
Rüzgâr türbinlerinin reaktif enerji tüketimi jeneratörün çıkış seviyesine göre değişmektedir. Her durumda jeneratör tam yük durumunun %0 ile %125 i arasında çalışabilmektedir. Güç faktörü güç üretimiyle ters orantılıdır. Üretimin en az olduğu durumda güç faktörü en düşük seviyededir. Yüksüz durumda reaktif enerji tüketimi güç değerinin yaklaşık %30 udur. (1,3 MW ılık türbin için yüksüz durumda yaklaşık 325 kVAR). Tam yük durumunda ise

yine aynı türbin için 660 kVAR lık bir reaktif enerji tüketimi söz konusudur [35].

Elektromekanik anahtarlama elemanları ile yapılan statik kompanzasyonda, kondansatörlerin devreye alınmalarındaki gecikme ve kondansatör deşarj zamanlarının da dikkate alınmalarının gerekliliği nedenleriyle kondansatör kademeleri limitlidir. Bu limitten dolayı türbin üreticileri genellikle tam yük durumunda ihtiyaç duyulan reaktif enerjinin 2 katı değerinde kondansatör kullanmaktadırlar. Bu, üreticilere anahtarlama rotasyon imkanı sağlar ve tepki süresini artırır. Fakat tepki süresinin artması verimli bir çalışma için yeterli değildir. Sistem kademelerinin ihtiyaç olan reaktif enerjiyi kompanze edebilmek için gerekli güce uygun olması gerekir. Ayrıca kontaktörler devreye girip çıkarırken elektrik sisteminde açma kapamalar nedeniyle gerilimin ve akımın bozulmasına yol açmaktadırlar [35].

Türbinlerin normal çalışması sırasında reaktif tüketim reaktif tüketim hızla değişmekte statik kompanzasyon sistemleri bu değişimlere hızlı cevap veremediğinden aşırı ya da eksik kompanzasyon uygulanmaktadır. Ayrıca kompanzasyon gruplarının devreden çıkması için kondansatör deşarjı nedeniyle 50 – 60 saniyelik bir gecikme olmaktadır. Buda ani yük azalması durumunda kondansatör gruplarının devreden çıkışını geciktirmekte ve aşırı kompanzasyon meydana gelmektedir. Aşırı kompanzasyonsa gerilimde düzensizlik oluşturmakta sonucunda da türbin devre dışı bile kalabilmektedir.

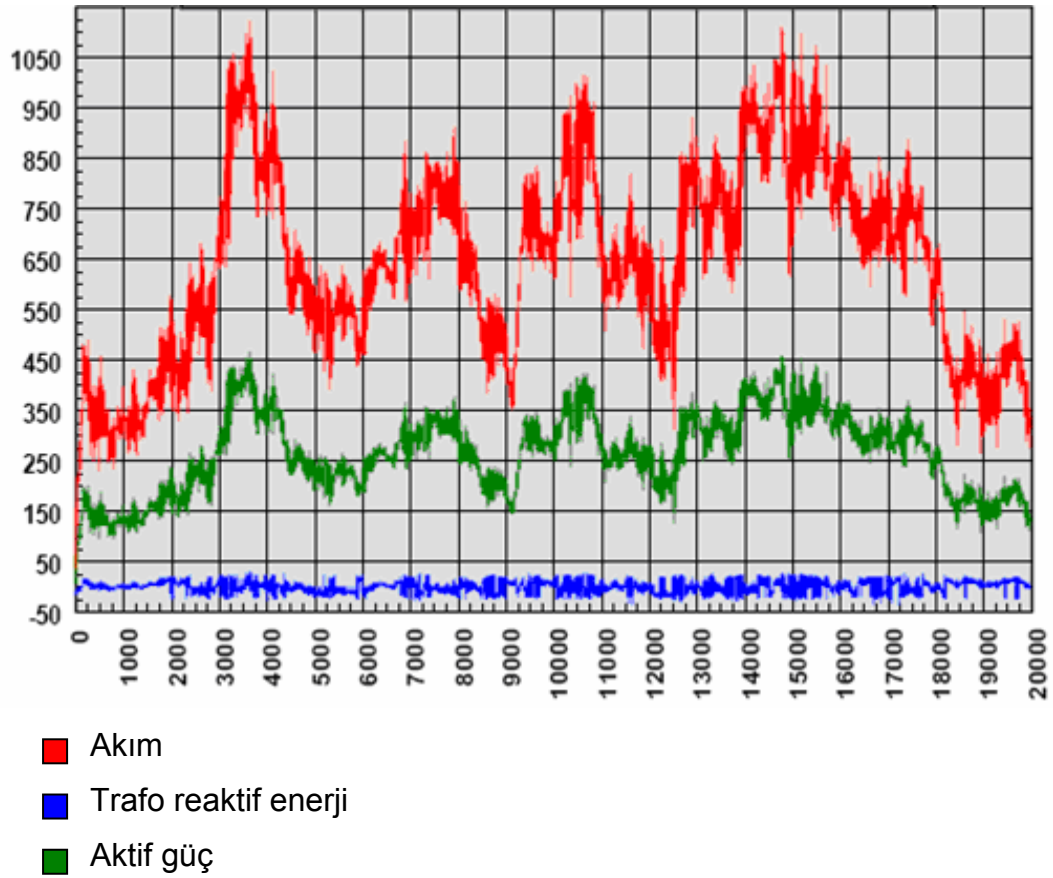
Şekil 5.5' te tek fazlı 1,3 MW türbinin 2 dakikalık normal koşullarda çalışma esnasındaki ölçümleri gösterilmektedir. Grafikten de görüleceği gibi jeneratörün reaktif yükü her aralıkta tek faz için 100 kVAR, 3 faz içinse 300 kVAR seviyelerinde değişim göstermektedir.



Şekil 5.5. Kompanzasyon öncesi aktif ve reaktif güçler [35].

İdeal durumda kompanzasyon sistemi reaktif dalgalanmayı her periyot için tespit etmeli, ortalama güç faktörünü 1 seviyesinde tutmalıdır. Bunun sonucunda da trafo akımı aktif bileşenden oluşmalı jeneratörde sistemden reaktif enerji çekmemelidir. Dinamik kompanzasyon ile bu istenilen durum elde edilebilir. Her türlü çalışma koşulunda kompanzasyon sisteminin devreye girmesi ve devreden çıkması 1 periyot yada daha kısa sürede sağlanır buda üretimin olabilecek en verimli şekilde olmasını sağlar.

Şekil 5.6, 1300 kW lık bir türbinde trafonun sekonder kısmına bağlı 660 kVAR lık bir dinamik kompanzasyon sisteminin 10 dakikalık ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Tam yük durumuna göre dizayn edilmiş kompanzasyon sitemi 94 kVAR lık 7 kademeden oluşmaktadır.



Şekil 5.6. Dinamik kompanzasyon sonrası 10 dakikalık ölçüm sonuçları [35].

Rüzgâr türbinleri yaygınlaştıkça ana şebekenin zorlanması söz konusudur. Yukarıdaki grafikten de görüleceği gibi 3000 ve 4000 aralıkları arasındaki trafo akımının tepe değeri 1140 A ve üretilen güç 454 kW dır. Her yük koşulunda verim sağlanmaktadır.

Yapılan çalışmalar sonucunda dinamik ve statik kompanzasyon karşılaştırıldığında, dinamik kompanzasyon sistemlerinde güç faktörünün her yük durumunda 1 seviyesinde tutulmasıyla yaklaşık %3 oranında daha fazla üretim sağlandığı anlaşılmıştır. Buda 30 adet 1,3 MW türbin bulunan bir sistemde fazladan 1 türbin çalışması anlamına gelmektedir.

5.1.4. Rüzgâr türbinlerinde reaktif güç kompanzasyonunun şebekeye olan etkisi

Rüzgâr santralleri coğrafi nedenlerden ötürü tek bir merkezde toplanmadığından bağlı oldukları ana şebekede gerilim bozulmalarına yol açmaktadırlar. Bunun önlenmesi için bir çok yerde, rüzgar santrallerinin bağlı bulundukları ana trafolarla yüksek gerilim kompanzasyonu yapılmakta ya da sistemde yüksek gerilim kompanzasyonu uygulanmaktadır. Bu kVAR başına 90 – 100 € luk bir maliyet getirmektedir [35].

Reaktif gücün türbinlerde kontrol edilmesi maliyetin ucuzluğunun yanı sıra sistemin daha verimli çalışmasını da sağlamaktadır. Kompanzasyonun yüksek gerilimde yapılması, oluşabilecek arızada yüksek gerilim sisteminin de etkilenmesine sebep olabilmektedir.

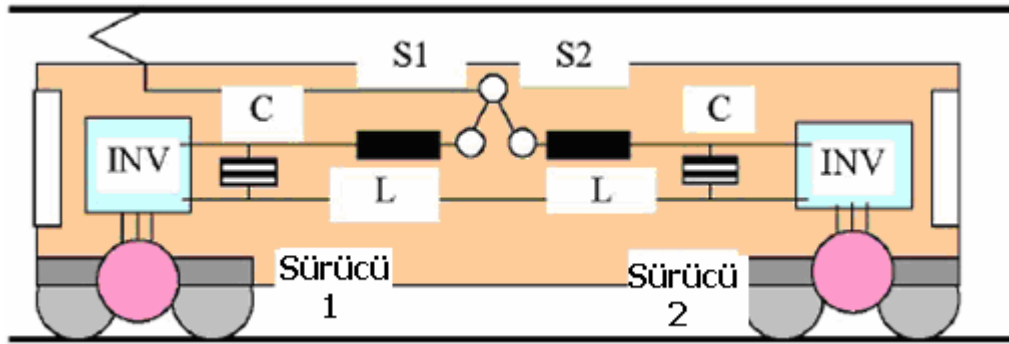
5.2. TCDD Dinamik Kompanzasyon Uygulaması

5.2.1. Demiryolları elektrifikasyon sisteminin incelenmesi

Ülkemizde halen Edirne – İstanbul, İstanbul – Ankara ve İskenderun – Divriği arasında elektrikli trenler ile yolcu ve yük taşımacılığı yapılmaktadır. Bu hatlarda yaklaşık 30 km. mesafe ile tesis edilen trafo merkezleri 154 kV luk enterkonnekte sisteme iki fazlı olarak bağlanmıştır. 154 kV luk yüksek gerilim 12,5 MVA lık iki adet güç trafosu ile 25 kV a dönüştürülerek katener hatlarının beslenmesi sağlanır. Yaklaşık 30 km. lik hattın beslemesi yapılırken herhangi bir arıza ya da bakım durumunda komşu trafo merkezine ait bölgeye de elektrik iletelebilmekte bu sebeple de trafoların etkin mesafeleri 60 km. ye kadar çıkabilmektedir.

Demiryolları katener hattından alınan elektrik, lokomotiflerde bulunan doğrultucu gruplar yardımıyla 25 kV AC gerilimden den 1 kV DC gerilime

çevrilir ve DC motorlarda kullanılır. Bu çevrilme sebebiyle katener hattından çekilen akım büyük oranda harmonikler içermektedir. Tahrik sistemleri katener hattından bazen aktif güçle aynı, bazen de daha fazla olabilen endüktif reaktif akım çekerler [36].



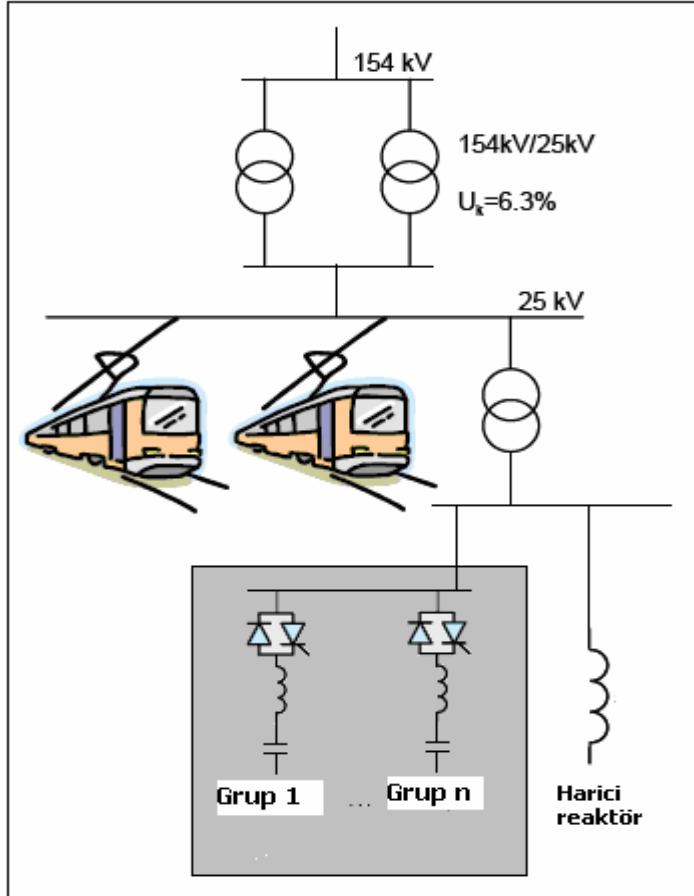
Şekil 5.7. Lokomotif elektrik şeması [36].

Demiryolları sistemlerinin diğer sistemlere göre en büyük farkı, çekilen aktif ve reaktif akımların harmonik bileşen içeriğinin, çok büyük oranlarda ve çok hızlı bir şekilde değişkenlik göstermesidir [37]. Trenin ağırlığı, yolcu ve yük miktarı, arazi şartları, hızlanma, yavaşlama veya sabit çalışma durumları sistemden çekilen akımın farklılık göstermesine ve ani değişimlere sebep olmaktadır.

Ana hatlarıyla klasik bir şalt merkezini andıran demiryolları trafo merkezleri 5 li ya da 6 lı gruplar halinde tek bir merkezden kontrol edilebilen SCADA sistemiyle donatılmıştır. SCADA yardımıyla ana merkezden trafo merkezlerindeki arıza durumları tespit edilebilmekte, gerekli manevralar yardımıyla sistemin devamlılığı sağlanmaktadır.

Şekil 5.8.'de tek hat şemasını görebileceğimiz bu merkezlerin en büyük farklılıklarından biride alışılmışın dışında tek fazlı olarak çalışmalarıdır. Önceleri sabit gruplarla yapılan reaktif güç kompanzasyonunun daha sonra güç faktörünün 0,5 ten 0,95 e çıkarılmasıyla yeterli olmadığı anlaşılmış yapılan ölçümler ve hesaplamalarla ani yük değişimlerine en kısa sürede

cevap verilebilmesi için dinamik kompanzasyon tekniği ile reaktif güç kompanzasyonu yapılmasına karar verilmiştir.



Şekil 5.8. Demiryolları Tek Hat Şeması [36].

5.2.2. Karagözler Trafo Merkezi

İstanbul – Ankara arasında bulunan trafo merkezlerinden biriside Eskişehir de bulunan Karagözler Trafo Merkezidir. Bu merkezde Elspec marka, PPA – 205 tipi Harmonik Analiz cihazı kullanılarak yapılan ölçülerde gerilim, akım, aktif güç, reaktif güç, güç faktörü ve 31. bileşene kadar harmonik akım ve gerilim değerleri 24 saat boyunca uzun hat besleme ve normal hat besleme konumuna göre her periyot için ölçülmüştür. Her dakika için minimum ve maksimum değerler ölçülerek gerilim, akım ve harmonik değerleri kaydedilmiştir.

Karagözler Trafo Merkezine ait bu ölçümler Ek-2 deki tablodan da görüleceği üzere gün içerisinde hatta dakikalar içerisinde oldukça büyük farklılıklar göstermektedir.

Gün içerisinde;

Aktif güç 30kW ile 4881 kW değerleri arasında

Reaktif güç 36 kVAR ile 4788 kVAR değerleri arasında

Güç faktörü 0,36 ile 0,98 değerleri arasında değişmektedir.

Yine aynı tablodan dakikalık değerler arasındaki ani değişimler dikkati çekmektedir.

Örnek olarak;

00:09 anında

Aktif güç : 943 kW

Reaktif güç : 1284 kVAR

Güç faktörü : 0,59

00:10 anında

Aktif güç : 2153 kW

Reaktif güç : 2010 kVAR

Güç faktörü : 0,73

00:11 anında

Aktif güç : 4802 kW

Reaktif güç : 3715 kVAR

Güç faktörü : 0,79

Şeklinde ölçülmüştür.

Bu iki dakikalık süre içerisinde aktif güç yaklaşık 5 katına çıkmış, yine reaktif güçte 3 katı kadar bir değişiklik olmuştur. Güç faktörü 0,59 ile 0,73 arasında değişmiştir.

Bu ani yükselişler, muhtemelen trafo merkezi sınırları içerisinde bulunan trenin hızlanması ya da arazinin yapısına bağlı olarak trenin yokuş çıkması şeklinde yorumlanabilir.

Başka bir örneği inceleyecek olursak;

02:09 anında

Aktif güç	: 4767 kW
Reaktif güç	: 3556 kVAR
Güç faktörü	: 0,80

02:10 anında

Aktif güç	: 3069 kW
Reaktif güç	: 2406 kVAR
Güç faktörü	: 0,79

02:11 anında

Aktif güç	: 1628 kW
Reaktif güç	: 1570 kVAR
Güç faktörü	: 0,72

Şeklinde ölçülmüştür.

Bu örnekte de iki dakikalık süre içerisinde aktif gücün yaklaşık 3 kat, reaktif gücün ise yaklaşık 2,5 kat azaldığı görülmektedir.

Aktif ve reaktif güçlerdeki bu azalış ise trenin yavaşlaması ya da yokuş aşağı inerken daha az güç harcaması şeklinde yorumlanabilir.

Diğer bir örnekte ise:

00:17 anında

Aktif güç	: 3449 kW
Reaktif güç	: 2470 kVAR
Güç faktörü	: 0,81

00:18 anında

Aktif güç	: 4381 kW
Reaktif güç	: 2962 kVAR
Güç faktörü	: 0,83

00:19 anında

Aktif güç	: 1865 kW
Reaktif güç	: 1702 kVAR
Güç faktörü	: 0,74

Bu örnekte ise yine iki dakikalık süre içerisinde aktif ve reaktif gücün önce arttığı, sonraki dakikada ise ani olarak ilk durumdan da daha aşağı değerlere ulaştığı görülmektedir.

Bu durum ise, trenin hızlanıp tekrar yavaşlaması ya da bir yükseltiyi aşarak tekrar inişe geçmesi olarak yorumlanabilir.

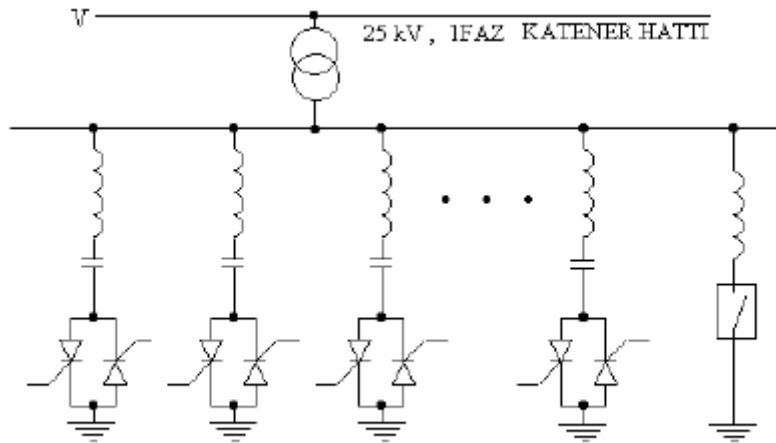
Bütün bu örneklerden ve gün içerisinde yapılan ölçümlerden aktif ve reaktif güç tüketimlerinin dakikalık bazda, hatta saniyeler içerisinde büyük farklılıklar gösterdiği anlaşılmakta, bu da ihtiyaç duyulan reaktif güç kompanzasyon sisteminin, bu hızlı değişime en kısa sürede cevap verebilecek şekilde dizayn edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Demiryolu sistemlerini karmaşık hale getiren sebeplerden biriside tüketimin doğal ve ekonomik şartlara bağlı olarak plansız bir şekilde değişebilmesi ve kişilere de bağlı olmasıdır. Treni kullandığımız bir otomobil olarak düşünecek

olursak gaz pedalına basarak tükettiğimiz benzini, makinistin kullandığı lokomotifte ihtiyaç duyula elektriğe benzetebiliriz. Trenlerdeki olası gecikmeler, aynı anda birden fazla trenin trafo bölgesine girmesi, sıcaklık değişimleri, rüzgâr gibi sebeplerle gün içerisinde büyük değişiklikler gösteren aktif ve reaktif güçler günlere bağlı olarak ta değişebilmekte sonuç olarak ta demiryolları elektrifikasyon sistemi oldukça karmaşık bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yapılan ölçümlere bağlı olarak Ek -1 den de görüleceği üzere gün içerisinde sistemde oluşan toplam harmonik bozulmaların % 100 ler seviyesine ulaşabildiği, özellikle 5. harmoniğin çok yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Bütün bu veriler ışığında Karagözler Trafo Merkezi için her biri 125 KVAR olmak üzere toplam 2250 KVAR lık 18 kademeli filtreli dinamik kompanzasyon uygulanması uygun görülmüştür.



Şekil 5.9. Kompanzasyon sistemi tek hat şeması

Buna göre 154 kV barasının kısa devre akımı ve eşdeğer empedansı:

$$I_K = \frac{S_K}{\sqrt{3}U_n} = \frac{5000 \cdot 10^6}{1,73 \cdot 154 \cdot 10^3} = 18,76 \text{ kA} \quad \text{Kısa Devre Akımı} \quad (5.1)$$

$$Z_S = \frac{U_n}{I_K} = \frac{154 \cdot 10^3}{18,76 \cdot 10^3} = 8,21 \Omega \quad \text{Şebeke empedansı 154 kV tarafı} \quad (5.2)$$

Şebeke empedansı (25 kV tarafı)

$$Z'_S = \left(\frac{25 \cdot 10^3}{154 \cdot 10^3} \right)^2 Z_S = 0,026 \cdot 8,21 = 0,23 \Omega \quad (5.3)$$

154 kV enerji nakil hattı empedansı:

$$Z_H = L \cdot Z_{Hava} = 3 \cdot 0,1194 = 0,36 \Omega \quad (5.4)$$

$$Z'_H = \left(\frac{25 \cdot 10^3}{154 \cdot 10^3} \right)^2 Z_H = 0,026 \cdot 0,36 = 0,01 \Omega \quad (5.5)$$

Ana trafoların nominal akımı ve eşdeğer empedansı

$$Z'_T = 5 \Omega \quad (25 \text{ kV tarafı})$$

Kompanzasyon sistemine ait 2500 kVA trafonun nominal akımı ve eşdeğer empedansı:

$$I_T = \frac{S_{Tn}}{U_n} = \frac{2,5 \cdot 10^6}{25 \cdot 10^3} = 100 \text{ A} \quad (5.6)$$

$$Z_T = \frac{\%U_K \cdot U_n}{100 \cdot I_T} = \frac{6 \cdot 25 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^2} = 15 \Omega \quad (25 \text{ kV tarafı}) \quad (5.7)$$

Sabit reaktörün eşdeğer empedansı:

$$Z_R = \omega L = 2\pi f x_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 5,3 \cdot 10^{-3} = 1,66 \Omega \quad (500 \text{ V tarafı}) \quad (5.8)$$

$$Z'_R = \left(\frac{25 \cdot 10^3}{500} \right)^2 \cdot Z_R = 2500 \cdot 1,66 = 4150 \Omega \quad (25 \text{ kV tarafı}) \quad (5.9)$$

Her kademedeki kondansatörün eşdeğer empedansı:

$$Z_C = \frac{1}{2\lambda f_x C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 1403 \cdot 10^{-6}} = 2,27 \Omega \quad (5.10)$$

Her kademedeki reaktörün eşdeğer empedansı:

$$Z_r = \omega L = 2\lambda f_x L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 11 \cdot 10^{-3} = 0,35 \Omega \quad (5.11)$$

Her kademenin (kondansatör ve reaktör) eşdeğer empedansı:

$$Z_{c+r} = Z_c - Z_r = 2,27 - 0,35 = 1,92 \Omega \quad (5.12)$$

18 kademenin eşdeğer empedansı:

$$Z_{esF} = \frac{Z_F}{18} = \frac{1,92}{18} = 0,11 \Omega \quad (500 \text{ V tarafı}) \quad (5.13)$$

$$Z'_F = \left(\frac{25 \cdot 10^3}{500} \right)^2 \cdot Z_{esF} = 2500 \cdot 0,11 = 275 \Omega \quad (25 \text{ kV tarafı}) \quad (5.14)$$

25 kV tarafında komple sistem eşdeğer empedansı:

$$Z_{top} = (2 \cdot Z'_S + 2 \cdot Z'_H + (Z_{T1} // Z_{T2})) // (Z_t + (Z'_F // Z'_R)) \quad (5.15)$$

$$= \left(2 \cdot 0,23 + 2 \cdot 0,01 + \frac{1}{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}} \right) // \left(15 + \frac{1}{\frac{1}{275} + \frac{1}{4150}} \right)$$

$$= 2,98 // 272,91 = \frac{1}{\frac{1}{2,98} + \frac{1}{272,91}} = 2,95 \Omega$$

Buna göre 25kV ta kısa devre gücü:

$$S_K = \frac{U_n^2}{Z_{tot}} = \frac{(25 \cdot 10^3)^2}{2,95} = 211,86 \text{MVA} \quad (5.16)$$

5.2.3. Kompanzasyon sisteminde kullanılan ana elemanların seçim hesapları

Akım trafosu

Kısa devre hesabında belirlenen

25 kV tarafında 18 kademeli kompanzasyon sistemi eşdeğer empedansı:

$$Z'_F = 275\Omega$$

25 kV tarafında sabit reaktörün eşdeğer empedansı:

$$Z'_R = 4150\Omega$$

25 kV tarafında 2500 kVA trafo eşdeğer empedansı:

$$Z_T = 15\Omega$$

25 kV' da nominal akım:

$$Z_{EQ} = (Z_t + Z'_F // Z'_R) = 15 + \frac{1}{\frac{1}{275} + \frac{1}{4150}} = 272,91\Omega \quad (5.17)$$

$$I_n = \frac{V_n}{Z_{EQ}} = \frac{25 \cdot 10^3}{272,91} = 91,60 \text{A} \quad (5.18)$$

Devredeki ani yük değişiklikleri de göz önüne alınarak ölçü ve koruma devreleri için 25 kV, 100/5-5 A akım trafosu uygun görülmüştür.

Gerilim trafosu

Orta gerilim barasındaki nominal gerilim 25 kV olduğundan ölçü ve koruma devreleri için 25/0,1 kV gerilim trafosu seçilmiştir.

Ayırıcı ve kesici

Kompanzasyon sisteminin kısa devre akımı

$$I_K = \frac{U_n}{Z_{tot}} = \frac{25000}{2,95} = 8,47kA \quad (5.19)$$

Ayırıcı ve kesicinin bulunduğu devredeki nominal akım:

$$I_n = 91,6A$$

Sistemin nominal gerilimi 25 kV olduğundan, nominal gerilimi 25 kV, nominal akımı 1250 A ve kısa devre akımı 20 kA olan tek fazlı motorlu kesici ve nominal gerilimi 25 kV, nominal akımı 630 A ve kısa devre akımı 16 kA olan tek fazlı motorlu ayırıcı seçilmiştir.

Trafo

500 V da çalışan kompanzasyon sistemini beslemek için 25/0,5 kV bir fazlı güç trafosu kullanılmıştır. Kompanzasyon sistemi 2250 kVAR olduğundan güç trafosu değeri 2500 kVA dır.

Parafudr

OG barasındaki nominal gerilim 25 kV olduğu ve ani yük değişiklikleri ve buna bağlı olarak gerilim değişimleri, ağır çalışma şartları özellikle lokomotiflerin panotograf kömürü ve katener hat arasındaki hareketlerden

doğan ani akım darbeleri göz önüne alınarak 36 kV ve 10 kA metal oksit parafudr seçilmiştir.

Kompanzasyon Grubu

Yapılan ölçümler sonucunda sistemin güç faktörünü 0,95'e yükseltebilmek için 2250 kVAR, 500 V seviyesinde kompanzasyon grupları kullanılması öngörülmüştür. Ani yük değişimlerinde reaktif güç ihtiyacını karşılarken, aşırı kompanzasyonu da önlemek amacıyla, kompanzasyon sistemi her biri 125 kVAR'lık 18 gruba ayrılmıştır.



Resim 5.1. Kompanzasyon grupları

Her kompanzasyon grubunda kondansatörler, tristör grubu ve filtre reaktörler yer almaktadır. Filtre reaktörler yardımıyla rezonans frekansı baskın olan 5. harmonikten uzaklaştırılarak, sistemin zarar görmesi engellenir.

Hedeflenen rezonans frekansı $f_0 = 135\text{Hz}$ olarak seçilmiştir.

Her grubun 125 kVAR değerinde reaktif güç üretebilmesi için eşdeğer empedansı:

$$X_{EQ} = \frac{V^2}{Q_C} = \frac{500^2}{125 \cdot 10^3} = 2\Omega \text{ olmalıdır.} \quad (5.20)$$

Eşdeğer empedans 2Ω olmak üzere, kondansatör ve reaktör empedansları aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$n = \frac{f_0}{f} = \frac{135}{50} = 2,7 \quad (5.21)$$

$$n = \sqrt{\frac{X_C}{X_L}} = 2,7 \quad (5.22)$$

$$\frac{X_C}{X_L} = (2,7)^2 \quad (5.23)$$

$$X_L = 0,1372 \cdot X_C \quad (5.24)$$

$$X_{EQ} = X_C - X_L = X_C - 0,1372X_C = 0,8628X_C \quad (5.25)$$

$$X_C = \frac{X_{EQ}}{0,8628} = \frac{2}{0,8628} = 2,32\Omega \quad (5.26)$$

$$X_L = 0,1372 \cdot X_C = 0,1372 \cdot 2,32 = 0,32\Omega$$

Kompanzasyon ünitesi akımları:

$$500 \text{ Voltta} \quad I_C = \frac{V_C}{X_C} = \frac{500}{2} = 250A \quad (5.27)$$

$$512 \text{ Voltta} \quad I_C = \frac{V_C}{X_C} = \frac{512}{2} = 256A$$

$$525 \text{ Voltta} \quad I_C = \frac{V_C}{X_C} = \frac{525}{2} = 262,5A$$

Dizayn kriterleri ve varsayımları

Gerilim:

Nominal: 25 kV (AG tarafında 500 V)

Maksimum: 26,25 kV (AG tarafında 525 V)

Minimum: 23,75 kV (AG tarafında 475 V)

Frekans: 50 Hz $\pm$ %3

Kondansatör imalat toleransı: %5

Reaktör imalat toleransı: %3

En kötü durumda

$$X_C = \frac{2,32}{1,05 \cdot 0,97} = 2,28 \Omega$$

$$X_L = 0,32 \cdot 1,03 \cdot 0,97 = 0,32 \Omega$$

$$X_{EQ} = X_C - X_L = 2,28 - 0,32 = 1,96 \Omega$$

Bara gerilimi 525 V(+%5) olduğunda kondansatör akımı:

$$I_{cf} = \frac{525}{2,28} = 230,63 A$$

Bu durumda kondansatör gerilimi:

$$V_{cf} = I_{cf} \cdot X_C = 230,63 \cdot 2,28 = 525,84 V$$

Ölçüm sonuçlarına göre harmonik akım ve gerilimlerin en yüksek olduğu değerler:

- 1. harmonik akım değeri: $I_1 \cong 300 A$
- 3. harmonik akım değeri: $I_3 \cong 78 A$
- 5. harmonik akım değeri: $I_5 \cong 34 A$
- 7. harmonik akım değeri: $I_7 \cong 18 A$

9. harmonik akım değeri: $I_9 \cong 12 \text{ A}$

$$n. \text{ harmonik akım değeri: } I_{Nn} = I_n \frac{X_{Fn}}{X_{Fn} + X_{Nn}} \quad (5.28)$$

Gerilim üzerindeki toplam harmonik bozulmanın $\leq \%1$ olabilmesi için:

$$\frac{I_{Nn}}{I_n} \leq 0,2 \quad 3. \text{ harmonik için}$$

$$\frac{I_{Nn}}{I_n} \leq 0,1 \quad 5. \text{ harmonik için}$$

$$\frac{I_{Nn}}{I_n} \leq 0,1 \quad 7. \text{ harmonik için}$$

$$\frac{I_{Nn}}{I_n} \leq 0,1 \quad 9. \text{ harmonik için}$$

$$V_{C1} = 505V$$

1. harmonik gerilim değeri

$$V_{C3} = \frac{X_C}{3} \cdot I_{C3} \cdot 1,1 = \frac{2,28}{3} \cdot 78 \cdot 1,1 = 65,21V$$

3.harmonik gerilim değeri

$$V_{C5} = \frac{X_C}{5} \cdot I_{C5} \cdot 1,1 = \frac{2,28}{5} \cdot 34 \cdot 1,1 = 17,05V$$

5.harmonik gerilim değeri

$$V_{C7} = \frac{X_C}{7} \cdot I_{C7} \cdot 1,1 = \frac{2,28}{7} \cdot 18 \cdot 1,1 = 6,44V$$

7.harmonik gerilim değeri

$$V_{C9} = \frac{X_C}{9} \cdot I_{C9} \cdot 1,1 = \frac{2,28}{9} \cdot 12 \cdot 1,1 = 3,34V$$

9.harmonik gerilim değeri

Buna göre bara gerilimi 500 V olduğunda kondansatör üzerindeki gerilim elde edilebilir.

$$\begin{aligned} V_C &= \sum V_{Cn} = V_{C1} + V_{C3} + V_{C5} + V_{C7} + V_{C9} = 505 + 65,21 + 17,05 + 6,44 + 3,34 \\ &= 697,04 \text{ V} \end{aligned} \quad (5.29)$$

Aynı yöntem ile bara gerilimi 525 V olduğunda kondansatör üzerindeki gerilim:

$$V_C = 617,04V$$

Bu değerden kondansatör gücünü hesapladığımızda

$$Q_C = \frac{(V_C)^2 (Baragerilimi 525V iken)}{X_C (Hesaplanan en kötü durumda)} = \frac{617,04^2}{2,28} = 167 \cong 170kVAR \quad (5.30)$$

Kondansatör üzerindeki gerilim 597,04 V (en kötü durumda 617,04 V) olduğuna göre 690 V kondansatör kullanılması uygun görülmüştür.

$$Q_C = \frac{(690)^2}{2,28} = 208 \cong 210kVAR (8a \det 30kVAR ve 1a \det 10kVAR)$$

Gerçekte bara gerilimi 500 V olduğundan bu kondansatörlerin gücü yaklaşık olarak 125 kVAR'a denk gelmektedir.

Sabit Reaktör

Yükün sıfıra yakın olduğu saatlerde, katener hattının kapasitif etkisi nedeniyle sistemde tam tersi bir kompanzasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Bu etkinin önlenmesi amacıyla kompanzasyon sistemine paralel, sürekli çalışan, 75 kVAR değerinde sabit reaktör grubu tesis edilmiştir.

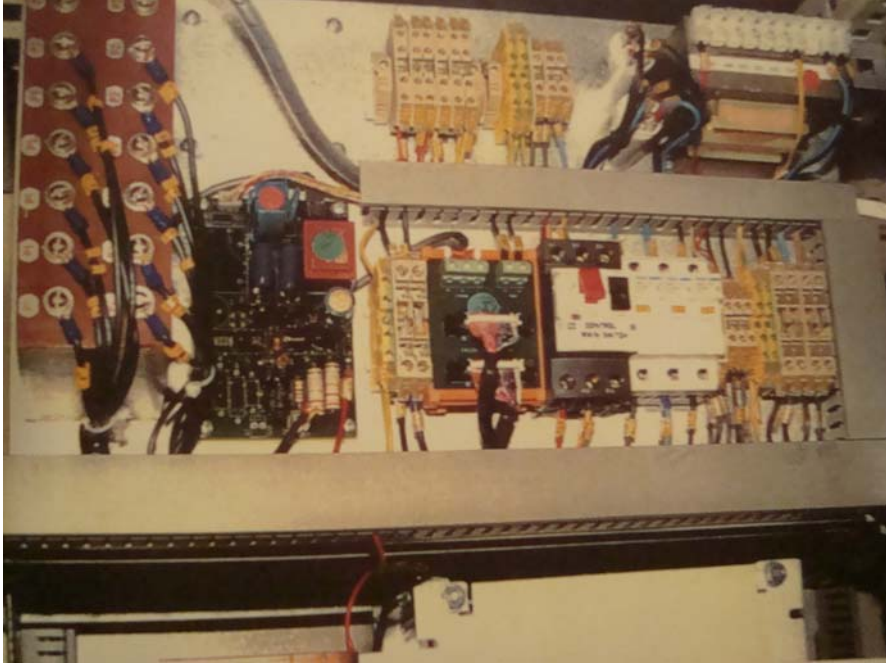
5.2.4. Filtreli dinamik kompanzasyon sistemi çalışma prensibi

Şekil 5.9.'da çalışma prensibi blok diyagramı görülen filtreli dinamik kompanzasyon sisteminde:

1. Akım ve gerilim trafolarından gelen bilgiler controller' da değerlendirilerek, ihtiyaç duyulan reaktif güç ihtiyacı belirlenir ve bu ihtiyaç doğrultusunda ilgili kompanzasyon gruplarını devreye almak ya da devreden çıkarmak

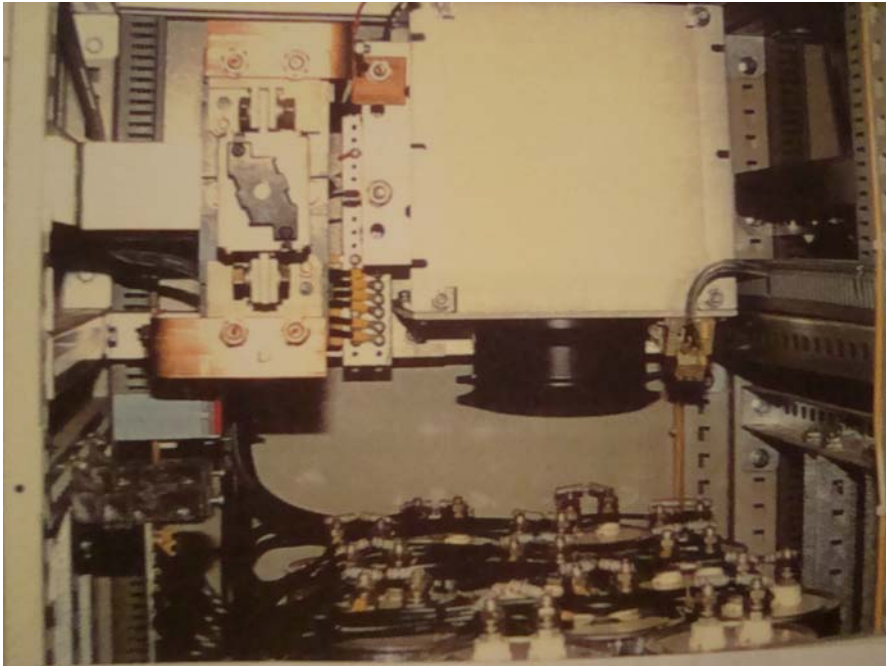
için tetikleme kartına sinyal gönderilir.

2. Tetikleme kartı controller' dan gelen bilgiye göre anahtarlama yapmak üzere tristör bloęuna sinyal gönderir.



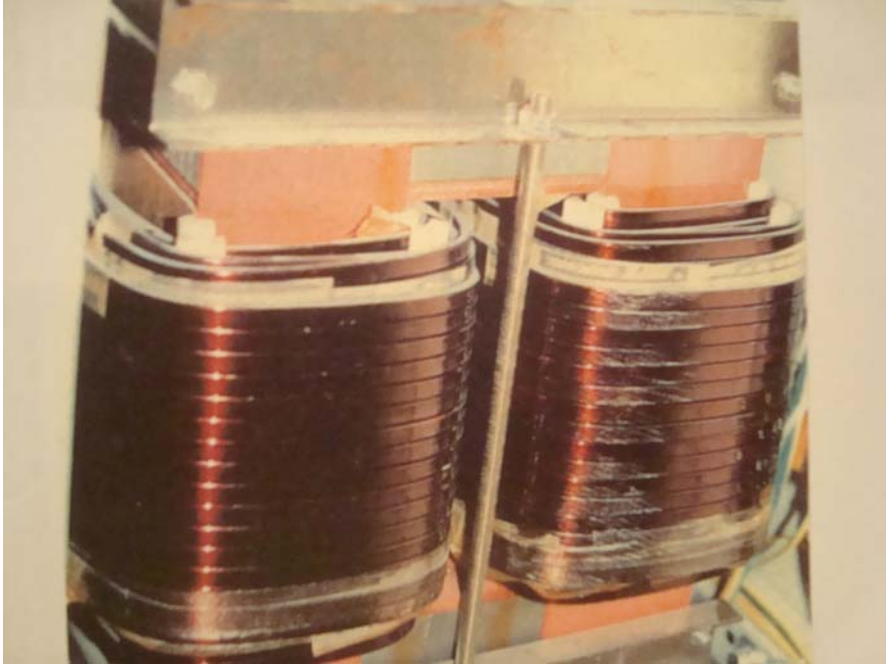
Resim 5.2. Tetikleme kartı

3. Tristör bloğuna gelen sinyalle tristrde anahtarlama yapılır.

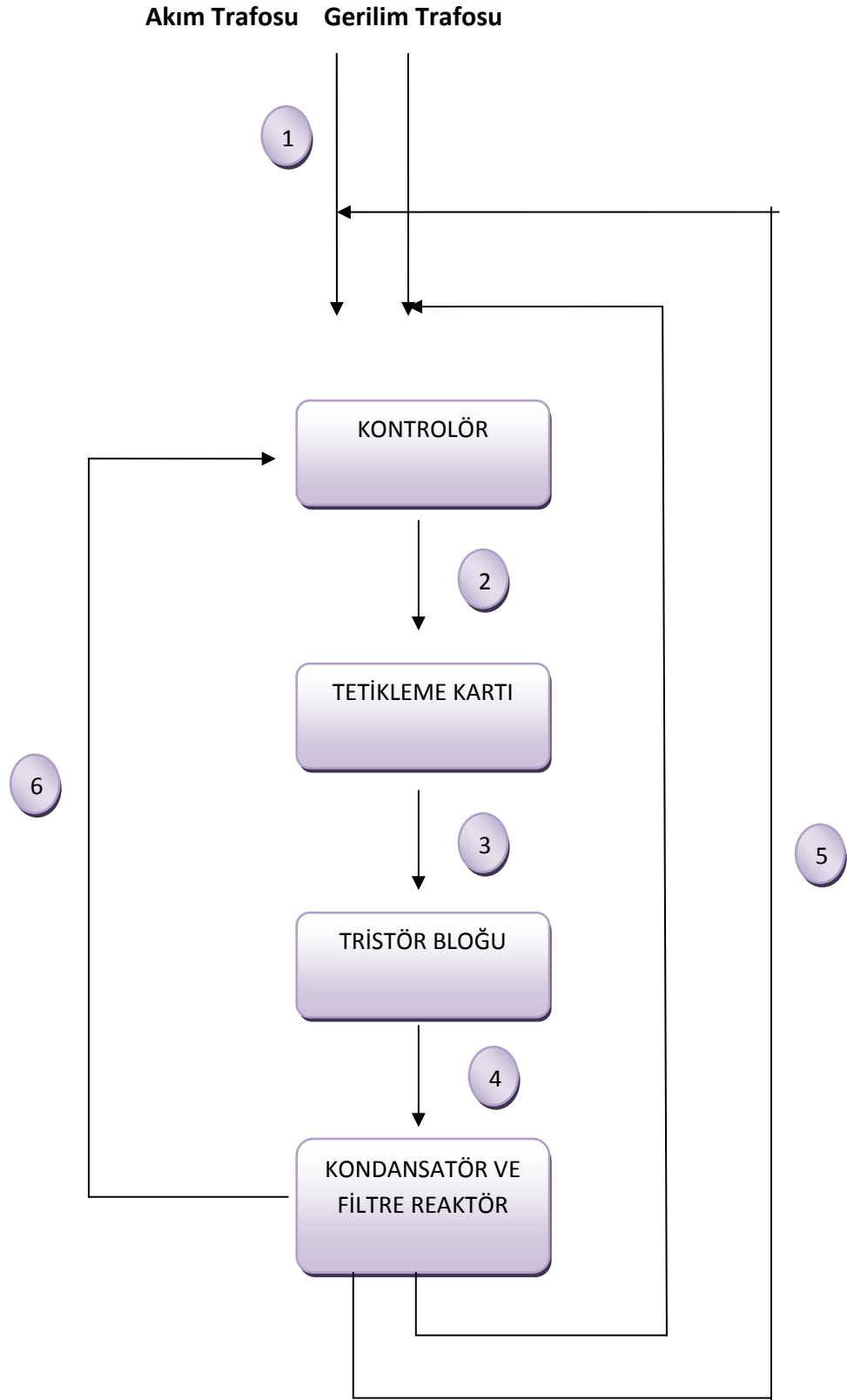


Resim 5.3. Tristör grubu

4. Kompanzasyon grubu devreye alınır ya da devreden çıkarılır.
5. Kompanzasyon sonrasındaki akım, gerilim ve güç faktöründeki değişimler değerlendirilerek ihtiyaç halinde diğer gruplar devreye alınır ya da ihtiyacın ortadan kalkması durumunda aynı sistematiikle gruplar devreden çıkarılır.
6. Filtre reaktörün aşırı ısınması sonucu sistemin zarar görmesini engellemek amacıyla, reaktör üzerine termostat yerleştirilmiştir. Sıcaklık 75 C^0 nin üzerine çıktığında controller' a sinyal gönderilerek sıcaklığı artan grup devre dışı bırakılır.



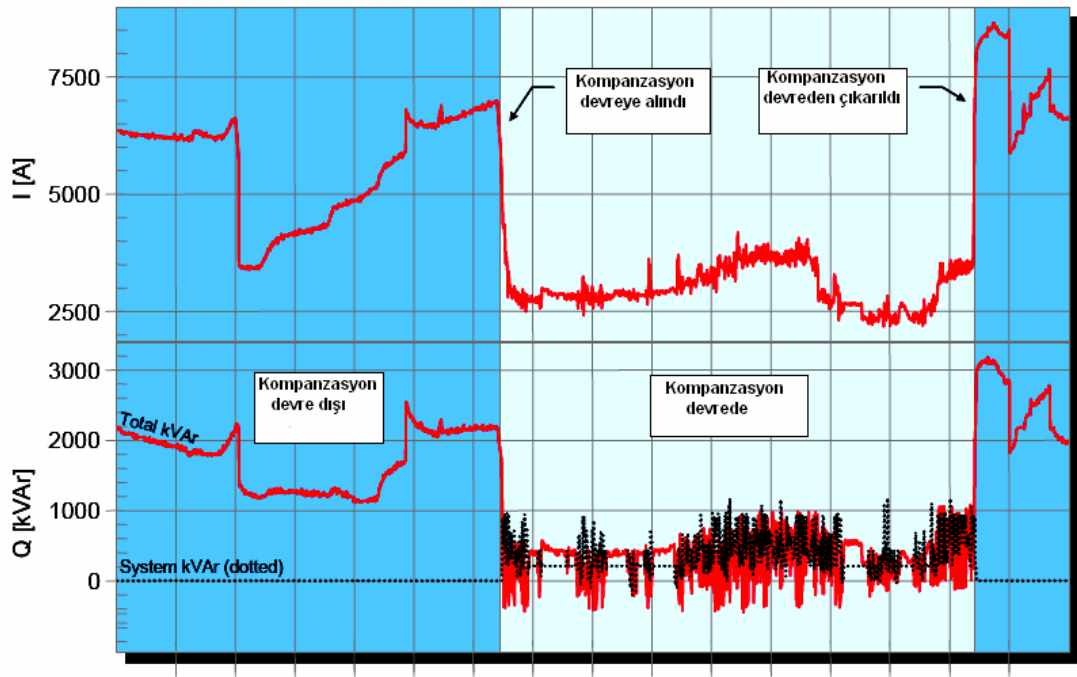
Resim 5.4. Filtre reaktör



Şekil 5.10. Filtreli Dinamik Kompanzasyon Sistemi Blok Diyagramı

5.2.5. Filtreli Dinamik Kompanzasyon Sistemi Sonuçları

TCDD Karagözler Trafo Merkezine tesis edilen 2250 kVAR lık filtreli dinamik kompanzasyon sonucunda Şekil 5.10. dan görüleceği üzere 40 saniyelik çalışma süresi boyunca şebekeden çekilen akım ve reaktif enerji yaklaşık %50 oranında azalmış akım ve gerilim eğrileri daha dengeli hale gelmiştir.



Şekil 5.11. Filtreli dinamik kompanzasyon öncesi ve sonrası akım ve reaktif enerji değişimi.

Ek-3 ve Ek-4 de yer alan grafiklerde kompanzasyon sistemi çalışırken gün boyunca yapılan ölçümler yer almaktadır. Bu ölçümler sonucunda ortalama olarak sistemden çekilen reaktif enerjinin yarı yarıya azaldığı, kompanzasyon öncesine 0,4 ile 0,8 arasında değişen güç faktörünün, kompanzasyon sonucunda 0,95 ile 1 arasında değiştiği gözlemlenebilmektedir.

Sonuç olarak filtreli dinamik kompanzasyon sistemi ile

- Şebekeden çekilen reaktif güç miktarı azalmıştır.

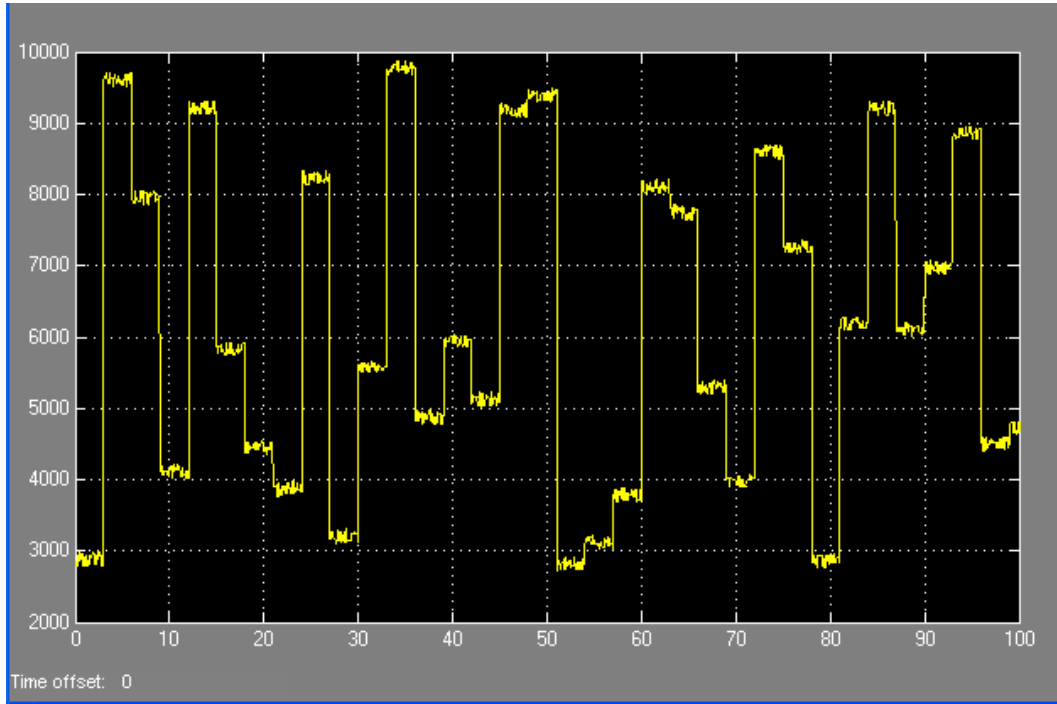
- Reaktif güce bağlı olarak çekilen akım azalmış, dolayısıyla da gerilim düşümü azalmıştır.
- Demiryolları gibi yükün çok hızlı değiştiği bir sistemde, reaktif güç kompanzasyonu başarıyla sağlamış, güç faktörü istenilen seviyeye getirilerek sistemin cezaya girmesi engellenmiştir.
- Anahtarlama elemanlarında açma kapama sayısı sınırlı sayıda olmadığından, kompanzasyon sisteminin uzun süre sağlıklı çalışması öngörülmektedir.
- Anahtarlama tranziyentlerinden dolayı meydana gelebilecek zararlı etkiler ortadan kaldırılmıştır.
- Rezonans frekansı, baskın olan 5. harmoniğin öncesine alınarak sistemin rezonansa girmesi engellenmiş ve harmoniklerin zararlı etkileri azaltılmıştır.
- Harici reaktör uygulaması ile yüksüz durumlarda katener hattının oluşturacağı kapasitif etki kompanze edilerek, şebekeye kapasitif reaktif enerji verilmesi engellenmiştir.

5.3. Filtreli Dinamik Kompanzasyonun Bilgisayar Programında Modellenmesi

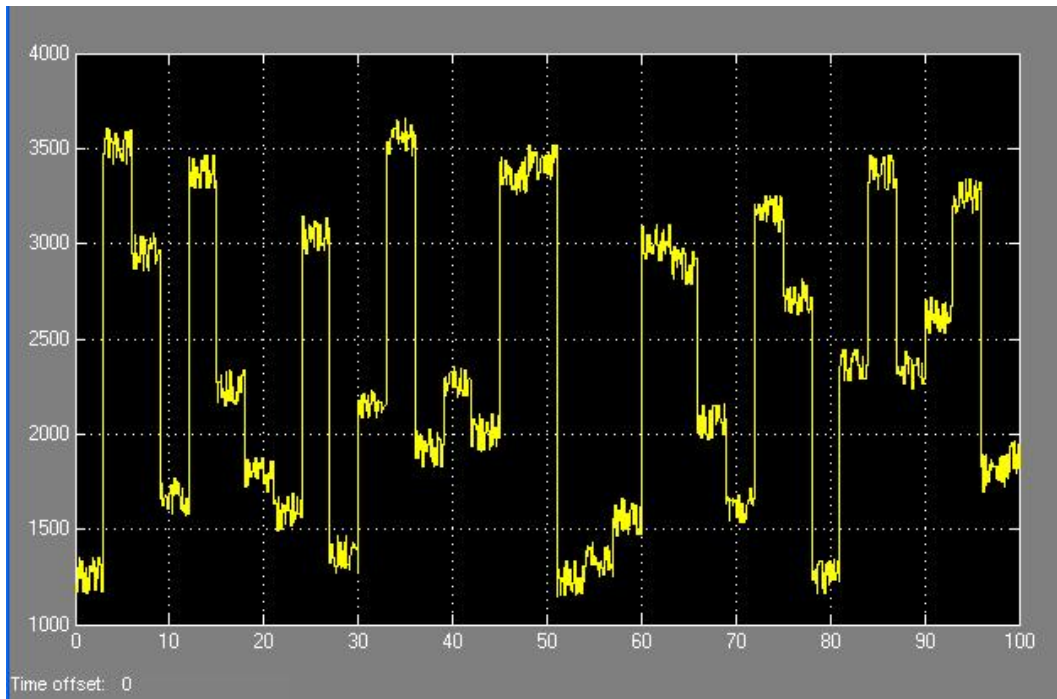
Filtreli dinamik kompanzasyon uygulamalarını bilgisayar programında modelleyebilmek için hızlı değişen yüklere sahip, demiryolları sistemi ele alınmıştır. Elektrikli bir trenin hareketi sırasında, şebekeden çekilen aktif ve reaktif güç miktarı ile güç faktörü, trenin hızlanmasına, yavaşlamasına, arazi ve hava şartlarına bağlı olarak sürekli değişmekte, saniyeler içinde bile bu değişiklik çok büyük miktarlarda gerçekleşebilmektedir. Birden fazla trenin aynı anda, aynı trafo bölgesinde olduğu düşünülecek olursa, bu değişiklikler daha da büyük değerlere ulaşabilmektedir.

MATLAB Simulink' de kompanzasyon tesisi modeli oluşturularak, demiryolları üzerindeki etkisi üç aşamalı olarak ele alınmıştır. Model, rastgele olarak

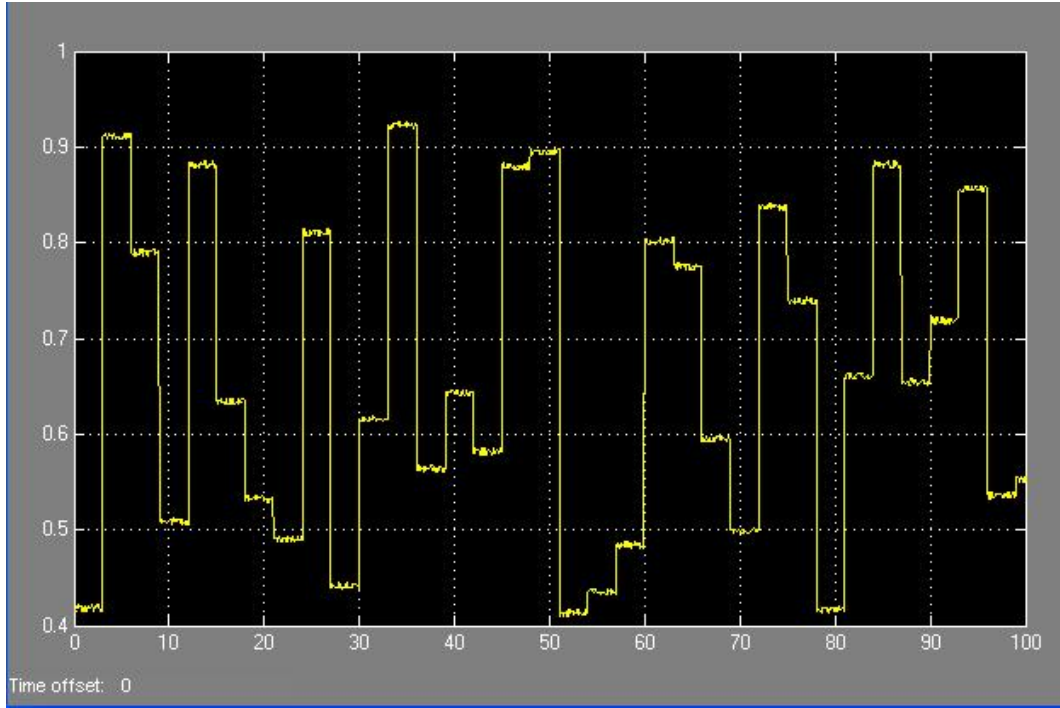
zamana bağılı değişimleri grafiklerde gösterilmiştir. Kompanzasyon öncesinde çekilen akım 3000 A ile 10000 A arasında, reaktif güç 1250 kVAR ile 3500 kVAR arasında, güç faktörü ise 0,4 ile 0,9 arasında değişmektedir.



Şekil 5.13. Kompanzasyon öncesi çekilen akım



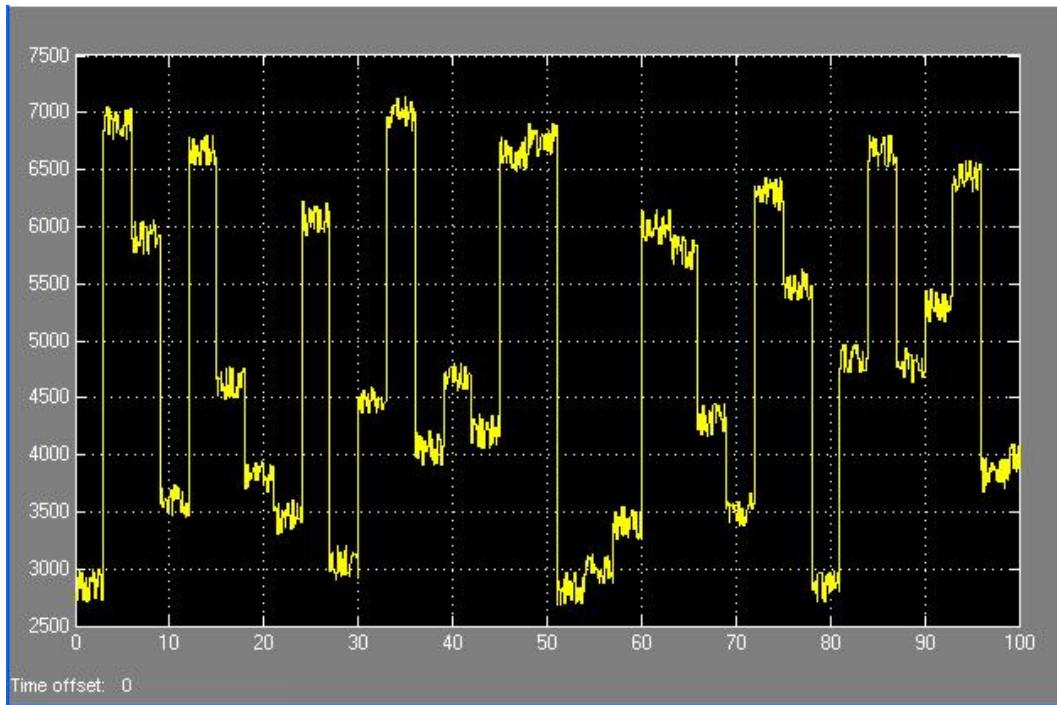
Şekil 5.14. Kompanzasyon öncesi çekilen reaktif güç



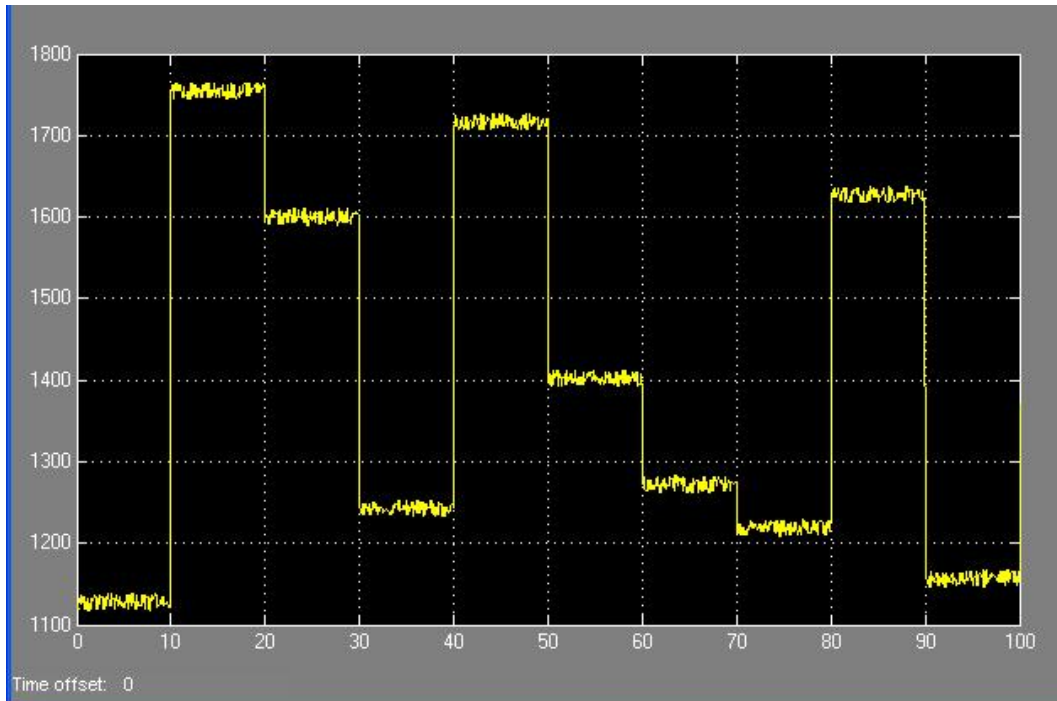
Şekil 5.15. Kompanzasyon öncesi güç faktörü

5.3.2. Statik Kompanzasyon

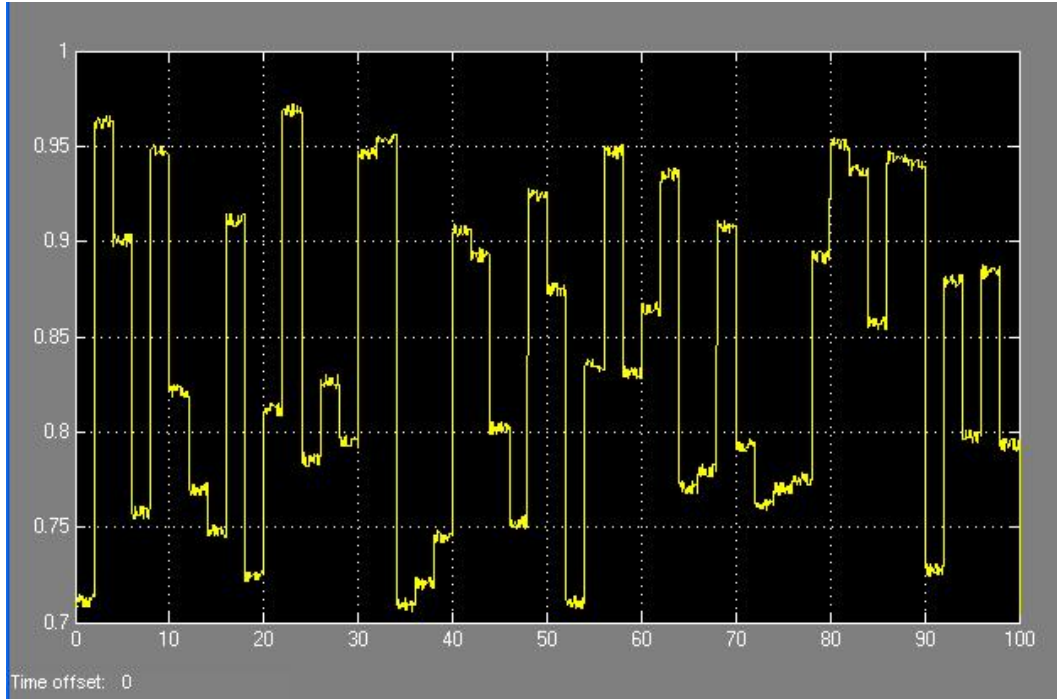
Dizayn edilen kompanzasyon sisteminde, statik kompanzasyon şartlarını sağlayabilmek için anahtarlama elemanları 5 saniyelik gecikme ile açma kapama yapmış, bunun sonucunda da aşağıda yer alan grafikler ortaya çıkmıştır. Statik kompanzasyon ile çekilen akımın en yüksek değeri 7000 A' reaktif gücün en yüksek değeri ise 1750 kVAR' a çekilmiş fakat güç faktöründe istenilen sonuç alınamamıştır. Güç faktörü, ortalama 0,85 seviyesine çıkarılabilmektedir.



Şekil 5.16. Statik kompanzasyon sonrası çekilen akım



Şekil 5.17. Statik kompanzasyon sonrası çekilen reaktif güç

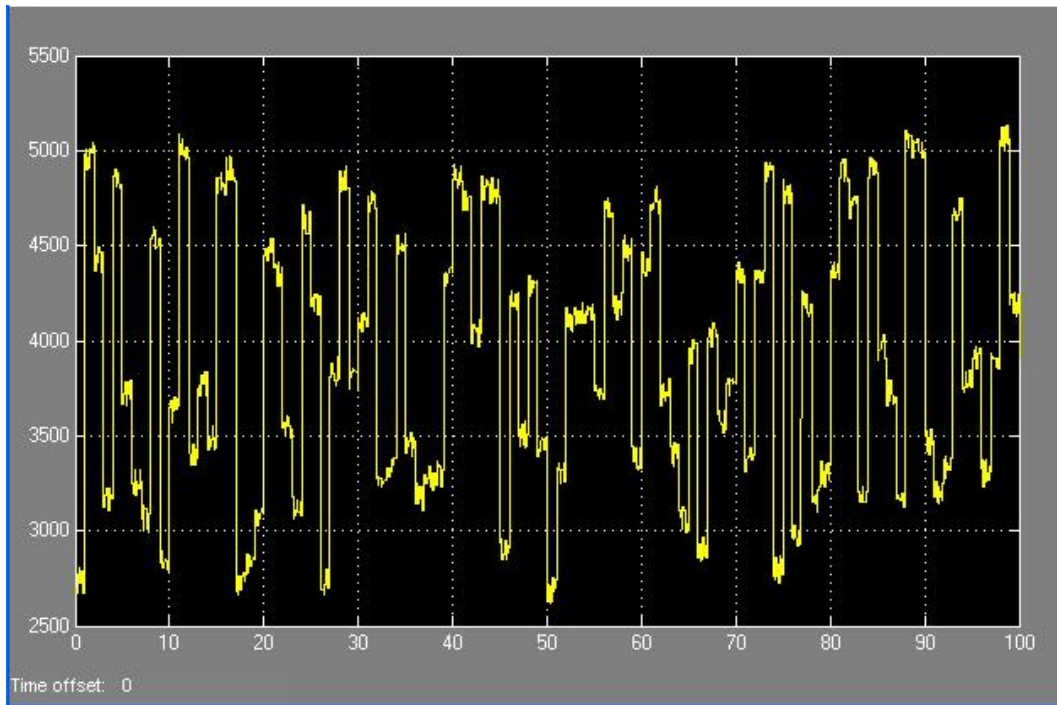


Şekil 5.18. Statik kompanzasyon sonrası güç faktörü

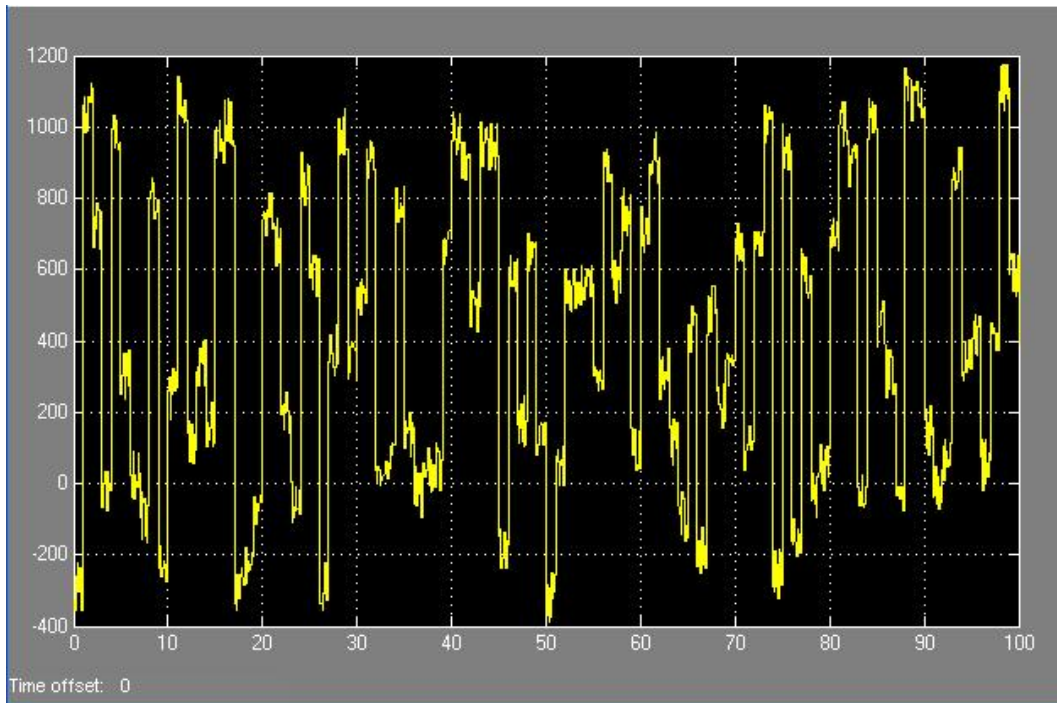
Reaktif güç kompanzasyon tesisinin çalışmasındaki gecikmeler nedeniyle reaktif güç ihtiyacı tam olarak karşılanamamış, güç faktörü istenilen sınırlar içerisinde tutulamamıştır.

5.3.3. Dinamik kompanzasyon

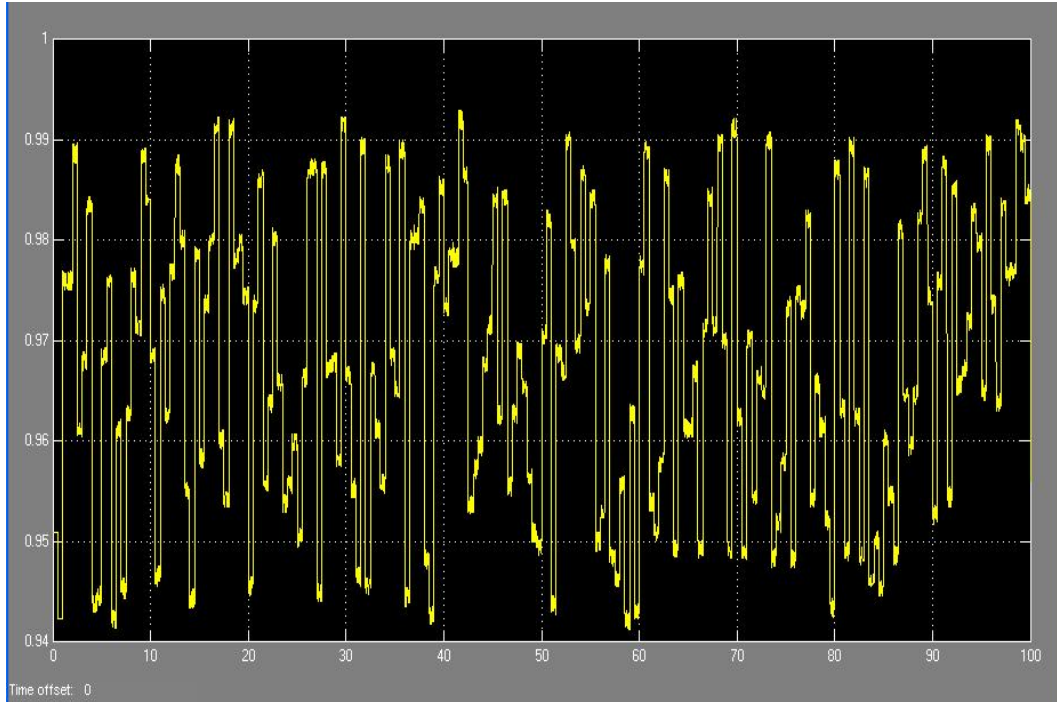
Dinamik kompanzasyon sisteminin temelini oluşturan hızlı anahtarlama şartı sağlanarak, aynı sistem üzerinde, aynı kompanzasyon sistemi uygulanmış, sistemin hızlı devreye girip çıkması ile kompanzasyon sonrasında istenilen değerler elde edilmiştir. Bu durumda şebekeden çekilen en yüksek akım 5000 A' seviyesine çekilirken, reaktif güçte 1100 kVAR seviyesine inmiştir. Bu durumda güç faktörü ise ortalama 0,97' ye çıkarılmıştır.



Şekil 5.19. Dinamik kompanzasyon sonrası çekilen akım



Şekil 5.20. Dinamik kompanzasyon sonrası çekilen reaktif güç



Şekil 5.21. Dinamik kompanzasyon sonrası güç faktörü

Yukarıda yer alan grafiklerden de görüleceği üzere, demiryolları gibi çok değişken yüklere sahip sistemlerde reaktif güç ihtiyacının istenilen düzeyde kompanse edilebilmesi ancak dinamik kompanzasyon ile mümkündür. Dinamik kompanzasyonun gereği olarak, reaktif güç ihtiyacının gerçek zamanlı olarak ölçülüp, yorumlanması ve elektronik anahtarlama elemanları ile kompanzasyon sistemlerinin devreye alınıp çıkarılması, reaktif güç ihtiyacının en kısa sürede karşılanması ile kompanzasyon sistemlerinin verimli olarak kullanılmasını sağlar.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektrik üretim, iletim ve dağıtım maliyetleri ve zorlukları düşünüldüğünde mevcut elektriğin en verimli şekilde kullanılması esasına dayanan reaktif güç kompanzasyon tesisleri plan, kurulum ve işletim aşamalarında çok titiz bir çalışma gerektirmektedir. Özellikle 2008 yılında belirlenen yeni sınırlar nedeniyle uygulanacak kompanzasyon yöntemi ve malzeme seçimi büyük önem kazanmıştır. Önceleri basit bir sistem uygulanarak çözülebilen reaktif güç problemi, günümüzde yük değişimine bağlı olarak yetersiz kalmakta bu da her seferinde yapılan yatırımın boşa gitmesi anlamına gelerek büyük maddi kayıplara yol açmaktadır.

Gerek rüzgâr santralleri gerekse demiryolları örneklerinden görüleceği üzere çok değişken yüklere sahip tesislerde öngörülen sınırlar içerisinde kompanzasyon sağlanabilmesi için filtreli dinamik kompanzasyon tek çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Önceleri yalnızca bu tür tesislerde kullanılan dinamik kompanzasyon, kompanzasyonun istenilen düzeyde yapılamadığı her türlü tesiste alternatif çözüm yolu olarak gündeme gelmektedir. Tatil köyleri, hastaneler ve büyük devlet daireleri gibi değişken yüklere sahip tesislerde dinamik kompanzasyon uygulamalarına ihtiyaç vardır.

Kurulum maliyeti statik kompanzasyona oranla daha pahalı olmasına rağmen, bakım hizmetleri ve ödenmesi muhtemel reaktif cezalar düşünüldüğünde uzun vadeli olarak ekonomik anlamda daha uygun bir çözüm yoludur. Örnek olarak demiryolları sistemi ele alındığında 2250 kVAR lık filtreli dinamik kompanzasyonun kurulum maliyeti yaklaşık olarak 300,000 \$, statik kompanzasyon kurulum maliyeti ise yaklaşık olarak 100,000 \$ dır. Bununla birlikte aylık olarak ödenmesi muhtemel reaktif ceza ise 250,000 YTL. civarındadır. Bu değerler karşılaştırıldığında iki sistem arasındaki farkın yaklaşık bir aylık reaktif cezaya denk geldiği görülmekte, bu sebeple de filtreli dinamik kompanzasyon optimum bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bununla birlikte filtreli dinamik kompanzasyon ile reaktif güç ihtiyacı çok hızlı bir şekilde karşılandığından, statik kompanzasyona göre daha düşük değerlerde bir kompanzasyon tesisinin kurulması mümkündür. Örnek olarak bir tesis için 3000 kVAR lık statik kompanzasyon yetersiz kalırken, aynı tesis için 2500 kVAR lık dinamik kompanzasyon yeterli olabilmektedir. Buda tesisin kurulacağı yer açısından kullanıcıya avantaj sağlamaktadır.

Bunların yanı sıra filtreli dinamik kompanzasyon ile harmoniklerin zararlı etkilerinin azaltıldığı, anahtarlama sonucunda sistemde oluşabilecek etkilerin ortadan kaldırıldığı, gerilim düşümünün azaltılarak sistemin daha sağlıklı çalışmasının sağlandığı da unutulmamalıdır.

Kurulacak sisteme ilişkin öneriler

Reaktif güç kompanzasyon tesisi kurulacak bir işletmede aşağıdaki adımlar izlenmelidir.

1. Ölçüm

İşletmede reaktif güç ihtiyacının belirlenmesi amacıyla 24 saatlik ölçümler yapılmalı, yükün değişimi, akım, gerilim ve güç faktörü değerleri belirlenerek harmonik değerleri ölçülmelidir.

2. Analiz

Yapılan ölçümler doğrultusunda reaktif güç değişimi, dolayısıyla güç faktörü, saatlik ve dakikalık bazlar da ayrıntılı olarak analiz edilerek, ortalama değerler alınmalı, bu değerler işletmedeki yaz ve kış yükü ile puant saatlerindeki değerlerle karşılaştırılarak yükteki ani değişimler belirlenmelidir. Ayrıca harmonik analizi ile baskın olan harmonik değerleri belirlenmeli, toplam harmonik bozulmalar hesaplanmalıdır.

3. Sistem Seçimi

Yapılan analizler ışığında öncelikle kullanılacak kompanzasyon sistemine karar verilmeli, seçilecek sistemin yük değişimlerine cevap verebilmesi, maliyeti, sistemin sürekliliği ve işletmenin çalışma koşulları dikkate alınarak optimum çözüm yolu belirlenmelidir.

4. Malzeme Seçimi

Filtreli dinamik kompanzasyon sisteminin uygulanmasına karar verilmesi durumunda ihtiyaç varsa sabit ve otomatik kompanzasyon grup değerleri belirlenerek, kullanılacak malzeme değerleri hesaplanmalıdır. Belirlenen baskın harmonik değeri dikkate alınarak, sistemde meydana gelecek rasyonans frekansı belirlenmeli, bu frekansın baskın olan harmonik değerinin öncesine alınabilmesi için filtre hesabı yapılmalıdır. Ayrıca yapılan ölçümler neticesinde belirlenen yüksüz çalışma koşullarında ihtiyaç duyulabilecek sabit reaktör hesabı yapılarak, şebekeye kapasitif reaktif enerji iletilmesi engellenmelidir.

5. İşletme ve Bakım

Kompanzasyon tesisinin sağlıklı çalışabilmesi için belli aralıklarda sistem mutlaka kontrol edilmeli, malzemelerin periyodik bakımları yapılarak özellikle mevsimsel çalışma koşullarına göre gerekli tedbir ve önlemler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Bollen, M. H. J., "Understanding Power Quality", **Power Engineering Review**, 21(9): 1-2 (2001).
2. Internet: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu "Elektrik Piyasası Müşteri Hizmetleri Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik", <http://www.epdk.gov.tr/mevzuat/yonetmelik/elektrik/musteri/musteridegisiklik9.html> (2006).
3. Güler, Ö., "Reaktif Güç Kompanzasyonu ve Sakıncaları", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 31-38 (1995).
4. Jewell, W., "Electrical Power Ssytems Quality", **Power and Energy Magazine**, 1(5): 63-64 (2003).
5. Shi, C., Chen, Y., Liu, Z., "Study of Reactive Power in AC/DC Power System", **2nd IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications**, Harbin, 207-211 (2007).
6. Eliş, G., "Design of Reactive Power Compensator and Its Filter Reactor", Yüksek Lisans Tezi, **Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-9 (1997).
7. Kannan, S., Jayaram, S., Salama, M. M. A., "Real and Reactive Power Coordination for a Unified Power Flow Controller", **IEEE Transactions on Power Systems**, 19: 1454-1461 (2004).
8. Martzloff, F. D., Gruz, T. M., "Power Quality Site Survey: Facts, Fiction and Fallacies", **IEEE Transactions on IA**, 24: 1005-1018 (1988).
9. Baughman, M. L., Siddigi, S. N., "Real-time Pricing of Reactive Power: Theory and Case Study Results", **IEEE Transactions on Power Systems**, 6(1): 23-29 (1991).
10. Kong, P. H., Liu, J. Y., Pan, L. L., Huang, Y., "Reactive Power Market Based on Consolidated Compensation", **IEEE International Conference on Electric Utility Deregulation, Restructuring and Power Technologies**, 2: 540-545, (2004).
11. Hao, S., Papalexopoulos, A., "Reactive Power Pricing and Management", **IEEE Transactions on Power Systems**, 12: 95-104 (1997).
12. Tsukamoto, M., Ogawa, S., Natsuda, Y., Minowa, Y., Nishimura, S., "Advanced Technology to Identify Harmonics Characteristics and Results

- of Measuring”, **9th International Conference on Harmonics and Quality of Power**, Orlando, FL, USA, 341-346 (2000).
- 13.Özbulur, V., “Güç Sistem Harmoniklerinin Bilgisayarlı Simülasyonu ve Ölçümü”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 12-15 (1991).
 - 14.Mansoor, A., Grady, W. M., “Analysis of Compensation factors Influencing the Net Harmonic Current Produced by Single-Phase Non-Linear Loads”, **8th International Conference on Harmonics and Quality of Power**, Athens, Greece, 883-889 (1998).
 - 15.Liang, X., Luy, Y., “Harmonic Analysis for Induction Motors”, **IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering**, Ottawa, 172-177 (2006).
 - 16.Oliveria, A., Miskulin, M. S., “Practical Approaches for AC System Harmonic Impedance Measurements”, **IEEE Transactions on Power Delivery**, 6(4): 194-199 (1991).
 - 17.Teng, J. H., Luor, T. S., Hsieh, W. K., Chen, C. H., “Design Harmonic Filtler for Industrial Distribution System on WWW”, **9th International Conference on Harmonics and Quality of Power**, Orlando, FL, USA, 142-147 (2000).
 - 18.Gothelf, N., Lewald, A., “Harmonic Filters for Industrial Applications”, **16th International Conference and Exhibition on Electricitiy Distribution**, Amsterdam, 6-12 (2001).
 - 19.Peterson, M., Singh, B. N., Rastgoufard, P., “Active and Passive Filtering for Harmonic Compensation”, **40th Southeastern Symposium on System Theory**, New Orleans, 188-192 (2008).
 - 20.Fujita, H., Akagi, H., “A Practical Approach to Harmonic Compensation of Passive and Active Filters”, **IEEE Transactions on Industry Applications**, 27(6): 1020-1025 (1991).
 - 21.Gonzalez, D. A., McCall J. C., “Design of Filters to Reduce Harmonic Distorsion in Industrial Power System”, **IEEE Transactions on IA**, 23: 504-511 (1987).
 - 22.Beighley, R. E., Gougler, C. A., Johnson, J. R., “Application of Active Harmonic Filters for Power Quality Improvement”, **Power Engineering Society Summer Meeting**, Canada, 1175-1180 (1999).

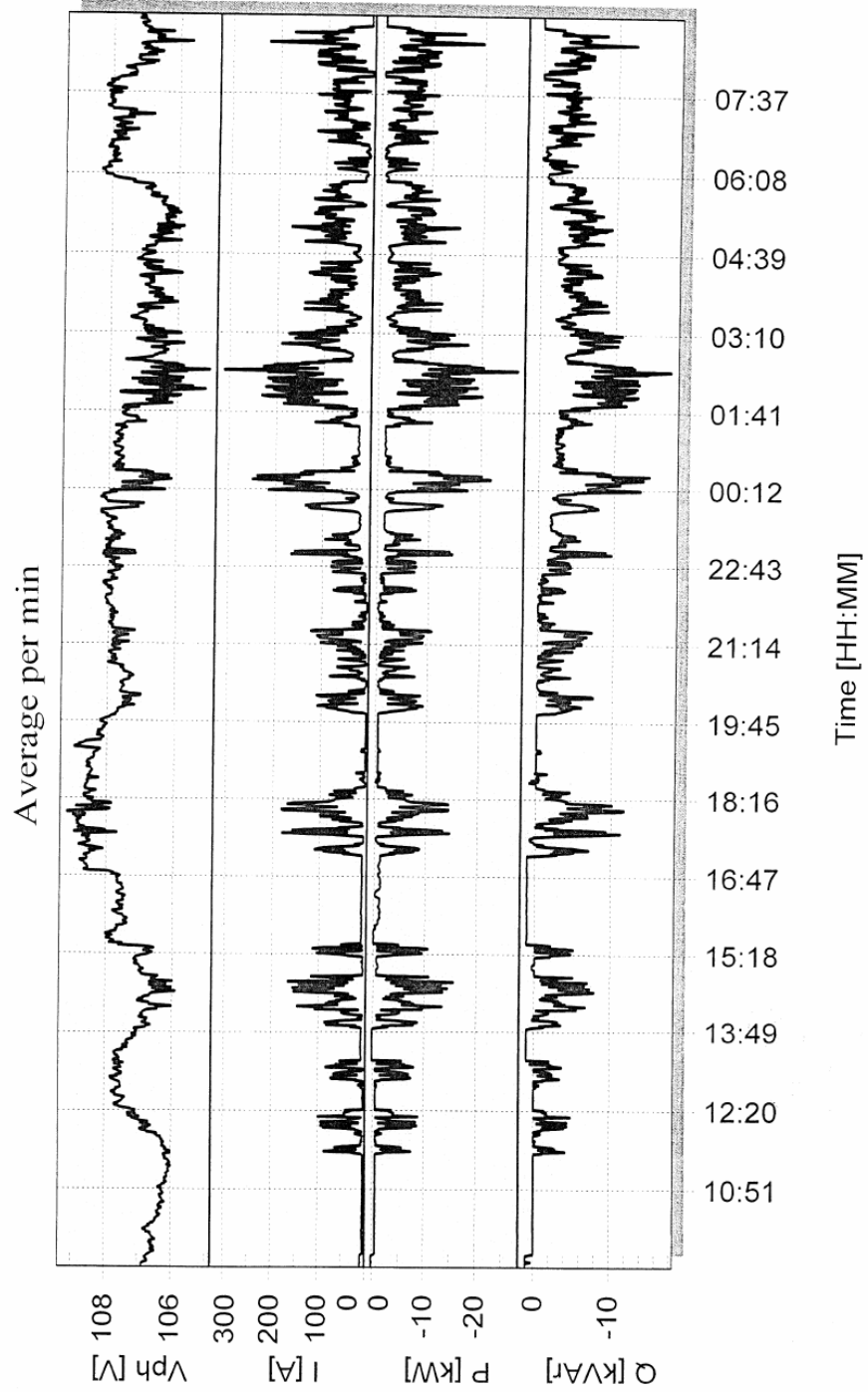
23. Sharaf, A. M., Guo, C., "Distribution and Utilization System Voltage Stabilization and Power Quality Enhancement Using Intelligent Smart Filters", **UPEC Conference**, London, 49-52 (1995).
24. Johnson, J. R., "Parallel Active Harmonic Filters: The Electronic Solution for Harmonics and Power Factor Correction", **Textile, Fiber and Film Industry Technical Conference**, Atlanta, USA, 91-96 (1999).
25. Baggini A., Bua F., Buratti F., Ascolari A., "PFC Units Sizing in Steel Factory Harmonics Environment", **9th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation**, Barcelona, 6-11 (2007).
26. Mueller R., "Dynamic Progress", **Epcos Components Magazine**, 36-41 (2003).
27. Sharaf, A. M., Kreidi, P., "Dynamic Compensation Using Switched/Modulated Power Filters", **IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering**, Canada, 230-235 (2002).
28. Alcaide, V., Goldstrass, P., "Compensation of Fast Changing Loads", **9th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation**, Barcelona, 1-4 (2007).
29. Dobrucky, B., Pokorny, M., Roch, M., Havrila, R., "Techniques of Active Loads Current or/and Power Computing for Dynamic Compensation of Three Phase Symmetrical System", **7th International Conference on Power Electronics and Variable Speed Drives**, London, 51-56 (1998).
30. Godart, T. F., Inece, A. F., McIver, J. C., Chebli, E. A., "Feasibility of Thyristor Controlled Series Capacitor for Distribution Substation Enhancements", **IEEE Transactions on Power Delivery**, 10(1): 203-209 (1995).
31. Genesan, S., "Selection of Current Transformers and Wire Sizing in Substations", **59th Annual Conference for Protective Relay Engineers**, Allentown, PA, USA, 1-10 (2006).
32. Leao, J. C., Affonso, C. M., Freitas, W., "Impact of Dynamic Reactive Power Compensation on Induction Generator Islanding Detection", **Power Engineering Society General Meeting**, Brazil, 810-813 (2004).
33. Lalor, G., Mullane, A., O'Malley, M., "Frequency Control and Wind Turbine Technologies", **IEEE Transactions on Power Systems**, 23(3): 1905-1913 (2005).

34. Salman, S. K., Teo, A. L. J., "Improvement of Fault Clearing Time of Wind Farm Using Reactive Power Compensation", **Power Tech Proceedings**, Porto, 242-245 (2001).
35. Zobaa, A., F., Jovanovic, M., "A Comprehensive Overview on Reactive Power Compensation Technologies for Wind Power Applications", **Power Electronics and Motion Control Conference**, Portoroz, 1848-1852 (2006).
36. Snider, L. A., Lo, E., Lai, T. M., "Stochastic Power Quality Study of Distribution Supply to Metro Transit Railway", **Power Engineering Society Summer Meeting**, Canada 283-288 (2001).
37. Skarpetowski, G., Zajac, W., Czuchra W., "Analytical Calculation of Supply Current Harmonics Generated by Train Unit", **Power Electronics and Motion Control Conference**, Portoroz, 1378-1384 (2006).

EKLER

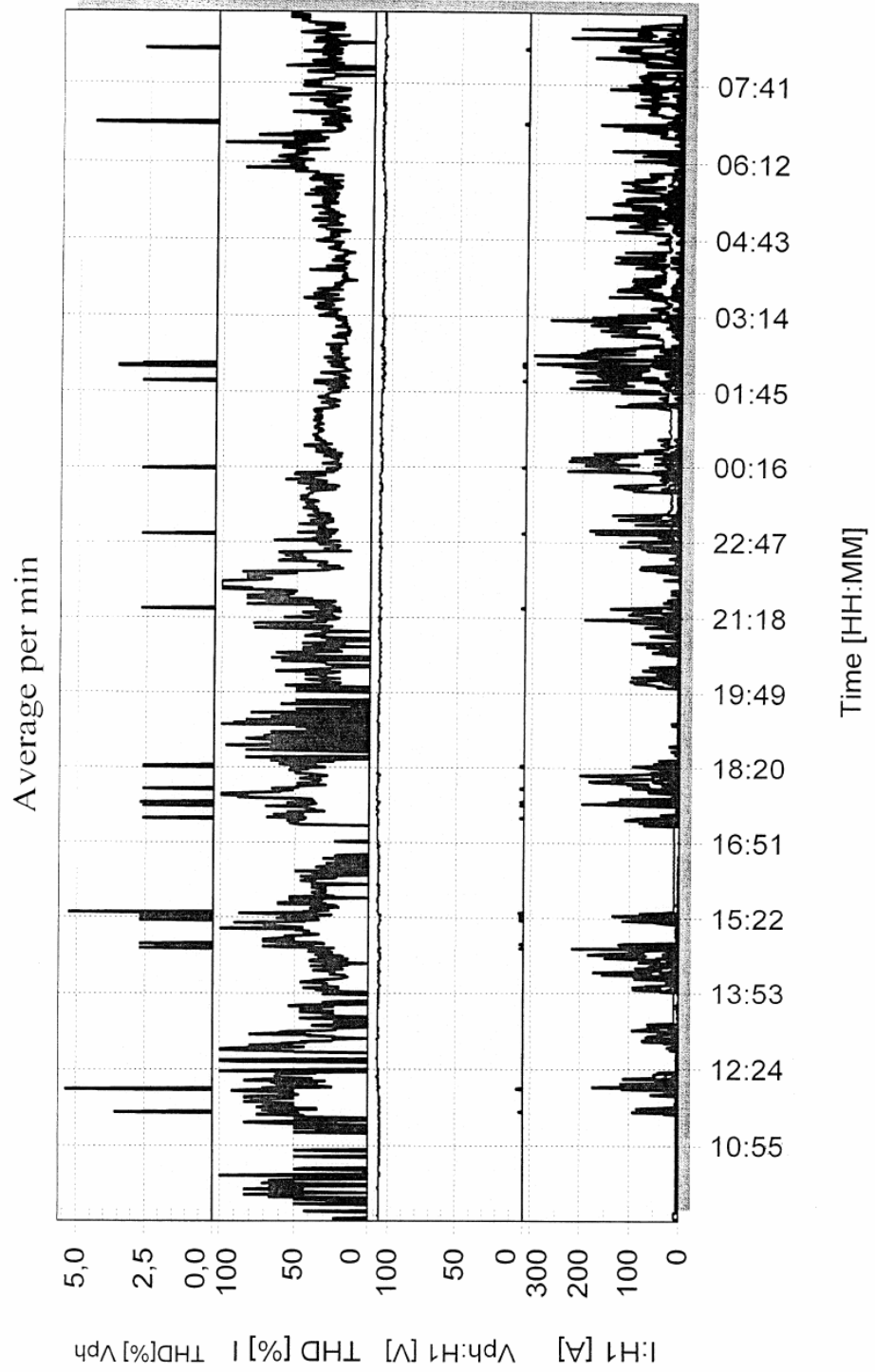
EK-1 TCDD Karagözler Trafo Merkezi filtreli dinamik kompanzasyon öncesi akım, gerilim, aktif ve reaktif gücün dakikalık ortalama değerleri.

TCDD-KARAGOZLER



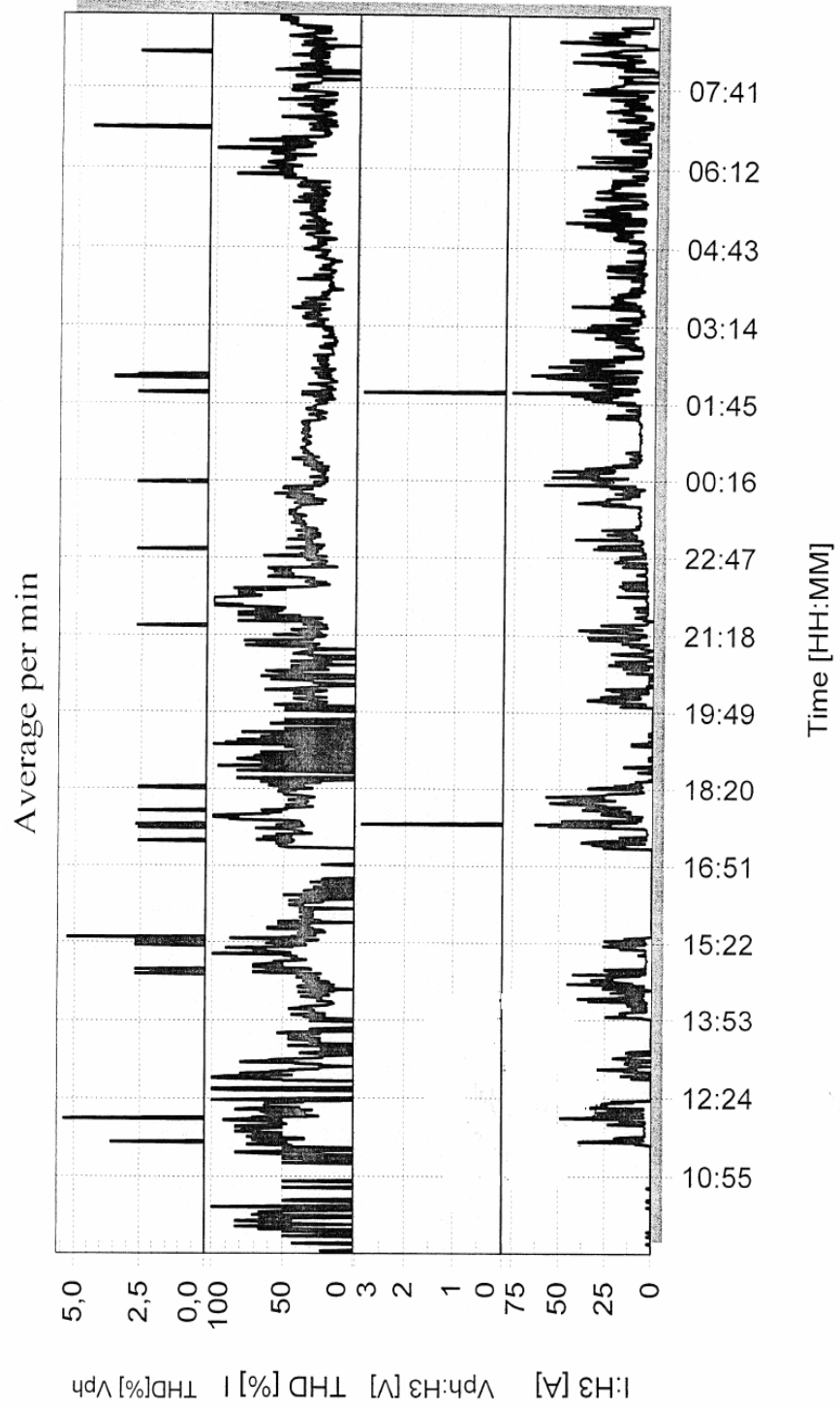
EK-1 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi filtreli dinamik kompanzasyon öncesi akım, gerilim, aktif ve reaktif gücün dakikalık ortalama değerleri.

TCDD-KARAGOZLER



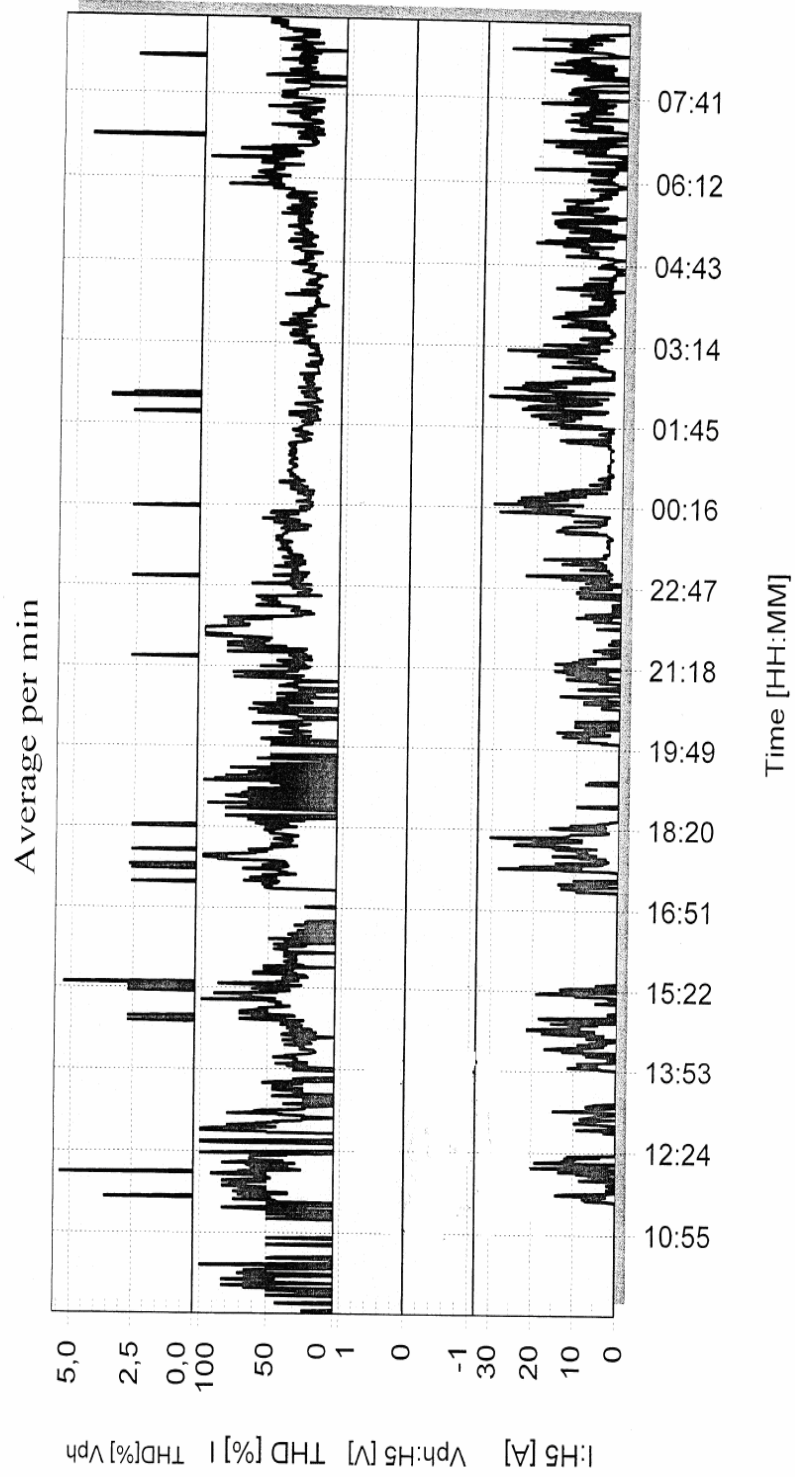
EK-1 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi filtreli dinamik kompanzasyon öncesi akım, gerilim, aktif ve reaktif gücün dakikalık ortalama değerleri.

TCDD-KARAGOZLER



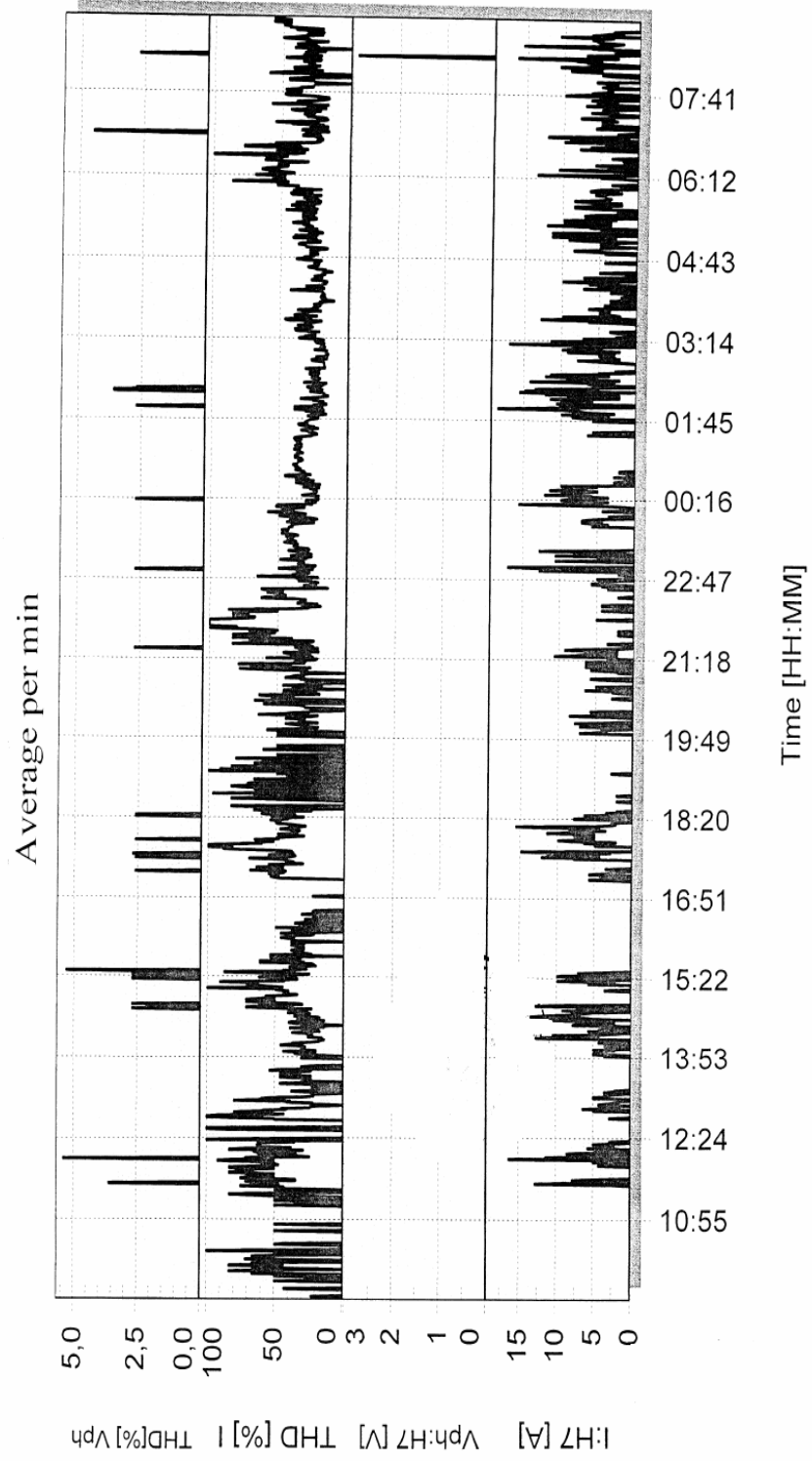
EK-1 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi filtreli dinamik kompanzasyon öncesi akım, gerilim, aktif ve reaktif gücün dakikalık ortalama değerleri.

TCDD-KARAGOZLER



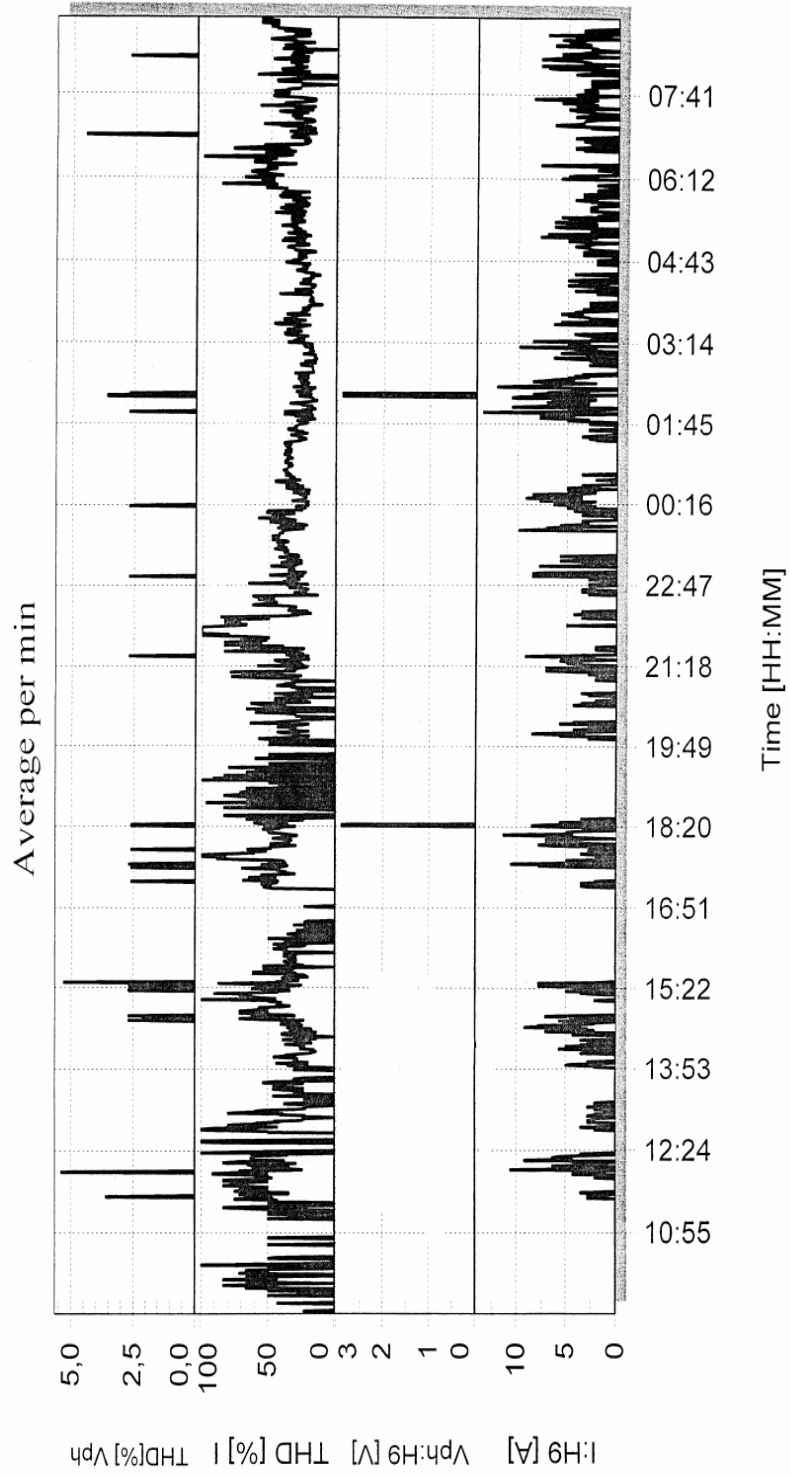
EK-1 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi filtreli dinamik kompanzasyon öncesi akım, gerilim, aktif ve reaktif gücün dakikalık ortalama değerleri.

TCDD-KARAGÖZLER



EK-1 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi filtreli dinamik kompanzasyon öncesi akım, gerilim, aktif ve reaktif gücün dakikalık ortalama değerleri.

TCDD-KARAGOZLER



EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVAr)	Reaktif/Aktif Güç Oranı Tan ϕ 1	Cos ϕ 1	İstenen Güç Faktörü Cos ϕ 2	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam Aktif Enerji kWh	ReAktif enerji kVAh			
13:00	377	138	0,36	0,94	0,95	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,9394	2	138
13:01	1920	679	0,35	0,94	0,95	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	11	0,9427	11
13:02	1722	633	0,37	0,94	0,95	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	11	0,9386	11
13:03	1499	572	0,38	0,93	0,95	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	10	0,9343	10
13:04	1040	446	0,43	0,92	0,95	104	125	0	0	0	0	0	0	0	125	17	7	0,9556	5
13:08	787	536	0,68	0,83	0,95	278	125	125	0	0	0	0	0	0	250	13	9	0,9397	5
13:09	2186	1012	0,46	0,91	0,95	293	125	125	0	0	0	0	0	0	250	36	17	0,9443	13
13:10	1977	729	0,37	0,94	0,95	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	12	0,9383	12
13:11	1647	649	0,39	0,93	0,95	108	125	0	0	0	0	0	0	0	125	27	11	0,9529	9
13:12	1722	605	0,35	0,94	0,95	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	10	0,9434	10
13:14	1372	525	0,38	0,93	0,95	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	9	0,9339	9
13:15	1227	536	0,44	0,92	0,95	133	125	0	0	0	0	0	0	0	125	20	9	0,9481	7
13:16	1540	588	0,36	0,94	0,95	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	9	0,9401	9
13:55	825	377	0,46	0,91	0,95	106	125	0	0	0	0	0	0	0	125	14	6	0,9565	4
13:56	484	190	0,39	0,93	0,95	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3	0,9310	3
13:57	2175	974	0,45	0,91	0,95	259	125	125	0	0	0	0	0	0	250	36	16	0,9489	12
13:58	2065	789	0,38	0,93	0,95	110	125	0	0	0	0	0	0	0	125	34	13	0,9520	11
13:59	1488	671	0,45	0,91	0,95	182	125	0	0	0	0	0	0	0	125	25	11	0,9388	9
14:00	2373	877	0,37	0,94	0,95	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	15	0,9380	15
14:01	1749	833	0,48	0,90	0,95	258	125	125	0	0	0	0	0	0	250	29	14	0,9486	10
14:02	1306	608	0,47	0,91	0,95	178	125	0	0	0	0	0	0	0	125	22	10	0,9380	8
14:06	396	198	0,50	0,89	0,95	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	3	0,8944	3
14:09	930	314	0,34	0,95	0,95	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5	0,9476	5
14:10	1312	473	0,36	0,94	0,95	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	8	0,9407	8
14:11	1416	539	0,38	0,93	0,95	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	9	0,9346	9
14:12	965	314	0,32	0,95	0,95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5	0,9511	5
14:13	1447	545	0,38	0,94	0,95	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	9	0,9359	9
14:15	2651	1548	0,58	0,86	0,95	677	125	125	125	125	125	0	0	0	625	44	26	0,9444	15
14:16	2613	1466	0,56	0,87	0,95	607	125	125	125	125	125	0	0	0	625	44	24	0,9519	14
14:17	2431	1304	0,54	0,88	0,95	504	125	125	125	125	125	0	0	0	500	41	22	0,9495	13
14:18	3699	1865	0,50	0,89	0,95	649	125	125	125	125	125	0	0	0	625	62	31	0,9482	21
14:19	2555	1301	0,51	0,89	0,95	461	125	125	125	125	125	0	0	0	375	43	22	0,9402	15
14:20	1521	729	0,48	0,90	0,95	229	125	125	125	125	125	0	0	0	250	25	12	0,9539	8
14:21	2186	1136	0,52	0,89	0,95	417	125	125	125	125	125	0	0	0	375	36	19	0,9445	13
14:22	1942	839	0,43	0,92	0,95	201	125	0	0	0	0	0	0	0	125	32	14	0,9386	12
14:23	2010	996	0,50	0,90	0,95	335	125	125	125	125	125	0	0	0	250	34	17	0,9376	12
14:24	1370	690	0,50	0,89	0,95	240	125	125	125	125	125	0	0	0	250	23	12	0,9520	7
14:25	1535	902	0,59	0,86	0,95	398	125	125	125	125	125	0	0	0	375	26	15	0,9458	9
14:26	1051	443	0,42	0,92	0,95	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	7	0,9215	7
14:27	536	209	0,39	0,93	0,95	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3	0,9317	3
14:28	974	429	0,44	0,92	0,95	109	125	0	0	0	0	0	0	0	125	16	7	0,9545	5
14:29	657	289	0,44	0,92	0,95	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	5	0,9155	5
14:30	1656	842	0,51	0,89	0,95	297	125	125	125	125	125	0	0	0	250	28	14	0,9417	10
14:31	1449	814	0,56	0,87	0,95	338	125	125	125	125	125	0	0	0	250	24	14	0,9319	9
14:32	924	410	0,44	0,91	0,95	106	125	0	0	0	0	0	0	0	125	15	7	0,9557	5
14:33	1304	853	0,65	0,84	0,95	424	125	125	125	125	125	0	0	0	375	22	14	0,9390	8

EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVAr)	Reaktif/Aktif Güç Oranı Tan ϕ	Cos ϕ	İstenen Güç Faktörü Cos ϕ	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam	Aktif Enerji kWh	ReAktif enerji kVAh	Görüntü				
14:34	2.478	1.595	0.64	0.84	0.95	781	125	125	125	125	125	125	0	0	750	41	27	0.9465	14	845	0	
14:35	3.729	2.167	0.58	0.86	0.95	941	125	125	125	125	125	125	0	0	875	62	36	0.9449	22	1.292	0	
14:36	2.731	1.326	0.49	0.90	0.95	428	125	125	125	0	0	0	0	0	375	46	22	0.9444	16	951	0	
14:37	2.937	1.438	0.49	0.90	0.95	473	125	125	125	0	0	0	0	0	375	49	24	0.9403	18	1.063	0	
14:38	1.628	872	0.54	0.88	0.95	337	125	125	0	0	0	0	0	0	250	27	15	0.9342	10	622	0	
14:39	3.977	2.019	0.51	0.89	0.95	711	125	125	125	125	125	0	0	0	625	66	34	0.9437	23	1.394	0	
14:40	2.222	1.100	0.50	0.90	0.95	370	125	125	125	0	0	0	0	0	375	37	18	0.9507	12	725	0	
14:41	2.734	1.246	0.46	0.91	0.95	347	125	125	0	0	0	0	0	0	250	46	21	0.9396	17	996	0	
14:42	1.196	534	0.45	0.91	0.95	140	125	0	0	0	0	0	0	0	125	20	9	0.9463	7	409	0	
14:43	3.647	1.829	0.50	0.89	0.95	630	125	125	125	125	125	0	0	0	625	61	30	0.9496	20	1.204	0	
14:44	2.307	1.117	0.48	0.90	0.95	358	125	125	125	0	0	0	0	0	375	38	19	0.9520	12	742	0	
14:45	946	278	0.29	0.96	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5	0.9595	5	278	0	
14:46	4.279	1.933	0.45	0.91	0.95	527	125	125	125	125	0	0	0	0	500	71	32	0.9482	24	1.433	0	
14:47	1.917	806	0.42	0.92	0.95	176	125	0	0	0	0	0	0	0	125	32	13	0.9423	11	681	0	
14:48	1.922	781	0.41	0.93	0.95	149	125	0	0	0	0	0	0	0	125	32	13	0.9464	11	656	0	
14:49	668	226	0.34	0.95	0.95	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	4	0.9475	4	226	0	
14:50	844	360	0.43	0.92	0.95	83	0	0	0	0	0	0	0	0	14	6	0.9198	6	360	0		
14:51	1.279	553	0.43	0.92	0.95	132	125	0	0	0	0	0	0	0	125	21	9	0.9483	7	428	0	
14:52	2.962	1.403	0.47	0.90	0.95	429	125	125	125	0	0	0	0	0	375	49	23	0.9448	17	1.028	0	
14:53	677	256	0.38	0.94	0.95	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	4	0.9354	4	256	0	
15:15	201	61	0.30	0.96	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0.9575	1	61	0	
15:16	704	580	0.82	0.77	0.95	349	125	125	0	0	0	0	0	0	250	12	10	0.9053	6	330	0	
15:17	1.114	536	0.48	0.90	0.95	170	125	0	0	0	0	0	0	0	125	19	9	0.9381	7	411	0	
15:18	1.757	704	0.40	0.93	0.95	126	125	0	0	0	0	0	0	0	125	29	12	0.9438	10	579	0	
15:19	2.604	1.320	0.51	0.89	0.95	464	125	125	125	0	0	0	0	0	375	43	22	0.9400	16	945	0	
15:20	2.412	1.196	0.50	0.90	0.95	404	125	125	125	0	0	0	0	0	375	40	20	0.9466	14	821	0	
15:24	2.896	1.411	0.49	0.90	0.95	459	125	125	125	0	0	0	0	0	375	48	24	0.9416	17	1.036	0	
15:25	2.417	1.084	0.45	0.91	0.95	289	125	125	0	0	0	0	0	0	250	40	18	0.9454	14	834	0	
15:28	1.339	591	0.44	0.91	0.95	151	125	0	0	0	0	0	0	0	125	22	10	0.9444	8	466	0	
15:29	1.048	308	0.29	0.96	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	5	0.9594	5	308	0	
17:12	633	374	0.59	0.86	0.95	166	125	0	0	0	0	0	0	0	125	11	6	0.9305	4	249	0	
17:13	1.108	789	0.71	0.81	0.95	425	125	125	125	0	0	0	0	0	375	18	13	0.9367	7	414	0	
17:14	809	553	0.68	0.83	0.95	287	125	125	0	0	0	0	0	0	250	13	9	0.9365	5	303	0	
17:15	1.645	1.205	0.73	0.81	0.95	664	125	125	125	125	125	0	0	0	625	27	20	0.9432	10	580	0	
17:16	2.123	1.403	0.66	0.83	0.95	705	125	125	125	125	125	0	0	0	625	35	23	0.9390	13	778	0	
17:17	1.045	660	0.63	0.85	0.95	317	125	125	0	0	0	0	0	0	250	17	11	0.9309	7	410	0	
17:18	2.368	1.947	0.82	0.77	0.95	1.169	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	39	32	0.9285	16	947	0	
17:19	2.395	1.667	0.70	0.82	0.95	879	125	125	125	125	125	125	125	125	0	875	40	38	0.9499	13	792	0
17:20	2.184	1.381	0.63	0.85	0.95	663	125	125	125	125	125	0	0	0	625	36	23	0.9450	13	756	0	
17:21	1.361	831	0.61	0.85	0.95	383	125	125	125	0	0	0	0	0	375	23	14	0.9483	8	456	0	
17:22	657	327	0.50	0.90	0.95	111	125	0	0	0	0	0	0	0	125	11	5	0.9558	3	202	0	
17:24	534	314	0.59	0.86	0.95	138	125	0	0	0	0	0	0	0	125	9	5	0.9429	3	189	0	
17:34	1.163	600	0.52	0.89	0.95	217	125	0	0	0	0	0	0	0	125	19	10	0.9259	8	475	0	
17:35	1.513	1.315	0.87	0.75	0.95	1.469	125	125	125	125	125	125	125	125	0	750	25	22	0.9369	9	585	0
17:36	2.811	2.393	0.85	0.76	0.95	1.469	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	47	40	0.8960	23	1.393	0	
17:37	4.021	3.077	0.77	0.79	0.95	1.756	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	67	51	0.8884	35	2.077	0	

EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVar)	Reaktif/Aktif Güç Oranı Tan ϕ 1	Cos ϕ 1	İstenen Güç Faktörü Cos ϕ 2	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam	Aktif Enerji kWh	ReAktif enerji kVAh	Reaktif Enerji kVAh	Reaktif Enerji kVAh
17:38	855	663	0,77	0,79	0,95	382	125	125	125	125	0	0	0	0	375	14	11	0,9478	5
17:39	3.427	2.577	0,75	0,80	0,95	1.451	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	57	43	0,9084	26
17:40	3.649	2.563	0,70	0,82	0,95	1.364	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	61	43	0,9192	26
17:41	2.470	1.763	0,71	0,81	0,95	951	125	125	125	125	125	125	125	125	875	41	29	0,9410	15
17:42	949	349	0,37	0,94	0,95	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	6	0,9384	6
17:43	1.372	842	0,61	0,85	0,95	300	125	125	125	125	0	0	0	0	375	23	14	0,9468	8
17:44	536	347	0,65	0,84	0,95	170	125	0	0	0	0	0	0	0	125	9	6	0,9243	4
17:46	264	278	1,05	0,69	0,95	191	125	0	0	0	0	0	0	0	125	4	5	0,8656	3
17:47	300	226	0,75	0,80	0,95	127	125	0	0	0	0	0	0	0	125	5	4	0,9481	2
17:49	278	157	0,56	0,87	0,95	65	0	0	0	0	0	0	0	0	125	5	4	0,9481	2
17:50	729	707	0,97	0,72	0,95	467	125	125	125	125	0	0	0	0	500	16	14	0,9477	5
17:51	1.155	1.048	0,91	0,74	0,95	668	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	33	32	0,9091	15
17:52	809	652	0,81	0,78	0,95	386	125	125	125	125	0	0	0	0	500	22	17	0,9284	9
17:53	1.507	1.331	0,88	0,75	0,95	836	125	125	125	125	0	0	0	0	500	35	32	0,9202	15
17:54	646	487	0,75	0,80	0,95	274	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	66	53	0,8738	37
17:55	941	817	0,87	0,76	0,95	508	125	125	125	125	0	0	0	0	625	39	32	0,9270	16
17:56	1.983	1.909	0,96	0,72	0,95	1.257	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	33	32	0,9091	15
17:57	1.320	1.029	0,78	0,79	0,95	595	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	35	32	0,9202	15
17:58	2.104	1.895	0,90	0,74	0,95	1.203	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	36	32	0,9473	12
17:59	2.164	1.232	0,57	0,87	0,95	521	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	50	39	0,9155	22
18:00	2.357	1.455	0,62	0,85	0,95	680	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	39	32	0,9270	16
18:01	927	888	0,96	0,72	0,95	584	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	39	32	0,9270	16
18:02	2.365	1.970	0,81	0,78	0,95	1.142	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	39	32	0,9320	15
18:03	3.911	3.132	0,80	0,78	0,95	1.847	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	65	52	0,8780	36
18:04	3.968	3.207	0,81	0,78	0,95	1.903	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	66	53	0,8738	37
18:05	3.020	2.327	0,77	0,79	0,95	1.334	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	50	39	0,9155	22
18:06	2.340	1.947	0,83	0,77	0,95	1.178	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	39	32	0,9270	16
18:07	1.320	1.150	0,87	0,75	0,95	716	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	22	19	0,9293	9
18:08	2.753	2.382	0,87	0,76	0,95	1.477	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	46	40	0,8938	23
18:09	2.555	1.964	0,77	0,79	0,95	1.124	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	43	33	0,9357	16
18:10	3.957	2.772	0,70	0,82	0,95	1.471	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	66	46	0,9127	30
18:11	3.695	2.384	0,65	0,84	0,95	1.173	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	61	40	0,9361	23
18:12	2.731	1.350	0,49	0,90	0,95	453	125	125	125	125	0	0	0	0	375	46	23	0,9417	16
18:13	1.914	1.086	0,57	0,87	0,95	457	125	125	125	125	0	0	0	0	375	32	18	0,9374	12
18:14	1.777	1.169	0,66	0,84	0,95	585	125	125	125	125	0	0	0	0	500	30	19	0,9359	11
18:15	1.628	1.084	0,67	0,83	0,95	548	125	125	125	125	0	0	0	0	500	27	18	0,9414	10
18:16	1.653	930	0,56	0,87	0,95	386	125	125	125	125	0	0	0	0	375	28	15	0,9481	9
18:17	1.251	704	0,56	0,87	0,95	203	125	125	125	125	0	0	0	0	250	21	12	0,9400	8
18:18	729	371	0,51	0,89	0,95	132	125	0	0	0	0	0	0	0	125	12	6	0,9474	4
18:19	723	657	0,91	0,74	0,95	420	125	125	125	125	0	0	0	0	375	12	11	0,9316	5
18:20	1.590	762	0,48	0,90	0,95	239	125	125	125	125	0	0	0	0	250	26	13	0,9519	9
18:21	1.999	932	0,47	0,91	0,95	275	125	125	125	125	0	0	0	0	250	33	16	0,9464	11
18:22	1.471	778	0,53	0,88	0,95	295	125	125	125	125	0	0	0	0	250	25	13	0,9412	9
18:23	641	259	0,40	0,93	0,95	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	4	0,9274	4
18:24	1.078	1.114	1,03	0,70	0,95	759	125	125	125	125	125	125	125	125	750	18	19	0,9475	6
18:25	1.543	1.240	0,80	0,78	0,95	733	125	125	125	125	125	125	125	125	750	26	21	0,9530	8

EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVAr)	Reaktif/Güç Oranı Tan 01	Cos 01	İstenen Güç Faktörü Cos 02	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam		ReAktif enerji kWh	ReAktif enerji kVAh	ReAktif enerji kWh	ReAktif enerji kVAh		
															Aktif Enerji kWh	Aktif Enerji kVAh						
18:26	564	421	0,75	0,80	0,95	235	125	125	0	0	0	0	0	0	0	250	9	7	0,9571	3	171	0
18:27	646	275	0,43	0,92	0,95	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	5	0,9202	5	275	0
18:28	611	341	0,56	0,87	0,95	140	125	0	0	0	0	0	0	0	0	125	10	6	0,9427	4	216	0
18:29	597	171	0,29	0,96	0,95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,9615	3	171	0
18:37	239	88	0,37	0,94	0,95	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0,9385	1	88	0
18:39	256	96	0,38	0,94	0,95	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0,9359	2	96	0
18:40	253	118	0,47	0,91	0,95	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,9059	2	118	0
18:43	239	94	0,39	0,93	0,95	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0,9314	2	94	0
18:44	165	44	0,27	0,97	0,95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0,9662	1	44	0
18:45	145	30	0,20	0,98	0,95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0,9709	1	30	0
18:46	308	399	1,29	0,61	0,95	298	125	125	0	0	0	0	0	0	0	250	5	7	0,9005	2	149	0
19:11	259	190	0,73	0,81	0,95	105	125	0	0	0	0	0	0	0	0	125	4	3	0,9700	1	65	0
19:12	193	69	0,36	0,94	0,95	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0,9417	1	69	0
19:13	223	160	0,72	0,81	0,95	86	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0,8131	3	160	0
19:55	195	113	0,58	0,87	0,95	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0,8660	2	113	0
19:56	597	710	1,19	0,64	0,95	513	125	125	125	125	0	0	0	0	0	500	10	12	0,9436	3	210	0
19:57	745	729	0,98	0,71	0,95	484	125	125	125	125	0	0	0	0	0	500	12	12	0,9560	4	229	0
19:58	1.191	910	0,76	0,79	0,95	519	125	125	125	125	0	0	0	0	0	500	20	15	0,9455	7	410	0
19:59	1.601	1.037	0,65	0,84	0,95	511	125	125	125	125	0	0	0	0	0	500	27	17	0,9481	9	537	0
20:00	1.675	1.147	0,68	0,83	0,95	596	125	125	125	125	0	0	0	0	0	500	28	19	0,9329	11	647	0
20:01	2.222	1.271	0,57	0,87	0,95	540	125	125	125	125	0	0	0	0	0	500	37	21	0,9448	13	771	0
20:02	1.746	833	0,48	0,90	0,95	259	125	125	0	0	0	0	0	0	0	250	29	14	0,9485	10	583	0
20:03	2.533	1.625	0,64	0,84	0,95	793	125	125	125	125	125	0	0	0	0	750	42	27	0,9452	15	875	0
20:04	2.313	1.433	0,62	0,85	0,95	673	125	125	125	125	125	0	0	0	0	625	39	24	0,9441	13	808	0
20:05	1.460	778	0,53	0,88	0,95	298	125	125	0	0	0	0	0	0	0	250	24	13	0,9404	9	528	0
20:06	627	349	0,56	0,87	0,95	143	125	0	0	0	0	0	0	0	0	125	10	6	0,9416	4	224	0
20:07	1.645	1.004	0,61	0,85	0,95	463	125	125	125	0	0	0	0	0	0	375	17	10	0,9341	10	629	0
20:08	2.041	1.136	0,56	0,87	0,95	465	125	125	125	0	0	0	0	0	0	375	34	19	0,9370	13	761	0
20:09	2.170	1.243	0,57	0,87	0,95	530	125	125	125	125	0	0	0	0	0	500	36	21	0,9461	12	743	0
20:10	1.394	798	0,57	0,87	0,95	339	125	125	0	0	0	0	0	0	0	250	23	13	0,9308	9	548	0
20:11	1.086	630	0,58	0,87	0,95	273	125	125	0	0	0	0	0	0	0	250	18	10	0,9440	6	380	0
20:12	644	410	0,64	0,84	0,95	198	125	0	0	0	0	0	0	0	0	125	11	7	0,9145	5	285	0
20:13	1.301	814	0,63	0,85	0,95	386	125	125	125	0	0	0	0	0	0	375	22	14	0,9475	7	439	0
20:14	1.955	2.043	1,05	0,69	0,95	1.401	125	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	33	34	0,8823	17	1.043	0
20:15	2.368	1.966	0,84	0,77	0,95	1.207	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	39	33	0,9232	16	986	0	
20:16	1.414	1.018	0,72	0,81	0,95	553	125	125	125	125	0	0	0	0	0	500	24	17	0,9390	9	518	0
20:17	567	311	0,55	0,88	0,95	125	125	0	0	0	0	0	0	0	0	125	9	5	0,9502	3	186	0
20:18	220	83	0,38	0,94	0,95	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0,9363	1	83	0
20:19	234	91	0,39	0,93	0,95	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0,9322	2	91	0
20:20	960	759	0,79	0,78	0,95	444	125	125	125	0	0	0	0	0	0	375	16	13	0,9284	6	384	0
20:21	666	385	0,58	0,87	0,95	166	125	0	0	0	0	0	0	0	0	125	11	6	0,9314	4	260	0
20:22	201	74	0,37	0,94	0,95	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0,9379	1	74	0
20:23	212	77	0,36	0,94	0,95	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0,9398	1	77	0
20:24	182	41	0,23	0,98	0,95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0,9751	1	41	0
20:32	173	36	0,21	0,98	0,95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0,9794	1	36	0
20:33	311	248	0,80	0,78	0,95	145	125	0	0	0	0	0	0	0	0	125	5	4	0,9303	4	123	0

EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVAr)	Reaktif/Güç Oranı Tan 01	Cos 01	İstenen Güç Faktörü Cos 02	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam	Aktif Enerji kWh	ReAktif enerji			
20:34	201	41	0,21	0,98	0,95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0,9795	1	41
20:35	421	459	1,09	0,68	0,95	321	125	125	0	0	0	0	0	0	0	250	7	8	0,8954	3
20:36	377	308	0,82	0,77	0,95	184	125	0	0	0	0	0	0	0	0	125	6	5	0,8995	3
20:37	2.063	1.216	0,59	0,86	0,95	538	125	125	125	125	0	0	0	0	0	500	34	20	0,9448	12
20:38	1.502	696	0,46	0,91	0,95	202	125	0	0	0	0	0	0	0	0	125	25	12	0,9347	10
20:39	470	228	0,49	0,90	0,95	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	0,8996	4
20:40	657	300	0,46	0,91	0,95	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	5	0,9098	5
20:41	333	149	0,45	0,91	0,95	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0,9132	2
20:42	503	267	0,53	0,88	0,95	101	125	0	0	0	0	0	0	0	0	125	8	4	0,9625	2
20:43	501	228	0,46	0,91	0,95	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	0,9099	4
20:44	1.045	536	0,51	0,89	0,95	193	125	0	0	0	0	0	0	0	0	125	17	9	0,9305	7
20:45	965	413	0,43	0,92	0,95	95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	7	0,9196	7
20:46	916	465	0,51	0,89	0,95	164	125	0	0	0	0	0	0	0	0	125	15	8	0,9376	6
20:47	1.543	855	0,55	0,87	0,95	348	125	125	0	0	0	0	0	0	0	250	26	14	0,9309	10
20:48	1.763	853	0,48	0,90	0,95	273	125	125	0	0	0	0	0	0	0	250	29	14	0,9463	10
20:49	624	261	0,42	0,92	0,95	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	4	0,9225	4
20:55	627	347	0,55	0,88	0,95	140	125	0	0	0	0	0	0	0	0	125	10	6	0,9429	4
20:56	1.174	668	0,57	0,87	0,95	282	125	125	0	0	0	0	0	0	0	250	20	11	0,9420	7
20:57	1.521	949	0,62	0,85	0,95	449	125	125	125	0	0	0	0	0	0	375	25	16	0,9356	10
20:58	525	341	0,65	0,84	0,95	168	125	0	0	0	0	0	0	0	0	125	9	6	0,9249	4
21:00	198	41	0,21	0,98	0,95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0,9790	1
21:03	864	498	0,58	0,87	0,95	214	125	0	0	0	0	0	0	0	0	125	14	8	0,9181	6
21:04	877	556	0,63	0,84	0,95	267	125	125	0	0	0	0	0	0	0	250	15	9	0,9444	5
21:05	239	160	0,67	0,83	0,95	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0,8321	3
21:06	468	657	1,41	0,58	0,95	504	125	125	125	125	0	0	0	0	0	500	10	13	0,9178	4
21:07	1.471	1.284	0,87	0,75	0,95	801	125	125	125	125	125	0	0	0	0	750	25	21	0,9399	9
21:08	404	256	0,63	0,85	0,95	123	125	0	0	0	125	125	0	0	0	250	8	4	0,9515	2
21:09	352	421	1,20	0,64	0,95	305	125	125	0	0	0	0	0	0	0	250	6	7	0,8997	3
21:10	605	762	1,26	0,62	0,95	563	125	125	125	125	0	0	0	0	0	500	10	13	0,9178	4
21:11	429	539	1,26	0,62	0,95	398	125	125	125	0	0	0	0	0	0	375	7	9	0,9341	3
21:12	1.408	1.356	0,96	0,72	0,95	893	125	125	125	125	125	125	0	0	0	875	23	23	0,9454	8
21:13	1.568	899	0,57	0,87	0,95	384	125	125	125	0	0	0	0	0	0	375	26	15	0,9484	9
21:14	762	674	0,88	0,75	0,95	423	125	125	125	0	0	0	0	0	0	375	13	11	0,9310	5
21:15	1.900	1.614	0,85	0,76	0,95	990	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	32	27	0,9515	10	
21:16	2.475	1.625	0,66	0,84	0,95	812	125	125	125	125	125	125	125	0	0	750	41	27	0,9428	15
21:17	426	206	0,48	0,90	0,95	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	3	0,9002	3
21:18	613	528	0,86	0,76	0,95	326	125	125	0	0	0	0	0	0	0	250	10	9	0,9108	5
21:19	1.026	1.095	1,07	0,68	0,95	757	125	125	125	125	125	125	0	0	0	750	17	18	0,9480	6
21:20	1.859	1.573	0,85	0,76	0,95	962	125	125	125	125	125	125	125	0	0	875	31	26	0,9352	12
21:21	2.305	1.447	0,63	0,85	0,95	689	125	125	125	125	125	125	0	0	0	625	38	24	0,9419	14
21:22	2.464	1.669	0,68	0,83	0,95	859	125	125	125	125	125	125	125	0	0	875	41	28	0,9518	13
21:23	2.156	1.551	0,72	0,81	0,95	842	125	125	125	125	125	125	125	0	0	750	36	26	0,9374	13
21:24	2.533	1.799	0,71	0,82	0,95	966	125	125	125	125	125	125	125	0	0	875	42	30	0,9395	15
21:25	1.254	955	0,77	0,79	0,95	553	125	125	125	125	125	0	0	0	0	500	21	16	0,9376	8
21:26	1.455	1.227	0,84	0,76	0,95	748	125	125	125	125	125	125	125	0	0	750	24	20	0,9503	8
21:27	1.317	971	0,74	0,81	0,95	538	125	125	125	125	125	125	0	0	0	500	22	16	0,9410	8

EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVA)	Reaktif/Aktif Güç Oranı Tan ϕ 1	Cos ϕ 1	İstenen Güç Faktörü Cos ϕ 2	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam	Aktif Enerji kWh	ReAktif enerji kVAh			
21:28	1216	1064	0.88	0.75	0.95	665	125	125	125	125	125	125	0	0	625	20	18	0.9405	7	439
21:29	2954	1977	0.67	0.83	0.95	1006	125	125	125	125	125	125	125	125	1000	49	33	0.9494	16	977
21:30	2794	1810	0.65	0.84	0.95	891	125	125	125	125	125	125	125	125	875	47	30	0.9484	16	935
21:31	1334	814	0.61	0.85	0.95	376	125	125	125	125	0	0	0	0	375	22	14	0.9499	7	439
21:32	316	113	0.36	0.94	0.95	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0.9419	2	113
21:33	525	220	0.42	0.92	0.95	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	4	0.9224	4	220
21:34	270	85	0.32	0.95	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0.9534	1	85
21:35	289	154	0.53	0.88	0.95	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0.8824	3	154
21:36	932	481	0.52	0.89	0.95	175	125	0	0	0	0	0	0	0	125	16	8	0.9341	6	356
21:37	498	245	0.49	0.90	0.95	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	0.8974	4	245
21:38	297	162	0.55	0.88	0.95	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0.8776	3	162
21:39	734	616	0.84	0.77	0.95	375	125	125	125	125	0	0	0	0	375	12	10	0.9501	4	241
21:40	424	250	0.59	0.86	0.95	111	125	0	0	0	0	0	0	0	125	7	4	0.9589	2	125
21:41	176	55	0.31	0.95	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0.9545	1	55
21:42	292	146	0.50	0.89	0.95	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0.8944	2	146
21:44	248	143	0.58	0.87	0.95	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0.8659	2	143
21:45	173	44	0.25	0.97	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0.9692	1	44
21:46	437	369	0.84	0.76	0.95	225	125	0	0	0	0	0	0	0	125	7	6	0.8737	4	244
21:47	248	132	0.53	0.88	0.95	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0.8824	2	132
21:49	201	102	0.51	0.89	0.95	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0.8920	2	102
21:50	314	270	0.86	0.76	0.95	166	125	0	0	0	0	0	0	0	125	5	4	0.9082	2	145
22:02	146	36	0.25	0.97	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0.9712	1	36
22:03	517	572	1.11	0.67	0.95	402	125	125	125	125	0	0	0	0	375	9	10	0.9345	3	197
22:04	259	215	0.83	0.77	0.95	130	125	0	0	0	0	0	0	0	125	4	4	0.9450	1	90
22:05	206	129	0.63	0.85	0.95	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0.8474	2	129
22:06	193	47	0.24	0.97	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0.9718	1	47
22:07	179	80	0.45	0.91	0.95	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0.9132	1	80
22:08	187	127	0.68	0.83	0.95	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0.8283	2	127
22:09	176	47	0.27	0.97	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0.9665	1	47
22:11	226	143	0.63	0.84	0.95	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0.8445	2	143
22:12	162	50	0.31	0.96	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0.9565	1	50
22:13	844	495	0.59	0.86	0.95	218	125	0	0	0	0	0	0	0	125	14	8	0.9159	6	370
22:14	344	143	0.42	0.92	0.95	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0.9233	2	143
22:15	1672	930	0.56	0.87	0.95	380	125	125	125	125	0	0	0	0	375	28	15	0.9492	9	555
22:16	2085	982	0.47	0.90	0.95	297	125	125	125	125	0	0	0	0	250	35	16	0.9436	12	732
22:17	336	118	0.35	0.94	0.95	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0.9431	2	118
22:18	1865	886	0.47	0.90	0.95	273	125	125	125	125	0	0	0	0	250	31	15	0.9465	11	636
22:19	1337	800	0.60	0.86	0.95	361	125	125	125	125	0	0	0	0	375	22	13	0.9529	7	425
22:20	325	118	0.36	0.94	0.95	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0.9396	2	118
22:21	347	118	0.34	0.95	0.95	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0.9464	2	118
22:22	380	157	0.41	0.92	0.95	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0.9243	3	157
22:23	347	135	0.39	0.93	0.95	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0.9320	2	135
22:24	377	105	0.28	0.96	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0.9636	2	105
22:26	259	217	0.84	0.77	0.95	132	125	0	0	0	0	0	0	0	125	4	4	0.9418	2	92
22:27	360	286	0.79	0.78	0.95	168	125	0	0	0	0	0	0	0	125	6	5	0.9130	3	161
22:28	363	363	1.00	0.71	0.95	244	125	125	125	125	0	0	0	0	250	6	6	0.9548	2	113

EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVAr)	Reaktif/Aktif Güç Oranı Tan ϕ 1	Cos ϕ 1	İstenen Güç Faktörü Cos ϕ 2	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam Aktif Enerji kWh	ReAktif enerji kVArh			
23:15	1.130	822	0,73	0,81	0,95	451	125	125	125	0	0	0	0	0	375	19	14	0,9298	7
23:16	1.037	831	0,80	0,78	0,95	490	125	125	125	125	0	0	0	0	500	17	14	0,9528	6
23:17	916	974	1,06	0,69	0,95	673	125	125	125	125	125	0	0	0	625	15	16	0,9346	6
23:18	1.645	1.304	0,83	0,77	0,95	823	125	125	125	125	125	125	0	0	750	27	23	0,9368	10
23:19	1.876	1.304	0,70	0,82	0,95	687	125	125	125	125	125	125	0	0	625	31	22	0,9404	11
23:20	1.092	820	0,75	0,80	0,95	461	125	125	125	0	0	0	0	0	375	18	14	0,9262	7
23:21	688	732	1,09	0,67	0,95	512	125	125	125	125	0	0	0	0	500	11	12	0,9449	4
23:22	842	822	0,98	0,72	0,95	546	125	125	125	125	0	0	0	0	500	14	14	0,9339	5
23:23	492	630	1,28	0,62	0,95	468	125	125	125	0	0	0	0	0	375	8	10	0,8881	4
23:24	473	690	1,46	0,57	0,95	535	125	125	125	125	0	0	0	0	500	8	12	0,9278	3
23:25	413	572	1,39	0,58	0,95	436	125	125	125	0	0	0	0	0	375	7	10	0,9024	3
23:26	366	473	1,29	0,61	0,95	353	125	125	125	0	0	0	0	0	375	6	8	0,9659	2
23:27	341	459	1,35	0,60	0,95	347	125	125	0	0	0	0	0	0	250	6	8	0,8523	3
23:28	369	479	1,30	0,61	0,95	357	125	125	125	0	0	0	0	0	375	6	8	0,9627	2
23:29	336	443	1,36	0,59	0,95	346	125	125	0	0	0	0	0	0	250	6	8	0,8516	3
23:30	358	443	1,24	0,63	0,95	325	125	125	0	0	0	0	0	0	250	6	7	0,8802	3
23:31	349	440	1,26	0,62	0,95	325	125	125	0	0	0	0	0	0	250	6	7	0,8784	3
23:32	338	459	1,36	0,59	0,95	348	125	125	0	0	0	0	0	0	250	6	8	0,8504	3
23:33	388	509	1,31	0,61	0,95	381	125	125	125	0	0	0	0	0	375	6	8	0,9453	2
23:34	369	506	1,37	0,59	0,95	385	125	125	125	0	0	0	0	0	375	6	8	0,9422	2
23:35	377	498	1,32	0,60	0,95	374	125	125	125	0	0	0	0	0	375	6	8	0,9508	2
23:36	355	481	1,36	0,59	0,95	365	125	125	125	0	0	0	0	0	375	6	8	0,9580	2
23:37	365	457	1,29	0,61	0,95	340	125	125	0	0	0	0	0	0	250	6	8	0,8642	3
23:38	369	495	1,34	0,60	0,95	374	125	125	125	0	0	0	0	0	375	6	8	0,9509	2
23:39	362	479	1,36	0,59	0,95	363	125	125	125	0	0	0	0	0	375	6	8	0,9594	2
23:40	349	465	1,33	0,60	0,95	350	125	125	0	0	0	0	0	0	250	6	8	0,8518	4
23:41	388	432	1,11	0,67	0,95	304	125	125	0	0	0	0	0	0	250	6	7	0,9055	3
23:42	365	446	1,26	0,62	0,95	329	125	125	0	0	0	0	0	0	250	6	7	0,8758	3
23:43	341	468	1,37	0,59	0,95	355	125	125	125	0	0	0	0	0	375	6	8	0,9651	2
23:44	369	498	1,35	0,60	0,95	377	125	125	125	0	0	0	0	0	375	6	8	0,9487	2
23:45	429	671	1,56	0,54	0,95	530	125	125	125	125	0	0	0	0	500	7	11	0,9289	3
23:46	523	795	1,52	0,55	0,95	623	125	125	125	125	125	0	0	0	625	9	13	0,9511	3
23:47	833	1.185	1,42	0,58	0,95	911	125	125	125	125	125	125	0	0	875	14	20	0,9371	5
23:48	1.546	1.749	1,13	0,66	0,95	1.241	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	26	29	0,8999	12
23:49	2.115	1.623	0,77	0,79	0,95	927	125	125	125	125	125	125	125	125	875	35	27	0,9428	12
23:50	2.778	2.175	0,78	0,79	0,95	1.262	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	46	36	0,9209	20
23:51	3.025	2.164	0,72	0,81	0,95	1.170	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	50	36	0,9333	19
23:52	2.448	1.779	0,73	0,81	0,95	975	125	125	125	125	125	125	125	125	875	41	30	0,9380	15
23:53	3.473	1.972	0,57	0,87	0,95	830	125	125	125	125	125	125	125	125	750	58	33	0,9433	20
23:54	3.237	1.702	0,53	0,89	0,95	638	125	125	125	125	125	125	125	125	625	54	28	0,9488	18
23:55	2.291	1.658	0,72	0,81	0,95	905	125	125	125	125	125	125	125	125	875	38	28	0,9462	13
23:56	1.081	1.188	1,10	0,67	0,95	833	125	125	125	125	125	125	125	125	750	18	20	0,9268	7
23:57	666	806	1,21	0,64	0,95	587	125	125	125	125	125	125	125	125	500	11	13	0,9087	5
23:58	586	737	1,26	0,62	0,95	544	125	125	125	125	125	125	125	125	500	10	12	0,9270	4
23:59	748	814	1,09	0,68	0,95	568	125	125	125	125	125	125	125	125	500	12	14	0,9221	5
00:00	561	666	1,19	0,64	0,95	481	125	125	125	125	125	125	125	125	500	9	11	0,9591	3

EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVar)	Reaktif/Aktif Güç Oranı Tan $\phi 1$	Cos $\phi 1$	İstenen Güç Faktörü Cos $\phi 2$	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam	Aktif Enerji kWh	ReAktif enerji kVAh				
00:01	844	1.169	1.38	0.59	0.95	891	125	125	125	125	125	125	125	0	875	14	19	0.9445	5	294	0
00:02	429	536	1.25	0.62	0.95	395	125	125	125	0	0	0	0	0	375	7	9	0.9351	3	161	0
00:03	402	512	1.27	0.62	0.95	380	125	125	125	0	0	0	0	0	375	7	9	0.9458	2	137	0
00:04	476	677	1.42	0.58	0.95	520	125	125	125	125	0	0	0	0	500	8	11	0.9376	3	177	0
00:05	465	666	1.43	0.57	0.95	513	125	125	125	125	0	0	0	0	500	8	11	0.9421	3	166	0
00:06	536	663	1.24	0.63	0.95	486	125	125	125	125	0	0	0	0	500	9	11	0.9569	3	163	0
00:07	550	844	1.54	0.55	0.95	663	125	125	125	125	125	0	0	0	625	9	14	0.9289	4	219	0
00:08	910	1.372	1.51	0.55	0.95	1.073	125	125	125	125	125	125	125	0	1.000	15	23	0.9256	6	372	0
00:09	943	1.284	1.36	0.59	0.95	974	125	125	125	125	125	125	125	0	875	16	21	0.9174	7	409	0
00:10	2.153	2.010	0.93	0.73	0.95	1.303	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	36	34	0.9053	17	1.010	0
00:11	4.802	3.715	0.77	0.79	0.95	2.137	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	80	62	0.8705	45	2.715	0
00:12	4.133	2.948	0.71	0.81	0.95	1.589	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	69	49	0.9046	32	1.948	0
00:13	2.112	1.774	0.84	0.77	0.95	1.080	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	35	30	0.9390	13	774	0
00:14	2.065	2.035	0.76	0.79	0.95	1.159	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	44	34	0.9322	17	1.035	0
00:15	2.871	2.189	0.76	0.80	0.95	1.245	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	48	36	0.9239	20	1.189	0
00:16	3.916	2.453	0.63	0.85	0.95	1.166	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	65	41	0.9375	24	1.453	0
00:17	3.449	2.470	0.72	0.81	0.95	1.336	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	57	41	0.9200	24	1.470	0
00:18	1.865	1.702	0.91	0.74	0.95	1.522	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	73	49	0.9127	33	1.962	0
00:19	3.556	2.659	0.75	0.80	0.95	1.089	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	31	28	0.9358	12	702	0
00:20	4.026	2.918	0.72	0.81	0.95	1.491	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	59	44	0.9062	28	1.659	0
00:21	4.780	3.215	0.67	0.83	0.95	1.594	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	67	49	0.9028	32	1.918	0
00:22	4.836	3.823	0.79	0.78	0.95	1.644	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	80	54	0.9073	37	2.215	0
00:23	4.694	3.014	0.64	0.84	0.95	2.233	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	81	64	0.8636	47	2.823	0
00:24	3.493	2.640	0.76	0.80	0.95	1.492	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	58	50	0.9190	34	2.014	0
00:25	4.320	3.284	0.76	0.80	0.95	1.864	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	72	55	0.8841	38	2.284	0
00:26	4.784	4.034	0.84	0.76	0.95	2.462	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	80	67	0.8445	51	3.034	0
00:27	3.611	2.580	0.71	0.81	0.95	1.393	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	60	43	0.9162	26	1.580	0
00:28	2.706	2.101	0.78	0.79	0.95	1.212	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	45	35	0.9263	18	1.101	0
00:29	3.405	2.621	0.77	0.79	0.95	1.502	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	57	44	0.9029	27	1.621	0
00:30	3.121	2.412	0.77	0.79	0.95	1.386	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	52	40	0.9111	24	1.412	0
00:31	3.275	2.365	0.72	0.81	0.95	1.288	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	55	39	0.9230	23	1.365	0
00:32	578	759	1.31	0.61	0.95	569	125	125	125	125	0	0	0	0	500	10	13	0.9124	4	259	0
00:33	1.031	1.359	1.32	0.60	0.95	1.020	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	17	23	0.9446	6	359	0
00:34	941	1.213	1.29	0.61	0.95	904	125	125	125	125	125	125	125	0	875	16	20	0.9412	7	338	0
00:35	1.287	1.400	1.09	0.68	0.95	977	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	21	18	0.9550	7	400	0
00:36	737	1.062	1.44	0.57	0.95	819	125	125	125	125	125	125	125	0	750	12	23	0.9211	5	312	0
00:37	589	820	1.39	0.58	0.95	626	125	125	125	125	125	125	125	0	625	10	14	0.9495	3	195	0
00:38	542	729	1.35	0.60	0.95	551	125	125	125	125	125	125	125	0	500	9	12	0.9212	4	229	0
00:39	495	646	1.31	0.61	0.95	484	125	125	125	125	125	125	125	0	500	8	11	0.9590	2	146	0
00:40	421	514	1.22	0.63	0.95	376	125	125	125	125	0	0	0	0	375	7	9	0.9494	2	139	0
00:41	660	861	1.30	0.61	0.95	644	125	125	125	125	125	125	125	0	625	11	14	0.9417	4	236	0
00:42	657	814	1.24	0.63	0.95	598	125	125	125	125	125	125	125	0	500	11	14	0.9023	5	314	0
00:43	440	622	1.41	0.58	0.95	477	125	125	125	125	125	125	125	0	500	7	10	0.9639	2	122	0
00:44	484	657	1.36	0.59	0.95	498	125	125	125	125	125	125	125	0	500	8	11	0.9511	3	157	0
00:45	459	663	1.44	0.57	0.95	512	125	125	125	125	125	125	125	0	500	8	11	0.9426	3	163	0

EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVAr)	Reaktif/Aktif Güç Oranı Tan ϕ_1	Cos ϕ_1	İstenen Güç Faktörü Cos ϕ_2	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam Aktif Enerji kWh	ReAktif enerji kVArh			
00:47	608	847	1,39	0,58	0,95	647	125	125	125	125	125	0	0	0	625	14	0,9393	4	222
00:48	679	908	1,34	0,60	0,95	684	125	125	125	125	125	0	0	0	625	11	0,9233	5	283
00:49	826	858	1,26	0,62	0,95	634	125	125	125	125	125	0	0	0	625	11	0,9463	4	233
00:50	429	641	1,49	0,56	0,95	500	125	125	125	125	125	0	0	0	500	7	0,9502	2	141
00:51	374	718	1,92	0,46	0,95	595	125	125	125	125	125	0	0	0	500	6	0,8642	4	218
00:52	360	861	2,39	0,39	0,95	742	125	125	125	125	125	125	0	0	750	6	0,9559	2	111
00:53	358	861	2,41	0,38	0,95	743	125	125	125	125	125	125	0	0	750	6	0,9552	2	111
00:54	358	894	2,50	0,37	0,95	776	125	125	125	125	125	125	0	0	750	6	0,9278	2	144
00:55	399	641	1,61	0,53	0,95	510	125	125	125	125	125	0	0	0	500	7	0,9430	2	141
00:56	382	666	1,74	0,50	0,95	540	125	125	125	125	125	0	0	0	500	6	0,9177	3	166
00:57	385	663	1,72	0,50	0,95	536	125	125	125	125	125	0	0	0	500	6	0,9211	3	163
00:58	440	627	1,43	0,57	0,95	482	125	125	125	125	125	0	0	0	500	7	0,9608	2	127
00:59	432	622	1,44	0,57	0,95	480	125	125	125	125	125	0	0	0	500	7	0,9626	2	122
01:00	388	589	1,52	0,55	0,95	461	125	125	125	125	125	0	0	0	375	6	0,8760	4	214
01:01	385	776	2,01	0,44	0,95	649	125	125	125	125	125	125	0	0	625	6	0,9314	3	151
01:02	366	839	2,29	0,40	0,95	719	125	125	125	125	125	125	0	0	625	6	0,8634	4	214
01:03	358	800	2,24	0,41	0,95	683	125	125	125	125	125	125	0	0	625	6	0,8979	3	175
01:04	358	921	2,58	0,36	0,95	804	125	125	125	125	125	125	0	0	750	6	0,9481	2	119
01:05	355	869	2,45	0,38	0,95	752	125	125	125	125	125	125	0	0	750	6	0,9019	3	171
01:06	382	630	1,65	0,52	0,95	504	125	125	125	125	125	125	0	0	500	6	0,9469	2	130
01:07	413	594	1,44	0,57	0,95	458	125	125	125	125	125	125	0	0	375	7	0,8832	4	219
01:08	402	663	1,65	0,52	0,95	531	125	125	125	125	125	125	0	0	500	7	0,9268	3	163
01:09	388	638	1,65	0,52	0,95	511	125	125	125	125	125	125	0	0	500	6	0,9421	2	138
01:10	377	693	1,84	0,48	0,95	569	125	125	125	125	125	125	0	0	500	6	0,8900	3	193
01:11	402	611	1,52	0,55	0,95	479	125	125	125	125	125	125	0	0	500	7	0,9642	2	111
01:12	410	602	1,47	0,56	0,95	468	125	125	125	125	125	125	0	0	375	7	0,8745	4	227
01:13	382	701	1,83	0,48	0,95	576	125	125	125	125	125	125	0	0	500	6	0,8849	3	201
01:14	380	770	2,03	0,44	0,95	645	125	125	125	125	125	125	0	0	625	6	0,9341	2	145
01:15	366	809	2,21	0,41	0,95	688	125	125	125	125	125	125	0	0	625	6	0,8938	3	184
01:16	388	597	1,54	0,54	0,95	469	125	125	125	125	125	125	0	0	375	6	0,8681	4	222
01:17	396	693	1,75	0,50	0,95	563	125	125	125	125	125	125	0	0	500	7	0,8989	3	193
01:18	358	866	2,42	0,38	0,95	749	125	125	125	125	125	125	0	0	750	6	0,9510	2	116
01:19	360	814	2,26	0,40	0,95	696	125	125	125	125	125	125	0	0	625	6	0,8855	3	189
01:20	385	657	1,71	0,51	0,95	531	125	125	125	125	125	125	0	0	500	6	0,9258	3	157
01:21	360	872	2,42	0,38	0,95	753	125	125	125	125	125	125	0	0	750	6	0,9474	2	122
01:22	382	641	1,68	0,51	0,95	515	125	125	125	125	125	125	0	0	500	6	0,9384	2	141
01:23	388	630	1,62	0,52	0,95	502	125	125	125	125	125	125	0	0	500	6	0,9483	2	130
01:24	363	850	2,34	0,39	0,95	730	125	125	125	125	125	125	0	0	750	6	0,9643	2	100
01:25	1,136	1,199	1,06	0,69	0,95	826	125	125	125	125	125	125	0	0	750	19	0,9300	7	449
01:26	803	1,029	1,28	0,62	0,95	765	125	125	125	125	125	125	0	0	750	13	0,9448	5	279
01:27	921	1,155	1,25	0,62	0,95	852	125	125	125	125	125	125	0	0	875	15	0,9568	5	280
01:28	1,150	1,257	1,09	0,67	0,95	879	125	125	125	125	125	125	0	0	875	19	0,9490	6	382
01:29	2,871	1,898	0,66	0,83	0,95	954	125	125	125	125	125	125	0	0	875	48	0,9420	17	1,023
01:30	1,460	1,136	0,78	0,79	0,95	656	125	125	125	125	125	125	0	0	625	24	0,9439	9	511
01:31	1,936	1,579	0,82	0,78	0,95	942	125	125	125	125	125	125	0	0	875	32	0,9399	12	704
01:32	1,573	1,397	0,89	0,75	0,95	880	125	125	125	125	125	125	0	0	875	26	0,9491	9	522

EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVAr)	Reaktif/Aktif Güç Oranı Tan $\phi 1$	Cos $\phi 1$	İstenen Güç Faktörü Cos $\phi 2$	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam	Aktif Enerji kWh	ReAktif enerji kVArh	Reaktif Güç (kVAr)	Aktif Güç (kW)		
02:19	4.584	3.564	0,78	0,79	0,95	2.057	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	76	59	0,8727	43	2.564	
02:20	3.273	2.596	0,79	0,78	0,95	1.520	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	55	43	0,8988	27	1.596	
02:21	3.814	2.648	0,69	0,82	0,95	1.395	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	64	44	0,9180	27	1.648	
02:22	2.775	1.997	0,72	0,81	0,95	1.084	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	46	33	0,9411	17	997	
02:23	2.841	2.214	0,78	0,79	0,95	1.280	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	47	37	0,9196	20	1.214	
02:24	2.291	1.878	0,82	0,77	0,95	1.125	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	38	31	0,9337	15	878	
02:25	2.585	2.750	1,06	0,68	0,95	1.900	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	43	46	0,8281	29	1.750	
02:26	4.868	3.922	0,81	0,78	0,95	2.322	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	81	65	0,8574	49	2.922	
02:27	4.895	4.059	0,83	0,77	0,95	2.450	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	82	68	0,8480	51	3.059	
02:28	4.814	4.788	0,99	0,71	0,95	3.206	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	80	80	0,7859	63	3.788	
02:29	4.098	2.728	0,67	0,83	0,95	1.381	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	68	45	0,9214	29	1.728	
02:30	2.629	1.986	0,76	0,80	0,95	1.121	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	44	33	0,9364	16	986	
02:31	4.329	2.948	0,68	0,83	0,95	1.525	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	72	49	0,9119	32	1.948	
02:32	4.764	3.462	0,73	0,81	0,95	1.896	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	79	58	0,8884	41	2.462	
02:33	4.824	3.391	0,70	0,82	0,95	1.805	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	80	57	0,8960	40	2.391	
02:34	4.881	3.347	0,69	0,82	0,95	1.742	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	81	56	0,9013	39	2.347	
02:35	3.135	2.203	0,70	0,82	0,95	1.172	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	52	37	0,9336	20	1.203	
02:36	3.358	2.676	0,80	0,78	0,95	1.572	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	56	45	0,8948	28	1.676	
02:37	2.269	1.909	0,84	0,77	0,95	1.163	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	38	32	0,9283	15	909	
02:38	2.571	2.054	0,80	0,78	0,95	1.209	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	43	34	0,9252	18	1.054	
02:39	784	982	1,25	0,62	0,95	724	125	125	125	125	125	125	0	0	625	13	16	0,9101	6	357	
02:40	1.829	1.562	0,85	0,76	0,95	961	125	125	125	125	125	125	125	0	875	30	26	0,9361	11	687	
02:41	902	982	1,09	0,68	0,95	685	125	125	125	125	125	125	0	0	625	15	16	0,9299	6	357	
02:42	905	996	1,10	0,67	0,95	698	125	125	125	125	125	125	0	0	625	15	17	0,9254	6	371	
02:43	756	965	1,28	0,62	0,95	717	125	125	125	125	125	125	0	0	625	13	16	0,9119	6	340	
02:44	754	938	1,24	0,63	0,95	690	125	125	125	125	125	125	0	0	625	13	16	0,9236	5	313	
02:45	696	902	1,30	0,61	0,95	673	125	125	125	125	125	125	0	0	625	12	15	0,9291	5	277	
02:46	721	930	1,29	0,61	0,95	693	125	125	125	125	125	125	0	0	625	12	15	0,9211	5	305	
02:47	704	941	1,34	0,60	0,95	709	125	125	125	125	125	125	0	0	625	12	16	0,9126	5	316	
02:48	817	1.111	1,36	0,59	0,95	843	125	125	125	125	125	125	0	0	750	14	19	0,9146	6	361	
02:49	905	1.271	1,40	0,58	0,95	973	125	125	125	125	125	125	125	0	875	15	21	0,9163	7	396	
02:50	971	1.290	1,33	0,60	0,95	971	125	125	125	125	125	125	125	0	875	16	21	0,9196	7	415	
02:51	1.796	1.705	0,95	0,73	0,95	1.115	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	30	28	0,9308	12	705	
02:52	2.357	1.933	0,82	0,77	0,95	1.159	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	39	32	0,9298	16	933	
02:53	1.425	1.353	0,95	0,73	0,95	885	125	125	125	125	125	125	125	125	0	875	24	23	0,9480	8	478
02:54	2.893	1.942	0,67	0,83	0,95	991	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	48	32	0,9509	16	942	
02:55	2.596	1.834	0,71	0,82	0,95	981	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	43	31	0,9520	14	834	
02:56	2.882	2.354	0,68	0,82	0,95	1.407	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	48	39	0,9051	23	1.354	
02:57	3.270	2.236	0,82	0,77	0,95	1.161	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	54	37	0,9354	21	1.236	
02:58	4.763	2.833	0,59	0,86	0,95	1.267	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	79	47	0,9333	31	1.833	
02:59	2.932	1.955	0,67	0,83	0,95	992	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	49	33	0,9508	16	955	
03:00	2.178	1.763	0,81	0,78	0,95	1.047	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	36	29	0,9438	13	763	
03:01	1.848	1.645	0,89	0,75	0,95	1.037	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	31	27	0,9442	11	645	
03:02	1.466	1.430	0,98	0,72	0,95	948	125	125	125	125	125	125	125	125	0	875	24	24	0,9352	9	555
03:03	2.376	1.975	0,83	0,77	0,95	1.194	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	40	33	0,9252	16	975	
03:04	3.737	2.882	0,77	0,79	0,95	1.654	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	62	48	0,8931	31	1.882	

EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVAr)	Reaktif/Aktif Güç Oranı Tan ϕ_1	Cos ϕ_1	İstenen Güç Faktörü Cos ϕ_2	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam Aktif Enerji kWh	ReAktif enerji kVArh				
03.05	3.009	2.346	0,78	0,79	0,95	1.357	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	39	0,9128	22	1.346	
03.06	3.677	2.629	0,72	0,81	0,95	1.421	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	44	0,9143	27	1.629	
03.07	3.020	2.118	0,70	0,82	0,95	1.125	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	50	0,9378	19	1.118	
03.08	1.463	1.422	0,97	0,72	0,95	941	125	125	125	125	125	125	125	125	0	875	24	0,9367	9	547
03.09	4.034	2.989	0,74	0,80	0,95	1.663	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	67	0,8969	33	1.969	
03.10	3.363	2.552	0,76	0,80	0,95	1.447	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	56	0,9080	26	1.552	
03.11	1.020	1.092	1,07	0,68	0,95	756	125	125	125	125	125	125	125	125	0	750	17	0,9482	6	342
03.12	2.681	2.145	0,80	0,78	0,95	1.264	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	45	0,9197	19	1.145	
03.13	2.283	2.280	1,00	0,71	0,95	1.530	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	38	0,8723	21	1.280	
03.14	899	1.243	1,38	0,59	0,95	947	125	125	125	125	125	125	125	125	0	875	15	0,9255	6	368
03.15	1.235	1.425	1,15	0,65	0,95	1.019	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	21	0,9457	7	425	
03.16	2.104	1.733	0,82	0,77	0,95	1.041	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	35	0,9444	12	733	
03.17	1.161	1.425	1,23	0,63	0,95	1.043	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	19	0,9391	7	425	
03.18	1.031	1.111	1,08	0,68	0,95	772	125	125	125	125	125	125	125	125	0	750	17	0,9438	6	361
03.19	616	828	1,34	0,60	0,95	625	125	125	125	125	125	125	125	125	0	625	10	0,9499	3	203
03.20	514	765	1,49	0,56	0,95	595	125	125	125	125	125	125	125	125	0	500	9	0,8893	4	265
03.21	740	1.067	1,44	0,57	0,95	824	125	125	125	125	125	125	125	125	0	750	12	0,9192	5	317
03.22	767	968	1,26	0,62	0,95	716	125	125	125	125	125	125	125	125	0	625	13	0,9129	6	343
03.23	919	1.265	1,38	0,59	0,95	963	125	125	125	125	125	125	125	125	0	875	15	0,9205	7	390
03.24	886	1.210	1,37	0,59	0,95	919	125	125	125	125	125	125	125	125	0	875	15	0,9353	6	335
03.25	641	905	1,41	0,58	0,95	694	125	125	125	125	125	125	125	125	0	625	11	0,9165	5	280
03.26	594	957	1,61	0,53	0,95	762	125	125	125	125	125	125	125	125	0	750	10	0,9443	3	207
03.27	443	611	1,38	0,59	0,95	465	125	125	125	125	125	125	125	125	0	375	7	0,8829	4	236
03.28	377	556	1,47	0,56	0,95	432	125	125	125	125	125	125	125	125	0	375	6	0,9018	3	181
03.29	495	712	1,44	0,57	0,95	550	125	125	125	125	125	125	125	125	0	500	8	0,9191	4	212
03.30	580	737	1,27	0,62	0,95	546	125	125	125	125	125	125	125	125	0	500	10	0,9258	4	237
03.31	773	1.097	1,42	0,58	0,95	843	125	125	125	125	125	125	125	125	0	750	13	0,9121	6	347
03.32	762	987	1,30	0,61	0,95	737	125	125	125	125	125	125	125	125	0	750	13	0,9548	4	237
03.33	729	971	1,33	0,60	0,95	731	125	125	125	125	125	125	125	125	0	750	12	0,9571	4	221
03.34	773	1.158	1,50	0,56	0,95	904	125	125	125	125	125	125	125	125	0	875	13	0,9391	5	283
03.35	1.455	1.658	1,14	0,66	0,95	1.180	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	24	28	0,9111	11	658
03.36	1.595	1.551	0,97	0,72	0,95	1.027	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	27	26	0,9452	9	551
03.37	3.267	2.475	0,76	0,80	0,95	1.401	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	27	26	0,9452	9	551
03.38	1.141	1.293	1,13	0,66	0,95	917	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	54	41	0,9114	25	1.475
03.39	1.265	1.334	1,05	0,69	0,95	918	125	125	125	125	125	125	125	125	0	875	19	0,9391	7	418
03.40	916	1.128	1,23	0,63	0,95	827	125	125	125	125	125	125	125	125	0	875	21	0,9401	8	459
03.41	1.078	1.334	1,24	0,63	0,95	979	125	125	125	125	125	125	125	125	0	750	15	0,9245	6	378
03.42	1.128	1.328	1,18	0,65	0,95	958	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	18	22	0,9553	6	334
03.43	2.335	1.870	0,80	0,78	0,95	1.103	125	125	125	125	125	125	125	125	0	875	19	0,9278	8	453
03.44	3.347	2.415	0,72	0,81	0,95	1.314	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	39	31	0,9371	15	870
03.45	1.375	1.427	1,04	0,69	0,95	975	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	56	40	0,9211	24	1.415
03.46	2.145	1.920	0,89	0,75	0,95	1.214	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	23	24	0,9550	7	427
03.47	2.063	1.856	0,90	0,74	0,95	1.178	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	36	32	0,9191	15	920
03.48	2.307	2.192	0,95	0,73	0,95	1.433	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	34	31	0,9236	14	856
03.49	1.920	1.576	0,82	0,77	0,95	945	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	38	37	0,8885	20	1.192
03.50	1.345	1.284	0,96	0,72	0,95	842	125	125	125	125	125	125	125	125	0	875	32	0,9394	12	701
															750	21	0,9293	9	534	

EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVA)	Reaktif/Aktif Güç Oranı Tan ϕ 1	Cos ϕ 1	İstenen Güç Faktörü Cos ϕ 2	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam Aktif Enerji kWh	ReAktif enerji kVAh				
04:37	608	745	1,23	0,63	0,95	545	125	125	125	125	0	0	0	0	500	10	12	0,9273	4	245
04:38	572	836	1,46	0,56	0,95	648	125	125	125	125	125	0	0	0	625	10	14	0,9382	4	211
04:39	616	822	1,33	0,60	0,95	620	125	125	125	125	125	0	0	0	625	10	14	0,9524	3	197
04:40	668	974	1,46	0,57	0,95	754	125	125	125	125	125	125	0	0	750	11	16	0,9484	4	224
04:41	569	825	1,45	0,57	0,95	638	125	125	125	125	125	125	0	0	625	9	14	0,9435	3	200
04:42	528	696	1,32	0,60	0,95	522	125	125	125	125	125	125	0	0	500	9	12	0,9376	3	196
04:43	553	718	1,30	0,61	0,95	536	125	125	125	125	125	125	0	0	500	9	12	0,9304	4	218
04:44	468	622	1,33	0,60	0,95	468	125	125	125	125	125	125	0	0	375	8	10	0,8846	4	247
04:45	520	781	1,50	0,55	0,95	610	125	125	125	125	125	125	0	0	625	9	13	0,9578	3	156
04:46	517	679	1,31	0,61	0,95	509	125	125	125	125	125	125	0	0	500	9	11	0,9448	3	179
04:47	415	605	1,46	0,57	0,95	469	125	125	125	125	125	125	0	0	375	7	10	0,8748	4	230
04:48	440	619	1,41	0,58	0,95	474	125	125	125	125	125	125	0	0	375	7	10	0,8747	4	244
04:49	679	908	1,34	0,60	0,95	684	125	125	125	125	125	125	125	0	625	33	25	0,9473	13	771
04:50	1034	1367	1,32	0,60	0,95	1027	125	125	125	125	125	125	125	125	1000	11	15	0,9233	5	283
04:51	1100	1295	1,18	0,65	0,95	934	125	125	125	125	125	125	125	125	875	17	23	0,9425	6	367
04:52	1760	1612	0,92	0,74	0,95	1033	125	125	125	125	125	125	125	125	1000	18	22	0,9341	7	420
04:53	3479	2266	0,65	0,84	0,95	1123	125	125	125	125	125	125	125	125	1000	29	27	0,9446	10	612
04:54	2280	1521	0,67	0,83	0,95	771	125	125	125	125	125	125	125	125	750	58	38	0,9397	21	1266
04:55	1964	1565	0,80	0,78	0,95	919	125	125	125	125	125	125	125	125	875	33	25	0,9473	13	771
04:56	1216	1166	0,96	0,72	0,95	766	125	125	125	125	125	125	125	125	750	38	26	0,9435	11	690
04:57	1155	1119	0,97	0,72	0,95	740	125	125	125	125	125	125	125	125	750	20	19	0,9461	7	416
04:58	1651	1458	0,88	0,75	0,95	912	125	125	125	125	125	125	125	125	875	19	19	0,9525	6	369
04:59	2439	1680	0,69	0,82	0,95	879	125	125	125	125	125	125	125	125	875	28	24	0,9437	10	583
05:00	2222	1705	0,77	0,79	0,95	975	125	125	125	125	125	125	125	125	875	41	28	0,9496	13	805
05:01	1213	1152	0,95	0,72	0,95	754	125	125	125	125	125	125	125	125	750	37	28	0,9368	14	830
05:02	1513	1301	0,86	0,76	0,95	804	125	125	125	125	125	125	125	125	750	20	19	0,9492	7	402
05:03	1084	1001	0,92	0,73	0,95	645	125	125	125	125	125	125	125	125	625	25	22	0,9396	9	551
05:04	2214	1762	0,80	0,78	0,95	1054	125	125	125	125	125	125	125	125	1000	18	17	0,9447	6	376
05:05	2362	2013	0,85	0,76	0,95	1237	125	125	125	125	125	125	125	125	1000	37	30	0,9429	13	782
05:06	1213	1405	1,16	0,65	0,95	1007	125	125	125	125	125	125	125	125	1000	39	34	0,9191	17	1013
05:07	2868	2373	0,83	0,77	0,95	1431	125	125	125	125	125	125	125	125	1000	20	23	0,9484	7	405
05:08	3297	2401	0,73	0,81	0,95	1317	125	125	125	125	125	125	125	125	1000	48	40	0,9020	23	1373
05:09	4241	2566	0,61	0,86	0,95	1172	125	125	125	125	125	125	125	125	1000	55	40	0,9204	23	1401
05:10	1012	990	0,98	0,71	0,95	657	125	125	125	125	125	125	125	125	625	71	43	0,9381	26	1566
05:11	1928	1584	0,82	0,77	0,95	950	125	125	125	125	125	125	125	125	875	17	17	0,9407	6	365
05:12	2398	1878	0,78	0,79	0,95	1090	125	125	125	125	125	125	125	125	1000	32	26	0,9385	12	709
05:13	1966	1568	0,80	0,78	0,95	921	125	125	125	125	125	125	125	125	875	30	31	0,9390	15	878
05:14	1375	1031	0,75	0,80	0,95	579	125	125	125	125	125	125	125	125	500	23	17	0,9328	9	531
05:15	1870	1430	0,76	0,79	0,95	815	125	125	125	125	125	125	125	125	500	23	17	0,9328	9	531
05:16	839	789	0,94	0,73	0,95	514	125	125	125	125	125	125	125	125	750	31	24	0,9398	11	680
05:17	853	784	0,92	0,74	0,95	504	125	125	125	125	125	125	125	125	500	14	13	0,9454	5	289
05:18	1224	1037	0,85	0,76	0,95	635	125	125	125	125	125	125	125	125	500	14	13	0,9488	5	284
05:19	2156	1766	0,82	0,77	0,95	1057	125	125	125	125	125	125	125	125	625	20	17	0,9478	7	412
05:20	2021	1977	0,98	0,71	0,95	1313	125	125	125	125	125	125	125	125	1000	36	29	0,9424	13	766
05:21	1810	1650	0,91	0,74	0,95	1055	125	125	125	125	125	125	125	125	1000	34	33	0,9003	16	977
05:22	2085	1933	0,93	0,73	0,95	1248	125	125	125	125	125	125	125	125	1000	30	28	0,9411	11	650
							125	125	125	125	125	125	125	125	1000	35	32	0,9127	16	933

EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVAr)	Reaktif/Aktif Güç Oranı Tan ϕ 1	Cos ϕ 1	İstenen Faktörü Cos ϕ 2	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam	Aktif Enerji kWh	ReAktif enerji kVArh	0.95	0.90	0.85
05:23	1.590	1.603	1.01	0.70	0.95	1.081	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	26	27	0.9349	10	603
05:24	2.822	2.244	0.80	0.78	0.95	1.317	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	47	37	0.9150	21	1.244
05:25	2.904	1.983	0.68	0.83	0.95	1.028	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	48	33	0.9472	16	983
05:26	2.604	1.766	0.68	0.83	0.95	910	125	125	125	125	125	125	125	0	875	43	29	0.9462	15	891
05:27	2.134	1.463	0.69	0.82	0.95	762	125	125	125	125	125	125	125	0	750	36	24	0.9485	12	713
05:28	2.833	1.796	0.63	0.84	0.95	865	125	125	125	125	125	125	125	0	875	47	30	0.9510	15	921
05:29	1.422	1.042	0.73	0.81	0.95	575	125	125	125	125	0	0	0	0	500	24	17	0.9343	9	542
05:30	2.723	1.931	0.71	0.82	0.95	1.036	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	45	32	0.9463	16	931
05:31	2.560	1.543	0.60	0.86	0.95	701	125	125	125	125	125	125	125	0	625	43	26	0.9413	15	918
05:32	1.653	1.114	0.67	0.83	0.95	571	125	125	125	125	125	125	125	0	500	28	19	0.9374	10	614
05:33	366	393	1.08	0.68	0.95	273	125	125	125	0	0	0	0	0	250	6	7	0.9311	2	143
05:34	275	297	1.08	0.68	0.95	207	125	0	0	0	0	0	0	0	125	5	5	0.8478	3	172
05:35	787	696	0.88	0.75	0.95	437	125	125	125	0	0	0	0	0	375	13	12	0.9260	5	321
05:36	429	443	1.03	0.70	0.95	302	125	125	0	0	0	0	0	0	250	7	7	0.9122	3	193
05:37	756	800	1.06	0.69	0.95	552	125	125	125	125	125	125	125	0	500	13	13	0.9294	5	300
05:38	1.100	1.031	0.94	0.73	0.95	670	125	125	125	125	125	125	0	0	625	18	17	0.9381	7	406
05:39	1.887	1.383	0.73	0.81	0.95	763	125	125	125	125	125	125	125	0	750	31	23	0.9480	11	633
05:40	2.571	1.804	0.70	0.82	0.95	959	125	125	125	125	125	125	125	0	875	43	30	0.9405	15	929
05:41	3.130	1.812	0.58	0.87	0.95	784	125	125	125	125	125	125	125	0	750	52	20	0.9469	18	1.062
05:42	2.126	1.221	0.57	0.87	0.95	522	125	125	125	125	125	125	125	0	500	35	20	0.9470	12	721
05:43	1.218	905	0.74	0.80	0.95	504	125	125	125	125	125	125	125	0	500	20	15	0.9490	7	405
05:44	1.933	1.309	0.68	0.83	0.95	674	125	125	125	125	125	125	125	0	625	32	22	0.9427	11	684
05:45	1.254	949	0.76	0.80	0.95	537	125	125	125	125	125	125	125	0	500	21	16	0.9415	7	449
05:46	1.980	1.298	0.66	0.84	0.95	647	125	125	125	125	125	125	125	0	625	33	22	0.9468	11	673
05:47	1.744	1.328	0.76	0.80	0.95	755	125	125	125	125	125	125	125	0	750	29	22	0.9492	10	578
05:48	1.631	1.183	0.73	0.81	0.95	646	125	125	125	125	125	125	125	0	625	27	20	0.9462	9	558
05:49	2.112	1.447	0.68	0.83	0.95	752	125	125	125	125	125	125	125	0	750	35	24	0.9497	12	697
05:50	2.687	1.540	0.57	0.87	0.95	657	125	125	125	125	125	125	125	0	625	45	26	0.9466	15	915
05:51	1.793	1.304	0.73	0.81	0.95	714	125	125	125	125	125	125	125	0	625	30	22	0.9353	11	679
05:52	1.782	1.097	0.62	0.85	0.95	512	125	125	125	125	125	125	125	0	500	30	18	0.9482	10	597
05:53	2.142	1.579	0.74	0.81	0.95	874	125	125	125	125	125	125	125	0	875	36	26	0.9501	12	704
05:54	1.606	1.152	0.72	0.81	0.95	624	125	125	125	125	125	125	125	0	625	27	19	0.9501	9	527
05:55	1.702	1.227	0.72	0.81	0.95	667	125	125	125	125	125	125	125	0	625	28	20	0.9429	10	602
05:56	2.283	1.573	0.69	0.82	0.95	823	125	125	125	125	125	125	125	0	750	38	26	0.9407	14	823
05:57	1.515	1.152	0.76	0.80	0.95	654	125	125	125	125	125	125	125	0	625	25	19	0.9445	9	527
05:58	1.260	960	0.76	0.80	0.95	546	125	125	125	125	125	125	125	0	500	21	16	0.9394	8	460
05:59	1.606	1.188	0.74	0.80	0.95	660	125	125	125	125	125	125	125	0	625	27	20	0.9437	9	563
06:00	1.576	1.106	0.70	0.82	0.95	588	125	125	125	125	125	125	125	0	500	26	18	0.9335	10	606
06:01	283	283	1.00	0.71	0.95	190	125	125	125	125	0	0	0	0	125	5	5	0.8730	3	158
06:02	264	267	1.01	0.70	0.95	180	125	0	0	0	0	0	0	0	125	4	4	0.8810	2	142
06:03	391	314	0.80	0.78	0.95	185	125	125	0	0	0	0	0	0	125	7	5	0.9006	3	189
06:04	366	410	1.12	0.67	0.95	290	125	125	125	125	125	125	125	0	250	6	7	0.9164	3	160
06:05	358	330	0.92	0.73	0.95	212	125	0	0	0	0	0	0	0	125	6	6	0.8675	3	205
06:06	369	314	0.85	0.76	0.95	192	125	125	0	0	0	0	0	0	125	6	5	0.8903	3	189
06:07	275	223	0.81	0.78	0.95	132	125	125	0	0	0	0	0	0	125	5	4	0.9422	2	98
06:08	217	204	0.94	0.73	0.95	132	125	125	0	0	0	0	0	0	125	4	3	0.9405	1	79

EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVA)	Reaktif/Aktif Güç Oranı Tan ϕ 1	Cos ϕ 1	İstenen Güç Faktörü Cos ϕ 2	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam	Aktif Enerji kWh	ReAktif enerji kVAh			
06:09	228	217	0,95	0,72	0,95	142	125	0	0	0	0	0	0	0	125	4	4	0,9271	2	
06:10	272	226	0,83	0,77	0,95	136	125	0	0	0	0	0	0	0	125	5	4	0,9381	2	
06:11	336	237	0,70	0,82	0,95	126	125	0	0	0	0	0	0	0	125	6	4	0,9490	2	
06:12	501	514	1,03	0,70	0,95	350	125	125	0	0	0	0	0	0	250	8	9	0,8843	4	
06:13	591	707	1,20	0,64	0,95	512	125	125	125	125	0	0	0	0	500	10	12	0,9440	3	
06:14	971	822	0,85	0,76	0,95	503	125	125	125	125	0	0	0	0	375	16	11	0,9400	11	
06:15	1.854	1.048	0,57	0,87	0,95	439	125	125	125	0	0	0	0	0	375	16	11	0,9555	5	
06:16	941	666	0,71	0,82	0,95	356	125	125	125	0	0	0	0	0	375	17	12	0,9520	6	
06:17	1.031	707	0,69	0,82	0,95	368	125	125	125	0	0	0	0	0	250	5	7	0,9119	2	
06:18	325	396	1,22	0,63	0,95	289	125	125	0	0	0	0	0	0	250	9	8	0,9053	4	
06:19	528	498	0,94	0,73	0,95	324	125	125	0	0	0	0	0	0	250	7	5	0,9005	3	
06:20	396	316	0,80	0,78	0,95	186	125	0	0	0	0	0	0	0	625	33	21	0,9506	11	
06:21	1.969	1.268	0,64	0,84	0,95	621	125	125	125	125	0	0	0	0	375	21	15	0,9282	8	
06:22	1.260	880	0,70	0,82	0,95	466	125	125	125	0	0	0	0	0	125	5	4	0,9498	2	
06:23	322	231	0,72	0,81	0,95	125	125	0	0	0	0	0	0	0	125	7	4	0,9483	2	
06:24	407	261	0,64	0,84	0,95	154	125	0	0	0	0	0	0	0	125	8	5	0,9318	3	
06:25	484	314	0,65	0,84	0,95	410	125	125	125	125	0	0	0	0	375	23	14	0,9427	8	
06:26	1.372	861	0,63	0,85	0,95	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,9198	1	
06:27	187	80	0,43	0,92	0,95	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0,9048	1
06:30	187	88	0,47	0,90	0,95	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0,8253	3
06:31	261	179	0,68	0,83	0,95	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0,8234	2
06:32	204	140	0,69	0,82	0,95	139	125	0	0	0	0	0	0	0	125	5	4	0,9362	2	
06:33	297	237	0,80	0,78	0,95	161	125	0	0	0	0	0	0	0	125	6	5	0,9199	3	
06:34	371	283	0,76	0,80	0,95	115	125	0	0	0	0	0	0	0	125	5	3	0,8846	3	
06:35	355	187	0,53	0,88	0,95	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0,9595	1
06:36	286	209	0,73	0,81	0,95	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0,8387	2
06:37	187	121	0,65	0,84	0,95	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0,8757	3
06:38	212	138	0,65	0,84	0,95	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0,9152	2
06:39	294	162	0,55	0,88	0,95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2	0,9728	2
06:40	300	132	0,44	0,92	0,95	313	125	125	0	0	0	0	0	0	250	9	8	0,9148	4	
06:41	520	124	0,24	0,97	0,95	216	125	0	0	0	0	0	0	0	125	13	8	0,9126	6	
06:42	561	498	0,89	0,75	0,95	360	125	125	125	0	0	0	0	0	375	23	14	0,9530	7	
06:43	765	488	0,61	0,85	0,95	567	125	125	125	125	0	0	0	0	500	41	23	0,9421	14	
06:44	1.389	817	0,59	0,86	0,95	303	125	125	0	0	0	0	0	0	250	17	10	0,9340	6	
06:45	2.442	1.370	0,56	0,87	0,95	348	125	125	0	0	0	0	0	0	250	19	12	0,9235	8	
06:46	993	630	0,63	0,84	0,95	271	125	125	125	0	0	0	0	0	375	34	18	0,9490	11	
06:47	1.133	721	0,64	0,84	0,95	383	125	125	125	0	0	0	0	0	375	34	18	0,9407	4	
06:48	2.041	1.053	0,52	0,89	0,95	592	125	125	125	125	0	0	0	0	500	32	20	0,9359	12	
06:49	649	484	0,75	0,80	0,95	537	125	125	125	125	0	0	0	0	500	24	17	0,9424	8	
06:50	1.931	1.227	0,64	0,84	0,95	410	125	125	125	125	0	0	0	0	375	25	15	0,9354	5	
06:51	1.427	1.007	0,71	0,82	0,95	394	125	125	125	125	0	0	0	0	625	42	24	0,9482	14	
06:52	718	646	0,90	0,74	0,95	640	125	125	125	125	0	0	0	0	875	49	30	0,9509	16	
06:53	1.471	877	0,60	0,86	0,95	865	125	125	125	125	125	125	125	125	625	25	18	0,9511	8	
06:54	2.503	1.463	0,58	0,86	0,95	619	125	125	125	125	125	125	125	125	625	25	18	0,9511	8	
06:55	2.932	1.829	0,62	0,85	0,95	619	125	125	125	125	125	125	125	125	625	25	18	0,9511	8	
06:56	1.488	1.108	0,74	0,80	0,95	619	125	125	125	125	125	125	125	125	625	25	18	0,9511	8	

EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVAr)	Reaktif/Aktif Güç Oranı Tan ϕ	Cos ϕ	İstenen Güç Faktörü Cos ϕ	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam	Aktif Enerji kWh	ReAktif enerji kVArh			
06:57	699	410	0,59	0,86	0,95	180	125	0	0	0	0	0	0	0	125	12	7	0,9260	5	285
06:58	322	201	0,62	0,85	0,95	95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0,8484	3	201
06:59	842	525	0,62	0,85	0,95	249	125	125	0	0	0	0	0	0	250	14	9	0,9504	5	275
07:00	1.235	696	0,56	0,87	0,95	290	125	125	0	0	0	0	0	0	250	21	12	0,9406	7	446
07:01	1.158	646	0,56	0,87	0,95	266	125	125	0	0	0	0	0	0	250	19	11	0,9451	7	396
07:02	470	292	0,62	0,85	0,95	137	125	0	0	0	0	0	0	0	125	8	5	0,9427	3	167
07:03	325	204	0,63	0,85	0,95	97	0	0	0	0	0	0	0	0	125	5	3	0,8472	3	204
07:04	396	308	0,78	0,79	0,95	178	125	0	0	0	0	0	0	0	125	7	5	0,9078	3	183
07:05	847	1.155	1,36	0,59	0,95	877	125	125	125	125	125	125	125	0	875	14	19	0,9495	5	280
07:06	773	853	1,10	0,67	0,95	599	125	125	125	125	125	125	125	0	500	13	14	0,9098	6	353
07:07	734	1.119	1,52	0,55	0,95	878	125	125	125	125	125	125	125	0	875	12	19	0,9489	4	244
07:08	1.573	1.887	1,20	0,64	0,95	1.369	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	26	31	0,8712	15	887
07:09	1.856	1.372	0,74	0,80	0,95	762	125	125	125	125	125	125	125	0	750	31	23	0,9481	10	622
07:10	1.650	1.092	0,66	0,83	0,95	549	125	125	125	125	125	125	125	0	500	28	18	0,9413	10	592
07:11	1.471	924	0,63	0,85	0,95	440	125	125	125	125	125	125	125	0	375	25	15	0,9369	9	549
07:12	1.444	1.183	0,82	0,77	0,95	708	125	125	125	125	125	125	125	0	625	24	20	0,9329	9	558
07:13	1.826	1.301	0,71	0,81	0,95	701	125	125	125	125	125	125	125	0	625	22	22	0,9378	11	676
07:14	1.356	930	0,69	0,82	0,95	484	125	125	125	125	125	125	125	0	500	23	15	0,9533	7	430
07:15	1.711	1.218	0,71	0,81	0,95	656	125	125	125	125	125	125	125	0	625	29	20	0,9448	10	593
07:16	2.536	1.639	0,65	0,84	0,95	806	125	125	125	125	125	125	125	0	750	42	27	0,9437	15	889
07:17	2.640	1.672	0,63	0,84	0,95	804	125	125	125	125	125	125	125	0	750	44	28	0,9441	15	922
07:18	1.348	776	0,58	0,87	0,95	333	125	125	125	125	125	125	125	0	250	22	13	0,9317	9	526
07:19	913	688	0,75	0,80	0,95	387	125	125	125	125	125	125	125	0	375	15	11	0,9461	5	313
07:20	534	525	0,98	0,71	0,95	350	125	125	125	125	125	125	125	0	250	9	9	0,8887	5	275
07:21	740	828	1,12	0,67	0,95	585	125	125	125	125	125	125	125	0	500	12	14	0,9143	5	328
07:22	1.499	1.161	0,77	0,79	0,95	668	125	125	125	125	125	125	125	0	625	25	19	0,9417	9	536
07:23	1.689	1.273	0,75	0,80	0,95	718	125	125	125	125	125	125	125	0	625	28	21	0,9336	11	648
07:24	1.986	1.389	0,70	0,82	0,95	736	125	125	125	125	125	125	125	0	750	33	23	0,9520	11	639
07:25	2.142	1.337	0,62	0,85	0,95	632	125	125	125	125	125	125	125	0	625	36	22	0,9490	12	712
07:26	1.414	817	0,58	0,87	0,95	352	125	125	125	125	125	125	125	0	375	24	14	0,9545	7	442
07:27	1.397	1.279	0,92	0,74	0,95	820	125	125	125	125	125	125	125	0	750	23	21	0,9353	9	529
07:28	1.089	1.163	1,07	0,68	0,95	805	125	125	125	125	125	125	125	0	750	18	19	0,9349	7	413
07:29	1.158	990	0,86	0,76	0,95	609	125	125	125	125	125	125	125	0	625	19	17	0,9537	6	365
07:30	1.163	985	0,85	0,76	0,95	602	125	125	125	125	125	125	125	0	625	19	16	0,9554	6	360
07:31	1.620	1.317	0,81	0,78	0,95	785	125	125	125	125	125	125	125	0	750	27	22	0,9438	9	567
07:32	2.263	1.389	0,61	0,85	0,95	645	125	125	125	125	125	125	125	0	625	38	23	0,9475	13	764
07:33	1.678	982	0,59	0,86	0,95	430	125	125	125	125	125	125	125	0	375	28	16	0,9404	10	607
07:34	1.276	946	0,74	0,80	0,95	527	125	125	125	125	125	125	125	0	500	21	16	0,9440	7	446
07:35	1.152	817	0,71	0,82	0,95	438	125	125	125	125	125	125	125	0	375	19	14	0,9337	7	442
07:36	3.028	1.705	0,56	0,87	0,95	710	125	125	125	125	125	125	125	0	625	50	28	0,9419	18	1.080
07:37	1.524	809	0,53	0,88	0,95	308	125	125	125	125	125	125	125	0	250	25	13	0,9389	9	559
07:38	1.466	891	0,61	0,85	0,95	409	125	125	125	125	125	125	125	0	375	24	15	0,9433	9	516
07:39	888	429	0,48	0,90	0,95	137	125	0	0	0	0	0	0	0	125	15	7	0,9461	5	304
07:40	245	99	0,40	0,93	0,95	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0,9270	2	99
07:41	2.071	1.306	0,63	0,85	0,95	626	125	125	125	125	125	125	125	0	625	35	22	0,9499	11	681
07:42	2.214	1.356	0,61	0,85	0,95	628	125	125	125	125	125	125	125	0	625	37	23	0,9496	12	731

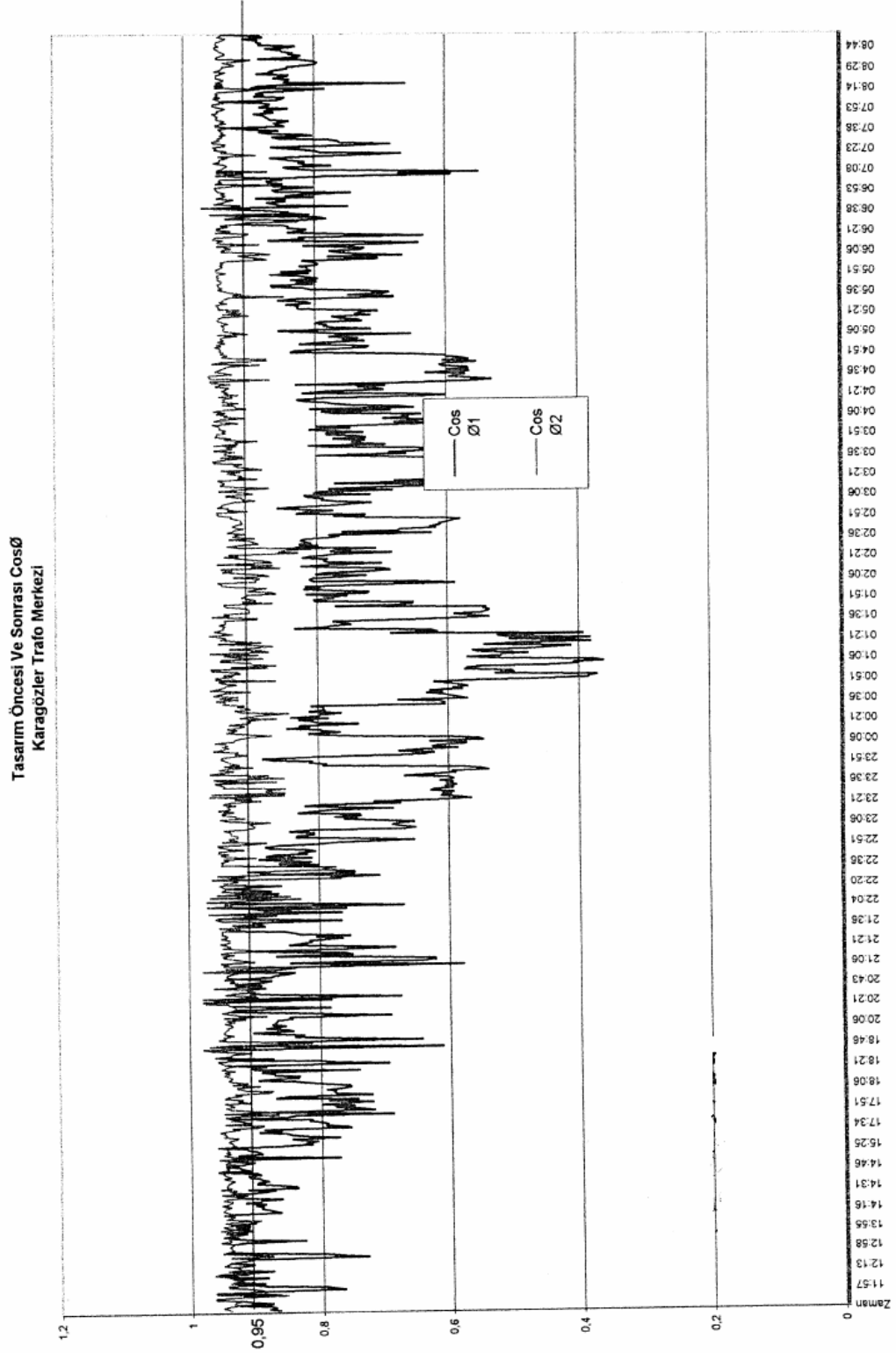
EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVA)	Reaktif/Aktif Güç Oranı Tan ϕ	Cos ϕ	İstenen Güç Faktörü Cos ϕ	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam Aktif Enerji kWh	Reaktif enerji kVAh			
07:43	1 821	1 070	0,59	0,86	0,95	471	125	125	125	0	0	0	0	0	375	18	0,9343	12	695
07:44	1 931	1 180	0,61	0,85	0,95	545	125	125	125	0	0	0	0	0	500	20	0,9432	11	680
07:45	1 804	1 172	0,65	0,84	0,95	579	125	125	125	0	0	0	0	0	500	30	0,9372	11	672
07:46	2 082	1 199	0,58	0,87	0,95	515	125	125	125	0	0	0	0	0	500	35	0,9480	12	699
07:47	2 118	1 199	0,57	0,87	0,95	503	125	125	125	0	0	0	0	0	500	35	0,9496	12	699
07:48	2 316	1 290	0,56	0,87	0,95	529	125	125	125	0	0	0	0	0	500	39	0,9465	13	790
07:49	2 288	1 251	0,55	0,88	0,95	499	125	125	125	0	0	0	0	0	500	38	0,9501	13	751
07:50	627	319	0,51	0,89	0,95	113	125	125	125	0	0	0	0	0	125	5	0,9553	3	194
07:51	2 021	1 191	0,59	0,86	0,95	526	125	125	125	0	0	0	0	0	500	34	0,9463	12	691
07:52	2 318	1 276	0,55	0,88	0,95	514	125	125	125	0	0	0	0	0	500	39	0,9483	13	776
07:53	1 845	1 034	0,56	0,87	0,95	427	125	125	125	0	0	0	0	0	375	31	0,9417	11	659
07:54	938	605	0,65	0,84	0,95	297	125	125	125	0	0	0	0	0	250	16	0,9352	6	355
07:55	1 298	688	0,53	0,88	0,95	261	125	125	125	0	0	0	0	0	250	22	0,9476	7	438
07:56	998	558	0,56	0,87	0,95	230	125	125	125	0	0	0	0	0	250	17	0,9555	5	308
08:03	1 436	825	0,57	0,87	0,95	353	125	125	125	0	0	0	0	0	375	24	0,9542	8	450
08:04	2 170	1 183	0,54	0,88	0,95	469	125	125	125	0	0	0	0	0	375	36	0,9372	13	808
08:05	490	171	0,35	0,94	0,95	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0,9444	3	171
08:06	971	586	0,60	0,86	0,95	267	125	125	125	0	0	0	0	0	250	16	0,9451	6	336
08:07	1 216	759	0,62	0,85	0,95	359	125	125	125	0	0	0	0	0	375	20	0,9535	6	384
08:08	1 796	1 133	0,63	0,85	0,95	543	125	125	125	0	0	0	0	0	500	30	0,9431	11	633
08:09	2 670	1 364	0,51	0,89	0,95	486	125	125	125	0	0	0	0	0	500	45	0,9514	14	864
08:10	3 033	1 667	0,55	0,88	0,95	670	125	125	125	125	0	0	0	0	625	51	0,9458	17	1 042
08:11	2 659	1 372	0,52	0,89	0,95	498	125	125	125	125	0	0	0	0	500	44	0,9502	15	872
08:12	3 058	1 675	0,55	0,88	0,95	670	125	125	125	125	0	0	0	0	625	51	0,9458	17	1 050
08:13	600	402	0,67	0,83	0,95	204	125	125	125	0	0	0	0	0	125	10	0,9081	5	277
08:14	479	380	0,79	0,78	0,95	222	125	125	125	0	0	0	0	0	125	8	0,8829	4	255
08:15	2 173	1 081	0,50	0,90	0,95	367	125	125	125	0	0	0	0	0	375	36	0,9511	12	706
08:16	2 426	1 271	0,52	0,89	0,95	473	125	125	125	0	0	0	0	0	375	40	0,9381	15	896
08:17	2 239	1 353	0,60	0,86	0,95	617	125	125	125	125	0	0	0	0	625	37	0,9510	12	728
08:18	809	921	1,14	0,66	0,95	656	125	125	125	125	125	0	0	0	625	13	0,9390	5	296
08:19	2 918	1 840	0,63	0,85	0,95	881	125	125	125	125	125	125	0	0	875	49	0,9494	16	965
08:20	2 206	1 427	0,65	0,84	0,95	702	125	125	125	125	125	0	0	0	625	37	0,9398	13	802
08:21	1 785	1 161	0,65	0,84	0,95	574	125	125	125	125	0	0	0	0	500	30	0,9378	11	661
08:22	2 456	1 444	0,59	0,86	0,95	637	125	125	125	125	125	0	0	0	625	41	0,9487	14	819
08:23	2 921	1 845	0,63	0,85	0,95	885	125	125	125	125	125	125	0	0	875	49	0,9490	16	970
08:24	2 349	1 526	0,65	0,84	0,95	754	125	125	125	125	125	125	0	0	750	39	0,9495	13	776
08:25	3 088	1 609	0,52	0,89	0,95	594	125	125	125	125	0	0	0	0	500	51	0,9412	18	1 109
08:26	1 821	1 067	0,59	0,86	0,95	469	125	125	125	125	0	0	0	0	375	30	0,9347	12	692
08:27	2 494	1 427	0,57	0,87	0,95	607	125	125	125	125	125	0	0	0	625	42	0,9520	13	802
08:28	1 007	600	0,60	0,86	0,95	269	125	125	125	0	0	0	0	0	250	17	0,9447	6	350
08:29	1 342	864	0,64	0,84	0,95	422	125	125	125	0	0	0	0	0	375	22	0,9397	8	489
08:30	1 790	1 150	0,64	0,84	0,95	561	125	125	125	125	0	0	0	0	500	30	0,9400	11	650
08:31	847	608	0,72	0,81	0,95	329	125	125	125	0	0	0	0	0	250	14	0,9212	6	358
08:32	1 048	792	0,76	0,80	0,95	448	125	125	125	0	0	0	0	0	375	17	0,9291	7	417
08:33	1 892	1 441	0,76	0,80	0,95	819	125	125	125	125	125	125	0	0	750	32	0,9393	12	691
08:34	3 218	2 395	0,74	0,80	0,95	1 338	125	125	125	125	125	125	125	0	1 000	54	0,9175	23	1 395

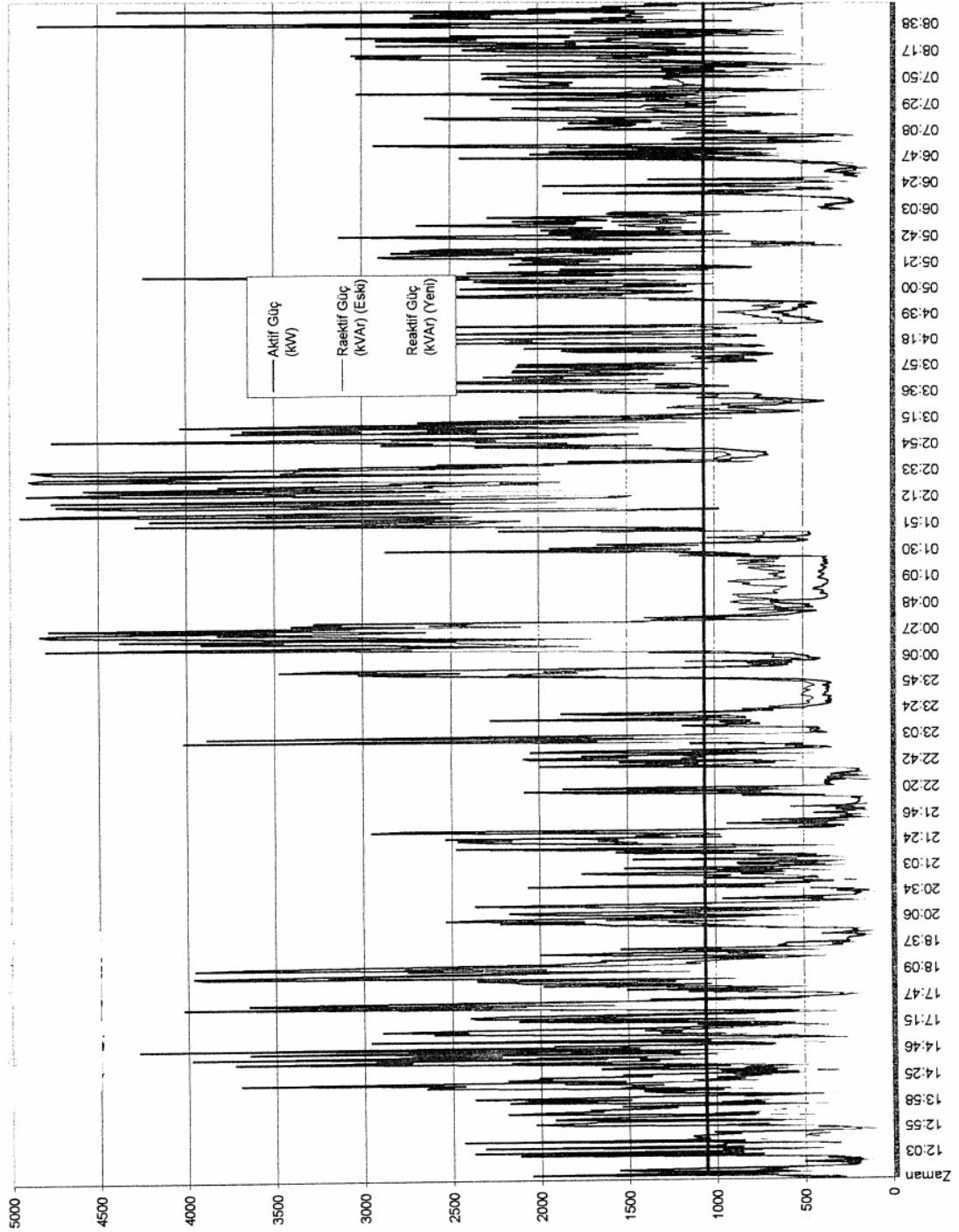
EK-2 (Devam) TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik
Kompanzasyon öncesi gün içerisinde yapılan dakikalık ölçümler.

Zaman	Aktif Güç (kW)	Reaktif Güç (kVar)	Reaktif/Aktif Güç Oranı Tan $\phi 1$	Cos $\phi 1$	İstenen Güç Faktörü Cos $\phi 2$	Gerekli Kapasitif Güç	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup	8. Grup	Toplam Aktif Enerji kWh	ReAktif enerji kVarh			
08:35	4.841	3.385	0,70	0,82	0,95	1.794	125	125	125	125	125	125	125	125	1.000	81	56	0,8970	40
08:36	3.883	2.043	0,53	0,88	0,95	767	125	125	125	125	125	125	125	125	750	65	34	0,9488	22
08:37	2.156	1.459	0,68	0,83	0,95	760	125	125	125	125	125	125	125	125	750	36	24	0,9487	12
08:38	1.834	1.276	0,70	0,82	0,95	673	125	125	125	125	125	125	125	125	625	31	21	0,9424	11
08:39	1.389	899	0,65	0,84	0,95	443	125	125	125	125	125	125	125	125	375	23	15	0,9356	9
08:40	2.112	1.405	0,67	0,83	0,95	711	125	125	125	125	125	125	125	125	625	35	23	0,9380	13
08:41	2.723	1.697	0,62	0,85	0,95	802	125	125	125	125	125	125	125	125	750	45	28	0,9445	16
08:42	2.266	1.400	0,62	0,85	0,95	655	125	125	125	125	125	125	125	125	625	38	23	0,9462	13
08:43	2.706	1.502	0,55	0,87	0,95	612	125	125	125	125	125	125	125	125	625	45	25	0,9513	15
08:44	2.250	1.474	0,66	0,84	0,95	735	125	125	125	125	125	125	125	125	750	37	25	0,9519	12
08:45	1.898	1.282	0,68	0,83	0,95	658	125	125	125	125	125	125	125	125	625	32	21	0,9450	11
08:46	4.389	2.318	0,53	0,88	0,95	876	125	125	125	125	125	125	125	125	875	73	39	0,9500	24
08:47	1.196	644	0,54	0,88	0,95	250	125	125	125	125	125	125	125	125	250	20	11	0,9499	7
08:48	2.052	1.059	0,52	0,89	0,95	384	125	125	125	125	125	125	125	125	375	34	18	0,9487	11
08:49	1.529	803	0,53	0,89	0,95	300	125	125	125	125	125	125	125	125	250	25	13	0,9404	9
08:50	1.634	745	0,46	0,91	0,95	208	125	125	125	125	125	125	125	125	125	27	12	0,9349	10
08:51	1.210	657	0,54	0,88	0,95	260	125	125	125	125	125	125	125	125	250	20	11	0,9478	7
08:52	1.392	740	0,53	0,88	0,95	282	125	125	125	125	125	125	125	125	250	23	12	0,9433	8
08:53	737	270	0,37	0,94	0,95	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4	0,9392	4
Toplam						3.206									1.000	23.715	16.817	8.934	25

EK-3 TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik Kompanzasyon öncesi ve sonrası güç faktöründeki değişim.



EK-4 TCDD Karagözler Trafo Merkezi Filtreli Dinamik Kompanzasyon öncesi ve sonrası reaktif güç değişimi.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZSÜREKÇİ, Oğuzhan
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 25.05.1979, Sivas
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 584 92 94
 Fax : 0 (312) 584 90 05
 e-mail : oozsurekci@yahoo.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Orta Doğu Teknik Üniversitesi/ Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü	2002
Lise	Özel Antalya Fen Lisesi/	1997

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2006- 2008	Başkent EDAŞ	Müdür Yardımcısı
2005- 2006	Başkent EDAŞ	Müşteriler Başmühendisi
2003- 2005	Başkent EDAŞ	Elektrik Mühendisi
2002- 2003	Ahmet Yıldız Taahhüt	Elektrik Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce, Almanca

Hobiler

Sinema, Futbol