

T.C
İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ
KONTROL MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



KON 111 FİNAL RAPORU

ÖDEV KONUSU : **ROBOTİKTE KULLANILAN HAREKETLENDİRİCİ TÜRLERİ VE UYGULAMA ALANLARI**

TAKIM ADI : **TAKIM 27**

TAKIM YÖNETİCİSİ : **PROF. DR. HAKAN TEMELTAŞ**

ÜYELER : **ATAKAN ŞAHİN - 040090193**
: **MERTCAN CİBOOĞLU - 040090200**

TESLİM TARİHİ : **20 OCAK 2011**

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
İÇİNDEKİLER	I
ÖZET	II
BÖLÜM I	
Giriş	1
BÖLÜM II	
ROBOTİKTE KULLANILAN HAREKETLENDİRİCİ TÜRLERİ VE	
UYGULAMALARI	
2.1 Elektromekanik Hareketlendiriciler	1
2.1.1 DC Motorlar	1
2.1.1.1 Fırçalı DC Motorlar	2
2.1.1.2 Fırçasız DC Motorlar	3
2.1.2 Stepper (Adım) Motorlar	4
2.1.3 Servo Motorlar	5
2.2 Hidrolik ve Pnömatik (Akışkan) Hareketlendiriciler	6
2.2.1 Doğrusal Hareketlendiriciler	7
2.2.2 Doğrusal Olmayan Hareketlendiriciler	7
2.2.3 Avantajları-Dezavantajları ve Kullanım Alanları	8
2.2.3.1 Pnömatik Hareketlendiriciler	8
2.2.3.2 Hidrolik Hareketlendiriciler	9
2.3 Pizoelektrik Hareketlendiriciler	9
2.3.1 Avantajları ve Kullanım Alanları	10
BÖLÜM III	
SONUÇ	10

ÖZET

Otomasyon ve robotiğin fabrikasyon ve üretim sürecindeki yeri günden güne artmakta ve vazgeçilemez olmaktadır. Endüstriyel robotikte kullanılan hareketlendirici türlerini Elektromekanik hareketlendiriciler, pnömatik hareketlendiriciler, hidrolik hareketlendiriciler, piezoelektrik hareketlendiriciler diye dört gruba ayırabiliriz. Sıraladığımız hareketlendirici çeşitleri özelliklerine göre avantaj, dezavantajlara ve değişik kullanım alanlarına sahiptir. Elektromekanik hareketlendiriciler, kendi içinde çeşitlere ayrılmaktadır. DC motor, servo motor, step motor gibi. Bu motorların birbirleri arasındaki mevcut farkları kullanım alanlarını değiştirmektedir. Genel olarak elektromekanik hareketlendiriciler düşük maliyet ve yüksek hız gibi avantajlara sahip olmasına rağmen hassas değildir ve yangınlara sebep olabilirler. Robotikte hız gereken uygulamalarda kullanılır. Pnömatik ve hidrolik hareketlendiriciler yapı bakımından birbirine benzer tek farkları hidrolik hareketlendiriciler dönüşümde yağ kullanırken pnömatik hareketlendiriciler ise atmosfer kullanırlar ve hidrolik, silindir olmak üzere ikiye ayrılır. Pnömatik hareketlendiriciler ucuz, hızlı, temiz olmasına rağmen gürültülü ve bakım gerektiren bir sisteme sahiptir. Robotikte temiz alan gereken yerlerde kullanılır. Hidrolik hareketlendiriciler hafif, güçlü ve çabuk tepki verebilir olmasına rağmen pahalıdır ve ayrı bir güç kaynağına ihtiyaç duyar. Robotikte güç gerektiren dallarda kullanılır. Piezo hareketlendiriciler ise minimal düzeydeki boyutları ile kullanım kolaylığı sağlarken pahalıdırlar ve robotikte hassaslık gerektiren alanlarda kullanılır.

BÖLÜM I

Giriş

Otomasyon ve robotiğin; fabrikasyon ve endüstrideki önemi, sağladığı zaman ve finansal kazançla birlikte artmaktadır. Endüstride kullanılan robotlarda her robot türleri gibi çeşitli bölümlerden oluşur. En genel anlamda robotlar 3 temel kısımdan oluşur. Algılayıcılar (sensörler), kontrol birimi ve hareketlendiriciler(eyleyiciler). İngilizcesi actuator olan hareketlendirici bir robotun hareket etmesini sağlayan sistemlerdir. Endüstri robotlarında kullanılan en yaygın hareketlendirici teknolojileri 4'e ayrılır. Bunlar; Elektromekanik hareketlendiriciler, pnömatik eyleyiciler, hidrolik eyleyiciler ve piezo elektrik eyleyiciler.

BÖLÜM II

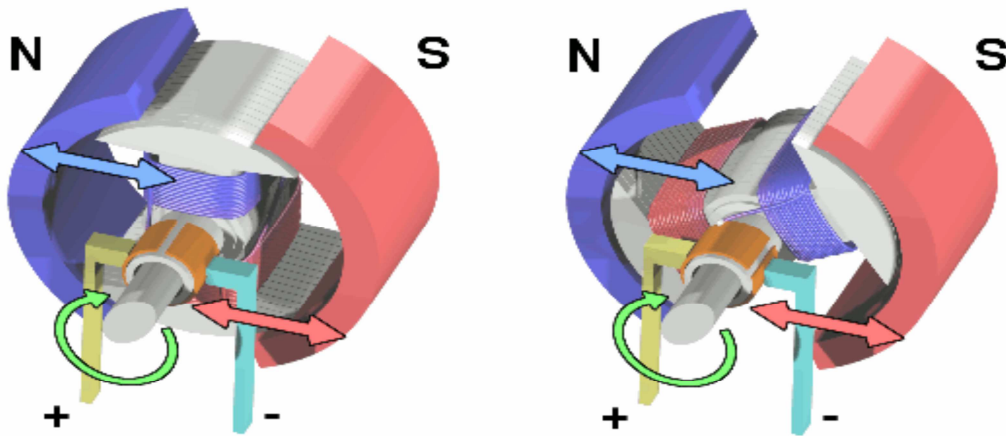
ROBOTİKTE KULLANILAN HAREKETLENDİRİCİ TÜRLERİ VE UYGULAMALARI

2.1 Elektromekanik Hareketlendiriciler

Elektro mekanik hareketlendiriciler, elektrik akımının sayesinde çalışan motorlardan oluşur. Elektromekanik hareketlendiriciler hızlı ve hassastır.Hareketlerinde karmaşık kontrol teknikleri uygulanabilir ve ucuzdurlar.Bu avantajlarının yanı sıra dezavantajlarına bakılacak olursa; elektrik atlamaları yanıcı ortamlarda tehlikeli olabilir. Hareketin engellenmesi durumunda hararet yaparlar, düşük moment ve yüksek hızda çalışır bu nedenle aktarma organlarına ve dişlilere gereksinim duyar. Robot üreticilerinin birçoğu elektrik motorlarını tercih ederler. Birçok çeşit elektrik motoru vardır. Büro aletleri, iş makinelerinde, büyük havalandırma sistemlerinde, optik tarayıcılarda, tıp aletlerinde, fotokopi makineleri, fan ve üfleyiciler, tarayıcılar, elektrikli ev aletleri, yazıcılar ve teyp sürücüler gibi geniş bir kullanım alanına sahiptir. En genel olarak endüstriyel robotikte kullanılan elektrik motorlarını 3 gruba ayırırsak DC motorlar, step motorlar, servo motorlar.

2.1.1 DC motorlar

DC; directive current yani doğrusal akım demektir. DC motorlarda doğrusal akım ile çalışan motorlardır.



Şekil-1:DC Motorların Çalışma Prensibi^[1]

Çalışma prensibi (Bakınız: Şekil-1)bobin üzerinden geçen akımın sonucunda oluşturduğu manyetik alanlar sayesinde oluşan kutuplaşmayı ileri ve geri yönlü olarak kullanarak, yani zıt kutupların çekmesi ya da aynı kutupların birbirini itmesi prensibinin dairesel harekete dönüştürülmesini baz alınan en basit yapıdır. Ucuz ve küçüktürler. Genel olarak 1.5V ile 100V arasında çalışabilirler. 6V, 12V ve 24V motorlar çok yaygın olarak bulunmaktadır. Birkaç bin RPM den on binlerce RPM e kadar çalıştırılabilirler. 12V ve daha küçük motorlar yapısına göre birkaç yüz mili amperden birkaç mili ampere kadar akım çekebilirler. En belirgin özellikleri yüksek hız, düşük tork , ters yönde kullanım, sürekli hareket.

Fırçalı ve fırçasız olmak üzere 2 gruba ayrılırlar.

2.1.1.1 Fırçalı DC Motorlar

Fırça içeren DC motorlarda, rotordaki sarımlara elektrik iletimi fırça-kollektör yapısı ile sağlanır. Dilimli bir yapıda olan kollektör düzeneği sayesinde, rotor sarımlarından geçen akımın yönü motor dönerken kendiliğinden değişir.

Avantajları;

- Sürtünmeden ve fırça/komütatör (kolektör) ikilisinin oluşturduğu dirençten dolayı oluşan elektrik/mechanik kayıpların ortadan kalkması.
- Çok yüksek tork almak mümkündür.

Dezavantajı

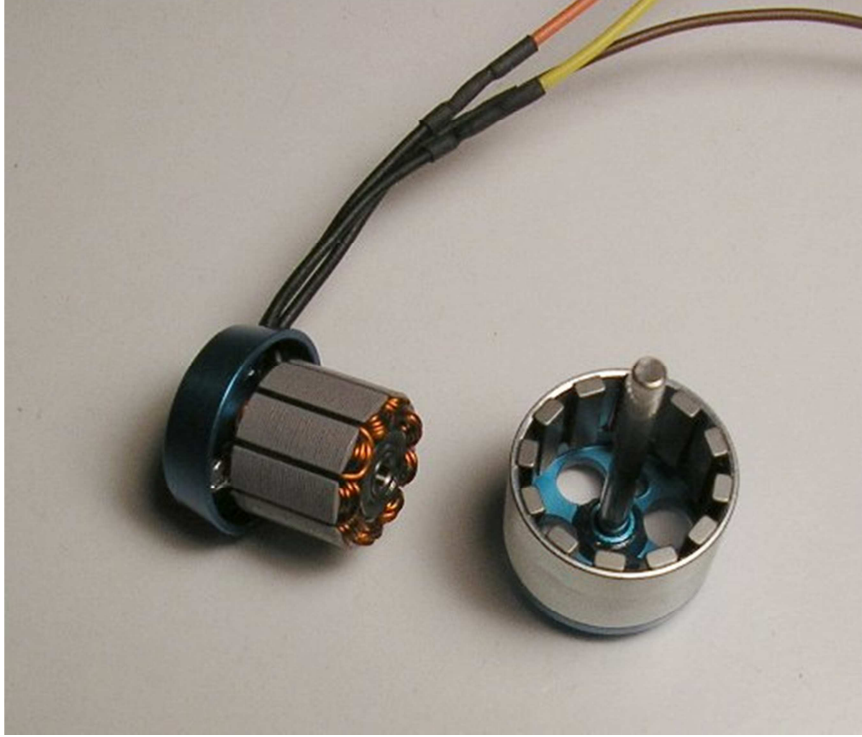
- Komütatörün yerini elektronik bir devrenin alması yani motorun çalışabilmesi için ek donanımlar gerektirmesidir.
- Kıvılcım oluşturma
- Fırçalarda aşınma ve bakım gerektirme



Resim-1:Fırçalı DC Motor

2.1.1.2 Fırçasız DC Motorlar

Fırçasız DC motorlar, performans elde etmek için fırça ve komitatör takımının mekanik sınırlamalarını ortadan kaldırmak amacıyla komitasyon işlemi elektronik olarak yerine getirilecek şekilde tasarlanmış motorlardır.



Resim-2:Fırçasız DC Motor

Avantajları

- Yüksek verim,
- Doğrusal moment/hız ilişkisi,
- Yüksek moment/havim oranı,
- Az bakır gerektirir,
- Fırçalar ve komitatör yoktur,
- Daha az bakım,
- Tehlikeli ortamlarda kullanılabilir.

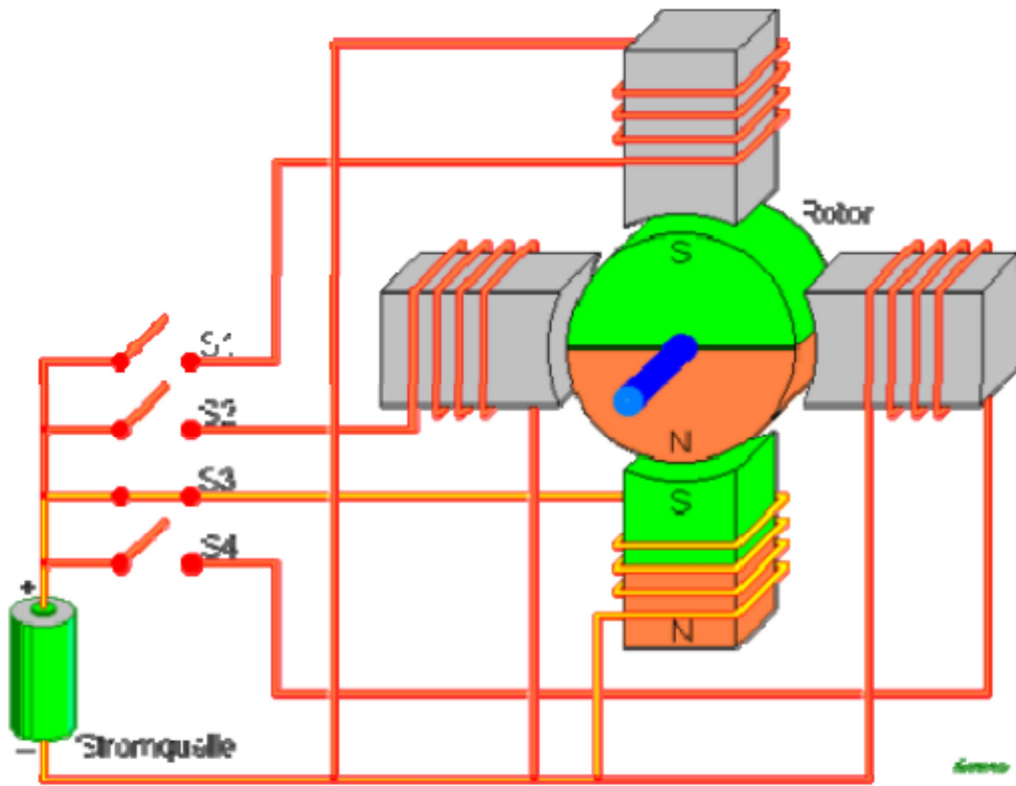
Dezavantajları

- Harici güç elektroniği gerektirir.
- Uygun çalışma için rotor konum bilgisini gerektirir.
- Hall-etkili sensörlere gerek vardır.
- Algılayıcısız yöntemlerin kullanılması ilave algoritmali sistem gerektirir.
- Rotor mıknatısları motor maliyetini artırır

Yüksek verimleri sayesinde bu motorların kullanım alanları her geçen gün artmaktadır.

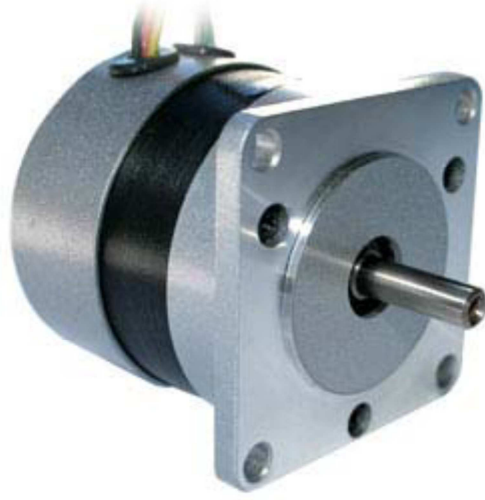
2.1.2 STEPPER MOTOR(ADIM MOTORU)

Genel olarak Step Motorlar; dijitalden analoğa çevrilme, hız ve pozisyon kontrol amaçlarına yönelik olarak kullanılmaktadır. Genellikle lineer hareket hassas mil kontrolü gerektiren uygulamalarda tercih edilirler. Bu motorların temeli 1935senelerinde atılmış olup,günümüzde bilgisayar disketlerinin yazılıp okunmasındaki sistemlerde,bilgisayar yardımcı devrelerinde,yazıcı,çizici ve bazı robotların milimetrik hareket kontrollerinde geniş bir uygulama alanı vardır.



Şekil-2:Step Motorların Çalışma Prensibi^[1]

Elektrik motorlarının uygulama alanlarında hassas hareketler sağlanması isteniyorsa step motorlar kullanılır. Şekil 2 deki s1 s2 s3 s4 sargılarına sırasıyla güç verilirse, her bir güç veriminde rotor bir adım döner. Bu şekilde bir adım 90° dereceye denk gelmektedir. 90 derece hassas konumlandırma için yeterince küçük bir açı değildir. Bu nedenle günümüzde 90, 75, 45, 30 gibi derecelerin yanında, 3.6, 1.8 ve 0.9 gibi çok küçük adım açılarına ve yüksek konumlandırma hassasiyetine sahip adım motorlar mevcuttur.



Resim-3:Step Motor

Step motorların avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Geri beslemeye ihtiyaç göstermezler. Açık döngülü olarak kontrol edilebilirler.
- Motorun hareketlerinde konum hatası yoktur.
- Sayısal olarak kontrol edilebildiklerinden bilgisayar veya mikroişlemci gibi elemanlarla kontrol edilebilirler.
- Mekanik yapısı basit olduğundan bakım gerektirmezler.
- Herhangi bir hasara yol açmadan defalarca çalıştırılabilirler.

Step motorlarının bu avantajları yanında bazı dezavantajları da aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Adım açıları sabit olduğundan hareketleri sürekli değil darbelidir.
- Sürtünme kaynaklı yükler, açık döngülü kontrolde konum hatası meydana getirirler.
- Elde edilebilecek güç ve moment sınırlıdır.

2.1.3 Servo Motorlar

Servolar programlanabilir bir mile sahip olan küçük cihazlardır. Servoya belirli kodlar göndererek bu milin pozisyonunu istediğimiz açıda değiştirilebiliriz. Giriş hattındaki kodlu sinyelimiz var oldukça, servo milin pozisyonunu kodun istediği şekilde sabit tutar. Kodlar değiştikçe milin açısal pozisyonu da değişir. Örneğin, servolar uzaktan kumandalı uçaklarda yön tayini için hareketli parçaların pozisyonlarını değiştirmek için kullanılır. Uzaktan kumandalı araçlar ve oyuncaklar için ve elbette robotlar için de kullanılırlar.

Servolar robotlar için vazgeçilmez parçalardır. Gömülü kontrol devrelerine sahiptir ve küçük boyutlarına karşın inanılmaz güçlüdür. Ayrıca mekanik gücü orantılı olarak harcar. Yani hafif yüklü bir servo fazla güç harcamayacaktır.



Resim-4: Servo Motor

Servo motorların avantajları;

- Çok hızlı ivmelendirme ve frenleme yapabilirler.
- Gömülü kontrol devrelerine sahiptir ve küçük boyutlarına karşın inanılmaz güçlüdür
- Mekanik gücü orantılı olarak harcar yani hafif yüklü bir servo fazla güç harcamayacaktır.

Dezavantajları;

- Pahalıdır.
- Düşük verimlilik.
- Yüksek ısı yayılımı- kafes ısınıp düşük tutmak için bir fan motoru şarttır.

2.2 Hidrolik ve Pnömatik (Akışkan) Hareketlendiriciler

Genel olarak hidrolik, sıkıştırılamaz akışkanlarla, bir diğer deyişle sıvılarla (su, yağ, benzin... vb.) çalışan sistemlere verilen isimdir. Günümüzde ise hidrolik sözcüğü daha çok yağ gücü ile çalışan kapalı sistemler için kullanılmaktadır. Hidrolik sistemler, sıvıların özelliklerinden dolayı en ağır yüklerde çalışabilirler. Pnömatik ise hidroliğin aksine, sıkıştırılabilir akışkanlarla, bir diğer deyişle gazlarla (hava, azot, soğutucu gazlar... vb.) çalışan sistemlere verilen isimdir. Yine günümüzde pnömatik sözcüğü genel tanıma karşın hava ile çalışan sistemler için kullanılmaktadır.

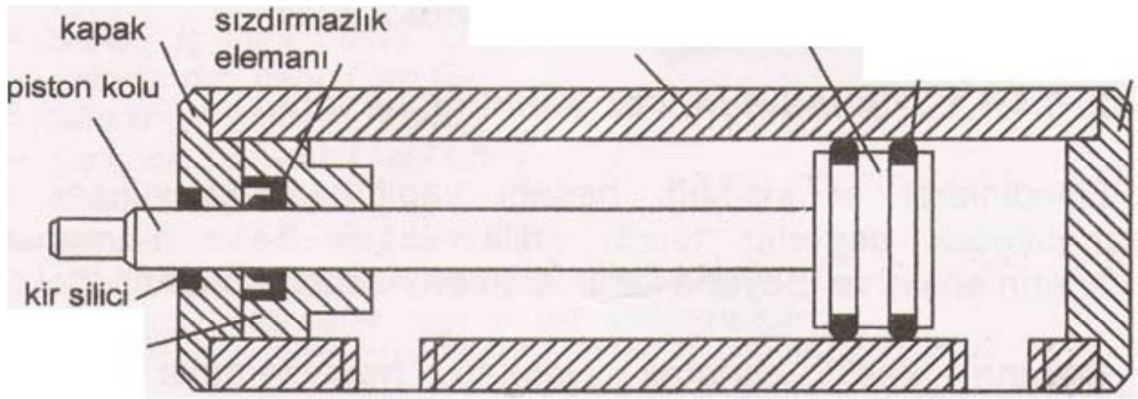
Hidrolik sistemlerin en önemli yasaları basıncı temel alır. Bunlardan en temeli durağan sıvılar için olan Pascal yasasıdır. Pascal yasasına göre, bir sıvıya uygulanan kuvvet, sıvının içinde bulunduğu kabın çeperlerine dik yönde ve eşit büyüklükte dağıtılır. Bu tanıma göre, kabın çeperlerinde dik ve eşit büyüklükte hissedilen olgu basınçtır ve bu basınç sıvı boyunca aynıdır. Bu ilkeyle küçük kuvvetlerle büyük yükleri kaldırmak mümkündür.

Pnömatik sistemler için ise temel yasa, ideal gaz yasasıdır. Buna göre bir gazın basıncı, hacmiyle ters, sıcaklığıyla doğru orantılıdır. Diğer bir deyişle, bir gazın basıncını artırdığınızda, gazın iç dengesinin korunması için hacmi küçüleceği gibi sıcaklığı da artacaktır.

Akışkan enerjisinin mekanik enerjiye çevrilmesi için hareketlendiriciler kullanılmaktadır. Akışkan sistemlerinde hareketlendiriciler doğrusal ve doğrusal olmayan olarak iki gruba ayrılırlar.

2.2.1 Doğrusal Hareketlendiriciler

Doğrusal hareketlendiriciler (Bakınız: Şekil-3), silindir diye adlandırılır ve dışarıdan yalıtılmış bir silindir şeklinde bir koruyucu ve içinde gidip gelme yetisine sahip, silindiri içerde birbirinden bağımsız iki bölüme ayıran ve ucu silindirden dışarı çıkan birer pistondan ibarettirler. Silindirin açılma konumunda, akışkan yön kontrol vanalarından geçerek silindire dolar ve pistonu ilerletir. Kapanma konumunda ise, silindir içindeki yüksek basınçlı akışkan yön kontrol vanaları üzerinden boşalır. Hidrolik sistemlerde yağ tekrar kullanılmak üzere rezervuara boşaltılırken, pnömatik sistemlerde hava atmosfere bırakılır. Fakat, yüksek basınçlı hava küçük bir delikten atmosfere boşalırken çok gürültü yapar, pnömatik hareketlendiriciler çalışırken sık sık “tıslama” duyulmasının sebebi budur.

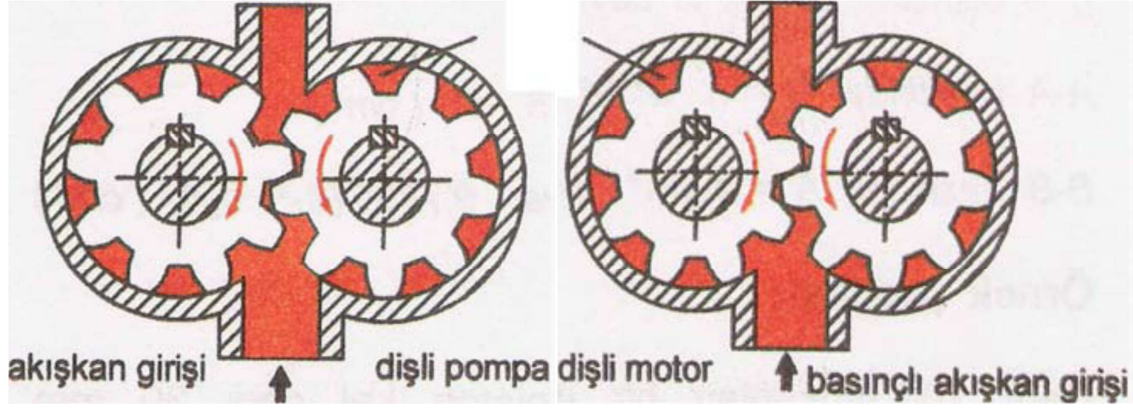


Şekil-3: Silindir Kesiti ve Elemanları

Açılma ve kapanma işlemlerinin eşit hızda ve kontrollü olarak gerçekleştirilmesi gereken durumlarda çift yönlü silindirler kullanılırlar. Çift yönlü silindirlerin özelliği ise açılma ve kapanma esnasında piston tarafından ayrılan kısımların ikisinde de basınçlı akışkan bulunmasıdır. Bir diğer deyişle, kapanma esnasında da silindirin içine akışkan gönderilir.

2.2.2 Doğrusal Olmayan Hareketlendiriciler

Doğrusal olmayan hareketlendiriciler (Bakınız: Şekil 4) ise kısıtlı ve sürekli dönüş olarak ikiye ayrılırlar. Kısıtlı dönüş tipleri 360°nin altında bir serbestliğe sahiptirler ve dönüşleri sırasında sabit kuvvet uygularlar. Sürekli dönüş tipindeki hareketlendiriciler, giriş kapısından aldıkları akışkanın basıncını, dönme hareketi oluşturmak için, momente dönüştürerek, düşük basınçlı akışkanı çıkış kapısından boşaltırlar. Aslında türbin işlevi göstermelerine rağmen akışkan motoru olarak adlandırılırlar ve yüksek güç/ağırlık oranları sayesinde en çok tercih edilen eyleyiciler arasındadır. Küçük boyutluları 20,000-30,000 devir gibi yüksek hızlarda çalışabilmektedirler. Doğrusal olmayan tip eyleyiciler genellikle seri üretimde kullanılmaktadırlar.



Şekil 4: Doğrusal olmayan hareketlendiricilerin çalışma

Hidrolik ve pnömatik sistemler genel akışkan kurallarıyla çalıştıkları için birbirlerine çok benzemektedirler. Fakat kullanım alanları değişiklik göstermektedir. Sıvıların basıncı gazlara göre çok daha fazla artırılabilir olduğundan hidrolik sistemler ağır yüklerde, pnömatik sistemler ise orta dereceli yüklerde kullanılırlar.

2.2.3 Avantajları-Dezavantajları ve Kullanım Alanları

Pnömatik ve hidrolik hareketlendiricilerin avantajlarını, dezavantajlarını ve kullanım alanlarını şu şekilde sıralayabiliriz;

2.2.3.1 Pnömatik Hareketlendiriciler

Pnömatik hareketlendiricilerin avantaj, dezavantaj ve kullanım alanları şu şekildedir;

Avantajları:

- Ucuz
- Hızlı
- Temiz
- Laboratuar çalışmalarında kullanılabilir
- Endüstride sık kullanılan bir enerji türü kullanır
- Hasar almadan durabilir

Dezavantajları:

- Havanın sıkışabilir olması kontrolü ve hassasiyeti azaltır
- Egzoz gürültü kirliliği yaratır
- Hava sızıntısı meydana gelebilir
- Ekstra kurulum ve filtreleme gerekebilir
- Hız kontrolü zordur.

Kullanım Alanları

Pnömatik eyleyicilerin en genel kullanım uygulaması tutucuların (gripper) açılıp kapatılmasıdır. Ayrıca doğrusal pnömatik silindirler tut ve yerleştir tipi robotlarda kullanılır. Havayı kullanmasından dolayı temizliğin ön planda olduğu çalışma ortamlarında tercih edilir.

2.2.3.2 Hidrolik Hareketlendiriciler

Hidrolik hareketlendiricilerin avantaj, dezavantaj ve kullanım alanları şu şekildedir;

Avantajları:

- Büyük kaldırma kapasitesi
- Hafif olmasına rağmen güçlü
- Yağ sıkışmadığından bağlantılar sabit bir halde tutulabilir
- Çok iyi servo kontrol yapılabilir
- Kendini soğutabilir
- Çabuk tepki verebilir
- Alev alabilir ortamlarda güvenlidir
- Düşük hızlarda yumuşak hareket edebilir

Dezavantajları:

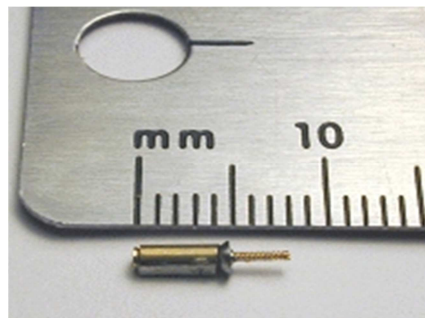
- Pahalıdır
- Yüksek hızlarda dairesel hareket için uygun değildir
- Boyutlarını küçültmek zordur
- Uzak güç kaynağına ihtiyaç duyar bu da yer kaplar

Kullanım Alanları

Hidrolik hareketlendiriciler takım tezgâhlarında, taşıtlarda, gemi sanayisinde, demir ve çelik sanayisinde, döküm sanayisinde ve ağır iş makinelerinde (greyder, kepçe vb. gibi) yaygın olarak kullanılır.

2.3 Piezoelektrik Hareketlendiriciler

Piezoelektriklik, kristallerin üzerilerine uygulanan yüksek mekanik strese potansiyel fark üreterek karşılık vermesidir. Piezoelektrik etki ise bazı kristallere potansiyel fark uygulandığında bu kristallerin biçim değiştirmesidir. Diğer bir deyişle piezoelektriklik tanımının tam tersi şeklinde ifade edilebilir. Ancak bu biçim değişimi yaklaşık %0.1 dolaylarında olup, oldukça küçüktür ve bu ölçülerde hassas biçimde çalışmaya olanak sağlar. Bu hassasiyetlerinden dolayı piezoelektrik malzemeler günlük hayatta çeşitli kullanım alanları bulmaktadır.(Bkz. Resim-5)



Resim-5: Piezoelektrik Motor

2.3.1 Avantajları, Dezavantajları ve Kullanım Alanları

Piezoelektrik motorlar çeşitli işlerde kullanılabilirler. Örneğin piezoelektrik polimer filmlerden yapılmış olan hoparlörler, üzerilerine uygulanan voltajı küçük titreşimlere çevirerek ses üretirler. İçinde lazer okuyucu bulunduran CD sürücü gibi elektronik aygıtlarda piezoelektrik eyleyiciler aynaların pozisyon kontrolünde kullanılmaktadır. Ayrıca piezoelektrik etki ile lazerin üzerine düştüğü aynaya titreşim verilerek yine hassas bir biçimde lazer frekansı ayarlanmaktadır. Elektron mikroskoplarında, bazı yazıcıların mürekkep püskürtme mekanizmalarında ve bazı dizel motorların yakıt enjeksiyon supaplarında uygulama alanları olan bu malzemeler, bazı küçük ölçekli robotlarda ise eyleyici olarak kullanılmaktadır. Bu kullanılan eyleyiciler, piezoelektrik etki kullanılarak oluşturulmuş motorlardır. Bu motorlar, uygulanan voltaj ile bir mile onu belli bir yönde çevirecek kuvvet verirler. Bu motorların robot teknolojilerinde kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Piezoelektrik eyleyiciler vakum, düşük sıcaklıklar ve yüksek manyetik alanlarda da sorunsuz çalışabildiklerinden hassas ölçüm cihazlarında da kullanılmaktadır.

BÖLÜM III

SONUÇ

Gelişen teknoloji ve kaynaklar sayesinde endüstriyel robotikte ve diğer tüm robotik alanlarındaki hareketlendirici türleri 3 önemli gruba ayrılabilir: elektromekanik hareketlendiriciler, hidrolik ve pnömatik (Akışkan) hareketlendiriciler, piezoelektrik hareketlendiriciler. Elektromekanik hareketlendiriciler, elektrikle çalışan motorlardan oluşur. DC, step ve servo olmak üzere üç gruba ayrılır. Maliyetinin düşük olması ve harekete karmaşık kontrol teknikleri uygulanabilir olması nedeniyle robot üreticilerin çoğu elektrik motorlarını tercih eder. Bir diğer hareketlendirici türü ise pnömatik ve hidrolik hareketlendiricilerdir. Bunlar akışkan akışkan kurallarıyla çalıştıkları için birbirlerine çok benzemektedirler. Ancak pnömatik sistemler havayla çalışırken, hidrolik sistemler sıvıyla çalışır. Güçlü olmalarının sağladığı avantajdan dolayı ağır iş makinelerinde ve tut -yerleştir tipi robotlarda kullanılırlar. Son hareketlendirici türü ise piezoelektrik hareketlendiricilerdir. Bu hareketlendiriciler piezoelektrik etki kullanılarak oluşturulmuş motorlardır. Bu motorlar, uygulanan voltaj ile bir mile onu belli bir yönde çevirecek kuvvet verirler. Düşük sıcaklıklarda ve yüksek manyetik alanlarda sorunsuz çalışabilirler bu yüzden hassas ve küçük çalışmalarda kullanılmaktadır.

KAYNAKÇA

1. <http://www.elektrotekno.com/about766.html>
2. <http://www.robot.metu.edu.tr/dosya/motorDokuman.pdf>
3. <http://www.micromo.com/n112053/n.html>
4. <http://www.elektrotekno.com/about5188.html>
5. http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/523EO0072.pdf
6. http://akmyo.kocaeli.edu.tr/megephidrolik_sistemler.pdf
7. Bolton W. ; Pneumatic and hydraulic systems, 1997, Butterworth-Heinemann
8. Parr A. ;Hydraulics and pneumatics: a technician's and engineer's guide (2nd edition), 1998, Butterworth-Heinemann

