



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PETROL SONDAJİ TESİSLERİNDE KLASİK
KOMPANZASYON SİSTEMİ YERİNE STATİK VAR
KOMPANZASYON SİSTEMİNİN UYGULANMASI

MAHMUT ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2011

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PETROL SONDAJI TESİSLERİNDE KLASİK
KOMPANZASYON SİSTEMİ YERİNE STATİK VAR
KOMPANZASYON SİSTEMİNİN UYGULANMASI

MAHMUT ÖZDEMİR

Bu tez,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2011

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Mahmut ÖZDEMİR tarafından hazırlanan ‘‘Petrol Sondajı Tesislerinde Klasik Kompanzasyon Sistemi Yerine Statik VAR Kompanzasyon Sisteminin Uygulanması’’ adlı bu tez, jürimiz tarafından 16 / 09 / 2011 tarihinde oy birliği / oy çokluğu ile Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Mustafa ŞEKKEİ (DANIŞMAN)

Elektrik- Elektronik Mühendisliği ABD, KSÜ

Yrd. Doç. Dr. Metin SALİHMUHSİN (ÜYE)

Elektrik- Elektronik Mühendisliği ABD, KSÜ

Yrd. Doç. Dr. Muharrem İMAL (ÜYE)

Elektrik- Elektronik Mühendisliği ABD, KSÜ

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. M. Hakkı ALMA

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.

Mahmut ÖZDEMİR

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

PETROL SONDAJİ TESİSLERİNDE KLASİK KOMPAZASYON SİSTEMİ YERİNE STATİK VAR KOMPAZASYON SİSTEMİNİN UYGULANMASI

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

MAHMUT ÖZDEMİR

ÖZ

Temel anlamda, statik VAR kompanzasyonu yarı iletken güç elemanları kullanarak reaktif gücün kontrol altına alınması durumu olup bu durumu gerçekleştiren sistemlere statik VAR kompanzasyonu sistemi denir. Klasik kompanzasyondan ayrılan yönü ile gecikmesiz ve kademesiz olarak reaktif gücün kontrol edildiği statik VAR kompanzasyonunun önemli özellikleri, sistem kayıplarını azaltması,geçici salınımları azaltması, harmonik oluşumunu engellemesi ve gerilimi stabilize etmesi olarak sıralanabilir.

Bir çok elektrik sisteminde olduğu gibi petrol sondajı kulelerinin elektrik sisteminde de pozitif yönleri göz önüne alındığında statik VAR kompanzasyonu bu kulelerdeki yüksek kapasiteli elektrik motorlarının enerjisinin kompanze edilmesi , harmoniklerden arındırılması ve güç kaynağı olarak kullanılan jeneratör gruplarının yakıt tüketiminin azaltılması için gereksinim haline gelmiştir.

Petrol sondajı kulelerinde petrolün keşfi sonrasında üretim faaliyetleri için at başı, esp ve pcp pompaların kurulumu yapılmaktadır. Bu aşamada da pompaların beslendiği hatların kompanze edilmesi üretim faaliyetlerinin sürekliliği için gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Statik VAR Kompanzasyonu, Petrol Sondajı Kulesi, Petrol Üretim Tesisleri, Kompanzasyon, Reaktif Güç.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, 09 / 2011

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Mustafa ŞEKKELİ

Sayfa sayısı: 45

APPLICATION OF STATIC VAR COMPENSATION SYSTEM INSTEAD OF CLASSIC COMPENSATION SYSTEM IN THE PETROLEUM DRILLING AREAS

(MASTER THESIS)

MAHMUT ÖZDEMİR

ABSTRACT

Basically, static VAR system is reactive power compensation by using semiconductor elements. This is called static VAR compensation system. The SVC systems are significant advantage compared with classic reactive power compensation systems. For example, SVC is reducing power losses, supply voltage stability and rapid response, elimination of harmonics. They are also cheaper, higher capacity, faster and more reliable than classic compensation system.

Static VAR compensation systems are used in oil drilling rig effectively. There are high rating motors in this oil drilling rig. SVC systems eliminate harmonics of the system and reduce consumption oil of diesel generator using power supply.

After the strike of oil production activities at oil drilling rigs are made for the installation pumps of sucker rod, esp and pcp. At this stage, SVC systems are necessary in order to feed pump lines continuously

Keywords: Static VAR Compensation, Petroleum Drilling Rig, Petroleum Generating Station, Compensation, Reactive Power.

Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Institute for Graduate Studies in Science and Technology
Department of Electric-Electronics Engineering, 09 / 2011

Supervisor: Yrd.Doç.Dr. Mustafa ŞEKKELİ

Page Number: 45

PETROL SONDAJİ TESİSLERİNDE KLASİK KOMPAZASYON SİSTEMİ YERİNE STATİK VAR KOMPAZASYON SİSTEMİNİN UYGULANMASI

ÖZET

Statik VAR kompanzasyon sistemleri, yarı iletken devre elemanları, reaktörler ve kondansatörlerden meydana gelen sistemlerdir. Bu sistemlerin amacı gecikmesiz ve kademesiz olarak reaktif gücü kontrol etmek , kayıpları azaltmak ve harmonik oluşumunu önleyerek enerji kalitesini arttırmaktır.

Enerji sistemlerinin kompanzasyonu yakın zamana kadar genellikle kompanzasyon kontaktörlü devrelerle yapılmaktaydı ancak; Son dönemlerde gelişen yarı iletken teknolojisi ile statik anahtarlama kompanzasyon sistemleri uygulamada daha çok karşımıza çıkmaktadır.

Kompanzasyon ihtiyacına hızlı cevap verebilmesi, kademesiz olması ,harmonik oluşumunu engellemesi ve benzeri bir çok üstün özelliklerinden dolayı statik anahtarlama kompanzasyon işletmelerde daha çok tercih edilmektedir.

Bu çalışmada , endüstriyel olarak son yıllarda büyük önem kazanan statik VAR kompanzasyon sistemlerinin Petrol sondajı ve üretimi tesislerinde uygulanabilirliği incelenmiş, yeterli faydayı sağlaması konusu araştırılmış ve örnek uygulama yapılmıştır.

Petrol tesislerinde yapılan bu uygulama ile tesiste kullanılan enerjinin kalitesinin arttığı ve güç faktörü değerinin iyileştiği gözlemlenmiştir. SVC sistemleri dünyada ve ülkemizde, endüstriyel alanlarda ve petrol sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır.

APPLICATION OF STATIC VAR COMPENSATION SYSTEM INSTEAD OF CLASSIC COMPENSATION SYSTEM IN THE PETROLEUM DRILLING AREAS

SUMMARY

Static VAR compensators are consist of semiconductor elements, harmonic reactors and special type capacitors. These systems aim to control of reactive power and eliminate of harmonics. Compensation of power systems were made with classic compensation until these years, but especially static VAR compensation systems use in industrial area, nowadays.

Electrical industries prefer the static VAR compensators for reducing harmonics and power loses and rapid response. In this article, we analyzed, how can apply static VAR compensation system to petroleum drilling rigs and producing areas.

In this study we obtained that SVC systems were increase the energy quality and stabilize the power factor in petroleum working areas. SVC systems are used commonly at industrial areas and petroleum sector in the world and our country.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasına katkılarından dolayı öncelikle tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ Bey'e ve tezin uygulama kısmında destekleri olan Elektrik Mühendisi Murat ERTÜRK Bey'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ.....	i
ABSTRACT	ii
ÖZET.....	iii
SUMMARY.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. AA SİSTEMLERİ VE REAKTİF GÜÇ KOMPAZASYONU.....	5
2.1. Reaktif Güç Kompanzasyonu	5
2.1.1. Reaktif güç çeken yükler.....	6
2.1.2. Kompanzasyon sistemlerinde aktif, reaktif, zahiri direnç tanımları.....	7
2.1.2.1. Omik direnç.....	9
2.1.2.2. Endüktif direnç.....	9
2.1.3. Kompanzasyon sistemlerinde aktif, reaktif, zahiri güç tanımları.....	10
2.2. Kompanzasyon.....	12
2.2. 1. Kompanzasyon sistemini vektörel olarak yorumlama.....	13
2.2.2. Reaktif güç kompanzasyonu tesis çeşitleri.....	14
2.2.2.1. Dinamik faz kaydırıcılar (Senkron motorlar).....	14
2.2.2.2. Statik faz kaydırıcılar (Kondansatörler).....	15
2.2.3. Mekanik ve güç elektroniği anahtarlamalı kompanzasyonun farkı.....	15
2.3. SVC Sistemlerinin İncelenmesi.....	16
3. PETROL SONDAJİ TESİSLERİNDE STATİK VAR KOMPAZASYONU.....	18
3.1. Petrol Sondajı Tesislerinde SVC Uygulaması Saha 1.....	19
3.1.1. Güç faktörü hesabı.....	22
3.1.2. Statik VAR kompanzasyonu öncesi alçak gerilim ölçümleri saha1.....	23
3.1.3. Saha 1 endüktif ve kapasitif % oranları.....	25
3.2. Petrol Tesislerinde SVC Uygulaması Saha 2.....	26
3.2.1. SVC uygulaması öncesi alçak gerilim ölçümleri saha 2.....	26
3.2.2 Saha 2 için kompanzasyon hesabı.....	28
3.3. Succer rod Pompa Uygulamasında SVC Kullanımı.....	28
3.3.1. SVC uygulaması öncesi alçak gerilim ölçümleri _Succer. rod.....	29

3.3.2. Succer rod pompa enerji hattı için kompanzasyon hesabı.....	30
4. SAHA 1 ÇALIŞMASINA AİT UYGULAMA ŞEMALARI.....	32
5. SONUÇLAR.....	36
KAYNAKLAR.....	38
EKLER.....	40
ÖZGEÇMİŞ.....	45

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a	: Katsayı
B_C	: Kondansatör süseptansı
B_L	: Bobin süseptansı
B_{eq}	: Eşdeğer süseptans
B_{svc}	: Svc süseptansı
d_c	: Gerilim sabiti
f	: Frekans
Hz	: Frekans birimi
I	: Akım
I_{ac}	: Alternatif akım
I_C	: Kapasitif akım
I_L	: Endüktif akım
I_b	: Reaktif akım bileşeni
I max	: Maksimum akım
I_w	: Aktif akım bileşeni
n	: Harmonik katsayısı
m_a	: Modülasyon indeksi
P	: Aktif güç
Pmax	: Maksimum aktif güç
R	: Omik direnç
Q	: Reaktif güç
Q_L	: Endüktif güç
Q_C	: Kapasitif güç
Q_{bank}	: Kompanzasyonda ihtiyaç duyulan kondansatör gücü

S,S1,S2	: Görünür güçler
T	: Peryot
t	: Zaman
U	: Gerilim
U_{max}	: Maksimum gerilim
V	: Gerilim / Voltaj
V₀	: Başlangıç gerilimi
V_{max}	: Maksimum gerilim
w_l	: Endüktif reaktans
w_c	: Kapasitif reaktans
X_L	: Kapasitif direnç
X_C	: Endüktif direnç
kW	: Aktif gücün birimi
kVA	: Görünür/ zahiri gücün birimi
kVAR	: Reaktif gücün birimi
Z	: Zahiri direnç
φ	: Faz açısı
φ_v	: Gerilim faz açısı
φ_i	: Akım faz açısı
α	: Tetikleme açısı
π	: pi sayısı = 3,14...
ω	: Açısal frekans
AC	: Alternatif akım
AG	: Alçak gerilim
ASVC	: Gelişmiş statik VAR kompanzatörü

DC	: Doğru akım
EPRI	: Elektrik gücü araştırma enstitüsü
ESP	: Elektrikli yeraltı pompa
FACTS	: Esnek alternatif akım iletim sistemleri
IPFC	: Hat arası güç akış kontrolü
SSSC	: Statik, senkron, seri kompanzatör
SRP	: Succer rod pump (At başı pompa)
SVC	: Statik VAR kompanzatörü
PCP	: Ötelemeli vidalı pompa
PF	: Güç faktörü
THD	: Toplam harmonik distorsiyon
TCSVC	: Tristör kontrollü statik var kompanzatörü
UPFC	: Birleştirilmiş güç çıkış kontrolü
UPS	: Limitsiz güç kaynağı

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1	SVC fonksiyonel diyagramı.....2
Şekil 1.2	SVC eşdeğer devresi..... 3
Şekil 1.3	P = 4 MW ve Q = 3 MVAR olan aynı yükte tetikleme açısı.....,4
Şekil 1.4	Yüke reaktif güç akışı, P = 4MW ve Q = 3 MVAR.....4
Şekil 2.1	Zahiri, aktif, reaktif direnç ve fazör diyagramları.....7
Şekil 2.2	Omik direnç fazör diyagramı.....8
Şekil 2.3	Endüktif direnç fazör diyagramı.....8
Şekil 2.4	Kapasitif direnç fazör diyagramı.....9
Şekil 2.5	Alternatif akımın aktif ve reaktif bileşenleri.....10
Şekil 2.6	Güç üçgeninde kompanzasyonun gösterimi.....13
Şekil 2.7	Tristör kontrollü reaktörün temel yapısı ve akım gerilim dalga şekli.....17
Şekil 2.8	İletim açısı ile reaktif güç arasındaki ilişki.....17
Şekil 3.1	Kontaktörlü sistem devreye giriş anı (Transient oluşur)21
Şekil 3.2	Statik anahtarlı sistem devreye giriş anı (Transient oluşmaz)......22
Şekil 3.3	Saha 1 ana dağıtım panosunun akım-gerilim harmonik dalga formu.....23
Şekil 3.4	Saha 1 gerilim ve akım harmonik değerleri.....23
Şekil 3.5	Saha 1 fazlara göre P.F., güç faktörü, değerleri.....24
Şekil 3.6	Saha 2 akım-gerilim harmonik dalga formu.....26
Şekil 3.7	1. - 50. Akım ve gerilim harmonik değerleri.....26
Şekil 3.8	Saha 2 gerilim, akım, aktif güç, reaktif güç dalga şekilleri.....27
Şekil 3.9	Saha 2 P.F. grafiği.....27
Şekil 3.10	Akım ve gerilim dalga formu – Succer rod pompa enerji hattı..... 29
Şekil 3.11	Gerilim, akım, aktif güç, reaktif güç grafikleri..... 29

Şekil 3.12	P.F. grafiği – Succer rod pompa enerji hattı.....	30
Şekil 4.1	Kondansatör kademeleri ve tristörler.....	32
Şekil 4.2	İşlemci birimi devre şeması.....	33
Şekil 4.3	Tristör kontrol devre şeması.....	34

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1	SVC kullanımının gerilim üzerindeki etkisi.....	4
Çizelge 3.1	Endüktif ve kapasitif yüzde oranları.....	25

1. GİRİŞ

Statik VAR kompanzasyonu modern güç elektroniği teknolojisinin en önemli ürünlerinden olan yüksek güçlü tristörler yardımıyla reaktörlerde akım kontrolü yapılırken, aynı zamanda büyük kondansatör grupları devreye alınır veya devreden çıkartılır. Tristör kontrollü reaktörlerle birlikte sabit kondansatörlerin yada tristör anahtarlama kondansatörlerin kullanılmasıyla, sürekli olarak kapasitif ve endüktif bölgede çalışılabilir (Gyugyi, 1988).

Statik VAR kompanzasyon sistemleri, yükün reaktif gücünü kompanze ederek gerilim dalgalanmalarının azaltılmasını ve kaynağının güç faktörü değerinin yükseltilmesini sağlarlar (Reddy, 2000).

Güçlü ve hızlı devreye girip çıkan yüklerin güç faktörü klasik kompanzasyon sistemleri ile düzeltilemez. Bu durumun sebebi, klasik kompanzasyon sistemlerinin yükün ani şekilde ihtiyaç duyduğu reaktif güç talebine hemen cevap verememesi ihtiyaç duyulan kapasitif reaktif gücün kompanzasyon sisteminden karşılanamamasıdır. Bu sıkıntıların giderilmesi için statik VAR kompanzasyon sistemleri geliştirilmiştir.

Klasik kompanzasyon sistemlerinde reaktif güç kontrol rölelerinin hızları sistemi kompanze etmeye yeterli olmamakla birlikte kondansatör kademelerinden dolayı hassas bir kompanzasyon yapmak pek mümkün değildir. Ayrıca kademelerin devreye alınması sırasında geçici rejimler yaşanmaktadır. Kontaktörler ise çok sık açma-kapama yapmalarından dolayı daha sık arızalanırlar. Kontaktör yerine tristör kullanılan tristör anahtarlama kompanzasyon sistemleri bu sakıncayı ortadan kaldırmaktadır.

Belirli bir uygulamada en uygun reaktif güç kompanzasyon sisteminin seçimi için gerekli kriterler aşağıda sıralanmıştır (Kara ve Yalçınöz, 2005).

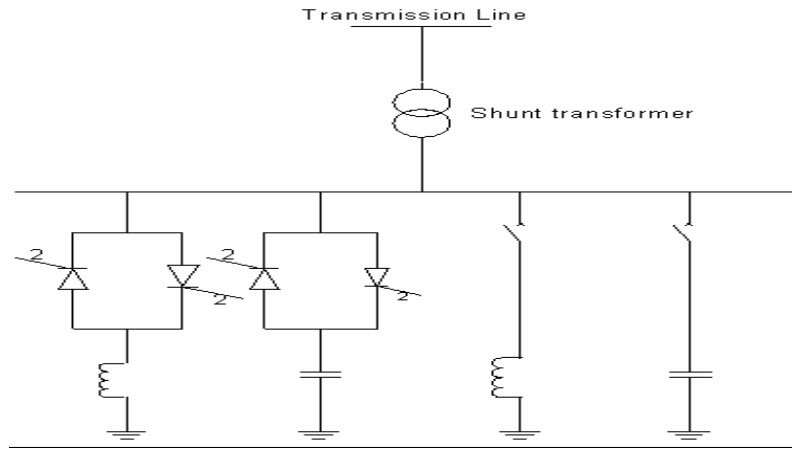
1. Maksimum reaktif güç gereksinimi
2. Geçici ve kararlı rejimlerin saptanması
3. Gerilim regülasyonu
4. Maksimum harmonik bozulmaları

Bir kompanzasyon sisteminde kondansatör değerinin reaktör değerinden büyük seçilmesi harmonik üretimini azaltacaktır. Reaktif gücün de gereksinim duyulan en yakın yerde üretilmesi, elektrik sisteminin en iyi şartlarda işletilmesi açısından faydalı olacaktır (Marthur ve Varma, 2002).

Uygulamalarda gerilim seviyesindeki düşüşlerle nominal çalışma koşullarında bozulmalar meydana gelir. Elektriksel sistemler belirlenmiş olan nominal gerilim

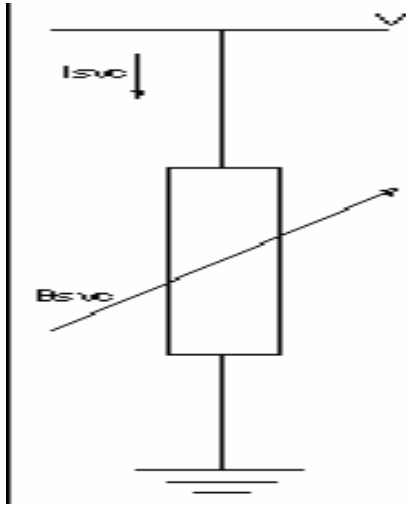
seviyelerinde verimli olarak çalışmaktadırlar. Sistemlerde nominal gerilimlerin altındaki gerilim seviyelerinde çalışması, elektrik sistemlerinin verimsiz çalışmasına ya da hiç çalışmamasına neden olacaktır. Bu yüzden gerilim regülasyonu elektriksel sistemler için oldukça önemlidir. Reaktif güç kompanzasyonu da gerilim regülasyonu için en uygun yöntemlerden biridir. Tristör anahtarlamalı kondansatörler sabit kondansatörlere göre daha iyi gerilim regülasyonu sağlamaktadır. Gerilim regülasyonu sayesinde yüke aktarılan güç artmakta ve yük gerilimi nominal değerlerine daha da yaklaşmaktadır. Böylece güç sistemi için nominal şartlar sağlanmakta ve güç kalitesi artırılmaktadır (Kara ve ark., 2005).

Bugünün değişen elektrik güç sistemi, esnekliği, güvenilirliğe, hızlı cevabı ve elektrik gücü üretimi, iletimi, dağıtımı ve tüketimi alanlarında doğruluğa gereksinim duymaktadır. Esnek alternatif akım iletim sistemleri (FACTS), güç sistemlerindeki belirli noktalarda değişken gerilim, faz açısı ve empedans kapasitesine sahip olan en son teknolojiye uygun yeni cihazlardır. FACTS kontrolörleri arasındaki Statik Var kompanzatorleri, gerekli zaman aralığında gerilimin stabile edilemediği durumlar süresinde gerilim kaynağının dinamik reaktif kompanzasyonunda hızlı bir rol oynarlar. Aynı zamanda SVC'ler reaktif güç kontrolü yaparak güç salınımlarını bastırır ve sistem kayıplarını azaltır. Sistemlerde hatalara sebep olan olaylarda, Statik Var kompanzatorleri kullanarak gerilim stabilizasyonu sağlanır (Nwohu, 2009).



Şekil 1.1 SVC fonksiyonel diyagramı

SVC sistemlerine ait fonksiyonel diyagram Şekil 1.1'de gösterilmiştir. SVC sistemleri reaktör ve kapasitörlerden meydana gelir ve kapasitör banklarına paralel yerleştirilen tristörler tarafından kontrol edilirler. Şekil 1.1'de fonksiyonel diyagramı verilen SVC diyagramının eş değer modeli de şekil 1.2'de gösterilmiştir. (Nwohu, 2009).



Şekil 1.2 SVC eşdeğer devresi

Şekil 1.2 de verilen eşdeğer devre modeli değişken hassasiyetli şönt bağlı SVC'yi tanımlar, burada B_{svc} gerilim kontrolünü gerçekleyen otomatik ayarlayıcıdır. Eşdeğer suseptans, B_{eq} ise kapasitor geriliminin tepe değeri ile ani tetikleme değeri arasında ölçülen ve gecikme açısı olarak tanımlanan tristörlerin tetikleme açısı α tarafından belirlenir. Temel frekans eşitliği akım harmoniklerinin sonuçlarını ihmal eder,

$$B_{eq} = B_L(\alpha) + B_c \quad (1.1)$$

Denklem 1.1'de yer alan $B_L(\alpha)$ için eşitlik yazılırsa,

$$B_L(\alpha) = -\frac{1}{\omega L} \left(1 - \frac{2\alpha}{\pi} - \frac{\sin(2\alpha)}{\pi} \right) \quad (1.2)$$

Denklem 1.2 elde edilir. Eğer SVC tarafından tüketilen güç 0 kabul edilirse,

$$P_{svc} = 0 \quad (1.3)$$

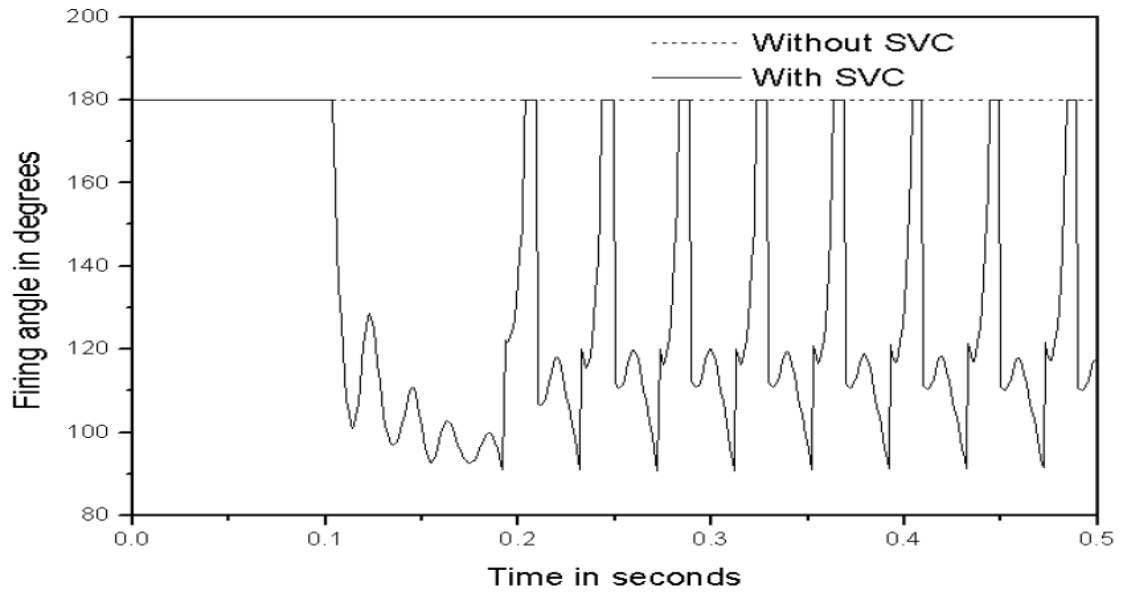
$$Q_{svc} = -V^2 B_{svc} \quad (1.4)$$

Denklem 1.4'te V bara gerilim büyüklüğüdür. Reaktif güç bara voltajının karesinin bir fonksiyonudur. Bundan dolayı reaktif güç üretimi voltajın azalmasıyla birlikte azalır. (Nwohu, 2009)

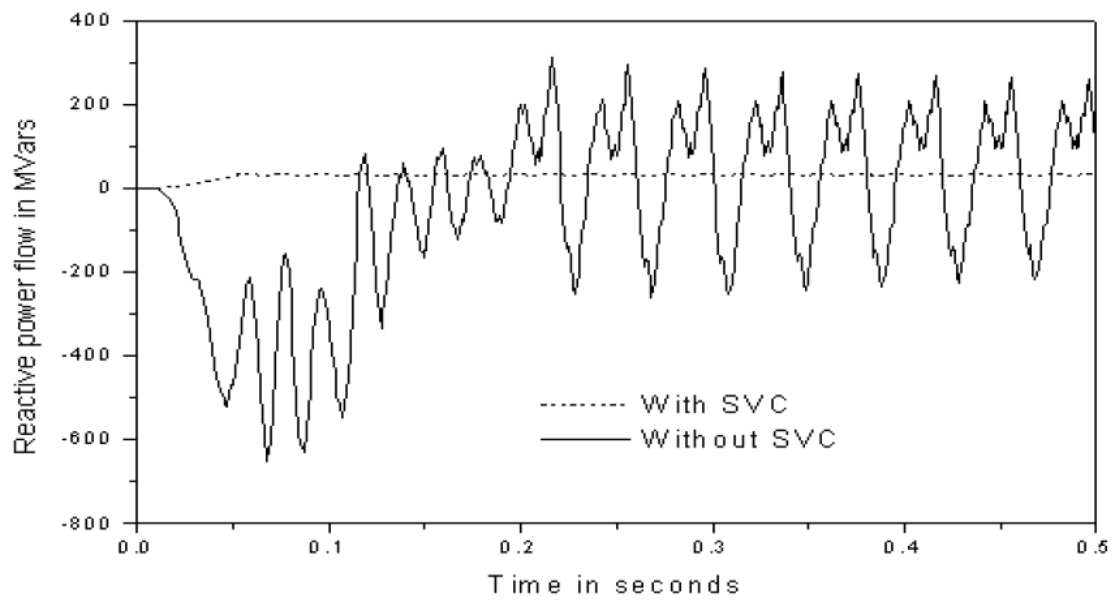
$P = 4 \text{ MW}$, $Q = 3 \text{ MVars}$ güçlerinde SVC'li ve SVC' siz olarak olarak yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar Çizelge 1.1, Şekil 1.3 ve Şekil 1.4 'de verilmiştir.

Yükler		Gerilim- kV	
MW	Mvar	SVC var	SVC yok
4	3	229.977	230.350
150	30	229.151	230.618
155	35	229.014	232.048
160	40	228.877	229.065
260	60	228.286	231.154

Çizelge 1.1 SVC kullanımının gerilim üzerindeki etkisi



Şekil 1.3 $P = 4$ MW ve $Q = 3$ MVAR olan aynı yükte tetikleme açısı



Şekil 1.4 Yüke reaktif güç akışı, $P = 4$ MW ve $Q = 3$ MVAR

2. AA SİSTEMLERİ VE REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONU

Alternatif akım güç kaynakları, çeşitli tahriklere sahip generatorler, iletim hatları ve alternatif akım yükleri alternatif akım sistemlerinin temel bileşenleridir. AA sistemlerinde endüktans'a sahip yükler genellikle endüktans değerlerine göre hem aktif hem de reaktif güç çekerler.

AA sistemlerde aktif güç,

$$\frac{V_m * I_m}{2} * \cos(\varphi_v - \varphi_i) * [1 + \cos(2\omega t)] \quad (2.1)$$

AA sistemlerde reaktif güç,

$$\frac{V_m * I_m}{2} * \sin(\varphi_v - \varphi_i) * [1 + \sin(2\omega t)] \quad (2.2)$$

Denklem 2.1 ile 2.2'nin farkı AA sistemlerdeki görünür gücün ifadesini oluşturur.

Bu durumda,

$$S = \frac{V_m * I_m}{2} * \cos(\varphi_v - \varphi_i) * [1 + \cos(2\omega t)] - \frac{V_m * I_m}{2} * \sin(\varphi_v - \varphi_i) * [1 + \sin(2\omega t)] \quad (2.3)$$

AA sistemlerinde kondansatörler ve endüktanslar reaktif güç üretimine sebep olan devre elemanlarıdır. Bu iki elemanın olduğu devrelerde faz farkı 0 (sıfır)' dan farklı bir değerdedir. Kondansatörlerde plakalar arasında elektriksel alan olarak, endüktanslarda ise sarımlar etrafında manyetik alan olarak depolanan elektriksel enerjiler AA sistemlerinde reaktif güç tüketimine sebep olmaktadır. Düşük gerilim, yüklerin performansında düşümlere sebep olurken, aşırı gerilim malzeme bozulmalarına ve manyetik doyma yüzünden harmoniklerin oluşmasına neden olur (Song ve Johns, 1999). Bu tür gerilim düşümlerini ve harmonik oluşumunun engellenmesi için farklı metotlarda reaktif güç kompanzasyonu uygulamak mümkündür.

2.1 Reaktif Güç Kompanzasyonu

Endüksiyon prensibi ile çalışan yükler, motorlar, jeneratörler, transformatörler, bobinler çalışmaları için gerekli olan bir mıknatıslama akımı çekerler, Çekilen bu mıknatıslama akımları aynı zamanda reaktif akımdır ve reaktif güç çekilmesine sebep olurlar. Endüktans'a sahip elektrik makineleri ve devre elemanları çalışmaları için aktif gücün yanında reaktif güce de gereksinim duyarlar.

Reaktif güç çekilen veya reaktif güce gerek duyulan yerlerde belirli teknikler kullanılarak bu gücün yerinde karşılanması ve AA güç sistemlerinden çekilmesinin önlenmesine Reaktif Güç Kompanzasyonu denilmektedir (Gyugyi, 1988).

Reaktif güç kompanzasyonu sistemi iki gruba ayrılır. Biri iletim sistemlerinde kullanılan gerilim kontrolü, diğeri ise alıcıların yakınında kurulan tesisler ile yapılan yük kompanzasyonudur. İkinci tip kompanzasyon yükün özelliği ile belirlenen akım ve gerilimin ölçümü ile yapılır. Enerji iletimindeki kompanzasyon ise,iletim hatlarındaki gerilimin düzenlenmesi ve kararlılığın sağlanmasıyla gerçekleştirilir.

Genel olarak reaktif güç kompanzasyonunun amacı, reaktif gücün sınırlandırılması ve harmoniklerin elemine edilmesi ile güç sistemlerinde kalitenin artırılması olarak tanımlanabilir (Ersamut,2009).

Enerji sarfiyatı yüksek olan reaktif güç kompanzasyonu yapılırken yüksek maliyetli malzemeler kullanılarak işletmeler ve fabrikalar yüksek enerji bedellerinden kurtarılmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla son yıllarda yapılan çalışmalarla kayıplara sebep olan reaktif gücün ortadan kaldırılması için çeşitli teknikler geliştirilmektedir. Bayındır ve ark.(2008)' na göre İhtiyaç duyulan en yakın yerde reaktif güç üretilmesi, sistemin veriminin artırılmasında büyük faydalar sağlamaktadır.

Araştırmalarını yapılan petrol sondajı sektöründe ise enerji kaynağı olarak hem dizel jeneratörler hem de şebeke enerjisi kullanılmaktadır. Sektördeki yüklerin büyük bir çoğunluğu reaktif güç çekmektedir. Çekilen bu reaktif gücün kontrol altına alınması hem enerji kalitesini arttıracaktır hem de güç üretimi maliyetini düşürecektir.

Petrol keşfi sonrasında ise kuyudan ham petrolün SRP, ESP veya PCP pompalarla yüzeye çıkarılması aşamasında da pompaların besleme hattının kompanze edilmesi üretim faaliyetlerinin sürekliliği için gereklidir.

2.1.1 Reaktif güç çeken yükler

Elektrik enerjisini kullanan yükler temel anlamda iki bölümde incelenebilir. Bunlardan biri ortama ısı yayan yüklerdir ve bu tip yükler aktif enerji çekerler.

Diğeri yük grubu ise manyetik ve statik alan ile çalışan yüklerdir. Manyetik ve statik alan ile çalışan yükler, elektrik motorları, trafolar, balastlı lambalar ve elektrik enerjisini çeşitli enerjilere dönüştüren cihazlardır. Bahsi geçen cihazlar endüktif özellikleri ve yapıları gereği aktif gücün yanında reaktif güç de çekerler.

Endüstride reaktif güç kompanzasyonu gerektiren yüklerden bazıları aşağıda sıralanmıştır.

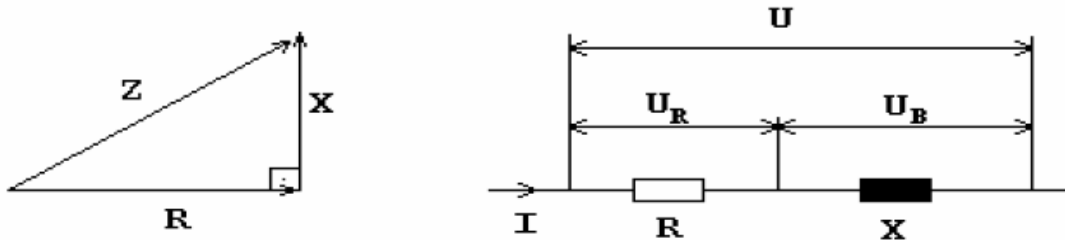
- Elektrik makineleri
- Bobinler
- Yüksek gerilim hatları
- Doğrultucular
- Endüksiyon fırınları
- Elektrik ark ocakları
- Kaynak makinaları
- Balastlar

Endüktansa sahip yükler işletmede harmonik üretime ve akım darbelerine neden olurlar. Bu tip yüklerde reaktif güçteki değişim çok hızlıdır ve çektikleri reaktif güç değerleri de büyük aralıklarla değişmektedir. Bundan dolayı kullanılacak reaktif güç kompanzasyon sistemleri çok kısa zamanda büyük değerlerde karşılamalıdır.

Petrol sondajı kulelerinde ve ham petrolün yüzeye çıkarılmasında da yukarıda bahsi geçen elektrikle çalışan cihazlar ve makinalar kullanılmaktadır. Petrol sondajı ve üretimi faaliyetlerinde bakım maliyetlerini azaltmak , güç faktörünü düzeltmek ve sistemde yer alan elektrik makinalarının kesintisiz ve sorunsuz çalıştırılması için reaktif güç kompanzasyona ihtiyaç vardır.

2.1.2 Kompanzasyon sistemlerinde aktif, reaktif, zahiri direnç tanımları

Bir devrenin zahiri direnci OHM Kanununa göre bu devreye uygulanan gerilim ve geçen akıma göre bulunmaktadır. Şekil 2.1’de AA sistemleri için zahiri direnç Z' nin bir aktif (R) bir de reaktif (X) bileşeninin olduğu görülmektedir .



Şekil 2.1 Zahiri, aktif, reaktif direnç ve fazör diyagramları

Şekil 2.1’deki fazör diyagramlarına göre eşitlikler yazıldığında,

$$R = U_R / I \quad (2.1)$$

$$X = U_B / I \quad (2.2)$$

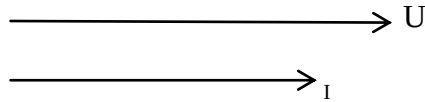
$$Z = (R^2 + X^2)^{1/2} \quad (2.3)$$

$$Z = U / I \quad (2.4)$$

Zahiri güç, (Z) eşitliği denklem 2.4'deki gibi olur. Bir elektrik devresinin içerisindeki devre elemanları zahiri direnci teşkil ederek akımın gerilime göre faz durumunu tayin ederler. Zahiri direnç için üç hal mümkündür.

1- Devre elemanlarının sadece omik değerde olması hali:

$X = 0$ ise, $Z = (R^2 + 0^2)^{1/2} = R$ eşitliği ile omik direnç ifadesine ulaşılır.



Şekil 2.2 Omik direnç fazör diyagramı

Şekil 2.2'deki fazör diyagramından da görüldüğü gibi omik yapıdaki bir devrede gerilim ile akım vektörel olarak aynı fazdadır.

2- Devre elemanlarının endüktif karakterde olması hali

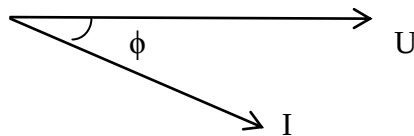
Devrede elemanları endüktif (ϕ) karakteristiktir. Akım vektörel olarak, gerilime göre ϕ açısı kadar geridedir. (Transformatörler, motorlar, bobinler.)

Endüktif direnç X_L ise,

$$X_L = \omega L \quad (2.5)$$

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L \quad (2.6)$$

Devrenin endüktif karakteristiğe sahip olma durumundaki fazör diyagramı şekil 2.3'teki gibidir.



Şekil 2.3 Endüktif direncin fazör diyagramı

3- Devre elemanlarının kapasitif karakterde olma hali

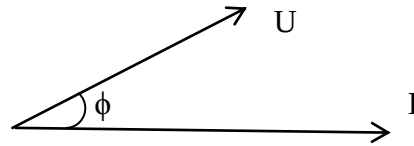
Devre elemanları kondansatörler gibi kapasitif karakteristiktir. Akım vektörel olarak gerilime göre ϕ açısı kadar ileridedir.

Kapasitif direnç X_C ise,

$$X_C = 1 / \omega C \quad (2.7)$$

$$X_C = 1 / 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \quad (2.8)$$

Devrenin kapasitif karakteristiğe sahip olma durumundaki fazör diyagramı şekil 2.4'teki gibidir;



Şekil 2.4 Kapasitif direncin fazör diyagramı

2.1.2.1 Omik direnç

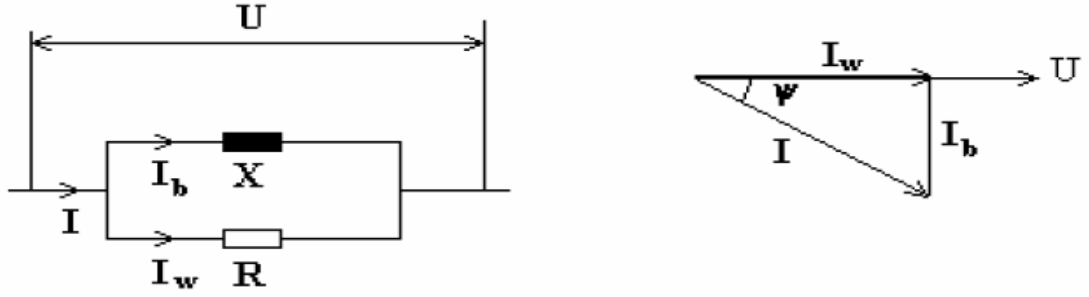
Omik direnç R, içerisinde bir indükleme veya kapasite olayı olmayan dirençtir. (Akkor flamanlı lambalar, elektrikli ısıtıcılar.) Bu direnç efektif gerilim veya akım değerlerinden $R = U / I$ olarak bulunur. Aktif direnç içerisinde geçen akımda aktif akımdır. Ölçülen gerilim ve akım efektif değerlerdir. Maksimum ani değerleri bulmak için ölçülen akım ve gerilimin 1.41 katı alınmalıdır.

2.1.2.2 Endüktif direnç

İçinden her akım geçen telin etrafında daima bir manyetik alan mevcuttur. Bir bobin halinde sarılan telin manyetik alanı da daha fazla olacaktır. Bu sebeple bobin bir gerilim indükleyici özelliğine sahiptir. Hareket halinde bulunan elektronlar, sanki yanındaki elektronlarla bir yay vasıtasıyla bağlıymış gibi bu bobin uçlarına bir gerilim tatbik edildiğinde ileri geri harekete başlarlar.

Bir bobinde kendi kendine indükleme olayı bu bobin içindeki akımın akmasına engel olacak şekilde durum göstermektedir ve gerilim ile akım arasında bir faz kayması oluşturmaktadır. Şebekeye bağlı bir alıcı, eğer bir motor, bir transformatör, bir floresan lamba gibi endüktif karakteristiğe sahip ise, bunlar manyetik alanlarının temini için bağlı oldukları şebekeden bir reaktif akım çekerler. Gerilim ile akım arasındaki faz farkını, akımı bileşenlerine ayırarak izah etmek mümkündür.

I ile gösterilen alternatif akımın, aktif = I_w ve reaktif = I_b bileşenleri, birbirine paralel bağlı aktif ve reaktif dirençlerin üzerinden geçen akımlardır.



Şekil 2.5 Alternatif akımın aktif ve reaktif bileşenleri

Şekil 2.5' e göre,

$$I_w = U / R = I \cdot \cos \phi \quad (2.8)$$

$$I_b = U / X = I \cdot \sin \phi \quad (2.9)$$

$$I = U / Z = (I_w^2 + I_b^2)^{1/2} \quad (2.10)$$

2.1.3 Kompanzasyon sistemlerinde aktif, reaktif ve zahiri güç tanımları

Elektriksel güç; bir devreye tatbik edilen gerilimle bunun doğurduğu akımın bir sonucudur.

Zahiri Güç,

$$S = U \cdot I \text{ (VA)} \quad (2.11)$$

Aktif Güç,

$$P = U \cdot I_w \quad (2.12)$$

$$I_w = I \cdot \cos \phi \quad (2.13)$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos \phi \quad (2.14)$$

$$P = S \cdot \cos \phi \text{ (W)} \quad (2.15)$$

Reaktif Güç,

$$Q = U \cdot I_b \quad (2.16)$$

$$I_b = I \cdot \sin\phi \quad (2.17)$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\phi \quad (2.18)$$

$$Q = S \cdot \sin\phi \text{ (VAR)} \quad (2.19)$$

Denklem 2.15'te aktif güç, zahiri gücün $\cos\phi$ ile çarpılmasıyla elde edildiği için $\cos\phi$ 'ye aktif güç katsayısı veya kısaca güç katsayısı adı verilmektedir.

$\cos\phi = 1$ (Sadece aktif güç mevcuttur. $\phi = 0$ derece)

$\cos\phi = 0$ (Sadece reaktif güç mevcuttur. $\phi = 90$ derece)

Güç faktörü düzeltmede başlangıç noktası, yük karakteristiğinin tam olarak belirlenmesidir. İşe güç sistemi yönünden bakıldığında, sistemin en fazla zorlandığı yükteki güç faktörünün bilinmesi yeterlidir.

Elektrik Santralinde üretilen bir enerji, aktif ve reaktif akım adı altında en küçük alıcıya kadar beraberce akmakta, iş yapmayan, sadece motorda manyetik alan doğurmaya yarayan reaktif akım, havai hatta, trafoda, tablo, şalterler ve kabloda lüzumsuz yere kayıplara sebebiyet vermektedir. Bu kayıplar yok edilirse, şüphesiz trafo daha fazla motoru besleyebilecek bir kapasiteye sahip olacak, bununla beraber disjonktör (kesici) lüzumsuz yere büyük seçilmeyecek, kablo ise daha küçük kesitte seçilebilecektir. Daha ilk bakışta reaktif akımın santralden alıcıya kadar taşınması, büyük ekonomik kayıp olarak görünmektedir. Genellikle enerji dağıtım şebekelerinde lüzumsuz yere taşınan bu enerji, taşınan aktif enerjinin % 75 – 100'ü arasında tespit edilmektedir. Bu reaktif enerjinin santral yerine, yüke en yakın bir mahalden gerek kondansatör tesisleri, gerekse senkron döner makineler tarafından temin edilmesiyle, santralden yüke kadar bütün tesisler bu reaktif akımın taşınmasından kurtulmuş olacaktır.

Akımın aktif bileşeni ;

- Motorlarda mekanik gücü,
- Isıtıcılarda teknik gücü,
- Lambalarda aydınlatma gücünü oluşturan faydalı bileşendir.

Akımın reaktif bileşeni ;

- Jeneratör

- Transformatör
- Motor
- Bobin

gibi elektrik cihazlarının çalışması için gerekli magnetik alanı meydana getirir. Magnetik alanı meydana getiren mıknatıslanma akımı endüktif (geri – fazda) karakterde olup şebekeden çekilir ve akımın sıfırdan geçtiği anda, alan ortadan kalkınca tekrar şebekeye iade edilir. Bu nedenle reaktif güç, üretici ile tüketici arasında sürekli olarak şebeke frekansının 2 katı bir frekansla salınır.

2.2 Kompanzasyon

Son yıllarda dünyada karşı karşıya kalınan enerji krizi, araştırmacıları bir yandan yeni enerji kaynaklarına yöneltirken, diğer yandan da daha verimli sistemlerin tasarlanması ve boşa giden elektrik enerjisinin azaltılması yönünde yapılan çalışmaların yoğunlaşmasına neden olmuştur.

Elektrik enerjisi bugün alternatif akım enerjisi olarak üretilir ve dağıtılır. Tüketicilerin şebekeden çektikleri alternatif akım, biri aktif diğeri de reaktif akım olmak üzere iki bileşenden oluşur. Alternatif akımın meydana getirdiği aktif güç tüketici tarafından faydalı hale getirilir fakat reaktif akımın meydana getirdiği reaktif güç ise faydalı güce çevrilmez. Her ne kadar reaktif güç aktif güce çevrilemese de bundan tamamen de vazgeçilemez. Elektrodinamik prensibine göre çalışan generatör, transformatör, bobin ve motor gibi bütün işletme araçlarının normal çalışmaları için gerekli olan manyetik alan, reaktif akım tarafından meydana getirilir.

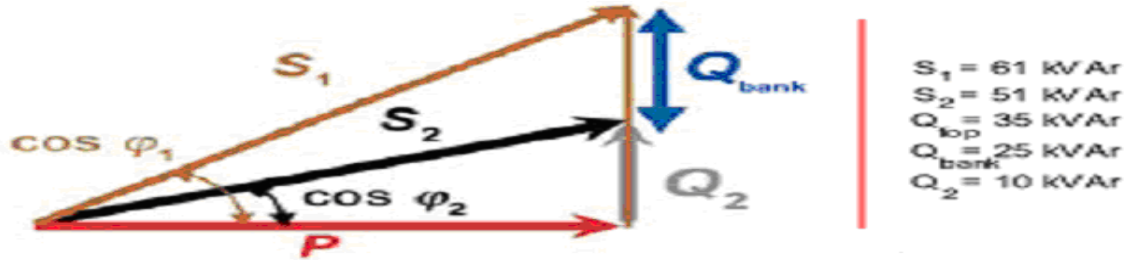
Reaktif gücün şebekelerde ve tesislerde oluşan istenmeyen etkilerini önlemek, amacıyla kompanzasyon'a başvurulur Elektrik tesislerinin ve yükün ihtiyacı olan reaktif gücün belirli teknikler kullanılarak karşılanması Reaktif Güç Kompanzasyonu olarak adlandırılır.

Teknik olarak, voltaj ile akım arasında, idealde faz farkı olmaz. İndüktif ya da kapasitif yüklerin oluşturduğu etki neticesinde, akım sinyalinin, voltaj sinyaline göre maximum ± 90 derecelik fazı kayar. Endüktif ve kapasitif etki neticesinde oluşan gerilim ve akım sinyali arasındaki faz kaymasını düzelterek, ideale yakın (0 derecede) sabit tutmaya yarayan işleme kompanzasyon denir.

Pratikte ise, elektrik sisteminde, elektrik motoru, bobin vb, mıknatıslanma etkisi ile elektrik enerjisini yine elektrik enerjisine ya da farklı bir enerjiye çeviren cihazların, bu mıknatıslanma etkisi ile faz akımını geri kaydırmasından (endüktif güç oluşturmalarından) dolayı, şebeke üzerinde yaratmış oldukları endüktif reaktif gücü dengeleme ve fazın akımını olması gereken konuma geri çekme işlemine kompanzasyon denir.

2.2.1 Kompanzasyon sistemini vektörel olarak yorumlama

İdealde gerilim ile akım arasında faz farkı olmaz fakat indüktif ya da kapasitif yüklerin oluşturduğu etki sonucunda sistemde faz farkı meydana gelir. İndüktif ve kapasitif etki neticesinde oluşan gerilim ve akım arasındaki faz kaymasını sıfıra yakın tutma işlemine kompanzasyon demiştik, şimdi güç üçgeninde kompanzasyonun nasıl yansıdığına bir göz atalım.



Şekil 2.6 Güç üçgeninde kompanzasyonun gösterimi

Vektörel anlamda aktif güç ve reaktif güç vektörlerinin arasındaki açı faz farkını gösterir. Grafikte görüldüğü üzere aktif gücümüz ve reaktif gücümüzün vektörel toplamı sistemde kullandığımız toplam görünür gücümüzü oluşturur. 120 kVA trafomuzdan 50 kW lık aktif yük çeken grup ve bu yük grubunun da kompanzasyon olmadan 35 kVArlık reaktif güç tükettiği durum için trafomuzdan kullanacağımız toplam görünür güç 61 kVA olacaktır.

Kompanzasyon ile sistemden tüketilen reaktif gücü kondansatör grubu ile 10 kVAr'a düşürdüğümüz durumda 50 kW lık aktif yükümüz için trafomuzdan kullanacağımız toplam görünür güç 51 kVA olacaktır. Kompanzasyon olmadan kullandığımız görünür güç 61 kVA iken kompanzasyon olduğu durumda 51 kVA olmaktadır.

İdeal bir alternatif akım için reaktif güç kompanzasyonu şarttır, İdeal bir alternatif akım şebekesinde, şebekenin her noktasında gerilim ve frekans sabit ve harmoniksiz olmalıdır. Ayrıca güç faktörü de bir veya bire yakın olmalıdır.

Bir alternatif akım şebekesinin kalitesi aşağıdaki durumlara bağlıdır:

- Gerilim ve frekansın sabitliği
- Güç faktörünün bire yakınlığı
- Faz, gerilim ve akımların dengeli olması
- Sürekli enerji verebilmesi
- Harmonik miktarının belirli sınırlar içinde kalması

Bu kaliteyi sağlayabilmek için de reaktif güç kompanzasyon cihazlarının kullanılması gerekir. Reaktif güç kompanzasyonu ile ilgili ilk çalışmalar XX. Yüzyılın başlarından itibaren başlamıştır. İlk olarak, sabit kondansatör ünitelerinin kullanılmasına 1914 yılında başlanmış ve bu tarihte motor, lamba, transformatör gibi alıcılar kendilerine paralel bağlı kondansatörlerle tek tek kompanze edilmiştir.

Endüstrinin gelişmesiyle çok sayıda motor veya endüktif yüklerin değişik zamanlarda devreye girip çıktığı tesisler kurulmuştur. 1970'li yıllarda özellikle endüstride elektrik enerjisi kullanımına dayanan büyük tesisler kurulmuştur. Yüksek güçlü tristörlerin geliştirilmesiyle mekanik anahtarların yerini yarı iletken anahtarlar almaya başlamıştır. Anahtarlama işleminin en aza indirilmesi sistemin kararlılığını artırır. 1970 yılından itibaren statik kompensatörler kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde de statik kompensatörlerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar da sürmektedir.

2.2.2 Reaktif güç kompanzasyonu tesis çeşitleri

Reaktif güç ihtiyacını karşılamak için, kapasitif reaktif gücün tüketiciye en yakın yerde üretilmesi uygun olur. Reaktif güç üretimi için iki işletme aracından yararlanılır.

- 1- Dinamik faz kaydırıcılar (Senkron Motorlar)
- 2- Statik Faz Kaydırıcılar (Kondansatörler)

2.2.2.1 Dinamik faz kaydırıcılar (senkron motorlar)

Senkron motorların uyarım akımlarının değiştirilmesi ile motorun kapasitif veya indüktif olarak çalıştırılması sağlanabilmektedir. Ayrıca senkron motorun şebekeden çektiği reaktif gücün miktarı da, uyarım akımı ile ayarlanabilmektedir. Bundan dolayı, senkron motorlar, dinamik güç kompensatörü olarak kullanılmaktadırlar. Senkron motor, güç kompensatörü olarak kullanılırken, üzerinde herhangi bir yük yok ise, kaynaktan çekeceği aktif güç, sadece mekanik kayıpları karşılamak için gereklidir.

Senkron motor, eğer kompanzasyon yapılan sitemde başka bir amaçla kullanılmıyorsa ekonomik değildir. Ekonomik olması nedeniyle reaktif güç kompanzasyon sistemlerinde kondansatörler yoğun olarak kullanılmaktadır. Dinamik faz kaydırıcı olan senkron motorlar, statik faz kaydırıcı olan kondansatörlerin daha ucuz ve kolay bakımlı olmaları nedeni ile tercih edilmezler.

2.2.2.2 Statik faz kaydırıcılar (kondansatörler)

Kondansatörler, statik faz kaydırıcılardır. Kondansatörlerin bakım masrafının olmaması, ekonomik olmaları nedeni ile son dönemlerde reaktif güç kompanzasyonunda kullanılmaktadırlar. Kondansatörlerle yapılan kompanzasyon da kendi arasında zaman içersinde oluşan teknolojik gelişmelerle ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan ilki mekanik anahtarlama kompanzasyon olarak adlandırılırken diğeri güç elektroniği anahtarlama kompanzasyon olarak adlandırılmaktadır.

2.2.3 Mekanik ve güç elektroniği anahtarlama kompanzasyonun farkı

Sabit ve mekanik anahtarlama reaktör-kondansatör grupları ve senkronjeneratörler, iletim hatlarındaki gerilim profilini kontrol ederek kararlı durum güç akışını arttırmak için kompanzasyon amacı ile kullanılmaktadırlar. Ancak, geleneksel kondansatör ve reaktör grupları ile yapılan kompanzasyonun, sistemde meydana gelen değişimlere yeterince hızlı cevap verememesi gibi büyük bir dezavantajı vardır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, iletim hattının reaktif kompanzasyonunun güç elektroniği tabanlı devreler ile yapılması durumunda, güç sisteminin geçici ve dinamik kararlılığının iyileştirilebileceğini göstermektedir (Gyugyi, 1988).

Güç elektroniği anahtarlama dönüştürücü devreler ile endüktans veya kondansatörler olmaksızın doğrudan denetlenebilir bir reaktif güç üretebilme fikri, ilk olarak 1976 'da Gyugyi tarafından ortaya atılmıştır (Gyugyi, 1979).

1980'lerin sonunda ise mevcut güç sistemlerinin kapasitesini artırmayı/geliştirmeyi ve işletimsel problemleri çözmeyi amaçlayan FACTS kavramı, Elektrik Gücü Araştırma Enstitüsü (EPRI) tarafından yarı iletken güç teknolojisinin gelişimine paralel olarak, yeni bir teknolojik düşünce olarak ortaya atılmıştır. FACTS kavramının arkasındaki temel düşünce mekanik kontrolörlerin yerini daha güvenli ve daha hızlı olan güç elektroniği elemanlarının alması ve böylece var olan güç sistemi kapasitesinin

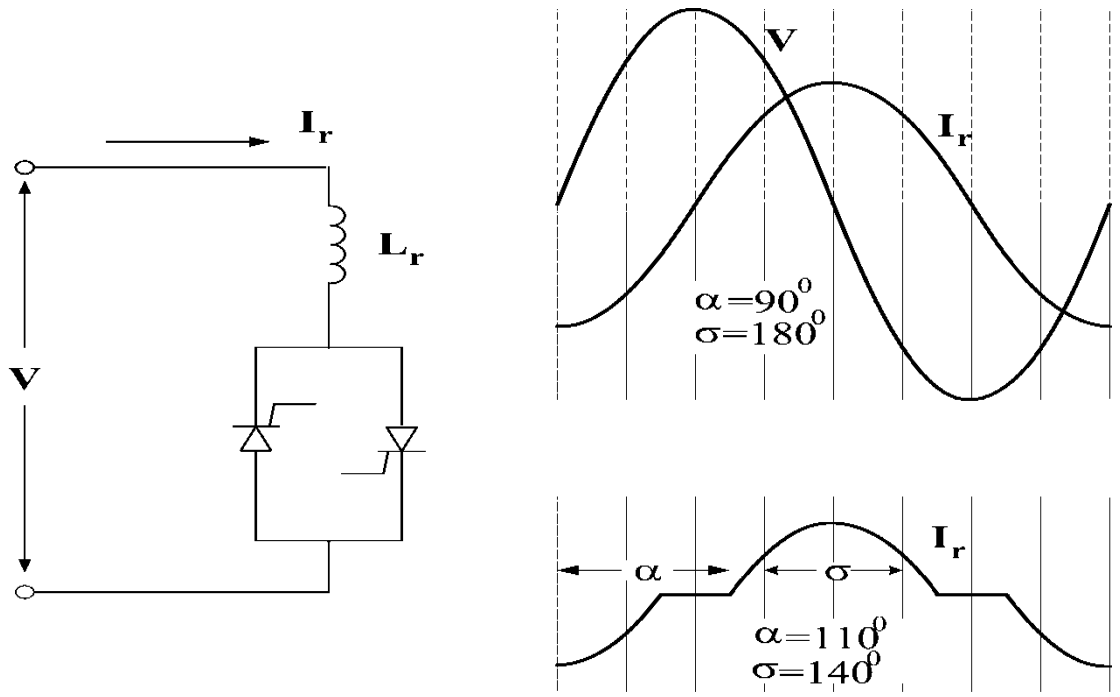
kullanımını optimize etmek ve denetlenebilirliği artırmaktır. FACTS 'in açılımındaki esnek ifadesi bu kontrolörlerin kontrol edilebilir olduğu gerçeğinden ileri gelmektedir. FACTS kontrolörü güç elektroniği tabanlı bir uygulama olduğu için, geleneksel mekanik kontrolörlere göre daha hızlıdır. Bu kontrolörler uygun bir şekilde ayarlandığı zaman, iletim sistemlerinin kararlı çalışma sınırlarını arttırır. FACTS kontrolörlerinin iki temel amacı vardır. Bunlardan birincisi, iletim sistemlerinin güç transfer kapasitesini arttırmak, ikincisi ise tanımlanan iletim rotaları üzerinde güç akışını kontrol etmektir (Hasanoviç, 2000).

Bugüne kadar FACTS adı altında birçok güç akış kontrolörü önerilmiş ve dünya çapında birçok FACTS uygulaması gerçekleştirilmiştir. Güç elektroniği tabanlı kontrolörleri genel olarak; “*Tristör Tabanlı Kontrolörler* veya *geleneksel statik Var kompanzatörler(SVC)*” ve Senkron Gerilim Kaynağı prensibine göre çalışan “*Konverter Tabanlı Kontrolörler* veya *gelişmiş statik Var kompanzatörler (ASVC)*” olarak ikiye ayırmak mümkündür. Tristör tabanlı FACTS aygıtlarında, anahtarlama elemanı olarak tristör kullanılmaktadır. Tristör tabanlı FACTS aygıtlarından Tristör Kontrollü Statik Var Kompanzatör (TCSVC), ilk uygulanan FACTS aygıtıdır.

1970 'lerin başında ark fırını kompanzasyonu için geliştirilen TCSVC, daha sonraki yıllarda enerji iletim uygulamaları için kullanılmıştır. En son geliştirilen FACTS kontrolörleri senkron gerilim kaynağı prensibine göre çalışan konverter tabanlı kontrolörlerdir. Bunların en çok kullanılanları ise STATCOM, statik senkron seri kompanzatör (SSSC), hat arası güç akış kontrolü (IPFC) ve birleştirilmiş güç akış kontrolü (UPFC) 'dür (Deniz ve ark.).

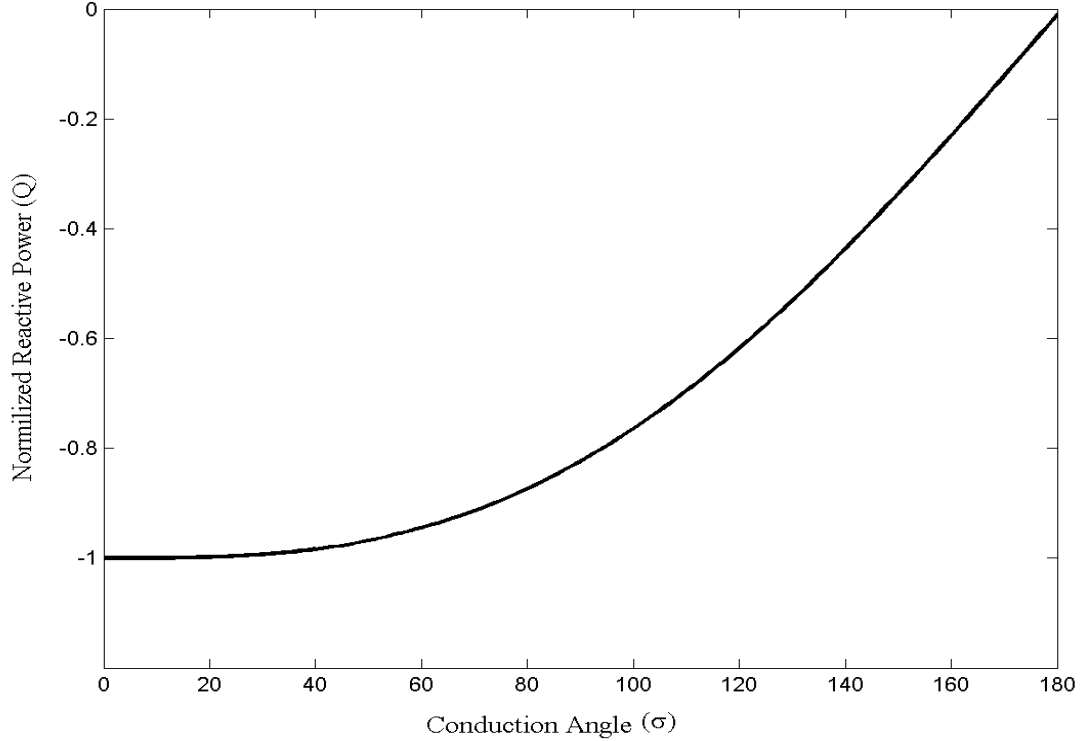
2.3 SVC Sistemlerinin İncelenmesi

SVC sistemleri yeni nesil kompanzasyon sistemleridir. Klasik kompanzasyon rölelerinin aksine, sadece kondansatör kademelerini kullanarak sisteme cevap vermeye çalışmaz bunun yanında endüktif yük sağlayan bobinde güçlerini ayarlayarak kondansatörleri devreye alır. Bu özelliği sayesinde klasik kompanzasyon sistemlerine göre sisteme daha hızlı ve tam bir cevap verir. SVC'ler endüktif bobinlerini her faz için istenilen sevide açarak sistemin ihtiyacını karşılarlar. Bu sistemlerde kondansatörler tirstör ve benzeri yarı iletken devre elemanları ile devreye alınırlar ve çıkartılırlar. Tristör kontrollü reaktörün temel yapısı, akım gerilim dalga şekli, eşdeğer devresi, tetikleme açısı ve akım, gerilim değişimi Şekil 2.7'de gösterilmiştir (Coşkuner ve ark.).



Şekil 2.7 Tristör kontrollü reaktörün temel yapısı ve akım gerilim dalga şekli

Şekil 2.7 incelendiğinde iletim açısının 140 derece, tetikleme açısının 110 derece olduğu görülür. İletim açısı ile reaktif güç arasındaki grafiksel ilişki Şekil 2.8’de gösterildiği gibidir (Coşkuner ve ark.).



Şekil 2.8 İletim açısı ile reaktif güç arasındaki ilişki

3. PETROL SONDAJİ TESİSLERİNDE STATİK VAR KOMPANZASYONU

Petrol araştırması ve sondajı ülkemizde 20. yy'ın başlarından beri teknolojinin gelişimi ile artarak devam etmektedir. Yapılan sondaj çalışmalarında kullanılan gerek mekanik gerekse elektrik ekipmanları da gelişen teknoloji ile sürekli revize edilmekte ve sistemlerin daha kararlı çalışması için çalışmalar yapılmaktadır.

Son dönem petrol kuleleri, eski nesil kulelere nazaran çok daha kullanışlı hale gelmiş ve yapılan sondaj sürelerinin kısaltılmasına yönelik etkileri görülmüştür. Sondaj sürelerinin kısalması, bakım maliyetinin azalması ve arıza giderme sürelerindeki azalmanın ana faktörlerinde biri de bu kulelerin elektrik kullanan makineler içermesinden kaynaklanmaktadır. Elektrikli kulelerin petrol sondajına başlıca etkileri;

- Sondaj süresinde azalmaya yönelik etkiler
- Manevra kabiliyetinin artması
- Bakım ve arıza giderme sürelerinin azalması gibidir.

Ülkemizde ve Dünyada sondaj çalışmaları arazi koşullarında ve çoğu zaman elektrik hatlarından uzak bölgelerde yapılmaktadır. Bu durumda elektrikli kulelere enerji sağlayabilmek için lokasyon bölgelerine enerji hattı çekmek yerine yüksek güçlerde dizel vb. jeneratörlerin kullanılması tercih edilmektedir. Ancak sondaj sonrası ham petrol üretim faaliyetlerinde pompa beslemeleri ve üretim istasyonu aydınlatmaları için petrol kuyusunun bulunduğu lokasyona AG enerji hatları çekilmektedir.

Petrol sondajında kullanılan elektrik motorları ve pompalarının anlık yüke girmesi, sondaj esnasında oluşan aşırı torklanmalar, jeneratör sisteminden veya enerji hatlarından anlık cevap ister; ancak bu durum jeneratörlerin aşırı yüklenmesine ve hatta devre dışı kalmasına sebep olabilmektedir.

Bu çalışmada bu tür sıkıntıların Statik VAR kompanzasyonu sistemleri kullanarak giderilmesi amaçlanmaktadır. Son yıllarda petrol sektörü de dahil tüm sektörlerde elektrik enerjisine olan talebin artması daha kaliteli ve güvenilir bir enerji gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Bu gereksinim ile birlikte güç kalitesinin önemi giderek artmaktadır. Enerji kalitesini olumsuz yönde etkileyen en önemli faktörlerden biri yetersiz reaktif güç kompanzasyonudur.

Petrol sondajı ve üretimi tesislerinde neden SVC sistemlerine ihtiyaç duyulabileceğini anlamak için öncelikle petrol sektöründe elektrik enerjisinin hangi tip yükleri hangi şartlarda beslediğinin bilinmesi gerekmektedir. Petrol sondajında petrol dokanağına ulaşmak amacıyla binlerce metre sondaj yapılmaktadır ve bu işlemleri gerçeklemek

için büyük güçlerde elektrik motorlu vinç sistemleri (drawworks), elektrikli-pistonlu sondaj çamur pompaları, sondaj işlemini bir fiil gerçekleyen top drive adı verilen yüksek güçlü elektrik motoruna sahip sondaj makineleri kullanılmaktadır. Bu makinelerin sondaj esnasında devreye girip çıkmaları ve sondaj sırasında sondaj dizisinde oluşan torklanmaların anlık değişmesi sistemi besleyen enerji hattının kompanze edilmesini gerektirmektedir.

Bu anlık torklanmalar veya büyük güçlü motorların devreye girip çıkması ve sistemde kullanılan yüklerin endüktif özellikte olması sistemi besleyen jeneratörlerin ve bazı durumlarda AG hatlarının anlık yüklenmesine, enerji kalitesinin bozulmasına ve gereksiz reaktif güç üretimine sebep olmaktadır.

Bu ve benzeri sıkıntıların giderilmesi amacıyla sistem enerjisinin kompanze edilmesi hatta hızlı bir şekilde kompanze edilmesi gerekmektedir. SVC kompanzasyon sisteminin üstün özellikleri bu tip işletmelerde Statik VAR kompanzatörlerinin daha fazla talep görmesine ve uygulanmasına yol açmaktadır.

Petrol sondajı sonrasında, sondaj yapılan kuyunun petrollü çıkması sonucunda genellikle kuyunun bulunduğu lokasyona AG enerji hattı çekilir. Dolu kuyudan petrolün yüzeye çıkarılması için kullanılan pompaların çalışma ömürlerini uzatmak, pompa beslemesini harmoniklerden arındırmak, arızalardan dolayı meydana gelen zaman kayıplarını azaltmak için güç hattının kompanze edilmesi üretim faaliyetlerinin kesintisiz sürdürülebilirliği için gereklidir.

Petrol sondajı ve üretimi tesislerinde hangi tip kompazansyonun uygulanacağı konusunda yapılan çalışmalarda Statik VAR Kompanzasyon sisteminin seçilmesindeki ana etmenler aşağıdaki gibidir,

- Kompanzasyon gerektiğinde hızlı cevap verebilmesi
- Gerilim dalgalamalarını azaltması
- Kontak anında transient oluşturmaması
- Enerji kalitesini arttırması
- Reaktif cezaya girmeyi engellemesi

3.1 Petrol Tesislerinde SVC Uygulaması Saha 1

AC ve DC sürücüler, UPS sistemleri ve doğrultucu gibi tüm yarı iletken teknolojiye sahip ekipmanlar yüksek miktar ve frekansta harmonik adı verilen akımlar üretirler.

Bu harmonik akımlar temel şebeke frekansının tek katları şeklinde frekanslara sahiptir.

harmonik 150 Hz, 5. harmonik 250 Hz, 7. harmonik 350 Hz, 9. harmonik 550 Hz. Bu harmonik akımların büyüklüğü temel şebeke frekansının (50 Hz) yüzdesi şeklinde aşağıdaki formül ile hesaplanır;

$\% = 100/n$, burada ‘n’ harmonik katsayısıdır. (n: 5, 7, 11, 13,.....)

Örnek : 7. harmonik 350 Hz (7*50 Hz) frekansına sahiptir ve büyüklüğü temel şebekede akan akımın $100/7 = \%15$ kadardır.

Yarı iletken teknoloji elemanları tarafından üretilen bu harmonik akımlar şebeke empedansından geçerek ohm yasasına göre bir gerilim indüklerler. Ohm yasasının bir sonucu olarak bara üzerindeki gerilim distorsiyonunun değeri üretilen harmonik akımlara ve o frekanstaki şebeke empedansının değerine bağlıdır. Şebekenin toplam empedansı birbirine paralel olan Trafo ve kompanzasyon kondansatörlerinin paralel toplamına eşittir.

Güç faktörünü düzeltmek amacı ile devreye alınan kondansatörler her hangi bir frekansta sistem empedansını maksimum seviyeye yükseltir. Buna duruma paralel rezonans denir. Paralel rezonans anında baradaki akım ve gerilim harmonikleri 2 ila 4 katı arasında amplifiye olur.

Bu seviyedeki yüksek harmonikler nedeni ile sistem üzerinde aşağıdaki problemler ortaya çıkar;

- Kayıplar artar.
- Elektronik kart arızaları yaşanır.
- Kondansatör ölmeleri ve hatta yangınları oluşur.
- Motor problemleri yaşanır.
- Gereksiz şalter açmaları ve sigorta atmaları görülür.
- Tüm elektriksel ekipman için hızlı bir yaşlanma başlar.
- Reaktif enerji ceza bedeli ödeme riski oluşur.

Güç faktörünün ve harmonik bozunum azaltılması amacıyla kullanılan kompanzasyon sistemleri gün geçtikçe yenilenmekte ve daha üstün özellikler kazanmaktadır. Günümüzde genel olarak iki yöntemle enerji hatları kompanze edilmektedir. Bu yöntemler klasik (kontaktörlü) ve modern (SVC sistemleri) kompanzasyon yöntemleridir. İki yöntemin biribine göre kıyaslaması yapıldığından modern yöntemin daha teknolojik ve daha hızlı ve daha kararlı olduğu görülecektir.

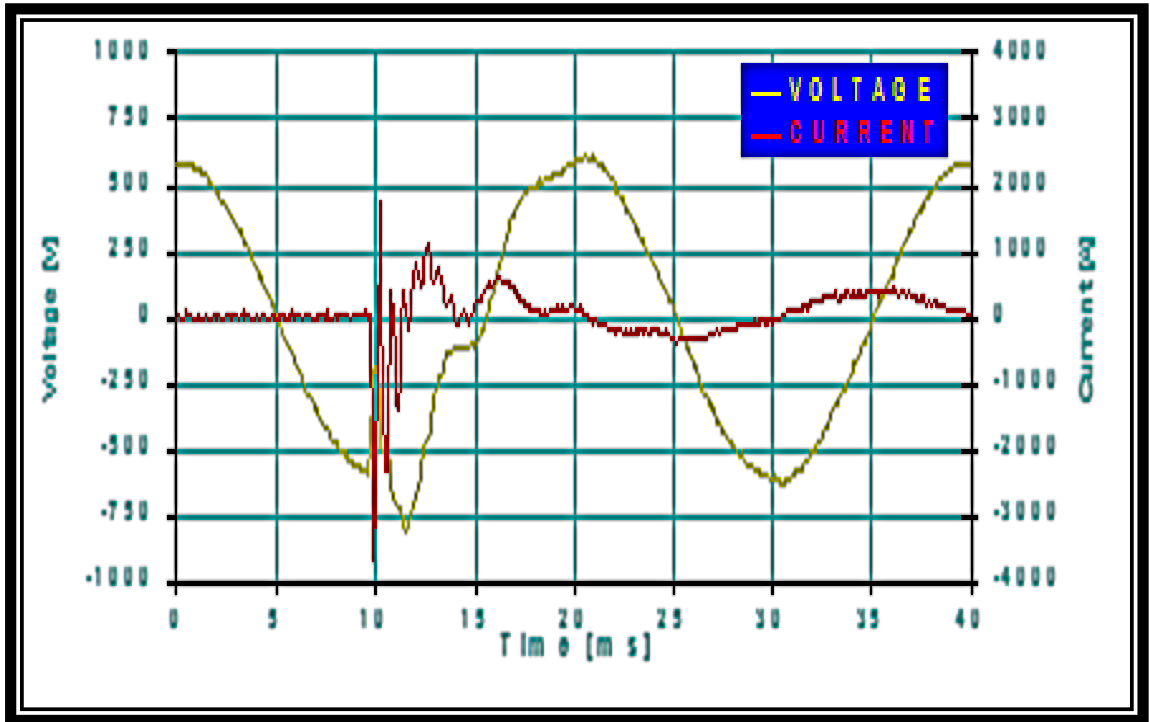
Kontaktörlü klasik kompanzasyon sisteminin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Devreye giriş ve çıkış süresi asgari 5sn.dir.
- Devreye girmesi ve çıkması uzun süre alır.

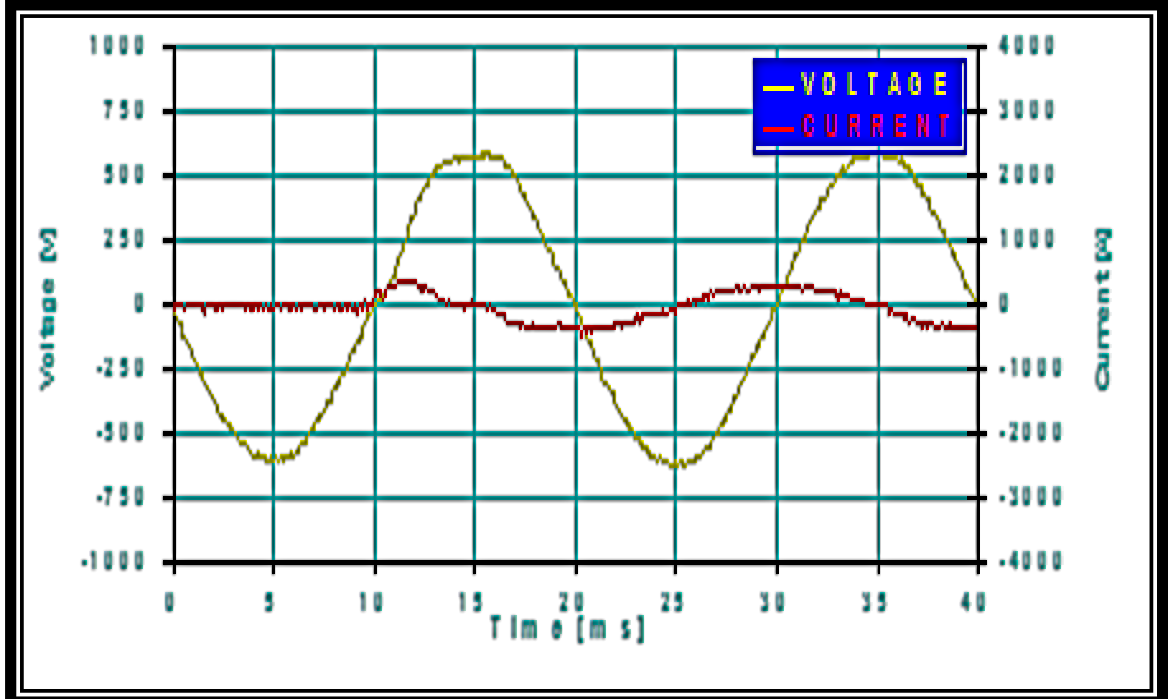
- Hızlı devreye girip çıkan yüklere karşı duyarsızdır.
- Kontak anında yüksek transient oluşturur.
- Kondansatörlerin deşarj olmasını beklemek zorundadır
- Yüksek kalkış akımı oluştururlar.
- Kontak ömürleri sınırlı, ve harmoniklerden etkilenir.
- Kademe gücü kısıtlıdır.
- Ark oluştururlar. Yangın riski vardır.
- Reaktif oran tutturmak çok zordur.($> \%20$)

Statik anahtarlama kompanzasyon sisteminin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Devreye giriş ve çıkış süresi 20ms(1sn./5)'dir.
- Sık sık devreye girer ve çıkar.
- Yük ile hemen hemen aynı anda devreye girer ve çıkar.
- Kondansatörlerin deşarj olmasını beklemeden kademeye alır
- Her faz tek tek ve "0" geçiş anında tetiklenir.
- Kademe gücü istenildiği gibi arttırılabilir.
- Bakım gerektirmez ve hiç ses çıkarmazlar.
- Reaktif oran çok düşük seviyelerde kalır. ($\sim \%10$)
- Transient ve ark oluşturmazlar.



Şekil 3.1 Kontaktörlü sistem devreye giriş anı (Transient oluşur)



Şekil 3.2 Statik anahtarlı sistem devreye giriş anı (Transient oluşturmaz)

Kontaktörlü sistem ile statik anahtarlı sistemin devreye giriş anı grafikleri Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de incelendiğinde, statik anahtarlı sistemde sıfır geçiş anında kontaktörlü sisteme göre daha az transient oluştuğu görülmektedir.

3.1.1 Güç faktörü hesabı

Yüksek akım ve gerilim distorsiyonları, sistemde bulunan elektronik cihazlara zarar vereceği gibi, güç faktörünün de düşük çıkmasına sebep olmaktadır. Son yıllarda kullanılmaya başlanan dijital sayaçlar, eskiden kullanılan süzme sayaçların ölçtüğü $\cos\phi$ yerine, akım distorsiyonuna bağlı olarak PF, güç faktörü, değerini hesaplamaktadır.

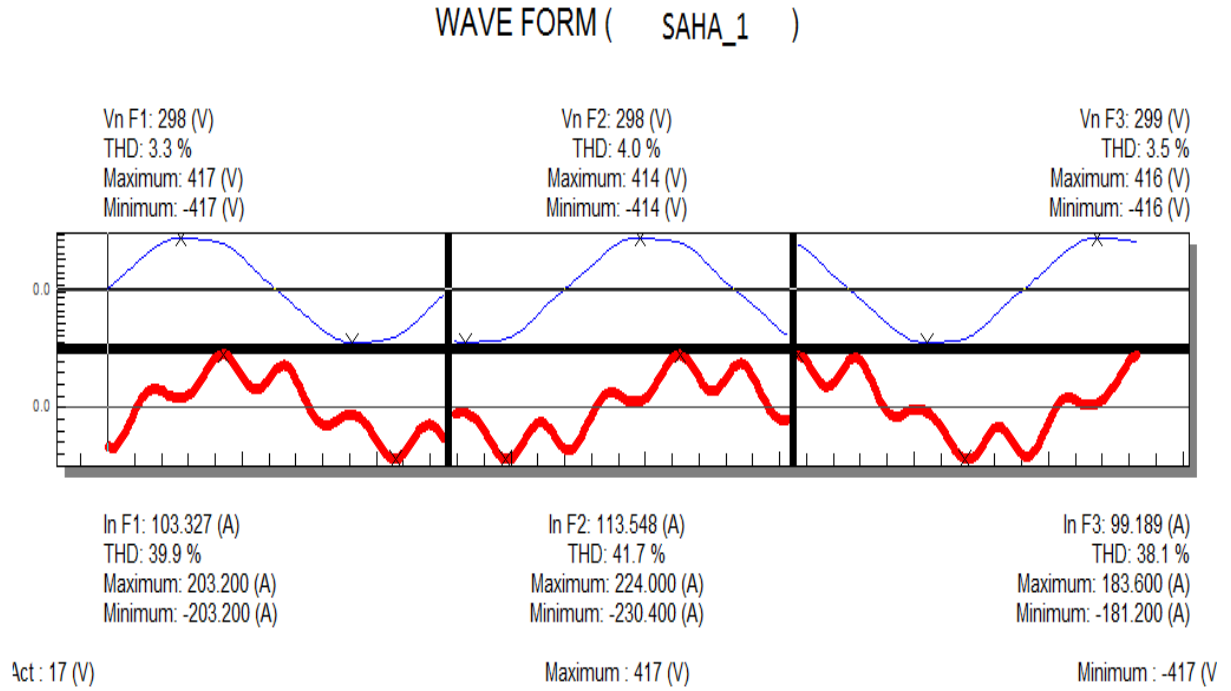
$$PF = k \times \cos\phi \quad (3.1)$$

$$PF = (1 / (1 + THD(I)^2)) \times \cos\phi \quad (3.2)$$

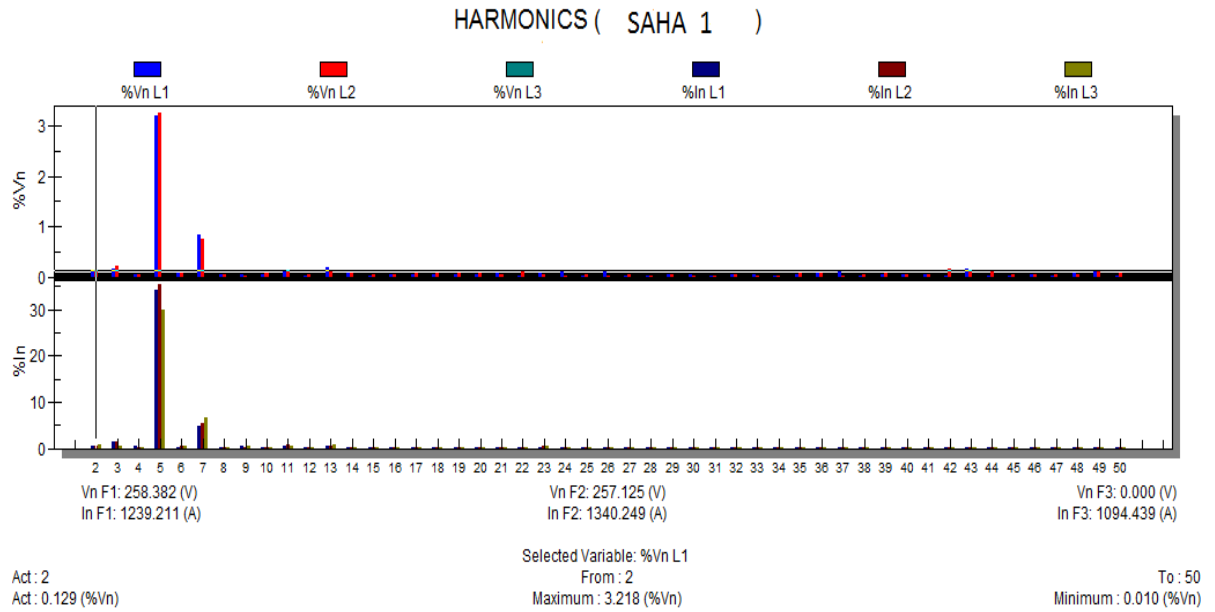
Bu formülden de anlaşılabacağı gibi, reaktif rölede okunan $\cos\phi$ değeri ile dijital sayaçta okunan güç faktörü arasında Toplam Akım Distorsiyonuna bağlı olarak fark oluşmaktadır. Güç faktörü ile $\cos\phi$ 'nin birbirine eşit olabilmesi için sistemde bulunan harmonik akımların tamamen filtrelenmesi gerekmektedir. Filtre kullanımı ile harmonik akımlar süzülür ve akım gerilim bozunumları eşik değerlerin altına indirilir.

3.1.2 SVC uygulaması öncesi alçak gerilim ölçümleri saha 1

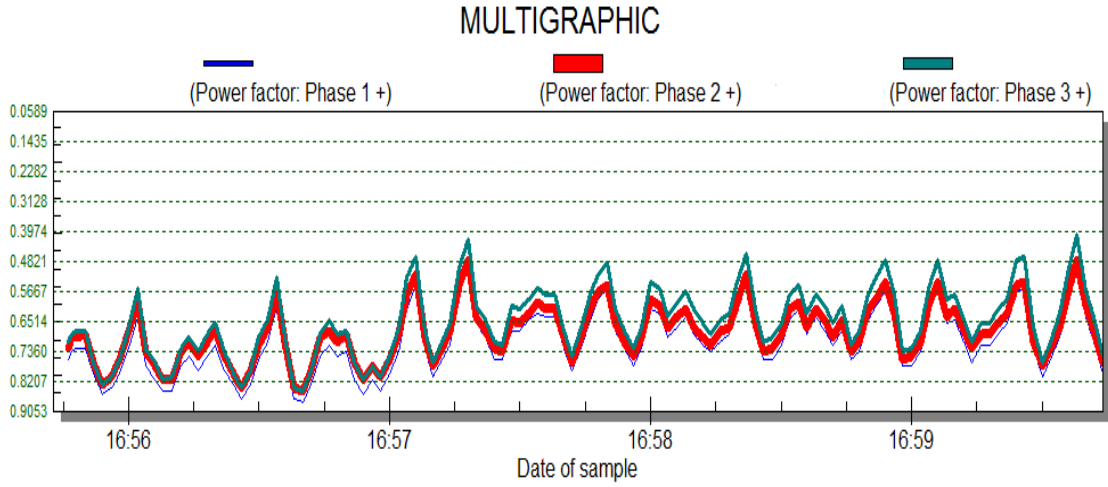
Saha 1 ana dağıtım panosunda yapılan alçak gerilim'e ait harmonik dalga formu, akım gerilim harmonik değerleri ve güç faktörü grafiği sırasıyla Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te incelenebilir.



Şekil 3.3 Saha 1 ana dağıtım panosu akım-gerilim harmonik dalga formu



Şekil 3.4 Saha 1 gerilim ve akım harmonik değerleri



Şekil 3.5 Saha 1 fazlara göre P.F. ,güç faktörü değerleri

Saha1'den ölçüm alındığı esnada gerilim 511V ile 515V aralığında, aktif güç değeri de 127 kW aralığında değiştiği gözlenmektedir. Saha 1 enerji sisteminin harmoniksel açıdan oldukça kirli olduğu görülmektedir.

Sistemin power factor (P.F.) değerine bakıldığında, sistemin üç fazının da P.F. değerinin 0,83 seviyelerinde seyrettiği görülmektedir. Ölçülen güç faktörü değeri göz önüne alındığında sistemin daha iyi bir kompanzasyona ihtiyacı olduğu açıktır. Sistemde ölçümü yapılan güç faktörü değeri yasal ceza sınırları içerisinde. Gerekli kompanzasyon güç faktörünü, $\cos \phi = 0,99$ yapabilmek için;

$$Q_c = P * (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad (3.3)$$

$$Q_c = 127 * (0,88 - 0,14) \quad (3.4)$$

$$Q_c = 93,75 \text{ KVAR} \quad (3.5)$$

Denklem 3.5'de hesaplanan $Q_c = 93,9 \text{ KVAR}$ 'lık reaktif güç sağlayacak kondansatör grubuna ihtiyaç duyulacaktır. Bu enerji hattına toplam 93,75 KVAR statik filtreli kompanzasyon sistemi uygulamak yeterli olacaktır. Sistemin karakteristiğine bakıldığında değişken akım değerlerinin küçük olması sebebiyle sistemin kademelendirilmesinin küçük değerlerde yapılması gerektiği görülmektedir.

Mevcut klasik kompanzasyonlu sistemde lokal olarak kullanılan kondansatörlerin de reaktör ve kondansatörlü olarak yapılması sistemde rezonans problemi yaşanmaması açısından önemlidir.

Saha 1’de hesaplanan güç’te bir kompanzasyon sisteminin kurulumu için ihtiyaç duyulacak devre elemanları ve kademelendirme şekli aşağıdakiler gibidir.

- Kademelendirme 6,25 + 12,5 + 25 + 50 olarak yapılacaktır.
- Her kademe için NH sigorta ve buşon kullanılacaktır.
- Her kademe için tristör bloğu kullanılacaktır.
- Her kademe için harmoniğe özel kuru tip kondansatör kullanılacaktır.

3.1.3 Saha 1 endüktif ve kapasitif yüzde oranları

Uygulanan statik anahtarlama kompanzasyon neticesinde güç faktörü değeri 0.99 dolaylarına gelmiş ve endüktif % oranı % 25-30 değerlerinden % 2-3 değerlerine gerilemiştir.

TARİH	AKTİF	END.	KAP.	ENDÜK. % Oranı	KAPAS. % Oranı	FATURA End. % Oranı	FATURA Kap. % Oranı
01.04.2011						8,2	1,9
02.04.2011						8,2	1,9
03.04.2011						8,2	1,9
04.04.2011						8,2	1,9
05.04.2011						8,2	1,9
06.04.2011	2157,80	177,05	41,17	8,21	1,91	6,4	0,3
07.04.2011						8,2	1,9
08.04.2011						8,2	1,9
09.04.2011						8,2	1,9
10.04.2011						8,2	1,9
11.04.2011						8,2	1,9
12.04.2011						8,2	1,9
13.04.2011						8,2	1,9
14.04.2011						8,2	1,9
15.04.2011	2166,46	177,39	41,28	8,19	1,91	5,1	0,8

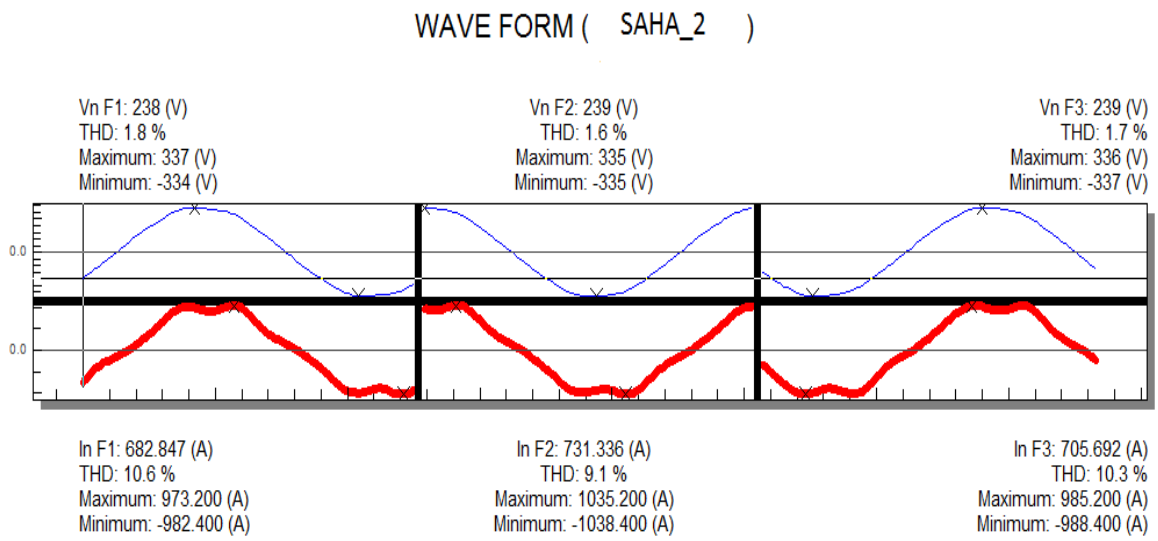
Çizelge 3.1 : Endüktif ve kapasitif yüzde oranları

Statik anahtarlama kompanzasyon sonrası alınan endüktif ve kapasitif % oranlarının oldukça düşük bir değer olduğu Çizelge 3.1’de görülmektedir. Endüktif ve kapasitif oranın düşürülmesi ile işletme reaktif cezaya girmekten de kurtulacaktır.

3.2 Petrol Tesislerinde SVC Uygulaması Saha 2

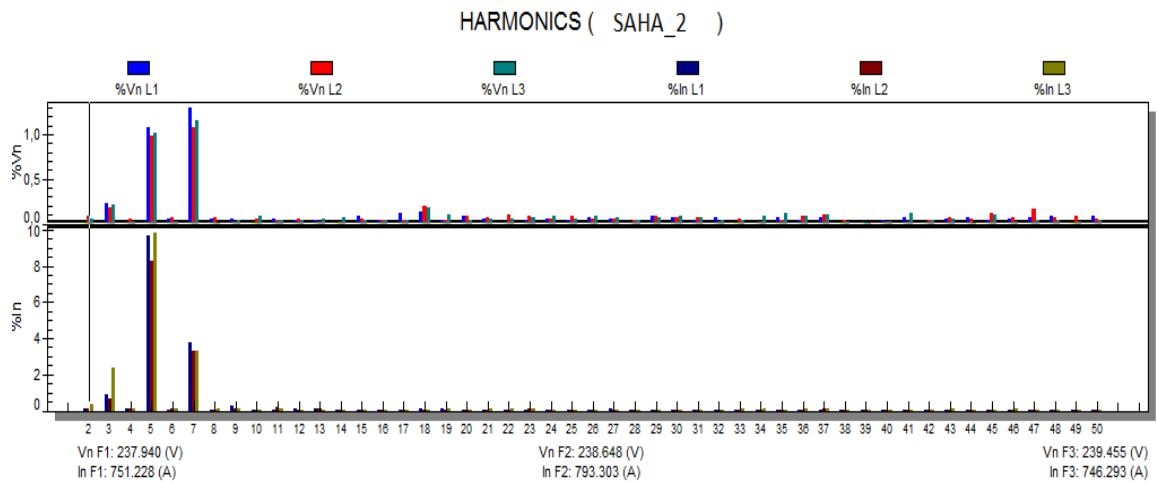
Reaktif güç tüketimin yüksek olduğu ve reaktif cezaya girme durumu olan saha 2 için kompanzasyon sistemi kullanılması ihtiyaç haline gelmiştir. Bu uygulamada da alt bölüm 3.1’de olduğu gibi öncelikle alçak gerilim enerji hattında akım gerilim harmonik dalga formu, harmonik bozunum ve güç faktörü ölçümü gibi bir takım ölçümler yapılacaktır.

3.2.1 SVC uygulaması öncesi alçak gerilim ölçümleri saha 2



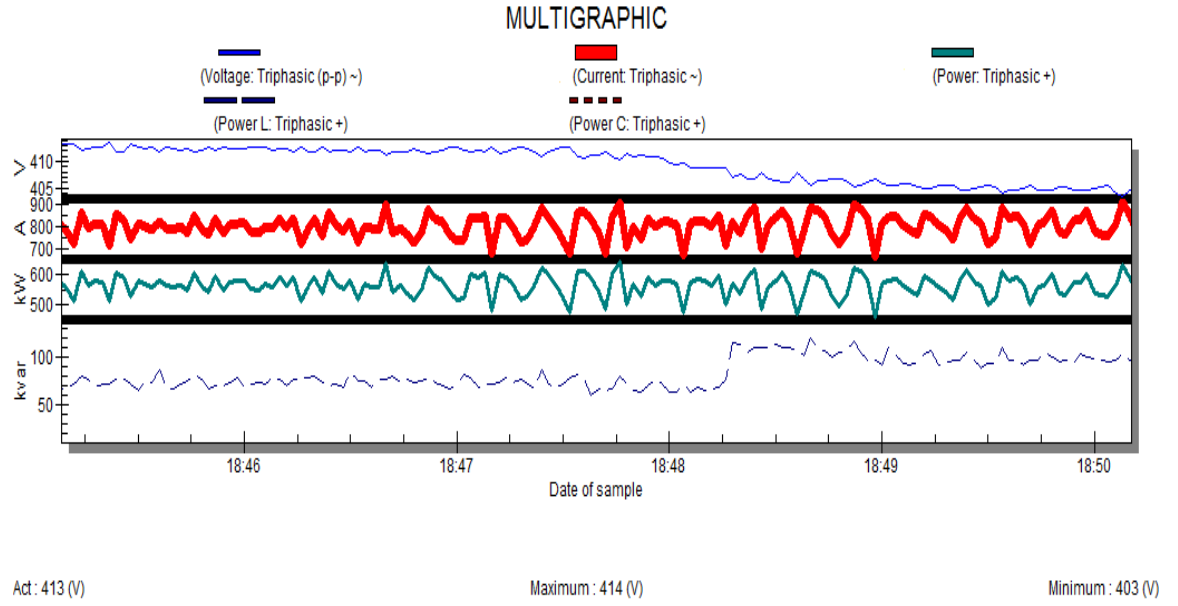
Şekil 3.6 Saha 2 akım gerilim harmonik dalga formu

Şekil 3.6’deki grafik incelendiğinde toplam akım harmonik distorsiyonun % 10, toplam gerilim harmonik distorsiyonunun % 1.7 dolaylarında olduğu gözlemlenmektedir



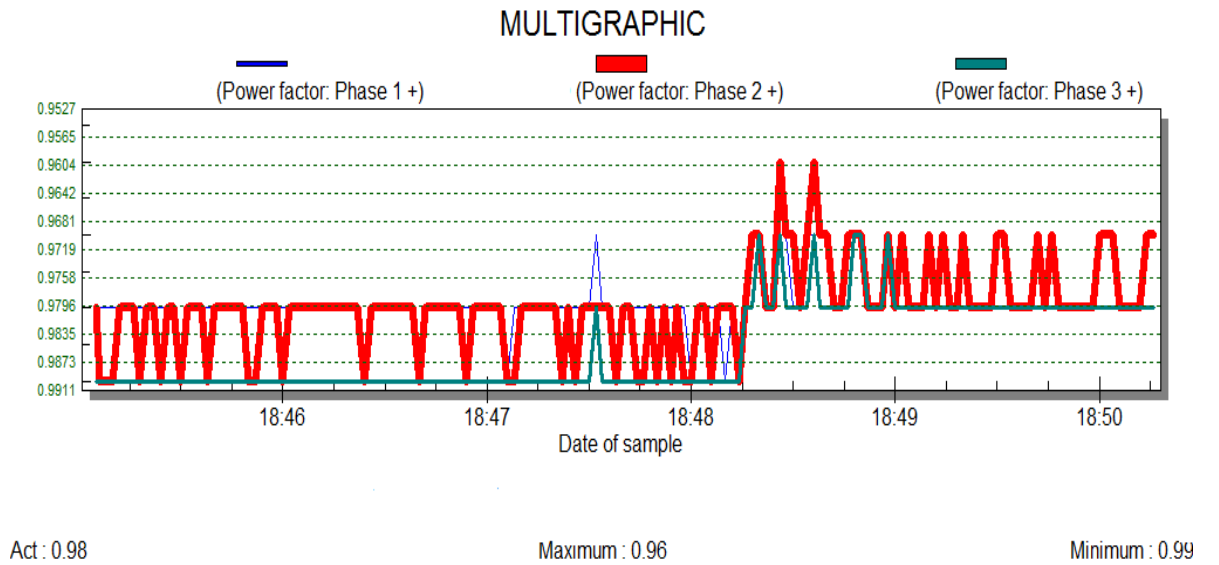
Şekil 3.7 1. ila 50. akım ve gerilim harmonik değerleri

Şekil 3.7' ye bakıldığında 5. ve 7. akım ve gerilim harmoniklerinin diğer harmoniklere göre ana bileşen üzerinde daha baskın olduğu görülmektedir.



Şekil 3.8 Saha 2 gerilim,akım,aktif güç, reaktif güç dalga şekilleri

Şekil 5.3 incelendiğinde çekilen reaktif gücün artması ile gerilim değeri 413 V dan 403 V'a kadar düşerken hattan çekilen aktif güç ve akımda da gözle görülür bir dalgalanma vardır. Sistemde yapılacak statik anahtarlama kompanzasyon ile gerilimdeki düşüşler ve akımdaki dalgalanmalar minimize edilecektir.



Şekil 3.9 Saha 2 P.F. grafiği

3.2.2 Saha 2 için kompanzasyon hesabı

Saha 2 üretim sahasında yapılan ölçümlere ait grafikler ve ihtiyaç duyulan kompanzasyon panosuna ait hesaplamalar bu bölümde sunulacaktır. Saha 2’de yapılan ölçümlerde gerilim değeri 405V ile 415V aralığında, akım değeri ise 700A ile 900A aralığında değiştiği gözlemlenmiştir. Sistemde harmoniksel açıdan herhangi bir kirlilik olmadığı yapılan harmonik analizden görülebilir.

Sistemin power factor (P.F.) değerine bakıldığında sistemin üç fazının da P.F. değeri 0,94 ile 0,97 değerleri arasında P.F grafiğinden görülebilir. Gerekli kompanzasyon gücü $\cos \phi = 0,99$ yapabilmek için;

$$Q_c = P * (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad (3.6)$$

$$Q_c = 800 * (0,33 - 0,14) \quad (3.7)$$

$$Q_c = 160 \text{ KVAR} \quad (3.8)$$

Denklem 3.8’de hesaplanan 160 KVAR’lık statik kompanzasyon sisteminin alçak gerilim hattına uygulanması gerekmektedir. Harmoniksel yüklerin ileride değişebileceği göz önünde bulundurularak sistemde harmonik reaktör kullanımı uygun olacaktır.

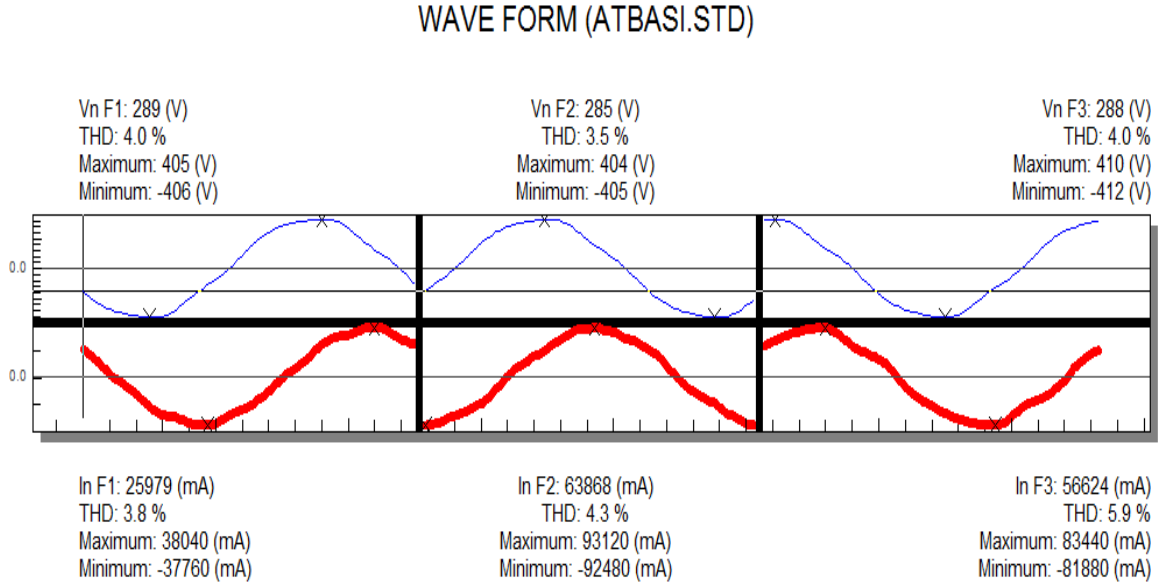
3.3 Succer rod Pompa Uygulamasında SVC Kullanımı

Succer rod (at başı) pompalar ülkemizde ve dünyada petrol üretim lokasyonlarında yaygın olarak kullanılan pompa tipleridir. Succer rod pompalar lokasyona çekilen AG hatlarından beslenirler. Pompaların çalışma prensibinden dolayı pompaya bağlı tüpler yukarı çekilirken pompa motoru maksimum düzeyde yüklenirken tüplerin aşağıya inişlerinde pompa motorları yüklenmez aksine motor rejeneratif duruma geçer. Motorun sürekli bu döngü ile çalışması enerji hattının güç faktörünün düşük değerde olmasına sebep olur. At başı pompa motorlarında saniye mertebelerinde ani yük değişimi olması sistemde kompanzasyon gereksinimi oluşturmaktadır. Statik anahtarlama kompanzasyon öncesinde sistemde kurulu olan klasik kompanzasyon sistemi ani yük değişimlerine cevap verememektedir.

Bu çalışmanın klasik kompanzasyon sistemlerinin özellikleri başlığında verilen, klasik kompanzasyon sistemlerinin cevaplama süresi yaklaşık 5 saniyedir ifadesi bu uygulamada niçin statik anahtarlama kompanzasyon sistemine ihtiyaç olduğunu açık

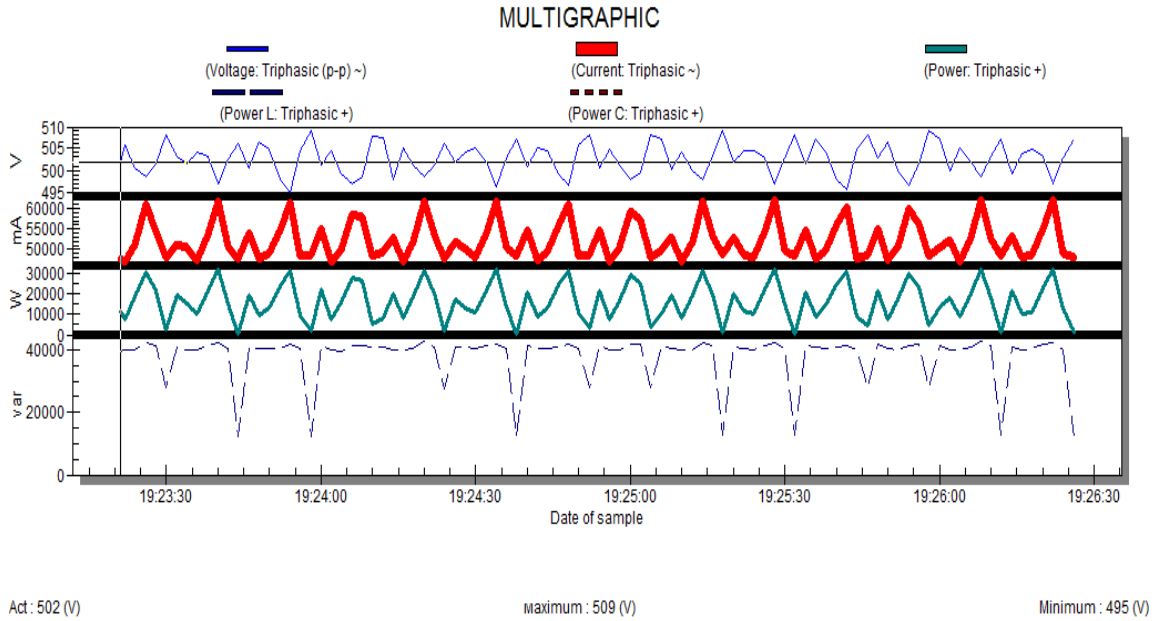
bir şekilde ortaya koymaktadır. kompanzasyon uygulaması öncesinde succer rod pompanın beslendiği alçak gerilim hattında ölçümler yapılmıştır.

3.3.1 SVC uygulaması öncesi alçak gerilim ölçümleri_succer rod

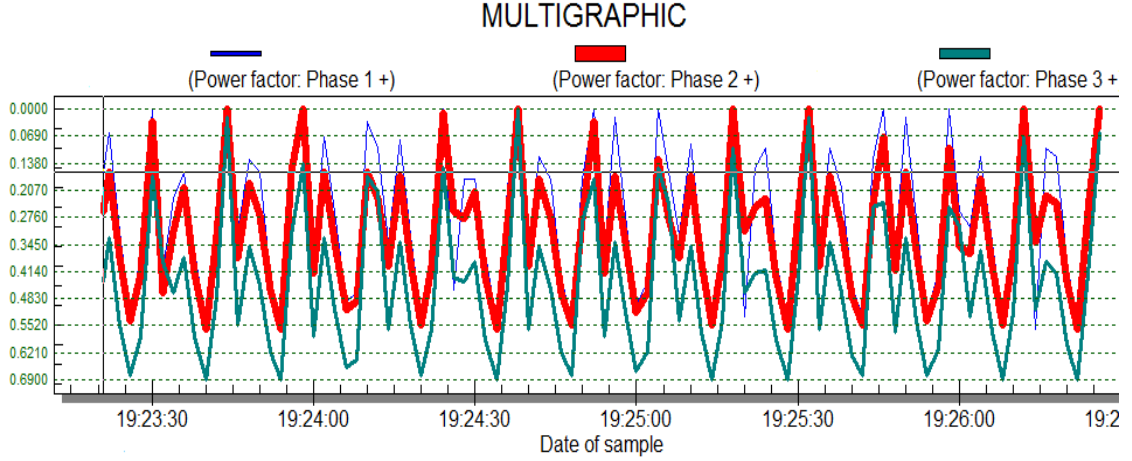


Şekil 3.10 Akım ve gerilim dalga formu, succer rod pompa enerji hattı

Şekil 3.10 incelendiğinde, akım ve gerilimde meydana gelen distorsiyon % 5 değerinin altındadır. Bu durum sistemin harmonik değerinin, harmonik üst sınırının altında kaldığını göstermektedir.



Şekil 3.11 Gerilim,akım, aktif güç, reaktif güç grafikleri



Şekil 3.12 P.F grafiği , succer rod pompa enerji hattı

P.F. grafiği (Şekil 3.12) incelendiğinde güç faktörünün, bazı anlık değerlerde 0'a yaklaştığı gözlemlenmiştir. Hattın güç faktörünün oldukça düşük olduğu grafikten görülebilmektedir. Sistemin güç faktörünü istenilen değere ulaştırmak için sisteme kompanzasyon panosu entegre etmek gerekmektedir.

3.3.2 Succer rod pompa enerji hattı için kompanzasyon hesabı

Succer rod pompa tesisinde yapılan ölçümlerde gerilim değerinin 500V ile 515V aralığında, akım değerinin ise 50A ile 60A aralığında değiştiği gözlemlenmiştir. Sistem harmoniksel açıdan incelendiğinde harmonik değerlerin kabul edilebilir değerlerde olduğu Şekil 3.10' da görülebilir.

Ölçümlerde sistemin her 4-5 saniyede bir kurulu klasik kompanzasyon panosu tarafından kompanze edilmeye çalışıldığı fakat yük değişimlerinin ani olması sebebiyle ve sabit kompanzasyon olması sebebiyle kompanze edilemediği Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'den den görülebilir. 50 kW gücündeki succer rod pompanın statik anahtarlamalı kompanzasyon öncesindeki güç faktörü P.F. = 0.62 dir. Gerekli kompanzasyon güç faktörü, $\cos \phi = 0,99$ yapabilmek için Qc değerinin hesaplanması gerekir.

$$Q_c = P \cdot (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad (6.1)$$

$$Q_c = 50 \cdot (1,17 - 0,14) \quad (6.2)$$

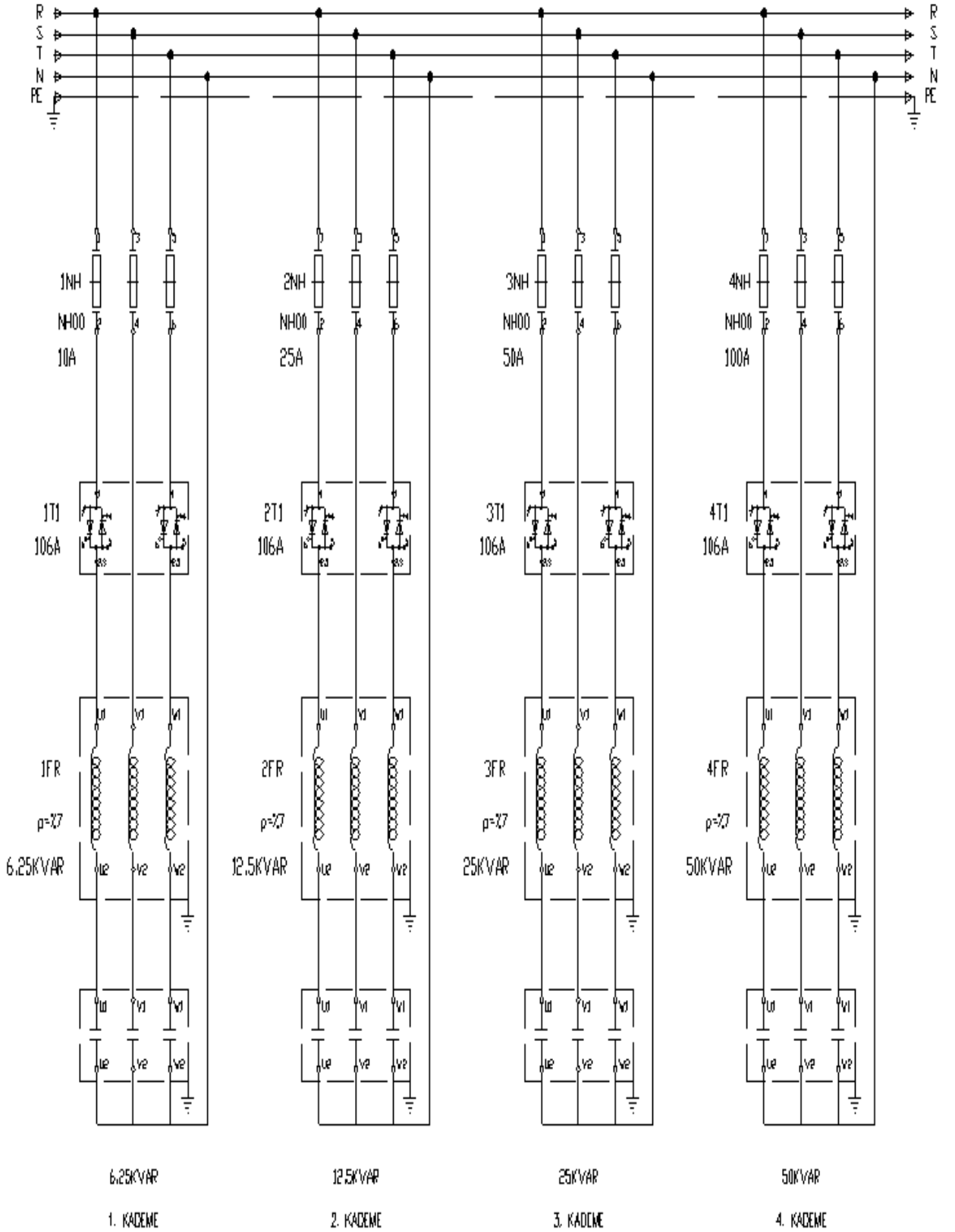
$$Q_c = 55 \text{ KVAR} \quad (6.3)$$

Burada hesaplanan Qc değeri 515 V sistem için gerekli olan reaktif güç miktarıdır. Bu pompa için lokal noktada kademeli olacak şekilde toplam trafo girişinde 55 KVAR statik kompanzasyon panosu yapılması gerekmektedir.

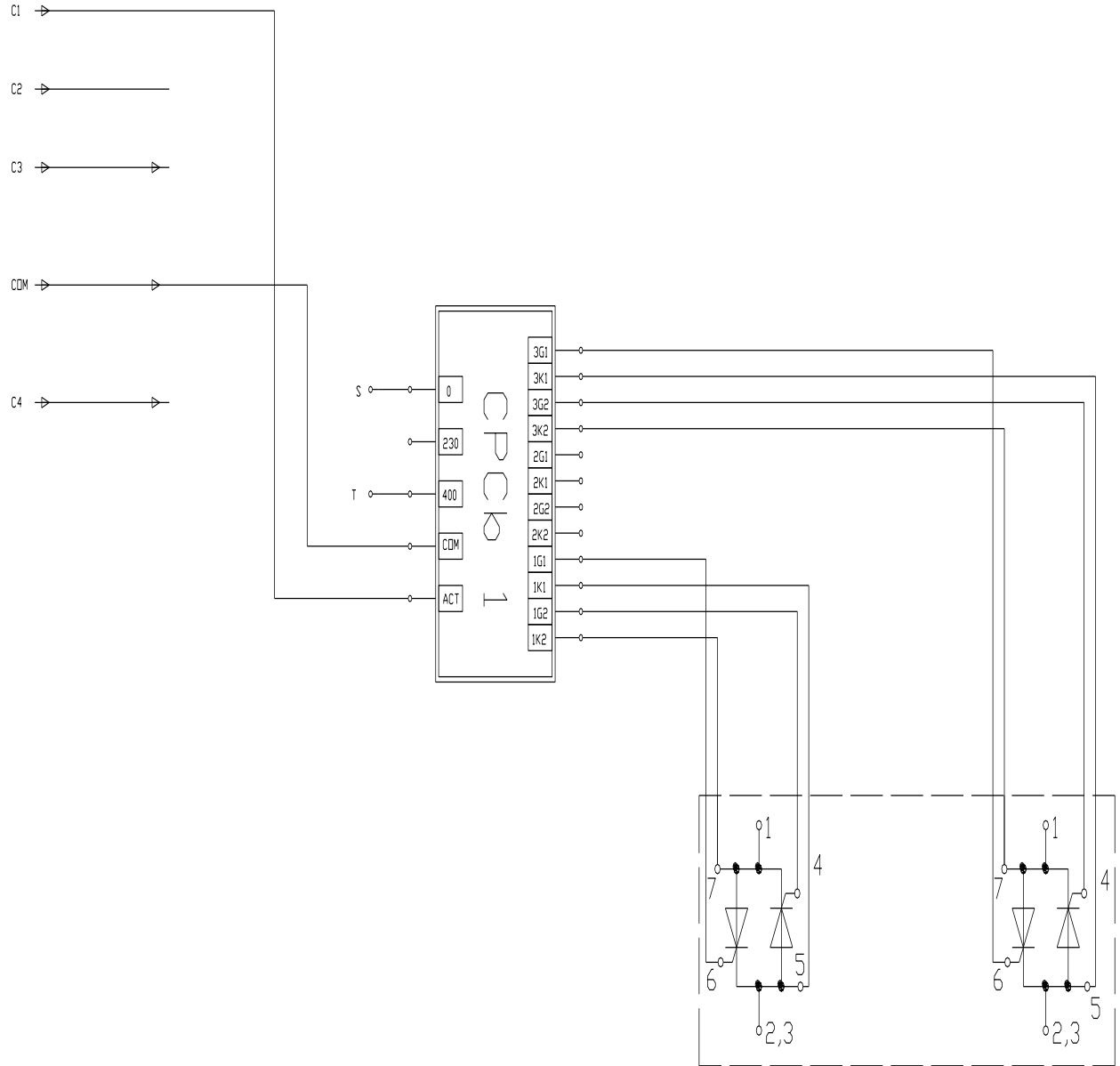
Sistemin harmonik değeri iyi seviyelerde olmasına rağmen ilerleyen zamanlarda sisteme ilave edilecek harmoniksel yüklerin durumu da göz önünde bulundurularak sisteme harmonik reaktörü eklenmesi uygun olacaktır.

Kademelendirme şekli 5+10+20*2 olan bir kompanzasyon panosu enerji hattını kompanze etmek için yeterli olacaktır.

4. SAHA 1 ÇALIŞMASINA AİT UYGULAMA ŞEMALARI



Şekil 4.1 Kondansatör kademeleri ve tristörler



Şekil 4.3 Tristör kontrol devre şeması

Saha 1 uygulamasında, kompanzasyon öncesi yapılan ölçümlerde ihtiyaç duyulan reaktif güç değeri, $Q_c = 93,75$ KVAR (Bkz. Denklem 3.5) olarak hesaplanmıştı. İhtiyaç duyulan bu güç için kondansatör kademelendirilmesi $6,25 + 12,5 + 25 + 50$ şeklinde yapılmıştır. Uygulaması yapılan kompanzasyon sisteminde her kademe için anahtarlama elemanı olarak tristörler kullanılmış ve yine her kademe için harmoniğe özel kuru tip kondansatörler kullanılmıştır. Yapılan uygulama sonunda saha 1 enerji hattının güç faktörü değeri yaklaşık 0,99 mertebelerine ulaşmış ve enerji hattı harmonik endüktif oranlarında da düşüşler gözlemlenmiştir. Kurulumu yapılan sistem sayesinde enerji kalitesi artırılarak, enerji hattından beslenen yüklerin verimliliği yükseltilmiştir. Saha 1 ile birlikte benzeri diğer petrol üretim istasyonlarının tamamında statik anahtarlama kompanzasyon sistemlerinin uygulanması ile bu istasyonlardaki yüklerin verimliliğinin artacağı ve yüklerdeki arızalanma durumunun minimize olacağı beklenmektedir.

5. SONUÇLAR

Statik VAR kompanzasyonu, modern güç elektroniği ve kontrol sistemlerini kullanarak, reaktif güç çeken yüklerin bulunduğu tesislerde ve işletmelerde kullanılan enerjinin kalitesinin artırılması ve güç faktörünün düzeltilmesini sağlar. Böylece enerji sistemleri daha kararlı bir hal alır ve yüklerin istenilen verimlilikte çalışması sağlanmış olur.

Hem petrol tesislerinde hem de diğer elektrik tesislerinde statik VAR kompanzasyon uygulamaları AA güç sistemlerinin kalitesinin artmasını, endüktif ve kapasitif bölgede kısa sürede etkili bir kompanzasyon işleminin gerçekleşmesini sağlarlar.

Ülkemizde petrol sondajı ve üretimi tesislerinde, tesislerin enerji sistemlerin kompanzasyonu son birkaç yıla kadar klasik kompanzasyon metotları ile yapılmaktaydı, ancak; kompanzasyon teknolojisinin gelişmesi ile statik anahtarlamalı kompanzasyon uygulamaları da özellikle üretim tesislerinde uygulanmaya başlamıştır.

Bu yeni nesil kompanzasyon metotları ile elektrik hatlarında enerji kalitesi artmış ve reaktif cezaya girme durumu ortadan kalkmıştır. Daha da önemlisi yer altındaki petrolün yüzeye çıkarılmasında kullanılan SRP, ESP, PCP tipi pompaların çalışmasındaki kararlılık artırılarak pompa motorlarının arıza yapma oranları azaltılmıştır.

Bu çalışmada saha 1, saha 2 ve at başı pompa enerji hatlarında, SVC uygulaması öncesinde akım, gerilim dalga formlarının, güç faktörünün ve harmonik seviyelerinin ölçümleri yapılmıştır. Yapılan bu ölçümlerin analizi yapılarak, enerji hatlarına uygun kompanzasyon hesapları yapılmıştır. Saha 1 için yapılan ölçümler ve hesaplar neticesinde bu saha için uygun olan kompanzasyon panosunun montajı yapılarak sistem içerisinde devreye alınmıştır.

Statik VAR sistemleri klasik sistemlere göre yaklaşık iki kat bir maliyet getirmektedir. Ancak SVC sisteminin enerji sistemine sağladığı enerji kalitesindeki iyileştirmeler ve pompaların arızalanma oranlarını düşürmesi ve üretime süreklilik kazandırması gibi avantajlarından dolayı SVC sistemi daha faydalı ve tercih edilebilir bir konuma gelmiştir. Bu faydalarla beraber sistem 4-5 yıl gibi bir sürede kendini amorti etmektedir.

Statik VAR kompanzasyonu sistemlerinin çalışmaları ve performansı yarı iletken teknolojisine çok bağlıdır. Bundan dolayı önümüzdeki yıllarda SVC teknolojisindeki gelişmelerin, yarı iletken teknolojisindeki gelişmelerle paralel olacağı beklenmektedir.

Tüm bu gelişmeler doğrultusunda, statik VAR kompanzasyon sistemleri kullanımının petrol sektörünün yanında, rüzgar türbinleri, elektrikli hızlı tren sistemleri ve benzeri birçok konuda kullanımının yaygınlaşacağı umulmaktadır. Bu yüksek lisans çalışmasının, gelecekte petrol tesislerinde ve diğer endüstri alanlarında yapılacak diğer çalışmalara bir referans olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Bayındır, R., Demirbaş, Ş., Sesveren, Ö., 2008 . Reaktif Güç Kompanzasyonu İçin Zeki Bir Simülatör Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Gazi Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi Dergisi, Ankara. Cilt 23, Sayı 3, s.681-688.
- Coşkuner, S., Maraz, S., Arslan, E., Ardıç, F., 2005. Endüstriyel Tesislerde Reaktif Güç Kompanzasyonu İçin Statik VAR Kompanzasyon Sisteminin Gerçekleştirilmesi. www.emo.org.tr/ekler/7e87c2f4fc7f7c9_ek.doc.
- Deniz, E., Tuncer, S., Gençoğlu, M.T., 2007 . STATCOM ile İletim Hatlarında Reaktif Güç Kompanzasyonu. Kaynak Elektrik Dergisi, Sayı 247, s. 109-113.
- Ersamut, R., 2009. Statik VAR Kompanzasyonu Sistemlerinin İncelenmesi ve Karşılaştırılması. Yüksek Lisans tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 7s.
- Gyugyi, L., 1979. Reactive Power Generation and Control by Thyristor Circuits. IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. IA-15, No 5, s. 521-532.
- Gyugyi, L., 1988. Power Electronics in Electric Etilities: Static VAR Compansators. IEEE Vol. 76, No 4 , s.483-494.
- Hasanovic, A., 2000. Modeling and Control of The Unified Power Flow Controller (UPFC). Yüksek Lisans Tezi. West Virginia University, USA, s. 1-3.
- Kara A. ve Yalçınöz T., 2005. Esnek AC İletim Sistemlerinde Kullanılan Cihazlar ve TCR, SVC, TSR, Yapılı Parelel Kompanzatörlerin Yük Gerilimine Etkisinin Matlab Ortamında İncelenmesi. II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, 17-19 Kasım 2005, İstanbul. s. 143-146
- Kara A., Yalçınöz T. ve Ayasun S., 2005, Reaktif Güç Kompanzasyonunun Gerilim Regülasyonuna Etkisinin Deneysel Olarak ve Matlab Ortamında Gerçekleştirilmesi. II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, 17-19 Kasım 2005, İstanbul. s. 229-235.
- Marthur, R.M. ve Varma, R.K., 2002. Thyristor Based FACTS Controllers for Electrical Transmission System, John Willey&Sons inc., New York. s. 86-92.

- Nwohu, M. N., 2009 Voltage Stability Improvement Using Static VAR Compansator in Power Systems. Leonardo Journal of Sciences s. 167–172.
- Reddy, S.R., 2000 Fundamentals of Power Electronics, Alpha Science International, Indian. 98 s.
- Song, Y.H. ve Johns A. T. 1999 . Flexible AC Transmission Sysyems (FACTS) , The Institution of Electrical Engineers, Londra. s. 100–104.

EKLER

EK-1



Ek-1 :Kompanzasyon panosu dış görünümü

EK-2



Ek-2 : 4 kademeli Svc panosu iç görünüm

EK-3



Ek-3 : SVC uygulamasında kullanılan kondansatör grubu

EK-4



Ek-4 : SVC panosundan önce kullanılan klasik kompanzasyon panosu

EK-5



Ek-5 : SVC uygulama sahasından görüntü

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Mahmut ÖZDEMİR
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 01.01.1985 Darende
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (505) 212 55 41
e-posta : eemozdemir@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	F.Ü./ Elektrik-Elektronik Müh.Böl.	2006
Lise	Elazığ Balakgazi Lisesi	2000

İş Denevimi

Yıl	Yer	Görev
2006-2008	E.Ü.A.Ş. Kangal Termik Sant.	İşletme Mühendisi
2008-.....	T.P.A.O. Adıyaman Böl.Müd.	Elektrik Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Tarih, Sanat, Müzik, Basketbol

