

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

**ENDÜSTRİYEL OTOMASYON
TEKNOLOJİLERİ**

KUVVET, AĞIRLIK VE BASINÇ ÖLÇÜMÜ
523EO0362

Ankara, 2012

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR.....	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ – 1	3
1. KUVVET ÖLÇÜMÜ.....	3
1.1. Kütle, Kuvvet, Ağırlık Kavramları	4
1.2. Matematiksel Eşitlikler ve Endüstriyel Standartlar.....	4
1.3. Çeşitli Mekanik Ölçüm Yöntemleri	7
1.4. YÜK HÜCRESİ (LOADCELL).....	7
1.4.1. Gerilme Ölçer (Strain Guage) Yapısı ve Çeşitleri	7
1.4.2. Yük Hücresi (Loadcell) Yapısı.....	8
1.4.3. Yük Hücreleri ile İlgili Terimler.....	9
1.4.4. Yük Hücresi (Loadcell) Çeşitleri.....	10
UYGULAMA FAALİYETİ.....	13
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	14
ÖĞRENME FAALİYETİ – 2	16
2. BASINÇ ÖLÇÜMÜ.....	16
2.1. Basınç Nedir?	16
2.2. Basıncın Birimleri.....	17
2.3. BASINÇ REGÜLATÖRÜ	17
2.3.1. Regülatörün Yapısı	17
2.3.2. Kullanıldığı Yerler.....	19
2.3.3. Montaj Şekilleri	19
2.4. Fortin Barometresi	20
2.4.1.Cıva Sütunlu Barometreler.....	20
2.4.2.Aneroid Barometreler	21
2.5. U Tipi Manometreler	22
2.5.1. U Tipi Manometrenin Tanımı ve Yapısı	22
2.5.2. U Tipi Manometrenin Kullanım Alanları.....	22
2.5.3. U Tipi Manometrenin Çeşitleri.....	23
UYGULAMA FAALİYETİ.....	24
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	25
ÖĞRENME FAALİYETİ – 3	27
3. BASINÇ TRANSDÜSERLERİ.....	27
3.1. Endüktif Esaslı Basınç Transdüserleri	27
3.2. Kapasitif Esaslı Basınç Transdüserleri.....	28
3.3. Kuvars Elektrostatik Basınç Transdüserleri	29
3.4. Piezo-Direnç Tipi Basınç Transdüserleri	30
3.4.1. Piezo Direnç Basınç Sensörünün Genel Özellikleri	32
UYGULAMA FAALİYETİ.....	34
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	35
ÖĞRENME FAALİYETİ-4.....	37
4. DP/CELL (FARK BASINÇ TRANSDÜSERİ).....	37
4.1. DP/Cell nedir?	37
4.2. DP/Cell ile Diferansiyel Basınç Ölçümü.....	38
4.3. DP/Cell ile Mutlak Basınç Ölçümü	39

4.4. DP/Cell ile Gösterge Basıncı Ölçümü.....	39
UYGULAMA FAALİYETİ.....	41
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	42
MODÜL DEĞERLENDİRME.....	44
CEVAP ANAHTARLARI.....	45
KAYNAKÇA.....	47

AÇIKLAMALAR

KOD	523EO0362
ALAN	Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri
DAL/MESLEK	Endüstriyel Kontrol Teknisyenliği
MODÜLÜN ADI	Kuvvet, Ağırlık ve Basınç Ölçümü
MODÜLÜN TANIMI	Çeşitli endüstriyel ortamlarda bazı enstrümanları kullanarak kuvvet, ağırlık ve basınç ölçme becerisinin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Sıcaklık Ölçümü modülünü almış olmak
YETERLİK	Kuvvet, ağırlık ve basınç ölçmek
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Kuvvet, ağırlık ve basıncı doğru olarak ölçebileceksiniz. Amaçlar 1. Loadcell (yük hücresi) kullanarak kuvvet ve ağırlık ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz. 2. Çeşitli basit barometreler kullanarak basınç ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz. 3. Çeşitli basınç transdüserleri kullanarak basınç ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz. 4. DP/CELL kullanarak basınç ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Süreç kontrol laboratuvarı Donanım: Yük hücresi, gerilim ölçer, elektronik deney seti, multimetre, basınç barometresi, basınç regülatörü, u tipi manometre, basınç kaynağı, endüktif basınç transdüseri, kapasitif basınç transdüseri, piezo basınç transdüseri, DP/CELL, güç kaynağı
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Hiç düşündünüz mü? Havada uçak yol alırken bulunduğu yüksekliği nereden hesaplayarak ölçer veya hava tahmini yapılırken alçak basınç, yüksek basınç nereden ölçülür. Arabamıza benzin alırken nasıl olur da otomatik olarak miktarı ölçülebiliyor. Kilomuzu nasıl ölçeriz? Bakkal terazisi nasıl ölçer? Biz bu ölçmeleri nerelerde kullanırız, neden ölçme gereği duyarız?

Bir öğrenciye "Barometre yardımıyla bir binanın yüksekliğinin ne şekilde hesaplanacağını gösterin." demişler.

Öğrenci şöyle demiş: "Barometreyi binanın en üst katına çıkarırız. Barometrenin ucuna bir ip bağlar, yukarıdan caddeye sarkıtırız. Tekrar ipi yukarı çeker ve ipin uzunluğunu ölçeriz. İpin uzunluğu bize binanın yüksekliğini verir."

Konu ölçme ise çözüm neredeyse sonsuzdur önemli olan doğru ölçmeyi en ekonomik yoldan ve gerektiği özelliklerde yapmaktır. Ölçme doğru olduğu kadar standartlara da uygun olmalıdır. Günümüzde ölçme sadece görsel amaçlı olmaktan çıkmıştır. Endüstriyel amaçlı üretim tesislerinde ölçüm sonuçları standart çıkış büyüklükleri olarak ifade edilir ve kontrol cihazları tarafından kullanılır.

Bu modülde kuvvet, ağırlık ve basıncın nasıl ölçüleceği ile ilgili bilgi verilecektir.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Loadcell (yük hücresi) kullanarak kuvvet ve ağırlık ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Ev tipi yaylı basküllerin çalışma esasını araştırınız. Elektronik banyo baskülleri ile farkını bulunuz.
- Kuvvet, ağırlık kavramlarını ve bunlara etki eden diğer fiziksel nicelikleri (sıcaklık gibi) inceleyiniz.
- Yük hücresi üretici ve satıcı firmaların internet sitelerine ulaşarak kullanım alanlarını öğreniniz.

1. KUVVET ÖLÇÜMÜ

Kuvvet veya ağırlık ölçümü kavramları, endüstriyel olmayan konularda dahi en sık karşılaşılan kavramlardır. Endüstride bu niceliklerin ölçümü üretimin önemli bölümlerindendir. Depo dolum, torbalama, dozajlama, kalite kontrol, vidalama, güç, seviye ölçme vb. daha birçok endüstriyel alanda bu niceliklerin ölçülmesi gerekmektedir. Kuvvet ya da ağırlık ölçümü, oldukça özen gerektiren işlemlerdir. Yanlış hazırlanmış bir ilaç, insanların hayatına mal olabilir. Karışımı doğru yapılmamış bir çimento, binaların yıkılmasına sebep olabilir.

Eğer bir cisim serbest bırakılırsa ya yer çekiminden kaynaklanan ivme ile ya da konumuna ait serbest düşme ivmesiyle düşmeye başlayacaktır. Dünyanın cisimler üzerine uyguladığı çekimden oluşan ivme ile dünyanın kendi eksenine etrafındaki dönmesinden kaynaklanan ivme bileşeninin toplamından oluşan bileşke ivme “g” ile belirtilir. “g”nin değeri konum ve yüksekliğe bağlı olarak değişmekte ve bu değişim ekvator ile kutuplar arasında yaklaşık yüzde 5 olmaktadır. “g”nin yaklaşık değeri 9.81 m/s^2 ’dir. Kuvvetin uygulama standartlarını oluşturmak için yerkürenin yüzeyine bağlı hareketsiz duran, belli kütlelere etkileyen yer çekimi kuvvetlerin belirlenmesinde “g”nin kesin değerini bilmek zorunludur. Kuvvet ölçüm sistemlerinin ve cihazların ölü-yük ayarlamalarına ait uygulama standartları bu gözleme dayandırılmıştır.

1.1. Kütle, Kuvvet, Ağırlık Kavramları

Ağırlık-ölçüm (kütle-ölçüm) ve kuvvet-ölçüm sistemlerinin birimleri arasında açık bir ayırım yapmak gerekir. Kuvvet-ölçüm sistemleri “Newton” olarak ayarlanırken ağırlık-ölçüm sistemleri kilogram olarak ayarlanabilir. Kütle, kuvvet ve ağırlık aşağıdaki gibi tanımlanır.

- **Kütle:** Bir cismin kütlesi, o cismin içindeki madde miktarı olarak tanımlanır. Bu miktar, cisim herhangi bir yere götürülürse bile sabit kalır. Kütlenin birimi kilogramdır (kg).
- **Kuvvet:** Hareketsiz veya hareket hâlindeki bir cismin hızında bir değişim meydana getiren ya da meydana getirme eğiliminde olan büyüklüktür. Kuvvetin bir sayısal büyüklüğü, bir yönü ve bir de uygulama noktası vardır. Kuvvet, Newton’un harekete ait ikinci kanunu yoluyla kütle ile ilişkilidir. Bu ilişki, **Kuvvet = kütle*ivme** şeklindedir.

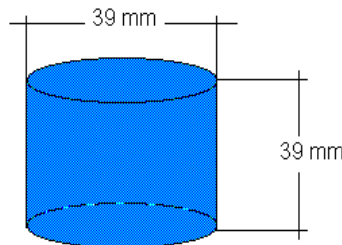
Birim kuvvet, uluslararası birim sisteminde kuvvet birimi Newton’dur (N). Newton, bir kg’lık kütleye uygulandığında ona saniyede bir m/s^2 ’lik bir hızlanma veren kuvvettir (m/s^2).

- **Ağırlık:** Bir cismin yer kürenin yüzeyine göre hareketsiz m kütlesine ait F ağırlığı, o cisme yer çekimi tarafından uygulanan kuvvet olarak tanımlanır $F=mg$. Burada g , yer çekiminden dolayı oluşan ivmedir.

1.2. Matematiksel Eşitlikler ve Endüstriyel Standartlar

Fiziksel parametreye bağlı olmayan tek temel SI birimi kilogramdır. Kilogram sadece kütlesi sabit bir cisme bağlıdır. Kütle, Paris-Sevres’de bulunan uluslararası kilogram prototipinin kütlesi olarak tanımlanmıştır. 1889 yılında yapılan I. Ölçüler ve Ağırlıklar Konferansı’nda (Conference Generale des Poids et Mesure, CIPM) kütle birimi kilogram, Sevres de Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)’te muhafaza edilen uluslararası kilogram prototipin kütlesi olarak kabul edilmiştir. 1901 yılında yapılan III. Ölçüler ve Ağırlıklar Konferansı’nda (Conference Generale des Poids) yoğunluğu $21500 kg/m^3$ olan % 90 platin - % 10 iridyum alaşımından yapılmış, 39 mm çapında ve 39 mm yüksekliğinde silindirik biçimindeki bir ağırlık olarak tanımlanmıştır.

Türkiye’deki referans prototip numarası 54 olan ağırlık, Ulusal Metroloji Enstitüsü UME’de bulunmaktadır.



Resim Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..1: Prototip kütlenin tanımı

Ağırlık Birimleri Dönüşüm Tablosu TS EN-45501 Terazî Standardı							
ton Mg	kg	g	UK ton	US ton	cwt	lb	oz
1	1000	10 ⁶	0.9832	1.1011	19.66	2.205*10 ³	3.527*10 ⁴
10 ⁻³	1	1000	9.832*10 ⁻⁴	1.101*10 ⁻³	1.966*10 ⁻²	2.2046	35.274
10 ⁻⁶	10 ⁻³	1	9.832*10 ⁻⁷	1.101*10 ⁻⁶	1.966*10 ⁻⁵	2.204*10 ⁻³	3.527*10 ⁻²
1.017	1017	1.017*10 ⁶	1	1.12	20	2240	35840
0.9081	908.1	9.081*10 ⁵	0.8928	1	17.856	2000	32000
5.085*10 ⁻²	50.85	5.085*10 ⁴	0.05	0.0560	1	112	1792
4.536*10 ⁻⁴	0.4536	453.6	4.46* 10 ⁻⁴	5 x 10 ⁻⁴	8.92* 10 ⁻³	1	16
2.835*10 ⁻⁵	2.835*10 ⁻²	28.349	2.79* 10 ⁻⁵	3.125*10 ⁻⁵	5.580*10 ⁻⁴	6.25* 10 ⁻²	1

Tablo 1.1: Ağırlık ölçüleri dönüşüm tablosu

- **Ağırlıkların sınıflandırılması ve ağırlıklar arası ölçü hiyerarşisi:** Ağırlıklar OIML'de (Organisation Internationale de Métrologie Légale) hassaslıklarına göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma, yüksek doğruluktan düşük doğruluğa göre: E1, E2, F1, F2, M1, M2, M3 olarak sıralanır.
- **E1 doğruluk sınıfı ağırlıklar:** Ulusal ağırlık standartları ile E2 sınıfı ağırlıklar arasındaki izlenebilirliği sağlayan referans standartlardır. Ayar hazneleri yoktur ve yüzeylerinde sınıflarına ve nominal değerlerine ilişkin ibare bulunmaz.



Resim Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..2: Çeşitli doğruluk sınıfı yüksek ağırlıklar

- **E2 doğruluk sınıfı ağırlıklar:** E1 sınıfı ağırlıklardan yaklaşık 1/3 oranında düşük doğruluktadır. F1 sınıfı ağırlıkların ve I. sınıf terazilerin kalibrasyonunda kullanılır. E1 sınıfı için geçerli olan vasıfları taşımaktadır.
- **F1 doğruluk sınıfı ağırlıklar:** I. ve II. sınıf terazilerin ve F2 sınıfı ağırlıkların kalibrasyonunda kullanılır. Ayar hazneleri bulunur ve bu haznelere ağırlığın imal edildiği malzemeden yapılmış olan parçacıklar doldurularak ağırlık üzerinde gerekli düzeltmeler yapılabilir. Üzerinde nominal değerlerini belirten bir işaret bulunur.
- **F2 doğruluk sınıfı ağırlıklar:** II. sınıf terazilerin ve M1 sınıfı ağırlıkların kalibrasyonunda kullanılır. F1 sınıfının özelliklerini taşır.

- **M1 doğruluk sınıfı ağırlıklar:** III. sınıf terazilerin ve M2 sınıfı ağırlıkların kalibrasyonunda kullanılır. M1 sınıfının üzerinde ayar hazneleri vardır ve bu haznelere ağırlığın imal edildiği malzemeden veya kurşundan yapılmış olan parçacıklar doldurularak ağırlıklar üzerinde gerekli düzeltmeler yapılabilir. Üzerinde nominal değeri ve sınıfını belirten işaretler bulunmaktadır.
- **M2 doğruluk sınıfı ağırlıklar:** II. ve IV. sınıf teraziler ile M3 sınıfı ağırlıkların kalibrasyonunda kullanılır.



Resim 1.3: Hacim ve yüzey alanları ayarlanmış kütleler

- **M3 doğruluk sınıfı ağırlıklar:** IV. sınıf terazilerin kalibrasyonunda kullanılır.
- **Ağırlık malzemeleri:** E1, E2, F1, F2, M1 sınıfı için 1-5 mg arası alüminyumdur ve yaprak şeklindedir. E2, F1, F2, M1 sınıfı için 10-500 mg arası gümüşdür ve yaprak şeklindedir. 500 mg'dan büyük ağırlıklar E1 ve E2 sınıfında çelik, F1 ve F2 sınıfında çelik veya pirinçten yapılmış, silindir şeklindedir ve başlıklıdır. M1 sınıfında ise pirinç veya döküm malzemeden silindir veya blok şeklinde yapılmıştır. Bütün bu ağırlık setlerinin anti manyetik malzemeden üretilmesi gerekir (OIML'ye göre).
- **Ağırlık kalibrasyonu:** OIML kurallarına göre üretilmiş ağırlıklar, bir üst sınıftaki ağırlıklar ile kalibre edilir. Ayrıca kalibrasyon esnasında kullanılacak olan terazinin standart sapmasının ve doğruluğunun ağırlığın sapma sınırından beş kat daha küçük olması gerekir. OIML'ye göre bütün ağırlık setleri sertifikaları ile birlikte kullanılmalıdır. E1 ve E2 sınıfı ağırlıklar dışındaki bütün ağırlıklarda ayar işlemi yapıldıysa tekrar kalibrasyon yapılmalıdır. Ağırlık kalibrasyonunda üç temel metot kullanılır. Bunlar; doğrudan okuma, yerine koyma ve yerini değiştirme metotlarıdır.
- **Doğrudan okuma metodu:** Ağırlığın değeri direkt olarak terazinin göstergesinden okunur. Bu metotta diğer metotlardan farklı olarak terazinin sapması ölçüm sonucunun içindedir.
- **Yerine koyma metodu:** Yerine koyma metodunda SNS (NPN) veya SNNS (NPPN) [**S(N)=standard, N(P)=numune**] çevrimleri kullanılır. Bu çevrimler istenen belirsizliğe ve doğruluğa ulaşıncaya kadar birkaç kez yapılabilir. Burada yapılan, bir ağırlığın kendisinden bir üst doğruluk

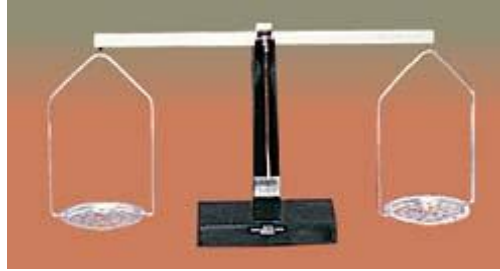
seviyesinde olan ağırlıkla tek kefeli bir terazi kullanılarak karşılaştırılmasıdır.

- **Yerini değiştirme metodu:** Bir önceki maddede belirtilen karşılaştırma yönteminin eşit kollu terazilere uygulanmasıdır. Kalibrasyondan önce terazinin hassasiyeti belirlenir. Numune ve standart, ilk önce terazinin iki kefesine ayrı olarak konur. Daha sonra ağırlıkların kefeleri değiştirilir. Böylelikle terazinin iki kolu arasındaki uzunluk farkı giderilir. Elde edilen iki değer kullanılarak numunenin sapma değeri bulunur.

1.3. Çeşitli Mekanik Ölçüm Yöntemleri

Kuvvet ölçüm yöntemleri, doğrudan karşılaştırma ve dolaylı karşılaştırma olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Bir doğrudan karşılaştırma yönteminde bilinen bir kütle üzerine etki eden bir yer çekimi kuvveti ile bilinmeyen bir kuvvet direkt olarak karşılaştırılır. Basit bir analitik denge, bu yöntemin bir örneğidir. Dolaylı karşılaştırma, yöntemi ayar yapılmış kütlelerin veya transdüserlerin kullanımını gerektirir.

- Kol-denge yöntemleri
- Kuvvet-denge yöntemi
- Hidrolik basınç ölçümü
- İvme ölçümü
- Elastik elemanlar (elastik maddeleri)

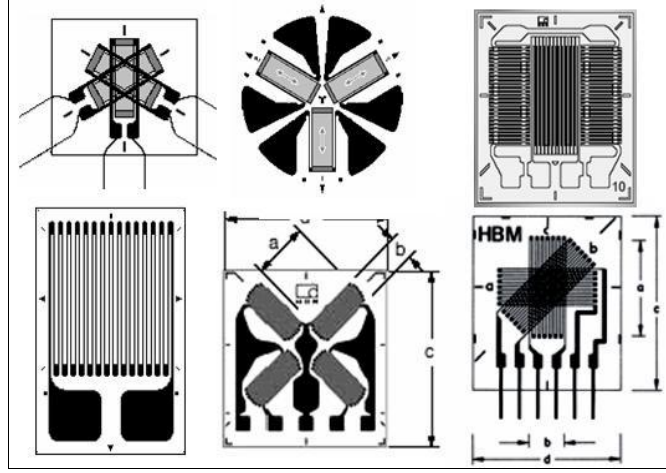


Resim Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..4: Kol denge yöntemi ile ölçüm yapan eşit kollu terazi

1. 4. YÜK HÜCRESİ (LOADCELL)

1.4.1. Gerilme Ölçer (Strain Guage) Yapısı ve Çeşitleri

Gerilme ölçer (strain guage) telin uzunluğu değişince direnci değişen bir elemandır. Gerilme ölçer, gerildiğinde uzayan ve sıkıştırıldığında kısalan bir çelik silindire bağlıdır. Gerilme ölçer, silindire bağlı olduğundan silindirle birlikte uzayacak veya kısalacaktır. Direnç değeri gerilme ölçerin yapıldığı telin uzunluğu ile orantılıdır. Gerilme ölçerin direnci ölçülerek yük hücresi üzerindeki yükü saptamak mümkündür.



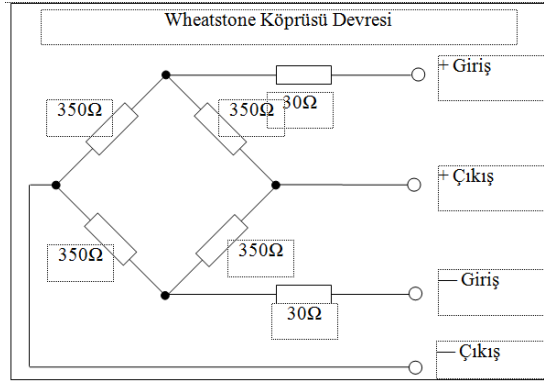
Şekil 1.1: Çeşitli gerilme ölçer örnekleri

Pratikte kuvvet doğrudan uygulanamaz. Gerilme ölçer, genellikle gerilim altında bulunan yapı elemanına yapıştırılır. Şekil değişikliği ölçen cihazın bağlanmış olduğu cisimlerin şekil bozukluğunu tam olarak gösterebilmesi için çok hafif ve duyarlı olması gerekir. Ayrıca şekil değişikliğini ölçme cihazlarının istenmeyen yöndeki şekil değişikliklerini dikkate almaması gerekir. Bunu sağlamak için çapraz duyarlılık veya gösterge faktörü denilen bir kavram vardır.

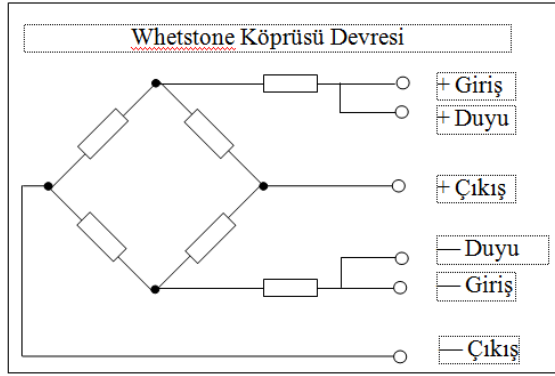
1.4.2. Yük Hücresi (Loadcell) Yapısı

Yük hücrelerinde dört adet gerilme ölçer kullanılır. Bunlar wheatstone köprüsü şeklinde bağlantılıdır (Şekil 1.2). Köprüye bir gerilim uygulandığında çıkış gerilimi uygulanan yüke orantılı bir gerilim olacaktır.

Yük hücrelerinde Şekil 1.2’de de gösterildiği gibi iki giriş ve iki çıkış olmak üzere toplam dört uç bulunur. Bazı yük hücrelerinde bu uçlara ek olarak iki uç daha bulunur. Bunlar +duyu (+sense) ve -duyu (-sense) uçlarıdır. Bu uçlar Şekil 1.3’te gösterildiği gibi giriş uçlarıyla aynı yere bağlıdır ve amacı yük hücresi bağlantılarında herhangi bir kopukluk meydana gelip gelmediğini tespit etmektir.



Şekil 1.2: Yük hücresi iç yapısı (4 uçlu düzenleme)



Şekil 1.3: Yük hücresi iç yapısı (6 uçlu düzenleme)

1.4.3. Yük Hücreleri ile İlgili Terimler

- **Tam gösterge çıkış gerilimi (Full scale output):** Yük hücresinin tam yük değerindeki çıkış değeridir. Birimi mV/V 'tur. Örneğin, bu değer $2 mV/V$ ise ve besleme gerilimi $10 V$ ise yük hücresinin tam yük altında vereceği çıkış gerilimi $20 mV$ 'tur.
- **Besleme (uyarma) gerilimi (Excitation voltage):** Yük hücresinin çalışması için gerekli olan besleme gerilimidir. Bu değer, genellikle $10 V$ seçilir ve en fazla $15 V$ 'tur.
- **Giriş direnci (Input resistance):** Yük hücresinin giriş uçları arasında ölçülen direnç değeridir.
- **Çıkış direnci (Output resistance):** Yük hücresinin çıkış uçları arasında ölçülen direnç değeridir.
- **Histerezis (Hysteresis):** Maksimum yük değerinden belli bir yük değerine inildiğinde ölçülen çıkış ve minimum yük değerinden aynı yük değerine çıkıldığında ölçülen çıkış arasındaki farktır. Tam gösterge değerinin yüzdesi olarak ifade edilir.
- **Doğrusal olmama (Nonlinearity):** Yüksüz durumdaki çıkış ile tam yük altında alınan çıkış değerleri arasında çizilen kalibrasyon eğrisinden maksimum sapmadır. Tam gösterge değerinin yüzdesi olarak ifade edilir.

- **Kompanzasyonlu sıcaklık aralığı (Compensated temperature range):** Çıkışı ve sıfır dengesini sürdürmesi için yük hücresinin kompanze edildiği sıcaklık aralığıdır.
- **Güvenli sıcaklık aralığı (Safe temperature range):** Performans karakteristiğinde kalıcı değişiklikler meydana gelmeden yük hücresinin çalışabileceği sıcaklık aralığıdır.
- **Yalıtım direnci (Insulation resistance):** Köprü devresi ve yük hücresinin yapı malzemesi arasında ölçülen dirençtir.
- **Sıfır dengesi (Zero balance):** Yüksüz durumda iken yük hücresinin çıkışından alınan gerilim değeridir. Genellikle tam gösterge çıkış geriliminin yüzdesi olarak ifade edilir.

1.4.4. Yük Hücresi (Loadcell) Çeşitleri

Yük hücreleri kapasitelerine göre çeşitli şekillerde üretilir. Bu türler Tablo 1.2’de verilmiştir.

Kapasite Aralığı	Yük Hücresi Türü
20 kg-200 kg	Eğilme Tipi (Bending Beam)
200 kg-5t	Kesme Tipi
500 kg-2t	S Tipi
6kg-600 kg	Platform Tipi
10t-200t	Basma Tipi

Tablo 1.2: Kapasitelerine göre yük hücresi türleri



Resim 1.5: Eğilme tipi yük hücresi

Eğilme tipi yük hücreleri, kesme kuvveti prensibi ile elektronik ağırlık ve kuvvet ölçme uygulamalarında endüstriyel ortamlarda kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Eğilme tipi yük hücreleri, düşük ağırlıkların söz konusu olduğu yerlerde özellikle platform kantarları, torbalama ve dozajlama makineleri ve bant kantarlarında kullanılmaktadır.

Kesme tipi yük hücreleri, kesme kuvveti prensibine göre çalışan yüksek hassasiyetli elektronik kuvvet ve ağırlık ölçme sistemleri için tasarlanmıştır. Bu yük hücreleri, baskı yönünde kullanılmak için geliştirilmiş olup özellikle platform kantarları, işlem ölçümleri ve mekanik elektronik dönüşümlerde uygulama alanı bulur.



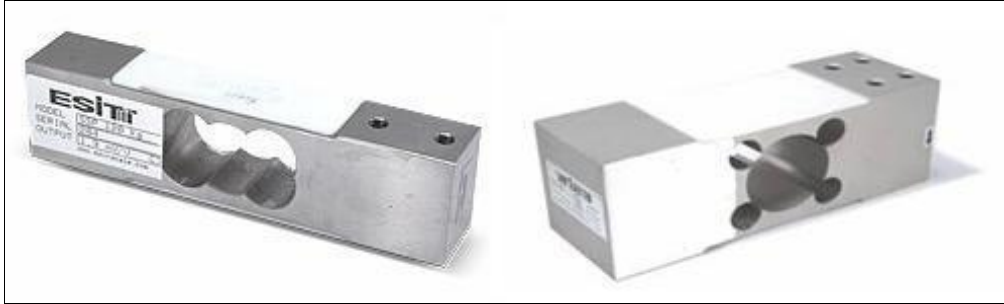
Resim 1.6: Kesme tipi yük hücresi

S tipi yük hücreleri, kesme kuvveti prensibi ile basma ve çekme yönünde çalışan kuvvet ölçüm uygulamaları için geliştirilmiştir. Özellikle bant kantarları ve mekanik terazilerin elektroniğe çevrilmesinde kullanılır.



Resim 1.7: S tipi yük hücresi

Platform tipi yük hücreleri düşük kapasiteli ve tek yük hücreli platform kantarlarında, yükleme noktasının değişken olabildiği uygulamalarda kullanılmaktadır. Alım-satım basküllerinde, endüstriyel parça sayma terazilerinde, torbalama ve dozajlama makinelerinde, tıbbi ve bilimsel alanlarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.



Resim 1.8: Platform tipi yük hücresi

Basma tipi yük hücreleri, kesme kuvveti ile basma yönünde çalışan yüksek hassasiyet ve yüksek kapasiteli elektronik ağırlık ve kuvvet ölçme uygulamalarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Tank ve vagon tartım sistemleri ve çok yüksek kapasiteli kantarlar gibi basma yönünde yük uygulamaları için geliştirilmiştir.



Resim 1.9: Basma tipi yük hücresi

Kablo gerilim sensörü yük hücreleri (loadcell), aşırı yük koruma amacı ile asansör veya vinçlerde hareketsiz olan çelik halatlara monte edilir. Çelik halatlardaki gergi yükünü algılar. 2 veya 4 halatlı sistemlerde kullanılır.



Resim 1.10: Kablo gerilim sensörü yük hücresi

Merdane gerilim sensörü yük hücreleri (load cell), merdanelerin miline takılarak merdane üzerine gelen yüklerin algılanmasında kullanılır. Kendi içinde bulunan bilyesi ile montaj kolaylığı sağlar. Merdaneden geçen malzemenin gerginliğini algılamakta kullanılır.



Resim 1.11: Merdane gerilim sensörü yük hücreleri

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki işlem basamaklarına göre loadcell (yük hücresi) kullanarak kuvvet ve ağırlık ölçümü yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Yük hücresini ölçüm düzeneğine mekanik olarak monte ediniz. ➤ Yük hücresinin uçlarını elektriksel olarak tespit ediniz. ➤ Yük hücresinin sağlamlığını elektriksel olarak kontrol ediniz. ➤ Yük hücresini elektriksel olarak yükseltece bağlayınız. ➤ Yük hücresine çeşitli kuvvetler uygulayarak ölçüm yapınız. ➤ Sonuç raporu hazırlayınız.	➤ Yük hücresinin bağlantı elamanlarını kullanarak ve kuvvet yönünü dikkate alarak mekanik bağlantıyı yapınız. ➤ Montaj yüzeyinin yere paralel olmasına dikkat ediniz. ➤ 400 ohm direnç gösteren uçların giriş uçları 350 ohm direnç gösteren uçların çıkış uçları olduğunu unutmayınız. ➤ Uçlar arası 500 ile 200 ohm arası değer göremiyorsanız alet bozuktur. ➤ Yükseltecin girişine yük hücresinin uçlarını yönlere dikkat ederek takınız. ➤ Yükseltecin çıkışına uygun bir ölçü aleti bağlayarak kuvvetsiz (sükûnet) anında çıkışı sıfırlayınız. ➤ Değeri bilinen ve yük hücresinin kapasitesini geçmeyen çeşitli kuvvetleri uygulayarak değerleri not ediniz. ➤ Yaptığınız işlemleri ve karşılaştığınız zorlukları rapor hâline getiriniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Kuvvet, aşağıdaki niceliklerden hangi bileşen ile ağırlık olur?
 - a) Hava
 - b) Basınç
 - c) Sıcaklık
 - d) Yer çekimi ivmesi
2. 10 kg'lık bir kütlenin yer çekimsiz bir ortamda ağırlığı nedir?
 - a) 10 kg
 - b) 98,1 kg
 - c) 0 kg
 - d) 9,81 kg
3. 10 kg'lık bir kuvvetin Türkiye'de ortalama ağırlığı nedir?
 - a) 10 kg
 - b) 98,1 kg
 - c) 0 kg
 - d) 9,81 kg
4. İki kefli pazarcı terazisi hangi esasa dayalı kütle ölçümü yapar?
 - a) Kol-denge yöntemleri
 - b) Kuvvet-denge yöntemi
 - c) İvme ölçümü
 - d) Elastik elemanlar (elastik maddeler)
5. Banyo baskülü hangi esasa dayalı ağırlık ölçümü yapar?
 - a) Kol-denge yöntemleri
 - b) Kuvvet-denge yöntemi
 - c) İvme ölçümü
 - d) Elastik elemanlar (elastik maddeler)
6. Gerilme ölçer (Strain gauge) hangi esasa dayalı çalışır?
 - a) Metalin ısınması
 - b) Şekil değişikliği
 - c) Telin kırılması
 - d) Burulma
7. Yük hücresi yapımında hangi sensör kullanılır?
 - a) RTD
 - b) Termokupl
 - c) Gerilme ölçer (strain gauge)
 - d) Burdon tüpü

8. Yük hücresi ne tür ölçümlerde kullanılır?
- a) Sıcaklık
 - b) Ağırlık
 - c) Hız
 - d) Işıık
9. Aşığıdakilerden hangisi yk hücresi çeşidi değıildir?
- a) Kesme tipi
 - b) Platform tipi
 - c) S tipi
 - d) Y tipi
10. Yük hücresinin tam yük altında verdiğı çıkış değıerine ne denir?
- a) Tam gösterge çıkış gerilimi
 - b) Besleme (uyarma) gerilimi
 - c) Çıkış direnci
 - d) Sıfır dengesi

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğıru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Çeşitli basit barometreler kullanarak basınç ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Basıncın insan hayatındaki önemi nedir? Kan basıncının ölçülmesi ve önemi konularını araştırıp sunu hâlinde hazırlayınız.
- Basıncsız ortamlar nerelerdir? Neden basınca ihtiyaç duyulur? Araştırınız.
- Futbol topunun basıncı ne kadardır? Hangi basınç miktarları tehlikelidir? Araştırınız.

2. BASINÇ ÖLÇÜMÜ

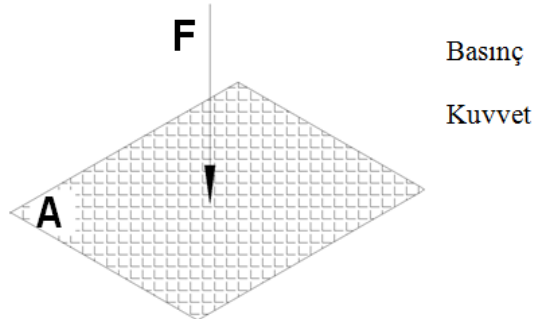
Hiç düşündünüz mü oynadığınız top neden sıcıyor? Babaannemizin tansiyonu neden yüksek? Tansiyon nedir? Balon neden şişiyor? Endüstriyel üretimde basınç, nerelerde kullanılıyor? Acaba su depolarında ne kadar su olduğu nasıl anlaşılıyor? Tüm bu soruların cevabı basınç nedir sorusunun altında yer alıyor. Basınç, insan hayatının idamesinde her şeyden önce gelir. Üretim ve denetimde ise gerekliliği tartışılmayacak kadar çoktur.

2.1. Basınç Nedir?

Genel tanımı; “alan başına düşen kuvvet”tir.

$$P = \frac{F}{A}$$

P = (Pressure)
A = (Area) Alan
F = (Force)



Şekil 2.1: Alana düşen kuvvet

Örnek 2.1: 100 cm²lik yüzey alanına sahip bir baskülde duruyorsunuz. Baskül göstergesinde 70 kg’lık kütle görünüyor. Oluşturduğunuz basınç ne kadardır?

Formüle göre;

$$F = m.g \quad F = 70(Kg) \times 9,81(m/s^2) \quad F = 686,7 N$$

$$P = \frac{F}{A} \quad P = \frac{686,7(N)}{10 \times 10^{-2}(m^2)} \quad P = 68670 Pascal \text{ olarak bulunur.}$$

2.2. Basıncın Birimleri

	Pascal	Bar	Standart atmosfer	cm ² başına kilogram kuvvet	İnç kare başına paunt kuvvet	mm su sütunu	mm cıva sütunu Torr	İnç su sütunu	İnç cıva sütunu
	Pa	bar	atm	kgf/cm ²	Lbf/inç ² (PSI)	mmH ₂ O	mmHg (Tor)	inçH ₂ O	inçHg
Pa	1	10 ⁻⁵	9.86923 x10 ⁻⁶	1.01972 x10 ⁻⁵	1.45038 x10 ⁻⁴	0.101971737	7.50064 x10 ⁻³	4.01463 x10 ⁻³	2.95300 x10 ⁻⁴
bar	10 ⁵	1	9.86923 x10 ⁻¹	1.01972	14.5038	1.01972x10 ⁻²	750.064	401.463	29.53
atm	101325	1.01325	1	1.03323	14.6959	10332.287	760	406.782	29.9212
kgf/cm²	98066.5	0.980665	0.967841	1	14.2233	9999.69	735.561	393.701	28.959
Lbf/inç² (PSI)	6894.76	0.0689476	0.068046	0.070307	1	703.069	51.7151	27.6799	2.03602
mmH₂O	9.80663	9.80663 x10 ⁻⁵	9.6784 x10 ⁻⁵	1.00003 x10 ⁻⁴	1.42233 x10 ⁻⁵	1	7.35558 x10 ⁻²	0.039370	2.89589 x10 ⁻³
mmHg (torr)	133.322	0.00133322	0.00131579	0.00135951	0.0193367	13.5951	1	0.535238	0.0393699
inçH₂O	249.089	0.00249089	0.00245832	0.00254	0.0361273	25.400	1.86833	1	0.0735559
inçHg	3386.39	0.0338639	0.033421	0.0345316	0.491154	345.316	25.4001	13.5951	1

Tablo 2.1: Basıncı dönüştürme tablosu

Örnek 2.2: PSI göstergeli bir basınçlı hava kaynağı ile 4 barlık hava basıncı oluşturulmak istenirse kaynak göstergesinde okunacak değer ne olmalıdır?

İstenilen PSI'den bara dönüşümdür.

Tablo 2.1'e göre;

$$1Bar = 14.5038PSI \text{ ise } 4bar = 4 \times 14.5038PSI \quad 4Bar = 58.0152PSI \text{ bulunur.}$$

2.3. BASINÇ REGÜLATÖRÜ

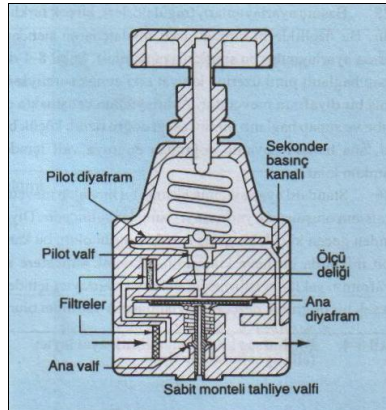
2.3.1. Regülatörün Yapısı

Basıncı regülatörleri birçok değişik tipte imal edilebilmektedir. Bunların çoğu, belli bir uygulama itibarıyla diğerlerinden fazla olarak bir veya iki üstünlüğe sahip olacak biçimde tasarlanmaktadır. Her biri biraz farklı bir tasarımda ve yapıda olmasına rağmen basınç regülatörlerinin tümü, esas itibarıyla aynı çalışma prensibini izler. Bir diyafram tipi basınç ayar valfinin çalışması ile ilgili olarak aşağıda verilen açıklama, Resim 2.1'in incelenmesiyle daha açık biçimde anlaşılabilir. Dağıtıcı (veya kollektör) basınç hattı, valfin giriş ağzına bağlıdır. Çıkış (veya ayar) hattı ise çıkış ağzına bağlanmıştır.

Ayar vidası ve yay üzerinde etki eden hiçbir kuvvet mevcut olmaması hâlinde (sıfır basınç durumunda), regülatör içinde hiç akış yoktur. Bu durumda sızdırmazlık elemanı; valfin hemen altında bulunan küçük bir yay ve giriş hattındaki basınç vasıtasıyla yuvasına bastırılarak kapalı konumda tutulur. Ayar vidası içeri doğru sıkıldığında yayın sıkıştırılarak diyaframa daha fazla baskı yapması ve böylece diyaframı aşağı doğru iterek sızdırmazlık elemanını açması sağlanır. Sızdırmazlık elemanı, subap iğnesi vasıtasıyla diyaframa bağlı olduğu ve diyaframın herhangi bir hareketi elemana iletildiği için diyafram hareketi, elemanı açık konumda olmaya zorlar. Sızdırmazlık elemanı, yay kuvvetinin etkisiyle açık konumda olduğu sürece havanın valf içinden geçerek çıkışa doğru akabilmesi sağlanır. Hava regülatör çıkışı içinden geçerken küçük bir miktar diyaframın alt tarafına kaçır ve diyaframı yay basıncına karşı yukarı doğru itmeye çalışır. İkincil basınç, yay basıncına eşit olduğunda sızdırmazlık elemanı yukarı doğru çekilerek valf ağzını tamamen kapatır. İkincil hava kullanıldıkça hat basıncı düşer ve diyaframın aşağı doğru hareket edebilmesine izin verir. Bu da daha fazla havanın valf içinden geçebilmesini mümkün kılar. Valfin sistem içindeki etkisinin “akış” ve “sıfır akış” durumu cinsinden tanımlanmış olmasına karşın bu değişiklik veya ayar etkisinin hava hattı kullanıldığı sürece devamlı olarak meydana geldiği hususu hiçbir zaman unutulmamalıdır. Örneğin; eğer ana hat basıncı 6 bar ise ve tali hat basıncı da 2.7 bar değerine ayarlanmışsa tali hatta bulunan hava kullanılmakta iken diyafram, yay basıncı karşısında devamlı olarak yukarı ve aşağı doğru hareket eder. Diyaframın hareketi valfin tamamen açılıp kapanmasını sağlayamaz fakat tali hat içinde hava kullanıldığı sürece sürekli olarak sabit bir basınç elde edilebilecek şekilde gerekli değişikliği sağlar.



Resim Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..1: Basınç regülatörleri



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..2: Basınç regülatörünün kesit görünüşü

Bu tip bir ayar valfi hakkında hatırla tutulması gereken üç nokta daha vardır. Birincisi; basınç tahliyesi sağlayacak özellikte olmayan tahliyesiz regülatörde, sistemdeki yük şartları tali hatta veya valf çıkışındaki basınç hattında aşırı yüksek basınçlara neden olursa bu fazla basınç miktarını, regülatör vasıtasıyla hava tahliyesi yapmak suretiyle normal değere düşürme imkânı yoktur. İkincisi; ana ve tali hatlar yüklü durumda iken ve regülatör belli bir basınç değerine ayarlanmış ise havanın ilk kullanımı esnasında ve çıkış debisinin $0\text{m}^3/\text{dak}$ 'dan pnömatik alet veya ekipmanın ihtiyaç gösterdiği değere çıkması sırasında çıkış basıncı bir düşüş gösterir. Bu Bernouille etkisinin bir sonucudur. Üçüncü önemli nokta da şudur: Çıkış debisi gerekli en büyük seviyeye yükselirken basınçta hafif bir azalma meydana gelir. Pnömatik sanayideki yaygın adıyla “kuvvetten düşme” veya “takat düşüklüğü” denilen bu durum, artan dâhilî sürtünme nedeniyle ortaya çıkan basınç kaybının bir sonucudur.

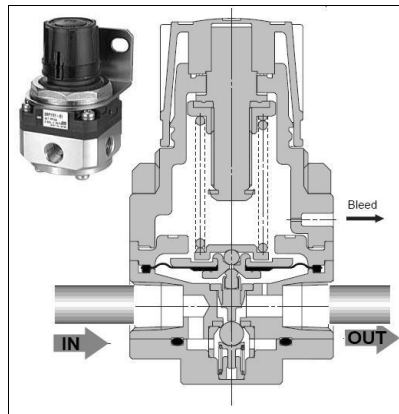
2.3.2. Kullanıldığı Yerler

Basınç regülatörleri hava akımının veya basınçlı havanın kullanıldığı her yerde kullanılmaktadır. Başlıca kullanım alanlarını şunlardır:

- Basınçlı hava kaynağı çıkışında sabit basınçta hava elde etmek için
- Doğalgaz sistemlerinde reglaj amaçlı
- LPG ünitelerinden sabit basınçta gaz elde edebilmek için
- Oksijen gazı dağıtım sistemleri
- Otomotiv sanayi
- İklimlendirme sistemleri

2.3.3. Montaj Şekilleri

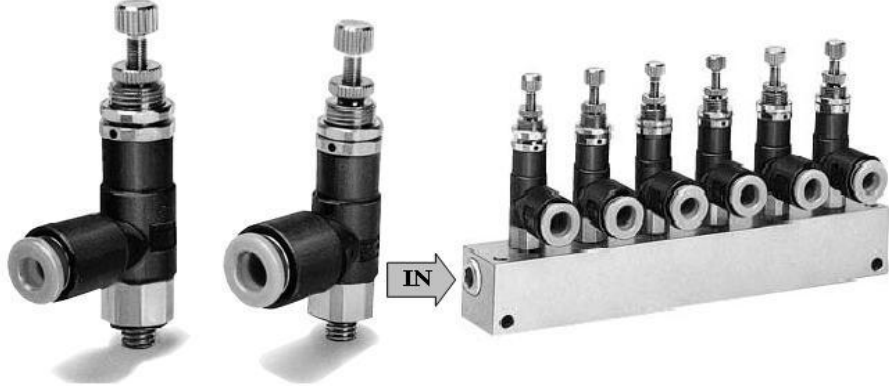
Basınç regülatörleri sisteme seri bağlanır. Gelen basınçlı havayı ayarlamak için kullanılır.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..3: Basınç regülatörünün montaj şekli

Sabit basınçlı hava elde edebilmek için Şekil 2.4'te görüldüğü gibi regülatör hava hattına seri bağlanır. Regülatörlerin kullanım alanlarına göre montaj şekilleri de değişir.

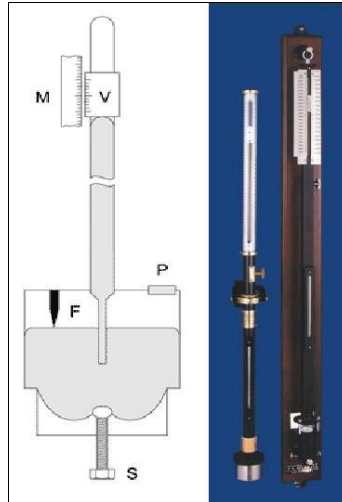
Farklı basınçlarda hava elde edebilmek için kullanılan sıralı minyatür regülatörler aşağıda olduğu gibi bağlanır.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..4: Çoklu basınç regülatörünün sıralı dizilişi

2.4. Fortin Barometresi

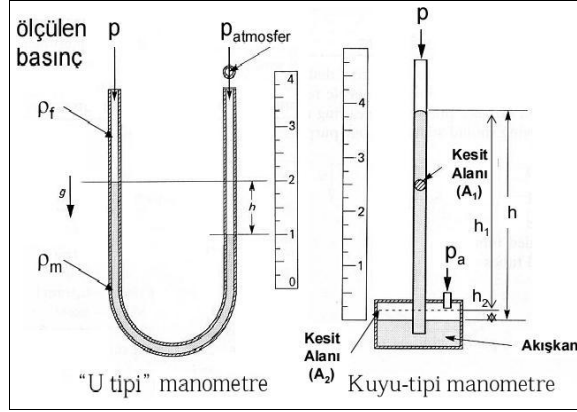
Hazne içindeki cıva seviyesinin ayarlanabildiği taşınabilir cıvalı barometredir. Bu barometrede değer okunmadan önce hazne içindeki cıva seviyesi bir ayar vidası yardımıyla değeri sıfır olan referans noktasına ayarlanır.



Şekil 2.5: Fortin barometresi

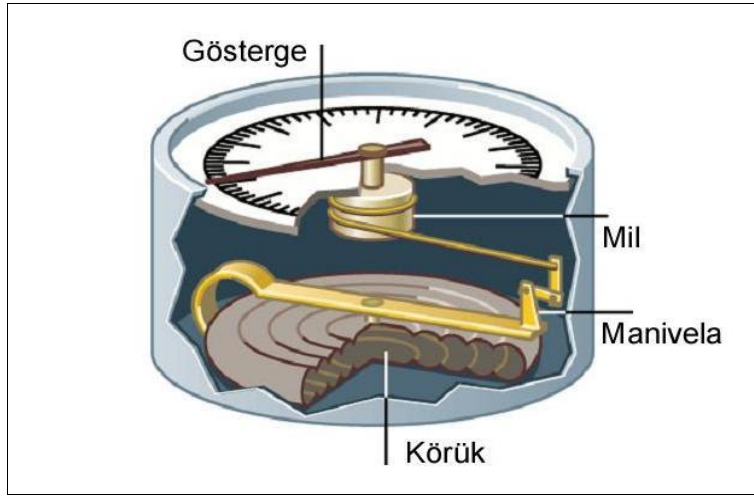
2.4.1.Cıva Sütunlu Barometreler

En basit tipte manometredir. Özellikle laboratuvarlar da sürekli rejimde akışkan basınçlarının ölçülmesi için yaygın olarak kullanılır. Bunlara örnek olarak U tipi, kuyu tipi ve eğik manometreler sayılabilir. İçlerine konulan uygun sıvıların yüksekliklerinin ölçülmesi ile doğrudan doğruya istenen basınç veya basınç farkları bulunabilir.



Şekil 2.6: Cıva sütunlu barometrelere örnekler

2.4.2. Aneroid Barometreler



Şekil 2.7: Aneroid barometre

Şekilde görüldüğü gibi sistemin çalışması, içi vakumlanmış diyafram özelliğine sahip metal bir kapsülün atmosfer basıncından etkilenecek büzülmesi veya genişmesi esasına dayanır. Yapılan vakumlama atmosfer basıncından daha küçük ve sabit olduğu için atmosfer basıncı değişimine duyarlıdır. Atmosfer basıncı arttığında diyafram hareket eder ve kapsül büzülür. Atmosfer basıncı azaldığında kapsül genişler. Bu büzülme ve genişleme değişimi, kapsüle sabitlenmiş çubuk sayesinde yapılan doğrusal hareket çeşitli mekanizmalarla (dişli çarklar, yaylar) ölçeklendirilmiş kadrandaki ibreye iletilir. İbrenin gösterdiği değer, atmosfer basıncını göstermektedir. Bu barometreler, mekanik aksamalardan dolayı cıvalı barometrelere göre hassasiyeti azaltmaktadır. Fakat sıcaklık etkisinin çok az olması ve kalibrasyon kolaylığı avantajıdır.

2.5. U Tipi Manometreler

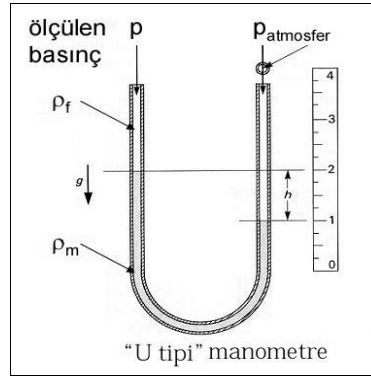
2.5.1. U Tipi Manometrenin Tanımı ve Yapısı

U şeklinde kıvrılmış cam veya plastik gibi şeffaf bir boru içine yaklaşık orta seviyelerine kadar uygun bir akışkan konur. Bu manometrenin bir koluna ölçülmek istenen basınç uygulansın. Diğer ucu ise atmosfere açık olsun. Pa manometre kollarındaki sıvı yükseklikleri farklı seviyelerde dengede kalır. Bu seviyeler arasındaki toplam fark h , basıncı ileten akışkan yoğunluğu ρ_f , manometrede kullanılan sıvının yoğunluğu ρ_m ve yer çekimi g ise iki koldaki basınçların dengesi için:

$$p_a + gh\rho_m = p + gh\rho_f \Rightarrow p - p_a = gh(\rho_m - \rho_f)$$

197

olur.



Şekil 2.8: U tipi manometre

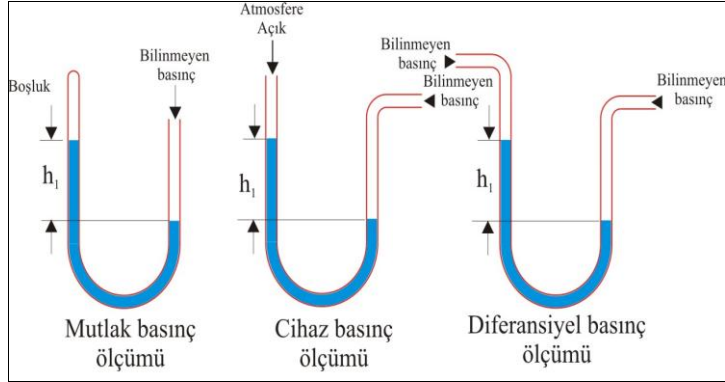
U tipi manometrede h yüksekliği çıplak gözle ± 2 mm hassasiyetle ölçülebilir. Manometrede çoğunlukla saf su, alkol ve cıva kullanılır. Bu akışkanların yoğunlukları tablolardan % 0.005 hassasiyetle elde edilebilir. Görüldüğü gibi manometre sıvısının yoğunluğunun sonuç üzerindeki hataya katkısı çok azdır. Hassasiyetin artırılması için okumanın çok dikkatli yapılması gerekir. Ayrıca basıncı aktaran bağlantı tüpünün de uzunluğu çok fazla olmamalıdır.

2.5.2. U Tipi Manometrenin Kullanım Alanları

U tüplü manometrelerin endüstrideki kullanımı fazla değildir. U tüplü manometrelerin asıl kullanım yerleri endüstride kullanılan diğer enstrümanların kalibrasyonunun yapıldığı yerlerdir. Ayrıca laboratuvar ortamlarında gözleme dayalı deneysel çalışmalar için kullanılır. En büyük dezavantajı yakından ölçüm yapılmak zorunda olmasıdır. Bu da hızlı cevap getirirken uygulamalarda manometre başında mutlaka bir görevli olmasını ve bu görevlinin basınç değişikliklerini anında bildirmesini gerektirir. Bu kullanım zorlukları U tüplü manometrelerin endüstrideki kullanımını kısıtlamaktadır.

2.5.3. U Tipi Manometrenin Çeşitleri

U tipi manometre yapısal olarak tek çeşittir. Ölçülmesi istenilen basınca göre şekil alır.



Şekil 2.9: U tipi manometre ile yapılan temel basınç ölçümleri

Şekil 2.9’da görüldüğü gibi U tipi manometre kullanılarak her türlü basınç ölçümü yapılabilir. Bu da U tip manometreyi kalibrasyon masalarının vazgeçilmez ölçü aleti hâline getirmektedir. Fakat cıvanın zehirleyici özelliğini göz ardı etmemek gerekir. Cıva buharını solumamak gerekir. Ölçüm sırasında okuma hatasını en aza indirmek de başlıca kalibrasyon kuralı olacaktır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Çeşitli basit barometreler kullanarak basınç ölçümü yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Fortin barometresini basınç kaynağına bağlayınız. ➤ Kaynağın basıncını çeşitli değerlere ayarlayınız. ➤ Okunan basınç değerini kaydediniz. ➤ U tipi manometreye yeteri kadar cıva koyunuz. ➤ U tipi manometreye ayarlı basınç uygulayınız. ➤ Cıva yüksekliğini ölçünüz. ➤ Basıncı hesaplayıp kaydediniz. ➤ Sonuç raporu hazırlayınız.	➤ Ayarlı basınç kaynağını kuru hava verecek şekilde filtre edildiğinden emin olunuz. ➤ Kaynak çıkışının barometreye uygun bağlantı elemanları kullanarak hava bağlantısını yapınız. ➤ Basıncı havayı ayarlamayarak kademeli olarak artırınız. ➤ Farklı bir basınçölçer ile ayarladığınız değeri okuyup barometreden ölçtüğünüz değerle farkını yazınız. ➤ En az on değer alınız. ➤ U tipi manometreye kol uzunluğunun $\frac{1}{4}$'ü kadar cıva koyunuz. ➤ Manometreyi ayarlı basınç kaynağına uygun bağlantı elemanları kullanarak bağlayınız. ➤ Basıncı havayı ayarlayarak kademeli olarak artırınız. ➤ Kollar arasındaki yükseklik farkını ölçüp basıncı mmHg cinsinden hesaplayınız. ➤ Farklı bir basınçölçer ile ayarladığınız değeri okuyup barometreden ölçtüğünüz değerle farkını yazınız. ➤ En az on değer alınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Birim yüzeye uygulanan kuvvete ne denir?
 - a) Kütle
 - b) Basınç
 - c) Sıcaklık
 - d) Yer çekimi ivmesi
2. 10 kg'lık bir kütle 10 cm² alana uyguladığı basınç ne kadardır (g=10)?
 - a) 10 kgf
 - b) 98,1 mmHg
 - c) 10 pascal
 - d) 100 bar
3. 10 kgf/cm² basınç kaç bar eder?
 - a) 980665 bar
 - b) 98,1 bar
 - c) 0,981 bar
 - d) 9,81 bar
4. 100 mmHg kaç atmosfer basıncına eş değerdir?
 - a) 0,131579 atm
 - b) 100 atm
 - c) 3,34211 atm
 - d) 13,3322 atm
5. 10 torr basınç kaç bar eder?
 - a) 0,013 bar
 - b) 0,13333 bar
 - c) 5,35 bar
 - d) 9,81 bar
6. 10 inçH₂O kaç kgf/cm² basıncına eş değerdir?
 - a) 0,0254 kgf/cm²
 - b) 52,02 kgf/cm²
 - c) 254 kgf /cm²
 - d) 18,6 kgf / cm²

7. Basınçlı havayı sürekli aynı basınçta ayarlamaya yarayan alete ne denir?
- a) Baskül
 - b) Regülatör
 - c) Manometre
 - d) Barometre
8. Aneroid barometre hangi esasa dayalı basınç ölçümü yapar?
- a) Metalin ısınması
 - b) Şekil değişikliği
 - c) Telin kırılması
 - d) Büzüşme
9. Bir binanın yüksekliği hangi barometre ile ölçülebilir?
- a) U tipi
 - b) Aneroid barometre
 - c) Buordon tüpü
 - d) Standart guage
10. Bir ucu kapalı U tipi manometre ile ne tür basınç ölçülür?
- a) Diferansiyel basınç
 - b) Mutlak basınç
 - c) Atmosfer basınç
 - d) Gösterge basıncı

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Çeşitli basınç transdüserleri kullanarak basınç ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz.

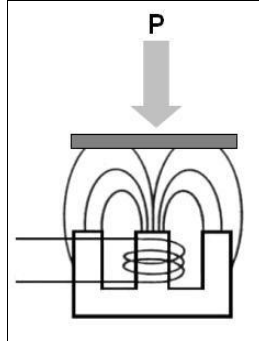
ARAŞTIRMA

- 4-20 mA akım standardı nedir? Bağlantı şekillerini araştırıp defterinize not ediniz.
- Endüstriyel iletişim standartları nelerdir? Öğreniniz.
- Piezo elektrik elemanların kullanım alanlarını araştırınız.

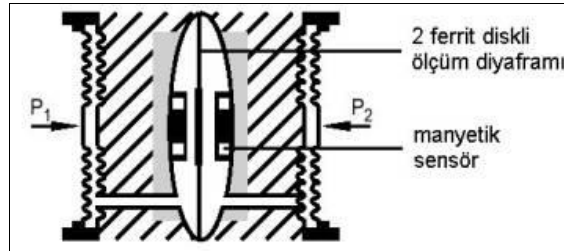
3. BASINÇ TRANSDÜSERLERİ

3.1. Endüktif Esaslı Basınç Transdüserleri

Endüktif esaslı basınç transdüserlerinde üzerine basınç düşen metalik diyaframın bir bobinin öz endüktansını değiştirme etkisi kullanılır.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..2: Endüktif basınç sensörünün çalışma prensibi



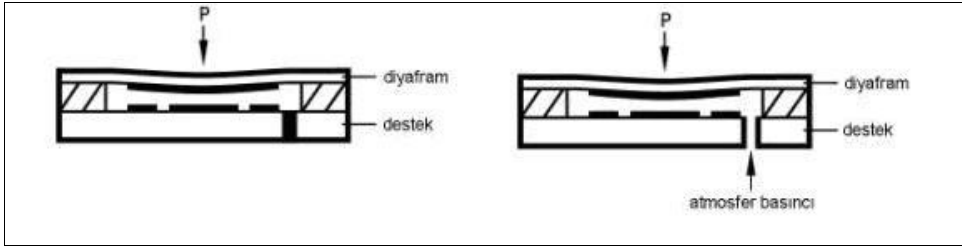
Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..3: Diferansiyel basınç ölçümünde kullanılan endüktif basınç sensörü

Endüktif esaslı basınç sensörlerindeki temel yaklaşım bobinin endüktansının değişmesidir. Bunu sağlamak için kurulan mekanik yapılar değişkenlik arz edebilir. Bu tür basınç sensörleri özel amaçlar için üretilir ve pahalıdır. Özellikle sıcaklık etkileşimini en aza indirmede kullanılır.

3.2. Kapasitif Esaslı Basınç Transdüserleri

Kapasitif basınç göstergeleri, genellikle diferansiyel basınç ölçümü için kullanılır. Sıcaklığın etkisi iyi ayarlanabilir. Pahalıdır.

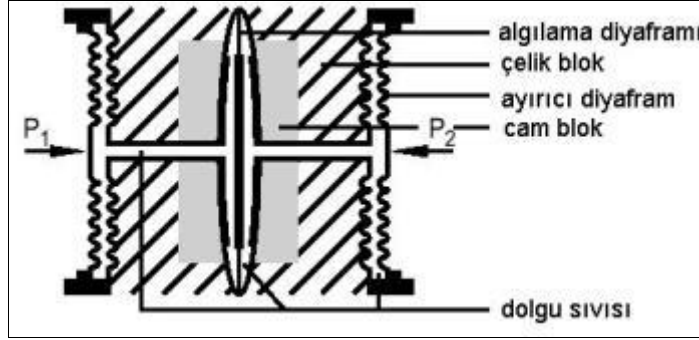
Prensibi elastik diyaframın ve karşısındaki duvarın üstüne veya gövde yüzeyine bir elektrot konulmasıdır. Bu, kondansatörü oluşturur. Diyaframa basınç uygulanırsa elektrotlar arası mesafe azalır ve kondansatörün kapasitesi (sığası) değişir. Elektrotlar arası mesafe sıvı veya havayla doldurulabilir.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..4: Kapasitif basınç sensörünün prensip yapısı

Şekil 3.3'te örnek bir çizim görülmektedir. Kılcal delikler atmosferle bağlantıyı sağlar. Dolayısıyla burada atmosfer basıncının da hesaba katıldığı özel bir diferansiyel basınç ölçümüyle vardır. Nemdeki farklılıklar ölçülen değerleri etkileyebilir.

Kapalı bir sistemde referans elektrotun fonksiyonlarından biri de sıcaklık etkilerini ayarlamaktır. Bilhassa iç bölmenin kapalı olduğu tiplerde içteki hava ısınır, genişler ve plaka mesafesini artırır. Bu etki, referans elektrotlar yardımıyla da ayarlanabildiği hâlde kapasitif mutlak basınç sensörü, diferansiyel basınç sensörlerine iyi ve ucuz bir alternatiftir.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..5: Diferansiyel kapasitif basınç Sensörünün iç yapısı

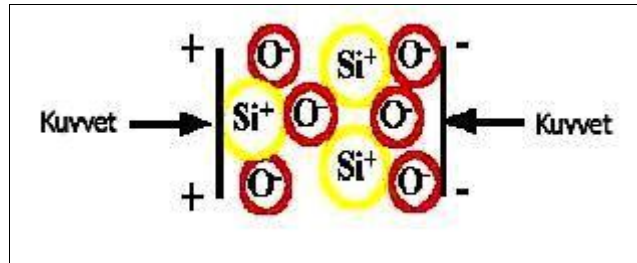
Diferansiyel basınç ölçümlerinde genellikle aynı tip iki kapasitörü olan sistemler kullanılır. Basınç değiştiğinde kapasite de zıt yönde değişir. Örneğin, birinin kapasitesi artarken diğerininki azalır. Bahsedilen diferansiyel bir kapasitördür. Eğer içte bir diyafram ve iki ayırım diyaframı (ortamdan/akışkandan) varsa iki bölmeli bir sürüm; eğer sadece dışa açık iki diyafram varsa tek bölmeli sürümüdür.

3.3. Kuvars Elektrostatik Basınç Transdüserleri

Dinamik basınç algılayıcıları, piezoelektrik etkiyi kullanır. Kuvars malzemeler 400 kHz gibi çok yüksek bir frekans aralığında doğrusal çıkış verebilir ve büyük statik basınç değerlerinin üzerindeki yüksek frekanslı fakat küçük genlikli dalgalanmaları ölçebilir.

Endüstride pompa basıncının, hidrolik ve pnömatik basınç hatlarının izlenmesi ve kontrolü; akış kaynaklı titreşimlerin incelenmesi; kavitasyon, su darbesi, pulsasyon, akustik ölçümler; havacılık testleri; valf dinamiği, patlayıcı ve silah testleri; içten yanmalı motor testleri bu algılayıcılar kullanılarak yapılabilmektedir.

"Piezo" kelimesi Yunanca sıkamak anlamına gelmektedir. Piezoelektrik elemanlar bir dış kuvvet altında kaldıkları zaman karşılıklı yüzeyleri üzerinde bir elektrik yükü oluşur.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..6: Kuvars kristalinin yapısı

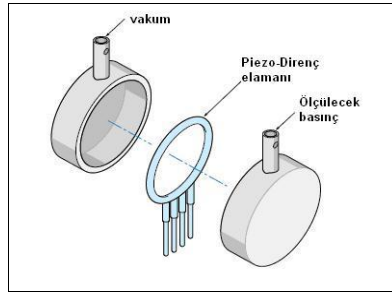
Şekil 3.5'te gösterilen büyük daireler silikon atomlarını, küçük olanlar ise oksijen atomlarını belirtmektedir. Doğal ya da işlenmiş kuvars kristali, en hassas ve kararlı piezoelektrik malzemelerden biridir. Doğal malzemelerin yanı sıra yüksek teknolojilerle üretilen polikristalin ve piezoseramik gibi malzemeler de yüksek elektrik alana maruz bırakıldıklarında piezoelektrik özellik kazanmaları sağlanabilmektedir. Bu kristaller çok

yüksek değerlerde yük çıkışı üretir. Bu özellikleri sayesinde de özellikle düşük genlikli sinyallerin ölçülmesinde kullanılır.

Basma kuvvetini temel alan tasarım, yüksek bir dayanıklılık göstermektedir. Bu özelliği sayesinde yüksek frekanslı basınç ve kuvvet ölçümlerinde kullanılmaktadır. Olumsuz özelliği, sıcaklık değişimlerine hassas olmasıdır.

3.4. Piezo-Direnç Tipi Basınç Transdüserleri

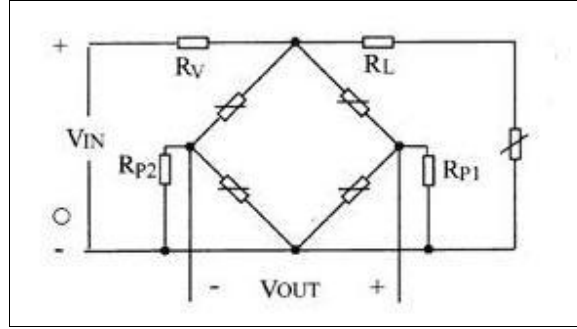
Bazı endüstriyel basınç sensörleri, silikonun piezo direnç özelliğini kullanır. Piezo direnç elemanı basıncı doğrudan dirence dönüştürür ve direnç değişimi körü yardımıyla gerilime dönüştürülebilir. 0-1.5 psi ile 0-200.000 psi arasında basınç değerleri için ideal kullanıma sahiptir.



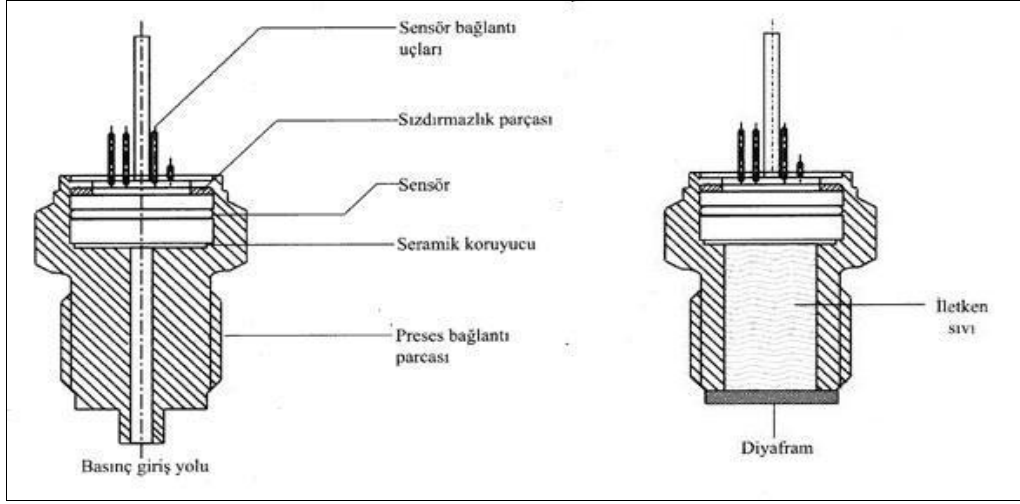
Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..7: Piezo-direnç esaslı basınç sensörünün şekli

Piezoelektrik sensörler, diyaframa uygulanan basıncı, köprü şeklinde yerleştirilmiş bükülmeyle değer değiştiren dirençleri uyarmasıyla çalışır. Köprü uçlarındaki gerilimin değişimi, bir elektronik kart yardımıyla istenilen değere çevrilerek okunur. Piezo elektrik sensörlerin başlıca avantajları hiçbir mekanik parçasının bulunmaması ve sıkça ayar gerektirmemesidir. Elektronik kartlarının yardımıyla yüksek doğrulukta ve tekrarlanabilir ölçüm alınabilir. Küçük boyutları ve kompakt yapıları sayesinde her süreçte kullanılabilir. Değişik ölçü ve kontrol aletleri ile kullanılabilmesi için çok çeşitli çıkış bilgisine sahiptir.

Şekil 3.7 ve 3.8’de piezo sensörün iç yapısı görülmektedir. Sanayide, oluşabilecek mekanik darbelerden, fiziksel veya kimyasal etkilerden koruma amaçlı olarak sensör, seramik bir koruyucu içine yerleştirilir. Daha sonra aşağıdaki resimde görüldüğü gibi süreç bağlantısına uygun bir metal yapıya oturtulur. Sensörle birlikte çalışacak cihazın giriş yapısına uygun elektronik kart ilave edilerek piezo sensör, elektronik kartla birlikte bağlantı soketinin tespit edileceği paslanmaz tüp içine yerleştirilir.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..8: Piezo elektrik sensörün köprü bağlantısı



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..9: Piezo elektrik sensörün iç yapısı

3.4.1. Piezo Direnç Basınç Sensörünün Genel Özellikleri

Ölçüm aralığı : 0~1000 bar

Doğruluk sınıfı :

%0,5

Sensör tipi :

Piezo

direnç

Diyafram :

P tiplerinde seramik, F tiplerinde 304/316 paslanmaz çelik

Oturma zamanı :

10

msn.

Besleme gerilimi :

12-32VDC

Çıkış :

4-20mA standart iki telli, 0-20mA üç telli, 0-10 VDC üç telli

Bağlantı :

P tip R1/2 gaz dış, F tip ND 6....40 . NW 10....200

Anahtar ağzı :

SW

27

Gövde :

304

paslanmaz

çelik

Koruma sınıfı :

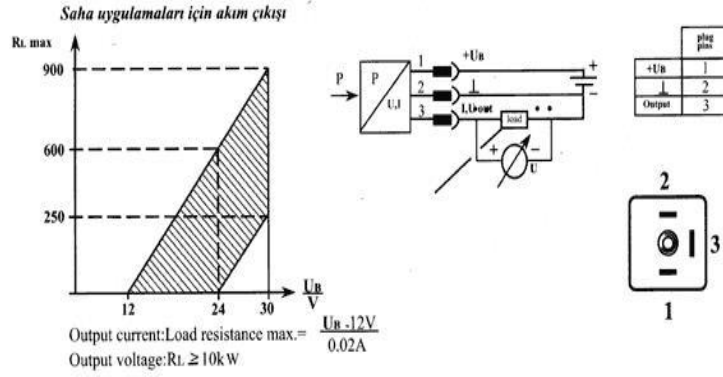
IP 65 soketli tip, IP 66 sabit kablolu tip

Soket :

DIN 43650 FİŞ, PİRİZ



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..10: Saha uygulamaları için bağlantı şekli



Resim Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..1: Çeşitli tiplerde basınç sensörleri

Çeşitli tip ve şekildeki basınç transdüserleri genellikle çelik gövdeli darbe dayanımlı olarak imal edilir. Basınç uygulama girişleri çeşitli ölçülerde bağlantı elemanı içerebilmektedir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Çeşitli basınç transdüserleri kullanarak basınç ölçümü yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Piezo-direnç tipi basınç algılayıcısını (manometre) ayarlı basınç kaynağına bağlayınız. ➤ Kaynağın basıncını çeşitli değerlere ayarlayınız. ➤ Okunan basınç değerini kaydediniz. ➤ Basınç değişimine göre transdüserin çıkış değişimini kaydediniz. ➤ Oransal basınç değişimini akım olarak ifade ediniz. ➤ Sonuç raporu hazırlayınız.	➤ Ayarlı basınç kaynağının kuru hava verecek şekilde filtre edildiğinden emin olunuz. ➤ Kaynak çıkışını piezo-direnç tipi basınç algılayıcısının (manometre) uygun bağlantı elemanlarını kullanarak hava bağlantısını yapınız. ➤ Basıncı havayı ayarlamadan kademeli olarak artırınız. ➤ Transdüser çıkışını 4-20 mA akım standardına göre bağlayınız. ➤ Uygulanacak basınca göre zero ve span ayarlarını yapınız. ➤ Uygulanan basınca karşılık gelen akım değerini kaydediniz. ➤ Aldığınız değerleri tablo hâlinde yazınız. ➤ Sonuçları yorumlayarak rapor hazırlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Bobinin endüktansını değiştirme esasına dayalı ölçme yapan sensörlere ne ad verilir?
 - a) Kapasitif
 - b) Endüktif
 - c) Dirençsel
 - d) Piezo-Elektrik
2. Sıcaklık etkileşiminin en fazla olduğu ortamlarda hangi tür basınç sensörü kullanılır?
 - a) Kapasitif
 - b) Endüktif
 - c) Dirençsel
 - d) Piezo-Elektrik
3. Diferansiyel basınç ölçümü için genellikle hangi tür basınç sensörü kullanılır?
 - a) Piezo-elektrik
 - b) Endüktif
 - c) Dirençsel
 - d) Kapasitif
4. Diyaframın esnemesiyle sığa değişimi esasına dayalı çalışan sensörlere ne denir?
 - a) Kapasitif
 - b) Endüktif
 - c) Dirençsel
 - d) Piezo-elektrik
5. Kuvvet uygulandığında elektrik üreten elamanın adı nedir?
 - a) Endüktif
 - b) Piezo-elektrik
 - c) Dirençsel
 - d) Kapasitif
6. Uygulanan basınçla köprü direnci değişen sensörlere ne denir?
 - a) Kapasitif
 - b) Endüktif
 - c) Piezo-direnç
 - d) Piezo-elektrik

7. Çok yüksek basınçların ölçülmesinde hangi tür basınç sensörü kullanılır?
- a) Piezo-direnç
 - b) Endüktif
 - c) Kapasitif
 - d) Piezo-elektrik
8. İçinde direnç köprüsü bulunan transdüserler aşağıdakilerden hangisidir?
- a) Piezo-direnç
 - b) Endüktif
 - c) Kapasitif
 - d) Piezo-elektrik
9. Sıcaklık değişiminden en çok etkilenen basınç transdüseri hangisidir?
- a) Kapasitif
 - b) Endüktif
 - c) Dirençsel
 - d) Piezo-elektrik
10. Aşağıdakilerden hangisi basınç transdüseri çeşidi değildir?
- a) Kapasitif
 - b) Endüktif
 - c) Dirençsel
 - d) Piezo-elektrik

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

DP/Cell kullanarak basınç ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Diferansiyel basınç ölçümünün kullanıldığı yerler nerelerdir? Araştırınız.
- Fark basınç transdüseri üreticileri bularak internetten araştırınız.
- Şehirlerin içme suyu depolarının seviyesinin nasıl ölçüldüğünü araştırınız.

4. DP/CELL (FARK BASINÇ TRANSDÜSERİ)

4.1. DP/Cell nedir?

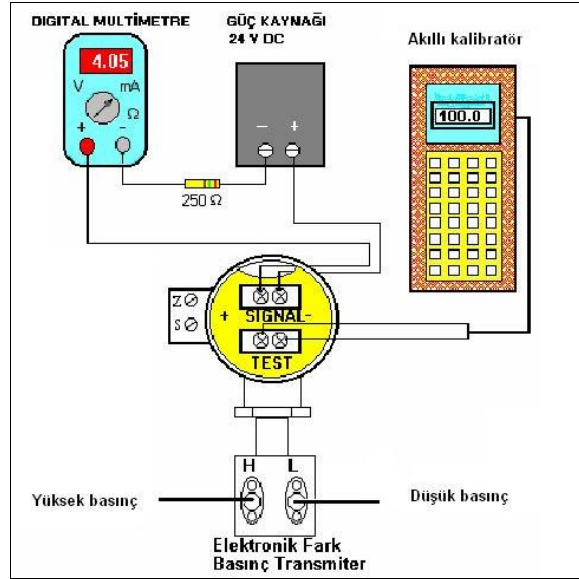
İngilizce “Differential Pressure Cell” kelimelerinin kısaltmasıdır. Fark basınç transdüseri olarak Türkçe’ye çevrilmiştir. Genellikle akış ölçümünde kullanılır. İki ayrı kaynağın arasındaki basınç farkını ölçen ve bunu standart çıkış büyüklüğü olarak ifade eden cihazlardır.



Şekil 4.11: Elektronik DP/Cell (Fark basınç transdüseri)

DP/Cell fark basınç ölçme amaçlı yapıldığı için her tür basınç ölçümü yapılabilir. Ölçüm çıkışı genellikle 4-20 mA akımdır ve bu zero span ayarı ile ayarlanabilir. Bazı tipleri ise akıllıdır. Çıkışı direkt olarak sayısal ifade eder. Sisteme bağlantısı için ne tür basınç ölçüleceği önemlidir. Hem ıslak hem kuru çalışanları mevcuttur.

4.2. DP/Cell ile Diferansiyel Basınç Ölçümü

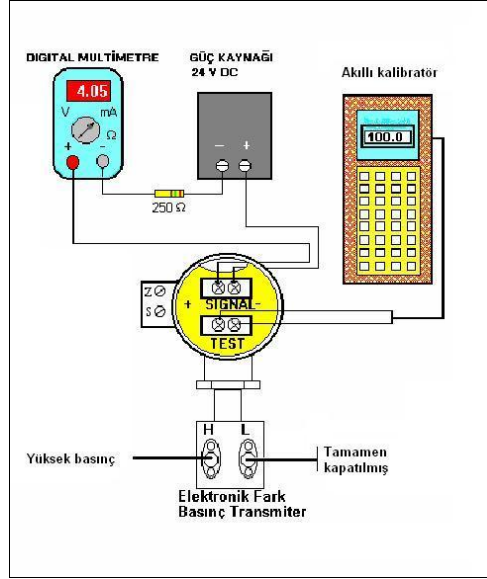


Şekil 4.12: DP/Cell kullanarak diferansiyel basınç ölçümü

DP/Cell sisteme bağlanırken daha düşük basınç (LOW) girişine daha yüksek basınç (HIGH) girişine bağlanır. Bu türden basınç ölçümü genellikle sıvı akış veya sıvı seviye ölçümünde kullanılır. Zero (sıfır) ve span (üst) ayarları, seviyenin minimum ve maksimumuna göre ayarlanır.

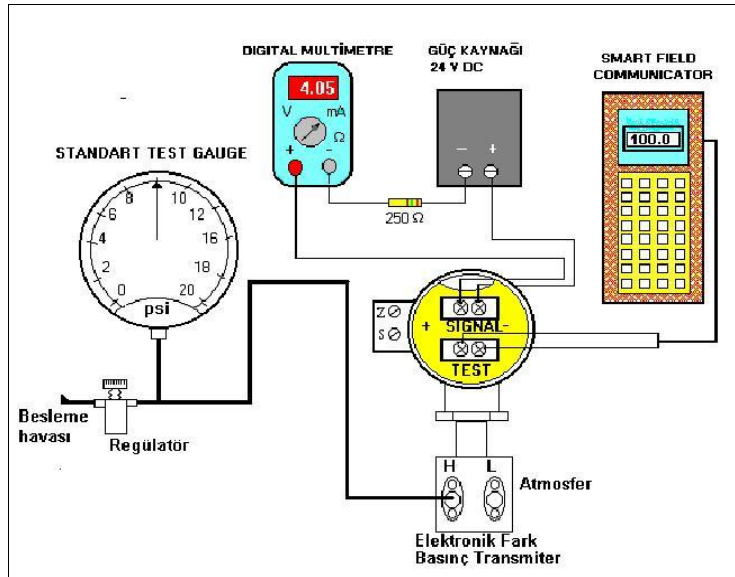
4.3. DP/Cell ile Mutlak Basınç Ölçümü

Mutlak basınç ölçümünde düşük basınç girişi körlenir. Yani kapatılarak herhangi bir basınca maruz kalması önlenir. Böylece ölçülen değer, mutlak basınç olacaktır. Bu türden ölçümler barometrik ölçümlerdir. Atmosfer basıncının ölçülmesinde kullanılabilir. Ayrıca atmosfer basıncının değişkenlik arz ettiği durumlarda kullanılır.

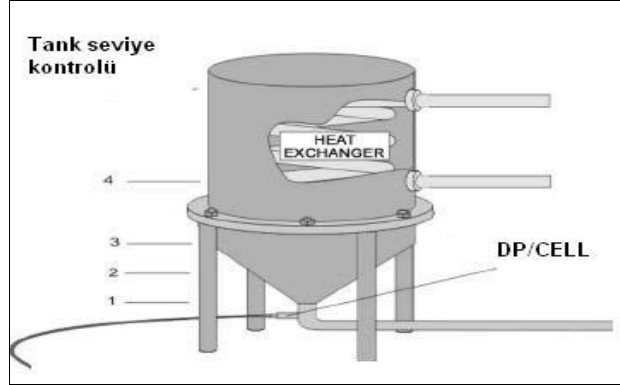


Şekil 4.13: DP/Cell kullanarak diferansiyel basınç ölçümü

4.4. DP/Cell ile Gösterge Basıncı Ölçümü



Şekil 4.14: DP/Cell kullanarak gösterge basıncının ölçülmesi



Şekil 4.15: DP/Cell kullanarak tank seviyesinin ölçülmesi

Gösterge basıncı, bir ucu atmosfere açık yapılan basınç ölçümüdür. Bu şekilde yapılan basınç ölçmelerine “guage pressure (gösterge basıncı)” denir. Endüstriyel basınç ölçümlerinde genellikle bu türden basınç ölçmeleri kullanılır. Tank seviyesinin ölçülmesinde, standart basınç ölçmelerinde genellikle bu yöntem kullanılır.

UYGULAMA FAALİYETİ

DP/CELL kullanarak basınç ölçümü yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ DP/Cell'i kaideye bağlayınız. ➤ DP/Cell'le elektriksel bağlantı yapınız. ➤ DP/Cell'i ayarlı basınç kaynağına bağlayınız. ➤ DP/Cell'i ölçülecek basınç değer aralığına ayarlayınız. ➤ DP/Cell'den çıkış değerini ölçüp kaydediniz. ➤ Sonuç raporu hazırlayınız.	➤ DP/Cell'i uygun bir kaideye monte ediniz. Mekanik olarak sabit olduğundan emin olunuz. ➤ DP/Cell'le Şekil 1.4'te olduğu gibi 4-20mA akım hattına bağlayınız. Kaynak olarak 24 volt DC kaynak kullanınız. ➤ Ayarlı basınç kaynağını kuru hava verecek şekilde filtre edildiğinden emin olunuz. ➤ DP/Cell'le manometre uygun bağlantı elemanlarını kullanarak hava bağlantısını yapınız. ➤ DP/Cell'in ölçeceği minimum basıncı veriniz ve zero ayarını kullanarak akımı 4 mA getiriniz. ➤ DP/Cell'in ölçeceği maksimum basıncı veriniz ve span ayarını kullanarak akımı 20 mA getiriniz. ➤ Basınçlı havayı ayarlamayarak kademeli olarak artırınız. ➤ Uygulanan basınca karşılık gelen akım değerini kaydediniz. ➤ Aldığınız değerleri tablo hâlinde yazınız. ➤ Sonuçları yorumlayarak rapor hazırlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. DP/Cell'in bir ucu atmosfere açık ölçmelere ne denir?
 - a) Mutlak basınç
 - b) Gösterge basıncı
 - c) Diferansiyel basınç
 - d) Atmosfer basıncı
2. DP/Cell'in bir ucu tam kapalı ölçmelere ne denir?
 - a) Mutlak basınç
 - b) Gösterge basıncı
 - c) Diferansiyel basınç
 - d) Atmosfer basıncı
3. DP/Cell'in her iki ucunda basınç uygulanarak yapılan ölçmelere ne denir?
 - a) Mutlak basınç
 - b) Gösterge basıncı
 - c) Diferansiyel basınç
 - d) Atmosfer basıncı
4. DP/Cell ile akış ölçmek için ne tür basınç ölçmek gerekir?
 - a) Mutlak basınç
 - b) Gösterge basıncı
 - c) Diferansiyel basınç
 - d) Atmosfer basıncı
5. DP/Cell ile depo seviyesi ölçmek için ne tür basınç ölçmek gerekir?
 - a) Mutlak basınç
 - b) Gösterge basıncı
 - c) Diferansiyel basınç
 - d) Atmosfer basıncı
6. DP/Cell ile bir binanın yüksekliğini ölçmek için ne tür basınç ölçmek gerekir?
 - a) Mutlak basınç
 - b) Gösterge basıncı
 - c) Diferansiyel basınç
 - d) Atmosfer basıncı
7. Atmosfer basıncının etkisini ortadan kaldırmak için ne tür basınç ölçümü yapmak gerekir?
 - a) Mutlak basınç
 - b) Gösterge basıncı
 - c) Diferansiyel basınç
 - d) Atmosfer basıncı

8. DP/Cell'in ölçeceği minimum basınç değerine karşılık çıkış değeri kaç mA olmalıdır?
- a) 40 mA
 - b) 20 mA
 - c) 4 mA
 - d) 1 mA
9. DP/Cell'in ölçeceği maksimum basınç değerine karşılık çıkış değeri kaç mA olmalıdır?
- a) 40 mA
 - b) 20 mA
 - c) 4 mA
 - d) 1 mA
10. Aşağıdakilerden hangisi akım hattı için yük direnci değeridir?
- a) 250Ω
 - b) 2500Ω
 - c) 500Ω
 - d) 1500Ω

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Tüm ağırlık ölçülerini birbirine çevirebiliyor musunuz?		
2. Ağırlık ölçüm prensiplerini biliyor musunuz?		
3. Loadcell (Yük hücresi)'in sağlamlığını kontrol edebilir misiniz?		
4. Kullanılacak yere uygun "loadcell"i seçebilir misiniz?		
5. Basıncı tanımlayabilir misiniz?		
6. Basınç birimlerini birbirine dönüştürebiliyor musunuz?		
7. Regülatörü sisteme bağlayıp ayarlayabiliyor musunuz?		
8. Cıvalı barometreleri kullanıp basınç ölçebiliyor musunuz?		
9. U tipi manometre ile basınç ölçümü yapabiliyor musunuz?		
10. Basınç transdüserlerini sınıflandırabiliyor musunuz?		
11. Basınç transdüserlerinin kullanım alanlarını sayabiliyor musunuz?		
12. Piezodirenç transdüseri kullanarak basınç ölçümü yapabiliyor musunuz?		
13. DP/Cell ayarlayabiliyor musunuz?		
14. DP/Cell ile basınç ölçümü yapabiliyor musunuz?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ – 1 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	C
3	B
4	A
5	D
6	B
7	C
8	B
9	D
10	A

ÖĞRENME FAALİYETİ – 2 CEVAP ANAHTARI

1	B
2	A
3	D
4	A
5	A
6	A
7	B
8	D
9	A
10	B

ÖĞRENME FAALİYETİ – 3 CEVAP ANAHTARI

1	B
2	B
3	D
4	A
5	D
6	C
7	D
8	A
9	D
10	C

ÖĞRENME FAALİYETİ – 4 CEVAP ANAHTARI

1	B
2	A
3	C
4	C
5	B
6	D
7	A
8	C
9	B
10	A

KAYNAKÇA

- NOLTINGK B. E., Cihaz Teknolojisi 1 Mekanik Aletler, MEB, Eskişehir,
- 1994.PAR E. A., Endüstriyel Kontrol El Kitabı Cilt - 1, MEB, İstanbul, 2002.