

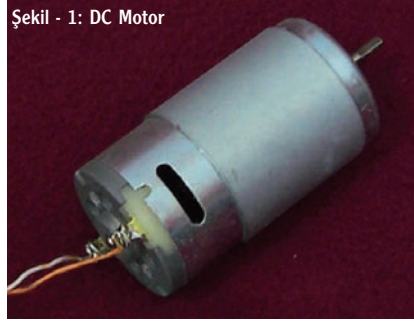
# ROBOTLARDA HAREKET SİSTEMLERİ – EYLEYİCİLER MOTORLAR - 1

Robotlar denince pek çok insanın aklına ilk önce bilim kurgu filmlerinden bazı görüntüler gelir. Değişik ekranlarda kıvrılıp bükülen robot kollar, fırl fırl dönen, içine kamera yerleştirilmiş gözler ve hatta robotlara özgü mekanik bir yürüyüş zihnimize kazınmış tipik robot imgeleridir. Bilhassa son yıllarda yapılan filmler sayesinde çoğu insan bu robotların gerçekte yapıldığını düşünmekte, oysa gerçekte durum çok farklı. Dünyaca ünlü pek çok firma ve birçok üniversite yıllarca yürüttükleri yoğun çalışmalarla ancak iki ayak üzerinde denge kurabilen, rahatça yürüyebilen ve koşabilen robotlar yapabildi. Peki bu makineleri hareket ettirme konusunda bu kadar güç olan nedir diye soruyorsanız, size bunu biraz açıklamaya çalışalım.

Tüm robotların en temel üç elemanı algılayıcılar, kontrol ünitesi ve hareket sistemleri yani eyleyicilerdir. En basitinden en karmaşığına tüm otonom kabul edilen robotlarda bu elemanlar bulunur. Önceki yazılarımızda daha çok elektronik kontrolden ve mikrodenetleyicilerden bahsetmiştik. Otonom sistemlerde sıklıkla kullanılan adım motorlarının kontrolü, verilen açı bilgisine göre hareket eden servo motorların yapımı ve kontrolü hakkında bilgiler aktarmaya çalışmıştık. Şimdi de bu motorların kullanılabileceği uygulamalardan bahsedeceğiz. Ayrıca bunlara ek olarak diğer hareket elemanlarını, elektromekanik, hidrolik, pnömatik ve piezoelektrik eyleyicileri sizlere tanıtaçalış.

## DC Motorlar ve Çeşitli Düzenekler:

Doğru akım ile çalışan elektrik motorları robotların yanı sıra pek çok elektrikli ev aletinde, bilgisayarların bazı parçalarında, otomobillerin sile-



Şekil - 2: Gezgin (Planetary) Dişli



Şekil - 3 Sonsuz vida, dişli ve kayış

cek, otomatik cam yükseltme gibi çeşitli mekanizmalarında ve daha pek çok yerde bulunur. Hatta bir çok güneş arabalarında da DC motor kullanılmaktadır. Pek çoğunuzun bildiği gibi, bu motorların iki tane bağlantı yeri vardır. Motor, bu bağlantı yerlerinden birine artı diğerine eksi gerilim uygulandığında bir yöne, ters gerilim uygu-

landığında ise diğer yöne döner. Bu yüzden bu motorların elektronik kontrolü diğer motor türlerine göre oldukça kolaydır. Ancak şekil - 1'de görülen bir DC motor olduğu gibi bir mekanik sisteme takıldığında pek işlevsel değildir. Bunun sebebi DC motorların yüksek hızlarda ve düşük torkla dönmesidir.

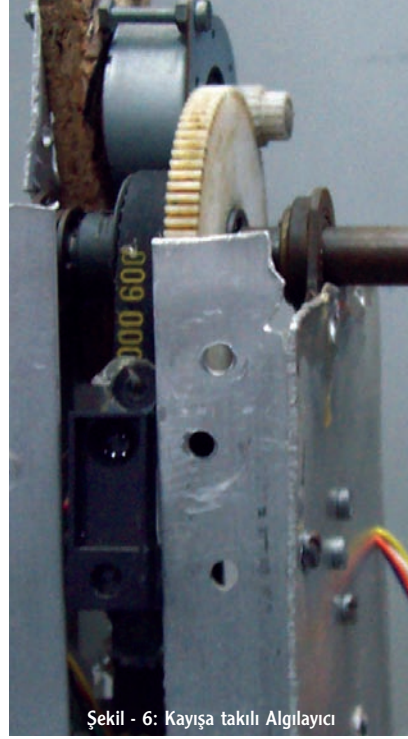
Bir DC motorun işlevsel hale gelebilmesi için pek çok yöntem kullanılabilir. Daha önceki yazılarımızda da bahsettiğimiz dişli kutusu kullanımı bunlardan bir tanesidir. DC motorlar oyuncak arabalarda, CD-rom sürücülerde, teyplerde ve daha pek çok yerde dişli kutusuna monte edilmiş halde görülebilir. Dişliler çok çeşitlidir; düz, konik, sarmal, gezgin (planetary) dişliler ve sonsuz vidalar bunlardan bazılarıdır. Bu dişli türleri otomobil vites kutularında, matkaplarda ve daha pek çok yerde gözlemlenebilir. Gezgin (planetary) dişli sistemlerinin diğer dişlilere göre önemli bir farkı, diğer sistemlerde tüm dişli eksenleri sabit iken gezgin dişlilerde bazı dişlilerin ekseninin sabit olmamasıdır. Bunun getirdiği fayda, küçük alanlarda ve daha az dişli ile yüksek dişli oranları elde edilebilmesidir. Bu özellikten faydalanılarak gezgin dişli sistemleriyle otomobillerin otomatik vites mekanizmaları yapılmaktadır. Sonsuz vidalar ise dairesel hareketi doğrusal harekete çevirmek için kullanılabilir. Sıfırdan bir dişli kutusu yapmak oldukça zahmetlidir. Eğer yapacağınız uygulamada dişli kutusu kullanacaksanız ve üretim olanaklarınız sınırlıysa, dişlileri kendiniz bir araya getirmek yerine, hazır sistemleri araştırıp size uygun olan bir tanesini seçmenizi öneririz.

Dişlilerin yanı sıra kasnak ve kayış kullanarak da hızı düşürüp torku arttırabilirsiniz. Pek çoğunuz dişlilerin, kasnak ve kayış sistemlerinin temel özelliklerini ortaokuldaki fizik dersle-

rinden hatırlayacaktır. Tabii sistemler karmaşıklıktıkça ve yükler arttıkça çok daha derin mekanik bilgisine ihtiyaç duyulacaktır. Kasnak ve kayış kullanımının önemli bir özelliği istenen uzaklıklara güç aktarılabilmesidir. Dişli sistemlerinde ise uzaklık arttıkça dişlilerin ağırlığı ve sayısı artar, bu çoğunlukla istenmeyen bir durumdur. Kayışlı sistemler dişli sistemlerine göre çok daha sessiz çalışırlar. Kayış, elastik olmasından dolayı darbe sönmüleyici özellik gösterir. Dişliler ise elastik değildir ancak bu da başka bir avantaj getirir; dişliler sistemde kayma oluşmasını engeller. Elastik yapıdaki kayış kullanımı yüksek hassasiyet gerektiren uygulamalar için dişli kadar uygun olmayabilir. Kayışlı sistemlerin ömrü dişli sistemlerine göre kısadır, bunun sebebi kayışın sıklıkla yıpranmasıdır. Dolayısıyla bu sistemlerde yıpranan kayış sıklıkla değiştirilmelidir.

Kasnak ve kayış sistemlerinde kayışın yaptığı doğrusal hareket de oldukça işlevsel olabilir. Şekil - 6'daki kayışa sabitlenmiş, kayışın yukarı aşağı oynaması ile belli bir alanı dikey tarayan uzaklık algılayıcı buna örnek olarak verilebilir. Kayış ve dişliler eşmerkezli olacak şekilde birbirine monte edilerek kullanılabilir. Böylece her iki sistemde avantajları kullanılabilir.

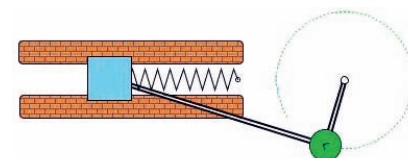
Motorlarla kullanılacak dişlilere ve kasnak kayış sistemlerine göre daha az bilinen pek çok mekanik sistem bu-



Şekil - 6: Kayışa takılı Algılayıcı

lunmaktadır. Bunlardan bazıları krank mekanizmaları ve çubuk bağlantı (bar - linkage) mekanizmalarıdır. Şekil - 7'de bir krank mekanizmasının resmi görebilirsiniz. Bu düzenekle dairesel hareket doğrusal harekete ya da tıpkı araba motorlarında olduğu gibi doğrusal hareket dairesel harekete çevrilebilir. Diğer pek çok mekanizma bu hareketten türetilir. Şekil - 8 ve 9'da bacaklı bir robotun adım atmasını sağlamada kullanılan mekanizmayı görebilirsiniz.

Pek çok kişi araba sileceklerinin tam bir tur atmadan yaptıkları salınım benzeri hareketi gözlemlemiştir. Eğer bu hareketin nasıl oluştuğunu merak ediyorsanız adım adım açıklayalım. 10. Şekilde görülen türde düzenekler dört veya daha fazla sayıda çubuk bağlantısıyla oluşturulabilir. Sileceklerdeki, bazı yürüyen mekanik oyuncaklardaki ve bazı üretim tezgahlarındaki mekanizmalar bu şekilde yapılmıştır. Şekilde, koyu mavi çubuğun, açık mavi çubuk ile birleştirildiği daire merkezi eksenli olarak bir motor tarafından döndürüldüğünü düşünürseniz, açık mavi çubuk sabit tutulduğunda, kırmızı çubu-

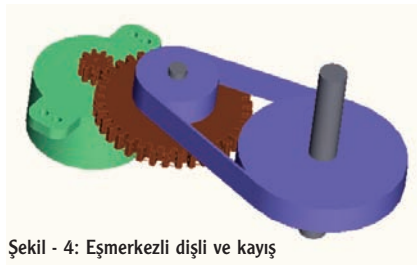


Şekil - 7: Krank sistemi

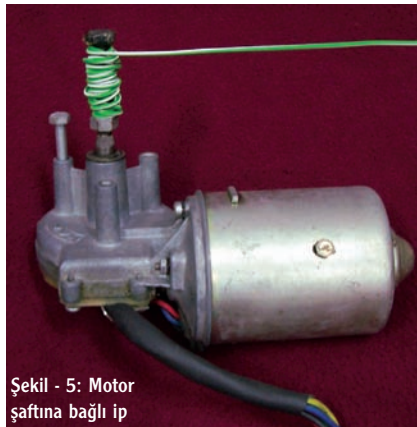
(<http://mw.concord.org/modeler1.3/mirror/mechanics/SliderCrank.html>)

ğun ucu ile yeşil çubuğun ucunun bir salınım hareketi yaptığını gözlemleyebilirsiniz. Bu modelde kırmızı çubuk 4 birim, açık mavi ve yeşil çubuklar 3 birim, koyu mavi çubuk ise 2 birimdir. Bu ölçüler, birleşme noktalarındaki dairelerin merkezinden alınmıştır. Dolayısıyla çubuklar kesilirken delik payı bırakılmalı ve delikler delinirken merkezlerinin aralarının bu ölçülerde olaması gerekmektedir. Bu sayılar koyu mavi çubuk uzunluğu ile kırmızı çubuk uzunluğu toplamının açık mavi çubuk ile yeşil çubuğun uzunluğu toplamına eşit olması koşulu ile değiştirilebilir. Böylece değişik salınım hareketleri sağlanmış olur. Biraz kafa yorarak, biraz araştırarak ve biraz da uğraşarak çok değişik hareketler sağlayabilirsiniz.

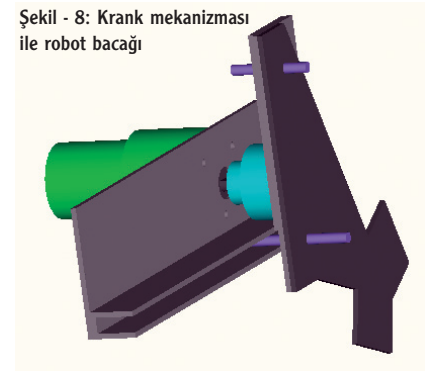
Dairesel hareketin doğrusal harekete çevrilmesi için çeşitli krank sistemlerinden ya da sonsuz vidalardan yararlanılabilir demiştik. Ancak bu sistemlerin amatör bir atölyede üretimi oldukça zor olabilir. Krank sistemlerinde ve çubuklu milin dönüşü ile doğrusal hareket eden uç arasındaki ilişki matematiksel olarak karmaşık olduğundan tasarımda sıkıntılar yaşanabilir, sürtünmelerden dolayı sistem çalışmayabilir. Dişli sistemlerinde ise amacınıza uygun bir sonsuz vida bulmanız zor olabilir. Size özellikle motor döndükçe belli bir doğru orantıda ilerleyecek bir sistem lazımsa, bunu yapmak için çok



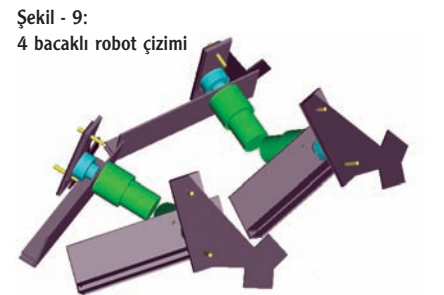
Şekil - 4: Eşmerkezli dişli ve kayış



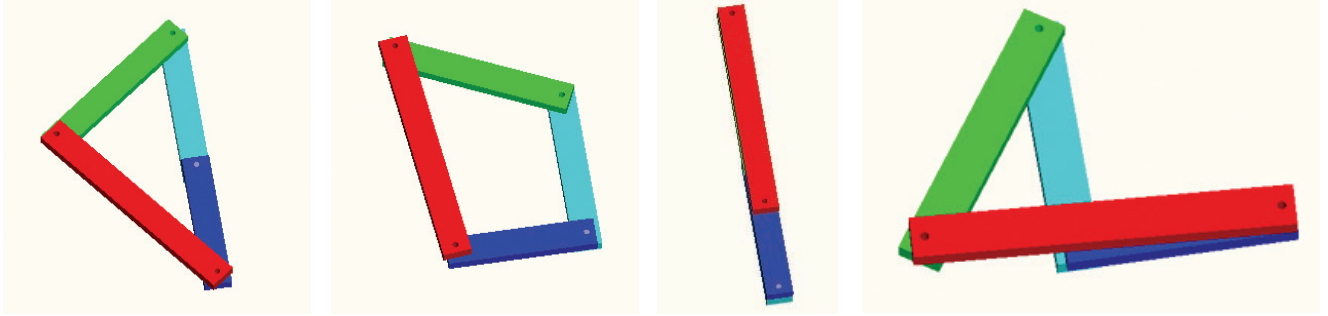
Şekil - 5: Motor şaftına bağlı ip



Şekil - 8: Krank mekanizması ile robot bacağı



Şekil - 9: 4 bacaklı robot çizimi



Şekil 10 - 13: 4 Çubuk Mekanizmasının çeşitli durumları.

daha kolay bir yöntem var. Şekilde de resmini görebileceğiniz gibi bir vidayı motorun miline dik olarak sabitleyerek ve vidaya bir somun takarak bu sistemi oluşturabilirsiniz. Motorun mili döndükçe somun yukarı aşağı oynayacaktır.

Son olarak yine DC motoru kullanışlı hale getirmek için yapılabilecek ilginç bir uygulamadan bahsedeceğiz. Resimde de görebileceğiniz gibi motorun miline bir makara sabitlenip bu makaraya kopmalara karşı dayanıklı bir ip sarılarak doğrusal hareket elde edilebilir. Bu ip, tıpkı bisikletlerdeki fren teli gibi kılavuz borular içerisinden geçirilerek dolambaçlı yollar izleyebilir. Böylece çok farklı bir yerdeki bir yük kaldırılabilir, bir mekanizma tetiklenebilir.

Tüm bu sistemlerle yapılabilecek tasarımlarda sınır yok ancak şunu göz önünde bulundurmakta fayda var; çok muntazam bir şekilde üretilmediği ve üretimde her detay düşünülmediği sürece sorunsuz çalışan mekanik sistemler yapmak gerçekten oldukça zaman alıcı ve zahmetlidir. O yüzden belli bir işi yapacak mekanik sistem tasarlarken işinizi görecek en basit tasarımı düşümenizi öneririz.

## Servo Motorlar:

Daha önce yayımlanmış olan Servo Motor Yapalım yazımızda bir dc motorun nasıl servo motora dönüştürülebileceğinden bahsetmiştik. Servo motorlar yüksek pozisyon kontrolü gereken robotik uygulamalarında sıklıkla tercih edilen eyleyicilerdir. Özellikle hafif yüklerle çalışılan robot kol uygulamalarında sıklıkla servo motorlar kullanılmaktadır. Ayrıca pek çok araştırma projesin konusu olan robot yüzlerde ve küçük ebatlı bacaklı robot uygulamalarında da servo motorlar tercih edilmektedir. Robotlar dışında servo-

lar model uçaklarda da kullanılmaktadır. Servo motorların kalitesi içinde kullanılan geri besleme yöntemine, dişlilerin malzemesine ve bu dişlilerin millerinin iyi yataklanmasına bağlıdır. Geri besleme yöntemi olarak kızılötesi okuyucular (shaft encoder) potansiyometre kullanımına göre daha güvenilirlerdir. Bunun sebebi potansiyometrelerin içindeki karbon direnç hattının zamanla aşınarak yanlış ölçüm göndermesidir. Kızılötesi okuyucuların bir diğer avantajı da dönüşlerinin sınırlı olmamasıdır. Diğer bir deyişle kızılötesi okuyuculu bir servo motor 360 derece ve daha fazla dönebilir. Oysa potansiyometrenin dönüşü 180 yada 270 derece ile sınırlıdır. Servo motorların kontrolü için detaylı bilgiyi Servo Motor Yapalım yazımızda bulabilirsiniz.

## Adım Motorları:

Adım motorları dc motorlardan farklı bir çalışma prensibine sahiptir. Adım motor kontrolü üzerine olan yazımızda bu motorların çalışma biçiminden ve elektronik kontrolünden bahsetmiştik. Burada ise adım motorları-

nın olumlu ve olumsuz özelliklerini ve kullanım alanlarını anlatacağız. Adım motorlarının önemli bir avantajı motor şaftından geri besleme almaya gerek olmadan pozisyon kontrolü yapılabilmesidir. Ancak bu durum sadece kullanılan adım motorunun çalışabileceği tork değerinin üzerine çıkılmadığı sürece geçerlidir. Bu değer aşılsa motor bir sonraki adıma geçemeyip takılacağından adım atlanacak ve pozisyon bilgisinde hata oluşacaktır. Adım motorları genelde geniş silindirik yapıda olurlar ve boyları çaplarından daha kısadır. Adım atlama riskine karşı tork değişim aralığı fazla olan uygulamalarda pek tercih edilmezler. Örneğin pürüzlü zeminlerde hareket edecek bir robotta kullanılmaları adım atlamaya yol açabilir. Düz zeminlerde ilerleyen robotlarda kullanılmaları ise oldukça kesin pozisyon kontrolü sağlayabilmektedir. Adım motorları hareketli sistemlerden çok durağan uygulamalarda kullanılırlar. Buna örnek olarak yazıcılar, bilgisayar kontrollü üretim tezgahları verilebilir. Bu uygulamalarda ağır yüklerle çalışıldığından, motor şaftı ile tezgah arasında doğrudan bağlantı yapmak yerine, çoğunlukla adım atlamayı engelleyici yay benzeri elemanlar konur (Şekil - 14).

Bu yazımızda motor türlerinden ve motorlarla birlikte kullanılacak mekanik sistemlerden bahsettik. Bir sonraki yazımızda robotlarda ve otonom sistemlerde sıklıkla kullanılan elektromekanik, hidrolik, pnömatik ve piezoelektrik eyleyicileri anlatacağız. Eğer aklınızda motorlar kullanarak yapmak istediğiniz bir mekanik sistem varsa umarız yazımız faydalı olmuştur.



Şekil - 14: Adım atlamayı engelleyici kavrama

Mine Cüneyitoğlu

ODTÜ Robot Topluluğu

Detaylı bilgi için: ODTÜ Robot Topluluğu

<http://www.robot.metu.edu.tr>

[robot@robot.metu.edu.tr](mailto:robot@robot.metu.edu.tr)

[mine@robot.metu.edu.tr](mailto:mine@robot.metu.edu.tr)