

PIC TABANLI REAKTİF GÜÇ RÖLESİ VE KOMPANZASYON SİSTEMİNİN GERÇEKLENMESİ VE SİMÜLASYONU

Volkan YAMAÇLI, Kadir ABACI

Mersin Üniversitesi, Çiftlikköy/MERSİN
vyamacli@gmail.com, kabaci@gmail.com

ÖZET

Elektrik sisteminin ve yüklerin reaktif güç gereksinimlerinin belirli teknikler kullanılarak karşılanması reaktif güç kompanzasyonu olarak adlandırılır. Bu işlemin doğal sonucu olarak sistemin belirli noktalarında gözüken güç faktörü – cosφ düzeltilir. Bu işlemin yapılması için reaktif güç rölesi adı verilen cihazlar geliştirilmiştir. Son yıllarda denetleyici tabanlı röleler imal edilerek değişik çalışma koşullarında daha güvenilir ve verimliliği yüksek cihazlar geliştirilmektedir. Bu bildiri Mühendislik Fakültesi lisans öğrencilerinin mezuniyet tezi kapsamında yapmış oldukları çalışmanın bir ürünüdür. Yapılan PIC tabanlı reaktif güç rölesinin bilgisayar ortamındaki simülasyon sonuçları ile laboratuvar ortamında deneysel olarak elde edilen sonuçları karşılaştırılmış ve tasarlanan rölenin test sistemini oldukça başarılı bir şekilde kompanze ettiği gösterilmiştir.

I. Giriş

Son yıllarda enerji tüketiminin artması, enerji üretiminin gittikçe pahalılaşması, taşınan enerjinin de kaliteli, ucuz ve gerçek iş gören aktif enerji olması gerekliliği, araştırmacıları bir yandan yeni enerji kaynaklarına yöneltirken diğer yandan daha verimli sistemlerin tasarlanması ve kurulmuş olan enerji kaynaklarının en verimli ve kaliteli şekilde kullanılması yönünde çalışmaların yoğunlaşmasına neden olmuştur.

Generatörlerde üretilen elektrik enerjisi, iletilmekte, dağıtılmakta ve son aşamada yükler tarafından kullanılmaktadır. Güç sistemlerinde aktif güç akışının yanında yükün ve sistemin gereksinimini karşılayabilmek için reaktif güç akışı da olmaktadır. Aktif güç kuşkusuz generatörlerden yüklere iletilecektir, oysa reaktif güç için böyle bir zorunluluk yoktur. Elektrik enerjisinin, ürettiği santralden en küçük alıcıya kadar dağıtımda en az kayıpla taşınması çok önemlidir.

Bilindiği gibi, şebekeye bağlı bir alıcı, eğer bir motor, bir transformatör veya bir floresan

lamba ise manyetik alanların temini için bağlı oldukları şebekeden reaktif güç tüketirler. Alınan bu reaktif güç aktif işe dönüşmediği gibi, gereksiz şekilde hatları yükleyerek hem ilave gerilim düşümüne ve zayıyata sebep olur hem de hattın taşıma kapasitesinin düşmesine yol açar.

Reaktif güç tüketimi kontrol altına alınmazsa güç katsayısı büyük oranda düşer. Güç katsayısı reaktif güç için bir ölçüdür. Bu yüzden güç katsayısı belli bir sınırdan tutulmalıdır ve dolayısıyla reaktif güç tüketimi kontrol altına alınmış olacaktır. Bu nedenle işletmelerde reaktif güç ihtiyacı alıcılara yakın bir yerde reaktif güç kompanzasyonu sistemleri tarafından karşılanır[2]. Ekonomik olması nedeniyle reaktif güç kompanzasyon sistemlerinde kondansatörler yoğun olarak kullanılmaktadır. Kondansatörlerin bakım masrafları yoktur ve verimleri yüksektir. Günümüzde kompanzasyon artık mikroişlemci tabanlı yapılmaktadır. Bu alandaki bazı çalışmalarda akım karşılaştırma tekniği kullanılarak[3] Intel 80836 mikroişlemci tabanlı güç katsayısı ölçümü yapılarak[4] güç katsayısı izlenmiştir.

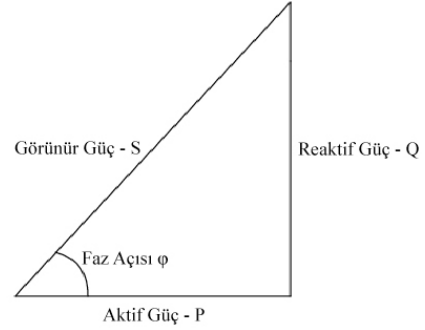
Bu çalışmanın temel amacı ise mühendislik eğitiminde teorik olarak anlatılan reaktif güç kompanzasyonu konusunun deneysel olarak uygulamasını sağlamak amacıyla PIC tabanlı bir reaktif güç rölesinin tasarlanıp laboratuvar ortamında öğrenciler tarafından kullanımına sunmaktır.

Bu çalışmada akım ve gerilim bilgileri denetleyici girişlerine uygulanarak sistemin güç katsayısının ölçümü PIC tabanlı olarak yapılmıştır. Çalışmada sıfır geçiş anahtarları akım ve gerilim sensörü göreviyle kullanılmıştır. Akım bilgisi sinyal kaynağına seri olarak bağlanan bir sensör yardımıyla ve gerilim bilgisi ise kaynağa paralel olarak bağlanmış bir sensör yardımı ile elde edilmiştir. Sıfır geçiş anahtarlarının çıkışlarından alınan akım ve gerilim bilgisine ait kare dalgı sinyaller güç katsayısını elde etmek amacıyla mikrodnetleyici girişlerine uygulanmıştır. MicroCode Studio ve PicBasic Pro[5] kullanılarak hazırlanan PIC programı derlenerek PIC16F877 mikrodnetleyicisine yazılmıştır. Mikrodnetleyici kullanılarak kompanze edilen sisteme ait güç katsayısı elde edilmiş ve gösterilmiştir.

II. REAKTİF GÜÇ KOMPAZASYONU

Güç sisteminden reaktif enerji çekilmesi durumunda şebeke gereksiz yere yüklenir, şebeke kaynaklarının kullanım verimi ve kapasitesi düşer, kayıplar ise artar. Elektrik makineleri şebekeden reaktif güç kullanır veya şebekeye reaktif güç verirler. Bu reaktif güç elektrik sisteminde motor, transformatör gibi elemanların çalışması için gerekli olan manyetik alanın temini için kullanılırken, akımın aktif bileşeni asıl işi yapan güce dönüşen kısımdır. Verimin artması ve şebekenin reaktif güçten etkilenmemesi için endüktif sisteme paralel kondansatör veya kondansatör grupları bağlanarak sistemde üretilen endüktif reaktif güç şebekeye verilmeden kondansatörlerde depolanır. Bu

sayede enerji verimi, şebeke gerilimi ve frekansı, şebeke kapasitesi gibi dinamikler en uygun hale getirilmeye çalışılır.



Şekil 1 - Güç Üçgeni

Elektrik mühendisliğinde aktif güç ve reaktif güç kullanılarak Şekil 1'de gösterildiği gibi bir güç üçgeni tanımlanmaktadır. Bu tanımlamada ülkemizdeki şebeke için sadece 50 Hz bileşenlerin olduğu yani harmonik dalgaların bulunmadığı durum için, P aktif gücü – Watt, Q reaktif gücü – VAR, S ise görünen gücü – VA temsil etmektedir. Güç faktörü ise güç üçgeninde görülen P değerinin S değerine oranı olarak tanımlanmaktadır.

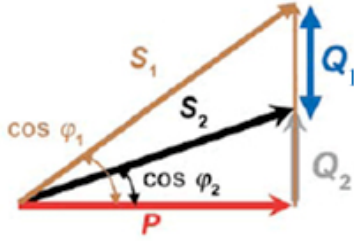
Bir tüketicinin şebekeden çektiği görünür güç S;

$$S = \sqrt{3 \cdot U \cdot I} \quad (1)$$

formülü ile bulunur.

Burada U hat gerilimi, I ise hat akımıdır. Aktif güç ve aktif akım aynı fazdadır. Çekilen güç endüktif ise görünür güç ile hat akımı arasında ϕ açısı kadar faz farkı vardır. Bir tüketicinin reaktif güç ihtiyacının tespiti için şebekeden çekilen görünür güç ve buna ait $\cos\phi_1$ güç faktörü ile elde edilmek istenen $\cos\phi_2$ değeri Şekil 2'de verilen vektör diyagramına göre aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Q_C = Q_1 - Q_2 = P \cdot (\tan\phi_1 - \tan\phi_2) \quad (2)$$

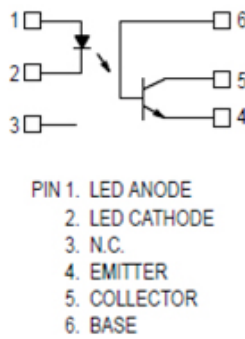


Şekil 2 – Güç Açısı Vektör Diyagramı

2.1 Reaktif Güç Rölesinin Tasarımı

Bu çalışmada reaktif güç rölesi iki temel eleman kullanılarak tasarlanmıştır. Bu elemanlar PIC mikrodeneleyici ve sıfır geçiş anahtarı olarak kullanılan optocoupler entegreleridir.

Çalışmada PIC16F877 mikrodeneleyicisinin kullanılma sebepleri; çok sayıda giriş-çıkış portuna sahip, ekonomik açıdan uygun, mantıksal işlemlerde yüksek performansa sahip, belleğe erişiminin hızlı olması ve 16-bit zamanlayıcı içermesidir. Ayrıca çalışmada kullanılan clock frekansının 4MHz seçilmesi sayesinde, ölçülen zaman farkı değerleri sadece μs cinsinden hatalarla elde edilebilmektedir.

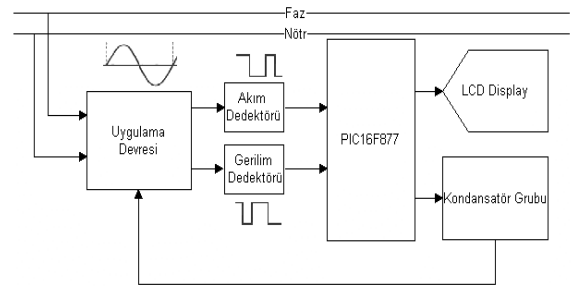


Şekil 3 – Optocoupler, Sıfır Geçiş Anahtarı[6]

Şekil 3’de ölçüm sistemindeki diğer bir eleman olan ve sıfır geçiş anahtarı olarak kullanılan optocoupler entegresi gösterilmektedir. Bu devre elemanı bir adet led ve bir adet transistörden oluşur. Led

katottan akım geçtiği takdirde, transistor iletime geçer ve V_{CE} arasındaki akım iletilir. Bu mantık kullanılarak AC sinyalin sıfır olduğu noktalarda V_{CE} arasında akım iletilmeyecek ve istenilen değerdeki lojik sinyal mikrodeneleyici tarafından algılanarak gerekli işlemler yapılacaktır.

Tasarlanan reaktif güç rölesinin çalışma şeması Şekil 4’de gösterilmiştir. Sistem, güç açısının ölçümü ve kompanzasyon olmak üzere iki kısımda incelenebilir.



Şekil 4 - Reaktif Güç Rölesi Çalışma Şeması

2.1.1 Güç Katsayısının Hesaplanması

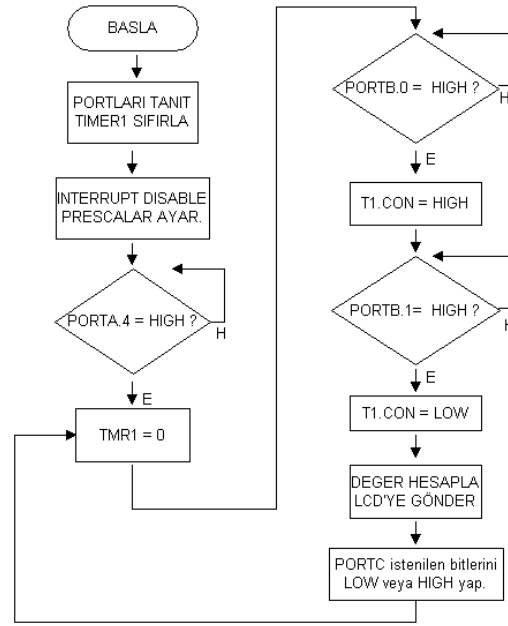
Faz farkını ve dolayısıyla etkin $\cos \phi$ değerini hesaplamak için en uygun yol, AC gerilim ve akımın sıfır olduğu noktalar arasındaki zaman farkı ölçmek ve gerekli hesaplamalar aracılığıyla sonuca ulaşmaktır. Bu çalışmada akım ve gerilim değerlerinin sıfır geçiş noktalarını ölçmek amacıyla, yüksek akım değerine sahip npn tipi 4n25 optocoupler kullanılmıştır.

Şekil 3’de verilen şemaya göre 1 ve 2 numaralı pinlerden geçen AC akım sıfır olduğunda, 5 numaralı pin aracılığıyla PIC girişine lojik 1 sinyali uygulanarak akım ve gerilim bilgisi arasındaki faz farkı ölçülür. Uygulama devresinde, akım bilgisini algılamak için gerekli lojik 1 sinyali PIC denetleyicisinin RB0 girişine, gerilim bilgisi için gerekli lojik 1 sinyali ise RB1 girişlerine uygulanmıştır.

MicroCode Studio programında oluşturulan ve mikrodnetleyiciye yüklenen PIC programı aracılığıyla gerilim sinyali sıfır noktasından geçtiği anda PIC16F877’de bulunan 16-bitlik TIMER1 zamanlayıcısı çalışmaya başlar ve sonrasında akım sinyali sıfır noktasından geçtiği anda durur. Bu sayede akım ve gerilim arasındaki zaman farkı μs cinsinden hesaplanmış olur. Bu zaman farkı kullanılarak güç açısı ve güç katsayı değeri hesaplanır.

2.1.2 Sistemin Kompanze Edilmesi

Sistem başladığında, hedeflenen sınır $\cos\phi$ değeri 0.0 ve 0.99 arasında bir değere ayarlanır. Bir önceki bölümde anlatıldığı üzere $\cos\phi$ değeri hesaplanır ve LCD ekranında gösterilir. Eğer ölçülen güç katsayısı değeri, hedeflenen değerden küçük ise sırayla RC0 ve RC7 arasındaki kondansatörler, PIC çıkışlarına bağlı olan röleler aracılığıyla endüktif yüke paralel bağlanacak şekilde sisteme dahil edilir. Röle işlemleri sonrası güç açısı tekrar hesaplanır ve hedeflenen değerle karşılaştırılır, röleler tekrar sisteme dahil edilebilir veya edilmeyebilir. Sistem bu şekilde sonsuz bir döngü içerisinde çalışmaya devam eder. Sistemin çalıştığı sürece bir saniye aralıklarla $\cos\phi$ değeri LCD ekranında yenilenir ve kullanıcıya gösterilir. Sistemin akış diyagramı Şekil 5’te gösterilmiştir.



Şekil 5 – Sistemin Akış Şeması

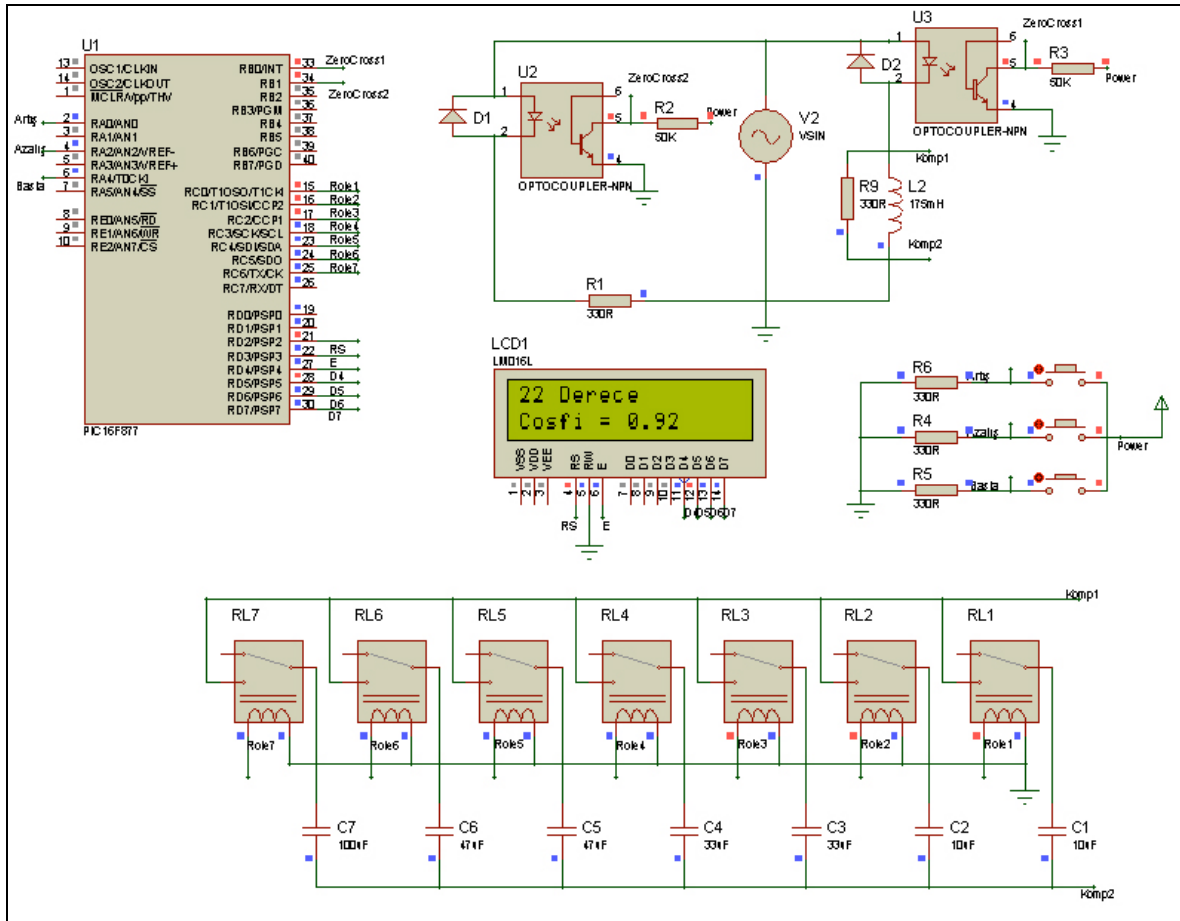
III. SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI

Proteus programı; elektronik alanında en yetenekli, devre çizimi, simülasyon ve animasyon yapabilen programlardan biridir [7]. Tasarlanan ve oluşturulan Reaktif Güç Rölesi ve Kompanzasyon Sistemi Protues/ISIS programı aracılığıyla sanal ortamda simüle edilmiştir[1]. Proteus kütüphanesindeki elemanlar kullanılarak oluşturulan sistemde, akım ve gerilim sinyalleri sıfır geçiş dedektörü göreviyle kullanılan optocoupler entegreleri vasıtasıyla PIC16F877 mikrodnetleyicisinin girişlerine uygun lojik sinyaller haline getirilmiş akım ve gerilim sinyallerinin benzetimi yapılarak güç katsayısı ölçümü gerçekleştirilmiştir.

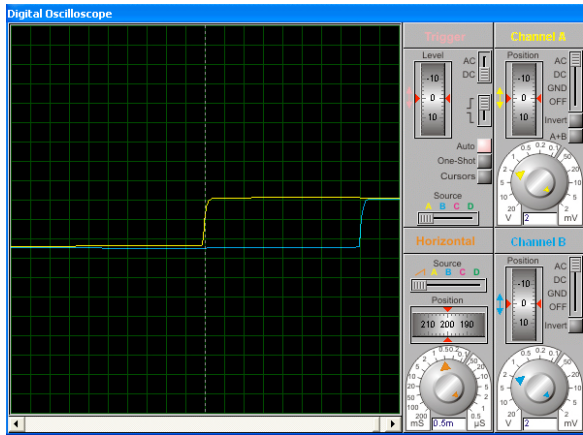
Oluşturulan sistemin test edilmesi amacıyla 175 mH değerinde bir endüktif yük devreye bağlanarak güç katsayısının 0.92 olması hedeflenmiştir. Test sistemi Proteus/ISIS programı aracılığı ile sanal ortamda simüle edilmiştir. Simülasyon sonucunda daha önce verilen 2 numaralı formül yardımıyla örnek sisteme ait değerler yerine yazılarak yaklaşık 55 μF değerindeki kondansatör değeri

bulunmuştur. Sanal sisteme ait Proteus şeması Şekil 6'da verilmiştir. Kompanzasyon öncesi test sistemine ait akım ve gerilim bilgileri arasındaki faz farkı Şekil 7.a'da gösterilmiştir. Güç faktörünü

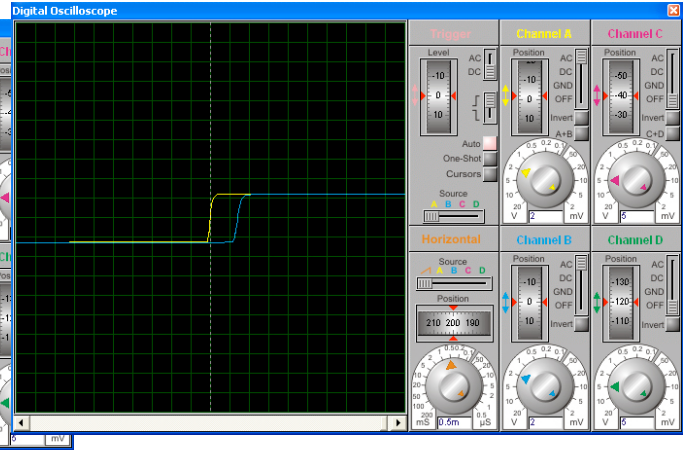
0.92 değerine getirmek amacıyla yapılan simülasyon sonucunda akım ve gerilim bilgileri arasındaki faz farkını gösteren diyagram ise Şekil 7.b'de verilmiştir



Şekil 6 – Simülasyon Sistemi



Şekil 7.a – Kompanzasyon Öncesi Faz Farkı



Şekil 7.b – Kompanzasyon Sonrası Faz Farkı

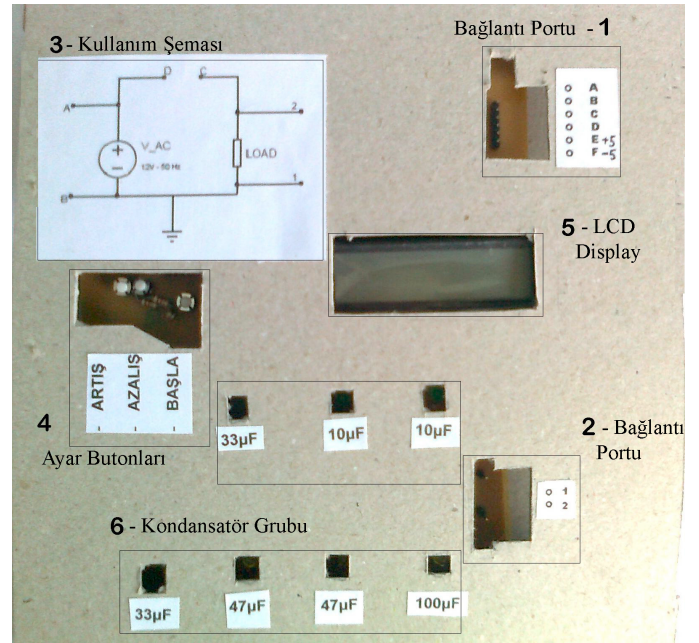
Verilen osiloskop ekranı görüntülerinde time/div oranı 0.5 ms olarak seçilmiştir. Bu zaman farkından yola çıkarak kompanzasyon öncesi ve sonrası elde edilen faz açılarının yaklaşık olarak sırasıyla; 76° ve 22° oldukları görülebilir.

IV. DENEYSEL SONUÇLAR

Bilgisayar programı aracılığıyla simüle edilen sistem, gerçek devre elemanlarıyla da gerçekleştirilmiştir. Sistemde kompanzasyon kapasitörleri 7 kademe olmak üzere sırasıyla;

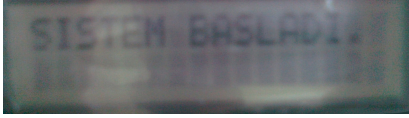
10, 10, 33, 33, 47, 47, 100 μF değerlerinde kullanılmıştır. Sanal sisteme ek olarak, hangi kompanzasyon kapasitörünün devrede olduğunu belirlemek amacıyla, tüm röle girişlerine led eklenmiştir. Rölelerin çalışma durumları ledler aracılığıyla izlenebilir. Tasarlanan kompanzasyon rölesi Şekil 8’ de görülebilir.

Bir önceki bölümde simüle edilen sistem, laboratuvar ortamında tasarlanan röle aracılığıyla da gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8 – Sistemin Genel Görünüşü

Sistem başlatılmış ve ayar butonları kullanılarak hedeflenen güç katsayısı değeri 0.92 olarak ayarlanmıştır.



Şekil 9.a – Sistemin Başlatılması



Şekil 9.b – Hedeflenen Değerin Ayarlanması

Röle, endüktif yük sisteme bağlandıktan sonra sırasıyla ilk 3 kademeyi devreye alarak yeterli miktarda kondansatör grubunu sisteme dahil etmiştir ve 53 μ F kondansatör değeri ile arzu edilen güç katsayısı değerine ulaşmıştır.



Şekil 10 – Deney Sonucunda Gözlenen Sistem

V. SONUÇLAR

Sistem oluşturulurken, basit bir kompanzasyon rölesi ve sistemi tasarlamak amaçlanmıştır. Piyasadaki diğer tasarımlardan donanımsal olarak farkı, sıfır geçiş noktalarını optocoupler entegreleri ile algılamak olmuştur. Bu özellik tasarıma, hem eleman tasarrufu, hem de kompanzasyonda daha kesin sonuçlar konusunda pozitif olarak bir katkı sağlamıştır.

Yapılan örnek uygulamalarda, devreye alınan ve devreden çıkartılan yüklerin sonucunda röle hızlı bir şekilde müdahale ederek istenilen güç açısı değerini yakalamayı başarmıştır. Kondansatör grupları arasındaki sığa farkı azaltılarak daha hassas ayarlamalar gerçekleştirilebilir.

Yapılan bu çalışma Güç Sistemleri Analizi dersinde basit bir kompanzasyon deneyi gerçekleştirilmesinde oldukça faydalı olacaktır. İstenilirse mevcut devreye maksimum gücü daha yüksek elemanlar eklenmek suretiyle, daha yüksek gerilim ve akım altında çalıştırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Yamaçlı V., Gökşen N., Başeğmez M. “Reaktif Güç Rölesi Tasarımı ve Kompanzasyon Sistemi”, Mühendislik Fakültesi Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, 2011.
- [2] Çolak İ. ve Bayındır R., “Güç Katsayısının Bir Mikrodenetleyici Kullanılarak Ölçülmesi”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19 50-58, 2003.
- [3] So E., “A New Current-Comparator-Based High-Voltage Low-Power-Factor Wattmeter”, *IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement*, Vol.48, 434, April, 1999.
- [4] Montero L. R. R., Mota W. S., Jacobina, C. B., “A Microcomputer-Based Load Angle and Frequency Measurement, *IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, 606, Belgium, 1996.
- [5] Altınbaşak O., *PicBasic Pro ile PIC Programlama*, Altaş Yayıncılık, İstanbul, Eylül, 2002.
- [6] Liteon, General Purpose Type Photocoupler Datasheet, 2009.
- [7] Şahin H., “Bilgisayar Destekli Tasarım Proteus”, Altaş Yayıncılık Ve Elektronik, İstanbul, 2004.