

Measurement and Tracking of Some Electrical Quantities by Using Microcontroller

Halil Ibrahim Tekin

Department of Electrical and Electronics, Faculty of Engineering,
Munzur University, Tunceli, Turkey.

Bilgin Zengin (Corresponding author)

Department of Electrical and Electronics, Faculty of Engineering,
Munzur University, Tunceli, Turkey.
E-mail: bilginzengin@munzur.edu.tr

Abstract

In measuring systems, it is necessary to deliver the data reliably and quickly to the user. In this study, current and voltage values, active power amount and $\cos\phi$ values of a single phase, low power consumption load network are measured using a microcontroller. Measurement results are sent to an HTML interface through the internet module. By sharing the measurement and its results on the internet in a single electronic system, it is provided to reduce the production costs of the devices and to avoid the device complexity.

Keywords: Power Factor, Power Measurement, Microcontroller, Energy.

Mikrodenetleyici Kullanımı ile Bazı Elektriksel Büyüklüklerin Ölçümü ve Takibi

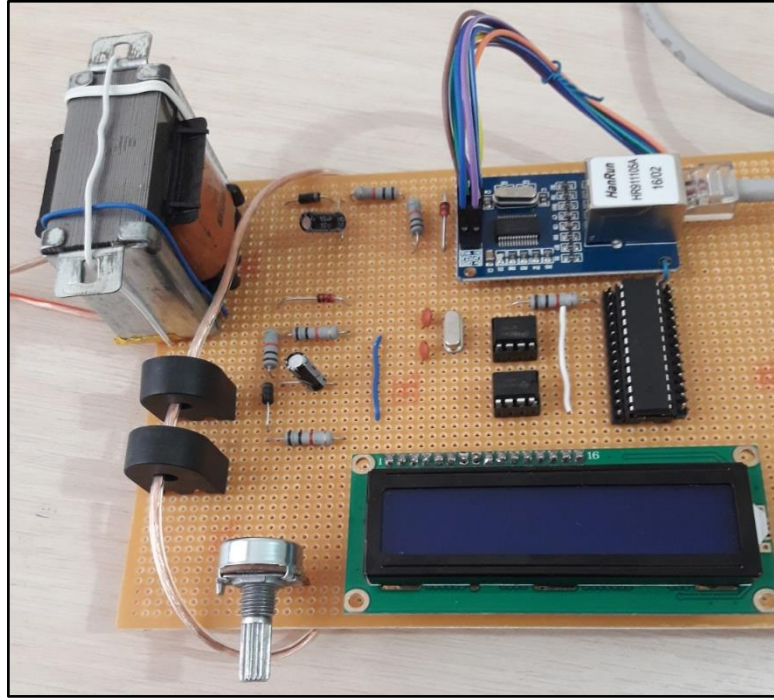
Özet

Ölçme sistemlerinde verinin kullanıcı kullanımına güvenilir ve hızlı şekilde ulaştırılması gereklidir. Bu çalışmada, tek fazlı, düşük güç tüketimi olan bir yükün şebekeden çektiği akım ve gerilim değerleri, aktif güç miktarı ve $\cos\phi$ değerleri bir mikroişlemci kullanılarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarının internet modülü aracılığıyla bir HTML ara yüzüne gönderimi sağlanmıştır. Ölçüm ve sonuçlarının internet üzerinden paylaşımını tek bir elektronik sistemde buluşturarak söz konusu cihazların üretim maliyetlerinin azaltımı ve cihaz karmaşıklığının önüne geçilmesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güç Katsayısı, Güç Ölçümü, Mikrodenetleyici, Enerji.

1. Giriş

Günümüzde artan elektrik enerjisi talebi, bu enerjinin planlaması ve yönetimine-kontrolüne yönelik ihtiyacı da beraberinde getirmiştir [1]. Enerji yönetiminin en önemli aşaması enerjinin takibidir. Enerji takibi ise hassas, sürekli ve ekonomik bir sistemle daha etkili şekilde yürütüleceğinden, bu maksatta kullanılan ölçme sistemleri endüstrinin önemli parçalarından biri olmuştur [2]. Enerji yönetiminin diğer önemli birimi verinin iletişimi, depolanması ve planlanma aşamasında kullanımı prosesleridir. Bu noktada ölçme sistemleri, çıktılarının hatasız ve hızlı paylaşımı, artan haberleşme imkânlarıyla birlikte enerji yönetimi alanında kullanımı yaygınlaşmıştır [3]. Ölçüm ve sonuçlarının internet üzerinden paylaşımını tek bir elektronik sistemde buluşturarak söz konusu cihazların üretim maliyetlerinin azaltılması ve cihaz karmaşıklığının önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada çeşitli teknikler ile elektriksel büyüklükler ölçülecek. Sisteme entegre Network Modülü ile ölçüm sonuçlarının internet üzerinden anlık olarak paylaşılması sağlanacaktır. Bu işlemleri yapacak sistemin genel görünümü Şekil 1’ de görülmektedir.

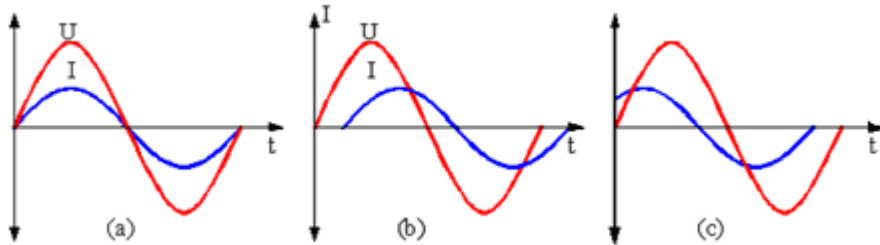


Şekil 1: Sistemin Genel Görünümü

2. Güç Katsayısının Ölçümü

Günümüzde yaygın olarak kullanılan Alternatif Gerilimin “gerilim” ve “akım” gibi genel büyüklükleri vardır. Bunlar kullanıldıkları sistem-devre türüne göre (endüktif, kapasitif veya omik) farklı karakteristik özellikler gösterirler. Şekil 2’ de bu karakteristikler görülmektedir. Bu özelliklerden bazıları, gerilim ve akımın transferi sürecinde (iletim durumunda) aralarında zaman farklarının oluşmasına sebep olur. Söz konusu bu zaman farkı açısız bir değerle gösterilir. Bu açının kosinüsüne “güç katsayısı” veya “güç faktörü” denir.

Örneğin omik devrede akımla gerilim arasında bir faz farkı oluşmuyorken, endüktif devrede akım, gerilimden genel olarak 90° geri fazda, kapasitif devrede ise akım gerilimden 90° ye kadar ileri fazda olmaktadır [4].



Şekil 2: Devre türlerine göre akım-gerilim arasındaki faz farkları[5]
(a) Omik Yük , (b) Endüktif Yük, (c) Kapasitif Yük

Bunlara bağlı olarak AC sistemlerinin güç bağıntıları;

$$\text{Görünür Güç; } S = \sqrt{P^2 + Q^2}, S = U.I \quad (1)$$

$$\text{Aktif Güç; } P = \sqrt{S^2 - Q^2}, P = U.I \cdot \cos\phi \quad (2)$$

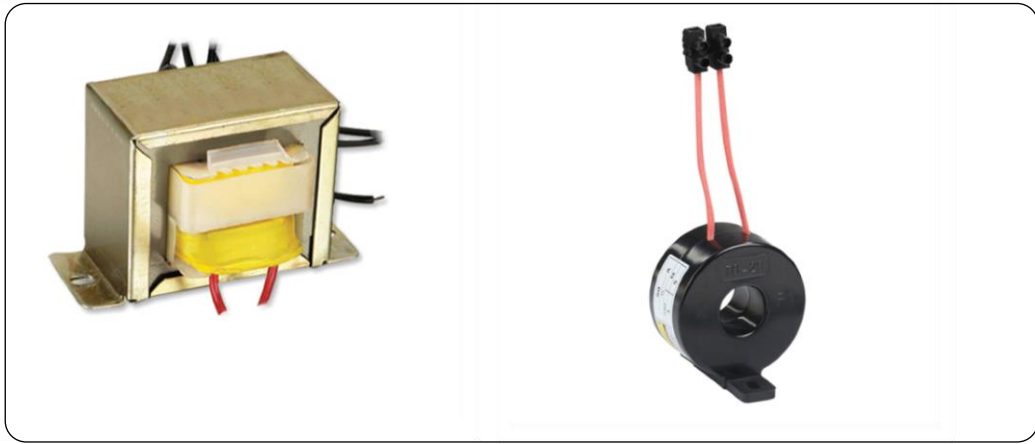
$$\text{Reaktif Güç; } Q = \sqrt{S^2 - P^2}, Q = U.I \cdot \sin\phi \quad (3)$$

Elektriksel AC sistemlerde, ϕ güç açısı; güç formüllerinden hareketle, gerçek gücün görünür güce oranlanmasıyla bulunabildiği gibi, akım-gerilim arasındaki zaman farkının hesaplanması ile de tespiti mümkün olmaktadır [6].

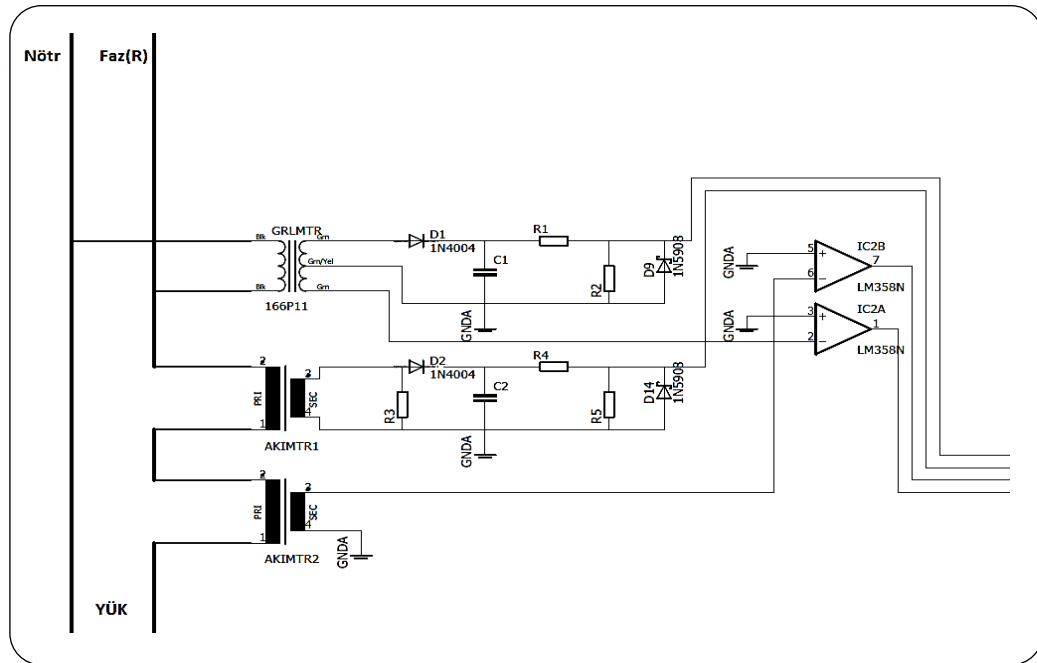
Bu çalışmada söz konusu büyüklüğün belirlenmesi için akım-gerilim arasındaki zaman farkını tespit edebilecek bir elektronik sistem tasarlanmıştır.

2.1. Ölçüm Devresi

Zaman farkının hassas elektronik birimler olan IC'lerin zarar görmeden kullanılabilmesi için elektronik sisteme giren akım ve gerilimin elektriksel şiddetlerinin oranlanarak sınırlandırılması gerekmektedir. Bu amaçla gerilimi düşürmek için Gerilim Trafosu, akımı düşürmek için Akım Trafosu kullanılır. Bu trafo çeşitlerine ait birer örnek Şekil 3' de görülmektedir. Endüstride farklı kullanım alanı ve amacı olan birçok trafo çeşidi vardı. Tek fazda AG ölçümlerini rahatlıkla yapabilecek bu çalışmada kullanılan trafolar düşük güçte olup, uygun ölçüm sonuçlarını temin etmede yeterli olmaktadır.



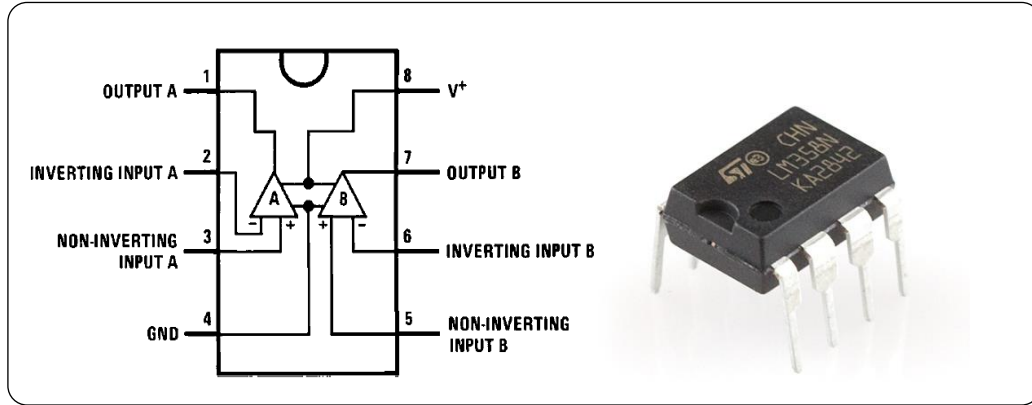
Şekil 3: Gerilim ve Akım Trafoları [7, 8]



Şekil 4: Akım-Gerilimin İndirgenme ve Doğrultulma devresi ile LM358 giriş hattı devresi

Çalışma prensipleri gereği gerilim trafoları devreye paralel, akım trafoları ise seri bağlanır. Tek fazdaki kullanımlarda faz sırasının değişme riskine karşılık enerjinin sistemden önce bir kutup düzeltici anahtarlama prosesinden geçirilmesi gerekmektedir. Akım-Gerilimin indirgenmesi ve doğrultulması için kullanılan devre şeması Şekil 4' de gösterilmiştir.

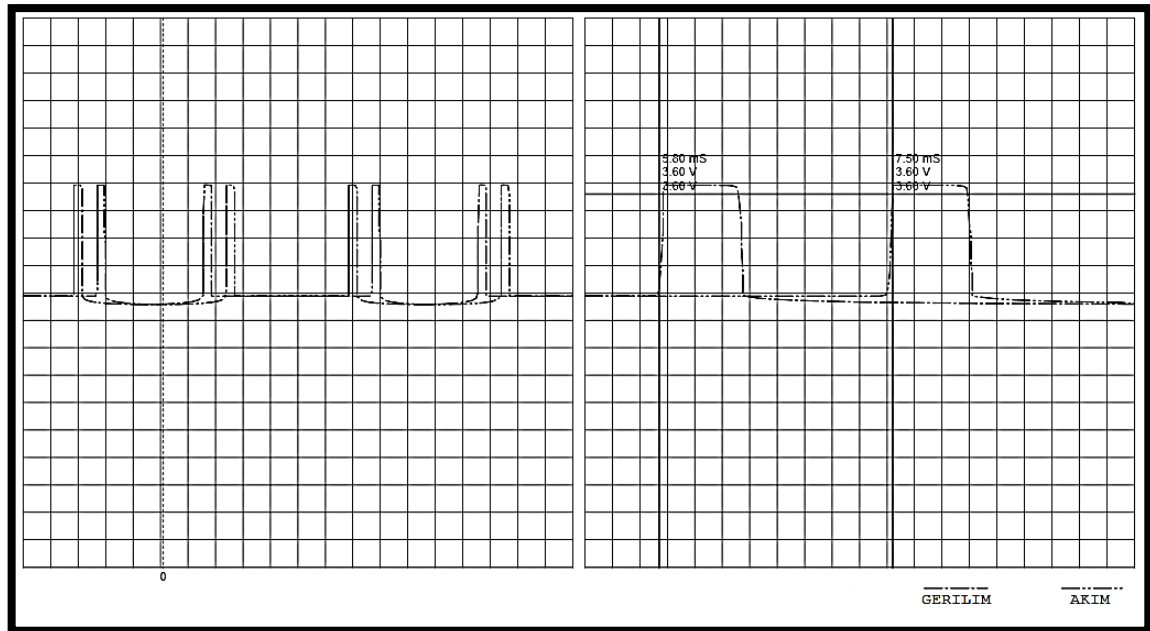
2.2. LM358 ile Kare Dalga Üretimi



Şekil 5: LM358 DIP8 Pin Diyagramı ve Paket Görüntüsü [9, 10]

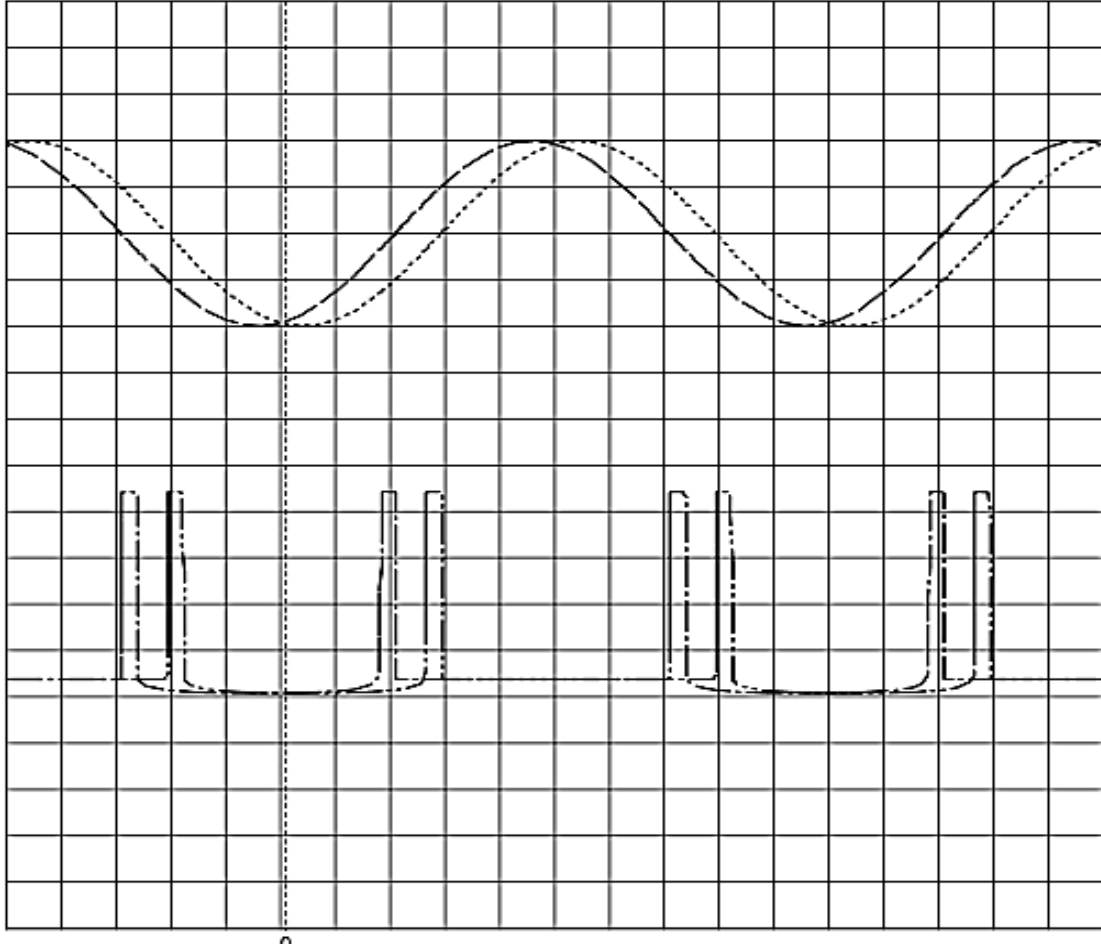
Şekil 5’ de gösterilen LM358; 1.1 MHz’ lik bant genişliğine sahip, 100 Db DC gerilim kazançlı, 3V–30V aralığında çalışabilen, Offset gerilimi ayarlanamamakla beraber 2mV gibi düşük bir seviyede olan, 60 mA’ e kadar akım taşıyabilen, frekans kompanzasyonlu, içinde ikili OPAMP (işlevsel yükseltici) bulunan bir entegredir[9].

Hat gerilim ve akım şiddetleri trafolar vasıtasıyla LM358’in çalışabileceği uygun değerlere çekildikten sonra, LM358 içerdiği OPAMP sayesinde girilen sinyalleri aralarındaki zaman farklarını da gözeterek ATmega8 ana işlemcisinin anlayabileceği bir form olan kare dalga sinyaline dönüştürür.



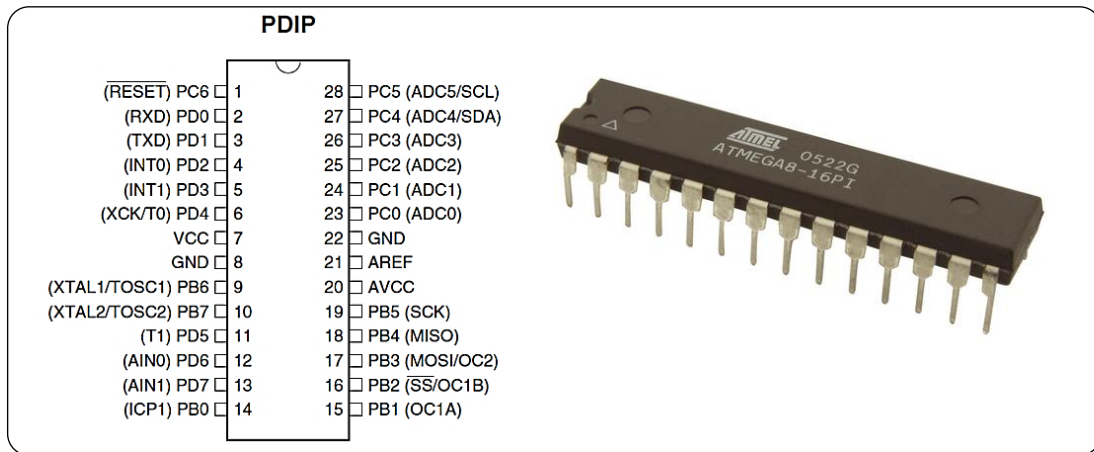
Şekil 6: LM358 Çıkış Sinyali ve Sinyaller Arasındaki Zaman Farkları

Böylece akım ve gerilim arasındaki zaman farkı impulsar ile ifade edilir. Daha sonra ATmega8 mikrodenetleyicisi LM358’in çıkış sinyallerinin mikroişlemciye girişleri sıraları arasındaki zaman farkını kullanarak güç faktörünü hesaplamış olur. Şekil 6’ da zaman farklarının bir örneği görülmektedir. Şekil 7’ de ise LM358’ in Giriş ve Çıkış sinyalleri görülmektedir.



Şekil 7: LM358 Giriş ve Çıkış Sinyalleri

2.3. ATmega8 ve Mikroişlemci'deki İşlem Basamakları



Şekil 8: ATmega8 PDIP Pin Diyagramı ve Paket Görüntüsü [11, 12]

Şekil 8' de görülen ATmega8, Atmel® AVR® firmasının üretmiş olduğu 28 pinli bir mikroişlemci'dir. Operasyonel statik çalışma yeterliliğine sahiptir. 8 Kb programlanabilir dahili belleğe, 512 Byte EEPROM hafızasına ve 1 Kb dahili SRAM' e sahiptir. Yazılım güvenliği için programlama kilidi vardır. Ayrıca dahili 6 kanal-10 bit ADC birimi, 3 PWM kanalı, 2 tane 8-bit ve Şekil 9' da görülen 1 tane 16-bit Zamanlayıcı/Sayıcı birimi mevcuttur. SPI, UART ve seri haberleşme protokollerini barındırır. 23

programlanabilir Giriş/Çıkış pini vardır. 4.5-6 V gerilimli çalışma aralığına sahiptir. Dâhili osilatörü var olmakla beraber, 0-16 MHz aralığında kristallerle sürülebilir. 4 MHz, 3 V ve 35 °C sıcaklıkta; Aktif kullanımda 3.6 mA, boşta çalışmada 10 mA, uyku modunda ise 0.5 µA tüketimi vardır. -40 °C-80 °C aralığında mikroişlemcinin genel beslemesinin akım limiti 300 mA, DC Giriş/Çıkış pin akım limiti ise 40 mA'dır[11].

LM358'den gelen sinyaller ATmega8' in 23 ve 24 numaralı pinlerine (PC0/ADC0,PC1/ADC1) giriş olarak bağlanmıştır. Söz konusu pinlere giren sinyaller, içinde taşma sayılarının sayılıp elde edilen sayım sonucunun osilatörü frekansının belirlemiş olduğu overflow (taşma süresi) ile çarpıldığı basit bir algoritmaya tabii tutulurlar[13]. Sonuç olarak giriş sinyalleri arasındaki zaman farkı (örneğin, " $t_{gerilim} - t_{akım}$ " gibi) bulunmuş olur. Daha sonra bulunan bu ' Δt ' zaman farkı, aşağıdaki denkleme yerleştirilerek güç açısı φ 'nin açısal değeri hesaplanır. Bulunan φ açısının kosinüsü alınır. Böylece 'güç faktörü' hesaplanmış olur.

$$\varphi = 360^\circ \cdot f \cdot (t_{gerilim} - t_{akım}) \quad (4)$$

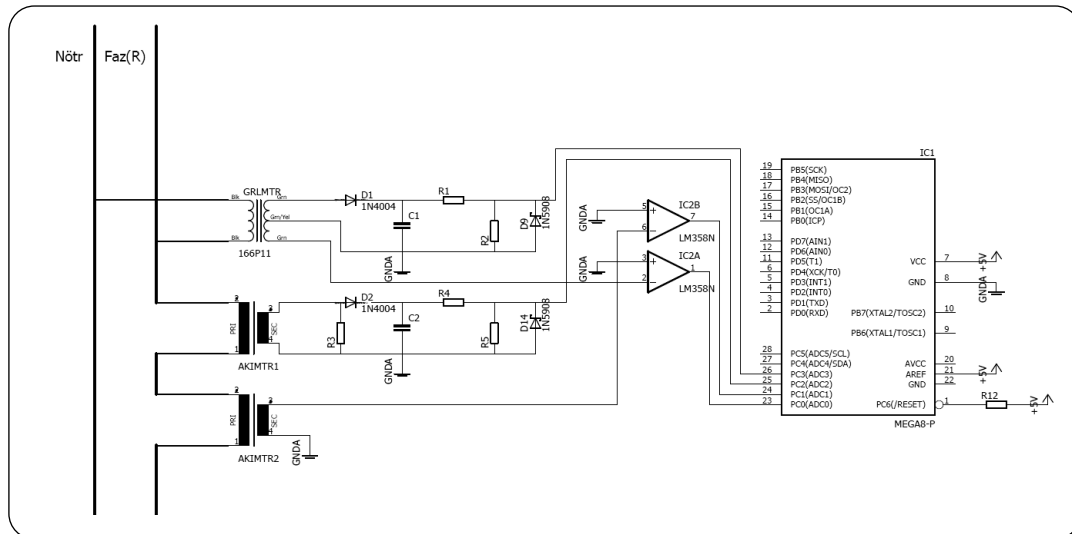
Burada φ güç açısı ve f sistem frekansı olmaktadır.

| Bit | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | |
|---------------|-------|-------|---|-------|-------|------|------|------|--------|
| | ICNC1 | ICES1 | - | WGM13 | WGM12 | CS12 | CS11 | CS10 | TCCR1B |
| Read/Write | R/W | R/W | R | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W | |
| Initial Value | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Şekil 9: Çalışmada kullanılan 16 Bit' lik Timer1 adlı Zamanlayıcı/Sayıcının Register Bilgileri [11]

3. Akım ve Gerilim Ölçümü

Atmega8 ile AC karakterli gerilim ve akım ölçümü için, ölçülmesi istenen hat üzerindeki gerilim ve akım şiddetlerinin trafolar yardımıyla azaltılıp, elektronik doğrultucu devre ile de mikroişlemcinin zarar görmeyeceği bir dalga formuna yaklaştırılması gerekmektedir. Şekil 10' da görüldüğü gibi ölçüm işlemi için gerekli elektronik doğrultucu devresi bu şekilde dizayn edilerek edilecek komponent özellikleri sistemin ihtiyacına (ölçüm aralığına) göre hesap edilmiş ve uygulanmıştır.



Şekil 10: Akım ve Gerilim Ölçüm Devresi ve ATmega8 ADC Port Bağlantısı

Mikroişlemci yapısı itibariyle port giriş akımlarının limit değeri 40 mA ve 5.5 V' tur. Bu durum göz önünde bulundurularak doğrultucu devrenin çıkış gerilimleri ve akımları gerekli aralıkta sınırlandırılmıştır. Mikroişlemcide dahili bulunan 10 Bit'lik ADC birim 21 numaralı pinde (AREF) 5 V

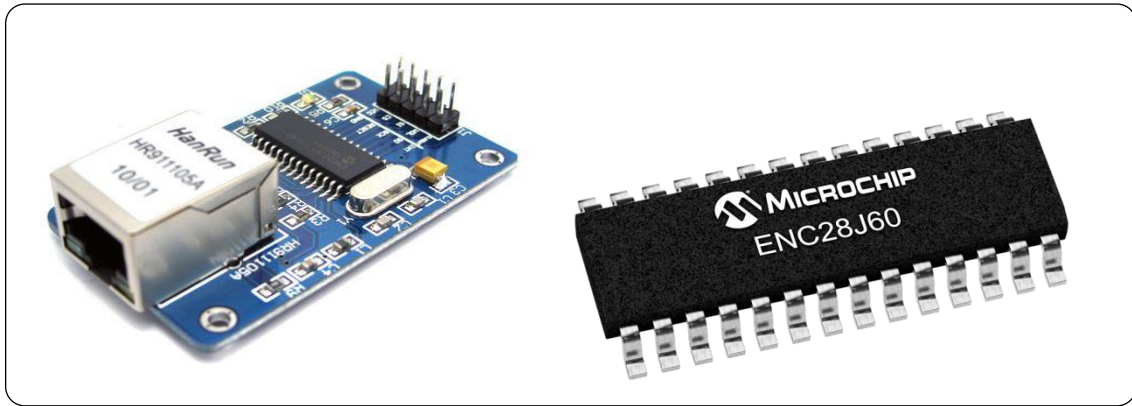
ile refere edilmiştir. Giriş sinyalleri ADC birimini yöneten yazılım tarafından referans değerine göre skalandırılarak gerçek akım ve gerilim büyüklüğü hesaplanması sağlanmıştır. Doğrultmaç devresinden gelen hat mikroişlemcinin 25 ve 26 numaralı pinlerine (PC2/ADC2-PC3/ADC3) giriş olarak bağlanmıştır. Mikroişlemciye yüklenen yazılımda, daha kesin ölçümler alınabilmesi için ölçümleri birden fazla kez yineleyen ve bunların ağırlıklı ortalamasını alarak aktüel sonucu hesaplayan bir algoritma yerleştirilmiştir. Bu algoritma ölçüm sistemini daha kararlı hale getirilmesine fayda sağlamıştır. Buna ek olarak elde edilen akım ve gerilim bilgisi ile yükün tükettiği aktif güç değerini hesap edip kullanıcıya ileten kod dizini mikroişlemci yazılımına eklenmiştir.

4. Ölçüm Sonuçlarının İnternette Paylaşılması

Son yıllarda kullanım alanı giderek artan endüstriyel internet uygulamaları, kontrol sistemleriyle beraber ölçme sistemlerinde de ölçüm sonuçlarının uygun kanalla depolanmasını ve aktüel olarak takibini kullanılabilir hale getirdi. Elde edilen ölçme sonuçlarının internet ortamına iletimi, veri tabanı oluşturulmasını ve kaynak yönetim planlanmasını kolaylaştırdı. Bu çalışmada elektronik devrenin ölçüm sonucu sisteme dâhil olan LCD displaye ek olarak internet ortamına aktarımı gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda ATmega8'in elde ettiği ölçüm sonuçlarının internete akarımı için Microchip firmasının ENC28J60-I/SO entegresi kullanılmıştır.

4.1. Network Modülü

Çalışmada kullanılan Network Modülü Şekil 11' de görülmektedir.



Şekil 11: ENC28J60 ve Bu Entegreyi İçeren Bir Network Modülü (Ethernet – LAN) [14, 15]

Network modülü işlemci olarak Microchip firmasının ENC28J60-I/SO Ethernet entegresini kullanıyor. Entegre 25 MHz' lik bir kristalle sürülüyor. 3.3 V gibi düşük gerilimde çalışabiliyor, SPI arayüzüyle iletişime geçiyor. Ayrıca modülde Ethernet Girişi olarak HanRun HR91105A modüler jakı kullanılmıştır [14].

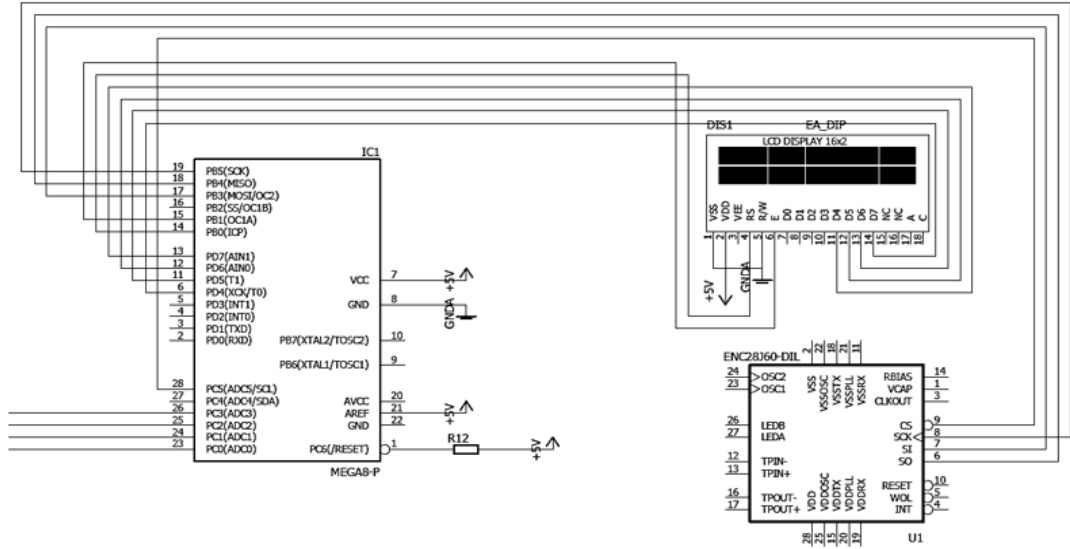
4.2. ATmega8 ile ENC28J60'nin İletişimi

ATmega8'in elde ettiği sonuçları internet ortamına aktarımını sağlanabilmesi için ENC28J60 entegresi ile ATmega8 in sürekli iletişim halinde olmaları gereklidir. Şekil 12' de bu iletişim durumunu gösteren şema görülmektedir. Bu tür bir iletişim, iki entegrenin de ortak olarak sahip olduğu SPI (Serial Peripheral Interface) yani 'Seri Çevresel Arayüz' adı verilen bir iletişim protokolüyle sağlanabilir.

SPI, fullduplex (eş zamanlı çift yönlü çalışabilen), senkron (datanın saat darbeleriyle birlikte eşzamanlı olarak aktarıldığı) bir seri haberleşme standardıdır ve pek çok tüm devre tarafından donanımsal olarak desteklenmektedir. Bu haberleşmede veri (data, bitler) transferi master-slave ilişkisi ile gerçekleşir. Master veri haberleşmesini başlatan cihazdır. Master tarafından veri transferi başlatıldıktan sonra veri her iki yönde de eşzamanlı olarak aktarılabilir.

SPI, 4 sinyal hattı kullanarak çalışır. Bunlar SCK (Clock-saat), SDI(Serial Data In-veri girişi), SDO(Serial Data Out-veri çıkışı), CS(Chip Select-tüm devre seçimi) sinyallerini taşırlar. SCK hattında saat sinyalini Master birimi üretir ve bu sinyal tüm diğer slave cihazlara giriş olarak uygulanır. Master

cihaz hangi slave'in CS ucunu aktif hale getirirse ilgili slave cihaz seçilmiş olur ve Master-Slave haberleşmesi gerçekleşir[16].



Şekil 12: ATmega8 İle ENC28J60 ve 2*16 LCD Display Bağlantıları

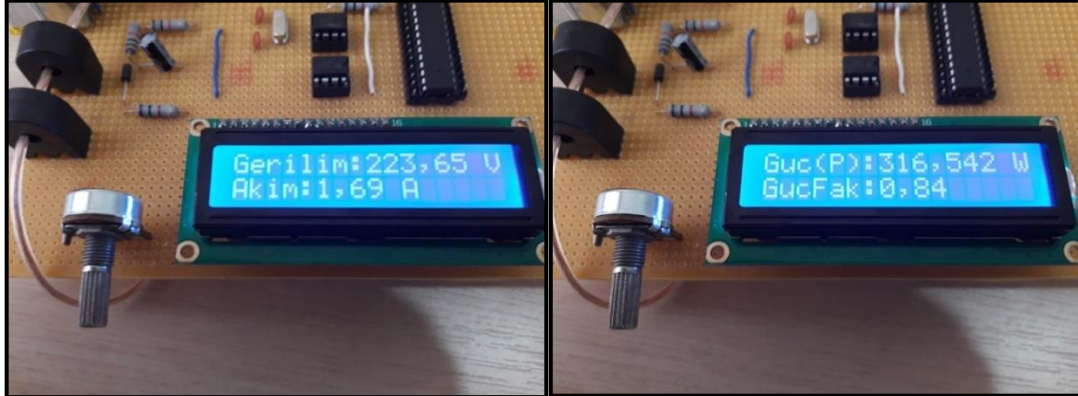
ATmega8' in SPI haberleşmesi için kullanılan 17, 18, 19 ve 28 numaralı pinleri (MOSI, MISO, SCK ve SCL), ENC28J60' ın SPI pinleri olan 9, 7, 6 ve 8 (sırasıyla) numaralı bacaklarına bağlanmıştır. Ayrıca ENC28J60 entegresini barındıran Network Modülü harici olarak 5 V ile beslenmiştir.

5. Ölçüm Sonuçlarının Gösterimi

Dâhili elektronik sistem vasıtasıyla elde edilen ölçüm sonuçları iki şekilde kullanıcı ile paylaşılır. İlki elektronik devrenin bir birimi olan ve hâlihazırda elektronik karta gömülü 2*16 LCD Display ile sonuçların paylaşılmasıdır. İkincisi ise ölçüm sonuçlarının bir Ethernet/Lan kablosu vasıtasıyla internet ya da yerel makinelere aktarımı yapılarak, bir bilgisayar arayüzü üzerinden kullanıcıya iletilmesidir. İnternet ya da yerel hat bağlantısının sürekli olduğu hallerde sonuçların gösterimi her iki şekilde devamlı olarak sağlanır.

5.1. LCD Ekran Gösterimi

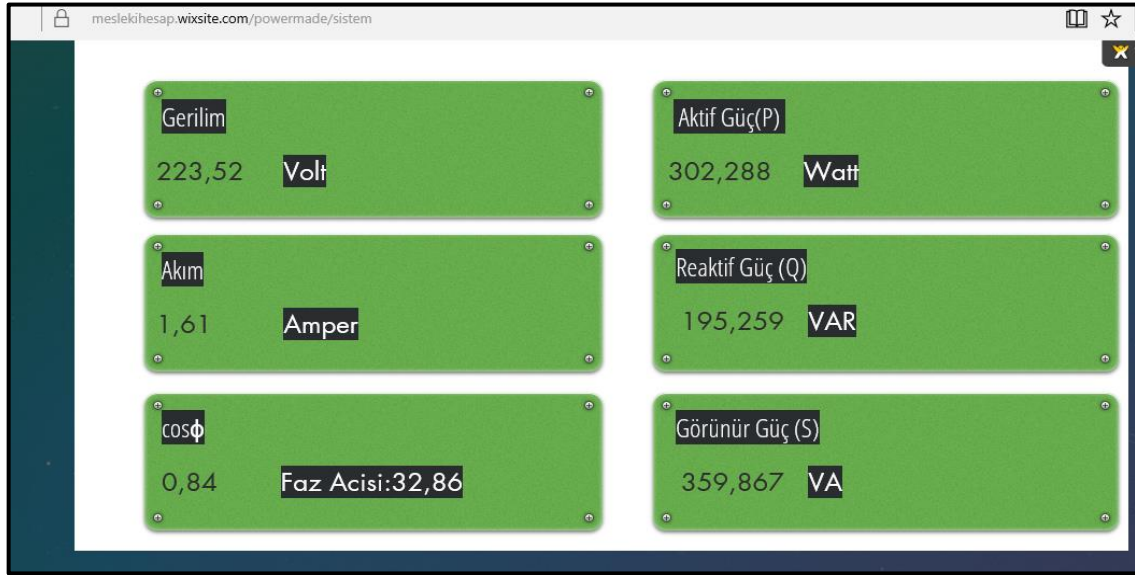
Çalışmada elde edilen ölçüm sonuçlarının LCD ekranda gösterimine bir örnek Şekil 13' de gösterilmiştir.



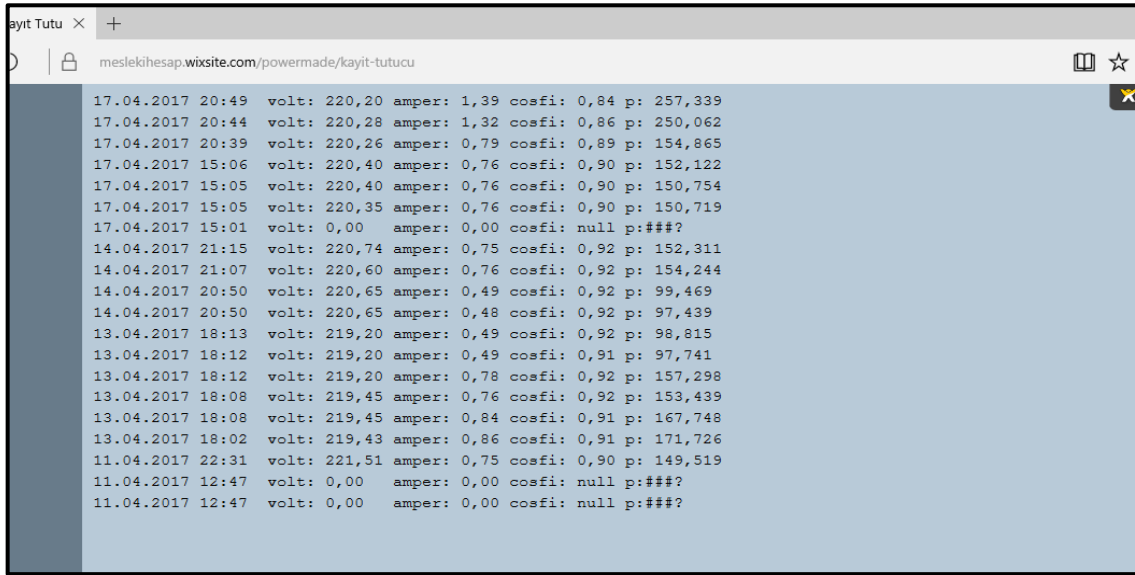
Şekil 13: Ölçüm Sonuçlarının LCD Ekranda Gösterimi

5.2. İnternet HTML Arayüz Gösterimi

Gerekli HTML kodlarıyla iletişimin devam ettiği süre boyunca sayfanın her yenileyişinde güncel sonuç, Şekil14' de gösterilen aktüel takip ekranında görünecek ve Şekil15' te gösterilen kayıt defterine yeni bir kayıt olarak girecektir. Gerekli flash yazılım sağladığında ise anbean ölçüm sonuçları canlı olarak takip edilebilecektir.



Şekil 14: Ölçüm Sonuçlarının Aktüel Takibi İçin Hazırlanmış Şablon



Şekil 15: Ölçüm Sonuçlarının İletildiği IP Adresindeki Kayıt Defteri

6. Sonuç ve Öneriler

Çalışma tek fazlı düşük güçte çalışan alıcılar (mekanik balast, ısıtıcılar) kullanılmıştır. Alıcıların harcadığı elektrik enerjisinin, akım-gerilim ve güç katsayısı gibi bileşenleri hassas ve hızlı bir şekilde ölçülmüştür. Elektronik sistemin enerji tüketimi düşüktür. Ölçüm sonuçlarının bilgisayar arayüzünde gösteriminin test çalışması, ücretsiz host hizmeti veren bir internet sitesi sağlayıcısının boş sayfalarında HTML örüntüsünün kurulmasıyla sağlanmıştır.

Daha yüksek güçlü sistemlerin analizinde ölçüm teknikleri aynı kalmakla beraber komponent büyüklüklerinin yeniden hesaplanarak tasarımın yenilenmesi gerekmektedir. Tek faz-düşük güçlü alıcılarda oluşan harmonikler ölçüm sonuçlarını yaygın endüstriyel hata payı değerlerinden uzaklaştırmamıştır. Ancak 3 fazlı yüksek güçlü sistemlerde devrenin gerekli filtre işlemlerine tabii tutulması gerekmektedir[17]. Daha fazla ölçüm cihazının olduğu ve veri analizinin daha fazla önem arz ettiği kullanım alanlarında arayüz, veri güvenliği ve veri tabanı hizmetleri bir sistem dâhilinde sağlanarak sorunsuz bir şekilde uygulanabilir.

Bu çalışma, endüstriyel kullanım amacından ziyade, teorik bilgilerin pratiğe geçirilmesine yönelik bir uygulama olarak inşa edilmiştir. Bu çalışmanın endüstriyel bir form kazanabilmesi için frekans-gerilim v.b. bilgilerin kalibre edilebilmesine imkan sağlayan servis hizmeti veri giriş-çıkış portları ve veri kaybını önlemek amaçlı dahili veri depolama birimi entegrasyonlarının olması önerilir.

7. Kaynaklar

- [1] Özbakır P. (2006). Enerji Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [2] Meral M.E., Teke A., Tümay M. (2009). Elektrik Tesislerinde Enerji Verimliliği. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 14(1), 31-37.
- [3] Irmak E., Calpbinici A., Güler N. (2012). Orta Ölçekli Bir İşletmenin Enerji İzleme Sisteminin Tasarlanması. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 18(2), 123-131.
- [4] Arifoğlu U. (2002). Güç Sistemlerinin Bilgisayar Destekli Analizi. Alfa Yayınları, İstanbul.
- [5] URL, <http://www.elektroforum.org/26816-post1.html>, Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- [6] Çolak İ., Bayındır R. (2003). Güç Katsayısının Bir Mikrodenetleyici Kullanarak Ölçümü. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19(1-2) 50-58.
- [7] URL, <http://www.eotomasyon.com/wp-content/resimler/2011/05/trafo.jpg>, Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- [8] URL, <http://www.sezgin.web.tr/dosyalar/to20-toroidal.jpg>, Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- [9] URL, Texas Instruments, <http://www.ti.com/lit/gpn/LM358>, Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- [10] URL, <https://cdn.sparkfun.com/assets/parts/2/7/8/8/09456-01.jpg>, Erişim Tarihi: 17.05.2017.
- [11] URL, Atmel Corporation, http://www.atmel.com/Images/Atmel-2486-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8_L_datasheet.pdf, Erişim Tarihi: 17.05.2017.
- [12] URL, <https://www.jaycar.co.nz/atmega8-avr-8-bit-risc-microcontroller/p/ZZ8753>, Erişim Tarihi: 17.05.2017.
- [13] Nagarajan M., Kandasamy K.V. (2012). Optimal Power Factor Correction for Inductive Load Using PIC. International Conference on Modeling, Optimization and Computing-(ICMOC-2012)
- [14] URL, https://http2.mlstatic.com/modulo-ethernet-enc28j60-arduino-pic-arm-freescale-avr-atmel-D_NQ_NP_924221-MLA20731670795_052016-F.webp, Erişim Tarihi: 17.05.2017.
- [15] URL, <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/en022889>, Erişim Tarihi: 17.05.2017.
- [16] URL, Ramazan SURAL, <http://ramazansural.blogspot.com.tr/2009/09/spi-nedir-nasil-calisir-spi.html>, Erişim Tarihi: 17.05.2017.
- [17] Yalçın B. (2004) Kompanzasyon ve Harmonik Filtre Sistemleri, 3e Electrotech Aylık Dergisi, 2004/01(116).