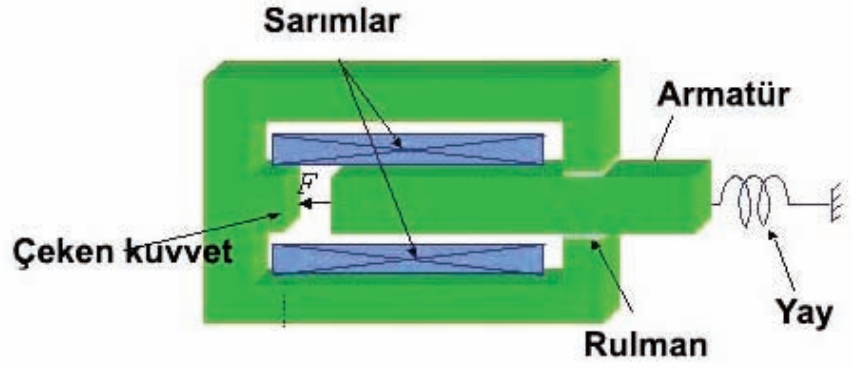


ROBOTLARDA HAREKET SİSTEMLERİ – EYLEYİCİLER - 2

ELEKTROMEKANİK, HİDROLİK, PNÖMATİK, PIEZOELEKTRİK EYLEYİCİLER

Geçen ayki yazımızda eyleyici denildiğinde ilk aklı gelen elemanlardan olan elektrik motorlarından ve bu motorları kullanma yöntemlerinden bahsetmiştik. Bu ay ise elektromanyetik eyleyici sistemlerinden genel olarak bahsedeceğiz. Bunun yanı sıra akışkanların çeşitli özelliklerini kullanarak çalışan hidrolik ve pnömatik eyleyicilerden ve son olarak da piezoelektrik etkiyi kullanarak çalışan eyleyici uygulamalarından bahsedeceğiz.



Şematik olarak Solenoid

Elektromekanik Eyleyiciler

DC motorlar, servo motorlar ve adım motorlarından bahsettikten sonra burada genel olarak elektromanyetik etkiyi kullanarak çalışan elektromekanik eyleyicilerden bahsedeceğiz. Motorlar haricinde aklı gelen elektromanyetik hareket elemanları solenoidlerdir. Solenoidler mekanik uygulamalarında kullanılan, elektrik enerjisini doğrusal harekete çeviren eyleyicilerdir. Bir solenoid, armatür adı verilen, ferromanyetik malzemeden (genelde çelik) yapılmış çubuk ve onun etrafına sarılmış indüktif tellerden oluşur. Armatür, sarımların içinde kolayca ileri geri hareket edebilecek şekildedir. Geri hareketi tellerden geçirilen akım oluştururken, armatürün eski konumuna gelmesi yani ileri gitmesi ise bir yay ile sağlanır. Genelde mekanik bir hareketi tetiklemeye kullanılan solenoidler, pek çok robotik uygulamasında görülebilir. Örneğin top fırlatan bir sistemde top atan bir namlunun ani atış yapmasında tetikleyici olarak

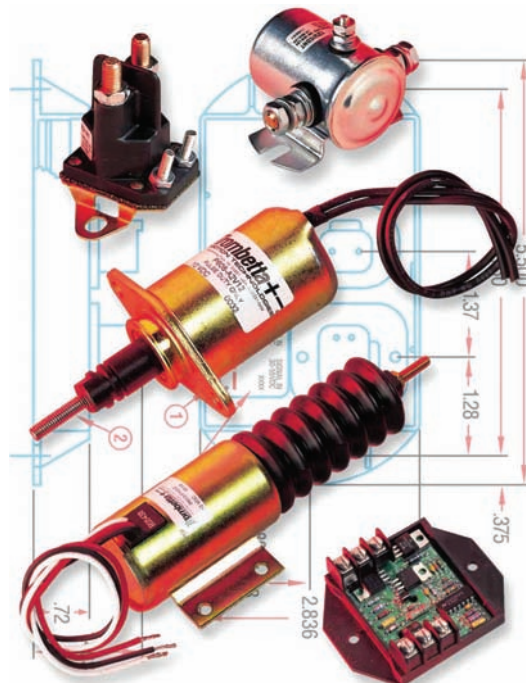
kullanılabilir. Elektronik kontrollü supap olarak da yine bir çok uygulamada görülürler. Kontrolleri basitliği ve maliyetleri düşüklüğü nedeniyle endüstriyel uygulamalarda sıklıkla tercih edilirler. Ancak, armatüre uygulanan kuvvet sarımların indüktansının armatür konumuna göre değişimine orantılı ol-

duğundan, solenoidler ile hassas konum kontrolü yapmak mümkün değildir.

Hidrolik ve Pnömatik Eyleyiciler

İnsanoğlunun vazgeçemeyeceği iki şey hava ve sudur. İnsan sadece yaşamak için minimal gereklilikler olarak değil, yaşamın iyileştirilmesi için de hava ve suya ihtiyaç duymaktadır. Bugün mühendislik dünyasında hava ve suyla (genel anlamda akışkan) çalışan sistemlerin önemi çok büyüktür ve alternatifleri bulunmamaktadır. Kısaca örneklendirmek gerekirse, arabanızda, buzdolabınızda, banyonuzda, elektrik süpürgeinizde bu tip sistemler kullanılmaktadır. Bu yazımızda, çoğumuzun belki farkında bile olmadığı hidrolik ve pnömatik sistemlerden bahsedeceğiz.

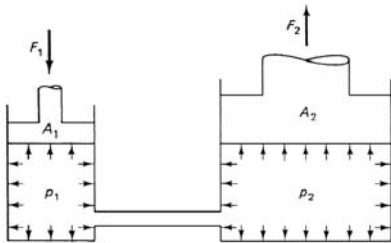
Genel olarak hidrolik, sıkıştırılmaz akışkanlarla, bir diğer değişimle sıvılarla (su, yağ, benzin... vb.) çalışan sistemlere verilen isimdir. Günümüzde ise hidrolik sözcüğü daha çok yağ gücü ile çalışan kapalı



Çeşitli Solenoidler - <http://www.trombetta.com/>

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. Pnömatik sistemler orta dereceli yüklerle çalışma konusunda çok ucuz ve hafif çözümler sunmaktadır.

Akışkan sistemlerinin çalışma mantığı daha ilköğretim düzeyinde öğretilmektedir. Gözlememesi de çok kolay olduğundan, eminiz ki siz de aslında bu kavramlara pek yabancı değilsinizdir. Akışkan sistemlerden bahsederken öncelikle basıncın tanımını yapmak yerinde olacaktır. Basınç, özetle birim alana uygulanan kuvvet demektir. Akışkanlar, bir borunun içinden akarken karşılarına çıkan her şeye kuvvet uygularlar. Bu kuvvet alanla doğru orantılıdır ve basınç olarak tanımlanır. Bir akışkanın, bir yerden başka bir yere akması isteniyorsa, o iki nokta arasında basınç farkı yaratılmalıdır. Elektrik devrelerindeki gerilim, akışkan sistemlerindeki basıncın karşılığıdır.



Hidrolik sistemlerin en önemli yasaları basıncı temel alır. Bunlardan en temeli durağan sıvılar için olan Paskal yasasıdır. Paskal yasasına göre, bir sıvıya uygulanan kuvvet, sıvının içinde bulunduğu kabın çeperlerine dik yön-

de 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 sistemlerinde, akışkana iş yaptırmak için öncelikle akışkanın basıncının artırılması gerekmektedir. Bu da hidrolik sistemlerde pompa, pnömatik sistemlerde kompresör ile gerçekleştirilir. Aslında pompa ve kompresör birbirine çok benzer iki makina olmasına karşın, basıncını artırdıkları akışkanların sıkıştırılabilir özelliklerine göre farklı adlandırılmışlardır. Bunun yanı sıra, pompa ve kompresörün çalışması için harici bir güç sağlayıcıya ihtiyaç vardır. Sistemin kullanılış yeri, biçimi ve ekonomik ihtiyaçlara göre güç sağlayıcı bir elektrik motoru veya bir içten yanmalı motor olabilir.

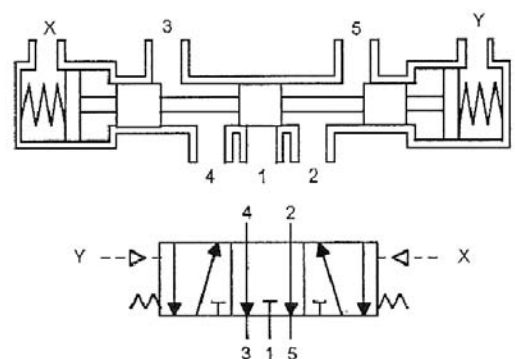
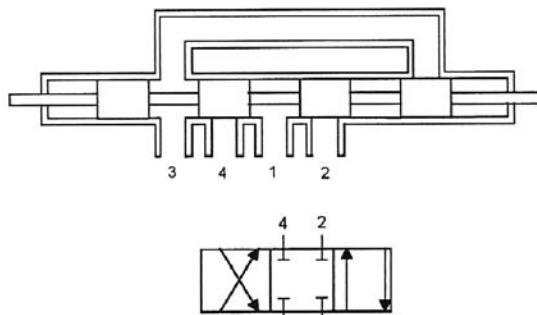
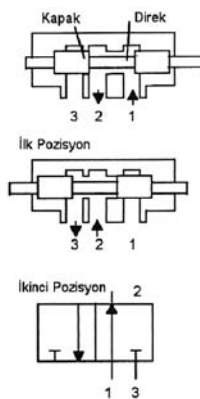
Pompa veya kompresörde basıncı artırılan, yüksek enerjili akışkan borularla akümülatör denilen, yüksek basınçlı akışkanın depolandığı kısma ulaşırlar. Akümülatör kullanılmasının sebebi, pompa veya kompresörün sürekli çalışmasını engellemenin yanısıra sistemin ani yüklemelere cevap verebilmesini sağlamaktır. Ani ihtiyaçlarda akümülatördeki yüksek basınçlı akışkan büyük bir hızla eyleyicilere aktarılmaktadır.

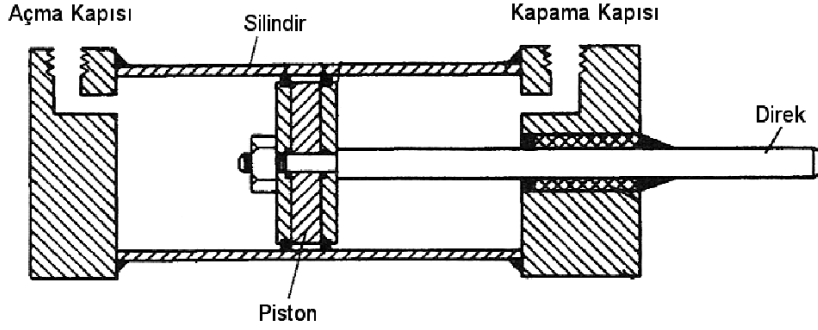
Boru içindeki akışkanların, ihtiyaç zamanına ve şekline göre eyleyicilere aktarılması gerekmektedir. Bu işlem için ise yön kontrol vanaları kullanılır.

Bu vanalar elektrik sistemlerdeki transistörlerin akışkan sistemlerindeki karşılıklarıdır. Akışı istenildiği zaman durdurabilirler veya istenilen yönde gerçekleştirebilirler. Bu tip kontroller ise eyleyicilerden geri besleme olarak mekanik anahtarlarla yapılabileceği gibi, solenoidler ile elektrik kontrollü olarak da gerçekleştirilebilir. Pilot kontrollü yön vanaları olarak tanımlanan türlerde ise yön değiştirme işlemleri mekanik veya elektrik olarak değil de, yine akışkan gücüyle (genellikle pnömatik) gerçekleştirilmektedir.

Verilen şekillerde üsttekiler vana profilleri, alttakiler ise sembolik temsilleridir. Sembolik temsillerdeki kutucuk sayıları yön kontrol vanasıyla gerçekleştirilebilecek farklı yön kombinasyonlarının sayısına eşittir. Numaraların yazılı olduğu kutucuk vananın ilk durumunu gösterir. Vana içinden geçen direğin sağa veya sola çekilmesiyle o yöndeki kutucuğun içinde görünen akış sağlanmış olur. Bu tür vanalar, akışkan sistemlerinde eyleyicilerin kullanılabilmesi için şarttır.

Akışkan enerjisinin mekanik enerjiye çevrilmesi için eyleyiciler kullanılmaktadır. Akışkan sistemlerinde eyleyiciler doğrusal ve doğrusal olmayan olarak iki gruba ayrılırlar. Doğrusal eyleyiciler, 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 boşaltılır.





ken, pnömatik sistemlerde hava atmosfere bırakılır. Fakat, yüksek basınçlı hava küçük bir delikten atmosfere boşalırken çok gürültü yapar, pnömatik eyleyiciler çalışırken sık sık "tıslama" duyulmasının sebebi budur. 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. Silindirler çeşitli kullanım alanlarına göre tek yönlü, çift yönlü, çift direkli, bitişik, dubleks, teleskop ve vurma silindiri olarak sınıflandırılırlar.

Doğrusal olmayan eyleyiciler ise kısıtlı ve sürekli dönüş olarak ikiye ayrılırlar. Kısıtlı dönüş tipleri 360onun altında bir serbestliğe sahiptirler ve dönüşleri sırasında sabit kuvvet uygularlar. Sürekli dönüş tipindeki eyleyiciler, 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 kullanılmaktadır.

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. Ayrıca hidrolik sistemlerin donanımı çok pahalı olmasına karşın, pnömatik sistemler de bir o kadar ucuzdur. Bu yüzden robotlarda pnömatik sistemlerin kullanımı oldukça yaygındır. Kollu ya da bacaklı robotların eklemlerinde pnömatik eyleyicilerin kullanımı son derece ucuz, hafif ve güvenilir bir yöntemdir.

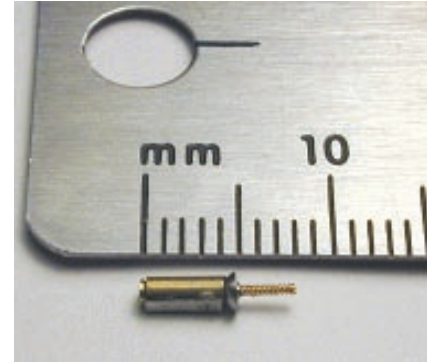
Piezoelektrik Eyleyiciler

Piezoelektriklik, kristallerin üzerine uygulanan yüksek mekanik strese potansiyel fark üreterek karşılık vermesidir. Piezoelektrik etki ise bazı kristallere potansiyel fark uygulandığında bu kristallerin biçim değişimindedir. 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 has-



Pnömatik Endüstriyel Robot - <http://www.rangerautomation.com/servo.htm>

sasietlerinden dolayı piezoelektrik malzemeler günlük hayatta çeşitli kullanım alanları bulmaktadır. 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



Piezoelektrik Motor - <http://www.psu.edu>

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.

Can Çilli,
Mine Cüneyitoğlu
ODTÜ Robot Topuluğu
robot@robot.metu.edu.tr

Kaynakça

- Parr; Hydraulics and pneumatics: a technician's and engineer's guide (2nd edition), 1998, Butterworth-Heinemann
- Sullivan; Fluid power: theory and applications (4th edition), 1998, Prentice Hall
- Stadler; Analytical robotics and mechatronics, 1995, McGraw-Hill
- Majumdar; Oil hydraulic systems: principles and maintenance, 2001, McGraw-Hill
- Bolton; Pneumatic and hydraulic systems, 1997, Butterworth-Heinemann
- <http://www.wikipedia.org>