

# ELEKTRİK KOMPANZASYONUNUN KONUTLARDA KULLANIMI VE TASARRUF DEVRESİ TASARLANMASI

Fatih BAŞÇİFTÇİ<sup>1</sup> Ömer Faruk HATAY<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Electronics and Computer Education, Technical Education Faculty, Selcuk University, 42003, Selçuklu, Konya/TURKEY  
e-mail: basciftci@selcuk.edu.tr

Phone: +90(332)223 33 53 Fax: +90(332)241 21 79

<sup>2</sup> Master Student of Graduate School of Natural and Applied Sciences, Selcuk University, 42003 Selçuklu, Konya/TURKEY e-mail: farukhatay@gmail.com

## ÖZET

Elektrikle çalışan sistemlerde tasarruf sağlamanın ve verimliliği arttırmanın en etkin yöntemlerinden birisi de reaktif güç kompanzasyonudur. Türkiye’ de halen uygulanan yönetmelikle birlikte, sanayide kompanzasyon zorunlu ve belirli güç aralıklarında yapılırken, konut ve küçük ölçekli işletmelerde bu konuda bir düzenleme yoktur. Bu çalışmada; reaktif gücün tek fazlı sistemlerde ölçülerek, bir mikrodenetleyici yardımıyla tasarrufa yönlendirilmesi hesaplaması geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen sistemde akım ile gerilim arasında oluşan faz farkı ölçülerek, çekilen reaktif güç miktarına göre çıkışlar değiştirilmiş ve tasarrufa yönlendirme gerçekleştirilmiştir. Uygulama sonuçları, tasarlanan sistemin basit yapılı ve küçük boyutlu olduğunu, sistemin güç katsayısını optimum seviyeye getirerek tasarruf sağladığını, hataların en aza indirildiğini ve maliyeti düşürdüğünü göstermiştir. Ayrıca sistemin taşınabilir özelliği sayesinde, reaktif güç harcanmayan ya da herhangi bir cihaz kullanılmadığı zamanlarda oluşabilecek olumsuzlukların önüne geçilmiştir. Bu özellikleriyle piyasada satılan cihazlardan daha verimli, kullanışlı ve ekonomiktir.

**Anahtar Kelimeler:** Reaktif güç katsayısı, kompanzasyon, mikrodenetleyici, elektrik tasarrufu, faz farkı.

## 1. GİRİŞ

Tasarruf ve verimliliği arttırmanın en etkili yöntemlerinden birisi güç kompanzasyonudur. Bu yöntemle, jeneratör, transformatör, bobin, motor gibi endüktif yüklerin oluşturduğu reaktif güç, kapasitif yüklerle dengelenmeye çalışılmaktadır [1, 2, 13]. Türkiye’ de “Elektrik tarifeleri yönetmeliği” ile birlikte kurulu gücü 9 kW nin üstünde olan tüketiciler için kompanzasyon zorunlu hale getirilmiş ve sınırlandırılmıştır. Kurulu gücü 9 kW’ nin altında kalan tüketiciler için ise herhangi bir zorunluluk bulunmamaktadır [3].

Bu çalışmada; konut ve küçük ölçekli işletmelerde, kompanzasyon işlemi için gerekli reaktif güç katsayısının, bir mikrodenetleyici yardımıyla ölçülmesi ve tasarrufa yönlendirmesi geliştirilmiştir. Tek fazlı hattan sensörler yardımıyla akım ve gerilim bilgisi alınmıştır. Akım bilgisi, sensör içerisinden

geçirilen kablo üzerindeki akım dalgası ile elde edilmiştir. Gerilim bilgisi ise 220 voltluk şebeke gerilimine bağlı gerilim sensörünün çıkışından alınmıştır. Elde edilen akım ve gerilim sinyalleri, sıfır geçiş dedektöründen geçirilmiştir. Sıfır geçiş dedektörünün çıkışından alınan akım ve gerilim sinyalleri mikrodenetleyicinin girişlerine uygulanmış ve sıfır anından geçiş bilgileri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda akım ve gerilim arasındaki zaman farkı (faz farkı) reaktif güç katsayısını belirlemede kullanılmıştır. Reaktif gücün büyüklüğüne göre değiştirilebilen girişler, tasarruf (kompanzasyon) elemanlarının yönlendirilmesinde kullanılmıştır. Gerçekleştirilen devre, yapılan kompanzasyon işlemi ile diğer cihazlardan tasarruf ve verimlilik anlamında üstün olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kullanılan kompanzasyon elemanlarının gerektiği zamanlarda devreye alındığı için, kullanım ömrünün uzadığı görülmüştür.

## 2. MATERYAL ve METOD

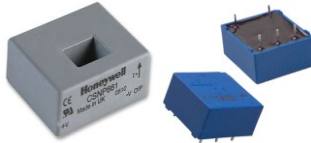
Gerçekleştirilen ölçme devresinde, şebeke hattına bağlanan sensörler yardımıyla, reaktif güç katsayısı belirlemede kullanılan akım ve gerilim sinyal bilgileri elde edilmiştir. Akım bilgisini almak için Honeywell CSNP661 akım sensörü kullanılmıştır. Gerilim bilgisi almak için ise LEM LV-25P gerilim sensörü kullanılmıştır. Akım ve gerilim bilgilerinin sıfırdan geçiş zamanlarını karşılaştırabilmek için sıfır geçiş dedektörü oluşturulmuştur. Sıfır geçiş dedektörü için LM358 entegresi kullanılmıştır. Mikrodenetleyici devresi için, Microchip firmasının PIC serisi olan 18F452 denetleyicisi kullanılmıştır. Mikrodenetleyici için 10 Mhz kristal kullanılmıştır. Mikrodenetleyiciler de çevresel arabirimler, bir tümleşik aygıt içinde birleştirildiğinden sistem hızı ve güvenilirliği artmış, maliyet azalmıştır. PIC 18F452 denetleyicisi içerisine yazılan program ile akım ve gerilim sinyalleri arasındaki gecikme zamanı karşılaştırılarak, reaktif güç katsayısı belirlenmiş ve tasarrufa yönlendirilmiştir. Tasarruf için 12/220 volt tek kontak röle ve CBB60 6UF 3 adet kondansatör kullanılmıştır.

### 3. UYGULAMA

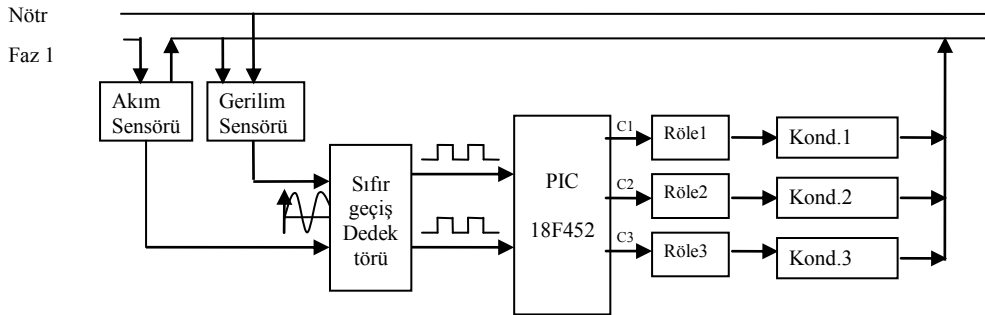
Tasarlanan tek fazlı reaktif güç ölçüm devresinde; alternatif akım (AC) şebekesine bağlanan 12 voltluk bir transformatör ve sensörler yardımıyla akım ve gerilim bilgileri elde edilmiştir. Elde edilen akım ve gerilim bilgileri sıfır geçiş dedektörünün girişlerine uygulanmıştır. Sıfır geçiş dedektörünün çıkışından alınan değerler mikrodenetleyici yazılımı ile karşılaştırılarak akım ile gerilim arasındaki gecikme zamanı hesaplanmıştır. Bu gecikme süresi aynı zamanda reaktif güç ölçümünde kullanılmıştır. Gecikme zamanına göre giriş ve çıkışlar değiştirilmiş ve kompanzasyon elemanları yönlendirilmiştir [4]. Tasarlanan ölçüm devresinin blok şeması Şekil 1’ de verilmiştir.

#### 3.1. Akım ve Gerilim Bilgisinin Okunması

Tek fazlı sistemden akım bilgisini okuyabilmek için, devreye bir adet CSNP661 akım sensörü bağlanmıştır. Akım sensörünün içerisinden geçirilen bir kablo yardımıyla akımın sinyalleri okunmuştur. Devreye seri olarak bağlanan akım sensörünün çıkışı 100 ohm’ luk dirence uygulanmış ve direnç üzerinden akım bilgisi alınmıştır. Daha sonra elde edilen bu akım bilgisi, sıfır geçiş dedektörüne yönlendirilmiştir [5, 6, 7]. Gerilim bilgisini elde etmek için ise tek faz hata dönüştürme oranı 220/5 volt, besleme gerilimi +15 ve -15 olan LEM LV 25-P gerilim sensörü bağlanmıştır. Gerilim sensörünün çıkışından gerilim bilgisi okunarak, sıfır geçiş dedektörüne yönlendirilmiştir. Devreye paralel olarak bağlanan gerilim sensörünün ve akım sensörünün devre şeması Şekil 2’ de gösterilmiştir [6, 8, 9].



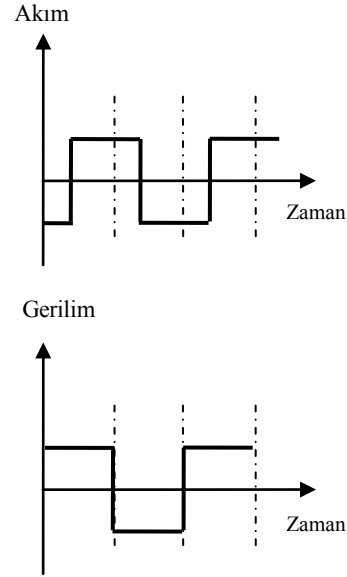
Şekil 2. Akım ve gerilim bilgisinin okunması



Şekil 1. Tasarlanan reaktif güç ölçüm devresinin blok şeması

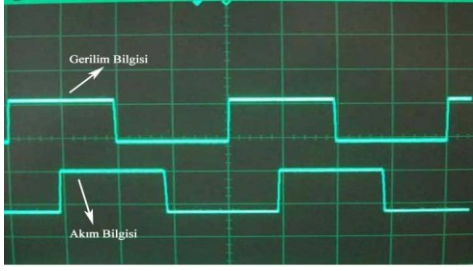
#### 3.2. Sıfır Geçiş Dedektörü

Akım ve gerilim sensörlerinden elde edilen sinyaller, sıfır geçiş dedektöründeki LM358 entegresinin girişlerine uygulanmıştır. Sıfır geçiş dedektörünün amacı sinyallerin sıfır noktasından geçtiği anları tespit edebilmesidir. Sinyaller sıfırdan geçtiği anda dedektör lojik 1 sinyali vermektedir. Akım bilgisi opampın 2 nolu girişine, gerilim bilgisi ise 6 nolu girişe uygulanmıştır. Opampın 1 ve 7 nolu çıkışlarından elde edilen kare sinyaller arasındaki açı, aynı zamanda akım ile gerilim arasındaki faz farkını ifade etmektedir. Bu faz farkı ise reaktif güç hesaplamasında kullanılmıştır. Sıfır geçiş dedektörü devresinin blok diyagramı Şekil 3’ de gösterilmiştir [5, 10, 11].



Şekil 3. Sıfır geçiş dedektörü

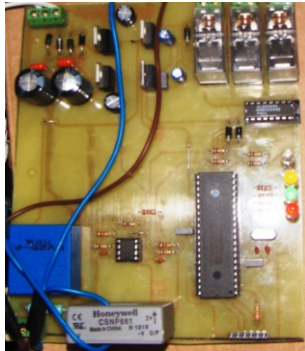
Akım ve gerilim sinyallerinin sıfır geçiş dedektöründen sonraki durumu Şekil 8’ de gösterildiği gibidir. “ $\varphi$ ” açısı akımla gerilim arasındaki faz farkını ifade etmektedir. Uygulaması yapılan kompanzasyon devresine, osiloskop prompları bağlanmış, ekranda oluşan görüntü Şekil 4’ de gösterilmiştir.



Şekil 4. Sıfır geçiş dedektöründen alınan akım ve gerilim bilgileri

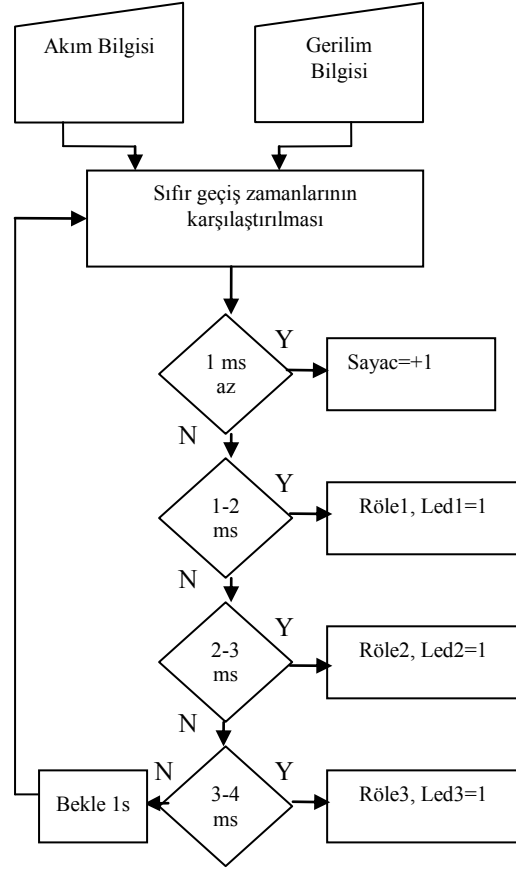
### 3.3. Mikrodenetleyici devresi

Sıfır geçiş dedektörü, akım ve gerilim sinyalleri 0' dan geçtiği anda lojik olarak 1 sinyali üretir. Bu sinyaller mikrodenetleyici girişine uygulanmıştır. Bu lojik sinyallerden akım sinyali mikrodenetleyicinin RD0, gerilim sinyali ise RD1 pin girişine uygulanmıştır. Gerilim sinyali sıfırdan geçtiği anda PIC 18F452 mikrodenetleyicisinin uygun olan TIMER0 zamanlayıcısı çalıştırılmış, akım sinyali sıfırdan geçtiğinde ise durdurulmuştur. TIMER0 zamanlayıcısının çalışmaya başladığı andan durduğu ana kadar geçen zaman faz farkı olarak bir değışkendir saklanmıştır. Bu değışkendirde göre daha sonra röleler açıp kapatılarak kompanzasyon elemanları devreye dahil edilmiş ve tasarrufa yönlendirme işlemi yapılmıştır [4, 12]. Gerçekleştirilen devre ve mikrodenetleyici devresinin şeması Şekil 5' de gösterilmiştir.



Şekil 5. Gerçekleştirilen mikrodenetleyici ölçüm devresi

Giriş ve çıkış değerleri kullanılarak mikrodenetleyici içerisine C dilinde kodlama yapılmıştır. Mikrodenetleyici için yapılan programlamada kullanılan değerler cihazın özelliklerine göre değışebilir. Değıştirilebilen değerler sayesinde maksimum tasarruf ve verimlilik sağlanabilir. Programın algoritması aşağıda (Şekil 6) verilmiştir.



Şekil 6. Programın akış diyagramı

## 4. DENEYSEL SONUÇLAR

Tasarlanan ölçüm devresinde, lojik olarak elde edilen akım ve gerilim sinyalleri arasındaki zaman farkından yola çıkarak, reaktif güç katsayısı bir mikrodenetleyici ile belirlenmiştir. Reaktif güç katsayısının bulunabilmesi için sensörlerden alınan akım ve gerilim bilgileri PIC 18F452 mikrodenetleyicisinin girişlerine uygulanmıştır. Mikrodenetleyici içerisine yazılan program sayesinde, reaktif güç katsayısına göre tasarrufa yönlendirme gerçekleştirilmiştir. Güç katsayısının ölçülmesi için, akım ile gerilim arasında elde edilen zaman farkı açığa dönüştürülmüştür. Bu açının kosinüsü ise doğrudan reaktif güç katsayısını ifade etmektedir. Kompanzasyonun doğru ve verimli yapılabilmesi için bu değerin bilinmesi gerekmektedir. Tek fazlı alternatif akım şebekesine bağlı endüktif karakterli bir alıcının, tasarlanan reaktif güç ölçümü uygulaması yapılmıştır.

**Örnek 1.** Alıcı olarak, içerisinde endüktif motora sahip bir buzdolabı kullanılmıştır. Buzdolabına tüketim ve ölçüm cihazı bağlanmış ve şebekeden çektiği akım ve gerilim bilgileri okunarak arasındaki faz farkı tespit edilmiştir (Şekil 7).



**Şekil 7.** Ölçüm devresinin buzdolabı üzerinde uygulaması

Normal şartlar altında 3 saat boyunca buzdolabına deney düzeneği ve ölçüm cihazı bağlanmış ve test sonuçları elde edilmiştir. Bu sonuçlar Tablo 1’ de verilmiştir.

**Tablo 1.** Gerçekleştirilen devrenin buzdolabı üzerindeki test sonuçları

Buzdolabı	$\cos \phi$	kwh	Tasarruf %
Geliştirilen devre bağlı değilken	0,56	0,46	0
Geliştirilen devre bağlı iken	0,95	0,32	29

Alınan sonuçlara göre  $\cos \phi$  istenilen aralığa geldiği görülmüştür. Buzdolabı konutlarda ve küçük ölçekli işletmelerde sürekli kullanılan bir cihazdır ve önemsenmeyecek oranda reaktif güç tüketicisidir. Test sonuçlarına göre güç katsayısı ( $\cos \phi$ )  $\sim 0,95$  seviyelerine çekilmiş ve ortalama 29% tasarruf elde edilmiştir. Kompanzasyon sistemi, evdeki diğer elektrikli cihazlarda test edilmiş açık ve kapalı olduğu konumlarda veriler kaydedilmiştir. Test sonuçlarına göre reaktif güç tükettiği bilinen cihazlarda yüksek oranlarda net tasarruflar sağlanmıştır. Telli elektrikli ısıtıcılar, ütü, telli lamba, saç kurutma makinesi, tost makinesi vs. gibi cihazlarda reaktif güç harcanmadığından çok düşük miktarda tasarruflar sağlanmıştır. Fakat enerji kalitesinin ve verimliliğin arttığı, harmoniklerin etkisinin azaldığı düşünüldüğünde, bunların bozucu etkisinin maliyetinin de bir tasarruf olduğu gerçektir.

Kompanzasyon devresi taşınabilir özelliği sayesinde tek tek bütün cihazlarda kullanılacağı gibi bir çoğaltıcı yardımıyla birden fazla cihaz faydalanacak şekilde de kullanılabilir. Evdeki elektrikli cihaz türlerine göre gruplandırılmış ve test sonuçları Tablo 2’ de verilmiştir.

**Tablo 2.** Bir evde bulunan elektrikli cihazların gruplar halinde tasarruf oranları

No	Grup adı	Grup içeriği	Tasarruf oranı %
1	Beyaz eşya	Buzdolabı, çamaşır ve makinesi, fırın vb.	23,25
2	Isıtıcılar	Elektrikli ısıtıcı, ütü, kete, kombi vb.	1
3	Aydınlatma	Telli lamba, flüoresan	21

4	Motorlu	lamba vb. Elektrik süpürgesi, vantilatör, klima vb.	23
5	Elektronik	Televizyon, bilgisayar sistemleri vb.	24

## 5. SONUÇLAR

Günümüzde küçük ölçekli işletmeler ve konutlarda kullanılan mevcut kompanzasyon sistemleri, reaktif güç katsayısı ölçümü yapmadan kompanzasyon işlemini gerçekleştirmektedir. Bu kompanzasyon sistemleri, şebekeye sabit şekilde bulunduğundan, cihaz kullanılmayan veya reaktif güç harcanmayan zamanlarda sisteme gereksiz kapasitif yük vermektedir. Bu durumda sisteme verilen kapasitif yükler tasarruf sağlamayacak aksine faturaya fazladan bir yük getirecektir.

Bu çalışmada; küçük ölçekli işletmeler ve konutlarda kullanılmak üzere, basit, kullanışlı, hassas ve güvenli bir ölçüm yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen ölçüm yöntemiyle, cihaz kullanılmayan veya reaktif güç harcanmayan zamanlarda sistemin gereksiz kapasitif yükü yüklenmesinin olumsuz etkileri minimuma indirilmiştir. Geliştirilen yöntemle birlikte, sistemden daha fazla reaktif güç çekildiğinde, daha fazla kondansatör devreye gireceği için etkin verimli ve yüksek oranda tasarruf sağlanacaktır. Mevcut sistemlerde yapılan tasarruf ve cihaz çalışmadığı zamanlarda sisteme olan olumsuz etkisinin karşılaştırılması Tablo 3’ de verilmiştir.

**Tablo 3.** Mevcut Cihaz Türlerinin tasarruf oranları ve şebekeye olumsuz etkileri

Mevcut cihaz Türleri	Tasarruf Aralığı %	Olumsuz etkisi %
Sigortaya sabit	5-25	20
En yakın prize takılmış	5-25	15
Bu Yöntemle	5-38	1

Mevcut çeşitli modellerdeki kompanzasyon sistemlerinden, sigortaya sabit halde bulunan cihazlar yaklaşık olarak; 5-25% tasarruf, en yakın prize sabit takılmış cihazlar ise; 5-25% oranla tasarruf yapmaktadır. Buna karşılık sistemde reaktif güç harcamayan cihazların çalıştığı veya elektrikli cihaz çalışmadığı zamanlarda sisteme gereksiz kapasitif yük vererek, yaklaşık 15-20% oranında negatif tasarrufa neden olmaktadır. Bu çalışmada gerçekleştirilen ölçme devresi ile reaktif güç durumu ölçülerek reaktif güç harcamayan cihazların çalıştığı veya elektrikli cihaz çalışmadığı zamanlarda sisteme gereksiz kapasitif yük verilmesinin etkisi azaltılmıştır. Yapılan deney ve test aşamalarında program bekleme süresi ve rölelerin oluşturduğu zaman kaybından dolayı 1%’ lik bir hata payı olabileceği göz önünde bulundurulmuştur. Reaktif gücün daha fazla çekildiği

durumlarda ise daha fazla kompanzasyon elemanı devreye alınmış dolayısı ile yaklaşık 1-41% oranında tasarruf sağlanmıştır. Ayrıca uygulanan sistemde, harmoniklerin oluşturduğu etkinin azaltıldığı, elektrik kalitesi ve verimliliği arttığından kompanzasyon elemanlarının ve cihazlarının ömrünün uzama durumu vardır.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] Demirkol Ö (2006). Harmonik içeren ve dengesiz şebekelerde ölçme ve kompanzasyon. Yüksek lisans tezi, Sakarya Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [2] Lin B R, Tsay S C, Liao M S (2001). Integrated power factor compensator based on sliding mode controller. IEEE Electric. Power Application. 148 (3): 237-244.
- [3] <http://www.epdk.org.tr> (E. Tarihi: 22.04.2010).
- [4] Hatay Ö.F (2010) Bulanık Mantık Kontrollü Ev Tipi Kompanzasyon Sistemi Tasarımı. Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [5] Çolak İ, Bayındır R (2003). Güç Katsayısının Bir Mikrodenetleyici Kullanarak Ölçümü. Erciyes University, Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences. 19 (1-2): 50-58.
- [6] Rüstemli S, Ateş M (2009). PIC Kullanarak Güç katsayısı ölçüm devresi tasarımı. Symposium of Energy Efficiency and Quality, Kocaeli. 263-268.
- [7] [http://www.contractelectronica.ru/files/124/CS\\_NP661.pdf](http://www.contractelectronica.ru/files/124/CS_NP661.pdf) (E. Tarihi: 01.06.2010).
- [8] Bayındır R, Kaplan O (2007). PIC Denetimli Reaktif Güç Rölesi Tasarımı. Gazi University. Journal of Architectural & Engineering Faculty. 22 (1): 47-56.
- [9] <http://web4.lem.com/docs/products/lv%2025-p.pdf> (E. Tarihi: 01.06.2010).
- [10] Bayhan S, Demirbaş Ş (2009). Mikrodenetleyici Tabanlı Multimetre Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. IATS' 09, Karabük, Turkey. P 1365-1370
- [11] Barsoum N (2007). Programming of PIC Micro-Controller for Power Factor Correction. First Asia International Conf. on Modelling&Simulation. 19-25.
- [12] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf> (E. Tarihi: 01.06.2010).
- [13] Richard E, Frederic P.C.H, Jayanta K.P (1999). Optimal Reactive Power Control for Industrial Power Networks. IEEE Transaction on Industry Applications, 35 (3), 506-514.