KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PNÖMATİK KONUM KONTROLÜ

MERT TURGUT ŞENOL

KOCAELİ 2018

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

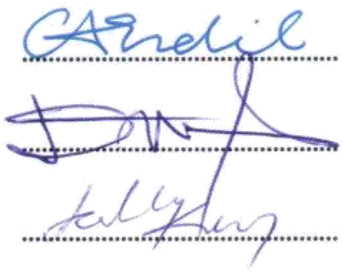
PNÖMATİK KONUM KONTROLÜ

MERT TURGUT ŞENOL

Prof.Dr. Ahmet ERDİL
Danışman, Kocaeli Üniv.

Prof.Dr. Durmuş KARAYEL
Jüri Üyesi, Sakarya Üniv.

Dr.Öğr. Üyesi Selçuk KİZİR
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.



Tezin Savunulduğu Tarih: 02.11.2018

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Pnömatik sistemler, basit, temiz, güvenilir, düşük maliyetli, yüksek hızlı ve bakım kolaylığı sağlamaları gibi avantajları sayesinde endüstriyel uygulamalarda geniş çaplı kullanım alanına sahiptirler. Son yıllarda yapay kas sistemleri üzerinde de bir çok uygulama gerçekleştirilmiş ve gerçekleştirilmeye devam etmektedir. Fakat pnömatik sistemlerde, pnömatik silindirin hareketinin sağlanması amacıyla kullanılan basınçlı havanın sıkıştırılabilme özelliğinden dolayı pnömatik silindirleri genellikle ilk ve son konumlarında kullanmak mecburiyetinde kalınmıştır. Pnömatik sistemler yüksek doğrusal olmayan (nonlineer) özellikler barındırırlar ve bu özelliklerinden dolayı pnömatik silindirin belirli mesafelerde kontrolü çok zorlaşır. Her gün gelişen otomasyon sistemleri, mikro işlemciler, yazılımlar ve robot teknolojisi sayesinde pnömatik silindirlerin istenen mesafede hassas konumlandırılması amaçlanmaktadır ve bu konu üzerine çalışmalar yapılmaktadır.

Bu tez çalışmasında; pnömatik silindiri istenen mesafede durdurmak için oransal valfler veya servo valfler yerine aç/kapa şeklinde çalışan elektromanyetik valfler kullanılmıştır. Sistemin kontrolü için, PLC kullanılarak PID kontrol uygulaması, darbe genişlik modülasyon (PWM) tekniği ile beraber gerçekleştirilmiştir ve pnömatik silindirin minimum toleranslar içerisinde konumlandırılması üzerine bir çalışma yapılmıştır. PID fonksiyonu olarak PLC programının kendi bloğu kullanılmıştır. Cevap oranı ve pozisyonlama doğruluğu hesaba katıldığında elde edilen sonuçlar oransal valfler ile elde edilen sonuçların yaklaşık olarak aynısıdır.

Bu tez çalışmasında yüksek lisans eğitimim boyunca bana her türlü desteği, ilgi ve alakayı sağlayarak, bilgi ve tecrübelerini her fırsatta benimle paylaşan ve bu tezin sonuçlanmasını sağlayan değerli danışmanım Prof.Dr.Ahmet Erdil'e, ve tez çalışmamda bana bilgi ve destek sunan Mekatonik Mühendisliği öğretim görevlileri Prof.Dr. H.Metin Ertunç, Doktor Öğretim Üyesi Selçuk Kizir ve araştırma görevlisi Ethem Kelekçi'ye teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezin yapımı esnasında bana sürekli destek veren, bilgi ve emeklerini ortaya koyan çalışma arkadaşlarım, başta Şirket Genel Müdür Yardımcısı Sayın Mehmet Emin Bilgin ve departman formenim Sayın Ramazan Polat ile departmanımda görev sürelerini tamamlayıp emeklilik hayatına geçen şefim Sayın Mehlayil Karabacak, formenim Sayın Selim Mamacanoğlu'na, bana sürekli bilgi paylaşımında bulunan ve her zor anımda sorunlarımı çözen Anıt Otomasyon firması çalışanları Sayın Ahmet Özvatan ve Sayın Yaşar Teke'ye ayrı ve özel olarak teşekkürlerimi iletmek isterim.

Son olarak beni yetiştiren, maddi ve manevi yardımlarını ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli anne, babama ve ağabeylerime, tez çalışmamda beni destekleyen sevgili eşime teşekkürlerimi sunarım.

Kasım – 2018 Mert Turgut ŞENOL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ v
TABLOLAR DİZİNİ ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xi
ÖZET xiii
ABSTRACT xiv
GİRİŞ 1
1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 6
2. PNÖMATİK POZİSYON KONTROL DENEY DÜZENEĞİ VE DEVRE ELEMANLARI 12
2.1. Elektrik/Elektronik Sistem Devre Elemanları 12
2.1.1. Elektrik panosu ve panonun tasarımı 12
2.1.2. PLC (Programlanabilir Kontrol Ünitesi) 13
2.1.3. SIMATIC S7-1200 entegre teknoloji, ... 14
2.1.3.1. Simatic 1200 CPU 15
2.1.3.2. SIMATIC S7-1200 haberleşme 16
2.1.3.3. SIMATIC S7-1200 I/O modülleri 16
2.1.4. İnsan makine ara yüzü (HMI) 17
2.1.5. Yazılım siemens TIA portal V13 19
2.1.6. Güç kaynakları 20
2.1.6.1. Mean Well EDR-120-24 20
2.1.6.2. Mean Well MDR-60-12 20
2.1.7. Lineer potansiyometre 20
2.1.8. Sınır anahtarları (Limit switches) 22
2.1.9. Endüstriyel ethernet switch 22
2.1.10. Otomat sigorta 23
2.2. Mekanik Sistem Devre Elemanları 23
2.2.1. Şartlandırıcı 23
2.2.2. Yön kontrol valfleri 24
2.2.2.1. 5/2 Yön kontrol valfi 24
2.2.2.2. 3/2 Yön kontrol valfi (SMC; EVT317-5DZ-02F-Q) 25
2.2.2.3. 3/2 Yön kontrol valfi (Festo MHE2-MS1H-3/2G-M7-K) 26
2.2.3. Pnömatik silindir 27
2.2.4. Hız ayar valfi 27
3. PID KONTROL VE DARBE GENİŞLİK MODÜLASYON TEKNİĞİ 28
3.1. PID Kontrol 28
3.1.1. PID denetleyicinin tanımı 28
3.1.2. PID kontrolörün yapısı 28
3.1.3. PID kontrolör tasarımı 30
3.1.3.1. Oransal kontrolör 30
3.1.3.2. PI kontrolör 31
3.1.3.3. PD kontrolör 34

3.1.3.4. PID kontrolör 36
3.1.3.5. Ziegler – Nichols kuralları 36
3.1.3.6. İntegral yığılması 38
3.2. Darbe Genişlik Modülasyon Tekniği (DGM) 39
4. PNÖMATİK SİSTEM VE PLC'DE PID KONTROL UYGULAMASININ GERÇEKLETİRİLMESİ 41
4.1. Gerçekleştirilen Pnömatik Sistem Ve Deney Seti 41
4.2. Pnömatik Sistemin Matematiksel Modeli 43
4.3. PLC İle Dijital PID Kontrolör Programlama 44
4.3.1. PLC'nin tanımı ve işlevi 44
4.3.2. PLC'nin çalışması ve fonksiyonu 45
4.3.3. PLC'nin elemanları 46
4.3.3.1. Merkezi işlem birimi (CPU) 46
4.3.3.2. Sinyal bordu 46
4.3.3.3. Sinyal modülleri 47
4.3.3.4. Haberleşme modülleri 47
4.3.4. Bilgisayar programlarıyla PLC programlarının farkı 48
4.3.5. Programlama açısından PLC'nin bilgisayara göre avantajları 49
4.3.6. PLC'de analaog sinyallerin işlenme prensibi 49
4.3.6.1. Analog kanalların yapılandırılması (konfigürasyonu) 50
4.3.6.2. Skala ve normalleştirme fonksiyonları 53
4.3.7. PWM fonksiyonunu kullanma 54
4.3.7.1. DGM'nin darbe genişliğinin değiştirilmesi 58
4.3.8. S7 1200 ile PID kontrol 59
4.4. Örnek Sistemin Tasarlanması 62
4.4.1. PID_compact fonksiyonu 63
4.4.2. PLC programının gerçekleştirilmesi 68
4.4.2.1. Donanım ayarlarının yapılması 68
4.4.2.2. Program bloklarının oluşturulması 70
4.4.2.3. Programın PLC'ye aktarılması 72
4.4.2.4. PID_Compact kontrolörünün yapılandırılması 72
4.4.2.5. DGM'nun yapılandırılması ve kontrolu 77
4.4.2.6. Programın akış diyagramı 81
4.4.3. Atama tabloları 82
4.4.4. Operatör panel programlama 82
4.4.5. Uygulamanın operatör panel üzerinden (HMI) kontrolü 85
4.4.5.1. Ana sayfa 86
4.4.5.2. Trend sayfası 87
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR 89
5.1. Deney Sisteminin Tasarımı 89
5.2. Deney Parametreleri 91
5.2.1. Oransal kazanç 91
5.2.2. İntegral kazanç 91
5.2.3. Türevsel kazanç 91
5.2.4. Aşma 92
5.2.5. Sürekli rejim hatası (hata) 92
5.2.6. Çalışma basıncı 92
5.2.7. Silindir hızı 92
5.2.8. Konumlandırma aralığı 92

5.2.9. Hata 92
5.3. PID Denetleyici Tasarımı 93
5.4. Deneysel Çalışmalar 94
5.4.1. Döngü zamanının belirlenmesi için yapılan deneyler 95
5.4.1.1. DGM döngü zamanı 3 µs ile yapılan denemeler 95
5.4.1.2. DGM döngü zamanı 5 µs ile yapılan denemeler 97
5.4.1.3. DGM döngü zamanı 10 µs ile yapılan denemeler 98
5.4.2. PID parametrelerinin otomatik ayarlanması 100
5.4.2.1. Pre Tuning yöntemleri ile PID katsayılarının ayarlanması 101
5.4.2.2. İnce ayar (Fine Tuning) yöntemleri ile PID katsayılarının belirlenmesi 107
6.4.2.3. Röle geri besleme yöntemi 121
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 132
KAYNAKLAR 137
EKLER 140
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 159
ÖZGEÇMİŞ 160

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Elektrik panosunun görüntüsü a) iç kısım b) dış kapak 12
Şekil 2.2. Siemens S7-1200, CPU 1214C 13
Şekil 2.3. Siemens SM 1234 analog giriş/çıkış modülü 17
Şekil 2.4. Siemens KTP400 Basic Panel 18
Şekil 2.5. Siemens TIA Portal V13 yazılımı arayüzü 19
Şekil 2.6. Güç kaynakları a) 24 vdc b) 12 vdc 20
Şekil 2.7. Lineer potansiyometrenin mekanik ölçüleri 21
Şekil 2.8. Sistemde kullanılan lineer potansiyometre 22
Şekil 2.9. Endüstriyel Ethernet switch 23
Şekil 2.10. Şartlandırıcı 24
Şekil 2.11. 5/2 çift solenoidli yön kontrol valfi, SMC, SY5220-5DZ-01F-Q 25
Şekil 2.12. 3/2 Solenoid tetiklemeli yay geri dönüşlü yön kontrol valfi 25
Şekil 2.13. Festo MHE2-MS1H-3/2G-M7-K; Hızlı Anahtarlamalı valf 26
Şekil 2.14. Φ50 mm x 500 mm çift etkili pnömatik silindir. 27
Şekil 2.15. Hız ayar valfi 27
Şekil 3.1. PID kontrol sistemini genel yapısı 29
Şekil 3.2. P kontrol Sistem Cevabı 30
Şekil 3.3. P blok Diyagramı 31
Şekil 3.4. Oransal kontrolörün birim basamak cevabı ve blok diyagramı 31
Şekil 3.5. I ve PI kontrolörlerinin birim basamak cevabı 32
Şekil 3.6. I ve PI kontrolörlerinin blok diyagramı 32
Şekil 3.7. PI Kontrol Sistemi 33
Şekil 3.8. PD Kontrolörlü kontrol sistemi 34
Şekil 3.9. PD ve PID kontrolörün birim basamak cevabı ve blok diyagramı 35
Şekil 3.10. Ziegler Nichols için açık çevrim cevabı 37
Şekil 4.1. Pnömatik sistemi oluşturan pnömatik devre elemanları 41
Şekil 4.2. Pnömatik Sistemin Sembolik Gösterimi 42
Şekil 4.3. Pnömatik sisteminin PLC ile kontrolünün şematik gösterimi 42
Şekil 4.4. Pnömatik silindir valf sistemi 43
Şekil 4.5. PLC'nin çalışma sistemi 45
Şekil 4.6. CPU 1214 C DC/DC/DC 46
Şekil 4.7. Signal bord 'un PLC'ye TIA portal programında eklenmesi 47
Şekil 4.8. Sinyal ve haberleşme modülü eklenmiş bir S7 1200 PLC görünümü 47
Şekil 4.9. Sinyal bordun bağlantısı 49
Şekil 4.10. Sinyal modüller a) SM 1231 AI 4 x 13 bit analog modül bağlantısı
b) SM 1231 AI 8 x 13 bit analog modül bağlantısı 50
Şekil 4.11. Analog modülün donanım ayarlarının yapılması 51
Şekil 4.12. Analog kanal ayarı, (noise reduction) 51
Şekil 4.13. Analog kanalların ayarlarının yapılması 51
Şekil 4.14. I/O adres bilgileri 52
Şekil 4.15. Analog çıkış kanalı ayarları 52
Şekil 4.16. Analog bir kanaldan okunan değerin işlenmesi 54
Şekil 4.17. Analog çıkışa bir değer yazılması 54

Şekil 4.18. Darbe Genişlik Modülasyonu 54
Şekil 4.19. Pulse generatorun aktif edilmesi 55
Şekil 4.20. Pulse operation ayarları 56
Şekil 4.21. PWO kullanım adresleri 56
Şekil 4.22. DGM (PWM) TIA portal yazılımdaki yeri 57
Şekil 4.23. PWM aktif edilmesi 57
Şekil 4.24. PLC değişken tablosu 58
Şekil 4.25.PID uygulamasının data blok ile ilişkilendirilmesi 59
Şekil 4.26 PID fonksiyonun ayarlarının yapılacağı kısımlar 60
Şekil 4.27. PID fonksiyonu eklenmesi 60
Şekil 4.28. PID fonksiyonu temel ayarlar penceresi 61
Şekil 4.29. PID veri (data) bloğu "Commissioning" penceresinin görünümü 61
Şekil 4.30. Uygulamada kullanılan temel öğeler 62
Şekil 4.31. Pnömatik sistemin blok diyagramı 63
Şekil 4.33. PID_Compact Kontrolörünün operasyonu 65
Şekil 4.34. Ekipmanların Programda eklenmesi 69
Şekil 4.35. Hardware konfigürasyonu 69
Şekil 4.36. Programda oluşturulan bloklar 71
Şekil 4.37. PID_Compact bloğu 72
Şekil 4.38. Basic Settings menüsü 73
Şekil 4.39. Process value settings penceresi 74
Şekil 4.40. "Advanced settings" başlığı "process value monitoring" ve "pwm limits" ayarları 75
Şekil 4.41. "Output value limits" ayarları 75
Şekil 4.42. PID parameters kısmı 76
Şekil 4.43. Technology objects 77
Şekil 4.44. PID Parametrelerinin veri bloğundaki yerleri 77
Şekil 4.45. "Device manager, Properties" menüsü 78
Şekil 4.46. PLC değişken tablosu 78
Şekil 4.47. DGM (PWM) çıkışının ayarlarının yapılandırılması 79
Şekil 4.48. İleri hareketin gerçekleştirilmesi 79
Şekil 4.49. Geri hareketin gerçekleştirilmesi 80
Şekil 4.50. CTRL_PWM komutu ile ileri – geri hareket gerçekleştirilmesi 80
Şekil 4.51. Akış diyagramı 81
Şekil 4.52. Ana Ekran Görüntüsü 87
Şekil 4.53. Trend Görüntüleme Sayfası 88
Şekil 5.1. Sistemin tasarımı 90
Şekil 5.2. Kontrol sisteminin tasarımı 93
Şekil 5.3. DGM döngü zamanı 3 µs ile PID katsayılarının Fine tuning modunda Ziegler – Nichols yöntemi ile belirlenmesi 95
Şekil 5.4. PID parametre katsayıları 96
Şekil 5.5. PID_Compact menüsünden alınan grafik 96
Şekil 5.6. Dokunmatik ekranda oluşan grafik görüntüsü 97
Şekil 5.7. PID parametre katsayıları 97
Şekil 5.8. DGM döngü zamanı 5 µs ile PID katsayılarının Fine tuning modunda Ziegler – Nichols yöntemi ile belirlenmesi 98
Şekil 5.9. PID_Compact menüsünden alınan grafik 98
Şekil 5.10. PID parametre katsayıları 99

Şekil 5.11. DGM döngü zamanı 10 µs ile PID katsayılarının Fine tuning modunda Ziegler – Nichols yöntemi ile belirlenmesi 99
Şekil 5.12. PID_Compact menüsünden alınan grafik 100
Şekil 5.13. PID katsayılarının belirlenmesi..... 102
Şekil 5.14. PID katsayıları 102
Şekil 5.15. 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması 102
Şekil 5.16. 50 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması 103
Şekil 5.17. PID katsayılarının belirlenmesi..... 104
Şekil 5.18. PID katsayıları 104
Şekil 5.19. 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması 105
Şekil 5.20. 50 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması 105
Şekil 5.21. PID katsayılarının belirlenmesi..... 107
Şekil 5.22. PID katsayıları 108
Şekil 5.23. 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması 108
Şekil 5.24. 50 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması 109
Şekil 5.25. PID katsayılarının belirlenmesi..... 110
Şekil 5.26. PID katsayıları 110
Şekil 5.27. 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması 110
Şekil 5.28. 50 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması 111
Şekil 5.29. PID katsayılarının belirlenmesi..... 112
Şekil 5.30. PID katsayıları 112
Şekil 5.31. 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması 113
Şekil 5.32. 50 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması 113
Şekil 5.33. PID katsayılarının belirlenmesi..... 114
Şekil 5.34. PID katsayıları 115
Şekil 5.35. 50 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması 115
Şekil 5.36. 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması 116
Şekil 5.37. PID katsayılarının belirlenmesi..... 117
Şekil 5.38. PID katsayıları 117
Şekil 5.39. 100 mm aralıklarla pozisyonlama uygulaması 117
Şekil 5.40. 50 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması 118
Şekil 5.41 Ziegler Nichols P yöntemi ile PID parametrelerinin belirlenmesi..... 119
Şekil 5.42. Ziegler – Nichols P yöntemi ile belirlenen PID katsayı değerleri 120
Şekil 5.43. 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması 120
Şekil 5.44. 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulaması..... 121
Şekil 5.45. Röle geri beslemeli kontrol yapısı 122
Şekil 5.46. Röle geri besleme sistemi uygulanmış osilasyonlu bir sistem..... 122
Şekil 5.47. Röle geri beslemeli kontrol yapısı 123
Şekil 5.48. Röle geri besleme yönteminin fonksiyonun Network 1 ve 2'nci satırları..... 124
Şekil 5.49 Röle geri besleme yönteminin fonksiyonun Network 3'nci satırı 124
Şekil 5.50 Röle geri besleme yönteminin fonksiyonun Network 4'nci satırı 125
Şekil 5.51 Röle geri besleme yönteminin fonksiyonun Network 5 ve 6'nci satırı..... 126
Şekil 5.52. parametrelerin ölçüldüğü fonksiyon bloğun network 2'nci satırı..... 127
Şekil 5.53 Parametrelerin ölçüldüğü fonksiyon bloğun network 3'ncü satırı..... 128
Şekil 5.54. Röle geri besleme yöntemi ile sistemde salınım oluşturulması 129
Şekil 5.55. Röle geri besleme yönteme ile elde edilen katsayılar ile sistemin 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması..... 130

Şekil 5.56. Röle geri besleme yönteme ile elde edilen katsayılar ile sistemin
100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması..... 130

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Ziegler-Nichols kuralları 38
Tablo 4.1. Analog değere karşılık gelen fiziksel değerler 53
Tablo 4.2. PID_Compact yönergesi 65
Tablo 4.3. Giriş bağlantılarının atama tablosu 82
Tablo 4.4. Çıkış bağlantılarının atama tablosu 82
Tablo 4.5. HMI Konfigürasyonun yapılması 83
Tablo 4.6. HMI Projesinin dokunmatik ekrana yüklenmesi 84
Tablo 5.1. PID Katsayılarının sisteme etkisi 93
Tablo 5.2. DGM genliği 3 µs ile gerçekleştirilen deney sonuçları 96
Tablo 5.3. DGM genliği 5 µs ile gerçekleştirilen deney sonuçları 98
Tablo 5.4. DGM genliği 10 µs ile gerçekleştirilen deney sonuçları 100
Tablo 5.5. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulmasının değerleri 103
Tablo 5.6. 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulmasının değerleri 103
Tablo 5.7. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulmasının değerleri 105
Tablo 5.8. 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulmasının değerleri 106
Tablo 5.9. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulmasının değerleri 108
Tablo 5.10. 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulmasının değerleri 109
Tablo 5.11. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulmasının değerleri 110
Tablo 5.12. 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulmasının değerleri 111
Tablo 5.13. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulmasının değerleri 113
Tablo 5.14. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri 114
Tablo 5.15. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulmasının değerleri 115
Tablo 5.16. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulmasının değerleri 116
Tablo 5.17. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulmasının değerleri 118
Tablo 5.18. 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulmasının değerleri 118
Tablo 5.19. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri 120
Tablo 5.20. 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri 121

Tablo 5.21. Röle geri besleme yöntemine göre PID parametetrelerinin belirlenmesi 123
Tablo 5.22. Röle geri besleme yönteme ile elde edilen katsayılar ile sistemin 100 mm. aralıklarla pozisyonlama kontrolünün gerçekleştirilmesi 130
Tablo 5.23. Röle geri besleme yönteme ile elde edilen katsayılar ile sistemin 50 mm. aralıklarla pozisyonlama kontrolünün gerçekleştirilmesi 131

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	:Türev geciktirme sabiti (derivative delay coefficient)
A	:Amper
Aa	:Silindirin a tarafı alanı
Ab	:Silindirin b tarafı alanı
B	:Oransal etki ağırlığı (Proportional action weighting)
C	:Derivative action weighting (İntegral etki ağırlığı)
Cm	:Kütlesel akış
Cq	:Boşaltım katsayısı
Dk	:dakika
Hz	:Herz
K_d	:Türevsel kazanç
K_i	:Integral kazanç
K_p	:Oransal kazanç
K_u	:Nihai kazanç (ultimate gain)
Lt	:litre
m	:metre
Ma	:Silindirin a tarafındaki kütlesel debi
mA	:mili Amper
Mb	:Silindirin b tarafındaki kütlesel debi
mm	:mili metre
MPa	:mega Pascal
Pa	:Silindirin a tarafındaki basınç
Patm	:Atmosfer basıncı
Pb	:Silindirin b tarafındaki basınç
Ps	:Besleme basıncı
P_u	:Sistemin çıkış salınım periyodu
R	:Gaz sabitini
S	:Laplace operatörü
sn	: saniye
T	:İntegral etki zamanı (integral action time)
Ta	:Silindirin a bölgesindeki sıcaklık
Tb	:Silindirin b bölgesindeki sıcaklık
T_c	:Modülasyon periyodu
t_d	:Darbe süresi
TD	:Türev etki zamanı
V	:Volt
Va	:Silindirin A bölgesindeki hız
Vb	:Silindirin b bölgesindeki hız
W	:İstenen değer (set Point)
W	:Watt
X	:Süreç değeri (Process value)
Λ	:Özgül ısı oranını
Δy	:PID algoritmasının çıkış değeri

Kısaltmalar

AC	: Alternative Current (Alternatif Akım)
CM	: Communication Module (Haberleşme modülü)
CPU	: Central Processing Unit, (Merkezi İşlemci Birimi)
D	: Derivative Control (Türevsel Kontrol)
DB	: Data Block (Veri bloğu)
DC	: Direct Current (Doğru Akım)
DGM	: Darbe Genişlik Modülasyonu
DI	: Instance Data Block (Özel Data Blok)
FB	: Function Block (Fonksiyon Bloğu)
FC	: Function (Fonksiyon)
HMI	: Human Machine Interface (İnsan Makine Ara yüzü)
I	: Integral Control (Integral Kontrol)
I/O	: Input/Output (Giriş/Çıkış)
IP Code	: International Protection Code (Uluslararası koruma kodu)
OB	: Organization Block (Organizasyon Bloğu)
P	: Proportional Control (Oransal kontrol)
PD	: Proportional – Derivative Control (Oransal-türevsel Kontrol)
PID	: Proportional-Integral-Derivative Control (Oransal-integral-Türevsel Kontrol)
PLC	: Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)
PTO	: Pulse Train Output (Darbe katarı, Darbe Sayma Birimi)
PWM	: Pulse Width Modulation (Darbe Genişlik Modülasyonu)
RTD	: Resistance Temperature Detector (Dirençsel Sıcaklık Sensörü)
SM	: Signal Module (Sinyal modül)
SP1	: Service Packet 1 (Servis Paket 1)
TIA	: Totally Integrated Automation (Toplam Bütünleşik Otomasyon)
UDT	: User Defined Data Block (Kullanıcı Tanımlı Data Blok).
V13	: Version 13 (Versiyon 13)

PNÖMATİK POZİSYON KONTROLÜ

ÖZET

Pnömatik sistemler yüksek derecede doğrusal olmayan özelliklerinden dolayı gerek modellemede gerek ise kontrol algoritmalarının uygulanmasında birçok zorluklarla karşılaşılmaktadır. Bu tez için oluşturulan deney setinde oransal ve servo valflerin yerine aç/kapa çalışan elektromanyetik valfler kullanılmıştır. İki tip aç/kapa elektromanyetik valf çeşidi ile denemeler gerçekleştirmiştir. Birinci tip valfler yaklaşık 30 ms tepkime süresine sahiptir, ikinci tip valfler ise hızlı anahtarlamalı valflerdir (Fast switching valves) ve tepkime süreleri diğer valflerin yaklaşık 15 katı kadar hızlı, ortalama 1.7 ms dir. Kontrol yöntemi olarak P (Proportional), PI (Proportional – Integral), PD (Proportional – Derivative) ve PID (Proportional – Integral – Derivative) kontrol yöntemleri darbe genişik modülasyon tekniği ile beraber gerçekleştirilmiştir. Darbe genişlik modülasyon tekniği bir dijital çıkışın genişliğini kontrol ederek farklı gerilim değerleri üretmemizi sağlar. Yani dijital çıkışın kanalı analog sinyal gibi kullanılır. Bu çalışmanın yapılmasındaki amaç sadece on/off valfler kullanarak pnömatik silindirin hassas konum kontrolünü ± 3 mm mesafe içinde uygulayabilmektir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda hızlı anahtarlamalı valfler ile pnömatik silindirin istenen mesafenin ± 3 mm toleransında konumlandırılması çok fazla aşma yapmadan sağlanmıştır. Cevap oranı ve pozisyonlama doğruluğu göz önünde bulundurulduğunda elde edilen sonuçlar oransal valf ile elde edilen sonuçlar ile neredeyse aynıdır. Deneyler esnasında silindirin hızının ve basınç artışının sistemin kontrolünde etkili olduğu ve yüksek değerlerin olumsuz etkiler yaptığı görülmüştür. Sistemdeki hava kaçaklarının, pnömatik silindir ile lineer potansiyometrenin hareket esnasında kasılma problemleri yaratmasının, sistemin osülasyona geçmesine yani set değerinin etrafında sık aralıklı açma, kapama yapmasına neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hızlı anahtarlamalı Valfler, PID Kontrol, PLC, Pnömatik Hassas Konum Kontrolü, Pnömatik Yön Kontrol Valfleri

PNEUMATIC POSITION CONTROL

ABSTRACT

Since the pneumatic systems have highly nonlinearity chararteristics, it is faced with difficulties in implementing control algorithm and modelling of pneumatic system. In this study, instead of proportional valves and servo valves, an electropneumatic test system was designed by using on/off electromagnetic valves. The experiments realized with two types on/off electromagnetic valves which have different switching time. The first of valves has 30 ms response time. The second type of valves is fast switching valves and their response time is nearly 15 times more speed than first valves approximately 1.7 ms. As a control system PID was applied with the pulse width generation technique (PWM). PWM is controlling the width of a digital outout and it enables us to create different voltage. Also the output of the digital channel is used like an analog output. The aim of this study is to use only the on/off valves to position the pneumatic cylinder in referans point between ± 3 mm deviation. And by using fast switching valves the results was obtained. If response rate and positioning accuracy are taken into accounti the results obtained by PWM and PID control are approximately the same as the results obtained by proportional control. During the experiments it is seen the pressure of the air and the speed of the cylinder effects the control of system. The air leakage in the system and the contraction between lineer transducer and pneumatic cylinder causes the osilation also the valves fequently make on/off around the set point.

Key Words: Fast Switching Valves, PID Control, PLC, Pneumatic Accurate Position Control, Pneumatic Direction Control Valves.

GİRİŞ

Pnömatik eski Yunancada nefes ya da soluk anlamına gelen “pneuma” kelimesinden türetilmiştir ve günümüzde basınçlı hava yardımıyla hareket ve kuvvet üretimi, aktarımı ve kumandası anlamında kullanılmaktadır.

Pnömatik sistemler atmosfer basıncı üstü ya da altı (vakum) havayla çalışan makine ve cihazlardan oluşur. Uygulamada pnömatik sistemlerin tümüne “Pnömatik” denir. Pnömatik teknikler genelde önceden üretilen atmosfer basıncı üzerinde bir hava basıncındaki mevcut potansiyel enerjiden yararlanılır [1].

Yüksek basınç istenmeyen durumlarda pnömatiğin kullanım alanlarında sınır yoktur. En basit sistemlerden en karmaşık sistemlere kadar pnömatik geniş bir kullanım alanına sahiptir. Özellikle patlama tehlikesi olan yerlerde, (boyama atelyeleri, kimya fabrikaları, tüp dolum tesisleri v.b.) temiz çalışma şartları istenen yerlerde (gıda sanayi, tekstil sanayi, ilaç sanayi v.b.) geniş kullanım alanı bulmuştur [2].

Pnömatik silindir uygulamaları çoğunlukla açık çevrim kontrol modunda iki sınır konumda, piston kolu tam dışarıda ve ya tam kapalı konum olarak çalışır. Bu tür uygulamalarla yüksek kuvvet veya torklara ulaşabilmekte, elektrikli sistemlere göre ucuzluk sağlanabilmektedir.

Pnömatik sistemlerde, kapalı çevrimli hassas konum kontrol uygulamalarında havanın sıkıştırılabilirliği, küçük sönüm oranları, mekanik sürtünmeler, sistemin doğrusal olmaması, pnömatik silindirin bir ara konumda istenen hassasiyette sabit tutulması veya çalıştırılmasını güçleştirmektedir.

Pnömatik sistemlerde ara konumda konum kontrolu zorluğun üstesinden gelmek için mekanik sınırlamalar, kilit veya fren mekanzimaları kullanılabilmektedir. Ancak bu tür çözümler sistemde şoklar yaratarak mukavemet, malzeme yorulması, vs sorunlarına yol açabilmekte ayrıca sistemin verimini de azaltmaktadır. Pnömatik sistemlerin endüstride kullanımı ancak herhangi bir mekanik sınırlama olmaksızın konum, hız hatta kuvvet yörüngelerini gerçekleştirebilecek sistemlerin geliştirilmesi

ile en üst seviyeye ulaşabilecektir. Pnömatik bir sistemde konum, hız veya kuvvet yörüngesi üzerinde kontrol tasarımı yapılırken; ancak uygun bir kontrol algoritması (hem izleyici, hem de regülatör çevrimleri gibi) kullanılması ve sistemin gerçek parametrelerinin/davranışının iyi bilinmesi halinde başarılı sonuçlar elde edilebilir [3].

Endüstride, havanın sıkıştırılabilirliği, viskoz ve coulomb sürtünmesi yüzünden silindirler genellikle strok sonu ve sıfır konumlarında kullanılmaktadır. Endüstride kullanılan sistemlerde, silindirlere konum kontrolü yapılmasının dört farklı yolu ve istenen hassasiyete göre de farklı maliyetleri mevcuttur.

- 5/3 valfler
- Frenli Valfler
- Servo silindirler
- Pnömatik Pozisyonlayıcılar
- Adım motorlu silindirler

5/3 valfler ile ara konumda durdurma hassasiyeti çok düşüktür. Sistem istenen konumun etrafında, silindirin hızına göre ±20 mm. Arasında durdurulabilmektedir.

Frenli silindirler, silindiri önüne eklenmiş ek bir sıkıştırma elemanından oluşmaktadır. Bu sıkıştırma elemanı, basınca maruz kaldığında silindirin milini sıkıştırmakta ve sistemi durdurmaktadır. Son geliştirilen teknojilerde bu sıkıştırma işleminin silindir miline hiç zarar vermediği söylenebilir. Frenli silindirlerde hassasiyet, silindir hızına bağlı olarak değişmektedir. 100 mm/sn'lik hızlarda frenleme sonu konum hassasiyeti ±0,3 mm olmaktadır. Servo silindirler, elektrikle çalışan çok hassas silindirlerdir. Çok yüksek hızlarda dahi tekrarlanabilirlikleri ±0,02 mm den ±0,1 mm'e değişmektedir. Servo silindirlerin, eklenen bir kontrol paneli ile, gitmesi gereken konumlar sisteme öğretilmelidir. Bu silindirler 100'ün üzerinde konumu öğrenip bu arada çalışabilirler. Servo silindirlerin maliyetleri 3000 € dan başlamaktadır. Adım motorlu silindirler de elektrikle çalışmakta ve servo silindirler gibi step motorlu silindirlere ve öğretme paneli ile istenen konumlar girilebilmektedir. Fakat step silindirler 3 veya 5 konumu öğrenebilirler ve bu arada çalışabilirler. Tekrarlanbilirlikleri ±0,1 mm'dir [4].

Elektro Pnömatik Pozisyonlayıcılar, pnömatik silindirin üstüne monte edilen ve genellikle 4-20 mA elektrik akımı veya 0 – 10 volt DC gerilim ile çalışan elektronik

ekipmanlardır. Pozisyonlar, ayarlanan sinyal ile belirlenir. Örneğin 100 mm. strok boyundaki bir silindirin üzerine bu tip bir pozisyoner monte edilirse, silindiri 50 mm'de konumlandırmak için 4-20 mA aralığında çalışan bir pozisyonlayıcıya 12 mA'lik bir akım göndermek yeterli olacaktır ve silindir 50 mm.'ye geldiğinde duracaktır. Pozisyonerler tek etkili ve çift etkili pnömatik aktüatörlerin oransal çalışmasını (%0 – 100 aralığında) sağlayan elemanlardır. Pozisyonerler elektro-pnömatik veya pnömatik-pnömatik olabilir. Buna göre kontrol sinyal girişleri 4-20 mA ve 0.2-1 Bar(3-15 psi) olabilir. Pozisyonerlerin kendi kendini kalibre eden akıllı (smart) tipleri de mevcut olup, döner (rotary) ve doğrusal (linear) tipte üretilmektedir. Şekil 1.1'de Festo firmasının ürettiği döner tip, şekil 1.2'de ise doğrusal tip pozisyonlayıcının montaj resimleri gösterilmiştir.

Elektropnömatik valfler genelde aç-kapa tipi solenoid ve oransal servo valfler biçiminde sınıflandırılabilir. Servo valfler hassas bir oransal denetim sağlamakla beraber yapıları karmaşık ve maliyetleri de çok yüksektir. Bu nedenle endüstrinin tüm alanlarında yaygın olarak kullanılamamaktadırlar. Daha basit yapıda ve o oranda düşük maliyetli solenoid valfler genelde aç- kapa etkisi ile çalışır. Dolayısıyla bu valflerden, aç-kapa etkisi altinda çok hassas bir konum denetimi sağlaması beklenemez. Bu valfleri diger bir çalıştırma şekli ise darbe genislik modülasyon (DGM) tekniğidir. Darbe Genişlik Modülasyon (DGM) tekniği genelde doğrusal olmayan bir anahtarlama elemani çıkışından dogrusal bağıntılar etmek için kullanılan bir yöntemdir. Sabit bir frekansta darbe doluluk / boşluk oranına bağlı olarak anahtarlama elemanı çıkışından zaman ortalaması oransal bir çıkış sinyali elde edilir. Bu teknik elektrohidrolik sistemlerde ve elektropnömatik sistemlerde aç- kapa biçiminde çalışan solenoid valfleri doğrusal sürmek için de kullanılmakta olup servo valflere göre daha basit yapıda ve düşük maliyetli aç – kapa tipi solenoid valflerden oransal bir denetim sağlanmasını mümkün kılmaktadır [5].

Programlanabilir denetliyiciler, üniversal kumanda ve kontrol elemanlarıdır. Bütün kumanda problemlerinin çözümünde; mantık işlemleri, bellek fonksiyonları, zaman ve sayıcı gibi elemanlara ihtiyaç vardır. Bunlar PLC'lerde üretici firma tarafından hazır olarak sunulmuş durumdadır. Basit bir programlama ile bütün bu imkanlar problemin çözümünde bir araya getirilebilir.

Bir proses sisteminde kumanda devresi hangi yöntemle (Röle/kontaktör, dijital devreler, PLC vb.) yapılırsa yapılsın, çalışma ve sinyal elemanları (Motor, silindir, sensör vb.) değişmez.

Ancak, PLC ile yapılan çözümde kumanda devresi yazılımla sağlandığından;

1. Devre tasarımı daha kolay ve güvenilirdir.
2. Kumanda panosunda daha az yer tutar ve daha az arıza yapar.
3. Yeni bir uygulamaya daha çabuk adapte olur.
4. Kötü çevre şartlarında kolay etkilenmez.
5. Daha az kablo bağlantısı isterler.
6. Hazır programları kullanma imkanı vardır.
7. Giriş ve çıkışların durumlarını izler.

Ancak röleli (otomatik kumanda) ve dijital kumandalar "Real time" çalışırlar. Yani giriş bilgilerindeki değişiklik anında (elektromekanik hızda) çıkışa yansır. Buna paralel sinyal işleme denir. PLC'de ise emirler zamana bağlı olarak değerlendirilir. Yani girişteki bir değişiklik anında çıkışa yansıtılamaz. Bu tür sinyal işleme şekline seri sinyal işleme denir ve PLC için bir dezavantajdır. Bu özellik mekanik sistemler kumanda edildiğinde çok fazla bir anlam ifade etmemektedir. Çünkü PLC'ler mekanik tepki süresinden daha hızlı çalışırlar [15].

Oransal-İntegral-Türevsel (Proportional Integral Derivative - PID) kontrol, endüstriyel süreçlere ilişkin kontrol sorunlarının çözümünde önemli bir yere ve öneme sahip bir kontrol yöntemidir. Endüstriyel uygulamalara ilişkin kontrol yapıları genellikle PID kontrol çevrimlerinden oluşur. PID kontrol, hata işaretinin oransal değeri (P), zamana göre integrali (I) ve zamana göre türevine (D) bağlı olarak ifade edilir. Kontrol edilen işaret alınır ve referans işaretiyle karşılaştırılır. Giriş ve çıkış işaretinin arasındaki fark hatası ile orantılı işaret, PID denetleyici tarafından değerlendirilerek hatayı gidermek üzere sistem için en uygun çıkış işreti üretilip sisteme uygulanır. Sistemin istenilen şekilde çalışabilmesi için PID parametrelerinin ayarlanması gerekmektedir. Bunun için manuel ayarlama ve parametrelerin hesaplanması (Ziegler - Nichols) gibi çeşitli yöntemlerin dışında otomatik ayarlama yöntemleri de söz konusudur [14].

Pnömatik sistemin kontrolü için seçilecek yöntemin pnömatik sistemlerin doğrusal olmayan özelliklerini bertaraf ederek doğru sallaşmasını sağlayacak bir yöntem olması gerekmektedir. PID kontrol yöntemi bu iş için uygun olduğu düşünülmektedir. Bunun nedeni kolay bir kontrol algoritmaya sahip olması, değişkenin az olması ve altında birçok kontrol yöntemini barındırması yatmaktadır. Bir başka husus ise PID kontrol yönteminin diğer kontrol algoritmalarıyla uyumlu bir şekilde çalışmasıdır [6].

Bu çalışmada yapılmak istenen, endüstride kullanılan devre elemanları ile elektro-pnömatik bir deney sistemi kurularak, pnömatik silindirin ±1 mm hassasiyet hedefine ulaşması amaçlanmıştır.

Sistemde, düşük sürtünme karakteristiğine sahip tek milli bir silindir, bir adet lineer konum ölçme elamanı (lineer transducer), tepkime süreleri birbirinden farklı iki çeşit iki adet 3/2 tek solenoidli valf, bir adet 5/2 çift solenoidli valf, Siemens 1214 PLC ve TIA Portal V13 yazılımı kullanılmıştır. Silindirin ileri geri hareketi sağlamak amacıyla kullanılan endüstriyel valflerin bir çeşidi yaklaşık 30 ms tepkime süresi diğeri ise 1.7 ms yani yaklaşık 15 katı daha hızlı tepkime süresi olan hızlı anahtarlamalı (fast switching valves) 3/2 yön kontrol valfidir. Bu valfler PID kontrol uygulaması ile kontrol edilerek, silindirin istenen mesafe aralığında durdurulması amaçlanmıştır ve hızlı anahtarlamalı valflerin diğer valflere göre anahtarlama sürelerinin silindirin konumlandırılmasındaki avantajları gösterilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada değişikik basınçlarda ve silindir hızlarında PID kontrol uygulamaları yapılmıştır. PID kazanç değerlerinin belirlenmesinde PLC üreticisinin programlama yazılımının kendi katsayı hesaplama yöntemleri ve röle geri besleme yöntemi uygulanmıştır. En uygun basınç ve silindir hız değerlerinde yapılan çalışmalar tezde kullanılmıştır.

Bu tezin deneysel çalışmaları esnasında elde edilen grafikler .bmp ve .jpg formatında, sonuçlar excel formatı olan xlsx formatında, deneysel çalışmalar esnasında oluşturulan TIA Portal yazılımı da .ap13 uzantılı olarak CD ek'inde dijital olarak verilmiştir.

1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Günümüze kadar pnömatik sistemler ve pnömatik sistemlerde konum kontrolü alanında birçok sayıda bilimsel araştırma yapılmıştır ve yapılmaya devam edilmektedir. İlerleyen teknoloji ile birlikte daha hassas veriler elde edilebilmektedir. Bu çalışmada yararlanılan bazı kaynaklar ve konular şu şekildedir:

İTÜ Makina Fakültesi Otomatik Kontrol Labaruvarında bulunan elektropnömatik deney seti üzerinde yapılan çalışmalar şu şekildedir:

1998 senesinde İ.M.Koç yüksek lisans tez çalışmasında [16]; hız geri beslemeli ikili kontrol, kayan rejimli ikili kontrol, darbe genişliği modülasyonu ve sürekli basınç kontrolü gerçekleştirilmiş, elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı biçimde irdelenmiştir. Doğrusal hareket yapan bir pnömatik silindirin, çalışma alanı içinde farklı referans konumları için katı ve hassas konumlamasını yapacak bilgisayar kontrollü, düşük maliyetli, basit donanım yapısına sahip, ancak akıllı hareket algoritmalarının da uygulanabileceği çok amaçlı bir deney tesisatı kurulmuştur. Bu amaçla kurulan deney tesisatında 1 adet çubuksuz silindir, 1 adet sayısal ölçüm yapabilen bir cetvel, 2 adet basınç ölçer, kumanda valfi olarak ikili kontrol uygulamaları için 2 adet hızlı (20 Hz.), 3/2 aç-kapa valf, sürekli kontrol için ise 2 adet 3 yollu basınç oransal valfleri kullanılmıştır. Sistem bilgisayara Advantech PCL-PG-812 endüstriyel arayüz kartı ile bağlanmış ve gerekli tüm yazılım Borland C++ dilinde yazılmıştır. Tesisat üzerinde konum kontrolünün istenilen şekilde yapılabilmesi için çeşitli kontrol algoritmaları denenerek, karşılaştırmaları yapılmıştır. Araştırmada "konum kontrolunda ±0,1 mm.'den iyi kesinlik" ve "dış kuvvet değişimlerinde en fazla ±5 mm. sapma" hedef alınmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, hız geri beslemeli ikili kontrolün en hızlı cevap veren yöntem olmasına rağmen aşma meydana geldiği ve sistem mertebesinin yüksek olması sonucu, birkaç salınımdan sonra referansa oturduğu, kayan rejimli kontrolde aşma yapmadan referansa oturduğu, ancak oturma zamanının hız geri beslemeli kontrole göre fazla olduğu, sistem parametrelerinin değişimine duyarsız olduğu görülmüştür. Her iki kontrol teknolojisinde de referans etrafında aynı katılığa

sahiptir. Darbe genişliği modülasyonunda ise valfleri sürekli aç-kapa yapmasından dolayı referans etrafında aynı derecede katı davranmadığı ve bozan etkenlere duyarlı olduğu, oransal basınç kontrolünün ise en hassas ve yumuşak davranışa yol açtığı, sistem katılığının çeşitli yöntemlerle istenilen mertebeye ayarlanabileceği görülmüştür [16].

1999 senesinde S.Cihan yüksek lisans tez çalışmasında [17], 4. mertebe pnömatik sistem dinamik modeli ve geri beslemeli kontrolü için FORTRAN programlama dilinde bir bilgisayar programı yazılmıştır. Simülasyon programında, pnömatik sistem doğrusal olmayan dinamik model durum uzayı denklemlerinin çözümünde Runga-Kutta IV sayısal integrasyon metodu kullanılmıştır. Simülasyon uygulamalarında yük, rezervuar basıncı pnömatik silindir boyutları ve başlangıç şartlan gibi parametreler deneysel sistemle aynı alınmıştır. Pnömatik sistem konum kontrolü için bilinen bütün sistem parametreleri ve yaklaşımlar ile pnömatik sistem 4'ncü mertebe bilgisayar benzetimi ile İkili Kontrol, Basınç Geri beslemeli PD Kontrol, Hız Geri beslemeli ikili Kontrol, Kayan Rejimli Kontrol ve Darbe Genişliği Modülasyon algoritmaları denenmiştir. Bu kontrol algoritmalarında ölü bölge ve pulse periyod değişimleri için sistem performansı incelenmiştir. çift etkili, tek serbestlik dereceli, silindirik ve simetrik bir pnömatik silindirin 4. mertebe bilgisayar benzetim modeli elde edilmiştir.

2004 senesinde Doruk Akyıldız yüksek lisans tez çalışmasında [3], sistem tanılama amacıyla sisteme beyaz gürültü sinyali gönderilerek, sistemin konum ve basınç olarak tepkileri kaydedilmekte, daha sonra bu veriler sayısal olarak işlenerek sistemin parametrik modeli oluşturulmuştur. Sistemin daha önce yapılan PID kontrol çalışmasında gözlenen sabit rejim hatası ortadan kaldırmak amacıyla Model Öngörülü Kontrol – Dinamik matris Kontrol stratejisi uygulanmıştır. Bunu gerçek zamanlı çalıştırmak için Matlab-Simulink ortamında bir program yazılmış ve Matlab Real time Workshop kullanılarak elde edilen kod ile sistemin gerçek zamanlı konumu gerçekleştirilmiştir.

2006 senesinde Fethi Nurtaç Akdağ yüksek lisans tez çalışmasında [4] elektro-pnömatik deney sistemini endüstide kullanılan elemanlarla yenilemiş ve ±0,1 mm hassasiyete ulaşmak için geliştirmiştir. Deneylerde, düşük sürtünme karakteristiğine sahip tek milli bir silindir, bir adet lineer konum ölçücü (encoder), iki adet aç-kapa tek

selenoidli valf, iki adet basınç geri beslemeli servo valf, iki analog basınç sensörü, iki hız ayar valfi, bir endüstriyel kart, LabVIEW programı ve bilgisayar kullanılmıştır. Hız geri beslemeli ikili kontrol, kayan rejimli kontrol, darbe genişlik modülasyonu (DGM) ve bulanık mantık kontrol algoritmaları sisteme uygulanmıştır. Hız geri beslemeli ikili kontrol, kayan rejimli kontrol ve DGM kontrol algoritmaları aç-kapa valfler ile gerçekleştirilmiştir. Hız geri beslemeli kontrol ve kayan rejimli kontrolde uygun sistem parametreleri ile pnömatik silindirin aşma yapmadan konum kontrolünün yapılabilmesi amaçlanmıştır. PWM kontrol algoritması, yüksek maliyetli servo valflerin yerine düşük maliyetli aç-kapa tek selenoidli valflerin kullanımına olanak sağlayarak, pnömatik aktüatörün servo kontrolünün gerçekleşmesini sağlamaktadır. Bulanık mantık ile kontrol algoritması sistemdeki servo valfler kullanılarak gerçekleştirilmiş ve parametre olarak konum ve hız alınmıştır. Sonuç olarak, yapılan deneylerde ± 0,05 mm hassasiyet ve yüksek tekrarlanabilirlik elde edilmiştir.

2014 senesinde Barış Öz Yüksek lisans tez çalışmasında, tez kapsamında tasarlanan ana dağıtım kartı ve 5/3 yollu oransal valfin sisteme entegre edilmesi ile birlikte pnömatik sistem modeli, silindir odacıklarındaki basınç değişimlerini tanımlayan ve piston hareketini tanımlayan toplam tek girişli-üç çıkışlı bir model olarak kurulmuştur. Sistemde bulunan valf, silindirler, yük, sürtünme kuvvetleri ve bağlantı boruları ayrı ayrı modellenmiş, nihai olarak bu modeller üç durum denkleminde toplanmıştır. Sisteme giriş sinyali verilerek elde edilen çıkışlar MATLAB programının Sistem Tanılama eklentisinde irdelenmiş, en iyi sonucu veren sistem tanılama objesi bulunarak sistem iki girişli tek çıkışlı olarak tasarlanmıştır. Kestirilen sistem parametreleri, sistem matrisleri, kısıtlar, referans sinyali gibi değerler LabView programında belirli panellere girilerek model öngörülü kontrolör oluşturulmuş, farklı kontrol ve tahmin ufuklarına göre ve çıkış hatası simetrik ağırlık matrisi ve kontrol genliği simetrik ağırlık matrislerinin farklı değerlerine göre simüle edilmiştir. Çıkıştaki simülasyon eğrileri incelenmiş, bu eğrilere göre farklı değerler altındaki çalışmanın analizi yapılmıştır. Gerçek sistemde yapılacak uygulama için gerekli olabilecek Simulink diyagramları ve LabView blok diyagramları çizilmiştir. Sonuç olarak sistemin hangi değerlerde en iyi cevabı verdiği ve ilerideki çalışmalarda hangi yöntemlerin kullanılabileceği tartışılmıştır.

2014 senesinde Karabük üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans tez çalışmasında [6] Harun Gezici, kontrol yöntemi olarak P (Proportional), PI (Proportional – Integral), PD (Proportional – Derivative) and PID (Proportional – Integral – Derivative) kontrol yöntemleri kullanılmıştır. Bu çalışmanın yapılmasındaki amaç uygun PID kat sayılarının ayarlanması ile pnömatik silindirin hassas konum kontrolünü yapabilmektir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda pnömatik eyleyicinin kurs boyunun herhangi bir noktasında durdurulabildiği görülmüştür. Uygulanan kontrol yöntemlerinden en iyi sonucu sırasıyla PD, PID, P ve PI kontrol yöntemleri vermiştir. Asimetrik çift etkili silindirin ileri ve geri hareketlerindeki davranışlarının aynı olmadığı görülmüştür. Basınç artışının sistemin kontrolü üzerinde olumsuz etkiler yaptığı tespit edilmiştir. Hareket mesafeleri değiştiğinde sistemim açma ve oturma zamanı davranışları da değiştiği gözlenmiştir. Bu noktalardaki eksikliklerin PID katsayılarının tekrar ayarlanmasıyla ortadan kalktığı sonucuna varılmıştır.

2005 senesinde Elif Erzan Topçu, Uludağ üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında, Doktora Tez çalışmasında [19], pnömatik konum denetim sistemlerinde kullanılabilecek elektropnömatik hızlı anahtarlama valfi geliştirilmiş, statik ve dinamik karakteristikleri incelenmiştir. Tasarlanıp prototipi imal edilen valf tek kademeli, oturma elemanlı, iki yollu iki konumlu (2/2), aç-kapa çalışan bir yapıya sahiptir. Valfin imalatı ve montajı oldukça basit olup yüksek hassasiyetli bir işlem de gerektirmemektedir. Dolayısıyla valilerin üretim maliyetinin düşük olduğu söylenebilir. Elektropnömatik valf standart akış şartlan altında tek kademede 10*10" kg/s (460 lt/dak) nominal debi sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Valfin elektriksel kumandası için disk tipi mıknatıs devresi kullanılmıştır. Valf normalde kapalı olup, kapalılık ön gerilmeli bir yay kuvveti ile sağlanmaktadır. Yapılan teorik ve deneysel çalışmalar sonucu valfin cevap süresi yaklaşık 4.5 ms olarak tespit edilmiştir. Valf Darbe Genişlik Modülasyon (DGM) Tekniği ile sürülerek doğrusal bir etki sağlanmaya çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda valf sistemine farklı modülasyon frekanslarında uygulanan giriş sinyalinin doluluk-boşluk oranı değiştirilerek tank içindeki basıncın nihai değeri ölçülmüştür. Buna göre valfin yaklaşık 33 Hz DGM frekansına kadar iyi bir doğrusallık sağladığı tespit edilmiştir. Teorik ve deneysel çalışmalarda sistemin basınç, akım, konum ve DGM

karakteristikleri araştırılmıştır. Benzetim sonuçlan ile deneysel sonuçlar arasında iyi bir uyum sağlandığı görülmüştür. Geliştirilen valfin elektro pnömatik konum denetim sisteminde uygulanabilirliğini göstermek için sistemin basamak giriş cevabı çeşitli denetim yordamları kullanılarak incelenmiştir.

S.Cajetinac, D.Seslija, S.Aleksandrov, M.Todorovic oransal ve servo valfler yerine (2/2 veya 3/2) açık / kapalı elektromanyetik valfler kullanarak daha ucuz pnömatik servo bir sistem geliştirmeye çalışmışlardır. Pnömatik eyleyici aç/kapa tip elektromanyetik valflerle darbe genişlik modülasyon tekniği ile kontrol edilmiştir. Cevap oranı ve pozisyonlama doğruluğu hesaba katıldığında DGM ile elde edilen sonuçlar oransa valf ile elde edilen ile aynıdır [37].

J.Gyeviki, J.Sarosi ve S.Csikos, 5/3 oransal bir pnömatik valf ve PLC kullanarak kayan rejimli kontrol uygulaması gerçekleştirip ±0.02 mm içinde konum kontrolü gerçekleştirmişlerdir. Yapılan deneysel çalışmalar uygulanan kayan rejimli kontrolör hızlı bir cevap zamanı ve iyi geçici performans verdiği gösterilmiştir [38].

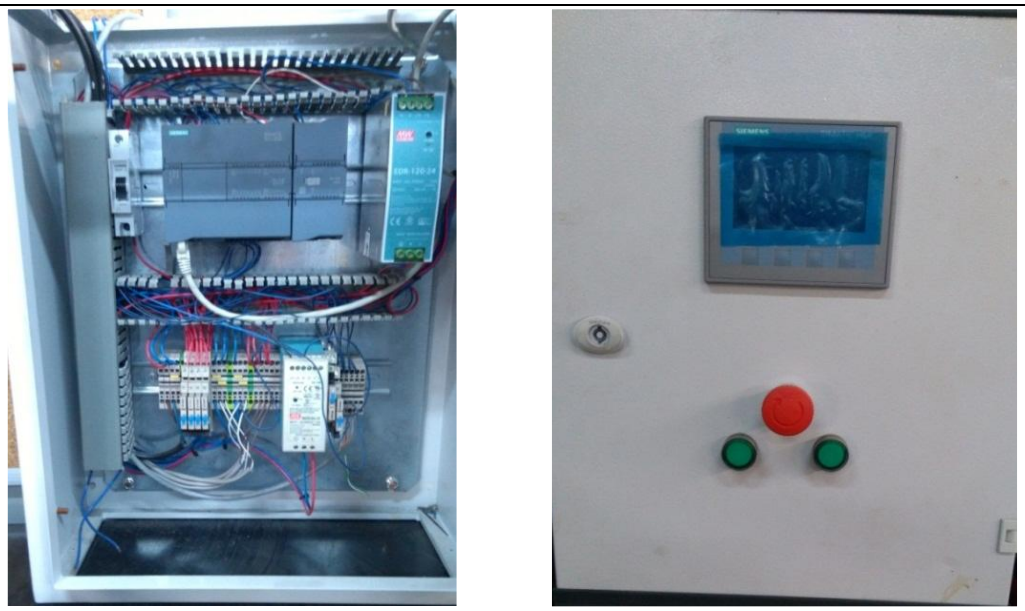
2. PNÖMATİK POZİSYON KONTROL DENEY DÜZENEĞİ VE DEVRE ELEMANLARI

2.1. Elektrik/Elektronik Sistem Devre Elemanları

Bu kısımda, uygulamada kullanılan elektrik ve elektronik sistem hakkında bilgi verilmektedir.

2.1.1. Elektrik panosu ve panonun tasarımı

Sistemin elektik panosu olarak kullanılan pano Tekpan marka, Ares 101.253 model ve 400x500x200 ölçülerinde IP 66 (EN 60 529) koruma sınıfına sahip bir elektrik panosudur. Pano malzemesi, Gövde ve parçaları ile kapı 1,00 – 1,50 mm DKP sac, montaj plakası ise 1,50 – 2,00 galvanizli sactır. DKP parçalar, demir, fosfat kaplama ve RAL 7035 pütürlü epoksi, polyester toz boya uygulanmıştır. Montaj plakası ise galvanizlidir. Şekil 2.1'de panonun dış kapağının ve panonun içinin görüntüsü verilmiştir.



(a) (b)

Şekil 2.1. Elektrik panosunun görüntüsü a) iç kısım b) dış kapak

Sistemde kullanılan elektrik elemanlarının tamamı bu panonun içine ve kapağına monte edilmiştir. Elektrik sigortası, Siemens PLC ve analog Giriş/Çıkış modülü, elektrik bağlantı klemensleri, 24 volt ve 12 volt güç kaynakları, röleler panonun içine, Siemens Dokunmatik HMI panel ve acil durdurma butonu ile 2 kontrol butonu Panonun ön kapağına monte edilmiştir. Pano içi kablolama işlemi pano kablo kanalları kullanılarak yapılmıştır. Panonun enerji beslemesi için bir adet sigorta kullanılmıştır. Sigorta kapatıldığında pano enerjisi kesilmektedir.

2.1.2. PLC (Programlanabilir Kontrol Ünitesi)

Uygulamada konum kontrolünü sağlamak için Siemens firmasının S7 1200 ailesinden 1214 C (6ES7 214-1AG31-0XB0) PLC'si kullanılmıştır.



Şekil 2.2. Siemens S7-1200, CPU 1214C

1214 C (6ES7 214-1AG31-0XB0) Siemens PLC Genel Özellikleri

Ürün Tanımlaması: CPU 1214 C DC/DC/DC4

- Paket Programlama: Step 7 V11 SP2 veya üstü
- Nominal Değer (DC): 24 V
- İzin verilen düşük limit / İzin verilen yüksek limit: 20,8 V / 28,8 V
- Akım harcama maximum: 1,5 A; 24 V DC
- Ani akım: 12,0 A, 28,8 V'da
- Sayıcı sayısı: 6
- Sayıcı frekansı (counter) max: 100 kHz

- Frekans ölçümü: Evet
- Pozisyon kontrolü: Evet
- PID Kontrol: Evet
- Pulse çıkış sayısı: 2

SIMATIC STEP7 TIA Portal V13 projelendirme yazılımı, S7-1200 mikro PLC ve SIMATIC HMI Basic panellerin basit ve hızlı programlaması, haberleştirilmesi ve devreye alınmasını sağlar. Mikro PLC'nin merkezine ünitesine esnek genişleme opsiyonları sağlayacak şekilde farklı tipte I/O ve haberleşme modülleri takılabilir. Sistem; projelendirme yazılımı, kontrolörler ve HMI üniteleri arasında kolay bağlantı ve haberleşme için PROFINET portuna sahiptir. Simatic S7-1200 PLC'lerin özellikleri aşağıdaki başlıklarda açıklanmıştır.

2.1.3. SIMATIC S7-1200 entegre teknoloji,

Sayma, ölçme, kapalı çevrim kontrol ve konum kontrolü gibi entegre teknolojileriyle SIMATIC S7-1200 çok farklı otomasyon uygulamalarında kullanılabilecek çok yönlü bir kontrol sistemidir. Sayma ve ölçme için hızlı girişler, 3'ü 100 kHz ve 3'ü 30 kHz olmak üzere 6 adet hızlı sayıcı girişi sayesinde artırımlı enkoderleri hassas olarak izlemek, frekans ölçmek, hızlı proses sinyallerini saymak mümkündür.

Konum, hız veya PWM kontrol için hızlı çıkışlar, SIMATIC S7-1200'ün üzerindeki entegre iki adet hızlı çıkış, darbe katarı (PTO) veya darbe genişlik modülasyonu (PWM) yapmak üzere kullanılabilir. Hızlı çıkış PTO olarak konfigüre edildiğinde oluşturulan, maksimum 100 kHz hıza kadar %50 kullanım oranlı darbe katarı ile servo ve step motorların açık çevrim hız veya konum kontrolünü yapmak mümkündür. Oluşturulan darbe katar çıkışına ait geri besleme, donanım bağlantısı yapmaksızın dahili olarak hızlı sayıcı girişlerinden ikisi kullanılarak alınabilir. Hızlı çıkış PWM olarak konfigüre edildiğinde sabit periyot içerisinde kullanım oran yüzdesi değiştirilerek motor hızını kontrol etmek, valfi pozisyonlamak veya ısıtıcıyı kontrol etmek mümkündür. PLC açık (open) konum kontrol blokları, SIMATIC S7-1200 Step motorların ve servo sürücülerin açık çevrim, hız ve konum kontrolünü destekler. Bu işlev, eksen teknoloji objesi ile birlikte mühendislik yazılımı STEP 7 Basic'e entegre edilmiş, uluslararası kabul gören PLC açık (open) konum kontrol fonksiyon blokları sayesinde kolayca konfigüre edilebilir. Mutlak, bağıl hareket ve yalnızca hız kontrol

fonksiyonlarının yanı sıra referanslama, jog fonksiyonları da mevcuttur. STEP 7 Basic'e entegre edilmiş devreye alma kontrol paneli sayesinde PID kontrol çevrimleri hızlı ve hassas bir biçimde ayarlanabilir. Kapalı çevrim kontrol için PID fonksiyonu, SIMATIC S7-1200 basit proses kontrol uygulamaları için 16 adet PID kontrol çevrimini destekler. Bu kontrol çevrimleri PID kontrol teknoloji objesi kullanılarak kolayca konfigüre edilebilir. PID kontrol çevrimini destekleyen editörler mühendislik yazılımı STEP 7 Basic'e entegre edilmiştir. İlaveten SIMATIC S7-1200, optimum kazanç, integral zamanı ve türev zamanlarının hesaplanması için otomatik PID ayarlamasını destekler. PID devreye alma kontrol paneli, Mühendislik yazılımı STEP 7 Basic'e entegre edilmiş PID devreye alma kontrol paneli kazanç, integral zamanı ve türev zamanı gibi çevrim parametrelerinin ayarlanmasını basitleştirir. Tek kontrol çevrimine ait parametrelerin hem otomatik hem de manuel olarak ayarlanmasına olanak tanır. Ayrıca parametrelerin ayarlaması sırasında proses değerlerinin grafik olarak izlenmesini sağlar.

2.1.3.1. Simatic 1200 CPU

SIMATIC S7-1200 PLC sisteminde, makine ihtiyaçlarınızı tam olarak karşılayacak şekilde genişletebilir 3 farklı CPU tipi mevcuttur.

CPU'ların üzerine takılabilen I/O genişletme kartı, kontrol sisteminin pano montaj ebatlarını değiştirmeden sistemin dijital veya analog I/O sayısının artırılmasına olanak tanır. CPU'nun dijital veya analog giriş çıkış kapasitesini artırmak için giriş çıkış modülleri CPU'nun sağ tarafına takılabilir. CPU 1212C'ye 2, CPU1214C'ye 8 modül bağlanabilir. Ayrıca tüm S7-1200 CPU'ların sol tarafına seri haberleşme için 3 adet haberleşme modülü takılabilir.

Basit ve kolay montaj; S7-1200 donanımlarının tümünde bulunan klipsler 35mm raya basit ve kolay montaj yapılmasını sağlar. Klipsler açıldığında ortaya çıkan delikler sayesinde pano yüzeyine de montaj yapılabilir. SIMATIC S7-1200 yatay veya dikey monte edilebilir. Bu özellikler montaj sırasında maksimum esneklik sunarak, SIMATIC S7-1200'ün çok farklı uygulamalarda rahatlıkla kullanılmasına izin verir.

Yerden kazanç sağlayan dizayn; Tüm SIMATIC S7-1200 donanımları kontrol panosunda yer kazanmak üzere özel olarak dizayn edilmiştir. Örneğin 1214C sadece

110 mm, CPU1212C ve CPU1214C sadece 90 mm genişliğindedir. Bu kompakt ve modüler sistem, haberleşme ve I/O genişletme modüllerinin sahip olduğu küçük montaj boyutları sayesinde yer kazandırılarak en yüksek seviyede esneklik ve verimlilik sunar.

2.1.3.2. SIMATIC S7-1200 haberleşme

Hızlı, basit ve esnek endüstriyel haberleşme imkânı sağlar. Entegre PROFINET Portu; SIMATIC S7-1200 entegre PROFINET portu PLC'yi programlamaya, HMI panellerle haberleşmeye, başka S7-1200 kontrolörlerle PLC-PLC haberleşmesine ve gelişmiş entegrasyon için üçüncü parti ürünlerle haberleşmeye olanak tanır. Basit haberleşme; SIMATIC S7-1200'ün parazitlere karşı korumalı RJ45 konnektörlü haberleşme portu otomatik cross-over desteğiyle 10/100 Mbit/s haberleşme hızında, 16 Ethernet bağlantısını destekler. SIMATIC S7-1200 ile CSM1277 kompakt switch modülü birlikte kullanıldığında, tek tipte veya karmaşık yapıdaki hat, ağaç veya yıldız topolojilerinden oluşan ağlardaki kablajı kısaltmak ve maksimum haberleşme esnekliğini sağlamak mümkündür. CSM1277 yönetilemeyen 4 portlu switch SIMATIC S7-1200'e aynı anda üç cihazın bağlanmasına olanak tanır. Bunun yanında SIMATIC S7-1200'ü SIMATIC NET Endüstriyel Wireless LAN ürünleriyle birlikte kullanmak, haberleşme olanaklarında yeni bir boyuta geçiş imanı verir. PLC ve HMI üniteleriyle haberleşme; SIMATIC S7-1200 kendini kanıtlamış S7 haberleşme protokolünü kullanarak birden çok S7 kontrolör ve HMI panelle haberleşmeyi destekler. Haberleşme modülleri; Her bir SIMATIC S7-1200 CPU'ya maksimum üç adet haberleşme modülü takılabilir. RS485 ve RS232 haberleşme modülleri noktadan noktaya seri haberleşmeyi desteklerler. Haberleşme gelişmiş fonksiyonlarla konfigure edilip programlanabilir. Bunun yanında STEP 7 Basic projelendirme yazılımının kütüphanesindeki USS protokolu ile Siemens sürücülerle, Modbus RTU master veya slave protokolu ile de üçüncü parti cihazlarla haberleşmek mümkündür [7].

2.1.3.3. SIMATIC S7-1200 I/O modülleri

I/O genişletme kartları, I/O genişletme modülleri ve haberleşme modüllerinden oluşan geniş ürün gamı sayesinde kontrol sisteminizi uygulamanızın tüm ihtiyaçlarına eksiksiz cevap verecek şekilde dizayn edilebilir. En büyük CPU olan CPU1214C'ye 8 adet I/O genişletme modülü bağlanabilir. Tüm CPU'ların üzerine 1 adet takılabilen I/O

genişletme kartı, kontrol sisteminin pano montaj ebatlarını değiştirmeden sistemin dijital veya analog I/O sayısının arttırılmasına olanak tanır [7].

Sistemde bir adet SM1234 Analog giriş/çıkış modülü kullanılmıştır.



Şekil 2.3. Siemens SM 1234 analog giriş/çıkış modülü

Ürünün Siemens sipariş numarası 6ES7234-4HE32-0XB0'dır. Ürün 4 analog giriş, 2 adet analog çıkış kanalına sahiptir. ±10 volt 14 bit çözünürlükte ya da 0 (4) – 20 mA, 13 bit çözünürlükte kullanılabilir.

2.1.4. İnsan makine ara yüzü (HMI)

SIMATIC HMI Basic Paneller yeni SIMATIC S7-1200 kompakt kontrolör ile tam uyum sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Optimize edilmiş performans ve fonksiyonlarıyla, çeşitli tipte ekran boyutuyla yeni SIMATIC Basic Paneller kompakt uygulamalar için özel görüntüleme ihtiyaçlarınızı karşılayacak bir çözüm sunar.



Şekil 2.4. Siemens KTP400 Basic Panel

Optimize edilmiş performans ve fonksiyonlar; SIMATIC S7-1200 kompakt otomasyon uygulamaları için basit kontrol ve görüntüleme seçenekleri sunacak şekilde SIMATIC HMI Basic Panellerle mükemmel bir entegrasyon sağlar. Kontrolör ve HMI projelendirme yazılımı arasında kesintisiz entragrasyonla, SIMATIC STEP7 Basic ve SIMATIC WINCC Basic yazılımları ile en iyi sonuçları verecek mükemmel çözümler çok kısa bir sürede gerçekleştirilebilir.

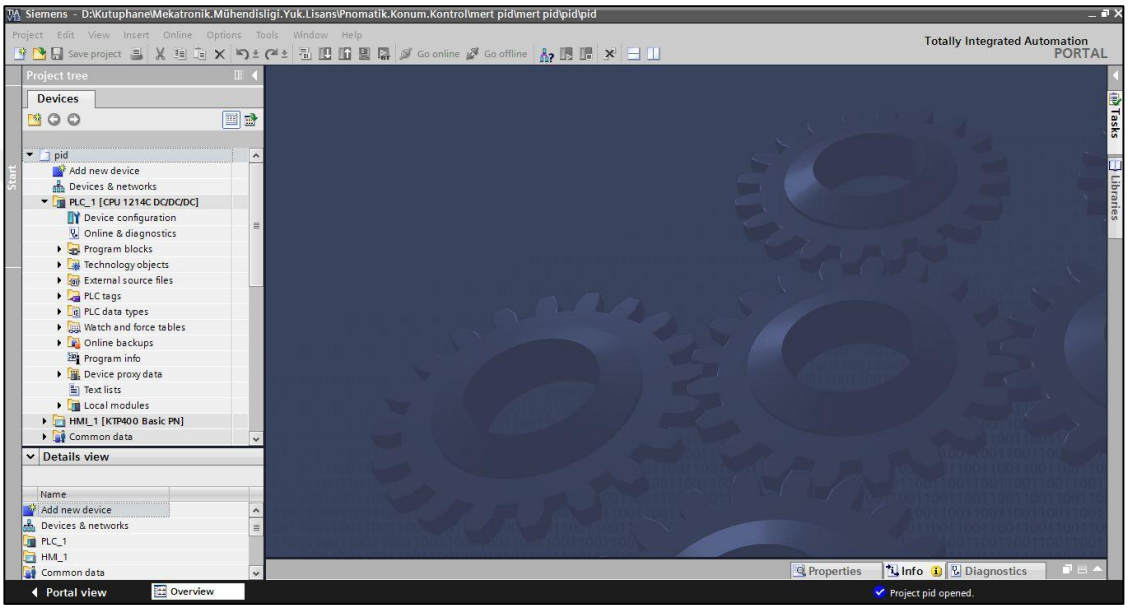
Dokunmatik ekran ve tuşlar; SIMATIC Basic paneller sezgisel kullanım için dokunmatik ekrana sahiptir. 4", 6" veya 10" paneller dokunmatik ekrandan müdahale yanında dokunsal geri bildirime sahip programlanabilir tuşlara sahiptir. Daha büyük bir ekrana sahip görüntüleme ihtiyacı için 15'"lik ekrana sahip panel de mevcuttur. IP65 koruma sınıfına sahip SIMATIC HMI Basic Paneller zor endüstri şartlarında kullanıma uygundur. PROFINET portu; SIMATIC HMI Basic Paneller entegre PROFINET portuna sahiptir. Bu port kontrolör ile haberleşmeyi, parametre ve konfigürasyon verilerinin aktarımını için kullanılır. SIMATIC S7-1200 kontrolöre entegre PROFINET portu kontrolör ve SIMATIC HMI Basic panellerle etkileşimi kolay ve güvenilir kılar.

Yerden kazanç sağlayan dizayn, sağlam ve güvenilir. IP65 koruma sınıfıyla, SIMATIC HMI Basic paneller zor endüstri şartlarında kullanım için uygundurlar. Kompakt montaj boyutlarıyla yerin sınırlı olduğu uygulamalar için de kullanılabilirler. Fonksiyonlar; Bütün HMI Basic Paneller alarm sistemi, reçete yönetimi, trend fonksiyonu ve vektör grafiği gibi gerekli bütün fonksiyonlara sahiptir. Projelendirme

yazılımı çok farklı tipte grafik ve objeyi barındıran kapsamlı kütüphaneye sahiptir. Kullanıcı ismi ve şifre ile yetkilendirme yanında farklı endüstrilerin ihtiyaçlarını karşılayacak kullanıcı yönetim sistemi mevcuttur [7].

2.1.5. Yazılım siemens TIA portal V13

Sistemin kontrolü için PLC ye yüklenecek olan program Siemens TIA Portal V13 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.5. Siemens TIA Portal V13 yazılımı arayüzü

Ortak mühendislik platformu; SIMATIC WinCC Basic'i içeren SIMATIC STEP 7 Basic, SIMATIC S7-1200 kontrolörlerin programlanması ve SIMATIC Basic Panellerin konfigürasyonu için tek ortak mühendislik platformu olarak görev odaklı, akıllı ve sezgisel editörlere sahiptir. Yeni entegre mühendislik yazılımı SIMATIC STEP 7 Basic kapsamlı otomasyon çözümleri için programlama ve devreye almada sezgisel ve hızlı mühendislik kapasitesi sunar. Portal görünümünü kullanarak bir bakışta otomasyon projesindeki tüm görevlere ulaşabilirsiniz. Yeni kullanıcıları desteklemek için görev odaklı, yol gösterici menüler ve tavsiye edilen editörler mevcuttur. Proje görünümü kullanılarak hiyerarşik olarak yapılandırılmış proje ağaç yapısı sayesinde tüm editörlere, parametrelere, proje verilerine (data) hızlı ve sezgisel ulaşım, dolayısı ile object-oriented mühendislik sağlanmıştır [7].

2.1.6. Güç kaynakları

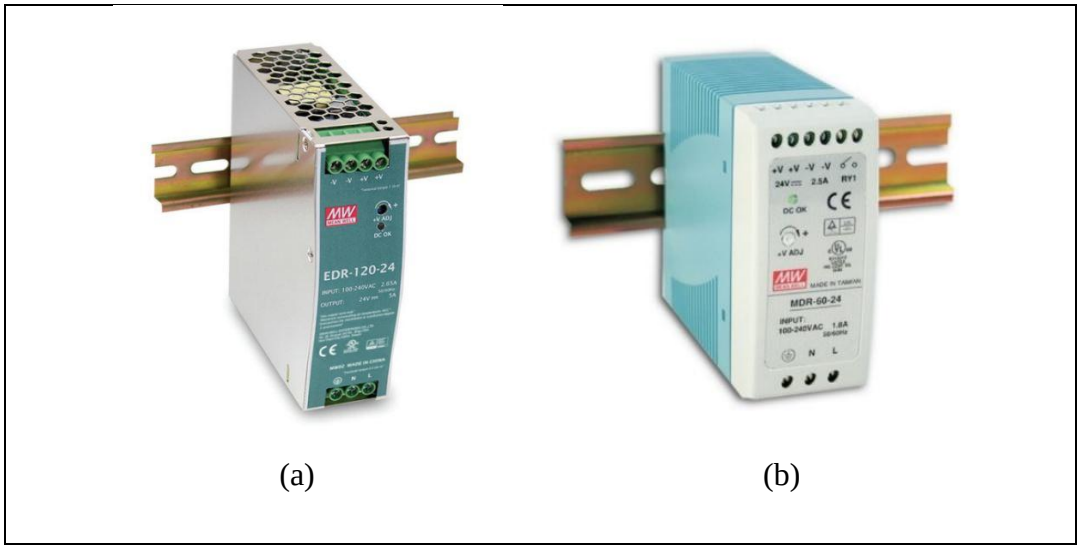
Sistemde kullanılan 24 volt veya 12 volt DC gerilim ile çalışan devre elemanlarının enerji beslemeleri sağlamak için kullanılan devre elemanıdır.

2.1.6.1. Mean Well EDR-120-24

Deney setinde bulunan ve 24 V DC gerilim elektrik enerjisi ile çalışan ekipmanların beslenmesi için kullanılan devre elemanıdır. PLC kontrol ünitesi, Pnömatik valfler ve lineer potansiyometre 24 V DC gerilim ile çalışmaktadır. Bu nedenden dolayı şebeke gerilimi ile bu ekipmanların kullanımı mümkün değildir. Güç kaynağı 24 V DC ve 5 A enerji üretmektedir, 120 Watt güce sahiptir. Üretilen DC enerji kontrol panelinde bulunan klemeslere gitmekte ve klemenslerden de deney setine dağılmaktadır.

2.1.6.2. Mean Well MDR-60-12

Deney setinde bulunan ve 24 V DC gerilim elektrik enerjisi ile çalışan lineer potansiyometrenin enerji beslemesi için bu güç kaynağı kullanılması tercih edilmiştir. Güç kaynağı 12 V DC ve 5 A enerji üretmektedir ve 60 Watt güce sahiptir.



(a) (b)

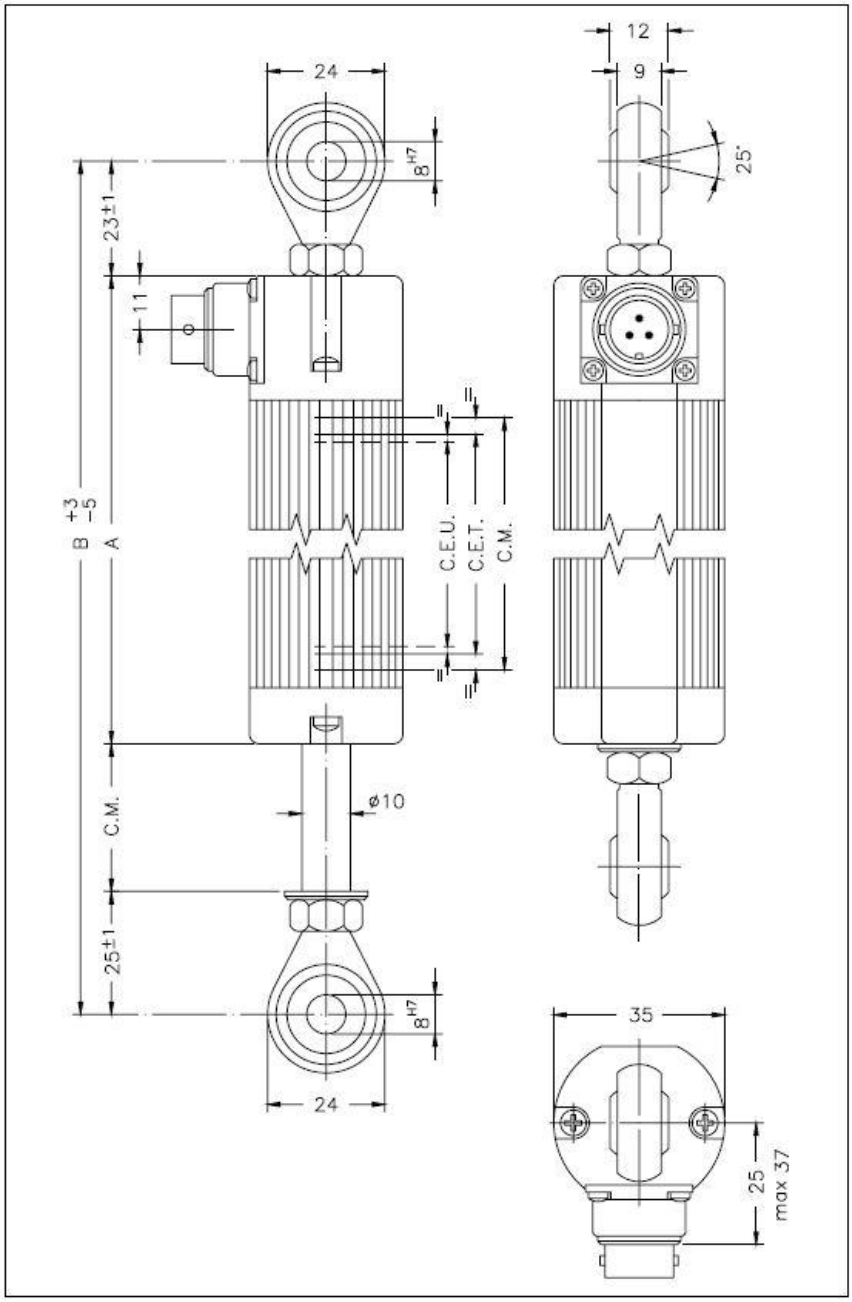
Şekil 2.6. Güç kaynakları a) 24 vdc b) 12 vdc

2.1.7. Lineer potansiyometre

Deney setinde pnömatik silindirin bulunduğu konumu ölçmek ve geri besleme yaparak HMI panelde okunmasını sağlamak amacıyla kullanılan lineer potansiyometre Gefran

marka PC-M-0500 model, piston tipli 0 – 500 mm strok boyu olan bir potansiometredir. Potansiyometre ± % 0,05 lineerliğe, 0 – 5 KΩ arası dirence ve 0 – 10 V çıkış gerilimine, 0.01 mm tekrarlanılabilirliğe sahiptir. Çalışma sıcaklığı -30 °C ile +100 °C arasındadır. Potansiyometrenin kasası alüminyum ve piston kolu çelikten imal edilmiştir. Çalışma hızı 5 m/s'dir, değiştirme gücü (displacement force) 15 N dan küçüktür. Koruma sınıfı IP65'dir [8].

Şekil 2.7'de sistemde kullanılan lineer potansiyometrenin ölçüleri gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Lineer potansiyometrenin mekanik ölçüleri

Lineer potansiyometre bilgileri:

- Yararlı elektrik stroku (C.E.U.) : 500 mm. +3/-0
- Teorik elektrik stroku (C.E.T.) : 508 mm. ± 1 mm.
- Rezistans : 5 KΩ
- Mekanik Strok (C.M.): 518 mm.
- Kasa uzunluğu (A) : 666,5 mm.
- Bağlantılar arasındaki minimum mesafe (B): 712 mm.



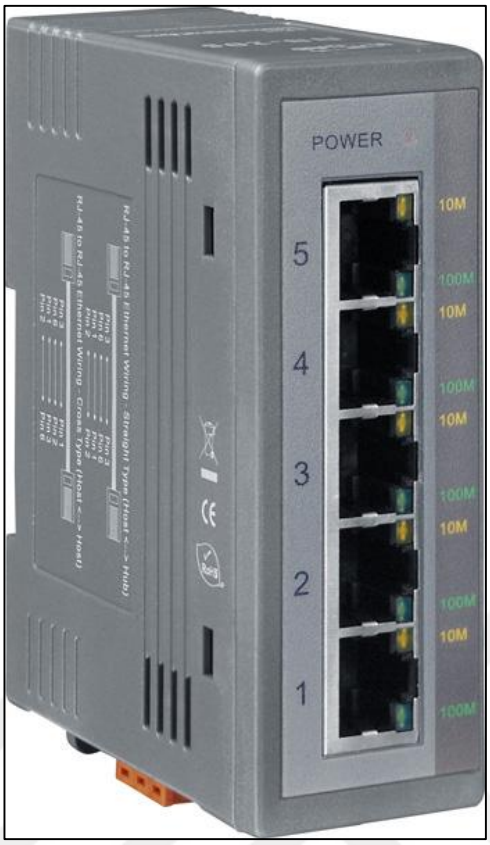
Şekil 2.8. Sistemde kullanılan lineer potansiyometre

2.1.8. Sınır anahtarları (Limit switches)

Sistemde 2 adet Schneider firmasının ZCMD 21 ürün numaralı limit anahtarlama elemanları kullanılmıştır. Bu anahtarlama ürünleri silindirin ilk ve son hareket noktalarını yerleştirilerek silindir hareketinin ilk ve son hareket noktalarının kontrolü için kullanılmaktadır. Bu anahtarlama elemanın 1 açık ve 1 kapalı olmak üzere toplam 2 adet kontağı vardır.

2.1.9. Endüstriyel ethernet switch

PLC ile dokunmatik HMI ekran arasındaki bağlantıyı sağlamak amacıyla modem kullanılmıştır. Cat 6 data kablosu ve RJ 45 bağlantısı kullanarak Dokunmatik Ekran ve PLC endüstriyel ethernet Switch'e bağlantı yapılarak birbirleri arasında haberleşmesi sağlanmıştır. Sistemde kullanılan devre elemanı ICPDAS firmasının NS-205 model ürünüdür. Ürün +10 V DC ile +30 VDC gerilim aralığında çalışmaktadır. Çalışma sıcaklığı aralığı -40 °C ile +70 °C'dir. Güç tüketimi 24 VDC gerilim altında 0,1 A'dir. Bellek band genişliği 1.4 Gbps'dir. 5 adet RJ 45 bağlantı soketi vardır [13].



Şekil 2.9. Endüstriyel Ethernet switch

2.1.10. Otomat sigorta

Elektrik tesisatının daha güvenli ve daha kontrolü yüksek bir hale gelmesi için enerji beslemesinin en başında Siemens firmasının C2 model 2 Amper değerinde otomat sigortası kullanılmıştır. Minyatür devre kesici veya diğer adıyla otomatik sigorta bir devreyi yüksek akım ve kısa devre akımından korumak amacıyla tasarlanmış bir anahtardır. Devreden geçen akım belirli bir değerin üstüne çıkınca veya bir kısa devre durumunda otomatik sigorta elektrik bağlantısını keser.

2.2. Mekanik Sistem Devre Elemanları

2.2.1. Şartlandırıcı

Deney setinde kullanılan pnömatik silindirin hareket etmesini sağlayacak olan basınçlı havanın sistemde istenen basınç değerinde kullanılmasını sağlayan devre elemanıdır. Deney setinde kullanılmış olan şartlandırıcı üzerindeki manometre göstergesindeki değerler aralığında basınç ayarı yapma olanağı sağlar. Bizim kullandığımız ürün 0-1

MPA basınç aralığında çalışmaktadır. Alt tarafında bulunan ve sağa sola çevrilen düğme yardımı ile basıncın ayarlanmasını sağlar.



Şekil 2.10. Şartlandırıcı

2.2.2. Yön kontrol valfleri

Bu kısımda deney setinde kullanılan yön kontrol valfleri hakkında bilgi verilmektedir.

2.2.2.1. 5/2 Yön kontrol valfi

Deney setimizde pnömatik silindirin yönünü belirlemek için kullanılan valftir. SMC firmasının SY5220-5DZ-01F-Q kodlu ürünüdür. Valfin 2 adet konumu ve 5 adet yolu bulunmaktadır. Valfin çalışma basınç aralığı 100 kPa ile 0,7 kPa, çalışma sıcaklığı -10 °C ile +50 °C arasındaki değerlerdir. Valf, 24 volt DC gerilim ile çalışmaktadır. Valfin cevap süresi 38 ms ya da daha azdır (0,5 mPA basınçda) maximum çalışma frekansı 10 Hz'dir.



Şekil 2.11. 5/2 çift solenoidli yön kontrol valfi, SMC, SY5220-5DZ-01F-Q

2.2.2.2. 3/2 Yön kontrol valfi (SMC; EVT317-5DZ-02F-Q)

Deney setinde silindirin hassas konumlandırılması için kullanılan devre elemanıdır. Bu valflerin konum değiştirme süreleri ölü bölge alanları üzerinde büyük etkisi olacağından ve silindirin konumlaması bakımından önemlidir ve sistemde iki farklı anahtarlama süresine sahip valfler ile çalışmalar gerçekleştirilmiştir [6].

Birinci tip, SMC firmasının, EVT317-5DZ-02F-Q model ürünüdür. Valfin cevap süresi . 0,5 mPA basınçda ortalama 30 ms'dir. Maximum çalışma frekansı 10 Hz'dir.



Şekil 2.12. 3/2 Solenoid tetiklemeli yay geri dönüşlü yön kontrol valfi

2.2.2.3. 3/2 Yön kontrol valfi (Festo MHE2-MS1H-3/2G-M7-K)

Bu valflerin cevap süresi (response time) 2 ms.'nin altındadır ve bu özelliklerinden dolayı endüstride hızlı anahtarlamalı valfler (fast switching valves) olarak adlandırılırılar. Bu valfler yüksek hız gerektiren uygulamalarda doğru seçimdir. Oldukça kısa cevap süreleri kısa döngü zamanlarını çabuklaştırır. Başlıca avantajları şu şekilde sıralanabilir;

- Çok yüksek döngü oranları vardır
- Oldukça kısa döngü zamanları vardır.
- Maksimum tekrarlama doğruluk
- Esnek tasarım prensibi
- Standart bir PLC ile firek aktivasyonu mümkündür.
- Sistem verimliliği arttırır.
- Kurulumu kolaydır

MHE2 valf özellikleri;

- Debi: 100 lt/dk.
- Valf cevap zamanı: 1.7 ms.
- Döngü zamanı. 14 ms. [35].



Şekil 2.13. Festo MHE2-MS1H-3/2G-M7-K; Hızlı Anahtarlamalı valf

2.2.3. Pnömatik silindir

Deney setinde kontrolü gerçekleştirilecek olan silindir çift etkili bir silindirdir. SMC firmasının CP96SDB32-500C kodlu ürünüdür. Bu silindirin 32 mm çapı ve 500 mm strok boyu vardır. Gövdesi alüminyumdan ve piston kolu ise paslanmaz çelikten imal edilmiştir. Strok boyu +2 – 0 mm. toleransındadır. Piston hızı 50 – 1000 mm/sn.'dir [12]. Şekil 3.15'de çift etkili silindiri ve üzerine montaj edilmiş konum bilgisini öğrenmeye yarayan lineer potansiyometrenin görüntüsü mevcuttur.



Şekil 2.14. Φ50 mm x 500 mm çift etkili pnömatik silindir.

2.2.4. Hız ayar valfi

Akışkanların hızlarını ayarlayabilmek için debiyi değiştirmek gerekir. Pnömatik sistemlerde pnömatik silindirin hızını ayarlayabilmek için debi miktarını değiştirmeyi sağlayan hız ayar valfleri kullanılmaktadır. Deney setinde kullanılan hız ayar valfi, pnömatik hatta kullanılan hat tipi bir valftir. Bu valf üzerinde bulunan bir ayar vidası çevrilerek kesiti değiştirilir ve silindirin içindeki akış hızı ayarlanmış olur.



Şekil 2.15. Hız ayar valfi

3. PID KONTROL VE DARBE GENİŞLİK MODÜLASYON TEKNİĞİ

3.1. PID Kontrol

3.1.1. PID denetleyicinin tanımı

PID günümüzün en sık kullanılan geri besleme kontrol yöntemidir. P; oransal denetleyiciyi, I; integral denetleyiciyi, D, ise türevsel denetleyiciyi temsil etmektedir. Otomatik kontrol sektöründe kontrol döngülerinin çoğu PID kontrolöre dayanmaktadır. Bu tip kontrolörler endüstriyel süreçler için ekonomik önem taşımaktadır. PID kontrolör endüstriyel sistemlerin vazgeçilmez unsurlarıdır. En basit sistemden en karmaşık sistemlere kadar geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır ve her geçen gün kontrolörün kullanımı yaygınlaşmaktadır [20].

PID kontrolörün çok tercih edilmesinin sebepleri arasında kontrol edilecek olan değişken sayısının az olması ve bu değişkenlerin anlamlı bir şekilde tanımlanabilir olmasıdır. Basit bir algoritmaya sahip olması uygulama açısından düşük maliyetli olmaktadır [21].

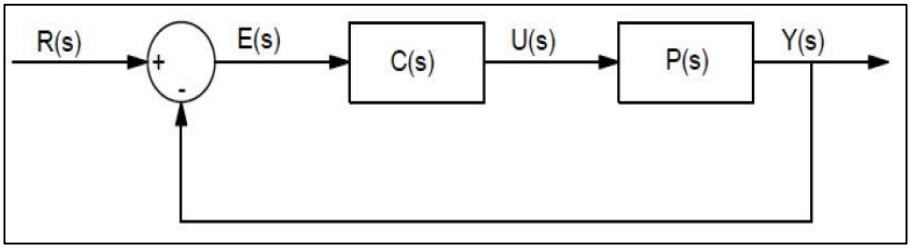
PID kontrolörü yaygın endüstriyel kontrol sistemlerinde kullanılan genel bir kontrol mekanizmasıdır. Bir PID denetleyicisi istenen çıkış değeri ile ölçülen çıkış değeri arasındaki fark olan hata değerini giriş olarak kullanılır.

Kontrolör sistem girişini ayarlayarak hatayı en aza indirerek istenilen ayar değerine ulaşması için çalışır. Hatasız bir kontrol elde etmek için, kontrol edilen işaret geri beslenir ve referans işaretle karşılaştırılır. Giriş ve çıkış işaretleri arasındaki fark ile orantılı bir sürücü işaret PID denetleyicisi tarafından hesaplanarak hatayı gidermek üzere sisteme uygulanır. Bu şekilde hata değeri sıfıra indirilmeye çalışılır. Ancak hata sıfırlanırken, sistemin aşım ve oturma zaman değerlerinde dikkat edilmelidir.

3.1.2. PID kontrolörün yapısı

PID kontrol sisteminin yapısı genel olarak şekil 4.1'de gösterildiği gibidir. Burada R(s) ile gösterilen kontrol edilecek olan sisteme uygulanan sinyaldir. E(s) ile gösterilen i

se sistemin giriş frekans değeri R(s) ile kontrol edilen sistemin cevabı olan Y(s) arasındaki farktır. PID denetleyicisi ise C(s) ile ifade edilmiştir. PID denetleyicisinin çıkışındaki sinyal ise U(s) olarak gösterilmektedir. P(s) kontrol edilecek sistemi ve Y(s) de sistemin cevabını göstermektedir [6].



Şekil 3.1. PID kontrol sistemini genel yapısı

PID denetleyicisinin transfer fonksiyonu ise Denklem 4.1'de verildiği gibidir.

$$C(s)= \frac{U(s)}{E(s)} \tag{3.1}$$

PID kontrolörün s domenin de oransal kazanç, integral kazanç ve türevsel kazanç olarak ifadesi de Denklem 4.2'de verildiği gibi olur.

$$C(s)= K_p+ \frac{K_i}{s}+K_{ds} \tag{3.2}$$

Bu ifade biraz düzenlenecek olursa;

$$C(s)= \frac{K_d^2+ K_p s+ K_i}{s} \tag{3.3}$$

Denklem 3.3'deki gibi olur.

Burada Kp oransal kazancı, Kd türevsel kazancı ve Ki integral kazancı göstermektedir. Burada E(s) ile ifade edilen referans değer R(s) ile sistemin çıkış değeri Y(s) arasında hata PID fonksiyonuna gönderilerek U(s) nin hesaplanması sağlanır. Bu sinyal ise denklem 4.4'de verildiği gibidir.

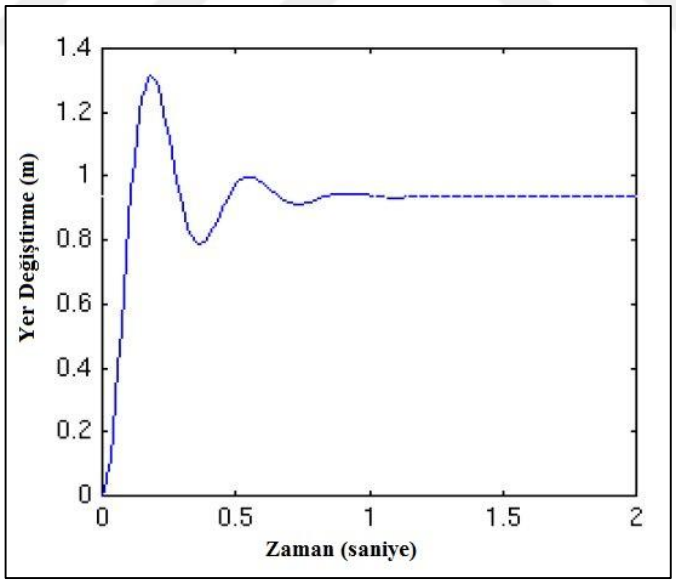
$$u(t)= K_p.e+ K_d \frac{de}{dt}+ K_i \int e.dt \tag{3.4}$$

3.1.3. PID kontrolör tasarımı

PID kontrolör oransal, integral ve türev elemanlarının toplamından oluşur. Her üç kısım kullanılabileceği gibi sadece bir ya da iki kısmın kullanılması yeterli olabilir. Bu şekilde P, I, PI, PD, PID kontrolör olarak ayrılabilir. Kontrolörlere toplayıcı, çıkarıcı, yükseltici, zayıflatıcı, türev ve integral alıcı gibi elemanlar ilave edilebilir. Tasarımcı hangi elemanların hangi oranda kullanmak gerektiğini ve nasıl bağlanması uygun olduğunu tasarlamalıdır. Uygulamada en iyi bilinen kontrolör PID kontrolördür. PID kontrolörün türev ve integral kısmının sisteme ayrı ayrı etkileri vardır [22].

3.1.3.1. Oransal kontrolör

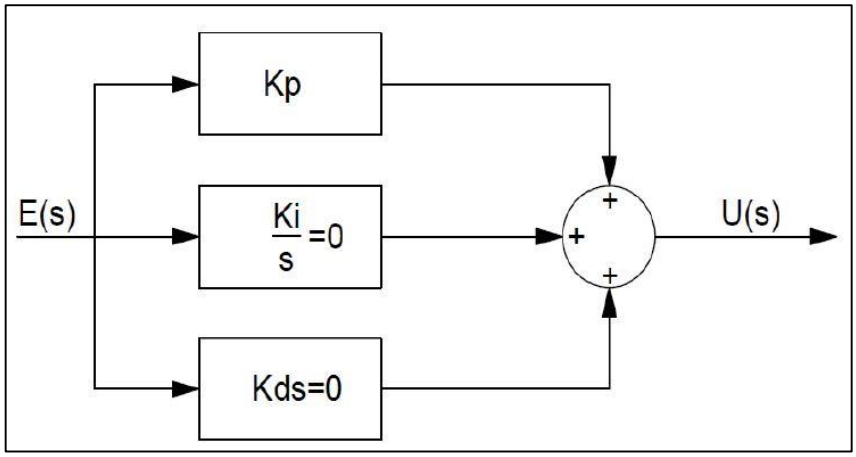
K sabit kazançlı kontrol sistemleri kontrolör çıkışındaki işaret, girişindeki işarete sabit bir oran ile bağıntılı olduğundan oransal kontrol olarak bilinir. Doğrusal olmayan sistemlere birim basamak giriş uygulandığında çıkış sabit bir yere yaklaşırsa sistem kararlı kabul edilir ve sistem Kp ile kontrol edilebilir, Kp arttıkça cevap hızı artar, fakat geri beslemeli sistem kararsız hale gelebilir.



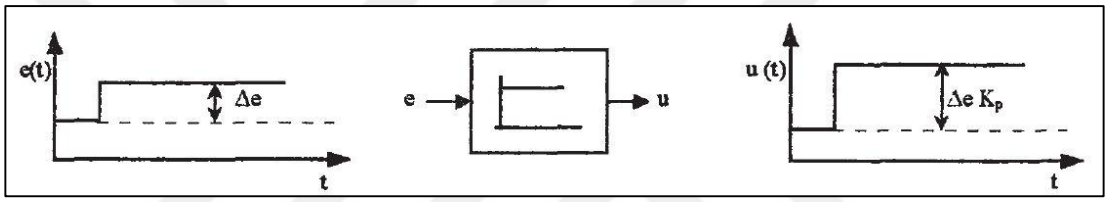
Şekil 3.2. P kontrol Sistem Cevabı [23]

Oransal kontrolde çıkış hiçbir zaman istenen seviyeye ulaşmaz, kararlı hal hatası oluşur. Kontrol elemanının %100 çıkış vermesi için gerekli olan hatadaki % değişim oransal bant olarak tanımlanır. Oransal bandı küçültmek sistem kazancını arttırmak anlamına gelir.

$U(t) = K_p\, e(t)$ veya $U(s) = K_p\, E(s)$ K_p = 100 % oransal (3.5)



Şekil 3.3. P blok Diyagramı [23]

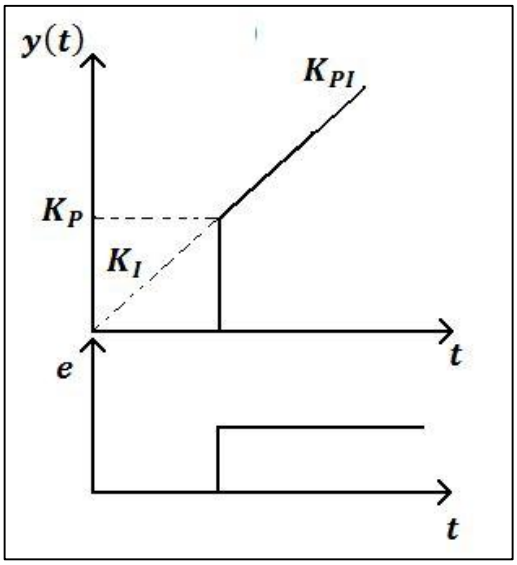


Şekil 3.4. Oransal kontrolörün birim basamak cevabı ve blok diyagramı [24]

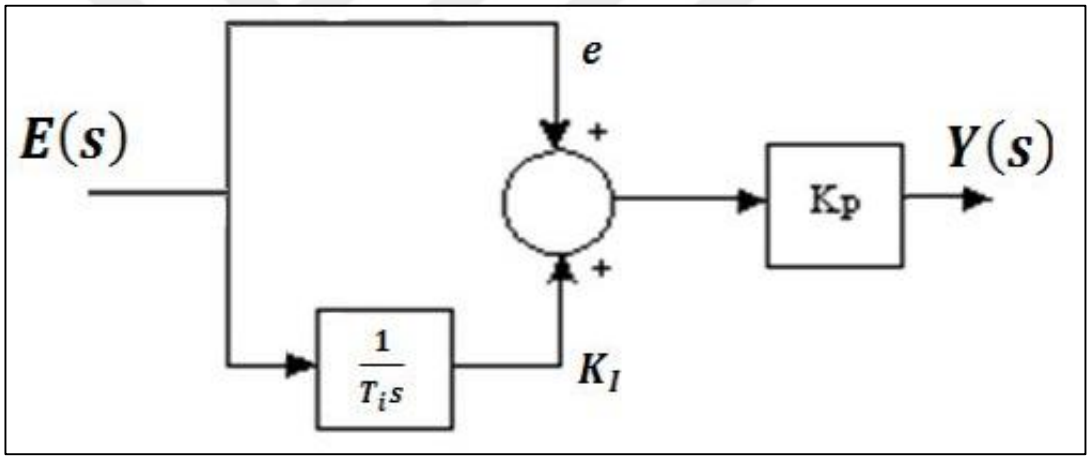
3.1.3.2. PI kontrolör

Oransal kontrolde kararlı hal hatası kontrol işaretinin değişmediği denge noktasına erişince oluşur. Kontrolör eğer hata sıfır olmadığı sürece bir artan işaret üretirse, kararlı hal hatası giderilebilir. Bu integral kontrolörün prensibidir. İntegral kontrolör sistemin tipini arttırır, fakat geçici cevabı iyileştirecek yönde etkilemez. Bu nedenle oransal kontrolör ile beraber kullanılması yararlı olur. PID kontrolörün integral kısmı kontrolör girişinin zamana göre integrali ile orantılı işaret üretir. Şekil 4.5, PI kontrolörü ikinci mertebeden bir sistemi gösterir. PI kontrolörün transfer fonksiyonu aşağıdaki gibidir [24].

$$G_p(s) = K_p + \frac{KI}{s} \quad (3.6)$$



Şekil 3.5. I ve PI kontrolörlerinin birim basamak cevabı [26]



Şekil 3.6. I ve PI kontrolörlerinin blok diyagramı [26]

PI kontrol, kazanç ve integral katsayılarının aktif olduğu PID türüdür. Basit şekilde ifade edilirse, sistemde oluşan hata, oluşan toplam hatanın integral katsayısına bölümü ile toplanır ve PID kazancı ile çarpılarak kontrolör çıkışı olarak dışarıya verilir [25].

$$m(t)=K_c \left[e(t)+ \frac{1}{T_i} \int e(t)dt\right] \quad (3.7)$$

$$m[n]=K_c \left[e[n]+ \frac{T_s}{T_i} \sum_{i=0}^{n} e[i]\right] \quad (3.8)$$

m(t) : Kotrolör kazancı

e(t): Hata (Referans – Sistem Çıkışı)

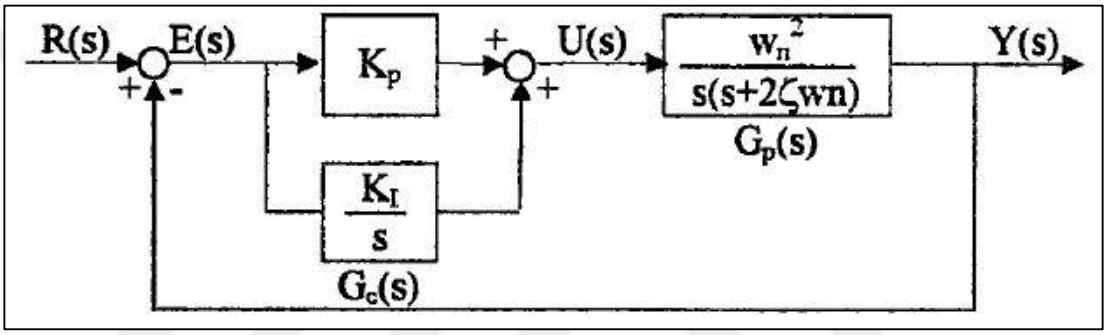
K_c: Kontrolör kazancı (Proportional)

T_i: Kontrolör integral zamanı (s) (integral time)

T_d: Kontrolör türev zamanı (s) (Derivative time)

T_s: Kontrolör örnekleme zaman [25]

T_i, integral teriminin oransal terime ulaşması için gereken zaman olarak tanımlanır. Oransal kazanç integral terimi kullanıldığında azaltılmalıdır. İntegral terimi kararlı hal hatasına hemen etkileme, fakat salınımlar yaparak sıfıra indirir [24].



Şekil 3.7. PI Kontrol Sistemi

Şekil 4.7'de verilen PI kontrolörlü sistemde açık çevrim transfer fonksiyonu;

$$G(s)=G_c(s).G_P(s)=\frac{w_n^2(K_ps+K_I)}{s^2(s+2\zeta w_{n)}} \qquad (3.9)$$

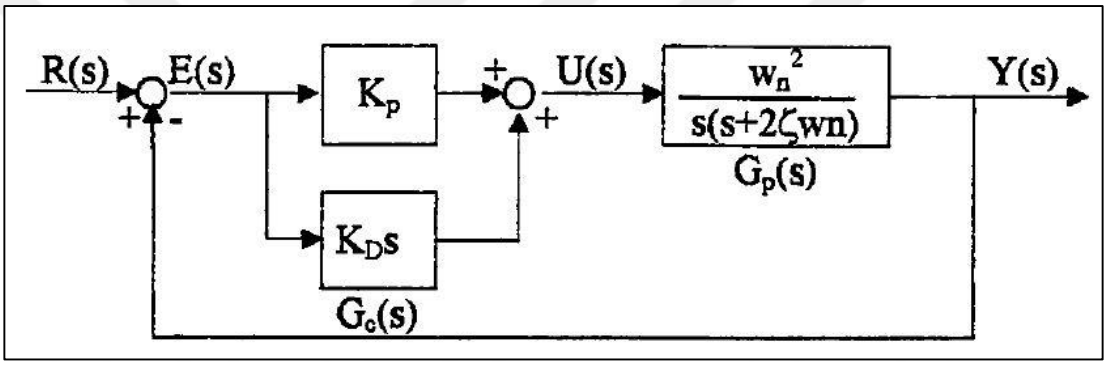
şeklindedir. PI kontrolörü ileri yönlü transfer fonksiyonuna $s=K_I/K_p$ ' de bir sıfır s=0'da bir kutup ekler. Böylece sistem tipi bir artar. Özgün sistemin kararlı hal hatası bir derece düzelir. Örneğin bir giriş için e_{ss} sabit ise PI kontrolör kullanıldığında kararlı hal hatasını sıfıra düşürür. Denklem 3.2'de transfer fonksiyonu verilen sistemde rampa giriş için e_{ss} = 0 olur, fakat sistem üçüncü mertebeden olduğundan özgün ikinci mertebeden sisteme göre kararlılığı daha azdır ve K_p, K_I değerleri uygun seçilmezse kararsız hale gelir [24].

PI kontrollü birinci mertebeden sistemlerde K_p değeri önemlidir, çünkü K_v rampa hatası sabiti, doğrudan K_p ile orantılıdır ve böylece rampa girişi uygulandığında kararlı hal hatasının genliği K_p ile ters orantılıdır. PI kontrolör ile bir tipi sistem iki tipi sisteme dönüştürüldüğünde K_p kararlı hal hatasına etki etmez, rampa giriş için kararlı hal hatası

hep sıfır olur. Bundan sonra yapılacak şey geçici cevabın istenen gibi olması için K_p ve $K_ı$'ya uygun değerler vermektir.

3.1.3.3. PD kontrolör

İntegral kısmı hata kalmadığı halde bile kontrol işareti üretmeye devam eder. Bunun sonucu olarak sistemde salınımlar oluşur. Salınımların önüne geçmek için kontrolöre hatanın sıfıra yaklaştığı iletilmelidir. Bu hatanın türevi alınarak yapılabilir. Türev ancak oransal kontrolörle beraber kullanılır. Şekil 3.8, ikinci mertebeden bir sistemin $G_p(s)$ geri beslemeli kontrol sistemini göstermektedir. Seri kontrolör $G_c(s)$ ise PD kontrolörüdür.



Şekil 3.8. PD Kontrolörlü kontrol sistemi

$$G_P(s)= \frac{w_n^2}{s(s+2\zeta w_n)} \tag{3.10}$$

$$G_c(s)= K_P+ K_D s \tag{3.11}$$

Prosese uygulanan kontrol işareti;

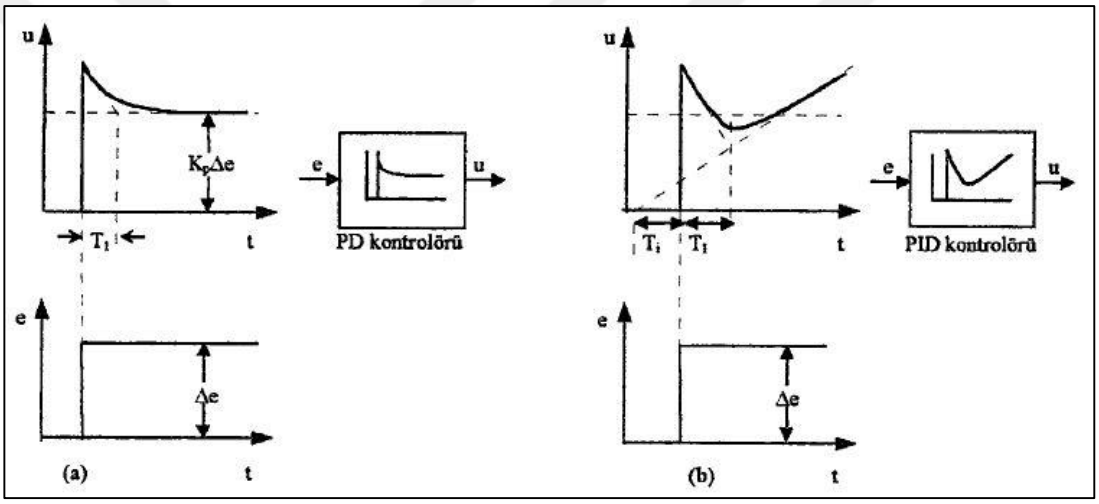
$$u(t)= K_P e(t)+ K_D \frac{de(t)}{dt} \tag{3.12}$$

Sistemin açık çevrim transfer fonksiyonu;

$$G(s)= \frac{Y(s)}{E(s)}= G_C(s)G_P(s)= \frac{w_n^2(K_p s+K_I)}{s^2(s+2\zeta w_n} \tag{3.13}$$

PD kontrolör zaman tanım bölgesinde düşünülürse; de(t)/dt e(t) hata işaretinin eğimi ifade ettiğinden, aslında sezgisel bir kontroldür. Eğimi bilmesi nedeniyle kontrolör hata yönünü sezer ve sistemi daha iyi kontrol etme olanağına erişir. Doğrusal

sistemlerde basamak cevaba ilişkin e(t) ya da y(t)'nin eğimi büyük olursa yüksek aşım oluşur. Türevsel kontrol e(t)'nin ani eğimini ölçer, yüksek bir aşım olacağını tahmin eder ve aşırı aşım meydana gelmeden önce uygun bir düzeltme gayretinde bulunur. PD kontrolör kararlı hal hatası zamanla değişiyorsa sistemin hatasına etkide bulunur, eğer kararlı hal hatası zamanda sabit ise de(t)/dt = 0 olur ve kontrolörün türevsel kısmı sisteme herhangi bir girişimde bulunmaz. 3.13 denkleminde de görüleceği üzere bu kontrolör sistem tipini değiştirmez, ancak geçici hal hatasını düzenler. Şekil 3.9'da PI ve PID kontrolörün birim basamak cevabı verilmiştir. T1 teorik olarak sıfır kabul edilmesine rağmen kontrolörün performansına göre değişir. PI ve PID kontrolör çıkışları; $u(t) = K_p e + K_D . de/dt$, $u(t)=K_p e+K_d de/dt+K_ı \int .dt$ şeklindedir.



Şekil 3.9. PD ve PID kontrolörün birim basamak cevabı ve blok diyagramı

Frekans tanım bölgesi analizinde PD kontrolör Bode diyagramının kolay çizilebilmesi için aşağıdaki gibi yazılır.

$$G_C(s)=K_P+K_D(s)=\left[1+\frac{K_D}{K_P}s\right] \qquad (3.14)$$

PD kontrolör yüksek geçiren kontrolördür. Faz ilerletmeli özelliği ile kontrol sisteminin faz payını iyileştirir. Fakat PD kontrolörünün genlik karakteristiği, ω_g faz payı frekansını yüksek değere çeker. Kp / K_D köşe frekansı değiştirilerek sönümü iyileştirecek optimum çözüm bulunur.

PD kontrolörü genel olarak sönümü iyileştirir, maksimum aşımı azaltır, yükselme ve yerleşme zamanını düşürür. Bant genişliği arttırır, kazanç payı, faz payı ve Mr'yi

iyileştirir. Yüksek frekanslarda gürültüyü ön plana çıkarabilir, az sönümlü ve kararsız sistemlerde etkili değildir. PD kontrolör zamanla değişiyorsa kararlı hal hatalarına etki eder.

3.1.3.4. PID kontrolör

Önceki incelemelerde PD kontrolörün sisteme sönüm eklediğini fakat kararlı hal hatasını etkilemediğine değinildi. PI kontrolör göreli kararlılığı ve aynı zamanda kararlı hal hatasını iyileştirir, fakat yükselme zamanını arttırır. Bu durum, PI ve PD kontrolörünün iyi özelliklerine sahip olan PID kontrolörünün kullanımını doğurur. PID kontrolörünü tasarlarken PD kısmının PI kısmı ile seri bağlandığını farz edelim. Bu takdirde;

$$G_C(S)= K_P+K_DS+ \frac{K_I}{S}= (1+K_{D1}s) \left[K_{P2}+\frac{K_{I2}}{S}\right] \quad (3.15)$$

$$K_P=K_{P2}+K_{D1}K_{I2} \quad (3.16)$$

$$K_D=K_{D1}\, K_{P2} \quad (3.17)$$

$$K_I=K_{I2} \quad (3.18)$$

Üç parametre yeterli olduğundan PD kısmının oransal sabiti "1" seçilmiştir. Tasarımda ilk olarak sadece PD kontrolörünün etki ettiği düşünülür. İstenen göreli kararlılığa ulaşmak için KD_1 değeri seçilir. Zaman tanım bölgesinde göreli kararlılık maksimum aşım frekans tanım bölgesinde ise faz payı ile ölçülür. K_{I2} ve K_{p2} parametreleri diğer gereksinimleri karşılamak üzere seçilir. Başka bir yöntemde ise ilk olarak PI kontrolör ihtiyaca tasarlanır, PD kısmı sona bırakılır [24].

3.1.3.5. Ziegler – Nichols kuralları

Bazı sistemlerde transfer fonksiyon modelini saptamadaki zorluk, optimum kontrolör kazanç değerlerini hesaplamanın deneysel yolunu bulmaya itmiştir. En çok kullanılan yöntem Ziegler-Nichols yöntemi, iki ayrı yöntemden oluşur. İlk yöntem sistemin açık çevrim basamak cevabına, ikincisi kontrolör ile sistemin deneysel olarak incelenmesi ve sonuçlarına ihtiyaç duyar. Sistemin modeli geliştirilse dahi bu yöntemi kullanmak oldukça yararlıdır. Ziegler-Nichols, birim basamak cevap ile IAE kriterini kullanarak,

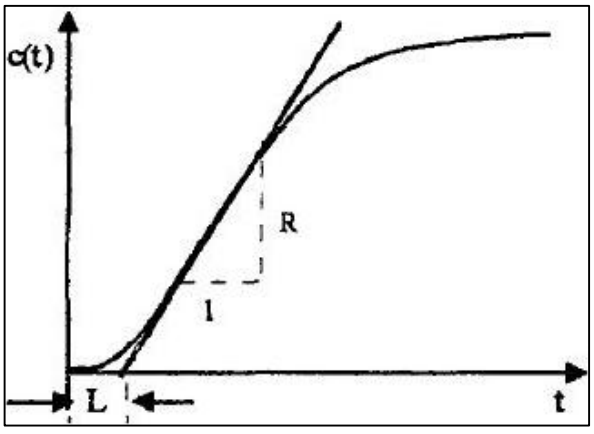
kuralarına göre tasarlanmış kontrolörün salınımlı ancak ikinci aşım birinci aşımın %25'inden küçük olacak şekilde, yeterli derecede sönümlü yanıt verdiğini belirlemişlerdir. Buna çeyrek söndürme kriteri denir.

Uygulanan kriter;

$$J= \int_0^{\infty}|e(t)|dt= \int_0^{\infty}|r(t)-y(t)|dt \qquad (3.19)$$

şeklindedir. İlk yöntem proses yanıt yöntemidir. Bir çok proses şekil 4.10'daki gibi açık çevrim birim basamak cevabına sahiptir. R, cevap eğrisinin en yüksek eğimi, L ise bu maksimum eğimli eğrinin zaman eksenini kestiği noktadır. Birinci ve ikinci mertebeden doğrusal sistemler pozitif L değeri vermezler, dolayısıyla bu yöntem uygulanamaz. Üçüncü ve daha yüksek mertebeden yeterli sönümlü doğrusal sistemler için Tablo 4.1'de verilen değerler kullanılabilir [24].

Kapalı çevrim (ultimate cycle) yöntemi, kontrolörlü proseslere uygulanır. Oransal hariç tüm kontrol tipleri sıfırlanır ve oransal kazanç en düşükten başlayarak sistem sönümsüz osilasyon yapana kadar arttırılır, elde edilen kazanca Kpu, periyoda Pu denilirse tablo 4.1'de bu parametrelere göre Ziegler-Nichols tavsiyeleri verilmiştir. Oransal kazanç PI kontrolörde P kontrolördekinden az, PID kontrolde çok seçilmiştir. Çünkü kontrolörün integral kısmı sistemin tipini arttırır ve kararsızlığa sürükleyebilir, bu nedenle düşük kazanç gereklidir. Öte yandan kontrolörün türev kısmı sistemi kararlılığa götürdüğünden kazanç büyük seçilebilir. Bu seçimlerden sonra mutlaka ince ayar yapılmalıdır.



Şekil 3.10. Ziegler Nichols için açık çevrim cevabı

Tablo 3.1. Ziegler-Nichols kuralları

Kontrolör tip	Açık çevrim Yöntemi		Kapalı çevrim yöntemi	
P kontrol	Kp=1/RL		Kp=0,5Kpu	
PI kontrol	Kp=0,9/RL	T1=3.3L	Kp=0,45Kpu	T1=0,83Pu
PID kontrol	Kp=1,2/RL	T1=2L, TD=0,5L	Kp=0,6Kpu	T1=0,5Pu, TD=0,125Pu

3.1.3.6. İntegral yığılması

Birçok kontrol sisteminin analiz ve tasarımı, doğrusal kontrol teorisi (LTI) ile yapılır. Bununla beraber, sistemlerde önem değeri yüksek, doğrusal olmayan etkilerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Fiziksel sistemlerde yer alan eyleyici limitleri ve giriş değişimleri, kontrolör tasarımında ele alınması gereken doğrusal olmayan etkilerdir. Bir kontrol sistemi çoğu durumda doğrusal ifadelerle tanımlanabilse de bazı doğrusal olmayan durumları hesaba katmak gerekli olabilir. Örneğin uygulamada her zaman bir motorun ulaşabileceği bir sınır hız değeri, ya da bir vananın akıtabileceği bir sınır debi değeri vardır, hiçbir gerçek sistemden fiziksel yapısından daha fazla şey beklenemez. Çoğu kontrol sistemi için, geniş bir çalışma aralığında, kontrol işareti bu sınır değerlere ulaşabilir. Bu durumda geri besleme çevrimi devreden çıkar ve sistem sanki açık çevrim çalışıyormuş gibi olur. Çünkü cihaz (motor, vana vb.,) sınır değere ulaştığından, sistem çıkışından bağımsız olarak hep aynı değeri korur. Eğer kontrolör integral kontrol kullanıyorsa, bu sırada hata terimi e(t)'nin integrali 10 alınmaya devam edildiğinden kontrolör çıkışı aşırı büyüklükte değerlere ulaşır. Bu durumda her şey normale dönünceye kadar uzun bir süre, hata işaretinin ters yönde olması gerekir. Kısaca integral terimi içeren her kontrolör, eyleyici doyuma ulaştığında büyük genlikli cevaplar oluşturur. Bu olaylar karşısında, kontrolör sistemi doğru süremez ve bunun sonucunda kontrolör yanlış bir şekilde güncellenir. İntegral yığılmasının ters etkileri arasında, performans bozuklukları (beklenen doğrusal sistem performansı ile karşılaştırıldığında), sistem cevabında yüksek aşım ve bazen kararsızlık durumları görülür. İntegral yığılması sorunu önlemek için çok çeşitli metotlar vardır. Üretici firmalar ürünlerinde çeşitli yollar kullanmalarına rağmen bunları bir imalat sırrı olarak saklamaktadırlar. Sorunu önlemenin bilinen en kolay yolu, kontrolör çıkısını

sınırlandırmaktır, öyle ki kontrol işareti asla cihazın (motor vb.) sınır giriş değerini aşmamalıdır. Diğer bir metot ise kontrol işaretinin sürekli artıp doymaya ulaşması durumunda integral işlemini durdurmaktır. Çeşitli koşullara bağlı olarak integral işleminin devreye alınıp çıkarılmasını temel alan birçok farklı metot bulunmaktadır. Endüstriyel uygulamalarda en çok kullanılan kontrolör PID'dir. PID'lerin, integral yığılması durumu ile başa çıkabilmesi için, kontrolör parametreleri, doyuma neden olacak sınırlar göz önüne alınmadan ayarlanır ve kontrolörün integral yapısına, yığılma önleyici bir kompanzatör eklenir [28].

3.2. Darbe Genişlik Modülasyon Tekniği (DGM)

Bir bilgiyi iletişim hattı üzerinden iletmeye veya yüke gönderilen gücün miktarını kontrol etmek için bir sinyalin veya güç kaynağının iş çevriminin (duty cycle) modülasyonuyla, darbe genişlik modülasyonu elde edilir.

Darbe genişlik modülasyon tekniği, kare dalganın doluluk – boşluk oranının modüle edilmesiyle, dalga formunun ortalama değerinin değiştirilmesine olanak sağlar [27].

Elektronik devrelerde daha çok transistörlerin sürülmesinde kullanılan DGM tekniği, elektro pnömatik ve elektro hidrolik sistemlerde aç – kapa tipi solenoid valflerin sürülmesinde kullanılmaktadır [5].

DGM tekniği ile oransal servo valflere göre daha basit yapıda ve düşük maliyetli aç – kapa tipi solenoid valflerden oransal bir denetim sağlamak mümkündür.

Aç – kapa etkisi ile çalışan valflerden doğrusal bağıntılar elde edebilmenin ön koşulları valfin açma – kapama anlarındaki dinamik davranış eğrilerinin simetrik olması, valfin her açma – kapama işleminden sonra kalıcı durum haline ulaşabilmesidir. Valfin her açma – kapama işleminden sonra kalıcı durum haline ulaşması şartı valfin doğrusal olarak çalışabileceği modülasyon veya taşıyıcı frekans (f_c) değerini belirler. Bu ifade aşağıdaki biçimde formüle edilebilir.

$$T_v \leq t_d \leq \frac{1}{f_c} - T_v \text{ veya } f_c \leq \frac{f_v}{2} \qquad (3.20)$$

Darbe genişlik Modülasyon tekniğinde herhangi bir t_d darbe süresinin T_c modülasyon periyoduna oranı modülasyon oranı olarak tanımlanır.

$$\frac{t_d}{T_c}=M_0 \tag{4.21}$$

Minimum darbe periyodunun $2T_v$ olması koşulundan, valfin oransal çalışabileceği modülasyon aralığı, valfin anahtarlama zamanı ve modülasyon periyoduna bağlı olarak;

$$M_{0v}=\left(1-\frac{2T_v}{T_c}\right) \tag{4.22}$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu ifadeden 0,1'lik bir T_v/T_c oranına karşılık %80'lik bir orantı bandı elde edileceği görülür. Buna göre; iyi bir orantı bandı elde edilebilmesi için modülasyon frekansının valf anahtarlama frekansının 1/10'u mertebesinde olması gerekir. Bu oran büyüdükçe orantı bandı bozulmaktadır. Modülasyon frekansının alt sınırının belirlenmesi için anahtarlama elemanı tarafından üretilen salınımlı çıkış işaretinin denetlenen sistem tarafından filtre edilip edilmediğine bakılır. Modülasyon frekansının giriş veya sistem frekansına oranının

$$\frac{f_c}{f_s}>7 \tag{4.23}$$

olması durumunda modülasyon sinyalinin düşük genlikli yüksek frekans bileşenlerinin denetlenen doğrusal sistem tarafından süzülebileceği gösterilmiştir. Hafif salınımlı hareketlere müsaade etmek kaydıyla bu oran 4 – 5 değerlerine kadar indirilebilir. Böylece daha düşük modülasyon frekansı ile daha yavaş anahtarlama valflerinin oransal çalışması sağlanır [5].

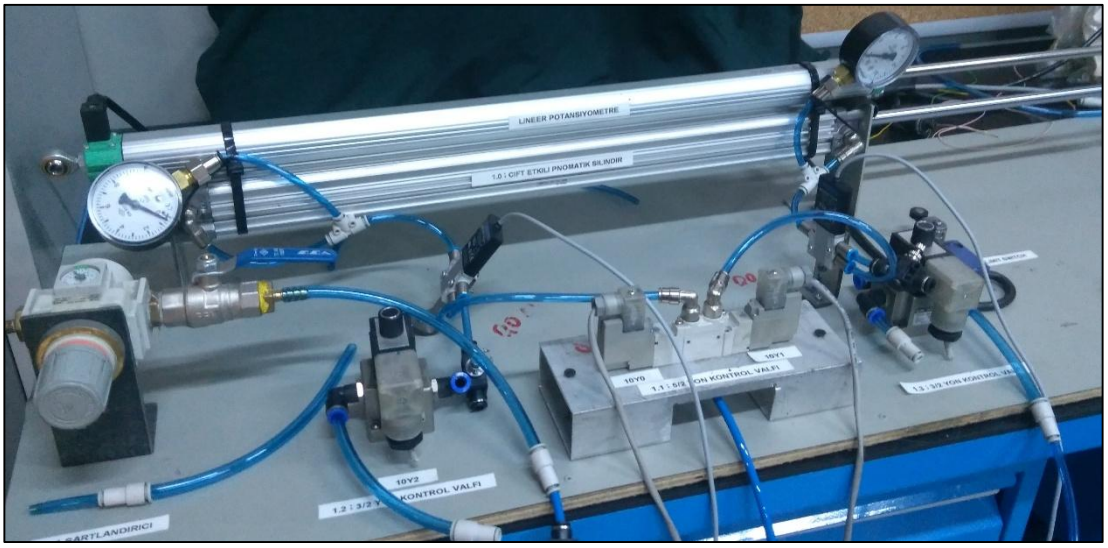
.

4. PNÖMATİK SİSTEM VE PLC'DE PID KONTROL UYGULAMASININ GERÇEKLETİRİLMESİ

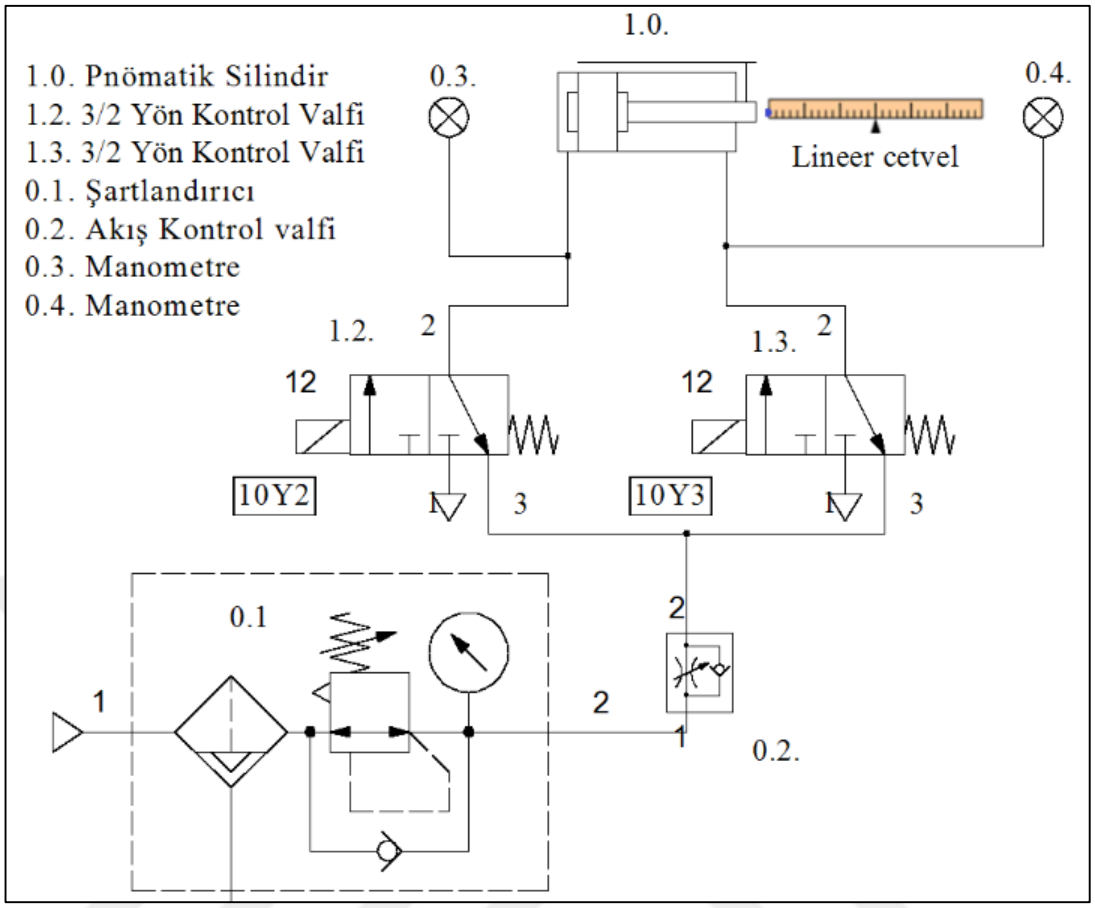
4.1. Gerçekleştirilen Pnömatik Sistem Ve Deney Seti

Deney setinin devre elemanları elektrik ve mekanik (pnömatik) elemanlar olarak iki ayrı grupta incelenebilir. Elektrik devre elemanları, 1'er adet otomat sigorta, Siemens SM 1234 DC/DC PLC, Siemens SM 1234 analog giriş/çıkış birimi, 12 volt ve 24 volt DC gerilim güç kaynakları, Lineer transducer, 2 adet sınır anahtarından (limit switch) oluşmaktadır.

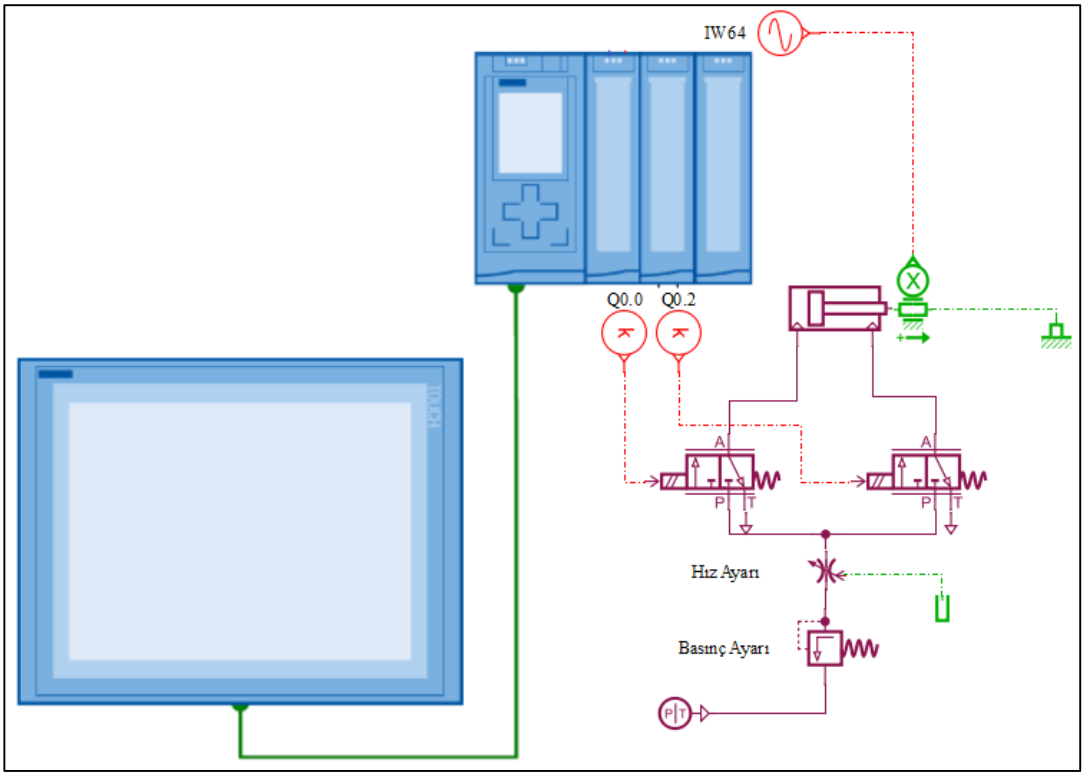
Pnömatik devre elemanları ise bir adet regülatör, bir adet 5/2, 24 volt DC gerilimli solenoid uyarılı yön kontrol valfi, 2 adet 3/2, 24 Volt DC gerilimli solenoid uyarılı yön kontrol valfi, bir adet Φ32x500 mm silindir, 1 adet hava regülatörü, 2 adet akış kontrol valfi ve 2 adet basınç göstergesi manometreden oluşmaktadır. Deneysel çalışmalar esnasında pnömatik sistemdeki bazı elemanlar devreden çıkarılarak da deneme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu durum 5'nci bölümde açıklanmıştır. Şekil 4.1'de kurulan pnömatik sistemin görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.2'de ise sistemin pnömatik projesinin sembolik gösterimi, Şekil 4.3 de ise kontrol yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Pnömatik sistemi oluşturan pnömatik devre elemanları



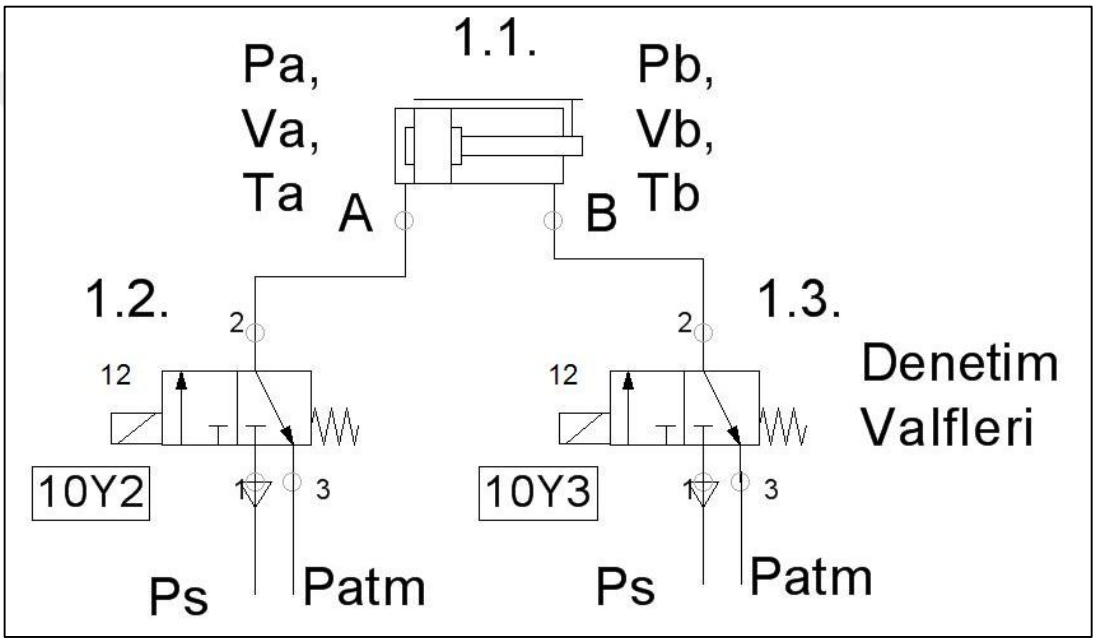
Şekil 4.2. Pnömatik Sistemin Sembolik Gösterimi



Şekil 4.3. Pnömatik sisteminin PLC ile kontrolünün şematik gösterimi

4.2. Pnömatik Sistemin Matematiksel Modeli

Havanın sıkıştırılabilir olmasından dolayı pnömatik sistemler doğrusal olmayan yapıdadır ve kesin bir matematiksel model çıkarmak zordur. Zaten PID kontrol yordamı kullanarak bu doğrusal olmayan sistemin tanımlanamayan yani modellenemeyen etkileri bertaraf edilmeye çalışılmaktadır. Bundan önce yapılan çalışmalarda kullanılan ve gene kabul gören bir matematiksel model sistemin davranışı hakkında bir fikir vermesi adına burada paylaşılacaktır. Amaç sistemin modellenmesi değil, bilgi verilmesidir [6].



Şekil 4.4. Pnömatik silindir valf sistemi

Bu sistemden yola çıkarak silindirin her iki tarafına uygulanan kütlesel debi aşağıdaki gibi ifade edilebilir. Bu aynı zamanda valflerin matematiksel modelidir [6].

$$Ma = \frac{Cqa.Cma.Aa.Ps}{\sqrt{Ta}} \tag{4.1}$$

$$Cma = f\frac{Pa}{Ps} \tag{4.2}$$

$$Mb = \frac{-Cqb.Cmb.Ab.Pb}{\sqrt{Tb}} \tag{4.3}$$

$$Cmb = f\frac{Patm}{Pb} \tag{4.4}$$

Burada Pa ve Pb silindirin A ve B bölgelerindeki basıncını göstermektedir. Ps besleme Patm ise atmosfer basıncını simgelemektedir. Ta ve Tb her iki bölgedeki sıcaklıkları göstermektedir. Aa ve Ab silindir pistonunun ilgili bölmelerdeki alanlarını göstermektedir. Cm kütlesel akış parametresini ve Cq ise boşaltım kat sayısını göstermektedir.

Havanın sıkıştırıla bilirliği hesaba katılarak yapılan bu modellemede silindirin her iki tarafına da giren (Ma) ve çıkan (Mb) havanın kütlesel debi ifadeleri verilmiştir.

$$Ma = \frac{1}{RTa}\left\{Pa\ \frac{dVa}{dt} + \frac{Va}{\lambda}\frac{dPb}{dt}\right\} \tag{4.5}$$

$$-Mb = \frac{1}{RTb}\left\{Pb\ \frac{dVb}{dt} + \frac{Vb}{\lambda}\frac{dPb}{dt}\right\} \tag{4.6}$$

Burada λ özgül ısı oranını, R gaz sabitini, Va ve Vb ilgili silindir bölgelerinin hacimlerini ifade etmektedir. Deney setinde yük ile bir test yapılmayacağından dolayı yük modelinin verilmesine gerek görülmemiştir. Burada boru hacimleri vb. gibi değişkenlerin ihmal edildiği görülmektedir [6].

4.3. PLC İle Dijital PID Kontrolör Programlama

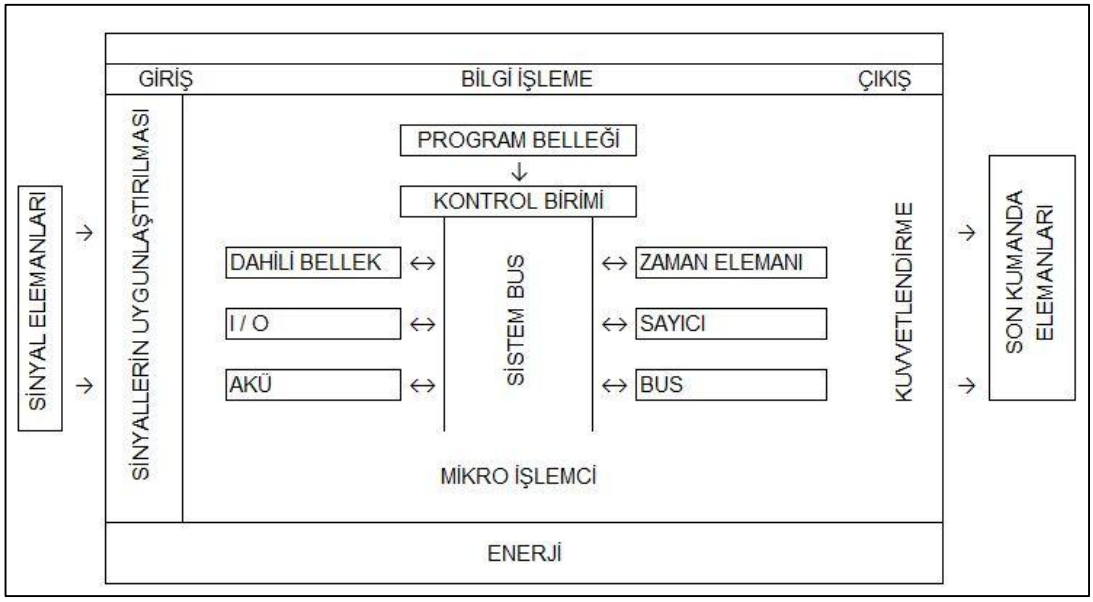
4.3.1. PLC'nin tanımı ve işlevi

Endüstride kullanılan her türden ünite veya makine kumanda ve/veya kontrole ihtiyaç duyar. Endüstriyel üretim sürecine dair uygulamalarda (otomasyon) mekanik, pnömatik, hidrolik, elektrik ve elektronik gibi birbirinden farklı disiplinlerden oluşan teknikler bir arada kullanılır. Farklı teknolojilerin birlikte ve uyumlu çalışması ise akıllı ve programlanabilen kontrol üniteleri ile sağlanmaktadır. Bir kumanda için yapılması istenen işlemler, programlanabilen kontrol ünitelerinin program belleğine, özel programlama cihazları veya bilgisayarlar ile program çerçevesinde ve sıralı olarak kaydedilir. Mikro işlemci tabanlı ve programlanabilen bu cihazlar belleklerinde yazılı programa göre girişlerine uygulanan lojik veya analog bilgileri işlerler ve çıkışlarında istenen lojik veya analog değeri üretirler. Programlanabilir kontrol ünitelerinin ortak özellikleri akıllı olmaları (CPU), giriş çıkış birimlerine (IO) ve birer belleğe (memory) sahip olmalarıdır. Böyle bir yapıya en genel anlamda bilgisayar denmektedir. Ancak bu bilgisayarlar endüstriyel kullanım amacına yönelik olarak temel mantık (lojik),

bellek (memory), zaman (timer), sayıcı (counter) gibi kendine has birimlere sahiptirler. Endüstriyel alanda kumanda ve kontrol amaçlı kullanılan, kendine has birimlere sahip olan bu endüstriyel bilgisayarlara ve üniversal programlanabilen ünitelere günümüzde programlanabilen lojik kontrolcü anlamına gelen PLC (Programmable Logic Controller) denmektedir. Bir PLC; kumanda, ayar, hesaplama, hizmet ve gözlem, ikaz ve protokol işlemlerinin tümünü yapabilir [29].

4.3.2. PLC'nin çalışması ve fonksiyonu

Bir PLC temel prensip olarak üç bölümden oluşur. Birincisi merkezi işlem bölümü (CPU), ikincisi bütün sinyal elemanlarının bağlandığı giriş bölümü (Giriş kartı), üçüncüsü de kumanda edilecek elemanların bağlandığı çıkış bölümüdür (Çıkış kartı). Şekil 4.5'de PLC'nin çalışma prensibi şematik olarak gösterilmiştir. Genelde her PLC ilk önce kendi besleme gerilimi 24 V DC'yi veya 220 V AC'yi CPU için 5 volta indirgeyen bir modüle sahiptir. Giriş ve çıkış birimleri için genelde DC 24 volt kullanılmakla beraber bu değer 220 volta kadar değişmektedir. AC girişler Opto-Coupler (optik izolatör) ile CPU'dan elektriksel olarak yalıtılmıştır. Aynı şekilde çıkışlarda Opto-Coupler veya röle ile CPU'dan elektriksel olarak yalıtılmıştır. Çıkış akımları ise üretici firmanın kataloglarında verilmiştir [15].



Şekil 4.5. PLC'nin çalışma sistemi [15]

4.3.3. PLC'nin elemanları

4.3.3.1. Merkezi işlem birimi (CPU)

CPU (Central processing Unit), giriş değerlerini okur, belleğine yüklenmiş olan bilgilere göre programı yürütür ve sonuç değerini çıkışa iletir. S7 1200 CPU'lar kompakt olarak üretilmektedir. Yani belli sayıda giriş/çıkışlar, analog giriş, hızlı sayıcı modülleri CPU ile aynı gövdede üretilmektedir.

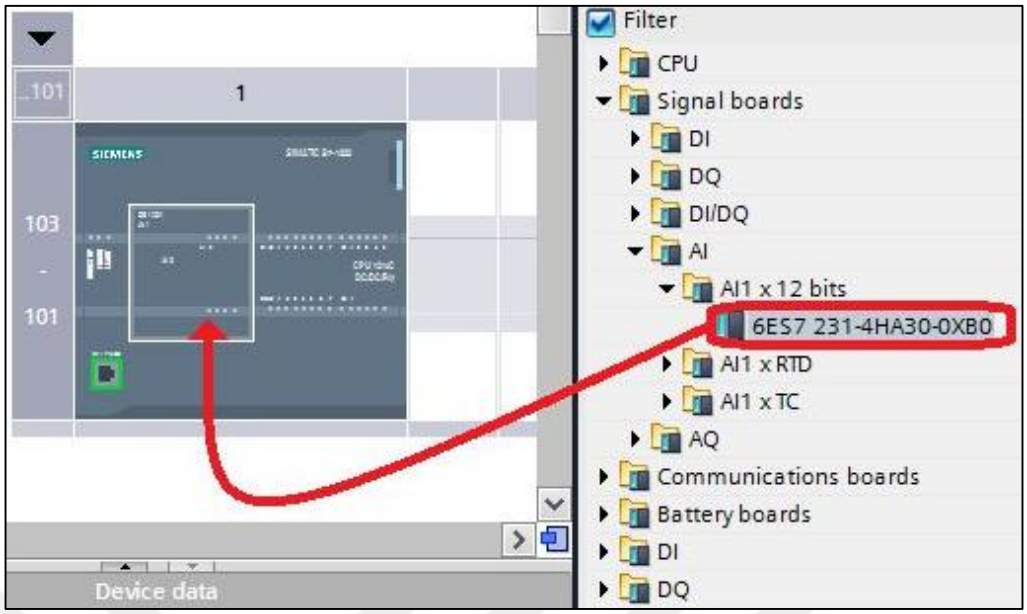


Şekil 4.6. CPU 1214 C DC/DC/DC

S7 1200 PLC sisteminde ihtiyaç duyulması durumunda CPU'nun sağ tarafına sinyal modülleri (SM), sol tarafına haberleşme modülleri (CM) ve CPU gövdesine de sinyal modülü görevini yerine getiren sinyal boardları (SB) takılabilir [15].

4.3.3.2. Sinyal bordu

CPU'nun sağ ve sol tarafına yerleştirilen sinyal ve haberleşme modüllerinin haricinde S7 1200 CPU gövdesine eklenebilen sinyal boardları da kullanılabilir. Bu kartlar özellikle az sayıda ihtiyaç duyulan dijital, analog giriş/çıkış veya haberleşme kartları şeklinde olabilir. On bord sinyal kartlarında dijital giriş/çıkış olarak 24 V DC'nin yanında 5V DC de kullanılabilir. Dijital sinyal bordlarında 4 giriş, 4 çıkış veya 2 giriş, 2 çıkış sinyaller kullanabilir. Analog sinyal bordlarında ise 1 giriş veya 1 çıkış analog sinyal bağlanabilir. Sinyal bord alanına ayrıca seri haberleşme modülü de eklenebilir.



Şekil 4.7. Signal bord 'un PLC'ye TIA portal programında eklenmesi [30]

4.3.3.3. Sinyal modülleri

CPU'nun sağ tarafına, CPU tipine göre farklı sayılarda giriş – çıkış genişletme/sinyal modülleri eklenebilir. Sinyal modülleri CPU 1211'de kullanılmaz. Bu kartlar DI, DO, DIO, AI, AO, AIO şeklinde olabilir. Dijital sinyal modüllerinde 8-16 giriş, 8/16 çıkış veya 8 giriş / 8 çıkış sinyaller kullanılabilir. Analog sinyal modüllerinde ise 4-8 giriş, 2-4 çıkış sinyali veya 4 giriş / 2 çıkış bağlanabilir. Şekil 4.8'de sinyal ve haberleşme modülü eklenmiş bir PLC seti görülmektedir.



Şekil 4.8. Sinyal ve haberleşme modülü eklenmiş bir S7 1200 PLC görünümü

4.3.3.4. Haberleşme modülleri

Haberleşme modülleri CPU'nun sol tarafına takılır. Buraya; profibus (DP), seri haberleşme (RS 232, RS 485, RS 422/485) ve GPRS modüllerinden herhangi üçü

eklenebilir. Sinyal ve haberleşme modülleri montaj rayına eklendikten sonra CPU'ya doğru pinler oturuncaya kadar bastırılarak bağlanır. Ayrıca bir işlem yapmaya gerek yoktur. Şekil 5.9'da Tia Portal V13 programında eklenmiş PLC ve modülleri görülmektedir. 1 numaralı bölümde Haberleşme modülü (CM, Commınication module) veya haberleşme işlemcisi (CP, Communication processor) 3 taneye kadar eklenebilir, 101, 102 ve 102 nolu slotlara monte edilir. 2 numaralı bölümde CPU montajı yapılır, 1 slot vardır 3 numaralı bölüm CPU'nun Profinet portudur. 4 numaralı Sinyal bord, haberleşme bordu veya pil bordudur. 1 tane eklenebilir. CPU'nun üstüne monte edilir. 5 numaralı bölüme Sinyal modülleri eklenir, dijital veya analog I/O, 8 taneye kadar eklenebilir. 2 numaralı slotdan itibaren 9 nolu slota kadar. (CPU 1214C, CPU1215C ve CPU1217 8 taneye izin verir, CPU 1212C 2 taneye izin verir, CPU 1211C hiçbir taneye izin vermez.) [33].

4.3.4. Bilgisayar programlarıyla PLC programlarının farkı

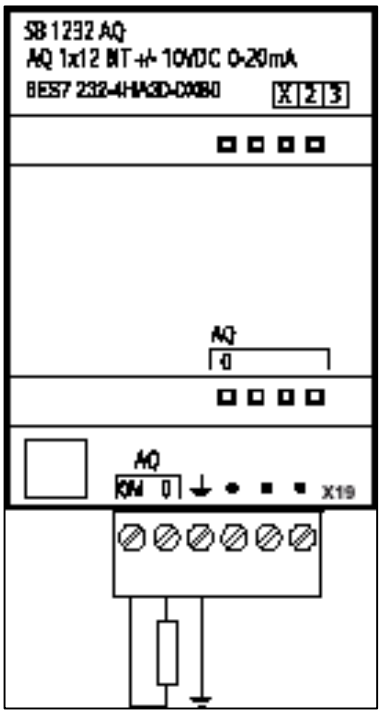
Bilgisayar programları yaptıkları işleri, sırasıyla ve birbiri ardınca belli mantık işlemlerine göre yerine getirirler. Fakat PLC'ler için durum biraz daha farklıdır. PLC programı devamlı bir çevrim halindedir. PLC programının tamamı bilgisayar dillerinde döngü adı verilen kısımlar gibidir. PLC programı yüksek seviyeli programlama dillerinde While/Wend komutları arasında yazılmış program parçalarına benzer şekilde çalıştırılır. Fakat PLC programının işlem tarzı itibariyle, biraz farkı vardır. PLC'de program aynı anda birkaç olayı gerçekleştirir. Dolayısıyla birbirinden bağımsız olayların ve dolayısıyla komutların aynı anda işletilmesi, yani bir olay bitmeden diğerine başlanılması gerekir. Bu iş için en ideal işleyiş tarzı, bir döndü içine bütün komutları yazmak ve döngüyü de bütün olayların en iyi şekilde kontrolü için mümkün olan en yüksek hızda çalıştırmaktır. PLC'lerde bilgisayarlarda olduğu gibi bir işlemi bitirip başka bir işleme geçmek mantıklı değildir. Mesela bir motora kapıyı kapatması için çıkışlardan voltaj verilir. Bu iş bir bilgisayar programı yapılırsa, kapanma komutu verilir ve kapı kapanana kadar dolayısıyla işlem bitinceye kadar program alt satıra geçmez. PLC sistemlerinde ise işlemin tanımlanması önemli değildir, program baştan sona saniyede binlerce kez iletilir. Programda komutlar, yapılması gerekiyorsa, yani önlerindeki mantıksal işlem sonucu izin veriyorsa işletilir [31].

4.3.5. Programlama açısından PLC'nin bilgisayara göre avantajları

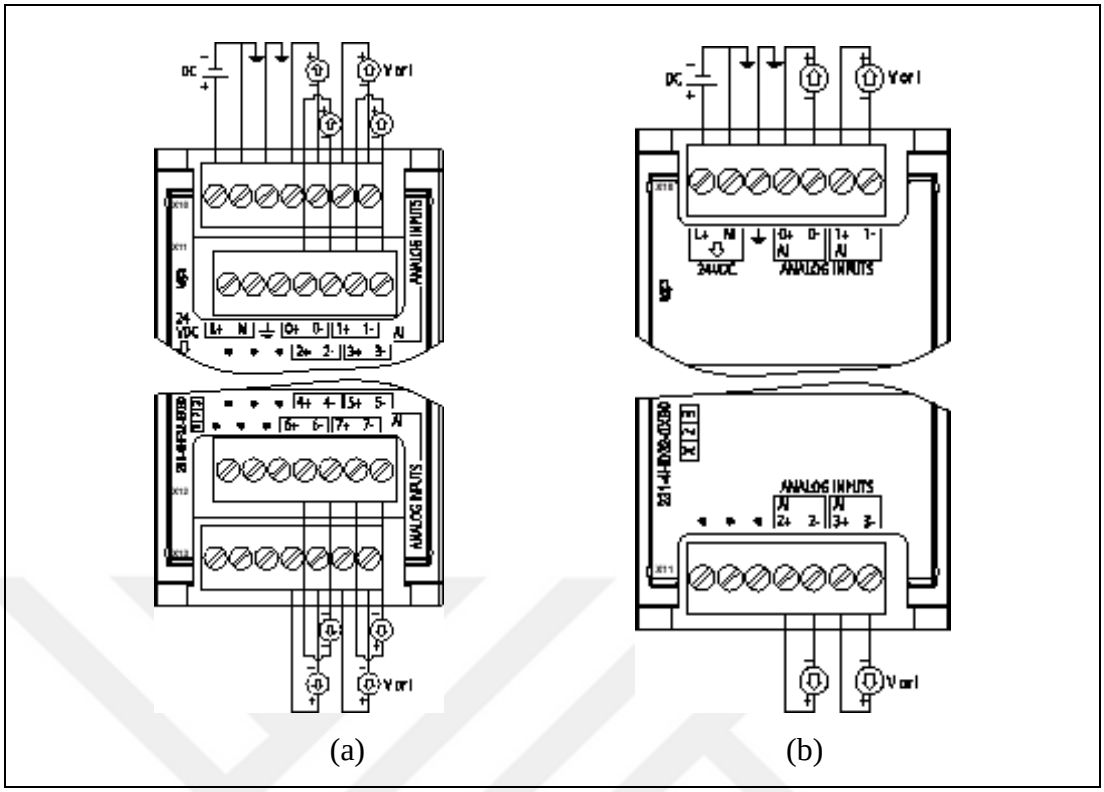
Bir makinenin veya herhangi bir işlemin (prosesin) gerçekleştirilmesi sırasında aynı anda bir çok olay meydana gelir ve bunların bir sıra halinde olması gerekmez. Dolayısıyla normal bilgisayar programlarıyla bu gibi bir proses kontrol edilemez. Fakat bir PLC için aynı anda gerçekleşen birçok olayı kumanda etmek hiç sorun değildir. Ayrıca, kumanda işlemlerine yönelik birçok komutu da fazladan ihtiva etmesi sebebiyle, PLC ile bu tip programları yazmak ve çalıştırmak kolaydır [31].

4.3.6. PLC'de analaog sinyallerin işlenme prensibi

PLC'ler sadece elektriksel yani gerilim, akım, direnç vb. olarak sinyalleri okuyabilir ve dışarıya verebilir. Elektriksel olmayan sinyaller mevcut ise bunların PLC dışında elektrik sinyallerine dönüştürülmesi gerekir. Yani; ısı, debi, devir sayısı gibi değerler elektrik sinyallerine dönüştürüldükten sonra CPU'da işlenmesi gerekir. Analog sinyaller, sahadan PLC'ye analog giriş kartı, PLC'den sahaya analog çıkış kartı üzerinden aktarılır. Sinyal bordu üzerindeki analog giriş veya çıkış kanalları çıkış olarak 0 → 10 Volt, 4 → 20 mA aralıkları seçilebilir. Analog girişte ise daha fazla olanak sunmaktadır. (±2,5V, ±5V, ±10V, 4-20 mA, termokupl, PT 100 vb.)



Şekil 4.9. Sinyal bordun bağlantısı



Şekil 4.10. Sinyal modüller a) SM 1231 AI 4 x 13 bit analog modül bağlantısı b) SM 1231 AI 8 x 13 bit analog modül bağlantısı

Şekil 4.10 a'da SM 1231 AI 4 x 13 bit (6ES7 231-4HD32-0XB0), Şekil 4.10 b'de ise SM 1231 AI 8 x 13 bit (6ES7 231-4HF32-0XB0) bağlantıları görülmektedir. Analog giriş/çıkış modüllerinde hem giriş hem çıkış olarak gerilim ve akımla çalışan kartlar kullanılabilir. S7 1200 sistemlerinde analog sinyaller 1 word'luk alanlarda işlenir. Standard analog sinyal vericilerden alınan elektriksel değerin sinyal karşılığı (± 32767) taşma alanları (yaklaşık % 15) çıkarıldıktan sonraki değeri olan ±27648 bütün analog sensörlerden min./max. sayısal değer karşılığıdır [15].

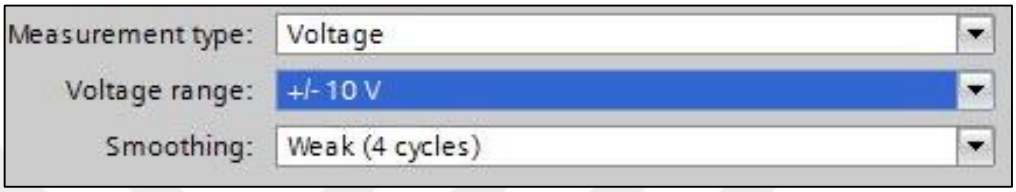
4.3.6.1. Analog kanalların yapılandırılması (konfigürasyonu)

Sahadan okuyacağımız elektriksel büyüklüklere göre analog kartlar görevlerini doğru yapabilmeleri için bağlantılarının doğru yapılması ve donanım ayarlarında doğru yapılandırma gerekir.

S7 1200 PLC'lerde analog sinyal modülleri sistemde üç şekilde kullanılabilmektedir. Bunlardan birincisi kompakt modelli PLC'lerin kompakt analog giriş kanalları. Her PLC'nin kompakt olarak 2 analog giriş kanalı vardır. İkinci yöntem sinyal bord üzerine analog kartlar kullanmaktır. Ayrıca sinyal modülü olarak da analog kartlar

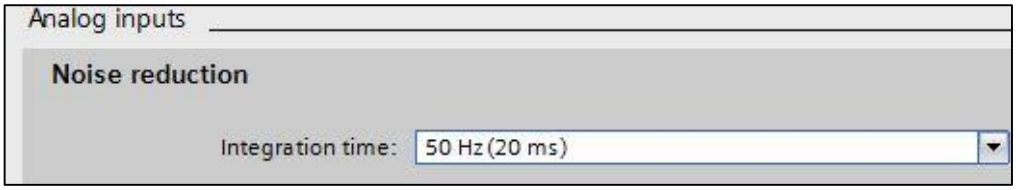
kullanılabilir. Farklı kanal sayılarında ve farklı elektriksel büyüklüklerde çalışan analog giriş, analog çıkış veya analog giriş/çıkış kartlarını sinyal modülü olarak kullanmak mümkündür.

Kartların donanım ayarları yapılırken öncelikle sensörlerden alınan elektriksel büyüklük (Gerilim, Akım, Termokupl, RTD) seçimi yapılmalıdır. Sonra şekil 4.11'de gösterildiği gibi okuma aralığı belirlenir. Bu veriler elimizdeki karta ait bilgilerdir. Şekil 4.12'de analog modül ayarları kısmı gösterilmiştir.

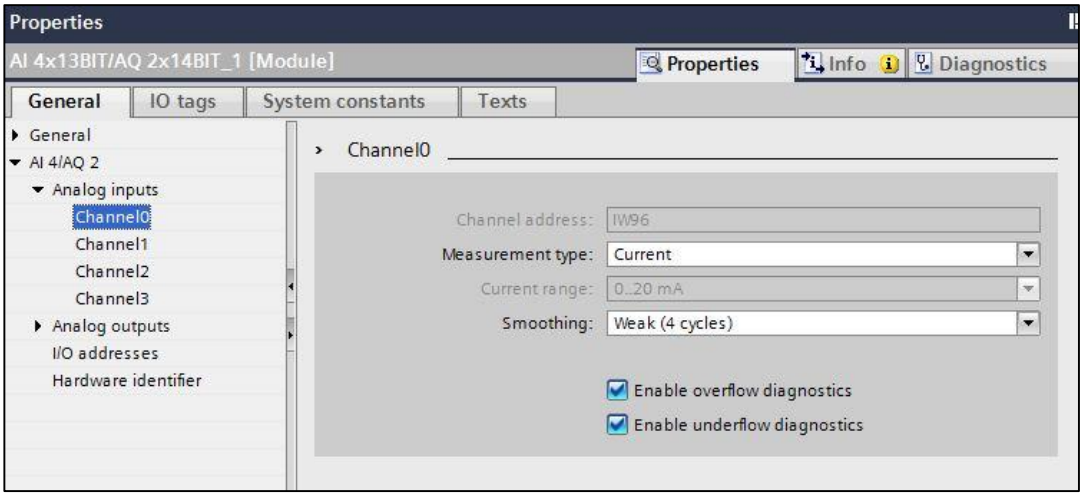


Şekil 4.11. Analog modülün donanım ayarlarının yapılması

Yumuşatma (smoothing), özellikle çok hızlı değişen elektriksel değerlerden (piklerden) sistemin olumsuz etkilenmemesi amacıyla seçilen bir özelliktir. Kaç adet okunan değerin ortalamasının alınacağına ait seçim yeridir. Analog giriş kanallarına ait okuma aralığı ayarlanır.

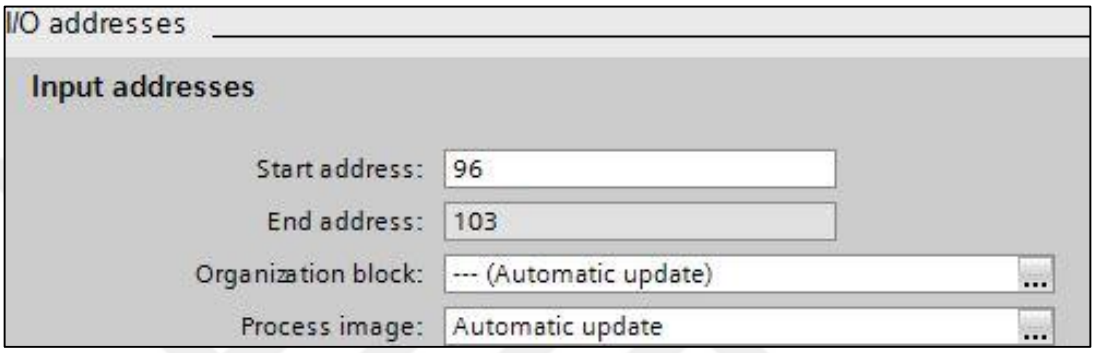


Şekil 4.12. Analog kanal ayarı, (noise reduction)



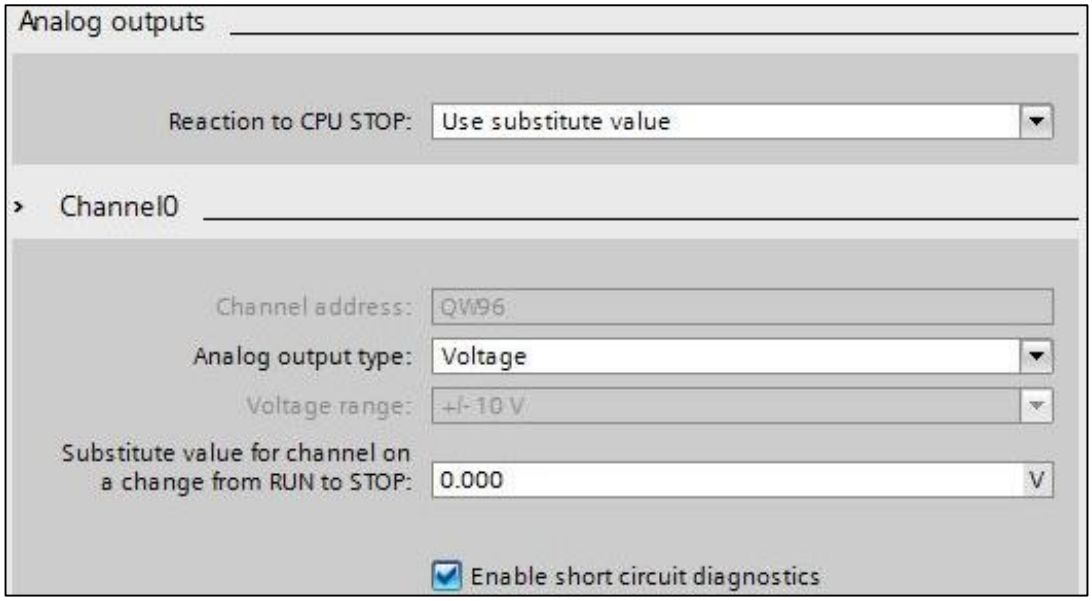
Şekil 4.13. Analog kanalların ayarlarının yapılması

Her analog kanalın; adresi, ölçme tipi, ölçme aralığı ve yumuşatma değeri tanımlanmış olur. “Enable overflow / under diagnostic” seçeneği ile ölçme aralığı altına veya üstüne çıkıldığında olayın hata tamponuna kayıt yapmasını sağlar.“4-20 mA” gibi kablo kopmasını sorgulayan kartlarda “enable broken wire diagmostic” seçilirse kablo kopma durumunda hata tamponuna gerekli bilgiler yazılır. Şekil 4.14’de gösterilen “input address” alanında seçili kartın başlangıç ve bitiş adresleri ile proses imaj şekli seçilir.



Şekil 4.14. I/O adres bilgileri

Şekil 4.15’de gösterilen kısımda “analog outputs” alanında da analog çıkış kartına ait adres, çıkış tipi, aralık seçimi yapılır. Bunun yanında CPU stop konumuna geçtiğinde analog çıkış kanalında nasıl bir değer görülmesi gerekiyorsa “Reaction to CPU STOP” alanına onun seçimi yapılır.



Şekil 4.15. Analog çıkış kanalı ayarları

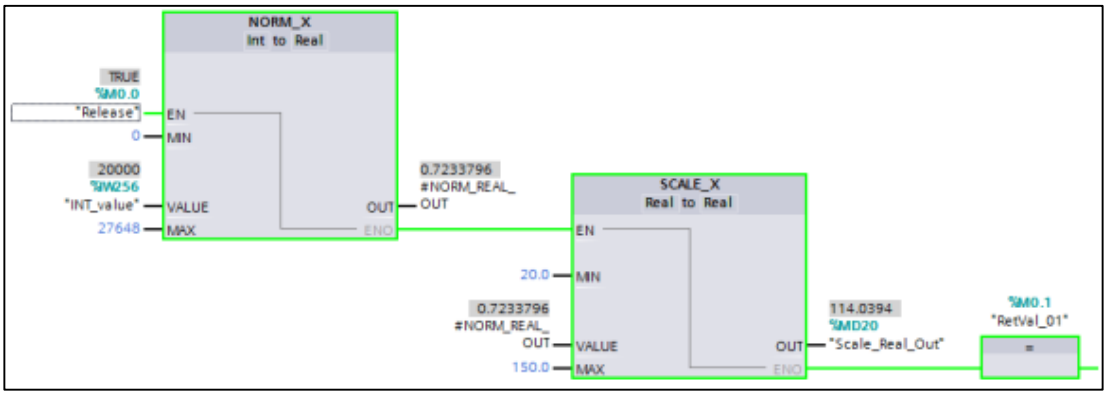
“Reaction to CPU STOP” alanında “Keep last value” seçeneği seçilirse CPU stop ettiğinde çıkış kanalı değeri ne ise o değeri göndermeye devam eder. Eğer “Use subtitute value” seçeneği seçilirse “Subsitute value for channel on a change from RUN to STOP” alanında yazılan değeri çıkışa gönderir [15].

4.3.6.2. Skala ve normalleştirme fonksiyonları

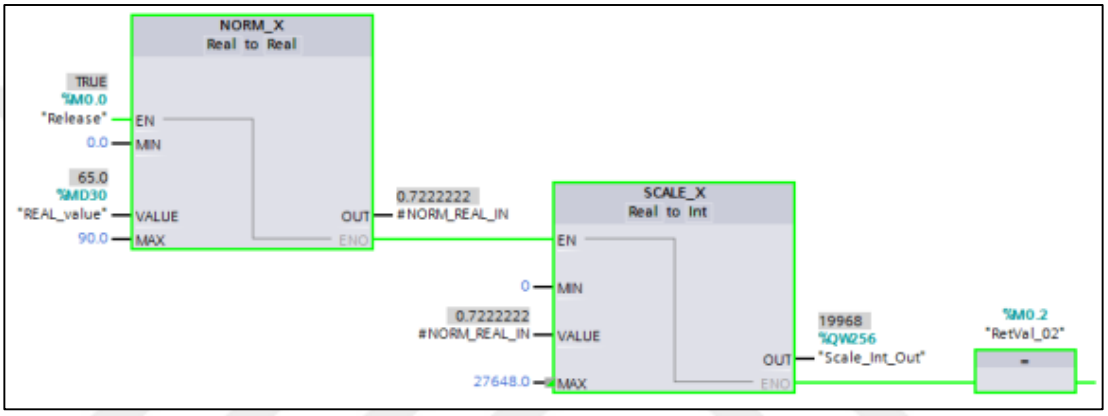
Scale_X fonksiyonu “Value” girişine uygulanan “Real” veya “Lreal” sayıyı “MIN” ve “MAX” girişlerine oranlayarak istenen tipte “OUT” çıkışına yazar. Norm_X fonksiyonu girişine uygulanan istenen tipdeki sayıyı “MIN” ve “MAX” değerlere oranlayarak “Real” vya “Lreal” sayı şeklinde “Out” çıkışına yazar. Şekil 4.16’de IW256 analog girişinden alınan değer önce norm_x komutu ile integer bir sayıdan Real bir sayıya dönüştürülür ve scale_x komutu ile 20 ile 150 değerleri arasında oran kurulur. Şekil 4.17’de ise MD30 alanına girilen değer 0-90 değerleri arasında oranlanarak QW256 analog çıkış adresine gönderilir. Şekil 4.18 ve 4.19’de verilen örneklerde kullanılan değerler Tablo 4.1’de açıklanmıştır. Normalleştirme işlemi için maximum ve miminum değerler 0 ve 27648’dir. Skala edilen değerler ise minimum 20 ve maximum 150 değerleridir. Şekil 4.16’de giriş değeri integer bir değer olduğu için skala işlemi Real bir değer olarak gerçekleşir. Şekil 4.16’de 20000 değerine karşılık gelen sıcaklık değeri görülmektedir. Şekil 4.17’de ise 65 değerine karşılık gelen değer görülmektedir. Burada ortaya çıkan değer 19968’dir ve bunun da 0-20 mA değerleri arasındaki karşılığı 14,445 mA’dir [15].

Tablo 4.1. Analog değere karşılık gelen fiziksel değerler

Integer Değer	Ölçülen Değer	Ölçülen Değer	Fiziksel Değer
Analog Değer	0-20 mA aralığında	4-20 mA aralığında	
0	0.0	4.0	20.0
6912	5.0	8.0	52.5
13824	10.0	12.0	85
20736	15.0	16.0	117.5
27648	20.0	20.0	150



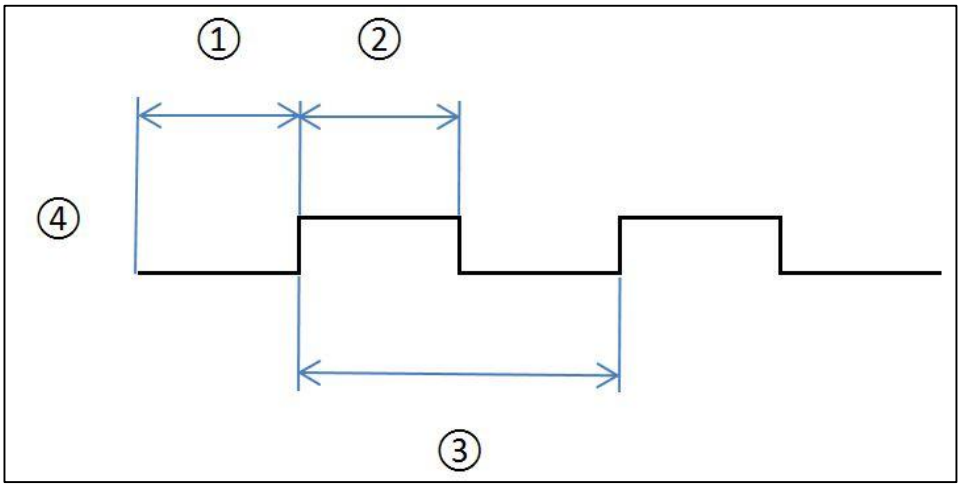
Şekil 4.16. Analog bir kanaldan okunan değerin işlenmesi



Şekil 4.17. Analog çıkışa bir değer yazılması

4.3.7. PWM fonksiyonunu kullanma

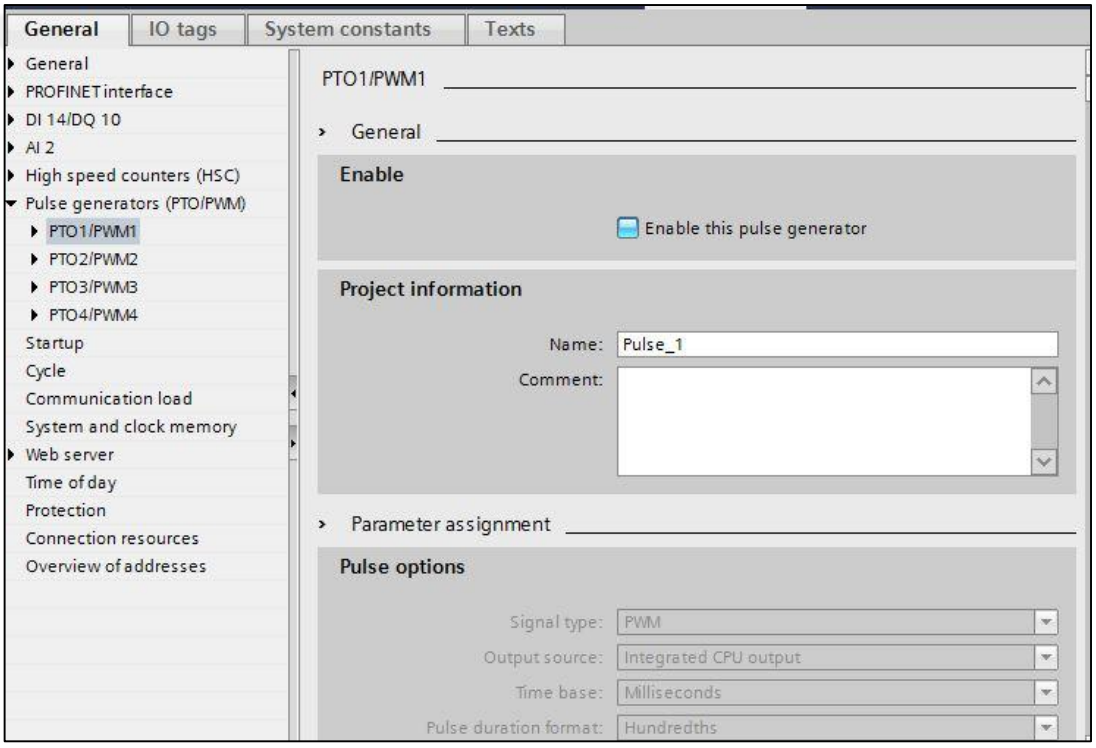
PWM (Pulse Width Modulatin = Darbe Genişlik modülasyonu, DGM) bir dijital çıkışın genişliğini kontrol ederek farklı gerilim değerleri üretmemizi sağlar. Yani diital çıkış kanalını analog sinyal gibi kullanabilmemize imkan sağlar.



Şekil 4.18. Darbe Genişlik Modülasyonu

1. Başlama gecikmesi
2. Darbe süresi
3. Periyot
4. Dijital çıkış

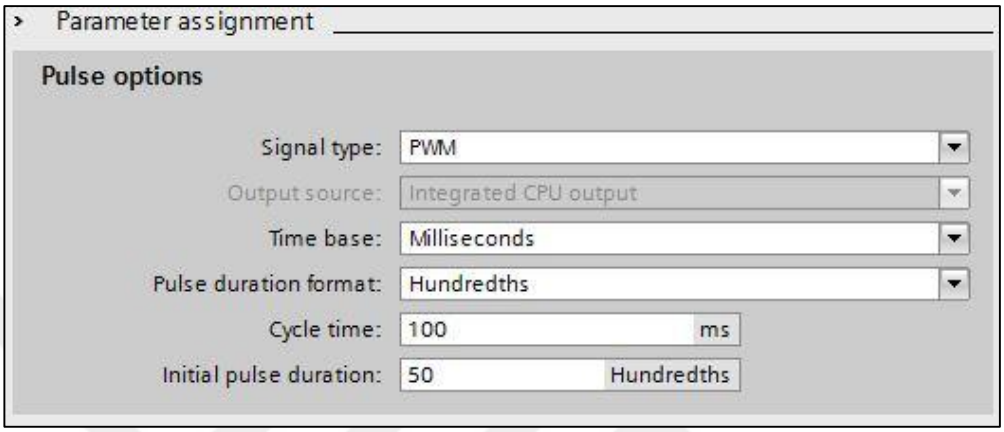
Bu uygulama için hızlı sayıcı kartları kullanılabileceği gibi kompakt CPU'ların sayıcı modülleri de kullanılabilir. Bu fonksiyonunun S7 1200'lerde çalıştırılabilmesi için CPU'a ya ait donanım ayarlarından "Pulse generators (PTO/PWM) altındaki "PTO1/PWM1" (PTO : Darbe sayma birimi)'nin şekil 4.19'da gösterildiği gibi aktif edilmesi gerekir.



Şekil 4.19. Pulse generatorun aktif edilmesi

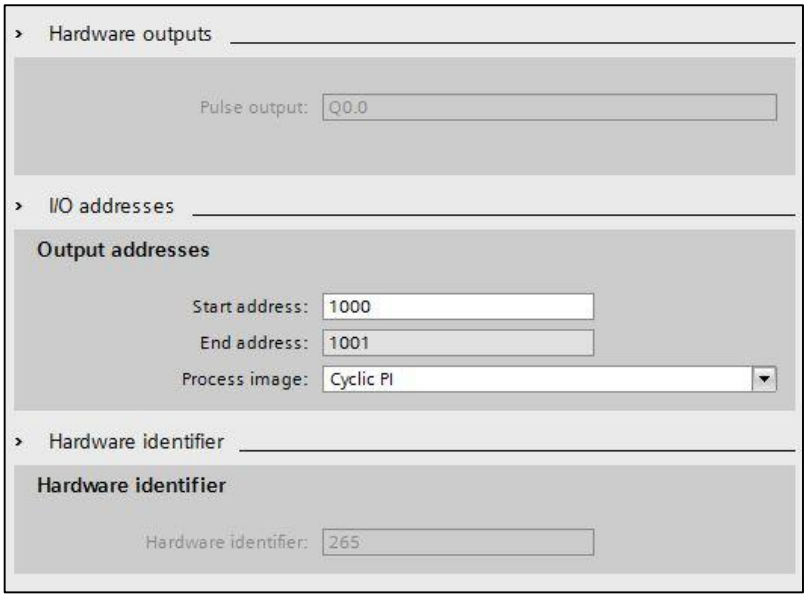
Bu aktifleşme işleminin ardından bir dijital çıkış kanalı istenen periyot ve darbe sürelerinde aktif olacaktır. Hangi oranda aktif olacağı Şekil 4.20'de gösterildiği gibi "Pulse option" alanında yapılır. Şekil 4.20'de gösterilen değerlere göre dijital çıkış 100 ms ve darbe %50'dir. Bunun anlamı çıkışımızın 50 ms "1", 50 ms "0" olacağıdır. "Cycle time : 1 → 16777215" arasında tanımlanabilir. Eğer "timebase" alanında "miliseconds" seçili ise bu rakamlar "ms" dir. Yani o alandaki seçime göre birim değişir.

“Pulse option” alanındaki ayarlarda “PWM” veya “PTO” seçimi yapılabilir. “Pulse duration format “thousandths” seçilirse “Initial pulse duration” binde oranında kullanılacaktır. Yani Şekil 4.20 ‘deki değerlere göre yüzde (hunderths) seçildiğinde oluşan periyot 100 ms, darbe %50; 50 ms “1”, 50 ms “0” olan değerler binde seçildiğinde periyot 100 ms, darbe %0,50; 5 ms “1”, 95 ms “0” olur.



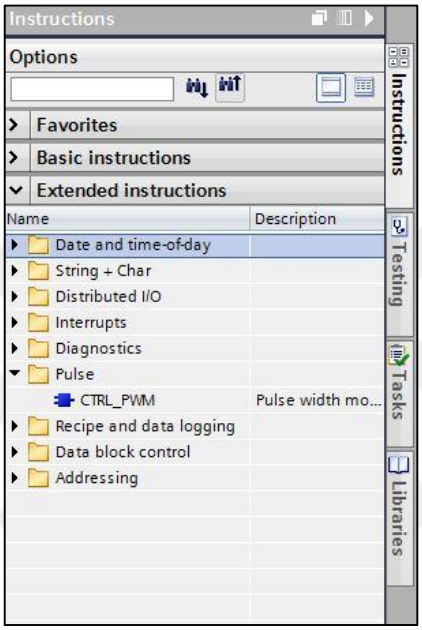
Şekil 4.20. Pulse operation ayarları

Şekil 4.21’de “PWM” veya “PTO” için kullanacağımız adresler tanımlanmıştır. “Hardware outputs”’ta yukarıda anlatılmış ayarlara göre kullanacağımız dijital çıkış adresi verilmiştir ve görüldüğü gibi değiştirilme şansı yoktur.”Outputs address”te “PWO/PTO” nun sayısal değeri izlenebilir. “Hardware identifier”de ise “CTRL_PWM” fonksiyonunun “PWM” adresi verilmiştir.

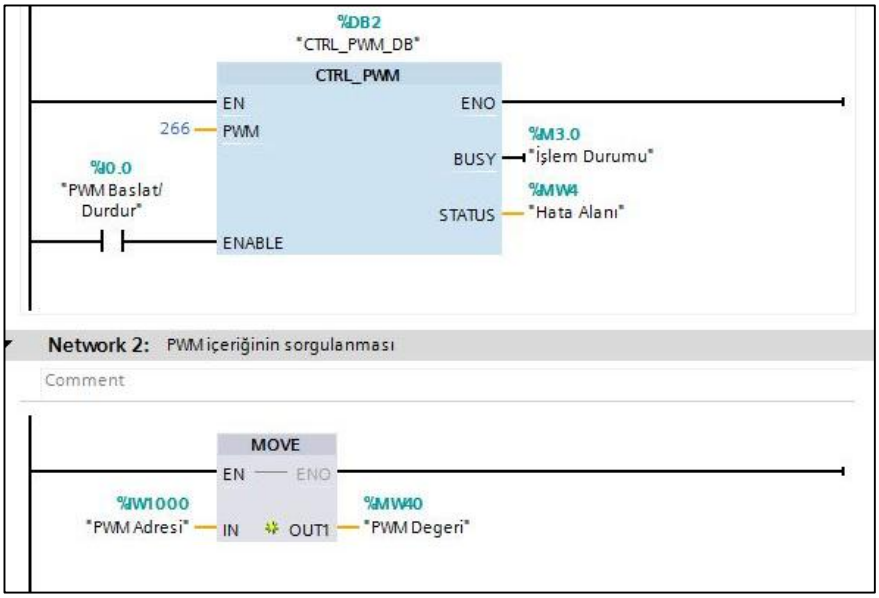


Şekil 4.21. PWO kullanım adresleri

"PWM" çıkışını aktifleştirmek için donanım ayarlarının tamamlanmasından sonra, "CTRL_PWM" fonksiyonu "Instruciton → Extended instruction → Pulse" altından seçilip program alanına aktarılır, Şekil 4.22'de gösterilmiştir. "PWM" girişine donanım ayarlarında tanımlanan "Hardware identifier" numarası yazılmalıdır. Artık "Enable" girişine yazılan sinyal uyarılı olduğunda "Pulse output" çıkışı (Q0.0) istenen frekansta çıkış verecektir. "Busy" işlem durumunu, "Status" ise hata kodlarını verecektir.



Şekil 4.22. DGM (PWM) TIA portal yazılımdaki yeri



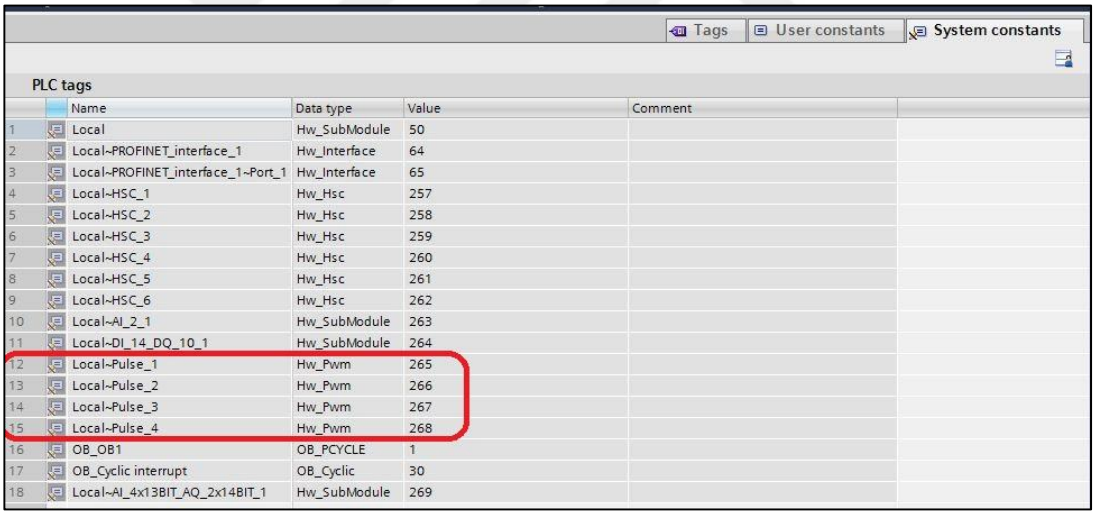
Şekil 4.23. PWM aktif edilmesi

Şekil 4.23'de PWM'in aktif edilmesi gösterilmiştir ve şekle göre I0.0 giriş enerjilendiği zaman 266 numaralı PWM çıkışı donanım ayarları kısmında ayarlanan, istenen periyot ve darbe sürelerinde aktif olacaktır.

4.3.7.1. DGM'nin darbe genişliğinin değiştirilmesi

DGM'nin darbe genişliğinin donanım ayarlarının haricinde kullanıcı programı içinde değiştirilmesi şu şekilde yapılır.

Şekil 4.19'da görülen sayfada "Properties" sekmesinde "Pulse generators (PTO/PWM) > PTO1/PWM1 > I/O address" seçilir. Burada çıkış adresleri tanımlanır. Şekil 5.21'de tanımlanan adres QW1000 çıkış adresi olarak tanımlanmıştır ve darbe jeneratörü 265 (dec) = 109 (hex) ID numarasına sahiptir. Darbe jeneratörünün donanımsal ID'si S7-1200 CPU'nun PLC değişken tablosunda sistem sabiti olarak yaratılır.



	Name	Data type	Value	Comment
1	Local	Hw_SubModule	50	
2	Local~PROFINET_interface_1	Hw_Interface	64	
3	Local~PROFINET_interface_1~Port_1	Hw_Interface	65	
4	Local~HSC_1	Hw_Hsc	257	
5	Local~HSC_2	Hw_Hsc	258	
6	Local~HSC_3	Hw_Hsc	259	
7	Local~HSC_4	Hw_Hsc	260	
8	Local~HSC_5	Hw_Hsc	261	
9	Local~HSC_6	Hw_Hsc	262	
10	Local~AI_2_1	Hw_SubModule	263	
11	Local~DI_14_DQ_10_1	Hw_SubModule	264	
12	Local~Pulse_1	Hw_Pwm	265	
13	Local~Pulse_2	Hw_Pwm	266	
14	Local~Pulse_3	Hw_Pwm	267	
15	Local~Pulse_4	Hw_Pwm	268	
16	OB_OB1	OB_PCYCLE	1	
17	OB_Cyclic interrupt	OB_Cyclic	30	
18	Local~AI_4x13BIT_AQ_2x14BIT_1	Hw_SubModule	269	

Şekil 4.24. PLC değişken tablosu

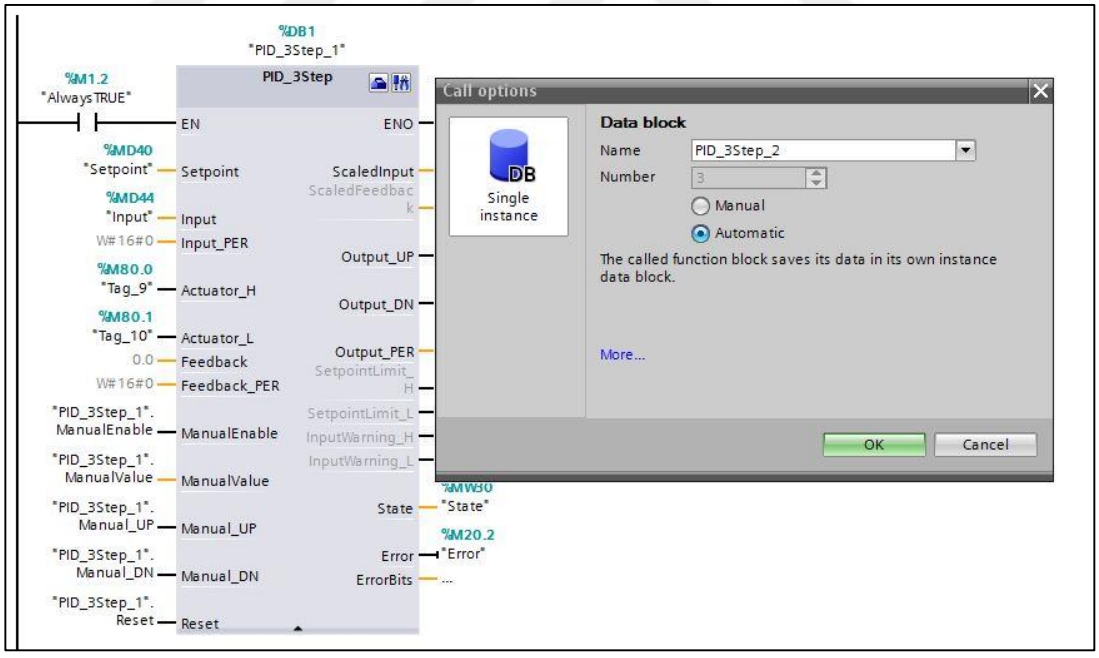
Kullanıcı programında, darbe genişliğinin değiştirileceği noktaya "MOVE" komutu yerleştirerek darbe genişliği istenen değerde ayarlanabilir. Burada dikkat edilmesi gereken kısım "MOVE" komutunun "IN" girişinde yeni darbe genişliği değeri belirtilecektir ve bu değerin değer aralığı 0 ile 100 arasında olmalıdır. "CTRL_PWM" komutu "MOVE" komutundan sonra kullanılmalıdır. Şekil 5.23'de gösterildiği gibi DGM girişinde darbe jeneratörünün donanımsal ID'si belirtilir. Darbe jeneratörü "ENABLE" girişi aktif/deaktif edilebilir [7].

4.3.8. S7 1200 ile PID kontrol

PID fonksiyonları matematiksel işlemleri tamamlayabilmeleri için bir zamana ihtiyaç duyarlar. Ayrıca sistemin kararlı davranması açısından prosesten sabit zaman aralıklarında veri okumak ve yazmak isterler. Dolayısıyla ana/çevrimsel OB ve bir alt program /FC, FB) içerisine yazılmaları doğru değildir. Bu amaçla çevrimsel kesme OB'leri (OB30, gibi) içerisinde programlanmaları uygundur.

Projede öncelikle bir OB30 çevrimsel kesmesi eklenir ve PID programı bu OB'nin içerisine yazılmalıdır.

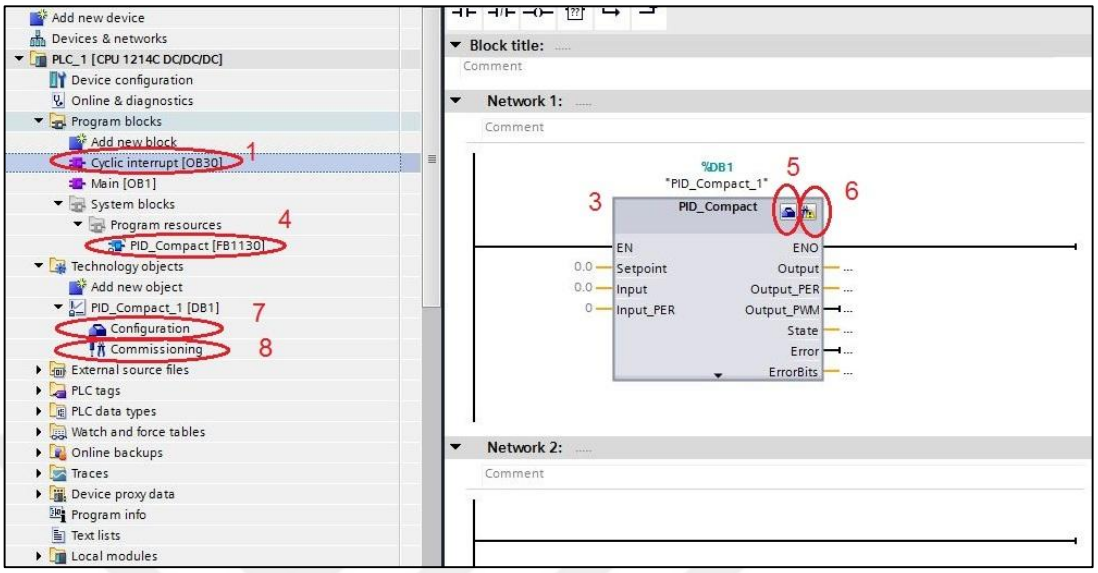
PID fonksiyonları, "Instruction → Technology → PID Control" altındadır. Burada uygun olan alınıp program alanına aktarılır. Program alanına eklenen fonksiyon hemen bir data blok ile ilişkilendirilmek ister. Burada açılan ilişkilendirme penceresinde data bloğa istenirse yeni bir isim verilerek onaylanır. Şekil 4.24'de PID fonksiyonu ve açılan data blok gösterilmiştir.



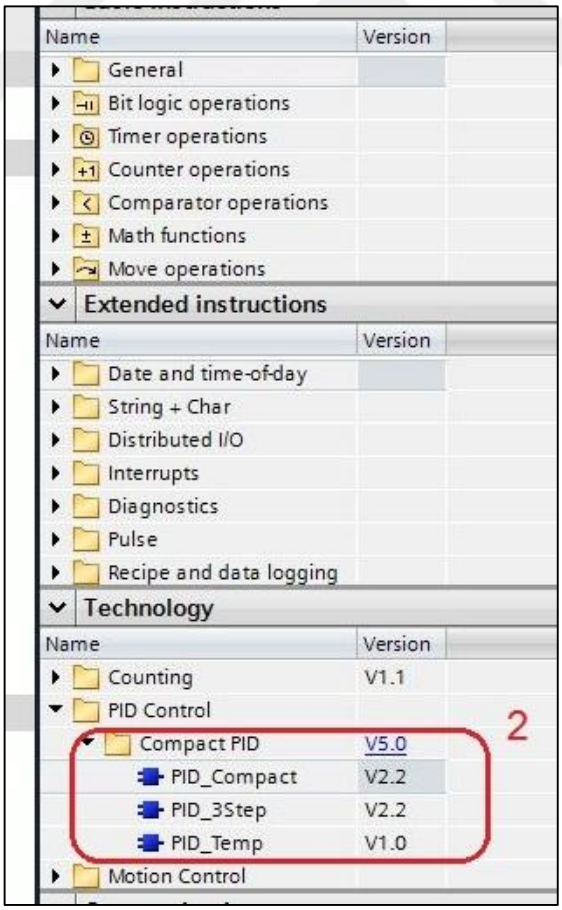
Şekil 4.25. PID uygulamasının data blok ile ilişkilendirilmesi

PID fonsiyonlarında veri (data) blok ilişkilendirmesi yukarıdaki gibi yapılabileceği gibi şöyle de yapılabilir. Projemize PID fonksiyonunu eklemeden proje ağacından "Technological objects → Add new objects" ile önce Veri (data) blok eklenir. Sonra

PID fonksiyonu eklendiğinde çıkan veri (data) blok ilişkilendirme penceresinde o data blok seçilerek onaylanır.

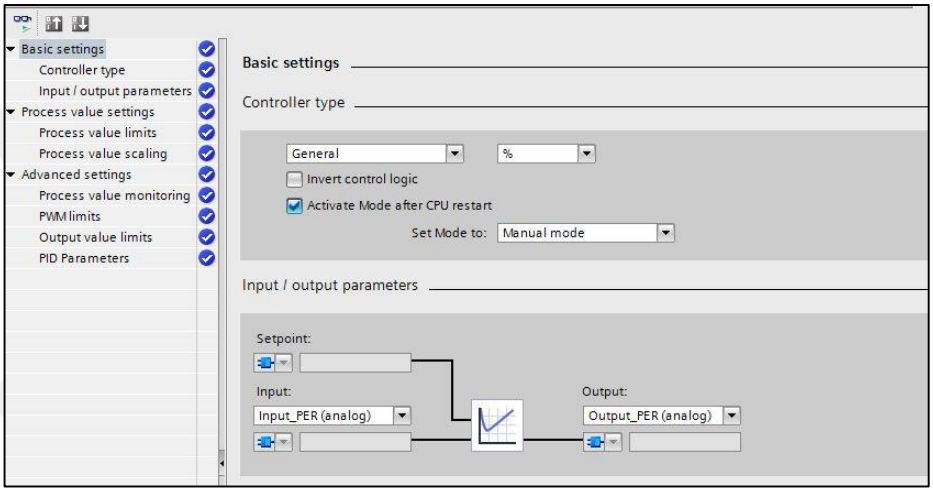


Şekil 4.26. PID fonksiyonun ayarlarının yapılacağı kısımlar

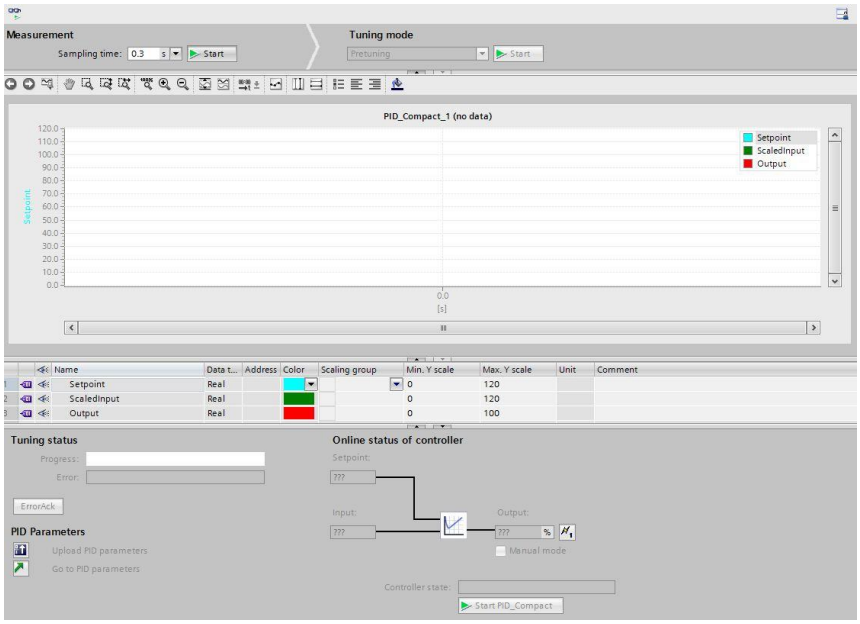


Şekil 4.27. PID fonksiyonu eklenmesi

Hangi yöntem kullanılarak PID fonksiyonu ile bağlanırsa bağlansın, veri (data) bloğunun istenilen şekilde düzenlenmesi gerekir. “Technogical objects → Add new objects” ile (Şekil 4.26, 7’nci kısım) eklenen veri bloğu “Configuration” düğmesine (Şekil 4.26 5’nci kısım) basılarak açılan konfigürasyon penceresinde PID fonksiyonunun istenilen şekilde düzenlenmesi gerekir. Şekil 4.26’da bu pencereler görülmektedir. PID data bloğuna ait diğer pencere ise “Commissioning” düğmesi (Şekil 4.25 6’nci kısım) dir, ve proje ağacındaki “Commissioning” menüsü (Şekil 5.26 8’nci kısım) ile açılabilir. Bu pencerede PID fonksiyonu istenen şekilde grafik ve sayısal olarak izlenmekte ve elde edilen parametreler sisteme aktarılmaktadır [15].



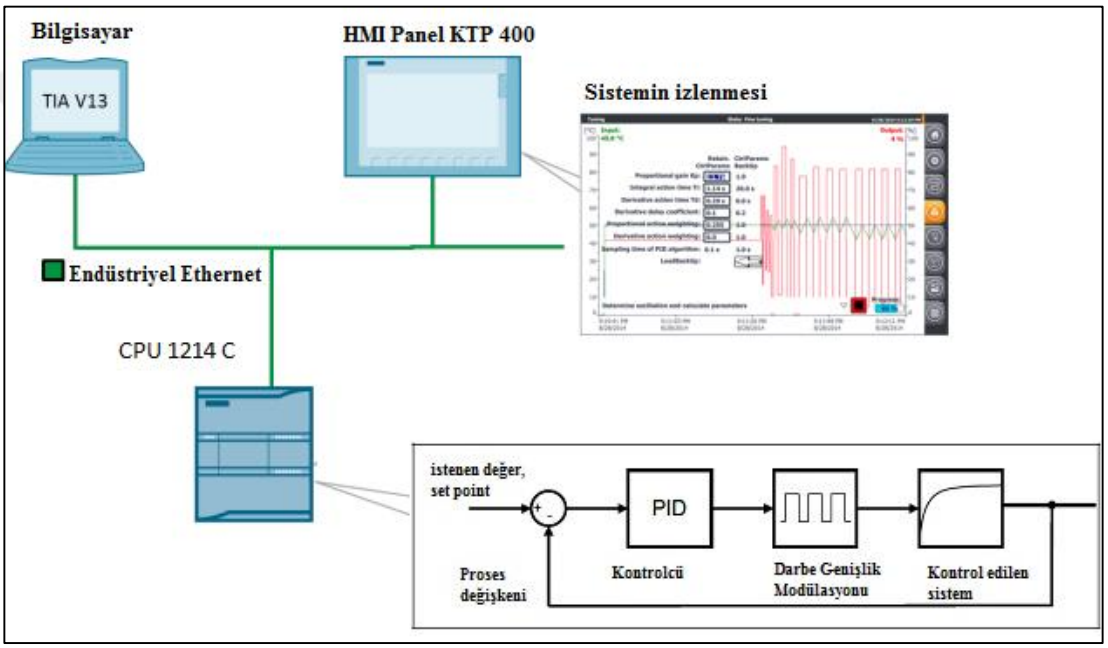
Şekil 4.28. PID fonksiyonu temel ayarlar penceresi



Şekil 4.29. PID veri (data) bloğu “Commissioning” penceresinin görünümü

4.4. Örnek Sistemin Tasarlanması

Şekil 4.30'da uygulamada kullanılan en önemli parçaların şematik görünümünü göstermektedir. Uygulamada sistemin kontrol elemanı Siemens S7 1200 serisi 1214C PLC ünitesi, Bu PLC ünitesinin programlandığı Tia Portal V13 yazılımı ve bu yazılımın yüklü olduğu bilgisayar, sistemin çalışmasının sağlandığı ve çalışma esnasındaki değerlerin görüntülenmesinin sağlandığı HMI Panel (dokunmatik ekran) ve sistemin blok diyagramıdır. Bu sistemde kontrolör olarak TIA Portal V13SP1 yazılımı içerisindeki PID Comfort fonksiyonu kullanılmıştır.

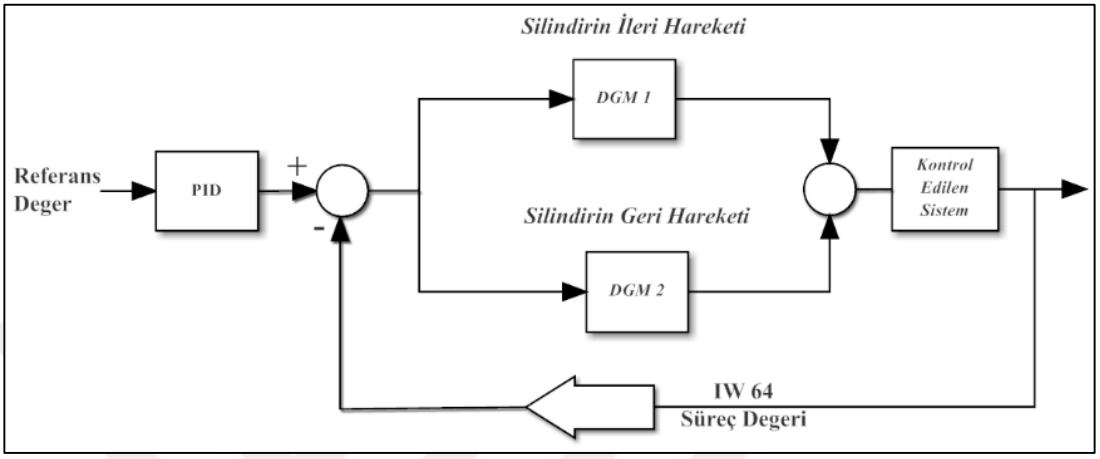


Şekil 4.30. Uygulamada kullanılan temel öğeler

Silindiri pozisyonlamak, İleri ve geri hareketi sağlayan valflerin bobinlerinin DGM tekniği ile kontolünü gerçekleştirmek için sadece tek bir PID_Compact fonksiyonu kullanılmıştır.

Sistemin PID_Compact fonksiyonu ile çalıştırılması şu şekilde kurgulanmıştır. PID_Compact fonksiyonun "Output" çıkışı "PID Settings" bölümünde bulunan "Output value limit" değerleri -100 ile +100 değerleri arasında düzenlenmiştir. Çıkış değeri 0 ile karşılaştırılarak eğer pozistif yani "+" ise yani sıfırdan büyük ise ileri yönde hareket, değer negatif yani "– " ise geri yönde hareketi gerçekleştirecektir. İleri yönde hareket esnasında 0 ile 100 arasında ürettiği değer ileri hareketi sağlayan valfin DGM integer adresine gönderilerek DGM'nun oransal olarak kontrolü, geri hareket

esnasında ise negatif değer önce pozisitife dönüştürülmüş ve geri hareketi sağlayan DGM'nun integer adresine gönderilerek bu aç-kapa valfin de DGM'nun genliğinin 0-100 arasında otomatik olarak kontrolü gerçekleştirilip bir anlamda oransal gibi kontrol edilmesi sağlanmıştır. Şekil 4.31'de sistemin blok diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 4.31. Pnömatik sistemin blok diyagramı

4.4.1. PID_compact fonksiyonu

PID_compact komutu otomatik ve manuel mod için entegre edlmiş öz-ayarlamalı evrensel bir PID kontrolör sağlar.

Endüstriyel süreçlere ilişkin kontrol sorunlarının çözümünde yaygın olarak kullanılan PID kontrol yapılarının işlevi SIMATIC S7-1200 ailesi PLC'lerde komutlar listesindeki "Instruction / Technology / PID Control / Compact PID" başlığı altındaki "PID Compact", "PID_3Step" ve "PID_Temp" fonksiyon blokları kullanılarak gerçekleştirilebilir.

PID; hata işaretinin oransal değeri (P), zamana göre integrali (I) ve zamana göre değişimine (D) bağlı olarak; PID_Compact fonksiyon bloğuna ilişkin ifade şu şekilde tanımlanır;

$$\Delta y = K_P \cdot \left[(b \cdot w - X) + \frac{1}{T_i \cdot s}(w - x) + \frac{T_D \cdot s}{a \cdot T_D \cdot s + 1}(c \cdot w - x)\right] \quad (4.7)$$

Δy = PID algoritmasının çıkış değeri

K_p = Oransal kazanç değeri (P bileşeni)

s = Laplace operatörü

b = Oransal eylem ağırlıklandırma (P bileşeni), (Proportional action weighting)

w = Ayar noktası değeri

x = proses değeri (Process value)

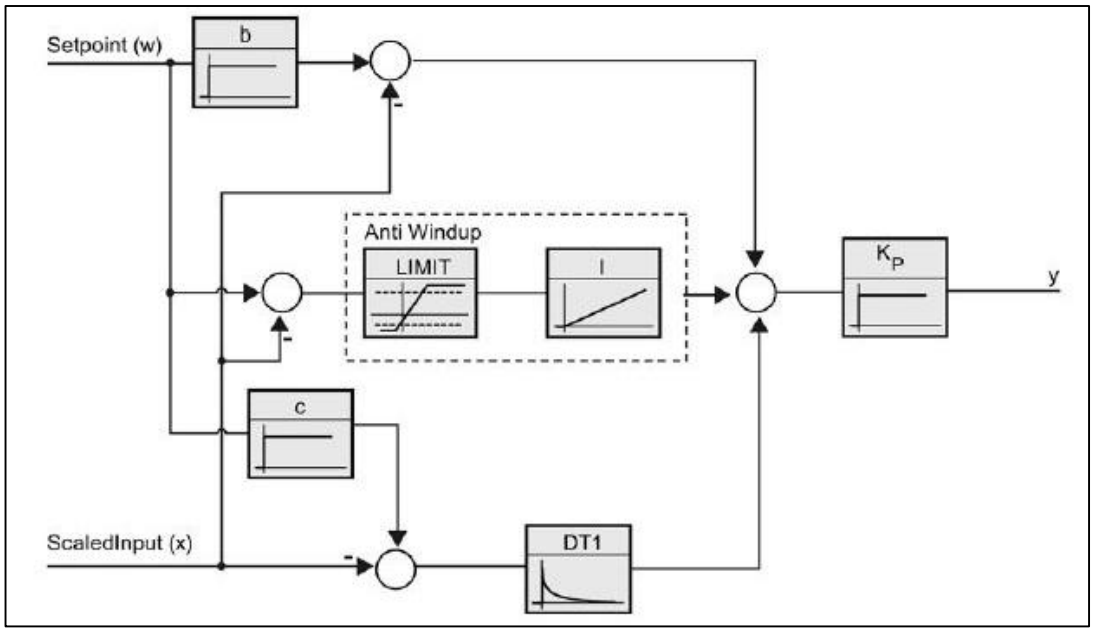
T_i = İntegral eylem zamanı (I Bileşeni), (integral action time)

a = Türev gecikme katsayısı (D bileşeni), (derivative delay coefficient, türev beklemesi t1=aXTd)

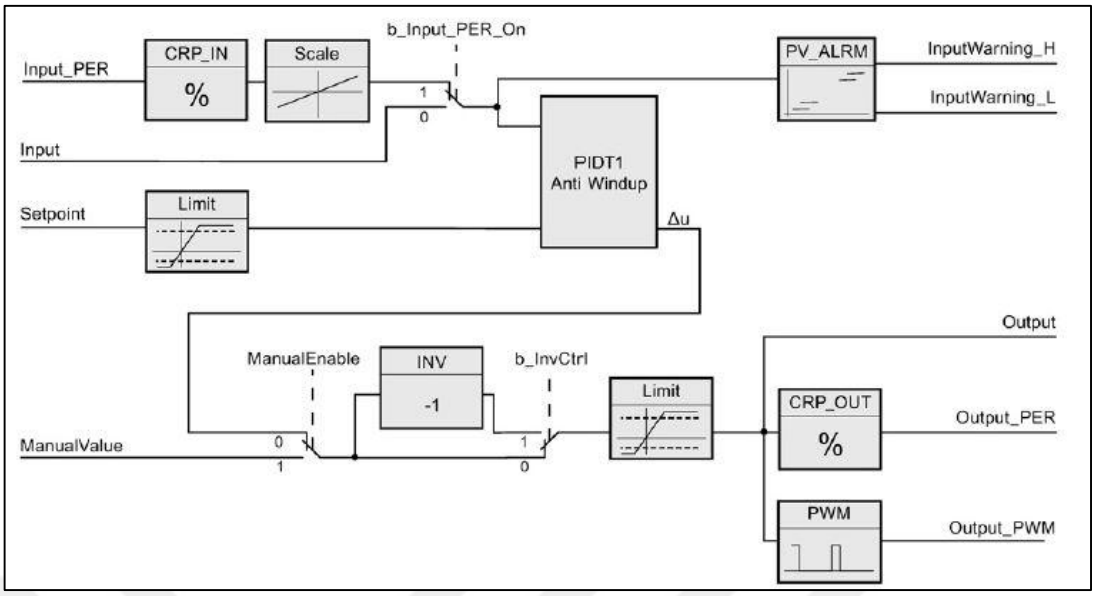
T_D = Türev eylem zamanı (D bileşeni)

C = Türevsel eylem ağırlıklandırma (D bileşeni), (derivative action weighting)

PID_Compact fonksiyon bloğunun işlevine ilişkin blok diyagramı şekil 5.32 ve şekil 5.33'de verilmiştir. PID_3Step ve PID_Temp fonksiyon blokları PID_Compact fonksiyonu ile aynı işleve sahiptir. Ancak bazı süreçlere özel çözümler için ara yüzlerinde bazı düzenlemeler yapılmıştır.



Şekil 4.32. "PID_Compact" fonksiyonunun blok diyagramı



Şekil 4.33. PID_Compact Kontrolörünün operasyonu

Tablo 4.2. PID_Compact yönergesi

LAD/FBD	SCL
%DB2 "PID_Compact_1" PID_Compact EN Setpoint Input Input_PER Disturbance ManualEnable ManualValue ErrorAck Reset ModeActivate Mode ENO ScaledInput Output Output_PER Output_PWM SetpointLimit_H SetpointLimit_L InputWarning_H InputWarning_L State Error ErrorBits	"PID_Compact_1"(Setpoint:=_real_in_, Input:=_real_in_, Input_PER:=_word_in_, Disturbance:=_real_in_, ManualEnable:=_bool_in_, ManualValue:=_real_in_, ErrorAck:=_bool_in_, Reset:=_bool_in_, ModeActivate:=_bool_in_, Mode:=_int_in_, ScaledInput=>_real_out_, Output=>_real_out_, Output_PER=>_word_out_, Output_PWM=>_bool_out_, SetpointLimit_H=>_bool_out_, SetpointLimit_L=>_bool_out_, InputWarning_ H=>_bool_out_, InputWarning_ L=>_bool_out_, State=>_int_out_, Error=>_bool_out_, ErrorBits=>_dword_out_);

PID_Compact fonksiyon bloğunun giriş parametreleri ve işlevleri aşağıda açıklanmıştır:

“Setpoint”: Refernas (istenen) değeri olup “REAL” veri türündedir.

“Input”: Süreç değerinin reel veri türünde alındığı giriş parametresidir.

“Input_PER”: Analog işaretlerin doğrudan işaretli tam sayı formatında alındığı giriş parametresidir.

“Disturbance”: Ölçülebilir veya hesaplanabilir bozucu değerinin yazıldığı reel türünde giriş parametresidir. Kontrol işaretlerinin hesaplanmasında bozucu etkisinin değerlendirildiği ileri yol kontrol işleminde kullanılabilir.

“Manuel Enable”: Elle işletme durumunu etkinleştiren “Bool” veri türündeki giriş parametresidir. Burada işaretin 0’dan 1’e değişmesi ile elle işletme durumuna geçilir. “Bu durumda “ManualValue” parametresi ile tanımlanan reel veri doğrudan çıkış adreslerine (output, output_per) yazılır. “ManuelEnable” girişi 1’den 0’a değiştirilirse “Mode” parametresi ile tanımlanan duruma geçilir.

“Manuel Value” Elle işletme durumunda çıkışa aktarılan reel veri türündeki parametredir.

“ErrorAck”: Hata ve uyarı işaretlerini silme parametresi. “Bool” veri türündeki bu parametre 0’dan 1’e değiştirildiğinde hata ve uyarı işaretleri silinir.

“Reset”: “Bool” veri tipinde silme parametresi. Bu parametre 0’dan 1’e değiştirildiğinde; etkin olmayan “Inactive” duruma geçilir, hata bitleri ve uyarıları silinir, integral etkisi sıfırlanır. Bu parametre 1’den 0’a değiştirildiğinde “Mode” parametresinde tanımlanan duruma geçilir.

“ModeActivate”: “Mode” parametresi ile tanımlı durumu etkinleştirir. Bu parametre 0’dan 1’e değiştirildiğinde “Mode” paramtresi ile tanımlanan durum etkin olur.

“Mode”: Çalışma durumunun tanımlandığı parametredir. Bu parametre ile

- “Mode” = 0 için PID fonksiyonu etkin değil.
- “Mode” = 1 için Ön Ayarlama
- “Mode” = 2 için ince ayarlama
- “Mode” = 3 için lapalı çevrim (otomatik) çalışma

- “Mode” = 4 için elle işletim (manuel)
- “Mode” = 5 için hatada çıkışa değer atama durumları tanımlanır.

PID_Compact fonksiyon bloğunun çıkış parametreleri ve işlevleri aşağıda açıklanmıştır:

“ScaledInput”: Sürecin yüzde oran ölçekli reel veri türündeki değeridir.

“Output”: Reel veri türünde yüzde oran ölçekli çıkış değeri

“Output_PER”: İşaretli tamsayı değerinde çıkış değeri

“SetpointLimitH”: referans değerinin üst sınırı aşıldığında “1” değerini alan “Bool” veri türünde parametredir.

“SetpointLimitL”: referans değerinin alt sınırı aşıldığında “1” değerini alan “Bool” veri türünde parametredir.

“InputWarning_H”: Süreç değerinin uyarı sınırına ulaştığında “1” değerini alan “Bool” veri türü parametresidir.

“InputWarning_L”: Süreç değerinin uyarı sınırının alt değerine düştüğünde “1” değerini alan “Bool” veri türü parametresidir.

“State”: PID fonksiyonunun çalışma durumunu gösteren tam sayı veri türünde parametredir. PID kontrol işlevi

“State”: 0 ise etkin değil.

- State”: 1 ise ön ayarlama
- State”: 2 ise ince ayarlama
- State”: 3 ise kapalı çevrim (otomatik) çalışma
- State”: 4 ise elle işletim (manuel)
- State”: 5 ise hatada çıkışa değer atanması durumunda olduğu belirtilmiş olur.

“Error”: Hata olduğunda 1 değerini alan “Bool” veri türünde parametredir.

“Error Bits”: Oluşan hata iletilerinin tümünü gösteren “Dword” veri türünde bir parametredir. Kalıcı olduğundan “Reset” veya “ErrorAck” girişlerinin 0’dan 1’e değiştirilmesi gerekir.

PID_Compact fonksiyon bloğuna ilişkin parametreler veri bloğunda (instance data block) tutulur. Buradaki verilere herhangi bir organizasyon veya fonksiyon bloktan erişilebilir ve değiştirilebilir. Bu data blok “PID_Compact_x/Open DB editor” bağlantısı kullanılarak açılabilir. Buradaki giriş parametreler herhangi bir program bloğunda okunabilir, çıkış ve “Static” tanımlanan parametreler okunabilir ve değiştirilebilir [39].

4.4.2. PLC programının gerçekleştirilmesi

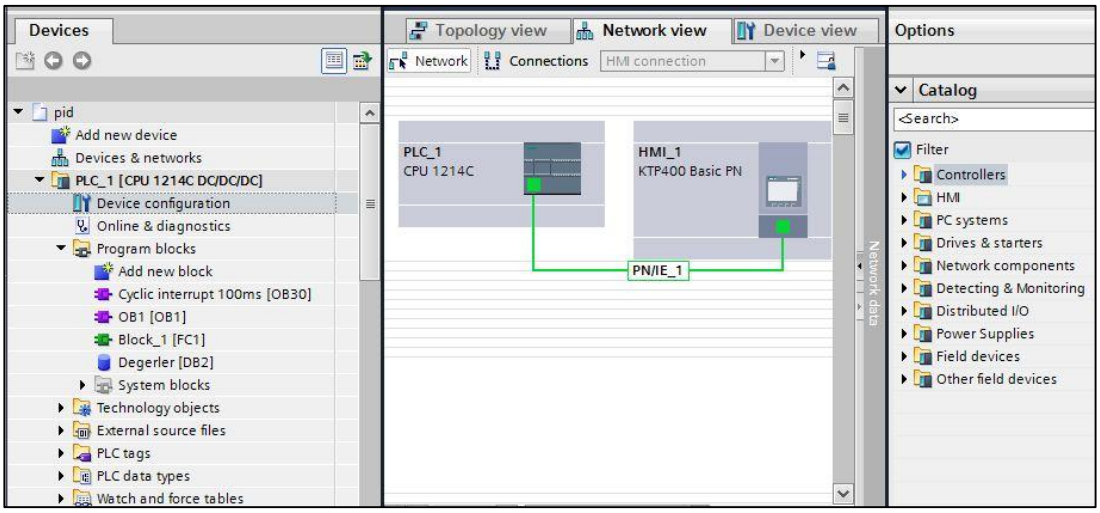
PLC programı Siemens Tia Portal V13 SP1 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Programlamaya başlamadan önce kullanılacak işlemci, çevre birimleri ve özellikleri tanımlanır.

4.4.2.1. Donanım ayarlarının yapılması

TIA portal açılış sayfasında “create new Project” başlığı seçilir. “Project name” alanına proje adı yazıldıktan sonra “Create” düğmesine basılır. Böylece programlamanın ilk kısmı gerçekleştirilir. Gelen pencerede “configure a device” başlığı seçilir ve “Add new device” basılır, açılan sayfada PLC sınıfı ve listeden uygulama yapılacak işlemci seçilir ve sağ alt köşede bulunan “Add” düğmesine basıldığında donanım kurulumu ve programlamanın yazılacağı proje sayfası açılır.

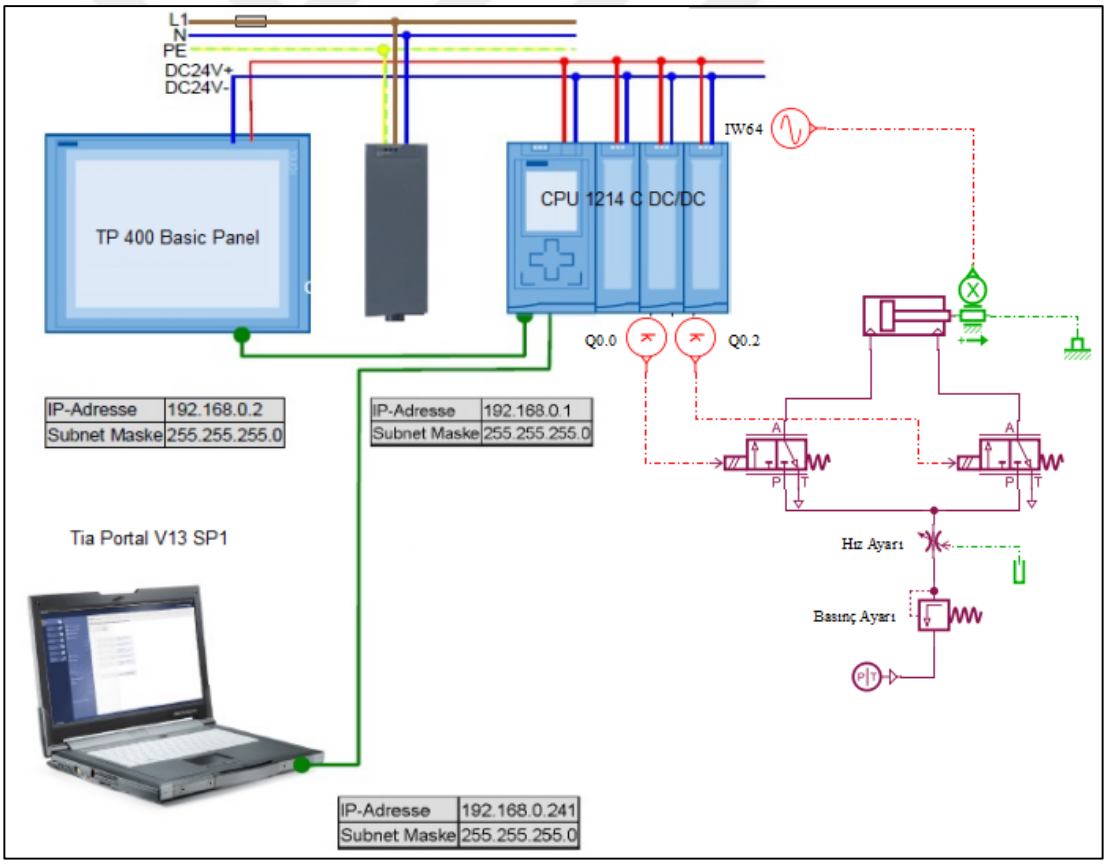
İşlemci, giriş-çıkış birimleri ve özellikleri tanımlandıktan sonra “Project tree / PLC_x” başlığı işaretlenir ve fare sağ tuşu ile “Compile / Hardware” seçilerek derlenir. Herhangi bir hata durumu yoksa “Download to device” seçeneği ile donanım bilgileri PLC’ye aktarılır. Eğer işlemci doğru şekilde tanımlanmamışsa yükleme işlemi başarılı olamaz. İşlemci ve versiyonu doğru şekilde belirlendikten sonra yükleme gerçekleşir.

Donanım seçimi yapıldıktan sonra “Project tree / PLC_x / program block” yolu izlenir ve “Main [OB1]” program bloğu açılarak program yazılır. Donanım seçimi yapıldıktan sonra “Project tree / PLC_x / Program block” yolu izlenir ve “Main [OB1]” program bloğu açılarak program yazılır [39].



Şekil 4.34. Ekipmanların Programda eklenmesi

Şekil 4.35'de uygulamanın donanım (hardware) kurulumunu göstermektedir.



Şekil 4.35. Hardware konfigürasyonu

Bu gösterimde TIA Portal V13 SP1 yazılımının yüklü olduğu bir bilgisayar ile PLC kontrolör ve dokunmatik ekran arasında bir ağ bağlantısı kurularak bu cihazların

birbirleri ile bağlantısı sağlandığı gösterilmiştir ayrıca PLC'nin çıkışlarından kontrol edilen röleler ve okunan proses değeri gösterilmiştir.

4.4.2.2. Program bloklarının oluşturulması

Program blokları oluşturmak için, TIA portal V13 yazılımının en sol tarafında bulunan "Project Tree" kısmı kullanılır. "Add new block" seçeneği yeni bir blok oluşturmak için kullanılır.

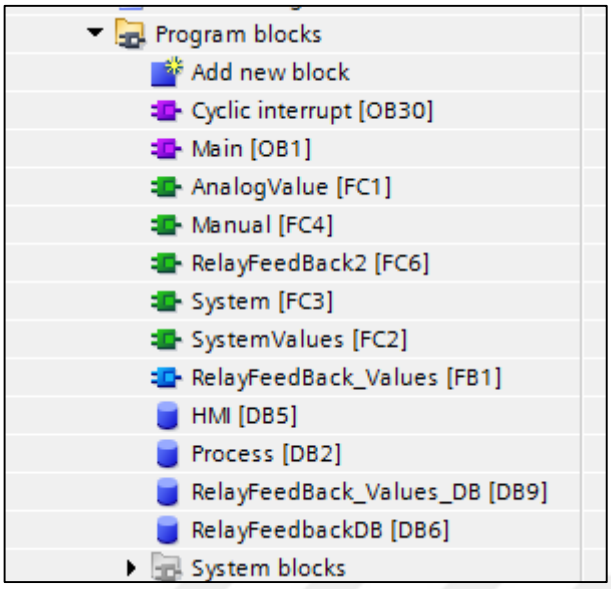
OB 1 bloğu, programın ana bloğunu oluşturur ve diğer bütün program blokları bu ana bloğun içerisine atılarak çağrılır. OB 30 bloğu ise belirlenen zaman döngüsü süresince çalıştırılan ve PID fonksiyonunun yazıldığı zaman kesmesi bloğudur. PID fonksiyonları OB 30 gibi belli zaman aralıklarında çalıştırılan OB bloklarının içine yazılarak çalıştırılmaları sağlanır.

FC ve FB bloklarının kullanılarak oluşturulan programlamaya yapısal programlama denir.

Yapısal programlamanın amaçları şu şekilde sıralanabilir.

- Projeyi mantıklı küçük parçalara bölerek, program yazmayı, program takip etmeyi ve hata aramayı kolaylaştırmak.
- Programda kullanılacak sabit değerleri program alanının dışında saklayarak program belleğini azaltmak ve gerektiğinde programa girilmeden o değerleri değiştirebilmek.
- Aynı programın farklı değişkenlerde çok sayıda kullanılmasına imkan sağlamak
- PLC üreticisi tarafından kullanıma sunulan ve stadartların istediği bazı programların kullanımına imkan sağlar [15].

Ayrıca programın çalışması esnasında oluşan ara sonuçları ve sistemde kullanılacak sabit değerleri saklamak için veri (data) blokları oluşturulur ve veriler bu oluşturulan bellek alanlarında saklanarak kullanılır [15].



Şekil 4.36. Programda oluşturulan bloklar

Uygulama için TIA Portal V13 yazılımında oluşturulan bloklar şekil 5.36'da gösterilmiştir. Görüldüğü üzere iki adet Organizasyon bloğu, biri ana program bloğu diğeri PID_compact fonksiyonunu çalıştıran zaman kesmesi bloğudur. 4 adet de fonksiyon oluşturulmuştur.

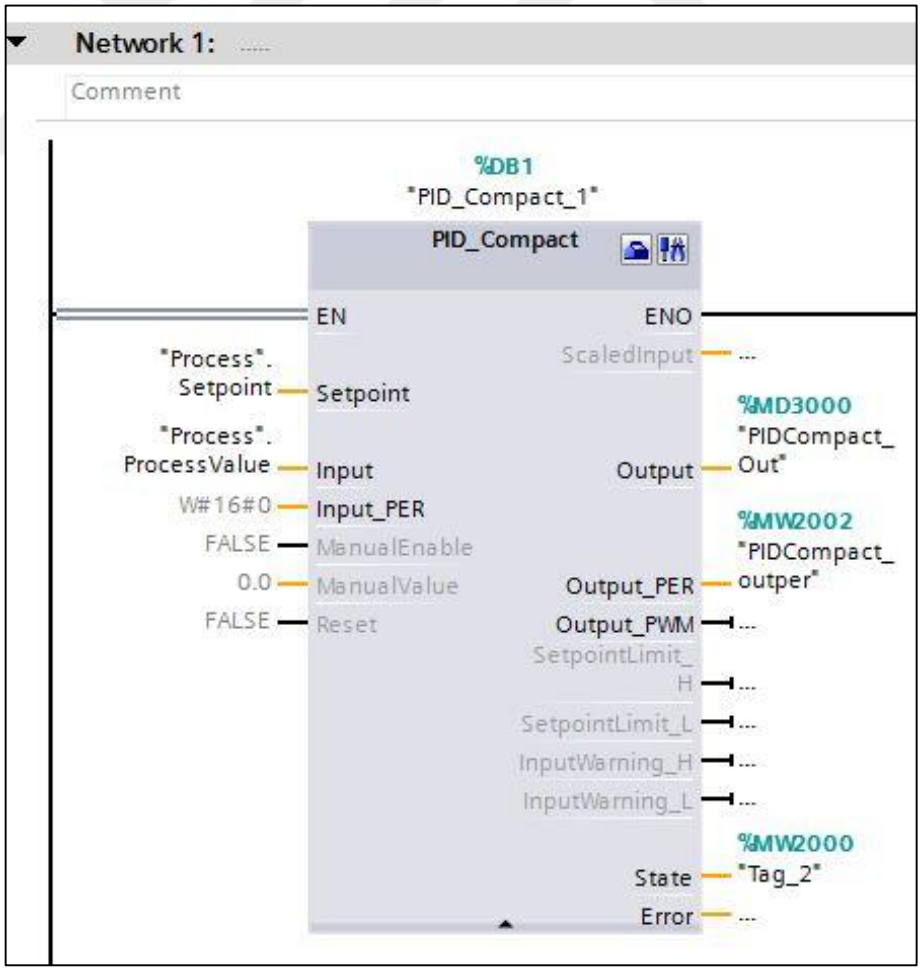
- FC1 AnalogValue: bu fonksiyon linner transducerin bağlandığı IW64 kanalından alınan değerin norm_x ve scale_x komutları ile real veri tipine çevrildiği fonksiyondur.
- FC2 SystemValues ise matematiksel hesaplamaların yapıldığı fonksiyondur. Hata değeri, pozisyonlama mesafelerinin değerleri bu fonksiyonda hesaplanır.
- FC3 System fonksiyonu ise; tolerans değerleri içerisinde silindirin pozisyonlandığında sistemi durduran bitin aktif edildiği fonksiyondur.
- FC4 Manuel ise, PID Compact fonksiyonu "inactive" modda iken pnömatik silindirin ileri – geri hareketinin gerçekleştirilmesini sağlayan işlemlerin gerçekleştirildiği fonksiyondur. PID_Compact fonksiyonu inactive mod dışında ise bu fonksiyon çalışmaz ve sistem ileri geri manuel olarak hareket ettirilemez.
- FC6 RelayFeedBack2 fonksiyonu, Röle geri besleme yöntemi ile PID katsayılarının belirlenmesinde kullanılan fonksiyonu içeren bloktır, ayrıca FB1 RelayFeedback_Values fonksiyon bloğuda bu yöntemde kullaılacak parametre değerlerinin hesaplanmasında kullanılan işlemleri içeren bloktur.

4.4.2.3. Programın PLC'ye aktarılması

Proje kaydediltikten sonra, fare işaretçisi işlemci başlığının "PLC_1 (CPU 1214C DC/DC/DC gibi)" olduğu noktaya getirilir, sağ tuş ile "Compile/Hardware and software" başlığı seçilir ve işlem sol tuş ile etkinleştirilerek programın derlenmesi sağlanır. Pogramın başarı ile derlendiği mesajı ("Block was successfully compiled") alındıktan sonra program, "PLC_1/Download to device / Hardware and software" yolu izlenerek PLC'ye yüklenebilir. İşlemin başarı ile sonuçlandırılması için PLC ile bilgisayar bağlantı ayarları "profinet" (PN/IE), IP adresi ve iletişim arayüzü (PG/PC) uygun olmalıdır [39].

4.4.2.4. PID_Compact kontrolörünün yapılandırılması

PID_Compact fonksiyonu daha öncede bahsedildiği gibi bir zaman kesmesi içerisinde oluşturulur. Bu uygulamada OB 30 zaman kesmesi içerisinde oluşturulmuştur.



Şekil 4.37. PID_Compact bloğu

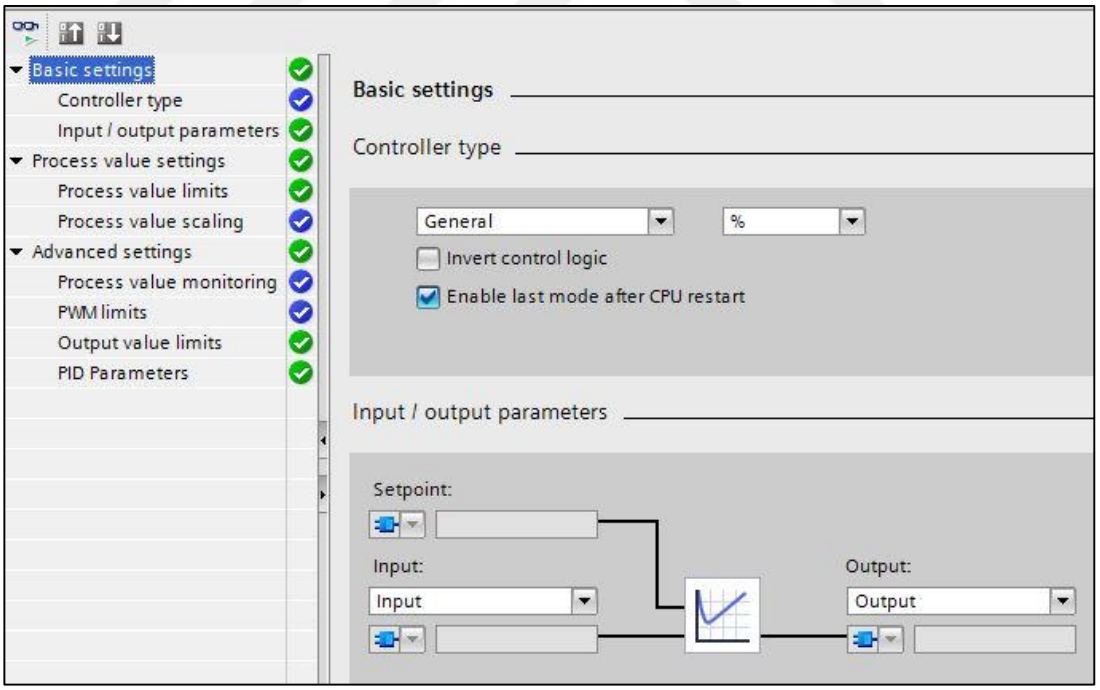
Programlama bu oluşturulan tek PID fonksiyonu hem slindirin yön kontrolü hem de ileri ve geri hareketi sağlayan valflerin DGM tekniği ile kontrolü gerçekleştirilmiştir. Yani tek bir PID regülatör ile 3 çeşit kontrol sağlanmıştır.

Yapılandırma işlemi 3 başlık altında gerçekleştirilir.

- Basic Settings (Temel Ayarlar)
- Process Value Settings (Proses değerlerinin ayarları)
- Advanced Settings (Gelişmiş ayarlar)

Yapılandırma esnasında ilk ayarlanan kısım "Basic Settings" kısmıdır. "Basic settings" başlığı "Controller type" ve "Input/output parameters" olmak üzere iki başlıktan oluşur.

Şekil 4.37'de gösterilen pencerede kontrol işleminin tipi (sıcaklık, basınç, akış, ölçüm vb.) ve istenen değer (set point), giriş değeri (Input) ve çıkış değeri (output) değerlerin ayarlanması yapılır.

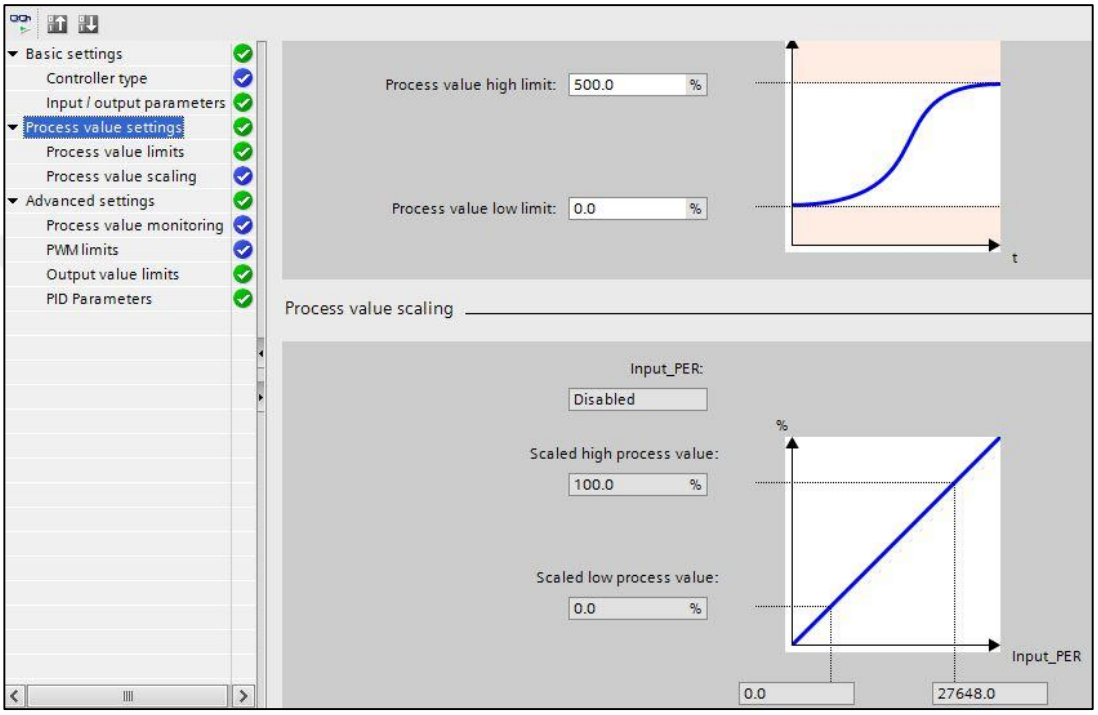


Şekil 4.38. Basic Settings menüsü

Input başlığı altında iki seçenek vardır. "Input" ve "Input_per". Input real veri türündeki bir değer girişi için kullanılır, "Input per" ise analog integer veri tipindeki bir değerin girişinde kullanılır. Output çıkışı ise daha önce bahsedildiği gibi 3 farklı

çıkış değeri seçeneğine sahiptir. Biz 0-100 arasında oransal bir değeri kontrol edeceğimiz için "output" seçeneğini aktif ettik.

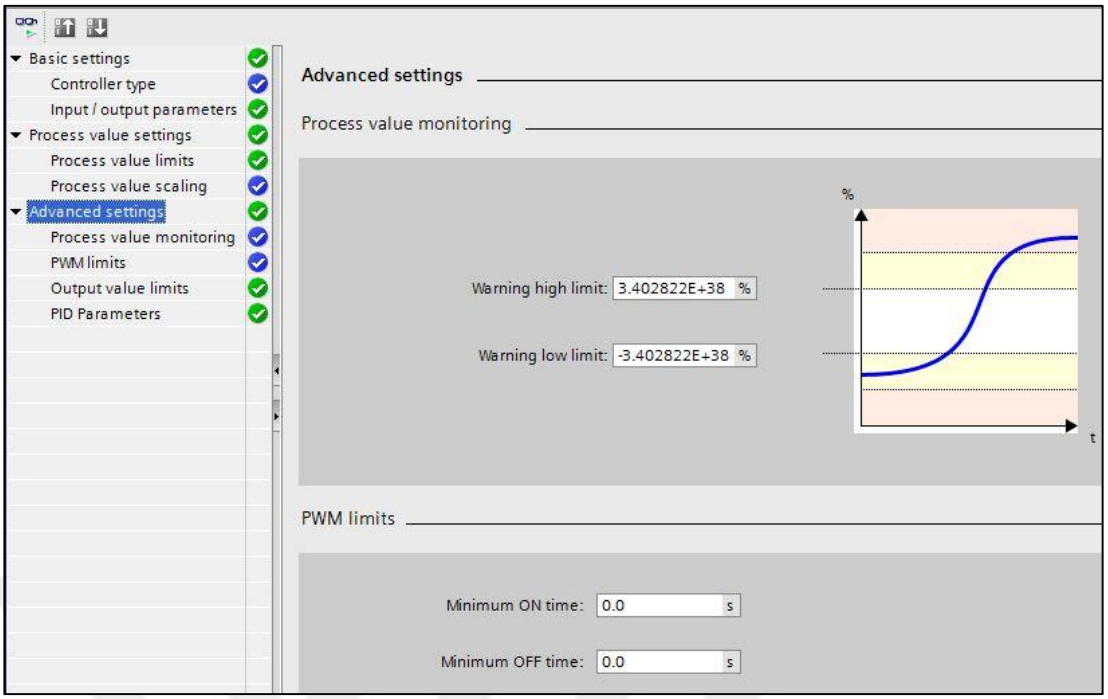
İkinci ayarlanacak başlık ise "process value settings"tir. "Process value settings" kısmında "process value limits" ve "process value scaling" başlıkları olmak üzere iki alt başlıktan oluşmaktadır.



Şekil 4.39. Process value settings penceresi

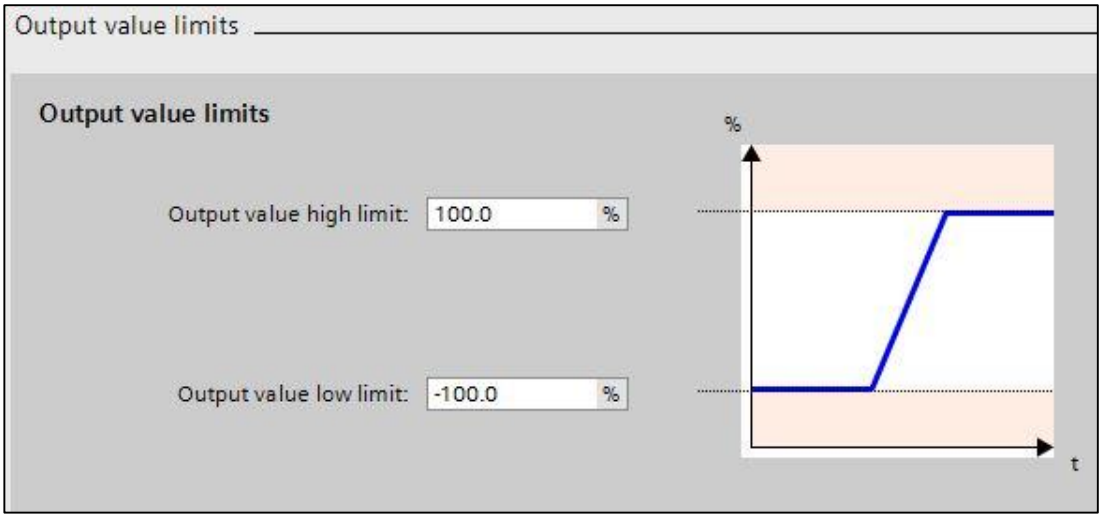
Burada sistemin çalışacağı değerlerin ayarlandığı kısımdır. Bizim kullandığımız pnömatik silindirin strok boyu 0 - 500 mm. olduğu için "process value high limit" 500 olarak girilmiştir. 500 değerinin üzerindeki değerlerde PID "input parameter" yani giriş değeri hatası verecek ve "inaktif" moda geçecektir. Analog değeri "norm_x" ve "scale_x" komutları ile real tipinde bir değere çevirdiğimiz için "Input_per" seçeneğini kullanmamıza gerek kalmadı. Eğer lineer transducerın bağlı olduğu analog kanalın ID adresini (IW 64) adresini "input_per" girişine bağlamış olsa idik bu kısmında düzenlenmesi gerekir idi. "Process value settings" kısmındaki düzenlemelerde yapıldıktan sonra son kısım olan ve 4 alt başlıktan oluşan "advanced settings" kısmının düzenlemeleri gerçekleştirilmiştir.

"Advanced settings" kısmıda "process value monitoring", "pwm limits", "output value limits" ve "PID parameters" kısmından oluşmaktadır.



Şekil 4.40. "Advanced settings" başlığı "process value monitoring" ve "pwm limits" ayarları

Advanced settings kısmının en önemli ayarlama bölümleri "output value limits" ve "PID parameters" kısımlarıdır.

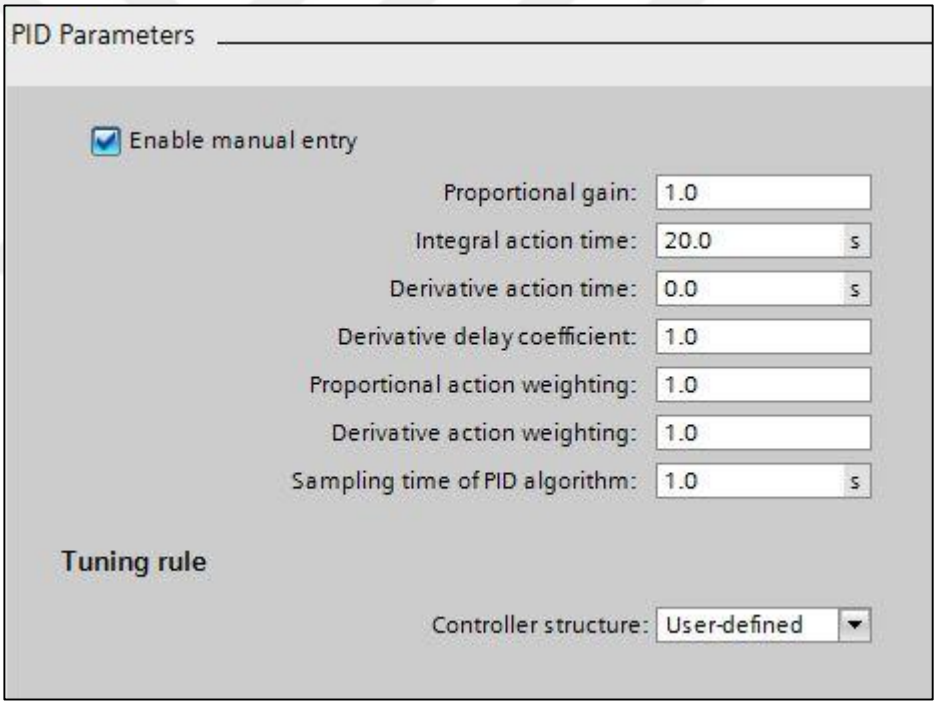


Şekil 4.41. "Output value limits" ayarları

"Output value limit" pnömatik silindirin hem ileri – geri hareketini hem de ileri – geri hareketi sağlayan valflerin DGM tekniği ile kontrolünde DGM genliklerinin 0 ile 100 yani tam açık pozisyon ile tam kapalı pozisyon arasında ayarlanmasını başka bir deyişle aç – kapa şeklinde çalışan valflerin oransal gibi kontrol edilmesini sağlamıştır.

Eğer istenen değer (set point), süreç değerinden (process value) büyük ise PID_Compact fonksiyonu + pozisitf değer üretmeye başlar. Bu durumda çıkış değerini bir karşılaştırma komutu kullanarak, ileri – geri yönlü hareketin yön tayini için kullanıldı. 0'dan büyük ise ileri yönde hareketi sağlayan valfi enerjilendirmek için kullanıldı. 0'dan küçük olduğu durumda da geri yönlü hareket için kullanıldı. Çıkışın ürettiği sayı değeri de DGM'nün genliklerinin kontrol edildiği integer veri tipindeki QW1000 ve QW1002 adreslerine gönderildi. Böylece PID_Compact fonksiyonun süreç değeri, istenen değere yaklaştıkça çıkış değerini düşürerek silindirin kısa mesafeler hareket etmesini sağlayıp, yüksek aşma yapmadan kısa sürede istenen tolerans değerleri içinde konumlandırma işlemini gerçekleştirmesi amaçlanmıştır.

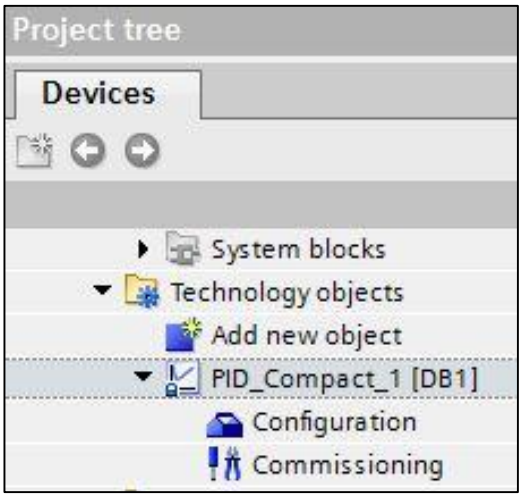
En son ayarlanacak kısım Şekil 4.41'de gösterilen "PID parameters" başlığıdır.



Şekil 4.42. PID parameters kısmı

Bu kısımda PID kazanç değerlerinin ayarlandığı kısımdır.

Bu değerler PID_compact fonksiyonunun "Technology objects" başlığı altındaki "PID_Compact_1_DB" veri tabanı içerisinde struct veri tipindeki sRet verisinin içerisindedir.



Şekil 4.43. Technology objects

45		sRet	Struct		☑	☑	☑	☐	retain data
46		b_EnableManOld	Bool	FALSE	☑	☐	☐	☐	internal
47		i_Mode	Int	0	☑	☑	☑	☑	set to change status (0=Inactive;1=SUT;2=TIR
48		i_ModeOld	Int	0	☑	☐	☐	☐	internal
49		i_SveModeByEnMan	Int	0	☑	☐	☐	☐	internal
50		i_StateOld	Int	0	☑	☐	☐	☐	internal
51		r_Ctrl_Gain	Real	1.0	☑	☑	☑	☑	actual proportional gain
52		r_Ctrl_Ti	Real	20.0	☑	☑	☑	☑	actual integration time
53		r_Ctrl_Td	Real	0.0	☑	☑	☑	☑	actual derivative time
54		r_Ctrl_A	Real	1.0	☑	☑	☑	☑	actual filter coefficient for derivative part
55		r_Ctrl_B	Real	1.0	☑	☑	☑	☑	actual weigthing of proportional part in dire...
56		r_Ctrl_C	Real	1.0	☑	☑	☑	☑	actual weigthing of derivative part in direct, ...
57		r_Ctrl_Cycle	Real	1.0	☑	☑	☑	☑	actual cycle time of controller part

Şekil 4.44. PID Parametrelerinin veri bloğundaki yerleri

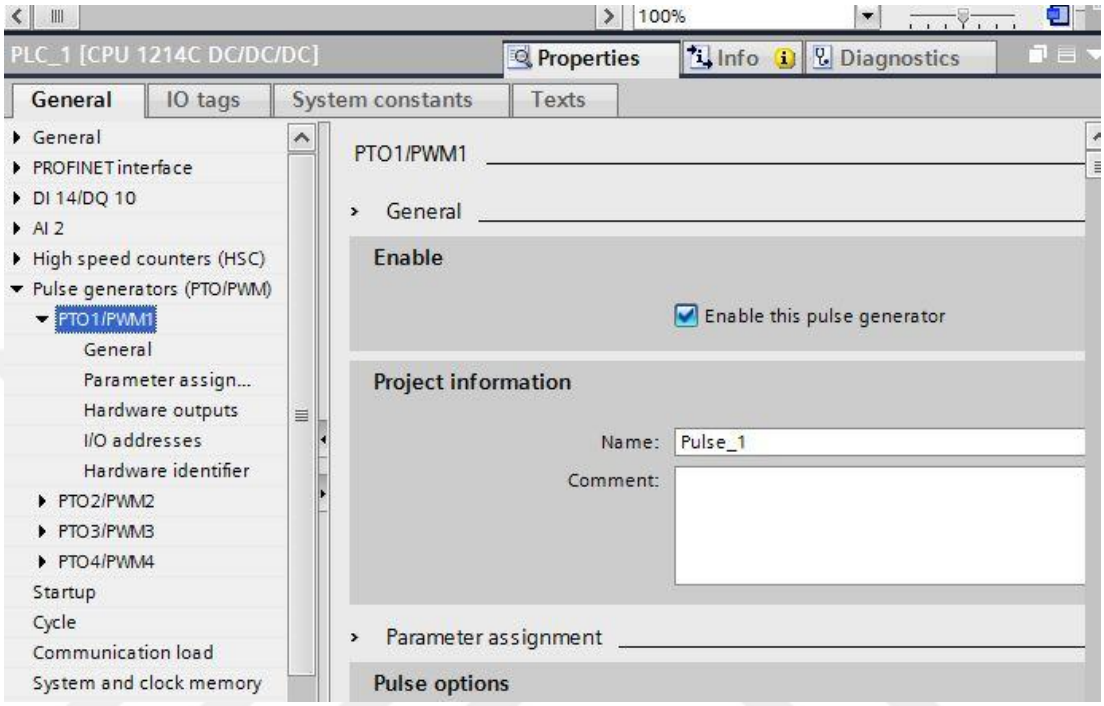
Bu veri bloğu içerisindeki değerlerin dokunmatik ekran üzerinden değiştirilmesi ve izlenmesi sağlanmıştır. Ayrıca "i_Mode" kısmından PID kontrolöünün çalışma modları düzenlenmiştir.

4.4.2.5. DGM'nun yapılandırılması ve kontrolu

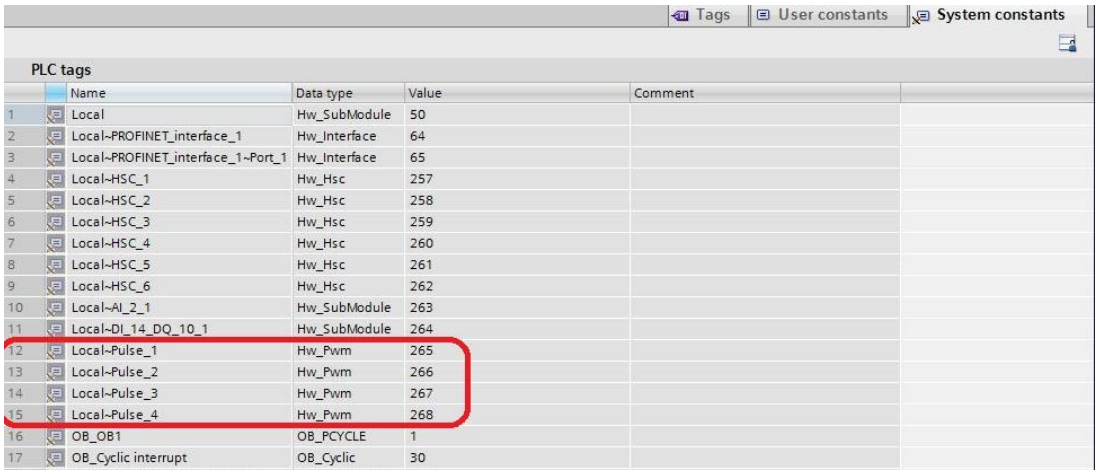
Darbe genişlik modülasyonu için (PWM) PLC'nin imkan sağlandığı çıkışlarının yapılandırılması gerekmektedir. Bu yapılandırma ayarları için "device manager" menüsünün altından "properties" menüsüne girilir. Şekil 4.44'de görüldüğü gibi deney setinde kullanılan CPU 1214 DC/DC/DC PLC bize 4 adet PWM çıkışını kullanmamıza olanak sağlamaktadır. Uygulamada sadece ileri/geri hareketi sağlayan hızlı anahtarlamalı valfler DGM tekniği ile kontrol edileceği için bu 4 çıkışın 2 adeti kullanılmıştır ve bu yüzden sadece 2 tanesini aktif edilmiştir. DGM (PWM) çıkışlarının yapılandırılması için "Enable this pulse generator" seçeneği işaretlenir. Şekil 4.45'de gösterilen ayarlara göre darbe jeneratörü aşağıdaki ID'ye sahiptir.

265 (dec) = 109 (hex)

Şekil 4.46'da gösterilen PLC değişken tablosuna göre ikinci çıkış 266 (dec) = 10 A ID numarasına sahiptir ve PLC bağlantısında Q0.2 fiziksel çıkış adresidir.

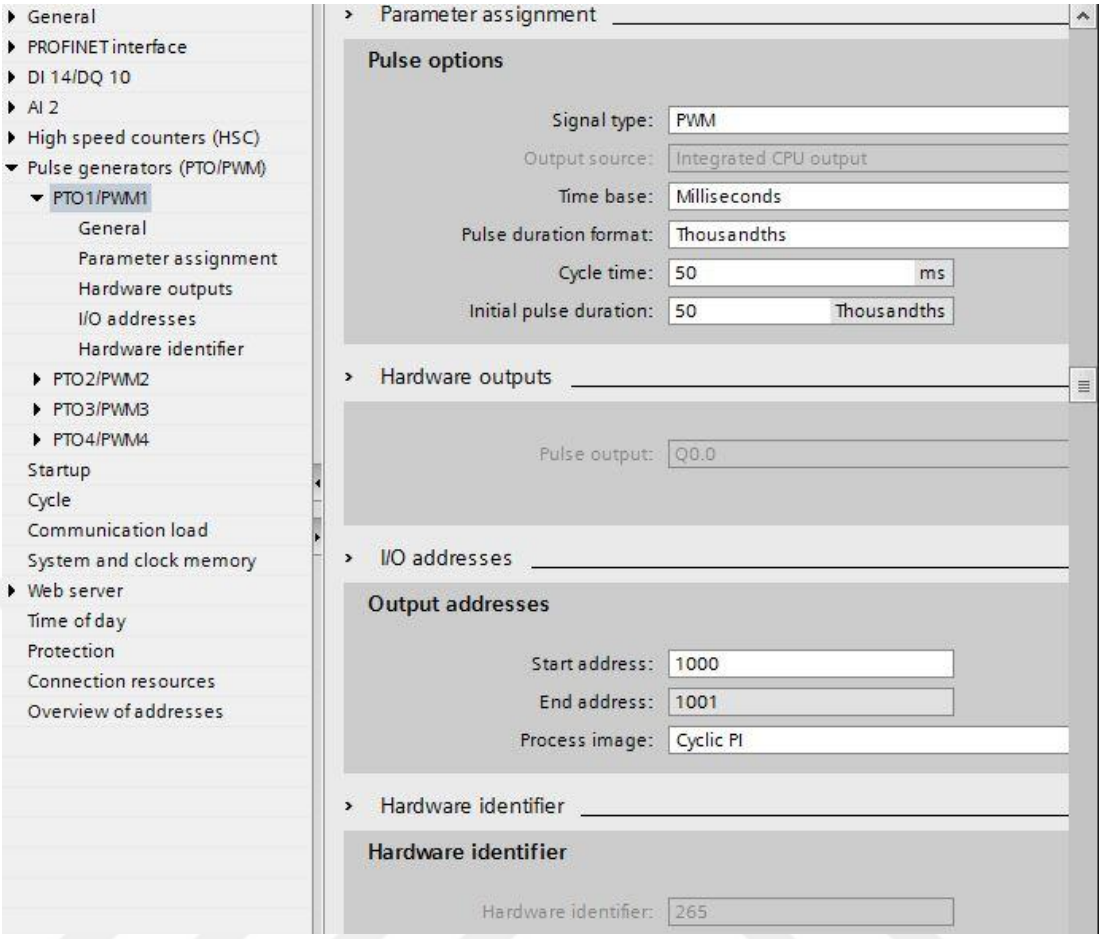


Şekil 4.45. "Device manager, Properties" menüsü



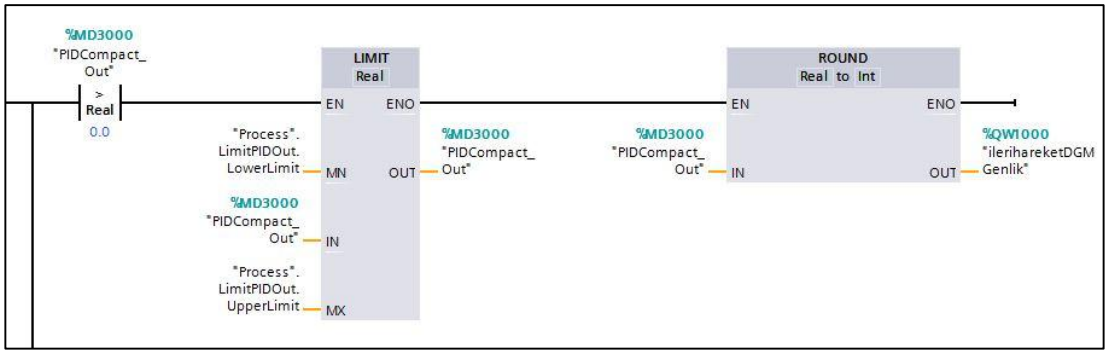
	Name	Data type	Value	Comment
1	Local	Hw_SubModule	50	
2	Local~PROFINET_interface_1	Hw_Interface	64	
3	Local~PROFINET_interface_1~Port_1	Hw_Interface	65	
4	Local~HSC_1	Hw_Hsc	257	
5	Local~HSC_2	Hw_Hsc	258	
6	Local~HSC_3	Hw_Hsc	259	
7	Local~HSC_4	Hw_Hsc	260	
8	Local~HSC_5	Hw_Hsc	261	
9	Local~HSC_6	Hw_Hsc	262	
10	Local~AI_2_1	Hw_SubModule	263	
11	Local~DI_14_DQ_10_1	Hw_SubModule	264	
12	Local~Pulse_1	Hw_Pwm	265	
13	Local~Pulse_2	Hw_Pwm	266	
14	Local~Pulse_3	Hw_Pwm	267	
15	Local~Pulse_4	Hw_Pwm	268	
16	OB_OB1	OB_PCYCLE	1	
17	OB_Cyclic interrupt	OB_Cyclic	30	

Şekil 4.46. PLC değişken tablosu



Şekil 4.47. DGM (PWM) çıkışının ayarlarının yapılandırılması

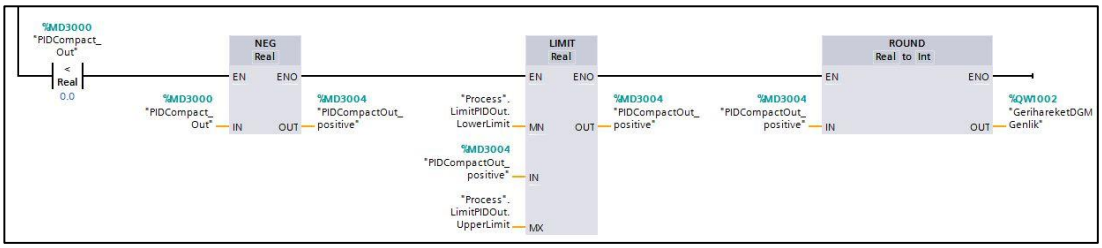
PWM çıkışlarının aktif edilmesi için yine OB30 bloğu içerisinde CTRL_PWM komutu kullanılmıştır.



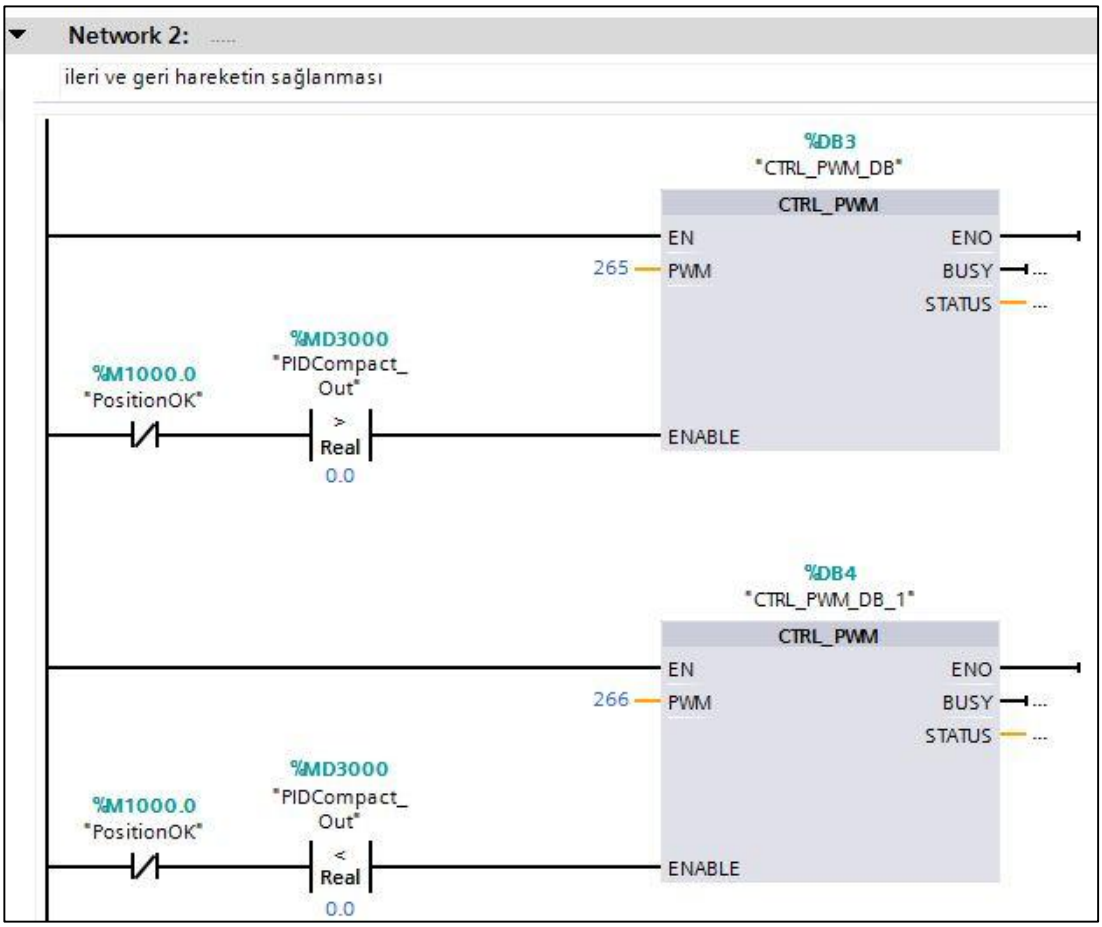
Şekil 4.48. İleri hareketin gerçekleştirilmesi

Şekil 5.48'de ileri hareketin gerçekleştirilmesi için kullanılan komutlar gösterilmiştir. PID_Compact fonksiyonunun çıkışından sonra bu komutlar ardışık olarak kullanılmıştır. PID_Compact'ın Output çıkışı MD3000 e yazılmış ve sıfırdan büyük

ise ileri yönde hareket küçük ise Şekil 5.49'da gösterildiği gibi geri yöndeki hareket gerçekleştirilmiştir.



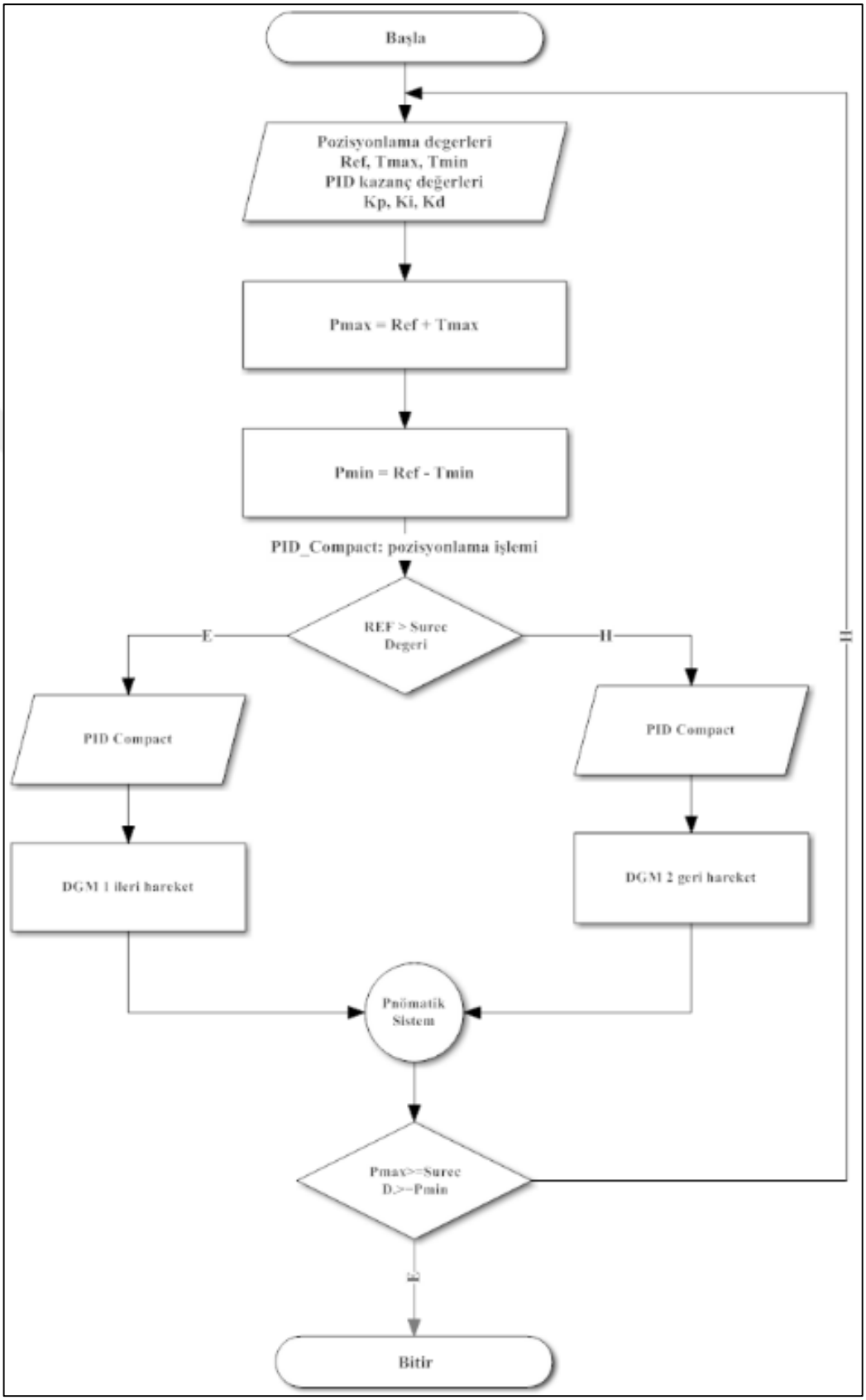
Şekil 4.49. Geri hareketin gerçekleştirilmesi



Şekil 4.50. CTRL_PWM komutu ile ileri – geri hareket gerçekleştirilmesi

Çıkışın ürettiği real sayı tipindeki veri değeri de geri hareket için önce pozitife çevrilmiş sonra eğer limit değerlerde çalışmasının istenmesi duruma göre bir limit komutu ile limitlenmiş ve round komutu ile real sayı verisi integer sayı tipindeki veri olan QW1002, yani geri valfin DGM tekniği ile kontrolünde genliğin ayarlandığı adrese gönderilmiştir.

4.4.2.6. Programın akış diyagramı



Şekil 4.51. Akış diyagramı

4.4.3. Atama tabloları

PLC'de kullanılan giriş/çıkış bağlantıları tablo 4.3 ve tablo 4.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Giriş bağlantılarının atama tablosu

PLC Çıkış Adresi	Etiket	Açıklama
Q0.0	10Y0	1.1. 5/2 valfinin ileri hareket kısmının bobini
Q0.1	10Y1	1.1. 5/2 valfinin geri hareket kısmının bobini
Q0.2	10Y2	1.2. 3/2 valfinin ileri hareket sağlayan kısmının bobini
Q0.3	10Y3	1.3. 3/2 valfinin geri hareket sağlayan kısmının bobini
Q0.4	BOŞ	
Q0.5	BOŞ	
Q0.6	BOŞ	
Q0.7	BOŞ	

Tablo 4.4. Çıkış bağlantılarının atama tablosu

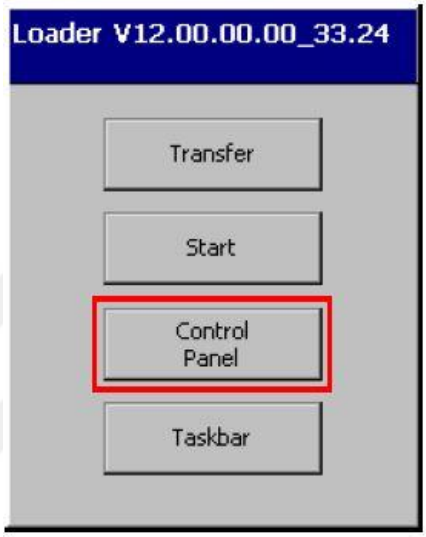
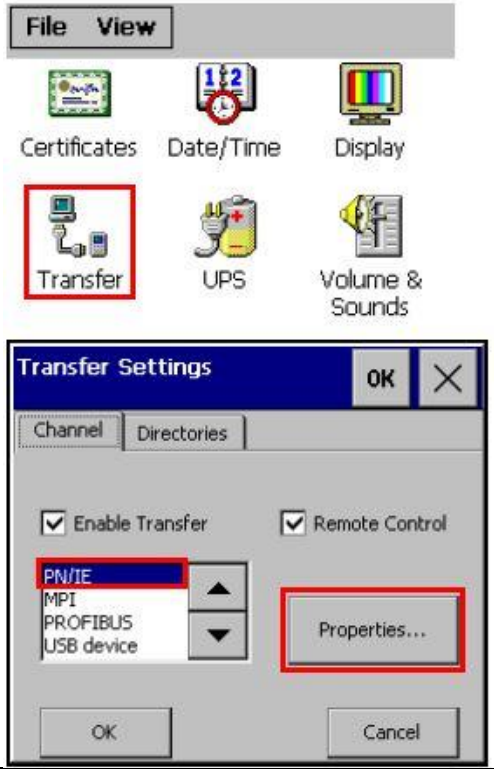
PLC Giriş Adresi	Komut	Açıklama
I0.0		Durdurma
I0.1	İleri Hareket	ileri hareket valfi enerjilenir.
I0.2	Geri Hareket	geri hareket valfi enerjilenir.
I0.3		LS2; limit siwtch 2, kapalı kontak
I0.4		LS2; limit siwtch 2, açık kontak
I0.5		LS1; limit siwtch 1, açık kontak
I0.6		LS1; limit siwtch 1, kapalı kontak
AIW64		Lineer Cetvelin Analog Giriş Adresi

4.4.4. Operatör panel programlama

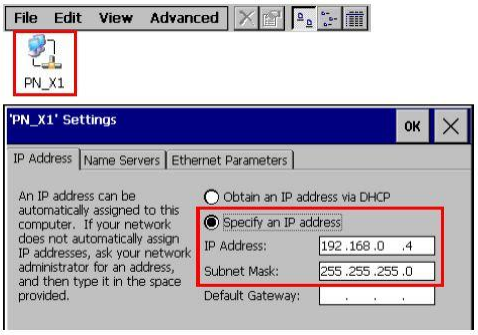
Dokunmatik ekran kontrol panelinin programlaması TIA portal programının içinde bulunan WinCC yazılımı ile yapılmıştır. HMI programlama işlemlerine başlamak için yapılması gereken adımlar Tablo 5.5'de anlatılmıştır. Öncelikle yapılması gereken, sistemde kullanılacak olan HMI'nin (Human Machine Interface, İnsan Makine

arayüzü; dokunmatik ekranın) donanım ayarları menüsünden sisteme tanıtılması için haberleşme sisteminin ayarlanmasıdır. Sistemdeki bütün kontroller, değişken değerlerin ayarlanması ve tekrar tekrar değiştirilebilmesi, sistem durumlarının takibi bu ekran üzerinden gerçekleştirilmektedir.

Tablo 4.5. HMI Konfigürasyonun yapılması [34]

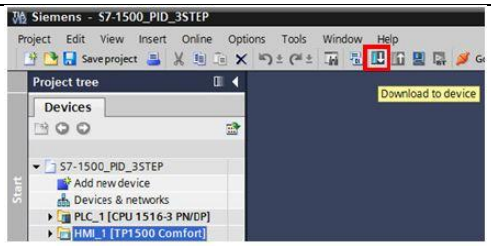
No.	Açıklama	Yorum
.	"Control panel" butonu seçilir.	
2.	"Transfer" butonu seçilir. "Enable transfer" aktive edilir. "Remote Control" aktive edilir. "PN/IE" data kanalı seçilir. Ve pamatreler "Properties..." ayarlanır.	

Tablo 4.5. (Devam) HMI Konfigürasyonun yapılması [34]

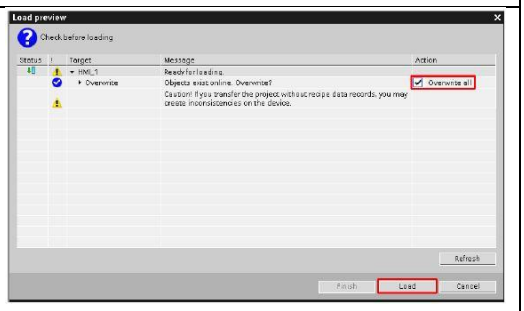
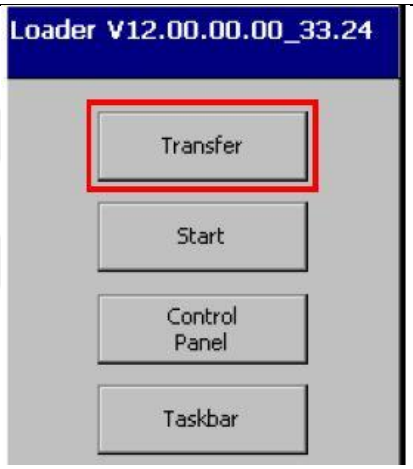
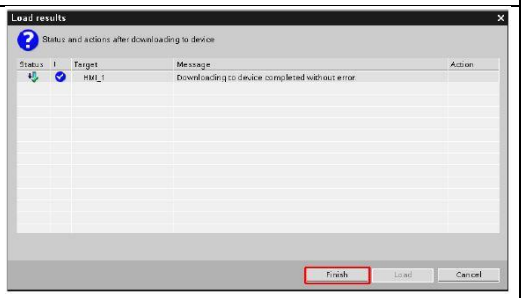
No.	Açıklama	Yorum
3.	"PN_X1" açılır. "specific address" seçilir. IP adres = 192.168.0.04 ve subnet Mask = 255.255.255.0 olarak girilir. "ok" seçilir ve girilen değerlerin hepsi uygulanır.	 0

Tablo 4.6'da hazırlanan projenin dokunmatik ekrana nasıl yükleneceği ve devreye alınacağı basamak basamak anlatışmıştır. "Device Manager" menüsünden sistemde kullanılan operatör panel seçildikten sonra "Project Tree" kısmında "HMI KTP 400 Panel" dosyası oluşur ve bu dosyanın altında bulunan "Screens" klasörü içersinde ihtiyaç duyulduğu kadar ekran oluşturularak programla yapılabilir. PLC pgrogramında oluşturulan etiket listeleri (tag table) aynı zamanda WinCC programıı içersinde de oluşturulmalı ve bu etiketler (tag) birbirleri ile bağantı kurulmalıdır.

Tablo 4.6. HMI Projesinin dokunmatik ekrana yüklenmesi [34]

No	Açıklama	Yorum
1.	Operator panel klasöründen "HMI_1" seçilir. "Download to device" seçeneği tıklanır.	

Tablo 4.6. (Devam) HMI Projesinin dokunmatik ekrana yüklenmesi [34]

No	Açıklama	Yorum
2.	Eğer gerekli ise "Overwrite all" seçeneği tıklanır. "The load" butona tıklanır.	
3.	Operatör panel seçeneklerine bağlı olarak TP 400'ün yükleme menusünü transfer butonu ile aktive edilmelidir.	
4.	Başarılı sonuç mesajı ekranda görülünce yüklemeyi bitirmek için "finish" butonu tıklanır.	

4.4.5. Uygulamanın operatör panel üzerinden (HMI) kontrolü

Uygulamanın çalıştırılması ve bütün değerlerin görülmesi ve değişkenlerin ayarlanması/değiştirilmesi için uygulamada kullanılan KTP 400 dokunmatik ekran üzerinden sağlanmıştır.

Kullanıcı ara yüzü olarak 2 adet ekran düzenlenmiştir. Bu iki ekrandan biri kontrolleri gerçekleştirmek için, diğeri ise ekran üzerinden değerlerin grafik olarak görüntülenmesi için tasarlanmıştır.

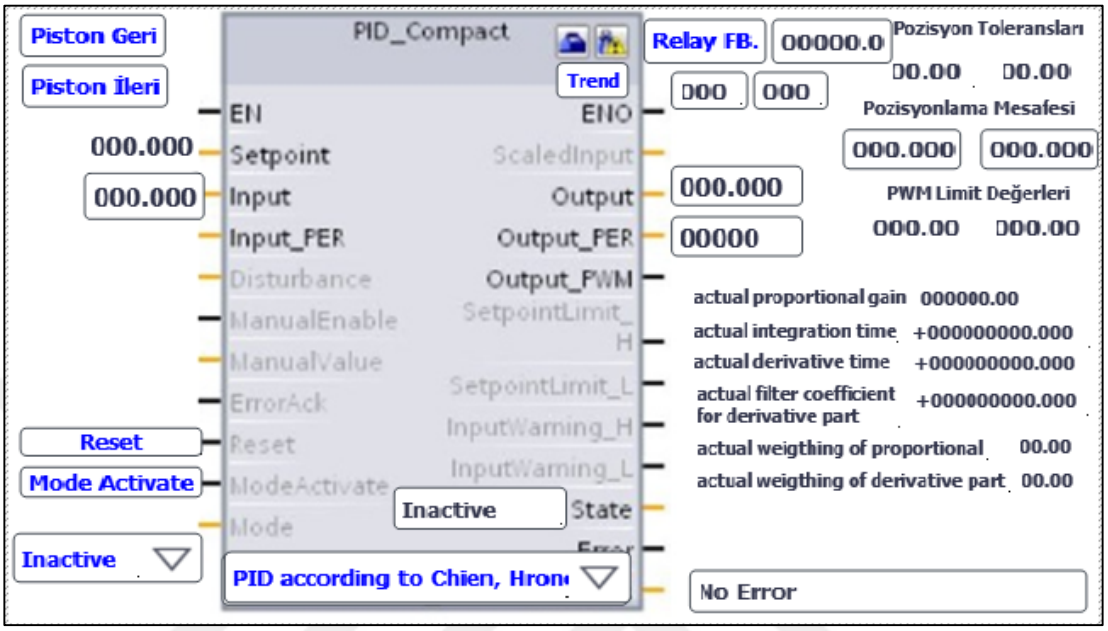
4.4.5.1. Ana sayfa

Ana sayfanın görüntüsü şekil 4.52'de gösterilmiştir. PID_Compact fonksiyonun görüntüsü kullanılarak bir tasarım gerçekleştirilmiştir.

Bu sayfada yapılabilecekler şu şekilde planlanmıştır.

- PID kazanç değerlerinin değiştirilmesi, düzenlenmesi
- Set point (istenen değerin) sisteme girilmesi
- Süreç değerinin (Process Value) görüntülenmesi, silindirin anlık pozisyonunun görüntülenmesi
- PID Compact kontrolörünün çalışma modlarının ayarlanması
- PID Compact fonksiyonun hata mesajlarının resetlenmesi ve sistemin tekrar aktif edilmesi
- PID Compact fonksiyonunun çıkış değerinin görüntülenmesi ve DGM'nun genliğinin anlık olarak görüntülenmesi
- PID Compact fonksiyonunun hata mesajlarının ve durumunun görüntülenmesi
- DGM tekniğinin limit değerlerde çalışması için istenen alt ve üst limit değerlerinin girilmesi
- Pozisyonlama toleranslarının girilmesi
- Girilen pozisyonlama toleranslarına ve setpoint değerine göre pozisyonlama mesafesinin görüntülenmesi
- Trend sayfasına geçiş
- Sistem inactive modda iken pnömatik silindirin manuel olarak ileri – geri hareketi için sol üst kösede "Piston Geri" ve "Piston ileri" butonları ortaya çıkar ve basılı tutulduğunda silindiri istenen yönde hareket ettirir.
- PID Compact modu Fine tuninig seçildiğinde bu modda çalışacak diğer mod seçimleri için mod kısmının yanında diğer mod seçme seçeneği ortaya çıkar ve istenen seçenek oradan seçilebilir.
- Relay FB. Butonu ile röle geri besleme yöntemi aktif/deaktif edilebilmektedir. Butonun yanındaki veri alanına 0-100 arasında değer girilerek DGM'nün genliği

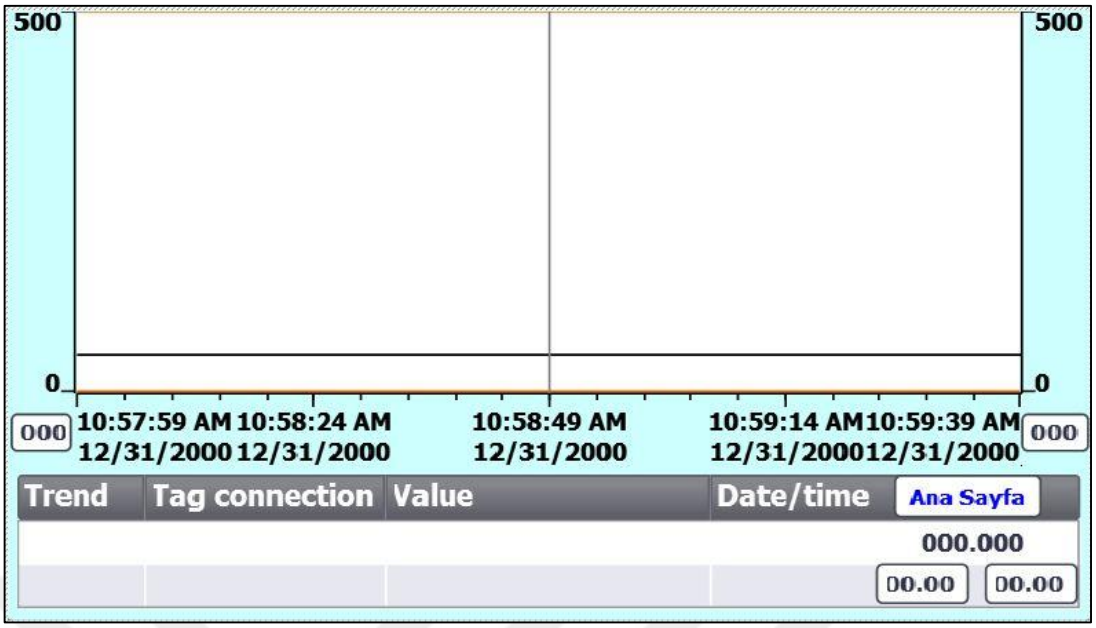
manuel olarak girilir. Böylece röle geri besleme yönteminde oluştutulan grafikteki salınım boyu bu değer ile değiştirilebilmektedir. Bir başka deyişle DGM tekniğindeki genlik değeri el ile (manual) olarak ayarlanmaktadır.



Şekil 4.52. Ana Ekran Görüntüsü

4.4.5.2. Trend sayfası

Bu sayfada silindirin gerçek mesafesi, istenen mesafe ve alt limit üst limit değerleri grafik olarak görüntülenmektedir. Trend sayfasından anlık olarak set değeri ve proses değerini grafik olarak görüntülemek mümkün olduğu gibi, set değerini ve pozisyonlama tolerans değerlerini de bu sayfada değiştirmek mümkündür. Ayrıca zaman çizelgesinin her iki yanında bulunan değerler DGM genlik oranlarını göstermetedir. Sol taraf ileri yöndeki, sağ taraf ise geri yöndeki DGM genliklerini göstermektedir. Bu değerleri bu ekrandan izlemek mümkün olduğu gibi değiştirmekte mümkündür, yani ana sayfaya gitmeden bu ekran üzerinden de sistemin konumlandırılması ve DGM tekniğinin genliğinin el ile değiştirilme imkanı sağlanmıştır.



Şekil 4.53. Trend Görüntüleme Sayfası

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. Deney Sisteminin Tasarımı

Bu uygulamada aç – kapa şeklinde çalışan 2 adet elektromanyetik valfi, DGM ve PID kontrol yöntemi ile beraber kontrol ederek, oransal çalışan basit bir servo pnömatik sistem oluşturulmaya çalışıldı. Endüstride birçok uygulamada kullanılan PID Kontrol yöntemlerinin doğrusal olmayan bir yapıya sahip olan pnömatik sistemler üzerindeki kontrol kabiliyetlerini ve PID parametrelerinin etkilerini görebilmek için oluşturulan pnömatik düzenekte P, PI, PD ve PID kontrol yöntemleri, darbe genişlik modülasyon tekniği (PWM) ile beraber, farklı anahtarlama süresine sahip 2 tip valf kullanılarak test edilmiştir. Bu valflerden birinci çeşidi yaklaşık 30 ms ve diğeri yaklaşık 2 ms anahtarlama süresine sahiptir. Step 7 TIA Portal uygulaması S7-1200 CPU'lar için 3 çeşit PID yönergesi sağlamaktadır. Bu yönergeler;

- PID_Compact; sürekli giriş ve çıkış değişkenli uygulamalar için kullanılır.
- PID_3Step; motor sürücülerinin kontrol etmek, açık ve kapalı harekete geçirmek için ayrık sinyallere ihtiyaç duyan valflerin kontrolü için kullanılır
- PID_Temp; sıcaklık kontrolünün özel gereksinimlerinin kullanımı sağlayan PID kontrolördür.

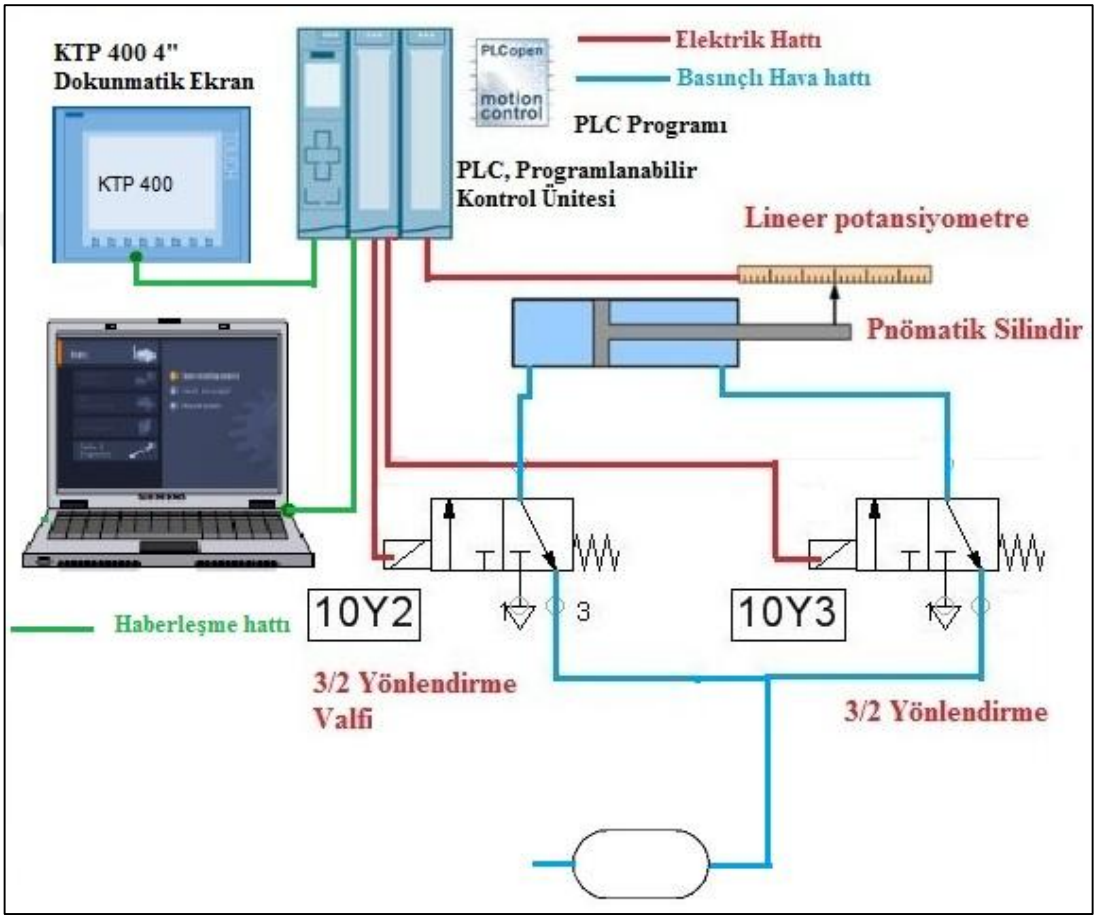
Bu 3 PID yönergesi de P, I ve D katsayılarını işlem süresince hesaplayabilir. Fakat parametreleri manuel olarak belirlemek yerine "İnce Ayarlama (Fine Tuning)" seçeneği de parametrelerin optimize edilmesini sağlamaktadır.

Uygulama setinde hem konum kontrolü yapabilmek için hem de DGM' darbe genliğini kontrol etmek için PID_compact kontrolörü seçildi ve kullanıldı. Şekil 6.1.'de sistemin kontrol mekanizması şematik olarak gösterilmeye çalışılmıştır.

Burada kontrol sistemini oluşturan önemli devre elemanları;

- programlanabilir kontrol ünitesi PLC, 1 adet analog giriş değeri okumaya uygun analog girişi ve DGM tekniği ile kontrole uygun 2 adet dijital çıkışı olmalıdır.

- konum kontrolünü PLC'de gerçekleştirmek için tasarlanan ve PID kontrolör uygulaması içinde barındıran yazılım,
- hareket elemanı pnömatik silindir, pnömatik silindirin konumunu ölçmemizi sağlayan ve 0-10 volt gerilim ile çalışan lineer potansiyometre,
- konum kontrolünü sağlamak için kullanılan 3/2 hız anahtarlamalı yön kontrol valfleri



Şekil 5.1. Sistemin tasarımı

Deney setinde ihtiyaç duyulan basınçlı hava fabrikada kullanılan ve bütün fabrikanın basınçlı hava gereksinimi sağlayan, 8-10 bar çalışma basıncı üreten vidalı kompresörlerden sağlanmıştır. Deney seti için gerekli olan basınçlı havayı ayarlamak içinse SMC firmasının AR40-F04E-B kodlu regülatörü kullanılmıştır. Regülatörün üzerinde basıncı ayarlamayı sağlayan bir ayar mekanizması ile basınç göstergesi mevcuttur. Regülatörden hemen sonra silindirin hızını ayarlayabilmek için Hız ayar valfi kullanılmıştır. Hız ayar valfleri, akışkanın yani basınçlı havanın hızını ayarlamak için debiyi ayarlamaktadır. Üzerindeki bulunan vida sayesinde akış kesiti değişir ve

silindirin içindeki akış hızı ayarlanmış olur. Hazırlanan düzenekte basınçlı havanın iletimi için 8 ve 6 mm çapında hortumlar kullanılmıştır. SMC firmasına ait olan regülatör ve 3/2 yön valflerinin bağlantıları için 8 mm çapında hortumlar, Festo firmasının, hızlı anahtarlamalı MHE2-MS1H-3/2G-M7-K ürününün hortum bağlantıları 6 mm çapındaki hortum ile yapılmıştır. Pnömatik silindir olarak çift etkili, standart tip 32 mm çapında ve 500 mm strok uzunluğuna sahip SMC firmasının CP96S-DB32-500 C kodlu ürünü kullanılmıştır. Pnömatik silindirin konumu ölçmek için kullanılan lineer potansiyometre Gefran marka ±0,050 linearity ye sahip PC-M-0500 modeldir. Lineer potansiyometre 0-10 volt arasında analog değer vermektedir, 0 volt çıkışı, başlangıç konumu yani 0 mm. 10 volt çıkışı da 500 mm. olacak şekilde TIA portal yazılımında işlenmiştir. Pnömatik silindirin pozisyonlamasını yapabilmek için bir adet 5/2 valf ve ikişer adet 3/2 valfler kullanılmıştır. 3/2 valfler hassas konumlandırma yapmak için kullanılmıştır. 5/2 valf ise silindiri yönlendirmek amacıyla kullanılmıştır.

5.2. Deney Parametreleri

Bu kısımda sistem üzerinde etkisi olan parametreler hakkında bilgi verilmiştir.

5.2.1. Oransal kazanç

Oransal kazanç değeri tek başına ya da diğer kontrol yöntemleri ile birlikte kullanılabilir. Oransal kazancın kullanımı sistemin aşmasını arttırırken yükselme zamanını ve sürekli rejim hatasını azaltır.

5.2.2. İntegral kazanç

İntegral kazancı PI ve PID kontrol yöntemlerinde kullanılan bir etkendir. Sistem üzerindeki etkileri, aşma ve oturma zamanını arttırır, yükselme zamanını azaltır, sürekli zaman hatasını eler.

5.2.3. Türevsel kazanç

Türevsel kazanç, PD ve PID kontrol yöntemlerinde kullanılır. Sistem üzerindeki etkileri aşmayı ve yerleşim zamanını azaltıcı yönde etki yapar.

5.2.4. Aşma

Pnömatik silindirin istenilen (set point) konuma oturmadan önce salınım gösterdiği değer olarak tanımlanır.

5.2.5. Sürekli rejim hatası (hata)

Pnömatik silindirin istenilen konum ile durduğu konum arasındaki farkı gösteren değerdir. Gerçek mesafe değerinden, istenen mesafe değeri çıkarılarak hata değeri mm. cinsinden bulunmuştur ve kontrol ekranında görüntülenmesi sağlanmıştır.

5.2.6. Çalışma basıncı

Pnömatik silindiri hareket etmesini sağlayan havanın basıncıdır ve bir regülatör yardımı ile bu basınç istenen değere ayarlanabilir.

5.2.7. Silindir hızı

Silindirin hızı bir akış kontrol valfi ile ayarlanmaktadır. Bu valf üzerindeki cıvata sayesinde havanın geçişi esnasında kesitte daralma yapıp geçen hava debi miktarına göre silindirin hızı ayarlanmaktadır. Silindirin hızı mm/saniye cinsinden ölçülmektedir.

5.2.8. Konumlandırma aralığı

Havanın sıkışabilme özelliğinden dolayı pnömatik silindiri tam istenen noktada durdurmak mümkün değildir, ancak belirli toleranslar içinde konumlandırılması sağlanabilir ve konumlandırıldığı tolerans aralığında son durma noktasına göre istenen mesafeden ne kadar hatalı biçimde konumlandırıldığı görülebilir.

Uygulamalarda pnömatik silindir minimum mesafe toleranslarında konumlandırılmaya çalışılmıştır.

5.2.9. Hata

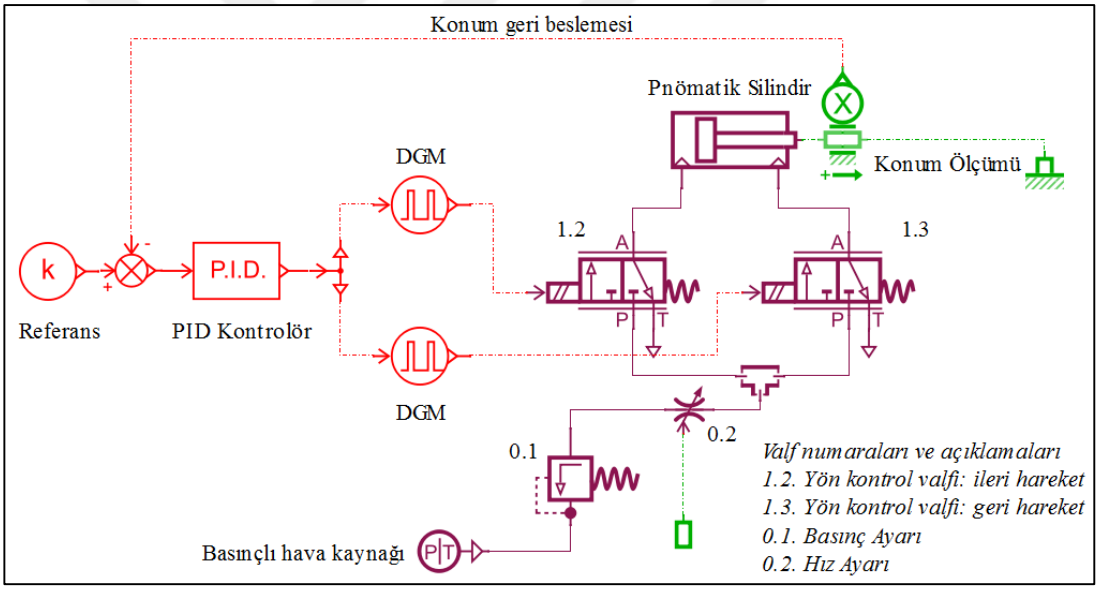
Hata değeri tolerans aralığında konumlandırılmış olan pnömatik silindirin konumlandırıldığı pozisyon ile durması istendiği pozisyon arasındaki farkın ölçümüdür. Dokunmatik ekranda bu değerin görüntülenmesi sağlanmıştır.

5.3. PID Denetleyici Tasarımı

Bir oransal denetleyici (K_p) yükselme zamanını azaltmada etkili olur, bir integral denetleyici (K_i) kalıcı durum hatasını ortadan kaldırmada etkili olur ama geçici cevabı daha kötü yapabilir.

Tablo 5.1. PID Katsayılarının sisteme etkisi

Denetleyici	Yükselme Zamanı	Aşma	Yatışma Zamanı	Kalıcı Durum Hatası
Kp	Kısalır	Artar	Az değişir	Azalır
Ki	Kısalır	Artar	Artar	Ortadan kalkar
Kd	Az değişir	Azalır	Azalır	Az değişir



Şekil 5.2. Kontrol sisteminin tasarımı

Sistem tasarlandıktan sonra PID parametrelerinin belirlenmesinde TIA Portal programının PID Compact fonksiyonunun altında bulunan "Ön ayarlama (Pretuning)" ve "İnce Ayarlama (Fine Tuning)" methodları ve "Röle geri besleme (Relay Feedback)" methodu kullanıldı. Röle geri besleme metodunun kullanılabilmesi için model uygun bir fonksiyon blok oluşturuldu. Katsayıların öz uyarlamalı ayarı kontrolörün kendi kendine sistem dinamiklerini algılaması ve bu değerlere göre kendi katsayılarını kendi belirlemesi demektir. Ziegler – Nichols metodu PID parametrelerinin belirlenmesinde en yaygın olarak kullanılan metod olup sistem

modeli gerektirmez. Bu metod bir çok sistem için kullanışlıdır. Açık çevrim Ziegler – Nichols metodunda sistemin ölü zamanı ve maksimum eğimi hesaplanır. Hesaplanan bu değerler gerekli formüller kullanılarak PID kontrolör için gereken katsayılar hesaplanır. Kapalı çevrim ziegler – Nichols metodu ile sistemin cevap eğrisinin osilasyona girmesi sağlanır. "3.1.3.5 Ziegler – Nichols" başlığında bu yöntemin hesaplama yöntemlerinden bahsedilmiş idi.

5.4. Deneysel Çalışmalar

Pnömatik ve elektrik sistemin tasarımı, ekipmanların montajının tamamlanmasından sonra PLC programının yazılımı gerçekleştirildi. PLC programı da tamamlandıktan sonra sistemin tepkisinin en iyi olduğu aralıkların tespit edilmesi için bazı deneyler gerçekleştirildi. Bu deneylerde sistemin cevap hızı ve en kararlı olduğu durumlar elde edilmeye çalışıldı. Bu deneyler pnömatik silindirin hızına göre sistemin cevabı, pid katsayılarının sistem üzerindeki etkisi gibi durumları kapsamaktadır. Silindirin hızının sistem cevabı üzerine etkisi önemli bir faktördür. Silindir ortalama 70 mm/sn hızlarda hareket ettiğinde pnömatik silindir durdurulması istenen mesafenin 6-7 mm si kadar aşma yapmaktadır. Silindir hızı 130 mm/sn lere çıkarıldığında aşma değeri 15-16 mm değerlere çıkmaktadır. Çünkü pnömatik sistemlerde borularda ve altyapısında enerji saklanır, kontrol valfinden sonraki sürme basıncı pozisyonlamada hatalara neden olur veya aşmalardan dolayı pozisyonlama ek osilasyonları oluşur. Bu uygulamada bu aşmalar PID kontrolör ile kompanse edilmeye çalışıldı.

PID kontrol uygulaması DGM tekniği ile beraber kullanıldı. PID kontrol DGM'nun genliğini oransal olarak kontrol edecek şekilde programlandı.

Burada önemli bir diğer kriterde DGM'nun döngü zamanı (cycle time)'dır. Önce Uygulamalarda 3 farklı DGM döngü zamanı ile denemeler gerçekleştirilmiştir. Bu denemelerde PID parametreleri Ziegler – Nichols PID yöntemi ile belirlenmiştir. Uygulamada pnömatik silindirin ileri yöndeki hareketi 114 mm/sn, geri yöndeki hareketi ise 137 mm/sn olacak şekilde akış kontrol valfi ile manuel olarak ayarlanmış ve hız değeri uygulamalar esnasında sabit tutulmuştur. PLC'deki grafikler PID_Compact fonksiyonunun "commissioning" menüsünden alınmıştır.

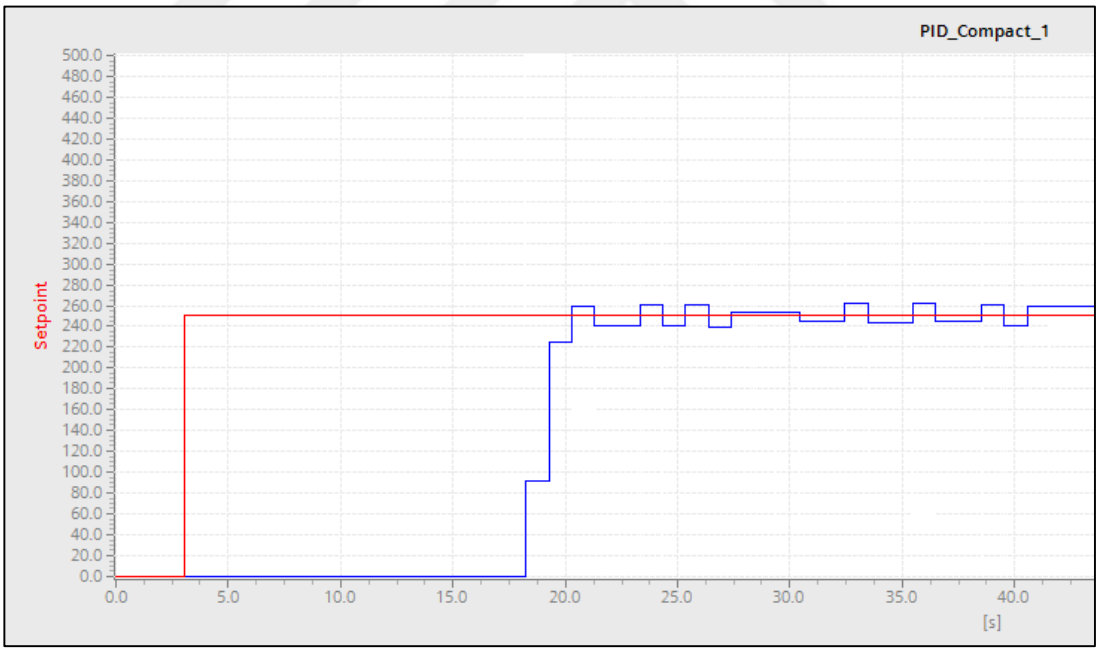
5.4.1. Döngü zamanının belirlenmesi için yapılan deneyler

Uygulamaların hepsinde şu şekilde çalışma gerçekleştirildi.

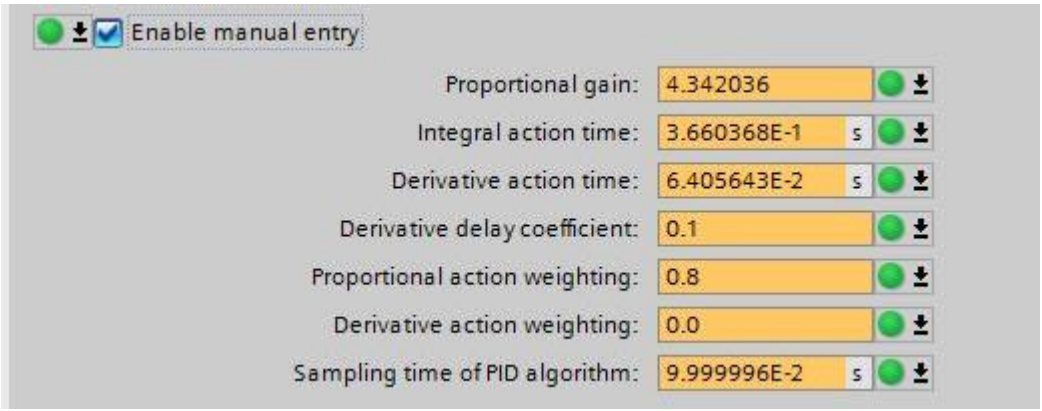
- Önce DGM'nun döngü zamanı ayarlandı.
- Daha sonra "Fine tuning" modunda Ziegler – Nichols PID yöntemi ile PID katsayıları belirlendi. Katsayılar belirlenirken pnömatik silindirin konumlandırılması 250 mm'de yapıldı.
- Belirlenen PID katsayıları ile ileri ve geri yönde 100'er milimetrelik hareketler gerçekleştirildi.

5.4.1.1. DGM döngü zamanı 3 µs ile yapılan denemeler

DGM nün genliği 3 µs ye ayarlandıktan sonra sistem "Fine tuning" modunda "Ziegler – Nichols PID" yöntemi ile pnömatik silindir 250 mm'de konumlandırılarak PID katsayıları belirlendi.



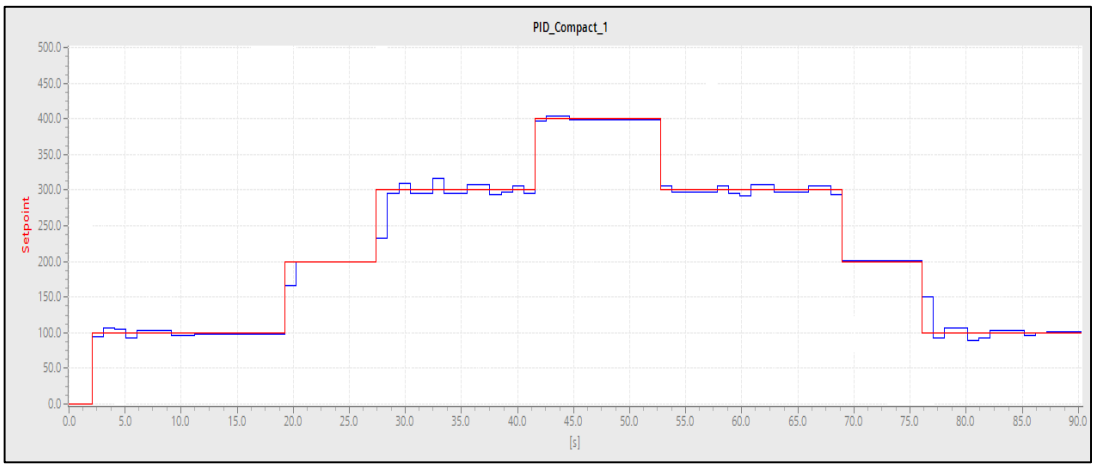
Şekil 5.3. DGM döngü zamanı 3 µs ile PID katsayılarının Fine tuning modunda Ziegler – Nichols yöntemi ile belirlenmesi



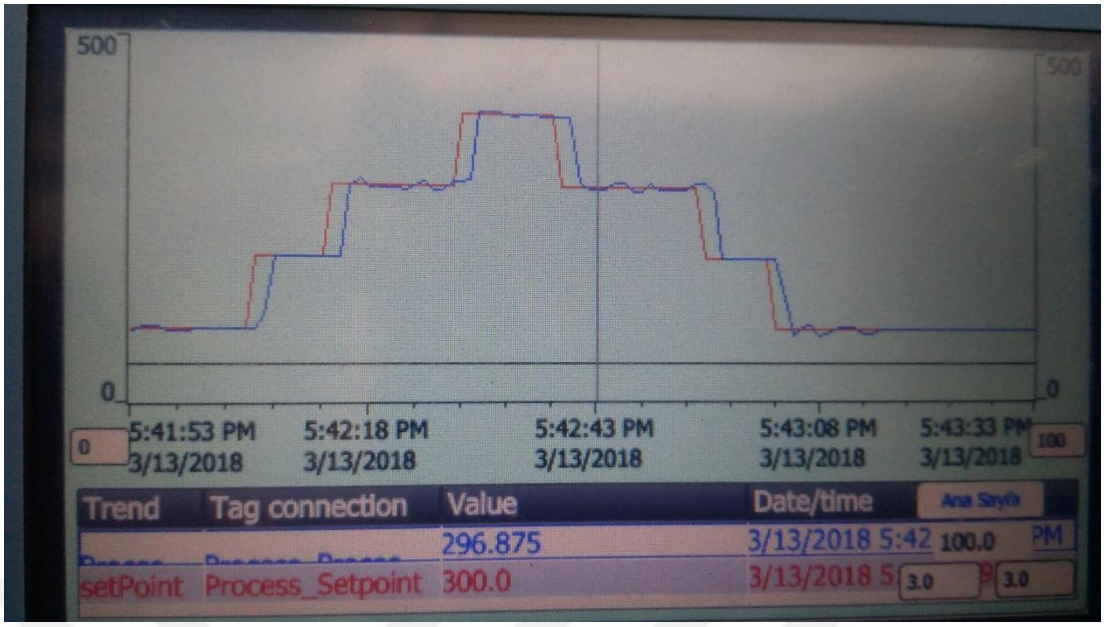
Şekil 5.4. PID parametre katsayıları

Tablo 5.2. DGM genliği 3 µs ile gerçekleştirilen deney sonuçları

Deney no	Referans mm.	Sistem cevabı mm.	Hata mm.
1	100	98,741	1,259
2	200	199,345	0,655
3	300	301,161	-1,161
4	400	398,709	1,291
5	300	298,231	1,769
6	200	201,208	-1,208
7	100	100,604	-0,604



Şekil 5.5. PID_Compact menüsünden alınan grafik



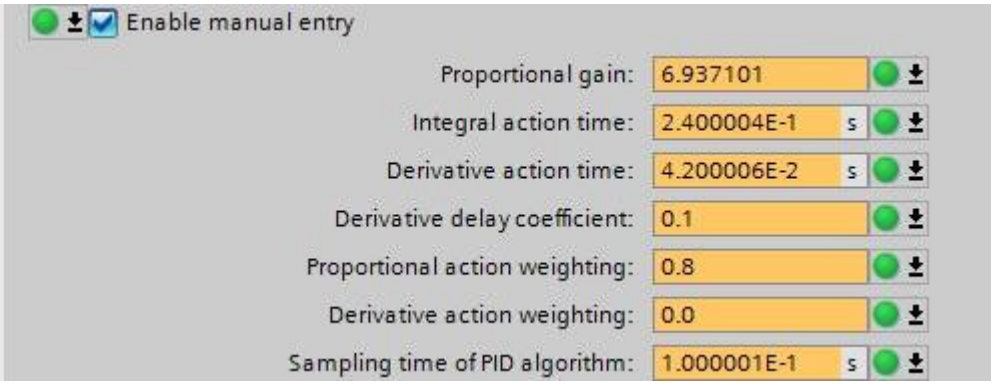
Şekil 5.6. Dokunmatik ekranda oluşan grafik görüntüsü

Tablo 5.2'de gerçekleştirilen deneyin sonuçları verilmiştir. Bu deneyde hareketler 100 mm aralıkda yapılmıştır. Her 100 mm'de bir pozisyonlama gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.4'de de PID_Compact fonksiyonun menüsünden grafik alınmış, Şekil 5.5'de ise dokunmatik ekran üzerindeki grafik fotoğraf çekilerek alınmıştır.

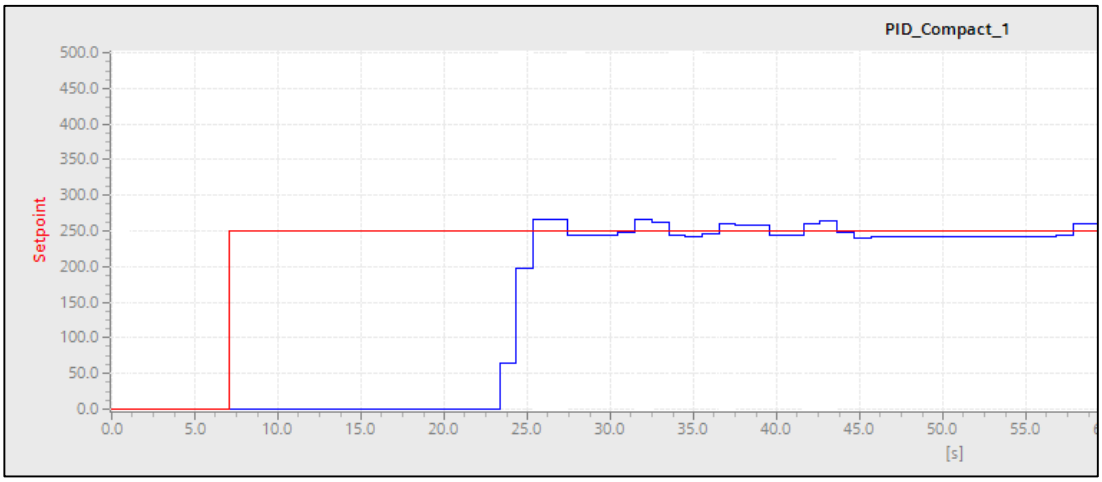
5.4.1.2. DGM döngü zamanı 5 µs ile yapılan denemeler

Ziegler – Nichols yöntemi ile elde edilen PID katsayıları Şekil 5.6'de gösterilmiştir.

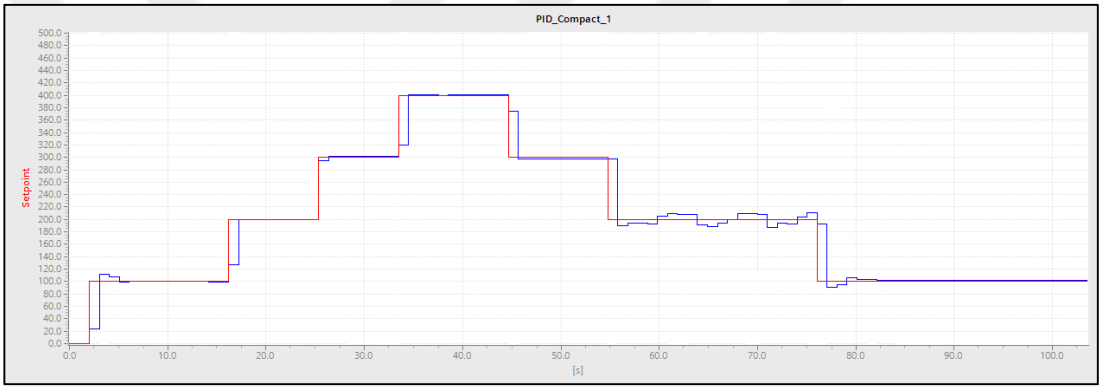
Ayrıca şekil 5.7'de sistemin 0'dan 250 mm'ye konumlandırılması gösterilmiştir.



Şekil 5.7. PID parametre katsayıları



Şekil 5.8. DGM döngü zamanı 5 µs ile PID katsayılarının Fine tuning modunda Ziegler – Nichols yöntemi ile belirlenmesi



Şekil 5.9. PID_Compact menüsünden alınan grafik

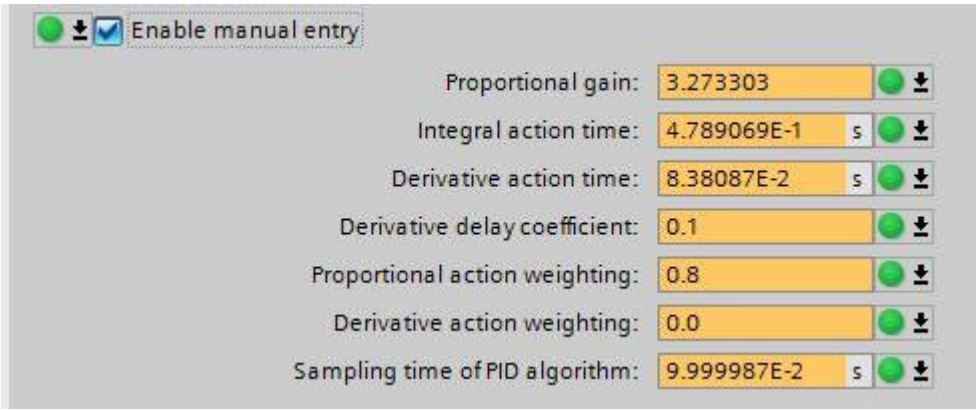
Tablo 5.3. DGM genliği 5 µs ile gerçekleştirilen deney sonuçları

Deney no	Referans mm	Sistem cevabı mm.	Hata mm
1	100	99,989	-0,011
2	200	199,978	-0,022
3	300	301,812	1,812
4	400	400,21	0,21
5	300	297,45	-2,55
6	200	198,55	-1,45
7	100	102,934	2,934

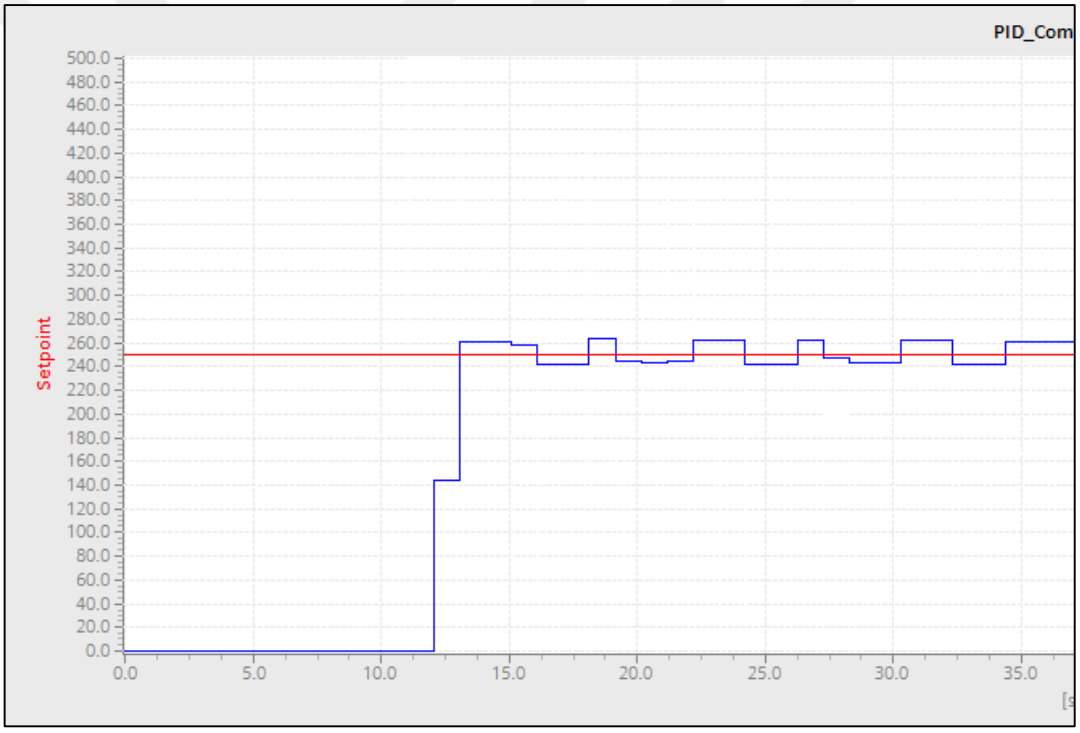
5.4.1.3. DGM döngü zamanı 10 µs ile yapılan denemeler

Ziegler – Nichols yöntemi ile elde edilen PID katsayıları Şekil 5.10'da gösterilmiştir.

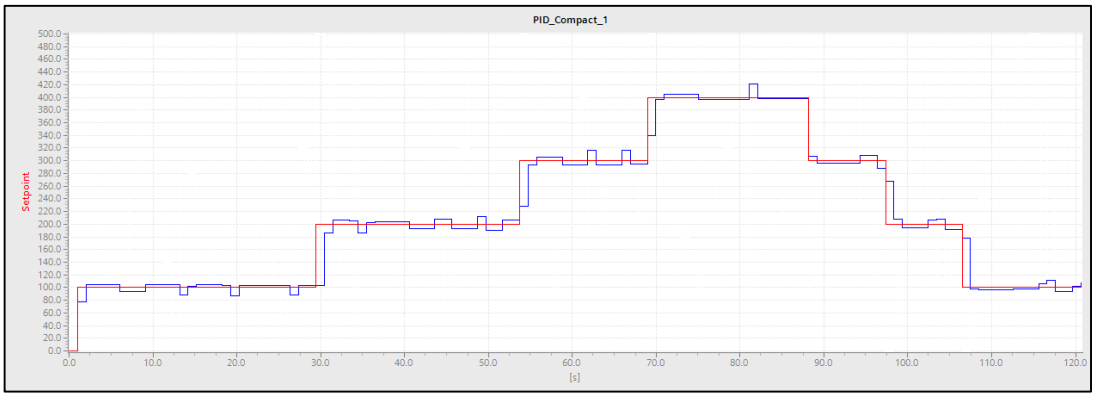
Ayrıca şekil 5.11'de sistemin 0'dan 250 mm'ye konumlandırılması gösterilmiştir.



Şekil 5.10. PID parametre katsayıları



Şekil 5.11. DGM döngü zamanı 10 µs ile PID katsayılarının Fine tuning modunda Ziegler – Nichols yöntemi ile belirlenmesi



Şekil 5.12. PID_Compact menüsünden alınan grafik

Tablo 5.4. DGM genliği 10 µs ile gerçekleştirilen deney sonuçları

Deney no	Referans mm	Sistem Cevabı mm.	Hata mm
1	100	103,064	3,064
2	200	203,362	3,362
3	300	300,456	0,456
4	400	399,251	-0,749
5	300	296,14	-3,86
6	200	203,505	3,505
7	100	97,457	-2,543

5.4.2. PID parametrelerinin otomatik ayarlanması

DGM tekniğinin genliğinin sistemdeki etkileri incelendikten sonra ikinci aşama olarak yazılımın PID parametrelerinin otomatik olarak ayarlanması methodları kullanılarak PID katsayıları otomatik metodlarla belirlenip konumlanmadırma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Ön ayarlama (Pre Tuning) modunda iki yöntem ile PID parametreleri ayarlanabilmektedir.

1. PID according to Chien, Hrones and Reswick
2. PI according to Chien, Hrones and Reswick

İnce Ayarlama (Fine tuning) modunda ise 6 metod ile PID katsayıları ayarlanabilmektedir. Bu methodların 3 tanesi Ziegler – Nichols yöntemlerini içermektedir.

1. PID Automatic
2. PID Fast
3. PID Slow
4. Ziegler-Nichols PID
5. Ziegler-Nichols PD
6. Ziegler-Nichols P

Bu yöntemlerle pozisyonlama kontrolü şu şekilde yapılmıştır.

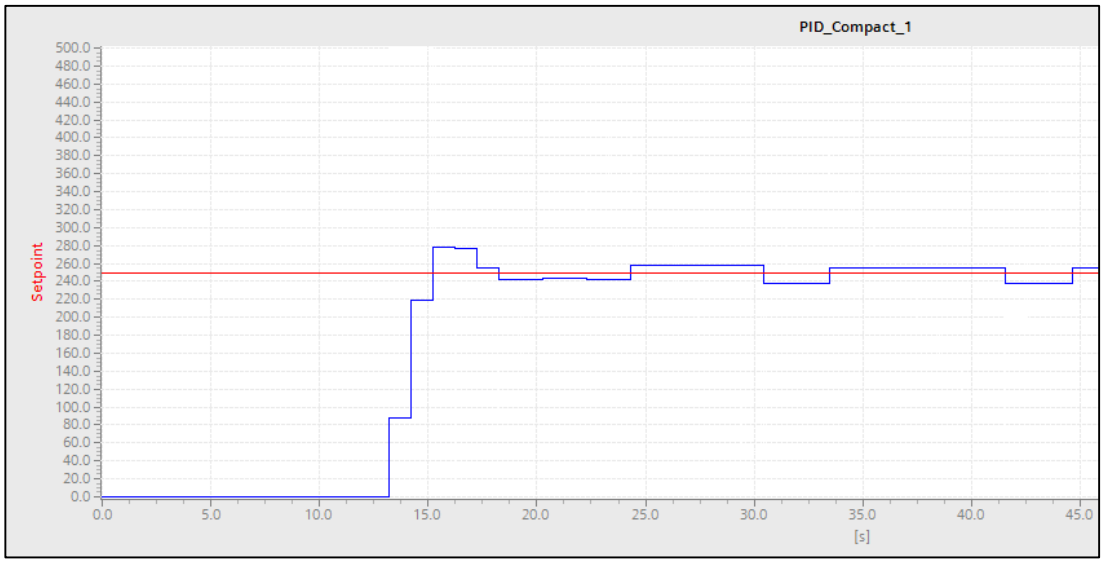
- İlk önce pnömatik silindirin strol boyunun orta noktası olan 250 mm. değerine göre PID katsayı değerleri belirlenmiştir.
- İlk pozisyonlama denemesi 100 mm aralıklarla gerçekleştirilmiştir.
- Daha sonra 50 mm aralıklarla pozisyonlama uygulaması gerçekleştirilmiştir.

TIA portal programında otomatik PID katsayılarının belirlenmesi yöntemi dışında "Röle geri besleme" yöntemi de uygulanarak PID katsayıları bu yöntemle belirlenmiş ve aynı şekilde pozisyonlama uygulamaları gerçekletirilmiştir.

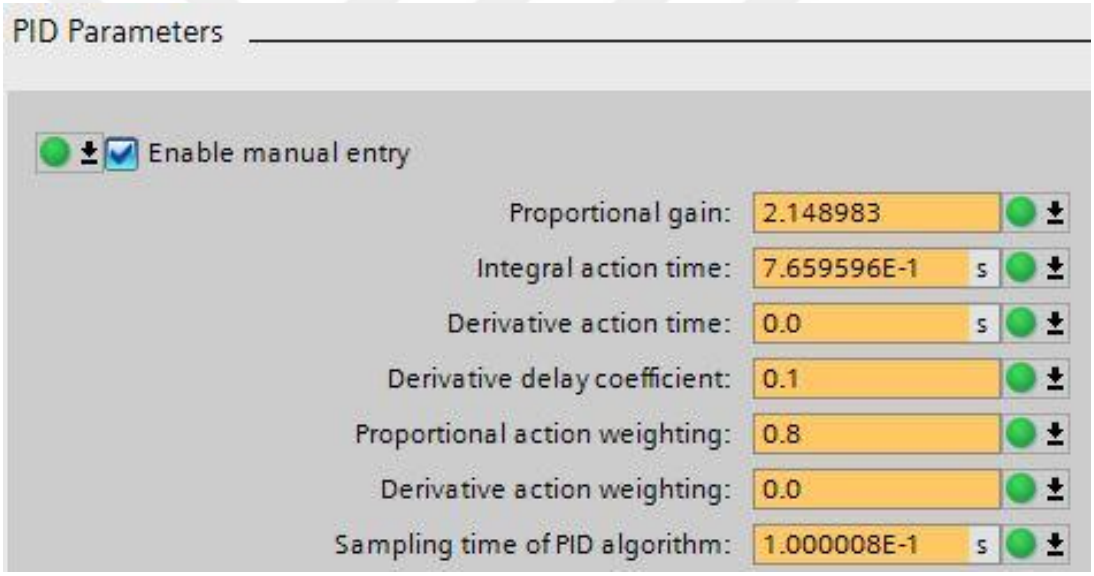
5.4.2.1. Pre Tuning yöntemleri ile PID katsayılarının ayarlanması

1. "PID according to Chien, Hrones and Reswick" metodu ile PID katsayılarının belirlenmesi

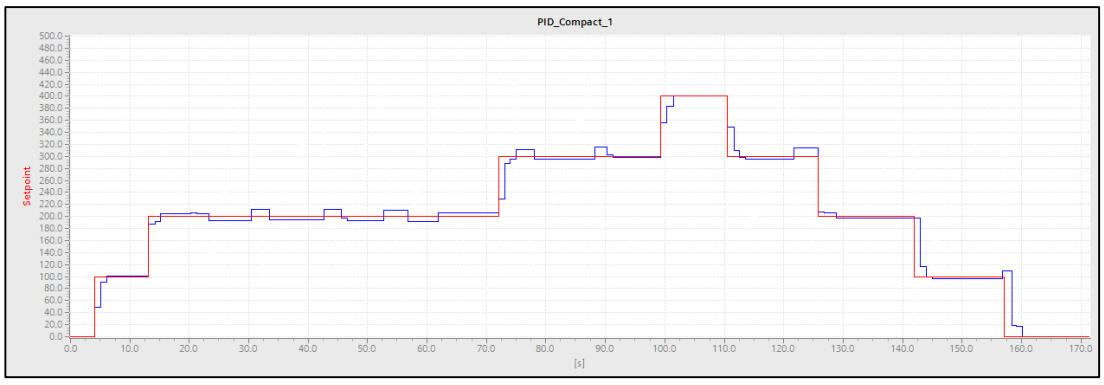
İlk önce PID katsayılarının belirlenmesi için pnömatik silindir strok boyunun ortası olan 250 mm değerinde pozisyonlaması gerçekleştirilmiştir. Bu orta noktada gerçekleştirilen pozisyonlama uygulaması ile yöntemin uygun PID katsayılarını hesaplaması sağlanmıştır. Bundan sonra elde edilen PID katsayıları kullanılarak önce 100 mm aralıklarla 0-100-200-300-400-300-200-100 değerlerinde pozsiyonlama gerçekleştirilmiştir. İkinci pozisyonlama uygulaması 0-50-100-150-200-250-300-350-400-450-400-350-300-250-200-150-100-50 ve 0 değerlerinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.13. PID katsayılarının belirlenmesi



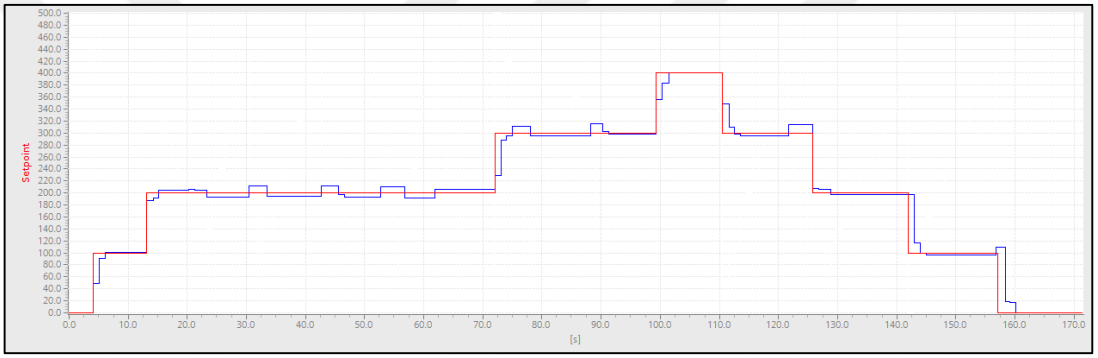
Şekil 5.14. PID katsayıları



Şekil 5.15. 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

Tablo 5.5. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

Deney No	Referans mm.	Sistem Cevabı mm.	Hata mm.
1	100	100,604	0,604
2	200	201,67	1,67
3	300	198,719	-101,281
4	400	400,571	0,571
5	300	298,72	-1,28
6	200	197,885	-2,115
7	100	97,281	-2,719



Şekil 5.16. 50 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

Tablo 5.6. 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

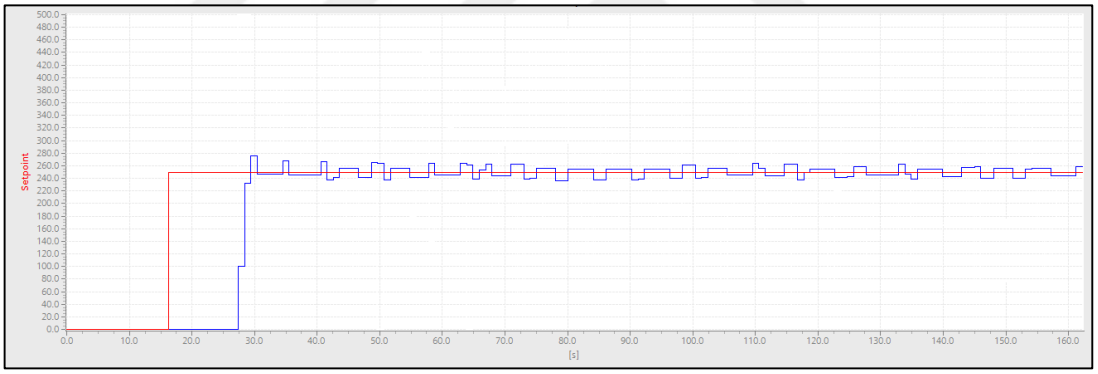
Deney No	Referans mm.	Sistem Cevabı mm.	Hata mm.
1	50	51,215	1,215
2	100	99,515	-0,485
3	150	152,452	2,452
4	200	201,208	1,208
5	250	250,65	0,65
6	300	298,104	-1,896
7	350	351,815	1,815
8	400	399,956	-0,044
9	450	448,09	-1,91
10	400	398,093	-1,907
11	350	351,187	1,187

Tablo 5.6. (Devam) 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

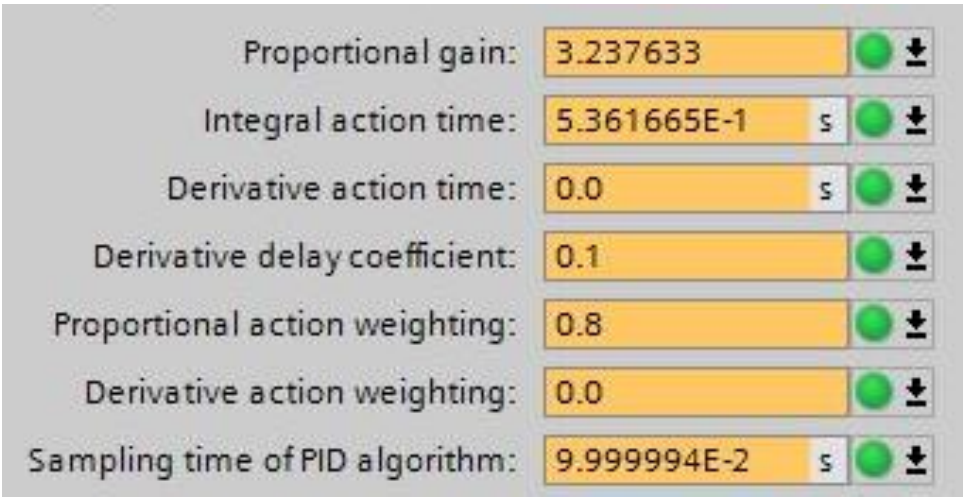
Deney No	Referans mm.	Sistem Cevabı mm.	Hata mm.
12	300	298,104	-1,896
13	250	249,913	-0,087
14	200	197,885	-2,115
15	150	152,452	2,452
16	100	100,604	0,604
17	50	52,69	2,69

2. "PI according to Chien, Hrones and Reswick" metodu ile PID katsayılarının belirlenmesi

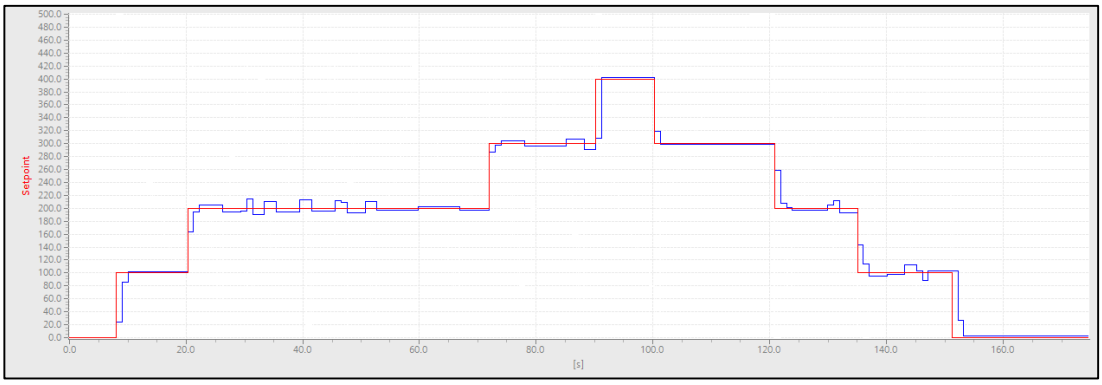
İlk önce PID katsayılarının belirlenmesi için pnömatik silindir strol boyunun ortası olan 250 mm değerinde pozisyonlaması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.17. PID katsayılarının belirlenmesi



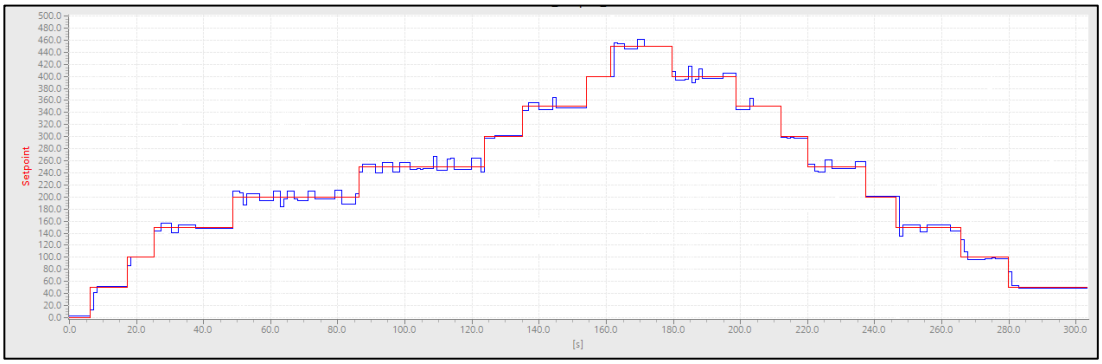
Şekil 5.18. PID katsayıları



Şekil 5.19. 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

Tablo 5.7. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

Deney No	Referans mm.	Sistem Cevabı mm.	Hata mm.
1	100	101,833	1,833
2	200	198,888	-1,112
3	300	297,058	-2,942
4	400	401,805	1,805
5	300	298,715	-1,285
6	200	196,885	-3,115
7	100	97,511	-2,489



Şekil 5.20. 50 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

Şekil 5.20'de görüleceği üzere geri hareket esnasında elde edilen başarılı sonuçlar ileri hareket esnasında özellikle 200 ve 250 mm. değerlerinde elde edilememiştir. Bunun nedenlerinden biri pnömatik silindir ile lineer cetvel arasındaki mekanik bağlantının çok sağlıklı olmamasıdır ve bu değerlerde bu mekanik bağlantı probleminin ortaya çıkmasınıdır.

Tablo 5.8. 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

Deney	Referans mm.	Sistem Cevabı mm.	Hata mm.
1	50	51,211	1,211
2	100	101,212	1,212
3	150	147,518	-2,482
4	200	200,814	0,814
5	250	247,254	-2,746
6	300	301,811	1,811
7	350	348,104	-1,896
8	400	399,351	-0,649
9	450	449,321	-0,679
10	400	397,241	-2,759
11	350	349,95	-0,05
12	300	298,1	-1,9
13	250	247,88	-2,12
14	200	201,2	1,2
15	150	152,06	2,06
16	100	98,365	-1,635
17	50	48,75	-1,25

Ön ayarlama yönteminde bulunana iki metod ile elde edilen PID katsayılarını kullanarak gerçekleştirilmiş olan pozisyonlama uygulamaları şu şekilde değerlendirilmiştir.

Ön ayarlama yöntemlerinden birinci yöntem ile elde edilen PID katsayıları ile gerçekleştirilen uygulamadaki sonuçlar ikinci yönteme göre daha başarılı olmuştur. Özellikle 200 ile 300 değerlerindeki pozisyonlama aşamalarında ikinci yöntemde sistem çok uzun süreli osilasyonda kalmıştır. PID katsayılarının hesaplanması aşamasında da ikinci yöntem osilasyonda çok uzun süre kalmıştır.

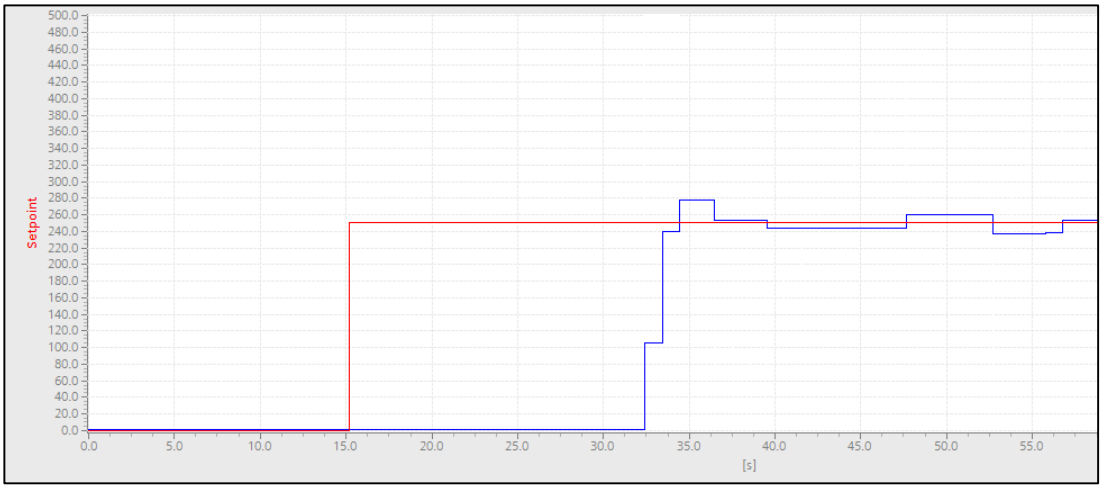
Osilasyon oluşmasının bir nedeni de mekanik bağlantıların çok sağlıklı yapılamaması sonucu pnömatik silindirde meydana gelen kasılmalar sonucu silindirin düzgün ve kesiksiz hareket edememesinin etkileri de bulunmaktadır.

5.4.2.2. İnce ayar (Fine Tuning) yöntemleri ile PID katsayılarının belirlenmesi

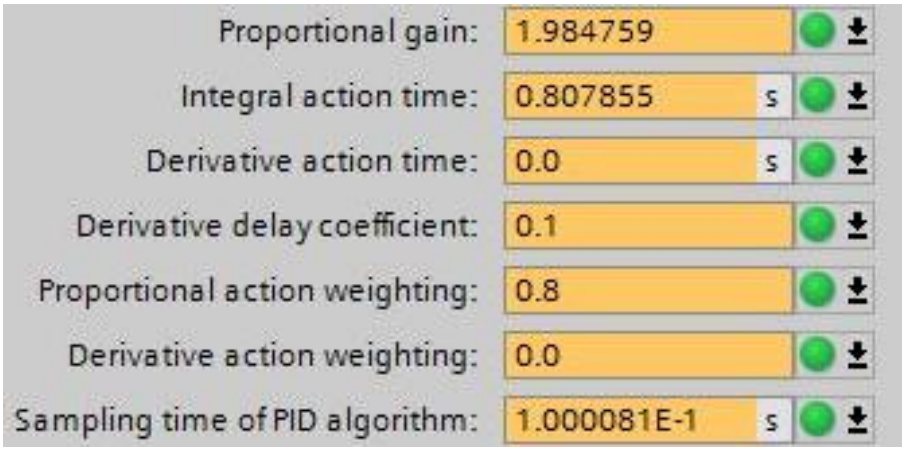
Bu yöntemlerin uygulanması aşamalarıda ön ayar yöntemlerinin uygulaması aşamalarının aynı basamakları takip edilmiştir. İlk önce pnömatik silindirin strok boyunun orta kısmına göre gerçekleştirilen pozisyonlama ile PID katsayıları belirlenmiş ve önce 100 mm. daha sonra 50 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulamaları gerçekleştirilmiştir.

1. PID Automatic yöntemi ile PID katsayılarının belirlenmesi ve pozisyonlama uygulamalarının gerçekleştirilmesi

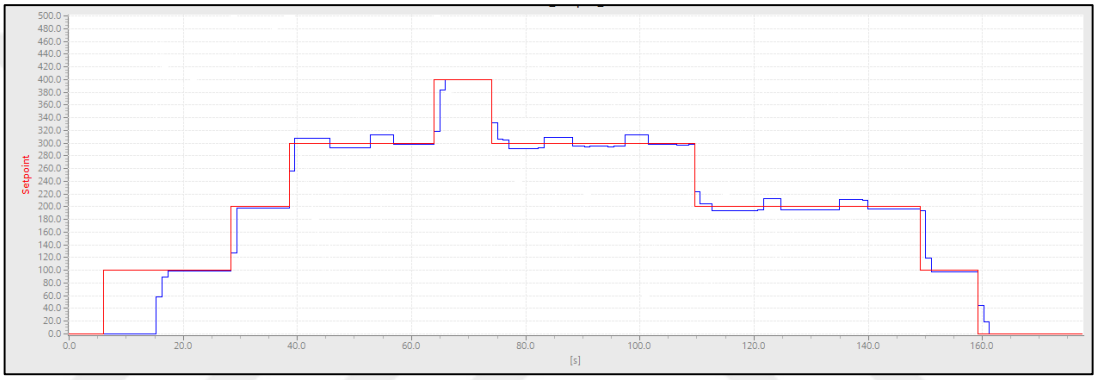
PID katsayısının belirlenmesi için orta noktaya göre pozisyonlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem ile PID katsayılarının otomatik ayarlanması ile elde edilen değerlerle yapılan deneysel çalışmalarda başarılı sonuçlar alınmıştır. Türev değerini 0 olarak vermiştir. 100 mm. aralıklarla yapılan pozisyonlama uygulamasında hem ileri hem geri harekette 300 mm. pozisyonlamada osilasyon oluşmuş, aynı zamanda geri yöndeki 200 mm. hareketinde de osilasyon oluşmuştur. 50 mm. pozisyonlamada ise en uzun pozisyonlama süresi 450 mm. de oluşmuştur



Şekil 5.21. PID katsayılarının belirlenmesi



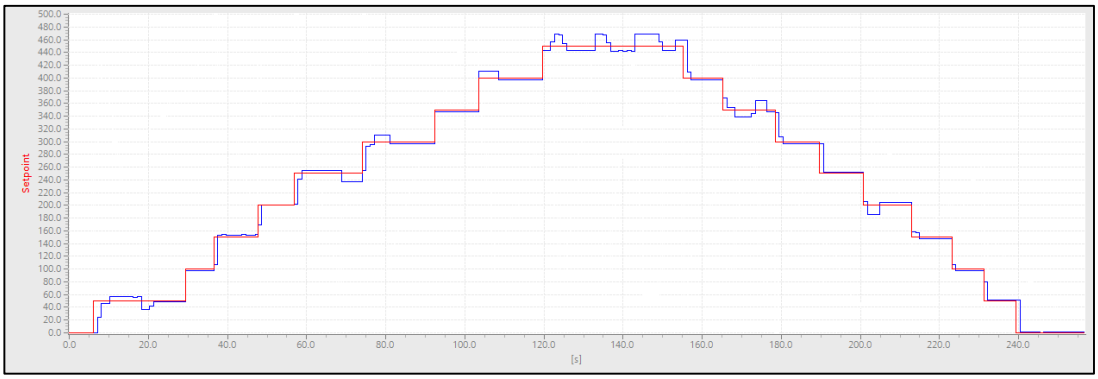
Şekil 5.22. PID katsayıları



Şekil 5.23. 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

Tablo 5.9. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

Deney No	Referans mm.	Sistem Cevabı mm.	Hata mm.
1	100	99,356	-0,644
2	200	197,507	-2,493
3	300	298,719	-1,281
4	400	399,341	-0,659
5	300	297,457	-2,543
6	200	197,251	-2,749
7	100	97,517	-2,483



Şekil 5.24. 50 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

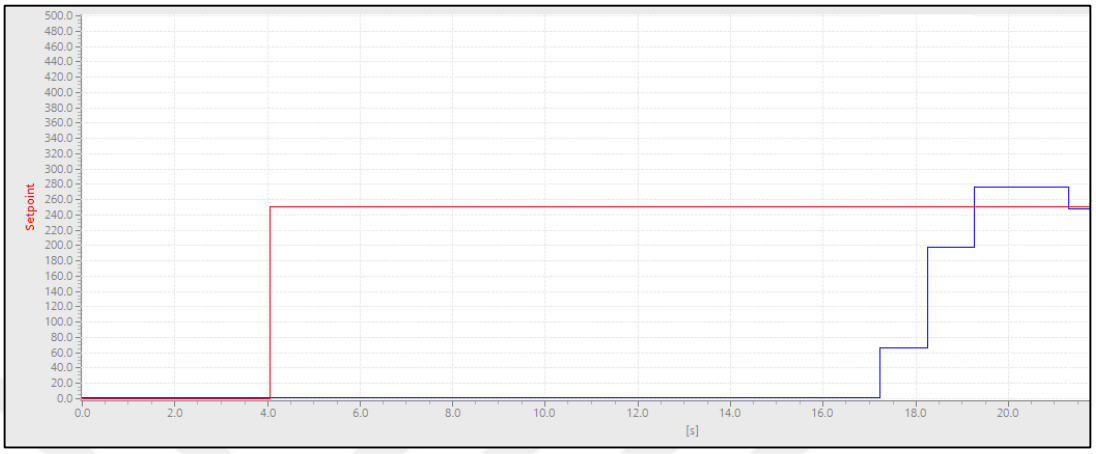
Tablo 5.10. 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

Deney No	Referans mm.	Sistem cevabı mm.	Hata mm.
1	50	48,14	-1,86
2	100	97,511	-2,489
3	150	152,682	2,682
4	200	201,208	1,208
5	250	252,9	2,9
6	300	298,875	-1,125
7	350	347,493	-2,507
8	400	397,352	-2,648
9	450	452,419	2,419
10	400	397,479	-2,521
11	350	352,038	2,038
12	300	298,875	-1,125
13	250	252,414	2,414
14	200	202,305	2,305
15	150	147,515	-2,485
16	100	97,515	-2,485
17	50	51,215	1,215

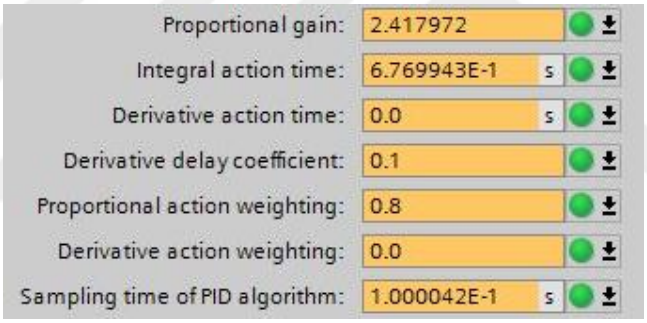
2. “PID Fast” yöntemi ile PID katsayılarının belirlenmesi ve pozisyonlama uygulamalarının gerçekleştirilmesi

Bu yöntemle elde edilen katsayı değerlerinde de türev katsayısı 0 olarak elde edilmiştir. 100 mm’lik aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama işleminde sadece geri

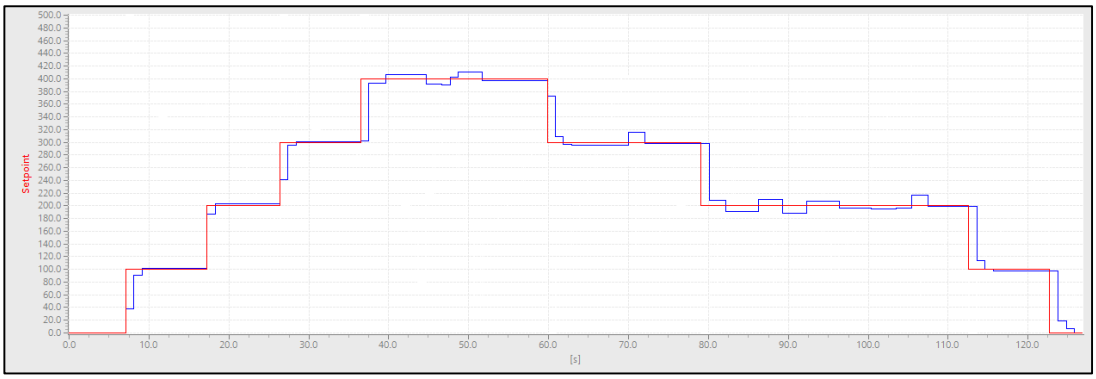
yönde 300 den 200 e gerçekleştirilen pozisyonlamada 200 mm de osilasyon oluşmuştur. 50 mm aralıklar gerçekleştirilen pozisyonlama işleminde ise oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 5.25. PID katsayılarının belirlenmesi



Şekil 5.26. PID katsayıları



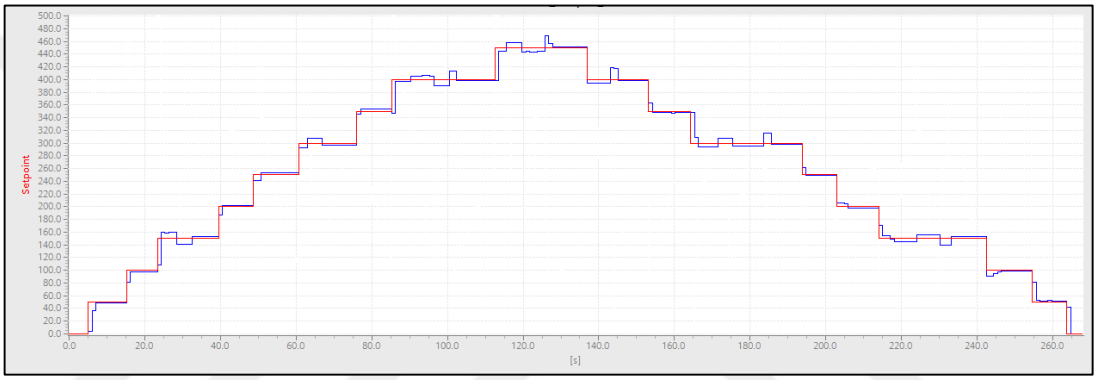
Şekil 5.27. 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

Tablo 5.11. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulmasının değerleri

Deney No	Referans mm.	Sistem Cevabı mm.	Hata mm.
1	100	101,228	1,228

Tablo 5.11. (Devam) 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

Deney No	Referans mm.	Sistem Cevabı mm.	Hata mm.
2	200	202,052	2,052
3	300	301,197	1,197
4	400	397,479	-2,521
5	300	298,104	-1,896
6	200	198,756	-1,244
7	100	97,511	-2,489



Şekil 5.28. 50 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

Tablo 5.12. 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

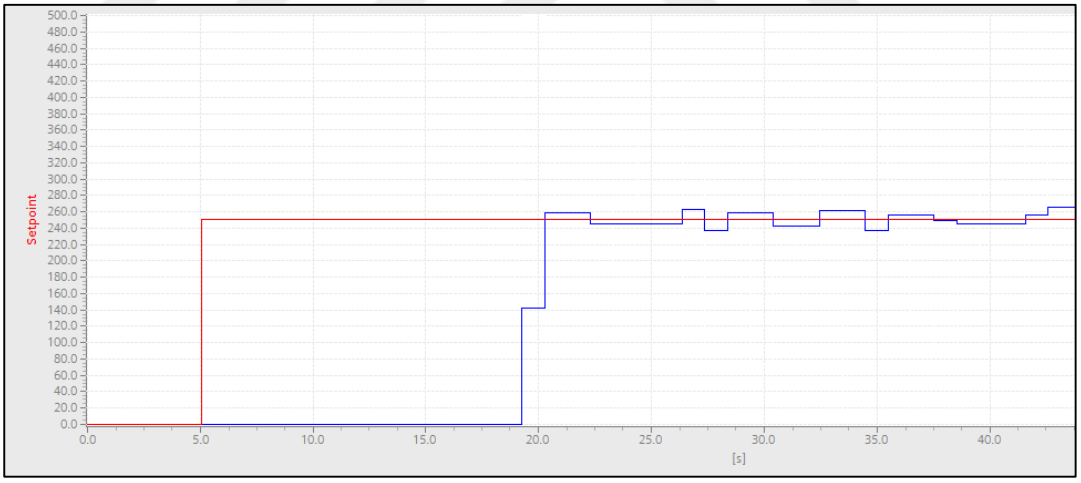
Deney No	Referans mm.	Sistem Cevabı mm.	Hata mm.
1	50	49,37	-0,63
2	100	98,126	-1,874
3	150	152,06	2,06
4	200	201,332	1,332
5	250	252,671	2,671
6	300	297,875	-2,125
7	350	352,045	2,045
8	400	398,13	-1,87
9	450	450,511	0,511
10	400	398,708	-1,292
11	350	348,108	-1,892
12	300	298,086	-1,914

Tablo 5.12. (Devam) 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

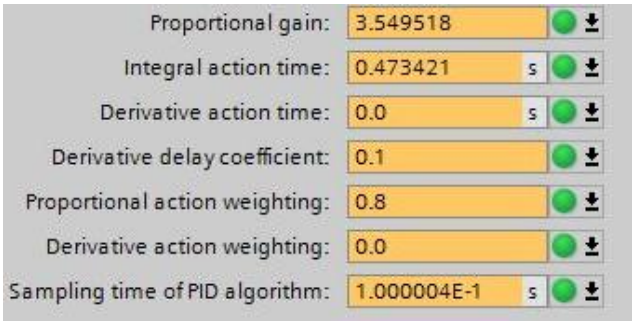
Deney No	Referans mm.	Sistem Cevabı mm.	Hata mm.
13	250	248,731	-1,269
14	200	197,507	-2,493
15	150	152,638	2,638
16	100	98,741	-1,259
17	50	51,46	1,46

3. "PID Slow" yöntemi ile PID katsayılarının belirlenmesi ve pozisyonlama uygulamalarının gerçekleştirilmesi

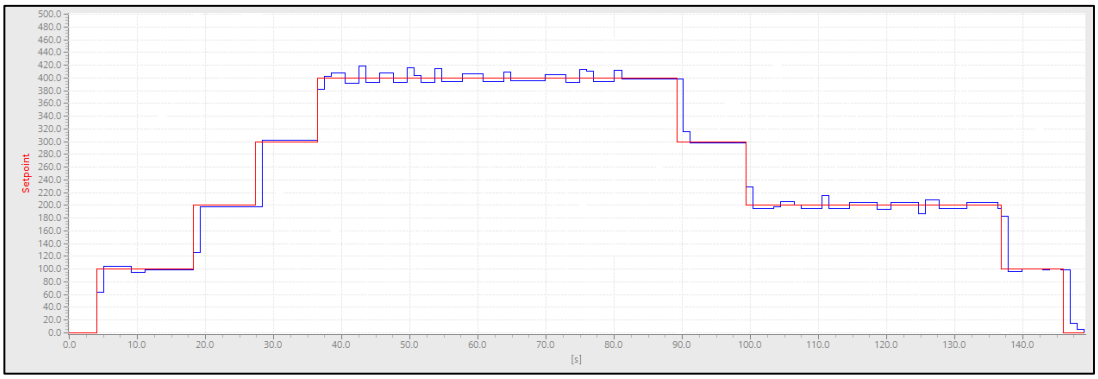
Bu yöntemde elde edilen PID katsayıları ile gerçekleştirilen pozzisyonlama uygulamasında 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen uygulamada sadece ileri harekette 300 mm.'den 400 mm'ye gerçekleştirilen pozisyonlamada 400 mm.'de ve geri harekette 300'den 200 mm.'ye gerçekleştirilen pozisyonlama işleminde pozisyonlama süresi uzun sürmüştür.



Şekil 5.29. PID katsayılarının belirlenmesi



Şekil 5.30. PID katsayıları

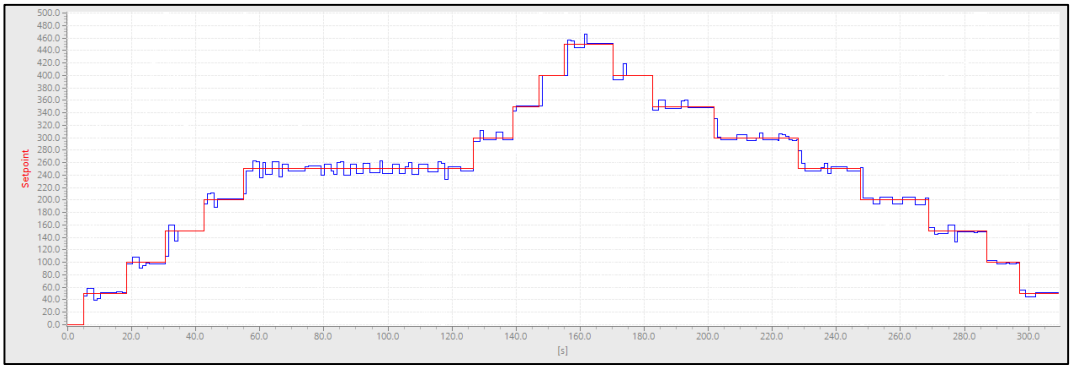


Şekil 5.31. 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

Tablo 5.13. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

Deney No	Referans mm.	Sistem cevabı mm.	Hata mm.
1	100	99,32	-0,68
2	200	198,156	-1,844
3	300	302,426	2,426
4	400	398,708	-1,292
5	300	298,104	-1,896
6	200	198,041	-1,959
7	100	99,989	-0,011

50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasında ileri harekette 200 mm.'den 250 mm.ye gerçekleştirilen pozisyonlama işleminde osilasyon oluşmuştur. PID fonksiyonu hata değerini kompanze etmekte zorlanmıştır. Bunun bir nedeni de bu aralıkda pnömatik silindir ile lineer cetvel arasında yapılan mekanik bağlantının da etkisi vardır.

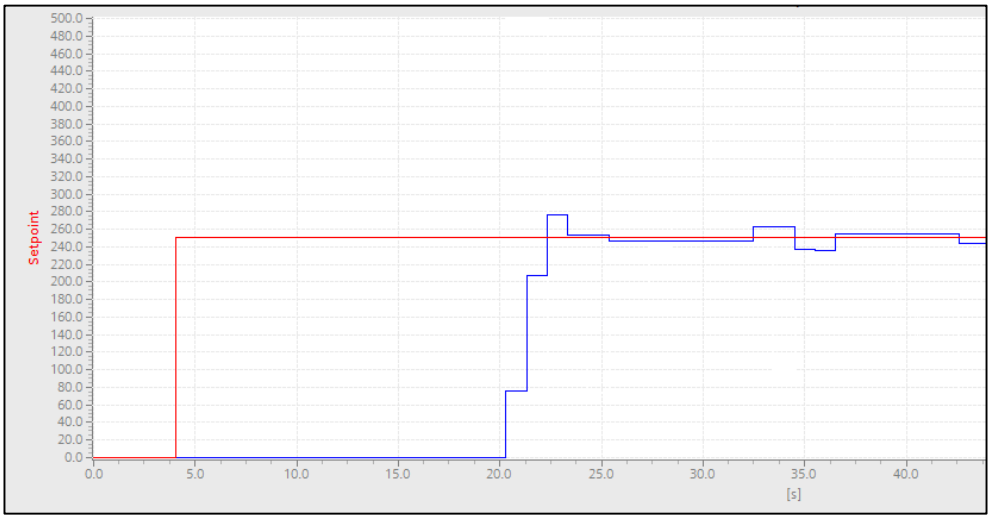


Şekil 5.32. 50 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

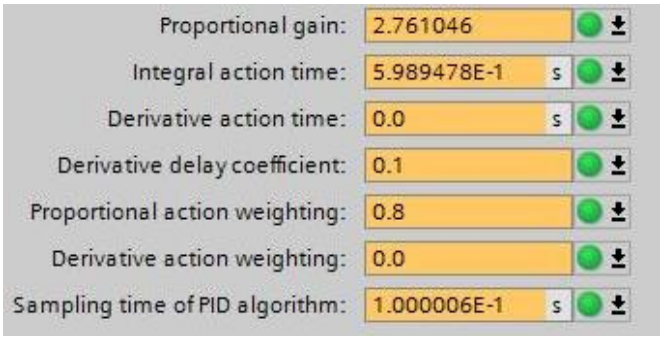
Tablo 5.14. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

Deney no	Referans mm.	Sistem cevabı mm.	Hata mm.
1	50	51,83	1,83
2	100	98,56	-1,44
3	150	150,589	0,589
4	200	202,437	2,437
5	250	252,671	2,671
6	300	297,26	-2,74
7	350	350,567	0,567
8	400	399,341	-0,659
9	450	450,557	0,557
10	400	399,956	-0,044
11	350	348,108	-1,892
12	300	298,645	-1,355
13	250	247,153	-2,847
14	200	202,305	2,305
15	150	148,744	-1,256
16	100	98,126	-1,874
17	50	51,215	1,215

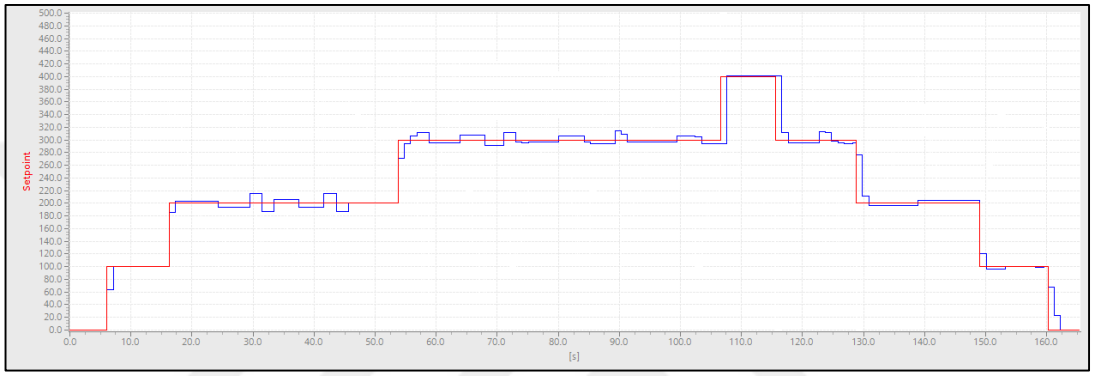
4. “Ziegler - Nichols PID” yöntemi ile PID katsayılarının belirlenmesi ve pozisyonlama uygulamalarının gerçekleştirilmesi



Şekil 5.33. PID katsayılarının belirlenmesi



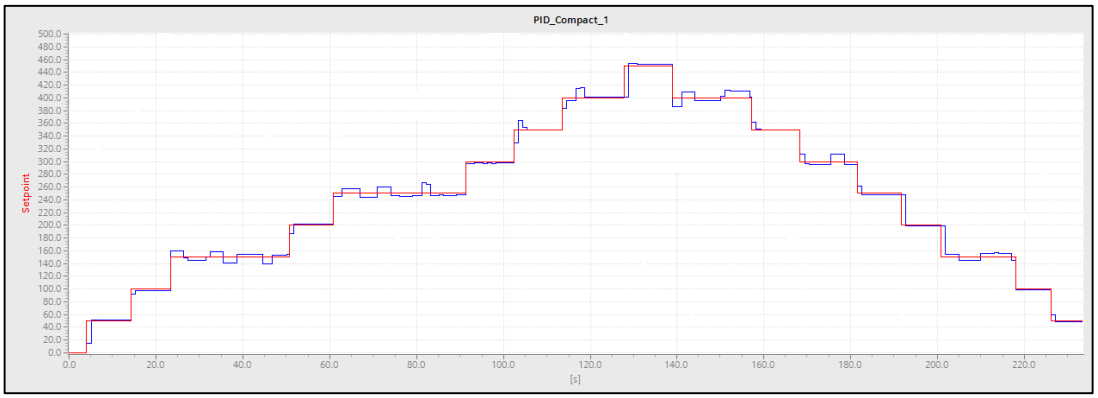
Şekil 5.34. PID katsayıları



Şekil 5.35. 50 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

Tablo 5.15. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

Deney No	Referans mm.	Sistem Cevabı mm.	Hata mm.
1	100	10,024	-89,976
2	200	201,208	1,208
3	300	298,875	-1,125
4	400	401,186	1,186
5	300	298,03	-1,97
6	200	197,885	-2,115
7	100	99,989	-0,011



Şekil 5.36. 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

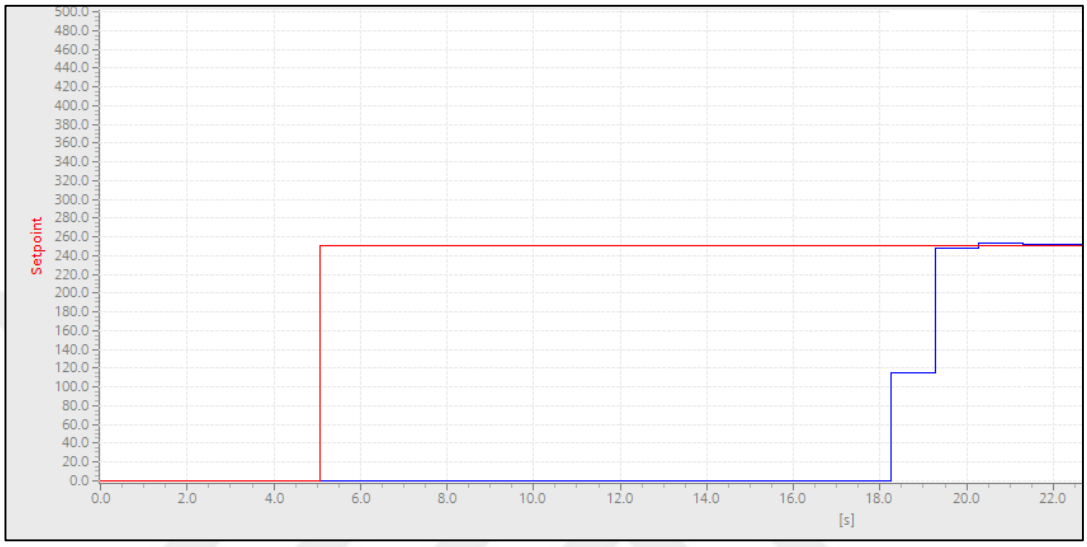
Tablo 5.16. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

Deney No.	Referans mm.	Sistem Cevabı mm.	Hata mm.
1	50	51,83	1,83
2	100	97,511	-2,489
3	150	152,296	2,296
4	200	201,822	1,822
5	250	247,502	-2,498
6	300	297,458	-2,542
7	350	349,933	-0,067
8	400	400,156	0,156
9	450	452,149	2,149
10	400	397,249	-2,751
11	350	349,338	-0,662
12	300	297,645	-2,355
13	250	247,504	-2,496
14	200	199,345	-0,655
15	150	148,037	-1,963
16	100	98,741	-1,259
17	50	48,755	-1,245

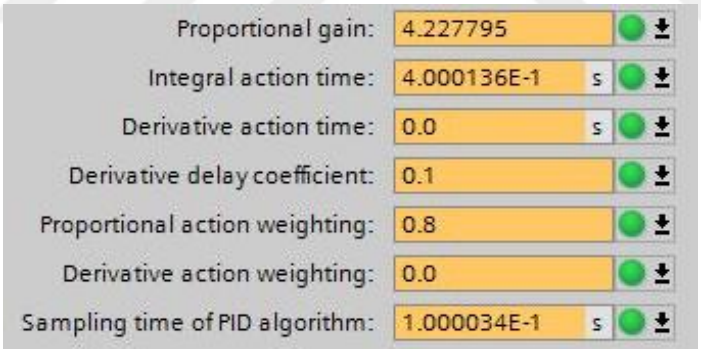
Ziegler Nichols PID yöntemi ile elde edilen PID katsayıları ile gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamalarında geri yönlerdeki hareketde oldukça başarılı sonuçlar elde edilmişken ileri yönde orta mesafelerde osilasyon meydane geldiği görülmüştür.

Daha öncede belirtildiği gibi orta mesafelerde sürekli osilasyonların oluşmasının bir nedeni mekanik bağlantıların çok sağlıklı yapılamamış olmasının da etkileri vardır.

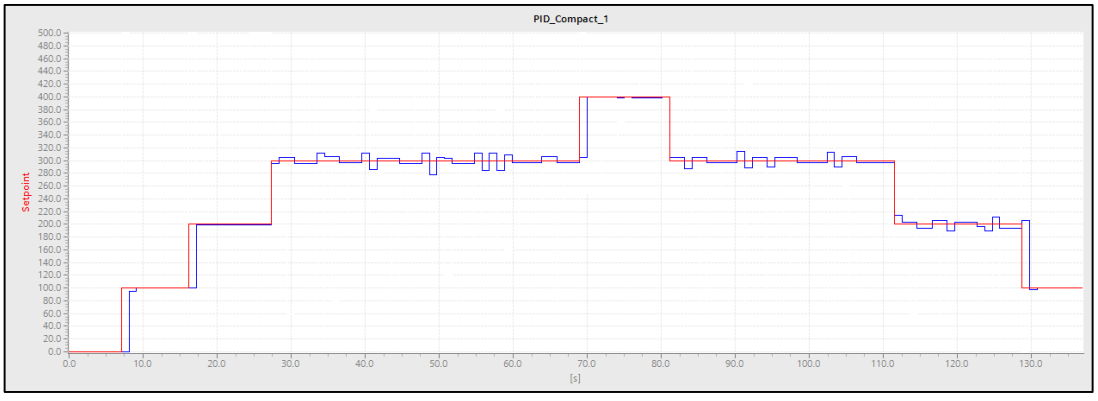
5. “Ziegler - Nichols PD” yöntemi ile PID katsayılarının belirlenmesi ve pozisyonlama uygulamalarının gerçekleştirilmesi



Şekil 5.37. PID katsayılarının belirlenmesi



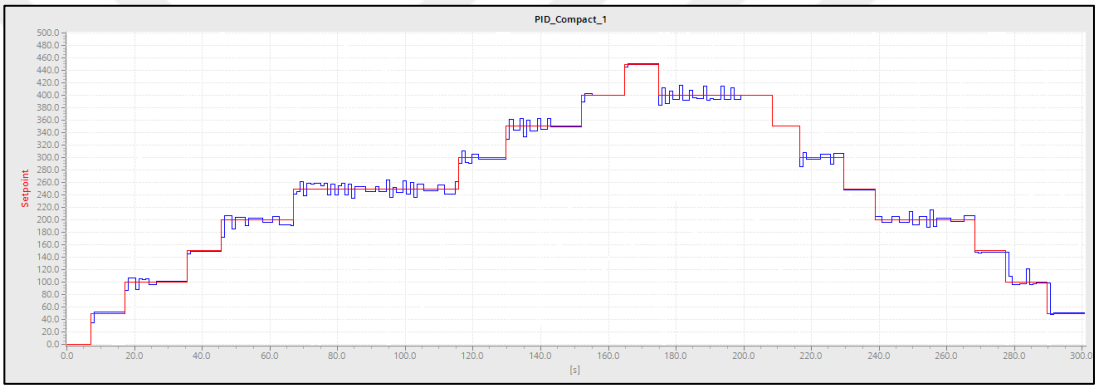
Şekil 5.38. PID katsayıları



Şekil 5.39. 100 mm aralıklarla pozisyonlama uygulaması

Tablo 5.17. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

Deney No	Referans mm.	Sistem cevabı mm.	Hata mm.
1	100	100,604	0,604
2	200	198,73	-1,27
3	300	298,875	-1,125
4	400	398,744	-1,256
5	300	198,675	-101,325
6	200	202,667	2,667
7	100	99,989	-0,011



Şekil 5.40. 50 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

Tablo 5.18. 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

Deney no	Referans mm.	Sistem cevabı mm.	Hata mm
1	50	52,461	2,461
2	100	101,218	1,218
3	150	149,359	-0,641
4	200	202,359	2,359
5	250	248,865	-1,135
6	300	297,182	-2,818
7	350	349,338	-0,662
8	400	399,83	-0,17
9	450	450,357	0,357
10	400	399,956	-0,044
11	350	351,182	1,182

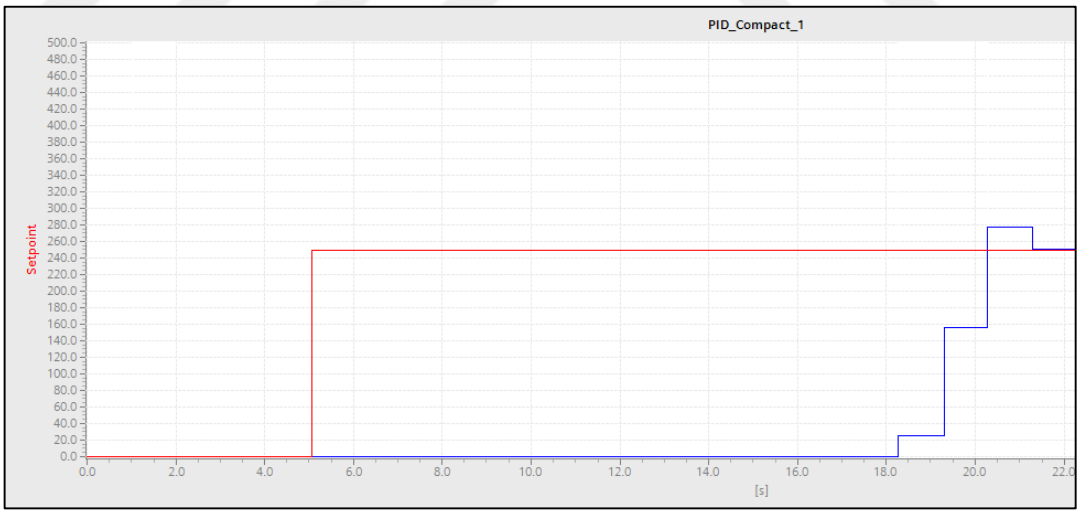
Tablo 5.18. (Devam) 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

Deney no	Referans mm.	Sistem cevabı mm.	Hata mm
12	300	297,875	-2,125
13	250	248,112	-1,888
14	200	202,052	2,052
15	150	147,512	-2,488
16	100	97,459	-2,541
17	50	50,604	0,604

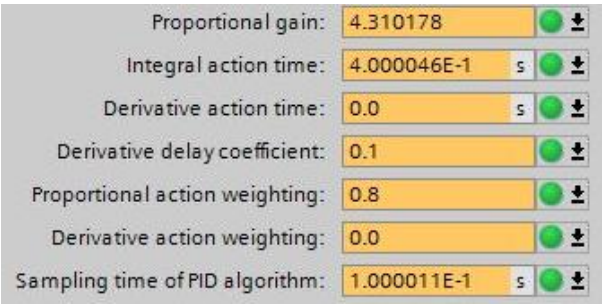
Ziegler Nichols PD yönteminde başarılı sonuçlar almak uzun süre almıştır. Burada integral etkisinin az olması sistemin osilasyona düşmesini engelleyememiştir.

6. "Ziegler - Nichols P" yöntemi ile PID katsayılarının belirlenmesi ve pozisyonlama uygulamalarının gerçekleştirilmesi

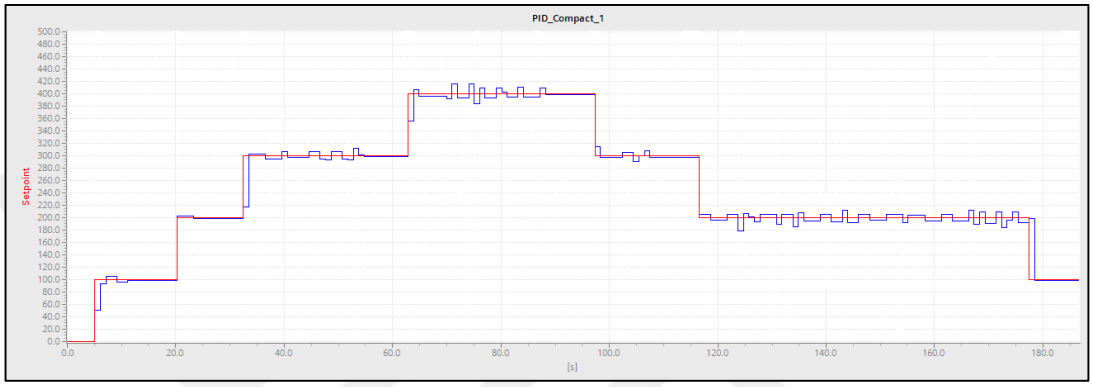
Ziegler nichols P yönteminde de integral etkisinin düşük olması nedeniyle osilasyon probleminin ortaya çıkmasına neden olmuştur.



Şekil 5.41 Ziegler Nichols P yöntemi ile PID parametrelerinin belirlenmesi



Şekil 5.42. Ziegler – Nichols P yöntemi ile belirlenen PID katsayı değerleri

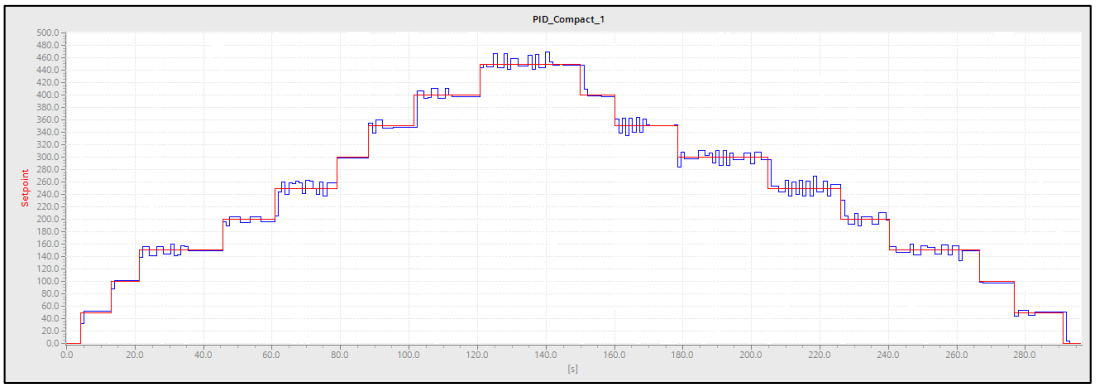


Şekil 5.43. 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

Tablo 5.19. 100 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

Deney No	Referans mm.	Sistem cevabı mm.	Hata mm.
1	100	98,741	-1,259
2	200	198,115	-1,885
3	300	298,104	-1,896
4	400	398,093	-1,907
5	300	297,489	-2,511
6	200		-200
7	100	98,126	-1,874

300 mm.'den 200 mm.ye, 200 mm'den 250 mm'ye yapılan konumlandırma çalışmalarında pnömatik silindir sürekli referans değerinin altında ve üstünde hareket ederek istenen toleranslar içerisinde konumlandırma gerçekleştirememiştir ve bu konumlandırma işlemi başarısız olmuştur. Bunun nedeni bu konumlandırma işleminde mekanik bağlantı sorununun ortaya çıkmasıdır.



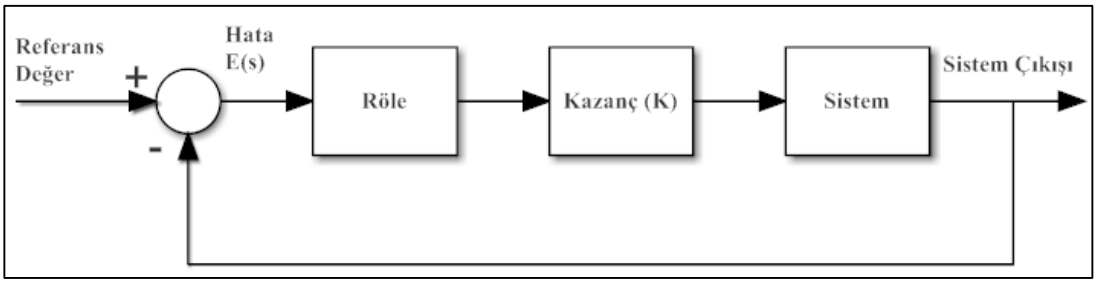
Şekil 5.44. 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulaması

Tablo 5.20. 50 mm. aralıklarla gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamasının değerleri

Deney No	Referans mm.	Sistem cevabı mm.	Hata
1	50	51,83	1,83
2	100	101,218	1,218
3	150	149,359	-0,641
4	200	202,66	2,66
5	250		-250
6	300	298,104	-1,896
7	350	347,995	-2,005
8	400	397,479	-2,521
9	450	448,097	-1,903
10	400	398,093	-1,907
11	350	351,182	1,182
12	300	298,182	-1,818
13	250	252,06	2,06
14	200	202,675	2,675
15	150	149,35	-0,65
16	100	97,511	-2,489
17	50	50,6	0,6

6.4.2.3. Röle geri besleme yöntemi

Röle geri besleme yönteminde (Relay feedback method) sistem modeline ihtiyaç duymadan deneysel işlemlerle Ziegler-Nichols yöntemine benzer olarak sistem çıkışında salınım oluşturulmaktadır.



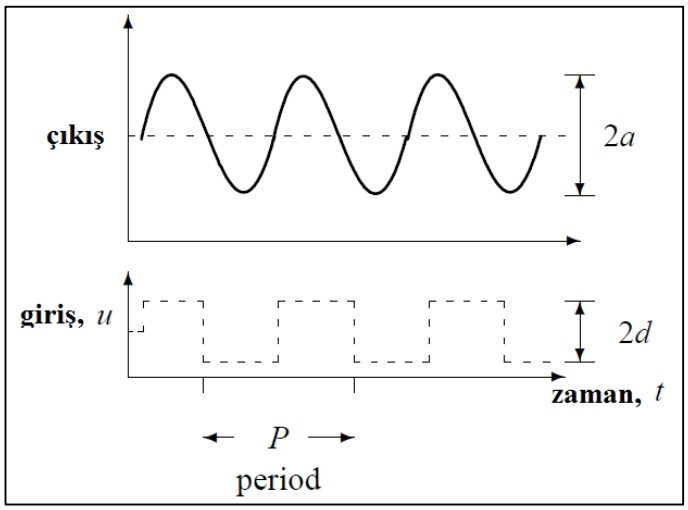
Şekil 5.45. Röle geri beslemeli kontrol yapısı

Referans girişinin değeri bu yöntemde çok kritik olmamakla birlikte 0 veya daha büyük giriş seçilebilmektedir. Sistemde bulunan röle hatanın durumuna göre +1 veya -1 çıkış vermektedir. Hatanın değişimine bağlı röleden alınan sürekli farklı sinyaller ile kontrol edilecek sistemde belirli periyotta salınım oluşturmak hedeflenmektedir. +1/-1 arasında değişen röle çıkışlarının salınım oluşturmada yeterli olmaması durumunda röleden sonra bulunan kazanç değeri ile röle çıkış sinyali güçlendirilerek sistem salınımı sağlanabilmektedir.sistem çıkışında periyodik ve mümkünse simetrik bir sinyal alındıktan sonra bu yöntem için öenmli olan parametrelerin bulunması gerekmektedir. Bu parametreler;

2h: sistem giriş genlik değişimi

2a: sistem çıkışı genlik değişimi

Pu: sistem çıkış salınım periyodu'dur. Belirtilen parametreler şekil 5.44'de gösterilmiştir.



Şekil 5.46. Röle geri besleme sistemi uygulanmış osilasyonlu bir sistem

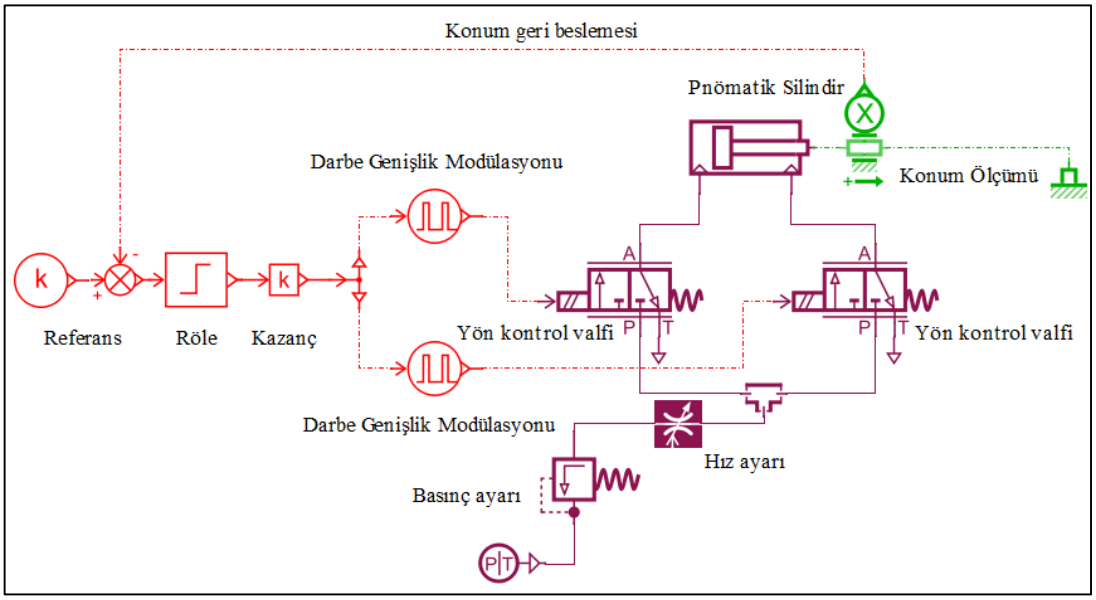
Parametrelerin grafikte tespit edilmesinden sonra PID katsayısı bilgilerine, sistemin çıkış salınım periyodu (Pu) ve denklem 5.1. eşitliği ile bulunan nihai kazanç (Ku, ultimate gain) değerlerinin bulunmasından tablo 5.21'deki dönüşümler yardımı ile ulaşılmaktadır Tablo 5.21'de orijinal, az aşım ve aşımsız kısımlarına göre Ku ve Pu değerleri ile PID kazanç değerleri elde edilmiş olunur. Röle geri besleme yöntemi PID parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan bir yöntemdir [40].

$$Ku = \frac{4\,d}{\pi a} \qquad (5.1.)$$

Tablo 5.21. Röle geri besleme yöntemine göre PID parametetrelerinin belirlenmesi [40]

Tanımlama	Kp	Ti	Td
Orjinal	0.6 Ku	Pu/2	Pu/8
Az aşım	0.33 Ku	Pu/2	Pu/3
Aşımsız	0.2 Ku	Pu/2	Pu/3

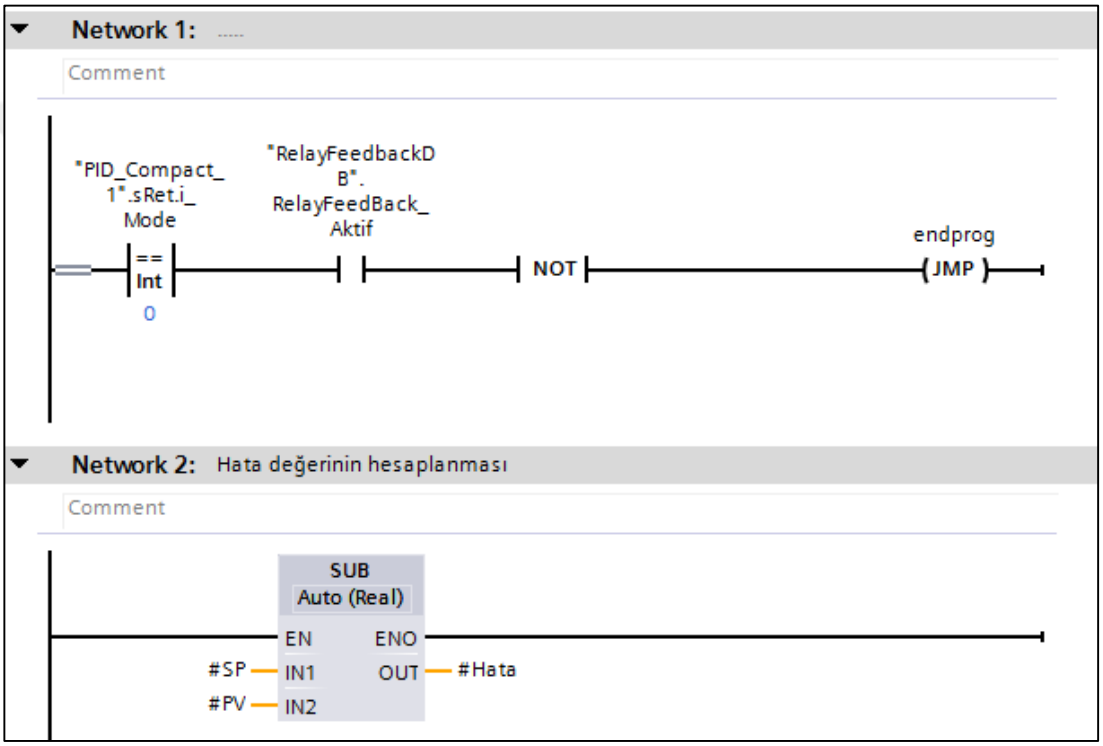
Röle geri besleme yönteminin deney setinde uygulanması için kontrol yapısı şekil 5.45'de gösterildiği gibi şematik olarak dizayn edilmiştir.



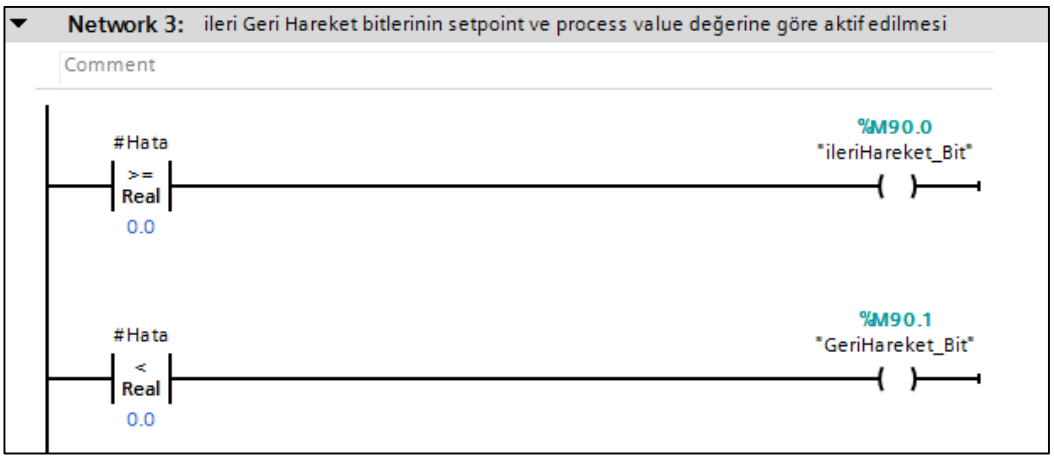
Şekil 5.47. Röle geri beslemeli kontrol yapısı

Şekil 5.45.'deki şematik kontrol yapısına uygun olarak TIA portal yazılımında röle geri beslemesi için bir fonksiyon oluşturulmuştur. Bu fonksiyon devreye girdiğinde PID kontrol sistemi devre dışı kalacaktır. TIA portal programında röle geri beslemeli

kontrol sisteminin uygulanabilmesi için gerekli olan fonksiyon şu şekilde tasarlanmıştır. Şekil 5.48'de gösterilen network 1 kısmında PID fonksiyonu inaktif iken Röle geri beslemeli kontrol sisteminin devreye alınması için gerekli kontrol komutu uygulanmıştır. Eğer PID aktif ise Röle geri beslemeli kontrol sistemi aktif edilememektedir. Yine şekil 5.48'de gösterilen network 2 kısmında ise girilen pozisyonlama değerinden, sistem süreç değeri çıkarılarak bir hata değeri elde edilmiştir. Hata değeri pnömatik silindirin ileri ve geri hareketinin gerçekleştirilmesi için kullanılmıştır.

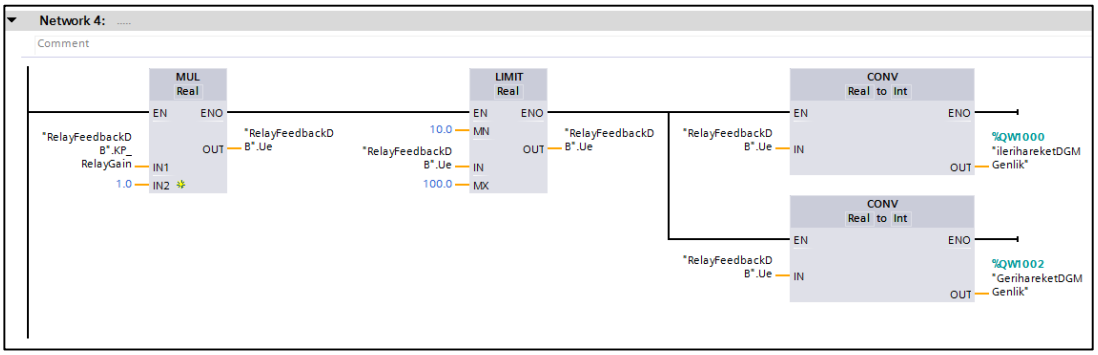


Şekil 5.48. Röle geri besleme yönteminin fonksiyonun Network 1 ve 2'nci satırları



Şekil 5.49. Röle geri besleme yönteminin fonksiyonun Network 3'nci satırı

Şekil 5.49'da gösterilen network 3 kısmında ise hata değeri sistemin konum değeri ile karşılaştırılarak pnömatik silindirin ileri ve geri hareketini sağlayan yardımcı bitlerin aktif edilmesi gerçekleştirilmiştir.

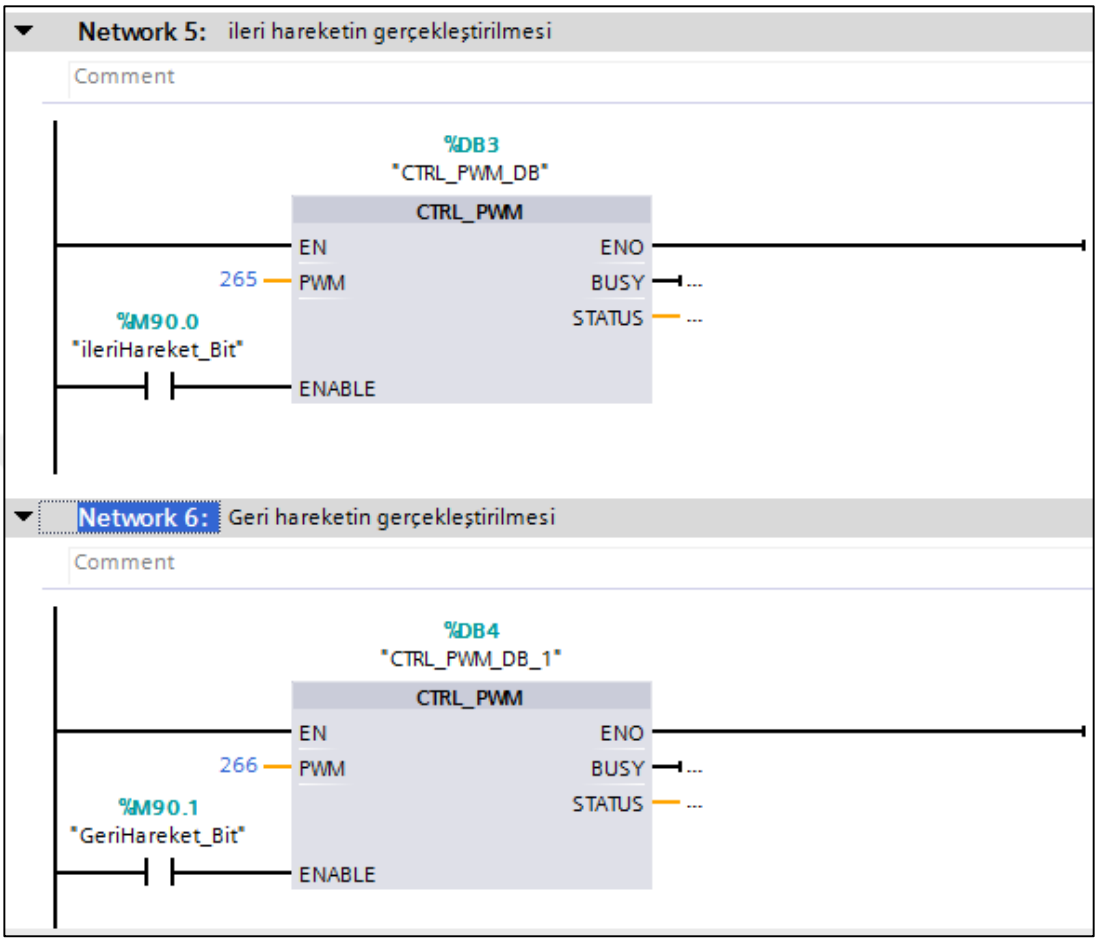


Şekil 5.50. Röle geri besleme yönteminin fonksiyonun Network 4'nci satırı

Şekil 5.50'de gösterilen network 4 kısmında ise dokunmatik ekrandan girilen röle kazanç değerinin 1 ile çarpılarak 10 ile 100 değerleri arasında limtlenmesi ve real sayı değerindeki veri tipinin DGM'nün integer sayı değerindeki darbe genişlik adreslerine real veri tipinden integer veri tipine çevrilerek gönderilmiştir. Böylece osilasyonu gerçekleştirecek DGM'nün dokunmatik ekrandan sayı değerinin girilmesi sağlanmıştır.

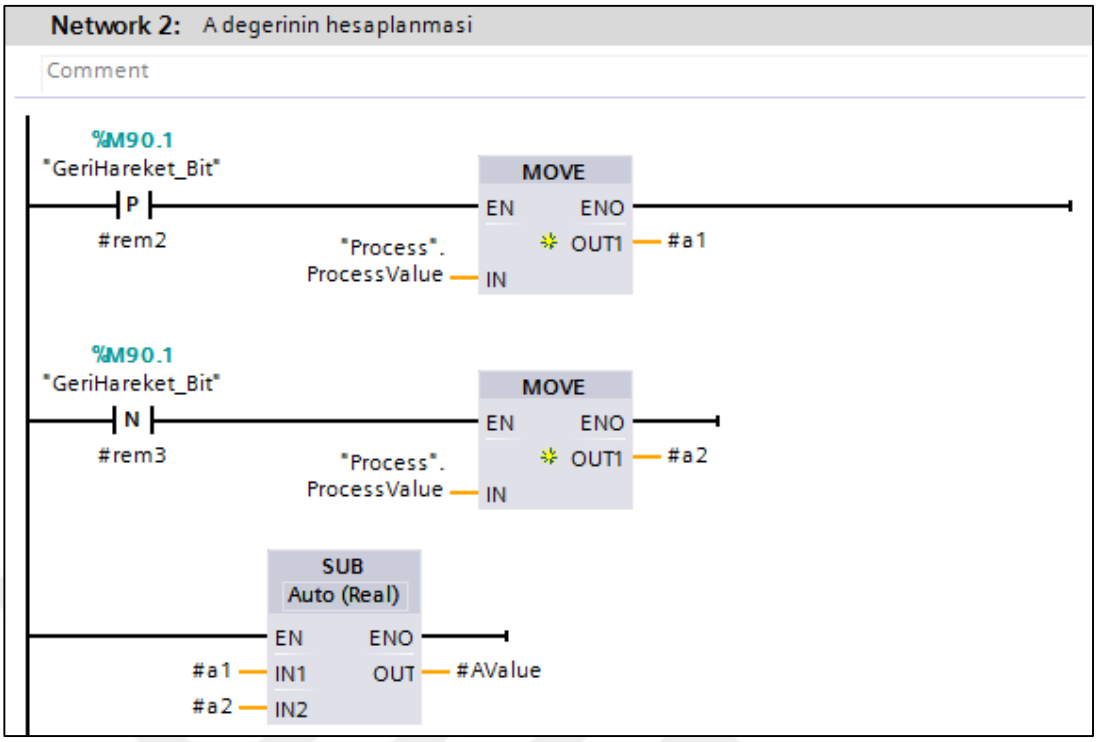
Şekil 5.51'de ise Network 5 ve network 6'ncı satırları görülmektedir. Bu satırlar DGM'nun aktif edildiği satırlardır. İleri/geri hareket bitlerinin aktif olmasına göre bu DGM'leri aktif olur. Darbe genişlik modüllerinin, hem ileri harekette hem de geri harekette genlikleri ise network 4 satırında belirlenmesi sağlanmıştır. Röle geri besleme yönteminin uygulandığı fonksiyonda görüldüğü üzere PID kontrolör kullanılmamaktadır. Şekil 5.45'deki kontrol yapısına göre TIA portal programında bu şekilde bir fonksiyon oluşturulmuştur. DGM'nun genliğinin arttırılması ile sisteme daha yüksek osilasyon yaptırılması sağlanmıştır. Genlik süresi bütün deneylerde olduğu gibi 3µs olarak ayarlanmış ve değiştirilmemiştir. Şekil 5.51'deki görülen network 5 kısmında ileri ve geri hareketi sağlayan valflerin doğrudan DGM tekniği ile kontrol edilmesinin sağlandığı CTRL_PWM fonksiyonları gösterilmiştir. Buna göre ileri hareketi sağlayan M90.0 biti enerjilendiğinde ileri yönde hareketi sağlayan valfin kontrolü DGM tekniği ile sağlanmaktadır. M90.1 biti enerjilendiğinde ise geri yönde hareketi sağlayan valfin kontrolü DGM tekniği ile gerçekleşmektedir. Bu ileri ve geri birlerin enerjilenmeside şekil 5.49'da gösterilen satırda gerçekleşmektedir. Elde edilen

hata değerine göre bitler enerjilenerek silindirin gitmesi gereken yönde hareketi gerçekleşmektedir.



Şekil 5.51 Röle geri besleme yönteminin fonksiyonun Network 5 ve 6'nci satırı

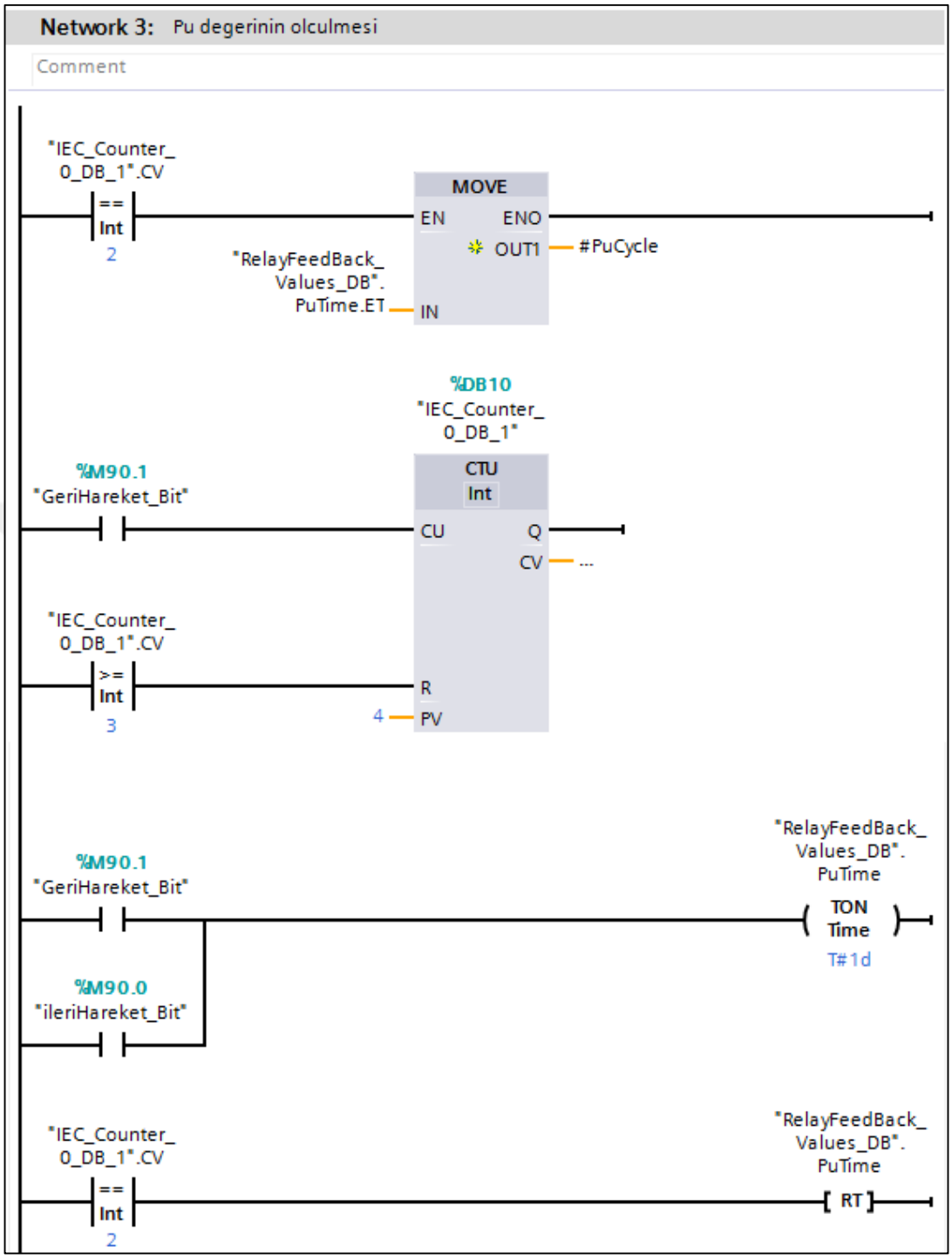
Röle geri beslemeli yöntemde sisteme bir salınım yaptırılması esas alınmaktadır ve bu salınım grafiğine göre gerekli parametreler belirlenmektedir. TIA portal programında grafikler programın sadece PID kontrolör fonksiyonundan alındığı için röle geri besleme yönteminde de PID kontrolör devre dışı bırakıldığında gerekli parametrelerin çalışma anında ölçümü için bir fonksiyon blok yazılmıştır. Bu fonksiyon blokta salınım boyu ve periyod değerleri ölçülmektedir. Şekil 5.52'de salınım ve şekil 5.53'de ise periyod değerlerinin ölçüldüğü network satırları görülmektedir.



Şekil 5.52. parametrelerin ölçüldüğü fonksiyon bloğun network 2'nci satırı

Şekil 5.52'de görülen networkde sistemin ileri ve geri harekete başladığı anlardaki mesafe değerleri elde edilerek, sistemin ileri ve geri hareket esnasında ne kadar bir salınım yaptığı programa hesaplatılmıştır.

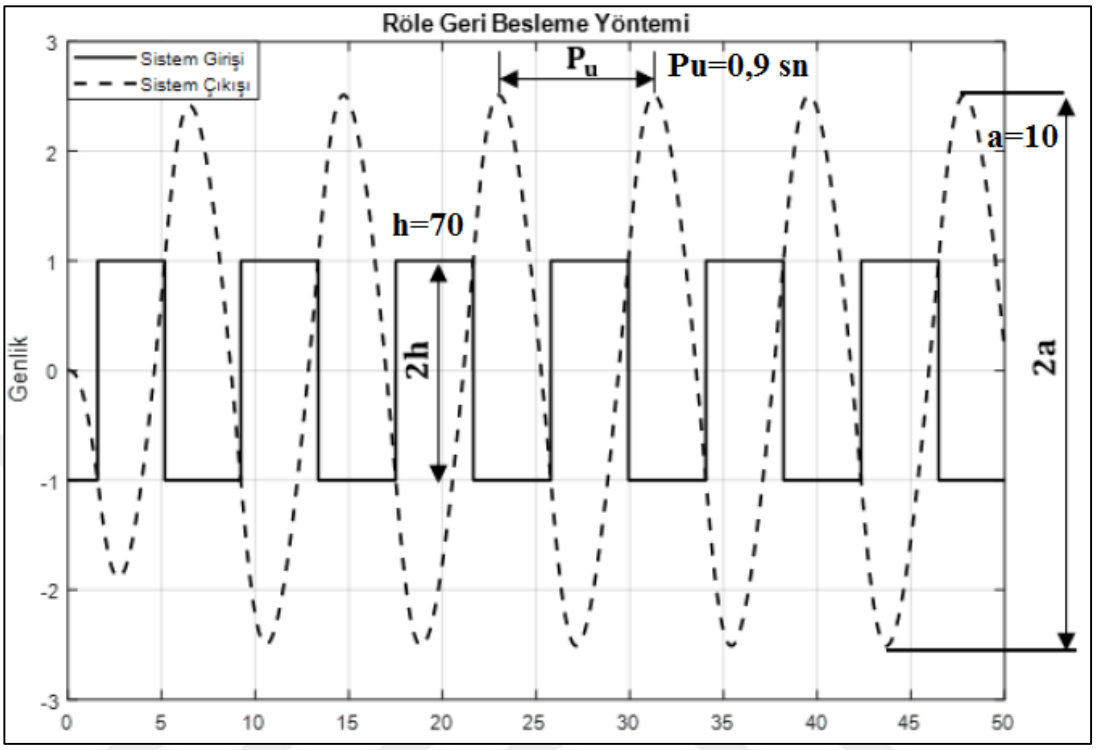
Şekil 5.53'de görülen network satırında ise sistemin salınım periyodunun süresinin hesaplanmasını sağlayan sistem oluşturulmuştur. Buradaki komut dizinine göre sistem bir salınım boyunca geçen süreiy hesaplayarak her salınım sonunda kendini sıfırlayarak sürekli salınım sürecini hesaplamaktadır.



Şekil 5.53 Parametrelerin ölçüldüğü fonksiyon bloğun network 3'ncü satırı

Sistem cevabında salınım görülebilmesi için kazanç değeri arttırılmıştır. 3 µs genlik süresine sahip DGM tekniğinin çalışabilmesi için darbe genliği yüzde 60'doluluk oranında iken sistem çalışmıştır. Bu değerin altında PLC DGM tekniğini aktif edememiştir. 70 değerinde hedeflenen salınım boyu elde edilmiştir.

Darbe genişliğinin yüzde 70 doluluk oranı ile ve 3 µs genlik süresine sahipken meydana getirilen salınım da el edilen katsayı değerleri şu şekilde olmuştur.



Şekil 5.54. Röle geri besleme yöntemi ile sistemde salınım oluşturulması

TIA portal programı üzerinden grafik değerleri almak mümkün olmadığı için gerekli parametrelerin elde edilebilmesi için bir fonksiyon bloğu yazılmıştı. Şekil 5.53 röle geri besleme yönteminin temsili bir grafiğini göstermektedir. Sistemin oluşturduğu salınıma göre değerler aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

Pu = 0,9 sn.

h = 70

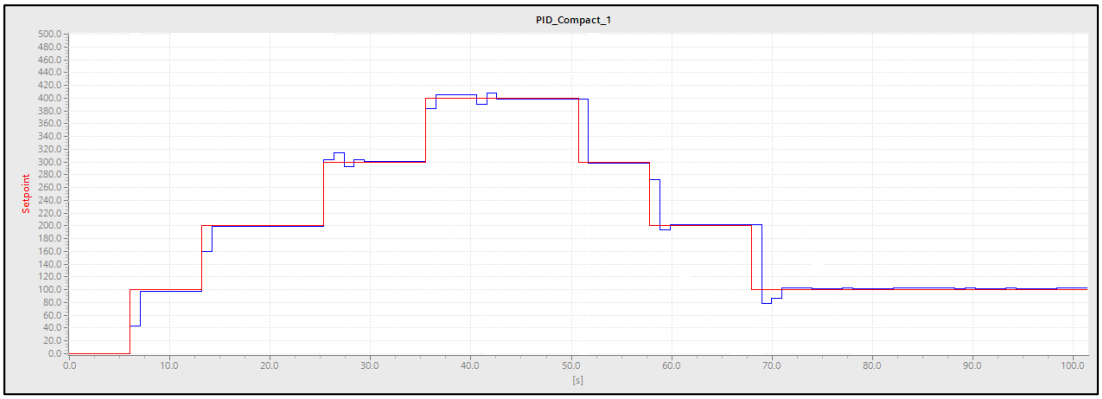
a = 10

Bu değerleri kullanarak denklem 5.1'den Ku değeri 8,92 olarak elde edilir.

Ku değeri ve Pu değeri bilindiğine göre tablo 5.21'den az aşım kısmından PID parametre değerleri;

Kp = 2,94, Ti = 0,45, Td = 0,3 olarak elde edilmiştir.

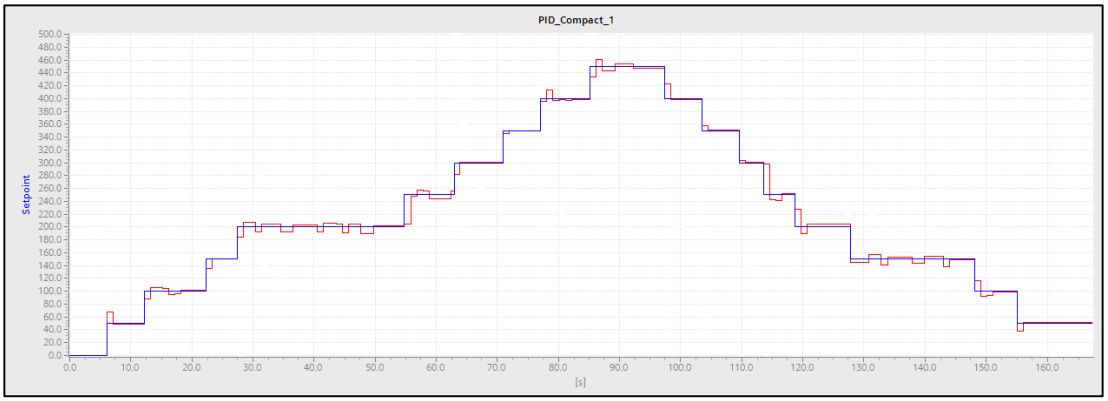
Bu değerler sisteme girilerek, sistem otomatik modda çalıştıldığında eld edilen grafik ve değerler aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.55. Röle geri besleme yönteme ile elde edilen katsayılar ile sistemin 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

Tablo 5.22. Röle geri besleme yönteme ile elde edilen katsayılar ile sistemin 100 mm. aralıklarla pozisyonlama kontrolünün gerçekleştirilmesi

Deney No	Referans mm.	Sistem cevabı mm.	Hata mm.
1	100	97,595	-2,405
2	200	198,83	-1,17
3	300	200,293	-99,707
4	400	398,709	-1,291
5	300	298,015	-1,985
6	200	201,823	1,823
7	100	102,414	2,414



Şekil 5.56. Röle geri besleme yönteme ile elde edilen katsayılar ile sistemin 100 mm. aralıklarla pozisyonlama uygulaması

Tablo 5.23. Röle geri besleme yönteme ile elde edilen katsayılar ile sistemin 50 mm. aralıklarla pozisyonlama kontrolünün gerçekleştirilmesi

Deney No	Referans mm.	Sistem cevabı mm.	Hata mm.
1	50	48,751	-1,249
2	100	101,125	1,125
3	150	150,102	0,102
4	200	201,587	1,587
5	250	249,254	-0,746
6	300	300,102	0,102
7	350	349,124	-0,876
8	400	398,454	-1,546
9	450	447,859	-2,141
10	400	398,878	-1,122
11	350	350,451	0,451
12	300	301,147	1,147
13	250	251,414	1,414
14	200	202,105	2,105
15	150	148,547	-1,453
16	100	99,524	-0,476
17	50	51,772	1,772

100 mm ve 50 mm lik toleranslarle gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamalrında oldukça başarılı sonuçlar alınmıştır. 100 mm mesafeli uygulamada sistem hiç osilasyona girmemiş 50 mm mesafeli uygulamada ise sadece iki kısımda osilasyon oluşmuştur.

Röle geri besleme yönteminde de elde edilen PID katsayıları ile gerçekleştirilen pozisyonlama uygulamalarında elde edilen neticeler PID katsayılarının otomatik olarak elde edildiği uygulamalardaki kadar başarılı sonuçlar vermiştir ve bu yöntemin PLC yazılımının sunduğu otomatik PID katsayılarının hesaplanması yöntemleri gibi başarılı olduğunu göstermektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

PID kontrol, oransal, integral ve türevsel kontrolden oluşmaktadır. Oransal kontrol, sistemin hatasını bir "K_p" sabiti ile çarparak kontrol işareti üretir ve mutlaka bir miktar kararlı hal hatası kalır. İntegral kontrol işleminde ise hatanın integrali alınır ve böylece kararlı hal hatasının ortadan kaldırılması amaçlanır. Türevsel kontrol ise sistemin geçici cevabını düzeltir. Darbe genişlik modülasyonu (PWM; Pulse Width Modulation = DGM; Darbe genişlik modülasyonu) bir dijital çıkışın genişliğini kontrol ederek farklı gerilim değerleri üretilmesini sağlar. Yani dijital kanalın analog sinyal gibi kullanılmasını sağlar.

Pnömatik sistemler havanın sıkıştırabilme özelliğinden dolayı çok yüksek doğrusal olmayan sistem özelliklerine sahiptirler. Bu yüzden matematiksel modellerini çıkarmak veya kontrol algoritmalarını oluşturmak çok zordur. Bu tezd endüstride çok sık kullanılan PID kontrol yöntemi DGM tekniği ile beraber kullanılarak, hızlı anahtarlamalı valfler ile hassas konum kontrolü gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu deney düzeneğinde, servo ve oransal valfler yerine aç / kapa tip elektromanyetik 3/2 yön kontrol valfleri kullanarak ucuz bir servo pnömatik sistem geliştirilmiştir ve pnömatik silindirin istenen mesafede belirlenen dar toleranslar içerisinde hassas konumlandırılması amaçlanmıştır.

İki tip 3/2 aç/kapa elektromanyetik yön kontrol valfi kullanılmıştır. Bunlardan biri 1,7 ms kapama süresine sahip iken diğer 30 ms süresine sahiptir. Yapılan deneysel çalışmalarda 30 ms açma/kapama süresine sahip olan valflerin bu konumlandırma için uygun olmadığı görülmüştür. Deney sonuçları hızlı anahtarlamalı valfler ile elde edilmiştir. Silindirin yönlendirilmesi amacıyla kullanılan 5/2 valf devreden çıkarılarak sadece 3/2 hızlı anahtarlamalı valfleri kullanarak yapılan deneylerde de başarılı sonuçlar elde edilmiştir. İlk deneysel çalışmalarda sadece PID yöntemleri kullanılarak pnömatik silindirin konumlandırılmasına çalışılmıştır. Fakat PID yöntemleri kullanılarak, oransal, integral ve türevsel katsayıların düzeltilmesi ile aşma (overshoot) miktarının $\pm$ 5 mm yi geçmemesi sağlanamamıştır. Aşma çok yüksek olduğu için

yumuşak grafikler elde edilememiş, sistemin de oturması çok uzun süre almıştır. Sadece PID kontrol yöntemi kullanılarak yapılan deneysel çalışmalarda valfin açık kalma süresi pnömatik silindirin osilasyona düşmesine neden olmuştur. Bu osülasyonun azaltılması ve pnömatik silindirin referanslar içerisinde konumlandırılması uzun zaman almıştır.

Valfin içerisinden geçen havayı azaltarak pnömatik silindirin bir darbe süresince (bir anahtarlama) daha kısa hareket etmesini sağlamak için darbe genişlik modülasyonu (Pulse width modulation; PWM) tekniği PID ile beraber kullanılmıştır. İlk önce optimum darbe genişlik süresi belirlenmeye çalışılmıştır. "Fine tuning" modunda "Ziegler – Nichols PID" yöntemi ile PLC'nin optimum PID kazanç değerlerini bulması sağlanmıştır ve bulunan değerler ile deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. DGM iş çevrim süresi ne kadar büyük seçilirse sistemin oturma zamanı uzamıştır. Bu nedenle iş çevrim süresi 3 µs 'de en iyi sonuçlar elde edilmiştir. PID kontrolörün darbe genişlik modülasyonu ile beraber kullanılması sonucu sistem oransal çalışan servo pnömatik bir sistem gibi kontrol edilmiştir.

Uygun darbe genişlik süresi belirlendikten sonra PID katsayılarının belirlenmesinde kullanılan otomatik ayarlama yöntemlerinin hepsi ile PID katsayıları belirlenerek aynı şartlarda konumlandırma çalışmaları gerçekleştirilmiştir. PID katsayılarının belirlenmesinde TIA portal programının PID bloğunun otomatik ayarlama yöntemleri ve röle geri besleme yöntemi kullanılmıştır. Otomatik ayarlama ve röle geri besleme yöntemi ile elde edilen sonuçlarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir. PID katsayılarının deneme yanılma yöntemi ile belirlenmesinde çok zorluklar ile karşılaşılmıştır ve PID katsayılarının değiştirilerek deneme yöntemi ile bulunması hem uzun zaman almış hem de başarılı sonuçlar elde edilmesi çok güç olmuştur. PID katsayılarının sisteme etkisi şu şekilde gözlemlenmiştir.

1. İleri geri hareketi sağlayan valflerin bobinlerinin enerjilendirme sürelerine etkisi
2. DGM'nün genliğinin değişimine olan zamanı etkisi. Yani DGM'nün genliğinin değişim hızı.

İntegral etki değeri düşürüldüğünde DGM'nun genlik değeri çok hızlı şekilde değişmektedir. Bu durumda da sistem başarılı bir konumlandırma yapmak için gerekli cevap hızına erişememekte ve sistem sürekli osilasyonda kalmaktadır. Oransal kazanç

değerini yükseltmekte valflerin bobinlerinin tetikleme süresini hızlandırmaktadır. Bu durumda da sistem sürekli osilasyonda kalmaktadır, Çünkü sistemde kullanılan PLC'nin analog değeri işleme hızı ve cevap süresi tetikleme süresinin hızına yetişememektedir.

İlk uygulamalarda 3/2 valflerin egzoz çıkışlarına birer akış kontrol valfi konulmuş ve egzoz yapılan hava bu valfler ile kontrol edilmiştir. Fakat PLC konumlandırmayı gerçekleştirdikten sonra yön denetim valfinin içinde biriken havanın tahliye edilmesi sırasında valfler enerjilenmeden bile tahliye edilen hava yüzünden pnömatik silindir hareket ederek tolerans dışına çıkmıştır.

Hızlı anahtarlamalı valflerin PLC ile DGM kontrolünün yapılabilmesi için PLC'nin DGM dijital çıkışının valflerin bobinine direk bağlanması gerekmektedir. Başka bir PLC rölesi üzerinden bağlantı yapılırsa PLC rölelerinin açma ve kapama zamanları bu valflere göre yüksek olacağı için valflerin hızlı anahtarlamalı özellikleri kullanılmamış olur.

Sistem üzerinde olumsuz etkisi olan durumlar ise şu şekilde özetlenebilir.

- Yüksek basınç; yüksek basınç özellikle hortum ek yerleri ve valflerin hortumlarla bağlantı kısımlarında hava kaçaklarının daha çok artmasına sebep olmaktadır.
- Hava kaçakları; sistemi en çok etkileyen olumsuz özelliklerin başında hava kaçakları meydana gelmektedir. Çünkü hava kaçakları arttıkça sistemde aşmalar meydana gelmektedir ve PLC örnekleme zamanında gerekli kontrolleri gerçekleştiremediği için hataya geçmektedir.
- Pnömatik silindir ile lineer cetvelin birbirine düzgün montajı; eğer düzgün montaj yapılmaz ise silindir ve cetvel düzgün hareket etmez ve kasmalara neden olur, hareketin düzgün ilerlememesi de sistemin referanslarda konumlandırılmasına engel olur ve oturma zamanını oldukça uzatır. Refenas değerin sürekli altında ve üstünde çalışmasına sebep verir, osülasyona düşmesine neden olur. Sistemin osülasyona geçmesinin önüne geçmek için pnömatik silindir ile lineer potansyometrenin çok düzgün bir şekilde harekt etmesi gerekmektedir. Yoksa silindir gitmesi gerektiği kısa mesafeyi bu kasılma yüzünden gidemez ve sürekli referans değerinin etrafında aç-kapa yapar.

- Hortum uzunlukları da sistemin kontrolünü olmuşuz etkelemektedir. Hortumlar mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Böylece sistemi olumsuz etkileyecek hava miktarı azaltılmış olur.

Ayrıca PLC programlama da dikkat edilecek hususlar şu şekilde sıralanabilir.

- PID fonksiyonları matematiksel işlemlerini tamamlayabilmeleri için bir zaman ihtiyaç duyarlar. Ayrıca sistemin kararlı davranması açısından prosesten sabit zaman aralıklarında veri okumak ve yazmak isterler. Dolayısıyla ana/çevrimsel OB ve bir alt program (FC, ya da FB) içerisine yazılmaları doğru değildir. Bu amaçla çevrimsel kesme OB'lerinin (OB 30, …) gibi yazılmaları gerekir.
- Ayrıca PID fonksiyonları önüne herhangi bir bit konulup devre dışı bırakılmamalıdır, Çünkü bu şekilde devre dışı bırakılırsa PID daha önce hesapladığı değerleri siler.
- PID fonksiyonunda sürekli değer değişikliği yapılırsa, fonksiyonun resetlenmesi yada CPU'nun durdurularak yeniden başlatılması gerekebilir.
- PID yapılandırılması doğru yapılmalıdır, yoksa kontrolör çalıştırılamayabilir.
- PID özel data bloğundaki değerler program içersinde birden fazla yerlerde sıklıkla kullanılmamalıdır. Özellikle mod seçimlerinin tek bir yerden kontrol edilmesi sağlanmalıdır.

Bundan sonraki yapılacak çalışmalar için önerilerim şu şekildedir:

- Daha yüksek çözünürlüğe (resolution) sahip bir lineer potansiyometre (transducer) , ya da lineer potansiyometrenin bağlandığı analog kanalın daha yüksek çözünürlüğe sahip olan bir analog modül kullanılarak PLC'nin veri işleme kabiliyeti daha iyileştirilebilir.
- Daha yüksek frekans değerlerinde çalışabilen (100 kHz üzeri) dijital çıkışlar kullanılarak darbe genişlik modülü kontrol sisteminin yüksek frekanslarda çalışması sağlanabilir.
- Sistemde kullanılan PLC'nin versiyonu 3.0 idi, 4.2 veya daha yüksek versiyonlu PLC'lerde kullanıcı programından cycle time da çalışma esnasında (run time) değiştirme imkanı sağlayabiliyor, bu imkanı da sağlayan bir PLC kullanarak hem darbe genişliğini hem de çalışma süresini programdan kontrol ederek bir çalışma gerçekleştirilebilir. Döngü zamanının (Cyclic time) değiştirilebilme imkanı

sağlayan PLC'lerde TIA portal programında PTO/PWM ayarlarında Pulse Option kısmında "Allow runtime modification of the cycle time" seçeneğinin kutucuğu aktifleştirilerek bu özelliğin kullanımı sağlanmaktadır.

- Sistemde kullanılan PLC'nin yerine daha hızlı ve daha iyi cevap süresine sahip Siemens S7-1500 serisi bir PLC kullanılabilir.
- Kayar rejimli kontrol ve ya bulanık mantık kontrol sistemleri de benzer bir düzenekte kullanılarak daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

Bu tezin deneysel çalışmaları esnasında elde edilen grafikler .bmp ve .jpg formatında, sonuçlar excel formatı olan xlsx formatında, deneysel çalışmalar esnasında oluşturulan TIA Portal yazılımı da .ap13 uzantılı olarak CD ek'inde dijital olarak verilmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Festo, *Temel Seviye Pnömatik Eğitim Notları v.1.0*, Kocaeli, 2014 .

[2] Eminoğlu Y., *Pnömatik Elektropömatik Kumanda*, 2'nci Baskı, İstanbul, 2006.

[3] Akyıldız D, Pnömatik Bir Sistemin Tanımlanması ve Gerçek Zamanlı Model Öngörülü Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2004, 151589.

[4] Akdağ F.N., Pnömatik Konum Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006, 223119.

[5] Topçu E.E., Yüksel İ., Elektropnömatik Bir Sistemde Konum Denetiminin Araştırılması, *III. Ulusal Hidrolik ve Pnömatik Kongresi ve Sergisi*, İzmir, 4-7 Aralık 2003.

[6] Gezici H., Pnömatik Sistemlerde Konum Geri Beslemesi Yapılarak Basınç Ayarlanması İle Hassas Konum Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 2014, 374691.

[7] Industry Support Siemens, https://support.industry.siemens.com/cs/start?lc=tr-TR, (Ziyaret tarihi: 02.01.2016).

[8] http://www.gefran.com/en/products/69-pc-with-cylindrical-case, (Ziyaret tarihi: 11.11.2016).

[9] http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/plc-montaji-ve-giris-cikis-baglantilari/17432#ad-image-0, (Ziyaret tarihi: 10.11.2016).

[10] https://industrial.omron.com.tr/tr/products/g2rv, (Ziyaret tarihi: 11.11.2016).

[11] https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=32835&part_number=SY5220-5DZ-01F-Q, (Ziyaret tarihi: 11.11.2016).

[12] https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=158138&part_number=CP96SDB32-500C, (Ziyaret tarihi: 11.11.2016).

[13] http://www.icpdas.com/root/product/solutions/datasheet/industrial_ethernet_switch/NS-105A_%20NS-205_NS-205A_datasheet.pdf, (Ziyaret tarihi: 11.11.2016).

[14] Birok E., Yüksek Mertebeden Teorik Bir sistemin S7-300/400 Tipi PLC için Sayısal Benzetim ile Dijital PID Kontrolör Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2013, 350307.

[15] Eminoğlu Y. *PLC Programlama ve S7-1200*, 4'ncü Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2014.

[16] Koç İ.M., Hassas ve Katı Pnömatik Konum Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1998, 75303.

[17] Cihan S., Pnömatik Konum Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1999, 98399.

[18] Öz B., Pnömatik Bir Sistemin Nonlineer Modellenmesi ve Model Öngörülü Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Istanbul, 2014, 356036.

[19] Topçu E.E., Elektropnömatik Bir Sistem İçin Valf Tasarımı ve Denetim Tekniklerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2005, 168281.

[20] Kamel H.A., Laboratuarda Gerçek Zamanda Klasik PID Kontrolörlerin Matlab Simulink Uygulamasının PLC Uygulaması ile Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016, 427940.

[21] Akkaya A.V., Drvilgen S.H., Erdem H.H. ve Çetin B., Simulink Kullanarak Bir Pnömatik Sistemin Simülasyonu, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, DOI: 6 (2): 152-162.

[22] Benjamin C.K., *Automatic Control System*, 7rd Edition, Prentice-Hall International Editions., India, 2004.

[23] Bingül *Z*., *Matlab ve Simulinkle Modelleme ve Kontrol 1*, 1'nci Baskı, Birsen Yayınevi, Istanbul, 2005).

[24] Hurma H.N., PID Kontrölör ve PLC Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1998, 75219.

[25] Doğan M., Öz ayarlamalı PID Kontrolör, PLC Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006, 198684.

[26] Kocaarslan İ., Kontrol Sistemleri, İstanbul Üniversitesi, Elektrik – Elektronik Mühendisliği, Ders Notları.

[27] Turan S., Elektro-Mekanik Sistemlerin Darbe Genişlik Modülasyon Tekniği İle Sürülmesi ve Denetiminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitisü, Bursa, 2009, 246427.

[28] Markaroğlu H., İntegral Yığılması Problemine Karşın Yeni Bir Yaklaşım, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Istanbul, 2006, 221961.

[29] Arslan S. *PLC Programlama ve Otomasyon 1*, 1'nci Baskı, İstanbul 2012.

[30] https://support.industry.siemens.com, (Ziyaret Tarihi. 24.01.2015).

[31] Poyraz S.B., Pnömatik İki Eksenli Bir Kartezyen Robot Sistemi İle Malzeme Taşıma Otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2010, 283563.

[32] Siemens, Simatic STEP 7 Professional V13 SP 2, Using Technology Functions, Programming and Operating Manual, 03/2017 10743.

[33] Siemens, S7-1200 Programmable Controller, System Manual 09/2016.

[34] Siemens, 3-Point Stepper Control with PID 3Step May 2013.

[35] Festo; Solenoid valves MH2/MH3/MH4, fast-switching valves.

[36] Festo; Positioners CMSX.

[37] Cajetinac S., Seslija D., Aleksandrov S., Todorovic M., PWM Control and Identification of Frequency Characteristics of a Pneumatic Actuator using PLC Controller, *Electronics and Electrical Engineering*, 2012 No.7 (123), 21-26.

[38] Gyeviki J., Sarosi J., Csikos S., Position Control of Pneumatic Actuators with PLC, 2011 *IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM2011)* Budapest, Hungary, July 3-7, 2011.

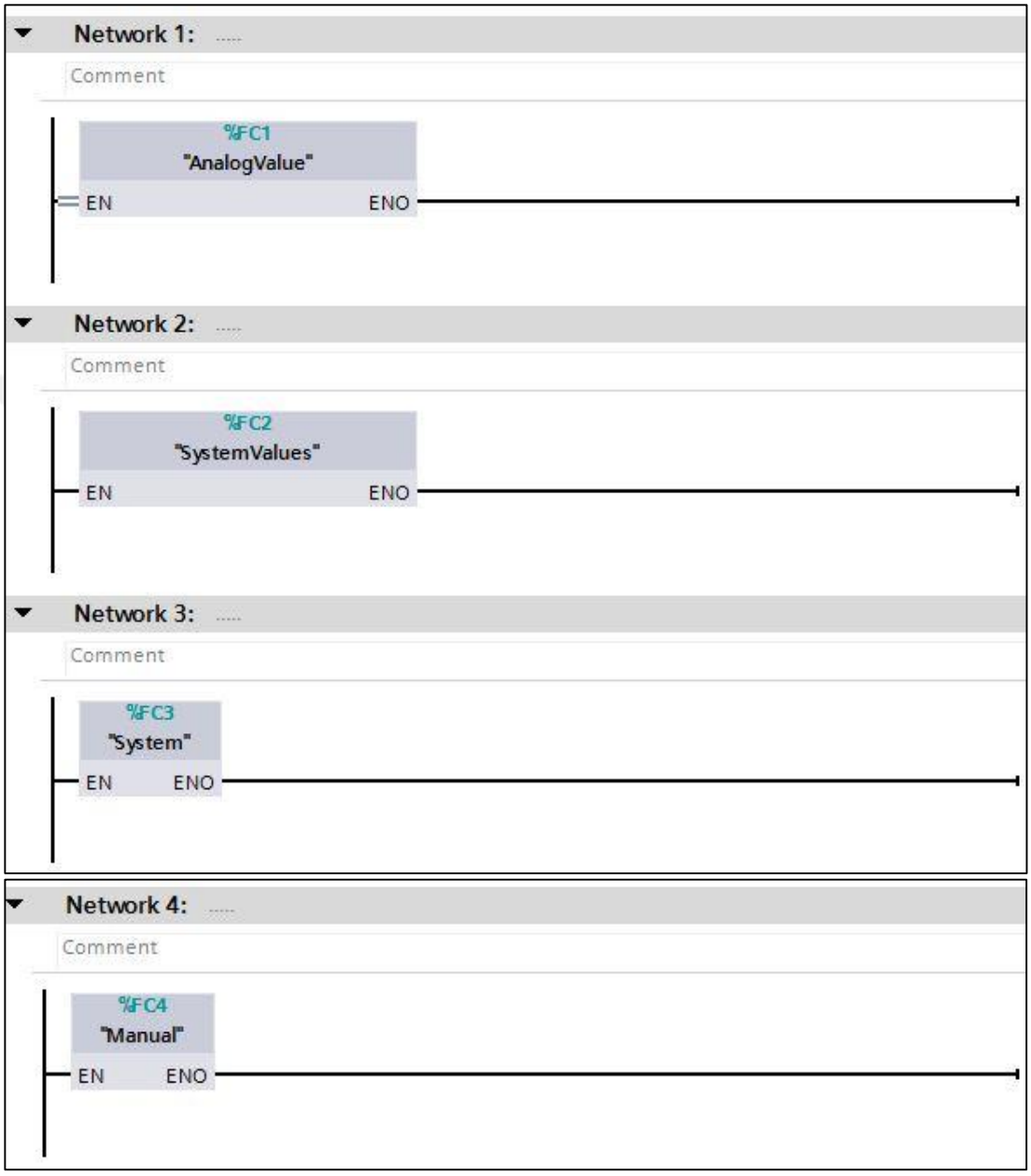
[39] Kurtulan S., *PLC ile Endüstriyel Otomasyon, Simatic TIA Portal S7-1200 Uygulamaları*, 7.Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2017.

[40] Wilson D.I., Relay - Based PID Tuning, *Automation and Control*, Feb/March, 2005, 10-12.

EKLER

EK-A : PLC Programı,

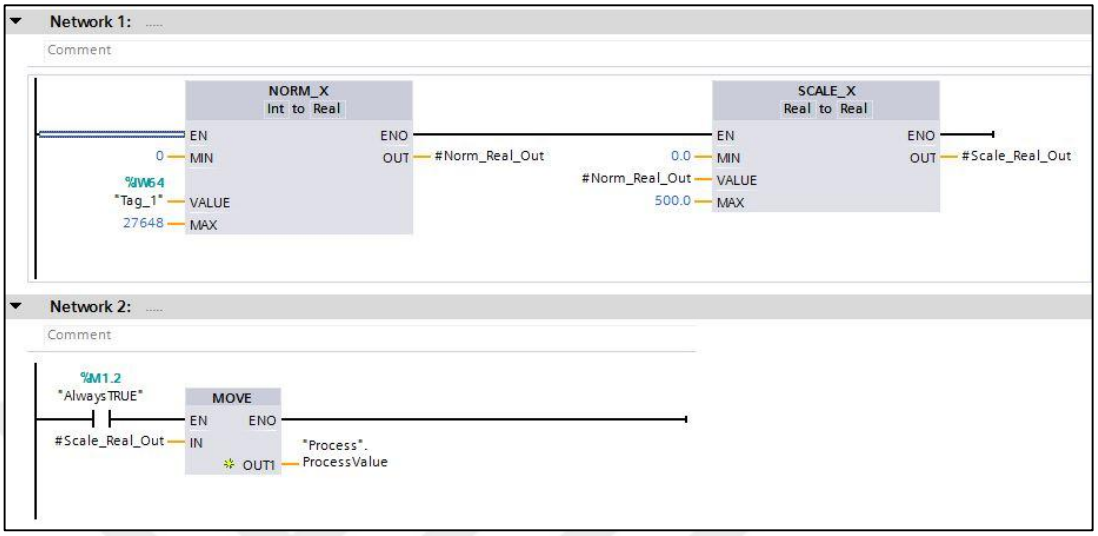
OB 1 Bloğu



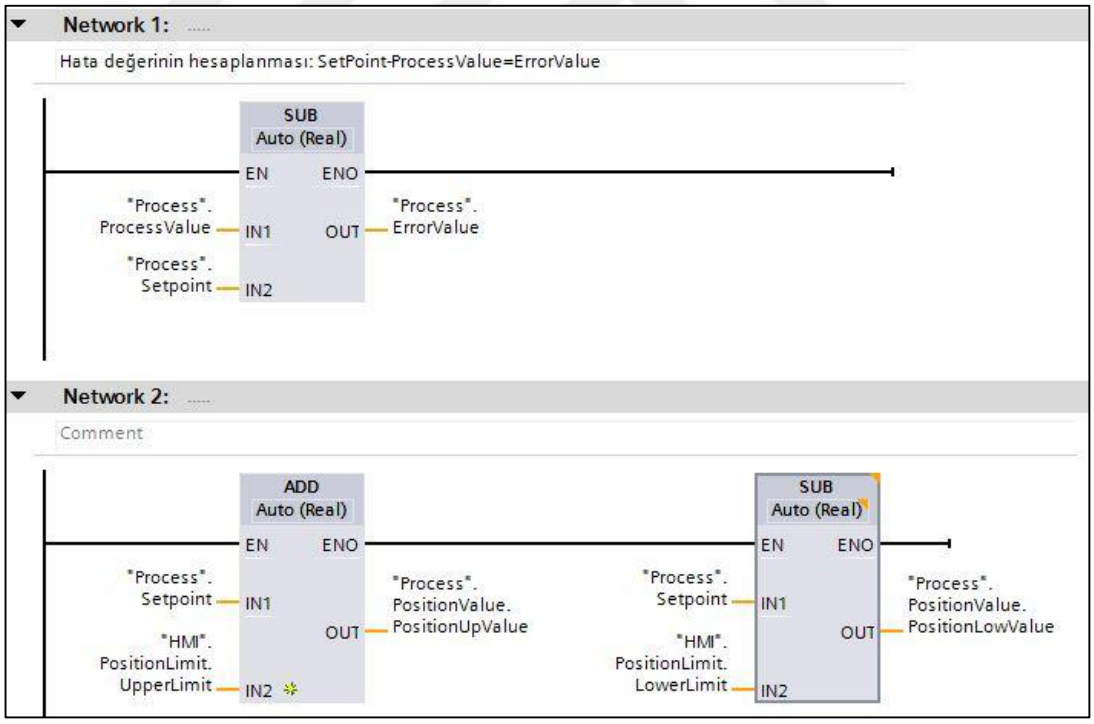
Şekil A.1. OB 1 bloğu

EK-A : PLC Programı,

FC1 ve FC2 Fonksiyonları



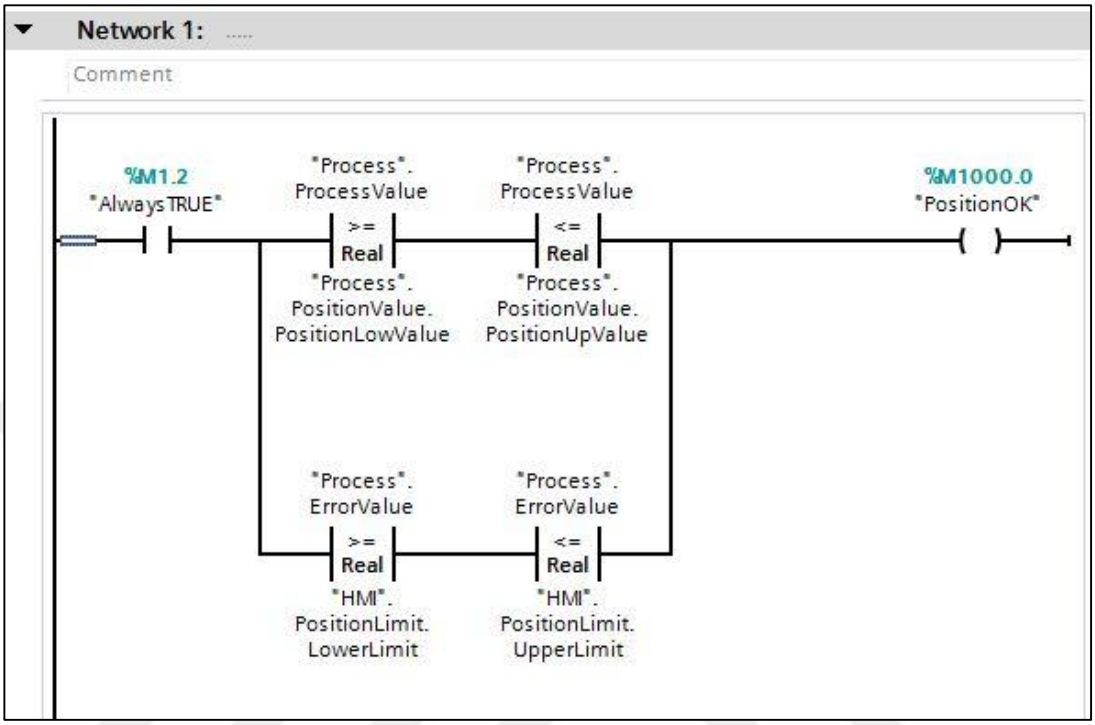
Şekil A.2. FC1 fonksiyonu



Şekil A.3. FC2 fonksiyonu

EK-A : PLC Programı,

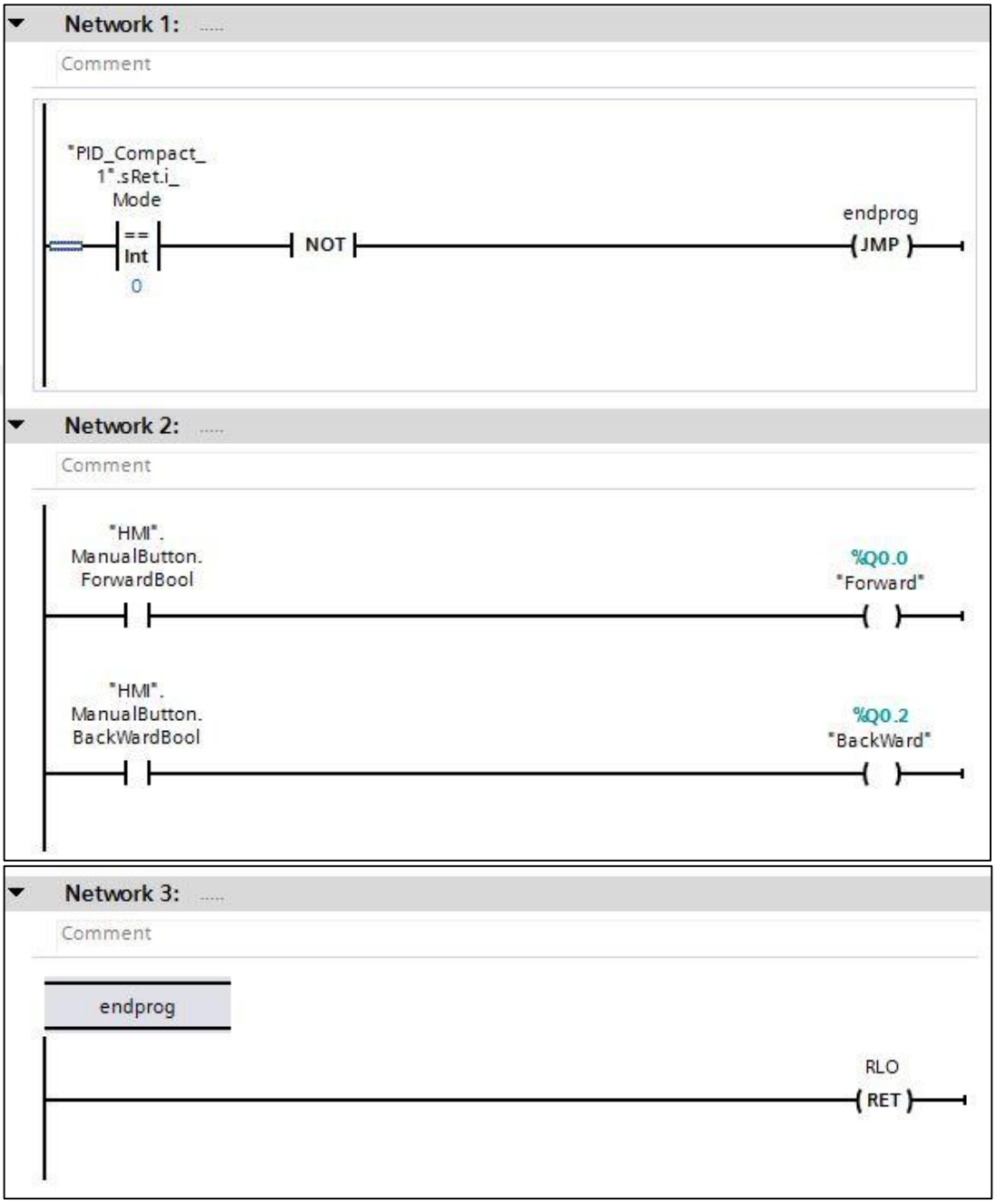
FC3 Fonksiyonları



Şekil A.4. FC3 fonksiyonu

EK-A : PLC Programı,

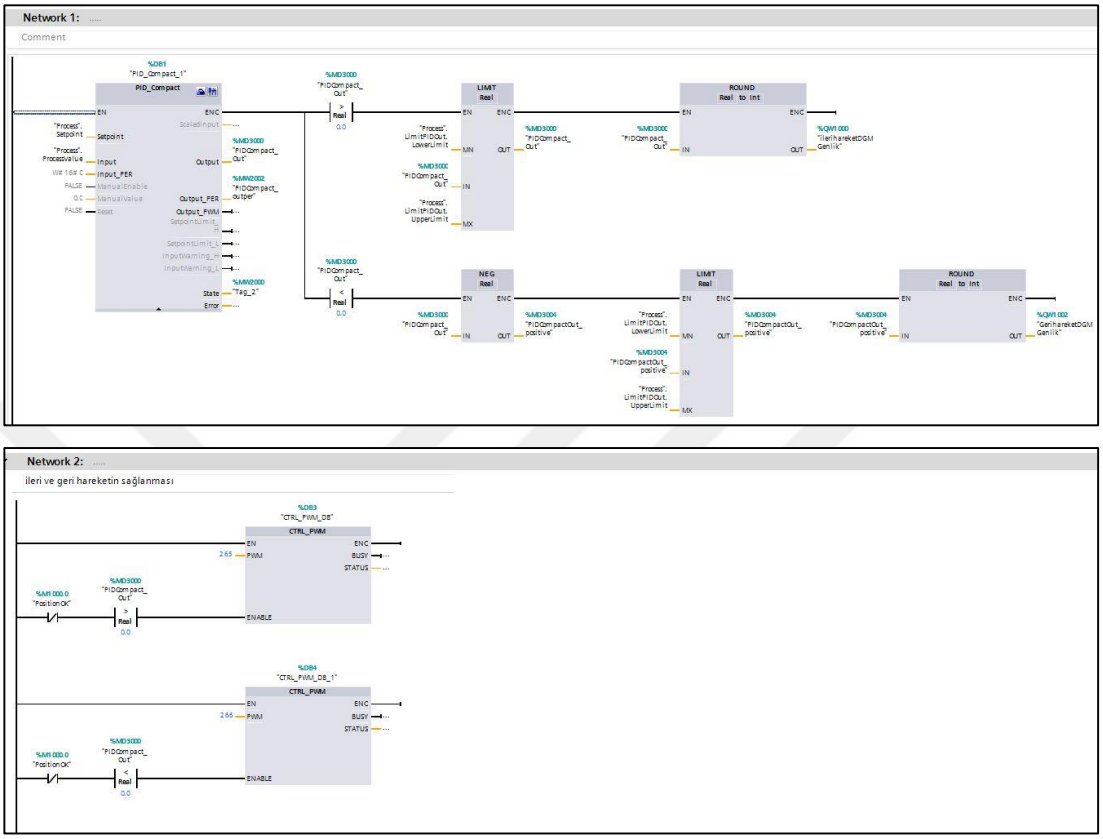
FC4 Fonksiyonu



Şekil A.5. FC4 Fonksiyonu

EK-A : PLC Programı,

OB 30 Zaman Kesmesi



Şekil A.6. FC4 Fonksiyonu

EK-A : PLC Programı

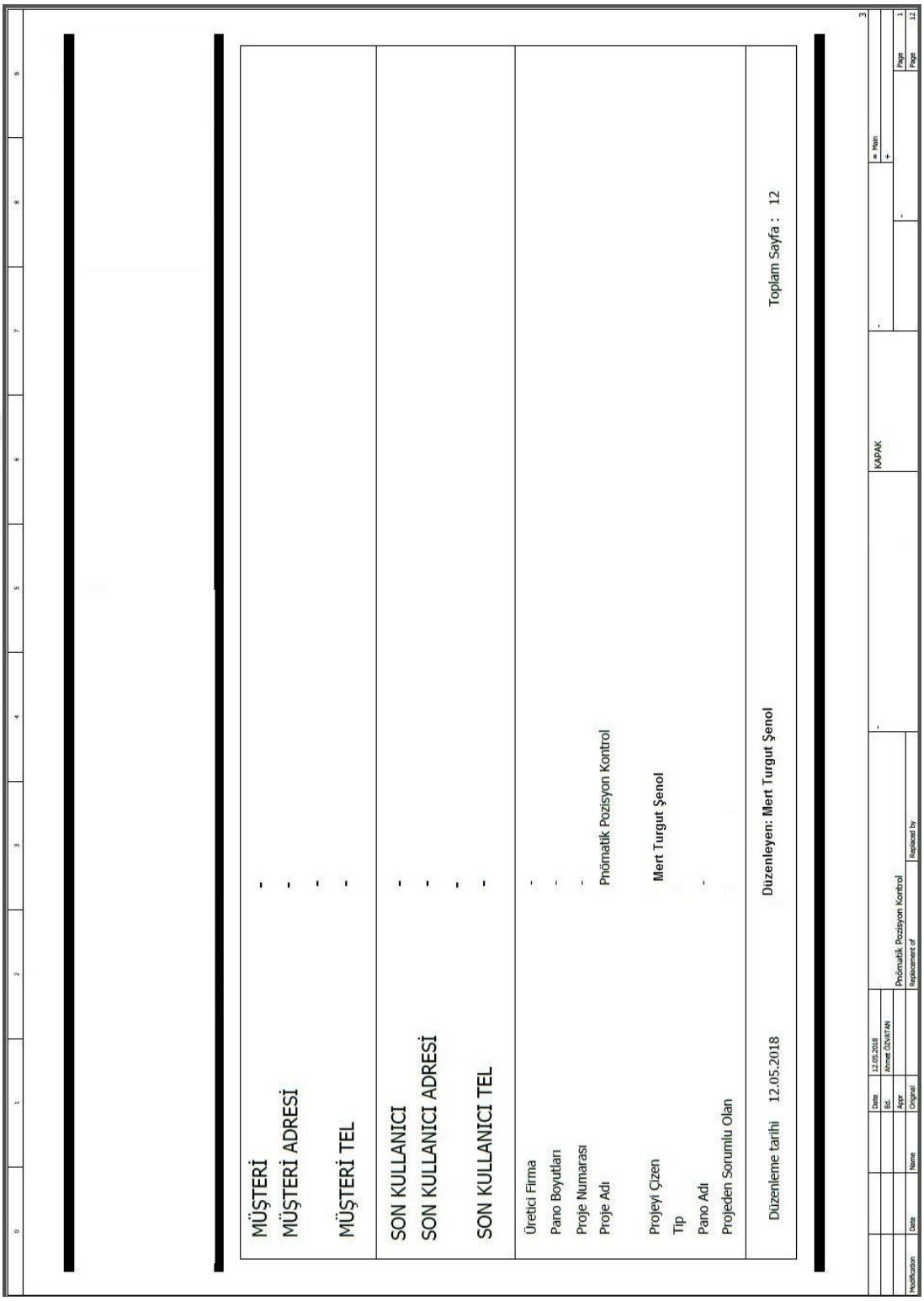
PLC Etiket (Tag) Tablosu

PLC tags

	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...
1	Tag_1	Default tag table	Int	%IW64			
2	Tag_2	Default tag table	Int	%MW2000			
3	PIDCompact_outper	Default tag table	Word	%MW2002			
4	Tag_4	Default tag table	Word	%MW2004			
5	PIDCompact_Out	Default tag table	Real	%MD3000			
6	ilerihareketDGMGenlik	Default tag table	Int	%QW1000			
7	PIDCompactOut_positive	Default tag table	Real	%MD3004			
8	PositionOK	Default tag table	Bool	%M1000.0			
9	PosOKileri	Default tag table	Bool	%M1000.1			
10	Tag_6	Default tag table	Bool	%M100.2			
11	PosOKGeri	Default tag table	Bool	%M1000.2			
12	System_Byte	Default tag table	Byte	%MB1			
13	FirstScan	Default tag table	Bool	%M1.0			
14	DiagStatusUpdate	Default tag table	Bool	%M1.1			
15	AlwaysTRUE	Default tag table	Bool	%M1.2			
16	AlwaysFALSE	Default tag table	Bool	%M1.3			
17	Clock_Byte	Default tag table	Byte	%MB0			
18	Clock_10Hz	Default tag table	Bool	%M0.0			
19	Clock_5Hz	Default tag table	Bool	%M0.1			
20	Clock_2.5Hz	Default tag table	Bool	%M0.2			
21	Clock_2Hz	Default tag table	Bool	%M0.3			
22	Clock_1.25Hz	Default tag table	Bool	%M0.4			
23	Clock_1Hz	Default tag table	Bool	%M0.5			
24	Clock_0.625Hz	Default tag table	Bool	%M0.6			
25	Clock_0.5Hz	Default tag table	Bool	%M0.7			
26	Forward	Default tag table	Bool	%Q0.0			
27	BackWard	Default tag table	Bool	%Q0.2			
28	GerihareketDGMGenlik	Default tag table	Word	%QW1002			
29	<Add new>						

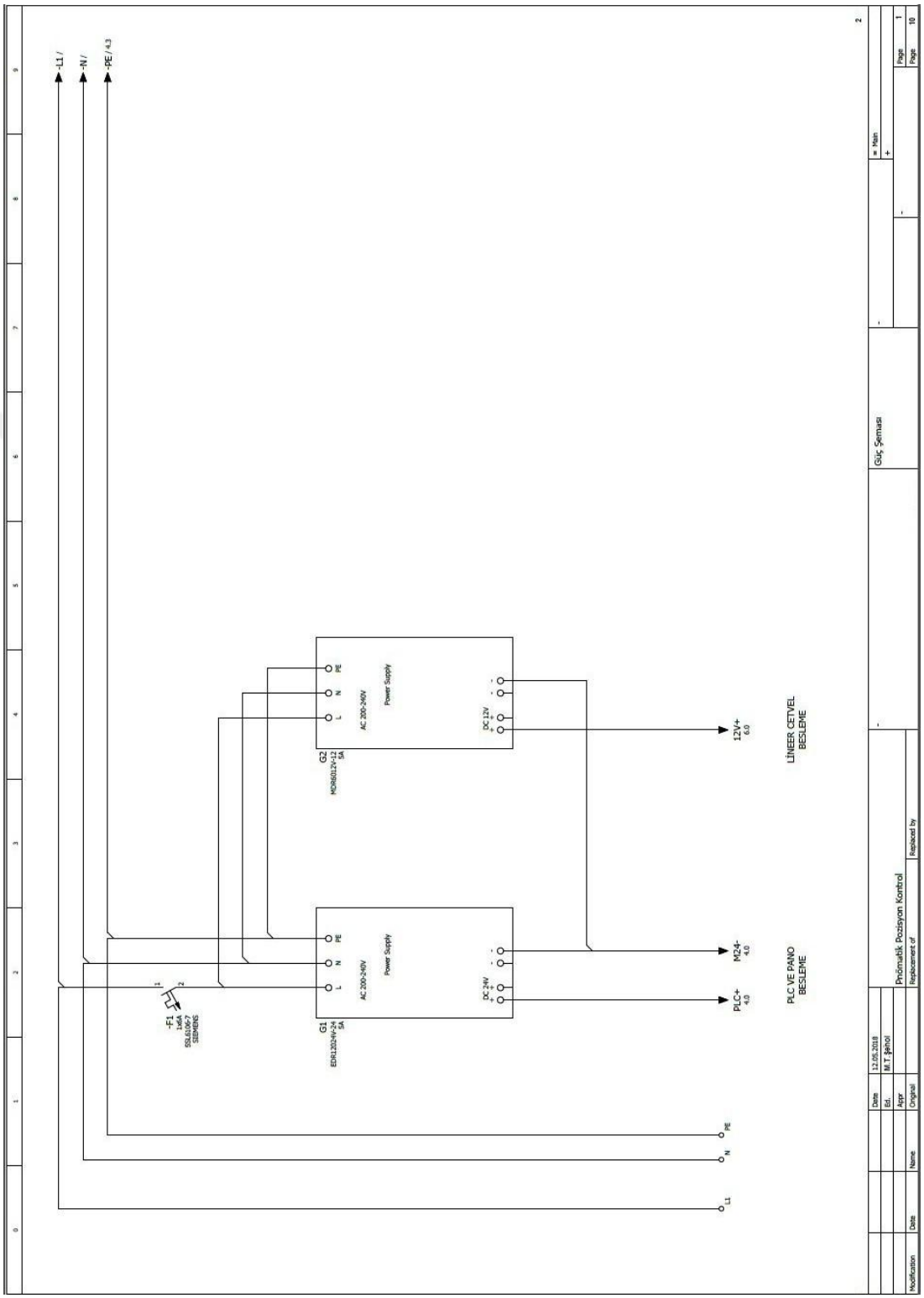
Şekil A.7. FC4 Fonksiyon

EK-B: Elektrik Şeması



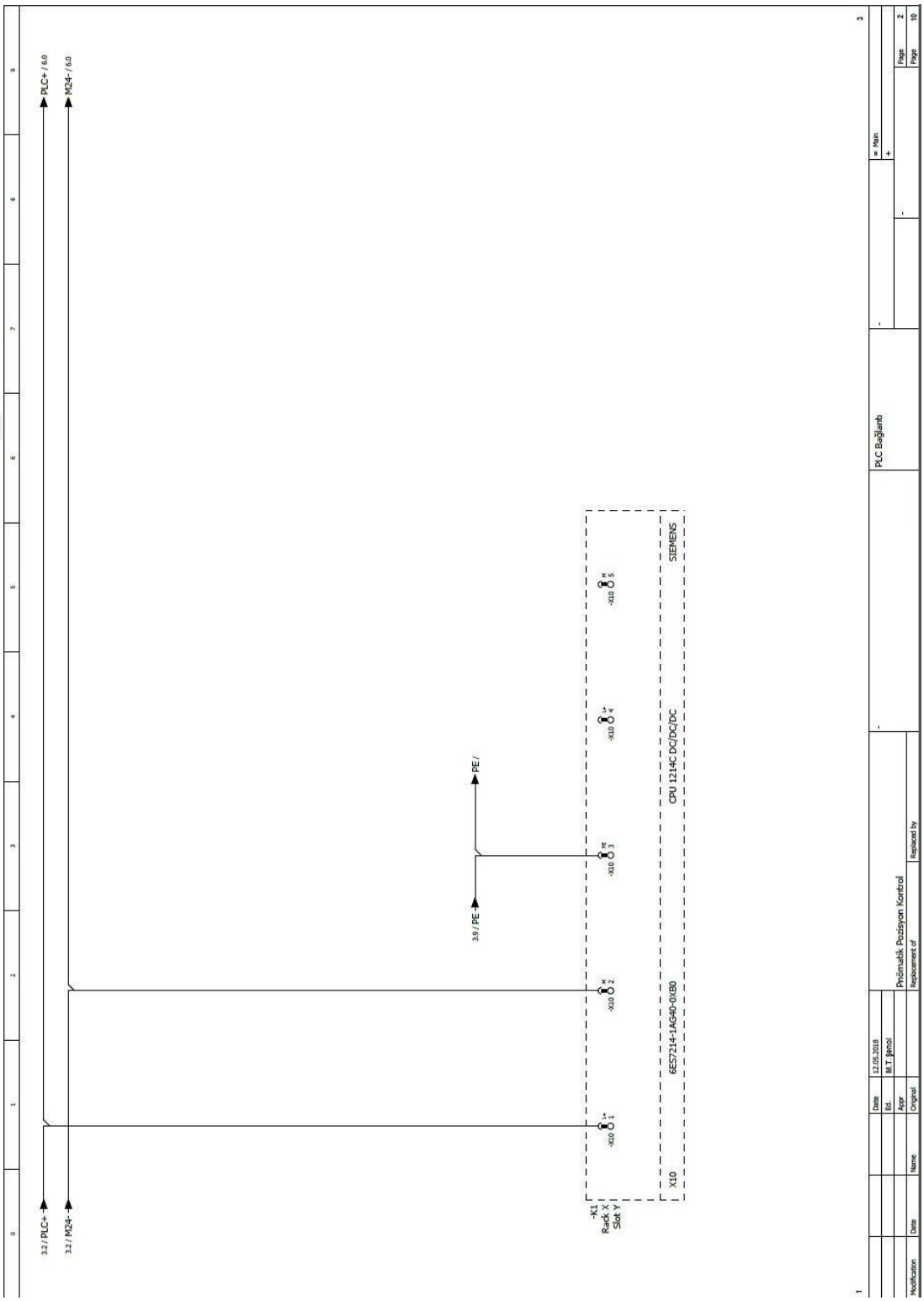
Şekil B.1. Elektrik projesi kapak sayfası

EK-B: Elektrik Şeması



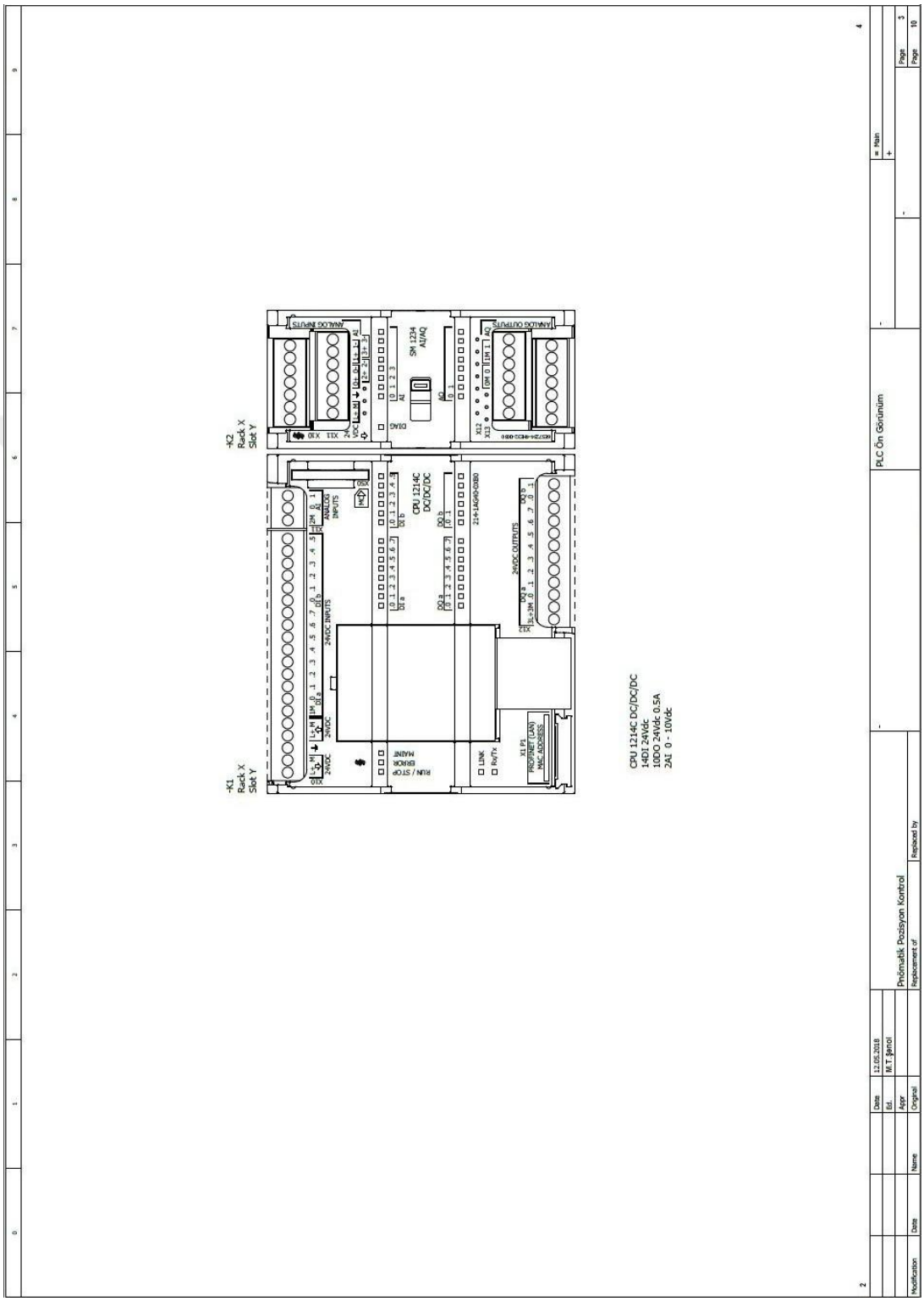
Şekil B.2. Güç kaynağı bağlantıları

EK-B: Elektrik Şeması



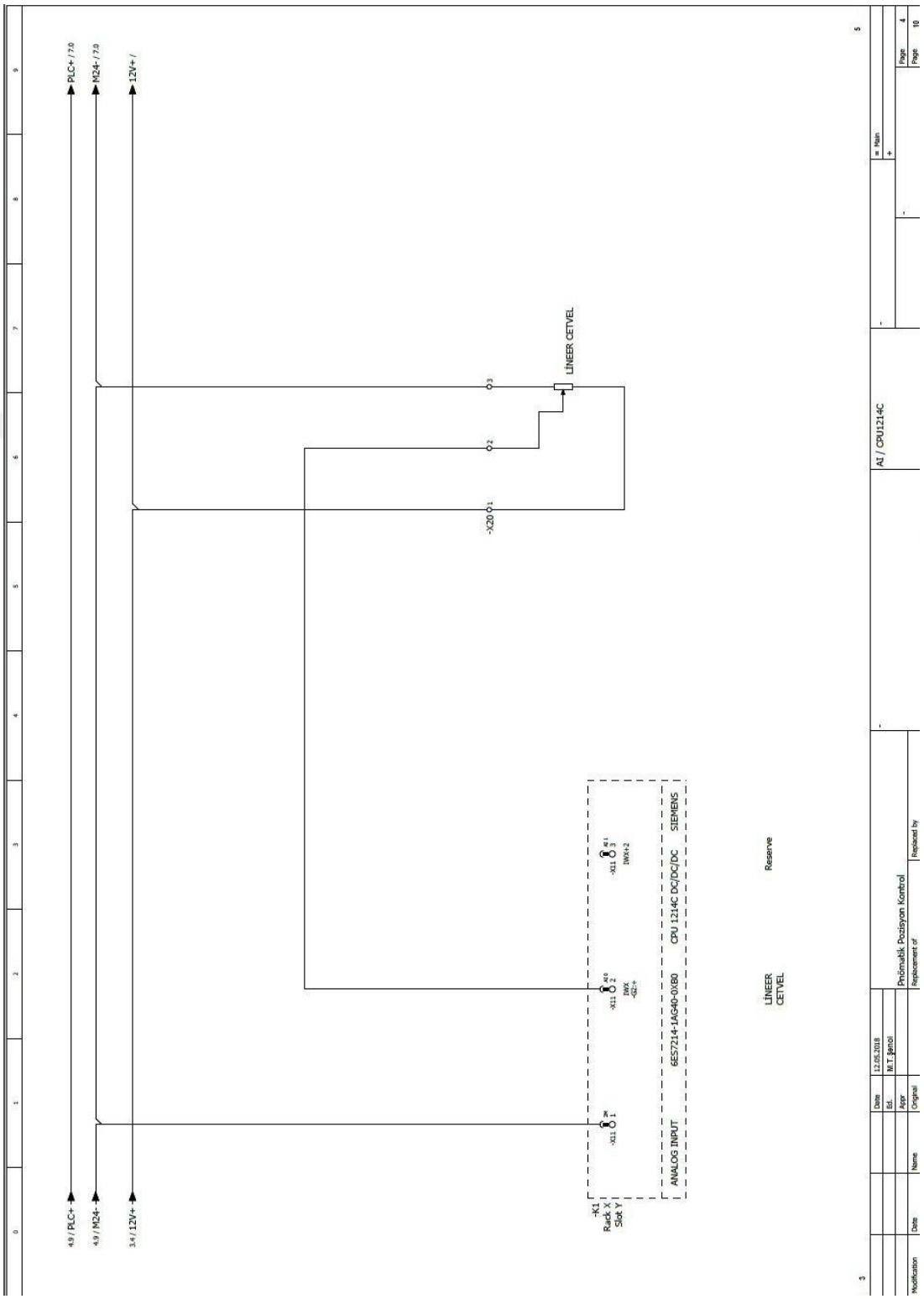
Şekil B.3.PLC besleme ve nötr hat bağlantısı

EK-B: Elektrik Şeması



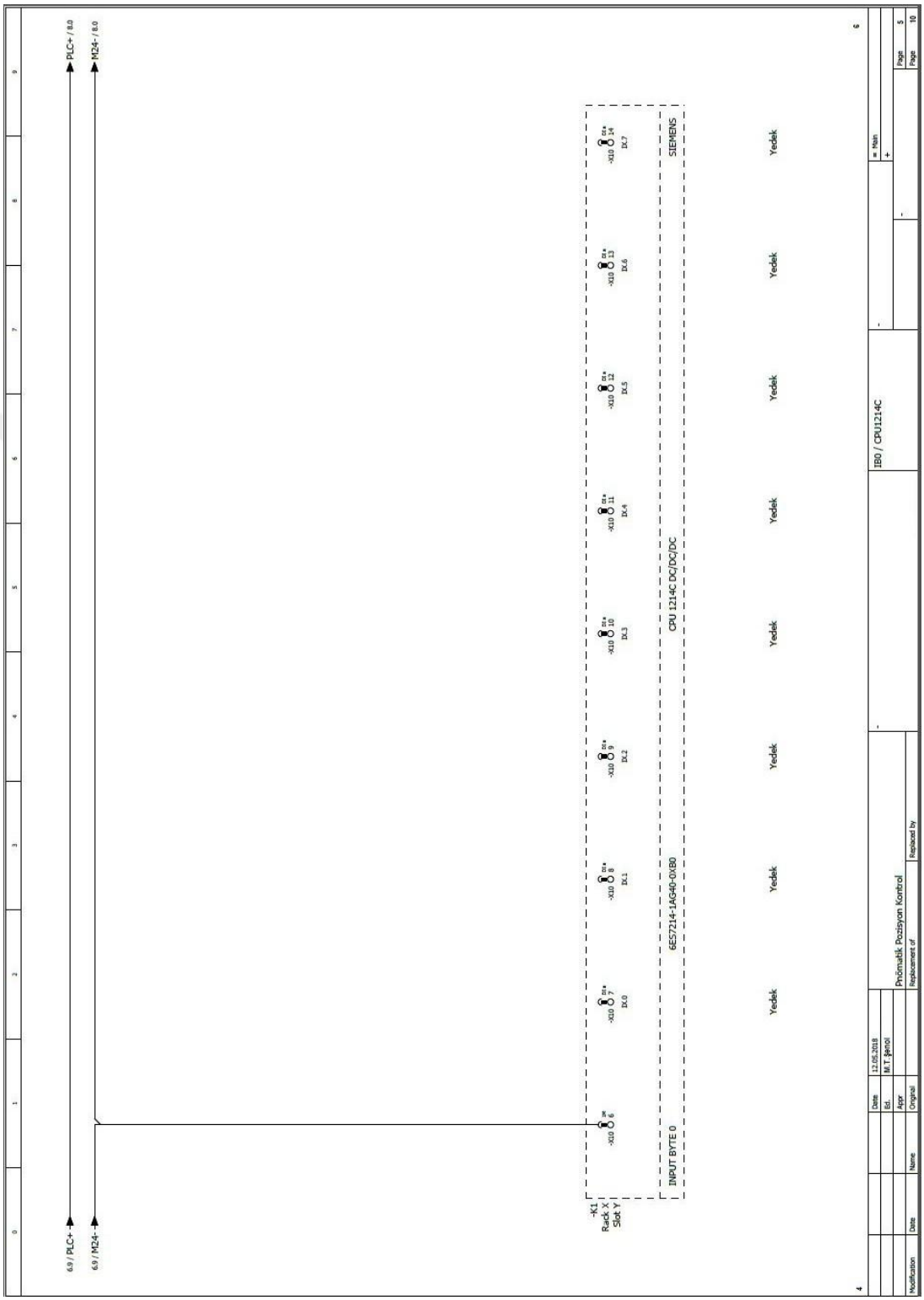
Şekil B.4. Siemens CPU 1214 C DC/DC/DC ve Analog modül görüntüsü

EK-B: Elektrik Şeması



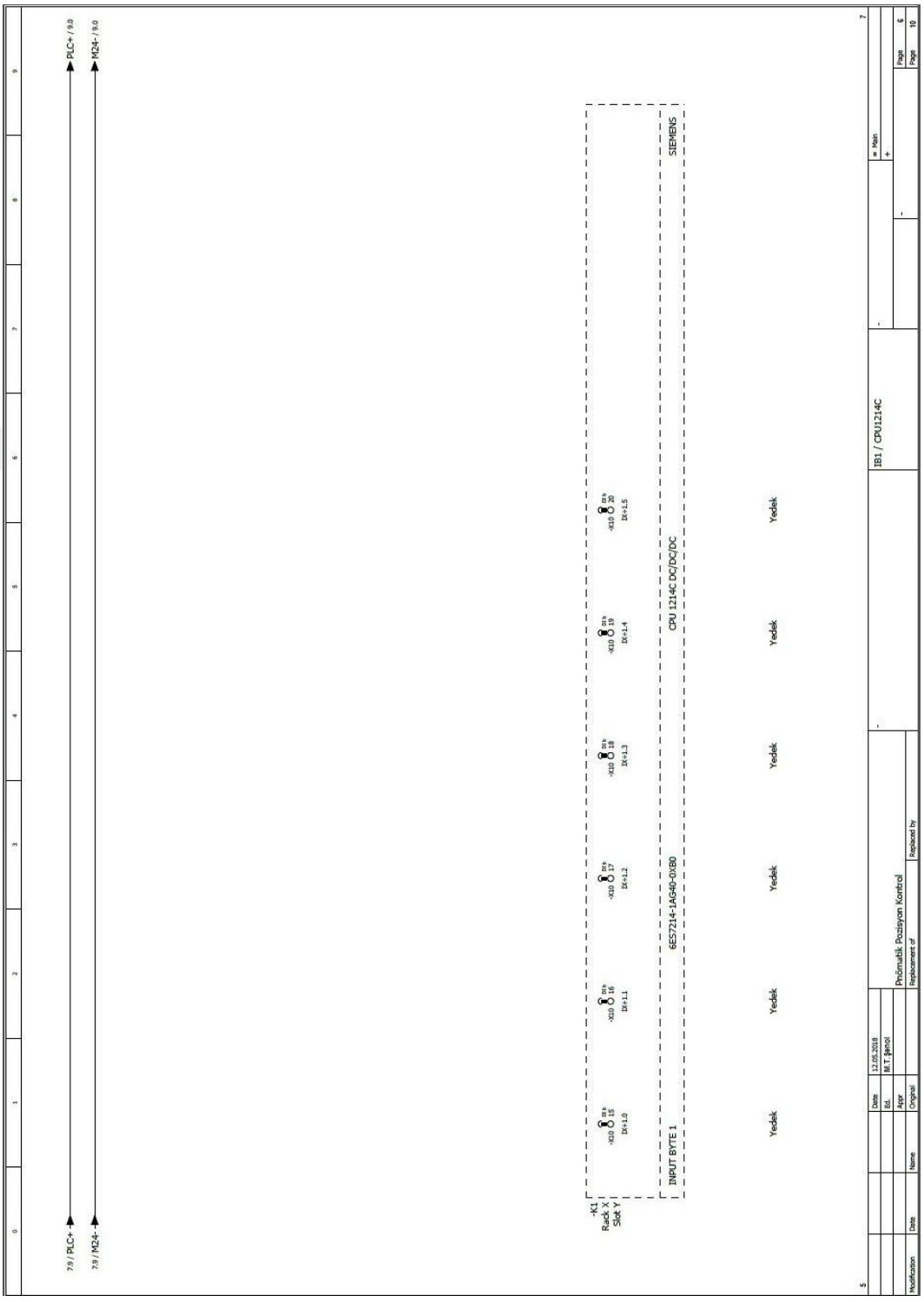
Şekil B.5. Analog kanal bağlatısı

EK-B: Elektrik Şeması



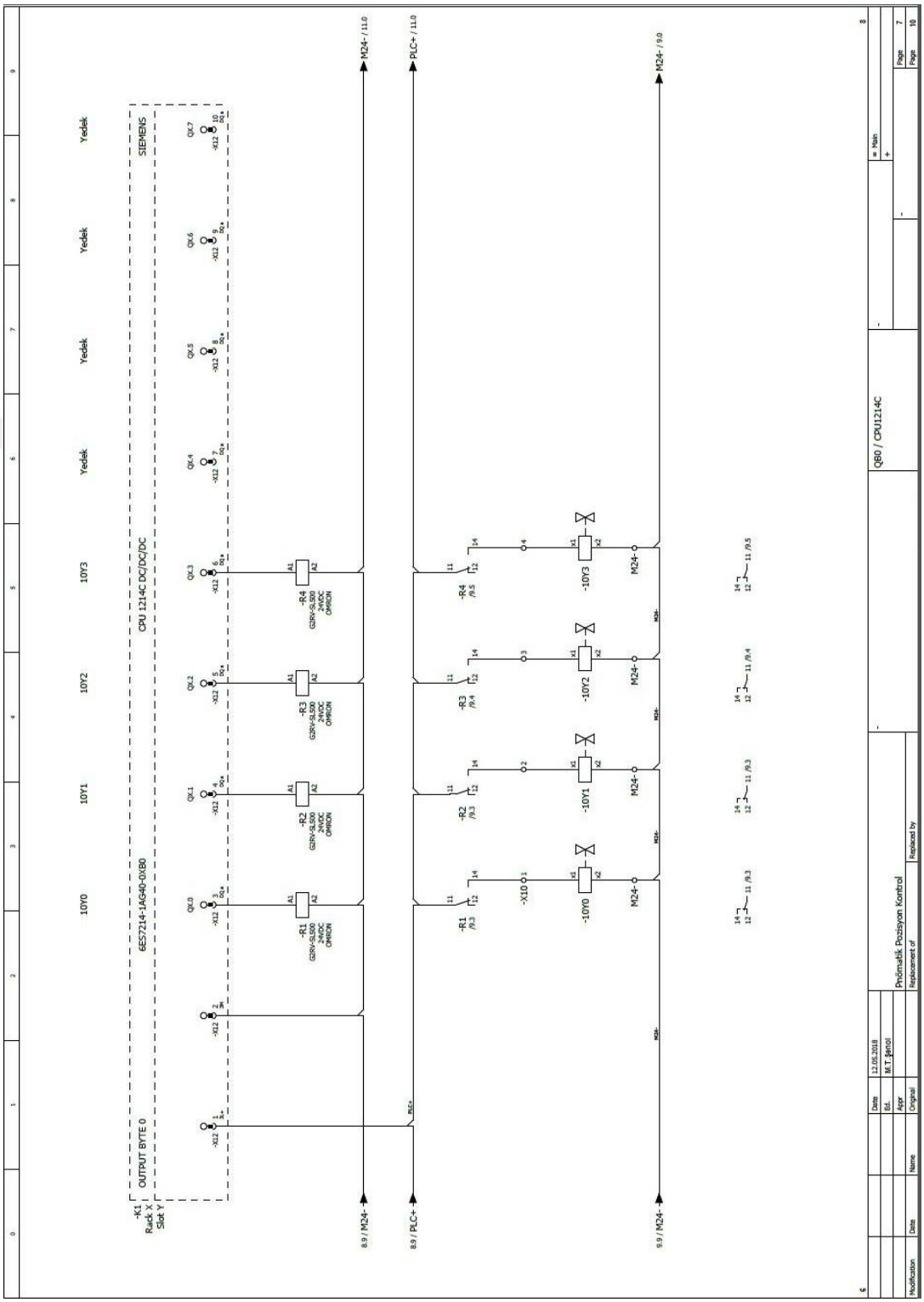
Şekil B.7. PLC Giriş kısımlarının bağlantısı

EK-B: Elektrik Şeması



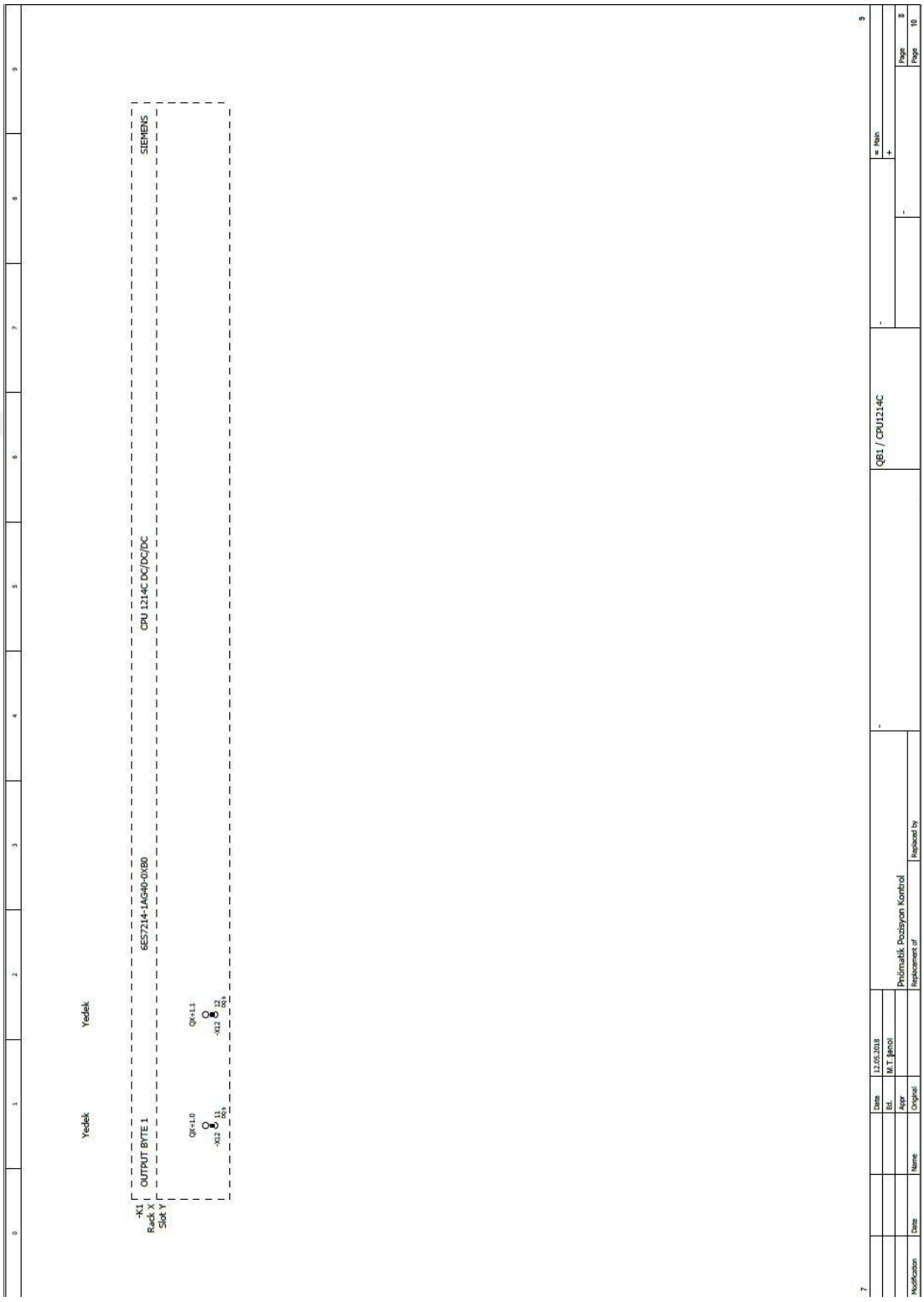
Şekil B.8. PLC Giriş kısımlarının bağlantısı

EK-B: Elektrik Şeması



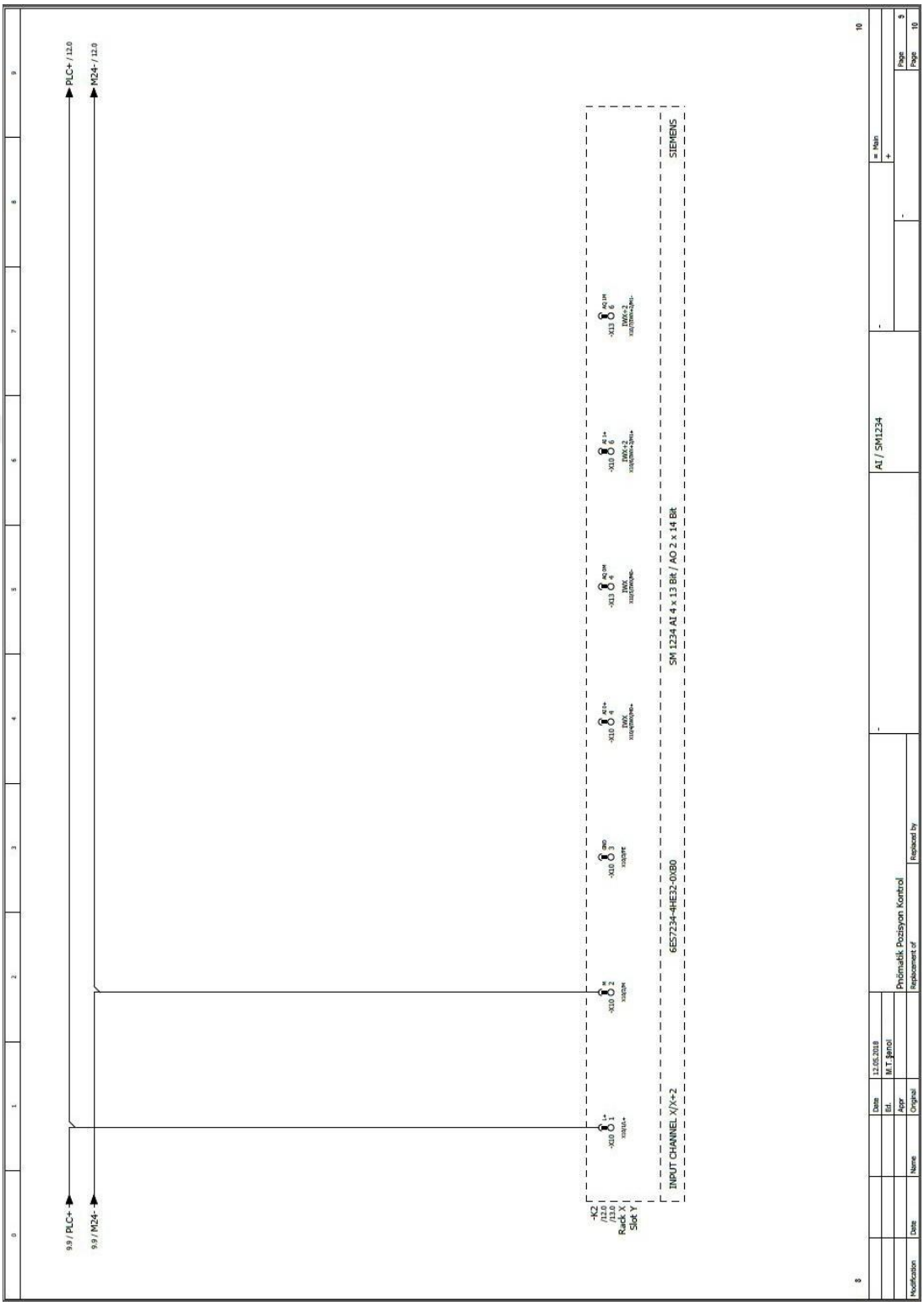
Şekil B.9. PLC çıkış kısımlarının bağlantısı

EK-B: Elektrik Şeması



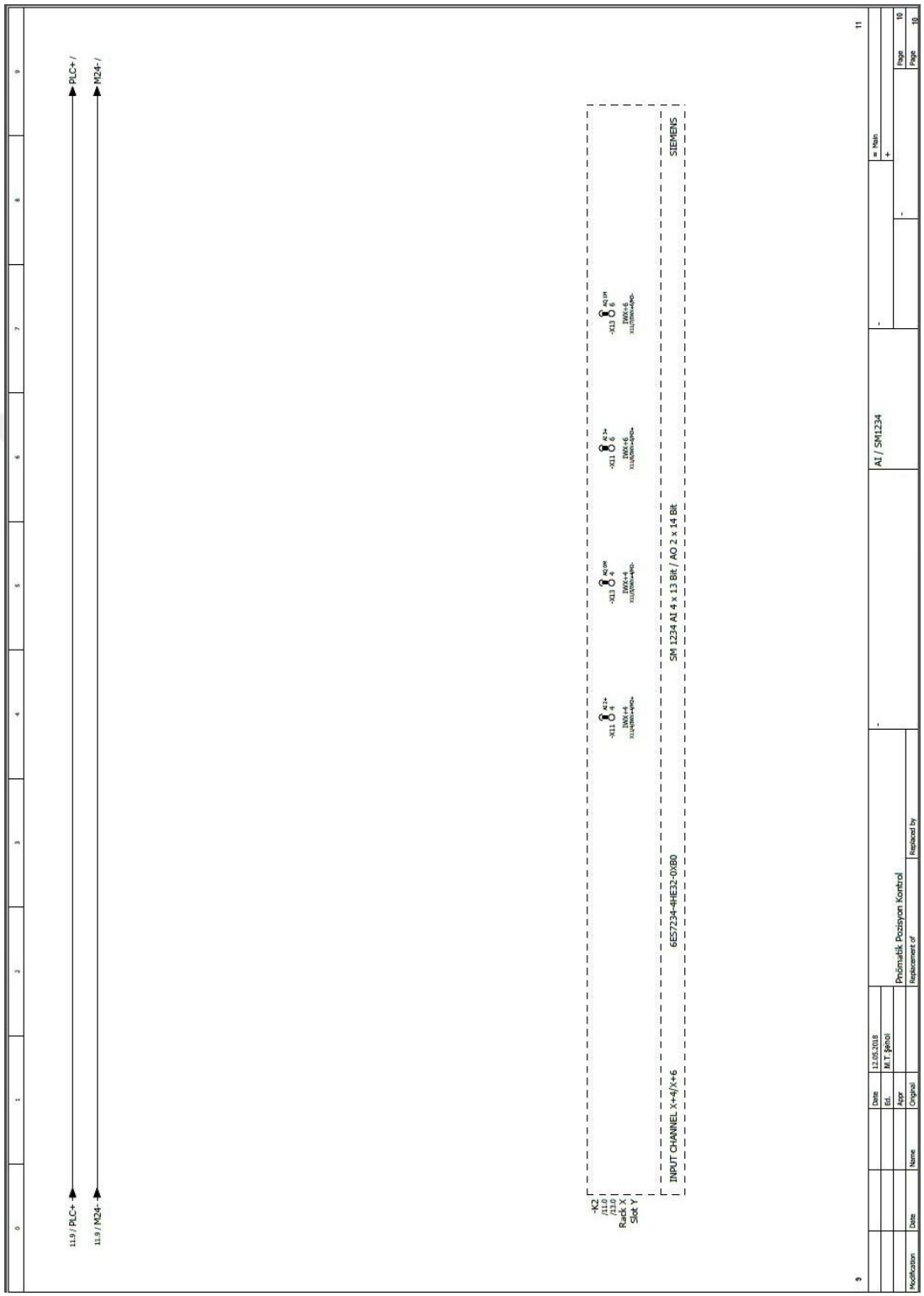
Şekil B.10. Analog modül çıkış bağlantıları

EK-B: Elektrik Şeması



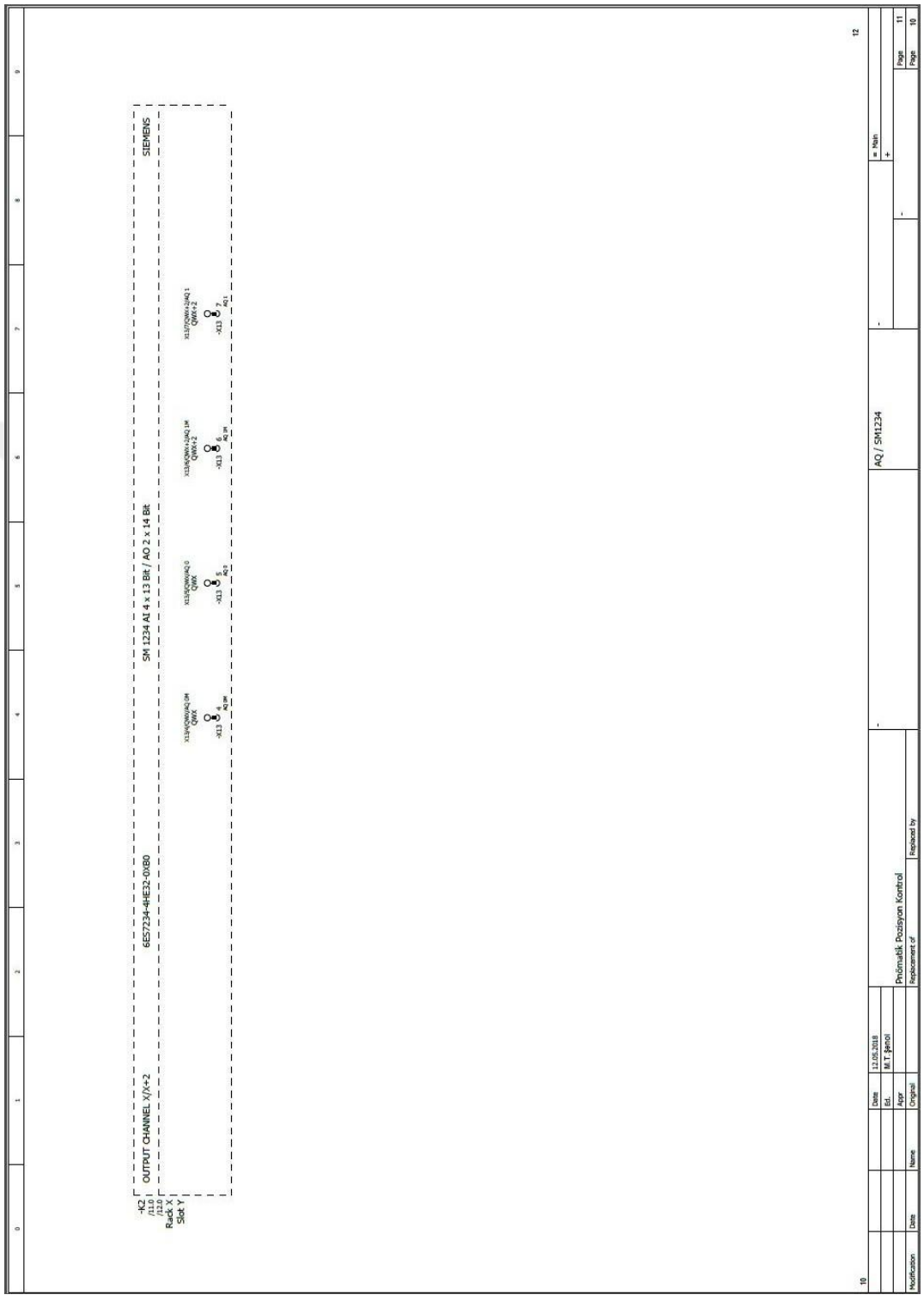
Şekil B.11. Analog modül çıkış bağlantıları

EK-B: Elektrik Şeması



Şekil B.12. Analog modül giriş bağlantıları

EK-B: Elektrik Şeması



Şekil B.13. Analog modül çıkış bağlantıları

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

[1] **Şenol M.T**., Erdil A., Pnömatik Silindirin Hassas Konum Kontrolü, *Otomatik Kontrol Türk Milli Komitesi Ulusal Toplantısı – TOK 2018*, Kayseri, 12-14 Eylül 2018.

ÖZGEÇMİŞ

31.12.1981 tarihinde İzmit'de doğdu. İlk öğreniminin ilk 4 senesini İzmit Fevzi Çakmak İlkokulunda, ilk okulun son senesi ve 3 senelik orta okul eğitimini İzmit Hızır Reis İlköğretim okulunda tamamladı. Lise eğitimine, 1996 yılında Kocaeli Anadolu Teknik Lisesi Makina/Almanca bölümünde başladı ve aynı bölümden 2000 yılında mezun oldu. 2000 yılında girdiği üniversite sınavında, Kocaeli Üniversitesi Kullar M.Y.O. Makine Bölümü önlisans eğitimini kazanmış ve 2002 yılında mezun olmuştur. 2003 yılında Dikey Geçis Sınavı ile kazandığı Çukurova Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği (İngilizce) bölümünden 2007 yılında Makine Mühendisi olarak mezun oldu.

Askerlik hizmeti için, 12.12.2007 - 29.02.2008 tarihleri arasında Balıkesir'de bulunan "T.C. Kara Kuvvetleri Komutanlığı Bakım Okulu ve Eğitim Merkezi Komutanlığında" "Yedek Subay Adayı Temel Kursu Eğitimi" aldı. 15.03.2008 - 30.11.2008 tarihleri arasında asteğmen rütbesi ile Edirne ilinin önce Keşan ilçesinde bulunanan ve daha sonra Uzunköprü ilçesine taşınan "102'nci Topçu Alayı" 'nda Bakım Bölüğü'nde görev yaparak askerlik hizmetini tamamladı.

15.03.2010 senesinde Bakım Mühendisi olarak Tekfen İmalat ve Mühendislik A.Ş. firmasının Derince'deki fabrikasında çalışmaya başladı. 01.01.2013 tarihinde Bakım Şefi ünvanını aldı ve halen Bakım Departmanı Şefi olarak çalışmaktadır.

2009 yılının Şubat ayında Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.

15.06.2013 tarihinde evlenmiş ve 13.02.2016 tarihinde Elif adında bir kızı dünyaya gelmiştir.