

**ENDÜSTRİYEL İŞLETMELERDE ENERJİNİN İZLENMESİ**

**Aşkın BEKTAŞ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ELEKTRİK EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMMUZ 2008**

**ANKARA**

Aşkın BEKTAŞ tarafından hazırlanan ENDÜSTRİYEL İŞLETMELERDE ENERJİNİN İZLENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İlhami ÇOLAK .....  
Tez Danışmanı, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektrik Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ömer Faruk BAY .....  
Elektronik ve Bilgisayar Bölümü Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. İlhami ÇOLAK .....  
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Ramazan BAYINDIR .....  
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih: 24/07/2008

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN .....  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Aşkın BEKTAŞ

**ENDÜSTRİYEL İŞLETMELERDE ENERJİNİN İZLENMESİ****(Yüksek Lisans Tezi)****Aşkın BEKTAŞ****GAZİ ÜNİVERSİTESİ****FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ****Temmuz 2008****ÖZET**

Bu tezde endüstriyel işletmelerdeki enerji dağıtım sistemini kontrol etmek amacıyla enerji izleme ve kayıt sistemi gerçekleştirilmiştir. Otomasyon sistemi PLC ve SCADA tabanlıdır. Şebekeye bağlanan güç analizörü ile sistemdeki akım, gerilim, güç, frekans,  $\cos\phi$  ve harmonik değerleri bilgisayardan anlık izlenerek bir dakikalık periyotlarla veri tabanına kaydedilmiştir. Veri tabanına kaydedilen değerler geriye dönük raporlanabilmekte, Excel formatında kaydedilebilmekte, yazıcıdan çıktı alınabilmekte ve Matlab programında grafiksel olarak gösterilebilmektedir. Gerçekleştirilen sistemin en büyük özelliği bir işletmeye bağlı kalınsız yazılım ve donanımda küçük değişiklikler yaparak farklı işletmelere uygulanabilmesidir.

**Bilim Kodu** : 703.3.016  
**Anahtar Kelimeler** : Enerji izleme, PLC, SCADA, harmonik  
**Sayfa Adedi** : 58  
**Tez Yöneticisi** : Prof. Dr. İlhami ÇOLAK

**OBSERVATION OF ELECTRIC ENERGY AT INDUSTRIAL PLANTS****(M. Sc. Thesis)****Aşkın BEKTAŞ****GAZİ UNIVERSITY****INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY****July 2008****ABSTRACT**

**In this thesis, energy observation and archive system have been realized to control of energy distribution system in an industrial plant. The system is based on PLC and SCADA. The current, the voltage, the power the frequency and the harmonics can be observed on computer screen using the power analyzer connected the system. Data taken from the energy analyzer are continuously saved according to one minute time intervals into database. In addition, the data recorded into database can be reported, explained, saved as Excel format, printed as hard copy and illustrated on PC as graphically. The most important specification of this implemented observation system can be applied to different plants by doing small modifications in the both hardware and software.**

|                     |                                                   |
|---------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Science Code</b> | <b>: 703.3.016</b>                                |
| <b>Key Words</b>    | <b>: Energy observation, PLC, SCADA, harmonic</b> |
| <b>Page Number</b>  | <b>: 58</b>                                       |
| <b>Adviser</b>      | <b>: Prof. Dr. İlhami ÇOLAK</b>                   |

## **TEŞEKKÜR**

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof. Dr. İlhami ÇOLAK' a, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocam Doç. Dr. Ramazan BAYINDIR' a ve meslek yaşamımda büyük katkıları olan hocam Ekrem DEMİRSOY' a teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

|                                                           | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------|-------|
| ÖZET .....                                                | iv    |
| ABSTRACT .....                                            | v     |
| TEŞEKKÜR .....                                            | vi    |
| İÇİNDEKİLER .....                                         | vii   |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....                                | ix    |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....                                  | x     |
| RESİMLERİN LİSTESİ .....                                  | xii   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....                             | xiii  |
| 1. GİRİŞ .....                                            | 1     |
| 2. BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ VE DELPHİ PROGRAMLAMA DİLİ ..... | 4     |
| 2.1. Bilgisayar'ın Tarihçesi .....                        | 4     |
| 2.2. Windows İşletim Sistemi .....                        | 6     |
| 2.3. Delphi Programlama Dili .....                        | 7     |
| 2.4. Opc(Ole For Process Control) .....                   | 8     |
| 3. PLC VE HABERLEŞME PROTOKOLLERİ .....                   | 10    |
| 3.1. PLC(Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) .....    | 10    |
| 3.2. Seri Haberleşme .....                                | 11    |
| 3.3. Modbus Haberleşme .....                              | 13    |
| 3.1.1. Adres .....                                        | 15    |
| 3.1.2. Fonksiyon Kodu .....                               | 16    |
| 3.1.3. Veri .....                                         | 17    |

|                                | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------|--------------|
| 3.1.4. Karşılaştırma .....     | 17           |
| 3.4. TCP/IP Haberleşme.....    | 17           |
| 4. UYGULAMA.....               | 22           |
| 4.1. PLC Ünitesi .....         | 23           |
| 4.1.1. Güç Kaynağı .....       | 24           |
| 4.1.2. CPU .....               | 25           |
| 4.1.3. Ethernet Kartı.....     | 25           |
| 4.1.4. Modbus Kartı .....      | 26           |
| 4.2. Enerji Analizörü.....     | 27           |
| 4.3. PLC Programı .....        | 31           |
| 4.4. Bilgisayar Programı ..... | 35           |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....     | 54           |
| KAYNAKLAR.....                 | 57           |
| ÖZGEÇMİŞ .....                 | 58           |



## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                         | Sayfa |
|-------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 3.1. Seri haberleşme parametreleri..... | 11    |
| Çizelge 3.2. Eşlik bit örnekleri.....           | 13    |
| Çizelge 3.3. Modbus fonksiyon kod tablosu.....  | 16    |
| Çizelge 4.1. Düz kablo bağlantı çizelgesi.....  | 26    |
| Çizelge 4.2. Analizör haberleşme ayarı.....     | 31    |
| Çizelge 4.3. PLC Modbus haberleşme ayarı.....   | 32    |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                                                    | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 3.1. RS-232 haberleşmesinin 1 Byte'lık kısmı.....                                                  | 12    |
| Şekil 3.2. Modbus haberleşme protokolü örnek şeması .....                                                | 14    |
| Şekil 3.3. Modbus RS-485 haberleşme protokolünde 16 bitlik veri okuma sisteminin şematik gösterimi ..... | 15    |
| Şekil 3.4. TCP/IP protokolü ile kullanılan bir bilgisayar ağının katmanlar.....                          | 19    |
| Şekil 4.1. Uygulama blok diyagramı .....                                                                 | 22    |
| Şekil 4.2. Uygulama genel görünüşü .....                                                                 | 23    |
| Şekil 4.3. PLC sistemi kart detayı görünüşü .....                                                        | 23    |
| Şekil 4.4. Güç kaynağı bağlantı şeması .....                                                             | 24    |
| Şekil 4.5. Modbus modülü ile enerji analizörü arasındaki bağlantı şeması.....                            | 27    |
| Şekil 4.6. Modbus modülü blok şeması .....                                                               | 27    |
| Şekil 4.7. PM850 enerji analizörü .....                                                                  | 28    |
| Şekil 4.8. Enerji analizörü ekran göstergeleri .....                                                     | 29    |
| Şekil 4.9. Enerji analizörü görünüşleri .....                                                            | 29    |
| Şekil 4.10. Analizörün şebekeye bağlantısı .....                                                         | 30    |
| Şekil 4.11. Analizörün Modbus kartına bağlantısı .....                                                   | 30    |
| Şekil 4.12. PLC konfigürasyon ekranı.....                                                                | 31    |
| Şekil 4.13. PLC Modbus konfigürasyon ekranı .....                                                        | 32    |
| Şekil 4.14. PLC ethernet konfigürasyon ekranı .....                                                      | 33    |
| Şekil 4.15. PLC programı blok diyagramı .....                                                            | 34    |

| <b>Şekil</b>                                                       | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 4.16. Program ana sayfa .....                                | 35           |
| Şekil 4.17. Genel değerler .....                                   | 36           |
| Şekil 4.18. Akım değerleri .....                                   | 37           |
| Şekil 4.19. Hat gerilim değerleri .....                            | 38           |
| Şekil 4.20. Faz gerilim değerleri .....                            | 39           |
| Şekil 4.21. Akım harmonik değerleri .....                          | 40           |
| Şekil 4.22. Hat gerilim harmonik değerleri.....                    | 41           |
| Şekil 4.23. Faz gerilim harmonik değerleri.....                    | 42           |
| Şekil 4.24. Akım kayıtları rapor sayfası .....                     | 43           |
| Şekil 4.25. Akım kayıtları rapor ve grafik sayfası.....            | 44           |
| Şekil 4.26. Akım yorumlama sayfası.....                            | 45           |
| Şekil 4.27. Akım çıktı sayfası .....                               | 46           |
| Şekil 4.28. Excel çıktı sayfası .....                              | 47           |
| Şekil 4.29. Gerilim kayıt sayfası .....                            | 48           |
| Şekil 4.30. Gerilim değerleri yorumlama sayfası.....               | 49           |
| Şekil 4.31. Güç kayıtları rapor sayfası.....                       | 50           |
| Şekil 4.32. Akım harmonik kayıtları rapor sayfası.....             | 51           |
| Şekil 4.33. Akım harmonik değerleri yorumlama sistemi .....        | 52           |
| Şekil 4.34. Hat gerilim harmonik değerleri yorumlama sistemi ..... | 52           |
| Şekil 4.35. Hat gerilim harmonik değerleri yorumlama sistemi ..... | 53           |

**RESİMLERİN LİSTESİ**

| <b>Resim</b>                              | <b>Sayfa</b> |
|-------------------------------------------|--------------|
| Resim 4.1. PM850 enerji analizörü .....   | 28           |
| Resim 4.2. Sistemin genel görüntüsü ..... | 53           |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

### Açıklama

|           |                   |
|-----------|-------------------|
| <b>Ea</b> | Aktif enerji      |
| <b>Ei</b> | Endüktif enerji   |
| <b>Ek</b> | Kapasitif enerji  |
| <b>Eg</b> | Görünür enerji    |
| <b>f</b>  | Frekans           |
| <b>P</b>  | Aktif güç, KW     |
| <b>Q</b>  | Reaktif güç, KVAR |
| <b>S</b>  | Görünür güç, KVA  |

### Kısaltmalar

### Açıklama

|              |                                              |
|--------------|----------------------------------------------|
| <b>AG</b>    | Alçak gerilim                                |
| <b>ASCII</b> | Bilgi alışverişi için Amerikan kod standardı |
| <b>CPU</b>   | Merkezi işlemci birimi                       |
| <b>E</b>     | Çift eşlik biti                              |
| <b>IP</b>    | İnternet protokolü                           |
| <b>ME</b>    | Milenyum                                     |
| <b>NT</b>    | Yeni teknoloji                               |
| <b>N</b>     | Eşlik biti yok                               |
| <b>O</b>     | Tek eşlik biti                               |
| <b>OG</b>    | Orta gerilim                                 |
| <b>OPC</b>   | Süreç kontrolü için nesne gömme ve bağlama   |
| <b>PCMC</b>  | Uluslararası bilgisayar hafıza kartı         |
| <b>PLC</b>   | Programlanabilir mantıksal denetleyici       |

**Kısaltmalar****Açıklama****RAM**

Rastgele erişilebilir bellek

**RTU**

Uzak bağlantı birimi

**SCADA**

Denetsel kontrol ve veri edinimi

**SQL**

Yapısal sorgulama dili

**ST**

Yapısal metin

**TCP**

İleti kontrol protokolü

**THD**

Toplam harmonik bozulma

**TEİAŞ**

Türkiye Elektrik İşletmesi Anonim Şirketi

**USB**

Evrensel seriyol dağıtıcı

## 1. GİRİŞ

Endüstriyel işletmelerde enerji tüketim maliyetlerini hesaplamada enerji izleme sistemleri hızla yaygınlaşmaktadır. Enerji kalitesini gözlemlemek için gerilim dalgalanmaları, enerji tüketimleri, güç faktörü, frekans ve akımdaki değişimler işletmeler için büyük önem kazanmıştır. Gün içinde farklı enerji tüketim değerleri, işletme için üretim ve tüketim maliyetlerini hesaplamada önemli bir etken teşkil etmektedir.

İşletmelerde gelir gider hesabı için enerji maliyetlerinin hesaplanması, farklı birimlerin gerilim ve akımlarının kontrol edilmesi, hızlı arıza takibi sağlanması ve enerji kalite ölçümü yapılmasını sağlamak amacıyla enerji izleme sistemleri hızla yaygınlaşmaktadır. Bu sistemler büyük ve orta ölçekli endüstriyel tesisler, üniversiteler, oteller ve benzeri yerlerde kullanılmaktadır.

Enerji izleme sistemlerinde, orta ve yüksek gerilim kesici ve ayırıcı pozisyonları, koruma röleleri, alçak gerilim şalterleri, güç analizörleri, elektrik sayaçları, transformatör bilgileri (sargı, yağ ve oda sıcaklığı) izlenir ve kontrol edilir.

Enerji kalitesi, gerilim, akım, frekans, güç faktörü gibi değerlerin ani değişimleri sonucunda alıcıda meydana getirdiği arıza veya problemler olarak tanımlanmaktadır. Enerji kalitesini doğrudan etkileyen parametreler olarak gerilim ve akımdaki ani değişimler, darbeler ve harmonikler sayılabilir.

Sistemin enerji kalitesinin düşük olması o sistemin çalışmaması anlamına gelmez. Örneğin bir fabrikadaki cihazlar harmoniğe sebep olurken fabrika çalışmasına devam edebilmektedir. Fabrikanın bağlı olduğu elektrik şebekesindeki diğer kullanıcılar da bu harmonikten etkilenirler [1].

Alternatif akım sistemleri belirli bir genliğe ve frekansa sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Harmonik, akım veya gerilimdeki dalga şeklinin ideal form olan sinüs fonksiyonundan uzaklaşmasıdır. Sinüsoidal alternatif akım uygulanan bir alıcının

şebekeden harmonikli akım çekmesi bu alıcının yapısı gereğidir. Karakteristikleri itibariyle lineer oldukları halde harmonikli akımlara sebebiyet veren alıcılar da vardır. Bu durum ise alıcıya uygulanan gerilimin sinüsoidal olmamasından kaynaklanmaktadır [1].

Harmonik kaynaklarının bazıları aşağıda verilmiştir [1].

- Senkron makinaların hava boşluğunda sinüs biçiminde olmayan akımın dağılımından dolayı harmonik içeren emk'ların üretilmesi.
- Ani yük değişimi nedeniyle senkron makinanın hız değişimi sonucu gerilim dalga formunun bozulması.
- Boşta devreye alınan transformatörlerde sınırlı seviyede de olsa harmoniklerin üretilmesi.
- Güç sistemine bağlı olan frekans konvertörleri, ark fırınları, yumuşak yol vericiler, doğrudan gerilim kontrollü redresör, invertör kaynak makinaları.
- Yük ve motor devrelerinde kullanılan yarı iletken devre elemanları.
- Kesintisiz güç kaynakları.
- Modern ark kaynak makinaları ve çelik eritme fırınları.
- Doyma bölgesinde çalışan transformatörler.
- Nominal gücünün üzerinde yüklenen transformatörler.

Harmonik üretim seviyesi tesisteki yükün içeriği ile doğrudan ilişkilidir. Lineer olmayan gerilim veya akım karakteristikli bu yükler bağlandığı noktadan sinüs eğrisi bozulmuş akımlar çekmektedir. Oluşan bu harmonikli akımlar dağıtım sisteminin alt kademelerinde gerilim harmoniği olarak yayılmaktadır. Harmonikler, nötr noktasında aşırı yüklenmelere, transformatörlerde aşırı ısınmalara, ölçüm cihazlarının hatalı çalışmasına, malzemelerin ömürlerinin azalmasına, aşırı akım ve gerilimlerin oluşmasına ve veri iletişim hatlarında veri kaybına sebep olurlar [1].

Uluslararası IEC 519-1992'ye göre standartlar içinde kabul edilen harmonik bozulma değerleri, gerilim için % 3, akım için % 5 olarak belirlenmiştir. Ana dağıtım



panosunda yapılan ölçümlerde, gerilim harmoniği %3 ila %5 ve akım harmoniği %10 ila %12 değerlerinin üzerinde ise önlem alınmalıdır [1].

Sistemde var olan harmonikleri ölçmek için harmonik ölçen analizörlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sayede sistemde harmoniklerin nereden kaynaklandığı bulunabilir ve uygun çözüm yöntemleri geliştirilebilir.

Çalışmada Merlin Gerin marka, PM850 model enerji analizörü, Telemecanique marka PLC sistemi, Delta marka Ethernet hub, bir adet masaüstü bilgisayar ve arayüz programı olarak da Delphi programlama dili kullanılmıştır. Enerji analizöründen alınan değerler Modbus haberleşme protokolü kullanılarak PLC'ye alınmıştır. PLC'de işlenen veriler Modbus-TCP/IP haberleşme protokolü ile bilgisayara alınmıştır. Veriler bilgisayarda hazırlanan arayüz programında anlık olarak gösterilmiş ve bir dakikalık periyotlarla veri tabanına kaydedilmiştir. Veri tabanına kaydedilen veriler istenilen zaman aralıklarında grafiksel, sayısal ve sözel formatta gösterilmekte ve sistemin akım, gerilim, enerji tüketimi ve enerji kalitesi hakkında bilgi edinilmesi sağlanmıştır.

Tez 5 bölümden oluşmaktadır. 1. bölümde, çalışmanın temelini oluşturan konular anlatılmıştır. 2. bölümde, bilgisayarlar ve işletim sistemleri ile çalışmada kullanılan Delphi programlama dilinden bahsedilmiştir. 3. bölümde, PLC ve haberleşme protokolleri hakkında bilgi verilmiştir. 4. bölümde, PLC kullanılarak enerji analizöründen alınan bilgilerin bilgisayar ortamına aktarılması yapılmıştır. 6. bölümde ise çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

## 2. BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ VE DELPHİ PROGRAMLAMA DİLİ

### 2.1. Bilgisayar'ın Tarihçesi

Aritmetik ve matematiksel işlemler yapabilmesi yanında, bir problemin çözümünde gerekli işlemler kendisine tanıtılarak veriyi işleyebilen elektronik makinalara bilgisayar denilmektedir. Diğer bir deyişle, bilgisayar kendisine önceden verilen program gereğince bilgileri hızla işlemek suretiyle tanımlanan problemleri çözebilen, matematiksel işlemler yapabilen, giriş çıkış birimlerini çalıştırabilen ve nihayet verilen bilgileri kullanarak sonuç çıkarabilen elektronik bilgi işlem makinası olarak tanımlanabilir. Ayrıca, giriş birimi yardımı ile aldığı verileri saklayabilen, gerektiğinde bu bilgileri basit ve karmaşık işlemlerden geçirerek işleyebilen ve bunlardan yeni bilgiler türetebilen, istendiğinde elde ettiği bu bilgileri çıkış birimlerinden kullanıcının ihtiyacına göre çıktı olarak sunabilen, kapasitesine göre saniyede milyonlarca işlem yapabilen ve sonuçları çok küçük manyetik ortamlarda saklayabilen bir makinadır [2].

Abaküs en eski hesap makinası olarak bilinmekle beraber 1890 yılında Hollerith tarafından geliştirilen delikli kart sisteminin mekanik bilgi işlemin başlangıcı olduğu söylenebilir. Bu makina, Amerika Birleşik Devletleri'nin nüfus sayımında kullanılmış ve 1931 yılında da Vannevar Buch, ilk analog bilgisayarı yapmıştır.

Bu gelişmelere ek olarak, ikinci dünya savaşı bilgisayar yapımıyla ilgili araştırmaların hızlanmasına neden olmuş ve Harvard Üniversitesi'nden Howard Aitken, MARK-I adını verdiği bilgisayarı yapmıştır. Bu bilgisayarın en belirgin özelliği, sadece 72 karakterlik belleğe sahip olması ve yine 1 saniyede sadece 3 toplama ile 4 saniyede bir çarpma yapabilmesidir. Aynı yıllarda Pennsylvania Üniversitesi'nden J. P. Eckert ve J. M. Maunchly, bilgisayarlarda röle yerine radyo lambalarını kullanarak otomatik bilgisayar yapmaya çalışmış ve 1945 yılında tamamlanan bu bilgisayara ENIVAC adını vermişlerdir. Bu bilgisayarın saniyede 5000 toplama yapabilmesine karşılık bellek kapasitesi çok azdır [2].

ENIVAC'dan sonra seri olarak üretilen ve ticari amaçlarla kullanılabilen ilk bilgisayar UNIVAC-I'dir. Alfabetik ve sayısal verileri işleyebilen ve 1000 karakterlik belleği olan bu bilgisayar 2,5 milisaniyede 1 çarpma, 0,5 milisaniyede 1 toplama yapma özelliğine sahiptir. Bu bilgisayarın giriş çıkış birimleri manyetik bant idi ve bir yazıcıya sahiptir. İlk ticari bilgisayar UNIVAC'da, 1960'lı yıllardan sonra elektron tüplerinin yerini önce transistörler, daha sonra yüzlerce transistörün birleşimi olarak tarif edilebilecek entegre devreler yer almıştır.

Aynı yıllarda IBM firması IBM 701 adlı bilgisayarı piyasaya çıkardı. Bu bilgisayarın vakum tüplü ve basit biçimde programlanabilen bir yapısı bulunuyordu. IBM firması 1958'den itibaren bilgisayarda vakum tüpleri yerine diyot ve transistörleri kullanmaya başladı. Buna bağlı olarak daha küçük, hafif ve daha az ısınan bilgisayarlar pazarlandı. Ayrıca bilgi depolama ortamları olarak disk ve tamburlar kullanılmaya başlandı.

1964 yılından itibaren ise transistörlerin yerini bütünleşik devrelerin alması, bilgisayar alanındaki gelişmelere ivme kazandırmış ve daha hızlı, güvenilir ve maliyeti daha ucuz bilgisayarlar üretilmeye başlanmıştır.

1970 yılından itibaren geniş çapta tümleşik devrelerin kullanılmaya başlanmasının bilgisayar devrimine yeni boyutlar kattığı görülmüştür. Özellikle 1993 yılından itibaren geniş bellekli ve hızlı bilgisayarların yanı sıra güçlü programlama dilleri ve işletim sistemlerinin ortaya çıktığı dikkatleri çekmektedir. Artık eski bilgisayarlarda kullanılan çekirdek bellek yerine daha ucuz manyetik iç bellekler kullanılmakta ve bilgisayar maliyetleri gün geçtikçe düşmektedir.

Günümüzde yapılan tüm bilgisayarlarda eskiye göre artan bir teknolojik hız görülmektedir. Eskisi gibi işlemci, RAM (Random Access Memory) gibi bilgisayarın temel özelliklerinin değiştirilememesi durumu ortadan kalkmış ve masaüstü bilgisayarları istenilen özelliklere göre değiştirilme imkanına kavuşmuştur.

Intel firması, bilgisayar kullanıcılarının yakından tanıdığı Pentium kelimesini kullanımdan kaldırarak, Pentium 4 ya da P4 olarak bilinen işlemci üretimini durdurarak yeni nesil işlemci olan çift çekirdekli işlemcileri üretmeye başlamıştır.

## **2.2. Windows İşletim Sistemi**

1980'li yıllar bilgisayar donanımında ulaşılan düzeye göre MS-DOS işletim sistemi çok önemli bir buluştu. Bu yıllardan sonra MS-DOS işletim sisteminin çok görevli bir işletim sistemi olmaması, grafik kullanıcı arabiriminin olmaması gibi kısıtlamalarını aşmak için Microsoft firması, Windows işletim sistemini geliştirdi [3].

Microsoft firması tarafından yazılan Windows işletim sistemleri serisinin ilk versiyonu olan Windows 1.0, 1985 yılında çıkmıştır. 1.0 versiyonunu 1987 yılında 2.0, 1988 yılında da 3.0 versiyonları izlemiştir.

Microsoft'un ilk önemli bilgi işlem platformu 32 bitlik performans ve gelişmiş grafikler sunarken, güçlendirilmiş Intel 386 işlemciye tam destek veriyordu. 386 işlemcisi kullanan bilgisayarlar, yeni özellikler ve işlevler sunan Windows 3.0 sürümünün geniş kitlelere yayılmasına neden oldu [3].

Windows 95, Windows 3.1 sürümünden sonra Microsoft'un tasarladığı yeni sürüm işletim sistemidir. Tamamen 32 bit olarak tasarlanmıştır. Microsoft'un Windows ve DOS işletim sistemlerini birleştirdiği ilk sistemdir. Masaüstü, başlat menüsü, 255 karaktere kadar dosya isimleri, tak ve çalıştır veya öngörülü çok görevlilik gibi bir çok yenilik getirmiştir.

Microsoft'un Windows 95'in eksiklerini kapatmak ve Windows 3.1 sürümünden beri kısmen kaçırdığı çoklu ortam ve internet servisleri fırsatlarını yakalamak için 1998 yılında geliştirdiği işletim sistemidir. Çoklu monitör desteği de bu sürümde Windows'a dahil edilmiştir. Windows 95 ile birlikte gelen ağ tarayıcısı paketi bu

sürümde de devam etmiş ve masaüstünün işlevselliğini arttıran aktif masaüstü özelliği geliştirilmiştir [3].

Windows 2000, kendinden önceki işletim sistemlerine göre daha güvenilir, daha hızlı, birden fazla kullanıcı ile çalışabilmeye imkan veren, grafik ara yüzeyli bir işletim sistemidir. Windows 2000 ortamında aynı anda birden fazla uygulama çalıştırılabilir ve ağ kurulabilir. Windows 98'in kolay kullanımlı arayüzü ile Windows NT'nin güvenilirliğini temel alınarak oluşturulmuş olan Windows 2000 önceki sürümlere göre daha verimli çalışmaya imkan verir.

Windows XP, kendinden önceki diğer Windows serilerinden farklı olarak tamamen 32 bitlik Windows NT ve Windows 2000 çekirdekleri üzerine kurulmuştur. Bu üstün çekirdek sistem 16/32 bitlik uygulamalarda başarı ile çalışmakta ve mavi ekran tehdidini en aza indirmektedir. Windows XP işletim sisteminde kullanıcılar yeni aldıkları bir donanımı sadece bilgisayara takarak anında kullanabilir hale gelmiştir. Windows XP, sürücüleri internetten otomatik olarak indirme ve güncelleme kabiliyetine sahiptir. 2005 yılı itibariyle Windows XP iki adet hizmet paketi ile kullanıcılarına en üstün korunmayı ve yeni özellikleri sunmuştur. Ev ve işyerleri için geliştirilen 2 adet versiyonu bulunmaktadır [3].

2007 yılı itibari ile Microsoft firması Windows Vista sürümünü piyasaya çıkarmıştır. Bu sürüm hızlı ve detaylı yardım bilgisi, daha uzun işlerin kolaylıkla halledilebilmesi için özel sihirbazlar, simge durumuna küçültülmüş klasörleri açmadan içeriğini görüntüleyebilme gibi özelliklere sahiptir.

### **2.3. Delphi Programlama Dili**

Programlama dili olarak Pascal dilinin nesne yönelimli uzantısını kullanmaktadır. Pascal kolay anlaşılır bir dile, hızlı derleme gücüne ve modüler programlama için gerekli tüm komutlara sahiptir [4].

Kronolojik olarak ilk Pascal dili ortaya çıkmış ve sonra Borland firması bu dilin haklarını satın alarak bu dili görsel ortama ve Win32 platformuna taşıyarak yepyeni bir dil olan Delphi'yi çıkarmıştır.

Pascal 1970 yılında Niklaus Wirth tarafından Algol programlama dilinden esinlenerek çıkarılmıştır. Pascal, özellikle Machintosh işletim sisteminin ilk sürümlerinin tasarlanmasında kullanılmıştır. En önemli özelliklerinden biri çıktığı dönemde zengin bir veri tipleri hazinesine sahip olmasıdır. Ayrıca karışık matematiksel işlemleri kolaylaştırmış bir dildir. Genel yapısı bakımından C'ye benzese de komut dizilimi açısından oldukça farklıdır [4].

Delphi programlama dilinin avantajlarından bazıları aşağıda verilmektedir.

- Kolay komut dizilimi.
- Kullanıcı kendi veri tipini, özel fonksiyon ve prosedürlerini rahatça tanımlar ve tekrar kullanabilir.
- Delphi, Windows başta olmak üzere Linux ve Machintosh platformlarında yazılım geliştirmeye olanak tanıyan yegane dildir.
- İnternet üzerinde birçok Delphi bileşeni vardır ve tümü kullanıcının esnek ve hızlı program yazmasını sağlar.
- Delphi içinde Assembler bütünlüğü programcıya oldukça esnek bir alan yaratmakta ve yüksek seviye dillerin sistem bağımlılığından yine yüksek seviye bir dil olarak çıkmasını sağlamaktadır.

#### **2.4. Opc (Ole For Process Control)**

Proses kontrol sistemlerinde veri alışverişini ve uyumluluk sorununu çözmek amacıyla oluşturulmuş olan bir standarttır.

OPC, 1996 yılında kurulan OPC Foundation tarafından yönetilmektedir. OPC Foundation'ın bugün 400'ün üzerinde üyesi vardır, 2500'ün üzerinde firma, 15000'nin üzerinde OPC ürünü çıkartmıştır [5].

Günümüzde denetsel kontrol ve veri edinimi (SCADA) sistemi tasarlayan firmalar OPC özelliği ile haberleşme imkanı sunmaktadır. Hatta bir çok firma kendi OPC yazılımını piyasaya çıkarmıştır. Bu sayede SCADA sistemi haberleşme içinde aktif olarak bulunmamakta, OPC'den aldığı verileri işlemekte, sahadaki cihazlara gönderilecek verileri ise OPC'ye yazmaktadır. Bütün haberleşme sistemini OPC kontrol etmektedir. OPC'nin en büyük avantajı ise sahadaki bir çok marka ve model cihazlarla farklı iletişim protokolleri kullanarak aynı anda haberleşebilmesidir.

### **3. PLC VE HABERLEŞME PROTOKOLLERİ**

#### **3.1. PLC(Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)**

Günümüz modern üretim süreçlerinde yüksek verim ve kaliteli üretim için kaçınılmaz olan endüstriyel otomasyon sistemleri her geçen gün büyük bir hızla gelişmektedir. Endüstriyel otomasyon sistemlerin hızla gelişiminde PLC kullanımı önemli bir paya sahiptir. Bilindiği gibi endüstriyel otomasyon sistemleri, en küçük üretim biriminin amaca uygun çalışmasını düzenlediği gibi, bütün üretim sistemleri arasında veri iletişimi olanağı sağlayarak daha üst düzeyde yönetim ve planlama için gerekli bilgi tabanını oluşturur. Programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC), endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerinin gerçekleştirmeye uygun yapıda giriş çıkış birimleri ve iletişim ara birimleri ile donatılmış, kontrol yapısına uygun bir sistem programı altında çalışan endüstriyel bir bilgisayardır [6].

İlk ticari PLC, 1969 yılında Modicon firması tarafından üretilmiştir. O yıllarda röleli kumanda devreleri yerine kullanılmak üzere tasarlanan bu aygıt yalnız temel mantıksal komutları içermektedir. İlk PLC endüstride başarı ile uygulandıktan sonra Allen Bradley, General Electric, GEC, Siemens ve Westinghouse gibi firmalar orta maliyette yüksek performanslı PLC'ler üretmeye başladı [6].

PLC'ler ilk olarak 1973 yılında haberleşme yeteneklerine sahip olmaya başladı. Böyle ilk sistem Modicon'un Modbus protokol sistemidir. Artık bir PLC, başka PLC'lerle haberleşebiliyor ve kontrol ettikleri cihazlardan uzakta bulunabiliyorlardı. Ayrıca değişik mertebelerde gerilim veya akım gönderip alarak da analog kumandaya geçişe olanak tanır hale geldi. Hızla değişen teknolojiye uyulacak bir standardın olmaması, PLC haberleşmeleri konusunda çok sayıda ve birbirleriyle uyumsuz protokollerin ve fiziksel ağların ortaya çıkmasına neden olmuştur. 1980 yılında General Motors'un çıkardığı MAP adlı üretim otomasyon protokolü ile ilk standartlaştırma adımı atıldı. Bu yıllar PLC'lerin boyutlarının da düşürüldüğü yıllardı. Yine bu yıllarda, PLC'lerin programlanması için programlama terminalleri



veya el terminalleri yerine bilgisayar tabanlı sembolik programlama yazılımları da ortaya çıktı.

1990 yılından sonra ise yeni protokol tanıtımlarının azaldığı ve 1980'li yıllardan kalan popüler bir takım protokollerin fiziksel katmanlarının modernize edildiği yıllardır. En son çıkan IEC 1131-3 standardı tüm PLC programlama dillerinin tek bir uluslararası standart çatısı altında toplamayı hedeflemektedir.

Günümüzdeki PLC'ler, mantıksal temelli işlemlere ek olarak aritmetik ve özel matematiksel işlemlerin yapılmasını sağlayan komutlar içermektedir. Komut sistemlerinin gelişmesi sonucu daha karmaşık kumanda ve kontrol işlemlerini yapabilir hale gelmiştir. PLC'ler aynı anda fonksiyon blok diyagramları yöntemi, komut listesi yöntemi, ladder, C ve yapısal metin programlama yöntemleri ile programlanabilmektedirler.

### 3.2. Seri Haberleşme

Günümüz modern bilgisayarları ve sistemleri çok sayıda seri haberleşme arayüzleri içermektedir. Özellikle USB portları hem yüksek hızları hem de uygun kablo ve soket sunmaları nedeniyle tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1. Seri haberleşme parametreleri

| Haberleşme Arayüzü | Format        | Bağlanabilen max cihaz sayısı | Max kablo uzunluğu (m) | Hız (bit/sn) |
|--------------------|---------------|-------------------------------|------------------------|--------------|
| RS-232             | Seri Asenkron | 2                             | 25                     | 115K         |
| RS-485             | Seri Asenkron | 32                            | 1000                   | 10M          |
| USB                | Seri Asenkron | 127                           | 5                      | 12MB         |
| Ethernet           | Seri          | 1024                          | 500                    | 10MB         |

Çizelge 3.1'de görüldüğü gibi RS-232 sadece kablo uzunluğunun kısa olduğu uygulamalar için uygundur. Hız bakımından, yeni teknolojiler karşısında oldukça yavaş kaldığı söylenebilir. Ancak hız istenmeyen bir çok uygulama da mevcuttur.

Seri haberleşmede tek bir kablo üzerinden veriler sıra ile gönderilir. Benzetmek gerekirse bir lokomotifin bağlı vagon gibi hareket ederler. Raylar da verileri taşıyan kabloya benzetilebilir.



Şekil 3.1. RS-232 haberleşmesinin 1 Byte'lık kısmı

Seri haberleşme protokollerinde veriler bit tabanlı olarak değil çerçeve tabanlı olarak iletilirler. RS-232, verileri 8 bit halinde alır ve gönderirken, Ethernet'in her çerçevesinde 255 byte'lık bilgi mevcuttur. Seri haberleşme o kadar önemlidir ki, günümüzde kullanılan tüm internet ağı seri kablolar (fiber optik veya bakır) kullanarak haberleşmeyi sağlar. Tüm seri haberleşme sistemleri buna benzer bir mekanizma sayesinde anlaşılabilirler. Anlaşabilmek için protokollerinin ya aynı olması ya da bir diğerini anlayacak bir protokol olması gerekir. Tek bir kabloya bağlı cihazların hangisinin o anda veri yolunu kullanacağına protokol karar verir. Aslında protokol önceden belirlenmiş kurallar bütünüdür.

Senkron ve asenkron olarak haberleşme sistemlerini ikiye ayırılır. Senkron haberleşme, zamanı referans alarak yapılan haberleşmedir. Veri ile birlikte zaman bilgisi de hatta yayılır. Böylece hatta bağlı olan tüm sistemler zamana bağlı olarak haberleşebilirler. Asenkron haberleşme ise sadece gönderilen çerçevedeki bitleri kullanarak senkronizasyonu sağlamaya çalışır, başka bir deyişle hariçten bir sinyal almadan bu işlemi gerçekleştirir. Veri, alıcı ile verici arasında herhangi bir zamanda gönderilir ve bir veri kelimesi ile diğer veri kelimesi arasında belirli bir zaman gecikmesi yoktur. Diğer bir ifadeyle gönderici, alıcıya veri göndermediği durumlarda sonsuz bir süre vardır [7].

Kişisel bilgisayarlar üzerinde bulunan RS-232 portu modem ve diğer cihazlarla haberleşebilmek için asenkron bir veri transfer yöntemi kullanır. Ancak çerçeveleri, formatı farklı uygulamalar için değişebilir. Bu formatlardan en çok kullanılanı 8-N-1

formudur. Gönderilen her bayt bir start biti ile başlar bunu 8 bit veri takip eder ve çerçeve stop biti ile son bulur.

Çizelge 3.2. Eşlik bit örnekleri

| Veri Bitleri | Tek Eşlik Biti | Çift Eşlik Biti |
|--------------|----------------|-----------------|
| 00000000     | 1              | 0               |
| 00000001     | 0              | 1               |
| 00000010     | 0              | 1               |
| 00000011     | 1              | 0               |
| 00000100     | 0              | 1               |
| 11111110     | 1              | 0               |
| 11111111     | 0              | 1               |

N harfi en kolay ve basit hata yakalama metodu olan eşlik (parity) bitinin çerçevede bulunmadığını bildirir. Diğer formatlarda eşlik biti tek (odd) veya çift (even) eşlik biti olarak kullanılabilir. Veri bitlerindeki lojik birlerin sayısı çift ise, eşlik biti 1 değilse 0 olur. Çift eşlik bitinde, veri bitlerindeki lojik birlerin sayısı tek ise, eşlik biti 1 değilse 0 olur. Aslında eşlik biti isminden de anlaşılacağı gibi tek eşlik kullanıyorsa, gelen tüm bilgidaki (kendisi de dahil) birlerin sayısını tek, çift eşlik biti kullanıyorsa çift yapmaya çalışır [8].

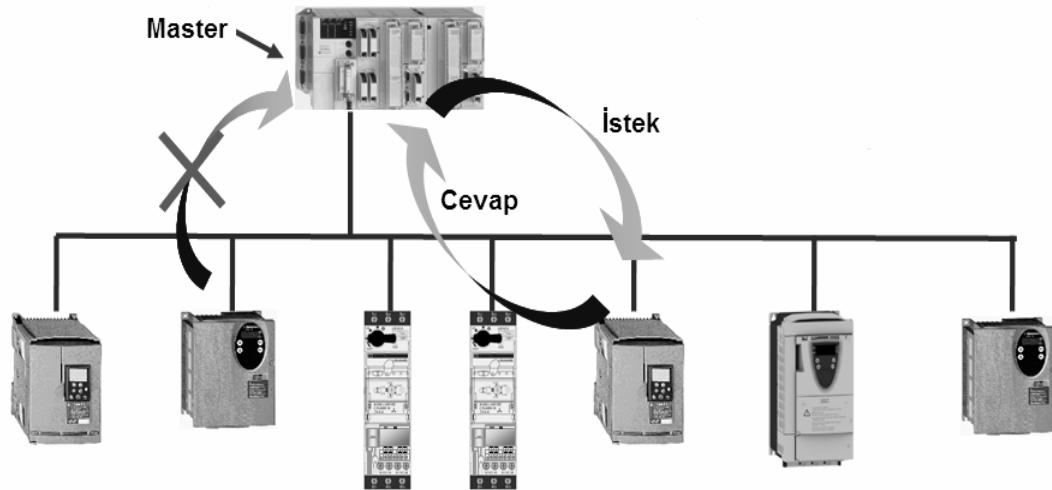
7-E-1 formatında, çerçeve start biti ile başlar 7 adet veri bitleri ile devam eder, 1 bit eşlik bitini takiben stop biti ile son bulur. Eşlik biti çok da güvenli değildir. Örneğin birden fazla bitin bozulmasını anlayamaz. Ayrıca eşlik bitinin hata düzeltme özelliği yoktur, sadece hatayı fark eder. Böyle bir durumda veri alan hedef cihaz, kaynağı uyararak bilgiyi tekrar göndermesini ister.

### 3.3. Modbus Haberleşme

Modbus, endüstriyel alandaki en eski seri iletişim protokollerindendir. Modicon firması ilk zamanlarda kendi ürünleri arasındaki haberleşmeyi sağlamak için 1978 yılında geliştirilmiştir. Zamanla Modicon firmasına rakip olan firmalar da kendi

ürünlerinde Modbus protokolünü kullanılarak bu haberleşme protokolünün uluslararası boyut kazanmasını sağlamıştır [9].

Modbus protokolü, akıllı cihazlar arasında master-slave haberleşme kurmak için kullanılır. RS-232, RS-422 ve RS-485 varyasyonları mevcuttur. Modbus haberleşme protokolünde haberleşme hızı 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 bps'dır. Veriler ASCII veya RTU modda iletilir. ASCII modda iletilen verilerde 8 bitlik mesajlar 2 ASCII karakteri içerir. Karakterler arasında 1 saniyenin üzerinde gecikmeler haberleşme hatasına yol açar. RTU modda ise her 8 bitlik mesaj 2 adet 16 bitlik karakter içerir. RTU modun en büyük avantajı ASCII moda göre yüksek performanslı olmasıdır.



Şekil 3.2. Modbus haberleşme protokolü örnek şeması

Şekil 3.2’de Modbus haberleşme protokolünün haberleşme örnek şeması gösterilmiştir [9]. Modbus haberleşme protokolünde iletişimi yöneten master cihazdır. Bir modbus hattına maksimum 32 adet master cihaz bağlanabilir. Master cihaz, hangi slave cihaza okuma veya yazma yapacağını bildirir. İlgili slave bu isteği alır ve kendi işlemcisinde işleyerek istekte bulunan master cihaza cevap gönderir. Slave cihaz, master cihazdan bilgi okuma veya yazma yapamaz. Haberleşme güvenliğini eşlik, start ve stop bitleri, akış kontrolü ve karşılaştırma verileri sağlar.

Kurulacak bir modbus hattında aşağıda hususlara dikkat edilmelidir.

- 19200 bps hızda hat uzunluğu 1000 m'yi geçmemelidir.
- Hattın başlangıç ve bitiş noktalarında 120  $\Omega$  metal film direnç kullanılmalı.
- Bir istekte alınabilecek maksimum veri sayısı 120'yi geçmemelidir.
- Arka arkaya master cihaz tarafından slave cihazlardan yanıt alınmaksızın gönderilecek istek sayısı 8'den fazla olmamalıdır.
- Hatta maksimum 255 adet cihaz bağlanabilir. Master cihazların sayısı 32'yi, slave cihazların sayısı ise 247 'yi geçmemelidir.

### İSTEK



### CEVAP



Şekil 3.3. Modbus RS-485 haberleşme protokolünde 16 bitlik veri okuma sisteminin şematik gösterimi

Şekil 3.3'de modbus haberleşme protokolünün veri okuma işlemindeki sıralaması gösterilmiştir [9]. Modbus RS-485 haberleşme protokolü ile bilgi alışverişi yapılırken aşağıdaki işlemler gerçekleşir.

#### 3.3.1. Adres

Master cihaz veri göndermek için önce hangi slave cihaz ile iletişim kuracağını belirlemesi gerekir. Bunun için slave adresi kullanılır. Eğer master cihaz hatta bağlı olan bir slave adres bulamazsa hata kodu üretecek ve iletişim başlayamayacaktır. Master ilgili slave adresine ulaştığı zaman bu adres alanına slave kendi adresini işleyerek master cihaza bildirir ve master hangi cihaz ile haberleşeceğini bilir.

### 3.3.2. Fonksiyon Kodu

1 ile 255 arasında değişen fonksiyon kodu modbus haberleşme protokolüne özel bir kod olup master cihazın slave cihaz üzerinde ne tür bir işlem yapacağını bildirdiği bir koddur. Çizelge 3.3’de Modbus fonksiyon kodları ve açıklamaları belirtilmiştir. Bu kodlar Modbus protokolünün uluslararası kodları olduğu için cihaza göre değişken değildir.

Master cihaz, fonksiyon kodunu slave adrese gönderdiği zaman slave cihaz ilgili fonksiyon kodunu işlemeye yetkili olmayabilir. Örneğin sadece bilgi okumaya elverişli olan bir cihaza bilgi yazmak için fonksiyon kodu gönderilecek olursa slave cihaz böyle bir işlemi yapamayacağından dolayı hata kodu üretecektir.

Eğer cihaz bu fonksiyon kodunu olumlu şekilde karşılarsa fonksiyon kodunu cevap olarak master cihaza geri gönderecektir. Aksi bir durumda ise fonksiyon kodunun gönderildiği verinin en değerli bitini 1 yaparak master cihaza geri gönderecektir.

Çizelge 3.3. Modbus fonksiyon kod tablosu

| Fonksiyon Kodu | Açıklama                                   |
|----------------|--------------------------------------------|
| 01 (0x01)      | Dijital çıkış veri okuma işlemi            |
| 02 (0x02)      | Dijital giriş veri okuma işlemi            |
| 03 (0x03)      | 16 bitlik veri okuma işlemi                |
| 04 (0x04)      | 16 bitlik giriş veri okuma işlemi          |
| 05 (0x05)      | Tekli dijital çıkış veri yazma işlemi      |
| 06 (0x06)      | Tekli 16 bitlik veri yazma işlemi          |
| 15 (0x0F)      | Çoklu dijital çıkış veri yazma işlemi      |
| 16 (0x10)      | Çoklu 16 bitlik veri yazma işlemi          |
| 23 (0x17)      | Çoklu 16 bitlik veri okuma ve yazma işlemi |
| 43 (0x2F)      | Cihaz bilgisi okuma işlemi                 |

### 3.3.3. Veri

0 ile 255 arasında değerler içerir. İlgili slave cihazdan alınmak veya gönderilmek istenen verileri içerir. Yani master cihazın göndermek veya almak istediği bilgidir. Bir hata meydana geldiğinde master cihaz bu hatayı algılayarak yeni işleme geçecektir.

### 3.3.4. Karşılaştırma

0 ile 255 arasında değerler içerir. Karşılaştırma verisi master cihaz tarafından hesaplanarak slave cihaza gönderilir. Slave cihazda hesaplanan karşılaştırma verisi, cevap olarak master cihaza geri gönderilir. Bu karşılaştırmada farklılık olduğu zaman genel olarak veri alma işlemi başarısız anlamı taşıyacaktır.

## 3.4. TCP/IP Haberleşme

TCP/IP'nin kökleri 1960'ların başında Amerika Savunma Bakanlığı'na bağlı İleri Araştırma Projeleri Ajansı'nın yürüttüğü paket anahtarlama ağı deneylerine kadar dayanır. TCP/IP'nin geliştirilmesini sağlayan proje, ABD'deki bilgisayarların bir felaket anında ayakta kalabilmesini, birbirleriyle iletişiminin devam etmesini amaçlıyordu. TCP/IP, yüzden fazla bilgi iletişim protokolünün toplandığı bir protokoller ailesidir. Bunlardan en önemlileri TCP (Transmission Control Protocol) ve IP (Internet Protocol) olduğu için bu ismi almıştır [10].

TCP/IP ile kurulan bir bilgisayar ağında bir bilgisayar 3 parametre ile tanımlanır. Bu parametreler aşağıda verilmiştir.

- Bilgisayar adı
- IP adresi
- MAC (Media Access Control) adresi.

TCP/IP protokoller kümesi bu üç parametreyi kullanarak bilgisayarları birbirine bağlar. Bilgisayar adı, işletim sistemi yüklenirken kullanıcı tarafından verilen addır [10].

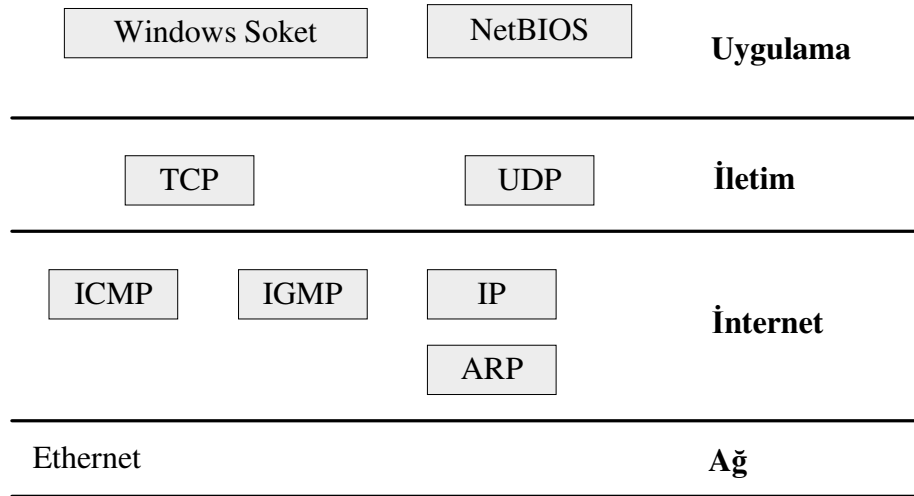
IP adresi, 192.169.15.10 örneğinde olduğu gibi 4 bölümden oluşan bir adrestir. Nokta ile birbirinden ayrılan bu bölümlerin her biri 0 ile 255 arasında bir değer alabilir.

MAC adresi, Ethernet gibi alt düzey ağ teknolojilerinin kullandığı adrestir. Bilgisayarlardaki ağ kartlarına veya benzer ağ cihazlarının içine değiştirilemez bir şekilde yerleştirilmiş olan adrestir. MAC adresi yerine, donanım adresi veya fiziksel adres terimleri de kullanılabilir [10].

Ağ üzerinde iletişim yalnızca MAC adresleri ile gerçekleşir. Çünkü IP adresleri TCP/IP protokolüne özeldir. Bütün protokollerde değişmeden kalan tek şey MAC adresidir. MAC adresleri 16'lık sayı sisteminde gösterilirler. Ethernet teknolojisinde MAC adresi yerine, bilgisayar adı veya IP adresi kullanılmasının sebebi ise bilgisayar adı ve IP adreslerinin daha akılda kalıcı olmasıdır [10].

Bir bilgisayar bir başka bilgisayarın IP adresine sahip ama MAC adresi aynı değilse ARP (Adres Çözümleme Protokolü) adı verilen bir protokol kullanarak IP adresini MAC adresine çevirir. İletişime geçeceği bilgisayarın IP adresini bilen bilgisayar, ARP ile IP adresinin bağlı olduğu bilgisayarların MAC adresini öğrenmek için ağdaki tüm bilgisayarlara mesaj gönderir. Ağdaki bilgisayarların tümü bu mesajı alırlar. Eğer söz konusu IP adresi kendilerine ait değilse mesajı dikkate almazlar. Mesajdaki IP adresinin sahibi olan bilgisayar ise kendi IP adresini tanır ve MAC adresine ilgili bilgisayara gönderir [10].





Şekil 3.4. TCP/IP protokolü ile kullanılan bir bilgisayar ağının katmanları

Şekil 3.4’de gösterilen ağ katmanı, bilgisayarda kullanılan ağ kartını, hubı, kabloları vb. elemanları gösterir [10]. Veri paketlerinin ağa iletilmesinden ve ağdan çekilmesinden sorumludur.

IP katmanında, IP’ye göre düzenlenmiş veri paketleri mevcuttur. İletim katmanından gelen veriler burada internet paketleri haline gelir. Paketlerin yönlendirilmesi ile ilgili işlemler burada yapılır.

Bu katmanda bulunan 4 adet protokol aşağıda belirtilmiştir.

- ARP, IP adreslerini MAC adreslerine çevirir.
- ICMP, kontrol mesajları gönderip karşılığında gitti/gitmedi bilgisi sağlar.
- IGMP, mesaj gruplarını belirlemek için kullanılır. Bir ağda mesajlar ya bütün makinalara, ya bir gruba, ya da doğrudan bir makinaya gönderilebilir.
- IP, paketlerin adresleme ve yönlendirme işlemlerini yapar.

İletim katmanında bilgisayarlar arası iletişim için oturumlar düzenlenir. TCP, bağlantılı ve güvenilir bir iletişim sağlar. Buradaki bağlantı, mantıksal bir bağlantıdır. İki bilgisayarın iletişim kuralları için anlaşmaları demektir. TCP’ye uygun olarak gönderilen paketler için bir onay mesajı beklenir. Belli süre içinde onay

mesajı gelmezse paket tekrar gönderilir. Bu da iletimin güvenli olması anlamına gelir [10].

UDP, bağlantısız ve güvenilir olmayan bir iletişim sunar. Karşı tarafla iletişim kuralları için anlaşma gerekmediği ve giden mesajların yerine ulaşp ulaşmadığı kontrol edilmediği için bu protokol daha hızlı bir veri iletişimi sağlar. Verinin daha hızlı bir şekilde karşı tarafa ulaşmasının gerektiği yerlerde bu protokol kullanılır [10].

Bir TCP iletişimde iletilmek istenen veriler segmentlere ayrılır ve her segmente bir sıra numarası verilir. Gönderici bilgisayar, segmentleri teker teker gönderip bunların her biri için onay beklemez. Bunun yerine segmentleri topluca gönderir. Bir TCP segmenti başlık ve veri kısmından oluşur [10].

Başlık kısmı aşağıdaki alanlardan oluşur.

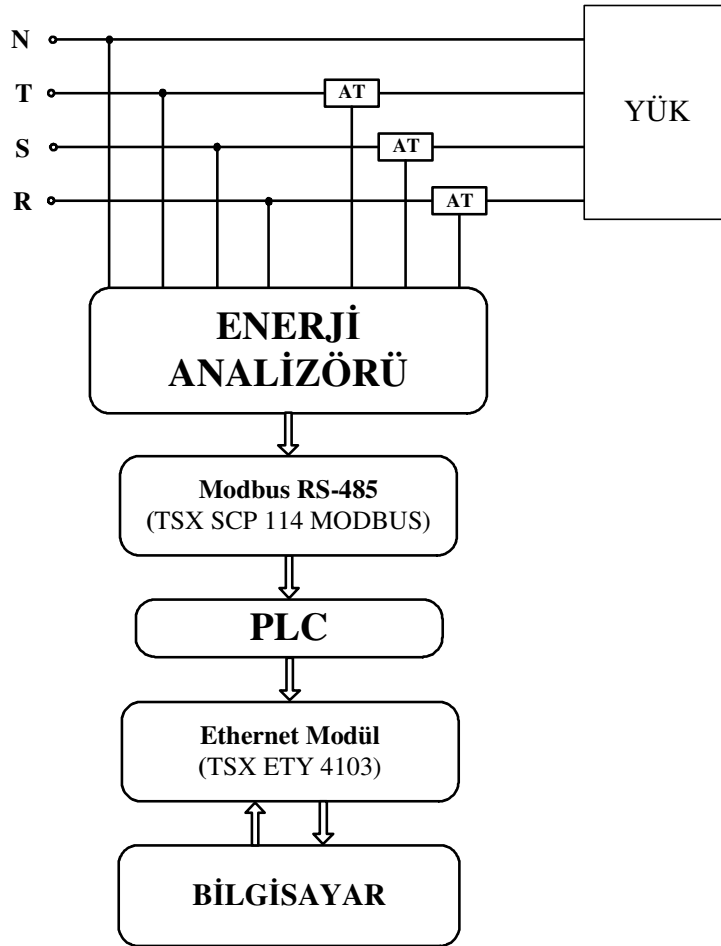
- Kaynak port, gönderen bilgisayarın kullandığı TCP portudur.
- Hedef port, alıcı bilgisayarın TCP portudur.
- Seri numarası, segmentlere verilen numaradır.
- Onay numarası, istenilen bir sonraki paketin numarasıdır.
- Veri uzunluğu, TCP segmentinin uzunluğudur.
- Rezerve, gelecekte kullanılmak üzere rezerve edilmiştir.
- Bayraklar, segmentin içeriğine dair bilgidir.
- Pencere, TCP penceresinde ne kadar yer kalmış olduğunu gösterir.
- Kontrol toplamı, başlık kısmının bozulup bozulmadığını gösteren kontrol kısmıdır.
- Acil veri göstergesi, bayrak kısmında belirtilen acil bir verinin iletilmek istendiğini gösterir.

IP adresi, herhangi bir bilgisayarı gösteren 32 bitlik bir numaradır. TCP/IP protokolünü kullanan bir bilgisayar ağında her bilgisayarın bir IP numarası olmak zorundadır [10].

İnternet adresleri beş sınıfa bölünmüştür. Bir IP adresinde, bilgisayar adresinin hangi kısımlar olduğu, o adresin sınıfına bakılarak belirlenir. IP adresleri A,B,C,D,E şeklinde sıralanır. A sınıfı adreslerde, ağ adresi ilk oktet ile belirlenir. B sınıfı adresler ilk iki, C sınıfı adresler ise ilk 3 oktet ile belirlenir. D ve E sınıfı adresler özel test adresleridir. İlk oktet 0 ile 126 arasında ise o adres A sınıfı, 128 ile 191 arasında ise B sınıfı, 192 ile 223 arasında ise C sınıfı adrestir. Bu sınıflar bir ağ adresinde kaç adet bilgisayar tanımlanabileceğini gösterir [10].

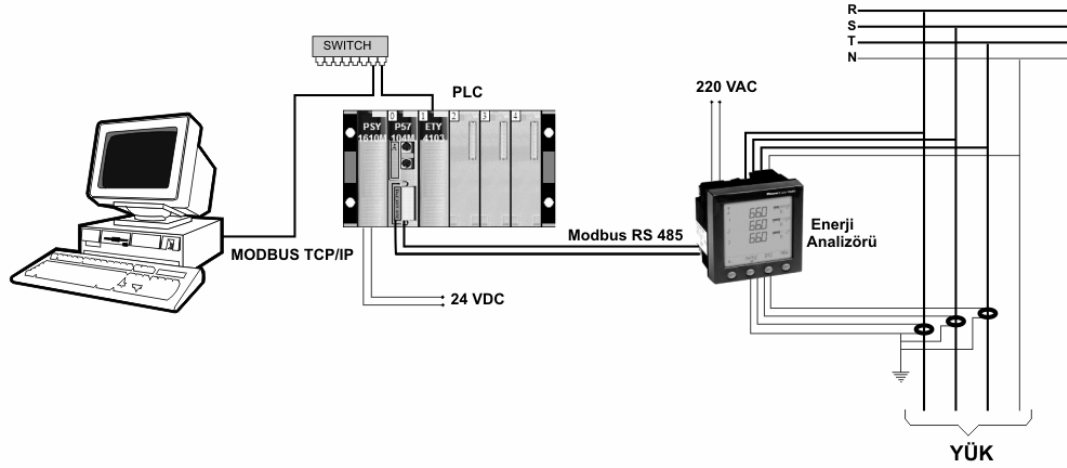
#### 4. UYGULAMA

Projenin uygulama ve geliştirme süresince bazı donanım, yazılım, işletim sistemi, haberleşme protokollerine ihtiyaç duyulmuştur. Donanım olarak masaüstü bilgisayar, PLC (Telemecanique Premium serisi), güç analizör cihazı (Merlin Gerin PM850) kullanılmıştır. Yazılım olarak Windows ortamında çalışan, esnek programlama ve veritabanı desteği çok yüksek bir dil olan Borland Delphi 6.0 versiyonu kullanılmıştır. Haberleşmede ise Modbus RS-485 ve Modbus TCP/IP protokolleri kullanılmıştır.



Şekil 4.1. Uygulama blok diyagramı

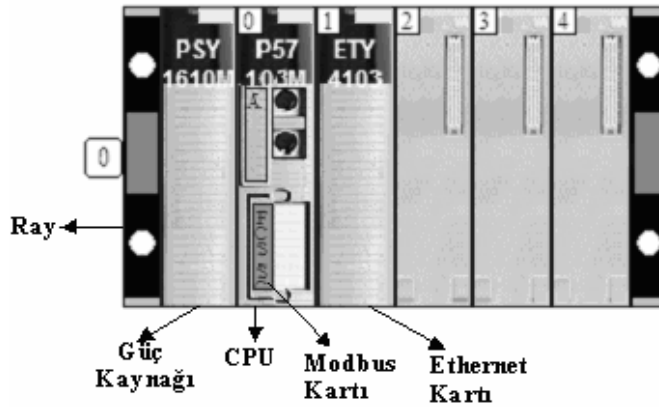
Şebekeye bağlanan enerji analizörü vasıtası ile akım, gerilim vb. parametreler enerji analizöründen Modbus RS-485 protokolü ile PLC'ye aktarılmış, PLC'de işlenen değerler ise Modbus TCP/IP protokolü ile bilgisayara aktarılmıştır.



Şekil 4.2. Uygulama genel görünüşü

#### 4.1. PLC Ünitesi

Çalışmada Telemecanique marka, Premium model PLC kullanılmıştır. Analizör ile haberleşme için PCMCIA Modbus kartı kullanılmıştır. PLC rayı 6 adet kart takılabilecek kapasitedir. Bilgisayar ile haberleşme sağlanabilmesi için CPU yanına 1 adet Ethernet kartı ilave edilmiştir.



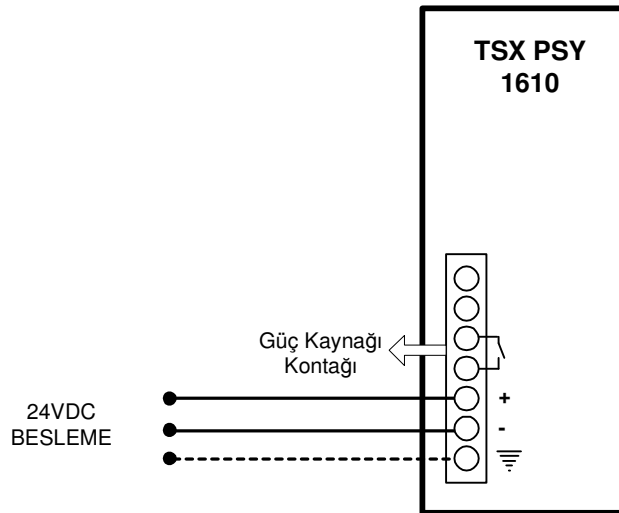
Şekil 4.3. PLC sistemi kart detayı görünüşü

#### 4.1.1. Güç Kaynağı

PLC ünitesinin güç ihtiyacını karşılamak ve kartların enerjisini sağlamak amacıyla PLC sistemine güç kaynağı bağlanmak zorundadır. Seçilen güç kaynağı, sistemin ihtiyacı olan gücü karşılaması gerekir. Bu maksatla Telemecanique marka, Premium model TSXPSY1610 kodlu güç kaynağı seçilmiştir.

Güç kaynağının özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Giriş gerilimi 24VDC
- Giriş gerilim limiti 19-32VDC
- Giriş akımı 1.5A
- Toplam gücü 30W
- Çıkış gerilimi 5VDC
- Çıkış akımı 3A
- Kısa devre koruması
- Harici 24VDC regüleli çıkış



Şekil 4.4. Güç kaynağı bağlantı şeması

Güç kaynağı beslemesi harici 24V kaynaktan yapılmıştır. Güç kaynağı 24V beslemeyi kendi içinde regüleli 5V ve 24V'ta dönüştürmektedir. Harici 24V, PLC giriş çıkış ünitelerinin sensör beslemelerinde kullanılmaktadır. Bu uygulamada giriş çıkış kartlarına ihtiyaç duyulmamıştır. 5V ise PLC ünitesine bağlanan kartlar için gereklidir [12]. Kart beslemeleri için ayrıca bir kablo bağlantısı kullanılmamıştır. Çünkü PLC rayı gerekli bağlantıları sağlamaktadır.

#### 4.1.2. CPU

Çalışmada Telemecanique marka, Premium TSXP57103M model CPU kullanılmıştır. PLC sisteminin beyni olarak tanımlanabilecek olan CPU diğer kartları kontrol eder, bu kartlar vasıtası ile sahaya bilgi gönderir veya bilgi alır.

CPU'nun özellikleri aşağıda verilmiştir [12].

- Maksimum 512 dijital giriş/çıkış, 24 analog giriş/çıkış, 8 hızlı sayıcı.
- CPU üzerinde 1 adet Uni-Telway haberleşme terminal portu.
- Fipway, modbus plus, ethway, AS-i field bus haberleşme kartları ile haberleşebilme.
- 96KB program hafızası.
- Bir komutu tarama hızı 0.25µs.

PLC programı Telemecanique marka PL7 4.5 programında kullanılmış ve bu programlama olarak ST (yapısal yazım) metodu kullanılmıştır.

#### 4.1.3. Ethernet Kartı

Bilgisayar ile PLC'nin Modbus TCP/IP protokolü ile haberleşebilmesi için PLC sisteminde Ethernet kartına ihtiyaç duyulmaktadır. Uygulamada Ethernet kartının kullanılmasının sebebi çok hızlı veri alışverişi sağlamasıdır. 10/100 Mbit bir Ethernet haberleşmesinde veri gönderim hız 10 MBit, veri alım hızı ise 100Mbit olacaktır. Bu seri port veya USB portu kullanılarak ulaşılabilecek hızın çok üzerindedir.

Uygulamada ethernet kartı olarak Telemecanique marka, Premium serisi TSXETY4103 kodlu ethernet kartı kullanılmıştır. Kullanılan ethernet kartı bilgisayar ve Modbus TCP/IP özelliğini destekleyen tüm cihazlarla aynı anda haberleşebilmektedir. Aynı anda 64 farklı Ethernet noktasını kontrol edebilmektedir [12].

Ethernet kartı ile bilgisayar arasında farklı bilgisayarlardan aynı anda bağlanabilmesi için 8 adet haberleşme portu bulunan 1 adet hub kullanılmıştır. Hub ile PLC ve bilgisayar arasındaki bağlantı için kategori 5 (CAT5) kablo kullanılmıştır. İki bilgisayar veya başka bir cihazı (PLC vb.) bir hub üzerinden ağa bağlamak için düz kablo bağlantısı kullanılır. Çizelge 4.1’de düz kablo bağlantısına ait renk ve konnektör pin numaraları verilmiştir.

Çizelge 4.1. Düz kablo bağlantı çizelgesi

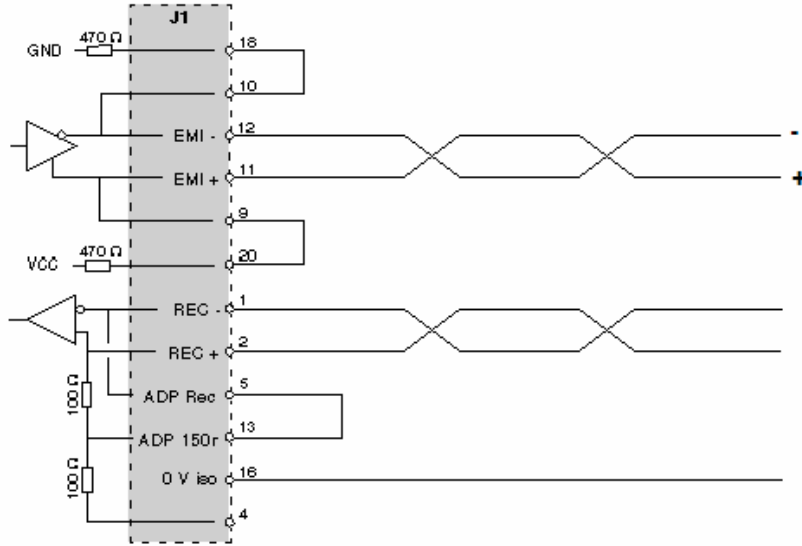
| Konnektör A |               | Konnektör B |               |
|-------------|---------------|-------------|---------------|
| Pin         | Renk          | Pin         | Renk          |
| 1           | Turuncu-Beyaz | 1           | Turuncu-Beyaz |
| 2           | Turuncu       | 2           | Turuncu       |
| 3           | Yeşil-Beyaz   | 3           | Yeşil-Beyaz   |
| 4           | Mavi          | 4           | Mavi          |
| 5           | Mavi-Beyaz    | 5           | Mavi-Beyaz    |
| 6           | Yeşil         | 6           | Yeşil         |
| 7           | Kahve-Beyaz   | 7           | Kahve-Beyaz   |
| 8           | Kahve         | 8           | Kahve         |

#### 4.1.4. Modbus Kartı

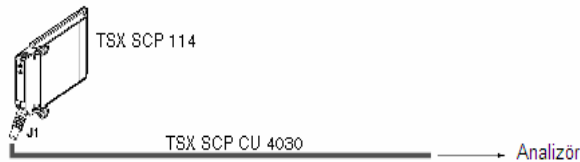
Modbus haberleşme olanağına sahip olan cihazlar ile PLC arasında veri alışverişini sağlamak için PLC sistemine Modbus kartı ilave edilmesi gerekir. Modül CPU’nun PCMCİ girişine takılır. Sıkça kullanılan bir yöntem olmamakla birlikte bilgisayarların PCMCİ girişine de monte edilebilme olanağına sahiptir. Bilgisayarın işletim sistemine uygun yazılım yüklendiğinde (kart bilgisayara tanıtıldığında) bilgisayar üzerinden de haberleşme kurulabilmektedir. Bu çalışmada Telemecanique marka, Premium serisi TSXSCP114 model Modbus kartı kullanılmıştır. Modbus



kartı ile enerji analizörü arasındaki haberleşme kablosu için ise harmoniklerden etkilenmeyen Telemecanique marka, TSXSCPCM4030 model Modbus kablosu kullanılmıştır.



Şekil 4.5. Modbus modülü ile enerji analizörü arasındaki bağlantı şeması



Şekil 4.6. Modbus modülü blok şeması

## 4.2. Enerji Analizörü

Enerji analizörü, elektrik şebekelerinde akım, gerilim, güç, enerji vb. değerleri ölçen, bu ölçümlere dayalı olarak dijital ve analog olarak çıkış veren, ölçtüğü değerleri haberleşme protokolleri ile merkezi otomasyon sistemine aktaran elemanlardır. Bu çalışmada Merlin Gerin marka, PM850 model enerji analizörü kullanılmıştır.



Şekil 4.7. PM850 enerji analizörü



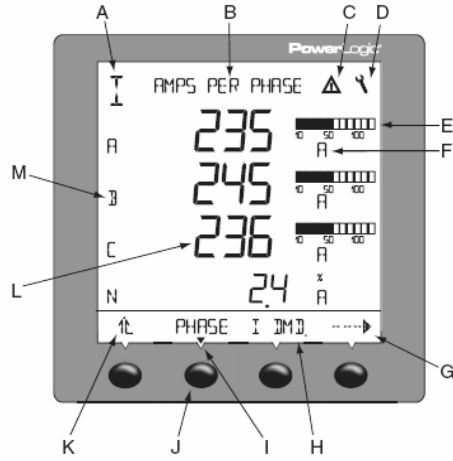
Resim 4.1. PM850 enerji analizörü

Şekil 4.7’de enerji analizörü genel görünüşü verilmektedir [13]. Kullanılan enerji analizörü akım, gerilim, aktif güç, reaktif güç, görünür güç, aktif enerji, reaktif enerji, görünür enerji, güç faktörü, frekans, toplam harmonik bozulmalar (THD), fazlar arasındaki akım ve gerilim dengesizlikleri ile akım ve gerilim harmoniklerini ölçme özelliğine sahiptir [13].

Analizörün bazı özellikleri ise aşağıda belirtilmiştir [13].

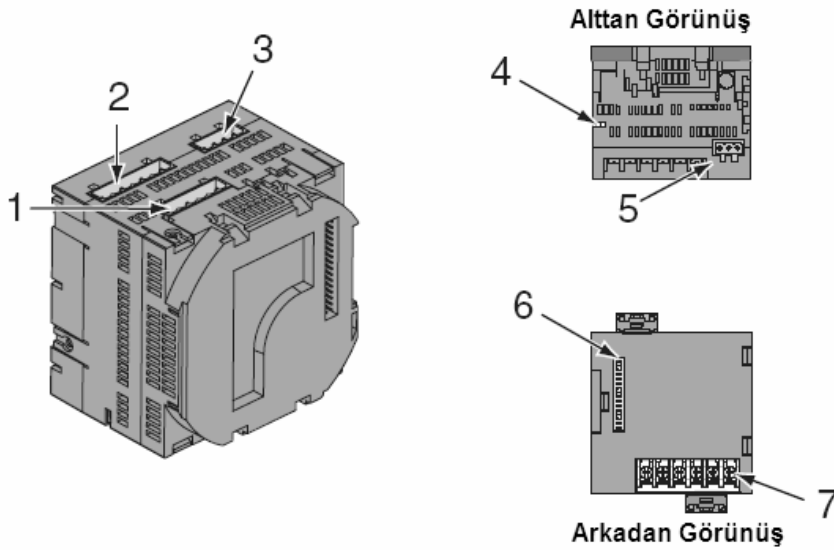
- Standart akım ve gerilim trafosu girişleri.
- 600V’a kadar gerilimi direk bağlama imkanı.
- Akım ve gerilim ölçümlerinde %0.0075 hata oranı.
- Okunan verilerin minimum ve maksimum değerlerini belirleyebilme olanağı.
- 5 kanal dijital giriş.
- Enerji kalitesi ölçümü.
- Parametre ayarlarının şifre ile korunması.
- Ayarlanabilir alarm ve röle çıkışları.
- Modbus RS-485 haberleşme girişi.
- IEC 62053-22 ve ANSI C12.20 Class 0.5S standartlarına uygun enerji ölçümü.
- Ayarlanabilir saat.

- 800 KByte'a kadar veri kaydetme olanağı.



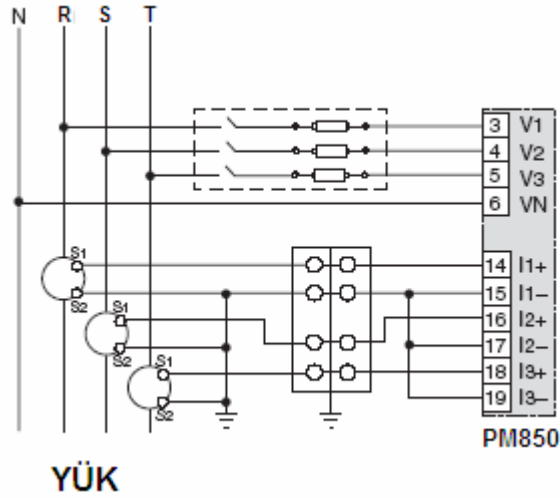
Şekil 4.8. Enerji analizörü ekran göstergeleri

- A.Ölçüm tipi, B.Ekran başlığı C.Alarm göstergesi D.Bakım ikonu  
E.Bar grafiği F.Ölçüm birimi G.Diğer menüler H.Ölçüm kısmı  
I.Seçilecek menü içeriği J.Buton K.Önceki menü L.Değerler M. Faz



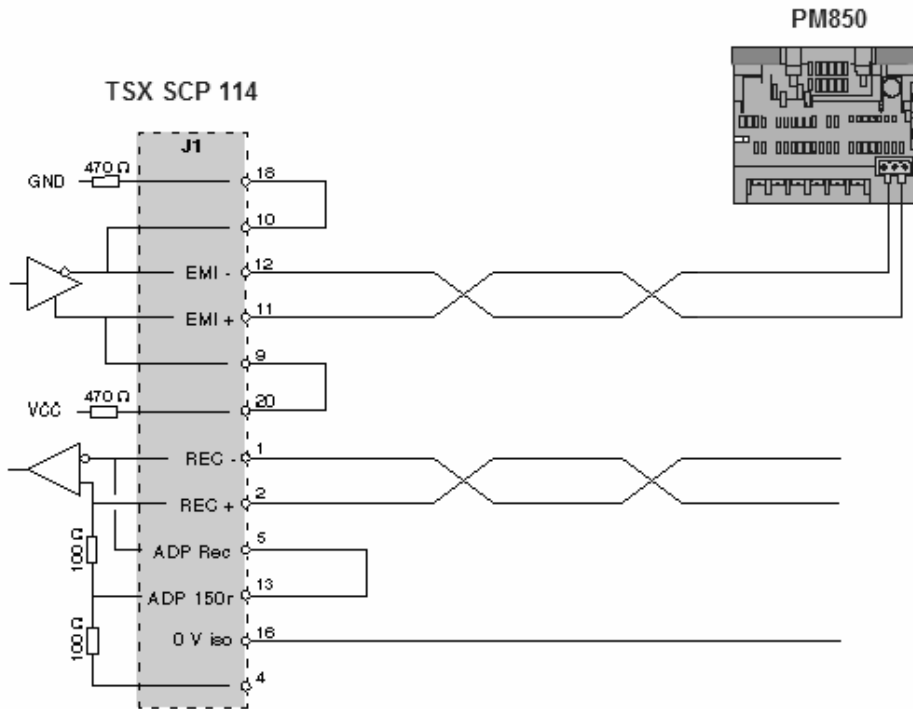
Şekil 4.9. Enerji analizörü görünüşleri

- 1.Güç kaynağı bağlantı noktası 2.Gerilim giriş bağlantı noktası,  
3.Dijital giriş/çıkış bağlantı noktası 4.Çalışma lambası  
5.Modbus RS-485 haberleşme portu 6.Opsiyonel modül bağlantı noktası  
7.Akım bağlantı noktası



Şekil 4.10. Analizörün şebekeye bağlantısı

Analizörün şebekeye bağlantısı Şekil 4.10'da gösterilmiştir [13]. Şebeke gerilimi hatlar arasında 380V'tur. 400V'a kadar olan gerilim büyüklükleri için gerilim bağlantısı, gerilim trafosuna gerek kalmadan analizöre bağlanabilmektedir. Akım bağlantısında ise 5A'in üzerindeki akım büyüklüklerinde akım trafosu kullanılır. Bu uygulamada dönüştürme oranı 200/5A olan akım trafosu kullanılmıştır.



Şekil 4.11. Analizörün Modbus kartına bağlantısı

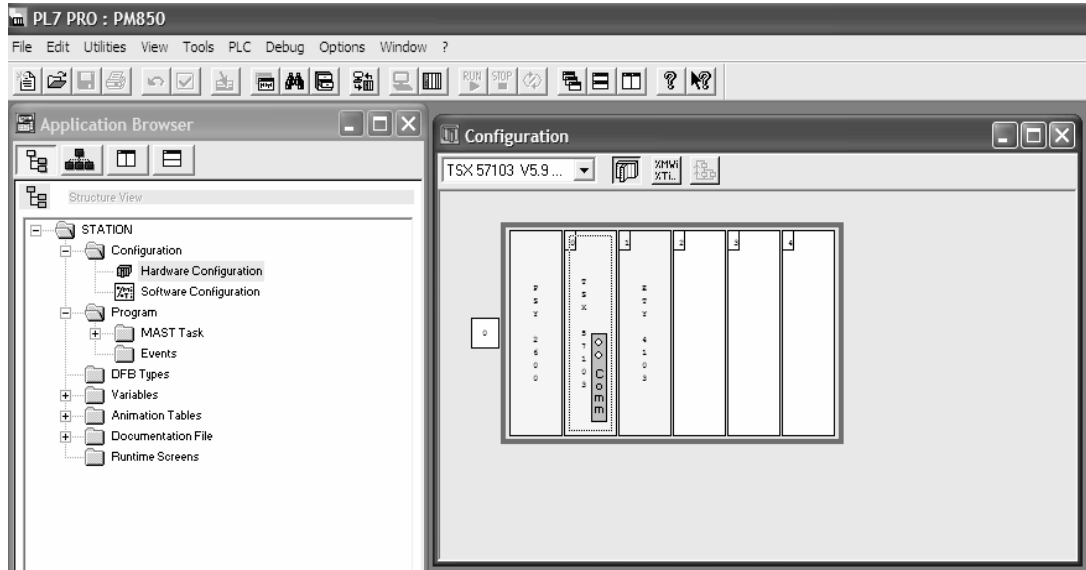
Analizör ile Modbus kartı bağlandıktan sonra analizörün haberleşme ayarları belirlenir.

Çizelge 4.2. Analizör haberleşme ayarı

|                |            |
|----------------|------------|
| Fonksiyon      | Ayar       |
| Baud Rate      | 9600 bit   |
| Adres          | 1          |
| Parity         | Even       |
| Modbus Seçenek | RS-485 RTU |

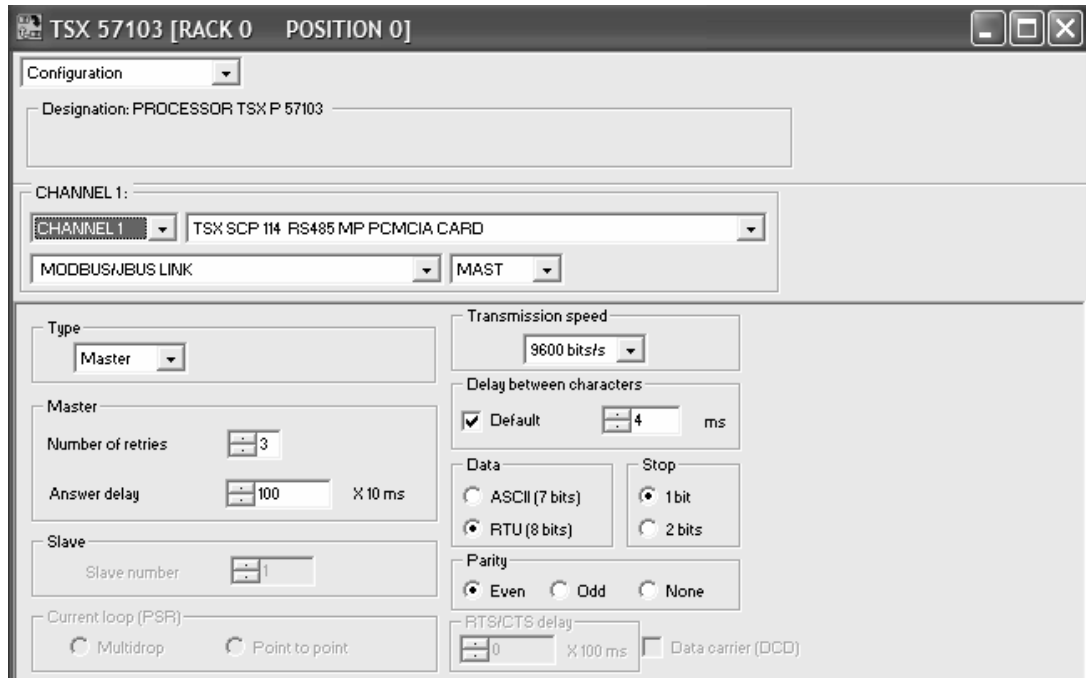
### 4.3. PLC Programı

PLC bağlantıları tamamlandıktan sonra PLC programlama aşamasına geçilir. PLC'yi programlamak için Schneider Elektrik'e ait olan "PL7 4.5" programı kullanılmıştır.



Şekil 4.12. PLC konfigürasyon ekranı

PLC sistemi raya monte edildiği şekilde programın konfigürasyon kısmında tanımlanır. Programlama aşamasına geçilmeden önce bu işlemin mutlaka yapılması gerekmektedir. Bu işlem yapıldıktan sonra haberleşme parametreleri ayarlanır.

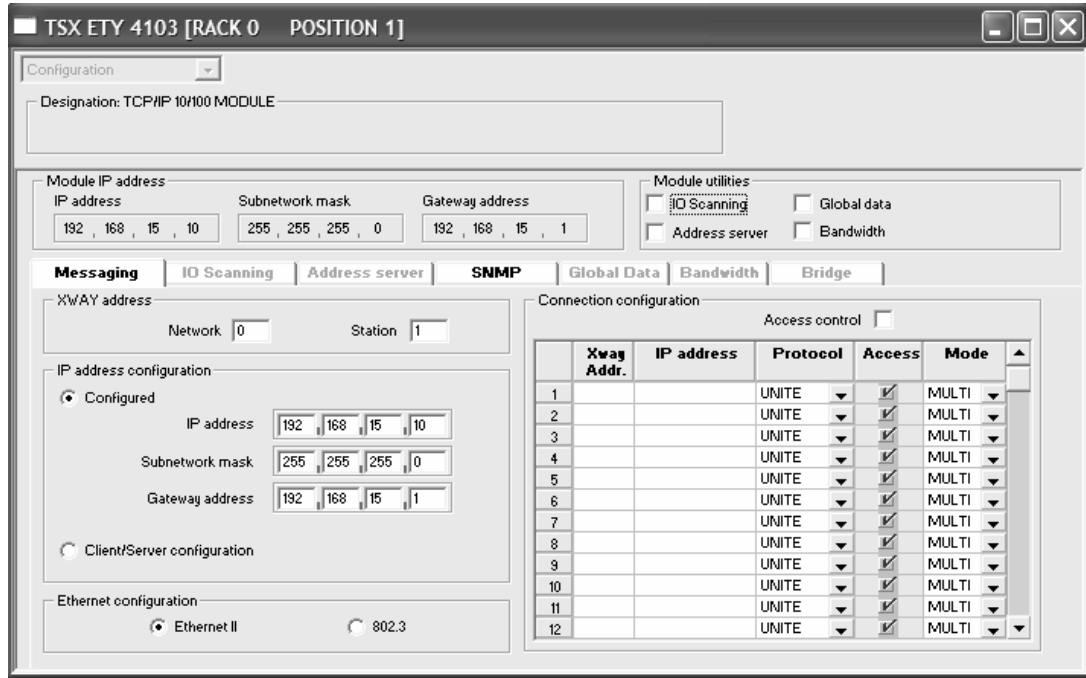


Şekil 4.13. PLC Modbus konfigürasyon ekranı

Haberleşme parametrelerinde ilk olarak enerji analizörü ile iletişim sağlayacak olan PCMCIA Modbus modülü ayarlanır. Bu kısım enerji analizörü haberleşme parametreleri ile aynı olmak zorundadır.

Çizelge 4.3. PLC Modbus haberleşme ayarı

| Fonksiyon | Ayar     |
|-----------|----------|
| Baud Rate | 9600 bit |
| Data Bit  | 8        |
| Stop Bit  | 1        |
| Parity    | Even     |
| Tip       | Master   |



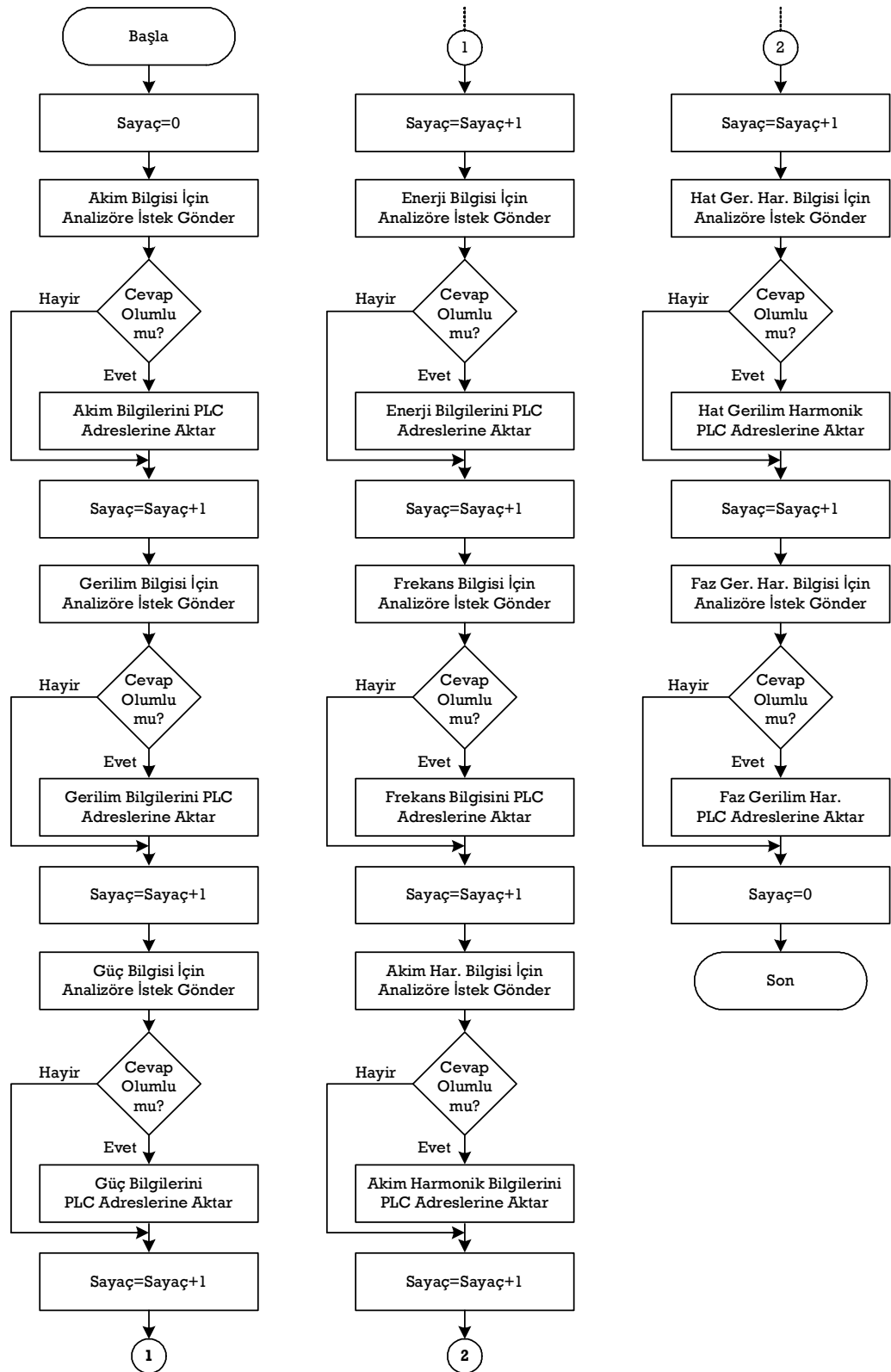
Şekil 4.14. PLC ethernet konfigürasyon ekranı

Ethernet haberleşmesini sağlamak için PLC ethernet kartına IP adresi girilmesi gerekir. Çalışmada PLC'ye 192.168.15.10 IP adresi verilmiştir. Bu adres PLC ile bilgisayar arasındaki haberleşme için kullanılacaktır.

Bu ayarlardan sonra yapılan PLC konfigürasyonu seri kablo ile PLC ünitesine yüklenerek gerekli haberleşme parametreleri PLC'de hazır hale getirilmiş olunacaktır.

PLC'ye enerji değerlerinin alınabilmesi için analizörün verilerini sakladığı Modbus veri adreslerine ihtiyaç duyulacaktır. Bu adresler her analizör için farklı olabilmektedir. Bir cihaz ile Modbus protokolü üzerinden haberleşebilmek için ilgili cihaz üreticisinin adres tablosunu mutlaka vermesi gerekmektedir.

Bu işlemlerden sonra PLC program editöründe analizörden verileri almak için gerekli program yazılarak PLC'ye yüklenir. PLC'ye program yüklenirken önce seri kablodan bağlantı yapılarak Ethernet kartına IP adresi yüklenmelidir.

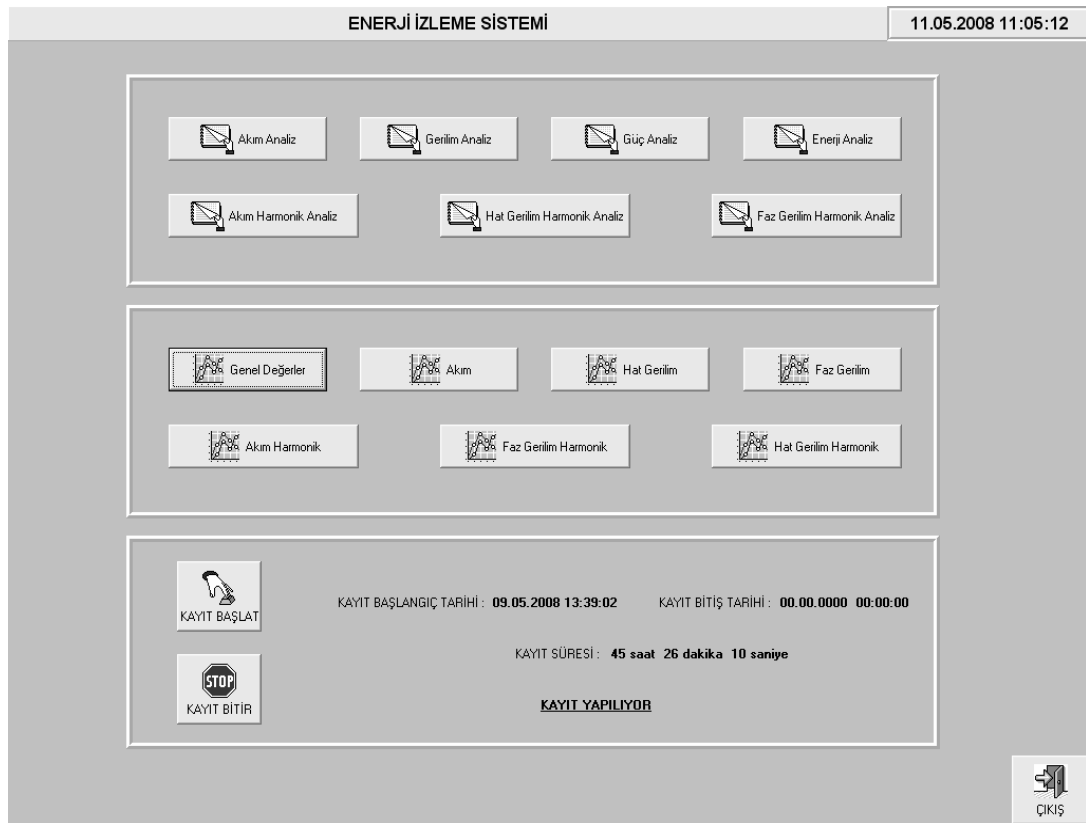


Şekil 4.15. PLC programı blok diyagramı



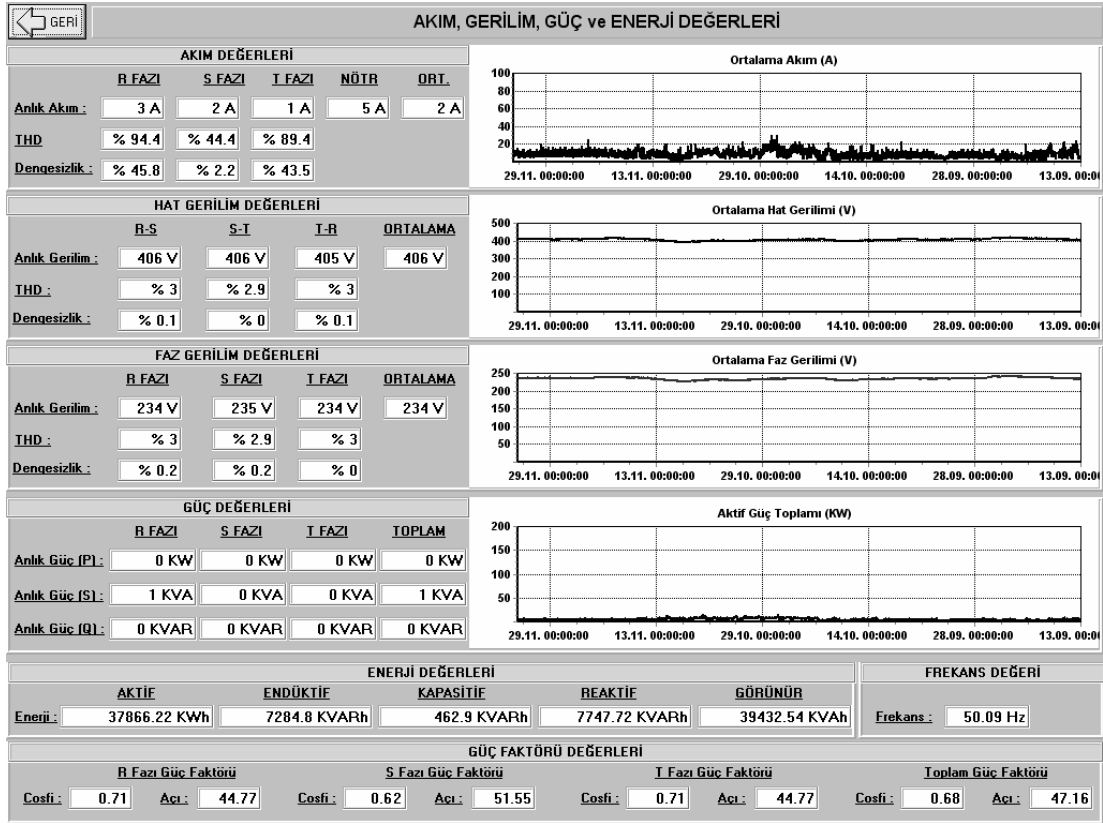
#### 4.4. Bilgisayar Programı

PLC'den alınan verilerin bilgisayarda görüntülenmesi ve kaydedilmesi için Borland Delphi 6.0 programı kullanılmıştır. Verileri bilgisayar ortamına kaydetmek için Interbase veri tabanından yararlanılmıştır. Bu programın sağladığı fayda ise verilerin tek bir dosyada saklanması ve Delphi içinde standart SQL dili kullanılarak yazma ve okuma yapılmasına olanak tanınmasıdır. Programın yazma işleminden sonra paketlenip farklı bilgisayarlarda çalıştırılabilmesi için ise InstallShield Express programı kullanılmıştır.



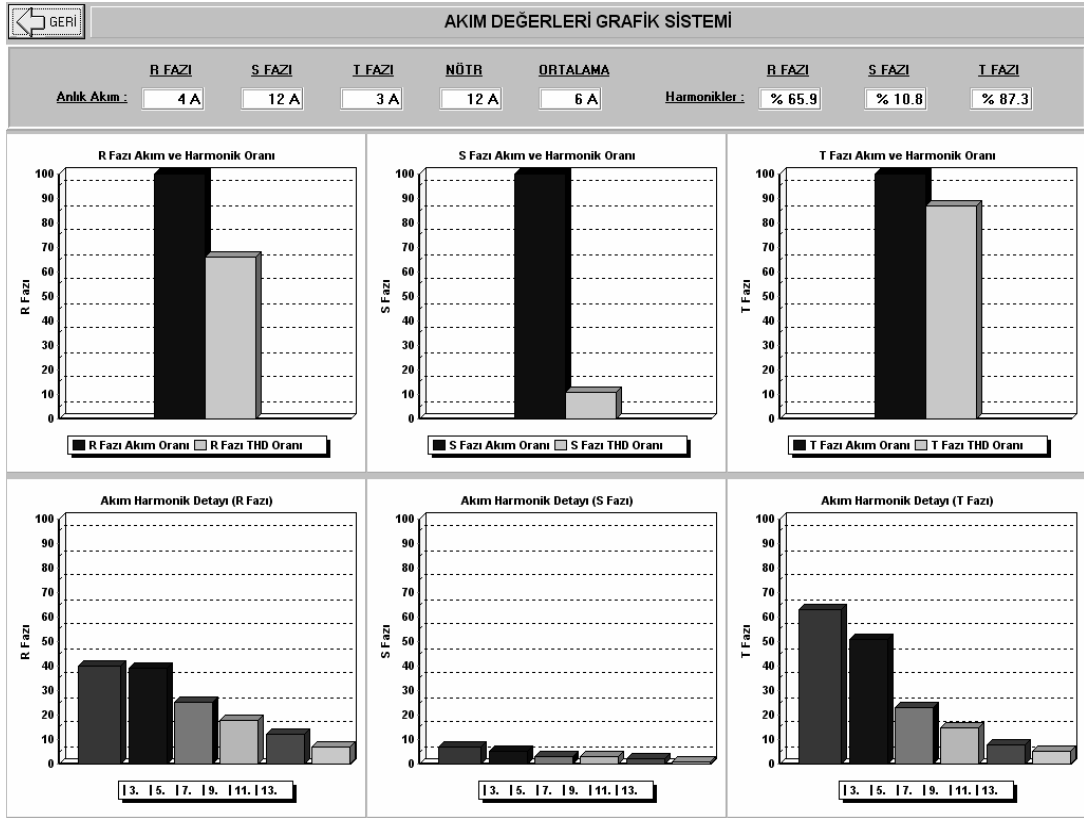
Şekil 4.16. Program ana sayfa

Program ilk çalıştırıldığında açılacak olan sayfadır. Bu sayfadan istenilen diğer tüm sayfalara ulaşılabilir. Kayıt başlatmak ve sonlandırmak için bu sayfa kullanılmaktadır. Kaydın başlangıç ve bitiş zamanı, kayıt süresi gibi değerler yine bu sayfadan kontrol edilebilmektedir.



Şekil 4.17. Genel değerler

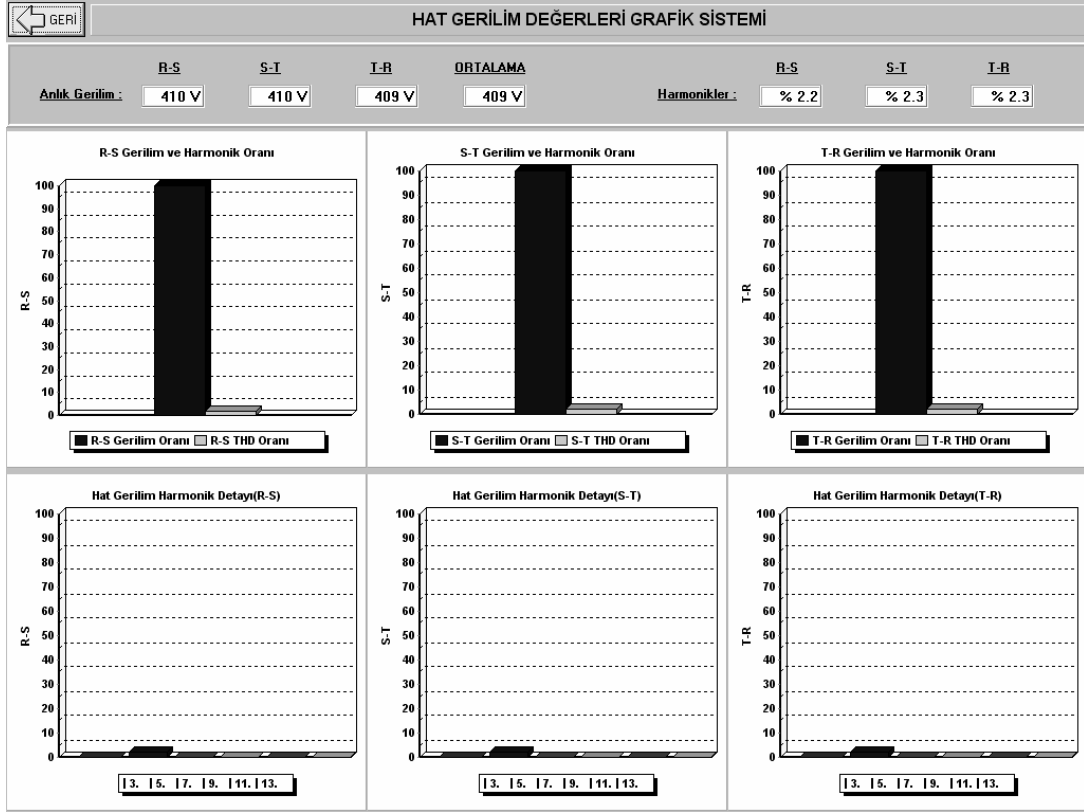
Bir işletme için en çok kullanılan değerler bu sayfada görüntülenmektedir. Akım, gerilim, güç, enerji, frekans ve güç faktörü değerleri 1 saniyelik gecikme ile ekrana yansıtılmaktadır. Analizör üzerinde ölçülemeyen akım ve gerilim arasındaki açı farkı, her faz için  $\cos\phi$  değerinden dönüşüm yapılarak ekrana yansıtılmıştır. Ayrıca ortalama hat gerilimi, ortalama faz gerilimi, toplam aktif güç değerleri grafiksel olarak izlenebilmektedir. Böylece ilgili değerlere ait geçmiş ve şimdiki değerler arasındaki fark görsel öğelerle daha belirgin hale getirilmiştir. Enerji değerleri takip edilerek o anda sistemin aktif, endüktif, kapasitif, toplam reaktif (endüktif + kapasitif), görünür enerji değerleri görülebilmektedir.



Şekil 4.18. Akım değerleri

Sadece akım değerlerine ait verilerin ekrana yansıtıldığı akım detay sayfasıdır. Bu sayfada anlık faz akımları, nötr akımı, ortalama akım değeri, akım değerlerine ait olan yüzde harmonik bozulmalar gösterilmiştir.

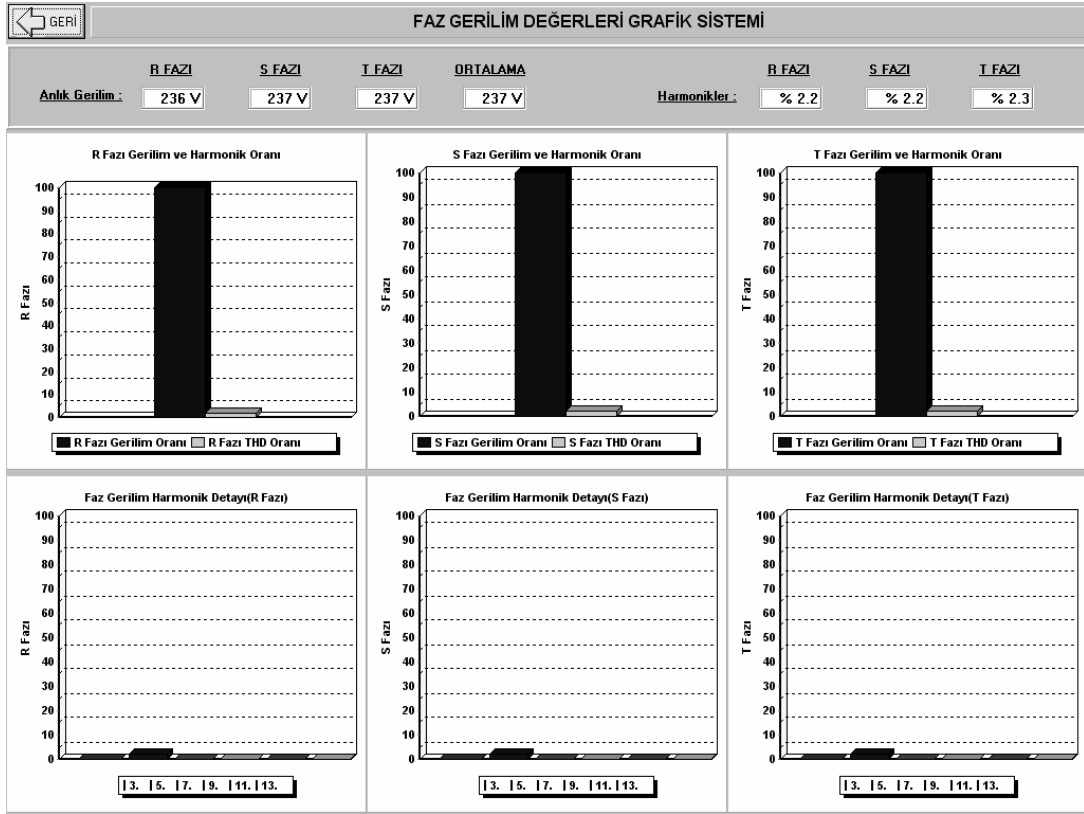
İlgili faza ait akım değeri büyüklüğü ile harmonik bozulma oranı bar grafik olarak gösterilmiştir. Kullanıcı şebekedeki akım kalitesini daha ayrıntılı ve görsel bir biçimde görebilme imkanı bulacaktır. Akım değerlerine ait harmonik detaylar yine bu sayfadan izlenebilir.



Şekil 4.19. Hat gerilim değerleri

Sadece hat gerilim değerlerine ait verilerin ekrana yansıtıldığı hat gerilim detay sayfasıdır. Bu sayfada anlık hat gerilimleri, ortalama hat gerilim değeri ve bu değerlere ait olan yüzde harmonik bozulmalar gösterilmiştir.

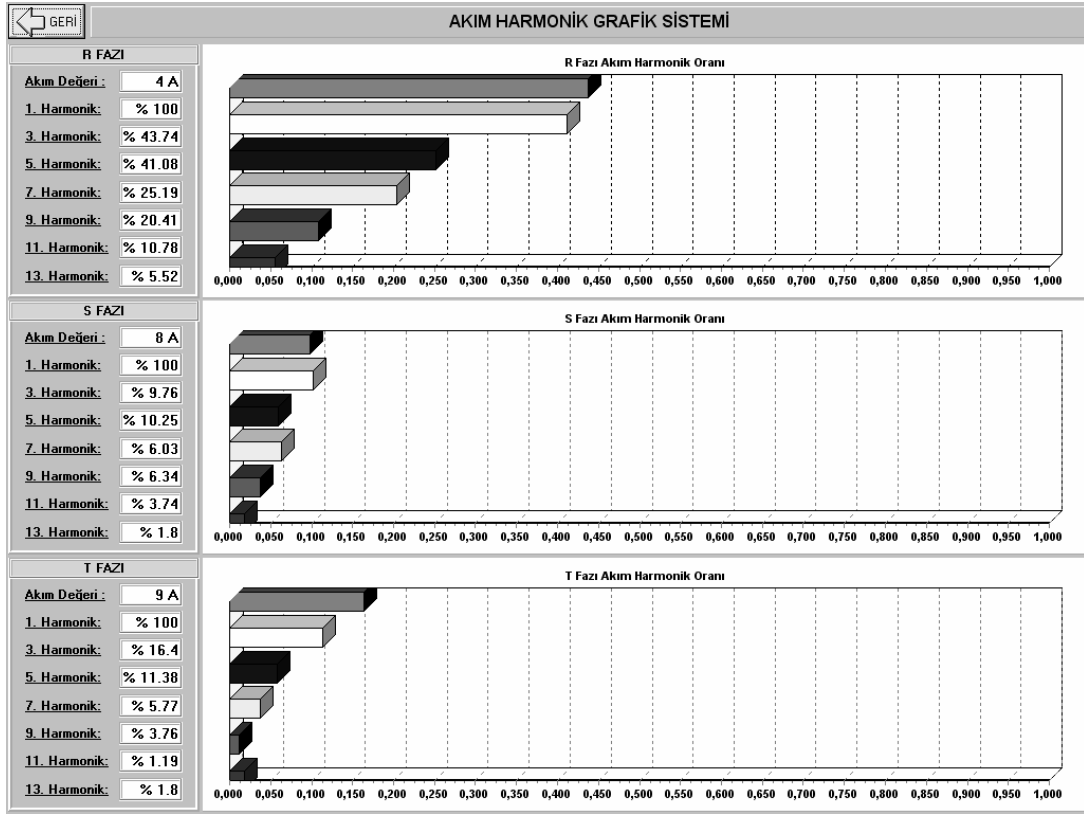
İlgili faza ait hat gerilim değeri büyüklüğü ile harmonik bozulma oranı bar grafik olarak gösterilmiştir. Hat gerilim değerlerine ait gerilim harmoniklerinin detayı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Faz gerilim değerleri

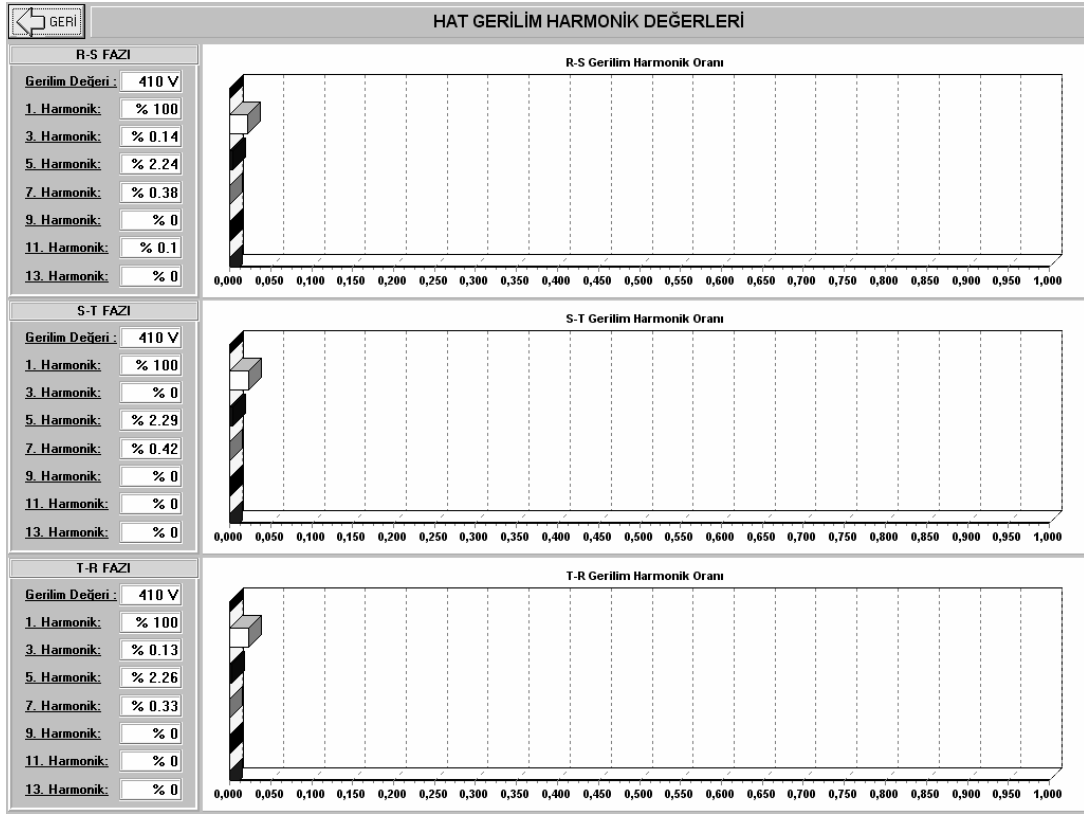
Sadece faz gerilim değerlerine ait verilerin ekrana yansıtıldığı faz gerilim detay sayfasıdır. Bu sayfada anlık faz gerilimleri, ortalama faz gerilim değeri ve bu değerlere ait olan yüzde harmonik bozulmalar gösterilmiştir.

İlgili faza ait faz gerilim değeri büyüklüğü ile harmonik bozulma oranı bar grafik olarak gösterilmiştir. Faz gerilim değerlerine ait gerilim harmoniklerinin detayı grafiksel olarak gösterilmiştir.



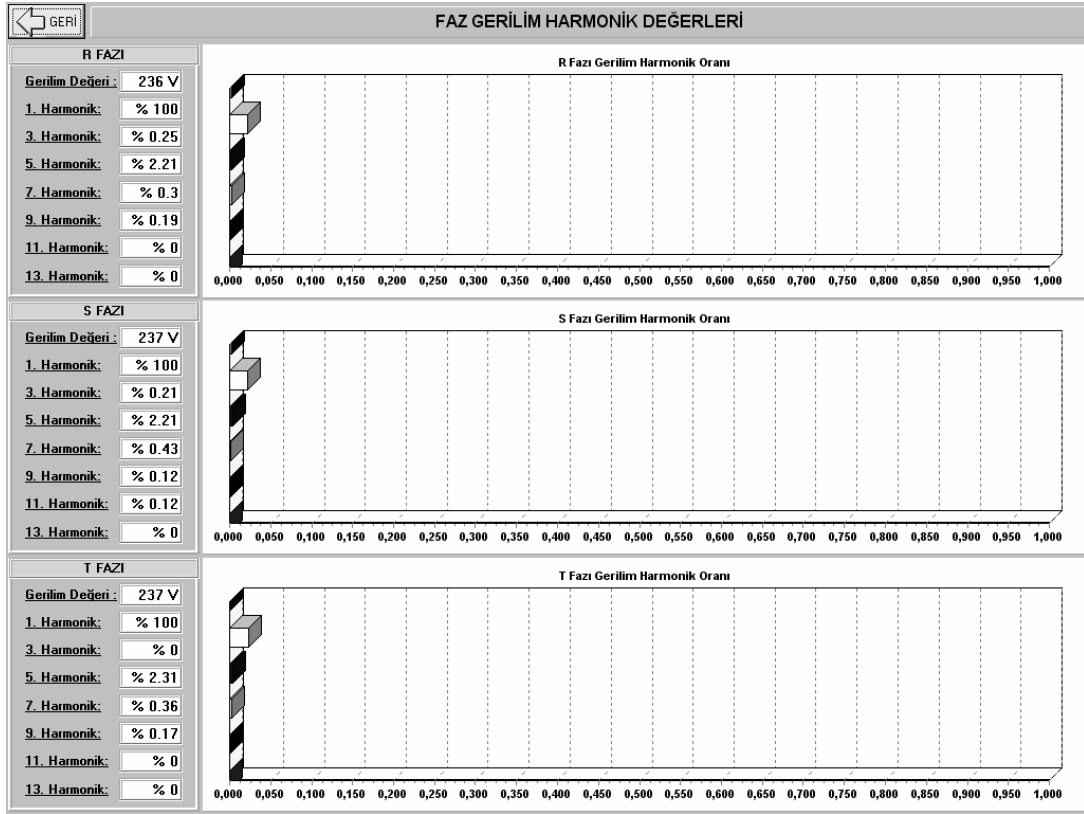
Şekil 4.21. Akım harmonik değerleri

Akım değerlerine ait harmoniklerin görüntülediği sayfadır. Bu sayfada her faza ait akım değeri ile 13. harmoniğe kadar akım harmonikleri yüzde olarak gösterilmiştir. Temel dalga (1. harmonik) ile diğer harmoniklerin büyüklükleri bar grafiğe yansıtılarak her faza ait harmonikler grafiksel olarak gösterilmiştir. Harmonik değerlerinin grafik de daha ayrıntılı görülebilmesi için 10 kat büyütülmüştür.



Şekil 4.22. Hat gerilim harmonik değerleri

Hat gerilim değerlerine ait harmoniklerin görüntülediği sayfadır. Bu sayfada her faza ait gerilim değeri ile 13. harmoniğe kadar hat gerilim harmonikleri yüzde olarak gösterilmiştir. Temel dalga (1.Harmonik) ile diğer harmoniklerin büyüklükleri bar grafiğe yansıtılarak her faza ait harmonikler grafiksel olarak gösterilmiştir. Harmonik değerlerinin grafik de daha ayrıntılı görülebilmesi için 10 kat büyütülmüştür.



Şekil 4.23. Faz gerilim harmonik değerleri

Faz gerilim değerlerine ait harmoniklerin görüntülediği sayfadır. Bu sayfada her faza ait gerilim değeri ile 13. harmoniğe kadar faz gerilim harmonikleri yüzde olarak gösterilmiştir. Temel dalga (1.Harmonik) ile diğer harmoniklerin büyüklükleri bar grafiğe yansıtılarak her faza ait harmonikler grafiksel olarak gösterilmiştir. Harmonik değerlerinin grafik de daha ayrıntılı görülebilmesi için 10 kat büyütülmüştür.

Bilgisayar ekranında gösterilen tüm veriler veri tabanına bir dakikalık aralıklarla kaydedilmektedir. Bu kayıtların sorgulanması, Excel formatına dönüştürülmesi, yazıcıdan çıktılar alınması, dat uzantılı dosya haline çevrilip Matlab programında grafiksel olarak gösterilmesi, sorgulanan verilere sözel analiz yapılabilmesi için raporlama sayfaları mevcuttur. Bu sayfalarda istenilen tarih ve saat aralığında geçmişe yönelik sorgulama ve analiz işlemi yapılır. Kullanıcı raporları yıllık, aylık, haftalık, günlük, saatlik gibi zaman dilimleri şeklinde görebilmektedir. Kullanıcı veri raporlama ve sorgulama sisteminde, sorgulama başlangıç ve bitiş zamanını kendisi

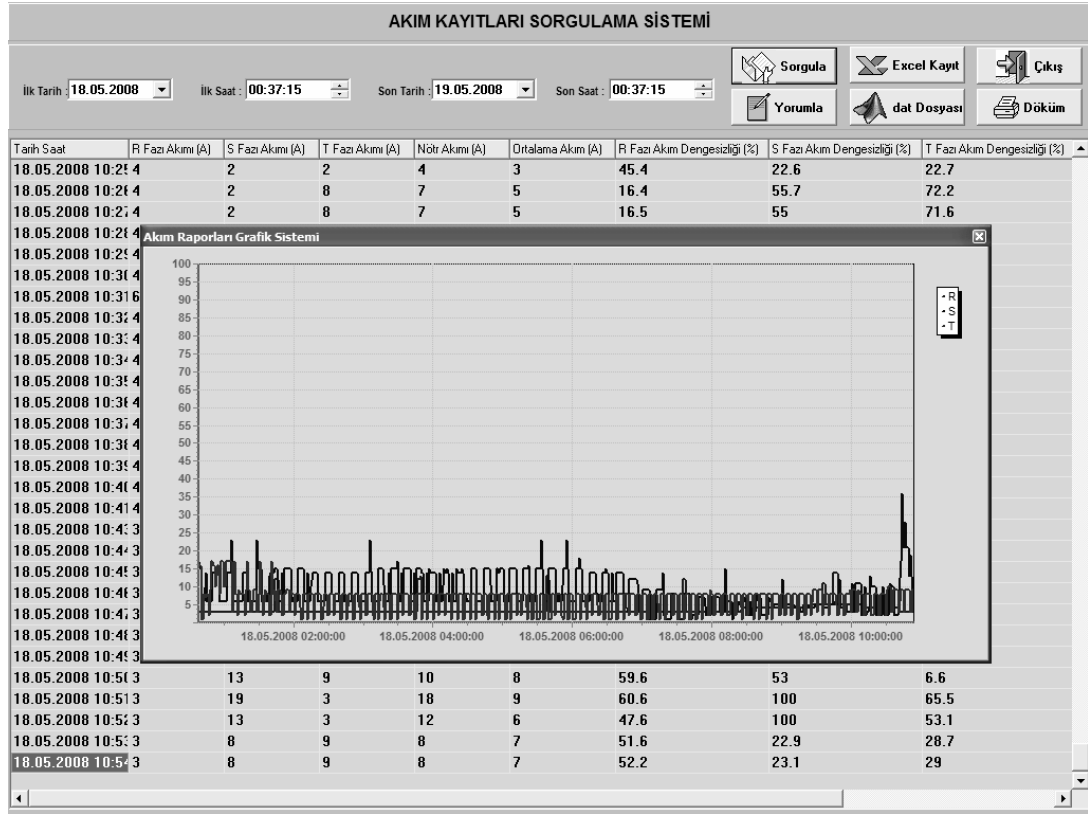


belirlediği için istediği zaman aralığını seçme şansına sahiptir. Sorgulanan verilere ait sözel analizi sistem kendi yapmaktadır.

| AKIM KAYITLARI SORGULAMA SİSTEMİ |                     |                        |                     |                |                   |                              |                              |                              |
|----------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|----------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| İlk Tarih : 08.05.2008           | İlk Saat : 13:38:50 | Son Tarih : 09.05.2008 | Son Saat : 13:38:50 | Sorgula        | Excel Kayıt       | Çıkış                        | Yorumla                      | dat Dosyası                  |
|                                  |                     |                        |                     |                |                   |                              |                              | Döküm                        |
| Tarih Saat                       | R Fazı Akımı (A)    | S Fazı Akımı (A)       | T Fazı Akımı (A)    | Nötr Akımı (A) | Ortalama Akım (A) | R Fazı Akım Dengesizliği (%) | S Fazı Akım Dengesizliği (%) | T Fazı Akım Dengesizliği (%) |
| 09.05.2008 13:05:13              | 28                  | 13                     | 13                  | 18             | 28.6              | 56.6                         | 28                           |                              |
| 09.05.2008 13:11:13              | 27                  | 13                     | 12                  | 18             | 27                | 53.1                         | 26.2                         |                              |
| 09.05.2008 13:11:13              | 27                  | 13                     | 12                  | 18             | 27.2              | 54.3                         | 27.1                         |                              |
| 09.05.2008 13:11:24              | 27                  | 8                      | 22                  | 19             | 21.2              | 39.6                         | 60.8                         |                              |
| 09.05.2008 13:11:24              | 27                  | 15                     | 15                  | 22             | 8.2               | 24.4                         | 32.6                         |                              |
| 09.05.2008 13:14:23              | 27                  | 13                     | 16                  | 21             | 10.5              | 27.8                         | 38.3                         |                              |
| 09.05.2008 13:14:25              | 27                  | 21                     | 12                  | 24             | 2.1               | 12.2                         | 14.3                         |                              |
| 09.05.2008 13:14:24              | 26                  | 20                     | 11                  | 24             | 3.6               | 10.7                         | 14.3                         |                              |
| 09.05.2008 13:14:25              | 26                  | 20                     | 11                  | 24             | 4.1               | 10.4                         | 14.4                         |                              |
| 09.05.2008 13:14:24              | 26                  | 12                     | 16                  | 21             | 15.4              | 25                           | 40.4                         |                              |
| 09.05.2008 13:14:24              | 26                  | 17                     | 13                  | 22             | 8                 | 16.7                         | 24.7                         |                              |
| 09.05.2008 13:21:24              | 26                  | 17                     | 13                  | 22             | 8.3               | 17.4                         | 25.6                         |                              |
| 09.05.2008 13:21:16              | 28                  | 16                     | 9                   | 20             | 19.2              | 38.5                         | 19.3                         |                              |
| 09.05.2008 13:21:16              | 28                  | 16                     | 9                   | 20             | 19.7              | 38.5                         | 18.9                         |                              |
| 09.05.2008 13:21:16              | 26                  | 16                     | 8                   | 19             | 15.7              | 34.5                         | 18.8                         |                              |
| 09.05.2008 13:21:16              | 26                  | 16                     | 8                   | 19             | 16.2              | 35.2                         | 19                           |                              |
| 09.05.2008 13:21:16              | 26                  | 16                     | 8                   | 19             | 16.6              | 36                           | 19.4                         |                              |
| 09.05.2008 13:21:17              | 28                  | 9                      | 13                  | 18             | 5.3               | 53.2                         | 47.8                         |                              |
| 09.05.2008 13:21:17              | 28                  | 18                     | 8                   | 21             | 19                | 32.3                         | 13.3                         |                              |
| 09.05.2008 13:21:18              | 28                  | 25                     | 9                   | 24             | 24                | 19.3                         | 4.7                          |                              |
| 09.05.2008 13:21:17              | 27                  | 17                     | 8                   | 20             | 15.1              | 33.4                         | 18.2                         |                              |
| 09.05.2008 13:31:17              | 28                  | 26                     | 9                   | 24             | 27.7              | 18.7                         | 9                            |                              |
| 09.05.2008 13:31:17              | 28                  | 33                     | 15                  | 26             | 33.4              | 5.6                          | 27.8                         |                              |
| 09.05.2008 13:31:17              | 21                  | 27                     | 14                  | 22             | 20.1              | 2                            | 22.1                         |                              |
| 09.05.2008 13:31:17              | 23                  | 26                     | 14                  | 22             | 22.4              | 3                            | 19.4                         |                              |
| 09.05.2008 13:31:17              | 23                  | 26                     | 14                  | 22             | 22.2              | 2.4                          | 19.8                         |                              |
| 09.05.2008 13:31:17              | 21                  | 26                     | 13                  | 21             | 21.2              | 1.8                          | 23                           |                              |
| 09.05.2008 13:31:17              | 18                  | 25                     | 16                  | 20             | 16.9              | 9.3                          | 26.2                         |                              |
| 09.05.2008 13:31:16              | 18                  | 25                     | 16                  | 20             | 17.1              | 9.3                          | 26.4                         |                              |

Şekil 4.24. Akım kayıtları rapor sayfası

Akım değerlerinin sorgulanıp raporlandığı sayfadır. Bu sayfada faz akımları, nötr akımı, ortalama akım, faz akımlarında meydana gelen toplam harmonik bozulmalar, faz akımları arasındaki dengesizlikler gösterilmektedir. Sorgulama yapmak için başlangıç ve bitiş zamanının ayarlanması gerekir. İlk tarih, ilk saat, son tarih ve son saat değerlerine sorgu yapılacak aralık belirlendikten sonra sorgula tuşuna basılır. Ekranı istenilen zaman dilimindeki kayıtlar gelir.



Şekil 4.25. Akım kayıtları rapor ve grafik sayfası

Sayısal verilerle birlikte sorgulama aralığında gösterilen faz akımlarının değişimi grafiksel olarak ekrana yansıtacaktır. Grafikten sistemin o anki akım değerlerindeki dalgalanmalar rahatça görülür.

| AKIM DEĞERLERİ YORUMLAMA SİSTEMİ                                     |  |
|----------------------------------------------------------------------|--|
| R Fazı Maximum Akım Değeri : 14 A                                    |  |
| R Fazı Maximum Akım Değeri 18.05.2008 09:45:10 tarihinde gerçekleşti |  |
| R Fazı Minimum Akım Değeri 3 A                                       |  |
| R Fazı Minimum Akım Değeri 18.05.2008 00:38:10 tarihinde gerçekleşti |  |
| R Fazı Harmonik Akım Değeri Ortalama : %69.97                        |  |
| R Fazı Akım Dengesizliği Ortalama : %43.53                           |  |
| S Fazı Akım Değeri Ortalama : 8.7 A                                  |  |
| S Fazı Maximum Akım Değeri : 36 A                                    |  |
| S Fazı Maximum Akım Değeri 18.05.2008 10:44:10 tarihinde gerçekleşti |  |
| S Fazı Minimum Akım Değeri 1 A                                       |  |
| S Fazı Minimum Akım Değeri 18.05.2008 07:07:10 tarihinde gerçekleşti |  |
| S Fazı Harmonik Akım Değeri Ortalama : %21.22                        |  |
| S Fazı Akım Dengesizliği Ortalama : %45.96                           |  |
| T Fazı Akım Değeri Ortalama : 6.6 A                                  |  |
| T Fazı Maximum Akım Değeri : 17 A                                    |  |
| T Fazı Maximum Akım Değeri 18.05.2008 00:49:10 tarihinde gerçekleşti |  |
| T Fazı Minimum Akım Değeri 1 A                                       |  |
| T Fazı Minimum Akım Değeri 18.05.2008 00:41:10 tarihinde gerçekleşti |  |
| T Fazı Harmonik Akım Değeri Ortalama : %34.51                        |  |
| T Fazı Akım Dengesizliği Ortalama : %40.04                           |  |
| Nötr Akımı Ortalama : 9.05 A                                         |  |
| Sistem Dengesiz Besleniyor                                           |  |

Şekil 4.26. Akım yorumlama sayfası

Sorgulanan değerleri sözel ifadelerle yorumlamak için yorumla tuşuna basılır. Yorumlama sisteminde her faza ait ortalama değerler, maksimum ve minimum değerler, maksimum ve minimum değerlerin gerçekleştiği tarih ve saatler ve sistemle ilgili sözel veriler görüntülenir. Bu açıklamalar kullanıcıyı daha detaylı bilgilendirmeyi amaçlar.

Print Preview

File View Format Go

100%

Margins Left: 12,7 mm Top: 12,7 mm Right: 12,7 mm Bottom: 12,7 mm Header: 6,4 mm Footer: 6,4 mm

| Tarih Saat          | R Fazı Akımı (A) | S Fazı Akımı (A) | T Fazı Akımı (A) | Notr Akımı (A) | Ortalama Akım (A) | R Fazı Akım Dengesizliği (%) |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|-------------------|------------------------------|
| 18.05.2008 00:38:10 | 3                | 17               | 16               | 14             | 12                | 74.4                         |
| 18.05.2008 00:39:10 | 3                | 15               | 16               | 13             | 11                | 72.7                         |
| 18.05.2008 00:40:10 | 3                | 15               | 16               | 13             | 11                | 72.8                         |
| 18.05.2008 00:41:10 | 3                | 6                | 1                | 6              | 3                 | 15.6                         |
| 18.05.2008 00:42:10 | 3                | 6                | 1                | 6              | 4                 | 14.4                         |
| 18.05.2008 00:43:10 | 3                | 6                | 8                | 5              | 6                 | 46.2                         |
| 18.05.2008 00:44:10 | 3                | 14               | 7                | 11             | 8                 | 63.6                         |
| 18.05.2008 00:45:10 | 3                | 6                | 8                | 5              | 6                 | 46.3                         |
| 18.05.2008 00:46:10 | 3                | 6                | 8                | 6              | 6                 | 48.7                         |
| 18.05.2008 00:47:10 | 3                | 6                | 2                | 6              | 4                 | 23.2                         |
| 18.05.2008 00:48:10 | 3                | 6                | 9                | 7              | 6                 | 51.1                         |
| 18.05.2008 00:49:10 | 3                | 6                | 17               | 15             | 9                 | 65.1                         |
| 18.05.2008 00:50:10 | 3                | 14               | 17               | 16             | 12                | 73.2                         |
| 18.05.2008 00:51:10 | 3                | 14               | 16               | 15             | 11                | 72.5                         |
| 18.05.2008 00:52:10 | 3                | 14               | 16               | 15             | 11                | 72.8                         |
| 18.05.2008 00:53:10 | 3                | 14               | 10               | 12             | 9                 | 66.9                         |
| 18.05.2008 00:54:10 | 3                | 14               | 16               | 15             | 11                | 72.8                         |
| 18.05.2008 00:55:10 | 3                | 14               | 16               | 14             | 11                | 72.2                         |
| 18.05.2008 00:56:10 | 3                | 6                | 8                | 7              | 6                 | 46.5                         |
| 18.05.2008 00:57:10 | 3                | 6                | 17               | 14             | 9                 | 64.6                         |
| 18.05.2008 00:58:10 | 3                | 6                | 17               | 14             | 9                 | 63.8                         |
| 18.05.2008 00:59:10 | 3                | 6                | 17               | 14             | 9                 | 63.9                         |
| 18.05.2008 01:00:10 | 3                | 6                | 10               | 8              | 6                 | 52.6                         |
| 18.05.2008 01:01:10 | 3                | 6                | 10               | 8              | 6                 | 52.6                         |
| 18.05.2008 01:02:10 | 3                | 6                | 17               | 14             | 9                 | 64.3                         |
| 18.05.2008 01:03:10 | 3                | 14               | 17               | 14             | 11                | 73.1                         |
| 18.05.2008 01:04:10 | 3                | 14               | 17               | 14             | 11                | 73.1                         |
| 18.05.2008 01:05:10 | 3                | 14               | 17               | 14             | 11                | 73.3                         |
| 18.05.2008 01:06:10 | 3                | 23               | 17               | 19             | 14                | 78.2                         |
| 18.05.2008 01:07:10 | 3                | 14               | 3                | 14             | 7                 | 54.3                         |

Page: 1 of 28 Pages Paper Size 215,9 mm x 279,4 mm Status Ready

Şekil 4.27. Akım çıktı sayfası

Raporlanan verilerin yazıcıdan çıktı alınabilmesi döküm tuşuna basılır. Ekranda görüntülenen veriler Windows'un baskı ön izleme programına aktarılacaktır.

Microsoft Excel - akim

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

Type a question for help

MS Sans Serif 8 B I U

Reply with Changes... End Review...

| A1 | Tarih Saat       | R Fazı Akımı (A) | S Fazı Akımı (A) | T Fazı Akımı (A) | Nötr Akımı (A) | Ortalama Akım (A) | R Fazı Akım Dengesizliği (%) | S Fazı Akım Dengesizliği (%) | T Fazı Akım Dengesizliği (%) |
|----|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 2  | 18.05.2008 00:31 | 17               | 16               | 14               | 12             | 74.4              | 43                           | 31.4                         |                              |
| 3  | 18.05.2008 00:31 | 15               | 16               | 13               | 11             | 72.7              | 32.2                         | 40.5                         |                              |
| 4  | 18.05.2008 00:43 | 15               | 16               | 13               | 11             | 72.8              | 32.2                         | 40.6                         |                              |
| 5  | 18.05.2008 00:43 | 6                | 1                | 6                | 3              | 15.6              | 75.4                         | 59.8                         |                              |
| 6  | 18.05.2008 00:43 | 6                | 1                | 6                | 4              | 14.4              | 74.3                         | 59.9                         |                              |
| 7  | 18.05.2008 00:43 | 6                | 8                | 5                | 6              | 46.2              | 10.5                         | 35.7                         |                              |
| 8  | 18.05.2008 00:43 | 14               | 7                | 11               | 8              | 63.6              | 73                           | 9.3                          |                              |
| 9  | 18.05.2008 00:43 | 6                | 8                | 5                | 6              | 46.3              | 10.6                         | 35.7                         |                              |
| 10 | 18.05.2008 00:43 | 6                | 8                | 6                | 6              | 48.7              | 5.2                          | 43.5                         |                              |
| 11 | 18.05.2008 00:43 | 6                | 2                | 6                | 4              | 23.2              | 60                           | 36.7                         |                              |
| 12 | 18.05.2008 00:43 | 6                | 9                | 7                | 6              | 51.1              | 0.4                          | 50.7                         |                              |
| 13 | 18.05.2008 00:43 | 6                | 17               | 15               | 9              | 65.1              | 33.6                         | 98.7                         |                              |
| 14 | 18.05.2008 00:53 | 14               | 17               | 16               | 12             | 73.2              | 24                           | 49.3                         |                              |
| 15 | 18.05.2008 00:53 | 14               | 16               | 15               | 11             | 72.5              | 27.4                         | 45.1                         |                              |
| 16 | 18.05.2008 00:53 | 14               | 16               | 15               | 11             | 72.8              | 27.6                         | 45.2                         |                              |
| 17 | 18.05.2008 00:53 | 14               | 10               | 12               | 9              | 66.9              | 58.1                         | 8.8                          |                              |
| 18 | 18.05.2008 00:53 | 14               | 16               | 15               | 11             | 72.8              | 27.4                         | 45.4                         |                              |
| 19 | 18.05.2008 00:53 | 14               | 16               | 14               | 11             | 72.2              | 25                           | 47.1                         |                              |
| 20 | 18.05.2008 00:53 | 6                | 8                | 7                | 6              | 46.5              | 1.8                          | 44.7                         |                              |
| 21 | 18.05.2008 00:53 | 6                | 17               | 14               | 9              | 64.6              | 32.7                         | 97.3                         |                              |
| 22 | 18.05.2008 00:53 | 6                | 17               | 14               | 9              | 63.8              | 32.5                         | 96.3                         |                              |
| 23 | 18.05.2008 00:53 | 6                | 17               | 14               | 9              | 63.9              | 32.4                         | 96.3                         |                              |
| 24 | 18.05.2008 01:03 | 6                | 10               | 8                | 6              | 52.6              | 9.4                          | 62.1                         |                              |
| 25 | 18.05.2008 01:03 | 6                | 10               | 8                | 6              | 52.6              | 9.4                          | 62                           |                              |
| 26 | 18.05.2008 01:03 | 6                | 17               | 14               | 9              | 64.3              | 32.3                         | 96.7                         |                              |
| 27 | 18.05.2008 01:03 | 14               | 17               | 14               | 11             | 73.1              | 26.2                         | 46.9                         |                              |
| 28 | 18.05.2008 01:03 | 14               | 17               | 14               | 11             | 73.1              | 26.2                         | 46.9                         |                              |
| 29 | 18.05.2008 01:03 | 14               | 17               | 14               | 11             | 73.3              | 26.3                         | 47                           |                              |
| 30 | 18.05.2008 01:03 | 23               | 17               | 19               | 14             | 78.2              | 59.6                         | 18.6                         |                              |
| 31 | 18.05.2008 01:03 | 14               | 3                | 14               | 7              | 54.3              | 100                          | 61.3                         |                              |
| 32 | 18.05.2008 01:03 | 6                | 8                | 7                | 6              | 47.9              | 0                            | 47.9                         |                              |
| 33 | 18.05.2008 01:03 | 6                | 17               | 13               | 9              | 62.1              | 27.8                         | 89.8                         |                              |
| 34 | 18.05.2008 01:13 | 6                | 8                | 6                | 6              | 45.7              | 5.8                          | 39.9                         |                              |
| 35 | 18.05.2008 01:13 | 6                | 8                | 7                | 6              | 43.9              | 1.4                          | 45.4                         |                              |

Ready

Şekil 4.28. Excel çıktı sayfası

Raporlanan verilerin Excel formatında kayıt altına alınması da mümkün olmaktadır. Bunun için Excel kayıt tuşuna basılır. Kaydedilecek dosya adı girildikten sonra ekranda görülen veriler Excel formatında kaydedilmiş olunacaktır.

Sorgulanan veriler eğer istenirse dat uzantılı dosyaya dönüştürülerek Matlab programında grafiksel hale getirilmektedir. Bu işlem için dat dosyası tuşuna basılır, kaydedilmek istenen dosya adı girilir. Matlab programından gerekli kodlama işlemleri yapılarak veriler dat uzantılı dosyadan çekilerek istenilen değerlerin grafiği çizdirilir.

| GERİLİM KAYITLARI SORGULAMA SİSTEMİ |                     |                        |                     |                           |                  |                  |                  |                           |                              |
|-------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------|------------------------------|
| İlk Tarih : 18.05.2008              | İlk Saat : 00:58:42 | Son Tarih : 19.05.2008 | Son Saat : 00:58:42 | Sorgula                   | Excel Kayıt      | Çıkış            | Yorumla          | dat Dosyası               | Döküm                        |
| Tarih Saat                          | R-S Gerilimi (V)    | S-T Gerilimi (V)       | T-R Gerilimi (V)    | Ortalama Hat Gerilimi (V) | R-N Gerilimi (V) | S-N Gerilimi (V) | T-N Gerilimi (V) | Ortalama Faz Gerilimi (V) | R-S Gerilim Dengesizliği (%) |
| 18.05.2008 10:21 413                | 412                 | 412                    | 412                 | 238                       | 238              | 238              | 238              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:22 413                | 413                 | 412                    | 413                 | 238                       | 239              | 238              | 238              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:23 412                | 411                 | 412                    | 412                 | 238                       | 238              | 238              | 238              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:24 413                | 412                 | 412                    | 412                 | 238                       | 238              | 238              | 238              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:25 412                | 411                 | 412                    | 412                 | 238                       | 238              | 237              | 238              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:26 412                | 412                 | 412                    | 412                 | 238                       | 238              | 238              | 238              | 0                         |                              |
| 18.05.2008 10:27 412                | 411                 | 412                    | 412                 | 238                       | 238              | 238              | 238              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:28 413                | 413                 | 412                    | 413                 | 238                       | 239              | 238              | 238              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:29 412                | 412                 | 411                    | 412                 | 237                       | 238              | 237              | 238              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:30 412                | 411                 | 411                    | 411                 | 237                       | 238              | 237              | 237              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:31 411                | 411                 | 411                    | 411                 | 237                       | 237              | 237              | 237              | 0                         |                              |
| 18.05.2008 10:32 411                | 411                 | 411                    | 411                 | 238                       | 237              | 237              | 237              | 0                         |                              |
| 18.05.2008 10:33 411                | 411                 | 411                    | 411                 | 238                       | 237              | 238              | 237              | 0                         |                              |
| 18.05.2008 10:34 411                | 411                 | 411                    | 411                 | 237                       | 237              | 237              | 237              | 0                         |                              |
| 18.05.2008 10:35 412                | 411                 | 411                    | 411                 | 238                       | 237              | 237              | 238              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:36 412                | 411                 | 411                    | 412                 | 238                       | 238              | 237              | 238              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:37 412                | 412                 | 411                    | 412                 | 238                       | 238              | 237              | 238              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:38 411                | 411                 | 411                    | 411                 | 237                       | 237              | 237              | 237              | 0                         |                              |
| 18.05.2008 10:39 411                | 411                 | 411                    | 411                 | 237                       | 237              | 237              | 237              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:40 412                | 412                 | 412                    | 412                 | 238                       | 237              | 238              | 238              | 0                         |                              |
| 18.05.2008 10:41 410                | 411                 | 411                    | 411                 | 238                       | 236              | 237              | 237              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:42 410                | 411                 | 411                    | 410                 | 238                       | 236              | 237              | 237              | 0                         |                              |
| 18.05.2008 10:43 409                | 410                 | 410                    | 410                 | 237                       | 235              | 237              | 237              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:44 409                | 409                 | 410                    | 409                 | 237                       | 236              | 236              | 236              | 0                         |                              |
| 18.05.2008 10:45 409                | 410                 | 410                    | 410                 | 237                       | 236              | 237              | 237              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:46 410                | 410                 | 411                    | 410                 | 238                       | 236              | 237              | 237              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:47 410                | 410                 | 411                    | 410                 | 237                       | 236              | 237              | 237              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:48 410                | 411                 | 410                    | 410                 | 237                       | 236              | 237              | 237              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:49 410                | 411                 | 410                    | 410                 | 237                       | 236              | 237              | 237              | 0.1                       |                              |
| 18.05.2008 10:50 410                | 410                 | 410                    | 410                 | 237                       | 237              | 236              | 237              | 0                         |                              |

Şekil 4.29. Gerilim kayıt sayfası

Gerilim kayıtlarının sorgulama yapıp raporlandığı sayfadır. Veri tabanına kaydedilen hat ve faz gerilimleri, gerilimdeki harmonik bozulmalar, fazlar arasındaki gerilim dengesizlikleri raporlanacaktır.

| GERİLİM DEĞERLERİ YORUMLAMA SİSTEMİ                                          |  |
|------------------------------------------------------------------------------|--|
| R-S Harmonik Gerilim Değeri Ortalama : %3.15                                 |  |
| R-S Gerilim Harmonik Değeri %10 dan Daha Az. Gerilim Harmonik Değeri Normal. |  |
| R-S Gerilim Dengesizliği Ortalama : %0.05                                    |  |
| R-S Gerilimi Dengeli                                                         |  |
| S-T Gerilim Değeri Ortalama : 418.9 V                                        |  |
| S-T Maximum Gerilim Değeri : 427 V                                           |  |
| S-T Maximum Gerilim Değeri 18.05.2008 05:22:14 tarihinde gerçekleşti         |  |
| S-T Minimum Gerilim Değeri 409 V                                             |  |
| S-T Fazı Minimum Gerilim Değeri 18.05.2008 10:48:14 tarihinde gerçekleşti    |  |
| S-T Harmonik Gerilim Değeri Ortalama : %3.14                                 |  |
| S-T Gerilim Harmonik Değeri %10 dan Daha Az. Gerilim Harmonik Değeri Normal. |  |
| S-T Gerilim Dengesizliği Ortalama : %0.05                                    |  |
| S-T Gerilimi Dengeli                                                         |  |
| T-R Gerilim Değeri Ortalama : 418.4 V                                        |  |
| T-R Maximum Gerilim Değeri : 427 V                                           |  |
| T-R Maximum Gerilim Değeri 18.05.2008 05:22:14 tarihinde gerçekleşti         |  |
| T-R Minimum Gerilim Değeri 410 V                                             |  |
| T-R Fazı Minimum Gerilim Değeri 18.05.2008 10:46:14 tarihinde gerçekleşti    |  |
| T-R Harmonik Gerilim Değeri Ortalama : %3.1                                  |  |
| T-R Gerilim Harmonik Değeri %10 dan Daha Az. Gerilim Harmonik Değeri Normal. |  |
| T-R Gerilim Dengesizliği Ortalama : %0.09                                    |  |
| T-R Gerilimi Dengeli                                                         |  |

Şekil 4.30. Gerilim değerleri yorumlama sayfası

Bu değerler yorumlanmak istendiğinde ise yorumla tuşuna basılarak sorgulanan değerler yorumlanır. Yorumlama sisteminde elektrik kesinti zamanları, gerilim dengesizlikleri ve harmonik büyüklükleri sözel verilerle ekrana yansır. Örneğin sorgulanan değerler içerisinde T-R hat gerilimindeki meydana gelen harmonik bozulmalar %10'dan daha fazla ise "*T-R Geriliminde Harmonik Fazla*" diye sözel bir ifade ile kullanıcı uyarılmaktadır.

| GÜÇ KAYITLARI SORGULAMA SİSTEMİ |             |                     |             |                        |               |                     |               |               |              |              |              |              |
|---------------------------------|-------------|---------------------|-------------|------------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| İlk Tarih : 18.05.2008          |             | İlk Saat : 08:30:42 |             | Son Tarih : 19.05.2008 |               | Son Saat : 09:00:42 |               | Sorgula       | Excel Kayıt  | Çıkış        |              |              |
|                                 |             |                     |             |                        |               |                     |               | Yorumla       | dat Dosyası  | Döküm        |              |              |
| Tarih Saat                      | R Fazı (KW) | S Fazı (KW)         | T Fazı (KW) | Toplam (KW)            | R Fazı (KVAR) | S Fazı (KVAR)       | T Fazı (KVAR) | Toplam (KVAR) | R Fazı (KVA) | S Fazı (KVA) | T Fazı (KVA) | Toplam (KVA) |
| 18.05.2008 10:25:1              | 0           | 1                   | 2           | -1                     | 0             | 1                   | 0             | 1             | 0            | 1            | 2            |              |
| 18.05.2008 10:26:1              | 0           | 2                   | 3           | -1                     | 0             | 0                   | -1            | 1             | 1            | 2            | 3            |              |
| 18.05.2008 10:27:1              | 0           | 2                   | 3           | -1                     | 0             | 0                   | -1            | 1             | 0            | 2            | 3            |              |
| 18.05.2008 10:28:1              | 0           | 2                   | 3           | -1                     | 0             | 0                   | -1            | 1             | 1            | 2            | 3            |              |
| 18.05.2008 10:29:1              | 0           | 2                   | 3           | -1                     | 0             | 0                   | -1            | 1             | 1            | 2            | 3            |              |
| 18.05.2008 10:30:1              | 0           | 0                   | 1           | -1                     | 0             | 0                   | -1            | 1             | 0            | 0            | 2            |              |
| 18.05.2008 10:31:1              | 0           | 2                   | 3           | 1                      | 0             | 0                   | 1             | 1             | 0            | 2            | 3            |              |
| 18.05.2008 10:32:1              | 0           | 2                   | 3           | 1                      | 0             | 0                   | 1             | 1             | 0            | 2            | 3            |              |
| 18.05.2008 10:33:1              | 4           | 2                   | 7           | -1                     | 0             | 1                   | 0             | 1             | 4            | 2            | 7            |              |
| 18.05.2008 10:34:1              | 3           | 2                   | 6           | 1                      | 0             | 1                   | 1             | 1             | 3            | 2            | 6            |              |
| 18.05.2008 10:35:1              | 2           | 1                   | 4           | 1                      | 0             | 1                   | 1             | 1             | 2            | 1            | 4            |              |
| 18.05.2008 10:36:1              | 2           | 2                   | 5           | 1                      | 0             | 1                   | 1             | 1             | 2            | 2            | 6            |              |
| 18.05.2008 10:37:1              | 2           | 2                   | 5           | -1                     | 0             | 1                   | 0             | 1             | 2            | 2            | 5            |              |
| 18.05.2008 10:38:1              | 0           | 2                   | 3           | -1                     | 0             | 0                   | 0             | 1             | 0            | 2            | 3            |              |
| 18.05.2008 10:39:1              | 0           | 2                   | 3           | -1                     | 0             | 0                   | 0             | 1             | 0            | 2            | 3            |              |
| 18.05.2008 10:40:1              | 0           | 2                   | 3           | -1                     | 0             | 0                   | -1            | 1             | 0            | 2            | 3            |              |
| 18.05.2008 10:43:1              | 4           | 2                   | 7           | 0                      | 0             | 0                   | -1            | 1             | 4            | 2            | 7            |              |
| 18.05.2008 10:44:1              | 5           | 2                   | 8           | -1                     | 0             | 0                   | -1            | 1             | 5            | 2            | 8            |              |
| 18.05.2008 10:45:1              | 5           | 2                   | 8           | -1                     | 0             | 0                   | -1            | 1             | 5            | 2            | 8            |              |
| 18.05.2008 10:46:1              | 5           | 0                   | 6           | -1                     | 0             | 0                   | 0             | 1             | 5            | 1            | 6            |              |
| 18.05.2008 10:47:1              | 5           | 2                   | 8           | -1                     | 0             | 0                   | -1            | 1             | 5            | 2            | 8            |              |
| 18.05.2008 10:48:1              | 5           | 2                   | 7           | -1                     | 0             | 0                   | 0             | 1             | 5            | 2            | 7            |              |
| 18.05.2008 10:49:1              | 7           | 2                   | 9           | -1                     | 0             | 0                   | 0             | 1             | 7            | 2            | 9            |              |
| 18.05.2008 10:50:1              | 5           | 2                   | 7           | -1                     | 0             | 0                   | 0             | 1             | 5            | 2            | 7            |              |
| 18.05.2008 10:51:1              | 5           | 0                   | 6           | 0                      | 0             | 0                   | 0             | 1             | 5            | 1            | 6            |              |
| 18.05.2008 10:52:1              | 3           | 1                   | 4           | 0                      | 0             | 0                   | 0             | 1             | 3            | 1            | 4            |              |
| 18.05.2008 10:53:1              | 2           | 2                   | 5           | 0                      | 0             | 0                   | 0             | 1             | 2            | 2            | 5            |              |
| 18.05.2008 10:53:1              | 2           | 2                   | 5           | 0                      | 0             | 0                   | 0             | 1             | 2            | 2            | 5            |              |
| 18.05.2008 10:54:1              | 4           | 2                   | 6           | 0                      | 0             | 0                   | 0             | 1             | 4            | 2            | 6            |              |

Şekil 4.31. Güç kayıtları rapor sayfası

Güç kayıtları raporlama ve sorgulama sistemi raporlarında fazlardaki aktif, reaktif, görünür güçler, toplam aktif, reaktif, görünür güçler, frekans, her faza ait güç faktörü ( $\cos\phi$ ) değerleri, aktif, endüktif, kapasitif, reaktif (endüktif + kapasitif), görünür enerji değerleri yansıyacaktır. Grafik ekranda ise her faza ait aktif, reaktif görünür güç ve güç faktörü değerleri görülecektir. İşletmenin enerji değerleri de bu sayfadan takip edilebilmektedir. Örneğin kullanıcı bir aylık enerji tüketimini görmek istiyor ise aylık sorgulama yaptıktan rapordaki enerji değerlerinin başlangıç değeri ilk indeks, raporun bitiş değeri ise son indeks olarak alınacaktır. İki değer arasındaki fark enerji tüketimini gösterecektir. Reaktif enerji de sorgulanabildiği için kullanıcı endüktif ve kapasitif enerji tüketimlerini görebilecektir. Bu sayede elektrik idaresinin faturalandırma sistemini de kontrol etmiş olacaktır.



| AKIM HARMONİK KAYITLARI SORGULAMA SİSTEMİ |                              |                              |                              |                              |                              |                               |
|-------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| İlk Tarih : 18.05.2008                    | Son Tarih : 19.05.2008       | R Fazı Harmonikleri          | Sorgula                      | Excel Kayıt                  | Çıkış                        |                               |
| İlk Saat : 00:58:42                       | Son Saat : 00:58:42          |                              | Yorumla                      | dat Dosyası                  | Döküm                        |                               |
| Tarih Saat                                | R Fazı 1. Akım Harmoniği (%) | R Fazı 3. Akım Harmoniği (%) | R Fazı 5. Akım Harmoniği (%) | R Fazı 7. Akım Harmoniği (%) | R Fazı 9. Akım Harmoniği (%) | R Fazı 11. Akım Harmoniği (%) |
| 18.05.2008 10:24:100                      | 54.37                        | 54.15                        | 31.76                        | 21.15                        | 10.7                         |                               |
| 18.05.2008 10:25:100                      | 50.63                        | 48.9                         | 30.86                        | 21.05                        | 11.69                        |                               |
| 18.05.2008 10:26:100                      | 48.73                        | 47.32                        | 25.65                        | 18.07                        | 9.25                         |                               |
| 18.05.2008 10:27:100                      | 50.46                        | 46.4                         | 26.57                        | 18.38                        | 10.39                        |                               |
| 18.05.2008 10:28:100                      | 52.25                        | 51.23                        | 30.38                        | 19.68                        | 9.71                         |                               |
| 18.05.2008 10:29:100                      | 50.6                         | 51.86                        | 30.64                        | 21.47                        | 11.05                        |                               |
| 18.05.2008 10:30:100                      | 53.54                        | 52.4                         | 30                           | 20.13                        | 10.35                        |                               |
| 18.05.2008 10:31:100                      | 44.9                         | 41.35                        | 24.73                        | 17.73                        | 8.08                         |                               |
| 18.05.2008 10:32:100                      | 44.06                        | 42.03                        | 25.58                        | 18.97                        | 11.07                        |                               |
| 18.05.2008 10:33:100                      | 47.8                         | 46.14                        | 27.44                        | 16.87                        | 10.37                        |                               |
| 18.05.2008 10:34:100                      | 43.38                        | 41.09                        | 24.82                        | 16.69                        | 9.01                         |                               |
| 18.05.2008 10:35:100                      | 45.86                        | 44.91                        | 27.38                        | 19.97                        | 11.56                        |                               |
| 18.05.2008 10:36:100                      | 45.9                         | 43.25                        | 27.25                        | 17.02                        | 9.67                         |                               |
| 18.05.2008 10:37:100                      | 46.68                        | 43.75                        | 24.64                        | 16.35                        | 7.78                         |                               |
| 18.05.2008 10:38:100                      | 53.32                        | 50.88                        | 29.69                        | 20.98                        | 9.31                         |                               |
| 18.05.2008 10:39:100                      | 49.75                        | 47.56                        | 26.9                         | 18.77                        | 9.43                         |                               |
| 18.05.2008 10:40:100                      | 53.92                        | 50.66                        | 29.82                        | 19.09                        | 10.89                        |                               |
| 18.05.2008 10:41:100                      | 51.15                        | 47.24                        | 28.5                         | 18.2                         | 9.02                         |                               |
| 18.05.2008 10:42:100                      | 45.57                        | 48.16                        | 29                           | 22.12                        | 12.11                        |                               |
| 18.05.2008 10:43:100                      | 47.11                        | 49.02                        | 28.64                        | 21.31                        | 13.54                        |                               |
| 18.05.2008 10:44:100                      | 44.21                        | 42.99                        | 25.46                        | 19.69                        | 11.5                         |                               |
| 18.05.2008 10:45:100                      | 44.9                         | 46.2                         | 27.08                        | 21.38                        | 13.46                        |                               |
| 18.05.2008 10:46:100                      | 43.69                        | 44.41                        | 24.7                         | 17.54                        | 10.59                        |                               |
| 18.05.2008 10:47:100                      | 45.9                         | 45.47                        | 26.22                        | 18.63                        | 10.25                        |                               |
| 18.05.2008 10:48:100                      | 43.23                        | 40.75                        | 26.3                         | 18.34                        | 10.15                        |                               |
| 18.05.2008 10:49:100                      | 42.31                        | 41.65                        | 22.98                        | 17.47                        | 11.46                        |                               |
| 18.05.2008 10:50:100                      | 42.41                        | 43                           | 23.74                        | 20.24                        | 13.28                        |                               |
| 18.05.2008 10:51:100                      | 46.13                        | 45.18                        | 28.53                        | 20.13                        | 12.12                        |                               |
| 18.05.2008 10:52:100                      | 45.22                        | 45.08                        | 26.18                        | 20.77                        | 12.57                        |                               |

Şekil 4.32. Akım harmonik kayıtları rapor sayfası

Her faza ait olan akım harmonikleri raporlanabilmektedir. Şekilde R fazına ait harmonikler için rapor sayfası gösterilmiştir. Kullanıcı bu işlemi diğer fazlar içinde yapabilmektedir.

| R FAZI AKIM HARMONİK DEĞERLERİ YORUMLAMA SİSTEMİ    |         |
|-----------------------------------------------------|---------|
| R Fazı Akımı 3. Harmonik Değeri Ortalama :          | %37.581 |
| R Fazı Akımı 5. Harmonik Değeri Ortalama :          | %44.385 |
| R Fazı Akımı 7. Harmonik Değeri Ortalama :          | %23.972 |
| R Fazı Akımı 9. Harmonik Değeri Ortalama :          | %20.642 |
| R Fazı Akımı 11. Harmonik Değeri Ortalama :         | %13.827 |
| R Fazı Akımı 13. Harmonik Değeri Ortalama :         | %9.354  |
| R Fazı Akımında 3. 5. 7. 9. 11. 13. Harmonik Baskın |         |

Şekil 4.33. Akım harmonik değerleri yorumlama sistemi

Şekilde R fazına ait harmoniklerin yorumlama sistemi görülmektedir. Bu sayfada 3, 5, 7, 9, 11 ve 13. harmoniklere ait ortalama değerler ile ilgili fazda belirlenen sınırı aşan bir harmonik büyüklüğü kontrol edilip yorumlanmaktadır. Aynı işlem diğer fazlar içinde tekrar edilebilmektedir.

| HAT GERİLİM HARMONİK KAYITLARI SORGULAMA SİSTEMİ |                              |                              |                              |                              |                              |                               |
|--------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| İlk Tarih: 18.05.2008                            | Son Tarih: 19.05.2008        | R-S Gerilim Harmonikleri     | Sorgula                      | Excel Kayıt                  | Çıkış                        |                               |
| İlk Saat: 00:58:42                               | Son Saat: 00:58:42           |                              | Yorumla                      | dat Dosyası                  | Döküm                        |                               |
| Tarih Saat                                       | R-S Gerilim 1. Harmoniği (%) | R-S Gerilim 3. Harmoniği (%) | R-S Gerilim 5. Harmoniği (%) | R-S Gerilim 7. Harmoniği (%) | R-S Gerilim 9. Harmoniği (%) | R-S Gerilim 11. Harmoniği (%) |
| 18.05.2008 10:23:26                              | 100                          | 0.11                         | 2.32                         | 0.31                         | 0.11                         | 0                             |
| 18.05.2008 10:24:26                              | 100                          | 0                            | 2.27                         | 0.32                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:25:26                              | 100                          | 0.12                         | 2.15                         | 0.28                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:26:26                              | 100                          | 0                            | 2.3                          | 0.3                          | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:27:26                              | 100                          | 0                            | 2.26                         | 0.31                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:28:26                              | 100                          | 0                            | 2.3                          | 0.35                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:29:26                              | 100                          | 0                            | 2.29                         | 0.41                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:30:26                              | 100                          | 0                            | 2.3                          | 0.33                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:31:26                              | 100                          | 0                            | 2.26                         | 0.29                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:32:26                              | 100                          | 0                            | 2.24                         | 0.24                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:33:26                              | 100                          | 0                            | 2.24                         | 0.31                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:34:26                              | 100                          | 0                            | 2.18                         | 0.3                          | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:35:26                              | 100                          | 0                            | 2.39                         | 0.34                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:36:26                              | 100                          | 0                            | 2.23                         | 0.34                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:37:26                              | 100                          | 0                            | 2.34                         | 0.32                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:38:26                              | 100                          | 0                            | 2.29                         | 0.32                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:39:26                              | 100                          | 0                            | 2.31                         | 0.35                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:40:26                              | 100                          | 0                            | 2.17                         | 0.32                         | 0.11                         | 0                             |
| 18.05.2008 10:43:26                              | 100                          | 0.1                          | 2.29                         | 0.38                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:44:26                              | 100                          | 0.13                         | 2.17                         | 0.33                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:45:26                              | 100                          | 0                            | 2.21                         | 0.29                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:46:26                              | 100                          | 0                            | 2.23                         | 0.32                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:47:26                              | 100                          | 0                            | 2.26                         | 0.32                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:48:26                              | 100                          | 0                            | 2.22                         | 0.32                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:49:26                              | 100                          | 0                            | 2.16                         | 0.28                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:50:26                              | 100                          | 0                            | 2.3                          | 0.29                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:51:26                              | 100                          | 0.14                         | 2.28                         | 0.32                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:52:26                              | 100                          | 0                            | 2.28                         | 0.27                         | 0                            | 0                             |
| 18.05.2008 10:54:26                              | 100                          | 0                            | 2.24                         | 0.34                         | 0                            | 0                             |

Şekil 4.34. Hat gerilim harmonik değerleri yorumlama sistemi

Şekilde R-S fazları arasında meydana gelen gerilim harmoniklerinin raporlanması gösterilmiştir. Aynı işlem diğer faz ve hat gerilimleri için de yapılabilmektedir.

| R-S HAT GERİLİM HARMONİK DEĞERLERİ YORUMLAMA SİSTEMİ |        |
|------------------------------------------------------|--------|
| R-S Geriliminde 3. Harmonik Değeri Ortalama :        | %0.047 |
| R-S Geriliminde 5. Harmonik Değeri Ortalama :        | %3.069 |
| R-S Geriliminde 7. Harmonik Değeri Ortalama :        | %0.642 |
| R-S Geriliminde 9. Harmonik Değeri Ortalama :        | %0.017 |
| R-S Geriliminde 11. Harmonik Değeri Ortalama :       | %0.078 |
| R-S Geriliminde 13. Harmonik Değeri Ortalama :       | %0.003 |
| R-S Geriliminde Baskın Harmonik Yok                  |        |

Şekil 4.35. Hat gerilim harmonik değerleri yorumlama sistemi

Bu sayfada 3, 5, 7, 9, 11 ve 13. harmoniklere ait ortalama değerler ile ilgili fazda belirlenen sınırı aşan bir harmonik büyüklüğü kontrol edilip yorumlanmaktadır. Aynı işlem diğer fazlar içinde tekrar edilebilmektedir.



Resim 4.2. Sistemin genel görüntüsü

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada endüstriyel işletmelerde enerji izleme sistemlerinin gereksinimlerinden bahsedilerek bir işletmedeki enerji ve harmonik izleme sistemi uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmada Merlin Gerin marka, PM850 model enerji analizörü şebekeye bağlanarak her faza ait akım, hat gerilimi, faz gerilimi, aktif güç, reaktif güç, görünür güç, aktif enerji, reaktif (endüktif+kapasitif) enerji, güç faktörü, frekans, akım ve gerilimdeki dengesizlik oranları, toplam harmonik bozulmalar ve 13. harmoniğe kadar akım ve gerilim harmonikleri ölçülmüştür. Ölçülen değerler Modbus RS-485 protokolü kullanılarak Telemecanique marka, Premium serisi PLC'ye aktarılmıştır. Delphi 6.0 yazılımı ile gerçekleştirilen arayüz programı aracılığı ile PLC'deki veriler, Modbus TCP/IP protokolü ile bilgisayara aktarılmıştır. Bilgisayara aktarılan veriler ekranda görüntülenmiş, grafikleri çizdirilmiş ve bir dakikalık periyotlarla veri tabanına aktarılmıştır. Veri tabanı olarak Delphi ile uyumlu çalışan Interbase kullanılmıştır. Veri tabanına aktarılan değerler istenilen zaman aralığında raporlanarak grafikler çizdirilmiş, Matlab programı için dat uzantılı dosyalar oluşturulmuş ve raporlanan verilere ait sözel yorumlar gerçekleştirilmiştir.

Çalışma ile işletmeye ait enerji değerleri dalgalanmaları, harmonik oranları ve dağılımları, frekans ve güç faktörü değerleri kaydedilerek o işletmeye ait enerji değerleri ve enerji kalitesi hakkında bilgi sunulmuştur.

Çalışmada kullanılan konfigürasyon alt yapısı sayesinde 127 farklı noktadan aynı anda izleme ve kayıt yapılması mümkün olabilmektedir. Bunun için sadece Modbus RS-485 iletişimi destekleyen enerji analizörü kullanmak yeterli olacaktır. PLC'ye bağlanabilecek dijital veya analog giriş çıkış modülleri ile şalter konumları izlenip, ilgili şalterlere kumanda etmek mümkün olabilecektir. Kumanda edilecek şalterin motorlu şalter olması yeterli olacaktır. Farklı iletişim protokolündeki enerji analizörü veya orta gerilim rölelerinden bilgi almak için PLC'ye o protokolü destekleyen haberleşme modülü kullanmak yeterli olacaktır. Böylece tek bir protokole bağlı

kalınmaksızın farklı protokollere sahip cihazlarla da aynı anda veri iletişimi yapılabilecektir.

Delphi 6.0 ile gerçekleştirilen arayüz programı herhangi bir lisans ücretine gerek kalınmaksızın istenilen oranda genişleyebilmektedir. Böylece hazır SCADA programlarının dezavantajı da bu sayede giderilmiş olmaktadır.

Yapılan çalışma herhangi bir işletmeye bağımlı kalınmaksızın her işletme için de uygulanabilmektedir. Bu sayede herhangi bir işletmenin enerji kalitesi ve harmonik ölçümleri izlenip raporlanabilir.

TEİAŞ'ın belirlediği standartlara göre enerji kalitesi ve harmonik ölçümleri alçak gerilim tarafından yapılacak ise, ölçüm noktası işletme trafosunun alçak gerilim çıkışı olmalıdır. Bu işlem işletmenin enerji kalitesindeki genel sonucu verecektir. Bunun yanı sıra yerel noktalara bağlantı yapılarak bu noktaların da enerji kalitesi ölçülebilmektedir.

Yapılan çalışma PLC kullanmaksızın da gerçekleştirilebilir. Bunun için ilk yöntem Modbus RS-485/RS-232 çevirici kullanmaktır. Bu yöntemde çeviricinin RS-232'nin çıkışı bilgisayarın seri portuna bağlanarak veriler seri potundan okunmaktadır. Bu işlem kullanılan cihaz sayısı ile orantılı olarak veri okuma hızının yavaşlamasına sebep olmaktadır. Diğer bir yöntem ise Modbus RS-485 / TCP/IP çevirici kullanılarak yapılan işlemdir. Bu yöntemde ise kullanılan çevirici Ethernet çıkışına sahip olduğundan bilgisayarın Ethernet portu ile haberleşebilmektedir. Bu yöntemin dezavantajı ise az sayıda analizör bağlantısına izin vermesidir. Bu sayı çeviricinin çeşidine göre 8 ile 64 arasında değişmektedir. Diğer bir dezavantajı ise herhangi bir dijital veya analog modül bağlantısına imkan tanımasıdır.

Çalışmada kullanılan konfigürasyon diğer yöntemlere göre daha pahalı bir çözümdür. Buna karşılık sisteme istenildiği gibi modüller ilave edilerek bir işletme için komple bir enerji izleme ve kontrol noktası sağlayabilmektedir. Sonuç olarak

kurulum maliyeti pahalı olmasına rağmen, işletmenin diğer ihtiyaçlarına karşılık vermesi açısından avantajlı bir çözümdür.

## KAYNAKLAR

1. Kocatepe, C., Uzunoğlu, M., Yumurtacı, R., Karataş, A., Arıkan O., “Elektrik Tesislerinde Harmonikler”, **Birsen Yayınevi**, İstanbul, 6.1- 7.14 (2003).
2. Sezen, K., Işığışok, E., “Bilgisayarlar hakkında genel bilgiler”, “Bilgisayara Giriş 1. Cilt”, **Marmara Kitabevi Yayınları**, İstanbul, 3- 13 (1997).
3. Çuburkçu, F., Türkuşu, H., “Microsoft Windows XP Temel Başvuru Klavuzu”, **Alfa Basım Yayın**, İstanbul, 4- 11 (2002).
4. Daşdemir, Y., “Delphi 6 ile Veri Tabanı Uygulamaları Geliştirme”, **Türkmen Kitabevi**, İstanbul, 3- 4 (2002).
5. İnternet : “What is OPC?”, <http://www.opcfoundation.org> (2008).
6. Kurtalan, S., “PLC ile Endüstriyel Otomasyon”, **Birsen Yayınevi**, İstanbul, 1- 12 (2003).
7. Topaloğlu, N., Görgünoğlu, S., “Mikroişlemciler ve Denetleyiciler”, **Seçkin Yayıncılık**, Ankara, 137- 157 (2003).
8. Axelson, J., Gerçek, C., Dinçer, G., “Her Yönüyle Seri Port”, **Bilişim Yayıncılık**, İstanbul , 9- 14 (1998).
9. Schneider Electric Industrial Automation Customer View Training, “Transparent Factory Network Design and Cabling Guide 490 USE 13400 English Version”, 2- 20 (2002).
10. Yıldırımöğlu, M., “Her Yönüyle İnternetin Alt Yapısı TCP/IP”, **Pusula Yayıncılık**, İstanbul, 2- 43 (2006).
11. Schneider Electric 06 Teach Modbus English, “Communication Application Specific Functions PL7 Micro/Junior/Pro TLX DS COM PL7 42”, 10- 23 (2004).
12. Schneider Electric Unity Pro Electronic Documentation, “Premium Processors Implementation Manual”, 150- 350 (2003).
13. Schneider Electric Power Meter Reference Manual, “Power Logic Series Power Meter PM850”, 3- 190 (2006).

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BEKTAŞ, Aşkın  
 Uyruğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 01.01.1983 Şenkaya  
 Medeni hali : Bekar  
 Telefon : 0 (536) 313 00 78  
 Faks : -  
 e-mail : [askinbektas@gmail.com](mailto:askinbektas@gmail.com).

### Eğitim

| Derece | Eğitim Birimi                                 | Mezuniyet tarihi |
|--------|-----------------------------------------------|------------------|
| Lisans | Gazi Üniversitesi/ Elektrik<br>Eğitimi Bölümü | 2005             |
| Lise   | Sincan Teknik Lisesi                          | 2000             |

### İş Deneyimi

| Yıl    | Yer                         | Görev   |
|--------|-----------------------------|---------|
| 2005 - | Konelsis Kontrol Sistemleri | Yazılım |

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

1. Bektaş, A., Çolak, İ., Bayındır, R. “Asenkron Motorun Korunmasına İlişkin PLC Tabanlı Bir Uygulama”, *Politeknik Dergisi*, 10 (2):117-121, (2007).
2. Bektaş, A., Çolak, İ., Bayındır, R., Sefa, İ., Bal G., “Protection of Induction Motor Using PLC”, *Power Engineering, Energy and Electrical Drives, POWERENG 2007*, International Conference on 12-14 April, :96-99, (2007).



3. Bektaş, A., Çolak, İ., Bayındır, R., Irmak, E., “Development of a Real Time Energy Monitoring Platform”, *Electric Power System Research (EPSR)*, (submitted paper 2008).
4. Bektaş, A., Çolak, İ., Bayındır, R., Sefa, İ., “Fault Detection and Protection of Induction Motors Using Sensors”, *IEEE Transaction Energy Conversion*, (accepted paper 2008 ).
5. Bektaş, A., Yılmaz, E.N., Dursun, M., “Görsel Bir Programlanabilir Lojik Kontrol Eğitimi Programı”, *Uluslararası Eğitim Teknolojileri Sempozyumu*, Gazimagusa, KIBRIS, (2006).

## Hobiler

-