

Orta Ölçekli Bir İşletmenin Enerji İzleme Sisteminin Tasarlanması

Design of an Energy Monitoring System for a Medium-Scale Plant

Erdal IRMAK*, Ayberk CALPBİNİCİ, Naki GÜLER

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü, 06500, Teknikokullar, Ankara

Geliş Tarihi/Received : 06.12.2011, Kabul Tarihi/Accepted : 07.02.2012

ÖZET

Bu uygulamada, orta ölçekli bir işletmenin gerçek zamanlı ve geçmişe yönelik enerji takibinin bilgisayar ara yüzünden izlenmesi gerçekleştirilmiştir. Enerjinin ölçülmesi için akım ve gerilim bilgilerini Programlanabilir Lojik Kontrolörün (PLC) algılayacağı seviyeye getiren bir kart tasarlanmıştır. Bu karttan alınan akım ve gerilim bilgileri, PLC'nin analog kanalları ile okunmaktadır. Sistemin güç katsayısının algılanması için, bir sıfır geçiş detektörü tasarlanmıştır. Sıfır geçiş detektöründen elde edilen sinyaller arasındaki zaman farkı FM 350-1 sayıcı modül kullanılarak ölçülmüştür. Alınan bilgiler, PLC tarafından RS485/RS232 dönüştürme protokolü kullanarak, bilgisayarın seri iletişim kanalı aracılığı ile veritabanına aktarılmaktadır. Elde edilen veriler, C# programlama dili kullanılarak tasarlanan bir arayüz ile anlık takip edilebilmektedir. Elde edilen veriler sürekli olarak kaydedilerek geçmişe yönelik enerji analizleri yapma olanağı sağlanmıştır. Böylece, istenildiğinde belirlenen zaman aralığında kullanılan aktif, reaktif ve görünür güçler gözlemlenebilmektedir. Geçmişe yönelik enerji izleme sistemi kullanılarak işletmelerin fazla enerji harcadığı zamanlar tespit edilebilmektedir. Böylece, yoğun çalışma saatleri enerjinin ucuz olduğu zamanlara kaydırılarak kullanılan enerjinin işletmeye olan maliyetinin azaltılması gibi olanaklar sağlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Enerji izleme, Bilgisayarla kontrol, PLC, C#.*

ABSTRACT

In this study, energy monitoring system of a medium scale industrial plant is achieved through a computer interface both in real time and retrospective using recent data. In order to measure the energy, a measurement card is designed to convert the voltage and current signals in suitable levels for a programmable logic controller (PLC). Current and voltage signals received from the measurement card are sensed by the analogue channels of the PLC. A zero-crossing detector is also designed to measure the power factor of the system. Time difference between the signals which are obtained from the zero-crossing detector is measured by using FM 350-01 counter module. All data received are transferred into a database located at the host computer by the PLC using RS485/RS232 communication protocol. Data obtained from the system can be monitored momentarily through an interface that is designed in C# programming language. Furthermore, retrospective energy analysis of the system is made possible by saving the data obtained continuously. Thus, active, reactive and apparent power values can be observed for a specific time interval. By using the retrospective energy analysis system, time periods in which the energy is more consumed can be determined. Thanks to this feature, work load of the plant can be programmed to specific times when the energy is cheaper in order to reduce the energy costs.

Keywords: *Energy monitoring, Computer control, PLC, C#.*

* Yazışılan yazar/Corresponding author. E-posta adresi/E-mail address : erdal@gazi.edu.tr (E. Irmak)

1. GİRİŞ

Azalan enerji kaynakları ve artan enerji talebi enerji takibi, enerji analizi, enerji verimliliği kavramlarını ön plana çıkarmıştır. Bu nedenle, daha kaliteli ve verimli enerjiye ulaşmak için çeşitli çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Enerji kalitesi, gerilim ve akımdaki dalgalanmalardan, kesilmelerden, güç katsayısı ve frekanstaki ani değişimlerden olumsuz yönde etkilenmektedir. Enerji kalitesi ve enerji sürekliliğini denetlemek için enerji izleme sistemleri geliştirilmiştir.

Gün içerisinde gözlenen farklı enerji tüketim değerleri, işletmenin enerji tüketim maliyetlerini hesaplamada önemli bir unsurdur. Bu amaçla işletmede ölçülen enerji parametreleri sürekli olarak kayıt ve analiz edilmelidir. Böylece şebekeden alınan enerjinin kalitesi gözlenebilmektedir.

Ayrıca işletmeler sorumlu oldukları aktif - reaktif güç sınırlarını ve enerji maliyetlerini enerji takip sistemleri ile izleyebilmektedir. Tasarlanmış olunan kayıt sistemi ile enerjinin yoğun harcandığı zamanlar belirlenebilmektedir. İşletmeler yoğun çalışma saatleri enerjinin ucuz olduğu zamanlara kaydırılarak enerji maliyeti düşürülebilmektedir.

Enterkonnekte sistemlerde, iletim ve dağıtım hatlarında yükler sürekli olarak değişim göstermektedir. Yük değişimlerinden şebekenin olumsuz etkilenmemesi için enerji hatlarının gerçek zamanlı olarak izlenmesi gerekmektedir. Ayrıca enerji üretim merkezlerinde geleceğe yönelik yük tahmini geçmişteki veriler kullanılarak yapılmaktadır. Bu nedenle, enerji izleme sistemindeki anlık değişimler bir veri tabanına kaydedilerek geleceğe yönelik yük tahminleri yapılmaktadır.

Literatürde, enerji takibinde kullanılan birçok çalışma ile karşılaşılmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları; Endüstriyel bir işletmenin enerji takibi güç analizörü tarafından yapılarak alınan bilgiler RS485/RS232 protokolü ile bilgisayara gönderilip anlık tepkileri izleme (Bayındır v.d., 2008), yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş ve rüzgar enerjisinin PLC ev SCADA sistemi kullanılarak gerçek zamanlı olarak izlenmesi ve kontrolü

(Wang ve Liu, 2007; Figueiredo ve Sada Costa, 2008), bir sistemin DSP teknolojisi ve VC++ programlama dili kullanılarak gerçek zamanlı analizinin yapılması (Xupeng ve Xiu, 2010), 3 fazlı bir sistemin PCMCIA veri toplama kartı kullanılarak oluşturulan bir arayüz ile gerçek zamanlı takibi (Lang ve Weiss, 2006), ARM7 mikrodenetleyicisi kullanılarak sistemin gerçek zamanlı olarak güç dalgalarının takibi (Yingkeyun ve Premrudeepreechacharn, 2008), web tabanlı bölgesel enerji takip sisteminin GPRS üzerinden izlenmesi (Özdemir ve Danışman, 2005), ölçüm transformatörleri yardımıyla ölçülerek veri toplama kartı aracılığıyla bilgisayara gönderilen bilgilerin LabVIEW programı kullanılarak oluşturulan arayüzden takibi (Demirbaş ve Bayhan, 2009), güç analizörü ile elde edilen verilerin PLC ye yollanıp PLC'den de modbus iletişim yolu ile bilgisayara yollanarak oluşturulan arayüzden takip etme (Bayındır v.d., 2009), enerji analizörleri tarafından kullanılmak için delphi programı ile enerji izleme yazılımı oluşturulması (Yılmaz ve Görmemiş, 2006) gibi çalışmalardır. Bir tekstil firmasında enerji takibi yapılmış ve bütün tesiste oluşan zararlar, enerji üretim kayıpları ve hatalı üretim kayıtları tutulmuştur. Daha sonra tutulan kayıtlar karşılaştırıldığında enerji kalitesizliğinin tekstil firmasına büyük zararlar verdiği gözlenmiştir (Koçyiğit v.d., 2008). Başka bir çalışmada ise harmonikler incelenmiş ve güç kalitesini artırmak için harmoniklerin yok edilmesi gereği vurgulanmıştır (Kesler ve Özdemir, 2009).

Yukarıdaki çalışmalarda görüldüğü gibi, enerjinin sürekli ve doğru takip edilmesinin önemi üzerinde durulmuş, takip edilen sisteme uygun çözümler getirmenin işletmelere sağlayacağı faydalardan bahsedilmiştir.

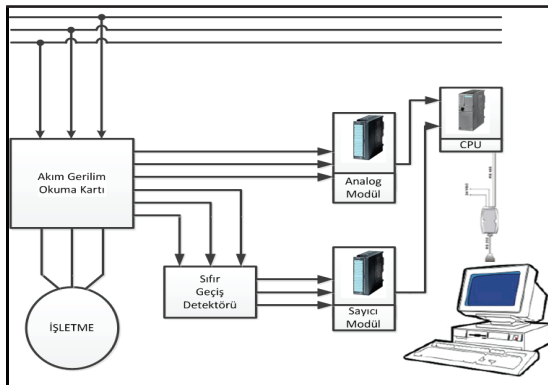
Enerji takibinde verilerin sağlıklı incelenmesi, sistemdeki ani ve aşırı değişimlerin belirlenip önlem alınması enerji izleme sisteminin verimini artırmaktadır. Enerjinin anlık olarak izlenmesi ve değişimlere karşılık ani tepkiler vermesi sistemin performansını artırmaktadır. Sistemin hızının artırılması amacı ile yeni nesil bir PLC kullanılmıştır. SIEMENS S7 300 hızlı işlem yapması, hassas ölçüm değerleri vermesi ve kolay programlanabilmesi açısından bu çalışmada tercih edilmiştir.

Tasarlanan sistemde, otomasyon sistemleri için büyük öneme sahip olan PLC teknolojisinden faydalanılmıştır. PLC'nin akım, gerilim ve güç katsayısı ölçümlerini yapması için akım gerilim kartı ile sıfır geçiş detektörü kullanılmıştır. Akım gerilim algılama ünitesi ve sıfır geçiş detektöründen ölçülen bilgiler bilgisayara gönderilmektedir. Veriler bir veri tabanına kaydedilerek enerjinin anlık olarak izlenmesi ve kaydedilmesi sağlanmaktadır. Alınan bilgiler C# programlama dili kullanılarak geliştirilen bir arayüzden takip edilmektedir. Elde edilen veriler grafiksel ve sayısal olarak arayüz üzerinden gözlemlenebilmektedir.

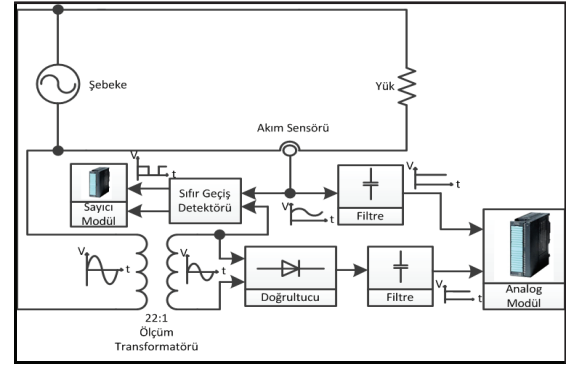
2. ÖLÇÜM SİSTEMLERİNİN TASARIMI

Tasarımı gerçekleştirilen enerji izleme sisteminin blok diyagramı Şekil 1'de verilmiştir. Sistemde, PLC'nin analog birimleri 0-10 V doğru gerilim ölçebilmektedir. Bu nedenle sinüzoidal yapıya sahip şebeke geriliminin ve akımının algılanabilmesi için bir akım – gerilim algılama ünitesi tasarlanmıştır. Tasarımı gerçekleştirilen akım gerilim algılama ünitesinin içyapısı Şekil 2'de gösterilmiştir. Gerçekleştirilen sistemde gerilim bilgileri bir transformator aracılığı ile düşürülmüştür. Transformatorün sekonder gerilimi doğrultularak şebeke gerilimini, analog modülün algılayabileceği dalga formuna dönüştürülmüştür.

Şebekeden çekilen akım miktarının ölçülmesi için akım sensörleri kullanılmıştır. Akım sensöründen geçen akım sinüzoidal olduğu için çıkış gerilimi filtre ile düzeltilmiştir. Elde edilen analog veriler SM 321 analog-dijital dönüşüm modülü ile sayısal veriler haline getirilmiştir.



Şekil 1. Sistemin blok diyagramı.



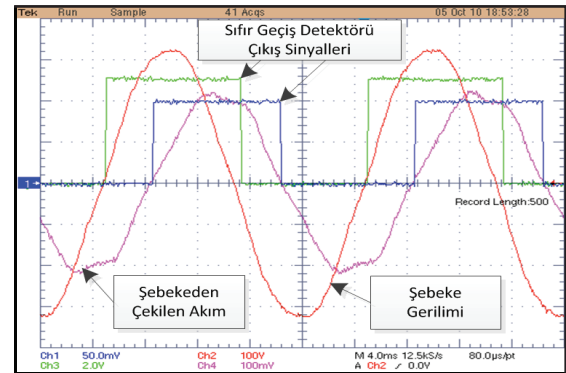
Şekil 2. Bir faza ait enerji ölçüm sisteminin blok diyagramı.

Şebekeden çekilen akım ve şebeke gerilimi arasındaki zaman farkı güç katsayısını belirlemektedir. Akım ve gerilim arasındaki zaman farkının algılanması için FM350-1 hızlı sayıcı modül kullanılmıştır. Modül girişine sinüzoidal dalgalar uygulandığında zaman farkı yanlış ölçüleceğinden sistemde sıfır geçiş detektörü kullanılmıştır (İrmak v.d., 2011). Sıfır geçiş detektörü ile sinüzoidal yapıdaki akım ve gerilim dalgalarının pozitif kısımları kare dalgalar haline getirilmiştir.

Şekil 3'de akım ve gerilim dalgaları ve sıfır geçiş detektörünün çıkış sinyalleri görülmektedir. Elde edilen kare dalgalar 1 sn boyunca sayılarak sistem frekansı ölçülmüştür. Ayrıca kare dalgalar FM350-1 hızlı sayıcı modüle girilerek iki sinyal arasındaki zaman farkı algılanmıştır. Elde edilen zaman farkı ile güç katsayısı denklem 1 ve denklem 2 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$T = \frac{1}{f} \quad (1)$$

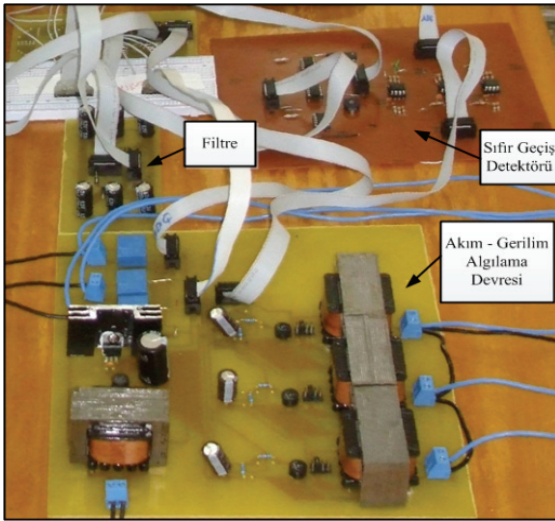
$$\varphi = \left(\frac{t_{V-1}}{4096} \right) \times \left(\frac{360}{T} \right) \quad (2)$$



Şekil 3. Bir faza ait akım-gerilim ve sıfır geçiş sinyalleri.

Denklem 1’de periyot süresi hesaplanmıştır. Kullanılan FM350-1 sayıcısının 1 ms’deki çözünürlüğü 4096’dır. Sayıcının okuduğu zaman farkı (t_v-1) sayıcı çözünürlüğüne bölünerek ms cinsinden zaman farkı hesaplanmıştır. Elde edilen zaman farkı 1 derecelik zaman farkıyla çarpılarak akım ve gerilim sinyalleri arasındaki açısal değer hesaplanmıştır. Açısal değerın cosinus değeri ile güç katsayısı hesaplanmıştır.

Tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilen akım gerilim algılama kartı ve sıfır geçiş devresi Şekil 4’te gösterilmiştir.

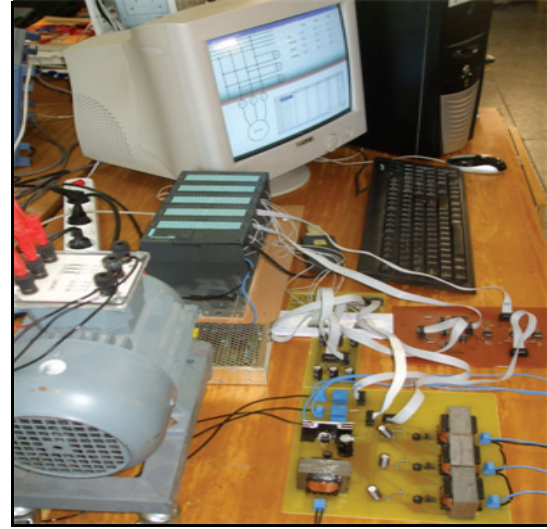


Şekil 4. Akım gerilim okuma kartı ve sıfır geçiş detektörü.

3. SİSTEMİN ÇALIŞMASI

Tasarımı gerçekleştirilen enerji izleme sistemi Şekil 5’te görülmektedir. Güç parametrelerinin algılanması için geliştirilen akım gerilim algılama kartı ile akım ve gerilim bilgileri PLC’nin algılayacağı seviyeye getirilmiştir.

Akım ve gerilimin genliğinin ölçülmesi için elde edilen analog veriler analog-dijital dönüşüm modülüne girilerek sayısal veriler haline getirilmiştir. Sistemde kullanılan SM321 analog-dijital dönüşüm modülünün, 12 bit çözünürlüğe sahip olması ve 8 analog-dijital dönüşüm kanalına sahip olmasından dolayı bütün fazların akım gerilim bilgileri takip algılanabilmiştir. Ayrıca SIEMENS S7 300 serisinde ihtiyaca göre yeni analog-dijital modüllerin kolaylıkla eklenebilmesi sistemin geliştirilmesine olanaklar vermektedir.



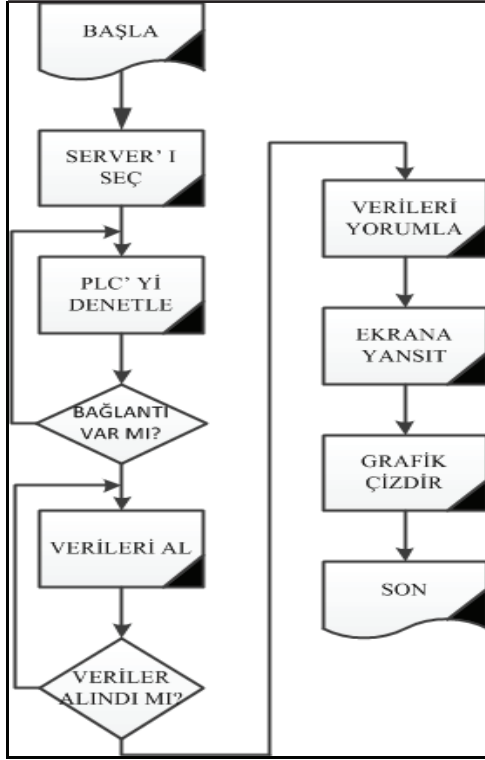
Şekil 5. Tasarlanan enerji izleme sistemi.

Sistemin frekansın algılanması için sıfır geçiş detektörünün çıkışındaki kare dalgalar 1 sn boyunca sayılarak sistem frekansı ölçülmüştür. Sıfır geçiş detektörü çıkışındaki sinyaller arasındaki zaman farkı FM350-1 sayıcı modül ile algılanarak sistemin güç katsayısı hesaplanmıştır. Elde edilen tüm sayısal veriler CPU modüle gönderilmiştir.

Enerji takip sistemlerinde, bilgilerin gerçek zamanlı olarak izlenmesi ve eski bilgilerle karşılaştırılabilmesi, enerjide meydana gelen değişimleri daha iyi takip etme olanağı sağlamaktadır. Bu nedenle, elde edilen sayısal verilerin, veri tabanlarına depolanması gerekmektedir. İşlemci ile ana bilgisayar arasında RS485/RS-232 iletişim protokolü kullanılarak veri iletimi sağlanmıştır. Bilgisayara gönderilen bilgiler Access veritabanına kaydedilmiştir. Veritabanındaki bilgiler, C# programlama dilinde hazırlanan bir arayüz ile grafiklere dönüştürülmüştür. Şekil 6’da C# programlama dilinde hazırlanan arayüzün akış diyagramı gösterilmiştir.

Arayüzde anlık enerji takibi yapılarak her fazın akım ve gerilim bilgileri ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca anlık enerji takibi ile, dengesiz yüklerde meydana gelebilecek aşırı yüklenme, faz kopukluğu v.b arıza durumlarının gözlemlenmesi sağlanmıştır.

Elde edilen akım, gerilim ve güç katsayısı bilgileri ile sinüzoidal sistemin her fazı için aktif, reaktif ve görünür gücü denklem 3,



Şekil 6. C#' ta hazırlanan arayüzün akış diyagramı.

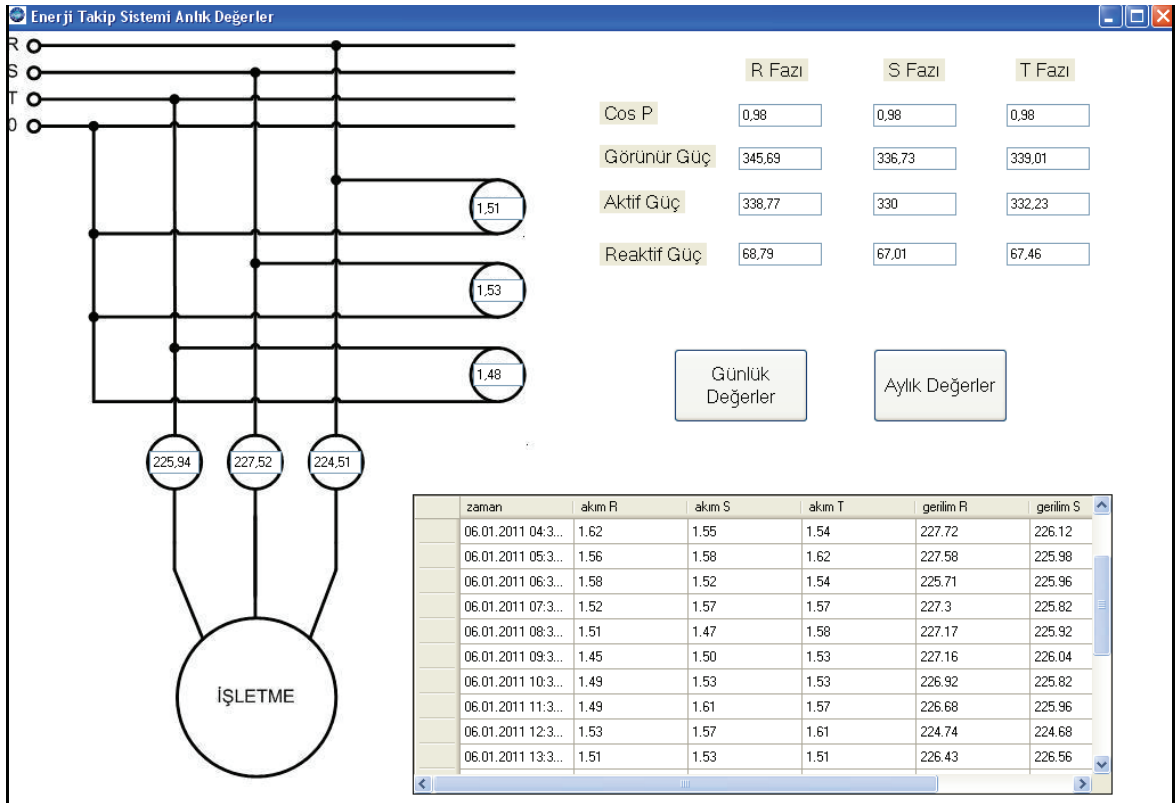
denklem 4 ve denklem 5 ile hesaplanılarak bilgisayar arayüzünde gösterilmiştir. Dengesiz yükler altında çalışan sistemin, toplam aktif, reaktif ve görünür gücü faz güçleri (S, P, Q) toplanılarak elde edilmiştir.

$$S = U_F \times I_F \quad (3)$$

$$P = S \times \cos \varphi \quad (4)$$

$$Q = S \times \sin \varphi \quad (5)$$

Arayüzde gösterilen anlık veriler aynı zamanda Access veri tabanı içerisine kaydedilmiştir. Veritabanı içerisinde iki farklı tablo kullanılmıştır. Veritabanındaki bu tablolara günlük ve aylık enerji bilgileri kaydedilmektedir. Günlük tablo gün içindeki saatlik enerji bilgilerini, aylık tablo ise ay içindeki günlük enerji bilgilerini içermektedir. Şekil 7'de anlık değerler sayfası görülmektedir. Bu sayfada sistemin gerçek zamanlı olarak enerji takibi gerçekleştirilmiştir. Böylece, sistemde meydana gelebilecek aşırı yüklenmeler, faz kopuklukları gibi durumların gözlemlenmesi sağlanmıştır.



Şekil 7. Anlık değerler sayfası.

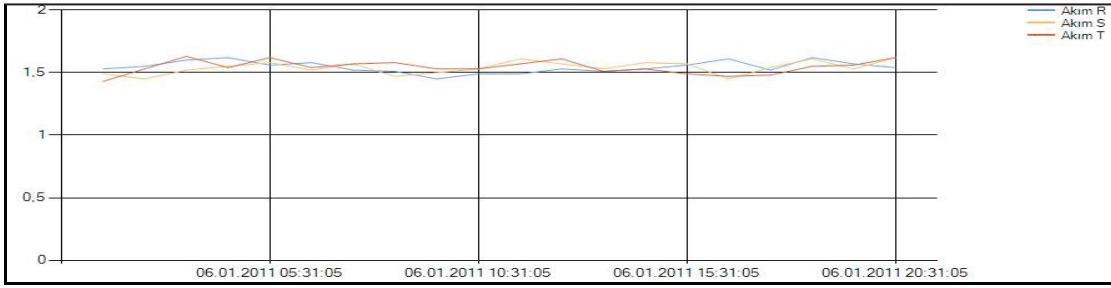
Şekil 8’de günlük gerilim grafikleri gösterilmiştir. Gün içerisinde meydana gelen gerilim değişimleri bu grafik üzerinden izlenebilmektedir. Şekil 9’da günlük akım grafikleri gösterilmiştir. Günlük akım grafiğinde her faza ait akım değişimleri görülmektedir.

Şekil 10’da her faza ait aktif, reaktif ve görünür güç değişimleri günlük olarak gösterilmiştir. Aylık enerji değişimlerin gösterilmesi için veri

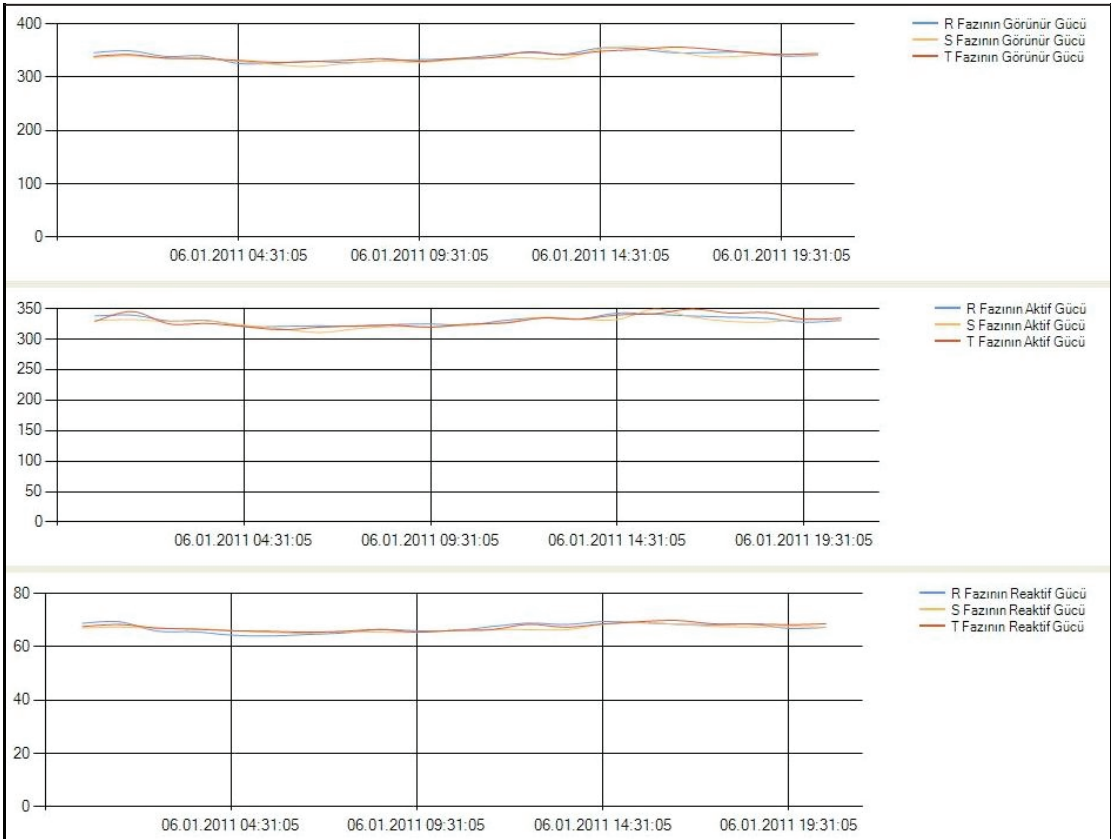
tabanındaki ortalama günlük enerji verileri ile aylık tablosu oluşturulmuştur. Şekil 11’de bir aylık süreçte gerilimlerde meydana gelen günlük değişimler verilmiştir. Şekil 12’de ay içerisinde akımda meydana gelen günlük değişimler gösterilmiştir. Şekil 13’te ay içerisindeki her faza ait güç değişimleri gösterilmiştir.



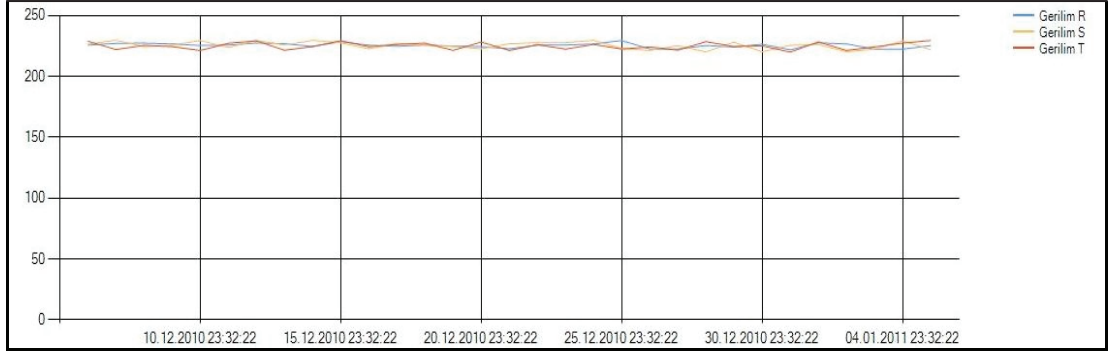
Şekil 8. Günlük gerilim grafikleri.



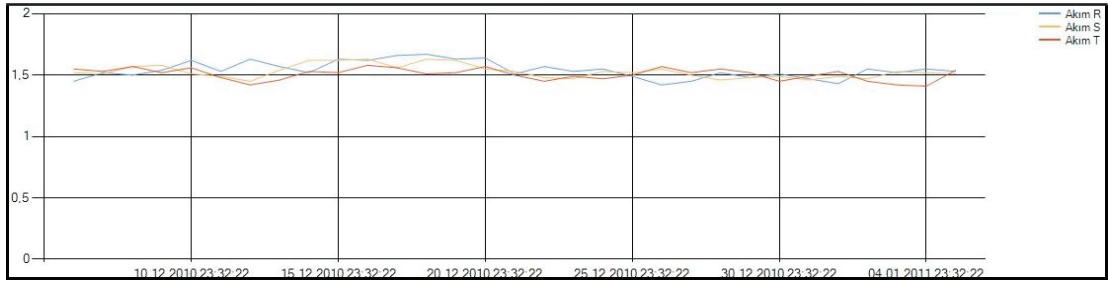
Şekil 9. Günlük akım grafikleri.



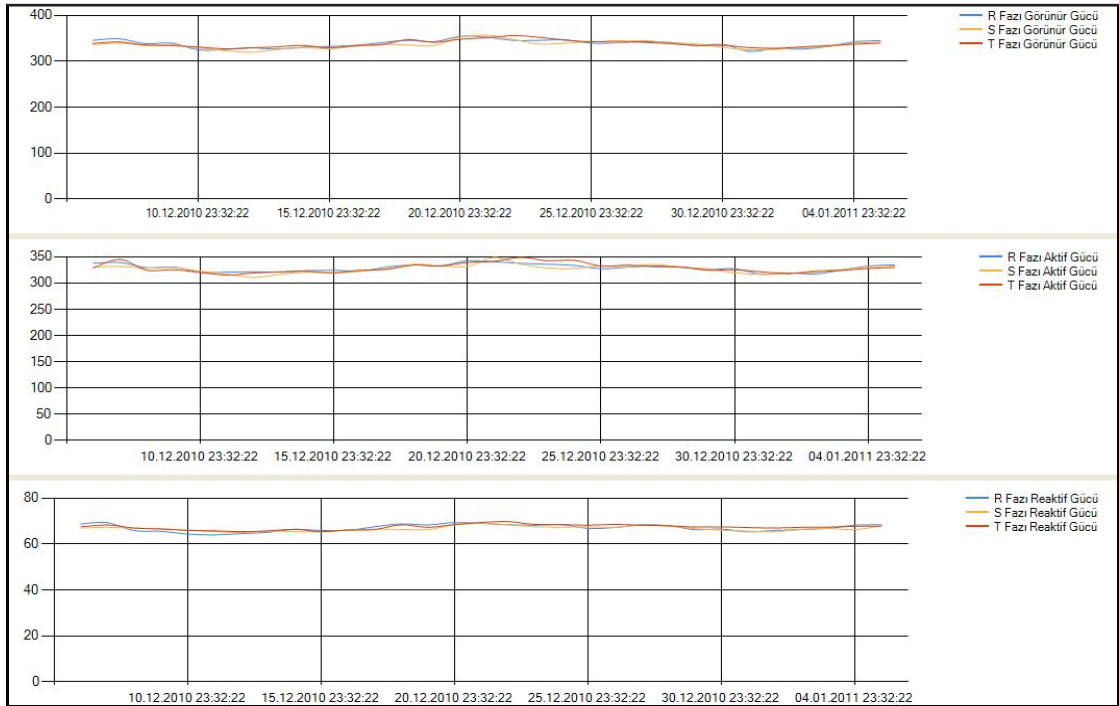
Şekil 10. Günlük güç grafikleri.



Şekil 11. Aylık gerilim grafikleri.



Şekil 12. Aylık akım grafikleri.



Şekil 13. Aylık güç grafikleri.

Oluşturulan enerji takip sisteminde çizdirilen grafiklerin hassas ve yüksek çözünürlüklü olması için alınan verilerin örnekleme hızının yüksek olması gerekmektedir. Bilgisayar ile etkileşimli olarak çalışan bu sistemin hızı ve kalitesi kullanılan kontrolöre bağlıdır. Sistemde;

- İhtiyaca göre modüllerin kolayca genişletilip azaltılabilmesi,
- Analog modülünün giriş sayısının çok olması,
- Birçok Haberleşme ağına bağlanabilmesi (MPI, Profibus ve Ethernet),
- Zengin komut kümesi sayesinde kolayca programlanabilmesi (SCL, Graph), v.b özelliklerinden dolayı S7 300 PLC tercih edilmiştir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada orta ölçekli bir işletmenin enerji takip sistemi gerçekleştirilmiştir. Sistemde kullanılan akım gerilim algılama ünitesi, sıfır geçiş devresi ve S7 300 seti ile sistemin enerji takibinin doğru ve güvenli bir şekilde yapılması sağlanmıştır. Günümüzde yaygın görsel programlama dillerinden olan C# programlama dili kullanılarak veri tabanı ile etkileşimli çalışan bir arayüz oluşturulmuştur. Gerçekleştirilen arayüzde grafiksel işlemler yapılarak işletmelerin enerji kullanımının daha kolay gösterilmesi ve karşılaştırılması sağlanmıştır.

Tüketilen enerjinin anlık izlenmesi sistemde veya şebekede meydana gelebilecek gerilim düşmesi, gerilim yükselmesi, dengesiz yükleme, faz kopukluğu gibi arıza durumlarının anında izlenmesine olanak sağlamıştır. Sistem, enerjinin günlük ve aylık olarak uzun zaman dilimlerinde incelenmesi sağlamaktadır. Böylece işletmeler yoğun çalışma saatlerini enerjinin ucuz olduğu zaman dilimlerini kaydırabilmektedir.

Ayrıca bu çalışma, işletmelerin kullandıkları aktif, reaktif ve görünür güçleri gözlemleyerek enerjiyi daha verimli kullanmaları açısından bilgilendirme niteliği taşımaktadır. Sunulan uygulamada harmonik ölçüm ve analizi ile ilgili bir çalışma yapılmamış olmakla birlikte, sistemin ileride yapılacak genişletmelerle hem her türlü şebeke (ac veya dc) altında çalışabilecek

hem de harmonik analizi yapabilecek şekilde geliştirilmesi planlanmaktadır.

5. KISALTMALAR

P	: Bir fazın aktif gücü,
S	: Bir fazın görünür gücü,
Q	: Bir fazın reaktif gücü,
UF	: Faz gerilimi,
IF	: Faz akımı,
ϕ	: Faz farkı,
f	: Frekans,
T	: Periyot süresi,
t_{v-i}	: Akım ve gerilim arasındaki zaman farkı.

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı 07/2011-05 kodlu proje ile destekleyen Gazi Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Destekleme Fonu'na teşekkürlerimizi sunarız.

7. KAYNAKLAR

Bayındır, R., Demirbaş, Ş., Bektaş, A. ve Çolak, İ. 2008. Bir endüstriyel işletmede elektrik enerjisinin izlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 24 (1-2), 154-164.

Bayındır, R., Sağıroğlu, Ş., Çolak, İ. ve Özbilen, A. 2009. İzlenebilir elektrik enerjisi dağıtım sisteminin bilgi güvenliği açısından endüstriyel risklerinin araştırılması ve çözüm önerileri. G.Ü. Müh.-Mim. Fak. Dergisi. 24 (4), 715-723.

Demirbaş, Ş. ve Bayhan, S. 2009. Güç sistemlerinde harmoniklerin gerçek zamanlı ölçüm ve analizi. G.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi. 24 (3), 461-468.

Figueiredo, J. M. and Sada Costa, J.M.G. 2008. "An Efficient System to Monitor and Control the Energy Production and Consumption" Electricity Market, 28-30 May 2008 Lisbon, pp. 1-6.

Irmak, E., Colak, I., Kaplan O. and Guler, N. 2011. "Design and Application of a Novel Zero-Crossing Detector Circuit" Power Engineering, Energy and Electrical Drives, 2011 International Conference on, 11-13 May 2011 Malaga, Spain, pp. 1-4.

- Kesler, M. ve Özdemir, E. 2009. “Bilgisayar ve DSP Destekli Harmonik Analiz Sistemi Geliştirilmesi ve Birleşik Güç Kalite Düzenleyicisine Uygulanması” 3. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, 21-22 Mayıs 2009 Kocaeli. pp. 313-317.
- Koçyiğit, F., Yanıkoğlu, E., Yılmaz, A.S. and Bayrak, M. 2008. “Bir Tekstil Endüstrisinde Enerji Kalitesi Ölçümleri ve Enerji Kalitesizliğinin Tesise Maliyeti” Elektrik-Elektronik Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 26-29 Kasım 2008 Bursa, pp. 192-196.
- Lang, A. and Weiss, H. 2006. “Portable Three Phase Energy Consumption Acquisition System” Power Electronics and Motion Control Conference (EPE-PEMC), 30 Aug. 2006-1 Sept. 2006 Portoroz, pp. 1330-1334.
- Özdemir, A. T. ve Danışman, K. 2005. “Gprs Üzerinden Web Tabanlı Bölgesel Enerji Takip Sistemi” III. Otomasyon Sempozyumu ve Sergisi, 11-12 Kasım 2005 Denizli, pp. 63-67.
- S7-300 Counter module FM 350-1 Manual SIMATIC, LadderLogic (LAD) for S7-300 and S7-400 Programming, Reference Manual.
- Wang, L. and Liu, K. 2007. “Implementation of a Web-Based Real-Time Monitoring and Control System for a Hybrid Wind-PV-Battery Renewable Energy System” Intelligent Systems Applications to Power Systems, 5-8 Nov. 2007 Toki Messe, Niigata, pp. 1-6.
- Xupeng, C. and Xiu, J. 2010. “Application of the Wireless Sensor Network Topology Based on the Power Acquisition System” International Conference on Electrical and Control Engineering (ICECE), 25-27 June 2010 Wuhan. pp. 2671-26.
- Yılmaz, A.S. ve Görmemiş, M. 2006. Enerji analizörleri için geliştirilen delphi tabanlı bir enerji izleme yazılımı, PAÜ., Müh. Fak., Müh. Bilimleri Dergisi, 12 (3), 359-368.
- Yingkayun, K. and Premrudeepreechacharn, S. 2008. “A Power Quality Monitoring System for Real-Time Detection of Power Fluctuations” 40th North American Power Symposium (NAPS), 28-30 Sept. 2008 Calgary, pp. 1-5.