

**PIC DENETİMLİ KONDANSATÖR GRUPLARI İLE
GÜÇ KATSAYISININ DÜZELTİLMESİ**

Orhan KAPLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Nisan 2005

ANKARA

Orhan KAPLAN tarafından hazırlanan PIC DENETİMLİ KONDANSATÖR GRUPLARI İLE GÜÇ KATSAYISININ DÜZELTİLMESİ adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

.....
Doç. Dr. İlhami ÇOLAK

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Elektrik Eğitimi Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. İsmail COŞKUN

Üye : Prof. Dr. Güngör BAL

Üye : Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU

Üye : Doç. Dr. İlhami ÇOLAK

Üye : Öğr. Gör. Dr. Ramazan BAYINDIR

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

**PIC DENETİMLİ KONDANSATÖR GRUPLARI İLE
GÜÇ KATSAYISININ DÜZELTİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Orhan KAPLAN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Nisan 2005

ÖZET

Endüktif yüklerin endüstrideki kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır. Bu yükler bağlı oldukları hatlardan reaktif güç çekerler. Endüktif yüklerin ihtiyaç duyduğu reaktif güçlerin belirli tekniklerle karşılanmasına kompanzasyon denir. Bu sayede mevcut santrallerde üretilen enerji daha ucuza ve tam kapasiteli olarak kullanılabilir. Hızla gelişen bilgisayar teknolojisi kompanzasyon çalışmalarını da mikrodenetleyici tabanlı olarak yapılabilmesine olanak sağlar. Bu çalışmada, öncelikle Sisteme ait akım ve gerilim bilgileri ölçülüp PIC 16F877 denetleyicisine aktararak güç katsayısı hesaplanmıştır. Bu işlemin sonucunda ölçülen güç katsayısını 1'e yaklaştırmak için gerekli ileri reaktif güç ihtiyacı tespit edilmiştir. PIC 16F877 denetleyicisi uygun çıkışlar üreterek, reaktif güç ihtiyacını kondansatörler tarafından karşılamaktadır.

Bilim Kodu : 626.01.02
Anahtar Kelimeler : Güç Katsayısı, Kompanzasyon, Mikrodenetleyici, PIC
Sayfa Adedi : 58
Tez Yöneticisi : Doç. Dr. İlhami ÇOLAK

**POWER FACTOR CORRECTION USING
PIC CONTROLLED CAPACITOR GROUPS**

(M.Sc. Thesis)

Orhan KAPLAN

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

April 2005

ABSTRACT

The uses of inductive loads in industry have been increased day by day. These loads draw reactive power from the line. The system providing reactive power required by inductive loads called as a compensation system. Compensation systems allow the power generation system to operate at full capacity and to produce cheap energy. Developing computer technologies provide compensation system to operate based on microcontroller. In this study, first of all, the current and the voltage belong to the system are measured and then loaded to the PIC16F877 to calculate the power factor of the system. After that, required leading reactive power to keep the power factor as close as to 1 is calculated. Finally, PIC16F877 produces necessary signals to provide required reactive power from the capacitor groups.

Science Code : 626.01.02

Key Words : Power Factor, Compensation, Microcontroller, PIC

Page Number: 58

Adviser : Assoc. Prof. Dr. İlhami ÇOLAK

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Doç. Dr. İlhami ÇOLAK'a yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocalarım Yrd. Doç. Dr. İbrahim SEFA'ya, Dr. Ramazan BAYINDIR'a, Yrd. Doç. Dr. Şevki DEMİRBAŐ'a, çalışma arkadaşım Serkan CANIKATI'ya, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan değerli eşime ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	ix
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. REAKTİF GÜÇ KOMPAZASYONU	3
2.1. Reaktif Güç ve Güç Katsayısı	3
2.2. Reaktif Güç Kompanzasyonunun Faydaları	5
2.3. Reaktif Güç Tüketicileri.....	6
2.4. Reaktif Güç Üretimi ve Kompanzasyon	6
2.4.1. Dinamik faz kaydırıcılar	7
2.4.2. Statik faz kaydırıcılar	8
2.5. Reaktif Güç Kompanzasyonunda Kondansatör Gücünün Hesabı	9
2.6. Kompanzasyon Çeşitleri	11
2.6.1. Bireysel kompanzasyon	11
2.6.2. Grup kompanzasyon.....	13
2.6.3. Merkezi kompanzasyon	14
2.7. Reaktif Güç Rölesi ve Çalışma Prensibi	15
2.7.1. Ölçme bölümü.....	16

	Sayfa
2.7.2. Karşılaştırma bölümü.....	18
2.7.3. Anahtarlama bölümü.....	19
2.8. Sabit Kondansatör-Tristör Kontrollü Reaktör Tipi Reaktif Güç Kompanzasyonu	20
3. PIC MİKRODENETLEYİCİLERİ	22
3.1. Mikroişlemci	22
3.2. Mikrodenetleyici	24
3.2.1. Mikroişlemci ile mikrodenetleyicinin karşılaştırılması	26
3.2.2. PIC mikrodenetleyicilerinin tercih sebepleri	26
3.3. PIC Mikrodenetleyicilerinin Donanımsal İncelenmesi.....	29
3.3.1. Merkezi işlem birimi.....	30
3.3.2. Giriş/Çıkış (I/O)	31
3.3.3. Bellek organizasyonu	31
3.4. PIC Mikrodenetleyicilerinin Özellikleri	33
3.5. PIC Mikrodenetleyicisini Programlamak İçin Gerekli Yazılım ve Donanımlar.....	34
4. PIC DENETİMLİ KONDANSATÖR GURUPLARI İLE GÜÇ KATSAYISININ DÜZELTİLMESİ	35
4.1. Giriş.....	35
4.2. Deney Düzeneginin Hazırlanması.....	35
4.3. Deneyden Alınan Değerler.....	42
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	52
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	58

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. “k” faktörü cetveli.....	11
Çizelge 3.1. PIC mikrodnetleyicisinin bacaklarının özellikleri	28
Çizelge 3.2. PIC16F87X ailesi özellikleri.....	30
Çizelge 4.1. Motorların etiket değerleri	37
Çizelge 4.2. Deneyde alınan değerler	42



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Görünür güç ve bileşenlerinin vektörel gösterimi	3
Şekil 2.2. Yük akımı ve bileşenleri	4
Şekil 2.3. Senkron motor ile kompanzasyon tesisi bağlantısı.....	8
Şekil 2.4. Aktif güç sabit iken reaktif güç ihtiyacının tespiti.....	9
Şekil 2.5. Görünür güç sabit iken reaktif güç ihtiyacının tespiti.....	9
Şekil 2.6. Üç fazlı bir asenkron motorun bireysel kompanzasyonu.....	13
Şekil 2.7. Grup kompanzasyonu	14
Şekil 2.8. Reaktif güç rölesinin temel bölümleri.....	16
Şekil 2.9. Sıfır kesme yöntemi ile reaktif güç ölçümü.....	18
Şekil 2.10. Sabit kondansatör-tristör kontrollü reaktör tipi kompansatör devresi..	21
Şekil 3.1. Bir mikroişlemci sisteminin temel bileşenlerinin blok diyagramı	23
Şekil 3.2. Bir mikrodnetleyici sistemin temel bileşenlerinin blok diyagramı ...	25
Şekil 3.3. PIC16F877 mikrodnetleyicilerinin bacak yapısı.....	27
Şekil 4.1. Sıfır geçiş dedektörü	36
Şekil 4.2. M1 devredeyken gerilim, akım eğrileri	44
Şekil 4.3. M2 devredeyken gerilim, akım eğrileri	44
Şekil 4.4. M3 devredeyken gerilim, akım eğrileri	45
Şekil 4.5. M4 devredeyken gerilim, akım eğrileri	45
Şekil 4.6. M1+M2 devredeyken gerilim, akım eğrileri.....	46
Şekil 4.7. M1+M2+M3 devredeyken gerilim, akım eğrileri.....	46
Şekil 4.8. M1+M2+M3+M4 devredeyken gerilim, akım eğrileri	47

Şekil	Sayfa
Şekil 4.9. M1+M2+5 kVAr devredeyken gerilim, akım eğrileri	47
Şekil 4.10. M1+M2+M3+7,5 kVAr devredeyken gerilim, akım eğrileri	48
Şekil 4.11. M1+M2+M3+M4+11 kVAr devredeyken gerilim, akım eğrileri.....	48
Şekil 4.12. M1+M2+5 kVAr devredeyken gerilim, akım eğrileri	49
Şekil 4.13. M1+M2+M3+7,5 kVAr devredeyken gerilim, akım eğrileri	49
Şekil 4.14. M1+M2+M3+M4+11 kVAr devredeyken gerilim, akım eğrileri.....	50
Şekil 4.15. M1+M2+5 kVAr devredeyken gerilim, akım eğrileri	50
Şekil 4.16. M1+M2+M3+8,5 kVAr devredeyken gerilim, akım eğrileri	51
Şekil 4.17. M1+M2+M3+M4+11 kVAr devredeyken gerilim, akım eğrileri.....	51

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Sistem bilgilerini örnekleyen kart	36
Resim 4.2. Yıldız-üçgen motor sürme panosu	38
Resim 4.3. Kondansatör grupları	39
Resim 4.4. Kondansatör gruplarını devreye alıp çıkartan kontaktör panosu	40
Resim 4.5. Kompanzasyon kontaktörü bobinlerini anahtarlayan sürücü devresi	40
Resim 4.6. Reaktif güç rölesi olarak hazırlanan kart	41
Resim 4.7. Deney düzeneği.....	41
Resim 4.8. Reaktif güç rölesi menüsü.....	42
Resim 4.9. Devrede alıcı yok iken röle ekranı	43
Resim 4.10. Ölçüm anında röle ekranı	43
Resim 5.1. M1+M2 devredeyken akımdaki harmonikler (THD=%8,3).....	53
Resim 5.2. M1+M2+M3 devredeyken akımdaki harmonikler (THD=%8,3)	53
Resim 5.3. M1+M2+M3+M4 devredeyken akımdaki harmonikler (THD=%7,5).....	54
Resim 5.4. M1+M2+5 kVAr devredeyken akımdaki harmonikler (THD=%37,5).....	54
Resim 5.5. M1+M2+M3+7,5 kVAr devredeyken akımdaki harmonikler (THD=%48,8).....	55
Resim 5.6. M1+M2+M3+M4+11 kVAr devredeyken akımdaki harmonikler (THD=%43,9).....	55

1. GİRİŞ

Sanayi ve kalkınmanın en önemli parametresi enerjidir ve özellikle elektrik enerjisidir. Dünyada elektrik enerjisine olan ihtiyaç her yıl bir öncekine göre % 10 kadar artış göstermektedir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde bu artış % 12-% 16 kadardır. Türkiye'deki bu enerji ihtiyacını karşılayabilmek için her yıl yeni santraller kurmak gerekmektedir. Fakat ekonomik ve teknik sebeplerden dolayı bunun gerçekleştirilmesi oldukça zordur. Bu sebeple mevcut tesisleri daha verimli kullanmak gerekir. Bu amaçla alınan tedbirler; yaz saati uygulaması, enerji ihtiyacının fazla olduğu zamanlarda sarfiyatı azaltmak için yüksek ücretli tarife uygulamak ve en önemlisi güç katsayısının düzeltilmesidir.

Elektrik enerjisi günümüzde alternatif akım olarak üretilir ve dağıtılır. Mevcut enerjiden tam kapasiteyle faydalanmak için ideal bir alternatif akım şebekesine sahip olmak gerekir. Şebekelerde idealliği bozan en önemli problemlerden biri reaktif güç kontrolüdür. Hatasız çalışan bir alternatif akım şebekesine sahip olmak için reaktif güçten kaynaklanan sorunların çözülmesi gerekir. Şebekenin ve yükün ihtiyacı olan reaktif gücün belli tekniklerle karşılanmasına reaktif güç kompanzasyonu denir. Bu sayede üretilen enerjiden daha yüksek verimle faydalanmak mümkündür. Bir alternatif akım şebekesinin kalitesi beş ana ölçüt ile tanımlanabilir:

- Gerilim ve frekansın sabit olması
- Güç faktörünün bire yakınlığı
- Faz gerilim ve akımlarının dengeli olması
- Sürekli enerji verebilmesi
- Harmonik miktarının belirli sınırlar içerisinde kalması

Şebekelerde kalitenin sağlanabilmesi için reaktif güç kompanzasyon cihazlarının kullanılması gerekir. Önceleri enerji üretimi için kullanılan senkron generatörlerde aktif gücün yanı sıra uyartım akımını değiştirerek yükün ihtiyacı olan reaktif güç temin edilebiliyordu. Böylelikle santralde üretilen reaktif güç generatör,

transformatör ve enerji nakil hattı üzerinden tüketiciye ulaştırılıyordu. Fakat yüklerin santralden çok uzakta olması ve yük sayısının artması bu tip kontrolün ekonomik olmadığı sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle reaktif gücün santraller yerine tüketim merkezlerinde üretilmesi çok daha ekonomik ve verimlidir.

Bu tez beş bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde güç katsayısı, reaktif güç kompanzasyonu ve kompanzasyon çeşitleri tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde mikroişlemciler kısaca tanıtılmakta ve PIC mikrodenetleyicileri donanımsal olarak incelenmektedir. Çalışmanın dördüncü bölümünde mikrodenetleyici tabanlı reaktif güç rölesi tasarımı ve uygulaması yer almaktadır. Beşinci bölümde ise yapılan çalışmanın sonuçları değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

2. REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONU

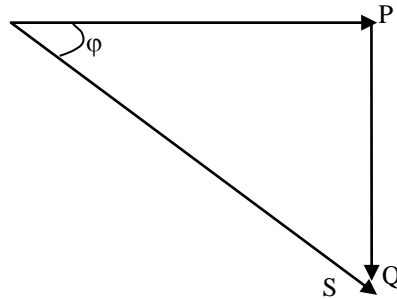
2.1. Reaktif Güç ve Güç Katsayısı

Omik yüklerin dışındaki alternatif akım (AA) yüklerin çoğu hem omik hem de endüktif özelliktedirler. Dolayısıyla bu yükler şebekeden görünür güç (S) çekerler. Görünür güç iki bileşenden meydana gelir. Bunlardan birinci bileşen aktif güçtür (P). Tesislerde yüklerin ihtiyaç duyduğu güç bu bileşen tarafından karşılanır ve alıcılar tarafından faydalı hale getirilir. Örneğin motorlarda mekanik güce, ısı tüketicilerinde termik güce ve aydınlatma tüketicilerinde aydınlatma gücüne dönüşür. İkinci bileşen ise reaktif güçtür (Q). Reaktif güç alıcılar tarafından faydalı hale çevirilemez, yalnız alternatif akımın meydana getirdiği bir özellik olup elektrik tesislerine istenmeyen bir şekilde tesir eder. Genaratörleri, enerji nakil hatlarını ve transformatörleri gereksiz yere yükler (1). Ayrıca çekilebilecek aktif gücün düşmesine neden olur. Reaktif güç endüktif ve kapasitif olmak üzere iki karakterde olabilir. Bunların arasında 180° fark vardır.

Yükün şebekeden çektiği görünür güç;

$$S=V.I \quad [2.1]$$

Olarak ifade edilir. Burada; V şebeke gerilimini, I çekilen akımı ifade eder.



Şekil 2.1 Görünür güç ve bileşenlerinin vektörel gösterimi

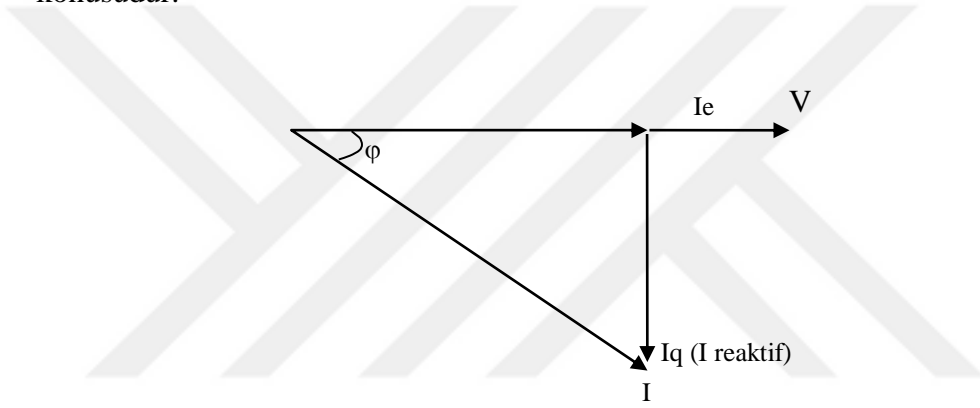
Şekil 2.1'den anlaşılacağı üzere, görünür güç ile aktif ve reaktif bileşenleri arasında şu şekilde bir bağıntı vardır;

$$P= S.\cos\varphi \quad [2.2]$$

$$Q= S.\sin\varphi \quad [2.3]$$

$$S= \sqrt{P^2 + Q^2} \quad [2.4]$$

Görünür güç ve bileşenleri için çıkarılan vektörel gösterim akım için de söz konusudur.



Şekil 2.2 Yük akımı ve bileşenleri

V = Şebeke gerilimi

I = Yük akımı

Ie = Yük akımının aktif bileşeni

Iq = Yük akımının reaktif bileşeni

Şekil 2.2'den;

$$Ie= I.\cos\varphi \quad [2.5]$$

$$Iq= I.\sin\varphi \quad [2.6]$$

$$I= \sqrt{Ie^2 + Iq^2} \quad [2.7]$$

Olarak yazılabilir. Ayrıca Şekil 2.2’de, şebeke gerilimi ile yük akımı arasındaki açının kosinüsü bize güç katsayısını verir. Akımların genlikleri güç katsayısına bağlıdır.

2.2. Reaktif Güç Kompanzasyonunun Faydaları

Endüstrileşen dünyada en önemli sorunlardan birisi de enerji ihtiyacıdır. Bu nedenle bir yandan yeni enerji kaynakları aranmakta diğer yandan da mevcut enerji kaynakları maksimum verimle kullanılmaya çalışılmaktadır. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan enerji kaynaklarından biri de elektrik enerjisidir. Dolayısıyla elektrik enerjisinin santrallerde üretilip tüketiciye ulaşana kadar en az kayıpla taşınması büyük önem kazanmıştır.

Elektrik enerjisinin verimli bir şekilde kullanılabilmesi için reaktif güç kompanzasyonu gereklidir. Bunu daha iyi anlayabilmek için, 2.2 ile 2.1 ifadelerini birleştirerek şu şekilde yazabiliriz;

$$P=V.I.\cos\phi \quad [2.8]$$

Eğer 2.8’deki V ile I arasındaki açı büyütülürse, $\cos\phi$ değeri yani güç katsayısı küçülecektir. Bu duruma paralel olarak şebekeden çekilen aktif güç azalacaktır. Bu açı büyütülmeden önceki aktif güç sabit tutulmak istenirse, I akımının genliği artırılmalıdır. Akımın genliğinin artması şebekenin daha fazla yüklenmesi anlamına gelir. Akım genliğinin artması aynı zamanda ϕ açısının büyümesi reaktif gücün de artması demektir. Reaktif gücün artması iletim hatlarının fiziksel anlamda işe yaramayan bir güç ile meşgul edilmesi ve hat kesitinin bir kısmının faydasız güce tahsis edilmesi anlamına gelmektedir.

Günümüzde özellikle sanayide endüktif yükler çok fazla kullanılmaktadır. Bu yükler manyetik alan oluşturmak için şebekeden reaktif güç çekerler. Santrallerde üretilen görünür güç, aktif ve reaktif güç olarak alıcılara beraberce ulaşmaktadır. Bu durumda hatlar kapasitelerinden daha az yük taşırlar ve gereksiz yere kayıplara uğrarlar.

Manyetik alan meydana getirmek için ihtiyaç duyulan reaktif gücün santral yerine alıcılara yakın bir yerden senkron makine veya kondansatör tesisleri tarafından karşılanmasıyla, santralden alıcıya kadar bütün hatlar reaktif gücün taşınmasından kurtulmuş olacaktır.

2.3. Reaktif Güç Tüketicileri

Elektrik tesislerinde kullanılan manyetik veya statik alan ile çalışan bütün yükler aktif güç yanında reaktif güç de çekerler (2). Bunların başlıcaları şunlardır;

- Düşük uyartımlı senkron makinalar
- Asenkron motorlar
- Bobinler
- Havai hatlar
- Transformatörler
- Redresörler
- Kaynak makinaları
- Endüksiyon fırınları, ark fırınları
- Floresant lamba, sodyum ve civa buharlı lamba balastları ile neon lamba transformatörleri

Yukarıda sayılan tüketicilerin şebekeden çektikleri reaktif güç endüktif karakterdedir. Yani şebeke akımı gerilimden geridedir. Bazı özel durumlarda işletme araçları kapasitif karakterde reaktif güç çekerler. Mesela; kondansatörler, boşa çalışan havai hatlar ve kablolar bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Böyle durumlarda şebeke akımı geriliminden ileridedir (1).

2.4. Reaktif Güç Üretimi ve Kompanzasyon

Reaktif güç ihtiyacını karşılamamanın bilinen en eski yolu aktif güç gibi reaktif gücün de senkron genaratörler tarafından üretilmesidir (1). Şebekenin büyümesi ile yük

sayısının artması ve genaratörlerin yüklerden uzak noktalarda bulunması bu tip kontrolde kayıpları artırmıştır. Bu nedenle iletim sistemi boyutları artmaktadır. Tesisleri reaktif güçten kurtarmanın ikinci ve en ekonomik yolu ise reaktif gücün santraller yerine tüketim merkezlerinde üretilmesidir.

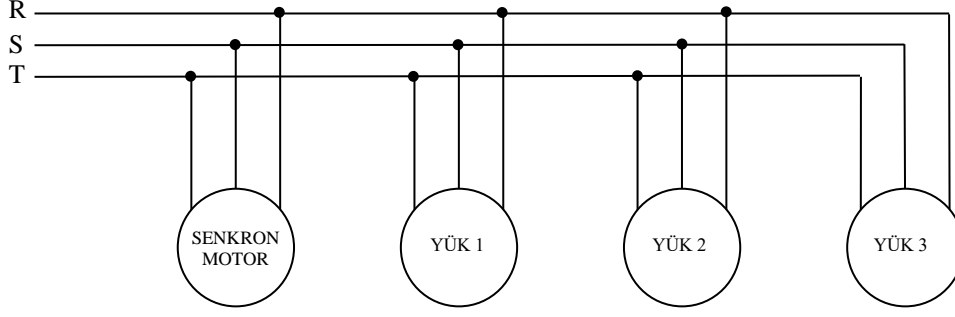
Kompanzasyonun kelime anlamı karşılama, dengeleme manasına gelmektedir. Tüketicilerin normal olarak şebekeden çektikleri endüktif gücün kapasitif yük çekmek suretiyle özel bir reaktif güç üreticisi tarafından karşılanmasına kompanzasyon denir. Böylece şebekeden çekilen reaktif güç çok azalır (1).

Reaktif güç üretimin de iki işletme aracından faydalanılabilir;

- Dinamik faz kaydırıcılar
- Statik faz kaydırıcılar (kondansatörler)

2.4.1. Dinamik faz kaydırıcılar

Reaktif güç üretiminde dinamik faz kaydırıcılar denince akla ilk gelen aşırı uyarılmış senkron makinalardır. Genel olarak santralden gelen enerji nakil hatlarının sonunda ve tüketim merkezlerinin başında şebekeye bir senkron makine paralel bağlanır. Bölgenin reaktif güç ihtiyacı bu makine tarafından karşılanır (1). Senkron makine şebekeden, boşta çalışma kayıplarını karşılayacak kadar az miktarda bir akım çeker ve şebekenin ihtiyaç duyduğu reaktif gücü üretir. Senkron makinenin bu çalışması sırasında ayrıca tahrik edilmesine gerek yoktur. Reaktif güç kompanzasyonun da senkron motor kullanılmak isteniyorsa uyartım akımı yüksek bir değere getirilmelidir. Bu sayede motor kapasitif bir çalışma gösterir. Endüktif güç çeken alıcıların bulunduğu bir şebekeye paralel bağlanan senkron motor kapasitif güç çekmek suretiyle güç katsayısını dengede tutar. Dinamik faz kaydırıcıların bu avantajlara karşın çok büyük dezavantajları da vardır. Mesela dinamik faz kaydırıcılar hızlı değişen reaktif güç ihtiyacının olduğu sistemlerde yetersiz kalmaktadır (2). Ayrıca senkron makinalar çok fazla bakım gerektirirler ve bu bakımları sırasında şebekenin reaktif güç ihtiyacını karşılayamazlar.



Şekil 2.3 Senkron motor ile kompanzasyon tesisi bağlantısı

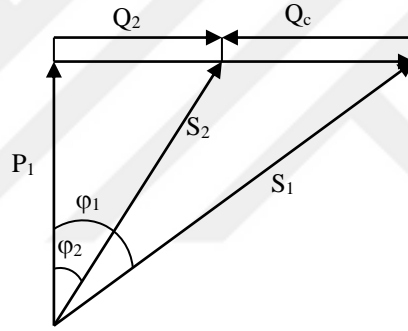
2.4.2. Statik faz kaydırıcılar

Reaktif güç üretiminin bir başka yolu da kondansatörlerdir. Kondansatörlerin yapımında dielektrik olarak; kağıt, polipropilen film yada bunların karışığı kullanılır. İşletme gerilimine göre bunların kalınlığı (katları) arttırılır. Dielektrik şeritlerin iki tarafı alüminyum şeritle kaplanır. Yuvarlak veya yassı şekilde şekillendirilen bu kondansatör elemanlardan biri veya birkaçı paralel bağlanır ve bir saç kutu içersine yerleştirirler. Kutunun içi madeni veya yanmaz sentetik bir yağ ile doldurulur. Reaktif güç üretiminde dinamik faz kaydırıcılara göre, kondansatörlerin üstünlükleri sayılamayacak kadar fazladır. Bu üstünlüklerin başlıcalarını şu şekilde sıralayabiliriz;

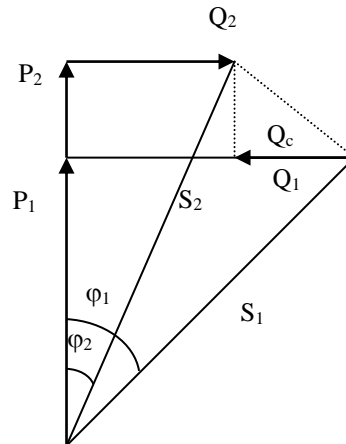
- Senkron kompansatörler kısa devre akımlarını beslerler.
- Senkron kompansatörlerin kayıpları ortalama %2 civarında bulunduğu halde, kondansatörlerde % 0,5'in altındadır
- Senkron kompansatörler büyük güçler dışında ekonomik değildirler, kondansatörler ekonomiktir.
- Kondansatörler, fazla yer kaplamamaları, herhangi bir yere yerleştirilmelerinin sorun olmayışı, istenilen büyüklük ve gerilimde kullanılabilmeleri, bakıma gereksinim duyulmaması, işletme güçlüklerinin bulunmayışı, her geçen gün kalitelerinin artarak maliyetlerinin düşmeleri ve ömürlerinin uzun oluşu gibi özellikleri sebebiyle enerji üretiminde en çok kullanılan elemanlardır (3).

2.5. Reaktif Güç Kompanzasyonunda Kondansatör Gücünün Hesabı

Bir tesisin veya tüketicinin reaktif güç ihtiyacını tespit edebilmek için öncelikle tesisin veya tüketicinin şebekeden çektiği görünür güç S_1 , aktif güç P_1 , güç katsayısı $\cos\varphi_1$ den her hangi ikisinin bilinmesi gerekmektedir. Kompanzasyon için gerekli kondansatör gücünü hesaplariken tüketicinin iki farklı isteği olabilir. Tüketici, şebekeden çekilen aktif güç değerinin değiştirilmemesini ($P_1=\text{sabit}$) isteyebilir veya tüketici kompanzasyondan önce, kompanzasyon öncesi ile sonrasındaki görünür gücün sabit ($S_1=\text{sabit}$) tutulmasını isteyebilir (2). Bu iki yönleme ait fazör diyagramları;



Şekil 2.4 Aktif güç sabit iken reaktif güç ihtiyacının tespiti
(ilk durumda büyüklükler 1 indisiyle, kompanzasyondan sonrakiler 2 indisiyle)



Şekil 2.5 Görünür güç sabit iken reaktif güç ihtiyacının tespiti
(ilk durumda büyüklükler 1 indisiyle, kompanzasyondan sonrakiler 2 indisiyle)

Şekil 2.4’de kompanzasyondan önceki reaktif güç;

$$Q_1 = P \cdot \tan\varphi_1 \quad [2.9]$$

Kompanzasyondan sonraki reaktif güç ise;

$$Q_2 = P \cdot \tan\varphi_2 \quad [2.10]$$

Buna göre kondansatör gücü;

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2) \quad [2.11]$$

olarak elde edilir. Bu ifadede tanjantların farkı;

$$\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2 = k \quad [2.12]$$

gibi bir katsayıyla gösterilirse, kondansatör gücü;

$$Q_c = k \cdot P \quad [2.13]$$

olarak bulunur. Buradaki tanjantların farkı olan katsayıyı bulmak için özel çizelgeler hazırlanmıştır. Çizelge 2.1’de mevcut güç katsayısı ile istenilen güç katsayısından faydalanarak ‘k’ katsayısı elde edilmiştir. Bu çizelgede dikey eksen mevcut güç katsayısını, yatay eksen ise istenilen güç katsayısını gösterir. ‘k’ faktörü iki eksenin kesişim noktası olan değerdir.

Çizelge 2.1. “k” Faktörü cetveli

İSTENİLEN GÜÇ KATSAYISI											
MEVCUT GÜÇ KATSAYISI		Cosφ ₂	0,85	0,86	0,87	0,88	0,90	0,92	0,95	0,96	
		Tanφ ₂	0,62	0,59	0,57	0,53	0,58	0,43	0,33	0,29	
		Cosφ ₁	Tanφ ₁	“k” FAKTÖRÜ							
		0,50	1,73	1,11	0,14	1,16	1,20	1,25	1,30	1,40	1,44
		0,52	1,64	1,02	1,05	1,07	1,11	1,16	1,21	1,31	1,35
		0,54	1,56	0,94	0,97	0,99	1,03	1,08	1,13	1,23	1,27
		0,56	1,48	0,86	0,89	0,91	0,95	1,00	1,05	1,15	1,19
		0,58	1,41	0,79	0,82	0,84	0,88	0,93	0,98	1,08	1,12
		0,60	1,33	1,71	1,74	1,76	0,80	0,85	0,90	1,00	1,04
		0,62	1,27	0,65	0,68	0,70	0,74	0,79	0,84	0,94	0,98
		0,64	1,20	0,58	0,61	0,63	0,67	0,72	0,77	0,87	0,91
		0,66	1,14	0,52	0,55	0,57	0,61	0,66	0,71	0,81	0,85
		0,68	1,08	0,46	0,49	0,51	0,55	0,60	0,65	0,75	0,79
		0,70	1,02	0,40	0,43	0,45	0,49	0,54	0,59	0,69	0,73
		0,72	0,96	0,34	0,37	0,39	0,43	0,48	0,53	0,63	0,67
		0,74	0,91	0,29	0,32	0,34	0,38	0,43	0,48	0,58	0,62
		0,76	0,86	0,24	0,27	0,29	0,33	0,38	0,43	0,53	0,57
		0,78	0,80	0,18	0,21	0,23	0,27	0,32	0,37	0,47	0,51
		0,80	0,75	0,13	0,16	0,18	0,22	0,27	0,32	0,42	0,46
		0,82	0,70	0,08	0,11	0,13	0,17	0,22	0,27	0,37	0,41
	0,84	0,65	0,03	0,06	0,08	0,12	0,17	0,22	0,32	0,36	
	0,86	0,59			0,02	0,06	0,11	0,16	0,26	0,30	
	0,88	0,54					0,06	0,11	0,21	0,25	
	0,90	0,48						0,06	0,15	0,19	

2.6. Kompanzasyon Çeşitleri

2.6.1. Bireysel kompanzasyon

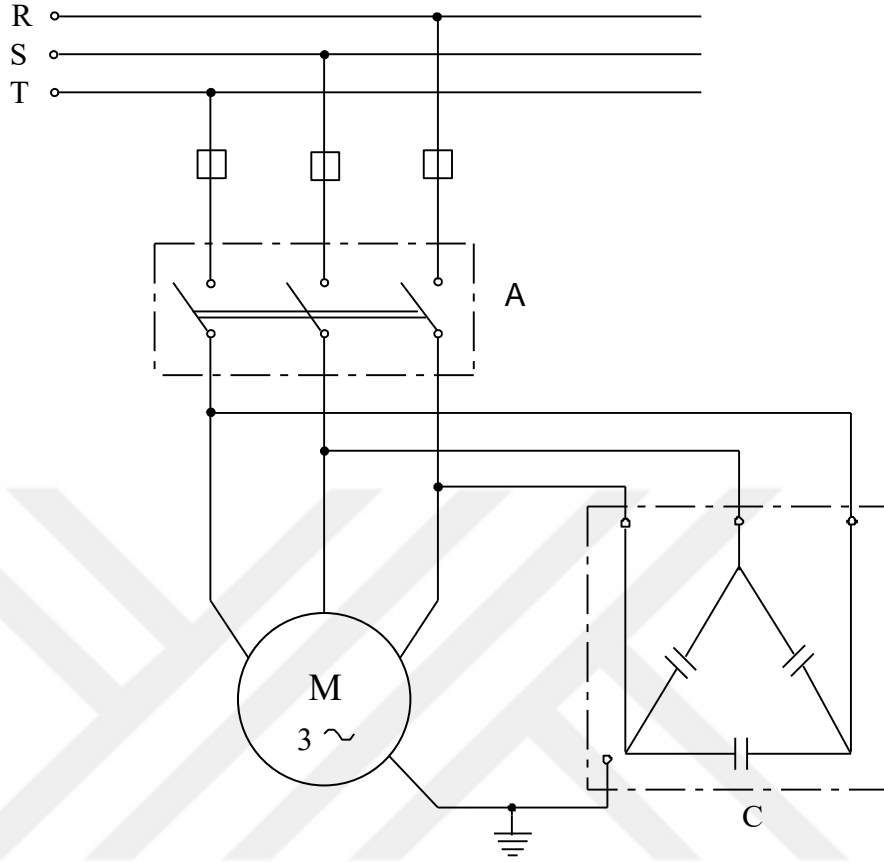
Bu tip kompanzasyonda motor, transformatör ve balast ile çalışan lambaların reaktif güç ihtiyacını sağlamak için kondansatör alıcının uçlarına paralel olarak bağlanır.

Kondansatörler, alıcılarla beraber devreye girip çıktığından şalter, sigorta ve deşarj direnci kullanılmaz. Bu tip kompanzasyon balast ile çalışan lambalar ile sık sık devreye girip çıkmayan sabit yüklü büyük güçlü motor devrelerinde kullanılır. Motor devresine bağlanacak kondansatör gücünün uygun seçilmesi gerekir. Motor devreden

çıkıtığında aşırı kompanzasyon, motorların kendi kendine uyarılmasına neden olabilir.

Yıldız-Üçgen (λ/Δ) şalterlerle yol verilen asenkron motorlara, kondansatörler stator sargıları uçlarına paralel bağlanır. Yıldızdan üçgene geçme esnasında şarjlı olan kondansatörler kısa bir süre şebekeden ayrılır ve fazlar ters olarak tekrar şebekeye bağlanırlar. Bu durum darbe akımlarını meydana getirir. Motor şebekeden ayrıldığı anda kinetik enerji ile dönmeye devam eder. Kondansatör tarafından uyarılır ve bir süre generatör olarak çalışma devam eder. Bu durumda sargıları yıldız bağlı motor ucunda çalışma geriliminin iki katı bir gerilim indüklenir.

Bu sakıncaları nedeni ile kondansatörlerin stator sargıları uçlarına direkt bağlantıları, gücü 25 kW'a kadar motorlarda kullanılabilir. Daha büyük güçteki motorlar için motor üçgene geçtikten sonra kondansatörler ayrı bir şalter üzerinden motor sargılarına paralel bağlanır.



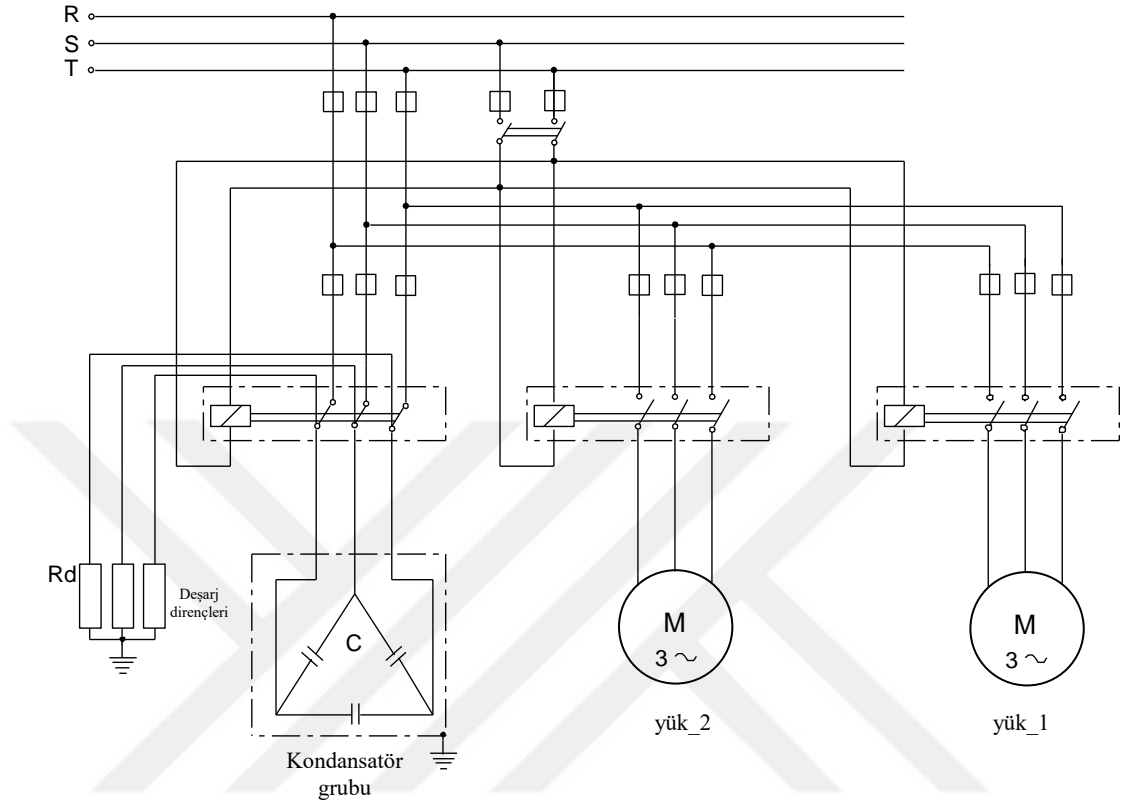
Şekil 2.6 Üç fazlı bir asenkron motorun bireysel kompanzasyonu

2.6.2. Grup kompanzasyon

Bir tesiste birden çok tüketicinin bulunması ve bu tüketicilerin devrelerine ayrı ayrı kondansatörler bağlanması yerine ortak bir kompanzasyon tesisi tarafından beslenmesi daha kolay ve ekonomik sonuçlar verir. Böyle tesislere de grup kompanzasyonu denir.

Beraber ve aynı kontaktör (şalter) ile devreye alınan motorlar, lambalar ve transformatörler grup olarak kompanze edilebilirler. Böyle bir tesiste sigorta ve deşarj dirençlerine gerek duyulmaz.

Grup kompanzasyonunda her tüketici ayrı ayrı kontaktörle fakat tüketici kontaktlarıyla paralel girilebilecek şekilde bağlamak gerekir. Bu durumda ayrıca gecikmeli sigortalar ve deşarj dirençleri kullanılır.



Şekil 2.7 Grup kompanzasyonu

2.6.3. Merkezi kompanzasyon

Grup kompanzasyonun geliştirilmesi ile elde edilir. Alıcı sayısının fazla ve alıcıların değişik zamanlarda devreye girdiği yerlerde tercih edilir. Bu nedenle kondansatör gücü, değişken kompanzasyon gücüne ayak uydurabilmesi için merkezi kompanzasyonda bir ayar düzeni bulunur. Bu sayede düşük ve aşırı kompanzasyondan korunmak mümkün olur (4). Şebekeye bağlı çok sayıda motor veya endüktif güç çeken alıcı bulunuyor ve bunlar değişik zamanlarda devreye girip çıkıyorlarsa, çekilen gücün durumuna göre ayarlı kompanzasyon, merkezi kompanzasyon şekliyle sağlanabilir. Kademeli olarak devreye kondansatör girip çıkması az salınımlı gerilim darbeleri yaratır. Bu sistemin projelendirilmesi ve hesaplanması kolaydır. Kurulu tesislere bağlanması sorunsuz olup, kısa sürede

montaj ve işletmeye almak mümkündür. Kullanılan elektronik reaktif güç rölesi vasıtasıyla, her yüke uygun bir kompanzasyon tesisinin devreye girmesini sağlar (4).

Otomatik olarak ayarlanması istenen kondansatör bataryaları, çeşitli sayıda ve birimde yapılmış olup kontrol kademeli bağlama ile gerçekleşir. Reaktif güç ihtiyacındaki dalgalanmalara yaklaşmak için kaba bir kontrol yeterlidir.

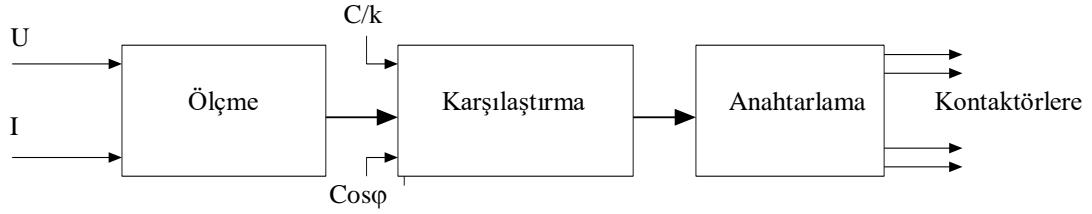
Merkezi kompanzasyon tesislerini denetleyen ve alıcının reaktif güç ihtiyacını tespit ederek buna göre kondansatörleri devreye sokan veya devreden çıkaran reaktif güç rölesidir.

2.7. Reaktif Güç Rölesi ve Çalışma Prensipleri

Reaktif güç rölesi, şönt kapasitörlerle otomatik reaktif güç kompanzasyon sistemlerinde, çeşitli yük durumlarında gerekli sayıda kondansatör gurubunu devrede bulundurarak, güç katsayısını ayar edilen değerde tutmaktadır (5).

Reaktif güç kontrol rölesi üzerinde dijital $\cos\phi$ metre bulunur. Bu sayede röle üzerinden kompanze edilen sistemin güç katsayısı izlenir. Reaktif güç rölesinin anahtarlama mantığı kondansatörlerin gereksiz yere devreye girip çıkmasını önleyecek şekilde geliştirilmiştir. Sahip olduğu aşırı gerilim ve düşük gerilim koruma üniteleri sayesinde kompanzasyon, sistemi anormal işletme koşullarına karşı korumaktadır.

Reaktif güç rölesi üç ana bölümden oluşur ve her bölüme giren – çıkan sinyaller Şekil 2.8'deki gibidir (6).



Şekil 2.8 Reaktif güç rölesinin temel bölümleri

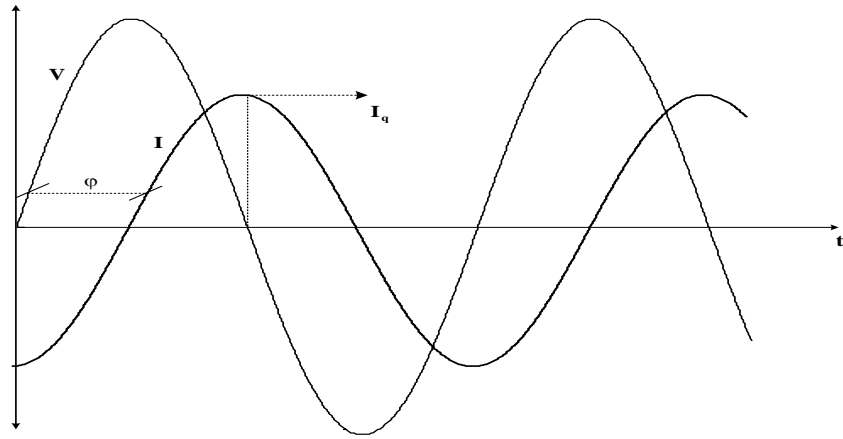
2.7.1. Ölçme bölümü

Kompanze edilecek sistemin reaktif güç gereksinimini belirleyebilmesi için röleye akım ve gerilim bilgilerinin verilmesi gerekir. Gerilim bilgisi üç fazda çalışan rölelerde iki fazdan, tek fazda çalışan rölelerde ise faz-nötr geriliminden sağlanır. Üç faz bağlantılı rölelerde faz sırasının doğru belirlenmesi gerekir. Akım transformatörünün bulunduğu fazın dışındaki iki faz arasındaki gerilim, ölçmede referans olarak alınır. Üçüncü faz bağlantısı kontaktörleri beslemek için kullanılır. Hangi faza R denildiği değil, R S T sırasının bilinmesi gerekir. Akım transformatörünün bulunduğu fazı R kabul edersek S ve T yi bir faz sırası göstergesi kullanarak belirlemek gerekir. Tek faz bağlantılı rölelerde gerilim bağlantısı kesinlikle akım transformatörünün bulunduğu fazdan yapılmalıdır. Üç fazlı rölelerin, üç fazdan da çekilen toplam reaktif gücü ölçtüğü düşüncesi doğru değildir. Üç veya tek fazda çalışan rölede, akım transformatörünün bulunduğu fazdaki akımı ölçer ve tüm fazların dengeli olduğu varsayımına göre çalışır. Buna karşılık tek fazda çalışma, bağlantı kolaylığı ve malzeme ekonomisi yönünden daha uygundur, faz sırasının yanlış bağlama olasılığını ortadan kaldırır (7).

Akım bilgisi, fazlardan birine bağlanan akım transformatörü aracılığıyla alınır. Akım transformatörünün seçimi, yeri ve bağlantısı rölelerin gereği gibi çalışması açısından çok önemlidir. Akım transformatörleri primer akım anma değerinden uzaklaştıkça doğruluklarını kaybederler (6).

Transformatörden geçen akım, anma akımının % 20'sinin altına düştüğünde çevirme oranının doğrusallığı kaybolur. Primer ve sekonder devre akımları arasındaki faz hatası büyür. Sekonder devreye bağlı araçların (ampermetre, $\cos\phi$ metre vb.) röle ile birlikte tükettikleri toplam güç akım transformatörünün anma gücünü aşarsa, yine doğrusallık azalır ve rölenin yanılmasına neden olabilir. Bu araçlardan birinin akım yolunda oluşabilecek açık devre, seri bağlı reaktif güç rölesinin akım beslemesini keser ve röle denetimini kaybeder. Kompanze edilecek sistemin çektiği gerçek akımı belirleyerek buna uygun hata sınıfı küçük bir akım transformatörü seçmek ve transformatörle röleyi beslemek hata olasılığını en aza indirir.

Akım ve gerilim bilgilerini alan röle, şebekeden çekilen reaktif gücü ölçebilir. Bu işlemde iki yöntem vardır. Birinci yöntem, 'sıfır kesme' adı verilen gerilimin sıfır olduğu anda akımın büyüklüğünü ölçmektir. İkinci yöntemde ise; akım ve gerilim dalgalarının çarpımı ile doğrudan reaktif güç belirlenir. Birinci yöntem Şekil 2.10' da görülmektedir.



Şekil 2.9 Sıfır kesme yöntemiyle reaktif güç ölçümü

I_q , gerilim sıfır iken ölçülen akımdır ve yükün yalnızca reaktif bileşenince yaratılır. I_q tüketicinin çektiği reaktif akımın tepe değerine eşittir. Eğer güç faktörü 1 olursa V ve I dalgalarının fazları çakışır ve I_q sıfıra düşer. Gerilimin referans dalgası ϕ derece

kaydırılarak istenilen kompanzasyon düzeyi ayarlanır. Röle ise, Iq belirli bir değere gelene kadar işleme geçirilmez (6, 8).

Yük akımının harmonik içeriğinin yüksek olması halinde bu yöntem hatalı sonuç verebilir. Bunun için besleme akımı süzülerek, ölçmede sadece temel harmonik kullanılır (6, 8).

İkinci yöntemde röle, akım gerilim dalgalarının çarpımını elde eder, bunu ölçtüğü faz açısı φ 'nin sinüsüyle çarparak doğrudan çekilen reaktif gücü belirler. Kendi içinde $\sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin\varphi$ ile orantılı bir sinyal üreterek bunu küçültücü yönde işleme geçer. Çarpım yöntemi şebekeden çekilen gerçek reaktif gücü ölçtüğü için daha sağlıklı sonuç verir (6).

2.7.2. Karşılaştırma bölümü

Sistemin reaktif güç gereksinimini veya fazlalığını, ölçme bölümünden karşılaştırma bölümüne gelen sinyal belirtir. Bu bölüme c/k ayarıyla Rölenin ne zaman işleme geçmesi gerektiği, $\cos\varphi$ veya kalıntı reaktif güç % ayarıyla da ulaşılmak istenen kompanzasyon düzeyi bilgi olarak verilir. Otomatik kompanzasyon tesisleri, çekilen reaktif gücü ancak basamaklar halinde değiştirebilirler. Buna karşılık gereksinme sürekli değişmektedir. Ayarlanan kompanzasyon düzeyi ancak zaman içinde ortalama olarak sağlanabilir (6).

Ayar noktasının türüne göre röleler; kalıntı reaktif güç ayarlı röleler ve $\cos\varphi$ ayarlı röleler olmak üzere ikiye ayrılabilirler (6). Kalıntı reaktif rölelerde, kompanzasyon sonucunda şebekeden çekilen net reaktif güç, bir basamak kondansatör gücünün %'si olarak ayarlanır. Ortalama güç katsayısının 1 olması isteniyorsa % ayarı %0'a getirilir. Her basamakta devreye giren reaktif güce Q_c dersek, çekilen reaktif güç 0,60. Q_c 'yi aşarsa anahtarlama bölümüne devreye kondansatör ekle komutu, -0,60. Q_c 'yi aşarsa devreden kondansatör çıkar komutu verilir. % ayarıyla bu dönüm noktaları endüktif yönde ve en çok bir basamak kondansatör gücü kaydırılabilir.

2.7.3. Anahtarlama bölümü

Karşılaştırma bölümünden gelen sinyale göre kademe kontaktörlerini denetler. Girişte bulunan bir aşağı-yukarı sayıcı kaç kademenin devrede olduğunu sürekli olarak hafızasında tutar ve karşılaştırma bölümünden gelen sinyalin türüne göre ya bir kademe kondansatör daha devreye sokar ya da bir kademe kondansatörü devreden çıkarır (6).

İki anahtarlama arasındaki zaman gecikmesi bu bölümde yaratılır. Röle tipine göre 8 ile 20 saniye arasında değişen bu geciktirmenin iki görevi vardır. Birincisi, devreden ayrılan bir kondansatör grubunun üzerindeki kalıntı yük boşalmadan yeniden devreye alınma olasılığını ortadan kaldırmaktır. İkincisi ise; çok hızlı değişim gösteren reaktif güç gereksinmesi durumunda kontaktörlerin çok sayıda açma kapama yapmasını engelleyerek ömürlerini uzatmaktır.

Kontaktör besleme yolunu açıp kapatmakta elektromanyetik minyatür röleler kullanılır. Sayıcıdan gelen bir sinyal güçlendirici devreden geçirildikten sonra minyatür rölenin sargısına verilir. Bu rölenin sürekli çalışma gücü röle tipine göre 1100 – 1800 VA arasında değişir ve kısa süreyle bunun iki katına kadar zarar görmeden dayanabilirler. Çok sayıda açma kapamanın zaman içinde kontaklarda yaratabileceği bozulma göz önüne alınarak, kontaktör sargısının sürekli çekebileceği güç minyatür rölenin çalışma gücünün yarısını aştığında, yardımcı kontaktör kullanılmalıdır (6).

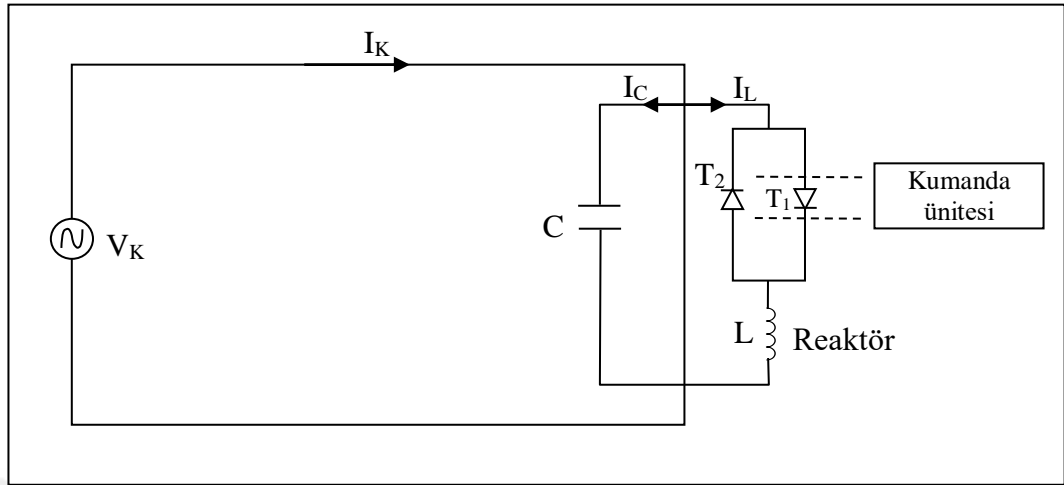
Yabancı rölelerin tümünde şebeke elektrik kesintisi 20 – 40 milisaniyeyi aştığında kontaktör besleme yollarını açan bütün kademeleri devre dışına alan bir gerilimsizlik rölesi kullanılır. Sanayide kullanılan motorların koruma düzenleri elektrik kesilmesinde motorları devre dışına alırlar. Elektrik yeniden geldiğinde kondansatörler devrede iseler, uzunca bir süre için aşırı kompanzasyon oluşabilir. Gerilimsizlik rölesinin işlevi, kesinti anında tüm kondansatörleri devreden çıkarmaya ve ancak 2 – 3 saniye geçtikten sonra yeniden devreye almaya izin vermektedir. Türkiye sisteminde bugün için hızlı tekrar kapama yaygın bir şekilde

uygulanmaktadır. Minyatür rölenin elektrik kesintisinden sonra kontaktör sargı besleme devresini açma süresi, güçlendirici devresindeki kondansatörün boşalmasıyla belirlenir. Bu süre 0,5 – 1 saniye civarındadır. Ülkemizdeki reaktif güç rölelerinde gerilim rölesi bulunması zorunlu değildir (6). Gerekirse bu röleler kompanzasyon tesislerinde eklenebilirler.

Günümüzdeki reaktif güç röleleri, giderek artan bir şekilde gelişmektedir. Kompanzasyon ihtiyacının arttığı sanayi tesislerinde, bu kombine tesislerin denetlenmesi istenilen kompanzasyonu sağlanması güçleşmektedir. Reaktif güç kontrol röleleri ise, denetleme ve istenilen değerde kompanzasyon sağlama işini son derece pratik ve düşük bir maliyetle sağlamaktadır.

2.8. Sabit Kondansatör-Tristör Kontrollü Reaktör Tipi Reaktif Güç Kompanzasyonu

Sabit kapasitör ve tristör kontrollü tipi kompanzatörde kompanzasyon işlemi, reaktörü sisteme bağlayan tristörlerin tetikleme açılarının kontrolü ile sağlanmaktadır. Tristörlerin yardımı ile reaktör akımı gerekli değere ayarlanarak sistemin güç katsayısı sürekli olarak istenilen değerde tutulabilmektedir. Bu tür kompanzatörler, genellikle reaktif güç isteği hızlı ve sürekli değişen yüklerde uygun olmaktadır. Kademeli kompanzatörlere göre daha hızlı ve sürekli bir kompanzasyon sağlamaktadır. Ayrıca kontaktör gibi mekanik elemanların kullanılmaması da bu kompanzatörün bir başka üstünlüğüdür. Ancak güç katsayısının 0.85'in üzerinde olduğu durumlarda kompanzatörün tükettiği aktif güç karşıladığı reaktif güçten fazla olmaktadır (9). Bu nedenle düşük güç katsayılı yüklerde daha etkili kompanzasyon yapılmaktadır. Tristör kontrollü reaktör ile sabit kapasiteli kondansatörün paralel bağlantı şeması Şekil 2.10'daki gibidir.



Şekil 2.10 Sabit kondansatör-tristör kontrollü reaktör tipi kompensatör devresi

3. PIC MİKRODENETLEYİCİLERİ

PIC'in açık yazılışı Peripheral Interface Controller'dır. Bu isim Türkçe çevresel arabirim denetleyicisi olarak çevrilir. Öncelikle, mikrodenetleyicinin anlaşılabilmesi için mikroişlemcinin kısaca açıklanmasında fayda vardır..

3.1. Mikroişlemci

Günümüzde kullanılan bilgisayarların özelliklerinden bahsederken karşılaştığımız 80386, 80486, Pentium-II, Pentium-III birer mikroişlemcidir. Mikroişlemciler; bilgisayar programlarının yapmak istediği tüm işlemleri yerine getirdiği için çoğu zaman merkezi işlem ünitesi CPU olarak adlandırılır, PC adını verdiğimiz kişisel bilgisayarlarımızda kullanıldığı gibi bilgisayarla kontrol edilen sanayi tezgahlarında ve ev aygıtlarında kullanılabilir. Bir mikroişlemci işlevini yerine getirebilmesi için aşağıdaki yardımcı elemanlara ihtiyaç duyar (10).

- Giriş/Çıkış (I/O) ünitesi
- CPU ünitesi
- Bellek ünitesi

I/O ünitesi sayısal, analog ve özel fonksiyonlardan oluşur ve dış dünya ile iletişimi sağlayan kısımdır.

CPU ünitesi sistemin beynidir. Birim, hesapları yapmak ve verileri idare etmek için 4, 8 veya 16 bit'lik veri formatlarında çalışır.

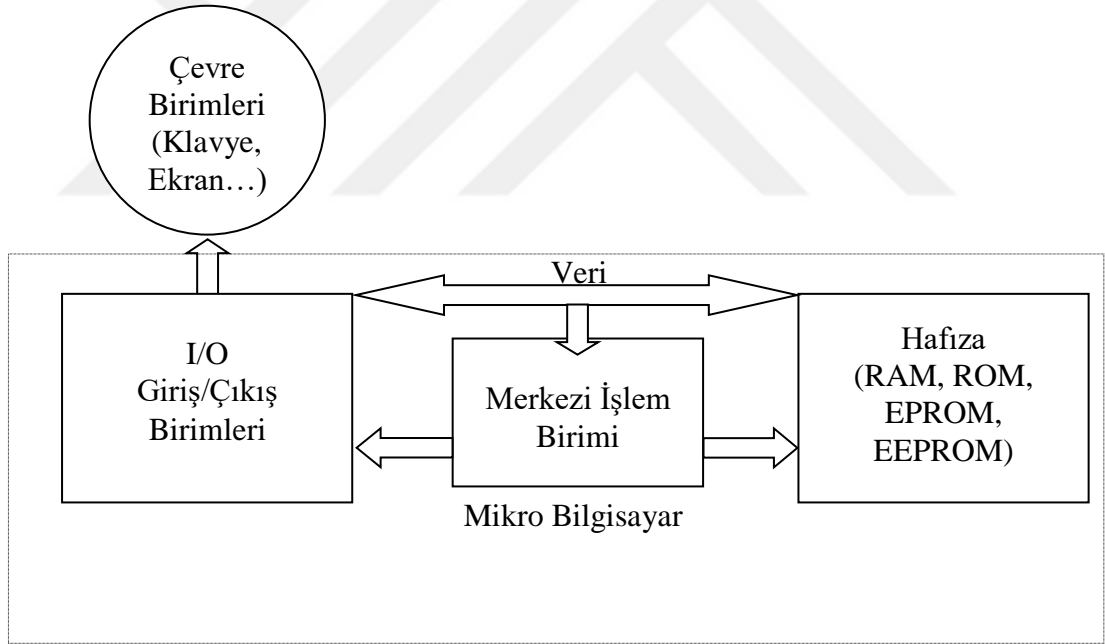
Bellek RAM, ROM, EPROM, EEPROM veya bunların herhangi bir kombinasyonu olabilir. Bu kısım program ve veri depolamak için kullanılır.

Osilatör, mikroişlemcinin düzgün çalışabilmesi için gereklidir. İşlevi, veri ve komutların CPU'ya kaydedilmesinde, sonuçların hesaplanmasında ve sonra bilgi

çıktısının verilmesinde zamanlama için gerekli olan saat darbelerini algılamasıdır. Osilatör farklı bileşenlerden oluşabilir veya hazır yapılmış bir modül olabilir.

Mikroişlemciye bağlantılı diğer devreler şunlardır; sistemin kilitlenmesini önlemeye katkıda bulunan Watch Dog Timer, mantık aşamalarını bozmadan birden fazla yonganın birbirlerine bağlanmasını sağlayan adres ve veri yolları için tampon ve aynı yola bağlanmış devrelerden birini seçmeyi sağlayan adres ve I/O için kod çözücü elemanlardır (11).

Bu üniteler CPU yonganın dışında, bilgisayarın ana kartı üzerinde bir yerde farklı yongalardan veya elektronik elemanlardan oluşur (10).



Şekli 3.1 Bir mikroişlemci sisteminin temel bileşenlerinin blok diyagramı

Intel, Cyrix, AMD, Motorola mikroişlemci üreticilerinden bazılarıdır. Günümüzde mikroişlemciler genellikle PC adını verdiğimiz kişisel bilgisayarlarda kullanılmaktadır.

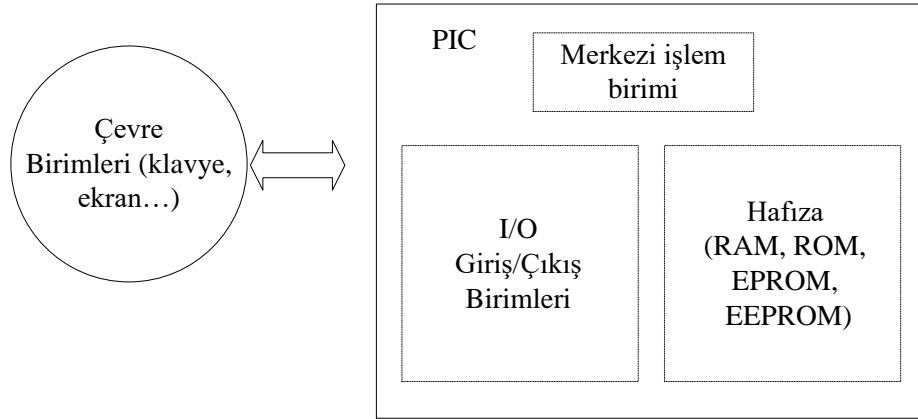
3.2. Mikrodenetleyici

Bir bilgisayar içerisinde bulunması gereken temel bileşenlerden CPU, RAM, ROM ve I/O ünitesinin tek bir entegre içerisinde üretilmesiyle elde edilen yapıya mikrodenetleyici denir. Bilgisayar teknolojisi gerektiren uygulamalarda kullanmak üzere tasarlanmış olan mikrodenetleyiciler, mikroişlemcilerle göre çok daha basit ve ucuzdur. Günümüzün mikrodenetleyicileri otomobillerde, kameralarda, cep telefonlarında, fax - modem cihazlarında, fotokopi, radyo, TV, bazı oyuncaklar gibi sayılamayacak kadar çok fazla alanda kullanılmaktadır. Bilgisayarda dahi ana işlemci yongası dışında örneğin klavyede, ses kartında, görüntü kartı ya da farede dahi mikrodenetleyiciler kullanılmaktadır. Kısacası kontrol gerektiren her yerde mikrodenetleyicileri kullanılabilir (10).

Bir mikrodenetleyici genel olarak aşağıdaki birimlerden oluşur;

- CPU
- RAM
- EPROM / EEPROM / ROM
- I/O
- Zamanlayıcılar
- Kesmeler

Mikrodenetleyiciler bilgisayar olarak tanımlanabilir. Mikrodenetleyicilerin en büyük özelliği, destek ve çevre birimlerinin çoğu zaman aynı üniteye olmasıdır (11).



Şekil 3.2 Bir mikrodnetleyici sisteminin temel bileşenlerinin blok diyagramı

Mikrodnetleyiciler, mikroişlemcilerle çok benzerdirler. Mikroişlemcili bir sistem işlemci dışında program saklamak için bellek elemanları ve dış dünyayla bağlantı kurmak için giriş/çıkış arabirim devrelerine gereksinim duyar. Mikroişlemci yalnız başına kullanılamaz (12).

Mikrodnetleyiciler ile proje tasarlarırken:

- 1- Yapılacak işi tanımlamak,
- 2- Devreyi tasarlamak ve yapmak,
- 3- Kontrol programını yazmak,
- 4-Test ve Hata arındırma gibi işlemleri sırası ile yapmak gerekmektedir.

Mikrodnetleyiciler düşük güçte çalışan yongalardır. Bir bilgisayar 50 W civarı güç harcarken mikrodnetleyiciler sadece 50 mW civarında bir güç harcarlar.

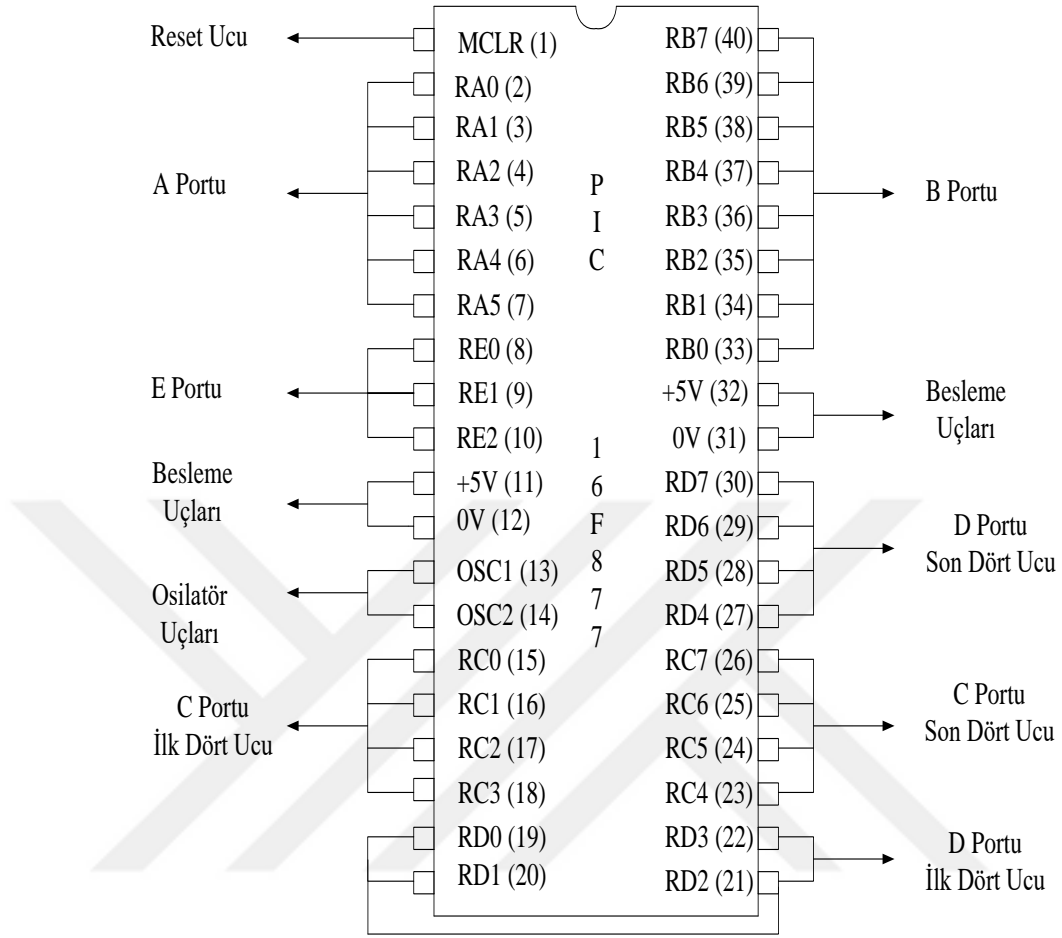
Sonuç olarak mikrodnetleyiciler bir yazılım olmadan hiçbir işe yaramayan bir plastik, metal ve temizlenmiş bir kum yığınıdır. Mikrodnetleyicileri kontrol eden bir yazılım olduğunda ise sınırsız uygulamaya sahiptir.

3.2.1. Mikroişlemci ile mikrodenetleyicinin karşılaştırılması

Mikroişlemci ile kontrol edilecek bir sistemi kurmak için en azından şu üniteler bulunmalıdır; CPU, RAM, I/O ve bu ünitelerin arasındaki veri alış verişini kurmak için veri yolu gerekmektedir. Mikrodenetleyici ile kontrol edilecek sistemde ise yukarıda saydığımız ünitelerin yerine geçecek tek bir yonga (mikrodenetleyici) kullanmak yeterli olmaktadır. Tek yonga kullanarak elektronik çözümler üretmenin maliyetinin daha düşük olacağı açıktır. Ayrıca kullanım ve programlama kolaylığı da ikinci bir avantajdır. İşte yukarıda sayılan nedenler son zamanlarda bilgisayar kontrolü gerektiren elektronik uygulamalarda, mikrodenetleyici kullanmaya eğilimin artmasının haklılığını ortaya koymaktadır.

3.2.2. PIC mikrodenetleyicilerinin tercih sebepleri

- 1) PIC mikrodenetleyicilerinin çok kolay ve ucuz olarak elde edilebilmesi.
- 2) Yazılım programının kolay ve ücretsiz olarak elde edilebilmesi.
- 3) Yüksek frekanslarda çalışabilme özelliğinin olması (4 MHz – 20 MHz)
- 4) Sleep durumunda çok düşük akım çekmesi (20 mA)
- 5) Kesme adres vektörü tek olmasına rağmen (0x0004h) bu adresi birden çok kesme kaynağı kullanabilmektedir.
- 6) İki aşamalı iş hattı içermesi. Aynı anda hem komut okuma hem de işleme yeteneği bulunması
- 7) Kullanışlı zamanlayıcılar ve sayaçlar içermesi (TMR0, TMR1, WDT, PWRT)
- 8) PIC mikrodenetleyiciler ailesinin geniş yelpazeli olması, dolayısıyla her ihtiyaca uygun bir seçeneğin bulunabilmesi.
- 9) Endüstride en üstünler arasında yer alan bir kod koruma özelliğine sahip olması nedeniyle içerdiği yazılımın başkaları tarafından okunmasına izin vermesi.
- 10) Birçok kez programlanabilen (EEPROM) ve bir kez programlanabilen (OTP) gibi bellek çeşitleri olduğundan program geliştirmek için elverişli olması



Şekil 3.3. PIC16F877 Mikrodenetleyicilerinin bacak yapısı

Şekil 3.3’de PIC16F877 mikrodenetleyicilerinin bacak yapısı görülmektedir. Çizelge 3.1’de ise PIC mikrodenetleyicisinin sahip olduğu bacakların özellikleri ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu çizelge bacakların nasıl kullanılacağı konusunda gerekli bilgileri göstermektedir.

Çizelge 3.1. PIC16F877 mikrodenetleyicisinin bacaklarının özellikleri

1	MCLR / Vpp	Reset girişi ya da programlama gerilim girişi
2	RA0 / AN0	Analog giriş
3	RA1 / AN1	Analog giriş
4	RA2 / AN2 / VREF-	Analog giriş, analog referans gerilimi
5	RA3 / AN3 / VREF+	Analog giriş, analog referans gerilimi
6	RA4 / TOCKI	Timer0 zamanlayıcı clock girişi
7	RA5 / ss / AN4	Analog giriş (Slave select)
8	RE0 / RD / AN5	PSP için okuma kontrolü veya analog giriş
9	RE1 / WR / AN6	PSP için yazma kontrolü analog giriş
10	RE2 / CS / AN7	RE2, PSP için select kontrolü, analog giriş
11	VDD	Kaynak
12	VSS	Toprak
13	OSC1 / CLKIN	Osilatör kristal girişi, clock girişi
14	OSC2 / CLKOUT	Osilatör kristal çıkışı, clock çıkışı
15	RC0/T1OSO/T1CKI	Timer1 osilatör giriş veya Timer1 clock girişi
16	RC1 / T1OSI / CCP2	RC1 port, Timer1 osilatör giriş, PWM2 çıkış
17	RC2 / CCP1	RC2 portu, PWM1 çıkışıdır
18	RC3 / SCK / SCL	RC3 portu, clock giriş/çıkışı
19	RD0 / PSP0	I / O (giriş – çıkış) portu
20	RD1 / PSP1	I / O (giriş – çıkış) portu
21	RD2 / PSP2	I / O (giriş – çıkış) portu
22	RD3 / PSP3	I / O (giriş – çıkış) portu
23	RC4 / SDI / SDA	Data giriş / çıkışı
24	RC5 / SD0	Data çıkışı

Çizelge 3.1.'in devamı

25	RC6 / TX / CK	Senkronize clock giriş / çıkışı
26	RC7 / RX / DT	Senkronize veri
27	RD4 / PSP4	I / O (giriş – çıkış) portu
28	RD5 / PSP5	I / O (giriş – çıkış) portu
29	RD6 / PSP6	I / O (giriş – çıkış) portu
30	RD7 / PSP7	II / O (giriş – çıkış) portu
31	VSS	Toprak
32	VDD	Kaynak
33	RB0 / INT	Interput (kesme) portu
34	RB1	I / O (giriş – çıkış) portu
35	RB2	I / O (giriş – çıkış) portu
36	RB3 / PGM	I / O (giriş – çıkış) portu
37	RB4	I / O (giriş – çıkış) portu
38	RB5	I / O (giriş – çıkış) portu
39	RB3 / PGC	I / O (giriş – çıkış) portu
40	RB3 / PGD	I / O (giriş – çıkış) portu

3.3. PIC Mikrodenetleyicilerinin Donanımsal İncelenmesi

PIC kelime anlamı olarak çevresel arabirim denetleyicisi anlamını taşır. Giriş/Çıkış uçlarına bağlanan tuş takımı, algılayıcı, transistör, LCD gibi elemanlara bilgi gönderir, onlardan bilgi alır. 16F87X serisi PIC'ler yüksek performanslı, 8 bit mikro denetleyicidirler (10).

PIC16F87X mikro denetleyicileri birçok özelliklere sahiptir. İki aşamalı komut hattı tüm komutların tek bir çevrimde işlenmesini sağlamaktadır. Yalnızca bazı özel komutlar iki çevrimde işlenirler. Bu komutlar test eden ve alt program çağıran komutlarıdır. PIC16F873/874 192 byte'lık RAM belleğine, 128 byte EEPROM

belleğine ve 22/33 (PIC 16F873-22/ PIC 16F874-33) I/O ucuna sahiptir (11). Bunun yanı sıra, zamanlayıcı ve sayıcıya sahiptir. PIC16F87X ailesi A/D, zamanlayıcı gibi dış elemanları azaltacak iç modüllere sahiptir. Böylece maliyet en aza inmekte, sistemin güvenilirliği artmakta, enerji sarfiyatı azalmaktadır. Bunun yanı sıra tüm PIC'ler de 4 adet osilatör seçeneği mevcuttur. Üç uca sahip olan ve orta ucu toprağa bağlanan rezonatör adındaki osilatörler diğerlerine oranla daha kullanışlıdır.

Çizelge 3.2. PIC16F87X ailesi özellikleri

	<i>PIC16F873</i>	<i>PIC16F874</i>	<i>PIC16F876</i>	<i>PIC16F877</i>
Çalışma Frekansı(MHZ)	20	20	20	20
Flash Program Hafızası (14 bit byte)	4 K	4 K	8 K	8 K
Veri Hafızası (Byte)	192	192	368	368
EEPROM Veri Belleği (Byte)	128	128	256	256
Kesmeler	13	14	13	14
I/O Portları Sayısı	Port A,B,C	Port A,B,C,D,E	Port A,B,C	Port A,B,C,D,E
10-Bit ADC Modülü	5 Kanal	8 Kanal	5 Kanal	8 Kanal
Komut Seti	35 Komut	35 Komut	35 Komut	35 Komut

3.3.1. Merkezi işlem birimi

Merkezi işlem birimi (CPU) mikrodenetleyicinin beynidir. Bu kısım işlenecek komutların sağlanması, bulunması, komutların çözülmesi ve son olarak bunların işletilmesini sağlar.

Merkezi işlem ünitesi mikrodenetleyicinin bütün bölümlerini birbirine bağlar. Merkezi işlem biriminin en önemli fonksiyonu program komutlarını çözmesidir.

Programcı bir programı yazdığı zaman, programlar MOVLW 0x20 gibi açık formda yazılır. Ancak mikrodenetleyicinin bunu anlaması için, bu komutlar harfli formu opcode adı verilen 0 ve 1 serisine dönüştürülmelidir. Bu harfli formdan binary forma çeviri assembler çeviricilerle yapılır. Program hafızasına alınan bu komutların kodu merkezi işlem birimiyle çözülmelidir. Bu komutlar, bir hafızadan diğerine, hafızadan portlara veya hesaplama işleri gibi farklı işlemleri barındırırlar. CPU mikrodenetleyicinin bütün bölümleriyle bağlantılı olmalıdır. Bu bağlantı veri yolu ve adres yolu aracılığıyla sağlanır.

3.3.2. Giriş/Çıkış (I/O)

Giriş çıkış ünitelerinin diğer adı da porttur. Portlara ait bacaklardan A ve E portunun bacakları analog veya dijital olarak ayarlanabilmektedir. A ve E portunun analog giriş olarak kullanılacak olan bacakları ADCON1 yazmacı tarafından belirlenmektedir. Dijital olarak tanımlanan bacakların giriş veya çıkış olarak tanımlanması TRIS yazmacı tarafından belirlenmektedir. Giriş olarak tanımlanan bacaklardan 25 mA çekilmekte çıkış olarak tanımlanan bacaklardan ise 20 mA akım çekilebilmektedir. PIC16F877 beş porta sahiptir.

3.3.3. Bellek organizasyonu

PIC16F877`de iki bellek bloğu mevcuttur. Bunlar program belleği ve veri belleğidir. Her bir bellek kendi taşıyıcısına sahiptir. Veri belleği genel amaçlı RAM ve özel fonksiyon kayıtları (SFR) olmak üzere ikiye bölünür. Veri belleği, EEPROM veri belleğini de içermektedir. EEPROM veri belleği 256 byte ve 00h-FFh. adres enine sahiptir (11).

Veri belleği

Veri belleği EEPROM ve RAM belleği içerir. EEPROM bellek 256 tane 8 bitlik bölge içerir. Enerji kesildiğinde içeriği kaybolmaz. EEPROM genellikle önemli parametreleri kaydetmek için ayrılmıştır. EEPROM'a bilgi yazmak için takip edilmesi gereken zor bir prosedür vardır. Bu prosedür hatalı yazmadan kaçınmak için takip edilmelidir. Veri belleğinin bölümleri kümelenmiştir. Bu kümeler bank adını alırlar.

a) EEPROM veri belleği

EEPROM veri belleği normal çalışma sırasında okunabilir ve yazılabilir. Bu bellek direkt olarak veri hafıza uzayında planlanmamıştır. Bunun yerine bu bellek, özel fonksiyon kaydı üzerinden dolaylı olarak adreslenir. Burada bu belleği kontrol eden 4 yazmaç kaydedici mevcuttur. Bu kaydediciler EECON1, EECON2, EEDATA, EEADR'dır.

EEPROM veri kaydedici, okuma / yazma için 8 bitlik veriyi tutar ve EEADR erişilen EEPROM adreslerini saklar. PIC16F877 mikrodenetleyicileri 00H'dan FFH 'a kadar olan adres aralığında 256 byte'lık veri EEPROM belleği içerir. EEDATA veriyi okumaya ve yazmaya olanak verir ve yüksek silme / yazma hızına sahiptir. EECON1 okuma / yazma işlemlerinin başlatılması ve takip edilmesini sağlar. EECON2 ise verinin yazılması için gerekli ön işlemlerin yapılmasını sağlar. EEPROM belleğe her yazma işleminden önce EECON2 kaydına önce 55H, daha sonra da AAH verisi yazılıp EECON1'deki WR biti set edilmelidir. Böylece EEPROM belleğe yazma işlemi başlamış olur (12).

b) RAM bellek

PIC 16F877'nin 0x00 – 0x4F adres aralığında ayrılmış olan RAM belleği bulunmaktadır. Bu bellekteki dosya yazmaçlarının içerisindeki veriler, CPU'nun çalışmasını kontrol eder. Dosya yazmaçlarının bellek uzunluğu 8 bit'tir. Yalnızca

PCLATH yazmaçları 5 bit uzunluğundadır. Dosya yazmaçlarının adı verilen özel veri alanları dışında kalan diğer bellek alanları, RAM bellek olarak kullanılırlar. Yani bu alanlar program içerisindeki değişkenler tarafından kullanılır.

PIC16F877'nin RAM belleği 4 bank' tan meydana gelir. Bank0'daki yazmaçların adresleri 0x00 – 0x7F arasında, bank1'deki yazmaçların adresleri 0x80 – 0xFF arasında, bank2'deki yazmaçların adresleri 0x100 – 0x17F arasında ve bank3'deki yazmaçların adresleri 0x180 – 0x1FF arasındadır. Bazı özel amaçlı yazmaçlar bütün banklarda mevcuttur. Bir bank'taki yazmaçları kullanabilmek için o banka geçmek gerekir. Bazı özel yazmaç'ların birden fazla bankta görülmesinin nedeni, bank değiştirme işlemine gerek duyulmaksızın kullanılmak istenmesidir.

RAM bellek alanında görülmeyen bir de W yazmacı vardır. Bu yazmaca direkt ulaşmak mümkün değildir. Ancak diğer yazmaçların içerisindeki verileri aktarırken erişmek mümkündür. Tüm aritmetik işlemler ve atama işlemleri için W yazmacı kullanma zorunluluğu vardır. Örneğin iki yazmaç içerisindeki veriler toplanmak istendiğinde ilk olarak yazmaçlardan birinin içeriği W yazmaca aktarılır. Daha sonra diğer yazmacın içerisindeki veri W yazmacın içerisindekiyle toplanır.

Program belleği

PIC16F877' ün 8 kbyte'lık program belleği vardır. Her bir bellek hücresi içerisinde 14 bit uzunluğunda program komutları saklanır. Program belleği Flash (elektriksel olarak yazılıp silinebilir) olmasına rağmen, programın çalışması sırasında sadece okunabilir (10).

3. 4. PIC Mikrodenetleyicilerinin Özellikleri

PIC mikrodenetleyicilerin özellikleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir;

- Kod verimliliği yüksektir
- Komut seti kolaydır

- Hızlıdır
- Statik işlemcidir
- Sürücü kapasitesi yüksektir
- Seçenekler çoktur
- Çok yönlüdür
- Güvenlidir
- Geliştirmeye açıktır

3.5. PIC Mikrodenetleyicisini Programlamak İçin Gerekli Yazılım ve Donanımlar

PIC mikrodenetleyicilerinin programlanmasının ve uygulamalarda nasıl kullanılacağına bilinmesi gerekir. PIC mikrodenetleyiciyi öğrenebilmek için nelerin bilinmesi ve nelere sahip olunması gerektiği aşağıda sıralanmıştır:

- 1) IBM uyumlu bir bilgisayara sahip olmak ve temel kullanımları bilmek.
- 2) Bir metin editörünü kullanmasını bilmek.
- 3) Bir assembler programına sahip olmak.
- 4) PIC programlayıcı donanımına sahip olmak.
- 5) PIC programlayıcı yazılımına sahip olmak.
- 6) PIC16F877 mikrodenetleyicisine sahip olmak
- 7) Programlanmış PIC mikrodenetleyicisini test etmek için breadbord, güç kaynağı ve yardımcı elektronik elemanlara sahip olmak.
- 8) Programlanmış PIC mikrodenetleyicisini test etmek için deneme kartına sahip olmak (10).

4. PIC DENETİMLİ KONDANSATÖR GRUPLARI İLE GÜÇ KATSAYISININ DÜZELTİLMESİ

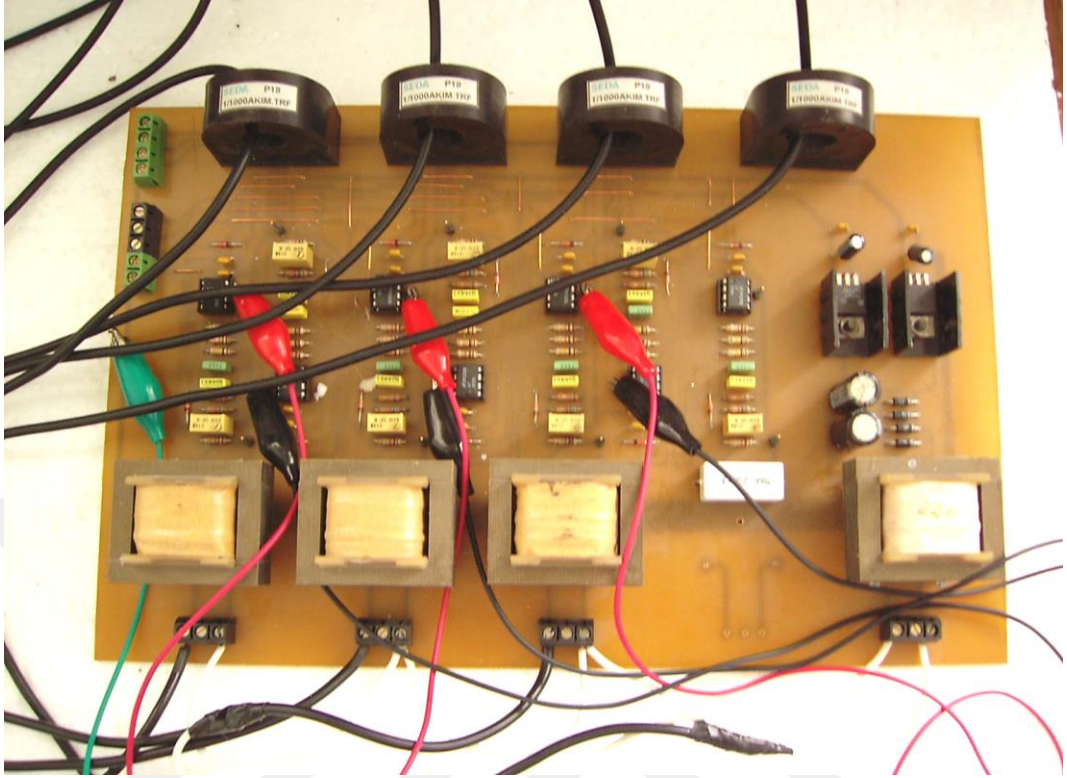
4.1. Giriş

Günümüzde kompanzasyon sistemleri mikrodenetleyici tabanlı olarak yapılmaktadır. Mikrodenetleyicinin bilgileri işleyip uygun yönetim gösterebilmesi için bilgilerin mikrodenetleyici girişlerine uygulanacak hale getirilmesi gerekmektedir. Sisteme ait akım ve gerilim bilgileri ölçülüp PIC16F877 denetleyicisine aktararak güç katsayısı hesaplanmıştır. Bu işlemin sonucunda ölçülen güç katsayısını 1'e yaklaştırmak için gerekli reaktif güç ihtiyacı tespit edilmiştir. PIC16F877 denetleyicisi uygun çıkışlar üreterek, reaktif güç ihtiyacını kondansatörler tarafından karşılamaktadır.

4.2. Deney Düzenine Hazırlanması

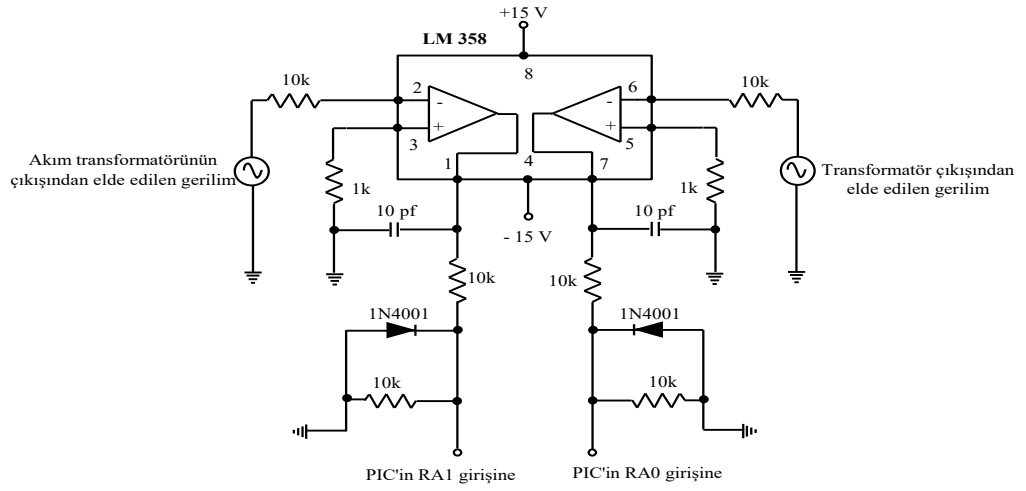
Deneyin amacı birden çok alıcının bulunduğu bir sistemin değişken reaktif güç ihtiyacını, sürekli olarak kontrol eden bir cihaz tasarlamaktır. Bu sayede ihtiyaca göre kondansatör grupları devreye alınıp çıkarılarak istenilen değerde kompanzasyon yapmak mümkündür. Esasında deneyde yapılan merkezi kompanzasyondur. Çünkü kademeli olarak kompanzasyon sağlanmaktadır. Tasarlanan cihaz ise reaktif güç rölesidir.

Öncelikle sisteme ait akım ve gerilim bilgilerini ölçüp mikrodenetleyici girişlerine uygun hale getirmek gerekmektedir. Akım bilgisini okumak için her bir faza dönüştürme oranı 1:1000 olan akım transformatörleri bağlanmıştır. Gerilim bilgisini okumak içinde benzer bir yol izlenmiş, her bir faza dönüştürme oranı 220/5 olan gerilim transformatörleri bağlanmıştır.



Resim 4.1 Sistem bilgilerini örnekleyen kart

Akım ve gerilim transformatörlerinden elde edilen alternatif gerilim sıfır geçiş dedektörüne uygulanır.



Şekil 4.1 Sıfır geçiş dedektörü

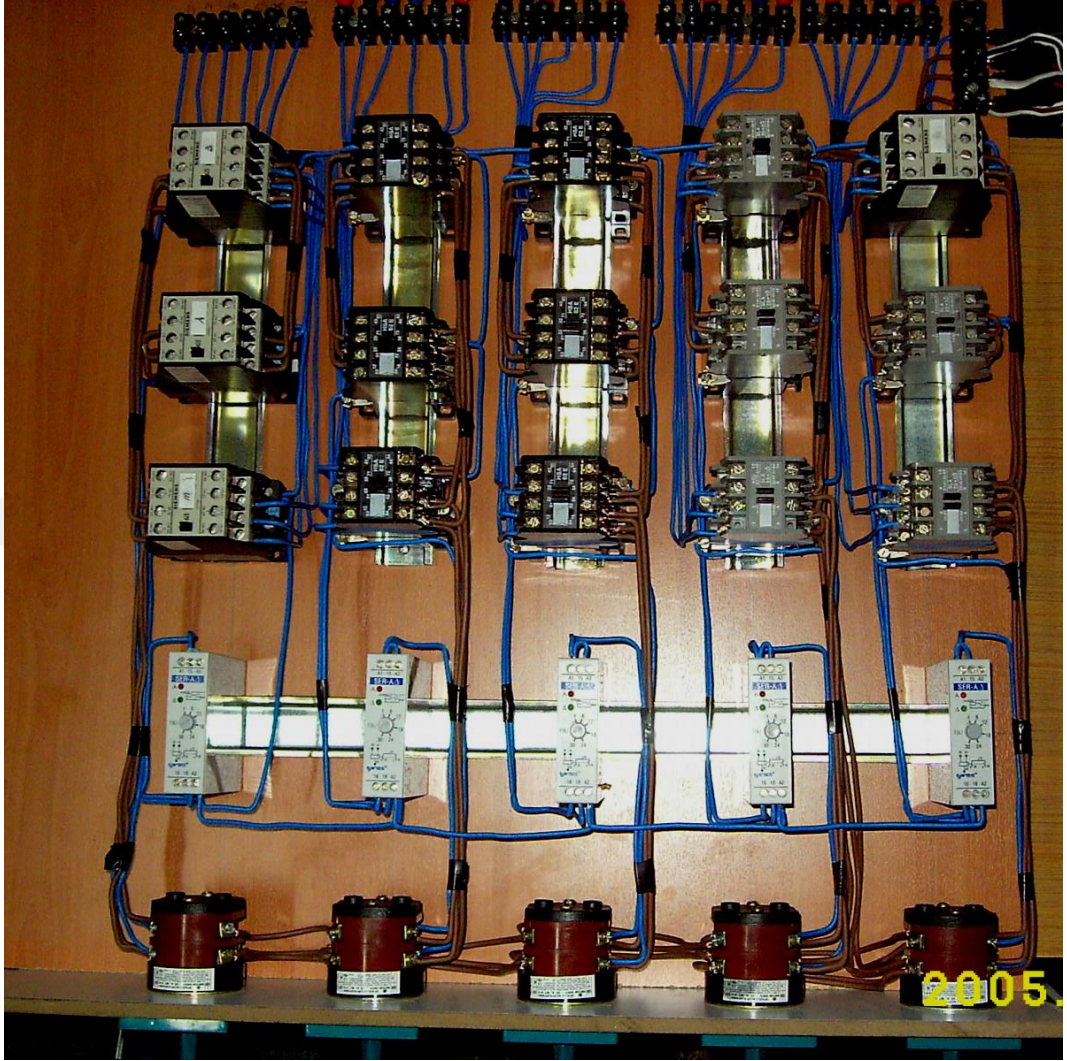
Sıfır geçiş dedektörünün buradaki görevi, girişlerine uygulanan alternatif gerilimlerin sıfırdan geçtiği anda çıkışta lojik 1 sinyali vermesidir. Elde edilen bu sinyaller denetleyici girişlerinde kullanılacaktır (13).

Deneyde sistemin reaktif güç çekebilmesi için etiket değerleri farklı dört tane asenkron motor herhangi bir sıra gözetmeksizin yüksüz olarak çalıştırılmıştır. Böylece sistem endüktif bir özellik gösterir ve akım gerilimden daha geride kalır. Kullanılan motorların etiket değerleri çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.1 Motorların etiket değerleri

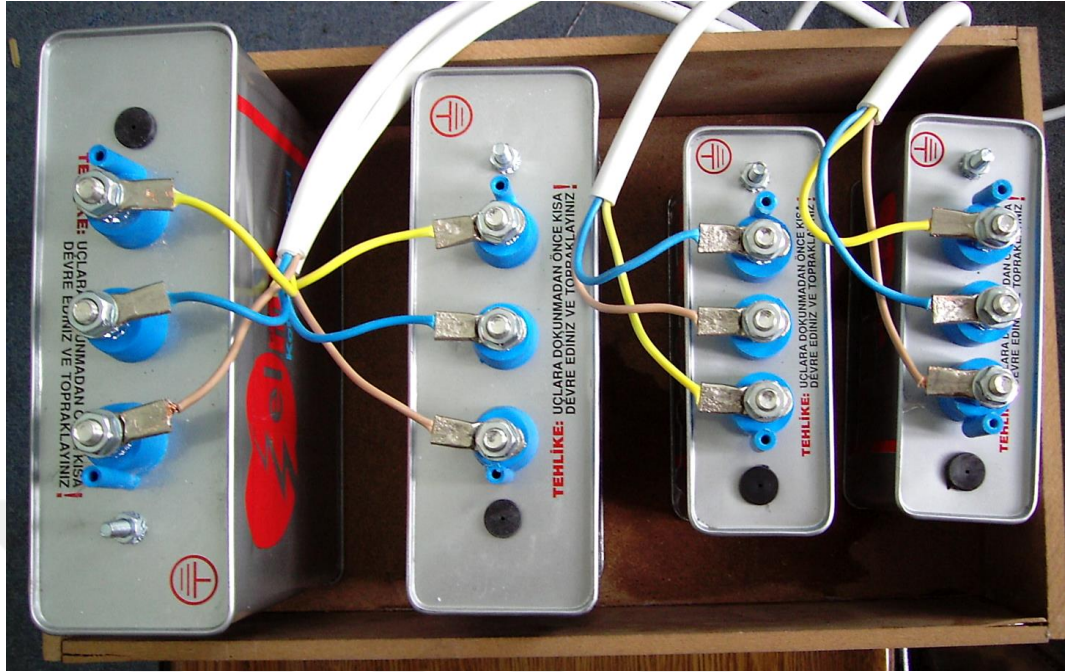
M1	380 V Δ	6,4 A	3,0 kW	0,86 Cos ϕ	50 Hz	1420 d/d
M2	380 V Δ	7,5 A	3,3 kW	0,83 Cos ϕ	50 Hz	2850 d/d
M3	380 V Δ	7,1 A	3,0 kW	0,80 Cos ϕ	50 Hz	1420 d/d
M4	380 V Δ	7,5 A	3,3 kW	0,83 Cos ϕ	50 Hz	2850 d/d

Asenkron motorların ilk kalkınma anında çok yüksek akım çekmesi göz önünde bulundurularak, deneyde motorlar ilk kalkınma anında yıldız daha sonra ise üçgen çalıştırılmıştır. Bunun için hazırlanan panoda yıldız/üçgen yol verme röleleri kullanılmıştır. Böylece motor yıldız bağlı olarak kalkınıp daha sonra üçgen bağlı olarak çalışmıştır.



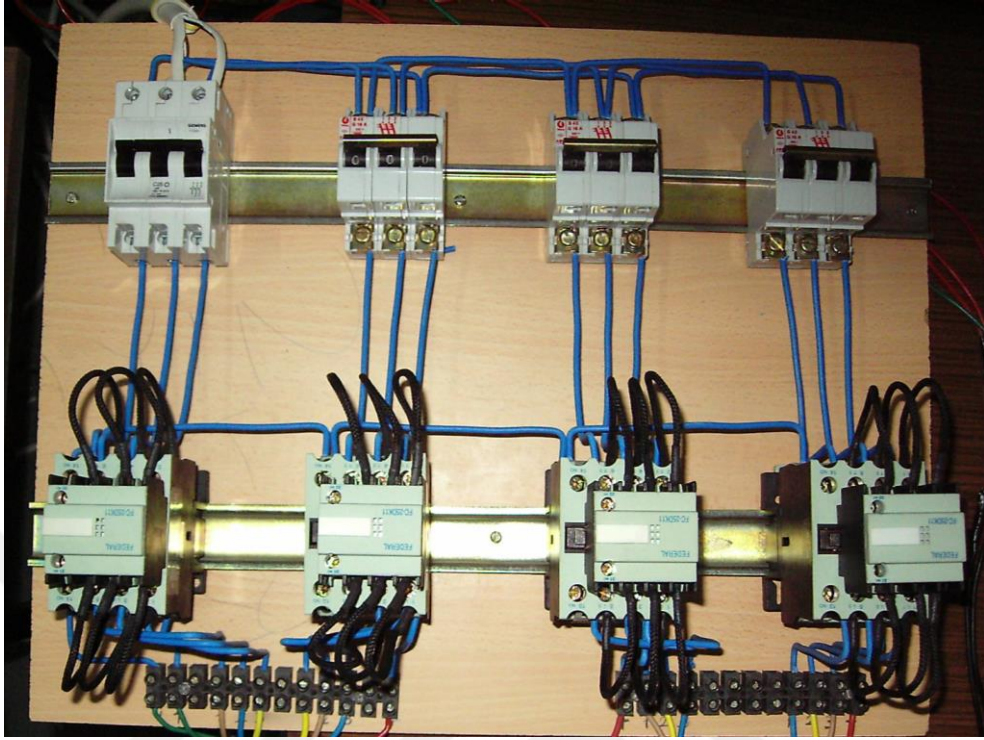
Resim 4.2 Yıldız-üçgen motor sürme panosu

Sistemin reaktif güç ihtiyacını karşılayacak kondansatör grupları 1 - 2,5 - 5 - 10 kVAr güçlerinde seçilmiştir. Bu gruplardan her biri tasarlanan cihaz sayesinde ihtiyaca göre devreye alınıp çıkarılırlar.



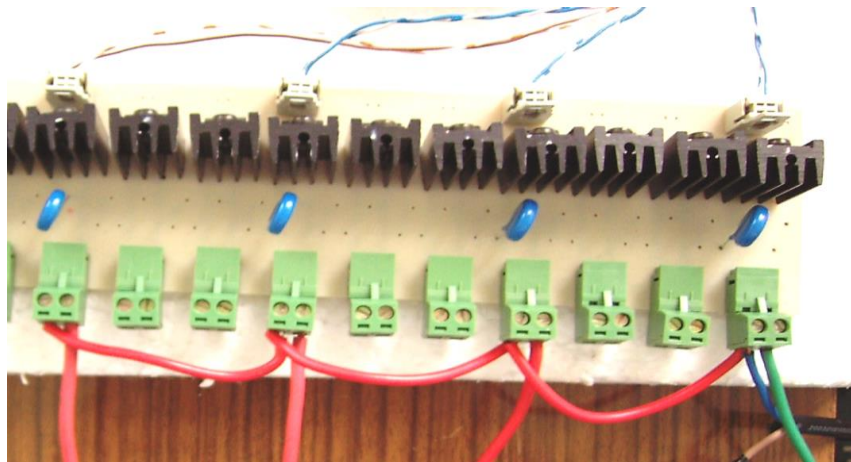
Resim 4.3 Kondansatör grupları

Kondansatör gruplarını devreye alıp çıkarmak için kontak akımları 25 amper, güçleri 15 kVAr olan kompanzasyon kontaktörleri kullanılmıştır. Kompanzasyon kontaktörünün özelliği, üzerinde bulunan dirençler sayesinde kesim anında kondansatörler üzerinde depo edilen enerjiyi çok kısa bir sürede deşarj etmesidir. Kontak çıkışları uygun değerdeki sigortalar üzerinden sisteme bağlanmıştır. Sigortanın buradaki görevi kondansatörleri kısa devreye karşı korumaktır.



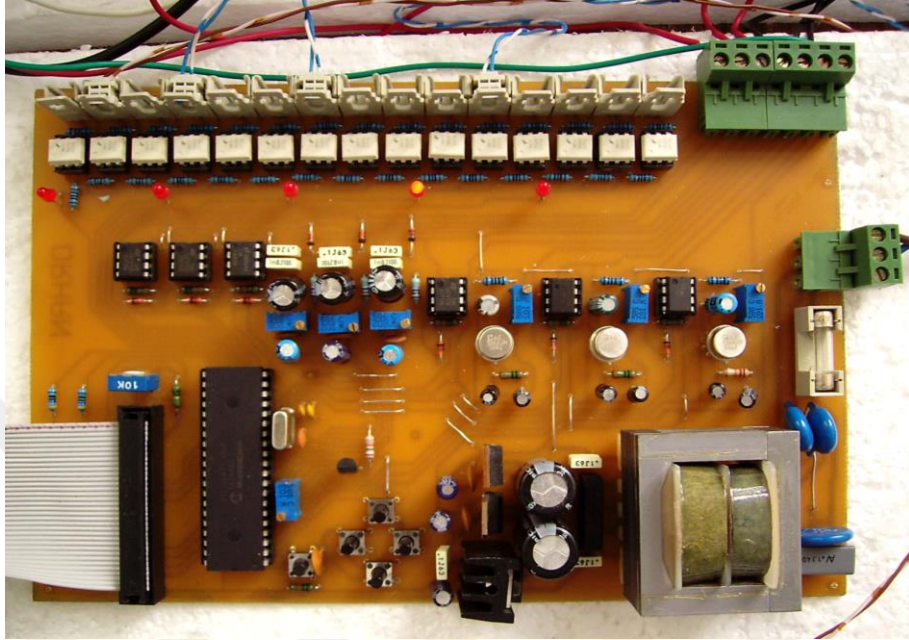
Resim 4.4 Kondansatör gruplarını devreye alıp çıkartan kontaktör panosu

Son olarak denetleyici çıkışları ile tetiklenen bir triyak devresi hazırlanmıştır. Kullanılan triyaklar 16 amper, 600 voltluktur. Triyakların görevi ise kompanzasyon kontaktörlerinin bobinlerini anahtarlamaaktır.



Resim 4.5 Kompanzasyon kontaktörü bobinlerini anahtarlayan sürücü devresi

Reaktif güç rölesi olarak tasarlan kartta denetleyici olarak PIC16F877 kullanılmıştır.



Resim 4.6 Reaktif güç rölesi olarak hazırlanan kart



Resim 4.7 Deney düzeneği

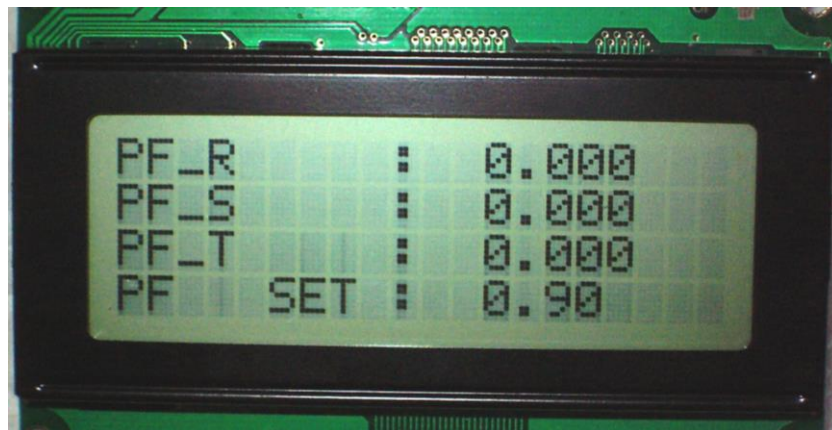
4.3. Deneyden Alınan Değerler

İlk olarak etiket değerleri farklı asenkron motorlar teker teker çalıştırılarak akım, gerilim ve $\cos\phi$ değerleri bir tabloya kaydedilmiştir. Alınan değerlerden bütün motorların aktif, reaktif, görünür güç ve kompanzasyon için gerekli kondansatör gücü değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2 Deneyde alınan değerler

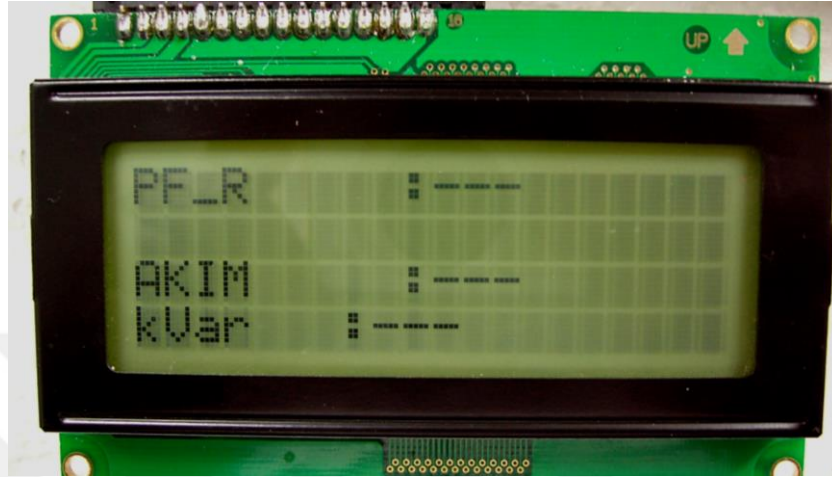
	I_{faz}	V_{faz}	$\cos\phi$	P	S	Q	kVAr
M1	3,0 A	227 V	0,173	353,4 W	2043,0 VA	2010,3 VAr	1,8
M2	4,1 A	227 V	0,207	577,9 W	2792,1 VA	2731,6 VAr	2,4
M3	6,0 A	226 V	0,173	703,7 W	4068,0 VA	4006,1 VAr	3,6
M4	4,2 A	227 V	0,241	689,3 W	2860,2 VA	2775,8 VAr	2,4

Denetleyici kontrollü kartımızı sisteme bağladığımızda, display de her bir fazın güç katsayısının gösterildiği bir menü ekrana gelir. Ayrıca güç katsayısının hedeflenen değeri de ekranda görünür. Kullanıcı yön tuşları vasıtasıyla istediği seçeneklerden birini onaylayabilir.



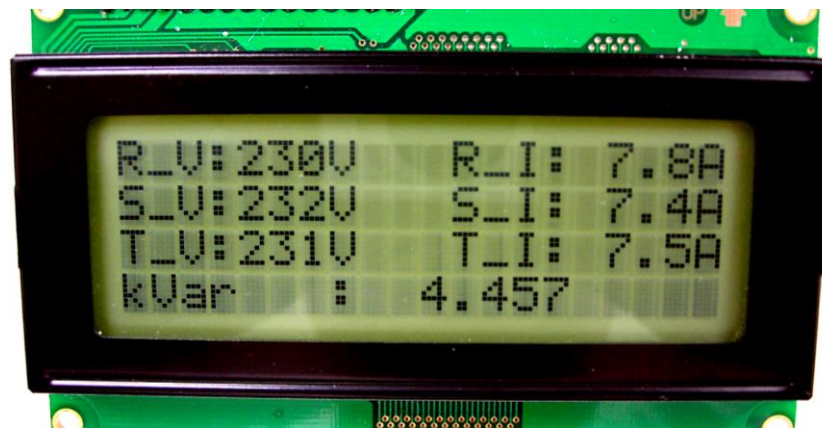
Resim 4.8 Reaktif güç rölesi menüsü

İlk olarak ekrandan 0,90 değeri set edilmiştir devrede hiçbir alıcı yok iken ekranda ikaz işaretleri çıkar.



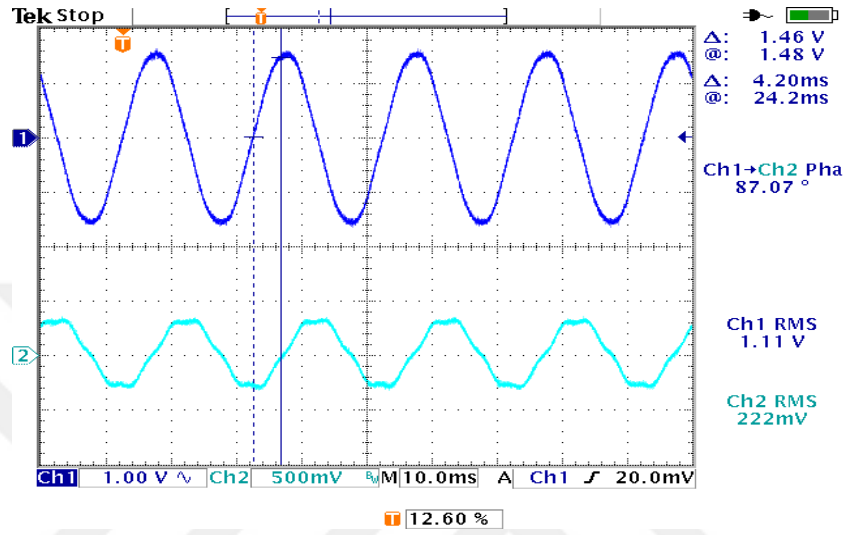
Resim 4.9 Devrede alıcı yok iken röle ekranı

Herhangi bir alıcı çalıştırıldığında sistemin güç katsayısı anında bulunur ve gerekli kondansatör gücü ekranda gösterilir. Aynı zamanda denetleyici uygun çıkışlar üreterek gerekli kondansatör grubunu devreye alır ve sistemi kompanze eder. Ayrıca ekranda üç fazın akım ve gerilim bilgileri de görünmektedir.

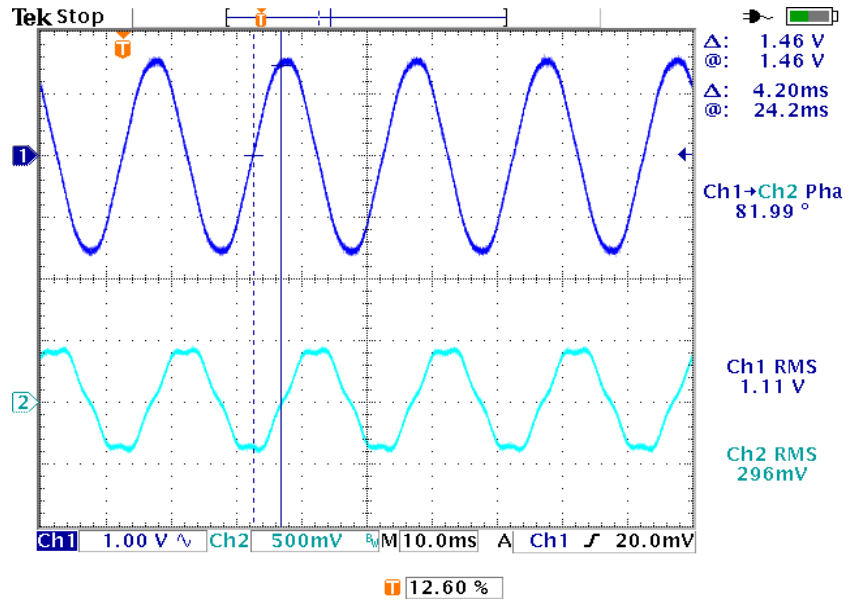


Resim 4.10 Ölçüm anında röle ekranı

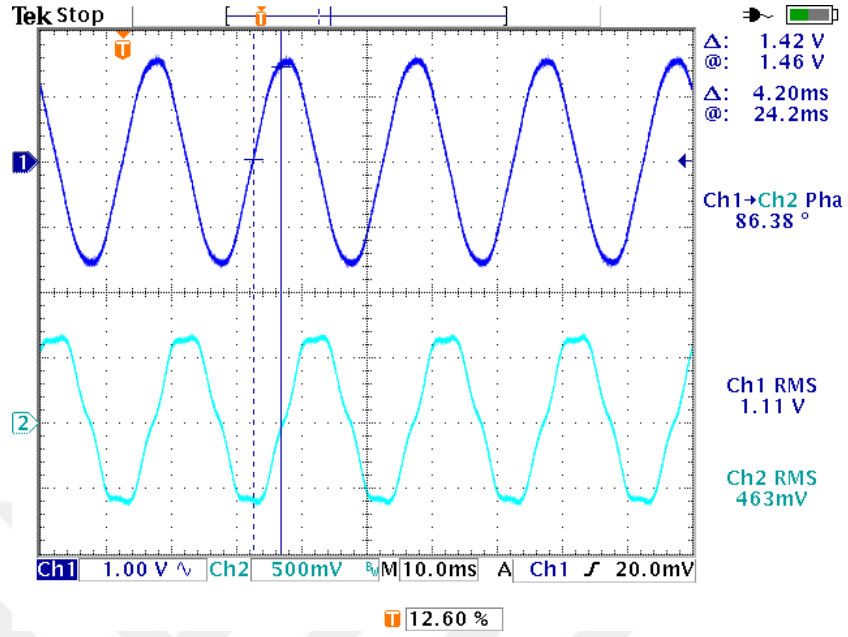
Sisteme bir osilaskop bağlanarak akım ve gerilim dalga şekilleri farklı alıcılar devrede iken kaydedilmiştir. Bu sırada denetleyici kontrollü kart sisteme bağlı değildir, yani herhangi bir kompanzasyon işlemi yapılmamıştır.



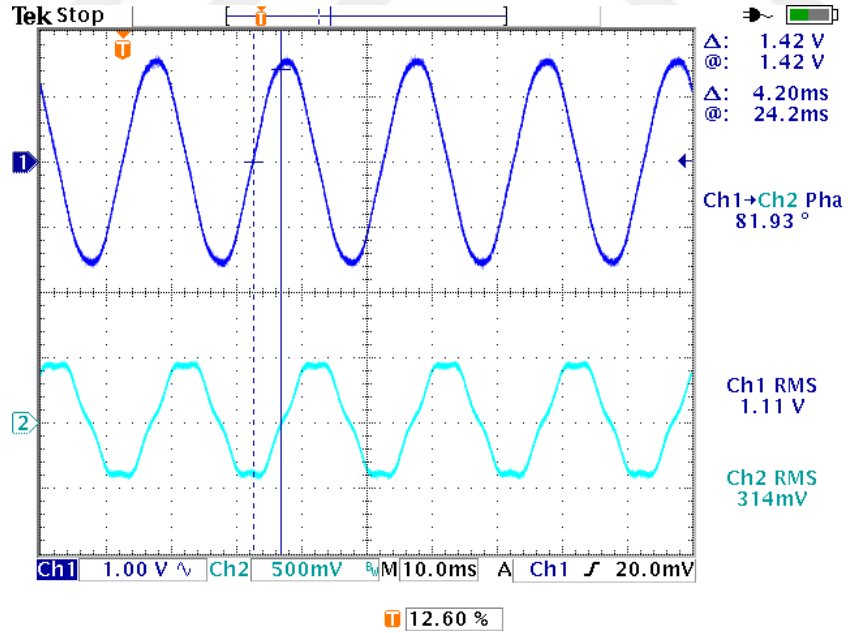
Şekil 4.2 M1 devredeyken gerilim, akım eğrileri



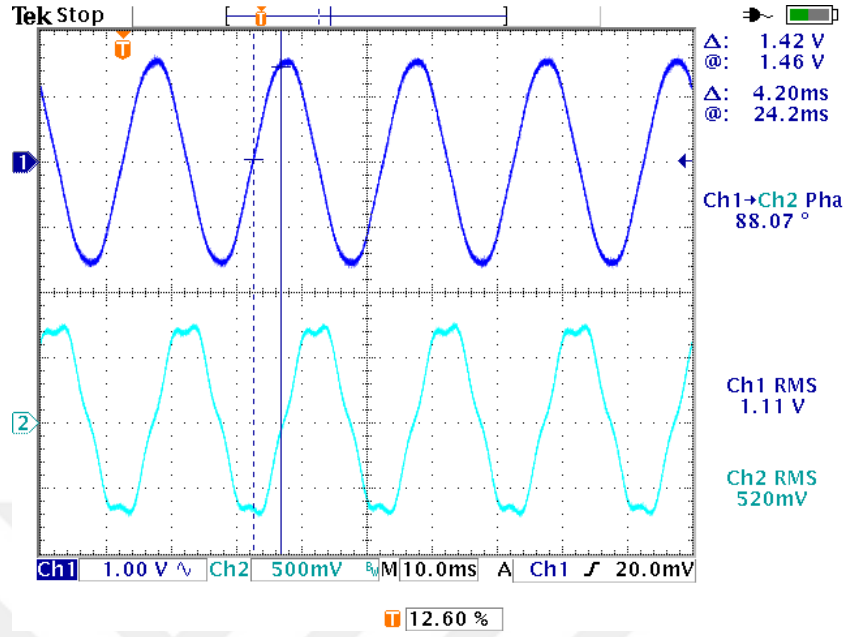
Şekil 4.3 M2 devredeyken gerilim, akım eğrileri



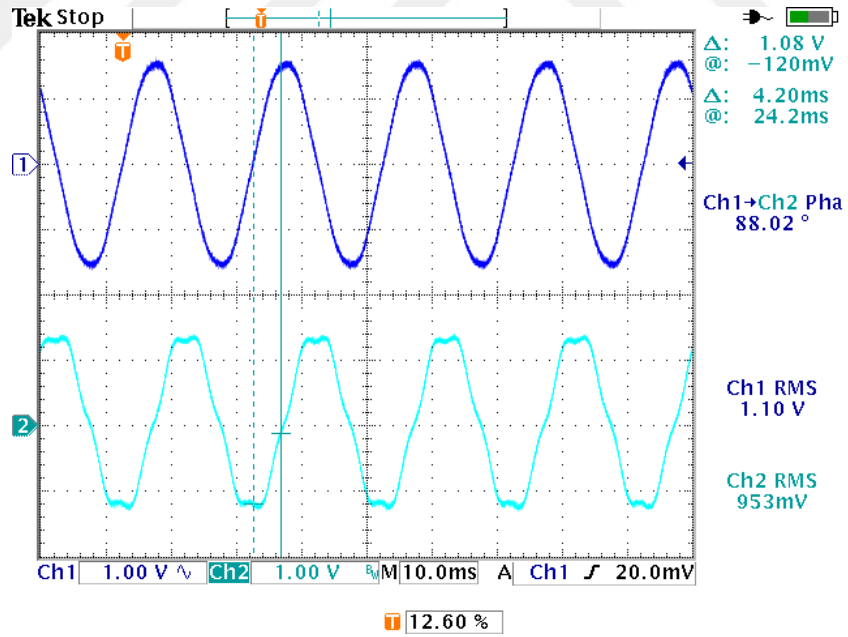
Şekil 4.4 M3 devredeyken gerilim, akım eğrileri



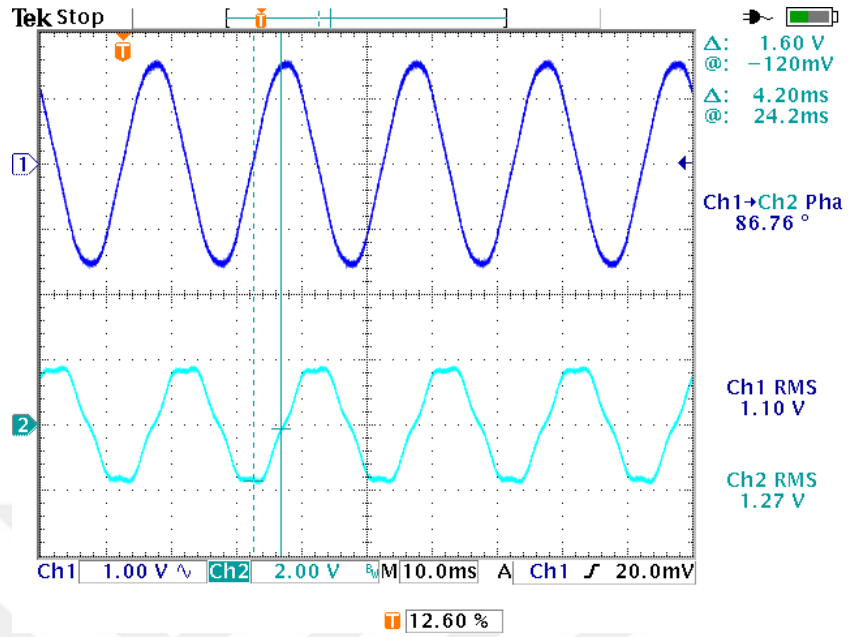
Şekil 4.5 M4 devredeyken gerilim, akım eğrileri



Şekil 4.6 M1+M2 devredeyken gerilim, akım eğrileri

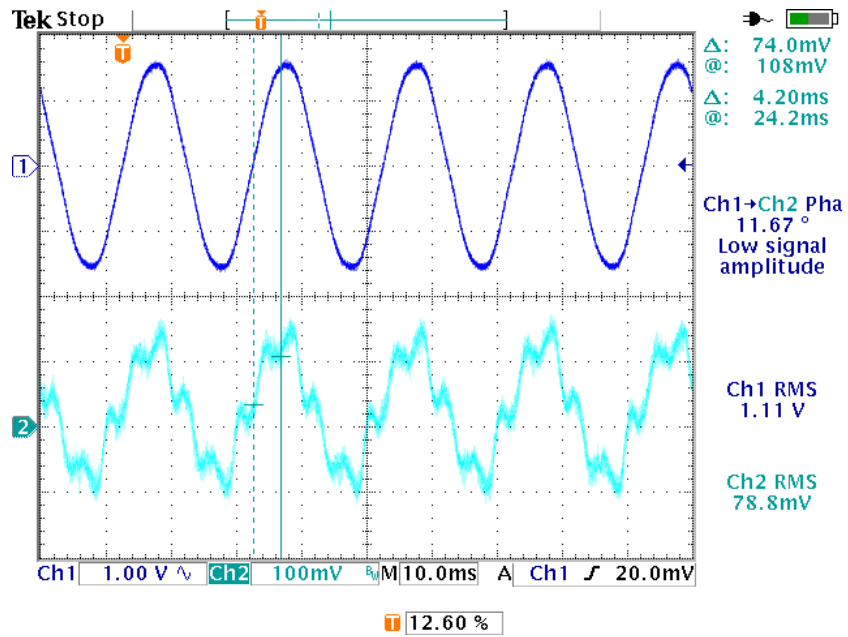


Şekil 4.7 M1+M2+M3 devredeyken gerilim, akım eğrileri

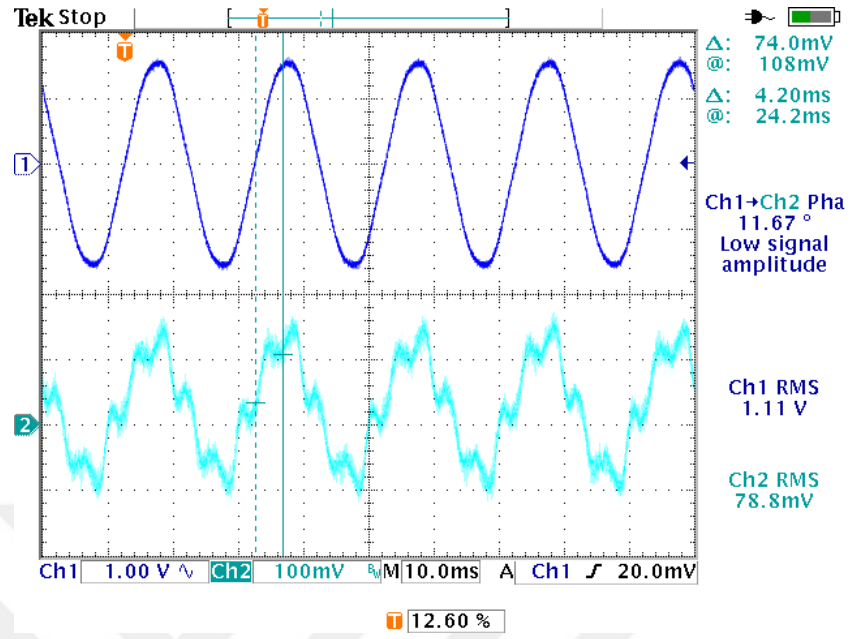


Şekil 4.8 M1+M2+M3+M4 devredeyken gerilim, akım eğrileri

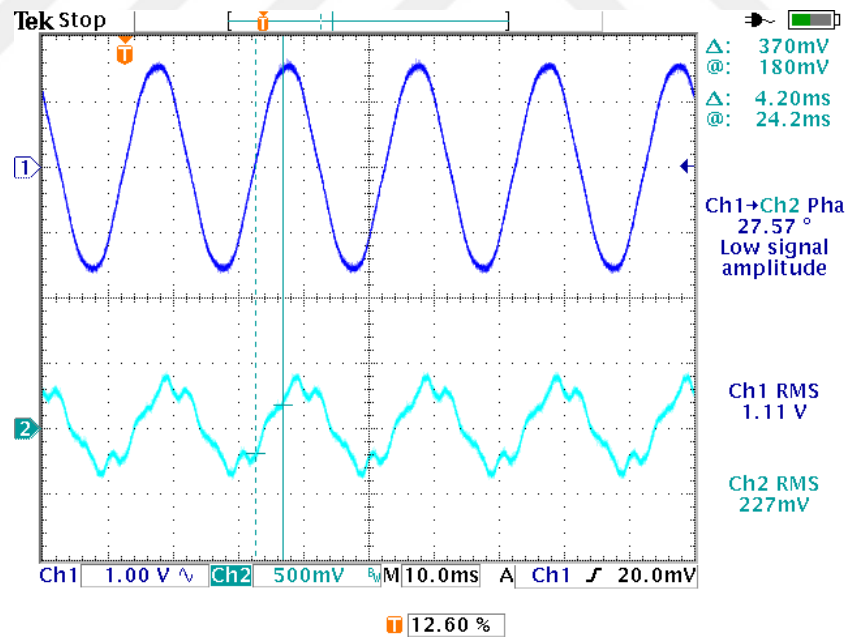
Denetleyici sisteme bağlanıp, ilk olarak güç katsayısını 0,90 yapması için hedef değer set edilmiştir. Bu sırada osilaskop ile dalga şekilleri yine kaydedilmiştir.



Şekil 4.9 M1+M2+5 kVAr devredeyken gerilim, akım eğrileri

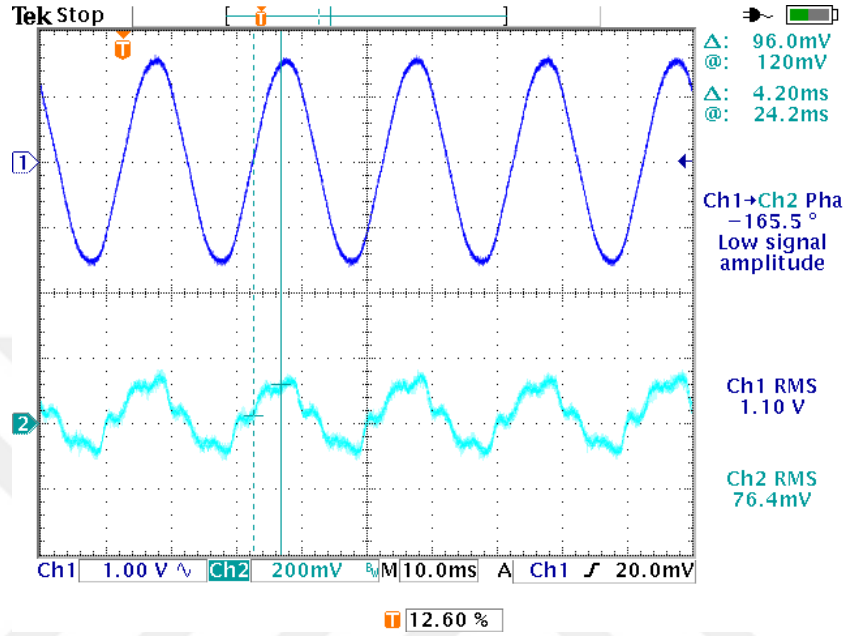


Şekil 4.10 M1+M2+M3+7,5 kVAR devredeyken gerilim, akım eğrileri

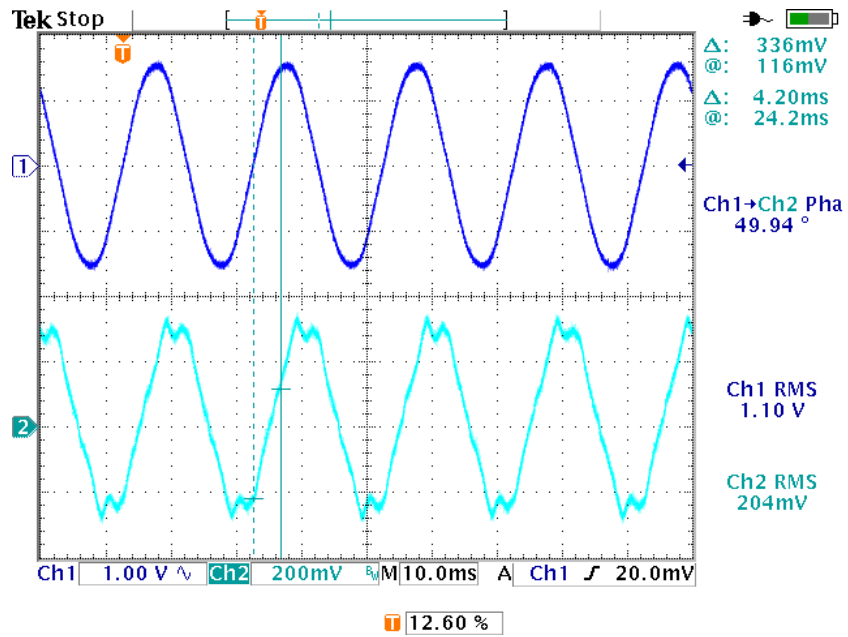


Şekil 4.11 M1+M2+M3 +M4+11 kVAR devredeyken gerilim, akım eğrileri

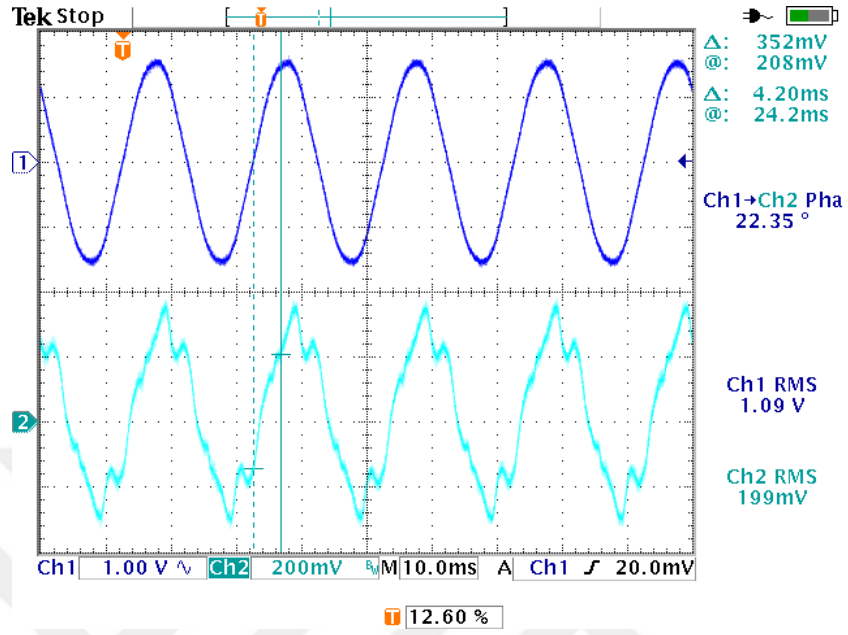
Daha sonra hedef değer 0,92 olarak set edilip, dalga Şekilleri osilaskopla kaydedilmiştir.



Şekil 4.12 M1+M2+5 kVAr devredeyken gerilim, akım eğrileri

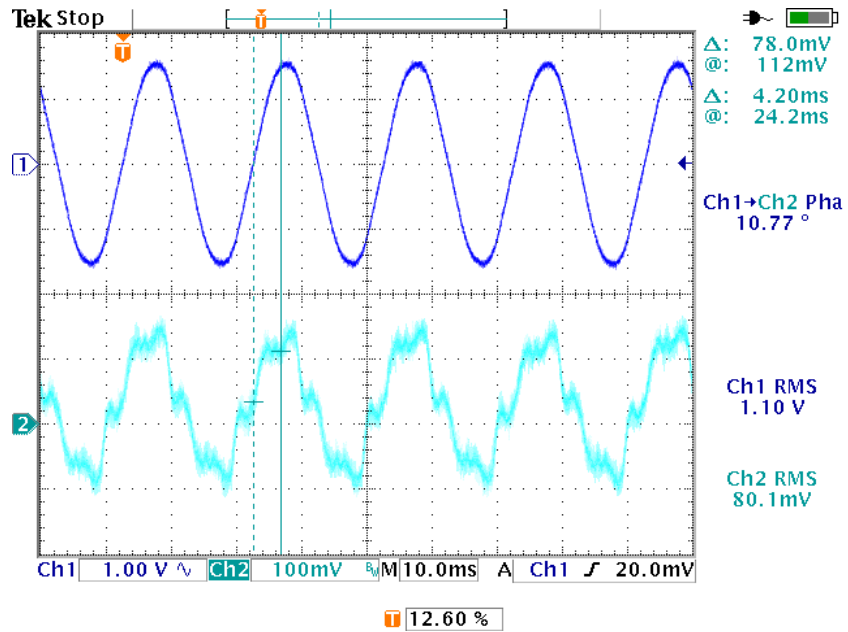


Şekil 4.13 M1+M2+M3+7,5 kVAr devredeyken gerilim, akım eğrileri

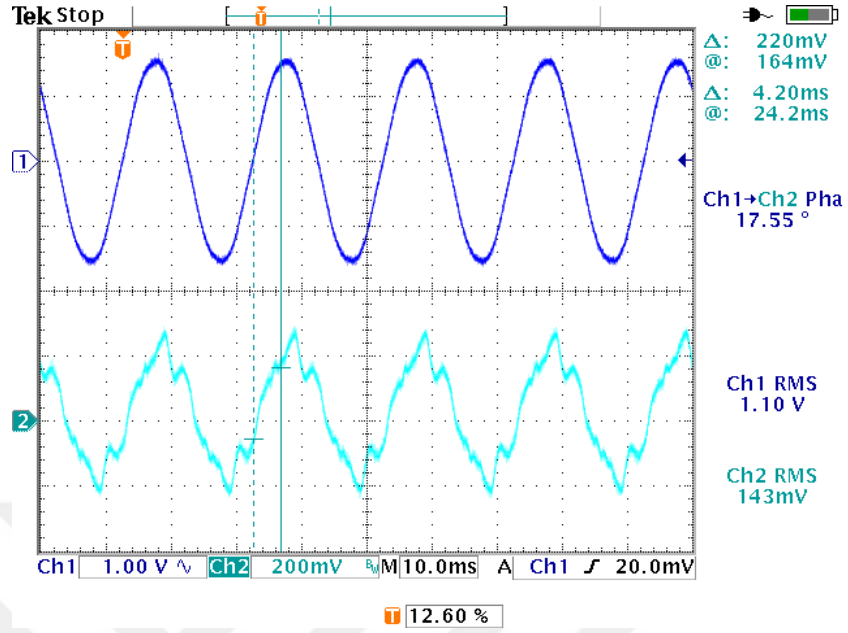


Şekil 4.14 M1+M2+M3+M4+11 kVAr devredeyken gerilim, akım eğrileri

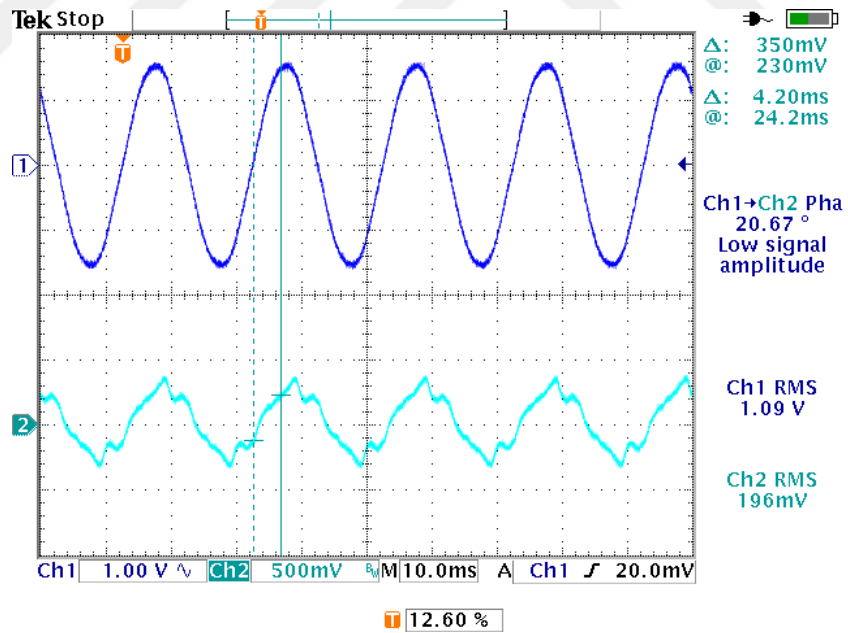
Son olarak hedef değer 0,95 olarak set edilip, dalga şekilleri alınmıştır.



Şekil 4.15 M1+M2+5 kVAr devredeyken gerilim, akım eğrileri



Şekil 4.16 M1+M2+M3+8,5 kVar devredeyken gerilim, akım eğrileri



Şekil 4.17 M1+M2+M3+M4+11 kVar devredeyken gerilim, akım eğrileri

Dalga şekilleri kompanzasyondan önceki durumla karşılaştırıldığında denetleyicinin ne kadar hassas bir kompanzasyon yaptığı açık olarak görülmüştür.

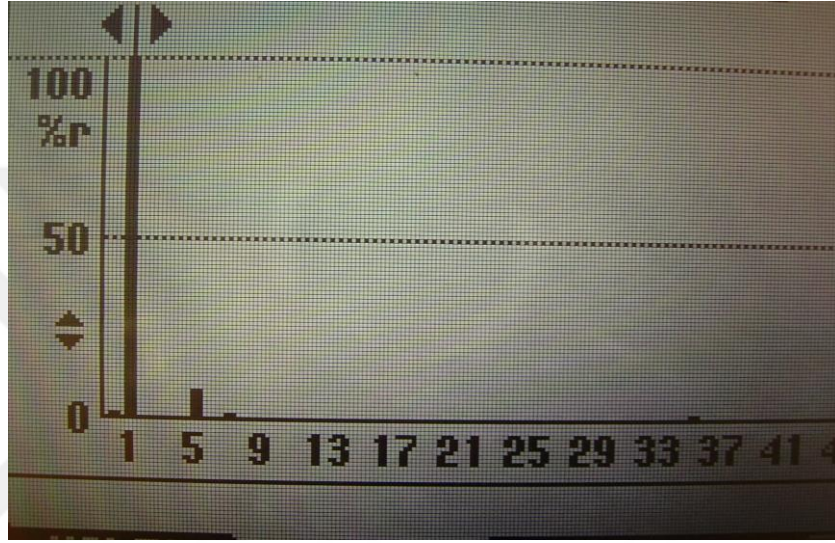
5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Reaktif güç kontrolünde mikrodenetleyicilerin kullanılmasıyla birlikte klasik güç kompanzasyonu yeni bir boyut kazanmıştır. Bu sayede güvenilirliği, verimliliği ve değişik yükler karşısında sistemin kararlılığını sağlayabilmek için yeni kontrol teknikleri geliştirilebilmektedir. Kompanzasyon gerektiren sistemlerde en ekonomik çözüm yolu merkezi kompanzasyondur. Merkezi kompanzasyon denetleyici kontrollü reaktif güç röleleri tarafından yapılmaktadır. Ayrıca mikrodenetleyicilerin reaktif güç kontrolünde kullanılmasıyla birlikte bu cihazlar sadece kondansatör gruplarını devreye alıp çıkartan bir eleman olmaktan çıkıp devrenin gerilim, akım, aktif güç, reaktif güç ve $\cos\phi$ gibi önemli parametrelerinin takip edilebildiği cihazlar haline almışlardır.

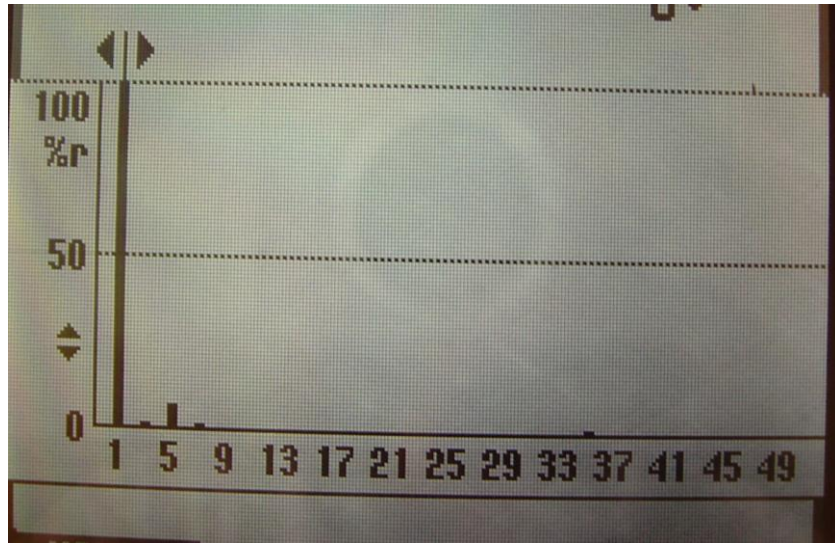
Bu çalışmada, mikrodenetleyici tabanlı reaktif güç rölesi tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Akım ve gerilim bilgileri üç faz üzerinden alınmıştır. Böylece sistemin dengeli olup olmadığı anlaşılabilir. Dengesiz sistemlerde bir fazdan alınan değerler, sistemin tamamını temsil etmemektedir. Yapılan deneylerde şebekeye çeşitli endüktif reaktif güç tüketicileri bağlanmıştır. Bu tüketiciler rasgele zamanlarda çalıştırılarak şebekeden reaktif güç çekmişlerdir. Her seferinde mikrodenetleyici, sistemin ihtiyaç duyduğu ileri reaktif güç ihtiyacını tespit edip uygun kondansatör gruplarını hassasiyetle kontrol etmiştir. Sonuç olarak değişen yükler karşısında güç katsayısının hedeflenen değerde tutulabileceği görülmüştür.

Ayrıca, reaktif güç kompanzasyonunun önemi ve çeşitleri hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Kompanzasyon yapılması sonucunda iletim ve dağıtım sistemlerindeki verimin artması üretici ve tüketici yönünden incelenmiştir. Düşük güç katsayısının meydana getirdiği sorunlar ve sonuçları tüketici ve üretici yönünden değerlendirilmiştir. Düşük güç katsayısının kurulacak bir tesiste meydana getireceği sorunlar anlatılmıştır. Reaktif gücün üretim, iletim ve dağıtımda kapasite ve verimi nasıl düşürdüğünden bahsedilmiştir. Kompanzasyon gerektiren yükler ve özellikleri verilerek kompanzasyon çeşitleri anlatılmıştır.

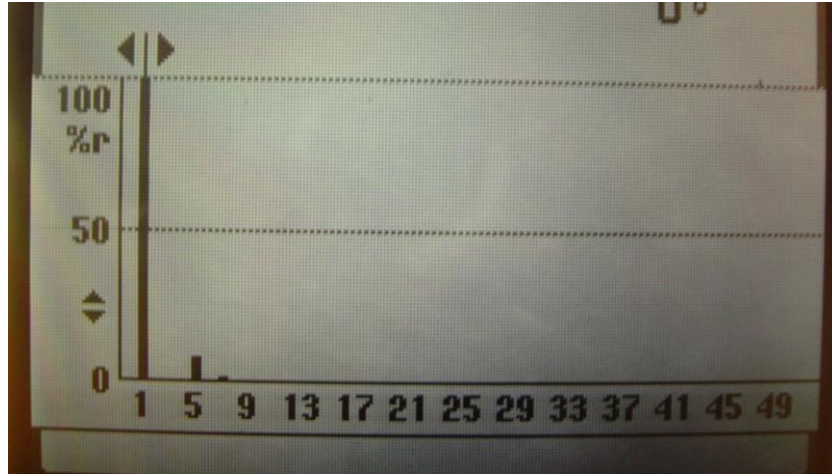
Bu tasarımda şebeke akımı sinüsoidal olarak kabul edilmiştir. Fakat alıcı olarak kullanılan motorlar şebekeden tam sinüsoidal bir akım çekmemişlerdir. Sistem kompanze edilmeden önce özellikle beşinci harmonik şebeke akımını olumsuz etkilemiştir. Deneyde şebeke akımı için toplam harmonik bozulması (THD) incelenmiş, % cinsinden ifade edilmiştir.



Resim 5.1 M1+M2 devredeyken akımdaki harmonikler (THD=%8,3)

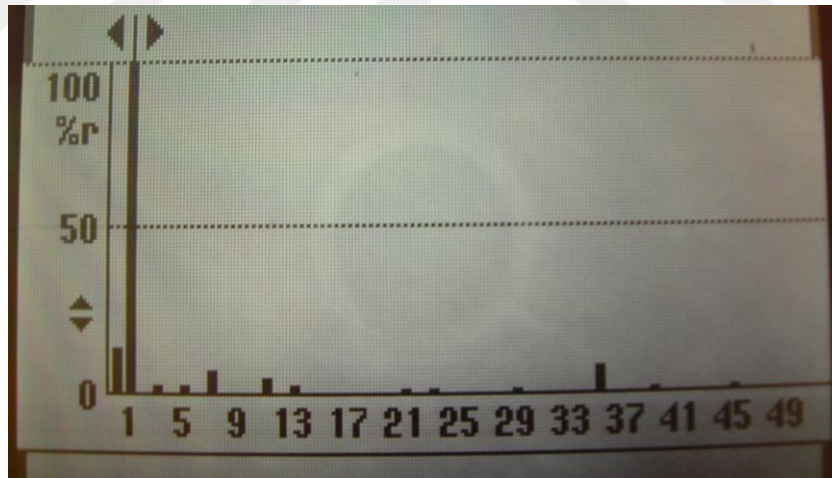


Resim 5.2 M1+M2+M3 devredeyken akımdaki harmonikler (THD=%8,3)

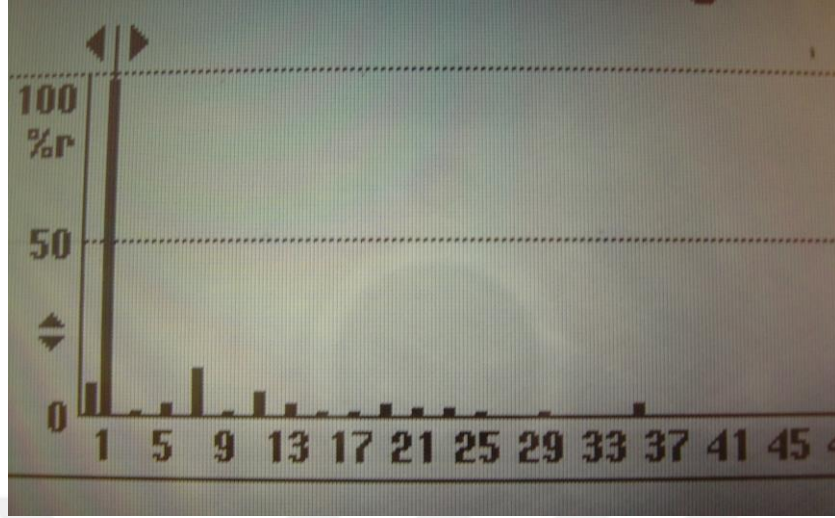


Resim 5.3 M1+M2+M3+M4 devredeyken akımdaki harmonikler (THD=%7,5)

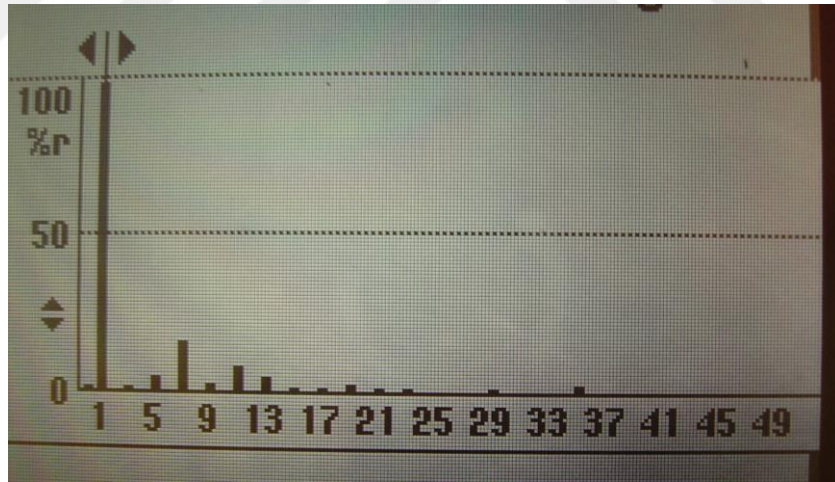
Kondansatörler devreye girdikçe farklı harmonikler sistemin akım eğrisini bozmaktadır.



Resim 5.4 M1+M2+5 kVAr devredeyken akımdaki harmonikler (THD=%37,5)



Resim 5.5 M1+M2+M3+7,5 kVAr devredeyken akımdaki harmonikler
(THD=%48,8)



Resim 5.6 M1+M2+M3+M4+11 kVAr devredeyken akımdaki harmonikler
(THD=%43,9)

Lineer olmayan sistemlerde şebeke akımının harmonikler içerdiği göz önünde bulundurulmalıdır. Böyle bir sistem tasarlanırken ek filtreler kullanılmalı ve harmoniklerin etkisi ortadan kaldırılmalıdır.

Dikkat edilmesi gereken diğer bir unsur ise tek başına mikrodnetliyecilerin bir anlam ifade etmediğidir. Hassas bir kompanzasyon için kondansatör gruplarının değerleri ve kademe seçimi büyük önem taşımaktadır..

Bu çalışmada karşılaşılan en büyük problemlerden biri de kondansatörlerin devreye bağlanması olmuştur. Kondansatörlerin kapama akımı çok büyük olduğundan bunu sınırlandırmak için ilk anda kondansatöre seri bir direnç bağlanmalıdır. Bu direnç geçici durumdan sonra devreden çıkarılır. Ayrıca kondansatörleri kısa devrelere karşı korumak için mutlaka uygun değerde sigorta kullanılmalıdır.



KAYNAKLAR

1. Bayram, M., “Kuvvetli Akım Tesislerinde Reaktif Güç Kompanzasyonu”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 1-29 (2000).
2. Arifoğlu, U., ”Güç Sistemlerinin Bilgisayar Destekli Analizi”, *Alfa Yayıncılık*, İstanbul, 344-348 (2002).
3. Bayındır, R., “Bulanık Mantık Denetimli Senkron Motor ile Reaktif Güç Kompanzasyonu”, Doktora Tezi, *Gazi Ün. Fen Bil. Enst.*, Ankara, 39-51 (2002).
4. Soydal, O., “Güç Katsayısının Düzeltilmesi ve Reaktif Güç Kompanzasyon Sistemleri”, *Ekmel Yayıncılık*, Antalya, 18-22 (1998).
5. TMMOB., “Reaktif Güç Kompanzasyonu Seminer Notları”, *Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi*, İstanbul, 28-32 (1983).
6. Birbir, Y., “Statik Kompansatörlerle Cosφ'nin Düzeltilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Ün.Fen Bil. Enst.*, İstanbul, 20-32 (1984).
7. Miller, T. J. E., “Reactive Power Control in Electric Systems”, *Viley-Interscience Publication*, New York, 182-222 (1982).
8. Özdemir, A., “Mikroişlemci Kontrollü Kıyıcı ile Kompanzasyon”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Ün.*, İstanbul, 22-39 (1989).
9. Bal, G., Çolak, İ., “Reactive Power Compensator Using Constant Capacitor and Thyristor Controlled Reactor” *Gazi University, J. Of Science and Technology*, Vol. 8, no. 2, 9–15 (1995).
10. Altınbaşak, O., “Mikrodenetleyiciler ve PIC Programlama”, *Altaş Yayıncılık*, İstanbul, 16-45 (2001).
11. Gardner, N., “PIC Programlama El Kitabı”, Editör: Elk. Müh. Gökhan Dinçer, *Bileşim Yayıncılık*, İstanbul, 26–69 (1998).
12. Dinçer, G., “ PIC Microcontroller Uygulama Devreleri”, *Bileşim Yayıncılık*, İstanbul, 40-58 (1999).
13. Çolak, İ., Bayındır, R., “Güç Katsayısının PIC16F84 Denetleyici Yardımıyla Hesaplanması”, *Erciyes Ün. Fen Bil. Enst.*, Kayseri, Vol. 19, no.1-2, 50-58 (2004).

ÖZGEÇMİŞ

1978’da Erzincan’da doğdu. İlkokulu Ankara Demetevler İlkokulunda, ortaokulu Ankara Mimar Sinan Ortaokulunda, liseyi Ankara Yenimahalle Teknik Lisesinde tamamladıktan sonra 1997 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümünü kazandı ve 2001 Haziran’da aynı okuldan mezun oldu. 2002 Şubatta Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi Tezli Yüksek Lisans Programını kazandı.

