



CİSİMLERİ RENKLERİNE GÖRE SEÇEN
PLC KONTROLLÜ ROBOT KOL TASARIMI VE UYGULAMASI

Osman HIZ

Yüksek Lisans Tezi

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

Nisan – 2019

CİSİMLERİ RENKLERİNE GÖRE SEÇEN
PLC KONTROLLÜ ROBOT KOL TASARIMI VE UYGULAMASI

Osman HIZ

Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Prof. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN

Nisan - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Osman HIZ tarafından hazırlanan "CİSİMLERİ RENKLERİNE GÖRE SEÇEN PLC KONTROLLÜ ROBOT KOL TASARIMI VE UYGULAMASI" adlı tez çalışması, aşağıda belirtilen jüri tarafından Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek OY BİRLİĞİ / ~~OY ÇOKLUĞU~~ ile Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

26/04/2019

Prof. Dr. Önder UYSAL
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Muammer GAVAS
Bölüm Başkanı, İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

Prof. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN
Danışman, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Sınav Komitesi Üyeleri

Prof. Dr. Abdülkadir ÇAKIR
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Prof. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TOSUN
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi




ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının % 6 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.



Prof. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN



Osman HIZ

CİSİMLERİ RENKLERİNE GÖRE SEÇEN PLC KONTROLLÜ ROBOT KOL TASARIMI VE UYGULAMASI

Osman HIZ

İleri Teknolojiler, Yüksek Lisans Tezi, 2019

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN

ÖZET

Bu çalışmada, cisimleri renklerine göre seçerek belirlenen konumlara taşıyan robot kol tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bunun için PLC cihazı, step motor ve sürücüleri, vidalı mil, konveyör bant, selenoid valfler, vakum aparatı ve renk sensörleri kullanılmıştır. Bu çalışma ile bant üzerinde hareket eden kırmızı ve yeşil renkli cisimler, step motorla kontrol edilen sonsuz vidalı mil ile taşınarak renklerine göre ayrı kutulara tasnif edilmektedir. Robot kolun kontrolü için endüstriyel kontrol cihazı olan PLC tercih edilmiştir. PLC, Tiaportal V2.1 ile programlanmış ve eksen kontrolü için programın Axis v1.0 versiyonu kullanılmıştır. Tiaportal yazılımı, step motorların hareket kontrolü için oldukça kullanışlı olup gelişmiş komut seçenekleri sunar. Tasarlanan robot kolda; kolun yukarıya kalkması, aşağıya inmesi, uzaması ve kısılması pnömatik tahrikle, kolun kendi etrafında dönmesi ve eksenin ileri - geri hareketi ise step motor tahriki ile sağlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan sonsuz vidalı mil sayesinde robot kolun çalışma alanı artırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektro Pnömatik, Hareket Kontrolü, PLC, Renk Sensörü, Robotik Kol, Step Motor.

DESIGN AND APPLICATION OF A PLC CONTROLLED ROBOTIC ARM FOR DISTINGUISHING OBJECTS BY COLOR

Osman HIZ

Advanced technologies, M.S. Thesis, 2019

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN

SUMMARY

In this study, robot arm design and application which carry the objects to selected positions according to their color has been realized. For this purpose, PLC device, stepper motor and drivers, ball screw, conveyor belt, solenoid valves, vacuum apparatus and color sensors are used. In this study, the red and green colored objects moving on the band are transported by the stepper motor controlled worm shaft and classified into separate boxes according to their color. PLC is the industrial control device for the control of the robot arm. PLC was programmed with Tiaportal V.2.1 and Axis v1.0 version of the program was used for axis control. Tiaportal software is very useful for motion control of stepper motors and provides advanced command options. Designed robotic arm; the upward, downward, elongation and shortening of the arm is provided by pneumatic drive, the arm is rotated around itself and the forward and backward movement of the axis is provided by stepper motor drive. The working area of the robot arm is increased by the endless screw shaft used in this study.

Keywords: Color Sensor, Electro Pneumatic, Motion Control, PLC, Robotic Arm, Step Motor.

TEŞEKKÜR

Bu Çalışmada bana yardımcı olan başta danışman hocam Prof. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Yüksek Lisans çalışmalarım boyunca desteklerini benden esirgemeyen Simav Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi öğretmenlerine, özellikle çalışmamda bana çok yardımcı olan İlker ERZURUM'a teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
ÇİZELGELER DİZİNİ	XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XV
1. GİRİŞ.....	1
2. ROBOTİK VE ROBOT KOLLAR.....	5
2.1. Robotlarda Kullanılan Mafsalları Çeşitleri	6
2.2. Robot Kol Çeşitleri	7
2.2.1. Kutupsal robot kol	7
2.2.2. Silindirik robot kol	7
2.2.3. Kartezyen robot kol	7
2.2.4. Eklemlili robot kol.....	7
2.2.5. Scara robot kol.....	7
2.3. Robot Kol Tahrik Yöntemleri	8
2.3.1. Elektrik tahrikli robotlar	8
2.3.2. Pnömatik tahrikli robotlar	8
2.3.3. Hidrolik tahrikli robotlar	8
2.4. Robot Kol Tutucuları	9
2.4.1. Manyetik tutucu.....	9
2.4.2. Vakum tutucular	10
2.4.3. Pnömatik tutucular	10
2.4.4. Hidrolik tutucular	10
2.4.5. Servo elektrikli tutucular	10
3. PLC KONTROLLÜ ROBOT KOL TASARIMI VE KULLANILAN MATERYALLER	11
3.1. S7 1200 PLC	11
3.2. Temel PLC sistemleri	12
3.3. Step Motor	14
3.3.1. Step motorlar ve çeşitleri.....	15
3.4. Step Motor Sürücü	16

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.5. Renk Sensörü	18
3.6. Vidalı Mil.....	20
3.7. Konveyör Bant	21
3.8. Kompresör.....	22
3.9. Şartlandırıcı.....	24
3.10. Pnömatik Silindir	24
3.11. Pömatik Vakum	25
3.12. Elektropnömatik Valf.....	26
3.13. Basınçlı Hava Hortumları	27
4. ROBOT KOL TASARIMININ UYGULANMASI.....	28
4.1. Robot Kol MekanikTasarımı	28
4.2. Pnömatik Tasarım	30
4.3. Step Motorların Sürücü Bağlantısı.....	31
4.4. Robot Kolun PLC'ye Bağlanması.....	32
4.5. Robot Kolun Çalışması	33
4.5.1. Kırmızı topun banttan alınıp kutuya yerleştirilmesi	33
4.5.2. Yeşil topun banttan alınıp kutuya yerleştirilmesi	35
5. ROBOT KOLUN PROGRAMLANMASI VE YAZILIMLAR	37
5.1. Tiaportal Yazılımı	37
5.2. Tiaportal Eksen Kontrolü.....	37
5.2.1. Vidalı mil eksen kontrolü ayarları	37
5.2.2. Kol eksen kontrolü ayarları	42
5.3. Robot Kol PLC Program Yazımı	46
5.3.1. PLC programı akış şeması.....	46
5.3.2. PLC programında kullanılan etiketler	47
5.3.3. PLC programında kullanılan fonksiyonlar	48
5.4. HMİ Dokunmatik Panel Programı	51
5.4.1. HMİ panel tanımlama.....	53
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR DİZİNİ	65

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

EKLER

ÖZGEÇMİŞ



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. S7 1200 PLC cihazı ve birimleri.....	11
3.2. Step motorların vidalı mile bağlantısı.....	14
3.3. Sekiz kablolu step motorun paralel bağlanması.....	15
3.4. Sekiz kablolu step motorun sürücüye bağlantısı.....	15
3.5. JK1545 step sürücü.....	17
3.6. Step sürücü bağlantısı ve deep switch konumları.....	17
3.7. JK 1545 bağlantı şeması.....	18
3.8. Robot kolda kullanılan renk sensörü.....	19
3.9. Renk sensörü ebatları ve kablolama.....	20
3.10. Çalışmada kullanılan vidalı mil ve tablası.....	20
3.11. Konveyör bant.....	22
3.12. Konveyör bant DC motoru.....	22
3.13. Unoair FA-2050 hava kompresörü.....	23
3.14. Unoair hava kompresörü etiketi.....	23
3.15. Hava şartlandırıcı.....	24
3.16. Çift etkili silindir.....	25
3.17. Vakum tutucu aparat.....	25
3.18. Tek bobinli valf.....	27
3.19. Basınçlı hava hortumu.....	27
4.1. Pnömatik silindirler kapalı iken robot kol resmi.....	28
4.2. Pnömatik silindirler açık iken robot kol resmi.....	28
4.3. Bilyeli ray sistemi ve reyon tekeri.....	29
4.4. Pnömatik silindirler kapalı iken robot kol ölçüleri.....	29
4.5. Pnömatik silindirler açık iken robot kol ölçüleri.....	30
4.6. Pnömatik valflerin robot kola monte edilmesi.....	31
4.7. CEO-5045 sürücüsünün kablo bağlantıları.....	31
4.8. Step sürücü deep switch konumları.....	32
4.9. Robot Kol uçlarının PLC cihazına bağlantısı.....	33
4.10. Robot kol bekleme pozisyonu ve vidalı milin kırmızı topa gitmesi.....	33
4.11. Kol step motorunun dönmesi ve robot kolun ileri yönde uzaması.....	34
4.12. Robot kolun aşağı inmesi ve vakum işlemi ile kolun yukarı kalması.....	34

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.13. Topun kırmızı kutuya gitmesi ve topun kutuya düşmesi	34
4.14. Robot kolun bekleme pozisyonu ve tablanın yeşil topa gitmesi	35
4.15. Kolun yeşil topa dönmesi ve kolun aşağı inmesi ve vakum işlemi.....	35
4.16. Kolun yukarıya kalkması ve kolun yeşil kutuya gitmesi	36
4.17. Yeşil topun kutuya düşmesi	36
5.1. Teknoloji objesi tanımlama ve teknoloji objesinin bölümleri.....	38
5.2. Eksen teknolojisi PTO ayarları	38
5.3. Motor mekanik ayarlarının yapılması	39
5.4. Vidalı mil çalışma limitlerinin belirlenmesi.....	40
5.5. Adım motoru hızının ve ivmesinin ayarlanması	40
5.6. Eksen adım motoru home işlemi.....	41
5.7. Kol step motor PTO ayarları	42
5.8. Kol step motor mekanik ayarı	43
5.9. Kol step motor çalışma limitlerinin belirlenmesi	43
5.10. Kol step motor dinamik ayarlarının yapılması.....	44
5.11. Mod 0 home işlemi	45
5.12. Kol step motorunun manuel home konumuna getirilmesi	45
5.13. Program akış şeması.....	46
5.14. PLC etiketleri(tags)	47
5.15. MC_Power komutu	48
5.16. MC_Home komutu	49
5.17. MC_Move absolute komutu.....	50
5.18. Düz zamanlayıcı komutu.....	51
5.19. Data blok tanımlama	51
5.20. HMI data blok içerisine giriş tanımlama.....	52
5.21. Data blok girişinin PLC programında gösterilmesi.....	52
5.22. Tiaportal ekranından HMI dokunmatik panel seçimi	53
5.23. KTP600 HMI panel ayar ekranı	53
5.24. HMI panel ile PLC cihazının haberleştirilmesi.....	54
5.25. HMI dokunmatik panel ana ekran ve alt ekranların eklenmesi.....	55
5.26. Ekranı eleman ekleme, araç çubuğu ve buton - lamba kütüphanesi.....	56

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.27. Ana ekrana buton ve lambaların yerleştirilmesi.....	57
5.28. Eksen güç butonunun programla bağlantısının tanımlanması.....	57
5.29. Anahtar on durumunda bit set işlemi	58
5.30. Anahtar off durumunda bit reset işlemi.....	58
5.31. Sinyal lambasının PLC ile bağlantısının tanımlanması.....	59
5.32. Yaylı butona isim verilmesi	59
5.33. Yaylı butona basılınca HMI sistem başlatma bitini set etme işlemi	60
5.34. Yaylı butondan el çekilince HMI sistem başlatma bitini reset etme işlemi	60
5.35. HMI etiketlerinin görüntülenmesi	61
5.36. HMI etiketlerinin ve PLC etiketlerinin bağlantı listesi	61
6.1. Robot kolun taşıma işlemini gerçekleştirmesi	62
6.2. Robot kol çalışma alanı.....	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. 12114 CPU modelinin karakteristik özellikleri.....	12
3.2. Vidalı mil teknik özellikleri	21
3.3. Konveyör bant motoru özellikleri.	22
4.1. PLC giriş çıkış uçları.....	32
5.1. MC_Power komut parametreleri.....	48
5.2. Homing modları.	49
5.3. MC_Move absolute komutu parametreleri.	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
Bar	Basınç Birimi
cm	Santimetre
F	Kuvvet
I	İnput, Giriş Ucu
KHZ	Kilo Herz
kPa	Kilopaskal
mm	Milimetre
n	Pnömatik Vakum Emniyet Katsayısı
P	Basınç
psi	Basınç Birimi
Q	Quit, Çıkış Ucu
S	Pnömatik Vantuz Alanı
V	Hacim
X	Yatay Eksen
Y	Dikey Eksen

Kısaltma

Açıklama

AC	Alternative Circuit, Alternatif Gerilim
ARDUNİO	Entegre Programlama Sistem Türü
CCW	Counter Clock Wise, Saatin Ters Yönü
CEO 5045	Step Sürücü Modeli
CPU	Central Proses Unit, Merkezi İşlem Birimi
CW	Clock Wise, Saat Yönü
DC	Direck Current, Doğru Gerilim
DIR	Direction, Step Sürücü Yön Girişi
ENA	Enable, Step Sürücü Aktif Etme Girişi
EPROM	Electronical Eresable Programmable Read-Only Memory
FPGA	Field Programmable Gate Arrays
GND	Ground, Toprak
GPRS	General Packet Radio Service

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
HMI	Human Machine İnterface, İnsan Makine Arayüzü
I/O	İnput/Output, Giriş/Çıkış
JK 1545	Step Sürücü Modeli
KTP600	Dokunmatik Panel Modeli
LED	Ligting Emmiting Diyode, Işık Yayan Diyot
LPG	Likid Petro Gas, Sıvılaştırılmış Doğalgaz
PC	Personel Computer, Kişisel Bilgisayar
PIC	Peripheral Interface Controller
PLC	Programable Lojik Controller
PN	Pozitif ve Negatif Yarı İletken Malzeme Bileşimi
PROFIBUS	Process Field Bus
PROFINET	Process Field Net
PTO	Puls Training Output, Çıkış Pals Dizini
PUL	Puls
RS232	Seri Port Türü
RS485	Seri port Türü
S7 1200	Simatic 7 1200 PLC Modeli
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
TİA	Total integrated Automasyon, Birleştirilmiş Karma Otomasyon
TOF	Time Off, Ters Zamanlayıcı
TON	Time On, Düz Zamanlayıcı
TONR	Time On Resetable, Resetlenebilir Düz Zamanlayıcı
V13	13. Versiyon
Vb.	Ve Benzeri
VR	Variable reluctance, Değişken Relüktans

1. GİRİŞ

Robotlar, çeşitli amaçlar için programlanan, istenilen fonksiyonları yerine getiren makinelerdir. Amerika Robot Enstitüsü, robotları çeşitli malzeme ve parçaları taşıyabilen çok işlevli ve tekrar programlanabilen düzenek olarak tanımlamıştır (Poyraz, 2010; <http://acikerisim.deu.edu.tr>, 2019).

Robotların bu kadar hızlı gelişimi ve her geçen gün kullanım alanlarının artmasının başlıca sebepleri, kullanıcıya zamandan tasarruf ettirmeleri ve aynı işi yapacak insan gücünden çok daha ekonomik tutarlara o işi gerçekleştirmeleridir (Gürfidan, 2012). Robotlar insanın yaptığı bazı işleri daha ekonomik yapabilir. Bu durum mikro düzeyde ekonomik kazanç olarak görülse de işsizliği artırarak makro düzeyde ekonomik kayba yol açacaktır. Robotlar, insanın yapabileceği işler yerine insanların yapamayacağı veya insanlar için tehlike oluşturan yerlerde kullanılmalıdır. Radyasyonlu alanlar, kanserojen madde saçan işletmeler, yüksek sıcaklık uygulamalarının gerçekleştirildiği fabrikalar bunlara örnek verilebilir.

Robotların en çok kullanıldığı alanlardan biri robot kollarıdır. Robot kollar endüstride malzeme taşımak için çok kullanılır. Robot kollar tutucu ve taşıyıcı sistemlerden oluşur. Robotların yaptığı iş, robot kolun tahrik sistemi, robot kolun kontrolör şekli ve malzeme taşıma işlemi yapıp yapmadığı gibi özellikler, robot kolları birbirinden ayırır. Robot kol ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. İki eksen tasarlanarak yapılan robot kolda, step motor kullanılmış ve robot kolun kontrolü PIC programlama ile yapılmıştır. Robot kol kendi eksen etrafında dönebilmekte ve malzeme taşıma işlemi yapmamaktadır (Yılmaz, 2007). Ayata, tasarladığı beş eksenli robot kolda tahrik sistemi olarak servo motor kullanmıştır. Sistemin kontrolü için FPGA mimarisi kullanan mikro işlemci tercih etmiştir (Ayata, 2013). Servo motorlar ile hareket ettirilen beş eksenli robot kol tutma, kaldırma, toplama işlemlerini yapabilmektedir. MATLAB yazılımı ile bağlantılı mikrodenetleyici kullanılmıştır (Aung ve Oo, 2018). Kaymak, yaptığı çalışmada kamera görüntüsünden nesne bulma ve tanıma algoritmalarının robot kol üzerinde uygulamalarını gerçekleştiren bir deney düzeneği kurmuştur (Kaymak, 2016).

Samsung S3C6410 mikro denetleyicisi ile kamera görüntü analizi yapılarak bir robot kolun kontrolü çalışmasını gerçekleştirilmiştir (Şenel, 2013). Pnömatik ile tahrik edilen bir robot kolun kapalı çevrimde kararlı çalışabilmesi için optimum parametreleri tespit etmeye yönelik çalışma yapılmıştır (Yenitepe, 1995). Pnömatik ile tahrik edilen üç eksenli bir robot kol tasarımında geri besleme sensörleri ile kapalı döngü bir kontrol sağlayan oransal-integral-türevsel özellikli PLC cihazı kullanılmıştır (Palok ve Shanmugam, 2016). PLC Matlab programı ile hareketli görüntüleri işleyebilen step motor ile tahrik edilen robot kol üzerinde çalışma

yapılmış, kontrolör olarak arduino mikrodenetleyici tercih edilmiştir (İnan, 2013). Yapılan bir çalışmada altı eklemlili bir robot kolun hareketi için dc servo motor kullanılmış ve denetleyici olarak Node-MSU denetleyici seçilmiştir (Ghadge vd., 2018). Çavdar, yapılan çalışmada robot kol anatomisini gövde, kol ve bileğin fiziksel olarak birleştirilmesi ile oluştuğunu belirtmiştir. Gövde, kol ve bilek arasındaki hareketlerin dönme ve kayma olarak eklem tarafından sağlandığını ve bunun fabrikalarda sıklıkla kullanıldığını belirtmiştir (Çavdar, 1997).

PLC kontrolörlü, görüntü işleme dayalı pnömatik tahrikli robot kol çalışması yapılarak makale yayınlanmıştır (Kervancıoğlu vd., 2008). Güneş, yaptığı çalışmada demir sac gibi metalleri çekebilen manyetik tutuculu el tasarlamış ve bu cisimleri taşımak için üç dönme serbestliği dc motor ile bir öteleme serbestliği pnömatik ile sağlanan robot kol tasarlamıştır. End effectör(robot el mekanizmaları) konusunu incelemiştir (Güneş, 1998). Yapılan bir çalışmada kırmızı, mavi ve yeşil renkli cisimleri ayırıp taşıyabilen robot kol tasarlanmıştır. Robot kolun tahriki için servo motor kullanmıştır. Kontrolör olarak PIC mikro işlemcisini kullanmış olup taşıma işlemi robot kolun kendi eksenini etrafında yapılabilmektedir (Çiçek, 2006). Görüntü işleme dayalı beş eksenle hareket edebilen robot kol çalışması yapılmıştır. Otomotiv boya sanayisi için kullanılan robot kolda, kontrolör olarak PIC 16F877 tercih edilmiştir (Haikal ve El-Hosseini, 2014).

Ana enerji kaynağı olarak basınçlı hava kullanan sistemler pnömatik sistem olarak adlandırılır. Pnömatik tahrik sistemleri hidrolik ve elektromekanik sistemlerden daha düşük maliyetlidir ve zorlu çalışma ortamlarında iyi performans gösterirler. Pnömatik olarak çalıştırılan sistemlerin avantajları olarak; emniyet, temizlik, değişken yük taşıma seviyesi, kapasite, basit yapılandırma, minimum kirlilik, güvenilirlik, depolama kapasitesi, yüksek mukavemet, bakım kolaylığı, yüksek hız ve hızlı iletim gösterilebilir. Pnömatik sistem kimya, madencilik, petrol ve boya endüstrisi gibi tehlikeli ortamlarda çalışmak için daha güvenilirdir. Uzun yıllar boyunca robotik alanında ve fabrika otomasyonunda basit görevleri yerine getirmede kullanılmışlardır (Palok ve Shanmugam, 2016). Robot kolda tahrik sistemleri olarak DC motor, servo motor, step motor ve pnömatik sistemler kullanıldığı gibi pnömatik sistemlerle motorlu tahrik sistemleri bir arada kullanılabilir. Pnömatik, “pneuma” kelimesinden türetilmiştir. Eski Yunancada nefes alıp vermek anlamına gelir. Pnömatik, basınçlı havanın teknik bir şekilde kullanılması olarak ifade edilebilir (Polat, 2008).

Robot kolun kontrolü değişik kontrolörlerle yapılabilmektedir. Robot kolun kontrolü için Arduino, PIC, Raspery Pi ve buna benzer mikrodenetleyicilerin yanında bilgisayar sistemli denetleyiciler ve PLC sıklıkla kullanılmaktadır. PLC sistemleri sanayi tesislerinde otomasyon

amaçlı kullanılır. PLC cihazları bir çeşit programlanabilen özel endüstriyel bilgisayarlardır. PLC cihazlarında özel mikroişlemciler içerir ve cihazın kontrolü bu mikroişlemciler üzerinden sağlanır (Afşar vd., 2014). PLC programlama, sistemlerin standartlaşmasında, modüler hale gelmesinde ve de seri halde çalışmasında büyük kolaylıklar sağlar. PLC Programı ile sistemde oluşan arızaların tespiti ve arızaların giderilmesi kolaydır (Pawar ve Bhasme, 2016). Yayınlanan bir makalede PLC ile kontrol edilen, zeytin-peynir gibi gıda maddelerini vakumlu pnömatik teknolojisi ile hijyenik bir şekilde vakum ile paketleyen, paketleme makinası gösterilmiştir (Aksoy ve Mühürücü, 2005). İlaçlama sonucu oluşan kimyasal zehirleri basınçlı su ile dezenfekte eden ve tehlikeli yerlerde cam temizliği yapan robot çalışması yapılmış olup robotların kontrolü için PLC kullanılmıştır (Lashin, 2014).

Robot kollar genellikle endüstriyel sistemler için tasarlanmaktadır. Robot kollardan istenilen özelliklerden bir tanesi sürekli aynı işi yapmasından ziyade ihtiyaçlara göre yeniden programlanabilmesi ve gelişen şartlara göre yeni işler yapabilmesidir. Bu yüzden robot kolda, kullanılan kontrolörün programında kolay değişiklik yapabilme özelliğine sahip olması gerekir. PLC programlaması kolay bir kontrolör olmasının yanında, programın takibi ve değişiklik yapılması da aynı ölçüde kolaydır.

Robot kollardan istenilen bir diğer özellik; sıcaklık, manyetik alan, nem, yaklaşım, ışık, renk gibi çevresel etkileri algılayabilmesidir. Bu tez çalışmasında renkli cisimleri veya değişik renklerle markalanmış aynı nesnelere birbirinden ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar teknolojisi alanındaki gelişmelerden sonra, renk ayırma sistemleri robotik alan ile diğer birçok alanda kendine yer etmiştir. Robotik sistemlerde, renk algılama uygulamaları yapmak için renk ayırma işleminin çok hassas yapılması gereklidir.

Bu tez çalışmasında robot kolun yukarı, aşağı, ileri ve geri hareketleri pnömatik tahrikle, kendi etrafında dönme hareketi ve eksenin ileri geri hareketi step motor tahriki ile sağlanmıştır. Diğer robot kol çalışmalarından ayrılan en büyük özelliği robot kolun taşıdığı malzemeleri vidalı mil eksen ile istenilen yerlere taşıyabilmesidir. Robot kolun kontrolü için S71200 PLC kullanılmıştır. S71200 PLC'ler endüstriyel amaçla üretilmiş profesyonel kontrol cihazlarıdır. S7 1200 PLC'nin en büyük özelliği endüstriyel ortamlarda kararlı çalışabilmesidir. PLC yi programlamak için Tiaportal v2.1 programı ve eksen kontrolü için Axis v1.0 versiyonu kullanılmıştır. Tiaportal yazılımı, step motor hareket kontrolü için oldukça kullanışlı bir program olup gelişmiş komut seçenekleri sunmaktadır.

Bu çalışma ile hareket kontrolü ve elektro-pnömatik sistem birleştirilerek robotik kol uygulamaları için alternatif oluşturulmuştur. Sistemde kullanılan sensörler ve vakum aparatı

değiştirilerek kesme, delme, taşıma işlemleri gibi birçok fonksiyon eklenebilir. Bu sistem ile farklı renge sahip cisimleri veya farklı renk ile etiketlenmiş aynı ürünleri birbirinden ayırmamız gereken endüstriyel sistemler için kullanışlıdır. Paketleme işlemlerinde ve hatalı ürünleri ayırma işlemlerinde kullanılabilir.



2. ROBOTİK VE ROBOT KOLLAR

Robot denilince, değişik amaçlar için kullanılabilen çok fonksiyonlu ve programlanabilen makineler akla gelmelidir. Robotlar konusunda bilgi veren robotları inceleyen yeni bir bilim dalı robotik ortaya çıkmıştır (Varol, 2000:59; www.asafvarol.com, 2019). Robotik, geleneksel mühendislik sınırlarını değiştiren yeni bir modern teknoloji alanıdır (Ersöz, 2007).

Robotlarla üretim maliyetini düşürerek daha kaliteli üretim yapma hedeflenir. Günümüzde İnsan sağlığının zarar görme riskinin olduğu işlerde ve insan elinin ulaşamayacağı yerlerde robotlar tercih edilmektedir (Poyraz, 2010; <http://acikerisim.deu.edu.tr>, 2019).

Robotlar kullanım alanlarına göre beş tipe yapılır. Bunlar sanayi robotları, mobil robotlar, tarım robotları, tele robotlar ve hizmet robotlarıdır (Ghadge vd., 2018). Otomotiv, mobilya, gıda, optik, kimya, ilaç, makine, seramik, beyaz eşya, döküm, nükleer ve elektronik sanayi alanlarında robotlar kullanılmaktadır. Hizmet sektöründe robotların kullanımı ise; bulaşıcı virütik hastalık testleri, bomba imha çalışmaları, uçak gövde temizliği, derin deniz araştırmaları, maden aramaları, LPG tank kontrolü, yüksek bina cam temizliği, ameliyathaneler, uzay çalışmaları, elektrik iletim hatları onarımı, büyük mekan alanlarının temizliği, petrol istasyonları ve yapay organlardır (Berkay vd., 2003:209-2012; www.emo.org.tr, 2019).

Robotlar, tehlikeli olmamakla beraber tekrarlanan, sıkıcı ve monoton işlerde de insanlara yardımcı olmaktadır. İnsanların zekasını körelten ve monotonlaştıran bu tür işler tam robotlara göredir. Robotlar bu işleri yorulmadan, sıkılmadan, daha güvenilir, doğru ve kararlı bir şekilde yapabilirler (Varol, 2000:76; Asafvarol, 2019).

İlk robotlar 1950 yılında insanoğlunun çeşitli organlarından özellikle insan kolundan esinlenerek yapılmaya başlanmıştır. O yıllarda robotlar, endüstride montaj gibi sabit işlerin kısa zamanda yapılmasını amaçlıyordu. İlk geliştirilen robot kollar, bir nesneyi bir yerden alıp başka bir yere koymak amacıyla kullanıldı (Varol, 2000:72; www.asafvarol.com, 2019).

İnsanların, istenilen işleri makinalara yaptırma fikri çok eski zamanlara dayanmaktadır. İlk robotlar mekanik düzenler içeriyor ve basit işler yapıyorlardı. Elektronik ve bilgisayar alanındaki gelişmeler, robota farklı bir boyut kazandırdı. Mikroişlemci kullanımının artması ve sensör teknolojisindeki gelişmeler sayesinde çok karmaşık işleri kendi kendine yapabilen robotlar geliştirildi. Robot teknolojisinde yapılan son çalışmalar ise yapay zekaya sahip düşünebilen ve öğrenebilen robotlar üzerinedir.

Robotlar günümüzde en çok endüstri alanında kullanılmaktadır. Endüstrideki işleri yapmak üzere tasarlanan robotlara endüstriyel robotlar denilmektedir. Endüstriyel robotlarda istenilen özellik ise istenilen işleri hızlı ve kararlı yapmasıdır. Endüstriyel robotların çoğunluğu mekaniksel olarak kol içerdiği için bunlara robot kol da denilmektedir. Robot kolları otomatik üretim sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Robot kollarının en sık kullanıldığı alan ise malzeme taşıma görevleridir (Gürfidan, 2012).

Robotlar endüstride birçok imalat alanında vazgeçilmezdir. Robotlar giderek daha fazla insanların yerine çalışma görevlerini yerine getirmektedir. Çünkü robotlar yüksek hassasiyete sahiptir, iş yaparken düşünme ihtiyacı ve dinlenme ihtiyaçları yoktur (Aung ve Oo, 2018). Robot kollar, çoğunlukla endüstriyel alanlarda kendine verilen işleri yapan mekanizmalardır. Robot kollar endüstride taşıma işleminin yanında montajlama ve kaynak işlemleri gibi pek çok alanda kullanılmaktadır.

2.1. Robotlarda Kullanılan Mafsal Çeşitleri

Mafsallar, robot manipülatörün hareketlerinin gerçekleştiği noktalarlardır. Mafsallar kayar veya döner olarak iki ana gruba ayrılır (Havusoğlu, 2014).

Robot kollarında kullanılan mafsal çeşitleri şunlardır.

Lineer bağlantı mafsalı: Lineer bağlantı mafsalında, giriş hattı ile çıkış hattı arasındaki hareket, iki bağlantı ekseninin de paralel olduğu bir kayma hareketidir. İleri-geri hareketi sağlar. Pnömatik ve hidrolik silindirler lineer tip mafsala örnek gösterilebilir.

Ortogonal mafsal: Ortogonal mafsalda, giriş ve çıkış bağlantıları arasında bir kayma hareketi vardır. Giriş ve çıkış bağlantıları birbirine dik hareket eder.

Dönme mafsalı: Dönme tip mafsalda giriş ve çıkış bağlantılarının eksenlerine dik olarak dönme hareketi sağlar.

Büklüm mafsalı: Bu mafsalda çıkış bağlantısı dönme hareketi içerir. Dönüş, iki bağ eksenine paraleldir.

Döner mafsal: Bu tipte, giriş hattı eksenini, eklem dönüş eksenine paraleldir. Bununla birlikte, çıkış bağlantısının eksenini dönme eksenine diktir.

2.2. Robot Kol Çeşitleri

2.2.1. Kutupsal robot kol

Endüstride en çok kullanılan robot kollardan birisidir. Çalışma alanı küre şeklindedir. Çalışma alanı içinde verilen işleri hızlı bir şekilde yapar. Hem dikey bir eksen, hem de yatay eksen çevresinde dönebilir. Kayar bir lineer mafsal isteğe bağlı olarak kullanılabilir.

2.2.2. Silindirik robot kol

Çalışma alanı geometrik olarak bir silindire benzer. Robot kol yukarı-aşağı, ileri-geri hareketleri yapabildiği gibi kendi etrafında da dönebilir. Ekseni kendi etrafında döndürmek için dönme mafsalı kullanılmıştır. İleri-geri hareket için lineer mafsal kullanılırken kolun radyal hareketini gerçekleştirmek için bir ortogonal mafsal kullanılmıştır. Silindirik robot kolun en büyük avantajı hızıdır. Silindirik robot kolun en önemli dezavantajı ise dönme hareketinden dolayı sistemin yer kaplaması ve kolun bir yere takılma ihtimalidir.

2.2.3. Kartezyen robot kol

Kartezyen robot kollar yatay, dikey ve derinlik eksenlerinde doğrusal hareket edebilir. Çalışma alanı geometrik olarak bir dikdörtgenler prizmasına benzer. İki ortogonal mafsal olan üç kayar mafsaldan oluşur. İleri-geri, yukarı-aşağı hareketleri yapar. Kol kendi etrafında dönmez ve açılı işlemler yapamaz. Basit taşıma işlemlerinde kullanılır.

2.2.4. Eklemli robot kol

Eklemli robot kol, insan koluna benzetilerek yapılmıştır. Bir dönme mafsalı kullanılarak taban etrafında dönen dikey bir sütundan oluşur. Omuz eklemi sütunun üstünde bulunur. Çıkış dirsek bağlantısı da başka bir dönme mafsalından oluşur. Oldukça geniş bir hacimde hareket edebilir. En büyük dezavantajı ise üç eklem ile hareket ettirilmesidir.

2.2.5. Scara robot kol

Omuz ve dirseklerin dönme eksenlerinin dikey olması, eklemli robot koldan ayrılan özelliğidir. Bunun dışında eklemli robot kol ile benzerdir. Kolun dikey yönde hareketi olmamasına rağmen yatay yönde çok alternatifli harekete sahiptir. Robot kolda, iki veya üç adet mafsal bulunur. Scara robot kol hassasiyet, yüksek hız ve tekrarlama gibi özelliklerinden dolayı montaj işlemlerinde tercih edilir.

2.3. Robot Kol Tahrik Yöntemleri

Günümüzde, endüstride kullanılan robot kollarda çok farklı tahrik yöntemleri kullanılmaktadır. Modern yapıya sahip robot kollarda ise en çok tercih edilen tahrik yöntemi servo motorlar ile yapılan elektrikli tahrik yöntemleridir. Aşağıda robot kol tahrik yöntemleri ile özellikleri açıklanmıştır.

2.3.1. Elektrik tahrikli robotlar

Robotlarda, elektrik tahriki olarak step motorlar ve servo motorlar kullanılır. Step motorlar ve servo motorlar adım adım hareket edebilirler ve adım sonunda salınım yapmazlar. Servo motorların geri besleme özelliği olması nedeniyle robot kol tahrikinde en çok kullanılan yöntem olmasını sağlamıştır.

Step ve servo motorlar, sürücü ile kullanılır. Step motorlar, geri besleme düzeneğinin bulunmaması nedeni ile servo motorlara göre daha ucuzdur. Maliyeti nedeni ile step motorlar robot sistemlerinde tercih edilmektedir.

2.3.2. Pnömatik tahrikli robotlar

Pnömatik sistemin temel avantajı, robot kontrolünün elektrikli tahrik ve hidrolik tahrik yöntemlere göre çok daha kolay olmasıdır. Pnömatik tahrikli sistem, genellikle küçük robotlarda tercih edilir. Basınçlı hava, sanayi kuruluşlarının çoğunda hazır bulunduğu için pnömatik tahrik yönteminin diğer yöntemlere göre maliyeti düşüktür.

Pnömatik tahrik, ucuz olması nedeniyle açık çevrimli kontrolde kullanımı çok yaygındır. Havanın temizliği, ucuzluğu ve iş yerlerinde hazır olarak bulunması gibi özellikler pnömatik tahrikin belli başlı kullanım avantajlarını oluşturur. Bunun yanında pnömatik sistemler, karmaşık dişli düzenek gerektirmeyen direk tahrikli mekanizmalarda da çok kullanılırlar (Yenitepe, 1995).

Gıda ve ilaç sektöründe, pnömatik sistemi kullanan robotlar kullanılmaktadır. Bunun nedeni insan sağlığına doğrudan etki eden ürünlerin üretilmesidir (Havusoğlu, 2014:10). Pnömatik tahrik, hidrolik tahrik yönteminden daha temiz olduğu için özellikle gıda sektöründe hizmet veren işletmelerde daha fazla kullanılmaktadır.

2.3.3. Hidrolik tahrikli robotlar

Robot kola daha fazla hız ve daha fazla güç kazandırması hidrolik tahrikin en önemli avantajıdır. Bu sistemin dezavantajları ise robotun fazla yer kaplaması, yağ kaçaıklarının rahatsız

etmesi ve robot kol kontrolünün zor olmasıdır. Bu yüzden gıda ve ilaç sanayisinde tercih edilmezler. Elektrik motor tahrikli robot kollar, büyüdükçe maliyetleri de artarken hidrolik tahrikli robot kollarda maliyet çok artmaz.

Hidrolik tahrik sistemi, ezme sıkma gibi güç gerektiren işlem robotlarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.4. Robot Kol Tutucuları

Tutucular, robotun en önemli parçalarından biridir. Robot tutucular, robot kol ile iş parçası arasında fiziksel ara yüz görevi görür. Tutucuları robot kolun elleri gibi düşünebiliriz. Tutucuların diğer bir ismi, son işlem yapan manasındaki end efektördür.

Robot uygulamalarında, uç eleman olarak kullanılan tutucular parçaların taşınmasında, kaynak işlemlerinde, montaj işlemlerinde, boya işlemlerinde oldukça sık kullanılmaktadır. Genel maksatlı robot el kullanılırsa, montaj hattında aynı tutucunun birden fazla işi yapması veya değişik özellikteki parçaları taşınması kolaylaşır (Alp, 2012:27).

Bir robot tutucuda uyarılana bilirlilik ve esneklik önemli kavramlardır. Robot tutucu seçiminde, tutucunun sıkıştırma konumu, tutucunun açısı, döndürme seçenekleri ve kavrama yöntemlerinin ayarlanabilmesi dikkate alınmalıdır. Otomasyon projelerinde ekonomik ve pratik başarı sağlamak için, doğru tutucuyu seçmek esastır. Tutucu robotun en önemli parçalarından biridir ve sistemin en karmaşık parçalarını oluşturur. Robot tutucuları satın almak, tutucu imal etmekten çok daha ekonomiktir. Tutucu seçimi esas olarak uygulamaya ve robot kolunun gerçekleştirdiği işe göre değişir (Elfasakhany vd., 2011).

Manyetik tutucular, vakumlu tutucular, pnömatik tutucular, hidrolik tutucular ve elektrikli tutucular olmak üzere beş tip robot tutucu vardır. Tasarımcılar, yapılan işe ve tutulması istenen malzemeye göre tutucu seçimi yapmalıdır.

2.4.1. Manyetik tutucu

Manyetik tutucular, demir çelik gibi ferromanyetik cisimleri çekmek için kullanılır. Manyetik tutucunun kapasitesi artırılarak istenilen miktarda malzemenin taşınmasına olanak sağlanır. Demir ve çelik haricindeki diğer cisimlerde kullanılamaz. Dolayısı ile kullanım alanı kısıtlıdır. Manyetik tutucudan yayılan manyetik alanın, robot kola ve taşıdığı cisme zarar verme olasılığı ihmal edilmemelidir.

2.4.2. Vakum tutucular

Vakum tutma düzeni, yüksek düzeyde esneklik istenen yerlerde imalatçılar tarafından çoğunlukla tercih edilirler. Bu tip robot tutucu, parçaları almak için kauçuk veya poliüretan bir emici kap kullanır. Bazı vakumlu tutucular, uygulamayı tamamlamak için emiş kaplarından ziyade kapalı hücreli köpük kauçuk katmanı kullanırlar.

2.4.3. Pnömatik tutucular

Pnömatik tutucu, kompakt boyutları ve hafifliği nedeniyle robot kollarda tercih edilir. Üretim alanlarında yardımcı olabilecek dar alanlara kolayca monte edilebilir. Pnömatik robot tutucuların çalışırken gürültü çıkarmaları istenmeyen özelliklerinden birisidir.

Pnömatik esasına göre çalışan robot kollar ve tutucular hakkında çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle insana benzer ellerde tahrik yöntemi olarak pnömatik tahrik, tutulan nesnenin zarar görmemesi için tercih edilir. Ancak basınçlı hava nedeni ile oluşan histerezis özelliği bilek kontrolünde zorlanmaya neden olmaktadır (Maeda vd., 2012).

2.4.4. Hidrolik tutucular

Hidrolik tutma aracı, tutucular arasında en fazla gücü sağlar ve önemli miktarda güç gerektiren uygulamalar için sıklıkla kullanılır. Hidrolik pompalar, robot tutucunun basıncını 2000 psi'ye kadar çıkarabilir. Hidrolik tutucu, güçlü olmasına rağmen pompalarda kullanılan yağdan dolayı diğer tutuculara göre daha kirlidir. Ayrıca, uygulama esnasında kullanılan kuvvet nedeniyle tutucunun hasar görme ihtimali de yüksektir.

2.4.5. Servo elektrikli tutucular

Servo elektrikli tutma tertibatı, kontrol edilmesi kolay olması nedeniyle endüstriyel ortamlarda giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Elektronik motorlar, tutucu çenelerin hareketini kontrol eder. Bu tutucular son derece esnektir ve parçaları işlerken farklı malzeme toleranslarına izin verirler. Servo elektrikli tutucuların temiz olması ve hava hattına ihtiyaç duymaması nedeniyle de maliyeti uygunluk gösterir.

Başarılı otomasyon uygulamalarını sağlamak için uygun tutucuyu seçmek esastır. Bir robot tutucu seçiminde, robotun gerçekleştirmesini istediğimiz uygulamayı ve işleme tabi tutulan parçaları göz önünde bulundurmamız gereklidir.

3. PLC KONTROLLÜ ROBOT KOL TASARIMI VE KULLANILAN MATERYALLER

3.1. S7 1200 PLC

S7-1200 PLC cihazı, otomasyon ihtiyaçlarının desteklenmesinde ve çok sayıdaki farklı cihazın kontrol edilmesinde esneklik ve güç sağlar. Cihazın kompakt tasarımı, esnek konfigürasyonu ve güçlü komut dizisi çok çeşitli uygulamaların kontrollünde mükemmel bir çözüm sunar (www.siemens.com.tr, 2019).

S7-1200 PLC cihazı, CPU(Central Proces Unit), güç kaynağı, mikroişlemci, giriş-çıkış devreleri, profinet, yüksek hızlı hareket kontrol sistemi ve analog giriş ve çıkışları kompakt bir kutuda toplar (www.siemens.com.tr, 2019).

Program sisteme yükledikten sonra, uygulamalardaki cihazları izlemek ve kontrol etmek için CPU gerekli özelliğe sahiptir. CPU, girişler ve çıkışlardaki değişiklikleri, kullanıcı programındaki mantığa göre izler. Kullanıcı programı; Boolean cebri, sayma işlemleri, zamanlayıcı işlemleri, matematik işlemleri ve haberleşme işlemlerini içerir. CPU, bir profinet portu üzerinden haberleşme ağına bağlanır. PLC cihazında, profibus, GPRS, RS485 veya RS232 üzerinden haberleşme yapabilmek için ilave modüller kullanılabilir (www.siemens.com.tr, 2019).



Şekil 3.1. S7 1200 PLC cihazı ve birimleri.

Şekil 3.1' de S7 1200 PLC cihazı görülmektedir. S7 1200 PLC cihazında bulunması gereken birimler şunlardır: Güç konektörü, üst kapak altında bellek kart yuvası, kapakların arkasında sökülebilir kullanıcı bağlantı konektörü, kart üstündeki I/O için durum LED'leri ve CPU'nun altında profinet konektörü (www.siemens.com.tr, 2019).

Çizelge 3.1. 12114 CPU modelinin karakteristik özellikleri (www.siemens.com.tr, 2019).

Fiziksel Boyut:	110 x 100 x 75
Karta yerleşik I/O :	14 Giriş/10 Çıkış 2 adet analog giriş
Sinyal modülü genişlemesi:	8
Haberleşme modülü:	3
Yüksek hızlı sayıcı:	100kHz(Ia.0 – 1a.5), 30kHz(Ia.6 – Ib.5)
Pals Çıkışları:	100kHz(Qa.0 – Qa.3), 20kHz(Qa.4 – Qb.1)
Profinet:	1 adet
Geçek zaman tutma süresi:	20 gün
Proses imaj boyutu:	Giriş 1024 bytes ve çıkışlar 1024 bytes

S7 1200 PLC cihazının 12114 CPU modelinin karakteristik özellikleri Çizelge 3.1’ de verilmiştir. Çizelgeden anlaşılacağı üzere cihazda dört adet yerleşik pals çıkışı bulunmaktadır. İstenirse 20 kHz’lik dört çıkış daha etkinleştirilebilir.

3.2. Temel PLC sistemleri

PLC(Programlanabilir Lojik Kontrolör); röle, kontaktör, zaman rölesi, sayıcı gibi kumanda elemanlarının yerine kullanılabilen mikroişlemci tabanlı elektronik cihazlardır. Bu cihazlarla zamanlayıcı işlemleri, sayma, lojik işlemler yazılımla gerçekleştirilir. PLC cihazı ile karmaşık otomasyon problemlerini hızlı, güvenli ve kararlı bir şekilde çözmek mümkündür (<http://makinatek.com.tr>, 2019). Ayrıca küçük kumanda problemleri için oluşturulmuş kompakt cihazlar da vardır. Bu cihazlara akıllı röle de denilmekte olup basit ve giriş çıkış sayısı fazla olmayan sistemlerde tercih edilirler.

PLC Cihazları, pek çok karmaşık makine ve cihazın bulunduğu işletmelerde otomasyon amaçlı kullanılır. Asansör kumandasında, özellikle karmaşık paketleme ve dolun tesislerinde, elektro-pnömatik ve hidrolik sistemlerde, robot kontrol işlemlerinde, imalat, tarım ve tekstil sanayisinde ve her türlü makinelerde kullanılmaktadır.

PLC ladder diyagramı yapıldıktan veya çalıştıktan sonra program değişikliklerinde büyük bir avantaj sağlar, program silme işleminden sonra farklı sistemleri kontrol etmek için aynı PLC ünitesini kullanma imkanı verir (Lashin, 2014). PLC cihazı, röleli ve kontaktörlü sistemlerden hacimce daha küçüktür. Bilgisayarla haberleşme özelliği, bilgisayarlı otomasyon işlemine olanak sağlar. Güvenilir cihazlar oldukları için arıza yapma ihtimalleri azdır. Röleli

sistemlerin kontakları oksitlenebilir ve zamanla aşınabilir. PLC cihazları, toz, nem, gürültü gibi çevre şartlarından daha az etkilenirler, daha kararlı çalışırlar.

PLC cihazları, endüstriyel tasarım otomasyonu kontrol süreçlerinde güçlü yenilikler geçmişine sahiptir. PLC konfigürasyonlarının esnekliği, cihazın hesaplama özelliği, tarama süresi, veri işleme, ağ iletişimi, grafik ekranı ve diğer fonksiyonları önceki sistemlere göre avantajlarıdır. PLC programlama araçları sürekli gelişmekte ve bu yüzden uygulamalarda daha fazla yer edinmektedir (Pawar ve Bhasme, 2016).

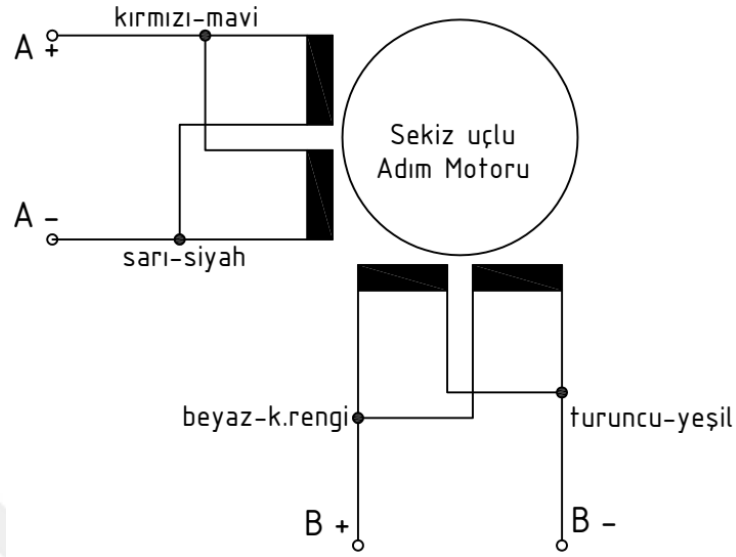
PLC cihazını programlamak için genellikle üç yöntem kullanılır. Bunlar Ladder programlama, komut listesi programlama ve fonksiyon blok diyagramı programlamadır. PLC programlanırken bu yöntemlerden uygun olan seçilmelidir. Genellikle ladder programlama tercih edilir.

Ladder(merdiven) programları: Ladder programlama, kumanda devresinin Amerikan normuna benzer. Temel mantık elemanları, kontaklar bobinler ve kutular şeklindedir (Çetin, 2001:115). Ladder programı görsel bir programlama olduğu için programlama kolaylığı sağlar. Bunun yanında karmaşık ve büyük devreler programlanırken ladder diyagramının fazla yer kaplaması istenmeyen bir durumdur.

Komut Listesi (STL) Programlama: Komut listesi programları isminden de anlaşılacağı üzere, istenilen işlevleri yerine getiren bir dizi komut satırından oluşur. Ladder programındaki grafik gösterimler yerine komut formatı kullanılır. STL programlama sayfada az yer kaplar (Çetin, 2001:115).

Fonksiyon blok diyagramı (FBD) programlama: Programlama lojik kapı sembolleri ile yapılır. Temel mantık programlama olarak kullanılmaktadır. Devre lojik kapılar ile kurulmak isteniyorsa bu programlama yöntemi kullanışlıdır.

PLC giriş elemanları temaslı ve temassız algılayıcı olmak üzere iki grupta incelenebilir. Temaslı algılayıcılara şalterler, butonlar ve anahtarlar örnek gösterilebilir. Sensör çeşitleri temassız algılayıcılar grubundadır. Temassız algılayıcı seçilirken sensörlerin çıkış gerilimlerinin 24 volt olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca sensörlerde dikkat edilmesi gereken diğer bir husus sensör çıkışının analog veya sayısal olmasıdır. Temassız algılayıcıların çıkış gerilimi 24 volt değil ise sensörler röle üzerinden PLC cihazının girişine bağlanmalıdır. Kontaktör, röle, motor, selenoid valf, lamba ve analog çıkış elemanları PLC çıkış elemanlarına örnek gösterilebilir. Çıkış elemanları seçilirken elemanların çektiği akım dikkate alınmalıdır. Çıkış elemanları yüksek akım veya darbeli akım çekiyor ise bir röle üzerinden sürülmesi daha uygun olur.



Şekil 3.3. Sekiz kablolu step motorun paralel bağlanması.



Şekil 3.4. Sekiz kablolu step motorun sürücüye bağlantısı.

3.3.1. Step motorlar ve çeşitleri

Step(adım) motorlar, isminden de anlaşılacağı üzere sargularından birinin enerjilenmesi ile sadece bir adım hareket eden motorlardır (www.megep.meb.gov.tr, 2019). Adım motorlarının çalışması için, yüksek frekanslı kare dalga üreten bir sürücüye bağlanmalıdır.

Step motorların diğer motorlara göre üstün özellikleri vardır. Motorun bakımı kolay ve tasarım maliyeti ucuzdur. Dönmediği zaman mili kilitleme özelliği vardır. Adım motorlarının torkları yüksektir ve ısınma gibi olumsuzluklardan az etkilenirler. Adım motorları mikrodenetleyiciler ile kontrol edilebilir ve programlama yoluyla hızları kolayca ayarlanabilir. Adım motorları çalışırken hızı sabit kalır ve step motorların kullanım ömürleri uzundur.

Step motorlar basit, sağlam ve güvenilirlerdir. Açık veya kapalı döngü kontrollü aktüatörler için çok uygundur. Step motorlar takım tezgahlarında, yazıcılarda, saatlerde vs. bulunabilir (Morar, 2003). Adım motorları robotik kollarda, torna tezgahlarında yazıcı ve tarayıcılarda, makine tezgahlarında ve endüstriyel ekipmanlarda sıklıkla kullanılır.

Adım motorlarının sabit mıknatıslı, hibrit, değişken relüktanslı çeşitleri bulunmakta ve sık kullanılmaktadır. Bunun yanında hidrolik ve lineer adım motorları da vardır.

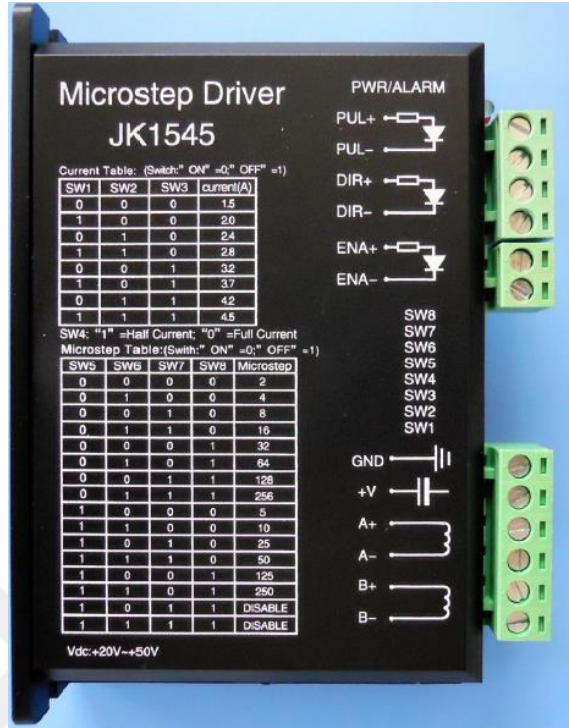
Adım motorlarında çeşitli uyartım metotları bulunmaktadır. Bu metodlardan maksimum çıkış gücü, maksimum etki, maksimum tepki ve minimum giriş gücü özelliklerine göre seçim yapılabilir (www.megep.meb.gov.tr, 2019). Adım motorları için, sürücüler vasıtasıyla düzgün hız veya yüksek tork uyartım metodları kullanılabilir.

3.4. Step Motor Sürücü

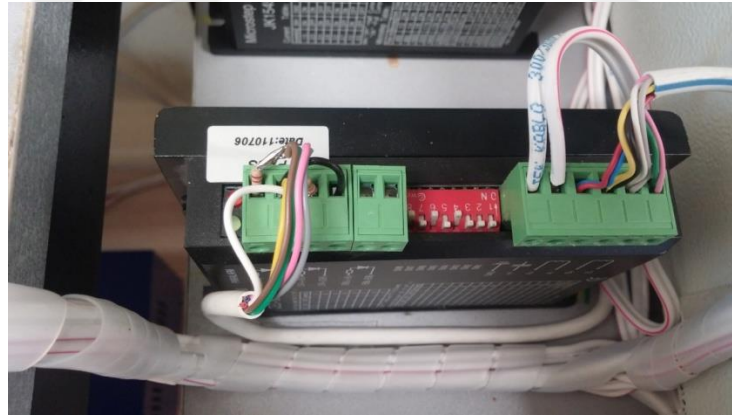
Step motor sürücüler, sürücüye verilen kare dalganın(pals) frekansına göre kaynak gerilimini sargılara sırasıyla uygulayan elektronik cihazlardır. Sürücünün mikro step özelliği varsa üzerindeki deep switchler ile adım açısı küçültülebilmektedir.

JK step motorun karakteristik özellikleri şunlardır:

1. Besleme Gerilimi: 24V-50V DC
2. Çıkış Akımı : 1,3 – 4,5A
3. Mikrostep Özelliği : 1, (1/2), (1/4), (1/8) , (1/16), (1/32), (1/64), (1/128), (1/256), (1/5), (1/10), (1/25), (1/50), (1/125), (1/250).
4. Bir adım 1,8 derecedir.
5. Koruma özelliği: Yüksek sıcaklıklarda ve düşük besleme geriliminde kendini korumaya alır.
6. Ölçüler : 118mm×76mm×33mm

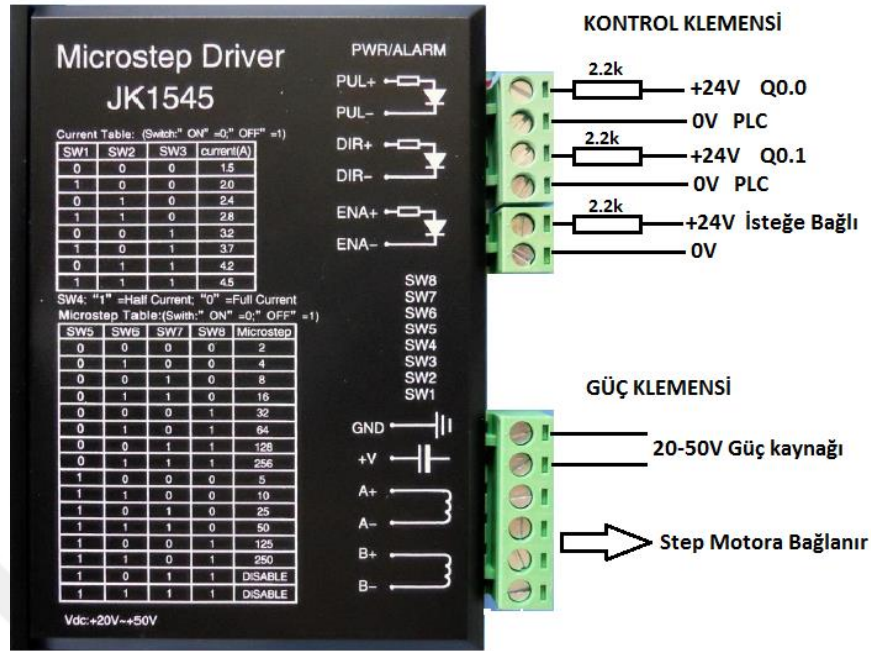


Şekil 3.5. JK1545 step sürücü.



Şekil 3.6. Step sürücü bağlantısı ve deep switch konumları.

Tez çalışmasında kullanılan JK 1545 step sürücünün resmi ve devreye bağlantı şeması Şekil 3.5'te görülmektedir. Sürücü klemensleri iki gruba ayrılmıştır. Birinci grup klemensler sürücünün kontrolü için ikinci grup klemensler step motor bağlantısı için oluşturulmuştur. İki klemens grubu arasına ise Şekil 3.6'da görülen deep switchler yerleştirilmiştir. Bu sayede step motor daha küçük adımlarla çalıştırılabilir.



Şekil 3.7. JK 1545 bağlantı şeması.

Şekil 3.7’de JK 1545 bağlantı şeması görülmektedir. Sürücünün PUL+ ucuna PLC’ den gelen puls çıkışları verilir. PLC puls çıkışı 24 volt olduğundan dolayı, girişi 5 volta uygun olan sürücü girişlerinin yanmaması için 2.2 k direnç bağlanmıştır. DIR+ ucuna PLC’ den gelen yön bilgisi girilir. Step motorun dönüş yönü tayin edilir. ENA+ ucu ise sürücünün enerjilenip enerjilenmeyeceğine karar veren uçtur. Step motor çalışmadığı zaman, motorun enerjili kalmasını ve de ısınmasını istemiyorsak ENA ucunu kullanabiliriz. Kontrol klemensindeki eksi uçları birleştirip PLC’nin GND ucuna bağlamamız gereklidir. Aşağıdaki şekilde step sürücünün kablo bağlantıları ve deep switch konumları görülmektedir.

3.5. Renk Sensörü

Sensörler, duyu organlarımız gibi bir sistemin çevresini algılamasını sağlayarak onu işlenebilen, ölçülebilen elektrik sinyallerine dönüştüren algılayıcılardır. Robotlarda kullanılan sensörler doğal canlılardan esinlenerek tasarlanmışlardır (Işık F.A, 2013:12).

Renk algılama, optik sensörlerin önemli konularından biridir. Renk sensörleri, çevresel, biyolojik ve kimyasal parametrelerin tespitini içeren çeşitli uygulamalara sahiptir (Saraçoğlu ve Altural, 2010). Renk sensörleri yüzdeki renklerini ve ışık yayan nesnelere algılar. Renk sensörleri otomasyon teknolojisinde, paketleme makinelerinde, ürünlerin kalite kontrol işlemlerinde, baskı teknolojisinde ve boyama işlemlerinde kullanılır.

Robot kol tez çalışmasında, kırmızı ve yeşil rengi ayrı ayrı algılamak üzere iki adet KS-C2 model renk sensörü kullanılmıştır. Renk sensörünün resmi Şekil 3.8’ de gösterilmiştir. Renk sensörünün teknik özellikleri ise aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.8. Robot kolda kullanılan renk sensörü.

[Tür]: KS-C2

[İsim]: fotoelektrik anahtarı

[Algılama Modu]: koaksiyel yansıma tipi

[Besleme Gerilimi]: 10-30 V DC dalga aşağıda 10% (P-P)

[Algılama Aralığı]: 10mm

[Nokta]: Phi 1.5mm-0.5mm opsiyonel

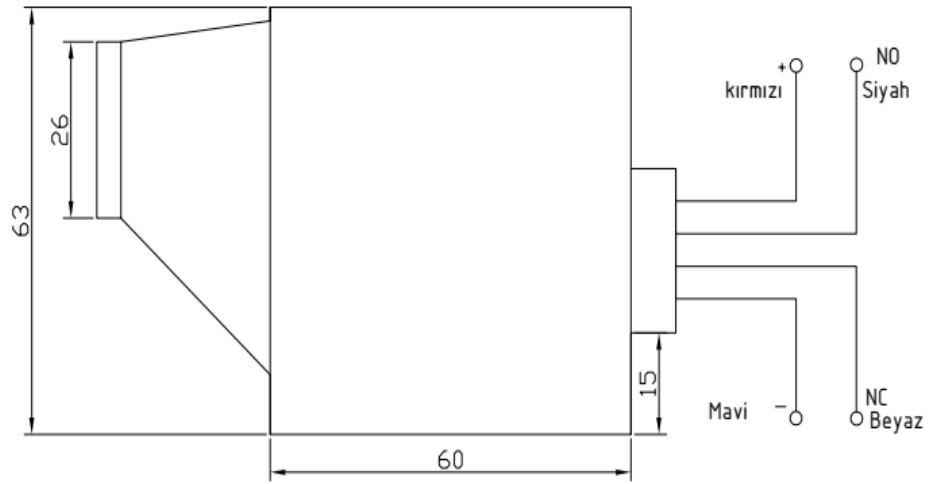
[Anahtarlama Hızı]: 2 KHZ üstü

[çıkış akımı]: 200mA daha az

[çıkış]: NPN

[Kullanım]: paketlenme makinesi, çanta yapma makinesi, dilme makinesi, baskı makinesi ve renk tanıma gerektiren benzeri uygulamalar.

Tez çalışmasında kullanılan renk sensörünün milimetre cinsinden ölçüleri ve kablolması Şekil 3.9’ da görülmektedir. Kırmızı ve mavi uçlar besleme ucu, siyah uç normalde açık, beyaz uç ise normalde kapalı uçtur. Sensör, rengi algıladığında +24 V ve -24 V çıkış verebilmektedir. PLC girişleri 24 V olduğu için bu renk sensörü tercih edilmiştir.



Şekil 3.9. Renk sensörü ebatları ve kablolama.

3.6. Vidalı Mil

Projede kullanılan vidalı mil Şekil 3.10’da görülmektedir. Vidalı milin teknik özellikleri Çizelge 3.2’de belirtilmiştir. Vidalı mil, step motorla tahrik edilmekte olup ikinci step motor ise tabla üzerine monte edilmiştir. Bu yöntemle robot kolun lineer hareket kontrolü sağlanmaktadır.



Şekil 3.10. Çalışmada kullanılan vidalı mil ve tablası.

Vidalı mil dönme hareketini doğrusal harekete çevirir. Bilye yataklı bir somunun vida dişleri açılmış bir mil üzerinde dönmesi prensibine göre çalışır. Sürtünmeyi azaltmak için somun ile mil arasında bilyeler mevcuttur. Vidalı miller, doğrusal hareketi bu yöntem sayesinde daha az sürtünme ile iletirler. Dişli mil, helezonik yapıdaki kanalları sayesinde bilye

yataklarının rahat hareketine olanak tanır. Düşük sürtünme özelliğinden dolayı mekanik verim artar (Erdöl, 2014:5; <https://docplayer.biz.tr>, 2019).

Çizelge 3.2. Vidalı mil teknik özellikleri (www.radikalmuhendislik.com, 2019).

Gövde :	Alüminyum, Sigma Profil
Maksimum Hız :	0,10 m/s
Vidalı Mil Alternatifleri :	Ø 16-05 / Ø 16-10 / Ø 16-16
Somun Alternatifleri :	Ø 16-05 / Ø 16-10 / Ø 16-16
Flanşlı Mil :	Ø 16 Krom Kaplı (0,2-0,33 µm)
indüksiyonlu Lineer Rulman :	16 UUOP
Üst Plaka Ölçüleri :	30x130mm
Tekrarlama Hassasiyeti :	L: 1000mm +-0,1mm
Maksimum strok :	1500mm
Opsiyonel Ekipmanlar :	Kaplin
Motor Bağlantı Flanşı Motor Seçenekleri :	Servo, step, asenkron motor

3.7. Konveyör Bant

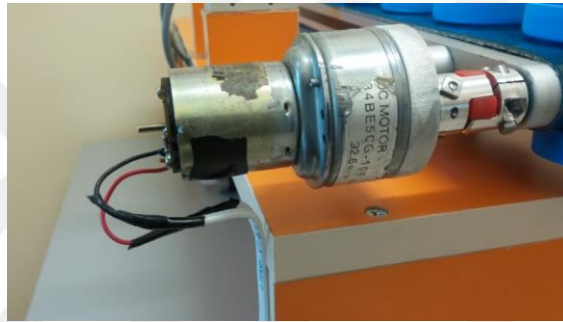
Konveyör bantlar, fabrika ve atölyelerde ürün taşımak için çok kullanılır. Motora bağlı gergin kayış sisteminin motoru döndürmesi ile yük taşımak mümkündür. Konveyör bant motorların hızları, mekanik olarak veya elektronik sürücülerle ayarlanabilmektedir.

Tasarlanan robot kol çalışmasında renkli topları taşımak için mini konveyör bant kullanılmıştır. Konveyör bandın uzunluğu 70 cm, eni ise 7,5 cm'dir. Konveyör bandın renkli topları taşımaları için üzerlerine 5 cm çapında 22 adet dairesel cisim yerleştirilmiştir.

Şekil 3.11'de tez çalışmasında kullanılan mini konveyör bant görülmektedir. Konveyör bandı döndüren DC motor ise Şekil 3.12' verilmiştir.



Şekil 3.11. Konveyör bant.



Şekil 3.12. Konveyör bant DC motoru.

Konveyör bandı döndürmek için DME34BA redüktörlü DC motor kullanılmıştır. DME34BA DC motor modelinin katalog bilgileri Çizelge 3.3' te görülmektedir.

Çizelge 3.3. Konveyör bant motoru özellikleri.

Normal Çalışma değerleri					Yüksüz çalışma	
Güç (W)	Gerilim (V)	Tork (mN-m)	Akım (A)	Hız (d/dk)	Akım (A)	Hız (d/dk)
4.5	12	11.8	0.65	3700	0.07	5000

3.8. Kompresör

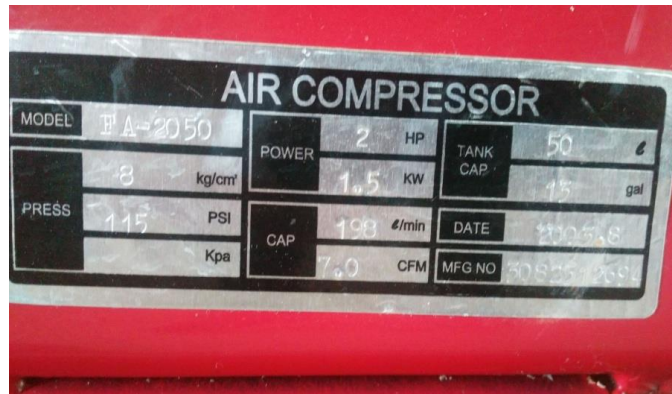
Kompresörler, havanın hacmini düşürerek yani sıkıştırarak havanın basıncını yükseltmeye yarayan mekanik aletlerdir. Havayı sıkıştırarak basıncını artıran cihazlara kompresör denir. Kullanım amacına göre kompresörler çeşitlilik gösterir (<https://abs.mehmetakif.edu.tr>, 2019). Pistonlu, paletli, türbin tipi, vidalı, diyaframlı, roots tipi kompresör çeşitleri vardır.



Şekil 3.13. Unoair FA-2050 hava kompresörü.

Pnömatik tahrikli robot kol tasarımında basınçlı hava üretmek için Unoair marka dinamik tip direk sürücülü kompresör kullanılmıştır. Şekil 3.13'te kompresörün resmi, Şekil 3.14'te kompresörün etiketi görülmektedir. Kompresör ile 115 PSI basınç elde edilebilmektedir. Elde edilen basınçlı hava 50 litre hacimde depolanabilmektedir.

Pnömatik sistemde kullanılan kompresörlerin çalışırken çok ses çıkarması, istenmeyen bir durumdur. Bu durum kompresör çalışma alanından uzak bir yere monte edilerek önlenabilir. Bir diğer yöntem yüksek hacimli kompresör kullanmaktır. Bu sayede kompresör basınçlı havayı uzun süre muhafaza edebileceği için daha az sıklıkla çalışır.



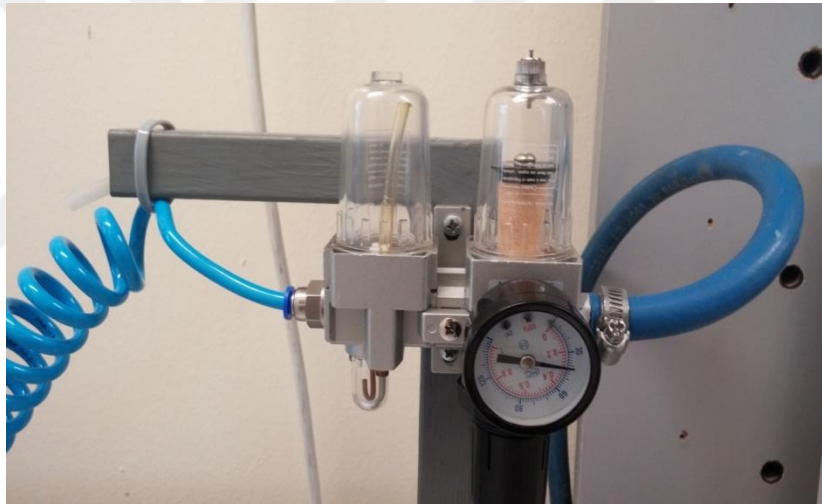
Şekil 3.14. Unoair hava kompresörü etiketi.

3.9. Şartlandırıcı

Şartlandırıcının görevi kompresörden elde edilen basınçlı havayı sistemde kullanılabilir düzeye getirmektir. Şartlandırıcılar; filtre, yağlayıcı, manometre ve basınç ayarlayıcı olmak üzere dört farklı pnömatik elemandan meydana gelmiştir.

Filtrenin görevi, havanın içinde bulunan yabancı maddeleri süzerek, havayı temiz tutmaktır. Filtreler; toz, yağ, nem gibi yabancı maddelerin pnömatik sisteme girmesini önler. Filtrelerin zaman zaman temizliği yapılmalı yada değiştirilmelidir.

Şekil 3.15' te tez çalışmasında kullanılan şartlandırıcı görülmektedir. Şartlandırıcı sayesinde havanın basıncı ayarlanabilir. Şartlandırıcı ile hava içindeki parçacıklar filtrelenir ve havanın nemi alınarak hava yağlandırılır.



Şekil 3.15. Hava şartlandırıcı.

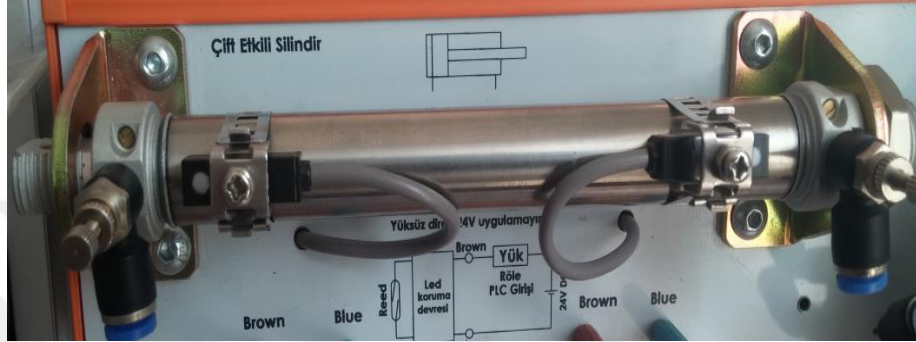
3.10. Pnömatik Silindir

Pnömatik sistemler, otomasyon teknolojisinde hareket sağlamak için kullanılır. Pnömatik sistemlerde doğrusal hareket pnömatik silindirler ile sağlanır. Pnömatik silindirler, makine imalatında, otomotiv sanayisinde, gıda, deri, tekstil sanayilerinde itme, çekme, kaldırma gibi değişik amaçlarla kullanılmaktadır (Dağdelen, 2011:453; www.hpkon.org, 2019).

Pnömatik silindirler, basınçlı hava ile itme ve çekme hareketini doğrusal olarak yapabilen pnömatik elemanlardır. Silindirin ne iş için kullanılacağı, piston çapı, silindirin modeli, silindirin bağlantı tipi ve burulma hesapları kurulacak sistem için göz önünde

bulundurulmalıdır. Tek etkili ve çift etkili olmak üzere iki çeşit silindir tipi mevcuttur (<https://abs.mehmetakif.edu.tr>, 2019).

Robot kol tasarımında iki adet çift etkili pnömomatik silindir kullanılmıştır. Birinci silindir robot kolu yukarı aşağı yönde hareket ettirirken ikinci silindir ise robot kolu ileri geri (x-y) yönde hareket ettirmektedir. Şekil 3.16' da kullanılan çift etkili silindir görülmektedir.



Şekil 3.16. Çift etkili silindir.

3.11. Pnömatik Vakum

Kapalı bir kaptan hava uzaklaştırılırsa kabın basıncı dışarıdaki hava basıncından düşük olur. Bu basınç farkı vakum kuvvetini oluşturur. Vakumla şekil verme, ambalaj havasını alma, kaldırma, taşıma, tutma gibi birçok işlem gerçekleştirilebilir. Vakum pompası ve vakum jeneratörü ile vakum elde edilir.



Şekil 3.17. Vakum tutucu aparat.

Şekil 3.17’de robot kol tasarımında kullanılan vakum tutucu görülmektedir. Vakum tutucunu ağız çapı iki santimetredir. Vakum tutucunun hava kaçırmaması için ağız esnek malzemeden yapılmıştır. Vakum tutucuda vakum kuvveti oluşması için vakum jeneratörüne ihtiyaç vardır. Basıncı hava, besleme deliğinden girer ve boşaltma deliğinden çıkar. Boşaltma deliği başta dar, daha sonra genişleyen bir yapıdadır. Bu durum iki vakum ucu arasında bir hava kuvveti oluşturur.

3.12. Elektropnömatik Valf

Elektropnömatik valfler, basınçlı havanın akışına yön vererek silindirlerin hareket etmesini sağlarlar. Pnömatik valf, bobin ile kontrol ediliyorsa bu valflere elektropnömatik valf adı verilir. Valf sembolleri, valfin kumanda yöntemini, yol ve konum sayısını gösterecek şekilde sembolize edilmektedir. Valf çeşitleri yön denetim valfi, çek valf, ve valfi, akış valfleri ve vakum olmak üzere beş çeşittir.

Yön denetim valfleri: Havanın yönünü ve yollarını kontrol edebilen valflerdir. Havayı açmada, kapatmakta, havanın yönünü ve yolunu değiştirmede kullanılır.

Çek valf: Havanın tek yönlü geçişine izin veren diğer yönde hava geçişini engelleyen valf çeşididir. Çek valf akışkanın bir yönde geçmesini sağlar.

Ve valfi: Ve mantık kapısına benzer. Sistemin çalışması için iki uçtan da basınçlı hava gelmez. Aksi durumda valf çıkışına havayı iletmez.

Akış kontrol valfleri: Silindirlere gelen havanın debisini ve şiddetini ayarlamak için kullanılır. Akış kontrol valflerinin tek yönlü ve çift yönlü akış sağlayan tipleri vardır.

Robot kolda kullanılan çift etkili silindirler için iki adet çift bobinli valf, vakum için ise bir adet tek bobinli valf kullanılmıştır. Valfler, PLC ile kontrol edildiği için bobinleri 24V seçilmiştir. Şekil 3.18’ de çalışmada kullanılan tek bobinli valf görülmektedir.



Şekil 3.18. Tek bobinli valf.

3.13. Basınçlı Hava Hortumları

Robot kol tasarımında orta basınca dayanıklı, esnek, korozyona uğramayan pun tipi poliüretan malzemeden yapılmış basınçlı hava hortumu kullanılmıştır. Hortumun dış çapı 5mm'dir. Sıcaklığa bağlı çalışma basıncı 0.95-10 bardır. Ortam sıcaklığı -35 ile 60 °C'dir. Basınçlı hava ve vakumda kullanılabilir.



Şekil 3.19. Basınçlı hava hortumu.

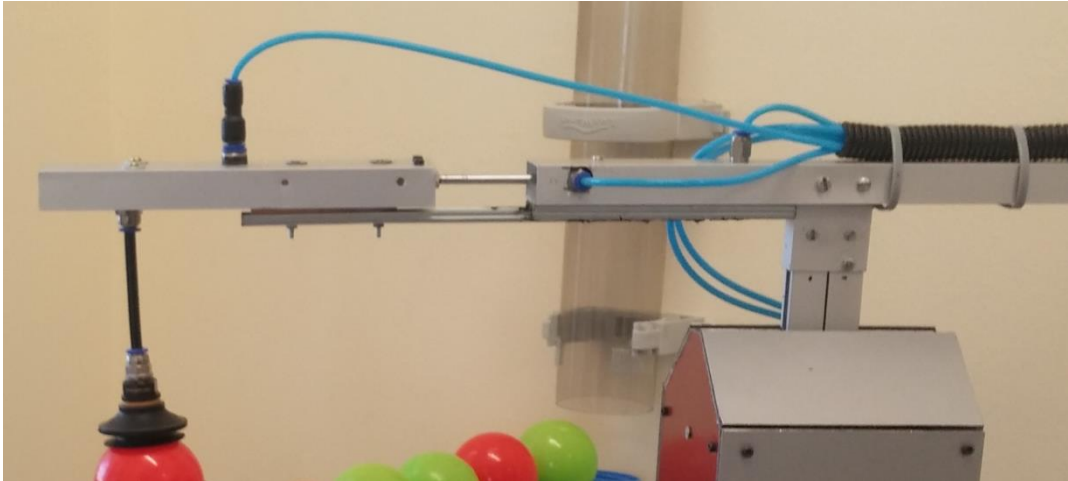
4. ROBOT KOL TASARIMININ UYGULANMASI

4.1. Robot Kol Mekanik Tasarımı

Robot kolun tasarımında alüminyum profil tercih edilmiştir. Vidalı mil ile hareket eden tablanın üzerine step motor yerleştirilmiş, step motor ve pnömatik silindir alüminyum plakadan imal edilmiş kutunun içerisine yerleştirilmiştir.



Şekil 4.1. Pnömatik silindirler kapalı iken robot kol resmi.



Şekil 4.2. Pnömatik silindirler açık iken robot kol resmi.

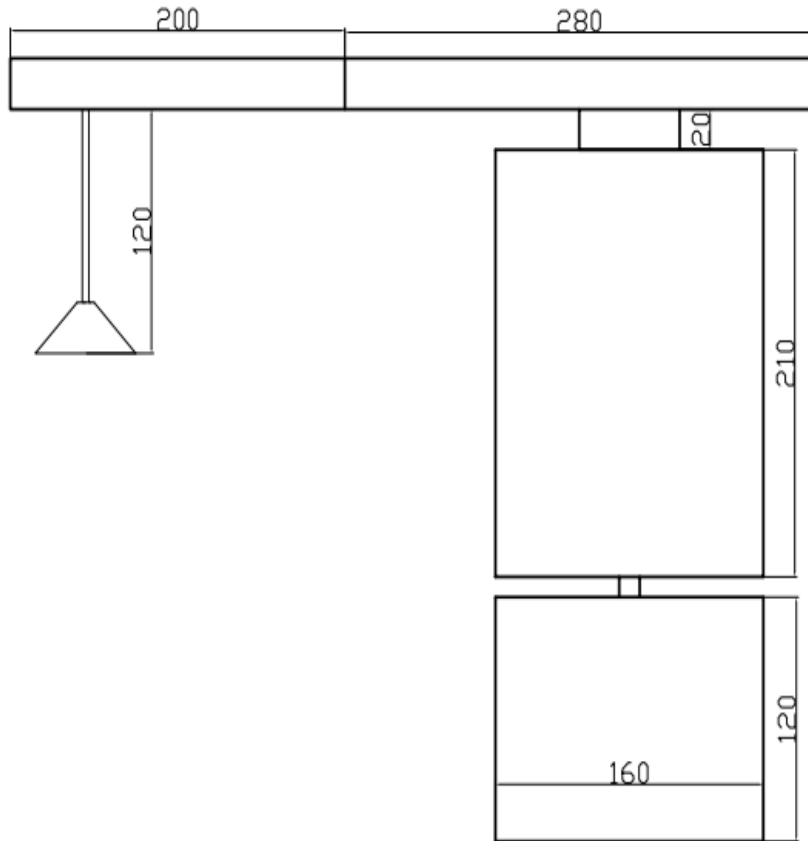
Robot kolun kapalı hali Şekil 4.1’de verilmiştir. Robot kolu ileri geri hareket ettiren silindir alüminyum profilin içerisine yerleştirilmiştir. Bu sayede robot kol beş santimetre uzayabilmektedir (Şekil 4.2). Yine aynı biçimde robot kol beş santimetre yukarı aşağı hareket

edebilmektedir. Robot kolun uzama hareketi ile yukarı kalkma hareketinde sürtünmeyi azaltmak için Şekil 4.3'te görülen bilyeli raylar kullanılmıştır.



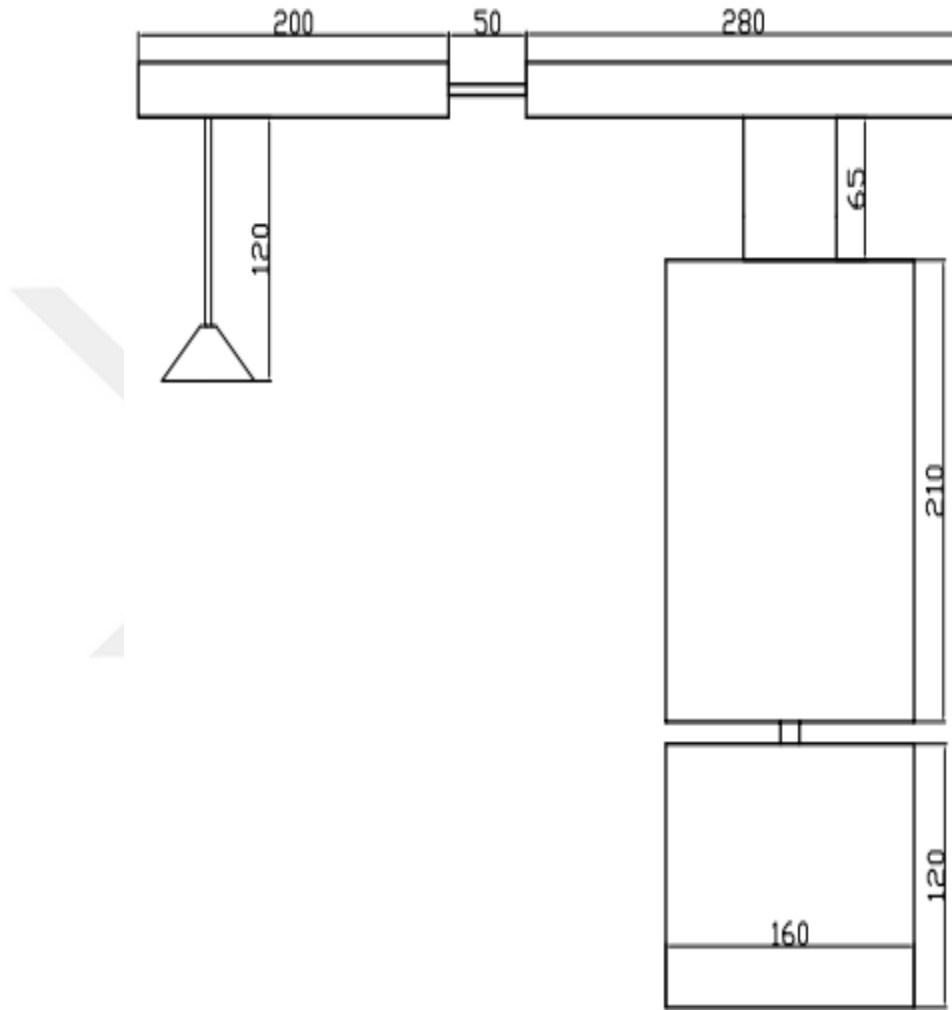
Şekil 4.3. Bilyeli ray sistemi ve reyon tekeri.

Aşağıdaki verilen Şekil 4.4'te robot koldaki iki adet pnömatik silindir kapalı iken robot kolun milimetre olarak ölçüleri gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Pnömatik silindirler kapalı iken robot kol ölçüleri.

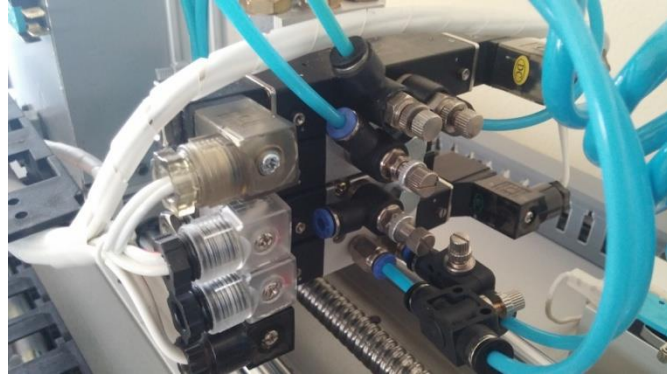
Şekil 4.5'te ise pnömatik silindirler açık iken robot kolun milimetre olarak ölçüleri görülmektedir. Robot kol yatay silindir açılınca 50 mm uzamaktadır. Yine aynı şekilde dikey silindir açıldığında robot kol 45 mm yukarı kalkmaktadır.



Şekil 4.5. Pnömatik silindirler açık iken robot kol ölçüleri.

4.2. Pnömatik Tasarım

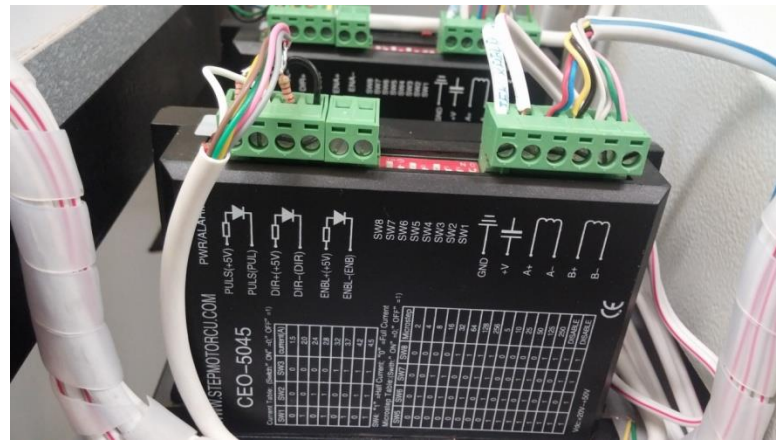
Robot kolda kullanılan çift etkili silindirler için iki adet çift bobinli valf, vakum için ise bir adet tek bobinli valf kullanılmıştır. Valfler, PLC ile kontrol edildiği için bobinleri 24v seçilmiştir. Birinci bobin silindiri bir yönde hareket ettirirken diğer bobin silindiri ters yönde hareket ettirecektir. Şekil 4.6'da robot kolu pnömatik olarak hareket ettirecek valfler görülmektedir. Kolun uzaması bir adet çift bobinli valf, kolun yukarı kalması için bir adet çift bobinli valf ve bir adet vakum jeneratör valfi kullanılmıştır.



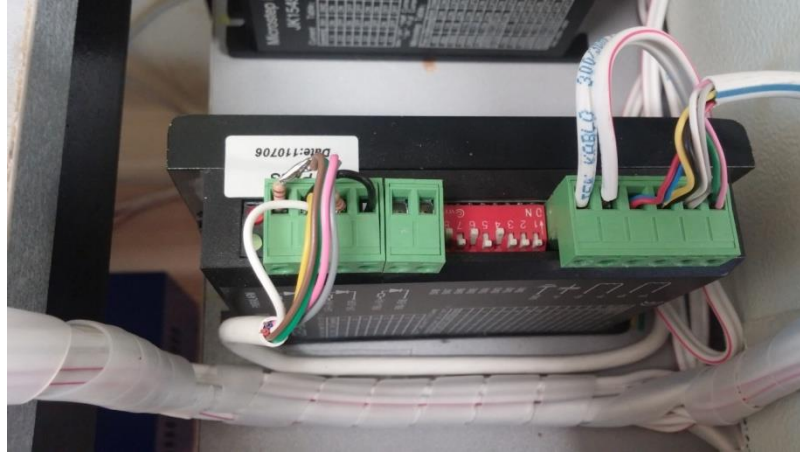
Şekil 4.6. Pnömatik valflerin robot kola monte edilmesi.

4.3. Step Motorların Sürücü Bağlantısı

Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de JK 1545 ve CEO 5045 sürücülerin step motorlara ve PLC cihazına bağlantıları görülmektedir. Sürücünün PUL+ ucuna PLC den gelen puls çıkışları bağlanmıştır. PLC puls çıkışı 24 volt olduğundan dolayı, girişi 5 volta uygun olan sürücü girişlerinin yanmaması için girişlere 2.2 k ön direnç bağlanmıştır. DIR+ ucuna yön bilgisi için PLC’nin Q0.1 ucu bağlanmıştır. ENA+ ucu ise sürücünün enerjilenip enejilenmeyeceğine karar veren uçtur. Step motor çalışmadığı zaman enejili kalmasını ve de ısınmamasını istiyorsak ENA ucunu kullanabiliriz. Robot kol tasarımında PLC’nin çıkış uçları sınırlı olduğu için ENA ucu boş bırakılmıştır. Kontrol klemensindeki eksi uçlar birleştirilerek PLC’nin GND ucuna bağlanmıştır. Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de step sürücü kablo bağlantıları ve deep switch konumları ayrıntılı gösterilmiştir.



Şekil 4.7. CEO-5045 sürücüsünün kablo bağlantıları.



Şekil 4.8. Step sürücü deep switch konumları.

4.4. Robot Kolun PLC'ye Bağlanması

Robotik sistemin PLC cihazına bağlanması için beş adet giriş ucu, dokuz adet çıkış ucu kullanılmıştır. Üç adet giriş step motorların home işlemi için kullanılmış olup iki uç ise renk sensörü girişleridir. Çıkış uçlarında dört tanesi step motorların çalışması için gerekli kare dalga ve yön bilgisi için kullanılmıştır. Aşağıdaki Çizelge 4.1'de PLC giriş ve çıkış uçları ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Giriş ve çıkış uçlarının PLC cihazına bağlantısı ise Şekil 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.1. PLC giriş çıkış uçları.

Giriş Ucu	Bağlantı Yeri	Çıkış Ucu	Bağlantı Yeri	Çıkış Ucu	Bağlantı Yeri
I 0.0	Eksen home Switch	Q 0.0	Eksen Step motor Pals Ucu	Q 0.5	Kol aşağı
I 0.1	Kol home ileri jog	Q 0.1	Eksen Step motor yön Ucu	Q 0.6	Kol İleri valf
I 0.2	Kol home geri jog	Q 0.2	Kol Step motor Pals Ucu	Q 0.7	Kol geri valf
I 0.5	Kırmızı renk sensörü	Q 0.3	Kol Step motor yön Ucu	Q 1.0	Vakum valf
I 0.6	Yeşil renk sensörü	Q 0.4	Kol Yukarı Valf	Q 1.1	Konveyör Bant



Şekil 4.9. Robot Kol uçlarının PLC cihazına bağlantısı.

4.5. Robot Kolun Çalışması

4.5.1. Kırmızı topun banttan alınıp kutuya yerleştirilmesi

Pnömatik robot kol, Şekil 4.10'da görüldüğü gibi home pozisyonunda yani belirlenen sıfır noktasında konumlandırılmıştır. Robot kol sistem başlama aşamasında, kol pozisyonu yukarıda ve konveyör bant motoru çalışacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 4.10. Robot kol bekleme pozisyonu ve vidalı milin kırmızı topa gitmesi.

Kırmızı renk sensörü kırmızı renkli topu algıladığında konveyör bant durur. Robot kol vidalı mili döndüren eksen adım motoru sayesinde programda yazılan 607 mm uzaklıktaki konuma gider.



Şekil 4.11. Kol step motorunun dönmesi ve robot kolun ileri yönde uzaması.

Vakumun kırmızı topu alabilmesi için kol adım motoru programda ayarlanan 42,8 derece dönmesi görülmektedir. Kol istenilen açıda döndükten sonra vakumun topu alabilmesi için robot kolun ileri yönde uzaması gereklidir (Şekil 4.11).



Şekil 4.12. Robot kolun aşağı inmesi ve vakum işlemi ile kolun yukarı kalması.

Robot kol ileri doğru uzayınca, kol piston sayesinde aşağıya doğru inmekte ve kırmızı topun üzerine yerleşmektedir (Şekil 4.12). Vakum topu çekince robot kol yukarı doğru kalkar. Uzayan kol geri yönde hareket ederek eski konumunu alır.



Şekil 4.13. Topun kırmızı kutuya gitmesi ve topun kutuya düşmesi.

Vakum işlemi gerçekleşip uzayan kol yerine geldiğinde vidalı mil üzerindeki tabla 407 mm geri gelir. Tabla üzerindeki kol step motoru 70 derece dönerek kırmızı kutu üzerine gelir. İki saniye sonra vakumun enerjisi kesilir ve top kırmızı kutuya düşer. Kırmızı işlem tamamlanınca kol step motoru sıfır derecedeki konumuna geri döner (Şekil 4.13). Kırmızı işlem tamamlandığı için konveyör bant tekrar çalışmaya başlayacaktır.

4.5.2. Yeşil topun banttandır alınıp kutuya yerleştirilmesi

Aşağıdaki şekillerde yeşil renk sensörünün yeşil topu algıladıktan sonra robot kolun yeşil topu alarak yeşil kutuya bırakması işleminin resimleri görülmektedir.

Robot kol Şekil 4.14'deki gibi bekleme pozisyonunda yani home konumunda durmaktadır. Dönen konveyör bant üzerinden geçen yeşil renkli topu yeşil renk sensörü algılayınca bant durur. Vidalı mile bağlı tabla yeşil topa hareket eder. Robot kolun yeşil topu alabilmesi için 23,8 derece sola dönmesi, Şekil 4.15'te görülmektedir. Vakum tutucu yeşil topun üzerine geldiğinde robot kol aşağı iner ve aynı zamanda vakum işlemi gerçekleştirilir.



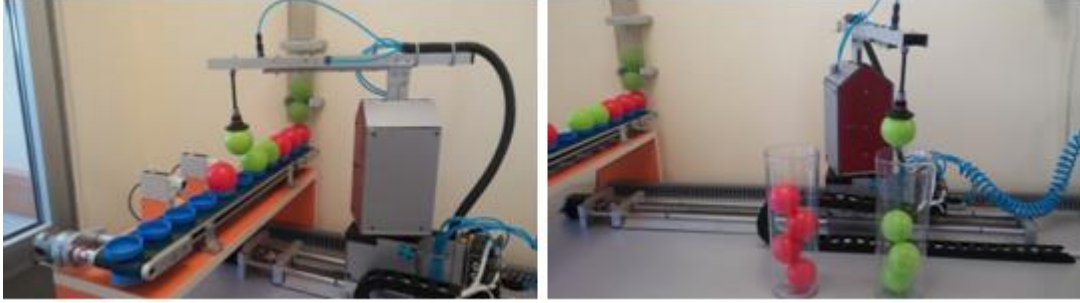
Şekil 4.14. Robot kolun bekleme pozisyonu ve tablanın yeşil topa gitmesi.



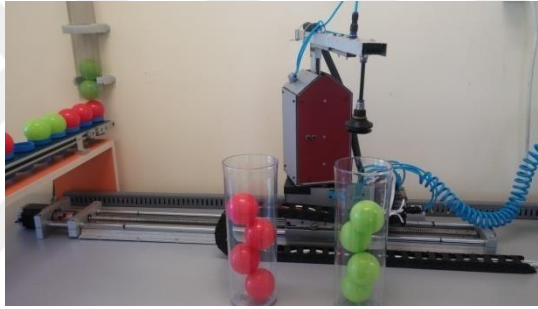
Şekil 4.15. Kolun yeşil topa dönmesi ve kolun aşağı inmesi ve vakum işlemi.

Vakum işlemi başlayınca robot kolun tekrar yukarı kalkması gereklidir. Bu durum Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Robot kol çift yönlü piston ile yukarı kaldırıldıktan sonra home

konumuna göre 200 mm mesafedeki noktaya gelir. Robot kolun kol home noktasına göre 110 derece sola dönerek yeşil kutunun üzerine gelmesi, Şekil 4.16'da görülmektedir.



Şekil 4.16. Kolun yukarıya kalkması ve kolun yeşil kutuya gitmesi.



Şekil 4.17. Yeşil topun kutuya düşmesi.

Robot kolun ucundaki vakum tutucu, yeşil kutunun üzerine geldiğinde vakum işlemi resetlenir. Vakum tutucuyu kontrol eden valfin enerjisi kesilince yeşil topun kutuya düşmesi Şekil 4.17'de gösterilmiştir.

5. ROBOT KOLUN PROGRAMLANMASI VE YAZILIMLAR

5.1. Tiaportal Yazılımı

Tiaportal yazılımı Siemens firmasının ürettiği PLC cihazlarını programlamak için gerekli bütün alt programların bir arada sunulduğu yazılımdır. Tiaportal yazılımı ile PLC programlama, HMI dokunmatik panel programı, step ve servo motorların hareket kontrolü, PLC cihazlarının uzaktan kumandası gibi bir çok işlev tek yazılımla çözülebilmektedir.

Tiaportal, totally integrated automation kelimesinin baş harflerinin kısaltılması ile oluşturulmuştur. Simatic manager'ın son versiyonudur. Siemens firmasının S71200, S7300 ve S7400 PLC cihazlarını programlamak ve yönetmek için kullanılan yeni nesil bir editördür (<http://otomasyonelt.blogspot.com>, 2019). Tiaportal yazılımı ile operatör panel programlama ve scada oluşturma işlemleri de yapılabilmektedir. TIA Portal yazılımı ile mühendislik tasarım süresi azalır. Endüstriyel üretim otomasyon teknolojilerinde güvenilirlik, kararlılık ve performans çok önemlidir. Tiaportal yazılımı bu imkânları sağlamaktadır.

TIA(Total Integrated Automasyon) Portal, Siemens firmasının entegre otomasyon sistemlerini gerçekleştirmek için geliştirdiği yazılımdır. Tiaportal yazılımında I/O, HMI ve Hareket kontrolü sistemleri birleştirilmiştir. Bir tek yazılımla otomasyon işlemleri hızlı ve kararlı bir şekilde yapılabilmektedir. TIA portal yazılımını kullanan firmalar üretim süresini kısaltarak daha rekabetçi olabilmektedir.

5.2. Tiaportal Eksen Kontrolü

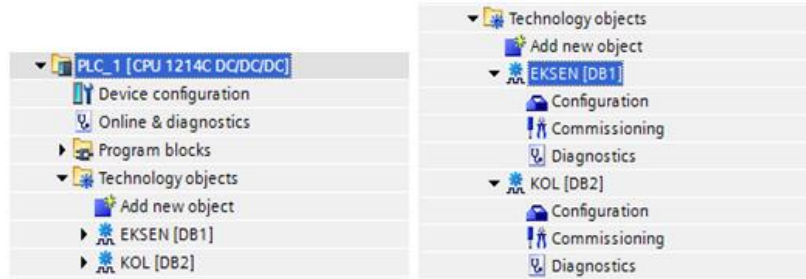
Tiaportal yazılımı ile step motor ve servo motorların bağlı olduğu eksen, vidalı mil, konveyör bant gibi gereçlerin hareket kontrolü rahatlıkla yapılabilmektedir. Yapılan çalışmada tiaportal V13 yazılımı ve bu yazılımın içinde bulunan Axis V1.0 eksen kontrolü alt programı kullanılmıştır.

Uygulaması yapılan tez çalışmasında iki adet step motor kullanılmıştır. Her iki motor için tiaportal yazılımı ile eksen kontrolü ayarları yapılmıştır. Programda yapılan eksen kontrolü ayarları sırasıyla aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

5.2.1. Vidalı mil eksen kontrolü ayarları

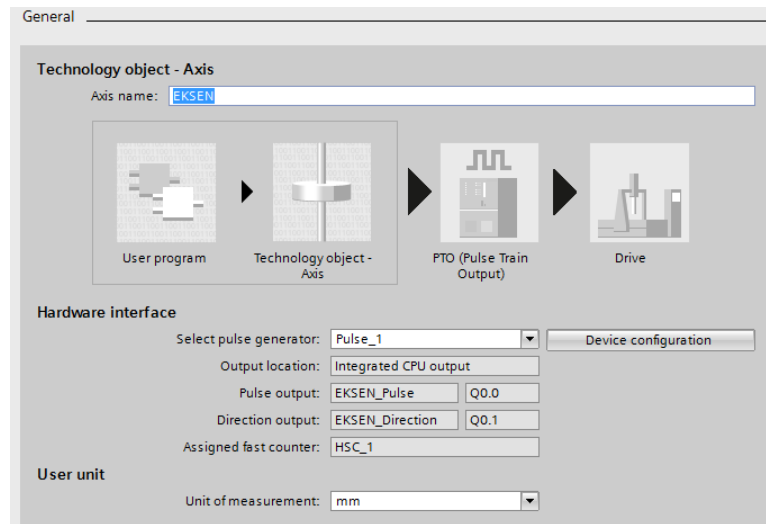
Şekil 5.1'de görüldüğü gibi program ekranının solunda yer alan ayar kısmından teknoloji obje pencersine tıklanarak iki step motor için iki adet teknoloji objesi tanımlanır.

Robot kolu x-y konumunda hareket ettiren step motor için 'eksen', robot kolu döndüren step motor için 'kol' isminde teknoloji objesi tanımlanmıştır.



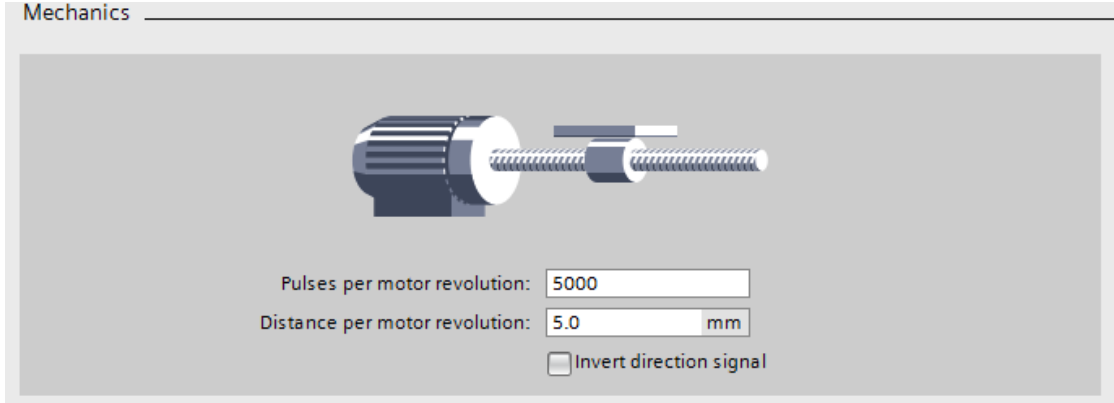
Şekil 5.1. Teknoloji objesi tanımlama ve teknoloji objesinin bölümleri.

İsim verilen teknoloji objesi açılır penceresine tıklanıldığında configuration, commistioning, diagnostics sekmeleri karşımıza çıkmaktadır. Commistioning sekmesi, program yazılmadan önce adım motorunun çalışıp çalışmadığını kontrol edebildiğimiz kısımdır. Diagnostics sekmesi ise hareket kontrolü teknolojisinde arıza olup olmadığını varsa arızanın tespit edildiği kısımdır. Configurasyon penceresi adım motorlarının hareket teknolojisi ayarlarını yaptığımız, yapılandırdığımız bölümdür. Configurasyon penceresine tıkladığımızda ilk olarak Şekil 5.2'de görülen PTO(Puls Train Output) ayarları karşımıza çıkacaktır.



Şekil 5.2. Eksen teknolojisi PTO ayarları.

PLC'nin Q0.0 ucu kare dalga çıkışı için, PLC'nin Q0.1 ucu yön bilgisi için ayarlanmıştır. Q0.0 ucu hızlı sayıcı_1 sayesinde kare dalga çıkışı verebilmektedir.



Şekil 5.3. Motor mekanik ayarlarının yapılması.

Step motorun mekanik ayarlarını yapmak için motorun bir tur dönmesi için gerekli kare dalga sayısı ve motor bir tur döndüğünde vidalı milin veya kayışın kaç milimetre ilerlediğinin bilinmesi gereklidir.

Motorun bir tur dönmesi için gerekli pals sayısı şu şekilde hesaplanır.

Motorun azami hızı: 1200 d/dk.....1200/60 =20 d/s

Cpu azami çıkış frekansı: 100000 hz

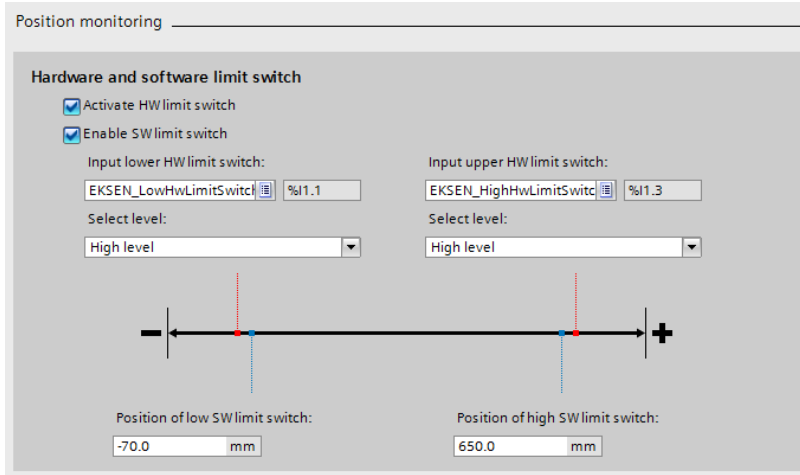
Pals sayısı = CPU frekansı/Motor azami hızı

Pals Sayısı = 100000/20

Pals sayısı= 5000

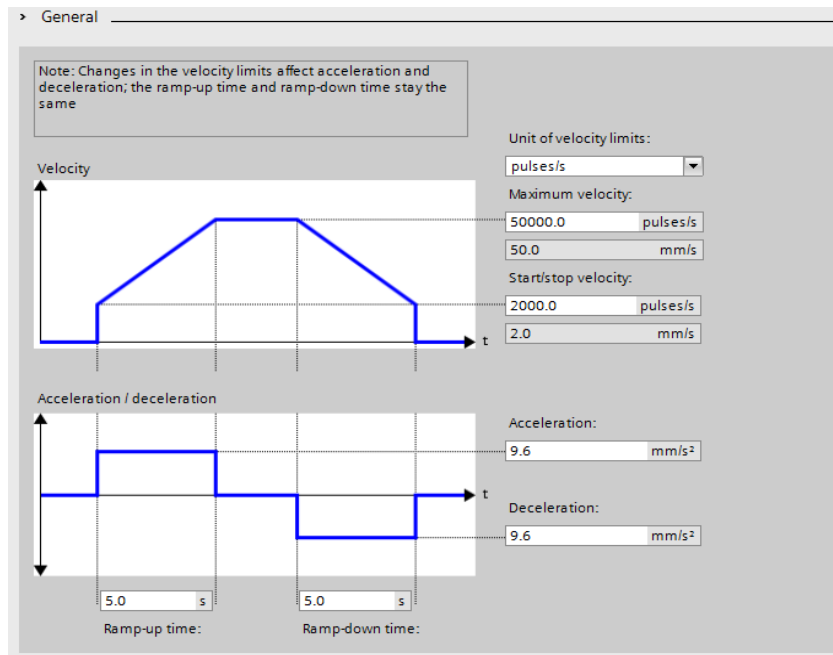
Motorun bir tur dönmesi için gerekli puls sayısı ayarlanarak aynı zamanda motorun azami hızı da ayarlanabilmektedir. 5000 pals (Şekil 5.3), uygulamasını yapmış olduğumuz robot kol çalışmasında çok fazla hıza ihtiyacımız olmadığı için yeterli görülmüştür.

Motor bir tur döndüğünde vidalı milin kaç milimetre hareket ettiği şu şekilde bulunur. Vidalı mil tablası kalemle işaretlendikten sonra motor el ile bir tur döndürülür. Hareket eden tabla yada kayış tekrar işaretlenir. İşaretlenen iki nokta arasındaki fark motorun bir tur dönmesi ile oluşan mesafeyi verir. Robot kol çalışmasında kullanılan mil, bir tur dönmede 5 mm hareket etmektedir.



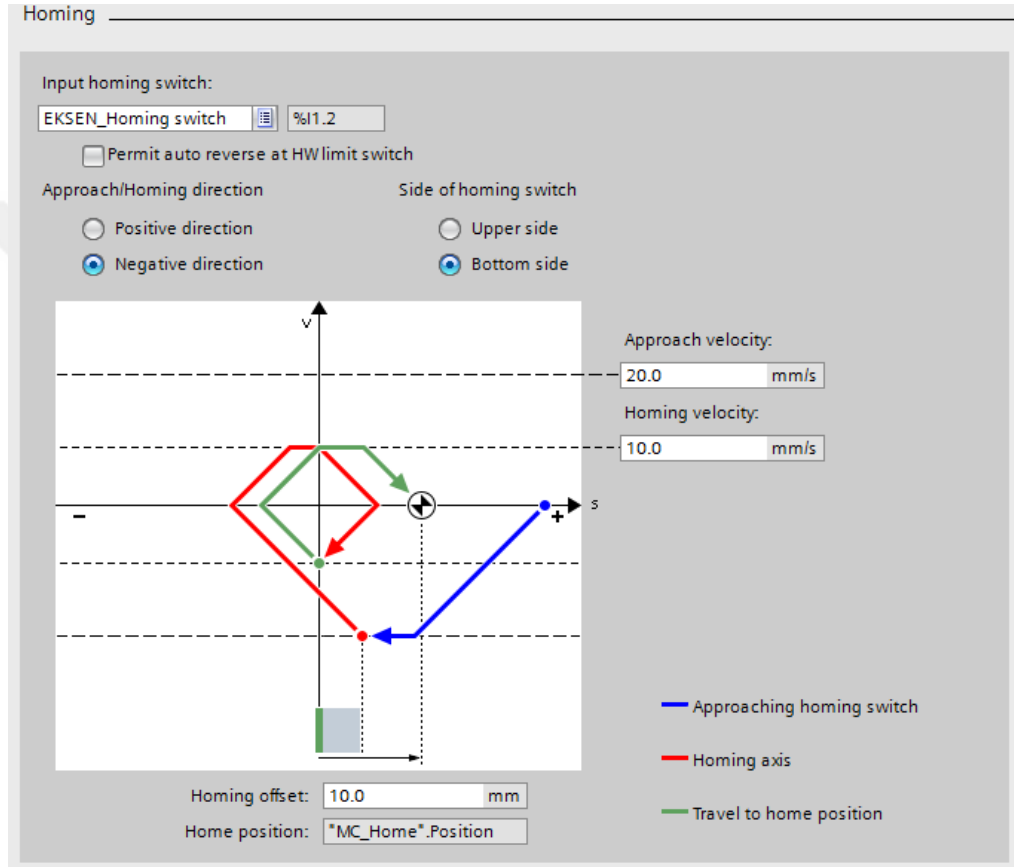
Şekil 5.4. Vidalı mil çalışma limitlerinin belirlenmesi.

Sistemin güvenli çalışması için vidalı milin yada kayış sisteminin fiziksel sınırlarının belirlenmesi gereklidir. Bu sınırlar yazılımsal ve de fiziksel olmaktadır. Motor herhangi bir nedenle yazılımsal sınırı aşarsa limit switchler devreye girer ve motor dinamik frenleme ile durdurulur. Eksenin çalışma alanı 720 mm ayarlanmıştır. Eksen belirlenen sıfır(home) noktasına göre ileri yönde 650 mm, geri yönde 70 mm hareket edebilmektedir (Şekil 5.4). Limit switchler bu çalışma alanının dışına yerleştirilir. Sınırları belirlerken vidalı milin ölçüleri bilinmelidir. Yapılan tez çalışmasında, 1000 mm uzunluğunda vidalı mil kullanılmıştır.



Şekil 5.5. Adım motoru hızının ve ivmesinin ayarlanması.

Adım motorunun sarsıntılı çalışmaması, kalkış anı ve durma anında fazla aşırı akım çekmemesi için motor normal hızına belirli bir sürede geçmelidir. Sistemde kullandığımız vidalı mile bağlı adım motoru 2 mm/s hızla kalkış yapmakta ve normal hızına 5 saniye sonra ulaşmaktadır. Şekil 5.5'teki ekranda görüldüğü gibi vidalı milin hızı ve ivmesi istenilen koşullara göre ayarlanabilmektedir.

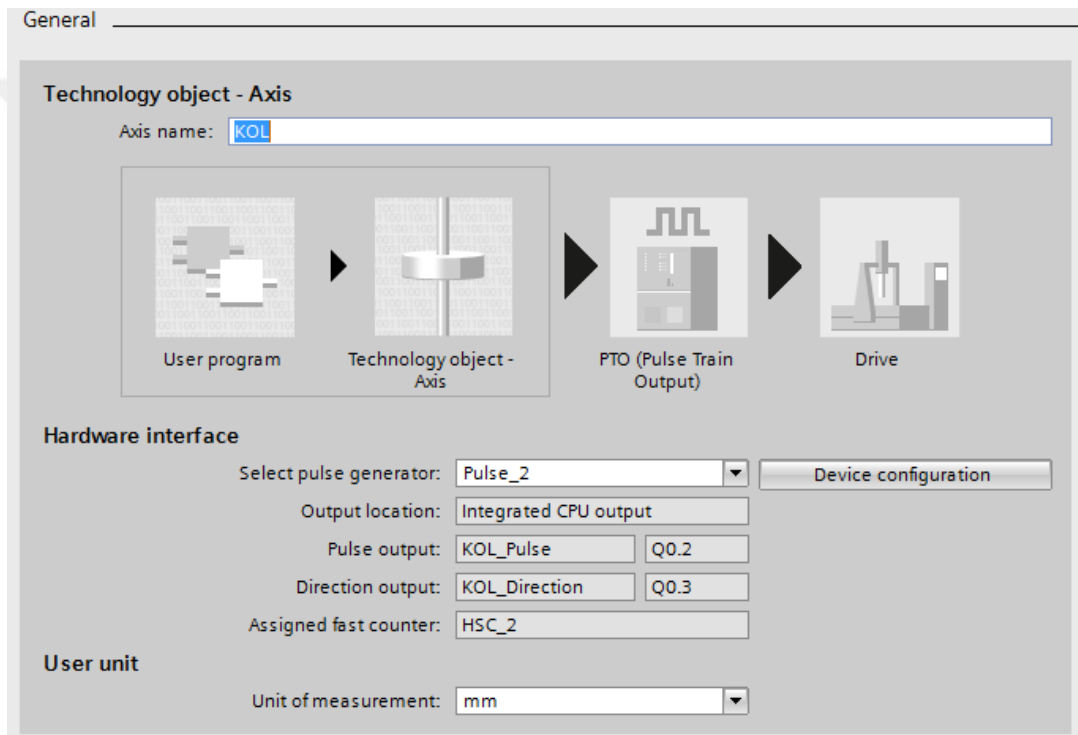


Şekil 5.6. Eksen adım motoru home işlemi.

Home işlemi eksen kontrolünün en önemli işlemidir. Home işlemi ile referans noktası belirlenir. Sistemdeki bütün işlemler bu referans noktasına göre yapılmaktadır. Home işlemi axis V1.0 alt programına göre home noktasını belirlemek için step motorun switch üzerinden üç defa geçmesi gereklidir. Bu sayede referans noktası hatasız olarak belirlenir. Şekil 5.6'da home işlem penceresi görülmektedir. Bu pencereden motorun home swici arama hızı ve home noktasını bulduktan sonraki hızı ayarlanabilmektedir. Şekil 5.6' da görülen pencerede, adım motorunun home noktasını negatif yönde arayacağı, home noktasını bulduktan sonra hareket yönü, vidalı mil üzerindeki tablanın home işleminden sonra pozitif yönde ve 10 mm uzakta duracağı belirlenmiştir.

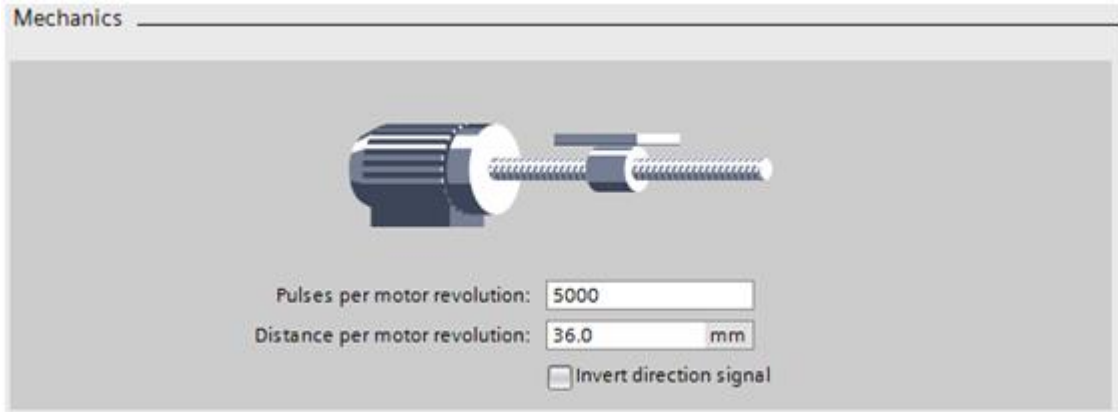
5.2.2. Kol eksen kontrolü ayarları

Kol step motoru, robot kolun kendi eksenini etrafında istenilen açıda dönmesini sağlayan motordur. Bu motorun hareket kontrolü için PTO ayarları, Şekil 5.7’ de görülmektedir. Kare dalga jeneratörü için pulse_2 dolayısıyla hızlı sayıcı 2 seçenekleri seçilmiştir. Kare dalga çıkışı olarak Q0.2, motorun yön bilgisi çıkışı olarak ta Q0.3 uçları belirlenmiştir. Q0.0 ve Q0.1 uçları vidalı mil eksen motoru için ayrılmıştı. Sistemde ölçü birimi olarak milimetre tercih edilmiştir. İstenirse ölçü birimi değiştirilebilir.



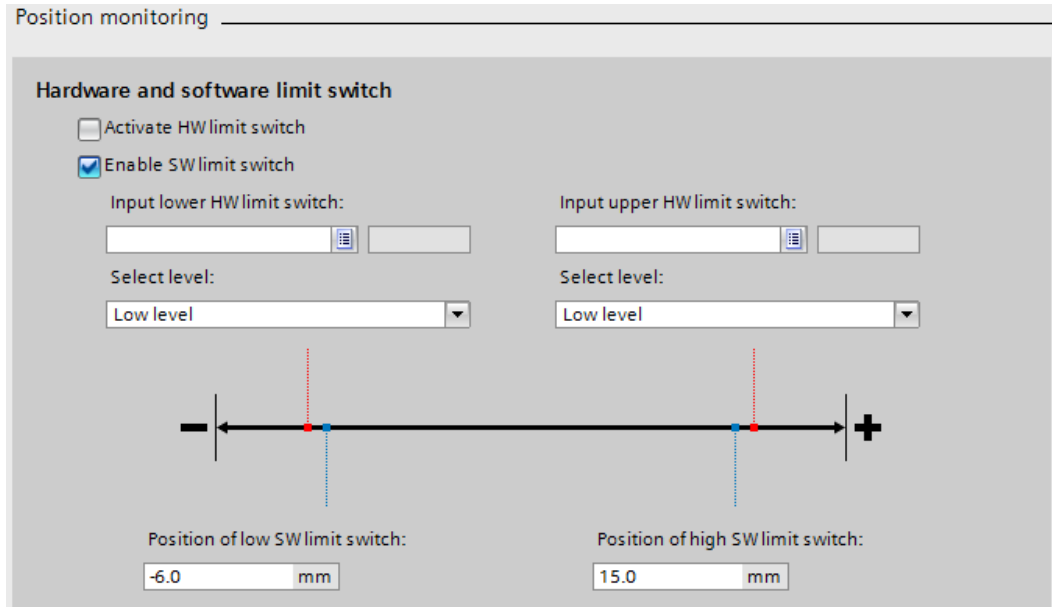
Şekil 5.7. Kol step motor PTO ayarları.

Şekil 5.8’de kol step motor mekanik ayarları görülmektedir. Step motorun bir tur dönmesi için gerekli kare dalga sayısı vidalı mil step motorunda olduğu gibi 5000 puls olarak belirlenmiştir. Kol step motoru vidalı mile veya kayış sistemine bağlı değildir. Sadece bir tur dönme işlemi gerçekleştirmektedir. Motorun bir tur dönmesi ile elde edilen mesafe şu şekilde hesaplanmıştır. Mekanik ayar kısmında açı ayar sistemi olmadığı için 360^0 açığa denk gelen 36 mm mesafe girilmiştir. Sistemde, 18 mm 90 dereceye 9 mm ise 45 dereceye tekabül etmektedir.



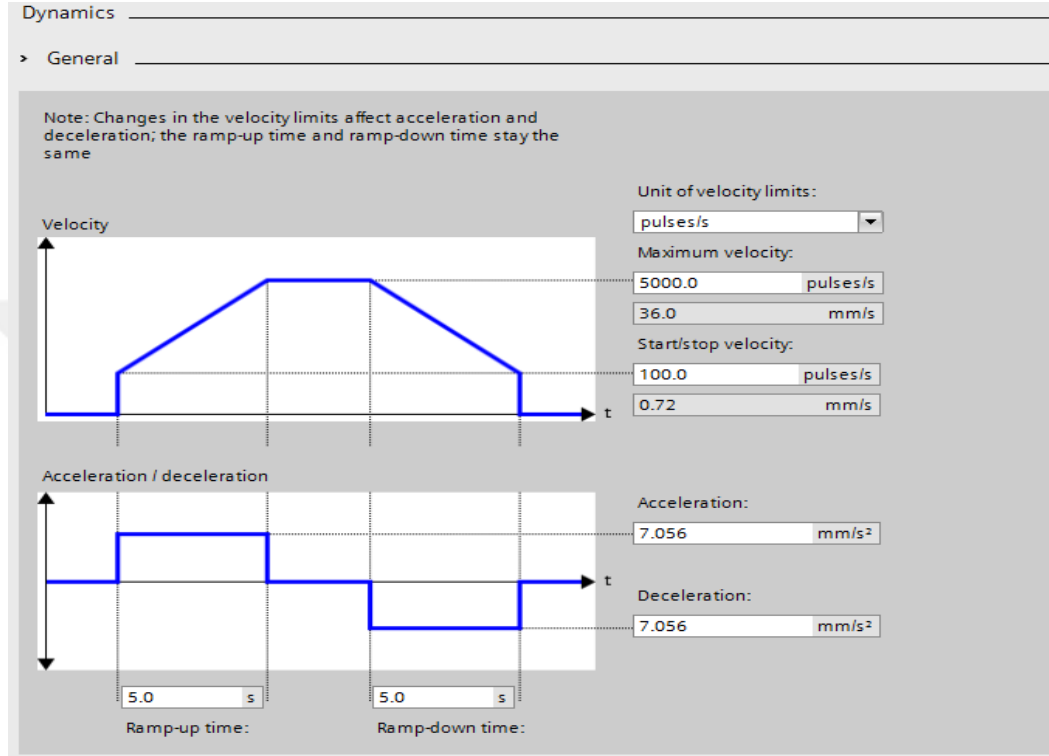
Şekil 5.8. Kol step motor mekanik ayarı.

Aşağıda görülen Şekil 5.9’da kol step motor çalışma limitleri belirlenmiştir. Kol step motoru bir eksen etrafında dönme hareketi yaptığı için sadece yazılımsal switchler tercih edilmiştir. Kol step motoru için 36 mm mekaniksel sınır belirlenmişti. Step motor, tasarımda tam bir tur dönemeyeceği için 15 mm pozitif tarafta, 6 mm negatif tarafta olmak üzere toplam 21 mm dönme sınırı belirlenmiştir. Renkli topların toplandığı kutular pozitif çalışma bölgesine yerleştirilmiştir.



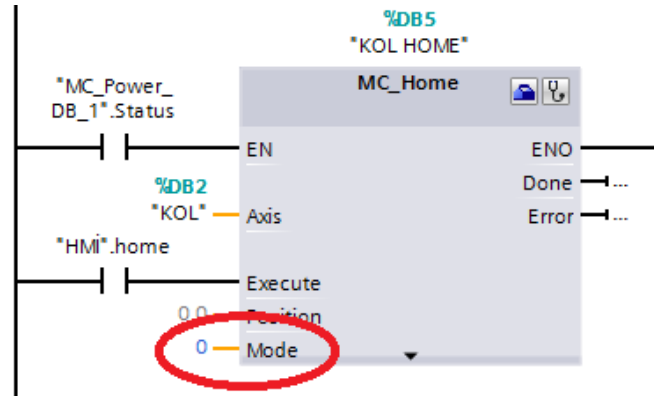
Şekil 5.9. Kol step motor çalışma limitlerinin belirlenmesi.

Kol step motorunun dinamik ayarları, Şekil 5.10' da görülmektedir. Kol step motoru bir turdan daha az hareket ettiği için kalkış hızı ve maksimum hızı düşük tutulmuştur. Bu sayede motorun sarsıntılı çalışması önlenmiş ve adım hatası en aza indirilmiştir.

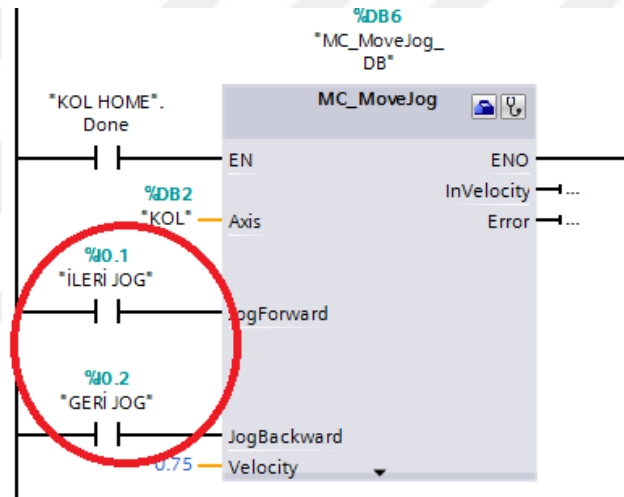


Şekil 5.10. Kol step motor dinamik ayarlarının yapılması.

Kol adım motoru için home işlemi vidalı mil eksen adım motorunda olduğu gibi gerçekleştirilememiştir. Bunun nedeni axis v1.0 alt programında home işleminin gerçekleştirilmesi için motorun bir turdan daha fazla dönmesi gerekmektedir. Yapılan kol tasarımına pnömatik boru bağlantıları yapıldığı için robot kol, en fazla $\frac{3}{4}$ tur dönebilmektedir. Bu yüzden home işlemi, switch yerine “mod 0” yani “bulunduğu konumu home kabul et” işlemi ile gerçekleştirilmiştir. Home noktasının sabit kalması için mekanik düzen kullanılmıştır. Mekanik düzene rağmen adım kaymasını önlemek için home işleminden önce motoru ileri ve geri döndürebilecek iki buton PLC programına eklenmiştir. Sistem manuel olarak sıfır noktasına getirilir. Daha sonra home komutu mod 0 konumunda çalıştırılır. Bu problem axis v2.0 versiyonunda giderilmiştir. Aşağıdaki Şekil 5.11 ve Şekil 5.12’ de programsal olarak manuel home işlemi gösterilmektedir.



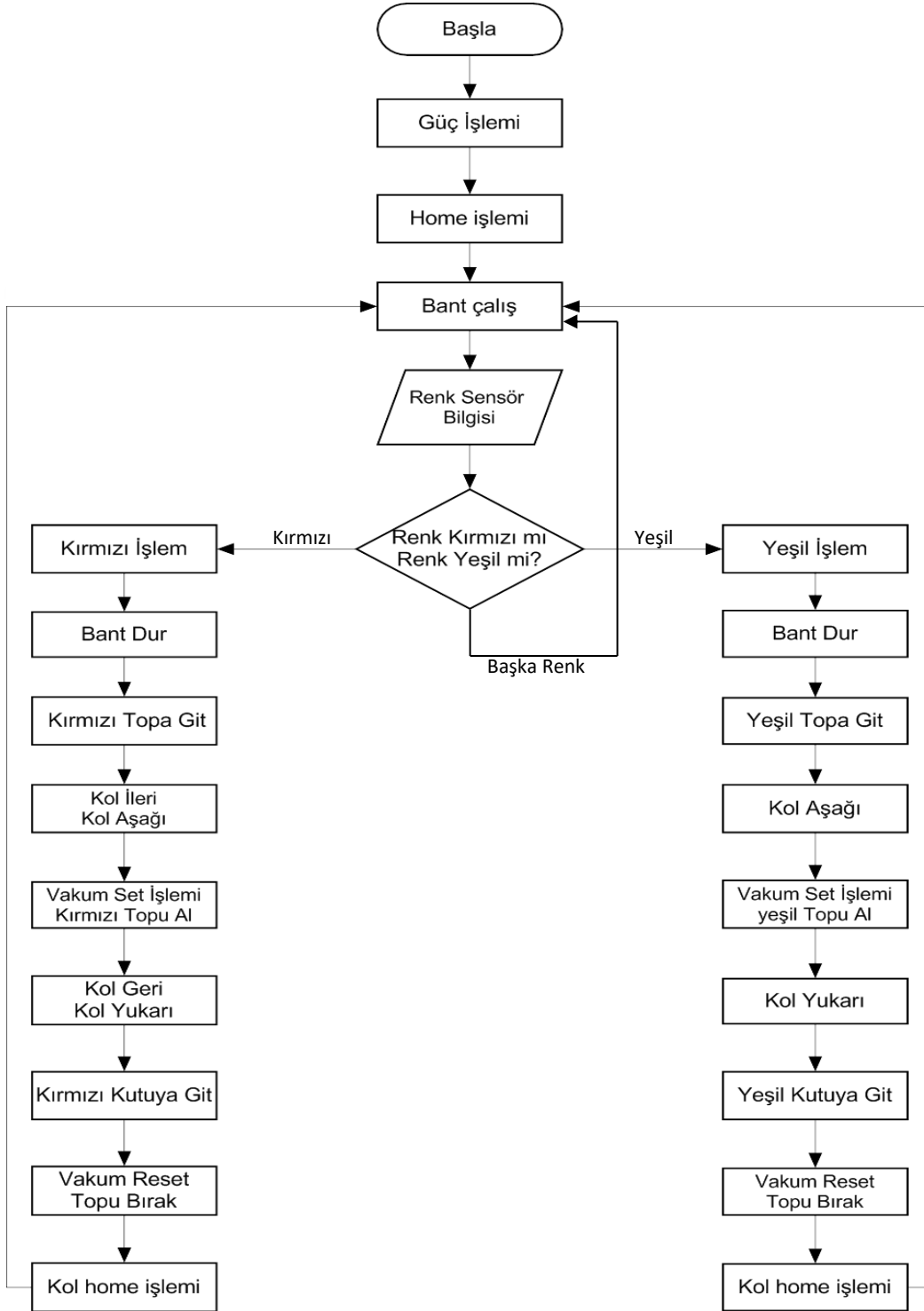
Şekil 5.11. Mod 0 home işlemi.



Şekil 5.12. Kol step motorunun manuel home konumuna getirilmesi.

5.3. Robot Kol PLC Program Yazımı

5.3.1. PLC programı akış şeması



Şekil 5.13. Program akış şeması.

5.3.2. PLC programında kullanılan etiketler

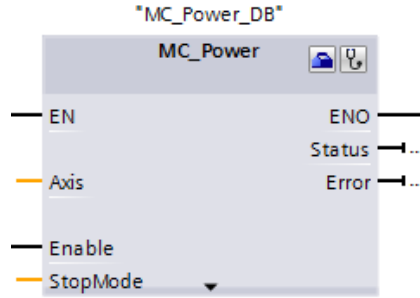
PLC tags							
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...
1	EKSEN_Pulse	Default tag table	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	EKSEN_Direction	Default tag table	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	EKSEN_LowHwLimitSwitch	Default tag table	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	EKSEN_HighHwLimitSwitch	Default tag table	Bool	%I1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	EKSEN_Homing switch	Default tag table	Bool	%I1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	KOL_Pulse	Default tag table	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	KOL_Direction	Default tag table	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	BAŞLATMA	Default tag table	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	HOME BAŞLATMA	Default tag table	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	İLERİ JOG	Default tag table	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	GERİ JOG	Default tag table	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	KIRMIZI İŞLEM	Default tag table	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	KIRMIZI SENSÖR	Default tag table	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	BANT MOTOR	Default tag table	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	YEŞİL SENSÖR	Default tag table	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	YEŞİL İŞLEM	Default tag table	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	VAKUM	Default tag table	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	SİSTEM BAŞLATMA	Default tag table	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	Tag_1	Default tag table	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	Tag_2	Default tag table	Bool	%I1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Şekil 5.14. PLC etiketleri(tags).

Tasarlanan robot kolun programlanması için S7 1200 PLC cihazı kullanılmıştır. S7 1200 cihazının programlanmasında TIA portal programı kullanılmaktadır. TIA portal programının en büyük özelliklerinden birisi etiket(tags) kullanımınıdır. Etiketler özellikle karmaşık programlarda kullanıcılara büyük kolaylık sağlar. Kullanılacak olan etiketler yukarıdaki Şekil 5.14' te görüldüğü gibi önceden tanımlanabilir. Yada program esnasında tanımlanan etiketler listelenebilir. Kullanılacak olan etiketlerin data tipini belirlemek, adreslerinin tanımını yapmak ve görüntülemek çok kolaydır. Ayrıca Şekil 5.14' te görülen retain sekmesi işaretlenirse elektrik kesintisi durumunda, işaretlenen etiketler bilgisini elektrik gelinceye kadar korur.

5.3.3. PLC programında kullanılan fonksiyonlar

5.3.3.1 MC_Power (Ekseni serbest bırakma/engelleme) komutu



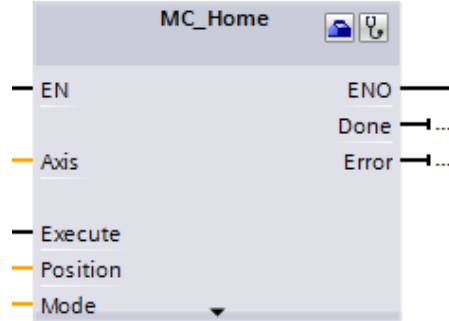
Şekil 5.15. MC_Power komutu.

MC_Power komutu hareket kontrolünde kullanılması gereken ilk komuttur. Bu komut kullanılmadığı takdirde diğer hareket kontrolü komutları pasif olur. MC_Power komutu, Şekil 5.15'te gösterilmiştir. Tiaportal yazılımında ekranın sağ alt köşesinde bulunan "motion control" sekmesi altında yer alır. Step motor ve servo motorların hareket kontrolünde eksene enerji veren veya enerjisini kesen komuttur. Çizelge 5.1' de MC_Power komut fonksiyonlarından önemli olanlar gösterilmiş ve açıklamaları verilmiştir.

Çizelge 5.1. MC_Power komut parametreleri (www.siemens.com.tr, 2019).

Parametre ve Tipi		Veri Tipi	Açıklama
Axis	IN	To_Axis_1	Eksen teknoloji nesnesi
Enable	IN	Bool	<ul style="list-style-type: none"> • FALSE (varsayılan): Tüm aktif görevler parametrelendirilen "Stop Mode" a göre iptal edilerek eksen durdurulur. • TRUE: Hareket kontrolü, ekseni etkinleştirmeye çalışır.
Stop Mode	IN	İnt	<ul style="list-style-type: none"> • 0: Eksen, duraklama haline geldikten sonra devre dışı bırakılır. • 1: Eksen yavaşlama olmadan devre dışı bırakılır. • 2: Sarsıntı kontrolü ile acil durdurma

5.3.3.2 MC_Home Komutu



Şekil 5.16. MC_Home komutu.

PLC programını yazarken eksen teknolojisinde referans noktası belirlenmeli ve program bu noktaya göre şekillendirilmelidir. Aksi durumda sistemde hatalar oluşacak ve de sistem kararsız çalışacaktır. MC home komutu sembolü Şekil 5.16'da görülmektedir. MC home komutu, programı yazarken eksenin referans noktasını belirlediğimiz komuttur. Bu konum olmadan PLC ile eksen kontrolü yapmamız mümkün değildir.

Home komutu eksen kontrolü için en önemli komuttur. Eksen ayarları yapıldıktan sonra home komutu kullanılabilir. Eksende home işlemini gerçekleştirmek için birkaç farklı seçenek vardır. Çizelge 5.2'de homing modları açıklanmıştır.

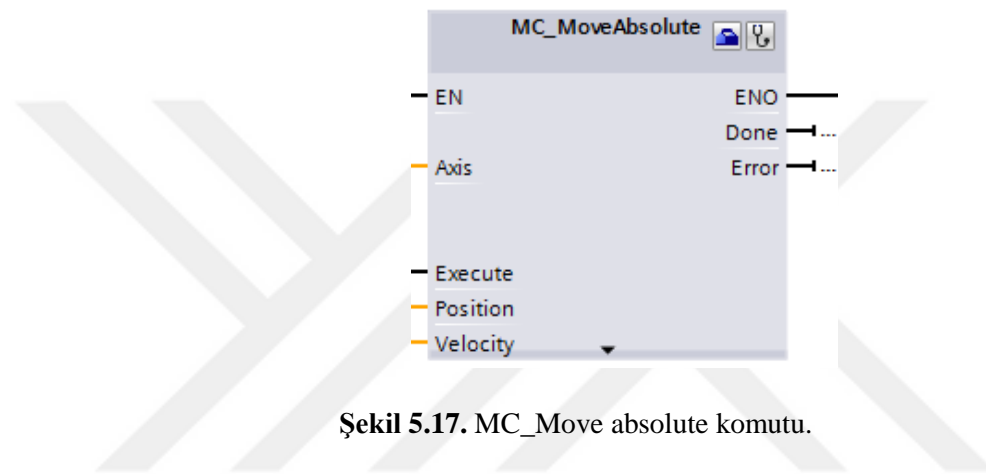
Çizelge 5.2. Homing modları (www.siemens.com.tr, 2019).

Direct homing absolute (Mod = 0):	Geçerli eksen konumu "Position" parametre değerine ayarlanır. Bulunduğu konumu home kabul eder.
Direct homing relative (Mod = 1):	Geçerli eksen konumu "Position" parametre değeriyle kaydırılır.
Passive homing (Mod = 2):	Passive homing sırasında, MC_Home komutu herhangi homing hareketi gerçekleştirmez. Bu adım için gerekli olan dönme hareketi, diğer hareket kontrol komutları aracılığıyla kullanıcı tarafından uygulanmalıdır.
Active homing (Mod = 3):	Homing prosedürü tanımlanan eksen teknolojisinde ayarlandığı gibi otomatik olarak yürütülür.

Position seçeneği home moduna bağlı bir parametredir. Home modu tanımlandıktan sonra eksenin konumlanacağı pozisyon belirlenir. Pozisyon değeri 0.0 seçilirse home modu seçilen değerde kalacaktır.

Axis parametresi tanımlanan eksen seçmek için execute parametresi ise MC_home komutunu aktif etmek için kullanılan parametredir.

5.3.3.3 MC_Move Absolute (Ekseni mutlak konumla) komutu



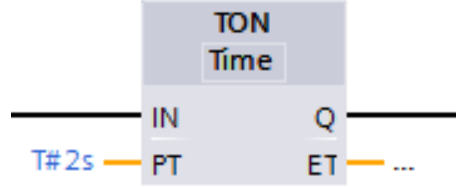
Şekil 5.17. MC_Move absolute komutu.

MC_Move absolute komutunun sembolü Şekil 5.17, komutun özellikleri ise Çizelge 5.3' te gösterilmiştir. Bu komut, home noktasına göre hareketini gerçekleştirir. Bütün pozisyonlar home komutuyla belirlenen sıfır noktasına göre konumlandırılır. Vidalı mil üzerindeki tablanın home noktasından 70 mm ileri gitmesi istenirse position kısmına 70 yazılır. Home komutundan 50 mm ters yöne gitmesi isteniyorsa position kısmına -50 yazılır. Bu yüzden MC_Move absolute komutu, home komutu ile kullanılmak zorundadır.

Çizelge 5.3. MC_Move absolute komutu parametreleri (www.siemens.com.tr, 2019).

Parametre ve Tipi		Veri Tipi	Açıklama
Axis	IN	To_Axis_1	Eksen teknoloji nesnesi
Execute	IN	Bool	Görevi pozitif kenar ile başlatma
Position	IN	Real	Mutlak hedef pozisyonu
Velocity	IN	Real	Eksen hızı
Done	OUT	Bool	TRUE = Mutlak hedef pozisyonuna ulaşıldı

5.3.3.4 Zamanlayıcı komutu



Şekil 5.18. Düz zamanlayıcı komutu.

TON zamanlayıcısı, ayarlanan süre gecikmesinden sonra Q çıkışını on yapar. TOF zamanlayıcısı ise ayarlanan süre gecikmesinden sonra Q çıkışını off olarak resetler. TONR zamanlayıcısı, ayarlanan süre gecikmesinden sonra Q çıkışını on olarak ayarlanmasını sağlar. bu zamanlayıcıda geçen süre, R girişi, zamanı resetlemek için kullanılabılır kadar geçen çoklu zamanlama periyotlarının toplamı kadardır (www.siemens.com.tr, 2019). TON zamanlayıcısının sembolü Şekil 5.18’ de görülmektedir.

5.4. HMİ Dokunmatik Panel Programı

Robot kolu HMİ(Human Machine İnterface) dokunmatik panel üzerinden kontrol etmek için aşağıdaki işlemlerin sırasıyla gerçekleştirilmesi gereklidir. HMİ üzerine yerleştirilen butonlar fiziksel buton değildir. Anahtarlar için data blok tanımlanması gerekir. Şekil 5.19’da HMİ isminde data blok tanımlanmıştır. Tanımlanan HMİ data blok üzerine tıklanır. HMİ panelde kullanılması gerekli data girişleri şekil 5.20’de görüldüğü gibi HMİ data blok içerisine tanımlanır.



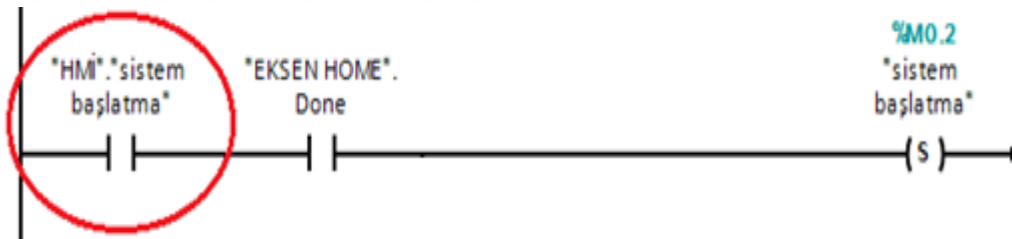
Şekil 5.19. Data blok tanımlama.

HMI							
	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Visible in ...	Setpoint
1	▼ Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	■ eksen güç	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	■ kol güç	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	■ sistem durdurma	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	■ home	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	■ sistem başlatma	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Şekil 5.20. HMI data blok içerisine giriş tanımlama.

Yazılan programda normal girişler yerine data blok girişleri kullanılmaktadır. Aksi takdirde HMI panel üzerinden sistem kontrol edilemez. Sistem başlatma data butonunun PLC programında gösterimi Şekil 5.21’de belirtilmiştir.

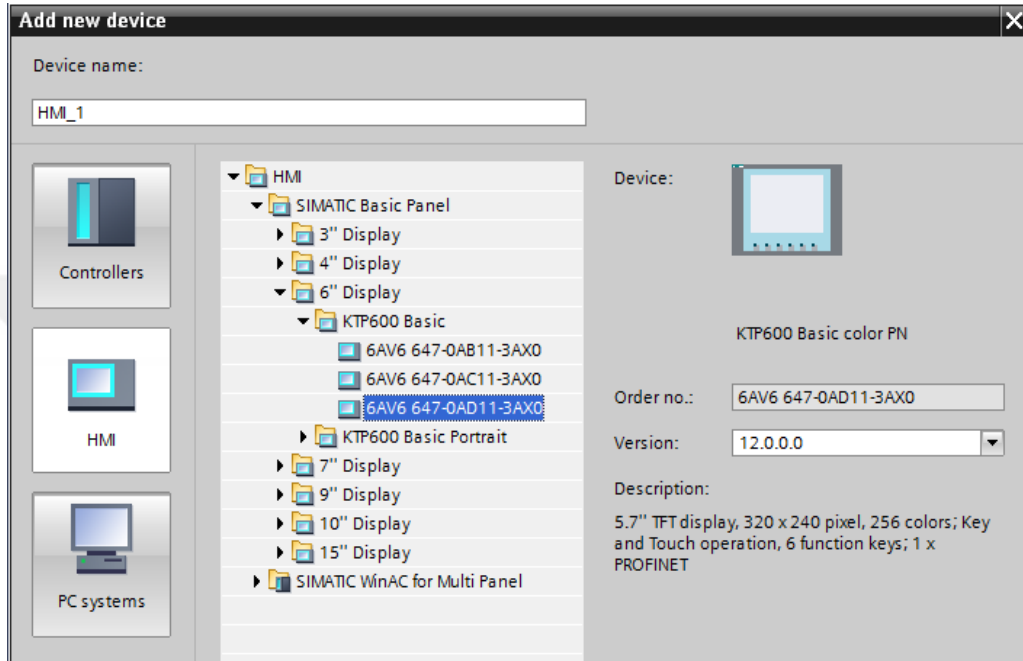
“HMI” sistem başlatma data butonu gerçek bir buton değildir. Bu yüzden PLC’nin giriş uçlarını meşgul etmez. Data butonu, dokunmatik panelden gelen data bilgisidir. Çok giriş sayısı gerektiren otomasyon projelerinde dokunmatik panel kullanmak avantajlıdır.



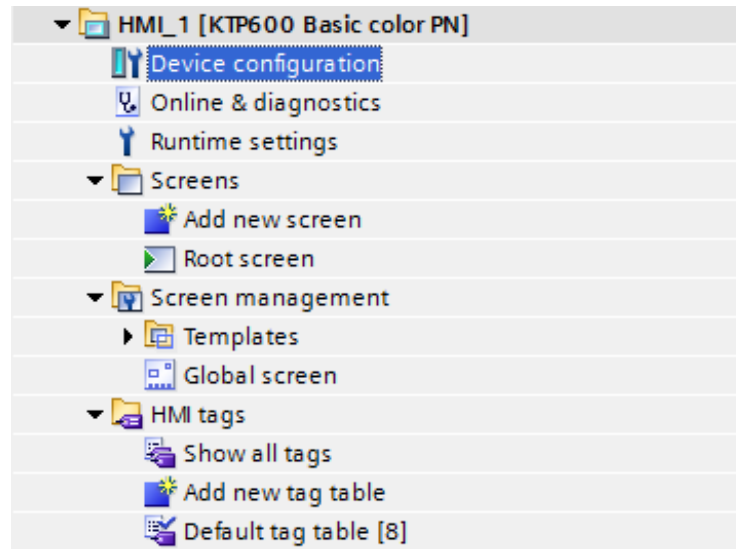
Şekil 5.21. Data blok girişinin PLC programında gösterilmesi.

5.4.1. HMI panel tanımlama

Tiportal programı ana ekranında HMI penceresi üzerine tıklanır. Açılan pencerelerden sistemde kullanılan, Şekil 10.22’de görülen KTP600 Basic Color PN paneli seçilir.

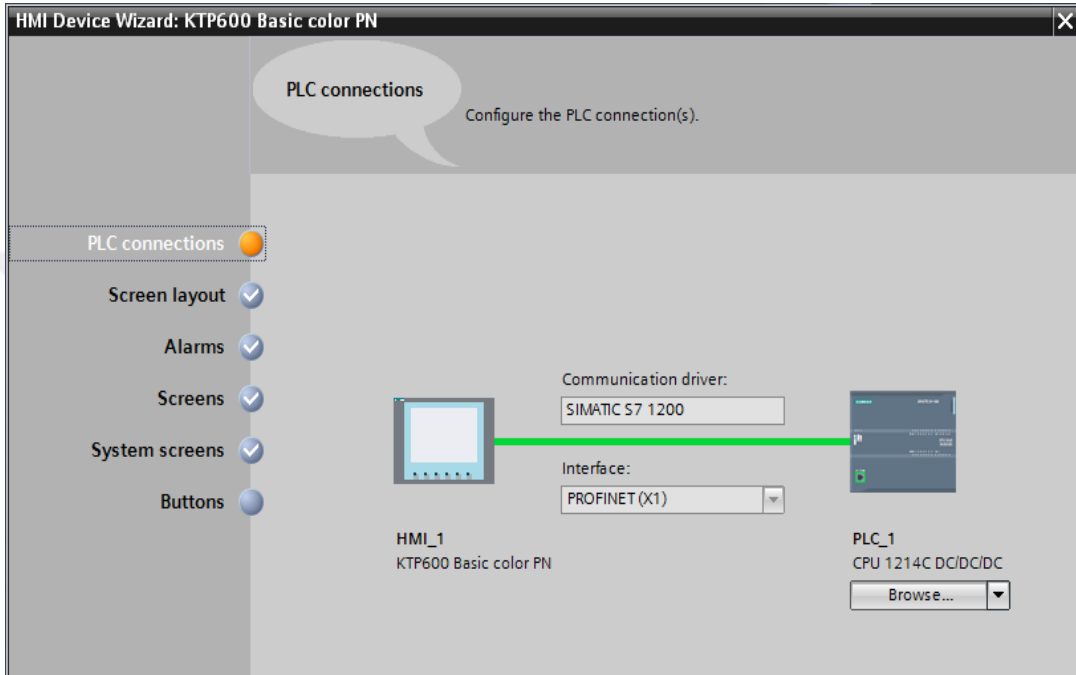


Şekil 5.22. Tiportal ekranından HMI dokunmatik panel seçimi.



Şekil 5.23. KTP600 HMI panel ayar ekranı.

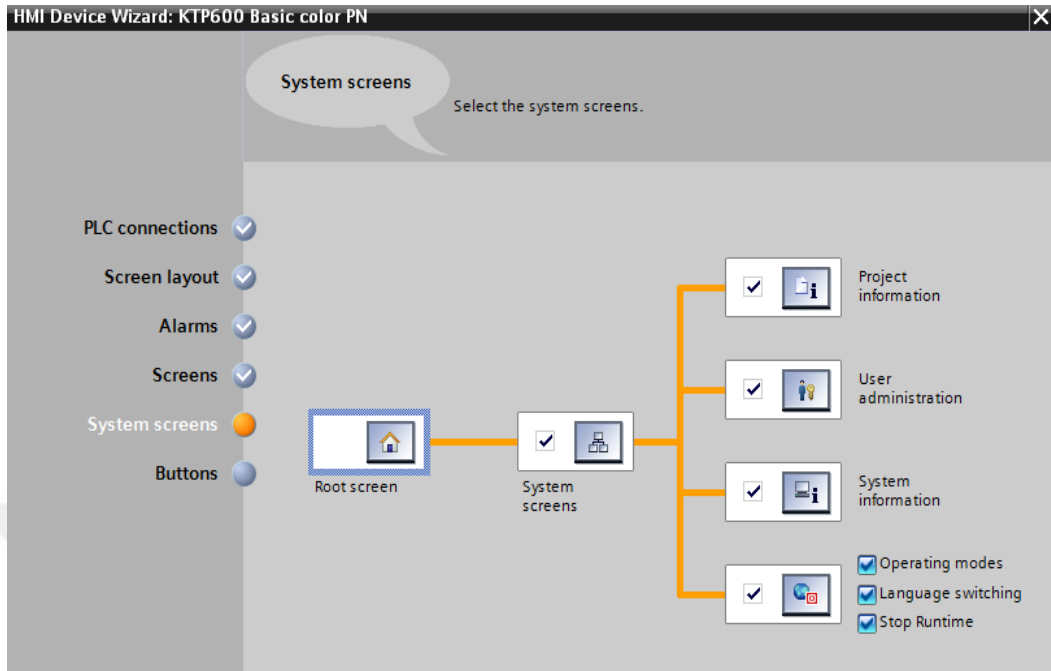
KTP600 paneli tanımlandıktan sonra ekranın sol bölümü üzerinde yer alan açılır pencereden, hmi device configürasyon sekmesine tıklanır (Şekil 5.23). Karşımıza ilk olarak Şekil 5.24'te görüldüğü gibi dokunmatik panel ile PLC arasındaki haberleşmeyi sağlayan ekran çıkacaktır. Hmi ile PLC arasındaki bağlantıyı yaptıktan sonra diğer ayarlara geçebiliriz.



Şekil 5.24. HMI panel ile PLC cihazının haberleştirilmesi.

Yukarıdaki Şekil 5.24'te HMI panel ile PLC cihazının haberleştirilmesi ekranı görülmektedir. Öncelikli olarak seçtiğimiz hmi dokunmatik panel ile kullandığımız PLC cihazının doğru seçilip seçilmediğini kontrol etmemiz gerekir. Haberleşme yöntemi için profinet kullanılır. Profinet teknolojisi cat5 veya cat6 kabloları ile haberleşme sağlayabilen bir teknolojidir. Profinet teknolojisi sayesinde PLC cihazımız internet üzerinden kontrol edilebilir. HMI panel ile PLC cihazı haberleşiyor ise aradaki hat yeşil olacaktır.

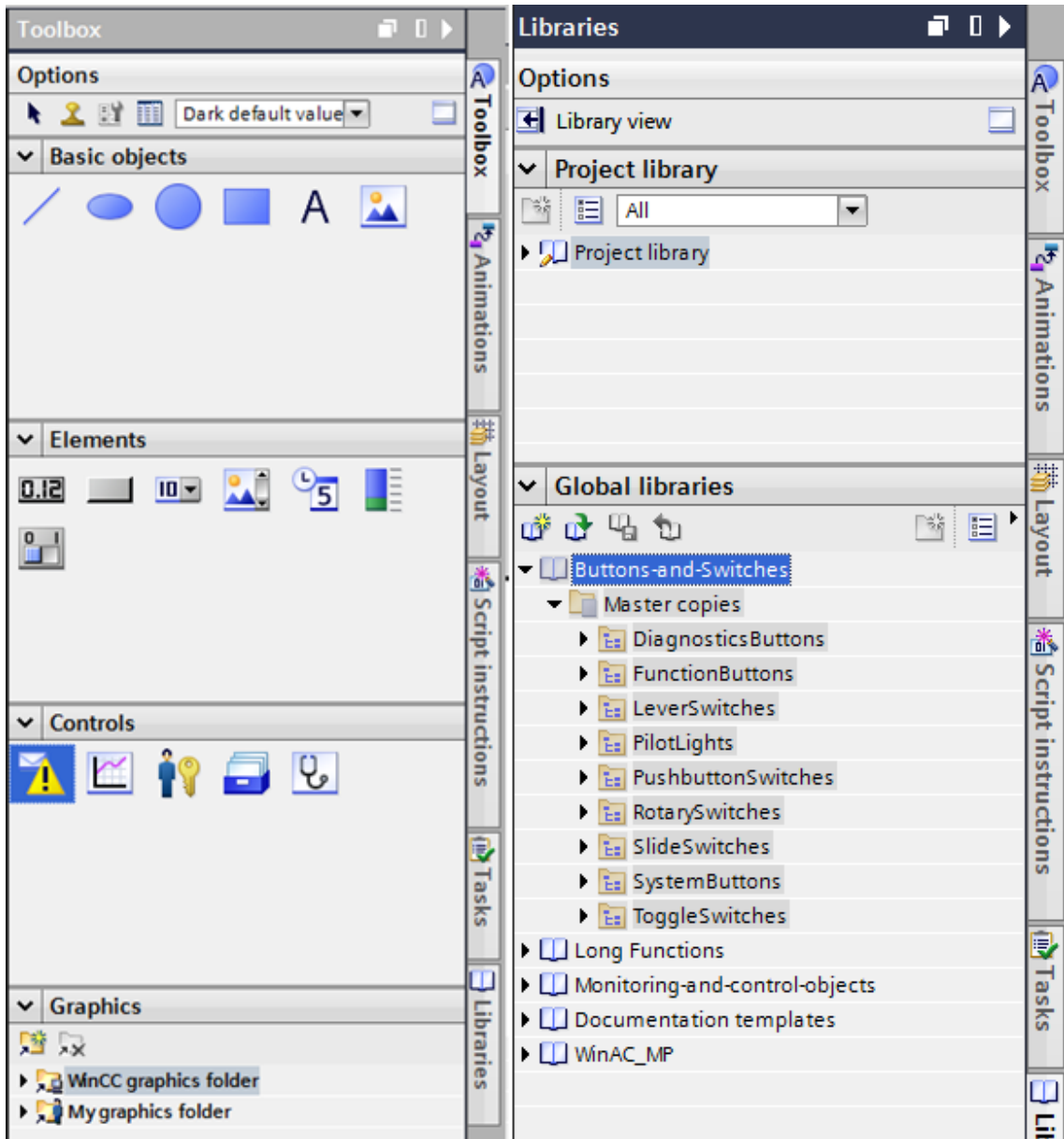
Aşağıdaki Şekil 5.25'te HMI dokunmatik ekranlarının ayarlanması görülmektedir. Robot kol çalışmasında sadece ana ekran seçilmiştir. İstenirse alt ekranlar da işaretlenerek seçilebilir. Ekranın sol bölümünde alarm ve buton menüleri de bulunmaktadır. Bu iki menü, projede kullanılmadığı için çalışmasına değinilmemiştir.



Şekil 5.25. HMİ dokunmatik panel ana ekran ve alt ekranların eklenmesi.

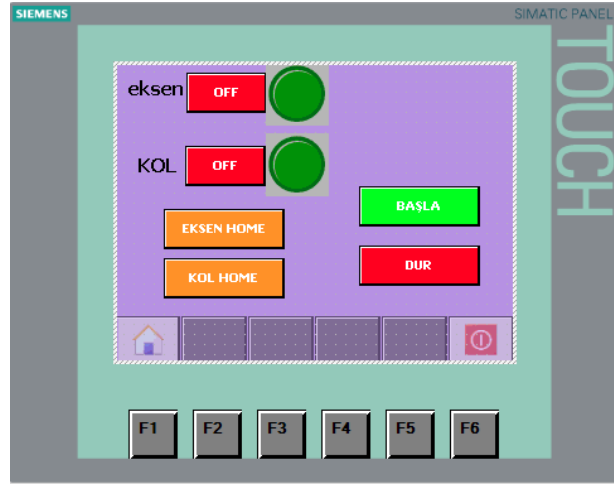
Ekranın sol bölümünde yer alan screens(ekran) menüsüne tıklandığı zaman, boş olarak dokunmatik ekran ana sayfası görülür. Bu ekrana anahtar, buton, sinyal lambası, grafik ve göstergeli bar gibi görseller yerleştirilebilir. Bunun için ekranın sağ bölümünde yer alan toolbox(araçlar) bölümü kullanılır. Şekil 5.26’da tollbox menüsü ve library menüsü görülmektedir. Bu bölümde yer alan geometrik şekiller ekrana yerleştirilir. Bu geometrik şekillerin buton veya anahtar mı olacağı, şekil üzerine tıklanılarak belirlenir.

Toolbox menüsünün ekrana yerleştirilecek öğeler için yetersiz kalması durumunda yine ekranın sağında yer alan ve libraries sekmesine tıklanır. Libraries ekrana yerleştirilebilecek çok çeşitli butonlar, anahtarlar, lambalar ve göstergeleri içeren kütüphanedir. Dokunmatik panelde kullanılan yeşil renkli lambalar kütüphaneden alınmıştır.



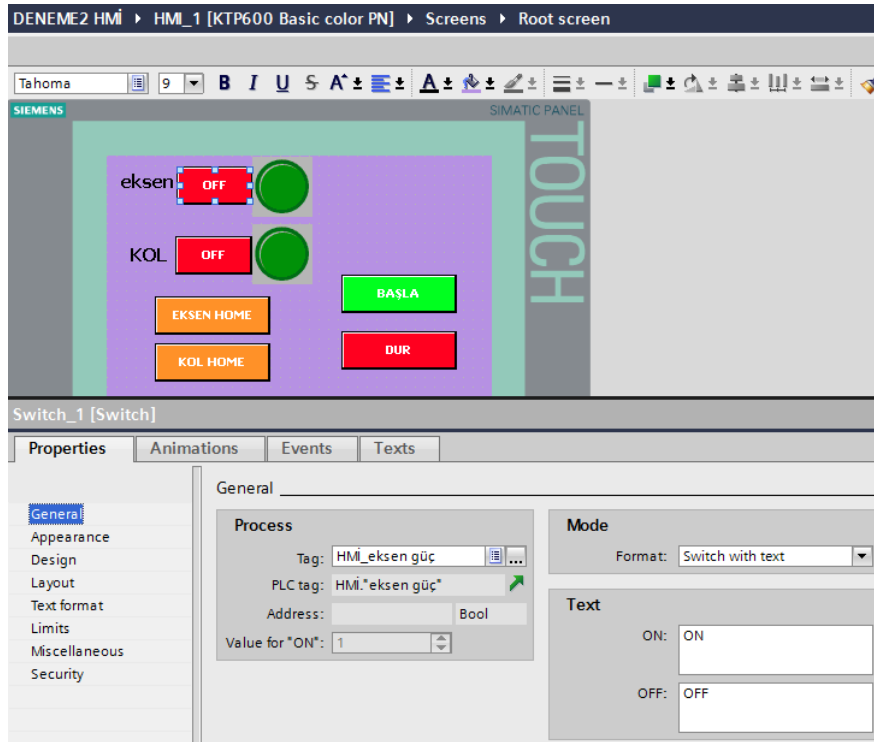
Şekil 5.26. Ekran eleman ekleme, araç çubuğu ve buton - lamba kütüphanesi.

Toolbox menüsünde ekrana değişik geometrik şekiller yerleştirmek mümkündür. Bu geometrik şekiller istenirse butona veya anahtara dönüştürülebilir. Ayrıca dokunmatik panele resim de yerleştirilebilmektedir. Resimler genellikle devre şeması ile ilgili seçilmekle beraber firmanın logosu da yerleştirilebilir. Dokunmatik ekran üzerine sayıcı göstergesi, grafik ve barlar yerleştirip dokunmatik ekran üzerinden sistemi takip etmek mümkün olmaktadır.



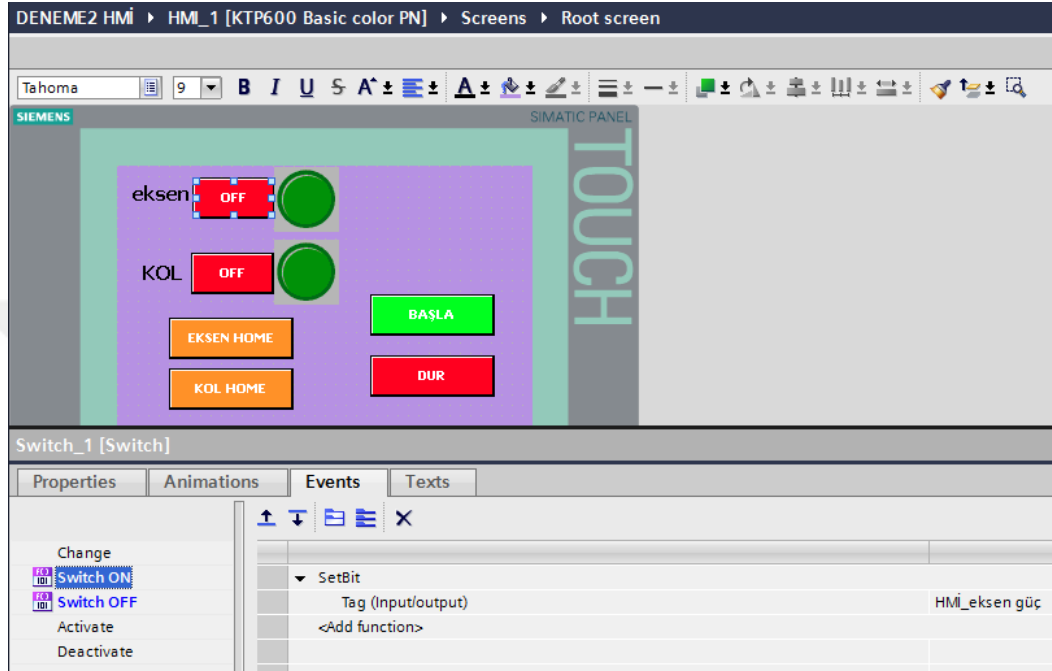
Şekil 5.27. Ana ekrana buton ve lambaların yerleştirilmesi.

Yukarıdaki Şekil 5.27’de kol step motoru ve eksen step motoru için iki adet anahtar ve anahtarların durumunu gösteren sinyal lambaları yerleştirilmiştir. Home işlemi için iki adet, sistemi başlatmak için bir adet, sistemi durdurmak için ise bir adet buton yerleştirilmiştir. Ekran arka planı olarak açık mor renk seçilmiştir. İstenilirse arka plan için resim veya şekil seçilebilmektedir.



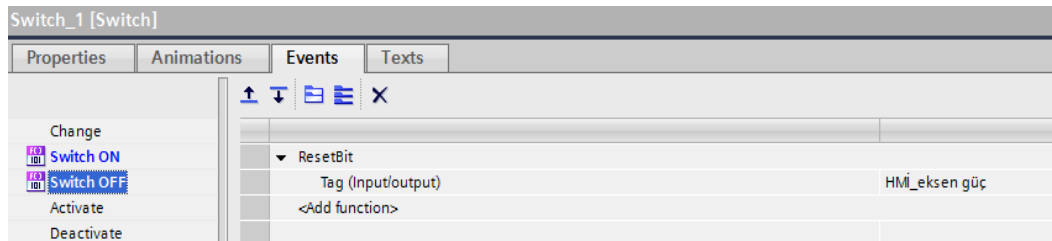
Şekil 5.28. Eksen güç butonunun programla bağlantısının tanımlanması.

Anahtar tanımlaması yapıldıktan sonra Şekil 5.29'da görüldüğü gibi events sekmesi açılır. Events sekmesi anahtar kapalı veya açık iken gerçekleştirilecek işlemlerin tanımlandığı kısımdır. Anahtar on durumunda iken enerji geçişine izin verir, eksen güç data biti set olur.

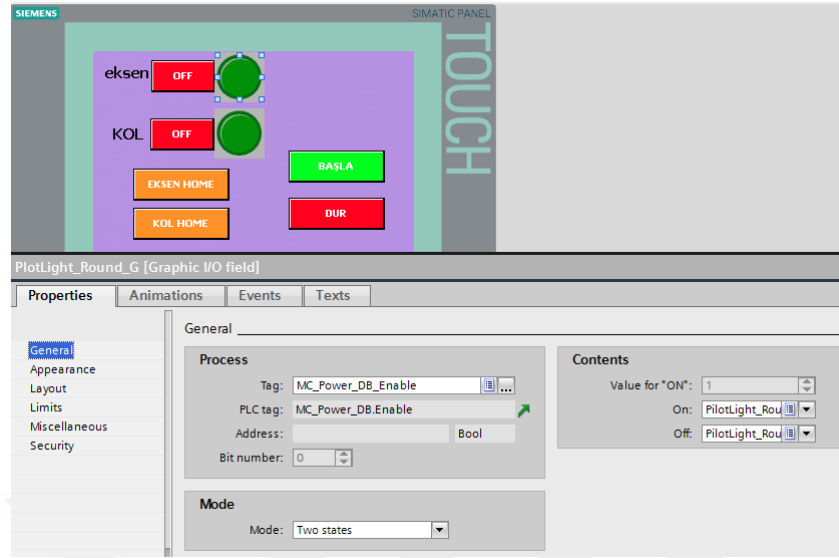


Şekil 5.29. Anahtar on durumunda bit set işlemi.

Anahtar off konumunda iken enerji geçişine izin vermez, eksen güç data biti reset olur. Reset bit işlemi Şekil 5.30'da gösterilmiştir. Anahtar kapatıldığında yani off olduğu zaman anahtarın tanımlanmış olduğu bit resetlenerek sıfır değerini alır. Bu şekilde anahtar ile program arasında bağlantı kurulmaktadır.

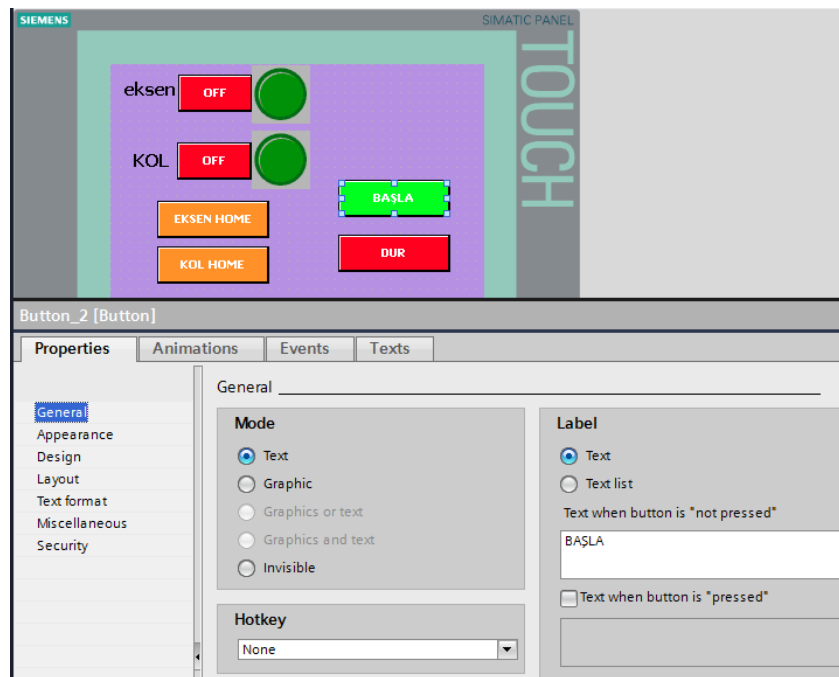


Şekil 5.30. Anahtar off durumunda bit reset işlemi.



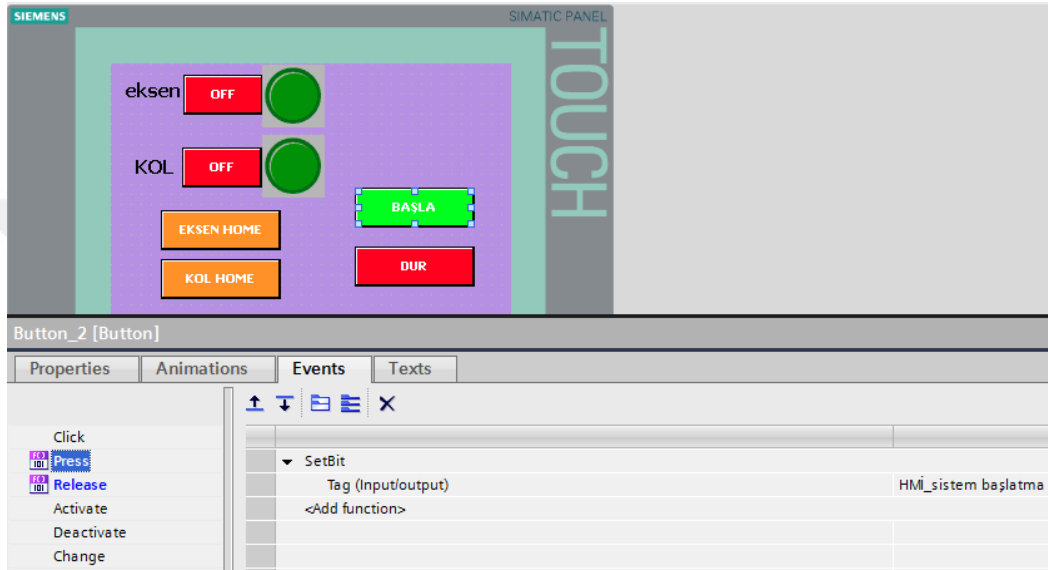
Şekil 5.31. Sinyal lambasının PLC ile bağlantısının tanımlanması.

HMİ(Human Machine İnterface) ekranında yer alan dört adet yaylı butonun tanımlama işlemleri aşağıdaki şekillerde açıklanmıştır. Öncelikle Şekil 5.31’de görüldüğü gibi imleç yaylı butonun üzerine getirilir ve sağ tıklanır. Sağ tıklama işlemi gerçekleştirildiğinde properties, animations, events ve texts sekmelerinin bulunduğu ekran karşımıza gelecektir. Properties sekmesi altında bulunan general sekmesinde butona isim verme işlemi gerçekleştirilir.



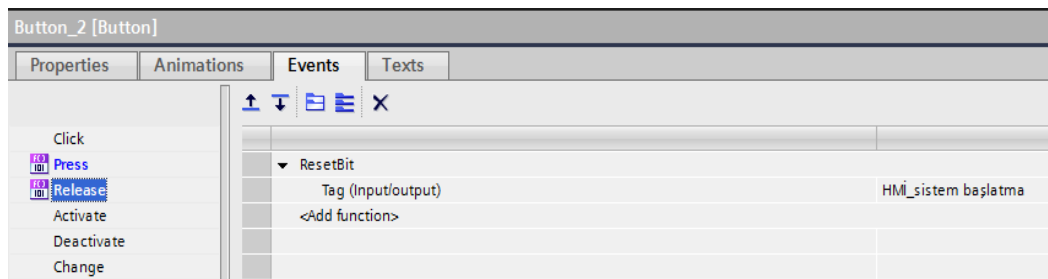
Şekil 5.32. Yaylı butona isim verilmesi.

Events sekmesine tıklandığında butona hangi data bitinin bağlanacağı, buton basıldığında veya basılı olmadığı zaman butona bağlı data bitinin nasıl görevlendirileceği Şekil 5.33'te gösterilmiştir. Butona basıldığında(press), Hmi başlatma biti set olur. Butondan elimizi çektiğimizde(relase), hmi_sistem başlatma biti resetlenir. Bit reset işlemi Şekil 5.34'te gösterilmiştir.

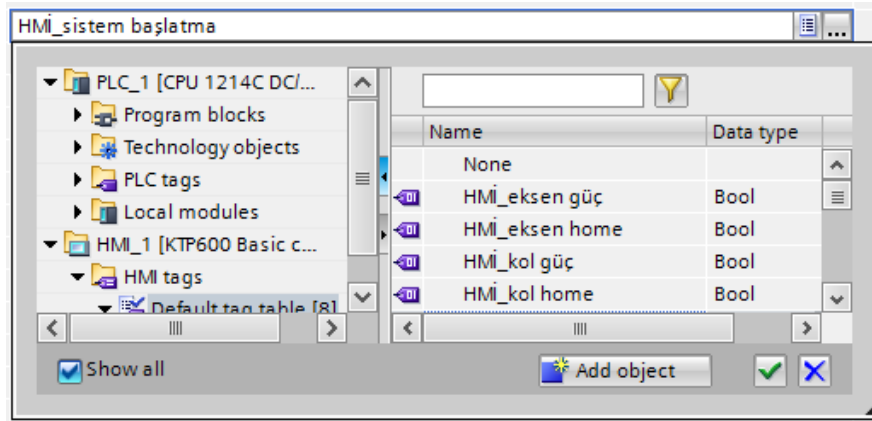


Şekil 5.33. Yaylı butona basılınca HMI sistem başlatma bitini set etme işlemi.

Seçilen butonun hangi hmi data bitiyle irtibatlandırılacağı önemlidir. Bunun için Şekil 5.35'te görüldüğü gibi hmi tags sekmesine tıklanır. Hmi tags(hmi etiketleri) içerisinde birisine tıklanlandığında buton ile tıklanan hmi etiket arasında bağlantı kurulmuş olur. HMI dokunmatik programında kullanılan bütün taglar(etiketler) Şekil 5.36'da gösterilmiştir.



Şekil 5.34. Yaylı butondan el çekilince HMI sistem başlatma bitini reset etme işlemi.



Şekil 5.35. HMI etiketlerinin görüntülenmesi.

Dokunmatik ekranda kullandığımız buton, anahtar lamba, gösterge gibi elemanlar gerçek eleman değildir. Bu elemanların data karşılıkları vardır. HMI data bitlerinin PLC programındaki gerçek elemanlarla irtibatlandırılması gereklidir. Aksi durumda dokunmatik panelden programı kontrol edemeyiz.

Name	Tag table	Data type	Connection	PLC name	PLC tag
HMI_eksen güç	Default tag table	Bool	HMI_Conne...	PLC_1	HMI."eksen güç"
HMI_eksen home	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	HMI."eksen home"
HMI_kol güç	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	HMI."kol güç"
HMI_kol home	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	HMI."kol home"
HMI_sistem baslatma	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	HMI."sistem baslatma"
HMI_sistem durdurma	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	HMI."sistem durdurma"
MC_Power_DB_1_Enable	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	MC_Power_DB_1.Enable
MC_Power_DB_Enable	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	MC_Power_DB.Enable

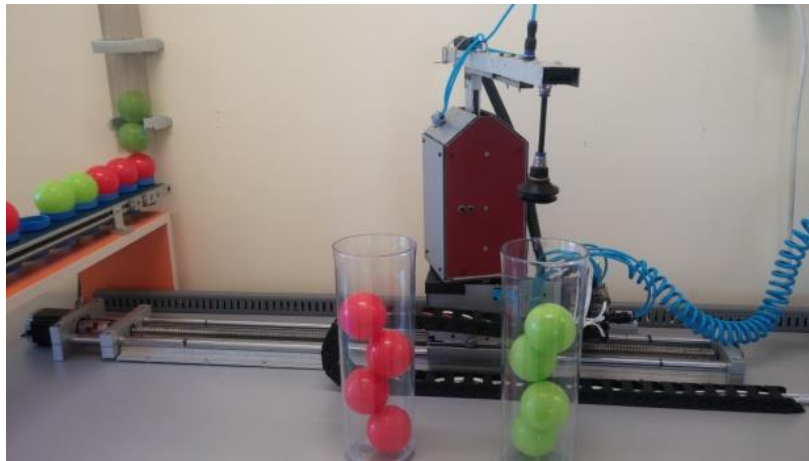
Şekil 5.36. HMI etiketlerinin ve PLC etiketlerinin bağlantı listesi.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan bu tez çalışması ile renkli cisimleri tanıyıp ayırt edebilen, renkli cisimleri önceden belirlenmiş noktalara vakum teknolojisi ve de sonsuz vidalı mil ile taşıyan robot kol tasarlanmıştır. Bu tasarımda ileri-geri, yukarı-aşağı hareket edebilen kartezyen robot kol ile kendi etrafında dönebilen kutupsal robot kol birleştirilmiştir.

Robot kol hafif olan alüminyum profillerden yapılmıştır. Robot kollun ileri-geri, yukarı-aşağı hareketi için ve de vakum işlemi için pnömatik teknolojiden yararlanılmıştır. Robot kolun kendi eksenini etrafında dönebilmesi için bir adet, robot kolun çalışma alanını vidalı mil ile artırmak için de bir adet step motor kullanılmıştır. Renkli cisimleri tanıyıp bandı durduracak, iki adet renk sensörü konveyör bandın yanına monte edilmiştir.

Pnömatik tahrikli robot kolun kontrolü için S7 1200 PLC cihazı ve KTP 600 HMI dokunmatik panel tercih edilmiştir. S7 1200 PLC cihazı TIA portal yazılımı ile programlanmıştır. Step motorların hareket kontrolü için Axis V1.0 alt programı kullanılmıştır. Program yazılımında en çok MC_Move Absolute komutu kullanılmıştır. Set-Reset komutları, MC_Home MC_power komutu, TON zamanlayıcı komutları programda tercih edilmiştir.



Şekil 6.1. Robot kolun taşıma işlemini gerçekleştirmesi.

Programın akış şeması, algılanan cismin rengine göre iki ana akış diyagramından oluşmuştur. Algılanan cisim kırmızı ise program kırmızı işlem alt programı kendini mühürler, kırmızı top bırakılıncaya kadar da işlem devam eder. İlk cisim algılandıktan sonra renk sensörleri başka renk algılaması yapsa dahi program buna izin vermemektedir. Kırmızı top yerine bırakıldıktan sonra yeşil renkli bir renk top algılanırsa bu sefer yeşil işlem isimli akış şeması devreye girecektir. Bu durum konveyör bantta top kalmayınca kadar devam eder.

Tasarlanan robot kolun, konveyör banttı rastgele gelen yeşil ve kırmızı topları birbirinden ayırt ederek her bir topu kendi rengine göre pnömatik vakum sayesinde taşıma işlemini başarı ile gerçekleştirilmesi yukarıdaki Şekil 6.1’de açıkça görölmektedir.

Robot kolun taşıyabileceği yük, Eşitlik 11.1 ile hesaplanır.

$$F = \frac{P.S.0,1}{n} \quad (11.1)$$

F = Kuvvet.....Newton

P = Basınç.....kPa

S= Vantuz alanı.....cm²

N = emniyet katsayısı(dik taşımada 2, paralel taşımada 3-4 alınır)

Vakumun kaldırma kuvveti hesaplanırken, vakum seviye basıncı 60 kPa olarak seçilir. Bunun nedeni ise, vakum üretmek için harcanan basınçlı hava enerjisi için optimum nokta değerinin 60 kPa olmasıdır (Karataş, 2011:278; <http://www1.mmo.org.tr>, 2019).

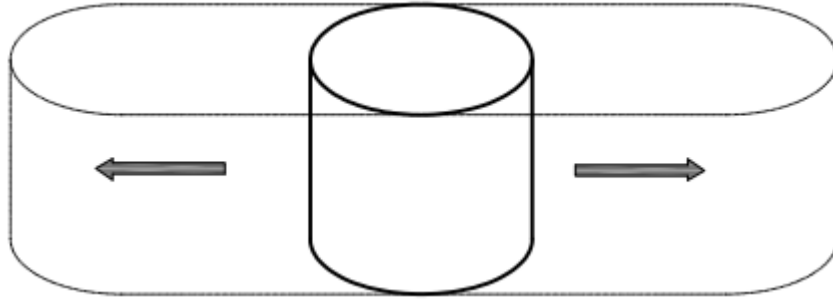
Vakum tutucu çapı R=2 cm olup vakum alanı ise $S = \pi.r^2$ $S = \pi.1^2$ $S = 3,14$ cm²’dir. Vakum tutucu dik taşıma yaptığı için emniyet katsayısı n=2 seçilmiştir. 60 kPa basınç için üretilen vakum kuvveti aşağıdaki Eşitlik 11.1 ile hesaplanır.

$$F = \frac{P.S.0,1}{n} \quad (11.1)$$

$$F = \frac{60 . 3,14 . 0,1}{2} = 9,42 \text{ Newton} = 0,95 \text{ kgf}$$

Vakum tutucunun kaldırma kuvveti taşınan cismin cinsine, yüzeyine vakum tutucunun konumuna göre değişkenlik göstermektedir. Yapılan ölçümlerde vakum tutucu aparat ile en fazla 800 gram ağırlığında cisim taşınmıştır.

Diğer robot kol çalışmalarda genellikle silindirik çalışma alanına sahip robot kol kullanılırken yapılan bu çalışmada, robot kolun çalışma alanı vidalı mil ile genişletilmiştir (Şekil 6.2). Bu sayede robot kolumuz oldukça geniş bir alanda çalışma ve malzeme taşıma imkânı bulmuştur. Geniş bir çalışma alanında birden fazla robot kolun yapabileceği işlemler, tek bir robot kol ile yapılabilir.



Şekil 6.2. Robot kol çalışma alanı.

Pnömatik teknolojinin ve hareket kontrol teknolojisinin robot kol çalışmalarında kullanıldığını görmekteyiz. Yapılan çalışmada, bu iki teknoloji birleştirilerek daha işlevsel robot kol kontrolü sağlanmıştır. Robot kollar endüstri tesislerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Robot kol çalışmalarında genellikle mikroişlemci tabanlı kontrolörler kullanıldığını görmekteyiz. Yapılan bu uygulamada, robot kol uygulamasının kontrolü ise endüstriyel ve kararlı bir kontrol cihazı olan S7 1200 PLC cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

Robot kol tasarımında taşıma işleminde hareketli pnömatik sistem kullanılmıştır. Pnömatik sistem temiz olmasına karşın büyük ve ağır malzemeleri taşımak için uygun değildir. Tasarlanan robot kol, 0,8 kg'a kadar cisimleri taşıma kapasitesine sahip olmasına rağmen daha büyük malzemelerin taşınması için hidrolik sistem tercih edilebilir. Robot kolun ileri-geri hareketi ile kendi ekseninde dönmesi step motor ile gerçekleştirilmiştir. Robot kolda pozisyon kontrolü çok önemli olduğu için step motor yerine servo motor kullanılması daha uygun olacaktır. Robot kolda, renk sensörlü sistem yerine görüntü işleme dayalı yapay zekâ sistemi kullanılarak robot kol geliştirilebilir. Bu sayede hatalı ve bozuk ürünler, üretim bandından otomatik olarak ayrılabilir. Bu çalışmada kullanılan silindirik ve kartezyen robot kol yerine eklemlili robot kol kullanılırsa daha az hareketle etkin çalışma sağlanabilir. Bunun için step ve servo motor sayısı artırılmalıdır.

Bu çalışmanın, robot kol üzerinde akademik çalışma yapanlara ve de endüstriyel olarak robot kol imal eden tasarımcılara katkı sağlayacağı kanısındayız.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Afşar, E., Ertunç, M.H., Oysu, C. (2014). Proses kontrol eğitim seti tasarımı ve uygulaması. Zafer Bingül (Ed.), Otomatik Kontrol Türk Milli Komitesi Ulusal Toplantısı (ss. 874-881). Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi.

Aksoy S., Mühürücü A. (2005). Mikrodenetleyici Vakum Paketleme makinasının PLC ile Otomasyonu. Elektrik Mühendisleri Odası Denizli Şubesi(Ed.), Üçüncü Otomasyon Sempozyumu Bildiriler Kitabı(ss. 83-86), Denizli: Pamukkale Üniversitesi

Alp, O. E. (2012). Genel Amaçlı Robot Kol Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 27s.

Aung M. M., Oo A. N. (2018). Design and implementation of trainable robotic arm. International Journal of Science Engineering and Technology Research, 7(2), 47-52.

Ayata, F. (2013). FPGA Tabanlı Üç Eksenli Robot Kol Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 1-30s.

Berkay A., Şeker M., Esin M. E. (2003). Pnömatik robot uygulaması. Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi Bildirileri(209-212). İstanbul: Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi

Çavdar, T. (1997). Bir Robot Kolunun Tasarımı Gerçeklenmesi Kontrolü ve Modellenmesi, Yüksek Lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1-65s.

Çetin, R. (2001). İleri Kumanda Teknikleri ve PLC.(1). Ankara. Doğuşum Matbaacılık,115.

Çiçek, S. (2006). Renge Göre(Kırmızı, Yeşil, Mavi) malzeme Taşıyan Robot Kolu Tasarımı ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-85s.

Dağdelen, E. (2011). Pnömatik silindir Tipleri ve Özel Pnömatik Silindirlerde Uygulama Alanları. Makina Mühendisleri Odası (Ed.), Altıncı Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi Bildiriler Kitabı (ss. 453). İzmir: Makina Mühendisleri Odası

Elfasakhany, A., Yanez, E., Baylon K., Salgado, R. (2011). Design and development of a competitive low-cost robot arm with four degrees freedom. Modern Mechanical Engineering, 3(2), 51.

Erdöl, M. (2014). Bilyalı Vidalı Mil Hareket Sisteminin Matematiksel Modellenmesi ve Titreşim Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 5s.

Ersöz, H. (2007). Endüstriyel Robotlar ve Uygulama Alanları, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Ankara, 5s.

Ghadge, K., More S., Gaigwad P. (2018). Robotic arm for pick and place application. International Journal of Mechanical Engineering and Teknoloji, 9(1), 126-133.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Güneş, R. (1998). Endüstriyel Taşıma Amaçlı Manyetik Tutucu ve Robot Kol Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 1-45s.

Gürfidan, R. (2012). Kıneck Teknolojisi Kullanılarak Robot Kol Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 1-9s.

Haikal, A. Y., El-hoseini, M. A. (2014). A smart robot arm design for industrial applications. Studies In Informatics and Control, 23(1), 107-115.

Havusoğlu, H. (2014). Robot Kol Tasarımı, kinematik Analizi ve Etkileşimli Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 5-10s.

<http://acikerisim.deu.edu.tr>

<http://makinatek.com.tr>

<http://otomasyonelt.blogspot.com>

<http://www.asafvarol.com>

<http://www.emo.org.tr>

<http://www.hpkon.org>

<http://www.megep.meb.gov.tr>

<http://www.radikalmuhendislik.com>

<http://www1.mmo.org.tr>

<https://abs.mehmetakif.edu.tr>

<https://docplayer.biz.tr>

<https://www.siemens.com.tr>

Işık, F. A. (2013). Sensör Çeşitleri Robotik Alanda Kullanılan Sensörler ve FSR Sensör Uygulaması, Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 12s.

İnan, T. (2013). Hareketli Hedefi Takip eden Robot Kolu Sistemi, Yüksek lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-88s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Karataş, M. (2011). Basınçlı Hava ile Üretilen Vakumun Endüstriyel Uygulamaları. Makina Mühendisleri Odası (Ed.), Altıncı Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi Bildiriler Kitabı (ss. 278). İzmir: Makina Mühendisleri Odası

Kaymak, Ç. (2016). Raspberry Pi Devre Kartı Kullanarak Nesne Bulma ve Tanıma Algoritmalarının Bir Robot Kol Üzerinde uygulanması, Yüksek lisans tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri enstitüsü, Elazığ, 1-89s.

Kervancıoğlu, E., Adıryan A., Çetin L., Uyar E. (2008). Görüntü İşlemeye Dayalı Elektro-Pnömatik Parça Tasnif Robotu. Makina Mühendisleri Odası (Ed.), Beşinci Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi(ss. 397-404). İzmir: Makina Mühendisleri Odası

Lashin, M. M. (2014). Different applications of programmable logic controller(PLC). International Journal of Science Engineering and Information Technology, 4(1), 27-28.

Maeda, S., Tsujiuchi, N., Koizumi, T., Sugiura, M., Kojima, H. (2012). Development and control of pneumatic robot arm for industrial fields. International Journal of advanced Robotic Systems, 9(59), 1-7.

Morar, A. (2003). Stepper motor model for dynamic simulation. Acta Electrotecnica, 44(2), 117-188.

Palok, B., Shanmugam, A. (2016). Design and development of a 3 axes pneumatic robotic arm. International Journal of Advanced Research Electrical Electronics and Instrumentation Engineering, 5(9), 1-8.

Pawar, R., Bhasme, N. R. (2016). Application of PLC's for automation of processes in industries. International Journal of Engineering Research and Applications, 6(6), 57-58.

Polat, Y. (2008). Vakumlu Pnömatik Konveyör Sistemleri ve Bunların Tasarım Kriterlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1s.

Poyraz, S. B. (2010). Pnömatik İki-Eksenli Bir Kartezyen Robot Sistemi İle Malzeme Taşıma Otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir 3-6s.

Saraçoğlu, Ö. G., Altural, H. (2010). Color regeneration from reflective color sensor using an artificial intelligent technique. Sensors, 10(9), 8363-8374.

Şenel, F. A. (2013). Görüntü İşleme ve Beş Eksenli Robot Kol İle Üretim Bandında Nesne denetimi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 1-33s.

Varol, A. (2000). Robotik.(1). İstanbul. Milli Eğitim Basımevi, 59,72,76.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

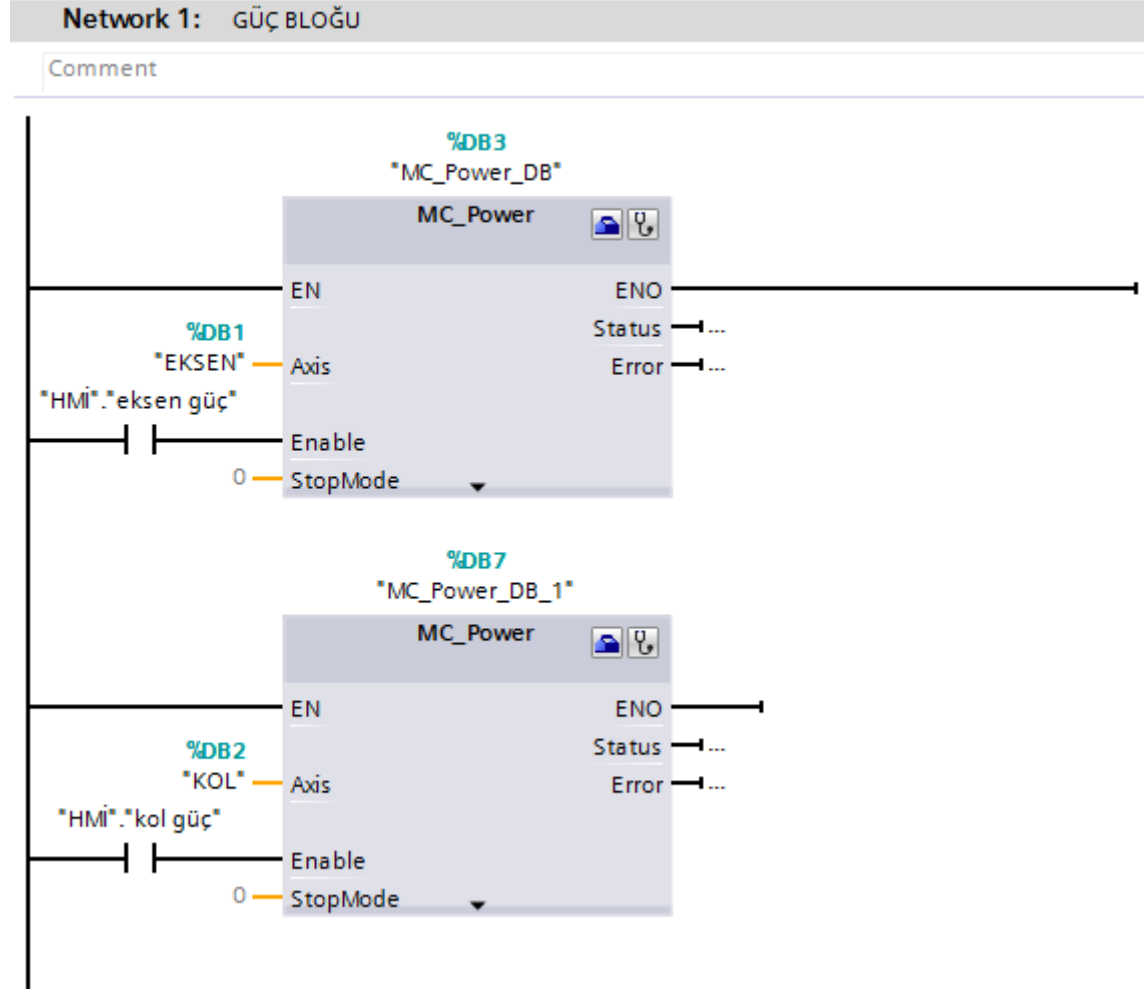
Yenitepe, R. (1995). Bir Robot Kolunda Konum Kontrolü İçin Kullanılan Pnömatik Servo Sisteme Ait Optimum Dizayn Parametrelerinin Tayini, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,1s.

Yılmaz, M. (2007). Step Motor ile İki Eksenli Robot Kol Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 10-77s.



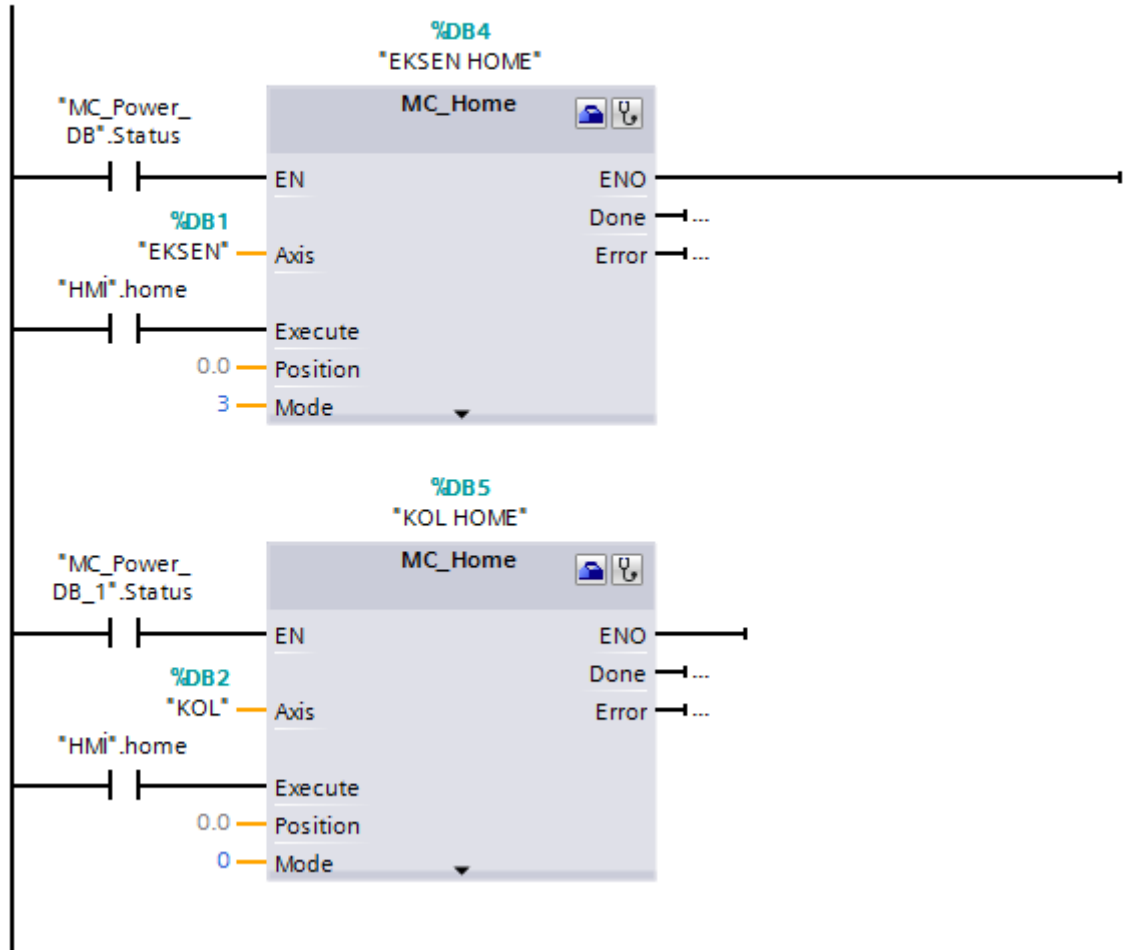
EKLER

EK-1. PLC Ladder Programı



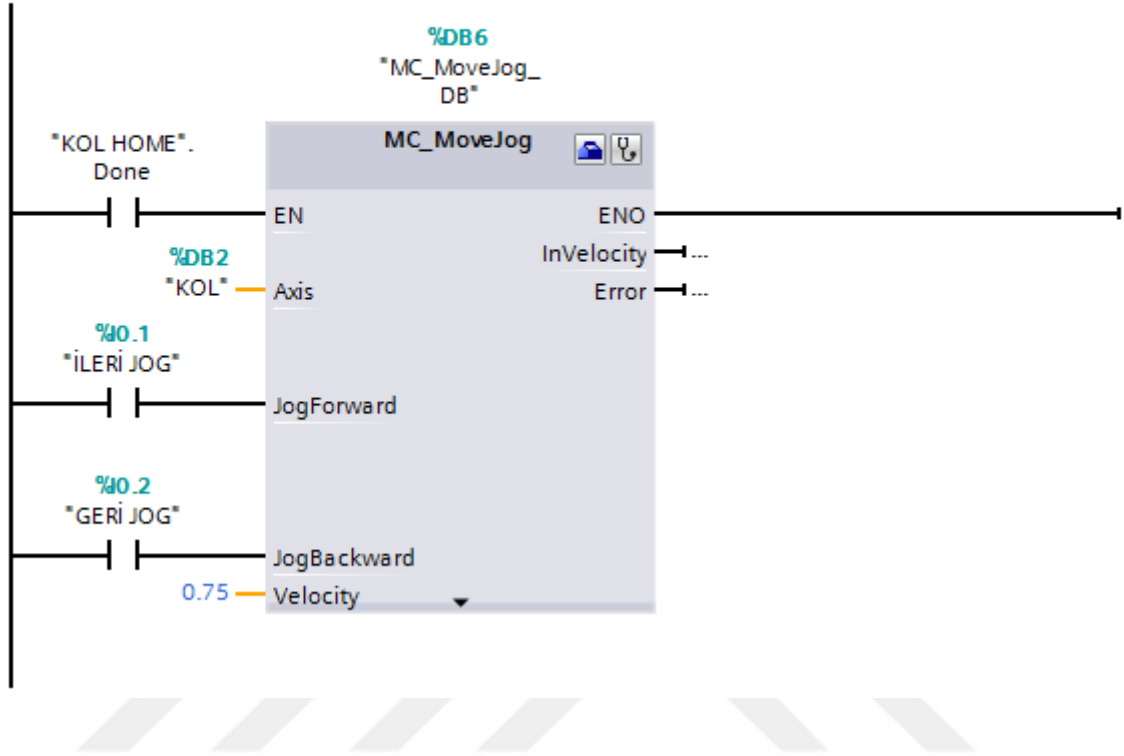
Network 2: HOME İŞLEMİ

Comment



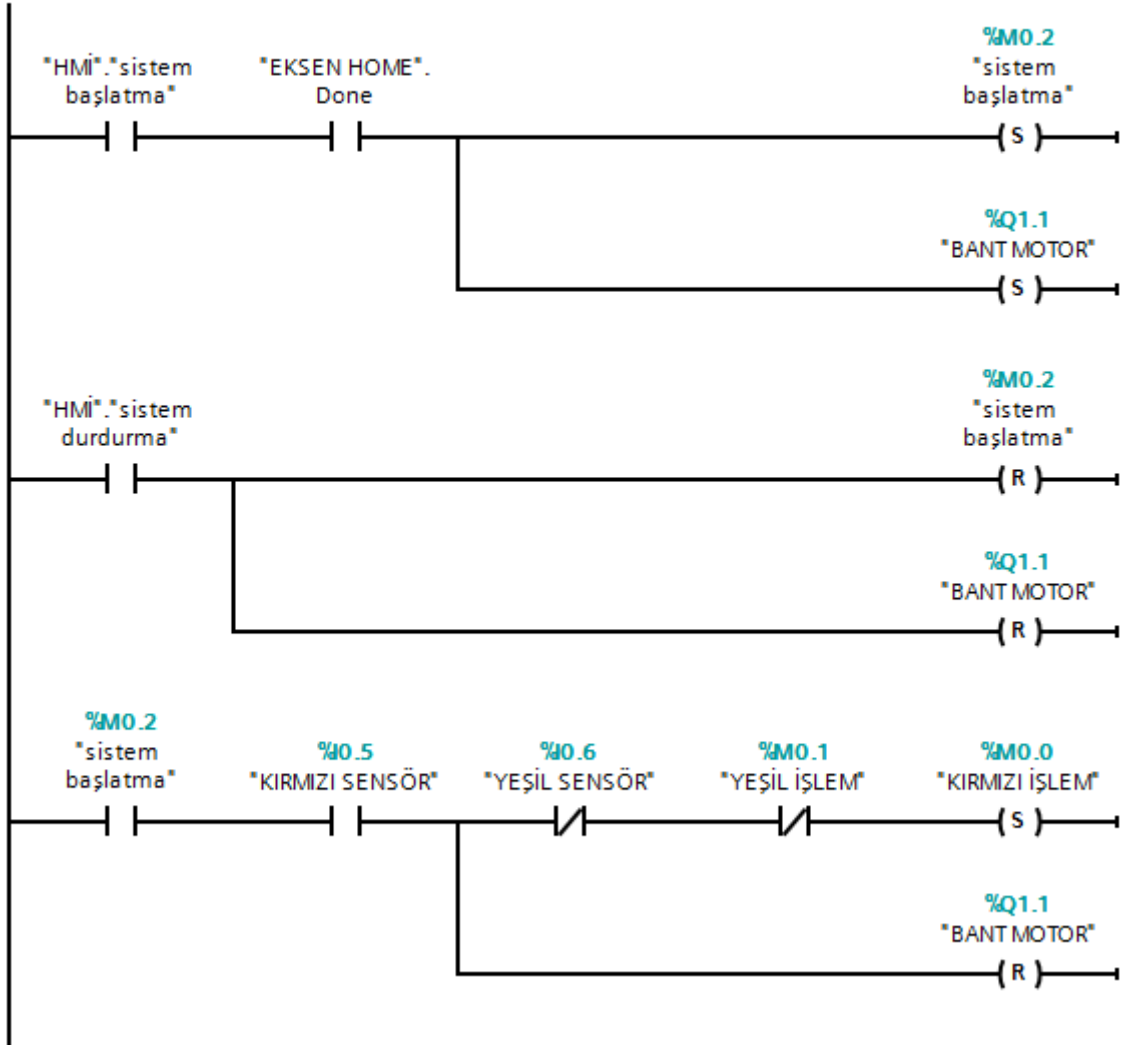
Network 3: KOL HOME KALİBRASYON İŞLEMİ

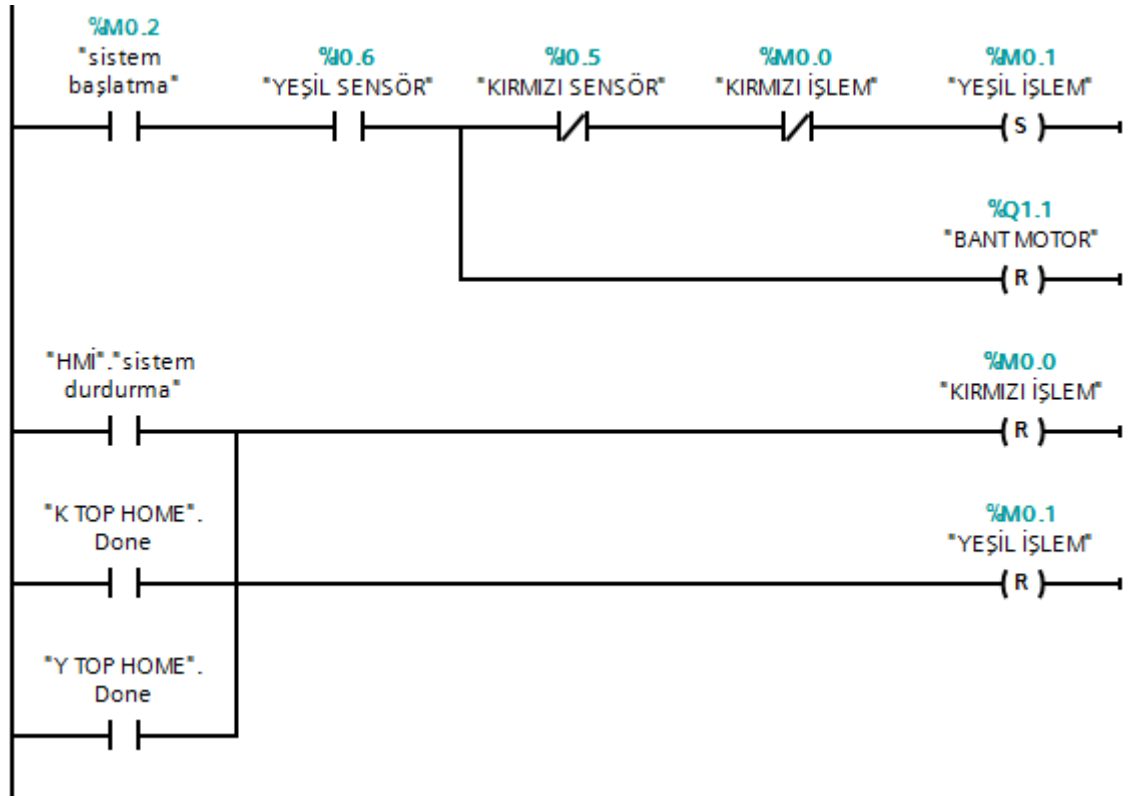
Comment



Network 4: KIRMIZI -YEŞİL TOP ALGILAMA

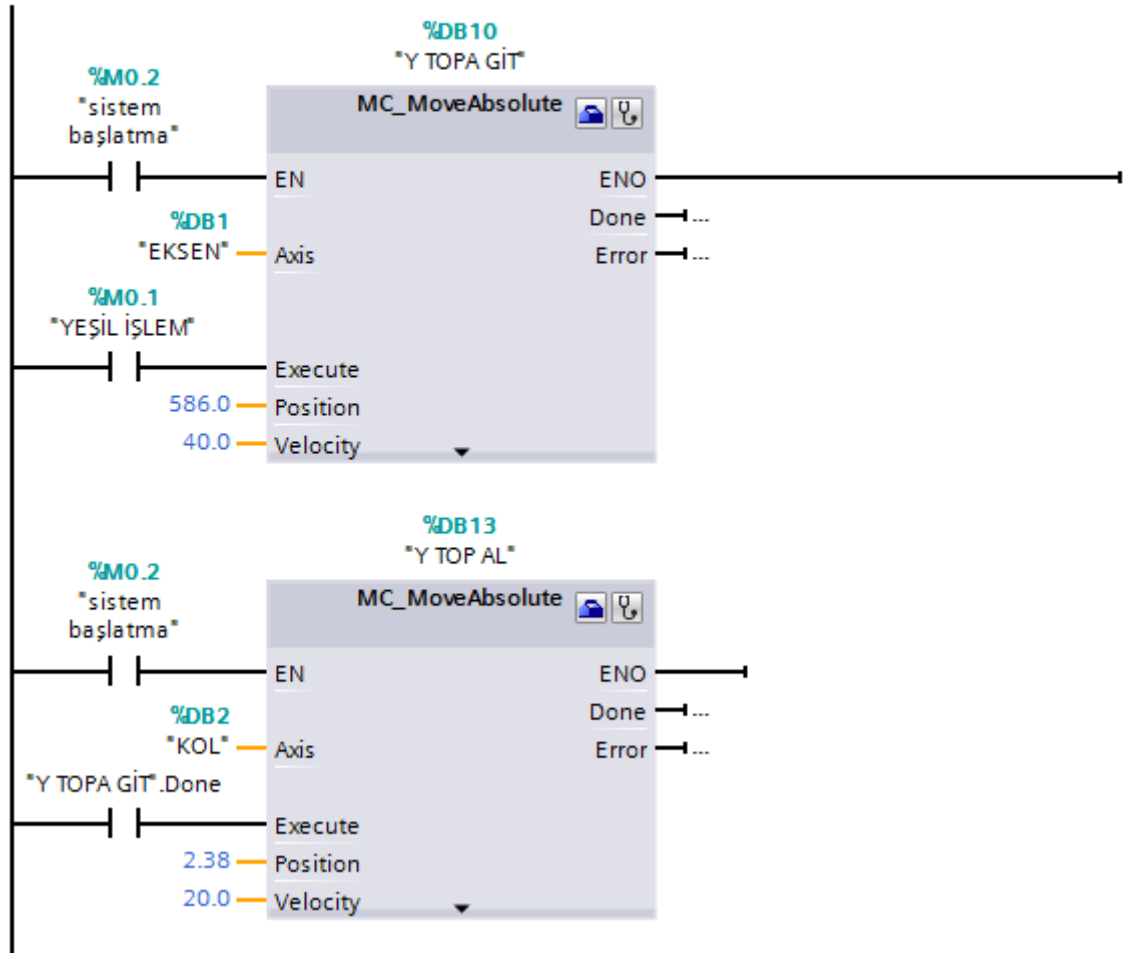
Comment

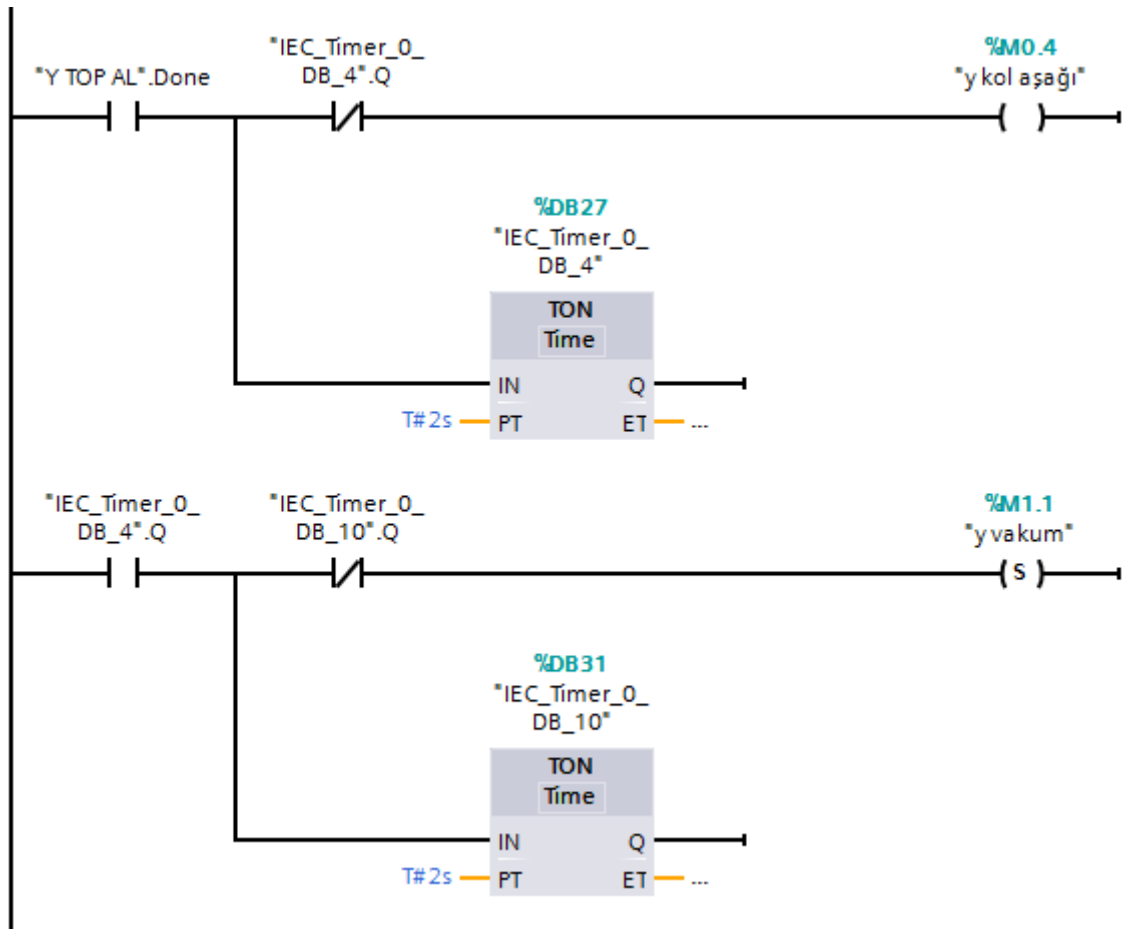


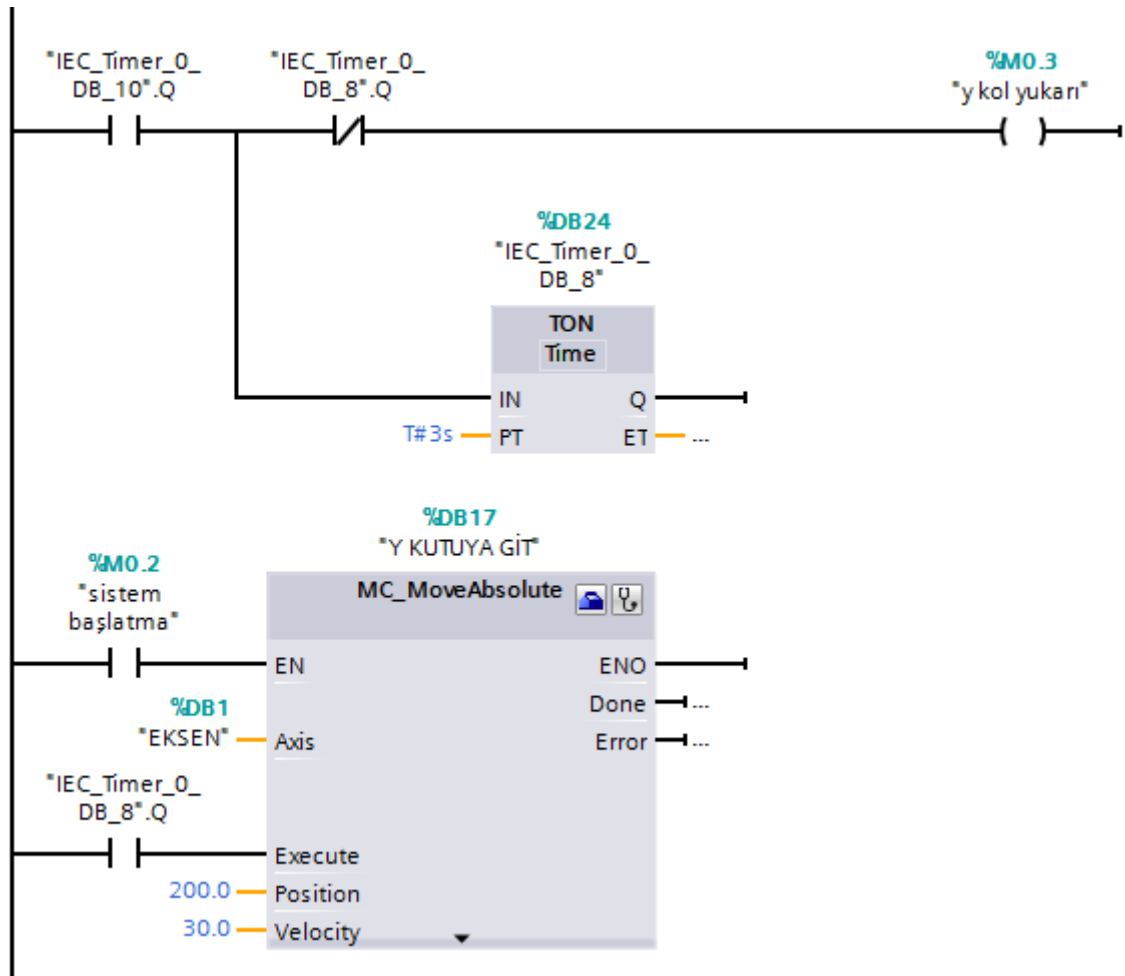


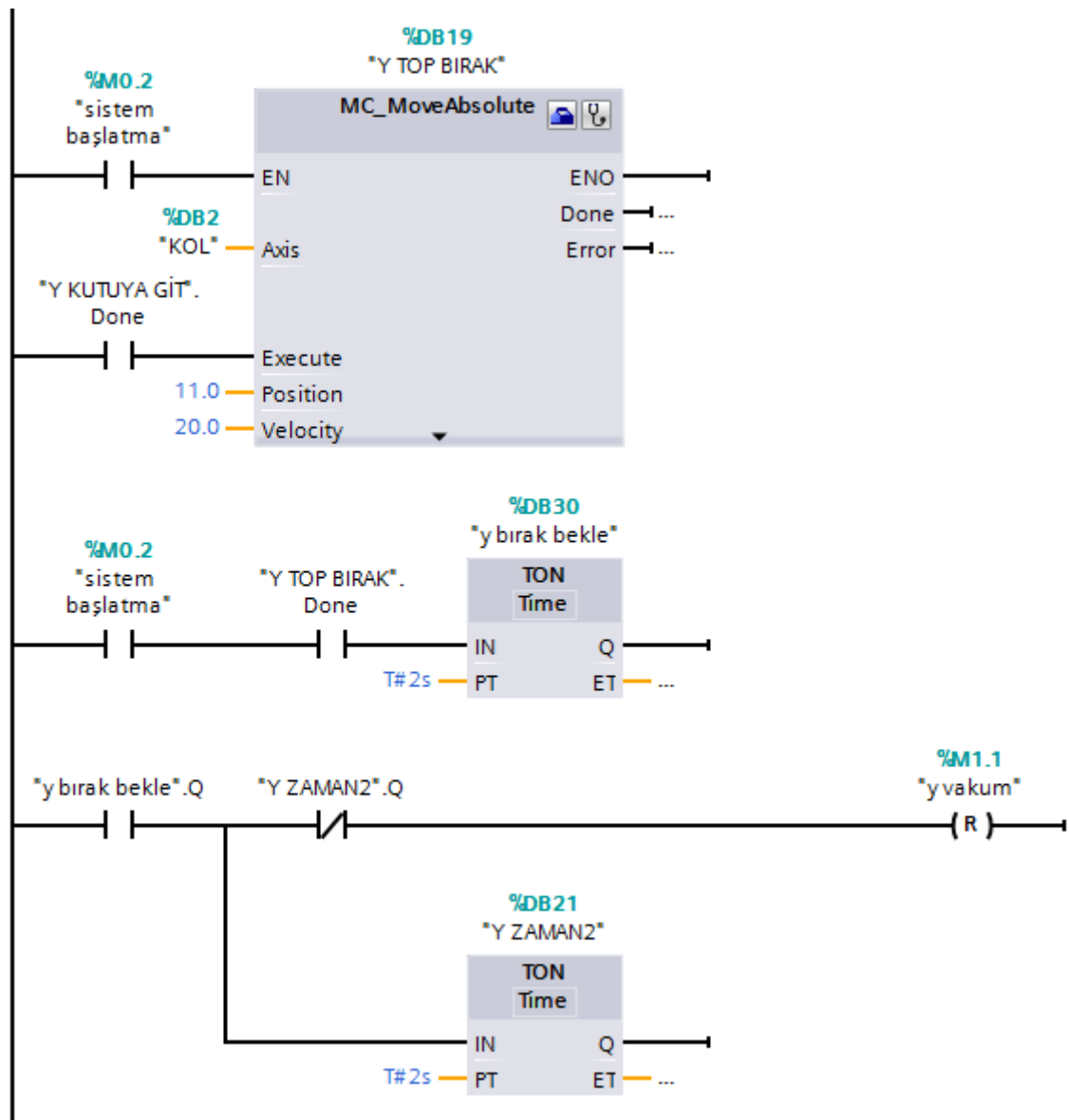
Network 5: YEŞİL İŞLEM

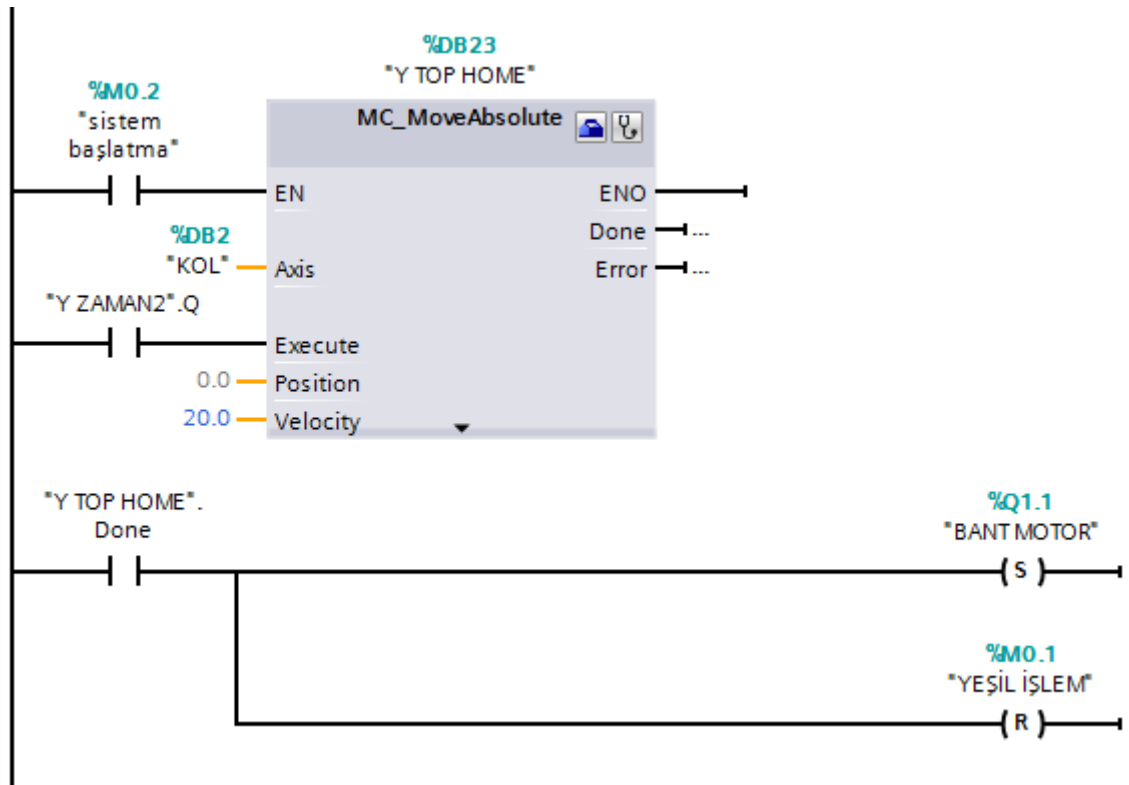
Comment





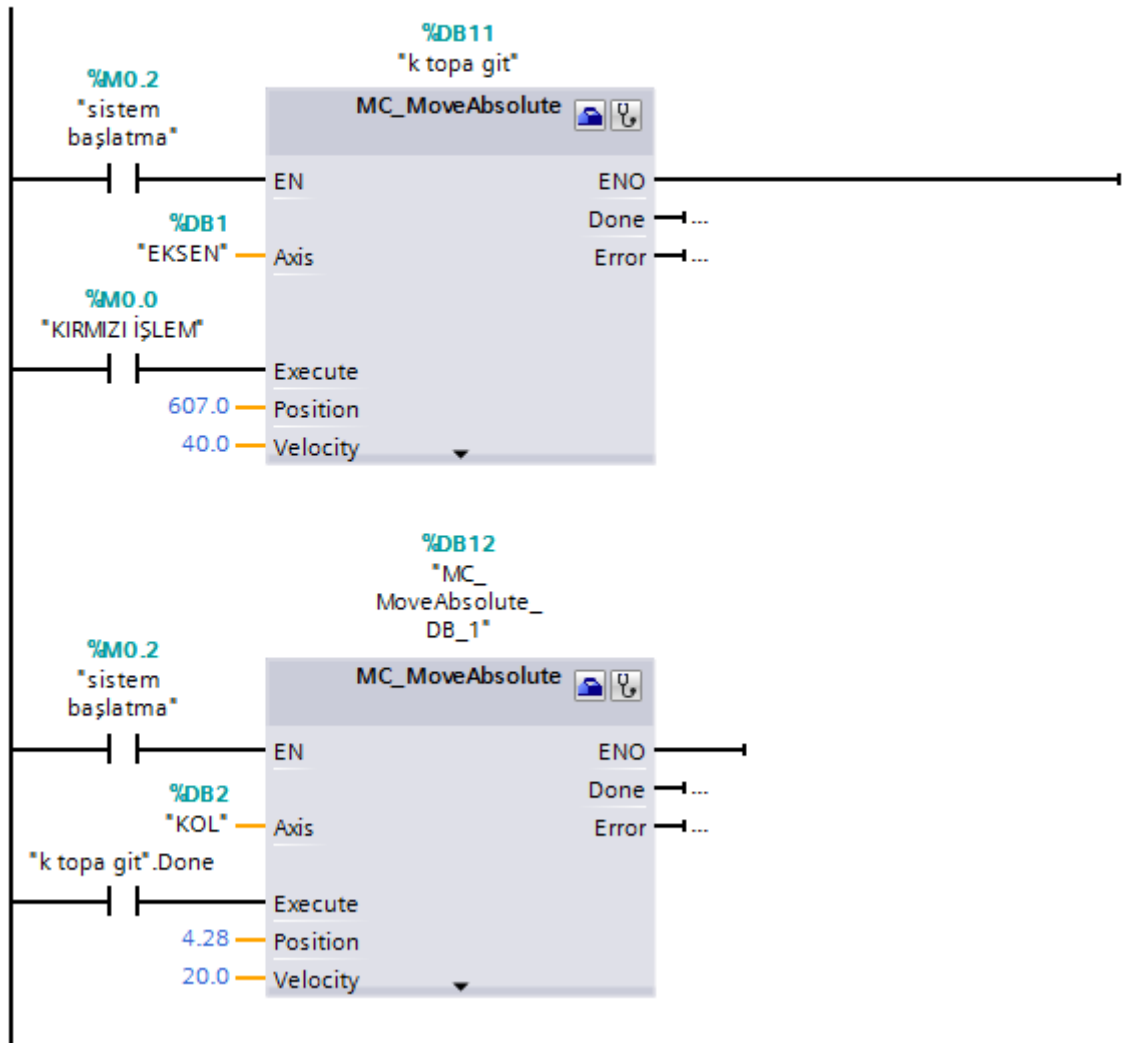


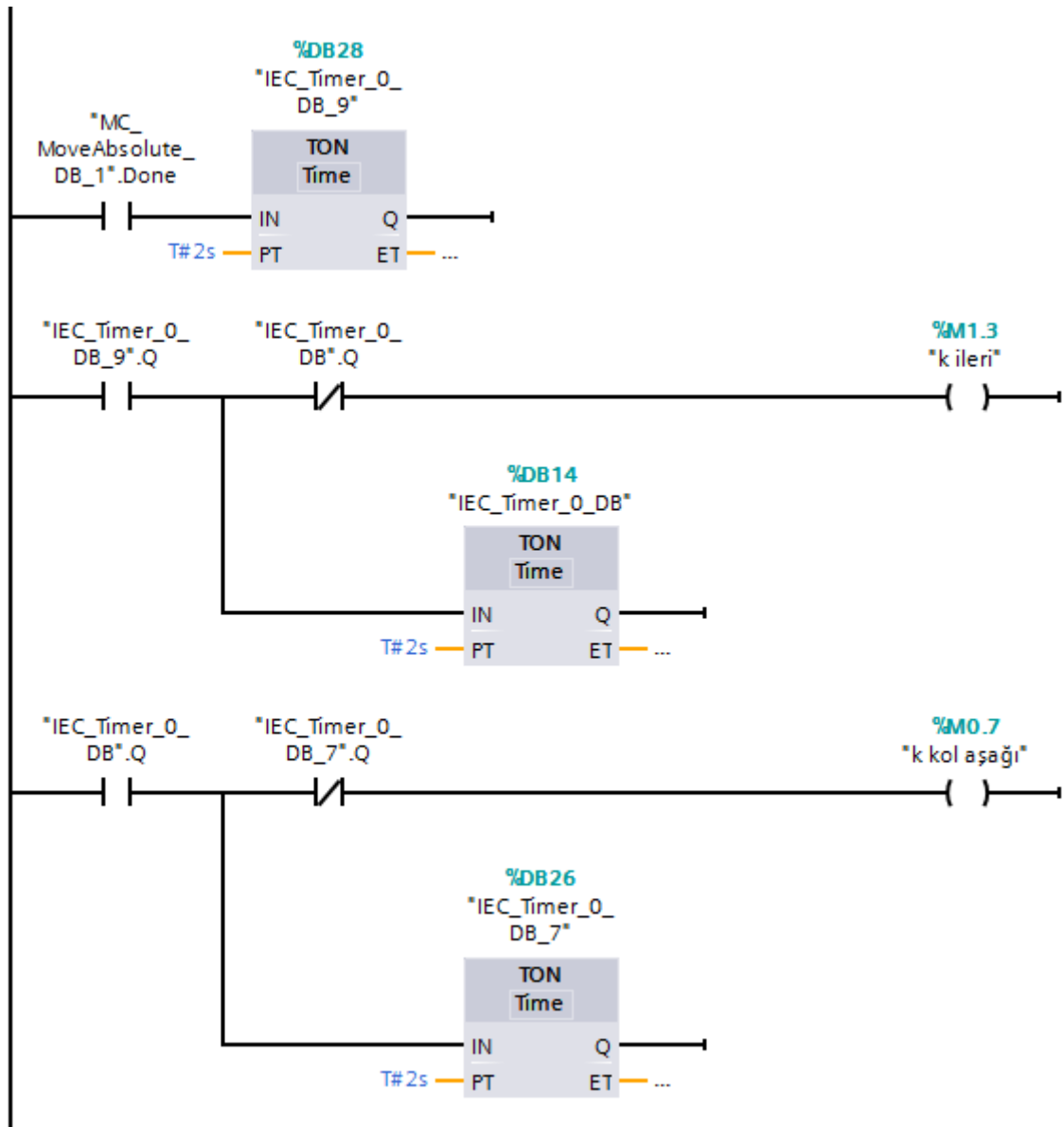


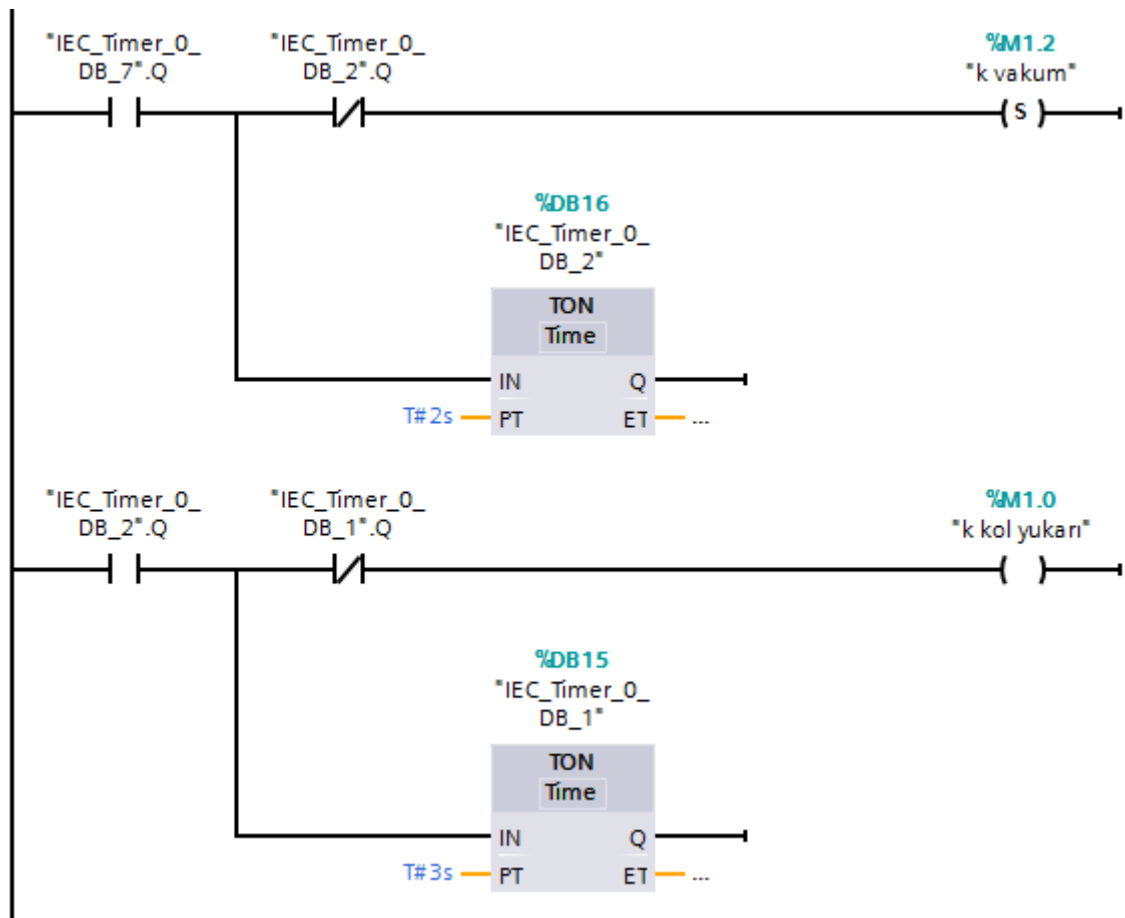


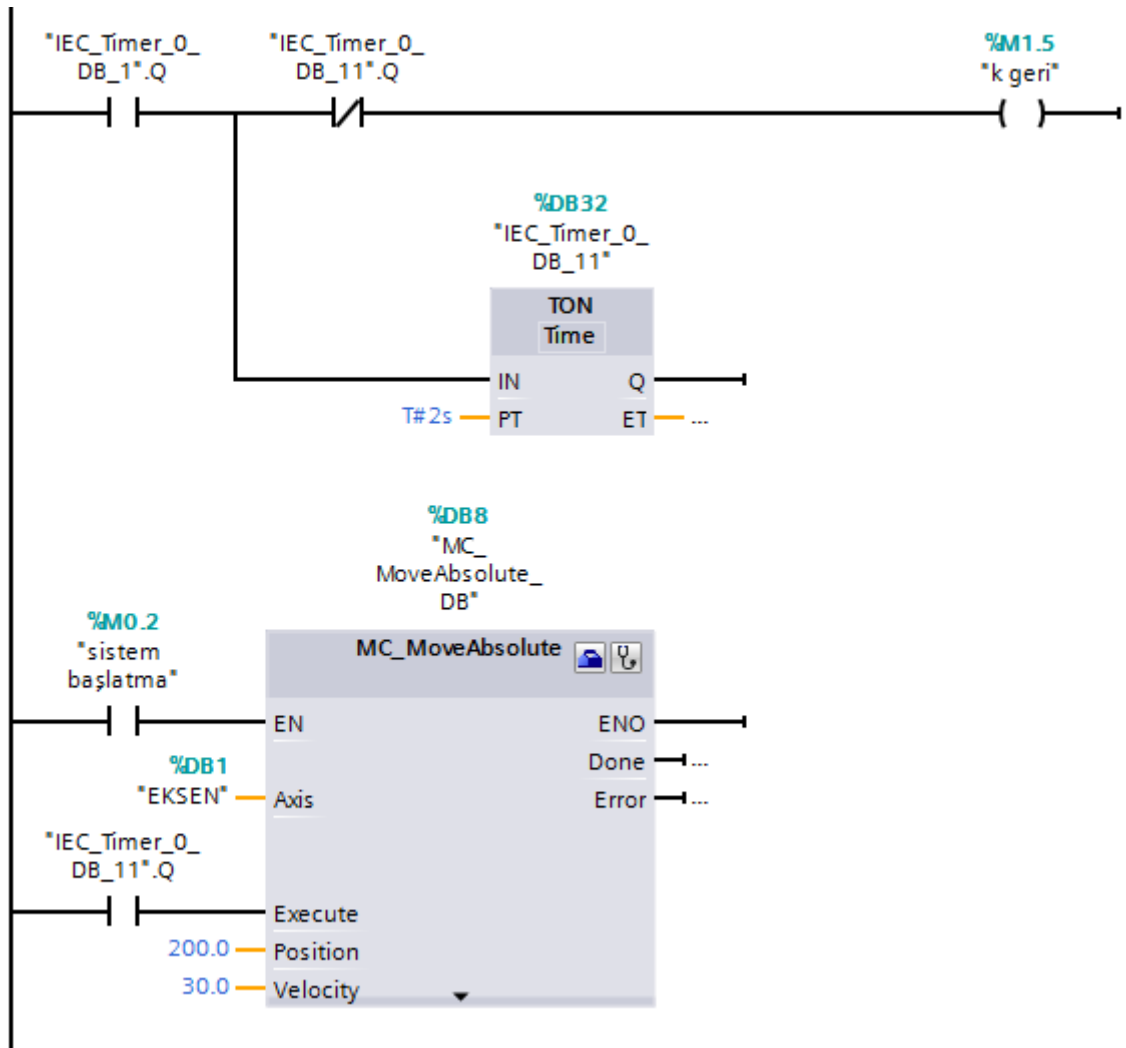
Network 6: KIRMIZI İŞLEM

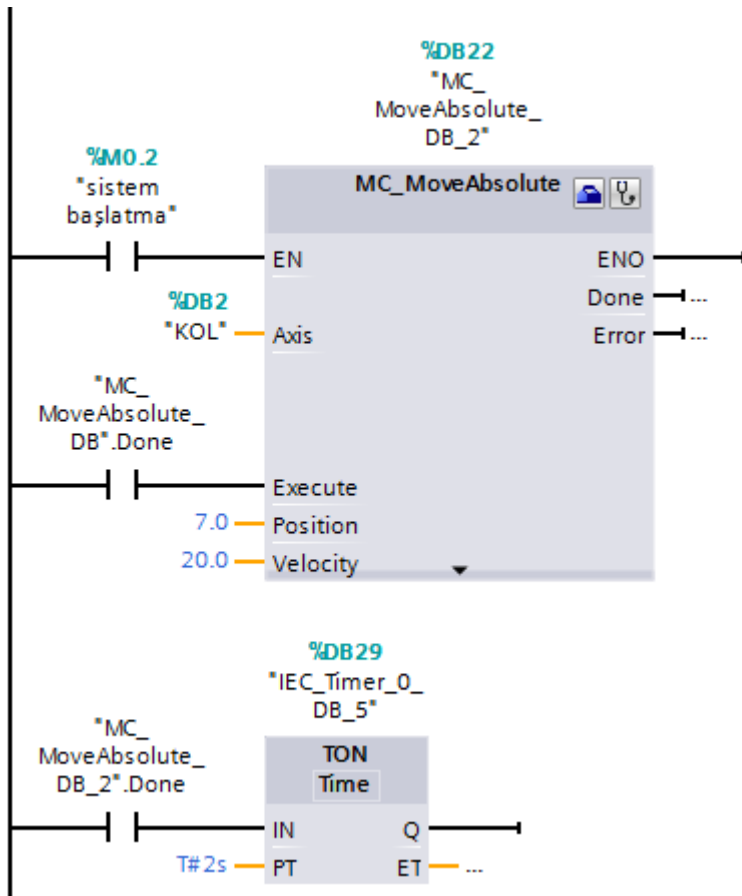
Comment

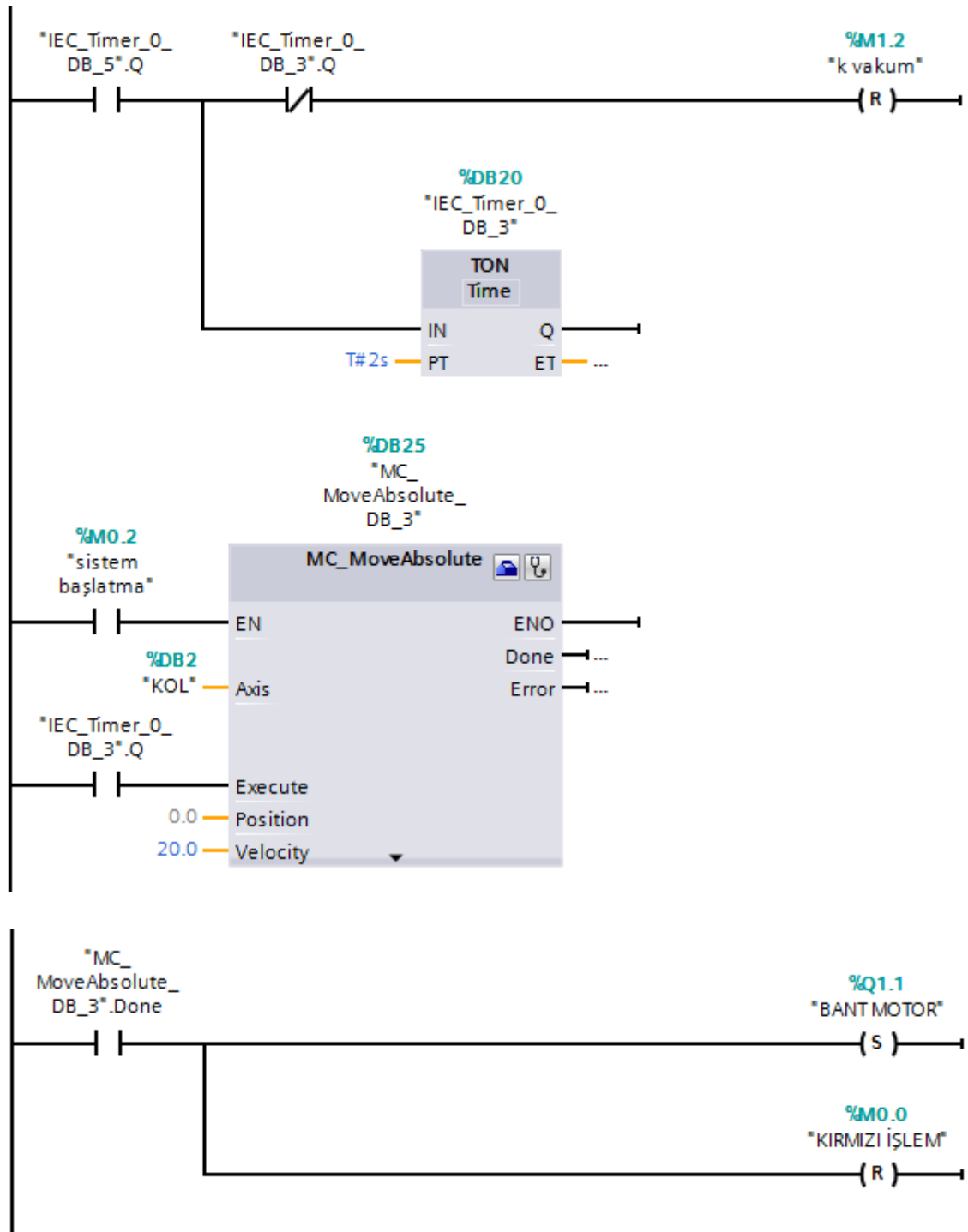






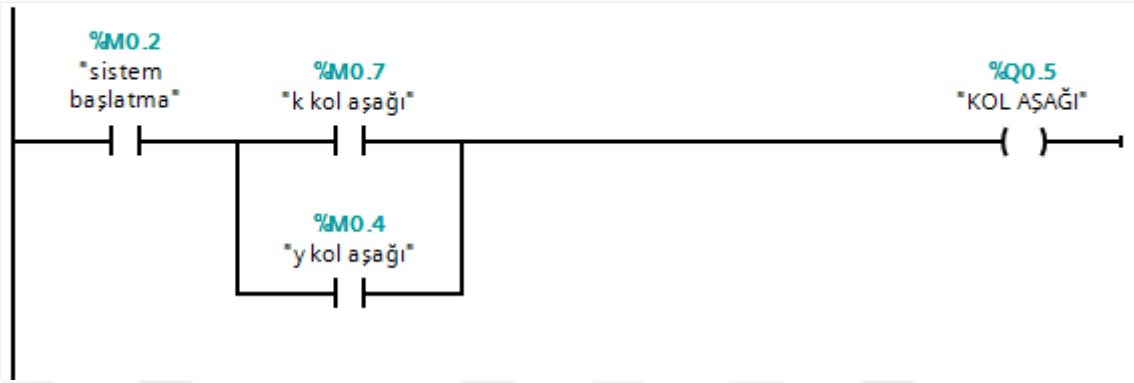






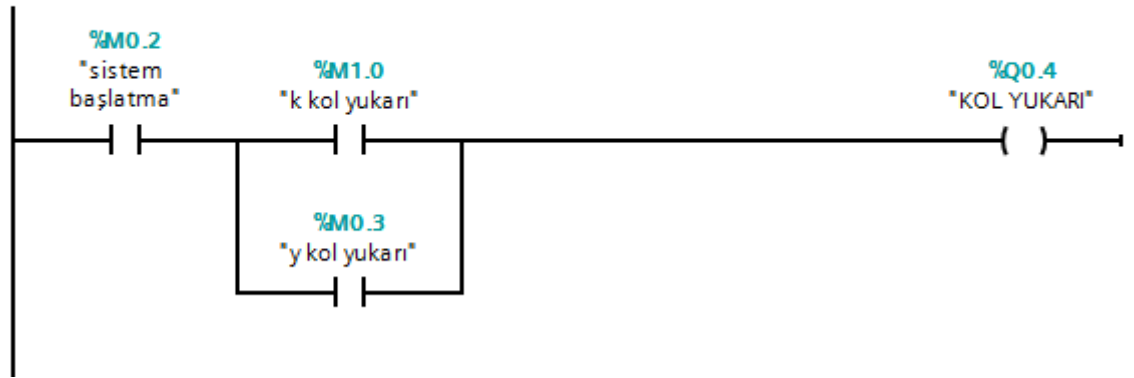
Network 7: kol aşağı

Comment



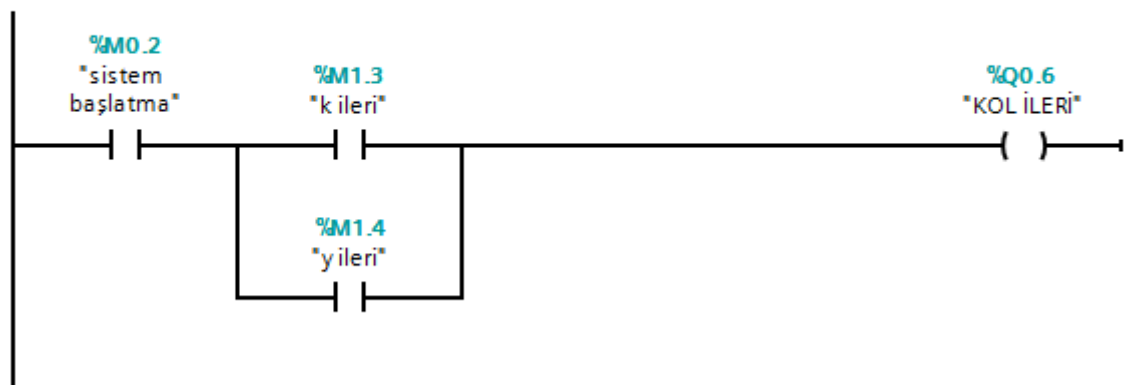
Network 8: kol yukarı

Comment



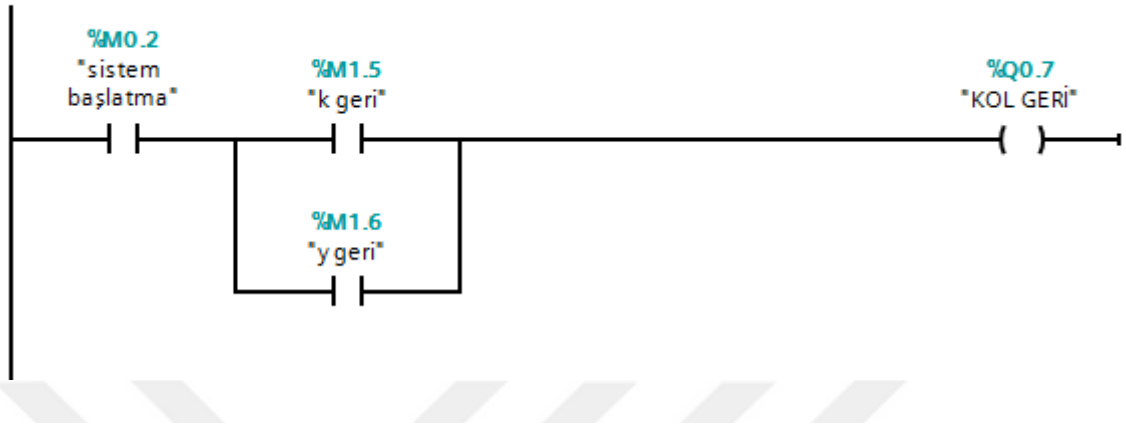
Network 9: kol ileri

Comment



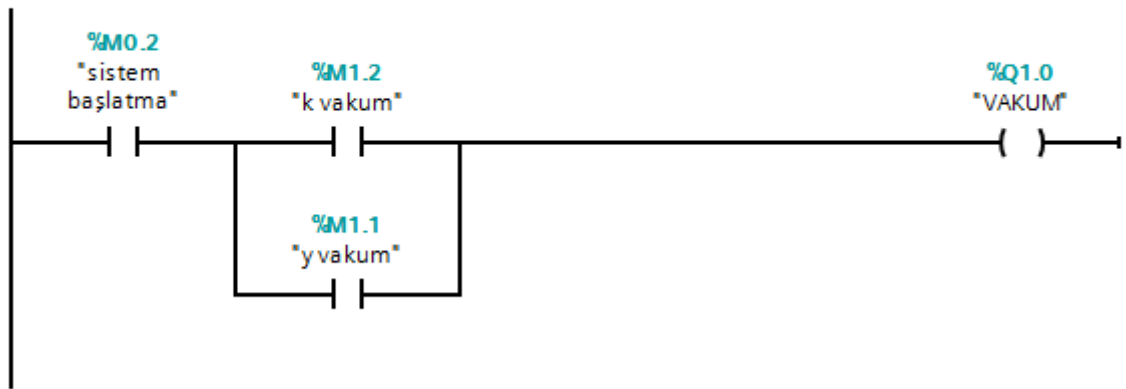
Network 10: kol geri

Comment



Network 11: vakum

Comment



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : HIZ, Osman
Uyruğu : T.C.
Medeni hali : Evli
Doğum tarihi ve yeri : 13.03.1980 Acıpayam

Eğitim Bilgileri

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi / Elektrik Öğretmenliği	2002
Lise	Dazkırı Endüstri Meslek Lisesi	1997
Ortaokul	Kelekçi İlköğretim Okulu	1994
İlkokul	Kuzören Köyü İlkokulu	1991

Adres Bilgileri

Adres : Saray Mahallesi, Kervansaray Caddesi, Teknik yapı sitesi G blok Daire: 8 Çardak /
DENİZLİ

Cep Tel : 0505 747 92 69

E-posta : hizosman@gmail.com