

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ROBOT TEKNOLOJİSİ
VE
İSTİF ROBOTU İMALATI

Mak. Müh. Cem ATILGAN

F.B.E. Mak. Müh. Anabilim Dalı İmal Usulleri programında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

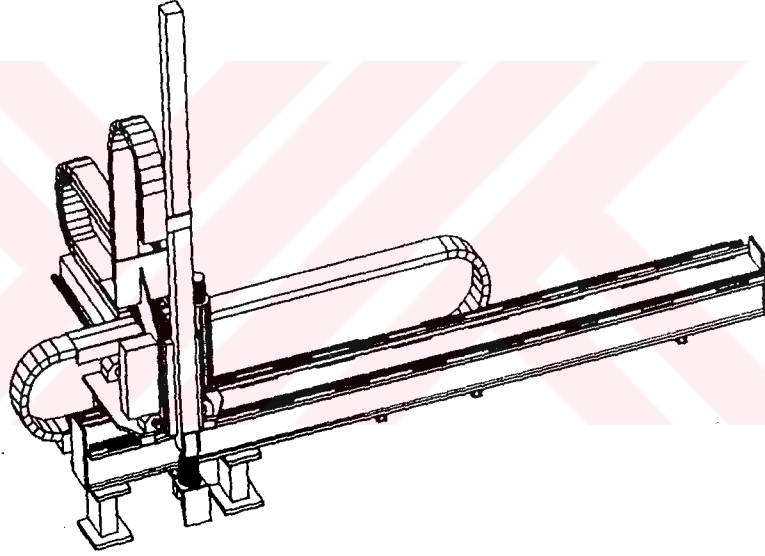
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Faris KAYA

İSTANBUL, 1994

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ROBOT TEKNOLOJİSİ
VE
İSTİF ROBOTU İMALATI



Mak. Müh. Cem ATILGAN

F.B.E. Mak. Müh. Anabilim Dalı İmal Usulleri programında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Faris KAYA

İÇİNDEKİLER :

	Sayfa No
TEŞEKKUR	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
1. BÖLÜM - GİRİŞ	1
1.1. Robot Nedir ?	
1.2. Robotların Tarihçesi	6
1.3. Robot Terminolojisi	8
1.4. Dünyada Robot Sanayii	10
1.4.1. Japonyada Robot Sanayii	14
1.4.2. Almanyada Robot Sanayii	15
1.4.3. İsveçte Robot Sanayii	16
1.4.4. Amerikada Robot Sanayii	17
1.4.5. Türkiyede Robot Sanayii	22
2. BÖLÜM - ROBOTLARIN YAPISI	24
2.1. Robotların Yapısı	
2.1.1 Manipulatör	24
2.1.1.1 Teleoperatörler	28
2.1.2. Hareketli Robotlar	33
3. BÖLÜM - ROBOTLARIN SINIFLANDIRILMASI	41

	<u>sayfa</u>
4. BOLUM Robotlarda Sezgi Elemanları (Sensors)	48
Limit Anahtarlar, Optik Sezgi Elemanları, İnduktif Sensör , Proximity sensor .	
5. BOLUM Robotlarda Tutucular	56
5.1 Mekanik Tutucular ,	
5.2 Vakumlu Pnömatik Tutucular	65
6. BOLUM Robotlarda Kontrol	71
6.1 Kontrol Nedir?	
6.2 Elektronik Kontrol Sistemleri	76
6.2.1 Kablo Bağlantılı Kontrol	
6.2.2 Kayıt Edilmiş Programa Göre Çalışan Kontrol Devreleri	78
6.2.2.1 PLC Kontrol	79
6.2.2.2 Bilgisayarlı Kontrol	84
7. BÖLUM Robot Kinematiği	99
7.1 Kinematiğe Giriş	
7.2 Düz Kinematik	101
7.4 Rotasyon ve Ötelenme Dönüşümleri	103
7.5 Homojen Dönüşümleri	105
7.6 Vida Dönüşüm Matrisleri	108
7.7 Düz kinematik Uygulamaları	110
7.7.1 Microrobot Alfa II	112
7.7.2 İstif Robotu (Tez pratik çalışması)	113

Teşekkür,

Robot Teknolojisi ve Endüstriyel Kullanım Amaçlı İstif Robotunun Projelendirilmesi ve İmalatı konusunda yaptığım Yüksek Lisans Tez çalışmasının . Robotlar konusunda endüstride ve üniversitelerde çalışanların yararlanabileceği küçük bir değerli kaynak olacağına inanmaktayım.

Tez çalışmalarında yardımcı olan . maddi .manevi desteğini esirgemeyen Alime.

Çalışmalarımı yönlendiren hiç bir yardımını esirgemeyen Değerli Hocam ,
Prof. Dr. Faris Kaya 'ya ,

Dizayn ve İmalat konusunda çalışmalarına yardımcı olan Değerli Arkadaşım ,
Arş . Gör. Tamer Kepçeler 'e,

DETAM merkezini kurarak . pratik çalışmalarımızı yapabileceğimiz imkanları sağlayan Yıldız Teknik Üniversitesi Rektörü Prof. Dr. Turgut Uzel'e,

Araştırma Fonu Müdürü Prof. Dr. Zekiye Çınar e,

İhtiyacımız olan malzemeleri kısa sürede temin eden firma yetkililerine , Hidropres,
Pasific Scientific , Siemens , SMC , Festo , Hidrel ,Weldmüller

Endüstriyel İstif Robotunun İmalatını gerçekleştirmek için tüm imkanlarını bize sunan .,1013. Ordu Donatım Ana Tamir Fabrikası Müdürü , Sayın Alb.Yük. Müh. Sebahattin Ergönenc ve Teknik Müdür , Bnb.Yük. Müh.Hamdî Akgül ve tüm personele teşekkürlerimi ve saygılarımı arz ederim.

ROBOT TEKNOLOJİSİ
VE
İSTİF ROBOTU İMALATI

Mak. Müh. Cem ATILGAN

F.B.E. Mak. Müh. Anabilim Dalı İmal Usulleri Programı

ANAHTAR KELİMELEER : Adım motoru , Bilgisayar kontrol , Maniplatör , Robot , Pnömatik, Sezgi elemanları , Teleoperatör , Tutucular

ÖZET : Bu çalışmada Robot Teknolojisi konusu genel hatları ile incelenmiş , Robot maniplatörlerinin kinematik analizleri ile ilgili hatırlatma yapılarak Microbot Alfa II ve İstif Robotunun düz kinematik analizi uygulaması yapılmıştır. Dünyada ve ülkemizdeki robot sanayi konusunda bilgiler verilmiştir. Teorik çalışma yanında , Endüstriyel Amaçlı İstif Robotu imalatı yapılarak pratik çalışmada sunulmuştur.

**ROBOT TECHNOLOGY
AND
MANUFACTURING OF TRANSPORT ROBOTS**

**Mech. Eng. Cem ATILGAN
Mech. Eng. Dept. Manufacturing Methods Program**

**KEYWORDS : Computer control , End effector , Manipulator, Pneumatic
Robot, Sensor , Stepper motor , Teleoperator**

**SUMMARY : In this study , Robot Technology , generally explained , and
given some brief remembering about kinematic analysis
of robot manipulators and exemplified Microbot Alfa II and
Transport robot by given the vectors of variables of a robotics
manipulator , determine the position and orientation of the tool
with respect to a coordinate frame attached to the robot base.
World and Turkey Robot Industries researchs and news written.
Also besides teorical studies , manufactured transport robot
as a practical study.**

1.Bölüm

1.1. Robot Nedir ?

Diğer fen bilimlerinde olduğu gibi “ Robot” kelimesi ilk olarak edebiyatta kullanılmıştır. Çek yazarı Capek 1921 yılında yazdığı bir piyesinde “ R.U.R.” yani “Rossum ‘s Universal Robots “ (Rossum’ un Universal Robotu), insana benzer bir makinayla ilgili kullanılmıştır.

Robotlarla ilgili bilimsel çalışmalar 1940’ lı yıllarda önem kazanmaya başlamış olmakla birlikte tarihte robot kullanımı bir hayli eski yıllara uzanır.

Robot kelimesinin kesin olarak standart karşılığı yoktur.Robot kavramının tanımlanması çok çeşitli tanımlar kullanılarak yapılmaktadır. Bu tanımların birbirlerinden değişik olmasının nedeni robotu tanımlayan tanımlayıcının robotu hangi yönden incelediğine bağlıdır. Robotlar hakkında teknik bilgiye sahip olmayan bir kişi robotu insana benzetir.Güçlü makine olarak tanımlar. Endstride çalışan bir kişi, robotları çok hızlı çalışan , yorulmayan , 24 saat durmadan çalışabilen maaş, sigorta istemeyen işçi makine olarak tanımlar.Bilimsel alanda , robotlar değişik şekilde tanımlanmıştır.

Endüstriyel robotlar konusunda ilgili robot kuruluşlarının yaptığı tanımlar daha da farklıdır.

Alman Endüstriyel Robot Birliği’nin tanımı ;

“ MHI- Montage -Handhabung - Industrieroboter”

ISO/TR 8373 deki tanıma göre endüstri robotları ; mekanik müdahale olmaksızın hareketleri tamamen serbest programlanabilen tutucu takımlarla donatılmış , en az 3 eksenli iş yapabilen otomatları olan imalat sanayinin tüm branşlarında kullanılabilen makinelerdir.

İngiliz Robot Birliği ‘nin tarifi ; “ BRA - British Robot Association “

Yeniden programlanabilir, minimum 4 serbestlik dereceli , imatın performansı için mekanik aksam ve hareket kısımlarının veya özel imalat kısımları değişebilir programlanmış hareketleri yapabilecek şekilde dizayn edilmiş makinalar olarak tanımlar.

Amerikan Robot Enstitüsü’nun tanımı;

“ The Robotics Institute of America -RIA”

Yeniden programlanabilir , çeşitli değişik konuları yapabilecek şekilde değişebilir proramlanmış hareketlere sahip malzeme ,parça taşımaya gerçekleştirecek şekilde dizayn edilmiş çok fonksiyonlu mekanik konstruksiyondur.

Japon Endüstriyel Robot Birliği “ Japan Industrial Robot Association JIRA”

ise tarifini gruplayarak yapmıştır.

Maniplatör; İnsan kolunun hareket sistemine sahip bir yerden ,diğer bir yere uzayda hareket eden bir makinedir.

Playback Robot ; Bir mniplatörün kaydedilmiş bilgileri okuyup , bu bigilerin doğrultusunda işlemleri sıra ile yapan robottur.

Akıllı Robot ; Davranış ve iletişim bağını duyumlarında ve tanımlamalarında belirleyen bir robottur.

Bu tariflerden görüldüğü gibi robotların standart bir tarifi yok.

Bilim Yazarı Asimov ,1939-40 , yazdığı romanında 3 temel fikir olarak robotların sahip olması gereken fonksiyon ve sınırları tanımlanmıştır.

1. İnsana zarar vermeyecek ,zarar görebilecek durumlarda hareketsiz kalmalıdır.
2. 1. kanuna uyarak ,insana itaat etmeli
3. 1. ve 2. kanunlardan ayrılmadan robot kendisini korumalı

Robotları kullanım açısından Otomasyon sistemlerinin bir elemanı veya tümü olarak genel anlamda tanımlayabiliriz.

Robot teknolojisi bir çok diğer teknolojilerin bütünleşmesi sonucunda anlam kazanmıştır. Robot teknolojisini temelini oluşturan diğer teknolojiler aşağıdaki şemada genel kapsamlarıyla gösterilmiştir.

Robot Teknolojisi

Malzeme Teknolojisi	Bilgisayar Teknolojisi	Elektrik & Elektronik Teknolojisi	Makina Otomasyon Teknolojisi	Diğerleri Optik Laser
------------------------	---------------------------	---	------------------------------------	-----------------------------

Robot teknolojisi , diğer teknolojielerden ve gelişmelerden direkt veya dolaylı olarak etkilenmekte ve faydalanmaktadır.

İnsanların robotlara ilgisi çok eski zamanlarda başladığı bilinmektedir. bu ilgi , insanların kendi fiziksel nitelikleri ile yapamayacakları işleri kendi kontrollerinde olacak makinalara yaptırma istekleri sonucundan doğmuştur. Son yıllarda Robot ve Otomasyon sistemlerine olan ilgi artışı , Endüstriyel sanayiideki gelişmeler ve üretimde yüksek kapasite ihtiyaçları sonucunda zorunluluktan dolayı ortaya çıkmıştır.

Günümüzde Robot Üretim yerleri ve amaçları olarak grpladığımızda.

	<u>Kullanım yerleri</u>
- Deneysel , araştırma amacıyla üretilen robotlar	Üniversitelerde ve Teknik okullarda vs.
- Endüstriyel kullanım amaçlı robotlar	Fabrikalarda
- Sahne, film amaçlı robotlar	Sinema,Reklam
- Tıpta kullanım amaçlı	Hastanelerde
- Bilimsel araştırma amaçlı	Uzay ve .Okyanuslarda
- Savunma ve silah amacıyla	Askeriyede

Bu amaçlara göre sınıflandırmayı dahada detaya inerek çoğaltmak mümkündür.

Robot üretim çalışmaları tamamen grup çalışmasına dayanır. Maliyet yönünden, İşçilik ,Teknik Eleman ve malzeme giderleri dikkate alındığında robotların ucuz makinalar olmadığı anlaşılmaktadır.

Robotlar pahalı makinalar olmalarına karşın , kendilerini amorti etmeleri çalışma tempo ve konusuna bağlı olarak kısa süre tutmaktadır.Kendisini amorti süresinin azlığı sebebiyle sanayide kullanım açısından büyük avantaja sahip olmaktadır.

Amortisman süresi normalde endüstriyel robotlar için 6 ay ile 24 ay arasında değişmektedir.

Robotlar kullanım süreleri açısından , uzun yıllar kullanılabilir makinalardır.

Robotların bakımları kolaydır. Periyodik bakım programlarına göre gerekli bakımları yapıldığında sorunsuz çalışır. Bakım olarak , dişli , rulman, kızakların yağlanması , bağlantı civata,somunlarının sıkılık kontrolü , elektrik, elektronik paneillerde toz temizliğinin yapılması gereklidir.

Robotların kullanılmasının tercih sebebi olarak,

a- İşçilikten tasarruf ; Artan rekabet ortamında imalatçı firmaların üretim maliyetlerini azaltabilmeleri temelde , işçilik ihtiyacını azaltmasına bağlıdır . Bir işletmede aynı işin birden fazla işçi kullanılarak yapılması gerekli durumlarda robotlar alternatif olurlar. Bir işçinin günlük çalışma süresi kanunlar çerçevesinde 8 saat (tek vardiya) olarak belirlenmiştir Çalışma saati bazı işletmelerde 11 saat "e kadar olmaktadır. İşçinin 24 saat ara vermeden çalışması mümkün değildir. Aşırı çalışmaya hem kanunlar hemde insanın fiziksel yapısı izinvermez. Uyku, yemek gibi zorunlu ihtiyaçları sebebiyle uzun süre çalışması sınırlıdır. Robotlar zaman kullanımı açısından ve uzun süre kesintisiz çalışabilme özelliklerinden dolayı üstün avantaja sahiptir. Diğer avantajları , mazeret sorunları, sendikaları , grevleri yoktur. Tek dezavantajı , yatırım maliyetinin yüksek olmasıdır.

b - Zor şartlar altında çalışma özelliği ; İnsanların sağlıkları açısından çalışmalarının mümkün olmadığı ortamlarda robot kullanımı birinci tercih sebebidir. Örneğin , Aşırı sıcak , Asitli , Radyoaktif ,Zehirli, Havasız ortamlarda çalışma insanlar için uygun değildir.

c - Üretimde standart kalite; İşçiler çalışma süreleri boyunca aynı performansı gösteremezler , yorgunluk, dikkatsizlik sonucu üretimde hatalar meydana gelir buda kalite tutarsızlığını meydana getirir. Robotlarla üretilen ürünlerde sabit kalite vardır.Kalitenin sabitliği kullanılan robotun Tekrarlanabilirlik hassasiyetine bağlıdır. Örneğin ; 0.01 mm hassaslık Elektrik ark , lazer ile kesmede iyi sonuç verir.

d - Denetim kolaylığı ; Üretimde kullanılan robotlara kayıt cihazı bağlanarak üretim raporları alınabilmesi mümkündür. Ayrıca bir işletmede birden çok robotun kontrol hattına bağlanarak birbirleri ile bilgi transferi yapabilirler.

e - Yüksek üretim kapasitesi ; Robotlar , hızlı çalışma temposu gerektiren imalatlarda kullanılmaya yatkındırlar. Çalışma hızları lineer robotlarda 2m /s , Kol şeklindeki açısız hareket eden robotlarda 150 °/s normal çalışma şartlarında ulaşılmaktadır.

1.2 Robotların Tarihçesi

Tarihte Robot Sistem ve araçlarındaki gelişmeler , Otomasyon sistemlerine geçiş ve Endüstriyel makinaların yoğun bir şekilde kullanımının etkisiyle meydana geldiği bilinmektedir.Bu iki önemli sebepten başka diğer bir çok direkt veya dolaylı tesirler bulunmaktadır.

Robot fikrinin hangi tarihlerde başladığını söylemek zor olmakla birlikte kullanıma örnek olarak aşağıda belirtilen olaylar gösterilebilir.

Robotların ilk temsileisi olarak su saatleri gösterilmektedir. Bu CLEPSYDRA denilen bir su saatidir. Keşfedildiği tarih milattan önce 250 yıllarında olduğu sanılmaktadır. Yaklaşık milattan sonra 500 yıllarda Bizanslılar tarafından "Guza"da su saati inşa edilmiştir. Herkül figürü saatleri gösterecek şekilde dizayn edilmiştir.

15. Yüzyılda taşınabilir mekanik gücün keşfi ile yaylı mekanik otomasyon sistemlerine geçildi. 1738 "de Jacques de Vancanson, flüt çalıcısını inşa etmiştir .Bu robot bir düzine şarkı çalabilecek şekilde dizayn etmiştir. 18. Yüzyılda Jacquet Droz, oğlu Pierre ,büyük oğlu Henry Louis ve Jean Frederic Leshot yazı yazan, çizen ve müzik aleti çalan androidler yaptılar (kam sistem programlı).

Diğer önemli olayları , günümüze kadar tarihi sırasıyla özet olarak aşağıdaki gibidir.

- 1784 Philadelphia Oliver Clarens - Otomatik un öğütme değirmeni
- 1801 Josef Mary - Tekstil makinası
- 1833 Richard Roberts - Otomatik çıkırık
- 1893 Core Mohre - Yürüyen mekanik araç
- 1913 Henry Ford "un otomasyonlu imalata geçişi
- 1921 " ROBOT " kelimesinin bir piyeste kullanılması Karel Capek
- 1939 Asimov Isaac , Bilim yazarı Robotlar hakkında makale ve roman yazdı.
- 1939 Newyork dünya fuarında yürüyen robot ve köpeği
- 1945 MIT Radyoaktif matzemeyi tutan teleoperatör.
- 1946 Amerikan kaşif G.C. Devol Kontrol cihazı ,elektrik sinyallerini manyetik olarak kayıt yapan ve onları tekrar kullanabilen mekanik makina. 1952 de patenti alındı.
- 1951 Teleoperatör (uzaktan kontrol manipulatörü) Radyoaktif malzemeleri tutabilecek şekilde dizayn edildi.
- 1951 Core Devil ilk endüstriyel robotu yaptı.
- 1951 " The Day The Earth Stood Still " filminde robot GORT (Century 20 Fex)
- 1952 Prototip Numerik kontrollü tezgah

- 1961 Unimate robotunun Ford şirketinde döküm işleri için kullanılması
- 1962 General Elektrik in Unimation robotunu kullanması
- 1966 Boya robotu Trallfa Norveç şirketi tarafından yapıldı.
- 1968 Hareket edebilir , "shakey " SRI (Stanford Research Ins.)sensor vision a prototip robot.
- 1971 " Stanford Arm " küçük elektrik motorlu robot kolu SRI
- 1973 İlk bilgisayar diline benzer robot kontrol dili geliştirildi. SRI- WAVE daha sonra 1974 te VAL dili Unimation için yapıldı.
- 1973 Cincinnati Milacron robotunun yapılması ,bilgisayar kontrollü T3 modeli
- 1974 ASEA tümü elektrik motorlu IRB6 robotu yapıldı.
- 1974 Kawasaki Unimation lisansı altında kaynak işlemi yapan robot geliştirildi. Motorsiklet kaynağı için kullanıldı.
- 1975 Olivetti " Sigma " montaj robotu ilk uygulama olarak yapıldı.
- 1976 Remote Center Compliance (RCC) aygıtı montaj için Charles Stork Draper Labs.
- 1978 PUMA - Programmable Universal Machine for Assembly - montaj robotu yapıldı.
- 1979 SCARA -Selective Compliance Arm for Robotics Assembly-montaj robotunun yeni bir tipi olarak yapıldı.
- 1980 Bardak tutabilen robot - Rhode Island University Görme sistemi kullanılarak değişik biçimlerdeki ve pozisyonlardaki kapların tutulması
- 1981 Direkt sürücülü - Conegre Mellon University değişik transmisyon sistemi ile direkt olarak elektrik motoru kullanılmıştır.
- 1982 IBM tarafından RS-1 Montaj robotu kutu gövdeli kol 3 ortagonal kayıcıya sahip robot dili AML
- 1983 Ulusal bilim fonu destekli APAS robotu "Adaptable Programmable Assembly System " Pilot uygulama olarak FMS esnek imalat hatlarında kullanılma amacıyla yapılmıştır.
- 1983- 1994 arası robot teknolojisi açısından bir çok yeni buluşlar yapılmıştır.

Genelde son 10 yıl içerisindeki çalışmalar , Robotlarda kullanılan yardımcı ekipmanların geliştirilmesi görme sisteminin geliştirilmesi ve uzay çalışmalarında kullanılmak üzere yeni dizayn araştırmalarını söyleyebiliriz.

Ülkemizde , Robot Teknolojisi için önemli olay olarak gösterebileceğimiz önemli çalışmalar 1993-94 yılında ilk meyvesini vermiştir..

1.3 Robot Terminolojisi

Accurancy (doğruluk) : Beklenen değer ile gerçek değer arasındaki fark.

Açık sistem (open loop) . Pozisyonlama veya hız düzeltme için herhangi bir sezgi el yok.

AI : Robot programlama dili, Stanford Üniversitesinde geliştirilmiş

AML : Programlama dili , IBM tarafından geliştirilip IBM robotlarında kullanılmıştır.

Angular accurancy Mil pozisyonunun ölçümünde kullanılır,Servo,Adım motoru içindir.

Artificial Intelligence : (suni zeka) makinanın deneyimlerinden öğrenme yeteneği

Back EMF : Geri elektrik motor kuvveti

Band rate (band oranı) bilgisayarların seri iletişimde saniyede iletilen bit sayısı(binary)

Bang bang robot : Pick and Place robotunun diğer adıdır.

Binary image : Görüntünün ikilik düzende 0 ve 1 olarak tanımlanması

Dedent tork : Hareketsiz durumda uygulanabilecek max tork (adım motorunda)

Digitization : Analog sinyallerin digital'e çevrilme işlemi 0 yok 1 var

Duty cycle : Motorun çalışma zamanının çalışmadığı zamana oranıdır. % ile gösterilir.

End effector:(tutucu veya iş elemanı) Robotun bir parçasıdır ,genelde en uç kısmındadır.

Feedback : çıkış sinyallerinin giriş sinyali olarak alınması.

Forearm : Ön kol, Bileğe bağlı kısımdır.

Gantry robot : Kreyn yapısına benzer robottur.

Gripper : Maniplatörün uç kısmına takılan parmak şeklindeki tutucudur.(end effector)

Hibrit Adım motoru :Sürekli manyetik rotoru ve sargılı statoru olan motordur. (firçasız)

Idle current reduction : Adım motorunun çalışmadığı durumda akımın azaltılmasıdır.

Kartezyen koordinat robotu : Hareket eksenlerine paralel hareket eden robot tipidir.

Link : Manipulatörde bağlantı elemanıdır.

Manipulatör : Robotun ana iskelet yapısıdır. Gövde ,kol,bilek , link ve mafsallarını içerir

Non servo robot : Mekanik stoplayıcılar ve micro anahtarlar ile kontrol edilen robottur.

Oransal kontrol : (proportional control) Çıkış (output) 'ı duruma göre ayarlama

Pick and place robot:Servo kontrolu olmayan robottur.limitli sayıda sıralı hareketi yapar

Pulse rate : Adım darbelerinin frekansı

RPL : Robot programlama dili SRI tarafından geliştirilmiş.

RS 422/ 485 : RS 232 benzeri çıkıştır ,gurultulere karşı korumalı (endüstriyel uygulama)

RS232 : bilgisayarda seri bağlantı çıkışı

Shoulder: (omuz) manipulatör eklemi gövde ile ust kol arasında bulunan ekleme (joint)

Task program : Belirli konuyu robotun işleyebilmesi için gerekli yörünge planlama

Teach pendent : El (manual) kontrol aleti

Teleoperatör : Uzaktan kumandalı manipulatör

1.4 Dünya'da Robot Sanayii

Dünyada Robot kullanımı , sayıları ve çeşitleri konusunda araştırma yapan bir çok organizasyon mevcuttur. Bunlardan en önemliside I F R (International Federation of Robotics) Uluslararası Robot Federasyonudur.

Bu kuruluşun yönetimi Stokholm İsveçten yapılmaktadır. IFR diğer federasyonlar ile karşılık işbirliği içinde çalışmaktadır. Her yıl yaptığı çalışmalar sonucunda Dünya Robot Nüfüsü üzerine Global istatistikler hazırlamaktadır. IFR la yaptığım yazışmalara göre 1993 kesin istatistiği henüz hazır olmadığından 1992 istatistikleri incelendi.

Dünyada en çok robot kullanan ülkeler olarak ilk 10 da sırasıyla,

<u>Ülke</u>	<u>Robot Sayısı (1992 yılı dahil)</u>
1. Japonya	349,458
2. Rusya	65,000
3. Amerika	47,000
4. Almanya	39,390
5. İtalya	17,097
6. Fransa	10,820
7. İngiltere	7,598
8. Çekostovakya	7,300
9. Kore	4,900
10. İsveç	4,550

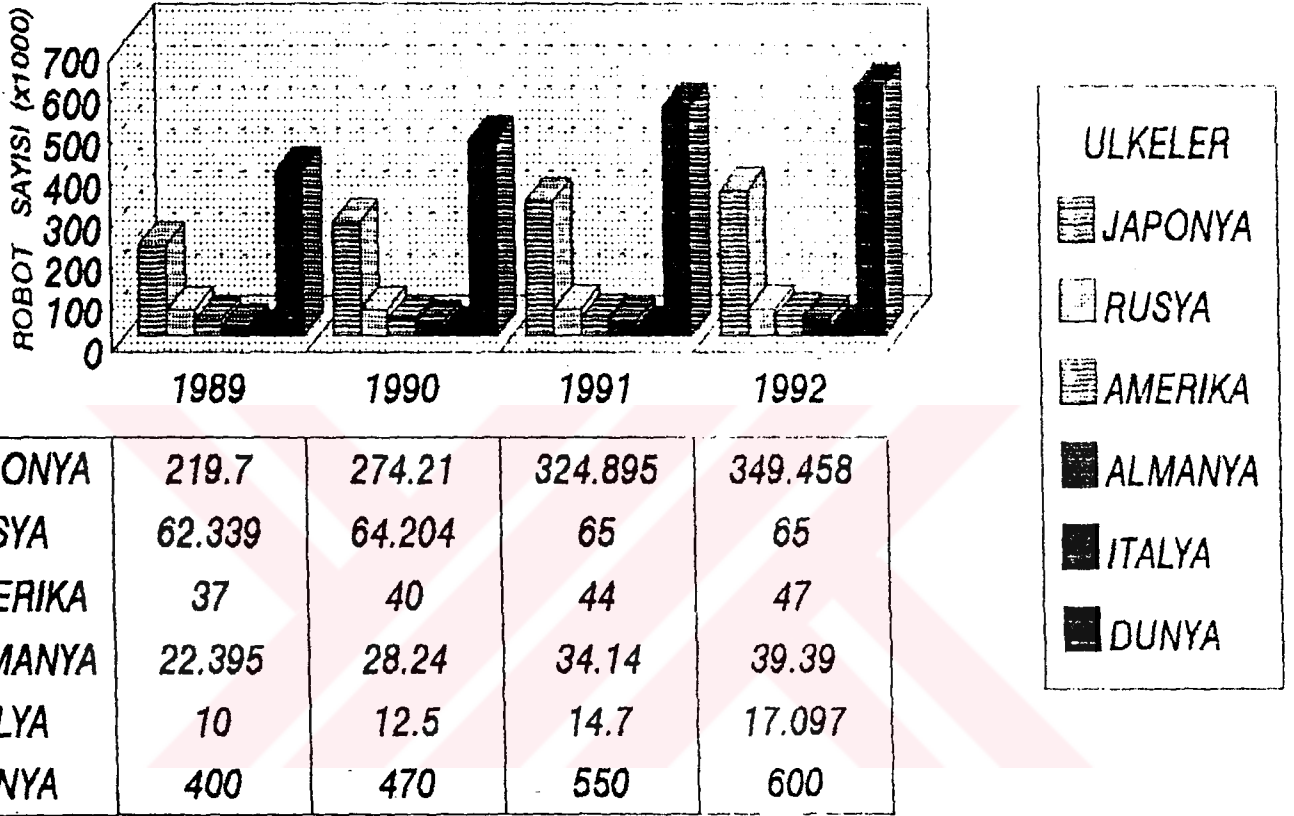
Dünyadaki toplam robot sayısı 1992 itibarıyla , yaklaşık 600,000 adettir. Yapılan tahmini sonuçları 1993 ve 1994 te robot nüfüs sayısını , aşağıdaki gibi göstermektedir.

Tablo 1. Robot Nüfusu Dağılımı (Ref. IFR 1992 Raporu)

Dünyadaki toplam robot sayısı 1992 itibarıyla , yaklaşık 600 000 adettir .Yapılan tahmini sonuçlara göre bu sayı 1993 de 650 000 , 1994 de 700 000 adete ulaşacaktır.

DUNYADA ENDUSTRIYEL ROBOTLAR

ILK 5 ULKE -İSTATİSTİK 1989-1992



Tablo degerleri x 1000

Tablo 1 Dünya'da Robot Nufusu Dağılımı

Öte yandan , Robot sektörünün gelişmesinde Federasyonların.Araştırma kurumlarının ve Üniversitelerin katkısı çoktur. Her ülkede hemen hemen bir robot federasyonu bulunmaktadır.

Federasyonlar neler yapar . 1* Pazar araştırması, bulunduğu bölge kullanılan robotları sayıca ve tiplerine göre belirler.2* Robot imalatçılarını bir çatı altında toplar, üyelerini yeni teknolojik gelişmeler konusunda bilgilendirir. 3*Fabrikalarında Robot kullanmak isteyen sanayicileri imalatçılar ile diyalog kurmasını sağlar. 4* Seminerler düzenleyerek toplumu bilgilendirir.Bu tip çalışmalar içersinde bulunan federasyonun robot sektörüne faydası çok olmaktadır , zaman kazancı sağlamaktadır.

Ülkemizde dernek ,federasyon çalışmalarına başlamıştır. Bunlara örnek olarak , TÜBİTAK ve İstanbul Teknik Üniversitesinin UNIDO ile yapmış olduğu ortak çalışmalar. 1994 itibarı ile Robot konusunun ülkemizde yeni gündeme gelmesinden dolayı Federasyon ve Araştırma kurumlarının ihtiyaçlığı 1995 - 1996 yıllarında önem kazanacaktır.Bu tabiki sanayiden gelecek taleplere bağlıdır.

Robot Federasyonlarından Bazılarının adresleri ve tel/fax

<u>Ülke</u>	<u>Federasyonun adı ve adresi</u>	<u>TEL / FAX</u>
İNGİLTERE	BRITISH ROBOT ASSOCIATION-BRA 28-30 High Street, Kempston, Bedford. MK 42 7 AJ	
HOLLANDA	CONTACTGROEP INDUSTRIELE ROBOTS CIR Landbergstraat 3 26-28 CF DELFT	
AMERİKA	RIA- Po box 3724, Ann Arbor, Michigan 48106 -USA	tel: 1-313- 994 6088 fax: 1-313-994 3338
MACARİSTAN	CRA- CENTRE OF ROBOTICS & AUTOMATION Banki Donat Polytechnic Nepszínhaz utca 8.II-1081 Budapest-Hungary	tel: 36 - 1-1142620 fax: 36- 1- 1339183
İSPANYA	SPANISH ROBOT ASSOCIATION	tel : 34-3-2155760 fax: 34-3-2155760

<u>Ülke</u>	<u>Federasyonun adı ve adresi</u>	<u>TEL / FAX</u>
ALMANYA	MHI-VDMA ASSEMBLY-HANDLING INDUSTRIAL ROBOTS Lyoner Strabe 18 p.o. box. 710864 d-6000 FRANKFURT (main) 71	tel: 69-6603466 fax: 69-6603459
İSVEÇ	SWIRA-SWEDISH INDUSTRIAL ROBOT ASSOCIATION box 5506 Storgatan 19 , s-114 85 Stockholm SWEDEN	tel: 468- 7838000 fax: 468- 6603378
IFR Uluslararası R. Fed.	Box: 5506 S- 114 85 Stockholm SWEDEN	tel: 468- 7838000 fax:468- 6603378
JAPONYA JIRA	Japan Industrial Robot Association # 213 kikai -Shinko Bldg. ,3-5-8 TOKYO , 105 JAPAN	tel: 81-3-3434 2919 fax: 81-3-35781404
İTALYA	SIRI - ITALY SOCIETA ITALIANA ROBOTICA INDUSTRIALE Via Mantegna , 6 Milano- ITALY	
FRANSA	AFRI- FRENCH INDUSTRIAL ROBOT ASSOCIATION , 91 rue Falguiere, 75015 Paris, FRANCE	
AVUSTRALYA	AUSTRALIAN ROBOT ASSOCIATION 9 Queens Avenue, McMahons Point, Sydney, NSW 2060 AUSTRALIA	
DANİMARKA	Danish Industrial Robot Association DIRA c/o Technological Institute Div. of Industrial Automation . Gregersensvej P.box 141. OK - 2630 Taastrup - Denmark	

1.4.1 Japonya da Robot Sanayii

Robot sanayii açısından Dünya ülkeleri arasında Japonya'nın önemli bir yere sahiptir. Çünkü Dünya robot nüfusunun yarısından fazlası Japonya'dadır .

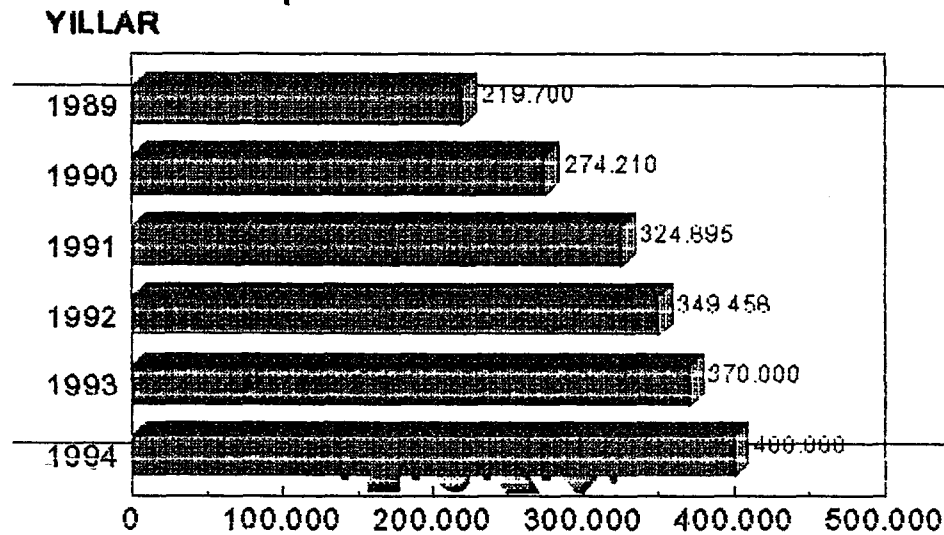
Japonya da 1994 yılı tahmini robot sayısı 400 000 civarındadır. Dünya robot nüfusunun

toplam 700 000 adet olduğu dikkate alındığında Japonya'nın önemi daha iyi anlaşılmaktadır Robotların Japon Endustrisindeki Sektörlere göre kullanımını aşağıdaki Tablo 1.4.1.1 de görülmektedir .

Tablo 1.4.1.1 Sektörlere göre dağılım 92-93

Sektör	Robot sayısı
Döküm	7358
Plastik Enj.	46537
Isıl İşlem	119
Pres Baskı	4251
Kaynak	76175
Boya- Yapıştırma	7611
İşleme	27145
Montaj	138 876
Paketleme	11498
Ölçü test	6370
Diğer	23518
TOPLAM	349 458

Japon Robot Nufusu 89-94

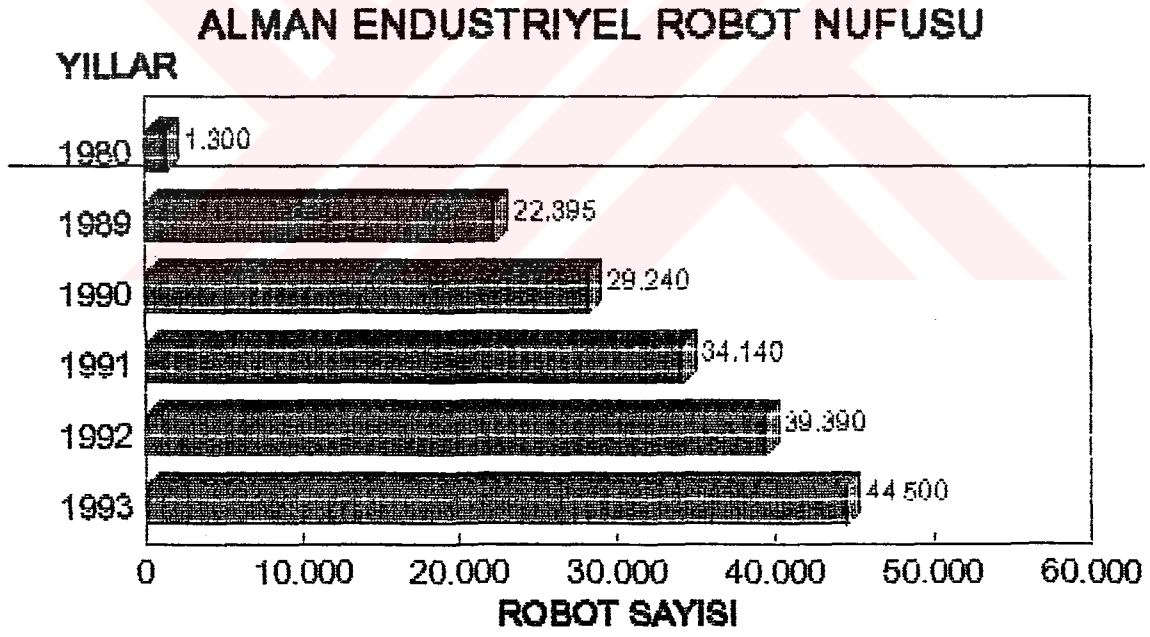


Alman robot imalatçıları MHI (Montaj Handling -Endüstriyel Robot) grubu altında örgütlenmiştir.Almanyada robot sanayii gelişmiştir, Avrupa devletleri arasında en çok robot Almanya dadır. 1993 yılı tahmini değerlerine göre 45 000 Endüstriyel Robot vardır.

Özellikle Almanyada robot yan sanayi çok iyi durumdadır.Robot sanayiinde cironun % 6-8 i araştırma-geliştirmeye ayrılıyor, Makina sektöründe bu oran %4 tur.

Robot Araştırma -geliştirmeye ayrılan yıllık harcama 250 milyon DM tir. Bu rakam 70 firmanın yaptığı harcamaların toplamıdır , firma başına ortalama 1.7 milyon DM tir.

Tablo 1.4.2 Alman Sanayii Endüstriyel Robot İstatistiği

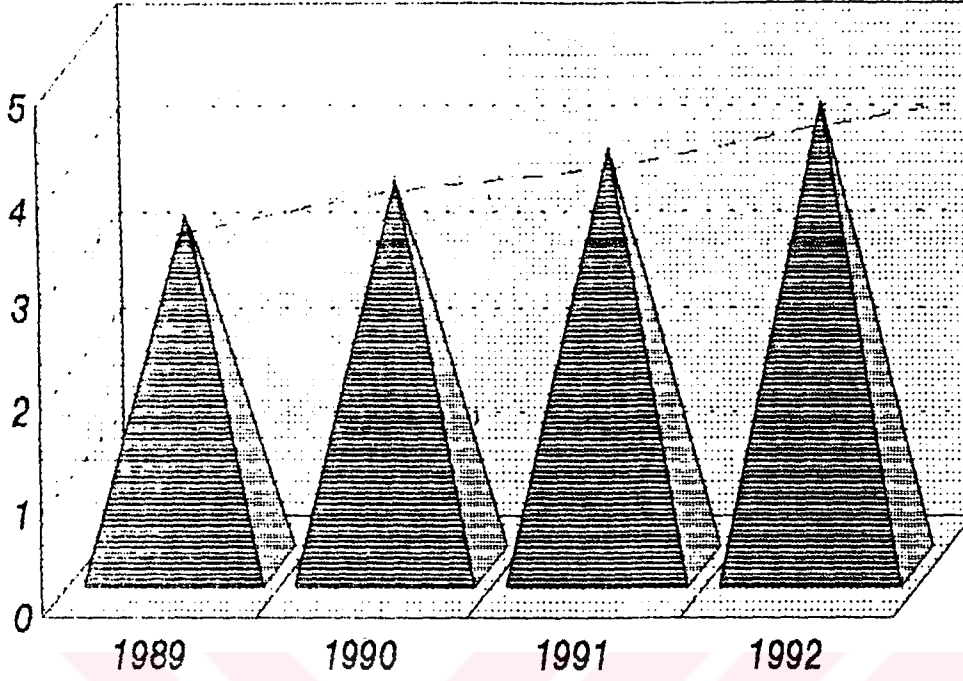


Basit handlig cihazları , Pick&Place manipulatörleri , Teleoperatörler Sanayi Robotu kapsamına girmez.Bu tip cihazlar sanayi robotlarının 10-15 katkadar sayıdadır. Son yıllarda gelişen teknoloji ile beraber (bağımsız programlanabilen eksen moduleri sayesinde) Sanayi Robotu kategorisine dahil olmaktadır.

İSTATİSTİK 1989-1992

16

ROBOT SAYISI (x1000)



ULKELEK

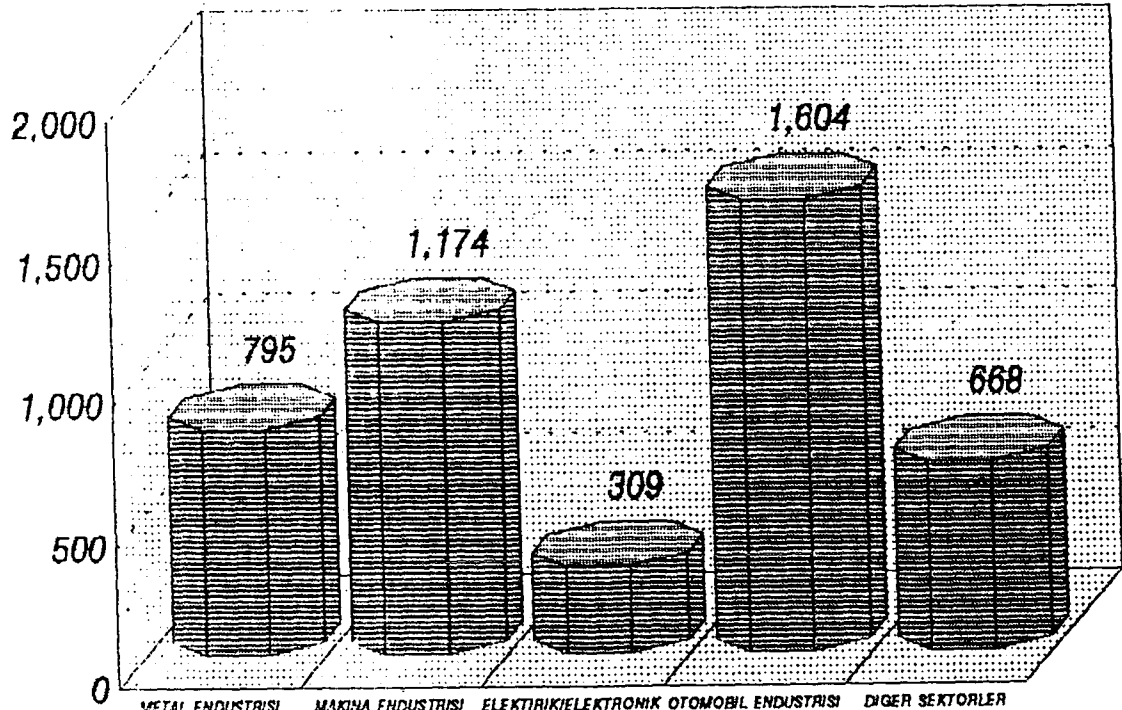
▲ İSVEC

İSVEC	1989	1990	1991	1992
	3.463	3.791	4.099	4.55

Tablo degerleri x 1000

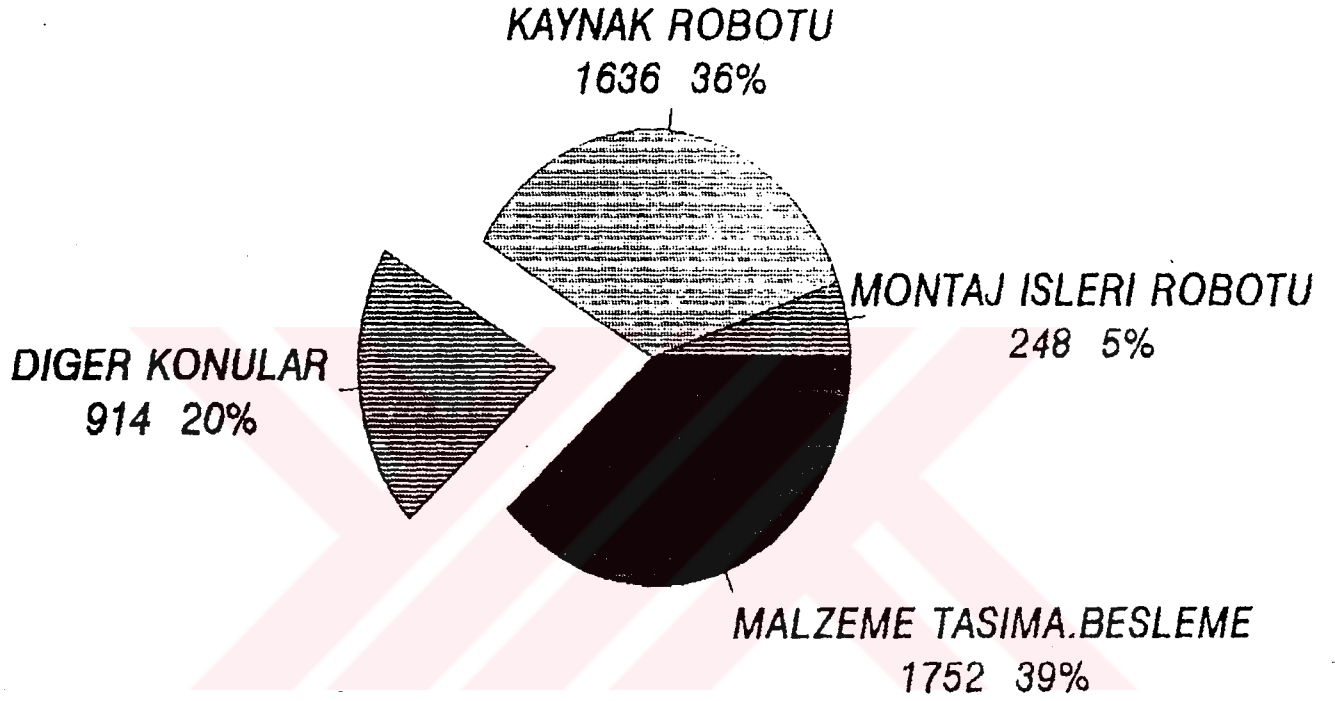
İSVEC ENDUSTRISİNDE ROBOTLARIN KULLANIM ALANLARI

1992 İSTATİSTİĞİ (TOPLAM 4550 ADET ROBOT)



795	1,174	309	1,604	668
-----	-------	-----	-------	-----

ENDUSTRIYEL ROBOTLARIN ISVEC ENDUSTRISINDEKI DAGILIMLARI
1992 İSTATİSTİĞİ (TOPLAM 4550 ADET ROBOT)



ISVEÇ ROBOT İMALATÇILARININ ÇALIŞMA KONULARI

Bu tablo SWIRA kataloğundan alınmıştır.

18

	İmalat	Malzeme taşıma	Montaj	Punta kaynağı	Ark kaynağı	Su/Lazer kesme	Plazma kaplama	Döküm	Taşıma, broşlama	Epoksi boyama	Yapıştırma	Boyama	Ölçme	Komple sistem	Müh/danışmalık	Bilgisayar, yazılım	Güvenlik	Eğitim
ABB Production Development	•	•	•					•	•			•		•	•			
ABB Robotics Svenska AB	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Electrolux Ind Systems AB	•	•	•	•	•	•		•	•			•		•	•	•	•	
Enator Industriteknik AB															•	•	•	
EWAB, Ejvin Wahrén AB		•														•		
FANUC Robotics Sweden AB	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Hanter IT AB	•	•													•	•	•	•
IBM Svenska AB																	•	
IPS Mechatronics AB		•	•						•			•		•	•	•		
IRB Teknik AB	•	•	•							•					•	•		•
Konsult BL AB																•		
Löfqvist Engineering AB		•			•					•					•	•		
Mecatron Systemhus AB	•	•	•							•			•		•	•	•	
Mecmatic Machine AB	•	•	•		•	•				•		•			•	•	•	
MHU Robotics AB	•	•	•									•		•	•	•		
Montera Automation AB															•	•		
Neos Robotics AB	•	•	•			•			•	•		•						•
ONICO Automation AB	•	•	•	•	•	•			•	•				•	•	•		
Robotkonsult AB	•	•	•	•	•	•						•	•	•	•	•	•	•
Torsteknik AB	•	•		•	•			•	•	•		•		•	•	•		•
Transman AB	•	•	•			•				•		•	•	•	•			•
Qualisys AB														•				
Wemo Automation AB	•	•	•							•		•			•		•	•

ISVEÇ ENDÜSTRİYEL ROBOT FEDERASYONU ÜYESİ ROBOT İMALATÇILARININ ADRESLERİ

**BB Production
Development AB
Factory Automation**
21 81 Västerås
Telefon 021-32 87 01
Telefax 021-32 85 21

ABB Robotics AB
21 68 Västerås
Telefon 021-34 40 00
Telefax 021-13 25 92

AMU Torpshammar
Box 19
40 13 Torpshammar
Telefon 0691-205 70

Atlas Copco Berema BMI AB
Box 703
91 27 Kalmar
Telefon 0480-159 10
Telefax 0480-246 74

Bohus Automation AB
Ågatan 32
31 35 Mölndal
Telefon 031-87 75 40
Telefax 031-87 55 33

Chalmers Tekn Högskola
412 96 Göteborg
Telefon 031-772 12 90
Telefax 031-772 38 19

EWAB Engineering AB
Box 159
92 00 Vadstena
Telefon 0143-125 30
Telefax 0143-120 60

Electrolux Ind Systems AB
05 45 Stockholm
Telefon 08-738 60 00
Telefax 08-738 65 94

Enator Industriteknik AB
Kronborgsgränd 1
164 87 Kista
Telefon 08-703 65 31
Telefax 08-632 15 88

Ericsson Mobile Commun. AB
Box 28
692 01 Kumla
Telefon 019-841 00
Telefax 019-757 60

Exportrådet
Box 5513
114 85 Stockholm
Telefon 08-783 85 00
Telefax 08-662 90 93

FANUC Robotics Sweden AB
Bultgatan 40 B
442 40 Kungälv
Telefon 0303-949 10
Telefax 0303-949 15

Högskolan i Karlskrona/R
Inst f tekn
Box 321
371 25 Karlskrona
Telefon 0455-780 00

Högskolan i Skövde
Box 408
541 45 Skövde
Telefon 0500-47 76 74
Telefax 0600-47 76 30

IBM Svenska AB
Datavägen 11
175 87 Järfälla
Telefon 580-21000
Telefax 580-232 10

IPS Mechatronics AB
Box 123
145 01 Norsborg
Telefon 08-531 89300
Telefax 08-531 84518

IRB Teknik AB
Box 2126
183 02 Täby
Telefon 08-792 10 90
Telefax 08-792 24 59

IVF/KTH
100 44 Stockholm
Telefon 08-21 82 65
Telefax 08-20 22 27

IVF-Göteborg
Mölnadalsvägen 85
412 85 Göteborg
Telefon 031-83 86 00
Telefax 031-40 78 76

B L Konsult AB
Box 10 50
692 24 Kumla
Telefon 019-57 01 80
Telefax 019-57 00 64

**Linköpings Tekn Högskola
IKP**
581 83 Linköping
Telefon 013-28 10 00
Telefax 013-28 11 01

Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund
Telefon 046-10 85 95
Telefax 046-10 45 29

Löfqvist Engineering AB
Box 3005
696 03 Åmmeberg
Telefon 0583-345 00
Telefax 0583-342 85

MHU Robotics AB
Mallslingan 24
183 66 Täby
Telefon 08-630 08 30
Telefax 08-630 03 15

Mecatron Systemhus AB
Polhemsgatan 1
392 39 Kalmar
Telefon 0480-107 60
Telefax 0480-286 02

Montera Automation AB
Sigurdsgatan 31
721 30 Västerås
Telefon 021-12 94 90
Telefax 021-11 53 42

NUM Norden AB
Box 503
542 00 Flen
Telefon 0157-124 70
Telefax 0157-110 47

Nederman & Co, AB Ph
Sydhamnsgatan 2
252 28 Helsingborg
Telefon 042-12 06 00
Telefax 042-14 79 71

Neos Robotics AB
Nytorpsvägen 2 C
83 53 Täby
Telefon 08-768 08 20
Telefax 08-768 08 21

Nordisk Bilbelysning AB
Box 1005
91 10 Linköping
Telefon 013-20 05 00
Telefax 013-13 18 85

ONICO Automation AB
Box 679
36 26 Handen
Telefon 08-776 40 30
Telefax 08-745 46 45

Produktionstekn Centrum
Box 8714
402 75 Göteborg
Telefon 031-50 04 20

Qualisys AB
Ögårdesvägen 2
433 30 Partille
Telefon 031-36 30 10
Telefax 031-36 45 15

Resurscentrum NERCIA AB
Box 22053
702 03 Örebro
Telefon 019-17 92 50
Telefax 019-11 16 65

Roblett
Hanter Ingenjörsteknik AB
Box 15024
500 15 Gånghester
Telefon 033-25 61 90
Telefax 033-25 60 89

Robotkonsult AB
Carl Grimsgergsg 1
411 28 Göteborg
Telefon 031-82 07 00
Telefax 031-82 07 08

Saab Military Aircraft
581 88 Linköping
Telefon 013-18 00 00
Telefax 013-18 18 02

AB Saab-Scania
Scania Trucks & Buses
151 87 Södertälje
Telefon 08-553 810 00
Telefax 08-553 857 60

Sandvik Coromant, AB
Gimoverken
740 52 Gimo
Telefon 0173-84 00 00
Telefax 0173-841 87

SECO Tools AB
737 82 Fagersta
Telefon 0223-400 00
Telefax 0223-405 00

Torsteknik AB
Box 504
385 25 Torsås
Telefon 0486-105 75
Telefax 0486-114 10

Transman AB
Box 7
619 00 Trosa
Telefon 0156-165 30
Telefax 0156-174 76

Utv.fonden Jönköpings län
Borgmästargränd 3
552 40 Jönköping
Telefon 036-16 50 60

Volvo P V Komponenter AB
541 87 Skövde
Telefon 0500-752 50
Telefax 0500-749 78

Volvo PV AB Olofström
Box 300
293 01 Olofström 1
Telefon 0454-940 00
Telefax 0454-406 90

Volvo PV AB, Avd 98260
405 08 Göteborg
Telefon 031-59 00 00
Telefax 031-53 64 29

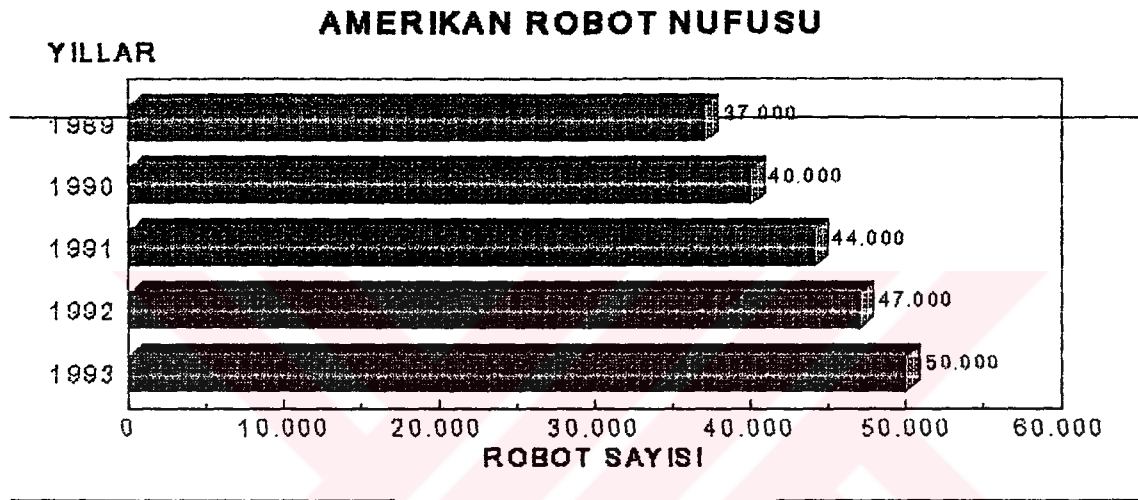
Wemo Automation AB
Box 16
330 15 Bor
Telefon 0370-580 10
Telefax 0370-581 70

1.4.4 Amerika da Robot Sanayii

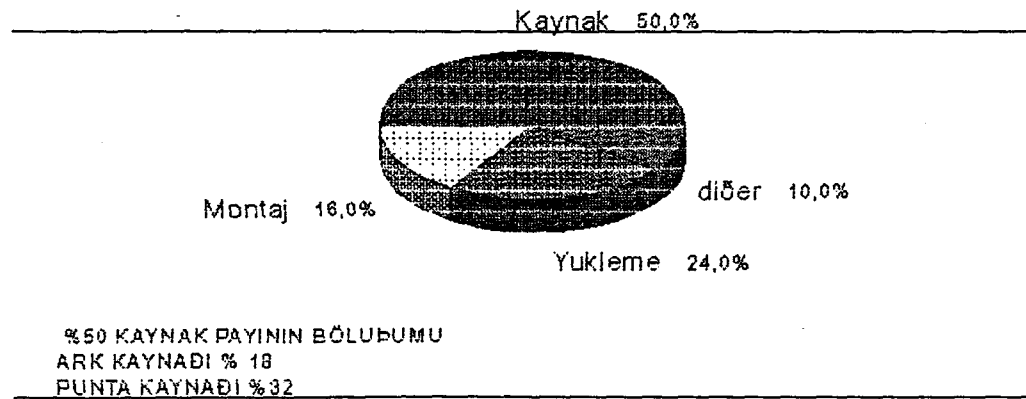
Amerikada Robot sanayi gunden güne çeşitli yönlerde gelişmektedir. Robotları ilk defa yapan ülke Amerikadır. Amerika Dünya robot sektörüne yön veren konumdadır.

Çok zengin araştırma/geliştirme imkanlarına sahiptir. Advanced sınıfı robotlar üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Tablo 1.4.4.1 Amerikan Robot Nüfus İstatistiği



1992 - UYGULAMA SAHALARI



1.4.5 TÜRKİYEDE ROBOT SANAYİİ

Ülkemizde robotlar konusundaki çalışmalar son senelerde artmıştır. Bunun sebebi olarak Türkiye'deki sanayi sektörlerinde Robot kullanımının bir ihtiyaç olduğu söylenebilir. Dünyadaki pazar rekabeti , düşük maliyetli, kaliteli ve seri üretim kalibreyetli imalatı gerektirir , robotlar bu konuda otomasyon sistemlerinin bir aracı olarak fayda sağlar. Ülkemiz sanayiinde robot kullanımı 1976-77 li yıllarda başlamıştır. 1990 yılından sonra kullanılan robot sayısında önemli artış olmuştur. Sektörel kullanım olarak bakıldığında sırasıyla otomotiv, plastik, cam, beyaz eşya ,gıda sektörlerinde robot kullanımı yaygındır. Türkiye'deki robot nüfusunun ne kadar olduğu tam olarak bilinmemektedir. Endüstriyel Robot kullanımı açısından yapılan genel araştırmaya göre 250 - 300 civarında olduğu tahmin edilmektedir.(1994 yılı sonuna kadar ki mevcut nüfus)

Türkiye'de robot imalatı yapılmaktadır. Robot imalatı üniversitelerde prototip araştırma çalışmaları, Sanayi büyük şirketlerin kendi bünyelerinde yaptıkları projelerle yapılanlar ve robot imalatı yapan şirketleri sayabiliriz.

Ülkemizde Robot kullanan şirketlerden bazıları

Kuruluş	Uygulama	Model	Adet
Bemsa - Bplast (Bursa)	Plastik Enjeksiyon		1
BMC (İstanbul)	Punta kaynağı	" IRB 6000	2
Galsan Plastik (İstanbul)	Plastik Enjeksiyon	Frigo Mekanica	2
ODTU (Ankara)	Laboratuvar	" IRB 2000	1
Otosan (İstanbul)	Punta kaynağı	" IRB 6000	11
Otosan (İstanbul)	CO ₂ laser sac kesme	Kulka	1
Otosan (İstanbul)	Ark kaynağı	" IRB 2000	3
Paşabahçe (İstanbul)	Paketleme		1
Profilo (İstanbul)	Tutkallama	ABB IRB 2000	2
Profilo (İstanbul)	Plastik Enjeksiyon	"	1
Ulker (İstanbul)	Ambalaj	"	4

ve diğer büyük kuruluşlarda Ege endüstri , Eczacıbaşı, Renault, Toyota, Opel, Tofaş, Arçelik, Yaparlar, Tundemir, Tırsan, Teknik Malzeme A.Ş. de robotlar imalatı hattında kullanılmaktadır.

1.4.5. Turkiye' de Robotlar konusunda çalışan İmalatçı ve Temsilcilikler

	Adres	
ABB (Temsilcilik) Robot İmalatı	Kasap sok. Özden Konak İşham. No: 2/9 80280 Esentepe / İSTANBUL	Tel : 275 28 11 Fax: 275 28 21
YAMAHA) (Temsilcilik) Robot İmalatı :	NOR ELEKTRONİK LTD. 30 Ağustos cad. No: 11 Cevizli / K.MALTEPE	Tel : 370 68 11-14
ÖLÇSAN(İmalatçı) Robot ve Otomasyon	Ölçsan A.Ş. 1.Levent / İSTANBUL	Fax: 264 24 79 Tel: 265 93 19
MOTOMAN (Temsilcilik) Robot imalatı	Ertek ltd. Endstriyel Robot Sistemleri	
STRAMA (Temsilcilik) Robot İmalatı	KOFİSA Dış Tic. A.Ş Şişli -İSTANBUL.	Tel: 247 42 15
GEIGER (Temsilcilik) Robot İmalatı	ELSİM İSTANBUL	Tel : 265 97 84 Fax : 265 9786
GAIOTTO NETZSCH Robot İmalatı (Temsilcilik)	SENKO LTD. Dunya sağlık sok.	Fax : 249 14 86 Tel.: 243 16 13
KUKA Robot İmalatı (Temsilcilik)	FUME makina Zuhuraatbaba Vankulu sok.	Tel : 570 04 55 Fax.: 570 36 82
ALTINAY A.Ş. Robot İmalatçısı	Zahit Bey sok. Kızıltoprak İSTANBUL	Tel: 418 40 18 Fax: 337 51 76
IBD Adım motoru Temsilci	IBD LTD. 1203/7 SOK 3B İZMİR	Tel: 4910/ 5/ 76 Faz: 586098
Afag Robot elemanları	Perpa K-4/5 n:408 Okmeydanı - İstanbul	Tel :222 29 60 Fax: 220 2959

2. BÖLÜM

ROBOTLARIN YAPISI

2.1. Robotların Yapısı

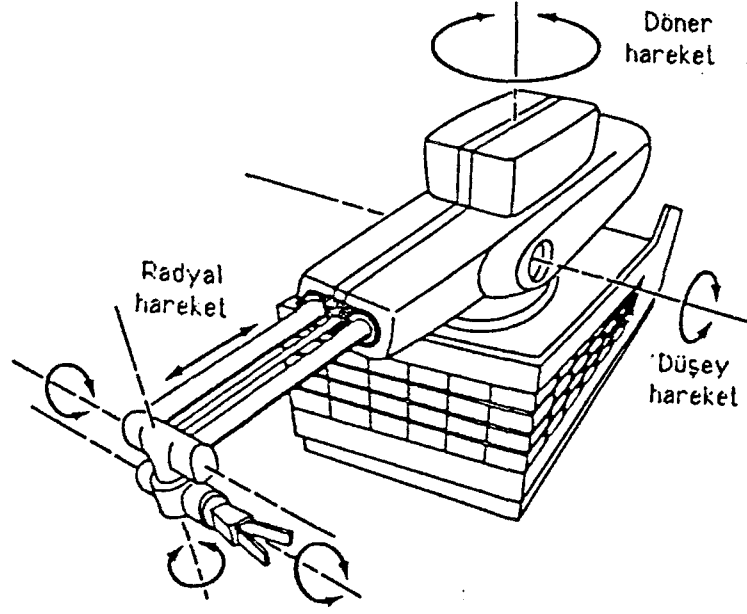
Robotların yapısı Elektrik, Elektronik, Mekanik parçalardan oluşmaktadır. Yapısını detaylı şekilde inceleme açısından 5 gruba ayırmak mümkündür.

- 1- Manipulatör
- 2- Tahrik sistemleri
- 3- Kontrol uniteleri
- 4- Tutucular (End effector)
- 5- Sezgi Elemanları

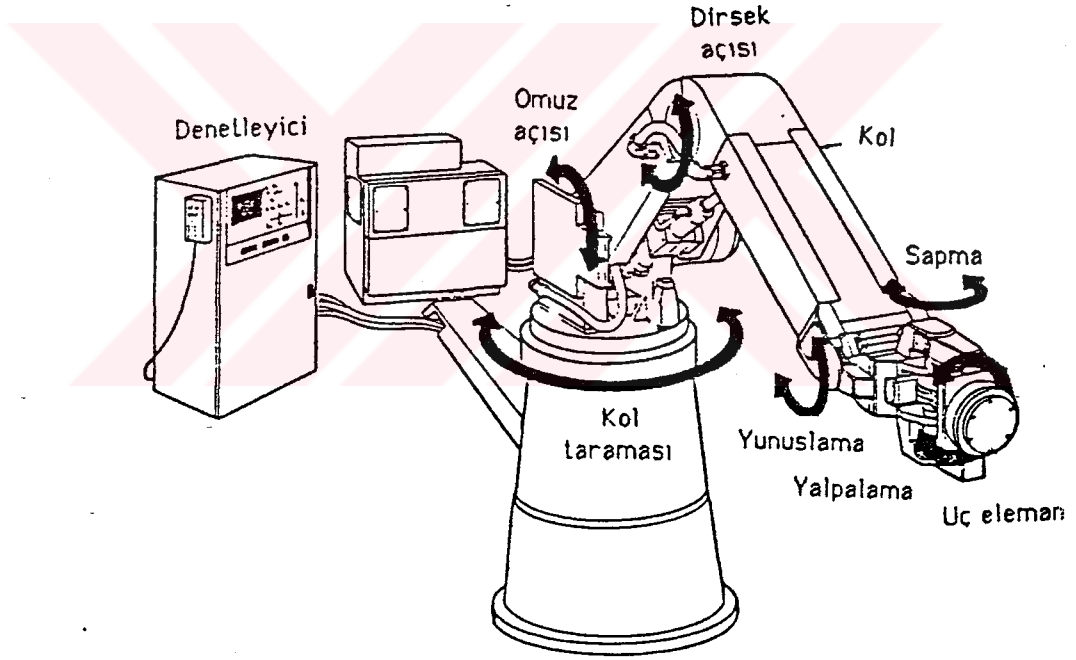
1. Manipulatör

Robotun ana gövdesinden bilek kısmına kadar olan mekanik kısma manipulatör denir. Bilekten sonra, uygulama alanına göre uç kısmına uç iş elemanı " End effector " takılır, Uç iş elemanı olarak , boya robotunda ; boya tabancası , punta kaynağı robotunda ; punta kaynak mekanizması , malzeme transport robotunda ; vakumlu vantuz tutucuları gibi elemanlar örnek verilebilir.

Mekanik yapı malzemesi olarak , robotun kullanım yerine bağlı olarak çelik, demir, alüminyum gibi metal malzemeler özel durumlarda , plastik ve katkılı plastik malzemeler kullanılmaktadır. Manipulatörün boyut dizaynı çalışacağı hacim ölçüsüne göre ayarlanır.



a.



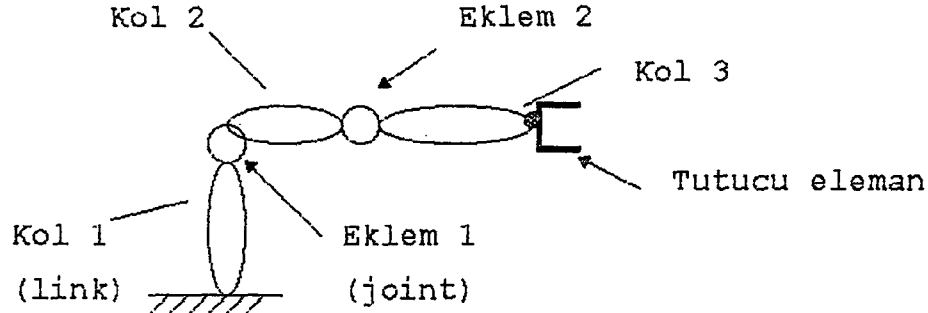
b.

Şekil 3. Robotlarda serbestlik dereceleri.

a. Küresel koordinatlı bir UNIMATION robotu.

b. Döner koordinatlı Cincinnati Milacron T³ robotu.

Maniplator üzerindeki her uzuv bir kol (link) olarak tanımlanır. Kollar eklemler ile birbirlerine bağlıdır.



Şekil 2.3. Robot ana elemanları

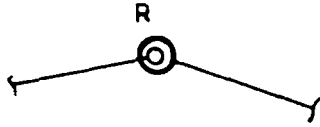
Eklemler, Ötelenen (translational) ve dönen (rotational) eklemler olarak ikiye ayrılır. Döner eklemlerde kendi arasında iki gruba ayrılmaktadır.

Şekil 2.4. Robotlarda Eklem Çeşitleri

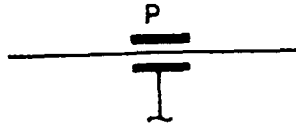
a. Kol ekseninde üzerinde döner eklemler



b. Kol eksenine dik döner eklemler



c. Ötelenen (translational) eklem , Prizmatik eklem



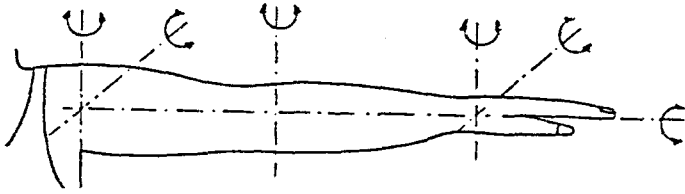
Lineer hareketli robotlarda ötelenen dönme hareketi vardır.

Uç iş elemanın (End effector) bağlı olduğu eklem genelde dikey çalışır. Öteleme ve dönme hareketine sahip olabilir.

Maniplatörün hacimsel alan içersinde hareket edebilmesi için en az 3 serbestlik dereceli olması gerekir. Bu şekilde hacimsel sahada istenilen noktaya ulaşmak mümkündür. Serbestlik derecesi (Degree of Freedom) Maniplatörün hareket kalibbiyetini tanımlar. Kısaca, DoF notasyonu ile gösterilir. Ayrıca hareket kalibbiyetini tanımlamada (Degree of Mobility) DoM notasyonu kullanılır.

Muhendislikte 3 boyutlu uzayda bir nesnenin birbirinden bağımsız yapabildiği hareket sayısına **serbestlik derecesi** denir. Başka bir tarifile bir noktanınuzaydaki konumunu için bilinmesi gereken birbirinden bağımsız koordinat sayısına serbestlik derecesi denir.

Örnel olarak, genel hareketler açısından insan kolunun serbestlik derecesi parmak hareketleri hariç olmak üzere omuzda iki adet ,dirsekte bir ve bilekte 3 adet olmak üzere altı dır.



Şekil 2.5. İnsan Kolunun Serbestlik Derecesi

Antropomorfik yapı (insan koluna benzer yapı) manipulatörün serbestlik derecesi en az 4 olmalıdır. İlk uç serbestlik derecesi maniplatorun hacımsel alanda istenilen konüma getirilmesi sağlar. Diğer serbestlik dereceside uç iş elemanını istenilen pozisyona getiren eklemnin hareketidir.

Serbestlik derecesi , bir robotta 6'dan fazla ise **Redundant** (fazla hareket yetenekli robot) sınıfına girer.

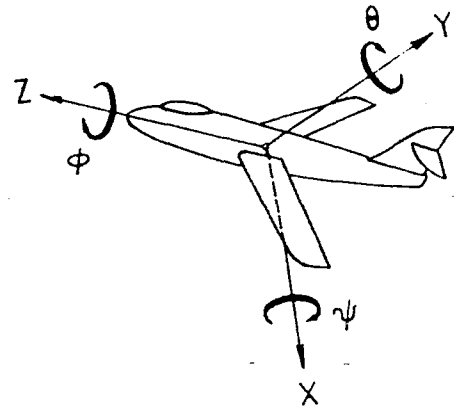
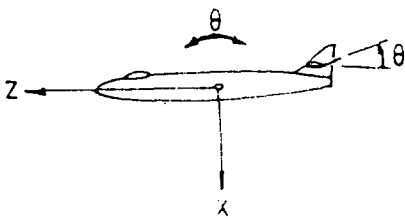
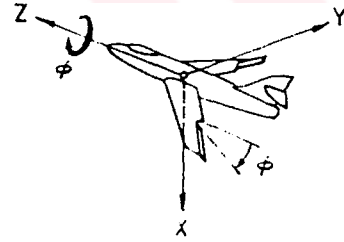
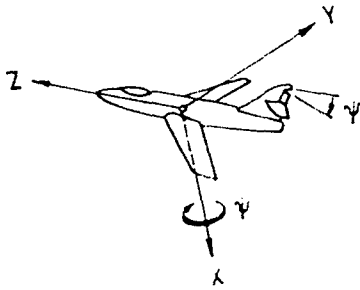
Bilek hareketleri için kullanılan terimler havacılık terimlerinden esinlenilmiş olup bunlar şunlardır:

(i) Yalpalama (*roll*): Bilek mekanizmasının kol ekseninde etrafında dönme hareketidir.

(ii) Yunuslama (*pitch*): Bileğin yukarıya ve aşağıya doğru hareketidir.

(iii) Sapma (*yaw*): Bileğin sağa ve sola doğru hareketidir.

Bu hareketleri daha iyi açıklayabilmek için kolumuzu yere paralel ve avuç içi aşağıya gelecek şekilde uzatalım. Bu bizim referans konumumuz (0°) olsun. Şimdi bileğimizi saat istikametinde ve saat istikametinin tersinde yapabildiğimiz kadar döndürelim. Bu yalpalama hareketidir ve insan bileği için sınırları -180° ve $+90^\circ$ 'dir. Referans konumumuza geri dönüp elimizi, avuç içinin açık durumunu koruyarak, yapabildiğimiz kadar aşağıya ve yukarıya hareket ettirecek olursak yunuslama hareketi yapmış oluruz ve sınırlarının -90° ve 50° olduğunu görürüz. Sapma hareketi ise referans konumundan parmak uçlarını sağa ve sola hareket ettirme olup sınırları -45° ve 15° 'dir.



Maniplatörler kontrol tipine göre iki ana gruba ayrılır.

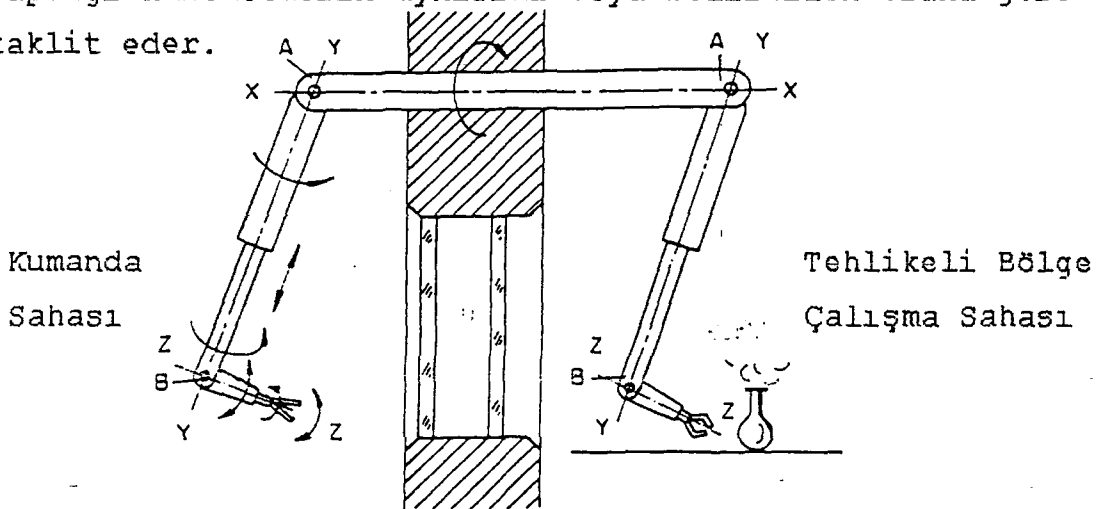
- a)Teleoperatör (Uzaktan insan kontrollu) Maniplatör
- b)Bilgisayar Kontrollu Maniplatör

2.1.1. Teleoperatörler

Teleoperatörler, insanların çalışmalarının mümkün olmadığı ortamlarda insan kontrolünde olacak şekilde dizayn edilmiş maniplatörlerdir. Kullanılma sahalarına örnekl olarak , radyoaktif ortamlar , yüksek-alçak basınçlı ortamlar, zehirli ortamlar ve son derece soğuk ve sıcak ortamlar verilebilir.

İlk imal edilen teleoperatör , Görtz'un Argon National Labratuarlarında (Amerika'da) yaptığı Şekil 2.6 da görülen iki kollu araçtır.

1. kol kontrol kolu konumunda , diğeri operator koldur. Teleoperatör sistemlerinde, insan zararlı iş sahası dışında bulunur,operator kol ise iş sahasında diğerkumanda kolun yaptığı hareketlerin aynısını veya belirtilen orana göre taklit eder.

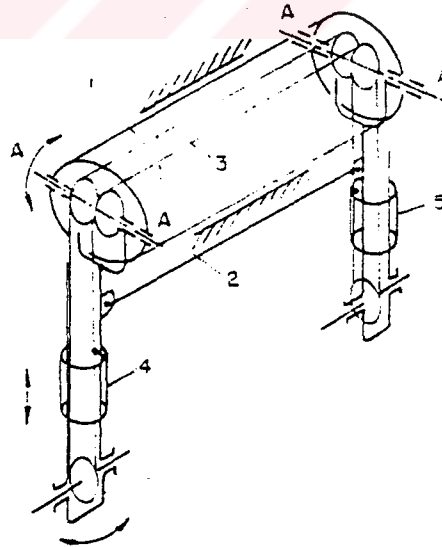


Şekil 2.6 Görtz'un Teleoperatörü

Şekil 2.7 ' de sistematik olarak çizilmiş teleoperatör manipulatörünün serbestlik derecesi 7 dir.

<u>Hareket</u>	<u>Eksen</u>
Dönme	x-x
Dönme	A bağlantısında
lineer	Y-Y
Dönme	Y-Y
Dönme	B bağlantısında
Dönme	z-z
Açma-kapama	Parmak hareketi (uç iş elemanı)

Genelde böyle aracın kinematiği ,kayış-kasnak veya palanga düzeninden oluşmaktadır. Hareket iletimini 3 serestlik dereceli bir teleoperatörde incelendiğinde, Şekil 2.7' ye göre,



Dönme hareketi x-x eksenine ait (1) silindirik boru ile gerçekleştirilir. Borunun uzunluğu çalışan operatör ile iş yapan kısım arasındaki mesafeyi oluşturur. Borunun iç kısmı, diğer serbestlik kısımlarının hareketi için gerekli olan iletimi sağlar.

4 nokta bağlantısı ile A-A da dönme hareketi yapılır(2), hareketler birbirine paraleldir.

y-y eksenli hareketi (3) kayış kasnak sistemi ile sağlanır. Böylelikle 4 nolu parça gövdeyi iter.

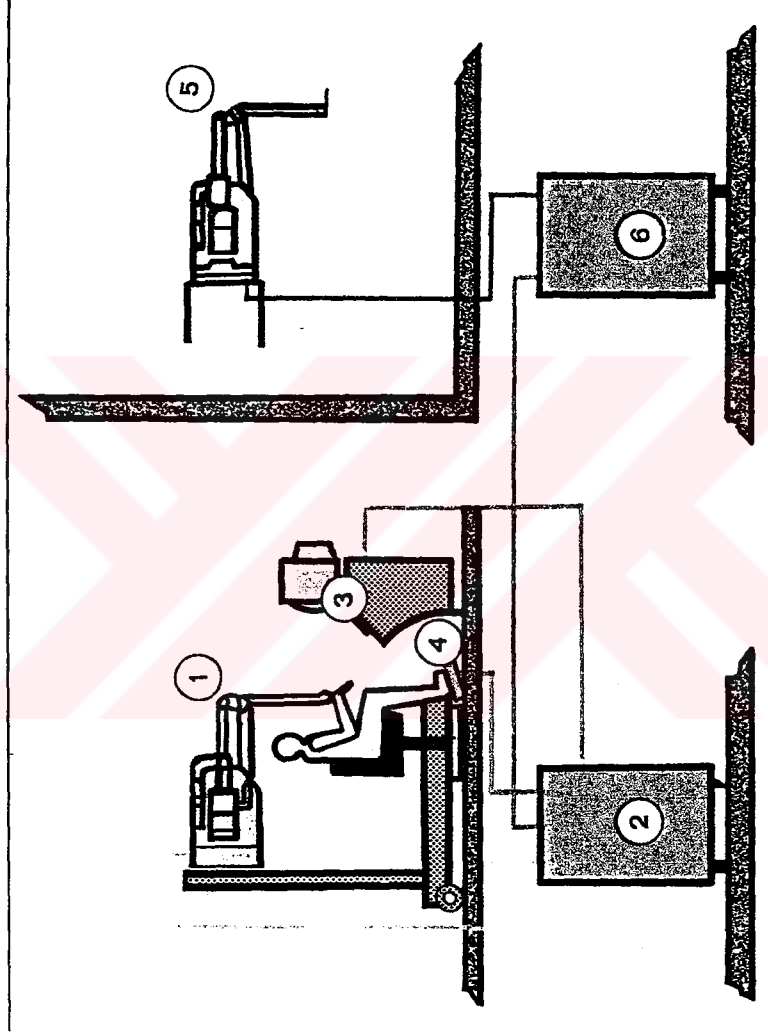
Diğer taraftaki gövde 5 nolu parçada itilir.

Bu sisteme başka hareketler eklemek mümkündür. Kayış - kasnak sistemleri eklenerek serbestlik derecesi artırılabilir. İş yapan kolun , tüm hareketleri doğru ve eksiksiz yerine getirilmelidir.

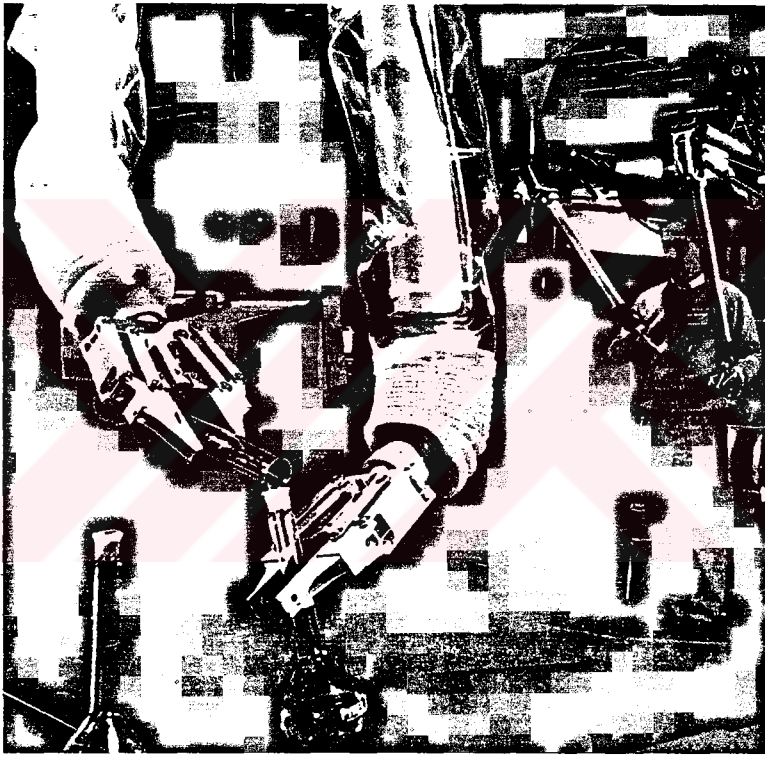
İnsan kolunun kinematik düzeninde toplam 27 serbestlik derecesi vardır. (daha genel olarak sahasında yapılan çalışmalar 6 serbestlik derecesi var diye belirtmiştik) Şu ana kadarki Teleoperatörler 27 serbestlik derecesine ulaşamamıştır.

Şekil 2.7'de Çift kolu teleoperatörün kumanda odası ile iletişim hattı görülmektedir.

1. Çift kol kumanda mekanizması
2. Komut sinyali çeviricisi -iletici
3. Proses izleme monitörü
4. Kumanda pedalı
5. Çalışma ortamındaki operatör kollar
6. Komut alıcısı ve operatör kontrol cihazı



Şekil 2.7 Çift kollu Teleopratör



Şekil Kimya sektöründe , tehlikeli karışımların hazırlanmasında kullanılan iki kollu manipulator.

Hareketli Robotlar (Mobil Robots)

Bu gunun ihtiyaçları ve diğer çeşitli kullanım talepleri karşısında ,Hareketli robotların uretimini gunumuzde gündeme gelmiştir. Bu konuda daha çok araştırmalar , Üniversiteler ve Araştırma kurumlarında yapılmaktadır. Bu çalışmalarda kayda değer ilerlemeler elde edilmiş ve çeşitli hareketli robot dizaynları meydana getirilmiştir.Robotlar basitçe iki şekilde hareketli konuma getirilmektedir.

1) Tekerlekli araç haline getirilerek

2) Yuruyen makina şeklinde

Her iki sistemin birbirlerine göre çeşitli avantaj ve dezavatajları bulunmaktadır.

1- Tekerlekli Araç şeklindeki hareketli robotlar

(Automated Guided Vehicle - AGV)

Genelde aku ile enerji sağlayan 3 veya 4 tekerlekli araç şeklinde dir. Bağlantısız kontrol edilebilir şekilde dizayn edilirler. Hız bakımından yuruyen tipe göre daha hızlı hareket etmektedirler. Bu robot tipine iyi bir örnek olarak SAM verilmektedir. şekil

SAM ' in Özellikleri

Ofis, toplum hizmetleri,muzeler , bankalarda çalışacak şekilde dizayn edilmiştir.

Robot pozisyonunu önceden belirlenmiş yol üzerindeki işaretler yardımıyla pozisyonunu tespit edebilmektedir.

Yapabileceği işler

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| - Hafif taşımacılık | - Mektup,evrak |
| - Hastanede yemek | - İç denetim (hava vs. .) |
| - Temizleme | - Muhafızlık |

Güç :Batarya - 6 saat

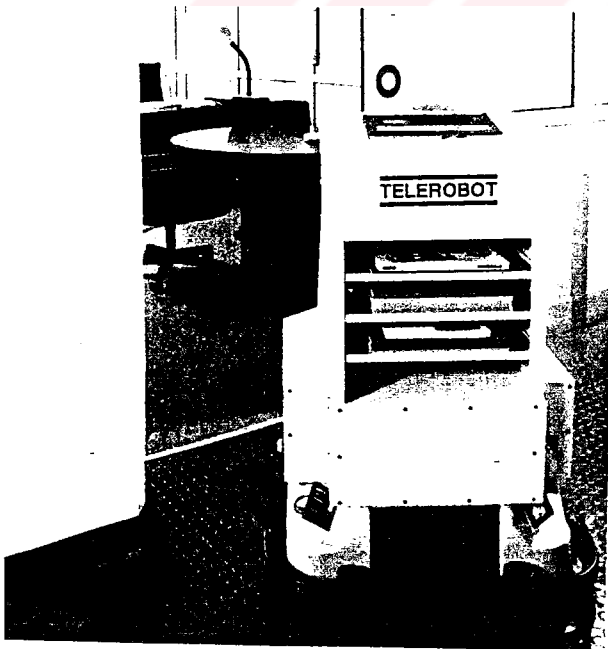
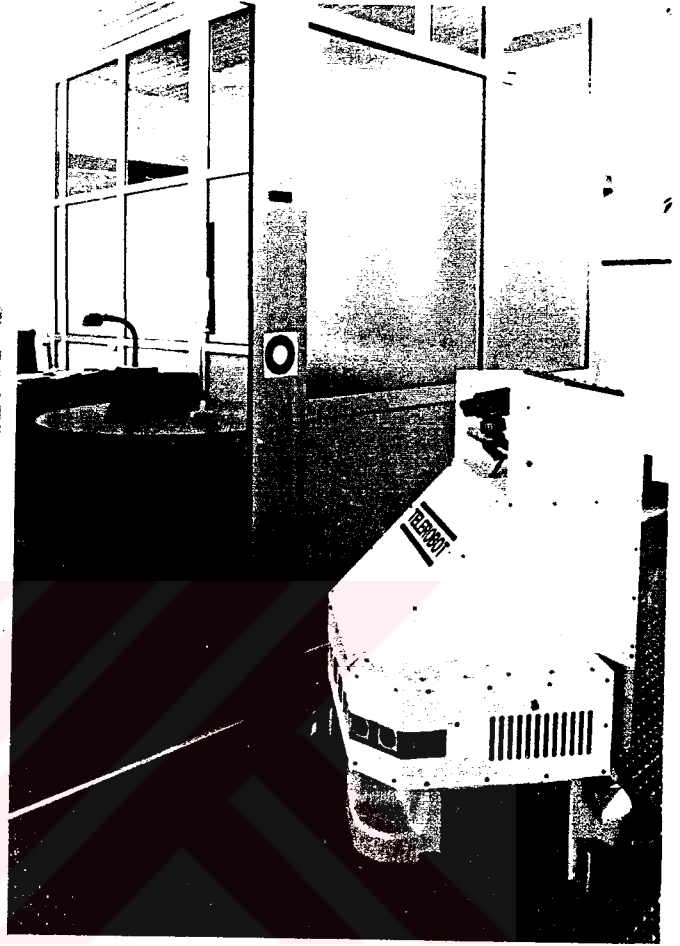
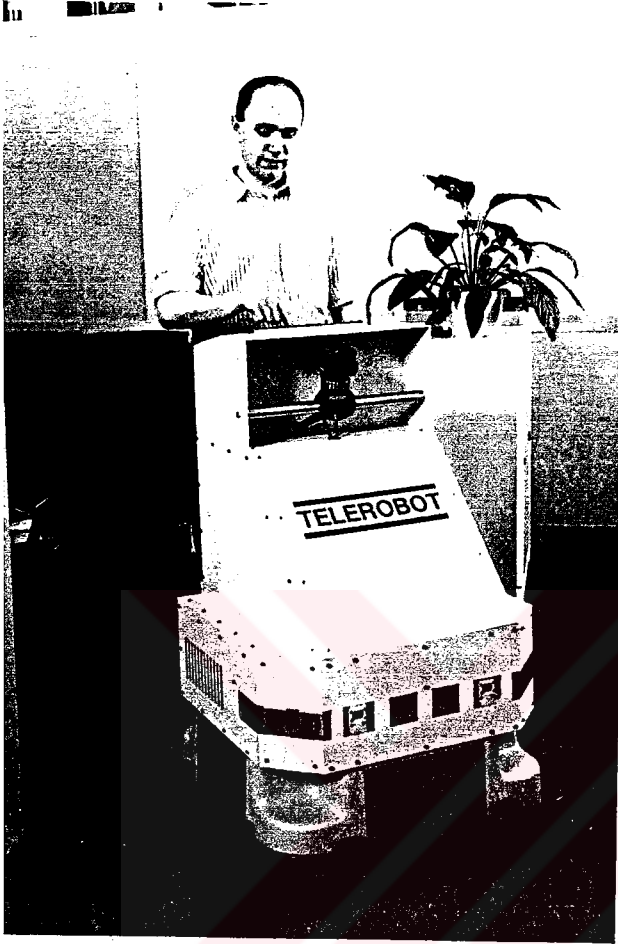
Ölçü : 700 * 700 * 750

Ağırlık : 80 kg

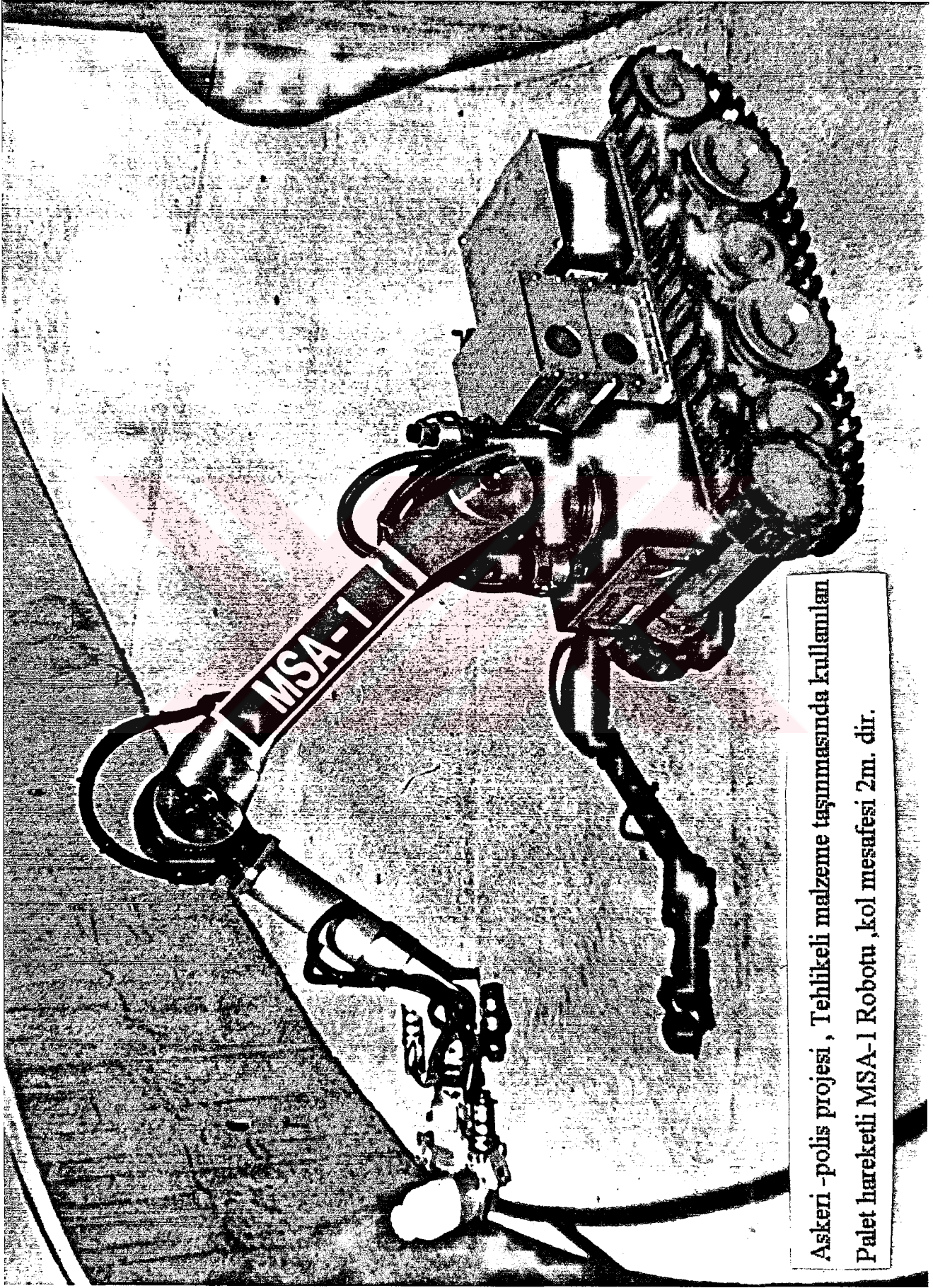
Taşıma kapasitesi : 40 kg.

Hız : 1 m/s

Dönme radiusu : yaklaşık 0



İleri robot sınıfı , hareketli robot SAM , İmalatçı firma Telerobot-İtalya



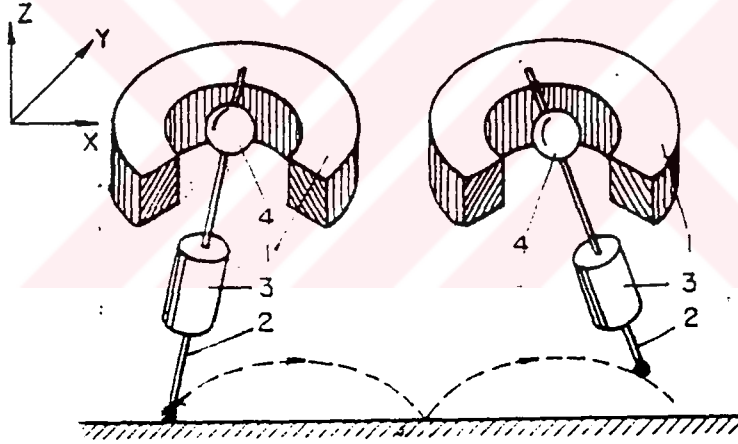
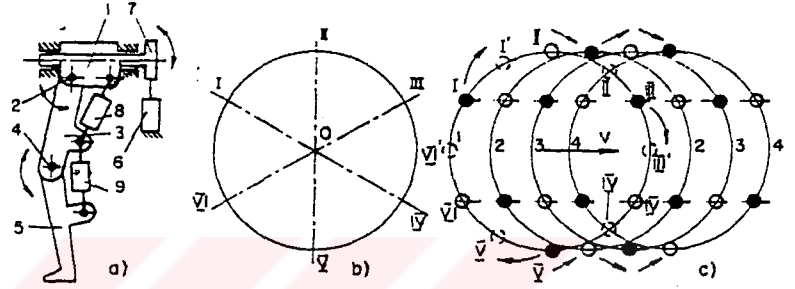
Askeri -polis projesi , Tehlikeli malzeme taşınmasında kullanılan Palet hareketli MSA-1 Robotu ,kol mesafesi 2m. dir.

2 - Yuruyebilen Robotlar

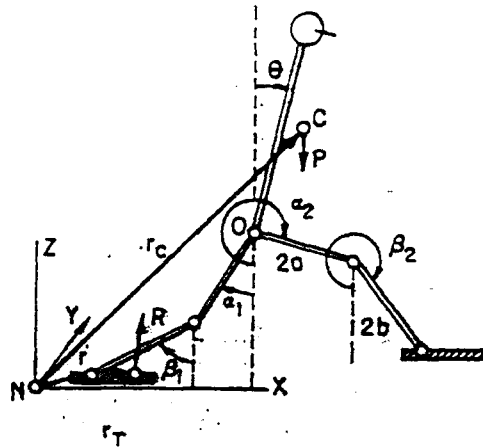
Tekerlekli robotlar , Puruzsuz bir saha içinde hareket ettiklerinden ,bu robotlara uygun olmayan ortamlarda yuruyebilen robot tipi devreye girmektedir.Yuruyebilen robotlar , diğer robot türlerine göre kontrol yönünden zordur. Bunun sebebi , denge problemidir. Yapılan araştırmalar 1 ayaklı , 2 ayaklı, 3 ayaklı 4 ayaklı ve 6 ayaklı dizaynlar üzerinedir. Ayak sayısının artmasıyla denge problemi azalır. Amerikada dizayn edilen Odex 1 , 6 ayaklı robot , kendi sınıfı içerisinde en iyilerdendir.

Şekil Ayak modeli

- a) 3 serbestlik dereceli ayak
- b) Aracın dairesel şekli
- c) Bu aracın yurume yolu



ŞekilTek ayaklı zıplayıcı



Şekil İnsana benzer iki ayaklı yuruyen makina modeli

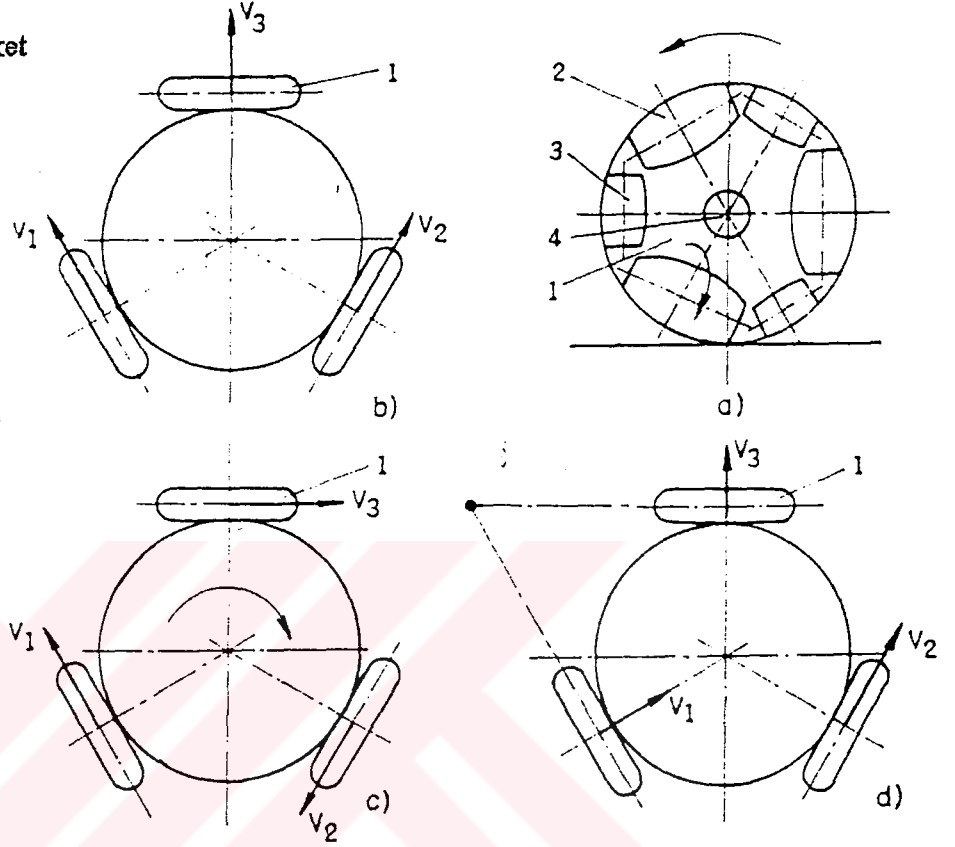
Şekil 3 Tekerlekli araç , Stanford Üniversitesi dizaynı

a) Tekerlek

b) Doğrusal hareket

c) Merkez etrafında dönme

d) Eğrisel yol üzerindeki hareket

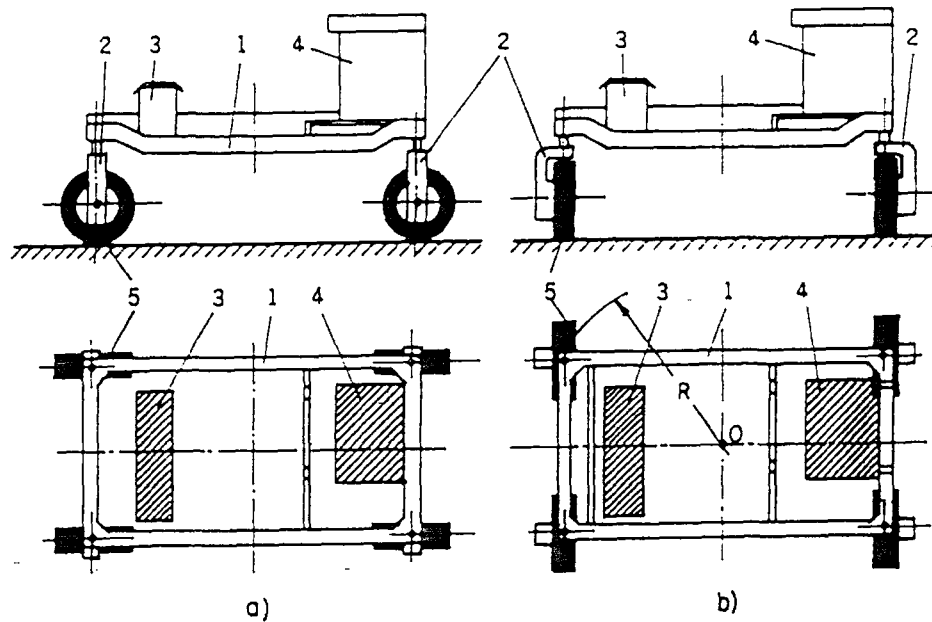


Şekil 4 Tekerlekli araç

a) Doğrusal hareket

b) Yana hareket

1- gövde , 2 - direksiyon çatalı , 3 - güç kaynağı , 4 - kontrol birimi 5 - terkerlek



Endüstriyel Robotlara iyi bir örnek olarak ABB firmasının IRB 6000 robotunu verebiliriz. Bu robotu teknik özellikleri kısaca ,

ABB IRB 6000

Ulaştığı mesafe : Normalde 2.4 m. olan mesafe 2.8 veya 3 m (75 kg kaldırma kapasitesi ile) olabilir.

Taşıma kapasitesi : Normalde 100 kg. olan kapasite 150 kg 'a artırılabilir.

Çalışma sahası : Geniş alan tarama özelliğinde, tavana asılan modeli ters çalışabilir.

Güvenirlilik : IRB modüler yapıdadır Bunun anlamı bir parçanın yerleştirilmesi 30' dakikadan azdır. AC fırçasız motorlar sistemi güvenilir yapmaktadır.

Çevresel yardımcı araçlar : kaynak ekipmanları, vs..

Hız: Gövde ekseni ve ön kol/bilek eksenlerindeki hızlar ve ivmelenme/yavaşlama

50 mm. 0.3 s

300 mm. 0.7 s.

Kontrol sistemi : S3 kontrol sistemini kullanmaktadır. Programlama dili ARLA

Ölçme sistemi ; sistemde her motora resolver takılıdır. Ölçme boardu resolverdan gelen geri besleme sinyallerini okur ve her eksen için pozisyon bilgisi oluşturur.

Akümülatör : güç kesintilerinde resolverin dönüş sayılarını kaçırmaması için ölçme sisteminin ek güç kaynağı vardır. Böylelikle robot durduğu yerden sorunsuz yeniden çalışmaya başlayabilir.

Fren : Tüm eksenlerde elektro mekanik fren mevcut.

Balans sistemi ; 2 nolu eksenin statik balansı yay ile

3 nolu eksen için dengeleme ağırlığı vardır.

Sıfır bölge değerleri (zero zone)

- Küçük sıfır noktası = 2mm R
- Geniş sıfır bölgesi = 10 mm R
- Extra geniş sıfır bölgesi = 50 mm R
- Programlanan nokta

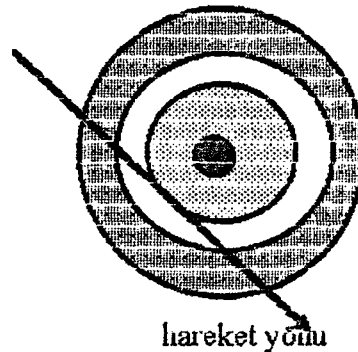


ABB IRB 6000 'NIN ÇALIŞMA EKSENLERİNİN HAREKET KALİBİYETLERİ

2.4 m / 100 kg.	çalışma sınırları	Hız
EKSEN 1 Komple gövde hareketi	+180° - 180°	100°/s
EKSEN 2 Alt kolun ileri ve geriye doğru hareketi	+70° - 70°	100°/s
EKSEN 3 Ön kolun dikey hareketi	+105° - 28°	100°/s
EKSEN 4 bilek dönüş hareketi	+300° - 300°	210°/s
EKSEN 5 bileğin aşağı yukarı hareketi	+120° - 120°	150°/s
EKSEN 6 tutucu bağlantı flanşının hareketi	+300° - 300°	210°/s

Noktadan noktaya zamanı : 50 mm < 0.3 s

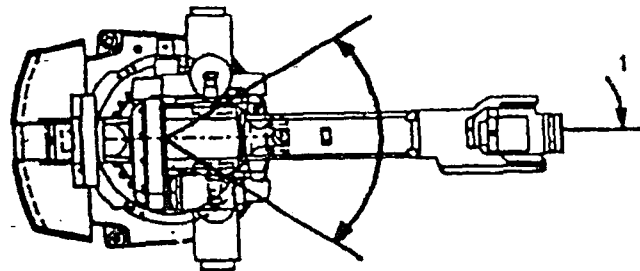
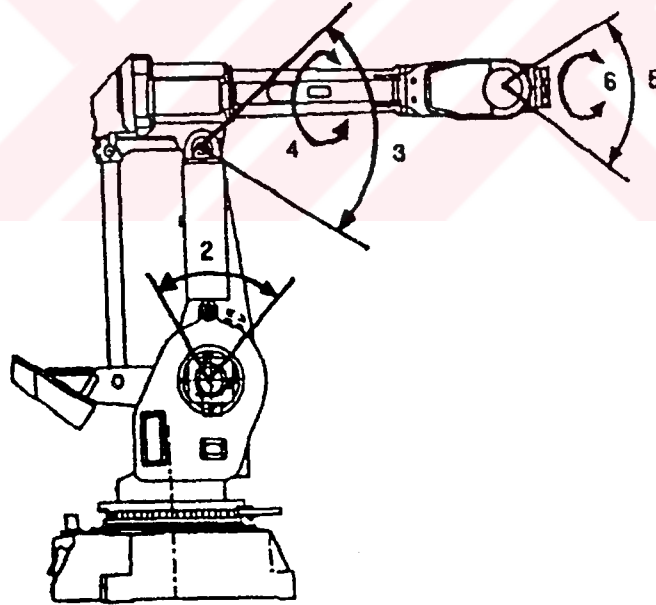


ABB IRB 6000 MANİPULATÖNÜN ÖLÇÜLERİ

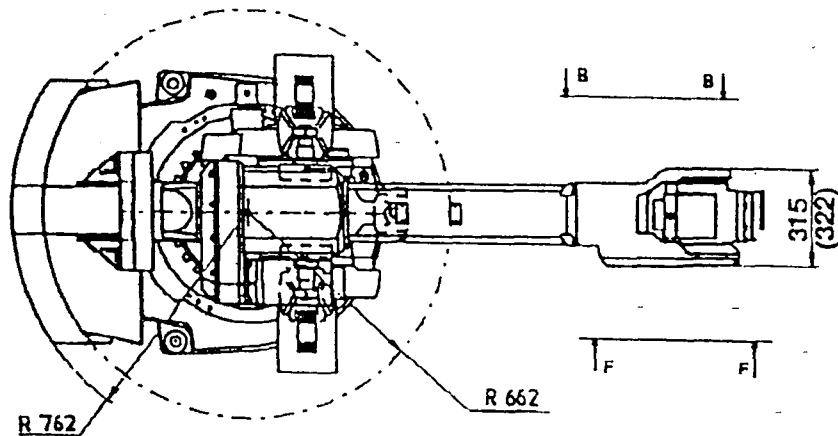
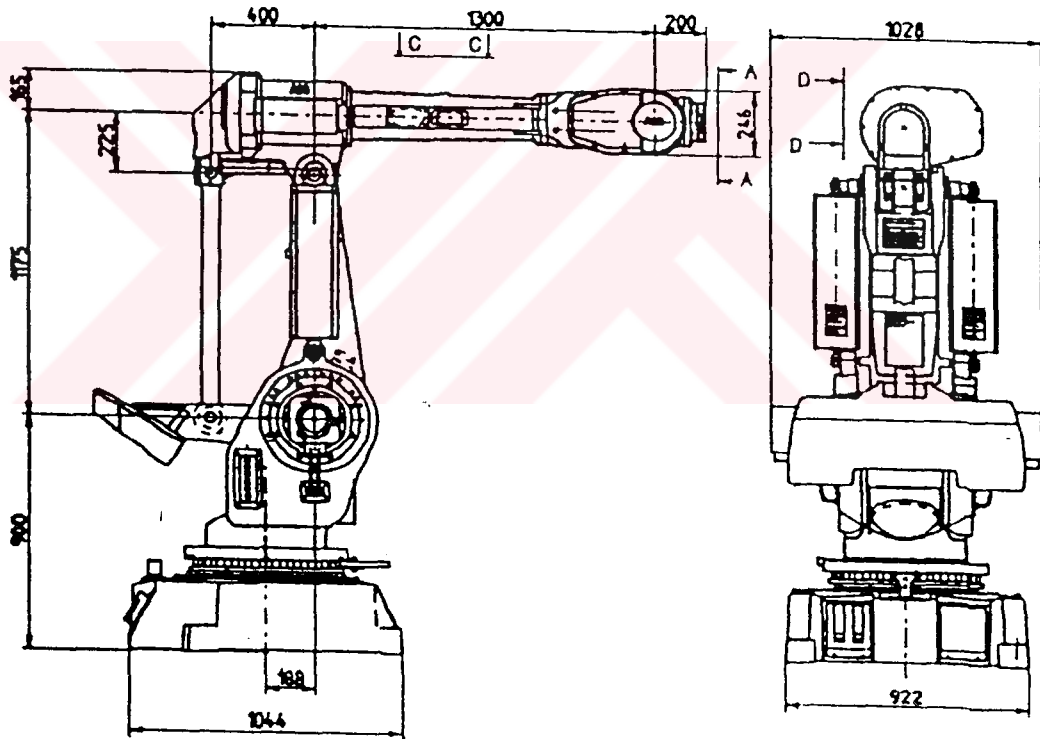
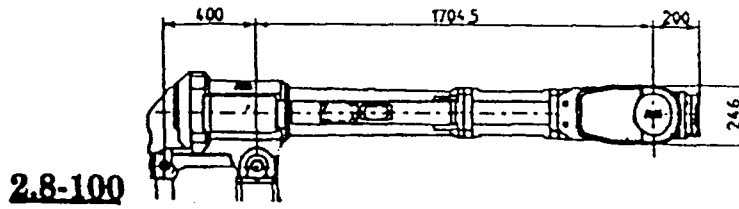
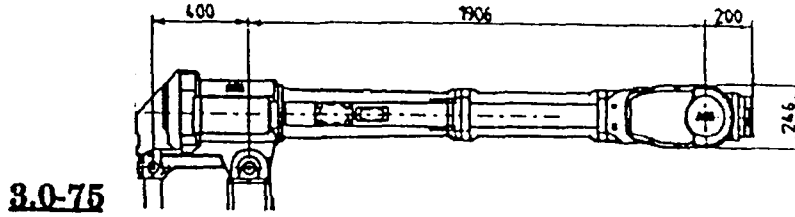
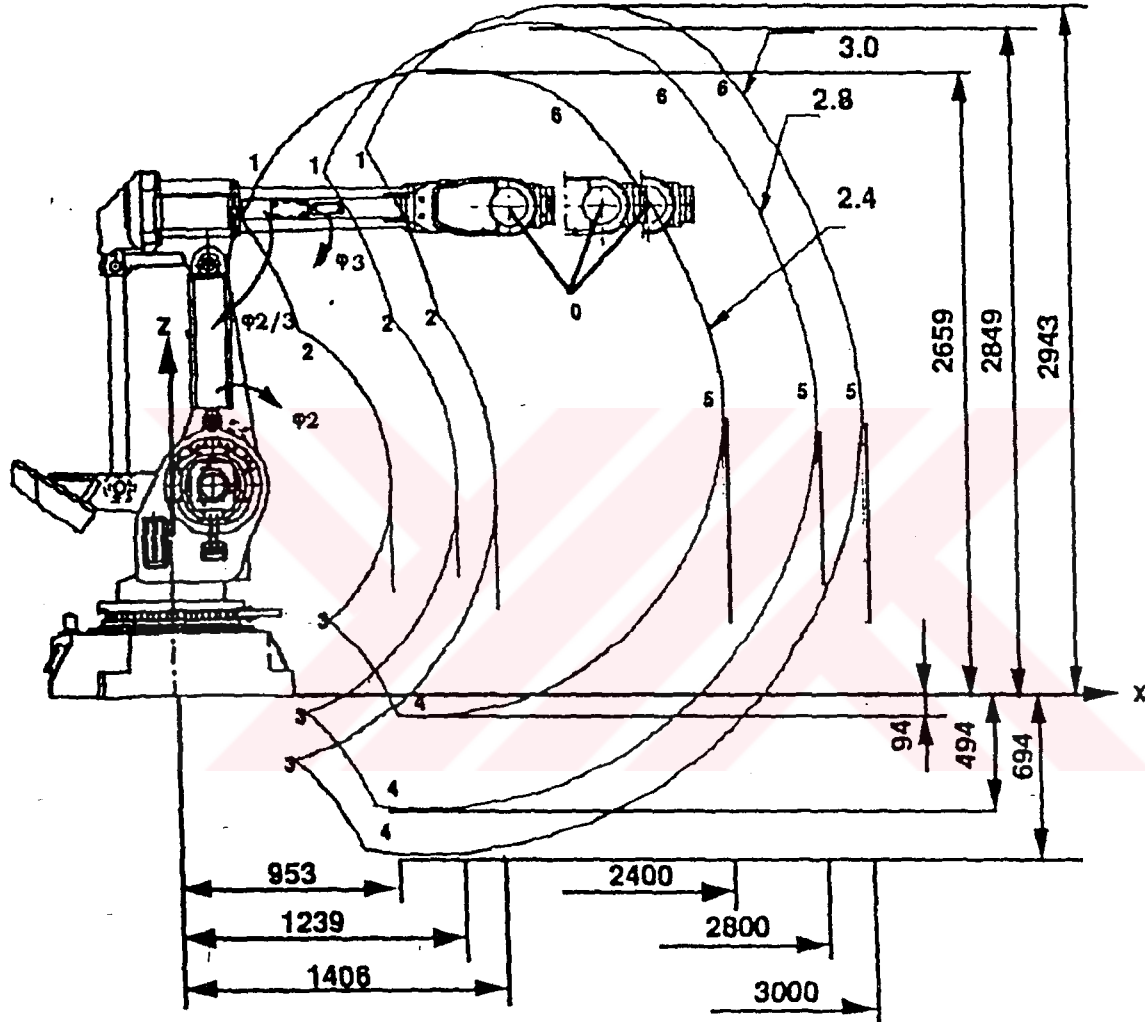


ABB IRB 6000 ROBOTUNUN ÇALIŞMA SAHASI ÖLÇÜLERİ

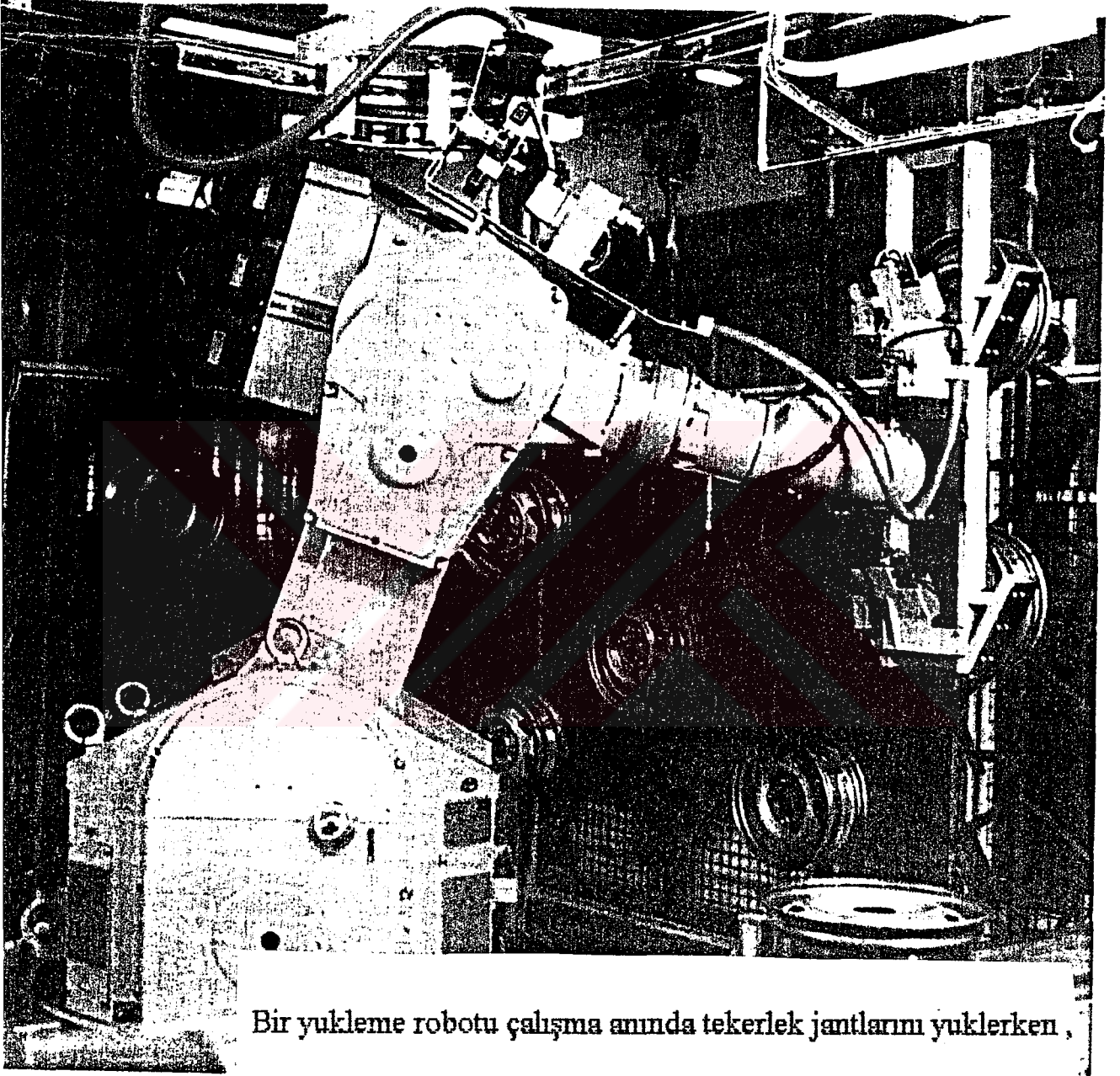


pos	axis 2 (φ_2)	axis 3 (φ_3)
0	0	0
1	-70	-28
2	-70	-5
3	40	105
4	70	105
5	70	5
6	37	-28

Angle 2/3 (φ_2/φ_3)

Min. 25° Max. 155°
90° at pos 0

pos	2.4-100, 2.4-150		2.8-100		3.0-75	
	x	z	x	z	x	z
0	1488	2075	1892.5	2075	2094	2075
1	338	2034	695	2224	873	2318
2	571	1563	974	1598	1175	1615
3	680	314	575	-769	523	-271
4	962	-89	857	-479	805	-674
5	2395	1336	2798	1300	2999	1283
6	1802	2467	2159	2657	2337	2752



Bir yikleme robotu çalışma anında tekerlek jantlarını yüklerken ,

3. BOLUM

Robotların Sınıflandırılması

Gunumuzun ticari robotları ,en yaygın kullanılan 5 tip çalışma şekline sahiptir.

a. Kartezyen Koordinatlarda

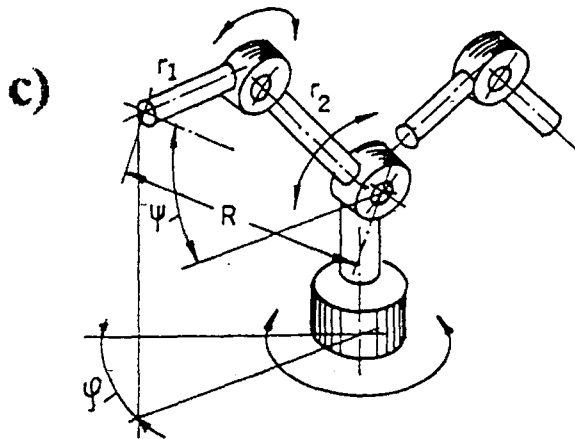
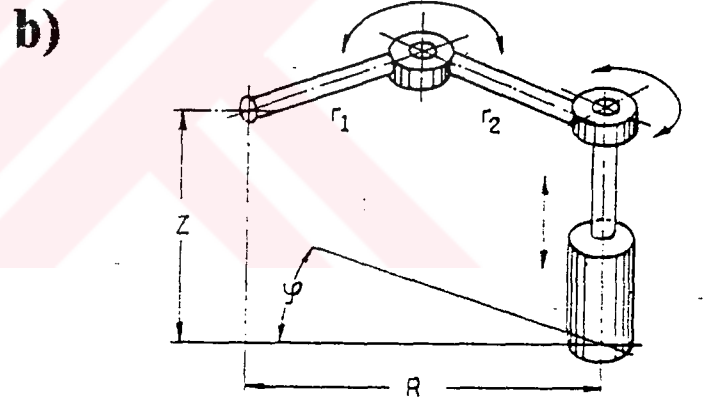
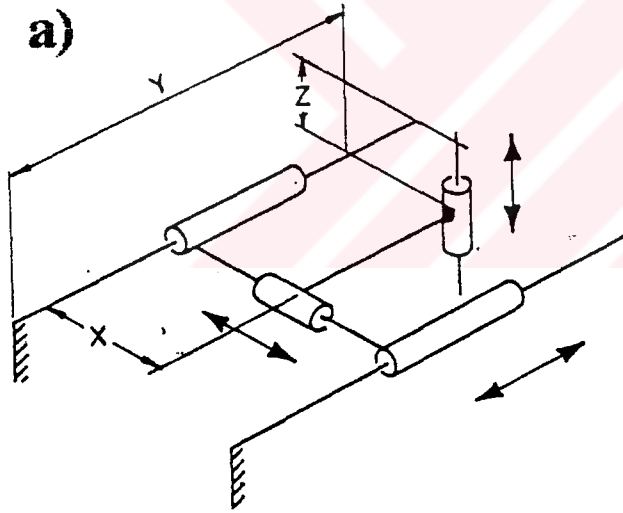
b. Silindirik “

c. Kuresel “

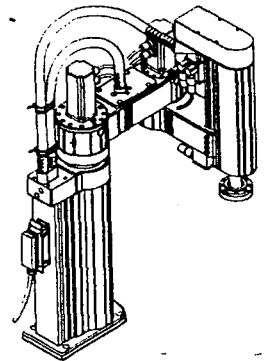
d. Antropomorfik (insan kolu) yapı, bütünleşmiş koordinatlarda

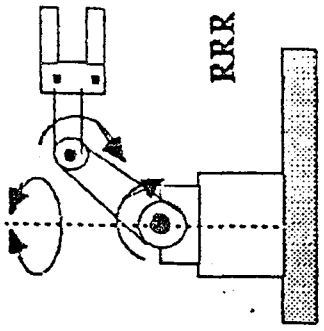
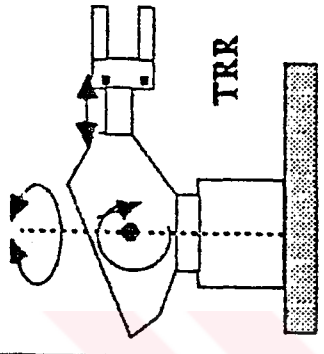
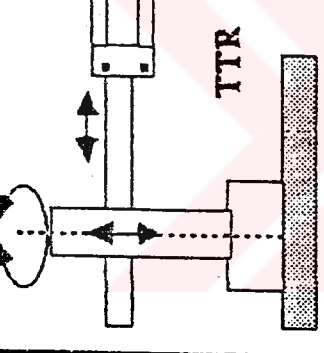
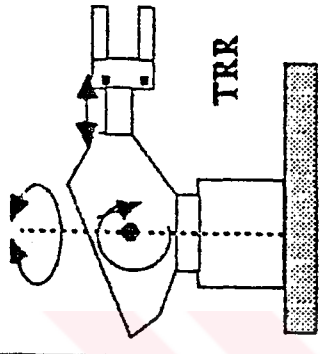
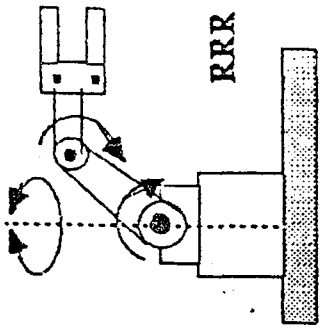
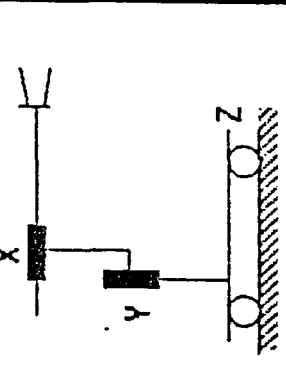
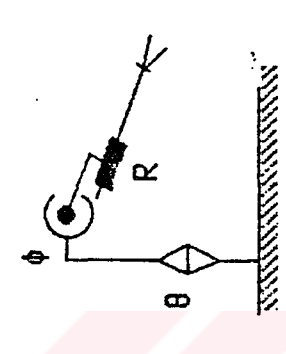
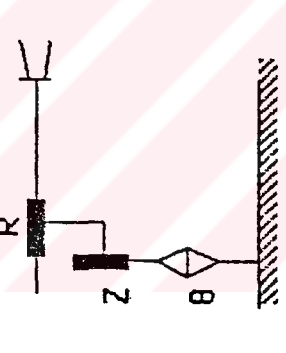
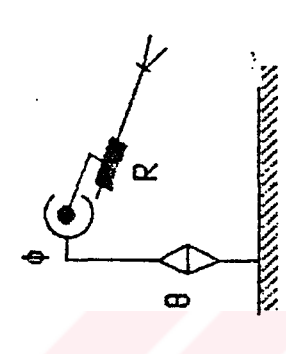
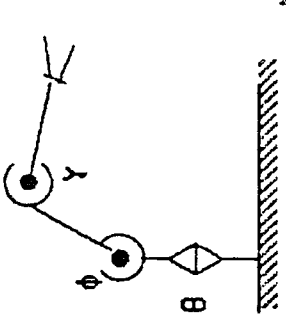
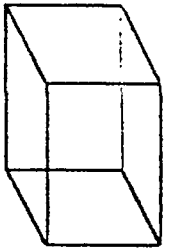
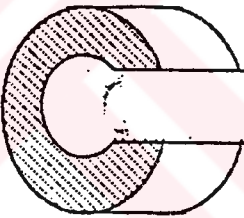
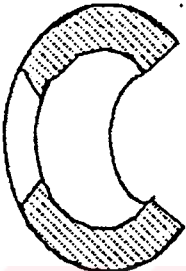
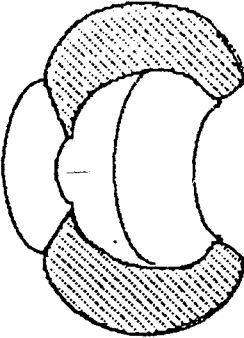
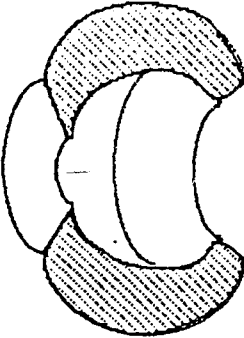
e. SCARA (Selective compliance Arm for Robotics Assembly)

Bu bir koordinar sistemi değildir. Robot kolları yatay düzlemde hareket etmektedir.



e)



Kolun mekanik yapısı	 <p>RRR</p>	 <p>TRR</p>	 <p>TTR</p>	 <p>TRR</p>	 <p>RRR</p>
Grafik gösterim ve koordinatlar					
İç hacmi	 <p>Prizmatik</p>	 <p>Silindirik</p>	 <p>Küresel</p>	 <p>Toroidal</p>	 <p>Toroidal</p>

Şekil 6. Robotların mekanik yapılarına göre sınıflandırılmaları.

a. Kartezyen koordinatlar b. Silindirik koordinatlar

c. Küresel koordinatlar d. Döner koordinatlar

Tahrik sistemine göre sınıflandırma :

Tahrik sistemi hidrolik , pnömatik veya elektrik temelli olabilir. Elektriksel tahrik ise kendi içinde doğru akım motorlu, alternatif akım motorlu ve adım motorlu (*stepper motor*) olmak üzere üçe ayrılır.

Hidrolik Tahrik : Bu tür tahrikin en önemli avantajı günümüzde 300 bar'a (300×10^5 N/m²) yaklaşabilen yüksek çalışma basınçları ile çok yüksek kuvvetlerin elde edilebilmesidir. Bu yükseklikteki bir basınçta, 1 cm çapındaki bir pistonla 4700 N dolayında bir kuvvet üretebilmek mümkündür. Bu da bu tür tahrikte kuvvet/ağırlık oranının çok yüksek değerler alabileceğini gösterir. Diğer avantajları arasında sistemin katılığının (*stiffness*) yüksek olması ve patlayıcı gaz içeren ortamlarda (sprey boyama uygulamalarında olduğu gibi) kolaylıkla kullanılabilmesi sayılabilir. Bunlara karşın olası bir yağ sızıntısının tolere edilemeyeceği (üretim ortamının temiz olması gerektiği yiyecek endüstrisi gibi) durumlarda kullanılması sakıncalı olabilir. Sızıntı olasılığının azaltılabilmesi, hidrolik sistemin imalatında yüksek bir doğruluk gerektirir ki bu da maliyeti yükselten bir etkidir. Bir diğer sakıncası, denetimin ufak bir servo vana ile kolaylıkla yapılabilmesine karşın ^{kontrolün} denetim hassasiyetinin fazla olmamasıdır.

Hidrolik tahrik doğrusal bir hareket sağladığından robot yapısının da ^{olabil diğinci} (olası olduğu kadar) doğrusal hareketler içermesine dikkat edilmelidir. Döner hareket veren hidrolik sistemler de vardır fakat oldukça pahalıdırlar.

Pnömatik tahrik : Tahrik sistemleri arasında maliyeti en düşük olanı olup bu nedenle endüstride oldukça yaygın olarak kullanılır. Çalışma basıncında sınır 7 bar dolayındadır ve çalışma gazı olarak genellikle hava kullanılır. Bununla birlikte sıcak gaz ve inert gaz kullanan uygulamalar son yıllarda yaygınlaşmıştır.

Pnömatik tahrikte silindir pistonunun hassas bir şekilde denetimi, basınçlı gazın elastik bir özellik taşıması (yüksek komplians) nedeni ile oldukça zordur. Pistonun diğer tarafına bir basınçlı hava uygulandığı durumlarda bile pistonun ve yükün ^{statik} statik hareketin bir süre daha sürmesine neden olur. Bu nedenle hareketin sona erdirilmesi genellikle mekanik sınır anahtarları ile gerçekleştirilir ve denetleyici olarak da bir programlanabilir denetleyici (*programmable controller*) kullanılır. Bu tür aygıtlarda, röle sistemlerine benzeyen bir denetim mantığını bir mikroişlemci ile kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Dolayısıyla da mekanik sınır anahtarları içeren bir sistemin denetimine özellikle yatkındır.

Pnömatik sistemlerin avantajları arasında ucuzluk, yaygın tehlikesinin olmaması, yüksek sıcaklıklarda çalışabilmesi, sistemi oluşturan birimlerin

güvenilirliklerinin yüksek olması ve bakımlarının kolaylıkla yapılabilmesi ve temiz bir çalışma ortamı sağlamaları sayılabilir. Bunlara karşın denetim hassasiyetlerinin yüksek olmaması, fazla bir güç sağlayamamaları ve basınçlı hava (veya gaz) üretiminin oldukça pahalı olmasının yanında yüksek düzeyde bir gürültü de ortaya çıkarması gibi dezavantajları taşırlar.

Elektriksel tahrik : Endüstriyel robotlarda en yaygın olarak kullanılan tahrik türüdür. Sağladığı avantajlar arasında hızlı ve hassas hız ve konum denetimi sağlayabilmesi, pahalı olmamaları, temiz bir çalışma ortamı yaratmaları ve bağlantıların, hidrolik ve pnömatik sistemlerdeki boru düzenlerine kıyasla, tellerle, bir noktadan diğer noktaya kolaylıkla taşınabilmesi sayılabilir. Buna karşın güç/ağırlık ve moment/ağırlık oranlarının düşük olması, istenilen moment düzeylerine ulaşabilmek için gerekebilecek dişli kutularının boşluk, v.s. gibi nedenlerle denetim sorunları ortaya çıkarabilmesi, komütatör-fırça düzenlerinde oluşabilecek arklar nedeni ile patlayıcı atmosferlerde kullanılamaması veya özel önlemler alınması gerekliliği gibi dezavantajları vardır.

Yakın geçmişe kadar elektriksel tahrik denilince akla d.a. motoru geliyordu. Fakat son yıllardaki gelişmeler, a.a. motorların da d.a. motorları kadar kolaylıkla ve aynı derecede yüksek bir hassasiyetle denetlenebilmesine olanak kıldığından a.a. motorlarına daha sık rastlanılmaya başlanmıştır.

Son yıllarda ortaya çıkan diğer bir gelişme de doğrudan (*direct drive*) tahriktir. Manyetik akı düzeyinin yüksek tutulabildiği "*rare earth*" materyeller kullanımı ile boyutları küçük fakat üretebildikleri momentler yüksek olan motorlar endüstriyel robotlarda gittikçe yaygınlaşmaktadır. Böylece dişli kutuları ve beraberlerinde taşıdıkları sorunlar ortadan kaldırılabilmekte ve motor doğrudan ekleme yerleştirilebilmektedir.

Adım motorları ise daha çok açık çevrim çalışan küçük robotlarda kullanılmaktadır. Basit al ve koy operasyonları için daha ucuza gerçekleştirilebilir, buna karşın aynı moment için boyutu d.a. motoruna kıyasla daha büyüktür. Denetim bir mil kodlayıcısı (*shaft encoder*) kullanımı ile kapalı çevrim olarak da gerçekleştirilebilir. Bu durumda hassasiyet, kodlayıcının ayırma duyarlılığına ve motorun adım sayısına bağlı olur.

Denetim türüne göre sınıflandırma :

Denetim türüne göre sınıflandırma, temelde, servo ve açık çevrim (non-servo) olmak üzere ikiye ayrılır.

Servo robotlar en yaygın olarak kullanılan robot türü olup bu tür bir robotta denetim sistemi robot eklemlerinin anlık durumları hakkında bir geribesleme bilgisine sahiptir. Böylelikle istenilen ve gerçekleşen yörünge arasındaki hata bir servo mekanizması ile azaltılabilir. Denetim iki türlü gerçekleştirilebilir:

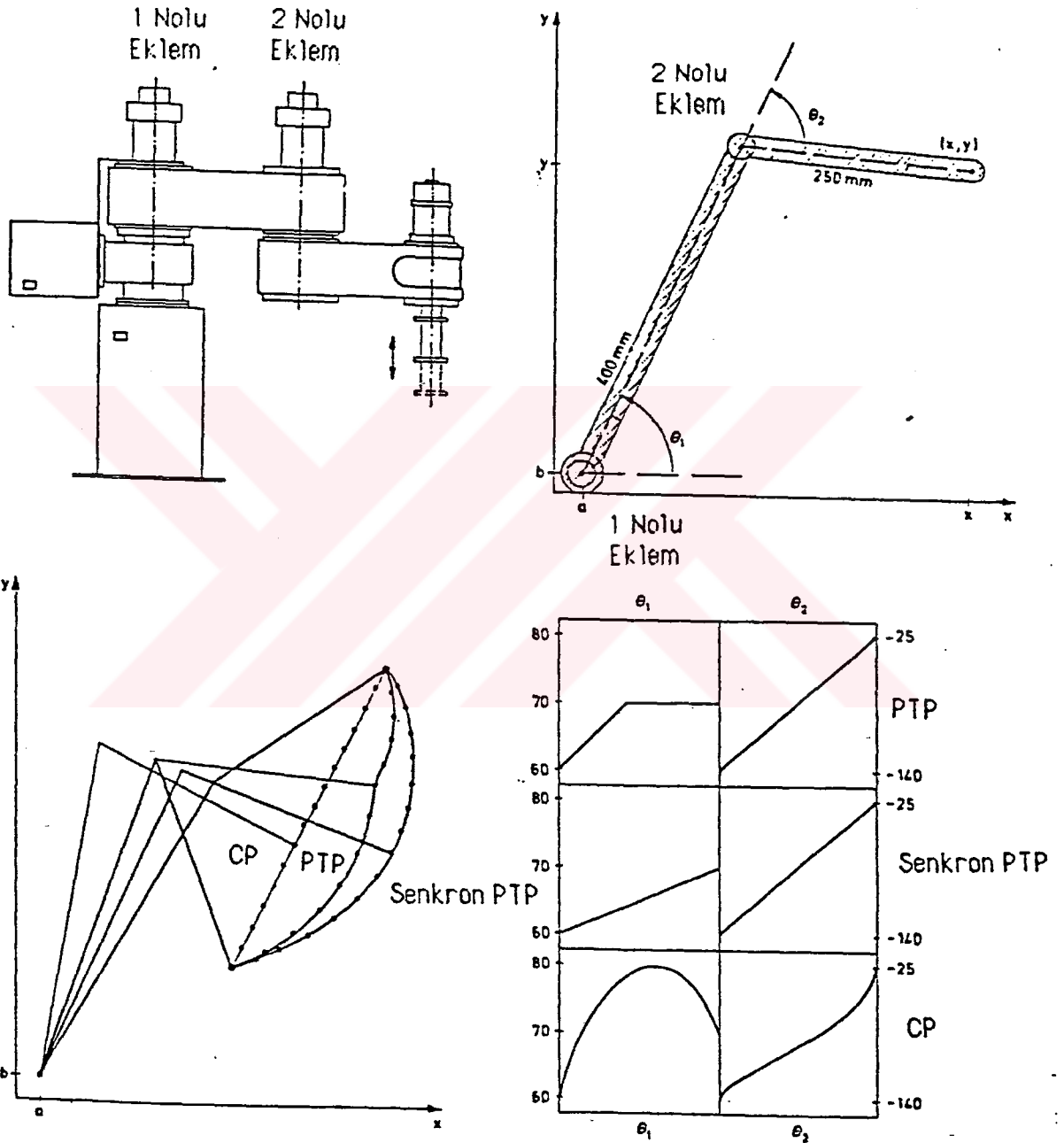
Noktadan noktaya denetimli robotlar (PTP - Point to Point Control): Bu tür bir servo robotta izlenen yörünge robota sınırlı sayıda noktalarla tarif edilir. Denetim sistemine verilecek tipik bir komut dizisi şöyle olabilir:

A noktasına git ve dur.
B noktasına git ve dur.
Yakalayıcıyı aç.
C noktasına git ve dur.
Yakalayıcıyı kapat.

İki nokta arasında, örneğin A ve B noktaları arasında, her bir eklemin izleyeceği yörünge ve hız üzerinde bir denetim yapılmaz. Bu nedenle de, örneğin 1. eklemin 2. eklemden önce hareketini tamamlayabilir ve durabilir. Sonuçta uç manipülatörün izleyeceği yol önceden tahmin edilemeyip tamamı ile belirsiz olur. Bu tür bir denetim ancak, robotun çalışma uzayının engeller içermediği ve iki nokta arasında izlenecek yörüngeyi önemsiz olduğu (al ve koy operasyonlarında olduğu gibi) durumlarda kullanılabilir. Denetim sistemine girilebilecek nokta sayısı sistemin kapasitesi ile sınırlıdır.

Sürekli yörünge denetimli robotlar (CP - Continuous Path Control): Ark kaynağı ve sprey boyama gibi bazı uygulamalarda uç manipülatörün izleyeceği yörüngeyi ve oriyantasyonunun sürekli olarak denetlenmesi gerekir. Denetim sistemi, kullanıcı tarafından belirlenen veya bir konveyör sistemine uyumlu olarak gerçekleştirilecek olan yörüngeyi izlenmesini sağlar. Yörünge bazı durumlarda südo-sürekli (*pseudo-continuous*) de olabilir, yani bazı kısımları robot programı tarafından aradeğerleme

taban dönüşü (*rotation*) θ , yükseklik (*height*) Z ve uzantı (*reach*) R 'dir. Kol ucunun tarayabileceği hacim, yani iş hacmi (*work volume*) iç içe iki silindir arasında kalan hacimdir.



Şekil 5. Noktadan noktaya (PTP), senkron PTP ve sürekli yörünge denetimi altında gerçekleşen yörüngeye bir örnek.

(*interpolation*) ile hesaplanır. Fakat aradegerleme kuralları kullanıcı tarafından belirlenir. Noktadan noktaya denetimli robotlara göreceli olarak daha düşük hızlarda çalışırlar.

Sürekli yörünge denetimi ile noktadan noktaya denetim arasındaki fark Şekil 5'te daha açık bir şekilde gösterilmiştir [6]. Şekil 5.a'da gösterilen ve daha ileride açıklanacak olan SCARA tipi robotun uç noktasının, x-y düzlemi içerisinde, a-b noktasından x-y noktasına gitmesi, yani 1 numaralı eklemin 60 dereceden 70 dereceye, 2 numaralı eklemin ise -140 dereceden -25 dereceye hareket etmesi gerektiğini varsayalım. Noktadan noktaya ve sürekli yörünge denetimi durumlarında kol ucunun izleyeceği yörünge Şekil 5.c'de gösterilmiştir. Aynı şekilde senkron PTP diye adlandırılan diğer bir tür denetim altında yörünge ne olacağı da gösterilmiştir. Şekil 5.d'den görülebileceği üzere normal PTP'de 1. eklem hareketini tamamlar ve durur, 2. eklem hareketine devam eder. Senkron PTP'de ise iki eklem beraber hareket ederler ve dururlar ve böylece kolucunun daha yumuşak bir yörünge izlemesi sağlanmış olur.

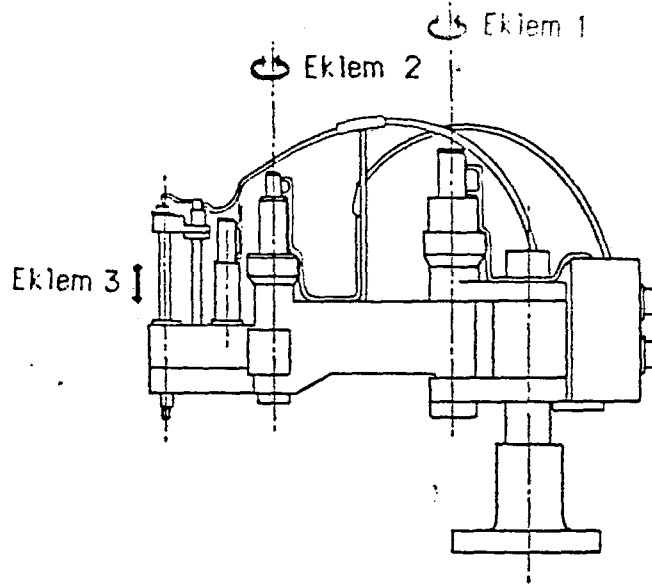
Açık çevrim denetimli robotlar : Endüstriyel robotlarda daha seyrek kullanılan bu tür bir denetimde tahrik genellikle adım motoru veya pnömomatik silindir temellidir. Eklemlerin hareketi ya mekanik limit anahtarları veya adım motorunun hareket edeceği adım sayısı ile belirlenir. Ardışıl (*sequential*) denetimli robotlar olarak da anılırlar.

Mekanik yapısına ve hareketine göre sınıflandırma :

Endüstriyel robotların çok değişik boyut, şekil ve fiziksel yapıda olabilmelerine rağmen kolun içinde hareket ettiği koordinat sistemi açısından aşağıda açıklanan 5 değişik sınıftan birine girerler:

Kartezyen koordinatlılar : Bu tür bir robotda manipulatörün ilk üç ekleminin her parçası, Şekil 6.a'da gösterildiği üzere, bir önceki ile dik açı yapacak şekilde hareket eder. Dolayısıyla da kullanılan koordinatlar X,Y ve Z koordinatlarıdır.

Silindirik koordinatlılar : Şekil 6.b'de gösterildiği üzere bu tür bir robotta ilk üç eklem bir silindirik koordinat sistemine uygun bir şekilde hareket eder. Mekanik konfigürasyon, iki parçalı bir kolun bir ana taban etrafında dönebilmesini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Kolun bir parçası dikey, diğeri ise yatay hareket eder. Koordinatlar;



Şekil 6. Robotların mekanik yapılarına göre sınıflandırılmaları (devam).

e. SCARA tipi robot yapısı.

Küresel koordinatlılar : Bu tür bir robotda kolun bir bölümü, bu parçanın içe ve dışa doğru hareket edebilmesini sağlayacak şekilde iki ayrı parça tarafından desteklenir (Şekil 6.c). Bu parçalardan biri tabana dik bir eksen etrafında dönerken diğeri dönüşünü tabana dik bir eksen etrafında yapar. Böylece iş hacmi biri dışta, diğeri içte iki yarım küre arasında kalan hacim olur. Koordinatlar; taban dönüşü θ , yüksekliği belirleyen ϕ açısı ve uzantı R'den oluşan küresel koordinatlarıdır. Şekil 3.a'da gösterilmiş olan robot da küresel koordinatlı bir robottur.

Döner (revolute) koordinatlılar : Bu tür bir koordinat sistemini kullanan robot kolları, "articulated" kol olarak da bilinirler. Şekil 6.d'de gösterildiği üzere kolda üç döner eklem bulunur. En alttaki parça taban etrafında döner ve bir menteşe gibi hareket eden iki ayrı parça taşır. Taban etrafında dönme açısı θ , tabanla birinci parça arasındaki açı ϕ , birinci ve ikinci parça arasındaki açı ise α olarak simgelenir. ϕ açısı yüksekliği, α açısı ise uzantıyı belirler. Döner koordinatlı robot yapısına diğeri bir örnek Şekil 3.b'de gösterilmiş olan robottur.

SCARA robot : Göreceli olarak yakın geçmişte, ilk defa 1980'li yılların başında, Japon Profesör Makino tarafından önerilmiş bir robot yapısıdır. Orijinal formunda, Şekil 6.e'de (ve Şekil 5.a'da) gösterildiği üzere, 4 eklem kullanılmıştır. Bunlardan ikisi döner eklem olup omuz ve dirseğin yatay bir düzey içerisinde konumlarını, diğeri iki motor ise bileğin yerden yüksekliğini ve oriyantasyonunu belirler.

4. BÖLÜM

ROBOTLARDA SEZGİ ELEMANLARI (SENSORS)

SEZGİ ELEMANLARI NİÇİN KULLANILIRLAR ?

- Çalışma durumunu kontrol için
- Arızaları azaltmak için
- Bir sonraki pozisyonu sıralama için
- Güvenlik uyarısı için
- İnsan ve makinenin hasarını önlemek için

Sezgi Elemanlarının özellikleri olarak

- Aşınma yok
- Mekanik gerilme yok
- Hızlı anahtarlama
- Elektronik kontrol devreleri ile direkt iletişim kurabilmesi

Sezgi Elemanları Çeşitleri

A - Analog sinyal üreten sezgi elemanları

Transüserler, Piezoelektrik elemanlar , mV seviyesinde gerilim verirler.

Basınç,Hız, Kuvvet, Sıcaklık ölçümlerinde kullanılırlar.

B - Digital sinyal üreten sezgi elemanları

1. Mekanik
2. Optik
 - 2a Yayınma yansımali (Diffuse Reflective sensor)
 - 2b Karşı yansıtıcıli (Retro Reflective sensor)
 - 2c Direkt göndermeli , alıcı-verici (Trough Beam sensor)
 - 2d Fiber optik ile bağlantılı optik sensor
3. Ultrasonik (etki mesafesi 15 cm.)
4. Pnömatik (etki mesafesi 10 cm.)
5. İnduktif (Metale karşı duyarlı ,etki mesafesi 1-2 cm.)
6. Kapasitif (Her türlü malzemeyi tespit eder)
7. Proximity (Manyetik alan etkisiyle)
8. Pyroelectric dedector (infrare- kızıl ötesi ışın tanımlama için)

Optik sensör ile Induktif sensörün karşılaştırılması

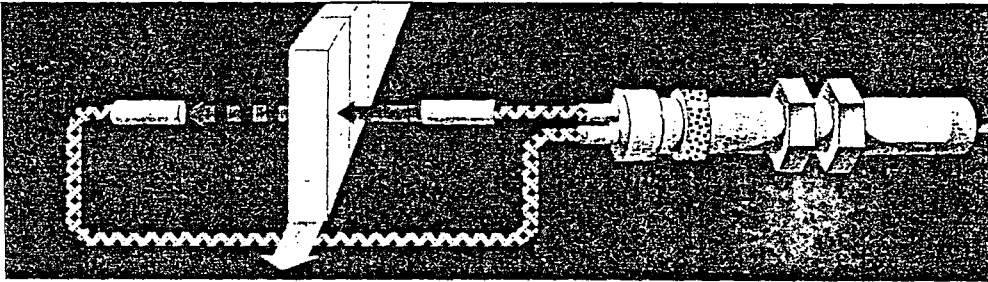
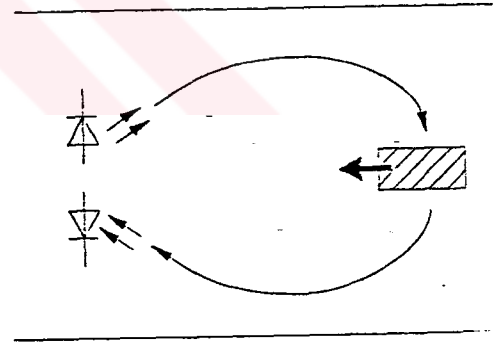
	İnduktif	Optik
Etkin Mesafe.....	0.5 - 15 mm	1mm - 10 m.
Malzeme	Metaller	Her türlü
Çalışma sıcaklığı.....	-25 ... 70 C	0 ... 60 C
Titreşim	Dayanıklı	Dayanıklı
Kirli ortamda çalışma	Duyarsız	Duyarlı
Servis ömrü	uzun	uzun
Anahtarlama frekansı	5 kHz	250 Hz.
Ölçü ..(minumum).....	3-4 mm.	12 mm

Fiber Optik Kablolar

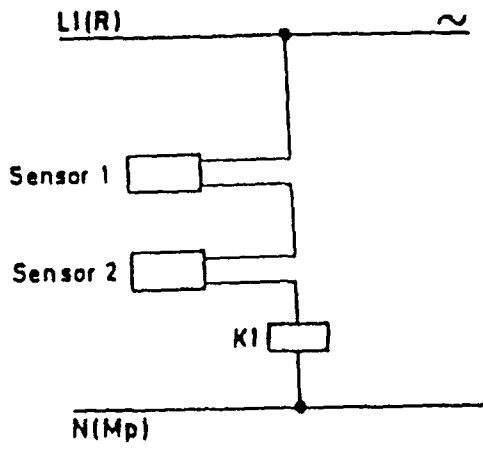
İki tip optik kablo var.

1. Polimer (1- 2 m uzunlukta olabılır.)
2. Cam fiber , Işığı polimere göre daha çok geçirir.

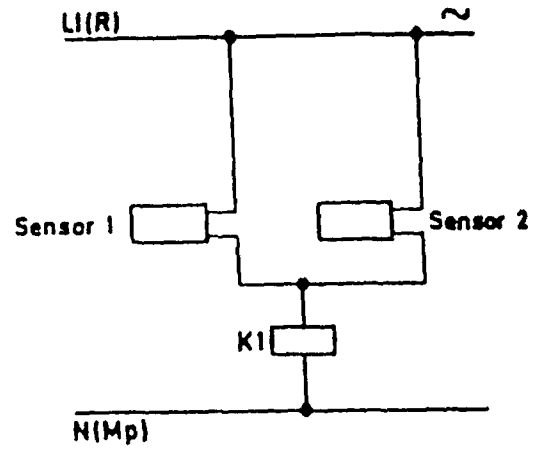
Fiber Optikli sensör



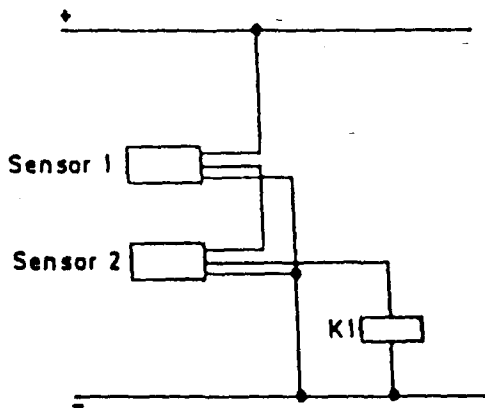
Sezgi elemanlarının seri ve paralel devre ile bağlanmaları



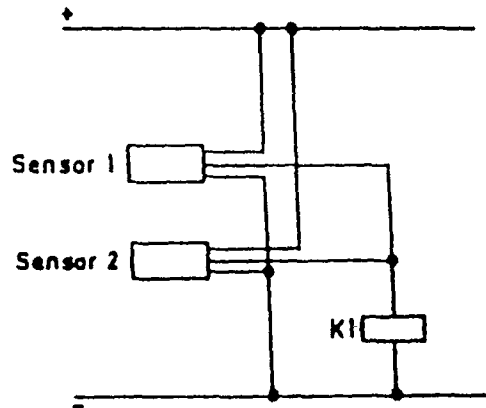
V AC



V AC



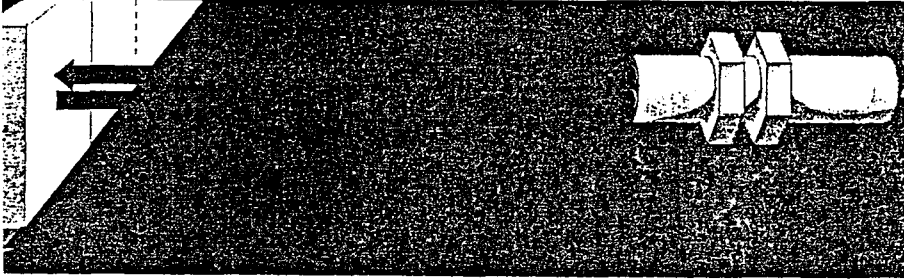
V DC



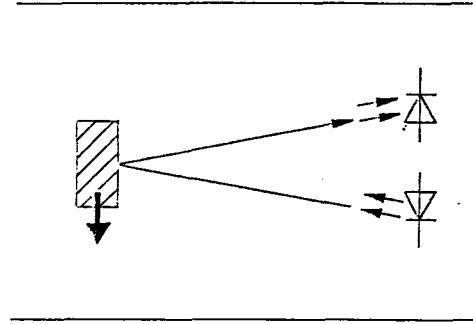
V DC

Optik Sezgi Elemanları

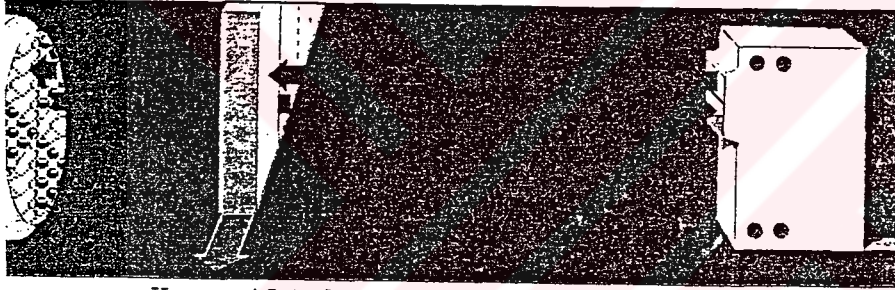
a) Yayılım yansımali (difuse sensor)



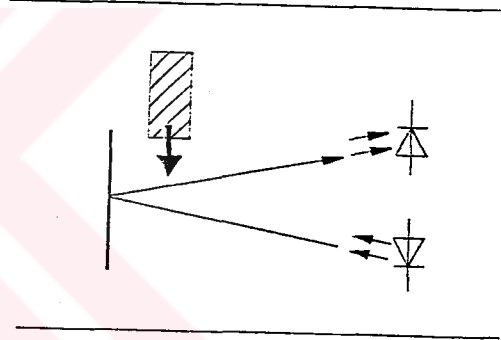
sensor Yayılım sensörü (yayınma yansımali)



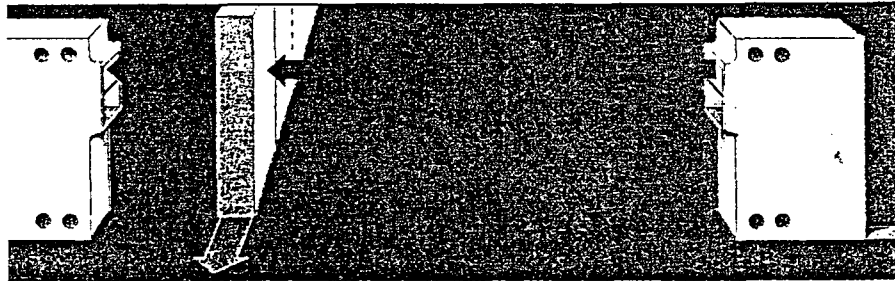
b) Karşı yansıtıcı (Recto reflective sensor)



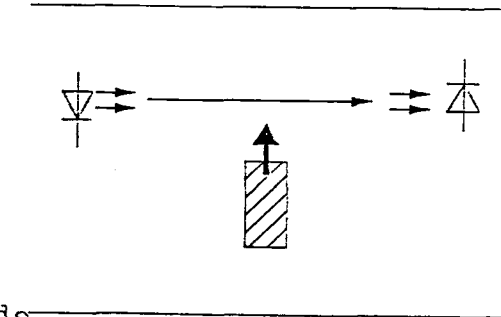
ective sensor Kuvvetli karşı yansımali



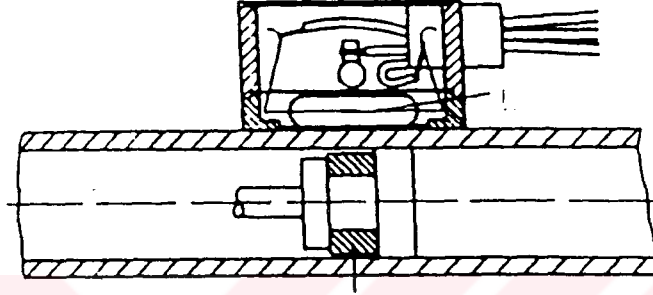
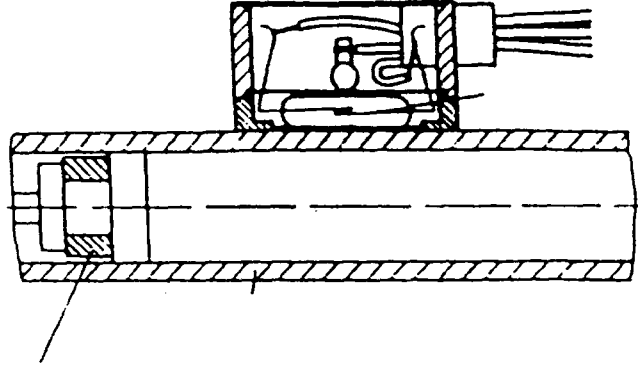
c) Direkt alıcı - vericili



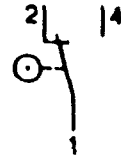
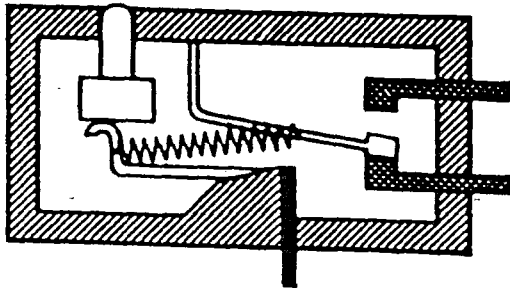
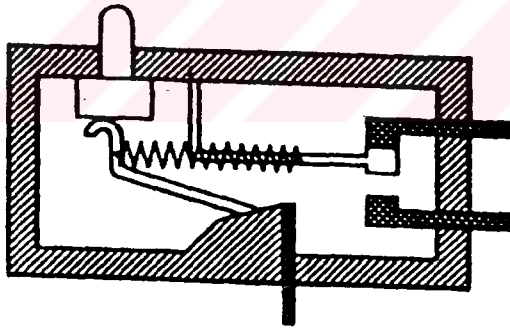
beam sensor Direkt gönderme (alıcı,verici ayrı yerde)



Temassız Sinyal Anahtarları



Ör : Proximity manyetik yaklaşım sensörüdür. Manyetik alan etkisiyle anahtarlama elemanı hareketlendirilir. Manyetik alan pnömomatik silindir içersinde rod başına sarılı manyetik bant ile oluşturulur.

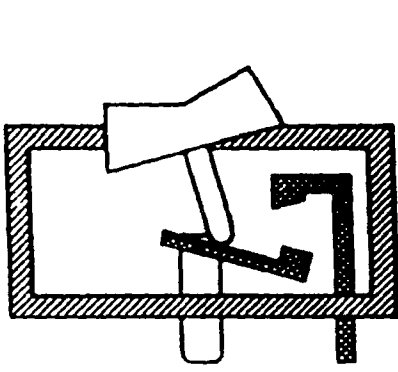


anlık Limit Anahtarlar

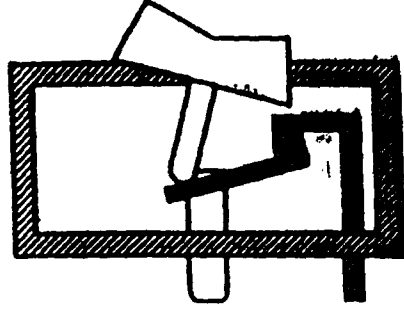
İnşaat sistemlerinde hareketli parçaların istenilen pozisyonlara geldiğinde veya amacıyla sınır dışı hareketleri önlemek için limit anahtarlar kullanılır.



**Basmalı anahtar grubuna giren mekanik kitlemeli anahtar
(Toggle switch - detent)**



Temas açık



Temas kapalı

Anahtar sembolleri DIN 40713



Basmalı anahtar ,Normalde açık



Basmalı anahtar normalde açık



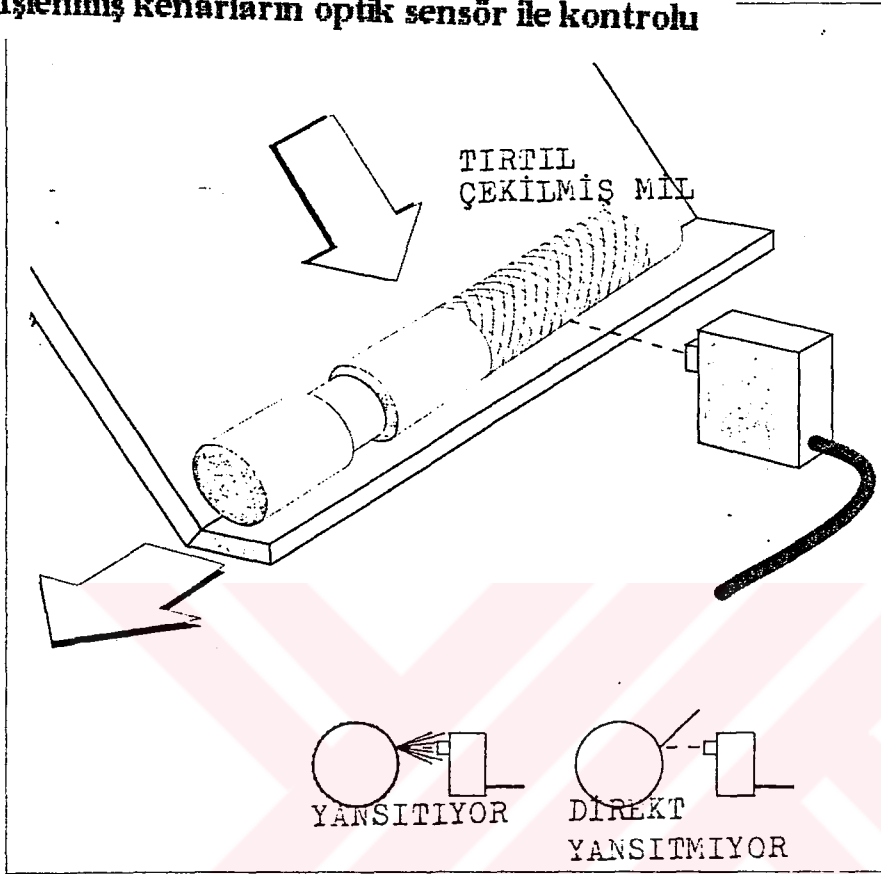
Normalde kapalı çekmeli anahtar



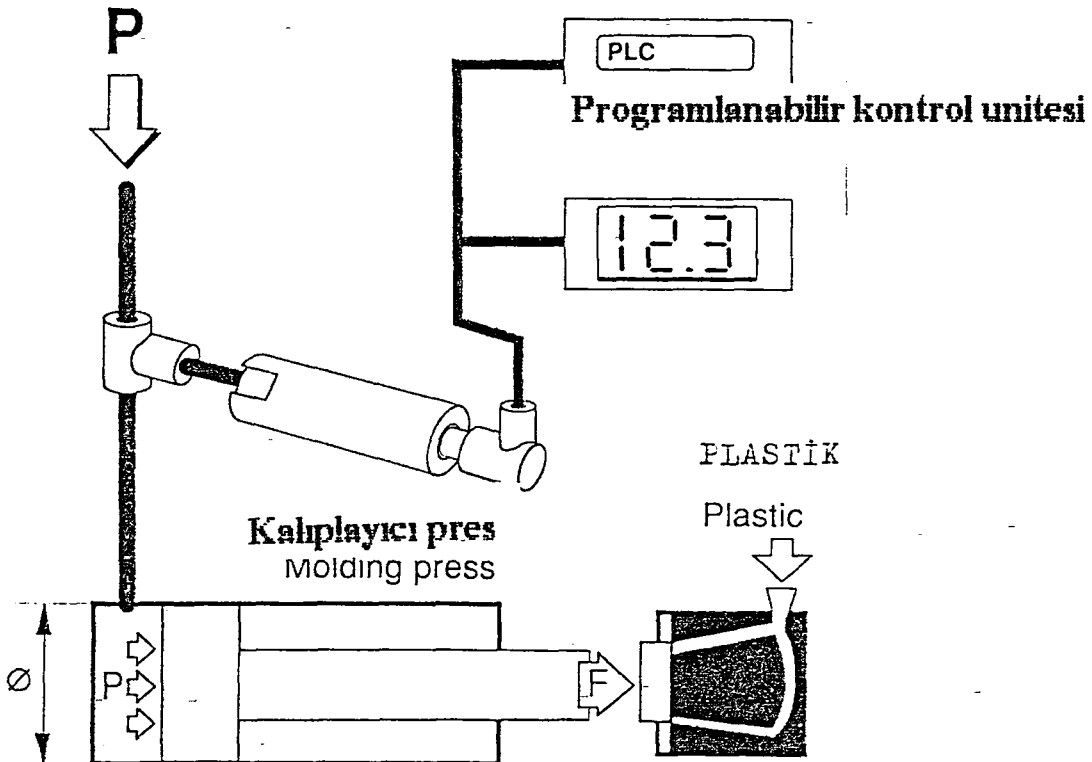
Normalde açık dönmeli anahtar

Sezgi Elemanları Uygulamalarından Örnekler

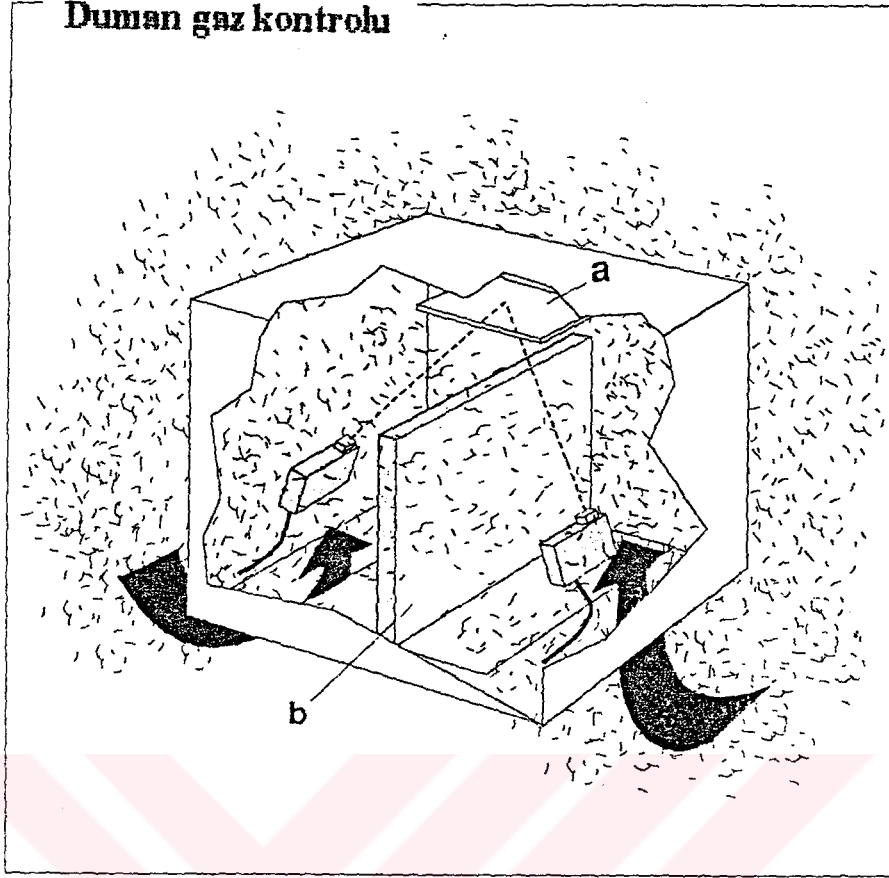
İşlenmiş kenarların optik sensör ile kontrolü



Plastik Enj. Silindirin basınç kontrolü (Pnömatik Basınç sensörü)

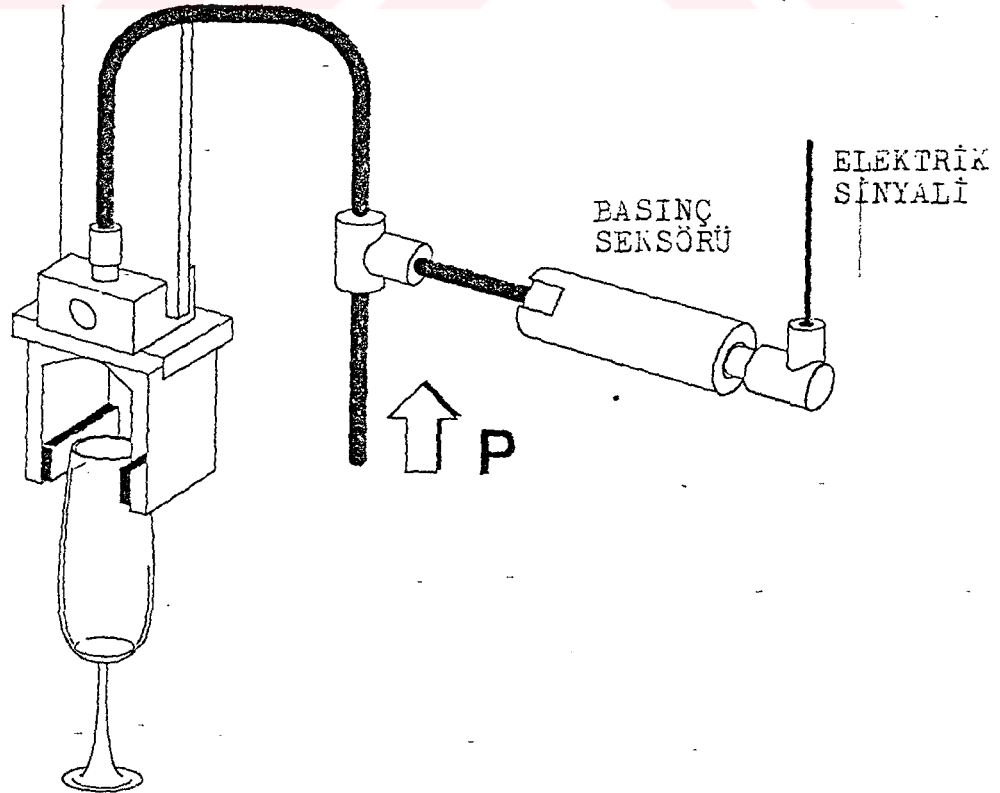


Duman gaz kontrolü



ALICI VERİCİ ARASINDAKİ SÜREKLİ IŞIN DEMETİ
DUMAN V.S. ŞEYLERLE KESİLDİĞİNDE SİNYAL ÜRETİLİR.

FARMAKLA TUTMAK İÇİN BASINÇ KONTROLÜ



5. BOLUM

5.1 Mekanik Tutucular

56

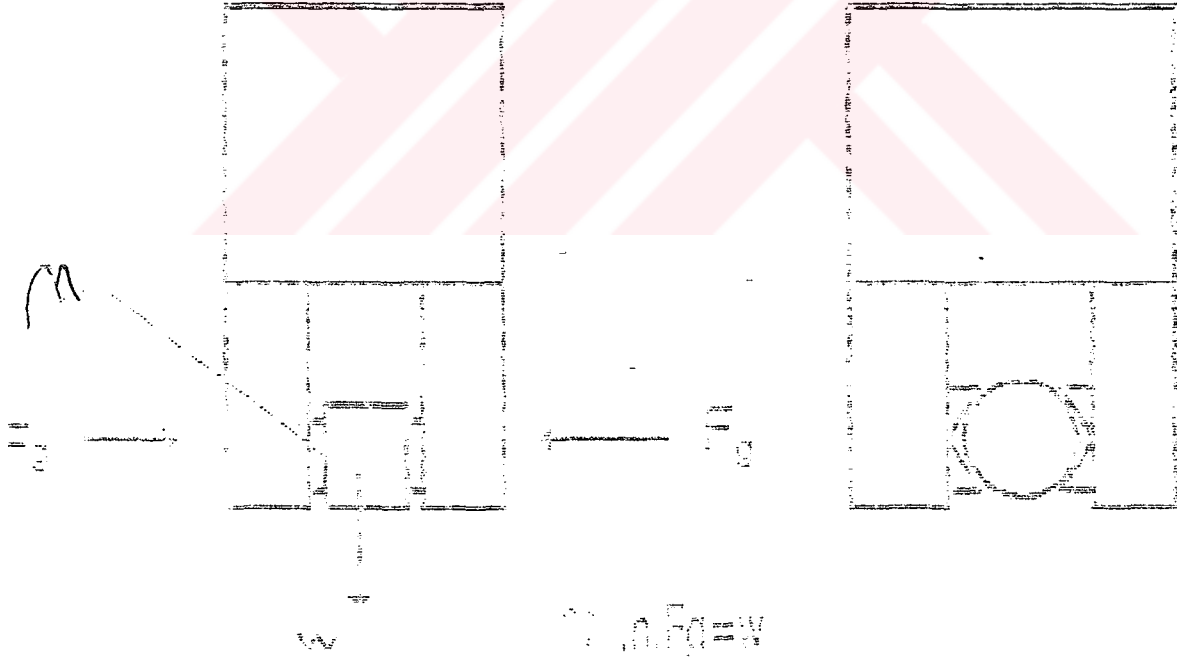
Mekanik tutucular , yapıları ve çalışma prensipleri bakımından basit araçlardır. Genelde insan parmağı yapısı düşünülerek iki parmaklı veya uç parmaklı dizayn edilirler.

Mekanik tutucu mekanizmalarında, parmak kuvveti pnömomatik silindirler ,hidrolik silindirler veya elektrik motoru ile oluşturulur. Tutma şekli ,parmaklar aralarına aldıkları cisme yaklaşarak sıkırlar veya parmak ucundaki profil şekil içine hapsederek tutma işlemi gerçekleşir.

Aşağıdaki iki şekilde tutuş biçimi görülmektedir.

Sıkıştırma ile tutma

Form ile tutma



$$n \cdot F_g = w$$

n = parmak sayısı

F_g = parmak kuvveti (N)

w = parca ağırlığı

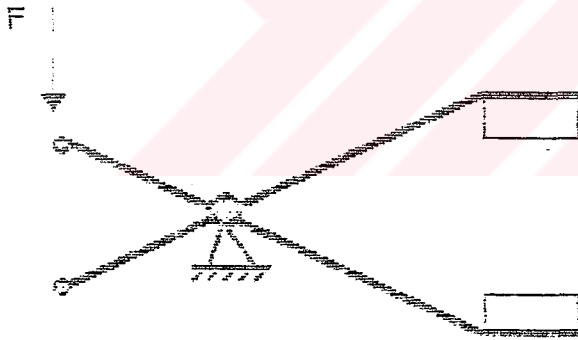
M = parmak ile parca arasındaki sürtünme

Mekanik tutucularda hareket şekilleri doğrusal ve açısal olmak üzere iki şekildedir. Doğrusal hareketli mekanizmalar daha pahalıdır. Tutucularda parmak hareketi , genelde 4 çeşit mekanizma ile yapılmaktadır.

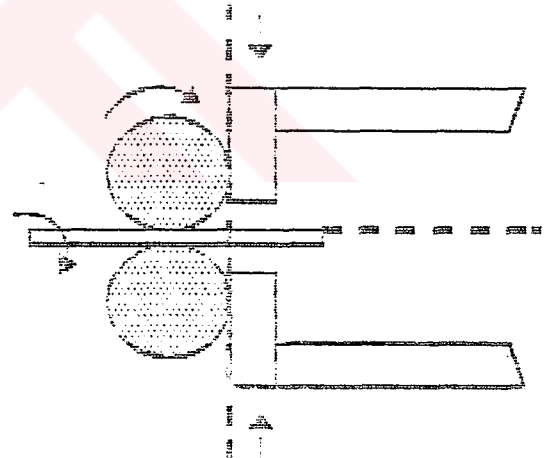
Parmak hareketleri

1. Kaldıraç mekanizmaları
2. Dişli mekanizmaları
3. Kam mekanizmaları
4. Vida mekanizmaları

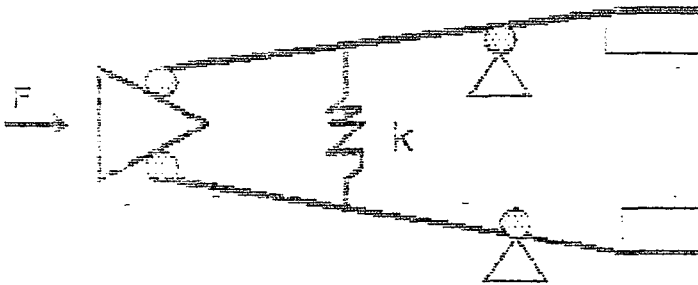
Aşağıdaki şekillerde parmak mekanizmalarının çalışma prensipleri görülmektedir.



a) Kaldıraç sistemi



b) Dişli mekanizmalı

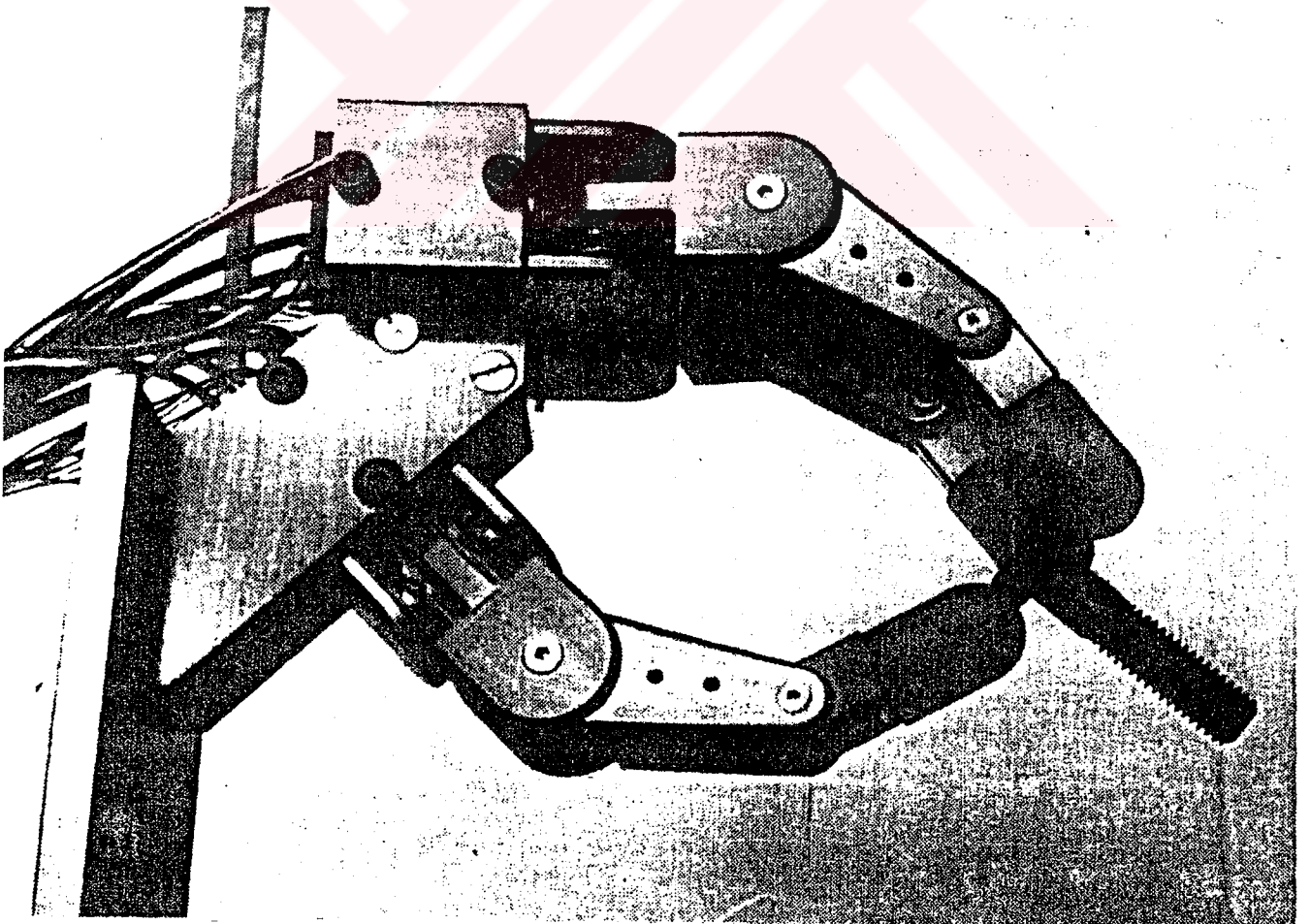
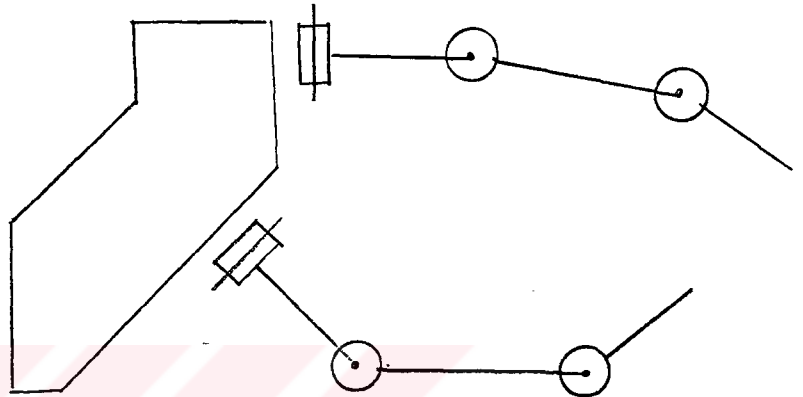
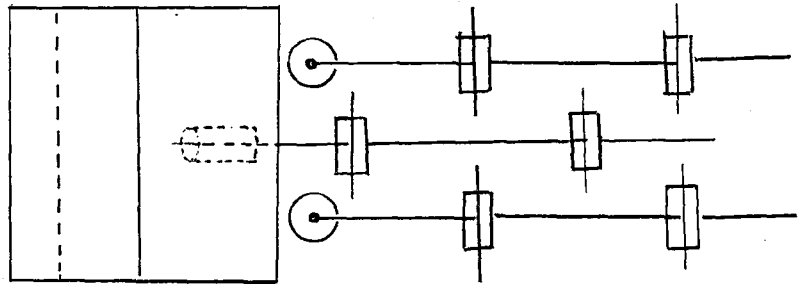
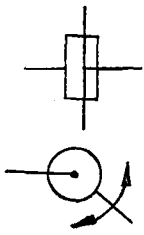


c) Kam mekanizmalı sistem

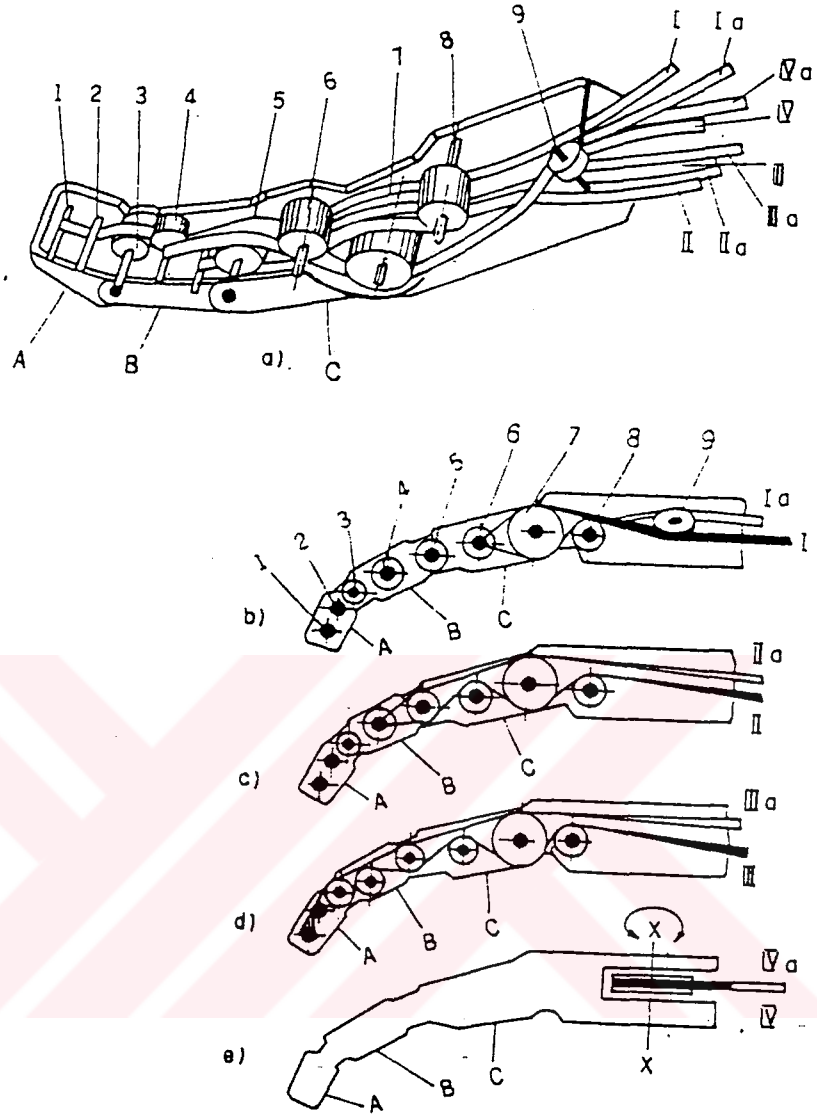


d) Vida mekanizmalı sistem

Eklein (Revolute)

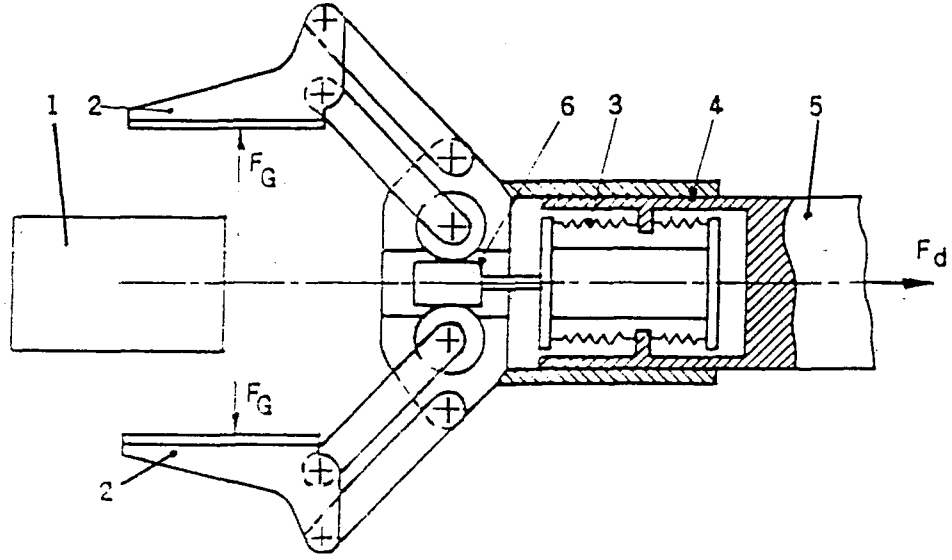


The Stanford-JPL dextrous hand



ŞekilUtah MFF Dextrous El dizaynı

- a) Bir parmağın yandan görünüşü
- b) C kirişinin hareketi
- c) B kirişinin hareketi
- d) Akirişinin hareketi
- e) x-x eksenini etrafında



Şekil Kuvvet sezgili mekanik tutucu dizaynı

F_g - tutma kuvveti

1- Parça

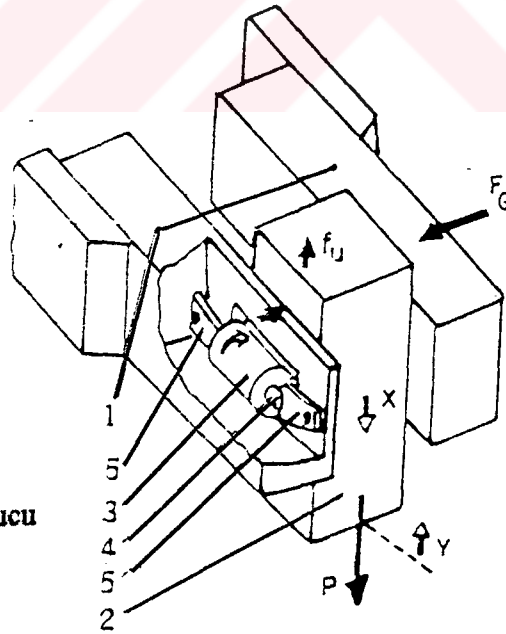
2- Yakalayıcı çene

3- Yay

4- Dış mil

5 -Mil

6- Kramayer vida



3 boyutlu dokunma sensörlü tutucu

· Çene

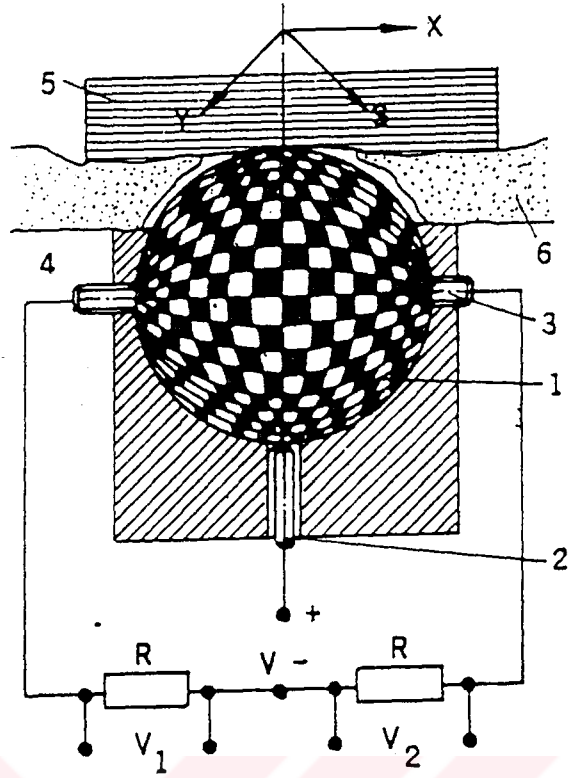
· Parça

· Sensör

· Mil

· Düz yay

mesakesi kadar inerken 3 nolu enkoder döner , böylece fazla inmeden tutma kuvveti uygulanır.



2 boyutlu dokunma sensörü

1-Küre , satranç tahtası modelinde izolasyon kaplı

2- Tel

3- Tel

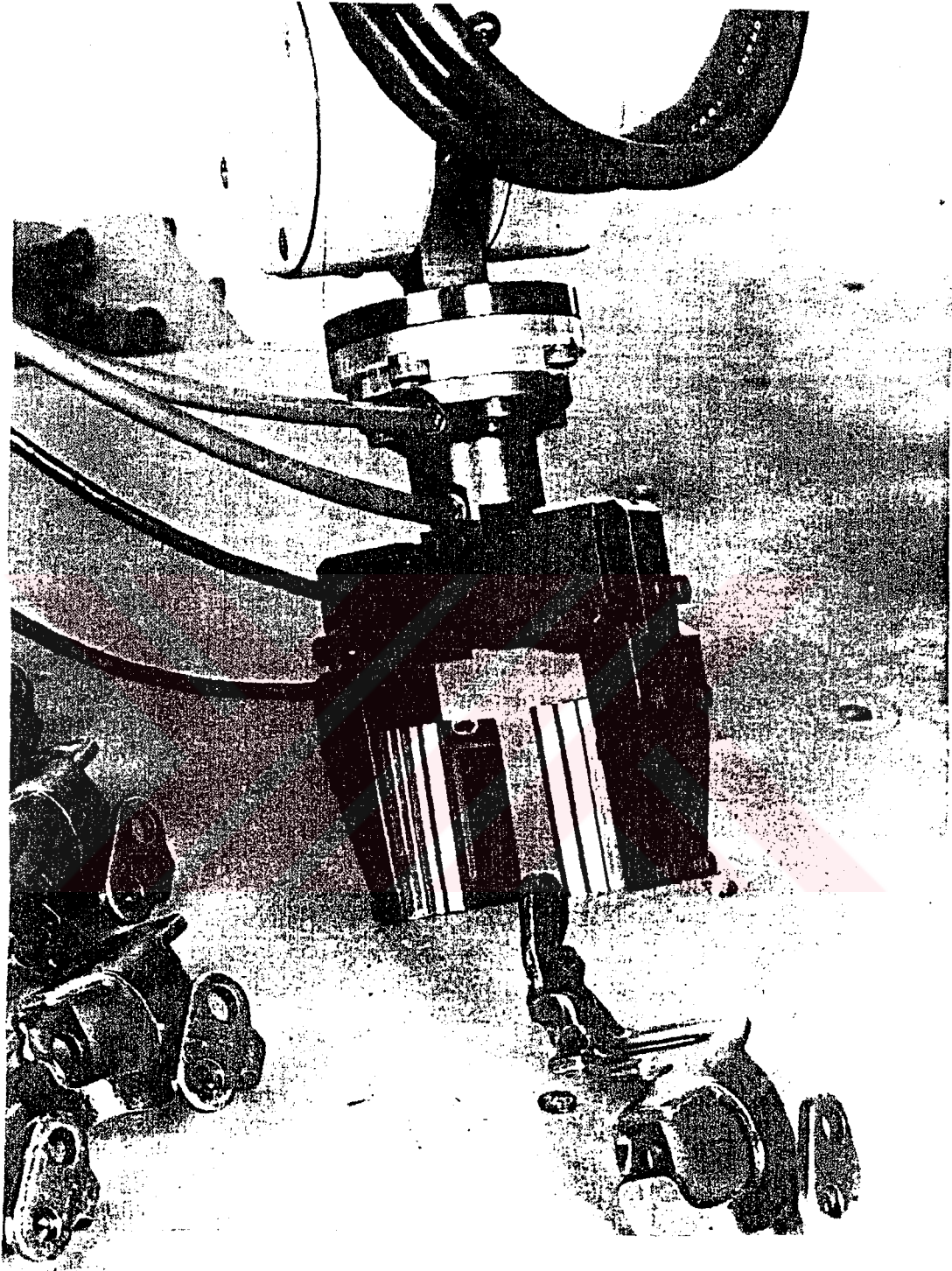
4- Tel

5- Parça (cisim)

6- Koruyucu yumuşak tabaka

V gerilimi sisteme veriliyor. 3 ve 4 nolu noktalar iletim yerleri ,iletim kesilince V1 ve

V2 de gerilim darbeleri oluşur.

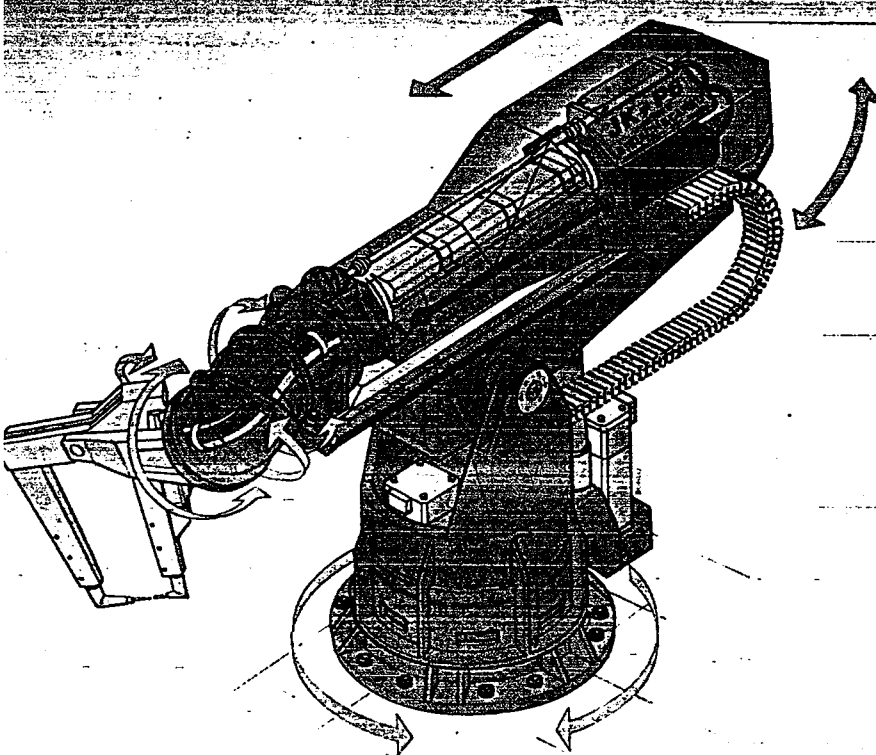
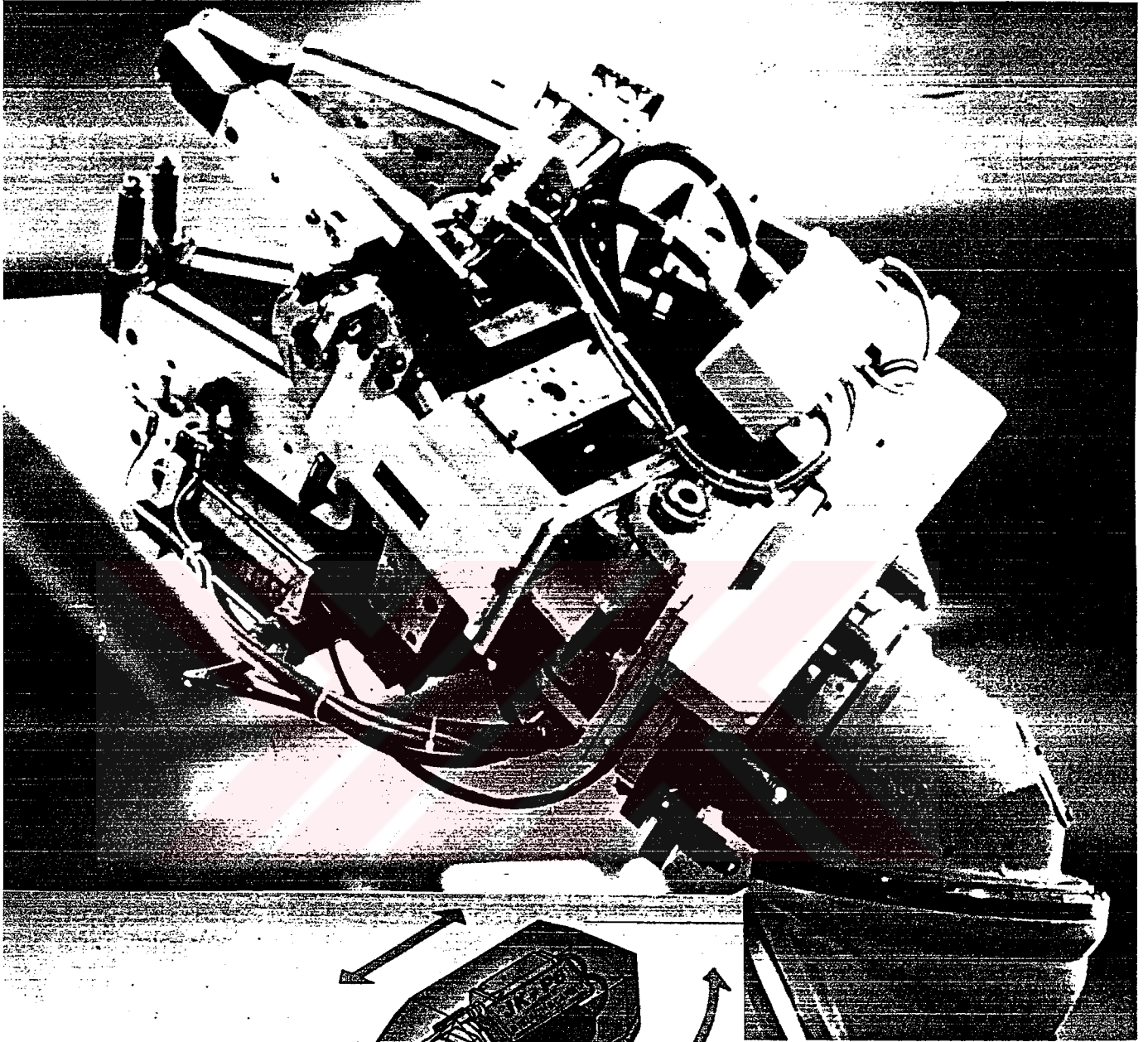


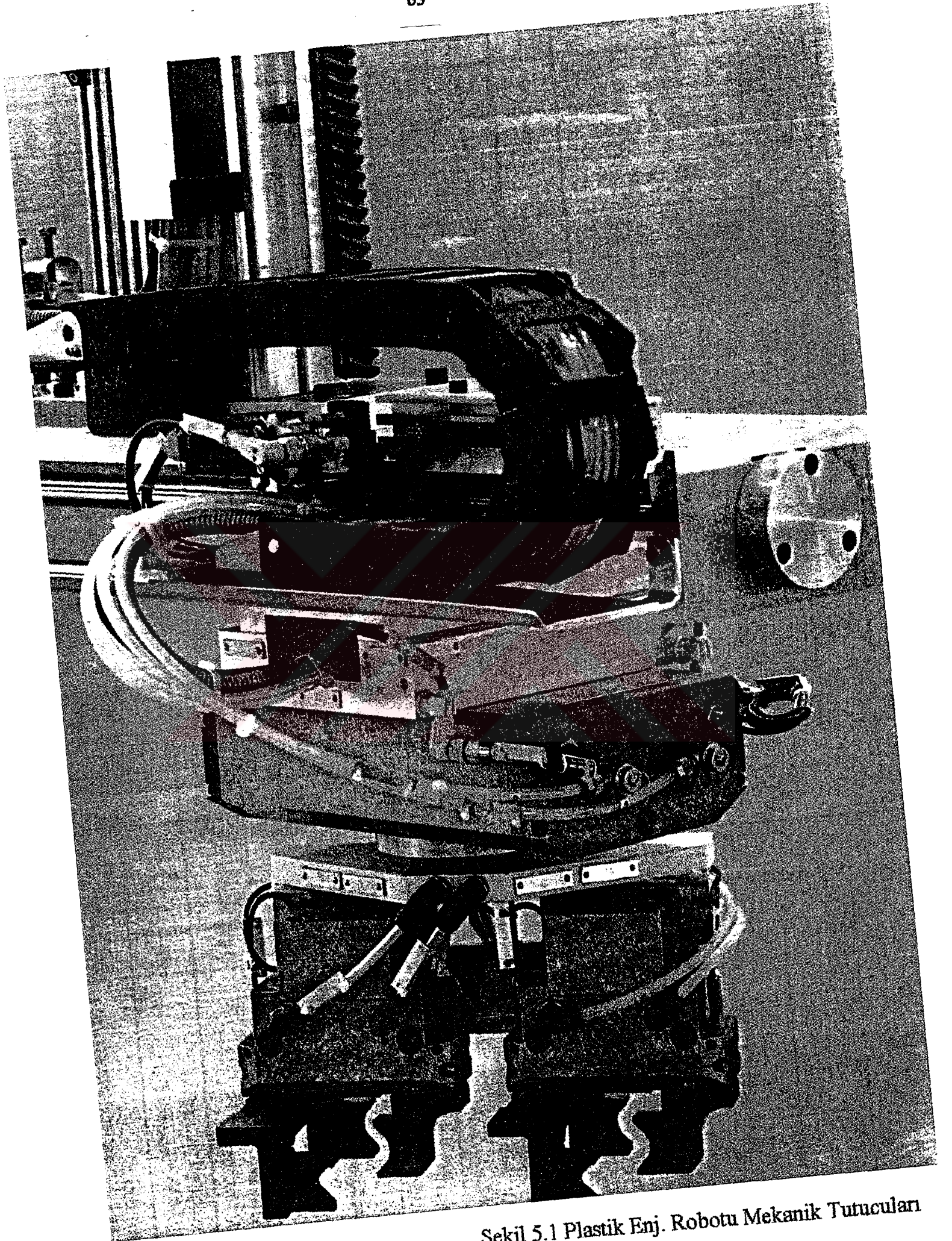
Dokunma sezgili bir tutucunun parçayı tutuşu görülmektedir.

The Lord LTS-210 tactile sensor mounted on a robot gripper
(Photograph courtesy of Lord Corporation, Industrial Automation Division, Cary, North Carolina)

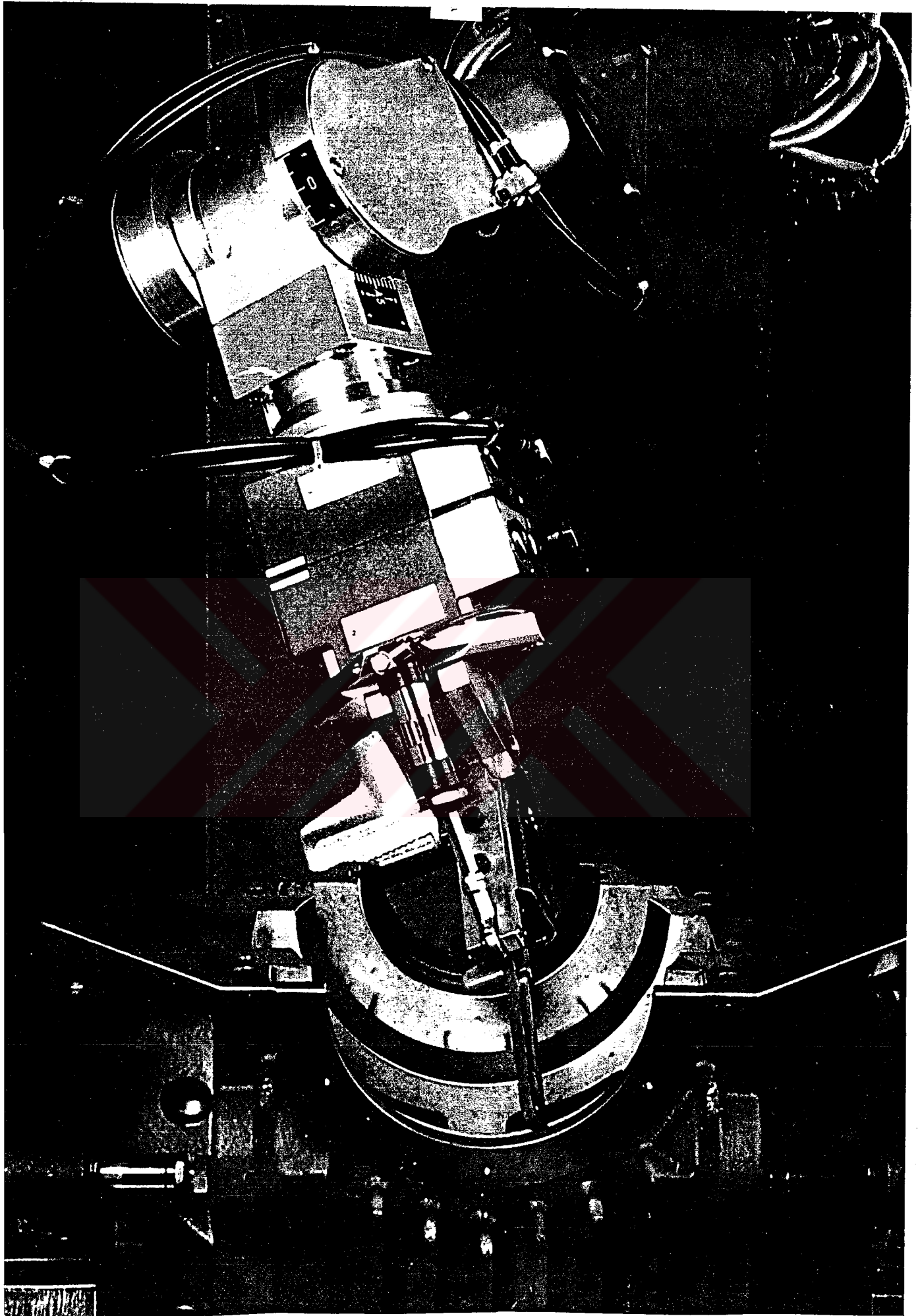
Bir punta kaynak ekipmanı , tutucu şeklinde resimde görüldüğü gibi
bağlanmıştır.

62





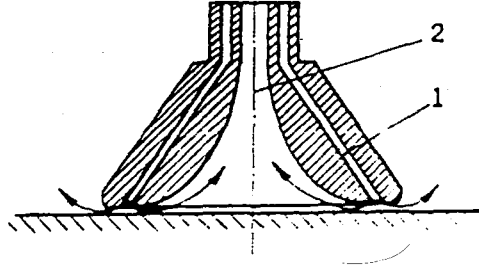
Şekil 5.1 Plastik Enj. Robotu Mekanik Tutucuları



Hassas son tesviye İşlemi yapan bir robot - REIS Robot şirketi -Almanya

5.2 Vakumlu Pnömatik Tutucular

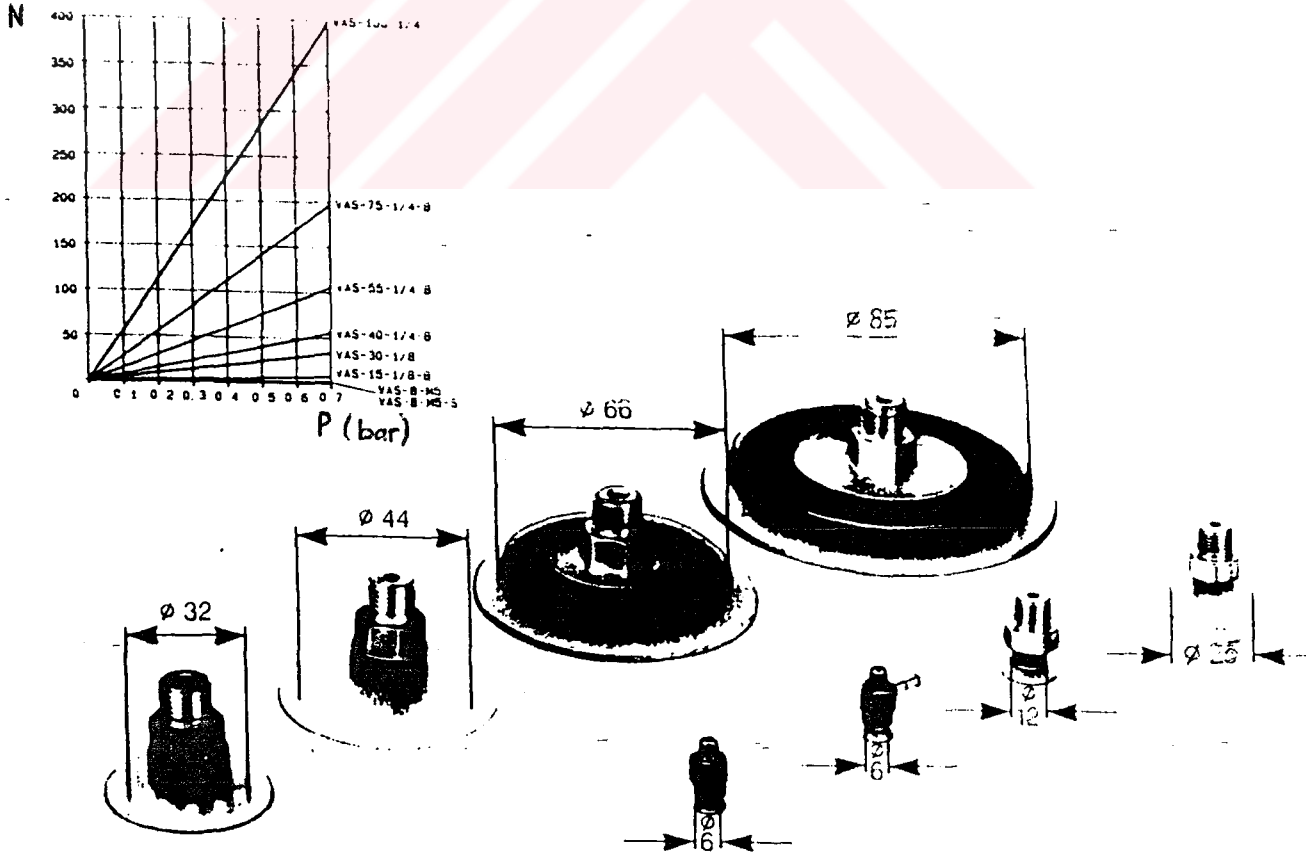
Vakumlu pnömatik tutucuların çalışma prensibi , kapalı bir sistemde vakum ile çevresel çekim oluşturularak , tutma kuvveti sağlanır. Vakum ile tutma işlemlerinde vantuz tutucuları kullanılır. Vakum basıncı , 0.1- 0.7 bar arasındadır.



Şekil 5.1 Bir vantuz kesiti görülmektedir. 1) Vantuz dudağı 2) Vakum kanalı

Pnömatik vantuz ölçülerine göre tutma kuvvetleri değişimi aşağıda görülmektedir.

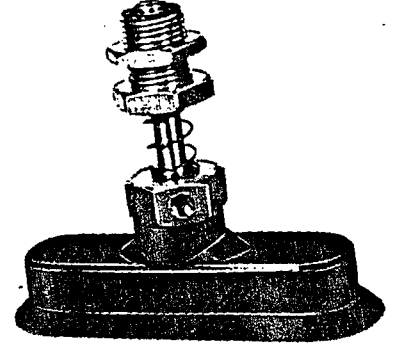
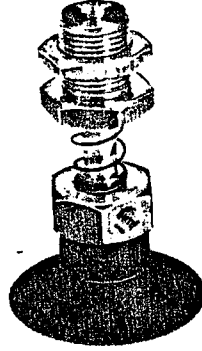
(Şekil 5.2)



Şekil 5.2 Vantuz ölçüleri ve tutma kuvveti diyagramı

Vantuz şekilleri genelde dairesel ve özel prosesler için oval olmaktadır. Oval biçimin avantajı tutma yüzeyi üzerinde az yer işgal etmesidir. Vantuzlu sistemlerde tutulacak yüzey temiz olmalıdır ve hava girişi oluşturacak herhangi bir delik olmamalıdır. Vantuz biçimi olarak ayrıca körüklu tipleri vardır. Körüğün avantajı suspansiyon yapıp titreşimleri azaltmak, cisme zarar vermemek ve daha iyi vakumlama için çünkü körük nedeniyle vakum hacmi artmıştır.

Aşağıda çeşitli vantuz şekilleri görülmektedir. Şekil 5.3

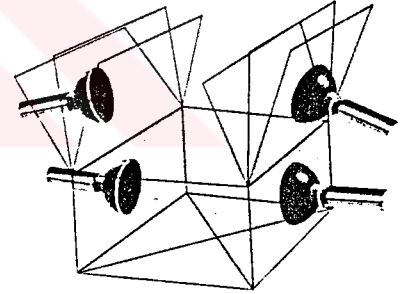


Şekil 5.3 a) Dairesel lastik dudaklı vantuz

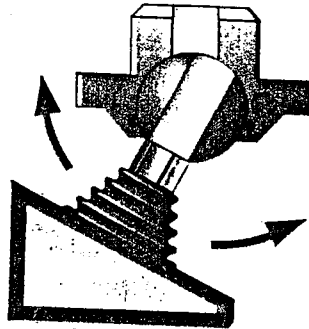
b) Oval lastik dudaklı vantuz

Tutma uygulamalarına örnek olarak

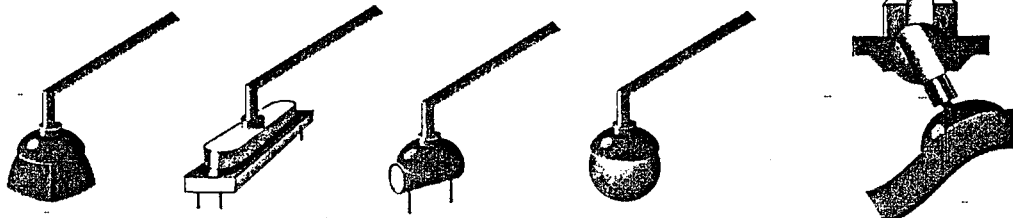
1. Kutu kapağının açılması (vantuz tutucuları ile)



2. Körüklu vantuz ile eğri konumda bulunan yüzeyin tutulması

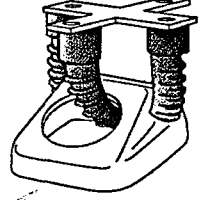
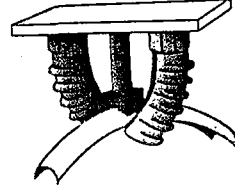
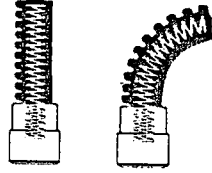


3. Çeşitli cisimlerin tutulması

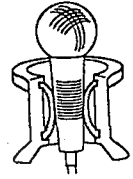
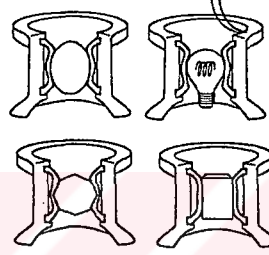


Pnömatik tutucu sistemleri vakumlu sistemlerden başka basınçlı tipleri vardır. Bu tipin özelliği, parmak şeklindeki tutucuları 2-6 bar pnömatik basınçla hareketlenip tutma işlemi yapmasıdır. Aşağıdaki şekilde çalışma durumu ve uygulamaları görülmektedir. (Şekil 5.4)

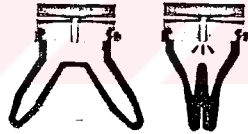
Şekil 5.4 a) yay modeli



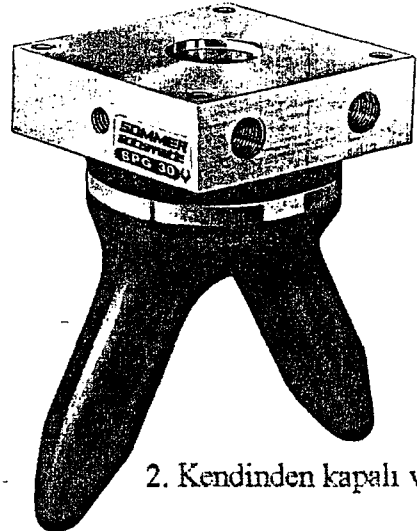
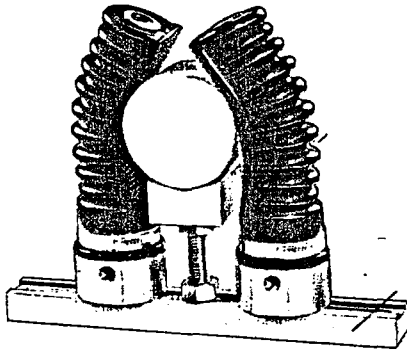
b) içten sıkma



c) iki parmak



Parmak modeli genelde en yaygın kullanılanıdır. Yay ve kendinden kapalı parmak şekilleri aşağıda görülmektedir. (Şekil 5.5)

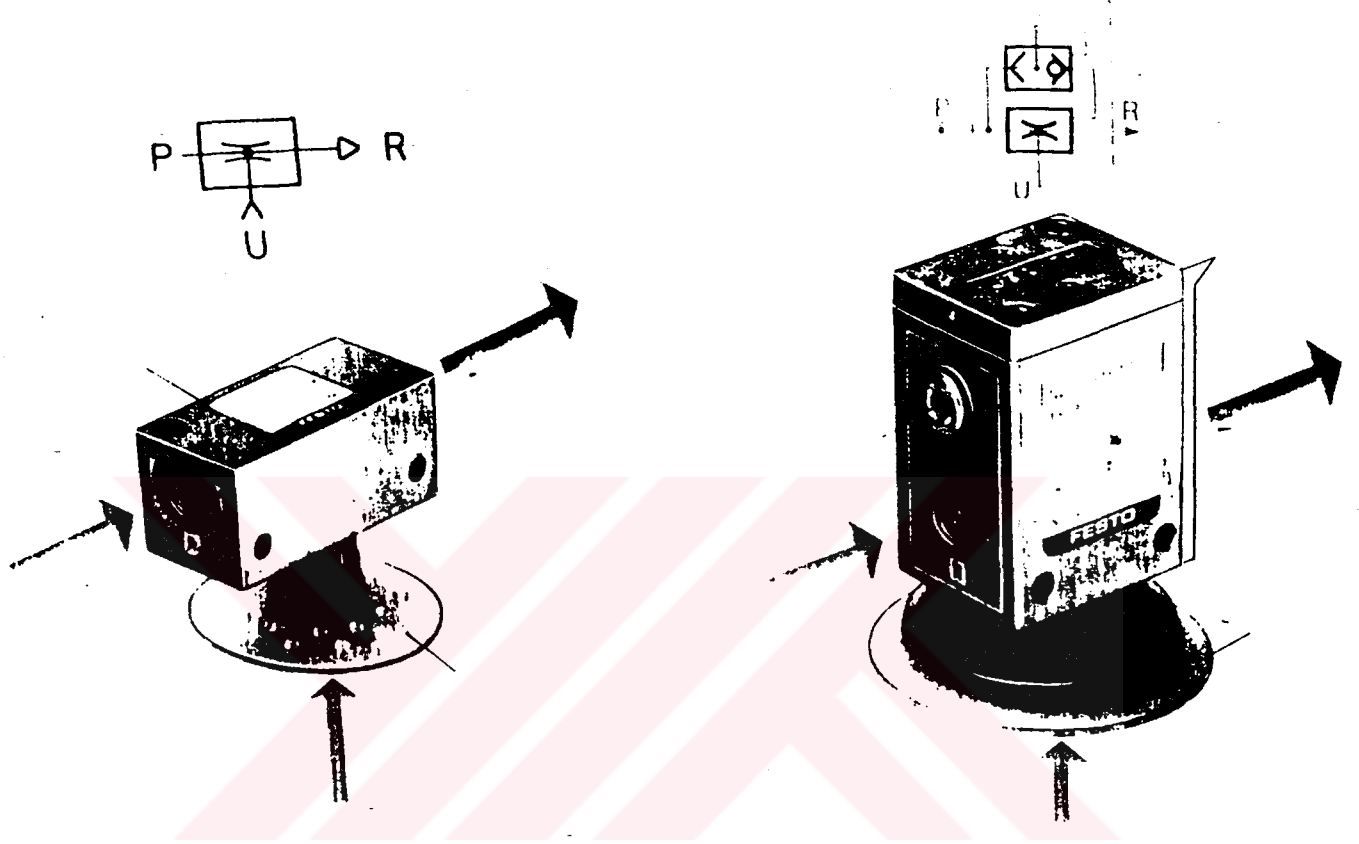


Şeli 5.5 1. Yay modeli

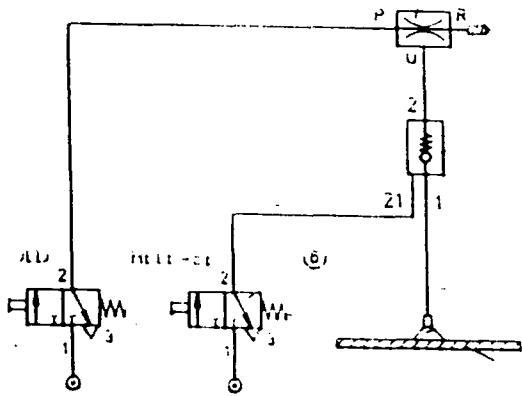
2. Kendinden kapalı veya açık

Vakum ureteçleri

Hava venturisi ile vakum oluşturulur. Pnömatik sistemlerde bu metod vakum üretimi diğer sistemlere göre daha pratiktir. Aşağıda vakum ureteçleri ve pnömatik devrede kullanımları görülmektedir.



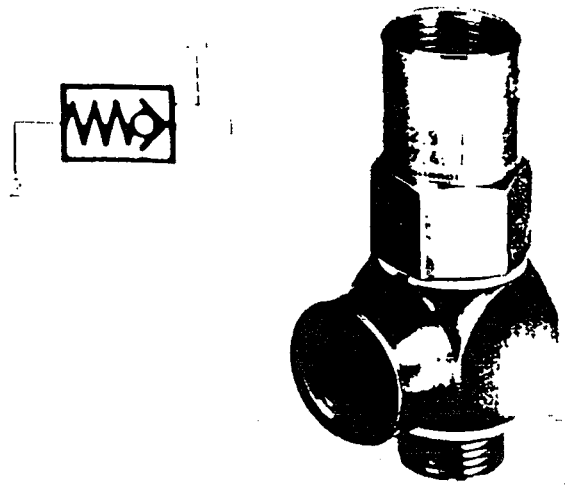
(1) (2)



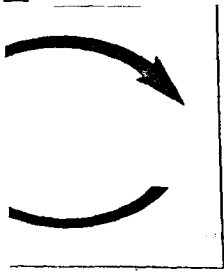
(3)

(4)

(5)

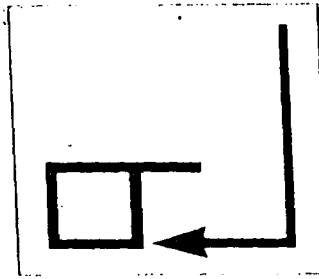


VAKUMLU TUTUCU SİSTEMLERİNİN UYGULAMA SAHALARI

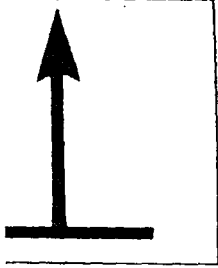


KONVEYÖR
SİSTEMLERİ

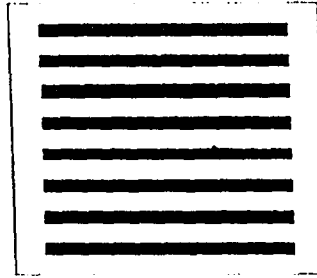
70



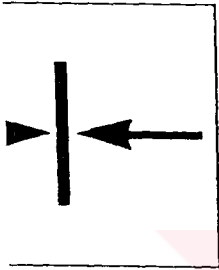
KALDIRMA



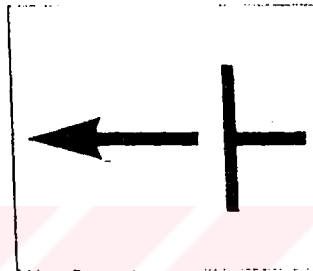
TAŞIMA



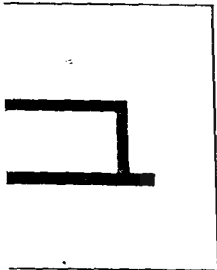
DEPOLAMA



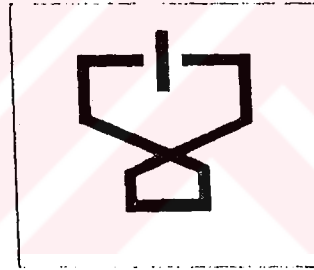
DURDURMA



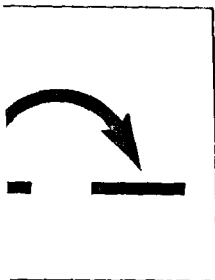
PARÇA TUTMA



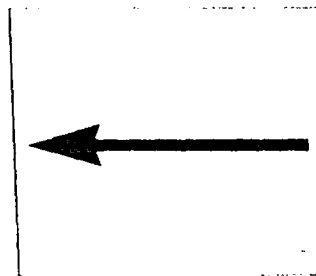
DÖNDÜRME



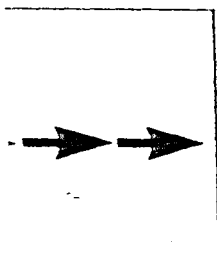
YAKALAMA



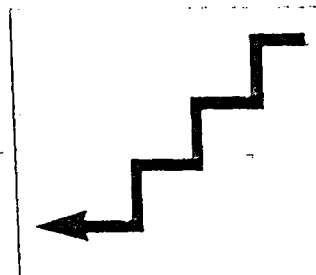
TERS ÇEVİRME



İLK POZİSYONA
GETİRME



BESLEME

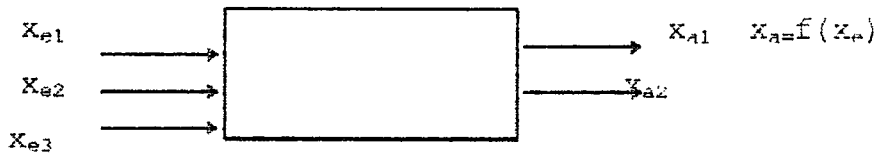


HAREKET ETTİRME

BÖLÜM 6 Robotlarda Kontrol

6.1 Kontrol Nedir ?

Kontrol kelimesinin standart anlamı olarak DIN 19226 " Automatic Control Eng. Kontrol Eng. Terms and Designations " a göre , Kontrol bir sistem içindeki proseste ,bir veya bir kaç giriş değerlerinin sistemin kuralları doğrultusunda sistemin çıkış değerlerini etkilemesi olarak tanımlanmaktadır.

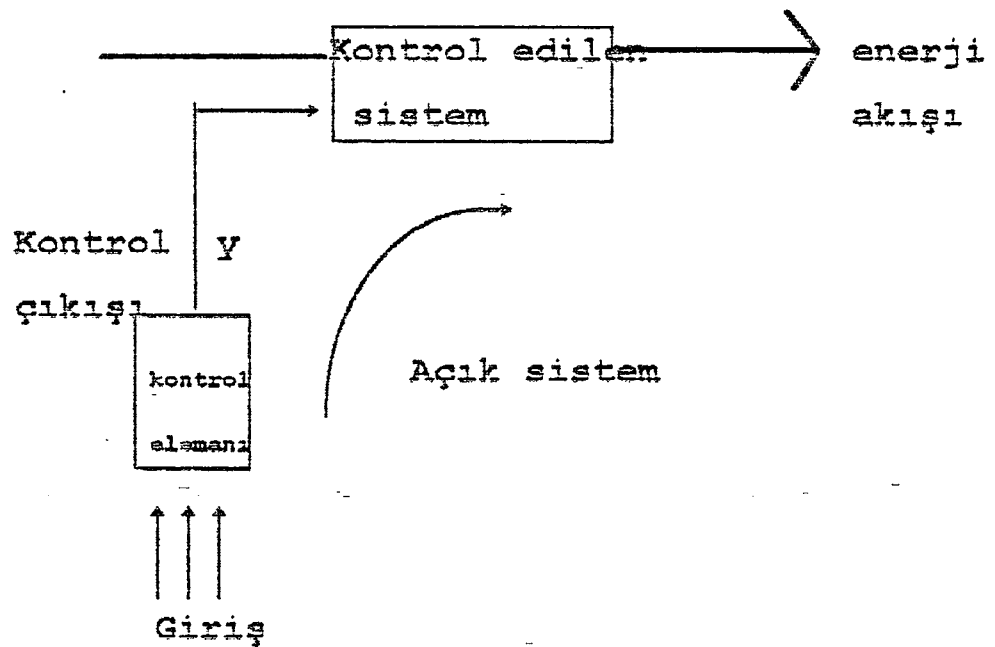


Kontrol için yapılan diğer tanımlar ise şöyledir.

" Büyük enerjinin, küçük enerji ile etkilendirilmesi"

" Bir makinada ekipman işlemlerinin otomatik olarak değiştirilmesi"

tanımlarla ifade edilmektedir.



Kontrol araçları

- Mekamik
- Elektrik
- Elektronik
- Normal pnö. basınç
- Düşük pnö. basınç
- Hidrolik
- Optik

Kontrol uygulama şekli bakımından 4 gruba ayrılır.

- a) Pilot kontrol
- b) Hafıza kontrol
- c) Program kontrol

Program kontrolde kendi arasında 3'e ayrılır.

- Zamana bağlı kontrol
- Hareket pozisyonu
- Sıralı kontrol

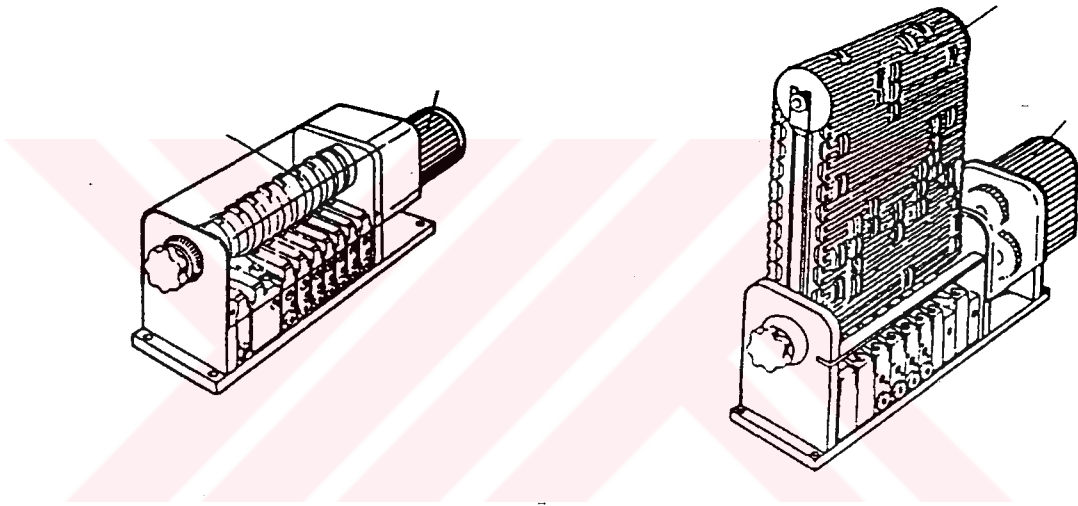
Pilot kontrol, kontrol değerinin , çıkış değerine bağlı olduğu kontrol şeklidir. Pilot kontrolde hafıza yoktur.

Hafızalı kontrol, komut değerinin bir yerde depolanarak istenildiği gibi kullanılmasıdır.

Zamana bağlı kontrol; zaman akışı suresince programın işletilmesi

Program sistemi olarak .

- Kam mekanizması
- Program kayışı
- Delikli kart
- Delikli bant v.s.



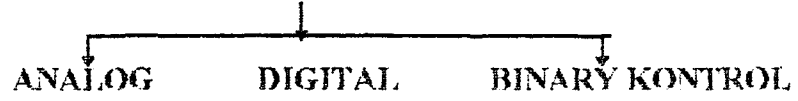
Şekil 8 a) Kam mekanizmalı programlama

b) Program kayışı (bantı)

Pozisyon kontrolü , çıkış değerinin ulaşılan pozisyon değerine göre komut değerinin ayarlanmasıdır.(DIN 19226)

Sıralı kontrol , Program akışının adım adım yapılarak ve proses elemanının sıralı şekilde kontrol edilmesidir.

Kontrol Sinyalleri



Analog kontrol; Analog sinyallerin kullanılarak yapıldığı kontrol sistemidir.

Digital kontrol, Digital sinyaller kullanılarak yapılan kontrol şeklidir.

Binary kontrol , İkili düzen sinyalleri kullanılarak yapılan kontrol şeklidir.

(DIN 19237 - sinyal işletim tipleri standardı)

Kontrol sistemi seçimindeki kriterler

- 1- Elemanların uvenirliği
- 2- Çevresel etkilere duyarlılık
- 3- Kolay bakım
- 4- Anahtarlama zamanı
- 5- Boyut durumları
- 6- Ömür süresi
- 7- Bakım ve işletme için gerekli eğitim

Kriter	İşleme	Anahtarlama hızı	Anahtarlama zamanı	Etki sahası	Yer ihtivacı	Sinyal
Elektrik	Toz ve nem	çok hızlı	10 ms.	sınırsız	düşük	digital
Elektronik	uzun ömür	çok hızlı	< 1 ms.	sınırlı	çok düşük	dig/anal
Pnömatik N: temiz hava		10-40 m/s	5 ms.	sınırlı	düşük	dig/ana.
Pnömatik D: temiz hava		100-200 m/s	> 1ms.	sınırlı	düşük	dig/ana.

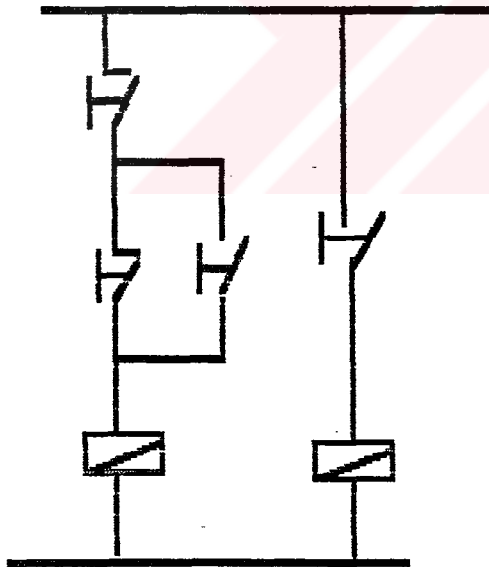
6.2 Elektronik Kontrol Sistemleri

Elektronik kontrol sistemleri iki ana grup ayrılarak incelenir.

1. Kablo bağlantılı kontrol devreleri (Hard - wired), Şekil 6.2
2. Kayıt edilmiş programa göre çalışan kontrol devreleri (Stored program), Şekil 6.3

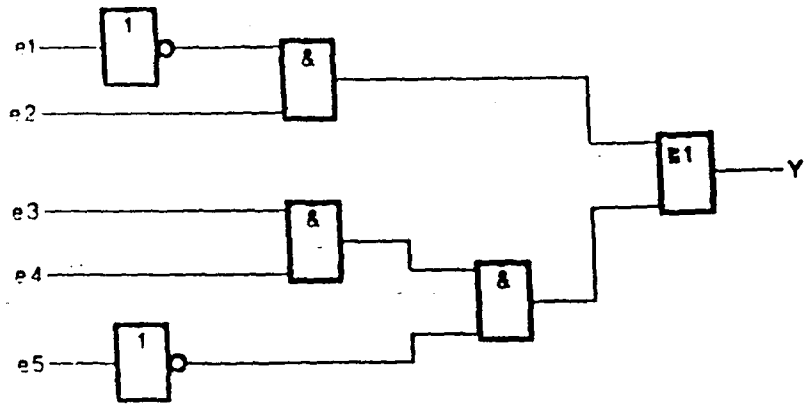
6.2.1 Kablo bağlantılı kontrol devreleri

Klasik kontrol sistemidir . Elektronik hafızalı kontrol sistemlerinin gelişmesiyle kullanımları azalmıştır.Genelde basit ve sabit kontrol amacıyla kullanılır.Maliyet yönünden basit olması sebebiyle diğer sistemlere göre ucuzdur.Dezavantajları olarak kontrol sistemine yeni ilave devrelerin konulması zaman yönünden uzun zaman almaktadır, çünkü kabloların sökülüp takılması uzun zaman gerektirir.Esnék kullanım özelliği yoktur.

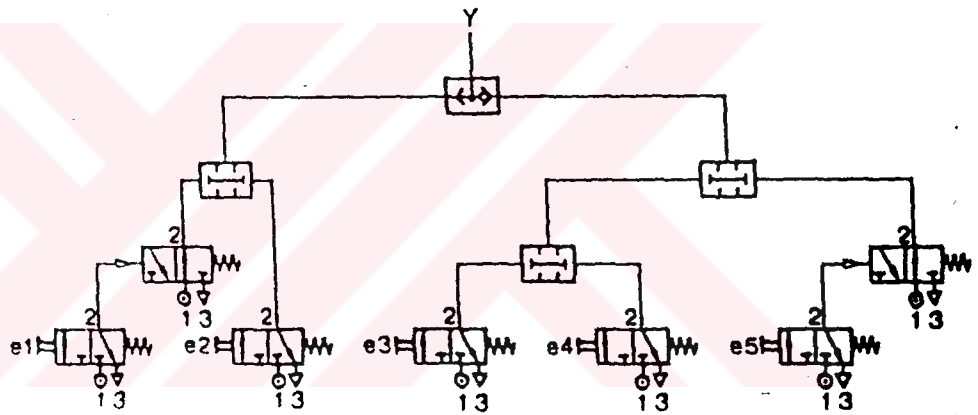


Şekil 6.2 Kablo devreli kontrol (Hard - wired)

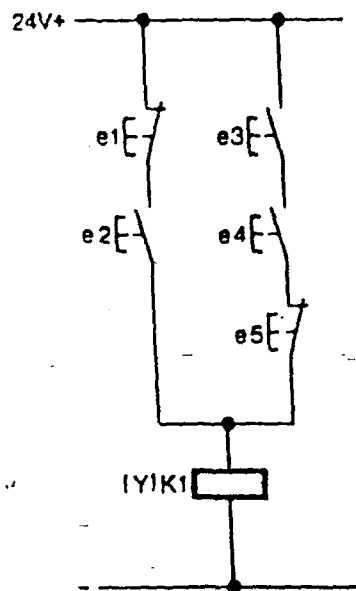
MANTIK DEVRESİ (LOGIC)



PNÖMATİK DEVRE

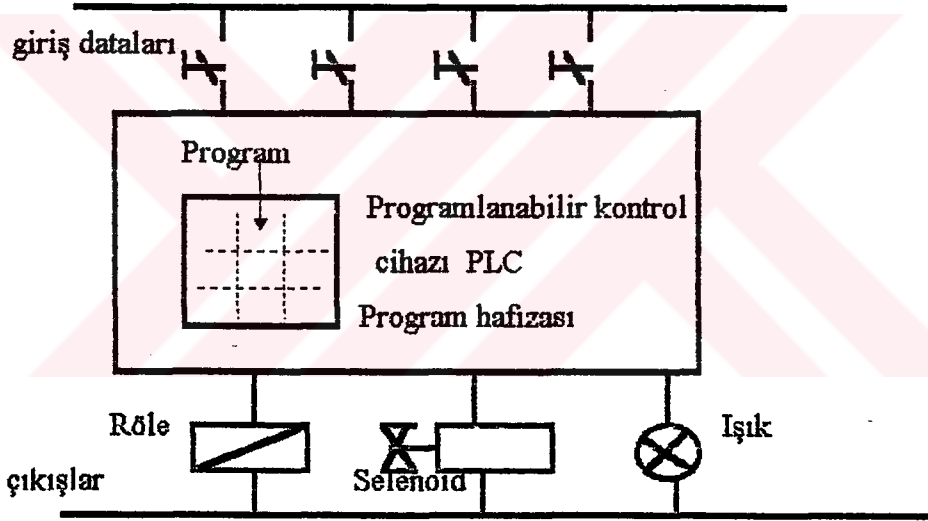


ELEKTRİK DEVRESİ



6.2.2 Kayıt edilmiş programlı kontrol sistemleri (Stored program)

Bu sistemler , kablo sistemine göre çok daha pratik ve karışık sistemlerde ekonomiktir. En önemli özelliği istenildiğinde programın kolay değiştirilebilmesidir. Programlanabilir kontrol sistemlerinin bazılarında geniş hafıza bölümü olup 1 den çok program kayıt edilerek , çok kısa süre içerisinde değişik programlara ihtiyaç gerekli olduğunda istenilen program çok kısa surede seçilerek çalıştırılması mumkun olduğundan programlanabilir hafızalı kontrol cihazları tercih edilir. Bu tip cihazlar olarak , PLC (Programmable Logic Controller) ve Bilgisayarlar kullanılmaktadır.



Şekil 6.3 Programlanabilir kontrol cihazı

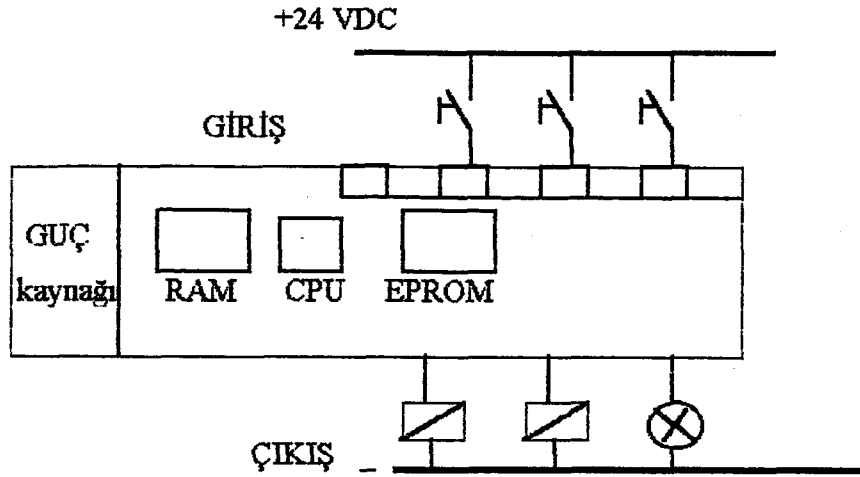
Hafızalı kontrol sistemleri olarak PLC ve Bilgisayarların kullanılmasının diğer tercih sebebi sistemde meydana gelen arızaları rapor halinde göstermeleridir. Saatlik, günlük, aylık, ve yıllık raporlar almak mümkündür.

6.2.2.1 PLC (Programmable Logic Controller) Programlanabilir Kontrol Cihazı

PLC cihazları yapısal olarak bilgisayarlara göre kompakt yapıdadır.Şekil 6.4 Yapısında CPU,mikro işlemci , dinamik hafıza RAM ve statik hafıza olarak EPROM veya kayıt cihazları ve diğer donanım gereçleri mevcuttur. PLC ler Endüstriyel amaçlı kontrol cihazlarıdır.Temel yapılarında yükseltici devre elemanları mevcut olan tipleri vardır. Besleme güç kaynağı olarak 24 V DC ve direkt olarak şebekeye bağlanan 220 V AC beslemeli PLC tipleri vardır. Mantık birimlerinde 5 V DC veya 12 V DC kullanılmaktadır.PLC cihazlarının endüstriyel alanda kullanılması 1980 li yıllarda önem kazanarak,Teknolojik gelişmelerin etkisiyle PLC cihazları günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. PLC cihazları , kullanılacakları proseslerde gerekli olan bilgi giriş ve çıkış sayısına göre çeşitli kapasitelerde üretilmektedir.

Örnek olarak bir proseste Digital 10 Giriş / 5 Çıkış kontrolü gerekiyorsa , gerekli ihtiyacı sağlayacak cihazı seçelim . PLC imalatçısı firmaların amaca göre çeşitli tipleri mevcuttur. Birden fazla PLC cihazı olan işletmelerde tek firma ürünlerini kullanmak bir çok avantaj sağlar. Proses için Siemens firmasının ürünü kullanılmak istenirse , Siemens ürünlerinden hangi tipi proses için uygundur? Bu proses için Siemens ' in iki modeli uygun 90 U ve 95 U . Özellikleri incelendiğinde 90 U tam kapasitede kullanılmakta , istenildiğinde modul genişleme eklenerek kapasite artırılır. 90 U için max genişleme sınırı $(6*6)+ 6 = 42$ veya $(6*6)+10=46$ giriş/çıkış sayısı olabilir.Eğer bu prosese daha sonra yeni ilaveler yapılması düşünülüyorsa, bir üst model 95 U nun seçilmesi daha faydalıdır.Aşağıda her iki tipinde özellikleri görülmektedir.

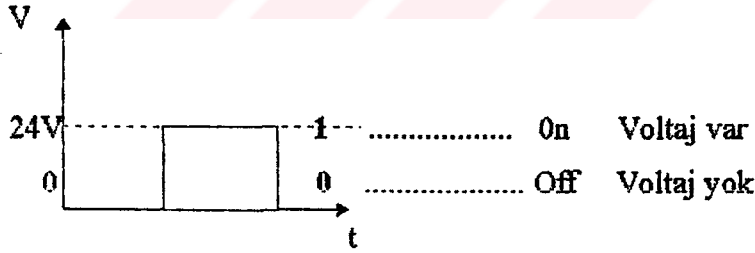
SIEMENS PLC	90 U	95 U
RAM	4 kB	8 kB
İŞLEM HIZI	2 ms	2 ms
FLAG	1024	2048
timer/sayıcı	32/32	128/128
CPU	1 kHz	2 kHz
giriş/ çıkış digital	10/6	16/16 + Analog 8/1



Şekil 6.4 PLC cihazı yapısı

Guç kaynağı ,sistem ve sistem dışı çıkışlara gerekli olan gucu sağlar. Programlayıcının kendisi için 5 V DC , çıkış birimleri için 24 V dan 220 V AC ' a kadar sağlanmaktadır.

Giriş ve çıkış dataları digital veya analog sinyallerden oluşur.Digital sinyaller binary duzen (ikilik) ile ifade edilir.

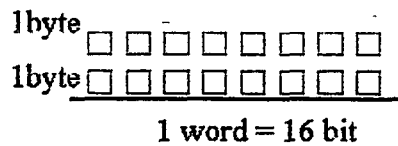


Giriş ve çıkış sinyallerinin en küçük birimi " Bit " dir.

1 bit 0 veya 1 durumunu gösteren hücredir.

8 bitin oluşturduğu ikilik duzen grubuna 1 byte denir.

2 byte birleşerek 1kelime(word) 'u oluşturur.



PLC ' de Program Nasıl yazılır ?

PLC cihazlarında programlar , cihaz üzerindeki keyboard (klavye)' dan veya cihaza dışardan bağlanan bilgisayar yardımıyla yazılıp cihaza transfer edilir.

PLC cihazında program Ram içine aktarılarak çalıştırılır.Ram üzerinde program kalıcı değildir. Ram pil ile enerjilendirildiği için , Ram da program saklamak risklidir. Programı kalıcı yapmak için , statik hafıza EPROM veya EEPROM a kaydedilir. EPROM ' daki program sadece UV ışınları ile silinir. Fiyatı EEPROM' a göre ucuzdur. EEPROM program yazılma/silinme özelliği vardır. Silme işlemi kolaydır. PLC cihazı tarafından elektrik sinyalleri ile yapılır. Fiyatı Eprom 'a göre 10 - 15 kat pahalıdır. Epromların kapasiteleri 8 kB , 16 kB , 64 kB , 1Mb şeklindedir.

PLC cihazlarının programlanmasında 3 yazım metodu kullanılır.

- 1 - Ladder diyagramı (LAD)
- 2 - Blok şema (CSF) - Control System Flow chart
- 3- Yazı Listesi (STL) -Statement List

1. LADDER Diyagram Yazılımı (LAD)

Kontrol konusunun grafiksel metodlarla ifade edilmesi , semboller Amerika'da yaygın kullanılanlar arasından seçilmiştir. Program yazılımı yatay şekilde yapılır. Yazılma alanı sınırlıdır. Komut çeşidi sınırlı olduğundan her türlü program yazmak mümkün değildir.

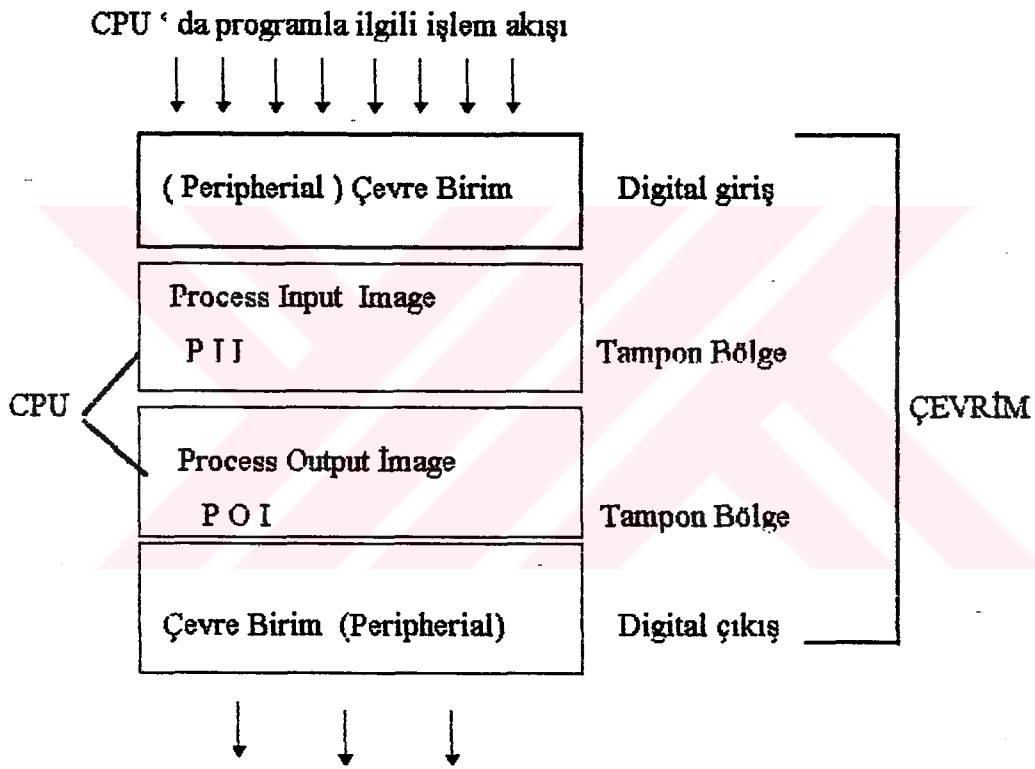
2. Blok Şema Yazılımı (CSF)

DIN 40700 ve DIN 40719 da belirtilen semboller ile ifade edilir.

Sembollerin sol kısmında giriş , sağ kısmında çıkış sinyalleri yazılır.

3. Yazı Listesi Yazılım (STL)

Tüm programlama blokları bu yazılım şekli ile yazılır. Kontrol konusunu formüle etmede mnemonic kullanılır. Mnemonic işlemlerin kısa harf yazılımları ile gösterilmesidir. STL 'de program yazmak kolaydır, fakat çalışma anında proses akışının kontrolü zordur.



A I 1.0

A I 1.1

= Q 4.0

= Q 4.1

O I 1.2

O I 1.3

= Q 4.2

BE.

AAND

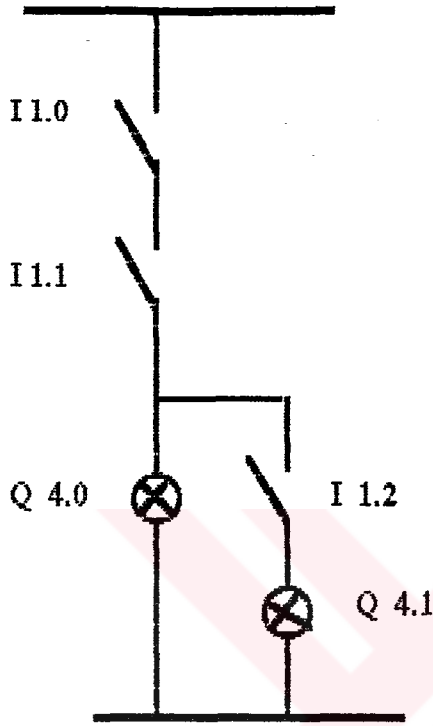
OOR

IINPUT

QOUTPUT

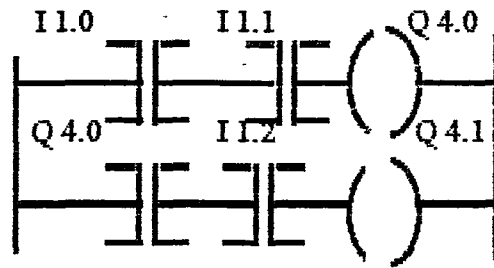
1.0 BİT NO

Kablo bağlantı devresi verilen bir kontrol devresinin 3 yazılım 'daki şekilleri

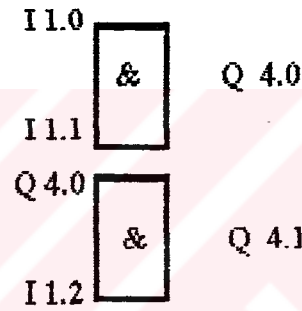


Kablo devresi

A) LAD



B) CSF



C.) STL

A I 1.0
 A I 1.1
 A F 10.0
 A I 1.2
 = Q 4.1

BE

F - FLAG yardımcı çıkış (ara çıkış)

Flag kullanmadan

A I 1.0
 A I 1.1
 = Q 4.0
 A I 1.0
 A I 1.1
 A I 1.2
 = Q 4.1

BE.

Bilgisayar ile kontrol sistemlerinde proses ihtiyacına göre giriş/çıkış sayısını çoğaltmak mümkündür. Paralel çıkış portunu veya ana işlemcinin çevre iletişimdeki 8 bitlik data hattını bir 8255 CMOS entegresi ile 24 bit'e çıkartılabilir.

Mantık İşlemci Entegre Devreleri Grubu

DTL - Diyot - Transistör - Mantık

TTL - Transistör - Transistör - Mantık

PMOS - P kanal metal oksit yarı iletken mantık (yavaş- ucuz)

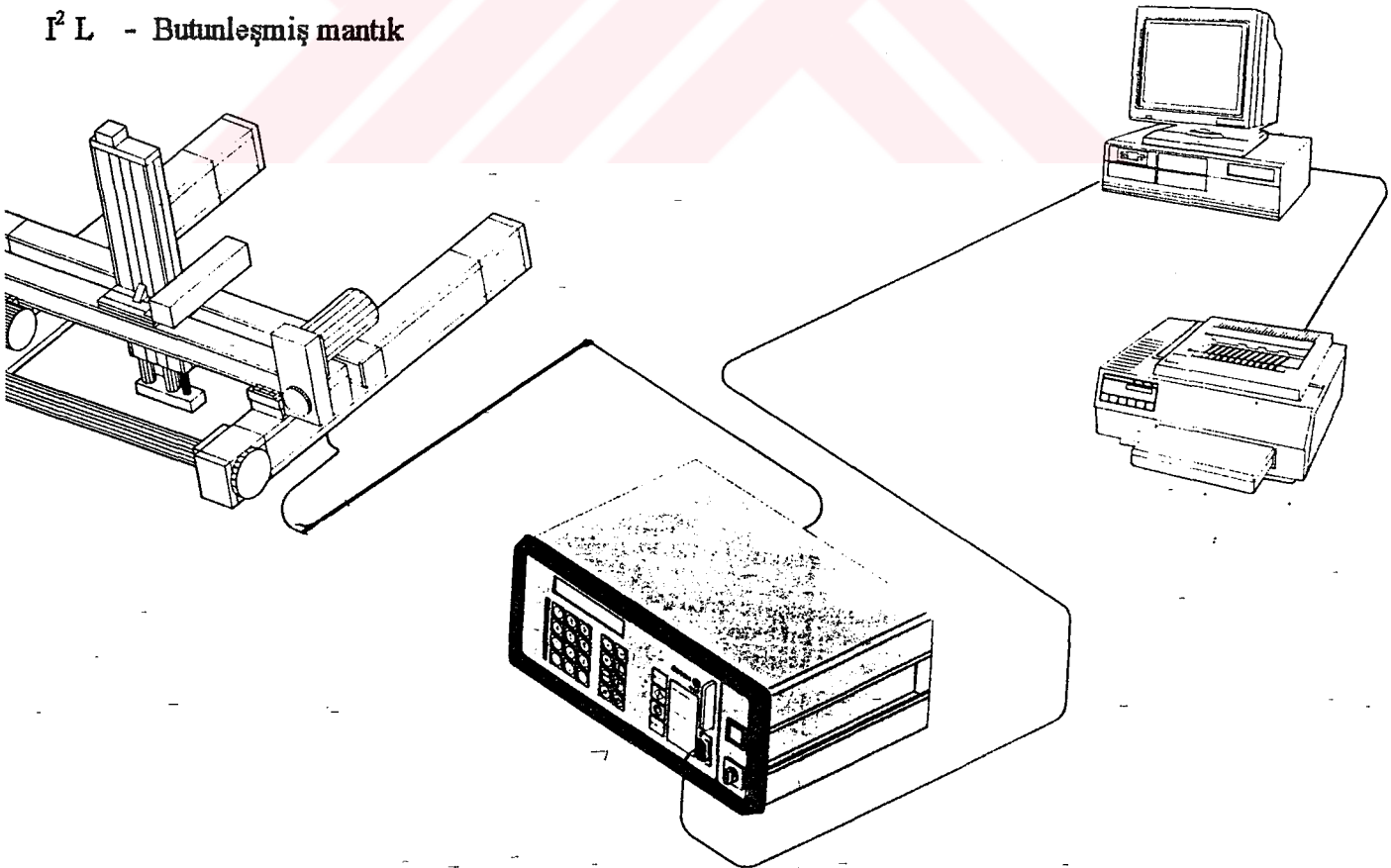
NMOS - N " " " " " " (hızlı - pahalı)

CMOS - Complementary " " " " (düşük güç)

HCMOS - Yüksek hız " " " "

ECL - Emitör - Çift Mantık

I² L - Butunleşmiş mantık



Şekil 6.5 PLC ve Bilgisayar ve yazı kayıt cihazlarının Robotla bağlantı donanımı

82C55 (PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE)

- Güç beslemesi 3 V ile 6 V arasında
- 24 bit I/O kanalı programlanabilir
- A kanalı çift yönlü hat
- Çip 'in 40 pin ayağı var
- Yüksek hız 3 Mhz.
- CMOS 3 mikron silikon teknolojisi ile düşük enerji tüketimi

İşletme Modları

	A ₁	A ₀	WR _(write)	RD _(read)	İşlem
İnput (giriş)	0	0	1	0	kanal A dan giriş
	0	1	1	0	kanal B "
	1	0	1	0	kanal C "
Output (çıkış)	0	0	0	1	kanal A dan çıkış
	0	1	0	1	kanal B "
	1	0	0	1	kanal C "

Not : mod tablosunda 1 ve 0 değerleri +5 V ve 0 V değerini ifade etmektedir.

V_{cc} = 3 V - 6 V DC

Çalışma sıcaklığı = -40 ile + 85 C arasında

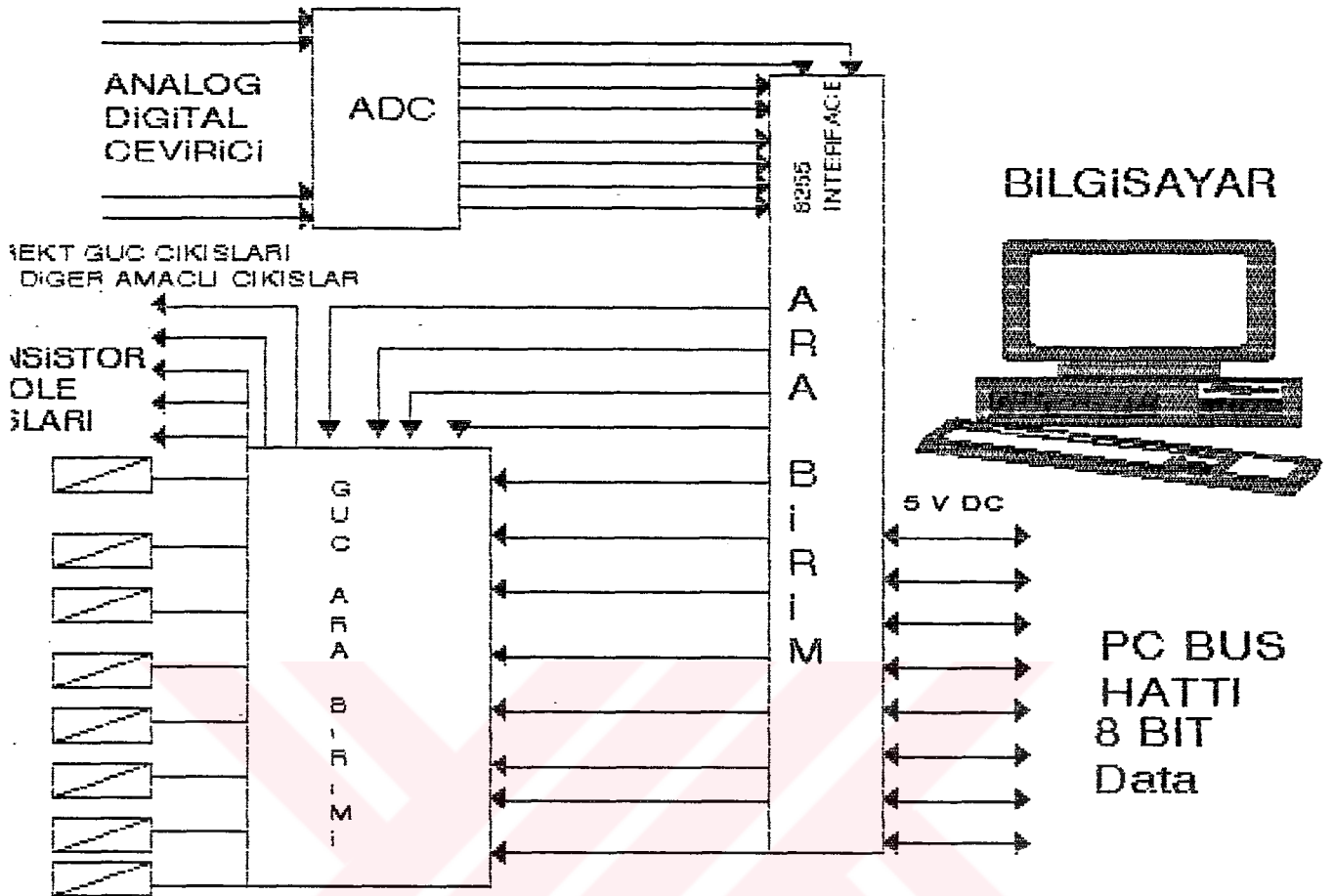
Input voltaj = -0.5 - V_{cc} - +0.5

Output voltaj = " "

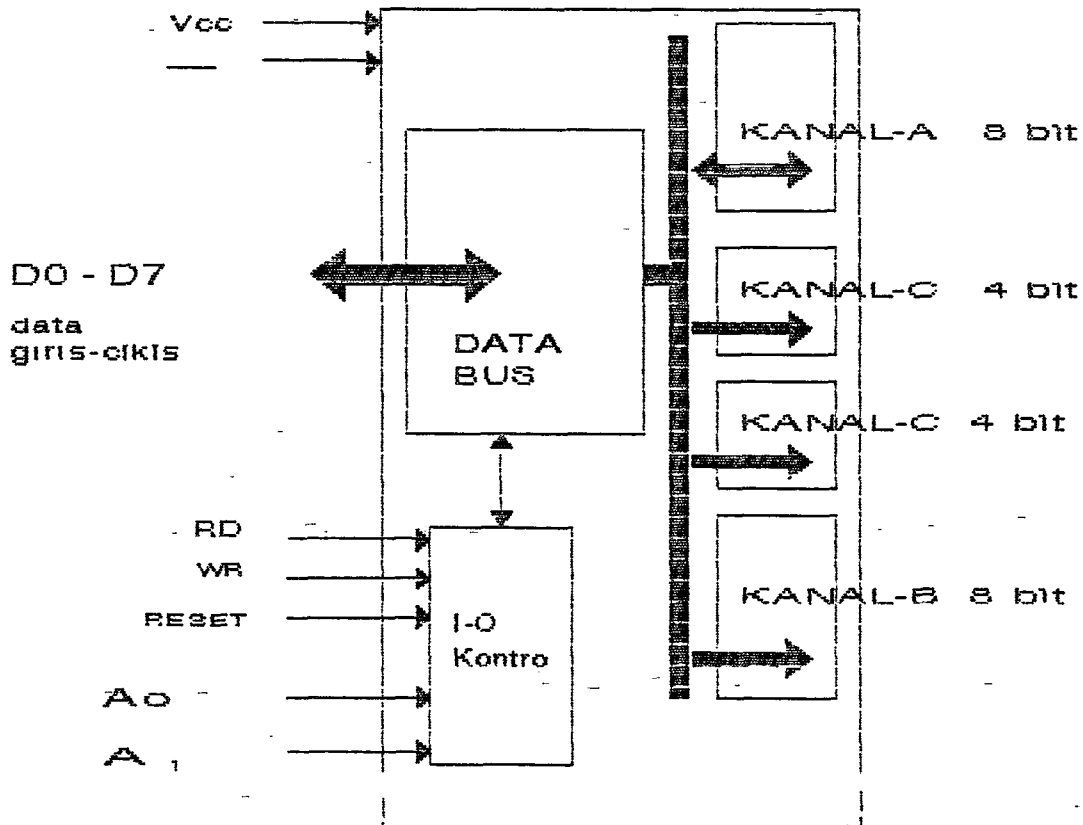
3 kanal çıkışı yeterli olmadığında birden fazla 8255 çip'i kanal sayısı genişletmek amacıyla kullanmak mümkündür.

8255 çipinin opto izolatör ile korunması gerekir.

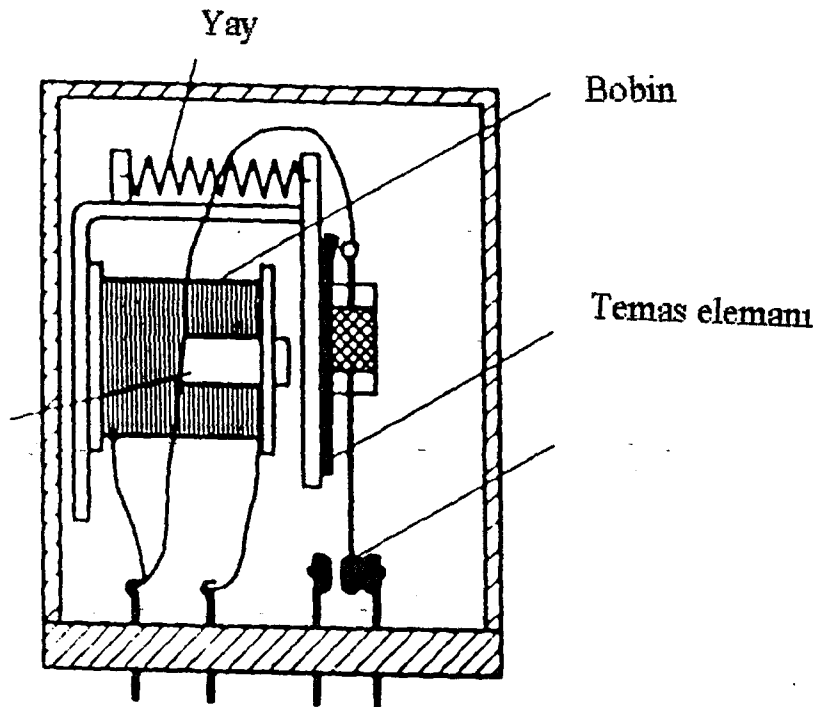
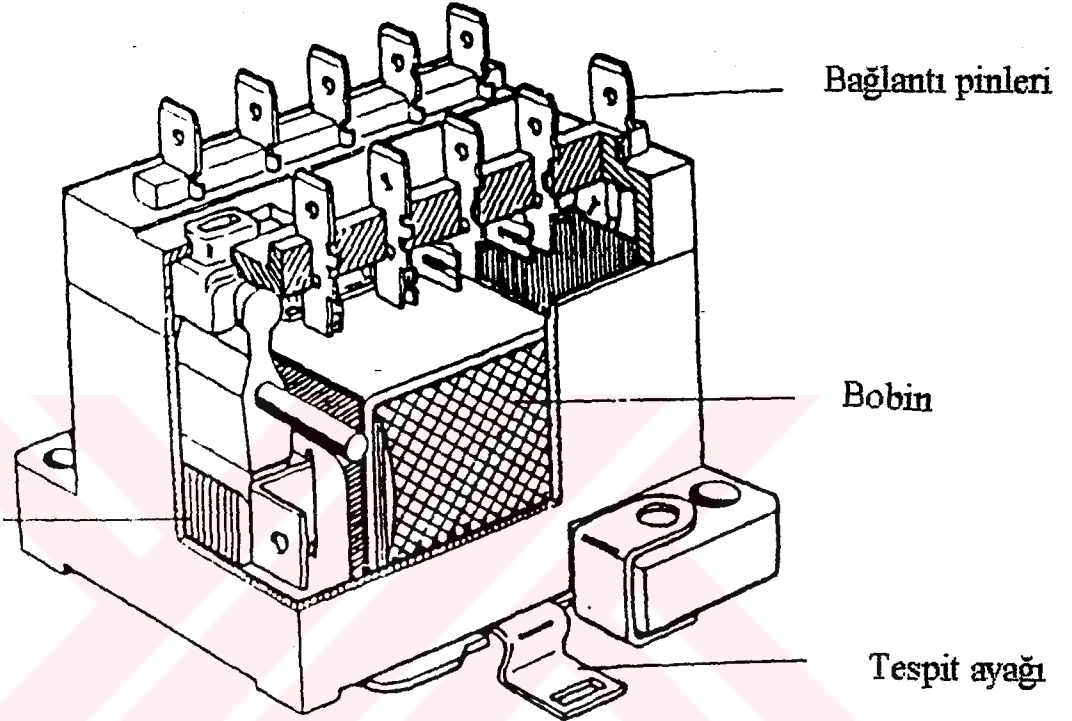
Bilgisayar ile kontrol sistem semasi



Ara birim 8255 in ozellikleri

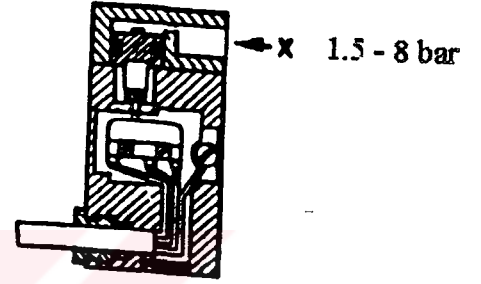
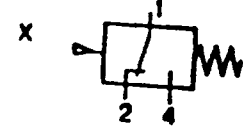
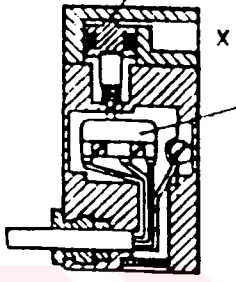


Bir Rölenin görünümü ve kesit şekli

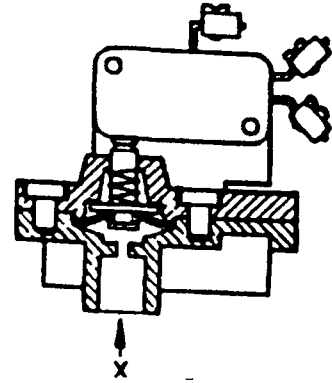
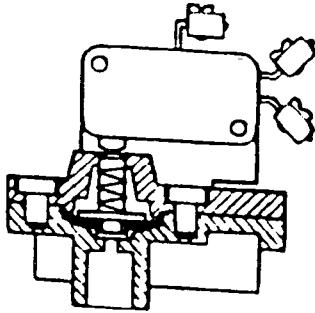


Pnömatik sinyal x 'in girişi ile Piston aşağı iner ve micro anahtarı tetikler , anahtarın durumuna göre sistemi açar veya kapatır. X sinyali kalktığında , piston yay yardımıyla ilk pozisyonuna gelir.

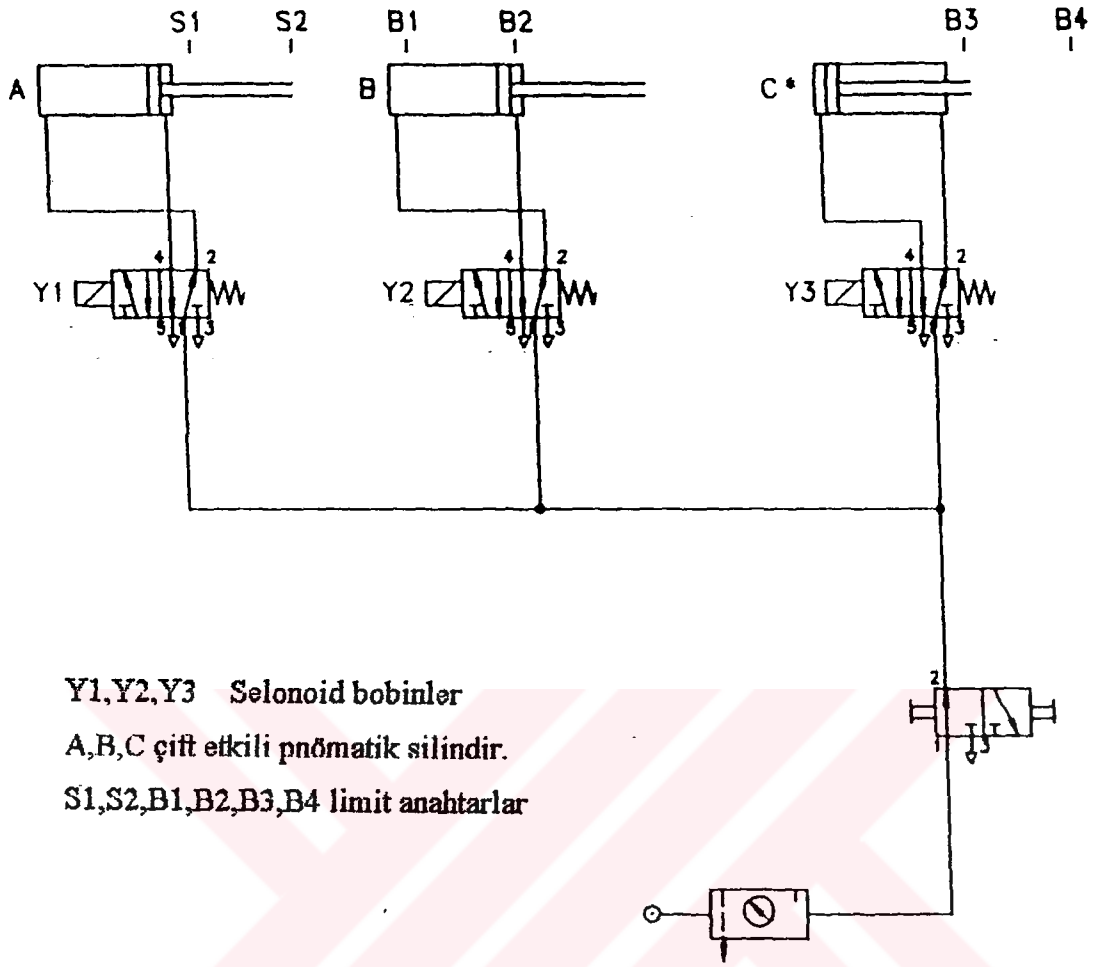
Microanahtar



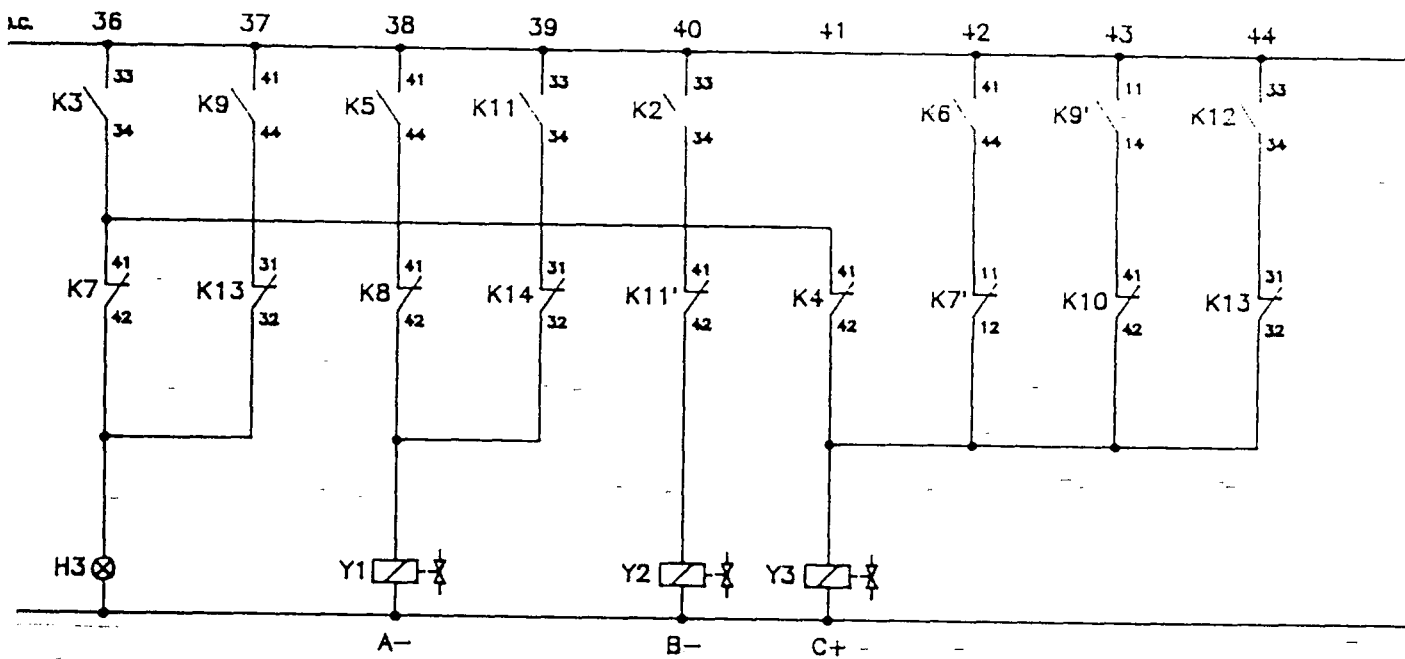
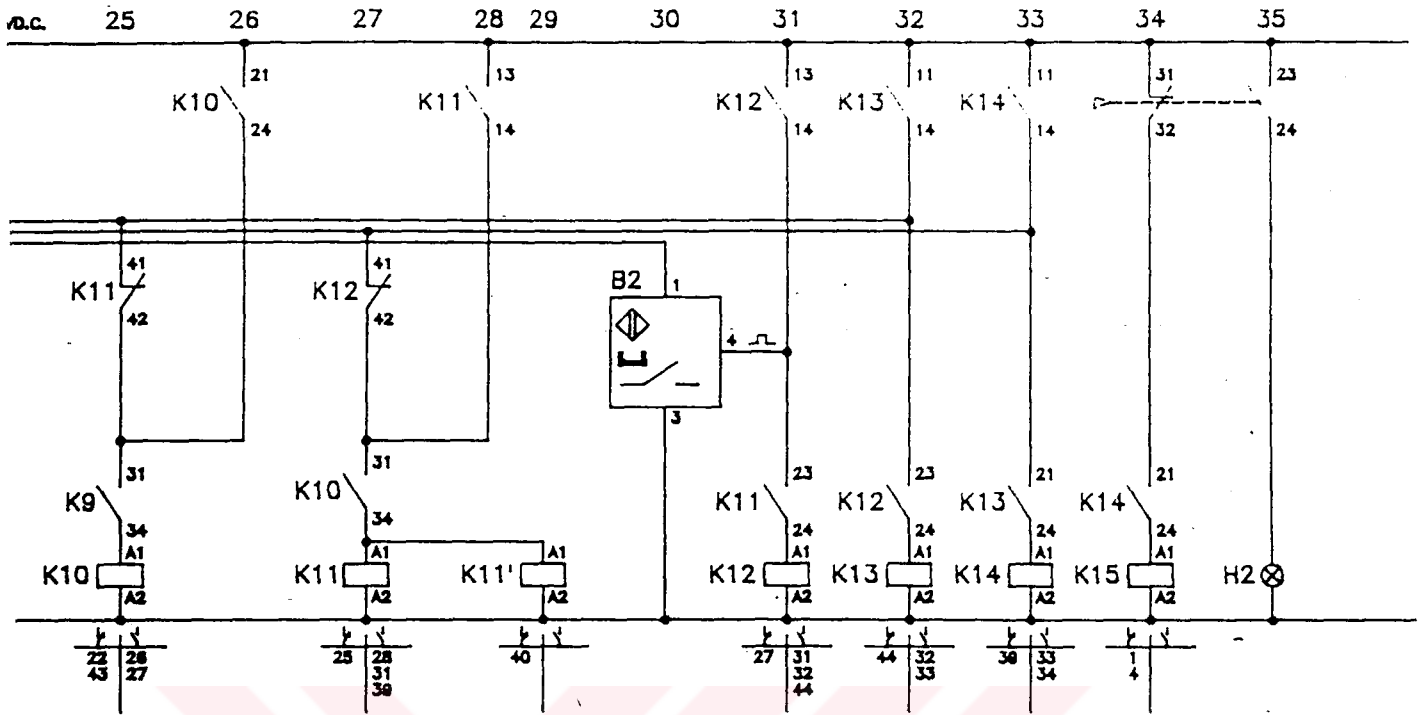
Aşağıdaki diğer bir tip çeviricidir.

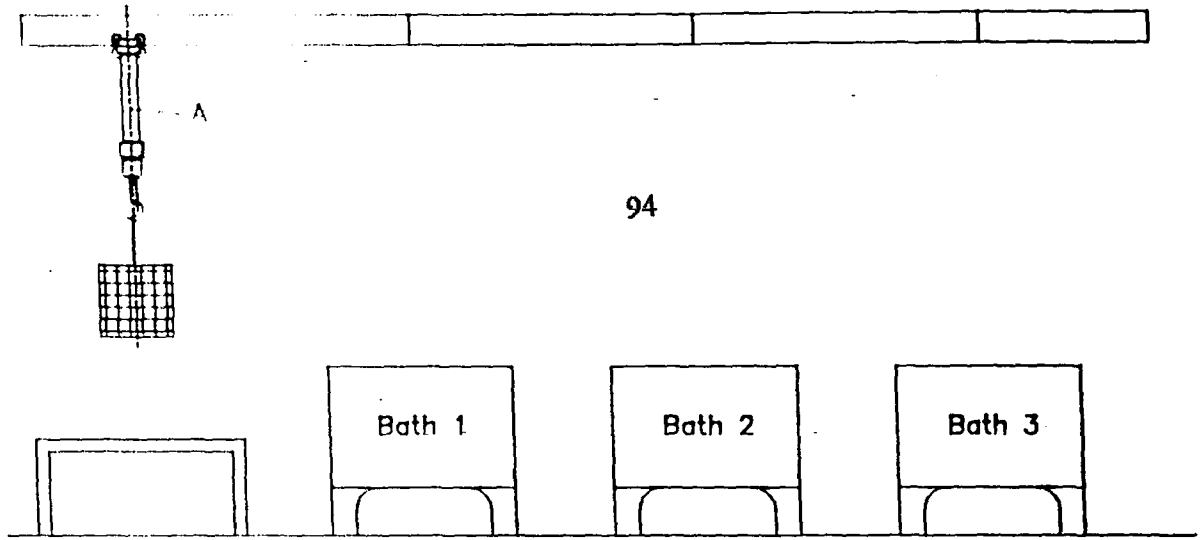


Çalışma basıncı 1.5 - 8 bar

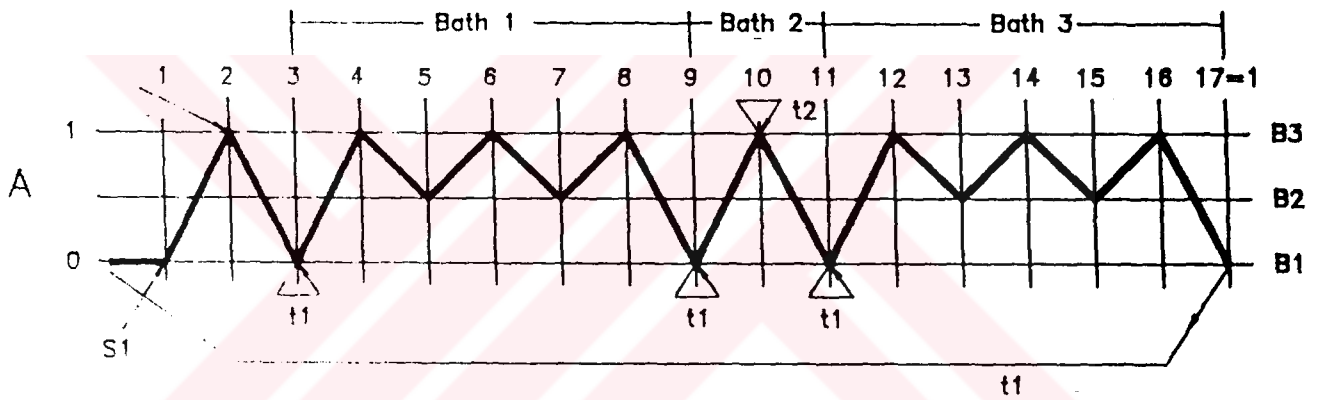


B- Pnömatik Devre





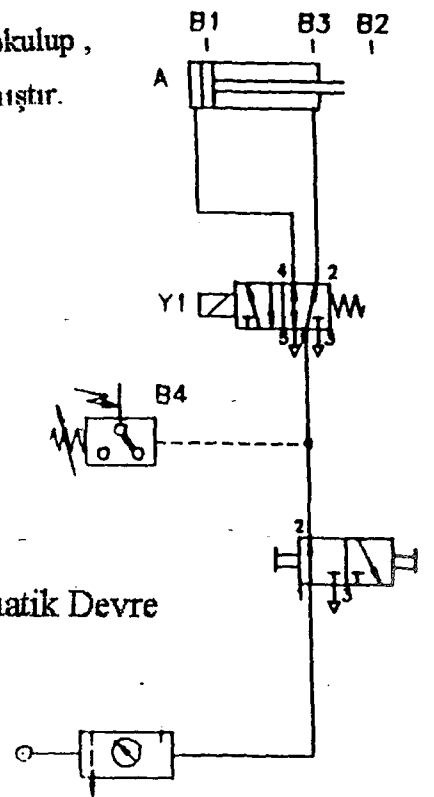
A - Yer Değiştirme Adım Diyagramı



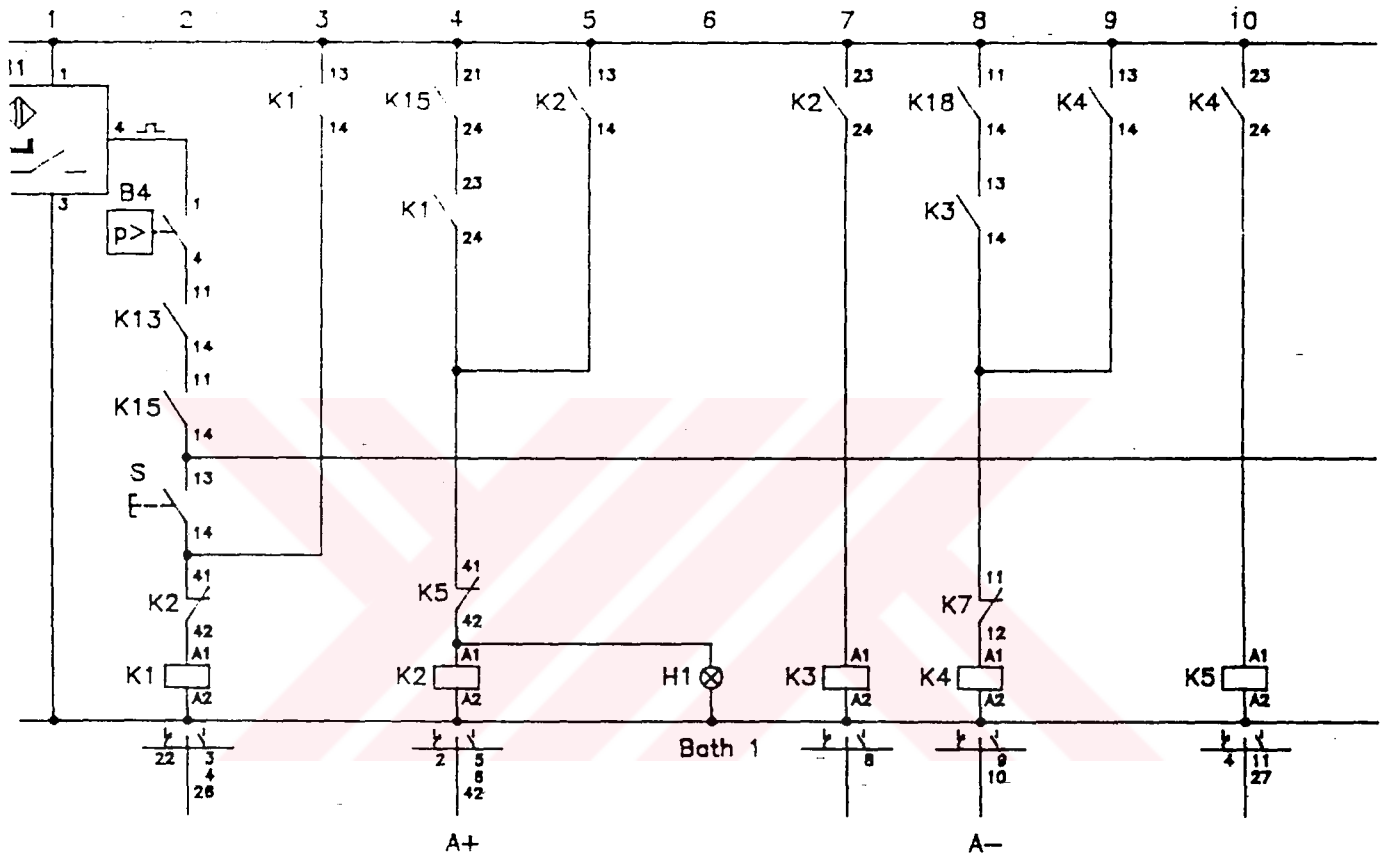
ses tanımı ; Kaplanacak malzemeler sepet içersinde ,3 havuza sırasıyla sokulup , ısıtılır ve ilk pozisyona getirilip işlem bitirilir. Çift etkili silindir kullanılmıştır. langıç durumu, sepetin yerde olduğu konumdur. etin hareketlerini , dört bölümde incelenecektir.

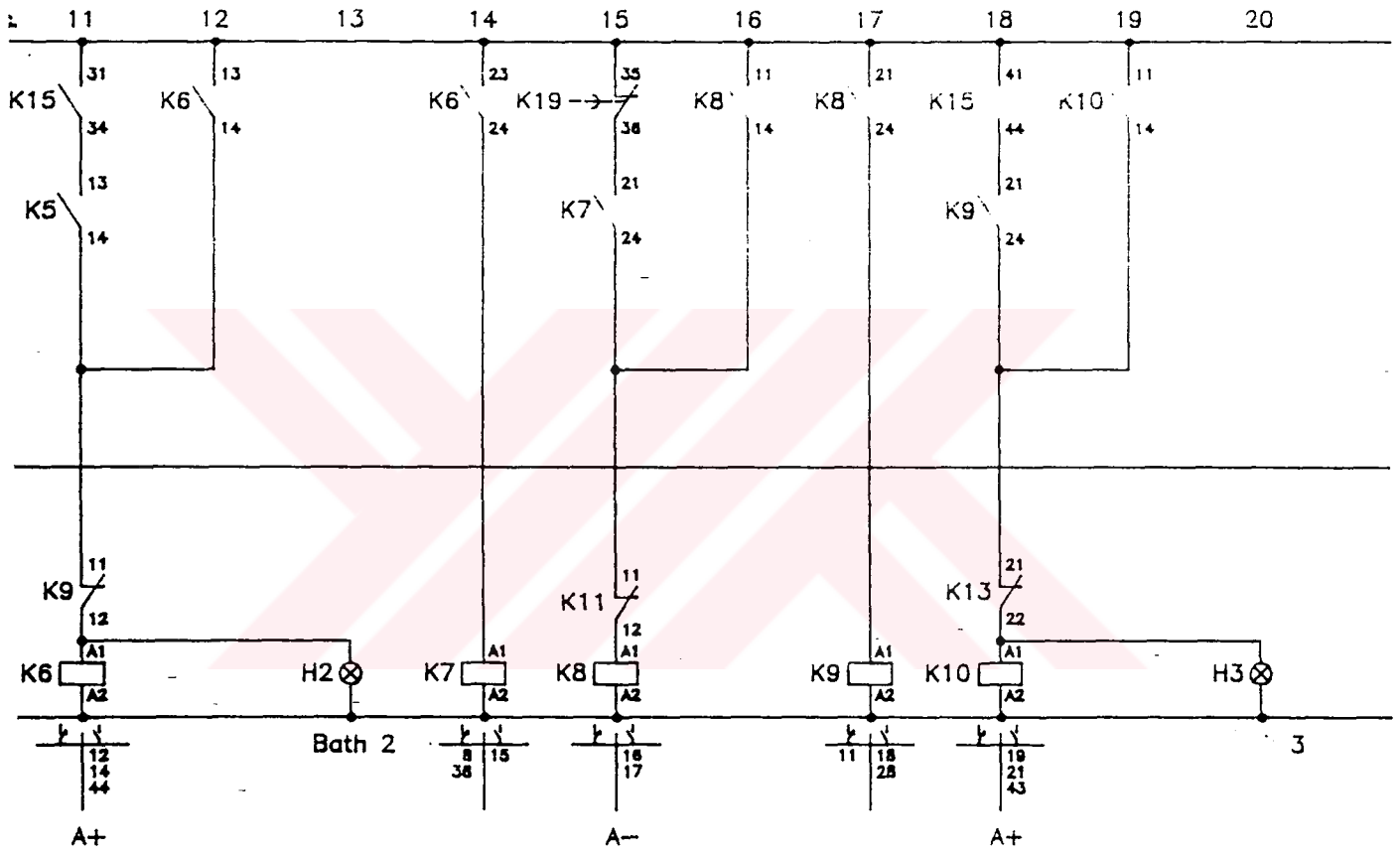
- 1. İş sahası 1. banyo
- 2. " " 2. banyo
- 3. " " 3. " "
- 4. " " İş sahası
- 2 saniye period süresi
- 3 " (2 banyo bekleme)

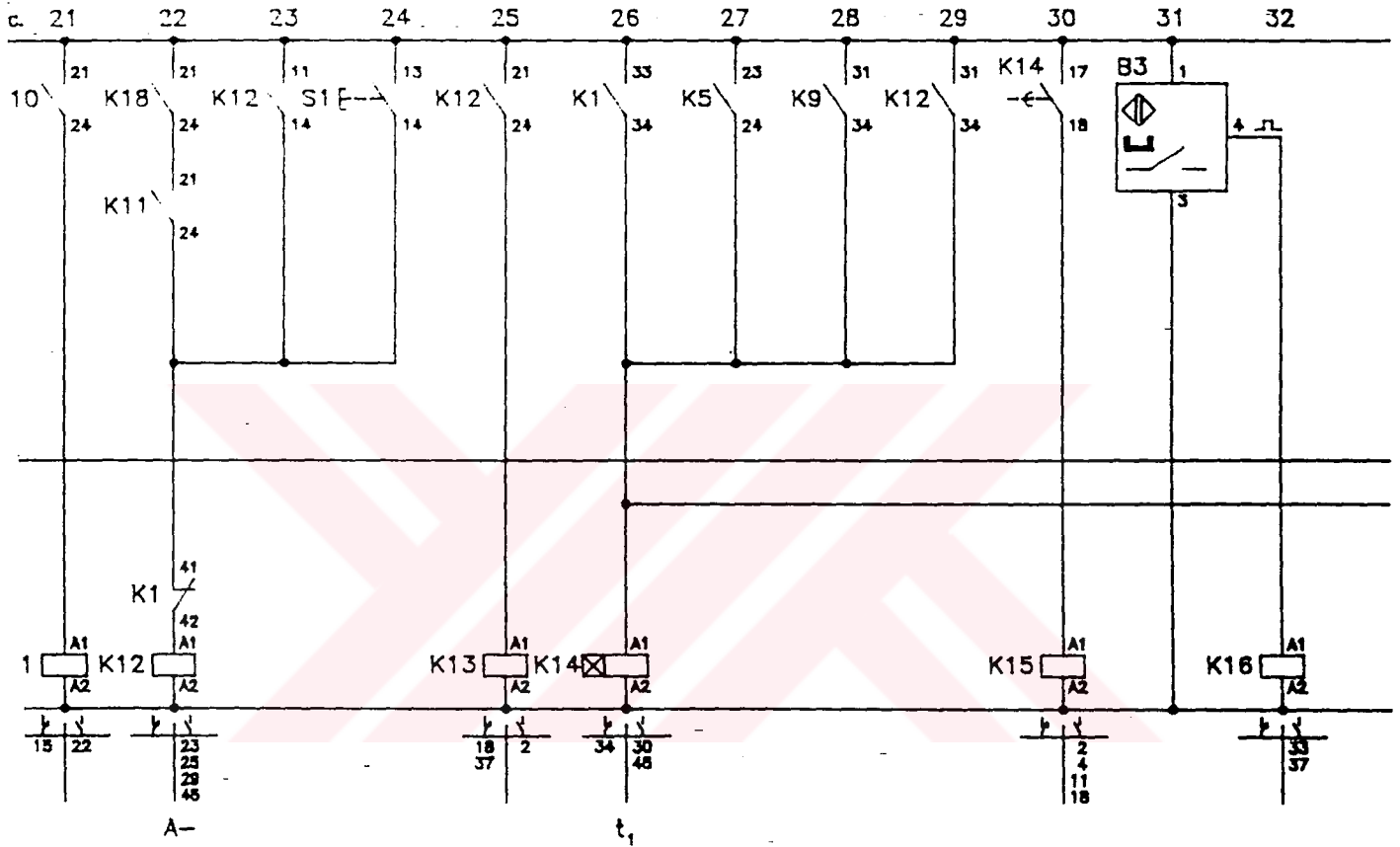
B - Pnömatik Devre



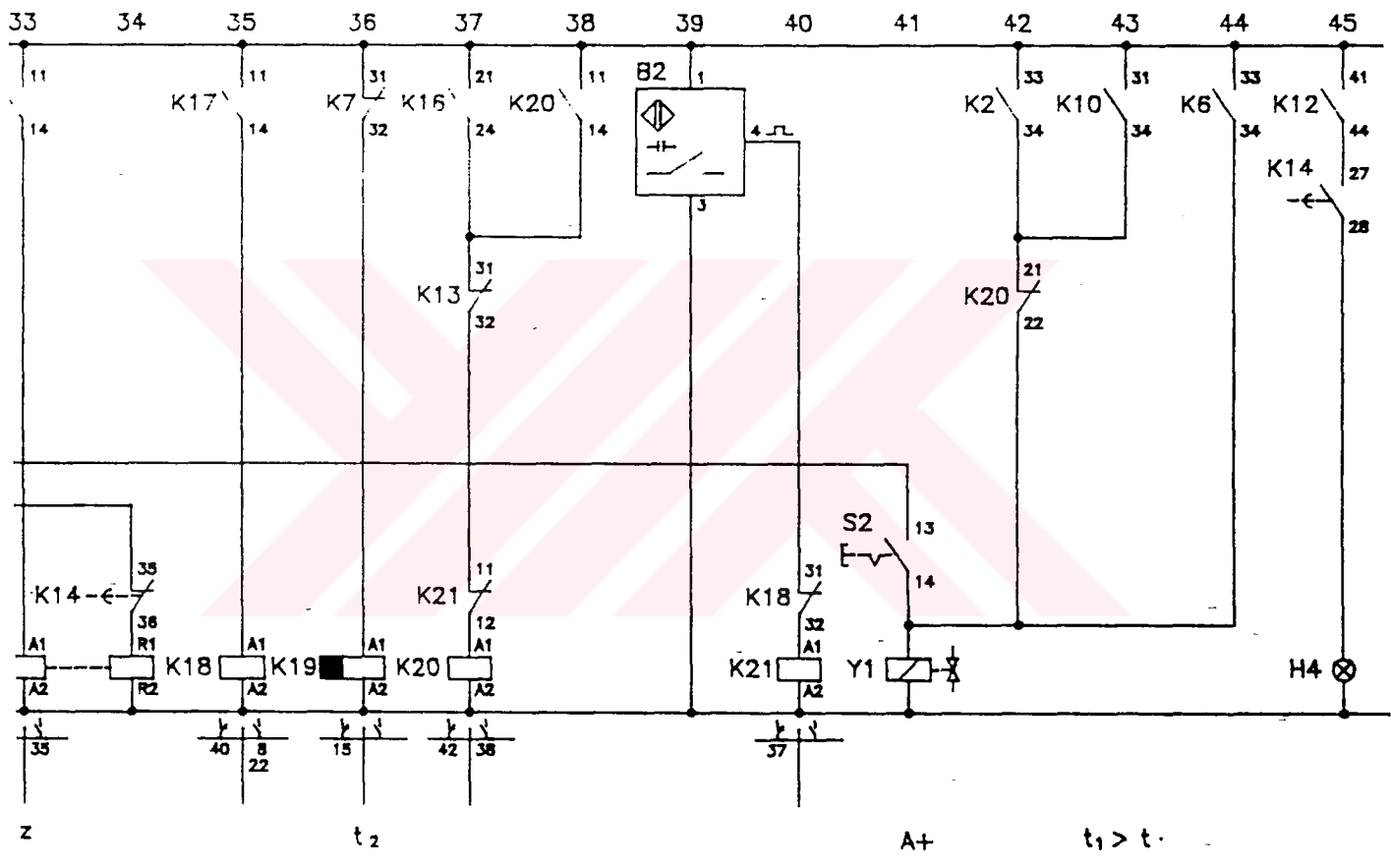
C - Elektrik Devresi







Set



BÖLÜM 7- ROBOT KİNEMATİĞİ

7.1. Giriş

Robot manipulatörleri , prizmatik ve döner eklemlerle birbirlerine bağlanan kollarla modellenir.

Eklem ve kolların ardaşıl olarak birleştirilmesine zincir (chain) denmektedir. Zincir yapısı , açık ve kapalı sistem olabilir. Açık kinematik zincir , zincirin bir ucu serbest ve diğer ucu destek görevindeki bir yere bağlıdır. Kapalı kinematik zincirde ise zincirin her iki uç kısmında biryere bağlıdır.

Robot kinematiği , sabit bir eksen takımına göre zamanın fonksiyonu olarak hareketin incelenmesidir.

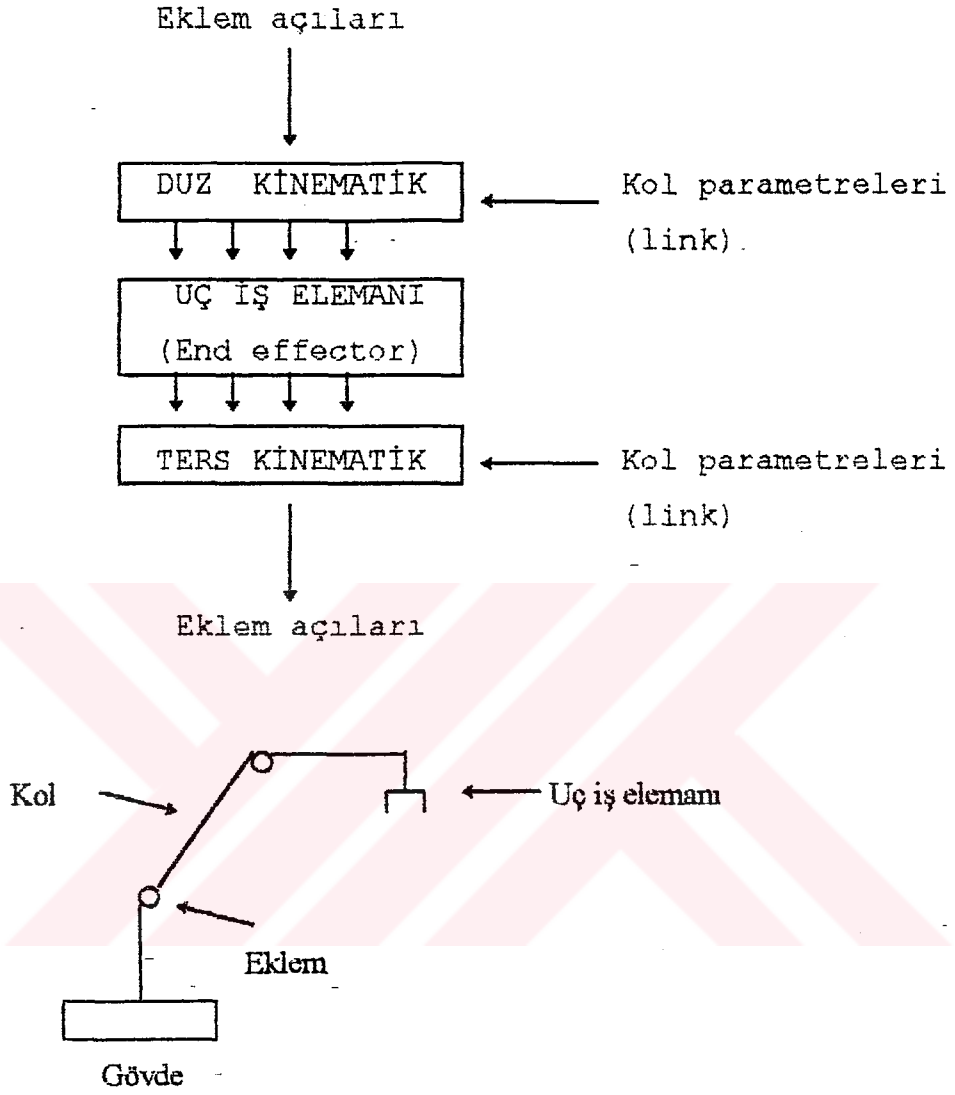
Robot Kinematiği , Düz (direct) ve Ters (inverse) olarak iki şekilde incelenmektedir.

Düz kinematik , Uç iş elemanı pozisyonunun giriş (link) parametreleri ve zamanla değişen eklem (joint) değerleri kullanılarak hesaplanmasıdır.

Ters kinematik ise , Verilen bir eksen takımında Uç iş elemanının istenilen noktaya ulaşması için gerekli olan eklem hareketlerinin hesaplanmasıdır.

Ters kinematik problemlerin çözümü düz kinematiğe göre zordur. Çünkü, sistematik kapalı çözüm formunu robotlara uygulamak mümkün değildir , birden fazla çözümü olabilir.

Ters kinematik, kullanım ve robotların programlanması açısından önemlidir.



Şekil Robotun modellenmesi

7.2. DÜZ KİNEMATİK

Maniplatörün konumunun belirlenmesi , sabit bir koordinat sistemi referans alınarak dönme ve ötelenme hareketleri yapılarak belirlenir. Her kolun , eklem noktasında koordinat sistemi tanımlanmaktadır.

Düz kinematiğin esasları , referans koordinat sistemi ile eklem koordinat sistemi arasındaki ilişkiyi veren dönüşüm matrisinin bulunmasıdır. Konumlar vektör ve matrisler yardımıyla tanımlanır. Kinematikte kullanılan matematiksel çözüm yöntemlerini inceleme konusunda kısa bir hatırlatma yapılarak incelenecektir.

7.2.1. Yüzeyler

Bir P yüzeyi $P=(a,b,c,d)$ şeklinde gösterilir.

P yüzeyi üzerinde bir v noktası bulunuyorsa,

$$P \cdot v = 0 \quad \left| \begin{array}{l} \text{Örnek : } v=(0,0,10,20) \quad P=(0,0,-100,100) \\ \\ [0 \quad 0 \quad -100 \quad 100] \cdot \begin{bmatrix} 10 \\ 20 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = 0 \end{array} \right.$$

7.2.2 Dönüşüm matrisleri

Dönüşüm matrisi H , 4x4 matris formunda Dönme ve Ötelenme hareketlerini temsil etmektedir. Verilen bir u noktasının dönüşüm matrisi yardımıyla dönüşüm noktası v bulunur.

$$v = H \cdot u$$

$$Q = P \cdot H^{-1} \quad \text{Düzlem dönüşümü P den Q ya}$$

Örnek : $u = (2, 3, 2, 1)$ noktası $P = (1, 0, 0, -2)$ düzlemi üzerinde bulunmaktadır. u noktası , $4i - 3j + 7k$ kadar ötelenmektedir. $u \rightarrow v$ ötelenmiş hali ise $v = ?$

$$P \cdot u = 0 \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} = 0$$

$$H \text{ dönüşüm öteleme matrisi } H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & 1 & 7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$v = H \cdot u \quad \begin{bmatrix} 6 \\ 0 \\ 9 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & 1 & 7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$Q = P \cdot H^{-1}$$

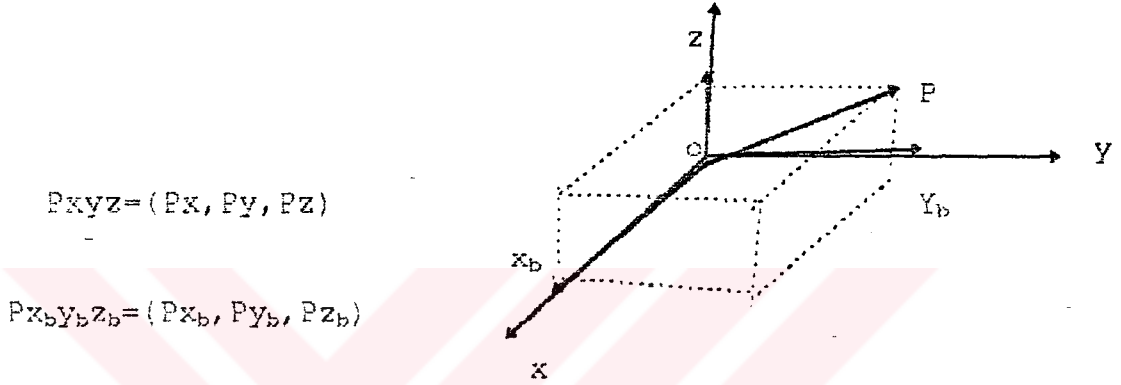
$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -4 \\ 0 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & -7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Q \cdot v = 0$$

7.4. Rotasyon ve Öteleme Dönüşüm Matrisleri

3x3 boyutundaki rotasyon matrisleri $Ox_b y_b z_b$ dönen eksen takımındaki bir pozisyon vektörünün koordinatlarını $Oxyz$ referans eksen koordinatlarına dönüştürmektedir.

O noktasında her iki eksen takımı çakışıktır. P noktası her iki eksen takımında tanımlamak mümkündür.



Rotasyon dönüşümü matrisi R , $Ox_b y_b z_b$ eksen takımı döndükten sonra $Px_b y_b z_b$ noktasını $Oxyz$ 'de tanımlamaya yardımcı olur. $Pxyz$ 'nin $Oxyz$ 'e göre konumu,

$$Pxyz = R \cdot Px_b y_b z_b$$

Vektör bileşenleri

$$Px = i_x \cdot P \quad Py = j_y \cdot P \quad Pz = k_z \cdot P$$

$$Px_b \cdot y_b \cdot z_b = Px_b \cdot i_b + Py_b \cdot j_b + Pz_b \cdot k_b$$

$$\begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_x \cdot i_{x_b} & i_x \cdot j_{y_b} & i_x \cdot k_{z_b} \\ j_y \cdot i_{x_b} & j_y \cdot j_{y_b} & j_y \cdot k_{z_b} \\ k_z \cdot i_{x_b} & k_z \cdot j_{y_b} & k_z \cdot k_{z_b} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{x_b} \\ P_{y_b} \\ P_{z_b} \end{bmatrix}$$

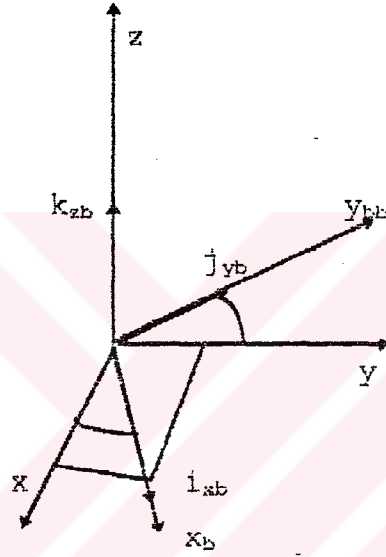
Rotasyon matrisinin inversini kullanarak $Pxyz$ 'den $Px_b \cdot y_b \cdot z_b$ elde edilir.

$$Px_b \cdot y_b \cdot z_b = R^{-1} \cdot P_{x,y,z}$$

$$\begin{bmatrix} P_{xb} \\ P_{yb} \\ P_{zb} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_{xb} \cdot i_x & i_{xb} \cdot j_y & i_{xb} \cdot k_z \\ j_{yb} \cdot i_x & j_{yb} \cdot j_y & j_{yb} \cdot k_z \\ k_{zb} \cdot i_x & k_{zb} \cdot j_y & k_{zb} \cdot k_z \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{bmatrix}$$

O_z eksenini etrafında θ açısı kadar dönmeyi $R_z(\theta)$ rotasyon matrisi yardımıyla sağlanır.

i_x, j_y, k_z ve i_{xb}, j_{yb}, k_{zb} birim vektörleri arasındaki bağıntı



$$\begin{aligned} i_{xb} &= \cos\theta \cdot i_x + \sin\theta \cdot j_y \\ j_{yb} &= -\sin\theta \cdot i_x + \cos\theta \cdot j_y \\ k_{zb} &= k_z \end{aligned}$$

$$i_{xb} = \begin{bmatrix} \cos\theta \\ \sin\theta \\ 0 \end{bmatrix} \quad j_{yb} = \begin{bmatrix} -\sin\theta \\ \cos\theta \\ 0 \end{bmatrix} \quad k_z = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$R_z(\theta) = \begin{bmatrix} i_x \cdot i_{xb} & i_x \cdot j_{yb} & i_x \cdot k_{zb} \\ j_y \cdot i_{xb} & j_y \cdot j_{yb} & j_y \cdot k_{zb} \\ k_z \cdot i_{xb} & k_z \cdot j_{yb} & k_z \cdot k_{zb} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Aynı şekilde diğer eksenlerdeki θ açısı kadar dönmeyi veren $R_x(\theta)$ ve $R_y(\theta)$ rotasyon matrisleri bulunur.

7.5. Homojen Dönüşüm Matrisleri

N bileşenli pozisyon vektörünün N+1 bileşenli vektör ile gösterilmesine homojen koordinat gösterimi denir. 3x3 boyutndaki rotasyon matrisleri ötelenme ve ölçekleme için yeterli olmadığından 3x3 formundaki matris 4x4 formuna getirilerek , ötelenme ve ölçekleme değerleri ilave edilir ve Homojen dönüşüm matrisi oluşturulur.

Homojen matrisinin yapısı aşağıda gösterilmektedir.

$$T = \begin{array}{|c|} \hline R_{3 \times 3} \\ \hline \text{Rotasyon} \\ \hline N \\ \hline \text{Perspektif} \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline P_{3 \times 1} \\ \hline \text{Pozisyon} \\ \hline W \\ \hline \text{Ölçek} \\ \hline \end{array}$$

T matrisinin sol alt kısmında bulunan perspektif vektörü genelde $N=0$ olarak alınacaktır. Görme sistemlerinin veya kullanıldığı robotlarda N vektörü değer almaktadır. w_0 ölçek vektörü genelde $w=1$ alınır.

Ters dönüşüm marisi ise,

$$T^{-1} = \begin{bmatrix} R_{3 \times 3} & -R_p \\ 000 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T^{-1} = \begin{bmatrix} n_x & n_y & n_z & -p_n \\ o_x & o_y & o_z & -p_o \\ a_x & a_y & a_z & -p_a \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Homejen döndürme dönüşümü matrisleri 3x3 matris formundaki R rotasyon matrisi 4x4 formuna getirilir.

x, y, z eksenlerindeki θ açısı kadar döndürme matrislerinin 4x4 formları aşağıdaki gibidir.

$$R(x, \theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R(y, \theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \sin\theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin\theta & 0 & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R(z, \theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ardarda yapılan ötelenme ve döndürme işlemleri matrislerin birbirleri ile çarpılarak tek bir matris'e indirgenir.

A toplam dönüşüm matrisi

$$A=R(x, \theta) \cdot R(y, \beta) \cdot R(z, \alpha) \cdot T(x_t, y_t, z_t)$$

yukarıdaki işlemin anlamı, T kadar öteleme yapıp, Z eksenini etrafında α kadar döndürme ve y eksenini etrafında β kadar döndürme ve son olarak x eksenini etrafında θ kadar döndürme yapıldığını ifade etmektedir.

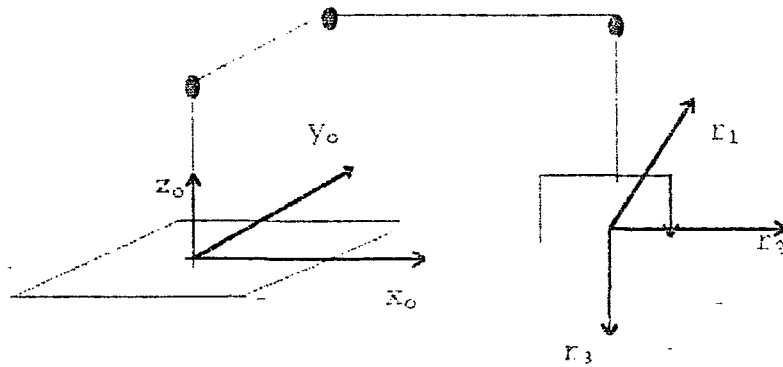
$$B=R(y, \theta) \cdot R(z, \alpha) \cdot R(x, \theta) \cdot T(x_t, y_t, z_t)$$

Aynı çarpanları içeren B matrisi, işlem sonunda A'dan farklı çıkar.

Sonuç; $A \neq B$

Kısımlar gruplama yapılabilir.

$$T_{\text{gövde}}^{\text{uç}} = T_{\text{gövde}}^{\text{bilek}} \cdot T_{\text{bilek}}^{\text{uç,iş,el}} \quad T_{\text{gövde}}^{\text{uç,iş,el}} = \begin{bmatrix} R & P \\ 000 & 1 \end{bmatrix}$$



7.6. Vida dönüşüm matrisi

Robot uygulamalarında lineer ötelenme ve dönme hareketinin birleşik olduğu durumlar olmaktadır.

λ = ötelenme mesafesi

$p = \phi / 2\pi\lambda$ vida hatvesi

ϕ = dönme açısı

k = eksen no $1 \leq k \leq 3$
(1=x 2.y 3.z)

$$VIDA(\lambda, \phi, k) = R(\phi, k) \cdot T(\lambda)$$

Ters vida dönüşü

$$Vida^{-1}(\lambda, \phi, k) = VIDA(-\lambda, -\phi, k)$$

ÖRNEK: $\lambda = 3$

$\phi = \pi/2$

$k = 2$

(y=2)

$M(0,0,1)$

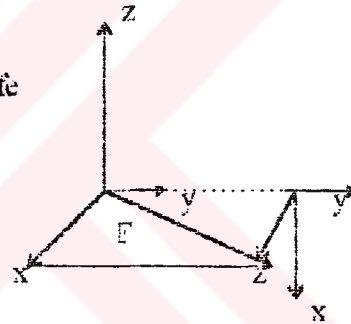
Vidalama işlemi sonrası pozisyon

Vida(λ, ϕ, k) = ?

$g = ?$

$F = ?$

referansa
göre mesafe
 $g = 1/12$

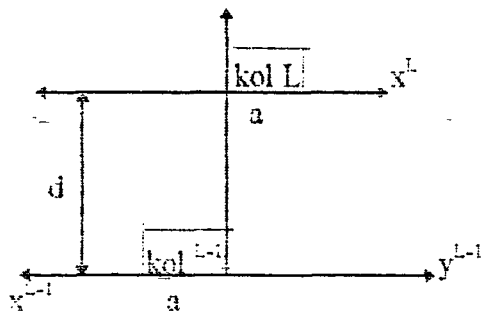


$$F = Vida(3, \pi/2, 2) \cdot M$$

$$F = T(3) \cdot R(\pi/2, 2) \cdot M$$

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$F = (1, 3, 6)$$

KOL KOORDİNATLARI

Kol parametreleri	Sembol	R _{dönel eklem}	P _{prizmatik eklem}
Eklem açısı	θ	Değişken	Sabit
Eklem mesafesi	d	Sabit	Değişken
Kol uzunluğu	a	Sabit	Sabit
Kol burulma açısı	α	Sabit	Sabit

$$1 \leq k \leq n$$

$\varepsilon_k = 1$ dönel eklem , 0 prizmatik eklem

$$q_k = \varepsilon_k \cdot \theta_k + (1 - \varepsilon_k) d_k$$

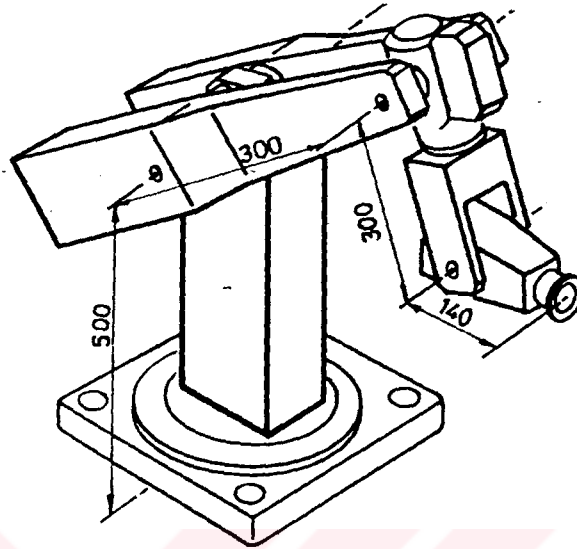
Butunleşmiş (Articulated) robotta $q = \theta$ 'dır , çünkü prizmatik eksen yoktur.

Kol koordinat düz kinematik dönüşüm matrisi

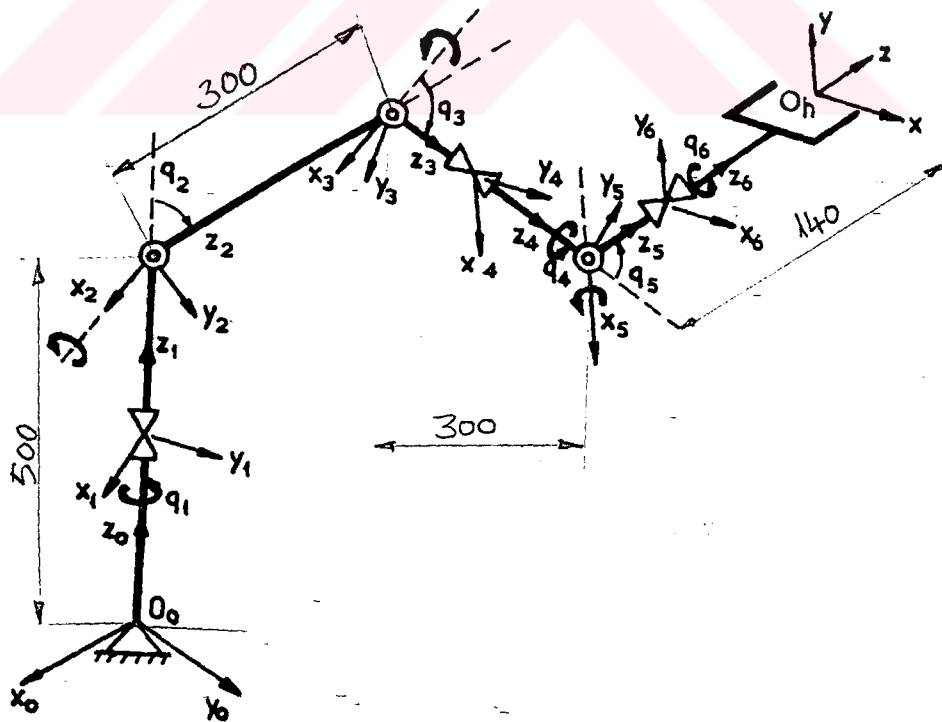
$${}^L T_{L-1} = \begin{bmatrix} C_k & -C\alpha_k S_k & S\alpha_k S_k & -a_k \\ S_k & C\alpha_k C_k & -S\alpha_k C_k & -dk C\alpha_k \\ 0 & S\alpha_k & C\alpha_k & -dk C\alpha_k \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

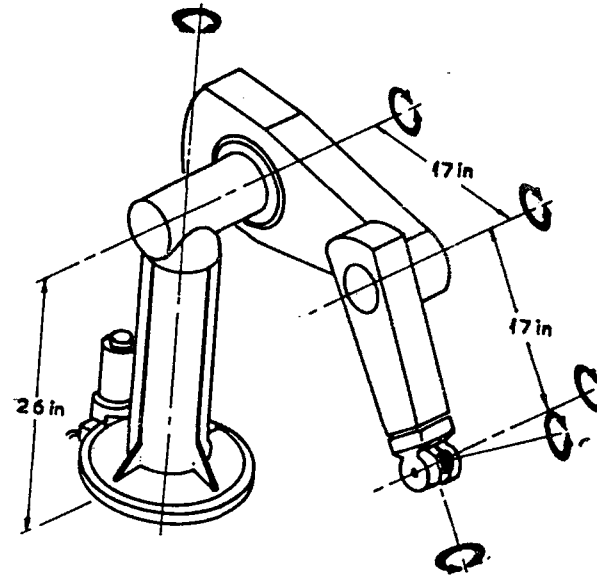
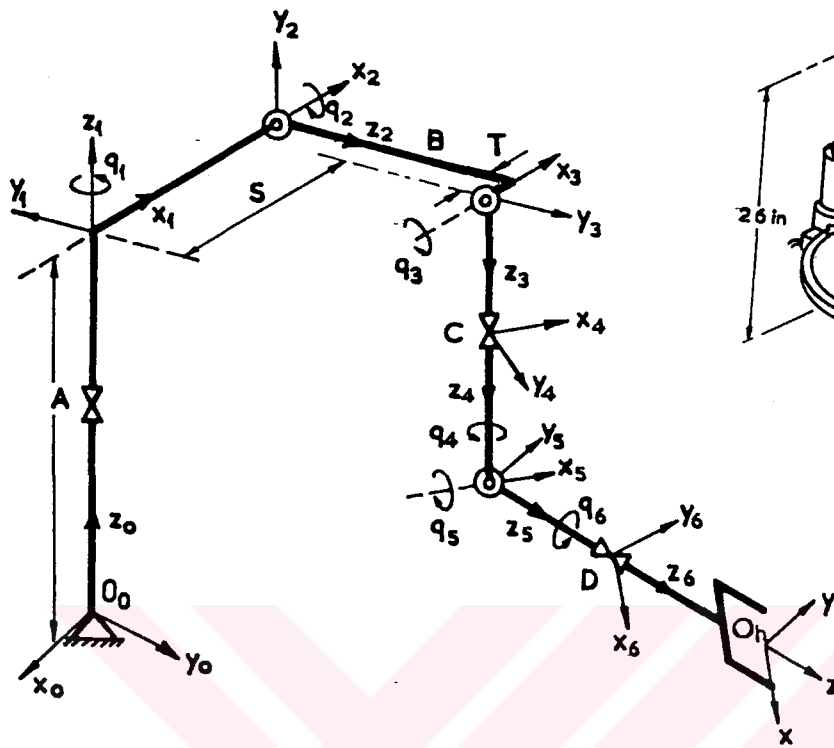
$$\cos\theta_k = C_k, \sin\theta_k = S_k$$

Yukarıdaki matrisde α ve θ dönme açılarıdır. θ z eksenini etrafındaki dönme açısıdır , α ise x eksenini etrafındaki dönme açısıdır.



Hitachi assembly robot.





PUMA robot.

$$H_{0,1} = \begin{bmatrix} \cos q_1 & -\sin q_1 & 0 & 0 \\ \sin q_1 & \cos q_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

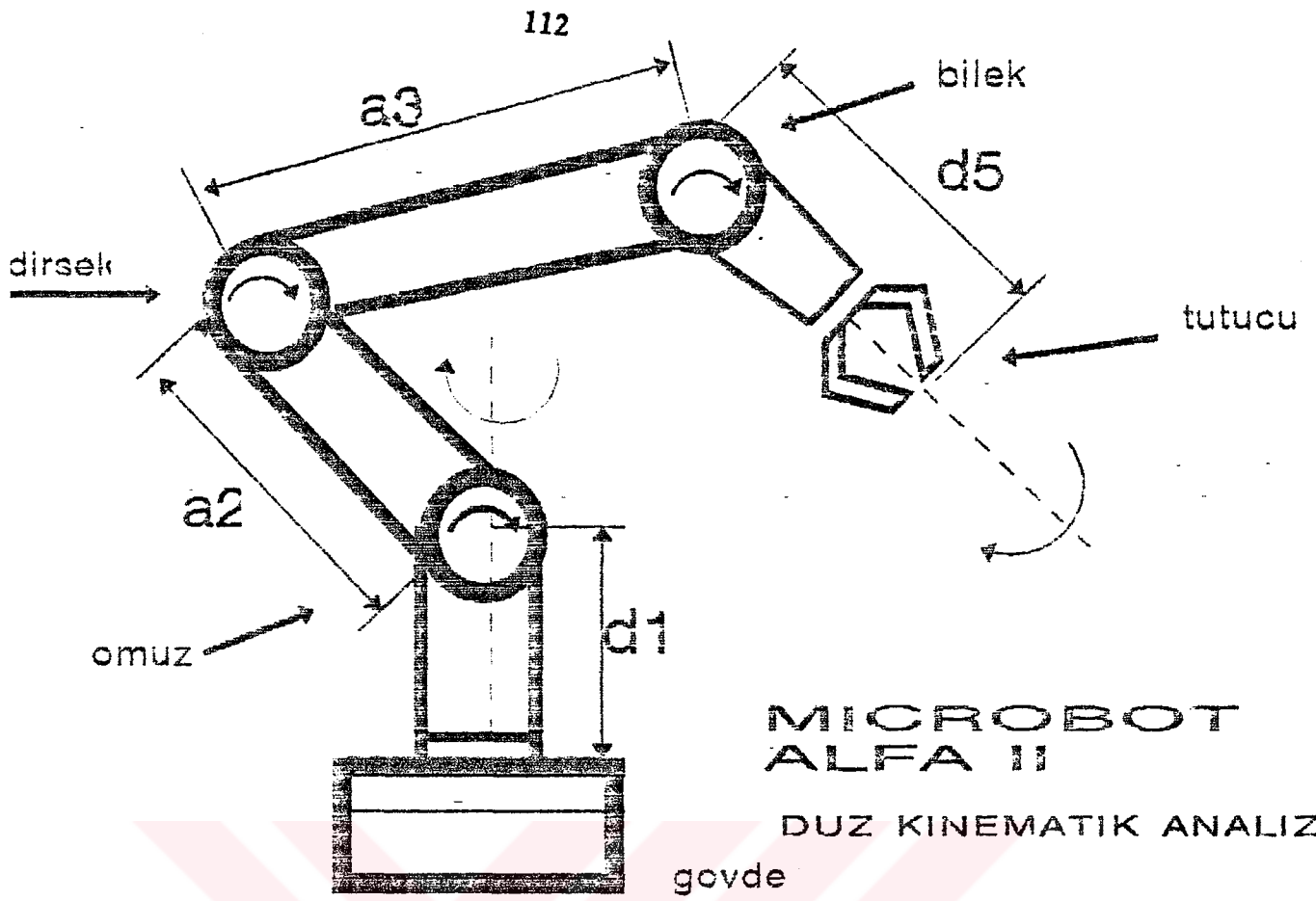
$$H_{3,4} = \begin{bmatrix} \cos q_4 & -\sin q_4 & 0 & 0 \\ \sin q_4 & \cos q_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & C \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_{1,2} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & S \\ 0 & \cos q_2 & -\sin q_2 & 0 \\ 0 & \sin q_2 & \cos q_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_{4,5} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos q_5 & -\sin q_5 & 0 \\ 0 & \sin q_5 & \cos q_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

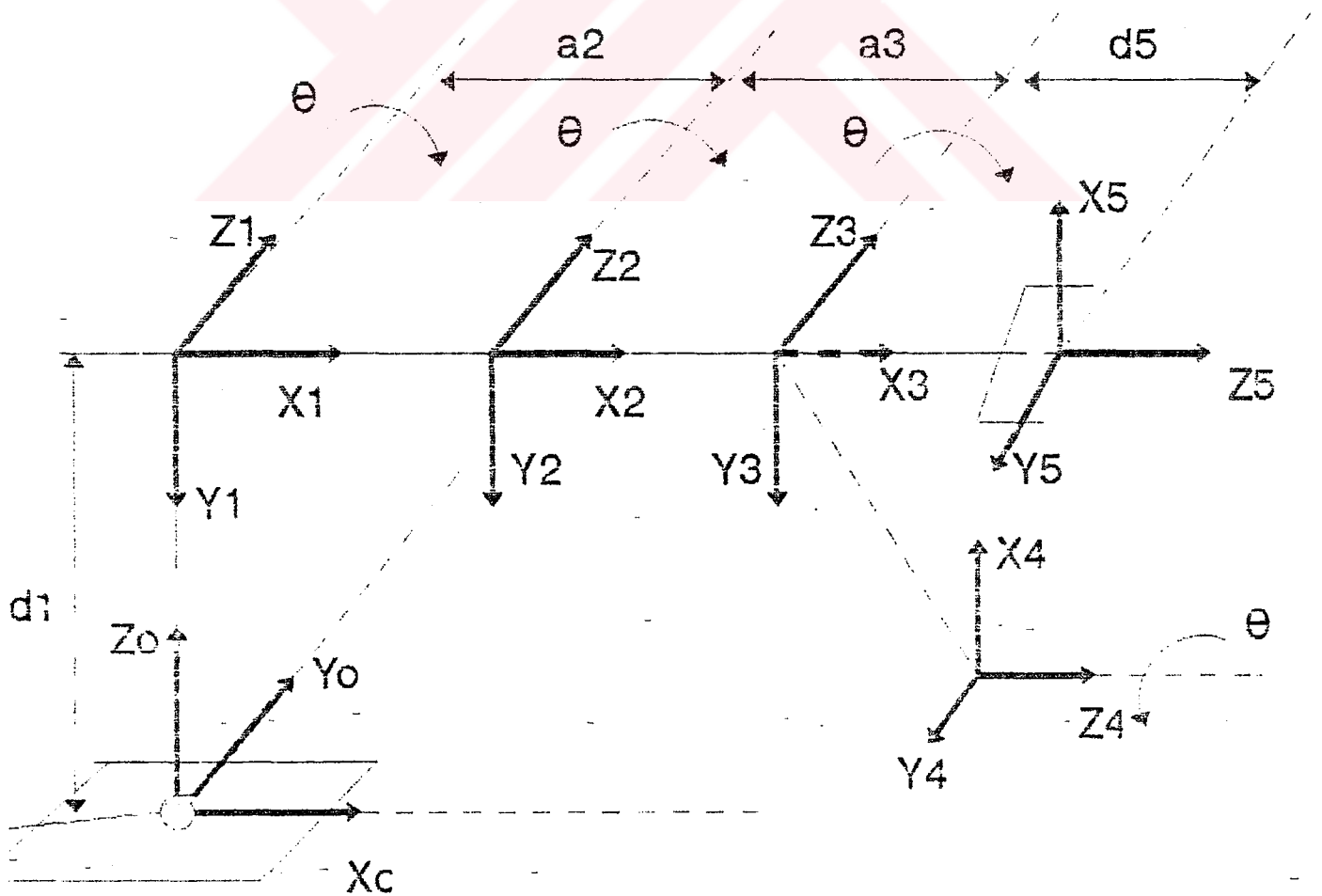
$$H_{2,3} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & T \\ 0 & \cos q_3 & -\sin q_3 & 0 \\ 0 & \sin q_3 & \cos q_3 & B \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_{5,6} = \begin{bmatrix} \cos q_6 & -\sin q_6 & 0 & 0 \\ \sin q_6 & \cos q_6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



MICROBOT ALFA II

DUZ KINEMATIK ANALIZI



7.7 DÜZ KİNEMATİK ANALİZ UYGULAMALARI

7.7.1 MICROBOT ALFA II

MICROBOT , ALFA II , Kinematik parametreleri

Eksen	θ	d	a	α	Home
1	θ_1	215	0	$-\pi/2$	0
2	θ_2	0	177.8	0	0
3	θ_3	0	177.8	0	0
4	θ_4	0	0	$-\pi/2$	$-\pi/2$
5	θ_5	96.5	0	0	0

$$d_4 = a_4 = 0$$

cos \rightarrow C sin \rightarrow S

$$T_{gövde}^{bilek} = T_0^1 T_1^2 T_2^3 = \begin{bmatrix} C_1 & 0 & -S_1 & 0 \\ S_1 & 0 & C_1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_2 & -S_2 & 0 & a_2 C_2 \\ S_2 & C_2 & 0 & a_2 S_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_3 & -S_3 & 0 & a_3 C_3 \\ S_3 & C_3 & 0 & a_3 S_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{bilek}^{tutucu} = T_3^4 T_4^5 = \begin{bmatrix} C_4 & 0 & -S_4 & 0 \\ S_4 & 0 & C_4 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_5 & -S_5 & 0 & 0 \\ S_5 & C_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{gövde}^{tutucu} = \begin{bmatrix} C_1 C_{234} C_5 + S_1 S_5 & -C_1 C_{234} S_5 + S_1 C_5 & -C_1 S_{234} & C_1 (117.8 C_2 + 117.8 C_{23} - 96.5 S_{234}) \\ S_1 C_{234} - C_1 S_5 & -S_1 C_{234} S_5 - C_1 C_5 & -S_1 S_{234} & S_1 (117.8 C_2 + 117.8 C_{23} - 96.5 S_{234}) \\ -S_{234} C_5 & S_{234} S_5 & -C_{234} & 215.9 - 177.8 S_2 - 177.8 S_{23} - 96.5 C_{234} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

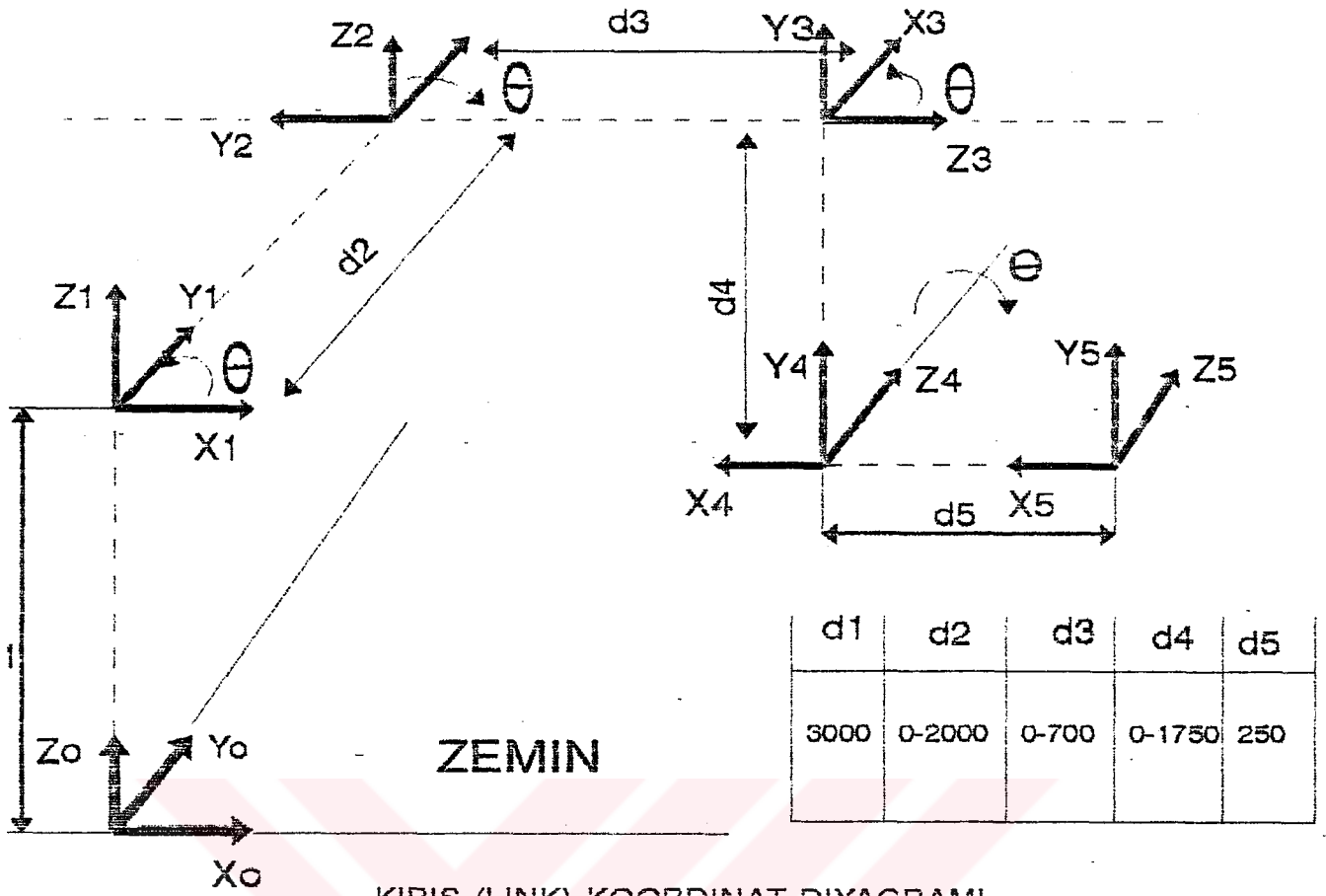
$$d = (215.9, 0, 0, 0, 96.5) \text{ mm.}$$

$$q_{home} = (0, 0, 0, -\pi/2, 0)$$

$$a = (0, 177.8, 177.8, 0, 0) \text{ mm.}$$

d, a, q_{home} değerleri T dönüşüm matrisinde yerlerine konarak aşağıdaki home bulunur.

$$T_{gövde}^{tutucu(home)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 485.1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 215.9 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



KIRIS (LINK) KOORDINAT DIYAGRAMI

ISTIF ROBOTU

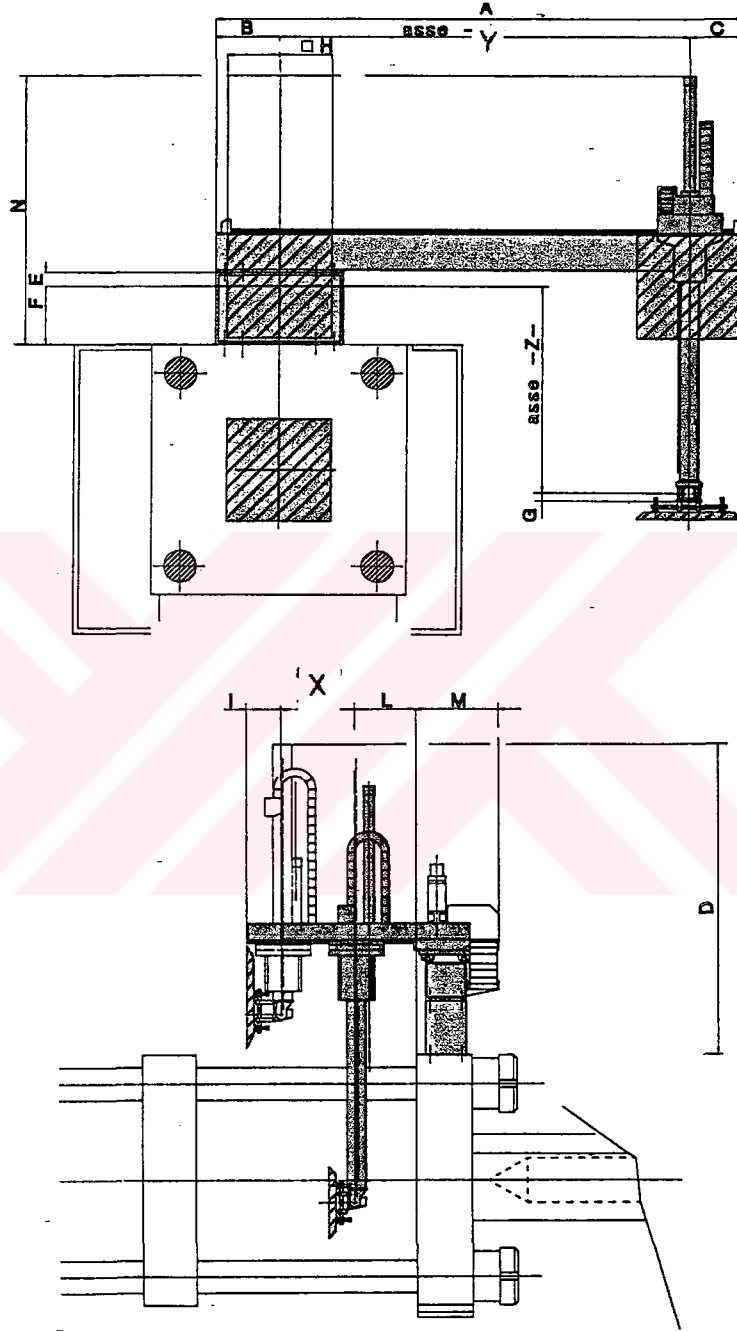
$$A = T(d_1)R(z, \theta_1)T(d_2)R(x, \theta_2)T(-d_3)R(y, \theta_3)T(-d_4)R(z, \theta_4)T(-d_5)$$

$$\theta_1 = \pi/2, \theta_2 = \pi/2, \theta_3 = \pi/2, \theta_4 = \pi/2$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & -\sin\theta_1 & 0 & 0 \\ \sin\theta_1 & \cos\theta_1 & 0 & d_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_2 & -\sin\theta_2 & -d_3 \\ 0 & \sin\theta_2 & \cos\theta_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ \cdot \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & 0 & \sin\theta_3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -d_4 \\ -\sin\theta_3 & 0 & \cos\theta_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos\theta_4 & -\sin\theta_4 & 0 & -d_5 \\ 0 & \cos\theta_4 & 0 & 0 \\ \sin\theta_4 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Home değerleri ile A matrisinde yazılarak home pozisyonu bulunur. $P^{\text{home}} = (950, 2000, 1250)$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & d_3-d_5 \\ 0 & 0 & 1 & d_2 \\ 1 & 0 & 0 & d_1-d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & -950 \\ 0 & 0 & 1 & 2000 \\ 1 & 0 & 0 & 1250 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Şekil İstif Robotu çalışma sahası ölçüleri

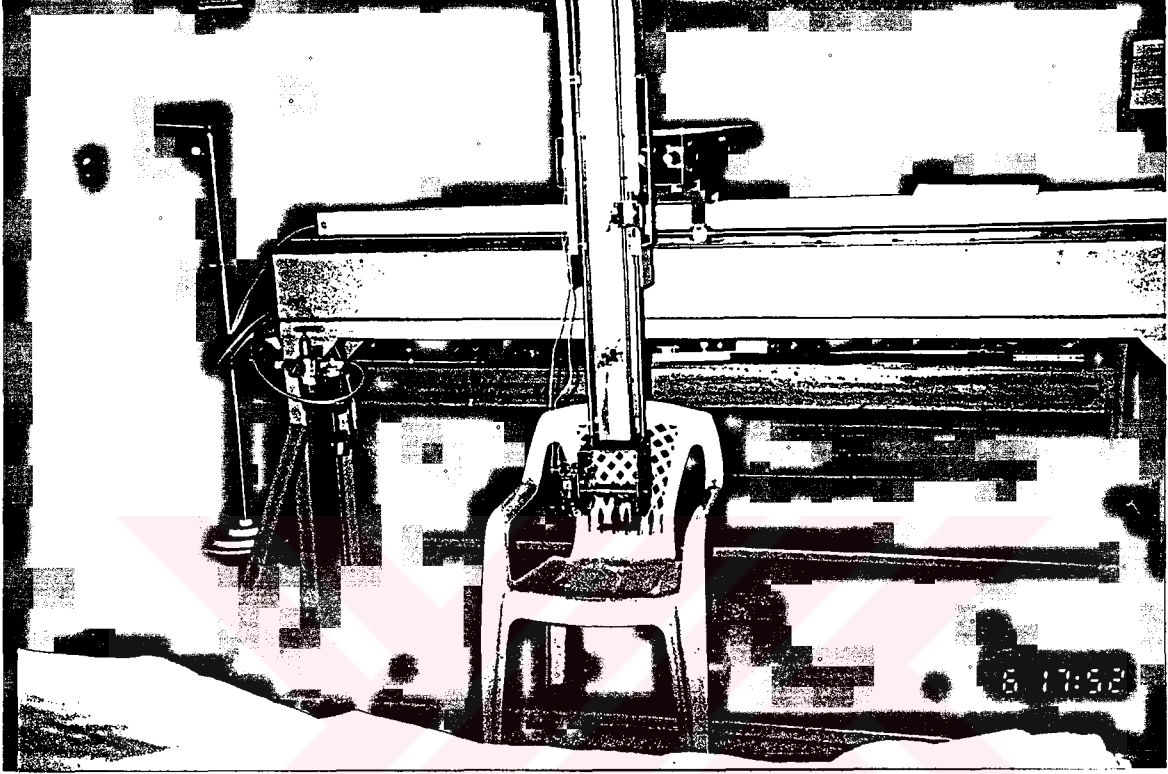
X = 700 mm.

Y = 2000 mm.

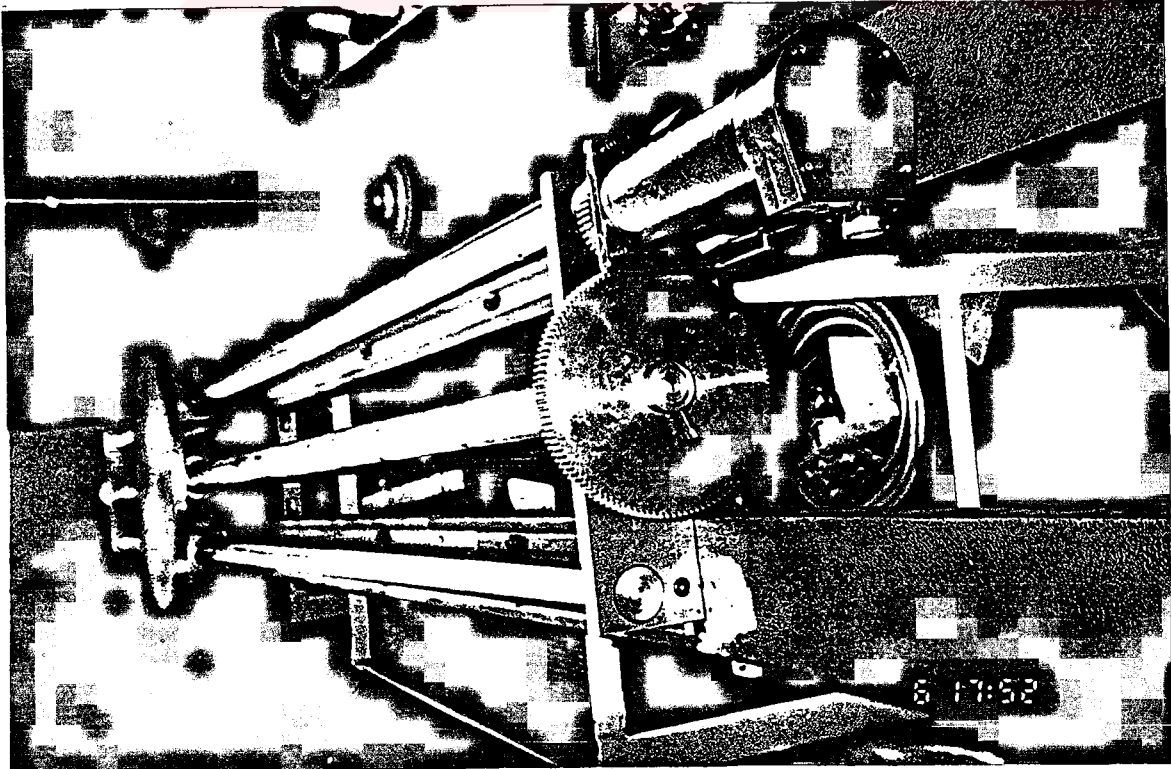
Z = 1750 mm.

PROTOTİP İSTİF ROBOTU İMALATI

Prof.Dr.Faris KAYA , Arş.Gör.Cem ATILGAN , Arş.Gör.Tamer KEPÇELER



Lineer Hareketli İstif Robotu



Isıl İşlem Robotu

Ek..

**OTOMASYON VE KONTROL SİSTEMLERİ İLE
İLGİLİ STANDARTLAR****STANDART TİPİ VE NO****STANDARTIN KONUSU**

ISO 1219

AKIŞKAN GUÇ SİSTEMLERİ
VE UYGULAMALARI
DEVRE SEMBOLLERİ

ISO 5599

PNÖMATİK VE AKIŞKAN GUÇ
SİSTEMLERİ , PARÇA KODLARI

DIN 19226

KONTROL VE OTOMATİK KONTROL
KABULLERİ VE ŞEKİL DİZAYNLARIDIN 12237
(VORNORM)ÇİZİM STANDARTLARI VE
KONTROL MUHENDİSLİĞİNDE
KABULLER

DIN 40700

DEVRE SEMBOLLERİ
BİLGİ TRANSFERİNDE DIGITAL
SİSTEMLER

DIN 40719

ŞEMASAL DİYAGRAMLAR İÇİN
KURALLAR VE GRAFİK SEMBOLLERİ

DIN 44300

BİLGİ İŞLEMLERİNDE KABULLER

Ek.. (devamı)**STANDART TİPİ VE NO****STANDARTIN KONUSU**

DIN 57113
(VDE 0113)

VDE İMALAT VE PROSES
MAKİNALARININ ELEKTRİK
BAĞLANTI STANDARTLARI

VDI 3226

PNÖMATİK KONTROL SİSTEMLERİ
DEVRE DİYAGRAMLARI

VDI 3231

TEKNİK ÇİZGİ STANDARTLARI
MAKİNA ARAÇLARI VE DİĞER
EKİPMANLAR KONUSUNDA

VDI 3260

İMALAT VE PROSES MAKİNALARININ
ŞEMATİK DİYAGRAM STANDARTLARI

KAYNAK KİTAPLAR

Kitabın adı	Yazarları	Yayıncı	Yılı
1-ROBOTICS	K.S. FU R.C. GONZALEZ C.S.G LEE	McGraw Hill	1988
2- ROBOT MANIPULATORS	RICHARD P.PAUL	MIT Press	1984
3- ROBOTICS FOR ENGINEERS	YORAM KOREN	McGrawHill	1987
4- ENGINEERING FOUNDATIONS OF ROBOTICS	FRANCHIS N.NAGY ANDRAS SIEGLER	PrenticeHall	1987
5- INDUSTRIAL ROBOTICS	MİKELL P. GROOVER MITCHEL WEISS ROGER N. NAGEL NICHOLAS G. ODREY	McgrawHill	1988
6- INDUSTRIAL ROBOTS	WESLEY E. SYNDER	PrinceHall	1985
7- FUNDAMENTALS OF ROBOTICS	ROBERT J.SCHILLING	PrinceHall	1991
8- ROBOTICS	BEN- ZION SANDLER	PrinceHall	1991
9- ROBOT TACTILE SENSING	R.ANDREW RUSSEL	PrinceHall	1990

KAYNAK DERGİLER VE FİRMA KATALOGLARI

A - KAYNAK DERGİLER

- 1- JIRA - JAPON ENDÜSTRİYEL ROBOT FEDERASYONU NOTLARI -1994
- 2- SWIRA- İSVEÇ ENDÜSTRİYEL ROBOT FEDERASYONU NOTLARI - 1994
- 3- IFR - ULUSLARARASI ROBOT FEDERASYONU NOTLARI
- 4- IFR - ROBOTICS NEWSLETTER - SAYI 9- 10
- 5- MHI-VDMA ALMAN ROBOT FED. DERGİSİ 1993-1994
- 6- OTOMASYON DERGİSİ - HAZİRAN 1993

B- KAYNAK KATALOGLAR

- 1- FESTO Pnömatik malzemeler kataloğu
- 2- SMC Pnömatik malzemeler kataloğu
- 3- SIEMENS PLC katalog ve notları
- 4- PASIFIC SCIENTIFIC adım motoru kataloğu
- 5- IBD adım motoru kataloğu
- 6- PARKER adım motoru katalogları
- 7- INA rulman katalogları
- 8- SGS Thompson Elektronik Entegre Katalogları
- 9- Robot imalatçısı katalogları
- REIS - ABB - YAMAHA - BOSH - KUKA - TELEROBOT -MOTOMAN -
ALTUNAY - FM AUTOMATION -BATTENFELD
- MIR - IROBI v.s....,
- 10- GROUPE SCHNEİDER , TELEMÉCANIQUE
- 11- OMRON
- 12 KLEMSAN