

# Algılayıcılar

Ölçme işlemi, bazı varlıklar tanımlayabilmek için, varlıkların sayısal niceliklerin atanması olarak ifade edilebilir. Temelde yapılan, bir varlığın benzer nitelikteki varlıklarla karşılaştırılmasıdır. Bir başka deyişle değerlendirilmesidir.

Binlerce yıldır insanlar, değerlendirme işlemini farklı birçok alanda gerçekleştirmekte. İlkel insan topluluklarında, farklı ürünlerin belirli miktarlarda takas edilmesi buna en basit örnek. Ölçmenin mantığı bilimle paralel bir gelişme izledi. Dünyadaki nesnelere matematiğin ilişkisi, Pythagorasçıların, "herşey rakamdır" görüşüyle başladı. Daha sonraki yıllarda ölçme, filozoflardan fizikçilere kadar birçok kişi tarafından tartışıldı. Geçen yıllarda birlikte ölçme anlayışı ve ölçülecek şeyler oldukça farklılaştı.

İnsanlar ilk önceleri boy, ağırlık gibi nitelikleri ölçmeye çalışıyorlardı. Bugünse manyetik alan, dalga boyu veya sıcaklık gibi değişkenlerin büyüklüklerinin ölçülmesi önem taşıyor. Hiç kuşkusuz ölçülmek istenen şeylerin bu kadar farklılaşmasının temel nedeni hızla gelişen teknoloji. Bugün insanlığın, karmaşık şeyler üretilebilmesindeki temel etken üretim sürecinde gerçekleştirilen denetimdir. Çeşitli uygulama alanlarında denetim, bir süreç sırasında yapılan hataya göreye gerçekleştirilir. Bir süreç sonucunda elde edilen değerlerin istenilen değerden çıkartılmasıyla hata değeri bulunur. Bunun için süreç sonucunun ölçülmesi ve elde edilen hataya göre, süreç içindeki basınç, sıcaklık gibi değişkenlerin ayarlanması gerekir. Yaşadığımız elektronik çağında kuşkusuz bütün bu işler elektronik araçlarla gerçekleştiriliyor. Dış dünyanın algılanabilmesi için verilen elektriksel değerlere çevrilmesi gerekiyor. Bunun için kullanılan araçlara algılayıcılar (sensors) ve çeviriciler (transducers) denmektedir.

Algılayıcıların sözlük tanımı, fiziksel değişiklikleri ölçebilen veya kaydedebilen araçtır. Çeviricilerse (transducers), bir sistemdeki gücü, başka bir sisteme aynı şekilde ya da başka bir yapıda ileten araçlar olarak tanımlanıyor. Daha net bir ayırım yapmak gerekirse, algılayıcılar dış ortamın algılanmasını sağlıyor. Çeviricilerse, bir algılayıcıyla beraber gerekli bir elektronik devreden oluşuyor.

Dış dünyanın algılanabilmesi için kullanılan araçları üç daldan toplamak mümkün; Kendi kendilerine çalış-

abilen araçlar. Bu araçlar dışardan aldıkları sinyali başka türde bir sinyale dönüştürmek için belli bir enerjinin kullanılmasına ihtiyaç duymuyorlar. Değişiriciler (modifikatörler): Dışardan aldıkları sinyali başka türde bir sinyale dönüştürmek için enerji kullanan araçlar. Düzenleyiciler (Modifiers): Giriş ve çıkış sinyalleri aynı türde olan araçlar.

Bu araçlar genelde mekanik, elektrik, manyetik, sıcaklık, ışınım ve kimyayla ilgili alanlarda kullanılıyorlar. Değişimleri algılayabilmek için birçok fiziksel yada kimyasal etkilerden yararlanıyorlar.

## Fotoelektrolitik Etki

Fotoelektrolitik algılayıcıların tipik örnekleri uydulara enerji sağlayan solar hücrelerdir. Bu araçlar güneş enerjisinden faydalanarak güç üretilebilmesinde kullanılır. Fotoelektrolitik algılayıcılar, yarı iletkenlerle üretilen diyodlara benzer bir yapıdadır. P tipi bir yarı iletkenle n tipi bir yarı iletkenin birleştirilmesiyle oluşturulurlar. Yarı iletkenler birleştirildiklerinde, p tipi yarı iletkendeki pozitif yüklü taşıyıcılar n tipi yarı iletkenine doğru, n tipi yarı iletkenindeki negatif yüklüde p tipi yarı iletken doğru hareket eder. Bu yüzden iki yarı iletkenler arasında bir elektrik alanı oluşur. P tipiyle n tipi arasında belli bir potansiyel farkı uygulandığında, elektrik alanının büyüklüğü azalır ve p tipinden n tipine doğru geçen akım artar. Ters yönde bir potansiyel uygulandıdaysa elektrik alanı büyür ve akım azalır.

Işık fotoiletken bir maddenin üzerine düştüğünde, elektronlara kendi dalga boyuyla ters orantılı bir enerji aktarır. Uyarılan elektronlar yer değiştirirler ve deliklerin oluşmasına neden olur. Fotoiletken maddelerle diyod yapısının birarada kullanılmasıyla fotoelektrolitik algılayıcılar oluşturulur. Işığın iki yarı iletkenin birleştiği yere düşmesi sağlandığında, elektrik alanının etkisizleştiği, ışığın uyardığı elektronlar n tipi yarı iletkenine doğru, deliklerle, p tipi yarı iletkenine doğru hareket eder. Böylece oluşan akım, diyod üzerine düşen ışık



ğın dalga boyunun fonksiyonu olur. Bu tip algılayıcılar yarı iletkenlerden yapıldığından oldukça pahalıdır. Ancak elektronik parçaların üretiminde de aynı maddeler kullanıldığından elektronik devrelerle büyük bir uyum içinde çalışırlar.

## Piezoelektrik Etki

Yunanca kökenli "piezo" öneki sıkıştırma anlamına gelir. Piezo-elektrik, genelde bir cisme kuvvet uygulandığında üzerinde belli bir potansiyel farkının oluşması olarak tanımlanır. Ancak bu tanım piezo-elektriksel özelliği tam olarak açıklamamaktadır. Bu özellik, uygulanan bir kuvvet sonucunda cismin boyutlarının değişmesi ve buna bağlı olarak yüzeyinde elektrik yüklerinin oluşmasıdır. Bir başka deyişle, boyutlardaki değişimin, elektrik yüklerine dönüştürülmesidir. Piezoelektrik etki bütün maddelerde görülmemektedir. Simetrik yük dağılımına sahip maddelerde piezoelektrik özelliğe sahip değildir. Bu özelliği taşıyan en önemli madde kuvarsdır. Şiddetli bir elektrik alanı altında ısıtılan ferroelektrik maddelerde de aynı özellik görülmemektedir. Kristallerin kesilme doğrultusu oluşan etkinin büyüklüğünü belirlemektedir. Cisim belli bir potansiyel farkının uygulanması ise ters bir etki yaratır ve cismin şeklinde büyüklüğüyle orantılı bir değişikliğe neden olur.

Piezoelektrik etkiden yararlanan algılayıcılar, daha çok ivme ölçümlerinde kullanılır. Bunun için, algılayıcı, bir kütlelin yer değiştirme miktarını ölçmekte kullanılan kütleyle bağlı bir yay görevini görür. Cisimler üzerinde oluşan yük, belli bir süre içinde yok olduğundan, cisim üzerinde oluşan potansiyel farkı zamanla azalır. Bu nedenle, bu etki yavaş gerçekleşen yer değişimlerinin algılanmasında kullanılamamaktadır.

## Termoelektrik Etki

Termoelektrik etki, iki metalin ucu birleştirildiğinde, diğer uçlar ara-

sında, birleşim noktasının sıcaklığıyla orantılı bir potansiyel farkının oluşmasıdır. Oluşan potansiyel farkı, oldukça düşüktür. Birleşim noktasındaki sıcaklığın bir °C artması, uçlar arasında 10-100 µV gibi bir potansiyel farkı oluşturur. Metallerde, elektronlar fermi seviyesi olarak bilinen belli bir enerji düzeyine kadar, bütün enerji seviyelerini doldururlar. İki farklı metal birleştirildiğinde Fermi seviyeleri eşitlenir. Uçlarda oluşan potansiyel farkı başlangıçtaki iki Fermi seviyesi arasındaki farka eşit olur. Oluşan potansiyel fark, birçok metal kombinasyonunda sıcaklıkla doğru orantılı bir değişim izlememektedir. Bu yüzden, belirli metal ikilileri kullanılmaktadır. Bu özelliğin kullanıldığı araçlara ısı çifti (thermocouple) denmektedir. Isıl çiftler, sıcaklık ölçümünde en yaygın kullanılan aletlerdir. Piezoelektrikte olduğu gibi ısı çiftilerde de ters bir etkiden yararlanılabilmektedir. İki metal üzerinden akım geçirilerek metallerin birleşme noktası ısıtılabilir veya soğutulabilmektedir.

## Elektromanyetik Etki

Faraday yasasına göre, değişen manyetik akı cisimler üzerinde belirli bir potansiyel farkının oluşmasına neden olur. Bu etkiden yararlanılarak bir manyetik alanın büyüklüğü ölçülebilmektedir. Faraday yasasının başka bir sonucunun kullanılmasıyla da hız ölçümü yapılmaktadır. Bir çubuk sabit bir manyetik alan içinde hareket ettirildiğinde, uçları arasında hızıyla orantılı bir potansiyel farkı oluşur. Bu tip bir ölçüm, bir mıknatıs ve sir bobin yardımıyla gerçekleştirilir. Genelde mıknatıs sabit tutulur ve bobin hızı ölçülecek cisim üzerine yerleştirilir.

## Piroelektrik Etki

"Piro" öneki Yunanca'da "ateşten gelen" anlamına taşır. Piroelektrik etki, sıcaklık değişimine bağlı olarak bir cisim üzerinde elektrik yüklerinin oluşmasıdır. Piezo-elektriksel özellik gösteren birçok madde piroelektriksel özelliğe de sahiptir. Bu yüzden piroelektrik, piezo-elektrik sıcaklık terimindeki eşiti olarak düşünülebilir. Birçok yarı iletken de piroelektrik özelliğe sahiptir. Elektronikte birçok soruna yol açan sıcaklığa bağlı gürültü bu özellikten kaynaklanmaktadır. Piroelektrik etkiden yararlanan en önemli alan, radyasyon ölçü-



Hava yastıklarının şişmesi ivmenin algılanmasıyla sağlanır.

müdür. Bu amaçla, yayılan radyasyon, iki yüzü metalle kaplanmış, piezoelektrik özelliğe sahip disk şeklindeki bir madde üzerine yönlendirilir. Metaller üzerinde oluşan potansiyel farkı radyasyon değerinin bir göstergesidir.

#### Fotoelektrik Etki

Fotoelektrik etkiyle çalışan algılayıcılar, havası alınmış kapalı bir ortama yerleştirilen anot ve katottan oluşur. Katot üzerine belli bir dalga boyuna sahip bir ışık düşürüldüğünde, metal yüzeyden elektronlar kopar. Saçılan elektronlar 100 volt gibi büyük bir potansiyelin uygulandığı anot tarafından toplanır. Böylece sistem üzerinden akım geçmesi sağlanır. Işğın elektron kopartabilmesi için, gönderilen fotonların enerjisinin, elektronların bağlanma enerjisinden daha büyük olması gerekir. Sonuçta oluşan akım, tek renkten oluşan ışğın dalga boyuyla doğru orantılıdır.

#### Piezodirenç (Piezoresistive) Etki

Silindir şeklindeki bir cismin direnci uzunluğuyla doğru taban alanıyla ters orantılıdır. ( $R = \rho l/A$ ;  $\rho$ :sabit l:boy A Alan). Bu cisim üzerine bir kuvvet uygulandığında boyutlarında belirli bir değişiklik meydana gelir. Bu olaya piezodirenç etkisi denir. Bu etkinin kullanıldığı algılayıcıların ilk örneklerinde metaller kullanılmaktaydı. Ancak metallerin, boyutlarındaki değişimler dirençlerinde çok küçük değişikliklere neden oluyordu. Gelişen teknoloji sayesinde, metallerin yerine yarıiletkenler kullanılmaya başlandı. Silikon tabakalarının içine dirençler yerleştirildi. Bu araçlarda, dirençteki değişimin, boyutlardaki değişime oranı metallerinkinden 50 kat daha büyük olduğundan, ölçümlerin yapılmasında büyük kolaylıklar sağlandı. Bugün basınç ölçümlerinde en çok bu tip güç çeviricileri kullanılmakta.

#### Yer Değiştiriminin Elektriksel Etkisi

Bu özellikten yararlanan algılayıcılar, mekanik bir yer değiştirme sonucunda indüktans, sığa ve direnç değerlerinde oluşan değişimleri izlerler. Bu algılayıcıların atası laboratuvarlarda kullanılan varyaklardır. Varyaklar, bir sabit değeri bir direnç üzerinde hareket edebilen iki uçtan oluşur. Hareket edebilen uca bağlı bir yaya kuvvet uygulandığında varyağın

uçları arasındaki uzaklık değişir. Bir cismin direnci boyuyla orantılı olduğundan uçlar arasındaki direnç değeri değişecektir. Benzer şekilde sığa ya da indüktans da mekanik değişimlerin bir göstergesi olarak kullanılabilir. Örneğin, paralel iki yüzey arasındaki sığa yüzeylerin alanına, birbirlerine olan uzaklıklarına ve aralarındaki ortamın dielektrik sabitine bağlıdır. Yüzeyler birbirlerinden uzaklaştırıldığında ya da aralarında farklı bir cisim hareket ettirildiğinde sığa değeri değişecektir. Böylece boyuttaki değişim elektrikselleştirilerek verilebilir.

#### Yer Değiştiriminin Optik Etkisi

Bu özelliği kullanan araçlar, ışğın sahip olduğu enerjinin mekanik bir hareketle değiştirilmesidir. En sık kullanılan yöntem, ışık önünde, üzerinde ışığı geçiren ve geçirmeyen bölümler olan bir diskin çevrilmesidir. Diskten geçen ışğın şiddeti, diskin konumuna bağlıdır. Fotoselli bir devreye yardımıyla, bu değişim bir kare dalgaya çevrilir. Oluşan dalganın frekansı diskin dönme hızının belirlenmesinde kullanılabilir.

#### Termistör

Metallerin ve yarıiletkenlerin atomlarında elektronlar değerlik bandı ve iletken bandı olmak üzere iki bölge de bulunurlar. İletken bandındaki elektron sayısı bir maddenin direncini belirler. Sıcaklık arttığında, iletken bandındaki elektron sayısı artar ve direnç azalır. Bu etkiden yararlanan araçlara termistör denir. Termistörler, düşük maliyet ve küçük boyutlar gibi üstünlüklere sahiptir. Ancak boyutları küçük olduğundan üzerlerindeki sıcaklık kolayca yayılmaz ve çalışmalarını etkiler. Bu yüzden düşük akım değerlerinde kullanılmaları gerekir.

#### Manyetik Modüller

Hall etkisine göre, yüzeyi bir manyetik alana dik olarak yerleştirilen bir plaka üzerinden akım geçirildiğinde, plakanın uzun kenarları arasında bir potansiyel farkı oluşur. Metallerde ve yalıtkanlarda oluşan potansiyel farkı önemsenmeyecek kadar düşüktür. Bu yüzden yarıiletken teknolojisi gelişinceye kadar bu özellik pek önemsenmemiştir. Ancak günümüzde bu yöntem manyetik alan ölçümünde yaygın olarak kullanılmaktadır.



Kimyasal Algılayıcılar

Son yıllarda gelişen teknolojiyle birlikte bu etkilerin kullanıldığı yöntemlerden farklı yöntemler geliştirildi. Yeniliklerin çoğu yarıiletken teknolojisinin sonucudur.

Yarı iletkenlerden yapılan hemen hemen bütün algılayıcılarda silikon kullanılmaktadır. Genelde silikonun algılayıcılarda kullanılmasını sağlayacak özellikleri olmadığı düşünülüyordu. Ancak silikonun içinde çeşitli maddelerden oluşan katmanların oluşturulmasıyla bu elemente yeni özellikler kazandırılmıştır. Örneğin silikon piezoelektrik özellik göstermemektedir. Fakat içine piezoelektrik özellik taşıyan maddeler yerleştirildiğinde piezoelektrik özellik kazanmaktadır. Bu üretim yöntemleri özellikle kimyada kullanılan yeni algılayıcıların yapılmasını sağlamıştır.

Esikden kimyasal niceliklerin ölçülmesinde oldukça karmaşık ve çok yer kaplayan ekipman kullanılıyordu. Yarı iletkenlerin kullanıldığı aletler bir çok sorunu ortadan kaldırdı. Yeni nesil aletlerin ilk örneği, ISFET'tir. MOSFET'in kapısına (gate) iyonlara duyarlı bir polimer katmanın yerleştirilmesiyle üretilir. Elektrolitler içerisine daldırıldığında ISFET'in karakteristiği değişir ve ortamın pH değeri ölçülebilir. Farklı polimerlerin kullanılmasıyla hidrojen, karbonmonoksit, karbondioksit ve metan gibi gazlara duyarlı algılayıcılar da yapılabilmektedir.

Günümüzde elektroniğin yardımıyla akıllı algılayıcılar (smart sensors) yapılabilmektedir. Bu tip algılayıcılar, bir mikroişleminin gözetimi altında çalışmaktadır. Mikroişleme, çevirici üzerindeki denetimini kulla-

nilan algılayıcının özelliklerinin saklandığı bir ROM'da bulunan bilgilere göre gerçekleştirir.

Dış dünyanın algılanmasında bu kadar farklı yöntemin kullanılmasının temel nedeni birçok farklı alanda değişik verilerin gözlenmesine ihtiyaç duyulmasıdır. Seçeneklerin bu kadar çok olması, hiç kuşkusuz seçim yapılmasını oldukça güçleştiriyor. Bir sistemde hangi değişkenin gözlenmesi gerektiğine karar verdikten sonra, belirli kriterlerin göz önünde tutulması daha rahat seçim yapılmasını sağlayabilir.

Yapılan her ölçümde belli bir hata payı bulunmaktadır. Bu hata payı ölçme aletinin maksimum ve minimum değerlerine göre önem kazanır. Bu nedenle ölçülecek değişkenin alabileceği değerlere göre kullanılacak aletin ölçme aralığı tespit edilmelidir. Örneğin 0.4A ile 0.7A arasında değişen bir akımın ölçülmesi için ölçme aralığı 0-10A olan bir alet yerine, ölçme aralığı 0-1A olan bir alet kullanılmaktadır.

Bazı durumlarda bir ölçümün birkaç kere tekrarlanması gerekebilir. Eğer ortamda bir değişiklik olmuyorsa birbiri ardına gerçekleştirilen ölçümlerin benzer sonuçlar vermesi gerekir. Başka bir deyimle kullanılan aletin kesin değerler vermesi gerekir.

Her algılayıcı girişinde ve çıkışında belirli sinyaller kullanılmaktadır. Giriş sinyalinde meydana gelecek bir değişim çıkış sinyalini değiştirecektir. Bazen giriş sinyalindeki ufak değişimlerin algılanması gerekebilir. Bu durumda giriştemi değişimin çıkışta değişime oranı bilinmesi gerekir bu orana hassasiyet denir. Isıl çiftteki hassasiyet 10-100  $\mu V/^{\circ}C$ 'dir. Lani ortamdaki 1 $^{\circ}C$ 'lik bir artış, çıkış voltajının 10-100  $\mu V$  artmasına neden olur.

Her durum, kendi içinde özel şartlar barındırıldığından burada sıraladığımız temel kriterler şüphesiz yeterli olmayacaktır. Ancak gelişen teknolojiyle birlikte, özel durumlar için uygun aletler üretilebilir. Kuşkusuz bu aletlerin geliştirilmesinde fizik, metalurji ve elektronik beraber çalışacaktır.

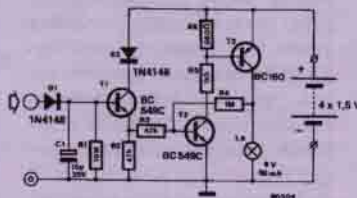
Kaynaklar:  
Usher M.J. *Sensors and Transducers*, Macmillan, 1985.  
Morris A.S. *Principles of Measurement and Instrumentation*, Prentice Hall, 1993.

## Pratik Devreler

Bisikletlerin çoğunda arka lambanın yanması bir dinamoyla sağlanır. oldukça pratik olmasına rağmen bu yöntemin bazı sakıncaları bulunmaktadır. Lambanın yanması için pedallerin çevrilmesi gerekir. Ayrıca elde edilen ışğın şiddeti pedallerin çevrilme hızıyla değişir. Şekildeki devrenin kullanılmasıyla lambanın sabit şiddette ışık vermesi ve durduktan sonra birkaç dakika boyunca yanmaya devam etmesi sağlanabilir. Fakat, dev-

rede pillerden yararlandığından sistem piller bitene kadar çalışacaktır.

Normalde dinamodan lambaya bağlanan çıkışı, devre girişine bağlanır. Girişte pedallerin çevrilmesiyle bir



potansiyel farkı oluştuğunda, T1 transistörü çalışır. Böylece T2 ve T3 transistörleri için gerekli baz akımları sağlanır. Bisiklet durdurulduğunda, T1 transistörü, C1 kondansatörü boşalmaya kadar çalışmaya devam eder. C1 kondansatörü, R1 direnci üzerinden boşalırken, T2 ve T3 transistörleri lambanın yanmasını sağlar. Bu konumda devre, pillerden akım çekmez. Devrenin uzun bir süre çalışması isteniyorsa, 4 pil yerine 5 pil kullanılabilir. Böylece devrenin yaklaşık on saat çalışması sağlanabilir.