

# ENERJİ ANALİZÖRLERİ İÇİN GELİŞTİRİLEN DELPHI TABANLI BİR ENERJİ İZLEME YAZILIMI

A. Serdar YILMAZ\*, Murat GÖRMEMİŞ\*\*

\*Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Elk.-Elt. Müh. Bölümü, Kahramanmaraş

\*\*Göksu EDAŞ Müessese Müdürlüğü, Kahramanmaraş

Geliş Tarihi : 23.03.2006

## ÖZET

Bu makalede, enerji analizörleri için geliştirilen Delphi tabanlı bir arayüz yazılımı sunulmaktadır. Güç analizöründen elde edilen elektriksel büyüklüklerin gerçek zamanlı olarak bilgisayara aktarılması bu yazılım yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca geliştirilen yazılım ile analizörden alınan akım, gerilim, güç, harmonik distorsiyonu vb büyüklüklerin gerçek zamanda kaydedilmesi ve kaydedilmiş verilerin karşılaştırmalı olarak grafik halinde gösterilmesi mümkündür. Sunulan yazılım Merlin Gerin Powerlogic PM 800 güç analizörü için geliştirilmiştir ve ayrıca Modbus protokolünü kullanan farklı marka ve modeller içinde kullanılabilir. Önerine yazılım maksimum 256 cihaz arasında haberleşme ve izlemeye imkan tanımaktadır. Veri tabanına kaydedilen veriler, kullanıcı tarafından istenen zaman aralığında tablo ve grafiksel olarak görüntülenmesi yapılabilmektedir. Çalışmada hızlı ve esnekliğinden dolayı Borland Delphi V.7.0 yazılımı tercih edilmiştir. Geliştirilen yazılım enerji dağıtım otomasyonunda, enerji akışı ve enerji kalitesi takibinde kolaylıkla kullanılabilir olup, kullanımı kolay ve pratiktir.

**Anahtar Kelimeler :** Enerji izleme, Enerji dağıtım, Modbus, Seri haberleşme

## A DEPLHI BASED POWER MONITORING SOFTWARE DEVELOPED FOR ENERGY ANALYZERS

### ABSTRACT

In this paper, a Delphi based interface software developed for energy analyzers is presented. Transferring the electrical parameters which is read from the energy analyzer to the computer in real-time has been achieved by using the developed software. It is also possible to record the parameters such as current, voltage, power, harmonic distortion and etc in real-time and to illustrate these recorded parameters in comparison with each other and graphically. Presented software is developed for Merlin Gerin Powerlogic PM 800 power analyzers and also it is usable for different trademarks and models which use Modbus protocol. Proposed software permits intercommunication and observation between maximum 256 devices. Recorded data can be monitorized in table and graphic form for requested time and date intervals by the users. In the study, Borland Delphi v.7.0 is preferred due to flexible and fast. Developed software can be easily used for energy distribution automation and monitoring of the power flow and power quality and also it is a user friendly interface.

**Key Words :** Energy observing, Power distribution, Modbus, Serial communication

### 1. GİRİŞ

Enerji dağıtım şebekelerindeki en önemli konuların başında güç, akım ve gerilim gibi önemli büyüklüklerin değişimlerinin sürekli olarak izlenmesi ve gerek geçici halde gerekse sürekli halde oluşan değişimlerin çok kısa bir zaman içerisinde

fark edilmesi gelmektedir. Günümüzde elektrik şebekelerinin genişlemesi ve çok sayıda cihazın yanında bir çok tüketiciyi de içermesi izlemenin gerekliliğini arttırmaktadır. Bununla birlikte güç sistem mühendisleri ve şirketleri için önemli zorunluluk kaliteli enerji üretme ve dağıtım problemidir. Bunun getirdiği bir sonuç olarak, başta

dağıtım sistemlerinde olmak üzere bazı kalite faktörlerinin takip edilmesi gerekmektedir.

Özellikle enerji kalitesizliğinin en çok yaşandığı dağıtım sistemleri için hem enerji izlemesi ve hem de Toplam Harmonik Distorsiyonu (THD) ölçümleri oldukça önemli ve gereklidir. Enerji kalitesi standartları akım ve gerilim için THD değerlerini belli değerler içinde sınırlamıştır. Bu amaçla hem dağıtım şirketleri için ve hem de fabrika içi otomasyonu için, elektriksel büyüklüklerin gözlenmesi ve bunun gerçek zamanda yapılması gerekmektedir (Görmemiş 2006, Arifoğlu 2002, Anonim 2004a)

Bu çalışmada, elimizde bulunan Merlin Gerin marka Powerlogic PM800 tipi bir güç analizörü için geliştirilen ancak farklı marka ve modeldeki analizörlere de kolayca uyum sağlayabilen bir enerji izleme yazılımı ve gerçekleştirilen ölçüm uygulamaları sunulmaktadır.

Söz konusu analizör, iletişim protokolü olarak Modbus'ı kullanmaktadır. Modbus, endüstriyel alandaki iletişim ihtiyacını karşılayan en eski seri iletişim protokollerinden biridir. PLC (Programmable Logic Controller) sektörünün ilk ve en güçlü imalatçılarından olan Modicon firması tarafından kendi ürünleri arasındaki iletişimi sağlamak üzere 1978 yılında geliştirilmiştir. Zamanla PLC sistemler arasında veri transferi ve bilgi alışverişini sağlayan standart bir iletişim protokolü olarak sektörde yerini almıştır. Modicon'a rakip pek çok endüstriyel kontrol cihazı imalatçısı kendi iletişim protokollerinin yanı sıra Modbus iletişim desteğini de vermektedirler (Anonim 2004b, Ano., 2001).

Modbus protokolü, günümüzde herhangi bir PC veya küçük bir mikroişlemci ile birlikte kullanılabilen ve sağlam geçmiş ve basit altyapısıyla artan sayıda imalatçı tarafından desteklenmekte ve mevcut pek çok endüstriyel sistemle iletişim kurabilmektedir.

Geliştirilen yazılımın en büyük üstünlüğü register adresleri ve ID'si belli olan bütün Modbus protokolü kullanan cihazlarla haberleşebilmesidir. Bunun için programda register adreslerinin değiştirilmesi yeterlidir. Geliştirilen program, Borland Delphi 7.0'da yazılmıştır. Haberleşme için bilgisayar üzerinde RS-232 portundan, RS-232/485 dönüştürücü donanımından ve analizörün RS-485 portundan faydalanılmıştır. Program, Delphi sayesinde esnek bir yapıda dizayn edilmiştir. Haberleşme ayarları program içerisinden kullanıcı tarafından yapılabilmektedir (Görmemiş 2006, Axelson 2000, Demirli ve İnan 2003).

Program analizörden almış olduğu verileri bilgisayar hafızasına istenilen zaman aralığında kaydedebilme yeteneğine sahiptir. Söz konusu veriler Interbase veri tabanında saklanmaktadır. Interbase veritabanının özelliği kendisine bağlı bulunan bütün tabloları tek bir veritabanında dosyası içinde muhafaza etmesidir. Küçük disk alanı gerektirmekte ve çok miktarda veri üzerinde yüksek performans göstermektedir. Çalışmada kullanılan enerji analizörü Modbus RTU desteklemektedir. Bu protokol ile, ağ üzerinde 256 cihaza kadar destek vermek mümkündür. Ağ üzerinden veri alınabilecek her bir cihaz ile program sayesinde sadece cihaz ID'sini girip veri alınabilir ve veri gönderilebilir. Yazılmış olan program Modbus protokolü çerçevesinde Dairesel Fazlalık Denetimine (Circular Redundancy Check, CRC) gönderir ve gelen CRC yi kontrol eder. Yanlış yapılmış haberleşmeye kesinlikle izin vermez. Bu bakımdan güvenli bir programdır.

Geliştirilen yazılım, kullanılan analizöre göre esneklik göstermektedir. Farklı marka ve model analizörlere de uyum sağlayabilen program gerek enerji dağıtım şirketlerinde ve gerekse fabrikalarda küçük değişiklikler ile kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Geliştirilen yazılım kullanılan analizörün özelliklerine çok bağlıdır. Analizörün ölçtüğü büyüklüklere göre küçük değişiklikler yapılabilmektedir.

## 2. YAZILIM İLE CİHAZ ARASINDAKİ HABERLEŞME

### 2. 1. RS232-RS434 Haberleşme Arabirimleri

RS-232 son yıllarda oldukça popüler ve yaygın bir haberleşme arabirimi olarak kullanılmaktadır. Masaüstü bilgisayarlarda, yazıcılarda, veri toplama modüllerinde, test cihazlarında ve kontrol devrelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. RS-232 iki cihaz arasında bilgi alışverişine yönelik olarak tasarlanmıştır.

RS-232'nin başlıca üstünlükleri şu şekilde verilebilir.

- Çok yaygındır. Her PC'de en az bir RS-232 portu bulunur.
- Mikrokontrolörde, arabirim yongaları bir 5 V seri portu RS-232 ye çevirebilirler.
- 2- yollu bir link için sadece üç tele ihtiyaç vardır. Paralel linkte sekiz adet veri hatıyla iki ve daha fazla kontrol sinyali ve birkaç da toprak hattı bulunur.

Dezavantajları ise şunlardır:

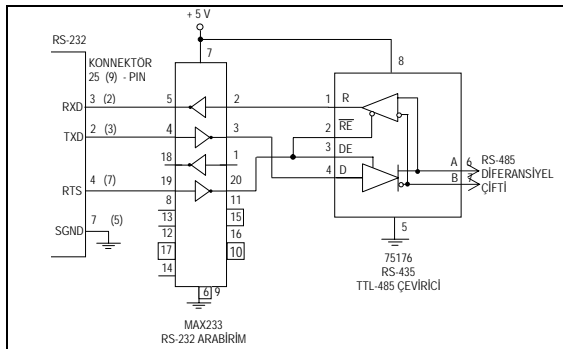
- Linkin karşı ucu paralel veri gerektiriyorsa, gelen veriyi paralel veriye dönüştürmek zorunda kalacaktır.
- Belirlenen en yüksek hız 20,000 bps'dir. Oysa, genellikle kısa linklerde, bunun üzerine çıkan, pek çok arabirim bulunmaktadır.
- Çok uzun linklerde farklı arabirim gerekebilir.

Daha yüksek hız, daha uzun link ve daha çok düğüm olması halinde RS-485 dengeli arabirimi bir çözüm olarak sunulmaktadır. RS-232'den daha yüksek hızlarda ve uzak mesafelerde veri transferi gerektiğinde çözüm RS-485 arabirimidir. RS-485'li linkler iki cihazla sınırlı değildir. Mesafeye, bit hızına ve arabirim yongalarına bağlı olarak sayıları 256'ya varabilen düğüm bir linkle bağlanabilir.

RS-435 arabirimin RS-232'ye göre üstünlükleri şunlardır :

- Maliyeti düşüktür. Sürücülerini ve alıcıları pahalı değildir. +5V ya da daha düşük güç kaynağıyla çalışırlar. Böyle bir kaynakla, farksal çıkışlarda gereken minimum 1.5 V'luk farkı üretebilirler. RS-232'nin  $\pm 5V$ 'luk minimum çıkışı,  $\pm$  gerilimli bir güç kaynağını ya da bunları türeten daha pahalı bir arabirim yongası gerektirir.
- İki cihazla sınırlı olmayışı RS-485'nin çok sayıda sürücüsü ve alıcısı olmasını sağlar. Yüksek empedanslı sürücülerle bir RS-485 256 düğümlü olabilir.
- Saniyede 10 Megabit hız mümkündür. Bit hızı kablo boyu ilişkilidir. Seri arabirimleme kullanılması yanında RS-485, farksal SCSI gibi hızlı paralel arabirimlerde de kullanılabilir.

RS-232'nin yaygınlığı nedeniyle, mevcut RS-485 linklerin çoğu RS-232'nin dönüştürülmesiyle kurulmuş linklerdir. PC'de bulunan boştaki bir RS-232 portunun harici bir dönüştürücü ile (bkz. Şekil 1), RS-485'e çevrilmesi yeni bir RS485 kart almaya göre oldukça ucuz ve pratik bir yöntemdir (Anonim 2004b, Axelson 2000).

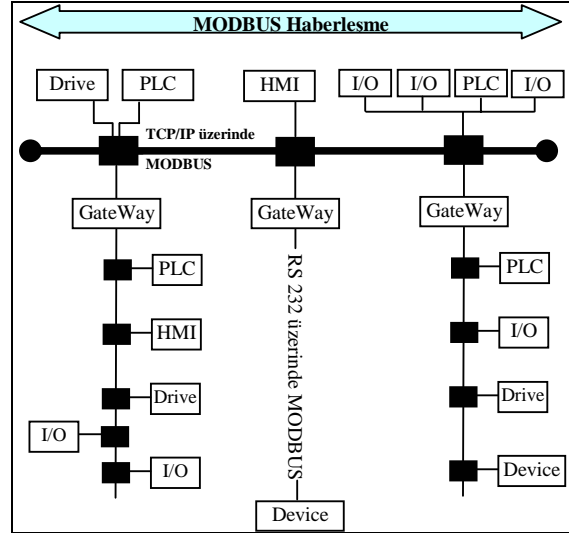


Şekil 1. RS-232 ve RS-485 dönüştürme devresi.

Bu çalışmada kullanılan analizörlerin RS-485 ile haberleşmesi çok sayıda cihazı aynı anda kullanabilme imkanı vermektedir. PC haberleşmesi içinde yaygın olan RS-232 tercih edilmiştir. Bu yüzden aşağıdaki şekilde verilen dönüştürüye gerek duyulmuştur.

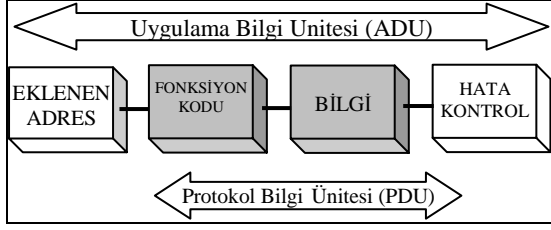
## 2. MODBUS HABERLEŞME PROTOKOLÜ

Modbus, haberleşme protokolünün OSI modelinin 7. seviyesindeki uygulama katmanıdır ve network üzerindeki çeşitli cihazlar arasındaki client/server haberleşmeyi sağlar (Anon., 2004b). Modbus protokolü, ağ mimarilerinin bütün tiplerinde kolay haberleşme yapılmasına izin veren bir yapıya sahiptir. Ağ mimarisi Şekil 2'de verildiği gibidir.



Şekil 2. Modbus ağ mimarisi.

Şekil 2'de görülen her bir cihaz (PLC, HMI, Control Panel, Driver, I/O Device..) uzaktan haberleşme başlatmak için Modbus protokolü kullanabilme yeteneğine sahiptir. Aynı haberleşme Ethernet TCP/IP ağlarında seri hat üzerinden de yapılabilir. Gateway'ler birçok farklı veri yolu veya ağın tek bir Modbus protokolünde haberleşmesine izin verirler. Modbus protokolü haberleşme katmanlarının altında bağımsız basit bir protokol bilgi birimi (PDU) tanımlar. Modbus protokol çerçevesi PDU nun üzerine birkaç ek alan tanımlayabilir. Tanımlanan tüm çerçeve ise uygulama birim ünitesidir. Şekil 3'te Modbus için genel bir uygulanma protokolü çerçevesi görülmektedir.



Şekil 3. Genel Modbus protokol çerçevesi.

### 3. GELİŞTİRİLEN ENERJİ GÖRÜNTÜLEME YAZILIMI

Bu çalışmada kullanılan Merlin Gerin marka Powerlogic PM800 enerji analizörü, endüstride ve elektriksel ölçümlerin gerekli olduğu her yerde yaygın olarak kullanılan bir cihazdır. 63. harmoniğe kadar gerçek rms ölçümleri yapan cihazda akım ve gerilim için toplam harmonik distorsiyonları ölçülmektedir. Ayrıca akım, gerilim, güç, güç faktörü, enerji ve frekans ölçümü de mümkündür. Faz-nötr ve faz-faz büyüklükleri ölçülmektedir. Cihaz 0-600 V giriş gerilimi ile 0-347 giriş akımı (primer) na kadar ölçüm yapabilmektedir. Daha yüksek değerlerde akım ve gerilim transformatörleri gerekmektedir. Haberleşme hızı aynı anda ölçülen bilgi sayısına göre değişmekle beraber en uygun hız 9600 baud olarak tespit edilmiştir. Şekil 4'te analizörün genel bir görüntüsü verilmektedir. Cihaz üzerindeki butonlar ile yapılan tüm ölçüm değerleri LCD ekran üzerinde gösterilmektedir. Yazılım akış şeması Şekil 5'te verilmiştir.

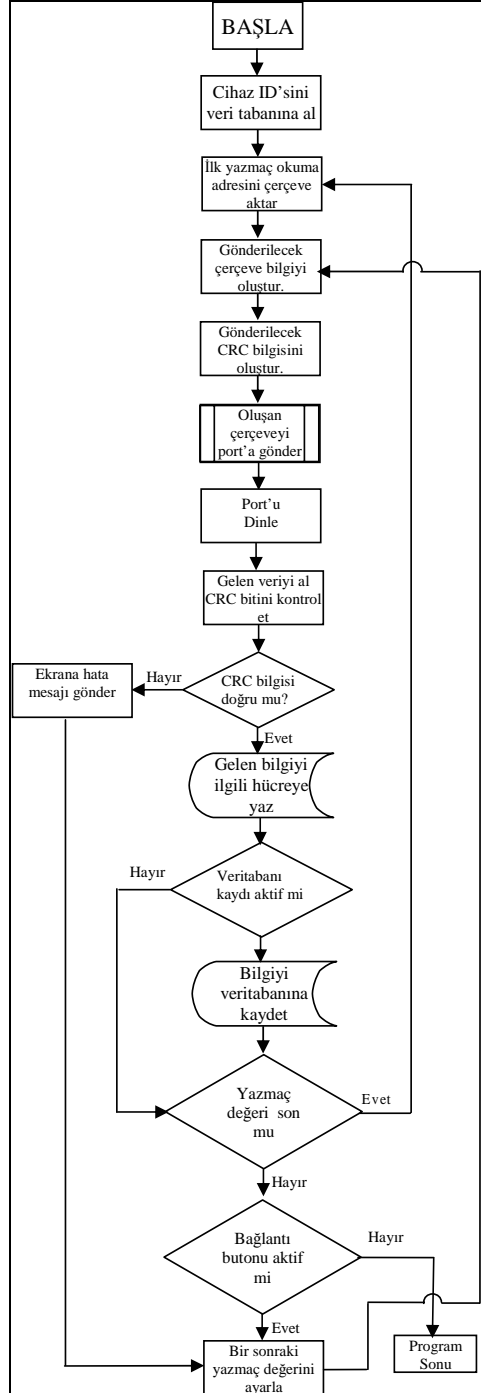


Şekil 4. PM800 analizör genel görünümü (Anon., 2003).

Uygulama çalıştırılmadan yapılması gerekenler aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Modbus'ta haberleşecek cihazın ayar parametreleri girilir (özellikle haberleşme parametreleri)
- Analizörün donanımsal bağlantıları yapılır.
- Analizörün enerjisi verilerek (besleme ünitesinden) çalışma durumu izlenir.

- PC üzerindeki program çalıştırılmadan önce konverter devre ile arasındaki bağlantı yapılır.
- Konvertere enerjisi verilir.
- Konverter ile analizör arasındaki bağlantı yapılır.
- PC üzerinden program çalıştırılır.
- PC ayar parametreleri girildikten sonra, veri akışı (istenen registerlara ait) ekran üzerinden izlenir.
- Kayıt butonuna basılmasından itibaren ise istenen aralıkta verinin kaydı sağlanır.



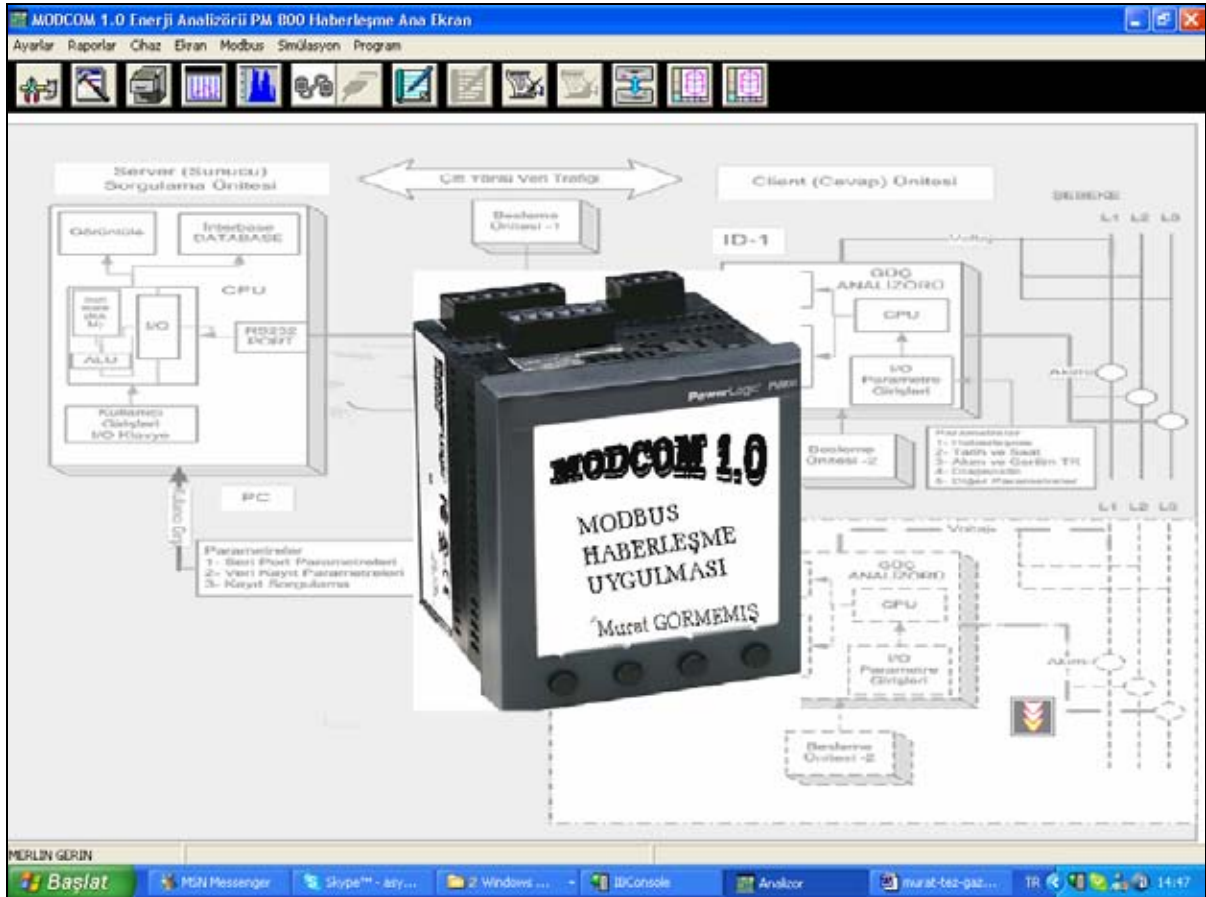
Şekil 5. Program akış diyagramı.

Ölçüm işlemlerinde gerilim ve akımlar ölçü transformatörleri üzerinden algılanmıştır. Dışardan alınan akım ve gerilim değerleri analizörün merkezi işlem birimi (CPU) ünitesine içerisinde bulunan I/O ünitesi sayesinde gelir. Analizör CPU'su kendisine gelen bu bilgileri daha önce kullanıcı tarafından kendisine girilmiş olan ayar parametrelerini de hesaba katarak (akım ve gerilim trafo oranları, şebeke frekansı vb.) değerlendirmesini yapar. CPU gelen bu değerleri içerisinde bulunan yazmaçlarına (register) kaydeder. O anki görüntüleme ayarlarına göre ise istenen bilgileri ekranına çıkış vererek görüntüler. Cihazdan okuma kısmı ise Modbus protokolü çerçevesinde analizörün kendi hafızasındaki yazmaçlara kaydettiği değerlerin okunması ile mümkün olur. Analizör kendisinden istenen bilgileri iç yapısında bulunan haberleşme ünitesi sayesinde dış dünya ile haberleşmesini sağlar. Arada mevcut bulunan konverter çift yönlü olarak çalışır. Analizörden kendisine gelen RS-485

protokolünü önce TTL sinyallerine çevirir daha sonra kendi içerisinde bulunan tüm devre sayesinde TTL sinyallerini RS-232 protokolüne çevirir ve PC'ye gönderir.

Bu çevirme işlemi ters yönden de gerçekleşir. RS-232 portundan PC'ye gelen bilgiler ekran üzerinde gerçek zamanda olarak yansıtılır. Ve aynı zamanda Interbase veritabanı kullanılarak kullanıcı ayar değerlerine göre bilgisayara kaydı sağlanır.

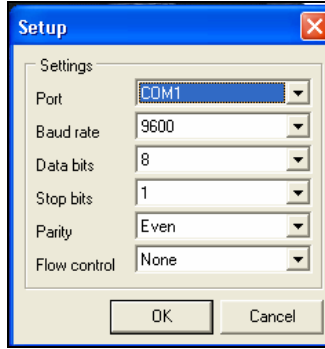
Program ana menüsü, Şekil 6'da görülmektedir. Ölçüme başlanmadan önce ana menüden cihaz algılaması yapılmalıdır. Şekil 7'deki pencereden cihaz adı ve numarası (ID number) verilerek cihaz yazılıma tanıtılır. RS-232 ayarları ve veri tabanı kayıt ayarı ise Şekil 8'de görülen pencerelerden sağlanabilmektedir. Anlık ölçüm ekranı ise Şekil 9'da görülmektedir.



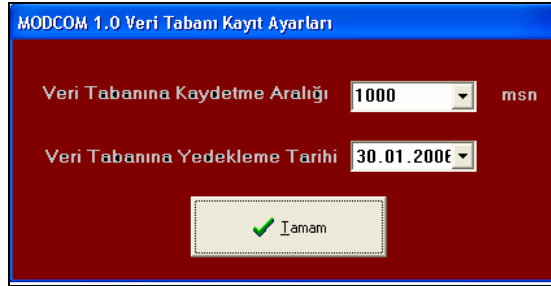
Şekil 6. Program ana sayfa.



Şekil 7. Cihaz tanımlama penceresi.

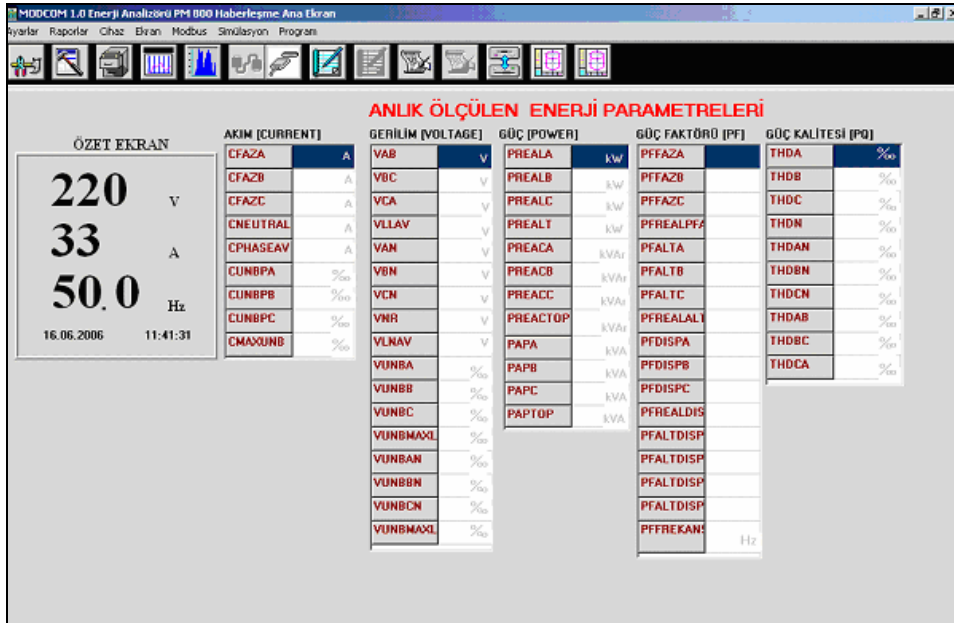


(a)



(b)

Şekil 8. (a) RS-232 ayarlama penceresi, (b) Veri tabanı kayıt ayar penceresi.



Şekil 9. Anlık ölçülen parametreler ekranı.

Her bir parametre grafiği değişik renklerde gösterilmiştir. Eksen değerleri değiştirildiğinde “Grafik Değerleri” butonuna, tarih ve zaman değerleri değiştirildiğinde ise “Tarih ve Zamanı” butonuna basılır.

Ekranın sağ üst köşesinde bulunan butonlar yazıcıya gönderme butonlarıdır. Yazıcıya burada grafiği yatay ve dikey olmak üzere iki şekilde göndermek mümkündür.

Grafik ekranı, kısa yol tuşlarından grafik tuşuna basıldığında gözükür. Bu ekranda daha önce kaydedilen verilerin grafikleri çizdirilebilir. Burada kullanıcı tarafından yatay ve dikey eksen parametreleri, istenilen tarih aralığı, istenilen zaman aralığı ve değerlerde etiket bilgisinin olup olmayacağı gibi seçenekler belirlendikten sonra grafik çizdirilebilir.

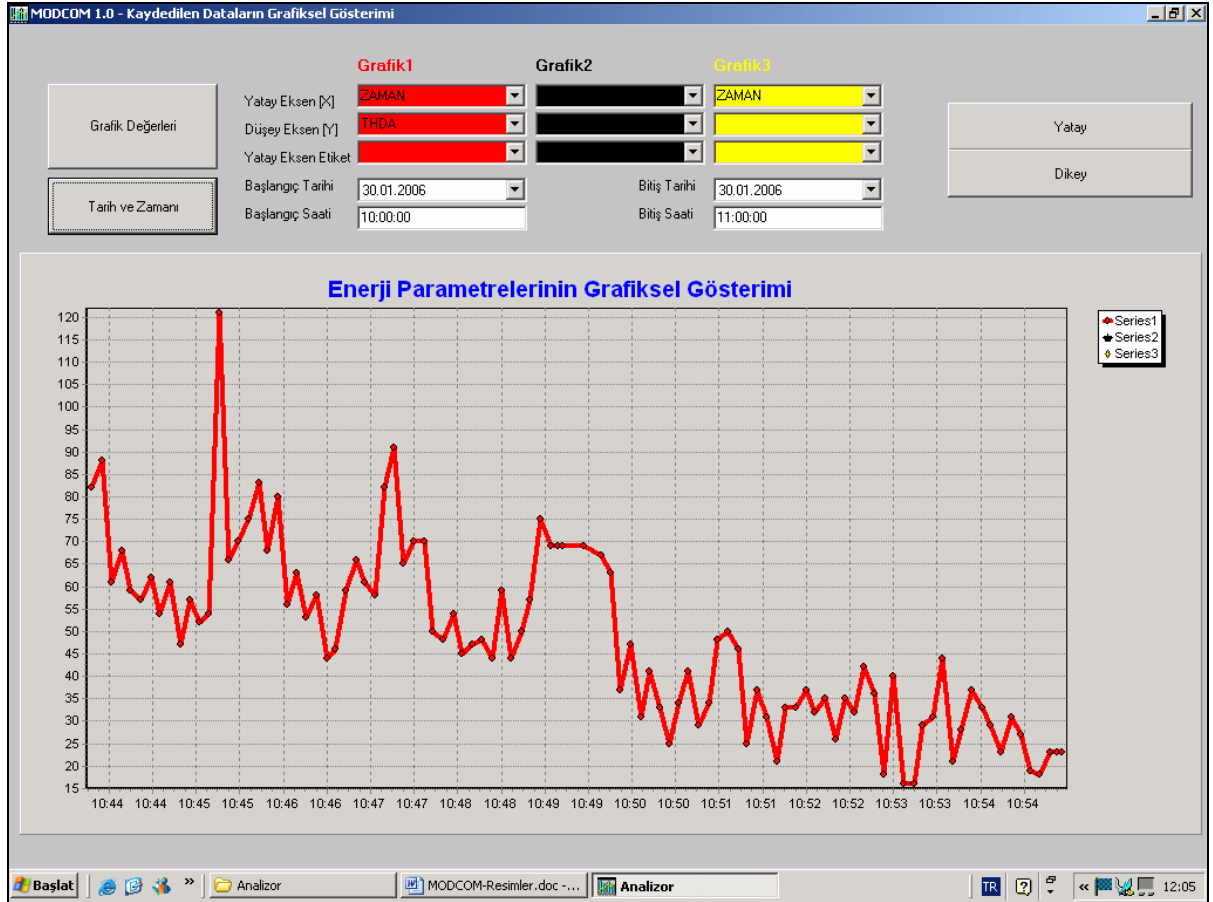
Ayrıca istendiği takdirde aynı anda üç farklı parametrenin karşılaştırılması yapılabilir. Cihaz ana menüsünden, analizöre bağlan alt menüsü seçildiğinde cihaz bağlantısı yapılmış olup, haberleşme başlar. Haberleşme ekranı Şekil 11’deki

gibidir. Ekranı cihazdan alınan 68 değişik verinin gelmesi sağlanır. Bu veriler akım, gerilim, güç, güç faktörü ve THD olmak üzere 5 ana kategoriye ayrılmıştır.

Alınan veriler istenildiği takdirde veritabanına kaydı yapılabilir. Verilerin veri tabanına kaydı için veri tabanına bağlan kısayol menüsünden faydalanılır. Verilerin veri tabanına kaydını durdurmak için ise veritabanının kısa yol menüsünden faydalanılır.

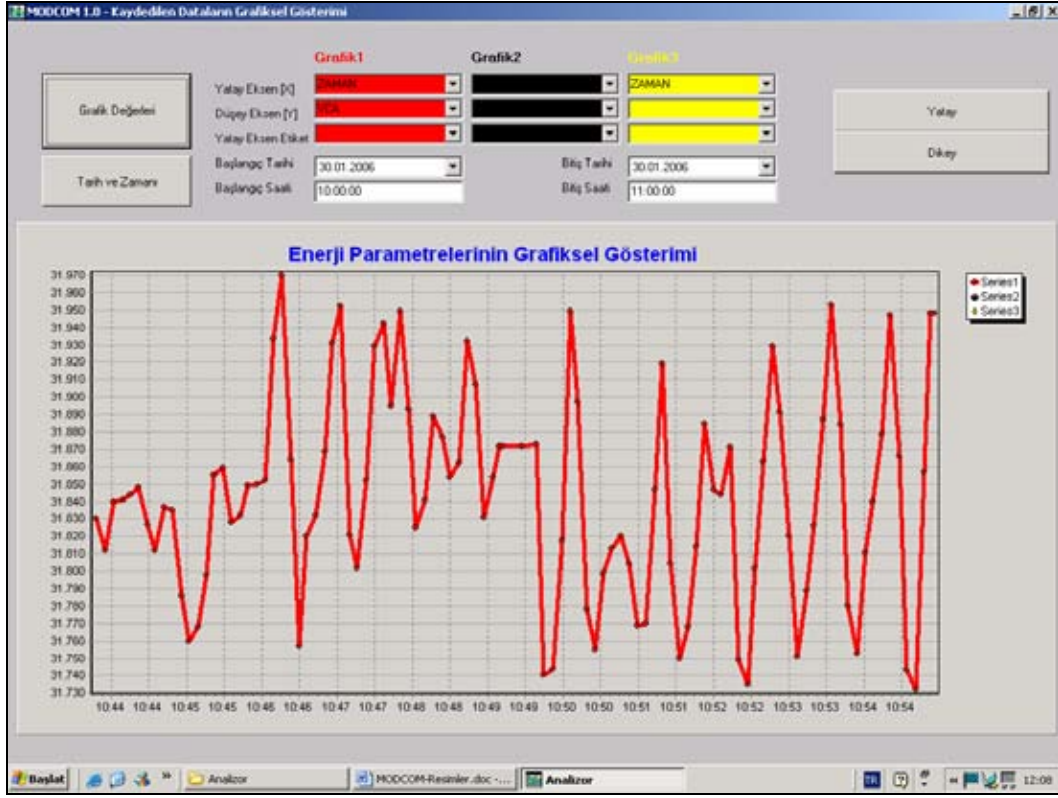
#### 4. YAPILAN ÖLÇÜMLER

Yapılan uygulamada, GÖKSU EDAŞ Dağıtım şirketinin Küçük sanayi sitesinde bulunan 31.5/0.4 kV dağıtım trafosunun OG tarafında ölçümler yapılmıştır. Aşağıdaki şekillerde sırasıyla A fazı toplam harmonik distorsiyonu, faz-faz etkin gerilim değişimleri, faz akımı ile tek faza ait görünür güç değeri ölçümlerinin grafik ekran çıktıları verilmiştir.

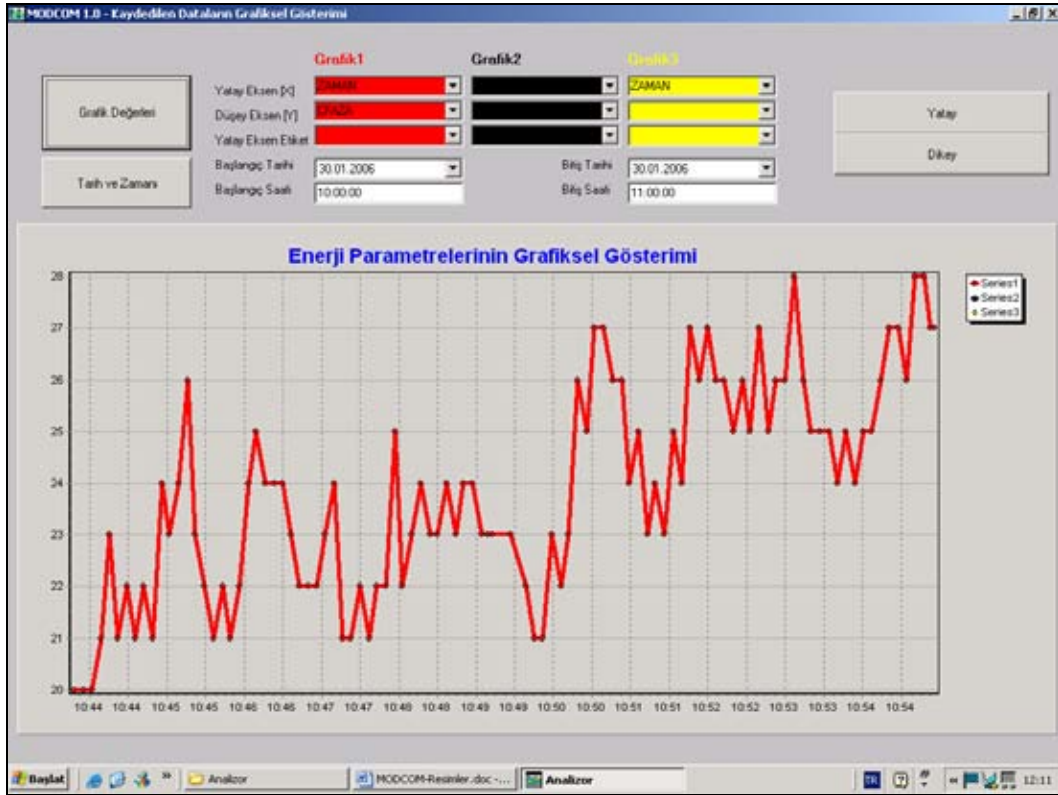


Şekil 10. A Fazı toplam harmonik distorsiyonu (binde olarak).



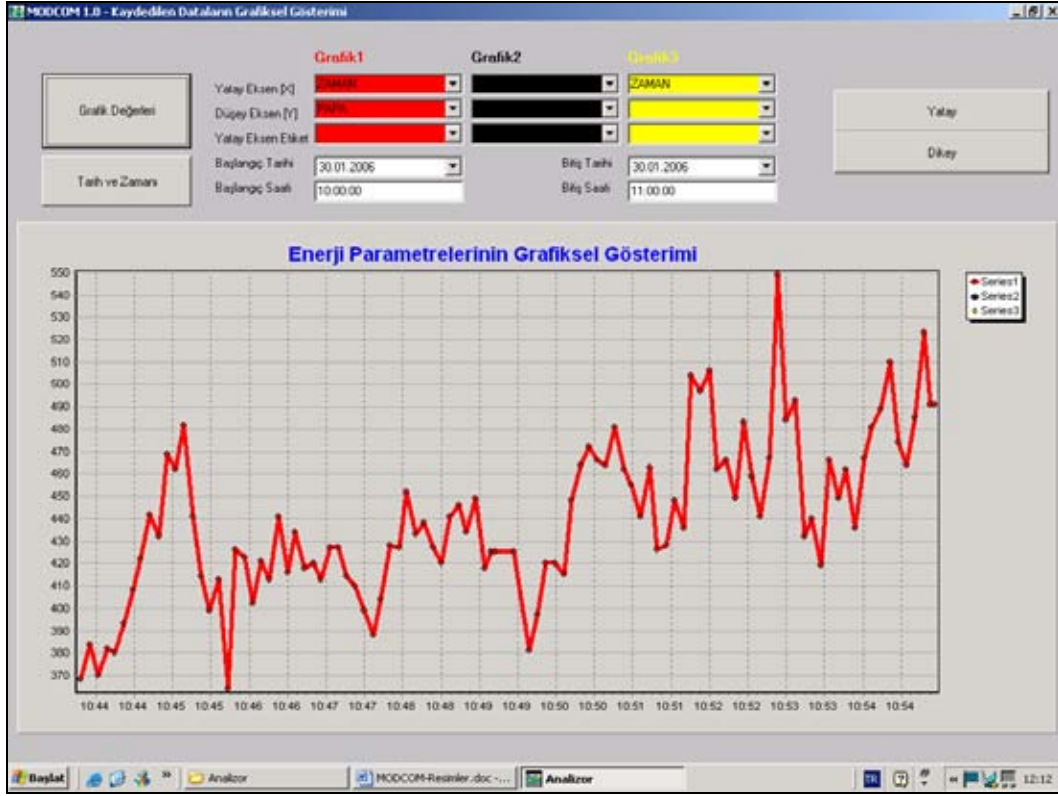


Şekil 11. Faz faz gerilimi etkin değeri (kV).



Şekil 12. Faz akımı etkin değeri (Amper).





Şekil 13. Tek faza ait görünür güç değişimi (kVA).

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada geliştirilen enerji izleme yazılımı gerek sanayide ve gerekse enerji dağıtım şebekelerinde kolaylıkla kullanılabilir bir program olup, esnek ve yeni koşullara uyarlanabilmektedir. Sadece elektriksel büyüklükler değil aynı zamanda sıcaklık, basınç, vb fiziksel büyüklükleri de izlemek mümkündür. Bunun için Modbus protokolü ile kullanılabilen bir ölçüm cihazı yeterli olacaktır.

Çalışmada, analizör sadece ölçme işlevini yerine getirmektedir. Geliştirilen yazılım, ölçmede kullanılan analizörün okuduğu ve yazmaçlarına yazdığı her türlü bilgiyi ekrana çıkartan ve bu bilgileri veri tabanına kaydedip okuyabilen bir yazılımdır. Veritabanına yazılan bilgiler kaydedilmekte ve gerektiğinde istenen zaman ve tarih aralığında kullanılabilir.

Bu çalışma iki şekilde geliştirilerek kullanım alanını daha da genişletilebilir. Bunlardan birincisi RS-485 seri haberleşme kısmı kablolu (Wi-Fi teknolojisi) hale getirilerek uzak mesafelerde bulunan 256 cihaz ile haberleştirilebilir.

İkincisi ise Modbus RTU protokolü değil, Modbus TCP-IP protokolünü destekleyen bir cihaz ile internet üzerinden IP tanımlama adresi kullanılarak haberleşme mümkün olacaktır. Bu protokol hala gelişme sürecindedir.

Uygulamalardan elde edilen değerlere göre veritabanına kaydetme süresi, 65 veri anlık olarak alındığından 7 sn. civarında olmuştur. Bu durum ise yazılım için kısıtlayıcı bir özelliktir. Anlık olarak alınan veri miktarı ve dolayısıyla kaydedilecek veri sayısı azaldığında bu zamanın kısaldığı görülecektir.

Geliştirilen yazılımın uygulama alanı, küçük değişikliklerle, endüstride sadece bir makine üzerindeki PLC'lerin birbirleriyle haberleşmesinden, fabrika içerisindeki makinaların birbirleriyle haberleşmesine, ve fabrikadaki verilerin uzaktan takibine kadar genişlik gösterebilir..

Enerji sektöründe, enerjinin ilk üretim noktası olan santrallerden, trafo merkezlerine, KÖK (Kesme Ölçme Kabini) binalarından trafolarına kadar geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır. Bütün bu sayılan alanlarda verilerin takibi ve daha sonraki aşamada kaydedilmiş olan verilerin değerlendirilmesi çok büyük bir önem arz etmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

Anonymous, 2001. RS-485 & Modbus Protocol Guide, Tyco Electronics UK Limited Crompton Instruments, UK.

Anonymous, 2003. Powerlogic PM800 User Guide, Schneider Electric , ABD.

Anonim, 2004a. Elektrik İletim Sistemi Arz Güvenilirliği ve Kalitesi Yönetmeliği,TR.

Anonymous, 2004b. Modbus Application Protocol Specification V 1.1a, Modbus-IDA Technical Document, ABD.

Arifoğlu, U. 2002. Güç Sistemlerinin Bilgisayar Destekli Analizi, Alfa Yayınevi, İstanbul.

Axelsson, J. 2000. (Çeviri : Cihan Gerçek), Her Yönüyle Seri Port, Bileşim A.Ş. İstanbul.

Demirli, N., İnan Y. 2003. Delphi 7 Veri Tabanı ve Programcılığı, Prestige Yayıncılık, İstanbul.

Görmemiş, M., Dağıtım Şebekelerinde Enerji Kalitesi Ölçümlerinde Haberleşme Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, K.Maraş 2006.