



**FARKLI CPU'LU PLC'LERİN HİDROLİK
ORANSAL VALF SİSTEMİNDE PID KONTROL
PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

**2023
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

Tanju KOCAKAYA

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ALTINKAYA**

**FARKLI CPU'LU PLC'LERİN HİDROLİK ORANSAL VALF SİSTEMİNDE
PID KONTROL PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Tanju KOCAKAYA

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ALTINKAYA

T.C.

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Ocak 2023

Tanju KOCAKAYA tarafından hazırlanan “FARKLI CPU’LU PLC’LERİN HİDROLİK ORANSAL VALF SİSTEMİNDE PID KONTROL PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ALTINKAYA
Tez Danışmanı, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 20/01/2023

<u>Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)</u>	<u>İmzası</u>
Başkan : Prof. Dr. Ziyodulla YUSUPOV (KBÜ)
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ALTINKAYA (KBÜ)
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Yücel ÇETİNCEVİZ (KÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Müslüm KUZU
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Tanju KOCAKAYA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI CPU'LU PLC'LERİN HİDROLİK ORANSAL VALF SİSTEMİNDE PID KONTROL PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Tanju KOCAKAYA

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ALTINKAYA

Ocak 2023, 81 sayfa

Günümüz endüstrisinde üretim hızı ve malzeme maliyetleri çok önem kazanmıştır. Endüstriyel tesisler kurulurken istenilen çalışma sisteminin sağlanacağı optimum özellikte malzemeler seçilmeye çalışılmaktadır. Özellikle hareketli ekipmanların sürülmesinde, sistemin ihtiyacı olan hız kadar bu ihtiyacı karşılayacak olan ekipmanların maliyetleri de göz önünde bulundurulmaktadır. Bu çalışmada, Siemens firmasına ait farklı CPU'lu PLC'lerin hidrolik oransal valf kontrollü sisteminde P, PI, PD ve PID denetim modlarında performansları karşılaştırılmış olup hangi hız ihtiyacına göre hangi tür PLC seçiminin yapılması gerektiği üzerinde durulmuştur. Performans karşılaştırmaları, yükselme zamanı, bekleme zamanı, pozitif ve negatif maksimum aşmalar ve yerleşme zamanı bazında yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar grafikler ve tablolar halinde sunularak analizleri yapılmış ve bu analiz sonuçlarına göre önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Sözcükler : PID, PLC, Mikrodenetleyici, Hidrolik, Oransal Valf.

Bilim Kodu : 90526

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

COMPARISON OF PID CONTROL PERFORMANCES IN HYDRAULIC PROPORTIONAL VALVE SYSTEM OF PLCs WITH DIFFERENT CPU

Tanju KOCAKAYA

Karabük University

Institute of Graduate Programs

Department of Electric-Electronics Engineering

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Hüseyin ALTINKAYA

January 2023, 81 pages

Production speed and material costs have become very important in today's industry. During the establishment of industrial facilities, materials are tried to be selected with optimum properties in order to provide the desired working system. Especially, while driving the mobile equipment, the costs of the equipment required to meet the need and speed of the system are also taken into consideration. In this study, the performances of PLCs with different CPUs that belong to Siemens Company were compared in P, PI, PD and PID control modes in hydraulic proportional valve-controlled system and the emphasis was made on the type of PLC that should be selected in accordance with the speed requirement. Performance comparisons were made on the basis of rise time, delay time, positive and negative maximum overshoots and settling time. The results obtained were presented in graphs and tables and were analyzed accordingly, and suggestions were made according to the results of this analysis.

Key Words : PID, PLC, Microcontroller, Hydralic, Propotional Valve.

Science Code : 90526

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanması, araştırılması, yürütülmesi ve oluşumu süreçlerinde ilgisini ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ALTINKAYA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Devreleri kurarken yardımlarından dolayı iş arkadaşlarım Şeref ÖZEN, Bekir Emre BÖYÜKTEPE ve Erkan PARMAK'a, yüksek lisans maceramın başından sonuna kadar manevi desteğinden dolayı sevgili eşim Elif ŞEN KOCAKAYA'ya tüm kalbimle teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca yetişmemde ve bugünlere gelmemde büyük emekleri olan başta dedem Mehmet KOCAKAYA, babaannem, babam ve anneme, kalbi desteklerinden dolayı kardeşlerime őükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
PLC SİSTEMİ	3
2.1. PLC TARİHÇESİ	3
2.2. PLC'NİN GELİŞİMİ VE SIEMENS	5
2.2.1. PLC Giriş-Çıkış Birimleri	11
2.2.1.1. Analog Giriş-Çıkış Modülleri	11
2.2.1.2. Dijital Giriş-Çıkış Modülleri	12
2.2.2. Analog Değerlerde Skalalama	13
BÖLÜM 3	16
PID KONTROL SİSTEMİ	16
3.1. P (ORANSAL) KONTROL	17
3.2. I (INTEGRAL) KONTROL	20
3.3. PI (ORANSAL-INTEGRAL) KONTROL	21
3.4. PD (ORANSAL-TÜREVSEL) KONTROL	23
3.5. PID (ORANSAL-INTEGRAL-TÜREVSEL) KONTROL	25

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4	29
HİDROLİK SİSTEMLER.....	29
4.1. HİDROLİK SİSTEMLERİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI	29
4.1.1. Avantajları	29
4.1.2. Dezavantajları	30
4.2. HİDROLİK SİSTEM VE EKİPMANLARI.....	30
4.2.1. Pompalar	31
4.2.2. Valfler	32
4.2.3. Silindirler	34
4.2.4. Lineer Cetveller	35
BÖLÜM 5	38
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	38
5.1. DENEYDE KULLANILAN EKİPMANLAR.....	38
5.2. DENEY DÜZENİĞİNİN KURULMASI VE YAPILAN ÇALIŞMALAR .	39
BÖLÜM 6	65
DENEYSEL SONUÇLARIN ANALİZİ	65
BÖLÜM 7	75
SONUÇLAR	75
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	81

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Programlanabilir Lojik Denetleyici	4
Şekil 2.2. İlk geliştirilen PLC'lerden olan SIMATIC S3 modeli.....	6
Şekil 2.3. Endüstride PLC'nin yerinin gösterildiği bir örnek.....	8
Şekil 2.4. Siemens Simatic S7-300 PLC modülleri.....	8
Şekil 2.5. Siemens Simatic S7-400 PLC modülleri.....	9
Şekil 2.6. Siemens Simatic S7-1200 PLC modülleri.....	10
Şekil 2.7. Siemens Simatic S7-1500 PLC modülleri.....	10
Şekil 2.8. 0..10V analog bilgi skalalama grafiği.	13
Şekil 2.9. ± 10 V analog bilgi skalalama grafiği.	14
Şekil 2.10. 0..20 mA analog bilgi skalalama grafiği.....	14
Şekil 2.11. 4..20 mA analog bilgi skalalama grafiği.....	15
Şekil 3.1. Kapalı çevrim kontrol algoritması	16
Şekil 3.2. P (Oransal) kontrol algoritması	18
Şekil 3.3. P kontrolün genel sistem tepkisi.	19
Şekil 3.4. I (Integral) kontrol algoritması.....	20
Şekil 3.5. I kontrolün genel sistem tepkisi.	21
Şekil 3.6. PI denetleyici algoritması.....	22
Şekil 3.7. PI kontrolün genel sistem tepkisi.	23
Şekil 3.8. PD denetleyici algoritması	24
Şekil 3.9. PD kontrolün genel sistem tepkisi.....	25
Şekil 3.10. PID denetleyici algoritması.....	26
Şekil 4.1. Pompa ve bu pompaya güç sağlayan elektrik motoru.....	32
Şekil 4.2. Hidrolik oransal valf.	33
Şekil 4.3. Hidrolik silindir.....	35
Şekil 4.4. Lineer cetvel.....	37
Şekil 5.1. S7-300 serisi PLC ile kurulan test ünitesi.....	39
Şekil 5.2. Simatic Manager programındaki FB41 PID bloğu.	41
Şekil 5.3. FB41 fonksiyonunun blok diagram [38].....	44
Şekil 5.4. TIA Portal programındaki PID_Compact bloğu.	45
Şekil 5.5. PID_Compact programı basit blok diagram	47

Şekil 5.6. PID_Compact programı ayrıntılı blok diagramı [39].....	47
Şekil 5.7. Deney setinde uygulanan algoritma blok diagramı.....	48
Şekil 5.8. S7-300 PLC program bloğu.	49
Şekil 5.9. S7-300 P (oransal) grafiği ($Kp = 1$ $Ki = 0$ $KD = 0$).....	50
Şekil 5.10. S7-300 P (oransal) grafiği ($Kp = 5$ $Ki = 0$ $KD = 0$).	51
Şekil 5.11. S7-300 PD (oransal-türevsel) grafiği ($Kp = 5$ $Ki = 0$ $KD = 1$).....	51
Şekil 5.12. S7-300 PD (oransal-türevsel) grafiği ($Kp = 5$ $Ki = 0$ $KD = 10$).....	52
Şekil 5.13. S7-300 PI (oransal-integral) grafiği ($Kp = 5$ $Ki = 1$ $KD = 0$).....	52
Şekil 5.14. S7-300 PI (oransal-integral) grafiği ($Kp = 5$ $Ki = 10$ $KD = 0$).....	53
Şekil 5.15. S7-300 PID (oransal-integral-türevsel) grafiği ($Kp = 5$ $Ki = 2$ $KD = 1$).....	53
Şekil 5.16. S7-400 PLC program bloğu.....	54
Şekil 5.17. S7-400 P (oransal) grafiği ($Kp = 1$ $Ki = 0$ $KD = 0$).	55
Şekil 5.18. S7-400 P (oransal) grafiği ($Kp = 5$ $Ki = 0$ $KD = 0$).	55
Şekil 5.19. S7-400 PD (oransal-türevsel) grafiği ($Kp = 5$ $Ki = 0$ $KD = 1$).....	56
Şekil 5.20. S7-400 PD (oransal-türevsel) grafiği ($Kp = 5$ $Ki = 0$ $KD = 10$).....	56
Şekil 5.21. S7-400 PI (oransal-integral) grafiği ($Kp = 5$ $Ki = 1$ $KD = 0$).....	57
Şekil 5.22. S7-400 PI (oransal-integral) grafiği ($Kp = 5$ $Ki = 10$ $KD = 0$).....	57
Şekil 5.23. S7-400 PID (oransal-integral-türevsel) grafiği ($Kp = 5$ $Ki = 2$ $KD = 1$).....	58
Şekil 5.24. S7-1200 PLC program bloğu.....	58
Şekil 5.25. S7-1200 PI (oransal-integral) grafiği (Fine-Tuning).	59
Şekil 5.26. S7-1200 PI (oransal-integral) parametreleri (Fine-Tuning).....	60
Şekil 5.27. S7-1200 PID (oransal-integral-türevsel) grafiği (Fine-Tuning).	60
Şekil 5.28. S7-1200 PID (oransal-integral-türevsel) parametreleri (Fine-Tuning)....	61
Şekil 5.29. S7-1500 PLC program bloğu.....	61
Şekil 5.30. S7-1500 PI (oransal-integral) grafiği (Fine-Tuning).	62
Şekil 5.31. S7-1500 PI (oransal-integral) parametreleri (Fine-Tuning).....	63
Şekil 5.32. S7-1500 PID (oransal-integral-türevsel) grafiği (Fine-Tuning).	63
Şekil 5.33. S7-1500 PID (oransal-integral-türevsel) parametreleri (Fine-Tuning)....	64
Şekil 6.1. S7-300 Cycle Time değeri.	69
Şekil 6.2. S7-400 Cycle Time değeri.	69
Şekil 6.3. S7-1200 ve S7-1500 Cycle Time değerleri.....	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. PID kontrolörlerin ayrı ayrı sisteme olan etkisi.....	27
Çizelge 5.1. Hidrolik test devresinde kullanılan ekipmanlar.	38
Çizelge 6.1. S7-300 PLC PID kontrol sonuç çizelgesi.	66
Çizelge 6.2. S7-400 PLC PID kontrol sonuç çizelgesi.	67
Çizelge 6.3. S7-1200 PLC PID kontrol sonuç çizelgesi.	70
Çizelge 6.4. S7-1500 PLC PID kontrol sonuç çizelgesi.	71
Çizelge 6.5. Tüm PLC'lerin en iyi kontrol sonuçları çizelgesi.....	73

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- $r(t)$: Referans giriş
 $d(t)$: Bozucu etki
 $d^*(t)$: Ölçülen ya da tahmin edilen bozucu etki
 $u(t)$: Ayarlanabilir kontrol girişi
 P : Sistem parametreleri
 P^* : Tahmin edilen sistem parametreleri
 $c(t)$: Kontrollü çıkış
 $c^*(t)$: Ölçülen çıkış (algılayıcıdan alınan geri besleme)
 mA : Miliamper
 $\%$: Yüzde
 $f()$: Fonksiyon
 K_p : Oransal kazanç katsayısını
 K_i : İntegral kontrol katsayısı
 K_D : Türevsel kontrol katsayısı
 $e(t)$: Hata sinyali
 s : Saniye
 \int : İntegral işareti
 dt : Türev işareti
 \pm : Artı-eksi
 $\%$: Yüzde işareti
 $=$: Eşittir işareti
 y : PID çıkış değerini
 b : Oransal etki ağırlığı
 w : Set değeri
 x : Proses değeri
 T_i : İntegral zamanı

s : Laplas operatörü
 T_D : Türevsel zamanı
 a : Türevsel gecikme katsayısı
 c : Türevsel etki ağırlığı

KISALTMALAR

A : Amper
A.Ş. : Anonim Şirketi
ADC : Analog-Digital Converter (Analog-Dijital Çevirici)
AI : Analog Input (Analog giriş)
AO : Analog Output (Analog çıkış)
BD1 : Break Down1 (Kaba hadde1)
COM_RST : Communication Reset (Haberleşme reset girişi)
CPU : Central Process Unit (Merkezi işlem birimi)
CYCLE : Sampling time (Kontrolörün örnekleme zaman girişi)
D_SEL : Derivative Action On (Türevsel kontrolü aktif et girişi)
DAC : Digital- Analog Converter (Dijital- Analog Çevirici)
DC : Direct Current (Doğru akım)
DEADB_W: Dead Band Width (Ölü bant genişliği girişi)
DHVC : Digital Hydraulic Valve Control (Dijital hidrolik valf kontrolü)
DI : Digital Input (Dijital giriş)
DISV : Disturbance Value (Bozulma değişkeni girişi)
DO : Digital Output (Dijital çıkış)
EN : Enable (İzin girişi)
ER : Error Signal (Hata sinyali çıkışı)
FB : Function Block (Fonksiyon blok)
FBD : Function Block Diagram (Fonksiyon blok diagramı)
GAIN : Proportioanl Gain (Oransal kazanç girişi)
HMI : Human-Machine Interface (İnsan-Makine arayüzü)
I_ITLVAL : Initialization valu of the Integral Action (Integral başlangıç değeri girişi)
I_SEL : Integral Action On (İntegral kontrolü aktif et girişi)

IEC	: International Electrotechnical Commission (Uluslararası Standardizasyon Komitesi)
IL	: Instruction List (Talimat listesi)
INT_HOLD	: Integral Action Hold (İntegratörün çıkışını dondur girişi)
IT	: Information Technology (Bilgi teknolojisi)
KB	: Kilobyte (Kilobayt)
kW	: Kilowatt
LAD	: Ladder (Merdiven Diagramı)
LD	: Ladder (Merdiven Diagramı)
LMN	: Manipulated Value (Skalalı manupule değer çıkışı)
LMN_D	: Derivative Component (Türevsel komponent çıkışı)
LMN_FAC	: Manipulated Value Factor (Manupule edilmiş değer faktör girişi)
LMN_HLM	: Manipulated Value High Limit (Manupule edilmiş değer maksimum değer girişi)
LMN_I	: Integral Component (İntegral komponent çıkışı)
LMN_LLM	: Manipulated Value Low Limit (Manupule edilmiş değer minimum değer girişi)
LMN_OFF	: Manipulated Value Offset (Manupule edilmiş değer ofset girişi)
LMN_P	: Proportional Component (Oransal komponent çıkışı)
LMN_PER	: Manipulated Value Peripheral (Skalasız manupule değer çıkışı)
lt	: Litre
GAIN	: Proportioanl Gain (Oransal kazanç girişi)
HMI	: Human-Machine Interface (İnsan-Makine arayüzü)
I	: İntegral
I_ITLVAL	: Initialization valu of the Integral Action (İntegral başlangıç değeri girişi)
I_SEL	: Integral Action On (İntegral kontrolü aktif et girişi)
IEC	: International Electrotechnical Commission (Uluslararası Standardizasyon Komitesi)
IL	: Instruction List (Talimat listesi)
INT_HOLD	: Integral Action Hold (İntegratörün çıkışını dondur girişi)
IT	: Information Technology (Bilgi teknolojisi)

I/O	: Input/Output (Giriş çıkış)
KB	: Kilobyte (Kilobayt)
kW	: Kilowatt
LAD	: Ladder (Merdiven Diagramı)
LD	: Ladder (Merdiven Diagramı)
mA	: Miliamper
MAN	: Manual Value (Manuel çalıştırma girişi)
MAN_ON	: Manual Value On (Manuel hareketin izin girişi)
MB	: Megabyte (Megabayt)
MES	: Manufacturing Execution System (Üretim yürütme sistemi)
mm	: Milimetre
ms	: Milisecond (Milisaniye)
P	: Proportional (Oransal)
P_SEL	: Proportional Action On (Oransal kontrolü aktif et girişi)
PC	: Personal Computer (Kişisel Bilgisayar)
PD	: Proportional Derivative (Oransal Türevsel)
PER	: Peripheral (Çevresel)
PI	: Proportional Integral (Oransal Integral)
PID	: Proportional Integral Derivative (Oransal Integral Türevsel)
PLC	: Programable Logic Controller (Programlanabilir Lojik Kontrolör)
PN	: Profinet
PN/DP	: Profinet/Profibus haberleşme
PV	: Process Variable (Proses değişkeni çıkışı)
PV_FAC	: Process Variable Factor (Proses değişkeni faktör girişi)
PV_IN	: Process Variable In (Skalalı geri besleme girişi)
PV_OFF	: Process Variable Offset (Proses değişkeni ofset girişi)
PV_PER	: Process Variable Peripheral (Skalasız geri besleme girişi)
PVPER_ON	: Process Variable Peripheral On (Skalasız proses değişkeni aktif et girişi)
PWM	: Pulse Width Modulation (Darbe genişlik modülasyonu)
RPH	: Ray ve Profil Haddehanesi
QLMN_HLM	: High Limit of Manipulated Value Reached (Manupule değeri üst limite ulaştı çıkışı)

QLMN_LLM	: Low Limit of Manipulated Value Reached (Manupule değeri alt limite ulaştı çıkışı)
s	: saniye
SFC	: Sequential Function (Sıralı işlev fonksiyonu)
SP_INT	: Internal Setpoint (Kontrol edilmek istenen sistemin set değeri girişi)
ST	: Structured Text (Yapılandırılmış metin)
TD	: Derivative Time (Türevsel kontrolün katsayı girişi)
TI	: Reset Time (Integral kontrolün katsayı girişi)
TIA	: Totaly Integrated Automation (Tamamen entegre edilmiş otomasyon)
TM_LAG	: Time Lag of the Derivative Action (Türevsel etki için gecikme süresi girişi)
V	: Volt

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzde enerji, malzeme ve işçilik maliyetlerinin artması endüstriyel sektörü bir dizi tasarruf önlemine sevketmiştir. Yatırım yapan firmalar, tasarımlarında kullandıkları ürünlerden maksimum düzeyde verim almaya yönelmektedirler. Örneğin eskiden bir mikrodenetleyici kullanacakları zaman ileriye dönük en üst segment ve ihtiyacın üstünde özelliklerde ve kalitede bir mikrodenetleyici seçerken; şimdilerde ise o işi yapabilecekleri minimum özelliklerde, ucuz ve kalitesi normal düzeyde olan bir mikrodenetleyici seçme eğilimindedirler [1]. Kardemir AŞ özelinde de bu benzer durum vardır, örneğin yaklaşık yüz I/O bulunan bir kısımda daha önceden S7-300 modelinin rahatlıkla kullanılabilceği ve performans anlamında yeterli olabileceği bir kısımda S7-400 modeli seçilmişken benzer sayıda I/O kullanılan su arıtma kısmında benzer yaklaşımla S7-400 ya da S7-1500 serisinin kullanılması yerine daha uygun fiyatlı olan S7-1200 modeli kullanılmıştır.

Hareketli ekipmanlar endüstriyel sistemlerin vazgeçilmez öğeleridir. Dolayısıyla endüstriyel sistemlerde çok fazla kullanım alanına sahiptirler ve bu sistemlerin özellikle durma-kalkma hareketlerinde bir kontrol algoritmasına ihtiyaç duyarlar. Gelişen teknoloji ile birlikte birçok farklı kontrol algoritması geliştirilmesine karşın PID kontrol yöntemi halen güçlü bir şekilde varlığını devam ettirmektedir [2]. Diğer algoritmalara nazaran en önemli artısı, az sayıda parametre girilerek kısa zamanda etkili sonuçlar vermesidir [3]. PID kontrolde örnekleme zamanı en kritik parametrelerin başında gelmektedir ve kullanılan mikrodenetleyicinin tarama süresi (cycle time) bu örnekleme zamanı ile uyumlu ve karşılayabilir olmalıdır.

Literatür taramasında farklı CPU'ların PID kontrolünde performans karşılaştırması ile ilgili benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Tezin ikinci bölümünde PLC'lere değinilmiştir. PLC'lerin tarihçesi [4], Siemens PLC'lerin ortaya çıkması, gelişimi [5] ve sistemde kullanılan PLC'lere yer verilmiştir. Ayrıca analog sinyallerin kullanımı ve skala edilmesi anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde PID kontrol algoritmasının tanımı ve özellikleri, P, I, PI, PD ve PID kontrollerinin farkları, matematiksel formülleri ve ayrı ayrı özelliklerine değinilmiştir.

Dördüncü bölümde hidrolik sistemin yapısı, hidrolik sistemlerin avantaj ve dezavantajları, deney setinde kullanılan ekipmanlarının özelliklerine değinilmiştir.

Beşinci bölümde deneyde kullanılan hidrolik, elektrik ve otomasyonel ekipmanların özellikleri, deney setinin kurulumu, S7-300 ile S7-400 serilerinde kullanılan PID bloğunun (FB41) ve S7-1200 ile S7-1500 serilerinde kullanılan PID_Compact bloğunun özellikleri, yapısı ve parametreleri ele alınmıştır. Ayrıca bu bölümde deney çıktısı olarak kullanılan lineer cetvelin P, PD, PI ve PID parametrelerine gösterdiği tepki, sinyallerin kaydedildiği IBA programı ekran görüntüleri olarak eklenmiştir. Deneysel çalışmaların analizleri altıncı bölümde yapılmıştır. Son olarak yedinci bölümde ise sonuçlar verilmiştir.

BÖLÜM 2

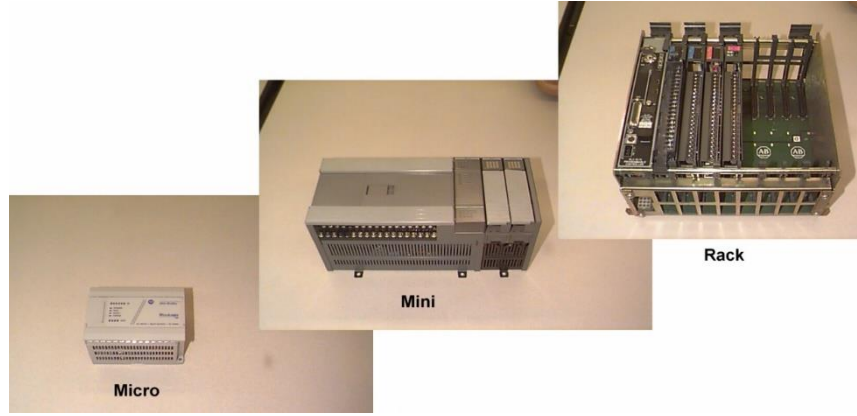
PLC SİSTEMİ

PLC sistemleri günümüz endüstrisinin en vazgeçilmez cihazlarıdır. Fabrika otomasyonu denilince ilk akla gelen ekipmanlardır. Teknolojinin gelişimi ile doğru orantılı olarak gelişmişlerdir.

2.1. PLC TARİHÇESİ

Bilgisayarlar 1960'lı yılların başlarında, yarı iletkenler üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte, verimliliklerinin, güvenilirliklerinin, dayanıklılıklarının artması ve yeni bağlantılara ihtiyaç göstermemesi gibi avantajları sebebiyle endüstriyel sanayinin üretim hatlarında sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Fakat, bilgisayarların üretim hatlarında kullanılması, maliyetlerinin yüksek oluşu, programlarının karmaşıklığı, bu karmaşıklıktan kaynaklı teknik personel yetersizliği ve modüler yapılarının düşük olması gibi nedenlerden ötürü avantajını kaybetmeye başlamıştır. 1960'lı yılların ortalarında ise, bilgisayarlar ile elektromekanik kumanda (röle, kontaktör) arasında, her iki kontrolü de bünyesinde bulunduran ve bunlardan daha kullanışlı olan bir programlanabilir kontrol makinası ihtiyacı hissedilmeye başlanmıştır [6].

PLC'ler, ilk olarak fabrikalardaki üretim hatları veya makinelerin kontrolü gibi süreçlerin kontrolünde kullanılan özel bilgisayarlar olarak dizayn edilmiştir. Tarihte ilk olarak 1968 yılında, şuanki adı Modicon olan Associates firması tarafından üretilmiştir ve Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Programlanabilir Lojik Denetleyici [4].

PLC'ler, genel kullanım amaçlı üretilen bilgisayarların aksine, üzerinde birçok giriş ve çıkış ünitesi olacak şekilde üretilirler. Bilgisayarlara göre en büyük avantajları elektriksel gürültülere, mekanik darbe ve titreşimlere, sıcaklık farklarına karşı daha dayanıklı tasarlanmalarındadır. PLC'lere kontrol edeceği sistemin süreçlerine uygun programlar yazılır ve yüklenir. PLC programları, girişlerinden okudukları bilgileri milisaniyeler mertebesinde hızla tarayarak, programın akışına göre uygun çıkış bilgilerini gerçek zamanlıya çok yakın yanıt verecek şekilde çalışırlar [7].

İçlerinde bir veya daha fazla sayıda PLC barındırarak karmaşık sistemlerin programlanmasında kullanılabilirler. PC'lerden en temel farkı sinyal giriş ve çıkışlarının çalışma ve işleme şeklidir. Bir diğer farkı ise işletilecek verilerin gerçek ortamdan gelmesi ve sonuçların yine gerçek ortama analog veya dijital olarak gönderilmesidir. PLC'ler ilk olarak karmaşık röle sistemlerinin yükünü hafifletmek için üretilmiş basit mantıksal (lojik) işlemleri yapan makinalardır. Gelişen teknoloji ile birlikte zaman içinde daha karmaşık sistemlerin kontrolünde kullanılacak düzeye gelmişlerdir. Bilgisayarlara nazaran daha az yer kaplarlar ve daha ekonomiktirler.

Günümüzde ise özel olarak üretilen programlanabilir bilgisayarlarla arasındaki farklılıklar giderek azalmaktadır. PLC'ler bir bakıma monitörü ve klavyesi olmayan bir bilgisayara benzetilebilirler. PC'lerin mikroişlemci maliyetleri PLC'lere göre daha düşük olmasına rağmen, PLC'lerin tercih edilmelerinin bir diğer sebebi de; elektronik tasarım için gereken zamanı en aza indirmesidir. Aynı zamanda endüstriyel ortamların zor koşullarından (elektromanyetik alanlar,

büyük sıcaklık farkları, toz vb.) negatif olarak etkilenmeden çalışabilen hazır çözümler olmalarıdır.

Büyük bir fabrikanın tüm otomasyon yükünü kaldırabilecek kadar giriş ve çıkışa sahip PLC'ler bulunmaktadır. Günümüzde geliştirilen modüler yapıdaki bu PLC'lere ihtiyaç durumunda ek giriş ve çıkış modülleri, modem, ethernet gibi haberleşme modülleri ilave edilebilmektedir. Bu özellikleri ile mevcut yapı geliştirilebilmektedir.

Programlanabilir lojik denetleyiciler, programlama geçmişi olmayan mühendislerin kullanabileceği şekilde tasarlanmıştır. Bu yüzden ilk olarak merdiven diyagramı (LD, LAD) adlı bir grafik programlama dili geliştirilmiştir. Elektromekanik röleler ile oluşturulan bir sistem, şematik diyagramına benzeyen ve birçok üretici tarafından benimsenen ve daha sonra IEC 61131-3 kontrol sistemleri programlama standardına uyacak şekilde standartlaştırılmıştır.

Piyasada kullanılan farklı marka PLC'lerin merdiven diyagramı yazılımları kendilerine özel olmakla birlikte genel süreçlerin mantıkları benzerdir. LAD dili dışında kullanılan PLC yazılımları ST (Structured Text), FBD (Function Block Diagram), SFC (Sequential Function) ve IL (Instruction List) olarak sıralanabilir.

Endüstriyel sistemlerde sıklıkla kullanım alanına sahip olan PLC'lerin hafızaları ve işlem kapasiteleri karmaşık prosesler karşısında yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle ve gelişen teknolojiyle birlikte daha fazla hafıza ve daha güçlü işlem kapasitelerine sahip endüstriyel PC'lere geçiş söz konusu olmaktadır. Günümüzde artık endüstriyel PC olarak üretilen PLC'ler de mevcuttur. Bunların bazıları hem dokunmatik paneli üzerinde montajlı olup bilgisayar aracılığı ile ya da kendi üzerindeki kontrol modülleri vasıtasıyla programlanabilmektedirler [8].

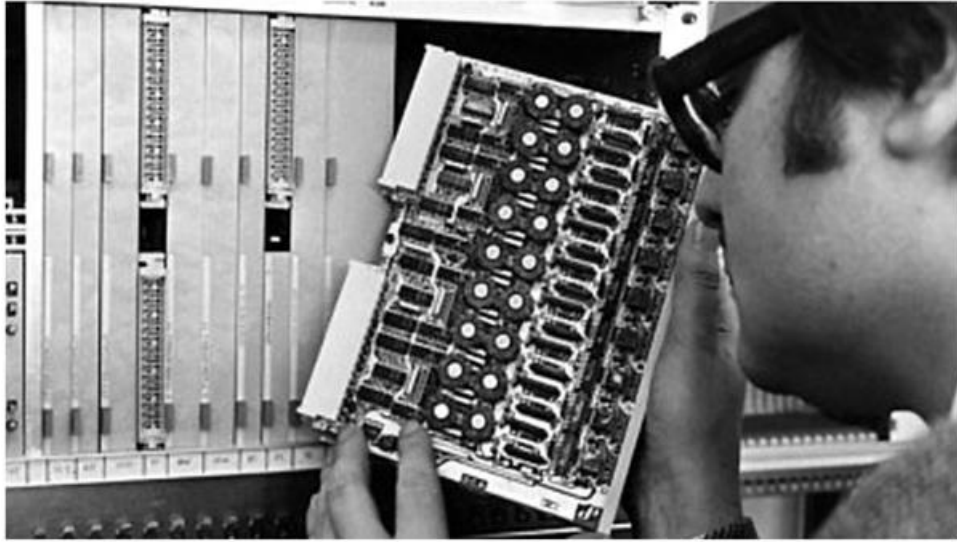
2.2. PLC'İN GELİŞİMİ VE SİEMENS

1950'li yıllarda, yaygın olarak röle ve kontaktör tabanlı teknolojiler kullanılırdı. Gelişen sanayi ve teknolojik gelişmeler ile birlikte bazı iyileştirmelerin hayata

geçirilmesi kaçınılmaz oldu. Bu iyileştirmelerden biri de 1955 yılında Siemens tarafından gerçekleştirildi ve germanyum transistörler ile yeni bir devre regülatörü geliştirildi.

Nisan 1958 yılında ise Siemens “Simatic” markası ile otomasyon sektöründe iyice tanınır hale geldi. Bu zamanlarda geliştirilen ürünlerden birisi de “Simatic G” idi ve sadece sayma işlemi yapabiliyordu.

1964 yılına gelindiğinde, anaharlama (switch) teknolojisi silikon malzemeye daha az bağımlı olacak şekilde gelişti. Bu gelişmeler sonucunda Siemens firması, sırasıyla önce “Simatic N” sonra “Simatic H” ve son olarak da “Simatic P” yi çıkardı. Ancak bu üç model de karmaşık yapıda kablolu modüllerden oluşuyordu.



Şekil 2.2. İlk geliştirilen PLC’lerden olan SIMATIC S3 modeli [5].

1970’li yılların sonlarına gelindiğinde ise otomasyon piyasasında müşteri odaklı rekabetler yaşanmaya başladı. Fiyat olarak uygun, kalite olarak yüksek ve her ihtiyaca göre uygun ürün gibi kavramlar önem arzetmeye başladı. Seri üretim, firmaların ana konusu haline geldi.

Yaşanan bu gelişmelere paralel olarak yeni bir kontrol sistemi "PLC" gelişmeye başladı. Karmaşık kabloların olduğu röle teknolojisinin aksine sistemlerde

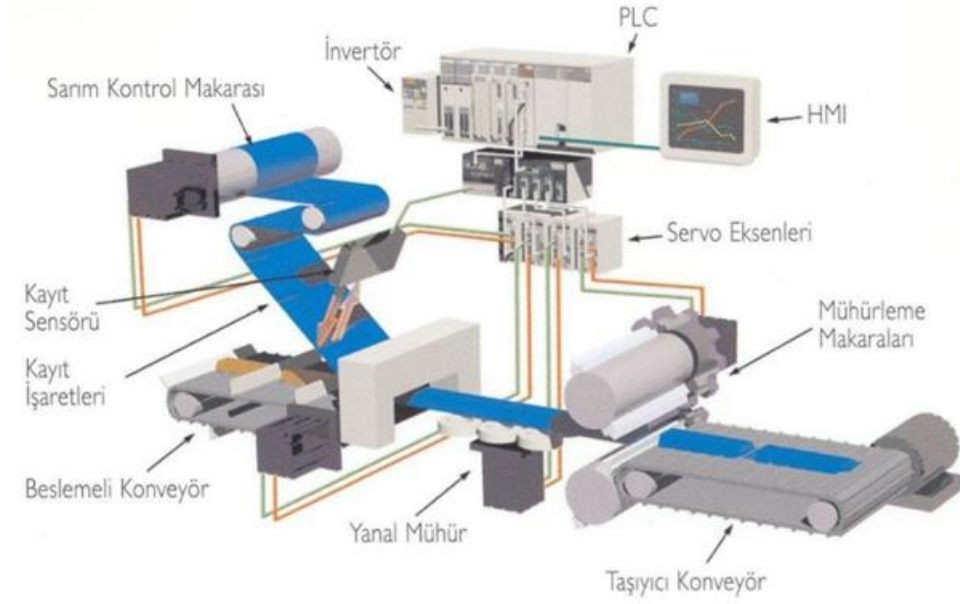
yazılım ile çok daha esnek ve rahat bir kontrol sağlanıyordu ve bu durum özellikle mühendislerin ve müşterilerin odağını buralara çekmeyi başardı. Bunun üzerine Siemens, “Simatic S3 PLC” ailesini geliştirmeye başladı. Görseli Şekil 2.2’de verilmiştir.

Simatic markası ilk olarak PLC sektöründe 1979 yılındaki Hannover fuarında tanınmaya başladı. Fuarda tanıtılan “Simatic S5 PLC” ailesi fuara katılanlar tarafından büyük ilgi gördü. 1980’li yılların başında da ekranların gelişmesiyle birlikte görsel olarak PLC programlama özellikle kontrol mühendisliğinin önünü açmış oldu.

Takip eden yıllarda müşteriler ve mühendisler değişik taleplerle Siemens firmasına gelmeye başladılar. Bu isteklerin en büyük bir kısmını kablolama ve haberleşme alanları oluşturuyordu. Bu talepler sonucunda Siemens, “Fieldbus” teknolojisini geliştirdi ve dağıtılmış giriş/çıkış birimlerinin intizamlı bir şekilde çalışmasını sağladı. 1993 yılına gelindiğinde ise yine Siemens firması tarafından geliştirilen “Profibus” haberleşme sistemi piyasada bir standart olarak görülmeye başlandı. Bu gelişmeler sayesinde birçok PLC ünitesinin entegrasyonu çok hızlı ve kolay bir şekilde yapılabilir hale geldi.

1996 yılında Siemens yetkilileri tarafından Rotterdam’da “Tamamen Entegre Edilmiş Otomasyon” adıyla bir basın konferansı düzenlendi. Bu konferansta hem dikey hem de yatay entegrasyon ile otomasyon piramidinin oluşumunu tanıttılar.

2000 yılına gelindiğinde ise Siemens, “Güvenli Entegrasyon” konseptini piyasaya çıkardı ve güvenli otomasyon sistemleri standartlarını belirledi. Üretim tarafı ile yönetim sistemleri arasındaki bazı açıkları kapatmak amacıyla 2002 yılında “MES” adı verilen Simatic IT standartlarını da yayınladılar. Ayrıca Şekil 2.3’te endüstride PLC’nin yerinin gösterildiği örnek bir sistem verilmiştir.



Şekil 2.3. Endüstride PLC'nin yerinin gösterildiği bir örnek [5].

Günümüzdeki endüstriyel otomasyon sistemlerinde Siemens tarafından geliştirilen ve kullanılan dört PLC ailesi bulunmaktadır, bunlar sırasıyla S7-300, S7-400, S7-1200 ve S7-1500 serileridir. Şekil 2.4'te S7-300 serisi, Şekil 2.5'te ise S7-400 serisinden bir modeli gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Siemens Simatic S7-300 PLC modülleri.



Şekil 2.5. Siemens Simatic S7-400 PLC modülleri.

S7-300 ve S7-400 aileleri, ülkemizdeki fabrikalarda karşımıza en sık çıkan PLC modelleridir. Bu modellerin yanında sinyal modülleri, haberleşme ve fonksiyon modülleri gibi daha birçok modüle sahiptirler. S7-300 serilerinde CPU 312, 313, 314, 315, 317 ve 319 olmak üzere altı ana CPU tipi; S7-400 serilerinde ise CPU 412, 414, 416 ve 417 olmak üzere dört ana CPU tipi bulunmaktadır. S7 300 serilerinde toplam 27 farklı CPU tipi; S7-400 serilerinde ise toplam 22 farklı CPU vardır. S7-300 serileri düşük ve orta performans için küçük ve modüler olacak şekilde tasarlanmıştır. S7-400 serisi ise yüksek performans gerektiren uygulamalar için geliştirilmiştir.



Şekil 2.6. Siemens Simatic S7-1200 PLC modülleri [5].



Şekil 2.7. Siemens Simatic S7-1500 PLC modülleri.

S7-1200 serilerinde CPU 1211C, 1212C, 1214C, 1215C ve 1217C olmak üzere beş temel CPU tipi; S7-1500 serilerinde CPU 1511, 1513, 1515, 1516, 1517 ve 1518 olmak üzere altı farklı ana CPU tipi mevcuttur. S7-1200 serilerinde toplam 32 farklı CPU tipi; S7-1500 serilerinde ise toplam 20 farklı CPU vardır. HMI dokunmatik ekran, TIA portal yazılımı gibi özelliklerin yanında haberleşme ve giriş ve çıkış modülleri tamamen entegre edilmiştir. S7-1500 serileri ise Siemens tarafından üretilen en fazla verimlilik artışı sağlayan PLC serileridir. Şekil 2.6’da S7-1200 ve Şekil 2.7’de S7-1500 serilerinden birer model gösterilmiştir.

2.2.1. PLC Giriş-Çıkış Birimleri

2.2.1.1. Analog Giriş-Çıkış Modülleri

Analog sinyal, zamana bağlı yönü ve şiddeti sonsuz değer alabilen sinyallerdir. Analog sinyallere örnek olarak;

- Sıcaklık (ısı)
- Basınç
- Hız
- Nem
- Uzunluk
- Işık şiddeti
- Rüzgar şiddeti

verilebilir [9]. Ayrıca doğada kulağımız ile duyabildiğimiz her ses analog sinyaldir. PLC’ler de birer mikro denetleyicidirler. Bu yüzden sahadan sensörler ya da algılayıcılardan gelen bu sinyalleri okumak için yardımcı elemanlara ihtiyaç duyarlar. Aynı şekilde röle, kontaktör, valf gibi sistem ekipmanlarına çıkış vererek kontrol etmek için yardımcı elemanlar kullanılmak zorundadır.

Sinyallerin bilgisayarların ya da mikro denetleyicilerin anlayacağı dile çevirme işlemi ADC adı verilen çeviriciler ile yapılmaktadır. ADC girişten aldığı analog sinyali

cihazın anlayabileceği şekilde “1” ve ”0” lardan oluşan sayısal değerlere çevirip dijital sinyale dönüştürmektedir. PLC’ler analog sinyalleri doğrudan okuyamazlar, sadece lojik sinyalleri (“0” ve “1”) algılayabilirler. Bu yüzden doğrusal sinyallerin, PLC’de algılanabilmesi için giriş değeriyle orantısal olacak şekilde bir sayısal değer atayan analog giriş birimlerine (AI) ihtiyaçları vardır. Analog giriş modülleri; kendilerine bağlanan seviye, sıcaklık, basınç, ışık, nem gibi sensör ya da algılayıcılardan gelen değerleri analog/sayısal çevirici (ADC) vasıtasıyla sayısal bilgiye çevirirler [10].

Analog çıkışlar ise merkezi işlem biriminden (CPU) aldığı sayısal dataları sayısal analog çevirici (DAC) vasıtasıyla ADC’nin yaptığı işlemin tersini yapmak suretiyle gerilim ve akımla orantılı olarak çevirerek, herhangi bir makineyi kontrol eden modüllerdir. Devir ayarı yapılacak motorlar, hidrolik ya da pnömatik valfler, analog ölçü aletleri, frekans konvertörü gibi uygulamalarda kullanılmaktadırlar.

Teze konu olarak kurulan devrede hidrolik silindirin pozisyon bilgisi analog giriş modülü vasıtasıyla PLC’ye alınmıştır. PID bloğu çıkışındaki değer oransal valfe analog çıkış modülü vasıtasıyla gönderilmiş ve valf kumanda edilmiştir.

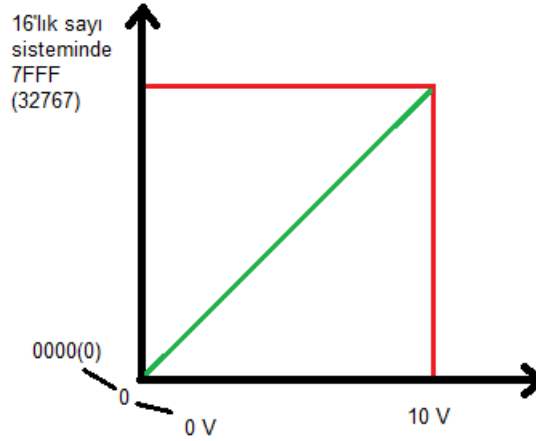
2.2.1.2. Dijital Giriş-Çıkış Modülleri

Dijital sinyaller yapılarında iki kademeli elektrik palsleri şeklinde bilgilere sahiptirler. Bilgisayar sistemlerinin özünü oluştururlar. Sayısal sistemler bilginin daha güvenli iletilmesini, daha hızlı çözümlenmesini ve daha hızlı sonuç vermesini sağlarlar. Sayısal sinyallerde iki seviye yani minimum (0) ve maksimum (1) değerler söz konusudur, başka bir deyişle sinyal; bir veya sıfır ikili değerlerini gösteren iki seviyeden birisindedir. Elektrik veya elektronik devreleri çözümlenirken lojik devre mantığından faydalanılır. Örneğin; bir anahtardan bahsedilirken anahtar kapalı olduğu durum (ON) için “lojik 1”, anahtarın açık olduğu durum (OFF) için “lojik 0” ifadeleri kullanılır. Sayısal sistemlerde ara değer yoktur, sinyal ya “lojik 0” konumunda ya da “lojik 1” konumundadır. Sensör, anahtar, siviç, röle, kontaktör gibi ekipmanlar dijital giriş modülüne bağlanır ve durumları bu birim tarafından PLC’ye gönderilir. Röle,

pilot valf, solenoid valf gibi ekipmanlar ise kontrol edilmek amacıyla dijital çıkış modülüne bağlanır [11].

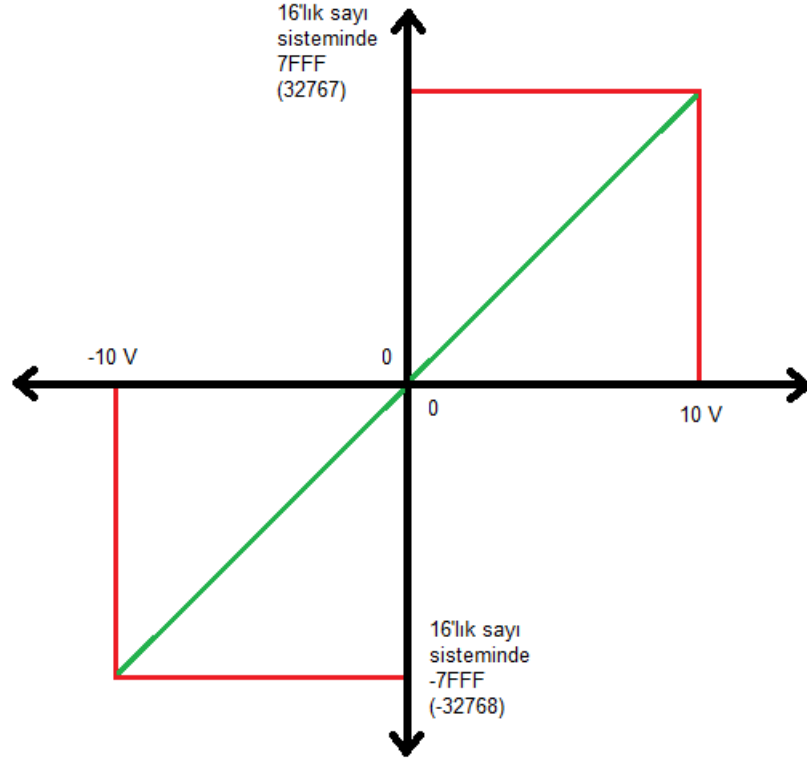
2.2.2. Analog Değerlerde Skalalama

Analog giriş modülüne sensörlerden gelen veriler elektrik sinyaline çevrilerek akım, gerilim ya da direnç olarak gönderilir. Akım veya gerilim olarak gelen sinyaller modülde CPU'nun anlayacağı seviyeye çıkartılır ya da dönüştürülür [12]. Endüstride en çok kullanılan analog giriş sinyalleri 0-10V, $\pm 10V$, 0..20 mA ve 4..20 mA mertebeleridir.



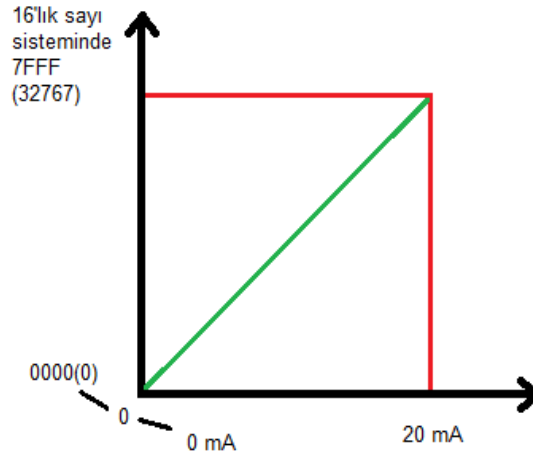
Şekil 2.8. 0..10V analog bilgi skalalama grafiği.

0..10 V analog bilgi okuma sistemi, mikro denetleyicilerin veya PLC'lerin aktif kullanılmaya başlandığı günden bu yana tercih edilen bir yöntem olmuştur, ayrıca günümüze kadar ulaşmış olup halen sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlardan ilki; gerilim ile bilgi alınmasından dolayı uzak mesafelerde kayıplar oluşmasıdır, bu da gelen bilginin doğruluğunun ve kararlılığının güvenilirliğine gölge düşürebilmektedir. İkinci bir dezavantajı da elektromanyetik gürültüden etkilenmeleridir. Taşınan kablunun elektromanyetik korumalı kılıf tipi şeklinde olması bir nebze sorunu aşmada yardımcı olsa da tam bir güvenilirlik sağlamamaktadır [13]. Şekil 2.8'de 0..10V analog bilgi skalalama grafiği verilmiştir.



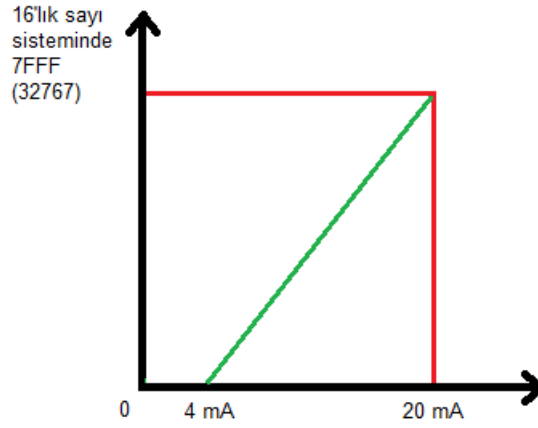
Şekil 2.9. ± 10 V analog bilgi skalalama grafiği.

± 10 V analog bilgi okuma sistemi 0..10 V analog bilgi okuma sisteminden türetilmiştir, ikisinin arasındaki fark sensörden alınan bilginin -10 V ile +10 V arasına skala edilmesidir. Şekil 2.9'de ± 10 V analog bilgi skalalama grafiği verilmiştir.



Şekil 2.10. 0..20 mA analog bilgi skalalama grafiği.

0..20 mA analog bilgi okuma sistemi, 0..10 V analog bilgi okuma sisteminin dezavantajlarını ortadan kaldırdığı düşünülmektedir. Bu sistem ile hem uzak mesafelere bilgi gönderilebilmekte, hem de elektromanyetik girişimden etkilenilmemektedir. Fakat bu sistemin de dezantajları mevcuttur. Bunlardan en önemlisi kablo kopmalarının anlaşılama sorunudur. 0 mA seviyesi 0000 kabul edilmekte olduğu için bu değer sensörden gelen minimum değer mi olduğu yoksa sensör kablosunun kopuk olmasından kaynaklı geldiğinden mi, net olarak anlaşılamaamaktadır. Şekil 2.10'da 0..20 mA analog bilgi skalalama grafiği verilmiştir.



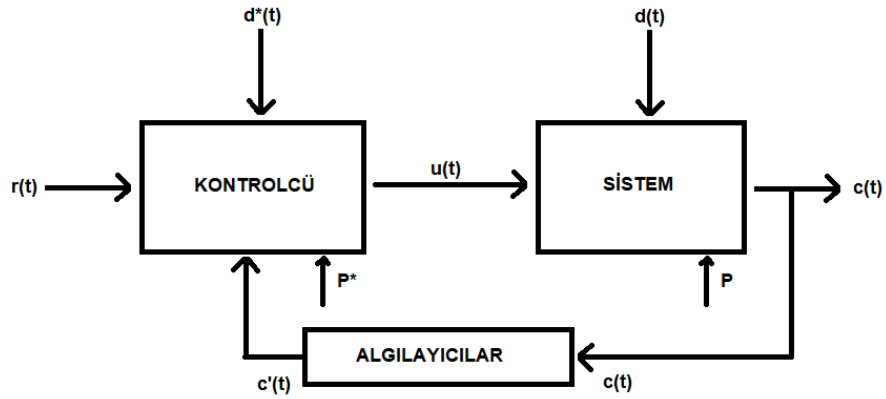
Şekil 2.11. 4..20 mA analog bilgi skalalama grafiği.

4..20 mA analog bilgi okuma sistemi, 0..20 mA analog bilgi okuma sisteminin geliştirilmiş halidir. Bu sistemde sensör ya da algılayıcılardan gelen minimum değer 4 mA olarak gelmektedir. Dolayısıyla kablo kopması durumunda gelen 0 mA sistem tarafından algılanabilmektedir. Bu sisteme örneğin, 4..20 mA çıkışlı 0..50 bar aralığında ölçüm yapabilen bir basınç sivici bağlandığında, bağlandığı yerin basıncı 0 bar iken karta 4 mA, 25 bar iken 12 mA, 50 bar iken 20 mA değeri döndürülecektir. Analog karttan gelen bu bilgi CPU'da 0..27648 arasında değer olarak işlenecek ve anlamlandırılacaktır. Eğer okunan değer 0 mA ise kablo kopmuştur bilgisi olarak yorumlanabilecektir [14]. Şekil 2.11'de 4..20 mA analog bilgi skalalama grafiği verilmiştir.

BÖLÜM 3

PID KONTROL SİSTEMİ

Kontrol sistemleri üç ana etmeden oluşur, bunlar sistem, kontrol ve kontrol sistemidir. Sistem, içinde barındırdığı parçaları ile etkileşimi olan ve en az bir işlev ya da amacı olan sürecin adıdır. Kontrol, sistemin istenilen şekilde değiştirilmesi ya da yönlendirilmesi çalışmalarına denir. Kontrol sistemi ise kurulan sistemin üzerinde istenilen kontrolün gerçekleştirilmesi için uygulanan yöntemlerin bütünüdür. En temelde iki tip kontrol sistemi vardır, bunlardan ilki açık çevrim kontrol tipidir [15]. Bu kontrol tipinin en büyük dezavantajı geri besleme olmamasıdır [16]. İkinci tip kontrol sistemi günümüzde neredeyse sistemlerin tamamında kullanılan kapalı tip kontrol sistemidir. Şekil 3.1’de kapalı tip kontrol sisteminin algoritması verilmiştir.



Şekil 3.1. Kapalı çevrim kontrol algoritması [17].

- $r(t)$: Referans giriş
- $d(t)$: Bozucu etki
- $d^*(t)$: Ölçülen ya da tahmin edilen bozucu etki
- $u(t)$: Ayarlanabilir kontrol girişi
- P : Sistem parametreleri
- P^* : Tahmin edilen sistem parametreleri

$c(t)$: Kontrol değişkeni

$c^*(t)$: Ölçülen değişken (algılayıcıdan alınan geri besleme)

Kapalı çevrim kontrol sistemi; üretilen kontrol girişi, ayarlanabilir kontrol girişi, ölçülen çıkış, ölçülen ya da tahmin edilen bozucu etki ve tahmin edilen sistem parametrelerinin bir fonksiyonudur ve Eşitlik 3.1'de verilmiştir [18].

$$u(t) = f(r(t), c^*(t), d^*(t), P^*(t)) \quad (3.1)$$

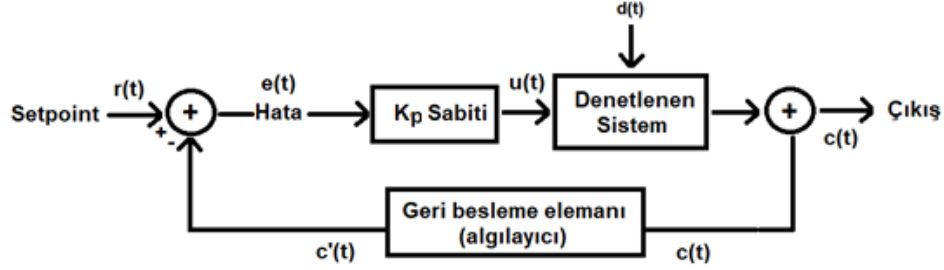
Endüstriyel sistemlerde en çok kullanılan kontrol yöntemleri PID kontrol ve fuzzy (bulanık mantık) kontroldür. Bu iki kontrol sistemi karma olarak da kullanılabilir. Bu iki kontrol sistemi karma olarak da kullanılabilir.

PID kontrol algoritması ile sistemin verilen set değerine ulaşması hedeflenmektedir. Set değeri ile algılayıcılardan alınan çıkışın o anki değeri arasındaki fark hata değeri olarak ortaya çıkar. Girilen PID parametreleri ile hata değeri sıfırlanmaya yani set değeri ile çıkışın değeri eşitlenmeye çalışılır.

3.1. P (ORANSAL) KONTROL

Oransal veya P denetleyici, sisteme verilen setpoint değerini algılayıcıdan gelen geri besleme ile kıyaslayarak bir hata değeri üretir. Üretilen bu hata değeri oransal kontrol sabiti olan K_p ile çarpılarak sisteme çıkış verilir. Bir başka deyişle varmak istenilen ya da ayarlanan noktayı şuanki değer ya da nokta ile geri besleme değeri vasıtasıyla karşılaştırır. Elde edilen hata, çıktı almak için oransal sabit ile çarpılır. Sistem geri beslemesini sağlayan algılayıcıdan sürekli olarak geri besleme alınır ve alınan bu geri besleme değeri sürekli olarak setpoint değeri ile kıyaslanarak sisteme aradaki farkın K_p katsayısıyla ile çarpılmasıyla çıkışa gönderilir [19]. Buradaki amaç hata değerini sıfırlamak, sıfırlanamaz ise de sıfıra en yakın değere çekmektir. Bu denetleyici türü, sistemlerde genelde tek başına kullanılmaz, nedeni ise sürekli duruma asla ulaşamamasıdır. Oransal kontrol kararlı bir işlem sağlar, fakat mutlaka sabit durum hatası meydana getirir. Oransal kontrolün K_p kazanç sabiti artırıldığında çıkışa etki

eden yanıtın hızı artar fakat aşma miktarını da artırdığı gibi sistemin osilasyona girmesine de neden olabilmektedir. Şekil 3.2’de oransal kontrol algoritması gösterilmiştir.



Şekil 3.2. P (Oransal) kontrol algoritması [17].

P kontrolde denetlenen sistemin şuan ki değeri ile son denetim elemanının durumu arasında sabit lineer bir ilişki vardır.

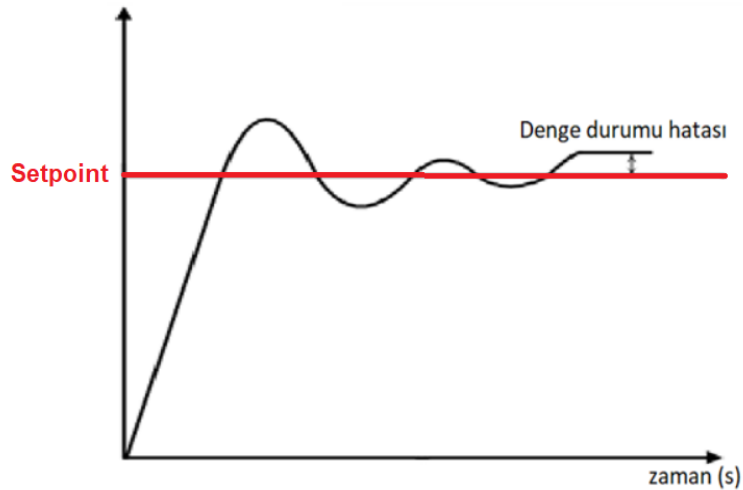
Oransal kontrol sisteminde genel olarak kazançtaki artışın hata değerini azalttığı görülmektedir fakat set değeri civarında osilasyona neden olabilmektedir [20]. K_p kazanç değeri, osilasyonların oluşması ile hatanın minimum değere çekilmesi arasında optimum bir değere ayarlanmalıdır. Diğer bir deyişle osilasyona neden olmayan maksimum değere ayarlanmalıdır. Oransal kontrol denetimin bir diğer sorunu da yük değişimi nedeniyle oluşan hatayı tamamen ortadan kaldıramamasıdır. Yük değişimi, proseslerdeki dengeli durumu devam ettirebilmek için çıkış pozisyonunun veya değerinin değiştirilme ihtiyacına neden olmaktadır. Kalıcı bir hata, prosesin gerçek değerinin set değerinden kaymasına neden olur. Oransal denetleyicide oluşan bu sabit hataya “kalıcı durum hatası” ya da “oransal ofset” denilmektedir. Oransal ofset büyüklüğü yük değişimi ve oransal kazanç değeri ile orantılıdır. Bu sebeplerden ötürü oransal denetleme yöntemi oransal ofset değerinin kabul edilebilir bir seviyeye inmesi için oransal kazanç değerinin yeteri kadar büyüklükte ayarlanabildiği küçük kapasiteli sistemler için daha uygundur.

Otomatik denetleme sistemleri dinamik sistemlerdir [21]. Dinamik sistemlerde “geçici durum” ve “kalıcı durum” olmak üzere iki tip davranış vardır. Geçici durum davranışı,

sistemin dışarıdan bir uyarı tarafından belli bir başlangıç değerinden bir sonraki duruma kadar olan zaman değişimine bağlı olarak göstermiş olduğu sistem davranışına denir. Kalıcı durum davranışı ise sistemin geçici durum davranışını bitirdikten sonra teorik olarak sonsuza kadar koruduğu sistem davranışı demektir. Set değeri ile gerçek değer arasındaki hata değeri çok düşük olduğunda ya da oransal kazanç değeri düşük seçildiğinde kalıcı durum hatası oluşabilir. Oransal kazanç değeri çok yüksek seçildiğinde ise sistem osilasyona girip kararsız duruma gelebilir. Oransal denetim yönteminde bir başka önemli konu da sistemin bozucu etkiler karşısında oluşturduğu tepkideki zaman gecikmesidir. Sistemin kazancındaki değişimden bu zaman gecikmesi de etkilenir [22]. Oransal etkisinin çıkış gerilimi Eşitlik 3.2’de verilmiştir.

$$c(t) = K_p e(t) \quad (3.2)$$

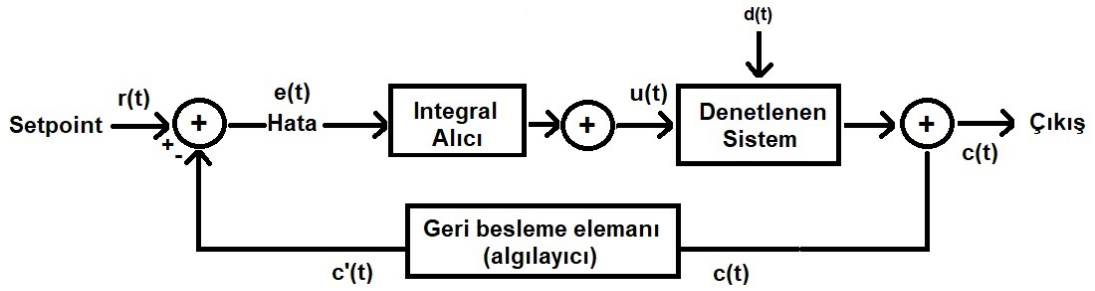
Oransal kontrol yönteminin çoğunlukla tek başına kullanılmamasının nedeni, kontrol edilen sistemin kalıcı duruma ulaştığında gözardı edilemeyecek bir hata payına sahip olmasıdır. Bu hatayı engellemek adına istenildiği takdirde sisteme bias verilerek manuel olarak istenilen pozisyona getirilebilir, fakat gerçekteki uygulamalarda her zaman bu işlem beklenen sonucu vermeyebilir ya da uygulanamayabilir. Ayrıca bu kontrol çeşidinde ciddi derecede zirve aşımının bulunması da, en büyük dezavantajlarından biridir. Oransal kontrolün genel sistem tepkisi Şekil 3.3’te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. P kontrolün genel sistem tepkisi.

3.2. I (INTEGRAL) KONTROL

İntegral kontrol yöntemi sistemin çıkışını hata sinyalinin integraliyle orantılı olacak şekilde değiştirir. Gerçek değer ile set değeri arasında fark yani hata olduğu müddetçe sistemin çıkışında bir değişime neden olur. İntegral kontrolün algortiması Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

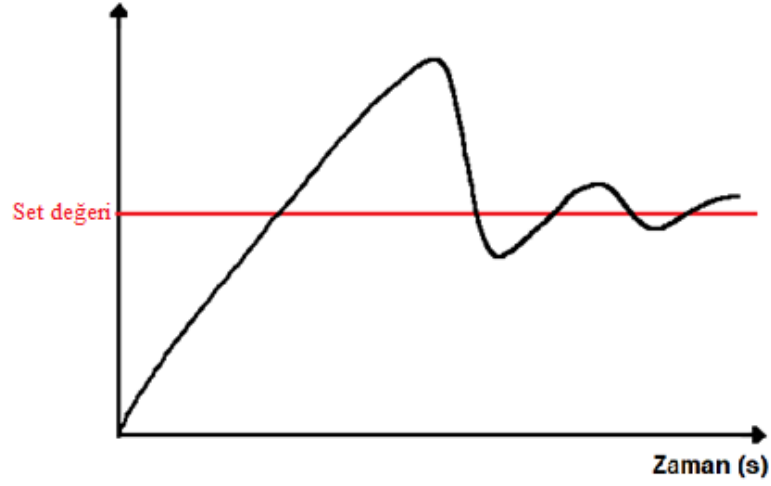


Şekil 3.4. I (Integral) kontrol algoritması [17].

Hatanın sabit değeri integral işlemi sonrasında sistem çıkışında bir değişime sebep olur. Değişimdeki bu hız da hatanın büyüklüğüne bağlıdır. İntegral kontrol sistemi çoğunlukla oransal kontrol ile beraber kullanılır. Daha önce de bahsettiğimiz üzere oransal denetim nedeniyle oluşan çıkıştaki değişimin karşılanabilmesi için belirli bir hıza ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç duyulan hıza ise “integral etki hızı” denilir. İntegral etkisinin çıkış gerilimi Eşitlik 3.3'te verilmiştir.

$$c(t) = K_i \int e(t) dt \quad (3.3)$$

Bu kontrol tipinin tek başına kullanılmamasının ana nedeni temel olarak sistem kalıcı duruma gelene kadar sistemin set değerinden yüksek oranlarda sapma yapmasıdır. Bu bağlamda maksimum aşma değerinin bu kontrol tipinde çok yüksek olduğu söylenebilir. Sistemin set değerinin büyük oranlarda değiştiği proseslerde kullanılması mantıklı olmamakla beraber, eğer set değerlerindeki değişikliklerin az olduğu ve maksimum aşma değerinin de büyük olmasının önem arzetmediği proseslerde kullanılabilir. Teoride kalıcı durumda hatanın sıfırlandığı bir kontrol çeşididir [23]. İntegral kontrolün genel tepki grafiği Şekil 3.5'te gösterilmiştir.

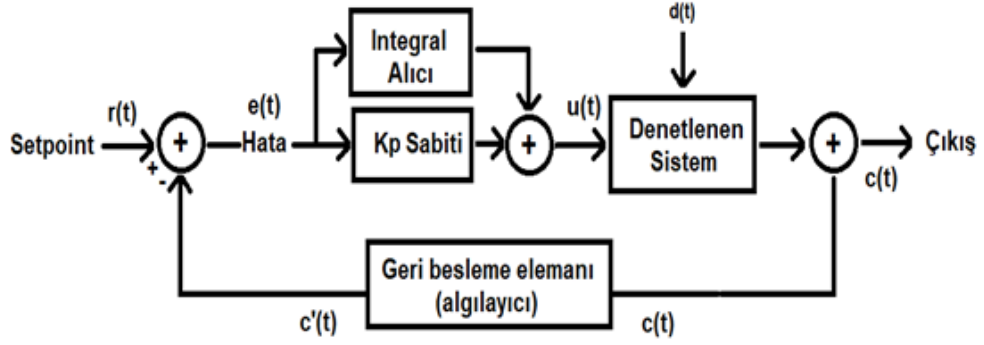


Şekil 3.5. I kontrolün genel sistem tepkisi.

3.3. PI (ORANSAL-INTEGRAL) KONTROL

İntegral kontrol sisteminin yalnız başına kullanıldığında sisteme olan etkisine yukarıda değinilmişti. Pratikte kurulan birçok sistemde kalıcı durum hatası ya da oransal ofset değeri kesinlikle kabul edilemez. Bu yüzden oransal kontrol sisteminin en büyük zaafı olan kalıcı durum hatasının yok edilmesi ve sistem çıkışında oluşan zayıf denetim sinyallerinin yükseltilmesi gereklidir.

İntegral alma yöntemi kalıcı durum hatasını gidermede oldukça etkilidir [24]. Özellikle kullanılmasının nedeni de oransal denetimden kaynaklanan oransal ofseti ortadan kaldıran bir otomatik resetleme sağlamasıdır. Bununla birlikte yükseltme değeri arttıkça hatanın değeri de bununla birlikte azalacaktır. Bu sebeple, hata değeri uzun süreler boyunca sıfırlanmamaya devam ederse denetleyici çıkışı da kademeli olarak yükseltilmelidir. Bu hata değerinin integrali alınıp denetleyici çıkışına eklenme işlemine oransal-integral (PI) denetim sistemi denir. Şekil 3.6'da oransal-integral (PI) denetim sisteminin blok diyagramı verilmiştir.

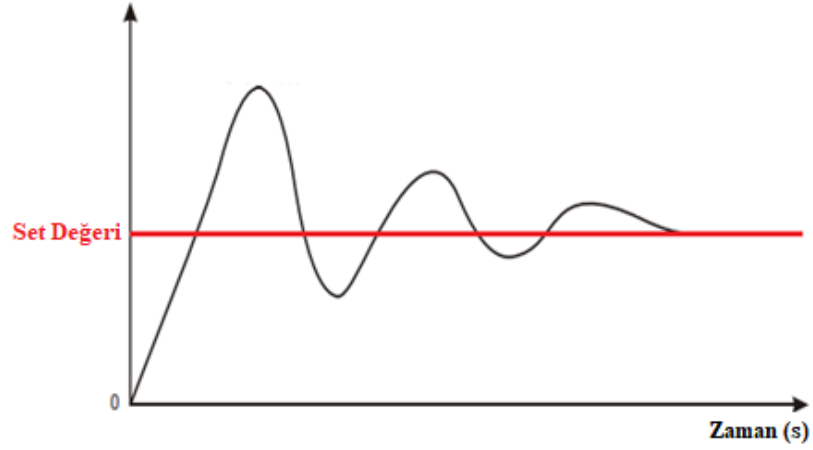


Şekil 3.6. PI denetleyici algoritması [17].

Oransal-integral (PI) denetim sisteminin transfer fonksiyonu Eşitlik 3.4'teki gibi yazılabilir.

$$c(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt \quad (3.4)$$

PI kontrol yöntemi, endüstriyel sistemlerde en fazla kullanılan PID kontrol türüdür. Bu kontrol yöntemi, ilerleyen süreçlerde bozunumlarla karşılaşılacak olan sistemlerde rahatlıkla kullanılabilir. Bunun sebebi ise türevsel kontrolün katsayısı, sisteme genelde sadece ileride karşılaşılabilecek hataları düzeltmekte işe yarar. Bu nedenle bozunum olmayacağı düşünülen sistemler için PID kontrol yerine PI kontrol kullanmak sistem maliyetini azaltacaktır. Teoride, PI kontrollü sistemin kalıcı durum hatası bulunmamaktadır ve maksimum aşma değeri integral ya da oransal kontrolün tek başına kullanıldığı sistemlere kıyasla daha düşüktür. Oransal-İntegral (PI) kontrol sisteminin genel tepki grafiği Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

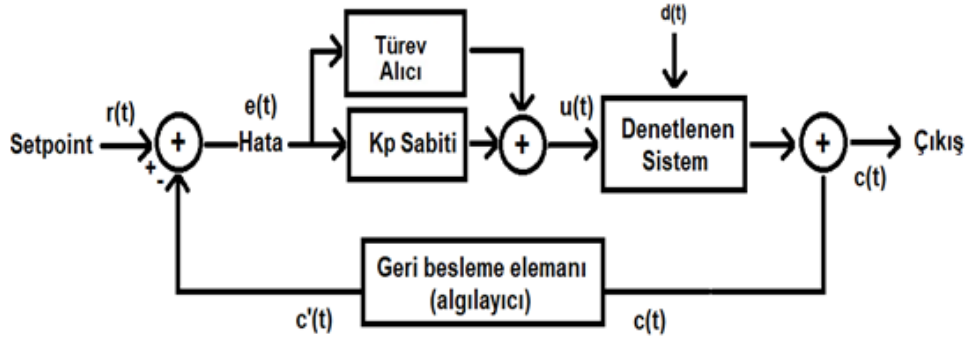


Şekil 3.7. PI kontrolün genel sistem tepkisi.

3.4. PD (ORANSAL-TÜREVSEL) KONTROL

Türevsel kontrol yöntemi sistemin gerçek değeri ile set değeri arasındaki fark olan hata değerinin değişim hızı ile orantılı olarak sistemin çıkış değerini değiştirir. Türevsel denetim, hata değerinin hangi ivme ile değiştiğini gözlemleyerek bu hata değerini sezinemeye çalışır. Beklenen bu hata değerini azaltmak amacıyla bir denetim hareketi üretmek için bu hata değişim hızını kullanır. Türevsel denetim, yalnızca hatanın değiştiği durumlarda sistem çıkışına katkıda bulunur. Bu nedenle bu yöntem daima oransal denetimle ve çoğunlukla da bunlara ilave olarak integral denetimle birlikte kullanılır. Türevsel denetim yöntemi asla tek başına kullanılamaz.

Sistemin her safhasında türev değeri hata sinyalinin değişim hızı ile ya da diğer bir deyişle hata değerinin eğimiyle elde edilir [25]. Türevsel denetim sisteminin basamak cevabı alındığında 90 derecelik bir hata değişimi olduğunda sonsuz bir çıkış eğimi oluşacaktır, ayrıca teoriksel manada türevsel denetim yöntemi, sistem çıkışına sonsuz bir değişimle tepki vermelidir, tüm bu nedenler türevsel denetimin pratikte neden kullanamayacağının cevabını vermektedir. Bunlara rağmen türevsel denetim, pratikte sık sık oluşan ve sistemde istenmeyen gürültülere neden olan denetleyici hassasiyetini büyük oranda azaltır. Şekil 3.8’de oransal-türevsel (PD) denetleyicinin blok şeması verilmiştir.



Şekil 3.8. PD denetleyici algoritması [17].

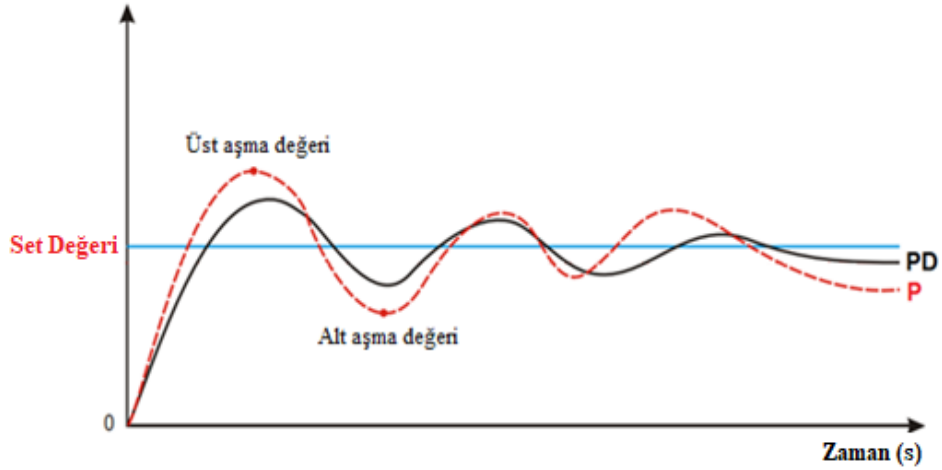
PD denetimin çalışma prensibi; sistemin geri besleme değeri ile set değeri arasındaki fark olan hata değerinin türevi alınır. Aynı zamanda bu hata değeri oransal denetleyiciden geçer ve bu iki sistem bir toplayıcı devresinde toplanır. PD denetleme sistemindeki türevsel etkinin asıl amacı maksimum (overshoot) ve minimum (undershoot) aşma değerlerini azaltmaktır. Sistemde maksimum ve minimum aşma değerleri azalırken bir miktar da olsa sapma kalabilmektedir.

Türevsel yöntem ile oransal yöntem birleştiğinde oransal kazanç değeri daha yüksek ayarlanabilir ve sistemin osilasyona girme eğilimi azaltılabilir. Yukarıda da anlatıldığı üzere, türevsel etki hata sinyalinin gelecekteki değerini sezinler ve buna bağlı olarak sistemin çıkış değerini değiştirir. Bu sezinleyici hareket hızlı ve ani yük değişimleri olan sistemlerin kontrolünde türevsel yöntemi oldukça kullanışlı ve avantajlı hâle getirir. Bu nedenle hızlı ve ani yük değişimleri aşırı hata meydana getirdiğinde, çoğunlukla türevsel yöntem oransal veya oransal-integral denetimleri ile birlikte kullanılır. Türevsel yöntemin sağladığı bu denetim hareketi denetlenen değişkendeki osilasyonlara engel olarak set değerinden sapan ani değişimlere karşı direnç oluşturur. Oransal-türevsel (PD) denetim sisteminin transfer fonksiyonu Eşitlik 3.5'deki gibi yazılabilir.

$$c(t) = K_p e(t) + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (3.5)$$

Denetlenen bir sistemde hatanın değişim hızı ya da bir başka deyişle hatanın eğimi ne kadar hızlı artarsa maksimum aşma değeri de o kadar büyük olacaktır. Böyle

durumlarda ne oransal denetim ne de integral denetim bu değişim hızına karşı tepki veremez. Hata değerinin değişim eğimi arttıkça türevsel denetim, sistemin hata değerini kabul edilebilir seviyelere yerleşmesini sağlayacaktır. Türevsel etki düzeltici etkisini hızlı bir şekilde gösterdiği için, özellikle hızlı hata değişimlerinin olduğu kısa süreli sistemlerde kullanılması daha uygun olacaktır. Oransal-türevsel (PD) denetimin genel tepki grafiği Şekil 3.9’da gösterilmiştir.

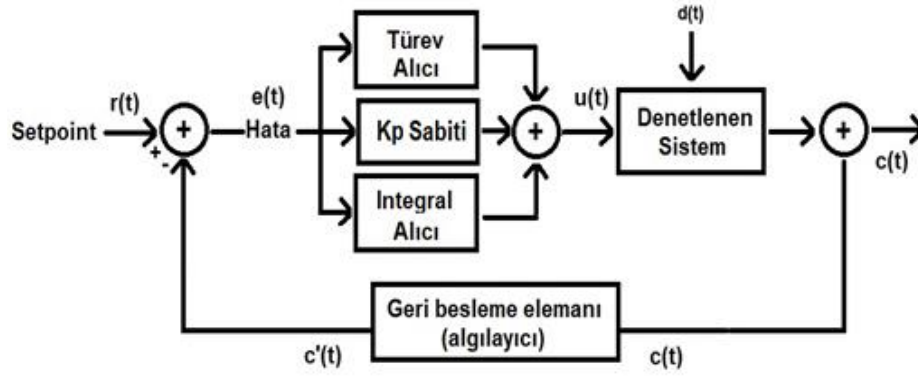


Şekil 3.9. PD kontrolün genel sistem tepkisi

3.5. PID (ORANSAL-INTEGRAL-TÜREVSEL) KONTROL

PID denetleme sistemi oransal, türevsel ve integral denetim yöntemlerinin birleşmesinden oluşmaktadır [26]. PID denetim sistemine üç modlu kontrolör de denilmektedir. Daha önce de değinildiği gibi integral denetimi büyük yük değişimleri sebebiyle ortaya çıkan oransal ofseti azaltmak ve/veya yok etmek için kullanılmaktadır. Türevsel denetim ise sistemin osilasyona girme eğilimini azaltmakta ve hata sinyalini önceden sezmekte kullanılmaktadır.

Şekil 3.10’da oransal-integral-türevsel (PID) denetleyicinin blok şeması verilmiştir.



Şekil 3.10. PID denetleyici algoritması [17].

PID denetim yönteminde sistemin gerçek değeri ile set değeri arasındaki fark olan hata değerinin türevi ve integrali alınır [27]. Hata değeri oransal denetleyici devresinden geçirilir ve toplayıcı devresinde türevsel değer, integral değeri ve oransal değer sonucu oluşan hata değeri toplanır.

PID kontrolün transfer fonksiyonu Eşitlik 3.6’da verilmiştir.

$$c(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (3.6)$$

Bir PID denetim sistemi devresinde oransal, türevsel ve integral katmanları çoğunlukla ayrı ayrı bulunur ve sonuç kısmında bu katmanlar toplanır. PID denetim sistemi devresi analog olabildiği gibi dijital de olabilir [28]. Şayet PID denetim devresi dijital bir devrede kullanıyor ise içerisinde ilave olarak ADC ve DAC çeviriciler kullanılır.

PID denetim yöntemi günümüz endüstrisinde birçok alanda kullanılmaktadır. Örneğin, sıvı seviye kontrol sistemleri, motor kontrol sistemleri, sıcaklık kontrol sistemleri gibi ve daha birçok buna benzer kapalı çevrim kontrol sistemlerinde kullanılmaktadır [29].

PID denetim sistemini oluşturan katmanların her biri sistemde farklı bir etki meydana getirir. Oransal katman, yükselme zamanının azalmasında etkili iken oluşan kalıcı durum hatasında etkisizdir. İntegral katmanı, oluşacak olan bu kalıcı durum hatasını ortadan kaldırmakta etkilidir fakat geçici olarak değişen hızlı değişimlerde etkisizdir

ve durumun daha da kötüleşerek sistemin osilasyona girmesine neden olabilmektedir. Türev katmanı ise hızlı yük değişimlerin olduğu sistemlerde, sistemin kararlılığını artırır, maksimum aşmaları azaltır ve geçici fakat hızlı olan tepkileri iyileştirir [30].

Kapalı çevrim bir sistemde her bir katmanın etkisi K_p , K_i ve K_D katsayıları verilerek Çizelge 3.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.1. PID kontrolörlerin ayrı ayrı sisteme olan etkisi [29]

Kontrolör	Kazanç	Yükselme zamanı	Aşım	Oturma zamanı	Kalıcı durum hatası
Oransal	K_p	Azaltır	Artırır	Biraz artırır	Azaltır
Integral	K_i	Biraz azaltır	Artırır	Artırır	Yok eder
Türevsel	K_D	Biraz değiştirir	Azaltır	Azaltır	Çok az etkiler

Herhangi bir sistemde PID denetleme yöntemi kullanılacaksa ya da PID denetleme devresi oluşturulacaksa; buna ilave olarak PID katsayılarını hesaplayan bir otomatik kontrol algoritması da yoksa uygun katsayıların bulunma işleminin işlem basamakları aşağıda sıralanmıştır.

- İlk olarak oransal katman katsayısı olan K_p değeri ayarlanır. Bu arada integral katman katsayısı olan K_i ve türevsel katman katsayısı olan K_D sıfır yapılır. Ardından K_p katsayısı, çıkıştaki hatayı en aza indirmek amacıyla sıfırdan başlayarak yavaş yavaş artırılır. Sistemin gerçek değeri set değerine en yakın olduğu noktadaki kalıcı durum hatasına kadar bu artırma işlemine devam edilir ve en yakın olduğu noktada bu değer bırakılır.
- Sonrasında ikinci adım olarak birinci adımda bulunan K_p katsayısı değeri ve sıfır yapılan K_i katsayısı değeri değiştirilmeden türevsel katman katsayısı olan K_D değeri maksimum aşmanın kabul edilebilir bir seviyeye inene kadar artırılır. Sistemin kalıcı durum etrafında gerçek değer set değeri etrafındaki salınımına bakılır ve minimum genlikli salınımda K_D değeri ayarlama işlemi bırakılır.

- Birinci ve ikinci adımda bulunan K_p ve K_D katsayı değerleri ile sistem çıkışında bir kalıcı durum hatası meydana gelmiştir. Bu kalıcı durum hatası sıfırlanana kadar integral katman katsayısı olan K_i değeri artırılır [31]. Şayet K_i katsayısının artırılmasına rağmen kalıcı durum hatası sıfırlanmıyor ise sıfıra en yakın noktada ayarlama işlemleri bırakılır.

BÖLÜM 4

HİDROLİK SİSTEMLER

Hidrolik sözcüğü, Yunancada su manasına gelen hydr ve boru manasına gelen aulikos kelimelerinin birleşiminden meydana gelmiştir. Mekanik manada ise hidrolik, sıvı maddeler vasıtasıyla hareket veya kuvvet üretilmesi ve bu hareket veya kuvvetin yönetimi manasına gelmektedir. Bu bağlamda hidrolik sistemler, elektrik motorunun tahrik ettiği bir pompa ve sıkıştırılmaz özelliğe sahip akışkanların kullanılmasıyla akışkan basıncının, debisinin ve yönünün kontrolü yapılarak elde edilen enerji ile doğrusal, dairesel ve açısal hareket sağlanan sistemlere denilmektedir. Özellikle yüksek tork gerektiren sistemlerde güç sağlanımı, hidrolik sistem yerine elektrik motorlarından sağlanmaya çalışılırsa, devasa güçte motorların kullanılması gerekmektedir fakat bunun yerine çok daha küçük motor gücü ve pompa yardımıyla kurulan hidrolik sistem ile ihtiyaç duyulan bu tork daha az maliyet ile sağlanabilmektedir [32].

4.1. HİDROLİK SİSTEMLERİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

4.1.1. Avantajları

- Hidrolik sistemler sessiz çalışır.
- Hidrolik akışkanlar, sıkıştırılma özelliği olmadığı için titreşimsiz hareket elde edilebilmektedir.
- Çalışma basıncının yüksek olması gereken sistemlerde kullanılabilirler.
- Hareketli sistemlerde hareketin devam etmesi anında bile hız ayarına müsaade ederler.
- Sistemde kullanılan akışkan tipi hidrolik yağ olduğu için devre elemanları da yağlanmış olurlar. Bu sayede ekipmanların aşınmaları önlenmektedir. Ayrıca ilave yağlama sistemine ihtiyaç duyulmasının önüne geçerler.

- Sistemlerde kullanılan emniyet valfleri sayesinde sistemin güvenli çalışmasını sağlarlar.
- Çok hassas hız ayarı yapılmasına imkan tanırırlar.
- Hidrolik sıvısında meydana gelen ısınmanın çevreye yayılmasını sağlayarak ekipmanların aşırı sıcaktan korunmasına yardımcı olurlar.
- Hidrolik devrede kullanılan elemanlar genellikle uzun ömürlüdür, bu yüzden sık değişime ihtiyaç duymazlar.

4.1.2. Dezavantajları

1. Hidrolik akışkanlar, yüksek sıcaklıklara karşı aşırı hassastırlar. Aşırı sıcaklık, akışkanın vizkozitesini değiştirdiği için sistem üzerindeki ekipmanların çalışmasına negatif etki eder. Ayrıca sistem üzerindeki ekipmanların ısınıp bozulmalarına yol açabilir.
2. Çoğu sistemde hidrolik devre elemanlarının yüksek basınçlarda çalıştırılması gerektiği için ekipmanlar sağlam olmalıdır, bu da maliyeti artırmaktadır.
3. Hidrolik devre elemanlarının basınç düşümü, sızdırmazlık gibi nedenlerden dolayı bağlantıları sağlam olmalıdır.
4. Hidrolik akışkanlar, sürtünmeye karşı dirençlerinin yüksek olması nedeniyle uzak mesafelerde kullanılamazlar.
5. Hidrolik akışkanlar hava ile temasa karşı çok hassastır. Akışkan içindeki hava sistemde gürültü ve titreşime yol açar, bu nedenle düzenli hızlar elde edilmesine mani olur. Bu yüzden düzenli ve hassas bakıma gereksinim duyarlar [33].

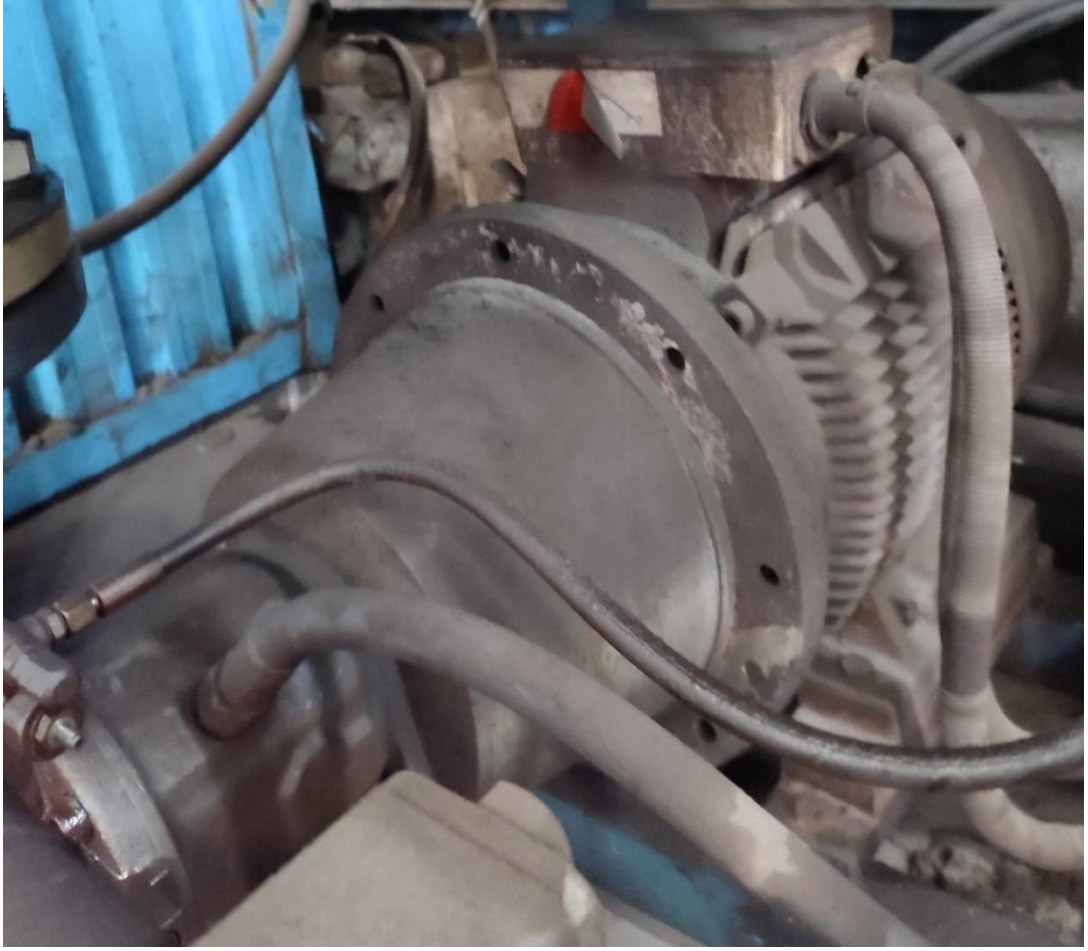
4.2. HİDROLİK SİSTEM VE EKİPMANLARI

Hidrolik sistemlerde birçok ekipman bulunmaktadır fakat aşağıda deneyde kullanılan başlıca ekipmanlar tanıtılacaktır.

4.2.1. Pompalar

Hidrolik sıvısı tank adı verilen bir kaptaki tutulmaktadır. Tankta bulunan sıvının, istenilen veya ayarlanan basınçta ve debide sisteme gönderilmesini sağlayan devre elemanına pompa denir. Pompalar, mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çevirirler. Pompalar, dönme hareketlerini elektrik motorundan alırlar. Genel kanının aksine pompalar basınç oluşturmazlar. Basınç, akışkan sıvının sistemde bir engelle karşılaştığında kendiliğinden oluşur [34].

Pompa seçimi yapılırken, en önemli kriter kullanılacak sistemin işlevini yerine getirebilecek debi ve basıncı üretebilecek güçte seçmektir. Pompaların filtreleri katalogunda yazan tipte kullanılmalıdır. Pompaya uygun olmayan filtre ve akışkan kullanımı, pompadan yeteri kadar verim alınmasına ve kısa zamanda arızalanmasına neden olacaktır. Pompanın ilk çalıştırma anında, elektrik motorunun dönüş yönü ile pompa milinin dönüş yönünün birbirine uygun olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca pompaya enerji verilmeden önce mutlaka içindeki koruyucu yağlar temizlenmelidir. İlk hareket esnasında basınç borusunda kalan havası alınmalıdır, emiş borusu ise hidrolik sıvı ile doldurulmalıdır. Ayrıca yağ seviyesi sık sık kontrol edilmelidir keza yağsız şekilde çalıştırılan pompa, hem kendine hem de tahrik eden motora zarar verebilmektedir. Hidrolik sıvısı her türlü olumsuz ortamdan korunmalıdır. Devremizde kullanılan pompa Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

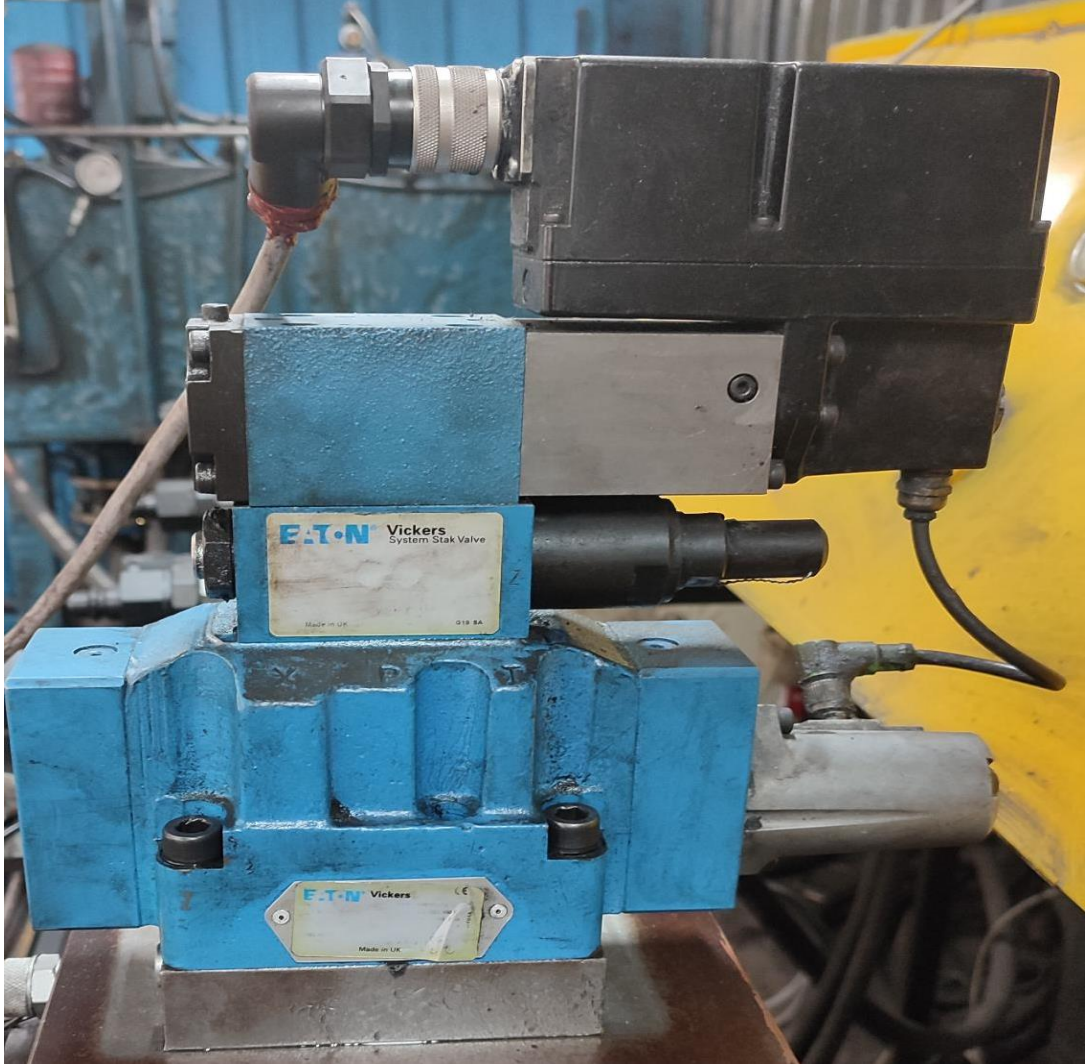


Şekil 4.1. Pompa ve bu pompaya güç sağlayan elektrik motoru.

4.2.2. Valfler

Hidrolik valfler, bir hidrolik devrede ya da sistemdeki akışkanın debisini ve geçme yönünü veya şiddetini düzenlemekte kullanılan mekanik ekipmanlardır. Bir akışkan hattını tamamen kapatmak, basınçlı akışkanı yeniden yönlendirmek veya belirli başka bir alana akış seviyesini kontrol etmekte kullanılırlar. Çok çeşitli tiplerde tasarlanabilen bu valfler, fiziki, mekaniki, pnömatiksel, hidroliksel veya elektriksel kumanda ile manuel veya otomatik olarak kontrol edilebilirler. Hidrolik valfler, çok yüksek miktarlarda sıvı basıncına dayanabilen ekipmanlardır. Bu nedenle, çok yüksek basınç gerektiren sistemlerde sürekli çalışmaya dayanmak için yeterli dayanıklılığa sahip demir, çelik ya da diğer metallerden yapılırlar [35].

Çeşitli kumanda yöntemiyle çalışan valfler vardır, endüstride en çok kullanılan tipleri elektrikli kumandalı valflerdir. En sık kullanılan ve bilinenleri kilit valfi, on-off valf, oransal valf ve servo valflerdir. Oransal ve servo valflerin elektrikli kumandasının da kendi içinde çeşitleri vardır, teze konu olan deneyde kullanılan valfin kumanda yöntemi $\pm 10V$ ile çalışmaktadır. Bunun için şöyle bir örnek verelim, valfin içindeki sürgünün boyu 10 mm olsun, haliyle orta noktası 5 mm olacaktır. Valfin kumanda sinyali -10 V ile 0 V arasında geldiğinde valf sürgüsünü 0 mm ile 5 mm arasında açar. Örneğin -5 V sinyal gönderildiğinde valfin sürgü konumu 2,5 mm'de olacaktır. Kumanda sinyali 0 ile 10V arasında geldiğinde ise valf sürgüsünü 5 mm ile 10 mm aralığında açacaktır. Örneğin +8 V sinyal geldiğinde valf sürgünü 9 mm'ye çekecektir. Devremizde kullanılan oransal valf Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Hidrolik oransal valf.

4.2.3. Silindirler

Günümüzde lineer motor adıyla da bilinen hidrolik silindirler, akışkan sıvının hidrolik enerjisini mekanik enerjiye çeviren ekipmanlardır. Hidrolik sistemlerin neredeyse tamamı nihai olarak bir hidrolik silindiri tahrik ederler. Genel olarak ileri-geri hareket yapan mekanik ekipmanlardır. Hidrolik silindirlerin tek etkili, çift etkili, tandem, teleskobik gibi çeşitleri mevcuttur ve çok çeşitli uygulamalarda kullanılırlar. Ray ve Profil Haddehanesi'nde kullanılan silindirlerin tamamı çift etkili tek milli silindirlerdir. Teze konu olan ve deneyde kullanılan da bu tiptedir.

Bir hidrolik silindirin, istenilen çalışmayı sağlayabilmesi için için mutlaka içerisinde basınçlı sıvıyı sızdırmadan hapsedebilmesi gerekmektedir. Silindirin içinde oluşacak iç veya dış kaçaklar, silindir içerisindeki basıncın düşmesine ve kritik bir seviyeye gelmesi halinde ise silindirden istenilen görevi yerine getirememesine neden olabilir [36]. Devremizde kullanılan hidrolik silindir Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Hidrolik silindir.

4.2.4. Lineer Cetveller

Lineer potansiyometre de denilen lineer cetveller, konum sensörlerinin bir türü olarak ifade edilebilir. Konum sensörleri bir cismin veya nesnenin hareketini algılayan ve bu hareketi uygun sinyallere dönüştüren cihazlardır. Bunun yanı sıra konum sensörleri bir

nesnenin mesafesini veya yer değiştirme miktarını da ölçmekte kullanılabilirler. Dönüşümü yapılan bu elektrik sinyalleri ile hareketin hem yönü hem de şiddeti (genliği) ölçülmüş olur. Bu yüzden lineer cetvellere ilave olarak lineer enkoder, potansiyometre, döner sensörler gibi farklı cihazlar da kullanılabilir. Günümüz endüstrisinde en fazla ihtiyaç duyulan modeller ise lineer cetveller ve lineer enkoderlerdir. Doğrusal hareketi ölçmek için özellikle lineer cetveller tercih edilir.

Çoğu zaman lineer cetvellere temassız lineer enkoder de denilmektedir. Böyle denilmesinin temel sebebi ölçümün temassız olarak yapılmasından kaynaklanmaktadır. Ölçüm prensibi ise manyetostriktif olarak da tanımlanmaktadır. Bu cihazların bazı modelleri elektrik kesilmesi durumlarında pozisyon bilgisini kaybetmezler. Bu özellikleri sayesinde elektrik enerjisi geri geldiğinde bağlı olduğu milin ya da silindirin pozisyon bilgisi kaybedilmemiş olur.

Endüstrinin vazgeçilmez ekipmanları konumunda bulunan lineer cetveller çok farklı alanlarda ve çok farklı uygulamalarda kullanılmaktadırlar. Neredeyse her ihtiyaca uygun modelleri ve çeşitleri bulunmaktadır. Endüstriyel sistemlerde yaygın kullanımlarına örnek verecek olursak pres makinaları, bükme makinaları, manuel tezgahlar, robotik ambalajlama sistemleri, malzeme ambalajlama sistemleri, lineer yataklama sistemleri, otomasyon uygulamaları ve robotik uygulamalar gösterilebilir. Lineer enkoder seçimindeki en kritik etmen istenilen sisteme uygun olmasıdır.

Deneyde kullanılan lineer cetvelin markası MTS sensor, modeli ise Temposonic'tir. Bu sensörler bir adet ferromanyetik dalga kılavuzu, bir adet pozisyon mıknatısı, bir adet gerilim darbe dönüştürücüsü ve destekleyici elektronik parçalardan oluşmaktadır. Kullanımı ise hareket halindeki nesneye bağlı olan mıknatıs, dalga kılavuzu üzerinde bir manyetik alan oluşturmaktadır. Bu dalga kılavuzuna çok kısa bir akım darbesi uygulandığında dalga kılavuzunda anlık bir radyal manyetik alan ve burulma gerilimi oluşturur. Manyetik alanların bu anlık etkileşimi, dalga kılavuzunun uzunluğunu yayan bir burulma gerilim darbesi serbest bırakır. Oluşan ultrasonik dalga, dalga kılavuzunun sonuna vardığında bir elektrik sinyaline dönüştürülür. Dalga kılavuzundaki ultrasonik dalganın hızı zaten bilindiğinden, dönüş sinyalini almak için

gerekli olan süre, yüksek doğruluk ve tekrarlanabilirlik ile doğrusal bir pozisyon ölçümüne dönüştürülmektedir. Temposonic sensörler mutlak pozisyon bilgisi verdikleri için herhangi bir enerji kesintisi durumunda pozisyon bilgisinin kaybolmadan iletilmesini sağlarlar [37]. Devremizde kullanılan lineer cetvel Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Lineer cetvel.

BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. DENEYDE KULLANILAN EKİPMANLAR

Deneyde bir adet 200 lt kapasiteli hidrolik tank, bir adet 280-350 bar arasında basınç sağlayabilen, 37 kW motorlu hidrolik pompa, 155 mm strok uzunluğunda bir adet hidrolik silindir, bir adet ± 10 V aralığında çalışan oransal valf, bir adet MTS sensor marka lineer cetvel ve Siemens marka dört farklı PLC kullanılmıştır. Devremizde kullanılan malzemeler Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Hidrolik test devresinde kullanılan ekipmanlar.

Sıra No	Ekipman	Özellikler
1	Hidrolik tank	200 lt
2	Hidrolik pompa	280-350 bar arasında basınç sağlayabilen, 37 kW motorlu
3	Hidrolik silindir	155 mm strok boyu
4	Oransal valf	Eaton marka, ± 10 V analog çıkışlı
5	Lineer cetvel	MTS sensor marka GHM0150MD601A0 kodlu, 4..20 mA çıkışlı
6	PLC1	S7-314C-2 PN/DP, Siemens marka, S7-300 model, 196 KB work memory (order kodu: 314-6EH04-0AB0)
7	PLC2	S7-414-2 DP, Siemens marka, S7-400 model, 2 MB work memory (order kodu: 6SE7-414-2XG04-0AB0)
8	PLC3	S7-1214C, Siemens marka, S7-1200 model, 100 KB work memory (order kodu: 214-1AG40-0XB0)
9	PLC4	S7-1511C-1 PN, Siemens marka, S7-1500 model, 175 KB work memory (order kodu: 6ES7511-1CK01)

5.2. DENEY DÜZENEĞİNİN KURULMASI VE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Ray ve Profil Haddehanesi'nde check valfler, kilit valfleri, yön valfleri, oransal ve servo valfler kullanılmaktadır. Bu valflerin birçoğu, hidrolik sıvısına karışan ve filtrelerden de bir şekilde geçip bu valflerin tıkanması neticesinde arızalanmaktadır. Arızalanan valfler için bir test ünitesi kuruldu. Bu test ünitesinin otomasyon kısmı Şekil 5.1'de görüldüğü şekliyle hazırlandı.

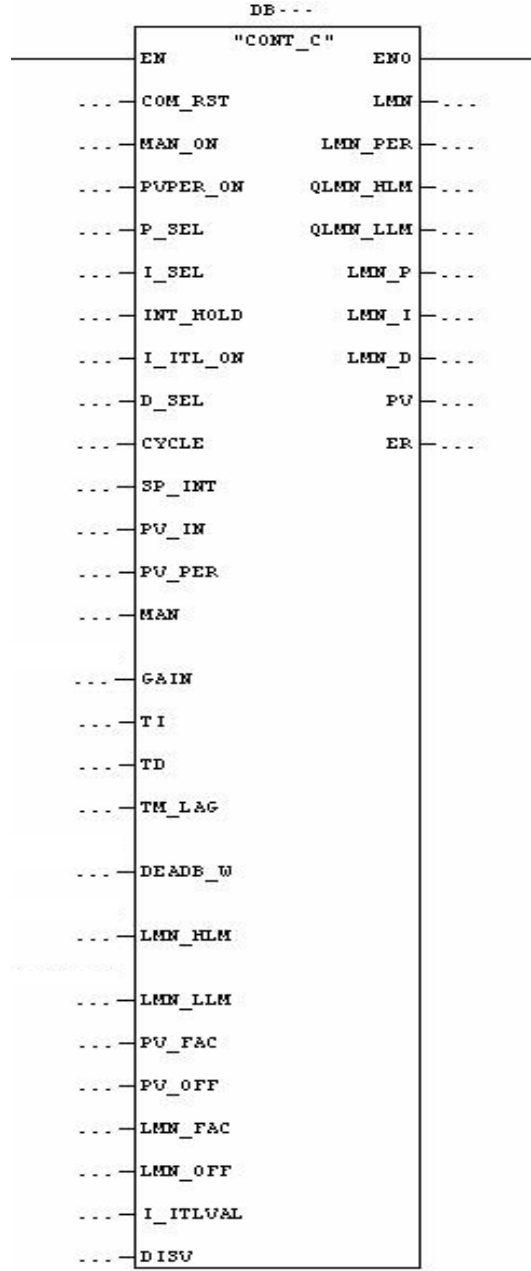


Şekil 5.1. S7-300 serisi PLC ile kurulan test ünitesi.

Test ünitesinde bir adet güç modülü, bir adet S7-300 serisi PLC, bir adet DI8xDC24V dijital giriş kartı, bir adet AI5/AO2x12Bit analog giriş-çıkış içeren kart, bir adet DO 32xDC 24V/0.5A dijital çıkış kartı, bir adet AO 4x12Bit analog çıkış kartı ve bir adet Simatic Touch Panel kullanılmıştır. Kilit ve yön valfleri için dijital çıkış modülü, oransal ve servo valfler için ise analog çıkış modülleri kullanılmıştır. Silindirin pozisyon bilgisi ise analog giriş modülü ile okunmaktadır.

Ray ve Profil Haddehanesi'nde üretilen ray malzemeleri test merkezinde geometriksel, yüzeysel ve ultrasoniksel testlerden geçmektedir. Bu testlerde kullanılan problemlerin bağlı olduğu şaselerin fiziki kontrolleri DHVC adı verilen ve Kanada menşeli kartlar ile sürülen oransal valflerle yapılmaktaydı. Geri besleme bilgisi ise şaselerin hareketini sağlayan hidrolik silindirlerin üzerinde bulunan lineer cetvel ve raya olan mesafe bilgisini veren metal yaklaşım sensörleri ile alınmaktadır. Bu DHVC kartlarında bulunan program, firma tarafından Kardemir A.Ş.'ye verilmemiştir. Yaşanılan arızalarda ise programın olmamasından kaynaklanan sorunlar meydana gelmekteydi. Bu durumu bertaraf etmek ve sistemin işleyişini izleyebilmek, dolayısıyla arızalara hızlı müdahale edebilmek adına DHVC kartlarının iptal edilerek sistemin var olan ekipmanları ile ve hali hazırda var olan S7-400 serisi PLC ile Siemens firmasının kütüphanesinde bulunan FB41 PID kontrol bloğu ile tüm prob şaselerine PID kontrol ile yeniden dizayn yapılmıştır. PID bloğu için mevcut sistemde S7-400 serisi PLC olmasaydı, hangi PLC kullanılabilirdi sorusunun cevabı tezin konusu için bir başlangıç olmuştur. Çünkü maksimum 200 I/O bulunan bir sistem için S7-400 serisi bir PLC çok pahalı bir çözüm olacaktı. Bu yüzden fabrikamızda ve tesisimizde bulunan Siemens firmasına ait dört farklı PLC ile performanslarının karşılaştırılması bu tezin konusunu oluşturmuştur.

Şekil 5.2'de Simatic Manager programındaki FB41 PID bloğu gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Simatic Manager programındaki FB41 PID bloğu.

EN: Bu giriş bloğun aktif olması için kullanılmaktadır.

COM_RST: Blok içersinde kullanılan bütün alanların sıfırlanmasında kullanılmaktadır.

MAN_ON: Manuel girişin aktif olmasında kullanılmaktadır.

PVPER_ON: Geri besleme girişi skala edilmemiş olarak girilirse aktif edilmesi gereken birimdir.

P_SEL: Oransal kontrolün aktif edilmesinde kullanılmaktadır.

I_SEL: Integral kontrolün aktif edilmesinde kullanılmaktadır.

INT_HOLD: Integratörün çıkışının dondurulması istendiği durumda aktif edilmesi gereken birimdir.

D_SEL: Türevsel kontrolün aktif edilmesinde kullanılmaktadır.

CYCLE: Kontrolörün örnekleme zamanı için kullanılmaktadır.

SP_INT: Kontrol edilmek istenen sistemin set değeri girişidir.

PV_IN: Geri besleme alınan sensörün skala edilmiş girişi için kullanılır.

PV_PER: Geri besleme alınan sensörün skala edilmemiş girişi için kullanılır.

MAN: Manuel çalıştırmada çıkışa girilen manuel değer girişidir.

GAIN: Oransal kontrolün katsayı girişidir.

TI: Integral kontrolün katsayı girişidir.

TD: Türevsel kontrolün katsayı girişidir.

TM_LAG: Türevsel etki için gecikme süresi istenildiğinde girilmesi gereken birimdir.

DEADB_W: Hata sinyalinin kabul edilebilir olduğu aralık için girilmesi gereken birimdir.

LMN_HLM: Sistem çıkışının maksimum değer girişidir.

LMN_LLM: Sistem çıkışının minimum değer girişidir.

PV_FAC: Proses değişkeni ile çarpılan değer girişidir.

PV_OFF: Proses değişkenine eklenen değer girişidir.

LMN_FAC: Sistem çıkışı ile çarpılmak istenen değer girişidir.

LMN_OFF: Sistem çıkışı ile toplanmak istenen değer girişidir.

I_ITLVAL: Integral başlangıç değeri ataması yapılan giriştir.

DISV: Bozulma değişkeni için girilmesi gereken birimdir.

LMN: Sistem çıkışının yüzdesel değeridir.

LMN_PER: Direkt olarak sistem çıkışına atılan değer için kullanılır.

QLMN_HLM: Ayarlanan sistem çıkışı maksimuma ulaştığında bilgi alınmak amacıyla kullanılmaktadır.

QLMN_LLM: Ayarlanan sistem çıkışı minimuma ulaştığında bilgi alınmak amacıyla kullanılmaktadır.

LMN_P: Sistem çıkışından alınan oransal kontrol sonucunun görüldüğü kısımdır.

LMN_I: Sistem çıkışından alınan integral kontrol sonucunun görüldüğü kısımdır.

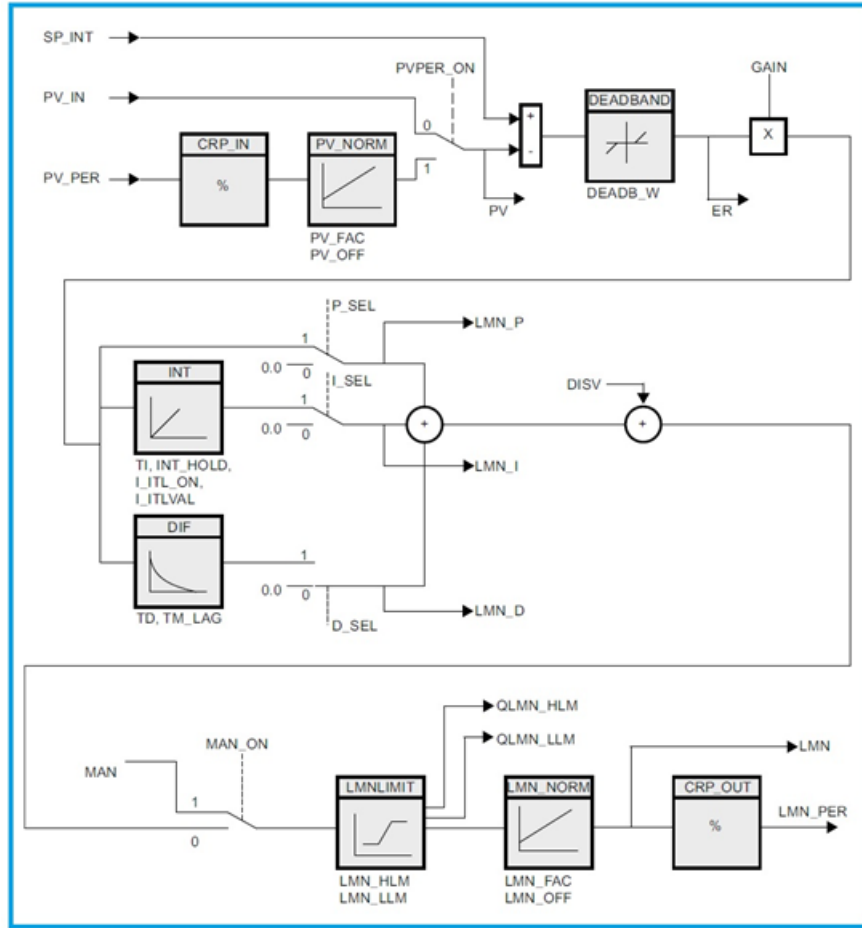
LMN_D: Sistem çıkışından alınan türevsel kontrol sonucunun görüldüğü kısımdır.

PV: Sistemin proses çıkışıdır.

ER: Sistem çıkışından okunan hata sinyali için kullanılır.

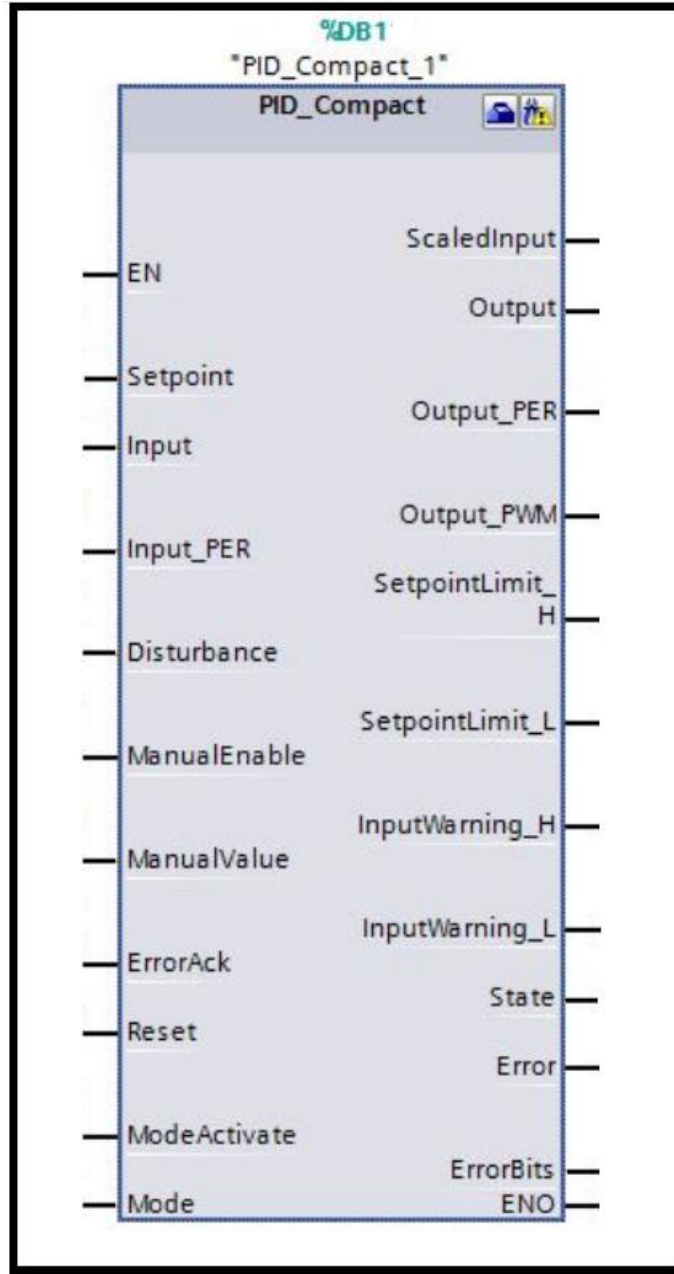
FB41 bloğu ile alakalı deneyde girilen kısımlar şunlardır, manuel giriş kullanılmadığı için bu kısım daima “lojik 0” çıkışı veren bir memory bite bağlanmıştır. Oransal kontrol için P_SEL, integral kontrol için I_SEL, türevsel kontrol için de D_SEL girişleri daima “lojik 1” çıkışı veren bir memory bite bağlanmıştır. Örnekleme zamanı için 100 ms değeri CYCLE girişine girilmiştir. SP_INT girişine real tipindeki sisteme set değeri olarak gönderilen senpoint değişkeni atanmıştır. PV_IN girişine ise sistemin geri besleme bilgisi olan lineer cetvelden alınan skala edilmiş değer girilmiştir. Oransal kullanıldığında GAIN girişi, integral kullanıldığında TI girişi ve türev kullanıldığında da TD kısmına ilgili değerler girilmiştir. Sistem çıkışı için valfe gönderilecek olan maksimum ve minimum yüzdesel değerler LMN_HLM ve LMN_LLM girişlerine girilmiştir. Sistem çıkışı olan ve valfe gönderilen ondalık (decimal) değer LMN_PER çıkışına girilmiştir. Sistemin proses değeri ve hata değeri izlenmek istendiği durumlarda sırasıyla PV ve ER çıkışları kullanılabilir [38].

FB41 fonksiyon bloğuna ait blok diagramı Şekil 5.3’de verilmiştir.



Şekil 5.3. FB41 fonksiyonunun blok diagram [38].

S7-1200 ve S7-1500 serilerinde ise pre-tuning ve fine-tuning özellikleri bulunan PID_Compact bloğu kullanılmıştır. Bu blok ise Şekil 5.4'te gösterilmiştir.



Şekil 5.4. TIA Portal programındaki PID_Compact bloğu.

EN: Bu giriş bloğun aktif olması için kullanılmaktadır.

Setpoint: Kontrol edilmek istenen sistemin set değeri girişidir.

Input: Geri besleme alınan sensörün skala edilmiş girişi için kullanılır.

Input_PER: Geri besleme alınan sensörün skala edilmemiş girişi için kullanılır.

Disturbance: Bozulma değişkeni için girilmesi gereken birimdir.

ManualEnable: Manuel çıkışın aktif edildiği kısımdır.

ManualValue: Sistem çıkışına manuel çıkış gönderilmek istendiğinde girilmesi gereken birimdir.

ErrorAck: Sistemde bir hata oluştuğunda hatayı silmekte kullanılan giriştir.

Reset: Blok içerisinde kullanılan bütün alanların sıfırlanmasında kullanılmaktadır.

ModeActivate: Eğer “Inactive Mode” haricinde çalışılacaksa aktif edilmesi gereken birimdir.

Mode: Toplamda 5 adet modu olan PID bloğunun mod seçiminin girildiği birimdir.

ScaledInput: Skala edilmiş geri besleme değerinin çıkışta gösterildiği birimdir.

Output: Sistem çıkışının yüzdesel değeridir.

Output_PER: Direkt olarak sistem çıkışına atanılan değer için kullanılır.

Output_PWM: Direkt olarak sistem çıkışına atanılan PWM değeri için kullanılır.

SetpointLimit_H: Set değerinin belirlenen setpoint üst limiti aştığında dijital bilgi veren sistem çıkışıdır.

SetpointLimit_L: Set değerinin belirlenen setpoint alt limiti aştığında dijital bilgi veren sistem çıkışıdır.

InputWarning_H: Geri besleme değerinin belirlenen setpoint üst limiti aştığında dijital bilgi veren sistem çıkışıdır.

InputWarning_L: Geri besleme değerinin belirlenen setpoint alt limiti aştığında dijital bilgi veren sistem çıkışıdır.

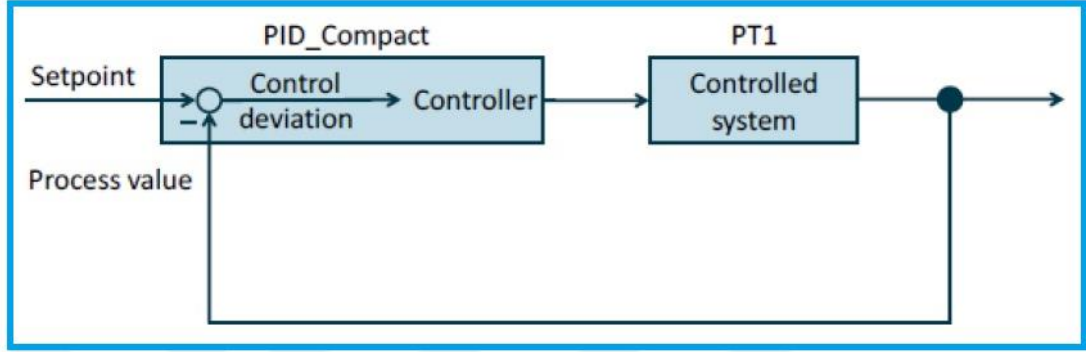
State: PID bloğunun durum bilgisini gösteren sistem çıkışıdır.

Error: Sistem çıkışından okunan hata sinyali için kullanılır.

ErrorBits: PID bloğunda oluşan hata durumunda bilgi veren sistem çıkışıdır.

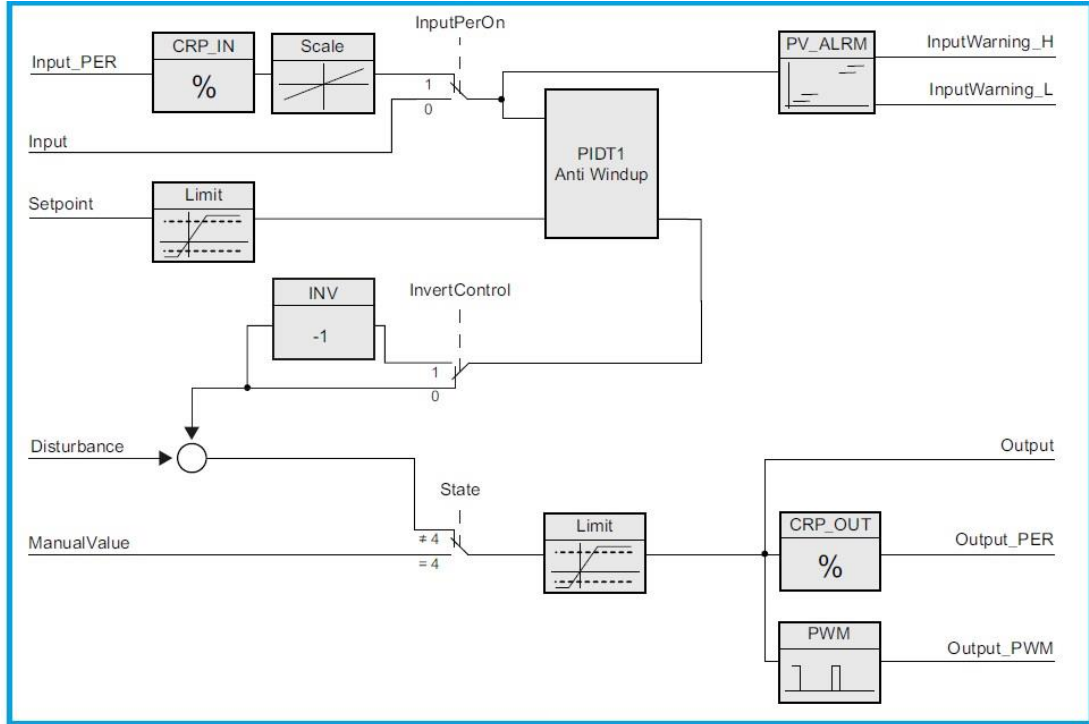
PID_Compact bloğu ile alakalı deneyde girilen kısımlar şunlardır, Setpoint girişine real tipindeki sisteme set değeri olarak gönderilen senpoint değişkeni atanmıştır. Input girişine ise sistemin geri besleme bilgisi olan lineer cetvelden alınan skala edilmiş değer girilmiştir. Output_PER kısmına sistem çıkışı olan ve valfe gönderilen ondalık (decimal) değer girilmiştir.

PID_Compact bloğunun basit blok diagramı Şekil 5.5’te verilmiştir.



Şekil 5.5. PID_Compact programı basit blok diagram [39].

PID_Compact bloğunun ayrıntılı blok diagram ise Şekil 5.6’da gösterilmiştir.



Şekil 5.6. PID_Compact programı ayrıntılı blok diagramı [39].

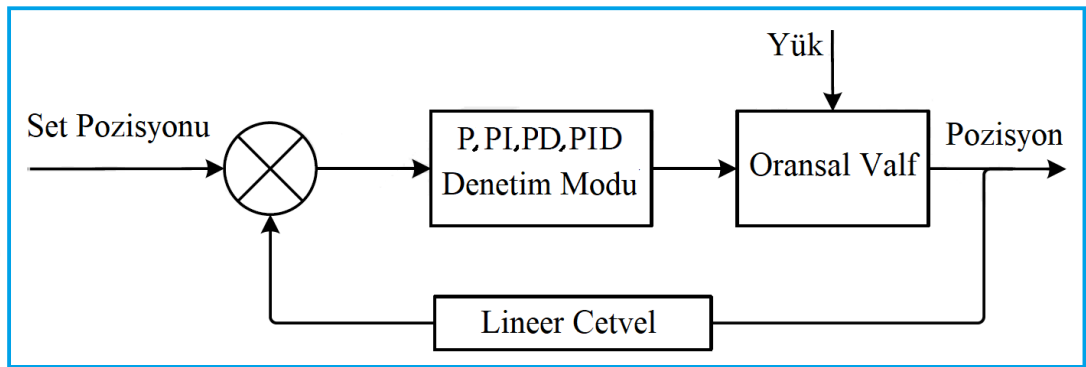
PID_Compact bloğunun çalışmasını gösteren algoritma denklemi Eşitlik 5.1’de verilmiştir.

$$y = K_p \left[(b \cdot w - x) + \frac{1}{T_i \cdot s} (w - x) + \frac{T_D \cdot s}{a \cdot T_D \cdot s + 1} (c \cdot w - x) \right] \quad (5.1)$$

Denklemdede, y PID çıkış değerini, K_p oransal kazanç katsayısını, b oransal etki ağırlığını, w set değerini, x proses değerini, T_i integral zamanını, s laplas operatörü, a türevsel gecikme katsayısını, T_D türevsel zamanı ve c türevsel etki ağırlığını göstermektedir [38].

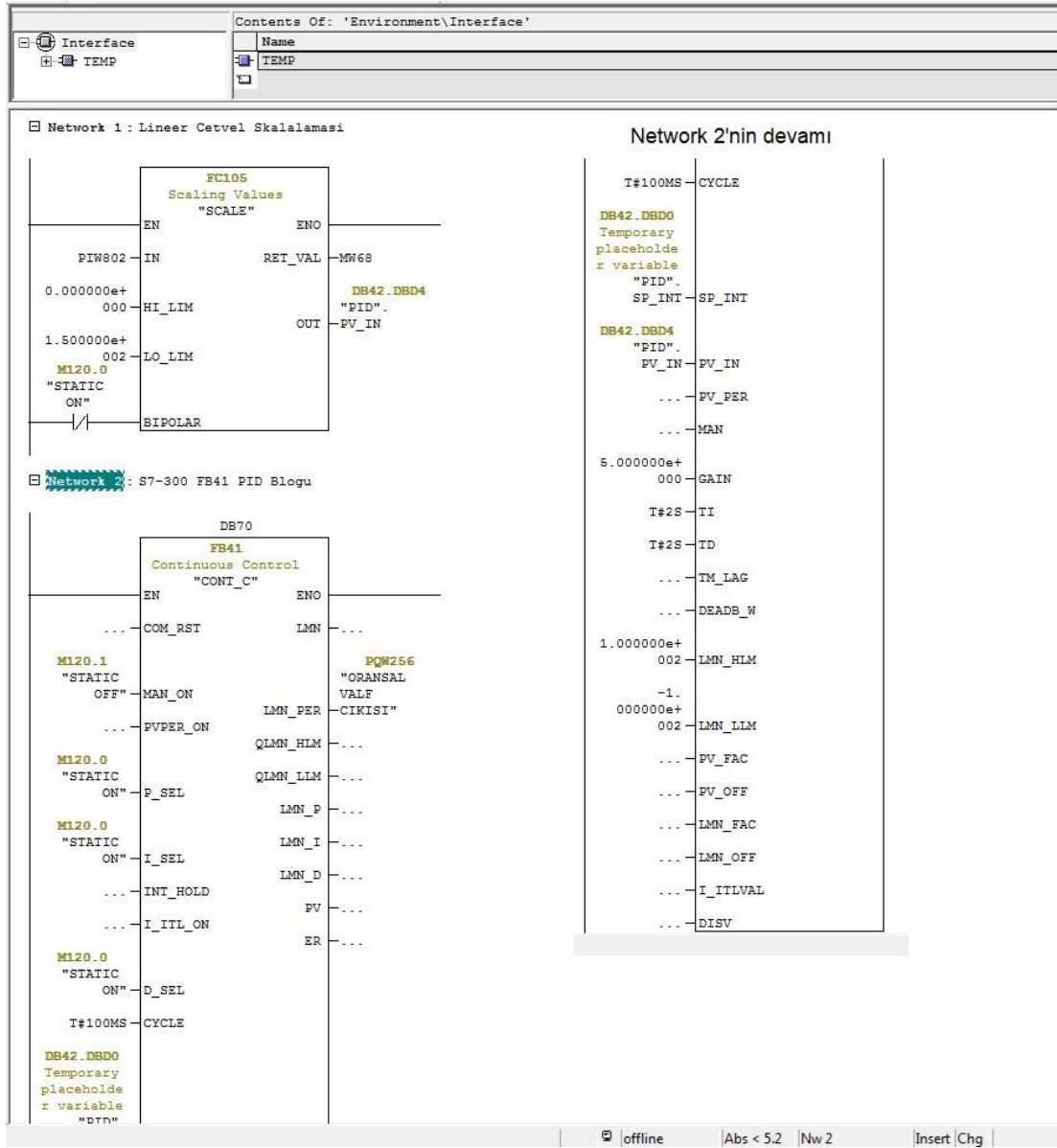
Ray ve Profil Haddehanesi'nde PLC sistemindeki sinyalleri anlık olarak grafiğe döken ve geçmişe yönelik kayıt alabilen, online ve offline trendler oluşturulabilen IBA sistemi mevcuttur. PLC'ler de data kaydedip, trend alabilirler fakat hafızaları gereği uzun kayıtları tutamazlar. Burada devreye IBA gibi sistemler girmektedir. Hem analog sinyaller, hem de dijital sinyaller milisaniyeler mertebesinde anlık olarak kayıt altına alınabilmektedir. Canlı olarak izlenmeleri yanı sıra geçmişe dönük kayıtlar da görülebilmektedir. Tez konusu sistemin ana bileşenini oluşturan ve hidrolik silindirin pozisyon bilgisini veren lineer cetvelin anlık değeri ile gitmesi gereken set pozisyon değeri incelenmek üzere mevcut IBA sistemine eklenmiştir.

Deney setinde Şekil 5.7'de verilen algoritmaya uygun bir şekilde set değerleri verilerek kurulan sistemde sonuçların gözlenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 5.7. Deney setinde uygulanan algoritma blok diagramı.

S7-300 serisi PLC'nin program bloğu Şekil 5.8'de verilmiştir. Network-1'de lineer cetvelin skalalaması yapılmış olup Network-2'de FB41 PID bloğu oluşturulmuştur.



Şekil 5.8. S7-300 PLC program bloğu.

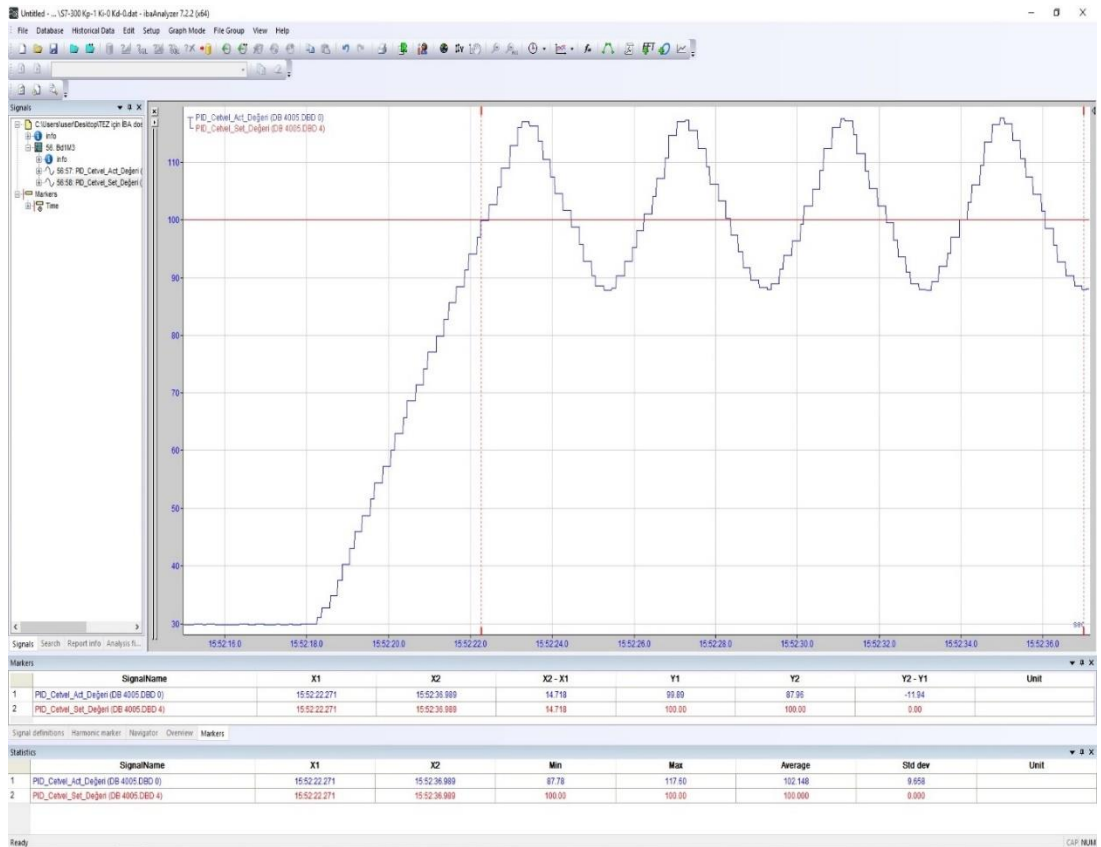
İlk olarak sistem çıkışında bulunan oransal valf, test ünitesi için oluşturduğumuz deney setinde olan S7-300 serisi PLC ile sırasıyla P, PD, PI ve PID katsayıları ile sürülmüştür. Elde edilen grafikler sırasıyla Şekil 5.9, Şekil 5.10, Şekil 5.11, Şekil 5.12, Şekil 5.13, Şekil 5.14 ve Şekil 5.15'te verilmiştir.

S7-300 ve S7-400 serisi PLC'lerde PID parametrelerini otomatik hesaplama özelliği bulunmamaktadır, bundan dolayı bu parametreler üçüncü bölümün sonunda anlatıldığı şekliyle bulunmuştur. Özellikle tamsayılar kullanılmıştır, çünkü optimum

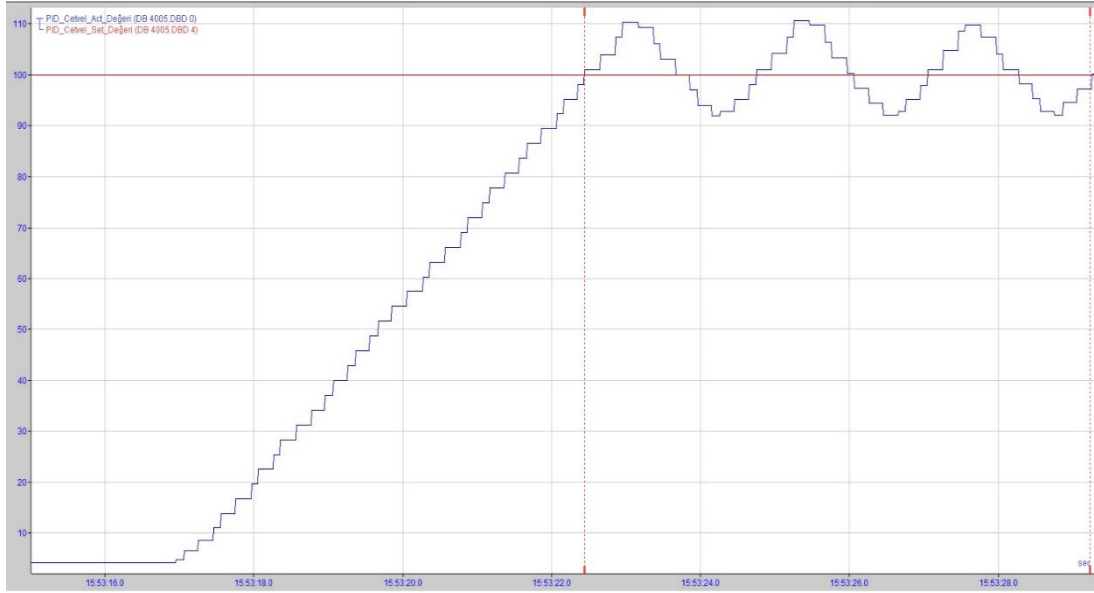
parametreleri belirlerken sonsuz varyasyon vardır. Oransal katsayı 1’den başlatılmış olup sırasıyla 10’a kadar denenmiştir. 1 ile 5 arasındaki denemelerde 5’e yaklaştıkça maksimum aşmalar azalmış, 5 değerinden 10’a yaklaştıkça tekrar artmıştır, bu yüzden optimum değer 5 olarak seçilmiş ve burada bırakılmıştır. Türeve ve integral katsayıları da benzer mantıkla bulunmuştur.

Şekil 5.9 ile Şekil 5.15 arasındaki tüm grafiklerde yatay eksen zamanı (saat: dakika: saniye: salise olarak), dikey eksen ise pozisyon değerini (mm olarak) göstermektedir. Dikey eksendeki kırmızı ile gösterilen sinyal set edilen pozisyon değerini, mavi ile gösterilen sinyal ise lineer cetvelden alınan geri besleme değerini göstermektedir.

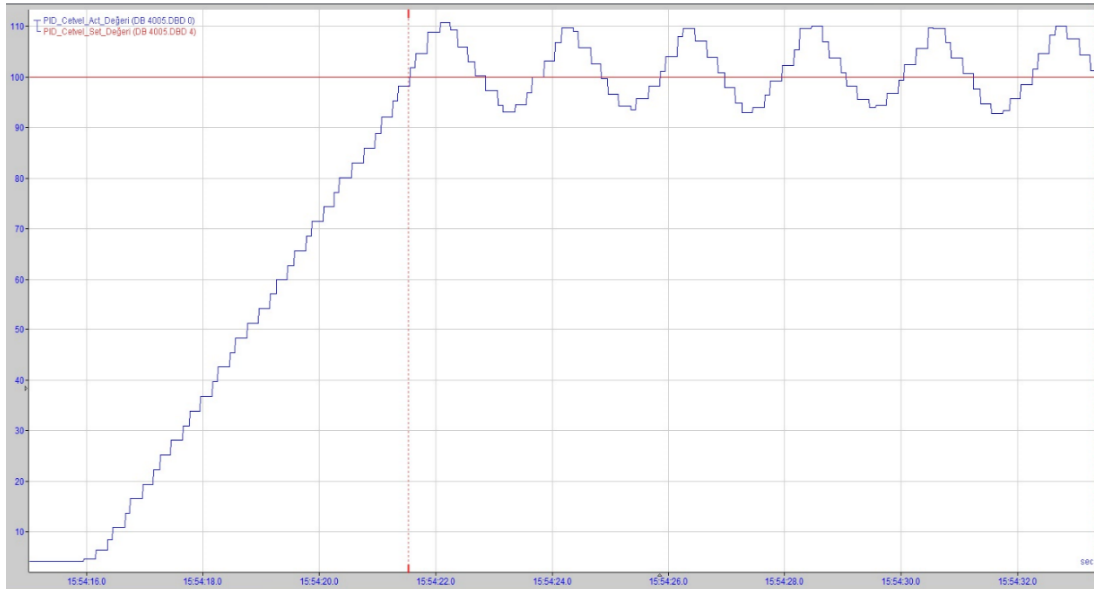
Şekil 5.9’da geçmişe dönük kayıtların izlenebildiği IBA Analyzer programının görüntüsü verilmiştir. Şekillerin net olarak görülebilmesi için Şekil 5.9’dan sonrasında sadece sinyal pencereleri gösterilmiştir.



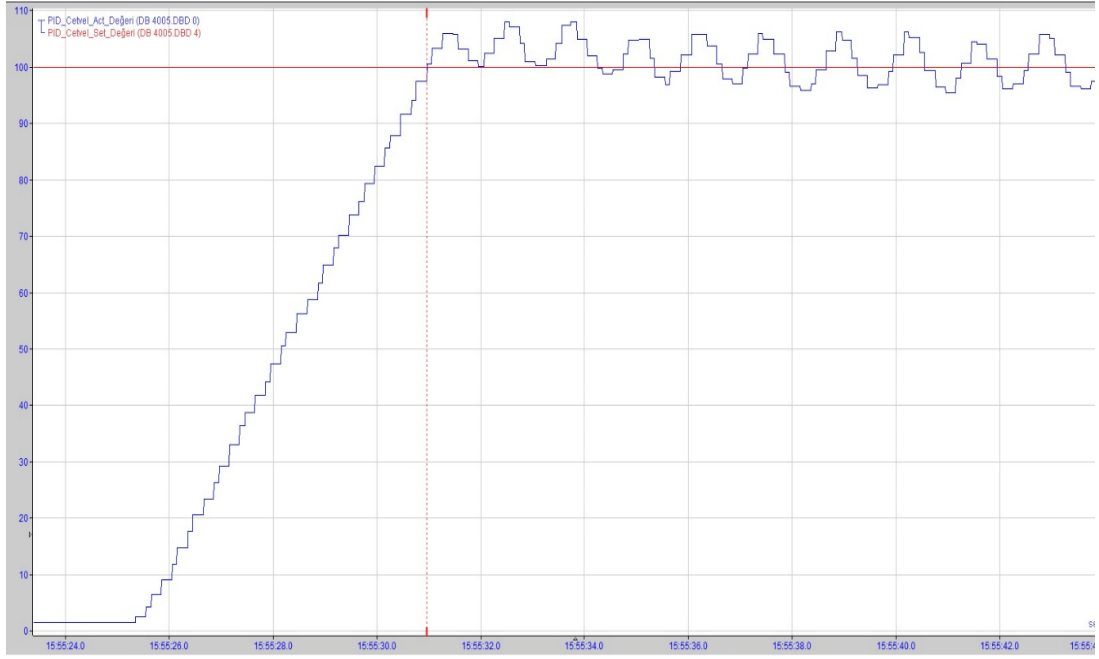
Şekil 5.9. S7-300 P (oransal) grafiği ($K_p = 1$ $K_i = 0$ $K_D = 0$).



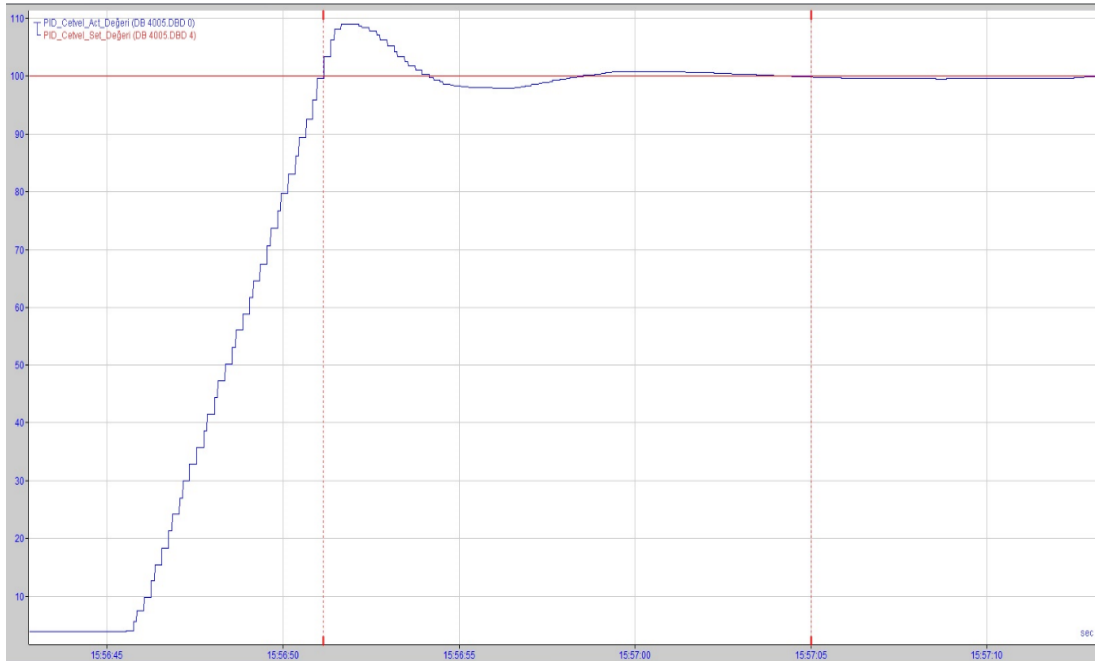
Şekil 5.10. S7-300 P (oransal) grafiği ($K_p =5$ $K_i =0$ $K_D=0$).



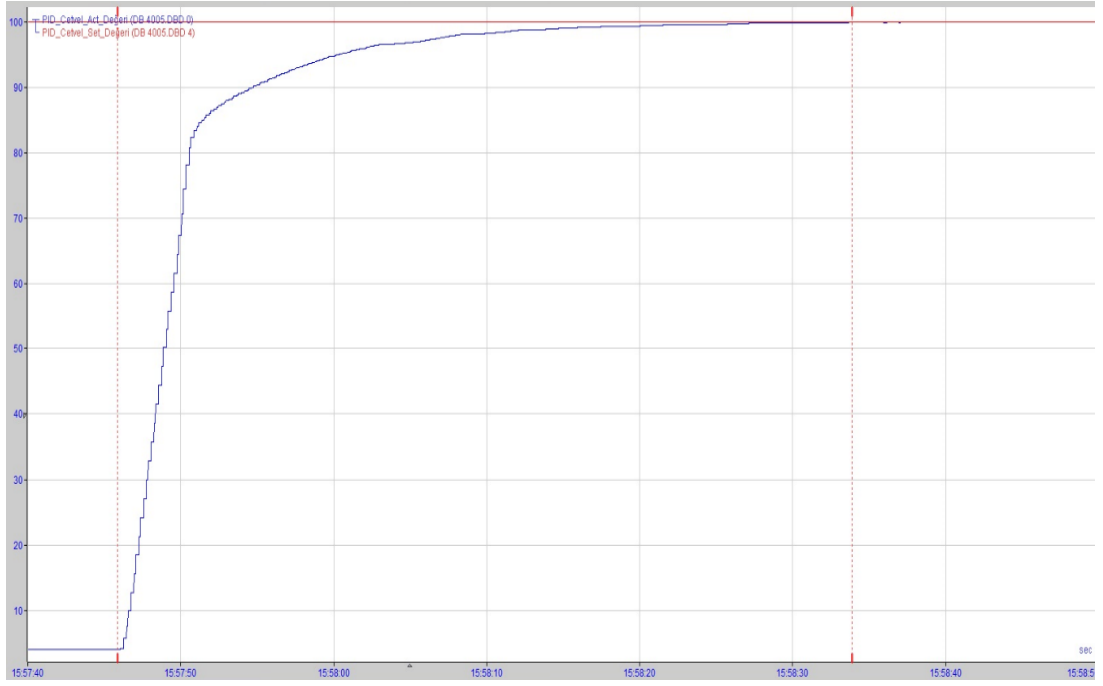
Şekil 5.11. S7-300 PD (oransal-türevsel) grafiği ($K_p =5$ $K_i =0$ $K_D=1$).



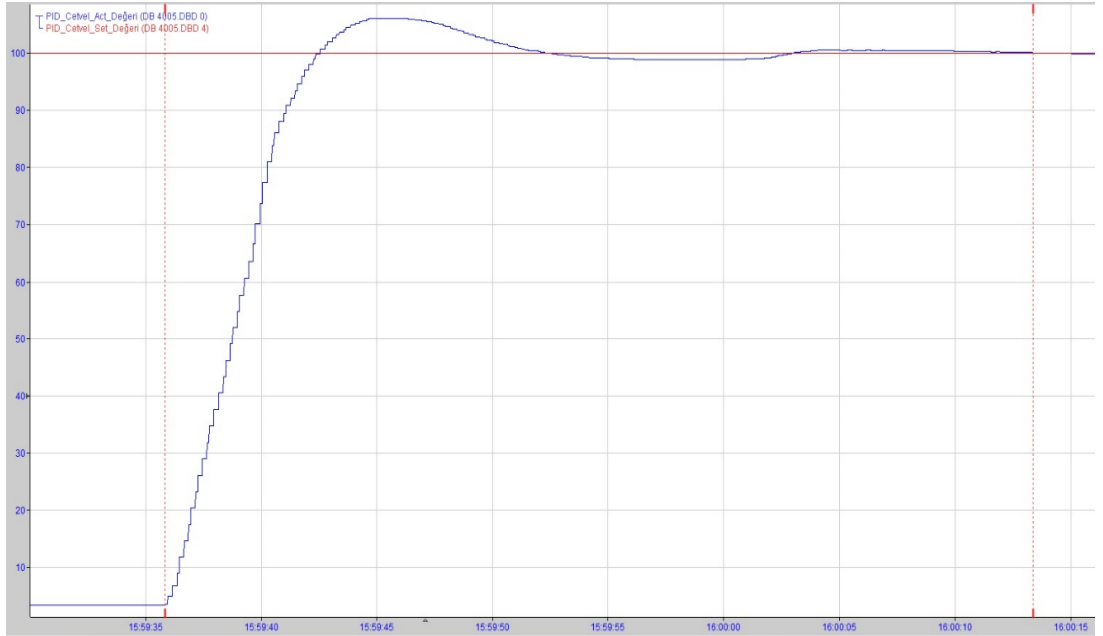
Şekil 5.12. S7-300 PD (oransal-türevsel) grafiği ($K_p = 5$ $K_i = 0$ $K_D = 10$).



Şekil 5.13. S7-300 PI (oransal-integral) grafiği ($K_p = 5$ $K_i = 1$ $K_D = 0$).

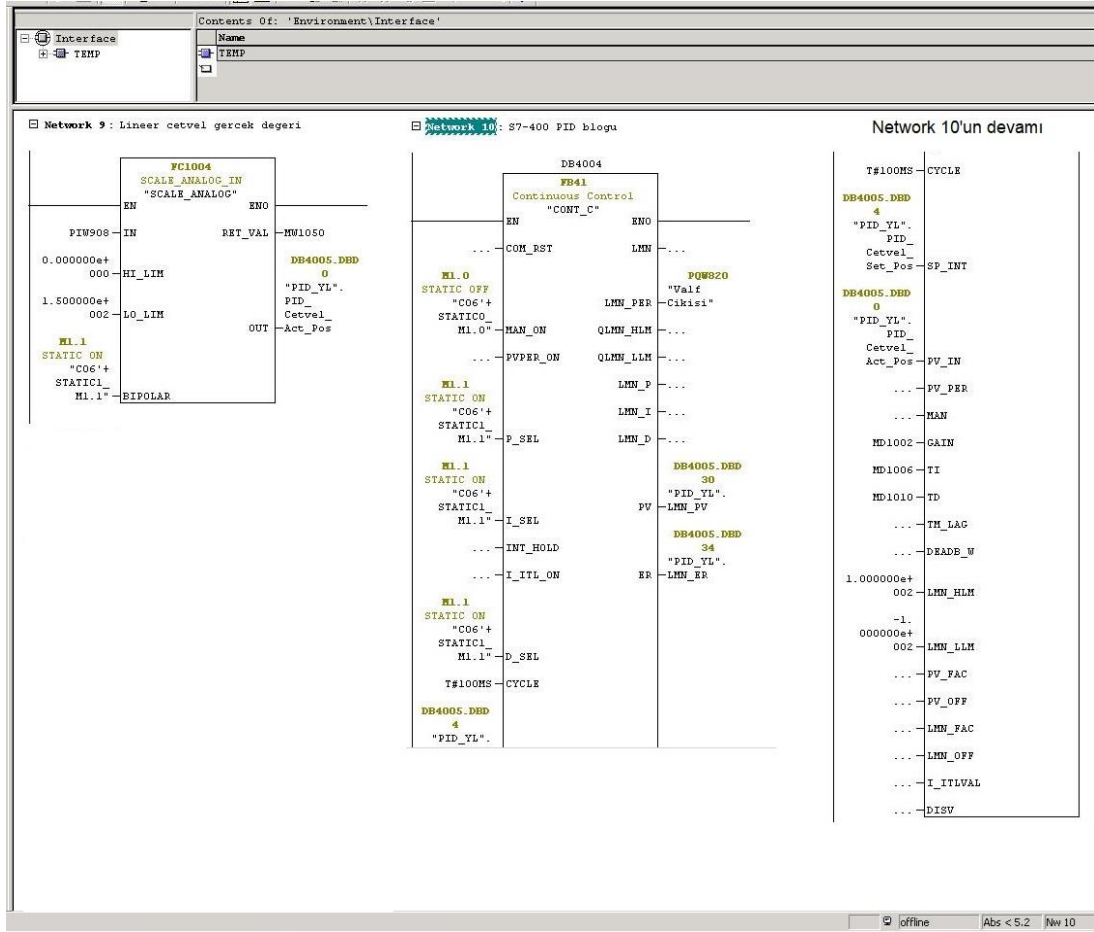


Şekil 5.14. S7-300 PI (oransal-integral) grafiği ($K_p = 5$ $K_i = 10$ $K_D = 0$).



Şekil 5.15. S7-300 PID (oransal-integral-türevsel) grafiği ($K_p = 5$ $K_i = 2$ $K_D = 1$).

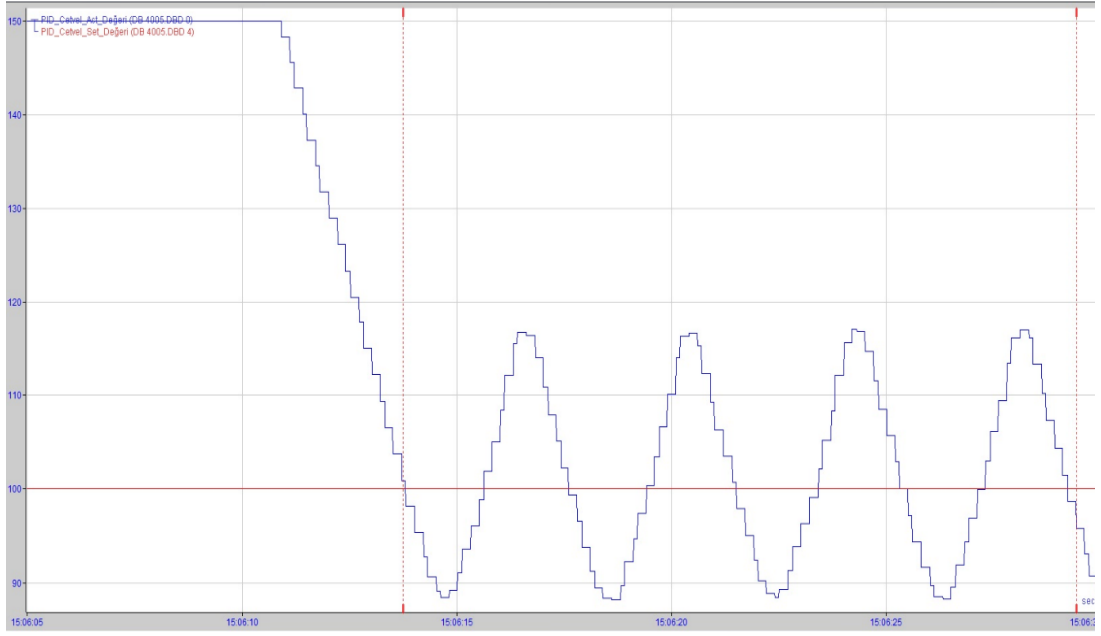
S7-400 serisi PLC'nin program bloğu Şekil 5.16'da verilmiştir. Network-9'da lineer cetvelin skalalaması yapılmış olup Network-10'da FB41 PID bloğu oluşturulmuştur.



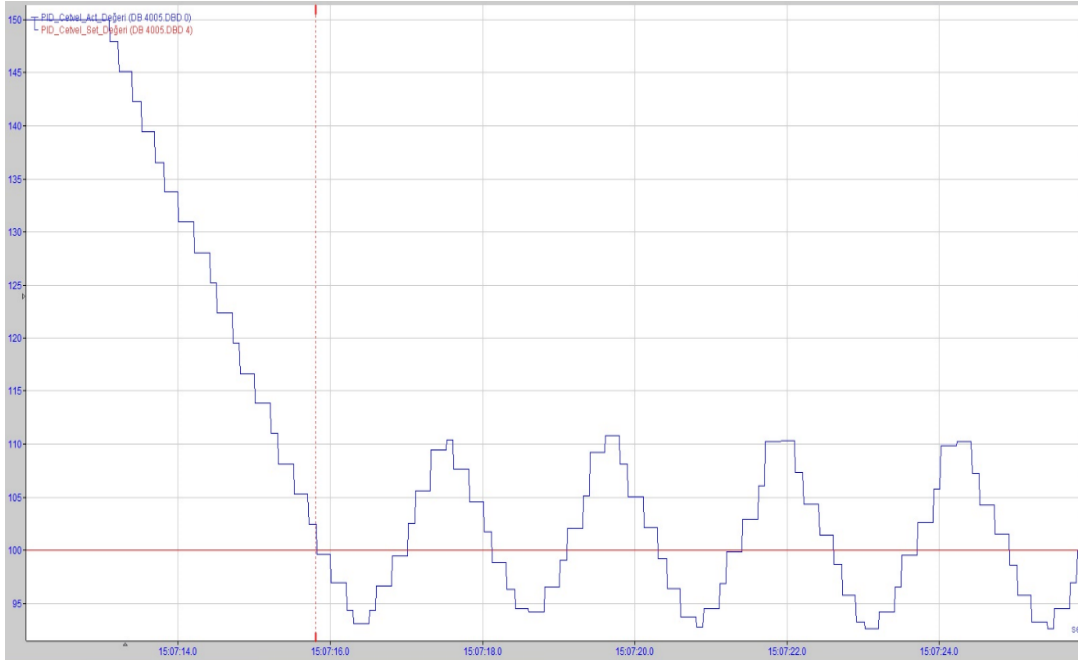
Şekil 5.16. S7-400 PLC program bloğu.

RPH BD1 haddesinde kullanılan S7-400 serisi PLC, S7-300 serisinde kullanılan P, I ve D katsayılarının aynıları ile sürülmüştür. Elde edilen grafikler sırasıyla Şekil 5.17, Şekil 5.18, Şekil 5.19, Şekil 5.20, Şekil 5.21, Şekil 5.22 ve Şekil 5.23'te verilmiştir.

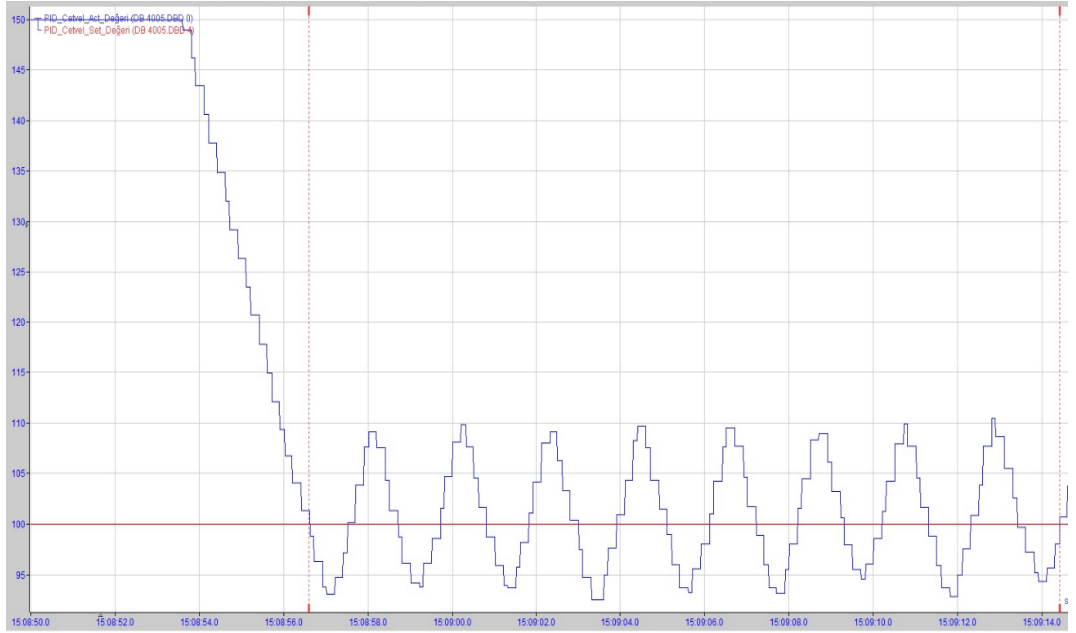
Şekil 5.17 ile Şekil 5.23 arasındaki tüm grafiklerde yatay eksen zamanı (saat: dakika: saniye: salise olarak), dikey eksen ise pozisyon değerini (mm olarak) göstermektedir. Dikey eksendeki kırmızı ile gösterilen sinyal set edilen pozisyon değerini, mavi ile gösterilen sinyal ise lineer cetvelden alınan geri besleme değerini göstermektedir.



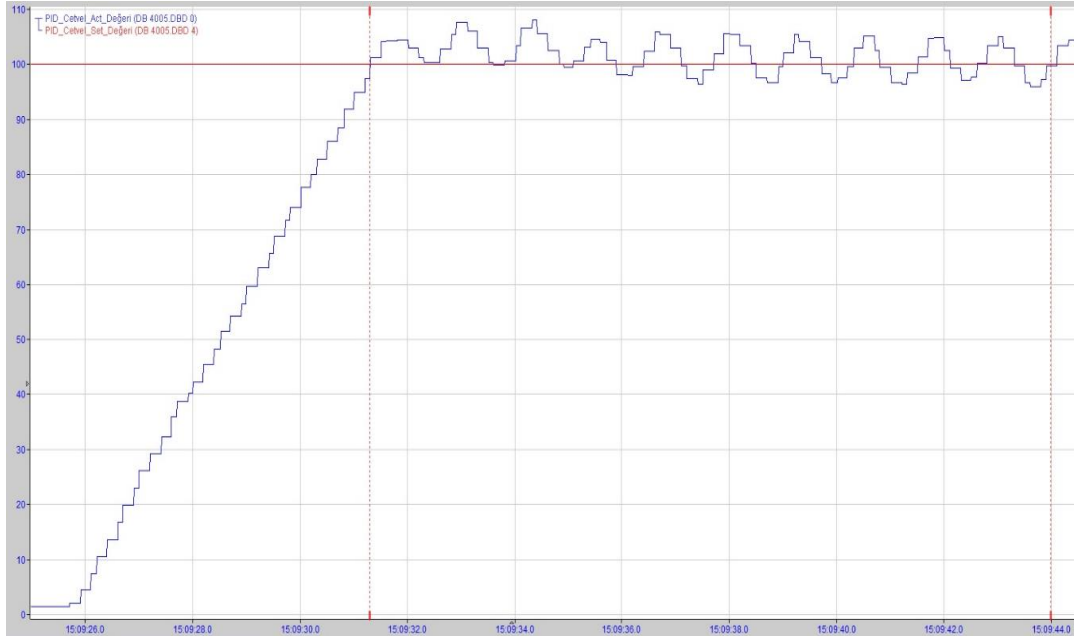
Şekil 5.17. S7-400 P (oransal) grafiği ($K_p = 1$ $K_i = 0$ $K_D = 0$).



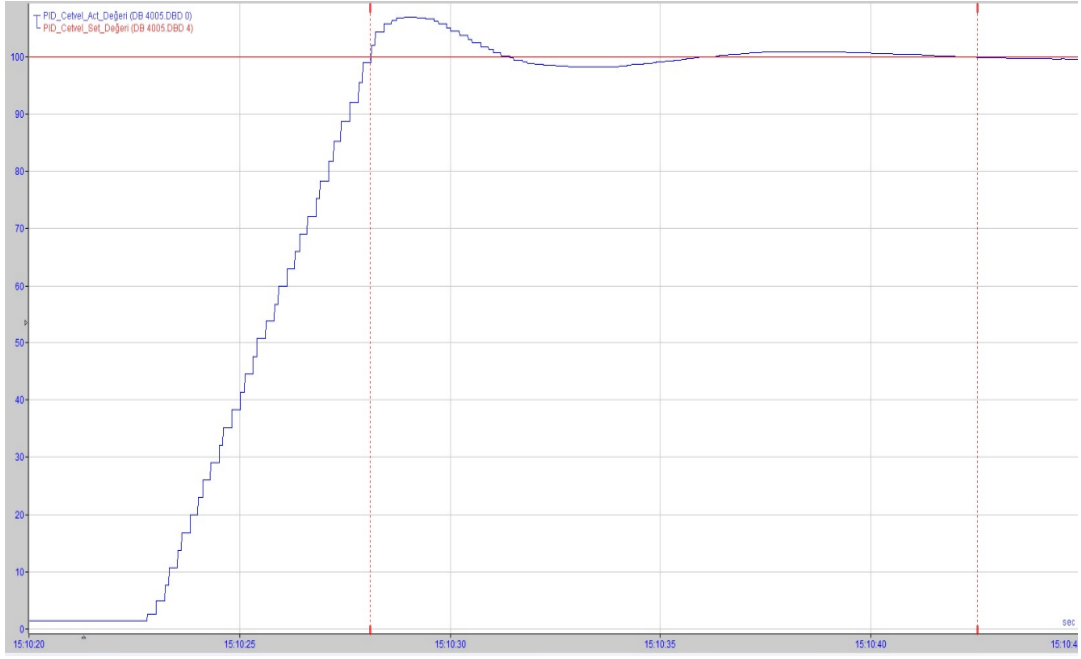
Şekil 5.18. S7-400 P (oransal) grafiği ($K_p = 5$ $K_i = 0$ $K_D = 0$).



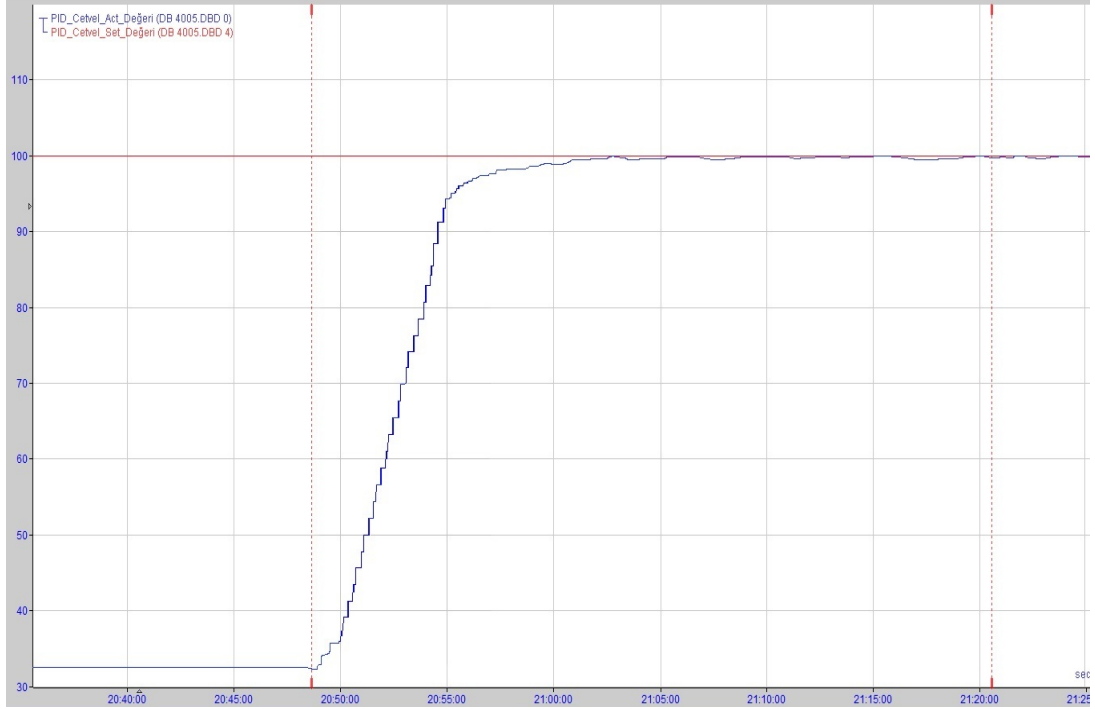
Şekil 5.19. S7-400 PD (oransal-türevsel) grafiği ($K_p = 5$ $K_i = 0$ $K_D = 1$).



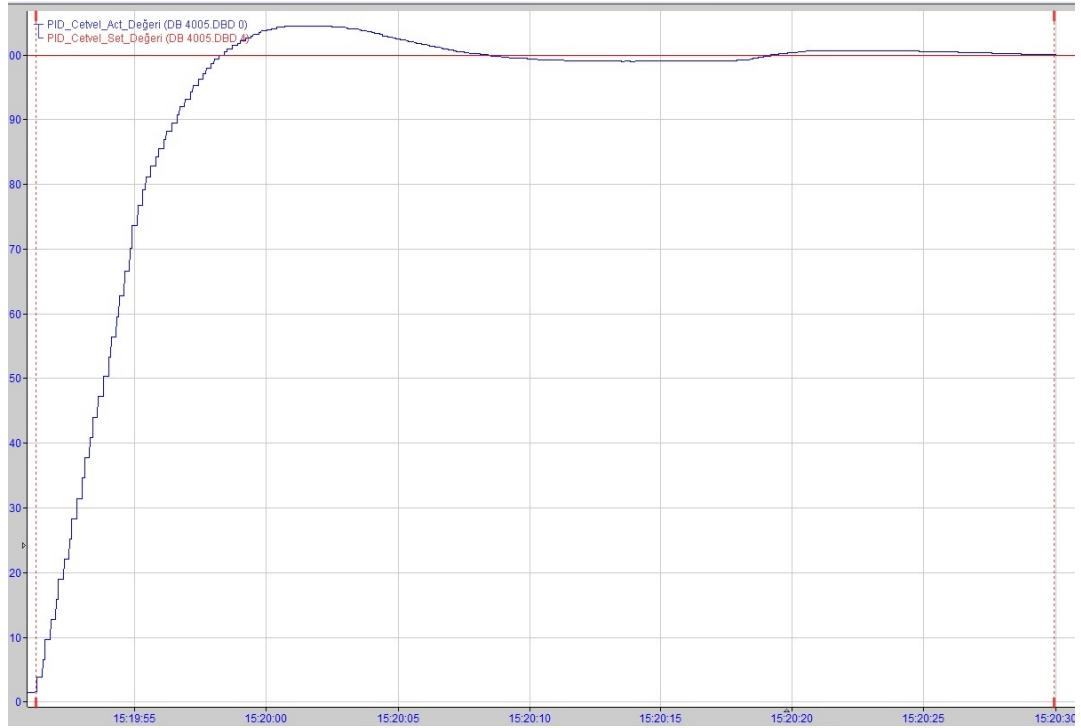
Şekil 5.20. S7-400 PD (oransal-türevsel) grafiği ($K_p = 5$ $K_i = 0$ $K_D = 10$).



Şekil 5.21. S7-400 PI (oransal-integral) grafiği ($K_p=5$ $K_i=1$ $K_D=0$).

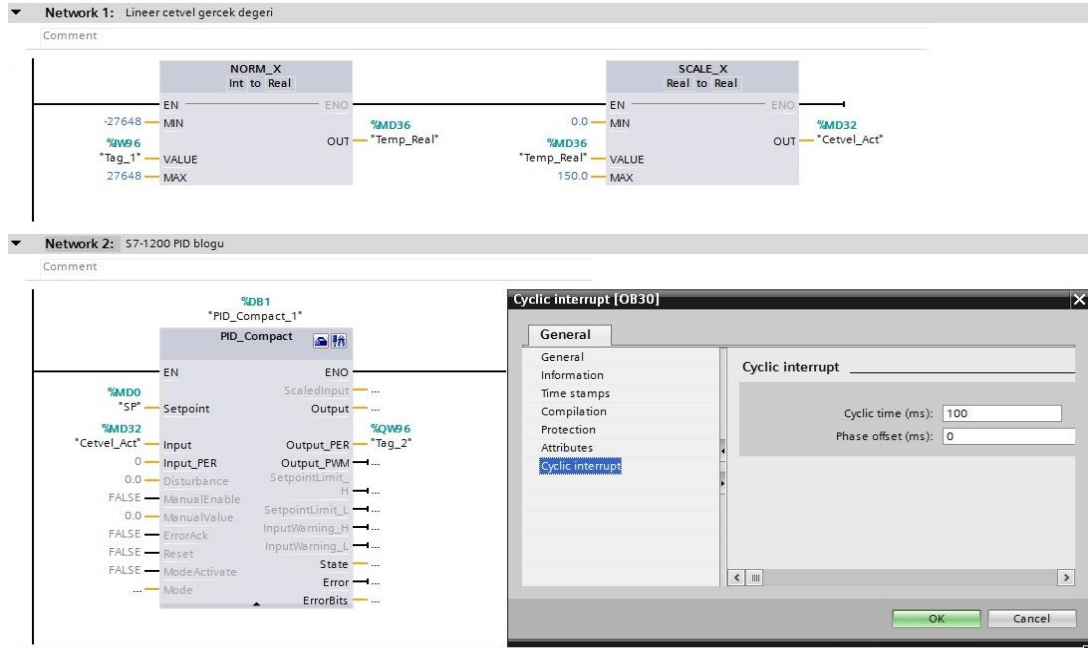


Şekil 5.22. S7-400 PI (oransal-integral) grafiği ($K_p=5$ $K_i=10$ $K_D=0$).



Şekil 5.23. S7-400 PID (oransal-integral-türevsel) grafiği ($K_p = 5$ $K_i = 2$ $K_D = 1$).

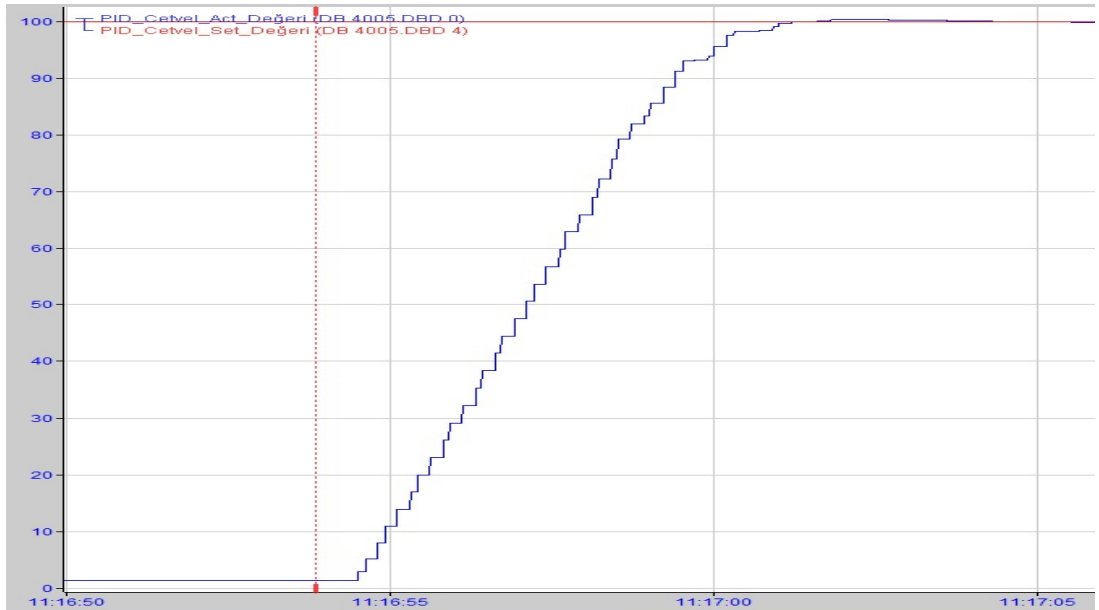
S7-1200 serisi PLC'nin program bloğu Şekil 5.24'te verilmiştir. Network-1'de lineer cetvelin skalalaması yapılmış olup Network-2'de PID_Compact bloğu oluşturulmuştur.



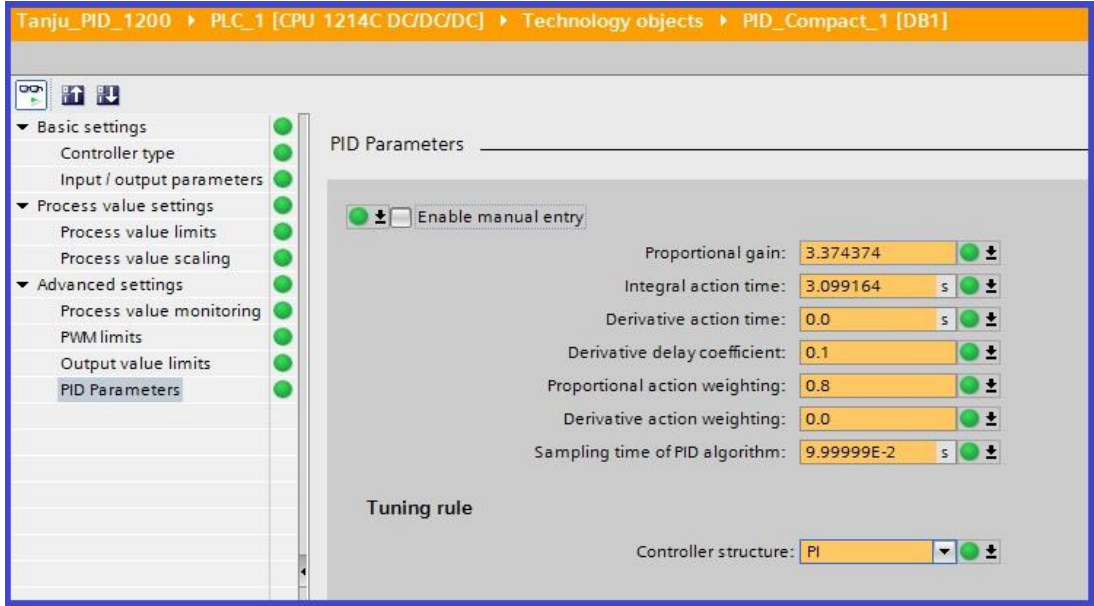
Şekil 5.24. S7-1200 PLC program bloğu.

Üçüncü olarak sistem çıkışında bulunan oransal valf, S7-1200 serisi PLC ile TIA portal arayüzünde sürülmüştür. TIA portal ortamında PI ve PID parametrelerinin otomatik olarak ayarlanan pre-tuning ve fine-tuning özellikleri mevcuttur. PI Fine-tuning sonucu Şekil 5.25'te, parametreleri ise Şekil 5.26'da gösterilmiştir. PID Fine-tuning sonucu ise Şekil 5.27'de, parametreleri ise Şekil 5.28'de gösterilmiştir.

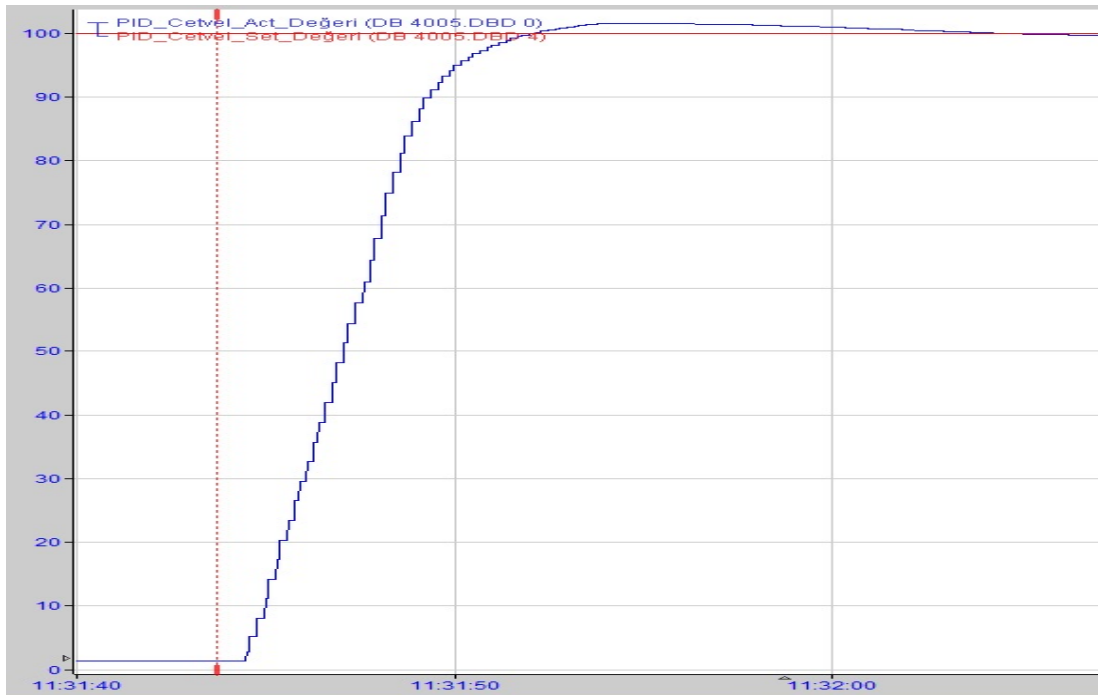
Şekil 5.25 ve Şekil 5.27'deki grafiklerde yatay eksen zamanı (saat: dakika: saniye: salise olarak), dikey eksen ise pozisyon değerini (mm olarak) göstermektedir. Dikey eksendeki kırmızı ile gösterilen sinyal set edilen pozisyon değerini, mavi ile gösterilen sinyal ise linear cetvelden alınan geri besleme değerini göstermektedir.



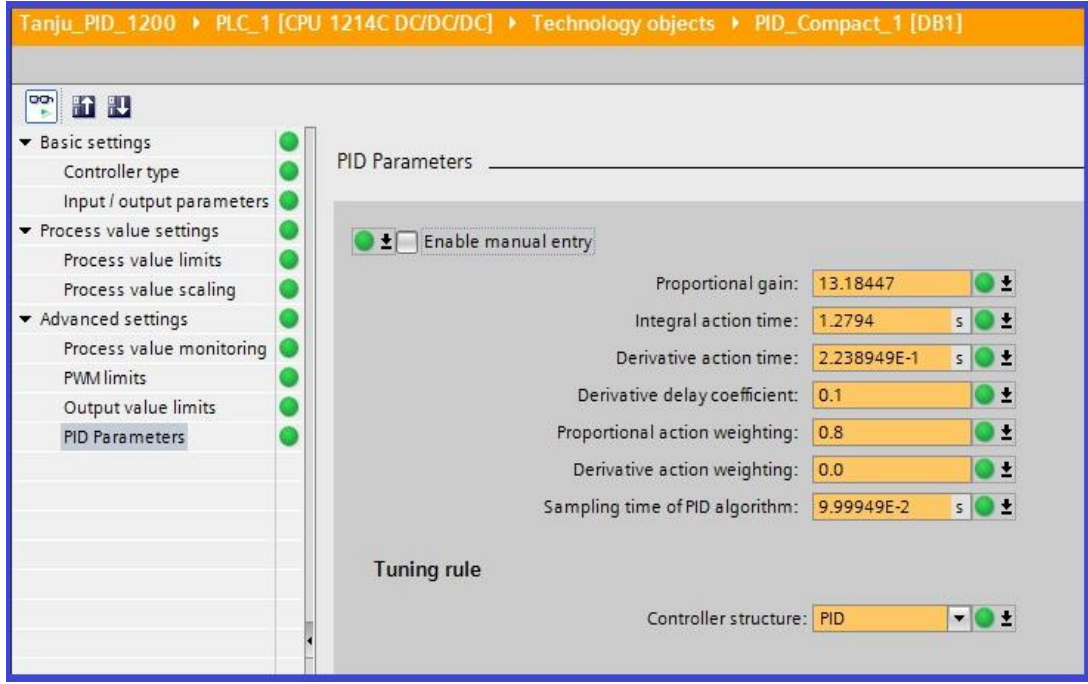
Şekil 5.25. S7-1200 PI (oransal-integral) grafiği (Fine-Tuning).



Şekil 5.26. S7-1200 PI (oransal-integral) parametreleri (Fine-Tuning).

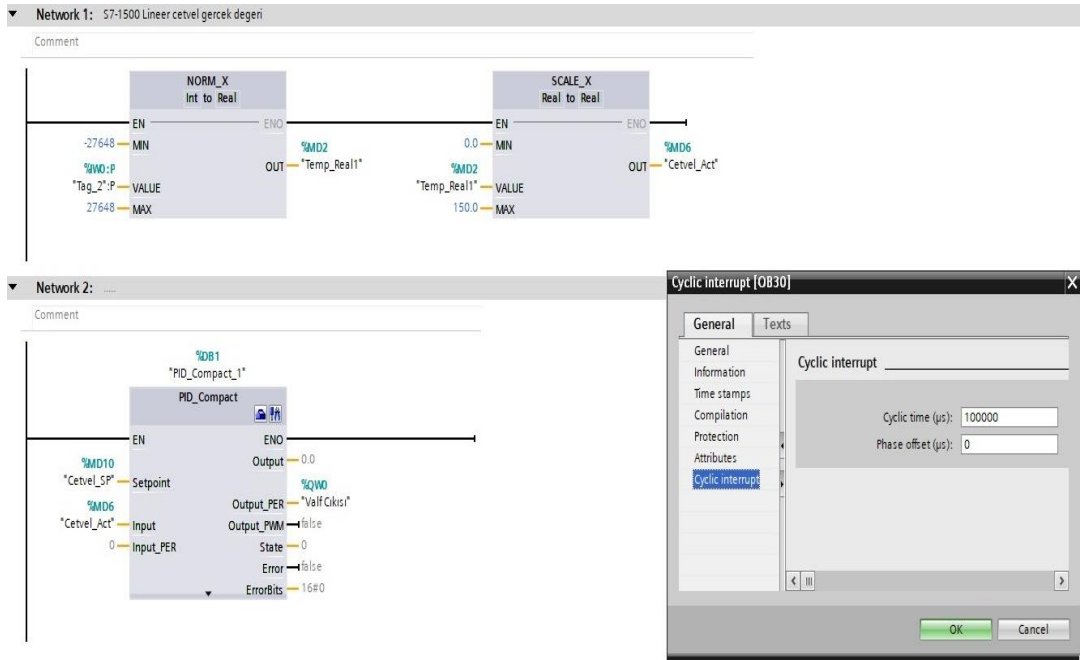


Şekil 5.27. S7-1200 PID (oransal-integral-türevsel) grafiği (Fine-Tuning).



Şekil 5.28. S7-1200 PID (oransal-integral-türevsel) parametreleri (Fine-Tuning).

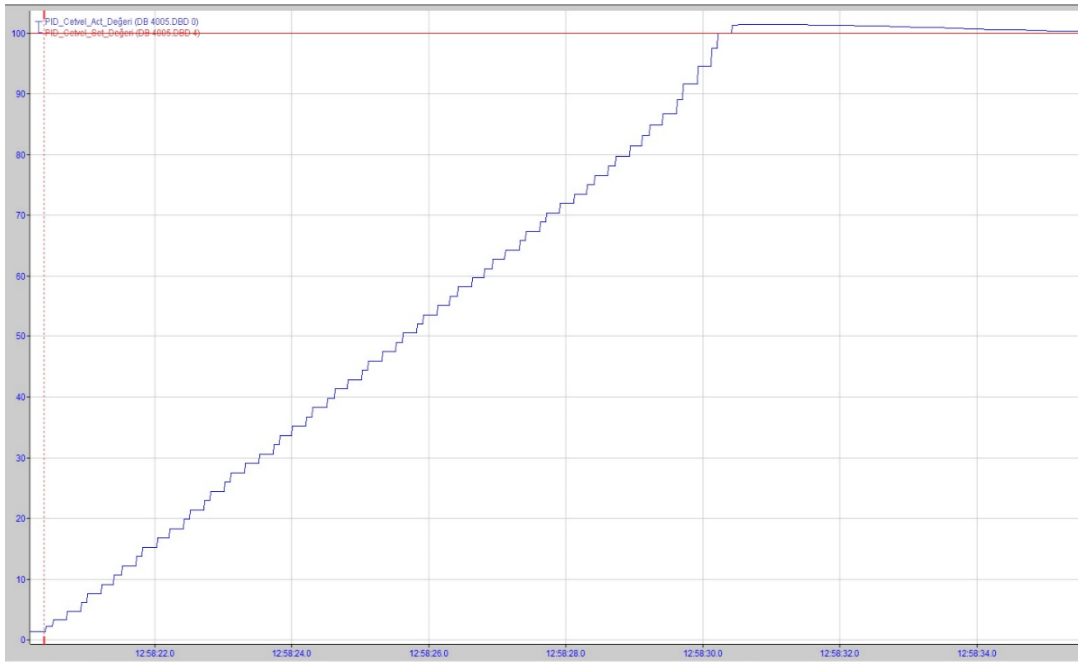
S7-1500 serisi PLC'nin program bloğu Şekil 5.29'da verilmiştir. Network-1'de lineer cetvelin skalalaması yapılmış olup Network-2'de PID_Compact bloğu oluşturulmuştur.



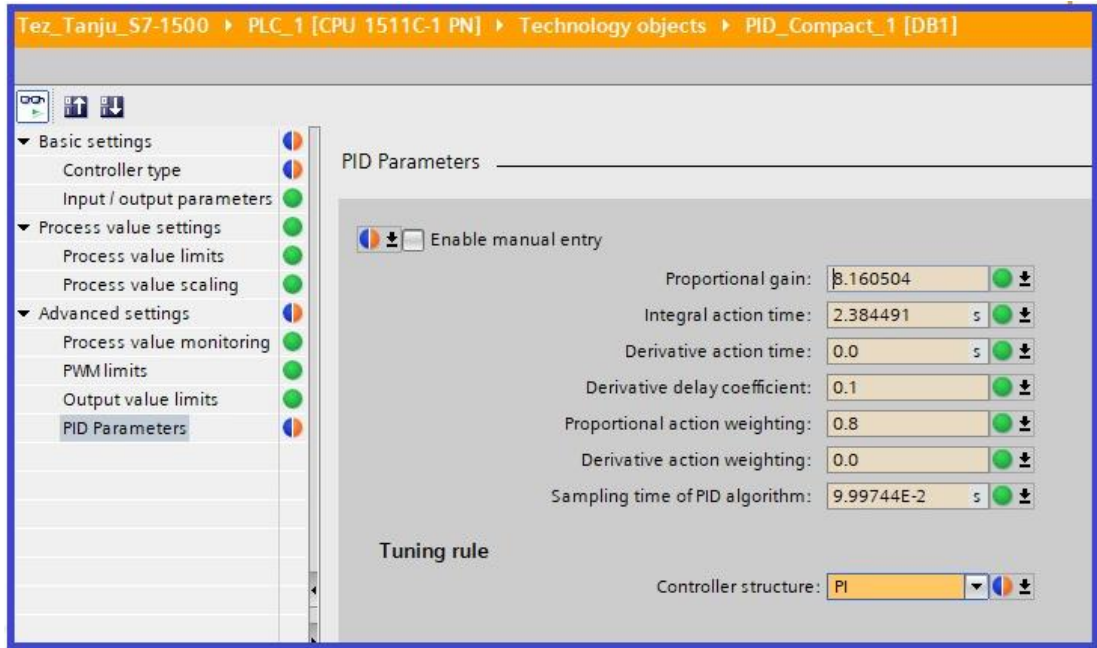
Şekil 5.29. S7-1500 PLC program bloğu.

Son olarak sistem çıkışında bulunan oransal valf, S7-1500 serisi PLC ile TIA portal arayüzünde sürülmüştür. PI Fine-tuning sonucu Şekil 5.30’da, parametreleri ise Şekil 5.31’de gösterilmiştir. PID Fine-tuning sonucu ise Şekil 5.32’de, parametreleri ise Şekil 5.33’te gösterilmiştir.

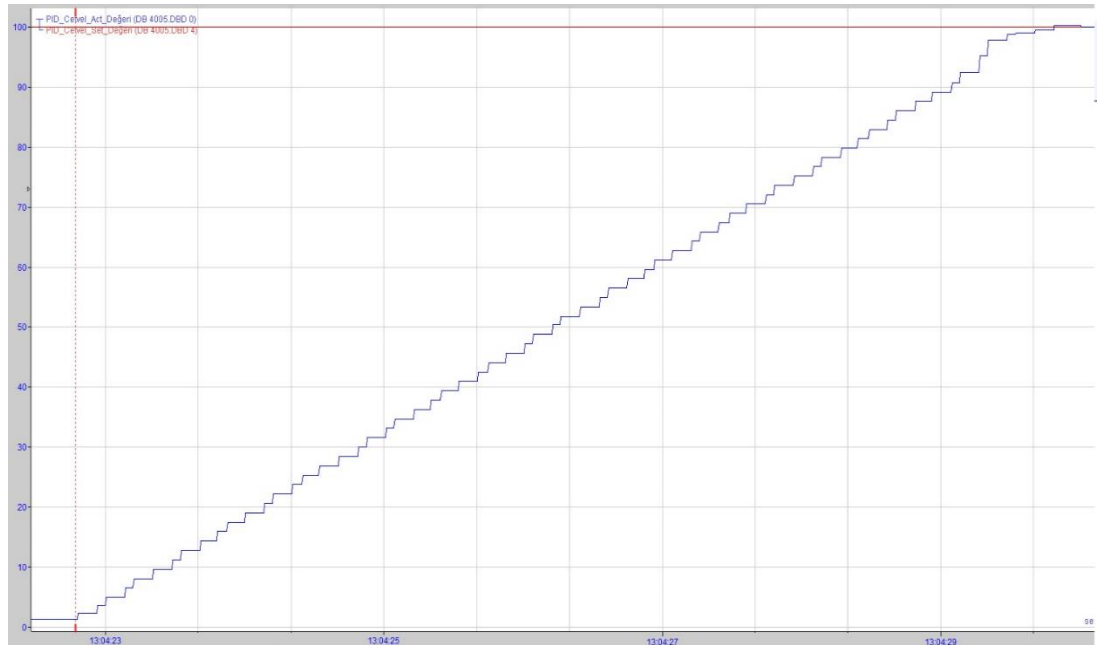
Şekil 5.30 ve Şekil 5.32’deki grafiklerde yatay eksen zamanı (saat: dakika: saniye: salise olarak), dikey eksen ise pozisyon değerini (mm olarak) göstermektedir. Dikey eksendeki kırmızı ile gösterilen sinyal set edilen pozisyon değerini, mavi ile gösterilen sinyal ise linear cetvelden alınan geri besleme değerini göstermektedir.



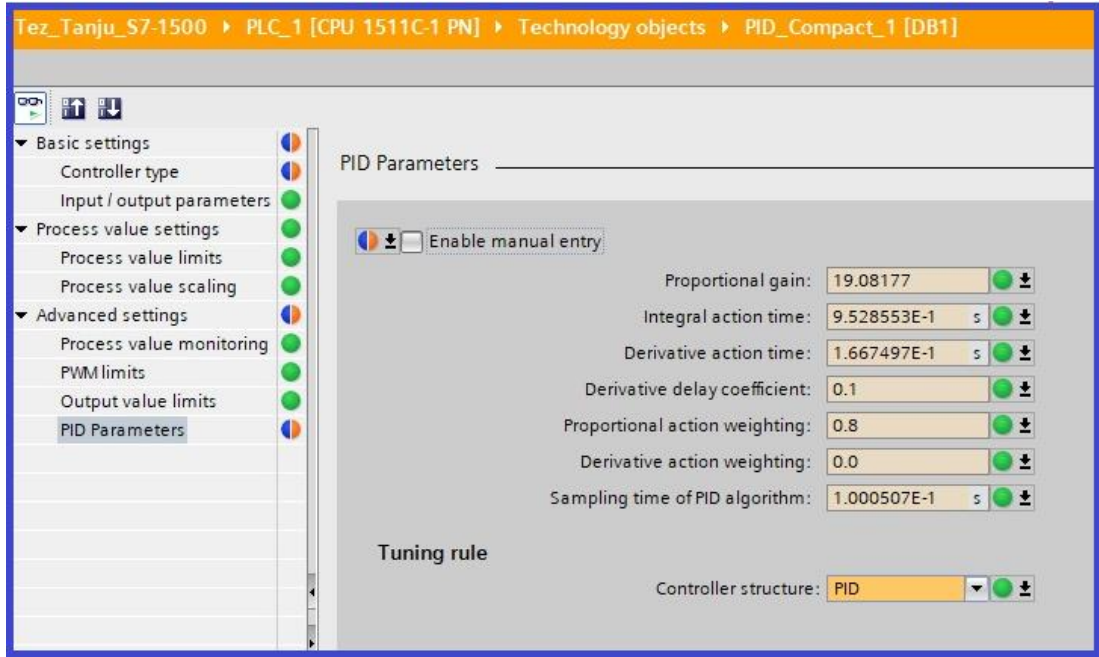
Şekil 5.30. S7-1500 PI (oransal-integral) grafiği (Fine-Tuning).



Şekil 5.31. S7-1500 PI (oransal-integral) parametreleri (Fine-Tuning).



Şekil 5.32. S7-1500 PID (oransal-integral-türevsel) grafiği (Fine-Tuning).



Şekil 5.33. S7-1500 PID (oransal-integral-türevsel) parametreleri (Fine-Tuning).

BÖLÜM 6

DENEYSEL SONUÇLARIN ANALİZİ

Deney setimizde, S7-300 ve S7-400 serisi PLC'ler ile dört farklı (P, PD, PI, PID), S7-1200 ve S7-1500 serisi PLC'lerimiz ile ise iki farklı (Fine-Tuning PI, Fine-Tuning PID) kontrol yöntemi denenmiştir. Kendi içlerindeki sonuçlar aşağıdaki gibi yorumlanmıştır.

S7-300 serisi PLC'nin PID parametrelerine karşı çıkan sonuç tablosu Çizelge 6.1'de, S7-400 serisi PLC'nin PID parametrelerine karşı çıkan sonuç tablosu Çizelge 6.2'de verilmiştir. Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2'nin birinci satırında kontrole başlanılan ve lineer cetvelden alınan anlık değerler kaydedilmiştir. İkinci satırda tümünde ortak bulunan ve silindirin gitmesi istenilen pozisyon olan set pozisyonu girilmiştir. Yükselme zamanının bulunabilmesi için üçüncü ve dördüncü satırda toplam yolun %10 ve %90 değerleri girilmiş olup bu değerler arasında kalan zaman beşinci satırda yükselme zamanı olarak girilmiştir. Benzer şekilde gecikme zamanının bulunabilmesi için altıncı ve yedinci satırda başlangıç pozisyonu (%0 pozisyon değeri) ile %50 pozisyon değerleri girilerek, arada kalan süre sekizinci satırda gecikme süresi olarak girilmiştir. Dokuzuncu ve onuncu satırda, set değerine ulaşırken karşılaşılan set değerinin üstünde ve altında olan maksimum (over shooting) yukarı aşma ve maksimum aşağı (under shooting) aşma değerleri girilmiştir. Son olarak on birinci satırda kontrolörün yerleşme zaman değeri girilmiştir.

Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2'nin birinci sütununda $K_p=1$ katsayısı, ikinci sütununda ise $K_p=5$ katsayısı ile oransal kontrol değerleri girilerek oransal (P) kontrol incelenmiştir. Benzer şekilde üçüncü ve dördüncü sütunlarda sırasıyla $K_p=5, K_D=1$ ve $K_p=5, K_D=10$ girilerek oransal-türevsel kontrol (PD) incelenmiştir. Aynı şekilde beşinci ve altıncı sütunlarda sırasıyla $K_p=5, K_i=1$ ve $K_p=5, K_i=10$ girilerek oransal-integral kontrol (PI)

incelenmiştir. S7-300 ve S7-400 serisi PLC'lerin incelendiği son sütunda ise $K_p=5$, $K_i=2$, $K_D=1$ katsayıları ile oransal-integral-türevsel kontrol (PID) değerleri girilmiştir.

S7-1200 ve S7-1500 serisi PLC'lerde S7-300 ve S7-400 serilerine ek olarak Fine-Tuning özelliği bulunmaktadır. Bu özellik Siemens tarafından sadece S7-1200 ve S7-1500 serisi PLC'ler için oluşturulmuştur. Dolayısıyla S7-300 ve S7-400 serisinde olmadığı için PID katsayıları deneysel olarak bulunmuş olup manuel girilmiştir [40].

Çizelge 6.1. S7-300 PLC PID kontrol sonuç çizelgesi.

S7-300 serisi PLC	P		PD		PI		PID
	$K_p=1$	$K_p=5$	$K_p=5,$ $K_D=1$	$K_p=5,$ $K_D=10$	$K_p=5,$ $K_i=1$	$K_p=5,$ $K_i=10$	$K_p=5,$ $K_i=2,$ $K_D=1$
Başlangıç Pozisyonu (mm)	29,9	4,19	4,12	1,45	3,91	4,01	3,32
Set Pozisyonu (mm)	100	100	100	100	100	100	100
%10 Pozisyon değeri (mm)	36,91	13,771	13,708	11,305	13,519	13,609	12,988
%90 Pozisyon değeri (mm)	92,99	90,419	90,412	90,145	90,391	90,401	90,332
Yükselme Zamanı (%10-%90 arası) (s)	3,2	4,5	4,38	4,38	4,31	7,8	4,29
%0 Pozisyon değeri (s)	29,9	4,19	4,12	1,45	3,91	4,01	3,32
%50 Pozisyon değeri (mm)	64,95	52,095	52,06	50,725	51,955	52,005	51,66
Gecikme Zamanı (%0-%50 arası) (s)	2,12	2,83	3,01	2,82	3	2,9	2,93
Maksimum yukarı aşma (mm)	117,6	110,6	110,8	108	108,9	99,89	106,1
Maksimum aşağı aşma (mm)	87,7	91,9	92,8	95,4	95,7	99,89	98,9
Yerleşme zamanı (s)	87-117 arası osilasyon	91-110 arası osilasyon	92-110 arası osilasyon	95-108 arası osilasyon	18,38	47,5	37,5

S7-300 serisi PLC'nin P (Oransal) kontrole verdiği cevap, $K_p=5$ iken $K_p=1$ 'e göre maksimum aşması azalmıştır fakat yükselme zamanı ve bekleme zamanının da arttığı görülmüştür. Fakat her iki değerde de, daha da yüksek seçilen değerlerde de osilasyona girdiği görüldü. P kontrolün ardından PD (Oransal-türevsel) kontrol denenmiştir, fakat burada da sistem çıkışının osilasyona girdiği görülmüştür. Ardından PI (Oransal-integral) denemesi yapılmış olup, bu denemelerde K_p katsayısı 5 değerinde sabit tutulup K_i değeri sırası ile 1 ve 10 değerleri ile teste tabi tutulmuştur. K_i değeri 10 iken 1 değerine göre maksimum aşma miktarı azalsa da yerleşme zamanı ciddi derecede arttığı görülmüştür. Tüm bu sonuçlardan sonra PID denemesi $K_p=5$, $K_i=2$, $K_D=1$ değerleri ile denenmiştir. Bu değerlere göre sistem normal aşma değerleri ile 37,5 saniyede yerleşmiş ve stabil duruma geçmiştir.

Çizelge 6.2. S7-400 PLC PID kontrol sonuç çizelgesi.

S7-400 serisi PLC	P		PD		PI		PID
	$K_p=1$	$K_p=5$	$K_p=5,$ $K_D=1$	$K_p=5,$ $K_D=10$	$K_p=5,$ $K_i=1$	$K_p=5,$ $K_i=10$	$K_p=5,$ $K_i=2,$ $K_D=1$
Başlangıç Pozisyonu (mm)	150	150	150	1,41	1,42	1,41	1,41
Set Pozisyonu (mm)	100	100	100	100	100	100	100
%10 Pozisyon değeri (mm)	145	145	145	11,269	11,278	11,269	11,269
%90 Pozisyon değeri (mm)	105	105	105	90,141	90,142	90,141	90,141
Yükselme Zamanı (%10-%90 arası) (s)	2,28	2,31	2,33	4,56	4,13	7,4	4,76
%0 Pozisyon değeri (s)	150	150	150	1,41	1,42	1,41	1,41
%50 Pozisyon değeri (mm)	125	125	125	50,705	50,71	50,705	50,705
Gecikme Zamanı (%0-%50 arası) (s)	1,5	1,41	1,54	2,81	2,64	2,6	2,66
Maksimum yukarı aşma (mm)	117,1	110,8	109,8	108,1	106,9	102,7	104,5
Maksimum aşağı aşma (mm)	88,1	92,6	92,5	96,2	98,1	97,2	99
Yerleşme zamanı (s)	88-117 arası osilasyon	92-110 arası osilasyon	92-110 arası osilasyon	96-108 arası osilasyon	19,21	31,52	37,9

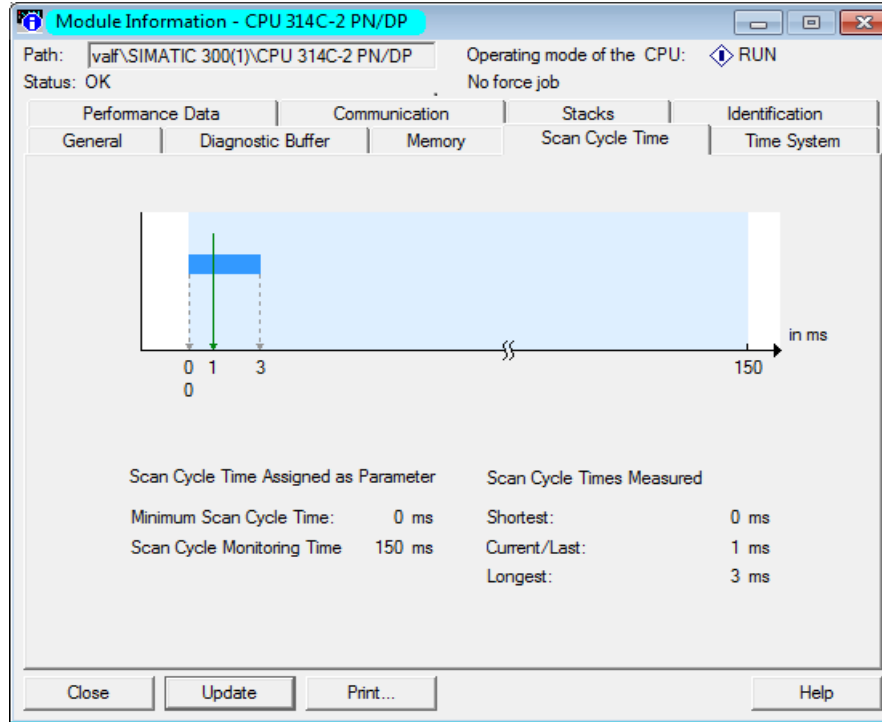
S7-400 serisi PLC, S7-300 serisi PLC'de kullanılan parametrelerin aynısı ile denenmiştir.

P kontrolde $K_p=1$ 'e göre; S7-400 serisi PLC'nin yükselme zamanı %29 oranında daha iyi çıkmıştır. Bu durum gecikme zamanında %32 daha iyi çıkmıştır. Her iki PLC'de de sistem osilasyona girse de S7-400 serisinde maksimum aşmalar S7-300'e oranla daha az çıkmıştır. $K_p=5$ 'e göre ise; yükselme zamanı %48,6 oranında daha iyi çıkmıştır. Bu durum gecikme zamanında %50 daha iyi çıkmıştır. Her iki PLC'de de sistem osilasyona girse de S7-400 serisinde maksimum aşmalar S7-300'e oranla az bir farkla da olsa daha düşük çıkmıştır.

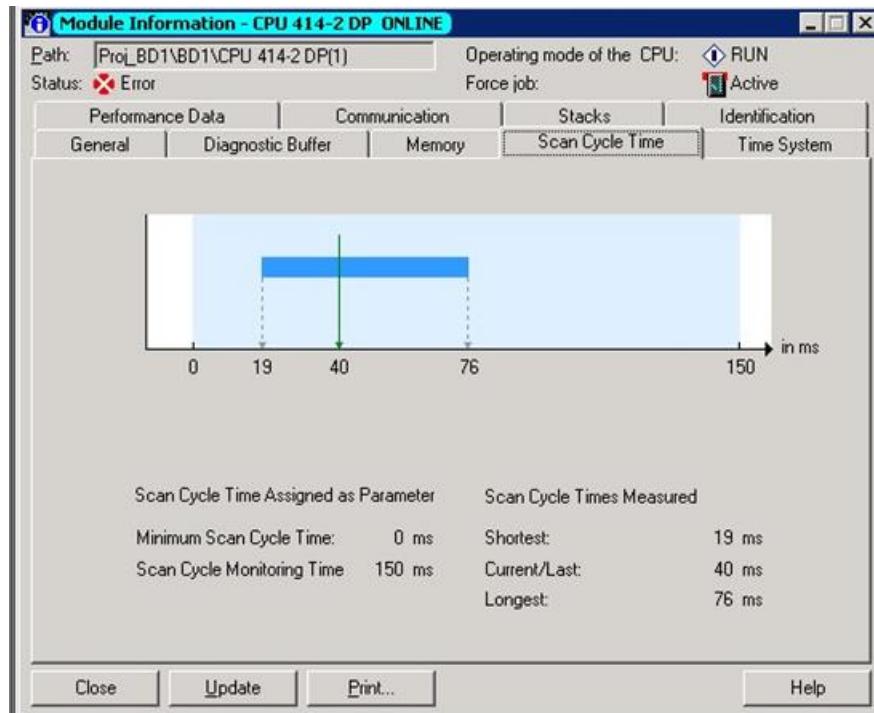
PD kontrolde $K_p=5$, $K_D=1$ 'e göre S7-400 serisi PLC'nin yükselme zamanı %46 oranında daha iyi çıkmıştır. Bu durum gecikme zamanında %48,8 daha iyi çıkmıştır. Her iki PLC'de de sistem osilasyona girse de S7-400 serisinde maksimum aşmalar S7-300'e oranla az bir farkla da olsa daha düşük çıkmıştır. $K_p=5$, $K_D=10$ 'e göre S7-400 serisi PLC'nin yükselme zamanı %4 oranında daha kötü çıkmıştır. Gecikme zamanları ise ihmal edilebilir bir farkla benzer çıkmıştır. Her iki PLC'de de sistem osilasyona aynı seviyelerde girmiştir. Maksimum ve minimum aşmaları neredeyse aynı çıkmıştır. PI kontrolde $K_p=5$, $K_i=1$ 'e göre S7-400 serisi PLC'nin yükselme zamanı %4 oranında daha iyi çıkmıştır. Bu durum gecikme zamanında %2,4 daha iyi çıkmıştır. Yerleşme zamanında ise S7-300 serisi PLC, S7-400'e göre %4,5 daha iyi performans göstermiştir. Ayrıca maksimum aşmalar S7-400 PLC'de daha az olduğu görülmüştür. $K_p=5$, $K_i=10$ 'e göre S7-400 serisi PLC'nin yükselme zamanı %5 oranında daha iyi çıkmıştır. Bu durum gecikme zamanında %10 daha iyi çıkmıştır. Yerleşme zamanında ise S7-400 serisi PLC, S7-300'e göre %33,6 daha iyi performans göstermiştir. Fakat maksimum aşmalar S7-300 PLC'de küçük farklarla da olsa daha az olduğu görülmüştür.

Son olarak PID kontrolde $K_p=5$, $K_i=2$, $K_D=1$ katsayılarına göre; S7-300 serisi PLC'nin yükselme zamanı %10 oranında daha iyi çıkmıştır. Bu durum gecikme zamanında ise S7-400 serisi PLC %9 daha iyi çıkmıştır. Yerleşme zamanı ise çok küçük farkla S7-300 serisi PLC daha iyi performans göstermiştir. Ayrıca maksimum aşmaların birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.

S7-300 serisi PLC'nin tarama zamanı Şekil 6.1'de, S7-400 serisinin tarama zamanı ise Şekil 6.2'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. S7-300 Cycle Time değeri.



Şekil 6.2. S7-400 Cycle Time değeri.

S7-1200 serisi PLC'nin PID parametrelerine karşı çıkan sonuç tablosu Çizelge 6.3'te ve S7-1500 serisi PLC'nin PID parametrelerine karşı çıkan sonuç tablosu Çizelge 6.4'de verilmiştir. Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4'ün birinci satırında kontrole başlanılan ve lineer cetvelden alınan anlık değerler kaydedilmiştir. İkinci satırda tümünde ortak bulunan ve silindirin gitmesi istenilen pozisyon olan set pozisyonu girilmiştir. Yükselme zamanının bulunabilmesi için üçüncü ve dördüncü satırda toplam yolun %10 ve %90 değerleri girilmiş olup bu değerler arasında kalan zaman beşinci satırda yükselme zamanı olarak girilmiştir. Benzer şekilde gecikme zamanının bulunabilmesi için altıncı ve yedinci satırda başlangıç pozisyonu (%0 pozisyon değeri) ile %50 pozisyon değerleri girilerek, arada kalan süre sekizinci satırda gecikme süresi olarak girilmiştir. Dokuzuncu ve onuncu satırda, set değerine ulaşırken karşılaşılan set değerinin üstünde ve altında olan maksimum (over shooting) yukarı aşma ve maksimum aşağı (under shooting) aşma değerleri girilmiştir. Son olarak on birinci satırda kontrolörün yerleşme zaman değeri girilmiştir.

Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4'ün birinci sütununda PI kontrolün fine-tuning sonucunda ortaya çıkan değerler, ikinci sütununda ise PID kontrolün fine-tuning sonucunda ortaya çıkan değerler gösterilmiştir.

Çizelge 6.3. S7-1200 PLC PID kontrol sonuç çizelgesi.

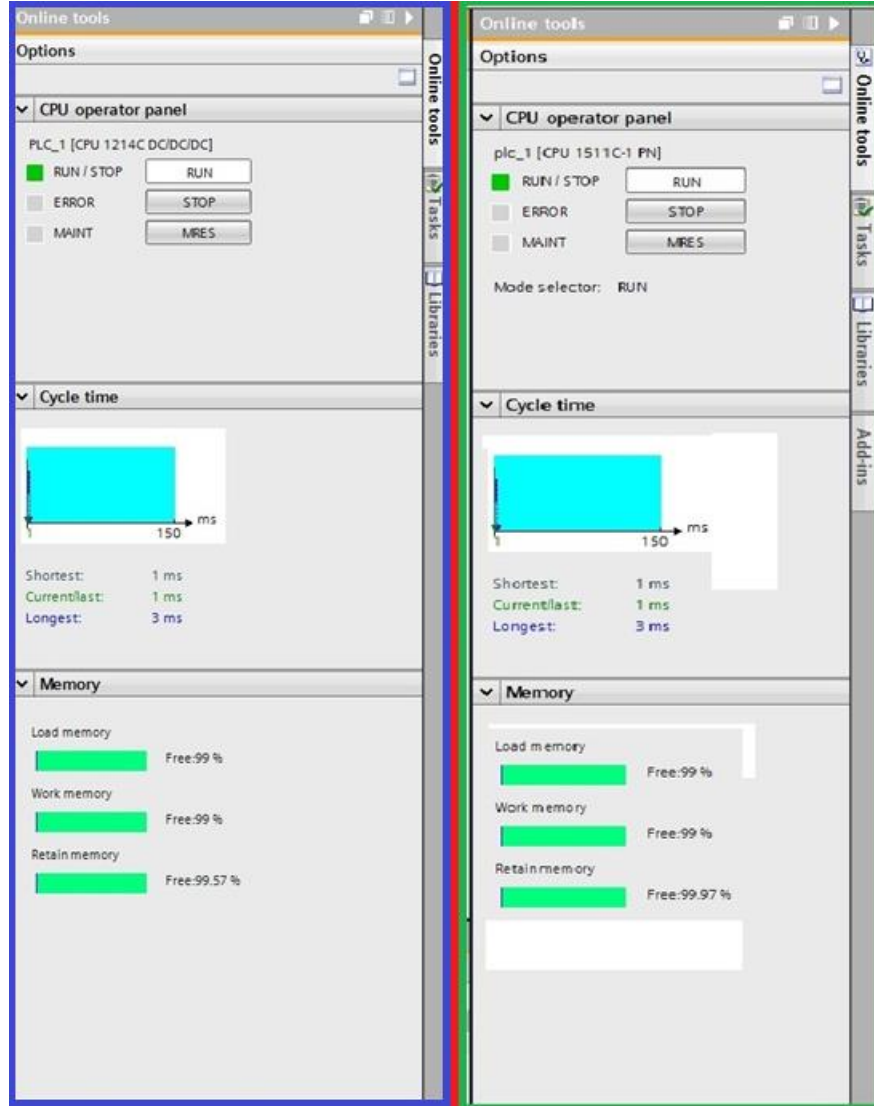
S7-1200 serisi PLC	PI	PID
	Fine-Tuning	Fine-Tuning
Başlangıç Pozisyonu (mm)	1,41	1,43
Set Pozisyonu (mm)	100	100
%10 Pozisyon değeri (mm)	11,269	11,287
%90 Pozisyon değeri (mm)	90,141	90,143
Yükselme Zamanı (%10-%90 arası) (s)	4,47	4,3
%0 Pozisyon değeri (s)	1,41	1,43
%50 Pozisyon değeri (mm)	50,705	50,715
Gecikme Zamanı (%0-%50 arası) (s)	4,92	2,7
Maksimum yukarı aşma (mm)	100,41	101,52
Maksimum aşağı aşma (mm)	99,96	99,31
Yerleşme zamanı (s)	10,4	19,7

Çizelge 6.4. S7-1500 PLC PID kontrol sonuç çizelgesi.

S7-1500 serisi PLC	PI	PID
	Fine-Tuning	Fine-Tuning
Başlangıç Pozisyonu (mm)	1,39	1,39
Set Pozisyonu (mm)	100	100
%10 Pozisyon değeri (mm)	11,25	11,25
%90 Pozisyon değeri (mm)	90,13	90,13
Yükselme Zamanı (%10-%90 arası) (s)	8,2	7,3
%0 Pozisyon değeri (s)	1,39	1,39
%50 Pozisyon değeri (mm)	50,69	50,69
Gecikme Zamanı (%0-%50 arası) (s)	5,3	4,7
Maksimum yukarı aşma (mm)	101,4	100,62
Maksimum aşağı aşma (mm)	99,2	99,8
Yerleşme zamanı (s)	15,2	8,9

S7-300 ile S7-400 serisi PLC'ler ile S7-1200 ile S7-1500 serisi PLC'lerin arayüzü ve PID program blokları birbirlerinden farklıdır. Deneyde bu farklılıkların PID çıkışlarına etkisini görmek için Simatic Manager programında FB41 bloğunda girilen parametreler TIA portal programında PID_Compact bloğunda girilmiştir. Fakat aynı parametrelerle S7-1200 ve S7-1500 serisi PLC'ler ile sistem hiçbir durumda girilen set değerine ulaşamamış ve osilasyona girmiştir.

Şekil 6.3'te S7-1200 ve S7-1500 serisi PLC'lerin tarama zamanı değerleri gösterilmiştir.



Şekil 6.3. S7-1200 ve S7-1500 Cycle Time değerleri.

Siemens firması S7-1200 ve S7-1500 serisi PLC'lerde PID parametrelerini otomatik hesaplayan bir algoritma geliştirmiştir [41]. S7-1200 serisi PLC Şekil 5.26'daki parametrelerle fine-tuning işlemine tabi tutulmuş olup sonuç olarak Şekil 5.25'teki grafik ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde S7-1200 serisi PLC Şekil 5.28'deki parametrelerle fine-tuning işlemine tabi tutulmuş olup sonuç olarak Şekil 5.27'deki grafik ortaya çıkmıştır. Bu işlemlerinin aynısı S7-1500 PLC'de de yapılmış olup çıkan sonuçlar Şekil 5.30 ve Şekil 5.32'de; parameteler ise Şekil 5.31 ve Şekil 5.33'de gösterilmiştir.

Her iki PLC'nin PI kontrol için Fine-Tuning parametrelerine göre; S7-1200 serisi PLC'nin yükselme zamanı %45 oranında daha iyi çıkmıştır. Bu durum gecikme zamanında ise %7 daha iyi çıkmıştır. Yerleşme zamanı kıyasında ise durum S7-1200 serisi PLC lehine %31 daha iyi çıkmıştır. Ayrıca aşma kıyaslamasında her iki PLC'nin de performansının çok iyi olduğu ve aralarında ihmal edilebilir bir fark olduğu görülmüştür.

Her iki PLC'nin PID kontrol için Fine-Tuning parametrelerine göre ise tablo şu şekilde çıkmıştır; yükselme zamanı PI kontroldeki sonuca benzer şekilde S7-1200 serisi PLC lehine %41 oranında daha iyi çıkmıştır. Gecikme zamanında ise yine S7-1500 serisi PLC %42 daha iyi çıkmıştır. Yerleşme zamanı kıyaslamasında ise durum PI kontrol sonucuna tamamen zıt bir şekilde S7-1500 serisi PLC lehine %54 daha iyi çıkmıştır. Ayrıca aşma kıyaslamasında her iki PLC'nin de performansının çok iyi olduğu ve aralarında ihmal edilebilir bir fark olduğu görülmüştür.

Çizelge 6.5. Tüm PLC'lerin en iyi kontrol sonuçları çizelgesi.

PLC ve PID Tür (En iyiler)	S7-300	S7-400	S7-1200	S7-1500
	PID ($K_p=5, K_i=2, K_D=1$)	PI ($K_p=5, K_i=10$)	Fine Tuning (PI)	Fine Tuning (PID)
Başlangıç Pozisyonu (mm)	3,32	1,41	1,41	1,39
Set Pozisyonu (mm)	100	100	100	100
%10 Pozisyon değeri (mm)	12,988	11,269	11,269	11,25
%90 Pozisyon değeri (mm)	90,332	90,141	90,141	90,13
Yükselme Zamanı (%10-%90 arası) (s)	4,29	7,4	4,47	7,3
%0 Pozisyon değeri (s)	3,32	1,41	1,41	1,39
%50 Pozisyon değeri (mm)	51,66	50,705	50,705	50,69
Gecikme Zamanı (%0-%50 arası) (s)	2,93	2,6	4,92	4,7
Maksimum yukarı aşma (mm)	106,1	102,7	100,41	100,62
Maksimum aşağı aşma (mm)	98,9	97,2	99,96	99,8
Yerleşme zamanı (s)	37,5	31,52	10,4	8,9

Dört farklı serideki PLC'lerin en iyi performans sağladığı değerler Çizelge 6.5'te verilmiştir. Silindir hareketinde pozisyon bilgisi aşağıdan yukarıya doğrudur, yani silindirin alt noktası 0'dan başlamakta olup üst noktası 150'de sonlanmaktadır.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR

Simatic Manager programında kullanılan FB41 bloğu ile TIA portal programında kullanılan PID_Compact blokları yazılım olarak birbirinden farklı platformlarda çalışmaktadır. Ayrıca Şekil 5.3'te FB41 bloğunun, Şekil 5.6'da ise PID_Compact bloğunun algoritmaları verilmiştir. Bu algoritmalar incelendiğinde PID_Compact bloğunun algoritmasında "Anti Windup" bloğu olup FB41 bloğunda bu blok bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu dört PLC karşılaştırılırken S7-300 serisi PLC ile S7-400 serisi PLC'leri kendi aralarında, S7-1200 serisi PLC ile S7-1500 serisi PLC'leri de kendi aralarında kıyaslamak daha doğru olacaktır.

S7-300 serisi PLC ve S7-400 PLC'lerin kendi aralarında doğru kıyas edilebilmesi için örnekleme zamanları 100 ms olarak girilmiştir. Deney sonuçlarına göre; aşmaların az olmasının önem kazandığı ve yerleşme zamanlarının kısa olmasının istendiği uygulamalarda S7-300 serisi PLC yerine S7-400 serisi PLC kullanılmasının, istenilen performans için daha uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Fakat oturma ve yerleşme zamanlarının kritik önemde olmadığı uygulamalarda (örnek olarak sıcaklık kontrol uygulamaları) S7-300 serisi PLC'ler maliyet açısından daha uygun olacaktır.

S7-300 ve S7-400 PLC'lere göre yeni nesil olan S7-1200 ve S7-1500 serisi PLC'lerde bulunan Pre-Tuning ve Fine-Tuning özelliği, manuel parametre ayarlamasından daha iyi sonuçlar verdiği deney sonuçlarından görülmektedir. S7-1200 ile S7-1500 özelinde yükselme zamanı, yerleşme zamanı ve aşmalar dikkate alındığında tez için kurulan sistemde S7-1200 serisi PLC için PI kontrolün, S7-1500 serisi PLC için ise PID kontrolün daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Tüm PLC'ler arasında yerleşme zamanına göre en iyi sonuç S7-1500 serisi PLC'de çıkmıştır. Fakat S7-1200 serisi PLC ile aralarında çok büyük farklılıklar olmadığı için seçimi maliyet ve sinyal yoğunluğu belirlemektedir. İşlem yükünün fazla olacağı bir sistem kurulduğunda S7-1500, işlem

yükünün normal seyrinde olacağı sistemlerde ise S7-1200 kullanılması maliyet açısından daha uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Demirci, A., “Laboratuvar ortamında Skada’nın PLC tabanlı deney setlerinde uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1 (2012).
2. Doğan, M., “Öz ayarlamalı PID kontrolör”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1 (2006).
3. Civelek, Z., “Rüzgar türbinlerinde bireysel hatve açısının PID, bulanık PID ve genetik bulanık denetleyiciler ile kontrol edilerek elektriksel güç çıkışı ve momentin iyileştirilmesi”, Doktora Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale, 16 (2017).
4. İnternet: Wikipedia, “PLC”, <https://tr.wikipedia.org/wiki/PLC> (2022).
5. İnternet: ElektrikPort, “PLC’nin Gelişimi ve Siemens”, <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/siemens-plc-teknolojileri/12311#ad-image-0> (2014).
6. Özdamar, C., “PLC Teori ve Uygulama 1”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul (2012).
7. Özer, A., “Endüstriyel sistemlerde PLC ve Scada uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 23-24 (2016).
8. Pişirir, O. M., “Güneş güç kuleleri için endüstriyel pc tabanlı heliostat kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 38-40 (2014).
9. Taştan, M., “Siemens S7-200 CPU 214 programlanabilir lojik denetleyicisi ile deneysel bir endüstriyel sistemin kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Niğde, 11-13 (2002).
10. Aran, A., “Ara değerlemeli TIQ tekniği ile 7 Bit Flash ADC tarasımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 3-4 (2022).
11. Pişmişoğlu, A., “PLC ile soğutma sistemi otomasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri, 8-10 (2016).
12. İnternet: Emih Aktaş – Elektrik Mühendisi, “PLC’de Analog Değerlerin İşlenmesi”, <https://projedenemeleri.blogspot.com/2018/07/plcde-analog-degerlerin-islenmesi.html?m=0> (2018).
13. İnternet: Fuat Özbay, “Analog İşlemler – PLC Analog Bilgi”, <https://fuatozbay.com/analog-islemler-plc-analog-bilgi/> (2020).

14. Keleş, M., “Parçacık sürü optimizasyonu kullanılarak ters sarkaç sistemi için PID denetleyici tasarımı ve PLC üzerinden uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 19-22 (2021).
15. Çeleğen M., “ED laboratory deney seti kullanılarak DA motorların açık çevrim ve kapalı çevrimdeki davranışlarının simulasyon ve deneysel olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kahramanmaraş, 2-3 (2022).
16. Durusu, V., “Parçacık sürü optimizasyonu ve Ziegler-Nichols metodunu kullanarak DC motorun hız kontrolü için PID parametrelerinin belirlenmesi ve karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Afyon, 7 (2022).
17. İnternet: Megep, ”Endüstriyel otomasyon Teknolojileri PID kontrol”, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Pid%20Kontrol%20C3%BC.pdf (2009).
18. Değirmenci, D., “PID denetleyici temelli fotovoltaiik soğutucu dolap tasarımı ve uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kahramanmaraş, 23 (2022).
19. Saydam, M., “Karıncı koloni algoritmasıyla PID parametrelerini optimize eden sulama sistemi tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kahramanmaraş, 19-21 (2022).
20. Altıntaş, A., “Tel kaplama prosesinde tel kaplama kalınlığının modellenmesi ve PID metodu ile kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, **Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karaman, 41 (2022).
21. Acıman, T., “PID kontrol ile dc motorun hassas konum kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, **Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tokat, 16 (2019).
22. Altıntaş, A., “Tel kaplama prosesinde tel kaplama kalınlığının modellenmesi ve PID metodu ile kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, **Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karaman, 41 (2022).
23. Yıldırım, A., “Sezgisel PID kontrolör tasarımı ve DC motor simülasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, **Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, 4 (2021).
24. Gençkaya, Ö., “DC motorun sürü algoritma tabanlı PID kontrolörle performans analizi”, Yüksek Lisans Tezi, **Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, 8-9 (2021).
25. Sürücü, E., “Kesir dereceli PID denetleyicinin model referans tabanlı tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, **Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tokat, 8-9 (2021).

26. Hançer, İ., “Prototip mobil aracın PID ve PSO ile hız kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş, 12-13 (2022).
27. Abdullah, S. K., “Tuning PID controller design and analysis of an inverted pendulum system”, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 22-28 (2020).
28. Yılmaz, Z. Y., “Güç sistemlerinde yük-frekans kontrolünde PID denetleyici ve parametrelerinin simbiyotik organizmalar arama algoritması ile ayarı”, Yüksek Lisans Tezi, *Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Düzce, 18-21 (2020).
29. Cengiz, H., “Ters cevaplı sistemler için optimal PI/PID tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Diyarbakır, 15-16 (2019).
30. Anwer, M. S., “Determination of PID control parameters by response surface methodology”, Yüksek Lisans Tezi, *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van, 3-21 (2019).
31. Göktürk, E., “Kesirli PID tasarım yöntemi ve klasik PID ile karşılaştırmalar”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 50-51 (2009).
32. Özalp, A. F., “Dijital hidrolik valf kontrol sistemi kullanılarak bir hidrolik silindirin konum ve hız kontrolü”, Doktora Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-3 (2022).
33. Erkekli, K., “Mechanical design for a hydraulically actuated quadruped robot”, Yüksek Lisans Tezi, *Sabancı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 9 (2017).
34. Göztaş, C., “Hidrolik pompa, motor ve iletim sistemlerinin karakteristik değerlerinin matematiksel ve deneysel metodlarla incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri, 1-15 (1988).
35. Aktaş, R. S., “Effects of micro arc oxidation (mao) coatings on wear resistance of high pressure die cast aluminium alloys for application hydraulic valves in mechatronics”, Yüksek Lisans Tezi, *Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-5 (2016).
36. Günenç, B., “Konum algılama özelliği olan hidrolik silindir tasarımı ve imalatı”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 1-27 (2016).
37. İnternet: MTS sensors, “Temposonics teknolojisi”, <https://www.mtssensorturkiye.com/teknoloji/temposonics--teknolojisi/> (2021).
38. Kamel, H. A., “Laboratuarda Gerçek Zamanda Klasik PID Kontrolörlerin Matlab Simulink Uygulamasının PLC Uygulaması ile Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans

Tezi, *İstanbul Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 44-49 (2016).

39. İnternet: Siemens support, “PID control with PID_Compact”, https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/100746401/100746401_S71x00_PidCompact_DOC_V3.0_en.pdf (2022).
40. Aygün, H., “Akışkan yataklı buhar kazanının yatak sıcaklığının parçacık sürüsü optimizasyonu tabanlı PID kontrolör (PSO-PID) ile kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 19 (2011).
41. Alhayani, F. A. Y., “Tuning of PID load frequency control using elephant herding optimization method for four area power system”, Yüksek Lisans Tezi, *Altınbaş Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 6-20 (2019).

ÖZGEÇMİŞ

Tanju KOCAKAYA ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Yortanpazarı Lisesi Fen Bilimleri Bölümü'nden 2005 yılında mezun oldu. 2006 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2011 yılında mezun oldu. 2014 yılında Kardemir A.Ş. Ray ve Profil Haddehanesi'nde Otomasyon Bakım mühendisi olarak işe başladı, 2019 yılında yine aynı birimde Elektrik Bakım Başmühendisliği pozisyonuna terfi etti ve halen aynı birimin başında sorumlu olarak çalışmaktadır.