

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PNÖMATİK İKİ-EKSENLİ BİR KARTEZYEN  
ROBOT SİSTEMİ İLE MALZEME TAŞIMA  
OTOMASYONU**

**Süleyman Burkay POYRAZ**

**Eylül, 2010**

**İZMİR**

# **PNÖMATİK İKİ-EKSENLİ BİR KARTEZYEN ROBOT SİSTEMİ İLE MALZEME TAŞIMA OTOMASYONU**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Süleyman Burkay POYRAZ**

**Eylül, 2010**

**İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**SÜLEYMAN BURKAY POYRAZ**, tarafından **DOÇ. DR. CESİM ATAŞ** yönetiminde hazırlanan “**PNÖMATİK İKİ-EKSENLİ BİR KARTEZYEN ROBOT SİSTEMİ İLE MALZEME TAŞIMA OTOMASYONU**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

---

Doç. Dr. Cesim ATAŞ

---

Danışman

---

Prof. Dr. Erol UYAR

---

Jüri Üyesi

---

Yrd. Doç. Dr. Levent MALGACA

---

Jüri Üyesi

---

Prof.Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Cesim ATAŞ'a, yine çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Erol UYAR'a ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli aileme, ayrıca bu tezin gerçekleşmesinde maddi ve manevi katkılarından dolayı şirketim FESTO Genel Müdürü Sn. Otto BAUER ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Süleyman Burkay POYRAZ

# **PNEUMATIC HANDLING AUTOMATION OF A TWO-AXIS CARTESIAN ROBOT SYSTEM**

## **ABSTRACT**

In this thesis, two-axis pneumatic cartesian robot handling system that is mostly used in the industrial production lines is designed and produced. For this design, three-dimensional drawing program is used. All the electrical units and the PLC are collected within a controlling panel.

Festo brand products are used for the control and the pneumatic section of the robot system. For the vertical axis, Festo DFM pneumatic guide cylinder is used and for the horizontal axis Festo DGC pneumatic linear drive is used. Festo CPX-FEC is selected as PLC and the PLC program is written in FST.4.10.

In this study, the data from mechanics, electronics and computer sciences have been used as required for Mechatronics science.

**Key Words:** pneumatic, cartesian, handling, robotics, automation

# **PNÖMATİK İKİ-EKSENLİ BİR KARTEZYEN ROBOT SİSTEMİ İLE MALZEME TAŞIMA OTOMASYONU**

## **ÖZ**

Bu tez çalışmasında, endüstriyel üretim yapan birçok fabrikada malzeme taşıma amaçlı kullanılan pnömatik iki eksenli bir kartezyen robot dizayn edilmiş ve üretimi yapılmıştır. Dizayn için üç boyutlu çizim programları kullanılmıştır. Kontrol sistemi için PLC kullanılmış ve tüm elektrik üniteler bir pano içerisinde toplanmıştır.

Üretilen robot sisteminin pnömatik ve kontrol kısmında Festo marka ürünler kullanılmıştır. Silindir olarak dikey eksenle yataklı DFM tipi silindir kullanılırken yatay eksenle DGC milsiz tip silindir seçilmiştir. PLC olarak Festo CPX-FEC seçilmiş ve PLC programı FST.4.10 ile yazılmıştır.

Yapılan bu çalışmada Mekatronik' in bünyesinde barındırdığı; Makine, elektrik ve bilgisayar anabilim dallarından faydalanılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** pnömatik, kartezyen, taşıma, robot, otomasyon

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                               |          |
|---------------------------------------------------------------|----------|
| YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....                     | ii       |
| TEŞEKKÜR .....                                                | iii      |
| ÖZ .....                                                      | iv       |
| ABSTRACT .....                                                | v        |
| <b>BÖLÜM BİR – GİRİŞ .....</b>                                | <b>1</b> |
| 1.1 Amaç .....                                                | 1        |
| <b>BÖLÜM İKİ – ROBOTLARIN DOĞUŞU ve TARİHİ GELİŞİMİ .....</b> | <b>3</b> |
| 2.1 Tanıtım .....                                             | 3        |
| <b>BÖLÜM ÜÇ – ROBOT SİSTEMLERİ.....</b>                       | <b>6</b> |
| 3.1 Tanıtım .....                                             | 6        |
| 3.2 Koordinat Sistemlerine Göre Robot Çeşitleri.....          | 7        |
| 3.2.1 Kartezyen Robot Kolları.....                            | 7        |
| 3.2.2 Silindirik Robot Kolları .....                          | 8        |
| 3.2.3 Küresel Robot Kolları.....                              | 9        |
| 3.2.4 Scara Robot Kolları .....                               | 10       |
| 3.2.5 Mafsallı Robot Kolları.....                             | 10       |
| 3.3 Robot Kollarda Kullanılan Tahrik Sistemleri.....          | 12       |
| 3.3.1 Pnömatik Tahrik Sistemleri .....                        | 12       |
| 3.3.2 Hidrolik Tahrik Sistemleri .....                        | 14       |
| 3.3.3 Elektrikli Tahrik Sistemleri.....                       | 14       |

## **BÖLÜM DÖRT – MEKATRONİK .....18**

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 4.1 Mekatroniğin Tarihçesi ve Gelişim Süreci ..... | 18 |
| 4.2 Mekatronik Kavramı .....                       | 19 |

## **BÖLÜM BEŞ – PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROL SİSTEMLER.....21**

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1 Tanım.....                                                            | 21 |
| 5.2 PLC’lerin Gelişim Süreci .....                                        | 21 |
| 5.3 PLC Kontrol Sistemi .....                                             | 23 |
| 5.3.1 Donanım.....                                                        | 23 |
| 5.3.2 CPX – FEC PLC Kullanım Alanları.....                                | 24 |
| 5.4 PLC’lerin Üstünlükleri ve Sakıncaları .....                           | 25 |
| 5.5 PLC’lerin Yapısı .....                                                | 27 |
| 5.5.1 PLC’nin Bağlantı Düzeni.....                                        | 28 |
| 5.5.2 PLC’lerin İç Yapısı ve Çalışması.....                               | 29 |
| 5.5.3 PLC’nin Çalışma Prensipleri.....                                    | 30 |
| 5.5.4 PLC’lerde Kalite Faktörleri .....                                   | 31 |
| 5.6 PLC’lerde Kullanılan Giriş Çıkış Kapı Devreleri.....                  | 32 |
| 5.6.1 Optik Yalıtımlı Sayısal Giriş Çıkış Devreleri .....                 | 32 |
| 5.6.2 Röleli Çıkış Devresi.....                                           | 33 |
| 5.6.3 Transistörlü Çıkış Devresi .....                                    | 34 |
| 5.6.4 Yüksek Hızlı Sayıcı Girişleri ve Darbe Kontrolü Çıkış Devresi ..... | 34 |
| 5.6.5 Analog Giriş Çıkış Cihazları.....                                   | 34 |
| 5.6.6 İletişim Portları.....                                              | 35 |
| 5.7 PLC’lerde Kullanılan Sayısal Giriş Çıkış Cihazları.....               | 35 |
| 5.7.1 Sayısal Giriş Cihazları .....                                       | 35 |
| 5.7.2 Sayısal Çıkış Cihazları.....                                        | 39 |
| 5.7.2.1 Selenoidler .....                                                 | 39 |
| 5.7.2.2 Kontaktörler.....                                                 | 39 |
| 5.7.2.3 Yarı İletken Röleler.....                                         | 39 |



|                                                                                              |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.7.2.4 DC Motorlar .....                                                                    | 39        |
| 5.7.2.5 AC Motorlar .....                                                                    | 39        |
| 5.8 CPX – FEC Serisi PLC Programlama Yöntemleri .....                                        | 40        |
| 5.8.1 STL Programlama Komutları.....                                                         | 41        |
| 5.8.2 PLC'nin Kontak Planı (LDR) ile Programlanmasında<br>Gereken Bazı Önemli Bilgiler ..... | 45        |
| 5.9 PLC ile Kontrol Sistemlerinin Oluşturulması.....                                         | 51        |
| 5.10 Bilgisayar Programlarıyla PLC Programlarının Farkı.....                                 | 52        |
| 5.11 Programlama Açısından PLC'nin Bilgisayara Göre Avantajları.....                         | 52        |
| <b>BÖLÜM ALTI – TASARIM .....</b>                                                            | <b>53</b> |
| 6.1 Mekanik Kısım.....                                                                       | 53        |
| 6.1.1 Gövde.....                                                                             | 53        |
| 6.1.2 Mekanik Bağlantılar, Kablolama ve Hortum Sistemi .....                                 | 54        |
| 6.2 Pnömatik Sistem .....                                                                    | 56        |
| 6.2.1 Pnömatik Elemanlar .....                                                               | 56        |
| 6.2.2 Pnömatik Dikey ve Yatay Taşıma Sistemleri .....                                        | 56        |
| 6.2.3 Vakum Tutma Sistemi .....                                                              | 59        |
| 6.2.4 Şartlandırıcı .....                                                                    | 61        |
| 6.2.5 Selenoid Bobinli Valf .....                                                            | 62        |
| 6.2.6 Hortum ve Bağlantı Elemanları.....                                                     | 63        |
| 6.2.7 Konum Algılayıcı .....                                                                 | 64        |
| 6.2.8 Hız Ayar Valfi .....                                                                   | 65        |
| 6.3 Pano .....                                                                               | 65        |
| <b>BÖLÜM YEDİ – PNÖMATİK.....</b>                                                            | <b>67</b> |
| 7.1 Tanıtım .....                                                                            | 67        |
| 7.2 Pnömatik Prensipler .....                                                                | 70        |
| 7.2.1 Akışkanlı Güç Sistemleri .....                                                         | 70        |
| 7.2.2 Pnömatik Sistemler.....                                                                | 71        |

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.2.3 Pnömatikte Temel Prensipler .....                           | 71        |
| 7.3 Pnömatik Endüstrisinde Kullanılan Bazı Simgeler .....         | 73        |
| 7.4 Bazı Pnömatik Elmanlar .....                                  | 74        |
| 7.4.1 Silindirler .....                                           | 74        |
| 7.4.2 Valfler .....                                               | 77        |
| 7.4.3 Basınçlı Hava Üretimi (Kompresör).....                      | 77        |
| 7.5 Enerji İletiminin Farklı Sistemlerler Karşılaştırılması ..... | 80        |
| 7.5.1 Çalışma Elemanlarının Özellikleri .....                     | 81        |
| 7.6 Pnömatikle İlgili Temel Hesaplar .....                        | 82        |
| 7.6.1 Basınç .....                                                | 82        |
| 7.6.2 Kuvvet.....                                                 | 83        |
| 7.6.3 İş .....                                                    | 84        |
| 7.6.4 Güç.....                                                    | 85        |
| <b>BÖLÜM SEKİZ – SONUÇLAR.....</b>                                | <b>86</b> |
| 8.1 Genel Açıklama.....                                           | 86        |
| 8.2 İlerideki Çalışmalar .....                                    | 86        |
| <b>KAYNAKÇA.....</b>                                              | <b>87</b> |
| <b>EKLER.....</b>                                                 | <b>89</b> |
| EK 1 .....                                                        | 89        |
| EK 2 .....                                                        | 102       |

## **BÖLÜM BİR**

### **GİRİŞ**

#### **1.1 Amaç**

Gelişen elektronik ve bilgisayar teknolojilerine paralel olarak, pnömatik kumanda elemanları ve pnömatik sistemlerde kullanılan bilgisayar-elektronik sistemleri, aynı çatı altında birleştirilerek PLC kontrollü makineler yapılmaktadır (Mendi, Külekçi, 2001).

Son zamanlarda, geliştirilen programlanabilir kontrol üniteleri endüstriyel sistemleri denetlerken, aynı zamanda programlanabilmesi nedeniyle, yüksek esnekliğe sahip PLC destekli sistemlerin birçok alanda kullanılması da sağlamaktadır (Gilles, 1992). Bu alanlardan biri de işletme sektörüdür. Teknolojinin hızla gelişmesiyle oluşan çetin rekabet koşullarında fabrikaların otomasyona geçmeleri ile üretim hızı, ürün kalitesini artırmaları ve ayrıca üretim maliyetlerini düşürmeleri artık bir zorunluluk haline gelmiştir. Çalışan işçi sağlığı çok önemli olduğundan ağır yükleri taşımaları halinde sakatlanma riskleri oluşmaktadır. Robotların bu tarz işlerde yani, malzeme taşıma otomasyon sistemlerinde kullanılmaları işçi sağlığı açısından da büyük önem taşımaktadır.

Teknoloji, insanların yaşam biçimini iyileştirerek daha sağlıklı, daha mutlu bir ortam hazırlamak için her geçen gün büyük bir hızla gelişmektedir. Yapılan çalışmaların çoğunluğu insanların rahatlığı, konforu ve sağlığı içindir.

Teknolojinin getirmiş olduğu yenilikler insan hayatının bir parçası olmuştur. İnsanları yeniliklerden haberdar etme ve yenilikleri insanlara sunma bir zorunluluk haline gelmiştir. İletişimin süratle yaygınlaşması insanları dünyada değişik pazar arayış ve anlayışlarına yöneltmiştir. Artık kaliteli ürünü daha ucuza imal etmek rekabet piyasasında bir zorunluluk olmuştur. Fakat kaliteli ürünü ucuza mal etmek için mekanizasyon ve otomasyon uygulamalarına gerek vardır.

Mekanizasyon sistemlerinde üretimin kalitesini istenen seviyede tutmak için çalışanların çok iyi eğitilmiş, tecrübeli olması ve zamanlama fonksiyonlarının da tam olması gerekir. İnsanlar fiziksel yapılarından dolayı bedensel olarak bütün işleri yapma imkanına sahip olmadıkları için, gücünün yetmediği yerlerde kullanmak üzere değişik makineler geliştirmiştir. İlk önceleri insan yardımı ile çalışan bu makineler, zamanla geliştirilerek ve çeşitli çevre birimlerini de beraberinde kullanarak insana ihtiyaç duymadan tam otomatik olarak çalışır hale getirilmiştir.

Yukarıda verilen açıklamalar ışığında, bu tez çalışması ile endüstriyel otomasyonda sıkça kullanılan pnömatik iki eksenli kartezyen robot dizaynı ve üretimi çalışması yapılmıştır.

## **BÖLÜM İKİ**

### **ROBOTLARIN DOĞUŞU VE TARİHİ GELİŞİMİ**

#### **2.1 Tanıtım**

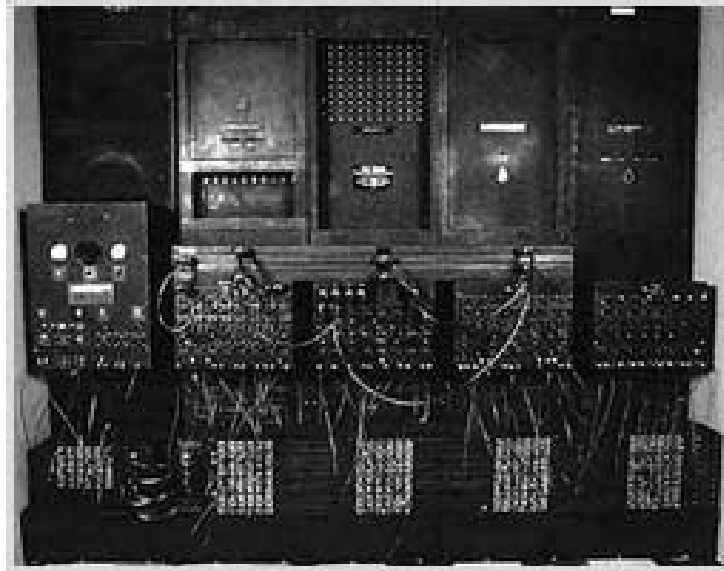
Robot, değişik amaçlar için kullanılabilen birçok fonksiyonu olan ve programlanabilen makinelerdir. Amerika Robot Enstitüsünün tanımına göre de robot, çeşitli işleri yapabilmek için programlanmış hareketlerle malzeme, parça, alet veya özel cihazları taşımak için tasarlanmış çok işlevli, tekrar programlanabilir düzendir.

Robot kelimesi ilk olarak 1920 yılında kullanılmış olmasına rağmen robotlara benzer ilk makinelere ait bilgiler M.Ö. (Milattan Önce) 3000 yıllarına kadar uzanmaktadır. Eski mısır, eski Yunan ve Anadolu medeniyetlerinde otomatik su saatleri ve benzeri makinelerin geliştirildiği bilinmektedir. Homerus'un İyada adlı eserinde insan yapımı kadın hizmetçiler anlatılmaktadır. M.Ö.1000 yıllarında yaşamış olan İskenderiye'li bir mühendisin otomatik açılan kapılar, fıskiyeler vb. düzenekleri su ve buhar gücü ile çalıştırdığı eski kitaplarda yazılmaktadır.

M.Ö.'ki yıllarda ve robot kavramının ilk defa ortaya atıldığı 1922 yılından bugüne kadar ise robotik alanında bazı kilometre taşları niteliğindeki gelişmeler dikkat çekmektedir. Aşağıda bunlar tarihi sırada verilmiştir (Carig,1989):

- M.Ö. 270: Ctesibus isimli bir eski Yunan bilgini hareketli parçalardan oluşan organ ve su saatleri üretti.
- M.Ö. 100: Otomatik açılan tapınak kapıları (İskenderiye).
- 1136-1206: El Cezeri'ye ait çeşitli otomatik makineler.
- 1800: Jacques de Vaucanson, Pierre & Henri-Louis Jacquet-Droz, Henri Maillerdet otomatik yazı yazan ve müzik enstrümanı çalan makineler geliştirdiler.

- 1801: Joseph Jacquard ilk kez delikli kart kullanarak çalıştırılan otomatik dokuma makinesi geliştirdi.
- 1922: Çekoslavak Karel Capek'in yazdığı bir tiyatro oyununda ilk kez ROBOT kelimesi kullanıldı.
- 1946: J. Presper Eckert ve John Mauchly, Pennsylvania Üniversitesi'nde ilk elektronik bilgisayar olarak bilinen "ENIAC - Electrical Numerical Integrator and Computer" isimli (Şekil 2.1) bilgisayarı geliştirdi. "Whirlwind" isimli bir başka bilgisayar M.I.T.'de ilk olarak bir bilimsel problemi çözdü.



Şekil 2.1 ENIAC bilgisayarı (5)

- 1956: G. Devol ve Joseph F. Engelberger "Unimation Inc." isimli dünyanın ilk robot firmasını kurmuşlardır.
- 1958: Satış amaçlı ilk ticari robot üretildi.
- 1966: Nokta kaynağı yapan ilk robotlar üretildi. Unimate ve Versatran firmalarını endüstri alanında tecrübeleri gelişti ve Versatran firması Model 301 adlı noktadan noktaya hareketli robotunu tanıttı.

- 1968: Marvin Minsky tarafından on ayaklı ahtapot benzeri robot geliştirildi. AMF firması Model 302 robotunu tanıttı. Japonya Versatran hareketli 2 servo robot geliştirdi. Japon Kawasaki firması ilk Unimate robotunu ithal etti. Stanford Araştırma Enstitüsü tarafından Shakey isimli ve görme yeteneği olan ilk gezer robot üretildi.
- 1972: KANEMATSU adlı Japon firması robot alanında Japonya'da kuruldu. IBM firması dikdörtgensel koordinat sistemli robot hakkında çalışmalar yaptı.
- 1974: Stanford kolunu geliştiren Prof. Scheinman, Vicarm Inc. isimli bir firma kurarak mini-bilgisayar kullanan robot kollarının pazarlamasına başladı. Dokunma ve basınç duyucuları kullanarak küçük parçaların montajını yapabilen ilk robot, üretim hattında kullanılmaya başladı. ASEA firması 3 ve 5 eksenli elektronik Antropomorfik robotu geliştirdi.
- 1980: Amerika Yapay Zeka Birliği (American Association For Artificial Intelligence-AAAI) kuruldu. Automotix firması kuruldu.
- 1993-1994: Önceki robotlara göre ucuz maliyetli ERRATIC ve PIONEER 1 isimli gezer robotlar üretildi
- 1998: Robot oyuncak FURBY piyasaya çıktı.

Yukarıda belirtilen tarihsel gelişimden de anlaşılacağı gibi robotların gelişimi yüz yıllardan beri insanların hayatını kolaylaştırmak için devam etmektedir. Artık endüstriyel alanlarda robot kullanımları olmadan fabrikaların üretim yapmaları düşünülemez hale gelmiştir. Seri üretim yapan fabrikaların tamamı otomasyon ve robot teknolojisini kullanmaktadır.

## **BÖLÜM ÜÇ**

### **ROBOT SİSTEMLERİ**

#### **3.1 Tanıtım**

Otomasyon uygulamalarının görünen yüzü endüstriyel robotlardır. Robotun, Amerikan Robot Enstitüsü tarafından yapılan bir tanımı ise "malzemelerin, parçaların ve araçların hareket ettirilebilmesi için tasarlanmış olan çok fonksiyonlu ve programlanabilir manipülatör veya farklı görevleri yerine getirebilmek için değişken programlı hareketleri gerçekleştirebilen özel araç" şeklindedir. Sanayi robotunun en kapsamlı tanımı ve robot tiplerinin sınıflandırılması ISO 8373 standardında belirlenmiştir. Bu standarda göre bir sanayi robotu şöyle tanımlanır: "Endüstriyel uygulamalarda kullanılan, üç veya daha fazla programlanabilir eksenli olan, otomatik kontrollü, yeniden programlanabilir, çok amaçlı, bir yerde sabit duran veya hareket edebilen manipülatör" (Koivo, 1989).

Günümüzde robotlar laboratuvar uygulamalarından uzay çalışmalarına, endüstriden hizmet sektörüne kadar pek çok alanda kullanılmaktadır. Endüstri sektöründe kullanılmak için tasarlanmış, kaynak yapma, cisim tutma, döküm, yükleme, kalite kontrol ve boyama işlemlerini yapan birçok robot bulunmaktadır.

Robotlar genellikle, üretim maliyetini düşürmek ve daha kaliteli üretim yapmak için kullanılmaktadır. Ayrıca insan sağlığının zarar görme riskinin olduğu işlerde ve insan elinin ulaşamayacağı yerlerde robotlar kullanılmaktadır.

Bir üretim robotunun yapısının anlaşılabilmesi için iki ana unsurun bilinmesi gerekmektedir. Bu unsurların ilki hareket mekanizmasıdır. Pozisyon kontrolü otomasyon sistemlerinde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada otomasyon sistemlerinin hareket mekanizmalarında yoğunlukla kullanılan pnömatik sistemler incelenecektir. pnömatik sistemlerin tercih edilmesinde son strokta pozisyonun hassas olması, yağ içermediği için temiz olması, zorlayıcı ortam



koşullarında uzun süre çalışabilir olması, çok ekonomik olması ve ilave frenleme sistemine ihtiyaç duymamasıdır.

Yapılan tez çalışmasında öncelikle iki pozisyonlu kartezyen eksen tasarlanmıştır. Bu eksenlerin hareket mekanizmasında pnömatik silindirler kullanılmıştır. Eksenlerin yön denetimi selenoid valflerle yapılmış ve sistemin tüm hareket kontrolü ise PLC ile sağlanmıştır.

Bu tezin amacı otomasyon sistemlerinde, piyasada yaygın olarak kullanılan pnömatik kartezyen eksenlerin yapısını, genel özelliklerini, kontrol yöntemlerini, avantaj ve dezavantajlarını incelemek, ayrıca sistemin tasarımını açıklayarak PLC ile kontrolde kullanılan yöntem incelenerek robotbilim için ilerideki çalışmalara bir alt yapı sağlamaktır.

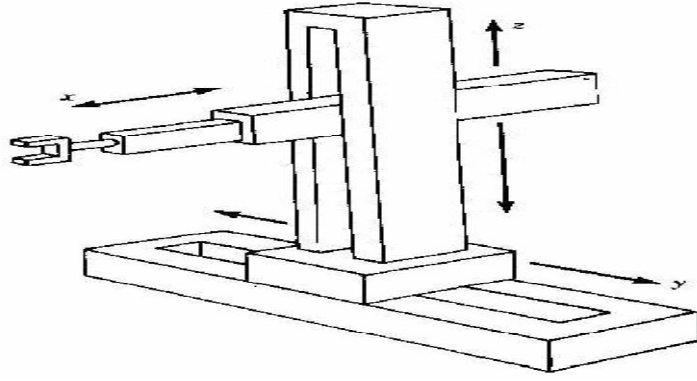
### **3.2 Koordinat Sistemlerine Göre Robot Çeşitleri**

#### ***3.2.1 Kartezyen robot kolları***

Basit bir yapıya sahip oldukları için hareketlerin planlanması çok kolaydır. Bu tür robotlar X,Y,Z eksenlerinde doğrusal olarak hareket etme yeteneğine sahiptirler. Pozisyon hesaplamaları çok kolaydır.

Sekil 3.1’de kartezyen robot kolu görülmektedir. Çalışma alanları robotun yapısından daha küçüktür. Eğilme ve bükülme işlemlerini gerçekleştiremez. Çalışma alanları kare veya dikdörtgen prizma seklindedir. Yük taşıma kapasitesi diğer robot türlerine göre daha büyüktür. İnsan gücünün taşıma kapasitesini asan yüklerin taşınmasında kullanılır. Bu nedenle genellikle yük araçlarına, yükleme ve boşaltma işlerinde, fabrikalarda ağır yükleri taşımak amacı ile fabrikaların tavanlarına monta edilerek kullanımı yaygındır. Islak, nemli, rutubetli çalışma ortamlarında kullanılabilir.

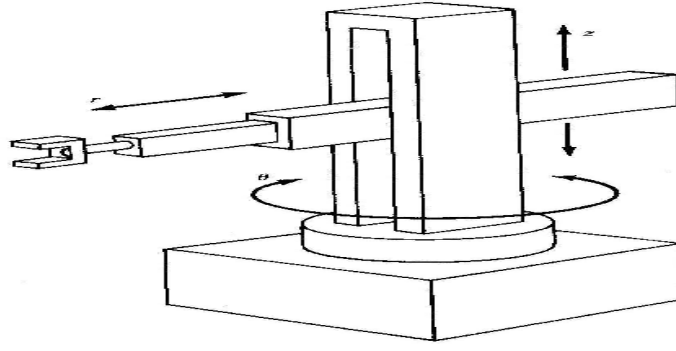
Küçük güçte olan kartezyen robot kolu pnömatik tahrik sistemine sahiptir. Büyük güç gereken yerlerde hidrolik tahrikli olan kartezyen robot kolu kullanılır. Bunların yağ sızdırma problemleri olduğu için temizliğin önem arz ettiği ortamlarda pnömatik tahrikli olanlar tercih edilir. Hava tahrikli olan robot tipinde basınçlı hava ve havanın kontrolüne ihtiyaç olduğu için yatırım maliyetleri daha ucuz olup işletim maliyetleri de düşüktür. Büyük güçte yapılan kartezyen robot kolların tahrik sistemleri elektrik motorları veya hidrolik tahrik sistemleri ile sağlanmaktadır (Asfahl, 1985).



Şekil 3.1 Kartezyen robot kolu

### 3.2.2 Silindirik Robot Kolları

Silindirik robot kolları kendi etrafında dönebilen bir mafsallı ve bunun üzerinde bulunan X,Y,Z düzleminde doğrusal hareket edebilen kollardan oluşmaktadır. Şekil 3.2’de Silindirik Robot Kolunun resmi verilmiştir. Şekil 3.2 görüldüğü gibi esnek olmayan silindirik bir koordinat sistemine sahiptirler. Kartezyen robot kola göre silindirik robot kolunun hareket serbestliği daha geniştir. Çalışma alanı içindeki noktalara ulaşımı çok iyidir. Hareket kabiliyetinin az olmasından dolayı programlanması kolaydır. Robot kolun çalışma alanı silindirik koordinat sisteminde hareket eden kolların uzunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Robotun kullanım alanı ve yük taşıma kapasitesine göre hidrolik, pnömatik veya elektrik tahrikli olarak kullanılmaktadır. Silindirik robot kolları nemli, rutubetli ve tozlu ortamlarda, deniz altı, uzay gözlem araçlarında ve nokta kaynağı işlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Asfahl, 1985).

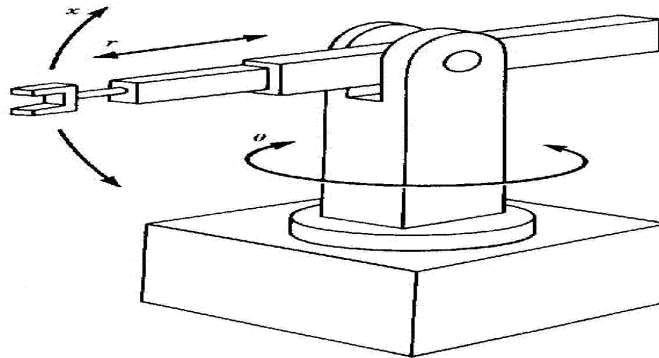


Şekil 3.2 Silindirik robot kolları

### 3.2.3 Küresel Robot Kolları

Küresel robot kolları bel, omuz ve dirsek mafsallarından oluşan bir yapıya sahiptirler. Bel ve omuz mafsalı kendi etrafında dönme hareketi yapabilirken, dirsek mafsalı kola uzama ve kısalma hareketi yaptırmaktadır. Şekil 3.3'te küresel robot kollarının resmi verilmiştir.

Hareket alanı silindirik bir koordinat sistemine sahiptir. Kol yapılarından dolayı eklemlili robot kollarına benzemektedirler. Kinematik yapıları kartezyen ve silindirik robot kollara göre daha karmaşıktır. Bu nedenle programlanması ve kontrolü zordur. Çalışma alanının büyüklüğü kolların büyüklüğüne bağlıdır. Hidrolik tahrik sistemine sahip olan küresel robot kolları eğme, bükme işlerinde, kameralı izleme işlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca sarkaç robot olarak da küçük bir moment ile hareketlerini devam ettiren bu robotlar, kaynak ve zamlama işlemlerinde kullanılırlar (Asfahl, 1985).



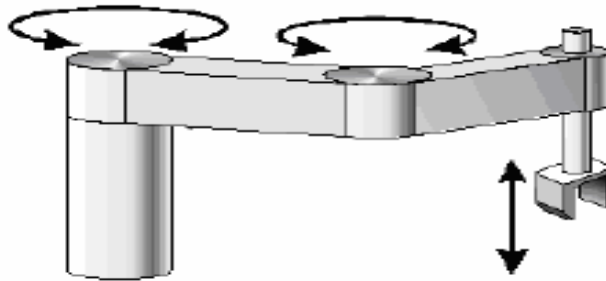
Şekil 3.3 Küresel robot kolları

### 3.2.4 Scara Robot Kolları

Scara robot kolları iki eklem yerinde elektrik motoru ve aşağı yukarı hareket edebilen Pnömatik koldan oluşmuştur. Eklemlerdeki elektrik motorları eksenlerin kendi etrafında dönmesini sağlamaktadır. Tutucu ağzın bulunduğu kol Pnömatik tahrikli olup Z ekseninde hareket etme kabiliyetine sahiptir. Bu durum robot kola esnek hareket imkânı sağlamaktadır.

Hız ve konum performansı çok iyi olduğundan dolayı bu robot kol en çok elektronik sanayisinde, elektronik kartlara malzemelerin montajını gerçekleştirmek için kullanılmaktadır.

Tutma ve taşıma işlerinde maliyetinin ucuz olmasından ve programlanmasının kolay olmasından dolayı bu gün için sanayide en çok kullanılan robot olmuştur. Şekil 3.4'te Scara robot kolunun resmi verilmiştir (Asfahl, 1985).

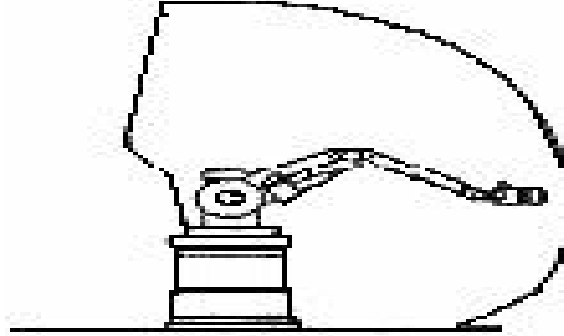


Şekil 3.4 Scara robot kolu

### 3.2.5 Mafsallı Robot Kolları

İnsan kolunun hareketlerini taklit etmeye en yakın robot kol mafsallı robot kollarıdır. Üretim sistemlerinde diğer kolların hareket kabiliyetlerinin sınırlı olmasından dolayı mafsal sayısı genellikle 5 veya 6 adet olan robot kollara ihtiyaç duyulmuştur. Bu tip robot kollarda her mafsal ayrı ayrı kontrol edilebilen

motorlardan oluşmaktadır. Mafsallarda bulunan motorlar 12–24 V. gerilim ile beslenmektedir.



Şekil 3.5 Mafsallı robot kolu

Hareket esneklikleri en yüksek robot kolları olan mafsallı robot kollunun resmi şekil 3.5’te verilmiştir. Kolun üzerinde bulunan her eklem yeri X,Y,Z eksenlerinde üç boyutlu hareket yapabilmektedir. Çalışma alanı içerisinde tanımlanan bir noktaya en kısa yoldan ve en kısa zamanda ulaşım imkânı tanımaktadır. Robotun hedef pozisyonlara yaklaşımı mafsal hareketi veya doğrusal X,Y,Z koordinatları doğrultusunda hareket ederek gerçekleşmektedir. Diğer robot türlerine göre karmaşık bir yapıya sahip olup, programlanması da diğerlerine göre zordur.

Her mafsal, belirlenmiş bir alan içerisinde hareket edebilmektedir. Bu da robotun güvenli bir çalışma alanı içerisinde bulunan diğer parçalara çarparak zarar vermesini önlemekte ve hedef noktaya, robotun daha kısa zamanda ulaşmasını sağlamaktadır.

Yapılacak uygulamanın niteliğine göre robot kolun eksen sayısı tercihi yapılmalıdır. Daha basit işlemlerin uygulanmasında iki eksenli robot kol yeterli gelmekte iken, karmaşık ve çok fonksiyonlu bir uygulama işleminde 2 eksenli robot kol yeterli olmamaktadır. Uygulanan işlemler karmaşıktıkça mafsal sayısının artması gerekmektedir. Mafsal sayısının artması robotun hareket serbestliğini artırmaktadır (Asfahl, 1985).

### 3.3 Robot Kollarda Kullanılan Tahrik Sistemleri

Robot kollarda tahrik sistemi olarak genellikle servo motorlar veya step motorlar kullanılmakla birlikte, sanayide kullanılan robot kollarda, farklı tahrik sistemleri de kullanılmaktadır. Bunlar; Pnömatik, hidrolik ve elektrikli tahrik sistemleri olmak üzere üçe ayrılır.

#### 3.3.1 Pnömatik Tahrik Sistemleri

Pnömatik, hava basıncı ile çalışan otomasyon makineleridir. Hava basıncı bar ile ölçülür bu tip makinelerin kullanım yerleri hidroliğe göre daha sağlıklı ortamlarda çalışabilmesidir. Makineler hidroliğe göre daha düşük basınçlarda çalışırlar. Yüksek çalışma hızları yakalayabilirler. Pnömatik, Latince hava ve rüzgar manasına gelen "pnöma" kelimesinden türemiştir.

Pnömatik, gaz basıncı ile çalışan sistemlerin hareket ve kontrolünü gerçekleştiren uygulama alanıdır. Pratik olarak vakum ve pozitif hava basıncı ile çalışan sistemler ve kullanılan devre elemanları pnömatiğin kapsamı içerisinde değerlendirilir. Basıncılı hava, insanların kullandıkları ilk enerji türlerinden biridir. Havanın bilinçli şekilde algılanması, aynı zamanda bu araçla bilinçli çalışma yüzyıllar öncesine gitmektedir. Bilinen en eski uygulama M.Ö. 2500 yıllarında kullanılan hava körüğüdür.

Pnömatik' in sistematik olarak güç uygulamalarında kullanılmaya başlaması 19. Yüzyılın ortalarına dayanır. O dönemlerde özellikle basınçlı hava ile çalışan el aletleri, matkaplar, lokomotifler ve benzeri güç sistemleri Pnömatik' in gelişimine ve hızla yaygınlaşmasına öncülük etmişti. Ancak günümüzde de çeşitli uygulamalarda yer alan modern kontrol elemanları ilk kez 20. Yüzyılın ortalarında kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle çok fazla kuvvet gerektirmeyen taşıma, döndürme, indirme, kaldırma gibi işlemlerin yerine getirilmesi için oldukça basit ve süratli çalışan pnömatik sistemler mümkündür. Önceleri çok basit ve az sayıda elemanlardan oluşan pnömatik kontrol devreleri günümüzde onlarca hareket elemanının birleşimine

olanak vermekte ve diğer modern kontrol sistemleri ile bütünleşmiş çalışarak neredeyse tüm endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Bugün pnömatik kavramı altında esas olarak endüstride havanın çalışma aracı olarak kullanılması ve özellikle de makine ve işletme araçlarının kumandası ve tahrik edilmesi anlaşılmaktadır. Pnömatik günümüzde özellikle otomatikleştirilmiş süreçlerde kullanılmaktadır.

Atmosferik hava, çeşitli gazların belirli oranlardaki karışımıdır. Havanın içerisinde yaklaşık olarak % 78 Azot, % 21 Oksijen ve % 1 oranında Karbondioksit, Hidrojen, Azot dioksit, Karbon monoksit, Helyum, Argon, Neon, Kripton bulunmaktadır. Bu gazlar dışında hava değişen oranda nem içerir.

Basınçlı havanın temel özellikleri şöyle sıralanabilir; Hava, etrafımızı saran atmosferde sinirsiz bir kaynak olarak bulunur. Hava her yerde bulunduğu için kullanıldıktan sonra tekrar geri kazanılmasına gerek kalmadan atmosfere atılabilir. Dolayısıyla sistemde geri dönüş hattına ihtiyaç duyulmaz. Basınçlı hava sıkıştırılmış olarak depolanabilir ve ihtiyaç duyulduğu zaman kullanılabilir. Genelde havanın karakteristik özellikleri sıcaklıkla çok fazla değişmediği için belirli bir sıcaklık aralığında güvenle kullanılabilir. Yanıcı ve patlayıcı özelliği yoktur. Bu tür tehlikelerin olduğu yerlerde güvenle kullanılabilir. Basınçlı hava zehirli değildir. Sistemdeki olası kaçaklar ve tahliye havası çevreyi kirletmez. Ancak sistemde basınçlı havanın yağlanması gerekli olduğu durumlarda havanın içinde az da olsa bir miktar yağ bulunur. Bu yağların doğrudan atmosfere bırakılması durumunda çevre sağlığı açısından uygun değildir. Bu tip durumlarda sistemde kaçakların olmamasına ve tahliye havasının toplanarak yağdan arındırıldıktan sonra atmosfere atılmasına dikkat edilmelidir. Bu durum özellikle ilaç, gıda ve tekstil sektörü uygulamalarında son derece önemlidir. Yüksek hızlarda çalışmak mümkündür. Pnömatik sistemlerin basınç ve hızın kademesiz olarak ayarlanması mümkündür. Ancak havanın sıkıştırılabilir olma özelliğinden dolayı çok düşük hızlara inilmesi ve hassas hız ve konum ayarı yapılması gereken durumlarda bazı özel elemanların ve elektronik kontrol sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Standart elemanlarla çok düşük hızlara inilmesi durumunda kesintili ve darbeli hareketler gözlemlenebilir.

Pnömatik sistemler kendinden korumalıdır. Aşırı yük durumunda elemanlar durur ve ancak yük kalktığında tekrar çalışır. Basınçlı hava içerisinde bir miktar toz ve nem bulundurur. Bu maddeler hava tesisatında ve çalışma elemanlarında paslanmaya veya tıkanmalara yol açabilir. Dolayısıyla basınçlı hava kullanılmadan önce mutlaka toz ve nemden arındırılması gerekmektedir.

Birçok endüstriyel robotta maliyetleri oldukça düşük olan Pnömatik tahrik sistemi kullanılmaktadır. Pnömatik tahrik sistemleri basit yapılı robotlarda eksen hareketlerinin tahrikinde kullanılırken, gelişmiş robotların tutucu kısımlarının tahrik edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bugün için hemen hemen bütün fabrikalarda basınçlı havanın bulunması Pnömatik tahrik sistemlerinin kullanımını yaygınlaştırmaktadır. En ekonomik tahrik sistemi olarak kabul edilmektedir. Noktadan noktaya ürün taşımalarında, belirli bir döngü içinde çalışan sıralı sistemlerde kullanılan en yaygın sistemdir.

### ***3.3.2 Hidrolik Tahrik Sistemleri***

Hidrolik tahrik sistemleri ilk zamanlarda çok kullanılan bir tahrik sistemi olmasına rağmen bazı vazgeçilemeyen alanlar dışında yerini diğer tahrik yöntemlerine bırakmaktadır. Hidrolik olarak elde edilen tahrik gücünü diğerlerinde elde etmemiz mümkün olmadığında büyük güçlü robotlarda hidrolik tahrik sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Hidrolik tahrik sistemlerinin dezavantajları yavaş çalışmaları ve bulundukları ortamı yağ sızıdırmalarından dolayı kirletmeleridir.

### ***3.3.3 Elektrikli Tahrik Sistemleri***

Temelde robot tasarımı PC kullanımından sonra Elektronik kontrol ve tasarım ön plana çıkmıştır. Bunun sonucu olarak robot kollarda elektrik motorları ile tahrik daha yaygın hale gelmiştir. Elektrik tahrik sistemlerinde step motor, DC servo motor ve AC servo motorlar kullanılmaktadır. Step Motor diğer motorlara göre sürücü ünitelerinin ucuz olmasından dolayı tercih edilirler. Step motorları konum kontrolünde diğer motorlara göre daha hassastır. Robot tutucularında kullanımı çok



yaygındır. DC servo motorlar; pozisyon ve hız kontrolünün, geniş ölçülerde ve kolay yapılabilinen motorlar olduğu için yaygın olarak kullanılmaktadırlar. DC servo motorlar bakım masrafları ve kurulum masrafları diğerlerine göre daha fazladır. Bu sakıncalardan dolayı yerini giderek diğer elektrik motorlarına bırakmaktadır. AC Servo Motor; elektronik kontrolün gelişmesi ile birlikte bu motorlarda hız ve konum kontrolünde büyük ilerlemeler kaydedilmesi sonucu DC servo motorların yerini almaktadırlar. DC Servo motorlara göre daha ucuzdurlar, bakıma az ihtiyaç duyarlar ve sessiz çalışma özellikleri vardır.

ISO 8373 tarafından verilen sanayi robotunun tanımı: iki veya daha fazla programlanabilir eksenli olan, otomatik kontrollü, programlanabilir, çok amaçlı, bir yerde sabit duran veya tekerlekleri olan endüstriyel uygulamalarda kullanılan manipulatördür. Bir robot, çeşitli işleri yerine getirmek üzere, malzeme, parça veya özel aletleri değişken programlanabilir hareketlerle taşımak üzere tasarlanmış, yeniden programlanabilir, çok fonksiyonlu bir aygıttır. Robot uygulamaları baslıca otomotiv, elektrik, elektronik ve mekanik olmak üzere endüstrinin hemen her alanında görülebilir (Durmusoglu ve Köker, 2007).

Robotlar, bugün mevcut olan otomasyon sistemlerinden sadece birini oluşturmalarına rağmen en esnek otomasyon sistemi olma özelliğine sahiptirler. Robotun en büyük iki temel özelliği; değişken olması, başka deyişle birçok değişik işi yapabilme ya da aynı işi değişik yollarla yapabilmesi ve oto adaptasyon, başka deyişle çevresiyle interaktif iliksiler kurarak amacını kendi kendine gerçekleştirebilmesidir. Bir operasyon dizisinde işlem sırası değiştirildiği takdirde veya gerçekleştirilenlerden çok farklı yeni operasyonların yerine getirilmesi istendiği zaman, robotlar yapılması gereken değişikliklere kolayca uydurulabilirler (Durmusoglu ve Köker, 2007).

Yeniden programlanabilme yeteneği bir robotun en önemli özelliklerinden biridir. Böylelikle belirli bir prosesin gerçekleştirilmesinin ardından bu prostesten çok farklı yeni bir prosesin gerçekleştirilmesi için geçecek hazırlık zamanı ve maliyetler minimuma indirilmiş olur. Bu adaptasyon işlemi, sabit otomasyonda oldukça büyük

maliyetler getirebileceği gibi üretimin de önemli ölçüde aksamasına yol açacaktır (Durmusoglu ve Köker, 2007).

Robot kolundaki uzuvlar koordinat sistemine göre değişiklik gösterir. Robot bileğine tutucu takılır. Tutuculara örnek olarak çok parmaklı tutucular, vakum, manyetik aletler, görünüm ve dokunma kabiliyetli olarak insan eline benzer tutucular gösterilebilir. Bu tutucular robota verilen göreve göre değişkenlik gösterir. Başka deyişle robotlar, tutucu vasıtasıyla ise özelleşmiş olurlar. Bunlardan başka tutucu vasfında olmasa da robot koluna bağlanan çeşitli aletler vardır. Robotun yapacağı işe göre takılan bu aletler genelde sabit olup ayrıca isini yapabilmesi için gerekli malzemeyi dışarıdan ek olarak alırlar. Bunlara örnek olarak su-jetli kesme için alet olarak robotun ucuna takılan meme verilebilir. Gerekli olan basınçlı su bir boru vasıtasıyla ayrı bir motorlu sistemden sağlanır. Ark kaynağı, punta kaynağı v.b. işlemleri yapmak için robotun ucuna takılan aletler de buna örnek olarak gösterilebilir (Durmusoglu ve Köker, 2007).

İlk robot kullanma fikrinin ortaya atılması ile birlikte, işsizlik oluşturacağı endişesi ile büyük tepkiler almıştır. Ama kullanılmaya başlandıktan sonran kaygıların yersiz olduğu anlaşılmıştır. Robot kullanımı ile birlikte birçok iş kolu türemiş ve işsizlik daha çok azalmıştır (Çengelci ve Çimen, 2005).

Robotlu üretim sistemleri; üretimde insan kaynaklı hataları ortadan kaldırdığı ve kuruluş maliyetinin yüksek olması yanı sıra sonradan kendini amorti edip karlılık sağlayan bir sistem olduğu için üretim sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye de robotlu sistemler çok pahalı olarak algılandığı ve bilinmediği için yaygınlaşamamıştır. Robotlu üretim sistemlerinin geliştirilmesi için bu sistemlerin hızla tanıtımının yapılması, gerekli olan eğitimlerin yaygın bir şekilde verilmesi gerekmektedir.

Endüstride robot kullanımının başlıca nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Çengelci ve Çimen, 2005):

1. Günümüz çalışma şartları ve rekabet ortamında, yapılan işin mükemmelliği ve kalitesi büyük önem kazanmış durumdadır. İşte bu şartlar altında robot kullanımıyla Kalite arttırılmakta, Standard üretim sağlanmakta, işçilik ve malzeme giderleri azaltılmaktadır. Böylece robot sistemine sahip şirketlerin rakipleriyle arasındaki rekabet güçleri artmaktadır.
2. Bunların yanında, robotlar insanları monoton ve ağır hacimli işlerden, kaynakhane ve boyahanenin zehirleyici etkili ortamlarından kurtarırlar.
3. Dar alanlarda birçok işlemin yapılması imkânını tanırlar.
4. Son zamanlarda yapılan ve gelişmiş ülkeleri kapsayan bir araştırmaya göre son 130 yılda kişi başına üretkenlik yaklaşık 25 kat artmıştır. Bu üretkenlik artışının yarısı yani 13 kat kadarı fiziki ürün artışı, diğer yarısı da insanların çalışma sürelerinin yaklaşık yarı yarıya düşmesi şeklinde görülmüştür.
5. Fiziki ürün artışı ancak, otomasyon, anında üretim ve esnek üretim ile gerçekleşebilmektedir. Bugün yarı yarıya çalışıp 13 kat daha yüksek bir refah seviyesinde yaşamak da sadece sanayi devriminin getirdiği makineleşme, otomasyon ve günden güne artan robot kullanımı sayesinde gerçekleşmiştir.

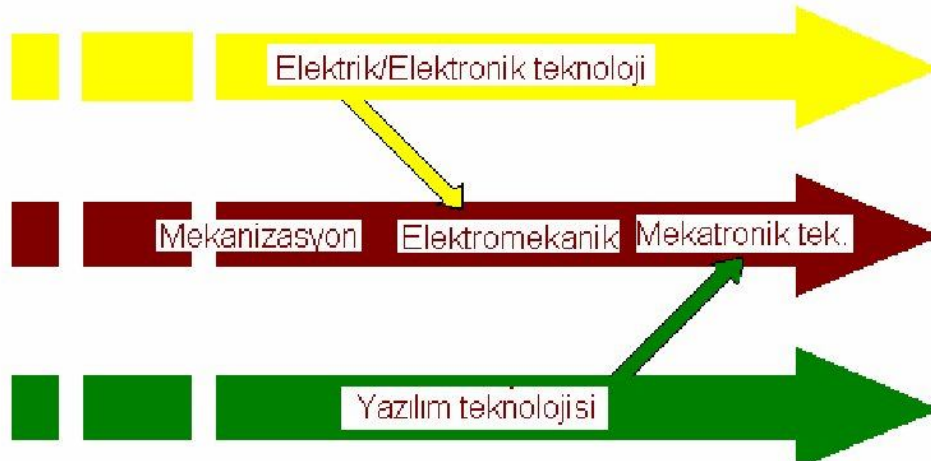
## BÖLÜM DÖRT

### MEKATRONİK

#### 4.1 Mekatroniğin Tarihçesi ve Gelişim Süreci

Mekatronik kelimesi ilk kez 1970'li yılların başlarında bir Japon firması tarafından kendi ürün reklâmlarında kullanılmaya başlanmış, daha sonra Avrupa'da yaygınlaşmıştır. Mekatronik kelimesi mekanik ve elektronik kelimelerinin birleşiminden türetilmiştir.

Tarihsel süreç içinde, mekanik teknolojinin gelişimi sonucu önce mekanizasyon sağlanmıştır. Ancak gelişen teknolojik gereksinmelerin sadece mekanizasyon ile gerçekleştirilememesi nedeniyle, gelişmekte olan elektronik teknolojilerinden yararlanılmış ve elektromekanik sistemler oluşmuştur. Ancak ileri teknoloji düzeyi ve ekonomik koşulların yeterli olmaması sonucu yeni yardımcı teknolojiler aranmış ve gelişmekte olan bilişim teknolojisi hızla elektromekanik sistemlere uygulanmıştır. Bunun sonucu olarak, mekanik, elektronik ve bilgisayar yazılım sistemlerinin yapısal ve işlevsel tümleşmesinden oluşan makine, cihaz, araç vb. ürünler, alışılmış teknoloji düzeyindeki ürünlere göre önemli üstünlükler sağlamıştır.



Şekil 4.1 Mekatronik teknolojisinin gelişimi

## 4.2 Mekatronik Kavramı

Mekatronik: Makine, elektronik ve bilgisayar teknolojisinin eş amaçlı birleşiminden oluşan bir felsefesidir. Bu felsefe içinde temel nokta, bu kavramların organik bir yapıda tümleşik ve bir bütün olarak düşünülmesidir. Mekatronik tasarım ürünleri, genellikle akıllı makine, alet ve cihazları, akıllı sistemleri ve akıllı süreçleri içermektedir.

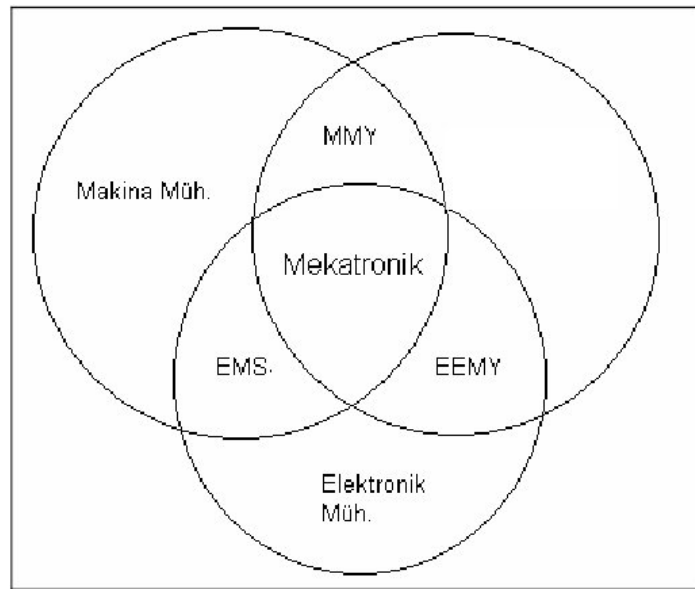
Mekatronik, dünyanın her tarafında hızla gelişen ve kendini yenileyen bir teknolojidir. Bünyesinde çeşitli alanları kapsadığından başta üniversitelerin, özel kurumlarının ve özel şirketlerin ilgi odağı olmuştur.

Son yıllarda elektronik, bilgisayar ve kontrol sistemlerinde çok hızlı gelişmeler yaşanmıştır. Bunun sonucu olarak, hemen hemen bütün alanlarda bilgisayar kontrollü sistemler yaygınlaşmıştır. Günümüzde, sadece mekanik olarak çalışan sistemler yok denecek kadar azdır. Tasarımda, üretimde, bakım ve onarımda yapay zekâ tekniklerinin uygulamasına geçilmiştir. Dolayısıyla gelişmiş ürünlerin tasarımı, üretimi, bakım ve onarımı bir tek konu olmaktan çıkmıştır. Mekanik, elektrik ve elektronik, hidrolik ve pnömatik, bilgisayar teknolojilerinin birlikte kullanılması bir zorunluluk halini almıştır. Bunun sonucu olarak Mekatronik yepyeni bir disiplin olarak ortaya çıkmıştır. Mekatronik; ev teknolojilerinden ileri tıbbi cihazlara, bilgisayar kontrollü tezgâhlardan robotlara kadar oldukça geniş bir alanı kapsamaktadır.

Endüstriyel otomasyon sistemleri, tasarımından kurulmasına ve bakım onarım işlemlerine kadar karmaşık problemlerin çözümünü gerektiren bir uygulamadır. Dolayısı ile söz konusu sistemlerin üretim sistemlerine uygulaması karmaşık işlemleri gerektirir. Mekatronik sistem tasarımı anlayışı bu problemlere ürettiği çözümler ve sağladığı faydalar açısından endüstriyel otomasyona yepyeni boyutlar kazandırmaktadır (Bolt, 2006).

Günümüzde üretimi ve kaliteyi arttıracak mevcut potansiyeli en iyi kullanma amacı, makine imalatını daha az insan gücü ile daha çok ve daha kaliteli üretim fikrine yöneltmiştir. Bu da giderek mekanik, elektrik, elektronik ve bilişim sistemlerini içeren ve bilgisayar kumandalı makinelerin geliştirilmesini sağlamıştır.

Otomasyon sistemleri geliştiren firmalar problemlerin çözümüne yönelik çalışmalar yapmakta olup, daha ucuz, daha basit, daha fonksiyonel ve bunlardan da önemlisi daha pratik sistemler geliştirmektedirler (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Mekatronik ve diğer mühendislik alanları

Mekatronik, çeşitli alanların disiplinleri arasında sistematik bir eşgüdüm sağlayarak amacına ulaşabilen bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımın ve mekatronik kavramlarının, ürünlerin tasarım aşamasından başlayarak mekanik, elektronik ve yazılım teknolojilerini tümleştirdiği düşünülürse, bu tümleşmeyi gerçekleştirecek uzmanlara duyulan gereksinim daha iyi anlaşılacaktır. Mekatronik kavramı ise, değişik teknolojilerin aynı ürün üzerinde toplanması sonucu doğan bir kavramdır.

Mekatronik mikro elektroniğin makinelere uygulanması veya mekanik ve elektroniği bilgi teknolojisi ile işlevsel olarak birleştirip özümzenmesini sağlayan bir yaklaşımdır denilebilir.

## **BÖLÜM BEŞ**

### **PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROL SİSTEMLER**

#### **5.1 Tanım**

Bu bölümde Programlanabilir Lojik Kontrolörlerin (PLC) ne olduğu ve onun gelişimi anlatılacaktır. PLC'lerin diğer kontrol sistemlerine göre üstünlük ve sakıncaları sıralanıp, PLC'yi programlamak ve çalıştırmak için gerekli temel bilgiler verilecektir. PLC'yi oluşturan eleman ve modüller de bu bölümde tartışılmıştır.

PLC kısaltması role mantığı ve bilgisayar sisteminden adapte edilmiştir. Bir basit PLC kontrol sistem seti her biri değişik fonksiyonlara sahip bir veya iki kısımdan oluşabilir. Büyük işlemlerde kullanılan daha karmaşık PLC'ler ise beş veya daha fazla alt sistemden oluşabilir.

PLC sistemi değişik haberleşme donatılarına göre farklı haberleşme hızı kullanır. Buna "Baud Hızı" denir. Mesela, 9600 baud hızı CPU ile haberleşmede, 1200 baud hızı manyetik bandlarla haberleşmede ve yazıcı ile haberleşmede baud hızı 2400 olabilir (Matic, 2004).

#### **5.2 PLC'lerin Gelişim Süreci**

Aslında Programlanabilir Lojik Kontrolör PC ile ifade edilirdi, fakat PC (Kişisel Bilgisayar) ile karıştırılacağından, günümüzde PLC ile gösterilmektedir. Bazı kitaplarda PLC'nin Türkçe karşılığı programlanabilir mantık denetleyicileri olarak da ifade edilmektedir.

PLC yapısı mikroişlemciye dayanan karmaşık kontrol sistemine uygulanmış bir çeşit profesyonel bilgisayardır. PLC'yi kullanması çok kolaydır. Bilgisayarı yeni öğrenenler bile program yazıp PLC'yi çalıştırabilir. Genellikle iki çeşit program yazma metodu vardır. Bir tanesi ayrıntılı (bilgisayar programı gibi) program yazma, diğeri de eleman ve hat çizerek oluşturulan basamak veya merdiven (Ladder)

program. Değişik röle ve devrelerden oluşan bir sistemi kontrol etmedeki çoğu işi bilgisayarda basit bağlantılarla oluşturulan bu ladder diyagramı ile yapabiliriz. Bir diğer üçüncü yöntem ise fonksiyon işlemleri ile gerçekleştirilmesidir fakat diğerleri kadar fazla kullanılmazlar.

PLC'nin tarihi 1960'lı yılların sonu ve 1970'lerin başına kadar gitmektedir. Bu tarihlerde basit bir bilgisayar ilk PLC'ye dönüştürüldü. PLC'ler otomobil fabrikalarında yaygın olarak kullanılır. Çünkü üretim bantlarında her zaman araba modelinin değiştirilmesi gerekmektedir. Geleneksel röleli lojik devrelerden oluşmuş kontrol sistemlerini değiştirmek için çok zaman harcamak gerekirdi. PLC üretim bandındaki kontrol fonksiyonlarını değiştirmek için rölelerin, devrelerin, sayıcıların veya diğer elemanların sadece pozisyonunu veya değerini değiştirir. Buda sistemi yeniden planlarken zaman kazanmamızı sağlar.

1970'lerin başında bu ilk PLC'de gözüken büyük bir problem vardı. Bu PLC'nin programı çok karmaşıktı. İyi programcı olmayanlar için bu programı kullanmak çok kolay değildi. 1970'lerin sonunda geliştirilmiş PLC'leri kullanmak daha kolaylaştı. 1978 yılında mikroişlemci çip'lerin piyasa sürülmesinden sonra ucuz ve güçlü fonksiyonları olan PLC'ye sahip olmak daha kolay ve daha cazip hale geldi.

1980'lerde CPU fiyatlarının düşmesi PLC'nin fabrika ve makinelerde kullanılmasını yaygınlaştırdı. Elektronik şirketleri ve Bilgisayar firmaları PLC'deki bu potansiyeli gördükten sonra onu ürünlerine katmak için hücum ettiler. Bütün bunlar PLC'nin fiyat bakımından daha uygun hale gelmesini sağladı. Hatta PLC yoğun bir şekilde takım tezgahlarında, CNC'lerde, fabrika otomasyonunda ve güvenlik sistemlerinde kullanıldı. 1990'ların sonuna kadarda bazı geleneksel olmayan uygulama alanları da PLC ile kontrol işine karıştı; ev otomasyonu ve tıbbi cihazlar gibi.

PLC uygulamalarının çok yaygınlaşmasından dolayı, Uluslar arası Elektroteknik Komisyonu (IEC) PLC uygulama alanını ve terminolojini taslak halinde sundu. Buna göre; PLC endüstriyel işlemler için dizayn edilmiş elektronik cihazdır ve komutları



hafızasında saklayabilir, lojik ve matematik işlemler yapabilir, sayma, zaman ayarı ve ardışık işlem kontrol fonksiyonları vardır. Dijital/Analog dönüştürme modülü ile çeşitli mekanik işlemleri de yapabilir.

Özetle, PLC röle çıkış devresini ve kontrol sistem mantığını değiştirerek basitçe programı değiştirilebilen portatife ve oldukça güvenilir bir cihazdır (Matic, 2004).

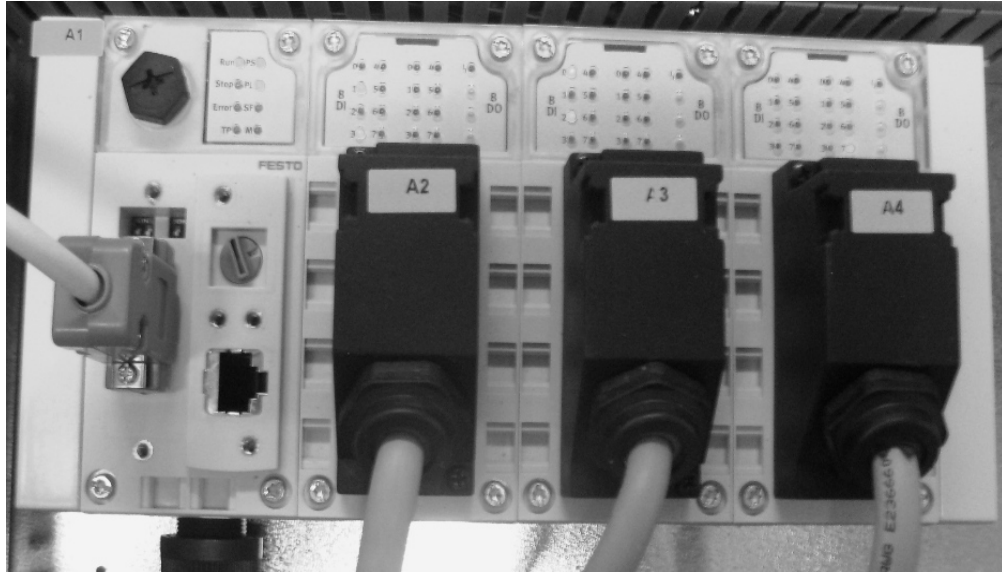
### **5.3 PLC Kontrol Sistemi**

#### **5.3.1 Donanım**

Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC) organı ikili giriş sinyallerini işleyerek, teknik işlemleri, çalışmaları ve bu çalışmaların adımlarını doğrudan (direkt) olarak etkileyecek çıkış işaretleri oluşturmaktadır.

Pnömatik iki eksenli kartezyen robot sisteminde, Festo marka CPX-FEC Programlanabilir Lojik Kontrolör kullanılmıştır. Sistemin elektrik şeması Ek 1’de verilmiştir. Festo, değişik uygulamalar için farklı imkânlar ve kapasiteler için üretilmiş birkaç tip PLC modeli imal etmektedir (Şekil 5.1). CPX-FEC modelin seçilmesindeki nedenler şu şekilde belirtilebilir (Morley,Verhappen,Hogendoorn, Pollard, 2003):

- 250kb entegre program hafızaya sahip olması.
- 1KB bilgiyi 1-2ms işleyebilmesi.
- Bağlantı kolaylığı sağlayarak RS 232 ile direkt bağlantı olanağı.
- 300 I/O tek başına bünyesinde barındırabilmesi ile kompakt çözümler oluşturabilmesi.



Şekil 5.1 Sistemde kullanılan CPX-FEC modeli

### 5.3.2 CPX-FEC PLC Kullanım Alanları

Küçük boyutları ve güçlü komut seti ile CPX-FEC, küçük otomasyon projelerinin her dalında kullanılabilir. Bazı uygulama alanları; bina otomasyonu, hidrolik presler, taşıma sistemleri (Pick&Place), otomatik kapılar, asansörler, karıştırıcılar, şişeleme makineleri, paketleme makineleri, pompalar, pnömatik kaldırma platformları gibi birçok dalda kullanılır. Bunlar:

- Konveyör sistemi: Motorları durdurmak - çalıştırmak ve gelen malzemeleri saymak amacıyla bir program yazılır. Böylece, ayrı ayrı taşınan malzemeler sayılabilir ve stoklar da daha rahat tutulabilir.
- Kapı kontrol sistemi: Küçük boyutları ile en küçük makinelere bile sığar. Mesela, giriş çıkışlarda kapıların kontrolünü yapabilir, araç geldiğinde kapıları otomatik olarak açıp kapayabilir.
- Taşıma sistemleri (Pick&Place): Malzemelerin bir noktadan diğer noktaya taşınması için kullanılır. Uygulama alanları olarak çok geniş bir yelpazeye sahiptir.

#### 5.4 PLC'lerin Üstünlükleri ve Sakıncaları

PLC uygulamalarının başlıca üstünlükleri şunlardır:

- **Esneklik:** Eskiden her makine kendisine ait kontrol devresine sahipti. 15 tane makine varsa bunlar içinde 15 tane kontrol devre seti gerekebilirdi. Günümüzde bir PLC 15 tane alt programa giriş yaparak bütün makineleri kontrol edebilir. Bir işlemi değiştirmek için sadece bir butona basmak yeterlidir. Bunun için PLC çok esnektir.
- **Sayısız kontaklar:** Çok sayıda yardımcı kontak, yardımcı role ve sayıcılar PLC'de mevcuttur. Eğer sadece dört tane yardımcı role kontağınız varsa ve işlemiden dolayı üç tane daha kontağa ihtiyacınız varsa, dizayn ettiğiniz sistemi değiştirmeniz gerekir. Buda maliyeti artırır. Bununla birlikte PLC hafızası yeterli ise sadece program değişikliği yapılır.
- **Düşük fiyat:** Teknoloji ve bilimin birlikte gelişmesiyle, PLC daha güçlü ve daha ucuz hale geldi. İçinde rölesi, sayıcısı, zamanlayıcısı ve diğer fonksiyonları olan bir PLC'ye çok düşük bir fiyata sahip olabilirsiniz.
- **Önceden simüle etme:** Programı yüklemeyen ve yerine monte etmeden önce tek bir PLC modülü simüle edilebilir. Operatörler I/O modülündeki ledleri gözleyerek istenen şartlara göre programı değiştirirler. Buda eski röleli sistemlere göre sistemde arıza ararken çok zaman kazanmamıza sebep olur.
- **Hızlı işlem zamanı:** Rölelerin çalışma süresi oldukça yavaştır. Fakat PLC sadece bir kaç mikro saniye içinde farklı komutları işletebilir. Ardışık komutların işlem zamanı sadece 0.65µs sürmektedir.

- Devre planlamasında ladder diyagramının kullanımı: Röle kontrol devreli PLC programı yapmak için bilgisayar bağlı PLC ladder diyagramı düzenleme yazılımı veya ladder diyagram derleyicisi kullanabilir.
- Sağlamlık ve kolay bakım: PLC sayısal elektronik devrelerin birleşiminden meydana gelir. Mekanik ve röleli sistemlerle karşılaştırıldığında daha sağlamdır ve bakım masrafı çok düşüktür.
- Kontrol sistemindeki elemanların satın alma işlemini kolaylaştırma: Klasik röle kontrollü devrelerde kullanılan malzemeleri değişik firmalardan sipariş etmeniz gerekebilir. Her elemanın teslim süresi aynı olmaz. PLC tüm malzemeleri bir kerede sipariş edilebilir ve hepsi aynı anda teslim edilir. Buda teslim süresindeki gecikmeleri önler ve satın alma işlemini kolaylaştırır.
- Kolayca veri dosyasına dönüşme: PLC programını (örneğin ladder diyagramı) PLC'den veya bilgisayara bağlı bir yazıcıdan çıktı olarak alabilirsiniz. Böylece PLC'deki tüm bilgiler bir dosya haline dönüştürülebilir.
- Yüksek güvenlik: PLC'ye yüklenmiş programın kaybolmasını önlemek veya istenmeyen kişiler tarafından görülmesini önlemek için şifre (password) koyabiliriz. Böylece PLC'deki veriler güvende olur.
- Programı değiştirme kolaylığı: PLC'deki tüm programlar program yazma aygıtı ile kolayca değiştirilebilir.

PLC'nin yukarıdaki üstünlüklerine rağmen, bazı sakıncaları aşağıdaki gibidir:

- Yeni teknik: Bazı mühendisler eski röleli sistemleri yeni PLC programlama tekniğine uyarlayamayabilirler.
- Sabit kullanım olan yerlere uygun değil: PLC'nin en büyük üstünlüğü kontrol fonksiyonlarından istenen amaca ulaşmak için kolayca programını

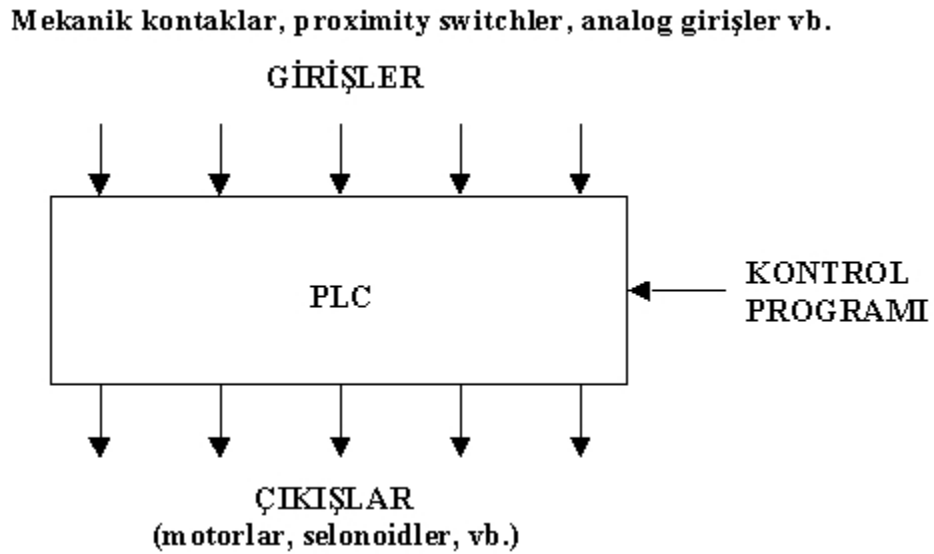
değiştirebilmektir. Eğer bu işlevleri değiştirilemez basit bir devre ise çok zaman alabilir.

- Çevre etkileri: PLC yüksek sıcaklıklar, titreşim olan yerler ve elektriksel parazitlerin bulunduğu yerler için uygun olmayabilir.

### 5.5 PLC'lerin Yapısı

PLC'ler için uygun bir tanım şu şekilde yapılabilir; PLC'ler, makineleri ve prosesleri kontrol etmek amacıyla lojik, zamanlama, sayma ve aritmetik işlemleri gibi özel fonksiyonları yürütebilen ve emirleri saklamak için programlanabilir hafıza kullanan sayısal bilgisayar kontrollü elektronik cihazlardır (Matic, 2004).

Aşağıdaki şekilde kontrol işleminin nasıl icra edildiği genel olarak verilmiştir.

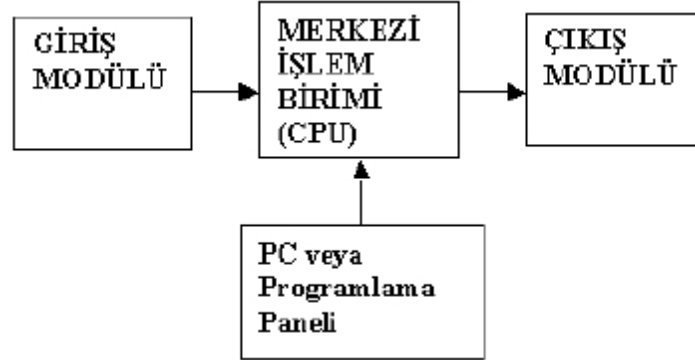


Şekil 5.2 PLC kontrol işleminin genel gösterimi

PLC kullanıcı programına uygun olarak sürekli olarak girişleri okur, kullanıcı programını icra eder ve çıkışlara gerekli değişiklikleri yükler.

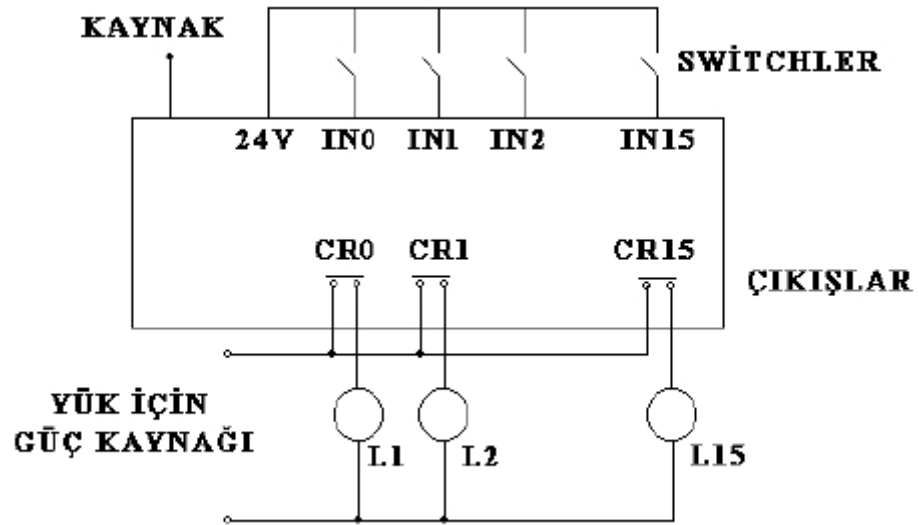
Kullanıcı programında gerekli değişiklikler yapılarak donanımı değiştirmeden algoritma değiştirilmiş olur.

Tipik bir PLC genel olarak aşağıdaki şekilde verilen bölümlerden oluşur.

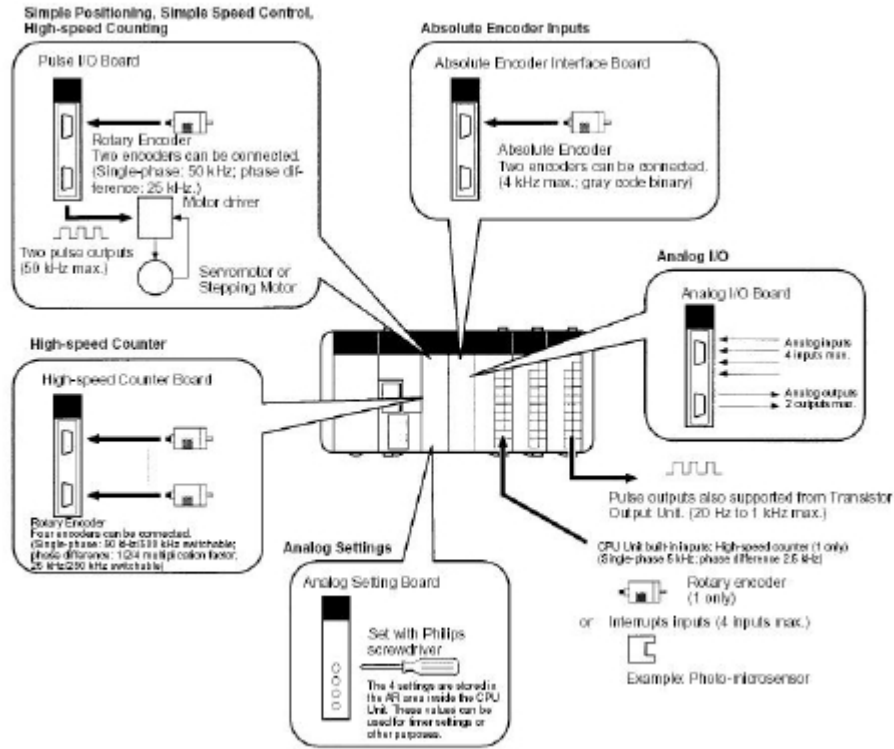


Şekil 5.3 PLC'nin bölümleri

### 5.5.1 PLC'nin Bağlantı Düzeni



Şekil 5.4 PLC'lerin giriş-çıkış bağlantı düzeni



Şekil 5.5 PLC modüllerinin bağlantısı

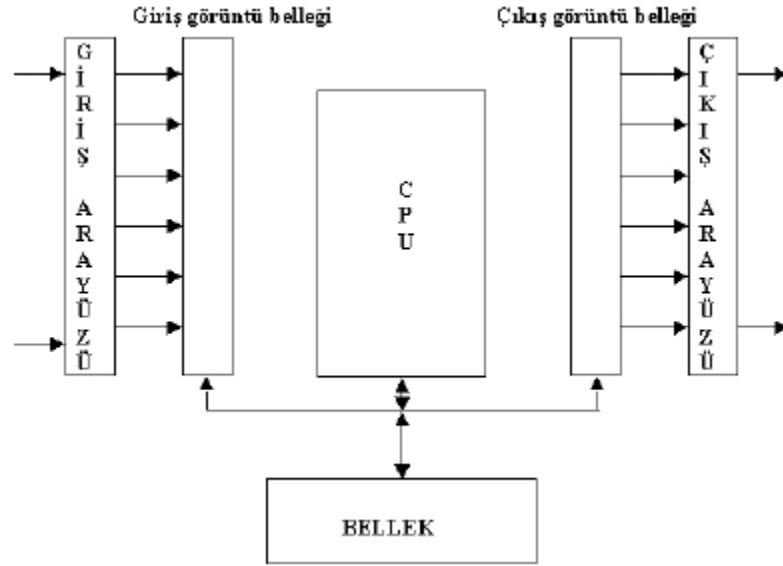
PLC lerin beslemesi için 24V veya 220V'luk kaynak kullanılır. Girişler için ise mekanik veya proximity anahtarlar (endüktif, kapasitif veya optik) kullanılır. Ayrıca girişlerde analog giriş modülleri ve mil kodlayıcıları (encoder) kullanılır. PLC çıkışlarında ise yükleri sürmek için röle, transistör veya triyak çıkışlı modüller kullanılır. Yine çıkışta D/A dönüştürücü modülleri mevcuttur.

PLC'lerde kullanılan programlama mantığı kendine özgüdür ve ladder (merdiven lojik) olarak isimlendirilir.

### 5.5.2 PLC'lerin İç Yapısı ve Çalışması

Bir PLC'nin iç yapısının blok diyagramı Şekil 5.6'da görülmektedir. Şekil 5.6'daki gibi yapı, merkezi işlem birimi(CPU), ana bellek,giriş/çıkış görüntü bellekleri ve giriş çıkış cihazlarını görüntü belleklerine bağlayan giriş çıkış ara yüz cihazı bloklarından oluşmaktadır. İletişim yolu, her bir birimin birbirleriyle bilgi alışverişi için kullandığı ortak yol gurubudur.

Giriş görüntü belleği, giriş kapılarından gelen ON-OFF durumlarını göstermek için ikili sayı sistemi uygulanır. Yani görüntü belleğinde ON durumu için binary 1, OFF durumu için binary 0 bilgisi kaydedilir.

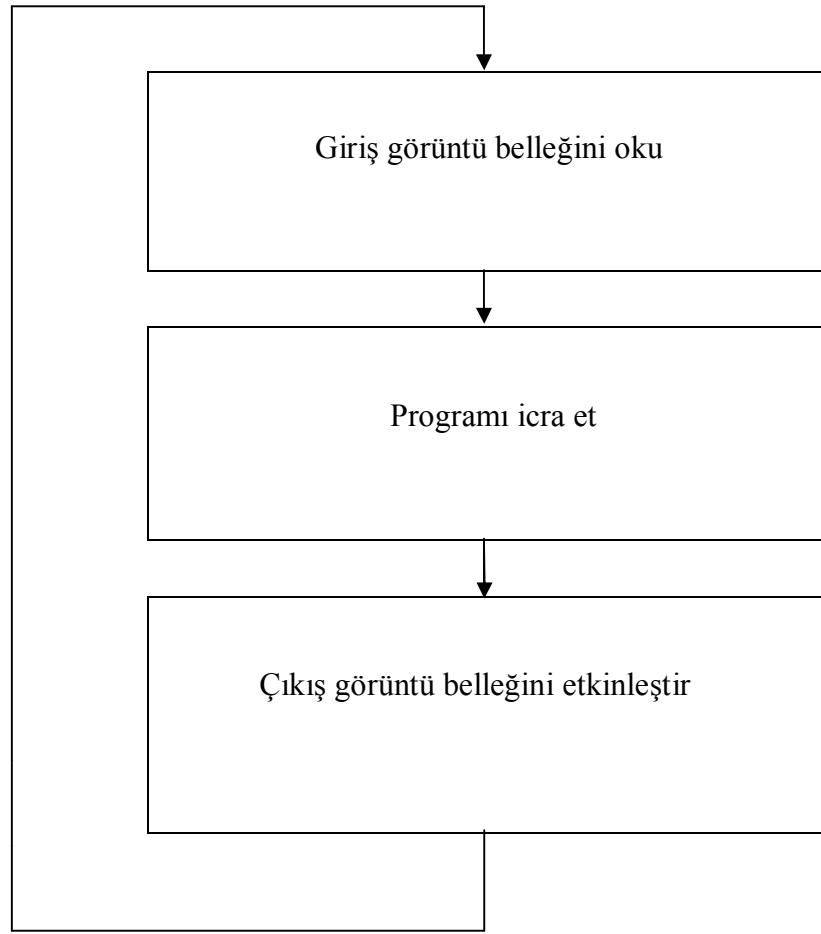


Şekil 5.6 PLC'nin iç yapısı

### 5.5.3 PLC'nin Çalışma Prensipleri

Bütün PLC işletim sistemleri görüntü belleğine kaydedilmiş giriş ve çıkışların lojik değerlerini tarayarak merdiven programını icra ederler. Öncelikle işletim sistemi tüm girişleri tarar. Daha sonra kullanıcının yazmış olduğu program icra edilir. Son olarak çıkışlar taranarak icra edilen program sonuçları ve girişlerin durumuna göre anahtarlanır. Program and, or, not vb. fonksiyonları içerebilir veya sayma, zamanlama, matematiksel fonksiyonlar ve değişik fonksiyonları içerebilir.





Şekil 5.7 PLC programının icra edilmesi

#### 5.5.4 PLC'lerde Kalite Faktörleri

- Tarama hızı: 1KB'lık belleğin taranabilmesi için geçen süredir.
- Faz yanılması: İşletim sisteminin kontrolü altındaki CPU, girişleri yerine giriş görüntü belleğini okuyarak programın icrasını gerçekleştirir. Eğer programın icrası sırasında giriş görüntü belleğinde herhangi bir değişiklik olursa, CPU görüntü belleğinden bilgi okurken eski bilgi yerine istenmeden değişen yeni bilgiyi okuyacaktır. Halbuki giriş görüntü belleğindeki bilgiler , programın icra edilip çıkışlar güncelleştirilinceye kadar değişmemelidir. Bu durum faz yanılması olarak isimlendirilir.

- Tepki süresi: Girişteki değişiklik anında çıkışın aktif hale gelmesine kadar geçen süredir.

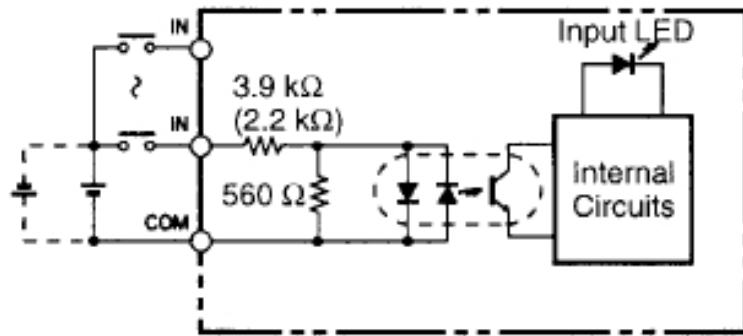
Tepki süresi üç işleve bağlıdır. Bunlar:

1. Çıkış aygıtlarının mekanik tepki süreleri.
2. Girişteki elektrik devrelerinin tepki süreleri.
3. Görüntü belleklerini taranma süresi.

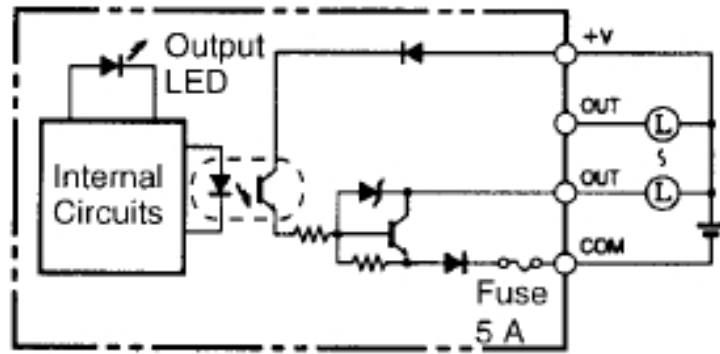
## 5.6 PLC'lerde Kullanılan Giriş Çıkış Kapı Devreleri

### 5.6.1 Optik Yalıtımlı Sayısal Giriş Çıkış Devreleri

Optik yalıtımlı giriş/çıkış devresinde giriş/çıkış kapısı ile iç ara yüz devreleri arasındaki iletişim optik olarak yapılan devrelerdir. Böylece giriş/çıkış cihazları ile görüntü bellek devreleri arasında fiziksel olarak bir yalıtım sağlanmış olur.



Şekil 5.8 Optik yalıtımlı giriş devresi



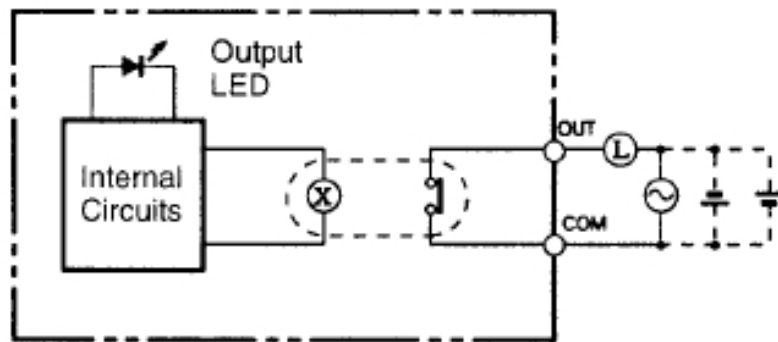
Şekil 5.9 Optik yalıtımlı çıkış devresi

### 5.6.2 Röleli Çıkış Devresi

Genel olarak bir röle elektromanyetik bir anahtardır. Röleler yüksek akımları anahtarlayabilmeleri ve yük ile PLC devreleri arasında iyi bir yalıtım sağladıklarından dolayı PLC'lerde çok kullanılırlar. Bir röle birkaç amperi anahtarlayabilme özelliğine sahiptir.

Rölelerin dezavantajları aşağıda belirtilmiştir:

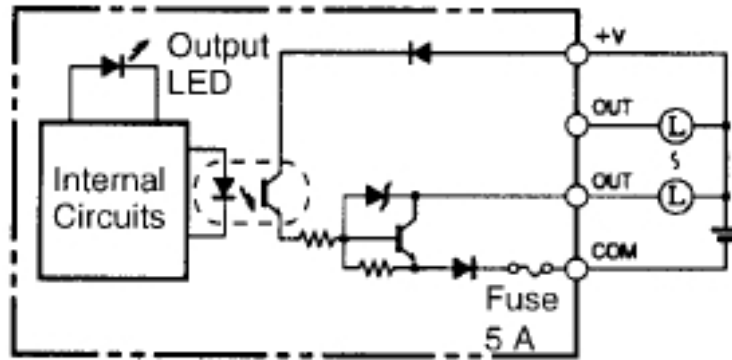
- Yavaş çalışırlar.
- Kontakların yük altında açılıp kapanması esnasında ark oluşur.
- Röle bobinleri endüktif yük olduklarından enerjilenme anlarında kısa süreli yüksek genlikli gerilim üretirler.



Şekil 5.10 Röleli çıkışlar

### 5.6.3 Transistörlü Çıkış Devresi

Transistör çıkışlı PLC kapı devrelerinde anahtarlama elemanı olarak yarı iletken bir malzeme olan güç transistörleri kullanılır. Bunların dayanabilecekleri maksimum akım transistöre göre değişir. Bu tür çıkış devreleri sadece DC gerilim ile beslenebilir.



Şekil 5.11 Transistörlü çıkış devresi

### 5.6.4 Yüksek Hızlı Sayıcı Girişleri ve Darbe Kontrolü Çıkış Devresi

Mil kodlayıcılar tarafından üretilen açısal dönme ile orantılı yüksek hızlı darbelerin PLC girişinden okunması için yada bir adım motorunu sürebilmek için gerekli yüksek hızlı kontrol darbelerinin çıkış kapısından gönderilmesi için kullanılırlar

### 5.6.5 Analog Giriş Çıkış Cihazları

Dönüştürücülerin çoğu çıkışında algıladığı fiziksel büyüklükle (sıcaklık, basınç, vb) orantılı bir analog bir sinyal üretir. Değişken hızlı motor sürücüler analog hız kontrol sinyali ile kontrol edilir. Analog sinyali sayısala çeviren A/D giriş modülleri, sayısal bilgileri dış dünyada kullanılmak üzere tekrar analoğa çeviren D/A çıkış modülleri üretilir. Sıcaklık, basınç, vb. Kontrol ünitelerini üreten proseslerde analog giriş çıkış üniteleri kullanılır.

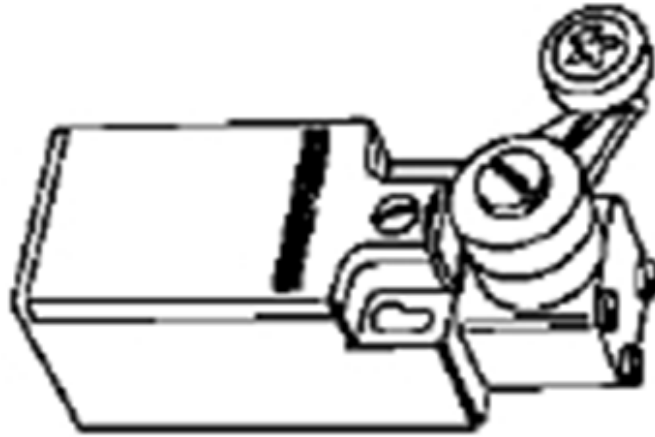
### 5.6.6 İletişim Portları

PLC'ler bağlı bulunduğu ağ veya programlama aşamasında iken PC'ye bağlanabilmesi için seri veya paralel portlar içerirler. Örneğin seri portlar RS232, RS 485 türü portlar olabilir.

## 5.7 PLC'lerde Kullanılan Sayısal Giriş Çıkış Cihazları

### 5.7.1 Sayısal Giriş Cihazları

- Mekanik anahtarlar: Bu anahtarlar normal kontak prensibi ile çalışan manüel olarak kullanılan anahtarlardır.

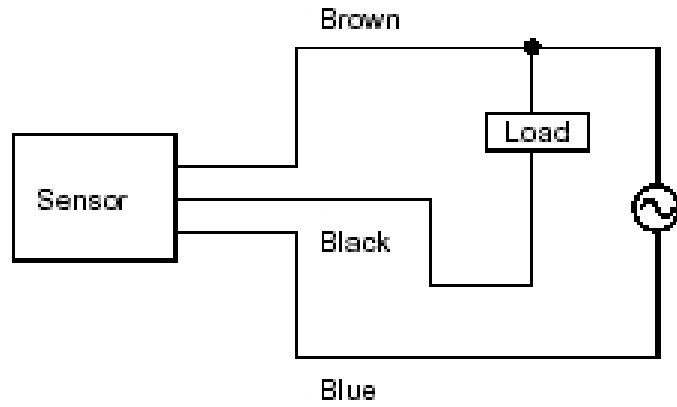


Şekil 5.12 Mekanik anahtar

- Proximity (yaklaşım anahtarları): Yaklaşım anahtarları kontaklı, yarı iletken anahtarlardır. Algılama bölgelerine bir cisim girdiği zaman çıkışları lojik 1 veya lojik 0 olur.

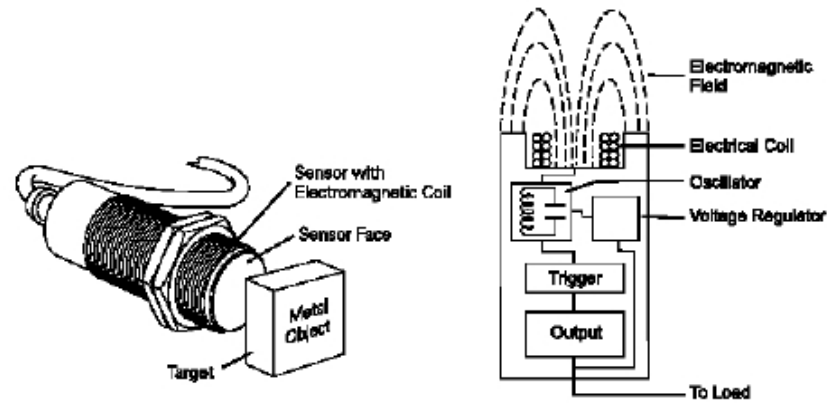


Şekil 5.13 Yaklaşım anahtarları



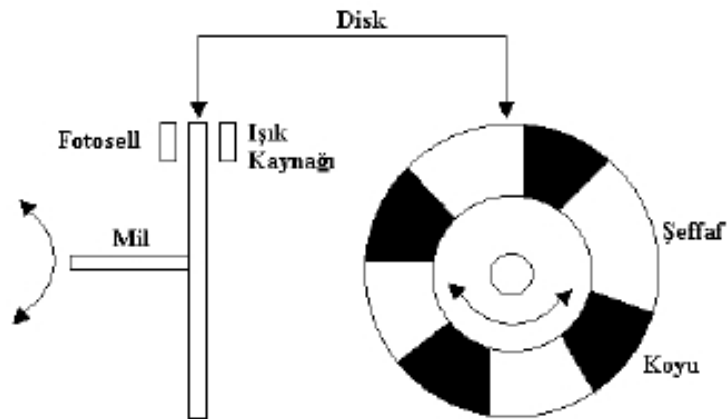
Şekil 5.14 Sensörlerin genel bağlantı şekli

En çok kullanılan yaklaşım anahtarı tipi endüktif yaklaşım anahtarlarıdır. Bu anahtarlar metalik parçaları algılar. Algılama işlemi bir AC bobin devresi tarafından sağlanır. Bobine yaklaşan metal cisim bobinden bir endüksiyon akımının akmasına neden olur. İlave devreler vasıtasıyla bu bilgi değerlendirilerek çıkışa lojik 1 bilgisi olarak aktarılır. Endüktif anahtarların metalleri algılama bölgesi 0,8mm ile 15mm arasında değişir. Bu mesafe cihazın tipine ve metal parçanın yapısına bağlı olarak değişir.

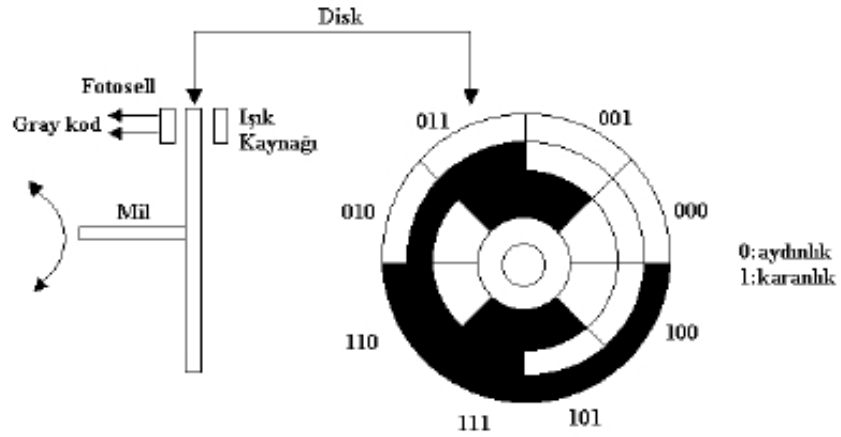


Şekil 5.15 Endüktif sensör uygulaması

- Reed (dil) anahtarlar: Bu anahtar magnetik ortamda çalışan bir anahtardır. Boş bir tüp içersine yerleştirilmiş olan nikel demir kontakten oluşur. Bir bobin tarafından oluşturulan veya doğal bir manyetik alana maruz kaldığında kontakları kapanır. Kontakların çalışma hızı yüksek, kontak direnci düşüktür.
- Kodlayıcılar (encoders): Kodlayıcılar, doğrusal ve açısal yer değiştirmeyi sayısal sinyallere dönüştürürler. Doğrusal kodlayıcılar doğrusal yer değiştirmeyi ölçerler. Mil kodlayıcılar ise dönme hareketini ölçerler kodlayıcılar artımlı ve mutlak mil kodlayıcılar olmak üzere iki türde üretilirler.



Şekil 5.16 Artımlı mil kodlayıcı



Şekil 5.17 Mutlak 3bitlik gray kodlu mil kodlayıcı



Şekil 5.18 Enkoder görünümü

- Sıcaklık anahtarları: Sıcaklık anahtarları belirli bir geçiş sıcaklığı civarında dirençlerinde hızlı değişimler sergileyen yarı iletken cihazlar. Örneğin 75°C'lik sıcaklığa gelene kadar 100 kΩ'luk yüksek direnç sahiptir. Bu sıcaklığı geldiğinde direnci 100Ω'a düşer. Direnç değişimi kullanılarak işlem yapılır. Bu anahtarlar motor, transformatör cihazlarını aşırı ısınmadan korumak için kullanılır.
- Basınç anahtarları: Bu anahtarlar belirli bir basınç değeri civarında açılan veya kapanan cihazlardır.



## 5.7.2 Sayısal Çıkış Cihazları

### 5.7.2.1 Selenoidler

Selenoidler, elektrik sinyalini mekanik harekete dönüştüren elektromekanik bir cihazdır. Çalışma gerilimleri 12 VDC, 24 VDC ve 220 VAC olabilir.

### 5.7.2.2 Kontaktörler

Kontaktörler, yüksek akımlı cihazların anahtarlanmasında kullanılan elektromekanik cihazlardır. Kontaktörler, tek fazlı ve 3 fazlı güç kaynaklarına cihazların bağlanmasında ve endüstriyel kontrolde geniş ölçüde kullanılmaktadır.

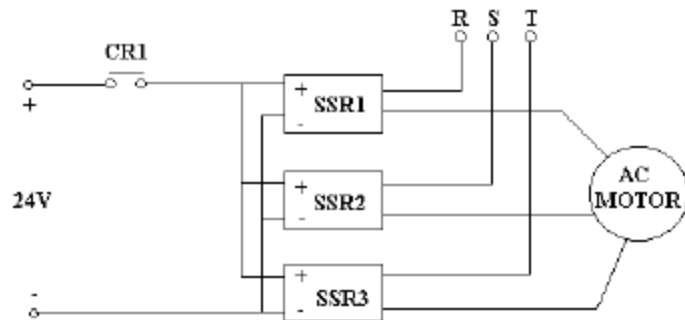
### 5.7.2.3 Yarı İletken Röleler

Yarı iletken röle, normal röle ile aynı işleve sahiptir. Fakat hareketli kontağı yoktur. Bunun yerine tiryak kullanılmıştır. Yarı iletken röle çıkışının anahtarlama anları çıkış akımının sıfır geçişlerine tekâmül etmektedir.

### 5.7.2.4 DC Motorlar

DC motorlar PLC çıkışlarında oldukça sık kullanılan cihazlardır.

### 5.7.2.5 AC Motorlar



Şekil 5.19 Üç fazlı bir motorun on/off kontrolü



### 5.8.1 STL Programlama Komutları

LOAD: Bu komut istenilen giriş adreslerini satır satır yüklemeye yarıyor. Bu komut belirtilen kontağın konumunu yükler. Örneğin I0.0 girişi belirtilmişse aşağıdaki örnekteki gibi I0.0 '1' mi yoksa '0' mı bu bilgiyi alıyor buna göre TO komutundan sonraki işlemi gerçekleştiriyor. Belirtilen çıkışı '1' yapıyor. Bu komutun avantajı, giriş kontağının değerini çok sık aralıklarla okuyarak işlem yapabilmesidir ve bu komut mutlaka TO anahtarı ile kullanılır.

|      |   |      |                                         |
|------|---|------|-----------------------------------------|
| LOAD |   | I0.0 | (I0.0 normalde açık kontağı yüklenir)   |
| LOAD | N | I0.0 | (I0.0 normalde kapalı kontağı yüklenir) |
| TO   |   | O0.0 |                                         |

IF: Bu komut EĞER anlamına gelir. Bu komuttan sonra kullanılacak değerler her zaman bir şart belirtir. IF komutu her zaman THEN ve ELSE komutları ile beraber kullanılır.

```

IF      I0.0
      AND N      I0.1
THEN...
ELSE...

```

Yani I1.0 lojik 1 ise ve I1.1 lojik 0 ise şartı tanımlanmıştır.

THE: IF komutunda belirtilen şart doğruysa THEN komutundan sonraki işlemler gerçekleştirilir.

```

THEN  LOAD      I0.0
      TO        O0.0
...

```

ELSE (OTHRW): IF komutunda belirtilen şartlar doğru değilse ELSE (OTHRW) komutundan sonraki işlemler gerçekleştirilir.

...

```
ELSE LOAD    I0.1
          TO    O.01
```

SET: Bu komut herhangi bir çıkışın lojik 1 yapılması istendiğinde kullanılır.

```
IF          I0.0
THEN      SET      O0.0
```

RESET: Bu komut herhangi bir çıkışın lojik 0 yapılması istendiğinde kullanılır.

```
IF          N      I0.0
THEN      RESET    O0.0
```

AND: Bu komut VE işlemini yapar, karışık giriş durumlarının gerçekleştirilmesinde iki giriş kontağını birbirine seri olarak bağlamak için kullanılır.

```
IF          I1.0
AND          I1.1
THEN      SET      O1.0
OTHERW     SET      O1.7
```

OR: Bu komut VEYA işlemini yapar, karışık giriş durumlarının gerçekleştirilmesinde iki giriş kontağını birbirine paralel olarak bağlamak için kullanılır.

|        |     |      |
|--------|-----|------|
| IF     |     | I1.0 |
|        | OR  | I1.1 |
|        | OR  | I1.7 |
| THEN   | SET | O1.0 |
| OTHERW | SET | O1.7 |

NOT (N): Bu komut NOT (DEĞİL) işlemini yapar . Yani normalde açık olan kontağı kapatır(  $0 \rightarrow 1$  ) yada kapalı olan kontağı açar(  $1 \rightarrow 0$  ). Diğer bir kullanımda normalde açık bir kontağın yüklenmesi için direk olarak ismi yazılır ama normalde kapalı bir kontağın yüklenmesi için ise NOT komutu ile beraber kullanılır.

|      |   |      |                                         |
|------|---|------|-----------------------------------------|
| LOAD |   | I0.0 | (I0.0 normalde açık kontağı yüklenir)   |
| LOAD | N | I0.0 | (I0.0 normalde kapalı kontağı yüklenir) |

|      |     |      |
|------|-----|------|
| IF   | N   | I0.0 |
| THEN | SET | O0.0 |

STEP: Step ifadesi sıralı programlarda programın yapısında belirlendiği gibi veya sıralı işlemlerde dallanmalar kullanılmış ise çok önemlidir. Bu komut daha çok karışık algoritmalar içeren programlarda kullanılır. Step bir numara veya maximum sekiz karakterlik bir etiket verilerek izlenebilir. STL programının içindeki başka bir yerden bu step'e dallanmak istiyorsanız bir step etiketi gereklidir.

|      |              |
|------|--------------|
| STEP | SETUP        |
| ...  |              |
| IF   | ...          |
| THEN | JMP TO SETUP |

Step etiketinden THEN veya OTHRW(ELSE) gibi bir komuta gelinceye kadar program işletilir, IF komutundan sonraki belirtilen şart doğru ise buradan step etiketine dallanır istenilen işlemler yapılır. Ama belirtilen şart doğru değilse THEN den sonraki satırdan program çalışmaya devam ettirilir.

JMP TO : Bu komut koşulsuz yani şart belirtilmeden istenilen hedefe dallanmak için kullanılır.

```

STEP          Mark
IF            I1.0
THEN  SET    O1.0
JMP TO  Start
...
...

```

```

STEP    Start
...

```

INC: Registerdaki bir bilginin değerini bir arttırır.

```

IF            I1.3
THEN  INC    R9

```

DEC: Registerdaki bir bilginin değerini bir azaltır.

```

IF            I2.2
            AND  N    I3.6
THEN  DEC    R9

```

STL’de ayrıca bu işlemler yaparken aşağıdaki parametreler kullanılabilir.

(, ), +, -, \*, /, <, <=, =, >=, >, <>

```

IF      (      FW0
      =      V1234
      )
      AND
      (      R1
      ◇      V0
      )
THEN...

```

“ : Bu ifade ise 36 karektere kadar kısa açıklamaların yazılması için kullanılır.

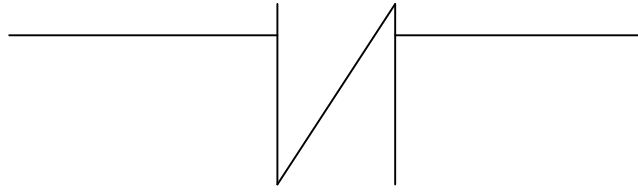
IFN I1.7 " sensörden gelen sinyal yok

“““ : Bu ifade ise uzun açıklamaların yazılması için kullanılır.

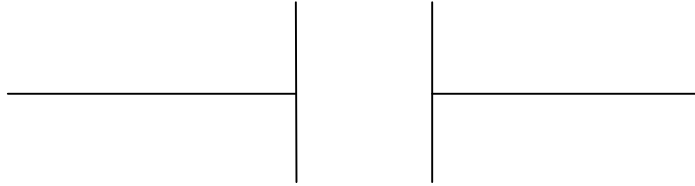
"" : Bu program üç pistonun konumlarını değiştirerek cihazları kontrol ediyor.

### ***5.8.2 PLC'nin Kontak Planı (LDR) ile Programlanmasında Bilinmesi Gereken Bazı Bilgiler***

Kontak planı elektriksel kontak gibi yan yana çizilen iki dikey çizgiden oluşur. Sol taraftaki çizgi gerilim kaynağına olan bağlantıyı temsil eder, sağ taraftaki çizgi ise toprağa olan bağlantıyı temsil eder. İki kontak arasındaki akım geçişi soldan sağa doğru olacak şekilde oluşturulur. Girişler bu kontak sembolleri ile gösterilir (Beyazıt, 2005):

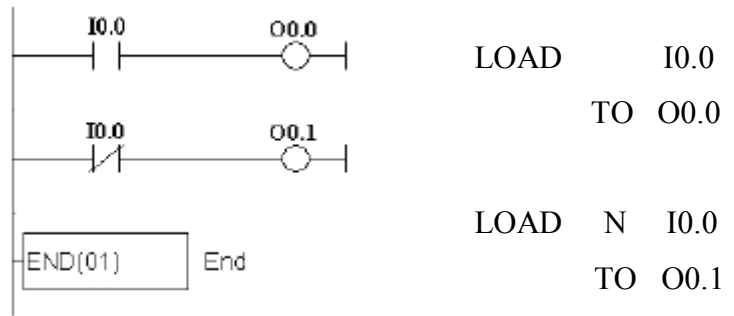


Şekil 5.21 Normalde kapalı kontak



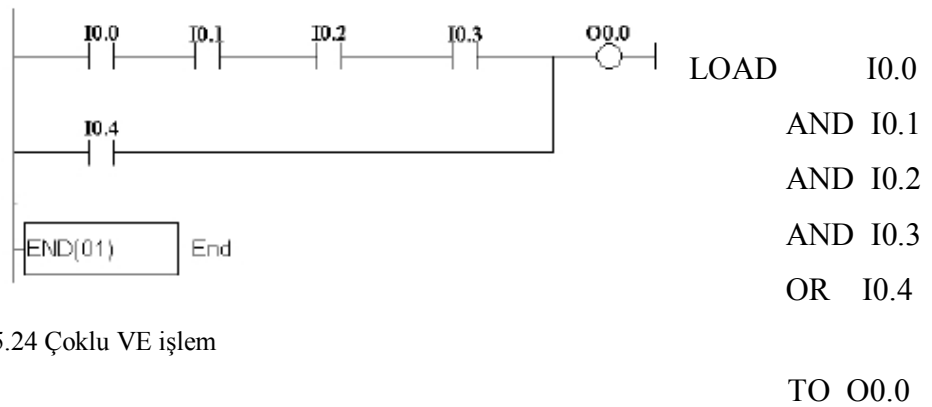
Şekil 5.22 Normalde açık kontak

Birbirinin tersi çıkışlar:



Şekil 5.23 Birbirinin tersi çıkışlar

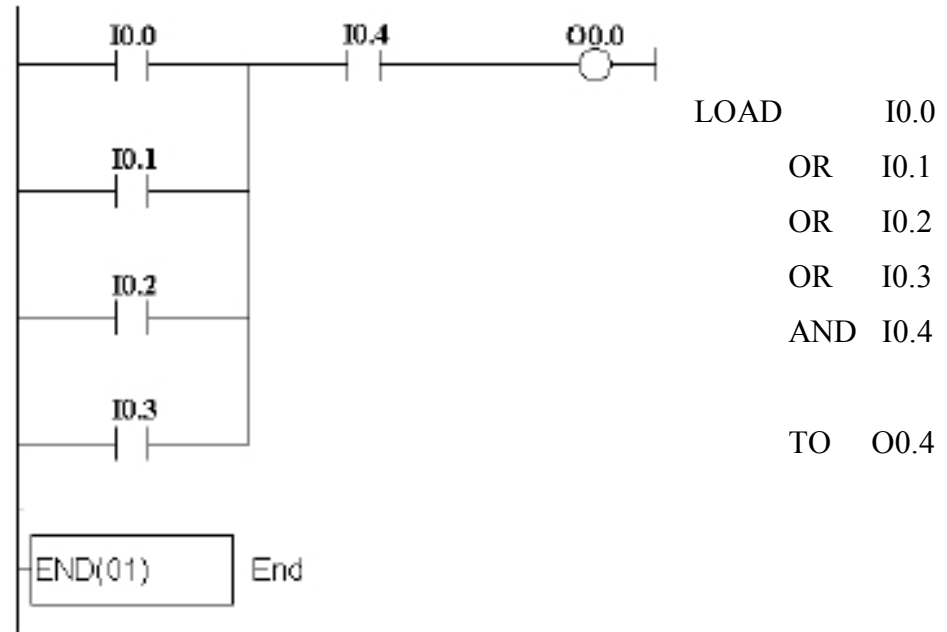
Çoklu VE işlemi:



Şekil 5.24 Çoklu VE işlem

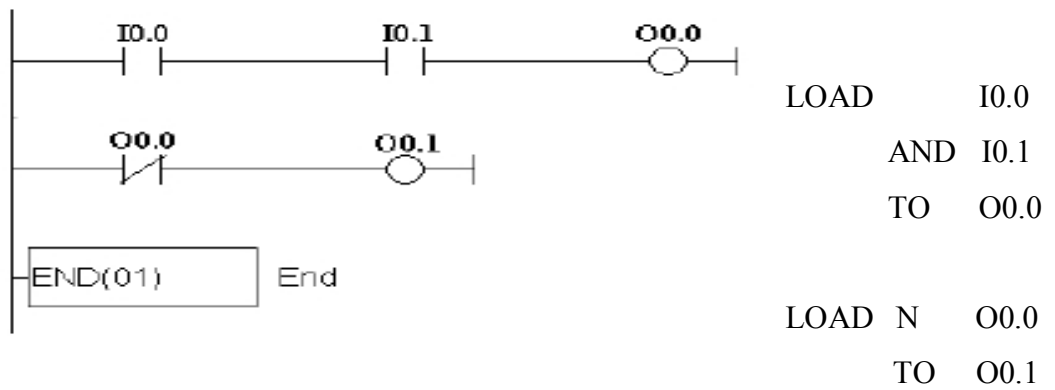


Çoklu VEYA işlemi:

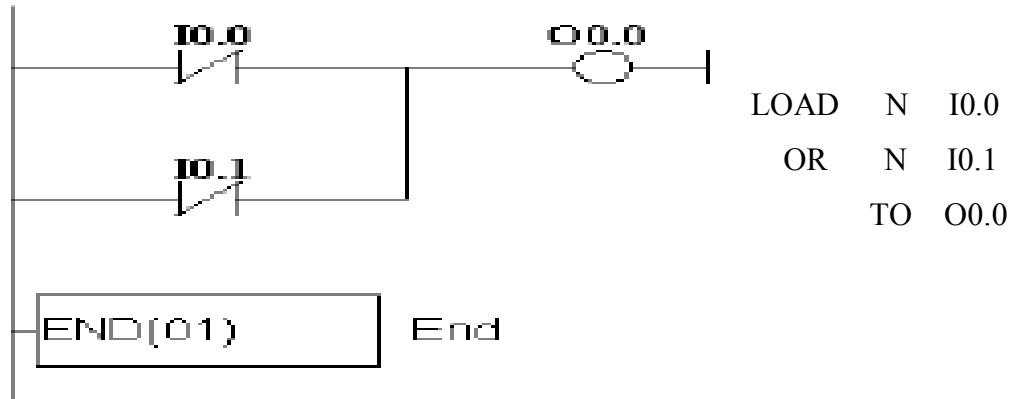


Şekil 5.25 Çoklu VEYA işlemi

Nand kapısı merdiven diyagramı:

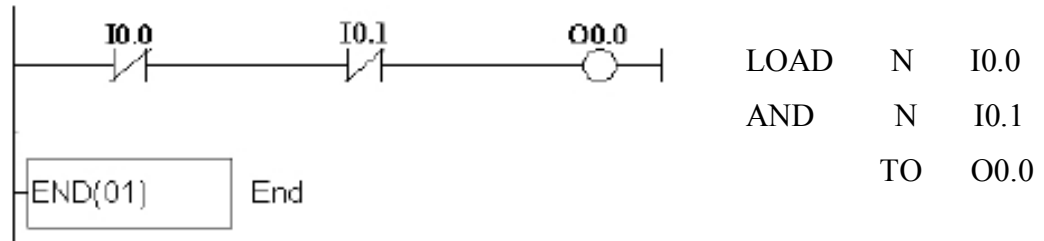


Şekil 5.26 Nand kapısı merdiven diyagramı 1

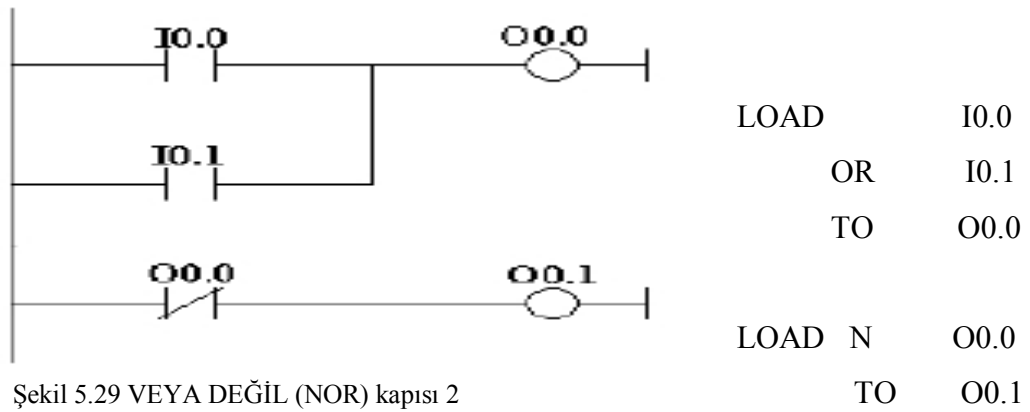


Şekil 5.27 Nand kapısı merdiven diyagramı 2

VEYA DEĞİL (NOR) kapısı:

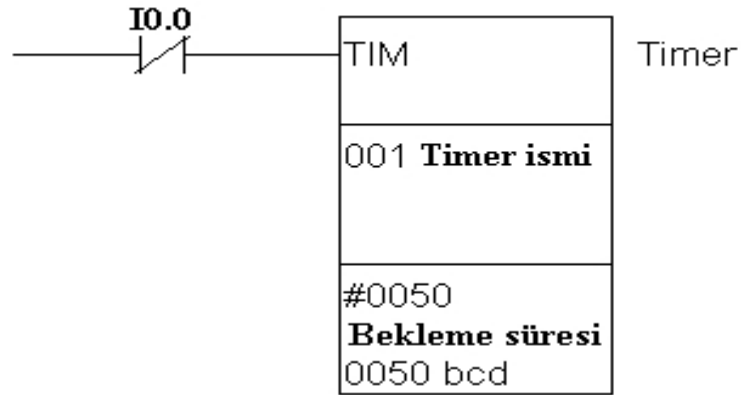


Şekil 5.28 VEYA DEĞİL (NOR) kapısı 1



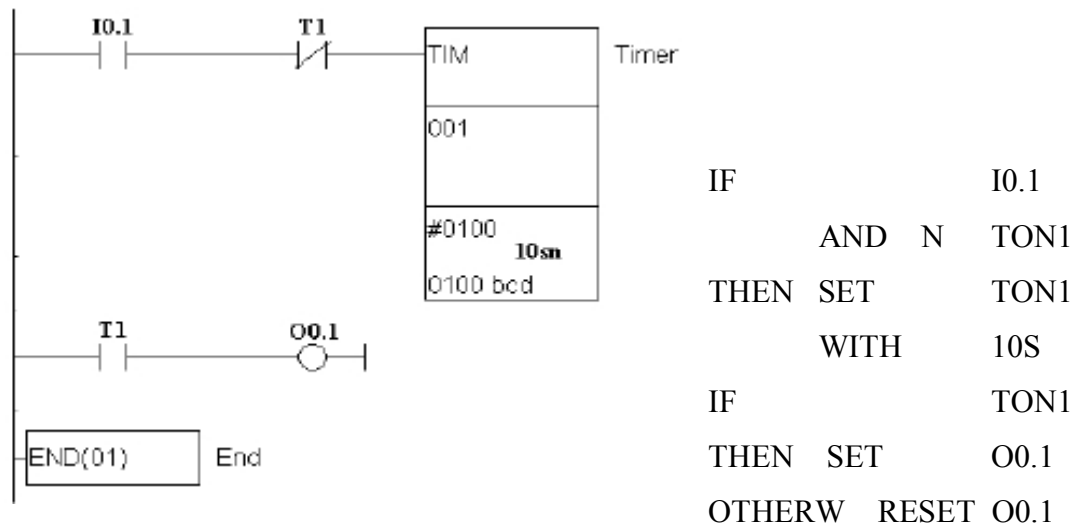
Şekil 5.29 VEYA DEĞİL (NOR) kapısı 2

TIMER (Zamanlayıcı):



Şekil 5.30 TIMER (Zamanlayıcı)

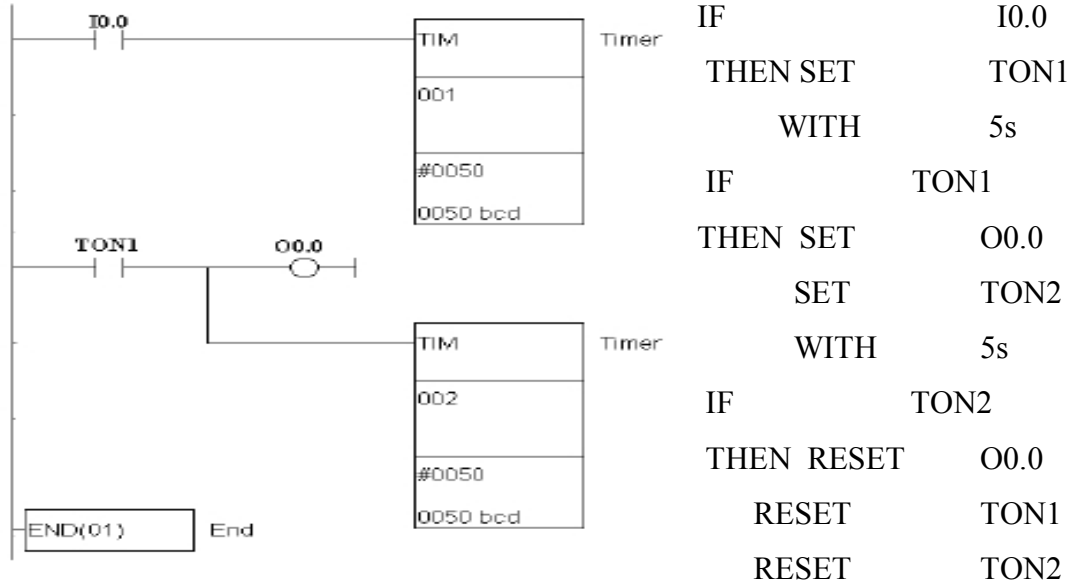
Yukarıda bir zamanlayıcının şekli görülmektedir. Bunların bir tane girişi vardır. Bu girişe lojik1 değeri uygulandığında zamanlayıcı aktif hale geçer ve belirtilen süreyi saymaya başlar bu süre dolunca zamanlayıcının çıkış kontağı konum değiştirir. zamanlayıcılar bu zamanlama süresini kendi içlerindeki zaman saati aracılığıyla algırlar fakat zamanlayıcının zamanlama süresinin hangi zaman aralıklarıyla çalışacağını program ile değiştirebiliriz (Örneğin 1ms'lik bir zamanlayıcı kullanırsak 5 saniye bekletmek için 5000 değeri girilmeli).



Şekil 5.31 TIMER (Zamanlayıcı) gösterimi

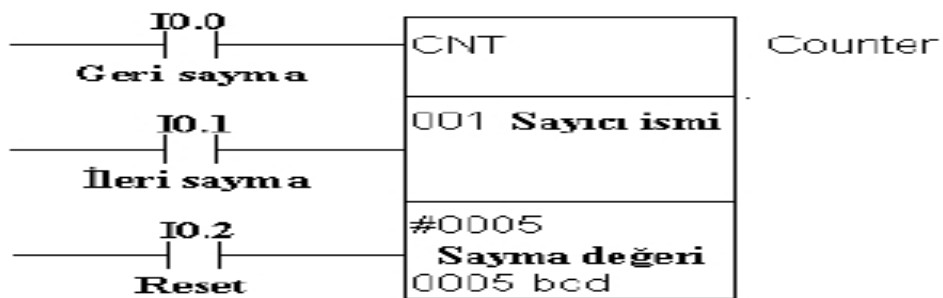
I0.1 girişi lojik 1 yapıldığında zamanlayıcı 10 sn bekler ve 10 sn sonra zamanlayıcının kontağı konum değiştirir. Yukarıdaki programda O0.1 lojik 1 olur.

Sırayla çalışan iki zamanlayıcı:



Şekil 5.32 Sırayla çalışan iki zamanlayıcı

Counter (Sayıcı):



Şekil 5.33 Counter (Sayıcı)

Yukarıda basit bir sayıcı şekli görülmektedir. Sayıcının üç adet girişi vardır. Bunlar ileri sayma, geri sayma ve reset girişidir. Sayıcıya yüklenen sayma değeri girişinden uygulanan pulsler ile tek tek artar veya azalır. Bu değer yüklenen sayma

değerine eşit olunca sayıcının çıkış kontağı durum değiştirir (C1). Sayıcının değeri otomatik olarak sıfırlanır ve tekrar baştan saymaya başlar.

### 5.9 PLC İle Kontrol Sistemlerinin Oluşturulması

Bir PLC ile kontrol sisteminin oluşturulabilmesi için yapılması gereken işlemler 5 basamakta sıralanabilir. Bunlar (Matic, 2004):

- a. Kontrol probleminin tanımlanması, ile sorunun kâğıda dökülmesi.
- b. Sorunun çözümü için gerekli program veya fonksiyonların belirlenmesi.
- c. Programın zaman (time) diyagramı ve dalga şekilleriyle çalışırılığının kontrolünün yapılması.
- d. Programın diyagrama aktarılması (LADDER STL, SCL, FBD).
- e. Programın yazılmasıdır.

En yaygın programlama dili olarak merdiven (LADDER) kullanılır. Fakat karmaşık uygulamalarda ve yoğun matematiksel ve sisteme ilişkin blok yazılımı gerektiren programlarda STL daha ön plana çıkmaktadır (Özcan, Kahramanlı, 2002).

### 5.10 Bilgisayar Programlarıyla PLC Programlarının Farkı

Bilgisayar programları yaptıkları işleri, sırasıyla ve birbiri ardınca test edebilen belli mantık işlemlerine göre yerine getirirler. Fakat PLC'ler için durum biraz daha farklıdır. PLC programı devamlı bir çevrim halindedir. PLC programının tamamı bilgisayar dillerinde döngü adı verilen kısımlar gibidir. PLC programı yüksek seviyeli programlama dillerinde While/Wend komutları arasında yazılmış program parçalarına benzer şekilde çalıştırılır. Fakat PLC programının işlem tarzı itibariyle, biraz farkı vardır. PLC'de program aynı anda birkaç olayı gerçekleştirir. Dolayısıyla birbirinden bağımsız olayların ve dolayısıyla komutların aynı anda işletilmesi, yani bir olay bitmeden diğerine başlanması gerekir. Bu iş için en ideal işleyiş tarzı, bir döngü içine bütün komutları yazmak ve döngüyü de bütün olayların en iyi şekilde kontrolü için mümkün olan en yüksek hızda çalıştırmaktır.

PLC'lerde bilgisayarlarda olduğu gibi bir işlemi bitirip başka bir işleme geçmek mantıklı değildir. Mesela bir motora kapıyı kapatması için çıkışlardan voltaj verilir. Bu iş bir bilgisayar programı yazılarak yapılırsa, kapanma komutu verilir ve kapı kapanana kadar dolayısıyla işlem bitene kadar program alt satıra geçmez. PLC sistemlerinde ise işlemin tamamlanması önemli değildir, program baştan sona saniyede binlerce kez iletilir. Programda komutlar, yapılması gerekiyorsa, yani önlerindeki mantıksal işlemin sonucu izin veriyorsa işletilir. Böylelikle aynı anda birbirinden bağımsız olarak hem A kapısı açılıyor hem de B vanası kapatılıyor ve bu sırada yazıcıya bilgi yollanıyor olabilir (Niku, 2001).

### **5.11 Programlama Açısından PLC'nin Bilgisayara Göre Avantajları**

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

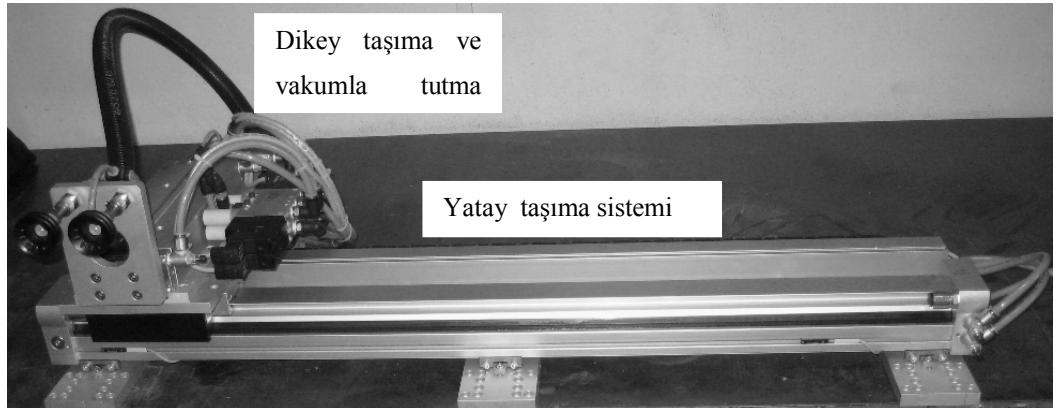
## BÖLÜM ALTI

### TASARIM

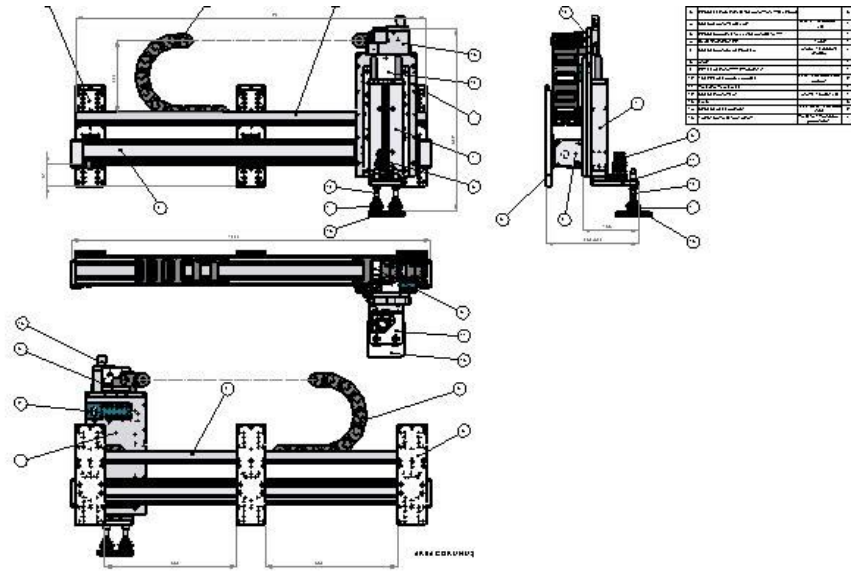
#### 6.1 Mekanik Kısım

##### 6.1.1 Gövde

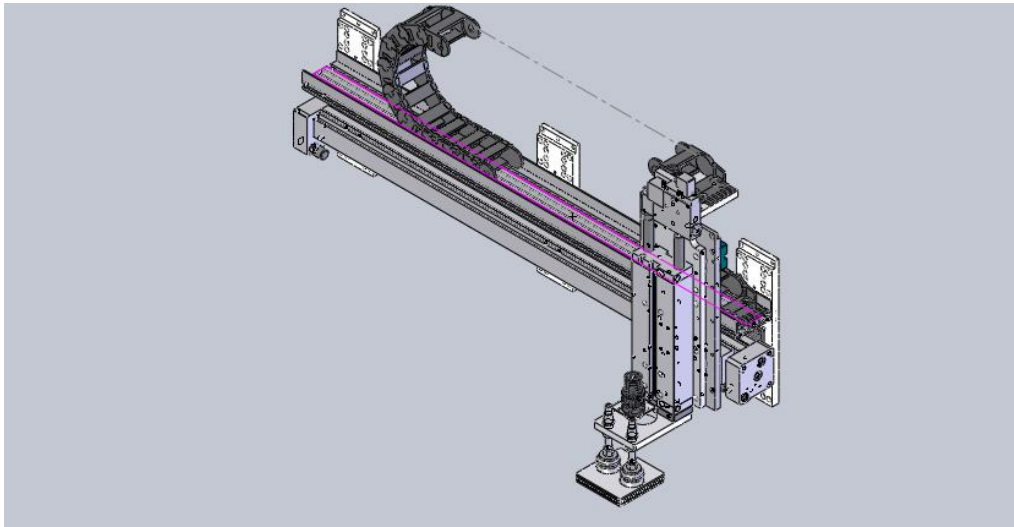
Pnömatik silindirleri, kablo rayını ve bağlantı plakalarını taşıyan kısım ana gövdedir. Ana gövdeyi oluşturan sistemin bağlantıları üç adet çelik plaka ile yapılmaktadır ve sistemin boyutları 1000x520X260 mm olup aşağı-yukarı yönde 200mm hareket edebilen dikey taşıyıcı kısım ve sağa-sola 750mm hareket edebilen yatay taşıyıcı kısımdan oluşmaktadır. Dikey taşıyıcı kısmın üzerinde taşınacak malzemeyi vakumla tutmak için vakum vantuzları, vakum jeneratörü ve bobinli valfler bulunmaktadır. Yataydaki milsiz silindir ile üzerinde hareket eden dikey taşıma sistemi birbirlerine alüminyum plaka ile bağlıdır. Sistemin hareketi esnasında kablo ve hava hortumlarının dolaşıp sisteme veya çalışana zarar vermemesi için kablo rayı ve horum kelepçeleri kullanılmıştır. Sistemin tasarımı için 3D çizim programı kullanılmış ve üretime tasarım tamamlandıktan sonra başlanmıştır. Üretimi tamamlanan pnömatik kartezyen taşıma sisteminin fotoğrafı (Şekil 6.1) 2D resmi (Şekil 6.2) ve 3D tasarım çizimleri (Şekil 6.3) detayları belirtilmiştir.



Şekil 6.1 Pnömatik iki eksen kartezyen robot sistemi fotoğrafı



Şekil 6.2 Pnömatik kartezyen robot sistemi 2D çizim

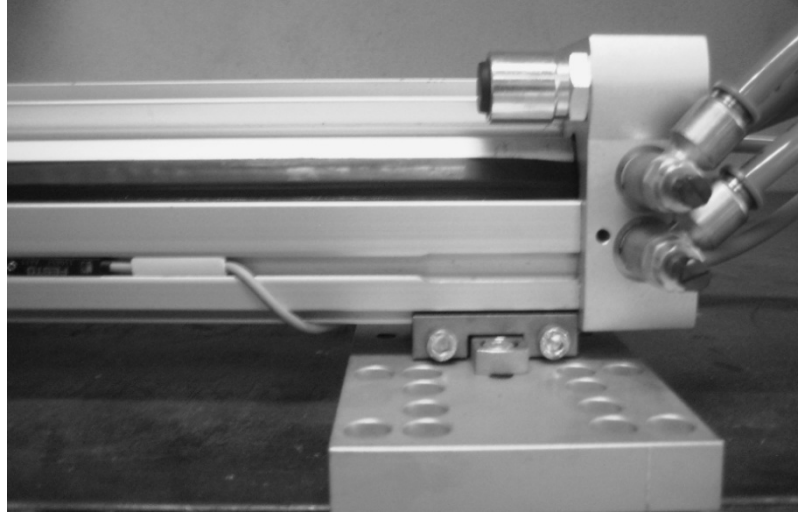


Şekil 6.3 Pnömatik kartezyen robot sistemi 3D çizim

### 6.1.2 Mekanik Bağlantılar, Kablolama ve Hortum Sistemi

Tasarım aşamasında sistemin dinamik çalışacağı göz önünde bulundurularak mekanik bağlantıların adetleri artırılmış ve gövde bağlantıları mukavemeti yüksek olan malzemelerden seçilmişti. Paslanmaz çelik olan plakalar ve krom kaplı cıvatalar kullanılmıştır (Şekil 6.4).





Şekil 6.4. Bağlantı elemanları

Hareketli sistemin kablo ve hortumlarının sistem hareket halindeyken çevreye çarparak zarar vermemesi ve koparak sistemin çalışmasını durdurmaması için kablo ve hortumların düzenli durması gerekmektedir (Şekil 6.5).



Şekil 6.5 Kablolama ve hortumlama sistemi

## 6.2 Pnömatik Sistem

### 6.2.1 Pnömatik Elemanlar

Pnömatik iki eksenli kartezyen robot sisteminde kuvvetin oluşturulması ve iletilmesi pnömatik ile sağlanmıştır. Pnömatiğin seçilmesindeki en önemli sebep, düşük kuvvetlerde (10 N–300 N) ve yüksek hızın (1,4 Hz – 2 Hz), uzun süreli çalışacak olmasıdır. Yapılan araştırmalar sonucunda, sistemde kullanılacak pnömatik devre elemanlarının Festo markalı ürünler olmasına karar verilmiştir.

Pnömatik sistemi oluşturan elemanlar aşağıda verilmiştir.

- 1 adet 25x200 H yataklı silindir
- 1 adet 32X750 milsiz silindir
- 2 adet körüklü vakum vantuzu
- 1 adet vakum jeneratörü
- 2 adet bobinli 5/3 orta konumu kapalı yön kontrol valfi
- 25 metre Ø6 mm hortum
- 20 adet bağlantı rekoru
- 1 adet şartlandırıcı grubu

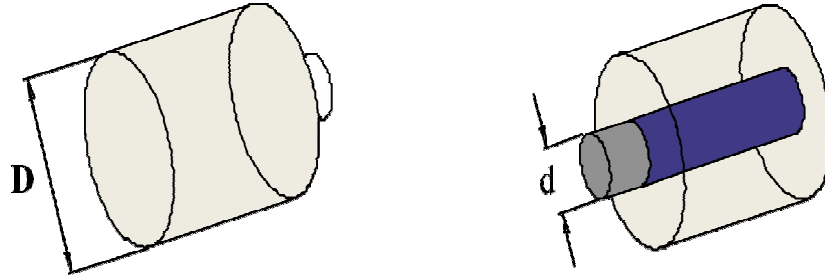
Sistemde kullanılan elemanların tamamı için gerekli bilgi ve açıklamalar ileriki sayfalarda verilmiştir.

### 6.2.2 Pnömatik Dikey ve Yatay Taşıma Sistemleri

Pnömatik iki eksenli Kartezyen robot sisteminde mekanik hareket silindirler ile sağlanmaktadır. Sistemde kullanılan silindirler çift etkili Festo marka silindirlerdir.

Teorik olarak silindirin itmesi (outstrok) ya da çekmesi (instrok) çalışma basıncıyla pistonun etki alanının çarpımıyla hesaplanır. İtmek için etkili alan silindir

borusunun bütün alanıdır ”D”. Çekmek için etkili alan piston rod çapının kesitle küçültülmüşüdür “d” (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 Pnömatik piston iç yapısı

Formülde, P bar ‘1 Newton’a dönüştürmek için 10’a bölünmüştür ve her birim milimetre karedir. (1 bar = 0.1 N/mm<sup>2</sup>) F çekme gücü piston rodundaki alan kaybı yüzünden itme gücünden az olacaktır (Krivits ve Krejnin, 2006)

İtme:  $F = \frac{\pi D^2}{4} \frac{P}{10}$  Newton

(6.1)

Çekme:  $F = \frac{\pi(D^2 - d^2)P}{40}$  Newton

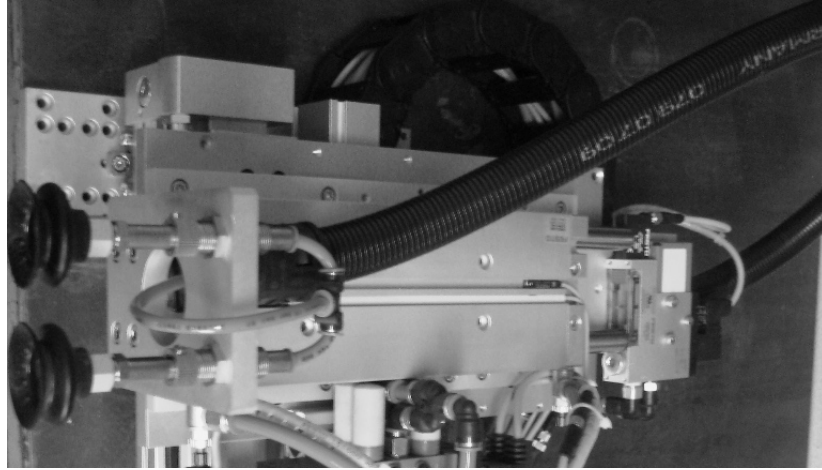
D= Milimetre olarak silindir boru çapı

d= Milimetre olarak piston rod çapı

P= Bar cinsinden basınç

F= Newton cinsinden çekme veya itme kuvveti

Dikey sistemde Festo marka DFM-23-200-PPV-A-GF çift milli H yataklı silindir kullanılmıştır. Çift milli silindir kullanımında amaç oluşabilecek yanal kuvvetlerde silindirin milinin burkulmaması ve bu şekilde silindir boğaz keçesine zarar gelmemsidir. Ayrıca taşınacak yükün yüzey alanının geniş olması durumunda oluşabilecek momentleri rahat karşılayabilmesi içindir (Şekil 6.7).



Şekil 6.7 Dikey taşıma silindiri

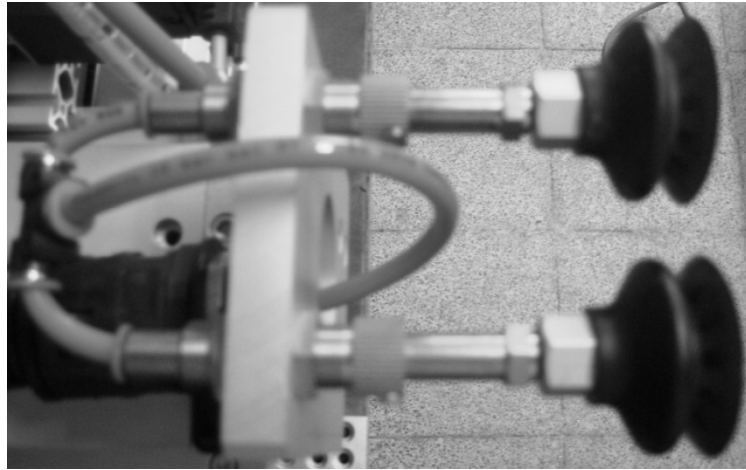
Yatay taşıma silindiri olarak Festo marka DGC-32-750-PPV-A-G tipi milsiz silindir kullanılmıştır. Milsiz silindir kullanılmasıdaki neden yer sıkıntısı olan fabrikalarda taşıma sistemlerin koyulacağı alan yeterince geniş olamamaktadır. Üretim alanını en verimli şekilde kullanılmasını amaçlayan şirketler özellikle fabrika alanı kullanımı konusunda çok hassaslar bu durumda, silindir miline ihtiyaç olmadan hareket edebilen ve bu durumda milli silindire göre yaklaşık %50 yer tasarrufu sağlayan milsiz silindirler tercih edilir. Ayrıca taşıma sistemlerinde hareket mesafesi uzun olduğunda oluşacak atalet kuvvetlerinin karşılanabilmesi için her iki uçtan da mafsallanmış milsiz silindirler daha ağır yüklerin daha hızlı hareketlerle taşınabilmesine olanak sağlamaktadır (Şekil 6.8).



Şekil 6.8 Yatay taşımada kullanılan milsiz silindir

### 6.2.3 Vakum Tutma Sistemi

Vakumlar ürünün tutulması için Festo marka ESS-40-BT-M6 vakum vantuzları kullanılmıştır. Vakum vantuzları sabitlenmesi için de vakum plakası imal edilmiştir. Yeterli vakum alanı oluşturabilmesi için vakum vantuzları körüklü ve vakum vantuzlarının arkasındaki parçalar yaylı seçilmiştir. Sistem aşağıya inerken vakum yapmaya başlayacak ve yeterli vakuma ulaştığında vakum jeneratörü üzerindeki vakum anahtarı devreye girerek PLC' ye malzemeyi tuttuğu bilgisini gönderecek ve malzemeyi kaldıracaktır (Şekil 6.9).



Şekil 6.9 Vakum tutma sistemi

Vakum üretimi ise vakum jeneratörü ile yapılmıştır. Vakum jeneratöründeki esas prensip Ventüri ilkesine dayanır. Belli bir kanaldan geçirilen havanın hız kesit daraltılması ile artırılarak Bernoulli prensibine uygun olarak basınç düşümü yaşanır ve vakum elde edilir. Bu prensip ile çalışan vakum jeneratörü olarak Festo marka VADM-140 modeli seçilmiştir (Şekil 6.10).



Şekil 6.10 Vakum jeneratörü

Bernoulli prensibinde, enerjinin vardan yok edilemeyeceği prensibi ilkesinden hareketle A noktasındaki toplam enerji:

$$PA+VA+HA=PB+VB+HB \quad (6.2)$$

$HA=HB$  olduğundan denklemde  $PA+VA=PB+VB$  olur,

$P=İÇ \text{ BASINÇ}$

$V=KİNETİK \text{ ENERJİ}$

$H=POTANSİYEL \text{ ENERJİ}$

A noktasından giren bir akışkan B noktasından geçmesi için hızını artırması gerekir bu durumda kinetik enerjisi de artmış olur. Denklem eşitliğinden hareketle enerjinin korunmasından VB artması durumunda PB 'nin düşmesi yani basıncın düşmesi gerekmektedir. Yani kesit daralmasında basıncın düşümünün yaşanması söz konusudur.

Taşınacak parçaların pnömatik silindirin ucuna monte edilen vakumlu tutucularla tutulup taşınması anında vantuzların tutma ve ayrılma kuvvetleri hesaplanmaktadır.

$$FH=m.(g+a).S \quad (6.3)$$

$$FA=FA/n \quad (6.4)$$

Bu eşitlikte FH tutma kuvvetini, FA ayrılma kuvvetini, m kaldırılan parçanın kütlesini, a sistemin ivmesini, g yerçekimi ivmesini, S emniyet faktörünü, n ise sistemdeki vakumlu tutucu sayısını simgelemektedir.

Eşitlik (3)' den faydalananarak sistemde gerekli olan vakum basıncı hesaplanabilir. Bu eşitlikte Po atmosfer basıncını, Pu vakum basıncını, A vakumlanan bölgenin alanını, n<sub>3</sub> deformasyon katsayısını (0,9-0,6), n sistemin verimini, z ise kullanılan vantuz sayısıdır.

$$FH=(P_o-P_u).A.n_3.n.z.(1/S) \quad (6.5)$$

#### 6.2.4 Şartlandırıcı

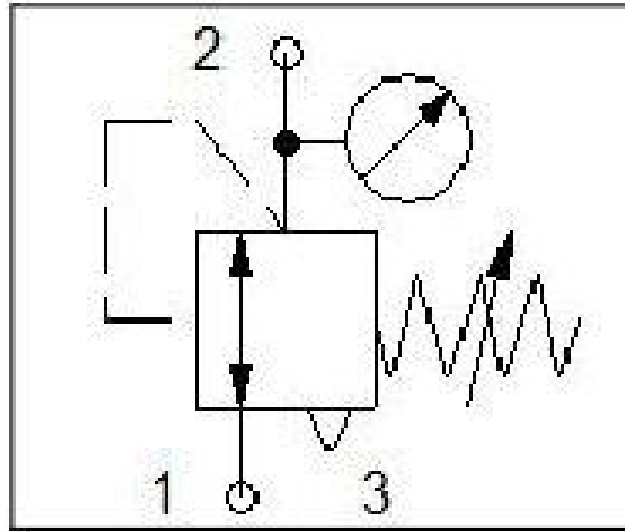
Havanın içinde bulunan kirli maddelerin ve oluşabilecek yoğunlaşma sularının sisteme gitmesini engelleyip, sadece kuru havanın gönderilmesini sağlamak için şartlandırıcıya ihtiyaç duyulmuştur. Hava, şartlandırıcının içinde bulunan yönlendirici kanallarla filtre içine alınır. . Sıvı ve büyük parçacıklar merkezkaç kuvveti etkisiyle havadan ayrılır ve filtre tabanına toplanır. Sistemde, şartlandırıcı olarak, D serisinden LFR-1/4-D-MIDI kullanılmıştır (Şekil 6.11).



Şekil 6.11 LFR-1/4-D-MIDI serisi şartlandırıcı

Şartlandırıcı, basınç ayar anahtarlı olarak tercih edilmiştir. Dağıtım hattındaki basınç dalgalanmalarına ve değişen hava tüketimine göre kontrol sistemindeki basıncın belli bir sınırdan tutulması için kullanılmıştır. Şartlandırıcı üzerinden geçen

hava miktarı ayar anahtarı sayesinde (manometre) manüel olarak ayarlayabilmektedir (Şekil 6.12).



Şekil 6.12 Şartlandırıcının gösterimi

Kompresörden gelen havanın sisteme girişi şartlandırıcı üzerinden yapılmaktadır. Bu, aynı zamanda oransal regülâtöre emniyet görevi de sağlamaktadır.

Regülâtörün belirli bir çalışma aralığı olduğundan, en yüksek çalışma barından daha düşük seviyede bir hava miktarının gönderilmesini sağlamaktadır.

#### 6.2.5 Selenoid Bobinli Valf

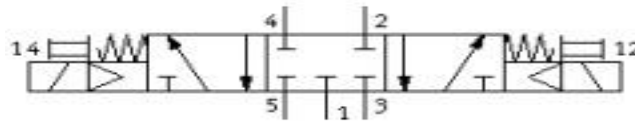
Sistemin pnömatik devresinde kullanılan silindirlerin hareketleri ve konum durumları 5/3 orta konumu kapalı selenoid bobinli yön kontrol valfiyle sağlanmıştır. Silindirlerin çalışma frekansları değiştirildiğinden, valfin istenilen zamanda açıp – kapatması gerekmektedir. Ayrıca, o anki çalışma frekansına da cevap vermelidir. Sistemin anlık değişmelere cevap verebilmesi için Festo marka CPE18–M1H–5/3–G1/4 valfi tercih edilmiştir (Şekil 6.13).





Şekil 6.13 CPE-18-M1H-5/3-G1/4 selenoid bobinli valf

Silindirin ileri hareketini sağlamak için valfin 2 nolu çıkışı, geri hareketini oluşturması için de 4 nolu çıkışı kullanılmıştır. Valfe hava gelmediği zaman valf yay gücü ile orta konuma gelir. Orta konumu havaya kapalı olduğu için silindir hareket etmez. Özellikle güvenlik amaçlı olarak kullanılan 5/3 orta konumu kapalı valfler emniyet açısından makinalarda sıklıkla tercih edilirler. Silindirlerin hareketi PLC'den kontrol edilmektedir. Kontrol panelinden ya da bilgisayardan girilen çalışma frekansı PLC'ye gönderilir. İstenilen frekans değeri, valf bobinine sinyal olarak gönderilir ve silindirlerin hareketi sağlanır (Şekil 6.14).



Şekil 6.14 5/3 Orta konumu kapalı selenoid bobinli valfin gösterimi

### 6.2.6 Hortum ve Bağlantı Elemanları

Sistemde dolaşan havanın akış direnci önemlidir. Optimum akış direncini muhafaza etmek için dış çap 6 mm' lik basınçlı hava hortumları kullanılmıştır.

Sistemin tamamında kullanılan hortumun uzunluğu 25m'yi aşmadığından, silindirlerin her birine giden hava miktarı eşittir. Sistemde Festo marka düz, dirsek, T ve Y tipi rekorlar kullanılmıştır.

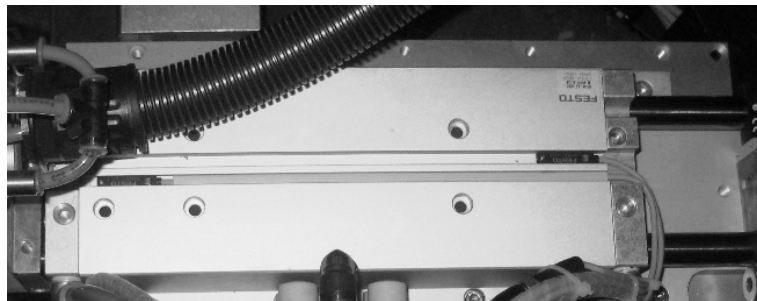
#### **6.2.7 Konum Algılayıcı**

Sistemde, silindirlerin konumlarını, algılamak için SME-8-K-LED-24 temassız manyetik algılayıcılar kullanılmıştır (Şekil 6.15). Algılayıcılar, PLC tarafından kullanılmak üzere sinyaller üretmektedir. PLC bu sinyaller vasıtasıyla kontrol ettiği pnömatik sistemin o anki durumu hakkında bilgileri almakta ve yorum yapmaktadır.

Algılayıcılar, silindir hareketinin çalışma sınırına göre anahtar görevi görmektedir. Silindir çalışma sınırını aştığında, algılayıcıya yaklaşan silindir 1 veya 0 işaretleri üretmektedir. Algılayıcılar manyetik anahtarlar olduğundan silindir gövdesi içindeki piston üzerindeki mıknatısa karşı duyarlıdır. (Şekil 6.16)



Şekil 6.15 Konum algılayıcısının milsiz DGC silindire takılmış olarak gösterimi



Şekil 6.16 Konum algılayıcısının DFM silindire takılmış olarak gösterimi

Tercih edilen DFM ve DGC serisi silindirlerin üzerinde, bu algılayıcılar için hazırlanmış kanallar bulunmaktadır. Bu kanallar sayesinde algılayıcılar, kanallar üzerinde istenilen herhangi bir konumda sabitlenebilmektedir. 24V DC ile çalışmakta olan bu algılayıcılar, deney numunelerin üst noktasını sınır olarak kabul edip, silindirlerin bu noktayı geçmesiyle devreye girip PLC' ye sinyal göndermektedir.

### 6.2.8 Hız Ayar Valfi

Bu valfler tek ve çift etkili silindirlerde silindir milinin hızı ayarını yapmak için kullanılır. Çift etkili silindirlerde büyük çaplı bir silindir yüksek yükler için kullanılmak istendiğinde bazen yastıklama amacı için de kullanılırlar. Akışkanların hızlarını ayarlayabilmek için debiyi değiştirmek gerekir. Silindir üzerine takılan bu valfin içinde bulunan bir ayar vidası çevrilerek akış kesiti değiştirilir ve silindirin içindeki akış hızı ayarlanmış olur (Şekil 6.17).



Şekil 6.17 Konum algılayıcının DFM silindire takılmış olarak gösterimi

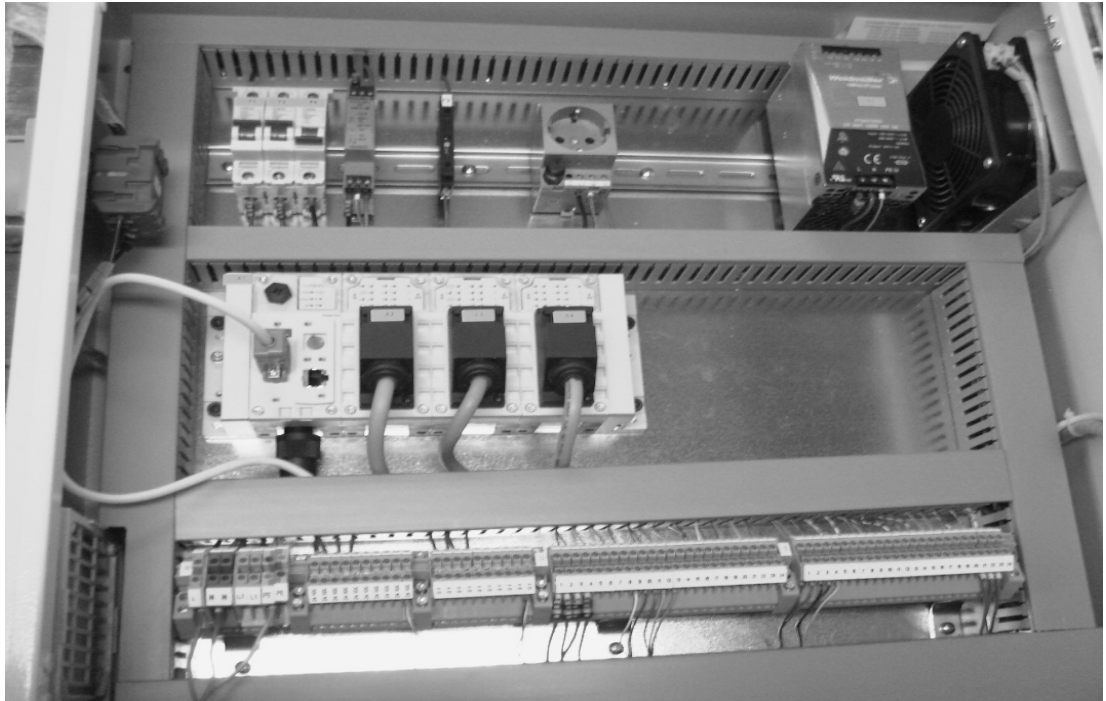
## 6.3 Pano

Kontrol sistemini oluşturan en önemli parça olan CPX-FEC PLC diğer elektrik elemanları ile birlikte pano içerisinde toplanmıştır. Pano üzerine bir display konularak sistemi çalıştıracak kişinin sisteme müdahale edebilmesine olanak

sağlanmıştır (Şekil 6.18). Start, Stop, Sistem Reset ve Acil Stop düğmeleri pano üzerindedir. Pano içerisinde PLC, I/O modülleri, elektriksel şalterler ve koruma devresi bulunmaktadır (Şekil 6.19)



Şekil 6.18 Pano üzeri görünüm



Şekil 6.19 Pano içi görünüm

## BÖLÜM YEDİ

### PNÖMATİK

#### 7.1 Tanıtım

Pnömatik eski Yunancada nefes ya da soluk anlamına gelen *pneuma* kelimesinden türetilmiştir. Bu kelime başlangıçta hava hareketi ve hava ile ilgili olayların ilmi anlamına gelmekteydi. Buna dayanarak teknik, atmosfer basınç üstü ve altı uygulamalarında pnömatikten bahsederek kendi kavramını geliştirmiştir.

Bugünkü şekliyle pnömatik, teknolojinin yeni bir kolu olmakla birlikte, temelleri çok eski dönemlere uzanır. Takvimin başlangıcından önce pnömatik ve otomatik düzenleri konu edinen eserler yazılmıştır. Bunlara örnek olarak, M.Ö. 3. Yüzyılda KTESİBİOS tarafından verilen teknik temelleri geliştiren Bizantion’lu Filyon (yaklaşık M.Ö. 200) ve M.Ö. 30 ila 0 arasındaki eserini yazmış bulunan VITRUVIUS verilebilir. M.S. 1. ve 2. yüzyıllarda İskenderiyeli HERON’nun çalışmaları görülür, onun geliştirdiği hava kazanı prensibi bugün hala daha okullarda basınçlı hava ile ilgili ilginç deneyin gerçekleşmesinde kullanılır (Deppert, Stoll, 1994).

*Pnömatika* kavramı bu tarihlerde bugünkü anlamı taşımamakla birlikte yaygın kullanılmıştır. Antik pnömatik düzenekler öncelikle eğlendirici oyunlarda, ibadete hizmet eden düzenlerde ve savaş aletlerinde kullanılmaktaydı. KTESİBİOS’un basınçlı hava ile ok fırlatan bir mancınık geliştirdiği bilinmektedir. DIDEROT’nun 1762 ve 1777 tarihleri arasında yayınladığı “Teknik Ansiklopedi” de diğer pnömatik bir tüfeğin kesit resmi bulunduğu, Amerikalıların 1985’ten önce gemilerini donatmak için pnömatik bir dinamit-top geliştirdikleri bilinir. 19. yüzyılda, bir makineli tüfeğin pnömatik öncüsü bile gerçekleştirilmiştir.

Pnömatiğin sivil, el sanatsal ya da küçük endüstriyel gelişimi daha eski olup M.Ö. 3. yüzyılın oldukça ötesine uzanır. Bu dönemde insanlar saf maden eritmeyi öğrenmiş ve ateşte gerekli erime sıcaklığına erişmek için havaya, daha doğrusu

basıncılı havaya ihtiyaç duymuşlardır. Hayvan derisinden imal edilen ve elle çalıştırılan körükler ilk mekanik kompresörlerdir. Daha güçlü, ayakla çalıştırılan körükler, ancak 1500 yıl sonra ilk kez Mısırdaki görülmüş ve altın eritilirken ya da bakır ve kalay alaşımından bronz elde edilirken kullanılmıştır. Kompresrsz basıncılı hava ve basıncılı havasız elektrige, teknik bakımdan fazla şans tanımıyordu. Bu durum kısa bir süre sonra tamamen değişti ve elektrik kabiliyetini tüm dünyaya ilan etti (Patient, Pickup, Powell, 1994).

Basıncılı hava teknolojisi az çok unutuldu ve sadece basıncılı hava aletleri ve yer altı inşaatları gibi dar sınırlar çerçevesinde gelişebildi. Basıncılı hava teknolojisinin yeniden yeşerebilmesi için yaklaşık yarım yüzyıl kadar zamanın geçmesi gerekti (Croser, 1990).

Modern endüstriyel pnömatiğin kumanda tekniğine uygulanışı ABD’de ilk seçimler tatminkr sonuç vermesinden sonra, Almanya’da ancak 1950’den sonra başladı. Pnömatik bu sürede tekniğin çok ve başarılı bir kolu olarak gelişti. Bugün pazara çok gelişmiş daha da gelişecek olan alet program ve sistemleri sunulmaktadır. Alet ve elemanlardaki yeni gelişmeler özellikle elektronikle birlikte yeni alanların kapsanması konusu pnömatiğin sürekli geliştiğinin en belirgin göstergesidir (Deppert, Stoll, 1994).

Pnömatik kumandayı amaca yönelik ve doğru uygulayabilmek için her bir elemanı tanımak, bağlantı imknlarını ve fonksiyonlarını bilmek gerekir. Tekniğin her konusunda ve özellikle pnömatik kumanda eleman ve aletlerinde olduğu gibi her zaman kesin tanımlanamayan uygulama alanları vardır. Farklı uygulama alanlarında değişik beklentiler pnmatiği ve buna bağlı olarak uygulama sınırlarını etkiler. Az sayıda yardımcı elemanla geçici özel pnömatik kumandalar kurabilme imkânı çeşitli uygulamaların doğasına çok uygun düşer. Ayrıca pnömatik endüstrisi bugün sadece sisteme bağlanması etkili olan çeşitli uygulamalara yönelik ön montajı yapılmış kumanda sistemler de reter. Kumanda programı, silindirlerin valf çıkışlarına amaca uygun ve doğru algılanması geri beslemelerin karşı düşürülmesi ile gerçeklenir. Ayrıca bir pnömatik kumanda denemesine doğru işlevleri sınavan (benzetim) ve

optimizasyonu sağlayan alet ve düzenekler de vardır.

Pnömatik genelde, önceden üretilen atmosfer basıncı üstündeki bir basıncın mevcut potansiyel enerjisinden yararlanır. Burada enerji *basıncılı hava* tarafından taşınır. Eskiden kullanılan *yoğunlaştırılmış hava* tabiri bugün çok ender başka kavramlarla ilişkili olarak kullanılmakla birlikte, pn matikte sadece *basıncılı hava* kelimesinin kullanımı standartlara uygundur (Patient, Pickup, Powell, 1994).

Özellikle çok fazla kuvvet gerektirmeyen tasıma, döndürme, indirme, kaldırma gibi işlemlerin yerine getirilmesi için oldukça basit ve s ratlı  alışan Pnömatik sistemler mümkündür. Önceleri çok basit ve az sayıda elemanlardan oluşan Pnömatik kontrol devreleri günümüzde onlarca hareket elemanının birleşimine olanak vermekte ve diğer modern kontrol sistemleri ile bütünleşmiş çalışarak neredeyse tüm endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Bugün Pnömatik kavramı altında esas olarak endüstride havanın çalışma aracı olarak kullanılması ve özellikle de makine ve işletme araçlarının kumandası ve tahrik edilmesi anlaşılmaktadır. Pnömatik günümüzde özellikle otomatikleştirilmiş süreçlerde kullanılmaktadır.

Atmosferik hava, çeşitli gazların belirli oranlardaki karışımıdır. Havanın içerisinde yaklaşık olarak % 78 Azot, % 21 Oksijen ve % 1 oranında Karbondioksit, Hidrojen, Azot dioksit, Karbon monoksit, Helyum, Argon, Neon, Kripton bulunmaktadır. Bu gazlar dışında hava değişen oranda nem içerir.

Basıncılı havanın temel özellikleri söyle sıralanabilir; Hava, etrafımızı saran atmosferde sinirsiz bir kaynak olarak bulunur. Hava her yerde bulunduğu için kullanıldıktan sonra tekrar geri kazanılmasına gerek kalmadan atmosfere atılabilir. Dolayısıyla sistemde geri dönüş hattına ihtiyaç duyulmaz. Basıncılı hava sıkıştırılmış olarak depolanabilir ve ihtiyaç duyulduğu zaman kullanılabilir. Genelde havanın karakteristik özellikleri sıcaklıkla çok fazla değişmediği için belirli bir sıcaklık aralığında güvenle kullanılabilir. Yanıcı ve patlayıcı özelliği yoktur. Bu tür tehlikelerin olduğu yerlerde güvenle kullanılabilir. Basıncılı hava zehirli değildir. Sistemdeki olası kaçaklar ve tahliye havası çevreyi kirletmez. Ancak sistemde

basıncı havanın yağlanması gerektiği durumlarda havanın içinde az da olsa bir miktar yağ bulunur. Bu yağların doğrudan atmosfere bırakılması durumunda çevre sağlığı açısından uygun değildir. Bu tip durumlarda sistemde kaçakların olmamasına ve tahliye havasının toplanarak yağdan arındırıldıktan sonra atmosfere atılmasına dikkat edilmelidir. Bu durum özellikle ilaç, gıda ve tekstil sektörü uygulamalarında son derece önemlidir. Yüksek hızlarda çalışmak mümkündür. Pnömatik sistemlerin basınç ve hızın kademesiz olarak ayarlanması mümkündür. Ancak havanın sıkıştırılabilir olma özelliğinden dolayı çok düşük hızlara inilmesi ve hassas hız ve konum ayarı yapılması gereken durumlarda bazı özel elemanların ve elektronik kontrol sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Standart elemanlarla çok düşük hızlara inilmesi durumunda kesintili ve darbeli hareketler gözlemlenebilir. Pnömatik sistemler kendinden korumalıdır. Aşırı yük durumunda elemanlar durur ve ancak yük kalktığında tekrar çalışır. Basıncı hava içerisinde bir miktar toz ve nem bulundurur. Bu maddeler hava tesisatında ve çalışma elemanlarında paslanmaya veya tıkanmalara yol açabilir. Dolayısıyla basınçlı hava kullanılmadan önce mutlaka toz ve nemden arındırılması gerekmektedir.

Birçok endüstriyel robotta maliyetleri oldukça düşük olan Pnömatik tahrik sistemi kullanılmaktadır. Pnömatik tahrik sistemleri basit yapılı robotlarda eksen hareketlerinin tahrikinde kullanılırken, gelişmiş robotların tutucu kısımlarının tahrik edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bugün için hemen hemen bütün fabrikalarda basınçlı havanın bulunması Pnömatik tahrik sistemlerinin kullanımını yaygınlaştırmaktadır. En ekonomik tahrik sistemi olarak kabul edilmektedir. Noktadan noktaya ürün taşımada, belirli bir döngü içinde çalışan sıralı sistemlerde kullanılan en yaygın sistemdir.

## **7.2 Pnömatik Prensipler**

### ***7.2.1 Akışkanlı Güç Sistemleri***

Tüm endüstriyel tesisler, herhangi bir tip akışkan ihtiva eden bir güç sistemi kullanır. Bu sistemde, iş basınç altında bulunan bir akışkan vasıtasıyla sağlanır. Bir



akışkanlı güç sistemi, ısıtma veya soğutma gibi, bir işlemin sürecinin parçası olarak işlev yapabilir veya basınçlı hava gibi, yardımcı hizmet sistemi olarak kullanılabilir. Bir akışkan, yağ veya su gibi bir sıvı ya da bir gaz olabilir. Endüstriyel uygulamalarda en çok kullanılan bir gaz olan basınçlı hava ile birlikte, azot ve karbondioksit de kullanılır. Kuvvet iletimi amacıyla bir sıvının kullanıldığı akışkanlı güç sistemine "Hidrolik Sistem" adı verilir. Kuvvet iletimini bir gaz kullanmak suretiyle sağlayan sisteme ise "Pnömatik Sistem" denir (Özcan, Işıl, Kırcı, 1986).

### **7.2.2 Pnömatik Sistemler**

Pnömatik sistemlerin iş yapma biçimlerinden bazıları; havalı el aletleri, doğrusal hareket cihazları, kapı açma sistemleri ve döner hareketli cihazların çalıştırılmasını içerir. Pnömatik sistemler, kimyasal işlem cihazında ve büyük kapasiteli iklimlendirme (klima) sistemlerinde mevcut akış valflerinin kontrolünde de kullanılır. Daha gelişmiş sistemlerde ise, sıralama kontrol valflerini çalıştırmak için pnömatikten, elektrik rölelerinde olduğu biçimde yararlanılır.

Bir sanayi tesisinde bulunan bir pnömatik sistemde basınçlı hava kullanılır. Bu basınçlı hava vasıtasıyla matkap, sıkma anahtarı, talaş kaldırma aletleri gibi havalı el aletleri ile birlikte mengene, torna aynası ve diğer sıkma aparatları çalıştırılır.

Pnömatik elemanlar, küçük ya da büyük her tür kumanda sisteminde kullanılabilir yapı taşlarıdır. Elemanların konumu kumanda sisteminde işlevini, nominal genişlik ve çalışma basıncı ise, güç özelliğini belirler.

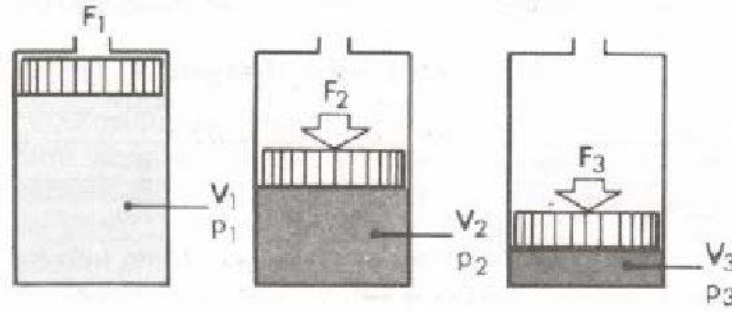
### **7.2.3 Pnömatikte Temel Prensipler**

Sıkıştırılabilirlik özelliği: Diğer tüm gazlar gibi havanın da belirli bir şekli yoktur içinde bulunduğu hacmin (kabın) şeklini alır. Çok küçük kuvvetlerle bile şeklini değiştirir. Sıkıştırılabilir ya da genleşebilir bir yapıya sahiptir.

Boyle-Mariotte Kanunu: Sıcaklığı sabit kalacak şekilde sıkıştırılan kapalı bir kaptaki gaz kütlesinin basıncı ile hacminin çarpımı sabittir.

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = p_3 \cdot V_3 = \text{Sabit}$$

(7.1)



Şekil 7.1 Sabit sıcaklıkta basınç hacim değişimi

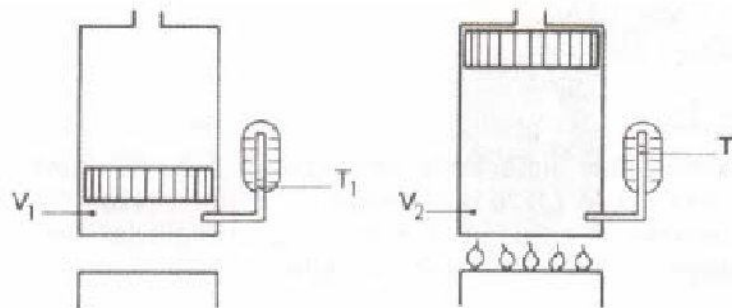
Guy-Lussac Kanunu: Bir gaz, ilk sıcaklığı ve cinsi ne olursa olsun aynı zamanda hangi sabit basınç altında bulunursa bulunsun, bu basıncın sabit kalması koşuluyla, eşit miktarlar kadar ısıtılınca, eşit miktarlar kadar genişler.

$$VT_2 = VT_1 + \frac{VT_1}{273} \cdot (T_2 - T_1)$$

(7.2)

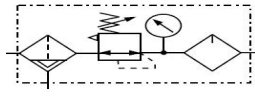
$VT_1 = T_1$  sıcaklığındaki hacim

$VT_2 = T_2$  sıcaklığındaki hacim

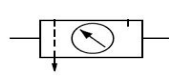


Şekil 7.2 Farklı sıcaklıklarda, sabit basınçta hacim değişimi

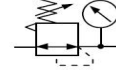
### 7.3 Pnömatik Endüstrisinde Kullanılan Bazı Simgeler



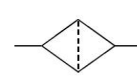
Şartlandırıcı



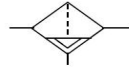
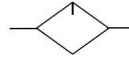
Şartlandırıcı (basit gösterim)



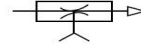
Basınç regülatörü



Filtre

Su tutuculu filtre  
(otomatik boşaltma)

Yağlayıcı



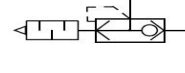
Vakum jeneratörü



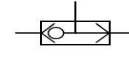
Hava tankı

Kısma valfı  
(tek yönlü)Kısma valfı  
(çift yönlü)

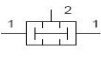
Vakum geyci



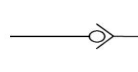
Çabuk egzost valfı



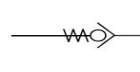
Veya valfı



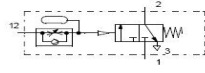
Ve valfı



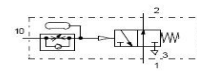
Çek valf



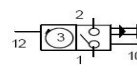
Yaylı çek valf



Pnömatik zamanlayıcı NK



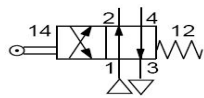
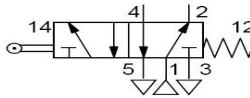
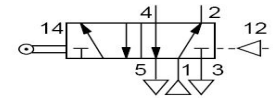
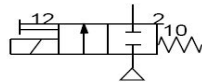
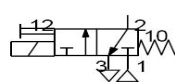
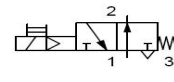
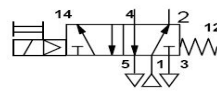
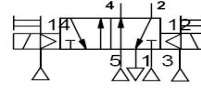
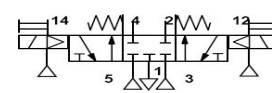
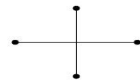
Pnömatik zamanlayıcı NA



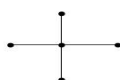
Sayıcı



İkazlı çek valf

4/2 makaralı  
Sınır anahtarı 1-2 ye açık5/2 makaralı  
Sınır anahtarı 1-2 ye açık5/2 makaralı, hava uyarımlı  
Sınır anahtarı 1-2 ye açık2/2 tek solenoid kumandalı  
(manuel kontrollü)  
yay geri dönüşlü NK3/2 tek solenoid kumandalı  
(manuel kontrollü)  
yay geri dönüşlü NK3/2 tek solenoid kumandalı  
(manuel kontrollü)  
yay geri dönüşlü NA5/2 tek pilot solenoid kumandalı  
(manuel kontrollü)  
yay geri dönüşlü 1-2 ye açık5/2 çift solenoid kumandalı  
(manuel kontrollü)  
1-2 ye açık5/3 çift solenoid kumandalı  
(manuel kontrollü)  
Yay merkezlemeli kapalı orta konumlu

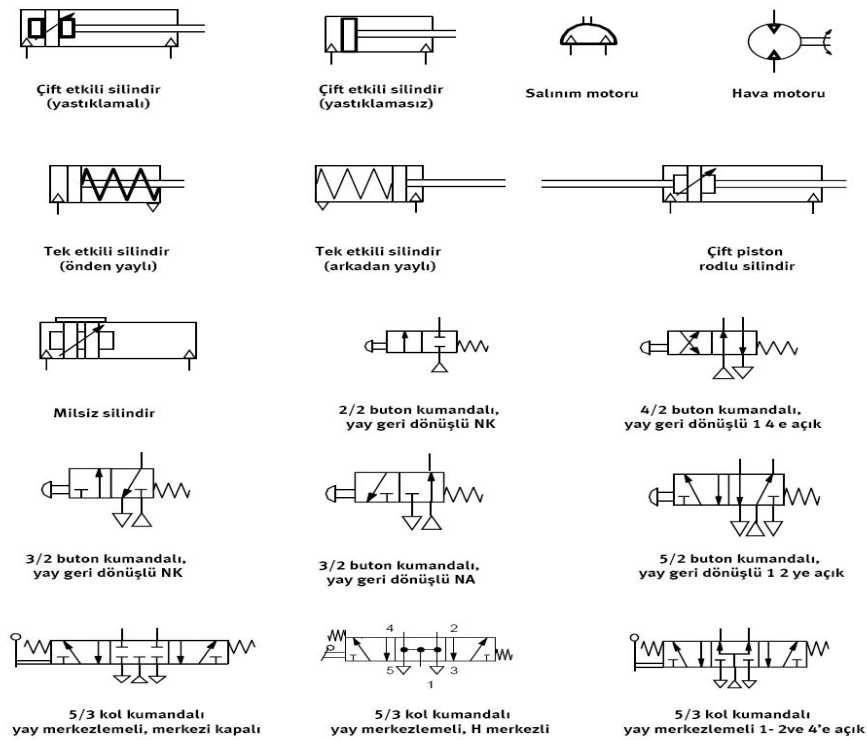
Bağlantısız geçiş



Bağlantı noktası



Hortum bağlantısı



Şekil 7.3 Pnömatik endüstrisinde kullanılan önemli elemanların gösterimi (Croser,1990)

## 7.4 Bazı Pnömatik Elemanlar

### 7.4.1 Silindirler

Basınçlı hava silindiri pnömatik endüstrisinde iş gören önemli bir elemandır. Bunun dışında, pnömatik kumandada sadece ikincil bir görev üstlenen, çeşitli yapıda basınçlı hava motorları da kullanılır. Tahrik elemanı olarak da adlandırılan basınçlı hava silindirlerinin görevi lineer (doğrusal) bir hareket elde etmektir. Silindirin lineer hareketi mekanik yöntemlerden yararlanılarak sınırlı bir dönel harekete dönüştürülebilir. Bu durumda döndürme ya da salınım silindiri pnömatik döndürme-salınım hareketinin yapısal birimini oluşturur. Hareket işlevinde (ileri ve geri strok) basınçlı havadaki statik enerji mekanik işe (hareket ve basınç kuvvetlerine) dönüşür. Bir basınçlı hava silindiri, gerekli ilavelerle çalışma işlevi içinde kumanda fonksiyonunu da üstlenebilir. Bazı durumlarda çalışma ve kumanda işlevlerini birlikte gerçekleştirir.

Basınçlı hava silindirlerinin ana boyutları DIN ISO 6431 ve 6432'ye göre standartlaştırılmıştır. Standartlar piston yarıçapı 8 ile 320 mm arasında yer alan silindirleri kapsar. Bunlarla birlikte çeşitli firmalarca üretilen değişik türden bir dizi standart olmayan basınçlı hava silindiri de vardır. (Basınçlı hava silindiri = basınçlı havadaki atmosfer basıncı üstündeki hava basıncındaki statik enerjiyi mekanik işe dönüştüren cihaz “motor”) (Deppert, Stoll, 1994).

Basınçlı hava silindirinde oluşturulan kuvvet silindir kuvveti ya da piston kuvveti olarak adlandırılır. Bu kuvvet piston çapı, çalışma basıncı ve sürtünme direncine bağlıdır. Silindir basınç kuvveti statik durumda ölçüldüğünden sürtünme direnci pistonun hareket öncesi kopma momentine karşı düşer. En uygun koşullarda hareket için statik durma halindeki tüm durumlar dışında, sürtünme direnci sıfır alınır (hareket hali).

Silindir basınç kuvveti aşağıdaki formüllere göre hesaplanır:

$$\text{Basınç kuvveti} = (\text{piston alanı}) \times (\text{hava basıncı})$$

$$F = a \cdot p \text{ (cm}^2 \cdot \text{bar)} \quad (7.3)$$

$$\text{Tek yönde etkili silindirlerde: } F = D^2 \frac{\pi}{4} p \text{ -f} \quad (7.4)$$

Çift yönde etkili silindirlerde:

$$\text{Çıkış stroku: } F = D^2 \frac{\pi}{4} p \quad \text{Dönüş stroku: } F = (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} p \quad (7.5)$$

Tek yönde etkili silindirlerde, basınç kuvvetinden geri getirme yayına ait yay kuvvetini çıkarmak gerekir. Çift yönde etkili silindirlerde ise geri dönüş strokunda piston alanından piston kolu alanını çıkarmak gerekir. Yapı sekline bağlı olarak hesaplanan silindir basınç kuvvetinin %3 ile %10 kadar bir kısmı sürtünme dirençlerini ya da koparma momentlerini karşılamak üzere azaltılır. Gerekli silindir

basınç kuvvetinin (piston kuvveti) hesaplanmasında, her zaman tam olarak belirlenemeyen mekanik etkileri karşılamak üzere yaklaşık %30 mertebesinde bir emniyet payı ilave edilir. (Silindir stroku büyüdükçe yatak boyu da uzamalıdır, yaklaşık değer: olarak strok uzunluğunun %20'si alınmalıdır).

Piston kuvveti, piston kolu tarafından iletiildiğine göre uzun stroklarda her zaman tam kuvvetten yararlanılamaz. Zira bu durumda normal piston kolu çapı için geçerli sınır bükülme yükü aşılmış olur. Basınçlı hava silindirlerinde genellikle, çapı gerektiğinden daha büyük, daha kuvvetli piston milleri kullanılır.

Basınçlı hava silindirine iletilen potansiyel enerji işe dönüştürülerek tüketilmektedir. Tüketilen basınçlı hava, silindir ileri ya da geri stroka (çift yönde etkili silindir) geçtiğinde, atmosfere salınır. Bu nedenle bir hava tüketimi söz konusudur. Belirli bir çalışma basıncı, piston çapı ve strok için, hava tüketimi şu şekilde hesaplanır (Wojtecki, 1999):

$$\text{Sıkıştırma oranı} = (\text{piston alanı}) \times (\text{strok})$$

Sıkıştırma oranı (deniz seviyesine göre) =  $[1,013 + \text{çalışma basıncı}(\text{bar})] / 1,013$  ilişkisinden hesaplanır.

Hava tüketimini kolay ve hızlı belirlemek için Çizelge 7.4'te pnömatik endüstrisindeki standart silindirlerin yaygın çalışma basınçlarındaki, cm strok başına hava tüketimleri verilmiştir. Hava tüketimi, kompresör verimiyle uyumlu değerler elde etmek için, hep litre cinsinden emme debisi olarak verilir. Buna göre hava tüketimi aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\text{Tek yönde etkili silindirlerde hava tüketimi} = Q = s \cdot n \cdot q \text{ (lt/dak)} \quad (7.6)$$

$$\text{Çift yönde etkili silindirlerde hava tüketimi} = Q = 2 \cdot s \cdot n \cdot q \text{ (lt/dak)} \quad (7.7)$$

Çift yönde etkili silindirlerde piston kolunun hacmi iletken ve valflerdeki diğer

belirsizliklerin yanında ihmal edilebilir olduğundan göz önünde bulundurulmamıştır. Çevrim sayısı zaman biriminde bilinmesi gerektiğinden bir silindirin hava tüketimi, lt/dk cinsinden verilir.

#### **7.4.2 Valfler**

Pnömatik tahrik elemanlarının kumandasında (devreye sokma ve çıkarmada) valflerden yararlanılır, DIN 24 300'e göre valfler aşağıdaki şekilde tanımlanır.

Valfler bir hidropompa, kompresör veya vakum pompası tarafından üretilen ya da bir kapta depolanmış olan basınçlı ortamın akışını başlatma, durdurma veya yön değiştirme yönünden kumanda veya kontrolünü sağlayan aletlerdir.

Bir pnömatik kumandada bir valfin yapı şekli genellikle ikincil bir önem taşır. Önemli olan sadece gerçekleştirilen işlev, devreye sokma şekli ve bağlantı büyüklüğüdür. Bağlantı büyüklüğü ile ilişkili olarak debi miktarı da belirlenmiş olur. Pnömatikte kullanılan valfler genellikle kumandada kullanılır. Kumanda bir işlev ya da büyüklüğü başlatmak, değiştirmek, saptırmak ya da kaldırmak amacını güder. Kumanda için kumanda enerjisi gereklidir, amaç küçük sarfiyatla en büyük etkiyi sağlamaktır. Kumanda enerjisi valfin çalıştırma sekline bağlı olarak manuel, mekanik, elektrik/elektronik, hidrolik ya da pnömatik olarak uygulanır. Pnömatik valfler işlevlerine göre aşağıdaki ana guruplara ayrılır.

- Yol (yön) valfleri
- Akış valfleri
- Tıkama valfleri
- Basınç valfleri

#### **7.4.3 Basınçlı Hava Üretimi (Kompresör)**

Pnömatik kumanda sistemleri, basıncı yapılan işin gücüne uygun düzeyde olan ve yeterli miktarda bulunması gereken, basınçlı hava tüketen düzenlerdir. Basınçlı hava

üretimi kendi faaliyet alanına girmediğinden, pnömatikçi genellikle kendi kumanda sistemini (ya da düzenini), şebekede yeterli miktarda basınçlı hava bulunduğu varsayımı ile, mevcut basınçlı hava şebekesine bağlar. Ancak her yeni pnömatik düzenin kuruluşunda, basınçlı hava üretim tesisi ile ilgili sorunlarla da karşı karşıya kalır. Basınçlı hava üreten tesislerin ana ünitesi, çeşitli yapı ve güçlerde imal edilen, basınçlı hava kompresörleridir. Basınç koşullarını etkileyerek hava, gaz ya da buhar ileten tüm makinalara kompresör adı verilir.

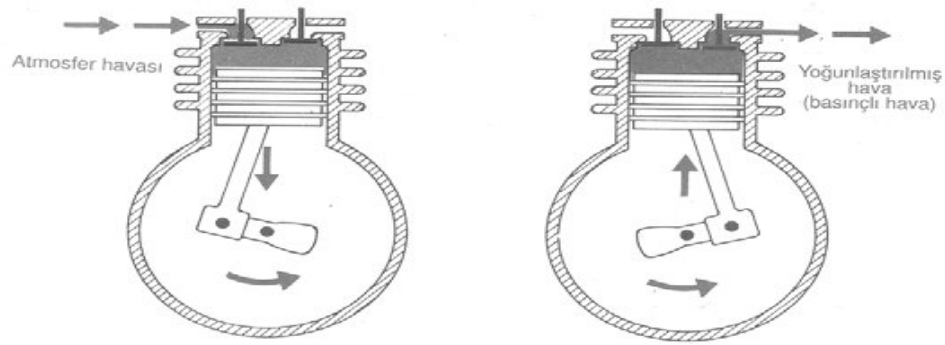
Bir kompresörün gücü, lt/dk veya  $m^3/dk$  olarak debi (hacimsel debi) ve bar olarak ölçülen çıkış basıncı cinsinden verilir. Kompresörün çıkışında ölçülen basınçlı hava miktarı ya da hacimsel debi hesapla girişte emilen hava cinsinden ifade edilebilir. Debi değeri, kompresör türüne göre, birkaç lt/dk ile 50 000  $m^3/dk$  arasında değişirken, erişilen son basınç değeri de, bir kaç pascal'dan 1000 bar'ın üzerine kadar çıkabilir (1 bar=105 Pa ).

Pnömatik endüstrisinde, gerekli çalışma basıncı nedeniyle, çeşitli kompresör türleri içinde bazıları kullanıma elverişlidir. (Bir kompresörün, lt/dk ya da  $m^3/dk$  olarak debisi, gücü belirleyen bir büyüklüktür. Debi ölçü birimi hizmete sunulan etkin basınçlı hava miktarına karşı düşer, emilen hava miktarı bu değerden hesaplanabilir). Pnömatik endüstrisindeki kumanda sistemleri genellikle 6 bar civarındaki bir çalışma basıncıyla (normal pnömatik basınç) çalışır.

Basıncın alt sınırı 3 bar, üst sınır 12 bar civarındadır. Özel durumlarda bu değerler alttan ve üstten aşılabılır. Pnömatiğin gelişimi kullanım alanını bir düşük ve normal basınç bölgesine ayırmayı zorunlu kılmıştır. Bölge sınırları ve tanımlar henüz standartlaşmamıştır. Bunun dışında yüksek ve çok yüksek basınç bölgeleri bulunur ve her ikisi de pnömatik endüstrisi için bir önem taşımaz. Pnömatik endüstrisindeki basınç kademeleri ile kompresörlerdeki basınç kademeleri farklıdır. Kompresörler, yapı şekillerine göre pistonlu ve akisli olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Her sınıf ise birçok alt sınıfa ayrılır. Akışlı kompresörler, debisi yüksek ve çıkış basıncı düşük sistemlerde kullanılır. 600  $m^3/dk$  üzerindeki debi değerlerinde ekonomik olmaya başlarlar. Pnömatik endüstrisinde gerekli basınç değerlerine ulaşamadığından bir

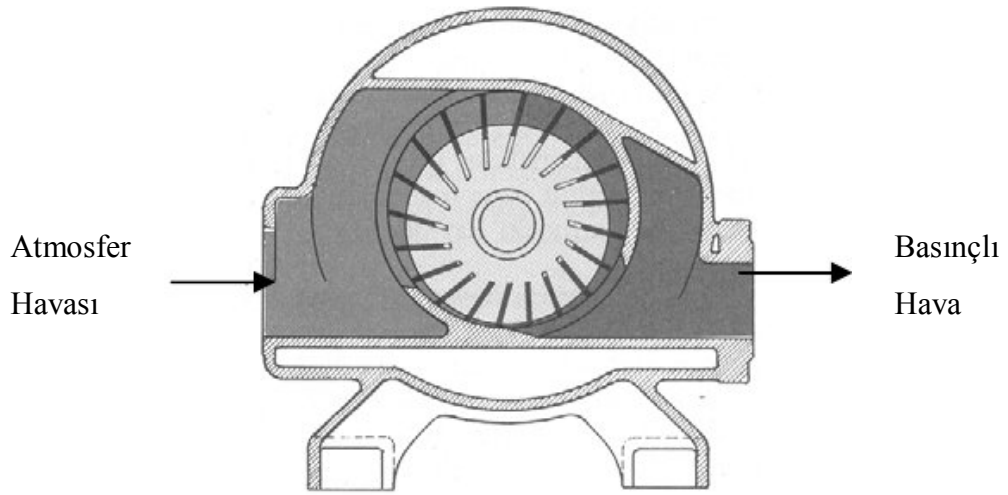


kaç kademeli türler kullanılır. Bu nedenle akisli kompresörlere pnömatikte ender rastlanır. Pnömatik kumandada pistonlu ve dönel kompresörler kullanılır. Her iki modelin farklı yapısal özelliklere bağlı çeşitli alt grupları vardır. En yaygın rastlanan türü sürekli çalışan ya da sadece gerektiğinde devreye giren pistonlu kompresördür (Şekil 7.4). Pistonlu kompresörler en küçük boyutlu tesislerde, en düşük debi değerlerinden,  $500 \text{ m}^3/\text{dk}$  üzerindeki debi değerlerine kadar imal edilir. Bir kademeli pistonlu kompresörlerde 6 bar çıkış basıncına, özel durumlarda ise 10 bar çıkış basıncına kadar ulaşılır. İki kademeli pistonlu kompresörlerin çalışma basıncı 15 bar'a erişirken, üç ve dört kademeli modellerde çıkış basıncı 250 bar mertebesine yükselebilir. Pnömatik endüstrisi için, bir ve iki kademeli pistonlu kompresör, en uygun modeldir. Çıkış basıncının (çalışma basıncı) 6 bar'ı aşması halinde, işletme masrafı düşük olduğundan, iki kademeli kompresör bir kademeliye göre tercih edilir.



Şekil 7.4. Bir hava soğutmalı pistonlu kompresörün çalışma prensibi 1.Emme 2.Basma (Özcan, Işıl, Kırıcı, 1986).

Dönel kompresör grubunda özellikle vidalı ve çok hücreli kompresörler (paletli kompresörler) basınçlı hava üretim tesisleri için uygundur. Bu gruptaki diğer tasarım türleri, gerekli çıkış basıncını sağlamadığından, pnömatik endüstrisi uygulamalarda görülmez. Paletli kompresörlerde (Şekil 7.5) mil silindire eksantrik olarak yerleştirilir. Hareketli paletler nedeniyle, hilal şeklindeki hacimde, paletlerle ayrılan yalıtılmış hücreler oluşur. Rotorun sağa doğru dönmesi halinde büyüyen hücre hacimleri nedeniyle sol taraftaki hava emilirken, sağ tarafa doğru daralan hücreler nedeniyle, sağ tarafta basınçlı hava elde edilir.



Şekil 7.5. Dönel çok hücreli (paletli) bir kompresörün çalışma prensibi.

Bu kompresör yapı şeklinin avantajı, sessiz ve hemen hemen darbesiz hava üretebilmesidir. Dönel kompresörler bir kademede 4 bar'a kadar hava basıncı üretirken, iki kademede yaklaşık 8 bar basınca ulaşırlar. Boyutlan ile orantılı olarak debileri  $100 \text{ m}^3/\text{dk}$  mertebesine çıkabilir.

### 7.5 Enerji İletiminin Farklı Sistemler İle Karşılaştırılması

Çalışma elemanları 3 ana grupta toplanır. Bunlar:

- a) Elektrik
- b) Hidrolik
- c) Pnömatik

Bu elemanların seçimi kuvvet, yol, hareket çeşidi (doğrusal, döner vb.) , hız, yer kaplama, ömür, hassasiyet, çalışma emniyeti gibi kriterlere göre tercih edilir.

### 7.5.1 Çalışma Elamanlarının Özellikleri

Elektrik: Enerji depolanması güç, enerji iletimi iyi ve hızlı (hemen hemen ışık hızı), fiyatı düşüktür. Doğrusal hareket temini, karmaşık ve pahalıdır. Çünkü dönüşüm için ya mekanik ya da hareket miktarı küçük olan kaldırıcı mıknatıs gereklidir. Hacim itibariyle büyük yer tutarlar.

Döner hareket temini, yüksek verimli olup büyük yer kaplarlar. Dönme sayısı sınırlıdır. Düzgün bir karakteristik eğrisi vardır. Dönme sayısı ile döndürme momentinin ayarı güçtür. Genel olarak, aşırı yük emniyetleri yoktur. Ancak büyük harcamalar yapılarak aşırı yük emniyetine ulaşılır. Patlama emniyeti yoktur (TPC Training System Technical Publishing, 2001).

Hidrolik: Enerji depolanması sınırlı ölçüde mümkündür. Enerji iletimi (uzaklık ~102 m. Akış hızı ~2–6 m/s.) yavaş ve sınırlıdır. Enerji maliyeti yüksektir.

Doğrusal hareket temini çok basittir. Çalışma hızları fazla yüksek değildir (max. 0,5 m/s). Az yer kaplarlar ve çok büyük kuvvetler elde edilebilir.

Döner hareket temini, döner hareket kolaylıkla elde edilebilir. Çok yüksek dönme sayılarına erişilemez. Verimi yüksektir ve büyük döndürme momentlerine çıkılabilir.

Genel olarak, aşırı yük emniyetleri vardır. Yüksek basınçlar söz konusu olduğundan iletim hatlarının montajı güç ve pahalıdır. Aynı zamanda sızdırmazlığa dikkat etmek gerekir.

Pnömatik: Enerji depolanması mümkün ve problemsizdir. Enerji iletimi (uzaklık ~103 m akış hızı ~20–40 m/s) yavaş ve sınırlıdır enerji maliyeti yüksektir.

Doğrusal hareket temini, kolay ve ucuzdur. Çalışma hızları yüksektir. (1–2 m/s) Hareket miktarı (strok) sınırlıdır (Şekle bağlı olarak 2 m'ye kadar). Elde edilebilir kuvvet sınırlıdır (Max. ~ 40 000 N, normal~10 000 N'a kadar) az yer kaplarlar.

Döner hareket temini, kolay ve ucuzdur. Düşük verim nedeniyle işletme maliyetleri yüksektir. Çok yüksek dönme sayılarına ulaşılabilir. (500 000 devir/dak.) Çok yüksek döndürme momentleri elde edilemez.

Genel olarak, aşırı yük emniyetleri vardır. Patlama emniyeti mevcuttur. Dönme sayısı, döndürme momenti, çalışma hızı ve kuvvetler rahatça ayarlanabilir (TPC Training System Technical Publishing, 2001).

## 7.6 Pnömatikle İlgili Temel Hesaplar

### 7.6.1 Basınç

Eskiden tanımlanmış ve dil alışkanlığı ile mutlak basınç (ata), basınç altı (atu) ve basınç üstü (atü) için, ender de olsa kullanılmaya devam edilen ve ölçü birimleri “Birim Yasası” (1970) yürürlüğe girdikten sonra, ticari ve resmi yazışmalarda kullanımına izin verilmemektedir.

Bu husus ölçü aletlerinin skalalandırılması (standartlaştırılması & bölüntülenmesi, örneğin manometreler) için de geçerlidir.

Eski ölçü birimlerinin yerini bu tarihten itibaren pascal almıştır. Basınç ve mekanik gerilim için türetilmiş pascal (birim simgesi Pa) bir SI-birimidir (eski ölçü birimi kp/mm<sup>2</sup>’ dir). SI-birimlerinde Pa, atmosferle doğrudan ilişkili olmadığından her tür yüzeysel kuvvetle ilişkilendirilebilir; buna göre Pa, basıncı belirttiği gibi, örneğin bir maddenin çekme dayanıklılığını da ifade edebilir (Hasenbrik, Kobler, Idler, 1985).

1 pascal, 1 m<sup>2</sup> yüzeye dik ve düzgün uygulanan, 1 newton (N) şiddetindeki kuvvetin oluşturduğu basınçtır:

$$1 \text{ pascal} = 1 \frac{\text{newton}}{\text{metre}^2} \Rightarrow \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \Rightarrow \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2} \quad (7.6)$$

Pnömatik endüstrisinde basınç ölçü birimi Pa küçük geldiğinden normal basınçlar ifade edilirken çok basamaklı sayılara ihtiyaç duyulur. Bu nedenle megapascal'ın onda biri için (1MPa = 1 000 000 Pa) simgesi bar olan bir birim tanımlanmıştır.

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 100000 \text{ Pa} \quad (7.7)$$

Eskiden basınç verileri için kullanılmış olan atü ve kp/cm<sup>2</sup> gibi ölçü birimleri yeni SI-birimlerine çevrilebilir. Pnömatik endüstrisinde görece düşük basınçlar için yuvarlatılmış çevirme katsayıları kullanılabilir.

$$\begin{aligned} \text{Çevirme katsayıları: } 1 \text{ kp/cm}^2 &= 0,980665 \text{ bar} \cong 0,981 \text{ bar} \\ 1 \text{ bar} &= 1,01972 \text{ kp/cm}^2 \cong 1,02 \text{ kp/cm}^2 \end{aligned} \quad (7.8)$$

Pnömatik endüstrisindeki uygulamalarda 1 bar  $\cong$  1 kp/cm<sup>2</sup> olarak alınabilir.

Çevirme katsayısı alınarak 1bar  $\cong$  1 kp/cm<sup>2</sup> yapılan yaklaşık %2 mertebesindeki yuvarlatma hatasına karşın, örneğin 6bar  $\cong$  6,11832 kp/cm<sup>2</sup> mertebesindeki bir basınç için hesap hacmi oldukça büyüktür. Pnömatik endüstrisinde 10 bar basınçta yapılan %2'lik hata bile önemsenmeyebilir. Yakın gelecekte metrik sistem kullanmayan ülkelerin de uluslararası birim sistemini kabul edeceği varsayılabilir. Evrensel yaygın lbf/in<sup>2</sup> (psi) basınç birimi de SI-birimi bar'a çevrilebilir.

$$\begin{aligned} \text{Çevirme katsayıları: } 1 \text{ bar} &= 145 \text{ psi} \\ 1 \text{ psi} &= 0,06895 \text{ bar} = 0,07 \text{ bar} = 700 \text{ pa} \end{aligned} \quad (7.9)$$

### 7.6.2 Kuvvet

Eskiden silindir kuvveti, tetikleme kuvveti gibi kuvvet değerleri için kilopond (kp) birimi kullanılmaktaydı. Bugün SI-birimi olarak birim simgesi N olan Newton geçerlidir.

1 newton (N), kütlesi 1 kg olan bir cismi 1 m/s<sup>2</sup> kadar ivmelendiren kuvvettir:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\begin{aligned} \text{Çevirme katsayıları:} \quad 1 \text{ N} &= 0,102 \text{ kp} \\ 1 \text{ kp} &= 9,81 \text{ N} \end{aligned} \quad (7.10)$$

“kp” değerini N’a çevirmek ya da tersi için, sadece %2 mertebesinde bir hata yapıldığından, uygulamada, yuvarlatılmış katsayı delerlerini kullanmak yeterlidir.

Pnömatik endüstrisindeki uygulamalarda 1 N = 0,1 kp olarak alınabilir.

$$1 \text{ kp} = 10 \text{ N}$$

### 7.6.3 İş

Pnömatikte eskiden dönme hareketleri ile ilgili olarak öncelikle kpm (kilopond metre) ya da kpcm (kilopond santimetre) iş birimi kullanılırdı. Verilen döndürme momenti orada seçim kriterlerinden birini oluşturur. Bugün bunun yerine, J birim simgeli joule SI-birimi kullanılır.

Kpm ya da kpcm birimleri J’a çevrilirken ya da tersi işlem yapılırken, hata genellikle %2’den daha az olduğundan, yuvarlatılmış rakamlı katsayılar kullanılır.

1 joule (J), 1 N kuvvetin uygulandığı noktanın, kuvvet yönünde 1m ötelemesi halinde yapılan iştir:

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ Nm} = \frac{\text{m}^2 \text{ kg}}{\text{s}^2}$$

(7.11)

$$\begin{aligned} \text{Çevirme katsayıları:} \quad 1 \text{ J} &= 0,102 \text{ kpm} \\ 1 \text{ kpm} &= 9,81 \text{ J} \end{aligned}$$

Pnömatik endüstrisindeki uygulamalarda 1 J = 0,1 kpm olarak alınabilir.

$$1 \text{ kpm} = 10 \text{ J}$$

#### 7.6.4 Güç

Eskiden yaygın kullanılan güç birimi beygir gücü (PS) geçerliliğini yitirmiştir. Yerine birim simgesi W olan SI-birimi watt kullanılır.

1 watt, 1 s zaman aralığında 1 J dönüşümü sağlayan güce eşittir:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ Nms}^{-1} = 1 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{s}^2}$$

(7.12)

Çevirme katsayıları:  $1 \text{ W} = 0,001359 \text{ PS}$

$1 \text{ PS} = 735,49875 \text{ W}$

## **BÖLÜM SEKİZ**

### **SONUÇLAR**

#### **8.1 Genel Açıklama**

Otomasyon sistemlerinin hareket mekanizmalarında yoğunlukla kullanılan pnömatik sistemlerin tercih edilme nedenlerinin başında; Son stroktaki pozisyonlama hassasiyeti, sistem yağ içermediği için temiz olması, zorlayıcı ortam koşullarında uzun süre çalışabilir olması ve çok ekonomik olması gelmektedir.

Yapılan tez çalışmasında öncelikle iki pozisyonlu kartezyen eksen tasarlanmıştır. Bu eksenlerin hareket mekanizmasında yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı pnömatik silindirler kullanılmıştır. Eksenlerin konum kontrolü selenoid valflerle yapılmış ve sistemin otomasyonu PLC ile sağlanmıştır.

#### **8.2 İlerideki Çalışmalar**

Tez ile amaçlanan; Otomasyon sistemlerinde yaygın olarak kullanılan pnömatik kartezyen robotların yapısını, genel özelliklerini, kontrol yöntemlerini, avantaj ve dezavantajları incelemek ayrıca sistemin tasarımını yapıp PLC ile kontrolde kullanılan yöntem incelenerek mekatronik anabilim dalında ileride yapılacak çalışmalara bir alt yapı sağlamaktır.



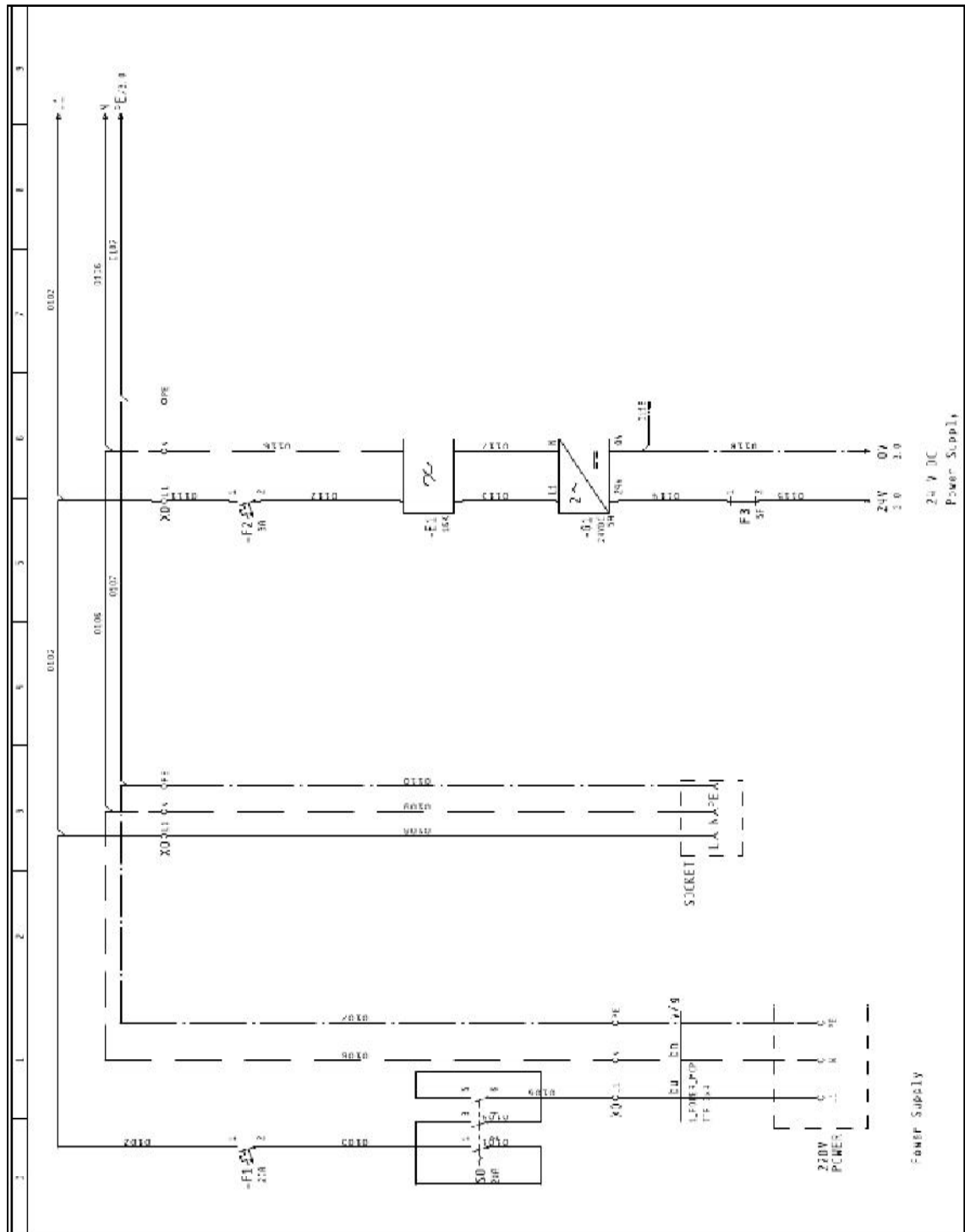
## KAYNAKLAR

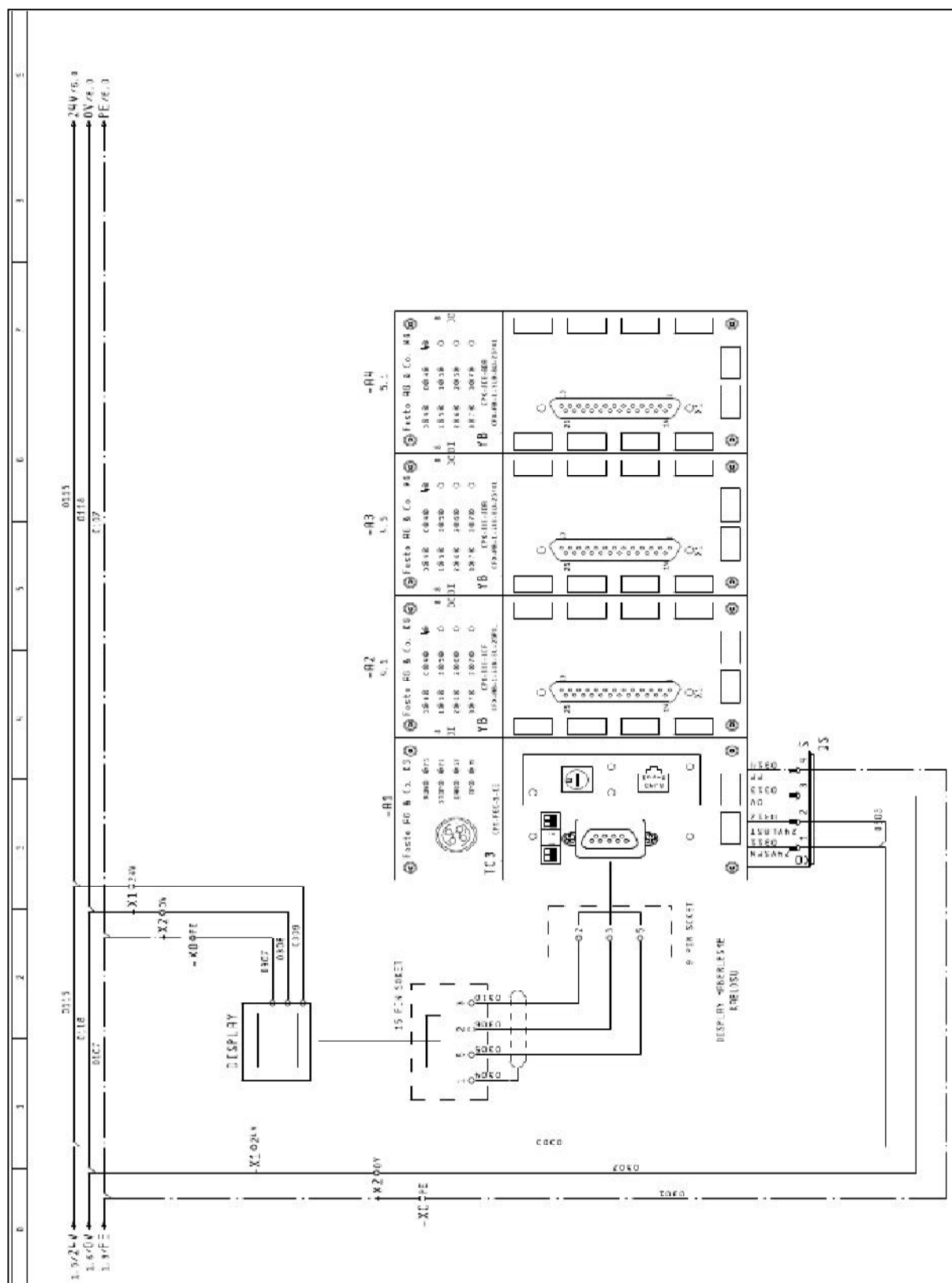
- Asfahl, J.R. (1985) *Robots and Manufacturing Automation* (2. Baskı). Arkansas: Wiley
- Beyazıt, H. (2005) *Uygulamalı PLC Programlamave Operatör Panel Konfigrasyonu* (4. Baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım
- Bolt, W. (2006) *Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering* (4. Baskı). New Jersey: Prentice Hall
- Craig, J. (1989) *Introduction to Robotics, Mechanics and Control* (5. Baskı). London: Addison Wesley
- Croser, P. (1990). *Pnömatik TP101* (F. Çevik, Çev.). İstanbul: FESTO (Orijinal basım tarihi 1998)
- Çengelci, B., Çimen, H. (2005). Endüstriyel Robotlar. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1 (4), 17-22
- Deppert, W., Stoll, K. (1998). *Pnömatik Kumandalar* (Bir. A, Çev.). İstanbul: Vogel Yayınları (Orijinal Basım 1994)
- Durmusoglu,S., Köker,M.S. (27 Şubat 2007). *Türkiye'de Endüstriyel Robot Kullanım*, 15 Temmuz 2007 , <http://www.bilimbilmek.com/sayfa/SemraDurmusogluTurkiyedeEndustriyelRobotKullanimi.html>
- Gilles, M. (1992). *Programme Logic Controllers* (1. Baskı). Massachusetts: Baffins Lane
- Hasenbrik, J.P., Kobler, R., Idler, S. (1985) *Fundamentels of Pneumatic Control Technology* (1. Baskı). Almanya: Festo Didactic

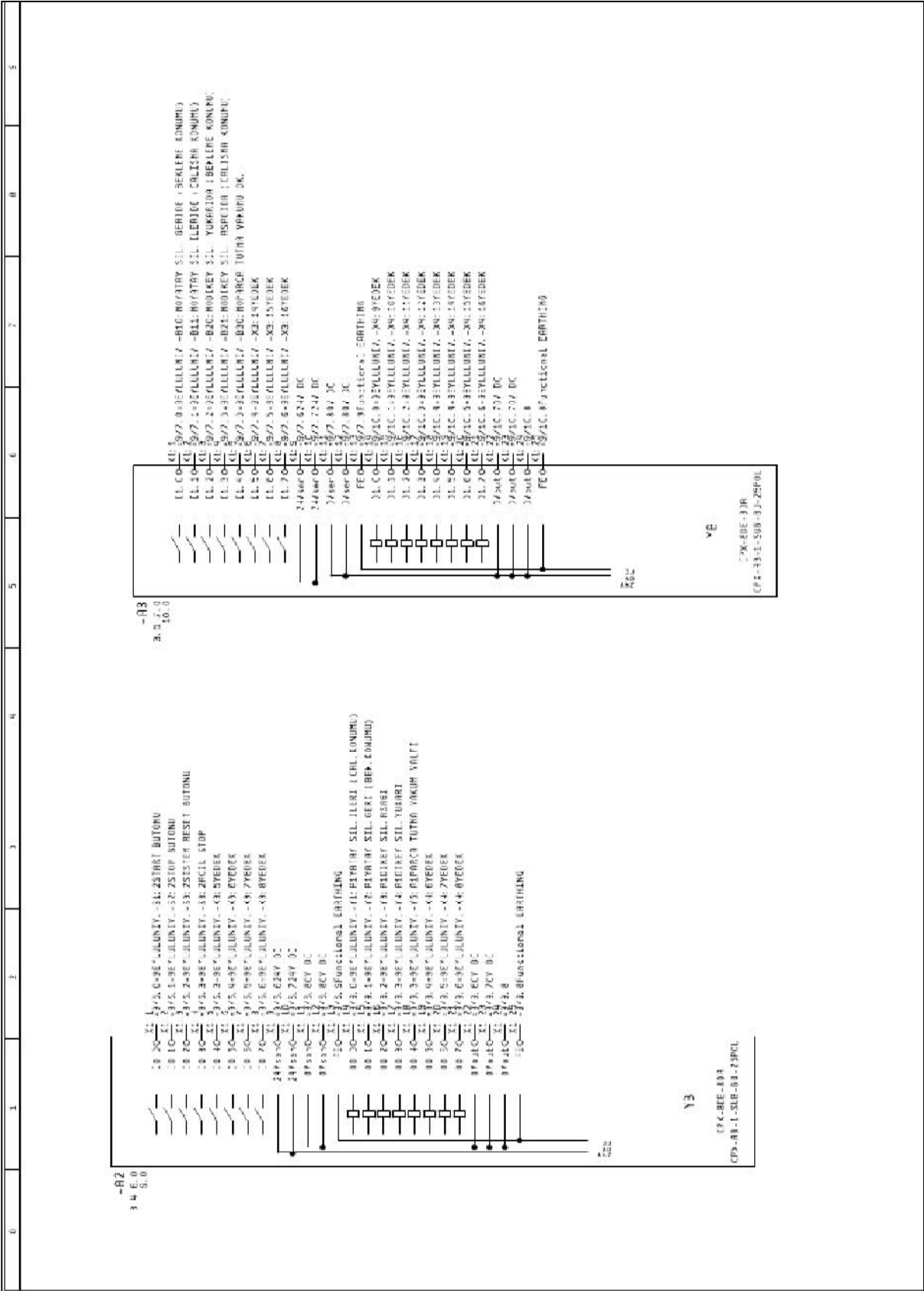
- Koiva, A.J. (1989) *Fundamentals for Control of Robotic Manipulators* (1. Baskı). New York: John Wiley & Sons INC
- Krivits, I.L., Krejnin, G.V. (2006) *Pneumatic Actuating Systems for Automation Equipment: Structure and Design* (4. Baskı). Boston: CRC Press
- Matic, N. (2004). *PLC Controller* (2. Baskı). Belgrad: Mikroelektronika
- Mendi, F., Külekçi, M.K. (2001). PLC denetimli üç eksenli pnömatik bir işlem ünitesi tasarımı ve imalatı *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 14 (22), 35-42
- Morley, D., Verhappen, I., Hogendoorn, P., Pollard, J. (2003) *Festo Didactic PLC Fieldbus Profibus DP Workbook* (2. Baskı). Almanya: Festo Didactic
- Niku, S. B. (2001). *Introduction to Robotics : Analysis, System, Applications* (1. Baskı). New Jersey: Prentice Hall
- Patient, P., Pickup, R., Powell, N. (1994). *Pnömatik*. (Taşlıca, A. O., Pancar, Y., Çev.). Ankara: MEB (Orijinal basım tarihi 1992)
- TPC Training System Technical Publishing. (1994) *Temel Pnömatik*. (Sipahioğlu, S., Nalbant, M., Çev.). Ankara: MEB
- Wojtecki, R.G. (1999) *Air Logic Control of Automation Systems* (2. Baskı). Boston: CRC Press

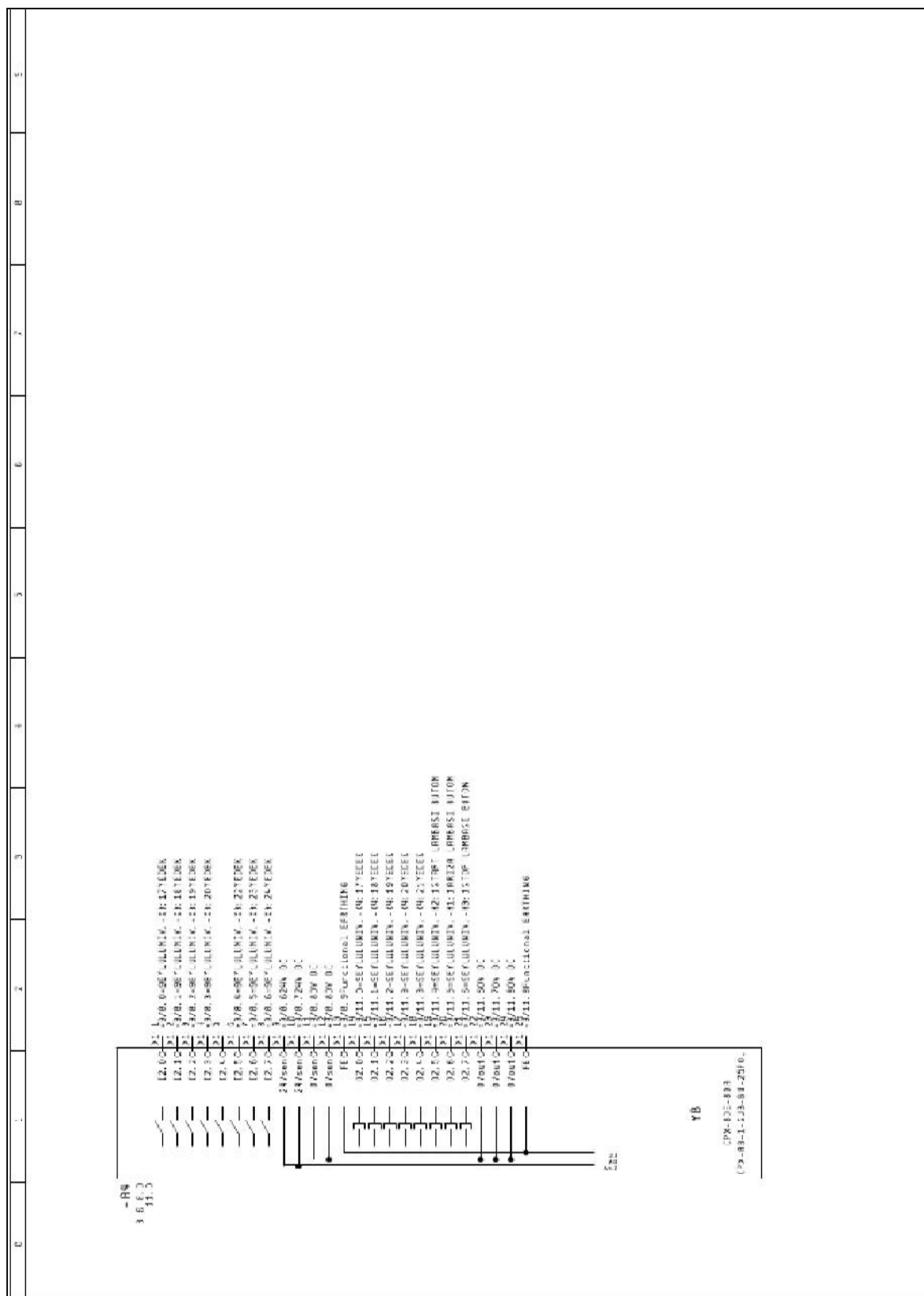
## EK 1

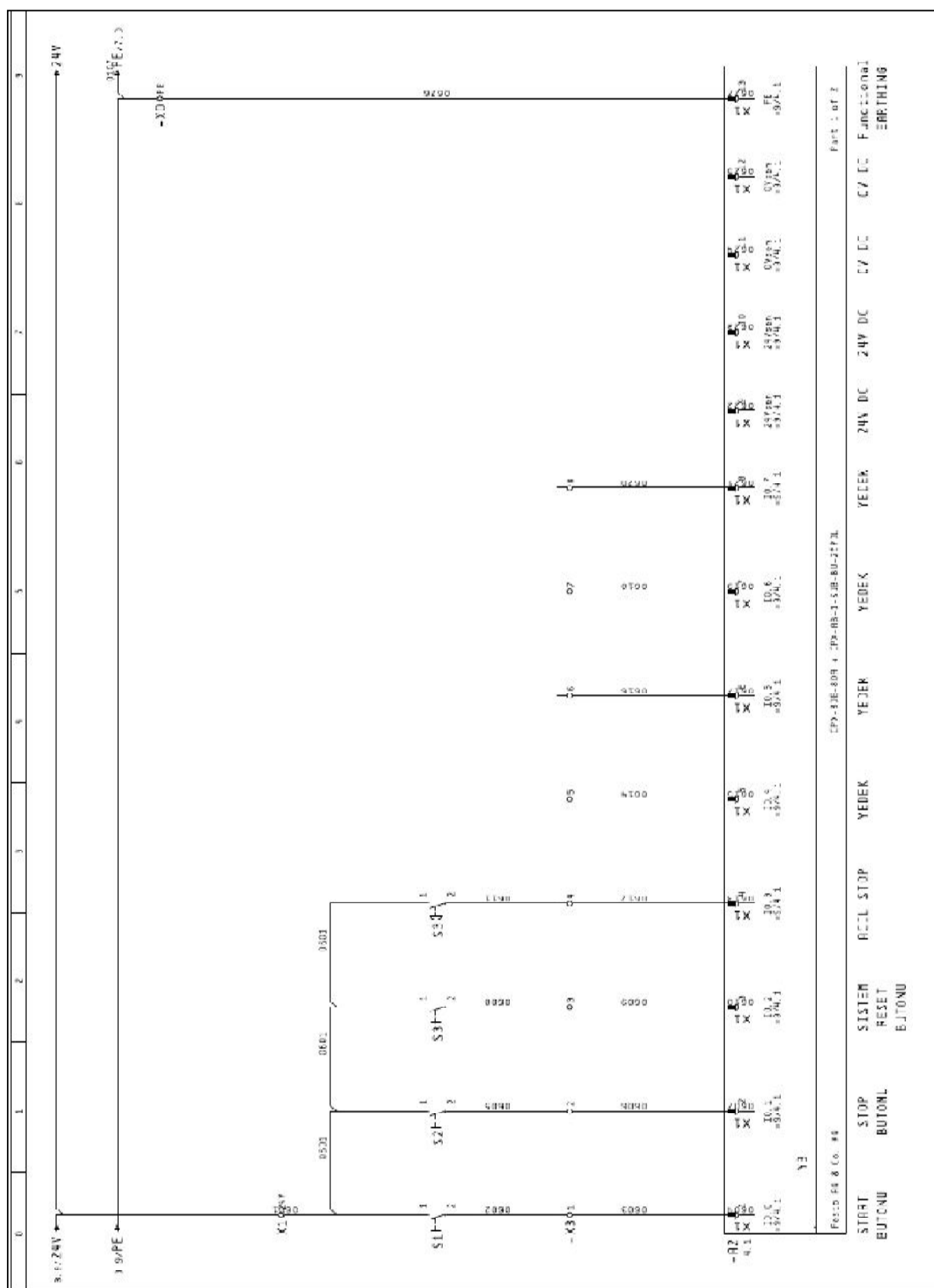
## EK 1

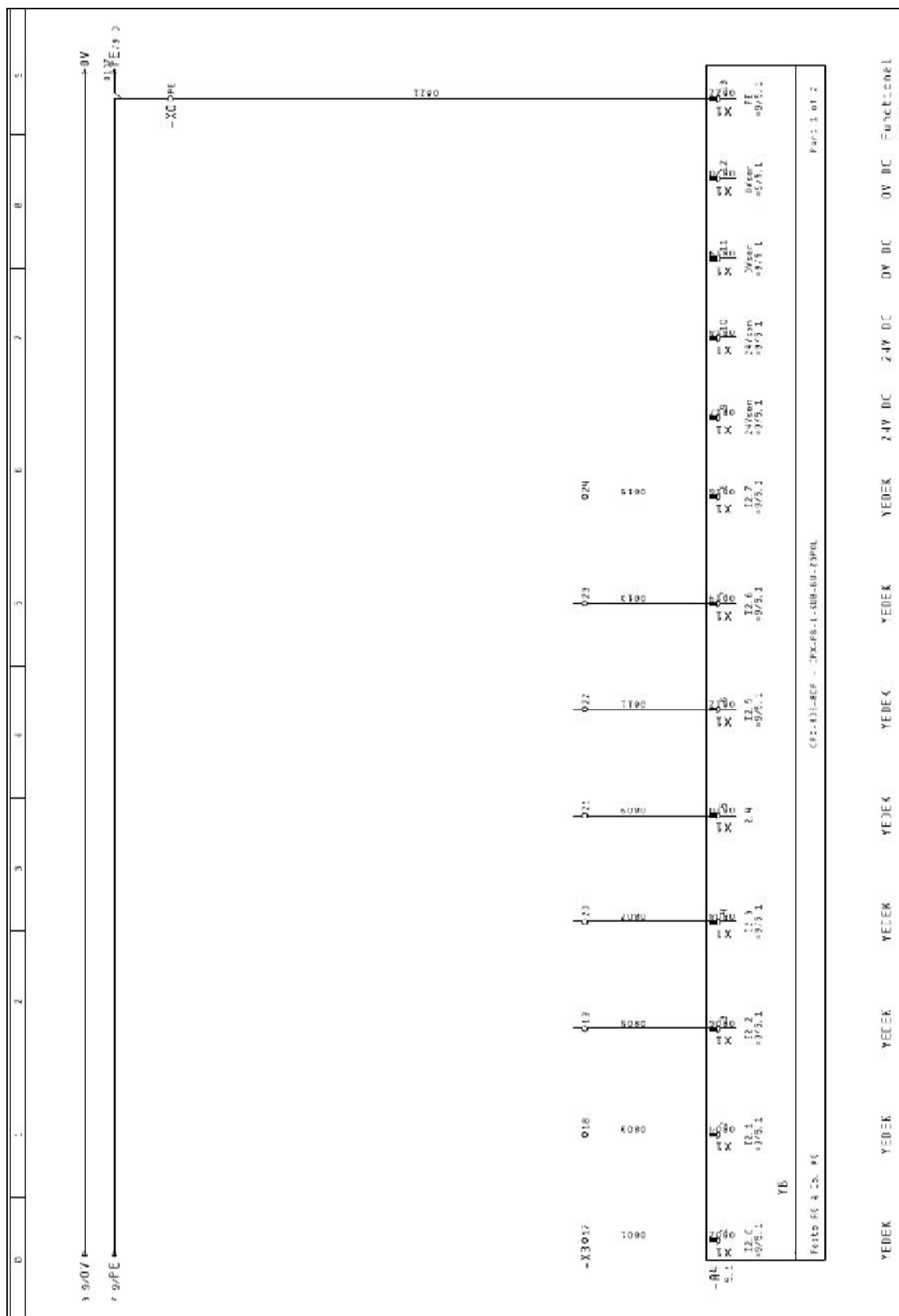




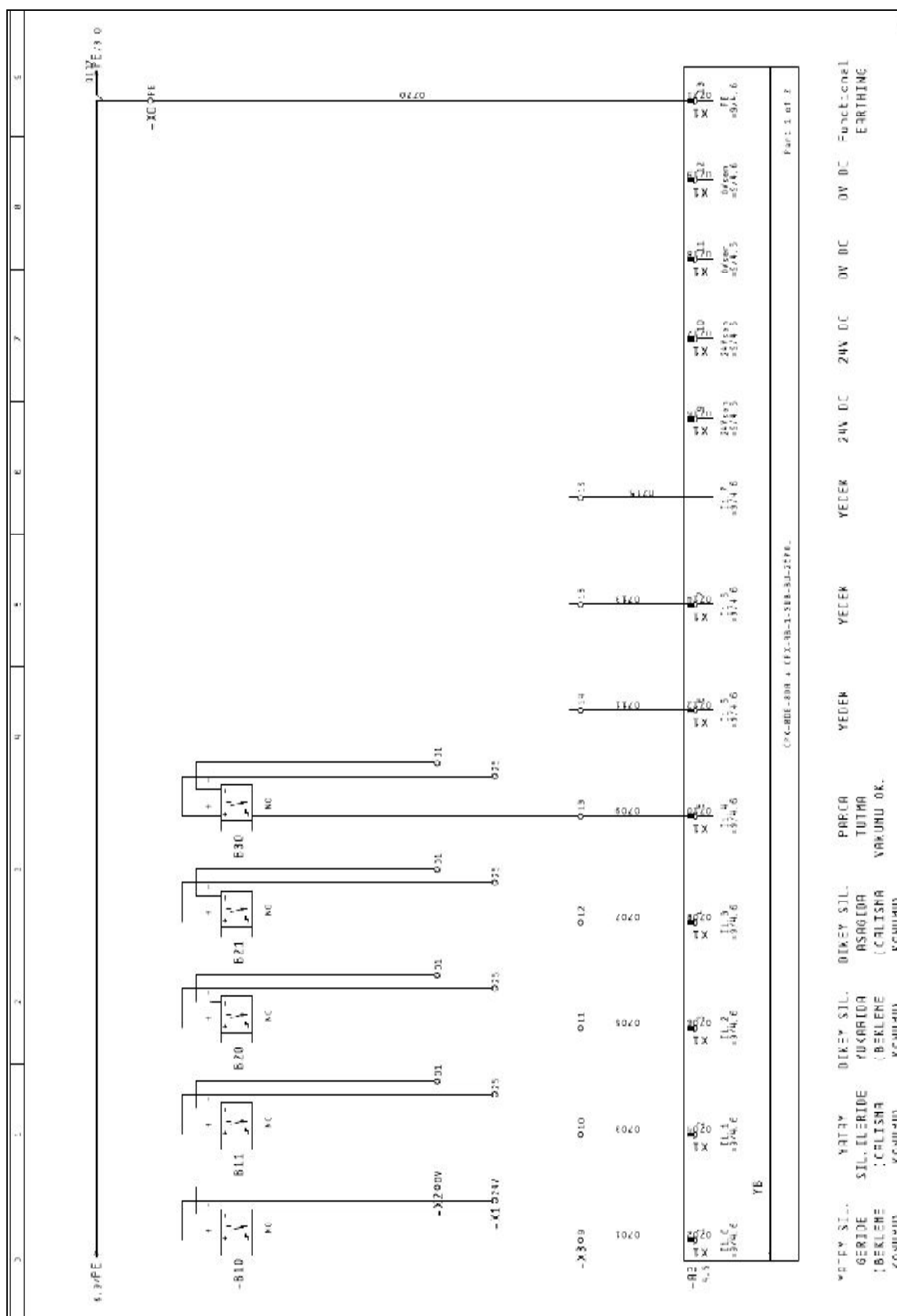




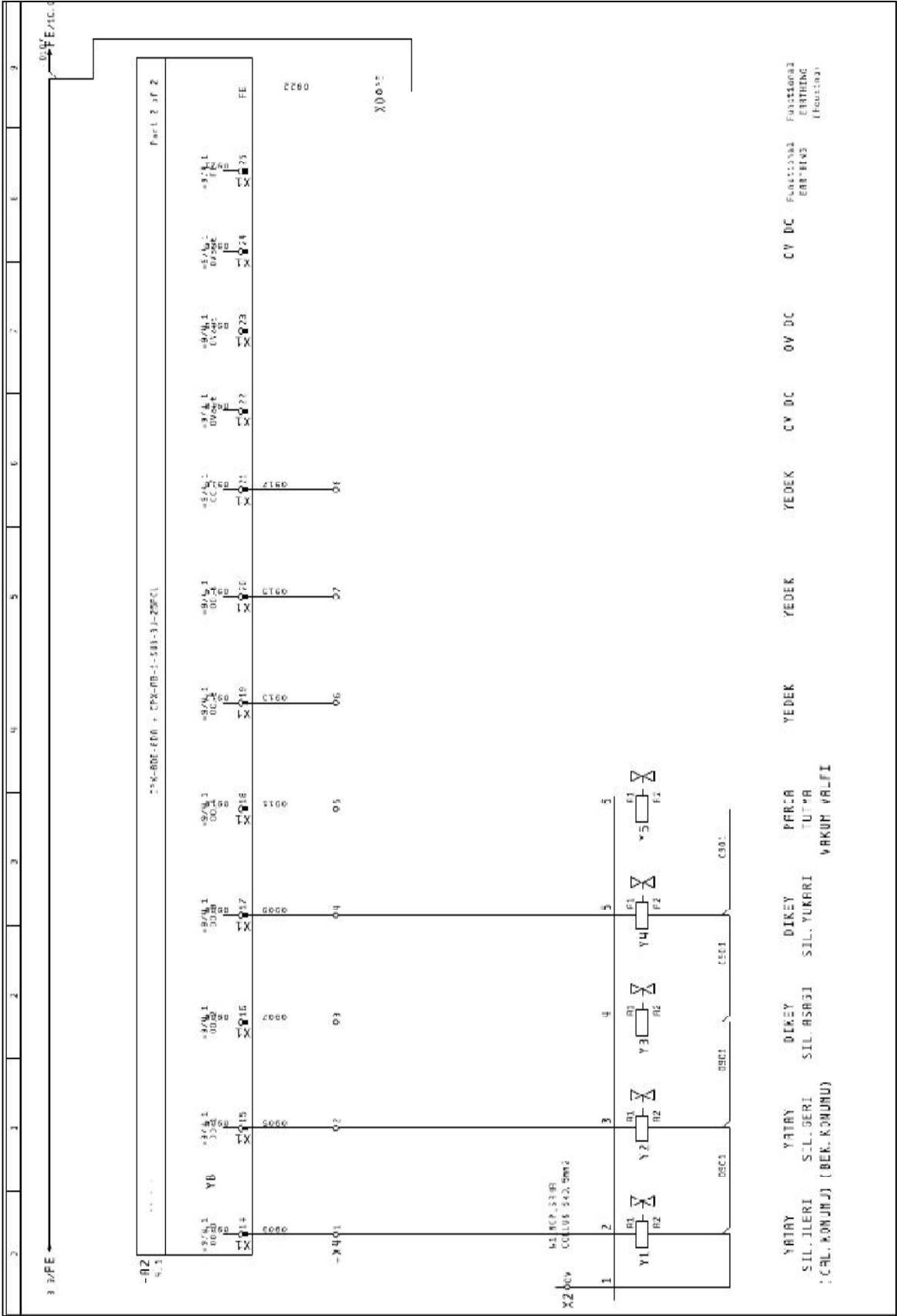


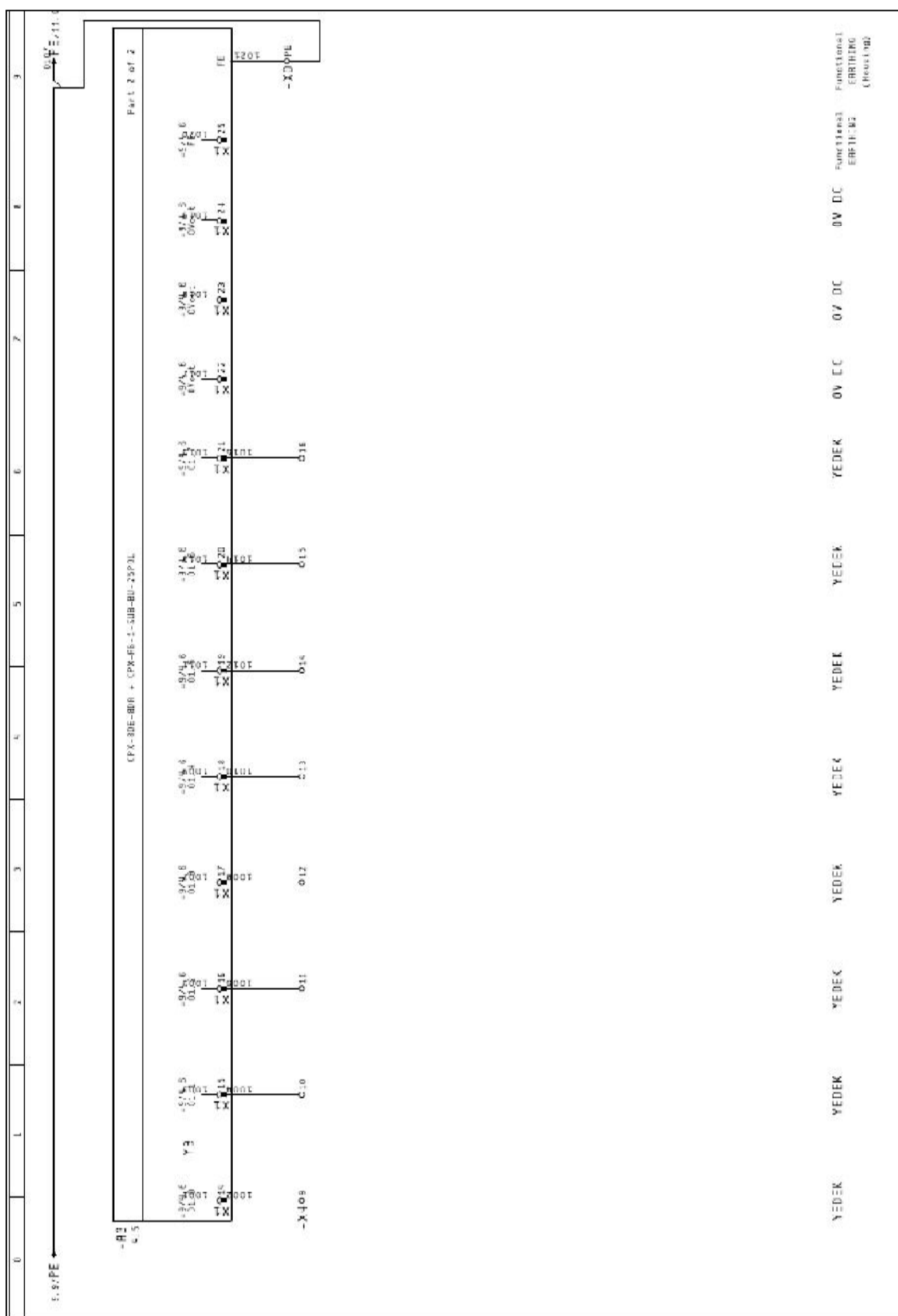


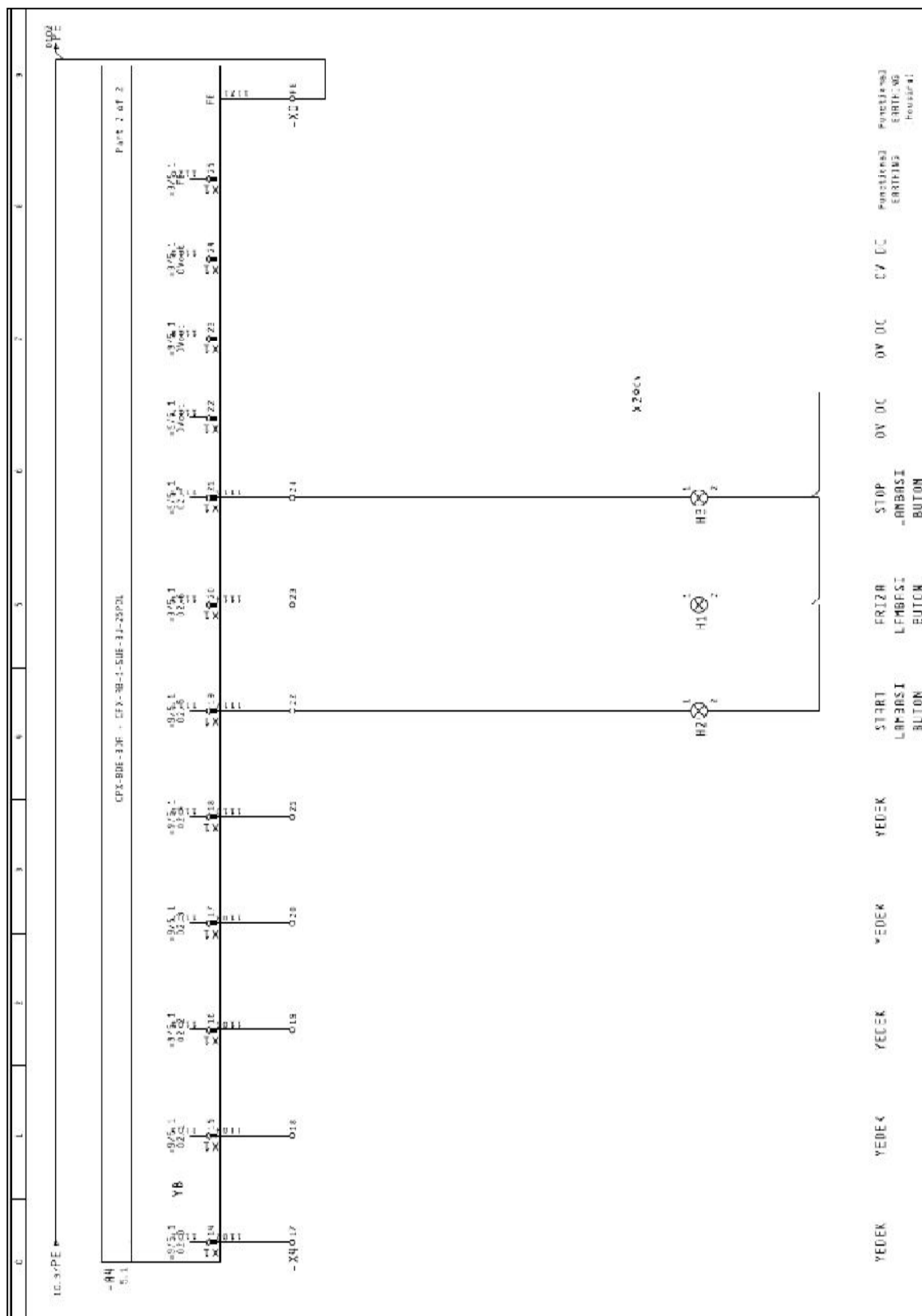


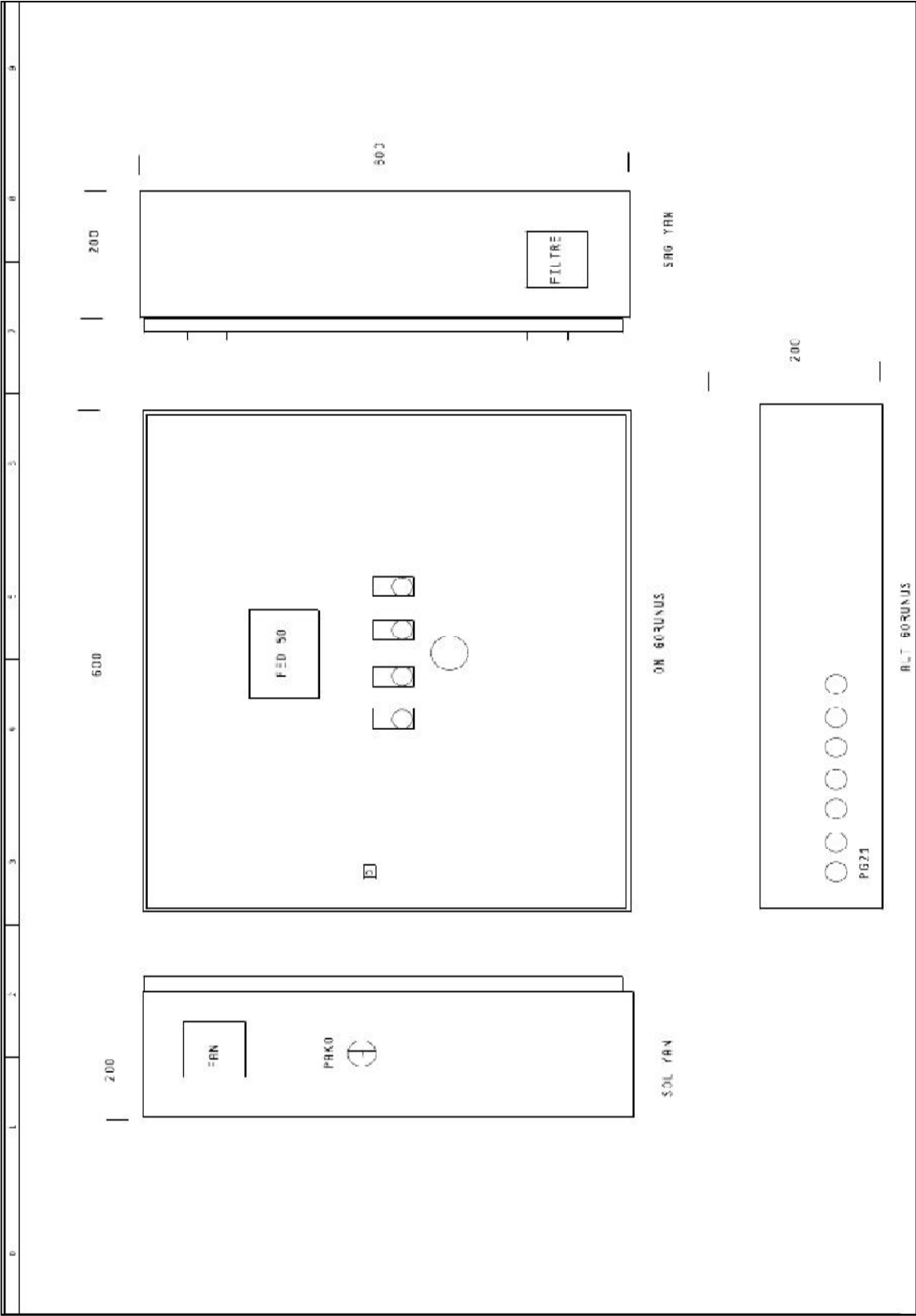














**EK 2****ANA KONTROL PROGRAMI****STEP INIT**

```

""-----
""-----
""BASLANGIC

```

```

IF          NOP
THEN LOAD   V0
    TO      OW0      '0.CIKIS BITLERI (O0.0 - O0.7)
    TO      OW1      '1.CIKIS BITLERI (O1.0 - O1.7)
    TO      OW2      '2.CIKIS BITLERI (O2.0 - O2.7)

    TO      FW1      'SISTEM MERKERLERI
    TO      FW5      'PROGRAM KONTROL MERKERLERI

    TO      FW50     'ARIZA MERKERLERI

    RESET   TON200    'ARIZA TAKIP ZAMANI
    RESET   TON201    'ARIZA TAKIP ZAMANI
    RESET   TON202    'ARIZA TAKIP ZAMANI

    SET     F3.0      'MAKINA RESET ISLEMI GEREKLI

```

**STEP LOOP**

```

""-----
""-----

```



""SUREKLI CALISACAK PROGRAMLAR

```
IF          NOP
THEN SET    P50      'ARIZA TAKIP PROGRAMI
```

```
""-----
""-----
```

""BLINK

```
IF          NOP
THEN CFM     0      'BLINK General blink bits
      LOAD   FU32    'SISTEM REGISTER-1
      TO     FW100   'BLINK WORD
```

```
""-----
""-----
```

""SISTEM BASLANGIC KOSULU

```
IF          S1      'ACILSTOP BUTONU
THEN SET     F0.0    'SISTEM BASLANGIC KOSULU
OTHRW RESET F0.0    'SISTEM BASLANGIC KOSULU
```

""TRANSFER UNITESI BASLANGIC KOSULU-YARDIMCI

```
IF          B10      'YATAY SIL.GERIDE (BEKLEME KONUMU)
      AND   N   B11    'YATAY SIL.ILERIDE (CALISMA KONUMU)
      AND          B20  'DIKEY SIL.YUKARIDA (BEKLEME KONUMU)
      AND   N   B21    'DIKEY SIL.ASAGIDA (CALISMA KONUMU)
      AND   N   B30    'PARCA TUTMA VAKUMU OK.
THEN SET     F0.1      'TR.UNI.BASLANGIC KOSULU-YARDIMCI
OTHRW RESET F0.1      'TR.UNI.BASLANGIC KOSULU-YARDIMCI
```

""TRANSFER UNITESI OTOMATIK CALISMA ARIZA YOK

```

IF          F5.2      'MAKINA CALISMA PRG.BASLADI
  AND   N   F50.1      'TRANSFER GRUBU YATAY SIL.ARIZASI
  AND   N   F50.2      'TRANSFER GRUBU DIKEY SIL.ARIZASI
  AND   N   F50.3      'TRANSFER GRUBU VAKUM HATASI
THEN SET    F0.2      'OTOMATIK CALISMA-ARIZA YOK
OTHRW RESET F0.2      'OTOMATIK CALISMA-ARIZA YOK

```

""-----

""-----

""START MERKERI

```

IF      N   F3.0      'MAKINA RESET ISLEMI GEREKLI
  AND      F0.0      'SISTEM BASLANGIC KOSULU
  AND      F0.1      'TR.UNI.BASLANGIC KOSULU-YARDIMCI
  AND      S2        'START BUTONU
THEN SET  F1.0      'START MERKERI

```

```

IF          F1.0      'START MERKERI
  AND   ( N   S3      ) 'STOP BUTONU
THEN RESET F1.0      'START MERKERI

```

""-----

""-----

""MAKINA RESET PROGRAMI

```

IF          F3.0      'MAKINA RESET ISLEMI GEREKLI
  AND      F0.0      'SISTEM BASLANGIC KOSULU
  AND      S4        'SISTEM RESET BUTONU
  AND   N   F5.2      'MAKINA CALISMA PRG.BASLADI
  AND   N   F5.0      'MAKINA RESET PROGRAMI BASLADI

```

```

THEN SET    P10      'MAKINA RESET PROGRAMI
      SET      F5.0    'MAKINA RESET PROGRAMI BASLADI

```

```

IF          F5.1      'MAKINA RESET PROGRAMI BITTI
THEN RESET P10      'MAKINA RESET PROGRAMI
      RESET  F5.0    'MAKINA RESET PROGRAMI BASLADI
      RESET  F5.1    'MAKINA RESET PROGRAMI BITTI

```

```

""-----

```

```

""-----

```

```

""MAKINA CALISMA PROGRAMI

```

```

IF      N    F3.0      'MAKINA RESET ISLEMI GEREKLI
      AND    F0.0      'SISTEM BASLANGIC KOSULU
      AND    F0.1      'TR.UNI.BASLANGIC KOSULU-YARDIMCI
      AND    F1.0      'START MERKERI
      AND    N    F5.0  'MAKINA RESET PROGRAMI BASLADI
      AND    N    F5.2  'MAKINA CALISMA PRG.BASLADI
THEN SET  P11      'MAKINA CALISMA PROGRAMI
      SET    F5.2    'MAKINA CALISMA PRG.BASLADI

```

```

IF          F5.3      'MAKINA CALISMA PRG.BITTI
THEN RESET P11      'MAKINA CALISMA PROGRAMI
      RESET  F5.2    'MAKINA CALISMA PRG.BASLADI
      RESET  F5.3    'MAKINA CALISMA PRG.BITTI

```

```

""-----

```

```

""-----

```

```

""TRANSFER GRUBU YATAY SILINDIR KONTROL

```

```

IF          Y10_1      'YATAY SIL.ILERI (CALISMA KONUMU)

```

```

        AND    N      B10      'YATAY SIL.GERIDE (BEKLEME
KONUMU)

        AND      B11      'YATAY SIL.ILERIDE (CALISMA
KONUMU)
    THEN RESET    Y10_1      'YATAY SIL.ILERI (CALISMA KONUMU)

    IF      Y10_2      'YATAY SIL.GERI (BEKLEME KONUMU)
        AND      B10      'YATAY SIL.GERIDE (BEKLEME
KONUMU)
        AND    N      B11      'YATAY SIL.ILERIDE (CALISMA
KONUMU)
    THEN RESET    Y10_2      'YATAY SIL.GERI (BEKLEME KONUMU)

    ""-----
    ""-----

    ""TRANSFER GRUBU DIKEY SILINDIR KONTROL

    IF      Y20_1      'DIKEY SIL.ASAGI (CALISMA KONUMU)
        AND    N      B20      'DIKEY SIL.YUKARIDA (BEKLEME
KONUMU)
        AND      B21      'DIKEY SIL.ASAGIDA (CALISMA
KONUMU)
    THEN RESET    Y20_1      'DIKEY SIL.ASAGI (CALISMA KONUMU)

    IF      Y20_2      'DIKEY SIL.YUKARI (BEKLEME
KONUMU)
        AND      B20      'DIKEY SIL.YUKARIDA (BEKLEME
KONUMU)
        AND    N      B21      'DIKEY SIL.ASAGIDA (CALISMA
KONUMU)
    THEN RESET    Y20_2      'DIKEY SIL.YUKARI (BEKLEME
KONUMU)

```

""-----

""-----

""URETIM SAYISI SIFIRLAMA

|           |      |                                  |
|-----------|------|----------------------------------|
| IF        | F2.0 | 'URETIM SAYISI SIFIRLAMA-DISPLAY |
| THEN LOAD | V0   |                                  |
| TO        | FW20 | 'BIRAKILAN URUN SAYISI-AKTUEL    |
| RESET     | F2.0 | 'URETIM SAYISI SIFIRLAMA-DISPLAY |

""-----

""-----

""KILITLER

""MAKINA RESET ISLEMI GEREKLI

|            |      |                                |
|------------|------|--------------------------------|
| IF         | F3.0 | 'MAKINA RESET ISLEMI GEREKLI   |
| OR         | F5.0 | 'MAKINA RESET PROGRAMI BASLADI |
| THEN RESET | P11  | 'MAKINA CALISMA PROGRAMI       |
| RESET      | F5.2 | 'MAKINA CALISMA PRG.BASLADI    |
| RESET      | F5.3 | 'MAKINA CALISMA PRG.BITTI      |
| RESET      | F1.0 | 'START MERKERI                 |

""-----

""-----

""LAMBALAR

""KIRMIZI LAMBA

|     |   |      |                                  |
|-----|---|------|----------------------------------|
| IF  | ( | F3.0 | 'MAKINA RESET ISLEMI GEREKLI     |
| AND | N | F5.0 | ) 'MAKINA RESET PROGRAMI BASLADI |

```

      OR      (      F3.0      'MAKINA RESET ISLEMI GEREKLI
      AND      F5.0      'MAKINA RESET PROGRAMI BASLADI
      AND  N      F100.1 ) '0.5 SN ON-0.5 SN OFF BLINK MERKER
THEN SET      H1      'ARIZA LAMBASI-BUTON
OTHRW RESET   H1      'ARIZA LAMBASI-BUTON

```

""YESİL LAMBA

```

IF      N      F3.0      'MAKINA RESET ISLEMI GEREKLI
      AND      (      F5.2      'MAKINA CALISMA PRG.BASLADI
      OR      F1.0      'START MERKERI
THEN SET      H2      'START LAMBASI-BUTON
OTHRW RESET   H2      'START LAMBASI-BUTON

```

""SARI LAMBA

```

IF      N      F3.0      'MAKINA RESET ISLEMI GEREKLI
      AND  N      F5.2      'MAKINA CALISMA PRG.BASLADI
      AND  N      F1.0      'START MERKERI
THEN SET      H3      'STOP LAMBASI-BUTON
OTHRW RESET   H3      'STOP LAMBASI-BUTON

```

""-----

""-----

""DONGU

```

IF      NOP
THEN JMP TO LOOP

```

**MAKİNA RESET PROGRAMI**

## STEP 0

""DIKEY SIL.YUKARI

|            |       |                                   |  |
|------------|-------|-----------------------------------|--|
| IF         | NOP   |                                   |  |
| THEN RESET | Y20_1 | 'DIKEY SIL.ASAGI (CALISMA KONUMU) |  |
| SET        | Y20_2 | 'DIKEY SIL.YUKARI (BEKLEME        |  |
|            |       | KONUMU)                           |  |

## STEP 1

""DIKEY SIL.YUKARIDA

|            |       |                              |  |
|------------|-------|------------------------------|--|
| IF         | B20   | 'DIKEY SIL.YUKARIDA (BEKLEME |  |
|            |       | KONUMU)                      |  |
| AND N      | B21   | 'DIKEY SIL.ASAGIDA (CALISMA  |  |
|            |       | KONUMU)                      |  |
| THEN RESET | Y20_2 | 'DIKEY SIL.YUKARI (BEKLEME   |  |
|            |       | KONUMU)                      |  |
| SET        | T10   | 'P10 PROGRAM ZAMANI          |  |
| WITH       | 0.05s |                              |  |

## STEP 2

""YATAY SIL.GERI

|            |       |                                   |                     |
|------------|-------|-----------------------------------|---------------------|
| IF         | N     | T10                               | 'P10 PROGRAM ZAMANI |
| THEN RESET | Y10_1 | 'YATAY SIL.ILERI (CALISMA KONUMU) |                     |
| SET        | Y10_2 | 'YATAY SIL.GERI (BEKLEME KONUMU)  |                     |

## STEP 3

""YATAY SIL.GERIDE

|            |       |                                  |
|------------|-------|----------------------------------|
| IF         | B10   | 'YATAY SIL.GERIDE (BEKLEME       |
| KONUMU)    |       |                                  |
| AND N      | B11   | 'YATAY SIL.ILERIDE (CALISMA      |
| KONUMU)    |       |                                  |
| THEN RESET | Y10_2 | 'YATAY SIL.GERI (BEKLEME KONUMU) |

STEP 4

""PARCA BIRAK-VAKUMU KAPAT

|            |     |                          |
|------------|-----|--------------------------|
| IF         | NOP |                          |
| THEN RESET | Y30 | 'PARCA TUTMA VAKUM VALFI |

STEP SON

""PROGRAM SONU

|            |      |                              |
|------------|------|------------------------------|
| IF         | F0.0 | 'SISTEM BASLANGIC KOSULU     |
| AND        | F0.1 | 'TR.UNI.BASLANGIC KOSULU-    |
| YARDIMCI   |      |                              |
| THEN RESET | F3.0 | 'MAKINA RESET ISLEMI GEREKLI |
| SET        | F5.1 | 'MAKINA RESET PROGRAMI BITTI |

**MAKİNA ÇALIŞMA PROGRAMI**

STEP 0



""HAZIRLIK

```
IF          NOP
THEN LOAD   V0
            TO          FW50      'ARIZA MERKERLERI
```

STEP AL

""URUN ALMAK ICIN ASAGI-VAKUM AC

```
IF          F0.2      'OTOMATIK CALISMA-ARIZA YOK
            AND        F0.1      'TR.UNI.BASLANGIC KOSULU-
YARDIMCI
THEN SET     Y20_1     'DIKEY SIL.ASAGI (CALISMA KONUMU)
            RESET      Y20_2     'DIKEY SIL.YUKARI (BEKLEME
KONUMU)
            SET        Y30      'PARCA TUTMA VAKUM VALFI
            SET        T90      'TRANSFER UNITESI CEVRIM ZAMANI
            WITH       90s
```

STEP AL1

""URUN BULUNDU-VAKUM OK.

```
IF          F0.2      'OTOMATIK CALISMA-ARIZA YOK
            AND   N     B20      'DIKEY SIL.YUKARIDA (BEKLEME
KONUMU)
            AND        B21      'DIKEY SIL.ASAGIDA (CALISMA
KONUMU)
            AND        B30      'PARCA TUTMA VAKUMU OK.
THEN SET     T51      'URUN ALMA ZAMANI-OP
```

## STEP AL2

""DIKEY SILINDIR YUKARI

|            |       |                                   |
|------------|-------|-----------------------------------|
| IF         | F0.2  | 'OTOMATIK CALISMA-ARIZA YOK       |
| AND N      | T51   | 'URUN ALMA ZAMANI-OP              |
| THEN RESET | Y20_1 | 'DIKEY SIL.ASAGI (CALISMA KONUMU) |
| SET        | Y20_2 | 'DIKEY SIL.YUKARI (BEKLEME        |
| KONUMU)    |       |                                   |

## STEP AL3

""DIKEY SILINDIR YUKARIDA

|         |      |                              |
|---------|------|------------------------------|
| IF      | F0.2 | 'OTOMATIK CALISMA-ARIZA YOK  |
| AND     | B20  | 'DIKEY SIL.YUKARIDA (BEKLEME |
| KONUMU) |      |                              |
| AND N   | B21  | 'DIKEY SIL.ASAGIDA (CALISMA  |
| KONUMU) |      |                              |
| THEN    | NOP  |                              |

## STEP TASI

""YATAY SILINDIR ILERI

|          |       |                                   |
|----------|-------|-----------------------------------|
| IF       | F0.2  | 'OTOMATIK CALISMA-ARIZA YOK       |
| THEN SET | Y10_1 | 'YATAY SIL.ILERI (CALISMA KONUMU) |
| RESET    | Y10_2 | 'YATAY SIL.GERI (BEKLEME KONUMU)  |

## STEP TASI1

""YATAY SILINDIR ILERIDE

|            |      |                             |
|------------|------|-----------------------------|
| IF         | F0.2 | 'OTOMATİK CALISMA-ARIZA YOK |
| AND N 1    | B10  | 'YATAY SIL.GERIDE (BEKLEME  |
| KONUMU)    |      |                             |
| AND        | B11  | 'YATAY SIL.ILERIDE (CALISMA |
| KONUMU)    |      |                             |
| THEN SET   | T11  | 'P11 PROGRAM ZAMANI         |
| WITH 0.05s |      |                             |

STEP VER

""DIKEY SILINDIR ASAGI

|          |       |                                   |
|----------|-------|-----------------------------------|
| IF       | 0.2   | 'OTOMATİK CALISMA-ARIZA YOK       |
| AND N    | T11   | 'P11 PROGRAM ZAMANI               |
| THEN SET | Y20_1 | 'DIKEY SIL.ASAGI (CALISMA KONUMU) |
| RESET    | Y20_2 | 'DIKEY SIL.YUKARI (BEKLEME        |
| KONUMU)  |       |                                   |

STEP VER1

""DIKEY SILINDIR ASAGIDA-PARCA BIRAK

|            |      |                             |
|------------|------|-----------------------------|
| IF         | F0.2 | 'OTOMATİK CALISMA-ARIZA YOK |
| AND        | B21  | 'DIKEY SIL.ASAGIDA (CALISMA |
| KONUMU)    |      |                             |
| THEN RESET | Y30  | 'PARCA TUTMA VAKUM VALFI    |
| SET        | T52  | 'URUN BIRAKMA ZAMANI-OP     |

STEP VER2

""PARCA BIRAKILDI-DIKEY SILINDIR YUKARI-PARCA SAYISINI ARTTIR

|            |       |                                   |
|------------|-------|-----------------------------------|
| IF         | F0.2  | 'OTOMATIK CALISMA-ARIZA YOK       |
| AND N      | T52   | 'URUN BIRAKMA ZAMANI-OP           |
| AND N      | B30   | 'PARCA TUTMA VAKUMU OK.           |
| THEN RESET | Y20_1 | 'DIKEY SIL.ASAGI (CALISMA KONUMU) |
| SET        | Y20_2 | 'DIKEY SIL.YUKARI (BEKLEME        |
| KONUMU)    |       |                                   |

|     |      |                               |
|-----|------|-------------------------------|
| INC | FW20 | 'BIRAKILAN URUN SAYISI-AKTUEL |
|-----|------|-------------------------------|

|       |  |                       |
|-------|--|-----------------------|
| CMP 0 |  | 'LADD 32-bit addition |
|-------|--|-----------------------|

|      |    |  |
|------|----|--|
| WITH | V1 |  |
|------|----|--|

|      |    |  |
|------|----|--|
| WITH | V0 |  |
|------|----|--|

|      |      |                               |
|------|------|-------------------------------|
| WITH | FW22 | 'BIRAKILAN URUN SAYISI-TOPLAM |
|------|------|-------------------------------|

LOW

|      |      |                               |
|------|------|-------------------------------|
| WITH | FW23 | 'BIRAKILAN URUN SAYISI-TOPLAM |
|------|------|-------------------------------|

HIGH

|      |      |                    |
|------|------|--------------------|
| LOAD | FU32 | 'SISTEM REGISTER-1 |
|------|------|--------------------|

|    |      |                               |
|----|------|-------------------------------|
| TO | FW22 | 'BIRAKILAN URUN SAYISI-TOPLAM |
|----|------|-------------------------------|

LOW

|      |      |                    |
|------|------|--------------------|
| LOAD | FU33 | 'SISTEM REGISTER-2 |
|------|------|--------------------|

|    |      |                               |
|----|------|-------------------------------|
| TO | FW23 | 'BIRAKILAN URUN SAYISI-TOPLAM |
|----|------|-------------------------------|

HIGH

STEP VER3

""DIKEY SILINDIR YUKARIDA

|         |      |                              |
|---------|------|------------------------------|
| IF      | F0.2 | 'OTOMATIK CALISMA-ARIZA YOK  |
| AND     | B20  | 'DIKEY SIL.YUKARIDA (BEKLEME |
| KONUMU) |      |                              |

```

        AND    N          B21      'DIKEY SIL.ASAGIDA (CALISMA
KONUMU)

```

```

    THEN      NOP

```

```

STEP DON

```

```

""YATAY SILINDIR GERI

```

```

IF          F0.2      'OTOMATIK CALISMA-ARIZA YOK

```

```

    THEN RESET      Y10_1  'YATAY SIL.ILERI (CALISMA KONUMU)

```

```

        SET          Y10_2  'YATAY SIL.GERI (BEKLEME KONUMU)

```

```

STEP DON1

```

```

""YATAY SILINDIR GERIDE-CEVRIM ZAMANI OLCUMU

```

```

IF          F0.2      'OTOMATIK CALISMA-ARIZA YOK

```

```

    AND      B10      'YATAY SIL.GERIDE (BEKLEME
KONUMU)

```

```

    AND    N          B11      'YATAY SIL.ILERIDE (CALISMA
KONUMU)

```

```

    THEN LOAD    (( V9000

```

```

        -      TW90    )      'TRANSFER UNITESI CEVRIM ZAMANI

```

```

        /      V1      )

```

```

        TO      FW40      'TRANSFER UNITESI CEVRIM ZAMANI

```

```

    RESET      T90      'TRANSFER UNITESI CEVRIM ZAMANI

```

```

STEP SON

```

```

""PROGRAM SONU

```

```

IF          F0.0      'SISTEM BASLANGIC KOSULU

```

```

        AND                F0.1      'TR.UNI.BASLANGIC KOSULU-
YARDIMCI
        THEN SET           F5.3      'MAKINA CALISMA PRG.BITTI

```

### **CPU ERROR SİLME-CPU RUN PROGRAMI**

STEP

```

""-----
""-----
""CPU OLUSAN ERROR SILME-CPU RUN ILE CALISMAYA DEVAM

```

```

IF          NOP
THEN CFM 1          'F22 Set error behavior
    WITH      V2
    SET       P0
    RESET          P30      'CPU ERROR SILME-RUN PROGRAMI

```

### **ARIZA TAKİP PROGRAMI**

STEP LOOP

```

""-----
""-----
""ACILSTOP

```

```

IF      N          S1      'ACILSTOP BUTONU
THEN SET          F50.0    'ACILSTOP YAPILDI

```

OTHRW RESET            F50.0        'ACILSTOP YAPILDI

""ACILSTOP DURUMUNDA YAPILACAKLAR

IF            N                    S1        'ACILSTOP BUTONU  
 THEN RESET            Y10\_1        'YATAY SIL.ILERI (CALISMA KONUMU)  
               RESET            Y10\_2        'YATAY SIL.GERI (BEKLEME KONUMU)  
               RESET            Y20\_1        'DIKEY SIL.ASAGI (CALISMA KONUMU)  
               SET                Y20\_2        'DIKEY SIL.YUKARI (BEKLEME  
 KONUMU)

              RESET            P10        'MAKINA RESET PROGRAMI  
               RESET            P11        'MAKINA CALISMA PROGRAMI

LOAD            V0  
               TO                FW1        'SISTEM MERKERLERI  
               TO                FW5        'PROGRAM KONTROL MERKERLERI

              SET                F3.0        'MAKINA RESET ISLEMI GEREKLI

""-----

""-----

""TRANSFER GRUBU YATAY SILINDIR ARIZASI

IF            ( (            Y10\_1        'YATAY SIL.ILERI (CALISMA KONUMU)  
               AND        (            B10        'YATAY SIL.GERIDE (BEKLEME  
 KONUMU)  
               OR        N            B11        'YATAY SIL.ILERIDE (CALISMA  
 KONUMU)  
               OR        (            Y10\_2        'YATAY SIL.GERI (BEKLEME KONUMU)  
               AND        ( N            B10        'YATAY SIL.GERIDE (BEKLEME  
 KONUMU)

```

        OR                B11    ) ) ) 'YATAY SIL.ILERIDE (CALISMA
KONUMU)

    THEN SET              TON200    'ARIZA TAKIP ZAMANI
        WITH      15s

    OTHRW RESET          TON200    'ARIZA TAKIP ZAMANI

IF                TON200    'ARIZA TAKIP ZAMANI
THEN SET          F50.1    'TRANSFER GRUBU YATAY SIL.ARIZASI
    RESET          TON200    'ARIZA TAKIP ZAMANI

IF                F50.1    'TRANSFER GRUBU YATAY SIL.ARIZASI
    AND    (        S4      'SISTEM RESET BUTONU
        OR          S2      'START BUTONU
    THEN RESET      F50.1    'TRANSFER GRUBU YATAY SIL.ARIZASI

""-----
""-----

""TRANSFER GRUBU DIKEY SILINDIR ARIZASI

IF    ( (          Y20_1    'DIKEY SIL.ASAGI (CALISMA KONUMU)
    AND    (        B20    'DIKEY SIL.YUKARIDA (BEKLEME
KONUMU)
    OR    N        B21    ) ) 'DIKEY SIL.ASAGIDA (CALISMA
KONUMU)
    OR    (        Y20_2    'DIKEY SIL.YUKARI (BEKLEME
KONUMU)
    AND    ( N      B20    'DIKEY SIL.YUKARIDA (BEKLEME
KONUMU)
    OR          B21    ) ) ) 'DIKEY SIL.ASAGIDA (CALISMA
KONUMU)
    THEN SET          TON201    'ARIZA TAKIP ZAMANI
        WITH      15s

```



```

OTHRW RESET      TON201      'ARIZA TAKIP ZAMANI

IF                TON201      'ARIZA TAKIP ZAMANI
THEN SET          F50.2      'TRANSFER GRUBU DIKEY SIL.ARIZASI
RESET            TON201      'ARIZA TAKIP ZAMANI

IF                F50.2      'TRANSFER GRUBU DIKEY SIL.ARIZASI
AND      (        S4         'SISTEM RESET BUTONU
OR          S2     ) 'START BUTONU
THEN RESET        F50.2      'TRANSFER GRUBU DIKEY SIL.ARIZASI

""-----
""-----
""TRANSFER GRUBU VAKUM HATASI

IF      (          Y30      'PARCA TUTMA VAKUM VALFI
AND      N          B30    ) 'PARCA TUTMA VAKUMU OK.
OR      ( N          Y30      'PARCA TUTMA VAKUM VALFI
AND          B30    ) 'PARCA TUTMA VAKUMU OK.
THEN SET      TON202      'ARIZA TAKIP ZAMANI
OTHRW RESET   TON202      'ARIZA TAKIP ZAMANI

IF                TON202      'ARIZA TAKIP ZAMANI
THEN SET          F50.3      'TRANSFER GRUBU VAKUM HATASI
RESET            TON202      'ARIZA TAKIP ZAMANI

IF                F50.3      'TRANSFER GRUBU VAKUM HATASI
AND      (        S4         'SISTEM RESET BUTONU
OR          S2     ) 'START BUTONU
THEN RESET        F50.3      'TRANSFER GRUBU VAKUM HATASI

""-----

```

""-----

""MAKINA KURULUMU ICIN RESET GEREKLI

|             |       |                               |
|-------------|-------|-------------------------------|
| IF          | F3.0  | 'MAKINA RESET ISLEMI GEREKLI  |
| THEN SET    | F50.4 | 'MAKINA RESET ISLEMI GEREKLI- |
| MESAJ       |       |                               |
| OTHRW RESET | F50.4 | 'MAKINA RESET ISLEMI GEREKLI- |
| MESAJ       |       |                               |

|      |             |
|------|-------------|
| IF   | NOP         |
| THEN | JMP TO LOOP |