



**ORTA ÖLÇEKLİ BİR TESİSİN SCADA İLE ENERJİ YÖNETİMİ**

**Furkan ÜSTÜNSOY**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2018**

Furkan ÜSTÜNŞOY tarafından hazırlanan “ORTA ÖLÇEKLİ BİR TESİSİN SCADA İLE ENERJİ YÖNETİMİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Başkan:** Doç. Dr. İlhan KOŞALAY

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. ....

**Danışman:** Doç. Dr. Hasan Hüseyin SAYAN

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. ....

**Üye:** Doç. Dr. Cemal YILMAZ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. ....

Tez Savunma Tarihi: 18/06/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....  
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
  - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
  - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Furkan ÜSTÜNŞOY

18/06/2018

ORTA ÖLÇEKLİ BİR TESİSİN SCADA İLE ENERJİ YÖNETİMİ  
(Yüksek Lisans Tezi)

Furkan ÜSTÜNŞOY

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2018

ÖZET

Günümüzde teknolojinin gelişmesine bağlı olarak elektrikli aletlerin kullanımının çok hızlı biçimde artması hem şebeke parametrelerini ciddi biçimde bozmakta hem de enerji tüketimini hızla artırmaktadır. Bu değişim enerji kalitesi ve enerji verimliliğinin önemini gittikçe artırmaktadır. Bundan dolayı enerji yazılımları da gün geçtikçe daha elzem hale gelmektedir. Özellikle sanayi bölgelerinde, sağlık merkezlerinde, büyük alışveriş merkezlerinde yaygın olarak kullanılmakta olan enerji yazılımları genel itibariyle şebekedeki parametreleri takip etmek ve arşivlemek için kullanılmaktadır. Bu bağlamda, bir tesisin sadece elektrik enerji parametrelerini izleme ve raporlama değil aynı zamanda enerji yönetimi sağlamak, arıza tespiti, maliyet ve tüm sistemlerin verimli çalışması için önemlidir. Aynı zamanda tesislerdeki enerji tüketimini azaltmak için SCADA yazılımında rapor sayfaları oluşturarak tasarruf stratejileri oluşturmak maliyet ve şebeke kararlılığı açısından katkı sağlayabilir. Bu çalışmada tek merkezden SCADA ve PLC sistemi ile hem izleme-raporlama hem enerji yönetimi hem de enerji tasarrufu sağlanması amaçlanmaktadır.

Bilim Kodu : 90502  
Anahtar Kelimeler : Enerji izleme, Otomasyon, PLC, SCADA, Modbus RTU  
Sayfa Adedi : 63  
Danışman : Doç. Dr. Hasan Hüseyin SAYAN

# ENERGY MANAGEMENT WITH SCADA OF A MEDIUM SCALE PLANT

(M. Sc. Thesis)

Furkan ÜSTÜNŞOY

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2018

## ABSTRACT

Today, due to the development of technology, the rapid increase in the use of electrical appliances seriously disturbs the network parameters and increases the energy consumption rapidly. This change is increasing the importance of energy quality and energy efficiency. Therefore, energy software is becoming more and more essential. Energy softwares, which are widely used in industrial areas, health centers and large shopping malls, are generally used to track and archive the parameters in the network. In this context, it is important for a plant not only to monitor and report electrical energy parameters but also to provide energy management, fault detection, cost and efficient operation of all systems. At the same time, creating savings strategies by creating report pages in SCADA software to reduce energy consumption in the facility can contribute to cost and network stability. In this study, it is aimed to provide both monitoring-reporting, energy management and energy saving with SCADA and PLC system from a single center.

Science Code : 90502

Key Words : Energy monitoring, Automation, PLC, SCADA, Modbus RTU

Page Number : 63

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Hasan Hüseyin SAYAN

## TEŞEKKÜR

Tez alıőmam boyunca destek olan, zamanını ayıran, bilgi ve deneyimlerini paylaőan danışman hocam Doç. Dr. Hasan Hüseyin SAYAN' a ve bu çalışmada katkıları olan Dr. Öğr. Üyesi Ali SAYGIN' a teőekkürlerimi sunarım. Ayrıca her zaman her konuda bana destek olan kıymetli eőim Mübeccel ÜSTÜNİSOY' a çok teşekkür ediyorum.



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Enerji Parametrelerinin İzlenmesi .....	2
1.2. Literatür Araştırması .....	3
1.3. PLC-SCADA Sistem Yapısı ve Kullanım Alanları .....	5
1.3.1. PLC sistemleri ve uygulama alanları .....	5
1.3.2. PLC yapısı .....	6
1.3.3. PLC programının yürütülmesi .....	7
1.3.4. SCADA sistem mimarisi.....	7
1.3.5. SCADA tasarı süreci.....	8
1.3.6. SCADA kullanım alanları .....	9
1.4. Şebeke Analizörü ve Çalışma Prensipleri .....	10
1.4.1. Temel parametrelerin ölçümü .....	10
1.4.2. Harmonik analizi .....	11
1.5. Endüstriyel Haberleşme Yöntemleri.....	13
1.5.1. Modbus-RTU haberleşme protokolü.....	14
1.6. Kompanzasyon Sistemi ve PLC ile Kontrolü.....	17

	<b>Sayfa</b>
2. KULLANILAN MATERYALLER VE SİSTEM MİMARİSİ.....	21
2.1. Kullanılan Materyaller .....	21
2.2. Sistem Mimarisi ve Algoritması .....	22
3. PLC VE SCADA YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ.....	27
3.1. PLC Yazılımının Geliştirilmesi .....	27
3.2. SCADA Haberleşme Ayarları ve Ekran Tasarımı .....	33
4. UYGULAMA İLE EDİLE EDİLEN SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	43
KAYNAKLAR .....	55
EKLER.....	57
EK-1. PLC Somachine yazılımı .....	58
ÖZGEÇMİŞ .....	63

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Türkiye' nin elektrik talep projeksiyonu .....	1
Şekil 1.2. PLC sembolik ve genel yapısı .....	6
Şekil 1.3. Örnek SCADA sistem topolojisi .....	8
Şekil 1.4. Modbus ağ mimarisi .....	15
Şekil 1.5. Modbus veri yapısı .....	16
Şekil 1.6. Analizör-PLC bağlantı şeması.....	16
Şekil 1.7. Modbus genel ayarları .....	17
Şekil 1.8. Reaktif güç kompanzasyonu.....	18
Şekil 2.1. Sistem mimarisi .....	23
Şekil 2.2. Anlık fatura dökümü.....	24
Şekil 2.3. Ana program algoritması .....	25
Şekil 2.4. Alt program algoritması.....	26
Şekil 3.1. M241 serisi PLC .....	27
Şekil 3.2. Aygıtlar ağacı.....	28
Şekil 3.3. Uygulamalar ağacı .....	29
Şekil 3.4. Ethernet IP ayarları .....	30
Şekil 3.5. Slave-1 modbus ayarları .....	30
Şekil 3.6. Slave-2 modbus ayarları .....	30
Şekil 3.7. İzleme bilgisayar IP ayarları.....	31
Şekil 3.8. Modbus kanalı .....	31
Şekil 3.9. Slave-1 modbus kanalı.....	32
Şekil 3.10. Slave-2 modbus kanalları .....	32

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.11. Dijital girişler.....	32
Şekil 3.12. Dijital çıkışlar .....	33
Şekil 3.13. Vijeo Citect explorer ekranı.....	34
Şekil 3.14. I/O server .....	34
Şekil 3.15. Alarm server .....	35
Şekil 3.16. Trend server .....	35
Şekil 3.17. Rapor server.....	35
Şekil 3.18. Variable tag tanımlama.....	36
Şekil 3.19. Sayfa tasarım ekranı .....	37
Şekil 3.20. Trend tag tanımlama.....	37
Şekil 3.21. Alarm kategorileri.....	38
Şekil 3.22. Dijital alarmlar.....	38
Şekil 3.23. Analog alarmlar .....	39
Şekil 3.24. Advanced alarmlar.....	39
Şekil 3.25. Alarmgecmis cihazı .....	40
Şekil 3.26. Alarmlog cihazı .....	40
Şekil 3.27. Enerjilog cihazı .....	41
Şekil 3.28. Rapor sayfası .....	41
Şekil 3.29. Kullanıcı tanımlama.....	42
Şekil 4.1. Sistem düzeneği .....	44
Şekil 4.2. Şebeke devredeyken ana sayfa görüntüsü .....	44
Şekil 4.3. Jeneratör motoru aktif durumu için ana sayfa görüntüsü .....	45

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.4. Jeneratörün yükleri beslemesi için ana sayfa görüntüsü.....	45
Şekil 4.5. Jeneratörün devreye girme anı ve yüklerin durumu .....	46
Şekil 4.6. Şebeke bilgi ekranı .....	47
Şekil 4.7. Jeneratör bilgi ekranı .....	47
Şekil 4.8. Yük-1 bilgi ekranı.....	48
Şekil 4.9. Yük-2 bilgi ekranı.....	48
Şekil 4.10. Yük-3 bilgi ekranı.....	49
Şekil 4.11. Yük-4 bilgi ekranı.....	49
Şekil 4.12. Gerçek reaktif güç durumu .....	50
Şekil 4.13. Simülasyon sonucu reaktif güç tüketimi .....	50
Şekil 4.14. Alarm sayfası .....	51
Şekil 4.15. Rapor sayfası anlık görüntü .....	52

## SİMGELER VE KISALTMALAR

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

### Simgeler

### Açıklamalar

**bps**

**Saniyede geçen bit sayısı**

**hz**

**Hertz**

**Mb**

**Megabyte**

### Kısaltmalar

### Açıklamalar

**EMI**

**Elektromanyetik karışım/girişim**

**HMI**

**İnsan-makine arayüzü**

**I/O**

**Input/Output (giriş-çıkış)**

**PF**

**Güç faktörü (tüm harmonikler için)**

**PLC**

**Programlanabilir lojik kontrolör**

**SCADA**

**Merkezi denetim ve veri toplama**

**THD**

**Toplam harmonik bozunum**

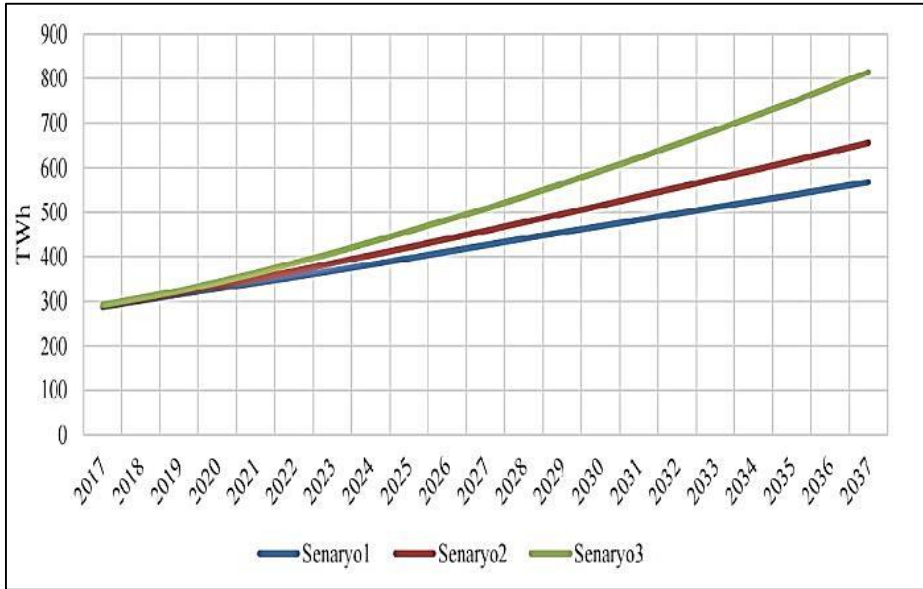
**UPS**

**Kesintisiz güç kaynağı**

## 1. GİRİŞ

Kesintisiz, kaliteli ve ucuz enerjinin temini aynı zamanda enerjinin optimum şekilde kullanılarak tasarruf sağlanması gelişim ve kalkınmanın temellerini oluşturur. Verimi arttırmanın en etkin yolu tüketilen enerjiyi anlık izlemek ve kontrol etmektir. Yaygın enerji kaynaklarının kısıtlı olmasına karşın tüketimin hızla artması verimli enerji tüketiminin önemini ortaya koymaktadır. Şekil 1.1'deki Türkiye'nin 2017-2037 yılları arasındaki talep projeksiyonu, talebin her geçen gün hızla arttığını ve artacağını ortaya koymaktadır.

Enerji tasarrufunun yanında enerjinin kalitesi de üretimde verimi arttırmak ve arıza sıklığını azaltma yönünden çok kritiktir. Burada şebekedeki reaktif güç varlığı, gerilim düşmesi/yükselmesi, Transients (1 saykıldan daha kısa süre içinde ortaya çıkan çok hızlı değişimler), harmonik bozulmalar, gürültü-noise ve EMI gibi birçok enerji kalitesi problemi de karşımıza çıkmakta ve hem üreticiye hem de tüketiciye maddi/manevi zararlara uğratmaktadır. Tüm bu riskleri minimize etmek ve enerji verimliliği için enerjinin üretiminden tüketildiği son noktaya kadar izlenmesi ve en uygun senaryoya göre kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu da üretim, iletim ve dağıtım noktalarına kapsamlı enerji otomasyon sistemleri kurmakla mümkün olacaktır.



Şekil 1.1. Türkiye'nin elektrik talep projeksiyonu [1]

## 1.1. Enerji Parametrelerinin İzlenmesi

Elektrik enerji üretimi ve iletiminde enerji izleme ve yönetimi gerekli ve mecburidir. Dağıtım şebekelerinde kapasitelerinin düzenlenmesi ve ek maliyet getirecek uygulamaların önüne geçebilmek için elektrik enerjisinde aktif, kapasitif ve reaktif güçler, harmonik ve demand gibi özel parametrelerin de ölçülüp yönetilebilmesi gerekmektedir [2]. Ayrıca enerji verimliliği, arıza sıklığı, enerji kalitesi ve fatura bedelleri gibi hususlardan dolayı enerjinin tüketildiği noktalarda da izlenmesi ve yönetimi gerekli hale gelmektedir.

Günümüzde elektrik enerjisinin dağıtıldığı ve tüketildiği noktalarda enerji yazılımları yaygınlaşmaya başlamıştır. Hükümetlerin bu konuda çıkardığı mevzuatlar da bunu zorunlu hale getirmeye başlamıştır. Bu anlamda gelecek projeksiyonda sadece üretim, iletim ve dağıtım noktalarında değil tüketim noktalarında da enerji verilerini izlemek ve yönetmek zorunlu hale gelecektir.

Son yıllarda teknolojik gelişmelerle üretimi ve kullanımı yaygınlaşan enerji analizörleri sıklıkla enerji otomasyonunu gerçekleştirebilmek amacıyla kullanılmaktadır. Enerji analizörleri şebekedeki tüm parametreleri (akım, gerilim, güç faktörü, tüketilen güç, enerji,  $\cos\phi$ , güç, frekans ve harmonikler) ölçebilme kabiliyetine sahiptir. Aynı zamanda sahip olduğu haberleşme özelliğiyle tüm bu verileri tüm fazlar için ayrı ayrı istenilen iş istasyonuna veya PLC' ye aktarabilmektedir. Aktarılan bu veriler SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sisteminde kullanılarak raporlama yapılabilir, alarm senaryoları geliştirilebilir. PLC sistemine aktarılarak yük alma-atma, kompanzasyon sistemi kontrolü, jeneratör kontrolü, UPS kontrolü gibi sistemler kontrol edilebilir. Böylelikle kesintisiz, kaliteli enerji sağlanmış olacak ve arıza durumlarına hızlı müdahale edilebilecektir.

Endüstride yaşanan birçok problem tüketim noktalarındaki enerji izleme yazılımlarıyla çözülebilmektedir. Bu problemlerden bazılarını ele alacak olursak;

Problem-1: Birbirlerinden yüzlerce km uzaklıktaki trafo merkezlerinde yapılan kompanzasyon uygulamalarının tek merkezden anlık izlenememesi ve TEİAŞ'a reaktif bedel ödenmesi. Yanlış ölçümler, değer aşımaları dolayısıyla fider açma cezaları ve demand

aşımı cezaları oluşması. Dağıtım şirketinin, fider çıkışlarından dağıtım merkezi girişlerine kadar olan hattaki kayıp/kaçak oranından dolayı zarara uğraması [3].

Problem-2: Bir hastanede ultrason cihazı çalışırken ve renkli monitörde görüntü alınırken ultrason cihazının arızalanması. Cihazı üreten firmanın bu problemin şebekedeki gerilim yükselmesinden kaynaklandığını iddia etmesi ve her defasında cihaz için servis ücreti talep etmesi [4].

Problem-3: Büyük bir metropolde bulunan üniversitenin, birbirinden uzak yerlerde bulunan rektörlük, fakülteler, yüksekokullar, kütüphaneler, spor salonları, lojmanlar gibi 78 ayrı binanın kompanzasyon sistemlerindeki hata ve arızalar nedeni ile elektrik faturalarında yüksek reaktif bedeller ödemesi [4].

Yukarıda değinildiği gibi endüstride ve diğer alanlarda bu ve bunlar gibi birçok enerji kalitesi problemleri karşımıza çıkmakta ve üretici-tüketici bazında maddi-manevi zararlara sebep olmaktadır. Bu anlamda bakıldığında enerji izleme ve yönetimi çok kritik öneme sahiptir ve güncelliğini korumaktadır.

## 1.2. Literatür Araştırması

Literatürde, güç kalitesi problemleri analizi ve bu analizlerin SCADA ile izlenmesi ve arşivlenmesi üzerine çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan bazılarını ele alacak olursak;

- Bir işletmenin enerji dağıtım sistemini izlemek amacıyla kurulmuş olan enerji otomasyonu gerçekleştirilmiştir [5].
- VIT Üniversitesi'nin akademik binalarında yapılan güç kalitesi anketinin ilk raporlarını verilmiş ve burada tüm güç kalitesi parametreleri kaydedilmiştir [6].
- Büyük ölçekli bir endüstriyel tesiste elektrik altyapısını güvenilir hale getirmek için örnek bir uygulama olarak tesis edilmiş decoupling ve yük atma sistemlerinin yapıları, çalışma mantıkları anlatılmaya çalışılmıştır [7].
- SCADA sistemlerinin temel kavramlarını ve SCADA' nın güç sistemi alanında nasıl önemli bir rol oynadığını hatırlamak amaçlanmıştır [8].
- Doğrusal olmayan yükler içeren dağıtım sistemlerine bağlı dağıtılmış jeneratörlerin yarattığı harmonik kirlilik sorunu irdelenmiştir [9].

- Güç kalitesi problemlerinin belirlenebileceği, anlık akım ve gerilim değerlerinin ölçümünü yapan, harmonik analizlerini ve reaktif güç hesaplamalarını gerçekleştirebilen düşük maliyetli bir izleme sistemi tasarlanmıştır [10].
- Elektrikli otobüslerinin (EBs) ve elektrikli taşıtların (EVs) dağıtım sistemleri üzerindeki elektrik taşıma yükünün güç kalitesi etkileri incelenmiştir [11].
- PLC kullanarak pik saatler boyunca endüstride yük kontrolünü sağlamak ve SCADA ile bilgisayar üzerinden motorların yük parametrelerini izlemek hedeflenmiştir [12].
- IoT (Internet of Things) cihazlarını kullanarak düşük maliyetli bir enerji izleme ve kontrol sistemini araştırmak, inşa etmek ve uygulamak amaçlanmıştır [13].
- Orta ölçekli bir işletmenin gerçek zamanlı ve geçmişe yönelik enerji takibinin bilgisayar ara yüzünden izlenmesi gerçekleştirilmiştir [14].
- Entegre bir gerçek zamanlı güç izleme sistemi geliştirmek için internet (IoT), bulut bilişim ve büyük veri gibi teknolojilerin kullanımı ve arıza teşhisinde mümkün olan uygulama anlatılmaktadır [15].
- Enerji izleme sistemi ile endüstrideki enerji kullanımını denetleyerek güç kesilmesi problemi üzerine basit ve etkili bir çözüm sunulmuştur [16].
- Bir sistemin enerji tüketimini izleyebilen ve güç faktörünü otomatik artırabilen Otomatik Güç Faktörü Düzeltme (APFC) birimi tasarımı yapılmıştır [17].
- Elektrik dağıtım sistemlerindeki güç kalitesinin belirlenmesi için gerçek zamanlı güç kalitesi izleme sistemi gerçekleştirilmiştir [18].
- Tayland hastanesindeki elektrik enerjisi izleme sisteminden gelen büyük verileri analiz etmek için etkili veri madenciliği tekniklerinden biri olan K-ortalama kümeleme tekniğini öngörülmüştür [19].

Literatür incelendiğinde çalışmaların çoğu elektrik enerji parametrelerini izleme ve arşivleme amaçlarına yönelmiştir. Bu çalışmada ise tüm bunlarla beraber kompanzasyon, jeneratör, UPS gibi tüm sistemi denetleyerek ve kontrol ederek arızaları minimize etmek amaçlanmıştır. Bunu yaparken kompanzasyon sistemi kontrolünü PLC ile sağlanması hedeflenmiştir. Ayrıca enerji kesintisi yaşandığında öncelik durumuna göre bir yük alma algoritması devreye girerek yüke öncelik sırasına göre enerji verilmesi sağlanmıştır. SCADA sistemiyle ise tüm parametrelerin izlenmesi, cihazların ve sistemlerin durumunun takip edilebilmesi ayrıca SCADA ara yüzünde anlık enerji bedeli hesaplayarak tüketim maliyetinin anlık hesaplanması sağlanmıştır.

### 1.3. PLC-SCADA Sistem Yapısı ve Kullanım Alanları

Endüstriyel otomasyon sistemleri tasarım açısından üç bölüm altında incelenebilir. Endüstriyel kumanda sistemleri, geribeslemeli kontrol sistemleri ve veri iletişim sistemleri. Endüstriyel kumanda sistemleri, en küçük üretim birimlerinin çalışma koşullarını (devreye girme ve devreden çıkma) düzenleyen lojik temelli sistemlerdir. Geribeslemeli kontrol sistemleri, çeşitli üretim süreçlerinin her türlü bozucu etkiye karşı, sürecin istenen değerlerde çalışmasını sağlayan sistemlerdir. Veri iletişim sistemleri ise birimler arasında bilginin güvenilir ve hızlı akışını sağlayan donanım ve yazılım sistemleri olup bu amaçla günümüzde yaygın olarak SCADA yazılımları kullanılır. Programlanabilir lojik kontrolör (PLC), günümüz endüstriyel otomasyon sistemlerinin her üç bölümünde de önemli işlevler yüklenen en önemli elemandır [20].

#### 1.3.1. PLC sistemleri ve uygulama alanları

PLC (Programlanabilir Logic Controller), endüstriyel otomasyon ve kontrol sistemleri için geliştirilmiş, özel amaçlı bir sayısal kontrolördür ve modern teknolojide yaygın olarak kullanılan bir kumanda tekniğidir. İçerisinde EEPROM programlayıcılar ve PIC işlemciler bulunmaktadır. PLC'nin programlama dili klasik kumanda devrelerine uyum sağlayacak şekildedir. PLC, girişten alınan bilgi ve komutlar ile çalışır. PLC, sensörlerden (ani temaslı buton, seçici anahtar, dijital anahtar, sınır anahtarı, yakınlık anahtarı, ısı- ışık-manyetik-optik etkiyle çalışan elemanlar) aldığı bilgiyi operatör (kullanıcı) tarafından verilen programa göre işleyen ve çıkış bölümüne aktaran mikroişlemcidir [21]. PLC programı bilgisayarlı sistemler gibi her komutu satır satır işleyip programı gerçekleştirmez. Aksine programın tüm satırlarını tarar sonucunda çıkışları aktif eder.

PLC sistemleri; asansör tesisatlarında, otomatik paketleme sistemlerinde, enerji dağıtım/iletim/üretim merkezlerinde, taşıma bandı sistemlerinde, dolun merkezlerinde, otomotiv endüstrisinde, vakum tesislerinde, ağaç işleme makinelerinde, kapı kumanda sistemlerinde, hidrolik kaldırıcılarda, gıda endüstrisinde, tekstil endüstrisinde, ilaç endüstrisinde, stok sistemlerinde, her türlü fabrika otomasyonlarında ve endüstrinin daha birçok ananında sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca AVM, hastane, kongre merkezi gibi toplu kullanım alanlarında da havalandırma, iklimlendirme, enerji yazılımları gibi birçok ihtiyaçtan dolayı çok yaygın olarak PLC sistemleri kullanılmaktadır.

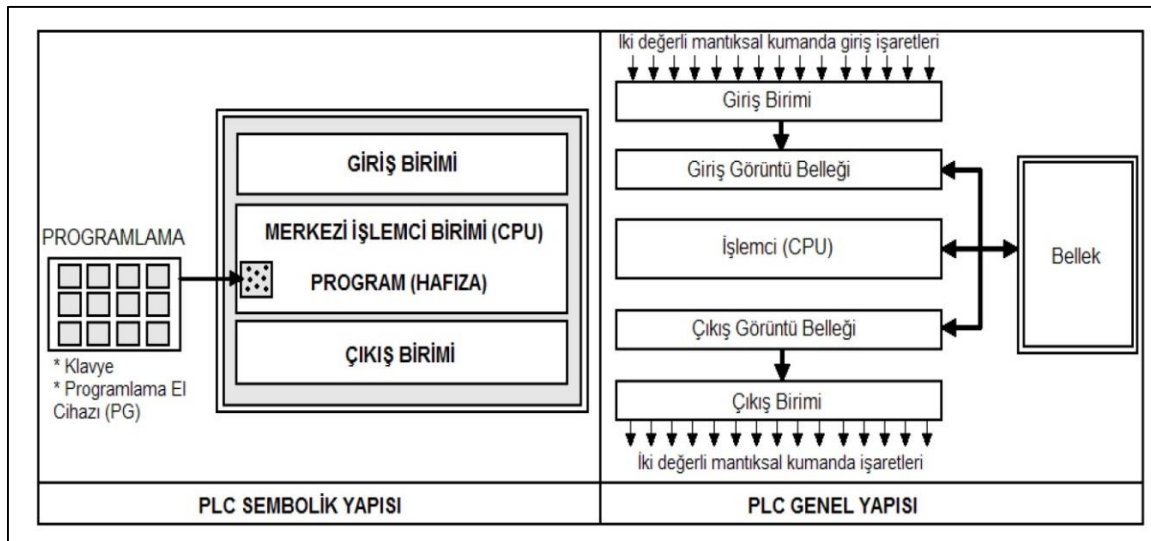
PLC sistemlerinin avantajlarını ele alacak olursak;

- Daha kararlı çalışırlar.
- Arıza sıklığı daha azdır.
- Ortam sıcaklığı, toz, rutubet gibi dış etkenlerden daha az etkilenir.
- Şebekeden kaynaklı değişimlerden optokulörler sayesinde etkinlenmezler.
- Gerek duyulursa sistem küçük değişikliklerle genişletilebilir.
- Programlaması kolaydır. Karmaşık sistemler rahatlıkla çözümlenebilir.
- Elektromanyetik parazitlere, fiziksel titreşimlere, yüksek-düşük sıcaklıklara dayanımı yüksektir.
- Kısaca tüm endüstri ortamlarında kararlı bir şekilde çalışma kabiliyetindedirler.
- Sahip oldukları haberleşme kabiliyetleriyle sahada diğer cihazla uyumlu bir şekilde çalışabilirler.

PLC' nin sahip olduğu özelliklerden dolayı endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır ve giderek de yaygınlaşmaktadır.

### 1.3.2. PLC yapısı

PLC' ler en genel tarifıyla giriş birimi, merkezi işlemci birimi (CPU) ve çıkış biriminden oluşur. Şekil 1.2' de PLC' nin sembolik ve genel yapısı görülmektedir.



Şekil 1.2. PLC sembolik ve genel yapısı [22,23]

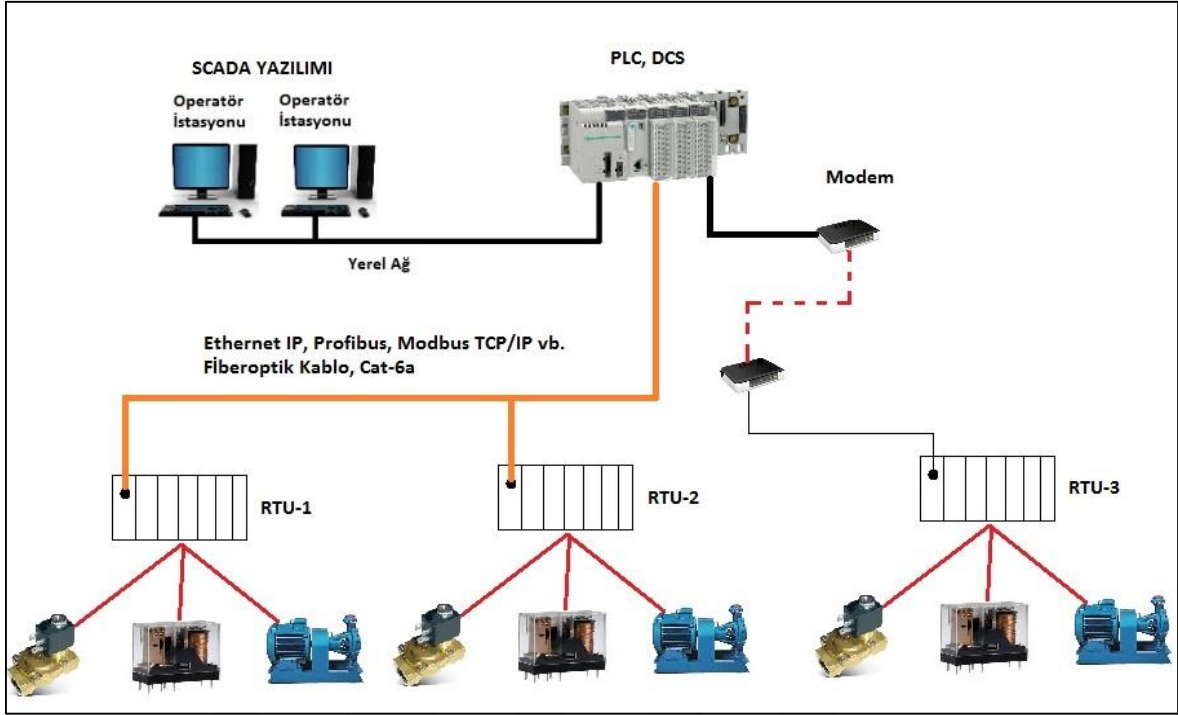
Giriş birimleri; analog giriş çıkış, dijital giriş çıkış birimlerinden oluşur. Ayrıca birçok PLC, bellek ve CPU kapasitesine göre I/O genişleme modülleriyle desteklenebilir. Analog giriş-çıkışları bulunan her PLC’ de ADC (Analog Dijital Converter) ve DAC (Dijital Analog Converter) birimleri bulunur. Merkezi işlem birimi PLC sisteminin beynidir. Programın yürütülmesi bu birim tarafından gerçekleştirilir. Hafıza birimi; sistem yazılımının bulunduğu EPROM, program belleği EEPROM, yürütülen programın verilerine hızlı erişim için kullanılan geçici bellek RAM gibi hafıza birimlerinden oluşur. Ayrıca her PLC güç kaynağına sahiptir. Kısaca PLC bir mikro bilgisayar yapısındadır.

### **1.3.3. PLC programının yürütülmesi**

PLC programının yürütülmesi genel tarifile devamlı olarak kullanıcı programının taranarak çıkışların hesaplanması şeklinde sağlanır. Bu durum döngü halinde sürekli olarak gerçekleştirilir. Öncelikle giriş görüntü belleğine yazılan giriş bilgileri taranır. Taranan veriler programda işlenir ve çıkışlar hesaplanır. Hesaplanan çıkışlar çıkış görüntü belleğine aktarılır. Burada PLC programlarını bilgisayar programlarından ayıran en temel özellik programın tüm satırlarının taranarak program biriminde çıkışların görüntü belleğine aktarılmasıdır. Bilgisayar programları ise satır satır taranır ve çıkışlar o an aktif edilir.

### **1.3.4. SCADA sistem mimarisi**

SCADA, RTU (Remote Terminal Unit) cihazlarından (I/O modüller, sensörler, PLC vb.) gelen verileri MTU (Master Terminal Unit) biriminden (DCS, PLC vb) gerçek zamanlı olarak alan ve bu verileri sınıflandırarak veya ölçeklendirerek alarmlar ve trendler oluşturabilen, geçmişe yönelik raporlar oluşturarak prosesle ilgili geçmişi kayıt altında tutabilen, bağlı olduğu kontrol birimi aracılığıyla prosesi kontrol edebilen bununla beraber anlık izlemeyi sağlamak amacıyla hareketli arayüzler oluşturabilme imkanı sunan bir yazılım-donanım sistemidir. Şekil 1.3’ de örnek bir SCADA sistem topolojisi görülmektedir.



Şekil 1.3. Örnek SCADA sistem topolojisi

Şekilden de görüldüğü üzere uzak saha birimleri sistemdeki aktüatörlerin kontrolünü sağlamak ve saha bilgilerini MTU birimine göndermektedir. Master kontrolör de bu verileri yerel ağ ile operatör istasyonlarına aktarmaktadır. Operatör istasyonlarına aktarılan bilgiler SCADA yazılımında kullanılarak alarmlar, raporlar, trendler oluşturulabilir, RTU birimlerinin kontrolü sağlanabilir veya tüm sistem topolojik diyagramı tasarlanabilir.

### 1.3.5. SCADA tasarım süreci

Endüstride kullanılan SIMATIC WinCC, Vijeo Citect, CX Supervisor, ICONICS, WinTR, InduSoft gibi birçok SCADA programı bulunmaktadır. Ayrıca Vbasic, Delphi, C# gibi arayüz programlama dillerinden biriyle de SCADA tasarımı yapmak mümkündür. Bu çalışmada Vijeo Citect SCADA programı kullanılacağından bu program üzerinden SCADA tasarım süreci tarif edildi.

Yeni proje sayfası oluşturulduktan sonra önce bir sistem üzerinden bir kullanıcı tanımlanmalıdır. Sonra haberleşme ayarlarının yapılması gerekmektedir. Bunun için I/O server, alarm server, trend server ve report serverların kurulması gerekmektedir. Burada

dikkat edilecek husus I/O server kurulurken hangi PLC ile çalışılacaksa o PLC' nin seçilen modeline göre ve çalışılacak haberleşme protokolüne göre sürücünün yüklenmesi gerekmektedir. Burada driver kullanmadan OPS server üzerinden veya endüstriyel haberleşme protokolleri üzerinden de I/O serverı kurmak mümkündür. Serverlar kurulduktan sonra Computer Setup Wizards ile SCADA' nın nasıl çalışacağı belirlenir. Yani serverlar ayrı bilgisayarlarda mı yoksa tek bilgisayarda mı çalışacağı belirlenir. Sonra ise saha ekipmanlarından PLC' lere aktarılan veriler için tagların oluşturulması gerekmektedir. Burada dikkat edilecek husus ise taglar oluşturulurken PLC' nin adres yapısına uygun adresleme yapma gerekliliğidir. Taglar tanımlandıktan sonra Citect Gafic Builder ile istenen sayfa tasarımı yapılabilir.

### **1.3.6. SCADA kullanım alanları**

Endüstride ve hayatın birçok alanında SCADA sistemleri kullanılmaktadır. Verimin artırılması, sürecin anlık takip edilmesi, arıza sıklığının azaltılması, maliyetin azaltılması, enerji tasarrufu, sistemi uzak noktalardan kontrol edebilme, geçmişe dönük kayıtların tutulması ve raporlanması gibi daha birçok amaca hizmet etmek amacıyla SCADA sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemin en yaygın kullanıldığı alanlar;

- Hidroelektrik, termik ve nükleer santraller,
- Enerji iletim, dağıtım noktaları,
- Su arıtma tesisleri,
- Kimya sanayi,
- Petrokimya sanayi,
- Otomotiv sanayi,
- Çimento sanayi,
- Trafik kontrol merkezleri,
- Gıda sanayi,
- Kağıt sanayi,
- İlaç sanayi,
- Hastane ve AVM' lerin kojenerasyon, iklimlendirme ve enerji izleme sistemleri.

SCADA sistemleri bahsi geçen sektörler dışında da birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır.

#### 1.4. Şebeke Analizörü ve Çalışma Prensibi

Şebeke verilerinin ölçümü için yeni nesil analizör kullanılmıştır. Bazı özellikleri ele alınacak olursa;

- 1Ø ve 3Ø faz enerji ölçümü yapabilme,
- Temel ölçümler (V, VLL, I, IN, F, Cos φ, PF, P, Q, S, THD),
- Tek tarifeli enerji sayma özelliği,
- 4 bölge ölçüm özelliğindedir (enerjinin akış yönü belirlenir),
- Akım ve gerilim için 45-65 Hz arası örnekleme frekansı 12.8 kHz,
- Akım ve gerilim fazları için 31.harmoniğe kadar ölçüm yapabilme,
- THD - Gerilim (% olarak) ölçümü yapabilme,
- THD - Akım (% olarak) ölçümü yapabilme,
- Ölçüm hassasiyeti IEC 61557-12 standardındadır,
- Gerilim ve akım ölçüm girişleri için aşırı gerilim kategorisi 300 V Cat III' tür,
- Modbus RTU ( baud rate 1200-57600 bps ) haberleşme protokolü,
- Bağlantı tipi 3F4T, 3F3T,
- Koruma Sınıfı IP 40,
- Çalışma sıcaklığı -20°C +70°C

gibi temel özelliklere sahiptir. Özellikler incelendiğinde kullanılan analizörün her türlü şebeke parametresini ölçebilme kabiliyetine sahip olduğu ve yüksek ölçüm hassasiyetinde olduğu görülmektedir.

##### 1.4.1. Temel parametrelerin ölçümü

Akım ve gerilim dalgasının büyüklüğü RMS (Root Mean Square) değer hesaplanarak ifade edilir. Kullanılan analizör 12.8 kHz frekansla örnekleme yaparak akım ve gerilimin RMS değerlerini hesaplar ve ara yüze aktarılır. Burada örnekleme frekansı ne kadar yüksek olursa hassasiyette yüksek olacaktır. RMS değer, alternatif bir akımın RMS değeri sabit bir direnç yükünden geçen ve aynı miktarda ısı enerjisi üreten DC akımın değerine eşittir. RMS karesel ortalama değer anlamına gelir ve etkin değer, efektif değer olarak da isimlendirilir. Bir işaretin RMS değeri ayrık (dijital) olarak hesaplanırken şu adımlar izlenir: İşaretin bir

periyot boyunca belirli örnekleme zamanıyla genlik değerleri alınır. Alınan bu değerlerin kareleri toplanır. Bu toplam alınan örnek sayısına bölünür [24]. Şebekedeki akım ve gerilimin temel harmonik için etkin değerleri Denklem-1 ve Denklem-2 formülleriyle elde edilir.

$$V_{RMSI} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = 0,707.V_{max} \quad (1.1)$$

$$I_{RMSI} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0,707.I_{max} \quad (1.2)$$

Burada enerji analizörü harmonikleri de baz alarak etkin değer hesabı yapar. Bu da tüm harmoniklerin etkin değerlerinin kareleri toplamının karakökü şeklinde hesaplanır. Analizör hesapladığı bu etkin değerleri, görünür güç, aktif güç ve reaktif gücü Denklem-3, Denklem-4 ve Denklem-5' deki formüllerle hesaplar.

$$S = V_e \cdot I_e \quad (VA) \quad (1.3)$$

$$P = S \cdot \cos \varphi = V_e \cdot I_e \cdot \cos \varphi \quad (Watt) \quad (1.4)$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi = V_e \cdot I_e \cdot \sin \varphi \quad (VAR) \quad (1.5)$$

#### 1.4.2. Harmonik analizi

Yarı iletken teknolojisinin gelişmesiyle hızla kullanımı artan sürücüler, bilgisayarlar, UPS (Kesintisiz Güç Kaynağı), kaynak makinaları gibi daha birçok cihaz harmonik kaynağıdır. Bu durum şebeke için ciddi bir tehdittir. Bu durumun önüne geçebilmek için ülkeler konuyla ilgili önlemler almışlardır. Ülkemizde de “Elektrik İletim Sistemi Arz Güvenilirliği ve Kalitesi Yönetmeliği” ve “Elektrik Şebeke Yönetmeliği” ile harmonik sınır değerleri belirlenmiştir. Söz konusu sınırlamalar harmonik seviyelerinin takibini gerekli kılmaktadır. Ülkemizde hali hazırda bu sınırlamalar için cezai bir durum söz konusu olmasa da ilerleyen yıllarda çıkarılacak mevzuatlarla cezai sorumlulukları oluşturacak düzenlemelerin gelmesi

beklenmektedir. Dolayısıyla tesislerin kullandığı elektrik enerjisinin harmonik düzeyi akım ve gerilim için takip edilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır. Bu önlemleri hem harmonik kaynağı olarak şebekeye zarar vermemek hem de dışarıdan gelebilecek harmoniklerden etkilenmemek adına yapmak gereklidir.

Bu çalışmada da akım ve gerilim için hem toplam harmonik düzeyleri hem de harmonik genliklerinin yüksek olması muhtemel 3, 5 ve 7. Mertebeleri izleme yazılımıyla kayıt altına alınmıştır.

Harmonik analiz için Fourier dönüşüm formülleri kullanılır. Fourier dönüşümü ile saf sinüs olmayan ve periyodik olan bir işaretin genlik ve frekansları farklı (ana frekansın tam katları) sonsuz sayıda sinüs işaretinden oluştuğu görülmüştür. THD<sub>v</sub>, THD<sub>i</sub> ve harmonikler Denklem-6, Denklem-7, Denklem-8 ve Denklem-9' daki formüllerle hesaplanmaktadır.

$$i(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left( a_n \cos \frac{n\pi t}{L} + b_n \sin \frac{n\pi t}{L} \right) \quad (1.6)$$

$$v(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left( a_n \cos \frac{n\pi t}{L} + b_n \sin \frac{n\pi t}{L} \right) \quad (1.7)$$

$$THD_v = \left[ \sum_{n=2}^n \frac{U_n^2}{U_1^2} \right]^{1/2} \quad (1.8)$$

$$THD_i = \left[ \sum_{n=2}^n \frac{I_n^2}{I_1^2} \right]^{1/2} \quad (1.9)$$

Sistemimiz için seçilen enerji analizörü de Fourier analizi yöntemi kullanarak akım ve gerilim için hem 31. Mertebeye kadar harmonik ölçümü yapmakta hem de toplam harmonik distorsiyonu ölçmekte ve ara yüze yansıtmaktadır.

Harmoniklerin güç faktörü üzerine etkileri ele alınacak olursa,  $\text{Cos}\phi$  temel harmonik için güç faktörüdür. Fakat harmonikli bir şebekede bu durum farklıdır. Çünkü akım ve gerilim dalga şekilleri saf sinüs şeklinde değildir. Dolayısıyla güç faktörü de  $\text{Cos}\phi$  değerinden farklıdır. Denklem-10 ve Denklem-11 ile PF gerçek güç faktörü değeri hesaplanır.

$$\text{Cos } \phi_1 = \frac{\text{Aktif Güç (P)}}{\text{Görünür Güç (S)}} = \frac{V_{ef}.I_{ef}.\text{cos}\phi}{V_{ef}.I_{ef}} \quad (1.10)$$

$$\text{PF (GF)} = \text{Cos } \phi_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{1+(\text{THDI})^2}} \quad (1.11)$$

Kullanılan analizörde hem  $\text{Cos}\phi$  hem de PF değeri ayrı ayrı hesaplanarak ara yüz ekranına yansıtılır.

### 1.5. Endüstriyel Haberleşme Yöntemleri

Veri haberleşme teknolojileri endüstriyel otomasyon sistemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Öyle ki sahadaki aktuatör, röle, valf veya motor gibi birçok cihazın kontrol edilebilmesi için PLC ve bilgisayarlarla haberleşmesi gerekmektedir. Dolayısıyla haberleşme sistemleri endüstride çok büyük önem arz etmektedir.

Bu projede açık erişim kaynaklı ve enerji analizörünün de desteklediği modbus haberleşme protokolü ile RS-485 haberleşme standardı kullanılmıştır. Analizörün ölçüp geçici belleğine yazdığı veriler modbus veri kayıt tablosundaki adreslere göre PLC' ye Modbus-RTU haberleşme protokolüyle aktarılması sağlanmıştır. PLC' ye aktarılan bu veriler ise izleme bilgisayarına Ethernet TCP/IP protokolüyle aktarılmıştır.

RS (Recommended Standard) tüm dünyaca kabul görmüş uluslararası haberleşme standartlarından biridir. Bununla beraber Evrensel Seri Yol (Universal Serial Bus, USB), Ethernet, Genel Amaçlı Arayüz Yolu (General Purpose Interface Bus, GPIB) gibi arabirim standartları da tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. RS-232 ve RS-485 standardına sahip dünyada birçok bilgisayar ve endüstriyel cihaz mevcuttur. RS-232 standardı genellikle iki kısa nokta arasında asimetrik bağlantı yapılacağı durumlarda tercih edilir.

Genellikle bilgisayarlarda kullanımı yaygındır. RS-485 standardı ise daha uzun mesafelerde gürültünün çok olduğu ortamlarda simetrik ve çok noktalı bağlantılar için kullanılır. Maksimum 1200 metreye kadar 32 cihazla haberleşme mümkündür. Daha fazla cihaz kullanımında ise haberleşme hızları çok düştüğünden önerilmemektedir. Ethernet ise erişimli ağlarda aynı fiziksel bağlantı üzerinden birden çok noktaya bağlantı kurulabilen bir standarttır ve çok yaygın kullanıma sahiptir.

Haberleşme protokolleri açık ve kapalı sistem olarak sınıflandırılır. Kapalı sistem haberleşme protokolleri, her üreticinin kendi cihazları arasındaki haberleşmeyi sağlamak amacıyla geliştirdiği protokollerdir. Açık sistem haberleşme protokolleri ise markadan bağımsız protokolü destekleyen tüm cihazların birbiriyle haberleşmesini sağlamaktadır. Örneğin;

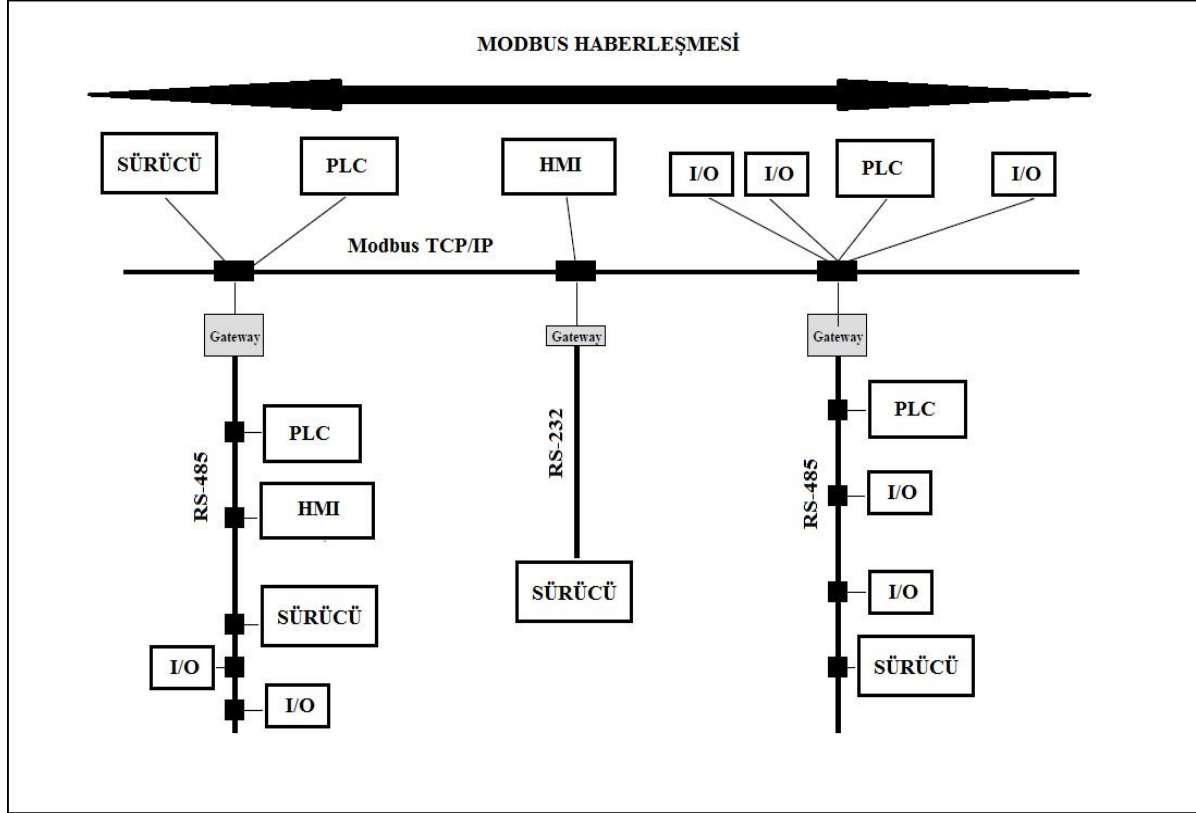
- Interbus-S Protokolü,
- Profibus Protokolü,
- Modbus Protokolü,
- CANBus Protokolü,
- DeviceNet Protokolü,
- AS-i Arayüzü,
- Fieldbus Protokolü,
- Hart Protokolü

gibi birçok endüstriyel haberleşme protokolü mevcuttur. Enerji izleme ve kontrol sisteminde modbus haberleşme protokolü kullanıldığından bunun üzerinde durulmuştur.

### **1.5.1. Modbus-RTU haberleşme protokolü**

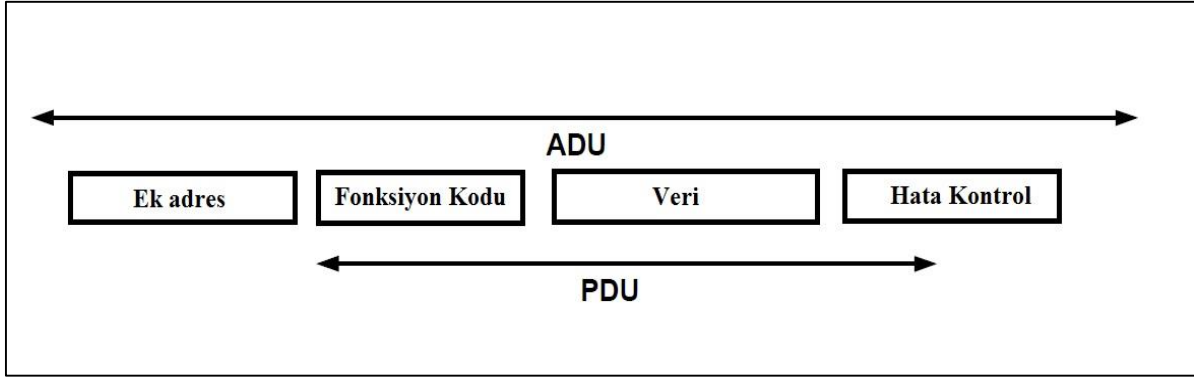
Modbus, Modicon firması tarafından 1979 yılında üretilmiş bir seri haberleşme protokolüdür. İlk olarak kendi cihazlarının haberleşmesi için geliştirilen bu protokol günümüzde açık kaynak olarak kullanılmaktadır. Kolay, basit ve yaygın kullanıma sahip olmasından dolayı pek çok imalatçı firma tarafından desteklenmektedir. Modbus, master/slave (sahip/köle) prensibiyle bir master cihazı ile birden çok slave cihazının haberleşmesinde kullanılmaktadır. Programlama, kontrol etme veya izleme gibi birçok amacı gerçekleştirmek için kullanılabilir. Modbus RTU, Modbus TCP/IP, Modbus ASCII,

Modbus over UDP ve Modbus plus gibi protokoller geliştirilmiştir. Fakat en yaygın kullanılan Modbus RTU ve Modbus TCP/IP haberleşme protokolleridir. Şekil 1.4’ de örnek haberleşme ağ mimarisi görülmektedir [25]. Seri hat üzerinde Modbus RTU ve ASCII, ethernet hattı üzerinde Modbus TCP/IP haberleşmesi aktiftir.



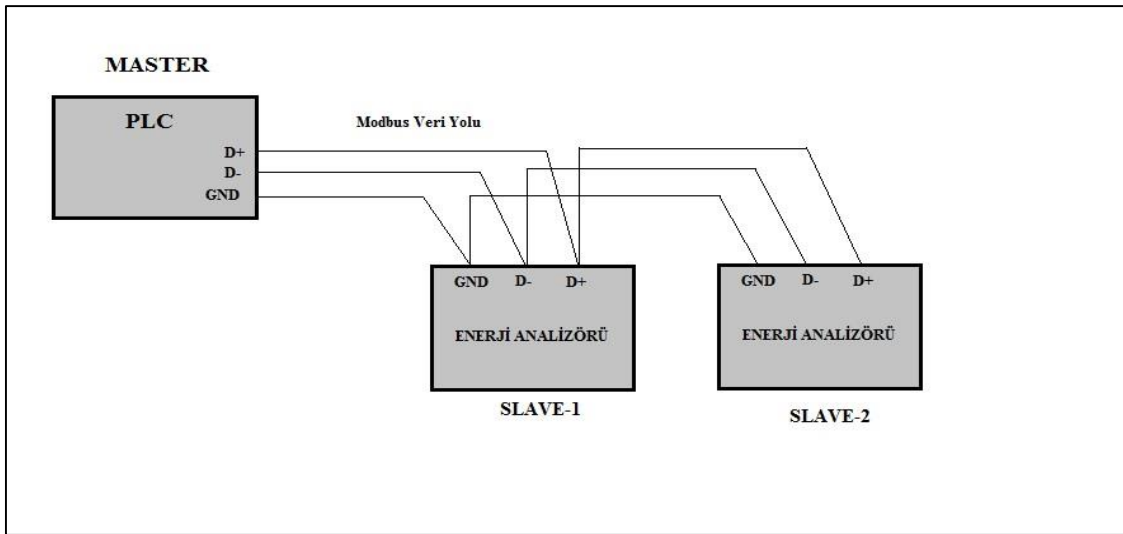
Şekil 1.4. Modbus ağ mimarisi

Her tür cihaz (PLC, HMI, Kontrol Paneli, Sürücü, Hareket kontrolü, G / Ç Cihazı ...), uzaktan çalıştırmayı başlatmak için MODBUS protokolünü kullanabilir. MODBUS protokolü, temel iletişim katmanlarından bağımsız basit bir protokol veri ünitesi (PDU) tanımlar. Belirli veri yolu veya ağında MODBUS protokolünün eşlenmesi, uygulama veri biriminde (ADU) bazı ek alanlar oluşturabilir. Modbus veri yapısı genel haliyle şekil 1.5’ de verilmiştir [25].



Şekil 1.5. Modbus veri yapısı

Bu çalışmada Modbus RTU haberleşme protokolü kullanıldığından modbus protokolünün haberleşme mantığı bunun üzerinden basit şekilde tarif edilmiştir. Okunacak veya yazılacak bilginin durumuna göre adresler değişiklik gösterir. Çıkış bobinleri için okunabilir/yazılabilir 1-9999, giriş kontakları için sadece okunabilir 10001-19999, analog giriş registerleri için sadece okunabilir 30001-39999 ve analog çıkış tutucu registerleri için okunabilir/yazılabilir 40001-49999 adresleri arasında tanımlanır. Modbus talep dizisinde öncelikle 8 bitlik alanda istek yapılan slave cihazının adres bilgisi, fonksiyon kodu ve bu koda bağlı ilgili eklentiler ve CRC dönüşel artıklı denetim kodu üretilerek paket halinde slave cihazına gönderilir. Slave cihazı da ilgili fonksiyon koduna göre gerekli işlemi yaparak aynı formatta cevap üretir ve master cihazına gönderir. Bu çalışmada Modbus RTU protokolü kullanılmıştır. Somachine yazılımında modbus ayarları Şekil 1.7' deki gibi gerçekleştirilmiş olup bağlantıları Şekil 1.6' daki gibi yapılmıştır.



Şekil 1.6. Analizör-PLC bağlantı şeması

The image shows two screenshots of a Modbus configuration interface. The top screenshot is titled 'Yapılandırma' (Configuration) and shows the 'Seri hat' (Serial port) settings. The 'Baud hızı' (Baud rate) is set to 19200, 'Parite' (Parity) is 'Yok' (None), 'Veri bitleri' (Data bits) is 8, and 'Durma bitleri' (Stop bits) is 1. Under 'Fiziksel Ortam' (Physical Environment), 'RS485' is selected with a radio button, and the 'Kutuplanma Direnci' (Termination Resistor) is set to 'Hayır' (No). The bottom screenshot is titled 'Modbus Ana Yapılandırması' (Modbus Main Configuration) and shows the 'Modbus-RTU/ASCII' settings. The 'İletim Modu' (Communication Mode) is set to 'RTU' with a radio button. The 'Yanıt Zaman Aşımı (ms)' (Response Timeout) is set to 1000, and the 'Kareler Arasındaki Süre (ms)' (Time Between Bytes) is set to 10. The 'MODBUS' logo is visible in the top right corner of this section.

Şekil 1.7. Modbus genel ayarları

## 1.6. Kompanzasyon Sistemi ve PLC ile Kontrolü

Görünür gücün sanal bileşeni olan reaktif güç yükün ihtiyacı olan ancak şebekede istenmeyen bir sanal güç bileşenidir. Bu sebeple, aktif tüketim bedeli mevzuatlarda belirtilen değerlerden yüksek olan kullanıcıların reaktif güç kompanzasyonu yapması zorunlu tutulmakta aksi durumda reaktif tüketim cezaları işletilmektedir.

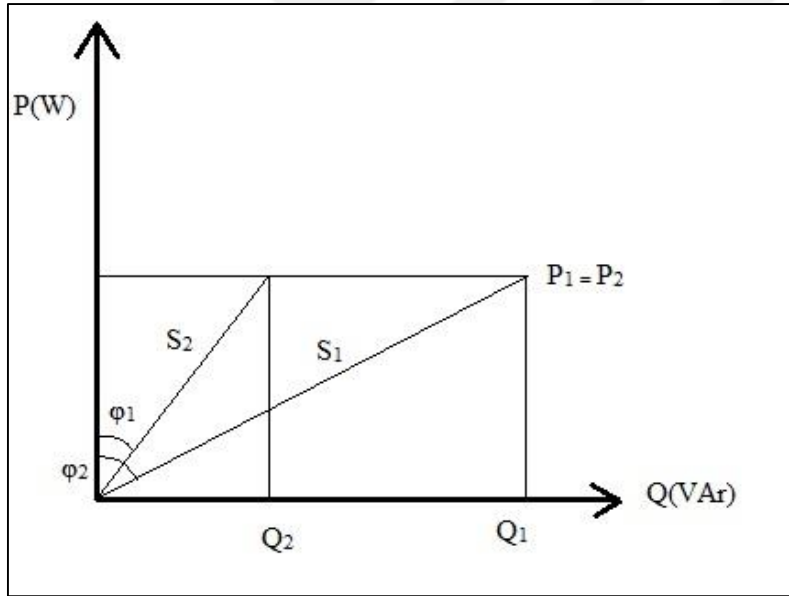
Reaktif güç kompanzasyonu, yükün ihtiyaç duyduğu reaktif gücün belirli yöntemler kullanılarak yok edilmesi veya azaltılması durumudur. Reaktif güç varlığı alternatif akımın kullanılmasının doğal sonucudur.

$$Q = V_e \cdot I_e \cdot \cos\phi = S \cdot \cos\phi \quad (1.12)$$

Reaktif güç tüketicilerine aşağıdaki örnekler verilebilir.

- Kaynak makinaları
- Her türlü elektrik motoru
- Transformatörler
- Bobinler
- Endüksiyon ve ark fırınları
- Güç dönüştürücüleri (Eviriciler, doğrultucular vb)
- Elektrikli ev aletleri
- UPS (kesintisiz güç kaynakları)
- Sokak lambaları

Kondansatör güç hesabı için genel olarak aktif gücün sabit kalması istenir. Burada istenen reaktif güç üzerinden gerekli işlemler yapılır. Şekil 1.8’ de mevcut reaktif tüketim ve istenen reaktif tüketim değerleri görülmektedir.



Şekil 1.8. Reaktif güç kompanzasyonu

$$Q_1 = S_1 \cdot \sin\varphi_1 \quad (1.13)$$

$$Q_2 = S_2 \cdot \sin\varphi_2 \quad (1.14)$$

şeklinde ifade edilirse kondansatör gücü;

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = S_1 \cdot \sin \varphi_1 - S_2 \cdot \sin \varphi_2 \quad (1.15)$$

$$Q_c = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (1.16)$$

formülüyle hesaplanır. Kondansatör değerinin hesabı ise yıldız veya üçgen bağlantıya göre değişiklik göstermektedir. Yıldız bağlantıya göre kondansatör değeri hesabı;

$$C_Y = \frac{Q_c}{2\pi V^2} \text{ Farad} \quad (1.17)$$

Üçgen bağlantıya göre kondansatör değeri hesabı;

$$C_{\Delta} = \frac{Q_c/3}{2\pi V^2} \text{ Farad} \quad (1.18)$$

ifadesiyle elde edilir. Ayrıca uygulamada kondansatöre ek olarak kompanzasyon sisteminin şebeke ile harmonik rezonansa girme ihtimali, kondansatörlerin karakteristiğinden kaynaklanan devreye girdiği an çok yüksek akım çekmeleri veya harmoniklerden kaynaklı empedanslarının çok yükselmesi ve bu nedenle gerilimin aşırı bozulması gibi birçok nedenden dolayı harmonik filtre reaktörü kullanılır. Burada reaktör ile kondansatör elemanları arasında bir odaklama rezonansının belirlenmesi gerekir.

Bu çalışma için tasarlanan sistemde 50 kVA kurulu güce sahip bir tesis için 16,5 kVAR kondansatör gücü tasarlanmıştır. Ayrıca kapasitif reaktif güç tüketimi olması durumu için reaktör de tasarıma eklenmiştir. Uygulama yapılırken laboratuvar ortamında kompanzasyon sistemi kurulmamıştır. Fakat reaktif güç kompanzasyonunu sağlayacak PLC yazılımı tasarlanmış ve çıkışlar fiziksel olarak izlenmiştir. Burada PLC yazılımının içerisinde kompanzasyon sistemi basit bir şekilde simule edilmiştir. Hazırlanan yazılım ve donanım kullanılması halinde endüstriyel bir tesiste kompanzasyon işlevini yerine getirebilecek durumdadır. Uygulama sonuçları ve grafikler uygulama ve sonuçlar bölümünde detaylı biçimde verilmiştir.



## 2. KULLANILAN MATERYALLER VE SİSTEM MİMARİSİ

### 2.1. Kullanılan Materyaller

Bu uygulama Gazi Üniversitesi endüstriyel otomasyon laboratuvarlarında küçük güçlerde gerçekleştirilmiştir. Sistem tasarımında;

- Bir adet Schneider marka TM241CE40T/U model PLC,
- Vijeo Citect SCADA yazılımı ve lisanslama aparatı,
- 1 adet izleme bilgisayarı,
- 2 adet enerji analizörü,
- 3 adet 30/5 ve 3 adet 20/5 akım trafosu,
- 4 adet tek faz 10 A ve 2 adet 25 A sigorta,
- Yükleri sürmek için 4 adet 10 A röle,
- 2 adet Siemens marka 3TF44 model kontaktör,
- Haberleşme ve enerji akışı için enerji kablosu,
- Cat-6, RS-485 kablo ve sarf malzeme

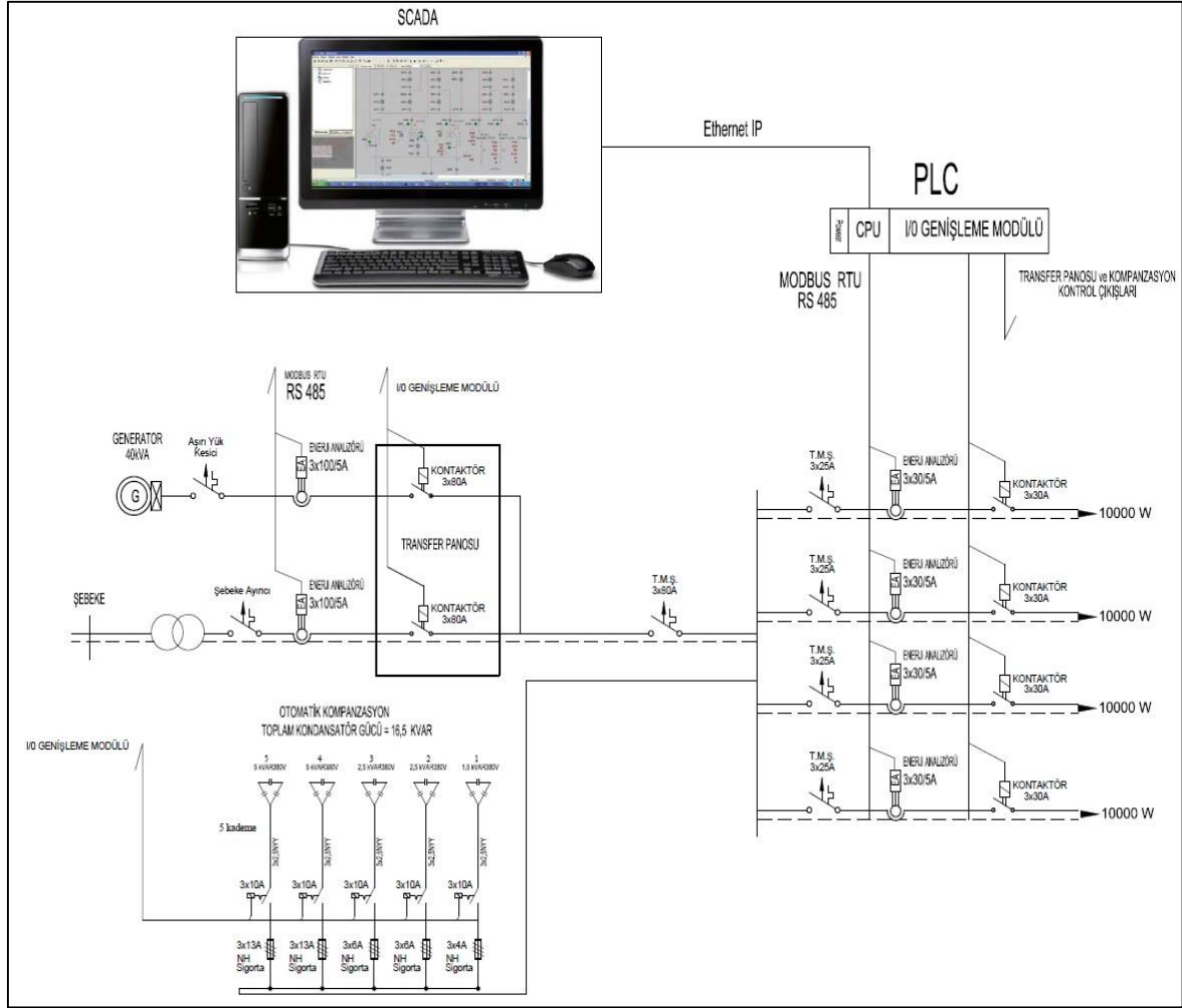
materyalleri kullanılmıştır. Burada kullanılan Schneider marka PLC' yi programlamak için Codesys tabanlı Somachine yazılımı kullanılmaktadır. Aşağıda kullanılan PLC' nin temel donanım özellikleri verilmiştir.

- Dahili Canopen, Modbus TCP/IP, Modbus RTU, Ethernet IP protokolleri,
- 8 hızlı sayıcı, 4 pozisyonlama fonksiyonu,
- 8 hızlı girişe uygun 14 dijital giriş,
- 6 röle, 4 transistör dahil 4 hızlı çıkış,
- 8 MB program için, 64 MB sistem belleği RAM için,
- Transistör çıkışı için maksimum 1 kHz, hızlı çıkış (PWM modu) için maksimum 20 kHz, hızlı çıkış (PLS modu) maksimum 100 kHz, hızlı çıkış (HSC modu) 200 kHz çalışma frekansı,
- Seri port girişi; RJ45 ile arayüz RS232/RS485, çıkarılabilir vidalı terminal bloğu ve arayüz RS485, mini B USB 2.0.

## 2.2. Sistem Mimarisi ve Algoritması

Sistemin topolojisi ele alındığında, enerji dağıtım çıkışlarında konumlandırılmış şebeke analizörleriyle elde edilen veriler, PLC'ye aktarılarak hem kontrol hem de PLC'ye bağlı bilgisayarda parametrelerin takibi, arşivlenmesi ve grafik ortama aktarılması sağlanmıştır. PLC ile şebeke analizörü arasındaki bağlantı ek modül kullanılmadan MODBUS RTU protokolü ile sağlanmıştır. Ek modül kullanılarak MODBUS TCP/IP, Profibus, ProfiNET, Canbus gibi farklı protokollerle de haberleşme sağlanabilir. Bilgisayar ile PLC arasındaki bağlantı Ethernet arayüzüyle sağlanmıştır. Şekil 2.1' de enerji tüketimdeki pik saatler için yük kontrolü, reaktif güç kontrolü, jeneratör transferi ve tüm bunların SCADA ile hem izlenmesi hem de kontrolünü sağlayacak topoloji görülmektedir. Enerji analizöründeki tüm veriler Somachine yazılımında oluşturulan Modbus konfigürasyonu ile anlık olarak PLC'ye aktarılmış ve bu sayede gereksiz komut kullanımı engellenmiştir. Dolayısıyla sistemin daha hızlı cevap vermesi sağlanmıştır. Enerji analizörlerinden gelen veriler floating point formatında olduğundan desimal formata dönüşüm için alt program oluşturulmuş ve tüm veriler için kullanılmıştır. Otomasyon sistemi, jeneratör transferini ve kompanzasyon sistemini kontrol edecek şekilde tasarlanmıştır. Transfer, şebeke enerjisi kesildiğinde jeneratörün paralel bağlanma şartları yerine geldiğinde sisteme bağlanması şeklinde sağlanıyor. Daha sonra ise yükler öncelik sırasıyla belirli bir öncelik algoritmasına göre en hızlı şekilde devreye giriyor. Yüklerin devreye girmesi enerji kesildiği andaki son tüketim değerleri ve jeneratörün kapasitesi için eşik değer baz alınarak sağlanmaktadır. Ana ve alt program algoritmaları Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'te detaylı bir şekilde verilmiştir.

Eğer reaktif güç tüketimi tespit edilirse kompanzasyon sistemi algoritması devreye girmektedir. Jeneratör devreye girdiğinde ise reaktif güç tüketimi ne olursa olsun kompanzasyon sisteminin devre dışı kalması sağlanmıştır. Bu kontrol mekanizmasının yanında izleme bilgisayarına aktarılan veriler SCADA yazılımında görsel olarak izlenmekte ve arşivlenmektedir. Burada sadece akım, gerilim, aktif-reaktif güç tüketimleri, faz açısı gibi veriler değil bununla beraber akım ve gerilim için ayrı ayrı THD (Toplam Harmonik Distorsyon)



Şekil 2.1. Sistem mimarisi

değerleri ve belirli mertebeye kadar harmoniklerin takibi ve arşivlenmesi sağlanmıştır. Bu şekilde çok kapsamlı bir enerji izleme ve yönetim otomasyonu gerçekleştirilmiştir. Bununla beraber PLC ile kontrol edilen kompanzasyon sisteminin de tüm durumu anlık izlenebilmekte ve bakım süresiyle ilgili gerekli alarmlar anlık takip edilebilmektedir.

Ayrıca gerek maliyet gerekse enerji verimliliğinde katkı sağlayan anlık fatura takibini mümkün kılacak tasarım da gerçekleştirilmiştir. SCADA ana sayfasında bir butonla Microsoft Excel dosyasında (Şekil 2.2) reaktif tüketim bedelleri, toplam tüketim bedeli, reaktif tüketim ceza durumları gibi tüm detayların görülebileceği bir döküm sayfası almak mümkündür.

Tesis Elektrik Enerji Tüketimi Anlık Fatura Bedeli	
İlk Endeks	155
Son Endeks	165
Toplam Tüketim (kwh)	10
Birim Fiyat	0,219634
Tüketim Bedeli	2,19634

Reaktif Güç Tüketim Bedeli				
	İlk Endeks	Son Endeks	Toplam Tüketim	Anlık Yüzdeler
Endüktif	50	51	1	10,00%
Kapasitif	65	68	3	30,00%
Toplam Ceza Bedeli	0,31084			

	Birim Fiyat	(Birim Fiyat) x (Toplam KW)
Dağıtım Bedeli	0,110813	1,10813
PER. SAT. HİZ. BEL.		0
PSH. SAY. OKU. BED.		
İLET. SİS. KUL. BED.		0
ENERJİ FONU		0,6
TRT PAYI		1,2
ELEK. TÜK. VER.		2,99

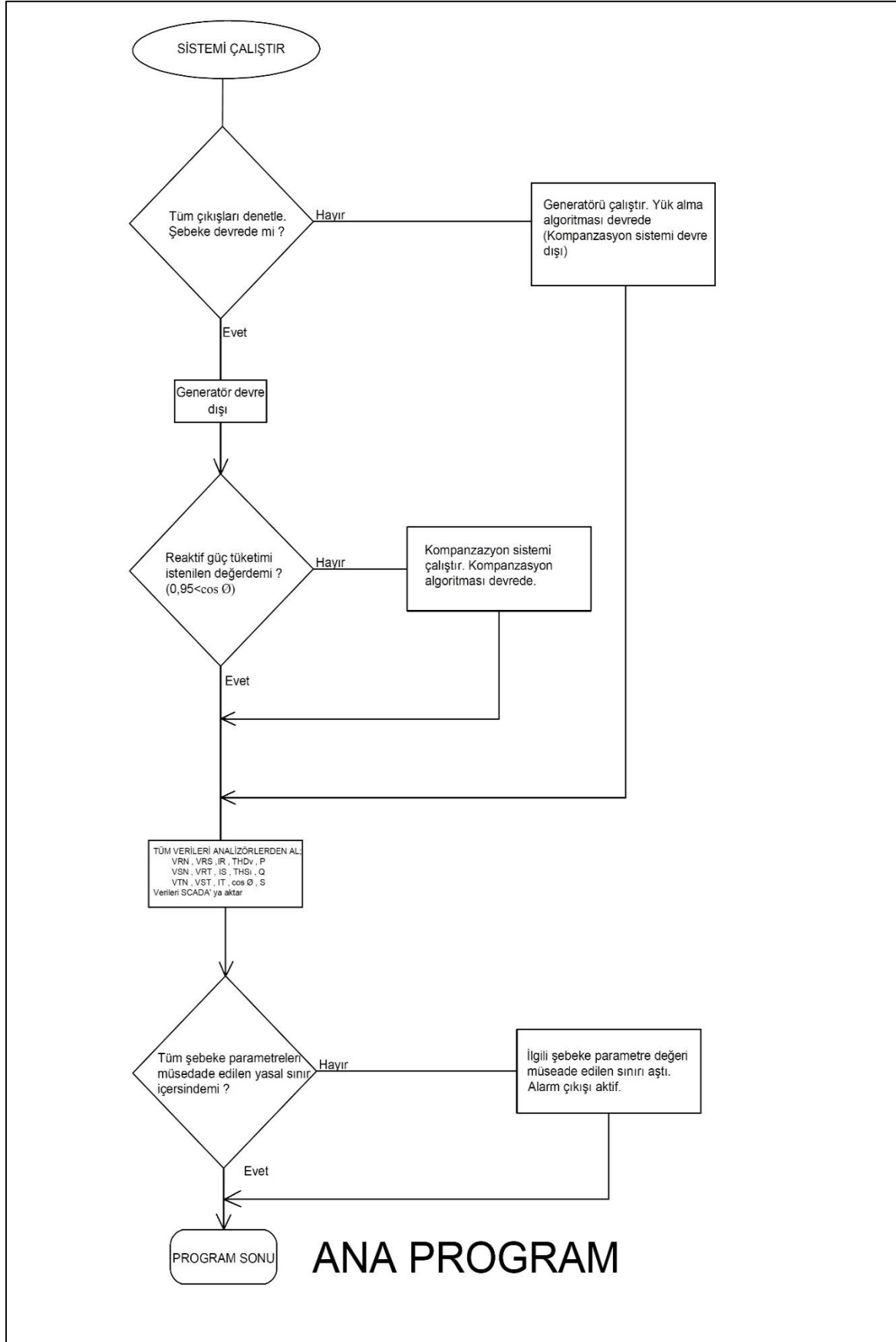
Endüktif Tüketim Durumu	<b>Reaktif Tüketim Yasal Sınır İçerisinde</b>
Kapasitif Tüketim Durumu	<b>Cezalı Fatura UYARI!!</b>

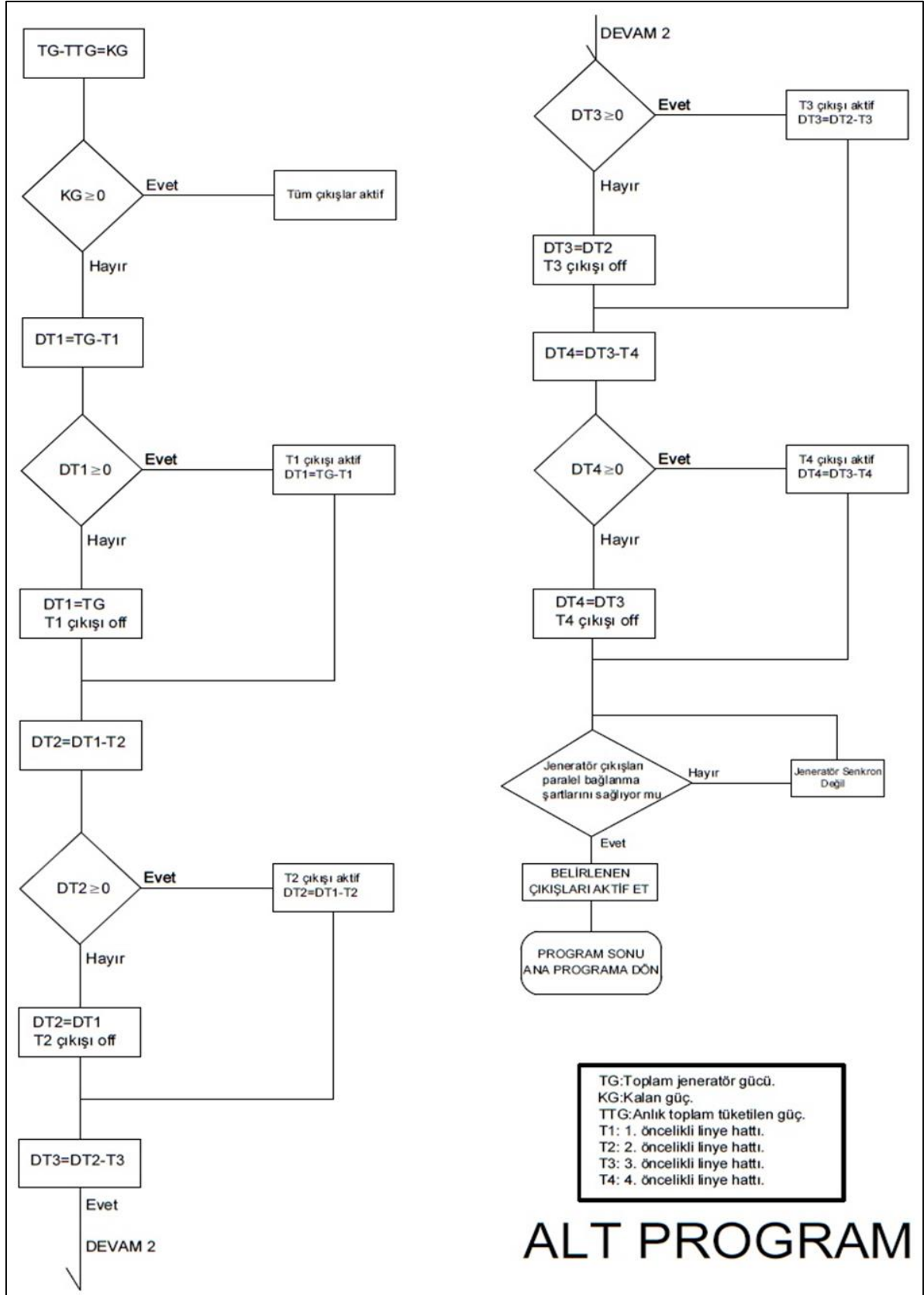
KDV HARIÇ	8,09447
KDV %18	1,4570046
<b>TOPLAM FATURA BEDELİ</b>	<b>9,8623146</b>

Şekil 2.2. Anlık fatura dökümü

Otomasyon sistemi, jeneratör transferini ve kompanzasyon sistemini kontrol edecek şekilde tasarlanmıştır. Transfer, şebeke enerjisi kesildiğinde jeneratörün paralel bağlanma şartları yerine geldiğinde sisteme bağlanması şeklinde sağlanıyor. Daha sonra ise yükler öncelik sırasıyla belirli bir öncelik algoritmasına göre en hızlı şekilde devreye giriyor. Yüklerin devreye girmesi enerji kesildiği andaki son tüketim değerleri ve jeneratörün kapasitesi için eşik değer baz alınarak sağlanmaktadır. Ana ve alt program algoritmaları Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.3. Ana program algoritması

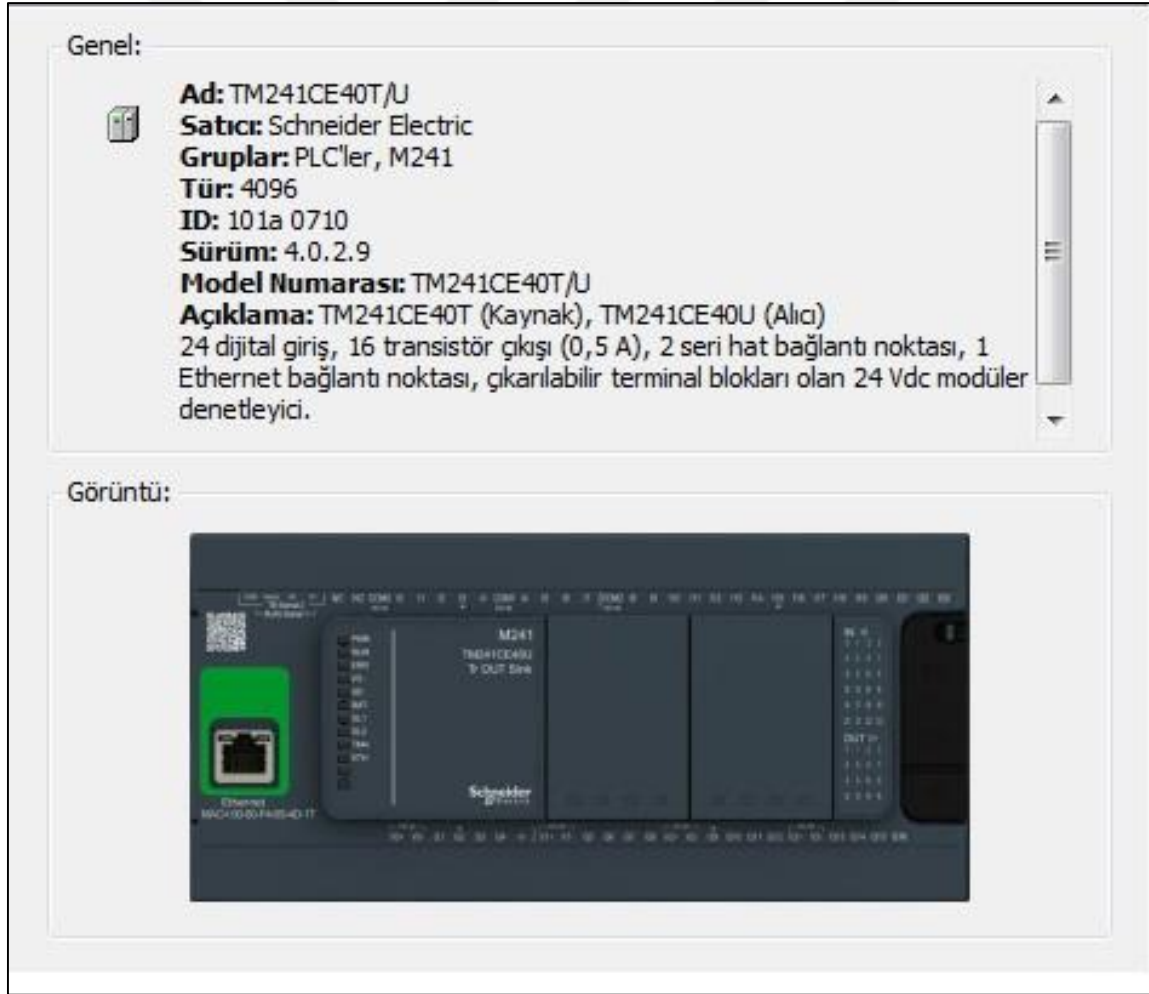


Şekil 2.4. Alt program algoritması

### 3. PLC VE SCADA YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ

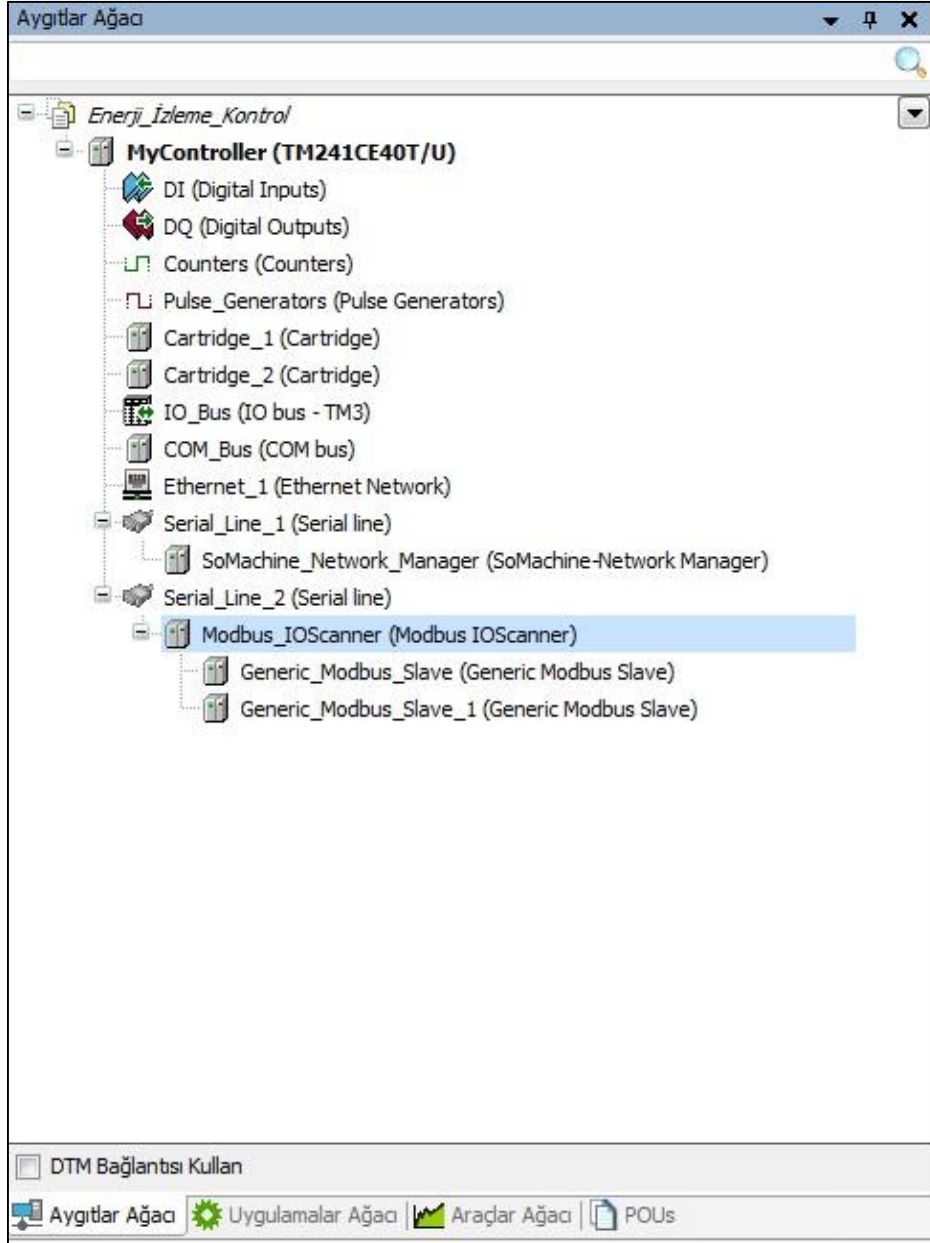
#### 3.1. PLC Yazılımının Geliştirilmesi

Projede kullanılan PLC Schneider M241 serisidir. M241 serisi PLC' nin özellikleri Şekil 3.1' de görülmektedir. PLC programlama için Codesys tabanlı Somachine yazılımı kullanılmıştır. Programlama arayüzü açıldığında kullanılan PLC için marka model seçilerek yeni proje ekranına geçilir. Gelen ekranda aygıtı değiştirme, HMI ekleme gibi seçeneklerin sunulduğu arayüze geçilir. Bu arayüzden programlama ekranına geçilir. Programlama arayüzü programlama ile birlikte aynı zamanda tüm haberleşme ayarlarının ve konfigürasyonların yapıldığı kısımdır.

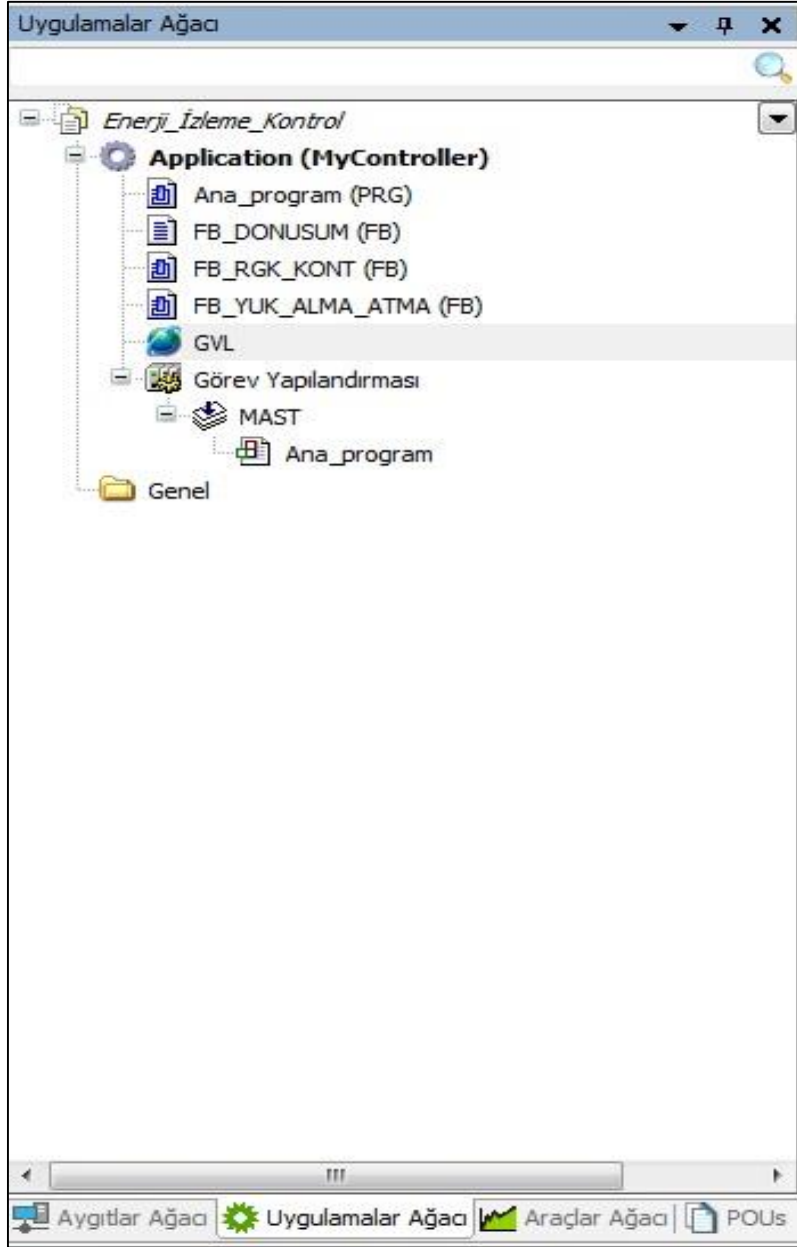


Şekil 3.1. M241 serisi PLC

Tüm dijital ve analog giriş çıkışların ayarlandığı, haberleşme ayarlarının yapıldığı, programlama ayarlarının yapıldığı konfigürasyon ekranında aygıtlar ağacı, uygulamalar ağacı ve araçlar ağacı bulunmaktadır. Aygıtlar ağacı kısmında Şekil 3.2’ de görüldüğü gibi haberleşme ayarları, analog giriş ve çıkışlar, modbus giriş çıkış konfigürasyonları tanımlanır. Uygulama ağacı kısmında Şekil 3.3’ te görüleceği gibi program sayfaları, alt programlar gibi kısımlar bulunur.

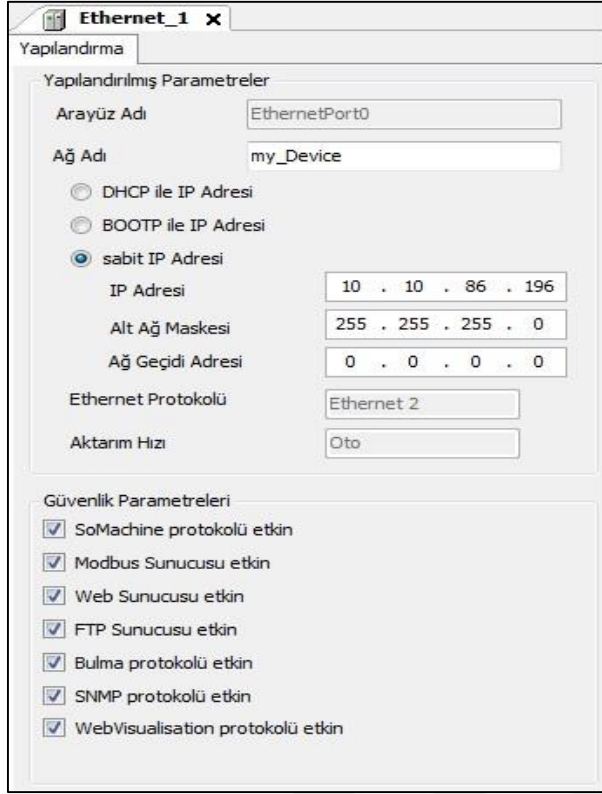


Şekil 3.2. Aygıtlar ağacı

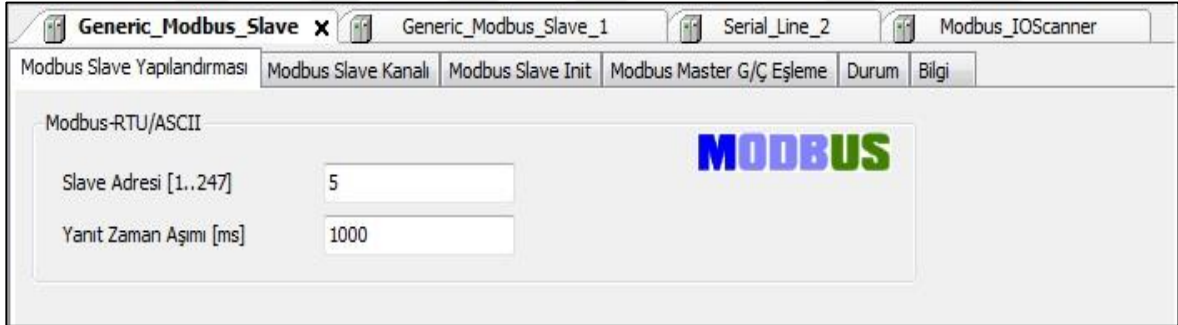


Şekil 3.3. Uygulamalar ağacı

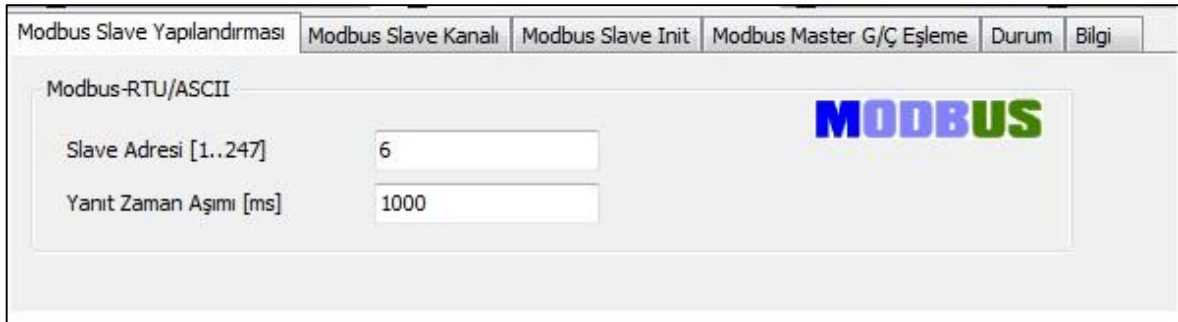
PLC programına geçilmeden evvel öncelikle haberleşme ayarları ve ilgili konfigürasyonlar tamamlanmalıdır. Projemizde PLC-Analizör haberleşmesinde kullanılan Modbus-RTU protokolü ve PLC-Bilgisayar haberleşmesinde kullanılan Ethernet-IP protokolü için ilgili ayarlar Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6' da verilmiştir.



Şekil 3.4. Ethernet IP ayarları

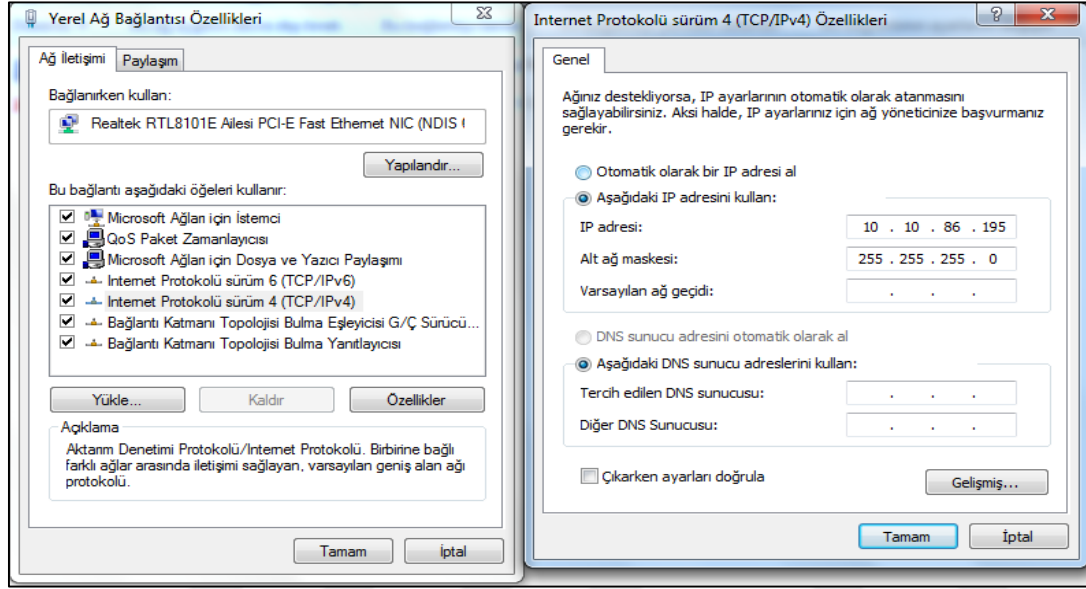


Şekil 3.5. Slave-1 modbus ayarları



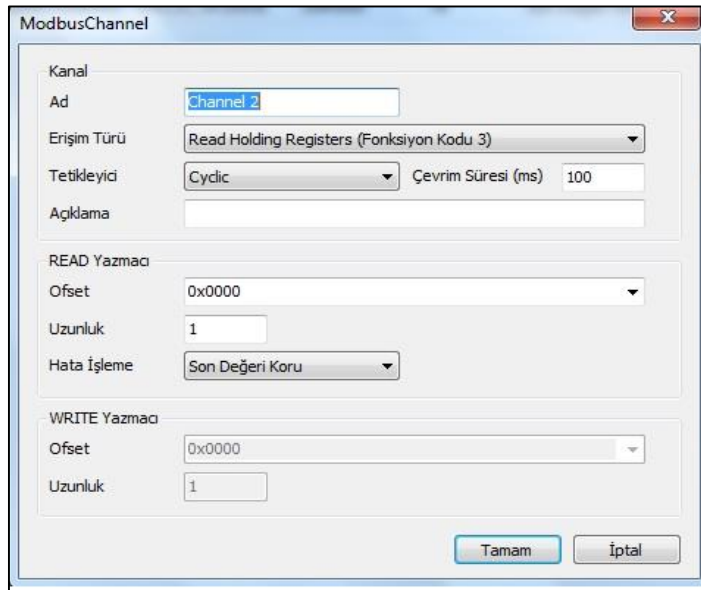
Şekil 3.6. Slave-2 modbus ayarları

Modbus master olan PLC' nin adresi 0 olup analizörler için slave-1 ve slave-2 için 5 ve 6 adresleri verilmiştir. SCADA ile PLC haberleşmesi için IP adres, alt ağ maskesi ve ağ geçidi adresleri şekildeki gibi ayarlanmıştır. Ayrıca izleme bilgisayarının IP adresi ile PLC IP adresi uyumlu olmalıdır. Bu yüzden izleme bilgisayarının IP adres ayarları da Şekil 3.7' deki gibi ayarlanmıştır.



Şekil 3.7. İzleme bilgisayarı IP ayarları

Modbus veri kayıt tablosundaki verileri oluşturulan konfigürasyonla PLC' ye gerçek zamanlı olarak çekebiliyoruz. Şekil 3.8' de örnek kanal ekleme sekmesi görülmektedir.



Şekil 3.8. Modbus kanalı

Modbus slave-1 için tek kanal eklenmiş ve 16 bitlik word tipinde 78 adet veri PLC' ye gerçek zamanlı aktarılmıştır. Slave2 için 3 kanal eklenmiştir. Şekil 3.9 ve Şekil 3.10' da konfigürasyonlar görülmektedir.

Ad	Erişim Türü	Tetikleyici	READ Ofseti	Uzunluk	Hata İşleme
Channel 1	Read Holding Registers (Fonksiyon Kodu 03)	CYCLIC, t#100ms	16#0000	78	Son Değeri Kori

Şekil 3.9. Slave-1 modbus kanalı

Ad	Erişim Türü	Tetikleyici	READ Ofseti	Uzunluk	Hata İşleme
Channel 1	Read Holding Registers (Fonksiyon Kodu 03)	CYCLIC, t#100ms	16#0000	78	Son Değeri Kori
Channel 2	Read Holding Registers (Fonksiyon Kodu 03)	CYCLIC, t#100ms	16#008E	40	Son Değeri Kori
Channel 3	Read Holding Registers (Fonksiyon Kodu 03)	CYCLIC, t#100ms	16#01EE	17	Son Değeri Kori

Şekil 3.10. Slave-2 modbus kanalları

PLC yazılımının büyük bir kısmını yeni program metodlarından biri olan CFC (Continuous Function Chart) ile bazı kısımları da ST (Structured Text) ile yapılmıştır. Program sistem mimarisi ve algoritması kısmında verilen ana program ve alt program algoritmalarını gerçekleştirecek şekilde yazılmıştır. Son olarak fiziksel çıkışları I/O olarak Şekil 3.11 ve Şekil 3.12' de olduğu gibi tanımlanmış ve PLC yazılımı tamamlanmıştır. Ekler bölümünde açık yazılım kodları verilmiştir.

Değişken	Eşleme	Kanal	Adres	Tür	Varsayılan
idwDI_IDW0		IDW0	%ID0	DWO...	
Application.Ana_program.FB_YUK_ALMA_ATMA_1.hata_reset		I0	%IX...	BOOL	
Application.Ana_program.FB_RGK_KONT_0.kom_reset		I1	%IX...	BOOL	
		I2	%IX...	BOOL	

Şekil 3.11. Dijital girişler

Değişken	Eşleme	Kanal	Adres	Tür	Varsayılan Değ
Çıkışlar		QW0	%QW0	WORD	
		Q0	%QX0.0	BOOL	
		Q1	%QX0.1	BOOL	
		Q2	%QX0.2	BOOL	
		Q3	%QX0.3	BOOL	
Application.Ana_program.FB_YUK_ALMA_ATMA_1.YUK1		Q4	%QX0.4	BOOL	
Application.Ana_program.FB_YUK_ALMA_ATMA_1.YUK2		Q5	%QX0.5	BOOL	
Application.Ana_program.FB_YUK_ALMA_ATMA_1.YUK3		Q6	%QX0.6	BOOL	
Application.Ana_program.FB_YUK_ALMA_ATMA_1.YUK4		Q7	%QX0.7	BOOL	
Application.Ana_program.FB_YUK_ALMA_ATMA_1.ANA_YUK		Q8	%QX1.0	BOOL	
Application.Ana_program.FB_YUK_ALMA_ATMA_1.GEN_YUK		Q9	%QX1.1	BOOL	
Application.Ana_program.FB_RGK_KONT_0.rgk_akıs1		Q10	%QX1.2	BOOL	
Application.Ana_program.FB_RGK_KONT_0.rgk_akıs2		Q11	%QX1.3	BOOL	
Application.Ana_program.FB_RGK_KONT_0.rgk_akıs3		Q12	%QX1.4	BOOL	
Application.Ana_program.FB_RGK_KONT_0.rgk_enduktif		Q13	%QX1.5	BOOL	
		Q14	%QX1.6	BOOL	
		Q15	%QX1.7	BOOL	
		QB1	%QB2	BYTE	

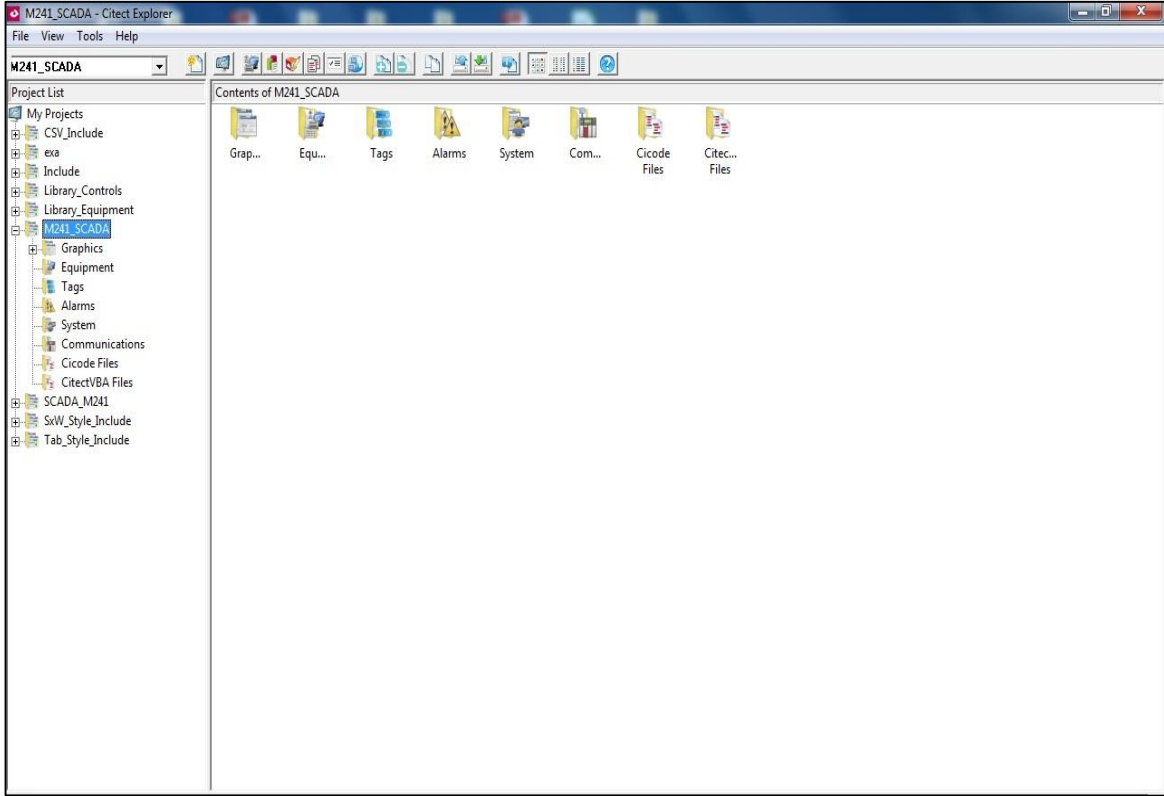
Şekil 3.12. Dijital çıkışlar

Yapılan bu program, ana programda fonksiyon bloklar kullanılarak tasarlanmıştır. İkinci bir tercih olarak READ\_VAR ve WRITE\_VAR komutları kullanılarak da bu algoritmalar gerçekleştirilebilir. Ancak program daha uzun ve karmaşık olacağından bu metod tercih edilmiştir. Böylelikle yazılım döngü süresi daha da kısaltılmıştır.

### 3.2. SCADA Haberleşme Ayarları ve Ekran Tasarımı

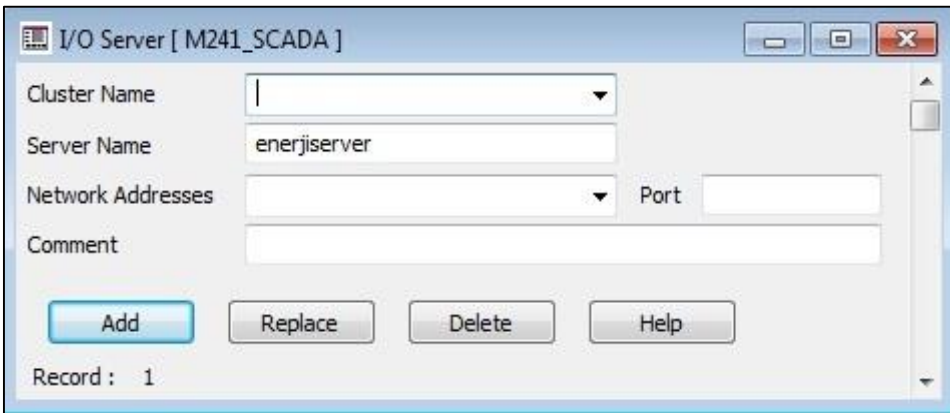
Projede SCADA yazılımı olarak Vijeo Citect kullanılmıştır. Vijeo Citect yazılımı haberleşme yeteneği olan hemen hemen tüm PLC'lerle uyumlu çalışır. Nitekim dahili olarak çoğu PLC için sürücü (driver) mevcuttur. Kullandığımız M241 serisi PLC ile tam uyumlu çalışan SCADA yazılımı için ilgili sürücü I/O server kurulumunda yüklenmiştir. Somachine yazılımında oluşturulan variable global adreslerdeki veriler SCADA'da oluşturulan variable tagsler ile gerçek zamanlı olarak izleme bilgisayarına aktarılır.

Vijeo Citect Explorer açıldığında karşımıza gelen ekranda öncelikle yeni proje açıp isimlendirilir. Şekil 3.13' de görüldüğü üzere proje ismi M241\_SCADA olarak verilmiştir.

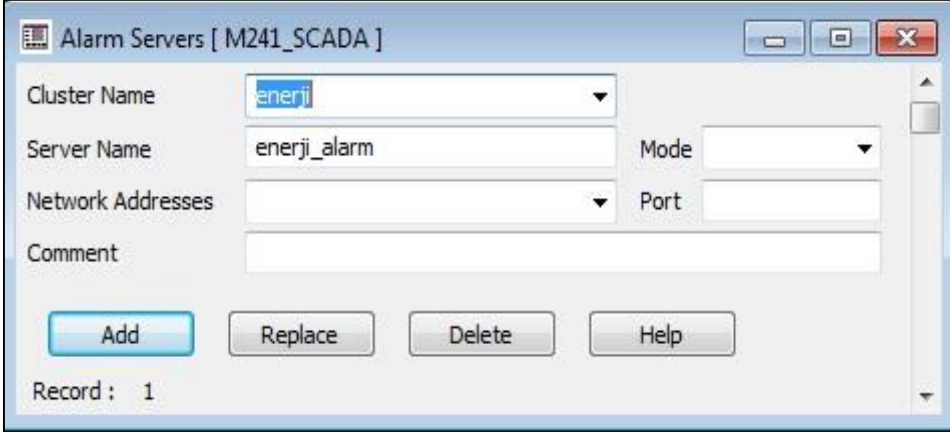


Şekil 3.13. Vijeo Citect explorer ekranı

Burada öncelikle haberleşme ayarları yapılmalıdır. İlk olarak projemizde enerji adında bir cluster tanımlanmıştır. Cluster tüm serverları kapsayan bir kümedir ve muhakkak tanımlanmalıdır. Daha sonra I/O server, alarm server, trend server ve report server kurulmalıdır. Explorer ekranındaki communications kısmından ilgili serverlar Şekil 3.14, Şekil 3.15, Şekil 3.16 ve Şekil 3.17' de görüldüğü gibi yüklenmiştir.

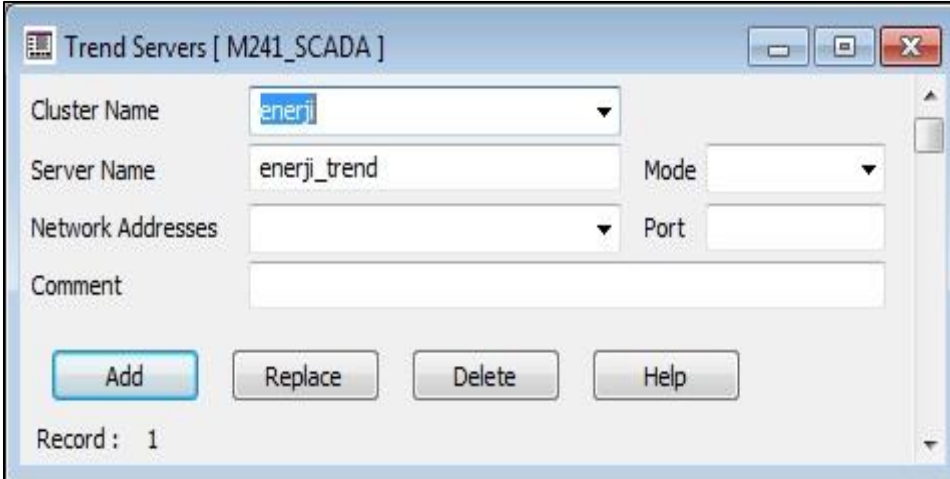


Şekil 3.14. I/O server



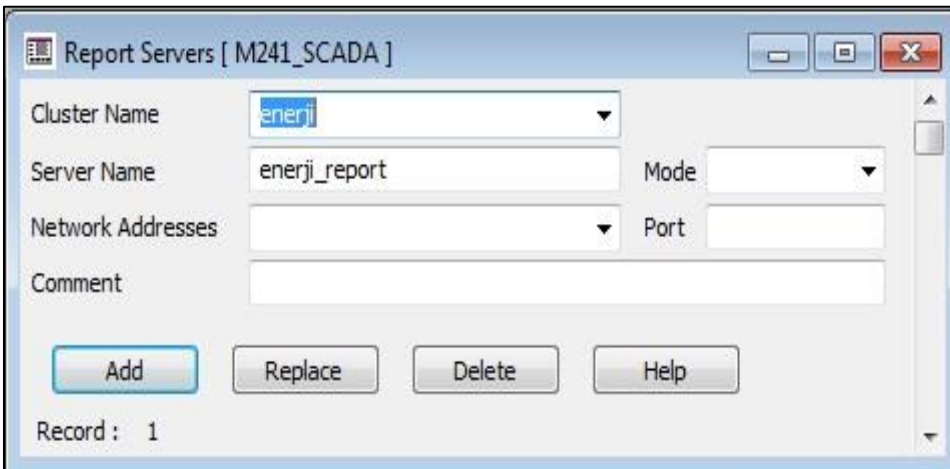
The screenshot shows the 'Alarm Servers [ M241\_SCADA ]' configuration window. It features a 'Cluster Name' dropdown menu with 'enerji' selected. Below it are text input fields for 'Server Name' (containing 'enerji\_alarm'), 'Network Addresses', and 'Comment'. To the right of the 'Server Name' field is a 'Mode' dropdown menu, and to the right of the 'Network Addresses' field is a 'Port' text input field. At the bottom, there are four buttons: 'Add' (highlighted in blue), 'Replace', 'Delete', and 'Help'. The status bar at the bottom left indicates 'Record : 1'.

Şekil 3.15. Alarm server



The screenshot shows the 'Trend Servers [ M241\_SCADA ]' configuration window. It features a 'Cluster Name' dropdown menu with 'enerji' selected. Below it are text input fields for 'Server Name' (containing 'enerji\_trend'), 'Network Addresses', and 'Comment'. To the right of the 'Server Name' field is a 'Mode' dropdown menu, and to the right of the 'Network Addresses' field is a 'Port' text input field. At the bottom, there are four buttons: 'Add' (highlighted in blue), 'Replace', 'Delete', and 'Help'. The status bar at the bottom left indicates 'Record : 1'.

Şekil 3.16. Trend server



The screenshot shows the 'Report Servers [ M241\_SCADA ]' configuration window. It features a 'Cluster Name' dropdown menu with 'enerji' selected. Below it are text input fields for 'Server Name' (containing 'enerji\_report'), 'Network Addresses', and 'Comment'. To the right of the 'Server Name' field is a 'Mode' dropdown menu, and to the right of the 'Network Addresses' field is a 'Port' text input field. At the bottom, there are four buttons: 'Add' (highlighted in blue), 'Replace', 'Delete', and 'Help'. The status bar at the bottom left indicates 'Record : 1'.

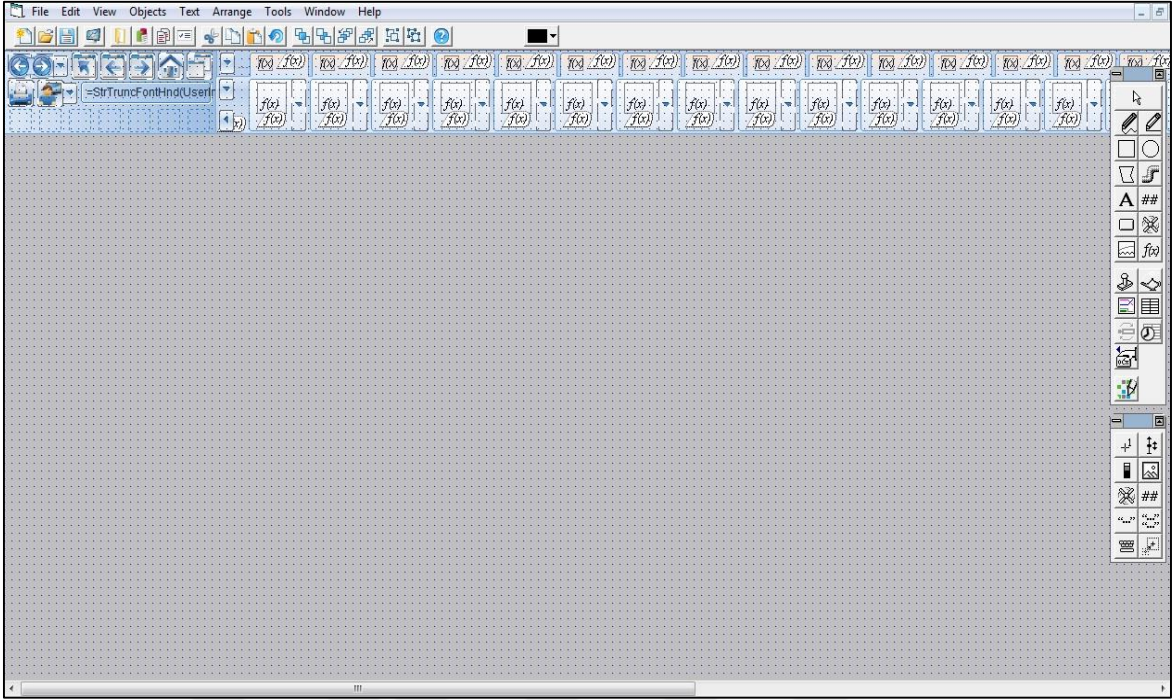
Şekil 3.17. Rapor server

Rapor server, alarm server ve trend server kurulumu basit bir şekilde yapılır ancak I/O server kurulumu biraz daha farklıdır. Express I/O Server bölümünden kurulum başlanır. Bu kurulumda çalışılacak PLC için sürücü yüklenir ve hangi haberleşme protokolüyle çalışacağı seçimi yapılır. Projede Schneider PLC için Micro PLC ve Ethernet TCP/IP protokolü seçildi ve PLC IP adresi girilerek sürücü yüklenmiştir.

Haberleşme ayarları tamamlandıktan sonra PLC adreslemesine uygun olarak variable tagler tanımlanmalıdır. Projemizde 92 adet değişken için variable tagler oluşturulmuştur. Şekil 3.18’ da 1. çıkış gerilimi için oluşturulan tag görülmektedir.

Şekil 3.18. Variable tag tanımlama

Tagler tanımlandıktan sonra artık sayfa tasarımına geçilir. Graphics sekmesinin altında pages seçilir ve yeni bir sayfa açılır. Burada şablonun hangisi olmasını istediğimiz sorulur. Projede tab\_styl seçilerek tasarım yapılmıştır. Şekil 3.19’ da sayfa tasarım ekranı görülmektedir. Anasayfa, şebeke bilgi, jeneratör bilgi, load-1, load-2, load-3, load-4, reaktif tüketim sayfaları bununla beraber alarm, trend ve rapor sayfaları da ayrı ayrı tasarlanmıştır. Sayfaların ekran görüntüleri Uygulama ve Elde Edilen Sonuçlar bölümünde verilmiştir.



Şekil 3.19. Sayfa tasarım ekranı

Sayfa tasarımları tamamlandıktan sonra trend ekran görüntüleri için trend tag tanımlaması yapılır. Tüm trend tagler Şekil 3.20’ de görüldüğü gibi tanımlanmıştır. Trend taglerinin data dosyası altında geçmişe dönük durumları kayıt altına alınır.

 A screenshot of the "Trend Tags [ M241\_SCADA ]" dialog box. The dialog has a title bar with standard window controls. It contains several input fields and dropdown menus:
 

- Equipment:** An empty text field.
- Item Name:** An empty text field.
- Cluster Name:** A dropdown menu with "enerji" selected.
- Comment:** An empty text field.
- Tag Name:** A text field containing "TAG\_1".
- Type:** A dropdown menu with "TRN\_PERIODIC" selected.
- Expression:** A dropdown menu with "AG\_1" selected.
- Storage Method:** A dropdown menu with "[DATA]:Tag\_1" selected.
- Sample Period:** A dropdown menu with "00:00:02" selected.
- No. Files:** A text field containing "2".
- Period:** A dropdown menu with "24:00:00" selected.
- Time:** A dropdown menu with "00:00:00" selected.

 At the bottom, there are four buttons: "Add" (highlighted in blue), "Replace", "Delete", and "Help". Below the buttons, the status "Record : 1" is shown, along with "Beginning of file" and "Linked: No".

Şekil 3.20. Trend tag tanımlama

Alarmlar tanımlanmadan önce alarm kategorileri belirlenmiştir. Burada advanced alarm, dijital alarm ve analog alarm için 3 adet alarm kategorisi belirlenmiştir. Şekil 3.21’ de dijital alarmlar için oluşturulmuş kategori 1 görülmektedir.

Alarm Categories [ M241\_SCADA ]

Category: 1 Show on Active: TRUE

Priority: Show on Summary: TRUE

Comment: DIJITAL ALARMLAR

UnAck On Font: AlmUnAccOnFont ACK On Font: AlmAccOnFont

UnAck Off Font: AlmUnAccOffFont ACK Off Font: AlmAccOffFont

Disabled Font: AlmDisabledFont

Alarm Format: {TAG,8}^t {NAME,20}^t {DESC,20}^t {TIME,8}^t {DATE,10}

SOE Format:

Summary Format: {TAG,10}^t {NAME,12}^t {SUMDESC,22}^t {ONTIME,8}^t {OFFTIME,8}^t {DELTA

Add Replace Delete Help

Record : 1 Linked: No

Şekil 3.21. Alarm kategorileri

Kategori tanımlamaları sonrası tüm analog, dijital ve advanced alarmlar teker teker tanımlanır. Şekil 3.22, Şekil 3.23 ve Şekil 3.24’ de görüldüğü gibi tüm alarm senaryoları tanımlanır.

Digital Alarms [ M241\_SCADA ]

Equipment: Cluster Name: enerji

Item Name: Comment:

Alarm Tag: AKIS\_1 Category: 1

Alarm Name: ENERJI KESILDI

Alarm Desc: SEBEKE KESINTISI

Variable Tag A: NOT enerji\_var

Variable Tag B:

Delay: Help:

Add Replace Delete Help

Record : 1 Linked: No

Şekil 3.22. Dijital alarmlar

**Analog Alarms [ M241\_SCADA ]**

Equipment: |  
 Item Name: | Cluster Name: enerji  
 Comment: |

Alarm Tag: FAL Category: 2  
 Alarm Name: FREKANS SEVIYESI HATASI

Variable Tag: Frekans\_123  
 Setpoint: 50  
 High High: 51 High High Delay: |  
 High: 50.5 High Delay: |  
 Low: 49.5 Low Delay: |  
 Low Low: 49 Low Low Delay: |  
 Deviation: 0.3 Deviation Delay: |  
 Rate: | Deadband: 0.2

Format: | Help: |

Add Replace Delete Help

Record : 1 Linked: No

Şekil 3.23. Analog alarmlar

**Advanced Alarms [ M241\_SCADA ]**

Equipment: |  
 Item Name: | Cluster Name: enerji  
 Comment: |

Alarm Tag: YSG Category: 3  
 Alarm Name: YUKSEK SEBEKE GERILIMI  
 Alarm Desc: YUKSEK SEBEKE GERILIMI

Expression: V\_SEBEKE >= 230

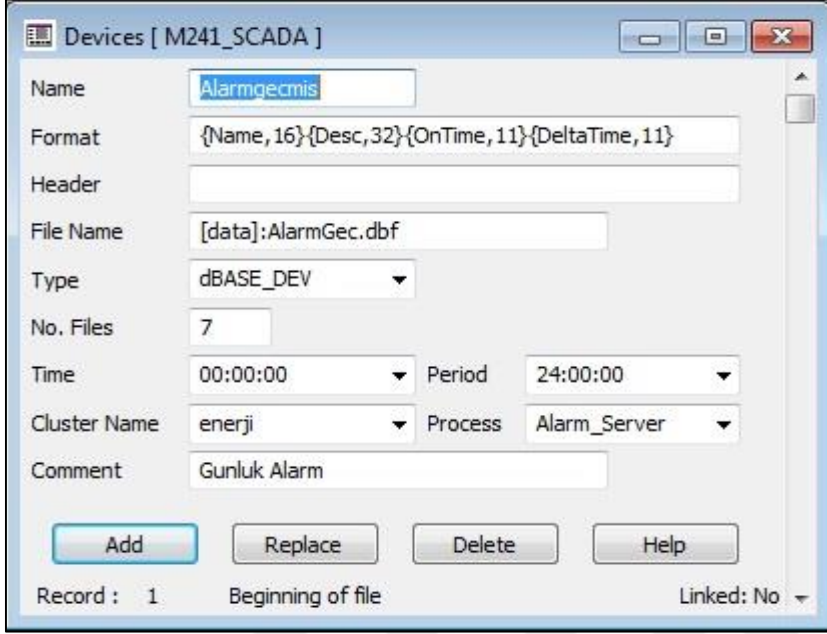
Delay: | Help: |

Add Replace Delete Help

Record : 1 Linked: No

Şekil 3.24. Advanced alarmlar

Tüm alarmların sistem alt dosyasında kayıt altına alınması için alarmgeçmiş ve alarmlog adında iki tane device tanımlanır. Şekil 3.25 ve Şekil 3.26’ da tanımlanan cihazlar görülmektedir.



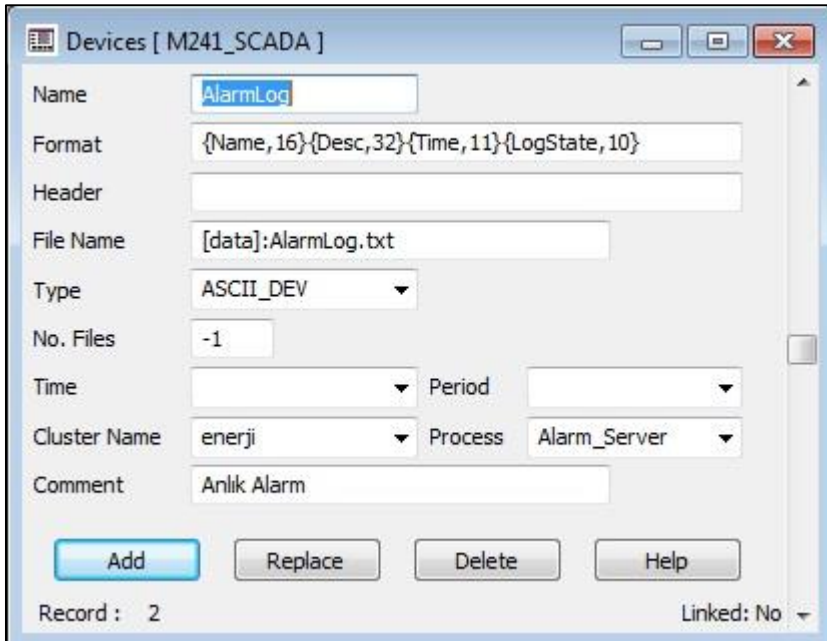
The screenshot shows the 'Devices [ M241\_SCADA ]' window with the following configuration for the 'Alarmgeçmiş' device:

- Name: Alarmgeçmiş
- Format: {Name,16}{Desc,32}{OnTime,11}{DeltaTime,11}
- Header: (empty)
- File Name: [data]:AlarmGec.dbf
- Type: dBASE\_DEV
- No. Files: 7
- Time: 00:00:00
- Period: 24:00:00
- Cluster Name: enerji
- Process: Alarm\_Server
- Comment: Gunluk Alarm

Buttons: Add, Replace, Delete, Help

Record : 1 Beginning of file Linked: No

Şekil 3.25. Alarmgeçmiş cihazı



The screenshot shows the 'Devices [ M241\_SCADA ]' window with the following configuration for the 'AlarmLog' device:

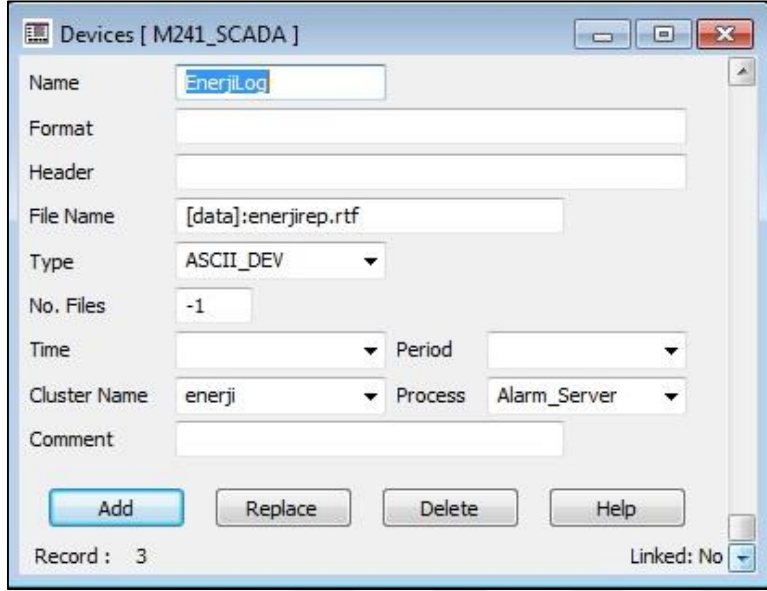
- Name: AlarmLog
- Format: {Name,16}{Desc,32}{Time,11}{LogState,10}
- Header: (empty)
- File Name: [data]:AlarmLog.txt
- Type: ASCII\_DEV
- No. Files: -1
- Time: (empty)
- Period: (empty)
- Cluster Name: enerji
- Process: Alarm\_Server
- Comment: Anlik Alarm

Buttons: Add, Replace, Delete, Help

Record : 2 Linked: No

Şekil 3.26. Alarmlog cihazı

Rapor sayfa tasarımı ise öncelikle raporların sistem alt dosyasında kayıt altına alınabilmesi için enerjilog adında bir device tanımlanır. Şekil 3.27’ de tanımlanan device görülmektedir.



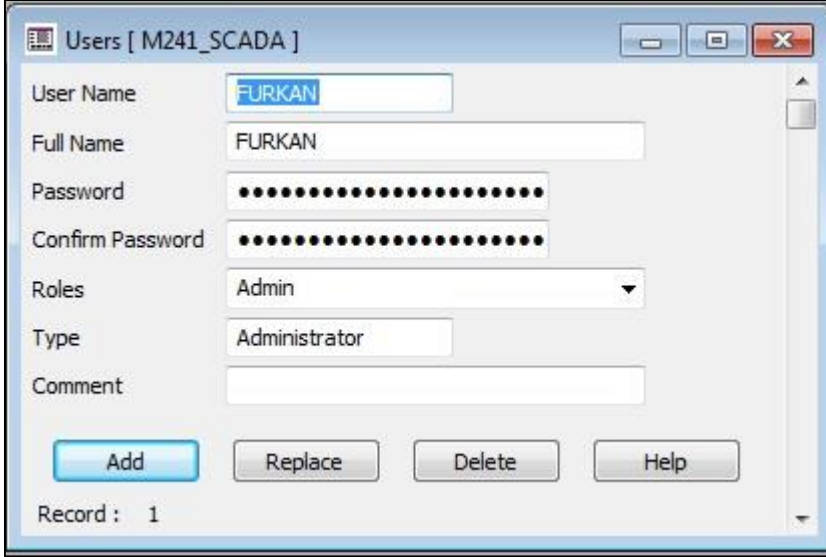
Şekil 3.27. Enerjilog cihazı

Cihaz tanımlama sonrası rapor sayfası tasarımı yapılmıştır. Şekil 3.28’ de tasarlanan rapor sayfası görülmektedir.



Şekil 3.28. Rapor sayfası

SCADA yazılımının çalıştırılabilmesi ve gerekli yetkilendirmelerin yapılabilmesi için bir kullanıcı tanımlanması gereklidir. Şekil 3.29’ da tanımlanan kullanıcı görülmektedir.



Users [ M241\_SCADA ]

User Name: FURKAN

Full Name: FURKAN

Password: .....

Confirm Password: .....

Roles: Admin

Type: Administrator

Comment:

Add Replace Delete Help

Record : 1

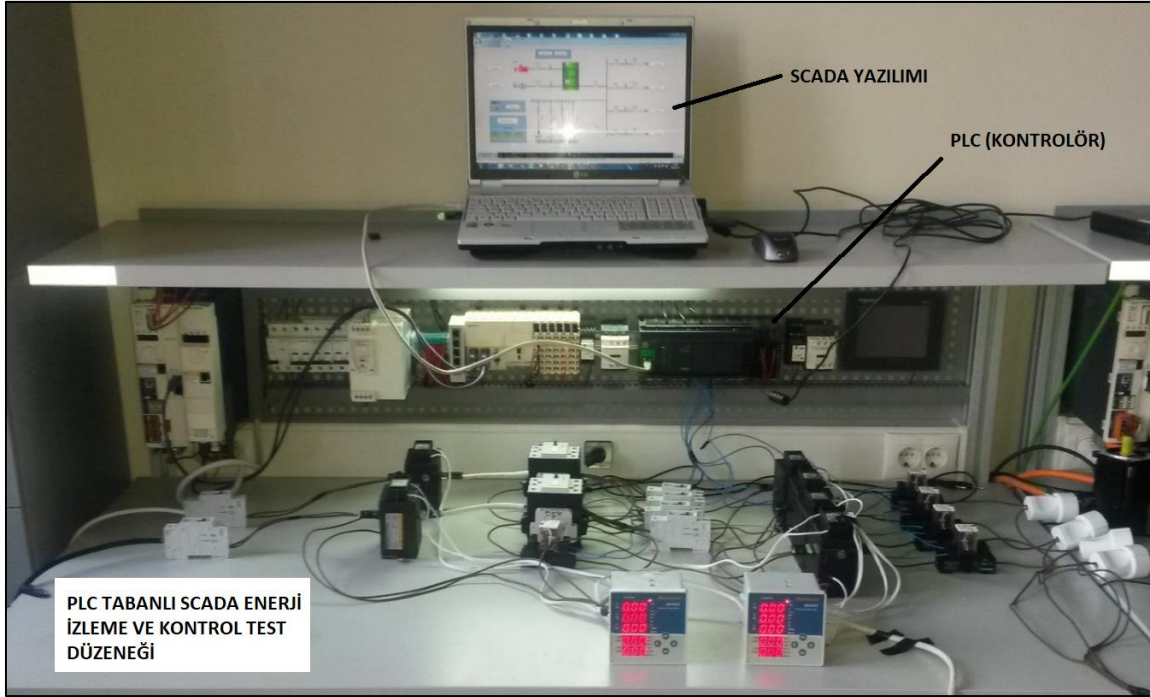
Şekil 3.29. Kullanıcı tanımlama

Yukarıda görüldüğü gibi tüm haberleşme ayarları eksiksiz bir şekilde yapıp sayfa tasarımları ayrı ayrı tamamlanmıştır. Bundan sonra PLC ve SCADA yazılımları gerçek bir sistem üzerinde laboratuvar ortamında test edilmiştir.

#### **4. UYGULAMA VE ELDE EDİLEN SONUÇLAR**

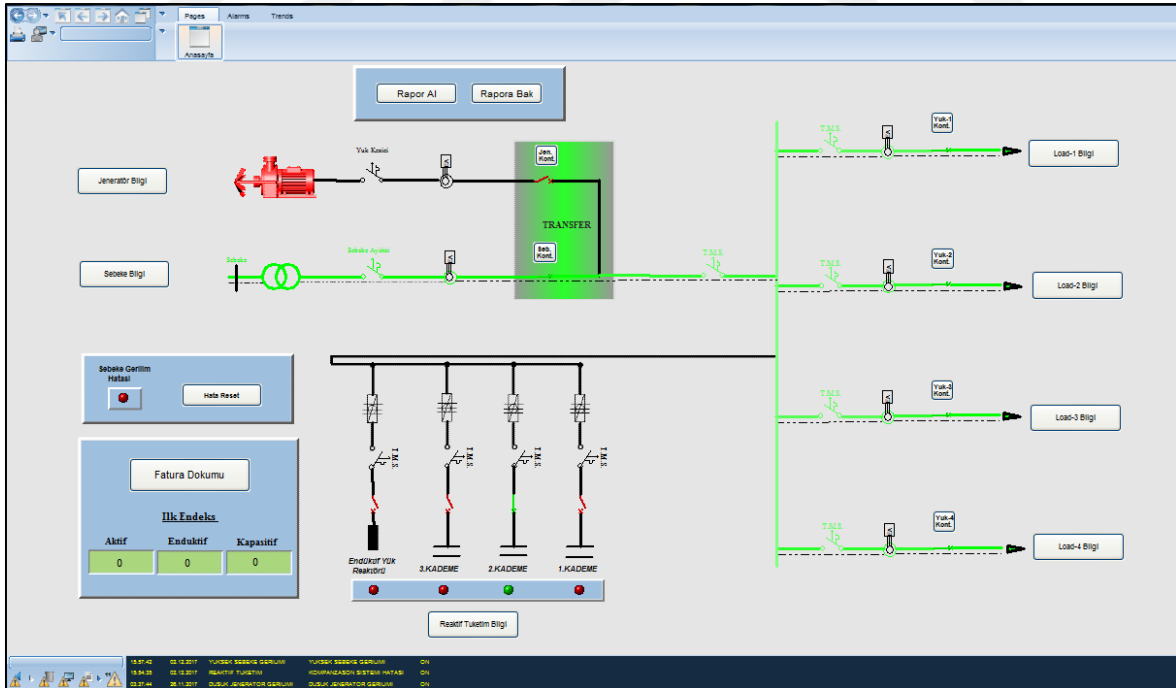
Proje Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi laboratuvarlarında küçük güçlerde gerçekleştirilmiştir. Fakat söz konusu yazılımlar endüstriyel uygulanabilirliği olacak şekilde tasarlanmıştır. Şekil 4.1' de kurulan deney seti görülmektedir. Sistem düzeneği kontrolör, SCADA izleme bilgisayar, enerji analizörleri ve diğer güç elemanlarından oluşmaktadır.





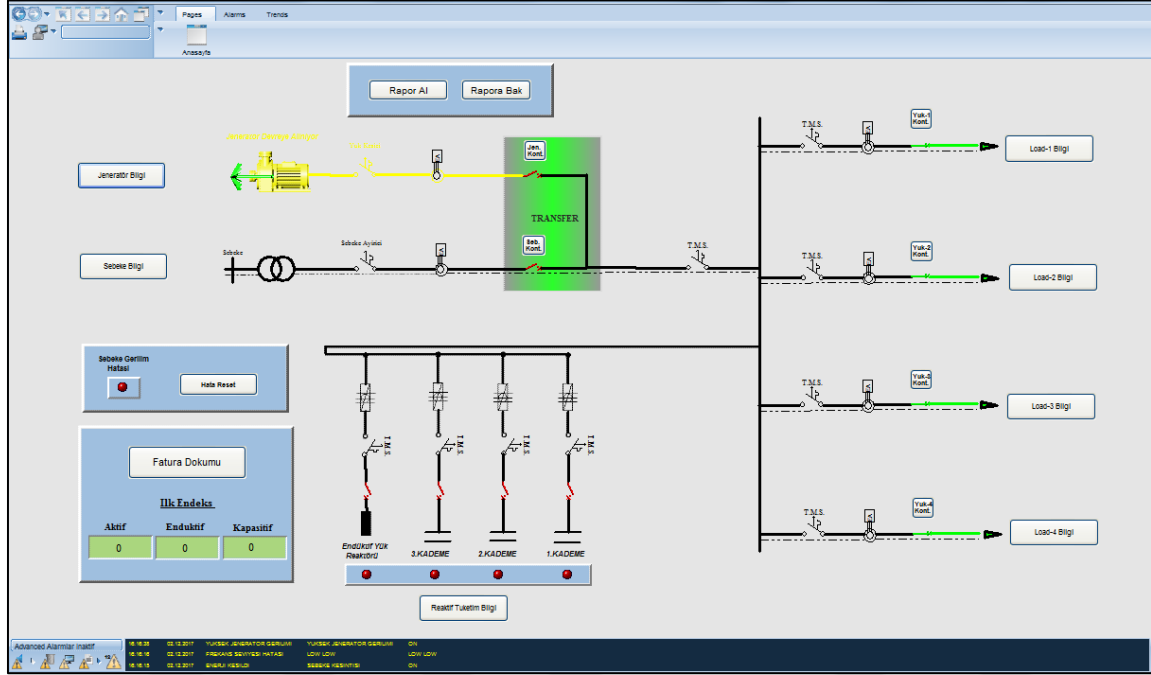
Şekil 4.1. Sistem düzeniği

Sistem devreye alındıktan sonra SCADA ana sayfa görüntüsü Şekil 4.2’ de verilmiştir.

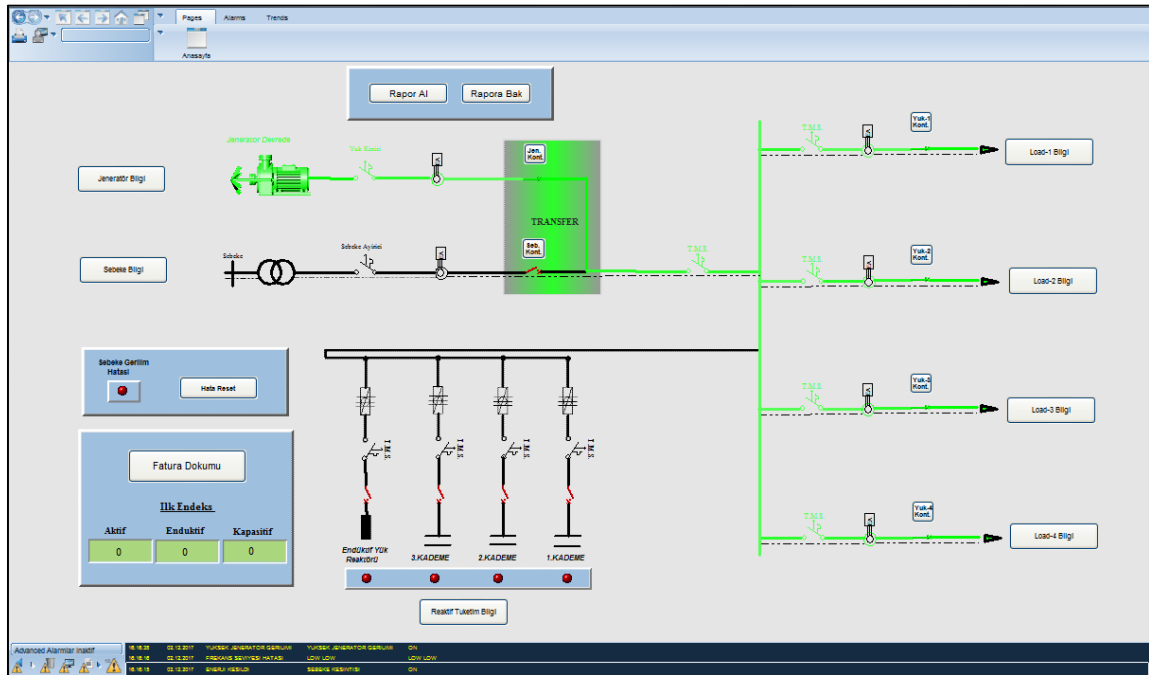


Şekil 4.2. Şebeke devredeyken ana sayfa görüntüsü

Şebeke enerjisi kesilince transfer algoritması devreye girmiş ve önce jeneratörü çalıştırma komutu verilmiş sonra yüklere enerji aktarımı sağlanmıştır. Şekil 4.3 ve Şekil 4.4' de jeneratör çalışma durumu ve jeneratörün yükleri besleme durumları için ana sayfa görüntüsü verilmiştir.

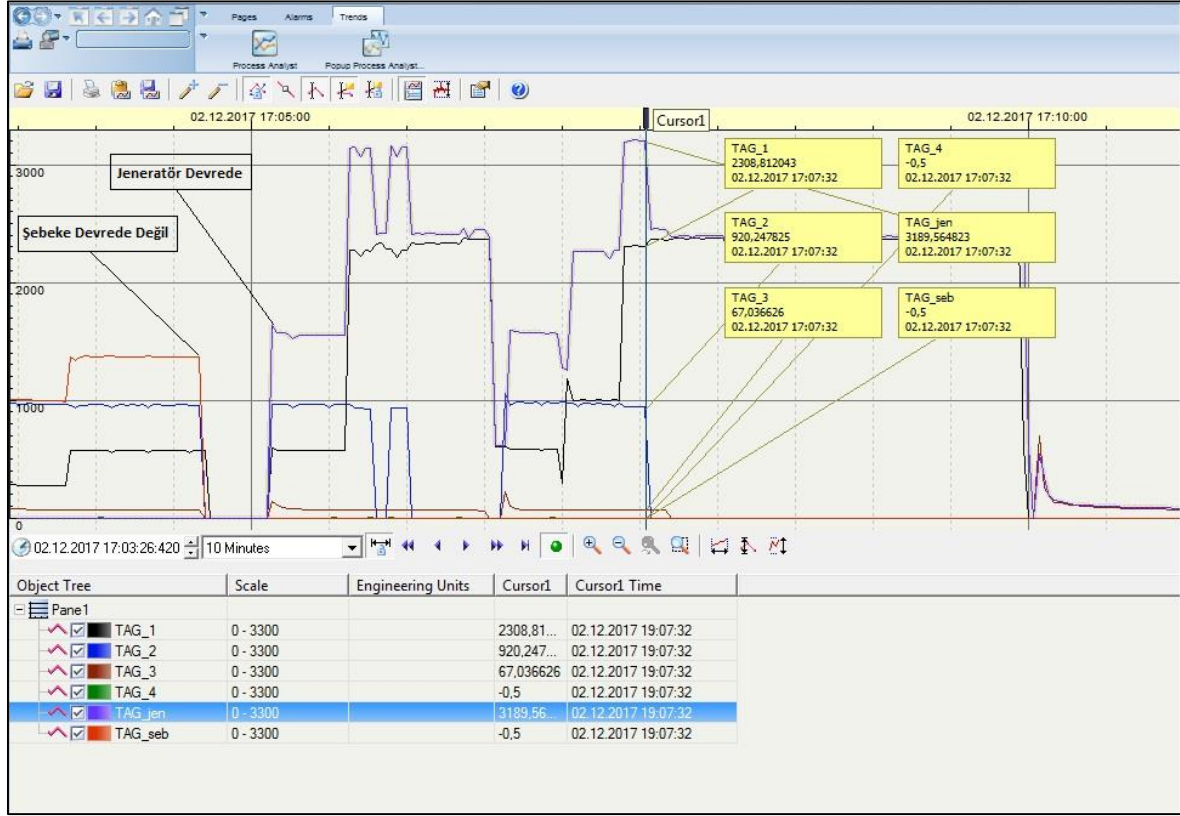


Şekil 4.3. Jeneratör motoru aktif durumu için ana sayfa görüntüsü



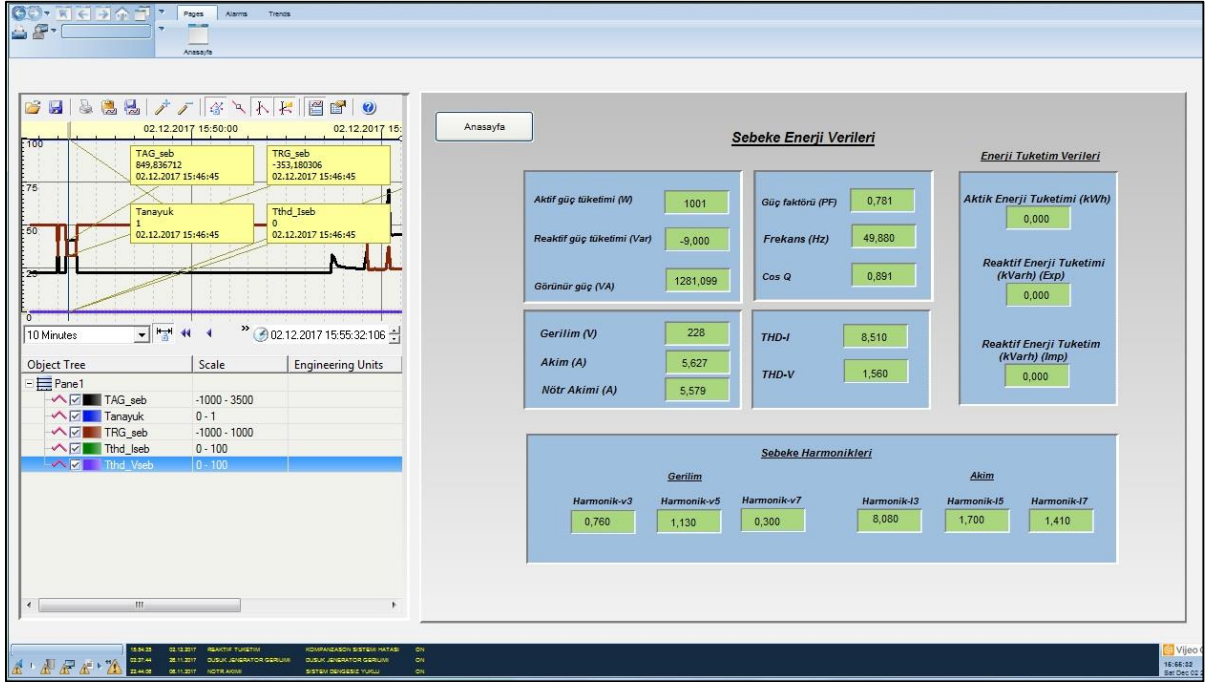
Şekil 4.4. Jeneratörün yükleri beslemesi durumu için ana sayfa görüntüsü

Şebekenin devreden çıkması ve jeneratörün devreye girmesi durumunda yük alma-atma algoritması devreye girmektedir. Şekil 4.5’ deki grafikte yük alma-atma durumları görülmektedir.

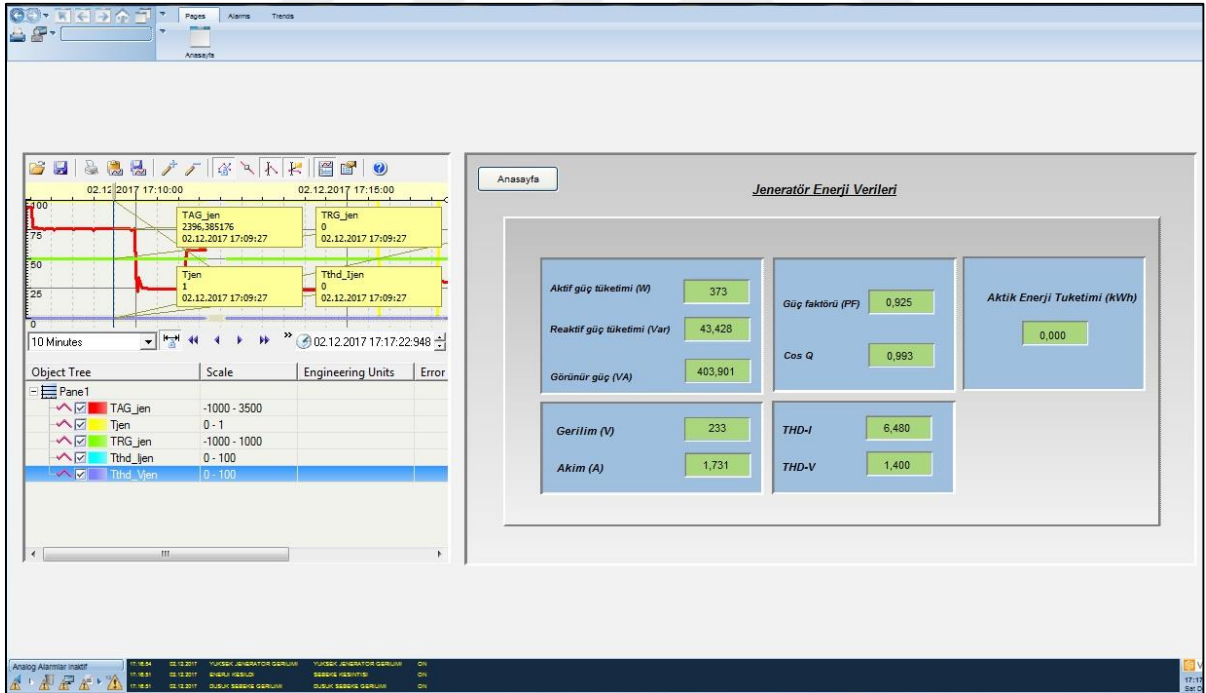


Şekil 4.5. Jeneratör devreye girme anı ve yüklerin durumu

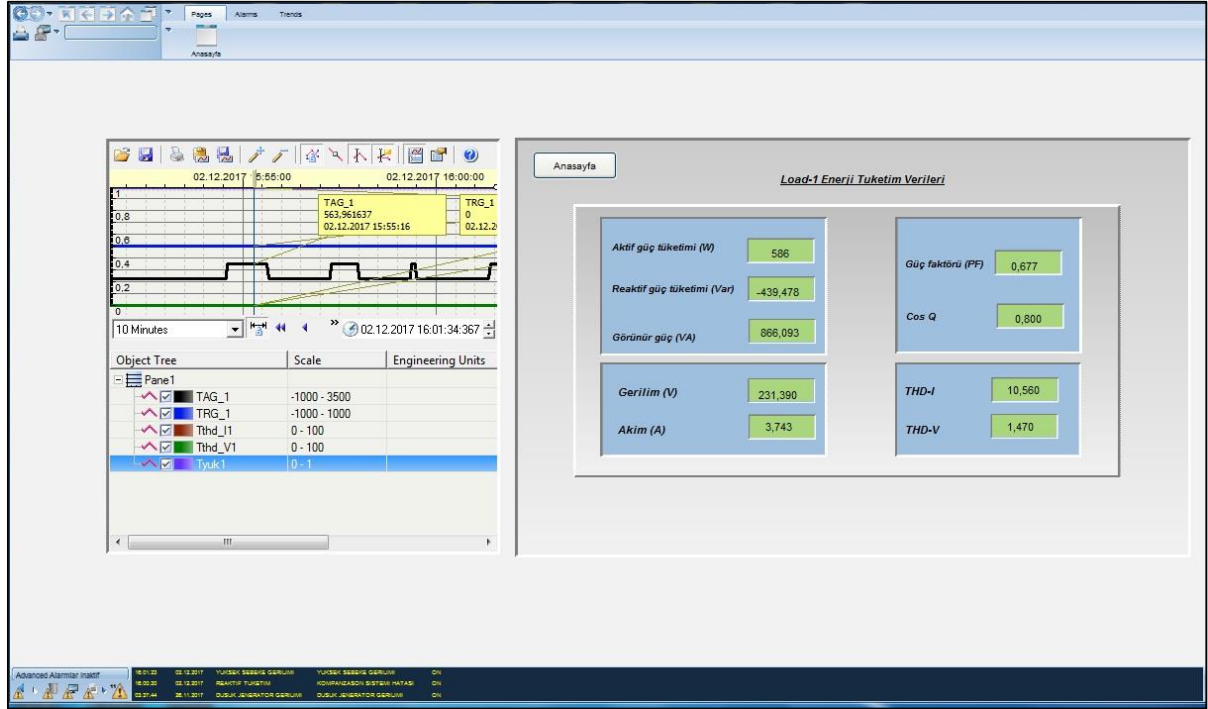
SCADA ana sayfa ekranında bilgi ekranları butonlarına basarak tüm yüklerin, jeneratörün, reaktif tüketimlerin, kompanzasyonun ve şebekenin durumları ayrıntılı olarak incelenebilir. Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’ de bilgi ekranları verilmiştir.



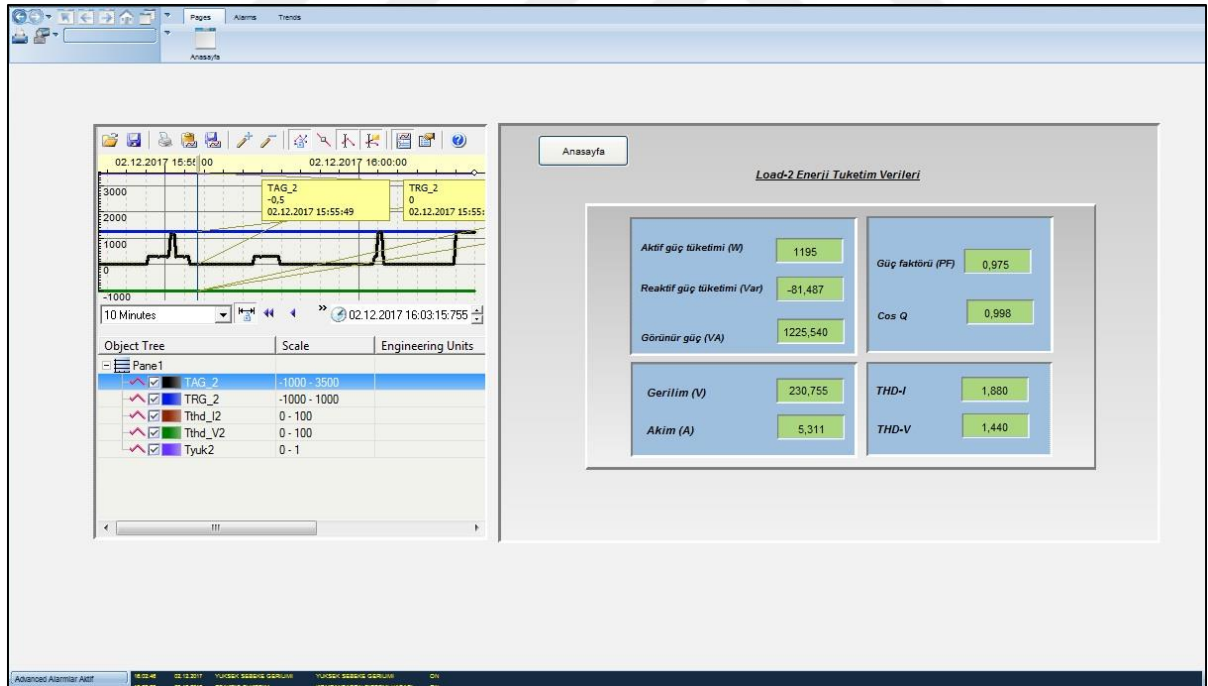
Şekil 4.6. Şebeke bilgi ekranı



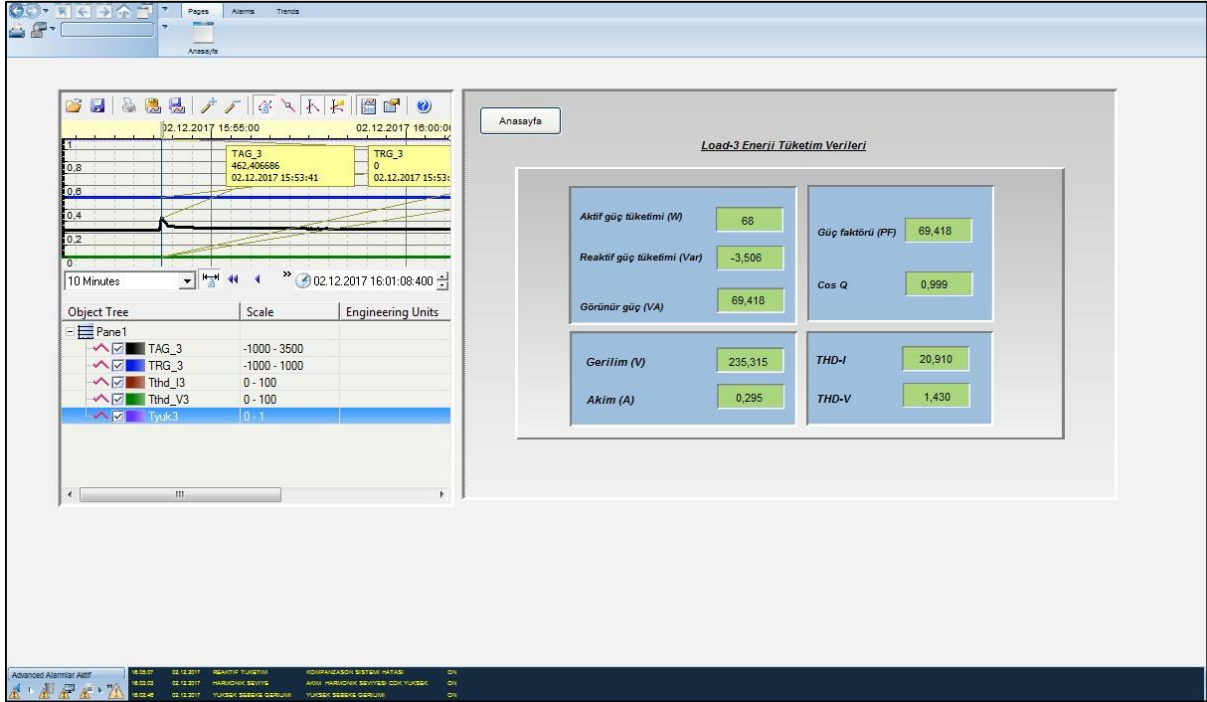
Şekil 4.7. Jeneratör bilgi ekranı



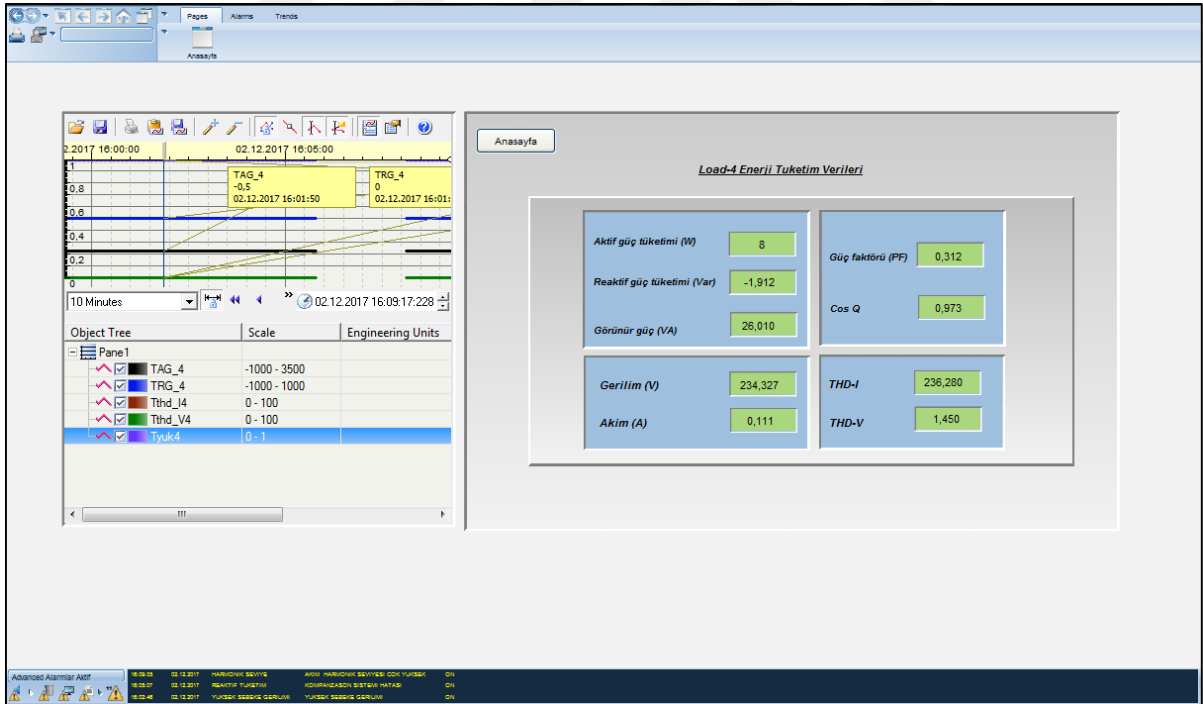
Şekil 4.8. Yük-1 bilgi ekranı



Şekil 4.9. Yük-2 bilgi ekranı

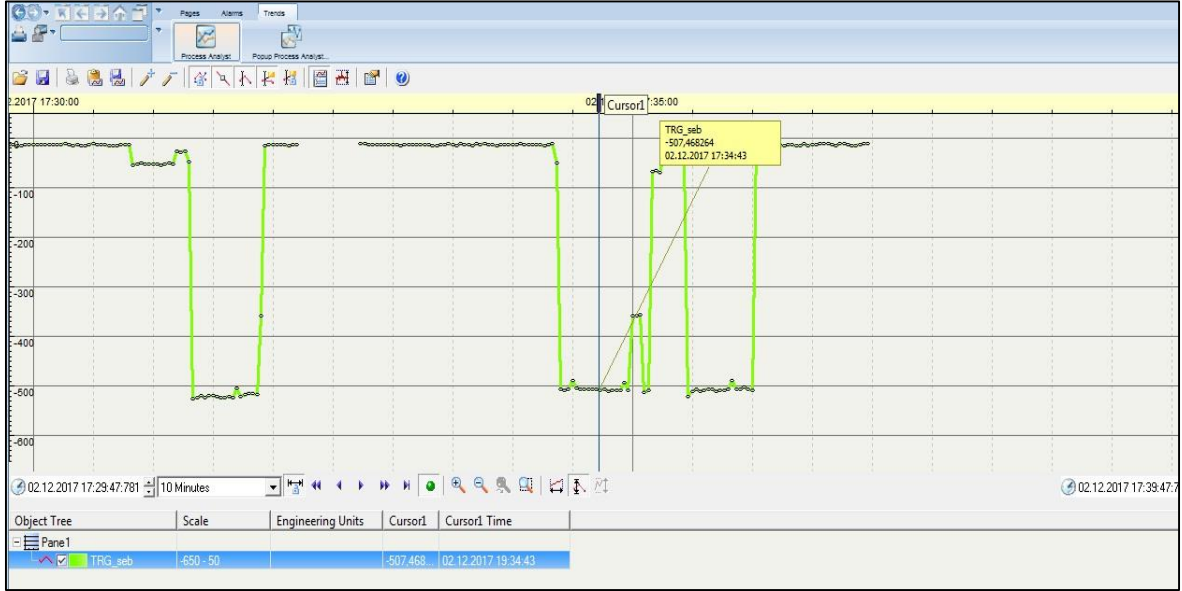


Şekil 4.10. Yük-3 bilgi ekranı

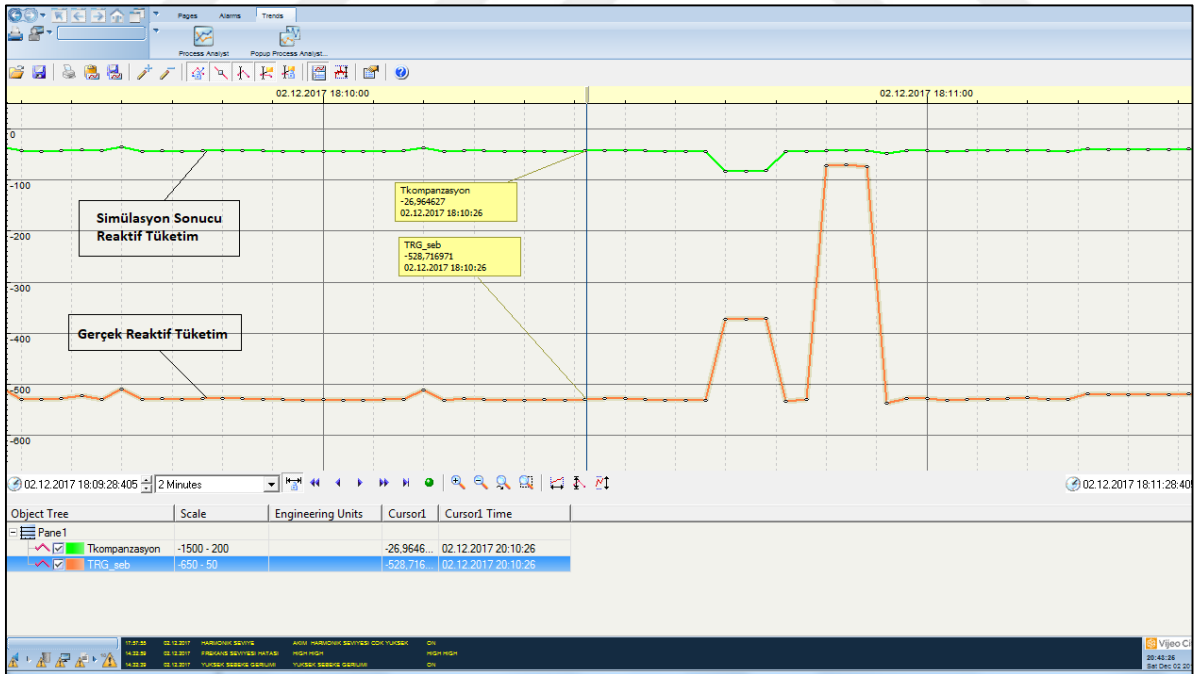


Şekil 4.11. Yük-4 bilgi ekranı

Sistem çalışırken şebekedeki gerçek reaktif güç Şekil 4.12’ de verilmiş olup simule edilen kompanzasyon sistemi sonucu elde edilen reaktif güç ile gerçek reaktif güç tüketiminin karşılaştırması Şekil 4.13’ de verilmiştir.



Şekil 4.12. Gerçek reaktif güç durumu



Şekil 4.13. Simülasyon sonucu reaktif güç tüketimi

Sistemde daha önce tanımlanmış alarm durumları, gerçekleşmesi halinde geçmişe dönük kayıt altına alınmakta ve izlenebilmektedir. Alarmların acillik durumlarına göre seviyeler şekillendirilebilir. Şekil 4.14’ te alarm sayfası anlık görüntüsü görülmektedir.

Time	Tag	Name	Desc	Date	State
17:21:04	YSG	YUKSEK SEVİYE GERILIM	YUKSEK SEVİYE GERILIM	02.12.2017	ON
17:12:27	HM	HARMONİK SEVİYE	AKIM HARMONİK SEVİYESI COK YUKSEK	02.12.2017	ON
17:18:23	DJG	DUSUK JENERATOR GER...	DUSUK JENERATOR GERILIM	02.12.2017	ON
17:13:50	REKATIF	REAKTIF TUKETIM	KOMPANZASYON SISTEMI HATASI	02.12.2017	ON
22:44:08	NOTR	NOTR AKIMI	SISTEM DENGELESIZ YUKLU	06.11.2017	ON
17:12:27	FAL	FIRKAS SEVİYESI HATASI	LOW LOW	02.12.2017	LOW LOW
17:18:23	YJG	YUKSEK JENERATOR GER...	YUKSEK JENERATOR GERILIM	02.12.2017	OFF
17:18:17	AVIS_1	SIRGILI KESILIR	SEVİYE KESINTISI	02.12.2017	OFF
17:18:17	DJG	DUSUK SEVİYE GERILIM	DUSUK SEVİYE GERILIM	02.12.2017	OFF
17:18:34	AVIS_2	JENERATOR CAUSUYOR	JENERATOR HATASI	02.12.2017	OFF
17:18:27	HM	HARMONİK SEVİYE	GERILIM HARMONİK SEVİYESI COK YUKSEK	02.12.2017	OFF
0:00:00	AVIS_3	GERILIM SEVİYESI HATASI	GERILIM SEVİYESI YUKSEK/DUSUK	02.12.2017	OFF
22:41:52	DEV	DENEME	DENEME CUMMALI	06.11.2017	OFF

Şekil 4.14. Alarm sayfası

SCADA yazılımı, enerji analizörlerinden alınan tüm değerleri geçmişe dönük raporlayabilecek şekilde tasarlanmıştır. Raporlar enerjilog olarak tanımlanan cihazın değiştirilmesi ile istenen periyotta geçmişe dönük raporlama ayarları yapılabilir. Şekil 4.15’ de anlık alınan rapor sayfası görüntüsü görülmektedir.

ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ	
Time: 17:23:03	Date: 02.12.2017
Yük-1 Gerilimi	229
Yük-1 Akıymı	1
Yük-1 cosφ	1
Yük-1 Güç Faktörü	1
Yük-1 Aktif Güç	278
Yük-1 Reaktif Güç	-51
Yük-1 THD-V1	1
Yük-1 THD-I1	4
-----	
Yük-2 Gerilimi	229
Yük-2 Akıymı	5
Yük-2 cosφ	1

Şekil 4.15. Rapor sayfası anlık görüntüsü

Görüldüğü üzere bu çalışmada bir tesisin enerji yönetimi ve akım, gerilim, güç faktörü,  $\cos\phi$  (ana harmonik için güç faktörü), güç, frekans ve harmonikler gibi değerlerinin izlenmesi ve arşivlenmesi sağlanmıştır. Bu sayede çalışma, gerçek bir enerji sisteminde minimum arıza oluşumuna ve oluşan arızaların anında tespitine, enerji tasarrufu ile verimliliği arttırmaya, güç tüketiminin yoğun ve pahalı olduğu zaman aralıklarından ucuz olduğu aralıklara kaydırılarak maliyetin azaltılmasına, kritik yüklere kesintisiz ve kaliteli bir şekilde enerji aktarımına katkı sağlayacaktır.

Gelecekteki akıllı şebekeler, belirsiz koşullar altında güvenilir ve verimli enerji iletimi için esnek, gözlemlenebilir ve kontrol edilebilir bir şebeke mimarisi gerektirir [26]. Bu durum enerji yönetim yazılımlarının önemini ortaya koymaktadır. Özellikle fosil kökenli yakıtların azlığı ve çevresel faktörlerden dolayı elektrikli araçlar günümüzde yaygınlaşmaya başlamakta ve bu konudaki çalışmalar her geçen gün gelişme göstermektedir. Elektrikli araçların içten yanmalı motorların yerini alabilmesi için ülkelerin enerji altyapıları da değişmelidir. Altyapı olarak birçok bölgede şarj istasyonları kurulmalıdır. Söz konusu şarj

istasyonları, aracı şarj ederken aktarılan enerji ücretlendirilmeli ve kayıt altına alınmalıdır. Ayrıca dağıtım şirketleri güç elektroniği dönüştürücülerinden kaynaklı harmoniklerin şebekedeki varlığını kısıtlayıcı önlemler almalı hatta hükümetler konuyla ilgili mevzuatlar çıkarmalıdır. Bu durum enerji dağıtım merkezlerinde THD ve harmoniklerin izlenmesi, arşivlenmesi ve buna bağlı algoritmaların geliştirilmesini zorunlu kılacaktır. Ayrıca özellikle ülkemizde kaçak elektrik kullanımı hem maddi kayıplara sebep olmakta hem de enerji tüketimini gereksiz artırmaktadır. Nitekim bu çalışma, kaçak kullanım sorununu çözmek amacıyla daha önce yapılmış arduino tipi mikrodenetleyici ve GSM modülleri ile kaçak elektrik kullanımının takibi için prototip çalışmasına [27] katkı sağlayabilir ve daha sonra yapılacak çalışmalarla uygulanabilir bir model ortaya konulabilir. Örneğin bu çalışmada geliştirilen enerji yazılımının bir bölgedeki dağıtım trafo merkezlerine kurulması ve kablosuz veri akışı sağlanması ile hem tek merkezden kaçak kullanımlar tespit edilebilir hem de otomatik olarak kaçak kullanılan çıkışlar kapatılarak kontrol sağlanmış olur. Böylelikle kaçak elektrik kullanımının belli oranlarda önüne geçilebilir. Bu bağlamda yapılan çalışma kapsamlı elektrik enerji yazılımı ve kontrolünün gelecek projeksiyonda önemini ortaya koymaktadır.



## KAYNAKLAR

1. İnternet: EPDK. Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.enerji.gov.tr&date=2018-06-26>, Son Erişim Tarihi: 26.08.2018.
2. Özşahin, Y. (2015). *Endüstriyel Uygulamalarda Enerji Verimliliği ve Kompanzasyon Çözümleri*. 6. Enerji Verimliliği, Kalitesi Sempozyumu ve Fuarı, Kocaeli.
3. İnternet: Entes. Enerji Dağıtım Sistemleri. Entes. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fentes.com.tr%2Fenerjidagiti.m.asp&date=2018-06-26>, Son Erişim Tarihi: 26.06.2018.
4. İnternet: Akyalçın, Ece. Enerji İzleme Çözümleri. Best Dergisi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bestdergisi.com.tr&date=2018-06-26>, Son Erişim Tarihi: 26.06.2018.
5. Bayındır, R., Demirbaş, Ş., Bektaş, A ve Çolak, İ. (2008). Bir Endüstriyel İşletmede Elektrik Enerjisinin İzlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24 (1-2), 154 – 164.
6. Rajesh, M., Kumar, P.V., Palanisamy, K., Umashankar, S., Meikandasivam, S. ve Paramasivam, S. (2016). *Power Quality Analysis on Academic and Hostel Buildings of Educational Institute - Part I*. International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability (ICEETS), Nagercoil, India.
7. Sivrikaya, E. ve Özderli, E. (2011). *Decoupling ve Yük Atma Sistemleri Uygulama Örneği*. II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi Bildirileri, İzmir.
8. Gajbhiye, Y.Y., Pjagtap, P. ve Helonde, J.B. (2014). Lab View Study of Electrical Power Distribution System by Using Simatic S7-300 PLC System. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3 (4), 143-150.
9. Das, A., Roy, N. K. ve Pota, H.R. *Power Quality Analysis of Distributed Wind Generation Systems*. 3rd International Conference on Electrical Information and Communication Technology (EICT), Khulna, Bangladesh.
10. Topuz, M. ve Vardar, K. (2016). Düşük Maliyetli Bir Gömülü Güç Kalitesi İzleme Sistemi Tasarımı. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, sayı:36.
11. Leou, R. C., Teng, J. H., Lu, H. J., Lan, B.R., Chen, H. T., Hsieh, T. Y. ve Su, C. L. (2018). Stochastic Analysis of Electric Transportation Charging Impacts on Power Quality of Distribution Systems. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 12 (11), 2725 – 2734.
12. Kaur, K. and Kaur, R. (2014). Energy Management System using PLC and SCADA. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 3 (11), 528-531.
13. Hartman, W. T., Hansen, A., Vasquez, E., Tawab, S. E. ve Altaii, K. (2018). *Energy Monitoring and Control Using Internet of Things (IoT) System*. Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS), Charlottesville, VA, USA.

14. Irmak, E., Calpbincici, A. ve Güler, N. (2012). Orta Ölçekli Bir İşletmenin Enerji İzleme Sisteminin Tasarlanması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18 (2), 123-131.
15. Nallagownden, P. ve Ramasamy, H. (2016). *Development of real-time industrial energy monitoring system with PQ analysis based on IoT*. 4th IET Clean Energy and Technology Conference (CEAT 2016), Kuala Lumpur, Malaysia.
16. Thamarai, P. ve Amudhevali, R. (February 2014). Energy Monitoring System USING PLC & SCADAS. *International Journal of Advanced Research in Electrical*, 3 (2), 7126-7133.
17. Kabir, Y., Mohsin, Y. M. ve Khan, M. M. (2017). *Automated Power Factor Correction and Energy Monitoring System*. Second International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT), Coimbatore, India.
18. Erişti, H. ve Demir, Y. (2011). *Gerçek Zamanlı Güç Kalitesi İzleme Sistemleri ile Elektrik Dağıtım Sistemlerindeki Güç Kalitesinin İncelenmesi*. Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Bilgisayar Sempozyumu, Elazığ.
19. Sarikprueck, P., Attaphong, C., Lumyong, P. ve Ngamwatthanasilpa, B. (2017). *Analyzing Technique for Electrical Energy Monitoring System in Thailand Hospital*. IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Milan, Italy.
20. Kurtulan, S. (1999). *PLC ile Endüstriyel Otomasyon* (Birinci Baskı). Türkiye: Birsen Yayınevi, 1-2.
21. Çetin, R. (2004). *S7-200'PLC'lerle Otomasyon*. Türkiye: Doğuşum Matbaacılık ve Tic. Ltd. Şti.
22. Kurtulan, S. (2008). *PLC ile Endüstriyel Otomasyon* (Beşinci Baskı). Türkiye: Birsen Yayınevi, 5.
23. Öztürk, Z. (2010). *Örnek Otomasyon Laboratuvarının Geliştirilmesi ve PLC Uygulamaları*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 59.
24. Kürker F. ve Taşaltın R. (2016). Elektrik Tesislerinde Harmoniklerin Meydana Getirdiği Kayıpların Analizi. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(5), 21-38.
25. İnternet: Modbus. Modbus Application Protocol Specification. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.modbus.org&date=2018-06-26>, Son Erişim Tarihi: 26.06.2018.
26. Alagoz, B.B., Kaygusuz, A. ve Karabiber, A. (2012). A user-mode distributed energy management architecture for smart grid applications. *Elsevier Enerjy Journal*, 44, 167-177.
27. Güngör, O. (2015). Kaçak Elektrik Kullanımının GSM Aracılığıyla Takibi. *Elektrik Mühendisleri Odası Bilimsel Dergi*, 4(8), 29-33.



**EKLER**

## EK-1. PLC somachine yazılımı

POU: Ana\_program

```

1 PROGRAM Ana_program
2 VAR
3   FB_DONUSUM_0 : FB_DONUSUM ;
4   FB_DONUSUM_1 : FB_DONUSUM ;
5   GERCEK_11 : REAL ;
6   FB_DONUSUM_2 : FB_DONUSUM ;
7   GERCEK_Coag_1 : REAL ;
8   FB_DONUSUM_3 : FB_DONUSUM ;
9   GERCEK_PP_1 : REAL ;
10  FB_DONUSUM_4 : FB_DONUSUM ;
11  GERCEK_AG_1 : REAL ;
12  FB_DONUSUM_5 : FB_DONUSUM ;
13  GERCEK_AG_1 : REAL ;
14  FB_DONUSUM_6 : FB_DONUSUM ;
15  GERCEK_OG_1 : REAL ;
16  FB_DONUSUM_7 : FB_DONUSUM ;
17  GERCEK_THSV1 : REAL ;
18  GERCEK_THD11 : REAL ;
19  FB_DONUSUM_8 : FB_DONUSUM ;
20  FB_DONUSUM_9 : FB_DONUSUM ;
21  GERCEK_V2 : REAL ;
22  FB_DONUSUM_10 : FB_DONUSUM ;
23  GERCEK_I2 : REAL ;
24  FB_DONUSUM_11 : FB_DONUSUM ;
25  GERCEK_Coag_2 : REAL ;
26  FB_DONUSUM_12 : FB_DONUSUM ;
27  GERCEK_PP_2 : REAL ;
28  FB_DONUSUM_13 : FB_DONUSUM ;
29  GERCEK_AG_2 : REAL ;
30  FB_DONUSUM_14 : FB_DONUSUM ;
31  GERCEK_OG_2 : REAL ;
32  FB_DONUSUM_15 : FB_DONUSUM ;
33  GERCEK_OG_2 : REAL ;
34  FB_DONUSUM_16 : FB_DONUSUM ;
35  GERCEK_THSV2 : REAL ;
36  FB_DONUSUM_17 : FB_DONUSUM ;
37  GERCEK_THD12 : REAL ;
38  FB_DONUSUM_18 : FB_DONUSUM ;
39  GERCEK_V3 : REAL ;
40  GERCEK_I3 : REAL ;
41  FB_DONUSUM_19 : FB_DONUSUM ;
42  FB_DONUSUM_20 : FB_DONUSUM ;
43  GERCEK_Coag_3 : REAL ;
44  FB_DONUSUM_21 : FB_DONUSUM ;
45  GERCEK_PP_3 : REAL ;
46  FB_DONUSUM_22 : FB_DONUSUM ;
47  GERCEK_AG_3 : REAL ;
48  FB_DONUSUM_23 : FB_DONUSUM ;
49  GERCEK_OG_3 : REAL ;
50  FB_DONUSUM_24 : FB_DONUSUM ;
51  GERCEK_OG_3 : REAL ;
52  FB_DONUSUM_25 : FB_DONUSUM ;
53  GERCEK_THSV3 : REAL ;
54  FB_DONUSUM_26 : FB_DONUSUM ;
55  GERCEK_THD13 : REAL ;
56  FB_DONUSUM_27 : FB_DONUSUM ;
57  GERCEK_KE_123 : REAL ;

```

tez ekler.project  
02/19/2018 02:07

Page 1 of 9

POU: Ana\_program

```

58  FB_DONUSUM_28 : FB_DONUSUM ;
59  GERCEK_KE : REAL ;
60  FB_DONUSUM_29 : FB_DONUSUM ;
61  GERCEK_V4 : REAL ;
62  GERCEK_I4 : REAL ;
63  GERCEK_Coag_4 : REAL ;
64  GERCEK_PP_4 : REAL ;
65  GERCEK_OG_4 : REAL ;
66  GERCEK_OG_4 : REAL ;
67  GERCEK_OG_4 : REAL ;
68  GERCEK_THD14 : REAL ;
69  FB_DONUSUM_30 : FB_DONUSUM ;
70  FB_DONUSUM_31 : FB_DONUSUM ;
71  FB_DONUSUM_32 : FB_DONUSUM ;
72  FB_DONUSUM_33 : FB_DONUSUM ;
73  FB_DONUSUM_34 : FB_DONUSUM ;
74  FB_DONUSUM_35 : FB_DONUSUM ;
75  FB_DONUSUM_36 : FB_DONUSUM ;
76  FB_DONUSUM_37 : FB_DONUSUM ;
77  GERCEK_SRESE_V : REAL ;
78  FB_DONUSUM_38 : FB_DONUSUM ;
79  GERCEK_SRESEK_1 : REAL ;
80  FB_DONUSUM_39 : FB_DONUSUM ;
81  GERCEK_SRESEK_Coag : REAL ;
82  FB_DONUSUM_40 : FB_DONUSUM ;
83  GERCEK_SRESEK_PP : REAL ;
84  FB_DONUSUM_41 : FB_DONUSUM ;
85  GERCEK_SRESEK_AG : REAL ;
86  FB_DONUSUM_42 : FB_DONUSUM ;
87  GERCEK_SRESEK_OG : REAL ;
88  FB_DONUSUM_43 : FB_DONUSUM ;
89  GERCEK_SRESEK_OG : REAL ;
90  FB_DONUSUM_44 : FB_DONUSUM ;
91  GERCEK_SRESEK_THD1 : REAL ;
92  FB_DONUSUM_45 : FB_DONUSUM ;
93  GERCEK_SRESEK_THD1 : REAL ;
94  FB_DONUSUM_46 : FB_DONUSUM ;
95  GERCEK_KE2_V : REAL ;
96  FB_DONUSUM_47 : FB_DONUSUM ;
97  GERCEK_KE2 : REAL ;
98  FB_DONUSUM_48 : FB_DONUSUM ;
99  GERCEK_KE2_Coag : REAL ;
100 FB_DONUSUM_49 : FB_DONUSUM ;
101 GERCEK_KE2_PP : REAL ;
102 FB_DONUSUM_50 : FB_DONUSUM ;
103 GERCEK_KE2_OG : REAL ;
104 FB_DONUSUM_51 : FB_DONUSUM ;
105 GERCEK_KE2_OG : REAL ;
106 FB_DONUSUM_52 : FB_DONUSUM ;
107 GERCEK_KE2_OG : REAL ;
108 FB_DONUSUM_53 : FB_DONUSUM ;
109 GERCEK_KE2_THD1 : REAL ;
110 FB_DONUSUM_54 : FB_DONUSUM ;
111 GERCEK_KE2_THD1 : REAL ;
112 FB_DONUSUM_55 : FB_DONUSUM ;

```

tez ekler.project  
02/19/2018 02:07

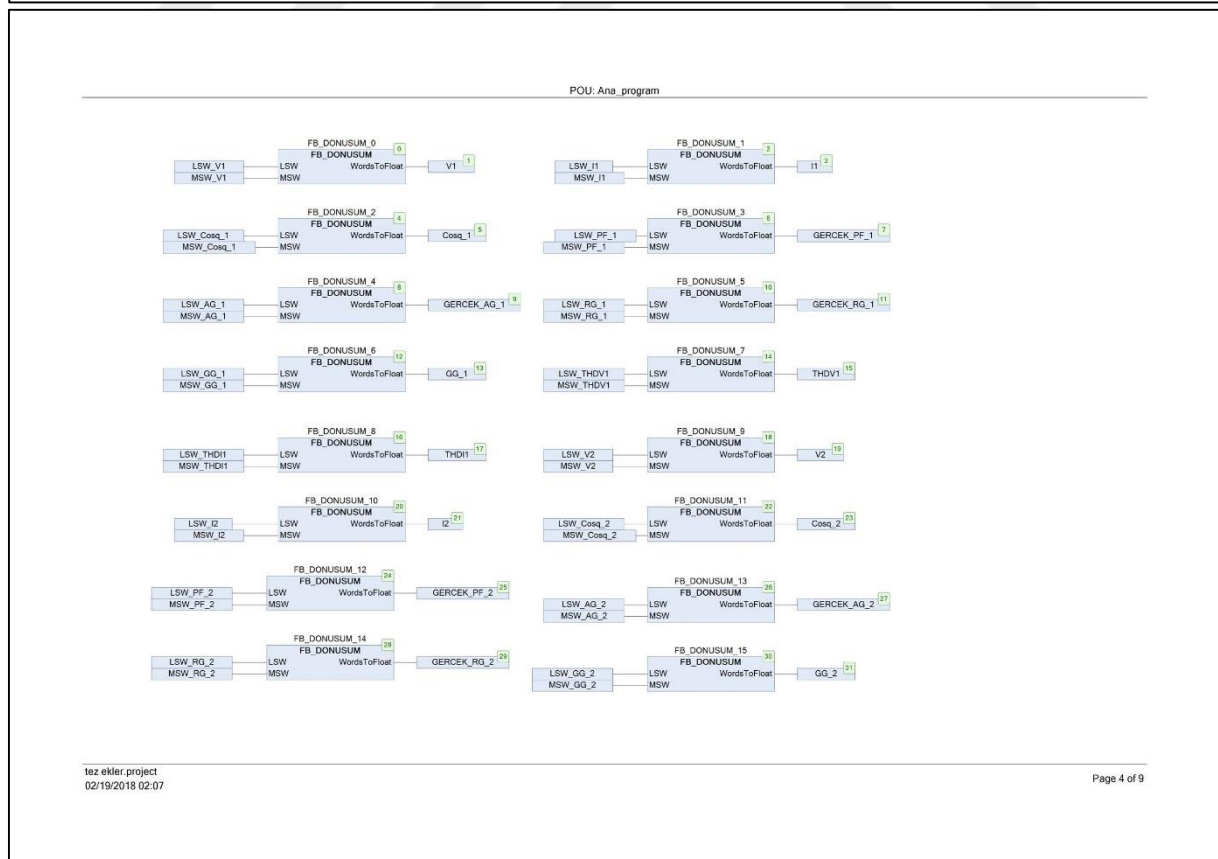
Page 2 of 9

EK-1. (devam) PLC somachine yazılımı

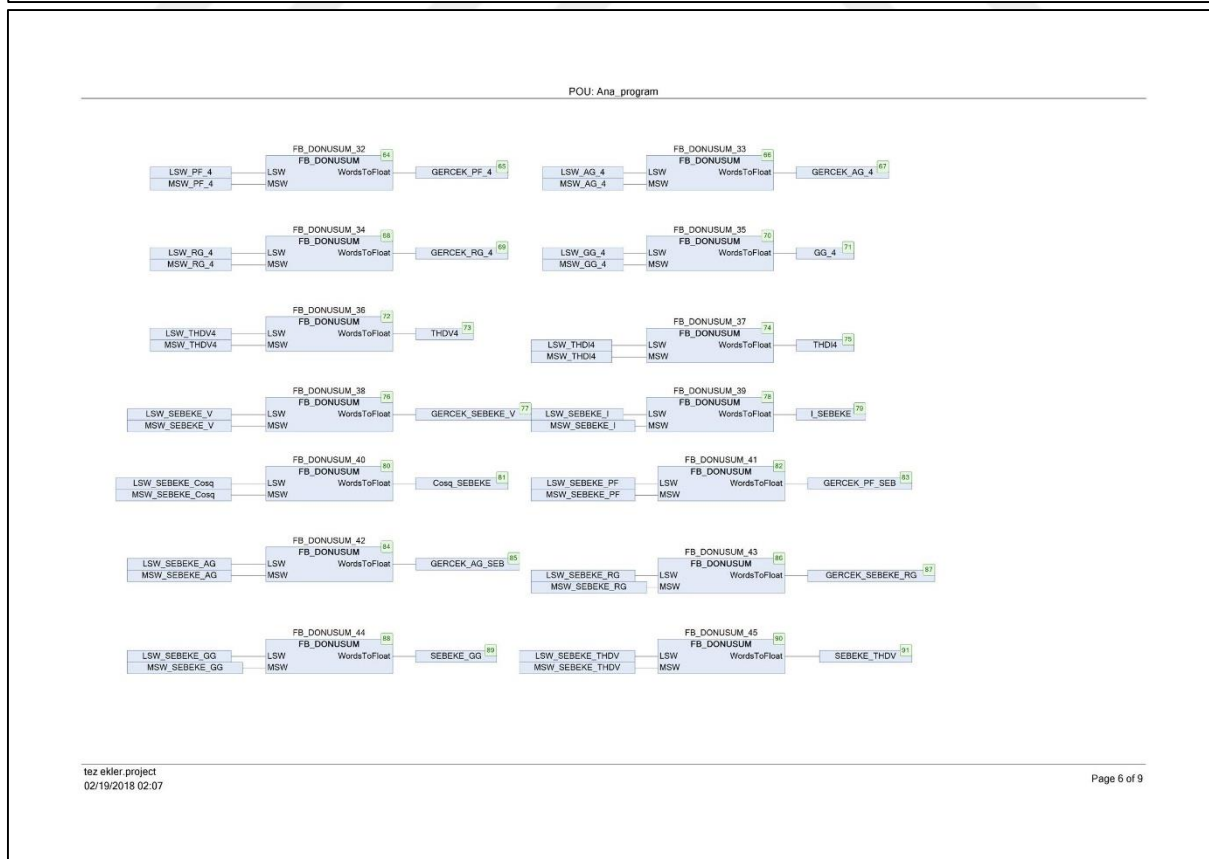
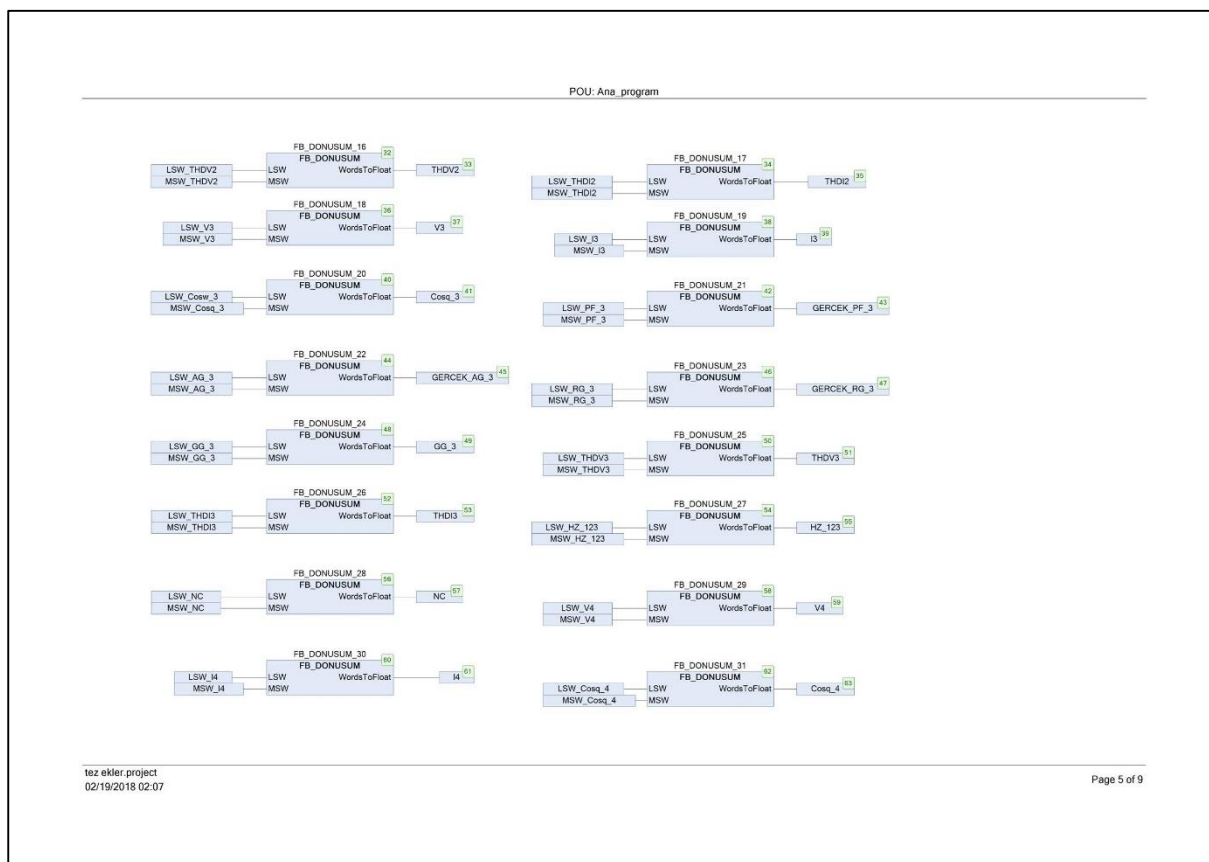
```

POU: Ana_program

114 GERCEK_SERKEKE_NC : REAL ;
115 FB_DONUSUM_56 : FB_DONUSUM ;
116 TOR_0 : TOR ;
117 FB_BCK_KONT_0 : FB_BCK_KONT ;
118 FB_YUK_ALMA_AYMA_1 : FB_YUK_ALMA_AYMA ;
119 FB_DONUSUM_57 : FB_DONUSUM ;
120 HMMR_V_3 : REAL ;
121 FB_DONUSUM_58 : FB_DONUSUM ;
122 HMMR_V_5 : REAL ;
123 FB_DONUSUM_59 : FB_DONUSUM ;
124 HMMR_V_7 : REAL ;
125 HMMR_I_3 : REAL ;
126 HMMR_I_5 : REAL ;
127 HMMR_I_7 : REAL ;
128 AYA_BSD_AKT_010 : WORD ;
129 AYA_COSK_HIP_010 : WORD ;
130 AYA_COSK_EX_010 : WORD ;
131 AYA_BSD_AKT_011 : WORD ;
132 FB_DONUSUM_60 : FB_DONUSUM ;
133 FB_DONUSUM_61 : FB_DONUSUM ;
134 FB_DONUSUM_62 : FB_DONUSUM ;
135 GERCEK_PP_1_1 : REAL ;
136 GERCEK_AG_1_1 : REAL ;
137 GERCEK_PP_2_1 : REAL ;
138 GERCEK_AG_2_1 : REAL ;
139 GERCEK_PP_3_1 : REAL ;
140 GERCEK_AG_3_1 : REAL ;
141 GERCEK_PP_4_1 : REAL ;
142 GERCEK_AG_4_1 : REAL ;
143 GERCEK_PP_BER : REAL ;
144 GERCEK_PP_BER_1 : REAL ;
145 GERCEK_AG_BER : REAL ;
146 GERCEK_AG_BER_1 : REAL ;
147 GERCEK_PP_JEN : REAL ;
148 GERCEK_PP_JEN_1 : REAL ;
149 GERCEK_AG_JEN : REAL ;
150 GERCEK_AG_JEN_1 : REAL ;
151 GERCEK_RG_1_1 : REAL ;
152 GERCEK_RG_2_1 : REAL ;
153 GERCEK_RG_3_1 : REAL ;
154 GERCEK_RG_4_1 : REAL ;
155 GERCEK_SERKEKE_RG_1 : REAL ;
156 GERCEK_VAR_RG_1 : REAL ;
157
158 END_VAR
    
```

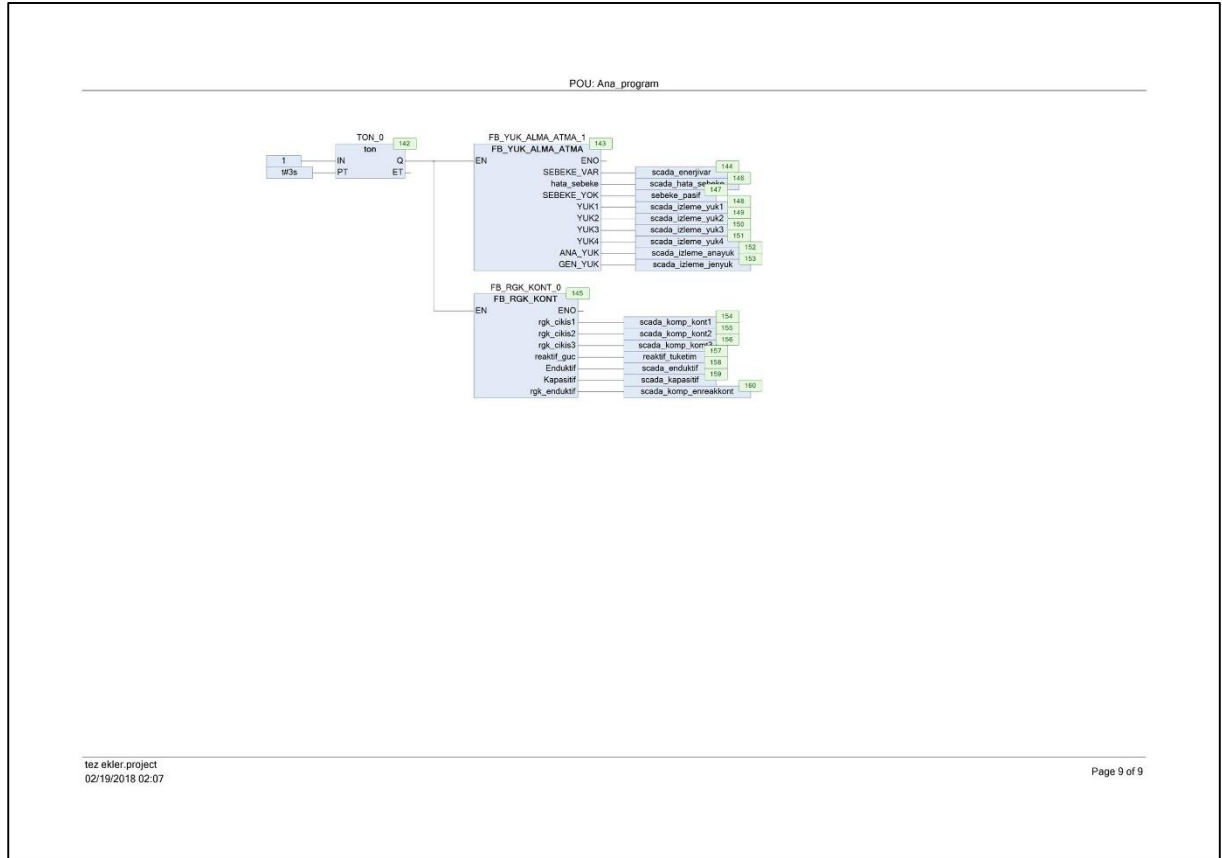


## EK-1. (devam) PLC somachine yazılımı





## EK-1. (devam) PLC somachine yazılımı



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÜSTÜNŞOY, Furkan  
 Uyuđu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 07.06.1988, Polatlı  
 Medeni hali : Evli  
 Telefon : 0543 272 30 24  
 Faks : -  
 e-mail : ustunsoy.furkan@gmail.com



### Eđitim

Derece	Eđitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üni. / Elk-Eln Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Sakarya Üni. / Elk-Eln Mühendisliği	2011
Lise	Yozgat Süper Lisesi	2006

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013-Halen	Sağlık Bakanlığı	Mühendis

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

Üstünşoy F. ve Sayan H.H. (2018). PLC destekli SCADA ile enerji yönetimi için örnek laboratuvar çalışması. *Politeknik Dergisi*, \*(\*) : \*, (\*).

### Hobiler

Yüzme, Kitap okuma



*GAZİ GELECEKTİR..*