

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

155111

**BİR PROSES SİSTEMİNİN SCADA İLE KONTROLÜ VE
OTOMASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serkan GÜLLE

Anabilim Dalı: Mekatronik Mühendisliği

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ahmet ERDİL

MAYIS 2004

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR PROSES SİSTEMİNİN SCADA İLE KONTROLÜ VE
OTOMASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serkan GÜLLE

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Mayıs 2004

Tezin Savunulduğu Tarih : 1 Temmuz 2004

Tez Danışmanı

Üye

Üye

Yrd. Doç. Dr. Ahmet ERDİL

Yrd. Doç. Dr. Mehmet YAKUT Doç. Dr. Saadettin AKSOY

(.....*A. Erdil*.....)

(.....*M. Yakut*.....) (.....*S. Aksoy*.....)

Mayıs 2004

BİR PROSES SİSTEMİNİN SCADA İLE KONTROLÜ VE OTOMASYONU

Serkan GÜLLE

Anahtar kelimeler : SCADA, Proses Sistemler, PLC, Seviye ve Sıcaklık Kontrolü

Özet : Günümüz modern üretim süreçlerinde yüksek verim ve kaliteli üretim için kaçınılmaz olan endüstriyel otomasyon sistemleri gün geçtikçe gelişmektedir. Bilindiği gibi otomasyon sistemleri en küçük üretim biriminin amaca uygun çalışmasını düzenlediği gibi bütün üretim sistemleri arasında veri iletişimi olanağı sağlayarak kontrolün istenilen merkezden kolayca yapılabilmesine imkan tanır.

SCADA terimi İngilizce “Supervisory Control And Data Acquisition” kelimelerinin ilk harflerinden türetilmiş bir ifade olup Türkçe’ye gözetleyici kontrol ve veri toplama olarak çevrilebilir. SCADA sistemleri süreçler için gözetleyici denetim ve veri toplama işlevini gerçekleştiren yazılımların genel adıdır. Bu sistemler endüstriyel tesislerin tesis içi ve dışı her türlü haberleşme ve denetiminden sorumlu yazılımlar olarak da ifade edilebilir.

SCADA sistemleri temelde üç ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; Ana Kontrol Merkezi (AKM), Uzaktan Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi (Remote Terminal Unit, RTU) ve AKM ile RTU arasındaki haberleşmeyi sağlayan İletişim Sistemidir.

Günümüzde otomasyonun her alanında küçük ve kompakt olanından büyük ve modüler olanlarına kadar çeşitli tip ve markalarda programlanabilir mantık denetleyicileri (PLC) kullanılmaktadır. PLC hafızasındaki program dahilinde mantıksal, sıralama, zamanlama, sayma ve matematiksel işlemleri gerçekleştirerek makinaların ve proseslerin kontrolünde kullanılan elektronik cihaz olarak tanımlanabilir.

Bir SCADA uygulamasının temelinde sistemdeki kontrol ve kumanda işlemlerini gerçekleştiren PLC bulunur. PLC, akış kontrolü ve PID gibi kumanda ve kontrol fonksiyonlarını üstlenerek gerekli işlemleri gerçekleştirir. SCADA programı ise sisteme ait değişkenlerin ve sistemde meydana gelen olayların gözetlendiği ve raporlandığı birimdir.

Bu çalışmada endüstriyel proseslerde kullanılan bir sistemin prototipi Mekatronik Mühendisliği bölüm laboratuvarına kurulmuştur. Seviye kontrolünün Siemens S7-300 PLC kullanılarak gerçekleştirildiği sistemin gözetlenmesi ve verilerin toplanması amacı ile SCADA yazılımı olan WinCC kullanılmıştır.

Bu prototip sayesinde öğrencilerin proseslerde kullanılan ekipmanları tanıyarak ölçüm, kontrol, SCADA ve saha haberleşmesi konularındaki bilgilerinin ve uygulama becerilerinin geliştirilmesine imkan sağlanmıştır.

THE CONTROL AND AUTOMATION OF A PROCESS SYSTEM WITH SCADA

Serkan GÜLLE

Key Words: SCADA, Process Systems, PLC, Level and Temperature Control

Abstract: Industrial automation systems needed for high quality output and production; in today's modern production processes are developing gradually. As it is known automation systems not only regulate the working of the smallest production unit but also makes the central control possible, providing data communication between the all production systems.

The term of SCADA is an acronym formed from the first letters of "Supervisory Control And Data Acquisition". SCADA system is a general term of all software programs used for monitoring and data collection in the processes. These systems can also be referred to as the software programs responsible for inside and outside communication control of industrial plants.

SCADA systems consist of three main parts, namely, Master Terminal Unit (MTU), Remote Terminal Unit (RTU) and communication system connecting MTU and RTU.

Today, in all areas of automation, various types and labels of Programmable Logic Controller (PLC), ranging from small and compact to big and modular, are being used. PLC can be defined as a digital electronic device that uses a programmable memory to store instructions and to implement functions such as logic, sequencing, timing, counting and arithmetic in order to control machines and processes.

A SCADA application is based on Programmable Logic Controller (PLC), which performs the controlling functions such as flow control, and PID. SCADA program's function is to monitor and report the variables of the system.

In this study, a prototype of a system used in industrial processes was set in Mechatronic Engineering Department Laboratory. WinCC, which is one of the SCADA software program, was used to monitor and collect the necessary data from the system in which level control was realised using a Siemens S7-300 PLC.

With the help of this prototype the students could improve their knowledge and skills in measurement, control, SCADA and field communication by learning about the used in the processes.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Günümüz modern üretim süreçlerinde yüksek verim ve kaliteli üretim için kaçınılmaz olan endüstriyel otomasyon sistemleri gün geçtikçe gelişmektedir. Yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren sürekli gelişen PLC ve RTU'lar sayesinde endüstriyel otomasyon uygulamalarında çok önemli bir adım atılarak gerek fabrikalar gerekse de yardımcı tesislerin hem denetimi hem de izlenmesi daha kolay yapılabilir hale gelmiştir.

Donanımdaki bu gelişmeler kaçınılmaz olarak yazılımdaki gelişmeleri beraberinde getirmiş ve bunun sonucu olarak da otomasyon konusunda kullanılmak üzere çok gelişmiş denetim ve izleme yazılımları üretilmiştir. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) yazılımları da bunlardan biri olup; son yıllarda çok yoğun olarak tesislerin veya şebekelerin (elektrik, gaz, su ve petrol) izlenmesi ve gözetimsel denetimi amacı ile kullanılmaktadır.

Bu tezde Mekatronik Mühendisliği proses laboratuvarına kurulan bir prototip sistemin WinCC SCADA yazılımı ile kontrolü ve gözetlenmesi gerçekleştirilmiştir. Sistemin kurulması için gerekli makine ve ekipmanların sağlanması Kocaeli Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen “ Bir Atıksu Arıtma Tesisinin SCADA ile Otomasyonu” isimli ve 2002/70 nolu Araştırma Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmam süresince öneri ve desteğini esirgemeyen danışmanım Yrd.Doç.Dr.Ahmet ERDİL'e, bana her konuda destek olan arkadaşlarıma, her zaman yanımda olan Arş. Gör. arkadaşım Murat KALE'ye ve bugüne gelmemde en büyük pay sahibi olan aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ	xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. SCADA SİSTEMLERİ.....	5
2.1. SCADA' nın Tanımı.....	5
2.2. SCADA Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi.....	5
2.3. SCADA Sistemlerinin Amaçları ve Yararları	6
2.4. SCADA Sistemlerinden Beklenenler	7
2.5. SCADA Sistemlerinin İşlevleri	8
2.5.1. İzleme işlevleri	8
2.5.2. Kontrol işlevleri.....	8
2.5.3. Bilgi toplama işlevleri	9
2.5.4. Bilgilerin kaydı ve saklanması.....	9
2.6. Yeni Nesil SCADA Sistemleri	9
2.7. SCADA Sistemlerinin Uygulama Alanları.....	10
BÖLÜM 3. SCADA SİSTEMİNİN MİMARİSİ	11
3.1. Ana Kontrol Merkezi	11
3.1.1. Ana kontrol merkezinin görevleri	14
3.2. Uzaktan Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi (RTU).....	15
3.2.1. RTU'ların tarihi gelişimi.....	17

3.2.2. RTU'ların mimari yapısı.....	19
3.2.2.1. Merkezi işlem birimi	19
3.2.2.2. İletişim birimi.....	20
3.2.2.3. Giriş çıkış birimleri	20
3.2.2.4. Kullanıcı arabirimi	20
3.2.2.5. Test birimi	20
3.2.2.6. Güç kaynağı birimi.....	21
3.2.3. RTU'nun görevleri.....	21
3.2.3.1. Bilgi toplama ve depolama.....	21
3.2.3.2. Kontrol ve kumanda	22
3.2.3.3. Görüntüleme.....	23
3.2.3.4. Arıza yerinin tespiti ve izolasyonu.....	23
3.3. Programlanabilir Mantıksal Denetleyiciler	24
3.3.1. PLC'nin tarihi	25
3.3.2. PLC'lerin genel kullanım amacı.....	26
3.3.3. PLC'lerin temel yapısı	27
3.3.3.1. Güç kaynağı birimi.....	28
3.3.3.2. Merkezi işlem birimi	28
3.3.3.3. Giriş-çıkış birimi	29
3.3.3.3.1. Dijital giriş-çıkış birimleri.....	29
3.3.3.3.2. Analog giriş çıkış birimleri	30
3.3.3.4. Programlayıcı birim.....	31
3.3.4. PLC seçerken dikkat edilecek hususlar	31
BÖLÜM 4. İLETİŞİM SİSTEMİ.....	33
4.1. SCADA Sisteminde İletişim.....	33
4.2. Saha Haberleşme Veri Yolu (FIELDBUS) Sistemleri	34
4.2.1. Fieldbus sistemlerinde açıklık politikası	37
4.2.2. Fieldbus çeşitleri.....	38
4.2.2.1. AS-I Haberleşme sistemi.....	38
4.2.2.2. Süreç-saha veri yolu (PROFIBUS)	39
4.2.2.3. Interbus	40
4.3. Ağ Yapılarına Göre İletişim Şekilleri.....	41

4.3.1. Yıldız tipinde bağlantılar	41
4.3.2. Bus tipinde bağlantılar	42
4.3.3. Halka tipinde bağlantılar.....	42
4.3.4. Hiyerarşik bağlantılar	43
4.4. Coğrafi Yayılışlarına Göre Ağ Yapıları.....	44
4.4.1. Yerel alan ağları (LAN).....	44
4.4.2. Geniş alan ağları (WAN)	44
4.5. İletişim Ortamları.....	44
4.5.1. Elektrik dağıtım hatları	45
4.5.2. Kiralanmış hatlar	46
4.5.3. Radyo frekansında iletişim	47
4.5.3.1. Noktadan noktaya radyo iletişimi	47
4.5.3.2. Çok adresli radyo sistemleri (MARS).....	47
4.5.3.3. Trunk radyolar	48
4.5.3.4. Spread spectrum radyolar.....	48
4.5.4. Uydu iletişimi	49
4.5.5. Özel hatlarda iletişim	49
4.5.5.1. Metalik kablo.....	49
4.5.5.2. Fiber optik kablolar	50
4.6. İletişim Protokolleri	51
BÖLÜM 5. SCADA SİSTEMİ UYGULAMASI	52
5.1. Sensörler (Algılayıcılar)	54
5.1.1. Sistemde kullanılan sensörler	55
5.1.1.1. Seviye sensörü.....	55
5.1.1.2. Sıcaklık sensörü.....	60
5.2. Hız Kontrol Cihazı.....	62
5.3. Kontrol Formları	63
5.3.1. Açık-kapalı (on-off) kontrol	64
5.3.2. Oransal denetim	65
5.3.3. Oransal integral denetim.....	66
5.4. PLC ile PI Denetimin Gerçekleştirilmesi	67
5.4.1. Hata işaretinin elde edilmesi.....	68

5.4.2. Oransal değerin hesaplanması	69
5.4.3. İntegral değerinin elde edilmesi.....	69
5.4.4. Kontrol işaretinin elde edilmesi.....	70
5.4.5. Kontrol işaretinin sınırlandırılması ve analog çıkış noktasına gönderilmesi.....	70
5.5.WINCC Programı	72
5.5.1.WINCC içerisindeki temel fonksiyonlar	72
5.5.1.1. Bilgisayar (computer) modülü	73
5.5.1.2. Etiket (tag) yönetimi modülü	73
5.5.1.3. Editör.....	75
5.5.1.3.1. Grafik düzenleyici	75
5.5.1.3.2. Alarm kaydedici (alarm logging)	80
5.5.1.3.3. Etiket Kaydedici (Tag Logging)	80
5.5.1.3.4. Rapor düzenleyici (report designer).....	82
5.5.1.3.5. Metin kütüphanesi (text library).....	82
5.5.1.3.6. Kullanıcı yönetimi (user administrator)	83
BÖLÜM 6. SONUÇ ve ÖNERİLER	84
KAYNAKLAR	86
EK-1. SİSTEMİN ALIşMASINA İLşKİN PLC PROGRAMI.....	88
ÖZGEMİş	93

SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR

b	: Sistemden Okunan Değer
C_1	: İntegral Katsayısı
K_p	: Oransal Katsayı
r	: Ayar Değeri
AI	: Analog Input
AKM	: Ana Kontrol Merkezi
AM	: Automated Mapping
AO	: Analog Output
AS-I	: Actuator Sensor Interface
CIM	: Computer Integrated Manufacturing
CPU	: Central Processing Unit
DP	: Decentral Periphery
FM	: Facility Management
FMS	: Fieldbus Message Specification
GIS	: Geographic Information System
HMI	: Human Machine Interface
LAN	: Local Area Network
LED	: Light Emitting Diode
MARS	: Multiple Address Radio Systems
MMI	: Manufacturing Management Information
PA	: Process Automation
PC	: Personal Computer
PID	: Proportional Integral Derivative
PLC	: Programmable Logic Controller
PROFIBUS	: Process Fieldbus
RTU	: Remote Terminal Unit
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition

UHF : Ultra High Frequency
VHF : Very High Frequency
WAN : Wide Area Network



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Otomasyonun tarihi gelişimi.....	2
Şekil 2.1. SCADA sistemlerinin amacı ve yararları	6
Şekil 3.1. SCADA sisteminin genel yapısı	11
Şekil 3.2. AKM'nin genel yapısı ve ekipmanları.....	12
Şekil 3.3. AKM'ye gelen ve AKM'den çıkan bilgiler	13
Şekil 3.4. AKM'de bulunan ekipmanlar	14
Şekil 3.5. RTU'ların örnek bir otomasyon sistemi içerisindeki dağılımı	15
Şekil 3.6. RTU'ya gelen ve RTU'dan giden işaret ve bilgiler	16
Şekil 3.7. RTU'nun mimari yapısı	19
Şekil 3.8. PLC'nin temel yapısı	27
Şekil 3.9. SIEMENS PS 307 PLC güç kaynağı modülü.....	28
Şekil 3.10. SIEMENS CPU 312 IFM merkezi işlem birimi	29
Şekil 3.11. SIEMENS SM334 analog I/O modülü	30
Şekil 3.12. SIEMENS SM334 analog I/O modülü bağlantı şekli	31
Şekil 4.1. İletişim sistemi temel yapısı ve elemanları.....	33
Şekil 4.2. Haberleşme yapıları	34
Şekil 4.3. Otomasyon sistemlerinde yönetim seviyeleri	35
Şekil 4.4. Fieldbus yapısı ve öncesi	36
Şekil 4.5. AS-I genel yapısı ve bağlantı şekli	39
Şekil 4.6. Profibus çeşitleri ve kullanım seviyeleri.....	40
Şekil 4.7. Yıldız tipindeki ağ bağlantısı.....	41
Şekil 4.8. Bus tipindeki ağ bağlantısı.....	42
Şekil 4.9. Halka tipindeki ağ bağlantısı	43
Şekil 4.10. Hiyerarşik ağ yapısı	43
Şekil 4.11. SCADA sistemlerinde kullanılan iletişim ortamları	45
Şekil 5.1. Uygulamanın gerçekleştirildiği sistem	53
Şekil 5.2. Seviye sensörünün kontrol paneli	55
Şekil 5.3. Seviye sensörün ölçüm aralığına ilişkin terimler.....	56

Şekil 5.4. Seviye sensörüne ait histerisiz fonksiyon eğrisi	59
Şekil 5.5. Seviye sensörüne ait pencere fonksiyonu eğrisi	59
Şekil 5.6. Seviye sensörünün elektriksel bağlantısı	60
Şekil 5.7. Sıcaklık sensörü operatör paneli	60
Şekil 5.8. SIEMENS MM 420 Micromaster	62
Şekil 5.9. Hız kontrol cihazının enerji hattına bağlantısı	62
Şekil 5.10. MM 420'ye ait bağlantı uçları	63
Şekil 5.11. Açık-kapalı kontrole ilişkin grafik.....	64
Şekil 5.12. Histerisiz bant kullanılarak gerçekleştirilen açık-kapalı kontrol grafiği..	65
Şekil 5.13. Oransal kontrol basamak cevabı	66
Şekil 5.14. Oransal – integral kontrol basamak cevabı.....	67
Şekil 5.15. PI kontrolün örnek sistemde kullanımı	67
Şekil 5.16. PLC ile fark sinyalinin üretilmesine ilişkin program parçası	68
Şekil 5.17. PLC ile oransal değer elde edilmesi	69
Şekil 5.18. PLC ile integral değerinin elde edilmesi.....	70
Şekil 5.19. PLC ile PI denetim kontrol işaretinin elde edilmesi	70
Şekil 5.20. PLC ile kontrol işaretine ilişkin sınırlandırma işlemi	71
Şekil 5.21. a) Oransal katsayı 2 integral katsayısı 20 iken sistem çıkışı b) Oransal katsayı 5 integral katsayısı 20 iken sistem çıkışı	71
Şekil 5.22. WinCC ana sayfası	72
Şekil 5.23. Bilgisayar modülü özellikleri.....	73
Şekil 5.24. Etiket yönetimi modülü.....	74
Şekil 5.25. Seviye bilgisine ait etiket değerinin sınırlandırılması.....	75
Şekil 5.26. Grafik düzenleyici sayfası.....	76
Şekil 5.27. WinCC programında hazırlanan grafik sayfası	77
Şekil 5.28. Hazırlanan grafik sayfasının çalışma moduna alınması.....	78
Şekil 5.29. Kontrol yönteminin seçilmesine ilişkin sayfa düzeni	79
Şekil 5.30. Kontrolöre ilişkin katsayıların belirlenmesi	79
Şekil 5.31. Sisteme ait alarm sayfası.....	80
Şekil 5.32. Sistem için hazırlanmış etiket yönetimi sayfası.....	81
Şekil 5.33. Trendler butonunun çalışması.....	81
Şekil 5.34. Sisteme ait metin kütüphanesi sayfası	82
Şekil 5.35. Sisteme ait kullanıcı yönetimi sayfası.....	83

TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1. Fieldbus çeşitleri	36
Tablo 4.2. Bazı açık ve kapalı fieldbus sistemleri	38
Tablo 4.3. Kiralık hatların avantaj ve dezavantajları	46
Tablo 4.4. Radyo dalgaları ile iletişimin avantaj ve dezavantajları	48
Tablo 4.5. Uydu ile iletişimin avantaj ve dezavantajları.....	49
Tablo 4.6. Fiber optik kabloların avantajları ve dezavantajları	50
Tablo 5.1. Seviye sensörüne ait buton ve parçaların açıklamaları	56
Tablo 5.2. Seviye sensörü ölçüm aralığına ilişkin ifadelerin açıklamaları	57
Tablo 5.3. Kullanılan seviye sensörünün programlanmasına ilişkin terimler.....	58
Tablo 5.4. Seviye sensörüne ait ikaz terimleri	60
Tablo 5.5. Sıcaklık sensörü panelinde numaralandırılmış ifadelerin açıklamaları	61
Tablo 5.6. Sıcaklık sensörü ölçüm aralığı.....	61

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüz modern üretim süreçlerinde yüksek verim ve kaliteli üretim için kaçınılmaz olan endüstriyel otomasyon sistemleri gün geçtikçe gelişmektedir. Bilindiği gibi otomasyon sistemleri en küçük üretim biriminin amaca uygun çalışmasını düzenlediği gibi bütün üretim sistemleri arasında veri iletişimi olanağı sağlayarak kontrolün istenilen merkezden kolayca yapılabilmesine imkan tanır[1].

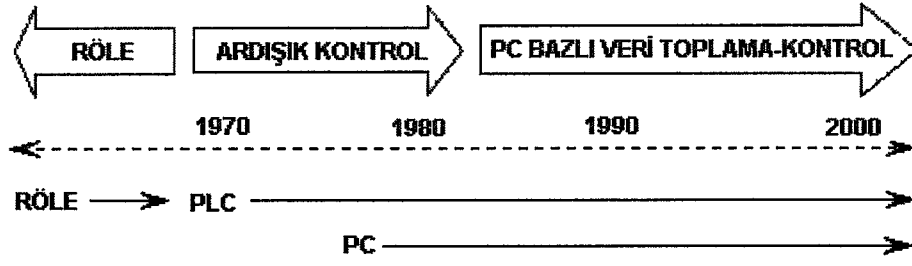
Modern otomasyon sistemlerinin sağladığı yararlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- 1- Veri iletiminde kolaylıklar,
- 2- Güvenlik kontrolü,
- 3- Hızlı iletişim,
- 4- Yüksek kalitede üretim.

Otomasyon sistemlerine geçişin ilk yıllarında röleli sistemler ve elektronik kartlar kullanılmakta idi. Fakat her makine için ayrı bir kontrol kartının tasarlanması yada kartta kullanılan malzemelerin endüstriyel ortamlarda (tozlu, nemli, parazitik, sıcak-soğuk vb.) istenilen süre çalışmaması, ayrıca otomasyon sistemlerinin tek bir çatı altında toplanması isteği sonucunda yerlerini programlanabilir mantıksal denetleyicilere (Programmable Logic Controller, PLC) ve bilgisayar(PC) tabanlı kontrol sistemlerine bırakmıştır.

Rölelerin yerini PLC'lerin, minik panel ve kaydedicilerin (recorder) yerini PC'lerin almasıyla yeni bir boyut kazanan endüstriyel otomasyon sistemleri, üretimin tüm alanlarında başarıyla uygulanmaktadır.

OTOMASYON



Şekil 1.1. Otomasyonun tarihi gelişimi

1960'lı yılların sonunda üretimi gerçekleştiren PLC ve RTU'lar (Remote Terminal Unit) sayesinde endüstriyel otomasyon uygulamalarında çok önemli bir adım atılmış oldu.

PLC endüstriyel ortamlarda görev yapmak üzere tasarlanmış dijital prensiplere göre çalışan elektronik bir cihazdır. PLC bir makineyi veya bir prosesi kendi analog ve/veya digital giriş/çıkış modülleriyle, mantıksal kontrol, zamanlama, sayma, aritmetik işlem yapma fonksiyonlarıyla kontrol etmek amacına yöneliktir. Cihaza veya prosese ait bilgilerin SCADA ortamına aktarılmasını da sağlar.

PLC'ler bugün akla gelebilecek her sektörde yer almaktadır. Kimya sektöründen gıda sektörüne, üretim ve dağıtım hatlarından depolama sistemlerine, marketlerden bina otomasyonuna, rafinerilerden trafik sinyalizasyonuna kadar çok geniş bir yelpazede kontrol sistemlerinin vazgeçilmez elemanları olmuşlardır. PLC'ler sayesinde gerek fabrikalar gerekse de yardımcı tesislerin hem denetimi hem de izlenmesi daha kolay yapılabilir hale gelmiştir.

Buna ek olarak bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ve fiyatların ucuzlaması ile bilgisayarlar, endüstriyel kontrol sistemlerinde daha çok kullanılır hale gelmiştir.

Donanımdaki bu gelişmeler kaçınılmaz olarak yazılımdaki gelişmeleri beraberinde getirmiş ve bunun sonucu olarak da otomasyon konusunda kullanılmak üzere çok gelişmiş denetim ve izleme yazılımları üretilmiştir.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) yazılımları da bunlardan biri olup; son yıllarda çok yoğun olarak tesislerin veya şebekelerin (elektrik, gaz, su ve petrol) izlenmesi ve gözetlemeli denetimi amacı ile kullanılmaktadır.

SCADA sistemi sayesinde, bir tesise ait tüm ekipmanların kontrolünden üretim planlamasına, çevre kontrol ünitelerinden yardımcı işletmelere kadar tüm birimlerin otomatik kontrolü ve gözetlenmesi sağlanabilir.

Üreticilerin rekabet edebilen kalite ve fiyatlara gereksinimleri, bu sistemlerden beklentileri de artırmaktadır. Artık yalnızca üretmek yeterli olmamakta; neyin, ne kadar, ne sürede, ne kalitede, hangi girdilerle üretildiğinin bilinmesi gerekmektedir. Bu beklentiler donanımdan daha çok SCADA yazılımlarında etkisini göstermektedir. Başlangıçta, yalnızca insan-makine arabirimi (HMI - Human Machine Interface) olarak düşünülen SCADA yazılımları; PLC'lerden aldığı verileri görselleştiren, PLC'lere veri gönderen, alarm ve geçmişe yönelik verileri depolayan ve basit rapor özellikleri olan yazılımlar iken günümüzde üretim yönetim ve bilgi sistemi (MMI - Manufacturing Management Information) haline gelmiştir. İnsan makina arabirimi özellikleri gelişmiş, iletişim çağının gereklerine uygun olarak internet hatta mobil telefonlar bile bu arabirimin birer parçası olmuştur.

Otomasyon sistemlerinde kullanılan diğer bir denetleme ve gözetleme sistemide DCS (Distributed Control Systems) tir. 1970'li yıllardan beri kullanılan DCS sistemleri prosese yönelik bir kontrol sistemi olup proseste meydana gelen anlık değişimlerin bile çok önem kazandığı sistemlerde kullanılır.

DCS sistemlerinde kontrol merkezi ile prosesteki verileri alan yada prosese veri gönderen giriş çıkış birimleri birbirine çok yakın mesafededir. Bu sebeple DCS sistemleri SCADA sistemlerine göre çok daha hızlıdır.

SCADA sistemleri genelde prosesin gözetlenmesi ve küçük müdahalelerin gerçekleştirilmesi için kullanılırken DCS sistemleri prosesin anlık görüntülenmesi ve kontrol komutlarının uygulanması amacı ile kullanılırlar. Teknolojisinin çok güvenilir ve verimli olmasına karşın kolay ve küçük uygulamalar için DCS sistemlerinin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar ;

1. Yazılım, donanım, mimarisi, haberleşme sistemi ve programlama dilleri karmaşıktır ve çoğunlukla bütün sistem ekipmanı aynı firma ürünü olmalıdır.

2. Donanım konfigürasyonu zor ve pahalıdır.

3. Küçük sistemler için çok pahalıdırlar.

Analog bilgileri işleyebilme yetenekleri sayesinde birçok otomasyon sisteminde DCS'lere alternatif PLC/SCADA sistemleri kullanılmaktadır. PLC/SCADA sistemleri DCS sistemlerine göre daha basit ve esnek yapıya sahiptir ve çok daha ucuzdur. Diğer avantajları;

1. Güvenilir, fonksiyonel, kolay genişletilebilirlerdir.

2. PLC/SCADA ürünleri aynı firmanın ürünü olmayabilirler.

Bu çalışmada; SCADA sistemlerinin tanımı, yapısı gibi temel konulardan bahsedilmekle beraber Kocaeli Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Proses Laboratuvarında örnek bir proses sistem kurularak, bu proses sisteme ait proses değişkenleri WinCC (Windows Control Center) SCADA yazılımı ile gözetlenmiş ve raporlanmıştır. Yine aynı yazılım sayesinde sisteme müdahale edilebilme imkanı sağlanmıştır.

BÖLÜM 2. SCADA SİSTEMLERİ

2.1. SCADA' nın Tanımı

SCADA terimi İngilizce “Supervisory Control And Data Acquisition” kelimelerinin ilk harflerinden türetilmiş bir ifade olup Türkçe'ye gözetleyici kontrol ve veri toplama olarak çevrilebilir.

SCADA sistemleri, süreçler için gözetleyici kontrol ve veri toplama işlevini gerçekleştiren yazılımların genel adıdır. Bu sistemler endüstriyel tesislerin tesis içi ve dışı her türlü haberleşme ve denetiminden sorumlu yazılımlar olarak da ifade edilebilir.

SCADA sistemleri ile merkezi bir kontrol noktasından geniş bir coğrafi alana yayılmış petrol, gaz boru sistemleri, su ve elektrik dağıtım şebekelerinin veya bir fabrika yada işletmede çalışan makinaların, gözlenmesi ve kontrol edilmesi sağlanır. SCADA kontrol edilen sistem hakkında bilgi toplar, topladığı bu bilgilere göre tesislerin güvenilir ve ekonomik olarak çalışmasını sağlar.

SCADA sistemlerinin amacı en az maliyetle, kontrol edilen sistemde belirlenen hedefleri tutturabilecek üretim ve denetim sürecinin ve bu süreçte yer alan sistem elemanlarının anlık olarak izlenmesi ve kontrolünün gerçekleştirilmesidir.

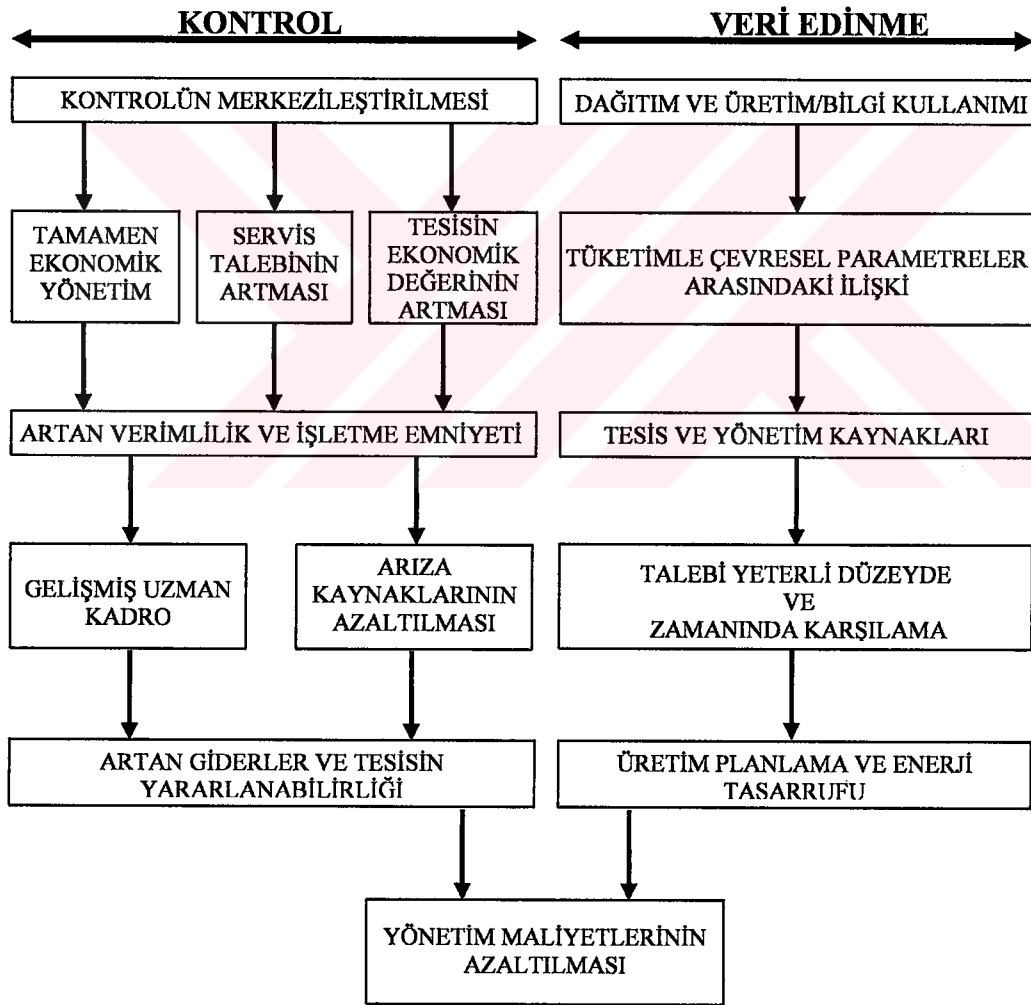
2.2. SCADA Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi

SCADA, endüstriyel otomasyon kavramları arasına girmiş ve çok sık olarak gündeme gelmeye başlamıştır. 1980'li yıllarda çeşitli programlama diller altında yazılan ve sadece uygulamaya yönelik ilk örneklerinden sonra DOS altında çalışan genel amaçlı programlar ve daha sonra 1990'lı yıllarda nesneye yönelik ve Windows

altında çalışan SCADA yazılımları kullanılmaya başlanmıştır. Programların nesneye yönelik olmaları ve Windows altında çalışması yazılıma ve kullanıma büyük rahatlık getirmiştir. Esnek ve açık yapıları sayesinde uygulamaları yeni ihtiyaçlara göre geliştirmek ve bilgisayar ağları oluşturularak merkezi denetim ve izleme fonksiyonlarını gerçekleştirmek mümkün olmaktadır.

2.3. SCADA Sistemlerinin Amaçları ve Yararları

Şekil 2.1’de günümüz otomasyon sistemlerinde kullanılan SCADA sistemlerinin amaçları ve yararları görülmektedir[2].



Şekil 2.1. SCADA sistemlerinin amacı ve yararları

2.4. SCADA Sistemlerinden Beklenenler

Günümüz otomasyon ve proses sistemlerinin kontrolü ve gözetlemeli denetiminde kullanılan SCADA sistemlerinden beklenen özellikler aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- SCADA yazılımları kontrolünün ve gözetlemesinin yapıldığı sistemdeki üretimi ve denetimi kolaylaştırmayı amaçlayan bir araç olduğu için kolay geliştirilebilmeli ve sistemde yapılacak değişikliklere kolay adapte olabilmelidir.
- Sisteme ait parametreler kontrol merkezlerinden sürekli izlenebilmelidir.
- Sistemde oluşabilecek arızaların yeri kolayca tespit edilebilmelidir.
- Sistemdeki kontrol noktalarına kumanda imkanı olmalıdır.
- Hata ve arıza durumlarında sistemden alarmlar alınabilmeli ve gerektiğinde kullanıcıya sesli uyarı mesajları verilebilmelidir.
- Sistemden alınan bilgilere göre grafiksel eğriler oluşturulabilmeli ve bu bilgiler saklanabilmelidir.
- Çok kullanıcı mimariyi desteklemeli, kullanıcıların yetkileri seviyesinde kontrol yapabilmelerine izin vermelidir.
- Geçmişe yönelik raporlama yapılabilmelidir.
- Sistemdeki ekipmanlarla kolayca uyum sağlayabilmelidir.
- Yazılım fazla karmaşık olmamalı, kontrol edilecek sistem hakkında bilgi sahibi olan kişinin diğer programlama dillerini üst seviyede öğrenmesine gerek kalmadan kullanabileceği tarzda olabilmelidir.
- Kullanıcı ile sistem arasındaki veri iletişimi çok hızlı olabilmelidir.

2.5. SCADA Sistemlerinin İşlevleri

SCADA sistemlerinin işlevleri;

- İzleme işlevleri
- Kontrol işlevleri
- Bilgi toplama işlevleri
- Bilgilerin kaydı ve saklanması

olarak dört grupta toplanabilir.

2.5.1. İzleme işlevleri

Bir sistemin SCADA ile izlenme işlevinin gerçekleştirilmesi için kullanılan SCADA yazılımına ait çizim araçları ve resim kütüphanesi gibi özelliklerinden yararlanır. Böylece kontrol edilecek sistem gerçeğe çok yakın biçimde bilgisayar ekranında görüntülenebilir.

Yine kullanılan SCADA yazılımının sahip olduğu animasyon yetenekleri sayesinde kullanıcıların dikkati çekilerek sistemdeki değişikliklerin ve arızaların kolayca fark edilmesi sağlanabilir.

Kontrol edilecek sistemin fiziksel büyüklüğüne bağlı olarak uygun grupların oluşturulması ile sistem birkaç sayfa halinde oluşturulabilir ve kullanıcının sistemi rahatça kontrol etmesi sağlanabilir.

2.5.2. Kontrol işlevleri

SCADA sistemleri ile bir sistem gözetlenirken aynı zamanda basit kontrol işlemleri (açma- kapama) de gerçekleştirilebilir. Böylelikle sistemin kontrolünü gerçekleştiren operatör sistemde oluşabilecek arıza durumlarında yada sistemdeki değerlerin değiştirilmesi esnasında bulunduğu kontrol noktasından sistemi veya sisteme ait herhangi bir bölümün çalışmasını durdurup tekrar başlatabilir yada sistemin değerlerini değiştirebilir.

2.5.3. Bilgi toplama işlevleri

Kontrol edilecek sisteme ait bilgiler SCADA sistemi sayesinde toplanarak sistemi kontrol eden operatöre iletilir. Örneğin bir kazandaki suyun sıcaklığı yada seviyesi kontrol ediliyorsa sıcaklık ve seviye bilgileri sistemden anlık veya istenen periyotlarda toplanır ve kullanıcıya iletilir.

2.5.4. Bilgilerin kaydı ve saklanması

Gözetlemeli kontrol ve bilgi toplama işlevlerinden elde edilen sistem bilgileri isteğe bağlı olarak kaydedilir ve istenen şekilde ve sürede saklanır.

SCADA sistemlerinde bilgiler kontrol merkezinde bulunan bilgisayarların sabit disklerinde toplanmaktadır. Ayrıca bilgilerin güvenliği açısından yedekleri de saklanabilir. Kullanıcı tarafından saklanan bilgilerin daha sonra işlenebileceği düşüncesi ile bilgiler zaman etiketli olarak saklanabilir.

2.6. Yeni Nesil SCADA Sistemleri

Günümüz SCADA sistemleri saha iletişim yapıları ile grafik ve resim tabanlı insan-makine arayüzünden oluşan sistemler olarak tanımlanır.

SCADA sistemleri kullanılmaya başladıkları ilk zamanlardan günümüze kadar önemli değişikliklere uğramışlar ve bünyelerine birçok artı özellik katmışlardır. Bir karşılaştırma yapılırsa günümüz SCADA sistemlerinin eski nesil SCADA sistemlerine göre;

- Daha az donanım ve bakım masrafı gerektirdiği,
- Daha esnek ve kolay yenilenebilme özelliğinin olduğu,
- Daha kolay anlaşılır ve yetenekli insan-makine arayüzüne sahip olduğu görülmüştür.

Ayrıca bazı modern SCADA sistemlerinde coğrafik bilgi sistemi (Geographic Information System, GIS) yada otomatik haritalama (Automated Mapping, AM) ve

kolay yönetim (Facility Management, FM) özellikleri bulunmaktadır. Bunun yanında özellikle güvenlik işlerinde kullanılan SCADA sistemlerinde sahayı görüntülemek için video kameralar kullanılabilir. Böylece kullanıcı sistemi görsel olarak izleyebilir[3].

2.7. SCADA Sistemlerinin Uygulama Alanları

SCADA sistemlerinin günümüz endüstriyel otomasyon sistemlerinde birçok kullanım alanı vardır. Başlıcaları;

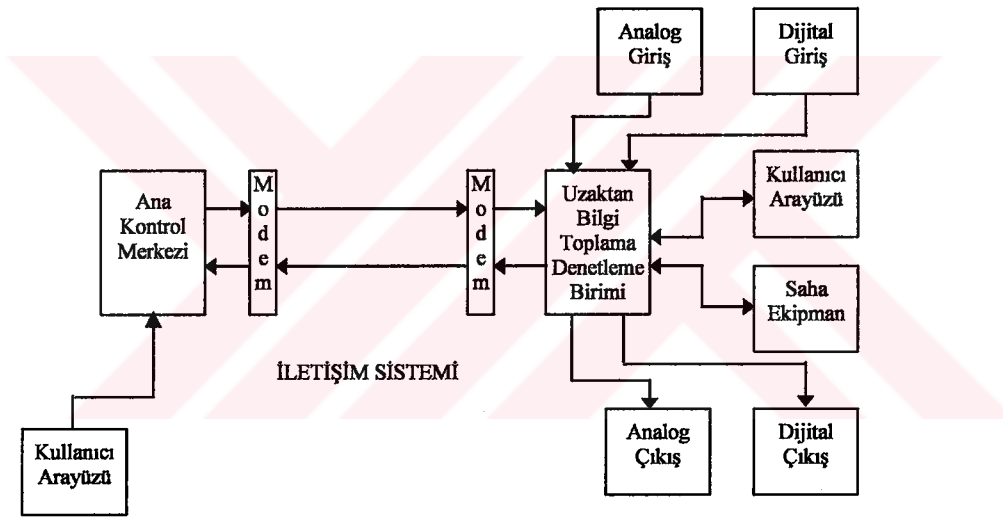
- Kimya endüstrisi
- Doğalgaz ve petrol boru hatları
- Demirçelik endüstrisi
- Elektrik üretim ve dağıtım tesisleri
- Su toplama, arıtma ve dağıtım sistemleri
- Otomotiv endüstrisi
- Gıda endüstrisi
- Trafik kontrolü
- Proses denetimi
- Erken uyarı ve güvenlik sistemleridir.

BÖLÜM 3. SCADA SİSTEMİNİN MİMARİSİ

SCADA sistemleri temelde üç ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlar ;

1. Ana kontrol merkezi (Master Terminal Unit, MTU)
2. Uzaktan bilgi toplama ve denetleme birimi (Remote Terminal Unit, RTU)
3. MTU ile RTU arasındaki haberleşmeyi sağlayan iletişim sistemidir.

Şekil 3.1’de SCADA sisteminin genel yapısı görülmektedir[4].



Şekil 3.1. SCADA sisteminin genel yapısı

3.1. Ana Kontrol Merkezi

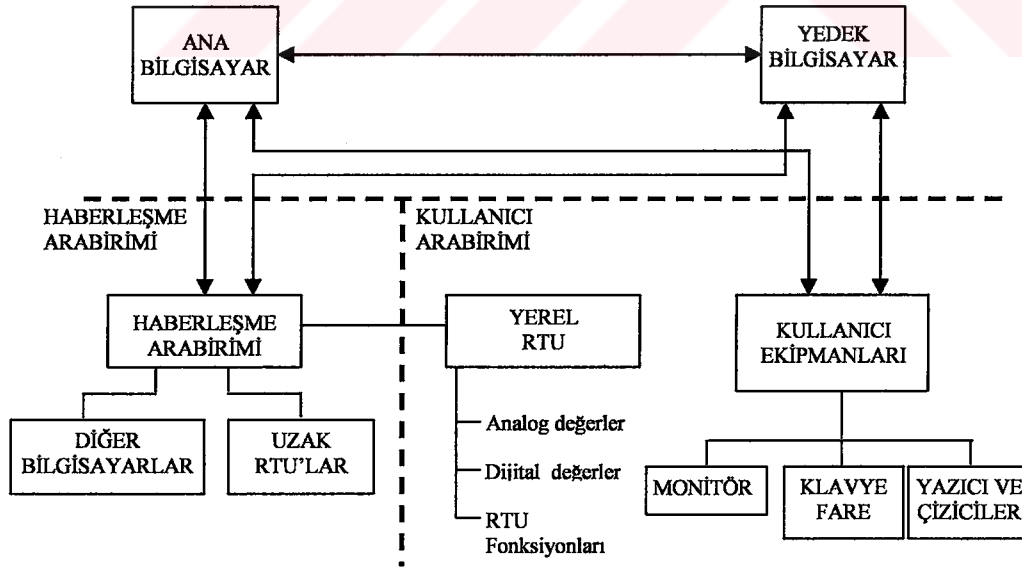
Ana Terminal Birimi ifadesi “Master Terminal Unit” kelimelerinin Türkçe’ye çevrilmesi ile elde edilmiş bir ifade olup SCADA sistemi içinde aldığı görev bakımından bu tezde Ana Kontrol Merkezi (AKM) olarak kullanılacaktır. AKM, kumanda edilen sistemdeki saha ekipmanlarının bilgisayar tabanlı bir sistemle

uzaktan izlendiği, kontrol edildiği ve yönetildiği birimdir. Kontrol edilecek sistemin istenen hedefler doğrultusunda çalışmasına ait sorumluluk AKM'ye aittir.

Şekil 3.2'de AKM'nin genel yapısı ve AKM'de bulunması gereken ekipmanlar görülmektedir[5].

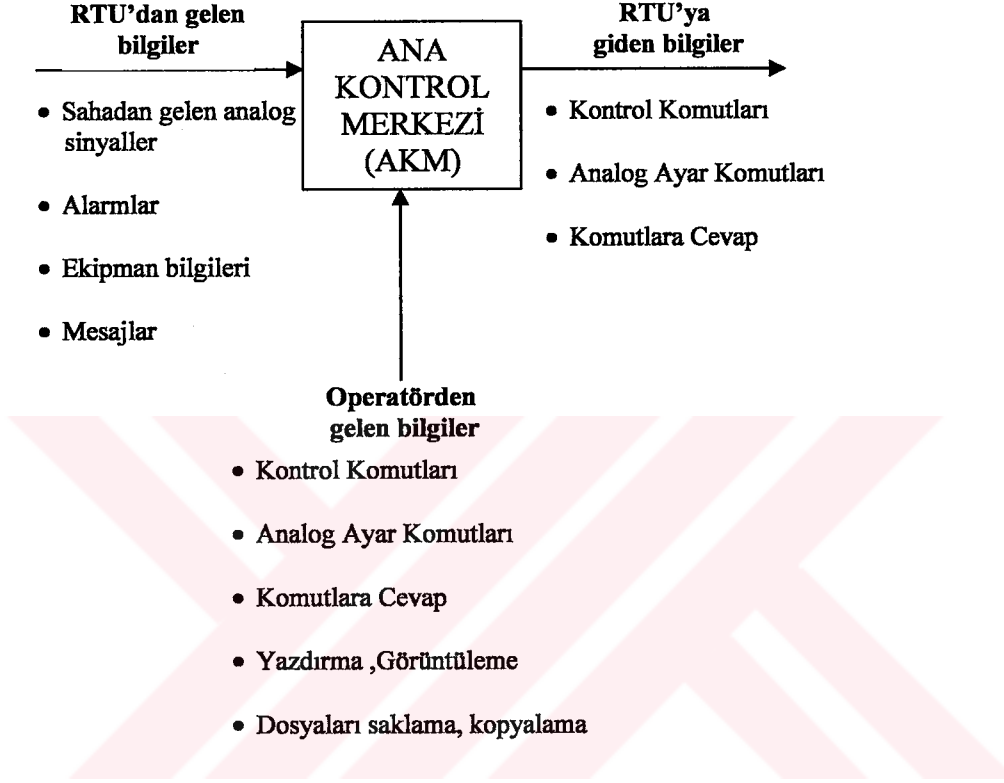
AKM, SCADA sistem mimarisi göz önünde bulundurulduğunda merkezi bir noktada yer almalıdır. Bunun nedenlerinden biri sistemdeki veri akışının mümkün olduğu kadar hızlı olması böylelikle sistem performansının artırılmasının sağlanmasıdır. Diğer bir sebep ise haberleşme açısından tasarruf ederek sistem maliyetinin düşürülmesidir.

Kontrol edilen sistemde beklenmeyen bir durum oluştuğunda, kontrol merkezi sorunu en kısa sürede düzeltmelidir. AKM'de sisteme ait kontrol noktaları ve meydana gelen arızalar ve sorunlar ile ilgili olarak rapor tutulmalıdır. Tutulan bu raporlar sayesinde gelecekte meydana gelebilecek arızalarda çözüm çok daha kısa sürede bulunabilir, ayrıca sistem performansını etkileyen olumsuzluklar çözümlenebilir.



Şekil 3.2. AKM'nin genel yapısı ve ekipmanları

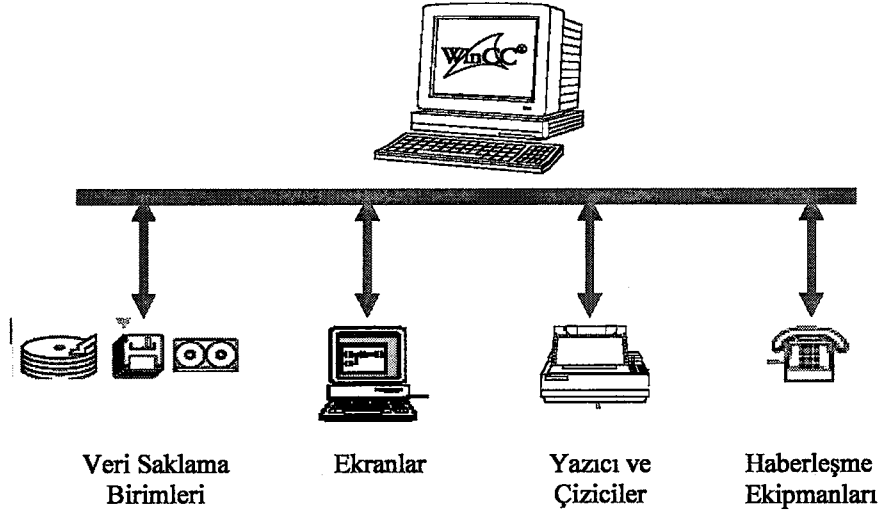
Kısaca AKM, SCADA sistemi içinde geniş bir coğrafi alana yayılmış RTU'lardan gelen bilgileri yorumlayarak kullanıcılara sunan ayrıca kullanıcının isteklerini RTU'lara ileterek merkezi kumandanın gerçekleşmesini sağlayan birimdir. AKM'ye sistem içerisindeki RTU'lardan ve sistem operatörlerinden gelen veya AKM'nin bu birimlere yolladığı bilgiler Şekil 3.3'te görülmektedir[6].



Şekil 3.3. AKM'ye gelen ve AKM'den çıkan bilgiler

Ana Kontrol Merkezi, yöneticilerin ve sistem operatörlerinin, kontrol edilen süreçteki işletim sistemini ve kontrol elemanlarını gerçek zamanlı ve görsel olarak izleyebildikleri fiziksel çevredir. Ana Kontrol Merkezi sistem içerisinde bir noktada olabileceği gibi birden fazla noktada da olabilir. Bazı sistemlerde Ana Kontrol Merkezinin altında çalışan alt kontrol merkezleri bulunabilir.

Şekil 3.4'te görüldüğü gibi bir AKM'de merkezi bilgisayarlardan başka bilgisayar terminalleri, bilgisayar ekranları, yazıcı ve çiziciler ile kesintisiz güç kaynakları vb. bulunabilir.



Şekil 3.4. AKM’de bulunan ekipmanlar

Bilgisayar terminalleri, aynı anda birden fazla kullanıcıya çalışma imkanı verirler bu terminaller sayesinde operatörler sistemi kontrol edebilir ve gerektiğinde müdahale edebilir. Bilgisayar ekranları sayesinde kontrol noktaları ve bu noktalara ait bilgiler sürekli olarak izlenebilir. Yazıcı ve çiziciler ile işletmeye ait tüm bilgiler gerektiğinde raporlar ve eğriler halinde kullanıcıya kağıt üzerinde sunulabilir. SCADA kontrol merkezinde bulunması gereken kesintisiz güç kaynaklarının amacı ise bilgisayar ve elektronik cihazlar gibi enerji kesintilerine karşı hassas olan ekipmanların korunması ve sistemin sürekli çalışır halde kalmasının sağlanmasıdır.

3.1.1. Ana kontrol merkezinin görevleri

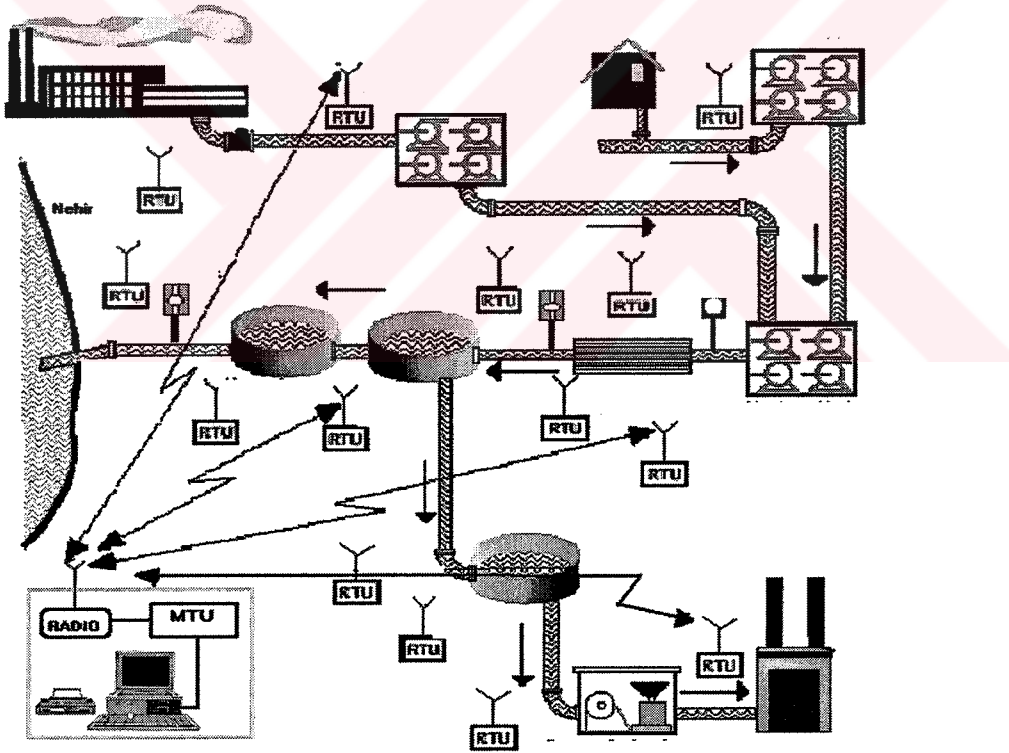
SCADA sistemi içerisinde AKM’nin görevleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- RTU’lardan bilgilerin toplanması
- Toplanan bilgilerin kullanılan yazılım programına göre işlenmesi
- İşlenen bilgilere göre operatör tarafından sisteme bilgi gönderilmesi
- Sistemde meydana gelen olayları ve verileri alarm ve eğriler şeklinde kullanıcıya sunma
- Toplanmış ve işlenmiş bilgilerin yazıcı ve çizici gibi ekipmanlar yardımı ile raporlanması

3.2. Uzaktan Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi (RTU)

Uzaktan Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi "Remote Terminal Unit" (RTU) bulunduğu uzak yerel merkezde, sistem değişkenlerine ilişkin bilgileri toplayan, depolayan, gerektiğinde bu bilgileri ana kontrol merkezine belirli bir iletişim ortamı ile gönderen, ana kontrol merkezinden gelen komutları uygulayan SCADA birimidir.

RTU, SCADA sisteminin kontrol edilecek sistemle (dış dünya ile) haberleşmesini ve bilgi alış verişini yapmasını sağlayan kısımdır. SCADA sisteminin algılama ile ilgili tüm işlevleri bu birim tarafından yapılmaktadır. Şayet SCADA sistemi içerisinde ana kontrol merkezi bir insan vücuduna benzetilecek olursa RTU'lar vücudun gözleri, kulakları ve elleri denilebilir[7]. Şekil 3.5'te örnek bir atık su arıtma tesisi otomasyonunda yer alan RTU'lar ve saha ekipmanları görülmektedir.



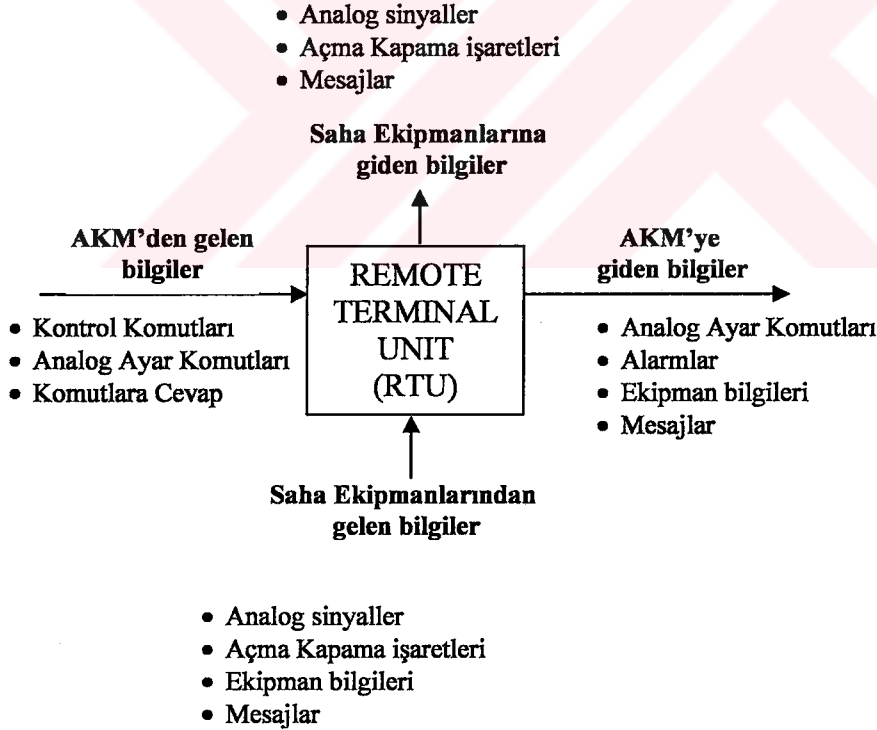
Şekil 3.5. RTU'ların örnek bir otomasyon sitemi içerisindeki dağılımı

RTU'ların kısaca görevi bilgi toplamak ve depolamak, gerekli kumanda işlemlerini gerçekleştirmektir. Böylece merkezi denetim birimlerinin başında bulunan sistem

operatörünün tüm ölçüm sonuçlarını görmesini ve gerekli komutları göndererek sistemi denetlemesini sağlar.

Fakat RTU'nun görevi sadece ölçüm yapmak ve komut uygulamak değildir. Ölçüm sonuçlarının belirli sınırlar içerisinde olup olmadığını denetleyerek aykırı yada alarm durumlarında merkezi uyararak yine bu birimin görevlerindedir. Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte RTU'nun görevleri arasına görüntüleme, arıza yeri tespiti gibi işlevlerde eklenmiştir.

RTU'lar kendilerine bağlı cihazlardan analog ve dijital verileri toplar, depolar ve gerektiğinde modemler ve iletişim hatları vasıtası ile bir iletişim protokolü çerçevesinde topladığı veya depoladığı verileri kontrol merkezine gönderir. Şekil 3.6'da RTU'ya sistem içerisindeki AKM'lerden ve saha ekipmanlarından gelen veya RTU'nun bu birimlere yolladığı bilgiler görülmektedir[6].



Şekil 3.6. RTU'ya gelen ve RTU'dan giden işaret ve bilgiler

3.2.1. RTU'ların tarihi gelişimi

RTU'ların tarihi gelişimi ele alınacak olursa günümüze kadar RTU'lar birçok aşamadan geçmişlerdir. İlk zamanlarda kontrol sistemlerinde kullanılan RTU'larda mikroişlemci bulunmuyordu, bunlar sadece ölçüm yaparak, ölçüm bilgilerini merkeze bildirmek ve merkezden gelen komutları uygulamakla görevli idiler. Fakat bu tip RTU'lar ile kontrol edilen sistemde birçok zorlukla karşılaşılıyordu. Başlıca problemler;

1-Kontrol merkezinin devre dışı kaldığı yada kontrol merkezi ile RTU'ların iletişiminin kesildiği durumlarda oluşan problemlere müdahale edilemiyordu.

2-Alarm durumlarında kontrol merkezinin karar alıp RTU'ya bilgi göndermesi belli bir süre almaktaydı. Buda çok küçük zamanların bile büyük önem taşıdığı sistemlerde bazı sakıncalara yol açmakta idi. Mikroişlemcili RTU'lar sayesinde sistemde meydana gelebilecek bir alarm durumunda anında karar verip sisteme komut gönderilebilir.

3-Mikroişlemcisiz RTU'lar ile oluşturulan SCADA sistemlerinde RTU'lar ile kontrol merkezi sürekli iletişim halinde bulunmalıdır. Bunun için böyle sistemlerde bu iki birim arasında özel iletişim hattı kullanılmalıdır.

Mikroişlemcili RTU'lar ile kontrol edilen bir sistemde ise komut gönderme, alarm durumlarının tespit edilmesi gibi işlemler direk RTU'lar üzerinden yapılabildiği için iletişim trafiği azalmıştır.

4- Mikroişlemcisiz RTU'lar karmaşık kontrol yöntemleri kullanıldığında yetersiz kalmakta idiler.

5- Mikroişlemcisiz RTU'lar ile çalışan kontrol sisteminde bütün yük ana kontrol merkezinde bulunan bilgisayar üzerinde olduğundan bu bilgisayarın çok güçlü ve özellikli olması gerekiyordu.

Görüldüğü gibi mikroişlemcisiz RTU'lar kontrolden çok veri (bilgi) toplama amacı ile kullanılmış ve üretilmişlerdir.

Mikroişlemcili RTU'lar programlanabilir cihazlar olup merkezi bilgisayarın işlem yükünün bir kısmını üzerine alarak sistem veriminin ve performansının artırılmasını sağlamıştır. Diğer avantajları ise;

1- Mikroişlemcili RTU'lar en zor ve karmaşık kontrol yöntemlerinin bile rahatça kullanılabildiği sistemler haline dönüşmüştür.

2- Mikroişlemcili RTU'lar mantıksal anlamda düşünebildiği için merkez birime gereksinim duymadan hesaplar yapabilir ve bu hesapların sonucunda sistemdeki cihazların çalışmasını denetleyecek kararlar vererek uygulayabilir. Bu da toplam sistem hızını artırır ve tepki süresini azaltır. Özellikle kalıcı arıza yada hasar yaratabilecek durumlarda acil müdahale sağlayabildiği için denetlediği cihazların güvenilirliğini sağlayacaktır.

3- Mikroişlemcili RTU'lar normalde sistemde kullanılan pek çok elektro-mekanik cihazın (kontaktör, röle, anahtar vb.) görevini üstlenmekte böylelikle sistem hem boyut, hem maliyet, hemde ölçümlerdeki hassasiyet bakımından avantaj kazanmaktadır.

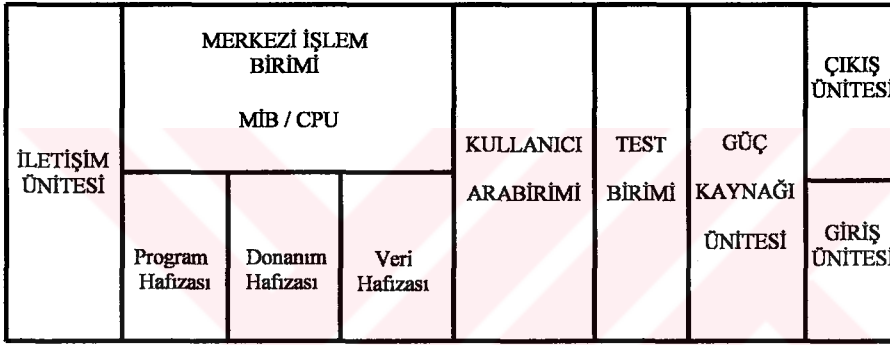
4- Merkezi işlem yükünün RTU'lara doğru kayması ile merkezin RTU'lar ile sık iletişim kurma gereksinimi ortadan kalkmış ve iletişim trafiği rahatlamıştır.

Bir SCADA sisteminde bir veya birkaç kontrol merkezi olabilirken, aynı sistem içerisinde yüzlerce RTU bulunabilir. Bu nedenle RTU'lar sistemin taşınabilirliği, güvenilirliği ve özellikle de maliyeti gibi önemli özelliklerin belirleyicisi olmaktadır. RTU'ların küçük boyutta ve kullanılacağı bölgenin özelliklerine uyum sağlayabilecek şekilde dizayn edilmeleri gerekir[8].

3.2.2. RTU'ların mimari yapısı

RTU'yu meydana getiren birimler şu şekilde sıralanabilir;

- Merkezi işlem birimi
- İletişim birimi
- Giriş çıkış birimleri
- Kullanıcı arabirimi
- Test birimi
- Güç kaynağı birimi



Şekil 3.7. RTU'nun mimari yapısı

3.2.2.1. Merkezi işlem birimi

RTU'nun bu birimi beyin görevini görmektedir ve bir RTU da muhakkak bulunmak zorundadır. Kontrol edilen sistem içerisinde RTU'nun iletişim halinde bulunduğu tüm noktalara ait veriler ve RTU'nun çalışması için sistem operatörünün gönderdiği komutlar bu birimde bulunur. RTU içerisinde bulunan merkezi işlem biriminin görevleri ;

- Giriş çıkış birimlerinden verileri toplamak ve bu verileri değerlendirmek,
- Kontrol komutlarını bu birimlere göndermek,
- İletişim birimi aracılığı ile Ana Kontrol Merkezinden gelen komutlara cevap vermek
- Sistem içerisinde gerçekleşen olayları ve alarmları hafızasında saklı tutmaktır.

3.2.2.2. İletişim birimi

RTU'nun Ana Kontrol Merkezi ve diğer RTU'lar ile iletişiminden sorumlu birimdir. Kontrol merkezinden gelen komutları değerlendirerek RTU'nun merkezi işlem birimine yada RTU'nun cevaplarını Ana Kontrol Merkezine gönderilmek üzere sistemin iletişim ortamına yollar. Bir RTU'da başka RTU'lar ile yada kontrol merkezleri ile haberleşmeyi sağlamak amacı ile birden fazla iletişim kanalı bulunmalıdır.

3.2.2.3. Giriş çıkış birimleri

Kumanda edilen sisteme ait kontrol noktalarındaki basınç, sıcaklık, seviye gibi analog değerler ile butonlar ve sınır anahtarları gibi ekipmanlardan alınan iki seviyeli (var-yok) sinyaller RTU'ya giriş birimi tarafından alınır.

Yine kontrol noktalarındaki ekipmanlara kumanda edilmesi yada değerlerindeki değişiklikler RTU tarafından çıkış birimi vasıtası ile sağlanır.

3.2.2.4. Kullanıcı arabirimi

Kullanıcı arabirimi ile SCADA sistemi içerisinde Ana Kontrol Merkezi tarafından sağlanan kullanıcıya bilgi sunma işlevi uzak merkezde RTU tarafından yapılabilmektedir.

RTU'nun bu görevi yerine getirebilmesi için kullanıcı arabiriminde sisteme ait otomatik yada elle yapılan kumandaların gerçekleştirilmesi için operatöre kontrol noktalarına ait görüntüleri sağlayacak bir bilgisayar ile sisteme ait raporların tutulabilmesi için gerekli yazıcı ve çizici gibi ekipmanlar bulunmalıdır.

3.2.2.5. Test birimi

SCADA sistemi RTU'nun fonksiyonlarını yerine getirip getirmediğini test birimi vasıtası ile gerçek zamanlı olarak izler. RTU'nun bütün birimleri test birimi

tarafından kontrol edilerek arıza olup olmadığı takip edilir. Arıza durumunda gerekiyorsa RTU'nun diğer RTU'ları etkilemeyecek biçimde sistemden izole edilme işi yine bu birim tarafından yapılır[9].

3.2.2.6. Güç kaynağı birimi

RTU'nun çalışması için gerekli enerjiyi sağlayan birimdir. Genellikle RTU'nun bulunduğu uzak merkezde hazır bulunurlar. Güç kaynağı birimi RTU'nun tüm diğer birimlerinin de enerjisini karşılar.

3.2.3. RTU'nun görevleri

SCADA sistemi içerisinde yer alan RTU'lar mikroişlemci teknolojisindeki sürekli gelişmeye paralel olarak gelişmiş, bu gelişmeler sayesinde SCADA sistemleri daha ekonomik ve performans bakımından daha verimli hale gelmişlerdir.

RTU'ların temel fonksiyonları olan bilgi toplama, depolama ile denetleme ve komutları yerine getirme özelliklerine ek olarak gün geçtikçe artan kullanıcı isteklerini karşılamak amacı ile arıza yeri tespiti ve izleme fonksiyonları eklenmiştir. Sonuç olarak RTU'ların görevlerini sayacak olursak;

Bilgi toplama ve depolama
Kontrol ve kumanda

} temel fonksiyonlar

İzleme
Arıza yeri tespiti ve izolasyon

} ek fonksiyonlar

3.2.3.1. Bilgi toplama ve depolama

Bilgi toplama ve depolama görevi RTU'nun en temel görevidir. Sistemde bulunan RTU'lar bu görevi zamanında ve hatasız yapmak zorundadır.

RTU'lar kontrol edilen sistemdeki değişik noktalardan sisteme ait analog değerleri (sıcaklık, basınç, seviye), durum bilgilerini (anahtarlar, vanalar açık-kapalı) toplarlar böylece otomasyon sistemlerinde ilk şart olan bilgi toplama işlemi gerçekleştirilmiş olur.

RTU'lar kontrol ettikleri noktalara ait verileri topladıktan sonra gerekirse kendi üzerlerindeki hafızada saklarlar ve gerektiğinde ana kontrol merkezine iletirler. Böylece verilerin depolanması görevi de RTU'lar tarafından gerçekleştirilmiş olur.

Depolama işlemi sayesinde kontrol edilen sistem içerisinde hangi olayın kaç defa gerçekleştiği kontrol merkezindeki sistem operatörü tarafından rahatlıkla izlenebilir. SCADA gibi gerçek zamanlı (real time) sistemlerin temel kullanım amaçlarından biri olan verilerin depolanması özelliği RTU'larda mutlaka bulunması gereken bir fonksiyondur.

RTU topladığı değerleri gerekirse bir ön işlemde geçirebilir. Önişlem; bilgilerin kullanıcı tanımlı hale getirilmesi olayıdır. Yani analog bir bilgi sayısal bir bilgiye çevrildikten sonra RTU'da oluşturulmuş bir veri tabanı vasıtasıyla, değere ait sınır değerlerle karşılaştırılmaya veya matematiksel bir hesaplamaya tabii tutulur. Bu işlemlerden sonra o bilginin kontrol merkezine gönderilmeye değer bir bilgi olup olmadığı da ortaya çıkar. Örneğin uzun bir süre aynı değerde seyreden bir bilgiyi her ölçüldüğünde kontrol merkezine göndererek iletişim kanalını meşgul etmektense, sadece bir değişiklik olduğunda göndermek daha mantıklı ve pratik olmaktadır. Buna İngilizce'de "Ayıklamalı Raporlama" anlamına gelen "Report by Exception" denmektedir [9].

3.2.3.2. Kontrol ve kumanda

SCADA sistemi içerisindeki RTU'ların temel fonksiyonlarından biriside kontrol ve kumanda fonksiyonudur. Örneğin kontrol edilen sistemdeki kumanda elemanlarının ve sistem ekipmanlarının uzaktan açılıp kapatılması gibi görevler RTU'lara aittir.

Kontrol; sistemde bilgilerin toplandığı noktalardeki değerlerin ayarlanan referans değerleri arasında kalmasını sağlamak, kumanda ise bu işlemi gerçekleştirebilmek için gerekli komutların Ana Kontrol Merkezinden RTU'lara gönderilmesi olayıdır.

RTU'larda herhangi bir kumanda işlemi yapılırken insan ve tesis güvenliği bakımından her türlü nlem alınmalıdır. Bu güvenliğin sağlanması için hangi kumanda işlemlerinin sistemdeki hangi operatörler tarafından yapılabileceği önceden belirlenmelidir. Böylelikle sistemde operatörler tarafından oluşabilecek hatalar minimuma indirilebilir. Bu yetkilendirme işleminin sağlanabilmesi için ise RTU ile Ana Kontrol Merkezi sürekli iletişim halinde bulunmalıdır.

3.2.3.3. Görüntüleme

RTU'nun son yıllarda popüler olmaya başlayan bir diğer görevi ise, bütün yukarıda belirtilen görevlerin doğru şekilde yerine getirildiğine ilişkin bölge operatörüne kanıt olarak görüntü sunmasıdır. Bu, diğer iki görev kadar önemli olmamakla birlikte, uzak merkez seviyesinde böyle bir işleve de zamanla gereksinim duyulmuştur. Böylece bir uzak merkezden diğer uzak merkezlere bilgi göndermek, kontrol işareti göndermek, programlama yapmak, bilgisayar teknolojisinin hızla gelişmesi ile birlikte mümkün hale gelmiştir. Burada RTU aldığı bilgileri, yapılan kumandaların sonuçlarını sadece kontrol merkezine bildirmek ve bünyesinde isteğe bağlı olarak depolamakla kalmayıp, aynı zamanda sınırlı bir veri tabanı yapısına sahip yerleşik veya portatif bir gösterim bilgisayarına da bildirmektedir. Bilgisayar yapısında yazıcı ve çizici gibi donanımlar da kullanmak mümkündür[9].

3.2.3.4. Arıza yerinin tespiti ve izolasyonu

RTU'ların temel fonksiyonlarına ek olarak geliştirilen fonksiyonlardan biriside arıza yerinin tespiti ve izolasyonu işlevidir. Bu zellik SCADA sistemi için oldukça önemli bir fonksiyon olmasına karşılık günümüzde kullanılan bütün RTU'larda bulunmamaktadır.

Bu fonksiyonun RTU tarafından gerçekleştirilebilmesi için RTU'da arıza algılama modülü bulunmaktadır. Bu modül vasıtası ile arıza algılanmakta ve RTU'ya bildirilmektedir. Klasik yöntemlerle arıza yerinin bulunmasının ve izolasyonunun sistem işleyişi bakımından çok uzun süre aldığı bilinmektedir. Bu geliştirilen fonksiyon sayesinde bu süre 1-10 sn kadar kısa bir süreye indirilebilmekte böylelikle arıza yerinin tespiti ve izolasyonu sistemde kayıpsız ve ekonomik olarak halledilebilmektedir.

3.3. Programlanabilir Mantıksal Denetleyiciler

Programlanabilir Mantıksal Denetleyiciler (Programlanabilir Lojik Kontrolör, PLC) endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçekleştirmeye uygun yapıda giriş-çıkış birimleri ve iletişim arabirimleri ile donatılmış, kontrol yapısına uygun bir sistem programı altında çalışan endüstriyel bir bilgisayardır.

PLC, bir makineyi veya bir sistemi kendi analog ve/veya dijital giriş-çıkış modülleri ile mantıksal kontrol,zamanlama,sayma,aritmetik işlem yapma gibi fonksiyonlarıyla kontrol etmek amacına yöneliktir.

Endüstriyel uygulamaların her alanında yapılan genel amaçlı kumanda ve otomasyon çalışmalarının bir sonucu olan PLC tekniği, kullanıcılara her türlü çözümü getiren komple bir teknoloji alt grubudur. Endüstriyel kontrolün gelişimi PLC'lerin gerçek yerini belirlemiştir.

İlk önce analog kontrolle başlayan, elektronik kontrol sistemleri zamanla yetersiz kalınca yerlerini dijital sistemlere bırakmak zorunda kalmışlardır. Dijital sistemlerin zamanla hızlanması ve birçok işlemi çok küçük bir hacimle gerçekleştirebilmeleri onları daha da aktif hale getirmiştir. Fakat esas gelişim programlanabilir dijital sistemlerin ortaya çıkması ve mikroişlemcili kontrolün aktif kullanıma geçirilmesidir.

3.3.1. PLC'nin tarihi

Endüstriyel tesislerde kontrol sistemlerinin ilk kullanılışı 19. yüzyıl sonlarına doğru olmuştur. Bu yıllarda montaj hatlarının çeşitli kısımlarının otomasyonu için, özel olarak tasarlanmış mekanik düzenler kullanılmıştır. 1920'li yıllardan itibaren ise röleler ve kontaktörler kullanılmaya başlanmış ve böylece kontrol sistemlerinde şüphesiz daha ileri bir düzeye ulaşmıştır. Rölelerin ömürlerinin uzun olmaması ve çalışma frekanslarının sınırlı olması gibi nedenler anahtarlama elemanı olarak kullanılabilen yeni elemanlar arayışını doğurmuş ve 1950'li yıllarda germanyum transistörler uygulamalara girmiştir. Daha sonraki aşama, 1970'li yıllarda, ayrık elemanların yerini entegre devrelerin alması ile gerçekleşmiş ve böylece çok daha kompleks kontrol sistemlerinin tasarlanması mümkün olmuştur. PLC'lerin tarihçesi ise 1968 yılına, General Motors firmasının esnek olmayan ve maliyeti yüksek röleli sistem yerine kullanılabilen bilgisayar temelli, esnek ve endüstrinin mühendisleri tarafından kolayca programlanabilecek bir kontrol sisteminin tasarım kriterlerinin belirlenmesine kadar geri gider. Sonuç olarak ortaya çıkan cihazlar, sadece rölelerin yerini almaktan çok öteye gidebilmelerine rağmen uygulama alanları, tekrarlı işlemler yapan makine ve süreçlerle sınırlı kaldı. Çünkü bunlar sadece on-off kontrol yapabilecek yetenekte idiler.

1970-1974 yılları arasında mikro işlemci (microprocessor) teknolojisindeki ilk gelişmelerle birlikte programlanabilir kontrollerin esnekliği ve akıllılığı daha da arttı. Operatörle etkileşim, aritmetik işlem, veri üzerinde işlem ve bilgisayarlarla iletişim gibi yetenekleri PLC'lerin uygulama alanlarını genişletti. Cihazların bir ekran (display) aracılığı ile alışlagelmiş röle sembolleri kullanılarak kolaylıkla programlanabilmeleri mümkün oldu. Aritmetik işlem yeteneği ve daha gelişmiş komut kümeleri PLC'lerin, nümerik bilgi veren sensörlerle (algılayıcı) doğrudan kullanılabilmesini ve bunlardan gelen verilere dayalı mantık ve sıralama işlemlerinin yapılabilmesini sağladı.

1975-1979 yılları arasında ise gerek donanım gerekse yazılım açısından yeni ilerlemeler kaydedildi. Bunlar arasında daha yüksek hafıza kapasitesi, ve analog bilgi işleme yeteneği sayılabilir. Daha yüksek hafıza, daha yüksek ve karmaşık uygulama

programlarının kullanılabilmesine olanak sağladı. Analog kontrol kolaylığı ise on-off kontrolünün sadece bir değerde çalışma veya durdurma gibi büyük bir eksikliğini ortadan kaldırdı ve analog verilerin doğrudan PLC ye verilmesi ile analog kontrolün PLC içerisinde on-off kontrolle etkileşimli bir şekilde yapılabilmesini sağladı.

Donanımda kaydedilen bu gelişmelere paralel olarak analog ve konumlandırma kontrolü gibi yeteneklerin kolaylıkla kullanılabilmesini sağlayacak programlama dillerinde hızlı ilerlemeler kaydedildi.

1980'li yıllarla birlikte PLC'lerin daha hızlı tarama yapılabilmesi, çok az sayıda röle kullanılan sistemlerin yerlerini alabilecek düşük fiyatlı PLC'lerin (compact PLC) retilmesi, PID gibi kontrol yöntemlerinin uygulanabilmesi, sistemdeki değişkenlerin ölçülmesinde kullanılan sensörlerinin direkt PLC'ye bağlanabilmeleri ve PLC'lerin ortak bir veri yolu ile birbirine bağlanabilmeleri gibi bir çok gelişme gerçekleştirilmiştir.

3.3.2. PLC'lerin genel kullanım amacı

Genel olarak PLC, endüstri alanında kullanılmak üzere tasarlanmış dijital prensiplere göre yazılan fonksiyonu gerçekleştiren, giriş-çıkış birimleri sayesinde sistemle veri alişverişinde bulunan, içerisinde barındırdığı zamanlama, sayma, saklama ve aritmetik işlem fonksiyonları ile genel kontrol sağlayan elektronik bir cihazdır.

PLC, kontrol edilen sistemde meydana gelen fiziksel olayları çeşitli ölçüm cihazları ile belirleyerek gelen bilgileri kullanıcının önceden yazmış olduğu programa göre değerlendirir ve değerlendirme ile ortaya çıkan sonuçları kumanda ettiği elemanlar aracılığı ile sisteme yansıtır.

Sistemden gelen bilgiler çalışma anında meydana gelen değişimlerin elektriksel sinyallere dönüştürülmüş halidir. Bu bilgiler analog yada dijital olabilir. Gelen bilgi analog ise gelen değerin belirli bir aralığı için, dijital ise sinyalin olması yada olmamasına göre sorgulama yapılır.

PLC ile sadece bir makine kontrolü yapılabileceği gibi, bir fabrikanın komple kumandası da gerçekleştirilebilir. Aradaki fark sadece kullanılan kontrolörün kapasitesidir.

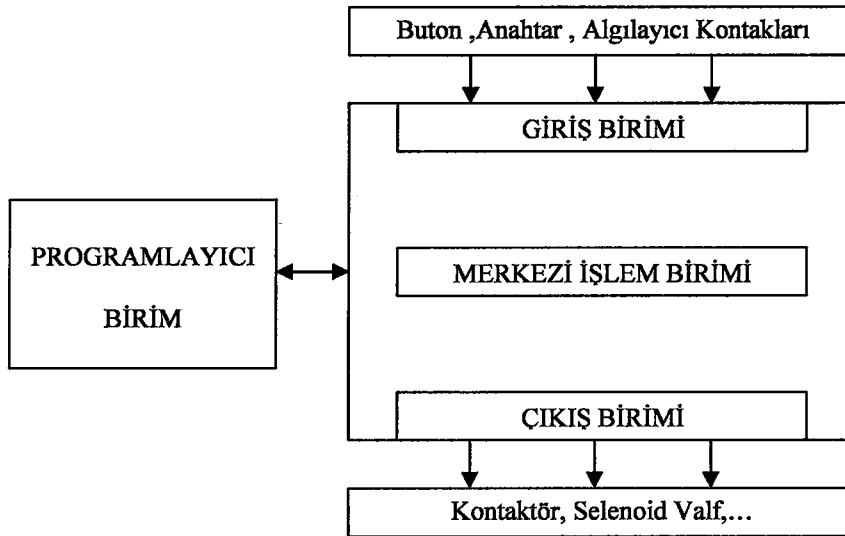
PLC'ler bugün akla gelebilecek her sektörde yer almaktadır. Kimya sektöründen gıda sektörüne, üretim ve dağıtım hatlarından depolama sistemlerine, marketlerden bina otomasyonuna kadar çok geniş bir yelpazede kontrol sistemlerinin vazgeçilmez elemanları olmuşlardır.

3.3.3. PLC'lerin temel yapısı

Bir PLC temel olarak;

- 1- Güç kaynağı
- 2- Merkezi işlem birimi
- 3- Giriş çıkış birimleri
- 4- Programlayıcı birim

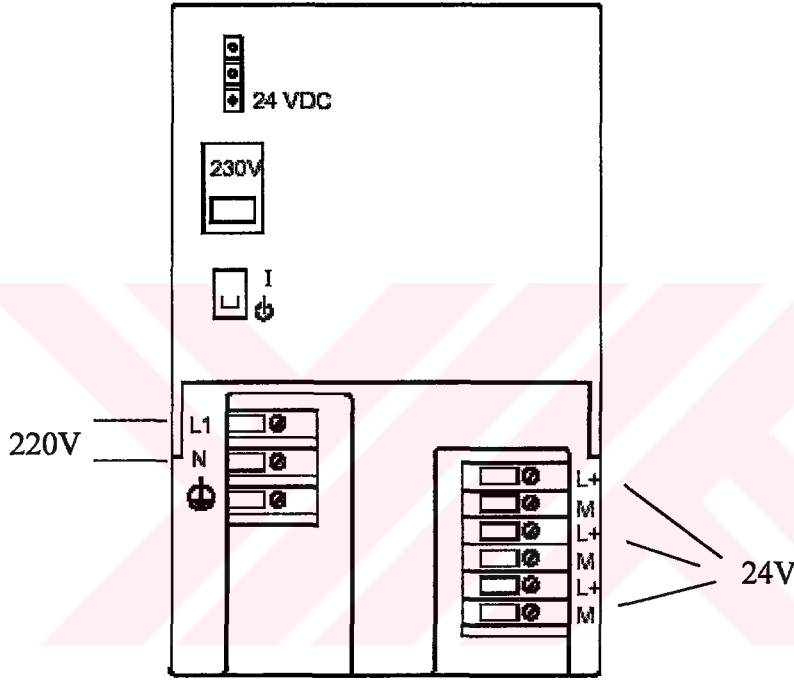
olmak üzere dört ana birimden oluşur. Şekil 3.8'de PLC'nin temel yapısı görülmektedir.



Şekil 3.8. PLC'nin temel yapısı

3.3.3.1. Güç kaynağı birimi

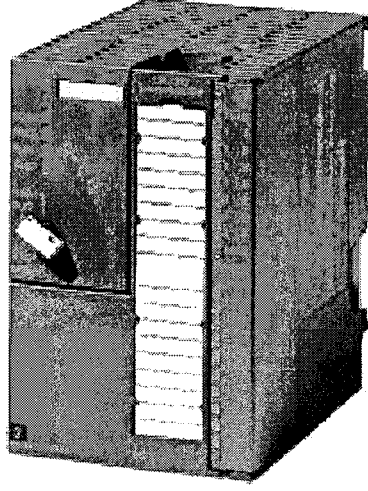
Bu modül PLC'nin çalışması için gerekli enerjinin sağlanması ile ilgilidir. Dış kaynak beslemelerini PLC'nin iç gerilim seviyelerine indirirler. PLC'nin kumanda edeceği sisteme göre güç kaynağının çıkış akımı değişik değerlerde seçilebilir. Şekil 3.9'da Mekatronik Mühendisliği proses laboratuvarına kurulan prototip sistemde kullanılan PLC güç kaynağı modülü görülmektedir.



Şekil 3.9. SIEMENS PS 307 PLC güç kaynağı modülü

3.3.3.2. Merkezi işlem birimi

Merkezi İşlem Birimi (Central Proseses Unit) PLC'nin beyni olarak düşünülebilir. Bu birim kumanda edilen sisteme ait yazılımın saklandığı ve işlendiği kısımdır. Şekil 3.10'da uygulamada kullanılan PLC'nin merkezi işlem birimi görülmektedir.



Şekil 3.10. SIEMENS CPU 312 IFM merkezi işlem birimi

3.3.3.3. Giriş-çıkış birimi

Kontrolü gerçekleştirilen sistemden gelen bilgilerin veya sisteme gönderilen bilgilerin toplandığı kısımdır. Gelen veya gönderilen bilgilerin cinsine göre ikiye ayrılır.

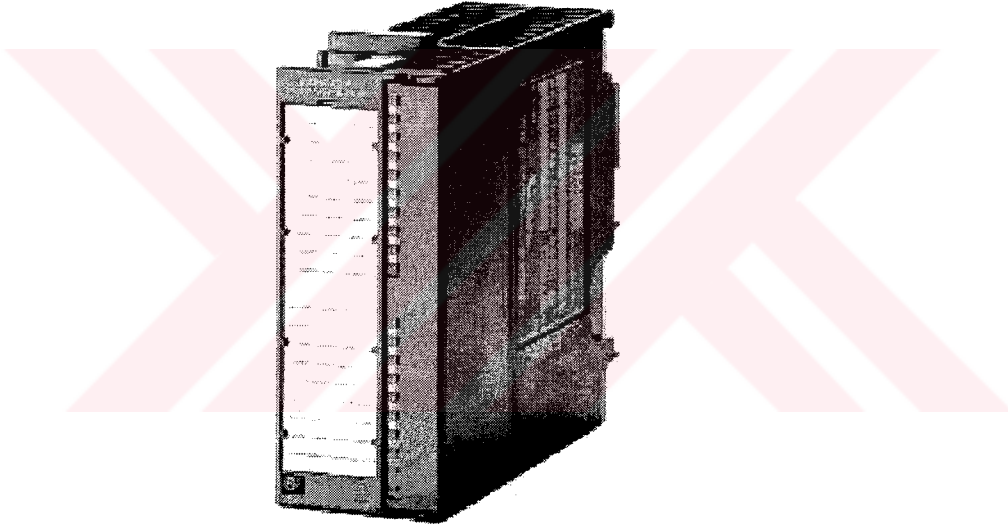
3.3.3.3.1. Dijital giriş-çıkış birimleri

PLC'nin giriş bilgileri kontrol edilen ortamdan yada makineden gelir. Gelen bu bilgiler içinde PLC tarafından var yada yok (1-0) şeklinde algılanan sinyaller sistemin dijital girişlerini oluşturur. Dijital giriş birimleri fark etmeleri gereken olay gerçekleştiğinde PLC'nin ilgili giriş bitini "0" sinyal seviyesinden "1" sinyal seviyesine çıkarırlar. Böylece PLC'nin sistemde gerçekleşen olaylardan haberdar olması sağlanır.

PLC'nin sistemdeki bir ekipmana binary olarak müdahale edeceği zaman kullandığı birim dijital çıkış birimidir. Dijital çıkış modülünün herhangi bir çıkışının "set" edilmesi ile sistemde o çıkışa ait ekipman çalıştırılabilir yada durdurulabilir. Bu ekipman bir lamba bir röle yada kontaktör olabilir. Uygulama örneğinde kullanılan PLC'ye ait dijital giriş-çıkış birimi merkezi işlem birimi modülüne entegredir.

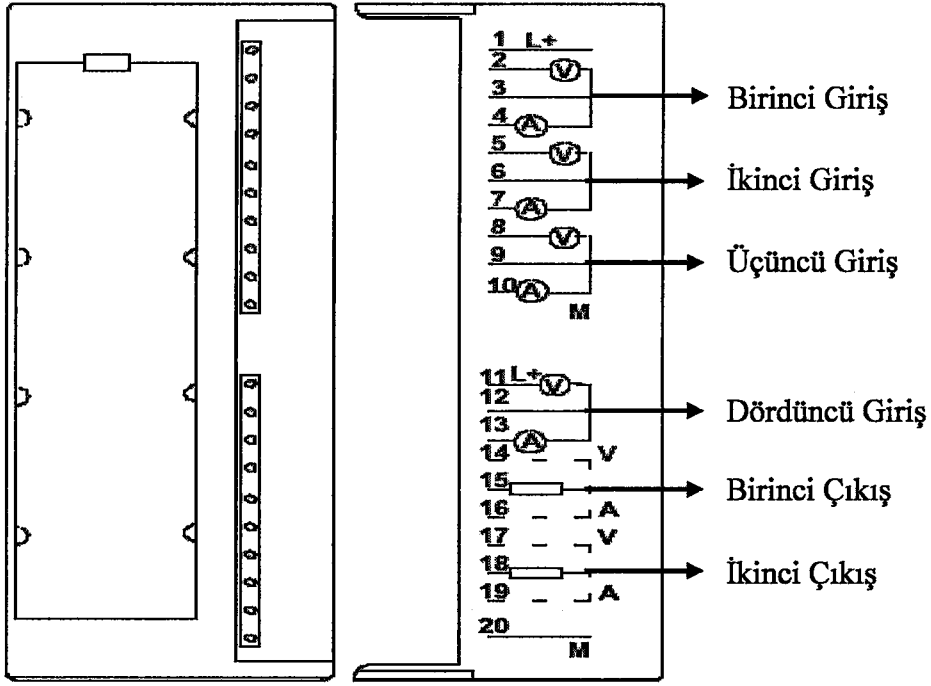
3.3.3.3.2. Analog giriş çıkış birimleri

Kumanda edilen sistemde her zaman sinyallerin varlıklarına yada yokluklarına göre kontrol algoritması üretilmez. Örneğin bir sıcaklık yada seviye değeri dijital olarak sorgulanabilir ancak bu değer net bir şekilde belirlenmesi dijital giriş birimleri ile mümkün olmaz. Böyle durumlarda analog olarak yapılan kontrol devreye girer. Analog değer kullanımında alt sınır ve üst sınır değerleri arasında kalan bölgede kontrol yapılır. Bu kontrollerin yapılması PLC'nin analog giriş-çıkış modülü sayesinde olur. Analog giriş modülü sistemden gelen analog bilgiyi dijital değerlere dönüştürerek merkezi işlem birimine aktarır. Şekil 3.11'de uygulamada kullanılan analog giriş çıkış modülü görülmektedir. Bu modülün bağlantı şekli ise Şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.11. SIEMENS SM334 analog I/O modülü

Analog çıkış birimi sisteme analog sinyal seviyelerine göre müdahale edilmesinin gerektiği durumlarda kullanılır. Bu modül ile sistemdeki bir eleman 0-10V yada 4-20mA aralıklarındaki çıkışlar ile oransal olarak kontrol edilebilir. Bir PLC'nin performansı işleyebildiği analog değer ile orantılıdır.



Şekil 3.12. SIEMENS SM334 analog I/O modülü bağlantı şekli

3.3.3.4. Programlayıcı birim

Bütün PLC'ler bir programlayıcı birim aracılığı ile programlanır. Programlayıcı birim; kumanda devresine ilişkin programın yazılması, PLC'ye aktarılması yada PLC deki programın alınması ve yeniden düzenlenmesi gibi amaçlar için kullanılan bir el programlayıcısı yada kişisel bir bilgisayarda çalışan yazılım olabilir. Her PLC üreticisi firma kendi PLC'lerini programlayabilecek bir yazılım üretmişlerdir.

3.3.4. PLC seçerken dikkat edilecek hususlar

Bir otomasyon sistemi kontrol edilirken sistemde kullanılacak olan PLC'nin kullanılış amacına göre bazı özelliklere sahip olması beklenir. Küçük bir uygulama için çok giriş-çıkışlı, yada sadece anahtarlamalı çıkışların kullanılacağı sistemlerde analog giriş çıkış birimine sahip PLC'lerin kullanılması kurulacak sistem maliyetinin artmasına sebep olur. Kontrol edilecek bir sistem için PLC seçiminde aşağıda belirtilen hususlara dikkat etmek gerekir;

- Giriş-çıkış(I/O) sayısı ve özellikleri,
- Program ve veri belleği kapasitesinin büyüklüğü,
- Komut işleme hızı,
- Zamanlayıcı ve sayıcı sayısı,
- Gerçek zaman saatinin bulunması,
- İletişim olanakları,
- Matematiksel işlem yeteneğinin olması,
- Program yedekleme olanağının bulunması.

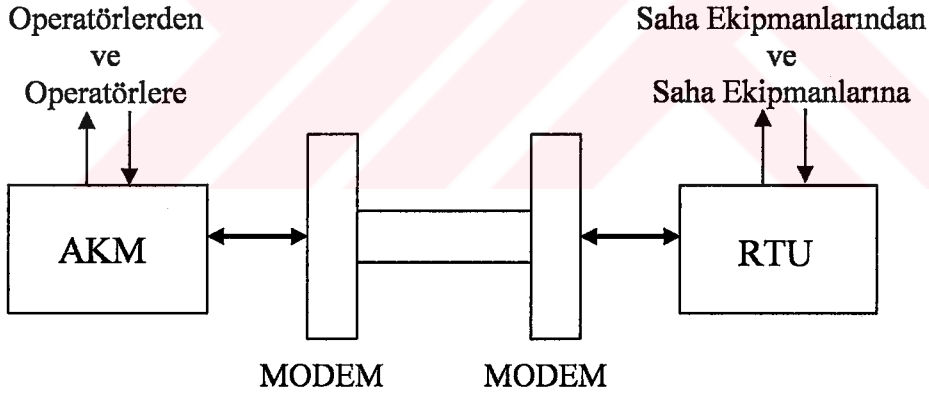


BÖLÜM 4. İLETİŞİM SİSTEMİ

İletişim, genel anlamda bir haberin veya veri sinyalinin bir noktadan diğer bir noktaya aktarılması olayıdır. Bir iletişim sistemi temel olarak üç bileşenden oluşmuştur. Bunlar;

- 1-Veriyi gönderecek ve alacak birimler,
- 2-Bu birimler arasındaki iletişim yolu veya ortamı,
- 3-Verileri iletişim ortamında hareket edebilecek forma sokan ve iletişim sonunda tekrar iletildiği ortamdaki ekipmanın anlayabileceği forma sokan cihazlar.

Şekil 4.1’de iletişim sisteminin temel yapısı ve elemanları görülmektedir.



Şekil 4.1. İletişim sistemi temel yapısı ve elemanları

4.1. SCADA Sisteminde İletişim

Bir SCADA sisteminin verimli olarak çalışması için kullanılan iletişim sistemi çok önemlidir. SCADA sisteminde iletişim olanakları sistemin performansına doğrudan etki eder. Bir iletişim sistemi ne kadar hızlı ve güvenilir ise SCADA sistemi o kadar başarılıdır. SCADA sistemi mimarisinde yer alan AKM ve RTU’lar ne kadar

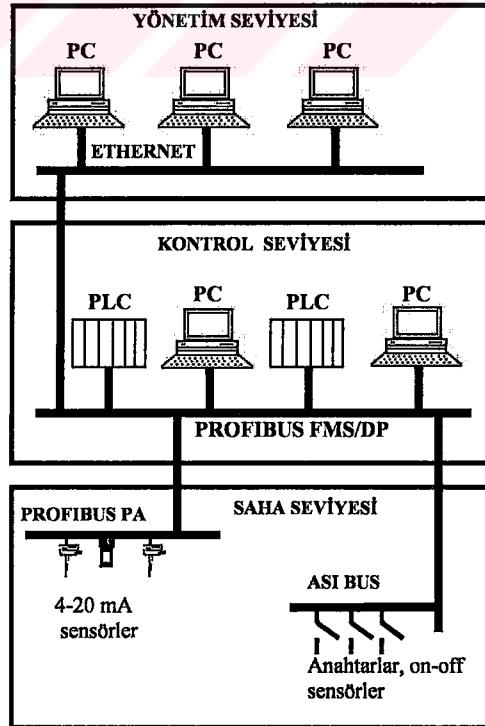
gelişmiş olurlarsa olsunlar aynı teknik gelişim iletişim sistemine yansımazsa büyük hızda ve miktarlarda toplanan verilerin iletilmesi mümkün olmaz.

Bir SCADA sisteminin verimli olarak çalışabilmesi için sistemde kullanılan iletişim sisteminin şu özelliklere sahip olması gerekmektedir.

- İletişim sistemi güvenilir olmalı,
- İletişim sisteminin maliyeti düşük olmalı,
- İletişim sistemlerinde kullanılacak tüm fonksiyonlara sahip olmalı,
- Kullanılan iletişim sistemi her türlü ortamda çalışabilmelidir.

4.2. Saha Haberleşme Veri Yolu (FIELDBUS) Sistemleri

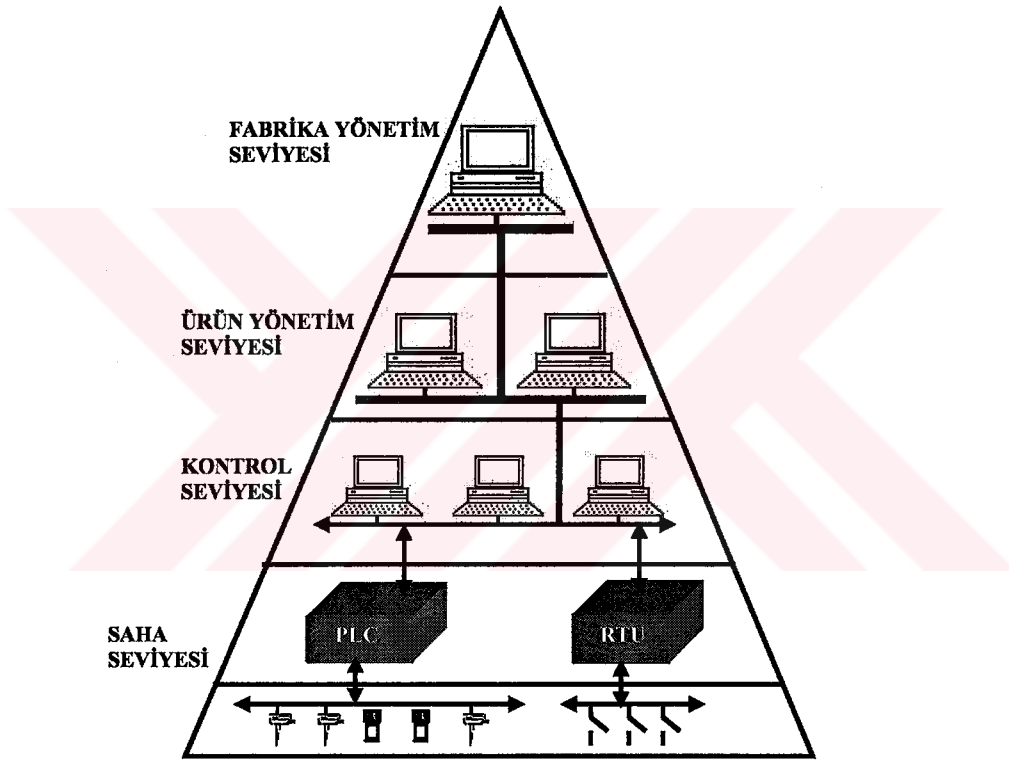
Fieldbus (saha haberleşme veri yolu) Şekil 4.2'deki yapının en alt seviyelerine denk gelen ve şu anda kullanılan 4-20mA standardı yerinde kullanılabilen algılayıcı (sensör) ve aktuatör gibi saha birimleriyle kontrol birimleri (PLC-PC) arasında sayısal ve çift yönlü iletişim olanağı sağlayan bir haberleşme altyapısıdır.



Şekil 4.2. Haberleşme yapısı

Fieldbus daha çok bir otomasyon sisteminin kontrol seviyesinin haberleşmesi için kullanılır. Fakat bunun yanında üretim otomasyonu, denetleme ve veri tabanı oluşturma amacı ile kurulan üst seviye iletişim ağlarına da bağlanma olanağı sağlar.

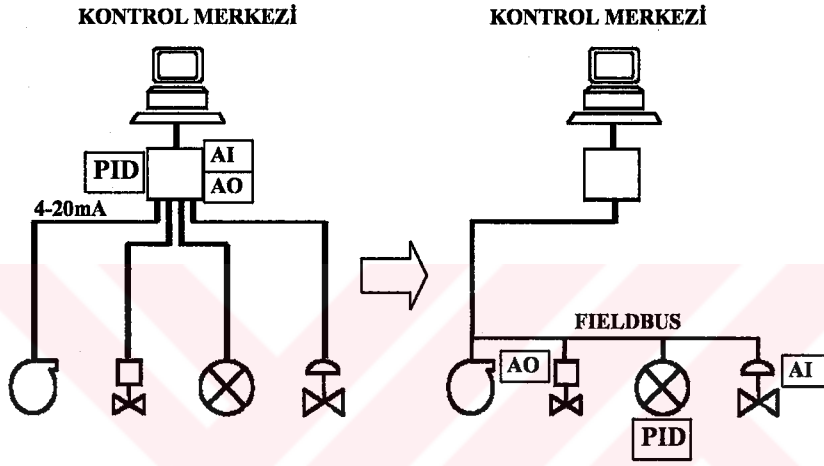
Şekil 4.3'te görüldüğü gibi fabrika ve imalat sektöründe, gereksinimleri aynı olmayan veri işlemeyle ilgili olaylar farklı seviyeleri oluştururlar[10]. Yönetim seviyesinde megabyte lar derecesinde veriler bulunur, ama bu seviyede cevap zamanı çok kritik değildir. Çünkü bu seviyedeki veri işleme zamanı, birkaç dakikadan saatlere, hatta günlere kadar bir aralıkta değerler alabilir.



Şekil 4.3. Otomasyon sistemlerinde yönetim seviyeleri

Bilgisayar destekli üretim (Computer Integrated Manufacturing, CIM) yapısında veri miktarı ile cevap zamanı arasındaki ilişki, seviyeleri ortaya çıkarır. Ofis ortamından saha seviyesine doğru inilirken veri miktarı ve iletim zamanı değerleri azalmakta iken buna ters olarak birbiri ile haberleşen ekipman sayısı artmaktadır. Yönetim seviyesinde cevap süresi saatler alırken saha seviyesinde mili saniyeler seviyesindedir.

Günümüz otomasyon sistemlerinde sayısal denetim teknolojisinin gelişmesi ve maliyetlerinin düşmesi sonucu fieldbus yapısı içinde kullanılan ekipmanlar akıllı (intelligent) hale gelmişlerdir. Örneğin sahada kullanılan ölçüm araçları sadece ölçüm değil aynı zamanda haberleşme ağına direk bağlanarak diğer birimlerle haberleşebilmekte, kontrol gözlemlene gibi fonksiyonları yerine getirebilmektedir (Şekil 4.4). Bu sayede hem sistem operatörü saha ekipmanlarına kolayca ulaşabilmekte hem de saha ekipmanlarının birbirleri ile haberleşmesi sağlandığı için dağıtılmış denetim daha iyi yapılabilmektedir.



Şekil 4.4. Fieldbus yapısı ve öncesi

Bugün birçok üretici firma ve organizasyon tarafından hat uzunluğuna ve veri taşıma kapasitesine göre fieldbus haberleşme sistemi üretilmiştir. En çok kullanılan fieldbus yapıları Tablo 4.1’de verilmiştir

Tablo 4.1. Fieldbus çeşitleri

Fieldbus’ın Adı	Fieldbus’ın Adı	Fieldbus’ın Adı
Profibus	Device-Net	JETWay-R
FIP	AS-I	LinkBus
CAN	Sysmac	Spabus
Modbus	Arcnet	Partnerbus
Bitbus	Melsec	IsiBus

Herhangi bir marka fieldbus haberleşme sisteminin sahip olması gereken temel özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- 4-20mA analog akım standardının tüm özelliklerini taşımalı,
- Saha ekipmanları için, kontrol, alarm, trend gibi temel fonksiyonları gerçekleştirebilmeli,
- Farklı üreticiler tarafından üretilen saha ekipmanlarının aynı saha veri yoluna sorunsuz bağlanabilmesini sağlayabilmeli.

Bir otomasyon sisteminde kullanılan Fieldbus'ın sisteme getirdiği yararlar;

- Kablolamadan büyük tasarruf,
- Hızlı montaj ve devreye alma,
- Sistem üretim ve performans artışı,
- Kolay arıza takibi,
- Kolay ve ucuz genişletilebilirliktir.

4.2.1. Fieldbus sistemlerinde açıklık politikası

Günümüze kadar üretilen fieldbus'larda açık sistem terimi göz önünde bulundurularak tasarımlar ISO/OSI standartlarına uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Açık sistem ifadesi ile anlatılmak istenilen, bu şekilde üretilen bir fieldbus'ın herkesin elde edebileceği ve uyabileceği temel özelliklere sahip olması ve aynı haberleşme ağı üzerinden değişik firmalara ait ürünlerin haberleştirilebilmesidir.

Buna karşın bazı firmalar sadece kendi ürettikleri ekipmanların haberleşmesini sağlayan fieldbus yapıları oluşturmuşlardır. Bu tip yapılar kapalı sistemler olarak ifade edilirler. Tablo 4.2'de günümüz otomasyon sistemlerinde kullanılan açık sistem ve kapalı sistem fieldbus yapılarına örnekler verilmiştir.

Tablo 4.2. Bazı açık ve kapalı fieldbus sistemleri

AÇIK SİSTEMLER	KAPALI SİTEMLER
Device-Net	Sysmac (OMRON)
Interbus-S	JETWay-R (Jetter)
Profibus FMS-DP	LinkBus (Allen Bradley)
AS-I	Melsec (Mitsubishi)

4.2.2. Fieldbus çeşitleri

Günümüzdeki fieldbus pazarı, endüstriyel haberleşme standartlarını aygıtların kullandıkları ortalama paket boylarına göre katmanlar halinde sınıflara ayırmıştır. Katmanlarda kullanılan veri miktarı, iletişim mesafesi ve veri yoluna bağlanabilen giriş çıkış sayısı bu sınıflandırmanın oluşturulmasında temel unsurlardır. Bu özelliklere göre fieldbus sistemleri çeşitlilik gösterir.

4.2.2.1. AS-I Haberleşme sistemi

İngilizce “Actuator Sensor Interface” kelimelerinin ilk harflerinden oluşan AS-I haberleşme sistemi giriş sinyalleri ile çıkış elemanlarının birbiri ile bağlanarak bir şebeke oluşturdukları alt seviyeli bir haberleşme sistemidir. Mevcut bir haberleşme sisteminin tamamlayıcısı olarak düşünülebilirler. Özel yassı bir kablo ve buna takılan bir bağlantı elemanı ile sistemin oluşturulması, devreye alınması, sonradan eleman eklenip çıkarılması oldukça basit bir yapıdadır.

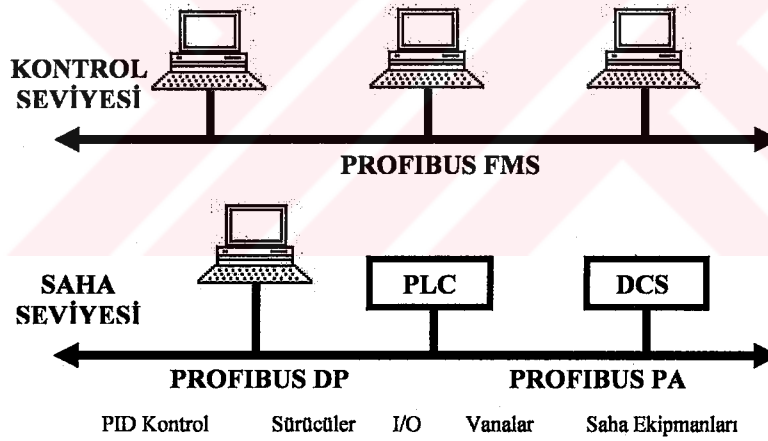
Bir CPU'nun AS-I ile haberleşebilmesi için AS-I master AS-I slave'lerin kullanılması gereklidir. AS-I master, CPU montaj rayına takılan AS-I haberleşme işlemcisidir.

AS-I hattına bağlanan sensör veya ekipmanların, master tarafından yapılan bildirimleri anlamaları ve verilerini master'a iletebilmeleri için AS-I slave'ler

200 metredir. Fakat bu mesafe çoklayıcılar (tekrarlayıcı) ile 1 Km (1000m) ye kadar çıkarılabilir[11].

Profibus DP (Decentral Periphery); sensörler, aktuatörler, sürücüler gibi saha ekipmanları ile PLC, PC, DCS gibi merkezi kontrol cihazları arasındaki hızlı veri transferi için tasarlanmıştır. İletilen verinin büyüklüğü profibus FMS'e göre küçüksede veri hızı 12 Mbit/sn'ye kadar çıkabilmektedir. Hat uzunluğu 200 metreye kadar olabilir ve çoklayıcılar ile 1000 metreye kadar çıkabilir.

Profibus PA (Process Automation); süreç denetimi için kullanılan profibus PA basınç, seviye, sıcaklık sensörleri gibi saha ekipmanları ile kontrol ekipmanları arasındaki bağlantının oluşturulması için kullanılır. Temel özellikleri profibus DP ile aynı olmakla beraber profibus PA yanıcı, patlayıcı özellikleri bulunan tehlikeli sahalarda güvenle kullanılabilir.



Şekil 4.6. Profibus çeşitleri ve kullanım seviyeleri

4.2.2.3. Interbus

Interbus saha veri yolu çeşidi 1987 yılında açık sistem olarak dizayn edilmiş iletişim teknolojisidir. Interbus haberleşme sisteminde verilerin gönderildiği ve alındığı hat tüm saha ekipmanları içerisinde tek bir kablo ile geçer. Interbus saha veri yoluna toplam 256 adet ekipman bağlanabilir.

Interbus'taki uç uca bağlantı sayesinde her bağlantı elemanı bir tekrarlayıcı görevi üstlenmektedir. Böylece interbus saha veri yolunda iki ekipman arasında 400m ve toplamda 13 kilometrelik bir hat boyunca haberleşme gerçekleştirilebilmektedir.

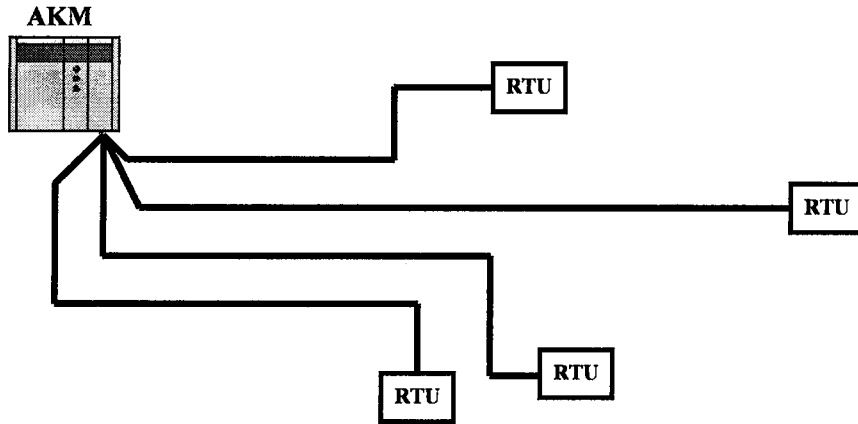
4.3. Ağ Yapılarına Göre İletişim Şekilleri

SCADA sistemi içerisinde kullanılan ağ yapıları uzak uç birimlerin (RTU) ve kontrol merkezinin birbirlerine bağlanma biçimine göre çeşitlilik gösterir.

4.3.1. Yıldız tipinde bağlantılar

Yıldız tipindeki ağ yapısında kontrol, kumanda, ve depolama işleri tek kontrol merkezi tarafından gerçekleştirilir. Her birim için ayrı bir haberleşme hattı kullanıldığı için herhangi bir birimde meydana gelebilecek arıza diğer birimlerin çalışmasını etkilemez. Fakat ayrı hatların kullanılması kablolamadan dolayı sistem maliyetini artırır.

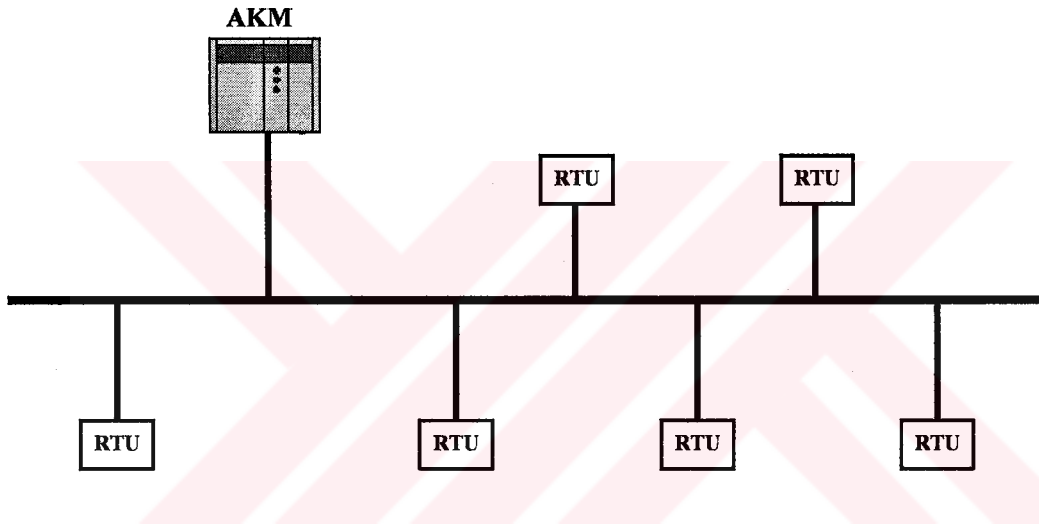
Bu ağ yapısında tek kontrol merkezi bulunduğu için kontrol merkezinde meydana gelebilecek bir arıza sistemin çalışmasını durdurur. Şekil 4.7'de yıldız tipindeki ağ yapısının şekli görülmektedir.



Şekil 4.7. Yıldız tipindeki ağ bağlantısı

4.3.2. Bus tipinde bağlantılar

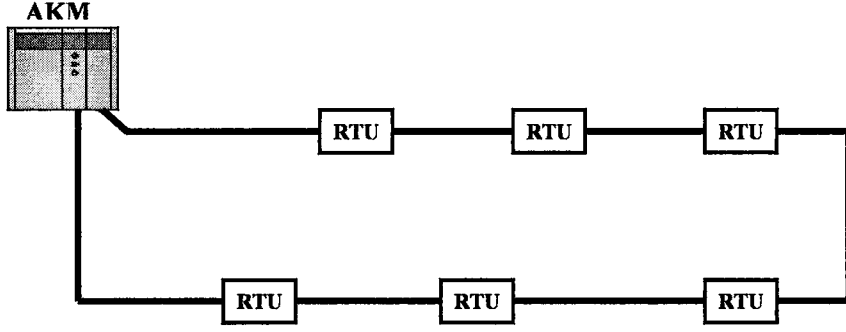
Bus tipindeki bağlantılar SCADA sistemleri içerisinde en çok kullanılan haberleşme ağı yapısıdır. Şekil 4.8’de görüldüğü gibi bütün sistem tek bir haberleşme hattını kullanır. Böylelikle sistemdeki kablo maliyeti en aza indirilir. Birimleri hatta bağlayan noktalarda veri kayıpları oluşacağından hatta bağlanacak birim sayısı sınırlıdır. Bu ağ yapısının dezavantajı bütün sistem tek bir hat üzerinde olduğu için hattın bir noktasında meydana gelebilecek arızanın o noktadan sonraki birimlerin çalışmamasına neden olmasıdır. Normal şartlarda bus tipindeki ağ yapısı güvenilir ve hızlı bir iletişim imkanı sağlar.



Şekil 4.8. Bus tipindeki ağ bağlantısı

4.3.3. Halka tipinde bağlantılar

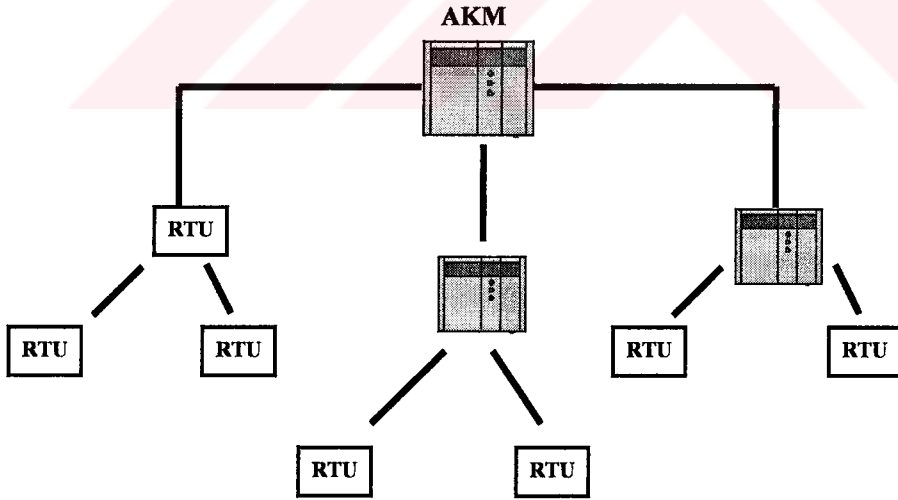
Kontrol merkezi ve RTU’ların birbirlerine halka şeklinde bağlandığı ağ tipi yapısıdır. Diğer ağ tipi yapılarına göre avantajı veri sinyalinin her birimde tekrarlanması böylelikle hatta veri kaybı olmasının önüne geçilmesidir. Bu tip ağ bağlantılarında eğer hat bir noktadan koparsa veri akışı diğer taraftan devam eder. Bu ağ yapısının dezavantajı ise ağa bağlı bir elemana ulaşılabilmesi için özel bazı yan birimlerin kullanılması ve yazılımda özel önlemlerin alınmasıdır. Şekil 4.9’da halka tipindeki ağ yapısının şekli görülmektedir.



Şekil 4.9. Halka tipindeki ağ bağlantısı

4.3.4. Hiyerarşik bağlantılar

Şekil 4.10'daki gibi çok fazla sayıda RTU bulunan geniş alana yayılmış SCADA sistemlerinde tek bir kontrol merkezi ve her RTU ya hat çekilmesi yerine farklı seviyelerde kontrol merkezleri bulunur. Böylece hem kablolama maliyetinden kazanç sağlanır hemde ana kontrol merkezinin üzerine düşen yük hafifletilir. Fakat gerektirdiği elektronik devre sayısının çok fazla olması nedeni ile bütün ağ yapılarının içerisinde en hacimli ve en pahalı olanıdır.



Şekil 4.10. Hiyerarşik ağ yapısı

4.4. Coğrafi Yayılışlarına Göre Ağ Yapıları

SCADA sistemleri içerisinde kullanılan ağ yapıları sistem bileşenlerinin coğrafi yayılışına göre yerel alan ağları (LAN) ve geniş alan ağları (WAN) olarak sınıflandırılırlar.

4.4.1. Yerel alan ağları (LAN)

Bu ağlar küçük boyutludur. Eğer SCADA sistemlerinde ana kontrol merkezi ile uzak birimler (RTU) küçük bir alan içerisinde bulunuyorsa bu durumda iletişim bağlantısı yerel alan ağı (Local Area Network) şeklini alır. Yerel alan ağları bir fabrika ortamı ile sınırlıdır.

4.4.2. Geniş alan ağları (WAN)

Geniş alan ağları birbirinden coğrafi olarak çok uzak olan birimleri birbirine bağlar. Enerji iletim ve gözetim sistemleri bu ağ yapısına girer.

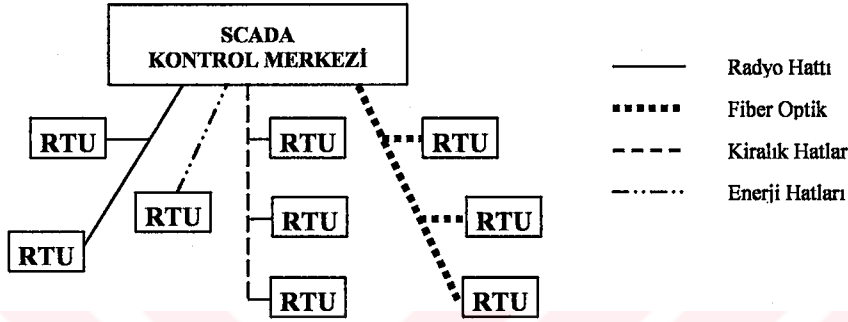
WAN ve LAN, SCADA kontrol sisteminde geniş bir alana yayılmış birden fazla operatör istasyonunun birbirine bağlanması ve işletmeye ait tüm verilerin transferi için kullanılır. Bu ağlar sayesinde her terminal ünitesine sistemin kaynakları açık hale getirilmektedir. Böylelikle kontrol sisteminde herhangi bir terminal birimi başka birime bağlı bir bilgisayarın yazıcısından çıktı alabilmekte ve herhangi bir birimin bilgisayarı diğer birimdeki bir bilgisayarın ana belleğinde mevcut olan bir dosyayı bulup kopyalama işlemini gerçekleştirebilmektedir.

4.5. İletişim Ortamları

SCADA sistemleri içerisinde, kontrol merkezinin saha birimleriyle (RTU) ve saha birimlerinin kendi aralarındaki veri haberleşmesinde en çok kullanılan iletişim ortamları aşağıdaki gibi sıralanabilir[12].

1. Elektrik Dağıtım Hatları
2. Kiralık Hatlar (Türk Telekom, Kablo TV)
3. Radyo Frekansında İletişim (VHF,UHF,Mikrodalga)
4. Uydu İletişimi
5. Özel Hatlarda İletişim (metalik kablo, fiber optik kablo)

SCADA sistemlerinde kullanılan iletişim ortamları Şekil 4.11’de görülmektedir[13].



Şekil 4.11. SCADA sistemlerinde kullanılan iletişim ortamları

4.5.1. Elektrik dağıtım hatları

Özellikle enerji hatlarının SCADA ile izlenmesi ve denetimi söz konusu olduğunda bu hatlar kullanılır. Bu haberleşme ortamında veriler gerilim hatları üzerinden iletilir. Bu hattı kullanan cihazlar bazı bağlaştırıcı ekipmanlar aracılığı ile gerilim hattına bağlanır. Bu ekipmanlar bilgi sinyalini modüle ederek hatta iletir, alıcı ise bilgiyi taşıyan frekansı filtreleyerek alır ve demodüle eder.

Bu haberleşme ortamında iletişim hızı hattın gerilimine göre değişir. 38 kV ve üzerindeki gerilimlerde iletim hattının sağladığı bant genişliğinden faydalanılarak 50 kHz ile 500 kHz arasındaki frekanslar taşıyıcı frekans olarak kullanılabilir böylece yüksek iletişim hızlarına çıkılabilir[14].

38 kV’tun altındaki gerilim seviyelerindeki iletim hatlarında taşıyıcı frekans olarak 5 kHz ile 20 kHz arasındaki frekanslar kullanılabilirdiğinden bu hatlarda iletişim hızı 300 baud/s ye kadar çıkabilmektedir. Bu hız veri yoğunluğunun fazla olduğu birçok SCADA sistemi için yetersiz kalacağı için sadece bazı özel amaçlar için kullanılır

[15]. Bu teknikte hatlardaki gürültüler, hava değişiminden veya açılıp kapanan elemanlardan kaynaklanan empedans değişiklikleri iletişimi bozabilir.

4.5.2. Kiralanmış hatlar

Ulusal ve uluslararası televizyon ve telefon hatlarının kullanıldığı iletişim ortamıdır. Bu haberleşme ortamı başlangıçta büyük yatırım maliyeti getirmemekle beraber kira bedeli uzun vadede yüksek maliyetli olabilir. Ülkemizde bu ortamın kiralanması ile Türk Telekom ilgilenmekte ve veri haberleşmesinin sağlanması için 2 Mbit/s hızına kadar kiralık hat sağlayabilmektedir. Kullanılan iki tür hat vardır;

- 1) Kiralanmış Telefon Hattı: Bu hat kullanıcı için özel olarak ayrılmıştır her zaman kullanıma hazırdır.
- 2) Otomatik Aramalı Telefon Hattı: Haberleşme öncesinde telefon görüşmesinde olduğu gibi arama yapmak gerekir. Bu hatta santraller meşgul ise veri iletişimi yapılamaz.

Tablo 4.3'te kiralık hatların kullanıcılar açısından bazı avantajları ve dezavantajları görülmektedir[16].

Tablo 4.3. Kiralık hatların avantaj ve dezavantajları

AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
İlk yatırım masrafı düşüktür	Uzun vadede kira bedeli artabilir
Hatlar sürekli bakımlıdır	Tamir ve bakım kullanıcının elinde değil
İletişimde uzmanlık gerektirmez	Haberleşme ortamının sorumluluğu Türk Telekom ile paylaşılmıştır
Çok sayıda hat kiralama imkanı	Bazı bölgelerde hat bulmak veya sayısını arttırmak mümkün değil
Lisans, bina, kule vs. gerektirmez	

4.5.3. Radyo frekansında iletişim

Günümüz SCADA sistemlerinin iletişiminde kullanılan haberleşme ortamlarından biriside radyo frekansıyla iletişimdir. Bu haberleşme yöntemi kullanılan iletişim teknikleri bakımından çeşitlilik gösterir.

4.5.3.1. Noktadan noktaya radyo iletişimi

Bu teknikte birbirini gören kuleler inşa edilir. Kulelerin üzerine mikrodalgayı sinyal haline dönüştüren çanak antenler takılır. Bu teknikte 500 MHz'in üzerinde çalışan verici ve alıcılar kullanılır. Haberleşme bir noktadan bir noktaya olabileceği gibi ek ekipmanlarla tek noktadan çok noktaya olabilir.

Mikrodalga radyo yeryüzü şekilleri, hava şartları gibi faktörlerden etkilendiği için bazı metotlar geliştirilmiştir bunlar;

- 1- İstasyonlarda birden fazla alıcı kullanmak
- 2- Değişik frekanslarda çalışan birden fazla alıcı ve verici kullanmak
- 3- Her bir istasyonu tekrarlayıcı olarak kullanmak[12].

4.5.3.2. Çok adresli radyo sistemleri (Multiple Address Radio Systems, MARS)

MARS radyo sistemi genelde bir ana sistem ve çevreye yayılmış uzak birimlerden oluşur. Merkezdeki anten 360° lik alana yani çevresindeki her yöne yayın yapabilme özelliğine sahiptir. Uzak birimlerin antenleri ise merkeze doğru çevrilidir, bu yönde sinyal alır ve gönderirler.

Bu yapıdaki bir haberleşme ortamı için iki frekans gerekir. Birinci frekansı merkez kullanır ve adres belirterek uzak birimlere komutlarını gönderir. Mesajı alan birim cevabını ikinci frekanstan verir. Birimler cevap vermek için bu kanalı sırasıyla 5 ms lik zaman dilimleri halinde kullanır [12].

4.5.3.3. Trunk radyolar

Trunk radyo haberleşme sistemleri telefon haberleşme teknolojisine benzer bir teknolojiye sahiptir. Telefonda olduğu gibi iki birim haberleşmek istediğinde Trunk Kontrol Merkezi bir haberleşme bağlantısı kurar. Haberleşme bittiğinde bağlantı serbest bırakılır. Tipik bir trunk radyo ağı 5 ile 20 arasında kanal kullanır. Bu haberleşmenin kullanıldığı durumlarda haberleşecek birimler gruplar halinde getirilir. Her bir grubun kullandığı bir frekans vardır. Trunk radyolar bilgi haberleşmesinin yanında ses haberleşmesi de gerçekleştirebilir[12].

4.5.3.4. Spread Spectrum radyolar

'Spread Spectrum' iletişim ilk olarak askeri amaçlar için geliştirilmiştir. Geliştirilme amacı gönderilen ve alınan mesajların başkaları tarafından alınmasını engellemektir. 'Spectrum' bir sinyalin frekans ekseninde gösterimine verilen isimdir. Bir 'spread spectrum' sistemde bilgi geniş bir frekans bandına dağıtılır. Sinyal geniş bir banda dağıldığı için diğer alıcı radyolar tarafından gürültü gibi algılanır[12].

Radyo dalgaları ile iletişimin avantajları ve dezavantajları Tablo 4.4'te verilmiştir[17].

Tablo 4.4. Radyo dalgaları ile iletişimin avantaj ve dezavantajları

AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
İletişim için yeterli bant genişliği sağlar	Lisans gerektirir 'Spread Spectrum' hariç
Dağıtım sistemindeki arızalardan etkilenmez	Haberleşme kuleleri arasında sonradan kurulan binalar iletişimi engelleyebilir
Yüksek güvenilirlik sağlar	Tekrarlayıcılar maliyeti arttırabilir

4.5.4. Uydu iletişimi

Son yıllarda SCADA uygulamalarında uydu haberleşmeside kullanılmaya başlanmıştır. Uydu yerden gönderilen sinyali alır, yükseltir, frekansı değiştirir ve başka bir noktaya gönderir. Frekansı değiştirmesinin nedeni kendisine gönderilen frekansla karışmasını engellemektir [12]. Uydu ile iletişimin avantajları ve dezavantajları Tablo 4.5'te verilmiştir [16].

Tablo 4.5. Uydu ile iletişimin avantaj ve dezavantajları

AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Çok geniş alanda iletişim	Kontrol imkanının azlığı
Uzak noktalara kolay ulaşım	Güneş ekinoksu zamanı boyunca kötü iletişim
Uzaklıktan bağımsız fiyat	Sürekli maliyet gerekliliği
Düşük hata oranı	Zaman gecikmeli iletişim

4.5.5. Özel hatlarda iletişim

4.5.5.1. Metalik kablo

Metalik kablo çok bilinen ve kullanılan bir tekniktir. İleri teknoloji gerektirmez. Ülkemizde de üretilmektedir. Simplex, Half Duplex ve Full Duplex iletişimlerin tümüne olanak sağlar. Metalik kablonun en büyük dezavantajı elektromanyetik ve elektrostatik etkileşime açık olmasıdır. Bu durum sinyalin elektriksel olarak iletilmesinden kaynaklanmaktadır. Gürültüden etkilenmeyi en aza indirmek için ekranlı, twisted pair tip kablolar kullanılabilir. Bu kabloların iyi topraklanması gerekir

4.5.5.2. Fiber optik kablolar

Fiber optik kablolarında iletişim ortamı gönderici, alıcı ve fiber optik kablodan oluşur. Gönderici, elektrik sinyalini ışık haline çevirerek kabloya iletir. Bu iş LED (Light Emitting Diode) veya laser diyot aracılığı ile yapılır. Işık fiber optik kablodan iletildikten sonra alıcı tarafından tekrar elektrik sinyaline çevrilir. Yapıldığı malzemeye göre iki çeşit fiber optik kablo vardır; bunlar plastik fiber ve cam fiberdir. Plastik fiberlerin sinyali zayıflama oranı yüksektir ve kısa mesafe haberleşmeleri için kullanılır. Cam fiberlerin ise zayıflama oranı çok düşüktür.

Metalik iletkenlerin tüm olumsuz özelliklerine karşılık fiber optiklerin belirli üstünlüklere sahip olması sebebiyle ilk olarak çok modlu fiberler kullanılmış, daha sonra gerekli geliştirmeler yapılarak tek modlu fiberler kullanılmaya başlanmıştır. Fiber optiklerde, bilgi iletimi için kızılaltı (infrared) dalgaboyları kullanılır. Fiber optik yalıtkan bir maddeden (cam) üretildiği için elektromanyetik alanlardan etkilenmez. Fiber optik kabloların avantajları ve dezavantajları Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Fiber optik kabloların avantajları ve dezavantajları

AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Elektromanyetik ortamlardan etkilenmez	Ortalama her 50 km de tekrarlayıcı gerektirir
Geniş bir iletişim bandı sağlar	Özel verici ve alıcılar gerektirir
Lisans gerektirmez	Özel bağlantı ekipmanları ve bu ekipmanları bağlayabilecek uzman gerektirir
Kablolar arasında etkileşim olmaz	Kısa mesafeli uygulamalarda ekonomik değil
Kısa devre durumlarında tehlike yaratmazlar	İyi korunmadıkları yada fazla büküldüklerinde kolayca kırılırlar
Fiziksel boyutları küçük ve hafiftir	Pahalı test ekipmanları
Çok düşük ve frekansla değişmeyen sinyal zayıflaması	

Bütün bu üstünlükler hesaba katıldığında fiber optikler özellikle demiryolları gibi yüksek gerilimlerin olduğu hatlarda, iletim kalitesinin çok önemli olduğu telekomünikasyon işletmelerinde, hafif olmalarından dolayı büyük tonajlı gemilerde, bakır kablolarının tersine dışarıdan dinlenmesi neredeyse olanaksız olduğu için askeri haberleşme sistemlerinde kullanılmaktadır.

4.6. İletişim Protokolleri

SCADA sistemi içerisinde iletişim yoluna bağlı dağıtılmış kontrol sistem öğelerinin uzak terminal birimlerinin (RTU) birbirleri arasında haberleşebilmeleri için en önemli hususlardan biriside iletişim protokolleridir. Protokol, iletişim yolu üzerinden veri alış verişinin formatını, zamanlamasını, önceliğini ve denetimini tanımlayan bir dizi kuraldır. Ana kontrol merkezi ile RTU'lar arasındaki iletişim binary sayı serileri ile oluşturulmaktadır ve kullanılan protokoller bu sayı serilerinin hangi bitinde hangi sayının olması gerektiğini açıklarlar. Protokoller birler ve sıfırlardan oluşan uzun mesaj serileri oluşturmak için şifre sağlamaktadırlar.

Eğer protokol iyi tasarlanmamışsa, iletişim yolu ne kadar esnek ve hızlı olursa olsun veri akışında bir aksaklığın olması ihtimali çok yüksektir.

SCADA sistemlerinde haberleşme için değişik protokoller kullanılabilir bunlardan bazıları; OSI referans modeli, MAC protokolleri, Polling protokolü, Token ring protokolü, Token bus protokolü, CSMA/CD protokolüdür.

İletişim protokollerinden beklenenler;

- 1- İletişim ortamından bağımsız olmalıdır, elde olan ortamlarda çalışabilmelidir
- 2- Firma bağımlı olmamalıdır
- 3- Tanınmış temel standartları içermelidir
- 4- Hatasız veri iletişimi için kodlama tekniklerini içermelidir
- 5- Veri gönderirken azami hız ve güvenlik sağlanmalıdır
- 6- Geniş adresleme yeteneği olmalıdır.

BÖLÜM 5. SCADA SİSTEMİ UYGULAMASI

Proses tesislerinde seviye, sıcaklık, basınç, debi gibi bazı değişkenlerin işletme sırasında ölçülmesi yada bu değişkenlerin ayar değerlerinde değişiklik yapılması istenebilir. Böyle sistemlerde kullanılan proses ölçme cihazları tek başlarına çalışıp ölçtükleri değerleri bir gösterge ve kayıt cihazına aktarabildikleri gibi hafızalarındaki program sayesinde bir kontrol elemanı gibide çalışabilirler.

Proses sistemlerde seviye ve sıcaklık gibi değişkenlerin ölçümüne çok değişik amaçlar ve gerekçelerle ihtiyaç duyulur. Bunlar arasında ürün kalitesinin kontrolü, maliyet ve muhasebe envanterinin çıkarılması, hammadde stoklarının kontrolü gibi örnekler verilebilir.

Proses sistemlerde seviye kontrol sistemleri iki ana bölümde incelenebilir;

- 1- Sıvı seviyesinin önemli olduğu sistemler
- 2- Akış miktarının önemli olduğu sistemler

Sıvı seviyesinin önemli olduğu sistemlerde, sıvı seviyesi ayar değerinde belirli bir tolerans içinde tutulmaya çalışılır. Akış miktarının önemli olduğu sistemlerde ise kontrol edilen tanktaki sıvı taşmadıkça yada tamamen boşalmadıkça seviye durumu çok önemli değildir.

Bu çalışmada SCADA ile uygulaması gerçekleştirilen proses sistemde yer alan kontrol tankının içinde yer alan akışkana ait seviye ve sıcaklık değerleri gözetlenmektedir. Şekil 5.1'de oluşturulan sistem görülmektedir.



Şekil 5.1. Uygulamanın gerçekleştirildiği sistem

Sistemde iki adet sıvı tankı kullanılmış ve aşağıdaki besleme tankından yukarıdaki kontrol edilen tanka doğru santrifüj pompa sayesinde sürekli bir akışkan sirkülasyonu sağlanmıştır. Üstteki tankta sıvının seviyesini ölçmek ve buna göre istenilen denetim yöntemini uygulamak için gerekli olan sistem bilgisinin oluşturulması amacıyla seviye sensörü kullanılmıştır. Seviye değeri belli bir ayar değerinde sabit tutulmak istendiğinden seviye kontrolü için kontrol metodlarından PI denetim uygulanmıştır.

Prototipi Mekatronik Mühendisliği proses laboratuvarına kurulan sistemde sıcaklık kontrolü ise belli bir ayar aralığında gerçekleştirilmiş ve kontrol metodlarından aç-kapa (on-off) kontrol kullanılmıştır. Sistemdeki akışkanın ısıtılması için kullanılan ısıtıcı besleme tankına monte edilmiştir.

5.1. Sensörler (Algılayıcılar)

Sensörler, yaşamda sürekli karşılaşılan fiziksel büyüklükleri diğer bir fiziksel büyüklük olan elektriksel işarete dönüştüren algılama araçlarıdır. Diğer bir deyişle sensörler fiziksel ortam ile endüstriyel amaçlı elektrik /elektronik cihazları birbirine bağlayan bir köprü görevi görürler. Bu cihazlar endüstriyel proseslerde kontrol, koruma ve görüntüleme gibi çok geniş bir kullanım alanına sahiptirler.

Sensörlerle ölçülen büyüklükler altı ana sınıfta toplanabilir;

1. Mekanik: Uzunluk, alan, miktar, kütleli debi, kuvvet, tork (moment), basınç, seviye, hız, ivme, pozisyon, ses yoğunluğu
2. Termal: Sıcaklık, ısı akısı
3. Elektriksel: Voltaj, akım, direnç, endüktans, kapasitans, dielektrik katsayısı, elektrik alanı, frekans
4. Manyetik: Alan ve akı yoğunluğu, manyetik geçirgenlik
5. Işıma: yoğunluk, dalgaboyu, polarizasyon, faz, yansıtma, gönderme
6. Kimyasal: Yoğunlaşma, içerik, oksidasyon/redaksiyon, reaksiyon hızı, pH

Sensörler ayrıca pasif ve aktif şeklinde iki ayrı grupta da toplanabilirler. Pasif sensörler; hiçbir şekilde dışardan harici enerji almadan fiziksel yada kimyasal değerleri bir başka büyüklüğe çevirirler. Bu sensör tipine örnek olarak termokupul (termocouple) gösterilebilir. Aktif sensörler ise çalışmalarını için harici bir enerji beslenmesine ihtiyaç duyarlar. Bu sensörler tipik olarak zayıf sinyalleri ölçmek için kullanılırlar. Aktif sensörlerde dikkat edilmesi gereken nokta ise giriş ve çıkışlardır. Aktif sensörler, endüstride kullanımlarında tipik olarak dijital yada analog formatta elektriksel çıkış sinyali üretirler. Analog çıkışlarda gerilim yada akım seçeneği bulunur. Gerilim çıkışı oldukça yaygın kullanılmaktadır buna rağmen 4-20 mA akım

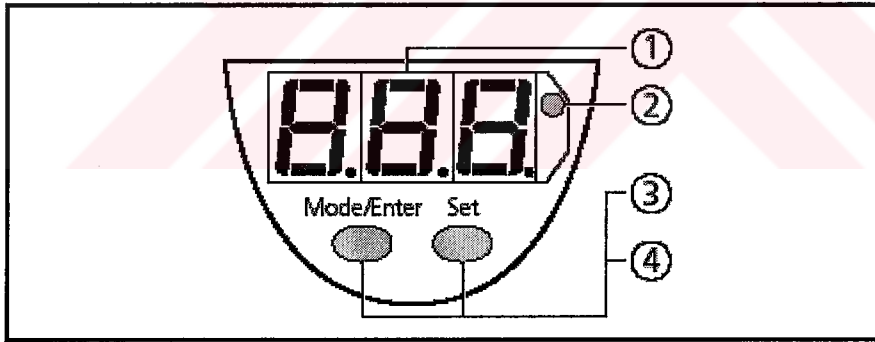
çıkışı endüstride standart haline gelmiştir. Bazı durumlarda 0-20 mA akım çıkışı kullanılmaktadır, ancak endüstride çoğu zaman hatlarda meydana gelen bozulma kopma gibi durumlarda sistemin bu durumu kolay algılaması ve veri iletişiminin sağlıklı yapılabilmesi için 4-20 mA daha yaygın kullanılır.

5.1.1. Sistemde kullanılan sensörler

Tasarlanan sistemde iki adet sensör kullanılmıştır. Bunlar tanktaki sıvının seviyesini algılayan seviye sensörü ve sıvının sıcaklığını algılayan sıcaklık sensörüdür.

5.1.1.1. Seviye sensörü

Şekil 5.2’de, oluşturulan sistemde kullanılan seviye sensörünün kontrol paneli görülmektedir. Kullanıcı, seviye sensörünün ayarlamalarını, sistemde kullanacağı biçime göre bu panel üzerinden gerçekleştirmektedir. Ve yine sensörün ölçtüğü değer, gösterge sayesinde sürekli izlenebilmektedir.



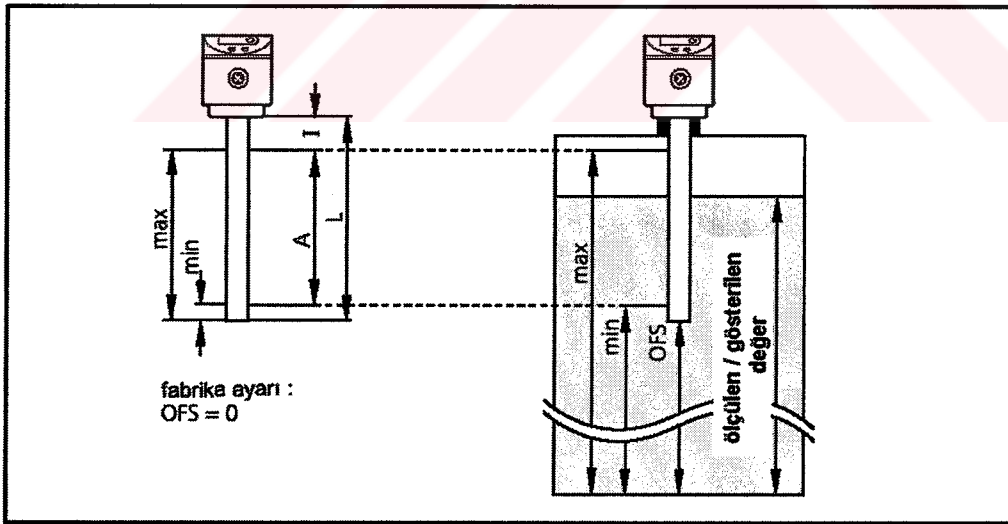
Şekil 5.2. Seviye sensörünün kontrol paneli

Tablo 5.1’de, Şekil 5.2’de numaralandırılmış düğmelerin ve çeşitli parçaların açıklamaları verilmiştir.

Tablo 5.1. Seviye sensörüne ait buton ve parçaların açıklamaları

1	7-parçalı gösterge	seviye göstergesi, parametreler ve parametre değerleri görüntülenir.
2	LED kırmızı	Anahtarlama durumu; Çıkış anahtarlandığında yanar
3	Mode / Enter butonu	parametreler ve parametre değerleri seçilir
4	Set butonu	Parametre değerleri ayarlanır (uzun süre basıldığında; değerler hızlı bir şekilde artar)

Sistemde kullanılan seviye sensörü üretici firma tarafından belirli bir aralıktaki seviyeyi ölçmek için tasarlanmıştır. Şekil 5.3'te sensörün ölçüm aralığı gösterilmiştir. Tablo 5.2' de ise Şekil 5.3'te kullanılan bazı ifadelerin açıklamaları verilmiştir.



Şekil 5.3. Seviye sensörün ölçüm aralığına ilişkin terimler

Tablo 5.2. Seviye sensörü ölçüm aralığına ilişkin ifadelerin açıklamaları

L	= ölçüm ucu uzunluğu	47.2 [cm]
A	= aktif bölge / ölçüm aralığı	39 [cm]
I	= aktif olmayan bölge	5.3 [cm]
min	= ölçülen en düşük değer	3.0 [cm]
max	= ölçülen en yüksek değer	42.0 [cm]
OFS	= ofset	0...57.0 [cm]

Sensörün programlanmasına ilişkin ifadeler Tablo 5.3'de verilmiştir. Kullanıcı buradaki değerleri seviyesini kontrol edeceği sisteme göre ayarlar.

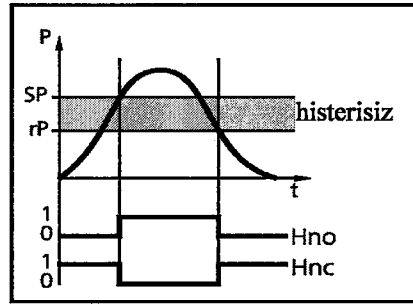
Tank dibi ve ölçüm yapan test ucu arasındaki alan ofset değeri olarak girilebilir. Buna göre gösterge ve anahtarlama noktaları gerçek tank seviyesini gösterir.

Tablo 5.3. Kullanılan seviye sensörünün programlanmasına ilişkin terimler

SP1	Switch-on noktası: çıkışın (output) anahtarlama durumunu değiştirdiği üst limit değeri. • cm veya inch olarak görüntülenir.	
rP1	Switch-off noktası: çıkışın (output) anahtarlama durumunu değiştirdiği alt limit değeri. • cm veya inch olarak görüntülenir	
OU1	Transistor çıkışlarının anahtarlama fonksiyonları: 4 ayrı ayar seçilebilir	Hno = histerisiz / normalde açık Hnc = histerisiz / normalde kapalı Fno = pencere fonksiyonu / normalde açık Fnc = pencere fonksiyonu / normalde kapalı
OU2	Analog çıkış 2 ayrı ayar seçilebilir	I = 4 ... 20 mA U = 0 ... 10 V
H1 Lo	Minimum-maksimum hafıza • H1 : en yüksek ölçülen seviye • Lo : en düşük ölçülen seviye Hafızayı silmek için "Mode/Enter" butonuna Lo veya H1 yazana kadar bas, "Set" butonuna "---" çıkana kadar basılı tut. Sonra "Mode/Enter" butonuna yine bas.	
Un1	Gösterge birimi 2 değer seçilebilir	EU = cm cinsinden gösterim inc = inch cinsinden gösterim

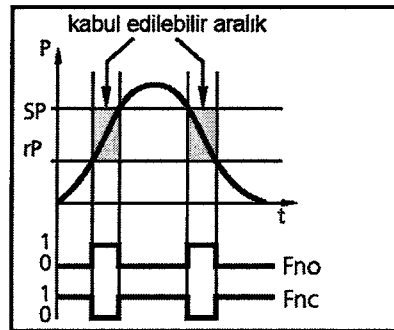
Sensörün çıkışları Tablo 5.3'de gösterildiği gibi iki çeşittir (anahtarlama çıkış, analog çıkış) ve kullanıcı istediği çıkışı seçebilir. Anahtarlama çıkış dört seçenekte kullanıcıya sunulmuştur. Bunlar iki ana fonksiyon ve bunların açık yada kapalı konumlarıdır.

Histerisiz Fonksiyon; seviye ayar değeri civarında değişiyorsa, histerisiz çıkışın anahtarlama konumunu sabit tutar. Seviye yükselirken anahtar açma noktasına (switch-on noktası) SP_1 'e ulaşıldığında çıkış anahtarlanır; seviye düşerken, anahtar kapama (switch-off) noktası rP_1 'e düştüğünde çıkış yeniden tekrar anahtarlanır. Histerisiz fonksiyonu ayarlanırken önce Switch-on noktası ayarlanır sonra istenilen farkta Switch-off noktası ayarlanır. Şekil 5.4'te histerisiz fonksiyonu ile çalışan sensöre ait çıkış eğrileri görölmektedir[18].



Şekil 5.4. Seviye sensörüne ait histerisiz fonksiyon eğrisi

Pencere fonksiyonu; tanımlanan, kabul edilir aralığı izlemeye ve değerlendirmeye yarar. Seviye switch-on noktası (SP_1) ve switch-off noktası (rP_1), arasında gidip geldiğinde çıkış (output) anahtarlanır (pencere fonksiyonu / NO) veya anahtarlanmaz (pencere fonksiyonu / NC). Pencere fonksiyonunda çalışma aralığı SP_1 ve rP_1 arasındaki fark kadardır.



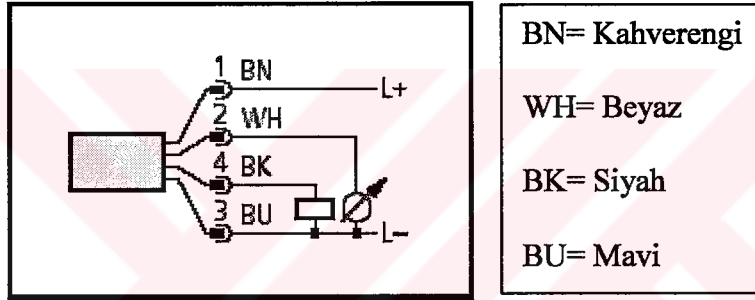
Şekil 5.5. Seviye sensörüne ait pencere fonksiyonu eğrisi

Sensör çalışırken veya ilk enerji verildiğinde Tablo5.4'deki işaretler yada ifadeler görülebilir bu ifadelerin açıklamaları ise şu şekildedir.

Tablo 5.4. Seviye sensörüne ait ikaz terimleri

≡ ≡ ≡	Switch-ON , ilk çalışma
XXX / XX.X	Yanıp sönme : seviye maksimum ölçüm değerine yakın
- - -	Seviye aktif alanın altında
SC I	(flaşlı) = anahtarlama çıkışında kısa devre

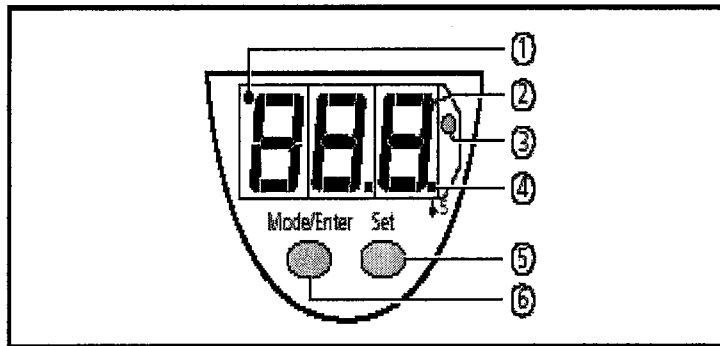
Sensöre enerji verilirken kahverengi ve mavi uçlar sırası ile 24 Voltluk doğru akım kaynağının + ve - uçlarına bağlanır. Sensörün kullanılacak çıkışına (anahtarlama, analog) göre siyah yada beyaz uç ortak ekşi uçla beraber kullanılır. Şekil 5.6'da sensörün elektriksel bağlantısı görülmektedir.



Şekil 5.6. Seviye sensörünün elektriksel bağlantısı

5.1.1.2. Sıcaklık sensörü

Sistemde kullanılan tanktaki sıvının sıcaklığını algılamak için kullanılan sıcaklık sensörünün kontrol paneli Şekil 5.7'de görülmektedir.



Şekil 5.7. Sıcaklık sensörü operatör paneli

Şekil 5.7’de numaralandırılmış düğmelerin ve çeşitli parçaların açıklamaları Tablo 5.5’ te verilmiştir[18].

Tablo 5.5. Sıcaklık sensörü panelinde numaralandırılmış ifadelerin açıklamaları

1	Kırmızı LED	Açık: ölçüm °F cinsinden Kapalı: ölçüm °C cinsinden
2	7 parçalı gösterge	Seviye göstergesi, parametreler ve parametre değerleri görüntülenir.
3	Kırmızı LED	Anahtarlama durumu; Çıkış anahtarlandığında yanar
4	Kırmızı LED	Açık ise ölçülen değer + 0.5°
5	Set butonu	Parametre değerleri ayarlanır(uzun süre basıldığında; değerler hızlı bir şekilde artar)
6	Mode / Enter butonu	Parametreler ve parametre değerleri seçilir

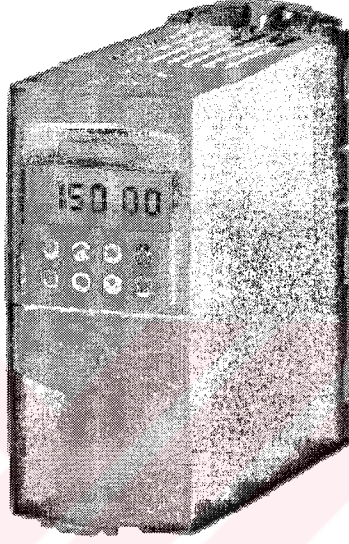
Sıcaklık sensörünün çıkışları, programlanması ve elektriksel bağlantısı seviye sensörünün ayarları ile benzerlik göstermektedir. Sıcaklık sensörünün ölçüm aralığı Tablo 5.6’ da verilmiştir.

Tablo5.6. Sıcaklık sensörü ölçüm aralığı

°C	-40.....+125
°F	-40.....+257

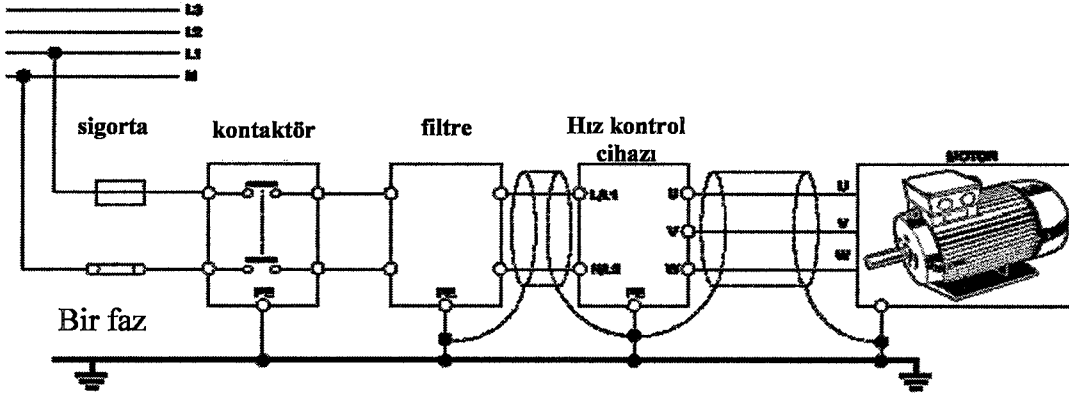
5.2. Hız Kontrol Cihazı

Sanayide bir çok uygulamada değişken çalışma hızı temel bir ihtiyaçtır. Bu amaca yönelik olarak çeşitli tip ve özellikte hız kontrol cihazı üretilmiştir. Bu tezde uygulaması yapılan sistemde sıvı akışını sağlamak için kullanılan santrifüj pompanın devir sayısı Siemens Micromaster kullanılarak kontrol edilmiştir. Şekil 5.8’de örnek uygulamada kullanılan hız kontrol cihazı görülmektedir.



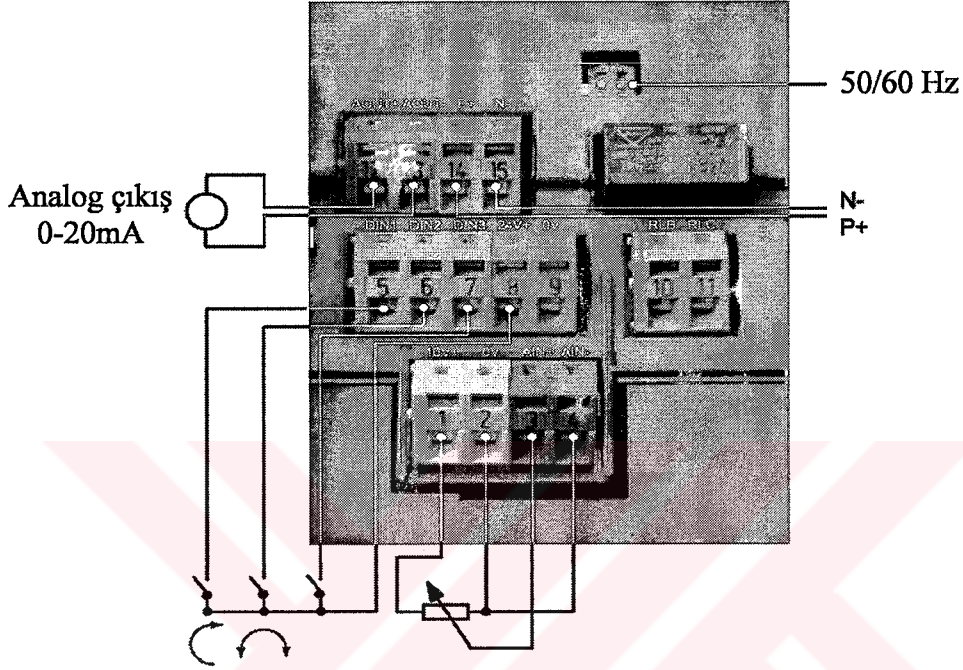
Şekil 5.8. Siemens MM 420 Micromaster

Hız kontrol cihazları bağlandıkları şebeke gerilimine göre bir faz veya üç faz girişli olabilirler[19]. Bu çalışmada kullanılan hız kontrol cihazı bir fazla beslenmektedir. Hız kontrol cihazının elektrik şebekesine bağlantı şekli Şekil 5.9’deki gibidir.



Şekil 5.9. Hız kontrol cihazının enerji hattına bağlantısı

Hız kontrol cihazlarının üzerindeki bağlantı uçları kullanıcı kolaylığı sağlaması amacı ile değişik renklerle gösterilmiştir. Kullanıcı kullanma kılavuzu sayesinde hangi numaralı konnektörlerin hangi amaçla kullanıldığını kolaylıkla bulabilir. Şekil 5.10'da MM 420 ye ait bağlantı uçları ve bu uçların kullanılış amaçları belirtilmiştir.



Şekil 5.10. MM 420'ye ait bağlantı uçları

Örneğin beş ve sekiz numaralı uçlar hız kontrol cihazına bağlı motoru çalıştırıp durdurmak için kullanılır yine altı ve sekiz numaralı uçlar motorun devir yönünün değiştirilmesinde kullanılır. Üç ve dört numaralı bağlantı uçları ise analog giriş için kullanılır.

5.3. Kontrol Formları

Bir sistem içerisinde denetim organının görevi ölçme elemanı üzerinden geri beslenen çıkış büyüklüğünü giriş büyüklüğü ile karşılaştırmak ve karşılaştırma sonucu ortaya çıkabilecek hata değerine göre uygun bir kumanda veya denetim sinyali üretmektir[20].

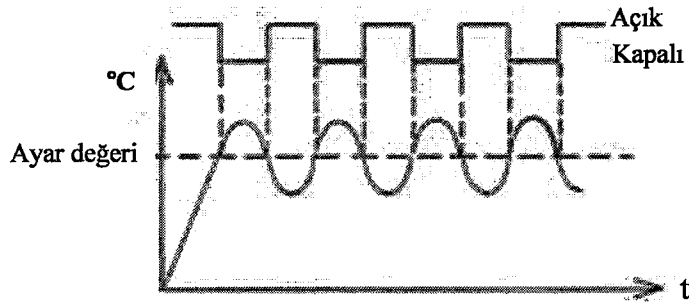
Sistemin gerektirdiği hassasiyette çalışacak, oluşan hatayı minimuma indirebilecek çeşitli kontrol formları vardır. Bunlar;

- 1- Açık- Kapalı (on-off) kontrol
- 2- Oransal kontrol (proportional P)
- 3- Oransal + İntegral kontrol (proportional +Integral PI)
- 4- Oransal + Türevsel kontrol (proportional + Derivative PD)
- 5- Oransal + İntegral + Türevsel kontrol (proportional +Integral +Derivative PID)

Bir sistemde hangi türden bir denetim organı kullanılacağı denetlenen sistemin yapısı, çalışma şartları, emniyeti, ekonomikliği, güvenilirliği, hassasiyeti gibi değerlere bağlıdır. Oluşturulan örnek sistemde bu kontrol formlarından sıcaklık kontrolü için açık-kapalı kontrol, seviye kontrolü için ise PI kontrol yöntemi kullanılmıştır.

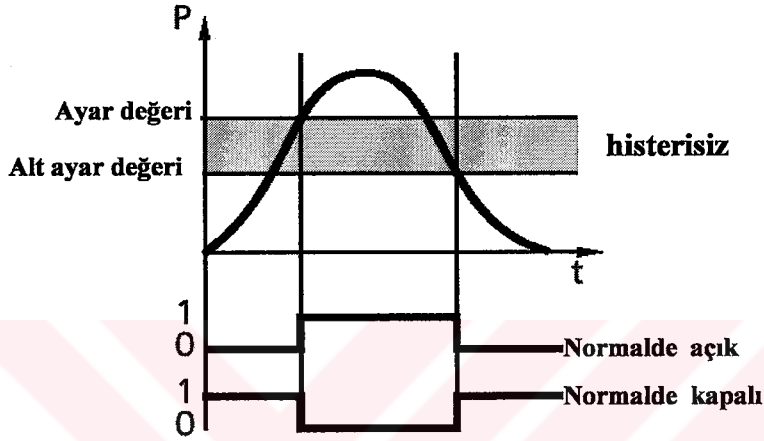
5.3.1. Açık-kapalı (on-off) kontrol

Açık- kapalı kontrolde sistem ekipmanı ayar değeri üzerinde veya altında çalıştırılır veya durdurulur. Kontrol cihazının çıkışı iki konumludur; ya tamamen açık, yada tamamen kapalıdır. Örneğin oluşturulan sistemde suyun sıcaklığı açık-kapalı kontrol yöntemiyle denetlenmekte suyun sıcaklığı ayar değerinin üzerine çıktığında suyun ısıtılması görevini üstlenen ısıtıcının enerjisi kesilmekte ayar değerinin altına indiğinde ise ısıtıcıya enerji verilmektedir. Bu tür kontrol yönteminde kontrol edilen değişken sürekli salınım halindedir ve ayar değerinin civarında salınır. Şekil 5.11’de açık-kapalı kontrol yöntemine ilişkin grafik görülmektedir.



Şekil 5.11. Açık-kapalı kontrole ilişkin grafik

Ancak endüstriyel sistemlerde pratikte bu tip ideal bir açık kapalı kontrol sistemi kullanılmaz. Sistemdeki bozucu faktörler ve elektriksel gürültü nedeni ile ayar değeri geçişleri bu şekilde tek noktada olacak olursa sistem osilasyona geçer ve devamlı ayar değeri civarında sık aralıklı açma kapama yapar. Bu durum son kontrol elemanlarının çok kısa sürede tahrip olmasına sebep olur. Bunu engellemek için ayar değeri geçişlerinde histerisiz bant kullanılır. Şekil 5.12’de histerisiz bant kullanılarak gerçekleştirilen açık kapalı kontrol grafiği görülmektedir.



Şekil 5.12. Histerisiz bant kullanılarak gerçekleştirilen açık-kapalı kontrol grafiği

5.3.2. Oransal denetim

Oransal kontrol, hata ile orantılı kontrol işareti üreten bir kontrol biçimidir. Hata işareti belirli bir katsayı ile (K_p) çarpılarak kontrol işareti elde edilir. Oransal kontrol

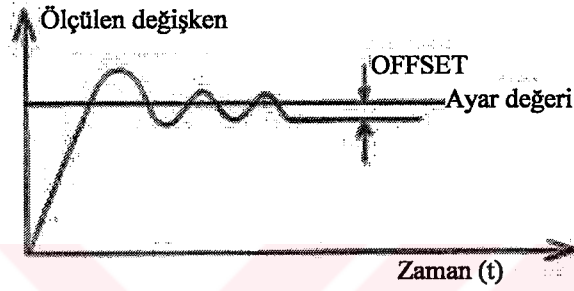
$$u = K_p * (r - b) \quad [5.1]$$

bağıntısı ile ifade edilir. Burada K_p oransal katsayı, r istenen değer (ayar değeri), b ise sistemde ölçülen değerdir[1].

P diğer adıyla oransal bant parametresi kontrol cihazının içinde yer alan denetim mekanizmasının kazanç miktarı ile ters orantılı olan değeridir. Oransal bandı %20 olan bir kontrol cihazının kazancı 5 tir. Oransal bandın çok aza ayarlandığı yani

kazancın çok yüksek olduğu oransal kontrol cihazı açık-kapalı kontrol cihazı gibi çalışır.

İntegral ve türevsel parametrelerin söz konusu olmadığı ve sadece oransal tip (P) kontrol cihazları ile yapılan denetimlerde de dengeye ulaşmak mümkündür. Ancak sadece P'nin aktif olduğu bu tür kontrol sistemlerinde az da olsa ayar değeri ile ölçüm değeri arasında sıfırdan farklı artı (+) veya eksi (-) değer ve sıfıra (0) indirilemeyen bir değer söz konusudur. Şekil 5.13'te görülen bu değere offset değeri denir.

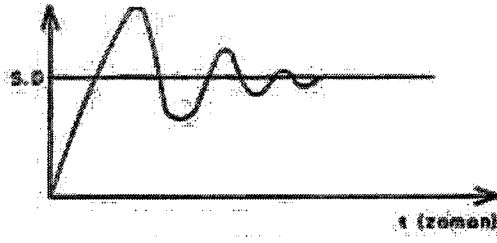


Şekil 5.13. Oransal kontrol basamak cevabı

5.3.3.Oransal integral denetim

Sadece oransal denetim ile ortaya çıkan kalıcı durum hatasını gidermenin yolu denetim organına hatanın integrali ile orantılı bir denetim etkisi ilave etmektir[20].

Ölçülen değer ile ayar değeri arasındaki fark sinyalinin zamana göre integrali alınır. Bu integral değeri fark değeri ile toplanarak oransal bant kaydırılır. İntegral alma işlemi ayar değeri ile ölçülen değer eşit oluncaya kadar devam eder. Fark sinyali sıfır olduğu anda artık integratör devresinin integralini alacağı bir sinyal söz konusu değildir. Herhangi bir şekilde sistemde tekrar hata sinyali oluşursa integral devresi tekrar hatayı düzeltecek şekilde devreye girer. Şekil 5.14'te oransal – integral kontrol formu basamak cevabı görülmektedir.

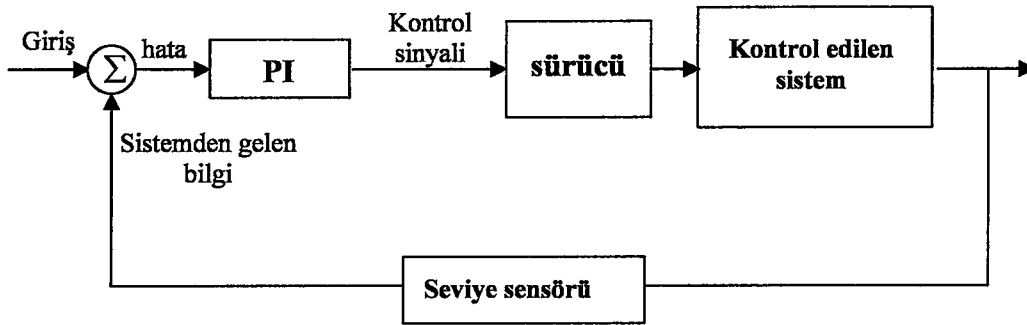


Şekil 5.14. Oransal – integral kontrol basamak cevabı

5.4. PLC ile PI Denetimin Gerçekleştirilmesi

Günümüzde, kontrol sistemlerinin tasarımına ilişkin çok sayıda çözüm yönteminin sunulmasına karşılık, PID kontrolörü hala endüstriyel kontrol sistemlerinde en çok kullanılan kontrolör türüdür. Bunun nedeni, bu kontrolörün endüstriyel kontrol sistemlerinin büyük bir çoğunluğunu oluşturan bir girişli ve bir çıkışlı sistemler için çoğu kez yeterli çözümler vermesidir, ayrıca kontrol algoritmasının oluşturulması basittir[1].

Genel olarak PID kontrolün bir geri beslemeli kontrol sisteminde kullanımına ilişkin şema Şekil 5.15'te verilmiştir. Bu şemadan da görüldüğü gibi sistemde istenen ve ölçülen değerlerin farkından bir hata sinyali oluşturulur bu sinyal PID kontrolöründe işlenerek kontrol sinyali üretilir.



Şekil 5.15. PI kontrolün örnek sistemde kullanımı

Eğer kontrol edilen sisteme ait bir matematiksel model geliştirilebilirse, bu kapalı çevrim sistemin geçici ve sürekli durum özelliklerini tanımlayacak kontrolörün parametrelerini hesaplamak için çeşitli tasarım teknikleri uygulamak mümkün olur. Bununla birlikte, eğer sistem çok karmaşıksa ve matematiksel modeli kolaylıkla

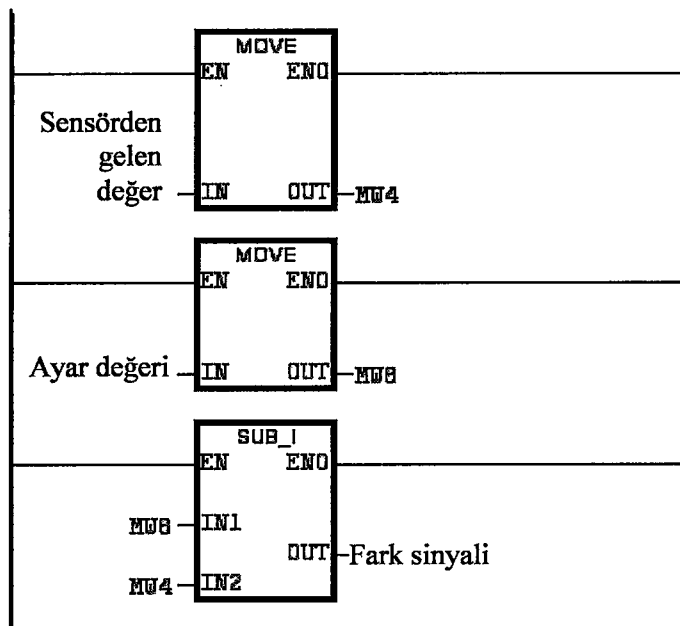
çıkarılamıyorsa, PID kontrolörün tasarımında analitik yaklaşım mümkün olmaz. Böyle sistemlerin kontrolör tasarımında deneysel sonuçlar kullanılır[21].

PID denetim içerisinde P, PI, PD gibi kontrol yöntemleri genel PID denetimin özel durumlarıdır. Örneğin türev katsayısı sıfır yapılarak PI denetim, hem türev hemde integral katsayısı sıfır seçilerek P (oransal) denetim yapılabilir[1].

PLC ile PID denetim yapılırken hangi kontrol yöntemi kullanılırsa kullanılсын hesaplanan kontrol işaretlerinin sayısal değerlerinin anlamlı ve uygulanabilir olması gerekir. Örneğin örnek uygulamada kullanılan SM 334 analog giriş çıkış modülünün 0-10V arasında gerilim üretmesi için gerekli sayısal değer aralığı 0 ile 27648 arasında değişmektedir. Hesaplanan kontrol işaretinin bu değerler dışına çıkması durumunda yazılımda bir sınırlandırma işlemi yapmak gerekir.

5.4.1.Hata işaretinin elde edilmesi

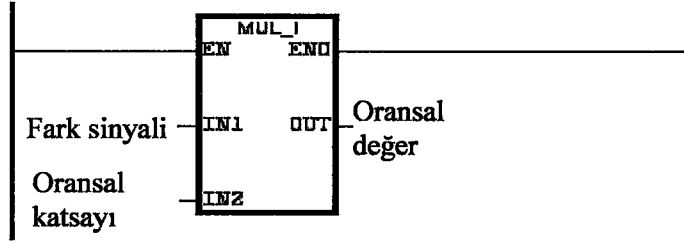
Hata istenen ayar değeri ile kontrol edilen sistemden gelen değerin farkı olduğuna göre PLC ile hata işareti üretmek için bu iki değer PLC'nin farklı adreslerine aktarılır ve birbirinden çıkarılır. Şekil 5.16'da PLC ile fark sinyalinin üretilmesine ilişkin program parçası görülmektedir.



Şekil 5.16. PLC ile fark sinyalinin üretilmesine ilişkin program parçası

5.4.2. Oransal değerin hesaplanması

Oransal değeri, ayar değeri ile sistemden gelen değerin farkının bir oransal katsayı ile çarpılması sonucu elde edilir. Şekil 5.17’de fark sinyalinin oransal katsayı ile çarpılmasına ilişkin program parçası görülmektedir.



Şekil 5.17. PLC ile oransal değerin elde edilmesi

5.4.3. İntegral değerin elde edilmesi

PLC ile PID denetim yapılırken integral değerin hesaplanması için aşağıdaki eşitlikten yararlanılır

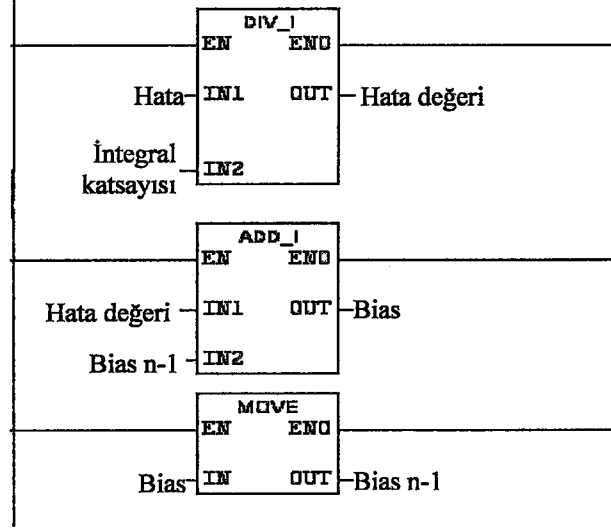
$$C_1 = \text{Gain} * (\text{sample}/\text{reset}) \quad [5.2]$$

$$M_{I,n} = \text{Bias}_{n-1} + (C_1 * \text{Hata}) \quad [5.3]$$

$$\text{Bias}_n = M_{I,n}$$

Öncelikle sistemdeki seviye sensöründen gelen değeri ile ayar değeri arasındaki fark olan hata değeri C_1 gibi bir katsayı ile çarpılarak yeni hata değeri olarak kontrolöre gönderilir. Bu değeri bias_{n-1} değeri ile toplanır ve yeni bias terimi olarak atanır. Bias terimi hatanın zamana göre grafiğinde eğrinin altında kalan alanı ifade etmektedir[22].

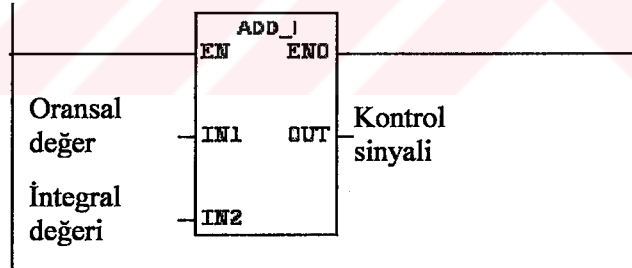
İntegral değerin PLC ile hesaplanmasına ilişkin program parçası şekil 5.18’de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.18. PLC ile integral değerinin elde edilmesi

5.4.4. Kontrol işaretinin elde edilmesi

PI denetim için kontrol işaretinin üretilmesi oransal değer ve integral değerinin toplanması ile elde edilir. Örnek sisteme ait PI denetim kontrol işaretinin elde edilmesi şekil 5.19’da yer alan program parçası ile ifade edilir.

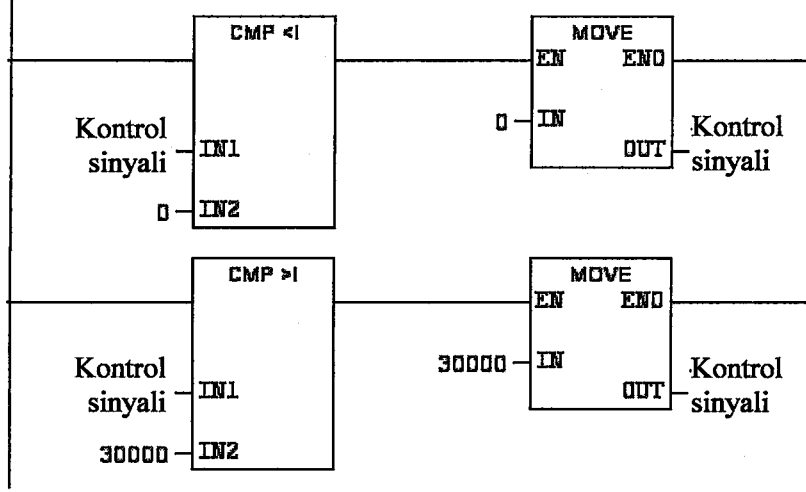


Şekil 5.19. PLC ile PI denetim kontrol işaretinin elde edilmesi

5.4.5. Kontrol işaretinin sınırlandırılması ve analog çıkış noktasına gönderilmesi

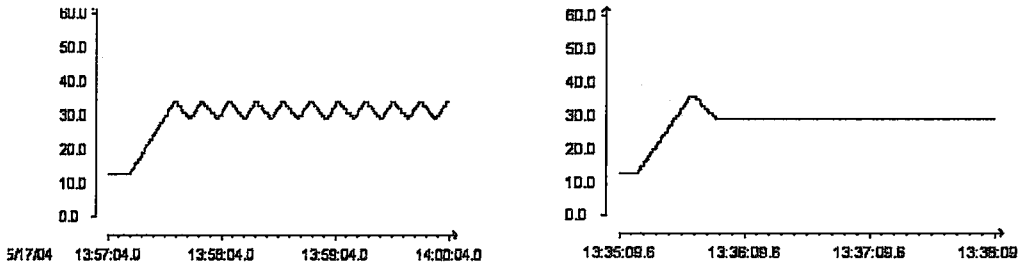
Kontrol işaretinin uygulanabilir değerler arasında olup olmadığı, analog çıkış birimi için geçerli en büyük ve en küçük değerlerle karşılaştırılarak gerçekleştirilir. Gerekli sınırlandırma işlemi yapılır ve bu işlem sonucu oluşan sinyal çıkış noktasına iletilir.

Şekil 5.20’de sınırlandırma işlemini gerçekleştiren program parçası görülmektedir.



Şekil 5.20. PLC ile kontrol işaretine ilişkin sınırlandırma işlemi

PID kontrolörlerde proses değişkeninin en hızlı biçimde ve en az hatayla ayar değerine oturması beklenir. Bunun için sistem parametrelerinin optimum değerlerine getirilmesi gerekir. Şayet PID denetim için PLC kullanılıyor ise tarama zamanının çok iyi ayarlanması gerekmektedir. Şekil 5.21’de örnek sistemi kontrol eden kullanıcının belirlediği katsayılara göre proses sisteme ait seviye değerinin değişim eğrileri görülmektedir. Görüldüğü gibi oransal katsayı 5 ve integral katsayısı 5 iken sistemin cevabı Şekil 5.21.a’daki gibi olurken integral katsayısı 20’ye çıkarıldığında sistemin davranışı Şekil 5.21.b’deki gibi olmaktadır.



Şekil 5.21.a) oransal katsayı 5 integral katsayısı 5 iken sistem çıkışı

b) oransal katsayı 5 integral katsayısı 20 iken sistem çıkışı

Şekil 5.21.b’deki değerler prototip sistem üzerinde yapılan çeşitli denemeler sonucu elde edilen sisteme en uygun değerlerdir. Sistemi kontrol eden PLC programı Ek-1 de verilmiştir.

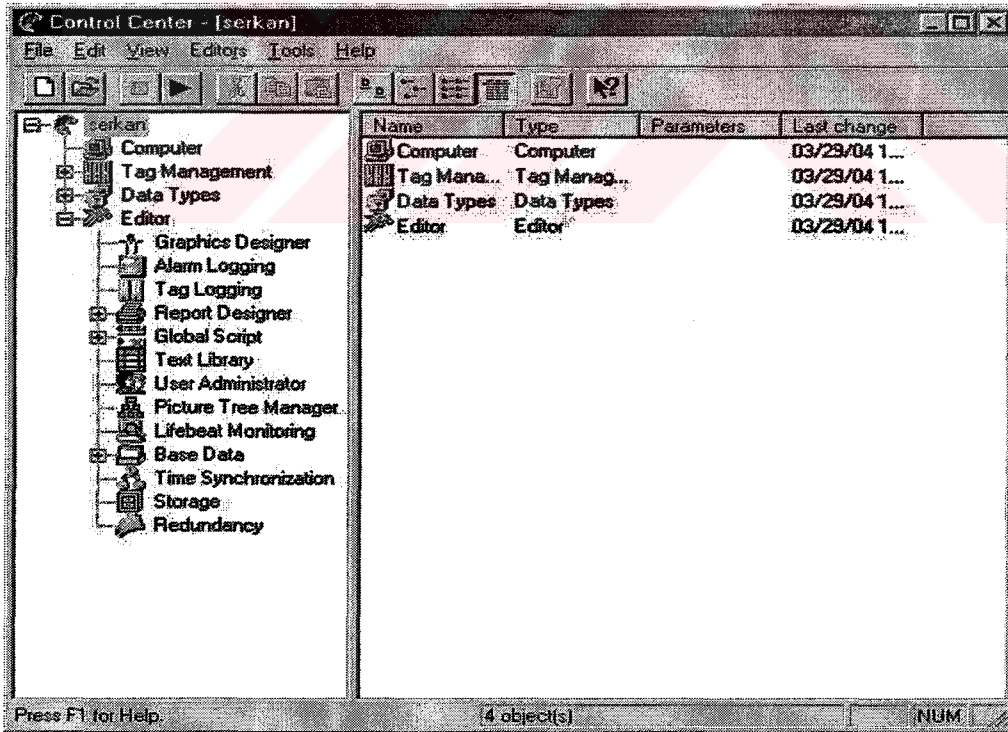
5.5.WINCC Programı

WinCC otomasyonu yapılacak sistemin gözlenmesi ve kumanda edilmesi amacı ile kullanılan insan makine arayüzü programıdır. Günümüz WinCC programları microsoftun bütün işletim sistemlerinde değişik versiyonları sayesinde çalışabilecek şekilde dizayn edilmişlerdir.

WinCC otomasyonun her alanında (otomotiv, elektrik üretim dağıtım, kimya...) uygulanabilir. WinCC programı, içerisindeki hazır resim kütüphanesi sayesinde her türlü sistemin görsel olarak oluşturulmasında büyük kolaylık sağlar.

5.5.1.WINCC içerisindeki temel fonksiyonlar

Kullanıcı WinCC programını oluşturmak istediği proje adı ile açtıktan sonra Şekil 5.22'deki pencere aktif hale gelir. Bu sayfadaki programa ait özellikler kullanılarak kontrol edilecek sisteme ait özellikler belirlenir.

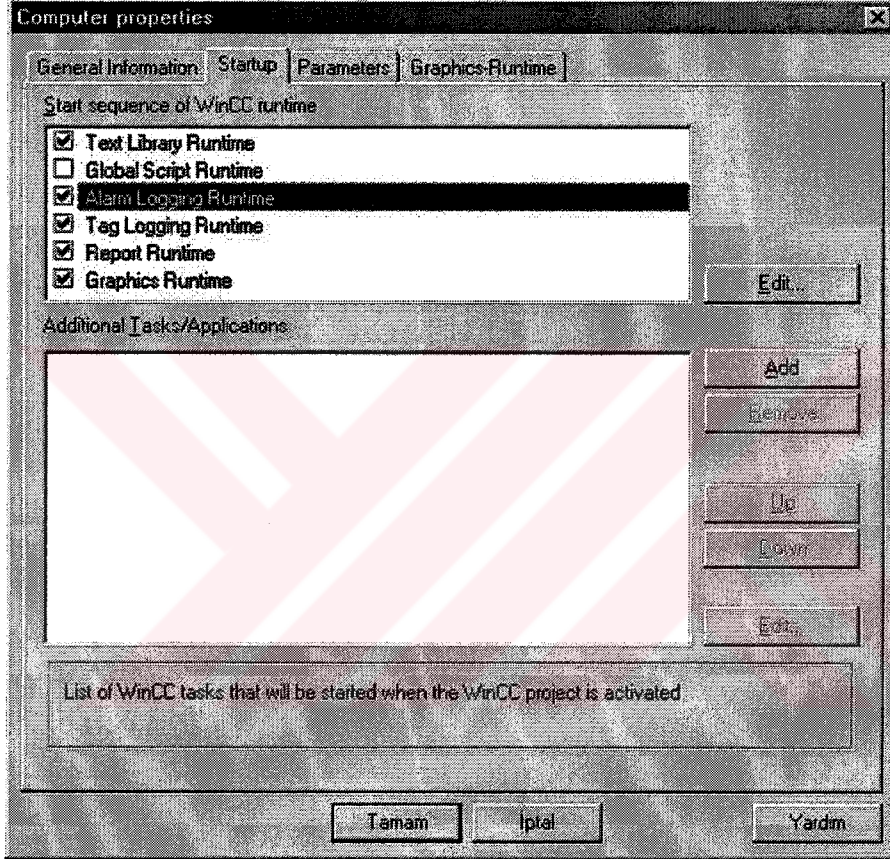


Şekil 5.22. WinCC ana sayfası

WinCC programı içerisinde en çok kullanılan fonksiyonlar aşağıda sıralanmışlardır.

5.5.1.1. Bilgisayar (computer) modülü

Şekil 5.22'deki ekranda bilgisayar üzerine fare(mouse) ile sağ tuş yardımı ile girilip özellikler seçeneği seçilerek bilgisayara ait parametreler değiştirilebilir. Bilgisayarın sunucu veya istemci olması, program çalışma moduna getirildiğinde hangi WinCC düzenleyicilerinin aktif hale getirileceği yada çalışacak sayfanın boyutları Şekil 5.23'te görülen sayfa yardımı ile ayarlanır.



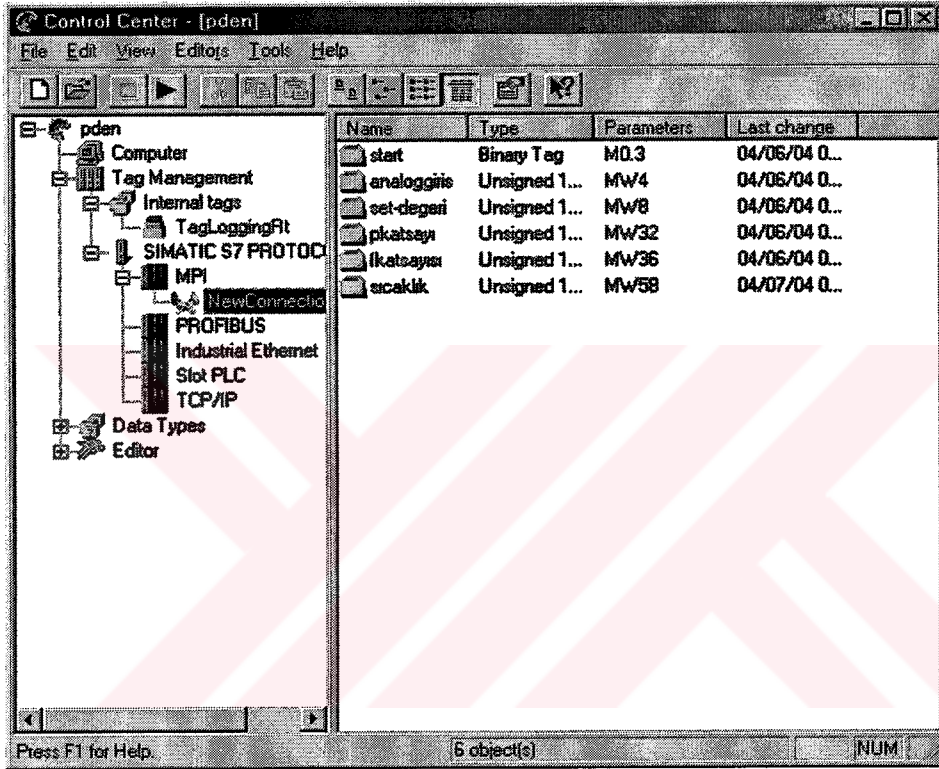
Şekil 5.23. Bilgisayar modülü özellikleri

5.5.1.2. Etiket (tag) yönetimi modülü

WinCC ile proje oluşturulurken iki çeşit etiketleme imkanı vardır. Bunlar dahili etiketler ve harici etiketlerdir. Dahili etiketler yerel değişkenler için kullanılır ve kontrol edilen sistemle direkt ilişkisi yoktur. Harici etiketler saha ekipmanlarından alınan bilgilerin sınıflandırılmasında kullanılan etiketlerdir. Bu bilgilere ulaşmak için öncelikle sistemde hangi sürücü yada PLC nin kullanıldığı ve hangi haberleşme

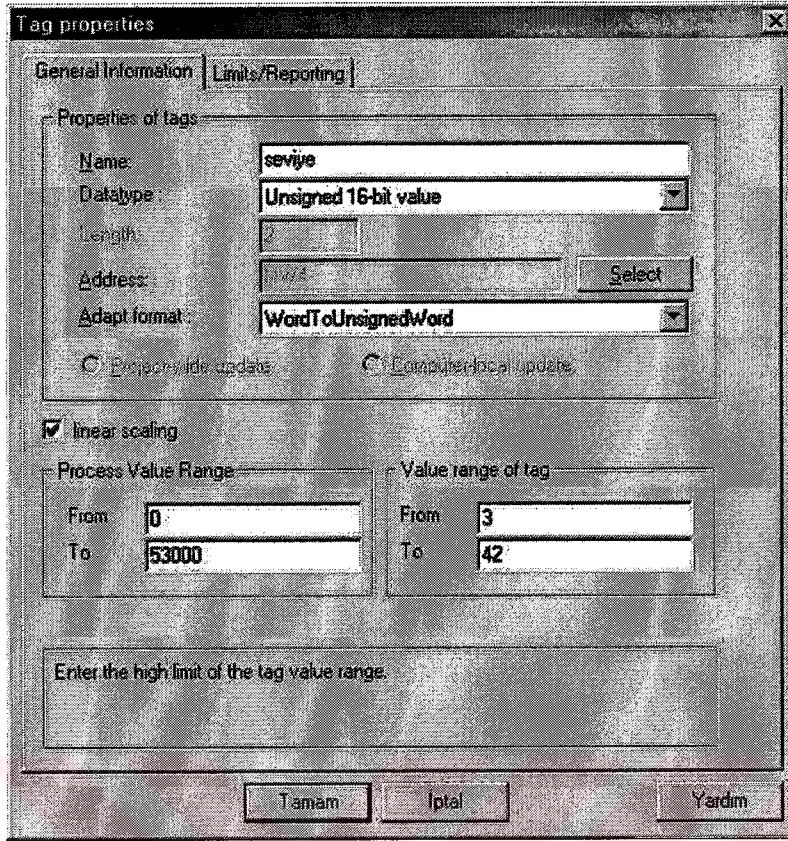
ortamından yararlanıldığı seçilmelidir. Şekil 5.24'te bu özelliklere ilişkin seçim görülmektedir.

Etiketleme için kullanılacak PLC ve iletişim ortamı seçildikten sonra sistemden alınacak verilere göre etiketleme işlemi gerçekleştirilir. Örneğin uygulamasını yaptığımız sistemden seviye ve sıcaklık bilgilerini WinCC de gözlemlediğimiz için bu bilgilere ait etiketler oluşturulmuştur.



Şekil 5.24. Etiket yönetimi modülü

Oluşturulan etiketin özellikleri ayarlanmak istenirse hangi etikete ait değerler değiştirilecekse o etiketin üzerinde fare çift tıklamayla o etikete ait özellikler kullanıcıya sunulur. Kullanıcı buradan istediği adreslemeleri ve bilginin sınırlandırılması işlemini gerçekleştirebilir. Şayet kullanıcı bir aralık belirtmezse WinCC otomatik olarak adresin özelliğine bağlı olarak sınırlandırma gerçekleştirir. Şekil 5.25'te örnek uygulamada seviye bilgisinin okunması için oluşturulan etiketin adresi ve çalışma aralığı belirtilmiştir.



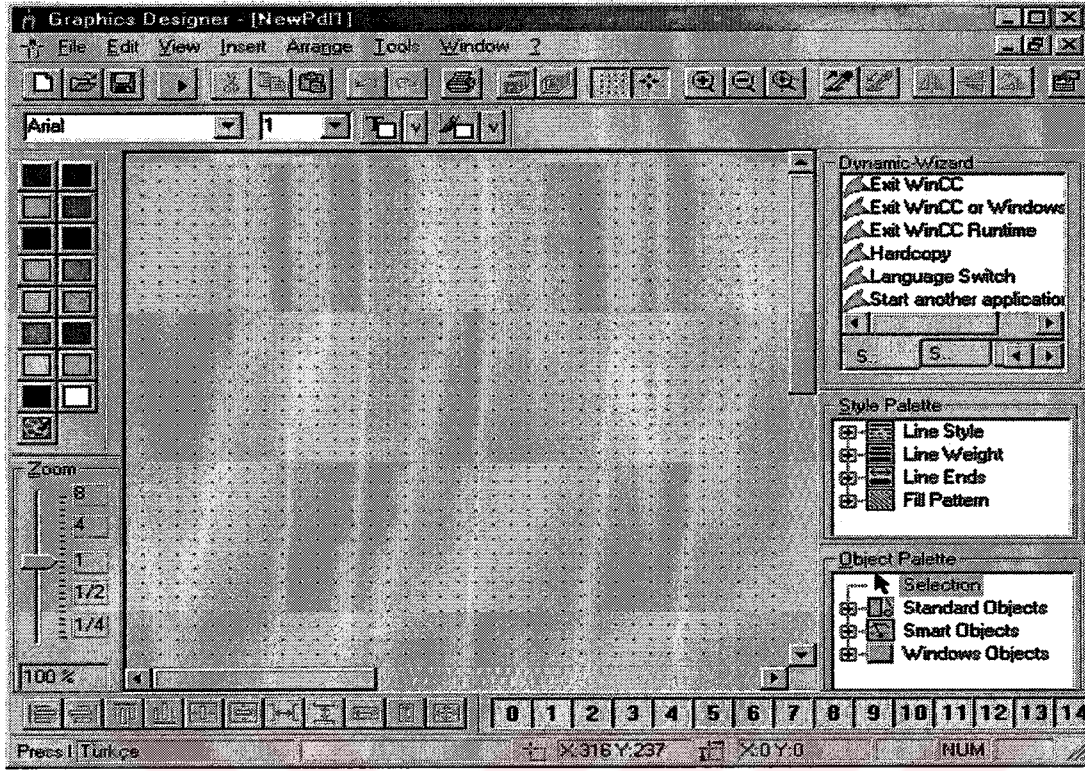
Şekil 5.25. Seviye bilgisine ait etiket değerinin sınırlandırılması

5.5.1.3. Editör

5.5.1.3.1. Grafik düzenleyici

Kullanıcı kontrolünü ve gözlemlenmesini yapacağı sistemi istediği boyutlarda birebir WinCC nin grafik düzenleyicisinde oluşturabilir. Kullanıcı ana menüden grafik düzenleyici sayfasını açtığında şekil 5.26'daki ekranla karşılaşır.

Sistem görsel olarak oluşturulurken dinamik ve statik elemanlar kullanılır. Sahadan alınan değerleri yada durumları işaret eden tüm elemanlar dinamiktir. Buna karşın görüntüsü ve şekli sistemin çalışmasına bağlı olmayan elemanlar statiktir. İster dinamik ister statik olsun kullanıcı görsel arayüzü oluştururken kullandığı tüm nesnelerin boyutunda renginde pozisyonunda değişiklik yapabilir.



Şekil 5.26. Grafik düzenleyici sayfası

Şekil 5.26'daki ekranın sağ tarafında üç değişik fonksiyon penceresi bulunmaktadır. Bunlardan dinamik sihirbaz (Dynamic Wizard) sayesinde kullanıcı listedeki fonksiyonlardan istediğini seçebilir. WinCC programı seçilen özelliğin çalışması için gerekli C fonksiyonunu oluşturarak kullanıcıya büyük kolaylık sağlar.

Bu penceredeki fonksiyonlar sayesinde kullanıcı, programdan çıkabilir, programın koşma sayfasından çıkabilir, yeni bir gözlemeleme yada çalışma sayfasına geçebilir.

Bu fonksiyonları çalıştırabilmek için öncelikle kullanıcı hangi nesne ile ne yapmak istediğini belirtmelidir. Örneğin butona basıldığında çalışma penceresinin kapanması isteniyorsa öncelikle çalışma sayfasında bir buton oluşturulmalı buton seçili iken yapılmasının istendiği fonksiyona ait komut seçilmeli ve çalıştırılmalıdır.

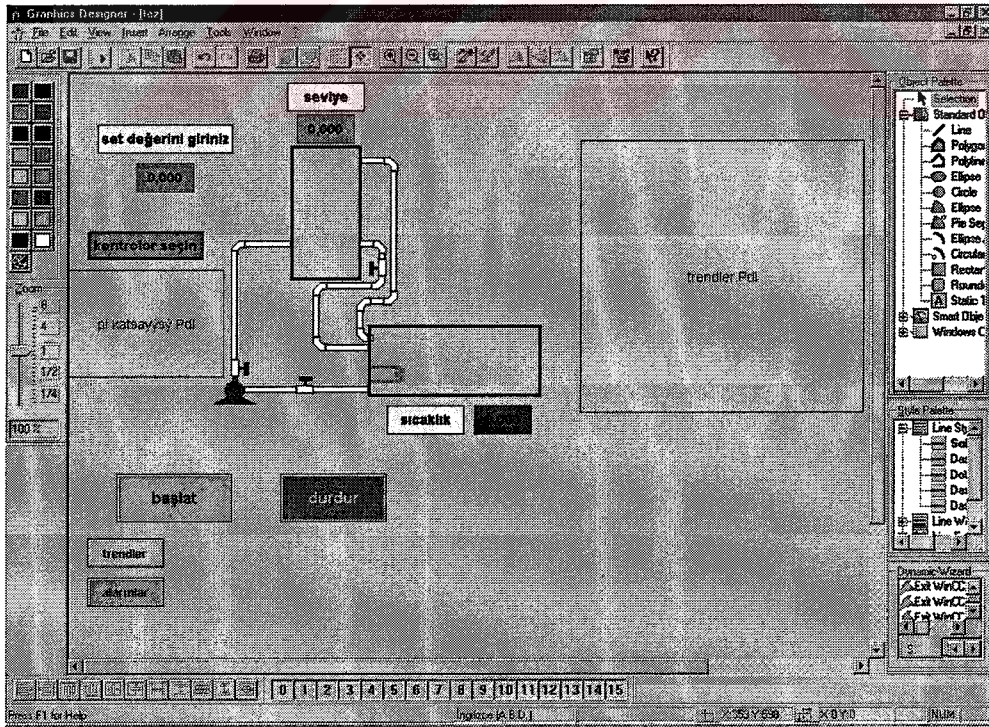
Diğer bir fonksiyon penceresi nesne paletidir (object palette). Bu pencerede kullanıcının seçebileceği çeşitli geometrik nesnelere, grafik yada alarm izleme ekranları,

butonlar, sahadan alınan veya sahaya gönderilen verilerin gözlemlendiği giriş-çıkış (I/O) alanları bulunur.

Kullanıcının kolay bir şekilde programı kullanabilmesi için geliştirilen diğer bir fonksiyon penceresi de stil paletidir (style palette)[23]. Bu özellikler görsel arayüzün oluşturulmasında kullanılacak nesnelere ait çizgilerin kalın, ince, kesikli veya düz seçilmesi amacı ile kullanılır.

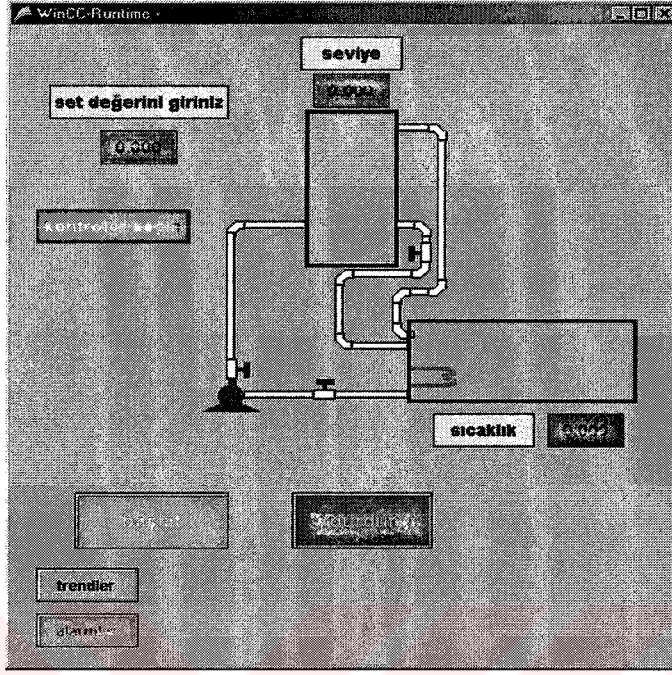
Şekil 5.26'da sol tarafta yer alan nene biçimlendiricilerinden birisi kullanılan nesnelere rengini belirlemek amacı ile kullanılan renk paleti diğeri ise kullanıcının oluşturduğu sayfayı uzaklaştırıp yakınlaştırdığı fonksiyon araç çubuğudur.

Bu çalışmada hazırlanan grafik sayfası şekil 5.27'de görülmektedir. Şekil 5.1'de görülen sistem benzer bir şekilde bu sayfada oluşturulmuş sıvı tankları, santrifüj pompa, borular, vanalar gibi saha ekipmanları gerçeğe yakın olarak çizilmeye çalışılmıştır. Sistemde kullanılan sensörlerden okunan seviye ve sıcaklık değerleri sayısal olarak ekrana yansıtılmıştır. Ayrıca sayfa üzerinden kullanıcının sisteme müdahale edebilmesi için bazı butonlar hazırlanmıştır.



Şekil 5.27. WinCC programında hazırlanan grafik sayfası

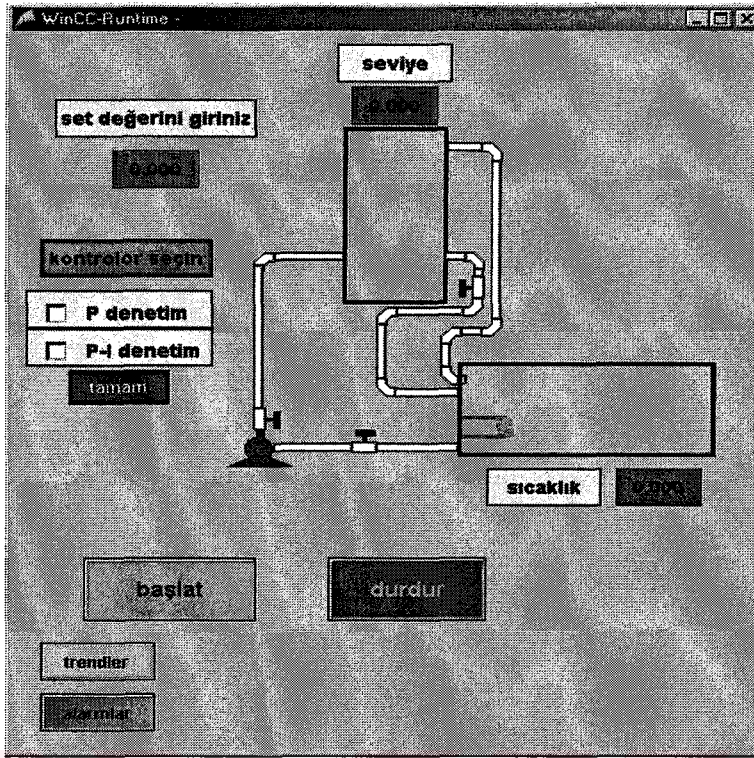
Şekil 5.27’da hazırlanan sayfa çalışma moduna alındığı zaman program tarafından Şekil 5.28’deki sayfa oluşturulur.



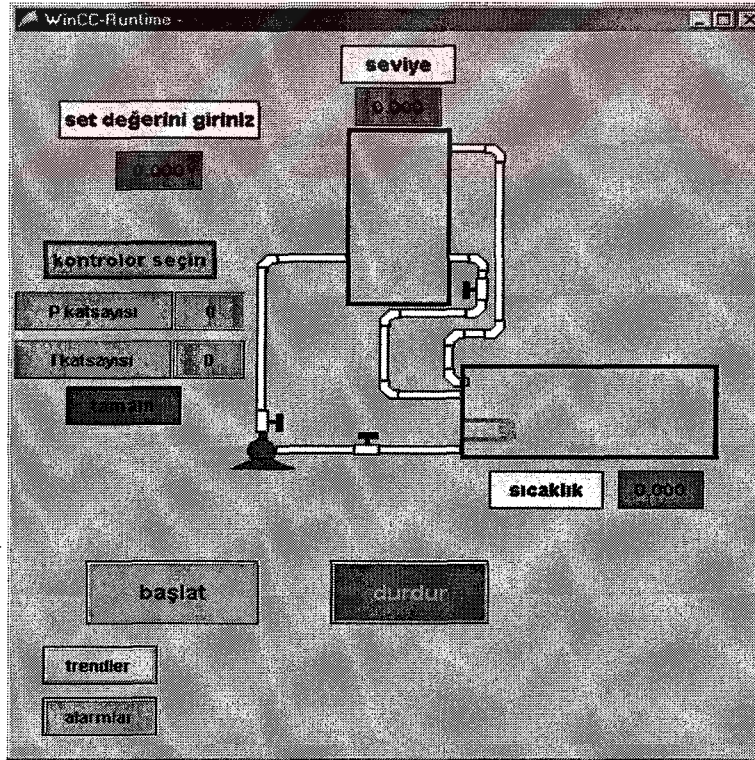
Şekil 5.28. Hazırlanan grafik sayfasının çalışma moduna alınması

Bu sayfada ilk olarak kullanıcının kontrol edilen tanktaki sıvının seviyesine ilişkin ayar değerini girmesi istenir. Kullanıcı ayar değerini belirledikten sonra sıra kontrol yöntemini seçmeye gelir. Kontrolör seç butonuna basıldığında kullanıcıya şekil 5.29’ da görülen seçenekli sayfa ekranı gelir.

Kullanıcı kullanmak istediği kontrol yöntemini belirleyerek tamam butonuna basarak şekil 5.30’da görüldüğü gibi katsayıların belirlendiği sayfaya ulaşır. Burada da oransal veya integral katsayılarını girerek sistemi çalıştırmaya hazır duruma getirir.



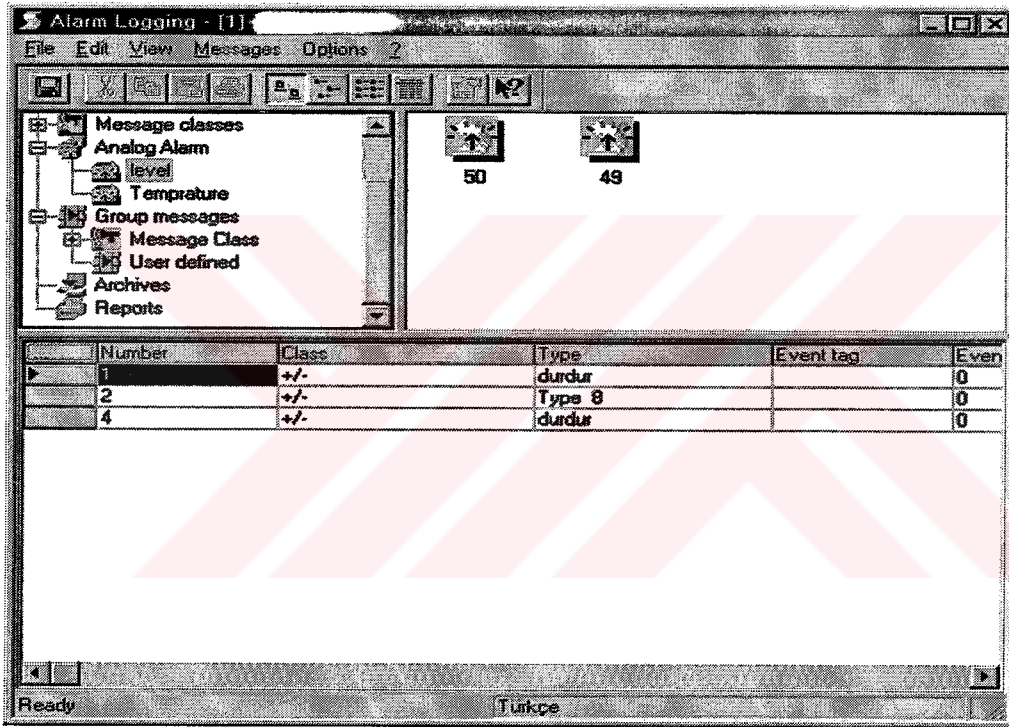
Şekil 5.29. Kontrol yönteminin seçilmesine ilişkin sayfa düzeni



Şekil 5.30. Kontrolöre ilişkin katsayıların belirlenmesi

5.5.1.3.2. Alarm kaydedici (alarm logging)

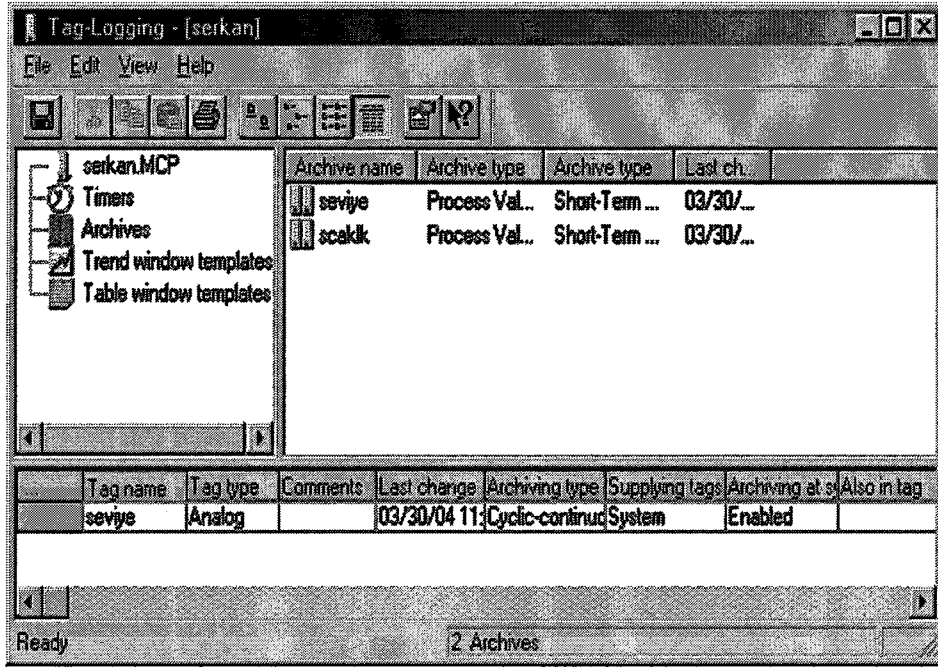
WinCC programı saha ekipmanları ile haberleşirken kullanıcı isterse kontrol noktaları için bazı sınırlandırmalar oluşturabilir. Böylelikle zamanla bu sınır değerlerinin aşılması kullanıcıya görsel yada sesli uyarı olarak dikkat çekici biçimde iletilebilir. Program tarafından kullanıcıya gönderilen tüm bu mesajlar arşivlenebilir, raporlanabilir böylelikle sistem geriye dönük olarak istenildiği zaman kontrol edilebilir. Kullanıcı WinCC de alarm sayfası oluştururken Şekil 5.31'deki ekran yardımı ile gerekli sınırlandırmaları oluşturabilir.



Şekil 5.31. Sisteme ait alarm sayfası

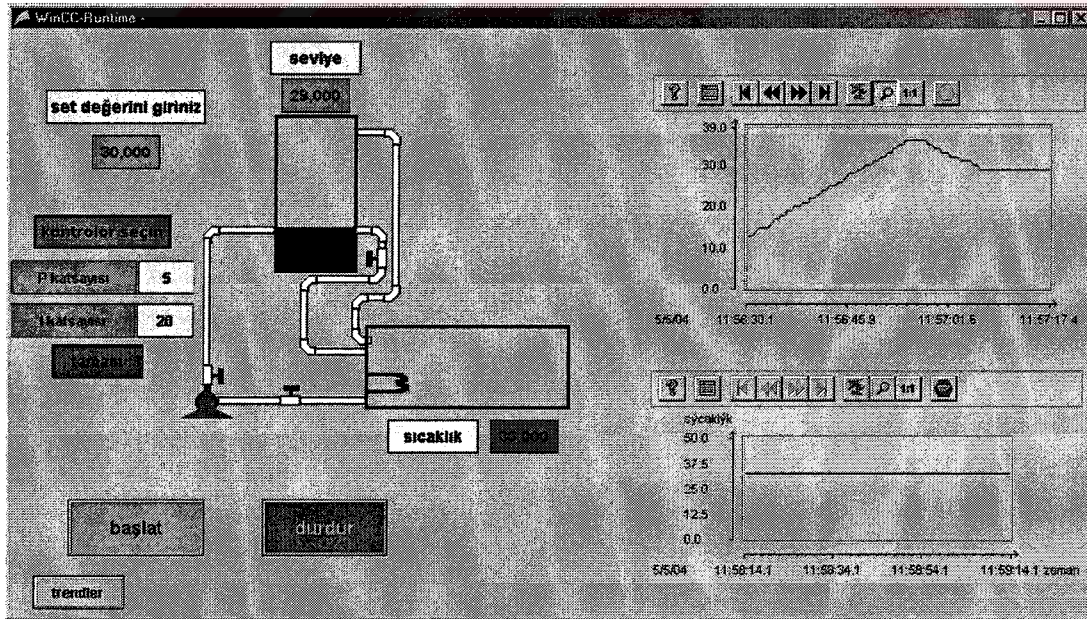
5.5.1.3.3. Etiket kaydedici (Tag Logging)

WinCC programı içerisindeki etiket kaydedici modül sayesinde sahadan alınan veriler kullanıcıya grafikler veya tablolar halinde sunulur. Kullanıcı izlemek istediği saha değerini bu modül sayesinde biçimlendirir, sınırlandırır. Bu sayede sahadaki ekipmanın çalışmasından sürekli haberdar olur. Şekil 5.32'de örnek uygulamada etiket kaydedici için hazırlanmış sayfa yapısı görülmektedir.



Şekil 5.32. Sistem için hazırlanmış etiket yönetimi sayfası

Şekil 5.28'deki sayfanın alt tarafında trendler yazılı bir buton bulunmaktadır. Kullanıcı bu butona basarak sistemde kontrolü gerçekleştirilen seviye ve sıcaklık değerlerinin anlık değerlerini grafiksel yada tablolar halinde izleyebilir. Şekil 5.33' de kullanıcının sistemde kontrol edilen değerleri izlediği sayfa yapısı görülmektedir.



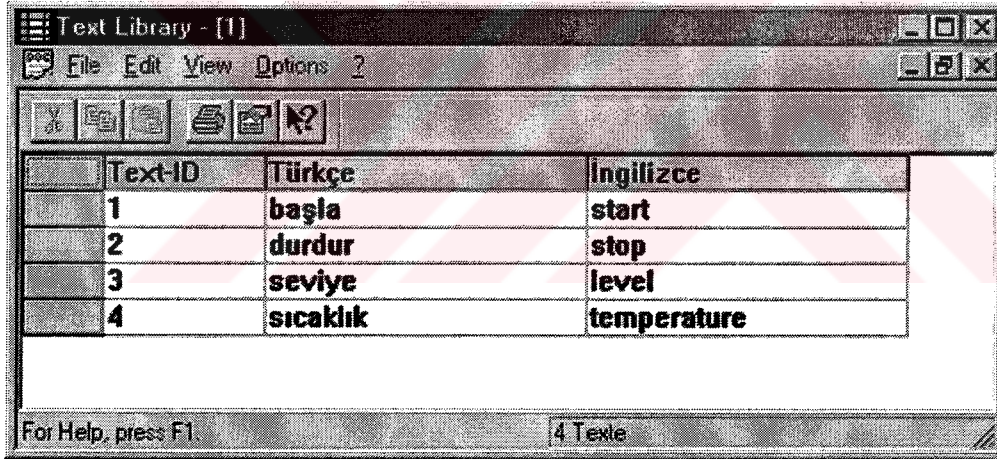
Şekil 5.33. Trendler butonunun çalışması

5.5.1.3.4. Rapor düzenleyici (report designer)

WinCC programı ile rapor hazırlamak ve hazırlanan raporları istenilen aralıklarla yazıcıdan çıkartmak için kullanılan düzenleyicidir.

5.5.1.3.5. Metin kütüphanesi (text library)

Kullanılan gözetleyici program aynı anda birkaç dilde konuşan değişik ülkeden takip edilebileceğinden çok uluslu dil yapısını desteklemelidir. WinCC editörü içerisindeki metin kütüphanesi bu amaçla geliştirilmiştir. Farklı dili konuşan değişik operatörler oluşturulan insan makine arayüzünde hangi butonun ne işe yaradığını yada yada hangi grafiğin hangi saha ekipmanına ait olduğunu bu çoklu dil desteği sayesinde kolaylıkla takip edebilir. Şekil 5.34'te Türkçe ve İngilizce olarak sistemde kullanılan terimler ifade edilmiştir.



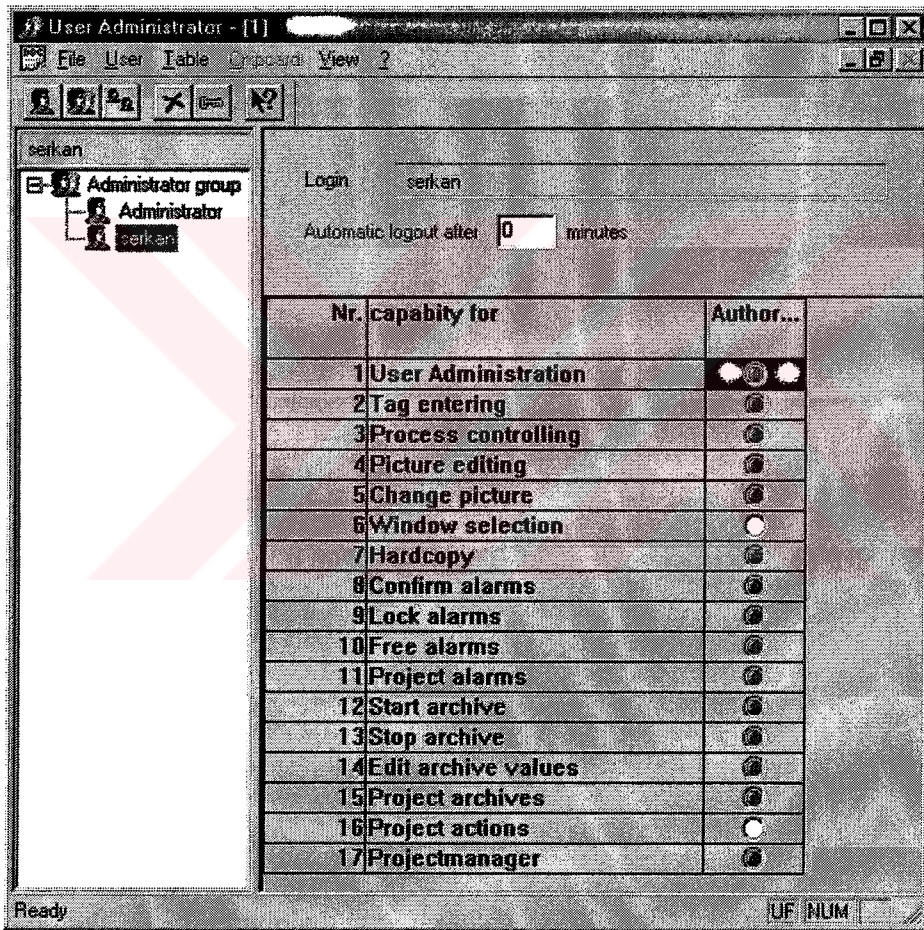
Text-ID	Türkçe	İngilizce
1	başla	start
2	durdur	stop
3	seviye	level
4	sıcaklık	temperature

Şekil 5.34. Sisteme ait metin kütüphanesi sayfası

Kullanıcı ana menüde bilgisayarın özelliklerinden başlangıçta çalışacak programlardan metin kütüphanesini seçerek ve özelliklerden dil değiştirerek gözlemeleme programında yer alan yazılı ifadelerin dilini değiştirebilir.

5.5.1.3.6. Kullanıcı yönetimi (user administrator)

SCADA programı ile sahadaki verilere müdahale ederken kullanıcıları yetkilendirmek gereklidir her kullanıcı kendi yetkisi dahilinde sisteme müdahale edebilmeli yada bilgilere erişebilmelidir. WinCC programında bu yetkilendirmeyi gerçekleştirmek amacı ile kullanıcı yönetimi program parçası kullanılır. Önceden belirlenen kullanıcılar ve yetkileri sayesinde sistemin güvenliğinin sağlanması amaçlanmıştır. Şekil 5.35'te kullanıcı tanımlama ve tanımlanan kullanıcının yetkilendirilmesine ilişkin WinCC sayfası görülmektedir.



Şekil 5.35. Sisteme ait kullanıcı yönetimi sayfası

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İşletmeler arası rekabetin sadece ürün fiyatı bazında değil, aynı zamanda ürün kalitesi bazında da hızla arttığı günümüzde, en uygun üretim maliyeti ve en iyi kalite felsefesiyle üretim yapan işletmeler için anlık veri toplama ve bu verilerin değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu amaçla kullanılan SCADA sistemleri, otomatik kontrol ve veri toplama işlemleri için çözümler sunmaktadır. Toplanan veriler bir veri tabanı ortamına alınarak ve otomatik kontrol aşamalarında gerekli yerlerde değerlendirilerek, sistem bütünlüğü sağlanır. SCADA sistemleri ile, sadece gerekli verilerin toplanması ve bir sistem bütünlüğü içinde çözümler sunulması sayesinde gereksiz işletme maliyetleri giderilir.

Bu sistemler sayesinde tekstil, petrokimya, ilaç, otomotiv, gıda ve çimento sanayi, bina otomasyonu, doğal gaz ve su dağıtım, enerji iletimi gibi endüstrinin tüm alanlarında ekonomik ve kısa zamanda çözüm olanakları sağlanabilir. SCADA sistemleri ile işletmeler ve endüstriyel tesisler amaçladıkları üretim faaliyetlerini modern bir şekilde ve çok geniş bir alanda gerçekleştirebilirler.

Günümüzde endüstriyel kontrol tesislerinde ve işletmelerde güçlü, esnek ve ekonomik çözümlerin beklendiği açıktır. Özellikle ülkemizde bu çözümler henüz yeterli seviyeye ulaşmış değildir. Ülkemizdeki ekonomik şartlar ve yetkililerin bu konuya gerekli önemi göstermemesi sonucu SCADA sistemlerinin ülkemizdeki işletmelerde kullanılmasında geç kalınmıştır.

Ayrıca çeşitli üniversitelerde bu konu ile ilgili dersler verilmesine karşılık çalışma sahalarının ve yatırımlarının az olması nedeni ile bu konuda yetişmiş eleman sayısı olması gerekenden çok azdır.

Bu amaçla Mekatronik Mühendisliği Proses Laboratuvarına günümüz endüstriyel otomasyon sistemlerinde kullanılan bir proses sistemin prototipi hazırlanmıştır. Bu prototip sayesinde öğrencilerin proseslerde kullanılan ekipmanları tanıyarak ölçüm, kontrol, SCADA ve saha haberleşmesi konularındaki bilgilerinin ve uygulama becerilerinin geliştirilmesine imkan sağlanmıştır.

Şu an sadece proses laboratuvarındaki bilgisayar aracılığı ile gözetlenen ve müdahale edilebilen prototip sistem ileriki çalışmalarda Kocaeli Üniversitesinin sahip olduğu iletişim ağı sayesinde diğer laboratuvarlar ve birimlerdeki bilgisayarlar ile de gözetlenebilir.



KAYNAKLAR

1. KURTULAN, S., PLC ile Endüstriyel Otomasyon. Birsen Yayınevi Ltd. Şti. 2001.
2. KELEŞLER, S., 2001. SCADA Sistemleri ve Doğalgaz Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi , İstanbul Teknik Üniversitesi
3. HORTON, M.A., 1993. Interfacing AM/FM with Distribution SCADA. IEEE Computer Applications in Power, Vol.6, No.1, January, pp. 46-50.
4. ACKERMAN, W.J., BLOCK, W.R.,1992. Understanding Supervisory Systems IEEE Computer Applications in Power, October, pp. 37-40
5. IEEE Standard Definition, Specification and Analysis of Systems Used for Supervisory Control, Data Acquisition, and Automatic Control. IEEE Std. C 37.1 – 1994
6. Boyer, Stuart, A. SCADA Supervisory Control and Data Acquisition, Instrument Society of America, Research Triangle, NC. 1993.
7. SMITH, H. L., BLOCK, W. R., 1993 RTUs Slave for Supervisory Systems. IEEE Computer Applications in Power, January, pp. 27-32.
8. AKARCAN, B. 1999. Enerji Dağıtım Sistemlerinin Bilgisayar Destekli İzlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi
9. BERÇİN, N. 1997. SCADA Sistemlerinin İncelenmesi ve OG Elektrik Dağıtım Tesislerine Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi
10. CHEMANE, L.A., JUNIOR, A.F., HANCKE, G.P. 1997. Integrating Modern Instrumentation, Control and Technology in the Undergraduate Laboratory. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conferance, Canada, pp. 1426-1430
11. SARIBEY, T., 1999. Popüler Fieldbus Sistemleri ve Sektördeki Gelişmeler Otomasyon Dergisi, Sayı 81, s. 50-56
12. MARIHART, D.J., 2001. Communications Technology Guidelines for EMS/ SCADA Systems. IEEE Transactions on Power Delivery Vol.16, No.2, April pp.181-188
13. GAUSHELL, D. J., BLOCK, W. R.1993. SCADA Communication Techniques and Standards. IEEE Computer Applications in Power July , pp. 45-50.

14. ERZURUM, O. K., 2002. SCADA Sistemi Yardımıyla Enerji Dağıtım Sistemlerinin Otomasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi
15. TENGDIN, J.T., 1987. Distribution Line Carrier Communication and Historical Perspective. IEE Transactions on Power Delivery, Vol. PRWD-2 No.2, pp. 321-328
16. GIBSON J. D. 1997. The Communication Handbook IEEE Press
17. FINK D.G. , BEATY H.W., 1993. Standard Handbook for Electrical Engineers Mc Graw- Hill Inc.
18. <http://www.ifmpdfrequest.com/pdf/>
19. www.sea.siemens.com/drivesbu/docs/gpd/mm4/lit/420.pdf
20. YÜKSEL, İ.,1997. Otomatik Kontrol Sistem Dinamiği ve Denetim Sistemleri. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No.21
21. GÜLER, B.N. 1999 PLC'lerde PID Yöntemi Kullanılarak DC Motor Hız Denetimi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi
22. www.cascadecontrols.com/tech_s7300.html#tip2
23. WinCC Configuration Manual.SIEMENS 1999

EK-1. SİSTEMİN ÇALIŞMASINA İLİŞKİN PLC PROGRAMI

OB1

Network 1

```
A M 0.3
= Q 124.0
= Q 124.2
= M 0.0
```

Network 2

```
A M 0.3
A I 124.0
= Q 124.1
```

Network 3

```
A M 0.3
JNB _001
L PIW 258
T MW 58
_001: NOP 0
```

Network 4

```
A M 0.3
JNB _002
L PIW 256
T MW 4
_002: NOP 0
```

Network 5

```
A M 0.3
JNB _003
L MW 8
L MW 4
-I
T MW 12
_003: NOP 0
```

Network 6

```
A M 0.3
A(
L MW 12
L -30000
<I
)
JNB _004
L 0
```

T MW 12
_004: NOP 0

Network 7

A M 0.3
JNB _005
L MW 12
L 100
/I
T MW 20
_005: NOP 0

Network 8

A M 0.3
JNB _006
L MW 20
L MW 32
*I
T MW 16
_006: NOP 0

Network 9

A M 0.3
A(
L MW 16
L 300
>I
)
JNB _007
L 300
T MW 16
_007: NOP 0

Network 10

A M 0.3
A M 0.4
JC pden

Network 11

AN M 0.2
A M 0.0
L S5T#10MS
SD T 1
A M 0.2
R T 1
L T 1
T MW 10
NOP 0
A T 1
= M 0.2

Network 12

```
A M 0.2
JNB _008
CALL "int", "integral"
_008: NOP 0
```

Network 13

```
A M 0.5
JC int
```

Network 14

```
pden: L MW 16
L 100
*I
T MW 40
NOP 0
```

Network 15

```
A M 0.6
JC son
```

Network 16

```
int: L MW 28
L MW 16
+I
T MW 24
NOP 0
```

Network 17

```
A(
L MW 24
L 0
<I
)
JNB _009
L 0
T MW 24
_009: NOP 0
```

Network 18

```
A(
L MW 24
L 300
>I
)
JNB _00a
L 300
T MW 24
_00a: NOP 0
```


Network 19

L MW 24
L 100
*I
T MW 40
NOP 0

Network 20

L MW 40
T PQW 256
NOP 0

Network 21

son: L MW 40
T PQW 256
NOP 0

FB1

Network 1

L MW 20
L MW 44
+I
T MW 28
NOP 0

Network 2

L MW 28
L MW 36
/I
T MW 28
NOP 0

Network 3

A(
L MW 28
L 300
>=I
)
JNB _001
L 300
T MW 44
_001: NOP 0

Network 4

A(
L MW 28
L 300
>=I

)
JNB _002
L 300
T MW 28
_002: NOP 0

Network 5

L MW 28
T MW 44
NOP 0



ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında İzmit'te doğdu. İlk öğrenimini İzmit'te tamamladı. 1993 yılında girdiği Sezai Türkeş Feyzi Akkaya (STFA) Anadolu Teknik Lisesi Elektrik Bölümünden 1997 yılında mezun oldu. Aynı yıl girdiği Kocaeli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi bölümünden 2001 yılında Elektrik Teknik Öğretmeni olarak mezun oldu. 2001 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.

