

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

128692

**SIVI SEVİYESİNİN PLC'DE PID YÖNTEMİNİ
KULLANARAK SCADA DESTEKLİ KONTROLÜ**

**TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Elektrik Müh. İdris KÜÇÜKKAVRUK

FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halit PASTACI

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Halit PASTACI

Oraç Bilgiç

Oraç Bilgiç

Galip Cansere

Galip Cansere

İSTANBUL, 2002

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGE LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. KONTROL SİSTEMLERİNİN ANALİZİ.....	1
1.1 Kontrol Sistemlerinin Kısa Tarihi.....	1
1.2 Kontrol Sistemlerinde Kullanılan Bazı Tanımlar.....	1
1.3 Kontrol Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	2
1.4 Kontrol Sistemlerinin Analizi.....	3
1.5 Kontrol Sistemlerinin Tasarım Kriterleri.....	5
1.6 Kontrolör Yapıları.....	6
1.7 Tasarımda Ana Prensipler.....	7
1.7.1 Zaman tanım bölgesi davranışı.....	8
1.7.2 Zaman ve frekans tanım bölgesi kriterleri.....	9
2. PID KONTROLÖR.....	10
2.1 Analog PID Kontrolör.....	10
2.1.1 P (oransal) Kontrolör.....	10
2.1.2 PI Kontrolör.....	11
2.1.3 PD Kontrolör.....	13
2.1.4 PID Kontrolör.....	15
2.1.5 Ziegler – Nichols Kuralları.....	16
2.1.6 İntegral Yığılması.....	21
2.2 Digital PID Kontrolör.....	22
2.2.1 Digital PID Kontrolörün Darbe Transfer Fonksiyonu.....	25
3. SEVİYE KONTROL SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ, KONTROLÜ GERÇEKLEŞTİRİLEN SİSTEM ve MATEMATİKSEL MODELİ.....	27
3.1 Seviye Kontrol Sistemlerinin İncelenmesi.....	27
3.1.1 Giriş.....	27
3.1.2 Seviye Kontrol Sistemleri.....	27

3.1.2.1	Seviye Kontrol Sistemi Blok Diyagramı.....	27
3.1.2.2	Seviye Ölçüm Metotları.....	28
3.1.2.3	Fark Basıncı Ölçü Cihazı.....	28
3.1.3	Kontrol Vanaları (.Valfleri.).....	29
3.1.3.1	Lineer Stem Hareketli Kontrol Vanaları.....	30
3.1.3.2	Kontrol Vanalarının Karakteristikleri.....	31
3.2	Kontrolü Gerçekleştirilen Sistemin (Gunt RT 512 Sıvı Seviye Kontrol Sistemi) İncelenmesi.....	31
3.2.1	Sıvı Seviye Kontrol Deney Seti.....	31
3.2.2	Sistemin Genel Tanıtımı.....	32
3.2.3	Sistemin Teknik Özellikleri.....	33
3.2.4	Sistemin Çalışması.....	34
3.2.5	Sıvı Seviye Sisteminin Ekipmanları.....	35
3.2.5.1	Sıvı seviye tüpü.....	35
3.2.5.2	Sıvı tankı (rezervuar)	35
3.2.5.3	Devir Daim Pompası (santrifüj pompa)	35
3.2.5.4	Basınç Transdüseri.....	35
3.2.5.5	Elektropnömatik Vana (valf)	37
3.2.5.6	UDC 5000 Kontrolör.....	38
3.3	Sıvı Seviye Sisteminin Matematiksel Modeli.....	38
3.3.1	Sistemin Direnci.....	38
3.3.2	Tank Kapasitansı.....	41
3.3.3	Sistem Değişkenleri.....	41
3.3.4	Sıvı Seviye Tankının Transfer Fonksiyonu.....	42
3.3.5	Sıvı Seviye Tankının Matematiksel Modeli.....	43
3.3.6	Sıvı Seviye Sisteminin Matematiksel Modeli.....	46
3.3.7	Sıvı Seviye Sisteminin Matematiksel Modelinin Birim Basmak Cevabı.....	46
4.	PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLÖRLER (PLC)' İN İÇ YAPISI VE PROGRAMLANMASI.....	47
4.1	Programlanabilir Lojik Kontrolörlerin İç Yapısı.....	47
4.1.1	Programlanabilir Lojik Kontrolör.....	47
4.1.2	PLC' lerin Temel Yapısı ve İşletim Sistemi	49
4.1.2.1	PLC Donanımı (Hardware)	49
4.1.2.2	PLC İşletim Sistemleri.....	53
4.1.2.2.1	LC Programlama (Software).....	53
4.1.2.2.2	Kullanıcı Programının Yürütülmesi.....	53
4.1.3	S7-200 (CPU 222) PLC' lerine Genel Bakış.....	56
4.1.3.1	S7-200 PLC Bellek Tipleri.....	58
4.1.3.1.1	Program belleği.....	59
4.1.3.1.2	Veri belleği.....	59
4.1.3.1.3	Parametre belleği.....	60
4.1.3.2	S7-200 PLC Veri Alanı.....	60
4.1.3.2.1	Veri Belleği.....	60
4.1.3.2.2	Veri Nesneleri.....	60
4.1.3.3	Veri Belleğine Bilgi Girişi.....	64
4.2	PLC' lerin Programlanması.....	66
4.2.1	PLC Komutlarına Giriş.....	66
4.2.2	Temel Lojik Komutlar.....	67

4.2.3	Set ve Reset İşlemleri.....	68
4.2.4	Zamanlayıcılar.....	68
4.2.5	Sayıcılar.....	70
4.2.6	Karşılaştırma İşlemleri.....	71
4.2.7	Aritmetik İşlemler.....	71
4.2.8	Arttırma, Azaltma ve Tersleme İşlemleri.....	72
4.2.9	Veri Transferi Komutları.....	74
4.2.10	Organizasyon Komutları.....	74
4.2.11	Kesme İşlemi.....	75
4.2.11.1	Zamana Bağlı Kesmeler.....	77
4.2.12	Dönüştürme İşlemleri.....	78
4.3	Analog Giriş/Çıkış Modülü.....	78
4.3.1	Analog Modül Girişlerinin Kalibre Edilmesi.....	79
4.3.2	EM 235' in Düzenlenmesi.....	83
5.	SCADA SİSTEMLERİ VE KONTROL.....	85
5.1	Scada Sistemi Ve Otomasyon Genel Bilgileri.....	85
5.2	Scada Sistemleri.....	87
5.2.1	Giriş.....	87
5.2.2	Scada Sisteminin İncelenmesi.....	88
5.2.2.1	Uzak Terminal Birimleri (RTU).....	89
5.2.2.2	Ana Terminal Birimi (MTU)	89
5.2.2.3	İletişim Sistemi.....	90
5.2.2.3.1	İletişim Ağı.....	90
5.2.2.3.2	İletişim Ortamları.....	91
5.2.2.3.3	Scada Sistemlerinde Kullanılan İletişim Teknikleri.....	92
5.2.2.3.4	Modemler.....	92
5.2.2.4	Kontrol Üniteleri.....	92
5.2.2.4.1	Programlanabilir Lojik Kontrolörler (PLC).....	92
5.2.2.4.2	Elektrik Panoları.....	93
5.2.2.4.3	Saha Cihaz, Detektör ve Enstrümanları.....	93
5.3	Scada Sistemleriyle Kontrol.....	94
5.3.1	Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme.....	94
5.3.2	Scada Yazılımlarında Ekran Tipleri.....	94
5.3.3	Elle (Manuel) Kontrol.....	95
5.3.4	Arıza ve Durum İhbarları.....	95
5.3.5	Şifre Sitemi İle Koruma.....	95
5.4	Scada Sisteminin Yararları.....	96
5.5	Sıvı Seviyesinin Kontrol Ve Gözetlemesinde Kullanılan TEOS Scada Programının Özellikleri.....	97
5.5.1	Giriş.....	97
5.5.2	Sistem Tanımı.....	97
5.5.3	Sistem Konfigürasyonu ve İletişim Özellikleri.....	98
5.5.4	Teos Scada Programının Yetenekleri.....	98
5.5.4.1	Genel Özellikler.....	100
5.5.4.2	Tasarım Özellikleri.....	101
5.5.4.3	Trend Özellikleri.....	101
5.5.4.4	Alarm Özellikleri.....	102

5.5.4.5	Yetkilendirme Özellikleri.....	102
5.5.4.6	Raporlama Özellikleri.....	103
5.5.4.7	Script Özellikleri.....	103
5.5.5	Teos Scada Programında Bulunan Diğer Tanımlar.....	104
5.5.6	Scada Sisteminin Ana Programları (TEOS Modülleri).....	105
6.	PID KONTROLÖR TASARIMI VE KONTROL EDİLEN SİSTEM.....	106
6.1	Giriş.....	106
6.2	Analog PID Kontrolör Tasarımı.....	107
6.2.1	Analog PID Kontrolör.....	107
6.2.2	PID Kontrolörler İçin Ayar Kuralları.....	108
6.2.3	PID Kontrolör Ayarı için Ziegler-Nichols Kuralları.....	108
6.3	PID Kontrolör Parametrelerinin Deneyle Hesaplanması.....	108
6.3.1	Kontrolör Katsayılarının Ziegler-Nichols Yöntemiyle Bulunması.....	109
6.4	Sayısal PID Kontrolör.....	110
6.4.1.	PLC 'de PID Programı.....	111
6.4.2	En İyi Örnekleme Zamanının Seçimi.....	116
6.4.3	Başarılı Bir Proses Kontrolü İçin On Adım.....	117
7.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	119
7.1	Cihazların Birbirine Bağlantısı.....	119
7.2	PLC programı.....	123
7.3	Kontrolör Katsayılarının Deneysel Çalışmalarla Bulunması.....	129
7.4	Deneysel Çalışmalarda Elde Edilen Çıkış Grafikleri	132
7.5	Fuzzy Logic ve UDC 5000 Kontrolör Çıkış Grafikleri.....	133
8.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	134
	KAYNAKLAR.....	136
	EKLER.....	137
Ek 1	Ladder Formunda Program Listesi.....	138
Ek 2	STL Formunda Program Listesi.....	143
Ek 3	Programda Kullanılmış Olan Terimlerin Listesi.....	146
	ÖZGEÇMİŞ.....	147

SİMGE LİSTESİ

C	Tankın kapasitansı (mm^2).
e	Hata sinyali.
e_{ss}	Kararlı hal hatası.
Gc(s)	Kontrolörün transfer fonksiyonu.
Gho(s)	ZOH un transfer fonksiyonu.
Gc(z)	Kontrolörün pals transfer fonksiyonu.
Gp(s)	Sistemin transfer fonksiyonu.
Gp(z)	Sistemin pals transfer fonksiyonu.
Gph(z)	Sistem ve ZOH un toplam pals transfer fonksiyonu.
H	Tank içindeki sıvı yüksekliği (m).
H(s)	Geri besleme sisteminin transfer fonksiyonu.
Kcr	Ziegler-Nichols metodunda sistemin osilasyona ,başladığı oransal kazanç miktarı.
Kd	Kontrolörün türev terimi.
Ki	Kontrolörün integral terimi.
Kp (Kc)	Oransal kazanç.
kp	Birim basamak girişindeki hata katsayısı.
kv	Vana katsayısı.
L	Ziegler-Nichols metodunda gecikme zamanı (sn).
P	Durgun sıvı basıncı (N/m^2).
PID	Oransal – Integral – Türev Denetleyici
Pcr	Ziegler-Nichols metodunda sistemin osilasyona başladığı andaki osilasyon periyodu (sn).
PLC	Programlanabilir Lojik Denetleyici
P	Karakteristik denklem.
R	Tankın direnci (sn/mm^2).
Q	Kütleli debi (mm^3/sn).
T(s)	Kapalı çevrim sisteminin transfer fonksiyonu.
T(z)	Kapalı çevrim sisteminin pals transfer fonksiyonu.
T	Ziegler-Nichols metodunda zaman katsayısı.
td	Gecikme zamanı (sn).
Td	Türev zamanı.
Ti	İntegral zamanı.
tr	Yükselme zamanı (sn).
ts	Yerleşme zamanı (sn).
Ts	Örnekleme zamanı (sn).
Tmax	Sistem çıkışının maksimum olduğu zaman (sn).
Wn	Doğal Frekans.
ζ	Sönüm katsayısı

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	Basit bir kontrol sistemi blok diyagramı.....	4
Şekil 1.2	Kontrol edilen sistem.....	4
Şekil 1.3	Çeşitli kontrolör yapıları.....	6
Şekil 1.4	Zaman tanım bölgesi birim basamak cevap eğrisi.....	9
Şekil 2.1	Oransal kontrolörün birim basamak cevabı ve blok diyagramı.....	11
Şekil 2.2	Kp kontrolörlü bir sistemin kalıcı hal hatası.....	11
Şekil 2.3	I ve PI kontrolörlerin birim basamak cevabı ve blok diyagramı.....	12
Şekil 2.4	PI kontrolörlü kontrol sistemi.....	12
Şekil 2.5	PD kontrolörlü kontrol sistemi.....	14
Şekil 2.6	PD ve PID kontrolörleri birim basamak cevabı ve blok diyagramı.....	15
Şekil 2.7	Bir sistemin birim basamak giriş cevabı.....	17
Şekil 2.8	Zeigler – Nichols için birim basamak giriş açık çevrim cevabı.....	18
Şekil 2.9	Bir sistemin kapalı çevrim blok diyagramı.....	20
Şekil 2.10	Osilasyon yapan bir sistemin cevabı.....	20
Şekil 2.11	Um doyumlu valf ve integral kontrollü sistemde valf ve kontrolör çıkışı (İntegral yığılması).....	22
Şekil 2.12	Sayısal kontrol sisteminin blok şeması.....	24
Şekil 3.1	Tipik bir seviye kontrol sistemi blok diyagramı).....	27
Şekil 3.2	Stem Hareketli Kontrol Vanası İç Yapısı.....	29
Şekil 3.3	Kontrol Vanalarının Akış Karakteristikleri.....	30
Şekil 3.4	Gunt RT 512 sıvı seviye kontrol sisteminin genel görünümü.....	32
Şekil 3.5	Sıvı seviye ünitesi üzerinde bulunan ana panel.....	33
Şekil 3.6	Sıvı seviye ünitesinin işlem diyagramı.....	34
Şekil 3.7	Basınç akım transdüseri davranış eğrisi.....	36
Şekil 3.8	Elektropnömatik vananın görünüşü.....	37
Şekil 3.9	Elektropnömatik vananın gerilim-açıklık grafiği.....	37
Şekil 3.10	Sıvı seviye sisteminde bir tankın modeli.....	39
Şekil 3.11	RT 512 seviye kontrol sisteminin sıvı tüpü boşalım eğrisi.....	43
Şekil 3.12	RT 512 seviye kontrol sisteminin debi-yükseklik ilişkisi.....	44
Şekil 3.13	Sıvı seviye sisteminin blok diyagramı.....	45
Şekil 3.14	Sıvı seviye sisteminin matlabte birim basamak cevabı.....	46
Şekil 4.1	Bir PLC' nin Temel Kısımları.....	49
Şekil 4.2	Bir PLC' nin iç yapısı.....	50
Şekil 4.3	220 V AC gerilimle uyarılan bir giriş birimi.....	51
Şekil 4.4	Kontaktör sürülen röleli bir çıkış birimi devresi.....	52
Şekil 4.5	Programın yürütülmesi.....	53
Şekil 4.6	S7-200 PLC giriş ve çıkış görüntü bellekleri.....	54
Şekil 4.7	S7-200 PLC' nin belleğinin sembolik şekli.....	58
Şekil 4.8	S7-200 PLC veri alanı.....	60
Şekil 4.9	Simatic S7-200 CPU 212 PLC veri belleği.....	62
Şekil 4.10	Analog giriş ve çıkışlar.....	63
Şekil 4.11	İki kutuplu ve tek kutuplu analog bilgisi formatı.....	64
Şekil 4.12	Analog çıkış akım ve gerilim bilgisi formatı.....	64
Şekil 4.13	Bit adresleme.....	65
Şekil 4.14	Byte, Word, Doubleword adresleme.....	65
Şekil 4.15	LPS, LRD,LPP komutları.....	68
Şekil 4.16	S7-200 PLC ve EM 235 Analog modül genel görünüşü.....	82

Şekil 4.17	EM 235 analog modül terminal bağlantıları.....	83
Şekil 4.18	EM 235 terminal blok ve konfigürasyon dip switchleri.....	83
Şekil 5.1	Kumanda Sistemi.....	86
Şekil 5.2	Scada sistemi.....	87
Şekil 5.3	Kısmen öbekli çok noktalı yapı.....	89
Şekil 5.4	Teos Scada sistem konfigürasyonu ve iletişim özellikleri.....	97
Şekil 5.5	Proje yöneticisi ekranına geçmek için project manager'ın seçimi.....	99
Şekil 5.6	Proje tasarımı fonksiyonları ekranı.....	100
Şekil 5.7	Scada programında kullanılan komponentlerin kütüphanesi.....	101
Şekil 5.8.	arıza meydana gelmiş olan bir alarm ekranı.....	102
Şekil 5.9	Örnek bir script program ekranı.....	103
Şekil 6.1	Bir geribeslemeli digital kontrol sistemi.....	106
Şekil 6.2	Ziegler-Nichols'un ikinci yöntemi için K _{cr} ve P _{cr} değ. Bulunması.....	109
Şekil 6.3	Seviye sisteminin Ziegler-Nichols ile hesp. katsayılar göre çıkışı.....	110
Şekil 6.4	Digital kontrolörün gerçekleştirilmesi.....	111
Şekil 6.5	PID Kontrolörü.....	113
Şekil 6.6	İşaretleri sınırlandırılmış genel bir PIDkontrolörü yapısı.....	114
Şekil 7.1	PLC ile Scadanın bulunduğu PC bağlantısı.....	120
Şekil 7.2	PPI modunda CPU ile haberleşme..	120
Şekil 7.3	Kontrol sistemi bağlantı şeması..	120
Şekil 7.4	Kontrol sistemi giriş-çıkış işaret durumları.....	121
Şekil 7.5	Scada designer modunda çizilmiş olan SCADA-PLC mimari ekranı.....	121
Şekil 7.6	Scada designer modunda çizilmiş olan Ana Mimik ekranı.....	122
Şekil 7.7	Scada PID parametreleri ekranı.....	122
Şekil 7.8	Siemens Win32 3.1 derleyici programının görünümü.....	123
Şekil 7.9	PLC programı çalışırken status chart'dan izlenmesi.....	124
Şekil 7.10	Ana program ve alt programın akış şeması.	128
Şekil 7.11	Kesme alt programının akış şeması.	129
Şekil 7.12	Farklı K _p değerlerinde sistemin davranışı.....	130
Şekil 7.13	İstenen referans değerine karşılık sistemin davranışı.....	130
Şekil 7.14	Sistemin bozucu etkilere karşı davranışı.....	131
Şekil 7.15	Kontrolör çıkış sinyalinin değişim grafiği.....	132
Şekil 7.16	Farklı referans değerlerinde çıkışın giriş sinyalini takibi	132
Şekil 7.17	Sistemin kendi UDC500 kontrolörü kullanılması halinde çıkış grafiği.....	133
Şekil 7.18	Sistemde kullanılan Fuzzy ve PID kontrolör çıkışlarının karşılaştırılması..	133

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1	Ziegler-Nichols' un birinci yöntemine göre bulunan L ve T değerlerine bağlı olarak P, PI ve PID kontrolör parametrelerinin bulunması..... 19
Çizelge 2.2	Ziegler-Nichols' un ikinci yöntemine göre bulunan kontrolör parametreleri.. 20
Çizelge 3.1	Basınç transdüseri seviye akım ilişkisi..... 36
Çizelge 4.1	Simatic S7-200 (CPU 222 ve CPU 224) PLC' lerin özellikleri..... 56
Çizelge 4.2	Zamanlayıcı komutları..... 69
Çizelge 4.3	Sayıcı komutları..... 70
Çizelge 4.4	Çarpma ve bölme işlemleri..... 71
Çizelge 4.5	Toplama ve çıkarma işlemleri..... 72
Çizelge 4.6	Arttırma, azaltma ve tersleme komutları..... 73
Çizelge 4.7	Veri transferi komutları..... 73
Çizelge 4.8	Organizasyon komutları..... 75
Çizelge 4.9	Kesme komutları..... 77
Çizelge 4.10	EM 235 Analog modül giriş ve genel özellikleri..... 80
Çizelge 4.11	EM 235 Analog modül çıkış özellikleri..... 81
Çizelge 4.12	EM 235 Analog modülünün elektriksel özellikleri..... 82
Çizelge 4.13	EM 235 Analog modül için switch konfigürasyonu..... 84
Çizelge 7.1	PLC' de hesaplamaların yapıldığı veri alanları..... 128

ÖNSÖZ

Bu çalışmada Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü Kontrol Ana Bilim Dalı laboratuvarında bulunan GUNT RT512 SEVİYE ÜNİTESİ PLC’ de PID yöntemi kullanılarak Scada destekli kontrolü yapılmıştır.

Endüstride sıvı seviye sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. GUNT RT512 SEVİYE ÜNİTESİ endüstride kullanılan sistemlere benzer bir sistemdir. Kullanılan elemanlar tamamen endüstride yer alanların aynısıdır. Mevcut sistem üzerinde enerji girişi pnömatik, kontrol girişi ise 4-20mA akım olan bir oransal valf, sıvı tankı, 1 fazlı asenkron motor tarafından sürülen bir pompa, dönüş vanası, basınç algılayıcı, basınç/akım transdüseri (0-60mbar/4-20mA), ölçekli seviye tüpü ve UDC5000 dijital kontrolörü bulunmaktadır. PLC’ de PID kontrolünü Scada destekli gerçekleştirmek amacıyla, sistemdeki PID ve ON-OFF kontrol işlemini gerçekleştiren UDC5000 dijital kontrolörü devre dışı bırakılmıştır. Sisteme bir PLC ve Scada için PC bağlanarak, PID kontrolör PLC yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan PID kontrolörün parametreleri, istenen referans girişi (set point) ve örnekleme zamanı Scada’dan seçilmektedir. Kontrolör çıkışı ile oransal valfin konumu değiştirilerek, sıvı seviyesi istenen değerde sabit tutulmaktadır. Son olarak seviye ünitesine uygulanan Scada destekli PLC’ de PID kontrol yöntemi diğer kontrol yöntemi sonuçları karşılaştırılmıştır.

Teknik Eğitim Fakültesi’nde uygulamalı eğitimin önemi çok büyüktür. Uygulamalarda kullanılan deney setlerinin endüstride bulunan proseslere uygun olması, yetişen teknik öğretmenin dolayısıyla teknik elemanın kalitesini arttıracak ve endüstride karşılaşılabileceği sorunları en aza indireyecektir. Bu çalışma ile çok geniş bir sahadaki endüstriyel otomasyon sisteminin tek bir elemanının kontrolünün laboratuvar ortamına taşınması amaçlanmış olup eğitime katkısı büyüktür.

Tez çalışmam sırasında beni yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr.Halit PASTACI’ya, araştırma ve uygulama esnasında her konuda bana destek olan Arş.Gör.Dr.Mustafa ONAT ve Arş. Gör. Erkan KAPLANOĞLU’na teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Yapılan bu tezde, bir sıvı seviye sisteminin kontrolü teorik ve deneysel olarak incelenmiştir. PLC' ler günümüzde, endüstride sistemlerin otomasyonunda sıkça kullanılmaktadır. PLC' ye çok sayıda giriş-çıkışı olan bilgisayar diyebiliriz. Bu girişlere bağlı olarak içinde yazılan program dahilinde çıkışlar vererek dışındaki cihazları kontrol eder. PLC kontrol kabiliyetini, içinde yazılı olan programdan alır.

Tez aşağıdaki şekilde organize edilmiştir. Tezin ilk bölümünde, otomatik kontrol sisteminin temel kavramları üzerinde durulmuştur. İkinci bölümünde, PID kontrolörün yapısı, zaman-tanım bölgesinde davranışı, analog ve dijital PID kontrolör tasarımı ile Zeigler – Nichols yöntemi detaylı olarak anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, öncelikle kontrolü yapılan sıvı seviye sistemi incelenmiş ve sonra matematiksel modeli çıkarılmıştır. Dördüncü bölümde, PID kontrolörün gerçekleştirileceği Simatic S7 200 PLC' si incelenmiştir. Bu PLC'nin iç yapısı, programlama komut ve yöntemleri gösterilmiştir. Beşinci bölümde ise, bir denetleyici, gözetim ve veri toplama sistemi olan SCADA sisteminin öncelikle kontrolü ve yararları detaylı olarak anlatıldı. Sonra sistemde kullanılan Scada programının grafiksel saha tasarımı, alarm, trend, raporlama, reçeteler, veri toplama ve gözetleme (monitoring) özellikleri hakkında bilgiler verildi. Altıncı bölümde, kontrolör öncelikle analog olarak s-domeninde dizayn edilmiş ve uygun dönüştürme teknikleri kullanılarak z-domenine çevrilmiştir. Sonra, istekleri sağlayacak kontrolör dizayn edilmiştir. Kontrolör, PLC programı vasıtasıyla dijital PID (oransal, integral, türev) kontrolör yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yani dijital PID kontrolörü, fark denklemleri şeklinde PLC'de gerçekleştirecek optimum bir program yazılmıştır.

Yedinci ve son bölümde, deneysel çalışmalar yapılmıştır. Teorik olarak bulunan PID parametreleri sisteme uygulanmıştır. Değişik K_p ve T_s değerlerinde deneyler tekrarlanmıştır. Sistemin optimum kontrolü yapılacak şekilde PID parametreleri ayarlanmıştır. Scada ekranları ve diğer deneysel çalışmalar bu bölümde verilmiştir.

Anahtar Kelimeler : PLC, scada,sıvı seviye kontrolü,pıd kontrolör tasarımı,veri haberleşmesi

ABSTRACT

In this thesis, a liquid level control system is theoretically and experimentally investigated.

PLC's are widely used in automation of industrial systems. PLC is a kind of computer that has many inputs and outputs in modular structure. It controls the devices or systems that are attached to its outputs by using the inputs and the user developing program. The control efficiency of PLC mainly depends on the algorithm developed by the user.

The thesis is organized as in the following. In the first chapter, we focus some basic concepts on automatic control systems. In the second chapter, we give the behavior of liquid level control system and the structure of PID controller. The parameters of the controller is determined via the method of Zeigler-Nichols. In the third chapter, we first examine the behavior of liquid level control system and then we extract the mathematical model of the system. In the fourth chapter, we introduce the Siemens' PLC, model S7-200, in which the PID controller is run. We give the structures of PLC, its programming instructions and methods. In the fifth chapter, we introduce TEOS SCADA system. The SCADA system mainly consists of controller, monitoring and data acquisition divisions. We discuss the SCADA system and its utilities in real-time control application. And then we present some necessary information about the software of TEOS SCADA. In sixth chapter, we design the controller running in the PLC to satisfy to the given performance specification. The controller is firstly designed in s domain and then converted into the z domain using appropriate transformation technique. The controller uses a classical PID (proportional, integral, derivative) control strategy. The controller algorithm in difference equation form is written through the STL format in PLC.

In the last chapter, we present the experimental results. We apply the PID parameters found theoretically to the system. We repeat the experiments many times for various K_p and T_s values. We adjust the PID parameters to satisfy optimum control performance for the system. We also give the SCADA screens and the other experimental studies in this chapter.

Keywords : PLC, scada, liquid level control, Pid controller design, data communication.

BÖLÜM 1

KONTROL SİSTEMLERİNİN ANALİZİ

1.1 Kontrol Sistemlerinin Kısa Tarihi

İlk bilinen geri beslemeli kontrol sistemi M.Ö. 2. yüzyılda kullanılmaya başlanan su saatidir. Bu su saati sisteminde, bir tankın çıkışındaki yarıktan sabit hızda damılayan su miktarı ölçülerek, zaman ölçümü yapılmaktaydı. Tanktan sabit aralıklarla su damlaması için tanktaki su seviyesinin sürekli şekilde sabit tutulması gerekmekteydi. Bu amaçla şamandıra metodu kullanılarak tanktaki suyun seviyesi sabit tutuluyordu.

Kontrol sistemleri alanında ilk önemli teorik çalışma 18. yüzyılda James Watt tarafından buhar makinesinin hız kontrolünü sağlamak amacıyla yapılmıştır. Kontrol teorisinin gelişmesi için Nyquist ve Hazen önemli çalışmalar yapmışlardır. 1932 yılında Nyquist, bir açık çevrim kontrol sisteminin kararlılığından, kapalı çevrim kontrol sisteminin kararlılığını tespit etmek için göreceli olarak basit bir yöntem geliştirmiştir. 1934 yılında Hazen bir pozisyon kontrol sistemi için servo mekanizma terimini ortaya atmıştır. 1940 yılında frekans cevabı metodu, 1950 yılında ise köklerin yer eğrisi metodu geliştirilmiştir. Bu iki metot da klasik kontrol teorisinin temelini oluşturmuştur. (Sarioğlu, K. -)

1

Modern sistemler birden çok giriş ve çıkışa sahip olup, tek giriş-çıkışlı sistemlerle uğraşan klasik kontrol teorisine göre gittikçe etkisi artmıştır.

1960'lı yıllarda sayısal bilgisayarların kullanılmaya başlanması, karmaşık sistemlerin zaman domeninde davranışlarının incelenmesini ve modern kontrol teorisini oluşturan durum uzayı yönteminin gelişmesini sağlamıştır.

Son yıllarda sayısal bilgisayarlar, kontrol sistemlerinde sistemin analizi yapmakta kullanılmasının ötesinde, kontrolör olarak da kullanılmaya başlanmıştır. Böylece sayısal kontrol sistemleri gelişmeye başlamıştır. (Sarioğlu, K. -)

1.2 Kontrol Sistemlerinde Kullanılan Bazı Tanımlar

Sistem: Belli bir görevi gerçekleştirmek amacıyla bir araya getirilmiş elemanlar topluluğuna denir. Bu kavram fiziksel sistemler dışında da geçerlidir.

Bozucu giriş: Bozucu giriş, sistem çıkışını istenmeyen yönde etkileyen sinyal olarak tanımlanır. Eğer bozucu giriş sistem içinde oluşturulmuşsa buna dahili bozucu giriş, sistem içinde oluşturulmamış ise harici bozucu giriş olarak adlandırılır.

Açık çevrim kontrol sistemi: Girişteki kontrol işaretinin çıkışından bağımsız olan kontrol sistemidir. Diğer bir ifade ile, açık çevrim kontrol sistemlerinde çıkış işareti ne ölçülür, ne de geriye doğru besler.

Kapalı çevrim kontrol sistemi: Girişindeki kontrol işareti, çıkış işaretine ya da çıkışla orantılı bir işaretle bir referans işareti arasındaki farka ya da bunların toplamına bağlı olan bir kontrol sistemidir. Bu sistemlere geri beslemeli kontrol sistemleri de denir. Kapalı çevrim kontrol sistemi terimi daima sistem hatasını azaltmak amacıyla yapılan geri besleme işlemini ifade eder.

Servo Sistem: Servo sistem ya da servo mekanizma, çıkışı pozisyon, hız yada ivme olan kapalı çevrim kontrol sistemlerine denir.

Otomatik Regülatör Sistemi: Referans girişi ya da istenen çıkış büyüklüğü sabit veya zamanla yavaşça değişen, temel amacı bozucu etkilere karşın çıkışı istenen değerde tutmayı amaçlayan kapalı çevrim kontrol sistemleridir. (Sarioğlu, K. -)

Uyumlu (Adaptive) kontrol sistemi: Birçok kontrol sisteminde sistemin dinamik karakteristiği, kullanılan elemanların özelliklerinin zamanla veya çevre şartları ile değişmesi yüzünden sabit değildir. Küçük değişimler kapalı çevrim kontrol sistemleri tarafından tolare edilebilir. Fakat değişim büyük olursa, sistemin uyumlu hale getirilmesi gerekir. Uyumlu kontrol sistemi, çevredeki belirlenemeyen değişimleri kendi kendine kompanze eden sistem olarak tanımlanır. (Sarioğlu, K. -)

1.3 Kontrol Sistemlerinin Sınıflandırılması

Kontrol sistemlerinin bir kısmı aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir :

Lineer, lineer olmayan kontrol sistemi: Kontrol sistemi parametreleri, sistemin durum değişkenlerinin herhangi sabit olmayan bir fonksiyonu olarak değişirse sisteme lineer olmayan kontrol sistemi denir. Sistem parametreleri durum değişkenlerine bağlı değil ve sabit ise bu tür kontrol sistemine lineer kontrol sistemi denir. (Sarioğlu, K. -)

Zamanla değişen, zamanla değişmeyen Kontrol Sistemi : Kontrol sistemlerinin parametreleri zaman değişmiyorsa sisteme zamanla değişmeyen kontrol sistemi, eğer sistem parametreleri zamanla değişiyorsa sisteme zamanla değişen kontrol sistemi denir. (Sarioğlu,)

Belirgin (deterministik), belirgin olmayan (stokastik) kontrol sistemi: Eğer kontrol sistemindeki işaretler belirgin ve tekrar edilebilir ise sisteme belirgin, değilse belirgin olmayan kontrol sistemi denir. (Sarioğlu, K. -)

Analog, sayısal kontrol sistemi: Sistemin tümünde analog işaretler kullanan kontrol sistemi analog kontrol sistemi, sistemin bir kısmında veya tümünde zamanda süreksiz işaretler kullanan kontrol sistemine ise sayısal kontrol sistemi denir. (Sarioğlu, K. -)

Sayısal kontrol sistemleri, analog kontrol sistemleri ile kıyaslandığında şu sonuçlar görülür:

- Sayısal kontrol sistemleri daha güvenlidir.
- Sayısal kontrol sisteminde, kontrol edilen çıkış büyüklüğü giriş büyüklüğünü daha aza hata ile izler.
- Sayısal kontrol sistemi parametre değişimine daha az duyarlıdır ve iç-dış bozucu etkilerden daha az etkilenir.

Mikro elektronik alanında meydana gelen gelişmelerden sonra sayısal kontrol sistemleri daha ucuza imal edilmiştir. (Sarioğlu, K. -)

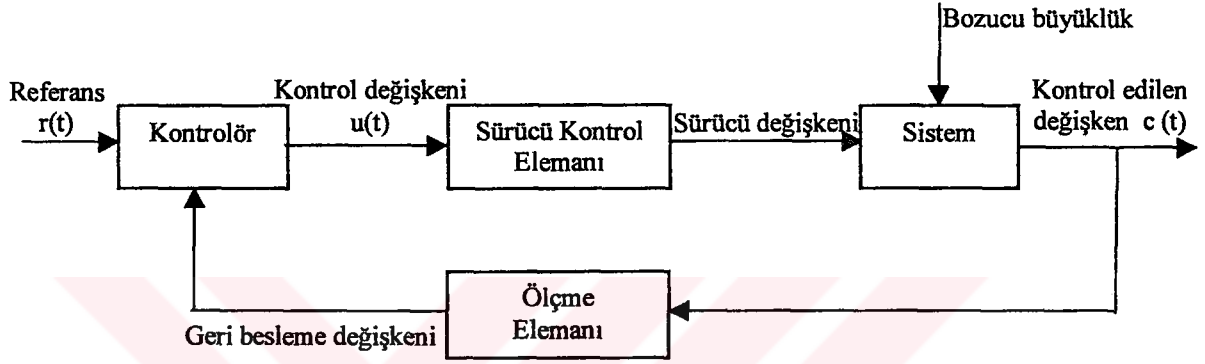
1.4 Kontrol Sistemlerinin Analizi

Otomatik kontrolün amacı sistemin değişken büyüklüklerini arzu edilen değerlerde tutarak kararlı bir çalışma ortamı yaratmaktır. Bir otomatik kontrol sisteminde giriş büyüklükleri değiştikçe çıkış büyüklüklerinin de mümkün olduğu kadar kısa bir sürede ayar değerlerine ulaşması ve bozucu büyüklüklerden kaynaklanan değişimlerin sistem tarafından kendi kendine giderilmesi arzu edilir. Eğer kurulu bir düzende bu özellikler sağlanmıyorsa, sisteme kontrol cihazı eklenerek arzu edilen koşulların gerçekleşmesine çalışılır. Bir kontrol sisteminin başarısı şu üç özelliği gerçekleştirme oranı ile ölçülür :

- Sistemde meydana gelen herhangi bir bozucu büyüklükten sonra normal çalışma şartlarından minimum sapma,
- Bozulan çalışma şartlarını en kısa zamanda normale dönüştürmek,

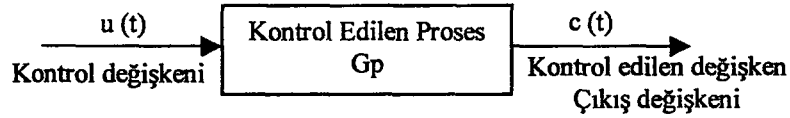
- Çalışma şartlarında meydana gelen değişimlerden ötürü, sistemde minimum kalıcı hatanın oluşması. (Akoğlu, 1987)

Tipik bir kontrol sistemi Şekil 1.1'deki gibi gösterilebilir. Kontrol edilen sistem, devamlı olarak bir bozucu büyüklüğün veya sistemin dışında meydana gelen bazı etkenlerin tesiri altındadır. Söz konusu büyüklüğe karşı düzeltme yapabilmek için çıkış büyüklüğünün yani kontrol edilen değişkenin ölçülmesi gerekir. Bu işlem bir ölçme elemanı tarafından yapılır. Kontrolör ölçme elemanından, kontrol edilen değişkenin gerçek değerini alır ve kendisinden istenen değerle karşılaştırır. Kontrolör üzerinde istenen değer ayar edildiği bir kısım vardır.



Şekil 1.1 Basit bir kontrol sistemi blok diyagramı

Eğer iki değer arasında herhangi bir fark söz konusu ise; kontrolör düzeltme hareketini başlatacak kontrol işaretini üretir. Referans değer manuel olarak sabit bir değere ayarlanabileceği gibi, otomatik olarak da kontrol sistemi tarafından şartlara göre değiştirildiği durumlarda da olabilir. Sürücü kontrol elemanı aldığı kontrol işaretinin değerine göre gerekli ayarlamaları yapan elemandır. Sürücü değişken, kontrol edilen değişkende istenen düzeltmeyi sağlamak amacıyla otomatik kontrol sistemini etkiler.



Şekil 1.2 Kontrol edilen sistem

Şekil 1.2'de blok diyagramla gösterilen bir proses kontrol sistem tasarımı aşağıda yazıldığı gibi üç aşamada gerçekleştirilir (C. Kuo, 1995);

- Sistemin neyi, nasıl yapması gerektiğinin, yani tasarım kriterlerinin belirlenmesi.
- Kontrolörün kontrol edilen prosese nasıl bağlanacağını belirlenmesi.
- Tasarım amaçlarına ulaşmak için kontrolör parametre değerlerinin nasıl seçileceğidir.

1.5 Kontrol Sistemlerinin Tasarım Kriterleri

Tasarım kriterleri; görelî kararlılık, kararlı hal hatası, geçici cevap ve frekans cevabı kriterlerini içermekte olup, her uygulama için farklıdır. Bazı uygulamalarda parametre değişimlerine karşı duyarlılık (dayanıklılık, bozucu etkileri giderme) gibi ek işlevlerin de bulunması istenir.

Lineer kontrol sistemleri tasarımı, hem zaman hem de frekans tanım bölgesinde gerçekleştirilebilir. Örneğin kararlı hal hatası genellikle birim basamak, rampa ve parabolik giriş için tasarlanır ve uygulayıcı bakımından hatanın elde edilmesi zaman tanım bölgesinde daha kolaydır. Maksimum aşım, yükselme zamanı ve yerleşme zamanı gibi diğer kriterler birim basamak giriş için geliştirilmiş olup; zaman tanım bölgesinde tasarım sırasında kullanılır. Görelî kararlılık ise frekans tanım bölgesinde kazanç payı, faz payı ve M_r tepe değeri ile ölçülür. Bunlar tipik frekans tanım bölgesi kriterleri olup; Bode diyagramı, Kazanç-faz diyagramı, Nichols abağı ile kullanılır.

Tasarımın zaman yada frekans tanım bölgesinde yapılması tasarımcının seçimine bağlıdır. Bir çok durumda maksimum aşım, yükselme zamanı ve yerleşme zamanı kriterleri sistem davranışının sınır değişkenleri olarak kullanılır. Deneyimsiz tasarımcılar için frekans tanım bölgesi kriterlerinin zaman tanım bölgesi kriterlerine etkilerinin nasıl olduğunu kestirmek, kazanç ve faz payı, rezonans tepesi gibi frekans tanım bölgesi kriterlerinin gerçek sistem davranışı ile ilişkisini anlamak zordur. Örneğin, 20 dB'lik kazanç payı maksimum aşımın %10'dan düşük olmasını garantiler. Maksimum aşımın %5'den küçük ve yerleşme zamanının 0.01 sn.'den küçük olması gerektiği daha anlaşılırdır. 60 'lik faz payı ve 1.1'den küçük M_r 'nin sistem davranışına ne getireceği pek açık değildir.

Tarihsel açıdan bakarsak, lineer kontrol sistemlerinin tasarımı ilkin Bode diyagramı, Nyquist diyagramı, Kazanç- faz diyagramı ve Nichols abağı gibi frekans tanım bölgesinde kullanılan grafiksel yöntemlerden yararlanılarak geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin üstünlüğü; etraflı bir çizim gerektirmeksizin yaklaşık çizilebilmesidir. Bu nedenle tasarımcı kazanç-faz payı ve M_r gibi frekans tanım bölgesi kriterlerini kullanarak tasarımı gerçekleştirir. Yüksek mertebeden sistemler önemli bir sorun oluşturmaz.

Frekans tanım bölgesinde belli bir kontrolör tipi için deneme yanılmayı en aza indiren tasarım işlemleri mevcuttur. Frekans tanım bölgesi yöntemleri gürültü etkisini giderme, sistem duyarlılığına ve proses tasarımına başka açıdan bakmak için kullanılabilir.

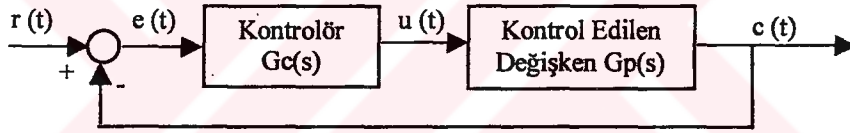
20. YÜZYILIN İZMİR KÜLTÜR
BÖLÜMÜNE AİT BİR KÜLTÜR

Zaman tanım bölgesi kullanılarak yapılan genel tasarım işlemlerini, ikinci mertebeden yüksek sistemler için kullanmak zordur. Yükselme, gecikme, yerleşme ve maksimum aşım gibi zaman tanım bölgesi kriterleri ile tasarım yalnızca ikinci mertebeden ya da ikinci mertebeden sistemlere benzeştirilen sistemler için analitik olarak uygulanabilir.

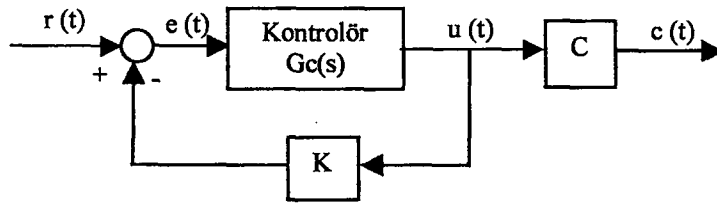
Günümüzde bilgisayarlar yardımıyla kontrol sistem tasarımı çok kolay ve az zamanda gerçekleştirilmektedir. Modern bilgisayar yazılımları ile, tasarımcı birkaç dakika içerisinde zaman tanım bölgesi kriterlerini kullanarak birçok tasarım yapılabilir. Bu durum grafiksel tasarımın kolaylığına sahip olan frekans tanım bölgesi tasarımının önemini büyük ölçüde azaltır.

1.6 Kontrolör Yapıları

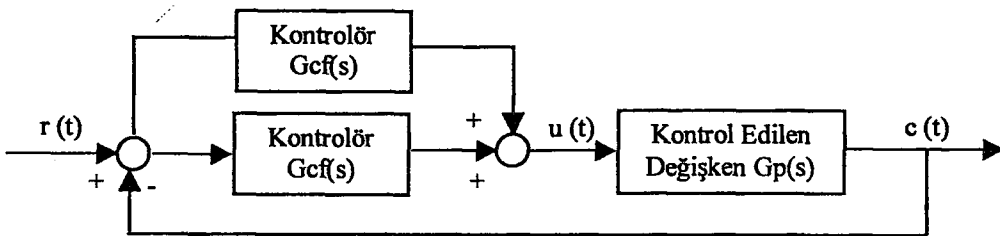
Genel olarak lineer sistemlerin dinamiği Şekil 1.2'de verilen blok diyagram ile gösterilir. Tasarımın amacı $c(t)$ ile gösterilen, kontrol edilen değişkenin istenen şekilde davranmasını sağlamaktır. Asıl problem tasarım kriterlerinin tümünü sağlayacak olan $u(t)$ kontrol işaretini belirlemektir.



(a) Seri kompanzasyon



(b) Durum geri beslemeli kompanzasyon



(c) İleri beslemeli kompanzasyon

Şekil 1.3 Çeşitli kontrolör yapıları

Şekil 1.3 en çok kullanılan kontrol sistem kompanzator yapılarını göstermektedir. Bunlar kısaca açıklanacak olursa; seri kompanzasyon (Şekil 1.3a) kontrolörün kontrol edilen proses ile seri olmasıdır. Durum geri beslemeli kompanzasyon (Şekil 1.3b) sabit bir kazanç ile durum değişkeninin geri beslenmesi ile kontrol işareti üreten bir sistemi gösterir. K, durum geri beslemesi olarak bilinir. Geri beslemeli kontrolde problem, yüksek mertebeli sistemlerde bulunan bir çok durum değişkeninin geri beslenmesi için bir çok algılayıcıya (dönüştürücüye) ihtiyaç duyulmasıdır. Geri beslemeli kontrolörün gerçekleşmesi pahalı ve pratikte uygulanamaz olabilir. Düşük mertebeli sistemler için bile; bir çok durum değişkenleri doğrudan erişilebilir değildir. Çıkış değişkeninden ölçüm ile durum değişkenlerinin saptanması için gözlemleyici veya kestirimci gerekli olabilir.

Şekil 1.3 a,b'de gösterilen kompanzasyon şemaları, bir kontrolörlü sistemlerdir. Bir kontrolörlü sistemlerin dezavantajı gerçekleştirilebilen davranış kriterlerinin sınırlı olmasıdır. Örneğin sistem belli bir göreceli kararlılığa ulaşmak için tasarlanacaksa, parametre değişimlerine karşı duyarlılığı zayıf olabilir ya da karakteristik denklemin kökleri belli bir göreceli sönümü sağlamak için seçilmişse birim basamak girişe karşı maksimum aşım, kapalı çevrim transfer fonksiyonun sıfırlarına bağlı olarak çok büyük olabilir.

Şekil 1.3 c iki kontrolörlü sistemi gösterir. Şekil 1.3 c'de $G_{cf}(s)$ ileri besleme kontrolörü ileri yol ile paralel yerleştirilmiştir. İleri beslemeli kompanzasyonun üstünlüğü; $G_{cf}(s)$ kapalı çevrimin içinde değildir. Böylece özgün sistemin karakteristik denkleminin köklerine etki etmez. $G_{cf}(s)$ 'in kutup ve sıfırları kontrol edilen kapalı çevrim sisteminin transfer fonksiyonun kutup ve sıfırlarını iptal etmek veya kutup ve sıfır eklemek için kullanılır.

Yukarıda bahsedilen kompanzasyon çeşitlerinin içinde en çok kullanılanı, prosese uygulanan işaretin türev, integral ve oransal kombinasyonundan oluşan bir işaret uygulayan PID kontrolördür. Kolay gerçekleştirilebilir ve zaman tanım bölgesinde kolay görüntülenebilir olduğundan, PID kontrolör daha çok zaman tanım bölgesi yöntemleri ile tasarlanırlar.

1.7 Tasarımda Ana Prensipler

Kontrolör yapısı seçildikten sonra, tasarımcı istenen özellikleri sağlayacak kontrolör tipini seçmelidir. Bir kontrol sistem tasarımında bir çok çözüm bulunabilir. Pratikte tasarım özelliklerini sağlayan en basit kontrolör seçilir. Kontrolör ne kadar kompleks olursa, o kadar pahalı, az güvenilir ve tasarımı daha zor olur. Belli bir uygulama için belli bir kontrolör

seçmek geçmişteki deneyimlere göre bazen de sezgisel olarak mümkün olabilir. Tasarım işinde yeni olanlar en uygun çözümü bulmakta zorlanırlar.

Kontrolör seçildikten sonra, sıra kontrolör parametre değerlerini seçmeye gelir. Bu parametreler kontrolörün transfer fonksiyonunun katsayılarıdır. Temel tasarım yaklaşımı şudur; ayrı ayrı parametrelerin tasarım özelliklerine ve sistem davranışına nasıl bir etkisinin olduğu tayin edilir. Bu bilgiyi temel alarak tüm tasarım özelliklerini karşılayacak şekilde parametre seçimi yapılır.

Kontrolör parametreleri genellikle birbirini etkiler ve tasarım şartlarına karşıt yönde etkide bulunur. Örneğin bir parametre ile maksimum aşım şartı sağlanırsa, yükselme zamanını düzeltmek için başka bir parametrenin ayarlanması ile maksimum aşım şartı bozulabilir. Tasarım şartları ne kadar fazla ise kontrolör parametresi o kadar çoğalır ve o kadar kompleks tasarım prosesi meydana gelir.

Zaman ya da frekans tanım bölgesinde tasarım yaparken temel tasarım kural ve yöntemlerini ele almak önemlidir. Zaman tanım bölgesinde tasarım s-düzleminde ve köklerin yer eğrisine dayanarak yapılır. Frekans tanım bölgesinde ise kapalı çevrim transfer fonksiyonunun kazanç ve fazının hesaplanması temel alınır. Tasarım için kılavuz olan zaman ve frekans tanım bölgesi kriterlerinden aşağıda sadece zaman tanım bölgesi davranışı incelenecektir.

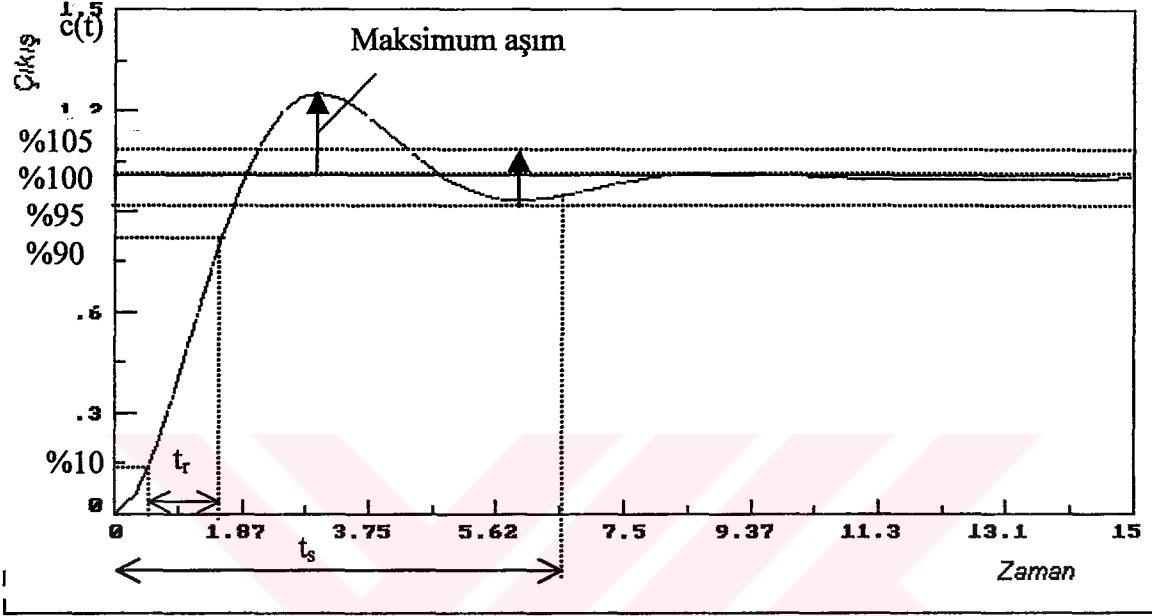
1.7.1 Zaman tanım bölgesi davranışı :

Zaman tanım bölgesi davranışı, birim basamak cevaba karşı incelenir. Bir ikinci mertebeden birim geri beslemeli bir sistemin zaman tanım bölgesi cevabının tipik bir şekli aşağıda verilmiştir.

$$c(t) = 1 - \frac{1}{(1 - \zeta^2)} e^{-\zeta \omega_n t} \sin \left(\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} t + \cos^{-1} \zeta \right) \quad (1.1)$$

Bir otomatik kontrol sisteminde basamak şeklinde bir giriş uygulandığı takdirde ortalama çıkışın nihai değerinin yarısına erişinceye kadar geçen zamana gecikme zamanı (T_d) denir. Birim basamak giriş cevap eğrisinin %10 ile %90'ı arasındaki zamana yükselme zamanı (T_r) denir. Birim basamak giriş cevap eğrisinin son değerinin %x bölgesine, bundan sonra değişimi bu bölge içerisinde kalmak koşulu ile ilk girdiği ana kadar geçen zamana yerleşme zamanı (T_s) denir. Genelde $x = \% 5$ yada $\% 2$ seçilir. Birim basamak giriş cevap eğrisinin

maksimum değeri ile son değeri farkının son değere oranının yüzdesine aşım denir. Sisteme herhangi bir giriş uygulandıktan sonra meydana gelen geçici hal söner ve geriye kararlı hal hataları kalır, sisteme genellikle basamak, rampa ve parabolik test fonksiyonları uygulanır. Sönüm oranı (ζ), kararlı sistemler için $0 < \zeta < 1$ arasındadır, ζ küçüldükçe aşım artar. (Ülgür, 1987)



Şekil 1.4 Zaman tanım bölgesi birim basamak cevap eğrisi

1.7.2 Zaman ve frekans tanım bölgesi kriterleri :

Genel olarak zaman ve frekans tanım bölgesi kriterleri özetlenirse aşağıdaki kısa açıklayıcı bilgiler ortaya çıkar.

- Kapalı çevrim transfer fonksiyonunun karmaşık eşlenik kutupları basamak cevabın sönümsüz olmasına yol açar. Eğer sistem kutupları gerçel ise basamak cevabı sönümlüdür. Ancak kapalı çevrim transfer fonksiyonunun sıfırları, sistem sönümlü olsa dahi aşım neden olabilir.
- S-düzleminde sifıra en yakın olan kutuplar sistem cevabında baskın olurlar, sistem çabuk cevap verir ve bant genişliği büyüktür. Diğer orjine uzak kutupların etkileri hemen geçici cevapta kaybolduğundan etkileri az olur.
- Transfer fonksiyonunun birbirine çok yakın sıfır ve kutupların sistem yanıtına etkisi çok küçük olur.
- Zaman ve frekans tanım bölgesi kriterleri birbirleri ile ilişkilidir. Yükselme zamanı ile bant genişliği ters orantılıdır.

BÖLÜM 2

PID KONTROLÖR

2.1 ANALOG PID KONTROLÖR

Kontrolör tasarımı gerçeğeştirmeden önce düzeneğimizden isteyeceğimiz şartları belirtmemiz gerekir. Bunlar;

Birim basamak girişinde karalı hal hatası : $\leq \% 3$

Aşım miktarı (%) : $\leq \% 5$

Yerleşme zamanı (Ts) : ≤ 80 sn.

şeklinde olabilir.

PID kontrolör geri beslemeli kontrol sistemlerinde en çok kullanılan ve uygulamada en iyi bilinen kontrolördür. Bu kontrolörün transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi verilir ;

$$G_c(s) = K_p + K_d s + \frac{K_i}{s}$$

Burada K_p , K_d , ve K_i gerçek sabitlerdir. Kontrolör dizayn problemi, yukarıda yazılan sistem isteklerini gerçeğeştirecek şekilde bu üç sabitin değerlerini tespit etmekle çözülür.

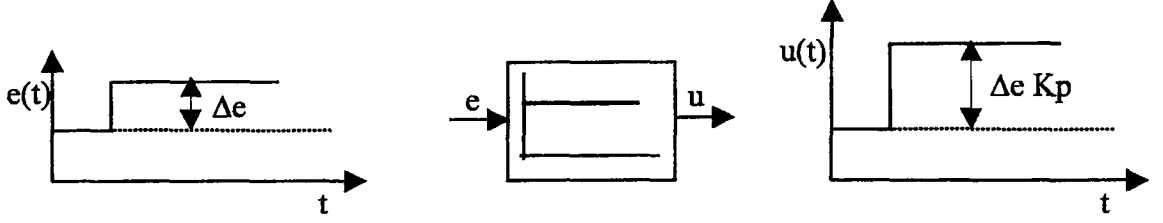
PID kontrolör oransal, integral ve türev elemanlarının toplamından oluşur. Her üç kısım kullanabileceği gibi sadece bir ya da iki kısmında kullanılması yeterli olabilir. Bu şekilde P, I, PI, PD, PID kontrolör olarak ayırabiliriz. Kontrolörlere toplayıcı, çıkarıcı, yükseltici, zayıflatıcı, türev ve integral alıcı gibi elemanlar ilave edilebilir. Tasarımcı, hangi elemanların hangi oranda kullanmak gerektiğini ve nasıl bağlanması uygun olduğunu tasarlamalıdır. PID kontrolörün türev ve integral kısmının sisteme ayrı ayrı etkileri vardır (C. Kuo, 1995)

2.1.1 Oransal Kontrolör

K sabit kazançlı kontrol sistemleri kontrol çıkışındaki işaret, girişindeki işarete sabit bir oran ile bağlantılı olduğundan oransal kontrol olarak bilinir. Lineer olmayan sistemlere birim basamak giriş uygulandığında çıkış sabit bir yere yaklaşırsa sistem kararlı kabul edilir ve sistem K_p ile kontrol edilebilir, K_p arttıkça cevap hızı artar, fakat geri beslemeli sistem kararsız hale gelebilir. Oransal kontrolde çıkış hiçbir zaman istenen seviyeye ulaşmaz, kararlı hal hatası oluşur. Kontrol elemanının %100 çıkış vermesi için gerekli olan hatadaki %

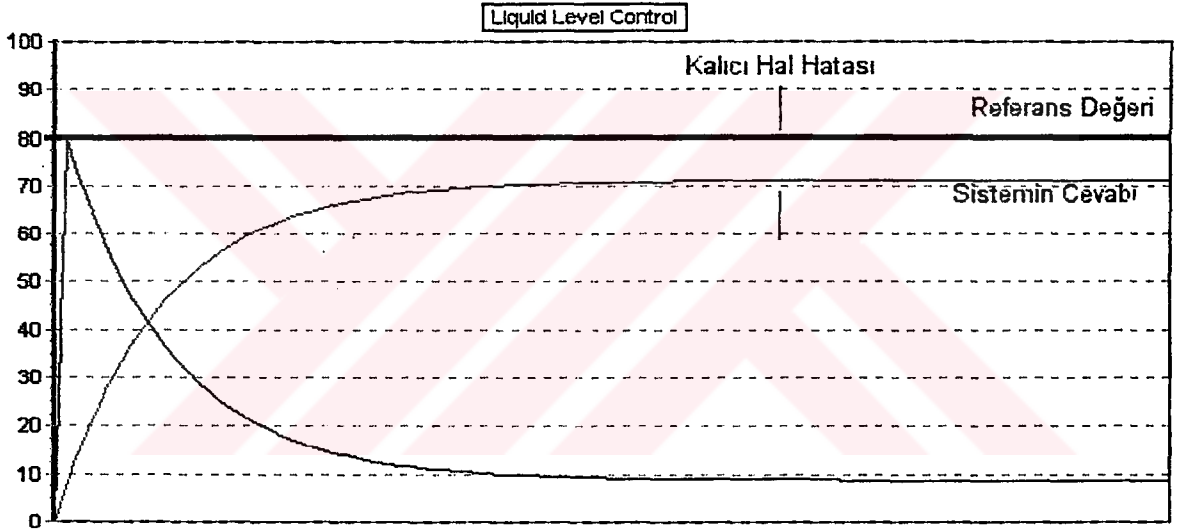
değişim oransal bant olarak tanımlanır. Oransal bandı küçültmek, kontrol sistem kazancını artırmak anlamına gelmektedir. (Chi-Tsong, 1993)

$$u(t)=K_p e(t) \quad \text{veya} \quad U(s)=K_p E(s) \quad K_p=100 / \% \text{ oransal bant} \quad (2.1)$$



Şekil 2.1 Oransal kontrolörün birim basamak cevabı ve blok diyagramı

P kontrolörün en büyük dezavantajlarından biri sistemin bir kararlı hal hatasına sahip olmasıdır. Bu durum Şekil 2.2’de görülmektedir.

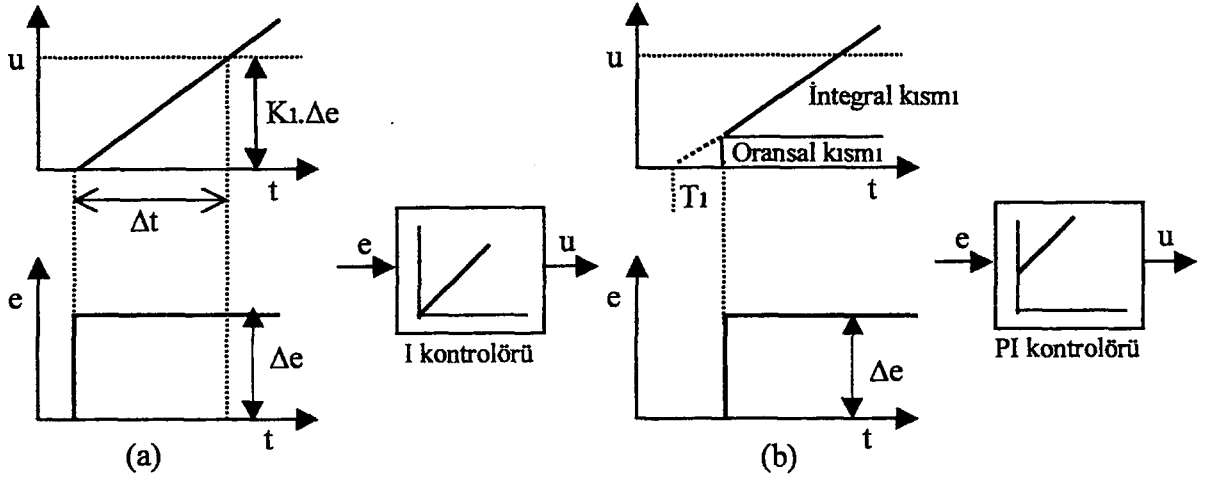


Şekil 2.2 Kp kontrolörlü bir sistemin kalıcı hal hatası

2.1.2 PI Kontrolör

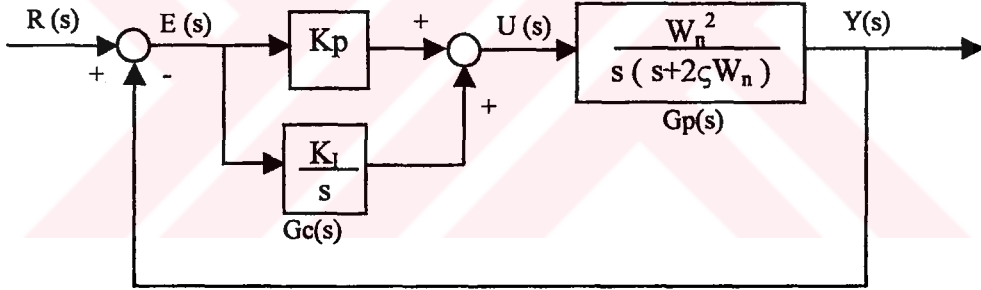
Oransal kontrolde kararlı hal hatası kontrol işaretinin değişmediği denge noktasına erişince oluşur. Kontrolör eğer hata sıfır olmadığı sürece bir artan işaret üretirse, kararlı hal hatası giderilebilir. Bu integral kontrolörün prensibidir. İntegral kontrolör sistemin tipini 1 derece artırır, fakat geçici cevabı iyileştirecek yönde etkilemez. Bu nedenle oransal kontrolör ile beraber kullanılması yararlı olur. PID kontrolörün integral kısmı kontrol girişinin zamana göre integrali ile orantılı işaret üretir. Şekil 2.3 PI kontrolörlü ikinci mertebeden bir sistemi gösterir. PI kontrolörün transfer fonksiyonu ise aşağıdaki gibidir. (C. Kuo, 1995)

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_I}{s} = \frac{K_p(s + K_I / K_p)}{s} \quad (2.2)$$



Şekil 2.3 I ve PI kontrolörlerin birim basamak cevabı ve blok diyagramı

T_I , integral teriminin oransal terime ulaşması için gereken zaman olarak tanımlanır. Oransal kazanç integral terimi kullanıldığında azaltılmalıdır. İntegral terimi kararlı hal hatasına hemen etkilemez, fakat salınımlar yaparak hatayı sıfıra indirir.



Şekil 2.4 PI kontrolörlü kontrol sistemi

Şekil 2.4'te verilen PI kontrolörlü sistemde açık çevrim transfer fonksiyonu;

$$G(s) = G_c(s).G_p(s) = \frac{W_n^2 (K_p s + K_I)}{s^2 (s + 2\zeta W_n)} \quad (2.3)$$

şeklinde. PI kontrolörü ileri yönlü transfer fonksiyonuna $s = K_I / K_p$ 'de bir sıfır, $s=0$ 'da bir kutup ekler. Böylece sistem tipi bir artar. Özgün sistemin kararlı hal hatası bir derece düzelir. Örneğin, bir giriş için e_{ss} sabit ise PI kontrolör kullanıldığında kararlı hal hatasını sıfıra düşürür. Denklem 2.3'te transfer fonksiyonu verilen sistemde rampa giriş için $e_{ss} = 0$ olur, fakat sistem üçüncü mertebeden olduğundan özgün ikinci mertebeden sisteme göre kararlılığı daha azdır ve K_p , K_I değerleri uygun seçilmezse kararsız hale gelir.

PI kontrollü birinci mertebeden sistemlerde K_p değeri önemlidir, çünkü K_v rampa hatası sabiti, doğrudan K_p ile orantılıdır. Rampa girişi uygulandığında kararlı hal hatasının genliği K_p ile ters orantılı olur. Diğer taraftan K_p çok büyük seçilirse sistem kararsız olabilir. Benzer şekilde sıfır tipi sistemlerde, basamak girişe ait kararlı hal hatası, K_p ile ters orantılıdır. PI kontrolör ile bir tipi sistem, iki tipi sisteme dönüştürüldüğünde; K_p kararlı hal hatasına etki etmez, rampa giriş için kararlı hal hatası hep sıfır olur. Bundan sonra yapılacak işlem, geçici cevabın istenen gibi olması için K_p ve K_i 'ya uygun değerler vermektir.

PI kontrolörün zaman-tanım bölgesinde incelenmesi:

$G_c(s)$ 'in sıfırın yeri uygun seçildiğinde kararlı hal hatasının yanı sıra sönümü de iyileştirilebilir. PI kontrolörler alçak geçiren filtreler olduklarından kompanze edilmiş sistem daha uzun yükselme ve yerleşme zamanına sahiptir. PI kontrolörün tasarım yöntemi; $s=K_i/K_p$ sıfırını diğer baskın kutuplardan uzak ve orijine çok yakın seçmektir. PI kontrolör tasarımında $s=K_i/K_p$ sıfırı $G(s)$ 'in en yakın kutbuna (sistemin etkili kutbuna) göre çok daha küçük seçilmelidir. Böylece köklerin yer eğrisinde orijinin yakınlarında küçük bir daire oluşur, fakat genel şekli kompanze edilmemiş sisteme çok benzer, böylece kontrol edilen sistemin karakteristik denklem köklerinin yeri fazla değiştirilmeden kriterlerinin uygulanmasını sağlar. Kararlı hal hatası kriterini sağlayacak şekilde K_i parametresi saptanır ve istenen sönüm oranını (ζ) veren K_p seçilir. K_i/K_p sıfıra çok yakın olduğundan transfer fonksiyonunda ihmal edilebilir. Yükselme ve yerleşme zamanını minimum yapmak için K_p baskın kutuplar karmaşık-eşlenik olacak şekilde seçilir.

Yukarıdaki açıklamaların ışığında uygun seçilmiş PI kontrolörünün üstünlük ve sakıncalarını şöyle özetleyebiliriz; maksimum aşımı azaltır, sönümü iyileştirir.

2.1.3 PD Kontrolör

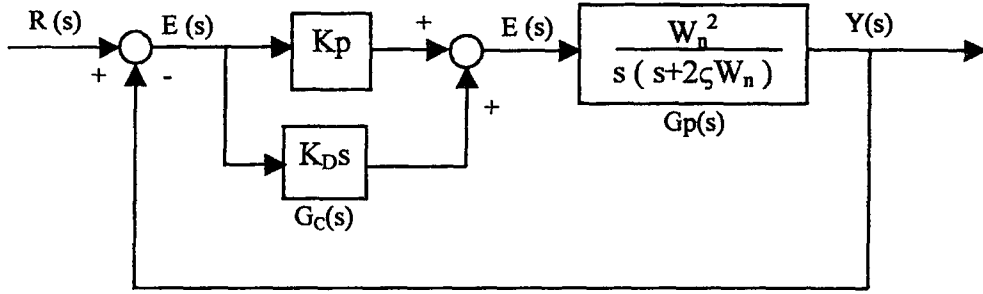
Kontrolörün İntegral kısmı, hata kalmadığı halde bile kontrol işareti üretmeye devam eder, bunun sonucu olarak sistemde salınımlar oluşur. Salınımların önüne geçmek için kontrolöre hatanın sıfıra yaklaştığı iletilmelidir. Bu durum, hatanın türevi alınarak yapılabilir. Türev ancak oransal kontrolörle beraber kullanılabilir. Şekil 2.5 ikinci mertebeden bir sistemin $G_p(s)$, geri beslemeli kontrol sistemini göstermektedir. Seri kontrolör $G_c(s)$ ise PD kontrolörüdür. (C. Kuo, 1995)

$$G_P(s) = \frac{W_n^2 (K_P s + K_I)}{s^2 (s + 2\zeta W_n)} \quad (2.4)$$

$$G_C(s) = K_P + K_D s = K_D (s + K_P / K_D) \quad (2.5)$$

Prosesse uygulanan kontrol işareti;

$$u(t) = K_P e(t) + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2.6)$$



Şekil 2.5 PD kontrolörlü kontrol sistemi

Sitemin açık çevrim transfer fonksiyonu;

$$G_P(s) = \frac{Y(s)}{E(s)} = G_C(s) \cdot G_P(s) = \frac{W_n^2 (K_P + K_D s)}{s (s + 2\zeta W_n)} \quad (2.7)$$

PD kontrolör zaman-tanım bölgesinde düşünülürse;

$de(t)/dt$, $e(t)$ hata işaretinin eğimini ifade ettiğinden, **aslında sezgisel bir kontroldür**. Eğimi bilmesi nedeniyle kontrolör hata yönünü sezer ve sistemi daha kolay kontrol etme olanağına erişir.

Daha öncede belirtildiği gibi PD kontrolör, sistemin geçici haline etki eder, karalı hale etkisi yoktur. Bir PD kontrolör tasarlamak için $K_I = 0$ yapılırsa ; denklem (2.5) elde edilir. PD kontrolör sistemde $s = -K_P/K_D$ 'de bir sıfır ilave etmektedir. Böylece kökün yerine bağlı olarak sistemin geçici hal karakteristikleri değişir. K_P ve K_D değerleri istenen aşım miktarı ve yerleşme zamanını gerçekleştirecek şekilde, köklerin yer eğrisinden yararlanılarak deneme yanılma metodu ile bulunur.

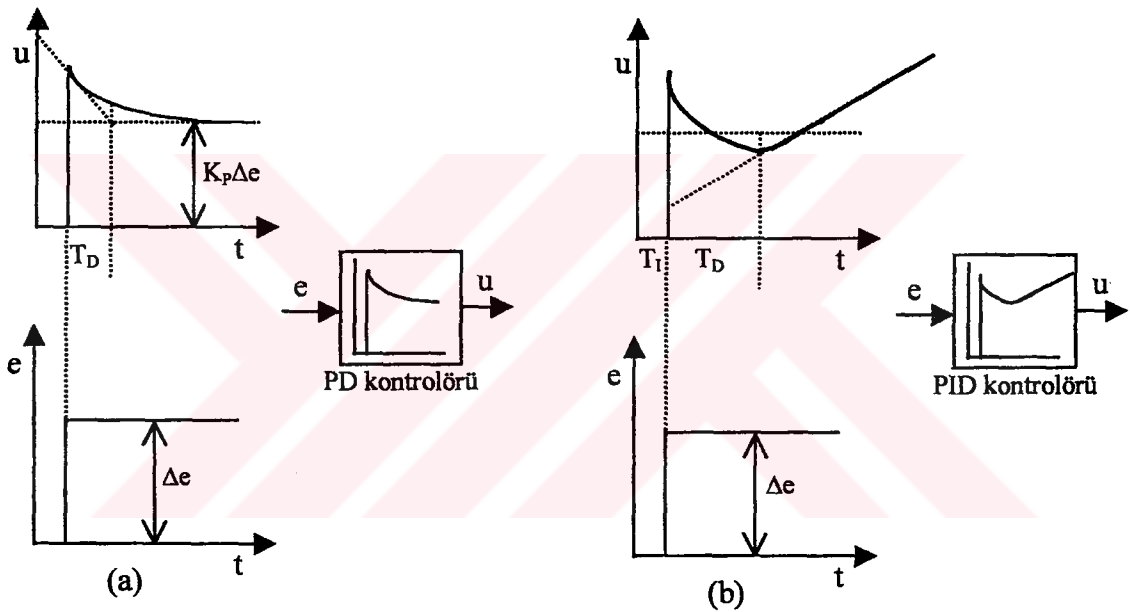
Lineer sistemlerde basamak cevaba ilişkin $e(t)$ ya da $y(t)$ 'nin eğimi büyük olursa yüksek aşım oluşur. Türevsel kontrol $e(t)$ 'nin ani eğimini ölçer, yüksek bir aşım olacağını tahmin eder ve aşırı aşım meydana gelmeden önce uygun bir düzeltme gayretinde bulunur.

PD kontrolör kararlı hal hatası zamanla değişiyorsa sistemin hatasına etkide bulunur, eğer kararlı hal hatası zamanda sabit ise $de(t)/dt=0$ olur ve kontrolörün türevsel kısmı sisteme herhangi bir girişte bulunmaz. Denklem (2.7)'den de görüleceği üzere bu kontrolör, sistem tipini değiştirmez, ancak geçici hal hatasını düzenler.

Şekil 2.6’da PD ve PID kontrolörlerin birim basamak cevabı verilmiştir. T_1 teorik olarak sıfır kabul edilmesine rağmen kontrolörün performansına göre değişir. PD ve PID kontrolör çıkışları;

$$u(t) = K_P.e + K_D.de/dt,$$

$$u(t) = K_P.e + K_D.de/dt + K_I \int e.dt \text{ şeklindedir.}$$



Şekil 2.6 PD ve PID kontrolörleri birim basamak cevabı ve blok diyagramı

2.1.4 PID Kontrolör

Endüstride en çok kullanılan kontrolör biçimi olan PID oransal-integral-türev (proportional-integral-derivative) aynı zamanda da üç parametrelili (three-therm) kontrolör ya da proses kontrolör olarak da anılır. Bu kontrolörün transfer fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

Kontrolör, bir oransal, bir integral ve son olarak da bir türev katsayısına sahiptir. Aşağıdaki denklemler, kontrolörün domainindeki denklemleri şöyle olur:

$$U(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.9)$$

PID kontrolör daha önce anlatılan P, PI ve PD kontrolörlerinin tüm özelliklerini üzerinde bulundurur. Bu sebeple bu kontrolörler için anlatılan tüm özelliklerin birleştirildiği kontrolördür.

Genel olarak PID kontrolör tasarımı, kontrolörü PI ve PD şeklinde 2 kısma ayırarak yapılır. Bu metod şu aşamalarla gerçekleştirilir:

- Bir PID kontrolörün birbirine kaskat bağlı PI ve PD kısımlarından oluştuğu düşünülür.
- Kontrolörün PI kısmı istenilen kararlı hal hatasını gerçekleştirecek şekilde tasarlanır. PI kontrolör sisteme $s=0$ 'da bir kutup ilave ettiği için sistem 1 derece yükseltilir. Bu durumda aşım miktarı ile ilgilenilmez.
- Kontrolörün PD kısmı ise istenilen maksimum aşım miktarını gerçekleştirecek şekilde dizayn edilir.
- K_p , K_d , K_i değerleri yerine konularak PID kontrolör gerçekleştirilir.

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s = (1 + K_{D1}s) \left(K_{P2} + \frac{K_{I2}}{s} \right) \quad (2.10)$$

$$K_p = K_{P2} + K_{D1}K_{I2} \quad (2.11)$$

$$K_D = K_{D1}K_{P2} \quad (2.12)$$

$$K_I = K_{I2} \quad (2.13)$$

PD kısmının oransal sabiti '1' seçilmiştir. Tasarımda ilk olarak sadece PD kontrolörün etki ettiği düşünülür. İstenen görelî kararlılığa ulaşmak için K_{D1} değeri seçilir. K_{I2} ve K_{P2} parametreleri diğer gereksinimleri karşılamak üzere seçilir.

2.1.5 Ziegler – Nichols Kuralları

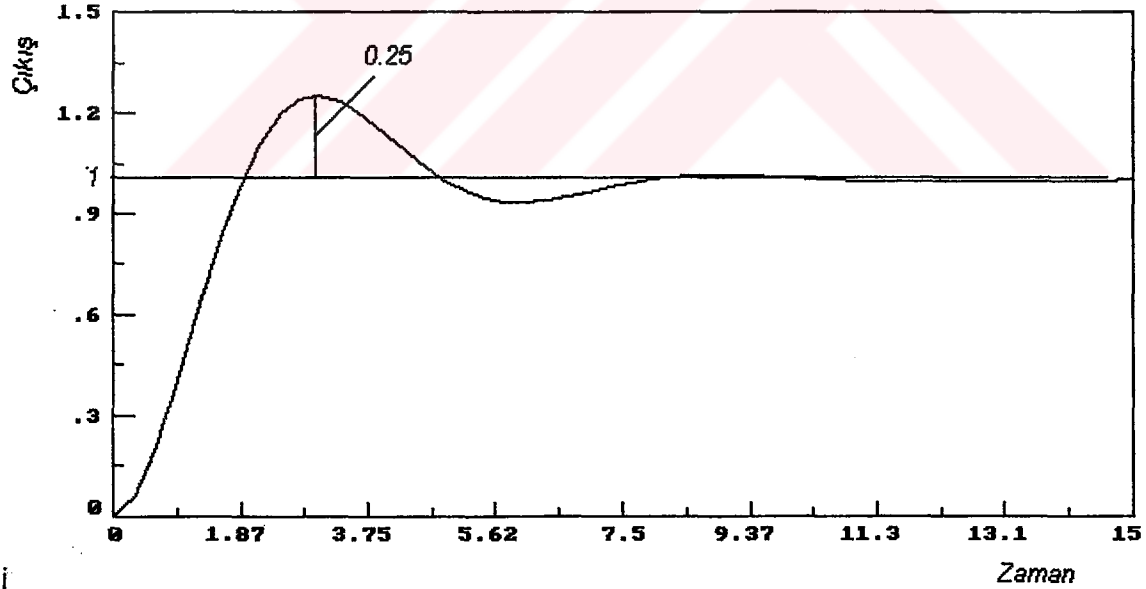
Bazı sistemlerde transfer fonksiyon modelini saptamadaki zorluk, optimum kontrolör kazanç değerlerini hesaplamamanın deneysel yolunu bulmaya itmiştir.

Zigler ve Nichols, sistemlerin geçici rejim yanıt karakteristiğine göre, oransal kazanç K_p , integral zamanı T_i ve türev zamanı T_d 'nin hesaplanabilmesini önermektedirler. Bu yöntem, matematiksel modeli bilinmeyen sistemlerde, kontrolör tasarımı büyük kolaylık sağlamaktadır. PID katsayılarının hesaplanabilmesi sistem üzerinde bir takım deneylerin yapılmasıyla mümkündür. En çok kullanılan yöntem olan bu Ziegler-Nichols yöntemi, iki ayrı yöntemden oluşmaktadır. İlk yöntem sistemin açık çevrim basamak cevabına; ikinci yöntem ise kontrolör ile sistemin deneysel olarak incelenmesi ve sonuçlarına ihtiyaç duyar. Sistemin modeli geliştirilse dahi bu yöntemi kullanmak oldukça yararlıdır.

Ziegler-Nichols, her iki yöntemde de, sistemin birim basamak giriş cevabında %25 maksimum aşımın izin vermektedir. Şekil 2.7' de bir sistemin birim basamak giriş cevabı görülmektedir. Buna "Çeyrek Söndürme Kriteri" de denir.

Uygulanan kriter,

$$J = \int_0^{\infty} |e(t)| dt = \int_0^{\infty} |r(t) - y(t)| dt \quad \text{şeklindedir.} \quad (2.14)$$

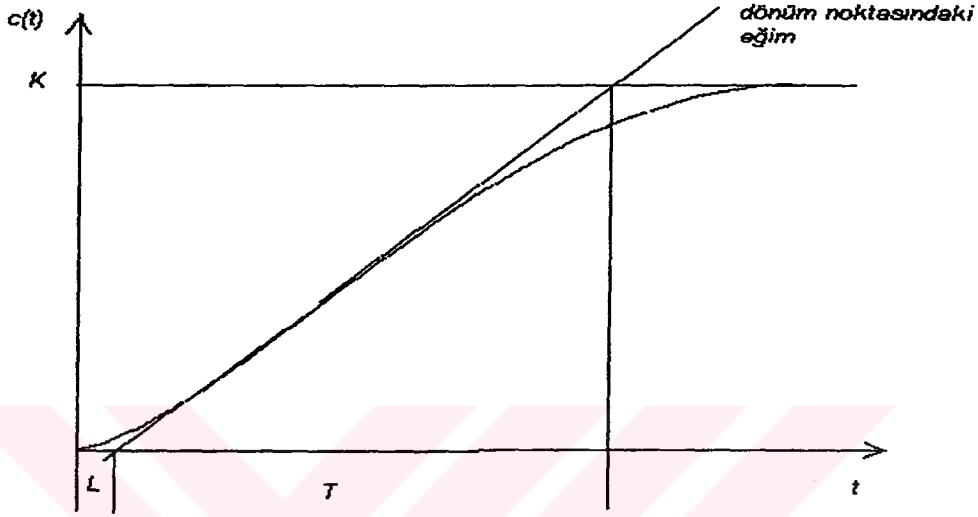


Şekil 2.7 Bir sistemin birim basamak giriş cevabı

Birinci yöntem proses yanıt yöntemidir. "Geçici-cevap metodu" olarak isimlendirilir ve açık çevrim sisteminin basamak cevabına ihtiyaç duyar. Tipik bir açık çevrim sistemin basamak cevabı Şekil 2.8' de görülmektedir.

Birinci yöntemde amacımız, sistemimizin geri beslemesiz olarak birim basamak girişe cevabını elde etmektir.

Eğer sistemimizde ne integratör ne de baskın kompleks kutup bulunmuyorsa, sistemimizin birim basamak cevabı S şeklinde bir eğridir. (Eğer elde edeceğimiz eğri S şeklinde değilse bu yöntemi uygulayamayız). Şekil 2.8’de bu eğri görülmektedir.



Şekil 2.8 Zeigler – Nichols için bir sistemin birim basamak girişe açık çevrim cevabı

Eğer sistemin birim basamak cevabı Şekil 2.8’ de görüldüğü gibi S şeklinde değil ise bu metod uygulanamaz. Bu cevaptan iki adet parametre bulunur. Bunlar; L, gecikme zamanı ve T zaman sabitidir. Bu iki parametre kullanılarak K_p , T_i ve T_d değerleri Tablo 2.1’ den bulunur. T cevap eğrisinin en yüksek eğimi, L ise bu maksimum eğimli eğrinin zaman eksenini kestiği noktadır. Gecikme ve zaman sabitleri, eğrinin dönüm noktasına teğet olacak şekilde bir doğru çizildiğinde bu doğrunun zaman eksenini kestiği ve $c(t)=K$ doğrusuna paralel olarak bulunabilir. Böylece sistemin transfer fonksiyonu yaklaşık olarak birinci dereceden olarak denklem (2.15)’de görüldüğü gibi ifade edilebilir.

Birinci ve ikinci mertebeden lineer sistemler pozitif L değeri vermezler, dolayısıyla bu yöntem uygulanamaz. Üçüncü ve daha yüksek mertebeden yeterli sönümlü lineer sistemler için Tablo 2.1’de verilen değerler kullanılabilir.

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts+1} \quad (2.15)$$

Çizelge 2.1 Ziegler-Nichols' un birinci yöntemine göre bulunan L ve T değerlerine bağlı olarak P, PI ve PID kontrolör parametrelerinin bulunması.

Kontrolör Tipi	K_p	T_i	T_d
P	T / L	∞	0
PI	$0.9 \cdot T$	$L / 0.3$	0
PID	$1.2 \cdot T / L$	$2 \cdot L$	$0.5 \cdot L$

Ziegler-Nichols'un 1. metoduna göre ayarlanmış olan PID kontrolörün transfer fonksiyonu şöyle bulunur. Denklem (2.16)'da verilen bir Analog PID kontrolörün transfer fonksiyonu:

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \quad (2.16)$$

$$G_c(s) = K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (2.17)$$

$$G(s) = 1.2 \cdot \left(\frac{T}{L} \right) \left(1 + \frac{1}{2Ls} \right) + 0.5Ls \quad (2.18)$$

$$G_c(s) = 0.6T \frac{\left(s + \frac{1}{L} \right)^2}{s} \quad (2.19)$$

olarak bulunur. Denklem (2.16)' da verilen PID kontrolörün transfer fonksiyonunu, denklem (2.19)' da verilen PID kontrolörün transfer fonksiyonu ile karşılaştırsak;

$$K_p = K_c \quad (2.20)$$

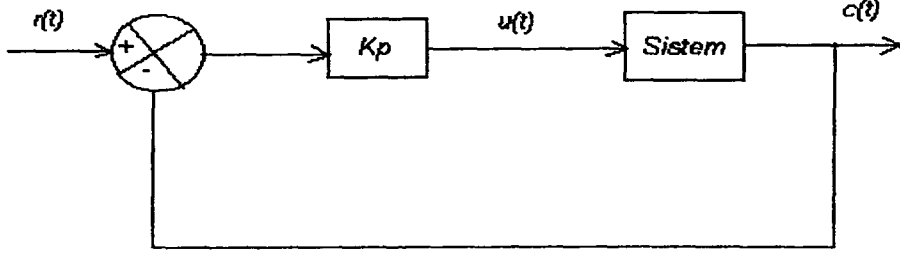
$$K_d = K_c \cdot T_d \quad (2.21)$$

$$K_i = K_c / T_i \quad (2.22)$$

olduğunu görürüz. Burada K_c oransal kazanç, T_i integral (reset) zamanı, T_d türev zamanı olarak adlandırılır.

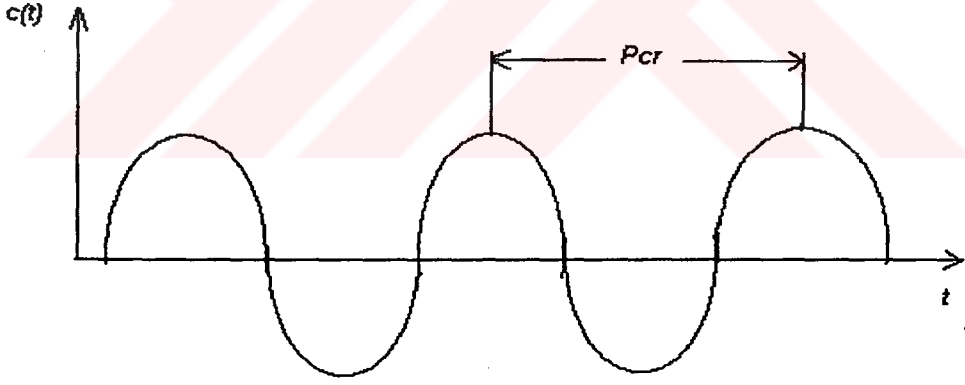
İkinci yöntem, kapalı çevrim (ultimate cycle) yöntemidir. Kontrolörlü proseslere uygulanır. Oransal kontrolör hariç tüm kontrol tipleri sıfırlanır ve oransal kazanç en düşükten başlayarak sistem sönümsüz osilasyon yapana kadar artırılır, elde edilen kazanç K_{cr} , periyoda P_{cr} denilirse, Çizelge 2.2'de bu parametrelere göre Ziegler- Nichols tavsiyeleri verilmiştir.

Oransal kazanç PI kontrolörde P kontrolördekinden az, PID kontrolde çok seçilmiştir. Çünkü kontrolörün integral kısmı sistemin tipini artırır ve kararsızlığa sürükleyebilir, bu nedenle düşük kazanç gereklidir. Öte yandan kontrolörün türev kısmı sistemi kararlılığa götürdüğünden kazanç büyük seçilebilir. Bu seçimlerden sonra mutlaka ince ayar yapılmalıdır.



Şekil 2.9 Bir sistemin kapalı çevrim blok diyagramı

Bu yöntemde K_p sıfırdan itibaren K_{cr} 'ye kadar artırılır. (K_{cr} , sistem çıkışının osilasyona başladığı ilk K_p değeridir). Eğer sistem çıkış hiçbir K_p değerinde osilasyon yapmıyorsa bu yöntem uygulanamaz. Sistemin çıkışının Şekil 2.10'daki gibi bir osilasyon yaptığını var sayalım.



Şekil 2.10 Osilasyon yapan bir sistemin cevabı

Bu durumda PID katsayıları aşağıdaki çizelgeye göre hesaplanır:

Çizelge 2.2 Ziegler-Nichols' un ikinci yöntemine göre bulunan kontrolör parametreleri

Kontrolör Tipi	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 \cdot K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45 \cdot K_{cr}$	$P_{cr} / 1.2$	0
PID	$0.6 \cdot K_{cr}$	$0.5 \cdot P_{cr}$	$0.125 \cdot P_{cr}$

Ziegler-Nichols'un 2. metoduna göre ayarlanmış olan PID kontrolörün transfer fonksiyonu ise şöyle bulunur ;

(2.17)' deki denkleme göre;

$$G_c(s) = K_c \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right)$$

Buna göre Çizelge 2.2' den alınan parametreler yerine konursa;

$$G_c(s) = 0.6 K_{cr} \left(1 + \frac{1}{(0.5 * P_{cr} s)} \right) + (0.125 * P_{cr} s) \quad (2.23)$$

$$G_c(s) = (0.075 * K_{cr} * P_{cr}) \frac{\left(s + \frac{4}{P_{cr}} \right)^2}{s} \quad (2.24)$$

olur.

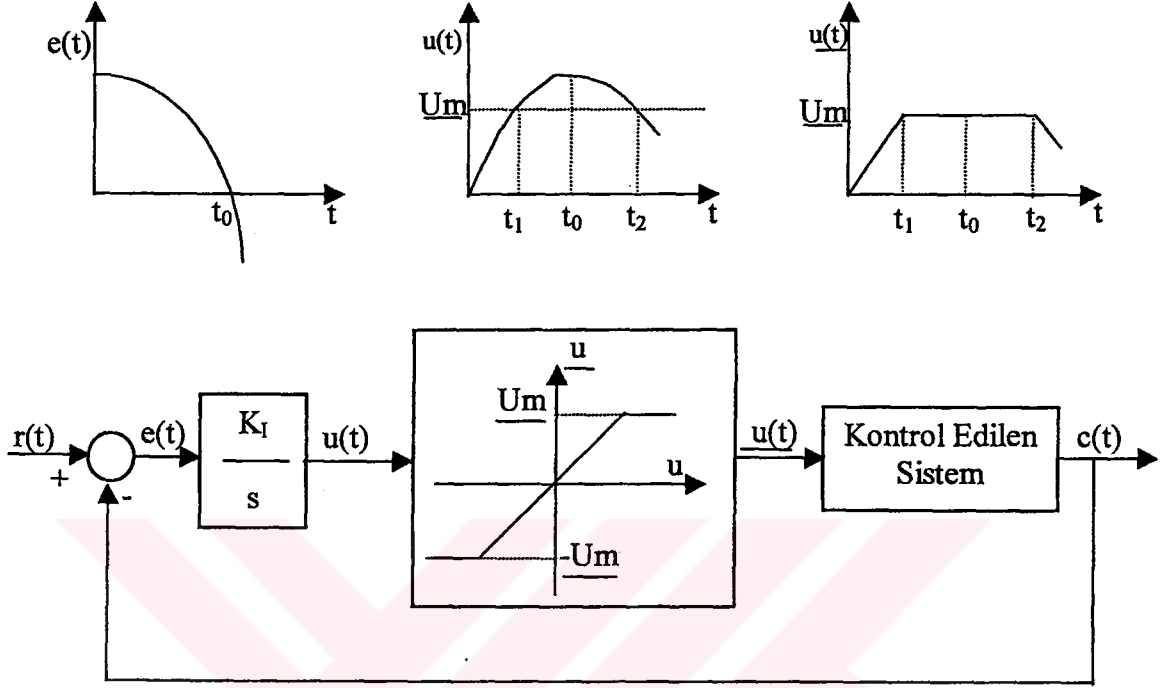
2.1.6 İntegral Yığılması

İntegral kontrol giriş işaretinin integralini alır. $u(t) = K_I \int e(t) dt$. Birçok hareketli sistem ve sürücü elemanda doyum bulunur. Örneğin Şekil 2.11' deki gibi u_m doyumlu valf ve integral kontrollü bir sistemin bulunduğunu ve $e(t)$ hata işaretinin de şekildeki gibi olduğunu varsayalım. İlgili kontrolör çıkışı ve valf çıkışı şekilde gösterilmiştir. (Chi Tsong, 1993)

İdealde, $e(t)$ hata t_0 anında pozitiften negatife geçtiğinde aynı etkinin yine t_0 anında $u(t)$ 'de de belirmesi gerekir. Fakat integrasyon nedeniyle, $u(t) t=t_0$ anında u_m değerinin üstündedir ve u_m değerine ulaşması $t=t_2$ anında olur. Bu nedenle, hatanın $u(t)$ 'deki etkisi ancak t_2-t_0 kadar bir gecikmeden sonra t_2 anında belirir. Sonuç olarak integrasyondan dolayı $u(t)$ işareti doyma seviyesinin üzerine çıkar ve $u(t)$ 'ye etki etmesi içinde bu seviyenin altına inmesi gerekir. $e(t)$ hatası, işaret değiştirmedeği sürece $u(t)$ artmaya devam ettiğinden $c(t)$ kontrol edilen büyüklüğün cevap eğrisinde büyük aşımalar oluşur.

Eğer $e(t)$ hatası küçük ve hemen sıfıra yaklaşıyorsa, integral yığılması oluşmayabilir. İntegral yığılmasının geri beslemeli sistemde oluşması istenmez. Bunu önlemenin bir yolu; $u(t)$ doymaya başladığında integral alıcıyı devreden çıkarmaktır.

Bilgisayarda ve kontrolde bu sistem yazılım ile sağlanır. İntegral alıcının çıkışı doyma seviyesine ulaştığında devreden çıkarılır, böylece $u(t)$ doyma seviyesinin üstüne çıkmayacaktır. Dolayısıyla t_0 anındaki hata işareti değişimi anında $u(t)$ 'ye etki etmesi sağlanmış ve integral yığılması önlenmiş olur.



Şekil 2.11 U_m doyumlu valf ve integral kontrollü sistemde valf ve kontrolör çıkışı (İntegral yığılması)

2.2 DIGITAL PID KONTROLÖR

Dijital kontrol sistem tasarımı sürekli kontrol sistem tasarımı ile prensipte benzerdir. Kontrol edilen sistem genelde aynıdır, sadece kontrolör örneklenmiş prosese ya da dijital bilgiye göre tasarlanır. Bu durumda da sürekli kontrol sisteminde olduğu gibi zaman ve tanım frekans bölgesinde inceleme yapılabilir. S - tanım bölgesindeki tasarım kriterleri z - tanım bölgesine uyarlanabilir. Tasarım bilgisayar programları ile en az sına ile gerçekleştirilebilir.

(C.Kuo,1995)

Bugün parametre seçimi ya da kontrolör gerçekleştirilmesi sadece yazılım ile oluşturulan dijital kontrolörlerin kullanımı yaygın hale gelmiştir. Dijital kontrol dinamiği z - transfer fonksiyonu ya da fark denklemleri ile tanımlanabilir. Sürekli sistemlerde PID kontrolörleri (2.10) denklemi ile ifade edilir. K_p oransal elemanı, K_p sabit kazanç olarak dijitale çevrilir. Dijital bilgisayar ve işlemciler sonlu kelime uzunluğuna sahip olduklarından K_p sonsuz değerini alamaz. (C.Kuo,1995)

$f(t)$ fonksiyonunun $t=kT$ anında zamana göre türevi, geri dikdörtgen fark kuralı ile, $t=kT$ ve $t=(k-1)T$ zamanında ölçülen değerleri kullanılarak;

$$Z\left[\frac{df(t)}{dt}\right]_{t=kT} = \frac{1}{T}(1-z^{-1})F(z) = \frac{z-1}{Tz}F(z) \quad (2.25)$$

şekilde yazılabilir. Buna göre dijital türev alıcının z - transfer fonksiyonunu;

$$G_D(z) = K_D \frac{z-1}{Tz} \quad (2.26)$$

şeklinde. K_D türev kontrolörünün oransal sabitini ifade eder. z yerine e^{sT} yerleştirilirse örnekleme periyodu sıfıra yaklaşırken $G_D(z)$ 'in sürekli türevsel kontrol transfer fonksiyonu olan K_D 'e yaklaştığı görülebilir. Örnekleme periyodunun seçimi çok önemlidir. Sürekli bilgi dijital bilgiye çevrilirken çok bilgi kaybı olmayacak şekilde T değeri yeteri kadar küçük seçilmelidir. Örnekleme zamanının oldukça küçük seçilmesi sistem davranışı bakımından mükemmeldir, fakat bu durum da dijital bilgisayarın işlem sayısı artar, daha iyi donanıma sahip olması gerekebilir. Bu yüzden optimum örnekleme zamanı belirlenmelidir.

İntegral kontrolörün dijitale dönüştürecek birkaç sayısal integrasyon kuralı vardır. Bunlar; **yamuk, ileri ve geri dikdörtgen integrasyonudur**. Uygulamada integral işlemi için yamuk yaklaşımı daha yaygın kullanılır. Bu yaklaşımda iki örnekleme anındaki okunan hata değerlerinin ortalaması kullanılır. Aşağıda yamuk yaklaşımı ile elde edilen sayısal integrasyon transfer fonksiyonu denklem (2.27)'de verilmiştir.

$$G_I(z) = K_I \frac{U(z)}{F(z)} = \frac{K_I T(z+1)}{2(z-1)} \quad (2.27)$$

Yukarıda değinilen oransal, türevsel ve integral işlemleri birleştirilerek dijital PID kontrolör modellenenebilir, transfer fonksiyonu yamuk, integrasyonu için verilmiştir. (2.28)

$$G_C(z) = \frac{(K_P + T * K_I / 2 + K_D / T)z^2 + (T * K_I / 2 - K_P - 2K_D / T)z + K_D / T}{z(z-1)} \quad (2.28)$$

Bilgisayarlar toplama ,çarpma ve integral alma gibi işlemleri sayısal olarak yaptıklarından giriş işaretlerinin de genlikleri sayılarla ifade edilebilen darbe dizisi şeklinde olması gerekir. ADC sürekli işareti bilgisayarda kullanılabilecek kodlanmış işarete çevirir. Diğer yandan bilgisayarın çıkışı darbe dizisi şeklinde kodlanmış işaret olduğundan, bu

işaretlerin analog düzenlere verilebilmesi için DAC kullanılır. DAC çıkışındaki işaret aynı zamanda çok yüksek frekanslı bileşenleri içerir. Bu nedenle bir alçak geçiren filtre ile bu çok yüksek frekanslar süzülür, bu devreye kısaca tutma (hold) devresi denilir. Tutma devreleri sayısal kontrol sisteminin duyarlılığına bağlı olarak sıfırıncı, birinci,.. mertebeden tutma devresi diye sınıflandırılır. ADC'lerde sayısal değerlendirme ve kodlama transfer fonksiyonu bir sabit ve ideal halde 1 dir. ADC ve DAC' ların temel elemanı olan örnekleme ve tutma devresine bakarsak pratikte örnekleme ve tutma devrelerinin bir arada yapıldığı görülür. Örnekleyci, sürekli işareti genlik veya darbe modülasyonu kullanarak darbe dizisine çevirir. (Sarioğlu,K.,1992)

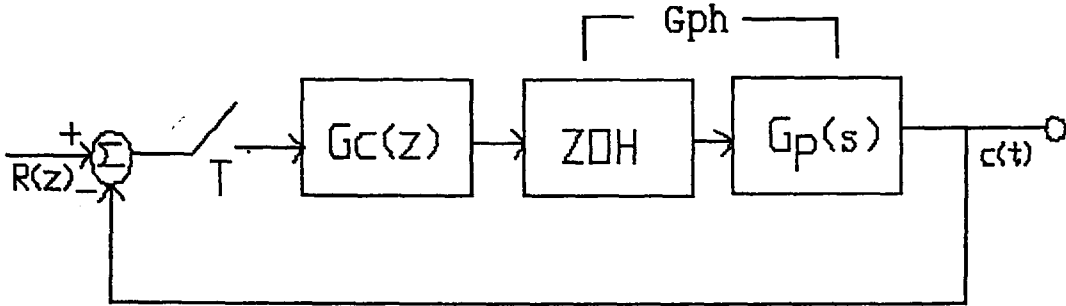
Tutucu ise örnekleme anındaki işareti diğer örnekleme anına kadar sabit tutar. Sıfırıncı dereceden bir tutucunu s - domenindeki transfer fonksiyonu denklem (2.29)' da verilmiştir. (Sarioğlu,K.,1992)

$$G_{ho}(s) = \frac{1 - e^{-sT_s}}{s} = \frac{1}{(Ts/2)s + 1} \quad (2.29)$$

Burada; T_s , örnekleme periyodunu (zamanını) göstermektedir.

Sayısal kontrolör tasarlarken önemli bir sorunda örnekleme frekansını seçmektir. Örnekleme teoremine göre, örnekleme frekansı, sistemin en yüksek frekansının en az 2 katı olmak zorundadır. Fakat pek çok durumda bu değer yeterli olmaz. Yapılan deneyler neticesinde sıvı seviye uygulamalarında örnekleme periyodunun 1 sn. ila 10 sn. arasında olması uygun görülmüştür.(Ogata, K.,1987)

Sayısal kontrolör kullanarak sistem Şekil 2.12 deki biçime dönüştürülebilir.



Şekil 2.12 Sayısal kontrol sisteminin blok şeması

Litaratürde s domeninde yapılmış olan kontrolörleri z domenine çevirmek için değişik yöntemler tanımlanmıştır. Fakat bu yöntemlerden hangisinin, verilen bir kontrolör için en uygun olduğunu söylemek mümkün değildir. En uygun yöntemi bulmak için değişik yöntemler denenmelidir.(Ogata, K.,1987)

Örneğin, s-domeninde gerçekleştirilmiş olan kontrolörü z-domenine çevirirken 3 farklı yöntem ve 2 farklı örnekleme frekansı kullanılarak ve kontrolör için en iyi yöntemi bulmaya çalışılır. Bu yöntemler:

- Çift taraflı lineer dönüştürme (Bilinear transformation) yöntemi. Bu Tustin dönüştürme yöntemi olarak da bilinir ve yamuk kuralı uygulanarak nümerik integral alma metoduna dayanır.
- Geriye doğru fark alma (Backward difference) yöntemi. Bu yöntemde, kısaca geriye doğru fark alma metodu kullanılarak nümerik integral alma metoduna dayanır.
- Uygunlaştırılmış kutup-Sıfır haritalama (Matched pole-zero mapping) yöntemi.Bu metod kısaca s-domeninde verilmiş olan transfer fonksiyonunun kutup ve sıfırlarını z-domenindeki kutup ve sıfırlara dönüştürerek yapılır.

2.2.1.Digital P.I.D Kontrolörün Darbe Transfer Fonksiyonu

Denklem (2.10) da verilen analog PID kontrolörün transfer fonksiyonunda bulunan **integral ifadesini yamuk toplamı, türev ifadesini ise iki değer farkı** cinsinden ifade edersek sayısal kontrolörümüzün transfer fonksiyonunu denklem (2.30)'daki gibi elde ederiz.(Ogata,K.,1987)

$$D(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = K_p + \frac{K_i}{1 - z^{-1}} + K_d(1 - z^{-1}) \quad (2.30)$$

Burada;

- $K_p = K_c - (K_i/2)$;oransal kazanç
- $K_i = (K_c T_s)/T_i$;integral kazancı
- $K_d = (K_c T_d)/T_s$;türev kazancı

olarak verilir.

Denklem (2.30)' da verilen darbe transfer fonksiyonu, PID kontrolörün pozisyon formu olarak adlandırılır.

TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
 BAKANLIĞI
 YATIRIM MENKUL DEĞERLER A.Ş.

Darbe transfer fonksiyonu verilen PID kontrolörünü bilgisayarda uygulamak için fark denklemleri şeklinde yazarsak;

$$u(k)=u(k-1)+e(k)[K_p+K_i+K_d]-e(k-1)[K_p+2K_d]-e(k-2)K_d \quad (2.31)$$

elde ederiz.

Bu fark denklemi bir program içinde yazılarak kontrolör işlevi gerçekleştirilmiş olur.

BÖLÜM 3

SEVİYE KONTROL SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ, KONTROLÜ GERÇEKLEŞTİRİLEN SİSTEM VE MATEMATİKSEL MODELİ

3.1 SEVİYE KONTROL SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

3.1.1 Giriş

Bu kısımda seviye kontrol sistemleri tanıtılacaktır. Daha sonra sırasıyla seviye ölçüm metotları ve kontrol vanaları anlatılacaktır.

3.1.2 Seviye Kontrol Sistemleri

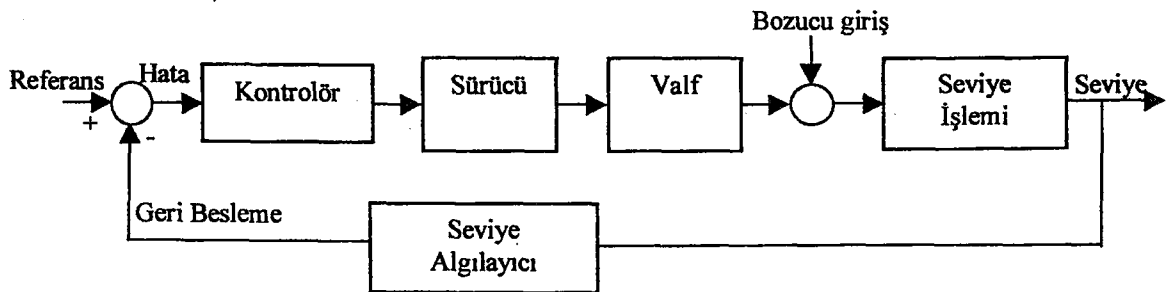
Seviye kontrol sistemleri iki temel kategoriye ayrılır:

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

Sıvı seviyesinin önemli olduğu sistemlerde, sıvı seviyesi verilen referansta belli tolerans değerleri içinde tutulur. Diğer tip sistemlerde sıvı dolum tankındaki sıvı taşmadıkça ya da tank boşalmadıkça, seviye durumu çok önemli değildir. (Cho,C.H.,1982)

3.1.2.1 Seviye Kontrol Sistemi Blok Diyagramı

Tipik bir seviye kontrol sisteminde seviye algılayıcı, kontrolör ve valf gibi elemanlar bulunur. Şekil 3.1’de tipik bir seviye kontrol sisteminin blok diyagramı görülmektedir. Buradaki 5 ayrı blok kontrol elemanlarını ya da gerçekleştirilen işlemi temsil eder(Cho,C.H.,1982)



Şekil 3.1 Tipik bir seviye kontrol sistemi blok diyagramı (Cho,C.H.,1982)

3.1.2.2 Seviye Ölçüm Metotları

Seviye ölçüm metotları 5 temel kategoriye ayrılırlar. Bunlar :

- Kuvvet
- Basınç
- Elektrik
- Ultrasonik
- Diğerleri (kızıl ötesi, mikrodalga, nükleer termal gibi)

prensiplerine göre çalışan ölçüm cihazları kullanılarak gerçekleştirilen ölçüm metotlarıdır.

Bu 5 temel prensibe göre yapılan seviye ölçme elemanları; basit bir çubuktan, radyasyon prensibine göre yapılan cihazlara kadar çeşitlilik gösterir. Bir seviye algılama ve kontrol problemi için birden fazla çözüm olabilmekle beraber hiçbir cihaz bütün uygulamalar için uygun değildir. (MURRIL, 1981)

Endüstride, basınç prensibine göre çalışan sıvı seviye ölçme cihazları oldukça sık kullanılmaktadır. Bu amaçla bizim gerçekleştirdiğimiz çalışmada sıvı yüksekliğini ölçmek için fark basıncı ölçü cihazı kullanılmaktadır.

3.1.2.3 Fark Basıncı Ölçü Cihazı

Basınç prensibine göre çalışan bu ölçü cihazları, bir tank içindeki sıvının yüksekliğinin değişmesinin, sıvı tankının dibine yaptığı basıncı değiştirmesi prensibine dayanır.

Sıvılar yükseklikleri ile orantılı olarak, bulundukları kabın tabanına bir basınç uygularlar. Bu basınç değeri sıvının yüksekliği ile doğru orantılıdır ve kabın şekline bağlı değildir. Buna göre :

$$P = g \rho H \quad (3.1)$$

olur. Burada:

P = Durgun sıvının basıncını, Pascal (N/m^2)

g = Yerçekimi ivmesini (m/sn^2)

ρ = Sıvının yoğunluğunu (kg/m^3)

H = Sıvının yüksekliğini (m)

göstermektedir. Seviye ölçümü için bu ifadeyi düzenlersek :

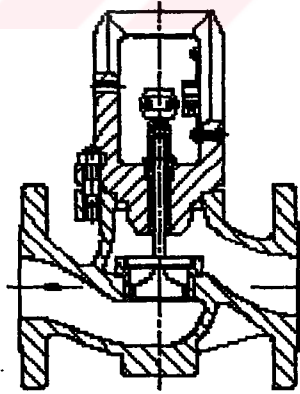
$$H = \frac{P}{g * \rho} \quad (3.2)$$

olur. Böylece tankın dibindeki basınç değerini ölçerek sıvının yüksekliğini bulabiliriz. Dolayısıyla bir basınç ölçen ölçü aletinin tankın dibine bağlarsak ölçü aletinin çıkışı tank içindeki sıvı seviyesi ile orantılı olur.(Cho,C.H.,1982)

3.1.3 Kontrol Vanaları (Valfleri)

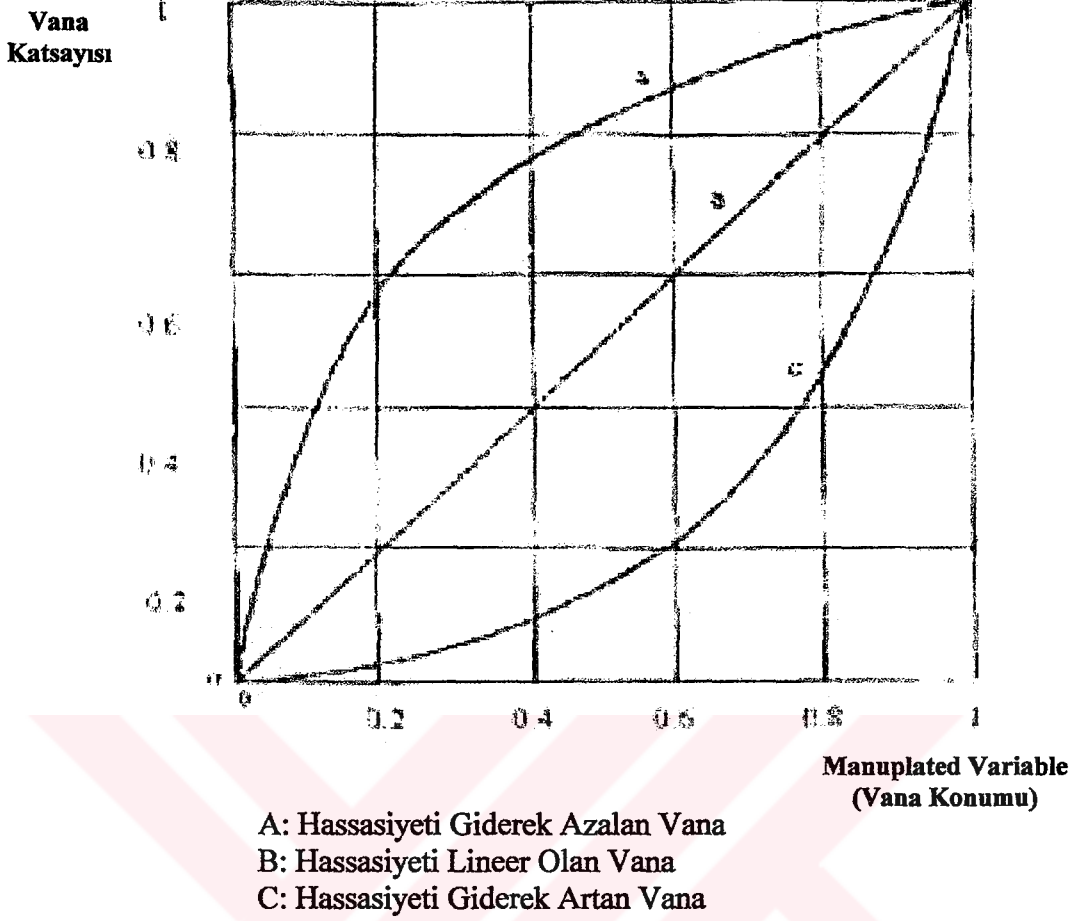
Birçok kontrol sisteminde, son kontrol elemanı olarak vanalar kullanılır. Bu vanalar genel olarak sürücü (aktuatör) olarak adlandırılan motorlar tarafından sürülürler. Sürücüler güç kaynaklarına göre sınıflandırırken vana yapıları ve akış karakteristikleri göz önünde bulundurulur. Sürücüler kontrolörden aldıkları bilgiye göre vanaların açıklıklarını kontrol etmek için kullanılırlar. Kontrol vanalarının sürücülerini pnomatik, elektrik, hidrolik ve el ile kumanda edilerek sürülebilirler. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı pnomatik sürücülerdir. Kontrol vanaların yapılarına göre üç sınıfa ayırmak mümkündür. Bunlar :

- Lineer stem hareketli kontrol vanaları
- Döndürmeli (Rotary) kontrol vanaları
- Küresel (Ball) kontrol vanalarıdır.



Şekil 3.2 Stem hareketli kontrol vanası iç yapısı (SAMSON, Katalog 1997)

Şekil 3.2’de tipik bir stem hareketli vananın iç yapısı ve Şekil 3.3’de ise vana akış karakteristikleri görülmektedir.



Şekil 3.3 Kontrol vanalarının akış karakteristikleri (CHO, C. H, 1982)

3.1.3.1 Lineer Stem Hareketli Kontrol Vanaları

Bu tip tek vanalar tek yataklı, çift yataklı ve kapı vanaları şeklinde olabilir .Bu vanaların birçok avantajları ve dezavantajları vardır. Lineer stem hareketli kontrol vanalarının akış karakteristiklerini verilen enerjiye bağlı olarak konum değiştirme oranları arasındaki ilişkiye göre üç kategoriye ayırabiliriz. Bunlar:

- Hassasiyeti giderek azalan vanalar:Bu tip vanalarda,vananın hassasiyeti debi arttıkça azalır.
- Lineer vanalar:Bu vanalar tüm debi aralığında sabit bir hassasiyetlik gösterir.
- Hassasiyeti giderek artan vanalar:Bu tip vanaların hassasiyeti yüzde olarak her debide sabittir.

Lineer stem kontrol vanaları, gövde yapılarına göre farklı stillere sahip olabilirler. Bunlardan en yaygın olanı global biçimli kontrol vanalarıdır. Bunlar tek yada çift yataklı olabilirler.

Genellikle tek yataklı kontrol vanaları sıkı kapatma gerektiren işlemlerde kullanılır yada bir inç ve daha küçük boru çaplarında kullanılır. Çift yataklı kontrol vanalar sızıntı yaparlar. Bunun nedeni vananın iki yatağının da aynı anda kapatabilmesinin mümkün olmayışıdır. Bu tip kontrol vanalarının tercih sebebi ise vanayı kontrol etmede kullanılan sürücü gücünün daha düşük olmasıdır. (MURRIL, 1981)

3.1.3.2 Kontrol Vanalarının Karakteristikleri

Kontrol vanalarının karakteristik özellikleri, aşağıda yazılan olan üç unsura göre belirlenir;

Çalışma alanı (Rangeability) : Vananın kontrol edebileceği maksimum debi ile kontrol edebileceği minimum debi oranıdır. Tipik olarak bir kontrol vanası tam olarak kapatılmaz. Çünkü bu vana yatağına zarar verebileceği gibi vananın yatağına sıkışmasına sebep olabilir. Normal olarak kapalı haldeki bir vanadan geçen debi, maksimum debinin %2 - %4 oranındadır. Bu da 25-50 arası bir çalışma alanına karşılık gelmektedir. Lineer stem hareketli kontrol vanaları ise yirmi ile yetmişlik çalışma alanı özelliği gösterirler. (MURRIL, 1981)

Turndown : Turndown, vananın izin verdiği nominal maksimum debinin kontrol edebildiği maksimum debiye olan orandır. Pratik bir kural olarak bir kontrol vanasının seçiminde, çalışma koşullarındaki maksimum debinin vananın izin verdiği maksimum debinin yaklaşık olarak %70 kadar olmalıdır. Böylece turndown oranı %70 olarak seçilmiş olur.

Bir kontrol vanasından geçen debi yalnızca vananın açıklık oranına bağlı olmayıp aynı zamanda vana uçlarına düşen basınç değerlerine de bağlıdır. (MURRIL, 1981)

3.2.KONTROLÜ GERÇEKLEŞTİRİLEN SİSTEMİN (GUNT RT512 SIVI SEVİYE SİSTEMİNİN) İNCELENMESİ

3.2.1 RT 512 Sıvı Seviye Kontrol Deney Seti

Bu bölümde RT 512 Sıvı Seviye Kontrol Deney Seti detaylı olarak incelenecek aynı zamanda deney seti üzerinde yer alan ekipmanların sistemde hangi amaçlar için kullanıldığı, çalışma yapılarının nasıl olduğu ve sisteme olan etkileri hakkında bilgi verilecektir.

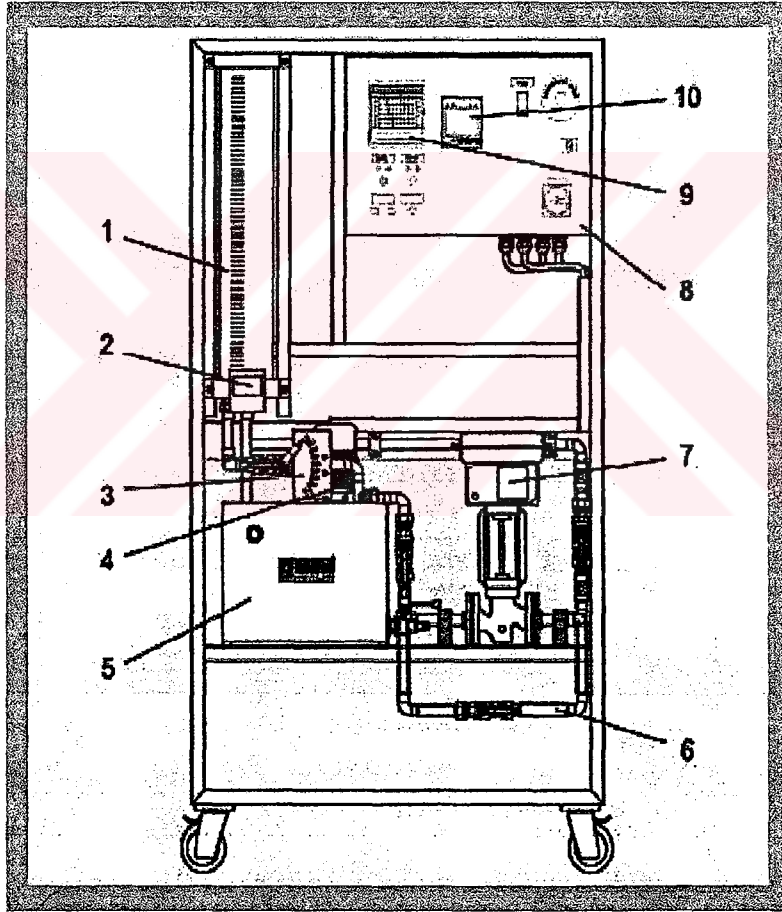
aynı zamanda
ldığı, çarşıma

3.2.2 Sistemin Genel Tanıtımı

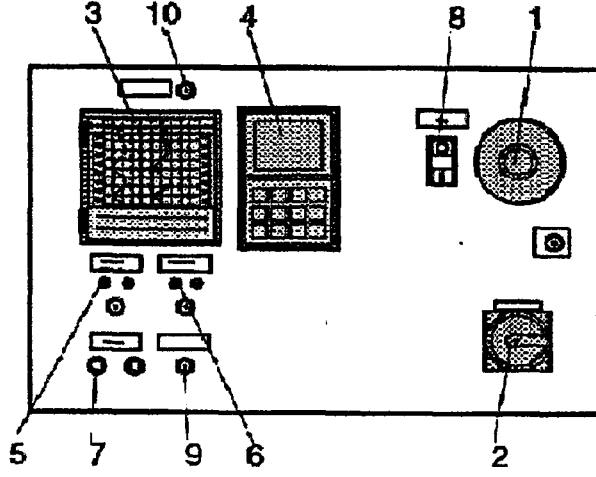
Şekil 3.4’de seviye kontrolü yapılacak sistemin fiziksel görünümü verilmiştir. Bu sistemde yer alan ekipmanlar hakkında aşağıda bilgiler mevcuttur. Bu şekilde :

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 1. Sıvı dolum tankı | 6. Bypass vanası |
| 2. Basınç Akım transdüseri | 7. Elektropnomatik vana |
| 3. El kumandalı vana | 8. Anahtar |
| 4. Devir daim pompası | 9. Kaydedici |
| 5. Sıvı tankı | 10. Kontrolör |

Parçaları bulunmaktadır. Bu parçaların özellikleri aşağıda belirtilmiştir



Şekil 3.4 Gunt RT 512 sıvı seviye kontrol sisteminin genel görünümü



Şekil 3.5 Sıvı seviye ünitesi üzerinde bulunan ana panel

Ana panelde aşağıda verilen kontrol ve ölçme elemanları bulunmaktadır.

- 1-Acil kapama düğmesi
- 2-Ana Şalter
- 3-Sürekli hat kaydedici
- 4-Kontrolör
- 5-Gerçek (x) değerinin (4-20 mA)'lik giriş sinyali için ölçme soketleri
- 6-4-20 mA 'lik ani sinyaller için ölçme soketleri
- 7-Kontrolör DMCS bağlantısı
- 8-Su pompasının açma-kapama anahtarı
- 9-Kaskat bağlantı kontrol anahtarı
- 10-Sürekli hat kaydedicisi için açma-kapama anahtarı

3.2.3 Sistemin Teknik Özellikleri

Tüm Boyutlar:

W*İ*h	1000*700*1735mm ³
Ağırlık	110kg

Besleme:

Kompresör hava	2.5 bar
Gerilim	220V/50Hz

Sıvı Tankı:	
Kapasitesi	28 litre

Sıvı pompası:

Motor gücü	0.27 kW, 1.2 A
Motor devir sayısı	2800 d/dak.
Max. akış oranı	110 litre/dk
Max. yükseklik	6.5 m

Sıvı Seviye Tüpü :

Max sıvı kapasitesi	7 litre
Yükseklik	0-60 cm

- | | |
|----------------------|-----------------------------------|
| 1. Sıvı seviye tüpü | 7. Kontrolör |
| 2. Sıvı tankı | 8. Akım/Basınç trand seri |
| 3. Santrifüj pompa | 9.  ıkış valfi |
| 4. Konik valf | 10. Kaskat için by- pass |
| 5. Kontrol valfi | 11. Kaskat için hortum bağlantısı |
| 6. Basınç trand seri | |

3.2.5 Sıvı Seviye Sisteminin Ekipmanları

3.2.5.1 Sıvı seviye tüpü

Sistemimizde, seviyesini kontrol etmek istediğimiz su seviye tüpünün fiziksel  zellikleri :

Kapasite :7 litre ($7 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$)

Yükseklik :0-60 cm skalalı (600 mm)

 ap : 113 mm

şeklinde olup, şeffaf ve plastik bir tüptür.

Su tüpü altında 1 adeti su girişi, 1 adeti su çıkışında olmak üzere içi adet çıkış delikleri mevcuttur. Sistemin su çıkışında el ile kontrol edilebilen 1 adet çıkış vanası mevcuttur. Bu  ıkış vanasına bağlı, vananın açıklık değerini göstermek için kullanılan ve 0-90 arasında değişen bir skala mevcuttur. Bu skalanın 0 değeri vananın tam açık olduğunu, 90 değeri ise tam kapalı olduğunu göstermektedir.

3.2.5.2 Sıvı tankı (rezervuar):

Sistemde kontrol edilen suyun depolandığı tank olup, 28 lt hacime sahiptir. Santrifüj pompa bu tank üzerine monte edilmiştir.

3.2.5.3 Devir daim pompası (santrifüj pompa)

Sistem için gerekli olan sıvıyı sisteme pompalar. Brinkman Pumpen firmasının 220V AC beslemeli, 1,2 A nominal akıma, 2800 dev/dakika devire sahip, dakikada 100 litre su basabilen santrifüj pompadır.

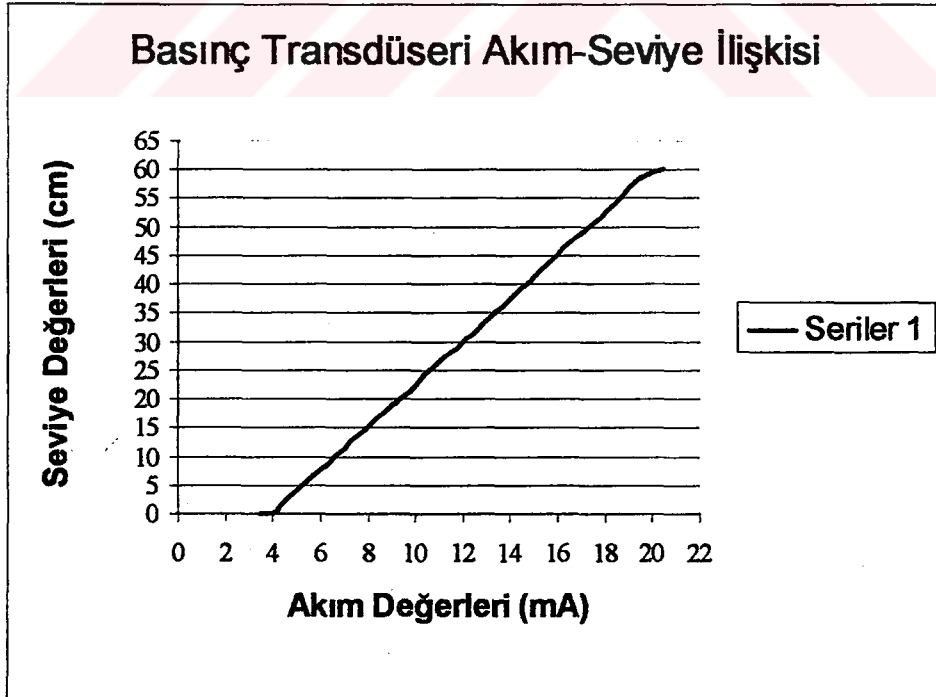
3.2.5.4 Basınç transdüseri

Endres+Hauser firmasının ürettiği CEREBAR PMC 133 modeli bir transd serdir. Sıvı dolum tankındaki sıvının tabana uyguladığı basın a göre akım çıkış üretmektedir. 0-60 mBar basın a karşılık 4-20 mA akım üretmektedir. 62,5 ' luk direnç üzerinden gerilim çıkışı da

alnabilmektedir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucu elde edilen veriler Çizelge 3.1’de verilmiştir. Şekil 3.7’de ise bu veriler kullanılarak çizilmiş olan transdüserin davranış eğrisi bulunmaktadır.

Çizelge 3.1 Basınç transdüseri seviye-basınç-akım-grilim ilişkisi

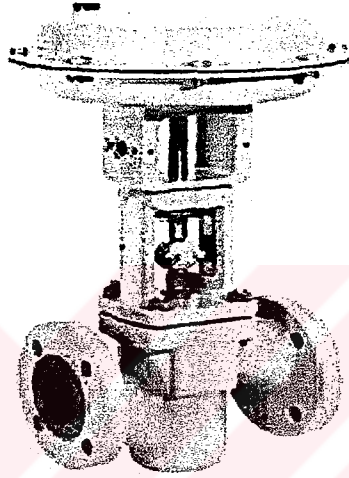
Giriş		Çıkış	
Seviye (cm)	Basınç (mBar)	Akım (mA)	Gerilim (V)
0	0	4	0,25
10	10	6,67	0,417
20	20	9,34	0,584
30	30	12	0,75
40	40	14,68	0,9175
50	50	17,35	1,084
60	60	20	1,25



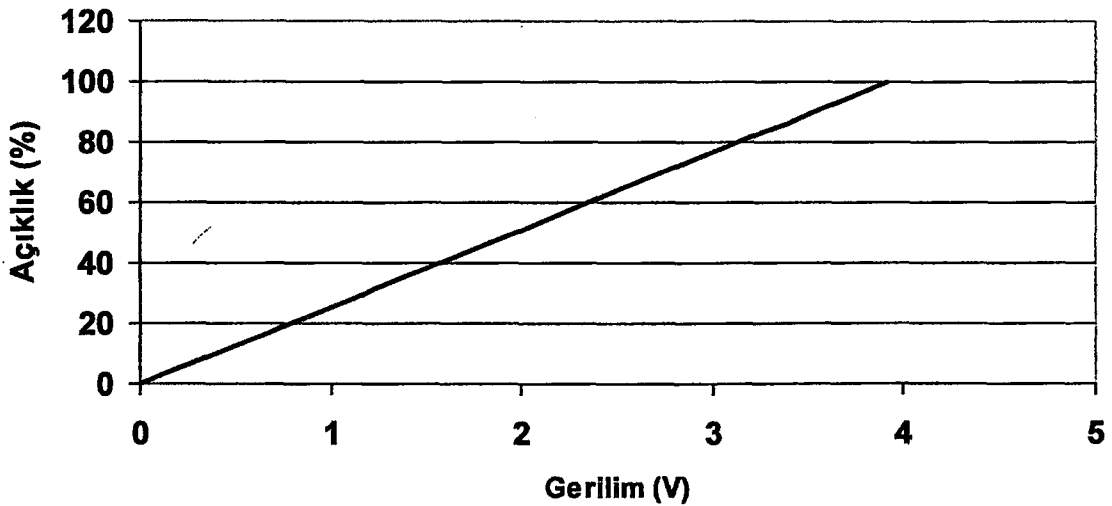
Şekil 3.7 Basınç akım transdüseri davranış eğrisi

3.2.5.5 Elektropnömatik vana (valf)

Sistemin son kontrol elemanıdır. Samson firmasının üretmiş olduğu tip 241-7 dökme çelik bir elemandır. Sistemin son kontrol elemanıdır. Sıvı seviye kontrol sistemine uygulanabilir kontrol sinyali, vananın akım girişine uygulanır. Giriş akımı 4-20 mA'dir. 195 Ω 'luk direnç üzerinden gerilim olarak kontrol sinyali uygulanabilmektedir. Yaptığımız deneyler ile bu vananın gerilim-açıklık grafiği Şekil 3.9'daki gibi elde edilmiştir.



Şekil 3.8 Elektropnömatik vananın görünüşü



Şekil 3.9 Elektropnömatik vananın gerilim-açıklık grafiği

3.2.5.6 UDC 5000 Kontrolör

Sistemin kendisine ait Honeywell firmasının UDC 5000 Universal Digital Controller ürünü mevcuttur. Bu kontrolör ile sisteme ON-OFF, THREE-STEP ve PID kontrol algoritmaları uygulanarak kontrol sağlanabilir. Kontrolör üzerinde bulunan tuş takımını kullanarak sisteme uygulanacak olan kontrolör, referans değerleri, alarm değeri, PID kat sayıları gibi sisteme etki eden parametreler girilebilir. (GUNT firmasının dökümanları)

3.3.SIVI SEVİYE SİSTEMİNİN MATEMATİKSEL MODELİ

Dinamik bir sistemin matematik modeli, sistemin dinamiğini doğru ya da en azından oldukça iyi bir şekilde temsil eden denklemlerin bir kümesi olarak tanımlanır. Verilen bir sistem için matematik modelin tek olmadığına dikkat edilmelidir. Bir sistem çok farklı şekillerde temsil edilebilir, farklı yaklaşımlarda bulunarak birçok matematik modele sahip olabilir. Bu kısımda, sistemin direnç ve kapasitans değerlerinin teorik ve deneysel olarak bulunması anlatılmaktadır.

Sistemin matematiksel modelinin tasarımı sırasında kullanılan debi bilgileri; akış kontrol sistemi ile seviye kontrol sisteminin kaskat bağlanması sırasında, akış kontrol düzeneği üzerinde bulunan magnetik flow-meter' dan ölçülmüştür.

Akışkan akışı ile ilgili sistemlerin analizinde, Reynolds sayısının büyüklüğüne göre, ($Re = U.D/\mu$) akış rejimleri **laminer** ya da **türbülent** olarak sınıflandırılır. Reynolds sayısı 2000'den küçük ise laminer, takriben 4000'den büyükse türbülent akış söz konusu olur. Laminer akışlı sistemler lineer diferansiyel denklemlerle temsil edilirlerken, türbülanslı sistemler çoğu kez lineer olmayan diferansiyel denklemlerle temsil edilirler.

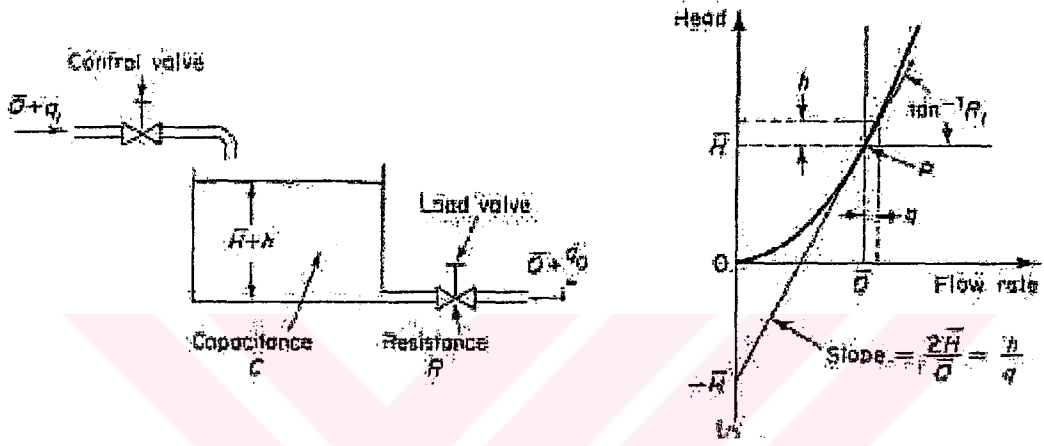
3.3.1 Sistemin Direnci (Valf direnci)

Direnç (hidrolik), bir borunun veya musluğunun fiziksel yapısı nedeniyle akış hızına karşı koyduğu dirençtir. Genellikle sabit kesitli borularda ve düzgün debi (laminar flow) durumunda lineer bir direnç mevcut olup, musluk gibi elemanlarda düzensiz debiden (turbulent flow) dolayı lineer olmayan bir direnç meydana gelir.

İki tankı birleştiren kısa bir borudaki akışı düşünelim. Böyle bir boru içinden akan akışkanın direnci R , debideki birim değişime neden olan seviye farkındaki değişim (iki tankın sıvı seviyelerinin farkı) olarak tanımlanır; yani :

$$R : (\text{seviye farkındaki değişim (mm)}) / \text{debideki değişim (mm}^3 / \text{s)}$$

Debi ile seviye farkı arasındaki ilişki, laminar ve türbülanslı akış için farklı olduğundan, aşağıda her iki durum da göz önüne alınacaktır. (Katshuhika Ogata, 1990)(Köksal,1988)



(a) Bir tankın şematik gösterimi

(b) Debi-yük kaybı ilişkisi

Şekil 3.10 Sıvı seviye sisteminde bir tankın modeli (CHO, C. H, 1982)

Şekil 3.10.(a)'daki sistemi ele alalım. Bu sistemde sıvı tank tarafındaki yük valfinden geçmektedir. Bu engelden geçen akış laminar ise kalıcı hal debisi ile engel seviyesindeki kalıcı hal akışkanın enerjisi arasındaki ilişki :

$$Q=KH \quad (3.3)$$

şeklinde verilir. Burada;

Q: kalıcı hal sıvı debisi, (mm³ /sn)

K: sabit, (mm² /sn)

H: kalıcı hal potansiyeli, (mm)

Laminer akışı ifade eden kanun Coulumb' un keşfettiği kanuna benzemektedir. Bu kanun, akımın potansiyel farkı ile doğru orantılı olduğunu ifade eder.

Laminer akış için, R_L direnci;

$$R_L = \frac{dH}{dQ} = \frac{H}{Q} \quad (3.4)$$

olarak elde edilir. Görüldüğü gibi laminer akışlı direnç sabittir ve elektrik direncine benzer.

Sınırlayıcıdan akan akış türbülanslı ise, kalıcı hal debisi ile potansiyel arasındaki ilişki akışkanlar teorisinde:

$$Q = K\sqrt{H} \quad (3.5)$$

Lineer olmayan bir denklemle ifade edilmiştir.

Birçok pratik durumlarda K değeri, akışkan katsayısı ve engel sınırlama alanına bağlı olduğu için bilinmez. Bu durumda direnç, deney verilerine dayanarak potansiyele karşı debi eğrisi çizilerek ve çalışma noktasında eğrinin eğimi ölçülerek belirlenebilir. Türbülanslı akış direnci

$$R_t = \frac{dH}{dQ} \quad (3.6)$$

şeklinde elde edilir. (3.5) denkleminin türevini alırsak,

$$dQ = \frac{K}{2\sqrt{H}} dH$$

Burada K yerine, (3.5) denklemindeki değerini yazarsak

$$\frac{dH}{dQ} = \frac{2\sqrt{H}}{K} = \frac{2\sqrt{H}\sqrt{H}}{\sqrt{Q}} = \frac{2H}{Q}$$

yani,

$$R_t = \frac{2H}{Q} \quad (3.7)$$

elde edilir.

Şekil 3.10 (b)'deki grafikten aynı ilişki şu şekilde elde edilebilir. Şekilde P noktası kalıcı hal çalışma noktası olsun. P noktasında eğriye teğet olan doğru (-H,O) noktasında ordinatı keser.

Böylece, bu tanjant çizgisinin eğimi;

$$\frac{2H}{Q}, \text{ dir.}$$

Çalışma noktasını P noktasının komşuluğunda düşünelim. Kalıcı hal değerinden 'h' kadar küçük bir sapma ve buna karşılık debiden 'q' kadar küçük değişim tanımlansın. O halde P noktasındaki eğrinin eğimi;

$$R_t = \frac{h}{q} = \frac{2\bar{H}}{\bar{Q}} \quad (3.8)$$

Buradaki lineer yaklaşım çalışma noktasında çok fazla değişim olmazsa, gerçek eğrinin tanjant çizgisinden çok farklı olmadığı gerçeğine dayanır. (Katshuhika Ogata, 1990)

3.3.2 Tank Kapasitansı (C)

Bir tankın kapasitansı C, depo edilen sıvıdaki (potansiyeli) değişimin, sıvı seviyesindeki değişmeye oranı olarak verilir. Tankın kapasitansı, alanına eşittir ve aşağıdaki gibi verilir :

$$C : (\text{depo edilen sıvıdaki değişme (mm}^3 \text{)}) / (\text{sıvı seviyesindeki değişme (mm)})$$

Tank sistemi lineer olarak düşünülürse, bu sisteme ait diferansiyel denklem aşağıdaki gibi verilebilir.

$$C \frac{d_h}{d_t} = q_i - q_o \quad (3.9)$$

Burada;

q_i = sıvı giriş debisindeki küçük değişme (mm³/sn)

q_o = sıvı çıkış debisindeki değişme (mm³/sn)

h = sıvı seviyesini (mm) göstermektedir.

$$C = \frac{dV}{dH} = \frac{SdH}{dH} = S, m^2$$

Burada;

Tankın (su seviye silindirinin) hacmi V, kesit alanı S, yüksekliği H ile gösterilmiştir.

Kapasite (mm³) ve kapasitansın (mm²) farklı şeyler olduğuna dikkat edilmelidir. Tankın kapasitansı kesit alanına eşittir. Kesit sabitse herhangi yükseklik için kapasitans sabittir. (Katshuhika Ogata, 1990)

3.3.3 Sistem Değişkenleri (Debi ve Potansiyel)

Debi ve sıvı seviyesi (potansiyel) bu sistemin değişkenleridir. Çünkü kontrol valfinin konumuna göre tanka giriş debisi sıvı seviyesini değiştirirken, sıvı seviyesi de çıkış debisini çıkıştaki yük valfinin konumuna göre, anlık olarak değiştirmektedir. Değişkenler aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

Q: kalıcı hal debisi (herhangi bir değişiklik olmadan önce), (mm³/sn)

q_i: giriş debisinin kalıcı hal değerinden azıcık sapması, (mm³/sn)

q_o: çıkış hal değerinden azıcık sapması, (mm³/sn)

H: kalıcı hal seviyesi (herhangi bir değişiklik olmadan önce), (mm)

h: seviyenin kalıcı hal değerinden azıcık sapması, (mm)

Daha önce ifade edildiği gibi **akış laminarse**, sistem lineer olarak düşünülebilir. Diğer taraftan **türbülanslı** olsa bile, değişkenlerdeki değişimler küçük tutulursa sistem lineerleştirilebilir. Bir sistemin analizinin yapılabilmesi için kendine ait bir matematik modelinin oluşturulması gerekir. Sistemlerin davranışları çoğu kez lineer olmayan özellik gösterdiklerinden analizleri çok zordur; hatta imkansızdır. Bu nedenle sık sık lineerleştirme yöntemlerine başvurulur. (Katshuhika Ogata, 1990)

3.3.4 Sıvı Seviye Tankının Transfer Fonksiyonu

Birim zamandaki giriş ve çıkış debisi arasındaki fark, sıvı seviye tüpünde depolanan sıvı miktarını verir,

$$C dh = (q_i - q_o)dt \quad (3.10)$$

Direnç tanım bağıntısından, denklem (3.4)' e göre çıkış direnci aşağıdaki gibi verilebilir.

$$R = \frac{h}{q_o} \quad (3.11)$$

Sabit R değerleri için, sistemin diferansiyel denklemi ;

$$RC \frac{dH}{dt} + h = Rq_i \quad (3.12)$$

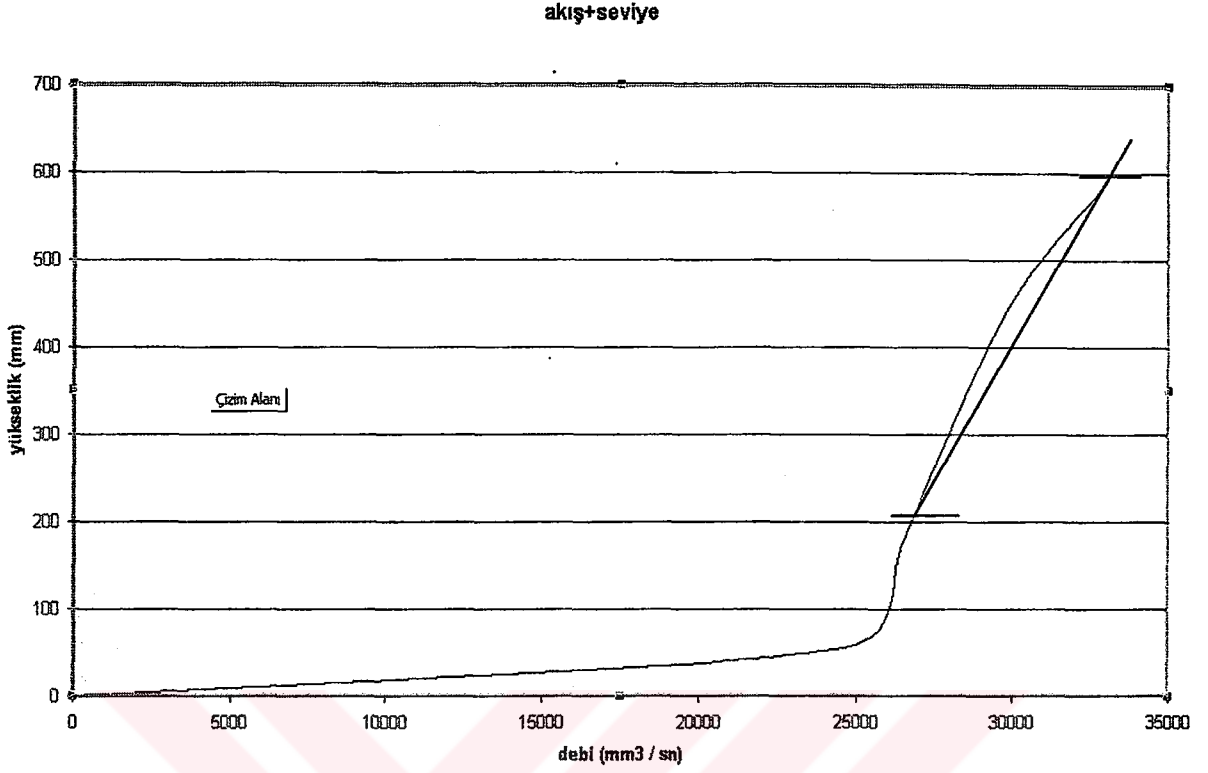
Yukarıdaki denklemde RC, sistemin zaman sabitini vermektedir. Denklemin her iki tarafının da Laplace transformu alınır,

$$(RCs + 1) H(s) = RQ_i(s) \quad (3.13)$$

bulunur. Burada q_i giriş, h ise çıkıştır. Bu durumda, sıvı seviye tüpünün transfer fonksiyonu;

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{R}{RCs + 1} \quad (3.14)$$

olarak bulunur. (Katshuhika Ogata, 1990)



Şekil 3.12 Kaskat bağlı RT512 ve RT522 sisteminin debi-yükseklik ilişkisi

Tank kapasitansı ise, sıvı seviye tüpünün kesit alanıdır. Tüpün çapı 113 (mm), yükseklik 0-60 cm (600 mm)' dir. Bu durumda kapasitans tankın çapından,

$$C = \pi \times r^2 = 10029 \text{ (mm}^2 \text{)}$$

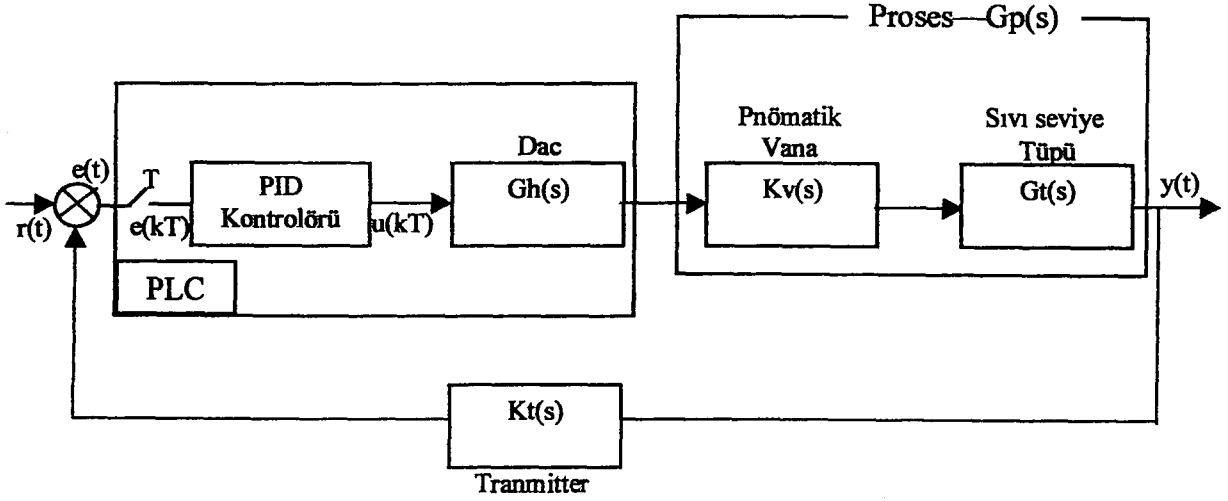
olarak hesaplanmıştır. Bulunan bu değerler denklem (3.14)' de yerlerine konursa, sıvı seviye tankının matematiksel modeli,

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{0.0008}{(0.0008 * 10029)s + 1} = \frac{0.0008}{8.02s + 1} \quad (3.15)$$

olarak elde edilir.

3.3.6 Sıvı Seviye Sisteminin Matematiksel Modeli

Sistemin matematiksel modelini çıkarmak için, deney düzeneğinin blok diyagramını Şekil 3.13' deki gibi göstereyim.



Şekil 3.13 Sıvı seviye sisteminin blok diyagramı

Bu şekilde oluşturulan bir prosesin matematiksel modeli aşağıdaki gibi bulunur.

$$Gp(s) = Kp(s) * Gt(s) = Kv \frac{R}{RCs + 1} \quad (3.16)$$

Burada; K_v , pnömatik vana'nın kazanç katsayısıdır ve sistemin pnömatik vana debi-akım grafiğinin eğiminden hesaplanmıştır. Buna göre,

$K_v = 10833'$ dür.

Denklem (3.15)' de bulunan değerler yazılırsa, seviye kontrol prosesinin matematiksel modeli aşağıdaki gibi olur.

$$Gp(s) = \frac{8.6664}{8.02s + 1} \quad (3.17)$$

Buradan görüldüğü gibi, sıvı seviye prosesinin matematiksel modeli standart birinci dereceden sistemin modeline benzemektedir. Bu benzerliği görebilmemiz için, prosese ait matematiksel modelin açık çevrim cevabına ilişkin grafik Şekil 3.14'de verilmiştir.

3.3.7 Sıvı Seviye Sisteminin Matematiksel Modelinin Birim BasamakCevabı

Kontrol edilen sistemin matematiksel modeli, denklem (3.17) 'de ;

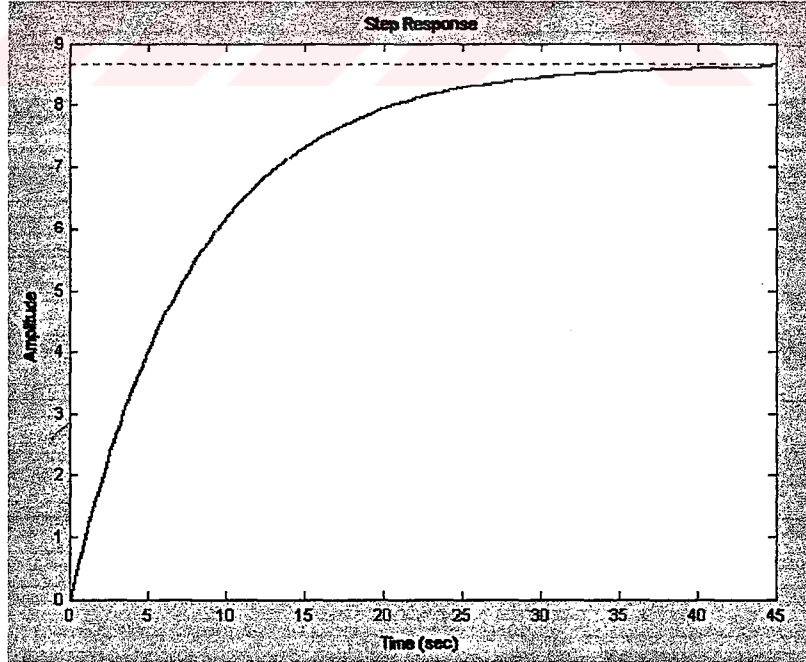
$$Gp(s) = \frac{8.6664}{8.02s + 1}$$

şeklinde ifade edilmiştir.

Matematiksel modeli, Matlab programından faydalanarak gerçekten sistemi temsil edip etmediğini anlayabiliriz. Sistemin transfer fonksiyonuna Matlab'de birim basamak uygulanmış, cevap eğrisi Şekil 3.14'de verilmiştir. Bu şekil sistemimizin, deneysel olarak elde edilen birim basamak cevabına uyum göstermektedir.

Sistemin Matlab'te birim basamak cevabının simülasyonu Matlab Command Editör'ünde aşağıdaki komutları girerek alabiliriz.

```
Num=[8.666]
Den=[8.02 1]
Step(num,Den);
```



Şekil 3.14 Seviye sisteminin Matlab 'de birim basamak cevap

BÖLÜM 4

PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLÖRLERİN İÇ YAPISI VE PROGRAMLANMASI

4.1 PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLÖRLERİN İÇ YAPISI

4.1.1 Programlanabilir Lojik Kontrolörler (PLC) Hakkında Genel Bilgi

İlk ticari PLC, 1969 yılında Modicon firması tarafından geliştirilmiştir. O yıllarda, röleli kumanda devreleri yerine kullanılmak üzere geliştirilen bu cihaz ile yalnız temel lojik, işlemler gerçekleştirilebildiğinden, programlanabilir lojik kontrolör (programmable logic controller, PLC) olarak adlandırılmıştır. İlk PLC'nin endüstride başarıyla uygulanmasından sonra, Allen-Bradley, General Electric, GEC, Siemens ve Westinghouse gibi firmalar orta maliyette yüksek performanslı PLC'ler üretmişler, daha sonra Mitsubishi, Omron Toshiba gibi firmaların ucuz maliyette yüksek performanslı PLC'ler geliştirmelerinden sonra, bu cihazlar endüstriyel otomasyon devrelerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Programlanabilir lojik kontrolör (Programmable logic controller, PLC), endüstriyel otomasyon ve endüstriyel bilgisayardır. (Siemens, 1989) Bu cihazların ilk kullanım alanı endüstriyel otomasyon sistemleri olmasına karşın, günümüzde, PLC'ler, bir endüstriyel tesisin hem kumanda devreleri hem de geri beslemeli kontrol devrelerini gerçeklemek için kullanılabilir.

PLC 'lerin kumanda ve kontrol devrelerindeki kullanımı farklı yazılım ve donanım özellikleri gerektirir. Kumanda sistemleri, iki değerli (var-yok) işaret seviyeleri ile uyarılan ve iki değerli kumanda işaretleri üreten sistemler olarak tanımlanmaktadır. Bu tür sistemler anahtarlama, sayma, zamanlama, ve karşılaştırma gibi işlevleri sağlayan devrelerden oluşur. Bu tür devrelerin PLC ile gerçekleşmesi için, yeterli sayıda ayrık giriş-çıkış birimleri ve programlama için temel lojik işlem, sayıcı, zamanlayıcı ve karşılaştırma komutları yeterlidir.

Kontrol işlevi en basit biçimde, herhangi bir sistemin öngörülen değerlerde çalışmasını sağlayan uygulanabilir kontrol işaretlerinin üretilmesi olarak tanımlanabilir. Günümüzde kontrol işaretlerinin üretilmesi için sayısal kontrolörler kullanılır. Sayısal kontrolörler, belirli

bir kontrol algoritmasına göre sayısal verileri işleyerek bir kontrol sinyali üretir. Sayısal kontrolörde işlenen sayısal veriler ve üretilen sayısal verilerin sisteme uygulanması analog giriş ve çıkış birimleri ile sağlanır. Sayısal kontrolörler belirli örnekleme zamanları için tasarlandığından, işaretlerin dönüştürülmesi ve işlenmesi belirli örnekleme zamanlarında gerçekleşmelidir. Bir PLC' nin bu işlevleri sağlaması için şu yazılım ve donanım özelliklerini taşıması gerekir :

- Sayısal kontrolöre ilişkin kontrol algoritmasının gerçekleşmesi için toplama, çarpma, bölme gibi aritmetik işlem komutları bulunmalıdır. Gerçek sayılar üzerinde aritmetik işlem yapan komutları bulunan PLC' ler ile kontrol algoritmaları daha kolay programlanabilir.
- Analog giriş ve çıkış birimleri bulunmalı ya da eklenebilmelidir.
- Kontrol algoritmasının öngörülen örnekleme zamanlarında işletilmesi için gerekli zamana ve olaya bağlı çalışan kesme altprogramları bulunmalıdır.

Günümüz endüstriyel kontrol sistemlerinde, sayısal PID kontrolörleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Sayısal PID kontrolörü yazılımı, aritmetik işlem komutları ile gerçekleştirilebildiği gibi, bazı PLC' lerde, sayısal PID kontrolörleri işlevini sağlayan komutlarda bulunur.

Bu kontrolörlerin geri beslemeli kontrol devrelerinde de kullanılmaya başlanması, alışlagelmiş PLC adının tartışılmasına neden olmuştur. Bir çok üretici firma, bu kontrolörlerin hem lojik temelli kumanda devrelerinde hem de geri beslemeli kontrol sistemlerinde kullanılmaları nedeniyle, PLC yerine programlanabilir kontrolör adını kullanmayı daha uygun bulmuş ve kişisel bilgisayarlardan ayırmak amacıyla, kısaca PCs olarak adlandırmışlardır. Bazı üretici firmalar ise, kişisel bilgisayarlarla karıştırmamak ve ilk kez PLC adı ile üretildiğinden bu ismi kullanmayı sürdürmektedir.

Küçük boyutlu birkaç PLC modeli dışında, yeni üretilmekte olan bütün PLC modellerinde, bir kontrol algoritması yazmak için gerekli basit aritmetik işlemler yapılabilir. Bir PLC'nin endüstriyel otomasyon devrelerinde, lojik kontrolör veya endüstriyel kontrol sistemlerinde, sayısal kontrolör olarak kullanılması; PLC'lerin işlem yeteneğinden çok amaca uygun giriş-çıkış birimlerinin varlığı ile ilgilidir. Eğer bir PLC'de analog işaretleri sayısal işaretlere (ADC) ve sayısal işaretleri analog işaretlere dönüştüren (DAC) giriş-çıkış birimleri yoksa veya bu birimler PLC'ye bağlanamıyorsa, işlem yeteneği ne olursa olsun bu PLC'yi sayısal kontrolör olarak kullanmak olanaksızdır.

Endüstriyel kumanda devrelerinin PLC'ler ile gerçekleştirilmesi iki adımdan oluşur:

- Kumanda probleminin çözümü için gerekli lojik fonksiyonun veya kontaklı kumanda devresinin tasarlanması,
- Elde edilen lojik fonksiyonun veya kontaklı kumanda devresinin programlanması ve PLC'ye yüklenmesi.

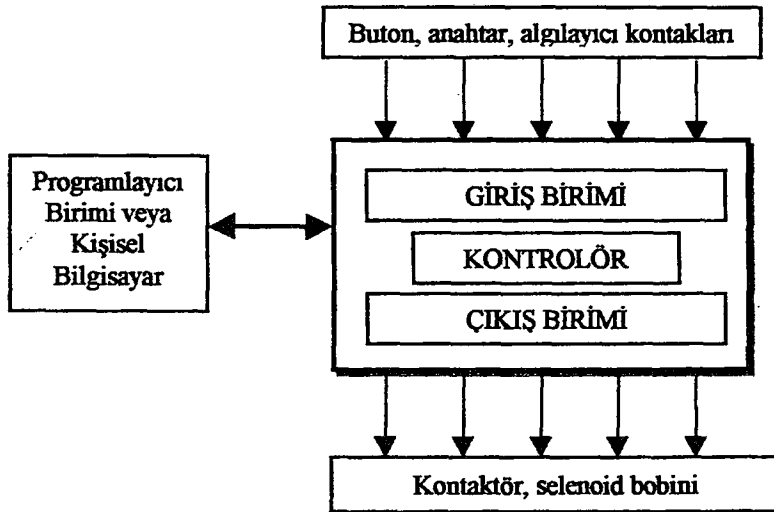
Lojik devre tasarım yöntemleri ile elde edilen lojik fonksiyonlar kolayca programlanabilir. PLC'ler belirli bir kumanda işlemi için tasarlanmış bulunan endüstriyel kumanda devrelerinin programlanmasına uygundur.

Tasarlanmış bir kumanda devresinin programlanması ve yazılan programın PLC program belleğine yüklenmesi ile tasarım süreci tamamlanır. Bu işlem, ya özel bir programlayıcı ya da bilgisayarlarda paket programlar vasıtasıyla yapılır. Özel programlayıcı cihazlarında, genellikle deyim listesi ile programlama, kişisel bilgisayarlarda ise bütün programlama teknikleri kullanılabilir.

4.1.2 PLC'lerin Temel Yapısı ve İşletim Sistemi

4.1.2.1 PLC Donanımı (Hardware)

PLC'ler endüstriyel otomasyon devrelerinde doğrudan kullanıma uygun olarak, özel giriş ve çıkış birimleriyle donatılmışlardır. Bu cihazlara, basınç, seviye, sıcaklık algılayıcıları ve buton gibi iki değerli lojik işaret taşıyan elemanlar; kontaktör, selenoid gibi kumanda devrelerinin sürücü elemanları doğrudan bağlanabilir. (Şekil 4.1).



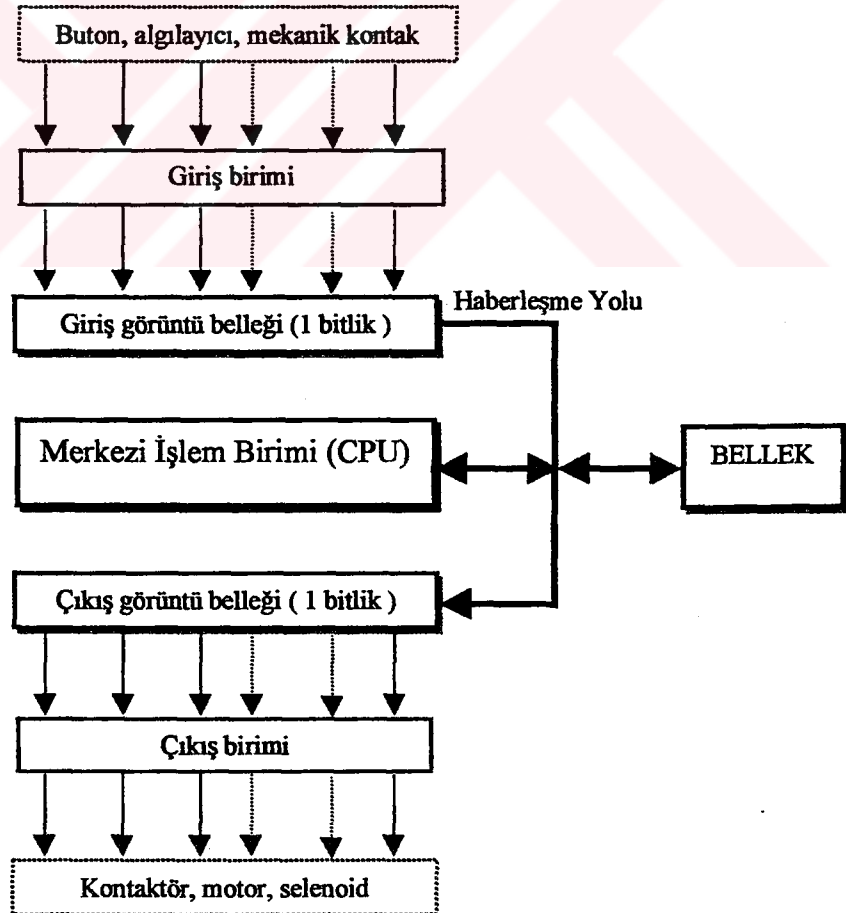
Şekil 4.1 Bir PLC'nin temel kısımları

Bir PLC;

- Bir mikrobilgisayar (mikro işlemci + bellek + giriş-çıkış ara birimi) veya mikrokontrolör,
- Giriş ve çıkış birimleri,
- Programlayıcı birimi,
- Besleme güç kaynağı gibi temel kısımlardan oluşur. Ayrıca programı yedeklemek ve başka bir PLC'ye aktarmak için EEPROM modülü, giriş-çıkış sayısını arttırmak için genişleme birimi, enerji kesilmeleri durumunda PLC'yi besleyen yedek güç kaynağı ve seri haberleşme arabirimi gibi elemanlar da bulunur.

Mikrobilgisayar veya mikrokontrolör, PLC işletim sistemi altında kullanıcı programını yürüten, PLC'nin çalışmasını düzenleyen ve bu işlemleri yapmak için gerekli birimleri bulunan en önemli elemandır.

Bir PLC'nin iç yapısı Şekil 4.2'deki gibi verilebilir. Bütün sayısal bilgisayarlar gibi PLC, bir mikroişlemci, bellek ve giriş-çıkış arabirimlerden oluşur.



Şekil 4.2 Bir PLC'nin iç yapısı

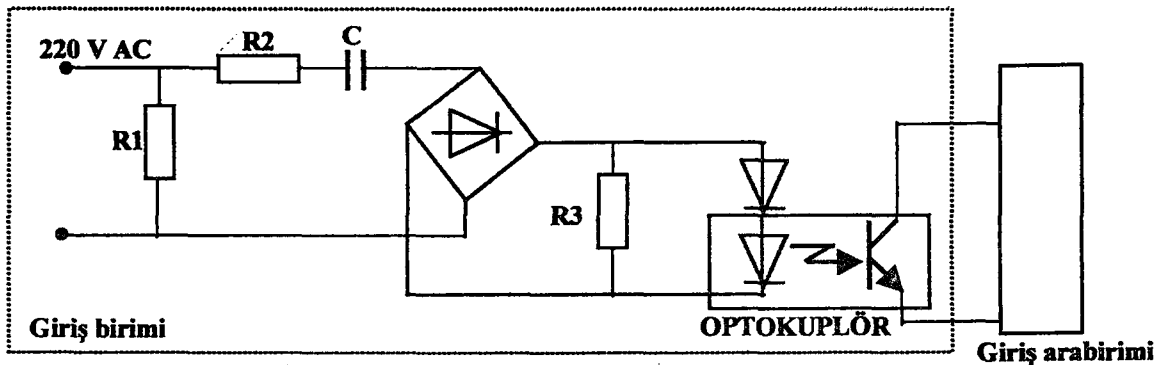
Mikroişlemci yerine mikrokontrolör veya mikrobilgisayar olarak adlandırılan elemanlar da kullanılır. Bu elemanların mikroişlemciden farkı, işlemci, bellek ve giriş-çıkış arabirimlerinin aynı yonga içinde bulunmasıdır.

Bellek olarak, salt okunur bellek (ROM) ve rasgele erişimli bellek (RAM) kullanılır. İşletim sistemi ve PLC' ye ilişkin değiştirilemeyen veriler, salt okunur bellekte; veriler, kullanıcı programı ve giriş-çıkış işaret durumları rasgele erişimli bellekte tutulur. Giriş-çıkış işaret durumlarının tutulduğu özel bellek alanı, giriş-çıkış görüntü belleği olarak adlandırılır. Giriş-çıkış arabirimi, bir giriş- çıkış birimi üzerinden kumanda elemanlarına bağlanır. Aşağıda bu elemanların işlevleri açıklanmıştır. (Siemens, Step-7 Referans Manuel, 1995)

Giriş Görüntü Belleği: Programın yürütülmesi sürecinde giriş birimindeki işaret durumlarının (var-yok) saklandığı özel bir bellek alanıdır. Her çevrimin başlangıcında giriş birimindeki değerler yeniden alınır ve bu değerler bir devrim süresince değişmez.

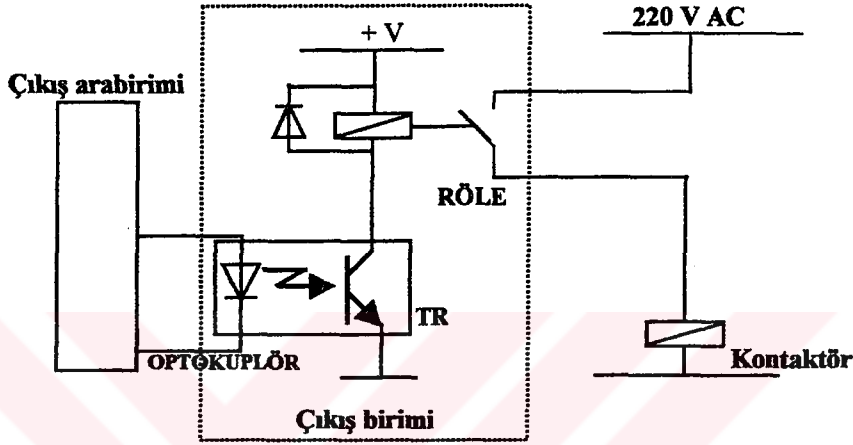
Çıkış Görüntü Belleği: Kontrol programının yürütülmesi sürecinde hesaplanan değerlerin saklandığı özel bir bellek alanıdır. Kullanıcı programının yürütülmesi tamamlandığında çıkış birimine transfer edilir ve bir sonraki işleme kadar bu değerler tutulur.

Giriş Birimi: Kontrol edilen sistemle ilgili algılama ve kumanda elemanlarında gelen elektriksel işaretleri lojik gerilim seviyesine dönüştüren birimdir. Kontrol edilen sisteme ilişkin basınç, seviye, sıcaklık sensörleri, butonlar ve sınır anahtarları gibi elemanlardan gelen iki değerli işaretler (var-yok, 0 veya 1) giriş birimi üzerinden alınır. Gerilim seviyesi değerleri 24V, 48V, 100V-120V, 200V-240V doğru veya alternatif akım olabilir. Şekil 4.3'de 200V-240V A.C. giriş gerilimi ile uyarılan bir giriş birimi devresi verilmiştir. PLC giriş birimi devresine gelen bir işaret lojik-1 kabul edilebildiği bir alt sınır ve lojik 0 kabul edilebildiği bir üst sınır vardır. Giriş bilgisinin doğru olarak alınabilmesi için işaret gerilim seviyesinin bu değerler arasında olması gerekir.



Şekil 4.3 220 V AC gerilimle uyarılan bir giriş birimi

Çıkış birimi:Kontrol edilen sistemdeki, kontaktör, röle, selonoid gibi kumanda elemanlarını sürmeye uygun donanımda olan birimdir. Bunlar: röle, triyak ya da tranzistor çıkışlı olabilir. Özellikle, çalışma sırasında çok sayıda yüksek hızlı açma-kapama gerektiren durumlarda, doğru akımda tranzistorlu, alternatif akımda triyaklı olan çıkışlar kullanılır. PLC üzerindeki çıkışlardan büyük akımlar çekilemez. Örneğin;kontak çıkışlı devreler 6A mertebesinde, triyak ve tranzistorlu devreler 1A ya da 2A mertebesinde yüklenebilir.Elektrik motorlarının kumandasında kullanılan kontaktörler genellikle röle çıkışlı birimleri ile sürülür. Kontaktör sürülen bir kontak çıkışlı (röle) devre Şekil 4.4’ de verilmiştir.



Şekil 4.4 Kontaktör sürülen röleli bir çıkış birimi devresi.

Bazı PLC’lerde geri beslemeli kontrol uygulamaları için gerekli olan analog-dijital (ADC) ve dijital-analog dönüştürücü (DAC) gibi giriş-çıkış birimleri de bulunur. Ayrıca bazı özel uygulamalar için gerekli hızlı sayıcı girişi ve kesme (interrupt) girişleri bulunan PLC modelleri de vardır.

Programlayıcı Birimi: PLC’leri programlamak veya yazılan programın derlenip program belleğine yüklenmesi amacıyla kullanılır. Programlayıcı birimi mikroişlemci tabanlı bir özel el cihazı olabileceği gibi bir kişisel bilgisayar da olabilir. Bu birim, programın yazılması, PLC’ ye aktarılması ve istenirse çalışma sırasında giriş-çıkış veya saklayıcı durumlarının gözlenmesi ya da bazı parametrelerin değiştirilmesi olanaklarını sağlar.

Günümüzde PLC’ leri programlamak için daha çok kişisel bilgisayarlar kullanılır. Herhangi bir kişisel bilgisayara yüklenen bir editör-derleyici programı yardımıyla PLC’ ler daha kolay bir şekilde programlanabilir. Her PLC üreticisi firma, özellikle kumanda devreleri ile ilgili kişilerin kolayca kullanabilecekleri veya uyum sağlayabilecekleri editör-derleyici programları geliştirmişlerdir.

4.1.2.2 PLC İşletim Sistemleri

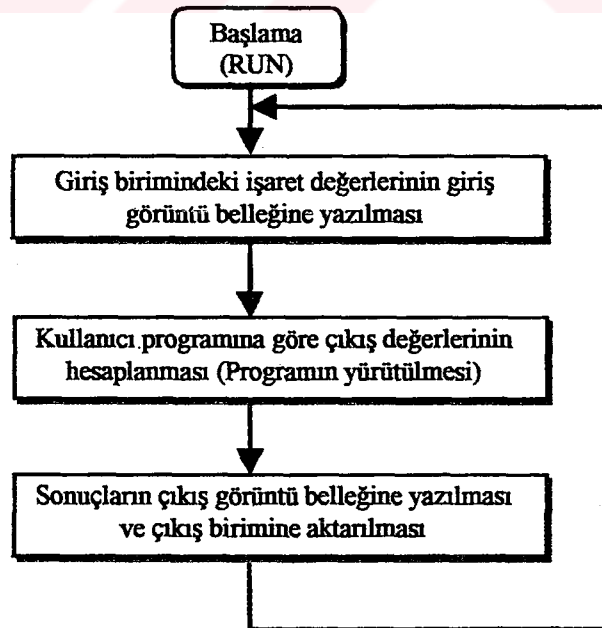
4.1.2.2.1 PLC Programlama (Software)

Bu bölümde, PLC' lerde işletim sistemleri ve programlama yöntemleri genel olarak, Simatic S7-200 /CPU 222 PLC' sindeki bellek yapısı ve kontaklı kumanda devrelerinin gerçekleşmesi için gerekli olan tüm komutlar detaylı olarak anlatılacaktır. Bütün PLC işletim sistemlerinde birbirine çok benzeyen işletim sistemi programları kullanılır. Bu programlar ROM'da bulunur ve üretim aşamasında sisteme yüklenir. Genel olarak işletim sistemi programı şu işlevleri yerine getirir:

- Kullanıcı programı yürütür.
- Olay ve zamana bağlı kesme hizmet programlarının çalışmasını düzenler,
- Sistemin hatalı çalışma durumlarını belirler ve PLC' lerin haberleşmesini düzenler.

4.1.2.2.2 Kullanıcı Programının Yürütülmesi

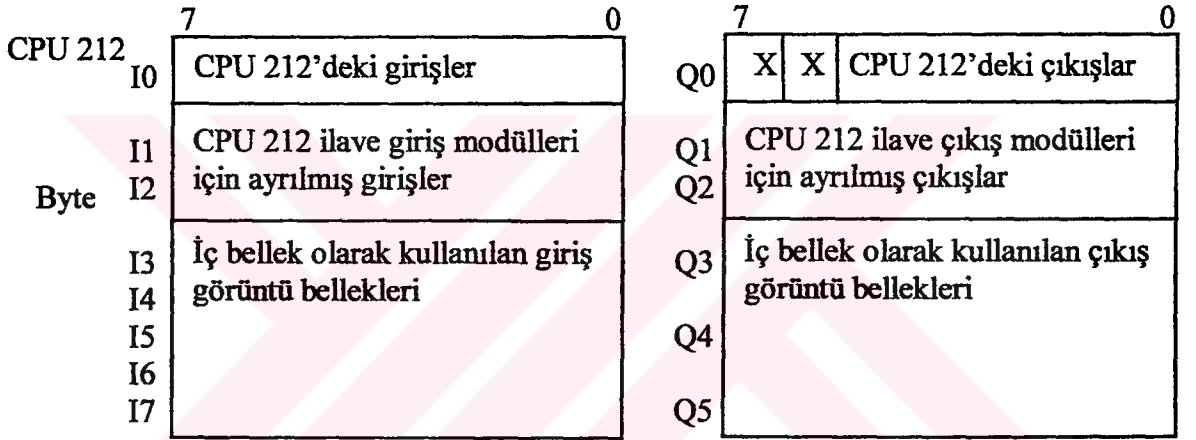
PLC program belleğine yüklenmiş bir kullanıcı programı, birinci komuttan başlanarak son program komutuna kadar bütün komutların sırayla yürütülmesi biçiminde gerçekleşir. Program içinde dallanma ya da atlama komutları kullanılması durumunda atlama adresine kadar yazılan komutlar işleme girmez. Program sonu komutuna erişildiğinde tekrar birinci komuta dönülür. Bu çalışma biçimi sonsuz çevrime girmiş bir program parçası gibi düşünülebilir.



Şekil 4.5 Programın yürütülmesi.

Kesme isteği olduğunda programın yürütülmesi durdurulur, kesme alt programı yürütüldükten sonra tekrar ana programa dönlür. Şekil 4.5'te kullanıcı programının yürütölme biçimine ilişkin akış diyagramı verilmiştir.

Girişleri Okuma : Her tarama başında öncelikle giriş bitleri okunur ve bunlar çıkış görüntü belleklerine yazılır. Giriş-çıkış görüntü bellekleri I0–I7, Q0–Q7 olmak üzere 8 byte büyüklüğündedir. Bunlardan I0.0–I0.7, CPU 212 üzerinde mevcut bulunan girişler içindir. I1.0–I1.7 ve I2.0–I2.7 ek girişler için ayrılmıştır. I3–I7 byte'ları ise program içinde iç bellek bitleri olarak kullanılabilir. Q0.0–Q0.5 çıkışları CPU 212 üzerinde mevcuttur. Q0.6–Q0.7 çıkış bitleri kullanılmaz. Q1.0–Q1.7 ve Q2.0–Q2.7 ek çıkışlar için ayrılmıştır. Q3–Q7 byte'ları iç bellek biti olarak kullanılabilir. CPU 212 için giriş ve çıkış görüntü bellekleri Şekil 4.6 'da verilmiştir. Şekilde X ile gösterilen bitler kullanılmayan bitlerdir.



Şekil 4.6 S7-200 PLC giriş ve çıkış görüntü bellekleri.

Programı İşletme: PLC programın işletimine ilk komuttan başlar, son komuta kadar sürdürür. İmmediate I/O (derhal G/Ç), ister program ister kesme işlevinin gerçekleşmesi sırasında giriş ve çıkışlara anında ulaşmayı sağlar.

Mesajların İşletimi : Bu tarama çevrimi diliminde PLC haberleşme kapısından aldığı mesajları değerlendirir.

İç kontroller : PLC program belleği, giriş- çıkış modülleri vs. kontrolünün periyodik olarak yapılmasını içerir.

Çıkışların yazılması : Çıkış görüntü belleğindeki değerler çıkış modüllerine yazılır ve bir tarama çevrimi tamamlanmış olur.

PLC' lerde genellikle STOP ve RUN olmak üzere iki çalışma modu vardır. Çalışma modları kontrolör üzerinde bulunan üç konumlu STOP / TERM / RUN anahtarı ile seçilir.

- Anahtar STOP konumuna alındığında programın yürütülmesi durdurulur ve kontrolöre program yüklenmesi bu modda yapılır.
- Anahtar TERM konumuna alındığında, program çalışma modu (RUN / STOP) programlama aygıtı veya kişisel bilgisayara yüklenen programlama yazılımı ile değiştirilebilir.
- Anahtar RUN konumuna alındığında program belleğine yüklenen program yürütülür. Bu modda çalışırken kontrolöre program yüklenemez.

Çalışma (RUN) moduna alınan bir kontrolör ile, sürekli olarak yenilenen 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. Bu işlemler yapılırken bir önceki adımda hesaplanan ara değerler, ayrık giriş ve çıkış noktalarındaki işaret değerleri, daha sonraki adımlarda kullanılır. Hesaplama sürecinde, giriş değerlerinin, giriş görüntü belleğinden okundukları andaki değerleri 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 transfer işlemi tamamlandıktan sonra tekrar birinci adıma dönlür. Çıkış görüntü belleği ve çıkış birimindeki değerler bir sonraki çevrime kadar değişmez. Son komut yürütüldükten sonra, çıkışlara ilişkin sonuçlar, çıkış görüntü belleği olarak adlandırılan özel bir bellek alanına aktarılır.

Yukarıda belirtilen işlemlerin tamamlanması, bir tarama çevrimi (scan time) olarak adlandırılır. Kontrolör, durma (STOP) moduna alınıncaya kadar bu işlemler tekrarlanır. Programın bu şekilde yürütülmesinin yararları şöyle sıralanabilir:

1. Programın yürütülmesi sırasında, bir tarama çevrimi tamamlanıncaya kadar, giriş ve çıkış görüntü belleğindeki değerlerin değişmemesi, lojik devre tasarım yöntemleri ile bulunan fonksiyonların kararlı ve doğru çalışmasını sağlar.
2. Görüntü belleğine erişim, giriş-çıkış noktalarına doğrudan erişimden daha hızlıdır.

3. Görüntü belleğindeki verilere bit, byte (8 bit), kelime (Word, 16 bit) ve çift kelime (double word, 32 bit) olarak aynı anda erişilebilirken, giriş-çıkış noktalarına doğrudan yalnızca bir bit olarak erişilebilir.

Görüntü belleği kullanılmasının sakıncası ise, program yürütülürken, giriş noktalarındaki kısa süreli işaret değişimlerinin sonuçlara yansımamasıdır.

Ancak giriş görüntü belleğindeki değerlerin alınması ve çıkış görüntü belleğine değer yazılması işlemlerinin farklı yapıldığı PLC işletim sistemleri de vardır. Buna örnek olarak, hesaplanan çıkış değerlerinin doğrudan çıkış birimine gönderildiği (DPS, direct processing system) işletim sistemi verilebilir. Bu işletim sisteminde gerçek giriş adresini içeren bir komuta rastlandığında girişin o andaki değeri alınır ve gerçek çıkışa ilişkin bir sonuç hesaplandığında bu değer doğrudan çıkış birimine transfer edilir. Ayrıca gerçek giriş çıkışlara doğrudan erişme olanağına sahip komutları olan (immediate I/O instructions) PLC'lerde (Simatic S7) vardır.

PLC' lerde bir çevrimin tamamlanması için geçen süreye tarama zamanı denir. Bir PLC'nin tarama zamanı giriş çıkış sayısına, programın içeriğine, uzunluğuna, ve merkezi işlem biriminin çalışma frekansına bağlıdır. Örneğin, 500 kelime program kapasitesi 10 giriş ve 6 çıkışı olan bir PLC'de G/Ç tarama zamanı 2.6 ms, program yürütme zamanı 12 ms'dir. Genel olarak PLC' lerde tarama zamanı 2 ms ile 200 ms arasında değişir. Tarama hızı genellikle 1024 byte başına işlem hızı olarak verilir.

4.1.3 S7-200 (CPU 222) PLC' lerine Genel Bakış

Çizelge 4.1.Simatic S7-200 (CPU 222 ve CPU 224) PLC' lerin özellikleri

ÖZELLİKLER	S7 200 CPU 222	S7 200 CPU 224
Bellek		
Program Belleği	2048 Kelime	4096 Kelime
Veri Belleği	1024 Kelime	2560 Kelime
Değişken bellek (variable memory)	VB0.0 – VB2047.7	VB0.0 – VB5119.7
Proses giriş – görüntü belleği	I0.0 –I15.7	I0.0 –I15.7
Bit belleği (M)	M0.0 – M31.7	M0.0 – M31.7
Özel bellek (SM)	SM0.0 – SM179.7	SM0.0 – SM179.7
Sadece okunur bellek	SM0.0 – SM29.7	SM0.0 – SM29.7
Proses çıkış - görüntü belleği	Q0.0 –Q15.7	Q0.0 –Q15.7

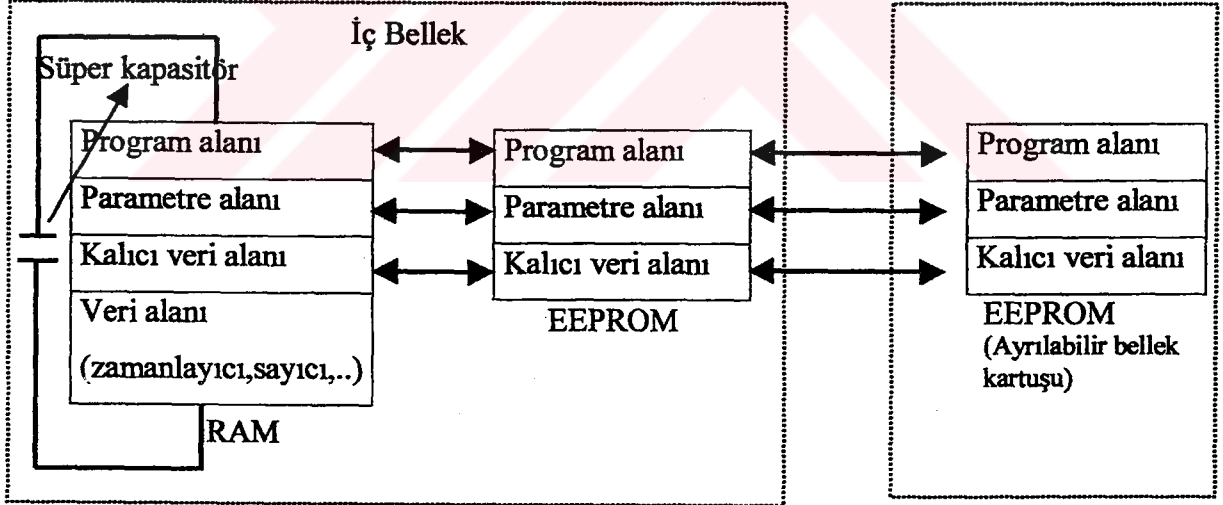
CPU üzerindeki G/Ç Sayısı		
(Local I / O)	8 G / 6 Ç	14 G / 10Ç
Genişleme Modüllerinin Sayısı	2 Modül	7 Modül
Zamanlayıcılar	256 (T0 – T255)	256 (T0 – T255)
Kalıcı gecikmeli kapatan 1 ms (2 adet)	T0, T64	T0, T64
Kalıcı gecikmeli kapatan 10 ms (8 adet)	T1 – T4,T65 - T68	T1 – T4,T65 - T68
Kalıcı gecikmeli kapatan 100 ms (54 adet)	T5 – T31,T69 – T95	T5 – T31,T69 – T95
Gecikmeli açan 1 ms (2 adet)	T32, T96	T32, T96
Gecikmeli açan 10 ms (8 adet)	T33–T36,T97-T100	T33–T36,T97-T100
Gecikmeli açan 100 ms (181 adet)	T37 - T63, T101 - T255	T37 - T63, T101 - T255
Sayıcılar (256 adet)	C0 – C255	C0 – C255
Yüksek hızlı sayıcı (4 adet)ve (6 adet)	HC0,HC3,HC4,HC5	HC0 – HC5
Acümülatör belleği sayısı	AC0 – AC3	AC0 – AC3
Atlama etiketi sayısı	0 - 255	0 - 255
Alt program sayısı	0 - 63	0 - 63
Kesme programı sayısı	0 - 127	0 - 127
Enerji kesildiğinde veri belleği destekleme kapasitesi	50 saat	190 saat
PID loop sayısı	0 - 7	0 - 7
4 matematik fonksiyonu	evet	evet
Haberleşme kesmeleri (interrupts)	1 verici, 2 alıcı	1 verici, 2 alıcı
Zaman kesmeleri (interrupts)	2 adet (1ms–255ms)	2 adet (1ms–255ms)
Donanım giriş kesmeleri (interrupts)	4, giriş filtresi	4, giriş filtresi
Haberleşme portu sayısı	1 adet (RS-485)	1 adet (RS-485)
Protokol desteği	PPI, DP/T, Freeport	PPI, DP/T, Freeport
Maksimum G/Ç konfigürasyonu	Sadece S7 200 CPU 222 için	
Maksimum Dijital G / Ç		
CPU üzerinde	8 G / 6 Ç	
2 x EM 223 DI 16 / DO 16	32 G / 32 Ç	
Toplam	40 G / 38 Ç	
Maksimum Analog Giriş		
2 x EM 235 AI 4 / AQ 1	8 AI / 2AQ	
Toplam	8 AI / 2AQ	
Maksimum Analog Çıkış		
2 x EM 232 AQ 2	4 AQ	
Toplam	4 AQ	

S7-200 PLC ailesi CPU 21X serisi (212,214,215 ve 216) ve CPU 22X serisi (221,222,224 ve 226) olmak üzere iki seri olup; merkezi işlemci ünitesi, mevcut giriş-çıkışları ile kompakt bir PLC'dir. Bunlardan CPU 222 ve CPU 224 PLC' lerinin özellikleri Çizelge 4.1' de verilmiştir.

CPU 222 ve CPU 224 PLC' lerinin DC çıkış, AC çıkış ve Röle çıkışlı olmak üzere üç modeli de mevcuttur. CPU 222 küçük çaplı uygulamalarda kullanılabilir ve iki adet genişleme modülü takılmasına izin verebilir. CPU 224'ün ise daha büyük çaplı uygulamalarda kullanılması mümkündür ve yedi adet genişleme modülü takılmasına izin verebilir. CPU 224'de seçimsel bellek kartuşu, 2 analog potansiyometre ayarı (PLC içinde dijital değere dönüştürülür.) ve gerçek zaman saati mevcuttur.

4.1.3.1 S7-200 PLC Bellek Tipleri

S7-200 PLC' sinde bellek üç alana ayrılır; program belleği, veri belleği ve parametre belleğidir. Şekil 4.7'de S7-200 PLC' sinin belleğinin sembolik şekli verilmiştir. Bunları ayrıntılı olarak incelersek;



Şekil 4.7 S7-200 PLC' nin belleğinin sembolik şekli

PLC' lerde genelde programın, verilerin, sabitlerin vs. bilgilerin saklanması için RAM, EPROM, EEPROM entegre devreleri kullanılmaktadır. RAM (Random Access Memory),

kolaylıkla programlanabilen, içeriği değiştirilebilen veya silinebilen bellek ortamıdır. RAM'in içeriği enerji ile desteklenmediği zaman silinir. Bu yüzden genelde RAM'e destek sağlayacak bir pil kullanılır. EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory), programlandıktan sonra sadece okunabilen ve pil gerektirmeyen bellek saklama ortamıdır. Bu nedenle, değişken olmayan kullanıcı programlarının saklanması yararlanır. EPROM içeriği silmek için ultraviyole ışınması altında bir süre bekletmek gerekir. EEPROM (Electically Erasable Programmable Read Only Memory), silinmesi için ultraviyole ışın yerine DC gerilim yeterli olan EPROM tipidir.

4.1.3.1.1 Program belleği

İstenilen kontrol sistemini gerçeklemek için gerekli olan komut listesini içerir. Program aynı zamanda yazılabilir ve okunabilir olan kalıcı bellekte de saklanır. PLC'nin enerjisi kesildiğinde program kaybolmaz, çünkü pil yada herhangi bir güç kaynağına gerek kalmaksızın program kalıcı bellekte saklı kalır. Simatic sistemlerinde her bir komut bellekte 2 veya 4 byte yer kaplar. Mikro işlemci bellekteki programın komutlarını sırayla birer birer işler ve işlenmesi gereken komutu (genellikle 2 byte sonraki konut) akılda tutmak için bir sayıcı kullanır.

Program belleği, LAD merdiven diyagramı yada STL deyim listesini içinde bulundurur. Programlama cihazı ile program belleği içeriği değiştirilebilir. Program belleği OB1 (organizasyon belleği 1) olarak tanımlanır ve kalıcı iç bellekte saklanır. CPU 214 ve üstü PLC' lerde takıp çıkarılabilen OB1 ve sürekli saklanması gerekli bilgilerin yer aldığı seçimsel bellek kartuşu mevcuttur. Program belleğinin büyüklüğü CPU 222'de 2048 kelime, CPU 224'de 4096 kelimedir.

4.1.3.1.2 Veri belleği

Kontrol programının işletilmesi sırasında PLC' nin çalışma alanı olarak kullandığı bellek kısmıdır. Veri belleği hesaplamalar, ara sonuçların geçici olarak saklanması, reçetelerde kullanılan sabitler ve kontrol parametre sabitleri için gerekli bellek alanlarını içerir. Veri belleği içine program kontrolünde girilebilir. Veri belleğinin bir kısmı kalıcı bellekte (yazılabilir/okunabilir) saklanır. PLC'nin enerjisi kesildiğinde kalıcı bellekte saklanan bilgi kaybolmaz. Bu nedenle, sabitler ve diğer bilgiler kalıcı bellekte saklanabilir. Kalıcı bellek program belleği gibi aynı karakteristiğe sahiptir. Veri belleğinin diğer kısmı RAM sıradan

erişimli bellekte saklanır. RAM'deki bilgiler enerji kesildikten sonra kısıtlı bir zaman içinde pil yardımıyla saklı kalır. Bu zaman sonunda silinir.

4.1.3.1.3 Parametre belleği

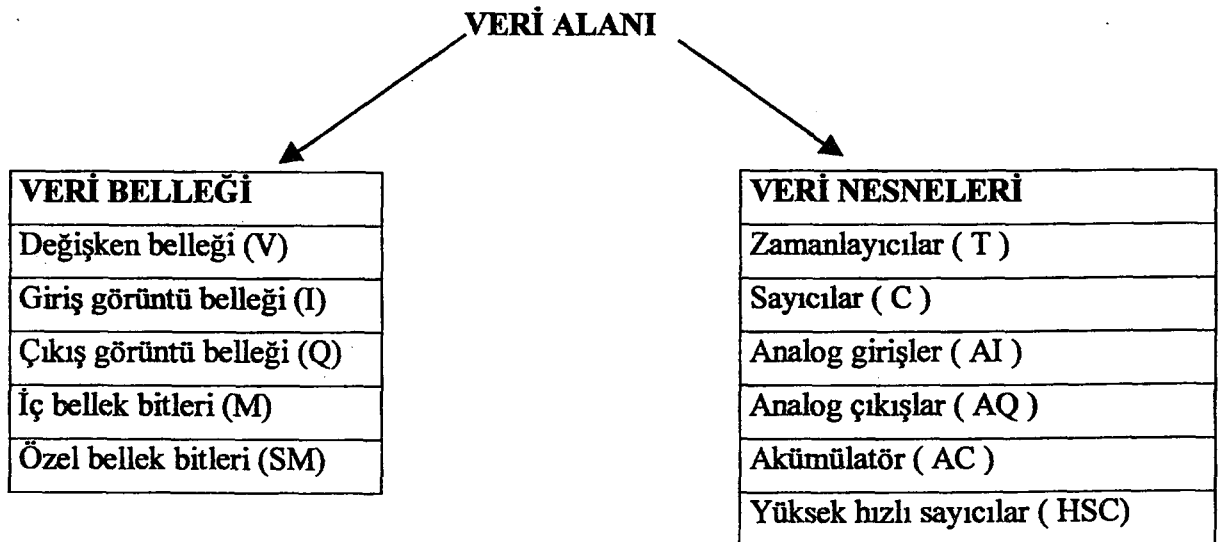
Şifre, istasyon adresi, kalıcı bilgiler gibi yapısal parametre seçimlerinin üretici firma tarafından atanan yada sonradan kullanıcının değiştirdiği değerlerinin saklandığı yerdir. Parametre belleğinin içeriği program belleği ile aynı karakteristiğe sahiptir ve kalıcı bellekte saklanır.

4.1.3.2 S7-200 PLC Veri Alanı

Veri belleği ve veri nesneleri olarak iki kısma ayrılabilir.

4.1.3.2.1 Veri Belleği: Değişken bellek (V bellek) , giriş görüntü belleği (I), çıkış görüntü belleği (Q), iç bellek bitleri (M), özel bellek bitlerinden (SM) oluşur. Bunlar yazılabilir ve okunabilir (SMB'nin yalnızca okunur tipleri hariç) bellek alanlarıdır ve bit, byte, word, doubleword olarak erişilebilir.

4.1.3.2.2 Veri Nesneleri: Sayıcının saydığı zaman değeri gibi bilgilerin saklandığı bellek alanlarıdır. Zamanlayıcı, sayıcı, analog giriş, analog çıkış, akümülatör ve yüksek hızlı sayıcı verilerinden oluşur. RAM veri bellek ve nesnelerinin depolanmasını sağlar. CPU 222'de 50 saat kadar CPU 224'de 190 saat kadar üzerindeki bilgiyi kaybolmadan saklayabilir. Analog giriş, analog çıkış ve yüksek hızlı sayıcı verileri RAM'den ziyade kendi modülleri içinde saklanırlar. Şekil 4.8'de veri alanının sembolik gösterilimi, Şekil 4.9'da CPU 212 için veri bellek ve nesneleri gösterilmiştir.



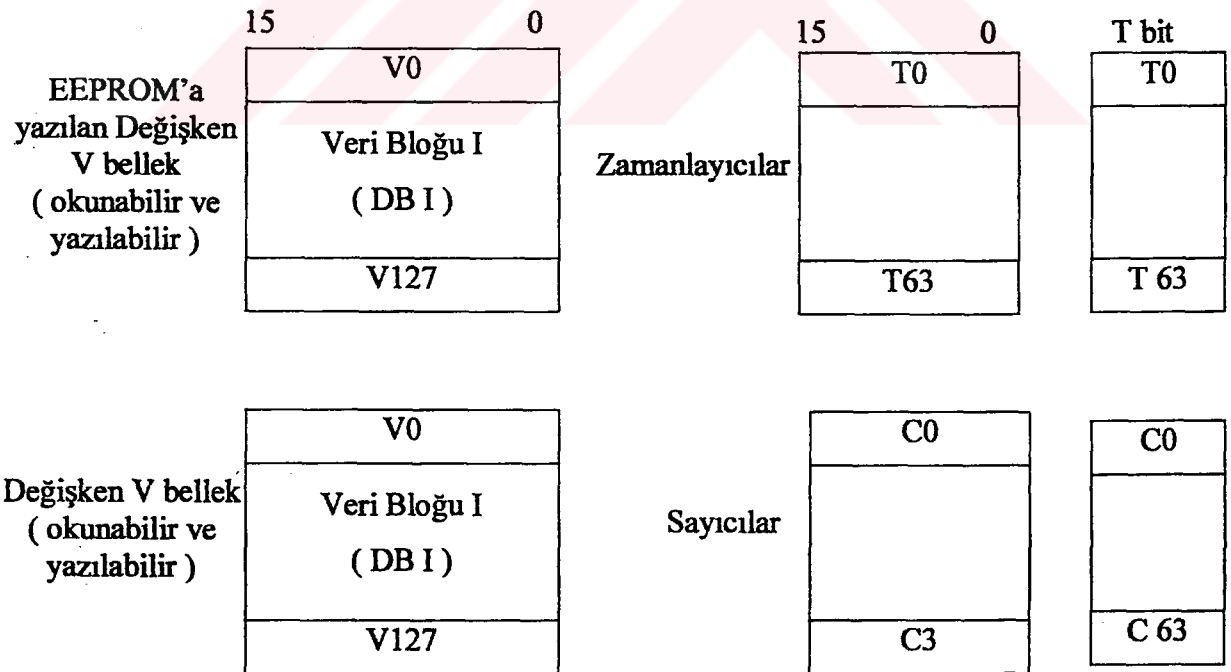
Şekil 4.8 S7-200 PLC veri alanı

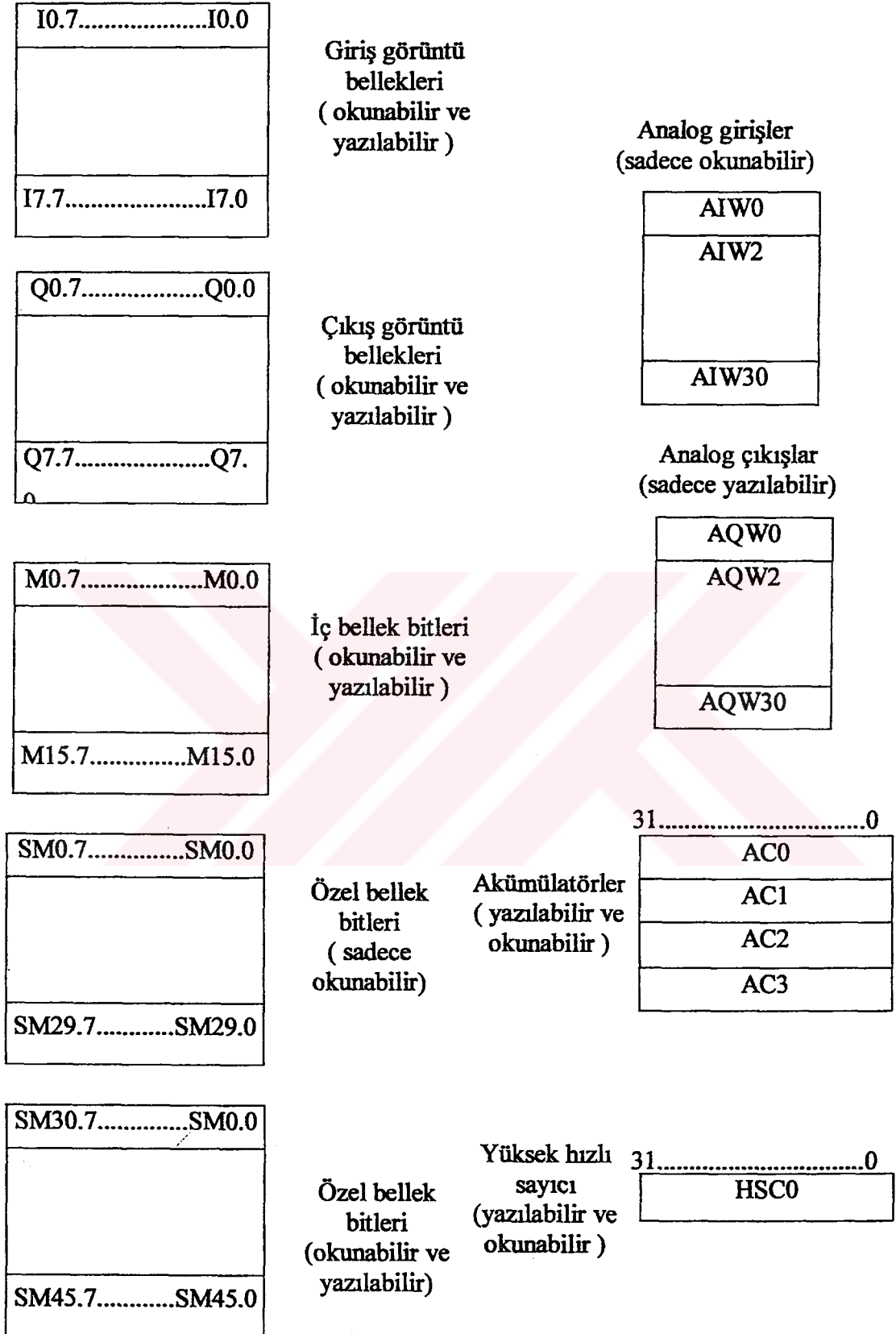
Değişken bellek (V bellek) ; İki kısma ayrılır, her iki kısım da RAM’de saklanır, okunabilir ve yazılabilir. V belleğinin birinci kısmı DB1 veri bloğu olarak tanımlanır. CPU 212’de ilk 128 byte’lık CPU 214’de ilk 512 byte’lık kısımdır. Bu kısım aynı zamanda EEPROM’a da yüklenir. V belleğinin ikinci kısmı sadece RAM’de saklanır. EEPROM’a yüklenmez.

Giriş ve çıkış görüntü bellekleri; PLC her taramanın başında girişlerin durumunu giriş görüntü belleklerine kopyalar. Programın işletimi sırasında giriş görüntü belleklerinden alınan giriş bilgileri değerlendirilir. Tarama süresince gerçek girişler değişse bile giriş görüntü bellekleri dikkate alındığından etkisi olmaz, ancak bir sonraki taramanın başında işleme sokulurlar. Program işletimi sırasında girişlerin durumuna göre olması gereken çıkış bilgileri çıkış görüntü belleklerine yazılır, taramanın sonunda çıkış görüntü belleklerinin içeriği çıkışa aktarılır. Bu bir döngü halinde devam eder.

Giriş görüntü bellekleri kullanmasının üç ana nedeni :

1. Tarama başında tüm girişleri örneklemek, bu değerleri sabit tutarak program komutlarını gerçeklemek ve program sonunda da çıkışları güncellemek sistemde kararlılığı sağlar.





Şekil 4.9 Simatic S7-200 CPU 212 PLC veri belleği

2. Girişleri giriş görüntü belleklerinden okumak, gerçek girişleri okumaktan daha kısa zaman aldığından tarama süresi kısalmır.
3. **Gerçek girişler bit olarak değerlendirilebilir, fakat giriş görüntü bellekleri bit, byte, word, doubleword olarak işleme sokulabilir.** Bu da işletimde ek bir esneklik sağlar. Ayrıca giriş ve çıkış görüntü bellekleri giriş ve çıkışlardan daha fazla sayıda mevcuttur, bu da kullanılmayan giriş ve çıkışların görüntü belleklerinin program içinde iç bellek biti olarak kullanılmasını sağlar.

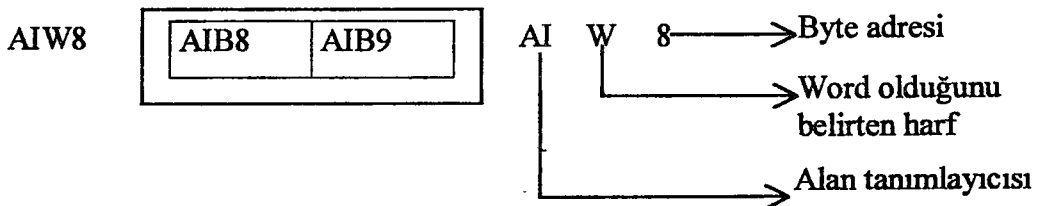
Immediate I/O (derhal G/Ç); Program işletimi sırasında gerçek giriş ve çıkışlara doğrudan erişmek için kullanılır. Giriş noktasına doğrudan ulaşımında giriş görüntü belleği değişmez, gerçek giriş okunur. Çıkış noktasına doğrudan ulaşımında derhal çıkış görüntü belleğinde ilgili çıkış biti değiştirilerek çıkışa anında ulaşım sağlanır.

İç bellek biti(M); Çıkışa aktarılmayan program içinde ara çıkış olarak kullanılan bitlerdir. İç bellek bitleri genelde bit olarak kullanıldığı gibi byte, word, doubleword olarak da kullanılabilir.

Özel bellek bitleri(SM); PLC sistemi ve program arasında haberleşmeyi sağlayan ve bir takım fonksiyonları da içeren bitlerdir.

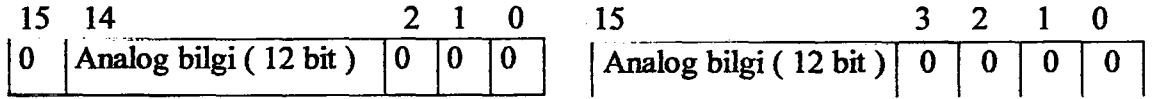
Zamanlayıcı Ve Sayıcılar; Zamanlayıcılar, zaman değerini sayan cihazlardır. 1ms, 10 ms, 100 ms, hassasiyetli zamanlayıcılar mevcuttur. Sayıcılar, sayma girişindeki her yükselen kenarı sayan cihazlardır.

Analog Giriş Ve Çıkışlar; Analog modüller gerilim, sıcaklık gibi gerçek analog büyüklükleri bir dijital kelime değerine dönüştürür. Analog modüller giriş modülü, çıkış modülü ve giriş-çıkış modülü olabilir. AI ve AQ analog modülden okunur ya da yazılabilen 16 bitlik word değerleridir, analog girişler yalnız okunabilir, analog çıkışlar yalnız yazılabilir AI analog girişi, AQ analog çıkışı belirtir ve word değeri olduğunu belirten W eki ile birlikte AIW, AQW olarak tanımlanır AIW, AQW 0'dan 30'a kadar ikişerli aralıklarla tanımlıdır. (AIW0, AIW2, AIW4,...)



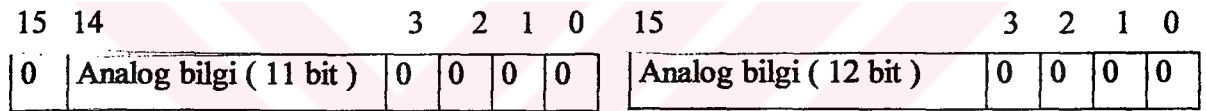
Şekil 4.10 Analog giriş ve çıkışlar

Analog giriş modülüne çeşitli değer aralıklarında gerilim ve akım değerleri uygulanabilir. Örneğin tez uygulamasında kullanılan EM235 4 analog giriş/ 1 analog çıkışlı modüle 0-50 mV, 1-100mV, 0-500mV, 0-1V, 0-5V, 0-10V, ve 0-20mA giriş olarak uygulanabilir. Hangi girişin uygulanacağı ve girişin işaretli-işaretsiz olup olmadığı modüldeki Dip switch ile seçilir. İşaretli analog giriş bilgisinde en anlamlı bitin sıfır olması pozitif analog değer olduğunu belirtir. İşaretsiz bilgide sağdan üç bit, işaretli bilgide sağdan dört bit okunmaz.



Şekil 4.11 İki kutuplu ve tek kutuplu analog bilgisi formatı

Analog çıkışı $\pm 10V$ veya 0-20mA olabilir. Akım bilgisi 11 bit, gerilim bilgisi 12 bit'ten ibarettir ve her iki bilgi için sağdan dört bit sıfır olarak kaydedilir.



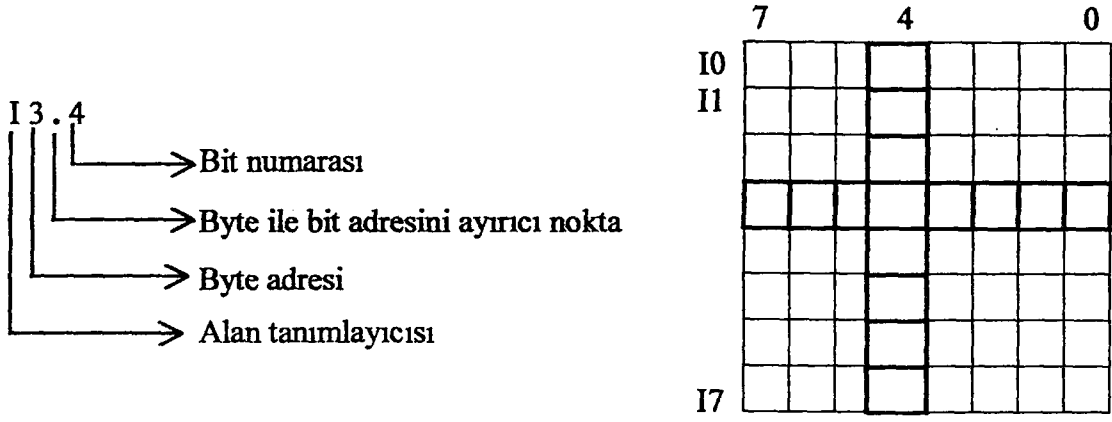
Şekil 4.12 Analog çıkış akım ve gerilim bilgisi formatı

Akümülatörler; Akümülatörler bellek gibi okunabilir ve yazılabilen byte'lardır. Örneğin alt-programlara parametre geçirmede komutları parametrelendirme de kullanılır. Bir kesme işleminden önce akümülatör üzerindeki bilgi PLC tarafından saklanır ve kesme sonucunda bu bilgi tekrar akümülatöre yüklenir.

Yüksek Hızlı Sayıcılar; PLC tarama süresinden daha hızlı sayma yapmak amacıyla kullanılır. CPU 212'de bir adet, CPU 214'de üç adet yüksek hızlı sayıcı mevcuttur. Yüksek hızlı sayıcılar işaretli 32 bitlik tamsayı sayma değerine sahiptir.

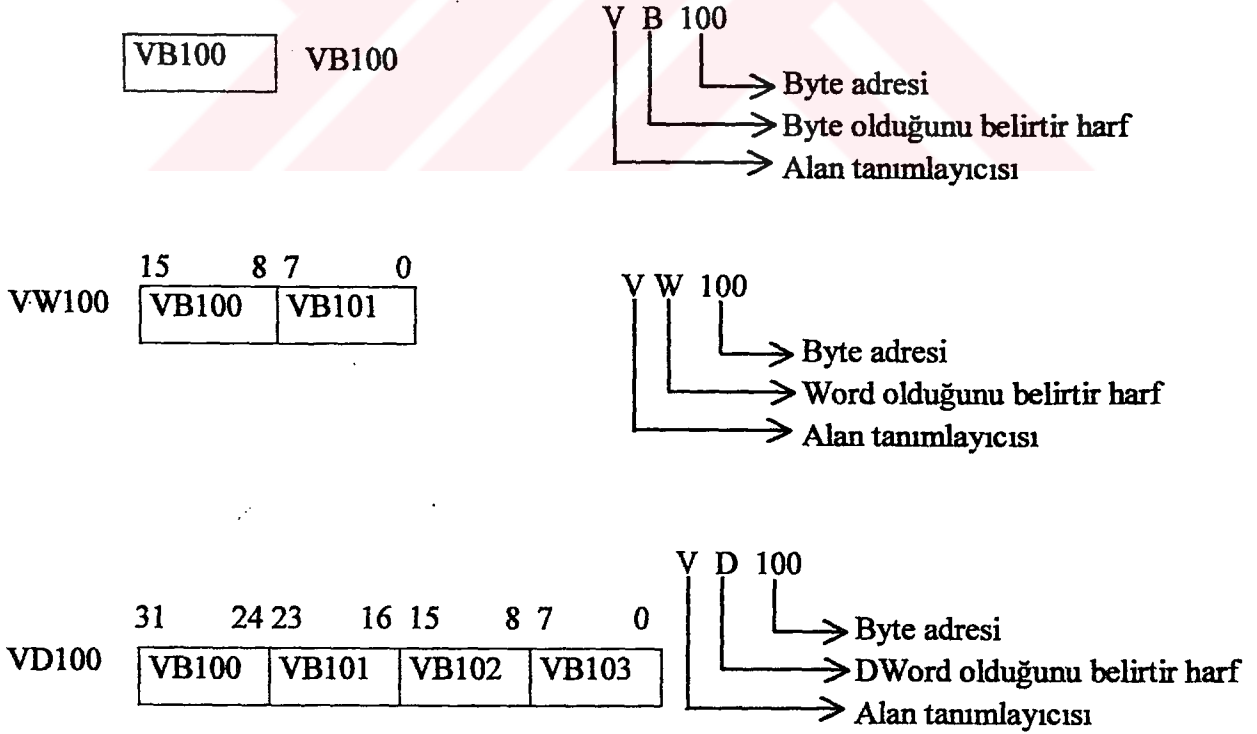
4.1.3.3 Veri Belleğine Bilgi Girişi

Veri belleği 5 kısma ayrılır; (I, Q, M, SM, V) Erişmek istenen verinin adresini belirtmek lazımdır. Belleğe bit, byte, word, doubleword olarak adresleme yapmak mümkündür. Bir bite ulaşmak için o bitin adresi tanımlanmalıdır. Adresleme yapılırken önce alan tanımlayıcı, ardından byte adresi, nokta, bit adresi (0.7) yazılır.



Şekil 4.13 Bit adresleme

Byte, word ve doubleword adresleri de aynı bit adresi gibi tanımlanır. Önce alan tanımlayıcı, sonra büyüklüğü belirten harf, ardından byte adresi gelir. Byte adreslerken byte olduğunu belirler harfin ardından byte numarası yazılır. Word iki byte'dan oluşur, dolayısıyla word adreslerken ardışıl iki adet byte adreslenmiş olur. Örneğin VW100 yazıldığında VW100'ün yüksek anlamlı byte'ı VB100 düşük anlamlı byte'ı VB101'dir. Dword dört byte'dan oluşur ve adreslerken dört adet ardışıl byte adreslenmiş olur. Şekil 4.13'de adres tanımlamalarının nasıl yapıldığı gösterilmiştir.



Şekil 4.14 Byte, Word, Doubleword adresleme

4.2 PLC' LERİN PROGRAMLANMASI

Programlanabilir Lojik Kontrolörler endüstriyel bir tesis veya makinenin önceden yazılmış bir programa ve durum değişikliğine göre kontrolünü yapan mikro işlemci bazlı bir kontrol sistemidir. Kontaklı kumanda devrelerinde sistem kablo bağlantılarıyla yapılmakta ve işin başında tüm sistemin kararlaştırılması ve uygulanması gerekmektedir. Sonradan yapılacak bir değişiklik oldukça zor ve uzun sürecektir. Fakat PLC sistemlerinde istenilen mantık kablolarla değil programlama suretiyle olacağından oldukça pratiktir. PLC'ler için geliştirilmiş olan programlama dilleri, kontaktörlü ve röleli kumanda devrelerinin tasarımı ile ilgilenen kişilerin kolayca anlayıp uygulayabileceği biçimdedir. Genel olarak üç çeşit programlama yönteminden söz edilebilir.

- Deyim listesi ile programlama(.Statement list, Instruction list)
- Merdiven diyagramı ile programlama (Ladder diyagramı gösterimi)
- Diğer programlama yöntemleri (Grafcet, lojik kapı sembolleri, lojik akış veya sembolik dille programlama)

Bu programlama yöntemlerinden deyim listesi ve merdiven diyagramı ile programlama genellikle el programlayıcılarında kullanılır. Kişisel bilgisayarlarda her üç yöntemi de kullanmak mümkündür. Bu bölümde Simatic S7-200 PLC komutları açıklanacaktır.

4.2.1 Simatic S7-200 PLC Komutlarına Giriş

Simatic S7- 200 PLC'sinde merdiven diyagramı (LAD) ve deyim listesi (STL) ile program yapmak mümkündür.

Merdiven diyagramı:Endüstriyel kumanda sisteminde kullanılan elemanların çizimine benzer olarak oluşturulan bir grafik dildir. Merdiven diyagramı ile programlamada; lojik akışı gösteren basit elemanlar kullanılır.

Kontaklar: Kapalı olduğunda güç akışına izin veren anahtar kontağıdır. Normalde açık (—|—) ve normalde kapalı (—|—) şekillerinde gösterilir.

Bobin : Kontaktör veya röleyi ifade eder.

Kutular : Kutuya güç akışı geldiğinde çeşitli fonksiyonları gösteren sembollerdir. Zamanlayıcı, sayıcı, matematik fonksiyonları vs. için kutular mevcuttur.

Bobin ve kutular merdiven diyagramında sağa dayalı olmalıdır. Güç soldaki çizgiden sağdakine doğru akar. Sol çizgi enerjili iletkeni sağ ise nötr iletkeni temsil eder Step7 Micro

Software yazılımında sağ çizgi gösterilmez. Güç sol çizgiden kapalı kontaklar üzerinden bobin ya da kutulara iletilir.

Deyim Listesi: PLC fonksiyonlarının kısaltmalarının oluşturduğu programlama dilidir. Program merdiven diyagramında yazılmışsa, programlama cihazı bu programı deyim listesine çevirir. Deyim listesi ile program yapmak için öncelikle S7-200 PLC'sinin 9 bit derinlik ve 1 bit genişlikli yığın kullanımını öğrenmek gereklidir. Tüm işlemler genellikle yığının ilk biti ya da 1. ve 2. biti ile yapılır.

4.2.2 Temel Lojik Komutlar

Kontaklı kumanda devresindeki seri ve paralel bağlı kontaklar yerine kullanabileceğimiz temel lojik komutlar aşağıda verilmiştir. Bu komutların lojik yığını nasıl kullandıkları da anlatılmıştır.

LD(LOAD): Yığın en üst seviyesine operandın değerini yükler. Yandaki şekilde; (YD) yığına yüklenen yeni değer (id0-id8) yığındaki ilk değerler olarak gösterilmiştir.

AND,OR: Operandın değeri ile yığının üst seviyesine ve /veya işlemi uygular, yine yığının üst seviyesine yazar.

ALD,OLD: Yığının ilk iki seviyesine ve /veya işlemi uygular, sonucu yığının üst seviyesine yazar.

ÇIKIŞ(=): Yığının en üst seviyesindeki değer belirtilen çıkış bitine kopyalanır ve yığının tüm seviyeleri değişmez.

LPS, LRD, LPP : Bu komutlar yığın üzerinde özel işlemler yaparlar. Merdiven diyagramında programlanamazlar. LPS (Lojic Push) komutu; yığının üst seviyesini ikinci seviyesine kopyalar ve diğer seviyeleri bir geri iter. LRD (Lojic Read) komutu; yığının ikinci seviyesini birinci seviyesine kopyalar fakat diğer seviyelerde değişiklik, itme ya da geri çekme yapmaz. LPP (Lojic Pop) komutu; yığının üst seviyesindeki bilgiyi atar ve tüm seviyelerdeki bilgileri bir geri çeker. Sekizinci seviye anlamsız olarak kalır. Bu komutların yığını nasıl etkiledikleri şekil 5.2'de gösterilmiştir.

LPS		LRD		LPP	
Önce	Sonra	Önce	Sonra	Önce	Sonra
id0	id0	id0	id1	id0	id1
id1	id0	id1	id1	id1	id2
id2	id1	id2	id2	id2	id3
id3	id2	id3	id3	id3	id4
id4	id3	id4	id4	id4	id5
id5	id4	id5	id5	id5	id6
id6	id5	id6	id6	id6	id7
id7	id6	id7	id7	id7	id8
id8	id7	id8	id8	id8	X

Şekil 4.15 LPS, LRD,LPP komutları

NOT; EU; ED: Bu komutlar yine bu yığın üzerinde özel işlemler uygular. NOT, yığının üst seviyesinin lojik olarak değilini alır ve aynı yere yükler. EU, her taramada 0'dan 1'e geçişi kontrol eder ve bu geçiş olduğunda yığının üst seviyesi "1" olur.ED,her taramada 1'den 0'a geçişi kontrol eder ve bu geçiş olduğunda yığının üst seviyesi "1" olur.

4.2.3 Set ve Reset İşlemleri

Set ve Reset deyimleri yetkilendirildiğinde ilgili çıkışı veya "n"adet ardışıl çıkış dizisini "1" veya "0" yapar. "n" 1-255 arasında bir değer olabilir. Set komutu ile çıkış "1"yapılınca set girişindeki sinyal "0" olsa dahi reset girişindeki sinyal "1"olana kadar çıkış değişmez. Set ve reset komutlarına "I" teriminin eklenmesi ile çıkış ya da çıkış dizileri derhal "1" ya da "0" yapılır. Bunun anlamı çıkışın durumu hem çıkış görüntü belleklerine hem de gerçek çıkış noktalarına anında taramanın sonunu beklemezsizin aktarılır.

4.2.4 Zamanlayıcılar

Simatic S7-200 PLC'sinde TON ve TONR olarak adlandırılan iki çeşit zamanlayıcı vardır. Bu iki zamanlayıcı Çizelge 4.2'de açıklanmıştır. TON zamanlayıcısı IN girişi lojik "1" olduğu sürece sayar, diğer durumda resetlenir. Ayrıca reset komutu ile de resetlemek mümkündür. TONR zamanlayıcısı IN etkin olduğu süre boyunca sayar ve IN girişi etkin değilken kaldığı zaman değerini hafızaya alır, IN girişi tekrar lojik "1" olduğunda kaldığı yerden saymaya devam eder. TONR zamanlayıcısını resetlemek için reset komutunu kullanmak gerekir.Reset komutu ile hem Txxx zamanlayıcı biti hem de zaman değeri resetlenir.

Çizelge 4.2 Zamanlayıcı komutları

KOMUT	TANIM	OPERAND												
LAD Txxx TON IN PT STL TON Txxx,PT	Açmada gecikmeli (TON) zamanlayıcısı IN girişi lojik "1" olunca maksimum değere kadar zamanı sayar, zaman PT ile ayarlanmış zaman değerine eşit veya büyük olduğunda zamanlayıcı biti Txxx="1" olur. IN girişindeki sinyal kalkarsa zamanlayıcı resetlenir. Zaman değeri maksimum değere ulaştığında ise sayma işlemi durur. Deyim listesinde yığının en üst seviyesi "1" olduğunda zamanlayıcı çalışır. Txxx >= PT olduğunda zamanlayıcı biti Txxx = 1 olur. Yığının en üst seviyesi "0" olduğunda zamanlayıcı resetlenir. <table> <tr> <th></th><th>CPU 212/214</th><th>CPU 222</th></tr> <tr> <td>1ms</td><td>T32</td><td>T32, T96</td></tr> <tr> <td>10 ms</td><td>T33-T36</td><td>T33-T36, T97-T100</td></tr> <tr> <td>100 ms</td><td>T37-T63</td><td>T37-T63, T101-T255</td></tr> </table>		CPU 212/214	CPU 222	1ms	T32	T32, T96	10 ms	T33-T36	T33-T36, T97-T100	100 ms	T37-T63	T37-T63, T101-T255	Txxx (212) T32-T63 (214) T32-T63 T96-T127 PT : VW, T, C, IW, QW, MW, SMW, AC, AIW, Sabit, *VD, *AC
	CPU 212/214	CPU 222												
1ms	T32	T32, T96												
10 ms	T33-T36	T33-T36, T97-T100												
100 ms	T37-T63	T37-T63, T101-T255												
LAD Txxx TONR IN PT STL TONR Txxx,PT	Hafızalı açmada gecikmeli (TONR) zamanlayıcısı, IN girişi etkinken maksimum değere kadar zamanı sayar, PT ile ayarlanmış değerine eşit veya büyük olunca zamanlayıcı biti Txxx = "1" olur. IN girişindeki sinyal kalkarsa yada zaman maksimum değere erişirse sayma işlemi durur, fakat resetlenmez. IN girişi tekrar etkin olduğunda saymaya kaldığı yerden devam eder. Deyim listesinde, yığının en üst seviyesi "1" iken zamanlayıcı max. değere kadar sayar. Txxx >= PT olduğunda zamanlayıcı biti Txxx = "1" olur. Yığının en üst seviyesi "0" iken ve zaman maksimum değere ulaşınca sayma işlemi durur. <table> <tr> <th></th><th>CPU 212/214</th><th>CPU 222</th></tr> <tr> <td>1ms</td><td>T0, T64</td><td>T0, T64</td></tr> <tr> <td>10ms</td><td>T1-T4,T65-T66</td><td>T1-T4, T65-T68</td></tr> <tr> <td>100ms</td><td>T5-T31, T67-T95</td><td>T5-T31, T69-T95</td></tr> </table>		CPU 212/214	CPU 222	1ms	T0, T64	T0, T64	10ms	T1-T4,T65-T66	T1-T4, T65-T68	100ms	T5-T31, T67-T95	T5-T31, T69-T95	Txxx : (212) T0-T31 (214) T0-T31 T64-T95 PT : VW, T, C, IW, QW, MW,SMW,AC, AIW,Sabit,*VD, *AC
	CPU 212/214	CPU 222												
1ms	T0, T64	T0, T64												
10ms	T1-T4,T65-T66	T1-T4, T65-T68												
100ms	T5-T31, T67-T95	T5-T31, T69-T95												

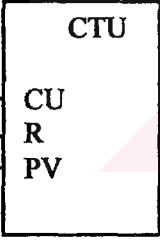
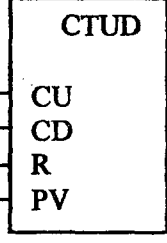
Zamanlayıcılar 1ms, 10ms, 100ms lik olmak üzere 3 çeşittir ve sırasıyla 32,767s 327,67s 3267,7s maksimum değere sahiplerdir. PT zaman ayar değerleri şöyle belirlenir; istenen zaman ayar değeri = $PT \times (1ms/10ms/100ms \text{ zamanlayıcısı})$. Örneğin 10ms'lik zamanlayıcıda 50 sabiti verilirse $50 \times 10ms = 500ms$ ayarlanmış demektir. 1 ms'lik zamanlayıcılar programın neresinde olursa olsun her 1ms'de güncelleştirilir. Dolayısıyla bir program taraması boyunca bir çok kere güncelleme yapılır. Bu nedenden dolayı program işletimi sırasında bir tarama boyunca zamanlayıcının zaman değerinin sabit olması

garantilenmez. 10ms'lik zamanlayıcı program taramasının en başında otomatik olarak güncelleştirilir ve bir tarama boyunca zaman değeri sabit kalır.

4.2.5 Sayıcılar

Sayıcılar, kumanda edilen sisteme ilişkin bir takım olayların sayılması ve değerlendirilmesi amacıyla kullanılır. Bu amaçla geleneksel kumanda devrelerinde özel elektronik ya da elektromekanik düzenler kullanılır. PLC'lerde bu işlem program komutları ile sağlanır. Simatic S7-200 PLC'sinde CTU yukarı sayma, CTUD yukarı/aşağı sayma olarak iki adet sayıcı mevcuttur. Bunların çalışma şekli, her iki dilde nasıl yazıldığı Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Sayıcı komutları

KOMUT	TANIM	OPERANDLAR
LAD Cxxx  STL CTU Cxxx,PV	Yukarı sayma (CTU) sayıcısı girişindeki sinyalin her yükselen kenarında değerini bir artırır. Eğer $Cxxx \geq PV$ (ayarlanan değer) olursa Cxxx sayıcı biti "1" olur. Reset girişi yetkilendirilirse resetlenir. Resetlenmediği sürece sayma işlemi max. değere (32767) kadar devam eder. CTU, CU girişinin yükselen kenarını sayar. CU girişi tiğının 2. seviyesine, reset girişi yığının üst seviyesine yüklenir. $Cxxx \geq PV$ olduğunda $Cxxx = 1$ olur.	<u>Cxxx</u> : (212) C0-C47 (214) C0-C47 C80-C127 <u>PV</u> : VW,T,C,IW,QW MW,SMW,AC, AIW,Sabit,*VD, *AC
LAD Cxxx  STL CTUD Cxxx,PV	Yukarı/aşağı (CTUD) sayıcısı CU girişinin yükselen kenarında yukarı doğru, CD girişinin düşen kenarında aşağıya doğru sayar. $Cxxx \geq PV$ olduğunda sayıcı biti $Cxxx = "1"$ olur. Maksimum değer 32.767'ye ulaşınca yukarı saymayı, minimum değer -32.768'e ulaşınca aşağıya saymayı durdurur. Reset girişi yetkilendirilirse sayıcı resetlenir. CU girişindeki değer yığının 3.seviyesine, CD girişindeki değer yığının 2.seviyesine, reset girişindeki değer de yığının üst seviyesine yüklenir.	Cxxx : (212) C48-C63 (214) C48-C79 PV : VW,T,C,IW,QW MW, SMW, AC, AIW,Sabit, *VD, *AC

4.2.6 Karşılaştırma İşlemleri

Byte, word ve dword değerleri arasında karşılaştırma işlemini gerçekleştirmek için karşılaştırma kontakları kullanılır. Eşitlik, büyük-eşitlik ve küçük-eşitlik karşılaştırmalarını gerçekleştirmek mümkündür. Eşit değillik, küçüklük ve büyüklük karşılaştırmaları, mevcut olan eşitlik, büyük-eşitlik ve küçük-eşitlik komutlarına NOT komutu eklenerek oluşturulabilir. Örneğin 50 sabiti ile VW100'ün içeriğine eşit değillik karşılaştırma yapılacaksa deyim listesi şöyle yazılır;

LDW = VW100,50

NOT

Karşılaştırma tipine bağlı olarak elde edilen "1" ve "0" karşılaştırma sonucu ya akümülatöre yüklenir ya da "ve" "veya" işlemlerine tabi tutulabilir.

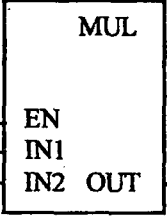
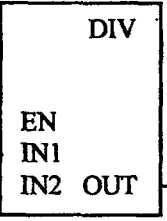
Byte karşılaştırması işaretlidir.(7FFF>8000)

Word, doubleword ve reel karşılaştırması işaretlidir.(7FFFFFFF>80000000)

4.2.7 Aritmetik İşlemler

Toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemlerini deyim listesi ve merdiven diyagramı ile programlama mümkündür. Çarpma işleminde 16 bitlik iki tamsayı 32 bitlik sonuç doğurur. Bölme işleminde bölen, bölünen, bölümün tamsayı kısmı ve bölümün ondalık kısmı 16 bitlik değerlerdir. Bölümün tamsayısı yüksek anlamlı 16 bite ondalığı düşük anlamlı 16 bite yüklenir. Aritmetik işlem komutlarından çarpma ve bölme Çizelge 4.4'de, toplama ve çıkarma çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Çarpma ve bölme işlemleri

KOMUT (LAD / STL)		TANIM	OPERANDLAR
		16 bitlik tamsayılarda çarpma ve bölme işlemi yapar. Bölmede 32 bitlik çıkışın 16 bitlik düşük anlamlı kısmı bölümü, 16 bitlik yüksek anlamlı kısmı kalanı verir. LAD diyag: IN1*IN2=OUT, IN1/IN2 = OUT Deyim List:IN1*OUT=OUT,OUT/IN1=OUT	IN1,IN2 : VW,T,C, IW,QW,MW,SMW AC,AIW,Sabit,*VD, *AC,SW. OUT : VD,ID,QD, MD,SMD,AC,*AC, *VD, AC,SD.

MUL_R EN IN1 IN2 OUT *R IN1,OUT	DIV_R EN IN1 IN2 OUT /R IN1,OUT	32 bitlik reel sayılarda çarpma ve bölme işlemi yapar. Merdiven diyagramında : $IN1 * IN2 = OUT$ $IN1 / IN2 = OUT$ Deyim listesinde : $IN1 * OUT = OUT$ $OUT / IN1 = OUT$	IN1,IN2 : VD,ID,QD MD,SMD,AC,Sabit, *VD,*AC,SD. OUT : VD,ID,QD, MD,SMD,AC,*VD, *AC,SD.
--	--	---	---

4.2.8 Arttırma, Azaltma ve Tersleme İşlemleri

Arttırma azaltma komutları ile word veya doubleword değerler bir arttırılır veya bir azaltılır. Tersleme komutu operandın lojik olarak değilini alır. Herhangi lojik işlemin sonucu "0" ise SM1.0= "1" olur. Merdiven diyagramında programlarken OUT çıkışı IN olarak tanımlanırsa, daha az bellek harcanmış olur ve daha az STL deyim listesi komutları oluşturulur. Bu komutların merdiven diyagramı ve deyim listesinde gösterilimi çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5 Toplama ve çıkarma işlemleri

KOMUT (LAD / STL)	TANIM	OPERANDLAR
ADD_I EN IN1 IN2 OUT +I IN1,OUT	16 bitlik tamsayılarda toplama ve çıkarma işlemi yapar. Merdiven diyagramında : $IN1 + IN2 = OUT$, $IN1 - IN2 = OUT$ Deyim Listesinde : $IN1 + OUT = OUT$, $OUT - IN1 = OUT$	IN1,IN2 : VW,T,C, IW,QW,MW,SMW AC,AIW,Sabit,*VD, *AC, SW. OUT : VW,T,C,IW, QW,MW,SMW,AC, *VD, *AC, SW.
SUB_I EN IN1 IN2 OUT -I IN1,OUT	32 bitlik tamsayılarda toplama ve çıkarma işlemi yapar. Merdiven diyagramında : $IN1 + IN2 = OUT$ $IN1 - IN2 = OUT$ Deyim listesinde : $IN1 + OUT = OUT$ $OUT - IN1 = OUT$	IN1,IN2 : VD,ID,QD MD,SMD,AC,Sabit, *VD,*AC, SD. OUT : VD,ID,QD, MD,SMD,AC,*VD, *AC, SD.
ADD_DI EN IN1 IN2 OUT +D IN1,OUT	32 bitlik reel sayılarda toplama ve çıkarma işlemi yapar. Merdiven diyagramında : $IN1 + IN2 = OUT$ $IN1 - IN2 = OUT$ Deyim listesinde : $IN1 + OUT = OUT$ $OUT - IN1 = OUT$	IN1,IN2 : VD,ID,QD MD,SMD,AC,Sabit, *VD,*AC,SD. OUT : VD,ID,QD, MD,SMD,AC,*VD, *AC, SD.
SUB_DI EN IN1 IN2 OUT -D IN1,OUT	32 bitlik reel sayılarda toplama ve çıkarma işlemi yapar. Merdiven diyagramında : $IN1 + IN2 = OUT$ $IN1 - IN2 = OUT$ Deyim listesinde : $IN1 + OUT = OUT$ $OUT - IN1 = OUT$	IN1,IN2 : VD,ID,QD MD,SMD,AC,Sabit, *VD,*AC,SD. OUT : VD,ID,QD, MD,SMD,AC,*VD, *AC, SD.

Çizelge 4.6 Arttırma, azaltma ve tersleme komutları

KOMUT (LAD / STL)			TANIM	OPERANDLAR
INC_B EN IN OUT INCB OUT	DEC_B EN IN OUT DECB OUT	INV_B EN IN OUT INVB OUT	IN giriş değerine INCB "1" ekler, DECB "1" çıkarır, INVB tersine çevirir sonucu OUT çıkışına yazar. LAD : IN+1=OUT, IN-1=OUT STL: OUT+1=OUT, OUT-1=OUT	<u>IN</u> : VB IB, QB, MB,SMB,AC, Sabit,*VD,*AC,SB <u>OUT</u> :VB,IB,QB,MB SMB,AC,*VB,*AC,SB
INC_W EN IN OUT INCW OUT	DEC_W EN IN OUT DECW OUT	INV_W EN IN OUT INW OUT	IN giriş değerine INCW "1" ekler, DECW "1" çıkarır, INVW tersine çevirir sonucu OUT çıkışına yazar. LAD : IN+1=OUT, IN-1=OUT STL: OUT+1=OUT, OUT-1=OUT	<u>IN</u> : VW IW, QW, MW,SMW,AW,AIW Sabit,*VW,*AC,SW <u>OUT</u> :VW,IW,QW,MW SMW,AC,*VW,*AC
INC_DW EN IN OUT INCD OUT	DEC_DW EN IN OUT DECD OUT	INV_DW EN IN OUT INVD OUT	IN giriş değerine INCD "1" ekler, DECD "1" çıkarır, INVD tersine çevirir sonucu OUT çıkışına yazar. LAD : IN+1=OUT, IN-1=OUT STL: OUT+1=OUT, OUT-1=OUT	<u>IN</u> : VD ID, QD MD,SMD,AC,AID, Sabit,*VD,*AC,SD <u>OUT</u> :VD,ID,QD,MD SMD,AC,*VD,*AC,SD

Çizelge 4.7 Veri transferi komutları

KOMUT (LAD / STL)		TANIM	OPERANDLAR
MOV_B EN IN OUT	MOVB IN,OUT	EN girişi "1" olunca IN girişindeki Byte değerini OUT çıkışına aktarır. Giriş byte'ı değişikliğe uğramaz.	<u>IN</u> : (byte) VB, IB, QM, MB, SMB AC, Sabit, *VD, *AC. <u>OUT</u> : (byte) VB, IB, QM, MB, SMB, AC, Sabit, *VD, *AC.
MOV_W EN IN OUT	MOVW IN,OUT	EN girişi "1" olunca IN girişindeki Word değerini OUT çıkışına aktarır. Giriş Word'ü değişikliğe uğramaz.	<u>IN</u> : (Word,INT) VW, IW, QW, MW, SMW AC, Sabit,*VD,*AC,T,C, AIW. <u>OUT</u> :(Word,INT)VW,IW,QW,MW, AQW SMW, AC, Sabit, *VD, *AC, T, C
MOV_DW EN IN OUT	MOVD IN,OUT	EN girişi "1" olunca IN girişindeki doubleword değerini OUT çıkışına aktarır. Giriş dword'ü değişikliğe uğramaz.	<u>IN</u> : (dword,DINT) VD, ID, QD ,MD, SMD,AC,Sabit,*VD,*AC,T,C,&VB,&IB, &QB,&MB,&T,&C. <u>OUT</u> : (dword,DINT) VD, ID ,QD, MD, SMD, AC, *VD, *AC, SD.
MOV_R EN IN OUT	MOVR IN,OUT	EN girişi "1" olunca IN girişindeki 32 bitlik reel sayıyı OUT doubleword çıkışına aktarır. Giriş reel sayısı bu işlemle değişikliğe uğramaz.	<u>IN</u> : (Reel) VD, ID, QD ,MD, SMD, AC, Sabit,*VD,*AC, <u>OUT</u> : (Reel) VD, ID ,QD, MD, SMD, AC, *VD, *AC, SD.

SWAP EN IN OUT	SWAP IN	EN girişı "1" olunca IN giriřindeki Word deęerin dūřuk anlamlı Byte'yla yūksek anlamlı Byte'nın yerlerini deęiřtirir.	<u>IN:</u> (Word) VW, IW, QW ,MW, SMW, AC,*VD,*AC, T,C.
BLKMOV_B EN IN N OUT	BMB IN,OUT,N	EN girişı "1" olunca IN girişindeki Byte değeri ile bundan sonraki N tane Byte değeri, OUT çıkışındaki Byte değerinden başlayarak N tane çıkışa kopyalar. (N = 1.....255)	<u>IN:</u> (Byte) VB, IB, QB ,MB, SMB, *VD,*AC. <u>OUT:</u> (Byte) VB, IB ,QB, MB, SMB, *VD, *AC. <u>N:</u> (Byte) VB, IB, QB, MB, SMB, AC, Sabit, *VD, *AC.
BLKMOV_W EN IN N OUT	BMW IN,OUT,N	EN girişı "1" olunca IN girişindeki Word değeri ile bundan sonraki N tane Word değeri, OUT çıkışındaki Word değerinden başlayarak N tane çıkışa kopyalar. (N = 1.....255)	<u>IN:</u> (Word) VW, IW, QW ,MW, SMW, *VD,*AC, AIW, T, C. <u>OUT:</u> (Word) VW, IW ,QW, MW, SMW, *VD, *AC, T,C, AQW. <u>N:</u> (Byte) VB, IB, QB, MB, SMB, AC, Sabit, *VD, *AC.
FILL_N EN IN N OUT	FILL IN,OUT,N	EN girişı "1" olunca OUT çıkıřındaki Word deęerinden bařlayarak N tane çıkıř Word'ūnūn hepsine IN giriřindeki Word deęerini kopyalar.	<u>IN:</u> (Word) VW, IW, QW ,MW, SMW, *VD,*AC, AIW, T, C. <u>OUT:</u> (Word) VW, IW ,QW, MW, SMW, *VD, *AC, T,C, AQW. <u>N:</u> (Byte) VB, IB, QB, MB, SMB, AC, Sabit, *VD, *AC.

4.2.9 Veri Transferi Komutları

Byte, word doubleword değerlerini bir yerden başka bir yere kopyalamaya yarar. Swap komutu ile bir word değerinin yūksek anlamlı byte'ı ile dūřuk anlamlı byte'ı yer değiştirilir. Blok komutları tek bir komutla bir dizi işlem yapmayı sağlayan komutlardır. Bir kaynak veri dizisinden başka bir veri dizisine kopyalama yapar. Fill komutu ise; belleğin bir kısmını belirtilen bir word değeri ile doludur.

4.2.10 Organizasyon Komutları

Kontrol işleminin, programın bir noktasından bir diğerine transferini sağlayan işlemlerdir. JUMP komutu ve etiketi ana, alt ve kesme altprogramında yer alabilir. Ana programdan alt programa ya da kesme altprogramına sıçrama veya tam tersi yapılamaz. CALL komutu ile altprogram işletilmeye başlanır. Altprogram işletimi bittikten sonra CALL komutunu izleyen yerden devam edilir. Bir alt program içinden başka bir alt program en fazla sekiz defaya mahsus olmak ūzere çağrılabilir. Sıçrama yapıldığında ya da bir alt program çağrıldığında yığının ūst değeri daima "1"dir. Bu yūzden merdiven diyagramında LBL ve SBR kutuları sol çizgiye doğrudan bağlanabilir. Deyim listesinde ise LBL ve SBR komutlarının ardından LD yūkleme komutu ihmal edilebilir. Bir alt program çağrıldığında tūm lojik yığın kaydedilir. Yığının ūst seviyesi "1"e, diğerleri "0"a ayarlanır. Kontrol işlemi alt programa transfer edilir.

Alt program işletimi tamamlandığında yığının eski bilgileri tekrar yığına yüklenir. Kalman yerden işleme devam edilir. Alt program ve sıçramalarda kesmenin aksine, akümülatörlerin değerlerinin alınıp tekrar yüklenmesi olayı yoktur, rahatlıkla geçiş yaparlar.

Çizelge 4.8 Organizasyon komutları

KOMUT (LAD /STL)		TANIM	OPERANDLAR
$\frac{n}{\text{--- (JMP)}}$	JMP $\frac{n}{\text{---}}$	Program içindeki “n” isimli program bloğuna sıçrar. Data type : Word’dür.	n: CPU 212 : 0-63 CPU 222 : 0-255
$\frac{n}{\text{--- (LBL)}}$	LBL $\frac{n}{\text{---}}$	Sıçramanın yapılacağı yeri belirtir, “n” isimli program bloğunun başlangıç noktasıdır.	n: CPU 212 : 0-63 CPU 222 : 0-
$\frac{n}{\text{--- (CALL)}}$	CALL $\frac{n}{\text{---}}$	“n” isimli alt programa geçişi sağlar.	n: CPU 212 : 0-15 CPU 214 : 0-63
$\frac{n}{\text{--- (SBR)}}$	SBR $\frac{n}{\text{---}}$	“n” isimli alt programın başlangıç noktasını belirtir.	n: CPU 212 : 0-15 CPU 214 : 0-63
--- (RET)	CRET	Bir önceki lojik işlemin sonucu “1” ise alt programı koşullu olarak sona erdirir, aksi takdirde alt programın işletimine devam edilir.	yok
--- (RET)	RET	Alt programı koşulsuz olarak sona erdirir, ana programın işletimine devam edilir. Her alt program bu komutla sonlandırılmalıdır.	yok

4.2.11 Kesme İşlemi

Kesme komutları yüksek hızlı veya belirli sabit süreli işlemlerin gerçekleşmesi amacıyla kullanılır. Yüksek hızlı işlemler için olayın oluşumuna ilişkin işaretlerle işletilen kesme altprogramları, zamana bağlı işlemlerin gerçekleşmesi için belirli sürelerde işletilen kesme altprogramları kullanılır.

- Kesme ve altprogramlarına ilişkin komutlar
- Zamana bağlı çalışan kesme altprogramları
- Olaya bağlı işletilen kesme altprogramları
- Yüksek hızlı sayıcıları ile işletilen kesme altprogramları
- İletişim kesmeleri ve komutları

Kesme işlemi; özel iç ve dış olaylarda hızlı reaksiyon sağlar. CPU 214 şu kesme durumlarını destekler; 8 I/Q kesme olayı (I0.0...I0.3 girişlerinde düşen ve yükselen kenar kesmeleri), 2 zamana bağlı kesme, 2 seri haberleşme kesmesi (alıcı/verici), 7 yüksek hızlı sayıcı kesmesi (HSC0 için CV = PV, HSC1 ve HSC2 için yön değişimi, dış reset, CV=PV), 2 darbeye karşı çıkışı (PTO) kesmesi (PTO0,PTO1).

Kesme işlemi başlatılmadan yığının üst seviyesi “1”, geri kalanlar “0” olarak düzenlenir. Bobin veya işlem kutuları kontak kullanmadan doğrudan sol çizgiye bağlanabilir. Deyin listesinde ise LD komutu kullanılmayabilir. Kesme üstünlük sırası: haberleşme, I/O kesmeleri (HSC ve darbe katar çıkış kesmeleri dahil) ve zamana bağlı kesme’dir.

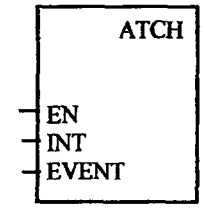
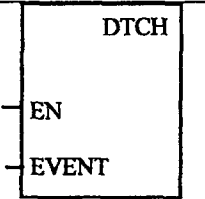
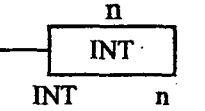
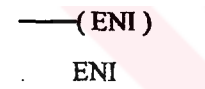
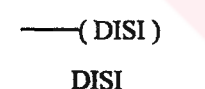
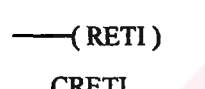
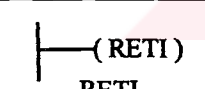
Aynı üstünlük sırasındaki kesme işlemlerinde ilk gelen kesme ilk yapılır mantığı mevcuttur. Aynı anda iki kesme altprogramı işletilemez. Bir kesme işletilirken başka bir kesme olayı ortaya çıktığında, sırada bekler ve süregelen kesme işlemi bittiğinde işletilir. Genel olarak; sıranın tutabileceğinden daha fazla kesme oluşabilir. Bu durumda sıra taşma bellek bitleri (kaydedilen kesme tipine göre) sistemde düzenlenir.

Kontak, bobin ve akümülatör lojigi kesmelerden etkilendiğinden sistem lojik yığını, akümülatörü, akümülatör ve komut işletim durumunu belirten özel bellek bitlerini (SM) saklar ve kesme işlemi bitiminde tekrar yükler. Böylece kesme altprogramının yürütülmesi sebebiyle ana programın karışıklığa uğraması önlenir.

PLC çalışma moduna alındığında, kesmeler yetkilendirilmemiştir. “ENI-Bütün kesmeler etkin”komutu ile tüm kesmelerin işletimine izin verilebilir. “DISI-Bütün kesmeler etkin değil” komutu işletildikten sonra oluşan kesmeler sıraya sokulur, fakat kesme işleminin gerçekleşmesine izin verilemez.

Kesme işlemini gerçeklemeden önce kesme olayı ile bu olay gerçekleştiğinde işletilmesi istenen kesme altprogramı arasında ilişki oluşturmak gereklidir. Bunun için kesme olayı numarası ve kesme altprogramı etiket numarası ATTACH komutu ile ilişkilendirilir. Birden çok kesme olayı bir kesme altprogramı ile ilişkilendirilebilir, fakat bir kesme olayı birden fazla kesme altprogramı ile ilişkilendirilemez. Böyle bir durumda, bir kesme olayı oluştuğunda sadece en son ilişkilendirilen kesme altprogramı işletilir. Bir kesme olayı ile kesme altprogramı ilişkilendirildiğinde, o kesme otomatik olarak yetkilendirilir. Eğer “DISI” komutu ile tüm kesmelerin işletilmesine son verilirse oluşan her kesme sıraya girer ve tekrar “ENI” komutu ile işletilmesine izin verilene dek sırada bekler. DETACH komutu ile; kesme olayı ve kesme altprogramı arasındaki ilişki bozularak kesmelerin etkinlikleri sona erer.

Çizelge 4.9 Kesme komutları

KOMUT (LAD / STL)	TANIM	OPERANDLAR
	ATTACH Kesme ilişkilendirme komutu EVENT girişindeki kodlanmış kesme olayı ile, INT girişindeki kodlanmış kesme altprogramını ilişkilendirir ve kesme olayını yetkilendirir.	INT (Byte) (CPU 212): 0-31 (CPU 214): 0-127 (CPU 222): 0-127 EVENT(Byte)(CPU214): 0-20 (CPU 222): 0-26 (CPU 212): 0,1,18-10,12
	DTCH kesme ilişkisini koparma komutu; bir kesme olayının (EVENT) diğer bütün kesme programları ile ilişkisini keser ve kesme olayının işletilmesine son verir.	EVENT (Byte) (CPU214):0-20 (CPU 212):0,1,8-10,12 (CPU 222): 0-26
	"n" kesme programının başlangıcını belirtir.	n (Word):(CPU 212) :0 – 31 (CPU 214) :0 – 127 (CPU 222) :0 – 127
	Bütün ilişkilendirilmiş kesmelerin işletimine izin verilir.	yok
	Bütün ilişkilendirilmiş kesmelerin işletimine son verilir.	Yok
	Bir önceki lojik işlem sonucuna göre koşullu olarak kesmeden dönüşü sağlar.	Yok
	Koşulsuz kesmeden dönüşü sağlar. Her kesmenin sonuna konmalıdır.	yok

Her kesme altprogramı bir etiketle tanıtılır. Kesme altprogramı, program etiketi ile koşulsuz sonlandırma komutu arasında yazılır. Programdan koşullu sonlandırma ile de çıkılabilir. Fakat koşulsuz sonlandırma daima gereklidir. Kesme altprogramlarının mümkün olduğu kadar kısa olması, ana programın işletilmesini aksatmaması bakımından gereklidir. Eğer bu yapılmaz ise ana programda istenilmeyen aksamalar doğurabilir. En kısa en iyidir mantığı geçerlidir. Kesme programları ana programın bitiminden sonra yazılır. Kesme altprogramı içinde DISI, ENI, CALL, HDEF, FOR/NET ve END komutları kullanılamaz.

4.2.11.1 Zamana Bağlı Kesmeler

CPU 212'de 1 adet CPU 214'de 2 adet zamana bağlı kesme mevcuttur. Belli zaman aralığında bir işlem tekrarlanmak istenirse, zamana bağlı kesme kullanılabilir. Altprogramların işletilme

süresi olarak 5ms-255ms arasında tamsayı değerler verilebilir. Bu işletilme süresini “0. zamana bağlı kesme” için SMB34’e, “1. zamana bağlı kesme” için SMB35’e yazmak gereklidir. Genellikle zamana bağlı kesmeler analog girişlerin belli aralıklarda örneklenmesini sağlamak için kullanılır.

Bir kesme altprogramı zamana bağlı kesme olayı ile ilişkilendiğinde zamana bağlı kesme etkin olur. Altprogramın işletilme süresini değiştirmek için önce SMB34 ve SMB35’ deki değerler düzeltilmesi, ardından kesme altprogramının zamana bağlı kesme olayı ile tekrar ilişkilendirilmesi gereklidir. Tekrar ilişkilendirme sırasında zamana bağlı kesme fonksiyonu önceki ilişkilendirmeden kalan zaman değerlerinin tümünü siler ve sistem yeni değer ile kesme altprogramını işletmeye başlar.

Zamana bağlı kesme yetkilendirildiğinde belirli zaman aralıklarında ilişkilendirilmiş kesme altprogramını sürekli olarak işletilir. “Çalışma” modundan çıkılırsa yada DETACH komutu kullanılırsa zamana bağlı kesme altprogramının işletimi sona erdirilir. Eğer “ENI” komutu işletilirse zamana bağlı kesmeler yine yetkilendirilir. Zamana bağlı kesmelerin işletimine izin verilmeyen süre boyunca oluşan zamana bağlı kesmeler sıra dolana kadar yada kesmelerin işletimine izin verilene kadar sıraya girer. 0. ve 1. zaman bağlı kesmelerin olay numaraları sırasıyla 10 ve 11’ dir. Merdiven diyagramı ve deyim listesinde kesme altprogramı komutların gösterilimi ve açıklaması Çizelge 4.9’da yer almaktadır.

4.2.12 Dönüştürme İşlemleri

DI_REAL IN,OUT : IN girişindeki 32 bitlik işaretli tamsayıyı 32 bitlik reel sayı olarak OUT çıkışına yazar.

TRUNCH IN,OUT : IN girişindeki 32 bitlik reel sayıyı 32 bitlik işaretli tamsayı olarak OUT çıkışına yazar.

DTR IN,OUT : IN girişindeki 32 bitlik sayıyı Reel sayı olarak OUT çıkışına yazar.

4.3 ANALOG GİRİŞ / ÇIKIŞ MODÜLÜ

Tezde yer alan sıvı seviye sisteminin kontrolünde 4 analog giriş ve 2 analog çıkışa sahip olan EM 235 tipi analog genişleme modülü kullanılmıştır. Analog giriş / çıkış modülleri sıcaklık, nem, basınç, seviye, debi gibi analog bilgilerin PLC’ye aktarılması ve bu bilgilerle işlem yapılabilmesi için PLC’ye bağlanan ek bir parçadır. Bu analog modülün teknik data bilgileri çizelge 4.10 ve çizelge 4.11 ‘de, elektriksel özellikleri çizelge 4.12’de, S7-200 CPU 222 PLC

ve EM 235 Analog Modül genel dış görünüşü şekil 4.16'da, terminal bağlantıları ise şekil 4.17 'de görülmektedir.

4.3.1 Analog Modül Girişlerinin Kalibre Edilmesi

Ölçüm 4 giriş kanalını etkiler ve ölçümden sonra kanallar arasında okuma farkları görülebilir.

Giriş değerlerini ölçmek için aşağıdaki adımlar takip edilmelidir :

1. Modüle enerji vererek istenen giriş değerini seçiniz.
2. CPU' nun ve modülün gücünü kapatarak 15 dakika içinde modülün stabilize olmasına sağlayınız.
3. Kullanılan gerilim veya akım kaynağı ile girişlerden birine analog bir sinyal uygulayınız.
4. Uygun giriş kanalı ile CPU'da belirtilen değeri okuyunuz.
5. Sıfır değeri okununcaya kadar sıfır potansiyometresini ayarlayınız.
6. Giriş terminallerinden birine sinyalin maksimum değerini uygulayınız. CPU' da belirtilen değeri okuyunuz.
7. Okunan değer 32000 oluncaya kadar potansiyometre ile ayarlayınız.

Çizelge 4.10 EM 235 Analog modül giriş ve genel özellikleri

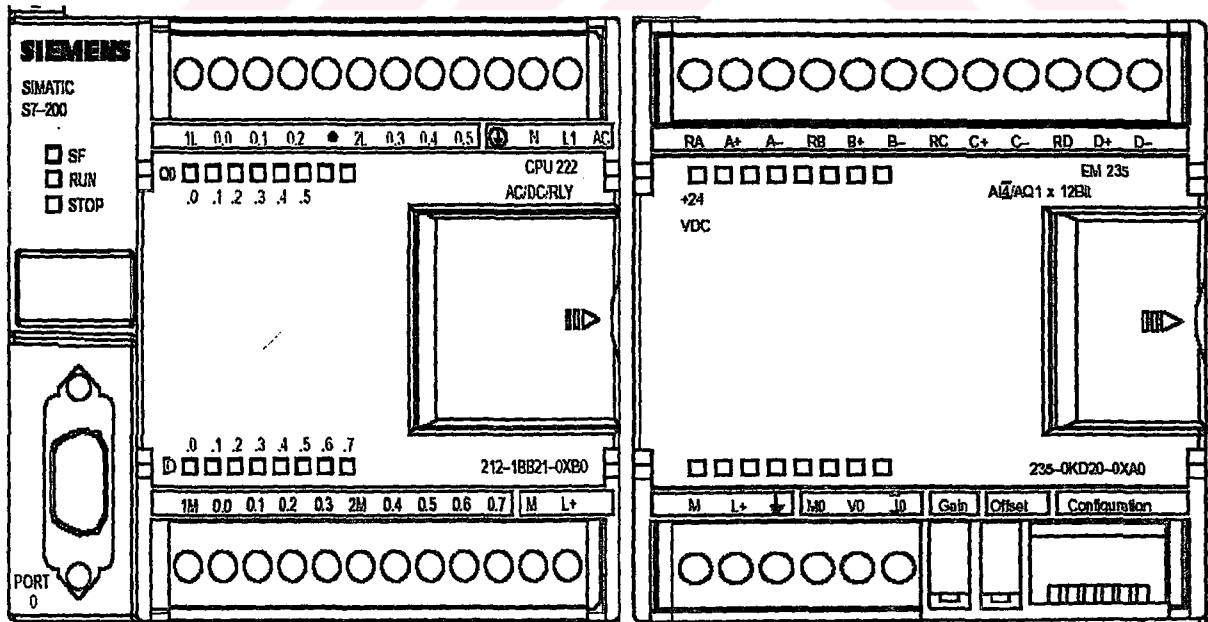
Genel Özellikleri	
Boyutlar	71.2 mm x 80 mm x 62 mm
Ağırlık	186 gr
Modül için belirlenmiş giriş/çıkış sayısı	4 Analog giriş 2 Analog çıkış (Aktif olarak 4 giriş, 1 çıkış)
+5 Volt DC gerilimdeki güç sarfıyatı	30 mA
LED göstergesi	24 V DC güç kaynağı ON = giriş aktif OFF = 24 VDC gerilim yok
Analog Giriş Özellikleri	
Analog giriş sayısı	4
İzolasyon	Yok
Giriş tipi	Diferansiyel
Sinyal aralığı	
Unipolar giriş gerilim aralığı	0 – 10 V, 0 – 5 V, 0 – 1 V, 0 – 500 mV, 0 – 100 mV, 0 – 50 mV
Bipolar gerilim	±10V, ±5V, ±2.5V, ±1V ±500mV, ±50mV, ±100mV ±100 mV, ±50 mV, ±25mV
Akım	0 – 20 mA
Analogtan digitale dönüştürme zamanı	< 250 µs
Analog girişe cevap verme süresi	1.5 ms – 95 %
Word Bilgi formatı (tam scala aralığı)	
Bipolar	-32000 ile +32000 arasında
Unipolar	0 ile 32000 arasında
Giriş empedansı	≥ 10 MΩ
Maksimum giriş gerilimi	30 V DC
Maksimum giriş akımı	32 mA
Çözünürlük	12 bit A/D konverter

Çizelge 4.11 EM 235 Analog modül çıkış özellikleri

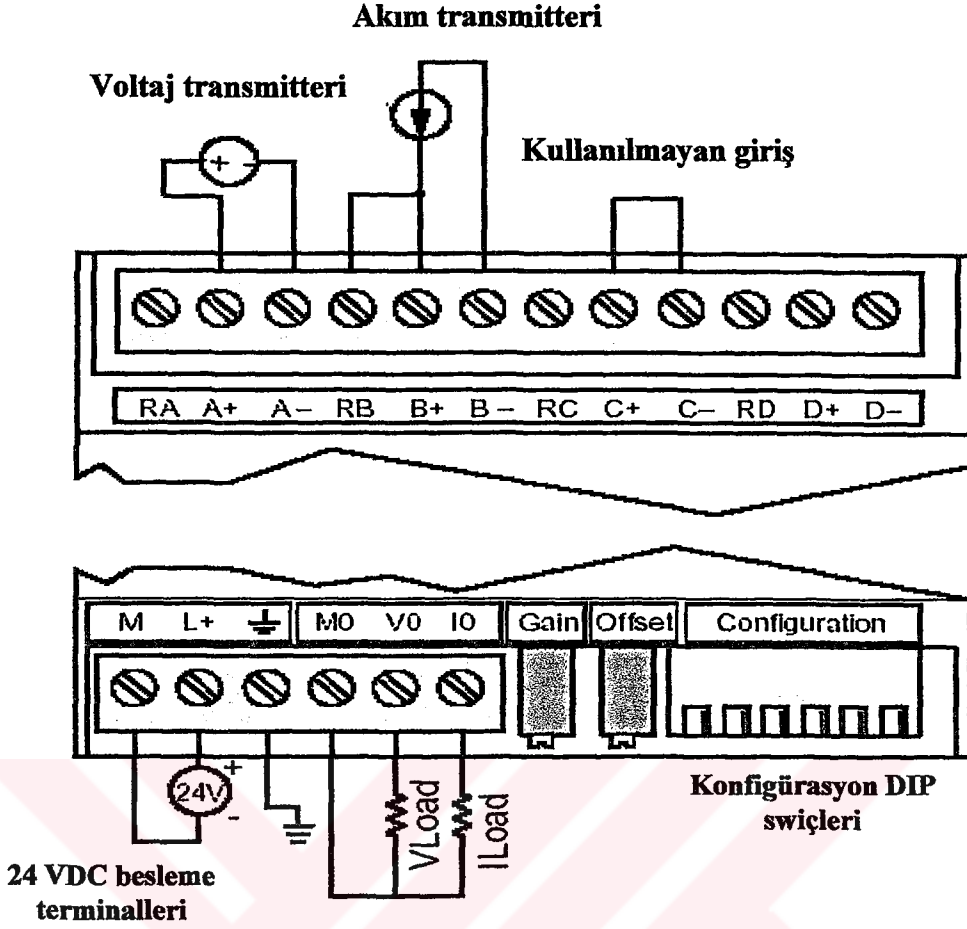
Analog Modül Çıkış Özellikleri	
Analog çıkış sayısı	1
İzolasyon	Yok
Sinyal Aralığı Gerilim çıkışı Akım çıkışı	$\pm 10\text{ V}$ $0 - 20\text{ mA}$
Çözünürlük (tam scala) Gerilim Akım	12 bit 11 bit
Word Bilgi formatı aralığı Bipolar Unipolar	$-32000\text{ ile }+32000$ $0\text{ ile }+32000$
Doğruluk 0 °C – 55 °C arasında Gerilim çıkışı Akım çıkışı Tipik olarak 25 °C' de Gerilim çıkışı Akım çıkışı	$\pm \% 2$ (tam scalanın) $\pm \% 2$ (tam scalanın) $\pm \% 0,5$ (tam scalanın) $\pm \% 0,5$ (tam scalanın)
Oturma zamanı Gerilim çıkışı Akım çıkışı	$100\text{ }\mu\text{s}$ 2 ms

Çizelge 4.12 EM 235 Analog modülün elektriksel özellikleri

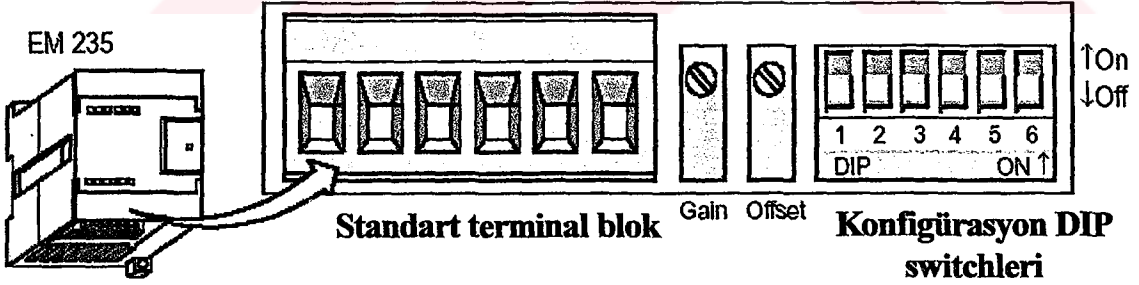
Tam skala giriş aralığı	Tekrarlanabilirlik		Doğruluk ^{1,2,3,4} ortalaması	
	Tam skala yüzdesi (%)	Sayma	Tam skala yüzdesi (%)	Sayma
0-50mV	±%0,075	±24	±%0,25	±80
0-100mV			±%0,2	±64
0-500mV			±%0,05	±16
0-1V				
0-5V				
0-20mA				
0-10V				
±25mV	±%0,075	±48	±%0,25	±160
±50mV			±%0,2	±128
±100mV			±%0,1	±64
±250mV			±%0,05	±32
±500mV				
±1V				
±2,5V				
±5V				
±10V				



Şekil 4.16 S7-200 PLC ve EM 235 Analog modül genel görünüşü



Şekil 4.17 EM 235 analog modül terminal bağlantıları



Şekil 4.18 EM 235 terminal blok ve konfigürasyon dip switchleri

4.3.2 EM 235' in Düzenlenmesi

EM 235 analog modülünün switch konfigürasyonu çizelge 4.13' te verilmiştir. Bütün girişler aynı analog giriş değerinde ve formatında set edilmelidir. Analog Modül'ün beslenmesi için 24V DC harici bir güç kaynağı kullanılmalıdır.

NOT : EM 235 analog modülün termokupllarla kullanılmaması tavsiye edilir.

Çizelge 4.13 EM 235 Analog modül için switch konfigürasyonu

Unipolar						Tam skala giriş	Çözünürlük
SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	SW6		
ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	0 – 50mV	12.5µV
OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	0 – 100mV	25µV
ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	0 – 500mV	125µV
OFF	ON	OFF	OFF	ON	ON	0 – 1 V	250µV
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	0 – 5 V	1.25mV
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	0 – 20 mA	5µV
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	0 – 10 V	2.5mV
Bipolar							
SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	SW6		
ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	±25mV	12.5µV
OFF	ON	OFF	ON	OFF	OFF	±50mV	25µV
OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	±100mV	50µV
ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	±250mV	125µV
OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	±500mV	250µV
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	±1 V	500µV
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	±2.5 V	1.25mV
OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	±5 V	2.5mV
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	±10 V	5mV

EM 235 analog modülün doğru ve karalı çalışabilmesi için aşağıda anlatılan şekilde kurulması gereklidir :

- Sensörler için parazitsiz ve sabit 24V DC gerilim kaynağı kullanılmalıdır.
- Sensör bağlantısı için kullanılacak bağlantı kablosu mümkün olduğu kadar kısa olmalıdır.
- Sensör bağlantısı için burulmuş kablo çiftleri kullanılmalıdır.
- Koruma yalnızca sensörün bulunduğu yerde olmalıdır.
- Kullanılmayan input girişlerini şekil 4.17’de görüldüğü gibi kısa devre yapılmalıdır.
- Kullanılan bağlantılarda kesin kıvrılmadan (kırılmadan) kaçının.
- Kabloların zarar görmemesi için kablo kanalları kullanılmalıdır.
- Sinyal kablolarının yüksek enerji iletim hatlarına paralel olmamasına özen gösterilmelidir. Çakışan iletim hatlarının 90° ‘lik açıyla birbirine dik tutulması gerekir.

BÖLÜM 5

SCADA SİSTEMLERİ VE KONTROL

5.1 SCADA SİSTEMİ VE OTOMASYON GENEL BİLGİLERİ

Otomasyon, en geniş tanımıyla teknik proseslerin gerçekleştirilmesinde, insanın bizzat üretim yapma görevini, otomatik üretim ve bunu kontrol etme, izleme görevine dönüştüren bir kavram değişimidir. Burada “Kontrol” sözcüğü, teknik bir kavram olarak, kumanda ve ayar gibi anlamları kapsamaktadır. Böyle bir işlem, içinde bilgisayar ihtiva eden endüstriyel otomasyon cihaz ve sistemleri kullanarak otomatik çalışmayı genellikle üretimi koordine etme ve yönlendirme anlamında kullanılmaktadır. Teknik prosesler, en genel şekilde enerji üretiminden başlayarak, diğer tüm temel endüstrilerdeki üretimler ve endüstrilerde kullanılan makinelerin ve proseslerin çalışma şekilleridir. Üretim yapma yerine üretimin kontrol edilebilmesinden şu üç ana unsuru anlıyoruz :

- Üretimde daha yüksek verimlilik sağlama,
- Ekonomik üretim yapabilme ve rekabet ortamına uyum gösterebilme,
- İnsanın çalışma ortamında emniyet ve konforu sağlanmasıdır.

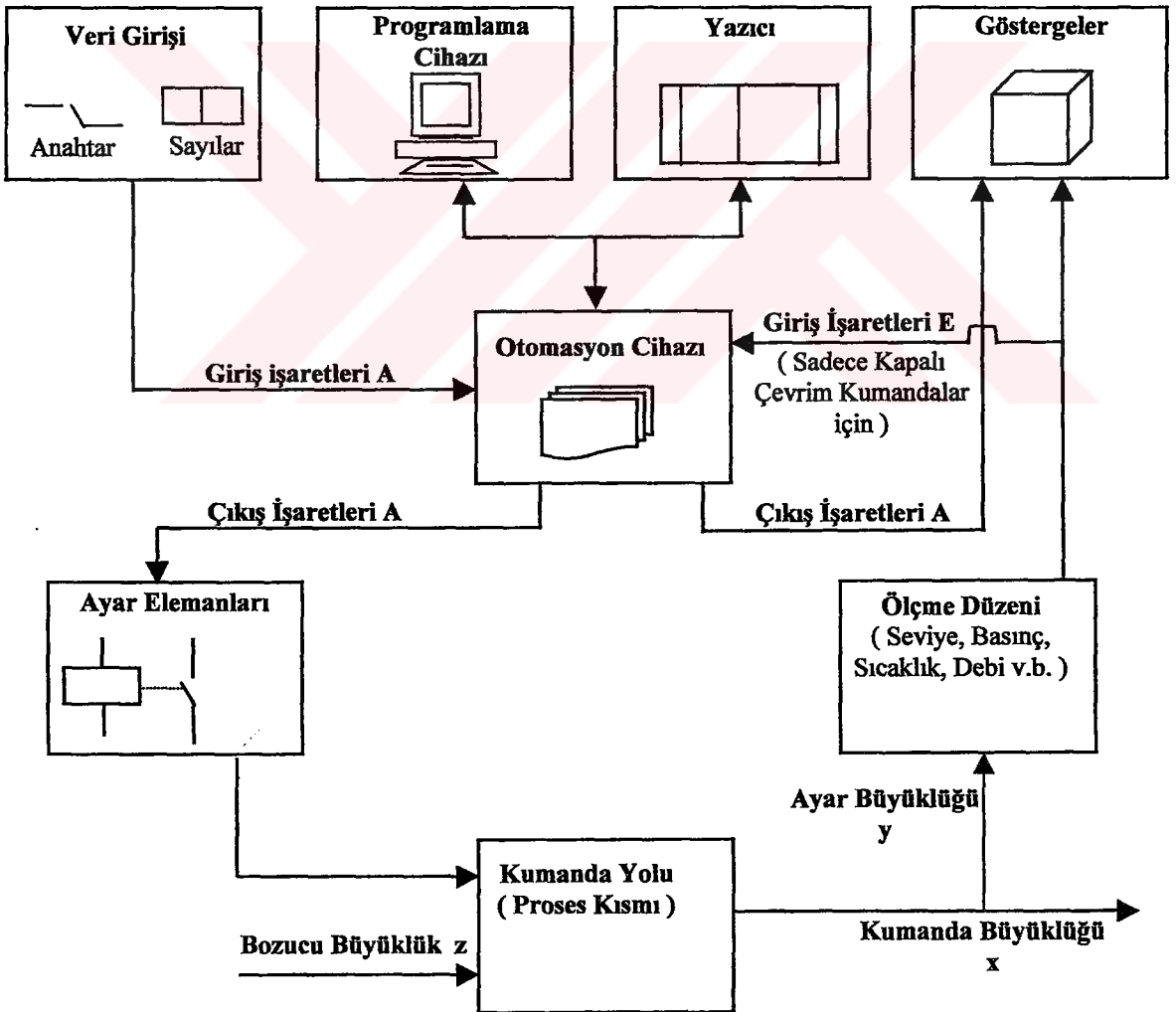
Yirminci yüzyılın başlarında kimya endüstrisindeki baş döndürücü üretimin ana hedefi, otomasyon ile artış sağlamaktı. Burada amaç, yüksek üretim hacmi elde ederken, düşük işletme masrafları ve az yatırım ile bu işi büyük hızla başarmak idi. Diğer bir örnek ise, otomobil sanayiinden verilebilir. Transfer hatlarında üretilen standart otomobiller seri mamul olarak da Pazar tarafından kabul edilip, müşteri buluyordu. Böyle bir imalat şekli ile üretim arttırılmıştı; ancak üretimde esneklikten söz edilemezdi. O zamanlar amaç, sadece talebi karşılamaktan ibaretti.

Bugün, standart seri ürünler, eskiden olduğu gibi, müşteri bulamıyorlar; çünkü pazarı ve ürünü müşteri belirliyor. Burada seri imalatın, pazarın isteğine göre belirlenememiş olmasıdır. Çağımızın modern otomasyon sistemleri ile, bugün üretim tekniğinde bir kavram değişimi yaşanmıştır. Pazardan gelen talep; yani ürün tipini müşterinin belirlemesi ve bunun sonucu olarak üreticinin müşterinin isteğine göre üremesi, en iyi kalitede ve ekonomik olarak rekabet

edebilecek şekilde pazara sunma zorunluluğunu da beraberinde getirdi. Bugün artık, endüstriyel üretimin ekonomikliği, yüksek sayıda üretim yapmak veya kapasiteyi yakalamak ile tanımlanmamaktadır. Hatasız ve hızlı üretim ile birlikte başarı, ürünlerin teknik kalitesi, pazar beklentisine uyum ve üretim tekniğinin esnekliği ile yorumlanmaktadır.

Endüstriyel otomasyon mühendisliği, elektrik, makine ve otomasyonu yapılacak sektör mühendisliği dalıyla ilgili oldukça yoğun bilgi ve birikimi gerektiren zor bir daldır.

Endüstriyel otomasyon sistemleri ve enstrümantasyon cihazlarının diğer önemli bir üstünlüğü de sahip oldukları karşılıklı haberleşme özelliğidir. Burada önemli olan husus, sistem entegrasyonudur. Sistem entegrasyonu, endüstriyel otomasyonda kullanılan tüm donanımın haberleşme özelliği ile bunun yazılım üzerinden gerçekleştirilmesi ve sistemin uyum içinde çalışabilmesidir. Endüstriyel otomasyonun ana yapısını PLC'ler oluşturur.



Şekil 5.1 Kumanda Sistemi

Her kumanda, bir otomasyon ve bir de proses kısmından oluşur. Otomasyon kısmı, proses kısmının “aklı”dır. Kumandanın proses kısmı ise, bir malzemenin, enerjinin ya da bilginin, nitelik ve nicelik olarak değişimini ya da taşınmasını hedef olarak alır ve bunun teknik akışını kapsar. Bu olaya bir örnek, üretim prosesleridir. Şekil 5.1’de bir PLC uygulayıcısının sembolize edilebileceği bir kumanda sisteminin tipik yapısı görülmektedir. Bu şekilde oluşturulmuş olan otomasyon, yapısı itibari ile yerel bir çözümü kapsamaktadır. Bu nedenle bu tip otomasyon çözümlerine “yerel çözüm” denir.

Kumanda sistemi değişik “eleman”lardan meydana gelir. Bu elemanlar; kullanım düzeni, otomasyon cihazı, ayar elemanları, ölçü düzeni ve proses kısmıdır. Bunlar değişik fonksiyonları yerine getirirler.

5.2 SCADA SİSTEMLERİ

5.2.1 Giriş

Gelişen teknolojiyle birlikte, günümüz insanı da değişmekte ve bu teknolojiye ayak uydurmaktadır. İşte bu teknolojilerden birisi de sistemlerin otomatik kontrolünü sağlayan SCADA sistemleridir. Bu sistemler günümüzde endüstrinin her dalında ve bina otomasyonunda kullanılabilme özelliklerinden dolayı, büyük ve önemli tesislerin hemen hepsinde bulunmaktadır.

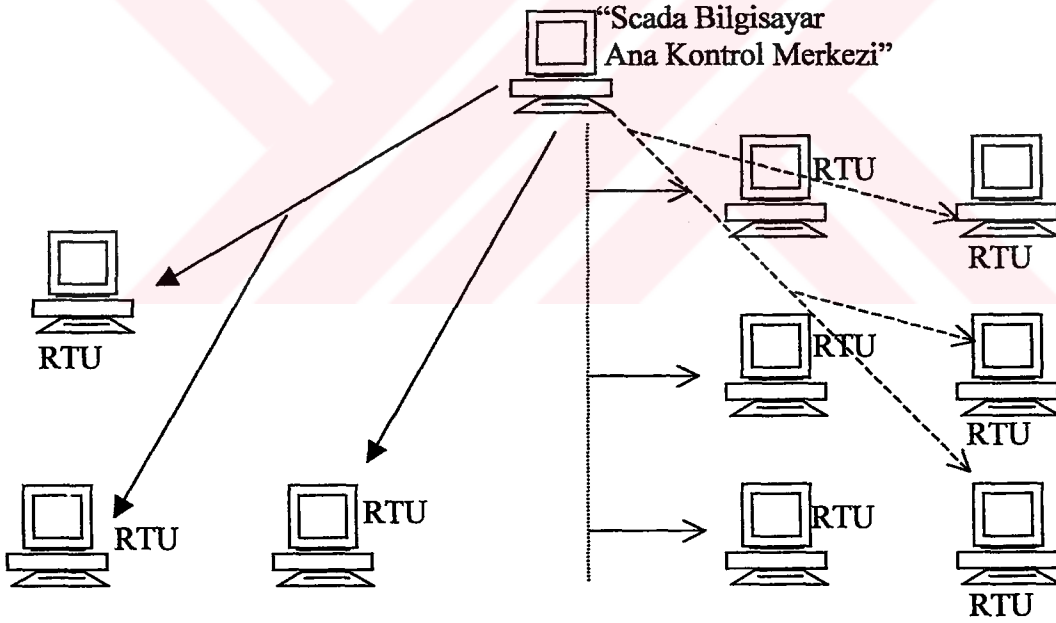
Herhangi bir tesiste, kurulabilecek olan otomatik kontrol sistemlerinin kullanıcılar tarafından tek bir ekran üzerinden yönlendirilmesi çok arzu edilen bir durumdur. Bu sayede kullanıcıların sistemleri yönetmeleri için, sistemin bulunduğu yere gitme zorunluluğu ortadan kalkmış ve kontrol müdahalelerini bulundukları yerde bilgisayarlar üzerinden vererek büyük kolaylıklar sağlanmış olur. Yani Scada sistemleri, proseste yapılan işlemleri görsel olarak bilgisayar ekranından izleme olanağı sunarak kullanıcıya sistemlerin kontrolünde büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Bugün artık tüm sanayicilerimiz, dünya çapında bir rekabetle karşı karşıya olduklarından, doğru kararlar verebilmek, standart ve kaliteli bir üretim gerçekleştirebilmek için çabuk ve doğru üretim bilgilerine ihtiyaç duymaktadırlar. Verimlilik ve karlılık için işletme çapında, etkin bilgi entegrasyonu kaçınılmaz bir koşul durumuna gelmiştir. Ayrıca büyük iş merkezleri tatil yerleri ve lüks oteller gibi çeşitli denetim cihazları ile donatılmış binalar çevremizde süratle çoğalmakta, bu tür binaların yangın, güvenlik gibi tehlikelere karşı erken uyarı

sistemleri ile korumak, ısıtma, soğutma, elektrik su sarfiyatlarını denetim altına alabilmek gibi ihtiyaçların merkezi noktalardan denetlenebilmesi için gelişmiş sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

5.2.2 Scada Sisteminin İncelenmesi

Literatürde “**Süpervisory Control and Data Acquisition**” olarak ifade edilen “SCADA”, otomasyon sistemleri tarafından kullanılmak üzere tasarlanmış bir gerçek zamanda (Real Time’ da) gözetleme, çok işlevli merkezi denetim ve bilgi toplama sistemidir. Yani SCADA sistemi geniş bir alana yayılmış cihazların (elektrik makineleri, kesici, ayırıcı,trafo,...,vb) bir merkezden bilgisayar aracılığıyla denetlenmesini, izlenmesini, önceden tasarlanmış bir mantık içinde işletilmesini ve geçmiş zaman birimlerine ait verilerin saklanması sağlayan sistemlere verilen genel bir addır. Aşağıda sistemin şematik yapısı gösterilmiştir. Bu sistem sayesinde, bir tesise veya işletmeye ait tüm elemanların kontrolünden üretim planlanmasına, çevre kontrol ünitelerinden yardımcı işletmelere kadar bütün birimlerin kontrolü ve gözetlenmesi sağlanabilir.



Şekil 5.2 Scada sistemi

RTU : Remote Terminal Unite

————— : Kiralık Hatlar

-----> : Fiber Optik Hatlar

————— : Radio Link Hatları

Bu sistem bir dizi elektronik kontrol üniteleri, endüstriyel bilgisayarlar veya iş istasyonları uygulama yazılımları ve iletişim bölümlerini içerir.

SCADA SİSTEMİNİN
BİLGİ TOPLAMA VE
KONTROL BÖLÜMLERİ

Scada sistemini temel olarak dört bölüm altında incelemek mümkündür. Bunlar;uzak terminal birimleri, ana terminal birimleri, iletişim sistemi ve kontrol üniteleri olarak sıralanabilir.

5.2.2.1 Uzak Terminal Birimleri (RTU)

Uzak terminal birimleri bulundukları yerde ölçüm ve denetleme işlemleri yürüten birimler, RTU (Remote Terminal Unite) olarak adlandırılmaktadır. Scada sistemleri içerisinde yerel ölçüm ve kumanda noktaları oluşturan RTU' lar birbirlerine bağlanabilen çeşitli cihazlara (Enerji Gözetleme Sistemlerinde) kesici, ayırıcı kumanda edebilirler. Ölçülmesi gereken akım, gerilim, aktif ve reaktif güç, güç faktörü gibi değerleri ölçebilir. RTU 'nun görevi sadece ölçüm yapmak ve komut göndermek değil, ölçüm sonuçlarının belirli sınırlar içerisinde olup olmadığını da denetleyerek aykırı yada alarm durumlarını merkeze bildirmeyi de sağlar.

Mikroişlemcisiz RTU' ların temel amacı kontrolden çok bilgi toplama özelliği taşır. Sanayi de Dağıtılmış Kontrol Sistemleri hem bilgi toplama hem de toplanan bilgiden yararlanarak kontrol amaçlı olduğu için RTU 'lar geliştirilmiş ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

Mikroişlemcili RTU' lar, programlanabilir cihazlar olup, merkezi bilgisayarın yükünün bir kısmını üzerine alarak, sistemin veriminin ve performansının artmasını sağlamaktadır. İşlemcili RTU' ların endüstrideki avantajları ;

1. Mikroişlemcili RTU' lar en karmaşık kontrol yöntemlerinin dahi uygulanmasını sağlarlar.
2. Mikroişlemcili RTU' lar kendi başlarına karar verebildikleri için, çoğu zaman merkez birimine gerek duymadan uygulamanın devamı ,için gerekli işlemleri yerine getirirler.
3. Mikroişlemcili RTU' lar normalde kullanılan pek çok elektromekanik yada mekanik cihazın işlevini üslenmektedir. Elektronik yapıdaki RTU ise hassasiyetinde hiçbir değişiklik olmadan daha uzun süre çalışabilmektedir.

5.2.2.2 Ana Terminal Birimi (MTU)

Scada sisteminde geniş bir alana yayılmış RTU' ların koordineli bir şekilde çalışması, RTU' lardan gelen bilgilerin yorumlanması kullanıcılara sunulması ayrıca kullanıcıların isteklerini RTU'lara ileterek merkezi kumandanın sağlanması işlevlerini SCADA sisteminde Merkezi Sistem Birimi (MTU)yerine getirir.

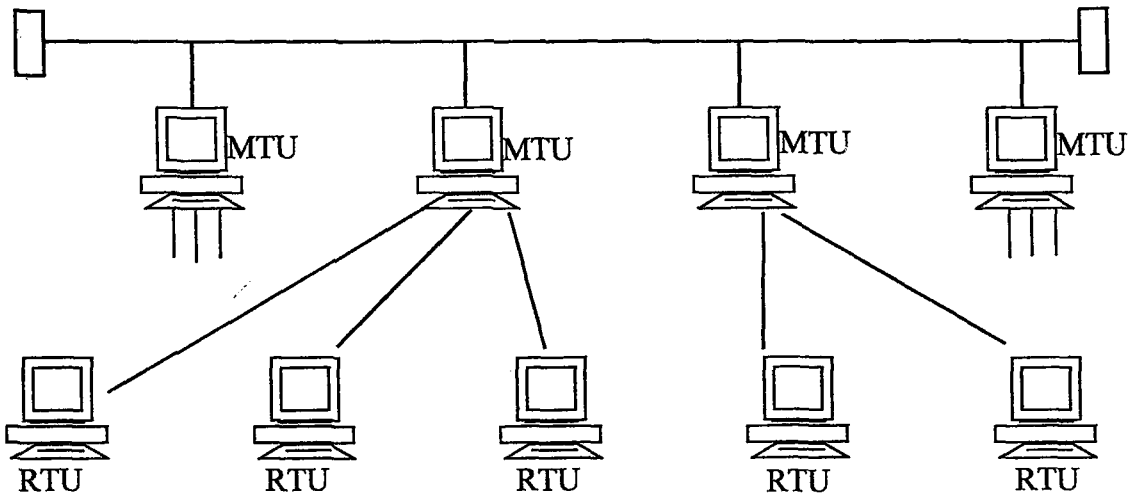
Merkezi bilgisayarlar RTU' lardan periyodik olarak gelen verileri, sistem üzerinden alınan ikazları, istenilen bilgileri düzenli olarak saklar. Merkezi yazılım bu bilgileri değerlendirerek kontrol eder. RTU' lardan ve sistemin diğer elemanlarından toplanan bilgiler gerek duyulan hallerde her türlü raporlar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

5.2.2.3 İletişim Sistemi

5.2.2.3.1 İletişim Ağı

Scada sisteminin hız performansını etkileyen en önemli kısmı iletişim ağı olup; Scada uygulamalarında haberleşmenin önemi çok büyüktür. Kontrolü yapılan sistemlerin çeşitli otomasyon seviyelerinde birbirine bağlanan birimleri arasındaki veri transferi ve güncelleştirilmesini içeren tüm işlemler iletişim ağları üzerinden yapılır.

Scada sistemlerinde hangi tür iletişim yol yapılarının kullanılacağı büyük oranda denetlenecek sürece bağlıdır. Bu bağlantı türleri fiziksel bağlantı biçimine ve ağ bileşenlerinin coğrafi konumuna göre yerel (LAN: Local Area Network) ve geniş alan ağları (WAN: Wide Area Network) olarak sınıflandırılır.



Şekil 5.3 Kısmen öbekli çok noktalı yapı

En esnek yapı öbekli ve çok noktalı yapının karışımı olan yapıdır. Bu yapı diğerlerine göre bazı üstünlüklere sahiptir. Bu yapıda her öbek diğer öbeklerden bağımsız hatta tek başına çalışabilir. Bu da büyük bir sistemde trafik tıkanmalarının olmasını önler. Fakat gerektirdiği elektronik devre sayısının çok fazla olması nedeniyle bütün yapılar içerisinde en hacimli ve en pahalı olanıdır. Yukarıda ‘kısmen öbekli çok noktalı yapının’ şekli verilmiştir.

LAN (Local Area Network) :

Bu ağlar küçük boyutludur. Şayet Scada sistemlerinde ana terminal ile yerel terminal birimleri küçük bir alan içerisinde kuruluyorsa bu durumda iletişim bağlantısı yerel alan ağı şeklini alır.

WAN (Wide Area Network):

Yerel alan ağı bir fabrika ortamı ile sınırlıdır. Halbuki WAN birbirinden çok uzak olan sistemleri birbirine bağlar.

WAN ve LAN Scada kontrol sisteminde geniş bir alana yayılmış birden fazla operatör istasyonunun birbirine bağlanması ve işletmeye ait tüm verilerin transferi için kullanılır. Bu ağlar sayesinde her terminal ünitesine sistemin kaynakları açık hale getirilir.

5.2.2.3.2.İletişim Ortamları

Scada sistemlerinde merkez ile RTU’ lar arasındaki ve RTU’ ların kendi aralarındaki iletişim için kullanılan fiziksel elemanlar, oluşturulan ağ türüne göre değişir. Bunlar; özel kablo hatları, fiber optik kablolar, telefon hatları, telsiz ve uydu hatlarıdır.

Yerel alan ağlarında (LAN) ethernet en çok kullanılan iletişim şeklidir. Ethernet, yerel ağ altına alınacak sistemleri (MTU, RTU) birbirine bağlayacak kablolama ve sinyalleşme biçimidir. Ethernet bağlantıları zırhsız iki kablo (UTP), zırlı iki kablo (STP) yada fiber optik kablolar vasıtası ile gerçekleştirilir.

Geniş alan ağlarında (WAN) ise iletişim ortamı telefon hatları, radyo link (Telsiz),uydu hatları ve fiber optik kablolarla teşkil edilir. Radyo link hatlarda terminaller arası haberleşme tahsis edilen bir frekans aralığında telsizler sayesinde gerçekleştirilir. İletişim, telefon hatları üzerinden kurulması istendiğinde Telekom dan veri iletişim hattı (Leased Line) kiralamak gerekmektedir. Bu hatlar vasıtası ile kesintisiz iletişim sağlanır. Coğrafi engellerin söz konusu olduğu yerlerde uydu hatları kullanılır. Fiber optik kablolarda yüksek iletim kapasitesi, yüksek değerdeki bant genişliği ve uzak mesafelerdeki düşük kayıpları nedeniyle ağ iletişiminde günümüzde en çok kullanılan iletişim elemanıdır.

5.2.2.3.3 SCADA Sistemlerinde Kullanılan İletişim Teknikleri

Scada sistemlerinde ana terminal ile uzak terminal arası haberleşmede iletişim ortamları taşıyan veri üzerinde olumsuz etkiler gösterir ki bunlar iletilen sinyalin bozulmasına neden olabilir. Bu sebeple veri sinyallerinin mümkün olduğunca az bozunuma uğraması için sinyal taşındığı ortama uygun hale getirilmesi (Modüle edilmesi) gerekir. Scada sistemlerinde kullanılan modülasyonlar :

- Genlik Modülasyonu :İletim güçlükleri ve gürültü hassasiyetinden dolayı sık kullanılmaz.
- Frekans Modülasyonu : En genel frekans modülasyonu 3 kHz band genişliği, içinde dört frekansı kullanılan frekans kaydırmalı anahtarlama (FSK).

5.2.2.3.4 Modemler

Sayısal verinin analog iletişim ortamında aktarılmasında görevlidir.Aktarımı yapmadan önce modüle eder. Alıcı kısımda ters işlem yapılır. İki türdür : asenkron ve senkron modem.

- Asenkron Modem: Aynı anda veri alış verişi gerçekleştiremezler.
- Senkron Modem: Aynı anda veri alımı ve gönderimi yapabilir. Alıcının iletili ile tam senkron olması için ve akışı ile beraber bir senkronize saat içerir.

Scada sistemlerinde kullanılan modemlerde hata düzeltme ve veri sıkıştırma özellikleri vardır.

5.2.2.4 Kontrol Üniteleri

Kontrol üniteleri, SCADA sistemlerinin diğer önemli birimini oluşturur. Diğer bölümlerde tezde kullanılmış olan Siemens S7 200 PLC kontrol ünitesi hakkında detaylı açıklamalar yapılmıştır. Kontrol üniteleri kontrol odası seviyesinden çeşitli yardımcı işletmelerin kontrol ünitelerinden işletme ve yönetim seviyesine kadar tüm veri ve bilgileri yüksek hızlarda işleyecek bir yapıdadır. Kontrol alt birimlerine, işletme ünitelerine, çalışma sahasına ait enstrümantasyon ve detektörlere bağlanarak gerekli bilgi ve veri alış verişi sağlanır.

5.2.2.4.1 Programlanabilir Lojik Kontrolörler (PLC)

Programlanabilir kontrol üniteleri, ikili ve üst denetimsel (Supervisory) kontrol sağlayan, mikroişlemci tabanlı elektronik ünitelerdir. PLC'ler otomasyonun vazgeçilmez yapı taşlarıdır. Endüstriyel otomasyonun ana yapısını PLC'ler oluşturur. Bu düzenekler ile yapılacak işin kapsamına göre;

Kumanda, Kontrol, Kullanım ve İzleme, Uyarı ve Raporlama işlemlerini içeren endüstriyel otomasyon sistemleri gerçekleştirilebilir.

Bu üniteler, kontrol sisteminde tek veya entegre bir işlem istasyonu olarak, diğer programlanabilir Elektronik üniteler ve ekipmanlar ile haberleşme ağı üzerinden iletişim kurarak kullanılır.

Programlanabilir Elektronik kontrol üniteleri, biriken bilgi ve verileri bir yandan SCADA sistemine iletirken bir yandan da işletme fonksiyonlarını yerine getirmek için yazılım programlarına uygun olarak lojik kontrol denetimini sağlarlar.genel bir Kontrol Modülü yapısı şu elemanlardan oluşur;

- Güç Kartı,
- Uzak Giriş / Çıkış Kartı,
- RAM (Random Access Memory),
- ROM (Read Only Memory),
- Analog / Digital Çevirici ve Çoklayıcı,
- Yerel Giriş / Çıkış Kartı (I / O Kart),
- Merkez İşlem Ünitesi (CPU).

5.2.2.4.2 Elektrik Panoları

Scada kontrol sistemlerinde alçak gerilim cihazları, elektronik kontrol ünitelerinin yerleşimi bu panolara yapılır. Bunlar kontaktörler, röleler, sigortalar v.b. elemanlar ihtiva ederler.

5.2.2.4.3.Saha Cihaz, Detektör ve Enstrümanları

Saha, süreç ve işletmeye ait verilerin toplandığı Scada kontrol sistemlerinin en alt seviyesini oluştururlar. Bunlar fiziksel ve elektronik iletişim cihazları olup, işletme için gerekli local denetleyicilerdir. Fiziksel çevrenin bilgileri bu seviyede elektrik/elektronik işaretlere çevrilerek Scada sistemine girerler. Scada sisteminden verilen komutlar ile bu seviyede elektrik/elektronik işaretlerden fiziksel büyüklüklere çevrilerek, gerçek dünyada istenen hareketler (kesicilerin açılıp-kapılması, motorların start-stop edilmesi vb.) gerçekleştirilmiş olur.

Programlanabilir Kontrol sistemlerinde merkezi bilgisayardaki yazılımdan başka bir yazılım kısmı vardır. Kontrol edilen sistemde en önemli özellik elektronik kontrol ünitelerinin sistemin işlevlerine göre programlanabilmesidir.

5.3 SCADA SİSTEMLERİYLE KONTROL

5.3.1 Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme

Scada' nın en önemli özelliği veri tabanlı kontrol ve gözetlemedir. Haberleşme sistemi sayesinde kontrol ünitelerine yerleştirilmiş programlanabilir elektronik ünitelerle sürekli olarak veri alış-verişi gerçekleştirilir. Bu sayede Scada sistemleriyle Operatörler için ileri seviyede kontrol ve gözetleme imkanı sağlanır. Bu özellikler şöyle sıralanabilir;

- Geçek zamanlı veri toplama,
- Arıza durum kaydı,
- Bilgilerin uzun süre saklanması,
- Kontrol sistemlerinin durum gösterimi,
- Elle (Manuel) kontrol.

Scada sistemlerinde Alarm sınırları, ikaz bildirimleri ve benzerleri verilerin tamamı konfigürasyonun bir parçası olarak veritabanı parametrelerini oluşturmak için kullanılır. Harici cihaz arabirimi (external device interface, EDI) özelliği sayesinde kontrol edilen sistemlerde, fiziksel olarak tüm çevre birimlerinin scada programıyla iletişimi sağlanırken, sistemin otomatik kontrole ve gözetlenmesi için gerekli dinamik bilgiler kontrol edilerek güncellenir.

5.3.2.Scada Yazılımlarında Ekran Tipleri

Scada sistemlerinde insan-makine iletişimi, kontrol sistemini ve işletmenin değişik durumlarını ve hallerini farklı ekran tipleriyle izlenmesini sağlar. Scada sisteminin uygulanacak işletme veya prosese göre ekran tipleri de değişik olabilmektedir.

Genel görünüm ekranları,

- İşletme ekranları,
- Grup ekranları,
- Obje veya nesne ekranları,
- Eğri veya trend ekranları
- Rapor ekranları,
- Reçete ekranları'dır.

Scada sistemlerinde ekranlar, operatörlerin veya kullanıcıların gereksinim duyduğu bilgilerin en kısa zamanda bulunabileceği ve ulaşılabilceği şekilde dizayn edilir. Bu dizayn daha çok kontrol edilecek sistemin yapısına göre düzenle nesneye aynı anda, birden fazla operatörün etkilemesini önlemek için bir denetim mekanizmasına sahip olunması gerekir. Sonuç olarak istenen işlem tipine bağı olarak operasyon direkt olarak gerçekleştirilebilir.

5.3.3 Elle (Manuel) Kontrol

Operatörün kontrol sistemine girerek parametreleri, ayar noktalarını değıştirmesi veya elle (manuel) kumandayı üstlenip otomatik kontrol fonksiyonlarını aşarak sistemin direk denetimini sağlama imkanı verir. Kontrol sistemi bir çok operatörün ve çalışma noktasının aynı çalışma birimine bağlanmasını sağlar. Ayrıca aynı obje veya nesneye aynı anda birden fazla operatörün etkilemesini önlemek için bir denetim mekanizmasına sahip olunması gerekir. Buna ilaveten bir nesne veya işlem hakkındaki bilgilerin tüm çıkışma noktalarından elde edilmesi gerekir.

5.3.4 Arıza ve Durum İhbarları

Kontrol üniteleri yada programlanabilir kontrolörler, işletmeye ait durumlar ile makine ve enstrüman bazında arıza ihbarları ve sistem ihbarları arasında ayırım yapar. İşletmeye ait olaylar, işletim değışkenleri ve hesaplanmış değışkenler istendiğı sürece oluşan durum değışkenleridir.

Kontrol sistemine ait arızalar ise sistemde kendiliğinden ortaya çıkan durum değışiklikleridir. Bu arızalar sisteme ait herhangi bir ünite veya haberleşme ağında olabilir.

Arıza ihbar ve çalışma durumları, operatör istasyonlarını, iletişim ağı yoluyla rapor edilmekte ve bilgiler kronolojik sırada saklanır. Arıza ihbar statülü objeler ekranlarda “Kırmızı” renkte temsil edilir ve onaylanıncaya kadar yanıp sönerler.

5.3.5 Şifre Sitemi İle Koruma

Kontrol sisteminin yazılım kısmına ve yetki verilen kişilerin müdahalelerde bulunması için şifre sistemi ile koruma sağlanır. Şifre ile şu fonksiyonlar yerine getirilir:

- Buton kumanda emniyeti.
- Belirlenen kişi sayısı kadar şifreleme imkanı.
- Aynı seviyedeki kişilere sisteme müdahale imkanı verilmesi.

5.4 SCADA SİSTEMİNİN YARARLARI

Sistemin arızalarının sıklığı ve süreleri, büyük ölçüde sisteme uygun dağıtım otomasyonunun kurulamamasından ve sistemin çalışma karakteristiklerinin her an izlenememesinden kaynaklanmaktadır. Bunun için sistem hakkındaki bilgilerin (ısı, nem,frekans,ağırlık, sayı, elemanların durumları...) toplandığı, gözlemlendiği, uzaktan kumanda edildiği (açma, kapama, kurma), arıza algılamanın yapılabildiği otomasyon sistemlerine gerek duyulmaktadır. Bu bilgilerin operatörlere bir kullanıcı ara birim yazılımı ile sağlanabildiği SCADA sistemleri kullanılabilmektedir. Günümüzde kontrol sistemleri veri tabanlı kontrol ve gözetleme yazılım paketleri içermektedir. Bu sayede sistemde dağıtılmış halde bulunan enstrüman ve kontrol elemanlarından sürekli biriken veriler elde edilerek denetim imkanına sahip olunmaktadır.

Sistemin bilgisayar ortamında gözlenmesi ile sistemin kontrolü ve kumandası daha esnek bir hale gelmektedir. Örneğin, sistem büyümeleri karşısında kurulma koordinasyonu daha kolay yapılabilecektir. Yazılım sayesinde operatörler bilgisayar ekranında ki sistem diyagramından sistemi uzaktan kumanda edebilecektir. Arızaların algılanması yerlerinin tespiti ve arızanın giderilmesi yine uzaktan kumandalı olarak belli bir merkezden yapılabilecektir. Sistemle ilgili alarm sinyallerinin, operatörleri uyuracak şekilde oluşturulması ve görüntülenmesi gerçekleştirilebilecektir. Çeşitli tarih ve zaman olarak (arıza şekli, arıza yeri) veri tabanı şeklinde saklanabilir, böylelikle kişilere bağlı kalmaksızın sistem hakkında toplanan verilere dayalı ayrıntılı bilgi sağlanabilir.

5.5 SIVI SEVİYESİNİN KONTROL VE GÖZETLEMESİNDE KULLANILAN TEOS SCADA PROGRAMININ ÖZELLİKLERİ

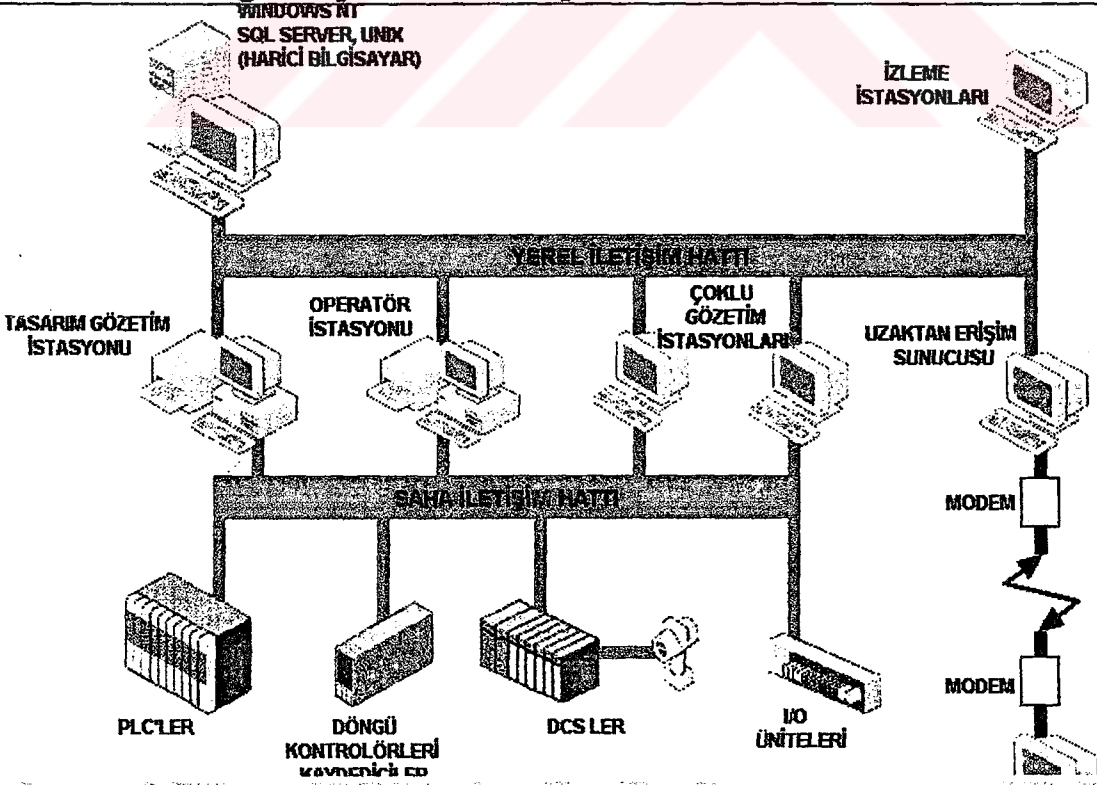
5.5.1 Giriş

TEOS Denetleyici Gözetim ve Veri Toplama (SCADA) Sistemi, üreticilerin ve bina otomasyonu yapan sistem entegratörlerinin bu tip ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde, Türkiye'de geliştirilmiş olan ilk ve tek yazılımdır.

5.5.2 Sistem Tanımı

TEOS, 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 kısıtlara 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 (Scada) Sistemidir.

Sistem Konfigürasyonu ve İletişim Özellikleri



Şekil 5.4 Teos Scada sistem konfigürasyonu ve iletişim özellikleri

5.5.3 Sistem Konfigürasyonu ve İletişim Özellikleri

Windows ortamında çalışmaktadır. ODBC-uyumlu özelliğinden dolayı yine ODBC-uyumlu sistemlerle kendi "utility" programları veya kullanıcının kolaylıkla geliştirebileceği arayüz programları vasıtası ile veri alış-verişi yapabilmektedir. Aynı iletişim ağını paylaşan ve üzerinde TEOS kurulu bilgisayarlar birbirleri ile kolayca haberleşebilmekte ve gerçek-zamanlı veri paylaşımı yapabilmektedir.

IEC1131 standartlarına uygun olarak geliştirilmiş olan TEOS Scada Sistemi aynı zamanda ODBC, DDE, standartlarına da uyumluluğu nedeni ile bir "Açık Sistem" ve "İstemci/Sunucu (Client/Server)" mimari özelliklerine de sahiptir. (Şekil 5.4)

5.5.4 Teos Scada Programının Yetenekleri

TEOS Scada programının sunduğu bir çok hizmet içerisinde en önemlilerini şöyle sıralayabiliriz:

- Grafikselsaha tasarımı (Designer)
- Alarmlar
- Trendler
- Raporlama
- Reçeteler
- Veri toplama
- Denetim ve Hizmet Verme (Server)
- Gözetleme (Monitoring)
- Bilgi kaydedici(Logger)

TEOS scada programına tasarımcı (Designer) olarak log-on olduğumuzda karşımıza proje yönetimi ile ilgili çerçeve gelecektir. Proje Yöneticisi çerçevesindeki seçenekler yardımı ile tasarımcı olarak yapabileceklerinizi şöyle sıralayabiliriz:

Sistem İşlevleri:

- Grafikselsaha Tasarımı (Forms)
- Program Yazma (Scripts)
- Alarm Tanımlama (Alarms)
- Reçete Tanımlama (Receipts)
- Trend Tanımlama (Trends)

- Rapor Oluşturma (Tanımlama) ve Çalıştırma (Reports)
- Kullanıcı Tanımlama ve Yetkilendirme (Users)
- Sunucu Tanımlama (Servers)
- Bilgi Kaydedici (Logger)

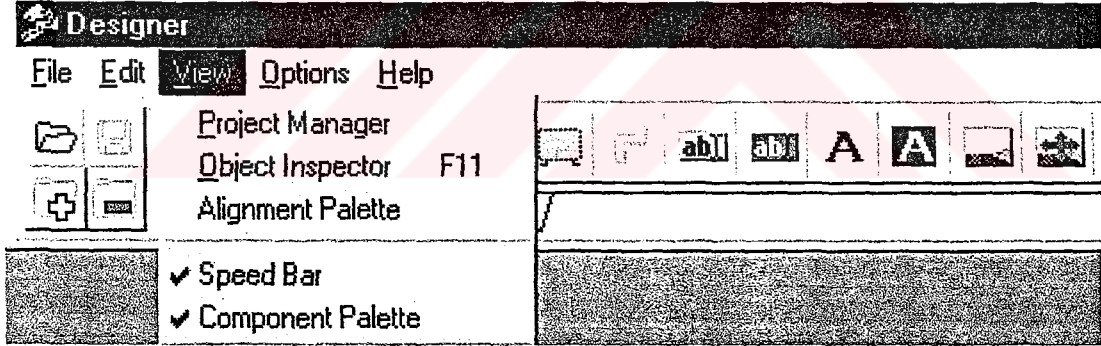
Değişkenler (Variables):

- Birikim Yerleri Tanımlama (Accumulators)
- Zamanlayıcı/Sayıcı Tanımlama (Timers/Counters)
- Sabitler Tanımlama (Constants)

Kontrol Cihazları (Drivers):

TEOS scada programının bilgi alış verişi yapabildiği değişik tiplerdeki tüm cihazlar ve bunlar için iletişim protokolları bu kısımda scadaya tanımlanır. Bu kısımda pek çok sayıda ve değişik tiplerde cihazlar ve protokollar yer almaktadır.

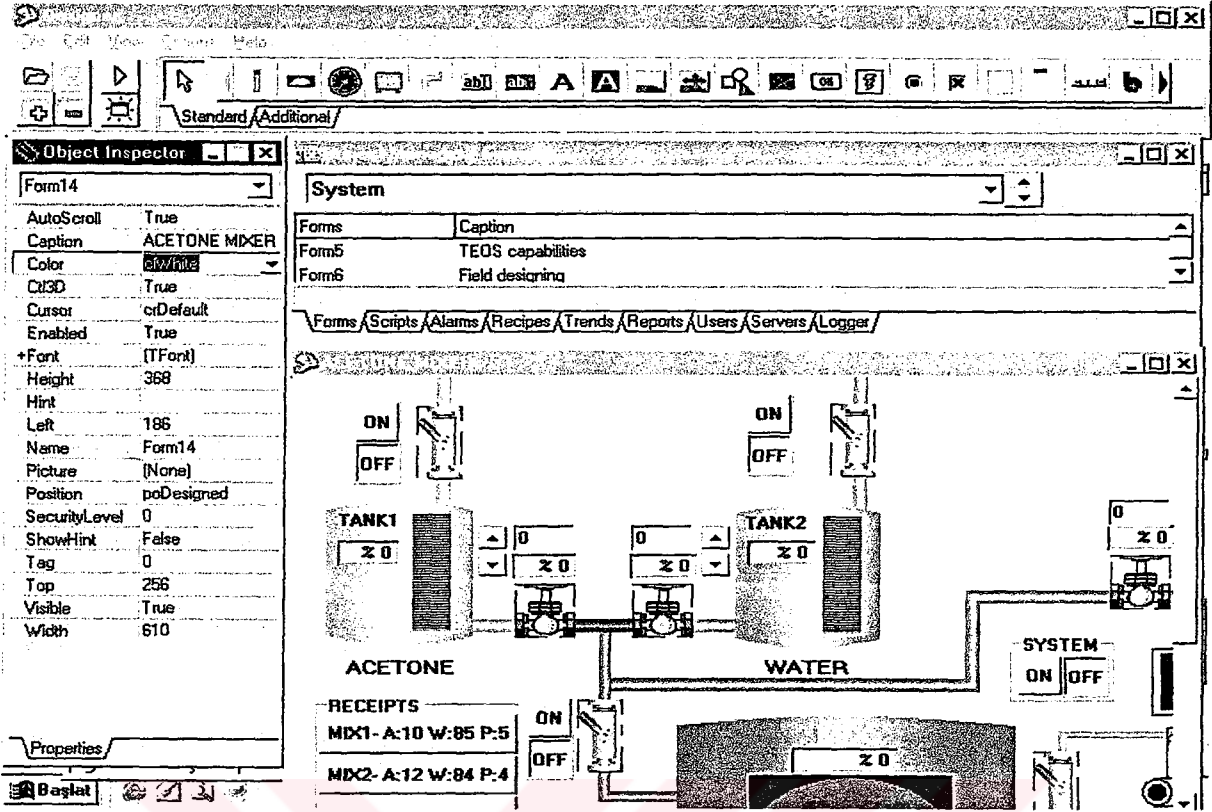
Şekil 5.5 'de proje yöneticisi (project designer) ekranına geçmek için "Project Manager" seçilir.



Şekil 5.5 proje yöneticisi (project designer) ekranına geçmek için project manager'ın seçimi

Proje Yöneticisi penceresinin üst kısmındaki açılım penceresinden "System" seçildiğinde pencerenin altında klasör ayraç etiketleri şeklinde Sistem Fonksiyonları seçenekleri açıldığı görülür. Açılım penceresinden "Variables" seçildiğinde ise Sistem Değişkenlerini tanımlama seçenekleri açılacaktır.

Açılım penceresindeki diğer seçenekler ise scadanın haberleşebildiği cihazlara özel tanımlamaların yapılabildiği seçenekleri karşımıza getirecektir.



Şekil 5.6 Proje tasarımı fonksiyonları ekranı

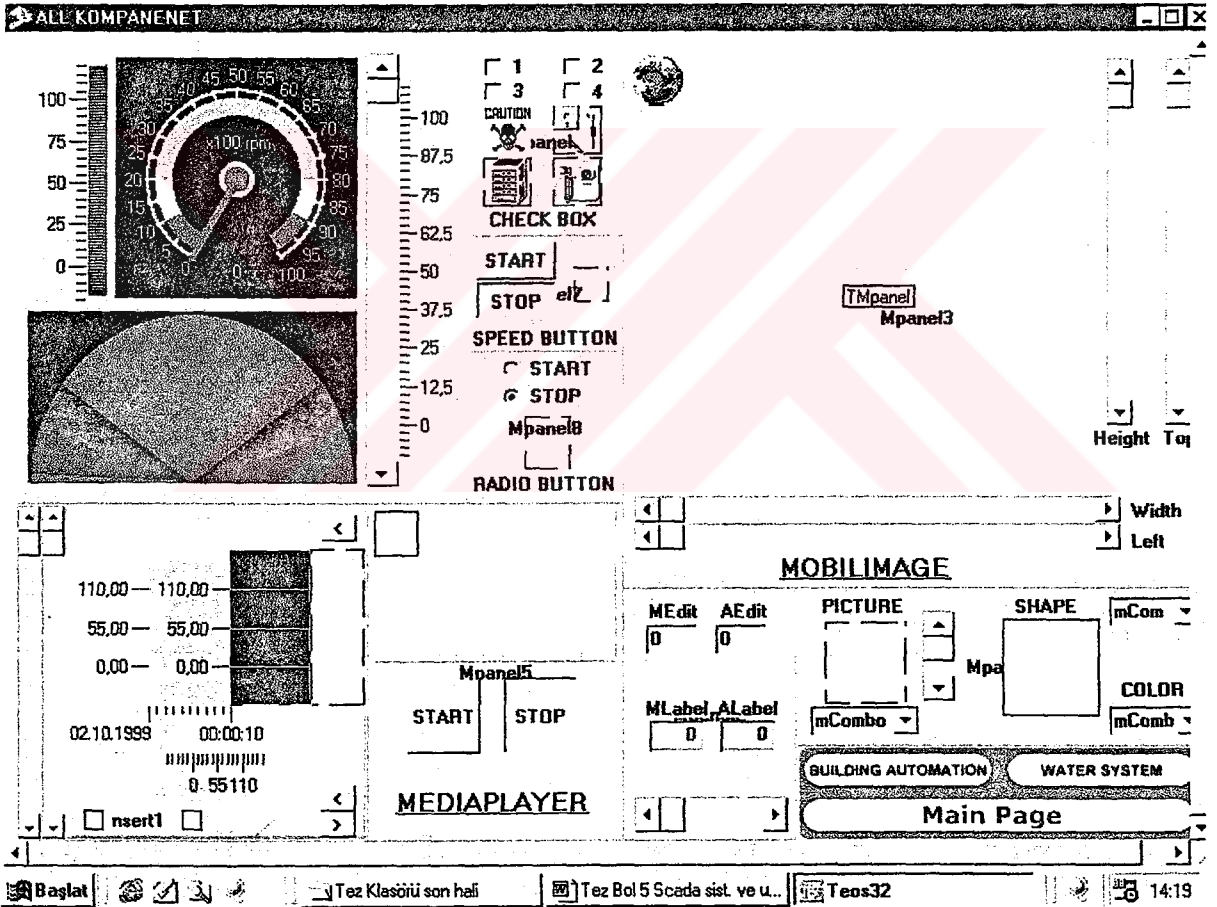
5.5.4.1 Genel Özellikler

- 1) TCP/IP (Transmission Control Protocol /Internet Protocol) iletişim ağı üzerinden İstemci/sunucu (Client/Server) mimarisi kurulabilir ve aynı ağ (network), LAN (Local Area Network) veya WAN (Wide Area Network) üzerindeki diğer TEOS Scada istasyonları ile bilgi paylaşımı yapılabilir.
- 2) TEOS Scada Yazılımı ağ (network) kurulmasına imkan vermektedir.
- 3) İnternet ağına bağlı diğer TEOS Scada istasyonları ile bilgi paylaşımı yapılmasına ve uzak kullanıcıların sistemi kontrol etmesine imkan vermektedir.
- 4) Tek başına veya ağ (network) üzerinden ODBC (Open Data Base Connectivity) uyumlu diğer yazılımlar veya Oracle, Microsoft SQL, dBase,Sybase gibi veri tabanları ile bilgi alışverişinde bulunabilir.
- 5) Ayrıca DDE (Dynamic Data Exchange), OLE (Object Linking Embedding) ve MCI (Multimedia Control Interface) standartlarına uygundur ve Açık Sistem (Open System) özelliğine sahiptir.

- 6) Bilgi topladığı cihazlar ile haberleşmesini veya bilgi paylaştığı diğer TEOS Scada istasyonları ile haberleşmesini (seri port, ethernet veya modem haberleşmesi) sürekli olarak test etmektedir.

5.5.4.2 Tasarım Özellikleri

- 1) Scada Yazılımı sınırsız (Umlimited) giriş-çıkış (I/O) veya noktaya (tag) kadar bilgi toplama kapasitesine sahiptir. Bu noktalar digital veya analog olabilmektedir.
- 2) Toplanan kontrol noktalarına ait değerler arşivlenebilmektedir.
- 3) Ekranda genel proses şeması, trend raporlama ve alarm pencereleri izlenebilmektedir.
- 4) Scada sayfaları arasında geçiş kolaylığı özelliği (Navigation) bulunmaktadır, ayrıca bir sayfada gösterilebilecek giriş-çıkış (I/O) veya nokta (tag) sayısı sınırlı değildir.



Şekil 5.7 Scada programında kullanılan komponentlerin kütüphanesi

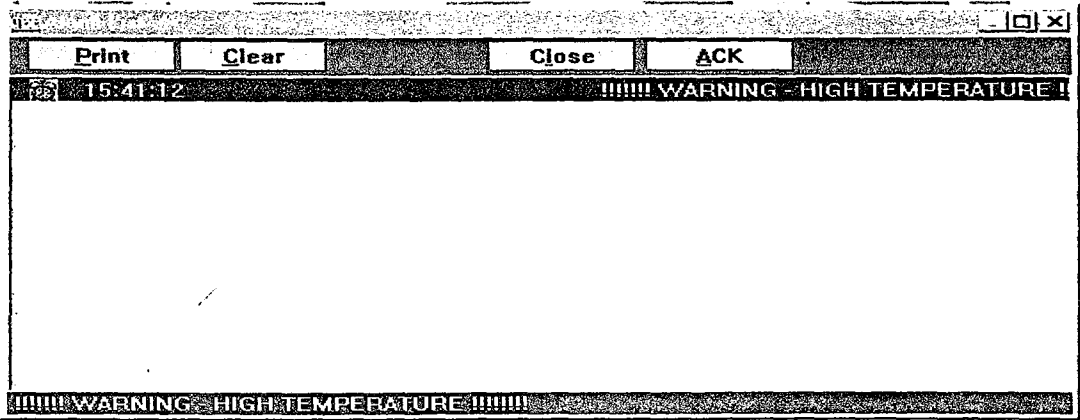
5.5.4.3 Trend Özellikleri

- 1) Kontrol noktalarına ilişkin grafiksel trendler çizebilmektedir. Trendlerde geçmişe yönelik (Historical Trend) bilgiler izlenebilmektedir.

- 2) Trend dosyalarından istenilen bilgiler Microsoft Excel ve benzeri ortamlara aktarılabilir.
- 3) Aynı grafiksel trend penceresinde en az 6 kontrol noktasına ait gerçek zamanlı grafiksel trend izlenebilir.
- 4) Trend penceresinde odaklama ve kaydırma özellikleri mevcuttur.
- 5) Kullanıcıya özel trend tanımlama, kullanıcıya özel trendleri saklama ve tekrar geriye çağırma imkanı vardır.

5.5.4.4 Alarm Özellikleri

- 1) Oluşan alarma bildirileri yıl, ay, gün, saat, dakika ve saniye cinsinden ekranda izlenebilmekte, yazıcıdan alarm çıktıları alınabilmektedir.
- 2) Oluşan alarm birimleri Makine veya Proses'in belli bir bölümü ile ilgili olarak gruplandırılabilir.
- 3) Analog kontrol noktalarında Çok Yüksek (High-High), Yüksek(High), Düşük (Low) ve Çok Düşük (Low-Low) şeklinde seviye alarmları ile artış hızı, sapma alarmları tanımlanabilmektedir.
- 4) Oluşan alarm bildirileri yazıcıya veya network üzerinde başka bir kullanıcıya yönlendirilebilir.
- 5) Oluşan alarm bildirimlerine ait kayıtlar, oluşma anı, operatörün onayladığı an ve ortadan kalktıkları anlara ait tarih ve saatleri içerecek şekilde arşivlenmektedir. Arşivlenen alarmları raporlama imkanları vardır.



Şekil 5.8.arıza meydana gelmiş olan bir alarm ekranı

5.5.4.5 Yetkilendirme Özellikleri

- 1) TEOS Scada Yazılımında şifreleme (Password) kullanılarak operatör yetkileri tanımlanabilmektedir.

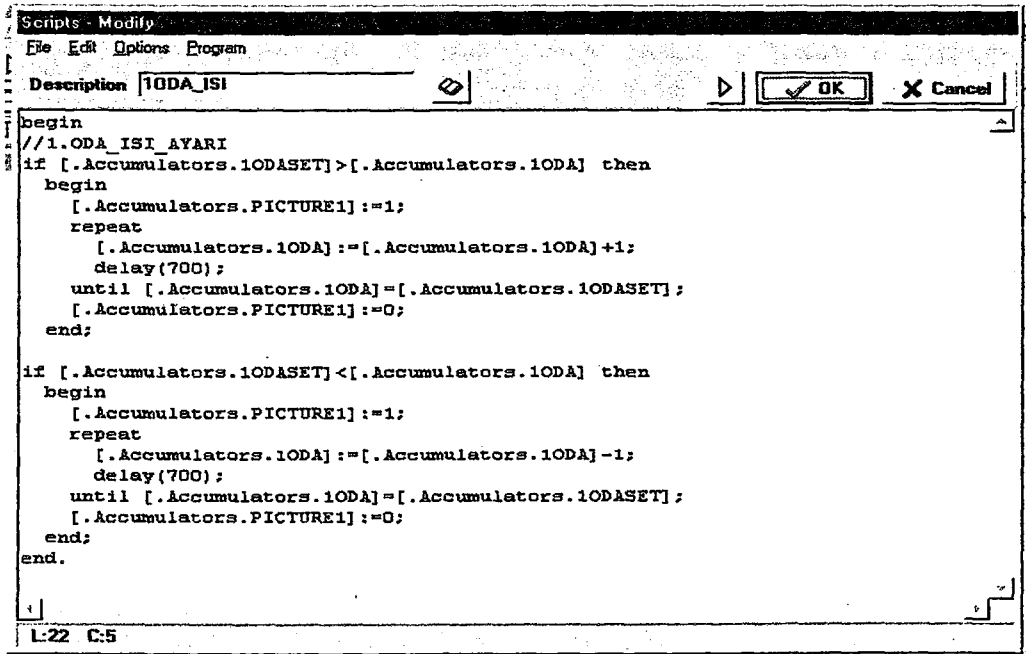
- 2) Operatörler için farklı yetki seviyeleri tanımlanabilmektedir.
- 3) Operatörler veya kullanıcılar yetki seviyelerinin izin verdiği ekranları izleyebilir ve yine sadece yetki seviyelerinin izin verdiği kontrolleri yapabilirler.
- 4) Operatör veya kullanıcıların yetki seviyelerinin izin vermediği ekranlara ulaşması veya kontrol yapması TEOS Scada Yazılımı tarafından engellenmektedir.
- 5) Runtime (çalışma) sırasında programdan çıkmadan operatör veya kullanıcı değişkenliğine imkan tanımaktadır.

5.5.4.6 Raporlama Özellikleri

- 1) Raporlama özellikleri istendiği anda alınabildiği gibi, vardiya, gün, hafta, ay gibi ayarlanabilen zaman aralıklarında otomatik olarak alınabilir.
- 2) Anlık (manuel) veya otomatik rapor çıktıları ekranda izlenebilir, lokal/network yazıcıya veya network üzerinden başka bir kullanıcıya yönlendirilebilmektedir.
- 3) Raporlar grafik veya tablo olarak alınabilmektedir.
- 4) Detaylı raporlamalar için Microsoft Excel vb. gibi yazılımlara otomatik veya manuel bilgi aktarma imkanı vardır.

5.5.4.7 Script Özellikleri

- Scada Yazılımında gelişmiş matematik fonksiyon özellikleri kullanılarak alt programlar (script) yazılabilmektedir. Bu alt programların (script) belli ön koşullarına, zamana, resimlere, başlangıç ve son (start-up/ shut-down), vb. gibi şartlara göre devreye girmesi sağlanabilmektedir.



Şekil 5.9 Örnek bir script program ekranı

5.5.5.Teos Scada Programında Bulunan Diğer Tanımlar

Alet Kutusu (Toolbox) : TEOS'un Designer (Tasarım Aracı) modülüne girildiğinde ekranın üst kısmında yer alan "Designer" başlıklı çerçevede grafik çiziminde kullanabileceğiniz (tank, boru, ayar düğmeleri, trend çerçevesi, motor, vana, pompa, bağlantı hatları vs gibi) çeşitli araçlar yer almaktadır. Yeni bir panel veya dosya açma, mevcut bir panel veya dosyayı silme, programı çalıştırma gibi fonksiyonları çalıştırmak için hazırlanmış olan simgeler de bu çerçeve kapsamında yer almaktadırlar.

Kütüphaneler: TEOS Scada Sisteminde iki değişik grupta dosyalar kullanılmaktadır:

- **Tasarım (Design) Dosyaları :** Kullanıcı denetleyici gözetim yapılacak olan grafiksel görünümünü sistemde oluştururken sistemin bu bilgileri kaydettiği dosyalardır. Grafiksel görünüm tasarımında kullanılan boru, tank, vana, motor, pompa vs gibi nesnelerin iki veya üç boyutlu resimlerin saklandığı bitmap dosyaları da bu grupta düşünülebilir.
- **Run-Time (Kullanım Zamanı) Dosyaları:** TEOS Scada Sisteminin Gözetleme (Monitoring) aktivitesi yerine getirilirken sistemin kullandığı dosyalardır. Bu dosyalar "geçici olarak kullanılan dosyalar" ve "İstatistik amaçlı tutulan Trend dosyaları" olmak üzere iki değişik tiptedirler.

Etiketler (Tags): TEOS SCADA Sistemi, etiket (tag) adı verilen tanımlanabilir bağlantılar yardımı ile sahadaki çeşitli kontrol noktalarından veri toplayabilir, bu verileri proses edebilir, ve bu noktalara çeşitli komutlar gönderebilir yapıdadır. Scada Sisteminde sınırsız sayıda kontrol noktası tanımlama olanağı vardır. Sistemde denetleyici gözetim yapılacak olan her bir kontrol noktası için bir takım bilgiler tutulmaktadır. Bu bilgiler, ilgili kontrol noktası için kullanıcının tanıttığı isim, bu kontrol noktasından gelen her bir bilgi için tanımlanan değişkenler, bilginin minimum ve maksimum sınırları ve bu sınırların scada'da hangi birimlere dönüştürüleceği, scada'nın bu noktadan hangi zaman aralıklarında hangi bilgileri (minimum, maksimum, son veya ortalama değer gibi) alacağı ve kaydedeceği gibi çeşitli bilgiler tanımlanmıştır.

Canlı Nesneler: Sahadaki kontrol noktalarının grafiksel görünümü oluşturulurken istenen bazı noktalar hareketli hale getirilebilir veya bunların yanına, bu noktalardan gelen bilgileri yansıtan veya bu bilgileri trend olarak gösteren kutular yerleştirebilir.

5.5.6 Scada Sisteminin Ana Programları (TEOS Modülleri)

Designer (Tasarım Aracı) : Scada sistemi ile sahadaki kontrol noktaları arasında iletişimin tarifi ve bu noktalar arasındaki bağlantıların grafiksel görünümünün, alet kutusunda bulunan cisimler kullanılarak, iki veya üç boyutlu olarak çizilmesinde kullanılan programdır. Daha önce oluşturulmuş olan grafikler üzerine yeni kontrol noktaları eklenebilir (veya çıkarılabilir). Bu grafikler üzerinde (trend, motor, vana, aç/kapa düğmeleri, yukarı/aşağı veya sağa/sola kayar ayar düğmeleri gibi) çeşitli canlı noktalar oluşturulabilir. Değişiklikler yapıldıkça anında programın çalışması etkilenir. Designer (Tasarımcı) modülüne sadece Tasarımcı yetkisi olan kullanıcılar log-on olabilirler. Bu yetkinin işletme çapında fazla sayıda kullanıcıya verilmemesi tavsiye edilir. Bu yetkiye sahip olan kullanıcı Sistem Yöneticisi olarak da isimlendirilebilir.

Server (Sunucu) : Sahadaki kontrol noktalarından gelen bilgilerin veri tabanına işlenip bu bilgileri değişik şekillerde (trend, rapor, görüntü, alarm gibi) ekrana yansıtılmasını sağlayan ve bu noktaları komuta edilmesine hizmet veren programdır. Server (Hizmet Sunucu) modülüne sadece Hizmet Sunucu (Server) yetkisi olan kullanıcılar log-on olabilirler. Bu yetkinin, işletme fonksiyonlarının işleyişini düzenleme yetkisine sahip operatör tipi kullanıcılara verilmesi tavsiye edilir.

Monitor (İzleme) : Denetleyici Gözetim yapılan saha ve/veya alt-sahaların grafiksel olarak izlenmesi, çeşitli trendlerin istatistiksel olarak veya çevrim-içi gerçek zamanlı olarak görüntülenmesi, alarmların izlenmesi gibi işlevlerin yapılmasına imkan veren TEOS programıdır. Monitor (İzleme – Gözetleme) modülüne sadece Gözetleme yetkisi verilmiş olan kişiler erişebilirler ve sistemin işleyişini etkileyen herhangi bir hareket yapmalarına sistem tarafından müsaade edilmez.

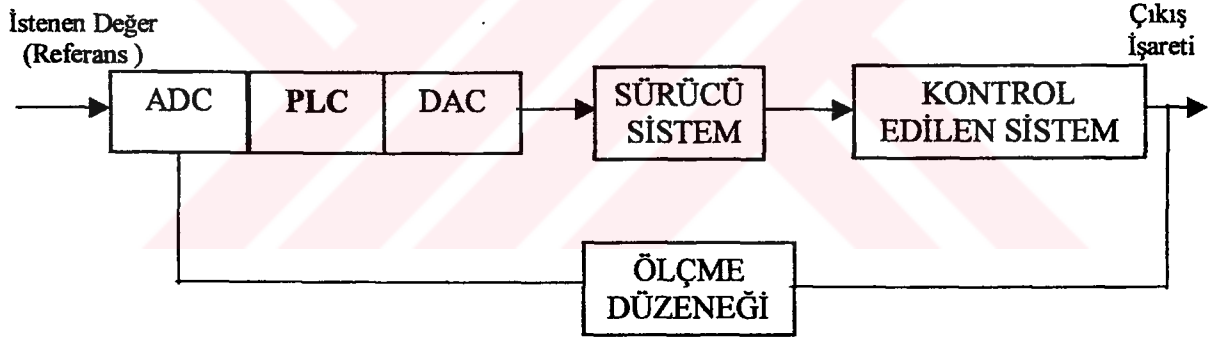
BÖLÜM 6

PID KONTROLÖR TASARIMI VE KONTROL EDİLEN SİSTEM

6.1 GİRİŞ

Genel olarak, analog giriş-çıkış birimleri ile donatılmış ve matematiksel işlem yeteneği olan bir sayısal işlemci ile geri beslemeli kontrol tasarlamak olanaklıdır. Kontrol edilen sistemden alınan sürekli işaretler analog giriş birimi (ADC) ile sayısal işaretlere dönüştürülür, gerekli matematiksel işlemlerden sonra elde edilen sayısal işaret analog çıkış birimi (DAC) üzerinden sürekli işarete dönüştürülerek sisteme uygulanır.

Şekil 6.1’de bir giriş ve bir çıkışlı, bir geri beslemeli kontrol sisteminde PLC’ nin bağlantı biçimi verilmiştir. Bu sistemde kontrol edilmek istenen çıkış büyüklüğü bir ölçü düzeneği ile standart bir elektriksel seviyeye (0-5 V, 0-10 V, 0-20 mA, 4-20 mA gibi) dönüştürülür ve analog giriş birimi üzerinden PLC’ ye verilir.



Şekil 6.1 Bir geri beslemeli digital kontrol sistemi

Sistemin çıkışının istenen değeri (referans), diğer bir analog giriş noktası üzerinden alınır. Bu iki işaret PLC ‘ye yazılmış olan program tarafından işlenerek gerekli kontrol işareti üretilir ve analog çıkış birimi (DAC) üzerinden sürücü sisteme uygulanır. Sürücü sistem kontrol işaretine bağlı olarak sistem için gerekli olan enerjiyi üretir. (Kurtulan, 2001)

Kontrol işaretinin üretilmesinde kullanılan kontrol kuralının belirlenmesine ilişkin bir çok yöntem vardır. Bunlardan biride PID kontrolördür.

PLC’li kontrol sistemlerinde kontrol kuralları sayısal olarak gerçekleştirildiğinden, tasarımında digital kontrol kuramında verilen yöntemlerle yapılması daha uygundur. Digital kontrol kuramında, işaretlerin işlenmesinde ‘örnek alma zamanı’ işlem sonucunu etkileyen önemli

bir büyüklüktür. Kontrol kuralını sağlayan bütün sayısal kontrolörler belirli bir örnekleme zamanı için tasarlanır. Sayısal kontrol tasarımında, amaçlanan davranışın elde edilmesi için, bu kontrolöre ilişkin yazılımın yalnız örnekleme zamanlarında işletilmesi gerekir. Bunu sağlamak için PLC' nin süreye bağlı kesmeli çalışma özelliğinden yararlanılır. Sayısal kontrolöre ilişkin yazılım süreye bağlı kesmeli çalışan altprogramlara konularak öngörülen örnekleme zamanlarında işletilmesi sağlanır. (Kurtulan, 2001)

Simatic S7-200 serisi PLC'ler kontrol yazılımları için gerekli matematik işlem komutları ve kesmeli çalışma özellikleri nedeniyle geri beslemeli kontrol sistemlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılabilirler. (Kurtulan, 2001)

Zaten yapmış olduğumuz deneysel çalışmada kullandığımız S7-200 Micro PLC' sinin geri beslemeli bir kontrol sisteminde bunu ispatlamış olduk.

6.2 ANALOG PID KONTROLÖR TASARIMI

6.2.1 Analog PID Kontrolör

Günümüzde kullanılan tüm endüstriyel kontrolörlerin yarısından daha fazlası PID veya düzenlenmiş PID yapısı kullanılmaktadır. P oransal anlamındadır ve çıkışa hataya orantılı olarak katkı sağlar. I ise integral anlamındadır. Sadece oransal kullanıldığında mutlaka çıkış ile set değeri arasında bir kalıcı hata mevcut olur. Bu kalıcı hatayı yok etmek için ise integral kullanılmaktadır. Sürekli gelen hataların toplamını çıkışa yansıtır. D ise, türevi temsil eder. Set değeri ve proses değişkeni arasındaki ani değişikliklerin olması yani hatanın değişimi durumunda etkili olur. Hatayı bir an önce azaltıcı yönde katkısı olur. Sonuç olarak PID bu üç etkenin çıkışta toplanması ile elde edilir.

Analog PID kontrolörler genellikle hidrolik, pnömatik, elektrik ve elektronik veya bunların kombinasyonlarından oluşur. Ayrıca bunlar mikroişlemciler veya PLC'ler kullanılarak sayısal forma dönüştürülmüştür. PID kontrolörlerin pek çoğu kullanım yerine göre düzenlendikleri için, literatürde pek çok farklı ayar-kuralı tanımlanmıştır. Bu kuralları kullanarak, PID kontrolörlerinin hassas ve doğru ayarları kullanım yerine göre düzenlenebilir. Ayrıca otomatik ayar yöntemleri geliştirilmiş ve PID kontrolörlerin bazı çalışmalar esnasında otomatik ayarlamaya sahiptir. I-PD kontrol, iki dereceli serbest PID kontrol gibi geliştirilmiş PID kontrol formları hala endüstride kullanılmaktadır.

PID kontrolün en büyük faydası hemen hemen tüm kontrol sistemlerine uygulanabilmesidir. Eğer bir sisteme ait bir matematiksel model geliştirilebilirse, bu kapalı çevrim sisteminin geçici ve sürekli durum özelliklerini tanımlayacak kontrolörün parametrelerini hesaplamak için çeşitli tasarım teknikleri uygulamak mümkün olur. Bununla birlikte, eğer sistem çok karmaşıksa ve matematiksel modeli kolaylıkla çıkartılamıyorsa, PID kontrolörün tasarımında analitik yaklaşım mümkün olmaz. Böylece PID kontrolörün tasarımında deneysel sonuçlar kullanılır. Verilen performans tanımlarını elde edebilmek için kontrolör parametrelerinin seçilme süreci kontrol ayarı olarak adlandırılır.

Ziegler ve Nichols, yalnız ve oransal işlemi uyguladığında elde edilen marjinal kararlılık sonuçları için K_p değerine veya deneysel basamak cevabına bağlı olarak PID kontrolörün ayarı için (K_p , T_i , T_d değerleri) kurallar önemsenmiştir. Ziegler-Nichols kuralları sistem matematiksel model bilindiğinde oldukça çok kullanılır. Bunun yanında matematiksel modeli bilinmeyen sistemlere de uygulanabilir.

6.2.2 PID Kontrolörler İçin Ayar Kuralları

PID kontrolörlerde proses değişkeninin en çabuk zamanda ve en az taşmayla set değerine oturması istenir. Bunun için K_p , T_i ve T_d değerlerinin optimum değerlerine getirilmesi gerekmektedir. Eğer PID kontrol işlemi PLC ile yapılıyorsa tarama zamanının seçimi de önemlidir.

6.2.3 PID Kontrolör Ayarı İçin Ziegler-Nichols Kuralları

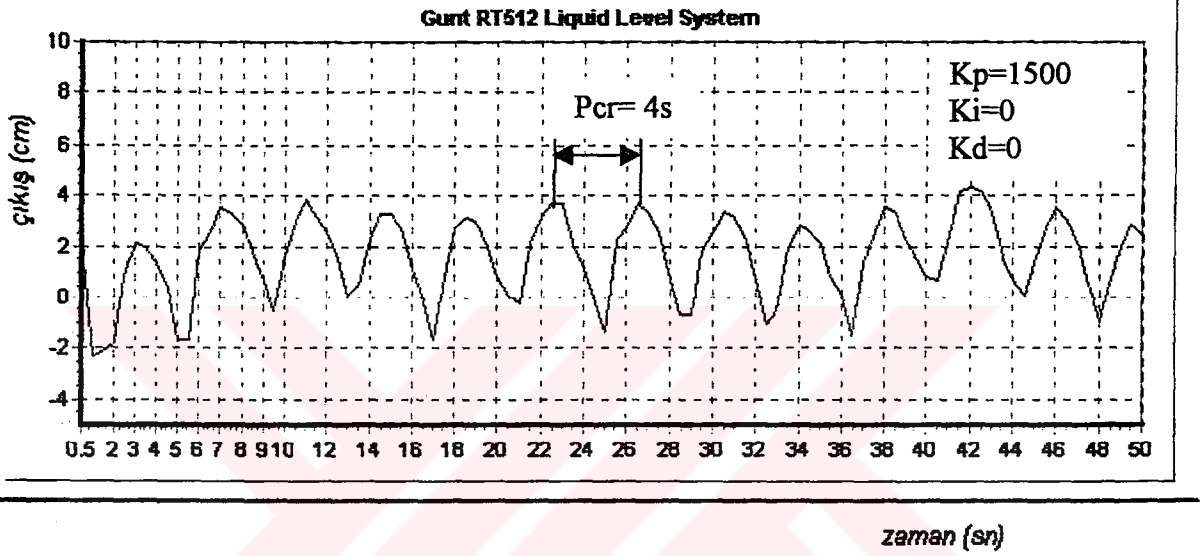
Ziegler- Nichols verilen bir sistemin geçici cevap karakteristiklerini baz alarak, T_d türev zamanı, T_i integral zamanı, K_p oransal kazanç değerlerinin hesaplanması için kurallar önerdiler. PID kontrol parametrelerinin bu şekilde hesaplanması sistem üzerindeki ölçümlerle verilir. Ziegler-Nichols ayar kuralları için iki yöntem kullanılır. Her iki yöntemde de, basamak cevabında % 25 maksimum taşma hedeflenir.

6.3 PID KONTROLÖR PARAMETRELERİNİN DENEYLE HESAPLANMASI

Bu bölümde RT 512 sıvı seviye kontrol sistemi üzerinde yapılan deneylerle PID kontrolör parametreleri hesaplanmıştır.

6.3.1 Kontrolör Katsayılarının Ziegler-Nichols Yöntemiyle Bulunması

Yapılan deneyler sonunda, sıvı seviye sisteminin kontrolör katsayılarının bulunmasında Ziegler-Nichols'un birinci yönteminin uygun olmadığı görülmüştür. Bunun nedeni sistemin açık çevrim çalışma eğrisinin S şeklinde bir çıkış vermemesidir. Bu yüzden Ziegler-Nichols'un ikinci yöntemi olan "titreşim yöntemi" uygulanmış ve sisteme salınım yaptıran K_p değeri, yapılan deneyler sonucunda $K_p = 1500$ olarak bulunmuştur. ($K_p = K_{cr}$). Periyodu da $P_{cr} = 4$ sn olarak ölçülmüştür. (Şekil 6.2)



Şekil 6.2 Ziegler-Nichols'un ikinci yöntemi için K_{cr} ve P_{cr} değerlerinin bulunması

Bulunan K_p (K_{cr}) ve P_{cr} değerlerinden Tablo 2.2 yardımıyla K_p , T_i ve T_d değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$K_p = 0.6 \cdot K_{cr} = 900$$

$$T_i = 0.5 \cdot P_{cr} = 2$$

$$T_d = 0.125 \cdot P_{cr} = 0.5$$

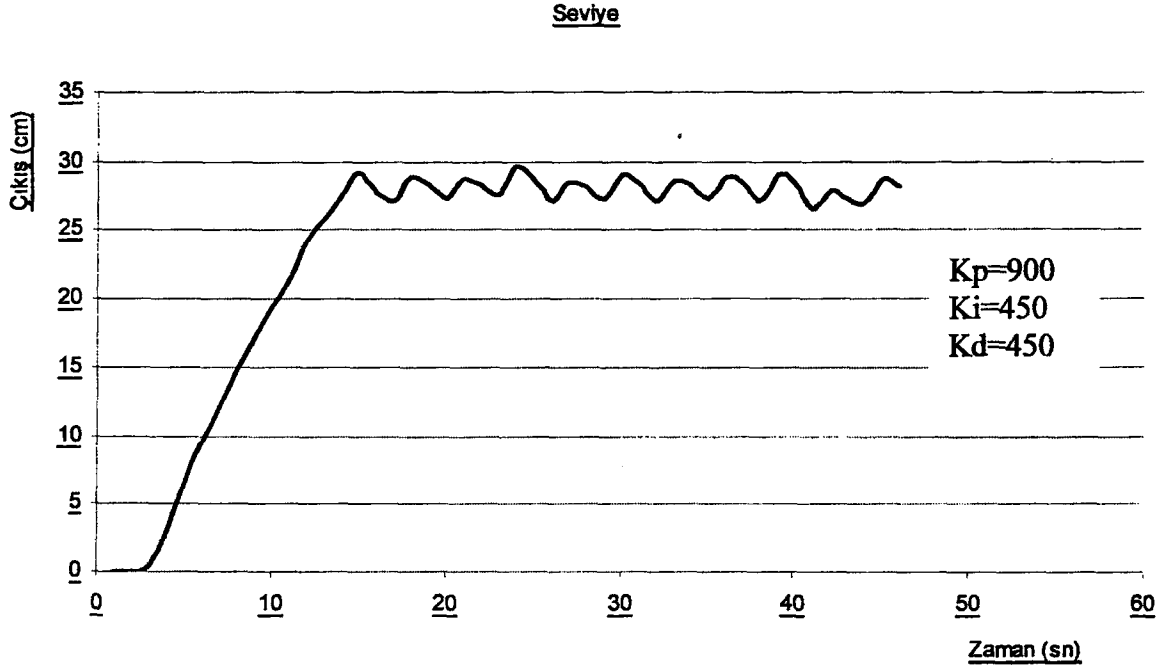
Hesaplanan K_p , T_i ve T_d değerlerinden K_i ve K_d aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$K_p = 0.6 \cdot K_{cr} = 900$$

$$K_i = K_p / T_i = 450$$

$$K_d = K_p \cdot T_d = 450$$

Bulunan bu PID katsayılarına göre, sistem çalıştırılmış ve Şekil 6.3'deki çıkış elde edilmiştir. (Referans 30 cm' dir)



Şekil 6.3 Sıvı seviye sisteminin Ziegler-Nichols ile hesaplanan katsayılarına göre çıkışı

Bu yöntemde kontrolörün transfer fonksiyonu;

$$G_c(s) = 0.6K_{cr} \left(1 + \frac{1}{0.5P_{cr}s} + 0.125P_{cr}s \right) \quad (6.1)$$

şeklinde çizelgeden bulunabilir. Buradan bulunan katsayıları yerlerine koyarsak;

$$G_c(s) = \left(\frac{450s^2 + 900s + 450}{s} \right) \quad (6.2)$$

elde edilir.

6.4 SAYISAL PID KONTROLÖR

Dijital kontrol sistemlerinin tasarımında, amaca uygun sayısal kontrolör, z-tanım bölgesi transfer fonksiyonu ile verilir. Transfer fonksiyonu z-tanın bölgesinde verilen bir sayısal kontrolör, 'fark denklemi' biçimine getirilerek, herhangi bir sayısal işlemcide programlanabilir. Bu işlemler şu şekilde sıralanabilir:

1. z-tanım bölgesi transfer fonksiyonu belirli bir örnekleme zamanı için geçerli olduğundan, program parçasının aynı örnekleme zamanlarında işletilmesinin sağlamak için bir zamana bağlı kesme altprogramı tanımlanır.

2. z-tanım bölgesi transfer fonksiyonundan elde edilen fark denklemi ve bu denkleme ilişkin program parçası zamana bağlı çalışan kesme altprogramına yazılır.
3. Üretilen sayısal işaretlerin uygulanabilir (geçerli) değerler içinde bulunup bulunmadığı kontrol edilir ve sınırlamaya ilişkin gerekli düzenlemeler yapılır.

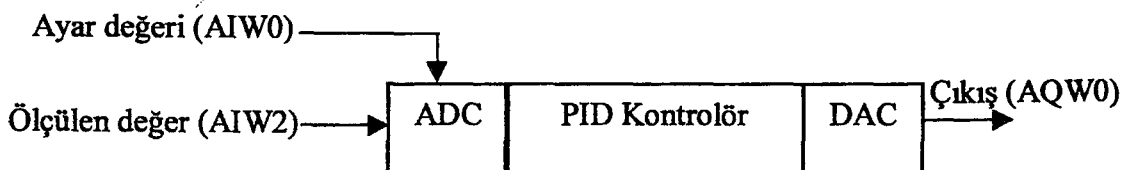
Kontrol sistemlerinde genellikle ölçme gürültülerinin süzülmesi için alçak geçiren filtreler kullanılır. (Kurtulan, 2001)

PID kontrolörü hala endüstriyel kontrol sistemlerinde en yaygın olarak kullanılan kontrolör türüdür. Bunun nedeni, bu kontrolörün endüstriyel kontrol sistemlerinin büyük bir çoğunluğunu oluşturan bir girişli ve bir çıkışlı sistemleri için çoğu kez yeterli çözümler vermesidir. Bunun yanı sıra kontrol mühendislerinin bu kontrolör katsayılarının belirlenmesine ilişkin yeterli birikim, deneyim ve alışkanlığa sahip olmaları PID kontrolörünü vazgeçilmez kılmaktadır. PID kontrolörün üstünlükleri şu şekilde sıralanabilir:

1. Kontrol algoritmasının yazılımı basittir.
2. İşlenen işaret genellikle ölçülebilen çıkış işareti ve istenen büyüklüğe ilişkin işaretlerden oluşur.
3. Kontrol işaretlerinin uygulanabilir değerler arasında tutulması kontrol işlevini az etkiler.
4. Sistem parametrelerinin değişimine karşı duyarlılığı düşüktür. (Kurtulan, 2001)

6.4.1. PLC 'de PID Programı

PID kontrolör, çıkış değerini, verilen ayar değerine getirmeye çalışır. Her bir örnekleme periyodunda oransal, integral ve türev olmak üzere üç terimden oluşan çıkış değerini hesaplar. İstenen örnekleme zamanında bu hesapları yapabilmesi için PLC'de zamanlanmış kesme oluşturulur. PID kontrolörün gerçekleşmesi aşağıda Şekil 6.2'deki gibidir.



Şekil 6.4 Digital kontrolörün gerçekleşmesi

PID kontrolörün oransal terimi, hesaplanan hata değeri ile verilen kazancın çarpımından ibarettir.

$$m_p[kT] = K_c e[kT] \quad (6.3)$$

$$M_{pn} = K_c e \quad (6.4)$$

PID kontrolörün integral terimi ise, İleri dikdörtgen iterasyonu ile elde edilerek , integral kontrolör denklemi aşağıdaki şekilde düzenlenirse;

$$m_i[kT] = (K_c T_s / T_I) e(kT) + m_i [(k-1)T] \quad (6.5)$$

İntegral terimi sürekli zamanda $e(t)$ hata işaretinin integrali alınarak bulunurken, ayrık zamanda hatanın toplamı elde edilir. İntegral teriminin etkisini belirleyen sabit T_I değeri olabildiğince büyük seçilmelidir. ($K_I = K_c / T_I$)

$$M_{In} = (K_c * T_s / T_I) * e_n + M_{n-1} \quad (6.6)$$

Türev kontrolörü digital olarak gerçekleştirilmesi için aşağıdaki şekilde düzenlenir.

$$m_D[kT] = (K_c T_D / T_s) \{e[kT] - e[(k-1)T]\} \text{ ve } K_D K_c T_D \quad (6.7)$$

Türev terimi sürekli zamanda $e(t)$ hata işaretinin türevi alınarak bulunurken, ayrık zamanda hata $e(kT)$ ile bir önceki hatanın $e[(k-1)T]$ farkı elde edilir. Türev teriminin etkisini belirleyen sabit T_D türev zamanıdır ve T_D sıfır seçilerek türev etkisi ortadan kaldırılabilir.

$$M_{Dn} = (K_c T_D / T_s) (e_n - e_{n-1}) = (K_D / T_s) (e_n - e_{n-1}) \quad (6.8)$$

PID kontrolörün çıkışı oransal, integral ve türevsel kontrolörlerin toplamı olduğundan,

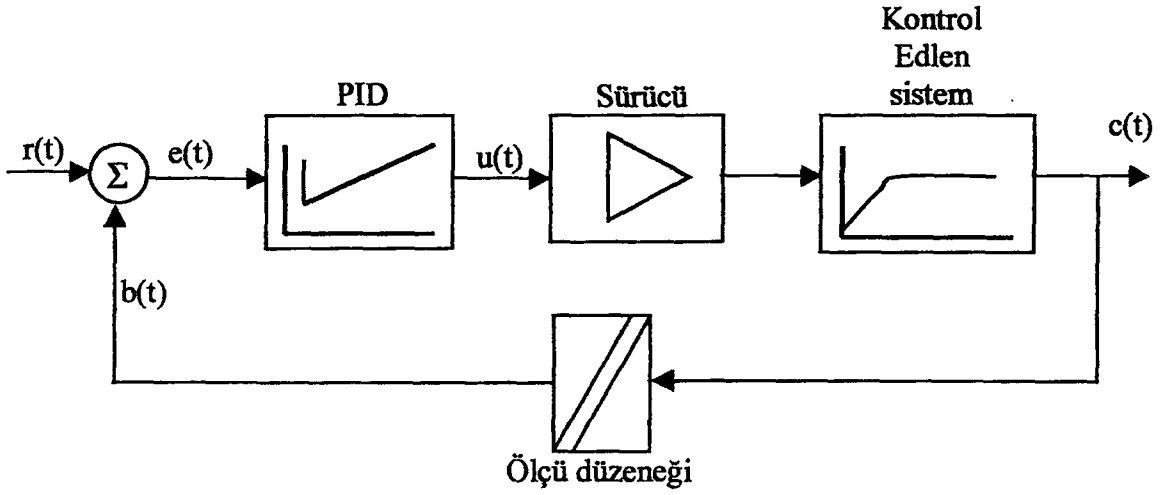
$$\text{Çıkış} = M_{Pn} + M_{In} + M_{Dn} \quad (6.9)$$

Ayar değerinden ölçülen değer çıkarılarak hata bulunur ve yukarıdaki üç terim ayrı ayrı hesaplanarak çıkış değeri saptanır. Geriye integral yığılması problemini ortadan kaldırmak kalır. Bunun için şu yöntem kullanılır;

Eğer kontrolör çıkışı “1”den büyükse $M_{n-1} = 1 - (M_p + M_D)$ olarak düzeltilir.

Eğer kontrolör çıkışı “-1”den küçükse $M_{n-1} = -1 - (M_p + M_D)$ olarak düzeltilir.

Başka bir deyişle; çıkış “1” den büyükse M_{n-1}, M_p, M_D toplamı “1” olacak şekilde M_{n-1} ayarlanır. Çıkış “-1” den küçükse M_{n-1}, M_p, M_D toplamı “-1” olacak şekilde M_{n-1} ayarlanır. Böylece M_{n-1} “-1” ve “1” değeri arasında sınırlandırılmış olur.



Şekil 6.5 PID kontrolörü

PID (Oransal, integral, türev) kontrolörü ile hata, hatanın zamana bağlı integrali ve hatanın değişimine bağlı olarak bir kontrol işareti üretilir. Bu tür bir kontrolöre ilişkin matematiksel ifade endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak denklem (2.9)'da verilmiş olan ifade; , şeklinde verilmiştir.

$$U(t) = K_c (e(t) + 1/T_1 \int e(t) dt + T_D * de(t) / dt)$$

Burada ;

K_p : Oransal katsayı,

K_i : Entegral katsayısı,

K_d : Türev katsayısı,

K_c :Toplam kontrolör kazancı,

T_1 :Entegral zamanı,

T_d :Türev zamanı,

$e(t)$: Hata işareti,

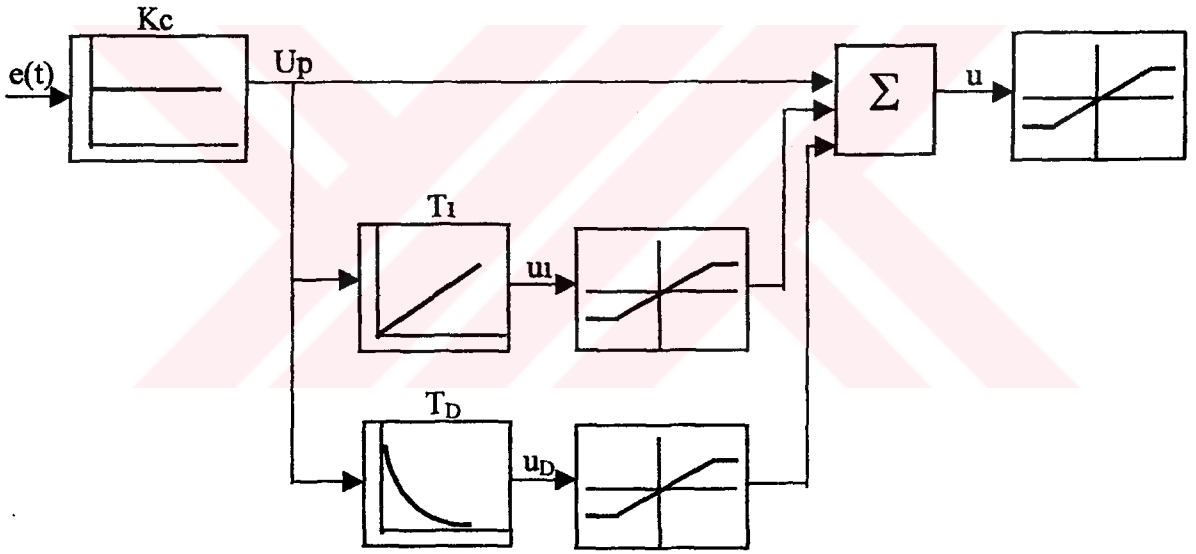
$u(t)$: Kontrol işareti,

olarak tanımlanmıştır.

PID kontrolörü, yukarıda verilmiş olan denklem (2.9) 'un sayısal çözümleri ile gerçekleştirir. Bu ifadelerin sayısal gerçekleştirilmesi için genel sayısal çözümleme yöntemleri yada kontrol kuramında bilinen z-tanım bölgesi transfer fonksiyonu ve fark denklemleri kavramlarından yararlanılır. PID kontrolörün bir geri beslemeli kontrol sisteminde kullanımına ilişkin bir şema Şekil 6.5'de verilmiştir. Bu şema istenen ve ölçülen işaretlerin farkından oluşan hata işareti PID kontrolöründe işlenerek bir "u" kontrol işareti üretilir. Fakat bazı PID uygulamalarında

türev yada referans vuruşu (derivative kick, set point kick) denilen olayı önlemek içindir. Bu tür durumda çıkışa ilişkin ölçülen değerin türevi alınmaktadır. Bu işlemi yapmakla, referans işaretindeki anlık hızlı değişimin doğuracağı büyük türev değerleri önlenmiş olur.

PID kontrolörlerin gerçekleştirilmesine ilişkin hangi sayısal yöntem kullanılırsa kullanılsın hesaplanan kontrol işaretlerinin sayısal değerlerinin anlamlı ve uygulanabilir olması için gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Deney düzeneğinde kullanılan EM 235 analog giriş- çıkış biriminde analog gerilim çıkış noktasından (+10 V) gerilim üretmek için AQW0 analog çıkış adresi için anlamlı olan değer aralığı 0 ile +32752 işaretli tamsayılar arasında değişir. Hesaplanan sayısal kontrol işaretinin bu değerlerin dışına taşması durumunda bir sınırlandırma işlemi yapılmıştır. Bu işlem, PID kontrolöründe integral yığılması (İntegral Wind up) olayında belirli ölçüde engeller.



Şekil 6.6 İşaretleri sınırlandırılmış genel bir PID kontrolörü yapısı

Klasik PID yazılımı uygulamada çeşitli sorunlara neden olur. Bunun en önemli nedeni türev işleminin gürültüye çok duyarlı olması ve gürültü ya da hatanın hızlı değişimi sonucu hesaplanan büyük türev değerlerinin kontrolör çıkışı üzerinde baskın duruma gelmesidir. Bunun yerine Şekil (6.6)'da verilen yapı kullanılarak kontrol yazılımı gerçekleştirir. Buna göre kontrol işareti ;

$$u(k) = u_p(k) + u_i(k) + u_d(k)$$

(6.10)

biçiminde üç terimin toplamı alınarak elde edilir. Bu şekilde türev teriminin kontrolü sağlanabilir. Bu ifadeye yer alan terimlerin sayısal gerçekleşmesinde çeşitli yaklaşımlar kullanılabilir.

Oransal kontrol terimi ; $u_p(t) = K_c \cdot e(t)$ olup, ayrık zamanlı işaretler için,

$$u_p(kT) = K_c \cdot e(kT)$$

veya

$$u_p(k) = K_c \cdot e(k) \quad (6.11)$$

biçiminde elde edilir.

İntegral terimi için ; z – tanım bölgesi transfer fonksiyonundan yararlanarak ;

$$G(z) = Z(G_{zoh}(s).G(s)) = \frac{1 - e^{-sT}}{s} Z\left(\frac{1}{sT_1}\right) = \frac{T}{T_1(z-1)}$$

$$\frac{u(z)}{E(z)} = \frac{Tz^{-1}}{T_1(1-z^{-1})} \quad (6.12)$$

ve integral işlemine ilişkin farka denklemi ;

$$u_I(k) = u_I(k-1) + \frac{T}{T_1} e(k-1) \quad (6.13)$$

biçiminde elde edilir.

Uygulamada ise integral işlemi için yamuk yaklaşımı daha yaygın kullanılır. Bu yamuk yaklaşımında iki örnekleme anında okunan hata değerlerinin ortalaması kullanılır.

Türev işlemi için ; türev tanımından yararlanılarak, türev işlevini sağlayan fark denklemi elde edilir.

$$u_D(k) = T_D \frac{e(k) - e(k-1)}{T} \quad (6.14)$$

biçiminde elde edilir. Bu ifadeye ilişkin z - tanım bölgesi transfer fonksiyonu ;

$$\frac{U_D(z)}{E(z)} = \frac{T_D}{T} (1 - z^{-1}) = \frac{T_D}{T} \frac{z-1}{z} \quad (6.15)$$

olur. Şekil (6.6)'daki yapı oransal, integral ve türevsel terimlere ilişkin ifadeler göz önüne alınarak bir sayısal PID kontrolörün gerçekleştirilmesine ilişkin işlemler Bölüm.7'de verilmiştir. (Kurtulan, 2001)

6.4.2 En İyi Örnekleme Zamanının Seçimi

PID döngü hesaplama işlemi diğer merdiven programlarından sonra gerçekleştirilebilir. Ayrıca bu işlem her PLC taramasında yapılmaz. Bunun ne kadar sıklıkla yapılması gerektiği kontrol edilen sisteme bağlıdır. Bu seçim sıklığı, kontrol edilen madde büyükse üzerindeki değişiklik yavaş olacağından daha kısa tutulmalıdır.

Örnekleme zamanının kısa tutulması kontrol duyarlılığını artırır. Ama gereksiz yere kısa tutulduğundan MİB boş yere meşgul edilecektir.

Örnekleme zamanı, kullanılan kontrol kuralına ve sistem dinamiğine bağlıdır. Örnekleme zamanı kısaltıldıkça süreklilik artacağından, pratikte en kısa örnekleme zamanı kullanılmalıdır. Ancak PLC ile kontrolde uzun örnekleme zamanlarının kullanılması istenir. Özellikle birden fazla giriş çıkış ya da kontrol sisteminin kontrolde çoğullama için gereken zamanı kazanmak ve PLC hesap yükünü azaltmak amacıyla bu yola başvurulur. Böylece daha fazla çevrimi kontrol eden daha basit sistemler elde edilmiş olur. Uygulamada örneklenmiş sistemlerde, optimize edilen kriter değerinin sürekli sistemlere göre daha büyük olduğu gözlenmiştir. Örneklenmiş işaretin sürekli işarete göre daha az bilgi taşıması buna neden olarak gösterilebilir. Bu değerlendirmelere bozucuların türü ve frekans spektrumlarının da etkilendiği unutulmamalıdır. Genel olarak örnekleme zamanı büyüdükçe, kriter değerlerinin artacağı söylenebilir. Bunun için örnekleme zamanını küçük tutmak, ancak bu durumda maliyetinde artacağı göz önünde bulundurmak gerekir.

Sistem geçiş fonksiyonu zaman tanım bölgesi kriterleriyle, örneğin gecikme zamanı, ölü zaman, zaman sabitlerinin toplamı gibi büyüklükler cinsinden verilir. Bu sabitler büyüdükçe örnekleme zamanı da büyütülebilir. Ayar zamanı büyük olan sürücülerde örnekleme zamanını fazla küçültmemek gerekir. Çünkü bu durumda bir evvelki komut yerine getirilmeden sürücüye yeni komutlar iletilmiş olur.

İşletici, referansın değiştirildiğinde kontrol ve çıkış işaretlerinin hemen değişmesini ister. Bu nedenle örnekleme zamanı birkaç saniyeyi geçmemelidir. Ayrıca tehlike anlarında çabuk

cevap alabilmek için örnekleme zamanının küçük olması istenir. Bu belirtilenlerden görüldüğü gibi örnekleme zamanının belirlenmesi pek çok zıt koşula bağlıdır.

Kısaca örnekleme zamanının seçiminde gerekli kontrol davranışı, kontrol edilen sistem dinamiği, bozucu işaret spektrumları, sürücü kullanıcı istekleri ve masraf gibi faktörler etkilidir.

6.4.3 Başarılı Bir Proses Kontrolü İçin On Adım

Modern kontrol sistemleri birçok özelliklere sahiptir. Otomatik kontrol sistemlerinin hata ayıklaması oldukça zordur, çünkü bu özelliklerden dolayı problemin nedeni bir çok yerde olabilir. Bu yüzden sistemin kontrolünün adım adım yapılması en uygundur.

1. **Çözümün bilinmesi:** En önemli bilgi, ürünün nasıl yapıldığıdır. Bu bilgi kontrol sisteminin dizaynında kullanılacaktır. İyi bir çözüm planı aşağıdakilerle mümkündür. Tam bir kontrol için sıcaklık, basınç veya akış oranları gibi proses değişkenleri arasındaki ilişki iyi tanımlanmalıdır. Bir proses taraması sırasında proses değerleri için istenen set değerleri çıkarılmalıdır.
2. **Döngü kontrol stratejisinin planlanması:** Basit anlamda; proses değişkeninin set değerini takip etmesi için makinenin kullanacağı metodun seçimidir. Buna birçok etmen etkilidir. Mesela enerji verimliliği, malzeme fiyatları, makinenin proses sırasında bakımının yapılabilirliği gibi.
3. **Döngü bileşenlerinin büyüklük ve çalışma aralıkları:** Prosese uygun olan büyüklükte cihaz seçimi gerekir. Kullanılacak algılayıcıların da kontrol edilecek sistemin ihtiyacına uygun olmalıdır. Çok büyük veya çok küçük seçilmeleri durumunda kontrol sağlıklı olmayacaktır.
4. **Giriş/Çıkış modüllerinin seçimi:** PLC'ler değişik tipte ve ölçüm aralığında modüllere sahiptirler. Döngü bileşenlerinin büyüklük ve çalışma aralıklarının seçiminden sonra PLC için bunlara uygun ve yeterli sayıda sayısal ve analog modüller seçilir.
5. **Montaj ve elektrik bağlantılarının yapılması:** Bütün döngü bileşenlerinin ve giriş/çıkış modüllerinin seçilip tedarik edilmesinden sonra bunların montajı ve elektrik bağlantıları yapılabilir. Burada cihazların kendi manuelleri kullanılabilir. Elektrik bağlantıda kablo kutuplarının bağlanmasında dikkat edilmelidir.

6. **PID programının yazılımı ve döngü parametrelerinin ayarlanması:**Kontrol edilecek sisteme uygun PID programı yazılır. Tarama zamanı seçilir. Kabaca PID döngü parametreleri ayarlanır.
7. **Açık döngü performansının testi:**Donanım bağlantıları ve parametre ayarları tamamlandıktan sonra bunların doğru çalışıp çalışmadıkları test edilmelidir. Manuel olarak PLC'den çıkışa değer verilmeli bu çıkışın sistemi nasıl etkilediği izlenmelidir. Geri besleme verecek olan algılayıcıların doğru çalışıp çalışmadıkları test edilmelidir.
8. **Döngü ayarları:**Eğer açık döngü testleri sonunda proses değişkeni doğru okunuyorsa ve verilen çıkış prosesi doğru etkiliyorsa, otomatik mod için kapalı döngü ayarları yapılabilir. Burada yapılacak ayarlar sonucunda sistem istenen değeri takip edecektir. Hassas ayarlar bu aşamada yapılır.
9. **Proses uygulaması:**Kontrol giriş ve çıkışları prosese bağlanır. Sistemin istenen cevabı verip vermediği izlenir. Sistemin normal çalışma sırasında istenecek SP değerleri verilerek kontrolörün çalışması gözlenir.
10. **Parametrelerin kaydedilmesi:**Döngünün tam olarak çalıştığından emin olduğunda, PID döngü parametreleri bir yere kaydedilmelidir.

BÖLÜM 7

DENEYSEL ÇALIŞMA

7.1 Cihazların Birbirine Bağlantısı

Bu bölümde sıvı seviye sisteminin, Scada destekli PLC’de PID kontrolör yöntemi uygulamasının ayrıntıları ve sonuçları verilmiştir.

Kontrol edilen prosesle ilgili bilgiler bölüm.3’te detaylı bir şekilde verilmiştir.

K_p , T_I , T_D yani PID parametre değerleri ile Ref değeri, pompa start-stop, sistem otomatik / manuel komutları PLC’ye direkt bağlı olan Scada ekranından girilebilmektedir.

Referans değerler PLC analog modülünde tanımlanan bir Variable adresine (VW250) doğrudan yazılabilmektedir. Sistemin kontrolü için aldığımız sensör değeri ise AIW2 adresine giriş değeri olarak verilmiştir.

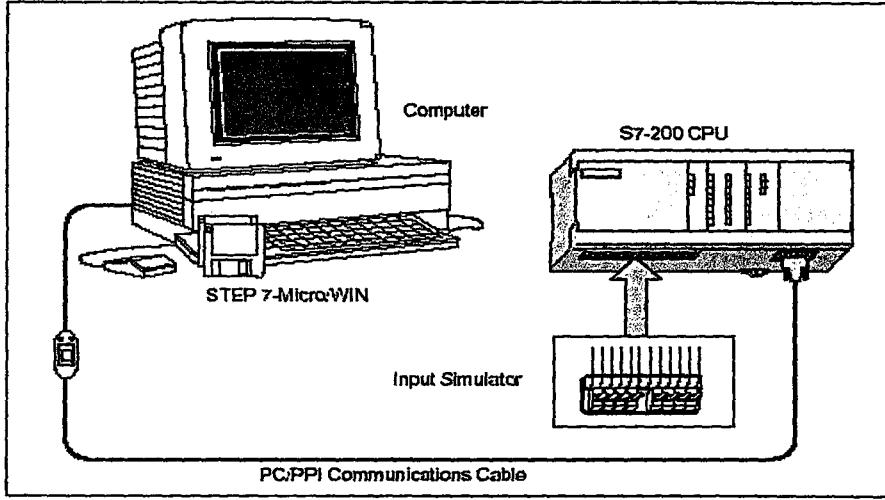
Sistemin girişlerinden olan set değeri, scada ekranından sıvı tüpünün yüksekliği olan 0-60 cm olarak girilebilmektedir. Sensörden gelen ölçülen seviye değeri data kablosu ise (0.25-1.25 V arası) AIW2 adresine bağlanmış olup, bu değer aynı zamanda real time’da değişimi scada ekranından izlenebilmektedir.

Çıkışta ise, 4-20 mA’ akım sinyali ile çalışan elektropnömatik vana sürülmektedir. Vana boşalım grafiğinden yaklaşık olarak lineer bir özellik göstermektedir.

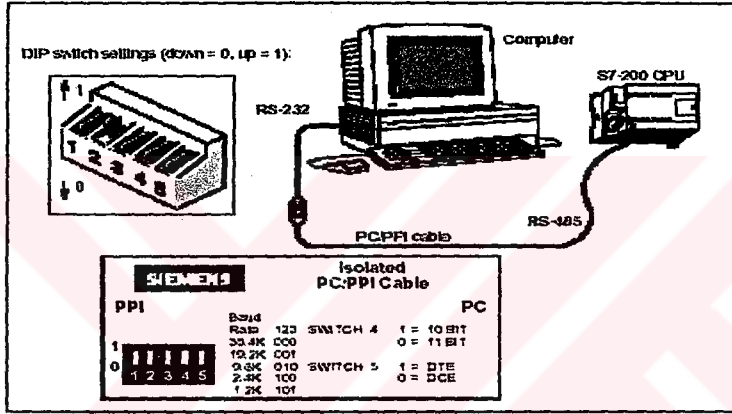
Bunun yanında PLC’den dışarı gönderilen ve PLC’ye gelen bütün sinyaller Scada tarafından izlenebilmektedir.

Aşağıda GUNT sıvı seviye sisteminin dijital kontrolü için kullanılan PLC - PC bağlantısı ve bağlantı kablosunun özellikleri ile bağlantı prokolü Şekil 7.1 ‘de gösterilmiştir.

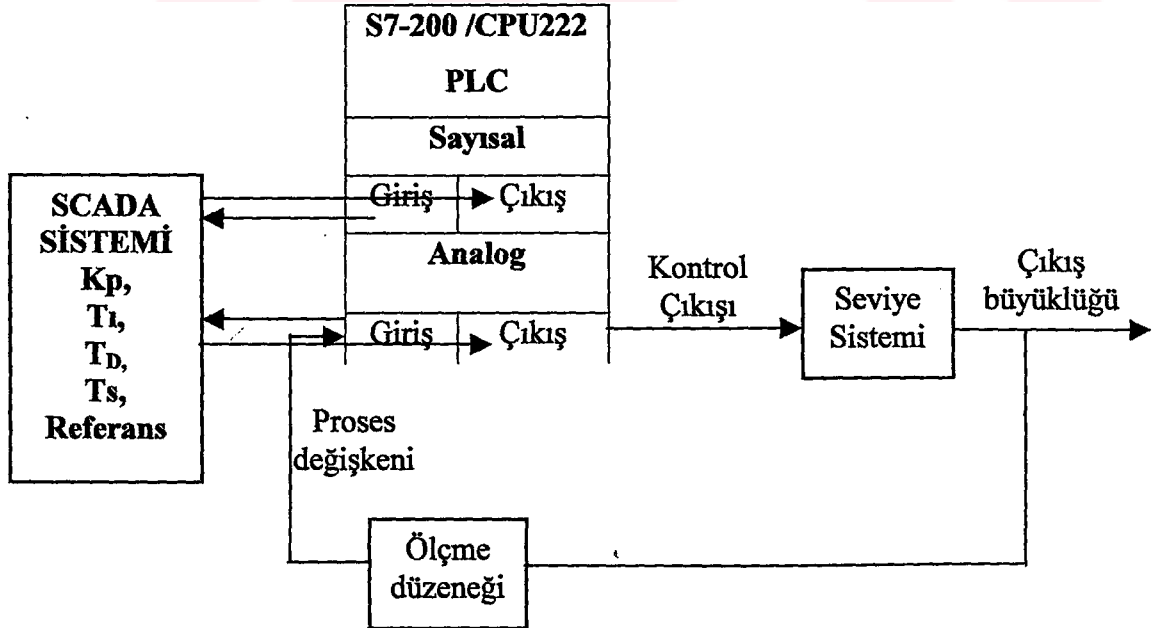
Scada ile PLC herhangi bir haberleşme kartına ihtiyaç duymadan direkt seri port üzerinden haberleşebilmektedir. Buda TEOS scadasının artı bir özelliğidir. RS 232 portu üzerinden PPI haberleşme kablosu ile gerekli port ayarları ile iletişim kurulabilmektedir.



Şekil 7.1 PLC ile Scadanın bulunduğu PC bağlantısı

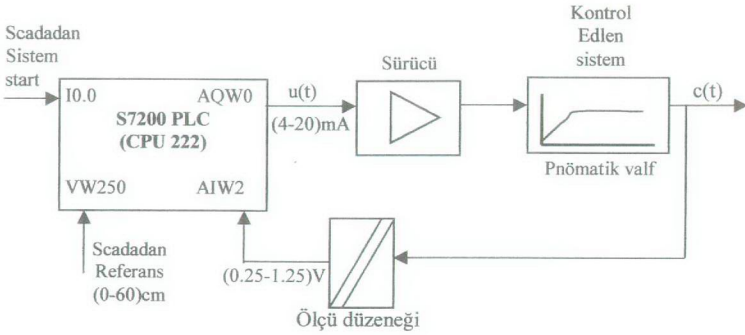


Şekil 7.2 PPI modunda CPU ile haberleşme

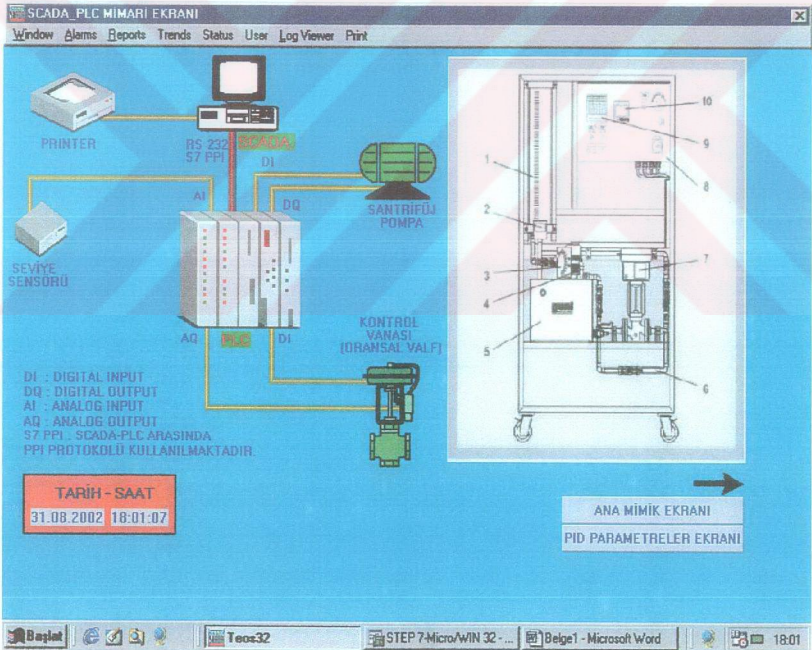


Şekil 7.3 Kontrol sistemi bağlantı şeması

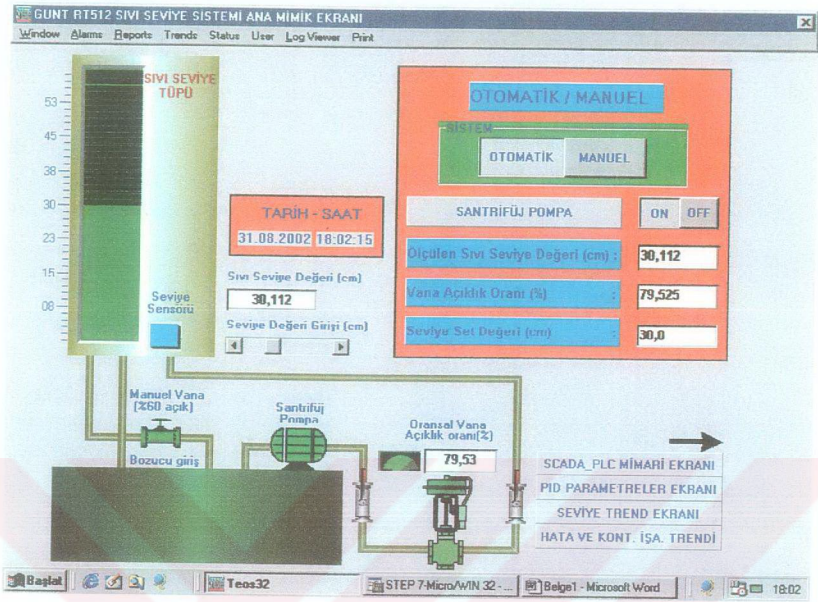
Sistemde kullanılan cihazların bağlantı şeması Şekil 7.3'de verilmiştir.



Şekil 7.4 Kontrol sistemi giriş-çıkış işaret durumları



Şekil 7.5 Scada designer modunda çizilmiş olan SCADA-PLC mimari ekranı



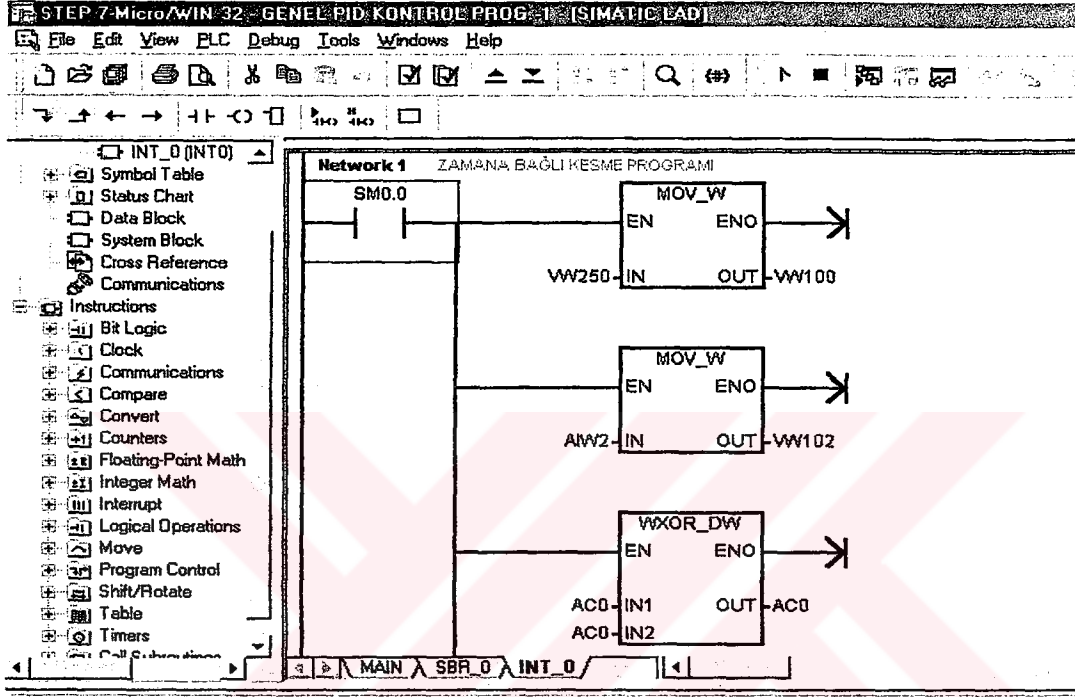
Şekil 7.6 Scada designer modunda çizilmiş olan Ana Mimik ekranı



Şekil 7.7 Scada PID parametreleri ekranı

Şekil 7.6’da verilmiş olan ana-mimik ekranında görülen kontrol vanası %0 oranında açıkken rengi gri, %1 ve üstü oranlarında açık ise yeşil rengi almaktadır. Vana açıklık oranı ve seviye ölçme değeri sadece bilgi olarak alınmaktadır. Pompaya otomatik komut verilebilmektedir. Parametreler ekranından da görüldüğü gibi PID parametreleri, seviye set değeri, ve örneklemme zamanı ekrandan girilmektedir.

7.2 PLC Programı



Şekil 7.8 Siemens Win32 3.1 derleyici programının görünümü

	Address	Format	Current Value	New Value
1	VW250	Unsigned	2390	
2	VD140	Floating Point	0.3	
3	VD120	Floating Point	30.0	
4	VD116	Floating Point	0.1	
5	VD108	Floating Point	61.0	
6	VD104	Floating Point	1.0	
7	AW2	Signed	+2368	

Şekil 7.9 PLC programı çalışırken status chart'dan izlenmesi

PLC programı PC’de siemens Win32 3.1 derleyici programında yazılarak data kablosu üzerinden PLC’ye yüklenmektedir. Programda değişiklik ve testler yapılmak istendiğinde aynı şekilde PC’de yapılabilir.

PLC programı, bir alt program ve bir zamanlanmış kesmeden ibarettir. Ana program sadece ilk taramada zamanlanmış kesmenin işletimine izin verilmesi, belleğin silinmesi gibi bir takım başlangıç işlemlerini yapmak üzere alt programı çağırır. SBR0 altprogramı, ilk parametre değerlerinin atanmasını sağlayan komutları içerir. PID kontrolör yazılımı INT 0 zamana bağlı kesme altprogramında yer almaktadır.

Program yazılımının tamamı EK-A’da verilmiş olup, burada ise adım adım tasarımı verilecektir.

1. Hata işaretinin elde edilmesi :

Hata işareti, istenen değer ile kontrol edilen sistemden ölçülen kontrol büyüklüğünün farkından oluşur. İstenen değer scdadadan ve ölçülen değer PLC analog girişi üzerinden alındığı ve istenen değer için VW 256 değişken bellek adresinin, ölçülen değer için AIW2 analog giriş adresinin kullanıldığı varsayılırsa, hata işaretinin elde edilmesi için aşağıdaki program parçası yazılabilir. Bu program parçası ile **hatanın her örnekleme anındaki değeri, $e(k)$** hesaplanır.

LD	SM0.0	
MOVW	VW250,VW100	//VW250 içeriğini VW100 adresine yaz.
MOVW	AIW2,VW102	//AIW2 içeriğini VW102 adresine yaz.
XORD	AC0,AC0	//AC0 akümülatörünün içeriğini sıfırla.
MOVW	VW250,AC0	//VW250 adresin içeriğini AC0’a yaz.
-I	VW102,AC0	//(r-y) işleminin sonucunu AC0’a yaz.
LDW>=	AC0,+0	//işlem sonucu artı ise.
JMP	0	//LBL 0 satırına atla.
NOT		//değilse;
ORD	16#FFFF0000,AC0	//32 bitlikeksi(-) işaretli tamsayıya çevir.
LBL	0	
DTR	AC0,AC0	//işaretli tamsayıyı reel sayıya çevir.
MOVR	AC0,VD104	//reel biçimdeki hata değerini VD104 adresine yaz.

2. Oransal değerin hesaplanması :

Oransal değerin hesaplanmasına ilişkin denklem (6.11)'de;

$u_p(k) = K_c \cdot e(k)$ belirtilen ifadesi, aşağıdaki program parçası ile elde edilir. Oransal katsayı, K_c için reel bir değer girildiği varsayılarak VD108 olan 32 bitlik bir adres alanı kullanılır.

Oransal işlemin sonucu 32 bitlik VD112 olan adres alanına yazılır.

```
*R      VD108,AC0      //oransal katsayıyı hata ile çarp ve sonucu AC0'a yaz.
MOVR    AC0,VD112      //oransal değeri VD112 adresine yaz.
```

3. Integral değerinin hesaplanması :

Integral değerinin hesabı için daha önce elde edilmiş olan denklem (6.13) ifadesi,

$$u_i(k) = u_i(k-1) + \frac{T}{T_i} e(k-1) \text{ ve Şekil (6.6) 'daki yapı göz önüne alınırsa, işlem sonucu}$$

aşağıda yazılmış olan program parçası ile elde edilebilir.

```
MOVR    VD136,AC0      //hatanın önceki değerini (e-1) AC0'a yaz.
*R      VD108,AC0      //Kc ile e(k-1) çarp ve sonucu AC0'a yaz.
R       VD116,AC0      //Kc*e(k-1)'i ile örnekleme zamanını (Ts) çarpve sonucu
                        //AC0'a yaz.
/R      VD120,AC0      //AC0'ın içeriğini (Ts*Kc*e(k-1)) integral zamanına
                        //(Ti) böl ve sonucu AC0'a yaz.
+R      VD124,AC0      //Integralin önceki değeri (Ui) ile AC0'ın içeriğini topla
                        // ve sonucu AC0'a yaz.
MOVR    AC0,VD124      //AC0'ın içeriğini VD124(Ui) adresine yaz.
```

3.1 Sınırlandırma işlemlerinin yapılması:

İntegral işlemi sonucu elde edilen değerin uygulanabilir değerler arasında olup olmadığı kontrol edilir ve bu değerlerin aşılması durumunda integral sonucu sınırlandırılır. Bu işlem Şekil (6.6)'da verilen PID kontrolörüne ilişkin genel şemada da gösterilmiştir. İntegral işlemi için üst sınır U_{MAX} ve alt sınır U_{MIN} değerlerinin reel biçimde, bu simgelerle belirtilen 32 bitlik adres alanlarına yazıldığı varsayılarak sınırlandırma işlemi için aşağıdaki program parçası yazılabilir :

```
LDR>=   VD124,VD128      //Eğer Ui >= UMAX ise
MOVR    VD128,VD124      //Ui = UMAX yaz.
LDR<=   VD124,VD132      //Eğer Ui <= UMIN ise
MOVR    VD132,VD124      //Ui = UMIN yaz.
```

4. Türev değerinin hesaplanması :

Türev değeri, türev işlemine ilişkin denklem (6.14)'ifadesine göre;

$u_D(k) = T_D \frac{e(k) - e(k-1)}{T}$ ve Şekil (6.6) 'daki genel yapı göz önüne alınarak aşağıdaki program parçası ile hesaplanır.

LD SM0.0

MOVR	VD104,AC0	//hatanın "e" değerini AC0'a yaz.
-R	VD136,AC0	//hatanın önceki değerini (e-1), AC0'dan çıkar ve sonucu AC0'a yaz.
*R	VD140,AC0	//AC0'ın içeriğini T_D ile çarp sonucu AC0'a yaz.
/R	VD116,AC0	//AC0'ın içeriğini T_s 'ye böl ve sonucu AC0'a yaz.
MOVR	AC0,VD144	//Türev sonucunu U_D simgeli adrese yaz.
MOVR	VD104,VD136	//e'nin önceki değerini (e-1)'e yaz.

4.1 Türev değerinde sınırlandırma işleminin yapılması :

Türev işlemi sonucu elde edilen değer integral işleminde olduğu gibi belirli değerler arasında tutulması gerekir. İntegral işlemindeki sınır değerlerinin aynısını türev işlemi içinde kullanırsak, aşağıdaki program parçası yazılır;

LDR>=	VD144,VD128	//Eğer $U_D \geq U_{MAX}$ ise,
MOVR	VD128,VD144	// $U_D = U_{MAX}$ yaz.
LDR<=	VD144,VD132	//Eğer $U_D \leq U_{MIN}$ ise,
MOVR	VD132,VD144	// $U_D = U_{MIN}$ yaz.

5. Kontrol işaretinin elde edilmesi :

Kontrol işaretinin, denklem (6.10)'da verilen ifadesi ;

$u(k) = u_p(k) + u_i(k) + u_D(k)$ şeklinde olup, yukarıda hesaplanan üç terimin toplamından oluşur. Bu amaçla aşağıdaki program parçası yazılabilir ;

LD SM0.0

MOVR	0.0,AC0	//AC0'ın içeriğini sıfırla.
MOVR	VD112,AC0	//Oransal değeri(U_p) AC0'a yaz.

+R	VD124,AC0	//Integral değerini (U_I) AC0'ın içeriği ile topla ve sonucu //AC0'a yaz.
+R	VD144,AC0	//Türev değerini (U_D)AC0'ın içeriği ile topla ve sonucu //AC0'a yaz.

6. Kontrol işaretinin sınırlandırılması ve analog çıkış noktasına gönderilmesi :

Kontrol işaretinin uygulanabilir değerler arasında olup olmadığı, analog çıkış birimi için geçerli maksimum ve minimum değerlerle karşılaştırılarak gerekli sınırlandırma işlemleri yapılır. Anlamlı değerler işaretli tamsayıya çevrilerek analog çıkış noktası adresine yazılır. Bu amaçla aşağıdaki program parçası yazılır.

LDR>=	AC0,VD128	//Eğer AC0 (U) $\geq U_{MAX}$ ise,
MOVR	VD128,AC0	//U = U_{MAX} yaz.
LDR<=	AC,VD132	//Eğer U $\leq U_{MIN}$ ise,
MOVR	VD132,AC0	//U = U_{MIN} yaz.
LD SM0.0		
TRUNC	AC0,AC0	//Reel AC0 (U) işaret. tamsayı kısmını al ve AC0'a yaz.
MOVW	AC0,AQW0	//AC0'ın içeriğini AQW0 analog çıkış adresine yaz.

Yukarıda yazılmış olan program parçaları art arda yazılarak bir **sayısal PID kontrolü** gerçekleştirilebilir. Bu yazılımın zamana bağlı kesmeli çalışan bir altprogram içinde yer alması gerekir. Bu program EK_A'da düzenli olarak verilmiştir. Programda örnekleme zamanı $T_s = 100$ ms seçilmiştir. Adres atamaları Çizelge (7.1) 'deki gibi yapılırsa PLC Ana programı, altprogramı ve kesme altprogramı EK_A'da verildiği gibi olur. PID parametreleri ise öncelikli olarak Zeigler – Nickhols yöntemi ile bulunmuş sonra bulunan bu katsayılar sistem üzerinde denenerek hassas hale getirilmiştir. En son bulunan PID parametreleri :

$$K_p = 64$$

$$T_I = 33$$

$$T_D = 1$$

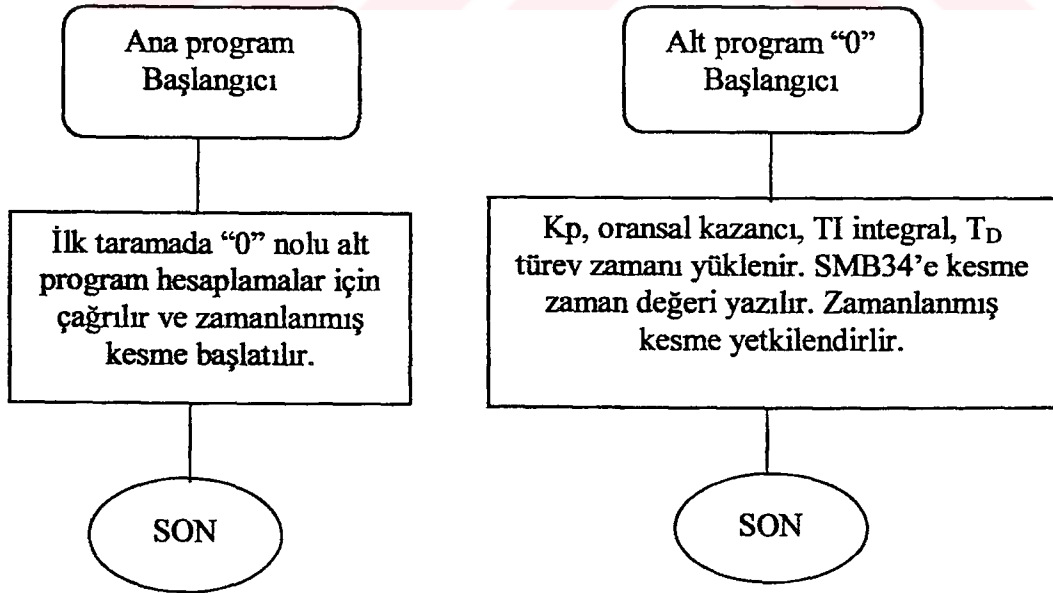
Şeklinde olup, sisteme uygulanmış ve alınan sonuçlar aşağıda verilmiştir.

PID programında kullanılan V hafızalar ve bunların hangi bilgileri saklamak için kullanıldığı aşağıda belirtilmiştir.

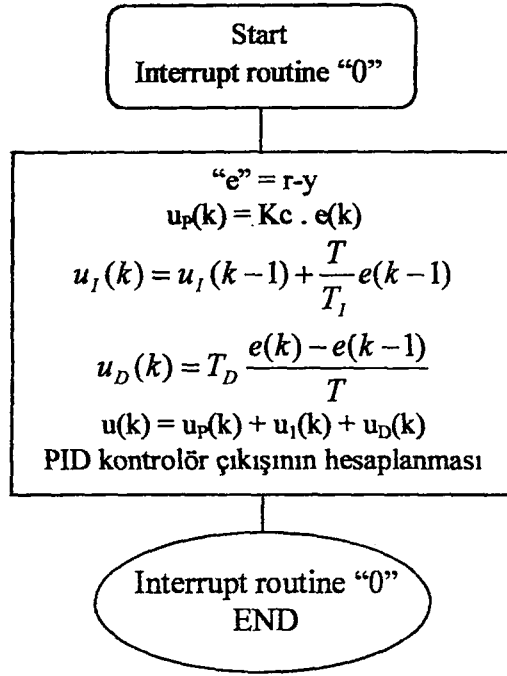
Çizelge 7.1 PLC programında hesaplamaların yapıldığı veri alanları

Simge	Adres	Boyut	Açıklama
"I"	VW100	WORD	Referans değer (işaretli tamsayı)
"y"	VW102	WORD	Ölçülen değer (işaretli tamsayı)
"e"	VD104	DWORD	Hata (reel)
Kc	VD108	DWORD	Oransal katsayı (reel)
U _p	VD112	DWORD	Oransal işlem sonucu (reel)
T _s	VD116	DWORD	Örnekleme zamanı (reel)
T _I	VD120	DWORD	T _I integral zaman sabiti (reel)
U _I	VD124	DWORD	Integral işlem sonucu (reel)
U _{MAX}	VD128	DWORD	Maksimum değer (reel)
U _{MIN}	VD132	DWORD	Minumum değer (reel)
"e_1"	VD136	DWORD	Hatanın önceki değeri (reel)
T _D	VD140	DWORD	Türev zaman sabiti (reel)
U _D	VD144	DWORD	Türev işlem sonucu (reel)

PID Programın ana program, alt program ve zamanlanmış kesme programı akış diyagramları şu şekildedir.



Şekil 7.10 Ana program ve alt programın akış şeması.



Şekil 7.11 Kesme alt programının akış şeması.

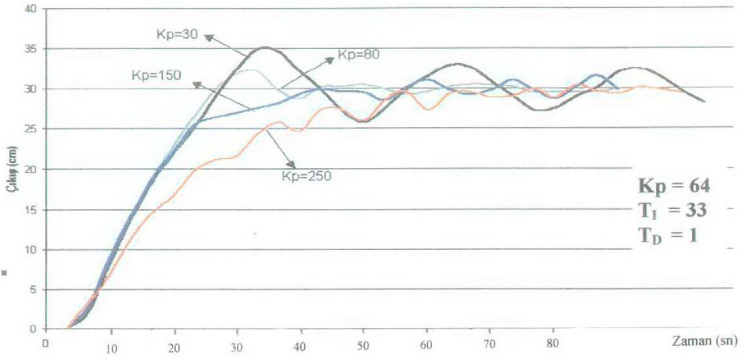
7.3 Kontrolör Katsayılarının Deneysel Çalışmalarla Bulunması

Yapılan deneyler sonunda, sıvı seviye sisteminin kontrolör katsayılarının bulunmasında Ziegler-Nichols'un birinci yönteminin uygun olmadığı görülmüştür. Bu yüzden Ziegler-Nichols'un ikinci yöntemi uygulanmış ve sisteme salınım yaptıran K_p değeri, yapılan deneyler sonucunda 1500 olarak bulunmuştur. ($K_p = K_{cr}$). Periyodu da $P_{cr} = 4$ sn olarak ölçülmüştür.

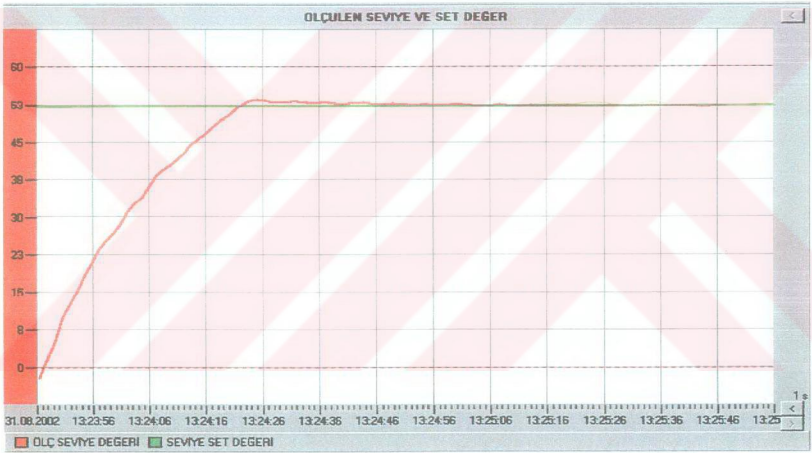
Bulunan K_p (K_{cr}) ve P_{cr} değerlerinden Tablo 2.2 yardımıyla K_p , T_i ve T_d değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Bölüm 6'da hesaplanan bu PID parametreleri sistemin kontrolünde kullanıldığında aşırı osilasyon yaptığı ve kararsızlık olduğu gözlenmiştir. Hesaplanan bu parametreler vasıtasıyla sistem üzerinde ince ayarlar yapılmıştır. Bu ayarlamalar aşağıda verilmiştir.

K_p 'nin Etkisinin İncelenmesi

Bu deneyde, K_i ve K_d sabit tutularak, farklı K_p değerlerinde sistem çalıştırılmıştır. Sistemin çıkışı Şekil 7.12' de görülmektedir. K_p değerinin azalmasıyla, sistemin cevap hızının arttığı, buna karşın daha fazla aşım yaptığı görülmektedir. (Ref.:30 cm)



Şekil 7.12 Farklı K_p değerlerinde sistemin davranışı



Şekil 7.13 İstenen referans değerine karşılık sistemin davranışı

Sistem çıkışı üzerinde PID parametrelerinin, T_s örnekleme zamanının ve bozucu girişin etkileri incelenmiştir. Sisteme referans değer olarak (53 cm) verilmiştir.

K_i 'nin Etkisi :

K_p ve K_d sabit tutularak, farklı K_i değerlerinde sistemin çıkışı elde edilmiştir. K_i değerinin artmasıyla sistemin cevap hızı artmış, fakat aşım ve salınımlar da artmıştır. K_i değerinin azaltılması sistemi yavaşlatmıştır.

Kd' nin Etkisi :

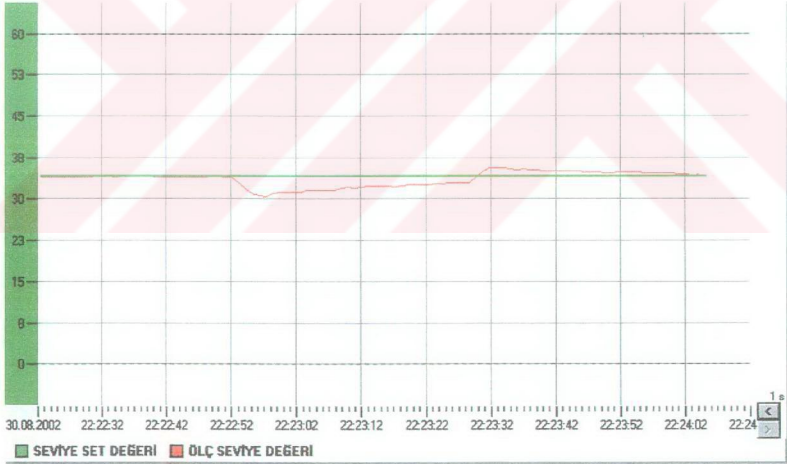
Kp ve Ki sabit tutularak, farklı Kd değerlerinde sistemin çıkışı elde edilmiştir.

Ts' nin Etkisinin İncelenmesi :

Örnekleme zamanının sistemin çıkışı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Örnekleme zamanının artması, sistemin cevap hızını arttırmış, fakat sistem çıkışında salınım genliklerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

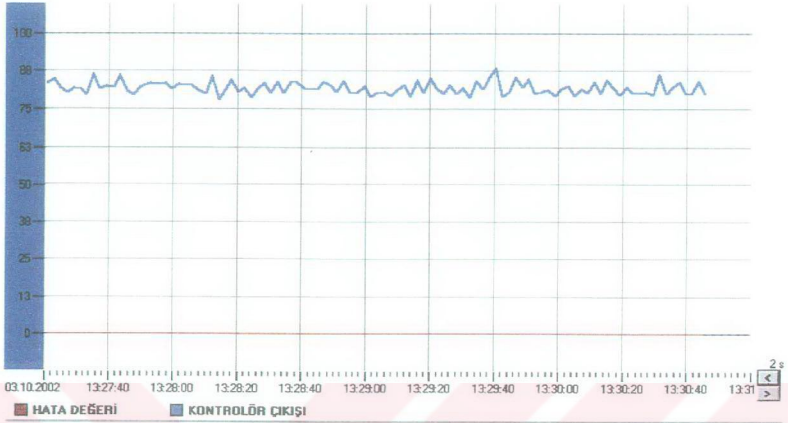
Bozucu Etkilere Karşı Sistemin Cevabının İncelenmesi :

Sisteme, referans olarak (35 cm) seviye bilgisi girilmiş ve aşağı yöndeki (manuel vana biraz açıldı) bozucu etkiye karşı 38 sn'de cevap vererek kararlı hale gelmiş, yukarı yöndeki bozucu etkiye karşı (vana biraz kısılmış) ise 22 sn'de cevap vererek kararlı hale gelmiştir. Sistemin bozucu girişlere cevabı Şekil 7.14' de gösterilmiştir. Sistem, uygulanan bozucu girişe karşı tekrar kararlı hale gelmektedir.

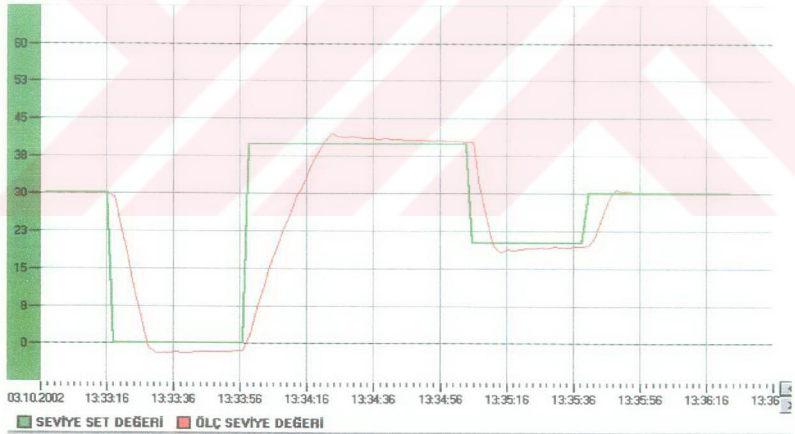


Şekil 7.14 Sistemin bozucu etkilere karşı davranışı

7.4 Deneysel Çalışmalarda Elde Edilen Çıkış Grafikleri :

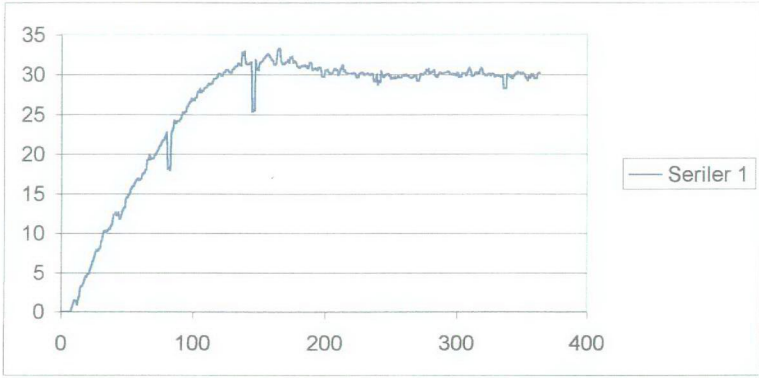


Şekil 7.15 Kontrolör çıkış sinyalinin değişim grafiği



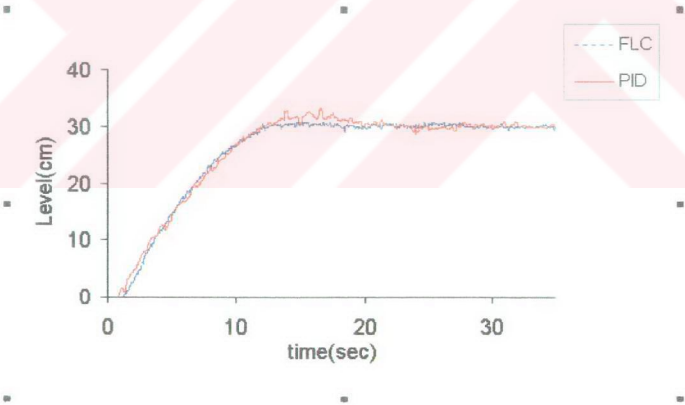
Şekil 7.16 Farklı referans değerlerinde çıkışın giriş sinyalini takibi ve sistemin davranışı

7.5 Fuzzy Lojik ve UDC5000 Kontrolör Çıkış Grafikleri



Şekil 7.17 Sistemin kendi UDC5000 kontrolörü kullanılması halinde çıkış grafiği

Sistem üzerinde bulunan UDC5000 kontrolör PID kontrol yöntemini kullanarak sistemi kontrol etmektedir. Kontrolör çıkış işaret değişimi Şekil 7.17’de verilmiştir.



Şekil 7.18 Sistemde kullanılan Fuzzy ve PID kontrolör çıkışlarının karşılaştırılması

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

PID kontrol endüstride en yaygın kullanılan kontrol yöntemidir. Bunun nedeni, hemen hemen her sisteme uygulanabilir olmasıdır. Analog PID kontrolörler, genellikle hidrolik, pnömatik, elektrik ve elektronik veya bunların kombinasyonlarından oluşur. Burada PID kontrolörün sayısallaştırılıp PLC’de uygulanabilirliği incelenmiştir.

Oransal, integral ve türevsel kontrolörün toplamı olan PID kontrolörler, proses kontrolde çok yaygın kullanılmaktadır. Oransal kontrol, sistemin hatasını bir K sabiti ile çarparak kontrol işareti üretir ve mutlaka bir miktar kararlı hal hatası kalır. İntegral kontrol hatanın integralini aldığından kararlı hal hatasını yok eder. Türevsel kontrol ise, sistemin geçici cevabını düzeltir. Kontrol edilmek istenen sistem için kazanç, integral ve türev zamanı parametreleri bulunarak , kontrolü en iyi şekilde sağlanır.

Günümüzde PLC’ lerin komut işleme ve dolayısıyla tarama hızı oldukça artmıştır. Bu nedenle tek bir PLC ile çok kompleks bir sistemin kontrolü yapılabilmektedir. Kontaklı kumanda devreleri ile birlikte PID gibi yazılımla gerçekleştirilebilen her türlü kontrolör mümkün olabilmektedir, yalnız PLC’ nin giriş ve çıkışlarının sınırlı olması bazı problemler yaratır. PLC çıkışı ancak 0-20 mA arasında olabilir, hesaplanan PID kontrolör çıkışı bu değerden yüksek olsa dahi sisteme verilemez.

Kontrolörün prodesteki değişikliklere hızlı cevap verebilmesi için integral yığılması oluşmasını önlenmesi gereklidir. Bunun için çıkışı sürekli kontrol edilir ve sınırlara erişildiğinde daha fazla yükselmesi veya azalması engellenir. Bir diğer nokta ise referans değerinin maksimum ölçeğin yarısı dolaylarında seçilmesi ile integral yığılmasının bir ölçüde önüne geçilmesi sağlanmış olur.

Sanayide, sıvı seviye kontrol uygulamalarında, seviyenin kontrolü için pnömatik veya servo motor kontrollü vanalar tercih edilmektedir.

Yapmış olduğumuz çalışmada kontrolör öncelikle analog olarak dizayn edilmiş ve sonra uygun dönüştürme teknikleri ile sayısal şekle dönüştürülmüştür.

Kontrolünü yaptığımız sıvı seviye sistemi için örnekleme periyodu 100 milisaniye alınarak çalıştırılmıştır. Ölçme devresinin gürültüden etkilenmemesi içinde filtre olarak bir kondansatör ve direnç bağlanmıştır. Daha küçük örnekleme zamanlarında, kontrolör çevre ve

sistemdeki gürültü kaynaklarından çok fazla etkilenmiştir. 10 sn' den Daha büyük örnekleme periyotlarında ise sistem osilasyona gitmektedir.

Zeigler- Nichols ayar metoduna göre ayarladığımız kontrolörümüz istenen sonuçları vermemiştir. Bu metot özellikle sistemin matematik modelinin zor olduğu durumlarda kullanmak için elverişlidir. Fakat sistemde büyük aşım ve osilasyon değerleri oluşmaktadır.



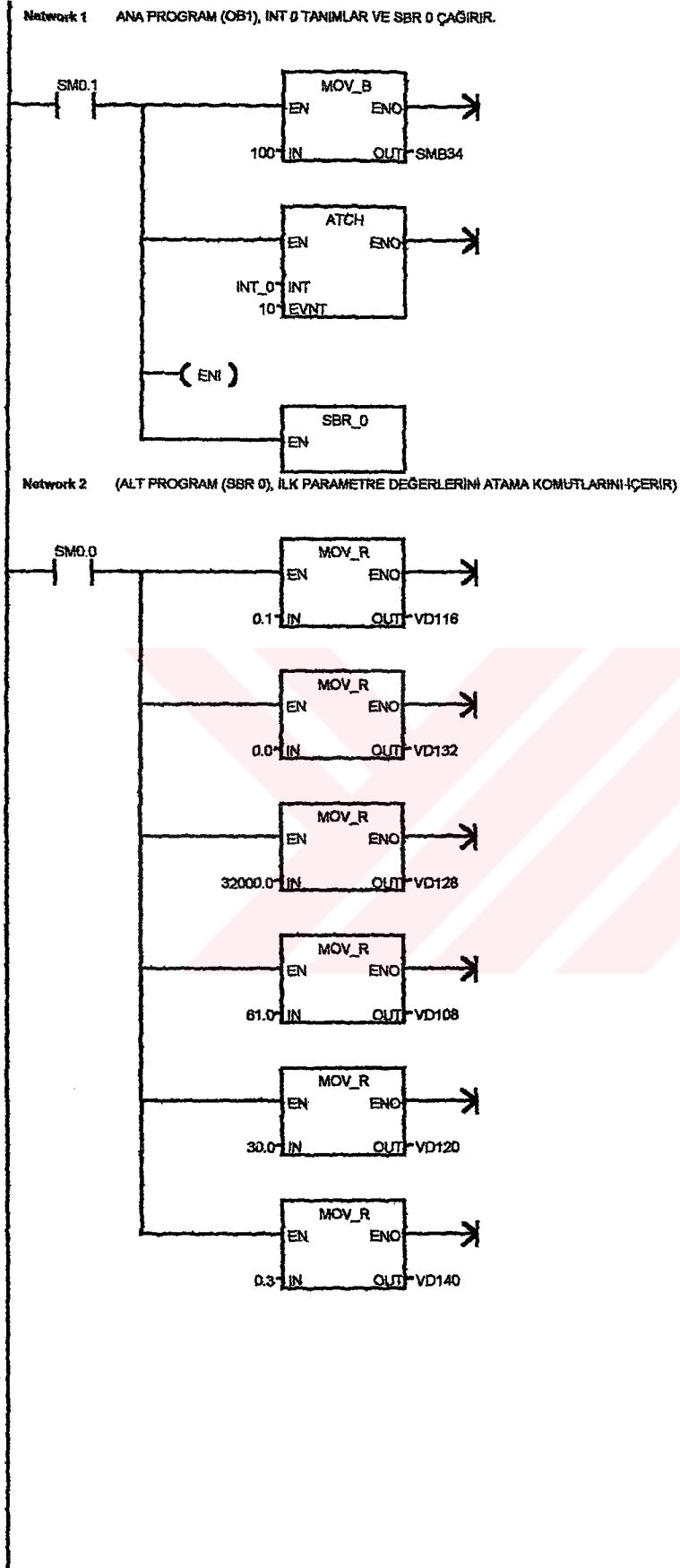
KAYNAKLAR

- Akoğlu,K.,(1987),”Temel otomatik Kontrol bilgileri, 4.Ulusal Otomatik Kontrol sempozyumu,İTÜ.
- Çeltekliligil U. (1998)“Endüstriyel Otamayon Ders Notları”,SAÜ,
- Cho, C. H.,(1982) “Measurement and Control of Liquid Level”, Instrument Society of America, Nort Carolina, USA
- Gunt Firmasının Dokümanları (1999)
- Huges, A.T.,(1988), “Measurement and Control Basics”, Instrument Society of America,
- Köksal, M., (1988) “Fiziksel Sistemlerin Benzerliği ve Mekanik Sistemlerin Genel Sistem Teorisiyle İncelenmesi”, ODTÜ
- Karagöz, F.,(1989) “ Microcomputer Control of Liquid Level”, (YL, Tezi), BÜ,İstanbul.
- Katshuhika, Ogata (1990) “Modern Control Engineering”, Prentice-Hall Inc
- Kuo, B. C., (1995) “Automatic Control Systems”, 6th Edition, New Jersey
- Kuo, B.C., (1980),”Digital Control Systems”, Holt Rinehart and Winston, U.S.A.
- Kuo, B.C.,(1994),”Matlab Tools for Control Systems Analysis and Design”, Prentice Hall, New Jersey, U.S.A
- Kurtulan, S.,(2001),”PLC ile Endüstriyel Otomasyon”
- Murrl, P. W., (1981) “Fundamentals of Process Control Theory”, Instrument Society of America, North Carolina,
- Ogata, K., (1987), “Modern Control Systems”, Prentice Hall
- Ogata, K.(1990), “Modern Control Engineering”, Prentice Hall, New Jersey, U.S.A,
- Piomak,(1994),”Entegre Scada Sistemine Genel Bakış”, İstanbul
- Samson ,(1997),”Seri 240-250-280 Pnomatik ve Motorlu Kontrol Vanaları” Bilgi Kataloğu,
- Sarioğlu, K.,(1994),Otomatik Kontrol 1,2 Dersnotu, İTÜ, İstanbul.
- Sarioğlu,K.,(1994),Dijital Kontrol Sistemleri, Sistem Yay. İstanbul
- Siemens,(1989),”Closed- Loop Control With Simatic S5 Basic Concepts”
- Siemens,A.G.,(1996)”Simatic S7-200 Tips Master Listing of application Notes,”
- Siemens, A.G.,(1995),”Simatic S7-200 Micro Programming referanca Manuel”,
- Sys A.Ş.(1997),”Scada Sistemleri”, İstanbul
- Topuz, V., (1995),”Bilgisayarlı Seviye Kontrolü”, MÜ, FBE, YL Tezi, İstanbul,

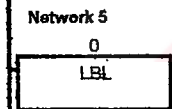
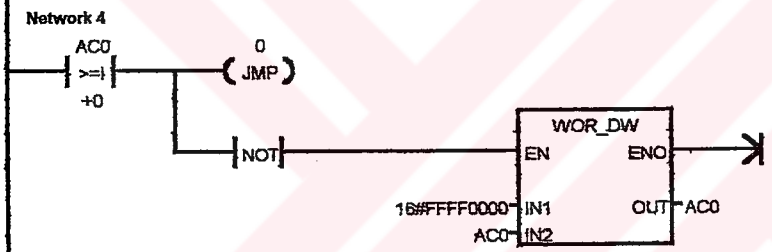
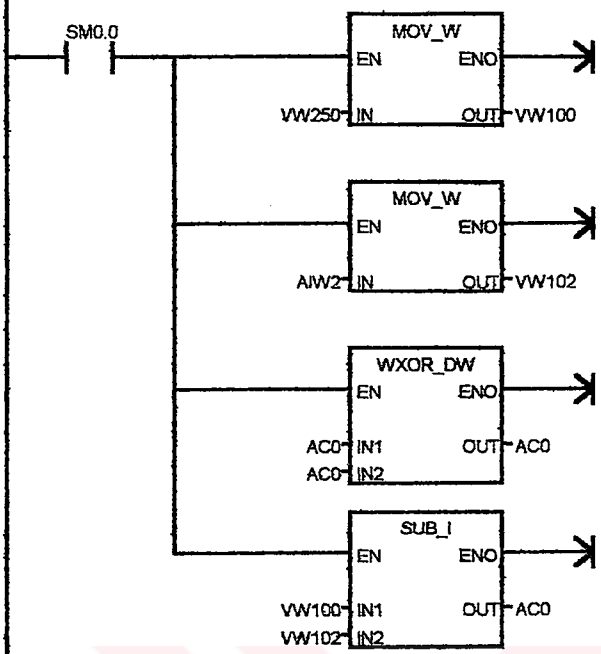
- EK – A : Ladder Formunda Program Listesi
- EK – B : STL Formunda Açıklamalı Program Listesi
- EK – C : Programda Kullanılmış Olan Terimlerin Listesi

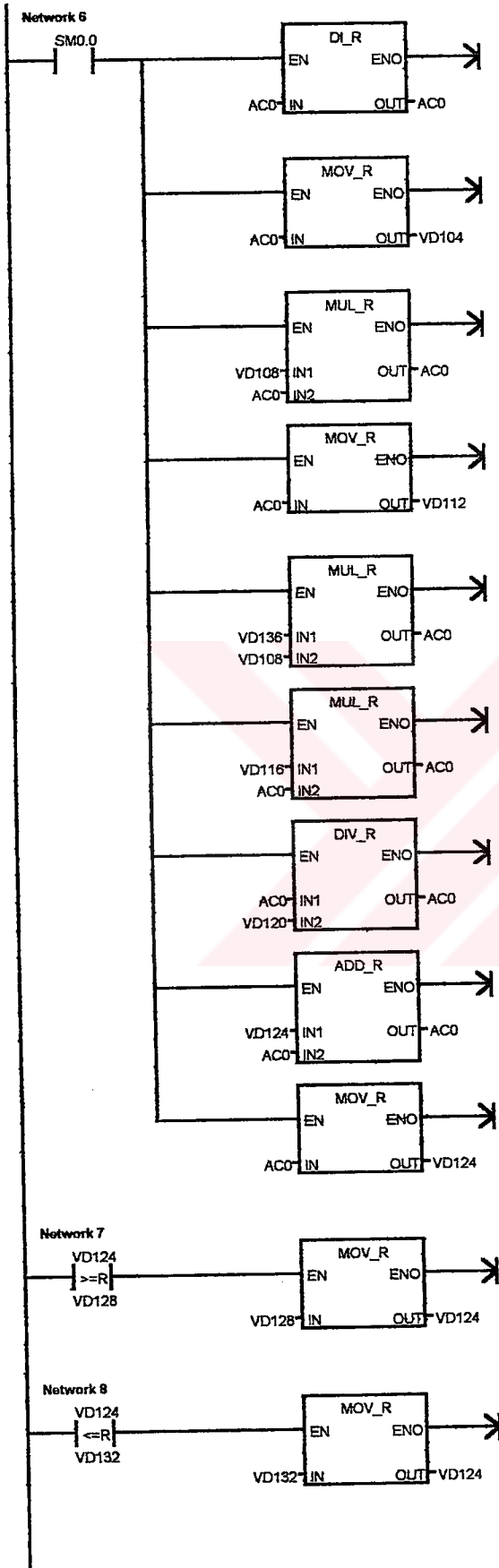


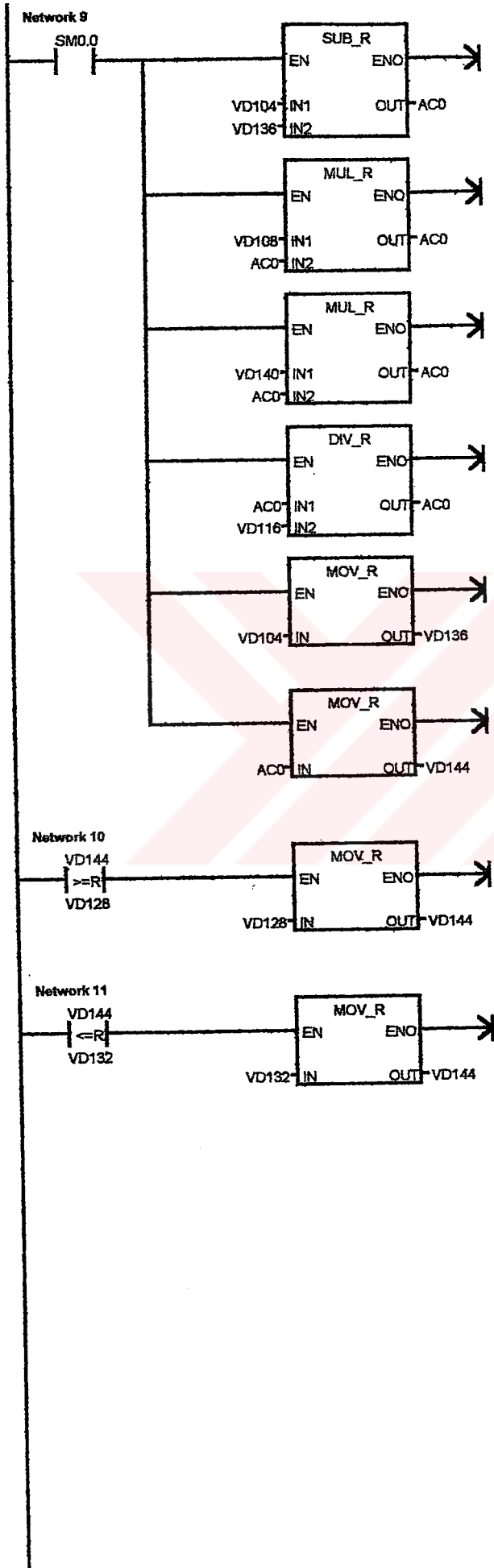
EK - A Ladder Formunda Program Listesi

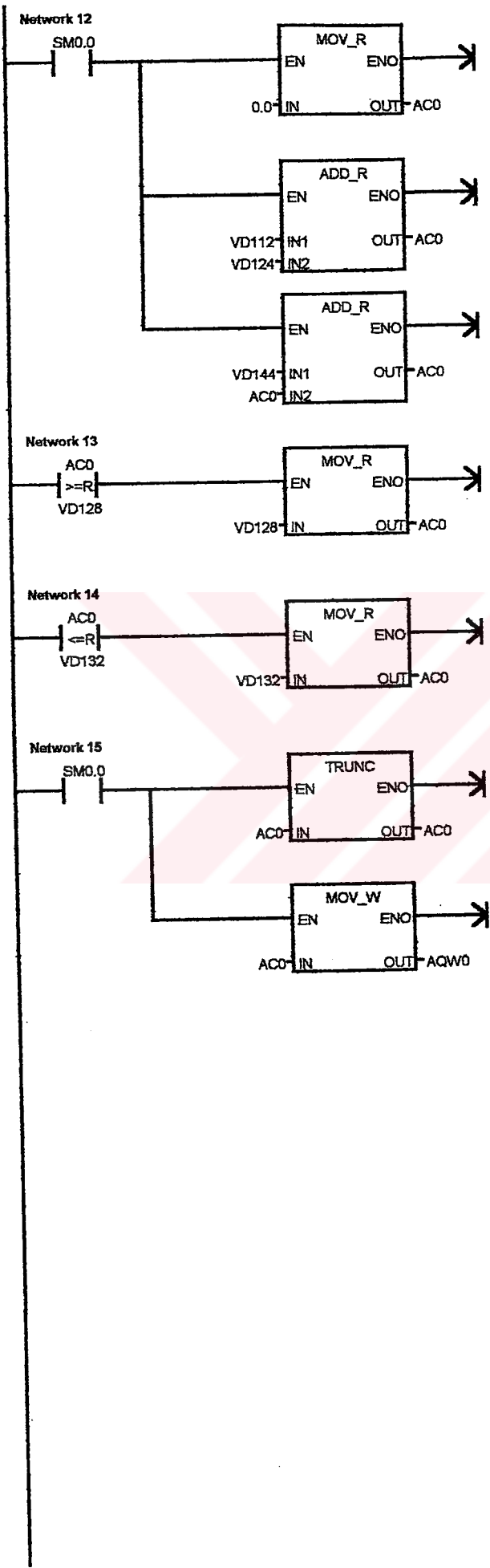


Network 3 (KESME ALT PROGRAMI (INT 0),PID KONTROLÖRÜ KOMUTLARINI İÇERİR)









EK – B STL Formunda Açıklamalı Program Listesi

Aşağıda yazılan programda,PLC komutları vasıtası ile sayısal PID kontrolörü gerçekleştirilmiştir.

OB1 ana programında kesmeli çalışma süresi 100 ms olan kesme altprogramı tanımlanmış ve başlangıç değerlerinin okunması için SBR 0 altprogramı çağırarak bir komut kullanılmıştır. SBR 0 altprogramı, ilk parametre değerlerinin atanmasını sağlayan komutları içerir. PID kontrolör yazılımı INT 0 zamana bağlı kesme altprogramında yer almaktadır. Programın **sembol adres atamaları EK – C ‘de verilmiştir.**

ANA PROGRAM (OB 1)

NETWORK 1

```
LD          SM0.1
MOVB       100,SMB 34      //100 ms kesme süresinin yüklenmesi
ATCH       0,10           //INT 0'ı 10 olay sayılı kesmeye bağla
ENI
CALL 0      //0 nollu altprogramı çağır.
```

ALT PROGRAM (SBR 0)

NETWORK 1

```
LD          SM0.0
MOVR        0.1,VD116      //100 ms örnekleme zamanı değerinin belleğe girilmesi
MOVR        0.0,VD132      //Sınır değer olarak minimum değer
MOVR        32000.0,VD128  // Sınır değer olarak maksimum değer
MOVR        64,VD108       //Kc değeri
MOVR        33,VD120       //T1 değeri
MOVR        1.0,VD140      //Td değeri
```

KESME ALT PROGRAMI (INT 0)

NETWORK 1

```
LD          SM0.0
MOVW        VW250,VW100    //VW250 içeriğini (ref. değer) VW100 adresine yaz.
MOVW        AIW2,VW102     //AIW2 içeriğini (set değer) VW102 adresine yaz.
XORD        AC0,AC0        //AC0 akümülatörünün içeriğini sıfırla.
MOVW        VW250,AC0      //VW250 adresin içeriğini AC0'a yaz.
-I          VW102,AC0       //(r-y) işleminin sonucunu AC0'a yaz.
```

NETWORK 2

LDW>= AC0,+0 //işlem sonucu artı ise.
 JMP 0 //LBL 0 satırına atla.
 NOT //değilse;
 ORD 16#FFFF0000,AC0 //32 bitlik eksi(-) işaretli tamsayıya çevir.

NETWORK 3

LBL 0

NETWORK 4

LD SM0.0
 DTR AC0,AC0 //işaretli tamsayıyı reel sayıya çevir.
 MOVR AC0,VD104 //reel biçimdeki hata değerini VD104 adresine yaz.
 *R VD108,AC0 //oransal katsayıyı hata ile çarp ve sonucu AC0'a yaz.
 MOVR AC0,VD112 //oransal değeri VD112 adresine yaz.
 MOVR VD136,AC0 //hatanın önceki değerini (e-1) AC0'a yaz.
 *R VD108,AC0 //Kc ile e(k-1) çarp ve sonucu AC0'a yaz.
 *R VD116,AC0 //Kc*e(k-1)'i ile örnekleme zamanını (Ts) çarpve sonucu
 //AC0'a yaz.
 /R VD120,AC0 //AC0'ın içeriğini (Ts*Kc*e(k-1)) integral zamanına
 //(T_I) böl ve sonucu AC0'a yaz.
 +R VD124,AC0 //Integralin önceki değeri (U_I) ile AC0'ın içeriğini topla
 // ve sonucu AC0'a yaz.
 MOVR AC0,VD124 //AC0'ın içeriğini VD124(U_I) adresine yaz.

NETWORK 5

LDR>= VD124,VD128 //Eğer U_I >= U_{MAX} ise
 MOVR VD128,VD124 //U_I = U_{MAX} yaz.

NETWORK 6

LDR<= VD124,VD132 //Eğer U_I <= U_{MIN} ise
 MOVR VD132,VD124 //U_I = U_{MIN} yaz.

NETWORK 7

LD SM0.0
 MOVR VD104,AC0 //hatanın “e” değerini AC0'a yaz.
 -R VD136,AC0 //hatanın önceki değerini (e-1), AC0'dan çıkar ve sonucu
 //AC0'a yaz.

*R VD140,AC0 //AC0'ın içeriğini T_D ile çarp sonucu AC0'a yaz.
 /R VD116,AC0 //AC0'ın içeriğini T_s 'ye böl ve sonucu AC0'a yaz.
 MOVR AC0,VD144 //Türev sonucunu U_D simgeli adrese yaz.
 MOVR VD104,VD136 //e'nin önceki değerini (e-1)'e yaz.

NETWORK 8

LDR>= VD144,VD128 //Eğer $U_D \geq U_{MAX}$ ise,
 MOVR VD128,VD144 // $U_D = U_{MAX}$ yaz.

NETWORK 9

LDR<= VD144,VD132 //Eğer $U_D \leq U_{MIN}$ ise,
 MOVR VD132,VD144 // $U_D = U_{MIN}$ yaz.

NETWORK 10

LD SM0.0

MOVR 0.0,AC0 //AC0'ın içeriğini sıfırla.
 MOVR VD112,AC0 //Oransal değeri(U_P) AC0'a yaz.
 +R VD124,AC0 //Integral değerini (U_I) AC0'ın içeriği ile topla ve sonucu AC0'a yaz.
 +R VD144,AC0 //Türev değerini (U_D) AC0'ın içeriği ile topla ve sonucu AC0'a yaz.

NETWORK 11

LDR>= AC0,VD128 //Eğer AC0 (U) $\geq U_{MAX}$ ise,
 MOVR VD128,AC0 // $U = U_{MAX}$ yaz.

NETWORK 12

LDR<= AC,VD132 //Eğer $U \leq U_{MIN}$ ise,
 MOVR VD132,AC0 // $U = U_{MIN}$ yaz.

NETWORK 13

LD SM0.0

TRUNC AC0,AC0 //Reel AC0 (U) işaret. tamsayı kısmını al ve AC0'a yaz.
 MOVW AC0,AQW0 //AC0'ın içeriğini AQW0 analog çıkış adresine yaz.

EK – C PLC Programında Kullanılmış Olan Terimlerin Listesi

PID programında kullanılan V hafızalar ve bunların hangi bilgileri saklamak için kullanıldığı aşağıda belirtilmiştir.

Simge	Adres	Boyut	Açıklama
“r”	VW100	WORD	Referans değer (işaretli tamsayı)
“y”	VW102	WORD	Ölçülen değer (işaretli tamsayı)
“e”	VD104	DWORD	Hata (reel)
K _c	VD108	DWORD	Oransal katsayı (reel)
U _P	VD112	DWORD	Oransal işlem sonucu (reel)
T _s	VD116	DWORD	Örnekleme zamanı (reel)
T _I	VD120	DWORD	T _I integral zaman sabiti (reel)
U _I	VD124	DWORD	Integral işlem sonucu (reel)
U _{MAX}	VD128	DWORD	Maksimum değer (reel)
U _{MIN}	VD132	DWORD	Minumum değer (reel)
“e_1”	VD136	DWORD	Hatanın önceki değeri (reel)
T _D	VD140	DWORD	Türev zaman sabiti (reel)
U _D	VD144	DWORD	Türev işlem sonucu (reel)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Doğum Tarihi :21.01.1973

Doğum Yeri :Adana

Eğitim Durumu :

Lise : 1988 – 1991 :Kadirli Lisesi

Lisans : 1992 – 1996 :Yıldız Teknik Üniversitesi Elk.-Elktn. Fakültesi
Elektrik Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans : 1998 – 2002 :Yıldız Teknik Üniversitesi - Fen Bilimleri
Enstitüsü / Elektrik Mühendisliği Anabilim dalı

Çalıştığı kurumlar

MART 2002 - :Marmara Ün. – Teknik Eğitim Fakültesi / Elektronik ve Bilg.
Eğit. Bölümü Kontrol Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi

Kasım 2000 – Mart 2002 :İstanbul Jandarma Dikimevi Müdürlüğü Fabrikasında Elektrik
Bakım Mühendisi olarak askerliğimi yaptım. (Balmumcu /
İstanbul)

Ocak 1999 – Kasım 2000 :Marmara Ün. – Teknik Eğitim Fakültesi / Elektronik ve Bilg.
Eğit. Bölümü Kontrol Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi

Temmuz 1998 – Ocak 1999 :ELMAK A.Ş.'de Otomasyon Proje Mühendisi

Eylül 1996 – Ekim 1997 :BEDAŞ adına Kontrol Mühendisliği, Proje Uygulaması ve
Hakediş Kontrolü.

TC YATIRIM MENKUL DEĞERLER A.Ş.
EĞİTİM MENKUL DEĞERLERİ
BÖLÜMÜ