

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇAY FABRİKALARININ MODERNİZASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Akif KARAFİL**

**AĞUSTOS 2010**

**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇAY FABRİKALARININ MODERNİZASYONU**

**Akif KARAFİL**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**

**“Yüksek Lisans (Elektrik Mühendisliği)”**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16.06.2010**

**Tezin Savunma Tarihi : 19.08.2010**

**Tezin Danışmanı : Prof. Dr. A. Sefa AKPINAR**

**Jüri Üyesi : Doç. Dr. Cemal KÖSE**

**Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. H. İbrahim OKUMUŞ**

**Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU**

**Trabzon 2010**

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek gerek konu seçimi gerekse çalışmalarımın yürütülmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen hocam Prof. Dr. Adem Sefa AKPINAR başta olmak üzere, ÇAYKUR İşletmelerinde bana yardımcı olan teknik ve idari personele en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Her zaman yanımda olan desteğini esirgemeyen nişanlım Burcu KARANCI'ya ve manevi desteklerinden dolayı sevgili aileme, ayrıca Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerine teşekkür ederim.

Akif KARAFİL

Trabzon 2010

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa No</u></b>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET .....	IX
SUMMARY .....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XV
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XVI
1. PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLÖR (PLC) .....	1
1.1. Giriş: Genel Bilgiler .....	1
1.1.1. Temel Yapı .....	2
1.1.2. Giriş Birimi.....	5
1.1.3. Çıkış Birimi .....	7
1.1.4. Diğer Birimler .....	8
1.1.5. Programlayıcı Birimi .....	9
1.2. Çalışma Biçimi .....	10
1.2.1. Kullanıcı Programın Yürütülmesi .....	11
1.3. Programlama Biçimleri.....	13
1.4. Genel Programlama Prosedürleri.....	15
1.5. Kontak-Çıkış Bobinleri ile Dijital Mantık Kapıları Arasındaki İlişki.....	17
2. SCADA SİSTEMİNİN GENEL YAPISI.....	20
2.1. SCADA'nın Tanımı.....	20
2.1.1. Danışma ve Kontrol İşlevleri.....	21

2.1.2.	Uzaklık Kavramı.....	21
2.1.3.	Danışmalı Kontrol Sistemi .....	22
2.2.	İşletme Yönetimi ve SCADA Sistemi .....	22
2.2.1.	İşletme Kaynak Yönetim Katmanı .....	23
2.2.2.	İşletme Yönetim Katmanı.....	24
2.2.3.	Süreç Denetim Katmanı.....	24
2.2.4.	İşletme Kontrol Katmanı .....	24
2.3.	SCADA Sisteminin Amacı .....	25
2.4.	SCADA Sisteminin Temel Öğeleri .....	25
2.5.	SCADA Sisteminden Beklenenler .....	27
2.6.	SCADA Sisteminin Yapısı .....	28
2.7.	İşletme Yönetimi ve SCADA Sistemi .....	29
2.8.	Modern Kontrol Sistemlerinin Yapısı .....	30
2.8.1.	Fonksiyonel Entegrasyon .....	30
2.8.2.	Yapısal Entegrasyon .....	30
2.9.	Programlanabilir Elektronik Kontrol Üniteleri.....	30
2.10.	Sistemin Planlanması.....	31
2.10.1.	Modüler Yapı.....	31
2.10.2.	Uygulama Esnekliği .....	32
2.11.	SCADA Sisteminin Uygulama Alanları.....	33
2.12.	SCADA Sisteminin İşlevleri .....	34
2.12.1.	İzleme İşlevleri .....	34
2.12.2.	Kontrol İşlevleri.....	34
2.12.3.	Veri Toplama.....	35
2.12.4.	Verilerin Kaydı ve Saklanması.....	35
3.	SCADA SİSTEMİNİN KONTROL BİRİMLERİ .....	36

3.1.	Kontrol Merkezi (MTU).....	36
3.1.1.	Ana Terminal Biriminin Görevleri.....	37
3.1.2.	Kontrol Merkezi Mimarisi.....	39
3.1.2.1.	Sistem Bilgisayarları.....	40
3.1.2.2.	Kontrol Merkezi Kullanıcı Arabirimi.....	41
3.1.2.2.1.	Kullanıcı Arabiriminde Bulunan Cihazlar.....	41
3.1.2.2.2.	Kullanıcı Arabirimi İşlevleri.....	42
3.1.2.3.	Kontrol Merkezi Giriş-Çıkış Birimleri.....	43
3.1.2.4.	Kontrol Merkezi Veri Depolama Birimleri.....	43
3.1.2.5.	Kontrol Merkezi Veri İletişim Ağı.....	44
3.2.	Uzaktan Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi.....	44
3.2.1.	RTU'nun Sistem İçerisindeki Yeri.....	47
3.2.2.	RTU'nun Görevleri.....	47
3.2.3.	Bilgi Toplama ve Depolama.....	48
3.2.4.	Kontrol ve Kumanda.....	50
3.2.5.	İzleme.....	50
3.2.6.	Arıza Yeri Tespiti ve İzolasyon.....	50
3.3.	RTU'nun Ana Bölümleri.....	51
3.3.1.	İletişim Ünitesi.....	52
3.3.2.	Merkezi İşlem Birimi.....	53
3.3.3.	Giriş-Çıkış/İzolasyon Ünitesi.....	53
3.3.4.	Kullanıcı Arabirim Ünitesi.....	54
3.3.5.	Test Ünitesi.....	54
3.3.6.	Güç Kaynağı Ünitesi.....	54
4.	İLETİŞİM SİSTEMİ.....	55
4.1.	Tanımları.....	55

4.2.	İletişim Sisteminin Görevleri.....	56
4.3.	İletişim Sisteminin Elemanları .....	56
4.4.	Veri Haberleşme Teknikleri .....	57
4.4.1.	Asenkron Veri Haberleşmesi.....	57
4.4.2.	Senkron Veri Haberleşmesi .....	58
4.4.3.	Modülasyon .....	58
4.4.3.1.	Seri Ara Birimler .....	59
4.4.3.1.1.	RS-232 .....	59
4.4.3.1.2.	RS-422 .....	60
4.4.3.1.3.	RS-485 .....	61
4.4.3.1.4.	RS-232/RS-485 Dönüşümü .....	62
4.4.4.	Modemler .....	63
4.4.5.	Çoklama.....	63
4.5.	Topolojiye Göre Ağ Bağlantılarının Sınıflandırılması.....	63
4.5.1.	Yıldız Tipi Bağlantılar.....	63
4.5.2.	Hiyerarşik Bağlantılar.....	64
4.5.3.	Örgü Tipindeki Bağlantı.....	65
4.5.4.	Bus Tipindeki Bağlantı.....	66
4.5.5.	Halka Tipindeki Bağlantı.....	67
4.5.6.	Hibrit Bağlantılar .....	68
4.5.6.1.	Kısmen Yıldız Bus Tipindeki Bağlantılar .....	68
4.5.6.2.	Kısmen Hiyerarşik Bus Tipindeki Bağlantılar .....	69
4.6.	Bağlantı Türleri .....	70
4.6.1.	Yerel Ağlar (LAN) .....	70
4.6.2.	Geniş Alan Ağları (WAN).....	71
4.7.	SCADA Sistemlerindeki İletişim Protokolleri .....	72

4.7.1.	OSI Referans Modeli.....	73
4.7.2.	MAC Protokolleri.....	73
4.7.2.1.	Polling Protokolü.....	73
4.7.2.2.	Token Ring Protokolü .....	74
4.7.2.3.	CSMA/CD Protokolü .....	74
4.7.2.4.	Token Bus Protokolü.....	75
4.8.	SCADA İletişim Protokolünden Beklenenler .....	76
4.9.	Endüstriyel Haberleşme Protokolleri.....	77
4.9.1.	Genel Tanımlar .....	77
4.9.2.	Sensör-Aktüatör Veri Yolu.....	78
4.9.3.	Fieldbus .....	78
4.9.3.1.	Profibus.....	79
4.9.3.2.	Interbus .....	81
4.9.4.	Ethernet.....	82
4.10.	İletişim Ortamları .....	82
4.10.1.	Gerilim Hatları.....	83
4.10.2.	Kiralanmış Hatlar .....	83
4.10.3.	Radyo Frekansında İletişim.....	83
4.10.4.	Özel Hatlarda İletişim.....	84
4.10.4.1.	Metalik Kablo .....	84
4.10.4.2.	Fiber Optik Kablo.....	84
5.	YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME .....	87
5.1.	Soldurma.....	87
5.2.	Kıvrırma.....	92
5.3.	Fermantasyon (Oksidasyon).....	95
5.4.	Kurutma.....	97



5.5.	Tasnif.....	102
5.6.	Ambalajlama.....	106
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	120
7.	KAYNAKLAR.....	121
ÖZGEÇMİŞ		

## ÖZET

Yaşanılan teknolojik gelişmelerin ve bunun sonucunda kalite ve üretimin hızla artması sonucu otomasyon sistemleri günümüzde daha da önemli bir hal almıştır.

Otomasyon sistemlerine duyulan gereksinimin hızla artması sonucu özellikle SCADA sistemleri büyük bir önem kazanmıştır. SCADA sistemleri, yazılım ve endüstriyel veri iletişimi üzerine ağırlık vererek, hızla gelişen bir alandır. SCADA sistemlerinde tüm süreçlerin izlenmesi, tek bir merkezde toplanabilmesi, zaman ve iş gücünden tasarruf sağlanması bu sistemin en önemli avantajlarıdır.

Birinci bölümde Programlanabilir Lojik Kontrolörün yapısı, programlanabilmesi ve çalışma şekli üzerinde durulmuştur. Özellikle otomasyon sisteminde çok kullanılan PLC'ler tanıtılmıştır.

İkinci bölümde SCADA teknolojisi incelenmiş, SCADA sistemlerini oluşturan kontrol birimlerinin temel elemanları, haberleşme yöntemleri ve protokolleri ele alınarak incelenmiştir.

Son bölümde geçmişten günümüze kadar çay fabrikalarında bulunan otomasyon sistemleri incelenmiş ve en son modern teknoloji olarak kullanılan SCADA sisteminin çay fabrikasında uygulanabilirliği ele alınmıştır. SCADA teknolojisinin çay fabrikalarında getirmiş olduğu değişimler incelenerek üretime katkısının neler olduğu da belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** SCADA Sistemleri, Otomasyon Sistemleri, PLC, RTU

## **SUMMARY**

### **Modernization Of Tea Factories**

Due to technological developments, quality and production have increased, as a consequence of this, automation systems have become more important today.

As a result of rapid increase in the need for automation systems, SCADA systems have gained importance. SCADA systems is a rapidly growing area which give importance to the software and industrial data communication. The most important advantage of the SCADA system is that it has the possibility of gathering and monitoring all processes in a single centre at the same time. Moreover, it saves time and labour force.

In the first part, importance was given to the structure, working style of programmable logic controller. PLC systems, especially used in automation systems are introduced.

In the second part, SCADA technology has been examined by considering the main elements of control units that form the SCADA systems, methods of communication and protocols.

In the final part, the automation systems available in tea factories from past until now have been examined and the applicability of the SCADA system used as the last modern technology in tea factories have been analyzed.

**Key Words:** SCADA Systems, Automation Systems, PLC, RTU

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1. PLC'nin yapısı.....	3
Şekil 2. Dijital verilerin PLC tarafından okunması.....	5
Şekil 3. PLC'nin giriş uçlarının gösterimi.....	6
Şekil 4. PLC'nin giriş ve çıkış uçlarının isimlendirilmesi.....	6
Şekil 5. 24 V DC gerilimle uyarılan bir giriş birimi devresi.....	7
Şekil 6. PLC'nin giriş-çıkış bağlantıları.....	8
Şekil 7. Dijital-Analog konvertör (DAC) modülünün gösterimi.....	9
Şekil 8. Siemens S7-200'ün kablo bağlantısı ve genel bağlantı şekli.....	10
Şekil 9. Programın yürütülmesi.....	11
Şekil 10. PLC programlama biçimleri.....	14
Şekil 11. Normalde açık kontak uygulaması.....	16
Şekil 12. Normalde kapalı kontak uygulaması.....	16
Şekil 13. VE (AND) kapısının gösterimi.....	17
Şekil 14. VEYA (OR) kapısının gösterimi.....	18
Şekil 15. VE-DEĞİL (NAND) kapısının gösterimi.....	19
Şekil 16. VEYA-DEĞİL (NOR) kapısının gösterimi.....	19
Şekil 17. Entegre bir SCADA sistemi.....	23
Şekil 18. SCADA sisteminin genel yapısı.....	28
Şekil 19. Örnek bir fabrika iletişim sistemi.....	55
Şekil 20. İletişim sisteminin temel elemanları.....	57
Şekil 21. RS-232 ile iki nokta arası bağlantı.....	60
Şekil 22. RS-422 ile bilgisayar ve G/Ç birimleri arasındaki haberleşme şeması.....	61

Şekil 23. RS-485 ile G/Ç birimleri arasındaki haberleşme şeması.....	62
Şekil 24. RS-232 ile RS-485 dönüştürücü kullanımı .....	62
Şekil 25. Yıldız tipindeki bağlantı.....	64
Şekil 26. Hiyerarşik bağlantı .....	65
Şekil 27. Örgü tipindeki bağlantı.....	66
Şekil 28. Bus tipindeki bağlantı.....	67
Şekil 29. Halka (Ring) tipindeki bağlantı .....	68
Şekil 30. Kısmen yıldız bus tipindeki bağlantı.....	69
Şekil 31. Kısmen hiyerarşik bus tipindeki bağlantı.....	70
Şekil 32. Genel profibus yapısı .....	80
Şekil 33. Ethernet ağ.....	82
Şekil 34. Yaş çay yapraklarının konveyörlerle taşınması.....	88
Şekil 35. Hareketli soldurma makinesi.....	89
Şekil 36. Soldurma işlemi için kullanılan kasnak sistemi .....	89
Şekil 37. Çay sıcaklığının termometreden gözlemlenmesi .....	90
Şekil 38. Soldurma işlemi için kullanılan varyatörlü sistem.....	90
Şekil 39. Soldurma işlemi için kullanılan sistemlerin butonlarla kontrolü .....	91
Şekil 40. Yaş çay yapraklarının kıvrırma işlemi için konveyörlerle taşınması .....	91
Şekil 41. Çayın kıvrırma makinelerine aktarımı.....	93
Şekil 42. Çayın göbekli kıvrırma makinelerinde işlenmesi .....	93
Şekil 43. Kıvrırma makinelerine doldurulan çay yapraklarının butonlarla kontrolü.....	94
Şekil 44. Kıvrırma makinelerinin kontrolünü sağlayan ünite.....	95
Şekil 45. Çayın fermantasyon işlemi.....	96
Şekil 46. Çayın fermantasyonu için ideal sıcaklık ve nemin gözlemlenmesi .....	96
Şekil 47. İlkel çay kurutma ocağı .....	97
Şekil 48. Hamro tipi kurutma fırını .....	98

Şekil 49. Marshall tipi kurutma fırını .....	98
Şekil 50. Çaykur tipi fırın .....	99
Şekil 51. Çayın fırınlara taşınması .....	99
Şekil 52. Kurutma fırınlarının kontrol edildiği ünite.....	100
Şekil 53. Fırınlardan çıkan çay saplarının elektrostatik lif toplayıcısı ile ayıklanması....	100
Şekil 54. Çin usulü kurutma fırını .....	101
Şekil 55. Kurutulan çayın eleklerle taşınması .....	101
Şekil 56. Kurutulan çayın lif tutucularından geçirilerek çöplerinin ayıklanması .....	102
Şekil 57. Çayların kırılması .....	103
Şekil 58. Tasnife alınan çaylar .....	103
Şekil 59. Çayların elekten geçirilmesi.....	104
Şekil 60. Çayların elekten geçirilerek sınıflara ayrılması.....	104
Şekil 61. Sınıflara ayrılmış çayın taşınması .....	105
Şekil 62. Sınıflandırılmış çayın torbalanması .....	105
Şekil 63. Sınıflara ayrılan çayların kontrol ünitesi .....	106
Şekil 64. Paketlenen çayın izlediği aşamalar.....	107
Şekil 65. Boşaltılan çayların tanklara taşınması .....	108
Şekil 66. Çay harmanlama makinesi .....	108
Şekil 67. Poşet çayın hazırlanması .....	109
Şekil 68. Poşet çayın dış ambalajının yapılması .....	109
Şekil 69. Poşet çayın paketlenmesinin kontrolü ve gözlemlenmesi .....	110
Şekil 70. Poşet çayın paketlenmesi.....	110
Şekil 71. Ambalaj üzerine işaretleme yapılması .....	111
Şekil 72. Ambalajlamanın kontrolü ve gözlemlenmesi.....	111
Şekil 73. Çayın etiketlenmesi .....	112
Şekil 74. Çayın sensörler yardımıyla algılanıp paketlenmesi.....	113

Şekil 75. PLC ile sistemin kontrolü.....	113
Şekil 76. Sistemin butonlarla kontrolü .....	114
Şekil 77. Çay paketlerinin ambalajlanması safhası .....	115
Şekil 78. Çayın ambalajlanmasının SCADA sistemi ile gözlemlenmesi .....	116
Şekil 79. Çayın soldurulması işleminde kullanılan makineler .....	117
Şekil 80. Çayın kıvrılması işleminde kullanılan makineler.....	118
Şekil 81. Çay üretimi sürecinde kullanılan sistemler ve işlevleri.....	119

## TABLULAR DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1.	Bit, bayt, word ve double-word kavramlarının ikilik sayı sistemi ile gösterimi..4
Tablo 2.	Çeşitli firmaların temel komutlar için kullandıkları kısaltmalar.....14



## SEMBOLLER DİZİNİ

ADC	Analog işaretlerin sayısal işaretlere dönüştürülmesi
BUS	Veri yolu
CPU	Merkezi işlem birimi
CTC	Ezme-yırtma-bükme yöntemi
DAC	Sayısal işaretlerin analog işaretlere dönüştürülmesi
DCS	Dağıtık kontrol sistemi
EMS	Enerji yönetim sistemleri
FBD	Fonksiyon blok diyagramı
IEC	Uluslar arası elektroteknik komisyonu
I/O	Giriş/Çıkış
LAD	Merdiven diyagramı
LAN	Yerel alan ağları
MTU	Ana kontrol merkezi
OSI	Açık sistem bağlantısı
PLC	Programlanabilir lojik kontrolör
RTU	Uzak uç birimi
SCADA	Denetimsel kontrol ve veri toplama sistemi
STL	Komut listesi
WAN	Geniş alan ağları

## **1. PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLÖR (PLC)**

### **1.1. Giriş: Genel Bilgiler**

Günümüz modern üretim süreçlerinde yüksek verim ve kaliteli üretim için kaçınılmaz olan endüstriyel otomasyon sistemleri her geçen gün büyük bir hızla gelişmektedir. Endüstriyel otomasyon sistemlerinin hızlı gelişiminde PLC kullanımı önemli bir paya sahiptir. Bilindiği gibi endüstriyel otomasyon sistemleri, en küçük üretim biriminin amaca uygun çalışmasını düzenlediği gibi, bütün üretim sistemleri arasında veri iletişimi olanağı sağlayarak daha üst düzeyde yönetim ve planlama için gerekli bilgi tabanını oluşturur.

Endüstriyel otomasyon sistemleri tasarım açısından üç bölüm altında incelenebilir. Endüstriyel kumanda sistemleri, geri beslemeli kontrol sistemleri ve veri iletişim sistemleridir. Endüstriyel kumanda sistemleri, en küçük üretim birimlerinin çalışma koşullarını (devreye girme ve devreden çıkma) düzenleyen lojik temelli sistemlerdir. Geri beslemeli kontrol sistemleri, çeşitli üretim süreçlerinin her türlü bozucu etkiye karşı sürecin istenilen değerde çalışmasını sağlayan sistemlerdir. Veri iletim sistemleri ise birimler arasında bilginin güvenilir ve hızlı akışını sağlayan donanım ve yazılım sistemleri olup bu amaçla günümüzde yaygın olarak SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) yazılımları kullanılır. Programlanabilir lojik kontrolör (PLC) günümüz endüstriyel sistemlerinin her üç bölümünde de önemli işlevler yüklenen en önemli elemandır.

Programlanabilir lojik kontrolör (Programmable Logic Controller, 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 bir endüstriyel bilgisayardır. Başlangıçta, röleli kumanda sistemlerinin yerine kullanılması düşünülmüş ve ilk ticari PLC, 1969 yılında Modicon firması tarafından geliştirilmiştir. O yıllarda, röleli kumanda devreleri yerine kullanılmak üzere geliştirilen bu aygıt yalnız temel lojik işlem komutları içerdiğinden programlanabilir lojik kontrolör adı ile sunulmuştur. İlk ticari PLC'nin endüstride başarıyla uygulanmasından sonra Allen-Bradley, General Electric, GEC, Siemens ve Westinghouse

gibi firmalar orta maliyette yüksek performanslı PLC'ler üretmişlerdir. Mitsubishi, Omron ve Toshiba gibi firmaların ucuz maliyette yüksek performanslı PLC'ler geliştirmesinden sonra bu aygıtlar endüstriyel otomasyon devrelerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Günümüzde üretilen PLC'ler ise, lojik temelli işlemlere ek olarak aritmetik ve özel matematiksel işlemlerin yapılmasını sağlayan komutları da içerirler. Komut kümesinin genişlemesi sonucu daha karmaşık kumanda ve kontrol işlevleri gerçekleşmektedir. Bu kontrolörün geri beslemeli kontrol devrelerinde kullanılmaya başlanması, alışlagelmiş PLC adının tartışılmasına neden olmuştur. Birçok üretici firma, bu kontrolörün hem lojik temelli kumanda devrelerinde hem de geri beslemeli kontrol sistemlerinde kullanılmasını nedeni ile PLC yerine, programlanabilir ya da programlanır kontrolör adını kullanmayı daha uygun bulmuş ve kişisel bilgisayardan ayırma amacı ile kısaca PCs olarak tanımlanmıştır. Bazı üretici firmalar ise ilk sunulduğu andaki "programmable logic controller" kelimelerinin baş harflerinden oluşan PLC adını kullanmayı sürdürmektedirler.

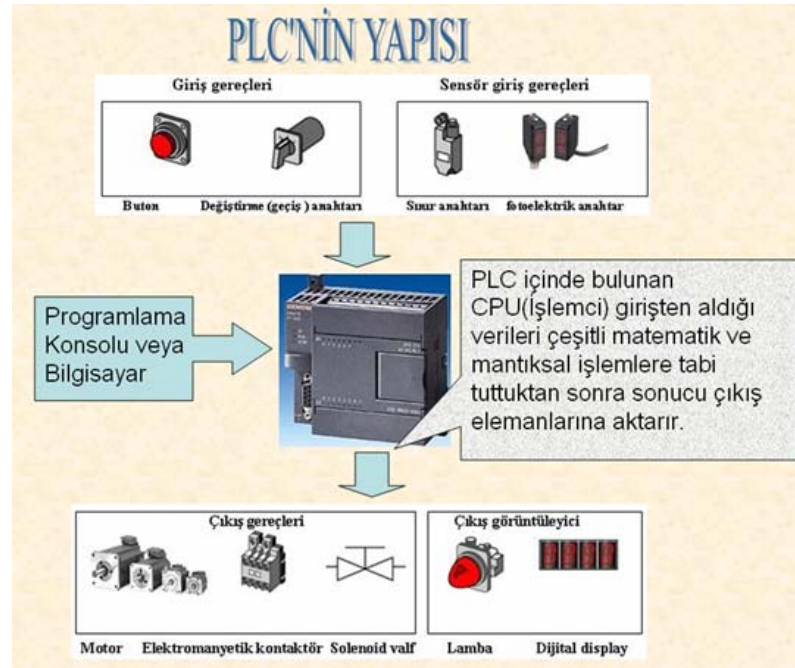
PLC'lerin en yaygın olarak kullanıldığı alanlar, endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda devreleridir. Bilindiği gibi kumanda devreleri, yardımcı röle, kontaktör, zaman rölesi ve sayıcı gibi elemanlarla gerçekleştirilen devreleridir. Günümüzde bu tür devrelerin yerlerini aynı işlevi sağlayan PLC'li kumanda sistemleri almıştır. Küçük boyutlu birkaç PLC modeli dışında yeni üretilmekte olan bütün PLC modellerinde, bir kontrol algoritması yazmak için gerekli aritmetik işlemlerin yapılmasını sağlayan komut desteği bulunur. Bir PLC'nin geri beslemeli kontrol sistemlerinde sayısal kontrolör olarak kullanılması analog işaretleri sayısal işaretlere (ADC) ve sayısal işaretleri analog işaretlere dönüştüren (DAC) giriş-çıkış birimleri ile sağlanır.

### **1.1.1 Temel Yapı**

PLC'ler endüstriyel otomasyon devrelerinde doğrudan kullanıma uygun özel giriş ve çıkış birimleriyle donatılmıştır. Bu aygıtlara, basınç, seviye, sıcaklık algılayıcıları ve kumanda düğmesi gibi ikilik lojik işaret bilgisi taşıyan elemanlar, kontaktör, selonoid gibi kumanda devrelerinin sürücü elemanları doğrudan bağlanabilir.

Bir PLC;

- Bir sayısal işlemci ve bellek,
- Giriş ve çıkış birimleri,
- Programlayıcı birimi,
- Besleme güç kaynağı



Şekil 1. PLC'nin yapısı [18]

gibi temel kısımlardan oluşur. Ayrıca programı yedeklemek ve başka bir PLC'ye aktarmak için kalıcı bellek birimi, giriş-çıkış sayısını arttırmak için genişleme birimi, enerji kesilmeleri durumunda PLC'yi besleyen yedek güç kaynağı ve iletişim arabirimi gibi elemanlar da bulunur.

Bir PLC'nin iç yapısı şekil 1.'deki gibidir. Bütün sayısal bilgisayarlar gibi PLC; bir işlemci, bellek ve giriş-çıkış arabirimlerinden oluşur.

Sayısal işlemci (mikrobilgisayar veya mikrokontrolör), PLC sistem programı altında kullanıcı programını yürütür ve PLC'nin çalışmasını düzenleyen, bu işlemleri yapmak için gerekli birimleri bulunan bir elemandır.

Bellek, sistem programının bulunduğu sistem belleği, kullanıcı programının bulunduğu program belleği ve veri belleği gibi bölümlerden oluşur. Sistem belleği ve PLC'ye ilişkin değiştirilmeyen veriler için salt okunur bellek (ROM); program belleği ve veri belleği için rastgele erişimli bellek (RAM) kullanılır. Veri belleği, giriş-çıkış işaret durumlarının tutulduğu giriş-çıkış görüntü belleği ve kullanıcıya ayrılmış bellek alanlarından oluşur.

Sistem belleği, üretici firmanın geliştirdiği PLC işletim sistemi programının yüklü olduğu bellek alanı, program belleği ise kullanıcı tarafından yazılan programın yüklendiği bellek alanıdır.

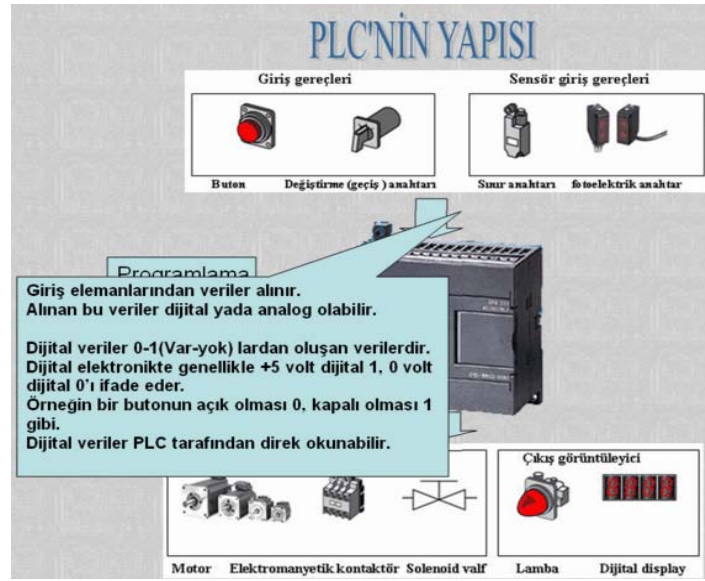
Veri belleği alanında bulunan giriş görüntü belleği, programın yürütülmesi sürecinde, giriş birimindeki noktaların işaret durumlarının (var-yok; 0-1) saklandığı bellek alanı; çıkış görüntü belleği ise kullanıcı programının yürütülmesi sürecinde, çıkış noktalarına ilişkin hesaplanan değerlerin saklandığı bellek alanıdır. Kullanıcıya ayrılmış bellek alanına genellikle 1 bit, 8 bit, 16 bit ya da 32 bitlik boyutlarda erişilebilir. 1 bit, 0 ve 1 sayılarından her birine, 8 bitlik bilgiye bayt, 16 bitlik bilgiye ise word, 32 bitlik bilgiye ise double-word denir.

Tablo 1. Bit, bayt, word ve double-word kavramlarının ikilik sayı sistemi ile gösterimi [18]

<b>Bit:</b> 0 ve 1 sayılarının her birine 1 bit denir.	<b>0 veya 1</b>
<b>Bayt:</b> 8 bitlik bilgiye 1 bayt denir.	<b>00000000 ile 11111111 arası değer alır.</b>
<b>Word:</b> 2 baytlık bilgiye word denir. Başka bir ifade ile 16 bit, 1 word'dür	<b>0000000000000000 ile 1111111111111111 arası değer alır.</b>
<b>Double-word:</b> 2 wordluk bilgiye double-word denir. Başka bir ifade ile 4 baytlık(32bit) bilgi 1 doubleword'dür.	<b>000000000000000000000000 ile 11111111111111111111111111111111</b>

### 1.1.2 Giriş Birimi

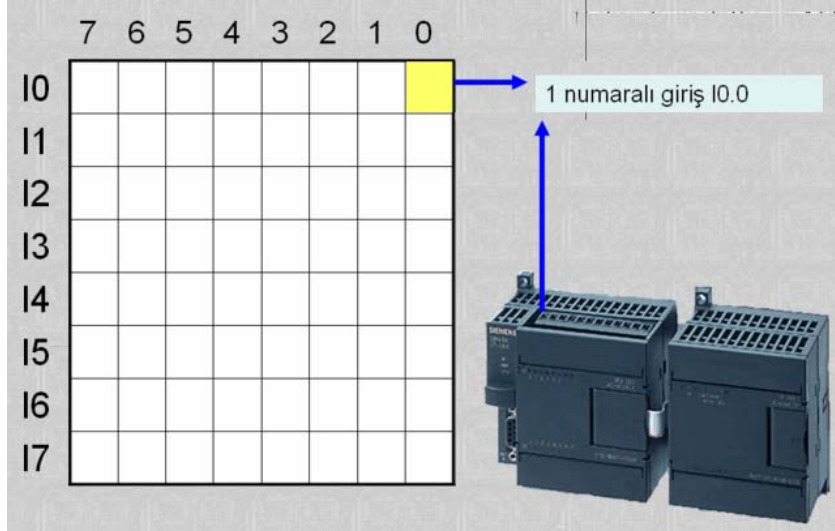
Kontrol edilen sistemle ilgili algılama ve kumanda elemanlarından gelen elektriksel işaretleri lojik gerilim seviyelerine dönüştüren birimdir. Kontrol edilen sisteme ilişkin basınç, seviye, sıcaklık algılayıcıları, kumanda düğmeleri ve yaklaşım anahtarları gibi elemanlardan gelen ikilik işaretler (var-yok, 0 veya 1) giriş birimi üzerinden alınır [1].



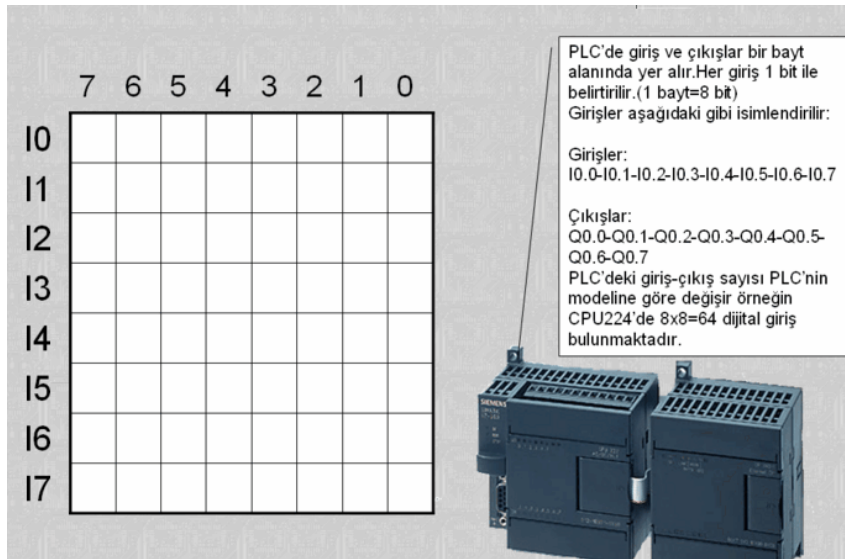
Şekil 2. Dijital verilerin PLC tarafından okunması [18]

Gerilim seviyesi 24 V DC, 48 V DC, 100-120 V AC veya 220 V AC değerlerinde olabilir.

Çeşitli firmalar tarafından üretilen PLC'lerin giriş ve çıkış isimlendirilmesinde farklılıklar olabilir. Siemens firması tarafından üretilen PLC'lerde genel olarak giriş için İngilizce kelime anlamı olarak giriş anlamına gelen "input" kelimesinin baş harfi kullanılarak "I" harfi ile gösterilirken, çıkış için "output" İngilizce kelimesinin baş harfi olan "Q" harfi kullanılır. Her giriş ve çıkış bir bit ile belirtilir. PLC'nin modülüne göre giriş-çıkış sayıları değişebilir.

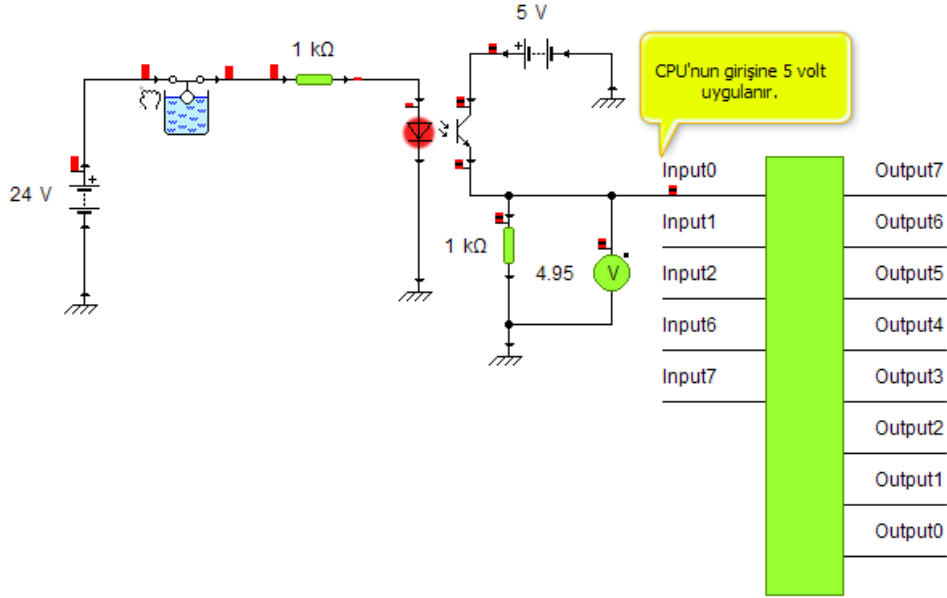


Şekil 3. PLC'nin giriş uçlarının gösterimi [18]



Şekil 4. PLC'nin giriş ve çıkış uçlarının isimlendirilmesi [18]

Şekil 5.'te 24 V DC giriş gerilimi ile uyarılan bir giriş birimi devresi verilmiştir. Fakat direkt olarak CPU'ya bağlanmamalıdır. Eğer bağlanırsa, bir giriş gerilimi yükselmesi veya devre hatasının oluşması durumunda CPU zarar görebilir. Bu yüzden giriş gerilimi ile CPU arasına izolasyon bloğu konulmuştur. Bu izolasyon opto-kuplör yardımıyla gerçekleşir [2].

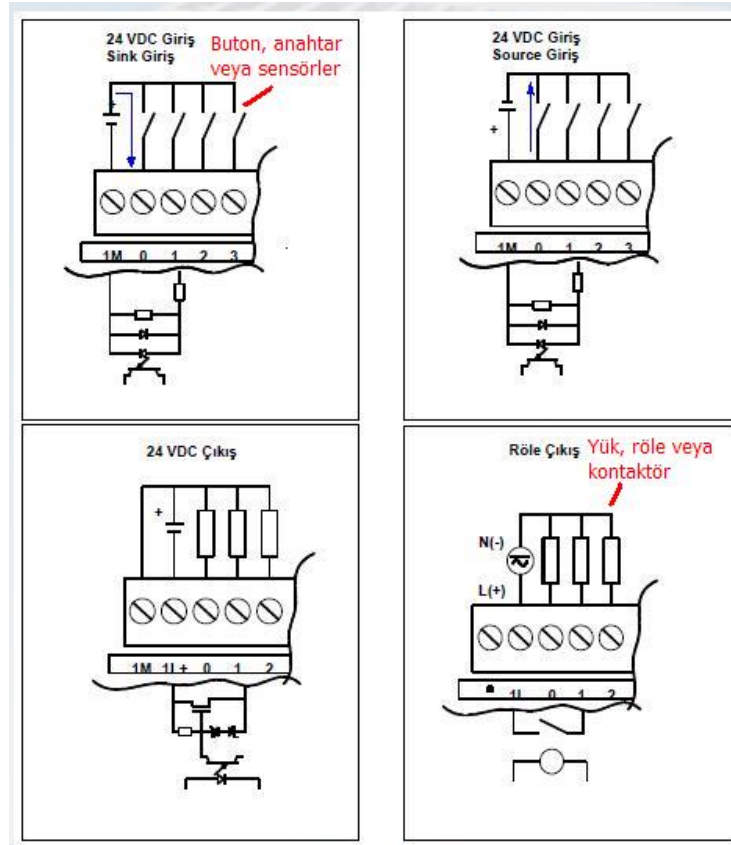


Şekil 5. 24 V DC gerilimle uyarılan bir giriş birimi devresi [18]

### 1.1.3. Çıkış Birimi

PLC'de üretilen lojik gerilim seviyelerindeki işaretleri, kontrol edilen sistemdeki kontaktör, röle, solenoid gibi kumanda elemanlarını sürmeye uygun elektriksel işaretlere dönüştüren birimdir. Sürme elemanları için röle, triyak ya da transistör kullanılabilir. Çalışma sırasında çok sayıda yüksek hızlı açma-kapama gerektiren durumlarda, doğru akımda transistörlü, alternatif akımlarda triyaklı çıkışlar kullanılır. PLC üzerindeki çıkış noktalarından çekilen akım değerleri kontak çıkışlı birimler için 1-8 A arasında, triyak ve transistörlü birimler için 1 A ya da 2 A mertebesindedir. Uygulamada hangi çıkış biriminin kullanılacağı kumanda edilen elemanların özelliklerine bağlıdır. Şekil 6.'da Siemens firması tarafından üretilen PLC'lerin giriş ve çıkış bağlantıları gösterilmiştir.



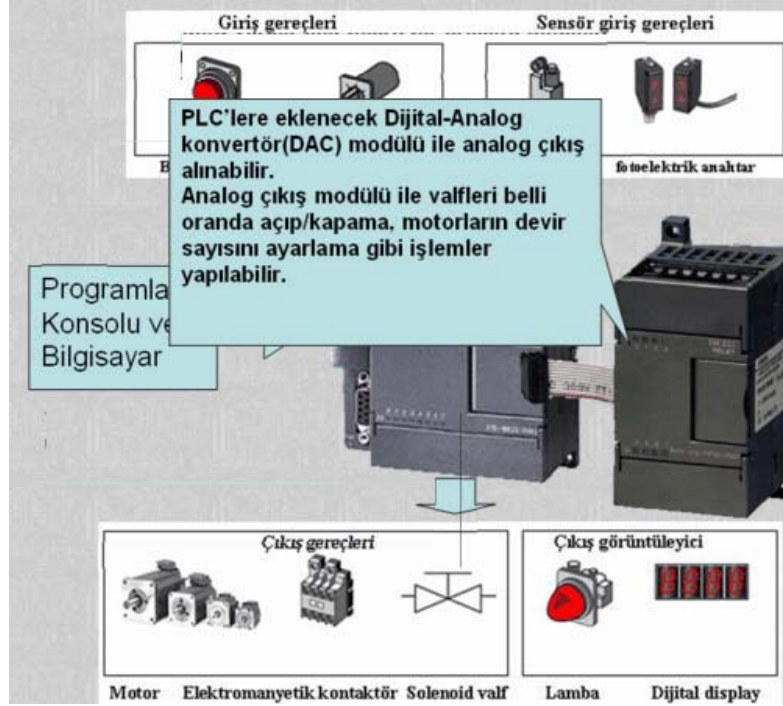


Şekil 6. PLC'nin giriş-çıkış bağlantıları [18]

#### 1.1.4. Diğer Birimler

PLC'lerde giriş-çıkış birimlerinin dışında yüksek hız sayıcısı, kesme işareti girişi, analog giriş (ADC) ve analog çıkış (DAC) gibi giriş-çıkış birimleri de bulunur. Yüksek hız sayıcıları ve kesme işareti girişleri, PLC tarama çevrim süresinden daha hızlı değişen işaretlerin algılanıp değerlendirilmesi amacıyla kullanılır. Analog giriş ve çıkış birimleri ise geri beslemeli kontrol sistemlerinin gerçekleştirilmesi için gereklidir. Küçük boyutlu PLC'lerde genellikle besleme kaynağı, giriş-çıkış birimleri ve işlemci birimi tümleşik olarak, büyük boyutlu PLC'lerde ise ayrı birimler biçiminde bulunur.

Şekil 7.'de analog çıkış modülü gösterilmiştir. Bu modül sayesinde analog çıkış alınarak işlemler yapılabilir.

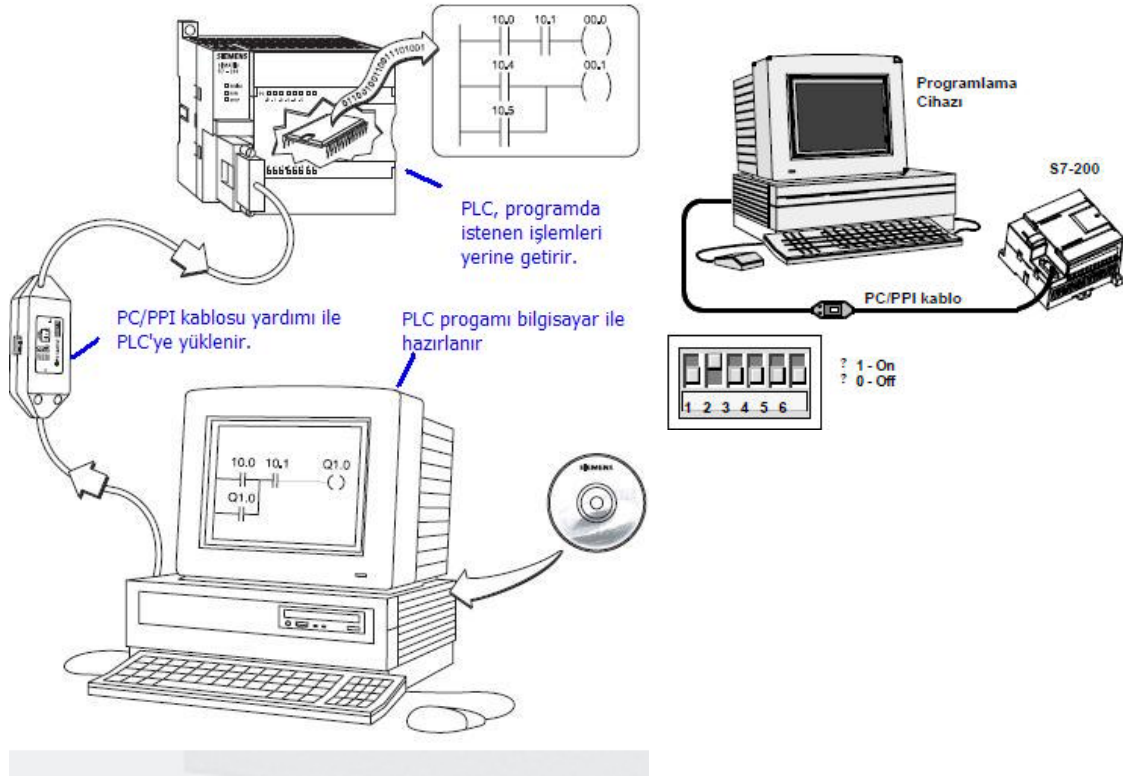


Şekil 7. Dijital-Analog konvertör (DAC) modülünün gösterimi[18]

### 1.1.5. Programlayıcı Birimi

Kumanda ve kontrol amacıyla yazılan bir programın PLC program belleğine yüklenmesi bir programlayıcı birimi ile sağlanır. Programlayıcı birimi mikroişlemci tabanlı özel bir el aygıtı olabileceği gibi genel amaçlı kişisel bir bilgisayara yüklenmiş bir yazılımda olabilir. Bu birim; programın yazılması, PLC'ye aktarılması ve çalışma anında giriş-çıkış veya saklayıcı durumlarının gözlemlenmesi veya değiştirilmesi gibi olanaklar da sağlar.

Siemens S7-200 PLC'lerin kablo bağlantısı ve genel bağlantı şekli şekil 1.8'de gösterilmiştir. PLC ile bilgisayar bağlantısı arasında PC/PPI kablosu ile bağlantı sağlanır. PC/PPI kablosunun hem seri porta, hem de USB portuna takılan modelleri vardır. PC/PPI kablosunu bağlamak için; RS-232 konnektörünü (üzerinde PC yazar) programlama cihazının seri portuna ve RS-485 konnektörünü (üzerinde PPI yazar) S7-200'ün port 0 veya port 1'ine bağlamak gerekir.



Şekil 8. Siemens S7-200'ün Kablo bağlantısı ve genel bağlantı şekli [18]

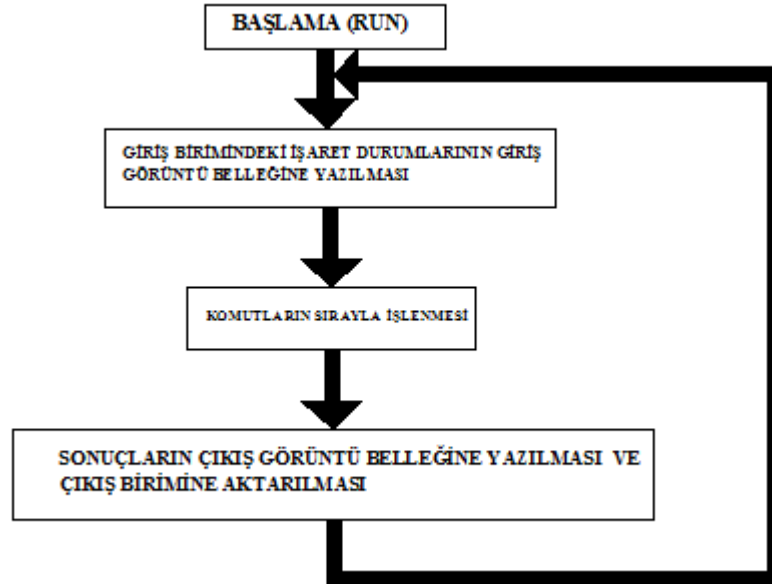
## 1.2. Çalışma Biçimi

PLC'leri diğer mikroişlemci sistemlerden ayıran en önemli özelliklerden biri de çalışma biçiminin bir sistem programı ile düzenlenmesidir. Bütün PLC sistemlerinde birbirine çok benzeyen sistem programları bulunur. Bu programlar üretim aşamasında kalıcı bir bellek alanına yüklenir. Genel olarak sistem programı şu işlevleri yerine getirir.

- Kullanıcı programını yürütür,
- Kesmeli çalışma ve iletişim olaylarını düzenler,
- Sistem çalışma durumlarını kontrol eder.

### 1.2.1. Kullanıcı Programının Yürütülmesi

PLC program belleğine yüklenmiş bir kullanıcı programı, birinci komuttan başlanarak son program komutuna kadar bütün komutların sırasıyla yürütülmesi şeklinde gerçekleşir. Program sonu komutuna erişildiğinde tekrar birinci komuta dönülür. Bu çalışma biçiminde komutların işleme sırası atlama (jump), alt program çağırma (subroutine) gibi komutlar kullanıldığında ya da kesmeli (interrupt) çalışma durumlarında değişebilir. Ancak, her tarama çevriminin belirli bir sürede tamamlanması gerekir. Bir tarama işleminin belirli bir sürede tamamlanmaması durumunda sistem programı çalışmasını durdurur (stop). Bu süre genellikle 300 ms ile 1000 ms arasında değişir. Bu işlem bir gözetleme zamanlayıcısı (Watchdog Timer) ile sağlanır. PLC'lerde bir çevrimin tamamlanması için geçen süreye tarama süresi denir. Bir PLC'nin tarama zamanı giriş-çıkış sayısına, programın içeriği ve uzunluğuna, işlemcinin çalışma frekansına bağlıdır. Genel olarak tarama hızı 1024 byte başına işlem hızı olarak verilir ve 0,5 ms ile 200 ms arasında değişebilir.



Şekil 9. Programın yürütülmesi

Bir PLC çalışma (Run) durumuna getirildiğinde sırayla aşağıdaki işlemler gerçekleşir.

- Giriş birimindeki değerler giriş görüntü belleğine alınır ve saklanır. Bu değerler bir sonraki çevrime (taramaya) kadar değişmez.
- Yazılan programa göre program komutları adım adım sırayla işlenir. Ancak giriş değerleri için giriş görüntü belleğinden okudukları andaki değerler geçerlidir ve bir program çevrimi süresince bu değerler değişmez.
- Kullanıcı programının yürütülmesi tamamlandıktan sonra hesaplanan değerler çıkış görüntü belleğine yazılır ve çıkış birimine gönderilir. Çıkış birimine aktarma işlemi tamamlandıktan sonra tekrar birinci adıma dönlür. Çıkış görüntü belleği ve çıkış birimindeki değerler bir sonraki çevrime kadar değişmez.

Bazı PLC modellerinde giriş ve çıkışlara doğrudan erişmek için özel komutlar kullanılır. Bu komutlar ivedi giriş-çıkış komutları (immediate I/O instructions) olarak adlandırılır. Bu komutlarla işlenen giriş değerleri görüntü belleğindeki değerler olmayıp komutun yürütüldüğü andaki giriş değerleridir. Aynı anda çıkışa aktarılan değer, ivedi işlem komutunun yürütülmesi tamamlandığında hesaplanan değerdir. Bu tür komutların kullanım amacı hızlı değişen giriş işaretlerini yakalamak ve hesaplanan bir değeri anında çıkış birimine aktarmaktır.

Yüksek hızlı değişen işaretleri algılamak ve değerlendirmek için en güvenceli yol kesmeli çalışma yöntemidir. Hesaplanan değerlerin anında çıkış birimine aktarılması, kesme alt programlarında ivedi işlem komutları kullanılarak sağlanır. Kesmeli çalışmada, kesme işareti geldiği anda, normal programın yürütülmesine ara verilir ve kesme olayı ile bağlantılı kesme alt programı yürütülmeye başlanır. Kesme alt programındaki komutların işlenmesi tamamlandığında tekrar normal programa dönlür. Bir kesme alt programında çıkışa ilişkin hesaplanan bir değerın çıkış birimine aktarılması yine normal program çevrimi tamamlandığında (çıkış görüntü belleğinin çıkış birimine aktarılması aşamasında) olur. Kesme alt programının yürütülmesi anında, çıkışa ilişkin işaretlerin doğrudan çıkış birimine gönderilmesi için ivedi işlem komutları kullanılabilir. Böylece hem giriş işaretinin

anında değerlendirilmesi hem de sonucun anında çıkış birimine aktarılması sağlanmış olur [3].

### 1.3. Programlama Biçimleri

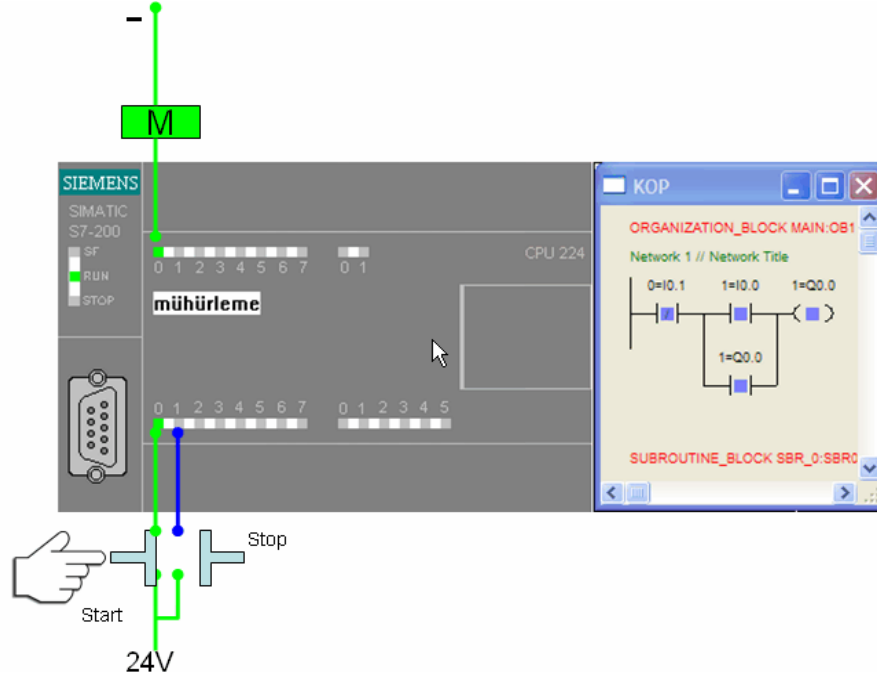
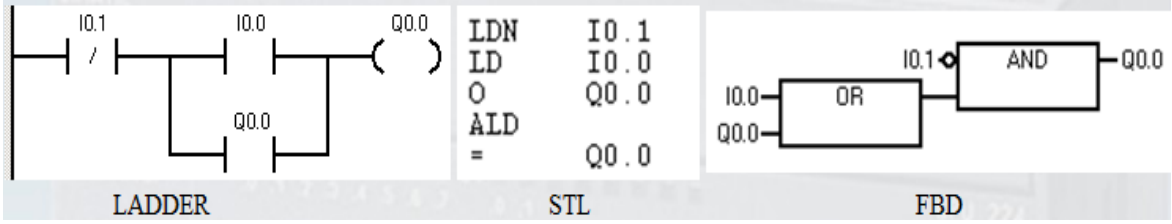
Tüm programlama dillerinde olduğu gibi PLC'nin programlama dili de CPU'nun çalışması için gerekli olan program durumunu kullanıcıya yazması için verilen bir sözdizimi ve kelime bilgisine sahiptir. Genel olarak PLC programlama dilleri üç tip yapıda bulunur. Bunlar:

- Merdiven Diyagramı (Ladder Diagram, LAD)
- Komut Listesi (Statement List, STL)
- Fonksiyon Blok Diyagramı (Function Block Diagram, FBD)

şeklinde sınıflandırılabilir.

Birçok PLC programı, klasik röle mantığının gelişmiş formu olan merdiven diyagramı programlama dilini temel almaktadır. Merdiven diyagramının yazılması kolay, takibi basit, gözlemlenmesi açık bir programlama dili olduğundan birçok kullanıcının tercih sebebidir. Ayrıca merdiven diyagramı, kontak durumlarına ve rölelere ek olarak; matematik fonksiyonları, analog fonksiyonları, karmaşık sayacı ve zamanlayıcı fonksiyonları, sıralama kontrolü gibi kompleks işlemlerin programlanmasına da izin verir. Şekil 10.'da bu programlama biçimlerine ilişkin bazı örnekler verilmiştir.

PLC modellerinin çalışma ve işleyiş mantıkları aynıdır. Aralarında tek fark kullanmış oldukları kısaltılmış ifadelerdir. Tablo 2.'de PLC'lerde kullanılan temel komutlar ve bu komutlar için çeşitli firmaların kullandıkları kısaltılmış ifadeler yer almaktadır. Tablodan görüldüğü gibi firmaların sahip oldukları komut ifadeleri temel komut ifadelerinin kısaltılmış biçimidir. Dolayısıyla tüm komutlar birbirlerine benzemektedir. Zaten işleyiş olarak bu komutlar arasında bir fark yoktur. Aralarında ifade farkı olan komutlar da o firmanın kendine has kısaltılmış ifade şeklindedir. Ancak burada da komutların işleyişleri diğer firmaların komutlarının işleyişleri ile aynı olmaktadır.



Şekil 10. PLC programlama biçimleri [18]

Tablo 2. Çeşitli firmaların temel komutlar için kullandıkları kısaltılmış ifadeleri

KOMUT	HITACHI	OMRON	MITSUBISHI	TEXAS	SIEMENS
LOAD	LD	LD	LD	STR	LD
AND	AND	AND	AND	AND	A
OR	OR	OR	OR	OR	O
NOT	NOT	NOT		NOT	NOT
LOAD NOT	LDI	LD NOT	LDI	STR NOT	LDN
AND NOT	ANI	AND NOT	ANI	AND NOT	AN
OR NOT	ORI	OR NOT	ORI	OR NOT	ON
AND BLOCK	ANB	AN LD	ANB	AND STR	ALD
OR BLOCK	ORB	OR LD	ORB	OR STR	OLD
OUT	OUT	OUT	OUT	OUT	=
END	END	END	END	END	MEND

## 1.4. Genel Programlama Prosedürleri

PLC programlama dilleri genel olarak üç tipten meydana gelir. Bunların içinden en çok kullanılan program dili olan merdiven diyagram modeli, klasik röle mantığının birebir dönüşümüdür. Dolayısıyla anlaşılması diğer dillere göre daha kolaydır. Diğer diller ise daha çok programcılık gerektirmektedir. İstenildiğinde merdiven diyagramda yazılan bir program kolaylıkla STL ve FBD dillerine çevrilebilmektedir.

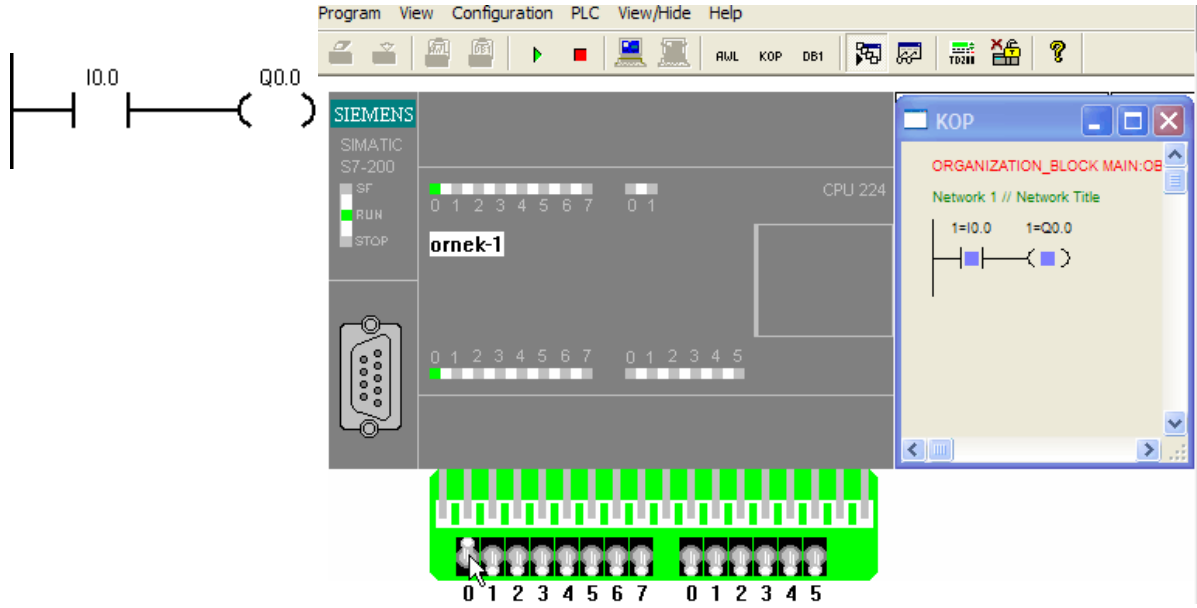
Merdiven diyagram modelinde ilk olarak en önemli parametreler kontak ve çıkış bobinidir.

Kontaklar girişleri ifade etmek için kullanılır. İki tip kontak çeşidi mevcuttur. Bunlar:

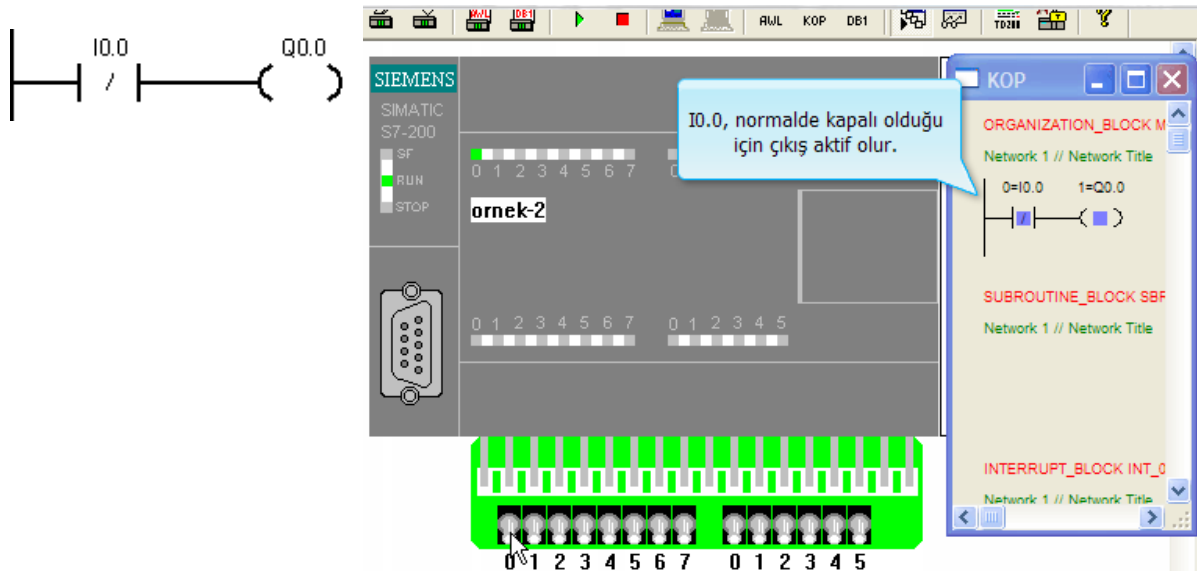
- Normalde açık kontak
- Normalde kapalı kontak

“Normal” terimi, PLC girişine bağlı olan giriş birimleri tarafından enerji verilmediğini yani birimin aktif olmadığı durumu ifade eder. Şekil 1.11’de normalde açık kontak uygulaması gösterilmiştir. S7-200’ün I0.0 girişine bağlı butona basıldığında Q0.0 çıkışı aktif olmaktadır. “Normal olmayan” durum ise, birim tarafından girişe enerji verildiğini yani birimin aktif olduğu durumunu gösterir. Eğer PLC’nin girişleri 24 volta duyarlı ise o zaman bizim için normal terimi 0 V (normal=0 V), normal olmayan terimi ise 24 V (normal olmayan=24V) anlamına gelir. Şekil 1.12’de normalde kapalı kontak uygulaması gösterilmiştir. S7-200’ün Q0.0 çıkışı normalde aktif, I0.0 girişine bağlı butona basıldığında pasif olur.





Şekil 11. Normalde açık kontak uygulaması [18]



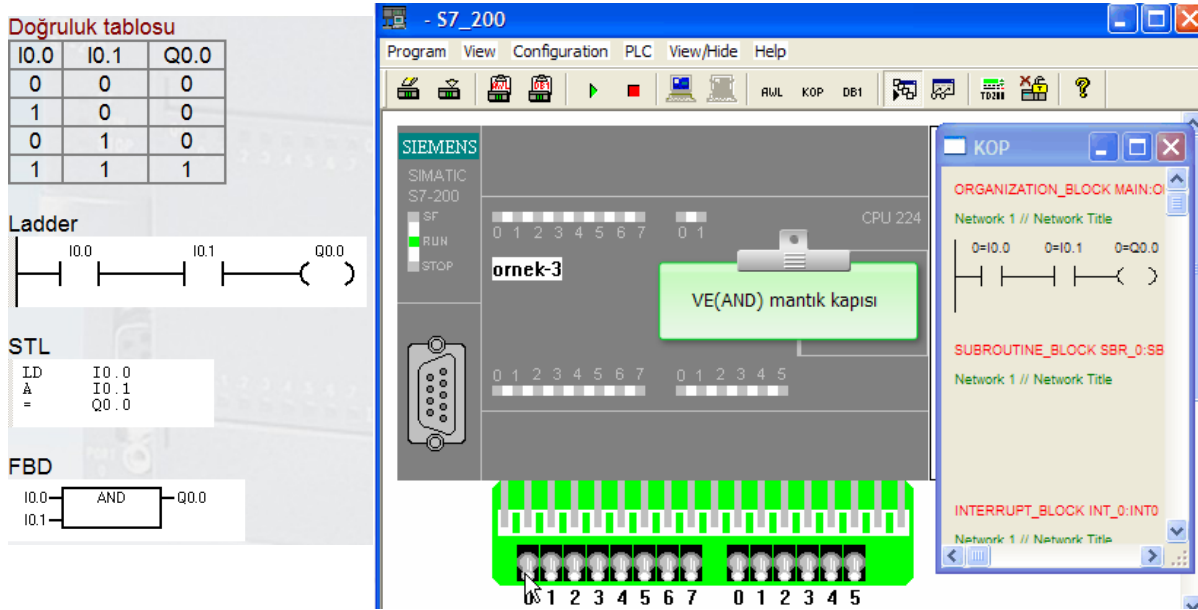
Şekil 12. Normalde kapalı kontak uygulaması [18]

## 1.5. Kontak-Çıkış Bobinleri ile Dijital Mantık Kapıları Arasındaki İlişki

Kontrol problemlerinde her zaman bazı durumlar arasında ilişkiler kurularak çözümler getirilir. Bu çözümler mantık işlemlerinde genelde dijital mantık kapıları göz önüne alınarak yapılır. PLC mantık yolu ile programlandığından; dijital mantık kapılarını, PLC'nin kullandığı kontakların ve çıkış bobinlerinin kombinasyonlarına dönüştürmek gerekir.

Toplam yedi adet mantık kapısı mevcuttur. Bu kapıları her biri bir adet çıkışa sahiptir. Bu çıkışlar, kapı girişlerinin aldıkları duruma göre "ON=1" veya "OFF=0" olur.

NOT kapısı her zaman bir girişlidir. EX-OR veya EX-NOR kapılarının iki girişi vardır, ancak daha fazlası da mevcuttur. Diğer dört kapının ise ikiden sekize kadar girişleri bulunur ve ayrıca bu sayı daha da fazla olabilir.

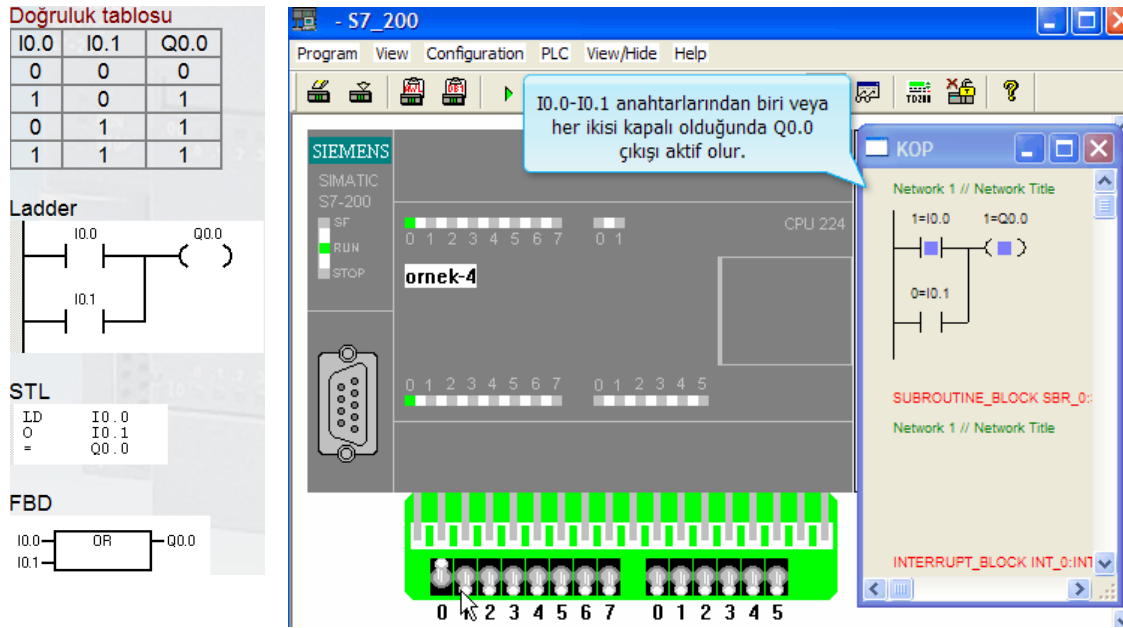


Şekil 13. VE (AND) kapısının gösterimi [18]

Şekil 13.'de iki girişli VE (AND) kapısının doğruluk tablosu, Ladder, STL ve FBD gösterimi verilmiştir. Çıkışın aktif olabilmesi için doğruluk tablosundan da görüleceği gibi

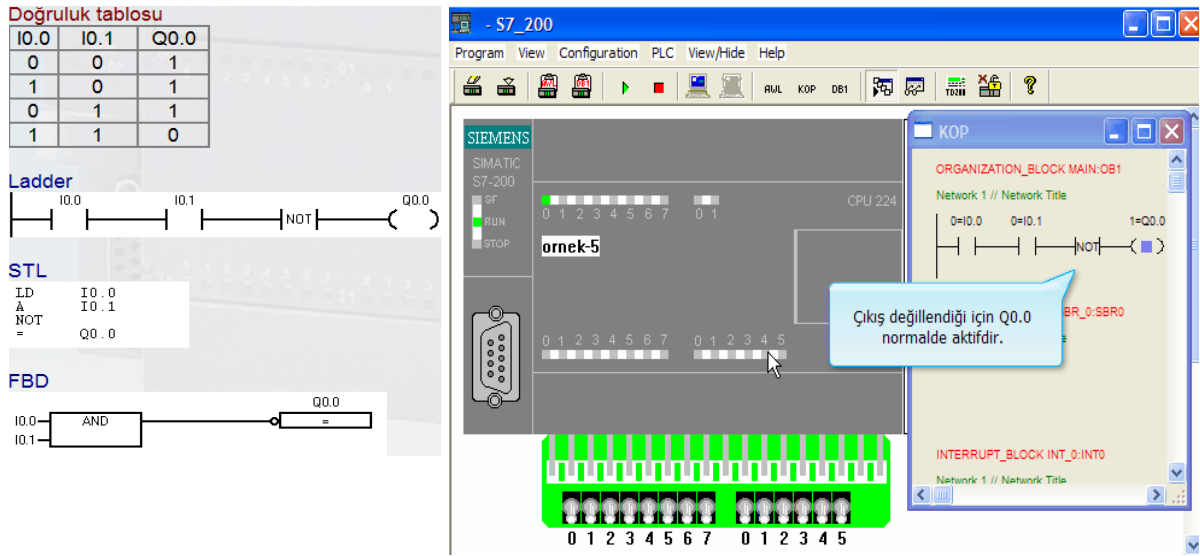
tüm girişlerin aktif olması gerekir. İki girişten birinin OFF (0 olması) olması durumunda diğer girişin durumu ne olursa olsun çıkış aktif olmaz.

Şekil 14.'de iki girişli VEYA (OR) kapısının doğruluk tablosu, Ladder, STL ve FBD gösterimi verilmiştir. Doğruluk tablosundan görüleceği gibi iki girişin çıkışı aktif edebilmeleri için herhangi birinin ON (1 olması) olması yeterlidir. Eğer ikisi de OFF konumunda olursa çıkış aktif olmaz.



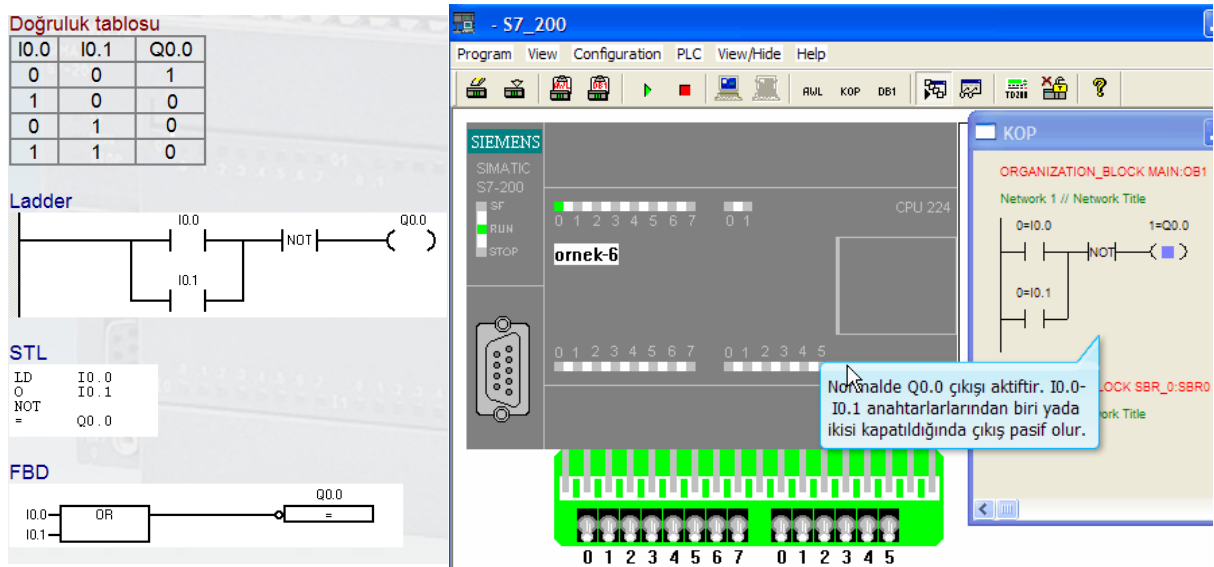
Şekil 14. VEYA (OR) kapısının gösterimi [18]

VE-DEĞİL (NAND) kapısının gösterimi şekil 15.'de verilmiştir. NAND'ın çalışma biçimi AND kapısının terslenmiş halidir. Anahtarlardan ikisi de kapalı ise Q0.0 çıkışı pasif olacaktır. Mantık işlemlerini değillemek için NOT elemanı kullanılır.



Şekil 15. VE-DEĞİL (NAND) kapısının gösterimi [18]

VEYA-DEĞİL (NOR) kapısının gösterimi şekil 16.'da verilmiştir. NOR'un çalışma biçimi OR kapısının terslenmiş halidir. Normalde Q0.0 çıkışı aktiftir. Anahtarlardan biri veya ikisi kapalı ise çıkış pasiftir [4].



Şekil 16. VEYA-DEĞİL (NOR) kapısının gösterimi [18]

## **2. SCADA SİSTEMİNİN GENEL YAPISI**

### **2.1. SCADA'nın Tanımı**

SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition kelimelerinin ilk harflerinden oluşmuştur. Türkçeye “Denetimsel Kontrol ve Veri Toplama Sistemi” olarak çevrilebilir. SCADA sistemi geniş bir alana yayılmış cihazların bir merkezden bilgisayar aracılığıyla denetlenmesini, izlenmesini, önceden tasarlanmış bir mantık içerisinde işletilmesini ve geçmiş zaman birimine ait verilerin saklanması sağlayan sistemlere verilen genel addır.

SCADA'yı kısaca tanımlarsak; Proses veya bina otomasyonunda kullanılan programlanabilir kontrolörler (PLC), döngü kontrolörleri, dağıtık kontrol sistemleri (DCS), I/O sistemleri ve akıllı sensörler gibi çeşitli cihazlardan saha verilerini sürekli ve gerçek zamanlı olarak toplayan, tanımlanan kıstaslara göre bu bilgileri değerlendirmeye tabi tutup gerektiğinde kullanıcıya erken uyarı mesajları üreten, üretimi etkileyen çeşitli etkenlerin merkezi bir noktadan grafiksel veya trend olarak gözetlenmesini sağlayan ve sahadaki kontrol noktalarının uzaktan denetlenebilmelerine imkan sağlayan ideal bir denetleyici gözetim ve veri toplama sistemidir.

Scada yazılım paketleri endüstriyel tesislerde alt yapı yazılım görevini üstlenmekte ve fabrika içi ile dışındaki ağlara bağlanarak şirketin bütün katmanlarının uyum içerisinde çalışmasına imkan vermektedir. Scada işletme genelinde herkese her zaman erişebilecekleri, gerçek zamanlı ve ayrıntılı bilgiyi sağlamaktadır [5].

Kontrol sistemleri olduğu müddetçe, SCADA kullanılacaktır. İlk kullanılan SCADA sistemleri; gösterge panelleri, ışık ve şeritsel grafik kaydediciler aracılığı ile veri kazanımı sağlanmıştır. Çeşitli kontrol düğmelerini manuel çalıştıran operatör, denetimsel kontrolü sağlıyordu. Bu aygıtlar; makineler, fabrikalar ve güç üreten merkezler üzerinde denetimsel kontrol ve veri kazanımı için kullanıldı ve halen kullanılmaktadır [6].

SCADA sistemi İzleme, Danışma, Kontrol ve Veri Toplama işlevlerini yerine getirir. SCADA iletim şebekelerinin uzaktan izlendiği ve denetlendiği sistemlerde geçerliyse de, dağıtım şebekelerindeki uygulamaları amaç ve kapsam bakımından çok

farklı oluşu nedeniyle bunları adlandırmada yetersizdir. Dolayısıyla dağıtım sistemlerinde bu tür uygulamalara Dağıtım Otomasyonu sistemi denmektedir. İletim şebekeleri SCADA'sı yalnızca enterkonnekte sistemde yer alan merkezleri kapsarken, Dağıtım Otomasyonu indirici merkezlere ek olarak primer devre ve sekonder devrelere kadar iner. Ayrıca denetim merkezindeki Coğrafi Bilgi Sistemi (Geographic Information System(GIS)), Arıza İhbar Yöntemi Sistemi (Trouble Call Management System(TCMS)) gibi dağıtım sistemlerine özgü sistemlerde birlikte çalışır. İletim SCADA'sındaki bilgi alma ve kumanda, gönderilen nokta sayısı tek bir şehrin otomasyonundaki nokta sayısının kat kat altındadır. Ancak dağıtım şebekesinde yalnızca trafo merkezlerinin gözlendiği ve denetlendiği sınırlı kabiliyette bir otomasyon uygulamasına Dağıtım SCADA sistemi denilebilir. Bu sınırlı uygulama da Dağıtım Sisteminin sorunlarına tek başına bir çözüm getirmez. Dağıtım Otomasyonu şebeke özelliklerinden dolayı hem alan, hem işlev olarak modüler bir biçimde gelişebilir.

### **2.1.1. Danışma Ve Kontrol İşlevleri**

Belli bir cihazı veya tesisi uzaktan kontrol edebilmek, bunların verilen kontrol komutuna göre çalışmasını sağlayabilmek ve davranışlarının kontrol komutları doğrultusunda olup olmadığını doğrulayabilmektedir.

### **2.1.2. Uzaklık Kavramı**

Uzaklık için genel kriter; kontrol bölgesi ile kontrol edilen cihaz arasındaki mesafenin telli kontrol kullanmaya elverişli olmadığı veya pratik olmadığı uzaklıktır.

### **2.1.3. Danışmalı Kontrol Sistemi**

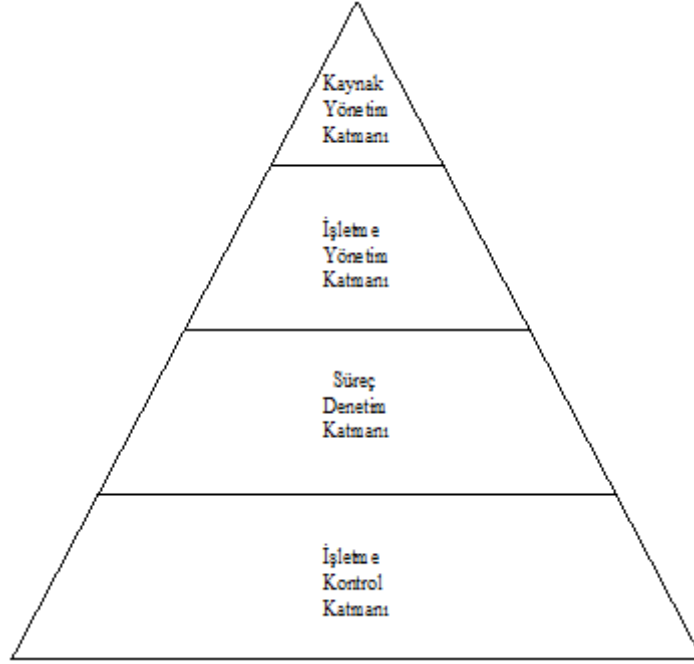
Bir iletişim kanalı üzerinden, Multiplexing tekniği kullanılarak uzak ve geniş coğrafi bölgeye yayılmış bulunan, çok sayıda cihaz ve tesisin sistem operatörü tarafından, danışma ve kontrolünü sağlayan sistem, Danışmalı Kontrol Sistemi olarak tanımlar. SCADA sistemleri; sistem operatörlerine, merkezi bir kontrol noktasından geniş bir coğrafi alana petrol ve gaz alanları, boru sistemleri, su şebekeleri, termik ve hidrolik enerji üretim sistemleri ile iletim ve dağıtım tesisleri gibi alanlarda vanaları, kesicileri, ayırıcıları, anahtarları uzaktan açıp kapama, ayar noktalarını değiştirme, alarmları görüntüleme, ölçü bilgilerini toplama işlevlerini güvenilir, emniyetli ve ekonomik olarak yerine getirme avantajı sunmaktır.

### **2.2. İşletme Yönetimi ve SCADA Sistemi**

Kapsamlı ve entegre bir Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme Sistemi (Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) ) kontrol sistemi sayesinde, bir tesise veya işletmeye ait tüm ekipmanların kontrolünden üretim planlamasına, çevre kontrol ünitelerinden yardımcı işletmelere kadar tüm birimlerin otomatik kontrolü ve gözlenmesi sağlanabilir.

Bu tür sistemler “Katmanlaşan – Scalable” özelliklerinden dolayı, değişik işletmelerin tüm kontrol ihtiyaçlarını kademeli olarak gerçekleştirilmelerine imkan verir. Bu katmanlar;

1. Kaynak Yönetim Katmanı
2. İşletme Yönetim Katmanı
3. Süreç Denetim Katmanı
4. İşletme Kontrol Katmanı



Şekil 17. Entegre bir SCADA sistemi

### 2.2.1. İşletme Kaynak Yönetim Katmanı

İşletmenin üretim için gerekli kaynakların planladığı bu katman da üretim ve hizmet politikalarını destekleyecek kurallar alınır ve uygulanır. Hizmet ve üretim yönetimi departmanları ile diğer departmanlar arasındaki işbirliği gerçekleşir. Bu katman organizasyon piramidinin zirvesi oluşturur. Burada işletme kaynakları planlanması (enterprise resource planning – ERP ) yazılımları bu düzeydeki yönetim fonksiyonlarını desteklemek amacıyla kullanılırlar.

Entegre bir SCADA kontrol sisteminin bu katmanında en alt katmandan gelen veriler değerlendirilerek işletmelerin stratejileri geliştirilir, politikalar saptanır ve işletme ile ilgili önemli kararlar alınır.



### **2.2.2. İşletme Yönetim Katmanı**

İşletmelerde veya tesislerde bulunan bölümler arası işbirliği bu düzeyde sağlanır. İşletme yönetim katmanında bir önceki seviyede saptanmış stratejilere uygun kararlar oluşturulur ve işler sırası ile yürütülür. Bu katman daha çok bir işletme müdürlüğü işlevini üstlenir.

### **2.2.3. Süreç Denetim Katmanı**

Süreç denetim katmanında izleme ve veri toplama fonksiyonlarının gerçekleştirilmesi ile tesisler ve makineler arası eş zamanlılık sağlanması amaçlanır. Bu katman, genellikle merkezi kontrol odası bünyesinde kontrol cihazları ve SCADA yazılımlarını içerir.

### **2.2.4. İşletme Kontrol Katmanı**

Otomasyon piramidinin sonuncu katmanı, işletmelerin fiziksel kontrollerinin yapıldığı katman olarak tanımlanabilir. Burada mekanik ve elektronik aygıtlar ara birimlere bağlanarak işletme fonksiyonlarını yürütürler. Denetim komutları bu düzeyde tesisin çalışmasını sağlayan elektriksel sinyallere ve makine hareketlerine dönüşür, Bu dönüşümler elektronik algılayıcılar aracılığı ile toplanır. Toplanan veriler elektrik işaretlerine çevrilerek SCADA sistemine aktarılır. Aküatörler, tahrik motorları, vanalar lambalar, hız ölçü cihazları, yaklaşım detektörleri, sıcaklık, kuvvet ve moment elektronik algılayıcıları burada bulunur. SCADA sisteminden verilen komutlar bu katmanda elektrik işaretlerine çevrilerek gerçek dünyada istenen hareketlerin oluşması sağlanır (vanaların açılıp-kapanması, ısıtıcıların çalıştırılıp-durdurulması gibi) [5].

### **2.3. SCADA Sisteminin Amacı**

Amaç minimum maliyetle, daha kaliteli ve daha çok üretmek için gerekli yapıyı kurmaktır. İşletmedeki tesislerden maksimum verimlilikle yararlanmak yöneticilerin işletmeye ve üretim bilgilerine tam olarak hakim olmasıyla sağlamak, scada sistemlerini fabrikalara aktararak bu firmaların otomasyon sistemlerini modern hale getirmektir.

- 1- Tüm fabrika otomasyonunda ve modernizasyonlarında
- 2- Bina ve mağaza otomasyonunda,
- 3- Isıtma, soğutma ve iklimlendirme otomasyonlarında,
- 4- Seracılık, hayvancılık, tarım sanayinde,
- 5- Tekstil, boya, otomotiv sanayinde,
- 6- Fermantasyon sistemlerinde,
- 7- Makine ve gıda sanayinde,
- 8- Fiziksel büyüklüklerin ölçülmesi, gösterilmesi, kontrolü, verilerin saklanması, iletilmesi ve raporlanmasında,
- 9- Bir merkezden denetlenen sistemlerde, ...

Nesneye yönelik saha tasarımları, gerçek zamanlı ve istatistiksel trendler ve grafiksel izleme, izleme kontrol işlemleri, alarmlar, raporlama, reçeteleme işlemlerinde kullanılır.

### **2.4. SCADA Sisteminin Temel Öğeleri**

Birincisi bağımsız modüler elektronik ölçü kontrol cihazları, ikincisi bilgisayar ve scada programıdır. Birinci öğeyi oluşturan bağımsız modüler elektronik ölçü kontrol

cihazlarını tanımlarsak: belirli bir fiziksel büyüklüğü (sıcaklık, nem, basınç, gerilim, akım, voltaj, ph, debi, hız, mesafe, ivme, faz, ağırlık, elektriksel güç, mekaniksel güç, frekans, yoğunluk, vb..) ölçen; ölçen ve gösteren; ölçen, gösteren ve kontrol edebilen, bir kullanıcı ara yüzü (ön panel, gösterge, tuş-buton vb..) ile kullanıcıların belirlediği değerde , denetim mekanizmalarını (röle, triyak çıkışı vb..) bünyesinde barındırabilen ve bağımsız çalışan elektronik cihazlardır. Başvuru raporunda bu cihazlar “bağımsız modüler elektronik ölçü kontrol cihazları” olarak adlandırılacaklardır. İkincisi ise bilgisayar ve scada programıdır.

1- Günümüzde modüler elektronik ölçü kontrol cihazları, tamamen bağımsız çalışması (ölçü kontrol ve denetim yapma) amacıyla üretilmektedir. Her ne kadar son yıllarda seri kanal (rs232 ve/veya rs485) çıkışıyla bilgisayara bağlanabilen bu cihazlar üretilmekteyse de, birden fazla sayıda ve türde cihazların tek bir iletişim hattıyla birbirlerine ve bilgisayar(lar)a bağlanabilmesi ve bilgisayar(lar)dan bir program aracılığı ile bütün sistemin denetlenmesi yöntemine uygun olarak üretilmemektedir. Bilgisayara bağlanabilme özelliği opsiyoneldir ve sadece veri aktarmak için olup, bilgisayar(lar)dan cihazın çalışması ile ilgili parametrelerin kontrol edilebilmesi amacıyla yapılmamaktadır.

2- Modüler elektronik ölçü kontrol cihazlarında, birbirlerine veya bir bilgisayara bağlanıp tek bir programla hepsinin denetiminin yapıldığı bir sistem bilinmemektedir.

3- Genellikle otomasyon sistemlerinde ayrı cihaz olarak birden fazla noktalarda kullanılabilir. Bu da sistem parametrelerinde herhangi bir değişiklik yapılması istenildiğinde cihazın bulunduğu yere gidilmesini zorunlu kılmaktadır.

4- Yine bu tip otomasyon sistemlerinde ölçülen değerler de sadece cihazın bulunduğu yerlerden görülebilmektedir.

5- Bağımsız modüler elektronik ölçü kontrol cihazları bir merkezden denetim amaçlı üretilmemekte ve denetimlerini sadece cihazın bulunduğu yerden (lokal olarak) yapmaktadır.

6- Bilgisayar bağlantısı temel işlev olarak değil de belirsiz ve basit opsiyonel bir özellik olarak üretilebilmekte ancak bu özellik tek merkezden denetlenebilen bir sistemde kullanılacak düzeyde değildir. Ayrıca cihazların bağlantı çıkışları bulunsada direkt olarak cihaza özel bilgisayar programı bulunmamaktadır.

7- Tek merkezden denetlenilebilen otomasyon sistemleri de vardır ve halen kullanılmaktadır. Bu tür denetim sistemlerinde ise bağımsız modüler elektronik ölçü kontrol cihazları kullanılmamaktadır. Bunların yerine kontrol ya da denetim özelliği olmayan ölçüm cihazları ve karmaşık veri işleme modülleri (cihazları) kullanılmaktadır.

8- Bu sistemlerde ölçülen fiziksel büyüklüklerin değerlendirilmesi ve sonucunda bir karar verilmesi işlevi tamamen merkezde bulunan bir bilgisayar tarafından yapılmaktadır. Karar sonucunda sistemin çalışması bilgisayara bağlı olan giriş çıkış üniteleri yardımıyla bilgisayar yapmaktadır. Bu yöntemler arasında en çok kullanılan scada programlarıdır. Bu programlarda tüm üretim hattı ekranda simüle edilmiş şekilde kullanıcıya sunulmaktadır. Sistemin anlaşılabilirliğini kolaylaştırmak için kontrol edilen sistem şekil veya resimlerle bilgisayar ekranında gösterimi yapılmıştır. Ancak bu tip sistemler oldukça pahalı ve karmaşıktır.

9- Sistemin kurulumunda ve işletilmesinde belirli bir düzeyde teknik bilgiye sahip uzman personelin görevlendirilmesi gerekmektedir. Bu tür sistemlerde bağımsız modüler elektronik ölçü kontrol cihazların kullanımı çok zordur ve zaten denetim ve kontrolü bilgisayar yaptığı için bünyesinde kontrol elemanları ve çıkışları bulunan cihazların bu sistemde kullanılması da gereksizdir ve bu yüzden kullanılmamaktadır. Oldukça pahalı ve karmaşık olan bu sistemlerde ayrıca bir veya daha fazla bilgisayarın sadece bu sistem için kullanılması gerekmektedir. Bu da kullanıcılara ek bir maliyet getirmektedir [7].

## 2.5. SCADA Sisteminden Beklenenler

- Sisteme ait elektriksel ve endüstriyel parametrelerin PC' den izlenebilmesi
- Set edilen değerler için alarm alabilme
- İstenen değerlerin talep edilen periyotlarla kaydedilmesi
- Grafik Trend izleme ve kaydetme imkanı
- Enerji tasarrufuna imkan sağlayan veri tabanı
- Ürün bazına indirgenebilen enerji maliyeti
- Elektrik sarfiyatının faturalandırılması
- Tek bir merkezden dükkan, ofis, grup ve bina bazında yük kontrolü

- Öncelik seçimli yük atma ve yük alma
- Arıza Takibi
- Sistemdeki her noktaya PC' den kumanda imkanı

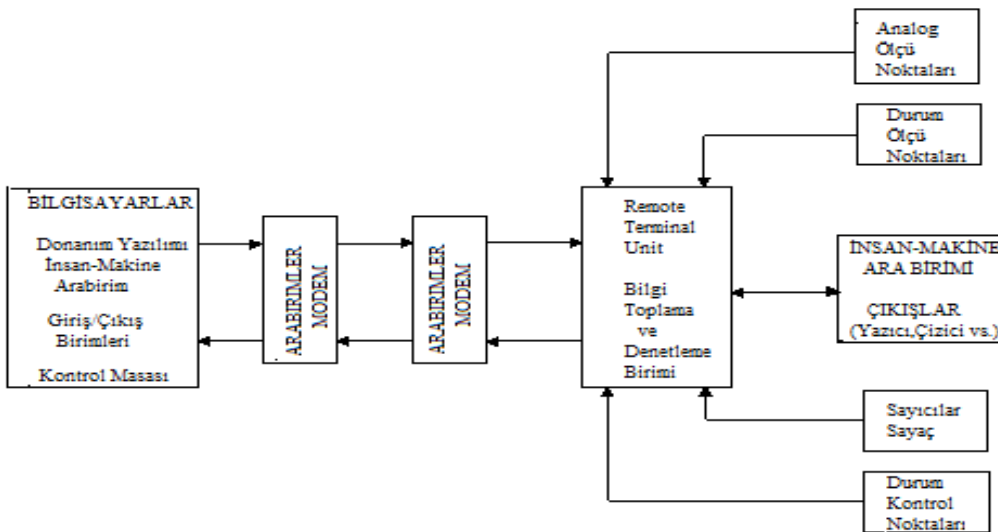
Yazılımdan (software) beklenenler:

- Çabuk kolay uygulama tasarımı
- Dinamik grafik çizim araçları
- Çizim kütüphanesi
- Alarm yönetimi
- Tarih bilgilerinin toplanması
- Rapor üretimi

## 2.6. SCADA Sisteminin Yapısı

SCADA esas olarak üç bölümden oluşur.

1. Uzak Uç Birim (Remote Terminal Unit(RTU))
2. İletişim Sistemi
3. Kontrol Merkezi Sistemi (Ana Kontrol Merkezi AKM – Master Terminal Unit MTU)



Şekil 18. SCADA sisteminin genel yapısı

## 2.7. İşletme Yönetimi ve SCADA Sistemi

Entegre bir SCADA kontrol sistem piramidini oluşturan son üç katmanda gerçekleştirilen yönetim fonksiyonlarının desteklenmesinde SCADA uygulamalarında yararlanılır. İşletme bir bütün olduğuna göre yönetim fonksiyonlarının başarıyla gerçekleştirilebilmesi katmanlar arası koordinasyonun sağlanması ile bir başka deyişle de, ERP ve SCADA yazılımları aynı bütünü olan işletme yönetim sisteminin, iki temel ögesidirler ve birlikte kullanılmaları halinde birbirlerinin etkilerini arttıracakları ve yönetim fonksiyonlarının başarıyla yerine getirilmesini sağlayacakları bir gerçektir.

Üretimin denetim işlemlerini de içeren ERP, SCADA sistemleri ile büyük buluşma alanlarını oluşturmaktadır.

ERP, yani işletme kaynakları planlaması sistemi bir üretimin verimli yapılmasıyla ilgili her türlü kaynağı (satış projeksiyonları, personel fabrika kapasiteleri dağıtım kısıtlamaları, vs) bir arada değerlendiren, simülasyon özelliği taşıyan yönetim bilişim sistemi altyapısını barındıran bir planlama aracı olarak düşünülebilir.

- Üretim denetim fonksiyonları hedefleri şunlardır:
- İş emri alıştırmalarını mümkün olduğunca iyi bir şekilde tutturulması
- Ürünlerin veya hizmetlerin olabilecek en kısa sürede üretilmesi
- Süreç içi envanterin miktarı ve süre olarak minimumda tutulması
- Üretim hücre ve makinelerinin dengeli yüklenmesi
- Üretimin maliyet ve kalite düzeyi yönünden en uygun aletler ile yapılması

Aynı zamanda bir bilgi iletişim ağı olan SCADA sistemlerinin birincil fonksiyonu belirlenen hedefleri tutturacak üretim denetimi ve süreçleri izleme etkinliklerinin başarıyla gerçekleşmesi ve buna katkıda bulunmasıdır.

## **2.8. Modern Kontrol Sistemlerinin Yapısı**

Modern ve katmanlaşabilen bir kontrol sistemi fonksiyonel ve yapısal entegrasyona imkan verecek şekilde modüler, esnek ve dağıtılmış bir kontrol şeklini sağlamaktadır.

### **2.8.1. Fonksiyonel Entegrasyon**

Sistemin kontrol edeceği işletmeye ait lojik ve denetleme işlevlerini kapsamaktadır. Bu entegrasyon komple bir tesisin ardışık veya sürekli işleyişini uyumlu bir şekilde sağlama yeteneğine sahip olacaktır.

### **2.8.2. Yapısal Entegrasyon**

İşletmenin en küçük kontrol birimlerinden merkezi kontrol odalarının ileri operatör istasyonlarına ve çevre gözetleme birimlerine kadar, genişletilebilen ve entegre edilebilen bir sistem olma özelliğini taşır. Modern kontrol sistemlerinin yapısı artık çok bir SCADA yazılım paketi çevresinde kullanılmaktadır. Bir çok bilgisayar veya iş istasyonuna yüklenen bu paket vasıtası ile, kontrol edilecek tesisin komple işletimini, tesiste dağıtılmış bulunan saha cihazları, enstrüman ve programlanabilir elektronik kontrol ünitelerinde sürekli olarak biriken veriler elde edilerek, denetim imkanına sahip olunmaktadır.

## **2.9. Programlanabilir Elektronik Kontrol Üniteleri**

Kontrol alt birimlerine, işletme ünitelerine, çalışma sahasına ait saha cihaz ve enstrümanlarına bağlanarak gerekli veri alış-verişini sağlarlar.

Bu üniteler ( PLC'ler veya RTU'lar ) aynı zamanda elektronik ve elektrik kitleme, koruma ve benzeri ekipmanlarla bağlanarak motor kontrol merkezine (MCC) entegre edilmektedir. Programlanabilir kontrol üniteleri biriken bilgi ve verileri bir yandan SCADA sistemine iletirken bir yandan da işletme fonksiyonlarını yerine getirmek için yazılım programı gereğince, lojik ve denetim kontrolünü sağlamaktadır.

İşletmeye ait verilerin tamamı kontrol panolarına yerleştirilmiş programlanabilir kontrolörlerde işlenmektedir. Bu kontrol üniteleri lojik ve denetimsel kontrol için bir ( bilgi işlem modülü olarak görev yapabildiğinden dolayı, birer ' endüstriyel bilgisayar ' olarak da kullanılmaktadırlar. Böylece kontrol panolarının her bir işletmenin bir bölümünün kontrol ile ilgili tüm fonksiyonları yerine getirebilmektedir.

Öte yandan, işletmenin otomatik kontrolü operatörler bilgisayarlarda veya iş istasyonlarında bazı parametreleri değiştirebilecek veya sürekli taranan kontrol sisteminin olgu verileri listelerini işleyebileceklerdir.

## **2.10. Sistemin Planlanması**

Değişik fabrika veya işletmeler için bir kontrol sistemi tasarlanırken, genellikle iki ana prensip göz önüne alınır.

### **2.10.1. Modüler Yapı**

Ana veya yardımcı tesisleri kontrol eden sistemin üniteleri iç içe olmalarına rağmen, fiziksel olarak ayırt edebilmelidir. Sistemin yapısı alt ve üst kademe bazındaki alt yapının mimarisi ile herhangi bir zamanda ihtiyaç duyulan genişletmeye imkan vermektedir.



### 2.10.2. Uygulama Esnekliği

Sistem gerekli programlanabilir kontrol ünitelerinin ve SCADA paketlerinin tamamını kullanabilme esnekliği ve alternatifini ihtiva etmektedir. Kontrol sisteminin yapılanması olmalıdır. Bu iki ana prensip ışığında, kontrol sisteminin uygulanması planlanırken, işletme yönetimi dört basit esası birleştirmelidir.

Bu esaslar:

İşletmenin kontrol performansına en uygun alt yapının mimarisi seçilmelidir.

Yönetimin talepleri, tüm işletmede mevcut kontrol konfigürasyonunu (eğer varsa) standartlaştırmaya doğru yönlendirecek şekilde olmalıdır.

Kullanılacak ekipmanın (mümkün olduğunca) 'Açık-Sistem' olmalıdır ve birden fazla üreticiden temin edile bilinmelidir. Böylece işletme yönetimi projede kullanılacak ekipman ve yazılım paketlerinin seçiminde, kararlılık ve bağımsızlık imkanı sağlamaktadır.

Mekanik konstrüksiyon ve saha cihazları esnek olamayıp sabittirler. Sadece devreye alma esnasında değişikliklere ve gerekli ayarlara imkan verir ve daha sonra kolay kolay değişmezler. Kontrol sisteminde ise, esnek uygulama yazılımları yüklendikten sonra devamlı düzenlemeler gerekebilmektedir. Tüm sistem 'oturuncaya' kadar geliştirme ihtiyacı doğabilir. Kısaca kontrol sisteminin kurulması, devreye alınması ve geliştirilmesi daha uzun bir zaman almaktadır. Bunları göz önüne alınarak, kontrol sistemlerinin yerli olarak kurulması veya en azından devreye alınması daha uygun olacaktır. Bu sayede, otomasyon projesi düşük maliyetli olacak, satış sonrası hizmet ve bakım konuları daha hızlı sonuçlanacaktır.

Özet olarak, kontrol sistemlerinin planlanması esnasında proje, işletme ve hatta bakım personeli tarafından birçok faktörün göz önünde tutulması gereklidir. Böylece bir planlamanın tabi sonucu olarak da güvenilir, açık, dengeli ve kolay kullanılabilir, genişlemeye ve müdahalelere imkan verecek bir sistem oluşacaktır.

## 2.11. SCADA Sisteminin Uygulama Alanları

SCADA sistemlerinin birçok uygulama alanları vardır. Geniş bir coğrafya alanına yayılmış, bölgesel ve yerel tesislerin birçoğunda kullanılmaktadır. Başka sistemlere de alt yapı teşkil etmektedir. SCADA sistemlerine ilave işler eklenerek Enerji Yönetim Sistemleri (EMS) ve Dağıtım Yönetim Sistemleri (DMS) gibi sistemler oluşturur.

SCADA sistemlerinin başlıca kullanım alanları şunlardır:

Kimya Endüstrisi

Doğal ve Petrol boru hatları

Petrokimya Endüstrisi

Demir Çelik Endüstrisi

Elektrik Üretim ve İletim Sistemleri

Elektrik Dağıtım Tesisleri

Su Toplama, Arıtma ve Dağıtım Tesisleri

Hava Kirliliği kontrolü

Çimento Endüstrisi

Otomotiv Endüstrisi

Trafik Kontrolü

Gıda Endüstrisi

Bina Otomasyonu

Proses Tesisleri

Kısaca bir tesiste; ölçüm yapılacak yerlerin alanları  $\text{km}^2$  ile ölçülüyor ve kilometrelerce uzakta ise, basit komutlar görüntülemelerle kontrol edilecekse ve iyi bir işletme için; sık, düzenli ve hızlı cevap süreleri gerekli ise SCADA sistemi uygulanabilir.

## **2.12. SCADA Sisteminin İşlevleri**

İzleme İşlevleri (Olay ve Alarm İşleme)

Kontrol İşlevleri

Veri Toplama

Verilerin Kaydı ve Saklanması

olarak 4 grupta toplayabiliriz.

### **2.12.1. İzleme İşlevleri**

Durum Denetimi (Açık - Kapalı)

Eşik ve Limit Değer Denetimi (Analog Ölçümler)

Olay ve alarmların rapor edilmesi, gruplandırılması, sınıflandırılması

Trend Denetimi

### **2.12.2. Kontrol İşlevleri**

Kontrol edilecek cihazların tek tek kontrolü (ayırıcı ve kesicilerin uzaktan açılıp kapatılması, trafo kademe değiştirici kontrolü, vb.)

Regülatörlere veya rölelere kontrol işaretleri gönderilmesi.

### **2.12.3. Veri Toplama**

Analog ölçümler (akım, gerilim, aktif ve reaktif güçler, yağ ve sargı sıcaklıkları, kademe değiştirici konumu vb.)

Durum ölçüleri (kesici ve ayırıcıların açık – kapalı konumları, röle kontak konumları vb.)

Enerji Ölçümleri (sayaç çıkışlarından birim enerji işaretlerinin sayılması)

### **2.12.4. Verilerin Kaydı ve Saklanması**

Danışma, kontrol ve veri toplama işlevlerinden elde edilen veriler isteğe bağlı aralıklarla ve şekillerle kaydedilerek istenen sürelerde saklanır [8, 9].

### **3. SCADA SİSTEMİNİN KONTROL BİRİMLERİ**

#### **3.1. Kontrol Merkezi (MTU)**

Ana Kontrol Merkezi veya Kontrol Merkezi olarak Türkçeye çevrilebilir. Kontrol Merkezi geniş bir coğrafi alana yayılmış tesislerin, bilgisayar esaslı bir yapıyla uzaktan kontrol edildiği, izlendiği ve yönetildiği yer olarak tanımlanabilir. Kontrol merkezleri genelde SCADA sistemlerinin ve kontrol edilecek tesislerin merkezi bir yerine kurulur.

Kontrol merkezi, sistemin güvenilirliğinden sorumludur. Yetki verilmeksizin açma kapama işlemi yapılamaz. Bunun sonucunda merkez; bakım için dağıtım birimlerinin hizmetten çekilmesi, işletme modelinde değişiklikler yapak, dağıtım sisteminde arıza durumunda ortaya çıkan sorunların çözümü için gereken bütün açma – kapama işlemlerinde müsaade eder ve bunları denetler.

SCADA Sisteminde geniş bir alan yayılmış RTU'ların koordineli çalışması, RTU'lardan gelen bilgilerin yorumlanması, kullanıcılara sunulması ayrıca kullanıcıların isteklerini RTU'lara ileterek merkezi kumandanın sağlanması işlevlerini SCADA Sisteminde Ana Kontrol Merkezi yerine getirir.

Merkezi bilgisayar; RTU'lardan periyodik olarak gelen verileri, sistem üzerinden alınan ikazları, istenilen bilgileri düzenli olarak saklar. Merkezi yazılım bu bilgileri değerlendirerek kontrol eder. SCADA Sistemlerinde merkezi bilgisayar vasıtası ile RTU'lardan ve sistemin diğer elemanlarından toplanan bilgiler gerek duyulan hallerde her türlü raporlar çıktı olarak kullanıcının istemine sunulur. Merkezi Sistemin denetlenen sistemin akış diyagramının ekran üzerinde görüntülenmesi sağlanır. Dolayısıyla operatör tüm sistemi ekran üzerinde gözlemleyerek sistem takibi yapabilir. Sistemin çalışması açısından RTU'lardan gelen alarm ve arıza uyarıları çok önemli olduğundan merkezi yazılım bu durumları görsel ve sesli olarak operatöre bildirir.

Merkezi Sistem birimi; yöneticilerin işletme operatörlerini, bakım elemanlarını ve tüm işletim sistemini gerçek zamanlı görsel olarak izleyebildikleri fiziksel çevredir. Kontrol merkezinde merkezi bilgisayardan başka bulunan kullanıcı ara birimleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

**Bilgisayar Terminalleri:** Birçok kullanıcıya çalışma imkanı veren bu terminaller operatörlerin sistemi takip edebilmelerini sağlar. Sistemin kontrolü için gerekli bilgilerin girilmesi veya değiştirilebilmesi mümkün olabilmektedir.

**Bilgisayar Ekranları:** Ekranlar ile dinamik işletme noktasının (kesici, ayırıcı, motor, vana, ölçü noktası) sürekli gözlenmesi sağlanır.

**Yazıcılar:** İşletmeye ve sisteme ait tüm durum ve arıza hallerini raporlama imkanı sağlar [8].

Kontrol merkezi, sistem içinde bir noktada olabileceği gibi birden fazla da olabilir. Hatta; çok büyük sistemlerde ana kontrol merkezi altında ana kontrol merkezleri de bulunabilir.

Kontrol merkezinde birden fazla operatöre kullanım imkanı vermek için bilgisayar terminalleri bulunmaktadır. Bu bilgisayarlardan sistemin kontrolü için gerekli bilgilerin girilmelidir.

### **3.1.1. Ana Terminal Biriminin Görevleri**

Kontrol merkezinin görevleri; kullanılan SCADA yazılımının fonksiyonları ve kontrol merkezinde bulunan bilgisayar ve haberleşme sistemi donanımlarının fonksiyonları doğrultusunda yerine getirilmektedir. Kontrol merkezi görevlerini yerine getiren SCADA yazılımı haricinde kullanılan donanımlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

1. Bilgisayar terminalleri
2. Bilgisayar ekranları
3. Yazıcılar ve çiziciler

Bu donanımlar ve SCADA yazılımı fonksiyonları doğrultusunda kontrol merkezi görevlerini aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

1. Uzak uç birimlerinden (RTU'lardan ) bilgilerin toplanması
2. Toplanmış bilgilerin yazılım programında işlenmesi
3. İşlenmiş bilgi sonucuna göre kontrol komutunun gönderilmesi
4. Belli olaylar sonucunda alarm oluşturma
5. Oluşan olayları ve verileri zaman sırasına göre, alarm ve trend ekranlarından operatöre görüntülemek
6. Toplanmış ve işlenmiş bilgiyi sonuçlarında yazıcı ve çizici ile rapor çıkarma
7. Yazıcı, çizici, haberleşme birimleri gibi ek donanımların kontrolü

Alarm ekranı: Her SCADA yazılımının sunduğu fonksiyonlar farklı olduğu gibi, kontrol noktalarından sistem operatörüne bildirilen alarmlarda yazılıma göre değişmektedir. Ancak bu temel işlemler yünden ortak özellikler bulunmaktadır. Önemli olan özelliklerden biri alarm oluşacağı durumu, sistem çalışır durumda iken ayarlayabilmek ve değiştirebilmektir. Kontrol bilgisayarı ana sayfasından alarm sayfasına geçiş tek bir butonla kolaylıkla yapılabilir.

Bir alarm sayfasında kontrol edilen sisteme ait şu bilgiler bulunmaktadır:

1. Alarmin ait olduğu sisteme adı
2. Alarmin cinsi (type)
  - En düşük alarm (low low alarm)
  - Düşük alarm (low alarm)
  - Sapma alarmı (deviation alarm)
  - Yüksek alarm (high alarm )
  - En yüksek alarm (high high alarm )

- Arıza alarmı (disable alarm )
- 3. Proses durumu (state )
- Durduruldu (inactive )
- Çalışıyor (active )
- 4. Alarmanın saati (saat, dakika, saniye )
- 5. Alarmanın tarihi (ay, gün, yıl )
- 6. Proses adı (seviye kontrol, sıcaklık kontrol vb.)
- 7. Ölçüm sonucu (value )
- 8. Mesaj

Yukarıda belirtilen özellikler bir alarm sayfasının sütunlarını oluşturmaktadır. Satırlara alarmlar oluş sırasına göre ve özellikleri ile ilgili sütunlara kaydedilir. Bu özellikler yukarıdaki alarm ekranında görülmektedir.

Trend ekranı: ‘trend’ sözcüğü sözlük anlamıyla eğilim, eğri anlamına gelmektedir. SCADA yazılımlarında kullanılan anlamı ise: Kontrol edilen sisteme ait değerlerin değişimini gösteren eğridir. Trend ekranında birden fazla değere ait eğriler yer alır. Bu değerler farklı renklere sahip eğrilerle temsil edilirler ve trend ekranında hangi rengin hangi resmi temsil ettiği belirtilir.

Bir sistemde sürekli değişen değerler olmakla beraber anlık değişen değerlerde olabilir. Sürekli değişim gösteren değere örnek olarak: Kontrol ve kumandası yapılan bir tanktaki sıvı seviyesi verilebilir. Bir vananın açık ve kapalı konumları ise anlık değişen değere örneklerdir.

### **3.1.2. Kontrol Merkezi Mimarisi**

- Sistem bilgisayarları



- Kullanıcı ara birimleri insan makine ara birimleri (MMI), operatör ara birimi de denir.

- Veri toplama giriş-çıkış birimleri (front-end bilgisayarlar),
- Mimik diyagram ya da ekran projeksiyon sistemleri,
- Yazıcılar ve çiziciler,
- Veri toplama birimleri,
- Kesintisiz güç kaynağı,
- Zaman ayar sistemi,
- Yerel iletişim ağı,
- İzole, yükseltilmiş tabanlı kumanda odası veya odaları gibi bileşenlerden oluşur.

### **3.1.2.1. Sistem Bilgisayarları**

Bilgisayarlar, kontrol merkezindeki her türlü ek birimler üzerinde denetimi ve koordinasyonu sağlayan birimlerdir. Bu işlemleri giriş, çıkış, bellek, merkezi işlem, bilgisayar işletim sistemi ve uygun yazılım programları vasıtası ile yerine getirmektedir.

**Giriş Birimi:** Giriş birimi, merkezi işlem birimine dış birimlerden verilerin gelmesini sağlar.

**Çıkış Birimi:** Çıkış birimi verilerin dış dünyadaki ünitelere ulaştırılmasını sağlar. Örneğin ekrandaki bir bilginin yazıcıya aktarılması için bu birim kullanılır. Çıkış birimine bağlı olan birimler şöyle sıralanabilir:

- Yazıcılar: Raporlar, alarmlar gibi bilgilerin kağıt üzerine aktarılmasını sağlar.
- Depolama birimleri: Yedekleme ve depolama amacıyla kullanılır.

Grafiksel Gösterim Birimleri: Bilgisayarlardaki verilerin kullanıcıya gösterilmesinde kullanılır. Bu birimlerden bir kaçını monitör, projeksiyon cihazları, mapboardlardır.

### **3.1.2.2. Kontrol Merkezi Kullanıcı Arabirimi**

(İnsan Makine Arabirimi - IMA)

(Man Machine Interface - MMI)

Kullanıcı Arabirimi: SCADA Sistemi ile operatör arasındaki ilişkiyi kuran temel birimlerden biridir. SCADA Sistemi kumanda merkezine bağlayan kullanıcıya sistemin her konusunda bilgi sağlayıp yardımcı olan merkezi ve karmaşık bir yapıdır.

Karakter Grafik Yapı: Günümüz teknolojisinde kullanılmaktadır. Hızlı fakat sınırlı görüntü verme özelliğine sahiptir. Terminal mantığı ile çalıştıklarından görüntü çağırma süresi fazladır. Terminaller ortak işlemcilerle kontrol edildiklerinden terminallerin biri diğerini beklemek zorundadır. Oldukça büyük ve çok yer işgal ederler.

Gerçek Grafik Yapı: En yeni ve yaygın kullanıma sahiptir, dosyaya erişme ve çağırma hızı görüntü kalitesi ve yeteneği yüksektir. Özel grafik kartları sayesinde her türlü görüntüyü hızlı bir şekilde verebilir. Büyüklük olarak, karakter grafik yapıya yayma süresi oldukça az yer kaplar. Kullanıcı arabirimi için en uygun konfigürasyon budur.

#### **3.1.2.2.1. Kullanıcı Arabiriminde Bulunan Cihazlar**

Kullanıcı arabiriminde olması gereken başlıca cihazlar şunlardır:

1. Monitörler
2. Klavyeler
3. Fare

#### 4. Yazıcı ve çiziciler

##### **3.1.2.2.2. Kullanıcı Arabirimi İşlevleri**

1. SCADA sistemi yazılım programlarının kullanılması
2. Görüntüleme ve SCADA kapsamındaki kontrol edilen ve bilgi toplanan cihazların ekranda izlenmesi, bu cihazlara komut göndererek durumlarındaki değişikliklerin ekranda izlenmesi.
3. Alarm üretme, alarm seviyelerinin ayarlanması ve analog değerlerin çeşitli seviyelerinde ayarlanabilmesi.
4. SCADA sisteminde kullanılan elemanlar hakkında detaylı bilgilendirme (bakım tarihleri, markası, üzerindeki arıza durumlarının izlenmesi, karakteristik değerlerinin bilinmesi, SCADA kontrolünde olup olmadığı vb.)
5. Bağlantı bilgilerinin görüntülenmesi ve yük analizi sonuçlarının ekrana işlenmesi gibi çeşitli network analizlerinin sonuçlarının verilmesi.
6. Alarmları ve bilgileri oluş sırasına göre kaydetme ve listeleme, kullanıcının gerçekleştirdiği işlemleri kayıt etme ve raporlama.
7. SCADA kartları ve programları ile ilgili raporlar.
8. Başka analiz programlarının çağırılması ve bu programların kendi raporlarını üretmesi.
9. Güvenlik kontrolünün çeşitli şifreleme yöntemleri ile sağlanması, yetkili olmayanların kullanımına izin verilmemesi.
10. Kullanıcı vasıtası ile veri girilmesi ve böylece sisteme bağlı olmayan nesnelere için

kullanıcının telefon veya başka yollarla aldığı bilgileri işlemesine olanak tanıma.

### **3.1.2.3. Kontrol Merkezi Giriş-Çıkış Birimleri**

Giriş-çıkış birimleri bilgisayarların giriş çıkış birimlerine de RTU'larla iletişim hatlarına bağlanabilen cihazlardır. Bu birimleri kontrol eden birkaç standart denetleyici vardır. Bunlar seri, paralel, SCSI denetleyicileridir. Bu denetleyiciler bilgisayarı en az yoracak şekilde gerekli fonksiyonları yerine getirirler. Bu denetleyiciler:

**Yazıcı denetleyicisi:** Yazıcıları kontrol eden veri transferi sağlayan seri veya paralel denetleyicilerdir.

**Haberleşme Denetleyicisi:** Bilgisayarın diğer birimlerle bağlantı kurmasını sağlar. Genellikle seri kanal ve modem yardımı ile telefon hatları kullanarak iletişim sağlanır.

**Kullanıcı Arabirimi Denetleyicisi:** Verilerin kullanıcı arabirimleri arasında gidip gelmesini kontrol eder. Bu bağlantı genellikle yerel iletişim ağları ile olur.

**RTU Denetleyicisi:** RTU denetleyicileri Haberleşme üniteleri kullanarak veri transferi sağlarlar.

**SCSI Denetleyicisi:** Seri ve paralel portlarda her denetleyici sadece bir üniteyi kontrol edebilmekteydi. Fakat teknolojilerinin gelişmesiyle yaygınlaşan SCSI denetleyicilerinde, her denetleyici birden fazla üniteyi kontrol edebilmektedir. Farklı üniteler için aynı SCSI denetleyicisi kullanılabilir.

**Ses Denetleyicisi:** Sesle ilgili çeşitli denetlemelere olanak sağlar.

### **3.1.2.4. Kontrol Merkezi Veri Depolama Birimleri**

Depolama birimleri, SCADA sisteminin veri ve alarm bilgileri ile bilgisayar programlarının depolandığı yerdir. Bu depolama birimleri aşağıdakilerden biri veya birkaçı olabilir.

1. Hareketli Kafalı Diskler,
2. Sabit Kafalı Diskler,
3. Floppy Diskler,
4. Değiştirilebilen Sabit Diskler,
5. Optik Diskler,
6. Manyeto-Optik Diskler,
7. Yedekleme Birimleri

### **3.1.2.5. Kontrol Merkezi Veri İletişim Ağı**

Kontrol merkezinde bilgisayar arasında veri paylaşımını, program paylaşımını sağlamak ve çok sayıda bilgisayarı ve farklı özelliklerde bilgisayarları, büyük hızlarda veri iletişimini 1-100 Mbyte/saniye gibi sağlamak için Yerel İletişim Ağları oluşturulur.

Bu yerel iletişim ağları (Lokal Area Network-LAN) aynı zamanda ek ünitelerin de paylaşımını sağlamaktadır.

Yerel iletişim ağları üzerinden bilgisayarlar Rink, Yıldız veya düz veri yolu şeklinde bağlanabilirler [9].

### **3.2. Uzaktan Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi**

Remote Terminal Unit Türkçeye tam kelime anlamı ile “Uzak Uç Birimi” olarak çevrilebilir. Uzak uç biriminin yaptığı işlevler göz önüne alındığında Türkçeye çevrinin “Uzaktan Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi” olarak yapılması daha doğrudur.

Bir SCADA Sisteminde RTU, bulunduğu merkezin değişkenlerine ilişkin bilgileri toplayan, depolayan gerektiğinde bu bilgileri kontrol merkezin belirli bir iletişim ortamı yolu ile gönderen, kontrol merkezinden gelen komutları uygulayan bir SCADA birimidir.

SCADA Sistemi içerisinde yerel ölçüm ve kumanda noktaları oluşturan RTU'lar birbirine bağlanabilen çeşitli cihazlara, kesicilere, ayırıcılara kumanda edebilir. Ölçülmesi gereken akım, gerilim, aktif ve reaktif güç, güç faktörü gibi değerler ölçülebilir. Ayrıca ayırıcı, kesici, durumlarını kontrol edebilme imkanı sağlar. RTU yardımıyla merkezi kumanda ve izlemeyi sağlamak için RTU'lar ölçüm sonuçları ile cihazın çalışma durumlarını (Kesici açık, Ayırıcı kapalı) merkeze ileterek merkezden gelen komutlar doğrultusunda bulunan (Kesici aç, Ayırıcı kapa) işlemlerini yapar. Böylece merkezi denetim birimlerinin başında bulunan sistem operatörünün tüm ölçüm sonuçlarını görmesini ve gerekli komutları göndererek sistemin denetlenmesini sağlar. Fakat RTU'nun görevi sadece ölçüm yapmak ve komut uygulamak değil ölçüm sonuçlarının belirli sınırlar içerisinde olup olmadığını da denetleyerek aykırı ya da alarm durumlarında merkeze bildirmektir.

İlk zamanlarda SCADA Sistemlerinde kullanılan RTU'lar mikroişlemcisizdi, mikroişlemcisiz RTU'lar sadece ölçüm yaparak bu ölçüm bilgilerini merkeze bildirerek merkezden gelen komutlar doğrultusunda işlem görürlerdi. Bu tip RTU'lar kullanılarak oluşturulan SCADA Sistemlerinde birçok olumsuzluklar meydana gelmekteydi.

Alarm durumlarında ve diğer bütün işlemlerin merkezi denetim sistemi üzerinden yapılmasından dolayı ortaya çıkan problemler şu şekilde sıralanabilir:

1. Merkezin devre dışı kaldığı ya da merkezle RTU'ların iletişiminin kesildiği durumlarda oluşacak sorunlarla müdahale edilmemekte ve sonuç olarak da sistemin işletimi aksamaktadır.

2. Alarm durumlarında, merkezin alarm kararı verip RTU'ya komut göndermesi belli bir süre almaktadır. Bu da, anında müdahale edilmesi gereken durumlarda sakıncalara yol açmaktadır.

3. Mikroişlemcisiz olan RTU'larla oluşturulan SCADA Sisteminin çalışabilmesi

İçin merkezin sürekli olarak RTU'lar ile iletişim halinde olması gerekmektedir. Ancak bu sayede merkez, denetlenen cihazlar hakkında bilgi sahibi olup istenen işlemleri yerine getirebilir. Bu durumda çok yoğun iletişim trafiğinin yaşandığı SCADA Sistemlerinde özel bir iletişim hattının bulunması gerekir.

4. Mikroişlemcisiz RTU'lar kullanıcının özel gereksinimlerinin bulunduğu ya da karmaşık kontrol algoritmalarının uygulandığı durumlarda yetersiz kalmaktadır.

5. Tüm SCADA Sisteminin yükü merkez bilgisayar üzerinde olacağından çok hızlı, yüksek işlem gücü olan, pahalı bilgisayar kullanmak gerekmektedir. Bu da ekonomik yük getirmektedir.

İşlemcili RTU'lar tüm olumsuz yanları değerlendirerek alarm uyarıları üretebilir ve bu durumlarda ne yapılacağına anında kendileri karar vererek müdahale edebilir. Aynı zamanda işlemcili RTU'lar kullanıcının özel isteklerini yerine getirecek şekilde programlanabilir, böylece denetleyici cihazların kullanıcı gereksinimleri karşılayacak şekilde sağlanmış olur. Bu esnada diğer işlemcili RTU'larla haberleşerek işlemlerin yerine getirilmesi sağlanmış olur. Birbirleri arasındaki iletişimi sağlarken aynı zamanda merkezi birim tarafından sürekli gözetlenerek sistemin tümünün denetlenmesine izin verirler.

İşlemcili RTU'ların endüstrideki avantajları:

- Mikroişlemcili RTU'lar en karmaşık kontrol yöntemlerinin dahi uygulanmasını sağlarlar.
- Mikroişlemcili RTU'lar kendi başlarına karar verebildikleri için, çoğu zaman merkez birimine gerek duymadan uygulamanın devamı için gerekli işlemi yerine getirirler. Bu da toplam sistem performansını önemli ölçüde artırır ve tepki süresini azaltır. Böylece kalıcı yada ölümlü sonuçlanan hasar durumlarına acil müdahale edilebildiği için tüm sistemin güvenilirliği sağlanır.
- Mikroişlemcili RTU'lar normalde kullanılan pek çok elektromekanik ya da mekanik cihazın işlevini üstlenmektedir. Mekanik cihazlar, uzun kullanım süreleri sonucunda aşınmakta, verimleri düşmekte ve güvenilirlikleri azalmaktadır. Tamamıyla

elektronik yapıdaki RTU ise hassasiyetinde hiçbir değişiklik olmadan dahi uzun süre çalışabilmektedir.

- Mikroişlemcili RTU'lar kendi başlarına karar verebildikleri için merkez bilgisayarın da yapacağı pek çok işlemi üstlenmiş olur. Bu genel sistemin güvenilirliğini arttırmaktadır. Merkez biriminin durması veya iletişimin kesilmesi durumunda akıllı RTU hiç durmadan görevini icra etmekte ve gerekli tüm işlevleri yerine getirmektedir.

- Merkezin işlem yükünün RTU'lara dağılması sonucunda, merkezin RTU'lar ile sık iletişim kurma gereksinimi kalmayacak, iletişim trafiği hafifleyecek, iletişim ortamı daha verimli kılınacaktır.

### **3.2.1. RTU'nun Sistem İçerisindeki Yeri**

RTU'nun fiziksel olarak üzerinden bilgi toplayabileceği, gerektiğinde kumanda edebileceği giriş ve çıkış noktaları vardır. Elektrik tesislerinde; akım ve gerilim trafoları, ayırıcı, kesici ve röle durumları RTU tarafından izlenmekte ayrıca aynı RTU tarafından tali merkezdeki çeşitli birimlerin kontrolü mümkün olabilmektedir.

Bir SCADA Sisteminde bir veya birkaç kontrol merkezi olabilirken aynı sistemde RTU sayısı yüzlerce olabilmektedir. Bu nedenle RTU'lar sistemin taşınabilirliği, güvenilirliği ve özellikle maliyeti gibi önemli öğelerinin doğrudan belirleyicisi olmaktadır. RTU'ların küçük boyutta olması ve kullanılacak bölgelerin doğal koşullarına dayanabilecek şekilde üretilmesi çok önemlidir.

### **3.2.2. RTU'nun Görevleri**

Günümüzde RTU'lar mikroişlemcilerin her geçen gün değişmesi sayesinde esnek, çok fonksiyonlu, daha akıllı ve daha ekonomik hale gelmektedir. Temel fonksiyonları



değişmemek kaydıyla RTU'lar gün geçtikçe artan kullanıcı isteklerine cevap verecek şekilde geliştirilmektedir. Bilgi Toplama ve Denetleme Biriminin en önemli 2 görevi;

- 1- Bilgi toplamak ve depolamak
- 2- Gerekli kumandaları gerçekleştirmektir

Bu iki görev RTU'nun değişmeyen temel özelliğidir. Bir RTU'nun kontrol fonksiyonları kısıtlı olabilir. Ancak yukarıdaki özelliklerinden taviz verilemez. RTU'nun kullanıcılarına daha verimli hizmet etmeleri istendiğinde, bu fonksiyonlara zamanla bir yenisi daha eklenmiştir. RTU'nun bu iki görevinin yanı sıra arıza tespiti ve izolasyon görevi de vardır.

RTU'nun görevlerini tekrar sıralayacak olursak;

- 1.Bilgi toplama ve depolama
- 2.Kontrol ve Kumanda
- 3.İzleme (Monitoring)
- 4.Arıza Yeri Tespiti ve İzolasyon

### **3.2.3. Bilgi Toplama ve Depolama**

RTU'lar tali merkezlerde, analog değerler, alarm, durum bilgileri ve sayaç değerleri toplarlar. Böylece bağlı oldukları tali merkezlerin ve ait oldukları ana merkezi ihtiyacı olan tüm bilgileri toplayarak otomasyonun ilk prensibini gerçekleştirmiş olurlar. Toplanan bu bilgileri kendi üzerlerindeki hafızalarında saklarlar. Bu bilgiler; MTU kendilerini sorgulayınca kadar veya ayarlanan belli süreler için saklanır. Bilgi toplama işini kendilerine verilen periyodik aralıklarla veya ayarlandığı değerlerden sapmalar olduğunda yeni değerleri kaydetmek şeklinde yerine getirirler.

Analog değerler; örneğin elektrik tesislerinde akım, gerilim, aktif ve reaktif güç gibi değerler sistemden izole durumundaki ölçü trafoları, transdüserler yardımıyla gerektiğinde analog çoklayıcılar kullanılarak alınır. Durum değerleri ise mekanik ve/veya optik izolasyonla alınabilir.

RTU'lar bilgilerin toplanmasını ve gönderilmesini RS-232 veya RS-485 seri formatta çalışan cihazlarla yapmaktadır. Bu SCADA fonksiyonelliğini arttırmamakta fakat sahadaki lokal veri transferini basitleştirmektedir.

RTU topladığı değerleri gerekirse bir ön işlemciden geçirebilir. Ön işlem; bilgilerin kullanıcı tanımlı hale getirilmesidir. Yani analog bir bilgi sayısal bir bilgiye çevrildikten sonra RTU'da oluşturulmuş bir veri tabanı vasıtasıyla, o değere ait sınır değerlerle karşılaştırmaya veya matematiksel bir hesaplamaya tabi 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 değişiklik olduğunda göndermek daha mantıklı ve pratik olmaktadır. Buna İngilizce de "Ayıklamalı raporlama" anlamına gelen "Report by exception" denmektedir.

Bilgi alındıktan ve işlem den geçirildikten sonra gerekliyse ya o anda Kontrol merkezine gönderilir ya da daha sonra sorgulandığında gönderilmek üzere RTU'da depolanır. Depolanan bu bilgiler RTU'da oluşturulmuş veri tabanı kütüğüne oluş sırasına göre kaydedilir. Oluş sırasına göre kayıt; beklenmedik durumlarda farklı zaman ve bölgelerde oluşan hızlı durum değişikliklerinin tek bir zaman eksenini üzerine kaydedilir. Hata sonrası analizlerde ve gerçek zaman içinde operatörün gerekli manevrayı yapmasında kullanılır. "Oluş sırasına göre kayıt" İngilizcesiyle "Sequence Of Events Tagging" bilgilerin, RTU'da olsun, kontrol merkezinde olsun belli bir zaman hassasiyetine ve oluş sırasına göre kaydedilerek rapor edilmesi anlamına gelir. Bu hassasiyet tipik olarak durum değerleri için 1msn, analog değerler için 20 msn'dir. Örneğin bir kesicinin açması ile bir diğer kesicinin kapanması arasında 1 msn'den daha çok bir zaman farkı varsa, bu iki olayın aynı zamanda değil farklı zamanlarda gerçekleştiği söylenir.

Bu şekilde bir depolama işlemi sayesinde bir gün içinde hangi olayın, tam olarak ne zaman ve kaç defa gerçekleştiği Kontrol Merkezi tarafından rahatlıkla izlenmektedir. Bu

SCADA gibi gerçek zamanlı (Real Time) bir sistemde mutlaka bulunması gereken bir özelliktir.

#### **3.2.4. Kontrol ve Kumanda**

Elektrik tesislerinde uzaktan kumandalı olarak bir kesiciyi, bir ayırıcılığı açmak, kapatmak regülasyon amacıyla trafoların sekonder kademelerini değiştirmek vb. kumandalar RTU tarafından gerçekleştirilir.

#### **3.2.5. İzleme (Monitoring)**

RTU'nun diğer bir görevi ise, yukarıda belirtilen bütün görevlerin doğru şekilde yerine getirildiğine ilişkin bölge operatörüne kanıt olarak görüntü sunmasıdır. Örneğin elektrik tesisleri trafo merkezlerindeki bir bilgisayarda gösterim işlevidir. Bu, diğer iki görev kadar önemli olmamakla birlikte, tali merkez seviyesinde böyle bir işleme de zamanla ihtiyaç duyulmuştur. Böylece tali merkezden diğer tali merkezlere bilgi göndermek, kontrol işareti göndermek, programlama yapmak bilgisayar teknolojisinin hızla gelişmesi ile birlikte, mümkün hale gelmiştir. Bilgisayar yapısında yazıcı ve çizici gibi donanımlar da kullanılmaktadır.

#### **3.2.6. Arıza Yeri Tespiti ve İzolasyon**

RTU'nun bütün bu görevlerine ek olarak, tesis için oldukça önem taşıyan bir görevi daha vardır. Bu görev; Arıza yerinin tespiti ve İzolasyonudur. Bu özellik genellikle birçok SCADA Sisteminde olmayan bir özelliktir. Bu görevi yerine getirmek üzere RTU kendi bünyesinde; arıza arabirimi modülü ve buna bağlı bulunan arıza akımı algılayıcı modülleri bulunmaktadır. Bu modüller vasıtasıyla arızalar algılanmakta ve RTU'ya bildirilmektedir.

RTU arıza arabiriminden tüm arıza algılayıcıların sorgulanması için gerekli komut verilir. Arabirim, arıza akımı algılayıcı modülleri ile haberleşerek arıza akımının geçtiği noktaları öğrenir ve RTU'ya gönderir. RTU bu bilgilerin ve kontrol merkezinden gelen komutların ışığında sistemin arızalı bölgesinin izole edilmesi için harekete geçerek gerekli komutları arıza akımı algılama modüllerine gönderir ve arıza izolasyonu tamamlanmış olur.

Klasik yöntemlerle arıza yerinin bulunmasının ve izolasyonunun saatlerle ölçülecek bir zaman aldığı bilinmektedir. Bunun yerine SCADA Sisteminin getirdiği ve RTU' nun görevleri arasında bulunan yöntemlerle arızalar; saniyelerle ölçülecek bir sürede tespit edilmekte ve izole edilmektedir. Üst paragrafta bahsedilen olaylar sadece 1 – 10 saniye sürmektedir. RTU' nun bu görevi sayesinde kullanıcıya çok önemli bir avantaj sağlanmakta, arıza yerinin belirlenmesi ve izolasyonu kayıpsız ve en ekonomik biçimde halledilmiş olmaktadır [8].

### **3.3. RTU'nun Ana Bölümleri**

RTU'nun 6 ana bölümü bulunmaktadır. Bu bölümler şöyle sıralanabilir:

- İletişim Ünitesi
- Ana İşlem Ünitesi
- Giriş Çıkış İzolasyon Ünitesi
- Kullanıcı Arabirim Ünitesi
- Test Ünitesi
- Güç Kaynağı Ünitesi

### 3.3.1 İletişim Ünitesi

Bu ünite RTU ile iletişim ortamı arasında bir köprü rolü oynar ve iletişimden sorumlu bölümdür. Bu iletişim ortamı birden fazla olabilir. Günümüzde, bu ortamlar üzerine kurulu bir takım iletişim standartları ve bu standartların oluşturduğu iletişim protokolleri vardır. İletişim ünitesi kontrol merkezinden gelen ve bu protokoller dahilinde oluşturulmuş komutları değerlendirerek, gerekli işlemleri ana işlemciyle temasa geçerek başlatır. Bu işlemlerin sonunda da uygun cevapları aynı protokoller çerçevesinde düzenleyerek kontrol merkezi yönünde iletişim ortamına yollar.

Yeterli bir iletişim performansı için iletişim ünitesinde olması gereken özellikler:

- a. İletişim kanallarında oluşacak gürültüye karşı, RTU'nun korunmuş olması. Bunun için gelen iletişim sinyalinin toprağı ile ünite toprağının farklı olması.
- b. Başka RTU'larla ya da kontrol merkezleri ile haberleşmeyi sağlayacak birden fazla kanal yapısı.
- c. Kanalda kullanılacak çeşitli iletişim ortamlarının ve protokollerinin desteklenmesi.
- d. Hata bulucu ve hata giderici yapıya sahip olması. Sinyalin hatalı gelebileceği olasılığı nedeniyle fark edilebilir ölçüde düzeltme yapabilecek bir yazılım yapısı.
- e. Kanalın gürültü seviyesini devamlı kontrol eden bir donanım yapısı.
- f. RTU "Mesajı Yolla(Transmit)" konumundan belli bir süre sonra "Mesajı Al (Receive)" konumuna geçmez ise RTU'nun kendini otomatikman kanaldan ayırma özelliği (Anti-streaming)' nin desteklenmesi.

### 3.3.2. Merkezi İşlem Birimi (CPU)

Bu ünite, tüm RTU'nun beyni durumundadır. Diğer ünitelerde hiç gerekmeyen mikroişlemci tabanlı mimari bu kısımda bir zorunluluktur. RTU'nun ulaşabildiği tüm noktalarla ilgili bilgilerin bulunduğu bir veri tabanını saklayan hafıza birimi de bu mimari içindedir.

Bu ünitenin görevleri birkaç madde ile şu şekilde özetlenebilir:

- a. Her türlü analog ve durum işaretlerini ve alarm bilgilerini giriş-çıkış-izolasyon ünitesinden toplamak ayıklayıp süzmek etmek, gereksizleri elemek.
- b. Kontrol İşlemleri için gerekli sinyalleri aynı üniteye göndermek.
- c. Kontrol merkezinden gelen, iletişim ünitesinin aldığı ve tercüme ettiği komutlara ve sorgulamalara cevap vermek.
- d. Mevcut veri tabanındaki bilgilerin ışığında olayları oluş sırasına göre rapor etmek.

### 3.3.3. Giriş-Çıkış/İzolasyon Ünitesi

Birçok RTU' da giriş – çıkış ve izolasyon üniteleri iç içe geçmiş durumda bulunmaktadır ve genellikle beraber incelenmektedir. Bulunduğu merkezdeki olumsuz çevre şartlarına karşı RTU'nun korunması görevini üstlenir. Bulunduğu yerdeki tüm analog ve durum değişkenleri ile analog ve sayısal çıkışlar bu birim tarafından alınır, gerekli izolasyonlar bu birimde yapılır. İzolasyon optik ve mekanik olmak üzere iki çeşittir. Bir çok RTU' da her iki seviyede de izolasyon güvenlik açısından mevcuttur.

### **3.3.4. Kullanıcı Arabirim Ünitesi**

RTU'nun bulunduğu istasyon bilgilerinin sadece Kontrol Merkezinde kullanıcıya sunulması düşüncesi yıllarca korunmuş olmasına rağmen modern birçok RTU'da kullanıcı arabirimine gerek duyulduğu anlaşılmıştır. İstasyon seviyesinde otomatik ya da manuel olarak yapılacak işlemlerden durum bilgilerinden orada bulunan operatörün de haberdar olması için istasyonda bir bilgisayar ile yazıcı ve çizicinin bulunması kaçınılmaz olmuştur. Sadece merkeze ilişkin bir veri tabanına yönelik bir gösterim işlevi RTU'nun kendisi tarafından yapılmalıdır.

### **3.3.5. Test Ünitesi**

SCADA RTU'nun fonksiyonlarını yerine getirip getirmediğini test ünitesi vasıtasıyla ile gerçek zamanlı olarak izler. RTU'nun bütün üniteleri bu ünite tarafından test edilerek arıza olup olmadığı tespit edilir. Arıza halinde gerektiğinde RTU'nun diğer RTU'ları etkilemeyecek biçimde iletişim kanalında izole edilme (Anti-streaming) görevi de yine bu ünite tarafından yerine getirilir.

### **3.3.6. Güç Kaynağı Ünitesi**

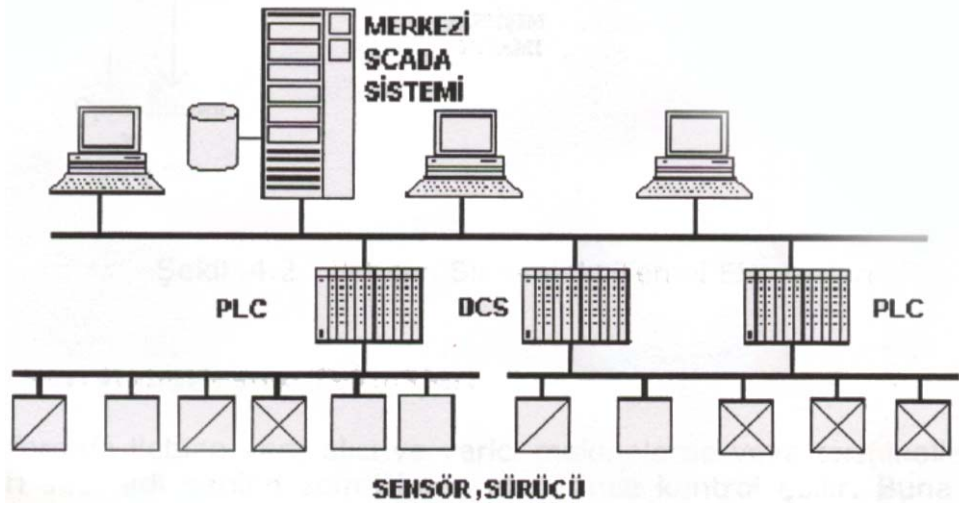
RTU'nun güç kaynağı genellikle bulunduğu merkezde hazır bulunan 48 volt ve 125 volt DC kaynaklardır. Bunların bakımsız akü-redresör kaynağı olması tercih edilir. Güç kaynağı ünitesinin RTU'da sağlıklı çalışabilmesi için RTU toprağı ile bulunduğu merkezin toprağının birbirinden ayrı olması gerekir. Bu güç kaynağı ünitesi RTU'nun tüm diğer ünitelerini beslemektedir. Ayrıca merkezde yedekte kullanılmak üzere standartlar dahilinde 250 volt AC ve 24 volt DC kaynak vardır [9].

## 4. İLETİŞİM SİSTEMİ

### 4.1.Tanımı

İletişim, bir bölgeden başka bir bölgeye karşılıklı olarak veri veya haberin gönderilmesi işlemidir. Bu sistem temel olarak üç bileşenden oluşur:

- İletişim yolu ve ortamı
- Veri veya haberi iletişim ortamı üzerinden gönderebilmek için şekillendirecek bir cihaz (MODEM)
- Alıcı uçta gönderilen veri veya haberin anlaşılması için gerekli cihaz (MODEM)



Şekil 19. Örnek bir fabrika iletişim sistemi



## 4.2. İletişim Sisteminin Görevleri

SCADA Sisteminde sistemin işleme için iletişim hayati öneme sahiptir. İletişim kanallarının veri elde edebilmesi ve kontrolündeki hızı önemli ölçüde SCADA sistemini etkilemektedir. Buna bağlı olarak kontrol merkezindeki kullanıcı arabirimi ve uygulama yazılımları da etkilenir. Kontrol merkezinde ve RTU'larla ulaşılan önemli teknik gelişmelerin faydalı olabilmesi için, iletişiminde aynı oranda gelişim göstermesi gereklidir. Yoksa büyük hızda ve miktarda toplanan verilerin hızla iletilmemesi halinde bir anlamı yoktur. SCADA sisteminin en yüksek başarı düzeyi ile uygulaması iletişim sistemine bağlıdır.

SCADA'nın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için;

- Güvenilir,
- Maliyeti düşük,
- Gerekli tüm fonksiyonlara sahip,
- Her türlü ortamda çalışabilen bir iletişim sistemine sahip olmalıdır.

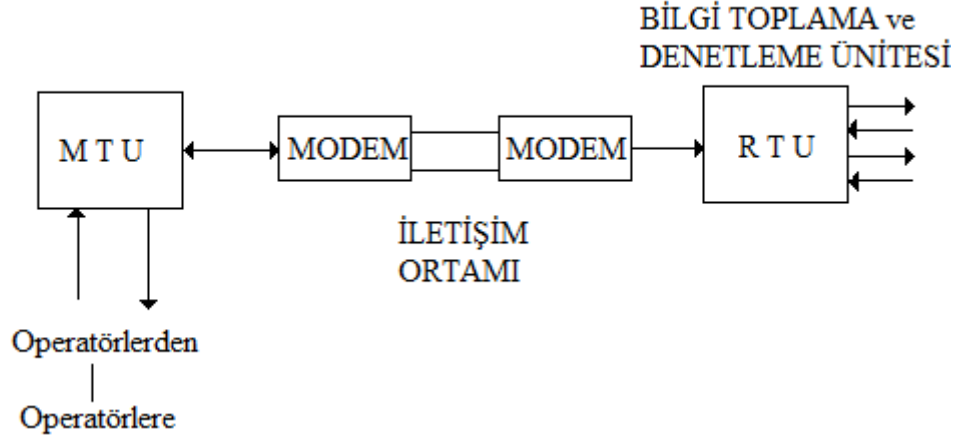
## 4.3. İletişim Sisteminin Elemanları

En basit bir SCADA sistemi bir kontrol merkezi (MTU) ve bir bilgi toplama ve denetim (RTU) biriminden oluşur. Bu basit sistemi bütünlemesi için MTU ve RTU'nun birbiri ile haberleşmesi, dolayısıyla iletişim sistemi ile donatılması gerekir.

İletişim sisteminin elemanları şunlardır:

1. İletişim ortamı (Fiber veya metalik kablo vb.)
2. Veri iletişim cihazı

### 3. İletişimi sağlayan cihazlar (MTU, RTU)



Şekil 20. İletişim sisteminin temel elemanları

#### 4.4. Veri Haberleşme Teknikleri

Seri formda iletilen veri, alıcı verici makinelerde veya terminallerdeki bit hızları saat adı verilen zamanlama aletlerince kontrol edilir. Buna göre bit iletişimi asenkron veya senkron olabilir.

Senkron haberleşmede, bir anda bir veri bloğu (karakter dizisi) aktarımı yapılırken, asenkron haberleşmede bir anda sadece bir byte iletilir.

##### 4.4.1. Asenkron Veri Haberleşmesi

Verici terminalden gelen başlama biti alıcı terminalinde byte bilgisini örneklenmesini kontrol eden saati çalıştırır. Bitiş sinyali de durdurur.

#### 4.4.2. Senkron Veri Haberleşmesi

Başlama ve bitiş bitleri kullanılmaz ve alıcı terminaldeki saat devamlı çalışır, aynı anda veri alışverişi gerçekleştirilir. Alıcının iletilen ile senkron olması için veri akışı ile senkronize saat işareti iletilir. Sorunsuz olarak çok uzun mesajlar fazla sayıda veri iletişimi sağlanır. Senkronizasyon kurmak uzun zaman aldığından kısa mesajlar için dezavantajlıdır.

#### 4.4.3. Modülasyon

İletişim için kullanılan kablo eşdeğer devresindeki kapasite ve endüktans nedeni ile belli bir frekans bandına sahiptir. Bu nedenle sayısal sinyalin keskin köşeleri bozulmaya uğrayarak 60-100 m sonra tanınmaz hale gelir. Bu sorunun üstesinden gelmek için modülasyon kullanılır. Temelde 3 tür modülasyon vardır:

1. Frekans kaydırmalı modülasyon: Veri sinyalinin 0 ve 1 değerleri için farklı frekanslarda sinyaller kullanılan modülasyondur.
2. Faz modülasyonu: Veri sinyalinin 0 ve 1 değerleri için farklı fazlardaki sinyallerin kullanıldığı modülasyondur. Kablonun iletim band genişliği kanallara ayrılırken daha verimli kullanılabilir.
3. Genlik modülasyonu: Veri sinyalinin 0 ve 1 değeri için farklı genliğe sahip sinyallerin kullanıldığı modülasyondur.

Modülasyonda 3 tür kanal vardır:

1. Simplex bağlantı: Veri iletiminin yalnız bir yönde olduğu bağlantıdır.
2. Half-duplex bağlantı: İletim her iki yönde mümkündür. Fakat bir anda tek bir yönde iletim olabilir. Yani aynı anda iki taraf kullanamaz. Half duplex bağlantıda her iki tarafta bir modülatör ve bir demodülatör bulunmalıdır.

3. Full-duplex bağlantı: Veri iletimi aynı anda her iki yönde olabilir. Bu bağlantı türünde aynı anda birden fazla veri iletişimi sağlanabilmektedir.

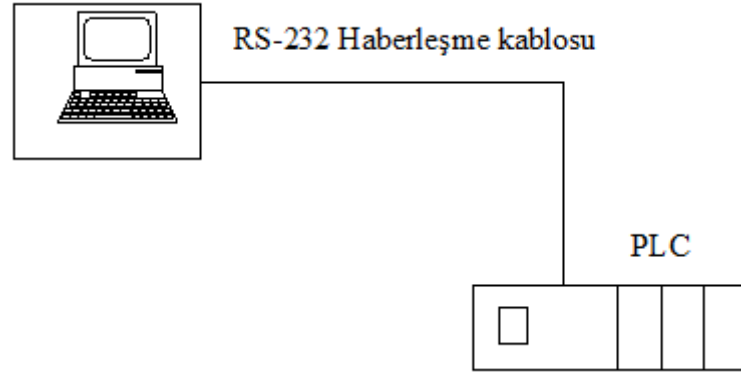
#### **4.4.3.1. Seri Ara Birimler**

Endüstriyel uygulamalarda kullanılan birçok cihaz, bilgisayarlara veya birbirlerine bağlanabilmek için EIA standartları olan RS-232, RS-422 ve RS-485 kullanmaktadır ( her üçü için RS – XXX notasyonu kullanılacaktır ). Bu spesifikasyonlar hakkındaki yaygın yanlış anlama bunların birer yazılım protokolü değil sadece elektriksel özellikleri belirler.

##### **4.4.3.1.1. RS-232**

RS-232 IBM uyumlu PC'lerde bulunan seri bağlantıdır. Birçok amaçla kullanılmaktadır, tere, printer veya modem bağlantısı için kullanıldığı gibi endüstriyel ekipmanlar için de kullanılırlar. Hat sürücüleri ve kablolardaki iyileştirmeler nedeniyle çoğu zaman verilen hız ve uzaklık sınırlarının ötesinde performans sergilemektedir. RS-232 PC ve seri portu ile cihaz arasında noktadan noktaya ( point to point ) bağlantı ile sınırlıdır. Sadece iki nokta arasında haberleşmeyi sağlar.

RS – 232 'de haberleşme full-duplex'tir. Aynı anda çift yönlü haberleşme imkanı sağlamaktadır. Her bir yönde yapılan haberleşme imkanı sağlamaktadır.



Şekil 21. RS-232 ile iki nokta arası bağlantı

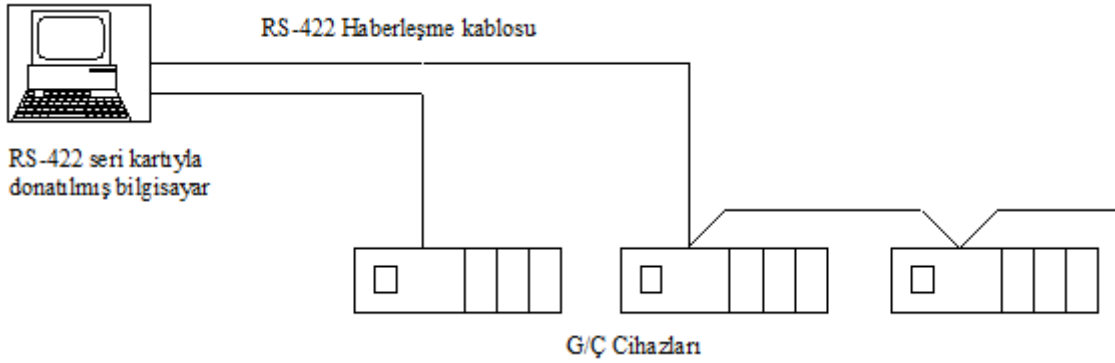
#### 4.4.3.1.2. RS-422

RS – 422 ( EIA RS – 422 – A standardı ) Apple Macintosh bilgisayarlarında kullanılan seri bağlantıdır. RS-422 seri bağlantısı RS – 232'nin toprağa göre kullanıldığı hat seviyelerinden farklı olarak iki hat arasındaki seviye farkını işaret değerlerini tespit etmek için kullanılır. Diferansiyel iletim de denilen bu iletim biçiminde, verici ve alıcı sinyaller için iki ayrı hat çifti kullanılır, RS-232 ile karşılaştırıldığında daha iyi gürültü bağışıklığı ve daha uzun mesafelere iletim olanağına sahiptir.

Endüstriyel ortamlarda birçok elektriksel cihaz bir arada çalıştırıldığından dolayı elektromanyetik karışımların oluşma riski yüksektir ki bu kaçınılmaz bir gürültüyü beraberinde getirir, cihazlar genellikle birbirinden fiziksel olarak uzak noktalardan veri toplamak zorundadırlar, bu sebeplerdendir ki gürültü bağışıklılığı ve uzun mesafede istenilen özelliklerdir. Bu özellikler RS-422'nin tercih sebeplerini oluşturmaktadır.

RS-422 “ multidrop ” ( çok alıcılı ) haberleşmeyi destekler, burada birçok alıcı olabilir ancak verici cihaz bir tanedir.

İki cihaz arasındaki haberleşme Full Duplex'tir. Her iki yöndeki haberleşme için iki hat ve bir de toprak hattı mevcuttur. Buna göre birçok uygulama için en az 5 hat gereklidir.



Şekil 22. RS-422 ile bilgisayar ve G/Ç birimleri arasındaki haberleşme şeması

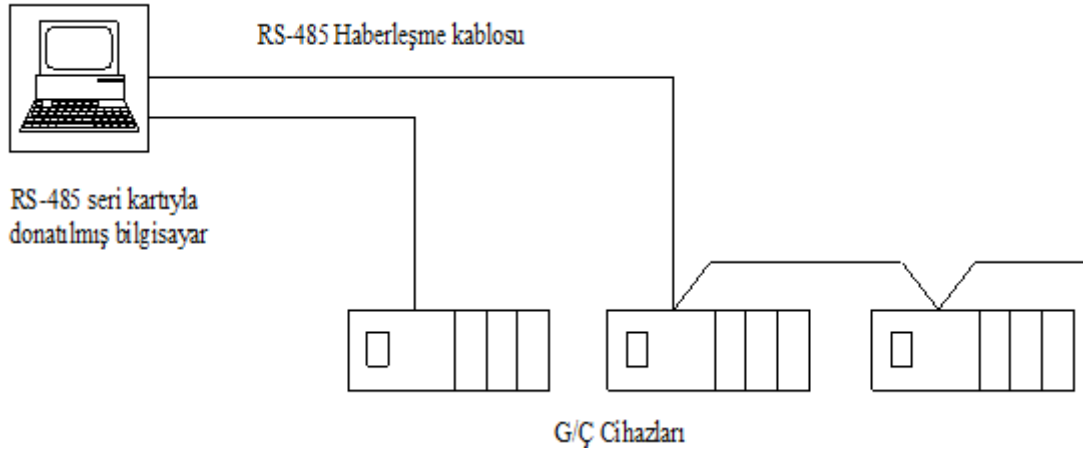
#### 4.4.3.1.3. RS-485

RS-485 ( EIA RS –485 standardı ), RS-422 standardı üzerine geliştirilmiştir. Bunun en belirgin özelliği olarak RS-485 ‘in elektriksel özellikleri RS-422 ile hemen hemen aynı olmasına rağmen, tek bir RS-485 kapısına bağlı alıcı sayısının 10’dan 32’ye çıkarılmış olmasıdır. Ayrıca maksimum yük altında yeterli sinyal seviyelerini tutturabilmek için elektriksel karakteristikleri ve kontrol işaretleri tanımlanmıştır. RS – 485 kapısına bağlı bir ağ oluşturma imkanı vermektedir.

Üstün gürültü bağışıklığı ve çevresel elemanların sayısındaki artış RS-485 seri bağlantısının birçok dağıtık cihazın ağ aracılığı ile PC’ye veya veri toplama kontrol görevi üstlenmiş başka birimlere, HMI ( Human Machine Interface ) bağlantısı ile endüstriyel uygulamaların gözdesi haline gelmiştir.

RS-485’i kullanacak yazılım protokolü bu standart tam verimli olarak kullanılabilmesi için çoklu birim adreslemeyi ve ortak yol (BUS ) kullanımını desteklemektedir.

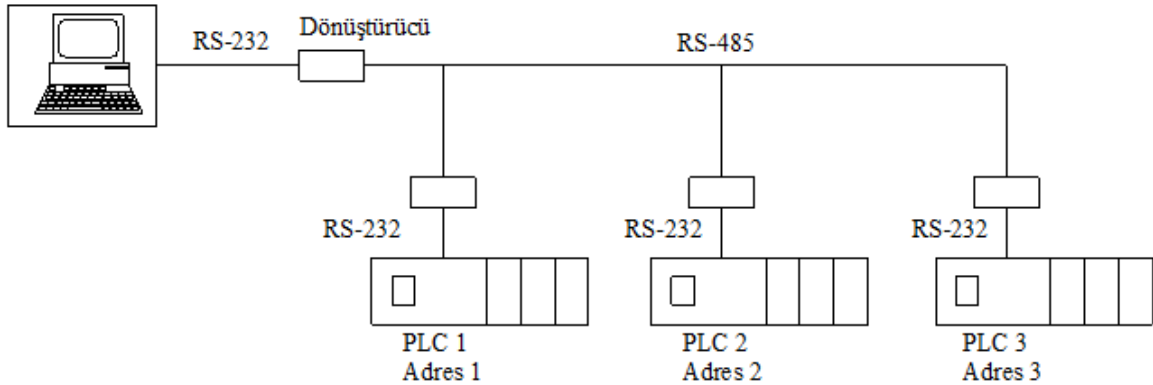
RS-485 her hat için birden fazla verici ve birden fazla alıcıyı desteklemektedir. Haberleşme half duplex veya full duplex olabilir. Her yön için iki kablo ve toprak hattı kullanılır. Bu bir çok half duplex haberleşme için 3 kablo yeterli olduğu anlamına gelir. Full duplex için 5 kablo gereklidir.



Şekil 23. RS-485 ile G/Ç birimleri arasındaki haberleşme şeması

#### 4.4.3.1.4. RS-232/RS-485 Dönüşümü

RS232-RS485 dönüştürücü kullanımı çok yaygın olarak kullanılmaktadır. RS-485 kullanılmak istendiğinde bunun için bilgisayara RS485/422 kart takılmak zorundadır. Bu dönüştürücü sayesinde böyle bir zorunluluk ortadan kalkmaktadır. Yukarıda açıklanan sebeplerle RS-485, RS-232'ye tercih edilmektedir. En önemlisi RS-485 birçok alıcı cihazın aynı kapı üzerinden sürebilmeleridir.



Şekil 24. RS-232 ile RS-485 dönüştürücü kullanımı

Bu tür bir yapı ancak ve ancak protokolün çoklu G/Ç cihazını desteklemesiyle mümkün olabilir, protokolün desteklemesi ile RS-422 de kullanılabilir. Çok açıktır bu yapıda maksimum veri transfer hızı, seri kart kullanımına nazaran daha düşük olacaktır [10].

#### **4.4.4. Modemler**

Modemin sayısal şebekedeki fonksiyonu, bilgisayar ve diğer veri terminalleri aletlerinden gelen veri sinyallerini modüle ederek iletim ortamına vermektir. Aynı şekilde modüle edilerek iletim ortamına verilmiş olan demodülasyon işlemine tabi tutularak modülasyondan önceki haline dönüştürmektir.

#### **4.4.5. Çoklama**

Tek bir hattından birçok verinin gönderilmesini sağlar. Birçok verinin haberleşme kanalını kullanması ekonomik bir yöntemdir. Çoklama işlemi iki şekilde yapılabilir.

1. Frekans bölmeli çoklama
2. Zaman bölmeli çoklama

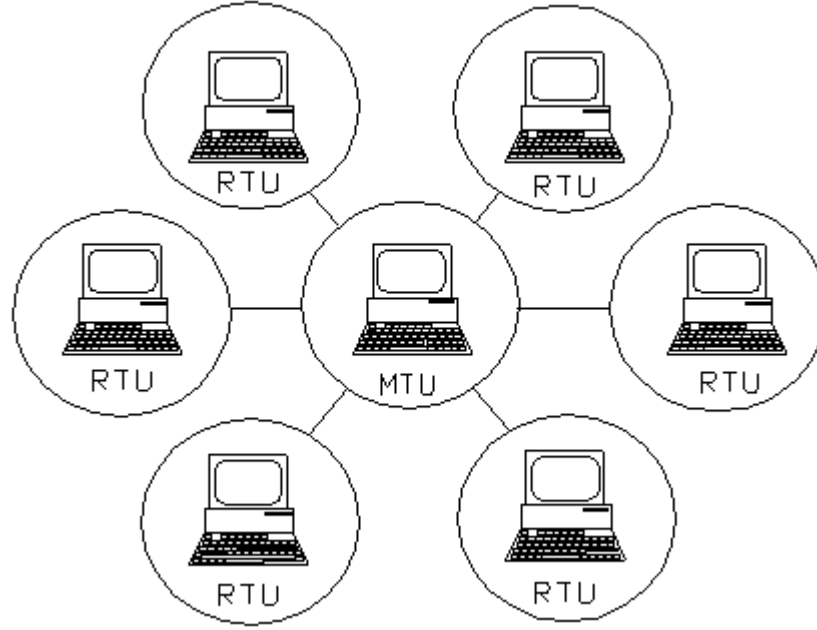
### **4.5. Topolojiye Göre Ağ Bağlantılarının Sınıflandırılması**

#### **4.5.1. Yıldız Tipi Bağlantılar**

Bu ağ yapısında depolama ve yönlendirme tek kontrol merkezi tarafından yapılır. Her RTU için ayrı kablolu yapıldığından ekonomik olmayabilir. Ayrıca kontrol merkezi



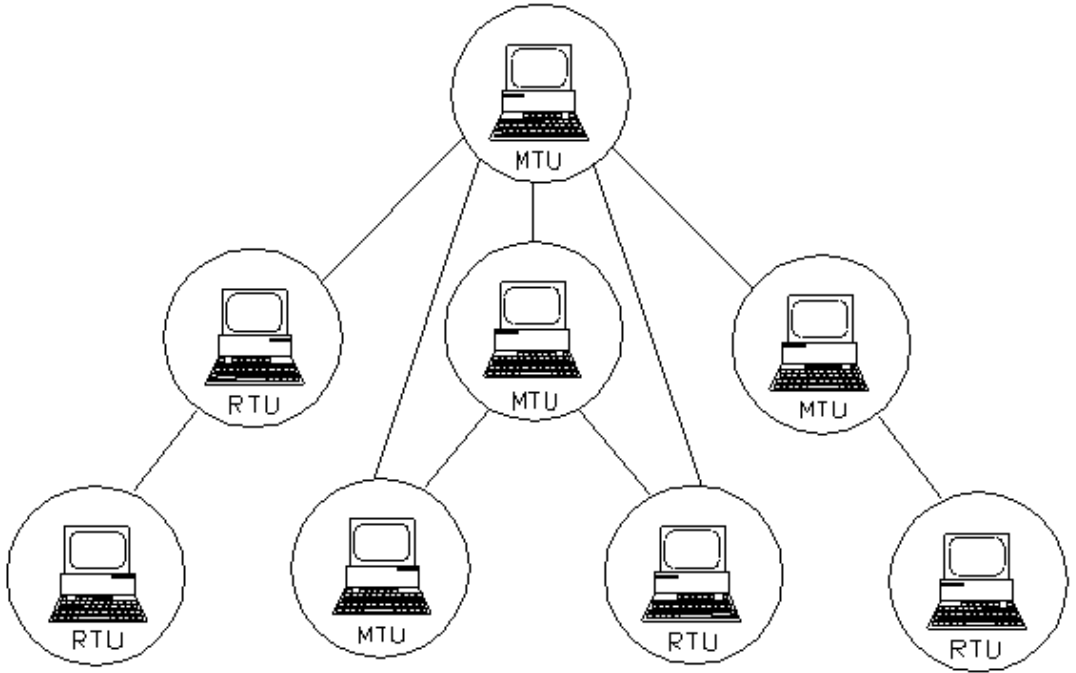
herhangi bir şekilde arızalandığında tüm sistem durur. Sistemdeki her şeyden kontrol merkezi sorumlu olduğu için tek hata merkezi kontrol merkezidir. Bu sebepten dolayı arızaların tespiti ve giderilmesi daha kolaydır. Kontrol merkezi ile herhangi bir RTU arasındaki bağlantının kopması durumunda diğer RTU'ların çalışmaları etkilenmeyeceği için güvenilirdir.



Şekil 25. Yıldız tipindeki bağlantı

#### 4.5.2. Hiyerarşik Bağlantılar

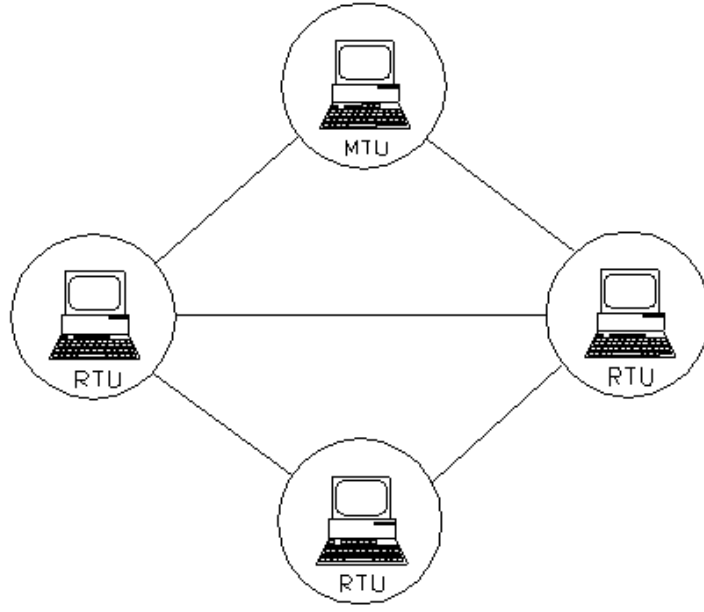
Bu tip bağlantıda hiyerarşik bir yapı söz konusudur. Farklı seviyelerde yerel kontrol merkezleri bulunmaktadır. Her yerel nokta bir üst seviyedeki yerel kontrol merkezine bağlıdır. Çok fazla sayıda RTU bulunan büyük ve yaygın sistemlerin haberleşmesinde kullanılır. Denetleme işlemlerinin tek bir merkezden yapılması her RTU'ya ayrı hattın çekilmesini gerektirir. Bu işlem maliyetini arttıracığı için bazı kararların yerel kontrol merkezlerinden verilmesi ana kontrol merkezinin ve haberleşme hattının yükünü hafifletecektir.



Şekil 26. Hiyerarşik bağlantı

#### 4.5.3. Örgü Tipindeki Bağlantı

Farklı seviyelerdeki kontrol merkezleri arasındaki hatlar haricinde öbekli biçim iletişim yapısına benzer bir yapıya sahiptir. Ancak bir birim birden fazla yere bağlı olduğu için ek hatlar maliyeti arttırmaktadır.

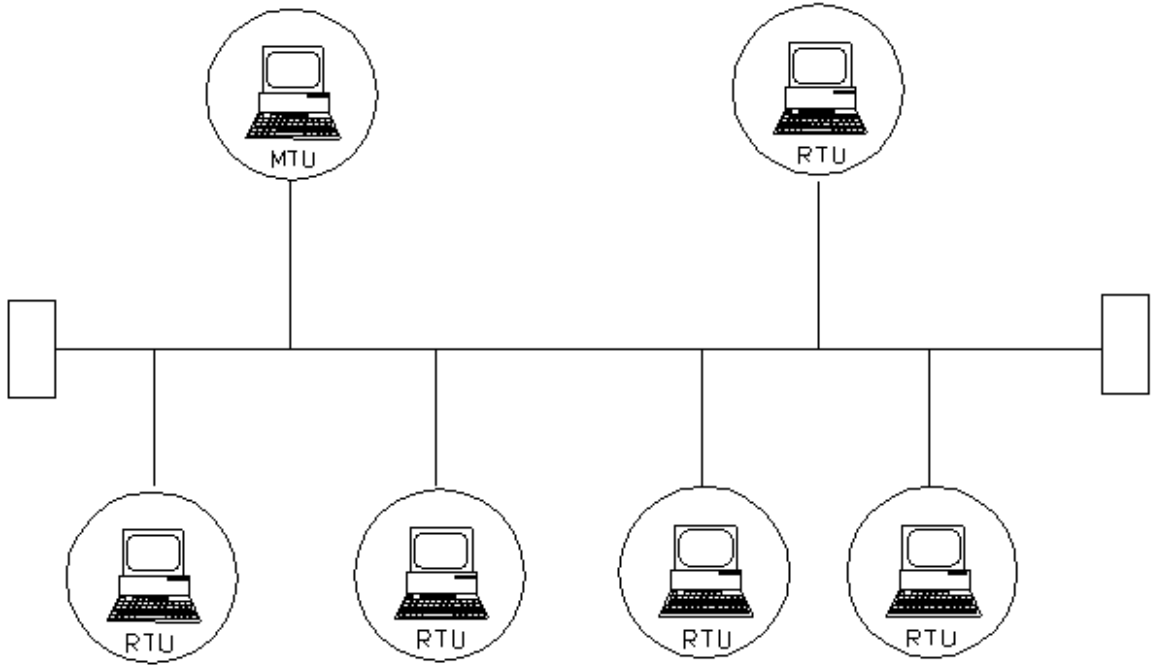


Şekil 27. Örgü tipindeki bağlantı

#### 4.5.4. Bus Tipindeki Bağlantı

SCADA sistemlerinde en çok kullanılan haberleşme yapısıdır. Bütün sistem tek bir haberleşme hattını kullanır. Her birimi hatta bağlayan bağlantı noktalarında veri sinyallerinde kayıplar oluşur. Bunun için bağlanacak olan RTU sayısı sınırlıdır.

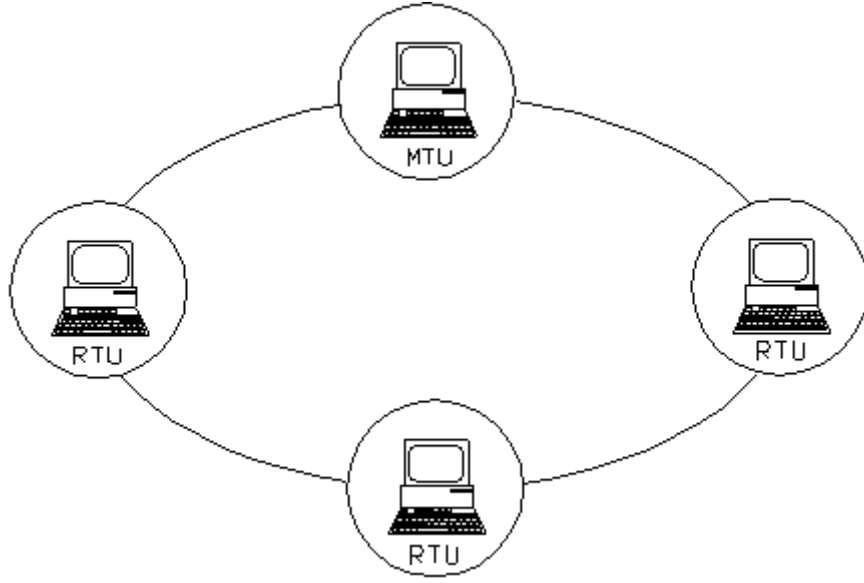
Ayrıca bütün sistem tek hat üzerinde olduğu için arıza tespiti zor olmaktadır. Arızanın tespit edilmesi için tüm birimlerin tek tek kontrol edilmesi gerekir. Hat dışında herhangi bir RTU'yu ortak hatta bağlayan hatta meydana gelebilecek bir arızada sadece o RTU devre dışı kalır. Bunun için sistemin tamamen durması söz konusu değildir. Çok noktalı bus iletişim yapısı normal şartlar altında oldukça güvenilir ve hızlı bir haberleşme sağlar.



Şekil 28. Bus tipindeki bağlantı

#### 4.5.5. Halka Tipindeki Bağlantı

Kontrol merkezi ve RTU'ların halka şeklinde bağlandığı ağdır. Halka üzerindeki bir birime sinyal geldiğinde o birim sinyalin adresini kontrol eder eğer kendi adresi değilse sinyali halkadaki diğer birime yönlendirir. Diğer bağlantılara göre avantajı veri sinyal her birimde tekrarlandığı için sinyalin zayıflaması söz konusu değildir. Sinyalin her birimde hata kontrolü yapıldığı için hata arama yayılmış olur. Bu tip ağlar yıldız biçimli ağlara göre daha güvenilirdir. Ağ bir noktadan koptuğunda haberleşme diğer taraftan devam eder.

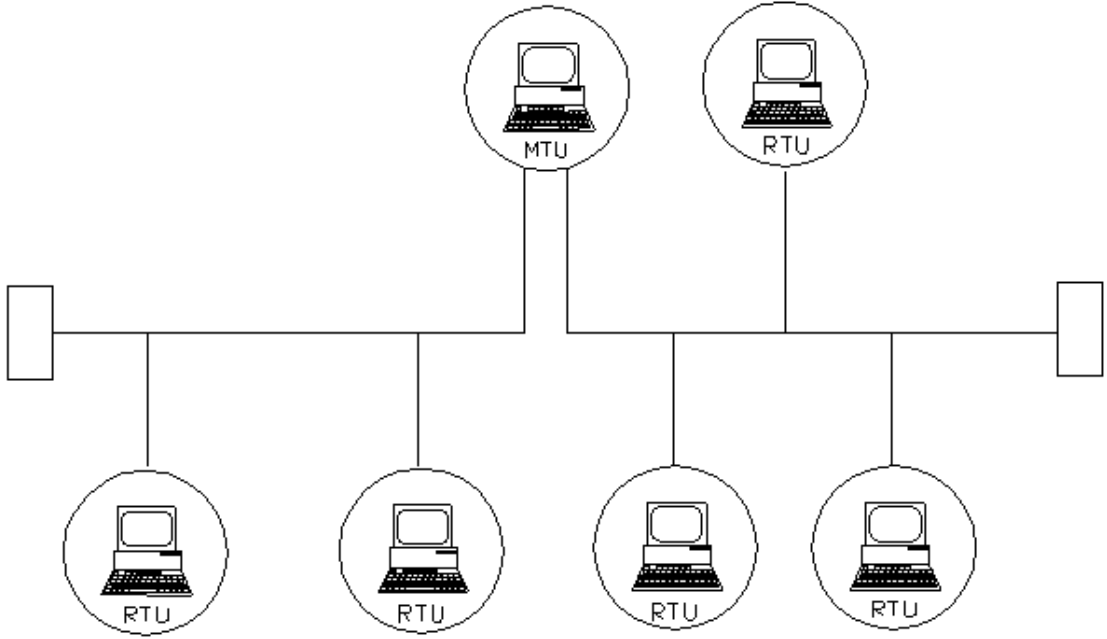


Şekil 29. Halka (Ring) tipindeki bağlantı

#### 4.5.6. Hibrit Bağlantılar

##### 4.5.6.1. Kısmen Yıldız Bus Tipindeki Bağlantılar

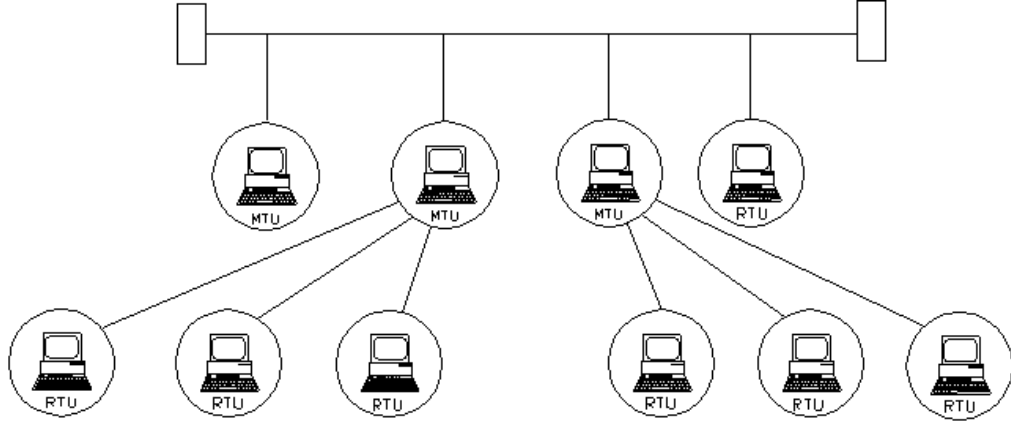
Yıldız ve bus iletişim yollarının karışık olarak kullanıldığı bu yapı SCADA sistemlerinde kullanılmaktadır. Kontrol merkezine ortak hat üzerinden bağlanamayacak kadar uzak mesafede bulunan RTU'lar ayrı bir haberleşme hattı ile kontrol merkezine bağlanırlar.



Şekil 30. Kısmen yıldız bus tipindeki bağlantı

#### 4.5.6.2. Kısmen Hiyerarşik Bus Tipindeki Bağlantılar

SCADA sistemlerinde en esnek ve gelişmeye açık bağlantıdır. Öbekli ve bus iletişim yolu yapısının birlikte kullanıldığı yapıda bazı kararların yerel kontrol merkezi tarafından verilmesi iletişim yolunun veri trafiğini önemli ölçüde azaltacaktır. Kısmen hiyerarşik bus tipindeki yapı bütün haberleşme yapıları içinde en pahalı ve en hacimli olanıdır. Çok sayıda birimin olduğu ve büyük alana yayılmış SCADA sistemlerinin haberleşmesinde kullanılır.



Şekil 31. Kısmen hiyerarşik bus tipindeki bağlantı

#### 4.7. Bağlantı Türleri

Bağlantı türleri fiziksel bağlantı biçimine ağ bileşenlerinin coğrafi konumuna göre yerel (LAN:Local Area Network) ve geniş ağları (WAN:Wide Area Network) olarak sınırlandırılırlar.

##### 4.7.1. Yerel Ağlar (LAN)

Bu tip ağlar SCADA sistemi ana kumanda merkezi ve yerel merkezler aynı bina veya fabrika ortamında ise Yerel Bölge Ağ Sistemi (LAN) adını alırlar.

LAN ile çok hızlı olmayan düşük maliyetli sistemler bir veya daha fazla sayıdaki hızlı sisteme bağlanarak sistemin maliyeti önemli ölçüde azaltılabilir. Ayrıca üretim ve dağıtım otomasyonu sistemlerinde iletişimin ağlar ile yapılması sistemler arasında uyumlu çalışmayı dolayısıyla verimin artmasını sağlar.

LAN'ı karakterize eden özelliklerden biri, ağa bağlı her terminal, diğer tüm bağlı donanım aletlerinin girişte aynı yeteneğe sahip olmasıdır. Yıldız ve hiyerarşik topolojiler

aslında teknik olarak LAN sistemleri için uygun değildir. Çünkü; terminallerin eşit bağlantısı yoktur. Oysa bus ve halka topolojiler, LAN sistemlerinde sıkça kullanılmaktadır.

LAN sistemlerinde haberleşme iki türlü olur. İhtiyaca veya ağın durumuna göre analog veya dijital sinyaller kullanılır.

1. Baseband: Dijital sinyallerin kullanıldığı sisteme besaband transmisyon adı verilir. Bu teknikte transmisyon aracına sinyalleri doğrudan verir ve tek sinyal için giriş band genişliği kullanılır. Bu transmisyon 1 Mbps ve daha yüksek hızlarda oluşur.

2. Broadband: Bu transmisyon tekniğinde sinyaller analog biçimde gönderilir. Bazı uygulamalarda frekans bölücü multipleks kullanılarak, kablo band genişliği gerekli sayıda kanala bölünerek haberleşme sağlanır.

#### **4.7.2. Geniş Alan Ağları (WAN)**

Yerel alan ağı bir fabrika ortamı ile sınırlıdır. Halbuki WAN birbirinden çok uzak olan sistemleri birbirine bağlar. Birimler birbirinden coğrafi olarak yayılmış uzak mesafelerde bulunuyorsa bu durumda iletişim bağlantısı bu ağ türüne dönüşür.

WAN ve LAN, SCADA kontrol sistemlerinde geniş bir alana yayılmış birden fazla operatör istasyonunun birbirine bağlanmasına ve işletmeye ait tüm verilerin transfer edilmesi için kullanılır. Bu ağlar sayesinde her terminal ünitesine sistemin kaynakları açık hale getirilmektedir. Kontrol Sisteminde herhangi bir terminal birimi başka bir bilgisayarın yazıcısından çıkış alabilir ve herhangi bir birimin bilgisayarı diğer birimdeki bilgisayarın ana belleğinde mevcut olan bir dosyayı bulup kopyalama işleminin gerçekleştirebilir.



#### 4.8. SCADA Sistemlerindeki İletişim Protokolleri

SCADA Sistemi içerisinde iletişim yoluna bağlı dağıtılmış kontrol sistem öğelerinin uzak terminal birimlerinin birbirleri arasında haberleşmeleri için en önemli unsurlardan birisi de iletişim protokolüdür.

Veri iletişim protokolleri, Kontrol Merkezi arası, Kontrol Merkezi ile RTU'lar arası veya RTU'lar arası yapılan iletişimin binary veri veya mesaj yapısını belirleyen kurallar setidir. Bilindiği gibi MTU ve RTU arasında iletilecek veriler binary sayılarla oluşturulmaktadır. Bu oluşturulan binary sayı serilerinin ilk bitlerinin, ikinci bitlerinin veya 235. bitlerinin neleri göstermesi gerektiğini protokoller bize anlatmaktadır. Protokoller bir ve sıfırlardan oluşan mesaj serileri oluşturmak için şifre sağlamaktadır.

Kontrol Merkezlerinin kendi aralarında veya RTU'larla iletişimlerinde farklı iletişim protokolleri kullanılabilir. Kullanılacak birden çok sayıda protokol sayesinde Kontrol merkezinin farklı RTU'larla, RTU'ların birden çok Kontrol merkezi ile iletişim kurması mümkündür. Ayrıca bu portların aynı iletişim protokollerini kullanması şart değildir. İki portta iki ayrı iletişim protokolü kullanılabilir. Bu avantaj bize değişik protokoller kullanan bilgisayar sistemleriyle iletişim olanağı sağlamaktadır. Burada dikkat edilecek en önemli nokta birbiri ile iletişim kuracak bir MTU ve RTU arasında aynı protokolün kullanılmasının zorunluluk olduğunun bilinmesidir.

Haberleşme için kullanılan sadece tek bir protokol yoktur, onlarca iletişim protokolü kullanılabilir. SCADA ve cihaz üreticileri herhangi bir standart protokol oluşturmadan önce kendileri için özel iletişim protokolleri üretmişlerdir. Ancak bugün IEC standart organizasyon tarafından hazırlanmış Uluslar arası iletişim protokolleri kullanılmaya başlanmıştır.

Protokol SCADA Sisteminin en güvenilir olması gereken kesimidir. Eğer protokol iyi tasarlanmamışsa iletişim yolu ne kadar esnek ve hızlı olursa olsun bir trafik tıkanıklığının olması ihtimali çok yüksek olur. Özellikle tehlike anlarında uzak terminallerden gelen veriler, uyarı mesajları iletim yolunu kolayca tıkayabilir. SCADA Sistemlerinde kullanılan çok sayıda protokol vardır. Ancak bu protokollerin çok küçük bir yüzdesi standartlara uygundur.

#### **4.8.1. OSI Referans Modeli**

Ağ iletişiminde standart oluşması amacıyla International Standarts Organization tarafından OSI modeli ideal ağ yapısı için model olmak üzere geliştirilmiştir. Model ağları 7 katmanda incelenmektedir. İzleyen OSI modelinde 7 katmanlı yapıda olduğu gibi SCADA Sistemlerinde kullanılan protokoller de bu yapıya uyar [11].

#### **4.8.2. MAC Protokolleri**

Bu protokollerin çoğu ağların büyümesine bağlı olarak geliştirilmiştir. LAN ve WAN'larda bulunan MAC problemleri çok noktalı bir hatta bulunabilen SCADA sisteminde olan problemlere çok benzer. Bundan dolayı tekniklere bağlı olarak kullanılan protokollerden Polling, Token Ring, CSMA/CD ve Token Bus SCADA sistemlerinde en çok kullanılanlarıdır.

##### **4.8.2.1. Polling Protokolü**

Birçok SCADA sisteminde bu protokol, soru cevap şeklindedir. Kontrol merkezi hat üzerindeki iki terminali yoklar. Eğer gönderilecek bir bilgi varsa, terminal mesaj gönderir. Kontrol merkezi, hat üzerindeki tüm terminaller bağlanana kadar ikinci ve diğer terminalleri yoklamaya devam eder. Bu protokol performansı, terminallerin sayısı, iletim hızı, gidip gelme gecikmesi gibi birçok parametre ile belirlenir. Bundan dolayı kontrol merkezinden her bir terminale sürekli sormada varsayılan zaman kaybından dolayı Polling protokolünün verimi oldukça düşer; verimi % 60 - & 70 civarındadır.

#### 4.8.2.2. Token Ring Protokolü

Paket anahtarlama yöntemi kullanılır. Jeton (Token) adı verilen 24 bitlik bir bilgi ağ üzerinde dolaştırılır. Jetonu ele geçiren terminal, bunu yoldan çekip yola kendi bilgisini bırakır. Göndereceği veri bittiğinde jetonu yola yeniden koyar. Ağ üzerinde tek bir jeton gezdiği için aynı anda iki terminal birden ilettime geçemez. Tekrar veri göndermek isterse jetonu ele geçirene kadar bekler. İletim yapamayan terminal gelen bilgiyi olduğu gibi bir sonraki terminale aktarır. Bu protokol iletişim topolojisinin halka biçimli olduğu durumlarda kullanılır. Olumlu yanı ise veri aktarımı gereksinimi duyan terminal jetonu ele geçirene kadar bekler.

#### 4.8.2.3. CSMA/CD Protokolü

Bir çeşit medya erişim kontrol mekanizmasıdır. İletişim hattına bilgi paketinin nasıl yerleştirileceğini belirler. Bir RTU, ağ hattına bilgisini bırakmadan önce başka bir RTU'nun ağa bilgi bırakıp bırakmadığını anlamak amacı ile hattı dinler. Hattın boş olduğuna karar verince bilgisini bırakır ve başka bir RTU'nun bu sırada bilgi bırakıp bırakmadığından emin olmak için dinlemeyi sürdürür. Eğer bu sırada başka bir RTU, hattın boş olduğunu sanarak o da hatta bilgi bırakırsa çarpışma olur. RTU, iletimini keser ve iletmeyi deneyene kadar rastgele periyonda bekler.

Bu protokole kontrol merkezinde sürekli sorgulama için kanal kullanılmaz. Bundan dolayı verim %80 - %90 arasındadır. İki dezavantajı vardır. Birincisi, gönderme işlemine mesajı gönderme gecikmesini kontrolsüz yapan rastgele bir işlem dahildir. Bu yolla belli bir mesajın varma zamanını belirlemek mümkün değildir. Kontrolsüz gecikme, protokole cevap verme zamanının kesin olması gereken gerçek zaman sistemlerinde kullanımını zayıflatır. İkinci zorluğu bir çalışma izleme tekniğine sahip olması gerekir. Genellikle bu, çok zor olmaksızın belli fiziksel araçlarla uygulamaya konulabilir. Bu tekniklerin radyo kanallarında ya da iletim sistemlerinde kullanımı kısmen alınan işaretlerin farklı şiddet ve mevcut ses seviyesine bağlı olarak güçlülere sebep olur. Bu nedenle bu tip fiziksel araçlar kullanıldığında SCADA Sistemlerinde en önemli durum olan

aynı sınıf içinde CSMA'sı olmayan başka bir protokol kullanılmalıdır. Bu protokol her zaman bir çarpışma olduğunu kanal tüm iletim zamanı süresince boşuna harcanıldığını ve sadece çarpışma zamanı sezmesi olmadığını belirtmektedir. Bu da CSMA/CD'nin kullanımını oldukça düşürür.

#### **4.8.2.4. Token Bus Protokolü**

Bu protokolü de Polling protokolü gibi MAC protokolleri sınıfına ait seçim tekniklerini kullandığından aynı temel prensibine sahiptir. Bu çarpışmanın olmadığı anlamına gelir. Bu protokollerde düğümler kontrol merkezinden başlayan bir sırada düzenlenir. Tüm RTU'lardan geçer sonra Kontrol Merkezine geri döner. Periyot kontrol merkezinden herhangi bir RTU'ya mesaj iletimi ile başlar. Bu mesaj bir işaret olarak iş görür ve periyodun ilk RTU'su tarafından alındıktan sonra, kontrol merkezine ya da herhangi bir RTU'ya bir mesaj gönderilir. Bu ikinci mesaj periyottaki RTU tarafından alındıktan sonra yeni bir işaret olarak iş görür ve iletim görevine başlar. Bu işlem kontrol merkezine erişene kadar devam eder. Görüldüğü gibi, bu protokol, cevabın bir sonraki terminalde soru olarak kullanıldığı Polling protokolünden farklı değildir. Bu protokol tarafından sunulan performans, kontrol merkezinden sorma işlemi elemine edildiğinden dolayı Polling'den daha verimlidir. Token Bus sabit şartlarda çok iyi çalışır, fakat normal olmayan durumlarda ciddi problemler çıkarır. Mesajdaki hata RTU'daki bozukluk ya da periyoda yeni RTU dahil olması protokolün normal çalışma dinamiklerini keser. Bu anormal durumu çözmek için bazı prosedürlere gerek vardır. Genellikle bu işlemler çekişme tekniklerinde uygulanır. Bununla beraber bu dağılmış durumlar sadece ara sıra üretildiği için çalışmaya önemli etki yapmaz. Sonuç olarak sabit durumlar için mesaj geçen ve normal olmayan durumlar içinde çekişme teknikleri gibi çift tekniğe gereksinim olduğundan Token Bus Protokolünün esnekliğini sınırlar [8].

#### 4.9. SCADA İletişim Protokolünden Beklenenler

Genel olarak kabul edilmiş protokoller kullanarak maliyetin azaltılması SCADA sisteminin kurulmasını kolaylaştırır.

1. İletişim ortamından bağımsız olmalıdır. Elde bulunan ortamlarda çalışabilmelidir.
2. Yüksek düzey fonksiyonları karşılayabilmeli, konfigürasyon değişken mesajları ve yüksek hızdaki iletişimi sağlayabilmelidir.
3. Firma bağımlı olmamalıdır.
4. Tanınmış temel standartları içermelidir.
5. ISO-OSI standartlarına uymalıdır.
6. Asenkron bayt tabanlı olmalıdır.
7. Geniş olarak veri nesnelere desteklemelidir.
8. Hatasız veri iletimi için kodlama tekniklerini içermelidir.
9. Veri gönderirken, azami hız ve kodlama sağlanmalıdır.
10. Geniş adresleme yeteneği olmalıdır.
11. Farklı alarm düzeyleri tanımlanabilmelidir.
12. Sisteme ait konfigürasyonlar aşağı ve yukarı gönderilebilmelidir.
13. Tam tanımlı ve detaylı bilgi verebilmelidir.
14. Sistem test edilebilmelidir.

Yukarıda açıklanan şartları sağlayan protokoller, tüm çabaların yeni teknolojiler geliştirmeye yönetilmesini, yeni teknolojilere hızla uyum sağlayabilmesini ve satış maliyetlerinin azalmasını sağlayacaktır.

#### **4.10. Endüstriyel Haberleşme Protokolleri**

##### **4.10.1. Genel Tanımlar**

Endüstriyel haberleşme ağları literatürde yaygın olarak iki şekilde sınıflandırılır. CIM piramit yapısı, ideal sınıflandırma: fabrika ve imalat dizgelerinde, gereksinimleri aynı olmayan veri işlemeyle ilgili olaylar farklı seviyeleri oluşturur. Yönetim seviyesinde, megabaytlar 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.

CIM yapısında veri miktarı ile cevap zamanı arasındaki ilişki, seviyeleri ortaya çıkartır. Ofis ortamından ürün seviyesine doğru inilirken veri miktarı ve iletim zamanı değerleri azalmakta iken ve buna ters olarak düğüm sayısı da artmaktadır. Yönetim seviyesinde cevap zamanı saatler alırken ürün seviyesinde mikro saniyeler mertebesinde. CIM yapısına göre hücre ortamında Profibus, FIP, Bitbus gibi standartlar yer alırken makine ortamında ise CAN, Interbus-S gibi standartlar yer alır. CIM yapısı daha fazla teorikte kalmış ve genellikle bir referans olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir.

Günümüzdeki Fieldbus pazarı, endüstriyel haberleşme standartlarını aygıtların kullandıkları ortalama paket boylarına göre katmanlar halinde sınıflara ayırmıştır. Katmanlarda kullanılan veri miktarı bu sınıflandırmanın oluşturulmasında temel esastır. Veri miktarına göre yapılan sınıflandırma sonucu oluşan katmanlar aşağıda verilmiştir.

- Aygıt Yolu (Byte Seviyesi)
- Fieldbus (Blok Seviyesi)

#### 4.10.2. Sensör-Aktüatör Veri Yolu

Bu kategoriye giren yollar, sensörlerin veya aktüatörleri giriş ve çıkış durumları gibi basit proses verisini diğer düğüme aktarır. Klasik bir uygulama olarak merkezileştirilmiş I/O modüllerine sahip PLC'lerin olduğu düğümler gösterilebilir [11].

#### 4.10.3. Fieldbus

Kısa adı Fieldbus (Saha Veri Yolları) otomasyon sahasında görülen ve farklı proses izlemek için kullanılan sensör, transmitter, sürücü, PLC gibi ekipmanlar ile daha yüksek otomasyon birimleri arasındaki iletişimi sağlayan ve bilinen 4-20 mA akım çevrim standardının yerine endüstride kullanılan endüstriyel haberleşme ağıdır. Daha çok otomasyonun kontrol seviyesinin bir haberleşme ağı olarak karşımıza çıkar.

Bir başka ifadeyle Fieldbus; modern tesislerdeki üretim bileşenlerinin entegrasyonu ve birbirlerine koştur çalışabilmeleri için saha ve otomasyon seviyelerinde tanımlanmış iletişim ağlarına verilen genel bir isimdir.

Genel olarak Fieldbus standartlarını destekleyen saha aygıtları, üretici firma tarafından konulan düşük maliyetli hesaplama gücü özelliğine sahiptir. Bu özellik saha aygıtının akıllı aygıt olmasını sağlar. Fieldbus aygıtları, çift yönlü sayısal haberleşmeyi desteklemekten başka teşhis, kontrol ve bakım fonksiyonları gibi temel fonksiyonlarda çalıştırabilecek yetenektedir.

Fieldbus teknolojisinin sağladığı avantajlar şunlardır:

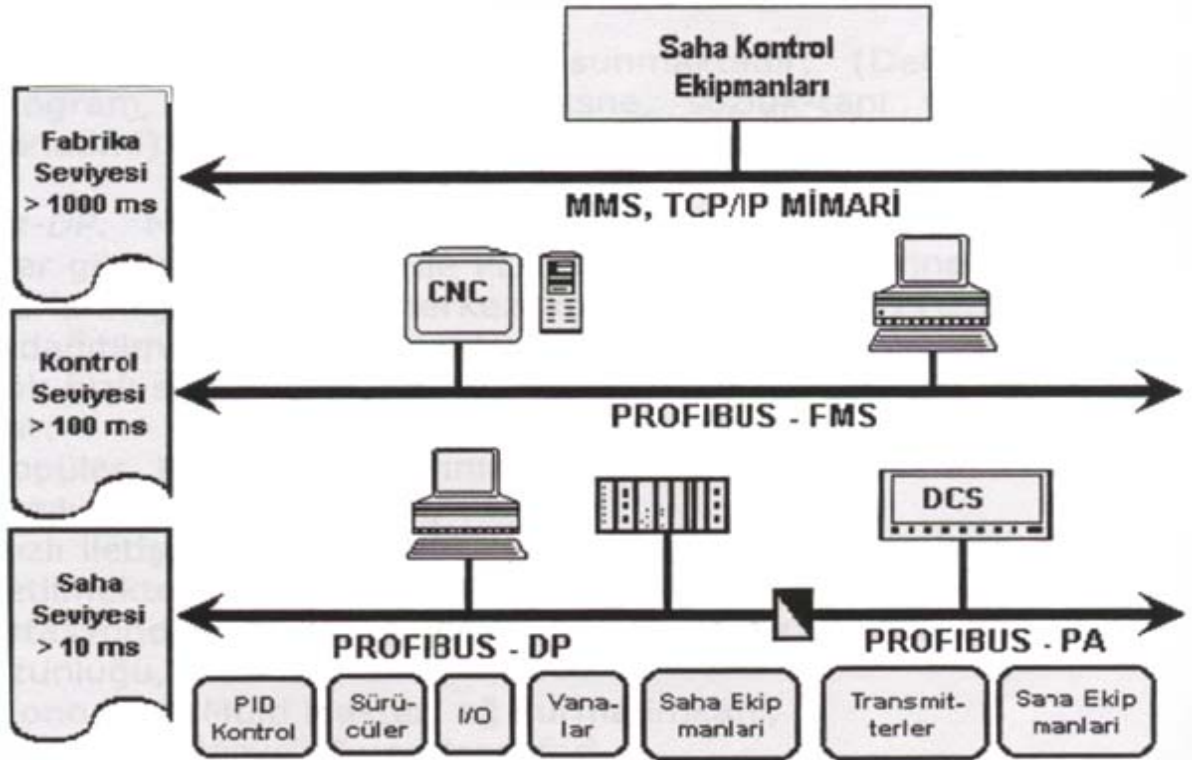
- Azalan devreye alma masrafları, kolay ve işlevsel proje üretimi,
- Hızlı, basit montaj ve devreye alma,

- Kablolamadan büyük kazanım,
- İkaz, tanı imkanları, kolay arıza takibi,
- Dış etkenlere karşı duyarsızlık,
- Kolay ve ucuz genişletilme imkanı,
- Yüksek verimlilik oranı,
- Sistem durdurulmadan bakım,
- Yüksek fiyat/performans oranı,
- Pano içi aktif ve pasif modüllerden kazanım [12, 13, 14]

#### **4.10.3.1. Profibus**

Günümüzde seri Fieldbus sistemler, otomasyon sistemleri ve dağıtılmış saha ekipmanları arasında haberleşme için kullanılan başlıca haberleşme sistemleridir. Profibus, Avrupa'da en çok kullanılan Fieldbus sistemidir.





Şekil 32. Genel profibus yapısı

Profibus-DP: Dünya genelindeki endüstriyel tesislerde ve proses uygulamalarında kullanımı kabul edilmiş bir saha iletişim protokolüdür. Yüksek standart seviyesi ve bu standardı destekleyen geniş ürün yelpazesi sayesinde kullanıcı, uygulamada pratik sınırla karşılaşmaz. Avrupa Saha İletişim Standardı EN 50 170'e uygun uluslararası, açık saha iletişim standardı olarak Profibus, sağlayıcı ve kullanıcı yatırımlarını korumakta ve sağlayıcıdan bağımsız çözümleri garantilemektedir.

Profibus-FMS: Hücre seviyesinde iletişim için tasarlanmıştır. Akıllı saha cihazları arasında (PLC, PC, MMI) arasında orta hızlı ve güvenli bir veri transferini sağlamaktadır. Bu seviyede programlanabilir kontrol ekipmanları (Örneğin; PLC'ler ve PC'ler) birbirleri ile haberleşmektedir. Bu uygulama boyutunda yüksek işlevsellik sistem reaksiyon zamanının hızlı olmasından çok daha önemlidir. Önemli

özellikleri şunlardır: Multi-Master, Master-Slave iletişim, denk ve kablosuz iletişim, “cyclic” ve “acyclic” veri transferi, her hizmet için 244 byte kadar veri kullanımı, birçok popüler PLC imalatçısı tarafından desteklenmesi, geniş bir ürün yelpazesi (PLC, PC, MMI, I/O).

Nesne uyumlu protokol değişken değerleri ve parametreler birer nesne olarak tanımlanır, her nesne iletişim karakteristiğine sahiptir. Bu iletişim özellikleri nesne sözlüğüne kaydedilir. Modüllerin tanımlanması sırasında nesne sözlükleri de özel olarak tanımlanır. Nesne sözlükleri için standart girişler modül profillerinde tanımlanmıştır.

Güçlü uygulama hizmetleri sunmaktadır. (Değişken girişi, olay-program, istek-alan, içerik-nesne, sözlük-tanı yönetimi ve durum yönetimi) [15, 16].

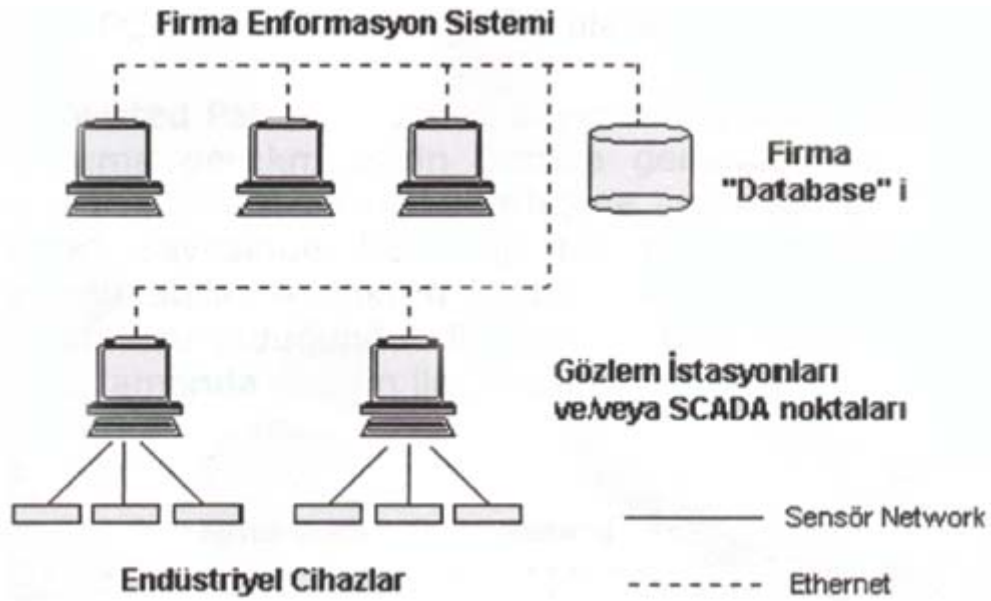
#### **4.10.3.2. Interbus**

Interbus, 1987 yılında Fieldbus teknolojisi içerisinde ortaya çıkmış açık sistem konsepti olarak tasarlanmış iletişim teknolojisidir. Topolojik terimlerle, Interbus bir halka sistemidir, yani tüm cihazlar kapalı bir iletim yolunda aktif olarak bağlantılıdır.

İnterbus ağlarında, veri gönderme yolu ve veri dönüş yolu, tüm cihazlar içinden bir kablo ile geçer. Interbus Master/Slave sistemine 256 cihaz bağlanabilir. Son cihaz otomatik olarak halkayı kapar. Seri bağlantı metodundan dolayı sonlandırma dirençlerine gerek yoktur. Bu topoloji ayrı cihazların diğer bus sistemlerinde gerekli olduğu şekilde bir bus adresi tayin etmek suretiyle belirlenmediği anlamına gelmektedir; sistemdeki cihazların fiziksel konumu izlenmesinde ve arıza teşhisinde büyük kolaylık sağlamaktadır. Gelecekte otomasyon teknolojisinde, fiber optik, endüstriyel ağ için iletim ortamı olacaktır [12, 13, 14, 16].

#### 4.10.4. Ethernet

Ethernet Data Acquisition; Endüstriyel ortamlarda proseslerin gözlemlenmesi, cihazların kontrolü, makinelerden verilerin elde edilmesi testlerin yapılması ve kontrolü işlemlerinde yaygın olarak kullanılan standarttır.



Şekil 33. Ethernet ağ

#### 4.11. İletişim Ortamları

SCADA sistemlerinde iletişim ortamı olarak kullanılacak ortamlar şunlardır:

1. Gerilim hatları,
2. Kiralanmış PTT telefon hatları, kablolu TV hatları,
3. Radyo frekansında iletişim (mikrodalgalar, trunk radyo, uydu)

#### 4. Fiber optik, metalik kablolu özel hatlar.

##### **4.11.1. Gerilim Hatları**

Özellikle enerji hatlarının SCADA ile izlenmesi ve denetimi söz konusu ise bu hatlar üzerinden modülasyon teknikleri kullanılarak veri sinyallerini göndermek veya almak mümkün olmaktadır. Enerji hatları üzerinden veri haberleşmesi gerçekleştiği için başka bir iletişim ortamına ihtiyaç yoktur.

##### **4.11.2. Kiralanmış Hatlar**

Kiralanmış hatlarda haberleşme otomatik ve kullanıcıya tahsisli olmak üzere iki hat üzerinden yapılmaktadır. Otomatik aramalı hatlarda hattın dolu olması halinde veri haberleşmesi gerçekleşmeyeceğinden tercih edilmez.

Bu hatların bakım ve onarımları hattı sağlayan kuruluş tarafından yapıldığından arızaların giderilmesi uzun sürebilir. Sınırlı sayıda kiralık hattın olduğu yerlerde hat sayısı arttırılamayabilir. Ayrıca ilk yatırımın maliyeti azdır.

##### **4.11.3. Radyo Frekansında İletişim**

Radyolu sistemler, özellikle çok adresli sistemler ve spread-spectrum radyolar (928-952 MHz) haberleşme için yeterli bant sunmanın yanı sıra dağıtım sistemindeki arızalardan etkilenmedikleri için güvenilir bir iletişim ortamı sağlarlar. Ancak radyo iletişiminde frekans lisansı zorunludur. Geniş bir alana yayılan dağıtım otomasyonu sistemi için farklı bölgelerde değişik frekans kullanmak ve bunun sonucunda özellikle İstanbul gibi büyük şehirlerde, çok miktarda frekans lisansı zorunlu olabilecek, bir kısım yerlerde ise frekans bulmak büyük sorun olacaktır [8].

SCADA uygulamalarında çeşitli radyo frekansı haberleşme teknikleri kullanılabilir. Bu teknikler şunlardır:

- Noktadan noktaya mikrodalga iletişimi,
- Çok adresli sistemler,
- Trunk radyolar,
- Spread spectrum radyolar,
- Uydu haberleşmesi

#### **4.11.4. Özel Hatlarda İletişim**

##### **4.11.4.1. Metalik Kablo**

Metalik kablo çok bilinen ve kullanılan bir tekniktir. İleri teknoloji gerektirmez. Ülkemizde de üretilmektedir. Simplex, half 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, tvvisted pair tip kablolar kullanılabilir. Bu kabloların iyi topraklanması gerekir. Sadece başlarda topraklama yetmez belli aralıklarda topraklanmalıdır [9].

##### **4.11.4.2. Fiber Optik Kablo**

Fiber optik kablolar cam liflerden imal edilmişlerdir. Optik fiber liflerinde bilgi iletimi için kızılaltı dalga boyları kullanılır. Optik fiber yalıtkan bir maddeden (cam) üretildiği için elektromanyetik alanlardan etkilenmez. Böylece aynı kablo içinde olan ayrı

lifler de birbirini etkilemezler ve ideal dekopljay ortamı sağlanır. Fiber optik kablolar güçlendirici maddelerle sarılmış saç inceliğindeki cam liflerden meydana gelir. Küçük lazerler veya ışık yayan diyotlar lifler üzerinden dijital mesajın 0 ve 1'lerine karşılık gelen ışık darbeleri gönderirler.

Fiber optik kabloların bakırlara göre büyük avantajları vardır. Elektriksel parazitlerden hiç etkilenmezler, daha incedirler ve büyük miktardaki verileri daha hızlı ve daha uzak mesafelere taşıyabilirler. Diğer bir önemli üstünlük ise alıcı ve verici arasında hiçbir elektriksel bağlantı olmamasıdır [17].

Fiber optik kabloların metalik kablolarla göre üstünlükleri aşağıda verilmiştir:

- Geniş bant genişliği,
- Düşük zayıflama,
- Diyafoni oluşmaması,
- Tekrarlayıcılar arasında yüksek mesafe,
- Zayıflamanın bant genişliğinden bağımsız olması,
- Dış şartlara dayanıklı (radyasyon, su vb.) olması,
- Elektromanyetik girişime duyarsız olması,
- Elektromanyetik girişim ve radyo frekans girişimi meydana getirmemesi,
- Yıldırımdan etkilenmemesi,
- Yüksek akım devrelerinden etkilenmemesi,
- Metalik olmadığından topraklama probleminin olmaması,

- Kolayca araya girilip dinlenememesi,
- Ağırlıklarının metal kabloları göre hafif olması,
- Kablo çapının küçük olması,
- Hammadde sorununun olmamasıdır,
- İletken değil yalıtkan kısa devre durumlarında yangın gibi problemlere yol açmaz, iletken kablo döşeme kurallarına tabi değildir,
- Fiziksel boyutları küçük ve hafif,
- Düşük tesis ve çalıştırma maliyetlidir [8].

## 5. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME

Bu tez çalışması kapsamında birçok çay fabrikası gezilerek, incelenmiş ve geçmişten günümüze kadar olan çay fabrikalarının teknolojik değişimleri irdelenmiştir.

Günümüzde çayın işlenmesi sırasında farklı teknikler kullanılarak siyah ve yeşil çay elde edilmektedir. Türkiye de kullanılan iki teknik mevcuttur. Bunlar:

- Ortodoks yöntemi
- C.T.C. (Crushing-Tearing-Curling) (Ezme-Yırtma-Bükme) yöntemi

En yaygın olan yöntem Ortodoks yöntem olmasına rağmen CTC makineleri ile aynı anda kesme, parçalama ve yırtma işlemlerinin yapılması CTC yöntemini yaygınlaştırmıştır.

Çayın yapımı sırasında çayın geçtiği üretim aşamaları şunlardır:

- Soldurma
- Kıvrırma
- Fermantasyon (Mayalanma)
- Kurutma
- Tasnif ve ambalajlama

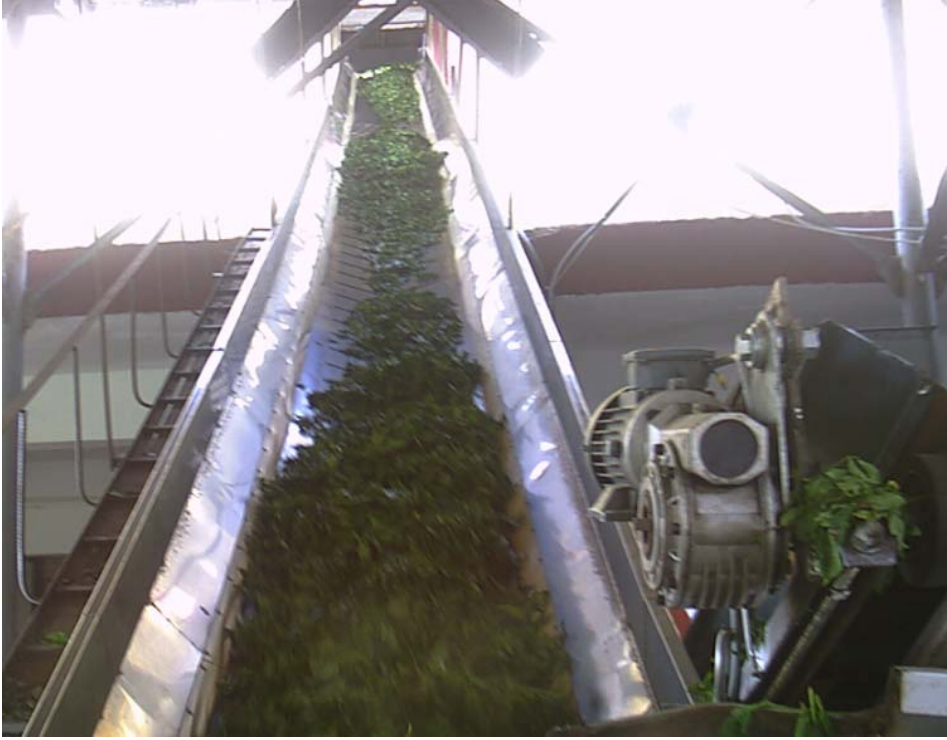
Çayın geçtiği bu evreler incelenirken kullanılan teknolojik materyaller ve yıllar içerisinde çay fabrikalarının modernizasyonu ele alınmıştır.

### 5.1. Soldurma

Çayın ilk işlemidir. Fabrikalara getirilen çay, öncelikle soldurma işleminden geçer. Soldurma işleminde amaç çay yaprağının kısmi kurutulması ile kıvrırma işlemi için uygun



bir hale gelmesini sağlamaktır. Bu işlem için sabit ve hareketli soldurma makineleri kullanılır. Şekil 33.'de yaş çay yapraklarının konveyörlerle fabrikaya alınması ve Şekil 34.'de ise hareketli soldurma makinesine taşınması görülmektedir. Bu işlemde çayın sıcaklığı, termometrelerden gözlemlenip kayıt altına alınarak ideal sıcaklık 32 C'de sabit tutulur.

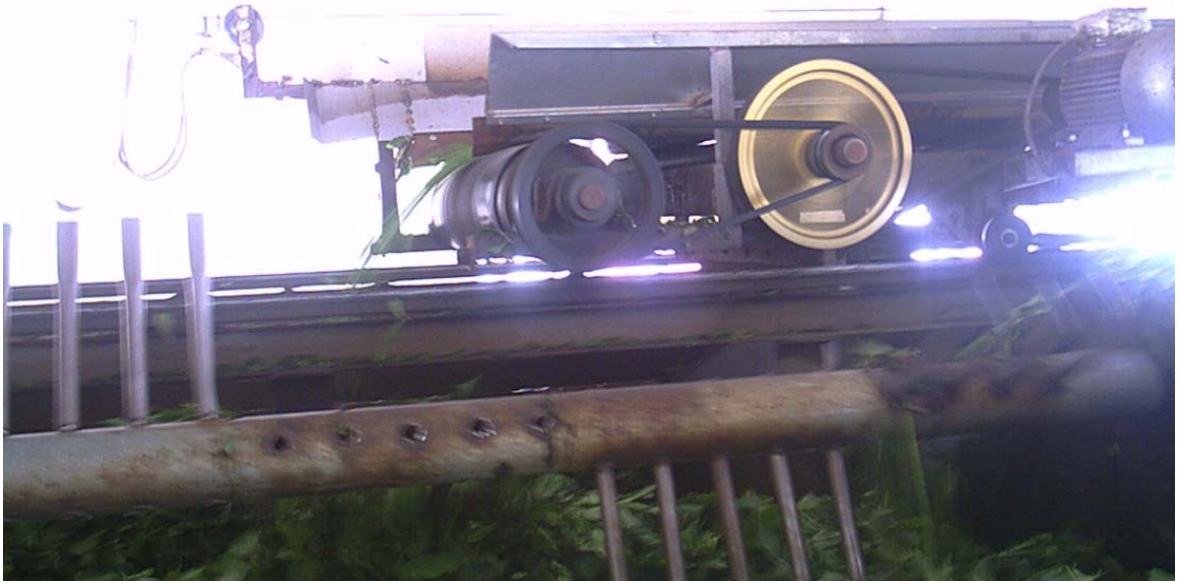


Şekil 34. Yaş ay yapraklarının konveyörlerle taşınması



Şekil 35. Hareketli soldurma makinesi

Birçok çay fabrikasında soldurma işlemi için redüktör, varyatör, röleli sistemler, kasnak ve dişli sistemler kullanılmaktadır. Modernize olmuş fabrikalarda ise bu çalışmayı PLC'li sistemlerin yanı sıra motorun devir ayarını sağlayan çeviriciler kullanılmaktadır.



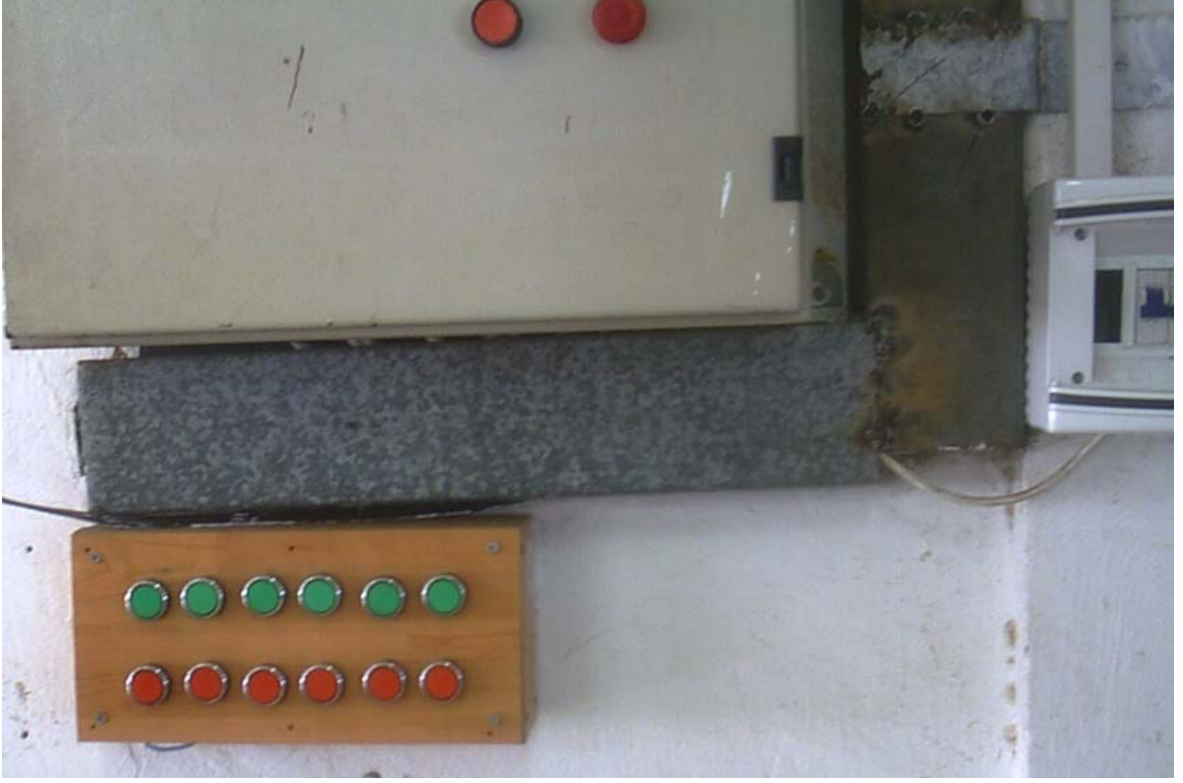
Şekil 36. Soldurma işlemi için kullanılan kasnak sistemi



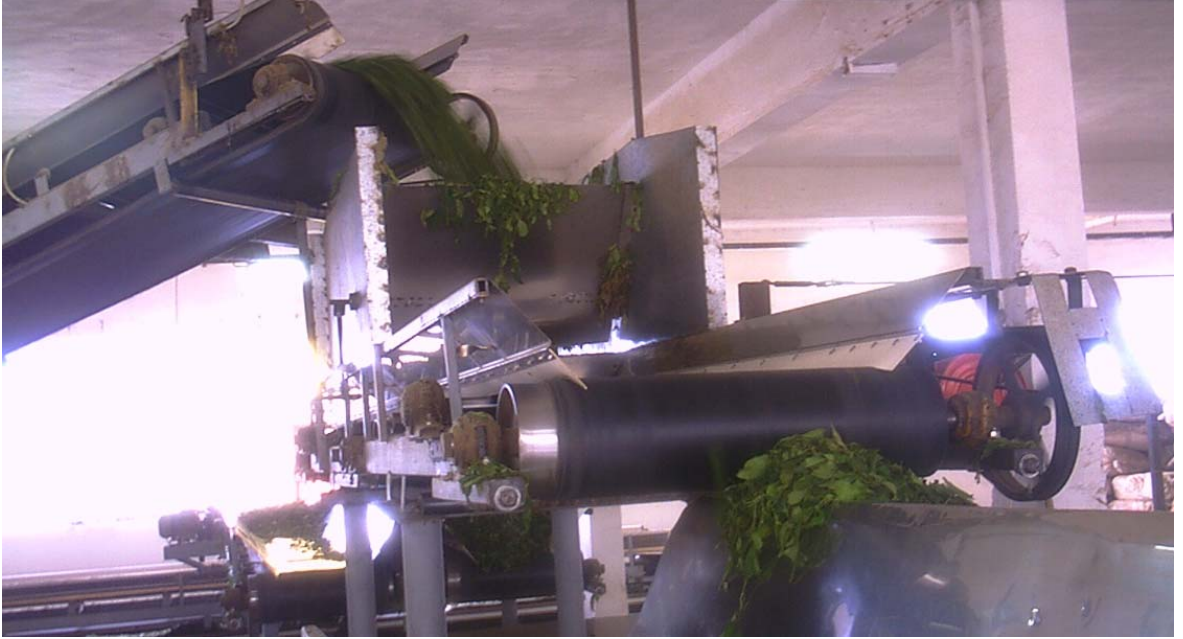
Şekil 37. Çay sıcaklığının termometreden gözlemlenmesi



Şekil 38. Soldurma işlemi için kullanılan varyatörlü sistem



Şekil 39. Soldurma işlemi için kullanılan sistemlerin butonlarla kontrolü



Şekil 40. Yaş çay yapraklarının kıvrıma işlemi için konveyörlerle taşınması

Yaprağın solma durumuna göre sıcaklık ayarlanır ve kayıt altında tutulur. Çay yaprağının sarkık durumu çayın iyi solduğu anlamına gelir. Uygun şekilde soldurulmuş çay kıvrılmaya elverişli duruma gelmiştir. Kıvrırma işlemi için çay yaprakları bant sistemi ile taşınır.

Soldurma işlemi 6 veya 8 saat sürmektedir. Siyah çay ile yeşil çayın yapımı hemen hemen aynıdır. Fakat yeşil çayda soldurma işlemi yapılmaz. Aynı zamanda yeşil çay üretimi esnasında oksidasyon (yükseltgenme) işlemi de yapılmaz. Diğer aşamalar her iki çay için de aynıdır.

## **5.2. Kıvrırma**

Çay yapraklarının ikinci işlemi kıvrırma işlemidir. Kıvrırma işleminin temel amacı bitki özsuğunu dışarı çıkarmak ve bunu kıvrılan çay yapraklarına bulaştırmaktır. Solan çay kıvrırma makineleri ile ezme ve bükme işlemlerine tabi tutularak kıvrırma işlemi gerçekleştirilir. Yaklaşık olarak çay yaprakları en az 45 dakika kıvrırma işlemine tabi tutulur. Parçalanmamış yapraklar tekrar ikinci defa göbekli kıvrırma makinelerinde işleme tabi tutulur.



Şekil 41. Çayın kıvrırma makinelerine aktarımı



Şekil 42. Çayın göbekli kıvrırma makinelerinde işlenmesi

Kıvrma makineleri yatay bir tabla ile tabla üzerinde silindir bir kazandan oluşmuştur. Kazana doldurulan yapraklar kazan dönerken tabla sabit kaldığından yapraklar tabla yüzeyine sürtünüp kıvrılır. Kazana doldurulan çay yaprakları butonlarla kontrol edilerek yaklaşık 300 kg solmuş çay yaprağı dökülür. Burada butonlarla kontrol yerine seviye kontrolü sağlanarak PLC’li sistemlerle kontrol sağlanabilir.



Şekil 43. Kıvrma makinelerine doldurulan çay yapraklarının butonlarla kontrolü



Şekil 44. Kıvırma makinelerinin kontrolünü sağlayan ünite

### 5.3. Fermantasyon (Oksidasyon)

Oksidasyondaki amaç siyah çayın istenen renk, koku ve aromasını sağlamaktır. Oksidasyona etki eden faktörler ısı, nem ve çayın serilme kalınlığıdır. Kıvırma işleminden sonra sıcaklığı ayarlanmış odalarda belirli sürede çay fermantasyona uğrar. Aslında fermantasyon işlemi, kıvırma işleminden başlanıp kurutma işlemine kadar geçen bir süredir.

Fermantasyon esnasında ideal sıcaklık 24-26 °C olmalıdır. Rutubet de yaklaşık olarak % 90-95 civarında tutulmalıdır.





Şekil 45. Çayın fermantasyon işlemi



Şekil 46. Çayın fermantasyonu için ideal sıcaklık ve nemin gözlemlenmesi

Eğer sıcaklık, nem ve süre dikkatli bir şekilde incelenmez ise çayın kalitesi düşer ve çayda donuk bir renk oluşur.

#### 5.4. Kurutma

Kurutma işlemi, fermente edilmiş çay yaprağının fırınlanarak nem oranını %2-4 seviyelerine indirme işlemidir. Çay yaprakları her geçen gün teknolojik araştırmalar sayesinde daha kolay işlenmektedir. Geçmişten günümüze kadar kurutma fırınları teknolojik değişimle kendilerini yenilemiştir.



Şekil 47. İlkel çay kurutma ocağı

Çay kurutmanın en ilkel kurutma şekli şekil 46.'da gösterilmiştir. Kurutma ocağı üzerinde kömür ateşi ile çay kurutma işlemi yapılır.

Daha sonraki yıllarda hamro, marshall ve çaykur tipi kurutma fırınları kullanılmıştır. Hamro tipi fırınlarda iki tip ayar yapılır. Birincisinde palet ayarı yapılarak çay yapraklarının tabakalar halinde serilmesi sağlanır. İkincisinde ise devir ayarı yapılarak çayın fırın içerisinde kalması ayarlanır.



Şekil 48. Hamro tipi kurutma fırını

Yeni tip fırınları klasik fırınlardan ayıran en önemli özellik şok kurutmasının uygulanmasıdır. Şok kurutma sayesinde çay yapraklarının kısa sürede yüksek sıcaklık etkisinde kalması sağlanmaktadır. Ülkemizde Makine Kimya Endüstrisi kurumunca Marshall tipi fırınlar kopya edilerek üretilmiştir. Bu fırınların en gelişmiş devir ayarlarının varyatörlerle yapılandırılmasıdır.

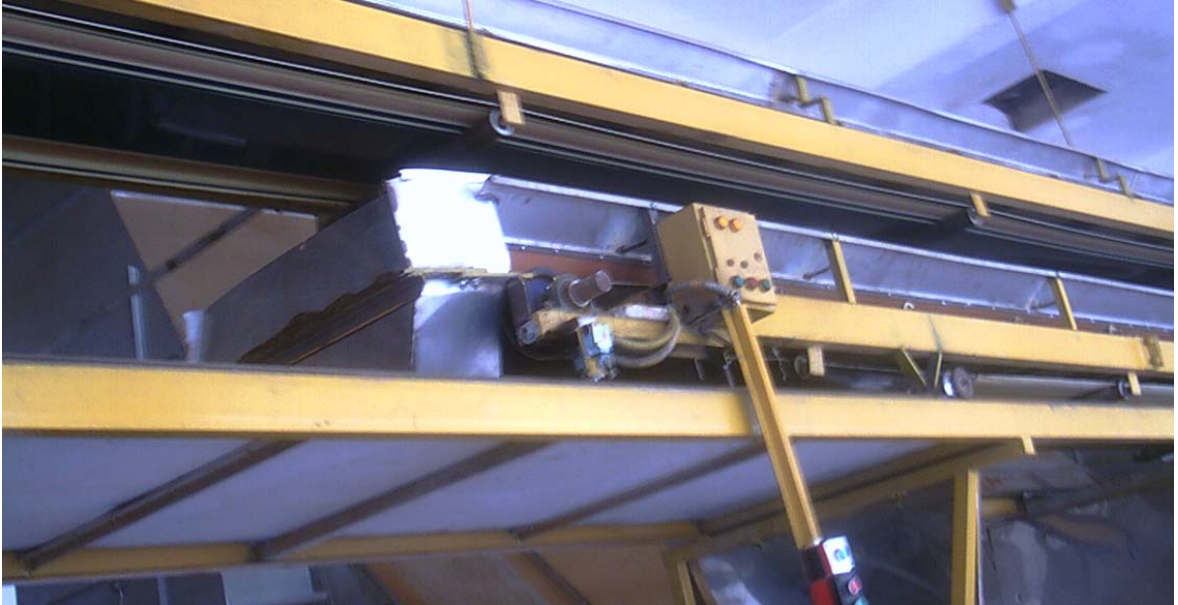


Şekil 49. Marshall tipi kurutma fırını

Çaykur kendi işletmelerinde kullanmak üzere dönel tipli fırınlar imal etmiştir. Bu fırınların döner olması çayın hem kurutulmasını hem de şekil verilmesini sağlamaktadır.



Şekil 50. Çaykur tipi fırın



Şekil 51. Çayın fırınlara taşınması



Şekil 52. Kurutma fırınlarının kontrol edildiği ünite



Şekil 53. Fırınlardan çıkan çay saplarının elektrostatik lif toplayıcısı ile ayıklanması

Çin usulü kurutma fırınlarında kıvırmadan alınan çay yaprakları 100 °C olan fırınlarda kurutulmaktadır.



Şekil 54. Çin usulü kurutma fırını



Şekil 55. Kurutulan çayın eleklerle taşınması

### 5.5. Tasnif

Tasnif, fırından çıkan çayların eleklerden geçirilerek incelik, kalınlık ve kalitelerine göre ayrılma işlemidir. Fırın çıkışında kurutulan çay lif tutuculardan geçirilerek çay çöpleri ayrılır.



Şekil 56. Kurutulan çayın lif tutucularından geçirilerek çöplerinin ayıklanması

Çay parçacıklarının tasnifi yapılmadan önce lif ve çöplerinin ayıklanması gerekir. Bunun için elektrostatik lif toplayıcısı kullanılmaktadır. Bu işlem kasnak üzerine sarılan plastik malzeme, keçe ile sürtüldüğünde elektrostatik olarak yüklenmekte ve alttan geçen çay parçacıklarının içerisinden lifleri çekmektedir. 2005 yılından bu yana özellikle Uzakdoğu ülkelerinde kullanılmaya başlanan kamera-led ve çay renk ayırıcısı cihazlarla lif, çöp ve kalıntılar ayıklanmaktadır. Yüksek çözünürlükteki kameralarla çizgisel tarama yapıp farklı renkteki lif ve çöpler pnömomatik tahliye edici ile ayıklanır. Daha sonra lif ve çöplerinden ayrılan çay, eleklerden geçirilerek sınıflara ayrılır. Elek gözleri üstten alta doğru olup makinenin ileri geri çalışmasıyla çayların 7 kaliteye ayrılması sağlanmaktadır.



Şekil 57. Çayların kırılması



Şekil 58. Tasnife alınan çaylar





Şekil 59. Çayların elekten geçirilmesi



Şekil 60. Çayların elekten geçirilirken sınıflara ayrılması



Şekil 61. Sınıflara ayrılmış çayın taşınması



Şekil 62. Sınıflandırılmış çayın torbalanması



Şekil 63. Sınıflara ayrılan çayların kontrol ünitesi

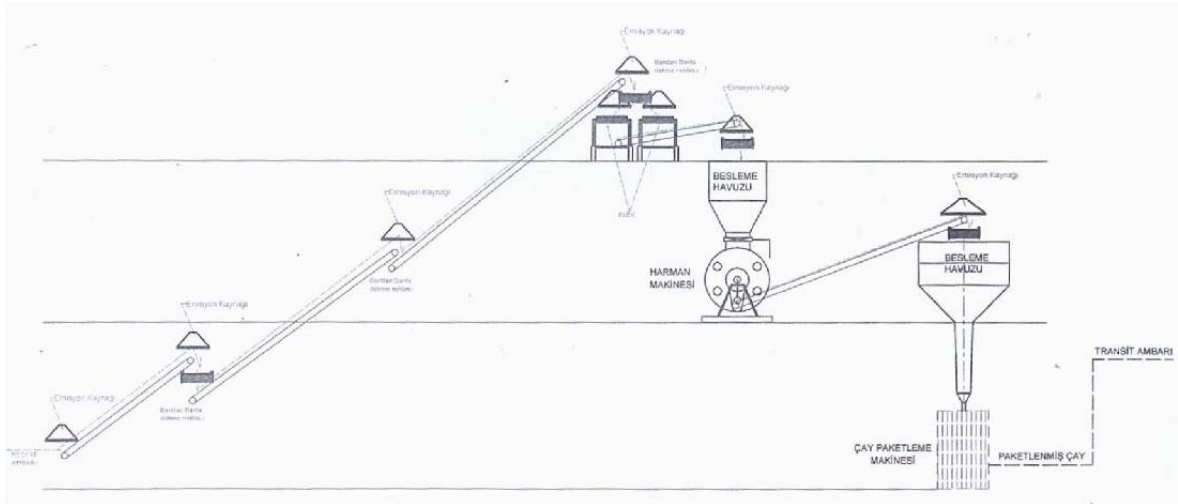
Eleklerin üzerinde kalan çaylar mekanik olarak kırılarak tekrar eleklerden geçirilir ve sınıfına göre ayrılır. Sınıfına göre ayrılan çaylar ayrı ayrı bant sisteminde taşınarak torbalanır. Sınıfa göre ayrılan çayların ağırlıklarına göre torbalara ne kadar dolacağı belirlenmiştir. Bu ağırlıklar gözlemlenerek çaylar bu ağırlıklara uygun olarak torbalanması sağlanır. Ayrıca bu aşamada çaylardan numune alınarak laboratuvar ortamında çayın nem, aroma vb. özellikleri incelenir. Sınıfına göre torbalanan çayların üzerine gerekli damgalar vurularak ambalajlama kısmına sevk edilir.

## 5.6. Ambalajlama

Çay fabrikalarında üretilen çayların paketlenmesi en son aşamadır. Bütün yıl boyunca çaylar sürekli olarak ambalajlanmaktadır. Bu amaçla 5 ay boyunca (Mayıs-Eylül ayları arasında) bahçeden gelen çay, üretim yerinde işlenir ve depolama tesislerinde uygun

nem ortamında depolanır. Çay, ihtiyaç doğrultusunda depolama tesislerinden ambalajlama tesislerine taşınır ve burada paketlenir. Daha sonra bu çaylar paketlenen çayın durumuna göre uygun oranlarda karıştırılarak paketlenir. Şekil 63.'de çayın, paketlenmesi sırasında izlediği aşamalar gösterilmiştir. Burada kamyonlarla gelen torbalanmış çaylar boşaltılacak yerlere götürülür ve numaralara uygun olarak boşaltılır. Boşalan çaylar bantlarla harmanlama tanklarına taşınır.

Paketleme işlemi makine yöntemiyle yapılmaktadır. Çayların paketlenmesinde yarı otomatik ve otomatik makineler kullanılmaktadır. Paketleme esnasında tüm çaylara barkod, seri numara, üretim ve son kullanma tarihlerinin verilmesi gerekir. Bu işlem için otomatik makineler kullanılır ve bu bilgiler bilgisayar ortamında tutulur. İşlem sıraları kolaylıkla görülüp gerekli görüldüğünde ürüne ait bilgilere ulaşılabilir.



Şekil 64. Paketlenen çayın izlediği aşamalar



Şekil 65. Boşalan çayların tanklara taşınması



Şekil 66. Çay harmanlama makinesi



Şekil 67. Poşet çayın hazırlanması



Şekil 68. Poşet çayın dış ambalajının yapılması



Şekil 69. Poşet çayın paketlenmesinin kontrolü ve gözlemlenmesi



Şekil 70. Poşet çayın paketlenmesi



Şekil 71. Ambalaj üzerine işaretleme yapılması



Şekil 72. Ambalajlamanın kontrolü ve gözlemlenmesi



Ambalajlar üzerine sensörler yardımıyla işaretleme işlemi yapılır. Gerekli olan seri numarası, üretim ve son kullanım tarihleri işlenir. Daha sonra çaylar kolilere konularak satışa hazır duruma getirilir.



Şekil 73. Çayın etiketlenmesi

Çayın etiketlenmesi aşamasında PLC'li sistemler ve röleli sistemler ile kontrol sağlanmaktadır. Tabii ki PLC ile yapılan sistemin hem daha hızlı hem de kullanımının daha kolay olduğu gözlemlenmiştir. PLC ile yapılan sistemlerde sistemin uzun ömürlü oluşu, bakım istememesi ve az yer kaplaması gibi nedenlerden ötürü çay fabrikalarının paketleme ünitesinde PLC'li sistemlerin kullanımı her geçen gün artmıştır.



Şekil 74. Çayın sensörler yardımıyla algılanıp paketlenmesi



Şekil 75. PLC ile sistemin kontrolü



Şekil 76. Sistemin butonlarla kontrolü

Şekillerden de görüleceğ e üzere PLC ile yapılan ambalajlama sistemi hem basit hem de karmaşık olmadığı görülmektedir. Klasik kumanda ile yapılan ambalajlama sistemi hem çok karmaşık hem de kontaktörler, zaman rölesi vb. malzemelerin bakımlarının sürekli olarak yapılması gerekmektedir.

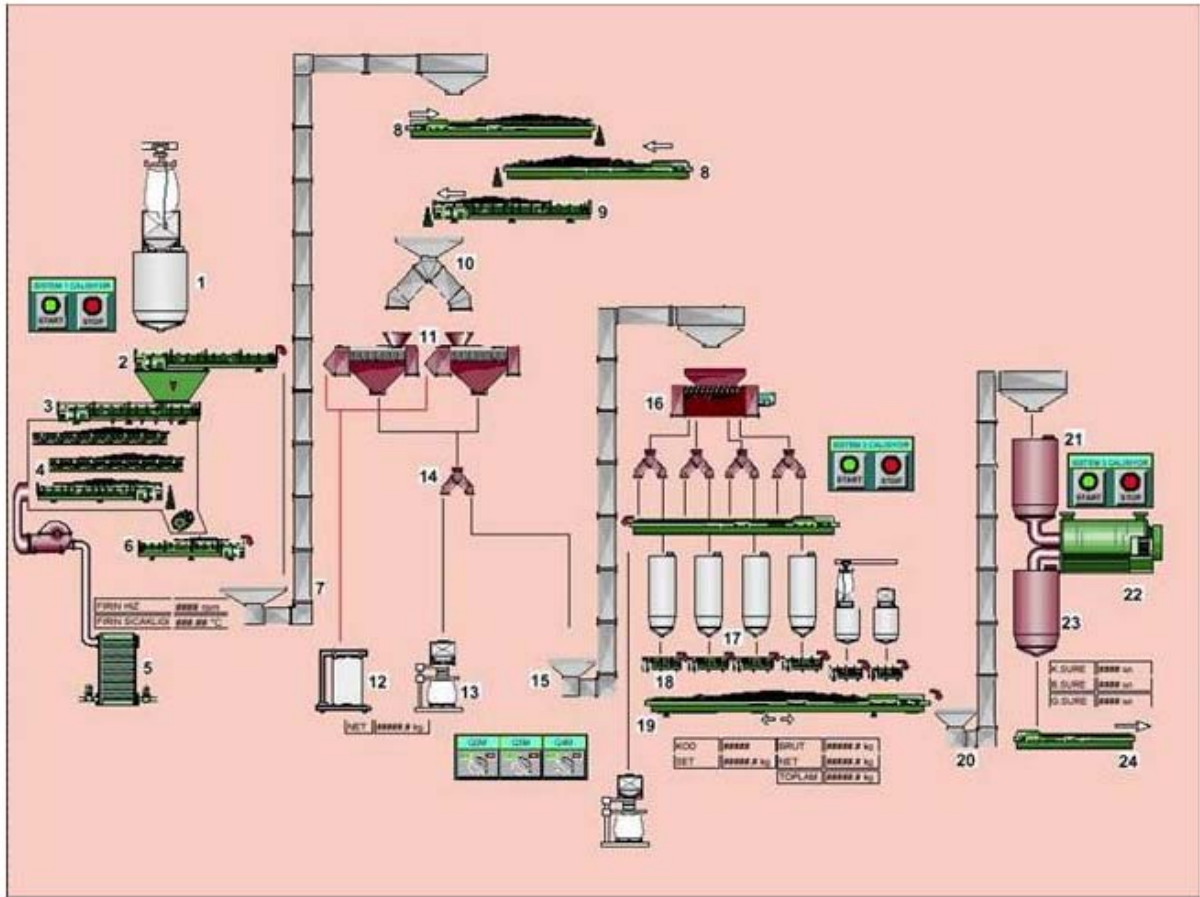
Ambalajlanan çaylar şekil 76.'da da görüleceğ i gibi karton muhafaza içerisinde paketlenir ve tüketiciye hazır hale getirilir.



Şekil 77. Çay paketlerinin ambalajlanması safhası

Çay fabrikalarında şu anda kullanılan en son teknolojik sistem SCADA sistemidir. Özellikle ambalajlama kısmında SCADA sistemi kullanılmaktadır. Üretim kısmında da şu anda bu sistem sadece kazan ünitelerinde görülmektedir. Bu da çok az çay fabrikalarında mevcuttur. Kazan ünitesindeki kontrol kısmında PLC’li sistem ve küçük bir ekran üzerinde basınç vb. büyüklüklerin incelenmesi söz konusudur. Fakat bu sistem tam bir SCADA sistemi değildir. Çayın üretim aşamasında genellikle klasik kumanda ile kontrol sağlanmaktadır. Bunun en önemli nedeni çay üretiminin sezonluk (5 ay) olmasıdır. Bu yüzden birçok fabrika tam bir otomasyona geçmiş değildir. Tam bir otomasyon ancak ambalajlama kısmında mevcuttur. Çünkü çayın ambalajlanması bütün yıl boyunca devam etmektedir. Bu yüzden teknolojik gelişmeler öncelikle ambalajlama kısmına uygulanmaktadır. Özellikle harmanlanacak çayların hangi oranda karışım yapılacağı PLC’li sistemlere aktarılır. Örneğin “A” marka çay yapımı için hangi çay sınıflarının ne kadar kullanılacağı bilgisi girilir ve bant sistemlerinden taşınan çaylar harmanlama makinesinde belirli oranlarla harmanlanır. Bu arada SCADA sisteminden de bant sistemlerinin işleyişi, harmanlama makinesinin çalışması gözlemlenmektedir. İstenilen

veriler SCADA sistemi sayesinde kayıt altına alınmaktadır. Bu sistem sadece bir marka ürün için değil birçok ürün bilgisi girilerek çayın ayrı ayrı paketlenmesi gözlemlenmektedir. Operatör, bilgisayar ekranı üzerinden çayın işleyişini görmekle birlikte oluşabilecek arızaları da takip edebilmektedir. SCADA sisteminin bu sektördeki en büyük avantajı istenilen ürünlerin harmanlanması bilgisinin otomatik olarak yapılmasının yanı sıra oluşabilecek arızaların kısa sürede çözülmesi de söz konusudur. Ayrıca gün ve gün tutulan bilgiler istenildiğinde tarih ve saati ile birlikte çıktısı alınabilmektedir. Ülkemizde bu sistem çay sektörüne yeni yeni girmeye başlamıştır. Özellikle özel sektörün kurmuş olduğu çay fabrikalarında bu sisteme rastlamak mümkündür.

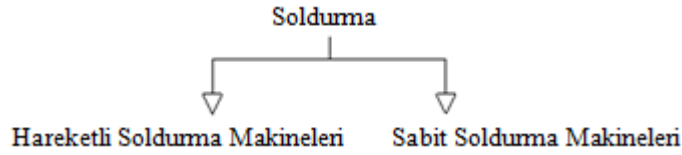


Şekil 78. Çayın ambalajlanmasının SCADA sistemi ile gözlemlenmesi [19]

1-Kuru çayın boşaltılması, 2-3-4-Çayın bantlarla taşınması, 5-Çayın fırınlarda kurutulması, 6-Çay liflerinin alınması,7-Çay çöplerinin elenmesi, 8-9-Çayın bantlarla

taşınması, 10-11-Her nevi çayın ayrılması, 12-13-Çayın kendi silosunda stoklanması, 16-Çayın tasnif eleği yardımıyla sınıflandırılması, 19-Çayın tartılması, 22-Çayın mikserde harmanlanması, 24-Çayın paketlenmesi için bekletilmesi.

Çayın fabrikada işlenmesi sırasında kullanılan teknoloji, çay üretimi yapan tüm ülkelerde benzerdir. Türkiye’de de kullanılan teknoloji dünyadaki teknolojilerle aynıdır. Özellikle çayın bazı aşamalarında kullanılan makineler aynı özelliklere sahiptir. Çayın soldurulması işleminde kullanılan makineler hareketli ve sabit makineler olarak karşımıza çıkmaktadır.

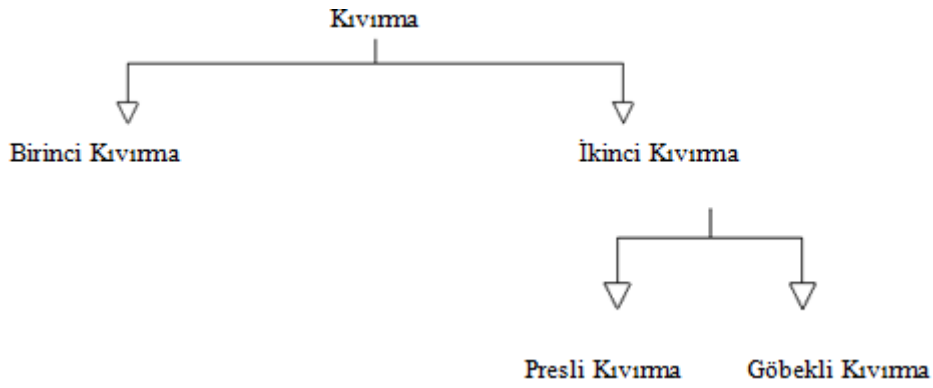


Şekil 79. Çayın soldurulması işleminde kullanılan makineler

Çayın kıvrılması işleminde kullanılan makinelerin özellikleri incelendiğinde geçmişten günümüze kadar gelişmeler olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki amaç enerji tasarrufu, hijyeniklik, zaman tasarrufu ve seri üretim sağlayabilmektir. Örneğin kıvrma işleminde kullanılan iki silindir kazan mevcut olup birbirlerine zıt yönde hareket etmektedir. Bu iki silindir biçimindeki düzenek ayrı ayrı motorlarla kontrol edilerek hem enerji tasarrufu hem de sistematik çalışma sağlanmaktadır. Dur kalk yapmadan çalışabilme özelliği en büyük avantajıdır. Enerji tasarrufu için basit bir örnek verelim. Eski kullanılan kıvrma makineleri ortalama 20 kw/h elektrik harcamaktadır. 100 ton kapasiteli bir fabrikada 10 kıvrma makinesi 24 saat boyunca çalıştığı düşünülürse  $20\text{kw/h} \times 10 = 200$  kw/h bir fabrikanın saatte tükettiği enerjidir. Günde tüketilecek enerji  $200 \times 24 = 4800$  kw olacaktır. Yeni yapılandırılan kıvrma makineleri 100 tonluk çay işlenmesi için günde ortalama 10 kw/h elektrik harcamaktadır. Bu makinenin günde harcayacağı enerji  $10 \times 24 = 240$  kw olacaktır. Yani bu fabrika günde  $4800 - 240 = 4560$  kw enerji tasarrufu yapacaktır. Ülkemizde 350 adet çay fabrikası olduğu kabul edilirse ve bu işletmelerin yılda 150 gün çalışacağı göz önünde bulundurulursa eski kıvrma makinelerinin harcayacağı

yıllık enerji  $4800\text{kw/gün} \times 350 \text{ çay fabrikası} \times 150 \text{ gün} = 252.000.000 \text{ kw}$  olacaktır. Halbuki yeni sistemde yılda harcanacak enerji  $240\text{kw/gün} \times 350 \text{ çay fabrikası} \times 150 \text{ gün} = 12.600.000\text{kw}$  olacaktır. Ülkemizin yılda yeni sistemle elde edeceği tasarruf  $252.000.000 - 12.600.000 = 239.400.000\text{kw}$  olacaktır. Bu tasarruf sadece günümüz teknolojisinde oluşturulan kıvrırma makineleri sisteminden elde edilecek olan tasarruftur.

Kıvrırma işlemlerinde presli ve göbekli kıvrırma makineleri kullanılmaktadır. Göbekli kıvrırmada kıvrırma süresi düşük olmasına rağmen kaliteli çay üretiminde daha çok presli makineler kullanılmaktadır.

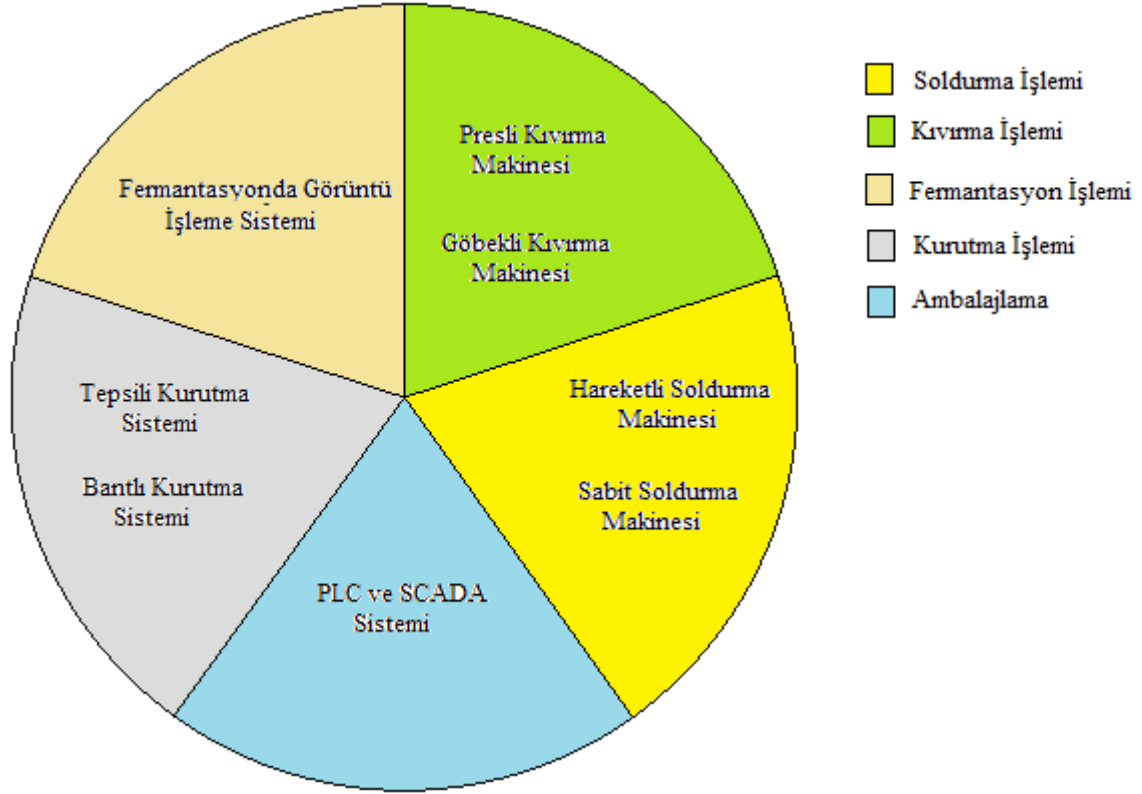


Şekil 80. Çayın kıvrılması işleminde kullanılan makineler

Çayın fermantasyonu işleminde ise fermantasyonun bitiş noktasını belirlemek için görüntü işleme esasına dayalı elektronik görüntüleme sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem fabrikalarda kullanıma geçmemesine rağmen araştırmalar devam etmektedir. Bu sistemde fermantasyon esnasında çayın yapraklarının renk görüntüleri çekilerek görüntü veri tabanı oluşturulmaktadır. Bu sayede çayın fermantasyon işleminin hangi aşamada ve ne kadar süre sonra biteceği belirlenmektedir.

Çayın kurutulması işleminde ise günümüz teknolojisinde genellikle fabrikalarda Çaykur tipi, Marshall, tepsili kurutma ve bantlı kurutma sistemleri kullanılmaktadır. Geçmişte en ilkel çay kurutma işlemi için ilkel fırınlar da kullanılmıştır. Tepsili ve bantlı

kurutma sistemleri teknolojik olarak hem ısının geri kazanımının sağlanması hem de işçiliğinin az olması nedeni ile tercih edilmektedir.



Şekil 81. Çay üretimi sürecinde kullanılan sistemler ve işlevleri



## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Teknolojinin her geçen gün ilerlemesi otomasyon sistemlerinin de giderek büyümesine neden olmuştur. Otomasyon sisteminde artık klasik kumanda sistemlerinin yerini PLC'li sistemler almıştır. İlk kurulum masrafları yüksek olmasına rağmen fazla bakım istememeleri, az yer kaplamaları, istenildiğinde sisteme ek ilavelerin kolaylıkla yapılması, karmaşık bir yapıya sahip olmamaları nedeni ile günümüzde PLC'li sistemlerle kontrol sağlanmaktadır. Büyük işletmelerde bu sistemlerin tek bir bilgisayar üzerinden izlenmesi ve arıza durumlarında hızlı bir şekilde müdahale edilebilmesi SCADA sistemleri sayesinde sağlanmaktadır. SCADA sistemleri sayesinde izlenen sistemlerle ilgili detaylı ölçüm sonuçları alınabilmekte ve ölçüm sonuçları kaydedilmektedir.

Bu çalışmada geçmişten günümüze kadar çay fabrikalarında kullanılan teknolojik değişim ele alınmıştır. Özellikle çay üretimi safhasında çayın sezonluk üretiminden dolayı buralarda kullanılan kontrol sistemleri, klasik kumanda sistemleridir. Otomasyon sistemlerinin yoğun olarak kullanıldığı kısım ambalajlama kısmıdır. Burada kontrol sistemleri PLC'lerle sağlanmaktadır. Özellikle özel çay işletmelerinde SCADA sistemi ile çayın paketlenmesine kadar geçen aşamalar kolaylıkla izlenmekte ve arıza durumlarında kolaylıkla müdahale yapılmaktadır. Ayrıca istenildiğinde geçmişe dönük verilerin elde edilebilmesi sistemin diğer bir avantajıdır.

Ülkemizde birkaç çay fabrikasının dışında SCADA sistemini görmek mümkün değildir. SCADA sisteminin maliyeti yüksek olmasına rağmen verilerin izlenebilmesi, kayıt altına alınabilmesi ve raporlanabilmesi sistemi kullanan operatörlere sistemi izleme, arızaları hızlı bir şekilde tespit edebilme ve iş gücü sağlama nedeni ile avantaj sağlamaktadır.

Sonuç olarak SCADA ile yapılacak sistemlerde kurulum maliyeti yüksek olmasına rağmen sisteme kazandırdığı özellikler, zaman ve iş gücü nedeni ile ülkemizdeki çay fabrikaları ilerleyen dönemlerde SCADA ile otomasyon sağlayacaklardır.

## 7. KAYNAKLAR

1. Kurtulan, S., PLC ile Endüstriyel Otomasyon, Birsen Yayınevi, 2.Basım, İstanbul, 2001.
2. <http://www.plcprogramlama.com>, PLC Programlama, Endüstriyel Otomasyon ve Proses Kontrol Sistemleri, 15 Ocak 2010.
3. Çilek, A., PLC ve SCADA İle Endüstriyel Otomasyon Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2005.
4. Gök, A.D., PLC Temelleri ve Uygulamaları, Okutman Yayıncılık, 3.Basım, Denizli, 2008.
5. Avcı, O., Güvenilir Bir Entegre Kontrol Sistemi, Eksen Yayıncılık, Teknik Kitaplar Serisi, Seri No:101, ISBN 975-96767-0-2.
6. Bailey, D. ve Wright, E., Practical SCADA for Industry, Butterworth-Heinemann, ISBN 0-7506-580-53, 2003.
7. İlter, C., SCADA Sisteminin Bina Güvenliğine Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2005.
8. Akarcan, B., Enerji Dağıtım Sistemlerinin Bilgisayar Destekli İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1999.
9. Berçin, N., SCADA Sistemlerinin İncelenmesi ve O. G. Dağıtım Sistemlerine Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.
10. Selçuk, F. ve Özçelik, İ., Endüstriyel İletişim Ağlarında Tek Standarda Doğru, Sakarya Üniversitesi Müh. Fak. Bilg. Müh., Bölüm I, Otomasyon Dergisi, 4 (1999) 114-118.
11. Varol, A. ve Varol, N., Network Sistemleri ve Novell Network Sistemi, İstanbul, ISBN 975-486-409-8, 1995.
12. Sumen, H. ve Sarıbey, T., Fieldbus Teknolojisi Nereye Gidiyor?, Bölüm I, Otomasyon Dergisi, 5 (2000) 72-77.
13. Sumen, H. ve Çelenk, M., Fieldbus Teknolojisi Nereye Gidiyor?, Bölüm II, Otomasyon Dergisi, 6 (2000) 96-100.
14. Sumen, H. ve Müller, F., Fieldbus Teknolojisi Nereye Gidiyor?, Bölüm III, Otomasyon Dergisi, 7 (2000) 78-82.

15. Sarıbey, T., Popüler II.Bölüm, Otomasyon Dergisi, 4 (1998) 84-87.
16. Sarıbey, T., Popüler Fieldbus Sistemleri ve Sektördeki Gelişmeler, Otomasyon Dergisi, 3 (1999) 50-56.
17. Jr. Defler, F., Network Sistemleri ve Bilgisayar Bağlantı Kılavuzu, California, ISBN 975-7397-75-X, 1998.
18. [www.kolayplc.com](http://www.kolayplc.com), S7-200 PLC Eğitimi 1.CD, 18 Ocak 2010.
19. [www.eoc.com.tr/endustriyel/otomasyon/cay-harmanlama-tesisi-ve-otomasyonu](http://www.eoc.com.tr/endustriyel/otomasyon/cay-harmanlama-tesisi-ve-otomasyonu), 16 Nisan 2010.

## ÖZGEÇMİŞ

Akif KARAFİL, 1983 yılında Bursa'da doğdu. Sırasıyla Altıeylül İlkokulu, Hacer-Salih Yıldız Ortaokulu ve Dörtçelik Anadolu Teknik Lisesi Elektrik Bölümü'nden mezun oldu. 2001 yılında Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu Elektrik Bölümü'nü kazandı ve 2003 yılında bölüm birincisi olarak mezun oldu. 2004 yılında dikey geçiş sınavı ile Dicle Üniversitesi Batman Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Öğretmenliği Bölümü'nü kazandı. 2006 yılında yatay geçişi ile Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Öğretmenliği Bölümü'nü geçiş yaptı ve 2007 yılında bu bölümünden bölüm birincisi olarak mezun oldu.

Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2008 Ekim ayından itibaren Giresun Üniversitesi Şebinkarahisar Meslek Yüksekokulu Elektrik Programı'nda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2009 yılında Elektrik ve Enerji Bölüm Başkanlığı'na getirildi. İyi seviyede İngilizce bilmektedir.