

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

84935

**MODÜLER ÜRETİM SİSTEMLERİNDE OTOMASYON**

**Makine Mühendisi Ateş Evren AYDINEL**

**F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Muharrem BOĞOÇLU**

*Prof. Dr. Hasegin BAYLIGIL*

*Prof. Dr. A. Bojaci*

84935

**İSTANBUL, 1999**

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>Sayfa</b>
KISALTMA LİSTESİ.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MODÜLER ÜRETİM SİSTEMLERİNDE OTOMASYON.....	5
3.1 Modüler Üretim Sistemlerinde Kullanılabilecek İstasyonlar.....	6
3.1.1 Dağıtım istasyonu.....	6
3.1.2 Test istasyonu.....	7
3.1.3 İşleme istasyonu.....	7
3.1.4 Ayırma (düzenleme) istasyonu.....	8
3.1.5 Robot istasyonu.....	8
3.1.6 Depolama istasyonu.....	9
3.2 Bazı Sistemler.....	10
4. MATERYAL AKIŞI.....	11
4.1 Kavramlar.....	11
4.2 Materyal Akışı Analizi.....	12
4.2.1 Materyal akışının kalite tespiti.....	13
4.3 Otomatik Hareket (Robotik).....	15
4.3.1 Sabit programlı robot düzenekleri.....	16
4.3.2 Yol optimesi.....	16
4.3.3 Serbest programlanabilir robot sistemleri.....	18
4.3.4 Endüstri robotları.....	18
5. TAŞIMA (ROBOT) TEKNIĞİ.....	19
5.1 Taşıma Fonksiyonları.....	21
5.2 Taşıma Tekniğinde Kullanılan Semboller.....	22
6. ALGILAYICILAR (SENSÖRLER ).....	25
6.1 Kavramlar.....	25
6.1.1 Algılayıcıların tipik çıkış sinyalleri.....	26
6.1.2 İkili (Binary) ve analog algılayıcılar.....	27
6.1.3 Temassız algılayıcı.....	30
6.1.3.1 İşletme gerilimleri.....	30
6.1.3.2 Temassız algılayıcıların kullanım yerleri.....	31
6.1.3.3 Temassız algılayıcıların kullanım örnekleri.....	31
6.2 Mekanik Sınır Anahtarı.....	32
6.2.1 Kullanım bilgileri.....	32
6.3 Manyetik Temassız Algılayıcılar.....	33
6.3.1 Reed temassız algılayıcılar.....	33

6.3.1.1	Kullanım bilgileri	34
6.3.2	İndüktif – Manyetik temassız algılayıcılar	34
6.3.2.1	Kullanım bilgileri	35
6.4	İndüktif Temassız Algılayıcılar	35
6.4.1	Kullanım bilgileri	36
6.5	Kapasitif Temassız Algılayıcılar	37
6.5.1	Kullanım bilgileri	38
6.6	Optik Temassız Algılayıcılar	38
6.6.1	Çeşitleri	39
6.6.2	Kullanım bilgileri	40
6.7	Ses Üstü Temassız Algılayıcılar	43
6.7.1	Kullanım bilgileri	44
6.8	Temassız Algılayıcı Seçiminde Kullanılan Kriterler	44
6.8.1	Nesne malzemesi	45
6.8.2	Büyüklik ve şekil	45
6.8.3	Nesnenin sorgulanması için gereken koşullar	46
6.8.4	Montaj koşulları	46
6.8.5	Çevre etkileri	46
6.8.6	Koruma talimatları	46
6.9	Temassız Algılayıcı Hakkında Bilinmesi Gereken Teknolojik Özellikler	47
7.	İLETİŞİM TEKNOLOJİSİ	48
7.1	Fieldbus	48
7.1.1	Fieldbus teknolojisinin sağladığı avantajlar	49
7.1.2	Fieldbus teknolojisinin dezavantajları	51
7.2	Protokoller	51
7.2.1	DeviceNet	51
7.2.2	Seri arabirimler	51
7.2.3	Foundation Fieldbus	52
7.2.4	ProfiBus	52
7.2.4.1	ProfiBus'ın önemli özellikleri	53
7.2.4.2	ProfiBus ailesi	53
8.	PLC	55
8.1	Programlanabilir Lojik Kontrolörlerin Temel İlkeleri	56
8.2	PLC İşletim Sistemi	59
8.2.1	Kullanıcı programının yürütülmesi	59
8.2.2	Programlama yöntemleri	60
8.2.2.1	Adım adım programlama	61
8.2.2.2	Yapısal programlama	61
8.3	PLC Devre Bağlantıları	63
9.	SPS PROGRAMLAMA	64
9.1	Sistematik Çözüm Bulunması	64
9.2	SPS Yazılımının Aşamalı Model Yapılanması	64
9.2.1	Nitelendirme	65
9.2.2	Taslak	65
9.2.3	Uygulama	66
9.2.4	Devreye alma	66
9.3	Dökümantasyon	67
9.4	Programlama Dilleri	67
9.4.1	Kontak plan (KOP)	68

9.4.2	Fonksiyon planı (FBS)	68
9.4.3	Deyim listesi (AWL)	68
9.4.4	Yapısal metin (ST)	69
9.4.5	Ardışık yazılım (AS)	69
9.5	Ardışık Kumandalar	69
9.5.1	Ardışık bir kumandanın genel gösterimi	70
9.5.2	Alternatif dallanmalı ardışık kumanda	71
9.6	IEC 848 ve DIN 40 719, T.6'ya göre Fonksiyon Plan	72
9.6.1	Adımlar	74
9.6.2	Geçişler	74
9.6.3	Ardışık yapılanma	74
10.	ANALOG DEĞER İŞLENMESİ	76
10.1	Analog Dijital Çevirici	76
10.1.1	Fonksiyon prensibi	76
10.1.2	Ağırlıklı akım toplamı, R2R şebekesi	77
10.2	Çevirim Metodları	77
10.2.1	Eğim metodu	78
10.2.2	Takip metodu	78
10.2.3	Ardışık tahmini metod	78
10.3	A / D Çeviricilerde Hatalar	78
10.4	Örnekler	79
10.4.1	Çözünürlüğün hesaplanması	79
10.4.2	Dijital bir değerın hesaplanması	80
11.	ACİL DURUM FONKSİYONU	82
11.1	Start (Başlatma) Fonksiyonu	82
11.2	Stop (Durdurma) Fonksiyonu	82
11.3	Acil Durum Fonksiyonu	83
12.	VAKUM TEKNİĞİ	85
12.1	Temel Kavramlar	85
12.1.1	Basınç	85
12.1.2	Vakum	85
12.1.3	Vakum alanları	87
12.2	Robot Tekniğinde Vakum Üretilmesi	88
12.2.1	Vakum pompaları	88
12.2.1.1	Pompa seçimi	89
12.2.2	Ejektörler (İticiler)	89
12.2.2.1	Ejektör seçimi	90
12.3	Robot Tekniğinde Vakum Elemanları	91
12.3.1	Valfler	91
12.3.2	Vakummetre	91
12.3.3	Vakum tankı	92
12.3.4	Emme başlıkları (vantuzlar)	92
13.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	96
	KAYNAKLAR	97
	ÖZGEÇMİŞ	98

## KISALTMA LİSTESİ

A/D	Analog / Dijital Çevirici (ADC)
ADC	Analog to Digital Converter
AS	Ardışık Yazılım
AWL	Deyim Listesi
D/A	Dijital / Analog Çevirici (DAC)
DAC	Digital to Analog Converter
DP	Decentral Parphery (ProfiBus)
DPS	Direct Processing System
EOF	End Of File
FBS	Fonksiyon Planı
FMS	Flexible Manufacturing System
FMS	Field Message Specification (ProfiBus)
FUP	Function Plan
IEC	International Electrotechnic Comitee
I/O	Input / Output (Giriş / Çıkış)
ISA	International Society for Measurement and Control
KOP	Kontak Plan
LED	Light Emitting Diode
MPS	Modular Production System
NC	Normally Closed
NO	Normally Open
ODVA	Open DeviceNet Vendors Association
OSI	Open Systems Interconnection
PA	Process Automation (ProfiBus)
PCs	Programmable Controller
PLC	Programmable Logic Controller
RAM	Read Access Memory
ROM	Read Only Memory
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerungen (PLC)
ST	Yapısal Metin

**ŞEKİL LİSTESİ**

Sayfa

Şekil 3.1 Dağıtım istasyonu	6
Şekil 3.2 Test istasyonu	7
Şekil 3.3 İşleme istasyonu	8
Şekil 3.4 Robot istasyonu	9
Şekil 3.5 Depolama istasyonu	9
Şekil 3.6 Test ve depolama sistemi	10
Şekil 3.7 Kontrol kabiniyle beraber dağıtım, test, işleme ve depolama sistemi	10
Şekil 4.1 Bir imalatın materyal akışı grafik gösterimi	13
Şekil 4.2 Solda zincirleme, sağda işletme araçlarının yerleşim planı göz önünde bulundurularak düzenlenmiş yerleşim planları	14
Şekil 4.3 Yerleştirme cihazı tipik hareket süreci	16
Şekil 4.4 Çakışmalı kumanda hareketi ve yol-zaman diyagramı	17
Şekil 5.1 İmalat prosesinde zaman dağılımı	19
Şekil 5.2 Materyal akışının alt fonksiyonu olarak taşıma tekniği	19
Şekil 5.3 Alan içinde parçanın hareket doğrultuları	20
Şekil 5.4 VDI 2860'a göre taşıma fonksiyonlarının bölümlenmesi	21
Şekil 6.1 İkili (binary) algılayıcı çeşitleri	28
Şekil 6.2 Analog algılayıcı çeşitleri	29
Şekil 8.1 Bir PLC genel bağlantı durumu	56
Şekil 8.2 Bir PLC iç yapısı	57
Şekil 8.3 Programın yürütülmesi	59
Şekil 8.4 $Y1 = (X1 + X2) \cdot X3$ lojik fonksiyonunun a) Deyim listesi, b) Merdiven diyagramı, c) Lojik diyagram programı	61
Şekil 8.5 Adım adım programlama	61
Şekil 8.6 Yapısal programlama	62
Şekil 8.7 Bir PLC bağlantı devresi	63
Şekil 9.1 SPS yazılımının aşamalı modelle yapılması	65
Şekil 9.2 Kontak Plan yazılım örneği	68
Şekil 9.3 Fonksiyon Planı yazılım örneği	68
Şekil 9.4 Bir kumanda programının görevleri	70
Şekil 9.5 Bir ardışık kumanda örneği	71
Şekil 9.6 Alternatif dallanmalı ardışık kumanda örneği	72
Şekil 9.7 Bir test prosesi için fonksiyon planı	73
Şekil 9.8 Fonksiyon planının elemanları	74
Şekil 9.9 Alternatif dallanma	75
Şekil 9.10 Paralel dallanma	75
Şekil 12.1 Deniz seviyesine göre değişik yüksekliklerde atmosferik çevre basıncı	86
Şekil 12.2 Vakum alanları	87
Şekil 12.3 Negatif basınç yükseltildiğinde gereken enerji ihtiyacı	87

## ÖNSÖZ

Bu araştırmanın temel amacı; bilgisayar, elektronik ve makine bilim dallarının en çok kesiştiği nokta olan *otomasyon* teknolojisinin ayrıntılı olarak incelenmesi ve bu bilim dallarının geleceğe yönelik olası ortak çalışmaları hakkında daha geniş bir öngörü elde edebilmektir.

Konunun bütünlüğünün bozulmaması amacıyla araştırma içerisine, incelenen her tür bilgiyi koymak mümkün olmamıştır. Bilinmesi gereken en önemli nokta, günümüz teknolojisinin düşünülenenden çok daha ileride olduğu gerçeğidir. Burada bize düşen görev ise, elimizde olan uygulamaya sokma cesaretini gösterebilmektir. Ancak bu şekilde teknolojinin hak ettiği değeri kazanmasını ve hayatımıza girmesini sağlayabiliriz. Elbetteki bütün bunların temelinde bilgi ve dolayısıyla araştırma yatar. Bu yüzden, her ne kadar geniş yada dar kapsamlı olsa da bu tür araştırmaların önemi yadırganamaz düşüncesindeyim.

Yaptığım çalışma süresince gerek kendi bilgilerimi gerekse bilginin kaynağına ulaşmam konusunda eksiksiz yardımlarından ötürü sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Muharrem BOĞOÇLU'ya ve özellikle uygulama bazında beklenmeyecek düzeyde yakınlık gösteren FESTO Firması ve çalışanlarından sayın eğitmen Makine Müh. , Endüstri Yüksek Müh. Ali GOLRESAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bugüne kadar yapmış olduğum küçük büyük çalışmalarla kendime düşen görevi kısmen yerine getirdiğime inanıyorum. Öğrenme hayatıma asla bir nokta koyamayacağım bilinciyle, öğrencilik hayatıma nokta koyduğum bu son araştırmamın otomasyon ile ilgilenen herkese yardımcı olmasını dilerim.

## **ÖZET**

**Otomasyon teknolojisinde en çok kullanılan donanımlar, bunların teknik özellikleri, iletişim protokolleri, programlanmaları ve pratik uygulamalardaki kullanım yerleri incelenmiştir.**

**PLC'ler ve programlanmaları, temassız algılayıcılar (sensörler), analog-dijital sinyallerin değerlendirilerek işlenmesi ve Fieldbus endüstriyel iletişim ağı protokolleri gibi genel otomasyon konularında ayrıntılı teknik ve uygulama bilgileri verilmiştir.**

**Modüler üretim sistemleri temel alınarak; materyal akışı düzeneklerinde hangi tip otomasyon komponentlerinin kullanıldığı incelenmiş ve her biri için ayrı ayrı kullanım bilgileri verilmiştir. Yeni bir modüler otomasyon sistemi kurulması-planlanmasında izlenecek aşamalar belirtilmiş ve taşıma (robot) tekniği, vakum tekniği gibi materyal iletimine yönelik özel konulara da değinilmiştir.**

**Küçük ve orta ölçekli endüstriyel tesislerde modüler otomasyon sistemleri, esneklik, hassasiyet ve üretim kapasitesi açısından ideal çözümler olmasına rağmen, bilgi eksikliği ve ilk kurulum maliyetlerinin yüksekliği sebebiyle pek tercih edilmemektedirler.**

**Anahtar Kelimeler : modüler üretim sistemleri, otomasyon, sensör, materyal iletimi, fieldbus**



## **ABSTRACT**

**Automation instruments, hardware, softwares, industrial networks, fieldbuses and application areas of these concepts were studied.**

**Using and programming a PLC, proximity sensors, analog-digital signal conditioning and Fieldbus standards were studied in a general basis of the automation technology. Also, technical specifications and application examples of each these concepts were given.**

**Modular production systems were studied as a special automation application example and a research was made on material handling technology. All components and each designing steps of an industrial automation system were studied. Also, this paper takes a brief look at robotics and vacuum technic as a sub subject of the material handling.**

**Modular automation systems are ideal solutions for small and medium sized industrial manufacturing plants in flexibility, precision, and production capacity. However, modular automation systems are not preferred, thanks to the first establishment costs (this kind of systems need more investment than a conventional system) and non educated people.**

**Keywords : Modular production systems, automation, sensor, material handling, fieldbus**

## 1. GİRİŞ

Otomasyon kısaca; herhangi bir endüstriyel düzeneğin insan faktörü olmadan, en hızlı, en hassas ve en ucuz biçimde gerçekleştirilmesini sağlamak için yapılan çalışmalar bütünüdür.

Her ne kadar Türkiye’de uygulama alanı çok kısıtlı da olsa otomasyon sistemleri, günümüzün en üst düzey teknolojisini temsil etmektedir. Zaten otomasyon, uygulamaya hizmet edebilecek en üst düzey teknolojinin incelenmesini ve kullanımını beraberinde getiren geleceğe yönelik bir kavram bütünüdür. Her yeni çıkan teknoloji uyumlu olduğu bir diğeriyle bütünleştirilerek sistemlerin kalitesi artmakta ve sonu gelmeyen bir gelişim sürecine katkıda bulunmaktadır.

Peki, bu kadar olumlu yaklaşmak ne kadar doğrudur? Gelişim bir gerçektir, geleceğe yönelik büyük adımlar da öyle. Ancak “kullanım” kelimesi insanlık için neredeyse her zaman anahtar kelime olmuştur ve belki de gelişimi yavaşlatan en önemli etkeni temsil eder. Çünkü, yeni çıkan teknoloji pahalıdır, öğrenmesi zordur, eskiyi bırakmak daha da zordur, zaten çalışan bir sistemin daha da iyileştirilmesi kimi insanlar için son derece gereksizdir gibi unsurlar kullanım oranını en aza indirir ve sadece otomasyonda değil diğer tüm teknolojik gelişmelerde olduğu gibi geleceğe daha yavaş yaklaşmamıza neden olurlar.

Elbette ki tüm bu kavram ve unsurlar yine tek bir noktada birleşirler ve “para” dediğimiz en büyük anahtar kelimeye takılıp kalırlar. Ancak, gelişmenin hızı arttıkça tüm sistemlerin maliyeti de azalmaktadır çünkü yeni çıkan bir öncekinin ucuzlamasına neden olmaktadır. Bu yüzden bu dengeyi yakalamak çok önemlidir. Bu yüzden yeni olanı daha çabuk benimseyip arkadan gelene yer açmalıyız. Bu yüzden öğrenmenin sonu yoktur ve gelişmek, geliştirmek bizim kaderimizdir.

Konuyla teknik olarak çok da ilgili olmayan bu girişten sonra bir mühendisin bir otomasyon sistemi kurarken nelere dikkat etmesi ve bunları hangi sırayla izlemesi gerektiğiyle ilgili bir sıralama yazmak istiyorum. Bu, otomasyon konusuna genel bir yaklaşımdır ve bu çalışmanın ana hatlarını içermez. Çalışmanın diğer bölümleri otomasyonda kullanılan elemanlar üzerine yoğunlaşmış ve örnek olması amacıyla modüler üretim sistemi adı verilen modüler yapılarda bu elemanların kullanımı açıklanmıştır.

## Otomasyonda Göz Önüne Alınan İşlem Aşamaları

### 1- Çevre, Ortam

- Sıcaklık
- Nem
- Elektriksel alanlar
- Elektromanyetik radyasyon
- Akışkan veya parçacık halindeki kirler
- Darbe ve titreşimler

### 2- İdare, Kullanım

- Çalışma alanı boyutları ve karakteri
- Belirlenmiş konum sayısı
- Yönlendirme gereklilikleri

### 3- Hareket Kontrolü

- Yol, rota kontrolü
- Pozisyonel yeterlilik ve hassasiyet (çözünürlük, doğruluk ve tekrar edilebilirlik gibi)

### 4- Yük

- Tipi
- Kütlesi
- Boyutu
- Birden fazla yük kontrolü

### 5- Çevrim Zamanı

- Operasyon için izin verilebilecek maksimum zaman
- Ardışık işlemlerin kümülatif süreleri
- Ardışık işlemlerin paralel yürüyen işlemlere dönüştürülmesi

### 6- Algılama, Zeka Derecesi

- Görevlerin karmaşıklığı ve değişkenliği
- Hata, arıza durumunda sistemin davranışı
- Sistemin gerektirdiği özerklik (tek başına hareket etme) derecesi

### 7- İletişim ve Arabirim

- Otomasyon sistemindeki her elemanın kendi içerisindeki iletişim
- Elemanlar arasındaki ve sistemle kullanıcı arasındaki iletişim
- Denetlenecek algılayıcı ve kullanılacak hareketlendiricilerin (actuator) miktarı

### 8- Programlama

- Robotun, PLC'nin yada PC'nin programlanması
- Algılayıcıların, hareketlendiricilerin ve diğer sistem elemanlarının elektriksel arabirimleri

- Pnömatik hareketlendiricilerin ve sölönoitlerin mekaniksel seçimleri
- Takımların seçilmesi
- Sonlandırıcılar

#### **9- Plan**

- Görevlerin, otomasyon sistemindeki elemanlara pay edilmesi
- Robot, taşıyıcı gibi elemanların ayarlanması
- Robotların/Taşıyıcıların hareket miktarlarını minimize etmek
- Otomasyon sistemi elemanlarına; bakım, tamir amaçlı erişimin sağlanması
- Gerekli alan boyutlarını azaltmak
- Robotların/Taşıyıcıların montajı

#### **10- Maliyet**

- Otomasyon donanımının toplam maliyeti
- İşlem süresince oluşan masraflar

#### **11- Karmaşıklık**

- Karmaşık işlemler bazen karmaşık çözümler gerektirir
- Basitlik, projenin riskini azaltır
- Basitlik, bakımı kolaylaştırır

#### **12- Değişirilebilme Esnekliği**

- Prosesin sürekliliği, kararlılığı
- Prosesin; temel, çekirdek faaliyet olup olmaması (9).

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Genel ilgim olması dolayısıyla makine mühendisliği bilgilerimi bilgisayar ve elektronik temelli olarak geliştirme isteğim üzerine, lisans düzeyinde aldığım son proje ve lisans bitirme tez konularımı kendim seçtim ve ana başlık olarak vermek gerekirse “**Kontrol Sistemlerinde Bilgisayarların Yeri**” olarak birçok çalışma yaptım (1995-1996, 1996-1997).

Bu çalışmalarımın ilk temel yaklaşımı, bir bilgisayarın herhangi bir sisteme nasıl kumanda edebileceği, bunun piyasada, özel olarak da Türkiye çapında kullanım alanı bulup bulmadığı üzerinedir. Bilgisayarın seri ve paralel portları üzerine yaptığım birkaç pratik deneme ve teknik literatür araştırmaları sonucunda genel iletişim mantığını kavramama rağmen bilgisayarın tek başına bir kumanda elemanı olarak görev yapamayacağı ve bu tip sistemlerin değil Türkiye’de, Dünya’da da kullanım alanı olmadığını öğrendim.

Kısaca bilgisayar, kumanda elemanlarını kısmen yöneten, düzenleyen, programlanmalarına yardımcı olan ve proses kontrol sistemlerinde sadece durum analizi-gösterimi yapmaya yarayan bir eleman olarak kullanılmaktadır. Ben şahsi olarak bunun bu şekilde kalmayacağından eminim ancak otomasyon üzerine donanım üreten firmalar kendi modüler sistemlerini üretmeye bu hızla devam ederlerse bu süreç oldukça uzayacak gibi görünmektedir.

Bir diğer çalışmam da yüksek lisans öğrenimim sırasında yaptığım seminer çalışmasıydı (1997-1998) ve ana başlığı “**CNC Sistemlerinde Kullanılan Elemanlar**” olan bu çalışmayı yapmamdaki amaç konuyu biraz daha özelleştirerek üretim teknolojisinde kullanılan elemanları (her tip motorlar, sürücüler, özel yataklama sistemleri, kontrol sistemleri) kavrayabilmek ve bunların kapalı bir çevrim dahilinde elektronik ve/veya bilgisayar kontrollü olarak işleme bütünlüğünü anlayabilmektir.

Genel olarak açıklamam gerekirse bu çalışmalarımın her zaman beni tatmin etmeyen bazı noktalar kaldığını ve bu yüzden de yüksek lisans bitirme tezimde de benzer ve kapsamlı bir konuyu ele almak istediğimi söyleyebilirim. Henüz otomasyon piyasası içerisinde hiç bulunmamış olmama rağmen bu konuda kendimi hazır ve gelişmeye yatkın hissettiğim için yaptığım çalışmaların düşündüğümde daha fazla faydalı olduğunu sanıyorum. Umarım çoğu derleme olan çalışmalarım, benim gibi bir başlangıç yapmak isteyen kişilere az da olsa faydalı olur.

### 3. MODÜLER ÜRETİM SİSTEMLERİNDE OTOMASYON

Bugün endüstriyel üretim tesislerde kullanılan yaklaşımlardan biri de modüler üretim sistemleridir. Modüler üretim sistemleri; endüstriyel uygulamaları bir bütün olarak ele almaz. Uygulama kendi içerisinde sınırları belli olacak şekilde alt uygulamalara ayrılır, bu uygulamalar tek başlarına birer otomasyon sistemi olarak ele alınır ve bir modül oluşmuş olur. Daha sonra alt uygulamaları gerçekleştiren bu modüller birbirleriyle uyumlaştırılarak tüm bir üretim sistemi meydana getirilir (2w).

Modüler üretim sistemleri teknolojide bir çeşit geriye dönüş olarak görülmektedir. Bunun sebebi FMS esnek üretim sistemlerinin neredeyse mükemmel olan teknik yaklaşımından nispeten farklı gözükmesidir. Ancak dikkatlice düşünüldüğünde, özellikle ufak ve orta ölçekli endüstriyel tesisler için modüler yapının çok daha faydalı olduğu ve işletme için kuşku bırakmayan faydalar taşıdığı görülmektedir. Ayrıca teknik alt yapısı da oldukça kapsamlıdır ve diğer bilgisayar tabanlı esnek üretim sistemlerinden pek de geri kalmayan özellikler içermektedir.

Aşağıda modüler üretim sistemlerinin en önemli karakteristik özellikleri sıralanmıştır :

- Çok değişik düşük ve orta seviyeli teknolojik operasyonlar için standart ve üniversal üretim sistemi dizaynı özelliği.
- Proses modülleri arasında bire bir uyum olan özellikteki ürünlerin tasarımı ve üretim sistemi tasarımının tek bir tasarım prosesinde gerçekleştirilebilmesi.
- Üretim parametrelerinin tasarım aşamasında önceden hassas bir şekilde belirlenebilmesi.
- Açık MPS modül standardının sağladığı, çeşitli makine tedarikçileri arasındaki rekabet ile makine fiyatlarının düşmesi.
- Üretim modüllerinin tekrar tekrar kullanılabilme özelliklerinin çok yüksek olması. Ürünün bir parçasının bitmesi ile modül diğer parçaların üretimi için kullanılabilir.
- Yeni bir üretim sistemine geçişte özel olarak tasarlanmış donanım ve yazılımların masraflarında azalma.
- Sadece ürüne özel makineler ve donanımlar kullanıldığı için mümkün olan en küçük üretim sisteminin oluşturulabilmesi.
- Üretim modüllerinde yapılacak ayarlamalarla yeni bir ürüne geçiş ve sistem tasarımı sürecinin sadece günlerle ifade edilmesi.

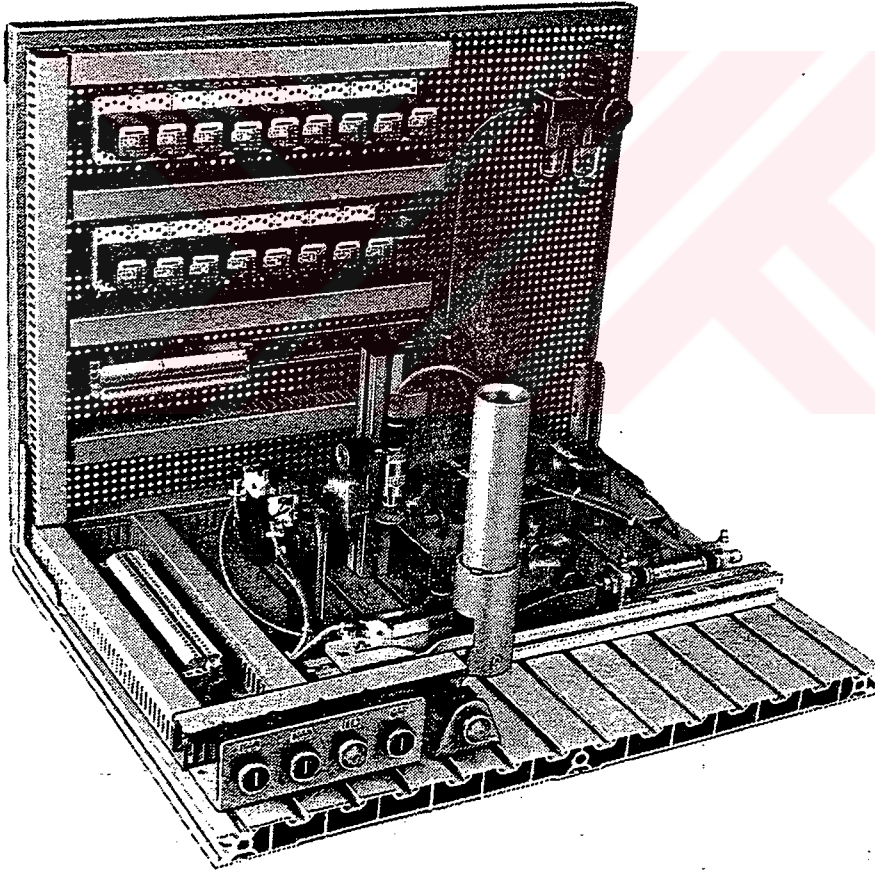
Bu çalışmanın geri kalan bölümünde, otomasyon elemanlarının ve bir otomasyon sistemi tasarımının özel bir konu üzerinde yoğunlaşarak pratiğe daha da yaklaşması amaçlanmış ve özel

bir Modüler Üretim Sistemi elemanı olan “Dağıtım İstasyonu” ele alınmıştır. Tüm bir modüler üretim sisteminde kullanılacak diğer modüller de örnek olarak verilecektir. Tüm bu modüller gerekli uyumlaştırma işlemlerinden sonra verimli bir endüstriyel üretim sistemine dönüşmekte ve pratikte de yaygın kullanım alanı bulmaktadır (2w).

### 3.1 Modüler Üretim Sistemlerinde Kullanılabilecek İstasyonlar

#### 3.1.1 Dağıtım İstasyonu

Dağıtım istasyonu bir sevkiyat (besleme) düzeneğidir. VDI 3240 standardına göre sevkiyat düzenekleri iş parçalarını dizen, düzenleyen ve sevk etme fonksiyonlarını yerine getiren birimler olarak tanımlanmıştır. Sevkiyat düzenekleri iş parçalarının düzenlenmesini çeşitli kriterlere göre (iş parçasının geometrik yapısı, ağırlığı, rengi vd. ) gerçekleştirilebilirler (3).



Şekil 3.1 Dağıtım istasyonu (Festo)

Örnek olarak verilirse, tek tek ayıran magazinler, helazonik titreşimli besleme, eğimli besleme ve tek tek ayırımı dizme düzenekleri klasik sevkiyat düzenekleridir.

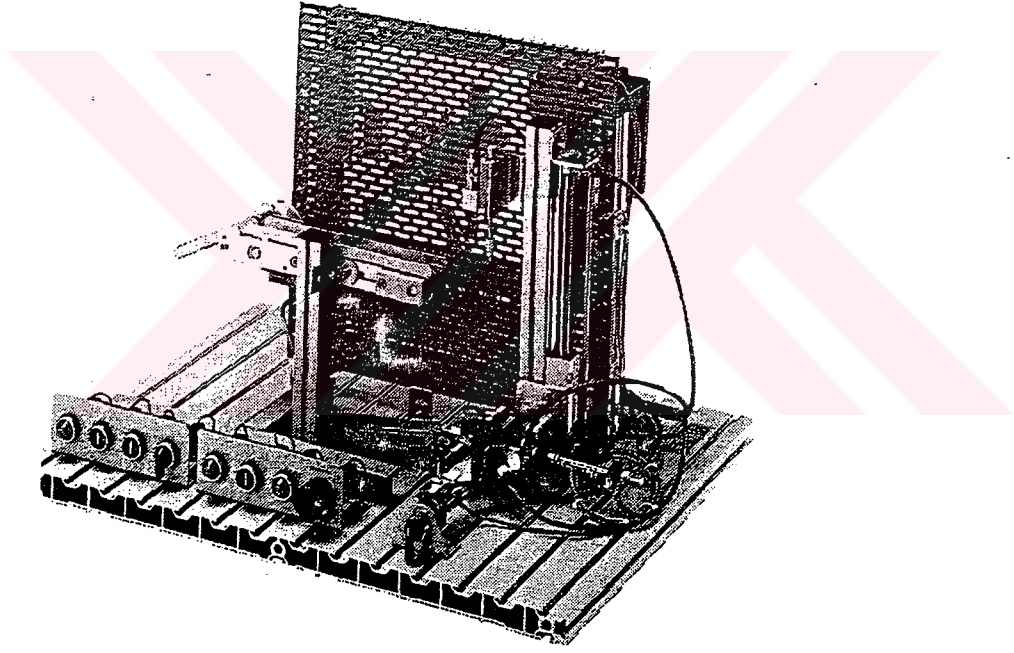
Burada işlenecek olan dağıtım istasyonunun görevi :

- İş parçasının magazinden tek olarak alınması,
- İş parçasının bir sonraki süreç için işlenmeye hazır duruma getirilmesidir (3).

### 3.1.2 Test istasyonu

Test fonksiyonu esas olarak, verilerin toplanıp önceden verili özellik ile karşılaştırma yapılarak bu işlem sonucuna göre iş parçasına ilişkin iyi / kötü veya evet / hayır kararının verilmesi işlemidir. Ölçme işleminin esas kısmı belirlenen özellikle (gerçek değer) önceden verili referans değerlerinin (gerek değer) karşılaştırılmasıdır (3).

Örneğin; mevcut olma, benzerlik, form, büyüklük, renk, ağırlık veya yönlendirme testleri bir iş parçasının klasik test edilme kriterleri olarak karşınıza çıkmaktadır.



Şekil 3.2 Test istasyonu (Festo)

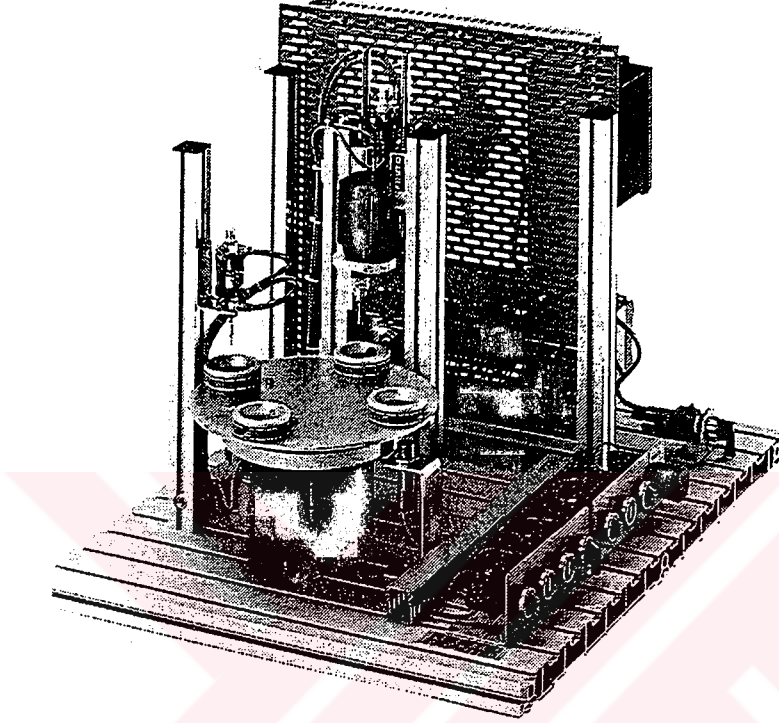
Otomasyon ile yapılan imalatta özellikle manuel imalata göre kontrol önemli bir konu olmaktadır. Manuel imalatta iyi olmayan iş parçaları hemen seçilerek ayrılabilir. Otomatik imalatta ise iyi olmayan parçalar imalat sürecinde arzulara sebep vererek imalatın tamamen durmasına neden olabilirler (3).

### 3.1.3 İşleme istasyonu

İşleme, form verme, form değiştirme, imal etme ve ekleme gibi imalat için bir üst kavramdır. VDI 2860'a göre form verme formsuz bir malzemeye belirli bir geometrik biçim verilmesi



işlemdir. Form değiştirme ise formun geometrik olarak değiştirilmesi veya gövdenin ebatlarının değiştirilmesi işlemdir. İmal, malzemede yapısal değişiklik ve/veya gövdenin üst yüzeyinin değişikliğe uğratılmasıdır. Ekleme, sürekli olarak birden fazla gövdenin birbiriyle bağlanması işlemdir (3).



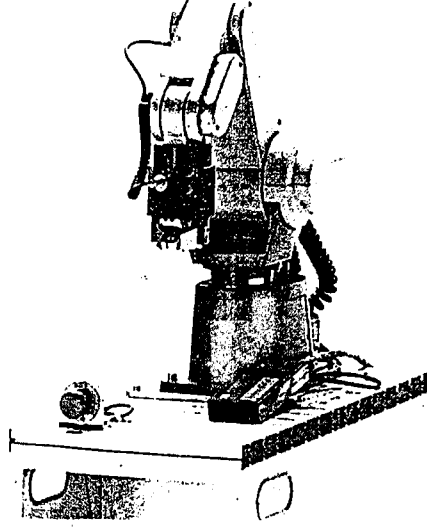
Şekil 3.3 İşleme istasyonu (Festo)

### 3.1.4 Ayırma (düzenleme) istasyonu

İş parçalarının malzeme çeşitleri, renk gibi bazı karakteristik özelliklerine göre ayrılması görevini üstlenir. Bu istasyondan sonra parçalar kendi özelliklerine uygun prosesler için ayrılmış modüllere gönderilebilir (3).

### 3.1.5 Robot istasyonu

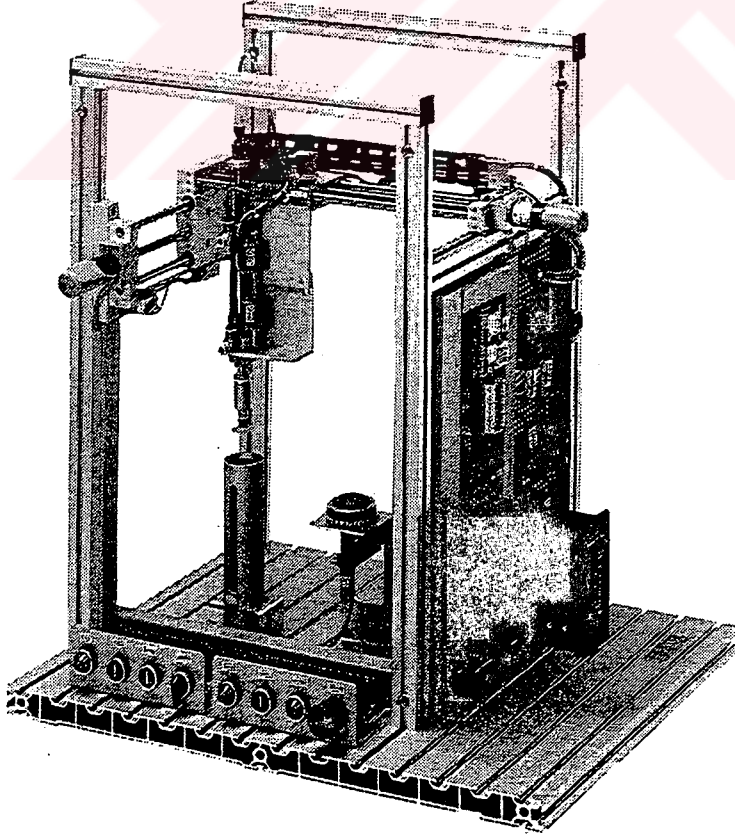
Robot, malzeme akışını sağlama fonksiyonunun bir kısmıdır. Diğer fonksiyonlarda sevkiyat ve depolama fonksiyonlarıdır. VDI'ya göre robot işlemi; geometrik olarak belirli bir gövdede önceden verilmiş bir mekansal düzenlemeye uygun olarak tanımlanmış değişikliklere uygun yer verme veya geçici olarak dik pozisyonda durmayı sağlama işlemdir (3).



Şekil 3.4 Robot istasyonu (Festo)

### 3.1.6 Depolama istasyonu

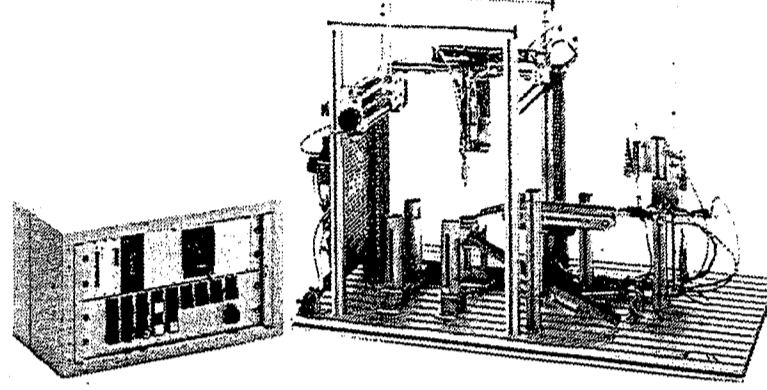
Malzeme akışını sağlama fonksiyonlardan olan depolama (saklama) fonksiyonunun gerçekleştirildiği istasyondur. İş parçaları bir önceki modülden geldikten sonra bu istasyon yardımıyla depolanacakları yerlere konumlandırılırlar (3).



Şekil 3.5 Depolama istasyonu (Festo)

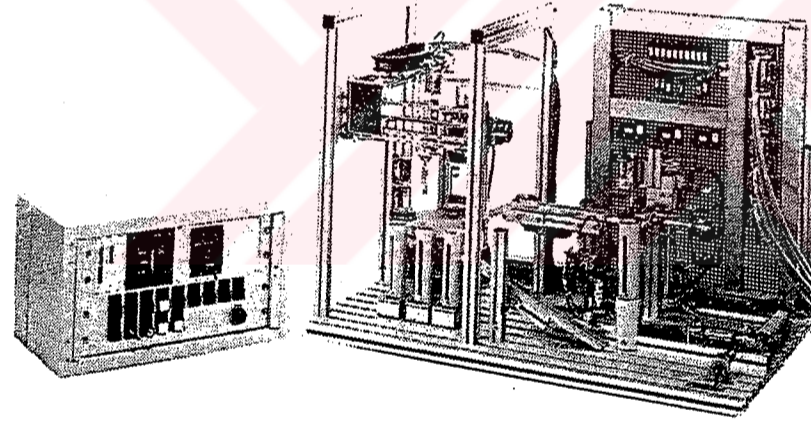
### 3.2 Bazı Sistemler

Bahsedilen bu istasyonlar birleştirilerek değişik sistemler meydana getirilebilir. Örneğin Test İstasyonu ve Depolama İstasyonu birleştirilerek aşağıdaki gibi bir sistem oluşturulabilir (3).



Şekil 3.6 Test ve depolama sistemi (Festo)

Veya daha karmaşık olarak Dağıtım, Test, İşleme ve Depolama İstasyonlarının birleştiği aşağıdaki sistem oluşturulabilir. Bu, modüler üretim sistemleri için iyi bir örnektir (3).



Şekil 3.7 Kontrol kabiniyle beraber dağıtım, test, işleme ve depolama sistemi (Festo)

## 4. MATERYAL AKIŞI

### 4.1 Kavramlar

Materyal akışı, belirlenen alanlar içinde malzemenin kazanılması işlenmesi, imalatı ve dağıtılması gibi tüm süreçlerin birbiri ile zincirleme olarak bağlanmasıdır.

Kavram tanımlarında malzeme ile ilgili sınırlamalar önemlidir. Enerji ve bilgi transferi tanımlamalara dahil edilmemişlerdir. Materyal olarak sadece hammadde, yarı mamul madde yada imal maddeler gibi sadece üretim sürecine dahil olan materyaller değil aynı zamanda atıklar ve paketleme gibi diğer materyaller de dahildir (3).

Materyal akışında aralarına kesin sınırlar koymamak kaydıyla kullanım, sevk etme ve transfer arasında farklılıklar vardır.

**Otomatik Hareket** : Otomatik hareket kavramından, imalatın ve süreçlerin başlatılmasından sonuna kadar ve hatta transfer işlemleri ile depolamayla ilgili tüm hizmetleri içeren hareket süreçleri anlaşılmaktadır. Buna örnek olarak, iş parçasının bir tutucuya yerleştirilmesi veya iş parçalarının bir depoya arka arkaya yığılması gösterilebilir. Otomatik hareket kavramı içine böylece iş sahasında gerçekleşen tüm materyal akış süreçleri girmiş olur (3).

**Sevk Etme** : Sınırlı uzaklıklar arasında dikey yada yatay doğrultudaki hareketler sevk etme sürecini oluşturur. Bu nedenle sevk etme genellikle iç işleme süreciyle sınırlandırılır. Örnek olarak vibrasyonlu sevk etme düzeneği ile vidaların iletilmesi ve araba karoserlerinin raylı tutucularla transfer edilmesi verilebilir (3).

**Sürekli Sevk Etme** : Yukarıda verilen örneklerden sürekli sevk etmenin farklılığı kolayca görülebilir. Birinci durumda bahsi geçen sevk etme işlemi sürekli sevk etmeye bir örnektir. Bu tip düzenekler belirlenmiş bir zaman dilimi içerisinde sürekli olarak çalışırlar (3).

**Kesintili Sevk Etme** : Anlaşıldığı gibi ikinci örnekteki durum da kesintili sevk için uygundur. Her bir aracın belirlenmiş olan plana göre gitmesi gerektiği askılı ray sistemleri bulunmaktadır. Boşta hareket ve kesilmeler değişimli olarak gerçekleşir (3).

Sürekli sevk etme düzenekleri kesintili sevk etme düzeneklerine karşı daha ekonomik çalışırlar. Aynı büyüklükte öz ağırlıkta daha büyük besleme miktarlarını hareket ettirirler ve bunun için gerek duydukları tahrik gücü daha azdır. Bunun bir sebebi, sürekli olarak çalışmalarından dolayıdır. Böylece beslenme anında besleme düzeneği ile ilgili düzeneklerdeki kalkma ve frenleme fonksiyonlarına gerek kalmaz (3).

Kesintili sevk etme ise buna karşın sıkça değişik amaçlarla kullanılır ve genellikle yukarıdaki örnekteki gibi tek ve ağır parçalar için kullanılır.

Sevk etme düzenekleri bazen sevk malzemesinin oyalanma süresine bağlı olarak yan fonksiyonlara da sahip olurlar. Örneğin bir parçayı soğutma bandında parçanın bir sonraki işlemde gerek duyduğu ısı derecesine ulaşıncaya kadar soğutulması gibi. Sevk etme düzenekleri aynı zamanda arabirim saklayıcısı olarak da iş görürler. Bu durumda birden fazla istasyonun çalışma temposunu dengelerler (3).

Transfer : Transfer işlemi denince malzemenin genellikle yatay olarak büyük mesafelerde hareket ettirilmesi anlaşılmaktadır. Transfer işlemi; yollar üzerinde, raylı sistemlerle ve seyrek de olsa su yolları ile gerçekleştirilir. Bu aynı zamanda, transfer işleminin öncelikle işletme dışı bir hareketi gösterdiğini de ifade eder. İşlemin doğasından ötürü transfer işlemi kesintili olarak yapılır çünkü burada taşıyıcı olarak taşıtlar kullanılmaktadır (3).

Sevk Materyalleri : Sevkiyat materyalleri kendi türlerine göre ayrılırlar. Bu türlere göre sevkiyat yada transfer metodlarına etkide bulunurlar (3).

Yığın Materyaller : Yığın şeklindeki materyaller; örneğin vida, perçin, plastik granül yada kum gibi çok sayıdaki küçük ebatlı parçalardan oluşur. Yığın materyaller daima kendilerini çevreleyen bir depoya ihtiyaç gösterirler. Bazen de bu materyaller sıvılarda olduğu gibi borularla sevk edilirler (3).

Sıvı Materyaller : Sıvı materyallerin transferi genellikle silo tanklarıyla yapılır. İşletme içindeki sıvı sevkiyatı içinse boru tesisat sistemleri kullanılır (3).

Parça Materyaller : Parça materyaller makine parçaları gibi sayısal olarak belirlenebilen tek parça yüklerdir. Yığınsal materyallerde şayet sandık yada çuvallar içinde paketlenmişlerse parça materyaller gibi işlem görürler (3).

#### 4.2 Materyal Akışı Analizi

Materyal akışı analizi; otomatik hareket, sevkiyat ve transfer kavramları materyal akışının kademeli olarak bölümlenmesine karşılık gelmektedir.

1. Aşama : İlk aşamada materyal akışı işletme ile gönderici veya alıcı arasındaki transfer işlemlerinden meydana gelmektedir. Bu aşamayla materyal akışı yer planı olarak açıklanmış olur. Bu işlemler MPS sisteminin çözümleneceği bir görev olarak tanımlanmamış ve bu çalışmada göz önünde bulundurulmamıştır (3).
2. Aşama : Materyal akışının ikinci aşaması, örneğin işletmenin bulunduğu alanla işletmenin çeşitli bölümlerindeki atölyeler arasında işletme içi hareketleri kapsamaktadır. Fabrika planı materyal akışında göz önünde bulundurulur ve buna uygun yapı planlamasını gerçekleştirir. Bu aşama da burada incelenmemiştir (3).

3. Aşama : Materyal akışının üçüncü aşaması işletme içindeki her bir atölye, çalışma grupları, makine grupları, depo alanları vd. arasındaki hareketleri kapsamakta olup bu aşamalar MPS sistemi tarafından gerçekleştirilebilecek işlemlerdir (3).

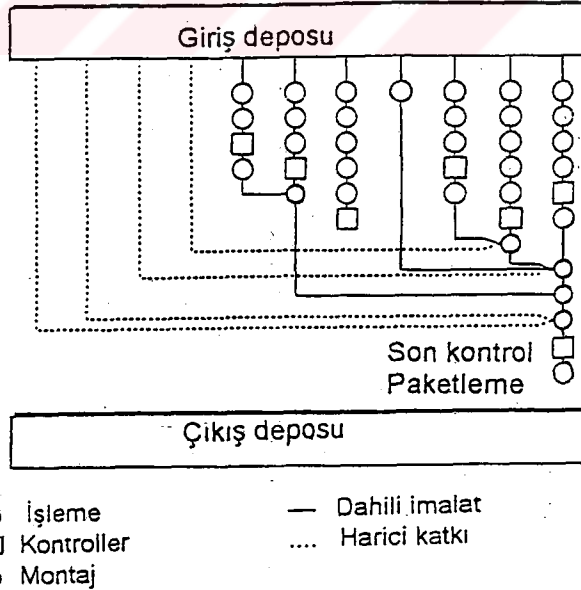
4. Aşama : Dördüncü aşamadaki materyal akışı çalışma noktasında gerçekleşen akıştır. Bu aşamada öncelikli olarak materyal akışının otomatik olarak gerçekleştirilmesinde robot düzeneklerinin kullanılması söz konusudur. Bu nokta ağırlıklı olarak MPS sisteminin içeriğini belirlemektedir (3).

#### 4.2.1 Materyal akışının kalite tespiti

Gerekli olan sevkiyat araçlarını ve karşılaşılan duruma göre gerekli depo ve ara depoların belirlenebilmesi için işletim araçlarının optimal olarak düzenlenebilmesi amacıyla materyal akışının tespit edilmesi zorunludur. Öncelikle bu materyal akışının yapılması ile ilgili bir durumdur. Her bir ürün için tasarım anında aşağıdaki soruların cevaplanması gerekir:

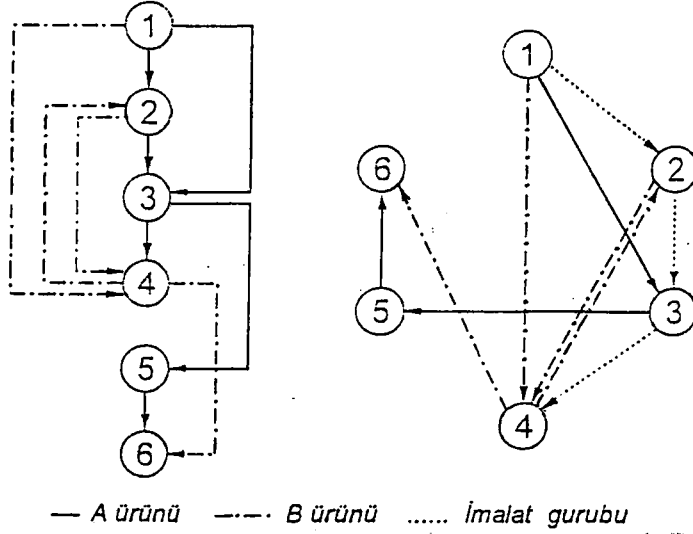
- Hangi işletim aracı hangi diğer işletim aracı ile bağlantılı durumda bulunmaktadır?
- İşletim araçları hangi sıraya göre çalışacaklar?

Bu soruların cevabına bağlı olarak aşağıdaki örnekte görüldüğü gibi her bir ürün için bir şema ortaya çıkmaktadır:



Şekil 4.1 Bir imalatın materyal akışı grafik gösterimi

Pratikte imalat yapan bir işyerinde sadece bir ürün değil aksine birden fazla ürünü imal etmek üzere kısmi olarak aynı imalat araçları kullanılır. Bu durumda imalat araç ve gereçleri uygun imalat planına göre düzenlenirler (3).



Şekil 4.2 Solda zincirleme, sağda işletme araçlarının yerleşim planı göz önünde bulundurularak düzenlenmiş yerleşim planları

**Materyal Akışı Sayısal Tespiti** : Materyal akışının grafik gösterimi her ne kadar akış yolu ile ilgili bir bilgi verse de henüz transfer miktarı hakkında bir açıklama getirmemektedir. Ancak, belirli bir birim zamanda sevkiyatı yapılacak malzemenin sayısı belli olduğu zaman ve bunun yanı sıra kullanılacak sevkiyat aracı, ağırlıklar ve ebatlar bilindikten sonra materyal akışı optimize edilebilir (3).

**Direkt Materyal Akışı** : Direkt materyal akışı imalat sürecinin devam ettiği esnada istasyonda çalışan operatörün listeler çıkarmasıyla yapılır. Bu işlemten dolayı normal imalat süreci esnasında meydana gelen arızalardan korunabilmek için direkt materyal akışı metodunun dikkate alınmaması gerekir (3).

**İndirekt Materyal Akışı** : İndirekt materyal akışı, işyerinin imalat yayılımına ve örnek olarak alınabilecek belirli bir süre içindeki parça sayısına bağlı olarak tespit edilir (örneğin bir haftalık imalat) (3).

Her bir ürün için parça listeleri üzerinden tek tek parçalar ve imalat grupları tespit edilerek göz önünde bulundurulmuş, örnek olarak alınan birim süreye göre toplam adetler hesaplanır. Çalışma planına bağlı olarak imalat araçları ve materyal akışının yapısı böylece ortaya çıkar. Bu durumda imalat araçları arasındaki materyal akışı sayısal olarak hesap edilebilir (3).

**ABC Analizi** : Çok büyük imalat yayılımına sahip işletmelerde bütün ürünlere ait bir tespit işlemi yapılamaz. En iyi seçenek olarak statik tespitler yerine önemli olan ürünlerin göz önünde

bulundurularak tespitler yapılmasıdır. Bu, işletme ekonomisinin bir metodu olan ABC analizi ile gerçekleştirilebilir (3).

İşletmede Uygulama : Burada, minimal transfer yoğunluğunun minimal materyal akışı giderleriyle gerçekleştirildiğinden yola çıkılarak ideal bir plan yapılır. Verili olan koşullara bağlı olarak da (halihazırda mevcut olan bina ve düzenekler, işletmenin yeri vd.) gerçek bir plan hazırlanır (3).

Sezgisel Metod : Sezgisel metotta ilk önce niceliksel olarak bir materyal akış planı çizilir. Bu metotta imalat araçlarının düzenlenmesi mümkün olduğu kadar hatlar arasında kesişme en aza indirgenecek şekilde getirilir ve fazla yoğunlukta hatların bulunduğu bağlantılar olabildiğince kısa tutulur (3).

Üçgen Metodu : Üçgen metodunda, imalathane alanı bir üçgen şebekeyle donatılır. Her bir şebeke düğüm noktasına bir imalat aracı gelecek şekilde düzenleme yapılır (3).

Nümerik Metod : Kompleks yapıli sistemler materyal akışını bilgisayar desteği ile optime etme olanağına sahiptirler. Tam olarak hesaplamaların yapılması olanaklıdır ancak imalat araçlarının sayısının artmasıyla hesaplama işlemleri oldukça zahmetli hale gelir. Bu nedenle pratikte yaklaşma yöntemi kullanılır. Değişirme metodunda ise imalat araçlarının isteğe bağlı olarak serbestçe dağılımı yapılarak işleme başlanır. İmalat araçlarının yerleri materyal akışının daha uygun duruma getirilemediği noktaya kadar değiştirilir. Yapısal metotta her bir imalat aracı ard arda yerleştirilir. Bu yöntemde optimal pozisyon mevcut olan yerleşime bağlantılı olarak yapılır (3).

### 4.3 Otomatik Hareket (Robotik)

VDI 2860 talimatnamesine göre robotik, materyal akışının bir parçasıdır ve aşağıdaki gibi tanımlanır;

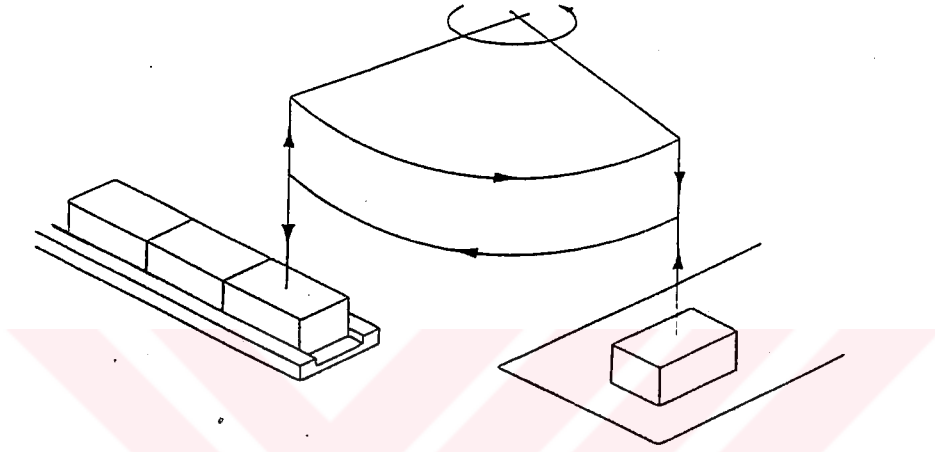
“Robotik referans olarak alınan bir koordinatlar sisteminde belirli bir geometrik formlu parçayı verili olan konumlara göre tanımlanmış değişikliklere uğratmak veya geçici olarak dik durumda tutma işlemini gerçekleştirmektir. Bu işlem sırasında ek olarak zaman, miktar ve hareket hattı gibi diğer başka koşullar önceden verilmiş olabilir” (3).

Tanımlama robotik uygulamanın manuel mi veya makineyle mi olacağı konusunda bir tespit içermemektedir. Bundan sonraki incelemeler makineyle yapılan robotik hareketler göz önüne alınarak yapılacaktır. Robotik cihazlar, programlarının sabit olması ve serbestçe değiştirilmesine göre birbirlerinden farklıdır.



### 4.3.1 Sabit programlı robot düzenekleri

Sabit programlı robot düzeneklerinde cihazın hareketleri tasarım olarak sabittir ve ancak büyük zorluklarla değiştirilebilir. Örneğin program pnömatik veya hidrolik bir silindirin strok hareketiyle, kam plakası veya elektromotor tahrik elemanlarının sınır anahtarlarına göre yapılmıştır. Sabit programlı robot düzenekleri tek yönlü ürüne göre çalışan büyük seri üretim ve yoğun imalatın olduğu sistemlerde kullanılır (3).



Şekil 4.3 Yerleştirme cihazı tipik hareket süreci

Yerleştirme düzenekleri oldukça basit bir kinematik yapıya sahiptirler. Belirli bir alan içinde herhangi bir noktaya gidebilmek için daima üç adet hareket imkanına gerek duyulur :

- İleri hareketler (doğrusal kaydırma),
- İki doğrusal ve bir dönme hareketi,
- Bir doğrusal ve iki dönme hareketi,
- Veya üç dönme hareketi.

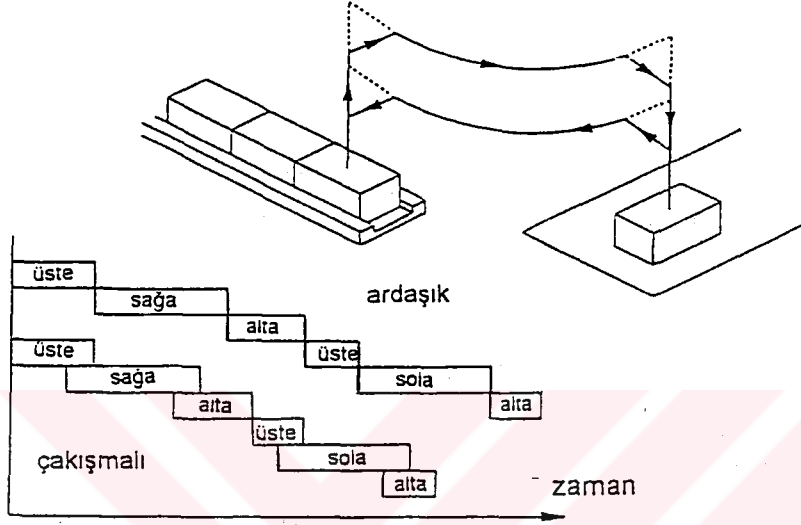
Bu hareket olanakları (doğrusal bir hareketi de kapsamalarına rağmen) aksenal hareketler olarak adlandırılır. Pratikte, yerleştirme düzenekleri şayet yerleştirme noktaları gerek duyulan hareketlere bağlı olarak başlangıç ve son nokta arasında bir veya iki eksenli bir hat bulunan şekilde seçilirse, genellikle üç eksenenden daha aزیyla çalıştırılırlar (3).

### 4.3.2 Yol optimesi

Yerleştirme sürecinin süresini mümkün olduğunca kısa tutabilmek için yollar optime edilir. Dikey hareketler üç adet son noktaya sahiptirler. Pnömatik veya hidrolik bir tahrik sisteminde bu ard arda yerleştirilen silindirlere gerçekleştirilebilir. Elektrikli bir tahrik sisteminde uygun

pozisyonlara sınır anahtarları yerleştirilir. Bu durumda tabii ki orta pozisyonun geçilebilir olması gerekir.

Elektrikli bir tahrik sisteminde kam plakası ile veya kumanda edilebilir bir motorla (örneğin step motor) hat tam olarak önceden belirlenebilir. Bu durumlarda parça hareketleri çakışmalı bir biçimde gerçekleştirilebilir. Aşağıdaki diyagramda ardışık kumanda ile çakışmalı kumanda arasındaki zaman tasarrufu görülebilmektedir (3).



Şekil 4.4 Çakışmalı kumanda hareketi ve yol-zaman diyagramı

**Yerleştirme Düzenegi Kumandası** : Bir yerleştirme düzeneginin kumandası genellikle aynı şekilde basittir. Elektrik veya pnömatik lojik devre elemanları bu tip basit ardışık kumandaların gerçekleştirilmesinde yeterli olurlar. Elektromotor tahrik teknolojisinde meydana gelen gelişmeler ve küçük ebattaki kumanda cihazlarının hizmete sunulması sürekli olarak sabit programlı çözümler sunan düzenekleri arka plana itmektedir (3).

**Tutucu** : Otomatik hareket düzeneklerinin (robot) iş parçalarını tutup hareket ettiren ve daha sonra tekrar bırakılması işlemini gören tutuculara sahip olmaları gerekir. Tutucular ya bir anahtarlamalı kuvvetle yada form anahtarlamalı olarak bir bağlantı meydana getirirler. Form anahtarlamalı tutucular robot tekniğinde standart parçalar hariç tutulmak kaydıyla daima özel çözümler için kullanılır (3).

**Mekanik Tutucular** : Mekanik tutucular, tercihen pnömatik olarak çalıştırılırlar. Küçük yüklerde bağlama kuvveti bir yay ile sağlanır. Pnömatik tahrik tutucuyu açarak parçanın serbest kalmasını sağlar. Böylece kumandanın bozulduğu yada basınçlı havanın kesilmesi durumlarında iş parçasının düşmesi engellenmiş olur. Çok yönlü olarak kullanılabilen kısıkaçlı tutucular iki adet oynak kısıkaça sahiptirler. Paralel tutucuların ise buna karşı kaydırılabilir kısıkaçları vardır (3).

**Vakumlu Tutucular** : Vakumlu tutucular iş parçasını basınç yardımıyla bir veya daha fazla emme başlığı ile tutarlar. Vakumlu tutucuların kullanılabilmesi için iş parçası yüzeylerinin düzgün

olması gerekir. Vakum tutucular besleme donanımı olarak vakum pompasına ihtiyaç duyarlar (3).

**Elektromanyetik Tutucu** : Manyetik tutucular bir elektromıknatis yardımıyla manyetik iş parçalarını tutabilirler. Ancak manyetik iş parçalarında söz konusu olan daimi mıknatısın etkilerinden tam olarak sakınılamaması kritik bir durum yaratır. Bir iş parçasının kesin olarak bırakılması için manyetik tutucuya alternatif gerilim veya ters yönde bir impuls'un kısa süreli olarak verilmesi gerekir (3).

**Modüler Sistem** : Basit robotik işlerine bakıldığında sürekli olarak bu işlerin temelde birbirleriyle benzerlik gösterdiği tespit edilebilir. Bu nedenle endüstri, piyasaya modüler sistemi sunmaktadır. Değişik büyüklükte ve fonksiyonlara sahip çeşitli modüller tek tek bulunmaktadır. Bu sayede değişik uzunluklarda kollar kullanılabilir ve isteğe göre vakumlu bir tutucu ile kısıklı bir tutucu arasında seçim yapılabilir (3).

#### 4.3.3 Serbest programlanabilir robot sistemleri

Bunlar, iki konuda sabit programlı robot sistemlerinden farklılık gösterirler :

- Eksenlerin kumandası sadece bir son konuma hareket etmesine değil, özellikle herhangi bir ara konuma da gelmesine olanak verir. Bu sayede robot sisteminin ulaşım mesafesi içindeki her noktasına erişim mümkün olur.
- Hareket sırası donanım açısından sabit tesisatlı olmayıp kumanda bilgisayarının hafıza birimine yazılmıştır. Bu şekilde herhangi bir donanımsal değişiklik yapılmadan hareket sırası değiştirilebilir. Çeşitli iş parçalarının aynı robot cihazıyla işleme tabi tutulması gereken çok yönlü imalat birimlerinde veya transfer hatlarında kumanda bilgisayarı daha önceden hazırlanmış olan diğer ardışık hareketleri yapmak üzere kolayca düzenlenebilir (3).

#### 4.3.4 Endüstri robotları

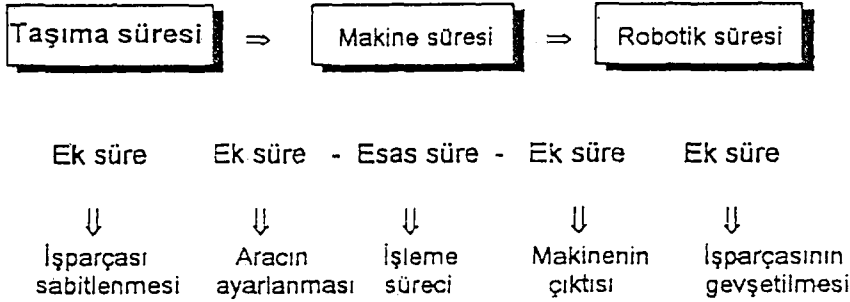
Daha fazla sayıda eksene sahip serbest programlanabilir otomatik hareket düzenekleri endüstri robotu olarak isimlendirilir.

İş parçasının belirli bir alan içinde transferi için endüstri robotları da aynı yerleştirme düzenekleri gibi ana eksenler veya kol eksenleri adı verilen üç değişik eksene ihtiyaç duyarlar. Aynı şekilde iş parçasını ihtiyaç duyulan yönde döndürmek için üç adet daha mafsallı eksene gerek vardır. Mafsallı eksenler pratikte genellikle rotasyon eksenli elemanlardır. Ana eksenlerin doğrusal ve rotasyonel hareketlerinin her bir dağılımına göre robotun tipi belirlenir (3).

## 5. TAŞIMA (ROBOT) TEKNİĞİ

Artan işçilik ücretleri, iş dünyasının daha insancıl düzenlenmesi ve çalışma saatlerinin kısaltılması sonucunda endüstri, uluslararası rekabet savaşında başarılı olabilmek için üretkenliğini rasyonalizasyon ve otomatizasyon aracılığıyla yükseltmek zorundadır.

Günümüze kadar imalat proseslerinin otomasyonu ileri bir gelişme seviyesine ulaşmıştır. Bu gelişimin sonucunda makine ek işler süresi oldukça kısaltılabilmektedir (3).

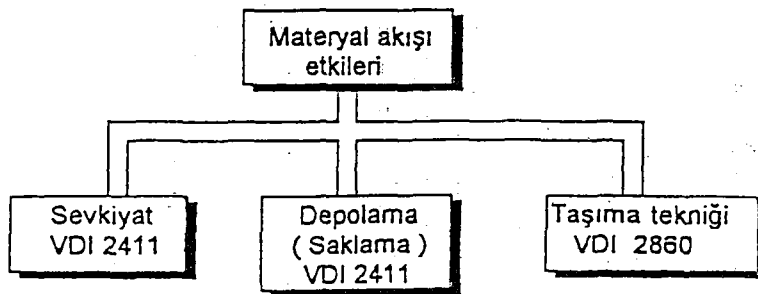


Şekil 5.1 İmalat prosesinde zaman dağılımı

Taşıma tekniğinin otomatizasyonu yani doğru sayıdaki iş parçasını doğru zamanda istenilen doğrultu ve pozisyonda makineye getirilmesi ve daha sonra da tekrar makineden alınması ile ilgili bu süreçler uzun süre göz ardı edilmiştir.

Sistemlerin daha kompleks hale gelmesi, otomatik pozisyon değiştirme uygulamalarının çoğalması ile ilk olarak 70'li yılların ortalarında bu süreçlerin kısaltılması yönünde robot tekniği kullanılmaya başlandı. Bu alanda halen kullanıma hazır otomasyon sistemleri bulunmaktadır.

Taşıma tekniği VDI 2860'a göre; materyal akışının bir alt fonksiyonudur. Diğer alt fonksiyonlar sevkiyat ve depolama (saklama) işlemleridir (3).



Şekil 5.2 Materyal akışının alt fonksiyonu olarak taşıma tekniği

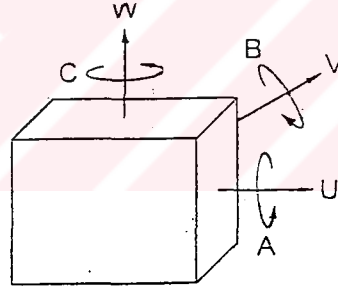
Taşıma tekniği geometrik bir iş parçasını referans olarak alınan koordinatlar sistemi içinde önceden verili olan bir alanda tanımlanan değişikliklere göre veya geçici olarak dik konumda tutmaktır. Bunlardan başka örneğin zaman, miktar ve hareket yolu gibi diğer koşullar da verili olabilir.

Geometrik bir iş parçasının referans bir koordinatlar sistemindeki mekansal düzenlenmesine yönelik olarak konumunun belirlenmesi (3).

- Parçanın yönü
- Ve parçanın pozisyonuna göre yapılı.

**Doğrultu** : Bir parçanın doğrultusu referans koordinatlar sisteminin 3 rotasyonel hareket serbestisine göre tespit edilir. Bunun yanısıra bir parçanın doğrultu derecesi bu hareket serbestisinin ne kadar olduğunu belirtir (3).

**Pozisyon** : Bir parçanın pozisyonu referans koordinatlar sisteminin 3 doğrusal hareket serbestisine göre tespit edilir. Bunun yanısıra bir parçanın pozisyon derecesi bu hareket serbestisinin ne kadar olduğunu belirtir (3).



U, V, W ; Doğrusal hareket serbestisi  
A, B, C ; Dairesel hareket serbestisi

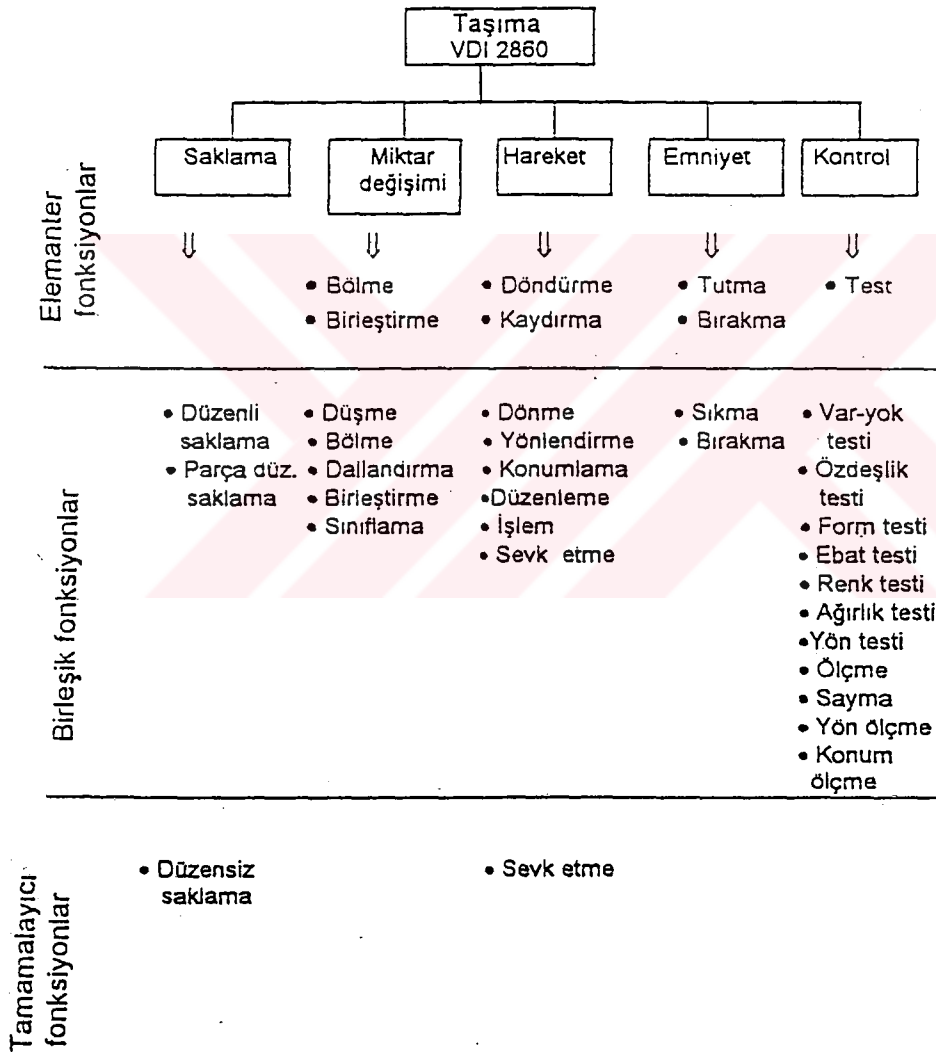
Şekil 5.3 Alan içinde parçanın hareket doğrultuları

**Düzenleme Konumu** : Parçanın düzenleme konumu, parçanın alanı içinde kaç adet hareket serbestisinin tespit edildiğini verir (3).

### 5.1 Taşıma Fonksiyonları

**Alt Fonksiyonlar** : Robot işlemleri 5 alt fonksiyona ayrılmaktadır. Bu alt fonksiyonlar da tekrar fonksiyon birimleri ve birleşik fonksiyonlar olarak kendi içlerinde bölümlere ayrılırlar (3).






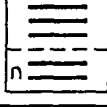
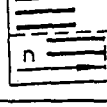

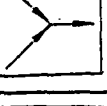
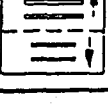
**Birim Fonksiyonlar** : Fonksiyon birimleri olarak daha alt bölümlere ayrılması mantıksal olmayan birimler kastedilmektedir. Birleşik fonksiyonlar ise birden fazla fonksiyon biriminin bir araya getirilmesiyle oluşturulur (3).



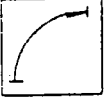



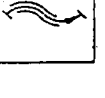
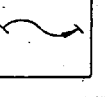



Şekil 5.4 VDI 2860'a göre taşıma fonksiyonlarının bölümlenmesi

## 5.2 Taşıma Tekniğinde Kullanılan Semboller

Taşıma fonksiyonları sembollerle belirtilmektedir. Bir taşıma süreci grafik olarak sembollerin arka arkaya sıralanması ile gösterilir (3).



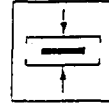
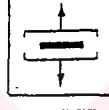
	Taşıma fonksiyonu	Sembol	Açıklama
Saklama	Düzenli saklama		Belirli geometrik parçaların saklanması ( $OZ=3/3$ )
	Kısmen düzenli saklama		Belirli geometrik parçaların saklanması $0/0 < OZ < 3/3$
	Düzensiz saklama		Belirli geometrik parçaların saklanması ( $OZ=0/0$ ) VDI 2860'a göre hiçbir robot fonksiyonu tamamlamak için verilmez.
Miktar değiştime	Bölme		Bölünmüş miktarlardan toplam bir miktar oluşturma
	Birleştirme		Bir yığından bölümlere yapma
	Bölümlere		Toplam bir yığından tanımlanmış büyüklük ve sayıya göre alt bölümler oluşturma
	Bölerek iletme		Toplam yığından belirli bir büyüklük ve sayıda alt bölümler oluşturarak tanımlanan yere iletme
	Dallandırma		Bir yığınsal akışı bölümsel akışa çevirme
	Birleştirme		Bir bölümsel akışı birleştirme
	Sınıflandırma		Değişik kriterlere göre çeşitli parçaları bölme , düzenleme

Taşıma fonksiyonu	Sembol	Açıklama
Döndürme		Bir parçanın bir doğrultudan diğer bir doğrultuya parçanın bir noktası referans olarak alınarak hareket eden bir eksenle döndürülmesi Pozisyon değişmeden aynı kalır.
Kaydırma		Bir parçanın belirli bir pozisyondan diğer bir pozisyona doğrusal olarak hareket ettirilmesi Doğrultu değişmeden aynı kalır.
Saptırma		Bir parçanın belirli bir konumdan diğer belirli bir doğrultu ve konuma parça referans olarak alınmaksızın rotasyonu
Yönlendirme		Bir parçanın belirsiz bir doğrultudan belirli bir doğrultuya getirilmesi
Pozisyonlama		Bir parçanın belirsiz bir pozisyondan belirli bir pozisyona getirilmesi
Düzenleme		Parçanın belirsiz bir pozisyon ve doğrultudan belirli bir yön ve doğrultuya göre hareket ettirilmesi
İletme		Tanımlanmış bir hat üzerinden bir parçanın belirli bir pozisyondan diğer belirli bir pozisyona hareket ettirilmesi Doğrultu her bir nokta için tanımlanmıştır.
Aktarma		Tanımlanmamış bir hat üzerinde parçanın belirli bir pozisyondan diğer pozisyona hareket ettirilmesi Doğrultu derecesi aynı kalır.
Sevk etme		Bir parçanın herhangi bir pozisyondan diğer herhangi bir pozisyona hareket ettirilmesi. Doğrultu ve hareket hattı tanımlanmamıştır. Tanıma göre hiçbir robot fonksiyonu tam bir arka arkaya komple fonksiyon olarak tanımlanamaz ( tamamlama olarak verilmistir.)

Hareket



Emniyet

Taşıma fonksiyonu	Sembol	Açıklama
Tutma		Bir parçanın geçici olarak belirli bir doğrultu ve pozisyonda tutulması.
Bırakma		Tutma işleminin tam tersi
Sabitleme		Bir parçanın geçici olarak belirli bir doğrultu ve pozisyonda kuvvetle sabitlenmesi.
Çözme		Sabitlemenin tam tersi

Kontrol

Test		Parçanın verili şartlara sahip olup olmadığının tesbit edilmesi ( DIN 1319 VDI /VDE 2600 karşılaştırınız ) Örneğin varlık , özdeşlik , form , pozisyon , doğrultu kontrol edilir.
Varlık testi		Belirtilen alanda parçanın var olup olmadığı tesbit edilir.
Özdeşlik testi		Parçanın verili şartlara sahip olup olmadığının tesbiti
Pozisyon testi		Parçanın koordinatlar sisteminde tanımlanan yerde olup olmadığının tesbit edilmesi
Doğrultu testi		Referans olarak alınan koordinatlar sistemine göre parçanın verili olan doğrultuda olup olmadığının tesbit edilmesi
Ölçme		Referans olarak alınan bir büyüklüğe göre bir değer kaç katı olduğunun tesbit edilmesi ( DIN 1319 , VDI/VDE2600 karşılaştırınız )
Sayma		Parça adedinin tesbit edilmesi

## 6. ALGILAYICILAR (SENSÖRLER )

Kompleks üretim türlerinde artan otomasyonlaşma, üretim sürecine ilişkin veri ve bilgileri elektronik olarak temin etmeye ve uygun bir şekilde iletmeye olanak tanıyan elemanların kullanımını öngörmektedir.

Algılayıcılar bu gerekleri yerine getirdikleri için ölçme, kontrol ve regülasyon teknolojisinin, son yıllarda sıklıkla kullanılan önemli bir elemanı haline geldiler. Algılayıcılar, takip eden işlemciye her proses büyüklüğü hakkında bilgi verirler.

Proses büyüklüklerine örnek olarak sıcaklık, basınç, kuvvet, uzunluk, dönme açısı, sıvı seviyesi, debi gibi fiziksel büyüklükler verilebilir. Birçok fiziksel büyüklüğün belirlenmesi amacıyla, bu büyüklüklere hassasiyetle tepki veren ve uygun sinyalleri ileten algılayıcılar kullanılır (2).

### 6.1 Kavramlar

Algılayıcı kavramının yanısıra aşağıdaki kavramlar da açıklanmalıdır :

**Algılayıcı Elemanı** : Algılayıcı elemanı dendiği zaman, genellikle bir algılayıcı sisteminin, gelen ölçüm büyüklüklerini alan, ama ilave bir sinyal işleminin ve kullanılacak bazı hazır parçaların (gövde ve bağlantılar) öneminden dolayı tek başına yeterli bir eleman olduğu kabul edilmeyen bölümü anlaşılır (2).

**Algılayıcı Sistemi** : Bir algılayıcı sistemi, genellikle sinyal gönderme fonksiyonlarının önemli parçaları olan ölçme ve değerlendirme elemanlarından oluşur. Bu elemanlar modülerdir ve üretim sistemi içerisinde değiştirilebilir. Sinyal hazırlama işlemleri için algılayıcıların yanısıra sinyal işlemcileri, mikro işlemciler ve verilerle çalışan arabirimler de kullanılır (2).

Sinyal gönderme yetenekleri geliştirilmiş algılayıcılara akıllı algılayıcılar (smart-sensors) denir.

**Çoklu Algılayıcı Sistemi** : Aynı yada birbirinden farklı algılayıcılardan meydana gelen algılayıcı sistemidir (2).

#### Örnekler:

- Sıcaklık ve nem algılayıcı yada basınç ve sıcaklık algılayıcı, aynı cihaz içerisinde.
- İş parçalarının şekil ve malzeme özelliklerini ayırt etmek amacıyla kullanılan temassız algılayıcı kombinasyonları.
- Birçok kimyasal algılayıcının gazlar için oluşturdukları sistem. Bu sistemde algılayıcılar birbirleri ile çakışan cevap alanlarına sahiptirler ve birlikte kullanılmalarından dolayı tek olarak kullanılan algılayıcılara göre, daha doğru değerlendirmeler yaparak daha çok bilgi iletir.

- İnsanda beslenme esnasında birçok duyu organının bir arada kullanılması (koku, tat, optik etki, dilin teması) (2).

### 6.1.1 Algılayıcıların tipik çıkış sinyalleri

Algılayıcıların kullanımında önemli olan, çeşitli türdeki elektrik çıkış sinyallerinin tanınmasıdır. Bunları aşağıdaki bulunan tipler halinde sınıflandırabiliriz :

**A Tipi** : Anahtarlama sinyali çıkışlı algılayıcılar (ikili sinyal çıkışlı)

*Örnekler*      Temassız algılayıcılar  
Basınç anahtarları  
Sınır seviye anahtarı  
Çift metal anahtarı

Normalde bu algılayıcılar dolaysız yoldan, programlanabilir lojik kontrol organlarına (SPS) bağlanır.

**B Tipi** : Darbe frekansı çıkışlı algılayıcılar.

*Örnekler*      Artan uzunluk ve dönme açısı algılayıcıları

Genellikle SPS uyumlu ara birimler bulunur. SPS'de olması gereken özellikler : Büyük kelime uzunluklu donanım ve yazılım sayıcıları.

**C Tipi** : Çok küçük, dolaylı yoldan istifade edilen sürekli çıkış sinyallerini ileten yada devrenin dışardan kapatılması ile yararlanılabilir bir sinyal ileten, yükseltici ve dönüştürücü elektronikler, analog çıkışlı algılayıcı elemanı.

*Örnekler*      Piezorezistif yada pizoelektriksel algılayıcı elemanları  
Pt-100 yada termo elemanlar  
Alan levhası ve Hall algılayıcı elemanları  
pH ve iletkenlik test sondaları  
Doğrusal potansiyometreler

Kullanıcı fazla parça olduğu zaman, kendi elektronik çözümlerini seçer.

**D Tipi** : Dolaysız yoldan, yararlanabilen çıkış sinyalleri üreten, yükseltici ve dönüştürücü elektroniği monte edilmiş, analog çıkışlı algılayıcılar.

*Tipik Çıkış Sinyali Örnekleri*

0	+10 V
-5	+5 V
+1	+5 V
0	+20 mA
-10	+10 mA
+4	+20 mA

**E Tipi** : Standart sinyal çıkışlı (örneğin RS-232 C, RS-422 A, RS-485) yada veriyolu arabirimli (örneğin fieldbus, profibus, sensoraktifbus) algılayıcılar ve algılayıcı sistemleri (2).

### 6.1.2 İkili (Binary) ve analog algılayıcılar

İkili algılayıcılar; ayrı bir fiziksel ölçüm değerini ikili bir sinyale (genelde açık yada kapalı konumlarının yardımıyla elektriksel anahtarlama sinyaline) dönüştüren algılayıcılardır.

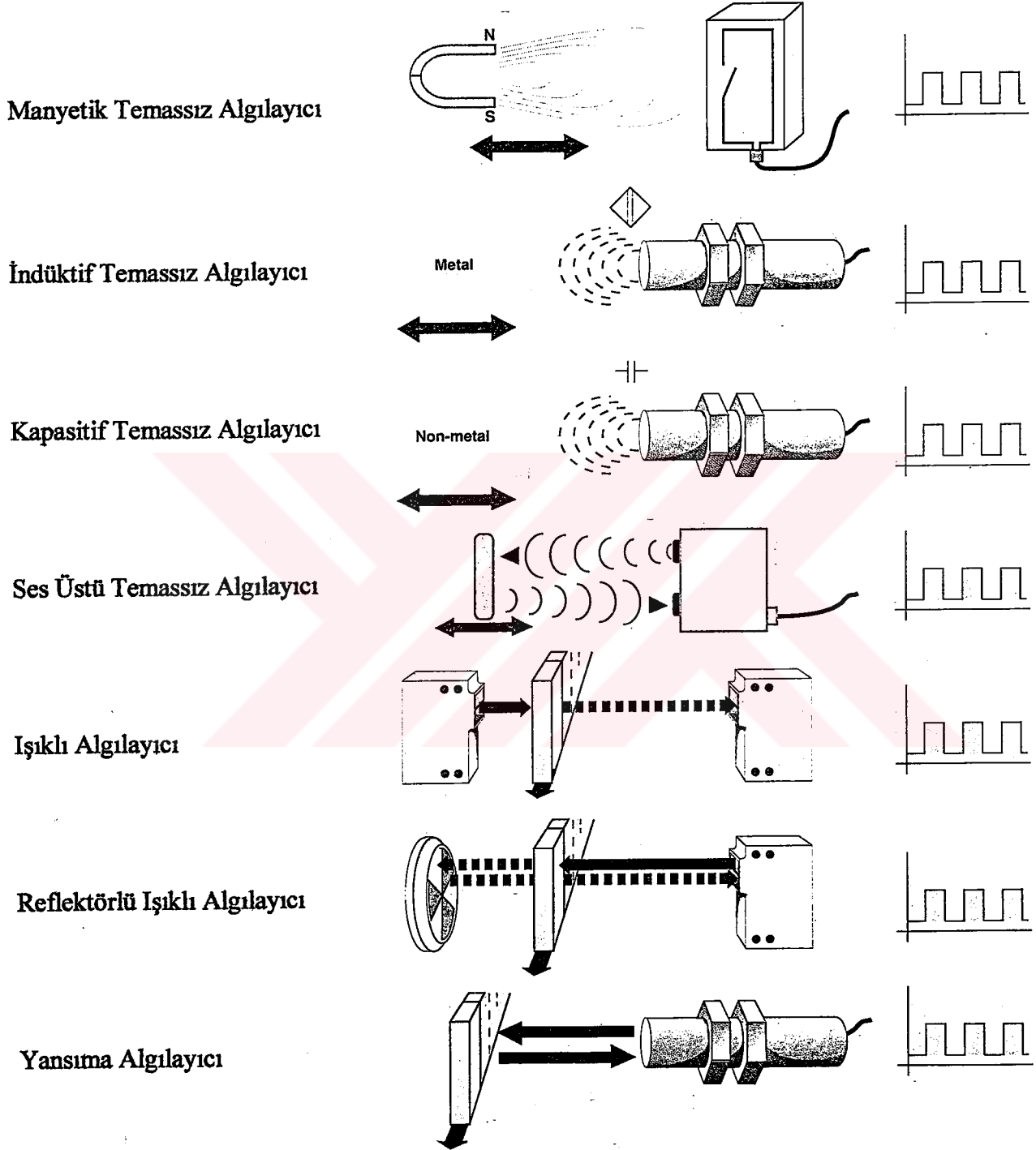
#### Örnekleri

- Limit valfi
- Temassız algılayıcı
- Basınç anahtarı
- Sınır seviye anahtarı
- Sıcaklık anahtarı

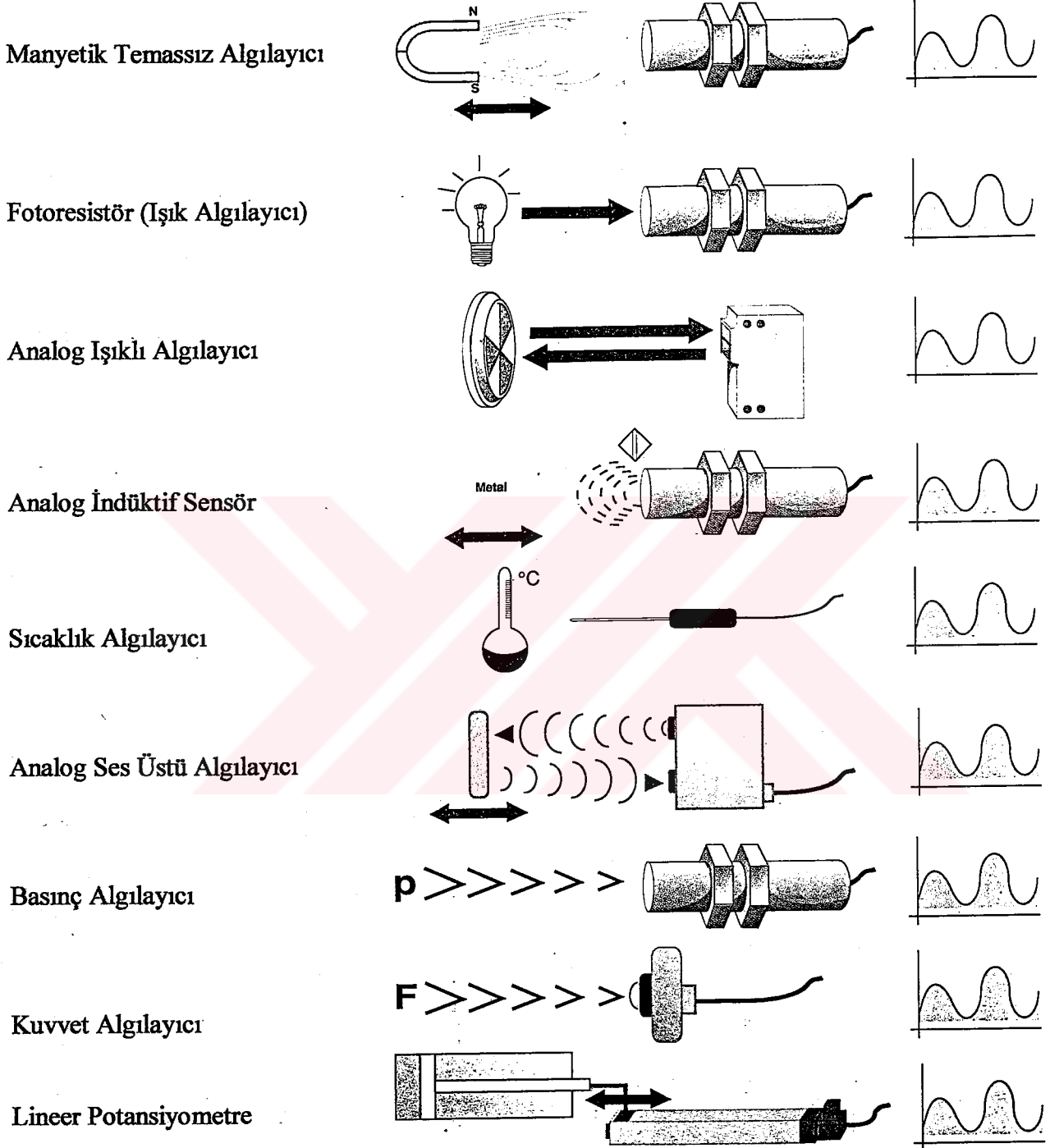
Analog Algılayıcılar; fiziksel bir ölçüm değerini analog bir sinyale (normalde gerilim yada akım gibi elektriksel analog sinyale) dönüştüren algılayıcılardır (2).

#### Örnekleri

- Uzunluk, uzaklık ve yol ölçümleri için kullanılan algılayıcılar
- Doğrusal hareket ve dönme hareketi için kullanılan algılayıcılar
- Yüzey, şekil ve geometri için kullanılan algılayıcılar
- Kuvvet algılayıcılar
- Ağırlık algılayıcılar
- Basınç algılayıcılar
- Dönme momenti algılayıcıları
- Debi algılayıcılar (sıvılar ve gazlar için)
- İşlenme miktarı algılayıcıları (katılar için)
- Seviye algılayıcıları
- Sıcaklık ve diğer termik büyüklükler için kullanılan algılayıcılar
- Optik büyüklükler için kullanılan algılayıcılar
- Akustik büyüklükler için kullanılan algılayıcılar
- Fiziksel ışınlar için kullanılan algılayıcılar
- Kimyasal maddeler için kullanılan algılayıcılar
- Fiziksel malzeme özellikleri için kullanılan algılayıcılar (2).



Şekil 6.1 İkili (binary) algılayıcı çeşitleri (Festo)



Şekil 6.2 Analog algılayıcı çeşitleri (Festo)

### 6.1.3 Temassız algılayıcı

Bir nesnenin belirlenen bir konumda bulunup bulunmadığını bu nesneye temas etmeden saptayan algılayıcılardır.

Birçok üretim donanımında belirlenen hareketlerin geri beslenme işareti için mekanik konum anahtarları kullanılır. Bu anahtarların diğer gösterim şekilleri mikroanahtar (micro switch), sınır anahtarı (limit switch) yada limit valfidir. Burada hareket, temas edilerek algılanır ve daha önceden tasarlanan şartlar bu şekilde yerine getirilir. Ayrıca bu anahtarlar aşınmaya karşı dayanıklıdır. Temassız algılayıcılar bu anahtarlardan farklı olarak elektronik ve temassız çalışır (2).

Temassız algılayıcıların getirdiği avantajlar şunlardır :

- Geometrik konumların hassas ve otomatik olarak saptanması.
- Nesnelerin ve hareketlerin temassız olarak saptanması; elektronik temassız algılayıcının yardımıyla iş parçası ve algılayıcı arasında kontak kurulması gerekmez.
- Anahtarlama hızı; algılayıcılar elektronik çıkış sinyallerinin yardımıyla gerilim tepe değerleri ve hata impulsları üretmez.
- Aşınmaya dayanımlı fonksiyon; elektronik algılayıcılar hareketlilikten dolayı aşınan parçalar içermez.
- Sınırsız sayıdaki anahtarlama çevrimleri.
- Ağır çevre koşullarında da kullanılabilen tasarımlar mevcuttur (örneğin patlama tehlikesi bulunan ortamlar).
- Bu sebeplerden dolayı, temassız algılayıcılar endüstrinin birçok kolunda kullanılmaktadır. Temassız algılayıcılar, teknik birimlerin çalışmalarının kontrol edilmesini sağlar. Bu yüzden de prosesin çalışma kontrolünün ve güvenliğinin sağlanması amacıyla kullanılır. Böylece üretim sırasında ortaya çıkan arızalar önceden, hızlı ve güvenli bir şekilde saptanır. İnsan ve makinenin başına gelebilecek zararların önlenmesi, önemli bir noktadır. Makinelerin boşa durma süre ve sayılarının azaltılması, arızaları hızlı bir şekilde saptayan ve bildiren algılayıcıların kullanılması ile mümkündür (2).

#### 6.1.3.1 İşletme gerilimleri

Temassız algılayıcılar Avrupa ülkelerinde genellikle 24 V' luk doğru akımla çalıştırılır. Bu yüzden de 10 V – 30 V yada 10 V – 55 V doğru akım değerleri arasında çalıştırılmak üzere tasarlanırlar (2).

Güneydoğu Asya, Kuzey ve Güney Amerika'da indüktif ve optik temassız algılayıcıların tahminen %30'u, Avustralya ve Güney Afrika'da olduğu gibi alternatif akımla çalıştırılmaktadır (2).

İndüktif, kapasitif ve optik temassız algılayıcılar genellikle hem doğru akım ile hem de 24 V, 110 V, 120 V yada 220 V değerindeki alternatif akım ile çalıştırılmak üzere tasarlanırlar. Ünlversal akım tasarımlarında hem doğru akıma (12 V – 240 V gerilim aralığında), hem de alternatif akıma (24 V – 240 V gerilim aralığında) bağlanabilen indüktif, kapasitif ve optik temassız algılayıcılar da mevcuttur. Bazı üreticiler örneğin 20 V – 250 V gerilim aralığındaki doğru akım ile yada örneğin 45 – 65 Hz. Frekans aralığındaki alternatif akım ile çalışan değişik tasarımlar sunmaktadırlar. Bu tasarımlar üniversal akım tasarımları adı ile gösterilir (2).

### 6.1.3.2 Temassız algılayıcıların kullanım yerleri

Temassız algılayıcıların tipik kullanım yerleri şu alanlardır :

- Otomobil Endüstrisi
- Makine Endüstrisi
- Paketleme Endüstrisi
- Ağaç Endüstrisi
- Basım ve Kağıt Endüstrisi
- İçecek Endüstrisi
- Seramik ve Kiremit Endüstrisi (2).

Temassız algılayıcıların otomasyonlaşma teknolojisinde kullanım imkanları çok geniş ve çeşitli olduğundan, kapsamlı bir anlatım bu tez çalışması içerisinde mümkün olamamaktadır. Ancak takip eden sayfalarda incelenecek olan konuların temassız algılayıcılar ile ilgili oldukça ayrıntılı bilgiler içerdiğini sizler de göreceksiniz.

### 6.1.3.3 Temassız algılayıcıların kullanım örnekleri

- Bir nesnenin belirli bir konumda bulunup bulunmadığını sorgulamak amacıyla kullanım. Örneğin pnömatik silindirlerin, elektrik tahrik organlarının, tutma kollarının, koruma kafeslerinin, kaldırma sistemlerinin ve kapıların kumanda edilmesinde.
- İş parçalarının konumlandırılması amacıyla kullanım. Örneğin işleme merkezlerinde, alet kızaklarının ve pnömatik silindirlerin konumlandırılmasında.
- Nesne ve hareket sayılarının belirlenmesi amacıyla kullanım. Örneğin taşıma bantlarında ve ayırım donanımlarında.
- Devir sayısını belirlemek amacıyla kullanım. Örneğin dişli çarklarda yada durma hallerinin belirlenmesinde.



- Malzemelerin tanınması amacıyla kullanım. Örneğin malzeme tedarikinde yada malzeme tasnifinde.
- Doğrusal hareketlerde yada dönme hareketlerinde yön belirleme amacıyla kullanım. Örneğin parçaların taşınmasında.
- Takımların, aletlerin denetlenmesi amacıyla kullanım.
- Optik, kapasitif ve ses üstü temassız algılayıcıların seviye kontrolü amacıyla kullanılması.
- Bozucu etkilere karşı makine güvenliğinin sağlanması amacıyla kullanım.
- Bir nesnenin formunun belirlenmesi amacıyla kullanım.
- Uzaklık ölçülmesi amacıyla kullanım.
- Hız ölçülmesi amacıyla kullanım (2).

## 6.2 Mekanik Sınır Anahtarı

Mekanik sınır anahtarlarında, dıştan gelen bir kuvvetin etkisiyle elektrik kontağı kurulur yada kesilir. Elektrik kontağının ömrü yaklaşık 10 milyon anahtarlama çevrimidir. Kontakın yapısına göre oldukça yüksek elektrik gerilimlerini ve akımlarını iletmek mümkün olur. Mekanik sınır anahtarlarında kontak aralığı dendiği zaman, farklı kutupların açık iki kontağını ayıran aralık kastedilir. Mikro sınır anahtarlarının tersindirme süreleri 1 – 15 ms aralığındadır. Özellikle sayım olaylarında, anahtarlama çevrimi sırasında kontak dillerinde meydana gelebilecek tepe gerilimlerine dikkat edilmelidir (2).

Bir mikro anahtar örneğindeki teknik özellikler :

Kontak Gücü (Direnci Yüğü)	24 V = 6 A 250 V ~ 6 A
Anahtarlama Noktası Doğruluğı	0,01 mm – 0,1 mm (hassas anahtar 0,001 mm ye kadar)
Anahtarlama Frekansları	60 ... 400 anahtarlama / dakika
Çalışma Ömrü	10 Milyon anahtarlama
Koruma Sınıfı (DIN40050)	IP00'den IP67'ye kadar

### 6.2.1 Kullanım bilgileri

Sınır anahtarlarında hassas mekanik elemanlar kullanıldığı için sınır anahtarını monte ederken şunlara dikkat edilmelidir (2).

- Montaj doğru bir şekilde yapılmalıdır (anahtar kumanda elemanı ve nesne arasında uygun ve doğru bir mesafe bulunmalıdır).
- Sınır anahtarı monte edilecek yere rijit olarak bağlanmalıdır.
- Kumanda yönü doğru olarak saptanmalıdır (yandan yada önden)

Elektrik bağlantıları çok itinalı bir şekilde hazırlanmalıdır. Sıkıştırma yada vida bağlantılarında, bağlantıların izole edilmemesi gerekir. Kablolar lehimlendiği zaman, lehimleme esnasında sınır anahtarının yuvasında meydana gelebilecek termik problemlere dikkat edilmelidir. Sınır anahtarına bağlanan kablolar herhangi bir gerilime yada çekmeye maruz kalmamalıdır (2).

Sınır anahtarları, son konum durdurucusu olarak kullanılmamalıdır.

Birçok kullanımda sınır anahtarlarının temaslı çalışması, kontaklarda meydana gelen tepe gerilimleri yada aşınması gibi dezavantajları göz önüne alınmaz. Bu tip durumlarda sınır anahtarlarının fiyatlarının uygunluğu daha ön plandadır.

Mekanik sınır anahtarlarının tipik kullanım yerlerine örnek olarak, elektromanyetik alanların etkisiyle oluşan güçlü çevresel yüklerin hakim olduğu alanlar verilebilir. Bu duruma örnek olarak kaynak bölümlerine yakın olan yerler gösterilebilir. Bu tip yerlerde elektronik temassız algılayıcılar kullanılmaz (2).

### 6.3 Manyetik Temassız Algılayıcılar

#### 6.3.1 Reed temassız algılayıcılar

Manyetik temassız algılayıcılar, kalıcı mıknatısların ve elektromıknatısların oluşturdukları manyetik alanlara etkirler.

Reed anahtarlarında, ferromanyetik malzemeden yapılan (Fe-Ni karışımı) kontak dilleri eritilerek cam bir pistonla bağlanır. Pistonun içinde reaksiyona girmeyen ve yanmayan bir gaz (örneğin azot) bulunur.

Reed temassız algılayıcılarının yakınına bir manyetik alan yaklaştığı zaman, kontak dilleri manyetiklenir. Manyetiklenen kontak dilleri birbirlerini çeker ve kontak kapanır (2).

#### Reed kontaklı temassız algılayıcıların teknik özellikleri :

Anahtarlama Gerilimi	12 V ... 27 V (= veya ~)
Anahtarlama Doğruluğu	± 0,1 mm
Maksimum Anahtarlama Gücü	40 W
Maksimum Bozucu İndüksiyon	0,16 mT
Maksimum Kontak Akımı	2 A
Anahtarlama Frekansı	500 Hz max.
Anahtarlama Süresi	≤ 2 ms
Kondüktans	0,1 Ω
Kontak Ömrü (Koruma Devreli)	5 Milyon anahtarlama
Koruma Sınıfı	IP 66
Çevre Ortam Sıcaklığı	-20 °C ... 60 °C

Reed temassız algılayıcılar, önlerinde kalıcı bir mıknatıs hareket ettiği zaman birçok anahtarlama aralığına sahip olurlar. Anahtarlama aralıklarının özellikleri, mıknatısın kutup yönüne bağlıdır (2).

### 6.3.1.1 Kullanım bilgileri

Reed temassız algılayıcıların montajı sırasında, anahtarın çevresinde bozucu etki yapan, alan şiddeti 0,5 mT'dan ( $T = \text{Tesla}$ ) büyük olan bir manyetik alan bulunmamalıdır. Eğer böyle bir manyetik alan mevcut ise, temassız algılayıcı itinalı bir şekilde korunmalıdır (2).

Reed temassız algılayıcıların monte edildiği pnömatik silindirlerde, temassız algılayıcı ile silindirin dış yüzü arasında minimum 60 mm'lik bir uzaklık bulunmalıdır. Daha küçük uzaklıklarda, anahtarlama noktalarında kaymalar meydana gelir (2).

Reed temassız algılayıcılarda çok yüksek bir akım geçebildiğinden geçen akım sınırlandırılmalıdır. Akım, sınırlandırılmadığı takdirde, anahtarın açılması yada kapanması sırasında deşarj oluşmasına ve bununla beraber kontakların yanmasına sebep olabilir. Bu yüzden devreye bir direnç bağlanmalıdır. Bu direnç, akımı sınırlandırarak kontakların ömrünü uzatır (2).

Manyetik temassız algılayıcılar ile diğer birçok algılayıcı problemi ortadan kaldırılabilir. Bunun için algılanan nesne yapısında mıknatıs bulundurulmalıdır. Örneğin :

- Ne tür malzemeden meydana geldiği önemli olmayan dönen parçaların dönüş sayılarının ölçümünde.
- Aynı tür iş parçalarının tek tek seçilerek tanınmasında.
- Artan yol ölçüm sistemlerinde.
- Sayım ayarlarında.
- Kapı anahtarlarında.
- Malzeme konumlamalarında (2).

### 6.3.2 İndüktif – Manyetik temassız algılayıcılar

İndüktif-manyetik temassız algılayıcılarda, indüktif temassız algılayıcılarda olduğu gibi bir osilatör (LC-rezonans devresi) bulunur. Kalıcı bir mıknatısın yaklaşması sonucunda rezonans devresi bobininin çekirdek malzemesi doyar. Böylelikle temassız algılayıcının osilatör akımı değişir. Çıkış tarafına bağlanan bir yükseltici bu değişimi değerlendirir ve tanımlı bir çıkış sinyaline dönüştürür. Bu tip temassız algılayıcılar sadece manyetik alanlara etkirler, metallere etkimezler (2).

İndüktif-manyetik temassız algılayıcılarda manyetik kutup eksenini yönünün temassız algılayıcı eksenine göre hangi konumda bulunduğuna dikkat edilmelidir.

İndüktif-manyetik temassız algılayıcılar, Reed temassız algılayıcılara göre şu önemli avantajlara sahiptirler:

- Kontak problemleri ortaya çıkmaz (örneğin gerilim tepe değerleri)
- Metal kontaklarındaki gibi aşınmalar meydana gelmez.
- Manyetik kutup eksenini uygun ve itinalı bir şekilde yönlendirildiği zaman sadece tek bir anahtarlama aralığı meydana gelir (2).

### 6.3.2.1 Kullanım bilgileri

İndüktif-manyetik temassız algılayıcıların kullanımında, algılayıcının çevresel koşullar altında asimetrik bir anahtarlama davranışı gösterdiğine dikkat edilmelidir. Bu yüzden söz konusu olan her durumda güvenilir bir anahtarlama yapıp yapmadığı kontrol edilmelidir. Temassız algılayıcının yakınında ferromanyetik bir malzeme varsa, bu durum temassız algılayıcının karakteristik değerlerinin değişmesine veya arızaların oluşmasına sebep olabilir. Aynı şekilde kuvvetli yabancı manyetik alan etkilerinin hakim olduğu ortamlarda da (örneğin kaynak atölyeleri ve alüminyum eritme ocakları) karakteristik değer değişimleri ve arızalar meydana gelebilir (2).

### 6.4 İndüktif Temassız Algılayıcılar

İndüktif temassız algılayıcının meydana geldiği önemli parçalar şunlardır : Osilatör (LC-rezonans devresi), demodülatör, kippverstarker ve çıkış modülü.

Manyetik alan, osilatör bobinine ait ferrit tabakası çekirdeğinin ve ilave koruyucuların yardımıyla dışarıya doğru yönlendirilir. Bu sebepten dolayı indüktif temassız algılayıcının aktif yüzeyi üzerinde aktif anahtarlama aralığı denen, sınırlı bir aralık oluşur (2).

İndüktif temassız algılayıcılar ile sadece iletken (elektrik) malzemeler saptanabilir.

Aktif anahtarlama aralığında bir metal varsa çıkış modülü anahtar tipine göre (kapatıcı, açıcı yada dönüştürücü) ya anahtarlanır yada engellenir. Çıkış sinyalinde bir sinyal değişiminin meydana geldiği, nesne ile aktif yüzey arasındaki uzaklığa anahtarlama aralığı denir. İndüktif temassız algılayıcılarda, temassız algılayıcı başında kullanılan bobin ne kadar büyük olursa o kadar büyük anahtarlama aralıkları elde edilir. 250 mm ye kadar olan değerler gerçekleştirilmiştir (2).

### Doğru Akımla Çalışan İndüktif Temassız Algılayıcılara Ait Teknik Veriler :

Nesne Malzemesi	Metaller
İşletme Gerilimi	tipik olarak 10 V ... 30 V
Anma anahtarlama aralığı	tipik olarak 0,8 ... 10 mm max. 250 mm
Maksimum kontak akımı	75 mA ... 400 mA
Çevre ortam sıcaklığı	-25 °C ... + 70 °C
Titreşim	10 ... 50 Hz 1 mm genliğinde
Kirliliğe karşı duyarlılık	duyarsız
Ömür	çok uzun
Anahtarlama frekansı	tipik olarak 10 ... 5000 Hz max. 20 kHz
Yapı şekilleri	silindirik, blok şekilli
Yapı büyüklükleri (örneğin)	M8x1, M12x1, M18x1, M30x1, Ø 4 mm ... Ø 30 mm 25 mm x 40 mm x 80 mm
Koruma sınıfı (DIN 40050)	IP 67'ye kadar

Piyasaya sunulan birçok indüktif temassız algılayıcıya, kullanımı kolaylaştırmak ve güvenli bir çalışma sağlayabilmek için, aşağıdaki koruma önlemleri ilave edilmiştir.

- Kutuplama koruması (bağlantı değişimlerinden kaynaklanan zararlara karşı)
- Kısa devre koruması (toprak çıkışlarında meydana gelen kısa devrelere karşı)
- Gerilim tepe değerlerine karşı koruma
- Tel kopmalarına karşı koruma (bir telin kopması ile çıkış bloke edilir) (2).

#### 6.4.1 Kullanım bilgileri

Metal parçalara indüktif temassız algılayıcı monte ederken, temassız algılayıcının özelliklerinin, özellikle karakteristik değerlerinin değişmemesine özen gösterilmelidir. Birbirinden farklı iki temassız algılayıcı şekli vardır; tek başına ve beraber monte edilen temassız algılayıcılar.

Metallere, beraber monte edilen temassız algılayıcılarda, elektromanyetik alanın aktif bölgeden sadece öne doğru çıkması, alınan konstrüksiyon tedbirleriyle sağlanır. Böylelikle temassız algılayıcının karakteristik özellikleri montaj etkilerinden korunur. Temassız algılayıcıların seri montajında, iki temassız algılayıcı arasında en az her temassız algılayıcının çapına eşit olan bir uzaklık bulunmalıdır. Bu uzaklığın bulunması, temassız algılayıcıların karşılıklı olarak birbirlerini etkilemelerinin önlenmesi bakımından önemlidir. Temassız algılayıcının aktif yüzeyinin önündeki serbest bölge, kullanılan temassız algılayıcının anma anahtarlama aralığının en az üç katı olmalıdır. Serbest bölge; temassız algılayıcı ile arka planda bulunan nesne arasında kalan aralıktır (2).

Temassız algılayıcıların birlikte monte edilmesinin getirdiği avantaj, algılayıcıların tertibatlarda çok kolay ve yer kazandıracak şekilde monte edilebilmeleridir. Birlikte montajın tek başına montaja göre dezavantajı ise temassız algılayıcı gövdesinin dış çapının her iki durumda da aynı

olmasına rağmen algılayıcıların birlikte montajda daha küçük bir anahtarlama aralığına sahip olmalarıdır (2).

### 6.5 Kapasitif Temassız Algılayıcılar

Kapasitif temassız algılayıcıların çalışma prensibi, herhangi bir malzemenin yaklaşması sonucunda RC-rezonans devresine bağlı bir kondansatörün kapasite değişiminin ölçülmesine dayanır. Kapasitif temassız algılayıcının elektrostatik etki alanı, bir aktif elektrot ve bir toprak elektrotla oluşur. Bu elektrotlara ilaveten temassız algılayıcının etkisini nem yardımıyla dengeleyen, dengeleme elektrotları vardır. Herhangi bir malzeme (metal, plastik, cam, tahta, su..) aktif bölgeye girdiği zaman rezonans devresinin kapasitesi değişir. Bu kapasite değişimi esas olarak şu parametrelere bağlıdır; malzemenin aktif yüzeye olan uzaklığı, malzemenin boyutları ve malzemenin dielektrik katsayısı (2).

Çoğu kapasitif temassız algılayıcıların duyarlılığı (anahtarlama aralığı) ayar potansiyometrelerinin yardımıyla değiştirilebilir. Böylelikle belli malzemelerin algılanması sağlanır. Örneğin plastik bir şişe içinde bulunan sıvı çözeltilerin seviyeleri, şişe kabından etkilenmeden saptanabilir.

Kapasitif temassız algılayıcının anahtarlama aralığı topraklanmış bir metal plakanın yardımıyla elde edilir.

Kapasitif temassız algılayıcılarda anahtarlama aralığının, kullanılan malzemenin cinsine, kenar uzunluğuna ve kalınlığına bağlı bir fonksiyon olduğuna dikkat edilmelidir. Anahtarlama aralığı bütün metaller için yaklaşık aynı değeri alır (2).

#### Kapasitif Temassız Algılayıcıların Teknik Verileri :

İşletme gerilimi	tipik olarak 10 V ... 30 V DC yada 20 V .. 250 V AC
Anma anahtarlama aralığı	tipik olarak 5 .. 20 mm Maksimum 60 mm (Potansiyometre ile ayarlanabilir)
Nesne malzemesi	Dielektrik sabiti 1'den büyük olan bütün malzemeler
Kontakt akımı	max. 500 mA DC
Çevre ortam sıcaklığı	-25 °C ... +70 °C
Kirliliğe karşı duyarlılık	duyarlı
Ömür	çok uzun
Anahtarlama frekansı	300 Hz'e kadar
Yapı şekilleri	silindirik örneğin M18x1, M30x1 max. Ø 30 mm, blok şekilli
Koruma sınıfı (DIN 40050)	IP 67'ye kadar

### 6.5.1 Kullanım bilgileri

Kapasitif temassız algılayıcılar da birlikte ve tek başına kullanılan algılayıcılar olmak üzere iki gruba ayrılır. Buna ilaveten kirlenmeye karşı çok duyarlıdır. Kapasitif temassız algılayıcılar suyun dielektrik katsayısının ( $\epsilon = 81$ ) çok büyük olmasından dolayı neme karşı da çok duyarlıdır. Öte yandan bir engelin arkasında bulunan nesnelere saptanmasına yararlar. Bu durumda engelin kalınlığı 4 mm'den az olmalıdır ve saptanması istenen malzemenin dielektrik katsayısı engelinkinin yaklaşık 4 katı olmalıdır (metal engellerin arkasında bulunan nesnelere saptanması mümkün değildir) (2).

Kapasitif temassız algılayıcılar birçok malzemeye reaksiyon gösterdikleri için indüktif temassız algılayıcılara göre daha yaygın kullanılırlar. Öte yandan kapasitif temassız algılayıcılar cevap yüzeyine etkileyen neme karşı duyarlıdır. Bazı üreticiler nemlenmenin buz erimesinin yada buzlanmanın etkilerini azaltmak amacıyla bir yardımcı elektrot kullanırlar. Kullanılan yardımcı elektrot bu bozucu etkilerin dengelenmesini sağlar.

Metal nesnelere saptanması için indüktif temassız algılayıcılar, kapasitif temassız algılayıcılara oranla fiyatlarının uygun olmasından dolayı daha çok tercih edilirler (2).

### 6.6 Optik Temassız Algılayıcılar

Optik temassız algılayıcılar nesnelere optik ve elektronik yollarla algırlar. Bunun için kızıl yada kızılötesi ışık kullanılır. Kızıl ve kızılötesi ışık kaynakları olarak özellikle yarı iletken ışıklı diyotlar (LED) kullanılır. Bu diyotlar küçük, sağlam, uzun ömürlü ve kolay modüle edilebilir. Alıcı elemanları olarak fotodiyotlar yada fototransistörler kullanılır. Kızıl ışık, kullanılan temassız algılayıcının optik eksenlerinin ayarlanmasında çıplak göz ile görülebildiğinden önemli bir avantaj sağlar. Ayrıca polimer optik kablolar ışığı az miktarda söndürdükleri için, bu dalga boyu aralığında kullanılmaları iyi sonuç verir (2).

Yüksek ışık güçlerinin gerektiği yerlerde, örneğin büyük mesafelerin atlayarak geçilmesinde kızılötesi ışık kullanılır. Ayrıca kızıl ötesi ışık çevre etkilerine daha çok dirençlidir.

Optik temassız algılayıcıların her iki çeşidinde dış ışık etkilerinin daha çok azaltılması, optik sinyallerin modülasyonu ile gerçekleştirilir. Alıcı (ışıklı algılayıcılar hariç) vericinin gönderdiği impulsa göre ayarlıdır. Işıklı algılayıcılarda ise, alıcı ile verici arasında bir impuls uyumu olmadığı için alıcıda elektrikselsel bandpas filtresi kullanılır. Özellikle kızılötesi ışıklarda gün ışığı filtresi kullanımı, çevre ışıklarına olan duyarlılığı azaltır (2).

Optik temassız algılayıcılarda bulunan koruma tedbirleri şunlardır; kutuplama koruması, çıkışların kısa devre dayanımlılığı, gerilim tepe değerlerine karşı koruma.

Işıklı ve yansıma ışığı algılayıcılarda aşağıda belirtilen iki tip anahtarlama fonksiyonu ayırt edilir:

**Aydınlık anahtarlama** : Nesne ışık ışınını serbest bırakırsa çıkış kapanır (kapanan çıkış, NO = normalde açık kontak) Aydınlık anahtarlama, ışıklı algılayıcının alıcısının çıkışı, ışık hüzmesinde bir nesne bulunmadığı takdirde kapalıdır (2).

**Karanlık Anahtarlama** : Nesne ışık ışınını serbest bırakırsa çıkış açılır (açılan çıkış, NC = normalde kapalı kontak). Karanlık anahtarlama, ışıklı algılayıcının alıcısının çıkışı, ışık hüzmesinde bir nesne bulunduğu takdirde kapalıdır (2).

### 6.6.1 Çeşitleri

**İşıklı Algılayıcılar** : Birbirinden ayrı olarak monte edilen alıcı ve verici elemanlarından oluşur. Bu yüzden geniş bir faaliyet alanına sahiptir. Bu algılayıcılarda, ışık ışınının kesilmesi değerlendirilir. Aktif ışın kesitinin bir nesne ile kesilmesi gerekir (2).

**Yansıma Işığı Algılayıcılar** : Alıcı ve verici aynı gövdede bulunur. Bunlara ilaveten bir reflektörün kullanımı gereklidir. Bu algılayıcılarda, ışık ışınının kırılması değerlendirilir. Işın hüzmesinin kırılması yönlendirilmiş yada her yöne doğru yansıma ile gerçekleştirilmemelidir. Bu koşullar altında saydam, açık yada parlak nesnelere saptanamayabilir. Işığı yansıtan nesnelere, yansıttıkları ışık alıcının üzerine gelmeyecek şekilde konumlandırılmalıdır (2).

**Yansıma Algılayıcısı** : Verici ve alıcı aynı gövde üzerinde bulunur. Nesne ışığın bir kısmını geri yansıtır ve bu şekilde alıcı aktif hale gelir. Cevap verme aralığı nesnenin yansıtma özelliğine bağlıdır. Yansıyan ışığın gücü nesnenin büyüklüğüne, yüzeyine, şekline, yoğunluğuna, rengine ve hatta ışığın gelme açısına bağlıdır. Sadece küçük uzaklıklar kontrol edilebilir (2).

**Fiber Optik Kablolulu Optik Temassız Algılayıcılar** : Eğer yukarıda bahsedilen temassız algılayıcılardan birinin kullanım esnasında fazla yer kapladığı düşünülürse, onun yerine yer kaybına yol açmayan fiber optik kablo donanımlı optik temassız algılayıcılar kullanılabilir. Ayrıca, patlama tehlikesi bulunan ortamlarda da fiber optik kablo kullanımı avantaj sağlar. Fiber optik kablolarla, küçük nesnelere konumları hassas ve doğru bir şekilde saptanır. İki ayrı fiber optik kablo ile bir ışıklı algılayıcı meydana getirilir. Fiber optik kablolar bükülebilir olduklarından çok yaygın bir kullanım alanına sahiptir (2).

### İşıklı Algılayıcıların Teknik Verileri :

İşletme gerilimi	tipik olarak 10 V ... 30 V DC yada 20 V ... 250 V AC
Faaliyet alanı	maksimum 100 m ye kadar
Nesne malzemesi	Aşırı saydam malzemeler hariç her türlü malzeme olabilir
Kontakt akımı (Transistör çıkışı)	100 ... 500 mA DC
Çevre ortam sıcaklığı	0°C ... +60 °C yada -25°C ... +80°C
Kirliliğe karşı duyarlılık	duyarlı
Ömür	uzun (yaklaşık 100000 saat)



Anahtarlama frekansı	20 ... 10000 Hz
Yapı şekilleri	Genellikle blok şekilli bazen silindirik
Koruma sınıfı (DIN 40050)	IP 67'ye kadar

#### Yansımaya Işığın Algılayıcıların Teknik Verileri :

İşletme gerilimi	tipik olarak 10 V ... 30 V DC yada 20 V ... 250 V AC / DC
Faaliyet alanı	10 m ye kadar
Nesne malzemesi	Işığın yansıtan, parlak nesnelere hariç
Kontakt akımı (Transistör çıkışı)	100 ... 500 mA DC
Çevre ortam sıcaklığı	0°C ... +60 °C yada -25°C ... +80°C
Kirliliğe karşı duyarlılık	duyarlı
Ömür	uzun (yaklaşık 100000 saat)
Anahtarlama frekansı	10 ... 1000 Hz
Yapı şekilleri	Silindirik, blok şekilli
Koruma sınıfı (DIN 40050)	IP 67'ye kadar

#### Yansımaya Algılayıcıların Teknik Verileri :

İşletme gerilimi	tipik olarak 10 V ... 30 V DC yada 20 V ... 250 V AC / DC
Faaliyet alanı	50 mm ... 2 m
Nesne malzemesi	Her türlü malzeme olabilir
Kontakt akımı (Transistör çıkışı)	100 ... 500 mA DC
Çevre ortam sıcaklığı	0°C...+60 °C yada -25°C...+80°C
Kirliliğe karşı duyarlılık	duyarlı
Ömür	uzun (yaklaşık 100000 saat)
Anahtarlama frekansı	10 ... 2000 Hz
Yapı şekilleri	Silindirik, blok şekilli
Koruma sınıfı (DIN 40050)	IP 67'ye kadar

#### **6.6.2 Kullanım bilgileri**

##### Işıklı Algılayıcıların Avantajları :

- Durağan durumdaki ışık ilkesi ile yükseltilmiş güvenilirlik
- Büyük faaliyet alanı
- Uzak mesafelerdeki küçük nesnelere saptanması
- Sert çevre koşulları için uygun olması
- Işığın her yöne yansıtan, geri yansıtan yada geçiren nesnelere algılanması
- İyi düzeyde konumlandırma doğruluğu (2).

##### Işıklı Algılayıcıların Dezavantajları :

- Ayrı elektrik devrelerine sahip iki ayrı temassız algılayıcı elemanının (alıcı ve verici) kullanılması.
- Işığın tamamını geçiren nesnelere saptanamaması.

Tam geçirgen bir nesne ışık hüzmesine girdiği zaman, gönderilen ışığın şiddeti, monte edilen bir potansiyometrenin yardımıyla alıcının çalışmayacağı kadar düşürülebilir.

Vericide meydana gelen bir arıza sanki ortada bir nesne varmış gibi değerlendirilir (Kazalardan korunmaya yönelik uygulamalarda önemlidir) (2).

#### Yansıma Işığı Algılayıcıların Avantajları :

- Durağan durumdaki ışık ilkesi ile yükseltilmiş güvenlik.
- Montaj ve ayar kolaylığı.
- Işığı her yönde yansıtan, geri yansıtan ve saydam olmaya yakın nesnelere, yeterli büyüklükteki ışık miktarının nesne tarafından emilmesi sağlandığı takdirde algılanabilir (2).

#### Yansıma Işığı Algılayıcıların Dezavantajları :

- Saydam, çok açık ve parlak nesnelere saptanamaması.

Bu tip algılayıcılarda ışık, saydam nesnelere içinden iki kez geçer ve bu durum ışığın zayıflamasına neden olur. Saydam nesnelere bu koşullar altında, potansiyometrenin uygun şekilde ayarlanması ile saptanabilir.

Işığı yansıtan nesnelere, yansıyan ışık alıcıya gelmeyecek şekilde konumlandırılmalıdır.

Işık hüzmesine konan engeller, çok küçük nesnelere algılanmasında, algılayıcının etkime yeteneğini iyileştirebilir.

Vericide meydana gelen bir arıza sanki ortada bir nesne varmış gibi değerlendirilir.

Reflektörler eskiyebilir, kirlenebilir yada deforme olabilir (Örneğin 80°C üzerindeki sıcaklıklarda plastik malzemeler kalıcı olarak şekil değiştirir). Bu yüzden uygun olmayan reflektörlerin kullanımı, algılayıcının faaliyet alanını ve etkime gücünü önemli ölçüde azaltabilir (2).

#### Yansıma Algılayıcıların Avantajları :

- Gönderilen ışığın nesneden geri yansıması alıcıyı aktif hale getirdiğinden, ilave bir reflektörün kullanımı gerekli değildir.
- Işığı her yönde yansıtan, geri yansıtan ve saydam olmaya yakın nesnelere, yeterli büyüklükteki ışık miktarını yansıtması sağlanırsa saptanabilir.
- Işıklı algılayıcılar sadece ışık hüzmesi yönüne dik durumda bulunan nesnelere saptanmasına yararırken, yansıma algılayıcıları nesnelere ön yüzden de saptamaya imkan verirler. Yani ışık hüzmesi yönündeki nesnelere saptayabilirler.
- Yansıma algılayıcıları nesnelere, arkalarında bulunan fonun önünden seçerek tanıyabilir (2).

### Yansıma Algılayıcıların Dezavantajları :

- Işığın yayılma yönüne çapraz durumdaki cevap eğrileri tam doğrusal değildir. Bu yüzden hassas bir yanal cevap verme söz konusu olduğunda yansıma algılayıcılarının yerine ışıklı algılayıcıların kullanılması daha uygundur.

Nesnelerin büyüklüğü, yüzeyi, yapı şekli, yoğunluğu ve rengi kadar ışığın düşme açısı da yansıtılan ışığın şiddetini belirler. Bu yüzden genellikle birkaç desimetreye kadar olan küçük mesafeler kontrol edilebilir. Nesnenin arkasındaki fon, ışığı ya emmeli yada dağıtmalıdır. Yani algılayıcının önünde bir nesne bulunmadığı zaman, arka fondan yansiyacak olan ışık cevap verme seviyesinin altında olmalıdır. Vericide meydana gelen bir arıza sanki ortada bir nesne yokmuş gibi değerlendirilir (2).

### Fiber Optik Kablo Donanımlarının Avantajları :

- Ulaşılması zor olan yerlerde bulunan nesnelerin saptanması, örneğin matkap delikleri.
- Temassız algılayıcı gövdesinin ayrı bir yere monte edilme imkanı (örneğin bozucu etki yaratan ortamlarda : sıcaklık, su, zararlı ışın ve patlama tehlikesi bulunan ortamlar).
- Küçük nesnelerin hassasiyetle saptanması.
- Algılama elemanlarının hareketli olarak çalışmasına imkan vermesi (2).

### Polimer Optik Kabloların Avantajları :

- Cam elyafı kablolarına göre daha dayanıklı olması (mekanik olarak).
- Temassız algılayıcı tarafına bağlanan kısımlarının keskin bir bıçakla kolayca kesilebilmesi ve böylelikle kablo boyunun kısaltılabilmesi.
- Fiyatının uygun olması (2).

### Cam Elyafı Kabloların Avantajları :

- Yüksek sıcaklıkta çalışma uygunluğu.
- Uzun mesafelerde ve kızılotesi aralığına yakın aralıklarda küçük optik sönümlenmeler sağlaması.
- Eskimeye karşı dayanıklı olması.

Birçok ışık engeli bir arada monte edilirken karşılıklı etkiler söz konusu olabilir. Bu yüzden alıcı ve verici cihazlarının ayrı gövdelerde kullanıldığı bu duruma (ışıklı algılayıcılar) dikkat edilmelidir.

Optik temassız algılayıcılar belirli sınırlar içinde yabancı ışık etkilerine karşı korunmuştur. Eğer yabancı ışık etkileri çok güçlü olursa (örneğin film ışıkları, fotoğraf makinelerinin flaşları, kuvvetli güneş ışıkları) bazı bozukluklar meydana gelebilir (2).

## 6.7 Ses Üstü Temassız Algılayıcılar

Bir ses üstü temassız algılayıcının çalışma ilkesi, akustik dalgaların üretilmesine, gönderilmesine, nesneden yansımaya ve tekrar alınmasına dayanır. Ses dalgaları normalde hava tarafından taşınır. Ses üstü temassız algılayıcı üç yapı grubundan oluşur; ses üstü dönüştürücü, değerlendirme birimi ve çıkış modülü. İşletme gerilimi uygulandığı zaman ses vericisi kısa bir periyot için darbe şeklinde ses üretir. Burada genellikle bir pizoelektrik modül söz konusudur (2).

Ses üstü vericisi tarafından insan kulağının duymadığı 30 – 300 kHz frekans aralığındaki ses dalgaları gönderilir. Ses vericisi birçok durumda ses dalgalarını gönderdikten sonra alıcıya dönüşür, yani bu durumda bir mikrofon gibi çalışır. Ses üstü temassız algılayıcılarda bir filtrenin yardımıyla, alınan sesin gerçekten gönderilen sesin yankısı olup olmadığı kontrol edilir (2).

Ses üstü temassız algılayıcıların önemli bir avantajı birbirlerinden çok farklı malzemeleri saptayabilmeleridir. Nesnelerin saptanması nesnenin yapı şeklinden, renginden ve malzemesinden bağımsız olarak gerçekleşir. Ayrıca malzeme katı, sıvı yada toz halinde bulunabilir. Bu algılayıcı ile yapılan ölçümler tozlu, buharlı yada dumanlı hava koşullarından etkilenmez (2).

Ses kaynağının ve alıcısının aynı gövde üzerinde veya ayrı olarak bulunduğu ses üstü temassız algılayıcı tipleri bulunmaktadır.

Ses üstü temassız algılayıcıların özellikle tercih edildiği uygulama alanları :

- Konum ayarları
- Taşıma sistemleri
- Gıda maddeleri endüstrisi
- Metal, cam ve plastik işleme yerleri
- Akışkan ürünlerin kontrolü

### Sesüstü Temassız Algılayıcılara Ait Teknik Veriler:

İşletme gerilimi	tipik olarak 24 V DC
Anma anahtarlama aralığı	tipik olarak 100 mm ... 1 m arası Max. 10 m'ye kadar
Nesne malzemesi	Sesi emen malzemeler dışındaki malzemeler
Kontak akımı (Transistör çıkışı)	100 ... 400 mA DC
Çevre ortam sıcaklığı	0°C ... +70°C kısmen -10°C'ye kadar
Kirliliğe karşı duyarlılık	fazla olmamakla beraber duyarlı
Ömür	uzun
Sesüstü frekansı	40 ... 220 kHz
Anahtarlama frekansı	1 ... 125 Hz
Yapı şekilleri	Silindirik, blok şekilli

### 6.7.1 Kullanım bilgileri

#### Ses üstü Temassız Algılayıcıların Avantajları :

- Nispeten daha büyük faaliyet alanı (birkaç metreye kadar)
- Renk ve malzemeye bakmadan nesnelere saptaması
- Saydam nesnelere güvenli bir şekilde saptaması (örneğin cam şişeler)
- Toz ve kire karşı nispeten duyarsız olması
- Arka fonda etkilenmemesi
- Açık havada kullanılma imkanı (2).

#### Ses üstü Temassız Algılayıcıların Dezavantajları :

- Ses üstü temassız algılayıcı tarafından gönderilen ses eğik durumda bulunan bir nesnenin yüzeyinden başka yönlere yansır. Sesi yansıtan nesnenin yüzeyi ile sesin genişleme ekseninde bir dik açı olmalıdır yada bu gibi durumlarda ses üstü engelleri kullanılmalıdır.
- Ses üstü temassız algılayıcılar nispeten yavaş tepki verirler. Maksimum anahtarlama frekansı 1 Hz – 125 Hz aralığında yer alır.
- Genellikle optik temassız algılayıcılardan daha pahalıdır (örneğin iki katı kadar) (2).

### 6.8 Temassız Algılayıcı Seçiminde Kullanılan Kriterler

Temassız algılayıcılar ilk olarak kendileri ile hangi tür malzeme saptanmak isteniyorsa ona göre seçilmelidir. Eğer küçük anahtarlama aralıklarına ihtiyaç duyuluyorsa (örneğin 0,4 ... 10mm) bütün metaller kolayca ve fiyatı uygun bir şekilde indüktif temassız algılayıcılar ile saptanabilir. Daha büyük uzaklıklar için optik temassız algılayıcıların çeşitli tipleri kullanılır. Işıklı algılayıcılar ile en büyük uzaklıklar arasında bağlantı kurulabilir. Kapasitif temassız algılayıcılar indüktif temassız algılayıcılar gibi birçok malzemenin saptanması için uygundur. Bu malzemeler ile algılayıcı arasındaki uzaklık nispeten küçük de olabilir. Kapasitif temassız algılayıcılar ile saptanacak nesnelere belirli bir minimum hacme sahip olmalıdır. Ses üstü ve optik temassız algılayıcılar ile buna benzer, malzemedan bağımsız algılamalar yapmak mümkündür (2).

Temassız algılayıcı seçimindeki diğer kriterler şunlardır; nesne nasıl sorgulanmaktadır, temassız algılayıcı montajındaki mevcut koşullar nelerdir ve hangi çevre etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Bütün bu koşullar aydınlatıldıktan sonra arz edilen ürünlerin çeşitli alternatifleri arasından uygun temassız algılayıcı seçilir.

Yukarıda belirtilen kriterler aşağıda, sistemli ve detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

### 6.8.1 Nesne malzemesi

#### Elektrik İleten Malzemeler

- . Çelik
- . Paslanmaz çelik
- . Pirinç
- . Bakır
- . Alüminyum
- . Nikel
- . Krom
- . Grafit
- . İletken olmayan ama metal ile kaplı malzemeler
- . Diğerleri

#### Elektrik İletmeyen Malzemeler

- . Plastikler
- . Karton, kağıt
- . Tahta
- . Mensucat
- . Cam
- . Diğerleri

#### İletken Olmayan Malzemelerin Özellikleri

- . Optik saydam yada değil
- . Yüzeyin optik yansıtma yeteneği (ışığı emen yüzeylerden, tam olarak yansıtan yüzeylere kadar)
- . Homojen, homojen olmayan (bileşik malzemeler)
- . Gözenekli, lifli
- . Katı, sıvı, akışkan
- . Dielektrik sabiti (2).

### 6.8.2 Büyüklük ve şekil

Algılanan maddenin büyüklük sırası, örneğin standart şekillere göre sınıflandırma (küp, silindir, küre, koni, vd.) (2).

### 6.8.3 Nesnenin sorgulanması için gereken koşullar

- Temaslı yada temassız
- Temassız algılayıcı ile nesne arasındaki genel uzaklık; gerektiğinde aralık için söz konusu olan toleranslar dikkate alınmalıdır (örneğin hareketli nesnelerde).
- Hareketli nesnenin hızı, özellikle de hareket ve durma süreleri.
- Hep aynı kalan yada değişen sorgulama koşulları (örneğin nesnenin aldığı farklı konumlar)
- Komşu nesnelere, sorgulama için yeterli büyüklükte olması gereken uzaklık.
- Arka fonun yada tabanın cinsi (2).

### 6.8.4 Montaj koşulları

- Algılanan konum için yeterli büyüklükte yer (uzaklık/hacim) bulunmalıdır. Küçük boyutlarda tasarlanan yada gövdesi bir yere monte edilen temassız algılayıcılara (örneğin fiber optik kablolu optik temassız algılayıcılar) gerek duyulur. Bir köşenin etrafından, deliklerin içinden yada boşluklarda algılama yapabilen temassız algılayıcıların kullanılması da yer kaybını azaltır.
- Bir arada montajın gerekliliği.
- Komşu temassız algılayıcılar arasında bulunması gereken minimum uzaklık (2).

### 6.8.5 Çevre etkileri

- Çevre ortam sıcaklığı.
- Toz, kir, partikül, nem, püskürtülen ve tazyikli su etkileri, vd. (IP koruma sınıflarına bakılmalıdır).
- Manyetik yada elektriksel alan etkileri (örneğin kaynak bölümlerinde).
- Optik ışınların etkileri (örneğin çevre ışıklarının etkileri).
- Patlama tehlikesi bulunan ortamlar.
- Saf ortamlar.
- Tıp alanında yada gıda maddeleri üretiminde kullanılan temassız algılayıcıların hijyenik yada sterilize olması zorunluluğu.
- Yüksek basınç yada vakum koşullarında kullanım (2).

### 6.8.6 Koruma talimatları

- Patlama tehlikesi bulunan ortamlarda kullanım.
- Kazalardan koruma amacıyla kullanım.
- Çalışma sırasında meydana gelen arızalara karşı alınan yüksek güvenlik önlemleri altında kullanım (2).

### 6.8.7 Temassız algılayıcı hakkında bilinmesi gereken teknolojik özellikler

- Boyutları ile yapı çeşidi ve şekli.
- Besleme gerilimi (doğru-alternatif akım)
- Anahtar çıkışının ve koruma devrelerinin çeşitleri :
  - Pozitif anahtarlanan (PNP çıkışlı)
  - Negatif anahtarlanan (NPN çıkışlı)
  - Kısa devre dayanımlılığı
  - Kutuplama güvenliği
- Bağlantı : Kablo yada fiş.
- Koruma sınıfı (DIN 40 050'ye göre)
- Çalışma esnasında müsaade edilebilir maksimum çevre ortam sıcaklığı.
- Mevcut olan özel tasarımlar (örneğin DIN 19234'e göre hazırlanan tasarımlar (NAMUR) yada kendinden güvenli tasarımlar (patlamaya karşı koruması bulunan tasarımlar) yada kazalardan koruma amacıyla yapılan tasarımlar.
- Anahtarlama aralığının yada faaliyet alanının büyüklüğü; sabit yada ayarlanabilir olması.
- Anma anahtarlama aralığı yada anma faaliyet alanı.
- Anahtarlama histerezisi
- Yeniden üretilebilirlik
- Maksimum kumanda frekansı (anahtarlama frekansı)
- Maksimum yük akımı
- Tek başına yada bir arada monte edilebilme imkanı.
- Aynı cins komşu temassız algılayıcı ile arada bulunması gereken minimum uzaklık.
- Optik temassız algılayıcılarda işletim rezervi faktörü.
- Optik temassız algılayıcılar için mevcut olan fiber optik kablolu tasarımlar. Fiber optik kablolu tasarımlar için geçerli olan teknik veriler :
  - Faaliyet alanı
  - Fiber optik kablo başının boyutları
  - Fiber optik kabloların uzunlukları
  - Algılama açısı, cevap aralığı
  - Müsaade edilebilir çevre ortam sıcaklığı
- Yansıma ışığı algılayıcılar için mevcut olan yardımcı donanım (reflektörler)
- Temassız algılayıcının fiyatları yada fiyat sınırları.



## 7. İLETİŞİM TEKNOLOJİSİ

Endüstriyel sistemlerde iletişim sözü ile; standart bilgisayar-kontrol platformları ve otomasyon uygulamalarında kullanılan tüm elemanlar arasındaki iletişimi sağlayan donanımlar, yazılımlar ve protokoller akla gelmelidir. Aşağıda bugün en yaygın ve en sağlıklı biçimde kullanılan iletişim standartları incelenmiş ve genel özellikleri ele alınmıştır. Öncelikle endüstriyel iletişimin 4-20 mA kontrol standardı dışında gelişen ve son teknoloji ürünlerin kullanılmasıyla gelişen Fieldbus ağ yapısı incelenecek ve daha sonra bunun altında gelişen standartlar ele alınacaktır.

### 7.1 Fieldbus

1980'li yıllarda zeki saha aygıtlarının gelişmesi, bu aygıtların endüstriyel uygulamalarda kullanımının artması ve kullanıcıların zeki saha aygıtlarının oluşturduğu bir ağın getirdiği tüm avantajlardan yararlanma ihtiyacı "Bit Serial Fieldbusses" kısa adı ile Fieldbus (Saha veri yolları) olarak bilinen üreticiden bağımsız, çok atlamalı (multi-drop), çift yönlü sayısal haberleşme sisteminin kullanımını gündeme getirmiştir. Bu sistem, otomasyon sahasında görülen ve farklı prosesleri izlemek için kullanılan algılayıcı, aktuatör, transmitter, sürücü, PLC gibi ekipmanlar ile daha yüksek otomasyon komponentleri arasındaki iletişimi sağlayan ve bilinen 4-20 mA akım çevrim standardının yerine endüstride kullanılan endüstriyel haberleşme ağıdır. İlk çıktığı dönemlerde Fieldbus kavramı, otomasyonun tüm seviyelerini kapsayacak bir sayısal haberleşme ağını öngörmekte iken, günümüzde otomasyonun kontrol seviyesinin bir haberleşme ağı olarak karşımıza çıkmaktadır (11).

Fieldbus kavramının anlaşılmasında iki temel konu bulunmaktadır. Birincisi; haberleşmeyi sağlayacak olan protokolün özellikleri (fiziksel karakteristikleri, taşıma mekanizmaları vd.), ikincisi ise; standardı destekleyen saha aygıtlarının yelpazesidir. Çünkü endüstri uygulamasında kullanılacak olan aygıtların, seçilen Fieldbus standardının ürünleri arasında olması gerekmektedir. Aksi takdirde uygulamanın bütünlüğü ve gerekliliği ortadan kalkabilir. Bu yüzden, doğru Fieldbus standardının seçiminde saha aygıtlarının önemi çok fazladır (11).

Genel olarak Fieldbus standartlarını destekleyen saha aygıtları, üretici firma tarafından konulan düşük maliyetli hesaplama gücü (low cost computing power) özelliğine sahiptirler. Bu özellik, saha aygıtının akıllı (smart) aygıt olmasını sağlar. Fieldbus aygıtları, çift yönlü sayısal haberleşmeyi desteklemekten başka teşhis (diagnostic), kontrol ve bakım (maintenance) fonksiyonları gibi temel fonksiyonları da çalıştıracak yetenektedirler. Bu durum, Fieldbus sisteminin getirdiği avantajlardan dolayı hem mühendisin saha aygıtlarına kolaylıkla erişmesine hem de saha aygıtlarının birbirleri ile haberleşmesine imkan tanır. Teknolojinin sağladığı bu avantajlar ile merkezileştirilmiş kontrol ağlarının, dağıtık kontrol ağlarının yerini almasına sebep

olacaktır. Bu yüzden Fieldbus teknolojisi, 4-20 mA analog standardın yerini alan bir haberleşme sisteminden daha fazlasını ifade etmektedir (11).

Bir Fieldbus standardının temel olarak sağlaması gereken kriterler:

- 4-20 mA analog akım çevrim standardının tüm özelliklerini bütünüyle içine alarak sayısal bir standart oluşumunu sağlamalıdır.
- Saha aygıtları için dağıtılmış kontrol, alarm, trend ve diğer temel fonksiyonları da bünyesinde bulundurmalıdır.
- Farklı üreticiler tarafından üretilen aygıtların, aynı saha yoluna güvenli olarak bağlanabilmesi sağlanmalıdır. Bu özellik, bağlanabilirlik (interconnectivity) olarak adlandırılır (11).

Yukarıda sıralanan kriterler bir Fieldbus standardı için ortak payda özellikleridir. Dolayısıyla bu özellikler bir Fieldbus standardını diğerine göre üstün kılan özellikler değildirler. Fakat aşağıda sıralanan özellikler bir Fieldbus standardını diğerlerine göre üstün kılan niteliktedirler. Çünkü bazı standartların bu özellikleri ya hiç yoktur yada yeteri kadar destekleyememe ihtimali bulunmaktadır.

- Çalışabilirlik (interoperability); farklı üreticilerin farklı ürünlerinin aynı uygulamada herhangi bir uyumlaştırıcı arabirim gerekmeden kullanılabilmesidir.
- Değişebilirlik (interchangeability); bir kaynakta bulunan aygıtlar diğer kaynaklardaki fonksiyonel olarak eşdeğer olan aygıtlar yer değiştirebilirler.

Eğer çalışabilirlik özelliği gerçekleşemiyorsa bu Fieldbus standardı ile yapılan uygulamanın endüstri için bir pek değeri yoktur. Esas hedef değişebilirlik özelliğidir. Bu hedefe ancak tüm özellikler belirlenmişse ve uygun bir deneme sistemi mevcutsa erişilebilir (11).

### 7.1.1 Fieldbus teknolojisinin sağladığı avantajlar

Burada anlatılacak olan avantajlar Fieldbus standartlarının birbirlerine sağladıkları avantajlardan ziyade 4-20 mA analog çevrim standardı yerine kullanılmasının getirdiği avantajlardır.

Endüstri uygulamasına uygun seçilen bir Fieldbus standardı kaliteyi artırma, maliyeti düşürme ve verimliliği artırma gibi konularda büyük avantajlar sağlar. Fieldbus teknolojisinin kullanıcılara cazip gelen avantajlardan en büyüğü genel maliyeti azaltmasıdır. Kullanıcılara sağladığı kazançlar genel olarak üç ana grupta toplanabilir:

- 1- **Başlangıçtaki Kazançlar** : Fieldbus'ın en önemli avantajı, kablo kullanımında anlamlı bir azalma meydana getirmesidir. Çünkü Fieldbus teknolojisi ile gerçekleştirilen endüstriyel uygulama, tüm aygıtları tek bir kablo çifti üzerinden bağlayabilme yeteneğine sahiptir. Bu

yetenek konvansiyonel sistemlerden daha az kablo kullanımı gerçeğini ortaya çıkarır. Örnek olarak 3000 (I/O) Giriş/Çıkış'lık PLC ile kontrol edilen bir endüstriyel otomasyon projesi konvansiyonel metotla yapıldığında, uygulamaya göre sahadan sinyalleri taşımak için 40 km kablo kullanılması gerekirken, Fieldbus ile bu miktar 4 km'ye kadar düşürülebilmektedir.

Fieldbus teknolojisi ile, kontrol sistemlerinde yaygın olarak kullanılan PLC I/O veya DCS I/O miktarları belli oranda azalmaktadır. Bu durum, kontrol sisteminin donanım karmaşıklığını azalttığından dolayı ekipmanları ve ilişkili olan terminalleri içine alacak olan kontrol kabinlerinin büyüklüğünü de azaltacaktır. Tüm bu faydalar ve basitleşen sistem sayesinde doğal olarak, tasarım maliyetleri de aşağı çekilmektedir (11).

- 2- Bakım Kazançları : Fieldbus Sistemlerin konvansiyonel sistemlere göre daha az karmaşık olması, bakım için duyulan tüm ihtiyacın da daha az olacağını ifade eder. Sistemlerin basitleştirilmesi, saha yolu sisteminin uzun dönemli güvenilirliğinin artırılması gerçeğini de ortaya koyar (11).

Fieldbus sistemi, operatörlerin sistemde bulunan tüm aygıtlara kolaylıkla erişmelerine ve bu aygıtlar arasındaki etkileşimin de yine operatörler tarafından gerçekleştirilmesine imkan tanır. Bu durum, oluşabilecek herhangi bir problem kaynağının bulunmasını ve dolayısıyla bakımını da daha basitleştirecektir. Aynı zamanda toplam hatayı ayıklama zamanı (debugging time) da azalmış olacaktır (11).

- 3- Sistem Performansını Geliştirme : Fieldbus, kullanıcının saha yolu sisteminin tasarımında yapacağı değişikliklere izin verir. Konvansiyonel sistemlerdeki kontrol programlarında olması gereken bazı algoritmalar ve kontrol yordamları günümüzde saha aygıtlarında bulunabilmektedir. Bu yenilik ana kontrol sisteminin tüm boyutunu azaltır (11).

Fieldbus teknolojisi, saha aygıtlarındaki sayısal bilgiyi basit olarak toplayabildiğinden, sistem performansının artırılmasına yardımcı olur. Tüm saha ve kontrol aygıtlarındaki ölçüm ve aygıt değerlerinin elde edilmesi, işlenmiş verinin gerekli olan birimler için dönüştürülme ihtiyacını ortadan kaldıracaktır ve kontrol sistemini diğer önemli görevler için rahatlatacaktır (11).

Kontrol sistemi ve saha aygıtları arasında çift yönlü iletişim özelliği ile Fieldbus saha aygıtları, çoğu konvansiyonel analog aygıtlardan daha hızlı bir şekilde kalibre edilir, başlatılır, çalıştırılır ve onarılır. Böylece sistem kurulum zamanı ve herhangi bir arıza sonucunda yeniden çalıştırılma zamanı azalmış olur (11).

### 7.1.2 Fieldbus teknolojisinin dezavantajları

- Know-How'ın 4-20 mA teknolojisine göre daha az olması.
- Projede kullanılan ekipmanlara ve araçlara yüksek oranlarda yatırım yapılması.
- Her üretici desteklediği standarda göre ekipman ürettiği için farklı üreticilerin ekipmanları arasında uyumluluk probleminin olması.
- Aynı zamanda yeni bir teknolojiyi öğrenmek için büyük bir eforun sarf edilmesi (11).

## 7.2 Protokoller

### 7.2.1 DeviceNet

Allen-Bradley firması tarafından geliştirilmiştir. Çalışmaları, bağımsız ODVA (Open DeviceNet Vendors Association) kurumu tarafından sürdürülmektedir. DeviceNet, düşük seviyeli endüstriyel aygıtlar (algılayıcılar, aktuatörler gibi) ile yüksek seviyeli aygıtların (kontrolörler) iletişimini sağlamak üzere geliştirilmiştir. Bu protokolde üzerinde durulan en önemli nokta; üretim uygulamalarında kullanılan ve nispeten ucuz aygıtların (örneğin mekanik sınır anahtarları, fotoelektrik algılayıcılar, motor çalıştırıcıları, bar-code okuyucuları, değişik frekanslı sürücüler ve operatör arabirimleri gibi) değişebilirlik özelliğini kullanabilmektir. Bu bağlamda DeviceNet; dijital iletişim kullanan 120/240 VAC ve 24 VDC aygıtlarda mümkün olabilecek en iyi eşit değişebilirlik düzeyine ulaşmayı başarmıştır (8).

### 7.2.2 Seri arabirimler

Endüstriyel uygulamalarda kullanılan birçok aygıt bilgisayarlarla iletişimlerini sağlayabilmek için RS-232, RS-422 veya RS-485 EIA standartlarını kullanmaktadır. Genel olarak yapılan bir yanlış anlama, RS-xxx standartlarının bir yazılım standardı olduğu yolundadır. Oysa ANSI/EIA RS-xxx standartları, iletişimin özel elektriksel karakterlerini temsil ederler (8).

RS-232 (ANSI/EIA-232 Standart); IBM uyumlu kişisel bilgisayarlarda bulunmuş olan bir iletişim standardıdır ve endüstriyel aygıtlar da dahil olmak üzere fare, yazıcı ve modem gibi birçok değişik bilgisayar aygıtının da bilgisayar ile iletişim kurması için kullanılmaktadır (8).

RS-422 (EIA RS-422-A Standart); Apple Macintosh bilgisayarlarda kullanılan iletişim standardıdır. RS-422 diferansiyel elektrik sinyallerini kullanır. Diferansiyel iletim; sinyallerin iletilmesi ve alınması için iki farklı hat kullanır ve bu da mükemmel elektriksel gürültü dayanımı sağlar. Böylece RS-232 ile karşılaştırıldığında çok daha uzun mesafelerde rahatlıkla kullanılabilir. Gürültü dayanımı ve iletişim uzaklığının fazlalığı endüstriyel tesislerde çok büyük avantajlardır (8).

RS-485 (EIA-485 Standart); RS-422 standardının geliştirilmiş halidir. Çünkü, kontrol edilebilecek aygıt sayısı 10 dan 32 ye çıkarılmış ve maksimum voltaj yüklemelerinin kabul

edilebilir düzeye getirilmesi işlevini üstlenmiştir. Gelişmiş özellikleri sayesinde tek bir RS-485 seri poru bir iletişim ağı kurmaya elverişlidir. Birçok endüstriyel ağ uygulamasında kullanım yeri bulunmaktadır (8).

Aşağıda RS-xxx standartlarının özellikleri bulunmaktadır (1).

	RS-232	RS-422	RS-485
İletim Hattı Çeşidi	Dengelenmemiş	Diferansiyel	Diferansiyel
Maksimum Sürücü Sayısı	1	1	32
Maksimum Alıcı Sayısı	1	10	32
Maksimum Kablo Uzunluğu	15.2 m	1200 m	1200 m
Maksimum Erişim Hızı	20 kb/s	10 Mb/s	10 Mb/s

### 7.2.3 Foundation Fieldbus

Foundation Fieldbus özellikle proses kontrol uygulamaları için geliştirilmiş bir iletişim ağıdır. Dünyanın otomasyon sistemleri ihtiyacının yaklaşık %80 ini karşılayan toplam 100 kadar firmanın oluşturduğu Fieldbus Kuruluşu tarafından yaratılmıştır. ISA (International Society for Measurement and Control) ve IEC (International Electrotechnic Committee) standart komitelerinin çalışmalarını da içeren mevcut teknolojiler taban alınarak hazırlanmıştır.

2 ila 32 aygıtı komuta edebilen bu ağ 1900 m ye kadar kablo uzunluğuna erişebilmektedir (8).

### 7.2.4 ProfiBus

Avrupa'da en yaygın olarak kullanılan açık Fieldbus sistemidir. Dünya çapında üretim, proses ve bina otomasyonu işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

1987-1990 yılları arasında içlerinde ABB, AEG, Bosch, Honeywell, Siemens, Kloeckner-Moeller gibi firmaların da bulunduğu 12 üye ve 5 farklı Alman araştırma enstitüsünün dahil olduğu bir grubun çalışmaları sonucunda "ProfiBus Standart Part 1, 2 (DIN 19245)" ortaya çıkmıştır. Ardından 1993 yılında benzer bir grup çalışması sonucunda ProfiBus DP tanımlanmıştır. 96 yılının Haziran ayında ProfiBus bir Avrupa standardı olarak (EN 50170) tanımlanmıştır (10).

10 yılı aşan bu süre içerisinde ProfiBus'm en önemli özelliği, kullanıcı ve üretici tabanlı büyük bir organizasyon olan ProfiBus User Organisation tarafından desteklenmesidir. ProfiBus ile ilgili teknik bilgi, dökümantasyon, eğitim, seminer, tanıtım gibi pazarlama aktivitelerini üstlenen bu kuruluş; Avrupa, Asya, Afrika ve Avustralya'da 17 farklı ülkedeki büroları ile 600'den fazla üye firmaya direkt destek vermektedir (10).

#### 7.2.4.1 ProfiBus'ın önemli özellikleri

- Açık olması; farklı üreticilerin farklı ürünlerinin (DIN 19 245 ve EN 50170 standartlarına uygun) aynı uygulamada herhangi bir uyumlaştırıcı arabirime gerek duyulmadan kullanılabilmesi ve bunun ProfiBus User Organisation'nun verdiği sertifika ile güvencede olması.
- Üreticiden bağımsız olması; birçok üreticinin birçok ürünü arasından kullanıcının kendisine ve uygulamaya en uygun ürünü temin edebilme serbestisi.
- Geniş uygulama sahası; proses otomasyonu, üretim, bina otomasyonu konularında günümüze kadar 1.5 milyondan fazla yukarıdaki ürün gruplarındaki modüllerden kullanılmıştır.
- Yaygın kullanım; ProfiBus ile yaklaşık 150.000 farklı uygulama yapılmıştır. Bunların arasında; BMW fabrika otomasyonu Almanya ve Kremlin Sarayı Rusya gibi popüler uygulamalar da bulunmaktadır.
- En uygun fiyata yüksek kalite; birçok rakip firmanın ProfiBus saha veriyoluna bağlanabilen benzer ürünlerinin olması son kullanıcıya kaliteyi en uygun fiyatla temin imkanı sunmaktadır.
- Düşen maliyetler; kurulum ve kablolamada, projeye bağlı olarak maliyetleri ortalama %40 azaltma imkanı.
- Uzak mesafelere iletişim kurma imkanı; ProfiBus teknolojisi ile 10 km'lik mesafelere ulaşabilmektedir.
- Yüksek iletişim hızı; ProfiBus özellikle kısa mesafelerde e Mono Master uygulamalarda popüler saha veri yolları içinde en hızlı olanıdır (12 Mbit/s, 100 metreye kadar)
- "coupling & uncoupling"; Bus aktif halde iken herhangi bir istasyonun veya bazı istasyonların veri yolu ile bağlantılarının kesilmesi veya yola bağlanmaları diğer istasyonların çalışmasına etki etmemektedir.
- "Hamming distance: 4"; ile legal veri paketlerinden farklı olarak yanlış yorumlamalara karşı protokol korunmakta, en az 4 bite kadar olan hatalar kalırken, 3 bite kadar olan hatalar düzeltilmektedir.
- "ProfiBus Chip"; ProfiBus tümleşik devreleri olarak Motorola ve Siemens marka ürünler başta olmak üzere çeşitli alternatifler bulunmaktadır (10).

#### 7.2.4.2 ProfiBus ailesi

ProfiBus protokol mimarisi OSI 7498 uluslar arası standardı ile belirtilen "Open Systems Interconnection) referans modellerine dayanmaktadır. ProfiBus, ISO/OSI referans modellerine ve uygulama alanlarına göre 3 farklı varyasyondan oluşmaktadır:

- **Profibus FMS (Field Message Specification) :** Profibus FMS özellikle genel amaçlı olarak, programlanabilir kontrolörler (PLC'ler ve PCs'ler) arasındaki iletişimi sağlayabilmek için tasarlanmıştır.
- **Profibus DP (Decentral Parphery) :** Yayılı giriş/çıkış birimleri ile endüstriyel kontrolörler arasında yüksek hızlı ve ekonomik bir iletişim sağlayabilmek için tasarlanmıştır.
- **Profibus PA (Process Automation) :** Özel olarak proses otomasyonu için geliştirilmiştir. Profibus DP'nin riskli bölgelerde iletişim için geliştirilmiş halidir (10).



## 8. PLC

Programlanabilir Lojik Kontrol (Programmable Logic Controller, PLC); endüstriyel otomasyon ve kontrol sistemleri için geliştirilmiş, özel amaçlı bir sayısal kontrolör veya endüstriyel bilgisayardır. Bu cihazların ilk kullanım alanı endüstriyel otomasyon sistemleri olmasına karşın günümüzde PLC'ler bir endüstriyel tesisin hem kumanda devreleri hem de geri beslemeli kontrol devrelerini gerçeklemek için kullanılabilir (4).

Günümüzde üretilen kontrolörlerde, temel lojik işlemlere ek olarak aritmetik ve özel matematiksel işlemler yapılabilmekte ve bu nedenle daha karmaşık kumanda ve kontrol işlevleri gerçekleştirilmektedir. Birçok PLC'de kontrol devrelerinde yaygın olarak kullanılan PID kontrolörü işlevini yerine getiren hazır program parçaları veya fonksiyonlar vardır (4).

Bu kontrolörlerin geri beslemeli kontrol devrelerinde de kullanılmaya başlanması, alışlagelmiş PLC adının tartışılmasına neden olmuştur. Birçok üretici firma, bu kontrolörlerin hem lojik temelli kumanda devrelerinde hem de geri beslemeli kontrol sistemlerinde kullanılmaları nedeniyle, PLC yerine Programlanabilir Kontrolör adını kullanmayı daha uygun bulmuş ve kişisel bilgisayarlardan ayırmak amacıyla kısaca PCs olarak adlandırmışlardır. Bazı üretici firmalar ise, kişisel bilgisayarlarla karıştırmamak ve ilk kez PLC adı ile üretildiğinden bu ismi kullanmayı sürdürmektedirler (4).

Küçük boyutlu birkaç PLC modeli dışında, yeni üretilmekte olan bütün PLC modellerinde bir kontrol algoritması yazmak için gerekli basit aritmetik işlemler yapılabilir. Bir PLC'nin endüstriyel otomasyon sistemlerinde lojik kontrolör veya endüstriyel kontrol sistemlerinde sayısal kontrolör olarak kullanılması; PLC'lerin işlem yeteneğinden çok amaca uygun giriş-çıkış birimlerinin varlığı ile ilgilidir. Eğer bir PLC'de analog sinyalleri sayısal (dijital) sinyallere (ADC) ve sayısal sinyalleri analog sinyallere dönüştüren (DAC) giriş-çıkış birimleri yoksa ve bu birimler PLC'ye bağlanamıyorsa, işlem yeteneği ne olursa olsun bu PLC'yi sayısal kontrolör olarak kullanmak olanaksızdır (4).

PLC'lerin en yaygın kullanıldığı alanlar endüstriyel otomasyon devreleridir. Bilindiği gibi endüstriyel otomasyon devreleri lojik fonksiyonlarla ifade edilebilen sistemlerdir. Geleneksel olarak yardımcı röle veya kontaktör, zaman rölesi ve sayıcı gibi elemanlarla gerçekleştirilen endüstriyel otomasyon devreleri, günümüzde yerini PLC'li endüstriyel devrelere bırakmıştır.

Endüstriyel kumanda devreleri lojik temele dayanan aç-kapa (ON-OFF) yada çalış-dur biçiminde çalışan ve geleneksel olarak kontaktör, yardımcı röle ve zaman rölesi elemanlarla gerçekleştirilen devrelerdir. Yeterli sayıda giriş-çıkış birimleri, temel lojik işlemleri yapmak için gerekli komutlar, zamanlayıcılar ve yardımcı rölenin işlevini üstlenecek saklayıcıların bulunduğu



bir PLC ile geleneksel kumanda devrelerinin işlevine sahip PLC'li kumanda devreleri gerçekleştirilebilir (4).

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

- Kumanda probleminin çözümü için gerekli lojik fonksiyonun veya kontaklı kumanda devresinin tasarlanması.
- Elde edilen lojik fonksiyonun veya kontaklı kumanda devresinin programlanması ve PLC'ye yüklenmesi (4).

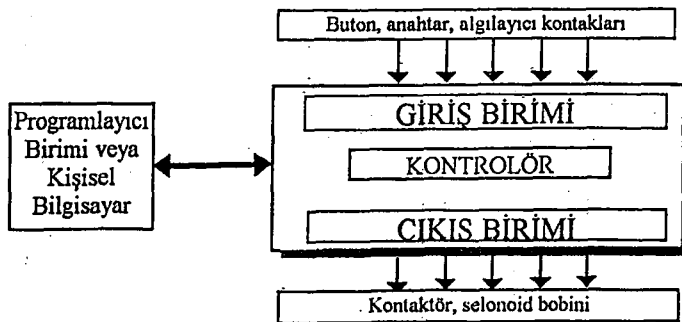
Kumanda probleminin çözümüne ilişkin lojik fonksiyonun veya kontaklı kumanda devresinin tasarlanması için ya lojik devre tasarım yöntemlerinde yada varolan endüstriyel kumanda devrelerinden yararlanılır.

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

Tasarlanmış bir kumanda devresinin programlanması ve yazılan programın PLC program belleğine yüklenmesi ile tasarım süreci tamamlanır. PLC'ler için, kumanda devresi ile ilgili kişilerin kolayca anlayıp uygulayabileceği programlar kullanılır. Programlama için ya özel bir programlayıcı yada PLC'leri programlamak amacıyla geliştirilmiş bir kişisel bilgisayarda DOS veya WINDOWS ortamında çalışan paket programlar kullanılır. Özel programlayıcı cihazlarda, genellikle deyim listesi ile programlama, kişisel bilgisayarlarda ise bütün programlama teknikleri kullanılabilir (4).

### 8.1 Programlanabilir Lojik Kontrolörlerin Temel İlkeleri

PLC'ler endüstriyel otomasyon devrelerinde doğrudan kullanıma uygun özel giriş ve çıkış birimleriyle donatılmışlardır. Bu cihazlara; basınç, seviye, sıcaklık algılayıcıları ve buton gibi iki değerli lojik işaret taşıyan elemanlar, kontaktör selenoid gibi kumanda devrelerinin sürücü elemanları doğrudan bağlanabilir (4).



Şekil 8.1 Bir PLC genel bağlantı durumu

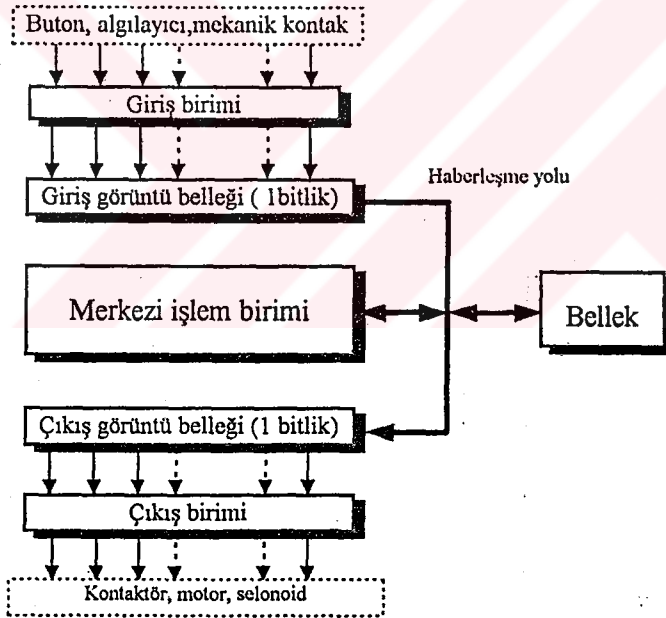
Bir PLC;

- Bir mikrobilgisayar (mikroişlemci + bellek + giriş-çıkış arabirimi) veya mikrokontrolör,
- Giriş ve çıkış birimleri,
- Programlayıcı birimi,
- Besleme güç kaynağı gibi temel kısımlardan oluşur (4).

Ayrıca, programı yedeklemek ve başka bir PLC'ye aktarmak için EEPROM modülü, giriş-çıkış sayısını artırmak için genişleme birimi, enerji kesilmeleri durumunda PLC'yi besleyen yedek güç kaynağı ve seri haberleşme arabirimi gibi elemanlar da bulunur.

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

Bütün sayısal bilgisayarlar gibi PLC, bir mikroişlemci, bellek ve giriş-çıkış arabirimlerinde oluşur (4).



Şekil 8.2 Bir PLC iç yapısı

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

Bellek olarak salt okunur bellek (ROM) ve rasgele erişimli bellek (RAM) kullanılır. İşletim sistemi ve PLC'ye ilişkin değiştirilmeyen veriler, salt okunur bellekte; veriler, kullanıcı programı ve giriş-çıkış sinyal durumları rasgele erişimli bellekte tutulur. Giriş-çıkış sinyal durumlarının tutulduğu özel bellek alanı giriş-çıkış görüntü belleği olarak adlandırılır. Giriş-çıkış arabirimi, bir

giriş-çıkış birimi üzerinden kumanda elemanlarına bağlanır. Aşağıda bu elemanların işlevleri açıklanmıştır (4).

**Giriş Görüntü Belleği** : Programın yürütülmesi sürecinde giriş birimindeki sinyal durumlarının (var-yok) saklandığı özel bir bellek alanıdır. Her çevrimin başlangıcında giriş birimindeki değerler yeniden alınır ve bu değerler bir çevrim süresince değişmez (4).

**Çıkış Görüntü Belleği** : Kontrol programının yürütülmesi sürecinde hesaplanan değerlerin saklandığı özel bellek alanıdır. Kullanıcı programının yürütülmesi tamamlandığında çıkış birimine transfer edilir ve bir sonraki işleme kadar bu değerler tutulur (4).

**Giriş Birimi** : Kontrol edilen sistemle ilgili algılama ve kumanda elemanlarından gelen elektriksel sinyalleri lojik gerilim seviyelerine dönüştüren birimdir. Kontrol edilen sisteme ilişkin basınç, seviye, sıcaklık algılayıcıları, butonlar ve sınır anahtarları gibi elemanlarından gelen iki değerli sinyaller (var-yok, 0 veya 1) giriş birimi üzerinden alınır. Gerilim seviyesi değerleri 24 V, 48 V, 100-120 V, 200-240 V doğru veya alternatif akım olabilir. PLC giriş birimi devresine gelen bir işaretin lojik 1 kabul edilebildiği bir üst sınır ve lojik 0 kabul edilebildiği bir alt sınır vardır. Giriş bilgisinin doğru olarak alınabilmesi için sinyal gerilim seviyesinin bu değerler arasında olması gerekir (4).

**Çıkış Birimi** : Kontrol edilen sistemdeki, kontaktör, röle, solenoid gibi kumanda elemanlarını sürmeye uygun donanımda olan birimdir. Bunlar; röle, triyak yada transistör çıkışlı olabilir. Özellikle, çalışma sırasında çok sayıda yüksek hızlı açma-kapama gerektiren durumlarda, doğru akımda transistörlü, alternatif akımda triyaklı olan çıkışlar kullanılır. PLC üzerindeki çıkışlardan büyük akımlar çekilemez. Örneğin kontak çıkışlı devreler 6 A mertebesinde, triyak ve transistörlü devreler 1 A yada 2 A mertebesinde yüklenebilir. Çıkış birimlerinin akım kapasiteleri PLC'lere ilişkin kullanım kitapçıklarında verilir. Elektrik motorlarının kumandasında kullanılan kontaktörler genellikle röle çıkışlı çıkış birimleri ile sürülür (4).

Bazı PLC'lerde geri beslemeli kontrol uygulamaları için gerekli olan analog-dijital (ADC) ve dijital-analog dönüştürücü (DAC) gibi giriş-çıkış birimleri de bulunur. Ayrıca bazı özel uygulamalar için gerekli hızlı sayıcı girişi ve kesme (interrupt) girişleri bulunan PLC modelleri de vardır. Kompakt PLC olarak adlandırılan küçük boyutlu PLC'lerde besleme kaynağı, giriş ve çıkış birimi, merkezi işlem birimi ayrı modüller halinde bulunur (4).

**Programlayıcı Birimi** : PLC'leri programlamak ve yazılan programın derlenip program belleğine yüklenmesi amacıyla kullanılır. Programlayıcı birimi mikroişlemci tabanlı bir özel el cihazı olabileceği gibi bir kişisel bilgisayar da olabilir. Bu birim; programın yazılması, PLC'ye aktarılması ve istenirse çalışma sırasında giriş-çıkış veya saklayıcı durumlarının gözlenmesi yada bazı parametrelerin değiştirilmesi olanaklarını sağlar (4).

Günümüzde PLC'leri programlamak daha çok bir kişisel bilgisayar yardımıyla yapılır. Herhangi bir kişisel bilgisayara yüklenen bir editör-derleyici programı yardımıyla PLC'ler daha kolay bir şekilde programlanabilir. Her PLC üreticisi firma, özellikle kumanda devreleri ile ilgili kişilerin kolayca kullanabilecekleri veya uyum sağlayabilecekleri editör-derleyici programları geliştirmişlerdir (4).

## 8.2 PLC İşletim Sistemi

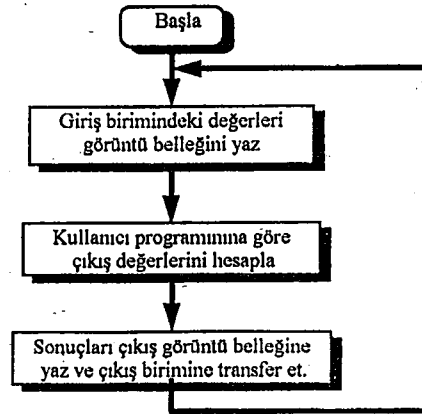
Bütün PLC işletim sistemlerinde birbirine çok benzeyen işletim sistemi programları kullanılır. Bu programlar ROM'da bulunur ve üretim aşamasında sisteme yüklenir. Genel olarak işletim sistemi programı şu işlevleri yerine getirir:

- Kullanıcı programını yürütür,
- Olay ve zamana bağlı kesme hizmet programlarının çalışmasını düzenler,
- Sistemin hatalı çalışma durumlarını belirler ve PLC'lerin haberleşmesini düzenler (4).

### 8.2.1 Kullanıcı programının yürütülmesi

PLC program belleğine yüklenmiş bir kullanıcı programı, birinci komuttan başlayarak son program komutuna kadar bütün komutların sırayla yürütülmesi biçiminde gerçekleşir. Program içinde dallanma yada atlama komutları kullanılması durumunda atlama adresine kadar yazılan komutlar işleme girmez. Program sonu komutuna erişildiğinde tekrar birinci komuta dönülür. Bu çalışma biçimi sonsuz çevrime girmiş bir program parçası gibi düşünülebilir. Kesme isteği oluştuğunda programın yürütülmesi durdurulur, kesme alt programı yürütüldükten sonra tekrar ana programa dönülür (4).

Aşağıda, kullanıcı programının yürütülme biçimine ilişkin akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 8.3 Programın yürütülmesi

Birçok PLC'de kullanıcı programı yürütüldüğünde (PLC "RUN" çalışma durumuna getirildiğinde) sırayla aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

- Giriş birimindeki değerler giriş görüntü belleğine alınır ve saklanır. Bu değerler bir sonraki çevrime (taramaya) kadar değişmez.
- Yazılan programa göre program komutları adım adım sırayla işlenir. Bu işlemler yapılırken bir önceki adımda hesaplanan ara değerler daha sonraki adımlarda kullanılır. Hesaplama sürecinde, giriş değerlerinin, giriş görüntü belleğinden okundukları andaki değerleri geçerlidir ve bir program çevrimi süresince bu değerler değişmez.
- Kullanıcı programının yürütülmesi tamamlandıktan sonra hesaplanan değerler çıkış görüntü belleğine yazılır ve çıkış birimine gönderilir. Çıkış birimine transfer işlemi tamamlandıktan sonra tekrar birinci adıma dönülür. Çıkış görüntü belleği ve çıkış birimindeki değerler bir sonraki çevrime kadar değişmez (4).

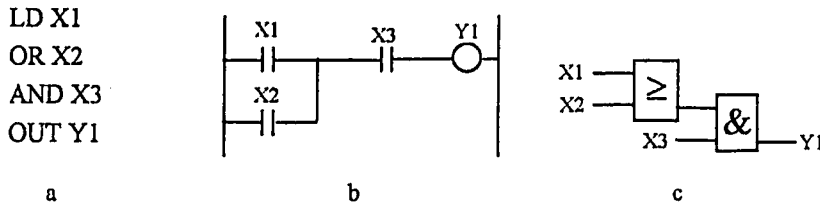
Genel olarak bütün PLC'lerde programın yürütülmesi bu şekilde gerçekleşir. Ancak giriş görüntü belleğindeki değerlerin alınması ve çıkış görüntü belleğine değer yazılması işlemlerinin farklı yapıldığı PLC işletim sistemleri de vardır. Buna örnek olarak, hesaplanan çıkış değerlerinin doğrudan çıkış birimine gönderildiği (DPS, Direct Processing System) işletim sistemi verilebilir (Hitachi H-200). Bu işletim sisteminde gerçek giriş adresini içeren bir komuta rastlandığında girişin o andaki değeri alınır ve gerçek çıkışa ait bir sonuç hesaplandığında bu değer doğrudan çıkış birimine transfer edilir. Ayrıca gerçek giriş ve çıkışlara doğrudan erişime olanağına sahip komutları olan (immediate I/O instructions) PLC'ler de (Simatic S7) vardır (4).

PLC'lerde bir çevrimin tamamlanması için geçen süreye tarama zamanı denir. Bir PLC'nin tarama zamanı giriş-çıkış sayısına, programın içeriği ve uzunluğuna ve merkezi işlem biriminin çalışma frekansına bağlıdır. Örneğin, 500 kelime program kapasitesi 10 giriş ve 6 çıkışı olan bir PLC de giriş-çıkış tarama zamanı 2.6 ms, program yürütme zamanı ortalama 12 ms dir. Genel olarak PLC'lerde tarama zamanı 2 ms ile 200 ms arasında değişir. Tarama hızı genellikle 1024 Byte başına işlem hızı olarak verilir (4).

### 8.2.2 Programlama yöntemleri

PLC'ler için geliştirilmiş olan programlama dilleri, kontaktörlü ve röleli devrelerin tasarımı ile ilgilenen kişilerin kolayca anlayıp uygulayabileceği biçimdedir. Genel olarak üç türlü programlama yönteminden bahsedilebilir. Bunlar :

- Deyim listesi ile programlama (statement list, instruction list)
- Merdiven diyagramı ile programlama (ladder diagram)
- Lojik diyagram ile programlama ve diğerleri (Grafcet, kontrol akış veya sembolik dil ile programlama) (4).



Şekil 8.4  $Y1 = (X1 + X2) . X3$  lojik fonksiyonunun  
a) Deyim listesi, b) Merdiven diyagramı, c) Lojik diyagram programı

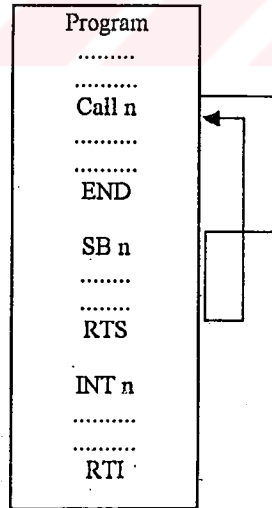
Bu programlama yöntemlerinden deyim listesi ve merdiven diyagramı ile programlama, genellikle el programlayıcılarında kullanılır. Kişisel bilgisayarlarda her üç yöntemi de kullanmak mümkündür.

Programlama teknikleri yazılış biçimlerine göre de iki gruba ayrılabilir. Bunlar :

- Adım-adım ardışık programlama veya doğrusal (lineer) programlama,
- Yapısal programlama (4).

#### 8.2.2.1 Adım adım programlama

Adım-adım programlamada bütün deyimler art arda yazılır ve yazılış sırasına göre yürütülür. Bir çevrim boyunca bütün deyimler işleme girer. Bu programlama tekniğinde bütün deyimler ana programda bulunur. Kesme hizmet alt programları ana programın sonuna eklenir (4).

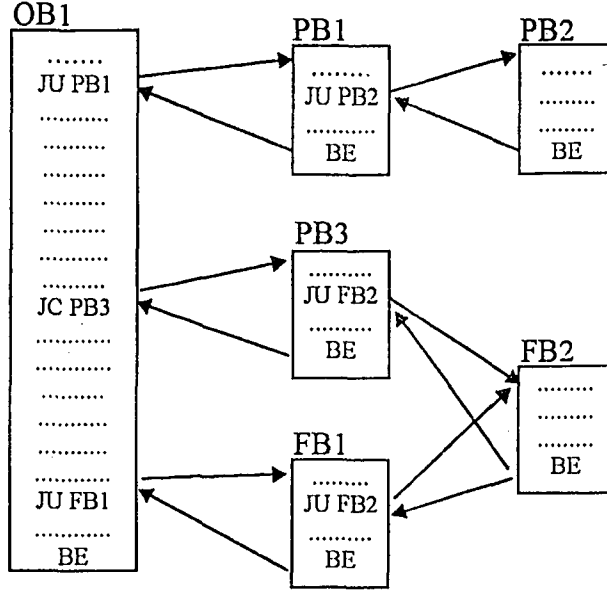


Şekil 8.5 Adım adım programlama

#### 8.2.2.2 Yapısal programlama

Yapısal programlamada programlar bloklar halinde oluşturulur ve bir organizasyon bloğu yazılarak bir çevrimde hangi blokların yürütüleceği belirlenir. Yapısal programlamada bir çevrim süresince program belleğindeki programın bütün deyimlerinin işlenmesi zorunluluğu yoktur. Organizasyon bloğundaki programa göre bazı bloklar işleme girmeyebilir. İşleme

girmeyen bloklara ilişkin sonuçların son değerleri bellekte tutulur. Kesme hizmet programları için özel program blokları tanımlanmıştır (4).

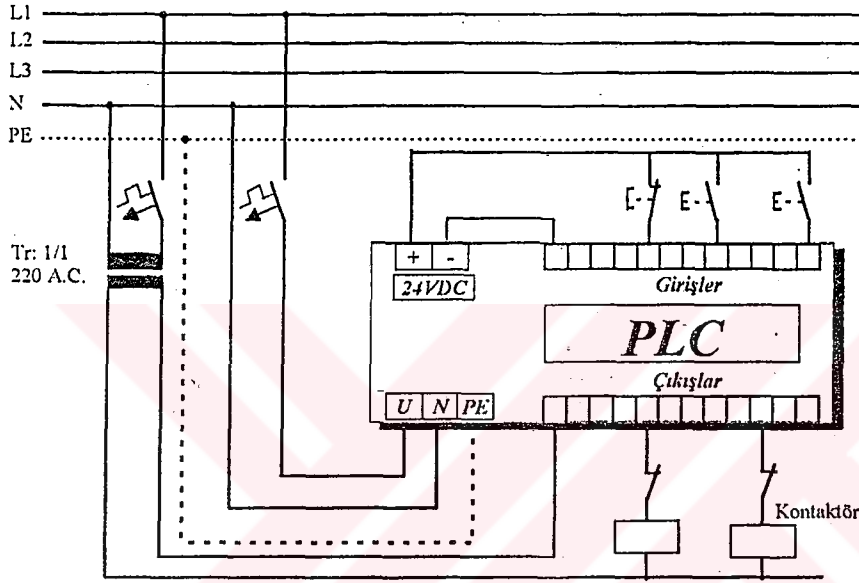


Şekil 8.6 Yapısal programlama

Bu programda OB1 organizasyon bloğu, PB1, PB2 ve PB3 program blokları ve FB1, FB2 fonksiyon bloklarıdır. Her blok adım-adım programlanır. Organizasyon bloğuna OB1'e yazılan JU (koşulsuz atlama) ve JC (koşullu atlama) komutları blokların ileme girme sırasını belirler. Şekilden görüldüğü üzere, herhangi bir bloktan başka bir bloğa da atlama yapılabilir. Bu programlama yönteminde, kesme isteği geldiğinde tanımlanmış özel bloklar işleme girer (4).

### 8.3 PLC Devre Bağlantıları

PLC besleme kaynağının şebekeye bağlantı biçimi için çeşitli firmalar tarafından önerilmiş devreler bulunur. Ayrıca, çeşitli uluslar arası standart kuruluşlarının güvenilir bir çalışma için önerdikleri bağlama devreleri de vardır (VDE 0160, IEC 204 gibi). Aşağıda örnek bir bağlama devresi görülmektedir (4).



Şekil 8.7 Bir PLC bağlantı devresi

PLC giriş ve çıkış birimleri çeşitli gerilim değerlerinde olabilir. Kontaktörleri sürmek için genellikle röle çıkışlı PLC çıkış birimleri kullanılır. Bu durumda kontaktör çalışma gerilimine göre çıkış ünitesi gerilimi belirlenir. Yukarıdaki devrede kontaktör çalışma gerilimi 220 V AC dir. Burada transformatör izolasyon amacıyla kullanılmıştır. Giriş birimi 24 V DC olup, bu gerilim PLC'de üretilmektedir. Giriş birimi için gerekli olan bu gerilimin üretilmediği PLC'lerde bu gerilim bir dış kaynaktan sağlanır (4).

Giriş ve çıkış birimine buton ve kontaktör elemanlarının bağlanmasında, işletme durumları göz önünde bulundurulur. Örneğin yukarıdaki devrede bir buton normalde kapalı kontağı ve diğer iki buton normalde açık kontakları üzerinden devreye bağlanmıştır. Ayrıca, çıkışa bağlanmış kontaktör bobin devrelerinde normalde kapalı kontaklar bulunmaktadır (4).



## 9. SPS PROGRAMLAMA

### 9.1 Sistematik Çözüm Bulunması

Kumanda programları otomasyon sistemlerinin ana bölümlerinden birini oluşturur. Kumanda programları mümkün olduğunca :

- Hatasız,
- Bakımı kolay,
- ve uygun fiyatta

olması için sistematik bir şekilde tasarlanmaları, iyi yapılandırılmaları ve detaylı olarak dökümantasyonlarının yapılması gerekir (3).

### 9.2 SPS Yazılımının Aşamalı Model Yapılanması

Bir kumada programının tasarımının aşağıdaki diyagramda verilen aşamaların takip edilerek yapılması sonuçta iyi bir programın ortaya çıkarılmasına kolaylık sağlar. Belirtilen aşamalar göz önünde bulundurularak, sistematik bir çalışmayla yapılan bir program açık, anlaşılabilir olur ve çözülen problemin test edilmesine uygun sonuçlar verir.

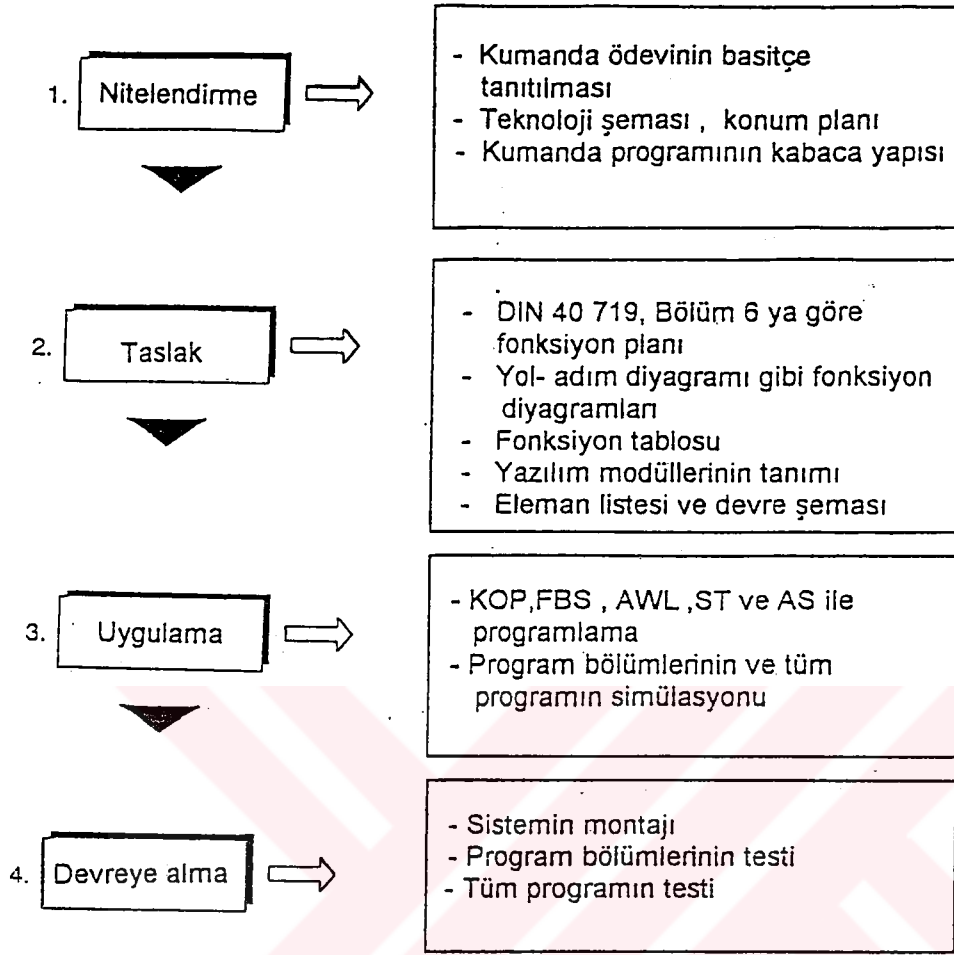
Aşamalı model aşağıda belirtilen aşamalardan oluşmaktadır:

- Nitelendirme : Problemin tanımlanması.
- Taslak : Çözümün tasarlanması.
- Uygulama : Çözümün uygulanabilir hale dönüştürülmesi.
- Entegrasyon / Devreye Alma : Çevre birimlere bağlama ve çözümün test edilmesi (3).

Hemen hemen bütün teknik projelerde prensip olarak bu model kullanılabilir. Her bir aşamada metodlara ve kullanılan araçlara göre farklılıklar meydana gelebilir.

Aşamalı model değişik kompleks yapılara sahip kumanda programlarında kullanılabilir. Çok detaylı büyük kumanda problemlerinde bu tür modelin uygulanması kesinlikle gereklidir.

Modelin her bir aşaması aşağıda ayrı ayrı açıklanmıştır.



Şekil 9.1 SPS yazılımının aşamalı modelle yapılması

### 9.2.1 Nitelendirme (Problem verilisinin formülasyonu)

Bu aşamada verilen problemin açıkça detaylı olarak açıklanması yapılır. Kumandanın yapması gerekenler yanlış anlaşılmaya sebep olmayacak şekilde mümkün olduğu kadar net formülasyonlarla açıklanmalı, birden fazla anlama gelebilecek ve şaşırımlara meydan verecek durumlardan kaçınılmalıdır (3).

Bu aşama sonunda :

- Verilen problemin açıkça tanımlanmış olması.
- Teknoloji şeması ve konum planının çizilmesi.
- Prosesin veya sistemin kabaca yapılandırılması ve bu sayede ham çözümün ortaya çıkarılması sağlanmış olur.

### 9.2.2 Taslak (Çözüm konseptinin açık hale getirilmesi)

İlk aşamada elde edilen sonuçlara dayanılarak bu aşamada bir çözüm konsepti meydana getirilir. Çözümü açıklamada kullanılacak yardımcı araç ve gereçler kumandanın fonksiyonunu ve

çalışmasını grafik proses yönelimli ve teknik olarak gerçekleştirmeden bağımsız bir şekilde gösterebilecek şekilde seçilmelidir.

Bu durumda DIN 40719- T.6 ve IEC 848'de tanımlanan Fonksiyon Plan (FUP) talepleri yerine getirilmiş olur. Kumanda gösterimine yapılacak olan toplam bir bakıştan yola çıkılarak (çözümün kabaca yapılandırılması), çözümün tüm ince detaylarını kapsayan ve her aşamayı adım adım göz önünde bulunduran hassas çözüme ulaşılabilir (kaba çözümün hassas çözüme dönüştürülmesi) (3).

Bu aşamada kompleks kumanda uygulamalarında çözümün yapılandırılmasına paralel olarak tek tek yazılım modülleri (devre birimleri) oluşturulur. Bu yazılım modülleri kumanda bölümlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılır. Bu kumanda bölümleri, ara birimlerden görüntülemeye yada iletişim sistemlerine veri aktarımı veya sürekli olarak tekrarlanan işlemlerin yerine getirilmesi gibi özel fonksiyonlar olabilir (3).

DIN 40719- bölüm 6'ya göre fonksiyon planının yanısıra yol-adım diyagramı da kumandaların açıklanmasında genel olarak sıkça kullanılan diğer bir methoddur.

### **9.2.3 Uygulama (Çözüm konseptinin uygulanması)**

Çözüm konseptinin bir kumanda programına dönüştürülmesi IEC 1131-3'de tanımlanan programlama dilleri ile yapılır. Bu programlama dilleri; Ardışık yazılım, fonksiyon devre birimi yazılımı, kontak plan, AWL ve yapısal text yazılımlarıdır (3).

Bir zamansal-lojik proses sürecinde çalışan kumandalar DIN 40719,T.6'ya göre FUP'ta bulunan ardışık yazılım ile çok kolayca ve açıkça anlaşılacak bir biçimde programlanabilirler. Ardışık yazılımda, programlama elemanları mümkün olduğu kadar DIN 40719'a göre FUP'ta kullanımı tanımlanan aynı tip elemanlardan kullanılır (3).

İkili bir sinyalin lojik bağlantısı ile tanımlanabilecek kumandaların temel veya basit operasyonlarının formülasyonu için kontak plan, fonksiyon devre birimi ve AWL listesi yazılımı uygundur. Yüksek programlama dilleri ile yapılan yazılım birimleri ise genellikle matematiksel içerikli modüller olarak kullanılmaktadır. Bu kullanıma örnek olarak standart algoritmalarla ilgili birimler gösterilebilir. SPS program sistemlerinin olarak verdiği ölçüde kumanda programları veya programın bir bölümü devreye alma aşamasından önce simule edilmelidir. Bu sayede önceden olabilecek hatalar belirlenerek ortadan kaldırılabilir (3).

### **9.2.4 Devreye alma (Kumanda uygulamasının kurulması ve test edilmesi)**

Bu aşamada otomasyon sisteminin ve ona bağlı bulunan düzeneklerin kurulması ile test edilmesi gerçekleştirilir. Yine kompleks yapıya sahip sistemlerin devreye alınması işleminde işlemin adım

adım gerçekleştirilmesi tavsiye edilir. Bu sayede gerek düzende gerekse programda olabilecek hatalar daha çabuk bulunur ve ortadan kaldırılabilir (3).

### 9.3 Dökümantasyon

Bir sistemi meydana getiren en önemli parçalarından biri de dökümantasyon işlemidir. Dökümantasyon, bir sistemin bakımının yapılması ve geliştirilebilmesi için var olması gerekli bir unsurdur. Dökümantasyonun kumanda programı ile birlikte hem bir dosya halinde, hem de bir diskette kullanıma hazır halde bulunması gerekir (3).

Dökümantasyon, yukarıda bahsedilen aşamaların belgelerinden, kumanda programının ifadelerinden ve programa ait diğer belgelerden meydana getirilir. Bu belgeler tek tek aşağıda belirtilmiştir :

- Ödevin tanımı,
- Teknoloji şeması veya konum planı,
- Devre şeması,
- Klemens bağlantı planı,
- AS ve FBS vd. olarak kumanda programı ifadeleri,
- Giriş ve çıkışların ilişkilendirme listesi (bu da kumanda programını oluşturan bölümlerden biridir),
- Diğer belgeler (3).

### 9.4 Programlama Dilleri

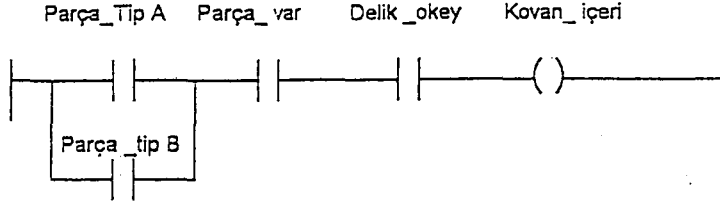
IEC 1131-3 normunda beş adet programlama dili tanımlanmıştır. Bu programlama dilleri farklı fonksiyonlara ve yapılaraya sahip olmalarına rağmen IEC 1131-3 tarafından üst yapı (değişken deklarasyonu, organizasyon bölümleri, fonksiyon ve fonksiyon birimleri vd. gibi) ve konfigürasyon elementli programlama dilleri olarak kabul edilmektedir (3).

Bu programlama dilleri bir SPS programı içinde istenildiği gibi karışık olarak kullanılabilir. Bu beş dilin birliği ve normlaştırılması tarihsel, bölgesel ve branşlara özel taleplerin bir orta yol bulmasıyla oluşturulmuştur. Geleceğe yönelik olarak geliştirmeler yapılmış (yazılım araçlarıyla yapılandırılmış tekstler ve fonksiyon devre birimleri prensibi gibi) ve gerekli informasyon değişim tekniğiyle ilgili ilaveler gerçekleştirilmiştir (veri tipi vd.) (3).

Yazılım elemanları bir imalat işlemi içinde valflerin çalışma süreci örnek olarak alınarak açıklanabilir. İki adet algılayıcı yardımı ile bir iş parçasının tam olarak delikleriyle işleme pozisyonunda olup olmadığı tespit edilir. Şayet işleme yapacak olan valf A veya B tipinde ise (bu iki seçme anahtarı üzerinden ayarlanır) o zaman bir silindir ileri hareket eder ve kovana deliğin içine presler (3).

### 9.4.1 Kontak plan (KOP)

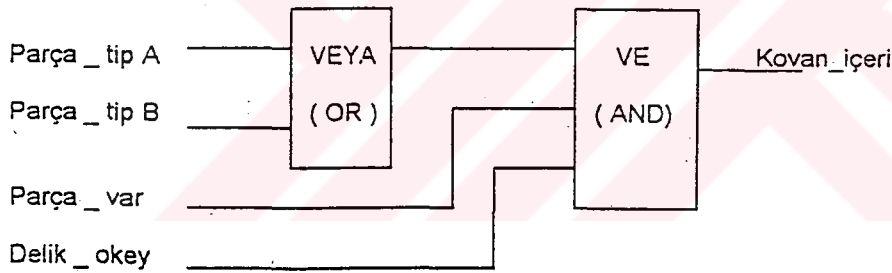
Kontak plan, grafik bir programlama dilidir. Devre şeması gösteriminden direkt olarak rölelerin birbirlerine bağlanmasıyla meydana getirilir. Kontak plan diyagramı sağ ve sol kısmında akım hatları bulunur. Bu akım hatları akım yolları ile anahtarlama elemanlarına (açık veya kapalı kontak) ve sölönoitli elemanlara bağlanır (3).



Şekil 9.2 Kontak Plan yazılım örneği

### 9.4.2 Fonksiyon planı (FBS)

Fonksiyon devre grubu yazılımında fonksiyonlar ve fonksiyon devre grupları grafik olarak gösterildikten sonra bağlantı birimleri (ağ) halinde birbirleriyle bağlanırlar. Fonksiyon devre gruplarının kökeni elektronik devre şemaları için hazırlanan lojik planlarına dayanır (3).



Şekil 9.3 Fonksiyon Planı yazılım örneği

### 9.4.3 Deyim listesi (AWL)

AWL metin olarak assembler yazılımına benzer bir dil olup basit bir makine modeli ile (sadece tek registeri olan bir mikroişlemci) karakterize edilebilir. AWL operatör ve operantlardan meydana gelen kumanda emirlerinden oluşmaktadır (3).

```
LD   Parça_tipA
OR   Parça_tipB
AND  Parça_D var
AND  Delik_okey
ST   Kovan_ıçeri
```

Kontak plan, fonksiyon plan ve AWL dilleri günümüzde SPS tekniğinde kullanıldığı gibi yazılım filozofisine uygun bir şekilde tanımlanmıştır. Bu diller, kendi elemanları referans olarak alınarak temel fonksiyonlarla sınırlandırılmıştır. Bu diller arasındaki fark sadece bugün mevcut

olan firmaların ortaya çıkardığı diyalekt farkıdır. Bu dillerin gücü, fonksiyon ve fonksiyon devre gruplarının kullanımı sayesinde sınırsız bir kullanım alanı bulmaktadır (3).

#### 9.4.4 Yapısal metin (ST)

Yapısal metin yazılımı Pascal'a dayanan bir yüksek programlama dilidir. Bu yazılım, ifadelerden ve emirlerden meydana gelir. Emir olarak esas tanımlananlar; seçim emri IF...THEN...ELSE vd., döngü emri FOR, WHILE vd. ve fonksiyon devre grubu çağırımlarıdır (3).

Kovan\_içeri := (Parça\_tipA OR Parça\_tipB) AND Parça\_var AND Delik\_okey;

Yapısal metin yazılımı sadece kumanda tekniği ile ilgili olan örneğin algoritmik problemler (yüksek değerlikli standart algoritmalar vd.) ve veri işlenmesi (veri analizi, kompleks veri yapılarının işlenmesi vd.) gibi birçok kullanım alanının formüle edilmesini olanaklı hale getirmektedir (3).

#### 9.4.5 Ardışık yazılım (AS)

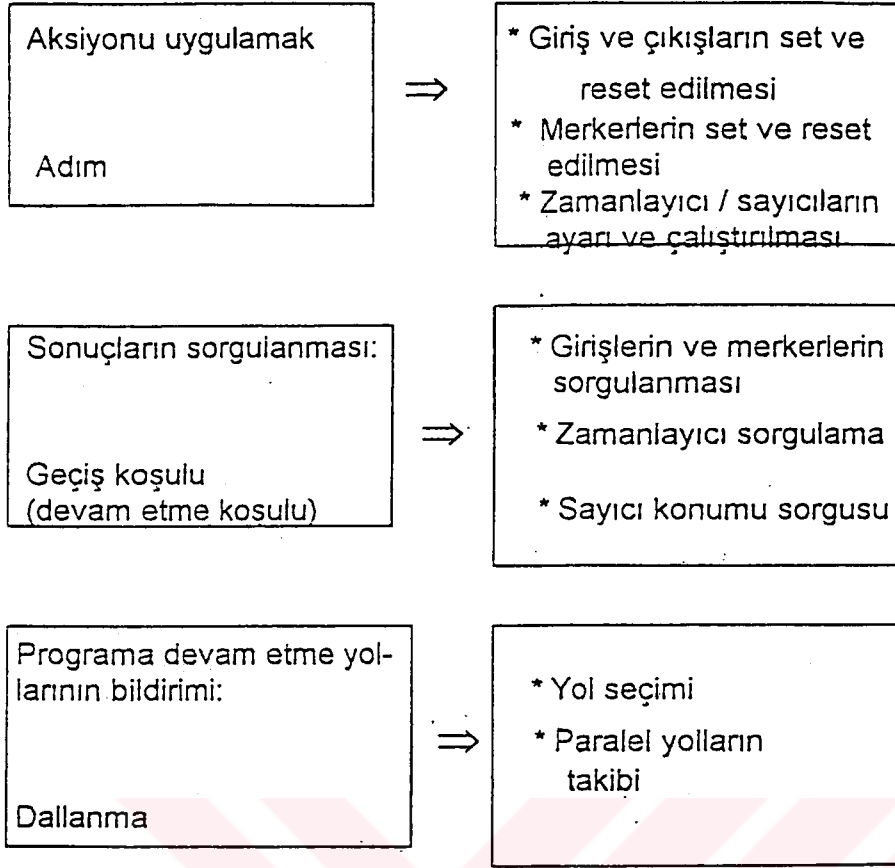
Ardışık yazılım, ardışık yönelimli kumanda programlarının yapılandırılması ile ilgili bir yazılım aracıdır. Ardışık yazılımın elemanları; adımlar, geçişler, alternatif ve paralel dallanmalardır.

Her bir adım, bir kumanda programının aktif olan veya olmayan bir işleme durumunu ifade eder. Bir adım IEC 1131-3'te formüle edilmiş olan dillerden birinde bulunan geçişlerden oluşan aksiyonlardan meydana gelir. Aksiyonlar da kendi başlarına tekrar ardışık bir yapıya sahip olabilirler. Bu özellik sayesinde bir kumanda programının hiyerarşik bir yapıya sahip olması olanaklı hale gelir. Ardışık yazılım bu özelliğinden dolayı kumanda programlarının tasarımı ve yapılandırılması için mükemmel bir araçtır (3).

#### 9.5 Ardışık Kumandalar

Ardışık kumandalar birden fazla açıkça birbirinden ayrılan adımlardan oluşan süreçlerden meydana gelen proseslerdir. Bir adımdan bir sonraki adıma geçme işlemi devam koşullarının yerine getirilmesine bağlıdır. Bu tip kumandanın temel özelliği sadece bir adımın aktif olabilmesidir. Birden fazla adımın aktif olabilmesi ancak adımların eşzamanlı olarak programlanmasıyla olanaklıdır (3).

Bir ardışık kumanda programının bu nedenle üç esas görevi yerine getirmesi gerekir :



Şekil 9.4 Bir kumanda programının görevleri

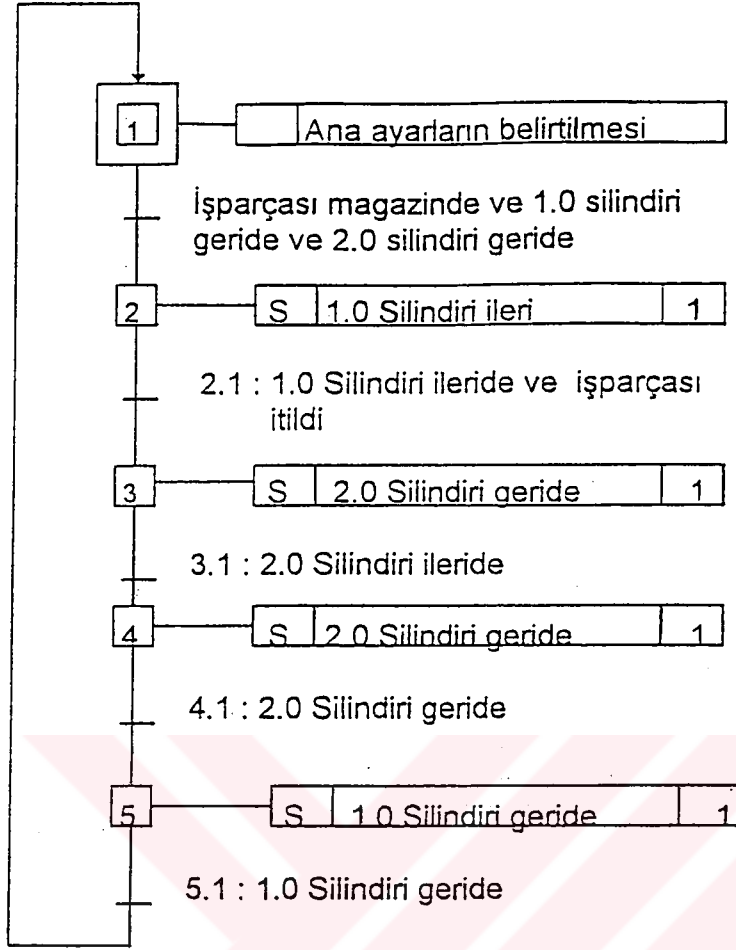
Lojik bağlantılı kumandalara karşı ardışık kumandanın sahip olduğu avantajlar aşağıda belirtilmiştir :

- Adımlar halinde alt bölümlere ayrılan program daha açık olur ve bu sayede de kolayca bakımı yapılabilir ve geliştirilebilir.
- Ardışık kumandalar kolayca grafik olarak ardışık yazılım ile programlanabilir.
- Prosese yakın grafik olarak oluşturulan ardışık kumandada hata belirlenmesi lojik bağlantı kumandasına göre daha kolay ve raporlanması basittir.

Ardışık kumandalara ilgili tipik örnekler, imalat tekniği alanında makine kumandaları veya proses tekniği alanında toplama (birleştirme) kumandalarıdır (3).

### 9.5.1 Ardışık bir kumandanın genel gösterimi

Bir ardışık kumandanın tanımlanması ve planlanmasında DIN 40719, T.6 ve IEC 848'e göre fonksiyon planı kullanılır. Burada bir grafik yardımıyla açık bir şekilde ardışık kumandanın hareketleri ve fonksiyonları gösterilebilir.



Şekil 9.5 Bir ardışık kumanda örneği

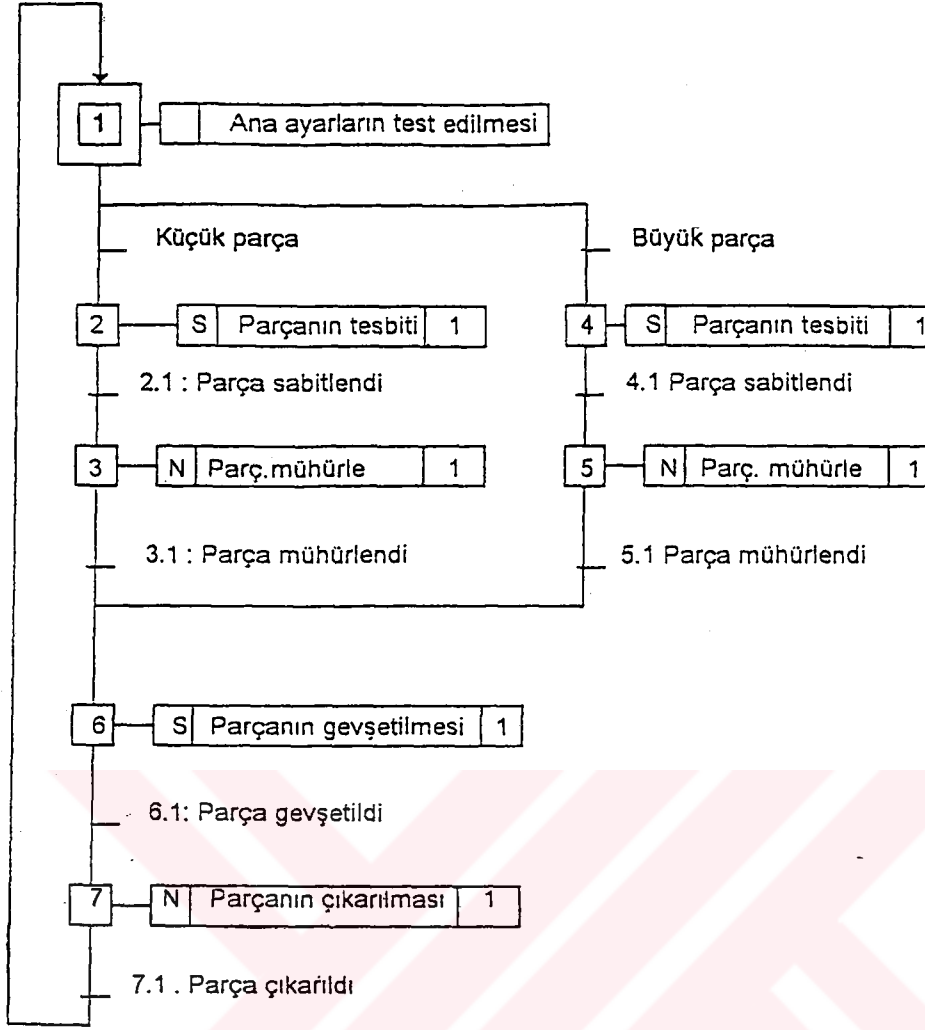
Yukarıdaki ardışık kumanda örneği aşağıdaki kumanda ödevine aittir :

Bir magazindeki iş parçası işlenmek üzere bir sonraki iş alanına aktarılacaktır. 1.0 silindiri ile iş parçasının magazinden itilmesi işlemi sağlanmaktadır. Buna ilaveten iş parçası ikinci bir 2.0 silindiri tarafından kızak üzerinden yürüyen banda kaydırılır (3).

### 9.5.2 Alternatif dallanmalı ardışık kumanda

İçlerinde birden fazla ardışık olarak zincirleme işlemlerin olduğu ardışık kumandalar vardır. Proses tarafından oluşturulan bir sinyale bağımlı olarak bir ardışık işlem zinciri seçilir.





Şekil 9.6 Alternatif dallanmalı ardışık kumanda örneği

Büyük veya küçük parçaları iki farklı silindir yardımıyla mühürleyen bir düzenek böyle bir ardışık kumandaya örnek teşkil etmektedir. Yukarıda bu örneğin standartlara göre çıkarılmış fonksiyon planı bulunmaktadır.

Alternatif dallanma, yatay hattın alt kısmında geçiş sayısı kadar gerçekleşebilecek değişik ardışık işlem olarak gösterilir. Sadece bir olasılığın seçilmesi için geçiş koşulunun karşılıklı olarak birbirlerini kitleyecek şekilde verilmesi gerekir.

Verilen örnekte iki süreç seçime sunulmuştur. Küçük parça işlenecekse o zaman 1,2,3,6 ve 7. adımlar aktif olacak, şayet büyük parça işlenecekse o zaman program 1. Adımdan sonra 4,5,6 ve 7, adımlara dallanacaktır (3).

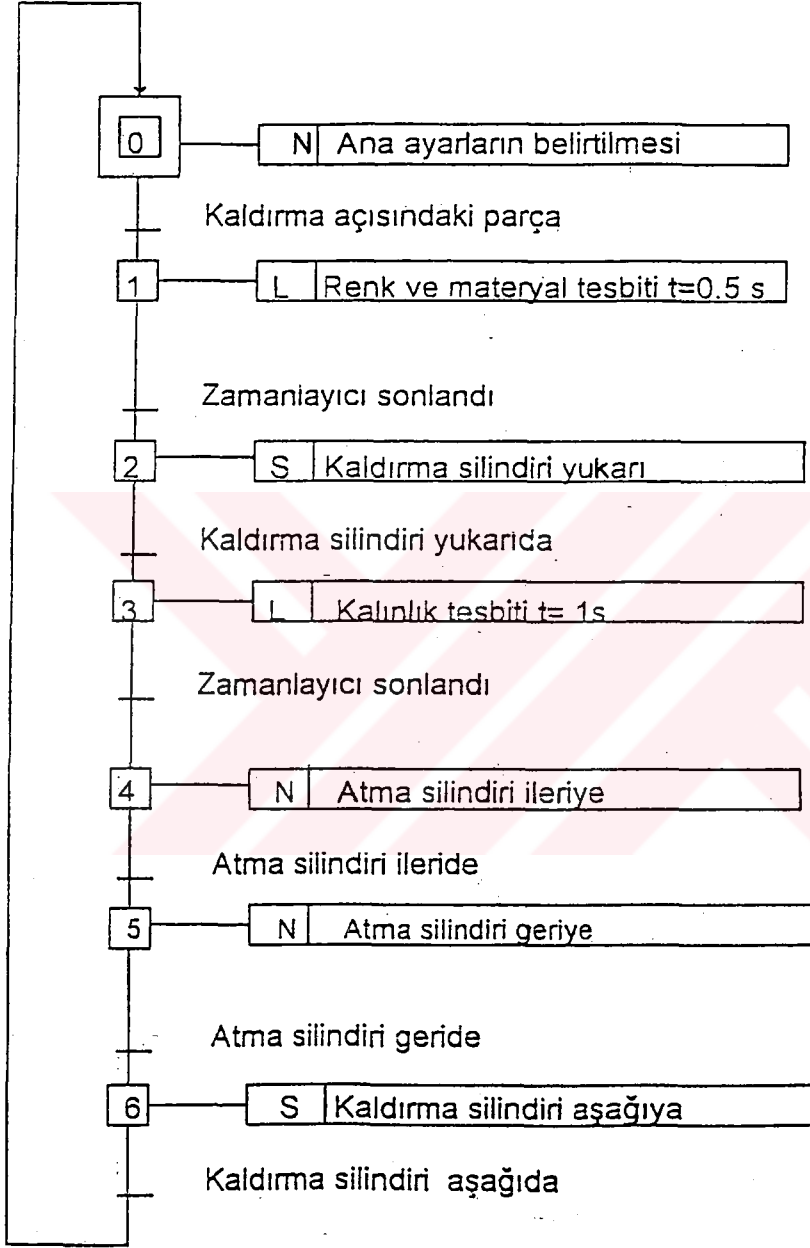
### 9.6 IEC 848 ve DIN 40 719, T.6'ya göre Fonksiyon Plan

Fonksiyon planları bir kumandayı aşağıda belirtilen kurallara göre esas olarak iki açıdan açıklarlar :

- Yerine getirilen aksiyonlar (emirler).

- Uygulamanın akışı.

Bu açıdan fonksiyon plan iki bölüme ayrılır. Aşağıdaki akış bölümü prosesin zamansal akışını göstermektedir (3).



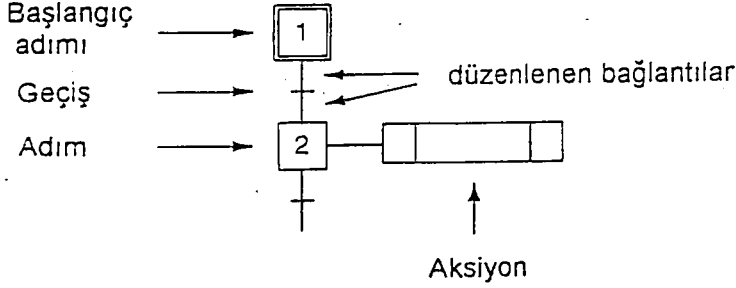
Şekil 9.7 Bir test prosesi için fonksiyon planı

Akış bölümü tek tek hangi aksiyonun uygulandığı hakkında açıklık getirmez. Bu bilgi, fonksiyon planının aksiyon bölümünde bulunmaktadır. Verilen örnekte bu bölüm adımların sağ kısmında görülen blokların içinde belirtilmiştir.

Aşağıda bir fonksiyon planının yorumlanmasına yönelik olarak tek tek elemanları kısa olarak açıklanmıştır.

### 9.6.1 Adımlar

Fonksiyon planının üyelerine ayrılması adımlar sayesinde gerçekleştirilir. Bu olay karelerle gösterilir ve her biri içine adım numarası yazılır. Kumandanın başlangıç konumu başlangıç adımı olarak belirtilir. Her adıma kumandanın gerçekten uygulanan bölümlerini içeren aksiyonlar (emirler) ilişkilendirilir (3).



Şekil 9.8 Fonksiyon planının elemanları

### 9.6.2 Geçişler

Geçiş, bir adımdan diğer adıma olan bağlantıdır. Geçişle bağlanmış olan lojik geçiş koşulları dikey çizginin yanına geçişin karşısına yazılır. Şayet koşul yerine getirilirse o zaman kumanda tarafından işlenecek olan bir sonraki adıma geçiş olanaklı hale gelir (3).

### 9.6.3 Ardışık Yapılanma

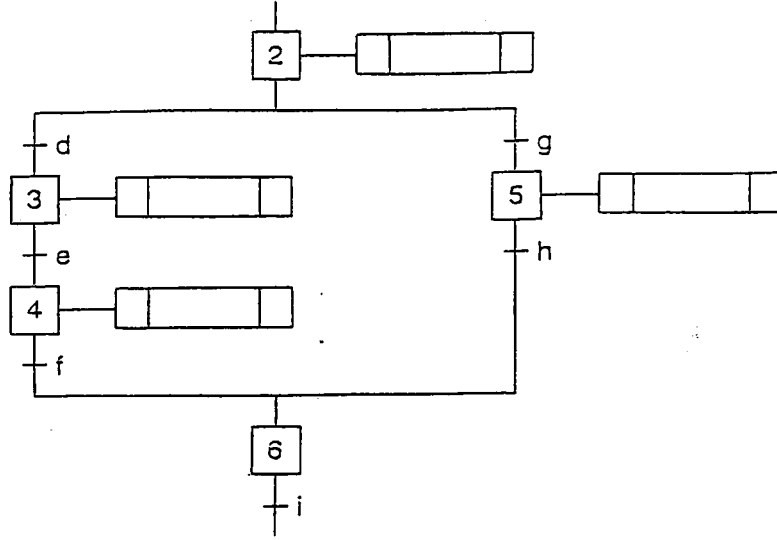
Adım ve geçiş elemanlarının kombinasyonları sayesinde ardışık yapılanma ile ilgili üç temel form oluşturulabilir :

- Doğrusal akış,
- Dallanmalı akış (alternatif dallanma),
- Bölümlemeli akış (paralel dallanma).

Ardışık yapının formundan bağımsız olarak adımların ve devam etme koşullarının daima değiştirilmesi gerekir. Ardışık yapılanma yukarıdan aşağıya doğru işlenir.

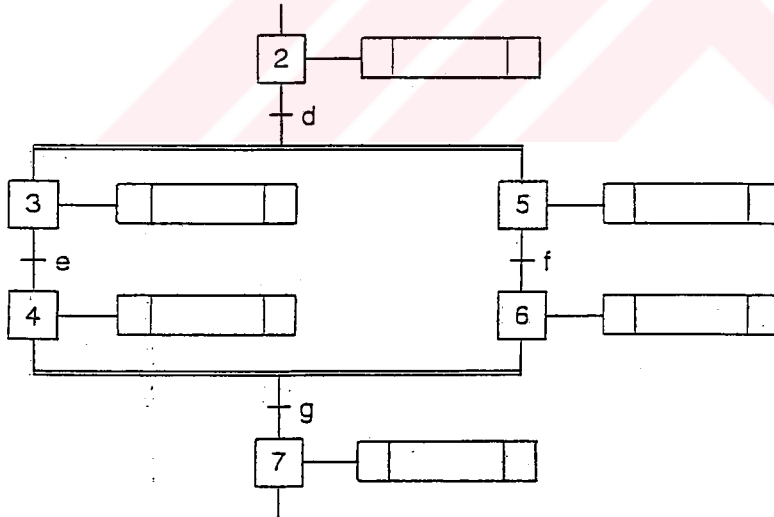
Doğrusal akışta, her bir adımdan sonra sadece bir geçiş ve her geçişten sonrada bir adım bulunur.

Aşağıdaki şekilde görülen alternatif dallanmada bir adımı iki veya daha fazla geçiş takip etmektedir. Burada geçiş koşulu önceden yerine getirilen akış bölümü aktif hale gelerek işlenmektedir. Ancak bu durumda alternatif dallanmada benzer bir akış bölümü seçili olabileceğinden dolayı geçiş koşullarının karşılıklı olarak birbirlerini kitlemesi gerekmektedir (3).



Şekil 9.9 Alternatif dallanma

Paralel dallanmada geçiş koşulunun yerine getirilmesi aynı anda birden fazla akış bölümünün aktif hale gelmesine neden olur. Bu akış bölümleri birbirlerinden bağımsız bir şekilde ancak aynı zamanda uygulanırlar. Bu bölümlerin birlikte uygulanması senkronize edilir. Bu tür çalışmada ancak tüm paralel çalışan akış bölümleri çalışmalarını sonlandırdıktan sonra çift çizgiyle belirtilen adımın altına geçiş mümkün olur. Aşağıdaki yapıda 7. Adım olarak görülmektedir (3).



Şekil 9.10 Paralel dallanma

## 10. ANALOG DEĞER İŞLENMESİ

### 10.1 Analog Dijital Çevirici

Herhangi istenilen ara bir değeri alabilen ölçüm büyüklükleri analog ölçüm büyüklüğü olarak adlandırılır. Isı, basınç, aydınlık gibi büyüklükler analog büyüklüklerdir.

Analog değerlerin bir SPS veya bilgisayarla dijitalize edilmesi gerekir. Analog büyüklükler bu amaçla verili bir eşik değeri veya tolerans bandı ile karşılaştırılabilir ve bu sayede dijital bir sinyale dönüştürülebilir. Gerçek dijitalize etme işlemi nispeten çok daha küçük aralıklarla yapılan karşılaştırmalardan meydana gelmektedir. Tipik bir 12 bit Analog/Dijital çevirici ölçme sahasını birbirine bağlı eşit büyüklükte aralıklı 4096 ( $=2^{12}$ ) ölçme alanına böler ve hangi aralık içinde ölçme değerinin düştüğünü tespit eder. Aralık numarası, dijitalize edilen ölçme değerini gösterir (3).

Dijitalize etmenin anlamı, buradan da anlaşılacağı gibi; analog ölçüm değerini bilgisayarın işleyebileceği sayısal bir ifadeye dönüştürmektir. Aralık sayısı ve ölçme sahası Analog/Dijital çeviricinin çözünürlük değerini vermektedir (3).

$$\Delta U = U_{\max} / 2^n$$

$$U_{\max} = \text{Tipik ölçme sahası } 0 \dots 10 \text{ V}$$

$$n = \text{Kelime uzunluğu}$$

$\Delta U$  genişliğinin aralığı içinde meydana gelen analog değer değişimleri dijital değeri değiştirmez. Bu nedenle prensip olarak birçok kişinin düşündüğünün tam tersine dijital değer analog değere karşı doğruluk derecesi daha azdır. Dijital ölçüm değerlerinin anlamlılığı bu değerlerin isteğe göre hesaplanabilmesi hafızalanabilmesi ve transfer edilebilmesidir (3).

Dijitalize işleminin karakteristik eğrisi bir merdiven basamağı formundadır. Doğrusal orantıdan sapma niceleme hatası olarak adlandırılır. Uygulamada niceleme hatası, uygun bir kelime uzunluğu seçilmek suretiyle diğer ölçüm hatalarından daha küçük olacak şekilde tutulur (3).

#### 10.1.1 Fonksiyon prensibi

Analog büyüklüğün anında  $2^n$  diskriminatörler (ayırgeçler) ile karşılaştırılması düşünülebilir an basit fonksiyon prensibidir. Örneğin resim verilerinin işlenmesinde olduğu gibi karmaşık sinyallerin çok hızlı olarak dijitalize edilmesi işleminde flaş-konvertör adı verilen çeviriciler kullanılır. Birçok ölçme uygulamasında bu devre prensibi yüksek sayıdaki diskriminatörlerden dolayı kullanılmamaktadır (3).

A/D çeviricilerin çoğunluğu sadece bir diskriminasyon kullanmaktadır. Ölçme sinyali bir girişe ve kumanda edilebilir sinyal de diğer girişe uygulanır. Şayet analog gerilim değeri kumanda gerilim

değerinden daha büyük ise diskriminatörün çıkışı (dijital) alçak değerlikli, aksi durumda ise yüksek değerliklidir. Diskriminatör sinyali A/D çeviricinin kumanda bölümüne sevk edilir. Kumanda geriliminin bilinmeyen analog gerilime dönüştürülmesi sayesinde analog değer belirlenmiş olur (3).

Karşılaştırma geriliminin kumandası için her bir kullanım durumuna bağlı olarak değişik alternatifler bulunmaktadır. Her durumda yaklaşma sürecinden meydana gelen diskriminasyon sinyalinden bir veri kelimesi oluşturulur. Çevrimin sonunda EOF sinyali aracılığı ile (çevrim sonu) elde edilen veri kelimesi bir hafıza birimine aktarılır. Buradaki veri yerine bir sonraki veri gelinceye kadar bu birime bağlantılı olan bilgisayar veya SPS sistemi tarafından kullanılmaya hazır şekilde durur (3).

### 10.1.2 Ağırlıklı akım toplamı, R2R şebekesi

A/D çevirici problemi burada sadece kısaca söz edilerek geçilmiştir. Çünkü kumanda geriliminin üretilmesi için bir Dijital / Analog (D/A) çeviriciye gerek vardır. D/A çevirici devresi basit bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bir D/A çevirici devresi, akımları toplama noktasına doğru yönlendirilmiş n adet bağlantılı akım kaynağından meydana gelmektedir (n = bilgi kelimesi uzunluğu). Her bir akım kaynağı bilgi kelimesi içinde ilişkili olduğu bit değerine uygun olarak bir akım üretmektedir. Bir empedans uygunlaştırıcı kat aracılığı ile elde edilen bu toplam akım uygun değerdeki gerilime çevrilir (3).

R2R şebekesinde akım kaynakları değişik kademelendirilmiş akım değerleri değil, aksine her biri daima aynı miktarda akım üretir. Aynı özellikli akım kaynakları daha kolay ve nispeten yüksek doğruluk değerlerinde akım üretmektedir. Akımların kademelendirilmesi ve toplanması bir direnç şebekesi aracılığı ile sağlanmaktadır. Bu direnç şebekesindeki direnç değerleri birbirleriyle R ve 2R oranında olduğu için devre R2R şebekesi olarak adlandırılır (3).

Eşit değerlikli dirençlerden oluşan bir devre, 2R iki adet R direncinin birbiriyle seri olarak bağlanmasından elde edilerek daha yüksek homojenlik ve nispeten küçük sapmalarla bir çip içine entegre edilebilir (3).

### 10.2 Çevirim Metodları

Burada açıklanan çevirim metodları flaş konvertörlere karşı ardışık olarak çalışmaktadırlar. Yani belirli bir takt süresinde analog bir değeri tarayabilmek için daha fazla işlem aşamasına gerek duyarlar. Gerek duyulan aşama sayısı, yönteme, n kelime uzunluğuna ve bazı durumlarda ölçülen analog değere bağlıdır (3).

### 10.2.1 Eğim metodu

Eğim metodunda D/A çevirici bir ileri sayıcı devre aracılığı ile kumanda edilir. Ölçme startı verilmesiyle birlikte bu sayıcı takt vericisinin impulslarını sıfırdan başlayarak saymaya başlar. Diskriminatörün durum değiştirmesiyle sayıcı durur. Sayıcının konumu bu anda aranılan dijital değerden bir fazlasıdır.

Eğim metodunun dezavantajı, ölçüm süresi ölçülen analog değerın büyüklüğüne bağlı olmasıdır. Analog değerın ölçme sahasında eşit olarak dağılımında 2 ( n-1) takt adımına gerek vardır (3).

### 10.2.2 Takip metodu

Sürekli olarak değişen analog değerlerin dijitalize edilmesinde özellikle takip metodu kullanılır. Bu durumda çevirici daha az aşamada tekrardan sonuca ulaşır. Bu yöntem örneğin ses sinyallerinin dijitalize edilmesinde kullanılır (3).

### 10.2.3 Ardışık tahmini metod

Ardışık tahmini metod en çok kullanılan metoddur. Çünkü bu metodda çevrim süresi ölçüm değerine bağımlı değildir ve hızlı çalışır. Bu yöntem belirsiz bir ağırlığın bir terazi ve ağırlıklar yardımıyla tespit edilmesi ile karşılaştırılabilir. Bu nedenle de ikili tartı yöntemi olarak da adlandırılır (3).

İşlem adımları takibinde D/A çevirici burada önce sadece kelime verisinin en yüksek değeri ile yüklenir. Dört bitlik bir kelime uzunluğunda bu değer, ölçme sahasının orta değerine karşılık gelen bir kumanda gerilimi olan 1 0 0 0 değeridir. Şayet bu değer var olan analog değeri geçiyorsa o zaman bu değer geri alınır ve en yüksek değerlikli bit yerine 0 yerleştirilir. Kumanda gerilimi şayet analog değerden daha küçük ise o zaman bu 1 değeri aynen bırakılır (3).

Aynı kriterlere göre daha sonra ikinci en yüksek değerlikli bit belirlenir. Analog değerın içinde bulunabileceği alan yinelenerek yarı değeri ile sınırlanır. En küçük değerlikli bit belirleninceye kadar bir sonraki bitte aynı işlemler tekrarlanır.

Ardışık tahmini yöntemde çevrim için n bit uzunluğundaki bir kelime uzunluğu tam olarak n aşamaya gerek duyar (3).

### 10.3 A / D Çeviricilerde Hatalar

İdeal A/D çeviricilerde daima başlangıçta belirtilen  $\pm 1 / 2 \Delta U$  değerinde niceleme hatası meydana gelir. Sadece doğrunun merdiven basamağı formundaki eğriyle kesildiği noktada dijital değer tam olarak analog değere eşit olur (3).

Gerçek A/D çeviricilerde daha başka hatalar da meydana gelmektedir. A/D çeviricilerde hatalar eşit olmayan bir aralık sahası formunda açığa çıkmaktadır. Şayet bir A/D çeviricide örneğin  $\pm 1 /$

2  $\Delta U$  değerinde bir çözünürlük garanti edilmişse bunun anlamı aralık sahası 0.5  $\Delta U$  ile 1.5  $\Delta U$  arasında değişebilir demektir (3).

Doğrusallık sapması, sınırlar içinde kaldığı sürece, dijital değerın sıklık analizinde doğrusal bir kötüleme görülür. Analog değerın eşit olarak dağılımında (örneğin bir testere dişi veya üçgen eğrinin ölçümünde) bazı dijital değerler diğerlerine oranla üç kez daha fazla meydana gelir.

$\pm \Delta U$  değerindeki bir çözünürlükte her bir aralık sıfır değerinde bir aralık sahasına sahip olabilir. Bunun anlamı düzenlenen dijital değer hiç oluşmamış demektir. Bu hata "kayıp kod" (missing code) olarak adlandırılır. Şayet aralıklar hiç değişmiyorsa o zaman A/D çevirici bir monotonluk hatası verir.

A/D çeviricilerde meydana gelen diğer hatalar sıfır noktasının kayması ve eğim hatalarıdır. Bu hatalar pratikte A/D çeviricinin referans geriliminin ince ayarı aracılığı ile giderilebilir (3).

## 10.4 Örnekler

### 10.4.1 Çözünürlüğün hesaplanması

FPC101AF kumandasındaki analog algılayıcı sinyallerinin çözünürlüğünün hesaplanmasında aşağıdaki veriler geçerlidir :

Gerilim girişleri ölçüm sahası : -10 V ... +10 V'a kadar

Akım girişleri ölçüm sahası : 0...20 mA'e kadar

Dijital kelime uzunluğu : 10 bit

Gerilim Sinyali :

$$\frac{20 V}{1022} = 0.01957 V \approx 0.02 V$$

Akım Sinyali :

$$\frac{20 mA}{1022} = 0.01957 mA \approx 0.02 mA$$

Bir kumandadaki analog sinyalin çözünürlüğü aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır

$$\text{Çözünürlük} = \frac{\text{Sensörün Ölçüm Sahası}}{\text{Dijital Değer Adedi}}$$



FPC101AF kumandasındaki lineer bir potansiyometrenin gerilim sinyalinin çözünürlüğü :

Bilinen değerler ;

Algılayıcının ölçüm sahası : 200 mm, çıkış gerilimi 0...10 V

Gerilim girişinin kullanılabilir sahası : Dijital değerler 511...1022

Hesaplama formülünde yerine konulduğunda

$$\text{Çözünürlük} = \frac{200 \text{ mm}}{1022 - 511} = 0.39 \text{ mm}$$

Kumandanın dijital çözünürlüğü için sadece analog algılayıcının kullanılabilir sahasının göz önünde bulundurulduğuna dikkat edilmelidir. Bazı karakteristik eğrilerde algılayıcı sinyali sahası ile kumandanın ölçüm sahası birbiriyle aynı değildir.

#### 10.4.2 Dijital bir değerın hesaplanması

Her bir analog ölçme değeri bir dijital değer (adım) ile ilişkilendirilmiştir. Dijital değerin hesaplanabilmesi için aşağıdaki verilerin bilinmesi gerekir :

- Karakteristik eğrinin başlangıç ve bitiş değerleri :  $S_{\min}$ ,  $S_{\max}$  mm olarak.
- Kumandadaki karakteristik eğrinin başlama ve bitiş değerleri :  $DijitalDeğer_{\min}$ ,  $DijitalDeğer_{\max}$
- Ölçme değeri :  $S_{ist}$  mm olarak.

$$DijitalDeğer = \frac{DijitalDeğer_{\max} - DijitalDeğer_{\min}}{S_{\max} - S_{\min}} \cdot S_{ist} + DijitalDeğer_{\min}$$

FPC101AF kumandasında lineer bir potansiyometrenin 100 mm ölçüm değerinin dijital değer karşılığı :

Bilinen değerler :

- Algılayıcının ölçüm sahası 200 mm, çıkış gerilimi 0 - 10 V
- Giriş gerilimi kullanılabilir sahası; dijital değerler 511...1022.

Hesaplama formülünde yerine konulduğunda

$$DijitalDeger = \frac{1022 - 511}{200 \text{ mm} - 0 \text{ mm}} \cdot 100 \text{ mm} + 511 = 766 (,5)$$

Hesaplanan değerin virgülden sonraki hanesi kumandada kesilir (3).



## 11. ACİL DURUM FONKSİYONU

Bir teknik sistemin emniyetli olarak çalışması için emniyet tedbirleri ile ilgili bir dizi önleme dikkat edilmelidir.

DIN EN 60 204, bölüm 1 makinelerin elektrik donanımlarına ilişkin talep ve tavsiyeleri içermektedir. Bunlar :

- Personel ve malzeme güvenliği,
- Makinenin çalışabilirliğinin devam ettirilmesi,
- Makine bakımının kolaylaştırılması.

yönündeki taleplerdir (3).

### 11.1 Start (Başlatma) Fonksiyonu

Bir makinenin çalıştırılması ancak bütün emniyet tedbirleri alınmış ve çalışmaya hazır ise gerçekleştirilebilecek durumda verilebilmelidir. Bu başlangıç konumu genellikle makinenin başlangıç ayarları olarak adlandırılır (3).

### 11.2 Stop (Durdurma) Fonksiyonu

Makinenin durdurulmasıyla ilgili değişik nedenler olabilir. Bu nedenle norma göre stop fonksiyonu için üç farklı kategori öngörülmüştür :

- Kategori 0 : Makineyi çalıştıran tahrik elemanı enerjisinin derhal kesilmesiyle makinenin durdurulması (kumandasız durma)
- Kategori 1 : Makine tahrik elemanının enerjisinin kesilmeden durdurma konumunun amaçlandığı kumandalı durdurma işlemidir. Durma konumuna erişildikten sonra enerji iletimi kesilir.
- Kategori 2 : Makine tahrik elemanının enerjisinin kesilmediği kumandalı durdurma işlemidir.

Her makinenin mutlaka kategori 0 ile belirtilen stop fonksiyonuna sahip olması gerekir. Bu stop fonksiyonu genellikle acil durum olarak gerçekleştirilir (3).

Kategori 1 ve 2'de bahsedilen stop fonksiyonları şayet makinenin fonksiyonları ile ilgili olarak veya emniyet tedbirleri yönünden gerekli görülürse uygulanmaktadır. Örneğin kategori 2'de belirtilen stop fonksiyonu boşalan bir mağazinin doldurulması amacıyla yönelik olarak imalat sürecinin durdurulması için kullanılabilir. Bir start butonuna basılmak suretiyle durdurulan süreç tekrar

devam ettirilir. Şayet bir prosesin derhal değil de sadece adım adım durdurulması gerekiyorsa o zaman bunun kategori 1 ile gerçekleştirilmesi gerekir (üretim tekniği proseslerinde olduğu gibi).

Genel olarak kategori 1 ve 2 stop fonksiyonları SPS kumanda programları ile uygulanır.

Kategori 0 veya 1'de stop fonksiyonunun çalışma konumundan bağımsız olarak uygulanabilir olması gerekir ve kategori 0'ın önceliği olması zorunludur. Bunun dışında eş zamanlı basmalarda stop fonksiyonları daima start fonksiyonuna göre önceliklidir (3).

Stop fonksiyonunun resetlenmesinin hiçbir durumda tehlikeli bir olaya sebep olmaması gerekir.

Aşağıda sadece acil durum fonksiyonu açıklanmaktadır.

### 11.3 Acil Durum Fonksiyonu

Acil durum fonksiyonu, insan ve makinelerin korunmasına yönelik hizmet eden bir düzendir.

Acil durum düzeneğine basılmasıyla personel ve makine için tamamen tehlikesiz bir konum sağlanmış olması zorunludur. Bu durumda tehlikeye yol açabilecek olan tahrik elemanları ve ayarlama cihazlarının derhal kapanması gerekir (mil tahriği gibi). Buna karşı, kapanmaları halinde makine veya insanları tehlike altında bırakan tahrik ve ayar cihazlarının da acil durumda çalışmalarına devam etmeleri gerekir (sabitleme-bağlama düzenekleri gibi). Bir makinede acil durum butonuna basılması her zaman olanaklı olmalıdır. Acil durum butonunun bırakılmasıyla, makine kendiliğinden tekrar çalışmaya devam etmemelidir (3).

Stop fonksiyonu taleplerine ilave olarak acil durum fonksiyonunda aşağıda belirtilen taleplerin yerine getirilmesi gerekir :

- Acil durumun bütün çalışma konumlarında tüm diğer fonksiyonlara karşı öncelikli olması gerekir,
- Tehlikeli bir duruma neden olabilecek makine tahrik elemanlarının başka bir tehlikeye neden olamayacak bir şekilde mümkün olduğunca kısa bir sürede kapatılması gerekir (örneğin çalışmak için harici bir enerjiye gereksinim duymayan mekanik durdurma düzenekleri, kategori 1'deki stop grubundan ters akım frenlemesi),
- Resetleme tekrar kendiliğinden çalışmaya izin vermemelidir.

Acil durum ya kategori 0 yada kategori 1 olarak uygulanmalıdır. Buradaki seçim, uygulama yapılacak makinenin türüne bağlıdır (3).

Stop kategori 0'da uygulanacak olan acil durum fonksiyonunun SPS ile gerçekleştirilmesi izinli değildir. Acil durum sisteminin SPS sisteminden bağımsız olarak sabit tesisatı yapılmış

elektromekanik elemanlarla kurulmuş olması gerekir. Ancak bu sayede, arızalanan bir SPS sisteminde dahi acil durum işlevinin etkili olabilmesi sağlanabilir. SPS ile yapılan programlar da acil durum fonksiyonu göz önünde bulundurularak yapılır. Örneğin makinenin yeniden start edilmesinde SPS'in çıkışlarında gerekli sinyallerin olması gerekir. Start için iki farklı olanak vardır :

- Kalınan konumdan devam etme,
- Makine başa döndürülüp, temel ayarlardan sonra yeniden başlatma.

İkinci durumda manuel olarak veya ayar düzeneğinin bir arada uygun duruma getirilmesi gerekir.

Yine stop kategori 1'de acil durum fonksiyonu için makine tahriğinin nihai olarak enerjisinin kesilmesinde elektromekanik devre elemanları kullanılmalıdır.

Acil durum ile ilgili olarak başka emniyet tedbirlerinin alınması gerekiyorsa, o zaman ilave olarak röle kumandaları (örneğin acil durum anahtarlama cihazları) veya pnömatik kumandaları kullanılmalıdır. Özel olarak emniyet tedbirlerine göre düzenlenmiş SPS sistemlerinin kullanılması da söz konusu olabilir. Bu tip SPS sistemleri, birden fazla merkezi işlem birimi, özel giriş/çıkış devre grupları, çift kontrol programları ve bunlara benzer ilave aksesuarlarla donatılmışlardır (3).

## 12. VAKUM TEKNIĞİ

### 12.1 Temel Kavramlar

#### 12.1.1 Basınç

DIN 1314'e göre basınç (P); bir yüzeyin üzerine ve bu yüzeyin içine uygulanan normal kuvvetin oranı olarak tanımlanmıştır (yüzey referans kuvveti). Kullanılan basınç birimi Pascal'dır (Pa).

$$P = F_N / A \quad 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} / \text{m}^2$$

Aynı şekilde bar'da kullanılabilir.

$$1 \text{ bar} = 1000 \text{ mbar} = 100000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$$

#### 12.1.2 Vakum

DIN 28 400, bölüm 1'e göre : "Vakum, gazın bulunduğu bir durumdur. Bu gaz parçacıklarının sayısal yoğunluğu yeryüzü etrafındaki atmosfer basıncından daha azdır. Bu durumda bir gazın durumu şayet kendi basınç değeri atmosfer basıncından daha az ise vakum olarak adlandırılır" (3).

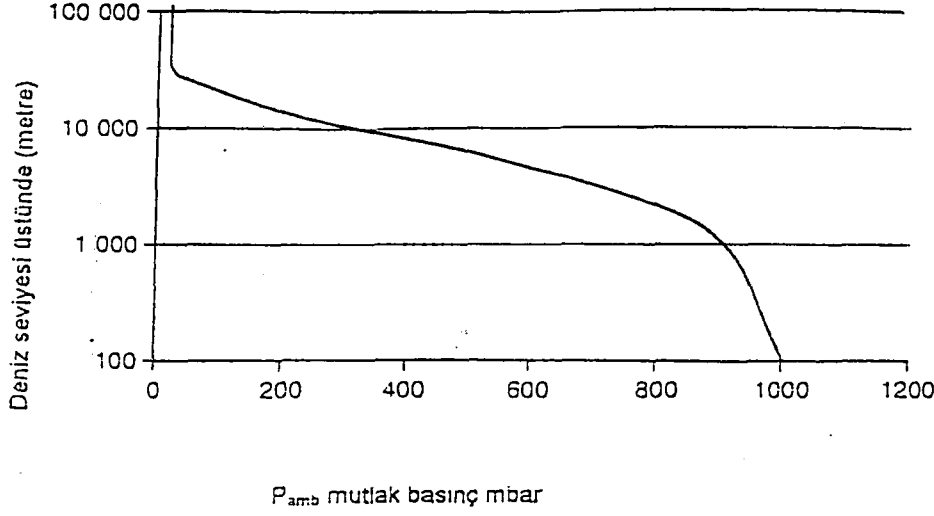
İdeal Vakum : Vakum tekniğinde ideal vakum kavramı, bir oda içindeki gaz parçacıklarının sayısal yoğunluğu = 0 olduğu konum olarak belirtilir. Bu durum "mutlak vakum" olarak da adlandırılmaktadır (3).

Standart Konum : DIN 28 400, bölüm 1 referans olarak alınarak DIN 1343'te standart konum bir katı, sıvı veya gaz halindeki maddenin standart bir ısı ve basınç altındaki konumu olarak tanımlanmaktadır (3).

$$T_n = 273,15 \text{ °K} = 0 \text{ °C (Standart Isı)}$$

$$P_n = 101325 \text{ Pa} = 1,01325 \text{ bar (Standart Basınç, deniz seviyesi)}$$

Vakum tekniğinde genel olarak kullanılan birim milibar'dır (mbar). Bilimsel alanda ise aynı şekilde birim olarak Pascal'da (Pa) kullanılmaktadır. Kaba vakum alanında kalan robot tekniğinde erişilen alçak basınç değeri için negatif ön işaretli bar veya % olarak vakum ifadesi kullanılır. %0 vakum, doğal hava basıncı olarak tanımlanmaktadır (3).



Şekil 12.1 Deniz seviyesine göre değişik yüksekliklerde atmosferik çevre basıncı

Atmosferik çevre basıncı  $P_{amb}$  değeri, deniz seviyesine göre yükseklik arttıkça azalmaktadır. Yukarıdaki diyagramda görüleceği gibi  $P_{amb}$  değeri 100000 m yükseklikte 0 değerine gelmektedir. Everest dağının tepe noktasında (~8848 m) atmosferik çevre basıncı değeri yaklaşık olarak 330 mbar büyüklüğündedir (3).

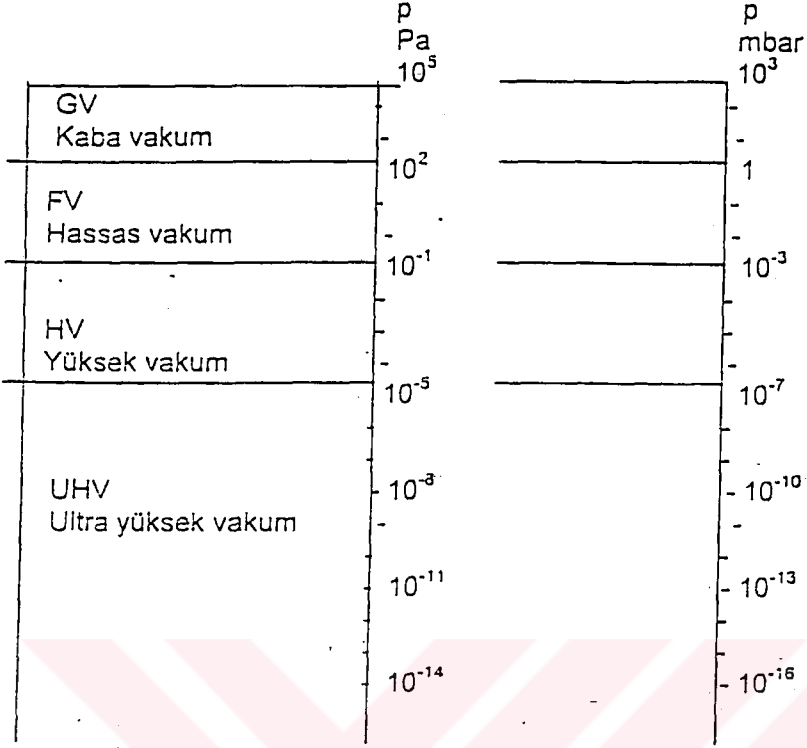
Görüldüğü gibi vakum tekniğinde kullanılan kuvvetin oluşturulmasını atmosferik basınç sağladığından, bu kuvvet basınç değerine göre değişir. Yaklaşık 2000 m yüksekliğe kadar basınç, her bir 100 metrede yaklaşık olarak değerini %1 oranında azaltır (3).

Bu durum deniz seviyesinde kullanılan bir kaldırma düzeneğinin 1000 m yükseklikte daha az bir kütleyi kaldırabileceği anlamına gelmektedir.

Örnek olarak vakumlu emici ile çalışan bir kaldırma düzeneği deniz seviyesinde 200 kg kaldırabilmekteyken 1000 m yükseklikte 180 kg kaldırabilmektedir.

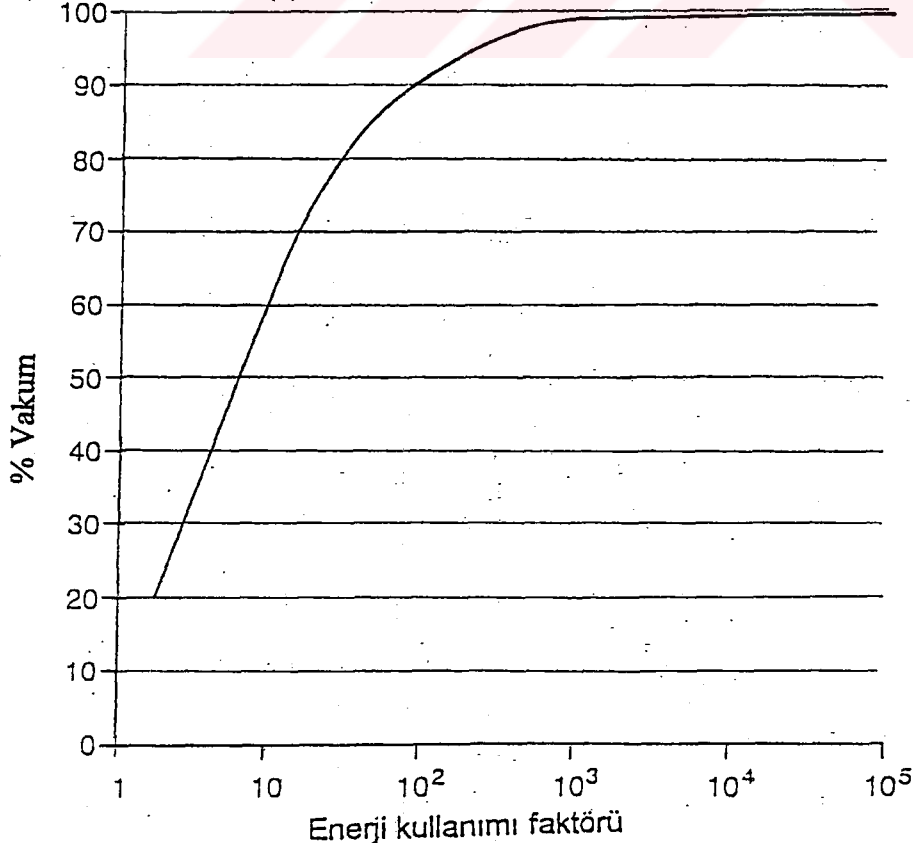
### 12.1.3 Vakum Alanları

Robot tekniği işlemlerinde genel olarak 1000 ile 1 mbar arasında "kaba vakum" alanında veya 0 ile 1 bar arasında alçak basınç altında çalışılır (3).



Şekil 12.2 Vakum alanları

Aşağıdaki diyagram negatif basınç yükseltildiği andaki enerji ihtiyacını göstermektedir. Diyagramdan da görülebileceği gibi enerji ihtiyacı %90 değerinin üzerine kadar doğrusal olarak yükselmektedir. Bu nedenle mümkün olduğu kadar vakum nüvesinin bu değer altında tutulmasına çalışılması gerekir (3).



Şekil 12.3 Negatif basınç yükseltildiğinde gereken enerji ihtiyacı



Vakum değerinin %60'dan %90'a yükselmesi esnasında kuvvet sadece 1,5 kat yükselirken enerji ihtiyacı 10'dan 10<sup>2</sup> değerine ulaşmakta yani 10 kat daha fazla olmaktadır.

Pratik uygulamaların da gösterdiği gibi bu oranın altında tahliye zamanı faktör 3 civarına kadar yükselebilir.

Daha yüksek alçak basınç değerleri daha yüksek kaldırma kuvveti oluşturur. Ancak bunun doğrusal enerji ihtiyacının üzerinde olan bölümde yapılması zorunludur. Bunun haricinde tahliye işlemi daha yüksek negatif basınç değerlerinde daha uzun sürmektedir, bu da sistemin takt süresinin uzamasına neden olur.

Pratik ayar değer olarak sadece nedenleri belli olan durumlarda aşılmasına izin verebilecek şekilde yaklaşık %60 değerinde alçak basınç kullanılır (3).

## 12.2 Robot Tekniğinde Vakum Üretilmesi

Prensip olarak vakum üretilmesinde iki yöntem bulunmaktadır; pompa ile ve ejektör (itici) ile vakum üretilmesi.

### 12.2.1 Vakum pompaları

Kullanıma hazır olarak sunulan birçok sayıdaki pompadan, bizim kullanım durumumuz için basınç pompası ilk sırada yer almaktadır. Sadece bu pompa çevre basıncına karşı direk sızdırmazlık özelliğine sahiptir (3).

DIN 28 400, bölüm 2'de basınç pompaları aşağıda belirtilen şekilde tanımlanmıştır :

Bu pompalar; piston, rotor, kaydırıcı ve diğer elemanlar gibi mekanik devre elemanlarının yardımı ile sevk edilen gazı (örneğin hava) sıvı sızdırmazlık elemanları kullanarak veya kullanmayarak örneğin valfler vasıtasıyla emen, daha sonra sıkıştıran ve ardından iten mekanik pompalardır (3).

Çalışmalarına göre şu şekilde sınıflandırılmışlardır :

- Osilasyonlu basınç pompaları
  - Pistonlu pompalar
  - Membranlı pompalar
- Rotatif basınç pompaları
  - Hidrolik pompalar
  - Döner sürgülü pompalar
  - Kanatlı pompalar
  - Eksenel pistonlu pompalar
  - Kitleme sürgülü pompalar
  - Silindirik pistonlu pompalar

Bu pompaların hepsi temel olarak aynı prensibe göre çalışmaktadırlar. Ancak, silindirik pistonlu pompalar burada bir istisna oluşturmaktadır (3).

### 12.2.1.1 Pompa seçimi

Vakum pompalarının kullanımıyla ilgili olarak yapılacak seçimde değişik kriterler göz önünde bulundurulur. Kaba vakum alanında imalatçı firmalar kullanıcılara referans olarak kendi aktüel pompa programlarını kapsayan çok değişik şekillerde basit seçme diyagramları ve tabloları sunmaktadırlar. Buna rağmen bir imalatçının bir diğeriyle kıyaslanması kolay bir iş değildir. Genellikle diyagramlar logaritmik olarak basit bir şekilde verili olduğundan okunup değerlendirilmesinde birkaç denemenin yapılması gerekmektedir (3).

Pompa seçim kriterleri :

- Standart norma göre emme kapasitesi  $m^3 / h$  ' a referanslanır. Karakteristik eğriler (genellikle logaritmik) sızdırmazlık, kaçak yağ vd. nedeniyle eğimlidirler. Bu nedenle sıkça direk olarak reel değerleri okunamaz. Bu konuda bir emme gücü diyagramı erişilebilecek basınç ve emme kapasitesi değerinin direkt olarak okunması olanağını verir.
- mbar olarak son basınç değeri (mutlak); bu değer pompanın laboratuvar koşullarında idealize edilen sızdırmazlığı hakkında bir veridir. Seçim durumunda emniyetli bölgede kalınması tavsiye edilir.
- Boşaltım (tahliye) süresi; bu veri hızlı şarj veya hızlı takt süresiyle ilgilidir. Laboratuvar koşullarında tespit edilen bu değeri pratikte kullanırken faktör 2 oranında çevirerek kullanmak mantığa daha uygundur.
- Gerekli diğer veriler; pompa tahrik elemanının motor gücü, gürültü miktarı, pompanın emniyet türü (örneğin IP 44), çalışma ısı vd (3).

### 12.2.2 Ejektörler (İtici)

Vakum pompalarına alternatif olarak ejektörler bulunmaktadır. Ejektörler Venturi prensibine göre çalışırlar. Burada basınçlı hava ejektörün jet memesi adı verilen kesitin daralması sayesinde akar. Bu durumda basınçlı havanın akış hızı ses hızının üzerine çıkar. Jet memesinden çıktıktan sonra hava genişler ve susturucu takılı dişi meme üzerinden akar. Bu süreç esnasında jet memesin etrafındaki boşlukta bir vakum meydana gelir. Meydana gelen bu vakum sayesinde havanın emme ucundan emilmesi sağlanır (3).

Genel olarak ejektörler yaklaşık olarak -0.9 bar'a kadar negatif basınç değerlerine ulaşırlar. Çok katlı ejektörlerde kısmen -0.99 bar'a kadar negatif basınç büyüklüğü elde edilebilir. Bu özelliklerinden dolayı basınç değerinin yüksekliğine bağlı olarak değişik vakum pompaları yerine kullanılabilirler. Yine de çok katlı ejektörlerin kullanılmasında ekonomik yönden uygun olup olmadığı kullanım durumuna göre iyice gözden geçirilmelidir (3).

Bir ejektöre birden fazla fonksiyon yaptırılıyorsa bu durumda bunlara kompakt ejektör adı verilir. Bu ejektörler diğer avantajlarının yanı sıra planlama ve montaj aşamalarında yapılacak işleri kolaylaştırır. Arıza arama, parça değiştirme gibi makinenin durma zamanı ile ilgili işlemlerin kısa sürede yapılması daha kolay sağlanır (3).

#### 12.2.2.1 Ejektör seçimi

Vakum pompalarında olduğu gibi ejektör seçiminde de bazı kriterlerin göz önünde bulundurulması gerekir. Her bir imalatçının seçim diyagramları onların güncel satış programlarına göre belirlenmektedir. Bu nedenle imalatçıdan imalatçıya direk olarak bir karşılaştırmanın yapılabilmesi aynı pompalarda olduğu gibi burada da çok kolay değildir. İmalatçı firmaların optimal basınç değerlerine ait katalog değerleri birbirlerinden farklıdır. Genel olarak bu değerler 4 ila 6 bar arasındadır (3).

Ejektör seçim kriterleri :

- Emme kapasitesi (l / dak) (işletme basıncına bağlı olarak); U emme bağlantı ucu açık durumda iken emme kapasitesini göstermektedir. Bu değer işletim basıncının artmasıyla büyür ve verilen diyagramda 4 ila 7 bar arasında en büyük değerine ulaşır. İşletme basınç değeri ekonomik açıdan dolayı optimal olarak 5 bar değerindedir.
- Emme kapasitesi (l / dak) (negatif basınca bağımlı olarak) ; U emme bağlantı ucu kapalı durumda iken emme kapasitesini göstermektedir.
- Negatif basınç (işletme basıncına bağımlı olarak); burada tek tek ejektörlerin ulaşabileceği maksimum vakum değeri belirtilmektedir. Bu tip ejektörlerde maksimum değere 6 bar'lık işletme basıncından itibaren erişilebilir. %90 in üzerinde karşılaşılan durumlarda - 0.7 bar negatif basınç değeri yeterli gelmektedir.
- Hava sarfiyatı (işletme basıncına bağımlı olarak); hava sarfiyatı işletme basıncının yükselmesiyle artmaktadır. Bu nedenle ejektörlerin kullanılmasında yeterli havayı sağlamaya dikkat edilmesi gerekir.
- Ses basıncı seviyesi (işletme basıncına bağımlı olarak); bu değerler susturucu kullanımına göre değişmektedir. Çevre koruma noktasından bakıldığında bu kriter daha fazla önem verilmesi gerekmektedir.
- Basınç tepe değeri (itme düzenekli ejektörlerde üfleme impulsuna ait); ejektör ile emici arasındaki hortum uzunluğunun artmasıyla bu değer azalmaktadır. Bu değer, verili olan bir işletme basıncı referans olarak alınarak verilmektedir.
- Tahliye süresi (verili hacim ve işletim basıncı değerinde); daha yüksek bir vakum değerine ulaşmak istendiğinde bu değer artar. Takt süresinin düşük olduğu durumlarda bu değer

önem kazanır. Şayet katalog değerlerinde belirtilmemiş ise ejektörlerin olanak verdiği anahtarlama frekansları imalatçı firmaya kullanılacak yerlerin özelliğine göre sorulması gerekir.

- Verimlilik (verili işletme basıncına göre vakuma bağımlı olarak); değişik imalat tiplerindeki ejektörlerin objektif olarak karşılaştırılması olanağını verir. Bu işlem hesaplama yolu ile sağlanır.
- Hortum hacimleri (hortum uzunluğu ve çapına bağımlı olarak); tahliye süresinin belirlenmesi işlemi için önemlidir.
- Emme hacmi (emici adedi ve ebadına bağımlı olarak); tahliye süresinin belirlenmesi işlemi için önemlidir (3).

### 12.3 Robot Tekniğinde Vakum Elemanları

#### 12.3.1 Valfler

Vakum elemanlarının kontrolüne yönelik, temel olarak yön denetim valfleri kullanılır. Burada genellikle 2/2 veya 3/2 yön denetim valfleri söz konusudur. Bu valflerin sembol şekilleri DIN/ISO 1219'a göre standartlaştırılmıştır. Bunun yanısıra olası anahtarlama konumları karelerle, hava yolları da oklarla gösterilmektedir.

Valf bağlantı uçları DIN/ISO 5599-III'e göre rakamlarla ifade edilmektedir. Anahtarlama konumları da yine DIN/ISO 1219'a göre standartlaştırılmış olup değişik kumanda tiplerinde anahtarlama yapılabilir. Konstrüksiyonlarına göre de valfler birbirlerine göre farklılık gösterirler. Oturmali, sürgülü ve oturmali/sürgülü kombinasyonlu tiplerin yanı sıra genellikle askılı tabla prensibi adı verilen tipleri kullanılmaktadır (3).

Burada önemli olan\* belirtilen vakum sahasında çalışmaya uygun olmalarıdır. İmalatçı firmalar bu konuda içinde teknik bilgilerin yer aldığı ve diğer bilgilerin bulunduğu katalogları kullanıma sunmaktadırlar. Özel durumlarda doğal olarak imalatçı firmalardan direkt olarak bilgi almak yerinde olur.

#### 12.3.2 Vakummetre

Vakum ölçülerinde doğruluk genellikle az veya fazla olarak tahmin edilir. Ancak günümüzde  $1 \times 10^{-12}$  mbar değerine kadar basınçlar yeterli kesinlikte ölçülebilmektedir. Braunschweig'ta bulunan resmi teknik fizik enstitüsündeki kullanıma sunulan bir basınç skalası, vakummetrelerin kalibrasyonuna yönelik ayar skalası olarak hizmet vermektedir. Bu sayede vakum ölçümlerinde doğruluk derecesi iyileştirilmiş ve ölçümlere ait güvensizlikler ortadan kaldırılmıştır (3).

**Boru Yaylı Vakummetre :** Kaba vakum ölçülerinde işletme ölçme aletleri sınıfındaki Bourdon prensibine göre çalışan lineer göstergeli (boru yaylı) Bourdon vakummetresi yeterli olmaktadır. Bu vakummetrenin kullanılmasında prensip olarak dikkat edilmesi gereken husus belirli bir deniz seviyesinde her kullanımdan sonra örneğin rakam plakasının dönmesinden dolayı yeniden dengelenmek zorunda olması gerekliliğidir (3).

### 12.3.3 Vakum tankı

Vakum tankları, kazanları, kapları robot tekniği konusunda ihtiyaç duyulduğunda farklı nedenlerle kullanılırlar. Şayet bir vakum pompası sonradan çalıştırılacak olursa genellikle bu durumda kapama kontrolü adı verilen düzeneğe yardımıyla pompanın çalışma süresini kısaltan vakum biriktirme tankı olarak işlem görür. Pompa tank içine gerekli olan vakumu üretmede kullanılmış olur. İstenilen vakum değerine ulaşıldığında bir vakum şalteri ile pompa kapatılır. Robotik sisteminin gerek duyduğu vakum değeri tank içinde var olduğu sürece pompa devre dışı kalır. Tank içindeki vakum değeri vakum şalterinin ayarlandığı değer altına düştüğünde pompa tekrar aktif hale getirilir. Bu yöntem sayesinde enerji tasarrufu sağlandığı gibi belirli uygulamalarda takt süresi de kısaltılabilir (3).

Bir başka özellikli kullanım alanı da emniyet devreleridir. Örnek olarak acil durum kullanımlarında emniyet açısından doğrusal olarak kaldırılan bir iş parçasının tutucu tarafından acil durum butonunun yetkili bir personel tarafından kontrol altına alması anına kadar örneğin manuel olarak iş parçası yerine konuluncaya kadar asılı olarak tutulması gerekmektedir. Bu durumda da vakum değeri bir vakum şalteri tarafından kontrol edilir (3).

Kaba vakum alanında tank olarak genellikle basınçlı hava tankı kullanılmaktadır. Kullanılan tankın mutlaka güncel emniyet tedbirlerine ilişkin yönetmeliklere uygun olmasına dikkat edilmelidir. Bu konuda kullanılacak tankın basınç ve emniyet tedbirlerine ait yönetmeliklere uygunluğu imalatçı tarafından bir belgeyle onaylandırılmış olmasına önem verilmesi özellikle tavsiye edilir (3).

### 12.3.4 Emme başlıkları (Vantuzlar)

Malzemelerin otomatik olarak vakum ile sevk edilmesi pratikte çok sık olarak karşılaşılan süreçlerdir. Emme başlıkları aracılığı ile gerçekleştirilen otomatik hareketler genel olarak pratikte kolay, ekonomik ve emniyet açısından da işletme güvenliğine en uygun çözümleri oluşturmaktadırlar (3).

Emme başlıkları sadece birkaç gramdan birkaç yüz kiloya kadar olan değişik iş parçalarının otomatik hareketini sağlamaya olanak verirler. Değişik formlara sahip emme başlıkları bulunmaktadır, üniversal, düz, kıvrımlı körük veya özel imalat emme başlıkları gibi. Formlarına uygun olarak emme başlıkları değişik malzemelerden yapılırlar. Örneğin Poliüretan (PUR),

Perbunan (NBR), Viton (FPM) ve Silikon (Si) gibi malzemeler kullanılırlar. Başlıklar ya direk olarak ejektöre bağlanır yada ihtiyaca göre değişik askılarla donatılırlar, tek yada çoklu olarak tutuculara veya robot düzeneklerine entegre edilirler (3).

**Düz Yüzeyle Emme Başlığı** : Çevre basınç değerinin emici hacminin içindeki basınçtan daha yüksek olmasından dolayı emici başlık iş parçası yüzeyini kaplayarak onu o yüzeyden tutar. Pratikte çevre basıncı değeri sabittir. Alçak bir basıncın meydana getirilmesi ile emici, bir vakum kaynağına bağlanır. Meydana getirilen negatif basınç ne kadar yüksek olursa dışarıdan emici üzerine etki eden kuvvet de o kadar fazla olur. Bu kuvvete emme kuvveti yada tutma kuvveti adı verilir. Bu kuvvetin değeri imalatçı firma tarafından genellikle teorik tutma değeri olarak verilir (3).

Uygulamada teorik olarak verilen bu tutma değeri gerçek olarak var olan efektif değerinden %50'ye kadar sapma gösterebilir. Buna neden olarak emicinin deformasyonu veya iş parçasındaki eğiklik ve büzülmeler olabilir. Bu özellikten dolayı efektif tutma kuvvetinin dikey doğrultudaki yüklemeler için emniyet faktörü olarak 2, yatay yüklemelerde ise 4 alınır. Tek tek durumlarda daha düşük tutma sürtünmesi söz konusu ise o zaman emniyet faktörü daha da artırılmalıdır (3).

Yay yolunun az olduğu durumlarda iş parçasının üzerine yerleştirme işlemlerine dikkat edilmelidir. Robot düzeneğinde oluşacak aşırı bir strok bu durumda dengelenemez. İnce cidarlı veya bozulmuş formulu iş parçalarında emici etkisi iş parçası yüzeyine dağıtılır.

**Kıvrımlı Körüklü Emme Başlığı** : Çanak formulu emme başlıkları gibi çalışır. Emme başlığı içinde özel bir form alırlar. Kıvrım sayısı genel olarak 1.5, 2.5, 3.5 dur. Yaylı yada sabit askılı tipleri bulunmaktadır. Kıvrımlar bir teleskop etkisi yaparak uygun fiyatlı bir yaylanma oluşumu sağlarlar. Yatay yüklemelere karşı düşük bir dayanıklılıkları olduğu unutulmamalıdır. Bu durum pozisyon doğruluk işlemleri ile ilgili yüklerde önemlidir (3).

Büyük yüzeyli iş parçalarının otomatik hareketlerinde birden fazla kıvrımlı körüklü emme başlığının kullanılmasında dikkatli olunmalıdır. Emicilerin mantıklı olarak düzenlenmesiyle iş parçalarının devrilmesi olasılığından kaçınılmalıdır.

Emme başlıklarının kullanılmasında yüksek değerli vakumların kullanılmasından sakınılması tavsiye edilir. Vakum ne kadar fazla ise yükleme de o kadar fazla olur ve emme başlığının aşınması da buna bağlı olarak büyük olur. Bu, kullanım süresinin kısılması dolayısıyla da masrafların artması anlamına gelir. Bunlara ilave olarak, elde edilmek istenen vakum değeri arttıkça kullanılacak enerji miktarının da artırılması gerekir.

Vakum değerinin 60 kPa'dan 90 kPa değerine yükseltebilmek için 1.5 kat daha fazla bir kuvvet yükseltimine gerek duyulur. Bu işlem için enerji gereksinimi ise tam 10 kat daha fazla olur.

Şayet emme başlığında gerek duyulan kuvvet küçük ise o zaman yine de vakum değeri sabit tutularak buna karşı emme başlığı çapının büyütülmesi daha uygun olur. Oluşumu muhtemel emme kuvveti, emme başlığı yüzeyi ile doğrusal orantılıdır. Bunların dışında alçak bir vakum değerine oldukça kısa bir sürede erişilebilir. Buna bağlı olarak büyük bir vakumlama hacmi gerekmesine rağmen daha yüksek takt süreleri olanaklı hale getirilebilir (3).

Emme Başlığı Seçiminde Malzeme Kriterleri : Emicinin malzemesi ve onun kimyasal içeriği birçok kullanım durumunda seçim için en önemli kriteri oluşturur. Doğru malzeme seçimi, bakım giderlerini azaltır ve bakım periyodu aralığını uzatır. Bu seçim arıza sıklığını aza indirir ve buna bağlı olarak sistemin durması ve giderler de en az değerde tutulmuş olur (3).

Emme Başlığı Seçiminde İş Parçası Kriterleri : İmalatçı firmalar mümkün olduğunca geniş bir emici yelpazesini kullanıma sunmaktadırlar. Böylece çok çeşitli talepleri karşılamada ve değişik iş parçası formuna göre müşteri isteklerini yerine getirmeye çalışmaktadırlar.

- Düz ve kalın yüzeyli iş parçaları için içi destek yivli veya havlı emme başlığı. Böylece dikey strok hareketleri için daha yüksek sürtünme kuvveti ve daha iyi pozisyonlama konumu sağlanabilir. İlaveten yüksek vakum değerlerinde destekler emme başlığı kenarlarının deforme elmasını engellerler.
- Karton ve sert elyaf plakalar gibi gözenekli malzemeler için emme başlıklarının kullanılması. Örneğin pamuk gibi çok gözenekli malzemelerde düşük vakum değerleri için nispeten büyük hava miktarına gerek duyulur.
- Elektronik parçalar için mini emme başlıkları.
- Oluklu saçlar için selülozik sızdırmazlıklı emme başlığı.
- Kağıt ve folye için ayarlanabilir karşı ağırlıklı veya emme plakalı emme başlığı.
- Eşkenarlı köşeleri tutabilmek için derin emme başlığı.
- Düz olmayan yüzeyler için değişik uzunluklarda kıvrımlı körüklü emme başlıkları (3).

Emici tasarımında dikkat edilmesi gereken kriterler :

- İş parçası emici ile otomatik harekete uygun mu? Yapısı sızdırmazlığı ve dayanıklılığı, üst yüzeyinin kirliliği, ebadı, kütlesi, fiziksel yapısı (düz veya masif), kütlenin kullanılabilir yüzeye oranı, stabil veya oynak olması.
- Hangi emniyet standartlarına uymak zorunda? Personel zararları, iş parçası zararları.
- Hangi vakum basınç değeri kullanıma hazır olmalı? İlk tasarım mümkün olduğunca küçük veya eşit -0.6 bar.
- Standart emici kullanılabilir mi yada özel bir emiciye mi gerek var?
- Kullanılan emici adedi. Bir büyük veya birden fazla küçük emici ve düzenleme örneği.

- Emme düzlemi referans olarak alındığında iş parçasının hareket yönü (dikey, paralel, karışık). Emniyet faktörü 2 veya 4 ve sürtünme değeri  $\mu$  kuru veya ıslak yüzeye göre hesaplanması.
- Öngörülen harekette ivme değerleri (3).





### 13. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma; her ne kadar modüler üretim sistemlerini temel alarak oluşturulmuş dahi olsa asıl objektifi, otomasyon sistemlerini kavrayabilmek, bu tip sistemlerde kullanılacak elemanları tüm teknik özellikleri ile inceleyebilmektir.

Genel olarak ele alındığında kolayca anlaşılacağı gibi makine mühendisliğinin ve kimya mühendisliğinin çok temel konularından olan ve otomasyonun bire bir karşılığı olarak düşünülen “proses kontrol” teknolojisi konu edilmemiştir. Otomasyon kavramına gerçek anlamını kattığına inandığım “hareket kontrol” teknolojisi incelenmiştir.

Çalışmanın başlangıcında; tüm hareket kontrol mekanizmaları, elemanları, iletişim protokolleri, gösterim ve raporlama cihazları, bilgisayar tipleri ve yazılımları hakkında, bir bütünlük oluşturmak kaydıyla, tüm teknik ve uygulama bilgilerinin derlenmesi hedeflenmiştir. Ancak otomasyon teknolojisinin tahmin edilenden çok daha geniş olan ürün ve uygulama yelpazesi nedeniyle normal olarak bu gerçekleştirilememiştir. Çalışma içerisindeki oldukça ayrıntılı teknik ve uygulamaya yönelik bilgilerden de anlaşılacağı gibi hedefi büyük tutmak faydalı bilgi yoğunluğunu artıran bir unsur olmuştur.

Özetlenecek olursa; algılayıcılar (sensörler), PLC'ler ve programlanmaları, iletişim teknolojisi, analog-dijital değer işlenmesi, acil durum gibi otomasyon teknolojisinin temel unsurları konusunda başlangıç düzeyini aşan bilgiler verilmiştir. Bu bilgiler; materyal akışı, taşıma (robot) tekniği gibi işletmelerde materyal akışını temel alan teknikler üzerine yoğunlaştırılmış ve her bölümde kendine ait, anlaşılmayı kolaylaştıracak küçük uygulamalar verilmiştir. Tüm bu eleman ve teknikler modüler üretim sistemleri baz alınarak konunun bütünlüğü korunmuş ve ayrıntılı bir çalışma ortaya çıkarılmıştır.

Konularda bahsedilen tüm elemanlar hakkında uygulamalı çalışmalar yapılmaya çalışılmıştır ancak bunlar temel öğrenim düzeyinde kaldığı için herhangi bir şekilde bahsetme ihtiyacı duyulmamıştır.

Hareket kontrol teknolojisinde otomasyon, dünyada birçok uygulama alanı bulmasına rağmen gördüğüm kadarıyla Türkiye'de pek gelişme olanağı bulamamış bir konu. Endüstrideki gelişmenin bu tip otomasyon sistemleriyle doruğa ulaşacağı rasyonel düşünen herkesin kabul ettiği bir sonuçtur. Ancak, ileriye yönelik yatırım planı yapmayı uygun bulmayan ve alışkanlık edinmemiş olan birçok Türk yatırımcısı-üreticisi gelişmeyi önemli ölçüde yavaşlatmaktadır. Ekonomik istikrarsızlık her zaman bir bahane olarak kullanılmaktadır ancak istikrarsızlığı oluşturan en önemli etkenlerden birinin çekimser davranışın kendisi olduğu unutulmamalıdır.

Umarım bu çalışma, kendini geliştirmeye çalışan kişilere az da olsa yardımcı olur.

**KAYNAKLAR**

- (1) Aydınel A. E., (1997), Kontrol Sistemlerinde Bilgisayarlar, Lisans Tezi, YTÜ Makine Mühendisliği Bölümü Konstrüksiyon Anabilim Dalı
- (2) Ebel F. ve Nestel S., (1991), Algılayıcıları Kullanma ve Algılayıcılarla Çalışma Teknikleri – Temassız Algılayıcılar, Festo, Esslingen/Almanya
- (3) Festo Didactic, (1991), MPS Modüler Üretim Sistemi Seminer Notları, Festo, Esslingen/Almanya
- (4) Kurtulan S., (1996), Programlanabilir. Lojik Kontrolörler ve Uygulamaları, Bileşim Yayıncılık, İstanbul
- (5) Metzger M. ve Werner H., (1992), Modular Production System – Processing Station, Festo, Esslingen/Germany
- (6) National Instruments Instrumentation Catalogue 98, (1997), “Data Acquisition Tutorial”, National Instruments, Utah/USA, 187-196
- (7) National Instruments Instrumentation Catalogue 98, (1997), “Signal Conditioning Tutorial”, National Instruments, Utah/USA, 327-331
- (8) National Instruments Instrumentation Catalogue 98, (1997), “Industrial Communications Tutorial”, National Instruments, Utah/USA, 799-804
- (9) Ross A., (1992), Dynamic Factory Automation, The IBM McGraw-Hill Series
- (10) Sarıbay T., (1998), “Profibus”, Otomasyon Dergisi, 69: 148-151
- (11) Selçuk F., (1999), “Endüstriyel İletişim Ağlarında Tek Standarda Doğru”, Otomasyon Dergisi, 82: 114-118

**FAYDALANILABİLECEK WEB SİTELERİ**

- (1w) <http://fieldbus.org/information>
- (2w) <http://skuld.cage.curtin.edu.au/mechanical>
- (3w) <http://synergetic.com>
- (4w) <http://www3.ad.siemens.de>
- (5w) <http://www.controlnet.org>
- (6w) <http://www.elimko.com.tr>
- (7w) <http://www.festo.com.tr>
- (8w) <http://www.interbusclub.com>
- (9w) <http://www.natinst.com>
- (10w) <http://www.odva.org>
- (11w) <http://www.plcs.net>
- (12w) <http://www.profibus.com>
- (13w) <http://www.rtcgroup.com>
- (14w) <http://www.simko.com.tr>

**ÖZGEÇMİŞ****Ateş Evren AYDINEL**

Doğum Tarihi	29.11.1976	
Doğum Yeri	İstanbul	
Lise	1990 – 1992	Şehremini Lisesi
	1992 – 1993	Kadir Has Lisesi
Lisans	1993 – 1997	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makina Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1997 – 1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Müh. Anabilim Dalı, Konstrüksiyon Programı

**Çalıştığı Kurum**

1998 – Devam ediyor Emre Makina ve Donatım Tic. Ltd. Şti

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**