

BÖLÜM-2

DUYARGALAR VE DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

HAZIRLAYANLAR
Doç. Dr. Hüseyin BULGURCU

2.1 GİRİŞ

Bu bölümde bina yönetim sistemlerinde kullanılmakta olan donanımlar; duyargalar, kontrol cihazları ve kontrollü cihazlar ayrıntılı olarak incelenecektir.

Bina Otomasyon Sistemleri yapısını dört basamaklı olarak düşünmek mümkündür:

1. Saha Seviyesi:

En alt basamakta, kumanda edilecek fiziksel ekipmanlar ile ilişkide bulunan "Saha Ekipmanları" olarak adlandırılan elektrikli kumanda ve ölçüm elemanları vardır. Kumanda elemanlarına örnek olarak "Vana Motoru", "Damper Motoru" gibi analog sinyaller ile kumanda edilen cihazlar örnek gösterilebilir. "Sıcaklık Duyargası", "Nem Duyargası", "Basınç Duyargası", "Aydınlık Seviye Duyargası" gibi saha ekipmanları da analog giriş sinyalleri olarak örnek gösterilebilir.

Sahadaki cihazlardan sıcaklık, nem, basınç gibi bilgileri algılayan duyargalar (analog girişler), basınç anahtarları (presostat), anahtarlar gibi kontak girişleri ve kontrol cihazından gelen bilgileri uygulayan kontrol vanaları, damper motorları gibi sürücüler (analog çıkışlar) saha seviyesindeki elemanlara örnektir.

2. Giriş-Çıkış Modülleri

İkinci basamakta saha ekipmanlarından alınan ve saha ekipmanlarına gönderilen bilgilerin elektriksel sinyallere çevrilmesine yardımcı olan "Giriş-Çıkış Modülleri" yer almaktadır. Kontrol cihazlarında yorumlanacak giriş-çıkış bilgileri "Analog" ve "Dijital" olmak üzere iki ana grupta yorumlanabilir. Dijital sinyaller 0 ve 1'ler ile ifade edilen kesin değerleri ifade etmek için kullanılabilir. Örneğin bir havalandırma kanalında hava akışı olup olmadığını ölçmek için kullanılan "Fark basınç anahtarı" ilgili kanalda hava akışı var ise 1, yok ise 0 bilgisi üretmektedir. Farklı olarak bir hava kanalında statik hava fark basıncını ölçmeye yarayan "Fark basınç duyargası" o anda hava kanalının ölçüm yapılan iki noktası arasındaki statik basınç farkını örneğin 50 Pa olarak ölçmektedir. Dolayısıyla Analog sinyaller bir aralıkta sürekli değerler vermektedir. "Giriş-çıkış modülleri" saha ekipmanları ile bilgi alışverişi yaparken "0-10 VDC", "2-10 VDC" veya "4-20 mA" gibi standartlaşmış farklı sinyal tiplerini kullanır. Saha ekipmanları ile bağlantıları her bir cihaz için ayrı ayrı fiziksel olarak elektrik kabloları ile gerçekleştirilir. Her bir modül tek bir cihaz için kullanılabileceği gibi bir modüle birden fazla cihaz da bağlanabilen modelleri vardır.

3. Otomasyon (kontrol) Seviyesi:

Üçüncü basamakta kontrol cihazı yer almaktadır. Kontrolör, giriş çıkış modülleri ile tek bir haberleşme kablosu ve haberleşme protokolü kullanarak haberleşir ve kısa zaman çevrimlerinde aldığı bilgileri yorumlayıp, önceden programlandığı şekilde çıkışlar üretir.

Bu seviyeyi kontrolörler (DDC-PLC üniteler) oluşturmaktadır. Kontrolörler mikroişlemci tabanlı cihazlar olup, saha elemanlarından gelen verileri, yüklenmiş olan kontrol senaryosuna ve merkezden gelen komutlara göre yorumlayıp gerekli çıkışları sağlayan ve izlenen değerleri merkeze ileten cihazlardır.

4. Yönetim Seviyesi:

Bu seviyeyi, bina mekanik ve elektrik sistemlerinin bir bütün olarak izlendiği, kumanda edilebildiği ve raporlamaların yapıldığı ana kontrol bilgisayar(lar)ı oluşturmaktadır.

HVAC otomasyon sistemleri dendiği zaman, akla ilk olarak klima santralleri, egzoz fanları, soğutma grupları, kazanlar, boylerler ve pompaların otomatik kontrolü ve birbiriyle ilişkilendirilmesi gelmektedir.

2.2 DUYARGALARIN ÖZELLİKLERİ

Duyargalar, otomatik kontrol sistemlerinin vazgeçilmez saha elemanlarıdır. Eğer bu tip cihazlar standart dışı üretim veya yanlış seçim ve kullanımlarından dolayı hatalı değerler okurlarsa, bağlı bulundukları kontrol sistemlerinde büyük yanlışlar olabileceği kaçınılmazdır.

İyi bir kontrol sağlamanın en önemli öğelerinden bir tanesi de kontrol edilecek sistem bünyesinde mükemmel çalışan duyargalar bulunmasıdır.

Duyargalar kontrol edilen ortamı ölçer ve doğru ve tekrarlanabilir bir şekilde değişen koşullara ilişkin bir kontrol cihazına bilgi sağlar. Genel iklimlendirme değişkenleri, sıcaklık, basınç, akış hızı ve bağıl nemdir.

Duyargaların yer seçimi iyi bir kontrol sağlamak için çok önemlidir. Algılama alanı koşullarında, algılama cihazı doğrudan güneş radyasyonu yönünde olmamalıdır ya da kötü yalıtılmış bir dış duvar gibi hatalı okuma verebilecek bir yüzey üzerine yerleştirilmemelidir. Boru ve kanal tesisatında, duyargalar, cihazın aktif kısmı tamamen akışkan içinde olacak şekilde ve konumu ortalama durumu algılayacak şekilde düzenlenmelidir. Bazen ortalama alan cihazlar, ölçülen değişkenin ortalama bir okumasını vermek için kullanılır, örneğin, çok sayıda duyarga bulunan geniş alanlarda, ortalama bir sinyal kontrol cihazı için önemlidir.

Duyarga çeşitlerini gözden geçirmeden önce duyarga karakteristiklerini belirleyen genel özelliklerden söz etmek yararlı olacaktır. Bu karakteristikler genellikle algılayıcıların dinamik ve statik özellikleri olarak ikiye ayrılmaktadır.

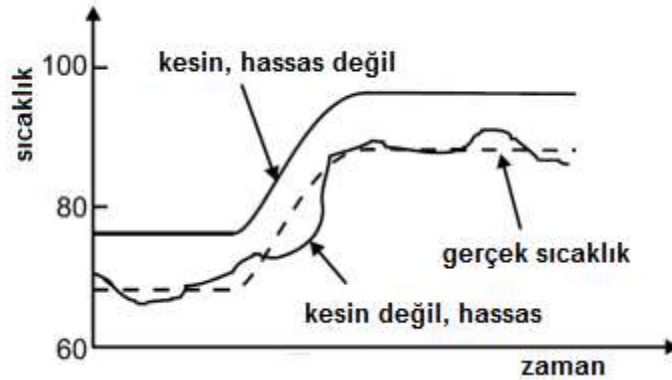
2.2.1 Statik Özellikleri

Aşağıda tanımlanan statik karakteristikler oldukça önemlidir.

Doğruluk: Duyargaların doğruluk oranları, duyarganın maksimum ölçüm değerindeki hata payını belirlemektedir. Duyargaların hata payları genellikle ölçtüğü birim üzerinden veya ölçüm aralığının yüzdesi olarak belirlenmektedir.

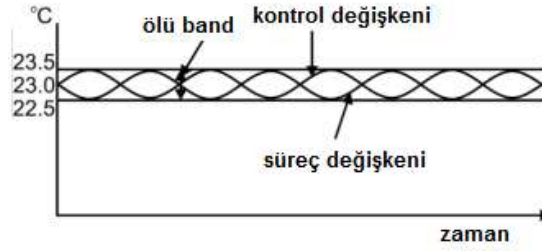
Örneğin bir duyargadaki doğruluk oranı $\pm 0,1\%$ ise ve bu duyarga $0-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında ölçüm yapıyorsa, duyarganın maksimum ölçümdeki hata payı $\pm 0,001 \times 100 = \pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ olacaktır.

Kesinlik (precision): Sistemin tekrarlanabilirliğinin bir ölçüsüdür.



Şekil-2.1 Kesinlik ile hassasiyet arasındaki ilişki

Tekrarlanabilirlik: Aynı ölçüm koşulları altında (aynı ölçüm prosedürü, aynı gözlemci, aynı koşullar altında kullanılan aynı ölçme cihazı, aynı konum, aynı kullanım koşulları, kısa zaman aralığında tekrar) gerçekleştirilen, aynı ölçülen büyüklüğe ait birbirini izleyen ölçüm sonuçları arasındaki yakınlık derecesidir ve sonuçların dağılımı cinsinden nicel olarak ifade edilir. Kesinlik, tekrarlanabilirliğin nitel bir ifadesidir. Teknik olmayan yazı dilinde, iki ölçümün kıyaslanması veya ölçüm/cihaz hakkında bilgi verilmesi durumunda, karşılaştırma sıfatları ile daha yüksek kesinlik, düşük kesinlik gibi tamlamalar kullanılarak anlatıma imkân verir. Eğer bir sistemin tekrarlanabilirliği yüksekse, okuma değerlerinin yoğun bir şekilde gruplanmış olduğu ve sonuçların “düşük yayılım”ı sahip olduğu söylenebilir. Düşük yayılım yüksek kesinliği gösterir.

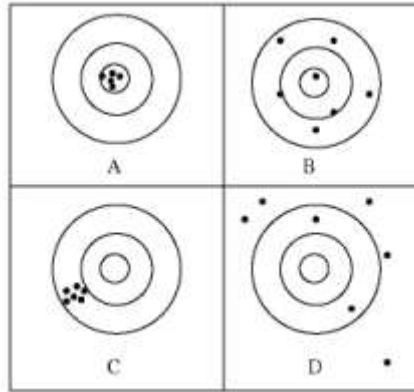


Şekil-2.2 Tekrarlanabilirlik



Şekil-2.3 Ölçüm hassasiyeti ve tekrarlanabilirlik arasındaki ilişkisi

Eşit beceriye sahip dört kişinin hedef tahtasına atış yaptığını, bu atıcılardan A ve B'nin namlularının hedefe doğru iyi ayarlandığını, C ve D'nin namlu ayarının ise o kadar iyi olmadığını ve neticede, aşağıdaki şekilde gösterilen sonuçların alındığını düşünelim.



Şekil-2.4 Ölçüm hataları

A'nın yaptığı tüm atışlar hedefi bulmuştur, dolayısıyla sistematik hata yoktur. Tüm noktalar yoğun bir şekilde bir araya toplanmıştır dolayısıyla kesinliğe sahiptir. B'nin atışları hedef etrafına yayılmış ve birçoğu hedefi bulamamıştır. Noktalar oldukça dağınıktır. Dolayısıyla, sistematik hata olduğu gibi kesinlik de yoktur. C'nin atışları en az A'ninkiler kadar kesinliğe sahip olmasına rağmen hedefin yakınlarında bir yerde gruplanmıştır ancak hedefi tutturamamıştır. D'nin atışlarını gösteren noktalar ise, hem hedeften oldukça uzak hem de dağınık şekilde yerleşmiştir.

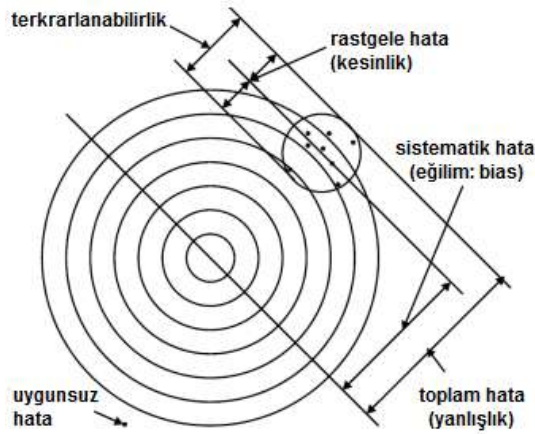
Atışlar sonunda elde edilen bu dört sonuç içinde sadece A'da hem doğruluk hem de tekrarlanabilirliğin varlığı söz konusudur. C'de tekrarlanabilirlik vardır, fakat doğruluk çok düşüktür. D'nin ise hem tekrarlanabilirliği hem de doğruluğu çok düşüktür.

Bir ölçümün kesinliği, ekipman ve ölçüm tekniğinin fonksiyonudur. Bir ölçümde, sistematik hatanın giderilmesi gözlemcinin müdahalesini gerektirir. Sistematik hatanın belirlenmesi ve düzeltilmesi ancak düşünme ve karar aşamalarından geçtikten sonra gerçekleştirilebilir; hiç bir ekipman bunu kendi başına gerçekleştirme yeteneğine sahip değildir. Dolayısıyla sistematik hata ancak ölçümü gerçekleştiren gözlemci tarafından giderilebilir.

Duyarlılık: Ölçülen ortamda meydana gelen küçük değişimleri duyarganın algılama hızı, o duyarganın duyarlılığı olarak tanımlanır.

Yineleme Kabiliyeti: Yineleme kabiliyeti, duyarganın aynı şartlar altında hep aynı değeri okuyabilme özelliğidir. Örneğin bir sıcaklık duyargası ortam sıcaklığı 20 °C olan bir yerden, şartları aynı olan ikinci bir ortama taşındığında bu ortamda sıcaklığı 20 °C okuyabiliyorsa, o duyarganın yineleme kabiliyetinin yüksek olduğu anlaşılır. Yineleme kabiliyeti yüksek olan bir duyarga, doğruluğu da yüksek olan bir algılayıcı anlamına gelmektedir.

Eğilim (bias) ise, ölçme cihazı göstergesinin sistematik hatasıdır ve ulaşılmak istenen değerden veya hedeften sapmayı gösterir. Sistemin ofsetidir.



Şekil-2.5 Doğruluk kavramları

2.2.2 Dinamik Özellikleri

Dinamik karakteristik ölçülen değerdeki değişikliklere duyarganın hangi çabuklukta cevap verebileceğini belirler.

Ölü Zaman: Ölü zaman duyarganın ölçüm yaptığı ortamda meydana gelen değişikliğe bağlı olarak çıkış sinyalinin değişmesi arasında geçen süredir.

Örneğin bir sıcaklık duyargası ortam sıcaklığını 20 °C olarak ölçüyor ve buna karşılık belli bir gerilim üretiyorsa ortam sıcaklığındaki değişim ile çıkış gerilimindeki değişim arasında geçen süreye o duyarganın ölü zamanı denir.

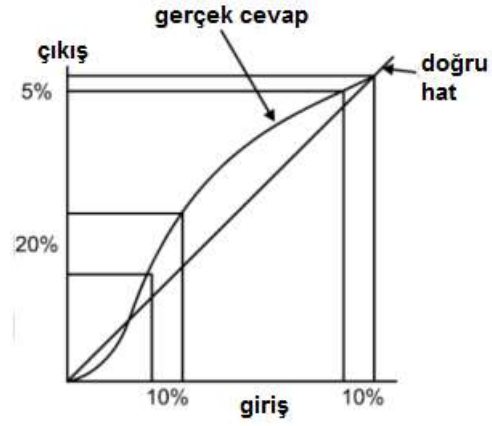
Zaman Sabiti: Zaman sabiti duyarganın okuduğu yeni değerde, çıkışının hangi çabuklukta kararlı hale geldiğini ifade etmekte olup duyarganın yeni okuduğu değer için çıkışının ulaşacağı değerin %63 üne kadar geçen süre olarak tanımlanır.

Histeresiz: İngilizcesi "hysteresis" olan histeresizin kelime anlamı gecikmedir. Fiziksel ve kimyasal olaylarda histeresize sadece "gecikme" demek yetersiz olabilir. Tam anlamını ifade etmek gerekirse histeresiz, sistemin bir önceki ile bir sonraki girişine verilen tepkinin, sistemin yakın geçmişteki durumuna duyarlı olmasından dolayı gecikmesidir. Böyle sistemlerde, bir sonraki girdiye tepkisini tahmin etmek için, sistemin şu anki durumunun ve geçmişteki durumunun bilinmesi gerekir (Şekil-2.6).

Doğrusallık (Linearity): İkinci değerdeki bir değişikliğin ilk değerdeki değişiklik ile doğru orantılı olması halinde bu iki değer arasındaki ilişki (Şekil-2.7).

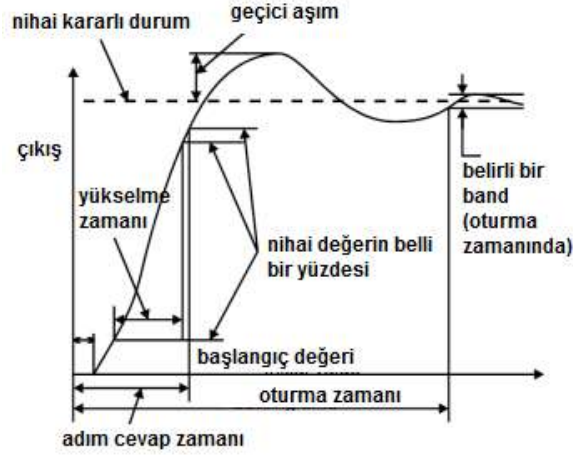


Şekil-2.6 Histeresiz



Şekil-2.7 Doğrusallık

Cevap Zamanı (Response Time): Bir sisteme belli bir zaman diliminde bir giriş uygulandığında bu sistemin verdiği tepki değişimidir.



Şekil-2.8 Bir basamak girişi olan bir sistem için tipik zaman yanıtı

2.3 DUYARGALAR VE DUYARGA ÇEŞİTLERİ

2.3.1 Duyarga Nedir?

Elektronik uygulamalarda algılama işlemini yapan sistem ya da elemanlara duyarga denir. Ayrıca algılayıcı ya da duyarga olarak da bilinmektedir.

Duyargalar, fiziksel ortam ile elektronik cihazları birbirine bağlayan bir köprü görevi görürler. Sistemdeki duyarga veya duyarga grupları yapısı hangi değişkene duyarlı ise sistem dışındaki değişkeni algılar ve elde ettiği değerleri sistemin karar verme birimine yollar.

Elde edilen bu verilerin insanoğlu tarafından anlaşılması gerekir. Bundan dolayı duyargaların yapısı çeşitli değişkenlere göre çalışır ve kullanacağımız alana en uygun duyarga veya duyarga gruplarını seçmek zorundayız. Değişkenler çeşitli birimlerle ifade edilir ve bu birimler aslında duyarganın ne amaçla kullanılacağını gösterir. Bu değişkenler duyargaların giriş büyüklükleri başlığı altında sıralanmıştır.

Tablo-2.1, bazı önemli ölçütlerin bir sınıflandırmasına genel bir bakış sunmaktadır. Kabataslak bir sınıflandırma yapılabilir: Mekanik büyüklükler, ısı/kalori miktarı, elektrik miktarı ve kimyasal ve fiziksel büyüklükler.

Tablo-2.1 Önemli ölçüm büyüklüklerinin sınıflandırmasının genel bir listesi

Tür	Ölçme Miktarı
Mekanik nicelikler	Geometrik nicelikler Kinematik nicelikler Gerilme nicelikleri Malzeme özellikleri Akustik nicelikler
Termal nicelikler	Sıcaklık
Elektriksel nicelikler	Elektriksel durum değişkeni Elektriksel parametre Alan değişkeni
Kimyasal ve fiziksel nicelikler	Konsantrasyon Partikül büyüklüğü Molekül tipi Optik nicelikler
	Yer değiştirme, açı, seviye, eğim Hız, ivme, salınım, akış Kuvvet, basınç, tork Kütle, yoğunluk, viskozite Ses hızı, ses basıncı, ses frekansı Temas sıcaklığı, radyasyon sıcaklığı Gerilim, akım, elektriksel güç Direnç, empedans, kapasite, indüktans Manyetik alan, elektriksel alan Ph-değeri, nem, ısı iletimi Asılı madde miktarı, toz miktarı Gaz molekülleri, sıvı molekülleri, katı cisim molekülleri Şiddet, dalga boyu, renk

2.3.2 Duyarga Özellikleri

Elektriksel olmayan niceliklerin elektriksel olanlara dönüşümü, başlıca ve yan etkilere ayrılabilen fiziksel ya da kimyasal etkilere bağlıdır. Başlıca etki, bir piezo-elektrik basınç duyargasının elektrik gerilimi gibi istenen ölçme sinyalini oluşturmakla sorumludur. Ancak, sıcaklık değişikliklerinin etkisi gibi bozucu yan etkiler sık sık üst üste getirilir. Duyargaların tasarım süreci bu yan etkileri (bazen “Çapraz Duyarlılık” denilen) göz önüne almayı gerektirir. Onların tesiri sadece küçük bir etkiye sahip olmalı ya da uygun ölçümlerle telafi edilmelidir.

Duyargaları değerlendirmek için en önemli ölçüt, statik davranış, dinamik davranış, kalite sınıfı ve ölçme aralığı, aşırı yük kapasitesi, çevresel etkiler ve güvenilirlik ile ilgili bileşenlerle uyumluluktur.

Bir duyarganın statik davranışı, duyarga özelliklerine göre tarif edilir. Bu, elektriksel çıkış sinyalinin değişiminin, ölçülen değişkenin değişimine oranı gibi bir duyarganın duyarlılığını tanımlar. Bir duyarganın diğer önemli özellikleri; doğrusallık, histerisiz ve tekrarlanabilirliktir.

Dinamik davranışı bir duyarga frekans tepkisi veya kesme frekansları veya zaman sabitleri gibi basit karakteristik değerler tarafından tanımlanmıştır. Duyarga dinamiği, sürece ve ölçüm görevine ayarlanmalıdır.

Kalite sınıfı bir duyarganın doğruluğu hakkında temel bir ölçü verir. Bu, tam ölçeğe göre en büyük ölçüm hatasının yüzdesidir. Tüketim malları için uygulamalar, yüksek doğruluk (%2-%5 yeterli) gerektirmez. Öte yandan, endüstriyel uygulamalar, çok daha yüksek hassasiyet (%0.05-%1) gerektirirler. Kalibrasyon ve test ekipmanı gibi yüksek hassasiyetli ölçümler için ekipmanlar, çok ciddi gereklilikleri karşılamalıdır. Ölçüm aralığı, duyarganın teknik özelliklerinin karşılandığı yerdeki aralığını açıklar.

Aşırı yük kapasitesi, bir duyarganın, duyarga özelliklerindeki ya da kendini hasara uğratmadaki değişiklikler olmadan işletilebildiği yerdeki aralığını belirtir. Tipik aşırı yük kapasiteleri, %200 ve %500 arasındadır.

Bir duyarganın uygunluğu çıkış sinyali türüne bağlıdır (bir sonraki bölüme bakılabilir). Sıcaklık, ivme, korozyon, kirlenme/aşınma ve yıpranma gibi çevresel etkiler özellikle önemlidir.

Bir duyarganın güvenilirliği, ortalama hata oluşma zamanı ($[h]'$ de MTTF) ya da evrik değeri, ortalama bozulma hızı ($[h-1]'$ de) gibi karakteristik parametreler tarafından tanımlanır.

2.3.3 Sinyal Tipleri, Transdüzer ve Ölçme Yükselteçleri

Duyarga tarafından sağlanan sinyal tipi hem ölçüm prensibine hem de ilgili sinyal iletimine ve sinyal işleme cihazlarına bağlıdır. Sinyal tipleri aşağıdaki kategorilere bölünebilir: genlik modülasyonlu sinyaller, frekans modülasyonlu sinyaller, dijital sinyaller (Tablo-2.2).

Tablo-2.2 Ölçme sinyalleri için sinyal tiplerinin bazı özellikleri

Özellikler	Sinyal Tipi		
	Genlik Modülasyonu	Frekans Modülasyonu	Dijital
Statik doğruluk	Büyük	Büyük	Kelime uzunluğu ile sınırlı
Dinamik davranış	Çok hızlı	Transdüser vasıtasıyla sınırlı	Örnekleme vasıtasıyla sınırlı
Gürültü hassasiyeti	Orta/büyük	Küçük	Küçük
Galvanik ayırma	Pahalı	Basit (transdüser)	Basit (optik bağlantı)
Dijital bir bilgisayara arayüz	Analog-dijital çeviriciler	Basit (frekans sayıcı)	Basit
Sayısal işlem	Çok sınırlı	Sınırlı	Eğer mikro bilgisayar ise, basit

Genlik modülasyonlu sinyaller sinyal genliği ve ölçülen miktar arasında oransal bir ilişki ile karakterize edilir. Eğer sinyal frekansı ölçülen miktarı ile oransal ise sinyale frekans modülasyonlu sinyal denilir. Dijital sinyaller, seri ya da paralel ikili sinyalleri kullanarak ölçülen bir miktarı gösterirler. Tablo 2, bu sinyal türleri bazı özelliklerini açıklar.

2.3.4 Duyargaların Giriş Büyüklükleri

Mekanik Duyargalar: Uzunluk, alan, miktar, kütsel akış, kuvvet, tork (moment), Basınç, Hız, İvme, Pozisyon, Ses dalga boyu ve yoğunluğu gibi mekaniksel değişken değerlerini ölçülebilir.

Termal Duyargalar: Sıcaklık, ısı akısı gibi değişkenler ölçülebilir.

Elektriksel Duyargalar: Voltaj, akım, direnç, endüktans, kapasitans, dielektrik katsayısı, polarizasyon, elektrik alanı ve frekans gibi elektriksel değerler ölçülebilir.

Manyetik Duyargalar: Alan yoğunluğu, akı yoğunluğu, manyetik moment, geçirgenlik gibi manyetik alana bağlı değişkenlerin değerleri ölçülebilir.

Işıma Duyargaları: Yoğunluk, dalga boyu, polarizasyon, faz, yansıtma, gönderme gibi ışık etkili duyarga çeşitlerindendir.

Kimyasal Duyargalar: Yoğunlaşma, içerik, oksitleme/redaksiyon, reaksiyon hızı, pH miktarı gibi kimyasal değerlerin ölçüldüğü duyarga türleridir.

2.3.5 Besleme Gerilimine Göre Duyargalar

Kullanıcılar yani bizler değişik alanlardaki farklı değerleri kontrol etmek isteriz. Bundan dolayı pek çok duyarga çeşitleri vardır. Ayrıca duyarga çeşitlerini etkileyen faktörlerden biri besleme gerilimidir. Besleme gerilimine göre duyargalar iki farklı yapıda incelenirler. Bunlar, pasif duyargalar ve aktif duyargalardır.

Pasif Algılayıcılar

Sinyal üretebilmek için dışarıdan harici hiçbir güç kaynağına ihtiyaç duymayan fiziksel ya da kimyasal değerleri istenilen çıkış değişkenine dönüştürebilen duyargalardır. Bu pasif duyarga çeşitlerine en basit örnek ise buton ve anahtardır. Bunlardan farklı olarak potansiyometre, limit anahtarları, ısı duyargaları (PTC ve NTC), basınç duyargaları, LDR, foto transistörler, foto diyotlar ve mikrofonlar örnek olarak söylenebilir. Bu duyargaların çalışması için harici hiçbir enerjiye ihtiyaç yoktur. Bu duyargalar sadece giriş değişkenlerini ölçerek tepki verirler.

Aktif Algılayıcılar

Sinyal üretebilmesi için dışarıdan harici bir güç kaynağına ihtiyaç duyan duyargalara aktif duyarga denilir. Bu duyargaların en önemli özelliklerinden biri düşük sinyalli ölçmelerde kullanılmasıdır. Bundan dolayı oldukça hassas ölçüm yapabilirler.

Aktif duyargalar, ürettiği sinyal türüne göre; analog veya dijital sinyal çıkışı vermektedirler. Dijital olarak 0 ya da 1 çıkışını vermektedirler.

NTC "K2"
veya "K10"

	1	+ 15 V besleme
	3	Sıcaklık 0...10 V
	4	Ortak uç

Sinyal	Uygulama
0-10 VDC	<i>İklimlendirme uygulamaları için standart</i>
4-20 mA	<i>Süreç kontrolde daha yaygın kullanılır</i>
Gerilimsiz kontak	<i>Konum göstergesi için kullanılır</i>
Darbe (pulse)	<i>Enerji ve akış ölçümünde kullanılır</i>

M: ana (siyah)
B: kol (beyaz)

transdüzer

vana

AO2
C

Şekil-2.12 Bir transdüzerin voltajı basınç sinyaline dönüştürmesi

Bir diğ er E-P transdüzer 2-20 mA akımı 3-15 psig pnömatik sinyaline dönüştürür. Akım sinyalini istenen pnömatik çıkış sinyaline dönüştürmede yine ayar yapmak gereklidir.

Transmitter: Bir kontrol cihazına gönderilmek üzere algılanan parametre ile orantılı uygun kuvvette bir gerilimi etkinleştiren elektronik devredir. Herhangi bir süreçteki değişimleri algılamak, o sürece yön verebilmek için ilk adımdır. Bu değişimleri elektronik bir ortamda kullanmak istiyor isek belirli bir hale sokmak gerekir. İşte tam bu noktada transmitter devreye girer. Transmitter kelime anlamıyla da dönüştürücü demektir. Isı, sıcaklık ve basınç gibi değerleri voltaj (0-10 V) veya mili amper (0-20 mA) seviyesine dönüştürürler. Hangi seviyeye dönüşüm yapılacağı ise kullanıcıya aittir.

Örnek: 0 -100 °C arasında değişen bir sıcaklığımız olsun, bu değişimi algılayan bir duyargamız (PT 100, ısıl çift: termo couple vs.) var. Sıcaklık değiştikçe duyargadan gelen veri de (direnç) değişecektir, transmitterin görevi ise bu değişimi belirli standartlara çevirmektir. 0-100 °C arası değişen sıcaklığa göre ayarlanmış transmitteri endüstriyel standartlardan biri olan 4-20 mA çıkışına göre hesaplırsak; 50 °C için akım:

$$20 \text{ mA} - 4 \text{ mA} = 16 \text{ mA}$$

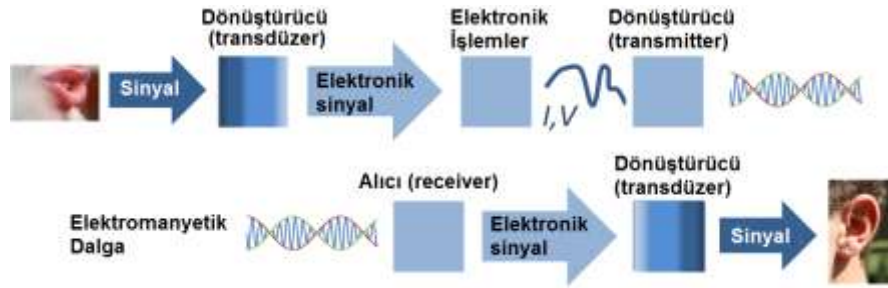
$$16 \text{ mA} * [50 \text{ °C} * (1/(100 \text{ °C}-0 \text{ °C}))] = 8 \text{ mA}$$

Fakat burada işlemiz bitmez, 4-20 mA tabanı 4 mA olduğu için;

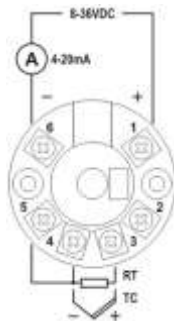
$$4 \text{ mA} + 8 \text{ mA} = 12 \text{ mA} \text{ olarak lineer bir sinyal karşılığı alırız.}$$

Bu örneğimizi başka bir endüstriyel standart olan 0-10V' a göre hesaplasaydık, sonuç olarak 50 °C' ye denk gelen sinyalin 5V olacağını görecektik.

Transmitter seçimi hassasiyet, doğruluk payı, ölçüm göstergesi, duyarga, sinyal çıkışı ve dış ortam gibi birçok duruma göre değişiklik gösterir. Yine örnek vermek gerekirse basınç ölçümü yapılan bir doğalgaz boru hattında basınç transmitterinin her şeyden önce patlamaya neden olmayacak bir yapı (exproof) beklenir.



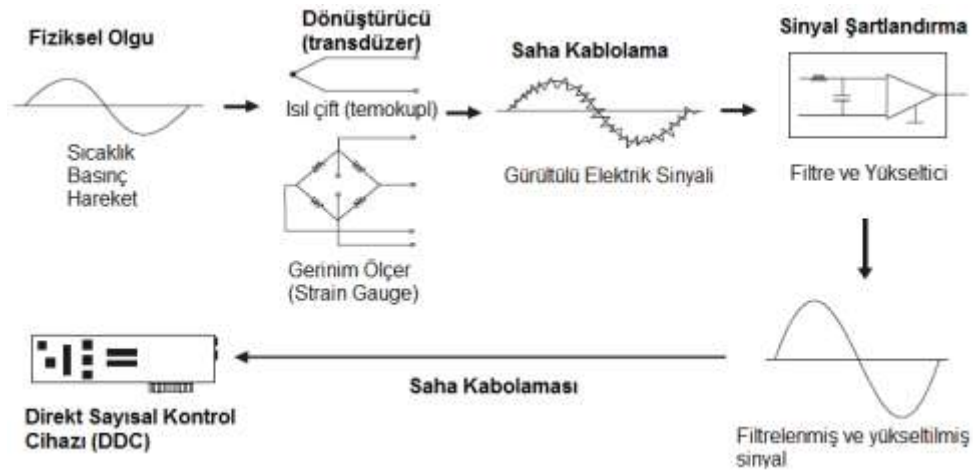
Şekil-2.13 Bir haberleşme sisteminde ses sinyalinin elektronik olarak iletim aşamaları



Şekil-2.14 Telli programlanabilir sıcaklık transmitteri

Şekil-2.15 Programlanabilir üniversal sinyal transmitteri

Herhangi bir fiziksel olayın (olgu) ölçülmesinde aktif veya pasif duyargalar kullanılır. Ancak bu duyargalardan alınan ham bilgi her zaman DDC kontrol cihazının kullanabileceği özelliklerde olmayabilir. Bu ham sinyal çoğu kez bir dönüştürücü (transdüze), saha kabloları ve sinyal şartlandırması gibi işlemlerden geçirilerek DDC'ye aktarılır (Şekil-2.16).



Şekil-2.16 Duyargaların anatomisi

Tablo-2.4 Raporlarda kabul edilebilir ölçüm hassasiyetleri

Ölçülen Değişken	Rapor hassasiyeti
Ortam sıcaklığı	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
Kanal hava sıcaklığı	$\pm 1,0^{\circ}\text{C}$
Dış hava sıcaklığı	$\pm 1,0^{\circ}\text{C}$
Su sıcaklığı	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
Bağıl nem	$\pm \%2$
Su debisi	$\pm$ tam kademenin $\%5'i$
Hava debisi (terminal)	$\pm$ okunan değer $\%10'u$
Hava debisi (ölçüm istasyonu)	$\pm$ okunan değer $\%5'i$
Hava basıncı (kanal)	$\pm 25\text{ Pa}$
Hava basıncı (ortam)	$\pm 3\text{ Pa}$
Su basıncı	$\pm$ tam ölçüm kademesinin $\%2'si$
Elektriksel güç	Okunan değer $\%5'i$

2.3.6 Ölçüm Sistemine Göre Duyargalar

Sıcaklık Duyargaları

Ortamdaki sıcaklık değişimini algılamamıza yarayan duyarga çeşididir. Bu duyargalar sıcaklık ile direnci değişen maddelerden (nikel, bakır veya kobaltın karışımı) imal edilmektedir. Bu maddelere ise termistör denmektedir.

Termistörler ikiye ayrılmaktadır. Sıcaklıkla direnci artan termistörlere PTC, sıcaklıkla direnci azalan elemana ise NTC denmektedir. Isı duyargaları, sıcaklık duyargası olarak da adlandırılmaktadır. Termistörlerin yanı sıra sıcaklık duyargası olarak termostat ve termokupl da kullanılmaktadır. Bu sıcaklık duyargalarının aralarında çeşitli farklar vardır. Bu farklardan dolayı seçeceğimiz ısı duyargasını ne amaçla kullanacağımızı iyi bilmemiz gerekir.

Potansiyometrik Duyargalar

Pek çok uygulamada pozisyon ve seviye belirleme işlemleri oldukça önemlidir. Bu işlem referans olarak seçilen bir cismin koordinatlarının doğrusal ya da açısal olarak takip edilmesi işlemi olarak tanımlanabilir. Bir cismin pozisyonu ya da seviyesi bir kaç yöntem ile takip edilebilir. Bu yöntemlerden en sık kullanılan yöntem potansiyometrik duyarga uygulamalarıdır. Potansiyometrenin direnç değerini takip ederek mesafe ölçümü yapılır. Örnek olarak gösterilebilecek en iyi sistem hobi amaçlı olan DC servo motorlardır. Bu motorların iç yapısında açısal olarak mesafe ölçümü yapan bir potansiyometre mevcuttur.

Manyetik Duyargalar

Bobin yardımıyla elde edilen manyetik alan etkisinden faydalanılarak elde edilen duyarga çeşididir. Manyetik alan etkisinden faydalanılarak yapılan pek çok duyarga vardır. Günlük hayatımızda pek çok alanda kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak hazine arama detektörü, X-Ray cihazları, tıp elektroniğinde sıkça kullanılmaktadır. Ayrıca endüstride metal algılama amaçlı kullanılmaktadır.



Şekil-2.17 Güvenlik amaçlı metal detektörleri

Basınç Duyargaları

Her türlü fiziki basınç ve kuvvet değişimini algılayan ve bu değişikliği elektriksel sinyallere dönüştüren elemanlara basınç duyargaları denilmektedir.

Basınç duyargaları çalışma prensibine göre dört grupta incelenmektedir.



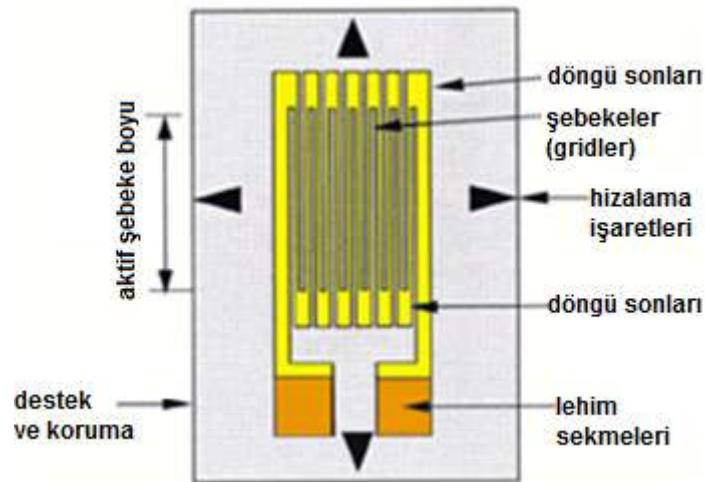
Şekil-2.18 Basınç duyargaları

Kapasitif Basınç Ölçme Duyargaları

Adından da anlaşılacağı üzere kondansatör yapıdaki basınç duyargalarıdır. Kondansatör plakalarının hareketine göre basınç değerini hesaplarlar.

Şekil Değişikliği (Strain Gauge) Duyargaları

Direnç değişimini algılayarak basınç değerini hesaplayarak elektriksel sinyal üreten duyarga çeşididir.



Şekil-2.19 Şekil değişikliği (strain gauge) duyargaları

Yük Hücresi (Load Cell) Basınç Duyargaları

Çalışma prensipleri strain gauge ile aynıdır. Algılama işlemini dört ayrı noktaya yerleştirilmiş yük hücreleri yapmaktadır. Piyasada Elektronik terazilerde kullanılmaktadır.

Piezoelektrik Basınç Ölçme Duyargaları

Piezoelektrik özellikli algılayıcılarda kuartz (quartz), roşel (rochelle) tuzu, baryum, turmalin gibi kristal yapıları maddeler kullanılır. Bu elemanlar üzerlerine gelen basınca göre küçük değerli bir elektrik gerilimi ve akımı üretir. Bu elektrik akımının değeri basıncın değeri ile doğru orantılıdır. Piezoelektrik özellikli elemanlar hızlı tepki verdiklerinden ani basınç değişikliklerini ölçmede yaygın olarak kullanılır.



Şekil-2.20 Piezoelektrik duyarga



Şekil-2.21 Optik duyargalar

Optik Duyarga

Fotosel olarak da bilinmektedir. Işık şiddetine prensibine göre çalışan duyargalara optik duyarga denir. Bunlara örnek olarak ise; LDR (foto direnç), foto diyot, foto transistör ve opto kuplörleri (opto izolatör) örnek olarak gösterebiliriz. Bu duyargalar ışık şiddetlerine göre dirençlerini artması veya azalması prensibine göre çalışmaktadır.

Ses Duyargaları

Havadaki basınç değişikliğini algılayarak sesi elektrik sinyaline dönüştüren duyargalara mikrofon (ses duyargaları) denilmektedir. Mikrofonlar yapısına göre beşe ayrılmaktadır.

Dinamik mikrofonlar

Dinamik mikrofonlar en çok kullanılan mikrofon türüdür. Dinamik mikrofonlar ses dalgaları ile hareket eden diyaframa bağlı bobinin sabit bir mıknatıs içinde hareket etmesinden dolayı bobin uçlarında oluşan gerilim değişimine bağlı olarak çalışır.

Kapasitif mikrofonlar

Kapasitif mikrofonlar şarjlı bir kondansatörün yükü değiştirildiğinde elektrik akımının elde edilmesi esasına dayalı olarak çalışır.

Şeritli (bantlı) mikrofonlar

Çalışmaları dinamik mikrofonlar gibi manyetik alan esasına dayalı mikrofonlardır.



Şekil-2.22 Kapasitif mikrofon



Şekil-2.23 Şeritli (bantlı) mikrofon

Kristal mikrofonlar

Kuartz (quartz), roşel (rochelle) tuzu, baryum, turmalin gibi kristal yapıli maddelerin basınç etkisinden yararlanılarak ses titreşimlerini elektriksel sinyallere dönüştürmektedir.

Karbon tozlu mikrofonlar

Karbon tozlu mikrofonlar bir hazne içinde doldurulan karbon tozu zerrecikleri ve esnek diyafram sistemleri ile çalışmaktadır. Fakat karbon tozlarının zamanla bitmesi ile ses kalitesi bozulduğundan günümüzde pek kullanılmamaktadır.

2.4 SICAKLIK DUYARGALARI

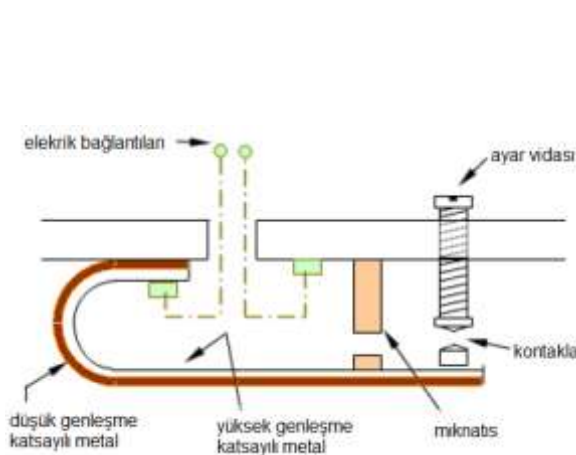
İklimlendirme kontrolünde ölçülen en yaygın özelliklerinden biri sıcaklıktır. Ölçüm ilkesi, metal ya da gazın termal genişmesi ve elektriksel özelliklerde kalibre edilmiş bir değışikliğı içerir. Sıcaklık duyargaları bulundukları ortamdaki sıcaklığı ölçerek bu ölçümü elektriksel bir büyüklüğe dönüştürürler. Örneğin elektronik tip sıcaklık duyargalarında ortam sıcaklığı, değışen sıcaklıkla birlikte değışen bir gerilim veya akım büyüklüğüne dönüşür. Fiziksel açıdan sıcaklık ortamdaki molekül hareketi sonucu oluşur. Bu yüzden belirli bir sıcaklık, belirli bir molekül hareketi karşılığı ortaya çıkan iç enerji olarak da tanımlanır. Bu iç enerji ortamdan ısı alınma veya ortama ısı verilme koşullarına göre değışmektedir.

Bugün için Celcius (°C) ve Kelvin (K) çok kullanılan sıcaklık birimleridir. Bazı yayınlarda Fahrenheit (F) ve Rankine (R) sıcaklık birimlerine de rastlanmaktadır. Kelvin ve Rankine ölçekleri mutlak sıcaklık değerlerine tekabül eder. Örneğin bu birimlerin başlangıç sıcaklığı olan -273,16°C moleküllerin hareketsiz hale geldiğı deneysel noktalar dır.

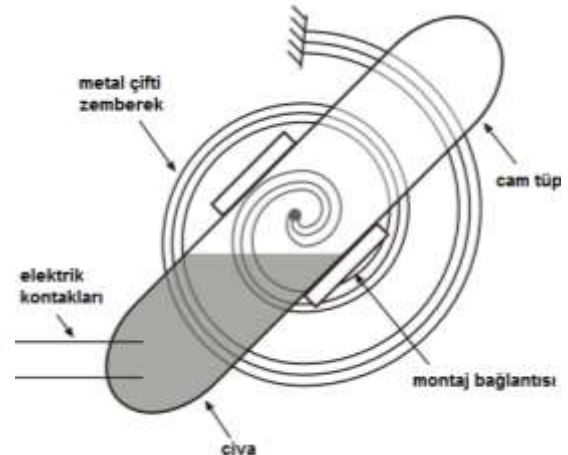
Değışik tip sıcaklık duyargaları bulunmaktadır. Aşağıda en çok kullanılan sıcaklık duyargaları ele alınmıştır.

2.4.1 Metal Çifti (Bimetal) Şerit

Farklı genişleme katsayılarına sahip iki metalin ince şerit levhalar halinde yapıştırılmasından oluşurlar. Sıcaklık değıştikçe eleman eğilir ve konumunda bir değışme meydana gelir. Kaba sıcaklık ölçümleri için uygundur. Ölçüm aralığı -20/260 °C'dir ve gecikmeli çalıştıklarından uzaktan kullanıma uygun değildir. Şekil-2.24'de kapalı noktasal kontaklı basit bir metal çiftli termostatı göstermektedir.



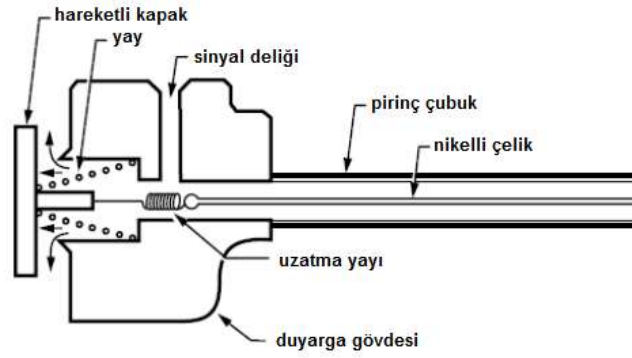
Şekil-2.24 Metal çiftli termostat



Şekil-2.25 Zemberek tip metal çifti

2.4.2 Rot ve Tüp Eleman

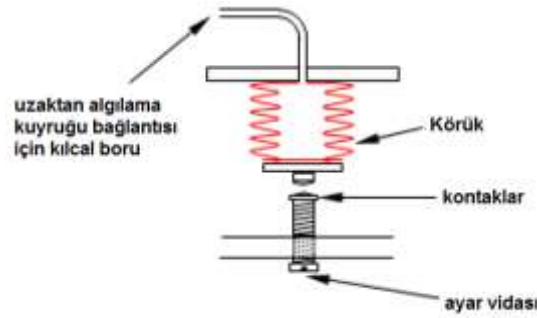
İçerisinde, bir ucu tüpün altına takılı düşük genleşmeli rot bulunan yüksek genleşmeli metal tüpten oluşur. Tüp, sıcaklıktaki değışimle rotun serbest ucunun hareket etmesine sebebiyet vererek uzunluğu değışir (Şekil-2.26).



Şekil-2.26 Rot ve tüp eleman

2.4.3 Sızdırmaz Körükler

Sızdırmaz körük tipi, genişleme veya büzülmeye neden olan hacim ve basınç değişimi ile sıcaklığı değiştirmek için yanıt veren bir gaz, buhar ya da sıvı ile doldurulur.

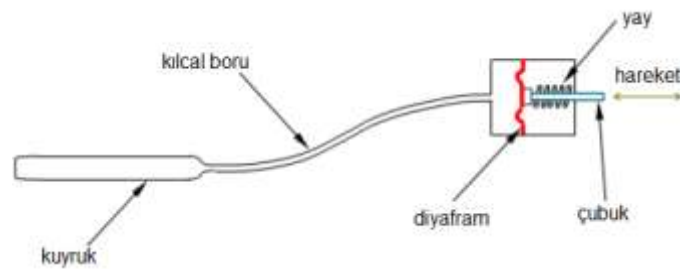


Şekil-2.27 Sızdırmaz körüklü sıcaklık duyargası

2.4.4 Hazne ve İnce Borulu Duyargalar

Hazne ve ince boru elemanları, sıcaklığın kanallar, borular, tanklar veya kontrol cihazından uzak benzer yerlerde ölçüleceği yerde kullanılmaktadır.

Hazne, gerekli olan sıcaklık aralığına bağlı olarak sıvı, gaz ya da soğutucu ile doldurulur. Isıtılmış haznedeki sıvının genleşmesi, ince boru ile diyaframa iletilen ve orada harekete çevrilen bir basınç uygulamaktadır.



Şekil-2.28 Hazne ve ince borulu duyarga

2.4.5 Termistör Duyargalar

Termistör eleman, elektriksel direnci sıcaklıkla değişen yarı iletkenidir. Bu değişim artan sıcaklık değerine paralel olarak artar veya azalır. Artan sıcaklıkta termistör direnci azalıyor ise bu tip duyargalar NTC (Negative Temperature Coefficient: Negatif Sıcaklık Katsayılı) duyarga olarak adlandırılır. Yükselen sıcaklık ile birlikte termistör direnç değeri de artıyorsa bu tip duyargalara PTC (Positive Temperature Coefficient: Pozitif Sıcaklık Katsayılı) denilmektedir.

Bu tip duyargaların en önemli avantajı, küçük sıcaklık değişimlerine karşılık büyük direnç değişimleri olup, bu özelliği sayesinde oldukça küçük boyutlu ve düşük zaman sabitelerine sahiptirler. Termistör duyargalar bu

özellikleri ile küçük sıcaklık değişimlerinin olduğu uygulamalarda tercih edilmektedir. Termistör tip algılayıcılar çoğunlukla 150 °C'ye kadar kullanılmaktadır.

RTD'lerin aksine, bir termistörün sıcaklık-direnç özelliği doğrusal değildir ve tek bir katsayı ile karakterize edilemez. Üreticiler genellikle direnç-sıcaklık verilerini eğriler, tablolar veya polinom ifadeler olarak sağlar. Direnç sıcaklık korelasyonunun doğrusallaştırılması, analog devre ile veya sayısal hesaplama kullanan matematik uygulanmasıyla gerçekleştirilir.

Avantajları: Sıcaklık ile geniş direnç değişimi, hızlı tepki süresi, iyi kararlılık, yüksek direnç ileten direncinden kaynaklanan zorluklar ortadan kaldırır, düşük maliyet ve değiştirilebilir olması.

Dezavantajları: Doğrusal olmayan, sınırlı çalışma sıcaklığı aralığı, aşırı ısınma nedeniyle yanlışlığa tabi olabilir, akım kaynağı gereklidir.

2.4.6 Diod Duyargalar

Herhangi bir silikon diod üzerinden bir elektrik akımı geçtiği zaman gerilim düşümü 0,6 Volt mertebesindedir. Bu değer sabit olmayıp diğer faktörler kadar sıcaklığa bağlı olarak da değişmektedir. Sıcaklık arttığı anlarda diod üzerindeki gerilim düşümü azalmaktadır. Diodun bu özelliğinden yararlanılarak yapılan duyargalar diod tip algılayıcı olarak adlandırılmaktadır.

Termistör algılayıcı gibi, diod algılayıcılar da değişik uygulamalarda kullanılmaktadır. Diod algılayıcılar iyi bir doğruluk sağlaması amacı ile ölçüm sahası aralığında en az 2 noktada kalibre edilmektedir. Bu algılayıcılar iyi bir kalibrasyon sonucu 150 °C'ye kadar +/- 0,2 doğrulukla çalışmaktadır.



Şekil-2.29 Termistör (NTC) tipi duyargalar



Şekil-2.30 Diyot tipi duyarga

2.4.7 Isıl Çift (Termokupl) Duyargalar

HVAC uygulamalarında çok fazla kullanılmayan bu tip duyargalar, farklı iki metalin birer uçlarının birleştirilerek, boşta kalan uçlarda sıcaklık değişimi ile orantılı olarak milivolt seviyesinde gerilim elde etme prensibine göre çalışır. Bu tip duyargalar 1600°C' a kadar kullanılabilmesi bir avantaj teşkil ediyorsa da, çıkış sinyalinin zayıf olması nedeni ile yükselticilere ihtiyaç duyulması dezavantaj olarak kabul edilmektedir.

Termokupllar bir ucta birleşen iki farklı metal tele sahiptir. Birleşme yerlerinde sıcaklık farklılıkları, bir elektronik kontrol cihazının giriş devreleri tarafından ölçülebilen mili volt aralığında bir gerilime neden olur. Çıkış, birleşme yerleri ve serbest uçlar arasındaki sıcaklık farkı ile orantılı bir gerilimdir. Tek bir birleşme yerini bilinen bir sıcaklıkta tutarak (referans birleşme yeri) ve gerilimi ölçerek, algılanan birleşme yerindeki sıcaklık ortaya çıkarılabilir. Üretilen gerilim sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır.

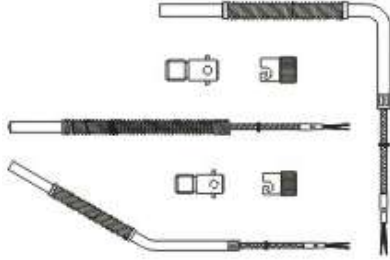
Yaygın iklimlendirme uygulamaları için oda sıcaklıklarında, bu gerilim seviyeleri genellikle kullanılmak için çok küçüktür, ancak 93 ila 871°C arası yüksek sıcaklıklarda daha kullanılabilir. Dolayısıyla, ısı çiftler yüksek sıcaklıklı süreç uygulamalarında en yaygındır.

Avantajları: En geniş çalışma aralığı, basit, düşük maliyet ve hiçbir harici güç kaynağı gerektirmez.

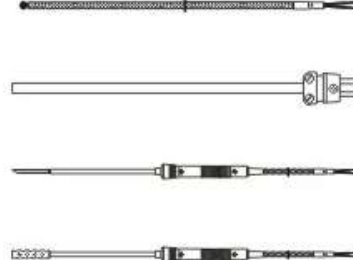
Dezavantajları: Doğrusal olmayan, diğer türlere nispeten düşük kararlılık, referans birleşme yeri sıcaklık dengeleme gereklidir.

Bayonet Isıl Çiftler:

Bayonet ısı çiftler genelde basit süreçlerde tercih edilir. Sabit kablolu olarak üretilmektedir ve sürece yay sıkıştırılmalı olarak monte edilir. Duyarga kablosu prob görevi yapan metal borunun ağzında sıkıştırıldığından sızdırmazlık özelliği yoktur. Genelde metal bloklara açılan deliğe daldırılarak veya metal yüzeyine temas ettirilerek kullanılır (Şekil-2.31).



Şekil-2.31 Bayonet ısı çift (termokupl)



Şekil-2.32 Portatif ısı çift (termokupl)

Portatif Isıl Çiftler:

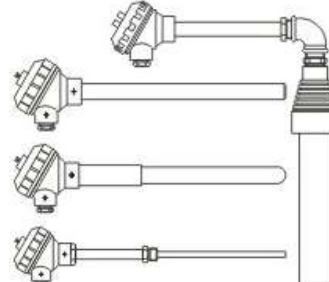
Portatif ısı çiftler gerek yüzey gerekse ortam sıcaklıklarının ölçümünde çok çeşitli süreçlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Portatif ısı çiftler genelde sabit kablolu olarak üretilir. Siparişte kablo boyu mutlaka belirtilmelidir (Şekil-2.32).

Rakorlu ve Diğer Isıl Çiftler:

Rakorlu ısı çiftler çok küçük boyutlarda yapılabilir olmasından dolayı birçok süreçte gerek yüzey gerekse ortam sıcaklıklarının ölçümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Rakorlu ısı çiftler genelde sabit kablolu olarak üretilir.



Şekil-2.33 Rakorlu ısı çiftler (termokupl)



Şekil-2.34 Kafalı ısı çiftler (termokupl)

Kafalı Isıl Çiftler:

Kafalı ısı çiftler -200 °C'den 2320 °C'ye kadar değişik süreçlerde yaygın olarak kullanılır. Uzun ömürlü bir ısı çift seçimi yapabilmek için süreç şartları çok iyi belirlenmelidir ve bu şartlara en uygun eleman, izolatör, dış koruyucu ve gerekiyorsa iç koruyucu doğru seçilmelidir.



Şekil-2.35 Bağıl nem ve sıcaklık transmitter çeşitleri

Tablo-2.5 Farklı tip sıcaklık duyargalarının kullanım aralıkları

Girişler	Tip	Min	Max	Min Aralık
Cu-Const	Tip-U*	-200°C	600°C	50°C
Cu-Const	Tip-T	-200°C	400°C	50°C
Fe-Const	Tip-L*	-200°C	850°C	50°C
Fe-Const	Tip-J	-200°C	1100°C	50°C
Cr-Al	Tip-K	-200°C	1300°C	50°C
NiCr-Ni	Tip-K	-200°C	1300°C	50°C
Cr-Const	Tip-E	-200°C	1000°C	50°C
Nikrosil-Nisil	Tip-N	-200°C	1200°C	50°C
Pt%10Rh-Pt	Tip-S	0°C	1760°C	50°C
Pt%13Rh-Pt	Tip-R	0°C	1760°C	50°C
Pt%18Rh-Pt	Tip-B	60°C	1800°C	50°C
Pt-100	$\alpha=0.385$	-200°C	840°C	50°C
mV	0-1000mv	-1999 Birim	9999 Birim	100 Birim
mA	0-20mA	-1999 Birim	9999 Birim	100 Birim

2.4.8 Direnç Tipi Duyargalar

Tüm metal ve yarı iletkenlerin değişen sıcaklıkla birlikte dirençleri değişmektedir. Bu değişim termistör tip algılayıcıların aksine direnç tipi algılayıcılarda lineerdir. Belli bir sıcaklıktaki direnç değeri aşağıdaki formül ile belirlenir.

$$R=R_0(1+at) \quad (2.1)$$

R_0 =İletkenin 0 °C deki ohm cinsinden değeri

t = °C olarak sıcaklık değeri

a = sıcaklık katsayısı

Direnç Sıcaklık Detektörleri (RTD), bir metalin elektrik direncinin, sıcaklık değişimleri ile tahmin edilebilir ve esas olarak doğrusal ve tekrarlanabilir bir şekilde değişmesi prensibine göre çalışır. RTD pozitif bir sıcaklık katsayısına sahiptir (direnç sıcaklık ile artar). Bir taban sıcaklığında elemanın direnci, elemanın uzunluğu ile doğru ve kesit alanı ile ters orantılıdır.

Çok kullanılan metaller Platin (Pt) ve Nikel (Ni) olup 100 Ohm ve 1000 ohm en sık rastlanılan çeşitlerdir. Bu tip algılayıcılar metal cinsleri ve direnç değerleri ile birlikte anılırlar. Örneğin Pt 1000 gibi. Direnç tipi duyargaların direnç değerleri kablo direnci ile değişeceğinden, uzun mesafelerde 3 veya 4 tel bağlantısı ile kompanze edilmelidir. Direnç tipi algılayıcılar geniş aralıklı ölçümlerde başarı ile kullanılmaktadır. Örneğin PT tipi duyargalar -250 °C ile + 900 °C arasında kullanılabilir.



Şekil-2.36 Metal direnç duyargalar (PT-100 ve PT-1000)

BALCO - Bir BALCO teli kullanılarak yapılan bir duyarga, nominal bir %70 nikel ve %30 demir bileşimi ile bir tavlı direnç alaşımıdır. Bir BALCO 500 ohm direnç elemanı, -40 ila 121°C arasında nispeten doğrusal bir direnç değişimi sağlar. Duyarga düşük-ağırlıklı bir cihazdır ve sıcaklık değişimlerine çabuk yanıt verir. BALCO elemanı boyunca 1000 Ohm ölçüldüğünde, sıcaklık yaklaşık olarak 21 °C'dir. Sıcaklık arttıkça, direnç 1 °C başına 1,22 Ohm değişir. Bu direnç eğrisi bir sıcaklık katsayısı (TCR Eğrisi) olarak adlandırılır. Bir BALCO'da, direncin sıcaklık ile doğrudan ilişkisi olduğundan, yani sıcaklık arttıkça, direnç orantılı olarak artar. Balco ile normal sıcaklık ölçüm aralığı -40 ila 116 °C'dir.

Platin-Platinli malzeme kullanan RTD duyargaları, zamanla doğrusal tepki ve kararlılık gösterir. Bazı uygulamalarda, kısa bir tel uzunluğu nominal 100 ohm'luk bir direnç sağlamak için kullanılır. Ancak, düşük bir direnç değeri ile kendi kendini ısıtan eleman ve duyarga iletken tel direnci, sıcaklık göstergesini etkileyebilir. Eleman direncinin az miktarda değişimi ile ilave yükseltme sinyal seviyesini arttırmak için kullanılmalıdır. Bir yalıtım tabanı üzerinde platin film duyargası, 23 °C'de 1000 ohm'a ayarlamak için yüksek direnç sağlar. Bu yüksek direnç ile duyarga kendi kendini ısıtmaya karşı nispeten dirençlidir ve sıcaklıktaki değişikliklere hızlı bir şekilde yanıt verir. Bu tip RTD elemanları yaygındır.

Avantajları: Sıcaklık ile doğrusal direnç, iyi kararlılık, geniş bir çalışma sıcaklığı aralığı, geniş bir sıcaklık aralığında değiştirilebilir.

Dezavantajları: Sıcaklık ile az direnç değişimi, cevaplar daha yavaş olabilir, kendi kendini ısıtmaya maruz, iletken direnci dengelemesi için gerekli transmittir veya 3-4 telli iletken, dış devre gücü gereklidir.

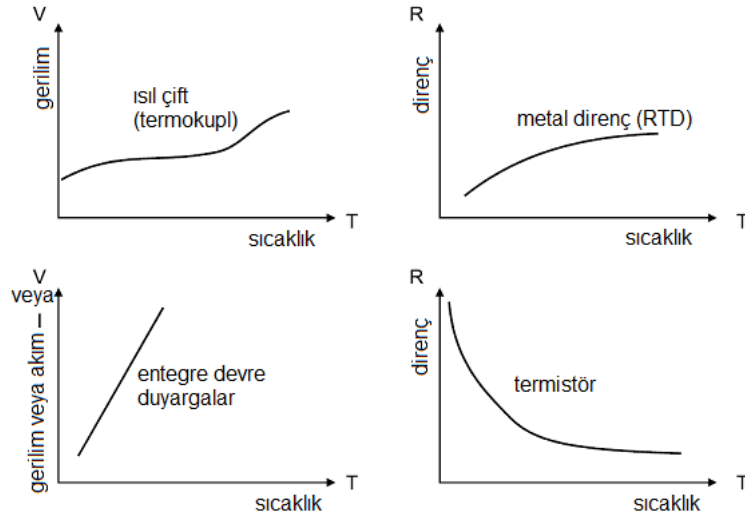
Diğer Özellikleri:

RTD'ler, boru ve kanallarda hava ve sıvı sıcaklıklarını algılamada ve oda sıcaklık duyargaları olarak yaygın kullanılır. RTD elemanlarının direnci sıcaklığın bir fonksiyonu olarak değişir. Bazı elemanlar, büyük direnç değişiklikleri, doğrusal değişiklikler, ya da geniş sıcaklık aralıkları boyunca her ikisini gösterir.

Duyarga elemanı genelinde gerilim değişimi, duyarganın direncini belirler. Bu amaç için sağlanan güç, elemanın hafifçe ısınmasına neden olabilir ve sıcaklık ölçümünde bir yanlışlık oluşturabilir. Besleme akımını düşürme ya da daha yüksek nominal dirençli elemanları kullanma, kendi kendine ısıtmanın etkisini en aza indirebilir.

Bazı RTD elemanı dirençleri 100 ohm'a kadar düşüktür. Bu gibi durumlarda, RTD'i kontrol cihazına bağlayan iletken tellerin direnci, bağlı RTD'nin toplam direncini önemli ölçüde artırabilir ve sıcaklık ölçümünde bir hata oluşturabilir. Örneğin, kontrol cihazından 7,6 m uzağa yerleştirilen bir duyarga, 7,62 x 2= 15,24 m'lik bir bakır

kontrol teline sahiptir. Eğer bir kontrol 20,96 ohm/m'lik bir DC direncine sahip ise, 15,2 m'lik tel 0,319 ohm'luk toplam bir DC direncine sahip olacaktır. Duyarga 1 °C başına 0,38 ohm'luk bir sıcaklık katsayısı ile 100 ohm'luk platin bir duyarga ise, 15,24 m'lik tel 0,25 °C'lik bir hata getirecektir. Duyarga 1 °C başına 8,64 ohm'luk bir sıcaklık katsayısı ile 3000 ohm'luk bir platin duyarga ise, 15,24 m'lik tel 0,1188 °C derece'lik bir hata getirecektir.



Şekil-2.37 Farklı sıcaklık duyargalarının karakteristik özellikleri

Tablo-2.6 Sıcaklık duyargalarının karşılaştırılması

Tip	Birincil kullanım	Avantajları	Dezavantajları	Cevap Zamanı
Isıl çift (termokupl)	Taşınabilir cihazlar ve 2760 °C'ye kadar yüksek sıcaklıklar için	Ucuz Ortalama hassasiyet için enerjisi kendinden	Oldukça düşük voltaj çıkışı	Göstergeye bağlı olarak yavaştan hızlıya değişebilir
Termistör	Yüksek hassasiyet Genel kullanımı 150 °C'nin altında	Büyük direnç değişimi	Doğrusal değil Kırılabilir Kendi kendine ısınabilir	Hızlı
Metal direnç (RTD)	Genel amaçlı 760 °C'nin altında	Oldukça hassas Kolay değiştirilebilir Kararlı	Bağıl olarak ucuz	Orta bobin için uzun / kısa bobin ve ince film için hızlı
Entegre devreli	Genel kullanım 205 °C'nin altında	Doğrusal çıkış Bağıl olarak ucuz	Sağlam değil Sınırlı seçim	Orta / Hızlı

Bu nedenle duyarga elemanının direnci ne kadar azsa, hata olasılığı daha yüksek olacaktır. Önemli hatalar, kontrol cihazı üzerinde bir kalibrasyon ayarı ile giderilebilir ya da dengeleyici onun için tasarlanırsa, üçüncü bir tel bir duyarga için yeterli olabilir ve ölçüm üzerindeki tel uzunluğunun etkisini ortadan kaldırmak için tasarlanmış özel bir dengeleme devresine bağlanabilir.

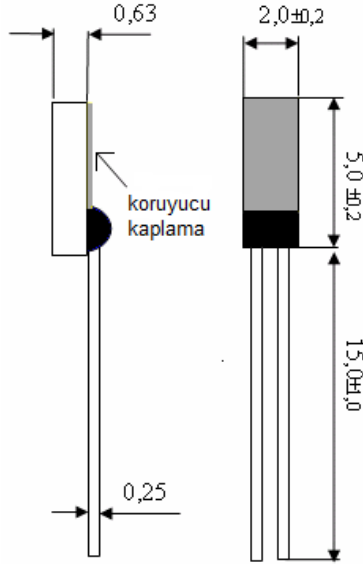
Nikel İnce Film Direnç (RTD) Elemanları

Nikel ince film direnç elemanları sıcaklık değişiminde büyük direnç değişimi gösterirler ve standart sıcaklık katsayılarında çeşitli endüstri standartlarında temin edilebilir. Farklı direnç değerlerinde (Ni100, Ni120, Ni500, Ni1000) ve farklı sıcaklık katsayılarında (TC6180, TC 6720, TC 6370) farklı nikel direnç duyargaları bulunmaktadır.

İnce film sıcaklık kademesi -60 ila 250 °C arasındadır.

Tablo-2.7 İnce film direnç elemanları

Ürün Tipi	Ohm Direnci	Sıcaklık katsayısı (ppm)	Boyut (mm)			Sıcaklık kademesi (°C)
			Uzunluk	Genişlik	Yükseklik	
Ni100	100	6180	3.0	2.2	1.4	-60 ila 200
Ni120	120	6720	5.0	2.0	1.4	-60 ila 250
Ni500	500	6180	5.0	2.0	1.4	-60 ila 250
Ni1000	1000	6180	5.0	2.0	1.4	-60 ila 250
Ni1000	1000 @ 70 °F	6370	5.0	2.0	1.4	-60 ila 250



Şekil-2.38 Ni120 duyargasının boyutları



Şekil-2.39 İnce Nikel film direnç duyargası

2.5 NEM DUYARGALARI

Havanın nemi genel olarak ölçülen bağıl nem oranı ile belirlenir. Havanın nemini okuyup ileten duyargalara nem duyargaları denilmekte olup, çoklukla kullanılan 3 değişik tipi mevcuttur.

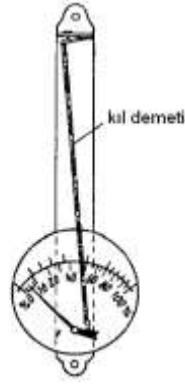
2.5.1 Ölçme Elemanı İnsan Saçı Olan Nem Duyargaları

İnsan saçının uzunluğu havadaki nem oranı ile orantılı olarak değişmektedir. Saç teli çapları çok küçük olup, bu özelliği sayesinde ortam nemini emebilmekte veya üzerindeki nemi ortama verebilmekte buna bağlı olarak da uzunluğu değişmektedir.

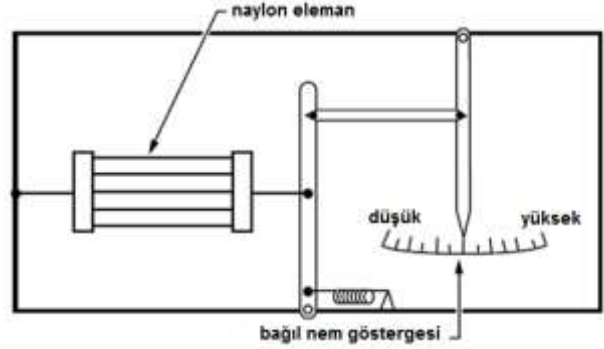
Uzunluktaki bu değişim ile saç teli bir mikro anahtarın kontaklarına konum değiştirir ise bu tip nem duyargaları higrostat olarak adlandırılır.

Bazı uygulamalarda sac telinin bağlı olduğu potansiyometrenin orta ucu sac telinin hareketine bağlı olarak hareket etmekte ve direnç değerini değiştirerek oransal çıkış vermektedir. Bu tip nem duyargaları ise oransal nem duyargası olarak anılırlar. Örneğin 1000 ohm nem duyargası gibi.

Günümüzde insan saçı yerine, naylon şerit gibi sentetik malzemeler de nem duyargası elemanı olarak kullanılmaktadır.



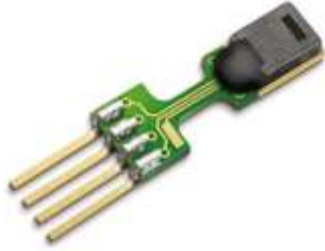
Şekil-2.40 Ölçme elemanı insan saçı olan bir higrostat



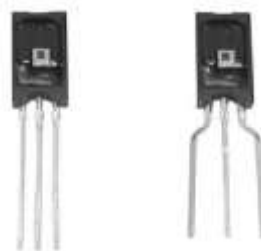
Şekil-2.41 Tipik naylon nem duyarga elemanı

2.5.2 Bağıl Nem Duyargaları

Çeşitli algılama yöntemleri, direnç, kapasitans, empedans ve frekans değişikliklerinin ölçümü de dâhil, bağıl nem yüzdesini belirlemek için kullanılır. Tüy, naylon veya ahşap gibi nem değişimi ile boyut değiştiren kumaşlar ölçüm elemanı olarak hala kullanımdadır, ancak güvenilir değildir – higroskopik plastik bant artık daha yaygındır. Bu ortamlar kontakları açmak veya kapatmak veya bir potansiyometreyi çalıştırmak için kullanılır. Elektronik uygulamalar için, emilen nem miktarına bağlı olarak dirençte bir değişim sağlayacak olan, örneğin lityum klorür gibi bir higroskopik tuz ile kullanılır. Katı hal duyargaları, direnç veya kapasitans cinsinden varyasyonlar üretmek için polimer film elemanlarını kullanır.



SHT75 Sıcaklık ve bağıl nem duyargası



Yarı iletken nem duyargaları



Oda tipi nem duyargası



Oda tipi nem duyargası



Cihaz tipi nem duyargası

Şekil-2.42 Nem duyargaları

2.5.3 Direnç Bağıl Nem Duyargası

Bağıl nemi belirlemek için dirençteki değişimi kullanan bir yöntem, iki elektrot arasında biriken lityum klorür gibi bir higroskopik tuz tabakasının üzerinde çalışır. Her iki malzeme, duyarga direncinde bir değişime yol açan, bağıl nemin bir fonksiyonu olarak nemi emer ve serbest bırakır. Bu duyargaya bağlı bir elektronik kontrol cihazı, bağıl nem kontrolünü sağlamak için kullanabilen dirençteki değişiklikleri algılar.

2.5.4 Kapasite Bağıl Nem Duyargası

Bağıl nemi belirlemek için kapasitans değişikliklerini kullanan bir yöntem, polimer plastik gibi neme duyarlı bir malzeme tarafından ayrılan iki iletken levha arasındaki kapasitansı ölçer.

Malzeme suyu emdikçe, levhalar arasındaki kapasitans azalır ve değişim bir elektronik devre tarafından tespit edilebilir. Nemi emmek ve serbest bırakmak için malzemenin özelliğinin herhangi bir engellemesinin üstesinden gelmek için, iki levha ve onların elektrik iletken telleri polimer plastiğin tek bir tarafında olabilir ve polimer plastiğin diğer tarafında son derece ince üçüncü bir iletken malzeme tabakası kapasitörü biçimlendirir. İletken tellerin bağlantısı için çok ince olan bu üçüncü levha, nemin nüfuz etmesini ve polimer tarafından emilimini sağlar, böylece duyarlılık ve yanıtı artırır. Ölçümün doğası nedeniyle, kapasitans nem duyargaları, daha yüksek gerilim veya akım sinyali üretmek için bir transmitter ile kombine edilir. Transmitter duyarga kombinasyonlarının seçiminde ana hususlar, aralık, sıcaklık sınırları, uçtan uca doğruluk, çözünürlük, uzun vadeli kararlılık ve değiştirilebilirliği içerir.

Kapasitans tip bağıl nem duyargası / transmitterler, -40 ila 93 °C'lik uygulama sıcaklıkları ile % 0-100 arasında bağıl nem ölçüm yeteneğine sahiptir. Bu sistemler, en yaygın ± 1 , ± 2 ve ± 3 'lük doğruluğu olan çeşitli toleranslar için imal edilmektedir. Kapasitans duyargaları, sıcaklık kalibrasyon sıcaklığından saptıkça doğruluğun azalacağı şekilde sıcaklıktan etkilenir. Duyargalar, kalibrasyon olmadan artı veya eksi % 3 dahilinde değiştirilebilir olmak üzere mevcuttur. Yılda ± 1 'lik uzun vadeli kararlılık ile duyargalar da mevcuttur.

Sıcaklık Yoğuşması: Hem sıcaklık hem de yüzde bağıl nem, tüm emme bazlı nem duyargalarının çıkışı etkiler.

Yüksek doğruluk veya geniş sıcaklık çalışma aralığı isteyen uygulamalar, sıcaklık dengelemesi gerektirir. Sıcaklık, bağıl nem duyargaları aktif alanına mümkün olduğunca yakın yapılmalıdır. Çiğ noktasını ölçmek için RH ve sıcaklık kullanırken bu özellikle doğrudur.

Yoğuşma ve Nemlendirme: Duyargaların yüzey sıcaklığı çevre havasının çiğ noktasının altına her düştüğünde, Sadece anlık bile olsa, yoğunlaşma meydana gelir. % 95 bağıl nem ve üzeri seviyelerde çalışırken, küçük sıcaklık değişimleri yoğuşmaya neden olabilir.

Ortam sıcaklığı ve çiğ noktasının çok yakın olduğu bu şartlar altında, yoğuşma hızla oluşur, ancak nemin buharlaşması uzun zaman alır. Nem gidinceye kadar, duyarga bir %100 bağıl nem sinyali verir.

2.5.5 Kuvars Kristalli Bağıl Nem Duyargası

Bağıl nemi ölçmek için frekans değişikliklerini kullanan duyargalar, polimer plastik gibi higroskopik bir malzeme kaplı bir kuvars kristalini kullanabilir. Bir titreşim devresi kuvars kristaline enerji verdiğinde, sabit bir frekans üretir. Polimer malzeme nemi emdikçe ve kuvars kristalinin kütlesini değiştirdikçe, titreşim frekansı değişir ve bir elektronik devre tarafından ölçülebilir.

Çoğu bağıl nem duyargası, zayıf sinyali değiştirmek ve yükseltmek için duyargada elektronik devreler gerektirir ve transmitterler olarak adlandırılır. Elektronik devre sıcaklığın etkilerini dengeler ve ayrıca ölçülen bağıl nem seviyesini yükseltir ve doğrusallaştırır. Transmitter genel olarak, elektronik kontrol cihazına bir giriş olarak kullanılabilen bir gerilim veya akım çıkışı sağlar.

Yüksek bağıl nem (% 90 ve üzeri) ile çalışırken, bu stratejileri göz önünde bulundurunuz:

- Yerel sıcaklık dalgalanmalarını en aza indirmek için iyi bir hava karışımını koruyunuz.
- Duyargası su sıçramasına karşı korumak için sinterlenmiş bir paslanmaz çelik filtre kullanınız. Bir hidrofofik kaplama, hızlı doyan/doymayan veya su sıçramasına karşı korumalı ortamlarda yoğunlaşma ve nemlenmeyi de önler.
- Bağıl nem duyargasını ortam çiğ noktası sıcaklığının üzerine ısıtınız.

NOT: Duyargası ısıtma kalibrasyonunu değiştirir ve onu hava akımı gibi termal denge değişikliklere duyarlı hale getirir.

2.5.6 Entalpi Duyargası

Bilindiği gibi herhangi bir sıcaklıkta nemli havanın sahip olduğu toplam ısı miktarı o havanın entalpisini belirler. Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere entalpi hesaplayabilmek için hem nem, hem de sıcaklık (kuru termometre sıcaklığı) ölçümü yapmak gerekmektedir.

Entalpi ölçen duyargaların içinde sıcaklık ve nem duyargaları ile hesaplama yapabilen bir işlemci bulunur. İşlemci bu iki duyargadan gelen değere göre entalpi hesabı yapar. Günümüzde birçok DDC'nin (Direct Digital Controller) entalpi hesaplama fonksiyonu vardır. Bu cihazlara bağlanan sıcaklık ve nem duyargaları ile DDC sıcaklık nem kontrol yaparken entalpi de hesaplayabilir.

2.6 ÇİĞ NOKTASI ÖLÇÜMLERİ

Çiğ noktası, yoğuşmanın oluşmasını sağlamak için sabit basınç altında havanın soğutulması gereken sıcaklıktır. Olası yoğuşmanın istenmediği ve bu nedenle ölçülmesi ve kontrol edilmesi gereken bazı iklimlendirme uygulamalarında dikkate alınması gereken önemli bir parametre olabilir. İklimlendirme kontrol sistemlerinde kullanım için çiğ noktası ölçümleri, genellikle, iki yöntemden biri ile yapılır.

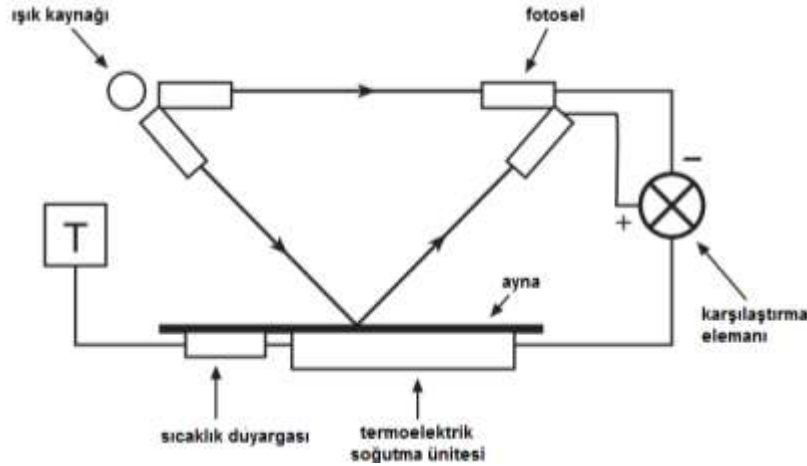
Yöntemlerden biri, sıcaklık ve bağıl nemin doğru olarak ölçülmesi ve çığ noktasının deneye dayalı matematiksel formüller kullanarak hesaplanması yoluyla. İkincisi bir soğutulmuş ayna tipi duyarga kullanarak doğrudan ölçüm yoluyla.

2.6.1 Sıcaklık ve Bağıl Nemden Hesaplama

Nem duyargası olarak aynı cihazın içine bir sıcaklık duyargası ve transmitteri birleştirmek için bağıl nemin ölçülmesi durumunda yaygın bir uygulamadır. Bir mikroişlemci kullanarak, çığ noktasını hesaplamak ve iletmek mümkündür. Doğruluk, duyargaların ve elektronik devrelerin kombine doğruluğu ile sınırlıdır. Standart doğruluk $\pm 3,24$ °C'dir. Standart tekrarlanabilirlik $\pm 1,26$ °C'dir. Genellikle, bu cihazlar hesaplanmış nem oranı, yaş termometre sıcaklığı ve mutlak nemin yanı sıra çığ noktasını sağlamak üzere yapılandırılabilir.

2.6.2 Soğutulmuş Ayna Higrometreleri

Modern soğutulmuş ayna higrometreleri, bir aynadan ısıyı uzaklaştırmak için bir termoelektrik ısı pompası (aynı zamanda bir Peltier cihazı olarak da adlandırılır) kullanır. Bir LED'den gelen bir ışık demeti, bir aynaya yönlendirilir ve ardından bir fotosele geri döner. Yoğuşma (0 °C'nin üzerinde) veya don (0 °C'nin altında) aynanın yüzeyinde oluştuğu zaman, aynaya ulaşan ışık dağınık ve fotosel tarafından algılanan yoğunluk azalır. Termoelektrik ısı pompasının çıkışını kontrol ederek, ayna çığ noktası sıcaklığında muhafaza edilir. Yüksek doğruluklu, platin dirençli termometre (RTD) ayna yüzeyinin sıcaklığını algılar ve bu sayede çığ noktası sıcaklığını bildirir. Soğutulmuş ayna higrometreler, örneği duyargadan çekmek için bir vakum pompası ve kirli ortamlarda ilave filtreleme elemanları gerektirir. Soğutulmuş ayna higrometreleri -73 ila 85 °C arası çığ/don noktası sıcaklıklarını algılama için kullanılabilir. $\pm 0,3$ °C'dan daha iyi doğruluk mevcuttur.



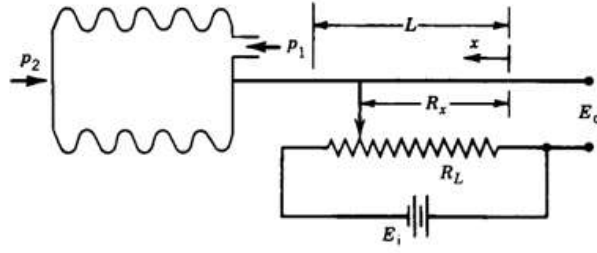
Şekil-2.43 Soğutulmuş aynalı çığ noktası ölçer

2.7 BASINÇ DUYARGALARI

Çeşitli elektrik ilkeleri basınç ölçümüne uygulanır. Yaygın olarak kullanılanlar, kapasitans ve değişken direnci (piezoelektrik ve gerinim ölçer) içermektedir.

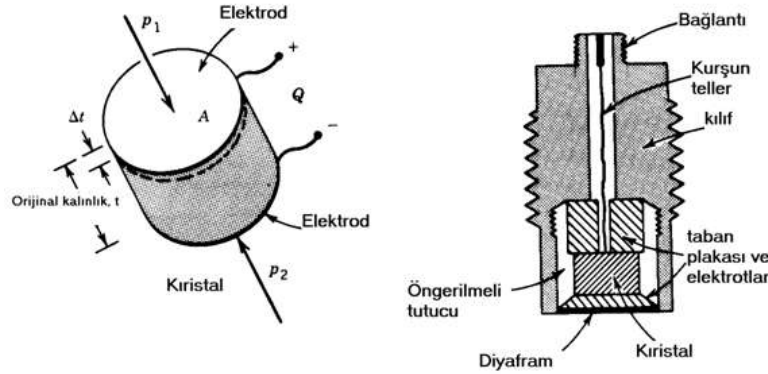
2.7.1 Değişken Direnç

Modern fabrikalarda tüm basınç değerleri gözle ölçülmez. Otomasyon uygulamalarının artması, basınç değerlerinin bilgisayarlara direk olarak okunmasını zorunlu kılmaktadır. Basınç transdüzlerinde basınç değeri elektrik gerilimi veya akımına dönüştürülerek iletilir. Bu tür aygıtların en basiti Şekil-2.44'de görülen potansiyometreli transdüzer sistemidir. Burada ince bir cidarı olan esnek gövdeli kabın bir ucundan basınç uygulanır. Basınç altında kabın boyu uzar ve potansiyometre çubuğunu hareket ettirir ve direnci değiştirir. Devrenin voltaj değeri dış okuyucuya gönderilir.



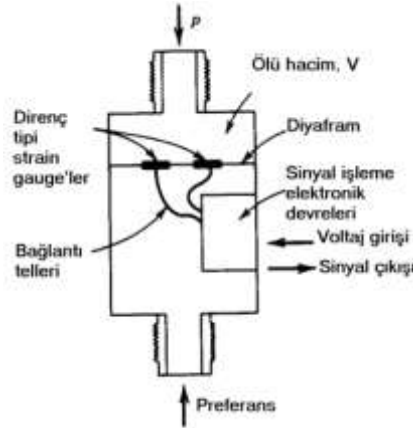
Şekil-2.44 Potansiyometreli basınç transdüzeri

Piezoelektrik kristaller bilhassa dinamik basınçların ölçülmesinde oldukça başarılı sistemlerdir. Bir piezo-elektrik kristaline uygulanan basınç değiştiğinde bu değişimle orantılı bir elektrik gerilimi oluşur. Şekil-2.45’de bir piezoelektrik basınç transdüzeri görülmektedir.



Şekil-2.45 Piezo-elektrik basınç transdüzeri

Diğer bir transdüzer Şekil-2.46’da görülen gerinim ölçerli (strain gauge) transdüzerlerdir. Bu transdüzerde içerde bulunan bir diyaframın üzerine gerinim ölçerler yerleştirilmiştir. Diyafram basınç değişimi nedeniyle gerildiğinde gerinim ölçerler belli bir elektrik akımı oluşturur. Bu akımın voltaj değeri basınçla orantılıdır.



Şekil-2.46 Gerinim ölçerli (strain gauge) basınç transdüzeri

2.7.2 Kapasite Değişimi ile Basınç Ölçümü

Diğer bir basınç algılama yöntemi kapasite değişiminin ölçülmesidir. Sabit bir plaka kapasitör düzeneğinin bir parçasını oluşturur ve esnek bir plaka kapasitör düzeneğinin diğer parçasıdır. Diyafram basınç değişiklikleri ile esnerken, kapasitör düzeneğinin esnek plakası sabit plakanın yakınına ilerler ve kapasitesi değişir. Basınç duyargası çeşitlerinden biri, çift basınç haznesi kullanarak basınç farkını ölçmektir. Her hazne kuvveti gerinim ölçere göre zıt yönde etki eder. Bu tip duyarga, yüksek statik basınçta bile, küçük basınç farkı değişimlerini ölçebilir.



Silikon basınç duyargaları



Basınç transdüzeri
Şekil-2.47 Basınç duyargaları



Fark basınç göstergesi



Şekil-2.48 Sıvılar için fark basınç duyargası



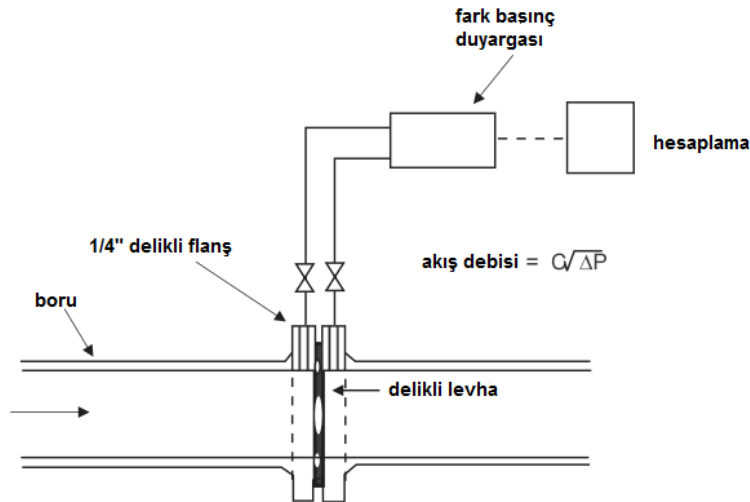
Şekil-2.49 Hava için fark basınç duyargası

2.8 AKIŞ DUYARGALARI

Sıvı akış hızı, bir kanal veya boru içinde bir sıvının hızı ölçülerek ve bu kanal ya da borunun (ölçüm noktasında) bilinen kesit alanı ile çarpılmasıyla elde edilebilir. Sıvı akışını ölçmek için kullanılan genel yöntemler, bir akış kısıtlaması boyunca diferansiyel basınç ölçüm farkı (orifis plakası, akış nozulu, girişim), vorteks yayılma duyargaları, pozitif yer değiştirmeli akış duyargaları, türbin bazlı akış duyargaları, manyetik akış duyargaları, ultrasonik akış duyargaları ve 'hedef' akış duyargalarını içerir.

2.8.1 Delikli Levha (Orifis Pleyt)

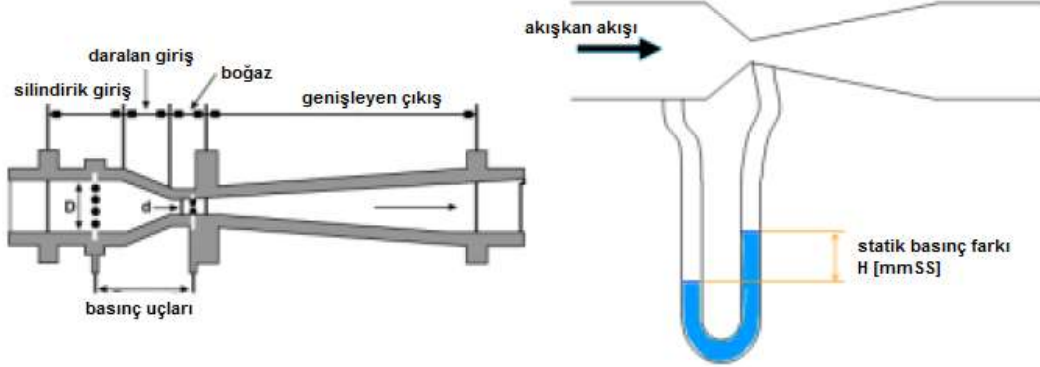
Bir eş merkezli ölçüm deliği plakası, plaka boyunca diferansiyel bir basınç oluşturmak için akışkanın akışını kısıtlayan en basit diferansiyel basınç tipi ölçerdir. Sonuç, akış hızının karesi ile doğru orantılı olan bir yüksek basınçlı sistem girişi ve bir düşük basınçlı sistem çıkışıdır. Genellikle bir delik plakası, diğer akış elemanlarından toplamda daha büyük bir basınç kaybı oluşturur. Bu cihazın bir avantajı, maliyetinin boru boyutu ile önemli ölçüde artmamasıdır.



Şekil-2.50 Delikli levha (orifis pleyt)

2.8.2 Venturi tüpü

Venturi tüpü ölçer, akış hızını arttıran ve dolayısıyla basıncını düşüren, hızla birbirine yaklaşan bir bölümden oluşmaktadır. Daha sonra, yavaşça birbirinden uzaklaşan “difüzör” bölümü ile tüpün orijinal boyutlarına geri döner. Basınç farklılıkları ölçülerek, tahliye hesaplanabilir. Bu özellikle doğru bir akış ölçüm yöntemidir ve enerji kayıpları çok küçüktür.



Şekil-2.51 Venturi tüpü ölçümü

Venturi tüpleri diğer diferansiyel basınçölçerler ile karşılaştırıldığında çok düşük bir basınç kaybı gösterir, ancak ayrıca en büyük ve en pahalı olanıdır. Venturi tüpü uygulamaları genellikle düşük basınç düşmesi ve yüksek doğruluklu okuma gerektirenler için sınırlıdır. Geniş çaplı borularda yaygın kullanılır.

2.8.3 Akış Nozulları

Akış nozulları Venturi tüpü üzerinde bir çeşit olarak düşünülebilir. Nozul açıklığı akışta eliptik bir kısıtlamadır ancak basınç geri kazanımı için hiçbir çıkış alanı bulunmamaktadır.

Basınç bağlantı uçları, yaklaşık ½" boru çapının aşağısı ve 1 boru çapının yukarısına yerleştirilmiştir. Akış nozulu, yüksek sıcaklıklarda buhar akışı gibi türbülansın yüksek (50000 üzerinde Reynolds sayıları) olduğu yerde kullanılan bir yüksek hız debimetresidir. Bir akış nozulunun basınç düşüşü, Venturi tüpü ve ölçüm deliği plakası (%30 ila 95) arasında kalır.

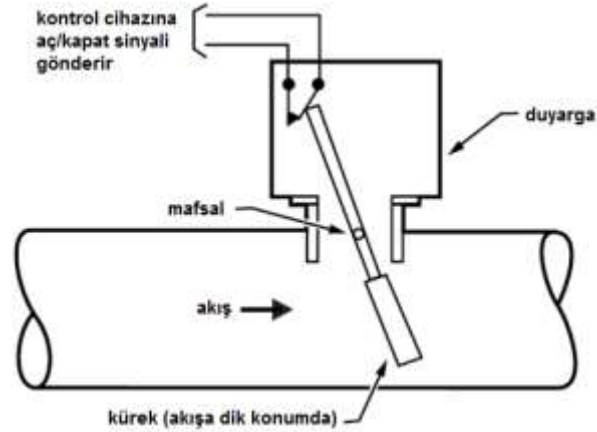
Diferansiyel basınç cihazlarının ölçüm aralık yeteneği (aletin tam aralığının minimum ölçülebilir akışa oranı) genellikle 4:1 ile sınırlıdır. Yüksek aralıklı bir transmittir veya yüksek ölçüm aralığı yetenekli bir transmittire ek olarak düşük aralıklı bir transmittir ve uygun sinyal işleme ile bu bazen 16:1 kadar büyük veya daha fazlasına genişletilebilir. Kalıcı basınç kaybı ve buna bağlı enerji maliyeti çoğu zaman ölçüm delikleri, akış nozulları ve venturilerin seçiminde önemli bir husustur. Genelde, verilen bir tesisat için, kalıcı basınç kaybı bir ölçüm deliği tipi cihaz ile en yüksek ve bir Venturi ile en düşük olacaktır. Diferansiyel basınçlı aletlerin faydaları, nispeten düşük maliyetleri, sadelik ve kanıtlanmış performanslarıdır.

2.8.4 Vorteks Yayılma Duyargaları

Vorteks yayılma akış metresi, (Von Karman) prensibine dayalı çalışır, şöyle ki bir akışkan bir akışta bir engelin etrafında akarken, yinelenen ve sürekli bir tarzda, vorteksler engelin değişen taraflarından saçılır. Saçılmanın değiştiği frekans, akan akışkanın hızı ile orantılıdır. Tek duyargalar küçük kanallara uygulanır ve vorteks yayılma duyarga dizileri diğer akış hızı ölçme aletlerine benzer olarak daha büyük kanallara uygulanır. Vorteks yayılma hava akışı duyargaları yaygın olarak dakikada 107 ila 1829 m aralığında hava hızlarına uygulanır.

2.8.5 Pozitif Yer Değiştirmeli Akış Duyargaları

Pozitif yer değiştirmeli ölçerler, yüksek ölçüm aralığı yeteneğinde yüksek doğruluğun gerekli ve yüksek kalıcı basınç kaybının aşırı enerji tüketimine neden olmamak üzere makul olduğu yerlerde kullanılır. Uygulamalar, içme suyu hizmeti, soğutma kulesi ve kazan yapımı ve hidrolik sistem yapımı için gibi su ölçümünü içerir. Pozitif yer değiştirmeli ölçerler hem sıvı hem de gaz yakıtlarda yakıt ölçümü için de kullanılır. Pozitif yer değiştirmeli akış ölçerlerin yaygın türleri, yuvarlak uçlu ve dişli tip ölçerler, eğimli disk ölçerler ve titreşimli piston tipi ölçerleri içerir. Bu ölçerler genel olarak, pirinç, bronz, döküm ve sfero gibi metallerden yapılmıştır ancak göreve bağlı olarak tasarlanmış plastiklerden yapılabilir.



Şekil-2.52 Kürek tipi akış duyargası (akış anahtarı)

2.8.6 Türbin Bazlı Akış Duyargaları

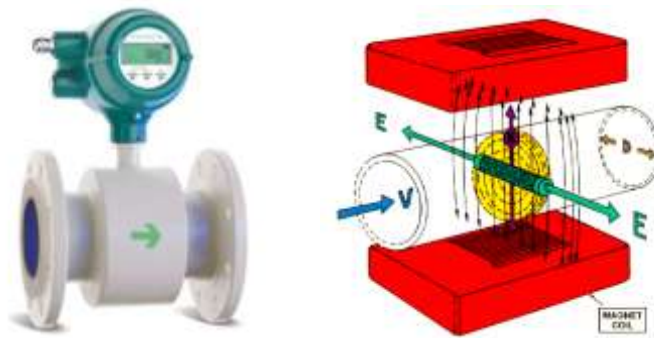
Türbin ve pervane tipi ölçerler, türbin veya pervane içinden akan sıvının akışkan hızına ilişkili olabilen bir dönme hızına neden olması ilkesine dayalı çalışmaktadır. Türbin ve pervane tipi debimetrelerin, tam geçişli, hat monteli çeşitleri ve sadece ölçülen akışın bir kısmının döner eleman üzerinden geçtiği eklemeli türleri mevcuttur. Tam geçişli türbin ve pervane ölçerler genellikle, makul kalıcı basınç kaybında orta-yüksek doğruluk ve ölçüm aralığı yeteneği sunmaktadır. Türbin akış ölçerler, enerji hesaplamalarının kritik akış kontrol veya ölçümü için iyi bir doğruluğunun gerekli olduğu yerde yaygın olarak kullanılır. Eklemeli türler daha az kritik uygulamalar için kullanılır. Eklemeli türler bakım ve kontrol için genelde daha kolaydır çünkü kontrol için sökülebilir ve ana borulara zarar vermeden tamir edilebilir.



Şekil-2.53 Türbin tipi akış ölçer

2.8.7 Manyetik Akış Duyargaları

Manyetik akış ölçerler, bir manyetik alan boyunca hareket eden bir iletkende bir gerilimin indükleneneğini belirten Faraday'ın elektromanyetik indüksiyon kanununa dayalı olarak çalışır.



Şekil-2.54 Manyetik akış ölçer çalışma prensibi

Faraday Kanunu: $E = kBDV$

(2.2)

İndüklenen gerilimin büyüklüğü E , iletkenin hızı V , iletken genişliği D ve manyetik alan gücü ile doğru orantılıdır. Çıkış gerilimi E , bir manyetik akış ölçerin doğrusal çıkışına neden olan sıvı hızı ile doğrudan orantılıdır. Manyetik akış ölçerler, yüksek kaliteli düşük bakımlı ölçüm sisteminin arzu edildiği yerde iletken sıvıların (su dâhil) akış hızını ölçmek için kullanılır. Manyetik akış ölçerlerin maliyeti, diğer birçok cihaz türlerine nispeten yüksektir.

Tablo-2.8 Manyetik akış duyargalarının avantaj ve dezavantajları

Avantajları	Olumsuz Yönleri
Aşınmaya neden olacak hareketli parçası yoktur	Sıvı iletken olmalıdır
Oldukça geniş bir ölçümleme kademesine sahiptir	Fiziksel olarak basınç ve sıcaklık sınırları mevcuttur
Çamurlu sular için idealdir	
Akışı kısıtlamaz	
Basınç kaybı ve farkı oluşturmaz	
Katı maddelerin çökmesi önemli değildir	
Akışı engelleyecek hiçbir basınç ölçüm noktası yoktur	
Sıcaklıktan bağımsız ölçüm yapılabilir	
Her iki yöndeki akışları da ölçebilir	

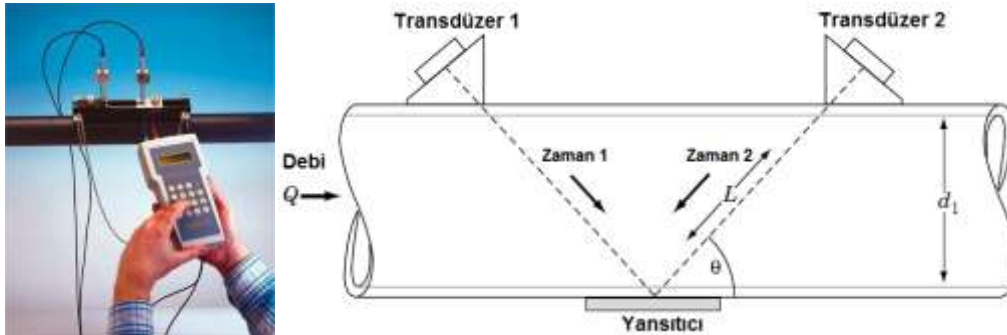
Manyetik Akış Ölçerlerin Diğer Teknolojilere Göre Avantajları

- Hareketli parçası yok
- Basınç kaybı oluşturmaz
- Akış debisi viskozite, sıcaklık ve yoğunluktan bağımsızdır
- Borudaki en düşük akış ölçüm için yeterlidir
- Boyut değiştirilmeksizin elektronik eleman değiştirilebilir
- Katı maddeli kirli sıvıları ölçebilir
- Yüksek derecede korozyif sıvıları ölçebilir
- Doğrusal bir çıkış verir

2.8.8 Ultrasonik Akış Duyargaları

Ultrasonik akış duyargaları, boru uzunluğu üzerindeki noktalar arasında bir akışkan boyunca yayılan ses dalgalarının hızını ölçer. Ses dalgası hızı, bir noktadan diğerine yukarı yönde hareket eden bir ses dalgası hareketsiz akışkandaki aynı dalga hızından daha yavaş olacak şekilde akışkanın hızına bağlıdır. Noktalar arasında ses dalgasının aşağı hızı, hareketsiz bir akışkandaki aynı dalga hızından daha büyüktür. Bu Doppler Etkisinden kaynaklanmaktadır. Akışkanın akışı, yukarı dalga ve aşağı dalga arasındaki zamana bağlı hareketindeki farkın bir işlevi olarak ölçülebilir.

Ultrasonik akış duyargaları kullanışlı ve ölçülü bir maliyetle mevcuttur. Birçok model mevcut boru üzerine kelepçelenmek üzere tasarlanmıştır. Ultrasonik Doppler akış ölçer, akış oranı için % 1-5'lik doğruluğa sahiptir.



Şekil-2.55 Ultrasonik akış duyargası

2.8.9 Doppler Ultrasonik Tip Akış Duyargaları

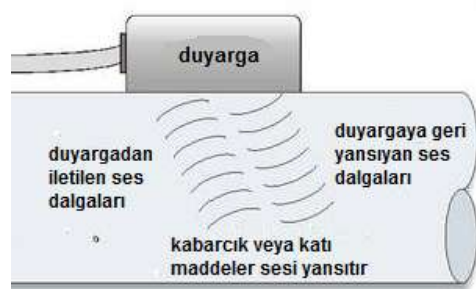
Ultrasonik ses insan işitme seviyesinin üzerinde 20 kHz değeri civarında bir frekansla sağlanır Her bir ultrasonik transdüzerin kalbi piezo-elektrik kristaldir. Bu kristaller bozuk para büyüklüğünde cam disklerdir. Bu kristaller

polarize olur ve genişler veya yüzeydeki elektrotlarına bir dakika kadar enerji uygulayarak titreşim oluşturur. Bu dönüştürücü etkili bir şekilde boru duvarına geçmesi için tasarlanmış bir açıda yaklaşık 5°'lik geniş bir ultrasonik ışın darbeleri yayar. Dönen frekans etkileri, ikinci pasif kristalde elektrik enerjisi yaratır. Bu Doppler dönüştürücüden alınan sinyaldir.

Doppler tipi akış duyargaları özellikle kirli, korozif, aşındırıcı, çamurlu, kimyasal suların debilerinin ölçümünde yaygın olarak kullanılır.



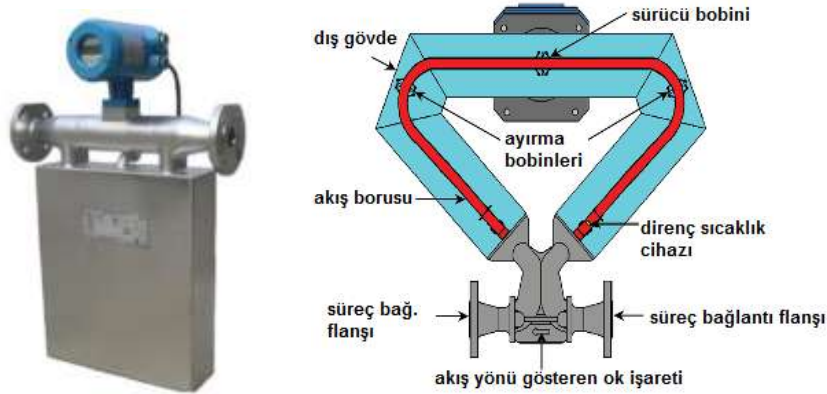
Şekil-2.56 Doppler ultrasonik tip akış duyargası



Şekil-2.57 Doppler akış duyargasının ölçüm yöntemi

2.8.10 Kütlesel Akış Duyargaları (Coriolis)

Coriolis Kütle Debimetrelerin yapısı eğimli (bükülmüş) akış tüpü çiftinden oluşmaktadır. Çalışma prensibi sıvının iç kütle akışı tarafından akış tüplerine uygulanan Coriolis kuvvetini tespit etmektir.



Şekil-2.58 Coriolis kütle akış ölçer

Coriolis kuvveti ancak iki koşul altında oluşabilir:

1. Eğimli akış tüpleri üzerinde oluşan normal frekanslı titreşim,
2. Boru içerisinde akan sıvılar.

Bu kuvvet; titreşim kuvveti ve tüplerde akan sıvının uyguladığı kuvvetin sentezi üzerine üretilmektedir. Akış tüpleri uygulanan kuvvet sayesinde simetrik merkez hattında titreşime uğrayacaktır. Tüplerin iki yanında yer alan deplasman duyargaları uygulanan kuvveti algılar ve elektrik sinyali üretecektir. Bu sinyaller regüle edilir ve kütle akış doğrudan tespit edilmiş olur.

Coriolis Kütle debimetreler DN3 - DN100 boru çaplarında aralığında kullanılabilir. Coriolis Kütle debimetrelerin avantajları:

- Kütlesel akış, yoğunluk, sıcaklık ve viskozitenin aynı anda ve doğrudan ölçümü yapılır.
- Akışkanın fiziksel özelliklerinden bağımsız ölçüm prensibine sahiptir.
- Çok yüksek ölçüm hassasiyetine sahiptir.
- Akış profilinden etkilenmez.

- Giriş/ çıkış düz boru mesafeleri gerekmez.

Bu ölçüm yöntemi ilaç, kimya/ petrokimya, akaryakıt ve gaz, gıda ve genel alım satım uygulamalarında özellikle yüksek ölçüm hassasiyeti ihtiyacı bulunan süreçlerde kullanılmaktadır.

2.9 HAVA HIZI DUYARGALARI

Birkaç değişik metot ile hava hızı ölçümü yapılmaktadır.

2.9.1 Dinamik Basınç Okuyarak Yapılan Ölçüm

Temel prensibi hız ölçümü yapılacak yerdeki dinamik basıncı okuyarak aşağıdaki formüle göre, bir hesaplayıcıya hava hızını hesaplatmaktır. Dinamik basınç okumada temel prensip pitot tüpü yöntemi veya hava hız çubukları (prop) ile direkt fark basınç okumaktır.

$$\text{Hız} = \sqrt{(2 \times \text{dinamik basınç}) / 1.2} \quad (2.3)$$

Bu metot geniş hava kanallarında yapılacak uygulamalarda tercih edilmektedir. Piyasada 3 metreye kadar hava hız çubukları bulmak mümkün olduğu için, geniş kanallarda iyi sonuç vermektedir.

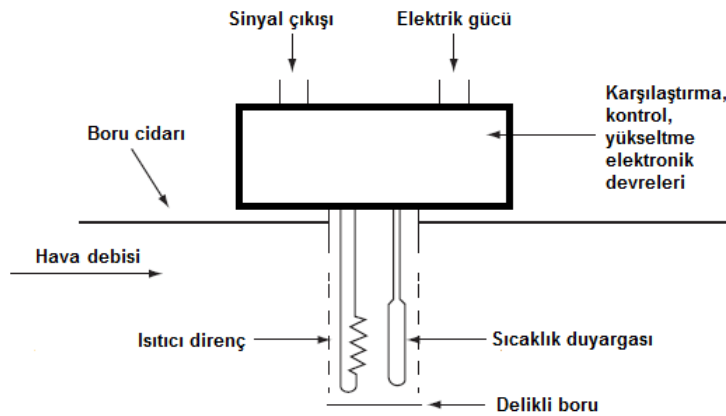
2.9.2 Sıcak Film Metodu

Bu metotla yapılan ölçümlerde, ölçüm elemanı olarak çok ince film elemanlar kullanılır ve bu elemanlar elektrik akımı ile ısıtılır. Ölçüm yapılan yerdeki havanın rüzgâr etkisi ısıtılan bu elemanı soğutur ki ısınma ve soğumaya bağlı olarak üretilen sinyal, duyarganın hesaplayıcı biriminde hava hızı olarak hesaplanır. Diğer ikinci film eleman ise birinci elemanın ortam ısısından dolayı yaptığı hatayı dengelemek amacı ile kullanılır. Bu tip duyargalar seçilirken sıcak film elemanların bulunduğu yerin kanalın orta noktasına denk gelmesine dikkat edilmelidir. Bu elemanlar genellikle duyarga probunun ucundadır. Örneğin 400 mm genişliğinde bir kanalda prob uzunluğu 200 mm olan duyarga kullanılmalıdır.

Hava akışını ölçmek için yaygın yöntemler, sıcak tel anemometreleri, diferansiyel basınç ölçüm sistemleri ve vorteks yayılımı duyargalarını içerir.

2.9.3 Sıcak Tel Anemometresi

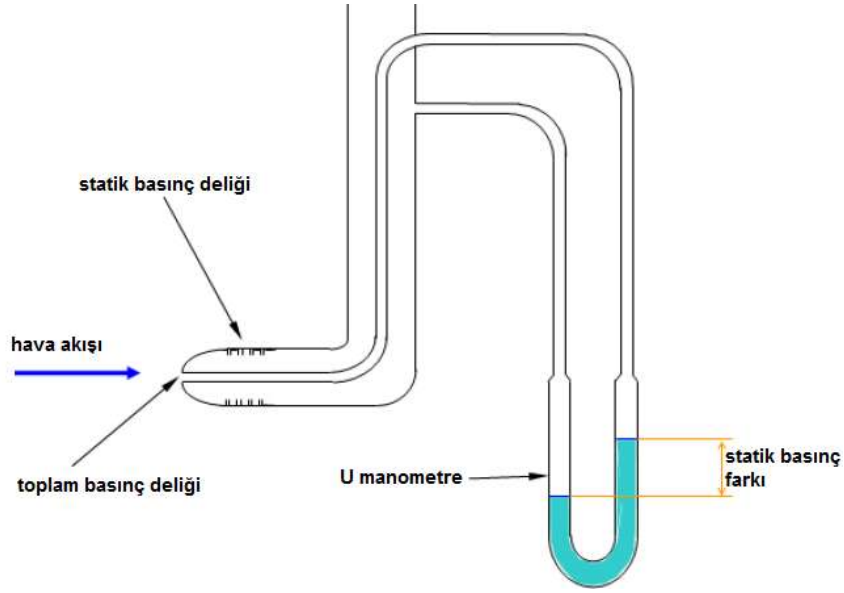
Anemometreler, bir akan akışkan ile ısıtılmış bir sıcaklık duyargasından çıkarılan ısı miktarının bu akışkanın hızı ile ilişkili olabilme ilkesine dayalı çalışır. Bu tür duyargaların çoğu, hava sıcaklığı değişimleri için aleti dengelemek üzere ikinci bir ısıtılmamış sıcaklık duyargası ile yapılır. Sıcak tel tipi duyargalar, daha düşük hava akımı ölçümlerinde, diferansiyel basınç türlerinden daha iyidir ve yaygın olarak 0,25 ila 60 m/s'lik hava hızlarına uygulanır.



Şekil-2.59 Sıcak tel anemometre

2.9.4 Pitot – Statik Tüp

Pitot – statik tüp, kanal tesisatı boyunca toplam basıncı ve statik basıncı ölçmek için kullanılabilir. Aşağıdaki diyagram, standart bir Pitot-statik tüpünü göstermektedir (Şekil-2.60). Hava akımını karşılayan tüpe karşılama tüpü denir ve toplam yüksekliği ölçer. Statik basınç yüksekliği dairesel halka içine küçük şeritlerden elde edilir. Manometrede ölçülen yükseklik farkı dolayısıyla hız yüksekliğidir.



Şekil-2.60 Pitot Statik tüp

Hız aşağıdaki formülden bulunabilir:

$$\text{Toplam basınç} = \text{Statik basınç} + \text{Dinamik basınç} \quad \text{Dinamik basınç (VP)} = \text{Toplam basınç} - \text{Statik basınç}$$

$$u = C_u \sqrt{2gh_p}$$

(2.4)

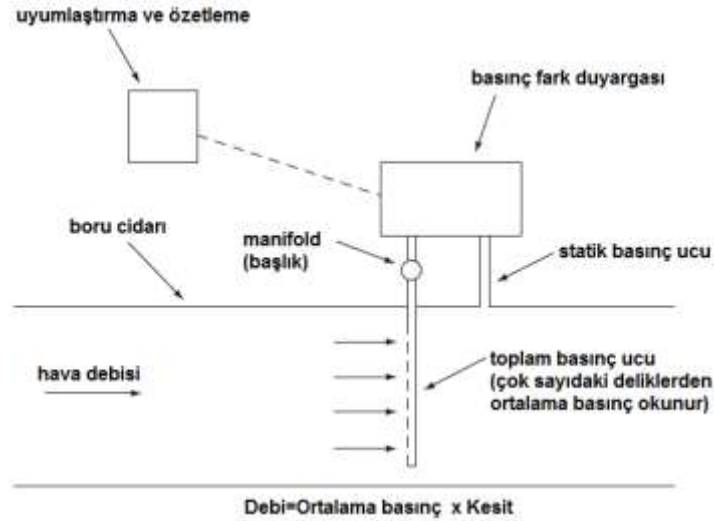
u = Hız (m/s)

h_p = dinamik basınç (mSS)

g = Yerçekimi sabiti ($9,81 \text{ m/s}^2$)

C_u = Hız katsayısı

Pratikte C_u aksi geçerli olmadıkça 1'e eşit alınır. Fark basınç yüksekliğinin h_p metre biriminde olması gerekir. Özellikle daha hassas ölçümler için toplam basıncın çok noktadan ölçüldüğü hava hızı ölçüm istasyonları kullanılmaktadır (Şekil-2.61)



Şekil-2.61 Hava ölçüm istasyonu

Büyük kanallarda, bir algılama cihazları dizisi ortalama bir hava hızını elde etmek için gereklidir.

2.9.5 Pervaneli Anemometreler

Anemometreler kullanım durumuna göre ısı teli anemometreler, pervane anemometreler veya taşınabilir, su geçirmez cep formatında anemometreler olmakla beraber bu anemometreler rüzgâr gücü ve hacim ölçümlerinde kullanılır. Tüm anemometreler rüzgâr gücü ve hava akımı hızı ölçümlerini sağlamaktadır. Modele bağlı olarak sonuçlar belleğe aktarılabilir.



Şekil-2.62 Pervaneli anemometre

Tablo-2.9 Akış duyargalarının karşılaştırılması

Duyarga tipi	Birincil kullanım	Hassasiyet-Maksimum kademe	Avantajları	Olumsuz Yönleri
Delikli levha	Su	$\pm \%1-5$; 5:1	Ucuz, geniş seçim	Keskin kenarlar aşındığında hassasiyet azalır
Ventürimetre	Su, yüksek hızlı hava		Düşük yük kaybı	Pahalı, büyük
Türbinmetre	Su	$\pm \%0,15-0,5$; 50:1'in üzerinde		Hasara duyarlı kanatlar
Ultrasonik	Su	$\pm \%0,25-2$; 100:1		
Vorteks	Su	$\pm \%0,5-1,5$; 25:1		
Pitot tüpü	Hava debisi	Minimum hız 2 m/s	Ucuz	Kirden tıkanabilir, düşük hız sınırlaması mevcut
Termal anemometre	Hava debisi	0,5 m/s'de $\pm 0,1$ m/s	Düşük hızlarda iyi, küçük duyarga kanal içine kolayca yerleştirilebilir	Kir hassasiyetini azaltabilir
Döner kanatlı	Elde taşınabilen, Hava debisi		Ucuz	Sağlam değil, büyük

2.10 SIVI SEVİYE ÖLÇÜMLERİ

Sıvı seviye ölçümleri genellikle, termal depolama tankları, soğutma kulesi hazneleri, su sistemi tankları, basınçlı tanklar v.b 'deki seviyeleri izlemek ve kontrol etmek için kullanılır.

Yaygın olarak uygulanabilen teknolojiler, hidrostatik basınç, ultrasonik, kapasitans ve manyetostriktif tabanlı ölçüm sistemlerine dayalıdır.

2.10.1 Hidrostatik Seviye Ölçümü

Hidrostatik basınç ile seviye ölçümü, sıvı sütununun üst ve altı arasında hidrostatik basınç farkının sıvı yoğunluğu ve sütun yüksekliği ile ilişkili olması ilkesine dayalıdır. Açık tanklar ve hazneler için, sadece gösterge basıncını izlenen en düşük seviyede ölçmek için gereklidir. Basınçlı tanklar için, referans basıncı izlenen en yüksek sıvı seviyesinin üzerinde almak gereklidir. Seviye izleme uygulamaları için yapılandırılmış basınç transmitterleri mevcuttur. Basınç cihazları uzaktan da yerleştirilebilir, ancak bu, duyarga ve ölçülen seviye arasında yükseklik farkını dengelemek için transmitterin sahada kalibre edilmesini gerektirir.

Bubbler tipi hidrostatik seviye aletleri, atmosferik basınçlı yeraltı tankları, kanalizasyon hazneleri ve tankları ve algılanan seviyenin altına monteli bir transmittere sahip olamayan veya tıkanma yatkın olan diğer uygulamalar ile kullanım için geliştirildi. Bubbler sistemleri, izlenen en düşük sıvı seviyesinde veya altındaki bir çıkış ile sıvı içine daldırılmış olan bir boru aracılığıyla az bir miktar basınçlı havayı (veya diğer gazı) boşaltır. Boru içinde hava basıncı kaybı önemsiz olacak şekilde ve boru içinde herhangi bir noktada elde edilen basınç yaklaşık olarak tank

içinde hidrostatik sıvı yüksekliğine eşit olacak şekilde hava akış hızı ayarlanır. Hidrostatik seviye aletlerinin doğruluğu kullanılan basınç duyargasının doğruluğuna bağlıdır.

2.10.2 Ultrasonik Seviye Kontrolü

Ultrasonik seviye duyargaları ses dalgaları yayar ve sıvı yüzeyler ses dalgalarını kaynağa geri yansıtması ve geçiş süresinin sıvı yüzeyi ve transmitter arasındaki mesafe ile orantılı olması ilkesine dayalı çalışır. Ultrasonik teknolojinin bir avantajı, temassız olması ve algılanan sıvı içine herhangi bir elemanın daldırılması gerektirmemesidir. En fazla 61 m'ye kadar uzakta seviyeleri algılayabilen duyargalar mevcuttur. %1 ila % 0,25'lik mesafe doğruluğu ve 1/8" 'lik çözünürlük yaygın olarak kullanılabilir.



Şekil-2.63 Ultrasonik seviye transmitteri

2.10.3 Kapasite Seviye Kontrolü

Kapasite seviye transmitterleri, bir kapasitif devrenin bir prob ve bir tank duvarı arasında oluşturulabilmesi ilkesine dayalı çalışır. Devrenin kapasitansı sıvı seviyesindeki bir değişiklik ile değişecektir, çünkü tüm yaygın sıvılar havanınkinden daha yüksek dielektrik sabitine sahiptir. Bu değişim daha sonra bir analog sinyal ile orantılı olarak ilişkilendirilir.



Şekil-2.64 Kapasite seviye transmitterleri

2.11 HAVA KALİTE DUYARGALARI

Hava kirliliğinin birinci nedeninin insan nefesi olmadığı yerlerde kullanılan duyargalar genellikle hava kalite duyargalarıdır. Sinema, tiyatro, konferans salonu vb. insan nefesi ile kirlenen hacimlerde hava kalite duyargası yerine karbondioksit duyargası kullanılmalıdır.

Hava kalite duyargası olarak genellikle kalay dioksit film kullanılır. Bu malzeme 2 adet elektrotun ucuna yerleştirilmiş vaziyettedir. Elektrotlardan biri ısıtıcı olarak diğeri ise direnç ölçümünde kullanılır.

Duyarga sıcaklığı CO, Metan gibi indirgenmiş gazların oksidasyon sıcaklığına kadar ısıtılır. Bu olay sonrası ortaya çıkan serbest elektronlar, kalay dioksit kristalleri içine sızar ve oksidasyona neden olurlar ki buna bağlı olarak elektron hareketi zorlaşır ve elektriksel direnç değerinde artış olur. Temiz ortamlarda ise ortamda bulunan oksijen serbest hale geçen elektronları yakalar ve kalay film tabakasının kristalleri içine sızmasını engeller ki bu durumda da kolay hareket eden elektronlar nedeni ile elektrik direnci düşer. Değişen bu direnç değeri duyargadan hava kalitesi bilgisi olarak alınır.

CO₂ Duyargaları

Karbondiyoksit ölçümü tekniği, kızılötesi ışınlar ile yapılmaktadır.

Duyargada, içinden CO₂ geçebilen membrana haiz bir optik ölçüm odacığı bulunmaktadır. Bu odacık bir kızıl ötesi ışın kaynağı ve kızıl ötesi ışın alıcısı ile teçhiz edilmiş vaziyettedir. Işın kaynağından dalga boyu 4,265 mikrometre olan kızıl ötesi bir ışın yayılır. Bu dalga boyunda sadece karbondiyoksit molekülleri ışın demetinden enerji absorbe etmektedir. Hassas bir mikroişlemci kaynaktan yayılan ve alıcıya ulaşan ışın demetlerindeki enerji miktarlarını hesaplar. Yayılan ve alınan enerji miktarları arasındaki fark CO₂ molekülleri tarafından absorbe edilmiştir ki absorbe edilen bu miktar ortamdaki CO₂ oranını belirler. CO₂ duyargalarının her üç yılda bir kalibre edilmesi gerekmektedir.



Şekil-2.65 Oda tipi CO₂ duyargası

2.12 HAREKET DUYARGALARI

Hareket algılama duyargaları ile en iyi enerji tasarrufu yapılabilen mahaller,

- Uzun süre boyunca hareket olmayan
- Hareket olmadığı zaman ışıkların acık kaldığı
- İş saatlerinden sonra ışıkların acık kaldığı
- Düzensiz kullanıma sahip olan mahallerdir.

Hareket duyargaları ile aydınlatma, havalandırma sistemleri, ofis ekipmanları kontrol edilebilir. Geniş ürün seçenekleri ile her türlü uygulama alanı için değişik tip duyargalar.

Kullanılacak yere ve uygulamaya göre teknoloji - ürün seçimi

Gerekli adımlar:

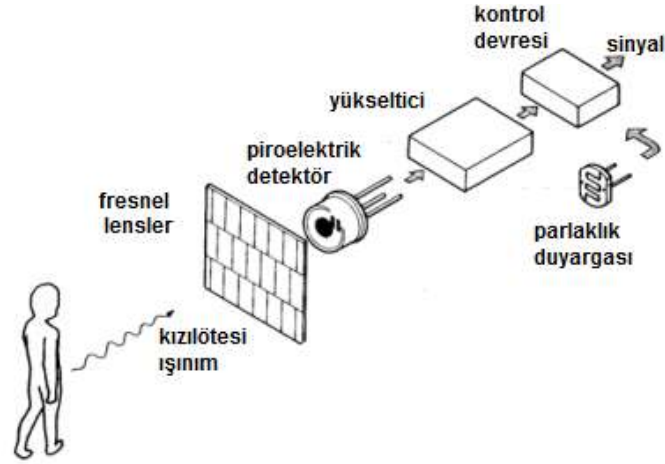
1. Teknoloji
2. Ürün
3. Yer
4. Kurulum
5. Ayarlar

Hareketin Algılanmasında Kullanılan Teknolojiler

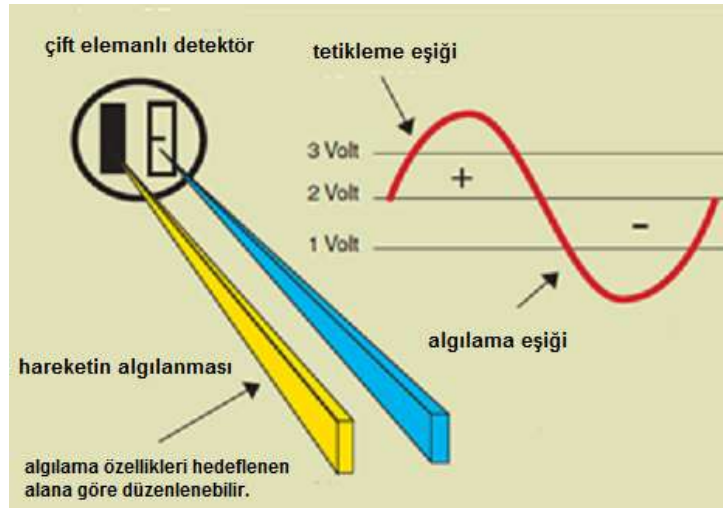
- PIR (Pasif Infrared)
- Ultrasonik
- İkili (PIR+Ultrasonik)

2.12.1 Pasif Infrared Teknolojisi

- İnsan vücudu ile çevresi arasındaki kalorifik enerjiyi algılar ("pasif" = sadece alıcı)
- Patentli Fresnel lensler (veya benzer teknolojide lensler) toplam algılama alanını küçük bölgelere böler.
- Bu bölgelerden birinde infrared enerjide değişme olursa, duyarga hareketi algılar.
- Hareketin algılanması duyarganın içindeki bir piro-elektrik eleman ile mümkün olmaktadır.
- İki bölge arasından geçen insandan kaynaklanan ısı enerjisi kaynağı piro-elektrik elemanda pozitif ve negatif darbeler oluşturur.
- "ACIK" konum = "HAREKET"



Şekil-2.66 Pasif infrared teknolojisi (PIR)



Şekil-2.67 Pasif infrared (PIR) teknolojisi ile hareket algılama

Hareket detektörlerinin iç ve dış alanlarda kullanım için tasarlanmış modelleri bulunmaktadır. Hareket duyargası aydınlatma devresinin bir parçası olarak monte edilir ve kontrol ettiği alanda ısı yayan bir canlının hareketini algıladığında aydınlatma sistemini AÇIK konuma getirir. Kontrol ettiği alandaki hareket durduktan sonra, kullanıcı tarafından belirlenen süre geçtiğinde de aynı aydınlatma sistemini KAPALI konuma geçirir.



Şekil-2.68 PIR hareket duyargaları

Çalışma Prensibi

Hareket duyargası, aydınlatmayı otomatik olarak açan elektronik bir AÇMA/KAPATMA anahtarıdır. Duyarga iki PIR alanı arasında bir ısı kaynağının hareketini algıladığında (örn. insan, hayvan), aydınlatmayı otomatik olarak açar. Hareket durduğu anda ise sayacı başlatır ve önceden ayarlanmış "sürenin" sonunda aydınlatmayı kapatır. PIR görüş alanında hareket olduğu sürece aydınlatma AÇIK kalacaktır. Isı kaynağının herhangi bir hareketi duyarganın aydınlatmayı açmasına sebep olabilir (sıcak hava hareketleri dâhil) - örn. pencere ve kapılardan gelen esintiler kapalı havalandırmalar, caddedeki arabalar veya komşu mülkteki hareketler. Bu duyarganın

açısına ve hareketin duyargaya olan mesafesine bağlıdır.

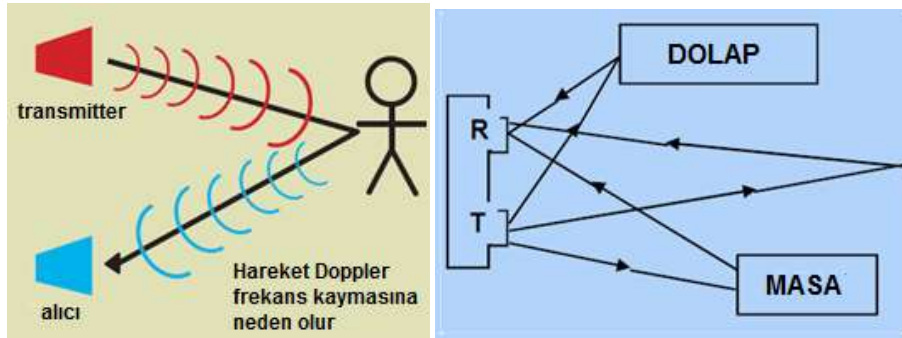
2.12.2 Ultrasonik Teknoloji

Bu hareket duyarga çeşidi, hareketi algılamak için Doppler sinyalizasyonlarını kullanır. Duyargalar, alanda bulunan nesnelerden yansıyacak ultrasonik ses dalgaları gönderir ve sonra ses dalgalarının geri dönme süresini hesaplar. Alanda bir hareket olduğunda, bu ses dalgaları duyarga alıcısına farklı frekanslarda dönecektir, bu da duyarganın hareketi algılamasını sağlar. Bu teknoloji, duyarganın direkt görüş alanında olmadığı ya da aktivite seviyesinin düşük olduğu zamanlarda kullanım için idealdir. Algılama mesafesi PIR detektörlere göre daha geniştir.

Kapsama alanı içinde hareket eden bir cisim (veya insan) ultrasonik dalgaların daha yüksek veya düşük frekanslarda duyargaya dönmesine neden olur. Bu Doppler frekansındaki değişme duyarga tarafından "hareket" olarak algılanır.

Duyargalar bir verici ve bir veya birden çok alıcı kullanırlar.

Ultrasonik dalgalar bir Quartz osilatöründen yayılırlar, insanlar tarafından duyulamazlar ve herhangi bir zararları yoktur



Şekil-2.69 Ultrasonik hareket duyargasının çalışma prensibi

2.12.3 İkili (Dual) Teknoloji

Birden çok algılama teknolojisi kullanan hareket duyargaları genellikle İkili Teknoloji ya da Hibrid Aygıtlar olarak adlandırılır. Bu duyargalarda genellikle PIR ve Ultrasonik teknolojiler bir arada kullanılır. Işıklar, iki duyarganın da hareket algılamasıyla açılır ve en az bir duyarga hareket algılamaya devam ettiği sürece de açık kalır.

- Wattstopper tarafından gerçekleştirilen patentli teknolojidir.
- Tüm dünyadaki en üstün hareket algılama teknolojisidir.
- PIR ve Ultrasonik teknolojilerinin beraber kullanımı ile iki teknolojinin üstünlüklerinden faydalanılır, zayıflıklar yok edilir.
- Tek bir teknoloji ile çözümü zor olan uygulama alanlarında ikili teknoloji ile daha kolay çözümler.
- Işıkların açılması için hareketin tüm teknolojiler tarafından algılanması gerekir; ışıkların kapatılması için biri yeterli olmaktadır (değişik ayar olanakları mevcuttur).
- Sistemdeki yanlış tetiklemeler yok edilmiştir.

İkili Duyargaların Yerleştirilmesi

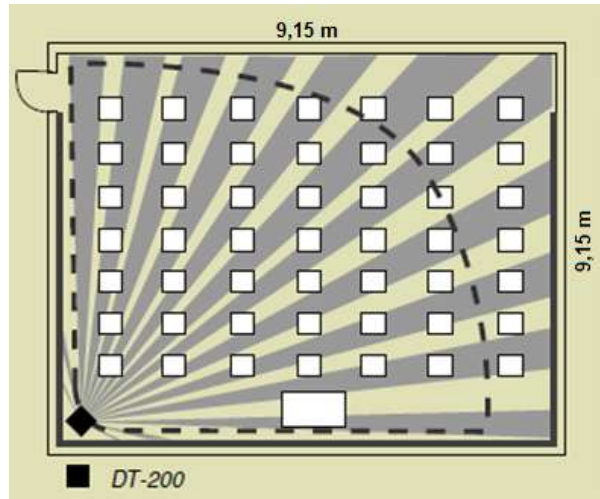
İkili duyargalar doğal yapıları olan ultrasonik yetenekleri sayesinde algılama alanı içindeki cisimlere rağmen hareketi algılayabilirler.

Eğer hareket ilk olarak PIR ve Ultrasonik teknolojiler tarafından aynı anda algılanacak ise, duyarga PIR teknolojisinin insanı algılayabileceği (görebileceği) şekilde yerleştirilmelidir

İkili Teknoloji Duyarga Uygulamaları

- Sınıflar
- Konferans salonları
- Acık ofisler
- Balo & Toplantı salonları

- Malzeme depoları & Ambarlar



Şekil-2.70 Bir sınıfta PIR Duyargalarının Kurulumu

2.13 AYDINLATMA SEVİYE DUYARGALARI

Analog aydınlatma seviye transmitterleri, bina otomasyon stratejileri ve enerji tasarrufu uygulamalarında kullanılacak ortam aydınlatma seviyelerini kontrolüne izin verecek çeşitli konfigürasyonlarda ambalajlanmıştır. Bazı örnekleri, tavana monte edilmiş iç mekân lamba duyargaları olup odadaki aydınlatma seviyesini ölçer ve iç mekân camlı tavan duyargaları, camlı tavanlardaki ve diğer aydınlatma açıklıklarında aydınlatma seviyelerini izleme ve kontrol etmede kullanılır.



Şekil-2.71 Işık şiddeti duyargaları



Şekil-2.72 Lüksmetre

2.14 ELEKTRİKSEL GÜÇ ANALİZÖRLERİ

Pasif elektronik cihazlar, güç ileten kablolar etrafındaki manyetik alanı hissederek güç devrelerinde ucuz kontrol çözümü oluştururlar. Bir kablo, güç için endüktif bağlantılı bir duyarga yapısında olup akımı izlemek için analog sinyal çıkışı verir veya kullanıcı ayar seviyesinde alarmı açmak için bir anahtarı çalıştırır.



Şekil-2.73 Pano tipi şebeke güç analizörü



Şekil-2.74 Ölçüm cihazı şeklinde şebeke güç analizörü

2. BÖLÜM KAYNAKLARI

- [1] Halil KARACA, Otomatik Kontrol ve Otomasyon Sistemlerinin Vazgeçilmez Elemanları: Duyargalar, TTMD Dergisi Sayı 33, Eylül-Ekim 2004.
- [2] [Fundamentals of HVAC Controls, PDH Course M197, <http://www.cs.berkeley.edu/~culler/cs294-f09/m197content.pdf>
- [3] BULGURCU, H., İklimlendirme ve Soğutma Sistemlerinde Otomatik Kontrol, 308 sayfa, Doğa Teknik Yayın no:02 İstanbul 2005.
- [4] <http://www.teknokoliker.com/2012/06/sensorler-ve-cesitleri.html>
- [5] ISERMANN, Rolf. 2006. Section 2.2 Sensors, pp. 32-52, of Chapter 2 Hardware, in CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology. Edited by CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering; Volume Editor, Axel Munack. St. Joseph, Michigan, USA: ASABE. Copyright American Society of Agricultural Engineers, Çevirmenler: Pınar DEMİRCİOĞLU ve İsmail BÖĞREKÇİ
- [6] http://www.inverter-plc.net/motor/asenkron_motorlar.html (18.03.2016 tarihinde erişildi)
- [7] http://www.inverter-plc.net/motor/dc_motorlar.html (18.03.2016 tarihinde erişildi)
- [8] http://www.inverter-plc.net/servo_sistem/servo_motor.html (18.03.2016 tarihinde erişildi)
- [9] http://www.inverter-plc.net/servo_sistem/step_motorlar.html (18.03.2016 tarihinde erişildi)
- [10] https://tr.wikipedia.org/wiki/Pn%C3%B6matik_akt%C3%BCat%C3%B6r (18.03.2016 tarihinde erişildi)