T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

BİYOMEDİKAL CİHAZ TEKNOLOJİLERİ

BİYOMEDİKAL ELEKTROMEKANİK

522EE0149

Ankara, 2011

- 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 v
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 3
1. PNÖMATİK 3
1.1. Genel Kavramlar 4
1.2. Newton Yasası 4
1.3. Hava Basıncı 5
1.4. Boyle-Mariotte Yasası 7
1.5. Kontrol Tipleri 7
1.6. Kontrol İşareti Tipleri 8
1.8. Pnömatik Sistemlerin Kullanım Alanları 10
1.9. Pnömatik Sistemlerin Diğer Sistemlerle Karşılaştırılması 10
1.10. Pnömatik Sistemlerin Avantajları 11
1.11.Pnömatik Sistemlerin Dezavantajları 11
1.12.Hidrolik ve Pnömatik Sistemlerin Karşılaştırılması 11
1.13. Elektrik Kontrol Sistemleri ile Pnömatik Sistemlerin Karşılaştırılması 12
1.14. Pnömatik Sistem ve Devre Elemanları 13
1.14.1. Kompresörler 13
1.14.2. Hava Kazanları 14
1.14.3. Şartlandırıcı Birimi 14
1.14.4. Filtre 15
1.14.5. Basınç Ayarlayıcı 16
1.14.6. Yağlayıcı 16
1.14.7. Pnömatik Valfler 17
1.14.8. Basınç Kontrol Valfleri 18
1.14.9. Akış Kontrol Valfleri 18
1.14.10. Pnömatik Sistemlerde Kumanda Yöntemleri 18
1.14.11. Pnömatik Alıcılar 20
UYGULAMA FAALİYETİ 23
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 25
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 26
2. ELEKTROPNÖMATİK 26
2.1. Elektropnömatik Sistemlerde Kullanılan Devre Elemanları 27
2.1.1. Selenoid Valfler 27
2.1.2. Switchler ve Algılayıcılar 28
2.2. Devre Elemanlarının Seçimindeki Kriterler 28
2.3. Devre Çiziminde Uyulacak Kriterler 28
2.4. Elektropnömatik Devre Uygulamaları 29
2.5. Elektropnömatik Devre Şemalarını Okumak 31
UYGULAMA FAALİYETİ 33
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 35
ÖĞRENME FAALİYETİ–3 36
3. HİDROLİK 36
3.1. Hidroliğin Tanımı 36
3.1.1. Endüstrideki Yeri ve Önemi 37
3.1.2. Hidroliğin Uygulama Alanları 37

3.1.3. Hidrolik Sistemlerin Üstünlükleri ve Olumsuz Yönleri 38
3.2. Hidrolik Devrelerin Ana Kısımları 38
3.2.1. Hidrolik Devrenin Ana Kısımları 38
3.3. Hidrolik Yağlar 51
3.3.1. Görevleri 51
3.3.2. Akışkan Çeşitleri 51
3.3.3. Hidrolik Yağlarda Aranan Özellikler 52
3.4. Hidrolik Filtreler 53
3.4.1. Görevleri 53
3.4.2. Hidrolik Filtre Çeşitleri 53
3.4.3. Filtrelerin Kirlenme Nedenleri 54
3.4.4. Filtrenin Bakımı ve Temizliği 54
UYGULAMA FAALİYETİ 55
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 57
ÖĞRENME FAALİYETİ-4 58
4. ELEKTROHİDROLİK 58
4.1. Elektrohidrolik Sistemlerde Kullanılan Elektrik Kontrol Sembol ve Anlamları 58
4.2. Elektro Hidrolik Sistemlerde Kullanılan Bileşik Sembollerden Bazıları 60
UYGULAMA FAALİYETİ 62
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 64
MODÜL DEĞERLENDİRME 65
CEVAP ANAHTARLARI 67
KAYNAKÇA 69

AÇIKLAMALAR

KOD	**522EE0149**
ALAN	**Biyomedikal Cihaz Teknolojileri**
DAL/MESLEK	**Alan Ortak**
MODÜLÜN ADI	**Biyomedikal Elektromekanik**
MODÜLÜN TANIMI	Elektromekanik devre elemanlarını tanıma ve elektromekanik üniteleri kontrol etme ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Ön koşul yoktur.
YETERLİK	Elektromekanik devre elemanlarını tanıyıp elektromekanik üniteleri kontrol etmek
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Bu modül ile genel güvenlik kuralları (TSE, ISO) dâhilinde biyomedikal cihazlarda elektromekanik devre elemanlarını tanıyıp, elektromekanik üniteleri kontrol edebileceksiniz. **Amaçlar** **1.** Biyomedikal cihazlarda pnömatik ünitelerdeki devre elamanlarını tanıyıp pnömatik ünitelerin seçimini ve kontrolünü yapabileceksiniz.. **2.** Elektropnömatik ünitelerdeki devre elamanlarını tanıyıp seçimini ve kontrolünü yapabileceksiniz. **3.** Hidrolik ünitelerdeki devre elamanlarını tanıyıp hidrolik ünitelerin seçimini ve kontrolünü yapabileceksiniz. **4.** Elektrohidrolik ünitelerdeki devre elamanlarını tanıyıp seçimini ve kontrolünü yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Hidrolik pnömatik atölyeleri, hidrolik pnömatik laboratuvarı **Donanım:** Basınçölçerler, seviyeölçer, vakumölçer, elektrik kumanda elemanları, hidrolik kumanda elemanları, pnömatik kumanda elemanları
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,

Günümüzün modern toplumlarında çok önem verilen konuların başında sağlık gelmektedir. Sağlık hizmetlerinin kalitesi, hızı ve sürekliliği, kullanılan cihazların periyodik olarak bakımlarının yapılması ve sistemlerin sürekli çalışır hâlde tutulması ile mümkündür. Biyomedikal cihaz teknolojileri de ülkemizde hızla yaygınlaşan bir sektördür ve sektöre teknik anlamda destek sağlayacak elemanlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu modül, biyomedikal cihazlarda kullanılan elektromekanik ünitelerin ayırt edilmesini sağlayacak ihtiyaç duyacağınız temel bilgileri basitten karmaşığa doğru sıralanmış şekilde ve sizin anlayabileceğiniz sadelikte işlemektedir.

Başlangıçta da belirttiğimiz gibi sağlık hizmetleri, çok önem verilen hizmetlerin başında gelmektedir. Bu hassas hizmetlerin uygun bir şekilde yürütülmesi, teknik destek hizmetlerindeki bakım ve onarım etkinliklerinin kurallara uygun olarak titizlikle yapılmasına bağlıdır.

Çok küçük ihmallerin büyük sonuçları doğurabileceği bilinciyle hareket etmek, mesleğimizin temel ilkelerinden olmalıdır.

Modülün amacı, biyomedikal cihazlarda elektromekanik devre elemanlarını tanıyıp elektromekanik üniteleri kontrol edebilme yeteneğini kazandırmaktır.

Bu modülün sonunda pnömatik sistemleri, hidrolik sistemleri, elektropnomatik sistemleri ve elektrohidrolik sistemleri tanıyıp bu sistemlerin kontrolünü yapabilecek yeterliğine sahip olabileceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–1

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetiyle, uygun ortam sağlandığında biyomedikal cihazlarda pnömatik devre elemanlarını tanıyıp bu elemanların seçimini yapabilecek, pnömatik üniteleri kontrol edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Çevrenizdeki cihazlarda kullanılan basit pnömatik sistemleri araştırınız.

1. PNÖMATİK

Pnömatik; hava veya diğer gazlarla, gazların ya da havanın sıkıştırılması, yönlendirilmesi prensiplerine göre tasarlanan sistemlerdir.

Pnömatik kontrol devreleri, bir görevi yerine getirmek amacıyla birbiriyle bağlantılı pnömatik denetim ve çalışma elemanının bütünleşik bir düzenidir.

Genel anlamda pnömatik sözcüğü, hava ile denetimin ve çalışmanın tüm alanlarını belirgin olarak tanımlamaya yetmez. Yeni tekniklerin ortaya çıkması, ortak uygulama alanlarını bölmüştür. Pnömatiğin değişik sektörleri için birçok tanımlama varsa da basınç kriterini esas alarak uygulama alanlarını gruplara ayırmak pratikte kabul görmüş bir yaklaşım olmuştur. Bu yaklaşıma göre;

- Negatif basınç (vakum) pnömatiği: Basınç aralığı (mmHg): $0 \leq Pg \leq 760$ (Şekil 1.2)
- Düşük basınç pnömatiği: Basınç aralığı (bar) : $0 \leq Pg \leq 1$, (Şekil 1.1)
- Normal basınç pnömatiği: Basınç aralığı (bar) : $1,5 \leq Pg \leq 16$ (Şekil 1.1)
- Yüksek basınç pnömatiği: Basınç aralığı (bar) : $Pg > 16$ (Şekil 1.1) olarak sınıflandırılmaktadır.

1.1. Genel Kavramlar

Pnömatik sistemlerin kontrolünde, sistem etiket ve katalogların incelenmesi sırasında karşımıza çıkabilecek temel birimler, aşağıda Tablo 1'de gösterilmektedir.

TEMEL BİRİMLER			
Sıra nu.	**BÜYÜKLÜK**	**TANIMLAMA İŞARETİ**	**BİRİM**
1	**Kütle**	**m**	**Kilogram (kg)**
2	**Uzunluk**	**l**	**Metre (m)**
3	**Sıcaklık**	**T**	**Saniye (sn.)**
4	**Zaman**	**t**	**Kelvin (K)**

Tablo 1.1: Temel fiziksel birimler

Uluslararası birimler sistemindeki tanımlamalarıyla türetilmiş birimler ise Tablo 2'de gösterilmektedir.

TÜRETİLMİŞ BİRİMLER			
Sıra no	**BÜYÜKLÜK**	**TANIMLAMA İŞARETİ**	**BİRİM**
1	**Kuvvet**	**F**	**Newton (N)**
2	**Alan**	**A**	**Metrekare (m^2)**
3	**Hacim**	**V**	**Metreküp (m^3)**
4	**Debi**	**Q**	**Paskal (Pa)**
5	**Basınç**	**p**	**Paskal (Pa)**

Tablo 1.2: Temel türetilmiş fiziksel birimler

1.2. Newton Yasası

Bir cisim üzerine etkiyen bir net kuvvet onun ivmelenmesine yani hızının değişmesine neden olur. Kuvvet (F), niteliği gereği vektörel bir büyüklüktür, birimi Newton ya da kg m/sn.^{2} dir ve genel olarak şu şekilde ifade edilir:

Kuvvet = Kütle x İvme

F = m x a

a = ivme, serbest düşmede yer çekimi ivmesi g = 9,82 m/sn.^{2}

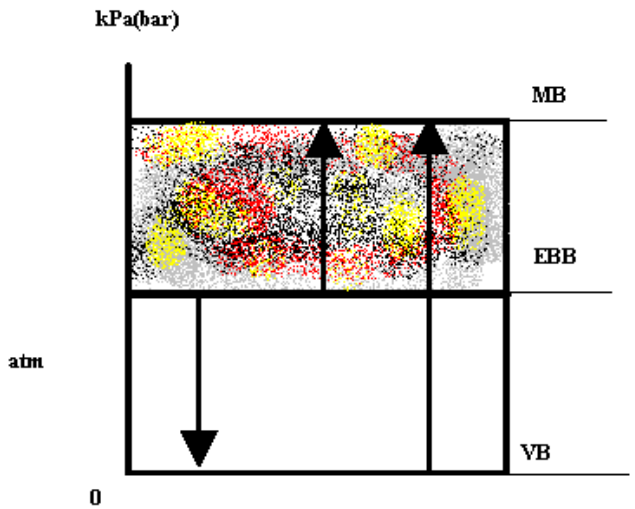
1.3. Hava Basıncı

Ortamı doğrudan etkileyen basınç, atmosfer basıncıdır. Bu basınç değeri, referans değeri olarak değerlendirilir ve üstündeki basınç değerlerine etkin basınç altındaki basınç değerlerine ise vakum basıncı denir (Şekil 1.2).

Mutlak basınç, sıfır basınç seviyesinin referans alınmasıyla ölçülen basınçtır.

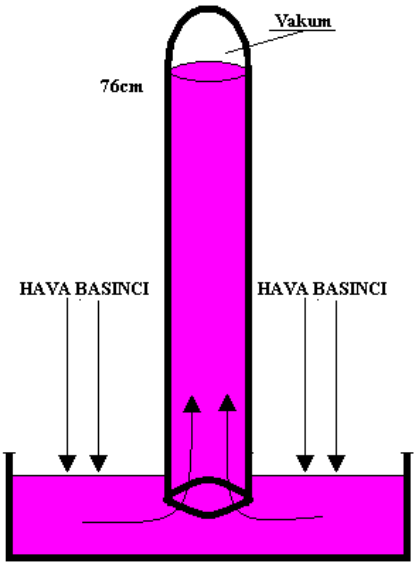
Mutlak Basınç = Atmosfer Basıncı + Etkin Basınç

Aşağıdaki çizimde bu ifadeler açık bir şekilde verilmektedir.



Şekil 1.1: Hava basıncı

MB = Mutlak Basınç
EBB = Etkin Basınç Bölgesi
VB = Vakum Bölgesi
atm = Atmosfer Basıncı



Şekil 1.2: Vakum basıncı (negatif basınç)

Atmosfer basıncı, coğrafik konuma ve hava durumuna göre değişiklik gösterir. Genel olarak atmosfer basıncı üzerindeki basınçları görmek için monometreler (basınçölçerler) kullanılır (Resim 1.1).

a) Analog (örneksel) basınçölçer b) Dijital (sayısal) basınçölçer

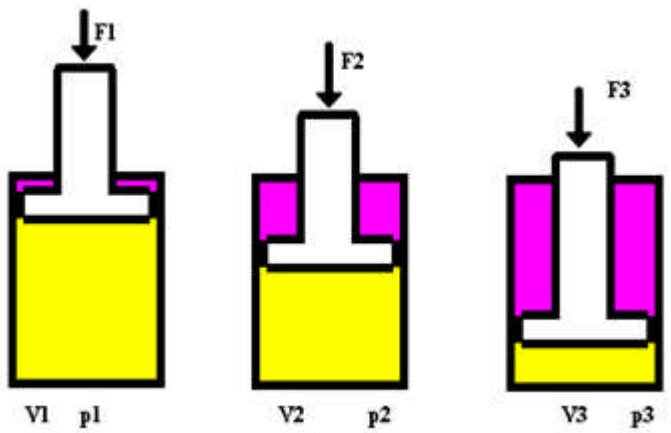
Resim 1.1: Manometreler

1.4. Boyle-Mariotte Yasası

Boyle-Mariotte Yasası şöyle ifade edilir: "Sıcaklığı sabit kalmak şartıyla, kapalı bir kaptaki gazın basıncı ile hacminin çarpımı daima sabittir." Bu ifade, sıcaklıkta bir değişme olmadığı zaman kapalı bir kapta bulunan gazın hacmi büyürse basıncının da aynı ölçüde küçüleceğini; hacmi küçülürse, basıncının yine aynı oranda büyüyeceğini gösterir. Bu durumda basınç, hacimle daima ters orantılıdır.

Buna göre sıcaklık sabit kalmak şartıyla kapalı bir kaptaki gaz için;

P1 x V1 = P2 x V2 =P3 x V3 = sabit olmaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: Boyle-Mariotte Yasası

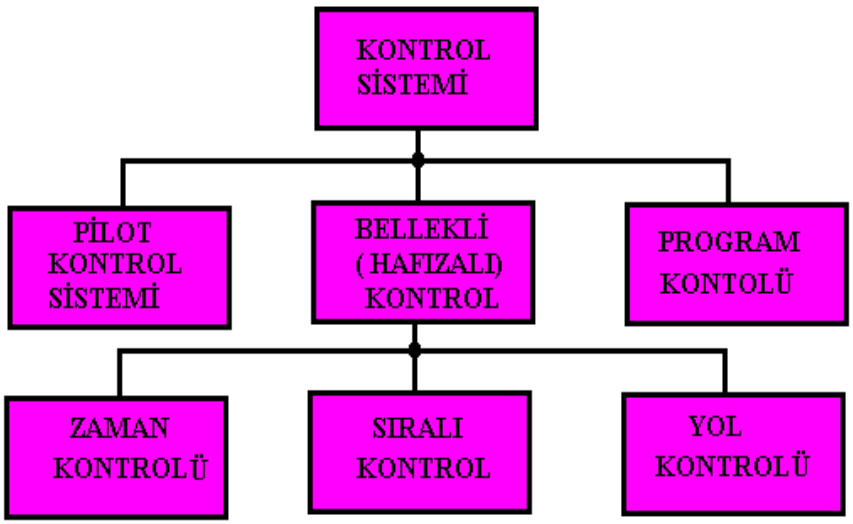
1.5. Kontrol Tipleri

Görevlerine göre kontrol tipleri üç ana grupta değerlendirilir. Sistem içerisinde program kontrolü yapılacaksa üç alt grupta sistem tasarlanabilinir.

- **Pilot kontrol sistemi**: Verilen kumanda ile çıkış büyüklükleri arasında sürekli bir bağıntı olan bellek işlevi bulunmayan sistemdir.
- **Bellekli (hafızalı) kontrol sistemleri**: Kumandanın kaldırılmasından sonrada elde edilen çıkış korunur. Çıkış işaretini kaldırmak için karşı bir komut vermek gerekir. Bu tür sistemler sürekli bellekli çalışır.

Program kontrolü: Üç alt grupta tasarlanır:

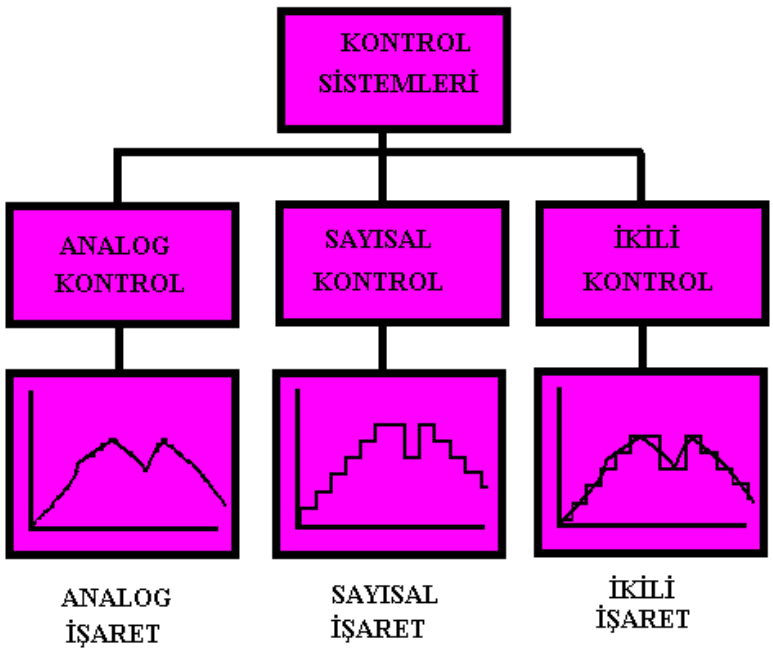
- **Zaman kontrollü**: Zaman içerisinde verilmesi gereken komutlar kontrol sistemi tarafından belli bir zaman planına göre çalıştırılır. Zaman programlamaları için elektronik bellekler kullanılabileceği gibi delikli bant, delikli kart, kam mili gibi elemanlar da kullanılabilir.
- **Sıralı kontrol**: İş elemanının oluştukları konuma göre adımlı olarak programlanan sistemlerdir.
- **Yol kontrollü**: Alınan yola ya da sistem içerisindeki hareketli parçanın konumuna bağlı olarak kontrol yapan sistemlerdir (Şekil 4).



Şekil 1.4: Kontrol tipleri

1.6. Kontrol İşareti Tipleri

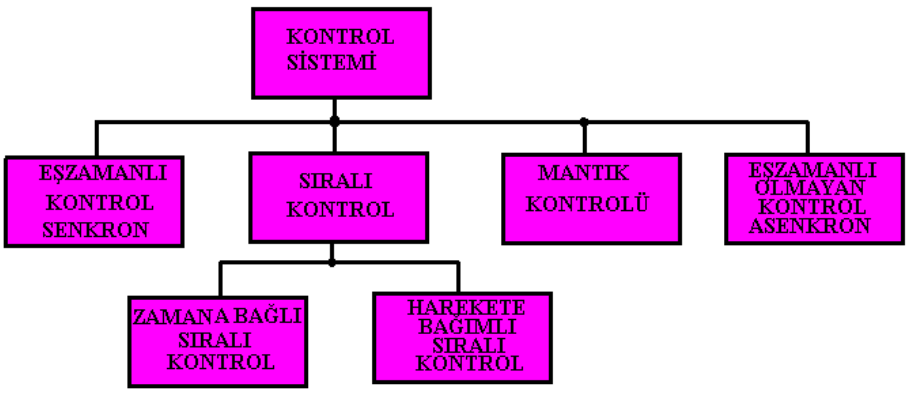
- **Analog kontrol**: Analog (örneksel) işaret işleme tekniğine göre çalışan sistemlerle gerçekleştirilir.
- **Sayısal kontrol**: Sayısal (dijital) ilkeye göre çalışan elemanlarla tasarlanır. Bilgi, sayı sistemleri ile işlenir ve saklanır.
- **İkili kontrol sistemi**: Her iki sistemi de kullanabilen kontrol sistemleridir (Şekil 1.5).



Şekil 1.5: İşaret tipleri

1.7. İşaret İşleme Tipleri

- Eş zamanlı kontrol (senkron kontrol): İşaretlerin işlenmesi zamanlama darbeleriyle eş zamanlı gerçekleşir.
- Eş zamanlı olmayan kontrol (asenkron kontrol): Sistem çalışmasında zamanlama darbeleri kullanılmaz giriş işareti değişimiyle durumlarını değiştirir.
- Mantık kontrolü: Belli bir koşula göre çıkış işareti üretilir.
- Sıralı (adımlı) kontrol:
  - Zamana bağlı sıralı kontrol: Adımlama koşulunun sadece zamana bağlı olduğu kontrol sistemidir.
  - Harekete bağımlı sıralı kontrol: Kontrol edilen sistemden gelen işaretlere göre bir sonraki adıma (komuta) geçen sistemlerdir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6: İşaret işleme yöntemleri

1.8. Pnömatik Sistemlerin Kullanım Alanları

Pnömatik sistemler, yapı itibariyle oldukça güvenilir sistemlerdir. Sistem ihtiyacına göre çok küçük sistemlerden çok güçlü sistemlere kadar çok çeşitli sistem tasarım seçenekleri bulunmaktadır.

Günümüz gelişen teknolojileri içerisinde mekatronik, robotik gibi konularda kullanım alanı bulmaktadır.

Endüstriyel kullanımda;

- Kapı açma sistemlerinde,
- Park giriş sistemlerinde,
- Ağır iş makinelerinde,
- Paket taşıma ünitelerinde,
- Biyomedikal cihazlarda ağır birimlerin hareketinde,
- Diş ünitelerinde,
- Hasta yataklarında vb. kullanılmaktadır.

1.9. Pnömatik Sistemlerin Diğer Sistemlerle Karşılaştırılması

Karşılaştırmalar yapabilmek için öncelikle pnömatik sistemlerin avantaj ve dezavantajlarını bilmek gerekir.

1.10. Pnömatik Sistemlerin Avantajları

- Pnömatik sistemlerde gerekli olan hava kolayca ve her yerde sınırsız ölçüde bulunabilir.
- Havanın sürtünme kayıpları azdır, uzak mesafelere taşınabilir.
- Basınçlı hava kullanılan ortamlar temizdir. Sistemde meydana gelebilecek sızıntılar çevreyi kirletmez.
- Pnömatik devre elemanlarının yapıları basit ve ucuzdur. Montaj ve bakımları kolaydır.
- Basınçlı havanın yanma ve patlama tehlikesi yoktur.
- Havanın sıcaklığa karşı duyarlılığı azdır.
- Hız ayarları sıcaklıkla değişmez.
- Basınçlı hava gerektiğinde kullanılmak üzere depo edilebilir.
- Yüksek çalışma hızları elde edilebilir. Piston hızı 3 m/sn.ye ulaşabilir.

1.11.Pnömatik Sistemlerin Dezavantajları

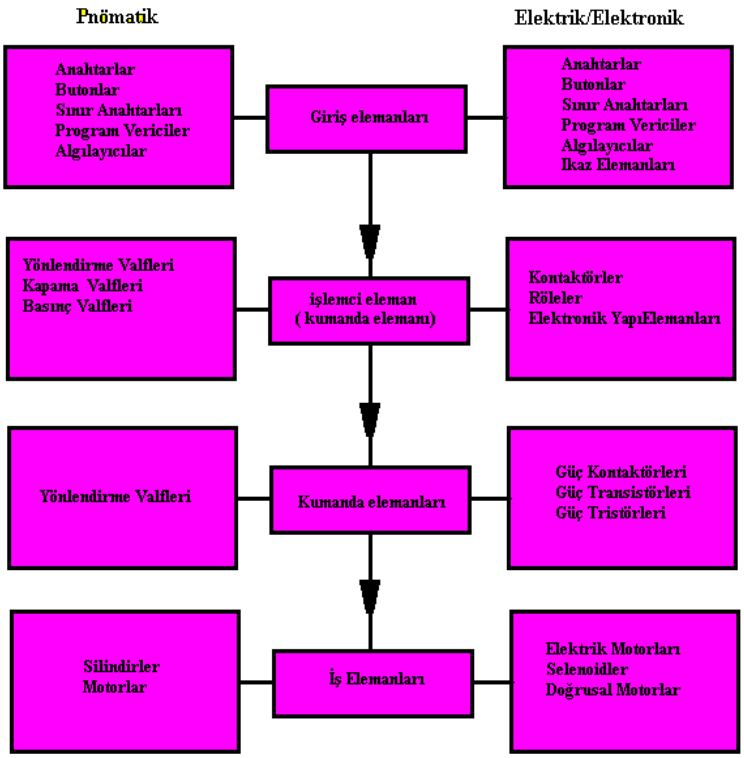
- Basınçlı havanın devre elemanlarına zarar vermemesi için öncelikle işlenmesi gerekmektedir.
- Çalışma basıncına bağlı olarak maksimum 4–5 tonluk kuvvetler elde edilebilir.
- Sistemde işi biten hava dışarı atılırken gürültü yapar.
- Hava sıkıştırılabilir özellikte olduğundan düzgün bir hız elde etmek zordur.
- Yüksek çalışma basınçları elde edilemez.

1.12.Hidrolik ve Pnömatik Sistemlerin Karşılaştırılması

- Hidrolik yağlar sıkıştırılamaz kabul edilir. Ancak yüksek basınçlarda (350 Bar) çok az sıkışma olabilir. Pnömatikte ise hava sıkıştırılabilir.
- Pnömatikte sıcaklığın artması, yanma ve patlama tehlikesi oluşturmadığı gibi sıcaklık değişimleri hızları da etkilemez. Hidrolikte ise yağın yanıcı olması, yanma tehlikesi oluşturur. Ayrıca sistem ısısının değişmesi hidrolik akışkanı etkiler ve çalışma hızlarını değiştirir.
- Hidrolik sistemde kullanılan akışkan, çalışma elemanlarının aynı zamanda yağlanmasını sağlar. Pnömatikte ise ayrıca yağlama işlemi yapmak gerekir.
- Pnömatikte büyük kuvvetlerin elde edilmesi zor ve ekonomik değil iken hidrolikte büyük kuvvetler rahatlıkla elde edilir.
- Pnömatik elemanların çalışma hızları yüksektir. Hidrolikte ise çalışma hızları daha düşüktür.

1.13. Elektrik Kontrol Sistemleri ile Pnömatik Sistemlerin Karşılaştırılması

Aşağıdaki şemada sistemin iş akış yapısının ve kontrol sisteminin daha kolay anlaşılması amacıyla pnönatik bir sistemle buna karşılık gelen elektrik elektronik kontrol sistemleri işleyiş ve sistem içerisinde yaptıkları göreve göre eşlenmektedir (Şekil 1.7).



Şekil 1.7: Pnömatik sistemlerin elektrik sistemleri ile karşılaştırılması

1.14. Pnömatik Sistem ve Devre Elemanları

Bir pnömatik sistem; basınçlı havanın üretilmesi, neminin alınması, depolanması, taşınması, şartlandırılması (filtreleme, basınç ayarlama ve yağlama), yön ve debi kontrolü, havanın kullanılması olmak üzere çok sayıda elemanın birleşiminden oluşur. İstek ve şartlara göre bu elemanların sayısı, adedi ve özelliği değişebilir.

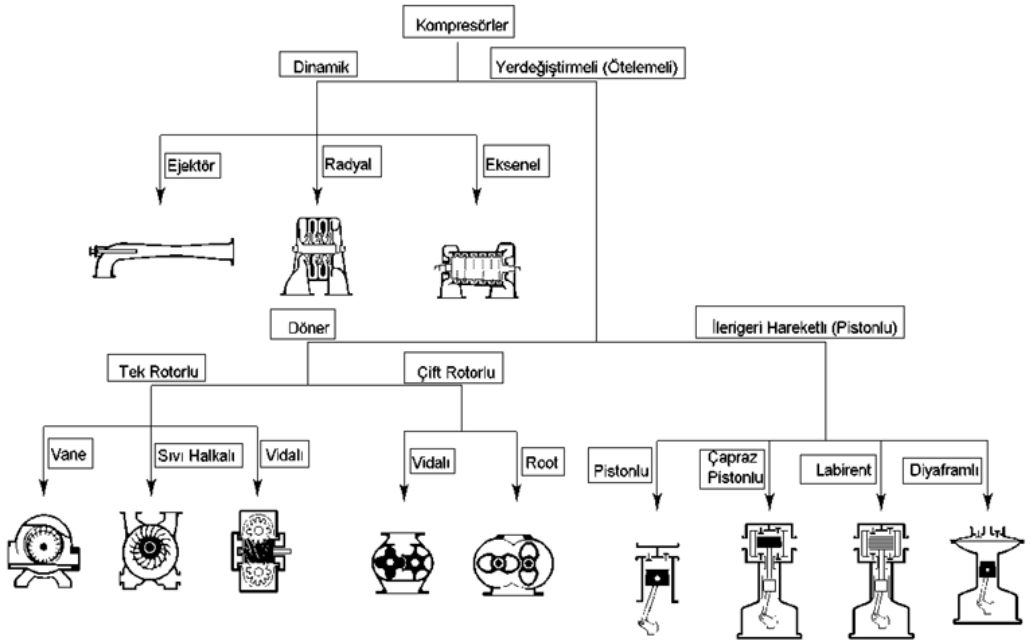
1.14.1. Kompresörler

Atmosfer havasını tıpkı bir yay gibi sıkıştırarak basınçlı hava üreten makinelere kompresör denir. Kompresörlerin verimli çalışabilmesi için emiş havasının temiz ve serin olmasına özen gösterilmelidir. Emiş havası, yağmur ile temas etmemelidir. Emiş filtreleri, sık sık temizlenmeli ve zamanında değiştirilmelidir.

Atmosfer havasının emiş şekline ve elemanların yapılarına göre çok sayıda kompresör çeşidi vardır. Yapılarına göre kompresör çeşitleri aşağıda gösterilmektedir (Şekil 1.8).

Kompresörler:

- Dinamik kompresörler
  - Ejektör kompresörler
  - Radyal kompresörler
  - Eksenel kompresörler
- Yer değiştirmeli
  - Döner yer değiştirmeli kompresörler
    - Tek rotorlu kompresörler
      - ✓ Vane kompresörler
      - ✓ Sıvı halkalı kompresörler
      - ✓ Vidalı kompresörler
    - Çift rotorlu kompresörler
      - ✓ Vidalı kompresörler
      - ✓ Root kompresörler
  - İleri geri hareketli kompresörler
    - Çapraz pistonlu kompresörler
    - Labirent kompresörler
    - Diyaframlı kompresörler



Şekil 1.8: Kompresör çeşitleri

1.14.2. Hava Kazanları

Pnömatik enerjinin depolanması amacıyla kullanılan basınçlı kaplara denir. Kompresörün sürekli ya da yükte çalışmasını önler. Kazan, meydana gelebilecek yüksek hava ihtiyacını karşılar. Endüstriyel sistemlerde kullanılan hava kazanları üzerinde zaman içinde yoğunlaşarak sıvı hâle dönüşen birikintinin boşaltılması için bir valf bulunur.

Kazan içerisindeki basıncın değeri, basınç göstergesi ile belirlenir. Bu elemanların yanı sıra kazanın patlama riskini ortadan kaldırmak için her kazan üzerine en az 1 adet emniyet valfi konulmalıdır. Emniyet valfinin basınç ayarı, maksimum çalışma basıncının üzerinde yakın bir basınç değerine ayarlanmalıdır.

1.14.3. Şartlandırıcı Birimi

Şartlandırıcı birimi; filtre, su tutucu, yağlayıcı, basınç ayar valfi birimlerinden meydana gelir. Sistemler içerisinde şartlandırıcılar tek tek sembollerle gösterilebileceği gibi bileşik sembollerle de gösterilebilir (Resim 1. 2).

Resim 1.2: Şartlandırıcı

1.14.4. Filtre

Pnömatik sistemlerin birçoğunda kompresör çıkışından sonra filtre kullanılır. Fakat havanın kullanım yerine kadar taşınması sırasında basınçlı hava kirlenebilir. Filtre, havanın kullanılmadan önce hassas bir biçimde filtrelenmesi amacıyla kullanılır.

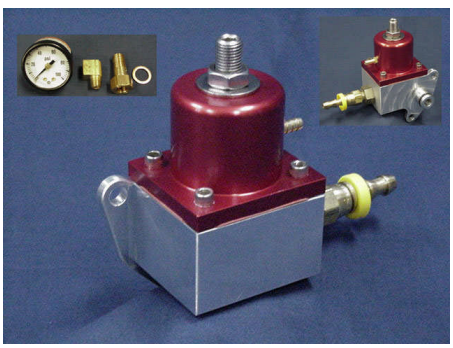
Filtreler, katı partiküllerin yanı sıra su tutma görevi de görür. Filtrenin su tutma görevi görebilmesi için havanın filtre kabı içine girmesi sırasında havaya dönme etkisi kazandırılır. Dönerek kap içine giren hava, kabın çeperlerine çarpar ve bünyesindeki nemi bırakır (Resim 1. 3).

Filtre kabının alt tarafında toplanan birikinti, belirli aralıklarla boşaltılmalıdır. Boşaltma işlemi, elle ya da otomatik olarak yapılır. Filtreler kirlendiğinde çıkış basıncı düşer. Filtre elemanını değiştirmek için giriş havası kapatılır. Filtre kabı çıkartılarak filtre elemanı sökülür ve temizlenir ya da yenisi ile değiştirilir.

Resim 1.3: Filtreler ve filtre elemanları

1.14.5. Basınç Ayarlayıcı

Hava ihtiyacının zaman zaman artması ve azalması, çalışma basıncının düşmesine neden olur. Kullanıcıların değişik basınç aralığında çalışması sonucu kuvvet kayıpları gibi istenmeyen durumlar ortaya çıkar. Kullanıcılara düzenli basınçta hava göndermek ve kullanım yerindeki çalışma basıncını sınırlamak amacıyla basınç ayarlayıcı adı verilen devre elemanı kullanılır. Basınç ayarlayıcı yalnız başına kullanılabileceği gibi yer kaplamaması için filtrelerle birlikte de kullanılır (Resim 1.4).



Resim 1.4: Basınç ayarlayıcı

1.14.6. Yağlayıcı

Sürtünme kuvvetini azaltmak, devre elemanlarının paslanmasını önlemek ve sızıntıları engellemek amacıyla pnömatik sistemlerin yağlanması gerekir. Endüstriyel alanlarda bazı uygulamalarda yağlama işlemi yapılmayabilir.

Pnömatik sistemlerde yağlama işlemi, hava içine yağ damlatılarak gerçekleştirilir. Hava içine yağ karıştıran cihazlara yağlayıcı adı verilir. Yağlayıcı içinde bir noktada hava geçiş kesiti daraltılır. Hava, bu kesite geldiğinde basıncı düşürürken hızda artış meydana gelir (Resim 1.5).

Resim 1.5: Yağlayıcı

Yağlama işleminin kalitesi, hava içerisine karışan yağ damlacıklarının büyüklüğüne bağlıdır. İyi bir yağlayıcı düşük debilerde de yağlama işlemi yapabilmelidir.

Yağın damlama miktarı, yağlama seviyesini belirler. Damlama miktarı bir ayar vidası yardımıyla ayarlanır. Damlama miktarı, üreticinin tavsiyesine uygun olmalıdır.

1.14.7. Pnömatik Valfler

Havanın akışını durduran veya başlatan, akışın yönünü değiştiren, debi ve basınç değerlerini ayarlamaya yarayan devre elemanlarına valf adı verilir. Valfler genel olarak üç gruba ayrılır.

1.14.7.1. Yön Kontrol Valfleri

Pnömatik sistemlerde, kullanılan basınçlı havaya yön veren ve alıcılara gönderilmesini sağlayan valflere, yön kontrol valfleri denir. Yapılış biçimleri, kumanda biçimleri, yol ve konum durumlara göre çok çeşitli yön kontrol valfleri vardır. Pnömatik sistemlerde en çok kullanılan valf çeşidi, yön kontrol valfleridir. Programlanabilir kontrol sistemlerin endüstriyel alanlarda yaygın bir şekilde kullanılması, pnömatik sistemlerin de bu sistemlerle beraber çalışmasını sağlamıştır. Böylece, önceleri mekanik ve basınçlı hava ile kumanda edilen yön kontrol valfleri, düşük voltajlı elektrik sinyalleri ile kumanda edilmeye başlanmıştır. Hâlen endüstriyel alanlarda kullanılan yön kontrol valflerini aşağıdaki gibi gruplandırabiliriz.

1.14.7.2. Yol ve Konum Durumuna Göre Yön Kontrol Valfleri

- 2/2 (iki yollu iki konumlu) yön kontrol valfleri
- 3/2 (üç yollu üç konumlu) yön kontrol valfleri
- 4/2 (dört yollu iki konumlu) yön kontrol valfleri
- 5/2 (beş yollu iki konumlu) yön kontrol valfleri
- 3/3 (üç yollu üç konumlu) yön kontrol valfleri
- 4/3 (dört yollu üç konumlu) yön kontrol valfleri
- 5/3 (beş yollu üç konumlu) yön kontrol valfleri
- 6/3 (altı yollu üç konumlu) yön kontrol valfleri

1.14.7.3. Basınçlı Havanın Geçiş Durumuna Göre Yön Kontrol Valfleri

- Normalde açık yön kontrol valfleri
- Normalde kapalı yön kontrol valfleri

1.14.7.4. Kumanda Ediliş Şekline Göre Yön Kontrol Valfleri

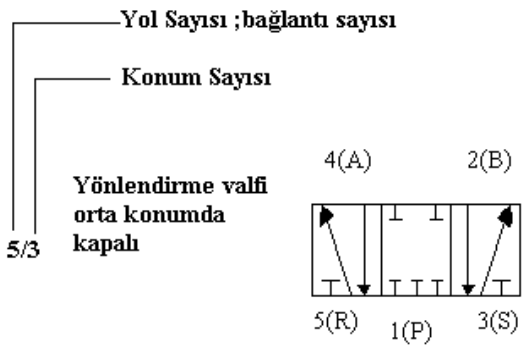
- İnsan gücü ile kumanda edilen (elle, ayakla) yön kontrol valfleri
- Mekanik olarak kumanda edilen yön kontrol valfleri
- Basınçlı hava ile kumanda edilen yön kontrol valfleri
- Elektrik ve selenoid (elektro-magnetik) sinyallerle kumanda edilen yön kontrol valfleri

1.14.7.5. Yapılış Biçimlerine Göre Yön Kontrol Valfleri

- Bilyeli yön kontrol valfleri
- Diskli yön kontrol valfleri
- Sürgülü yön kontrol valfleri
- Emme supaplı yön kontrol valfleri

Yönlendirme valfleri 2/2, 3/2, 4/2, 5/2, 5/3 gibi isimlendirilir; burada birinci rakam, yol sayısını (bağlantı sayısı), ikinci rakam ise konum sayısını verir.

Örneğin, 5/3 yönlendirme valfinin açıklaması ve sembolü aşağıda verilmiştir.



1.14.8. Basınç Kontrol Valfleri

Basınç kontrol valfleri, pnömatik sistemlerde nadiren kullanılır. Emniyet valfi basınç ayarlanan değere geldiğinde havanın atmosfere atılmasını sağlar. Hava kazanları üzerinde kullanılır.

- Tahliyeli basınç ayar kontrol valfleri
- Tahliyesiz basınç ayar kontrol valfleri
- Basınç sıralama valfleri vb.

1.14.9. Akış Kontrol Valfleri

Alıcıların hızlarını ayarlamak için debinin değiştirilmesi gerekir. Hava debisinin değiştirilmesi amacıyla kullanılan valflere akış kontrol valfi denir.

- Tek yönlü kısma valfi
- Çit yönlü kısma valfi

1.14.10. Pnömatik Sistemlerde Kumanda Yöntemleri

- Elle kumanda
  - Genel elle kumanda
  - Butonla elle kumanda
  - Kolla kumanda

- Tutuculu kollu kumanda
- Ayaklı (pedallı) kumanda

➢ Mekanik kumanda
- Yay geri getirmeli kumanda
- Yay merkezlemeli kumanda
- Makara kumandalı
- Mafsal makara kumandalı

➢ Pnömatik kumanda
- Doğrudan kumandalı
- Dolaylı kumandalı
- Basınç tahliyeli

➢ Elektrik kumandalı
- Tek bobin kumandalı
- Çift bobin kumandalı
- Çoklu kumandalı
- Ön kumandalı (Resim1.6)

Resim 1.6: Pnömatik sistemlerde kullanılan çeşitli kumanda elemanları

1.14.11. Pnömatik Alıcılar

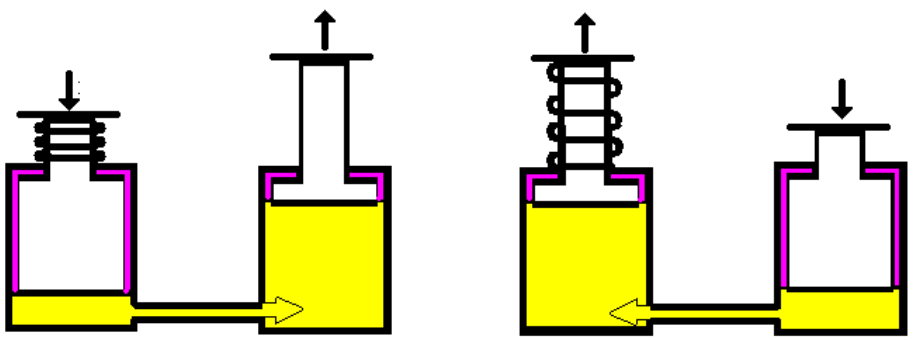
1.14.11.1. Silindirler

Doğrusal hareket elde etmek amacıyla kullanılan devre elemanıdır. Basınçlı havanın silindir içerisine etki etmesi sonucu pistonu iten bir kuvvet oluşur. Havanın pistonun diğer tarafına geçmesini önlemek amacıyla silindir üzerinde sızdırmazlık elemanları kullanılır. Basınçlı havanın piston kolu tarafından sızıntı yapmasını önlemek için bu bölgede de sızdırmazlık elemanı kullanılır (Resim 1.7).

Resim 1.7: Silindirler

- **Tek etkili silindirler**

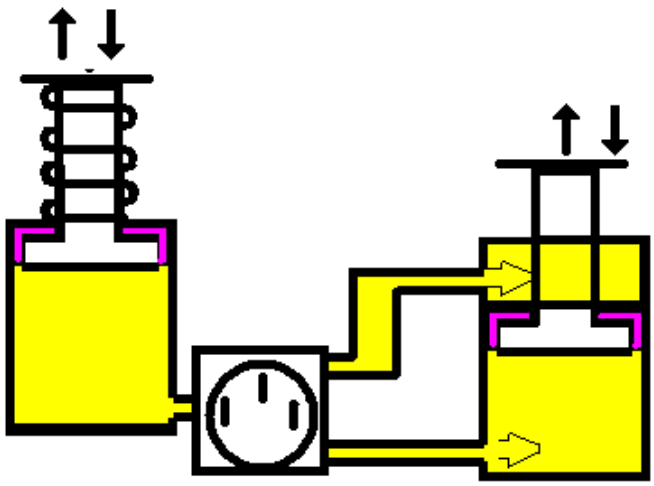
Basınçlı hava, pistonun tek yüzeyinden etki ettiği için tek etkili olarak adlandırılır. Pistonun geri geliş işlemi, yay ya da ağırlık yardımıyla sağlanır (Şekil 1.9).



Şekil 1.9: Tek etkili silindirler

➢ **Çift etkili silindirler**

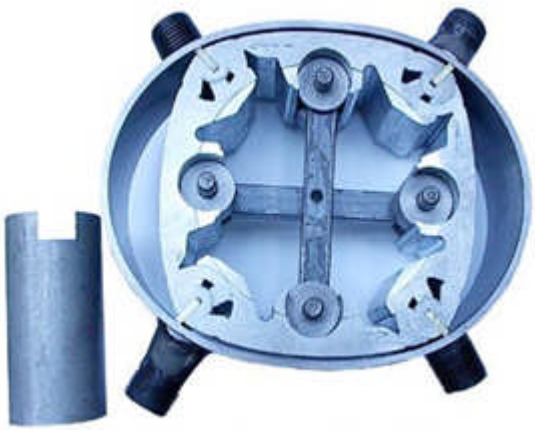
Basınçlı hava, pistona iki taraftan etki eder. Pistonun ileri gidişi ve geri gelişi basınçlı hava yardımıyla sağlanır (Şekil 1.10).



Şekil 1.10: Çift etkili silindirler

1.14.11.2. Pnömatik Motorlar

Dairesel hareket elde etmek amacıyla kullanılır. Motor içerisinde kullanılan değişik düzenekler yardımıyla basınçlı havanın pnömatik motor içerisine gönderilmesi sonucu dairesel hareket üretilir (Resim 1. 8-9).



Resim 1.8: Pnömatik motorlar

Resim 1.9: Pnömatik motor bağlantıları

➢ **Dişli tip pnömatik motorlar**

Basınçlı hava dişli çarklardan birini döndürür. Diğer dişli çark, serbest olarak döner. Düşük devirli yüksek torklu motorlardır.

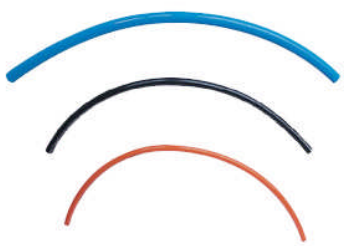
➢ **Paletli tip pnömatik motorlar**

Pnömatik motorlar içinde en çok kullanılan motor çeşididir. Dönen elemana rotor adı verilir. Rotor üzerine açılmış kanallar içine paletler yerleştirilmiştir. Paletler, fiber gibi yumuşak malzemeden yapılır. Düşük moment, yüksek dönüş hızı gereken durumlarda kullanılır.

1.14.11.3. Pnömatik Boru ve Hortumları

Kompresörden çıkan basınçlı havayı kullanıcılara ulaştıran boru bağlantı elemanlarının, dirsek vb. elemanların hepsine pnömatik dağıtım sistemi adı verilir.

İstenilen çalışma basıncı ve gerekli hava miktarını sağlamak için boru çaplarının tespiti çok önemlidir. Boru çapı uygun olarak seçilmezse istenilen basınç ve debi elde edilemeyeceği için sistem verimsiz çalışacaktır. Ayrıca bağlantı elemanları sistemdeki basınca ve debiye uygun seçilmelidir (Resim 1. 10–11).



Resim 1.10: Pnömatik borular

Resim 1.11: Pnömatik sistemlerde düşük basınçlarda kullanılabilecek temel ek ve bağlantı elemanları

UYGULAMA FAALİYETİ

Çift etkili bir silindiri ileri geri hareket ettirecek pnömatik devreyi kurunuz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Çalışma ortamının temizliğini kontrol ediniz. ➢ Kuracağınız devreyi uygun sembollerle çiziniz. ➢ Devre kurulumunda kullanılacak malzeme araç gereç listesini oluşturunuz. ➢ Devreye uygun malzemelerinizin seçimini yapınız. ➢ Çizdiğiniz devre şemasına göre devreyi oluşturunuz. ➢ Sistemi çalıştırınız. ➢ Sistem anahtarlarının konumlarını değiştirerek sistemin iki yönlü çalışıp çalışmadığını kontrol ediniz. ➢ Kompresör ya da tüp basıncını düşürerek sistem çalışmasındaki farklılıkları gözlemleyiniz. ➢ Sisteminizi uygun bir sıra ile sökünüz. ➢ Malzeme ve çalışma aletlerini yerlerine yerleştiriniz. ➢ Çalıştığınız ortamı temizleyiniz.	➢ Çalışma ortamında iş önlüğünüzü giymeye özen gösteriniz. ➢ Çalışırken temel iş güvenliği tedbirlerini alınız. ➢ Teknik resimde çalışma yaparken her sembolün uluslararası bir niteliği ve kendine has bir anlamı olduğunu unutmayınız. ➢ Meslek resmi modülünüzde mevcut sembolleri bulabilirsiniz. ➢ Devre ihtiyacına göre malzeme seçimine dikkat ediniz. ➢ Hava basıncının yeterli olup olmadığını kontrol ediniz.

KONTROL LİSTESİ

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

Değerlenme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	İş önlüğünüzü giydiniz mi?		
2	Çizim araç gereçlerinizi hazırladınız mı?		
3	Pnömatik devre çiziminizi yaptınız mı?		
4	Devre çiziminizdeki semboller uluslararası standartlara uygun mu?		
5	Devre malzeme listesini oluşturdunuz mu?		
6	Devreye uygun malzeme seçiminizi yaptınız mı?		
7	Devre kuracağınız ortamın temizliğinin çalışmaya uygunluğunu kontrol ettiniz mi?		
8	Devreyi kurdunuz mu?		
9	Pnömatik basıncı ölçtünüz mü?		
10	Devreyi çalıştırdınız mı?		
11	Sistem basıncını düşürdünüz mü?		
12	Sonuçları kaydettiniz mi?		
13	Çalışmanızı genel çalışma kurallarına göre yaptınız mı?		
14	Çalışma sonrası çalışma ortamının temizliğini yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Negatif basınç pnömatiğine vakum pnömatiği de denir.

2. ( ) Basınç ölçmek için kullandığımız ölçü aletlerine monometre denir.

3. ( ) İşaretlerin işlenmesi zamanlama darbeleriyle eş zamanlı gerçekleşen kontrol sistemlerine asenkron kontrol denir.

4. ( ) "Sıcaklığı sabit kalmak şartıyla, kapalı bir kaptaki gazın basıncı ile hacminin çarpımı daima sabittir." olarak bilinen fizik kuralı, Arşimet Kuralı'dır.

5. ( ) Atmosfer havasını sıkıştırarak basınçlı hava üreten makinelere kompresör denir.

6. ( ) Çift etkili silindirler; filtre, su tutucu, yağlayıcı, basınç ayar valfi birimlerinden meydana gelir.

7. ( ) Pnömatik alıcılara örnek silindirler ve pnömatik motorlar sayılabilir.

Aşağıdaki soruyu dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

8. Aşağıdakilerden hangisi pnömatiğin avantajlarından biri değildir?

A) Pnömatik sistemlerde gerekli olan hava kolayca ve her yerde sınırsız ölçüde bulunabilir.

B) Havanın sürtünme kayıpları azdır, uzak mesafelere taşınabilir.

C) Yüksek çalışma basınçları elde edilemez.

D) Basınçlı hava kullanılan ortamlar temizdir. Sistemde meydana gelebilecek sızıntılar çevreyi kirletmez.

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–2

AMAÇ

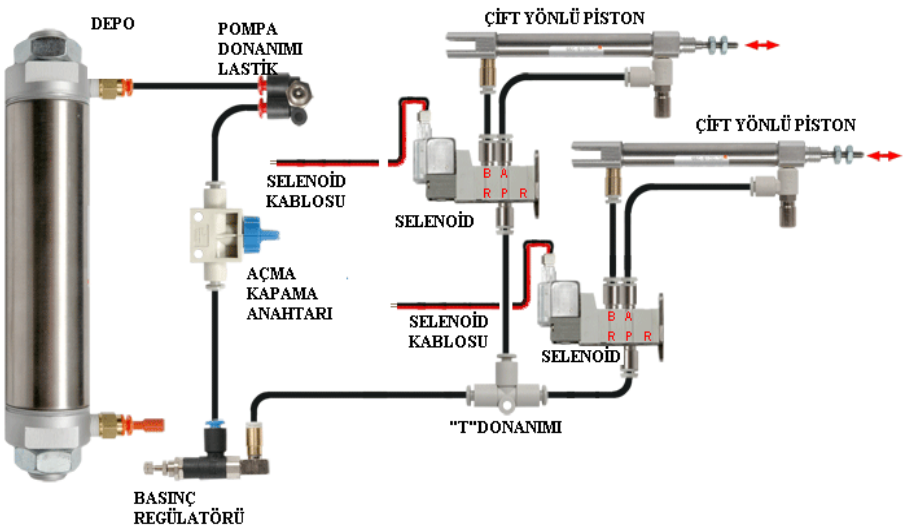
Bu öğrenme faaliyetiyle uygun ortam sağlandığında biyomedikal cihazlarda elektropnömatik devre elemanlarını tanıyıp seçimini yapabilecek, elektropnömatik üniteleri kontrol edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Elektropnömatik sistemlerin diğer sistemlere göre avantaj ve dezavantajlarını araştırınız.
- Elektropnömatik sistemlerin biyomedikal teknolojileri içerisindeki kullanım alanlarını rapor hâline getirerek arkadaşlarınızla tartışınız.

2. ELEKTROPNÖMATİK

Pnömatik devrelerde uzun mesafelere enerji iletiminin yapılması gerektiğinde iletimin hava ile yapılması pek düşünülmez. Havanın uzak mesafelere taşınması ve bağlantıların uzun olması, sistem verimini düşürür. Bunun çözümü selenoid kumandalı yön kontrol valfleri ile sağlanır. Selenoid kumandalı yön kontrol valfleri, uyarıyı çoğunlukla bir elektronik devreden alır. Elektrik ve pnömatiği ortak kontrol eden sistemlere elektropnömatik denir (Resim 2.1).

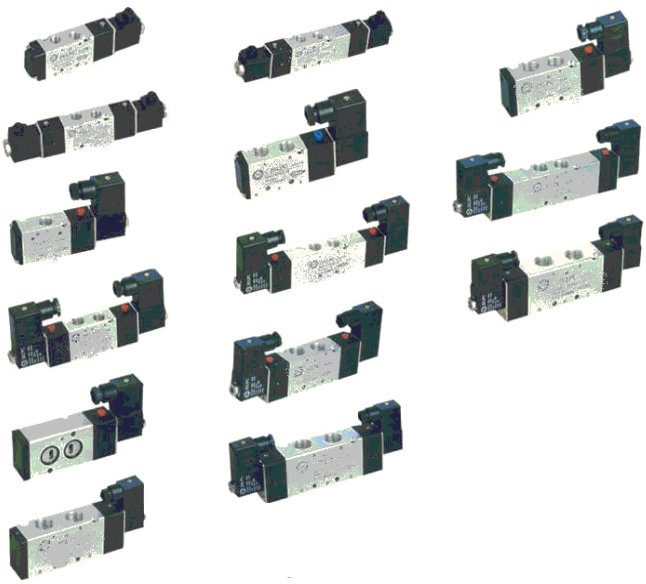


Resim 2.1: Elektropnömatik sistem

2.1. Elektropnömatik Sistemlerde Kullanılan Devre Elemanları

2.1.1. Selenoid Valfler

Selenoid valfler bobinlerine verilen elektrik enerjisiyle içerisinden hava geçmesine olanak veren elektropnömatik elemandır (Resim 2.2).



Resim 2.2: Selenoid valfler

Selenoid valfler yapıları itibariyle elektromanyetik bir şekilde çalışmaktadır. Kontakların konum değiştirmesi bobin uçlarına elektrik enerjisinin verilmesi ile gerçekleşir bu sebeple sistem içerisinde bazı durumlarda özelliğini yitirmiş olan bobinlerin değiştirilmesi gerekebilir (Resim 2.3, 4).

Resim 2.3: Yedek bobin Resim 2.4: Yedek kabin

2.1.2. Switchler ve Algılayıcılar

Pnömatik sistemlerde devre elemanlarının hareketlerini veya basınçlarını algılayarak elektriksel veya pnömatik enerji cinsinden sinyal üreten devre elemanlarıdır. Bu sinyallerden yararlanılarak mekanik, hidrolik veya pnömatik hareketler yönlendirilir.

Switchler ve algılayıcılar, pnömatik devrelerde sınır anahtarları, fotosel, basınç şalterleri ve bazı valflerin üzerinde kumanda tipi olarak kullanılmaktadır; elektrik elektronik sistemlerinde ortak kumanda olarak kullanıldığında elektrik ve elektronik sensörlerin tamamı bu sistemlerde de kullanılabilmektedir.

Devrelerde switchlerin kullanılma amacı, mümkün olduğu kadar az manuel kumanda yaptırarak sistemin otomasyonunu sağlamak ve hatalı bir sıralama ile işlem basamaklarının karıştırılmasını engelleyerek devre elemanlarını korumaktır. Algılayıcılarda, karmaşık sistemlerde sistemin başlangıcı, bitişi ve diğer sıralı kontrolleri gerçekleştirmek için kullanılabilmektedir.

2.2. Devre Elemanlarının Seçimindeki Kriterler

Pnömatik devrelerde, istenilen işlemleri yapmak için tek bir çözüm bulunmamaktadır. Bir devrede kullanacağımız devre elemanlarının seçimine göre aynı işi farklı elemanlarla, farklı bağlantılar yaparak elde edebiliriz. Hedefimiz, her zaman için yaptığımız devre çiziminin daha kullanışlısını bulmak olmalıdır.

Böyle bir durumda devreyi oluşturacak elemanları seçebilmek için devre elemanlarını iyi tanımak, ayrıca istenilen şartları (problem) iyi algılamak gereklidir.

Devre elemanlarının seçiminde aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır:

- Devre elemanlarının temini zor olmamalı, piyasada veya laboratuvarınızda kolaylıkla bulunmalıdır.
- Devre elemanlarının maliyetinin az olmasını sağlamak için araştırma yapılmalıdır. Genel olarak mümkün olan en az sayıda devre elemanıyla problemin çözülmesi istenmesine rağmen adedi fazla ama fiyatları daha ucuz devre elemanlarıyla da problem çözülebilir.
- Devre probleminde, istenen debiyi ve basıncı sağlayabilecek kompresör kullanılmalıdır.

2.3. Devre Çiziminde Uyulacak Kriterler

Devre elemanlarının sembolleri standarttır. Devre çiziminde sembollerin yanına isimler veya açıklamalar yazılmaz. Çizim evrensel bir dil olarak kabul edilir ve bölgesel farklılıklar yapılamaz. Bu nedenle sembol çizimlerinde dikkatli olunmalı, değişik semboller kullanılmamalı veya sembollerde kısaltma yapılmamalıdır. Devre elemanları birbirlerine göre ölçekli çizilmelidir.

Sembollerin birbirlerine çok yakın çizilmesi, devre elemanlarının okunmasını zorlaştırır. Ayrıca sembollerin çok küçük yapılması ya da birbirlerine çok uzak çizilmesi de

bağlantıların okunmasında hata yapılmasına neden olabilir. Bu nedenle devre sembolleri, çizim kâğıdına düzgün yerleştirilmelidir.

Yatay ya da dikey düz çizgi ile gösterilen bağlantı elemanlarının mümkün olduğunca birbiri üzerinden geçmemesine ve çakışmamasına gayret gösteriniz. Bağlantı elemanları çapraz veya değişik açılarda çizilmemelidir.

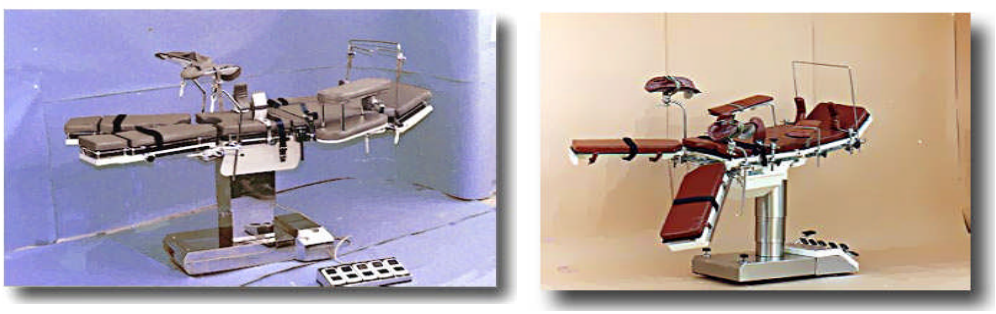
Bağlantı elemanlarının birleştiği yerlere küçük nokta konulmalıdır. Bu, resmin okunmasında yapılabilecek hataları azaltır.

Basınç kontrol valflerinin yanına, ayarlanacağı basınç değeri "bar" cinsinden yazılmalıdır.

2.4. Elektropnömatik Devre Uygulamaları

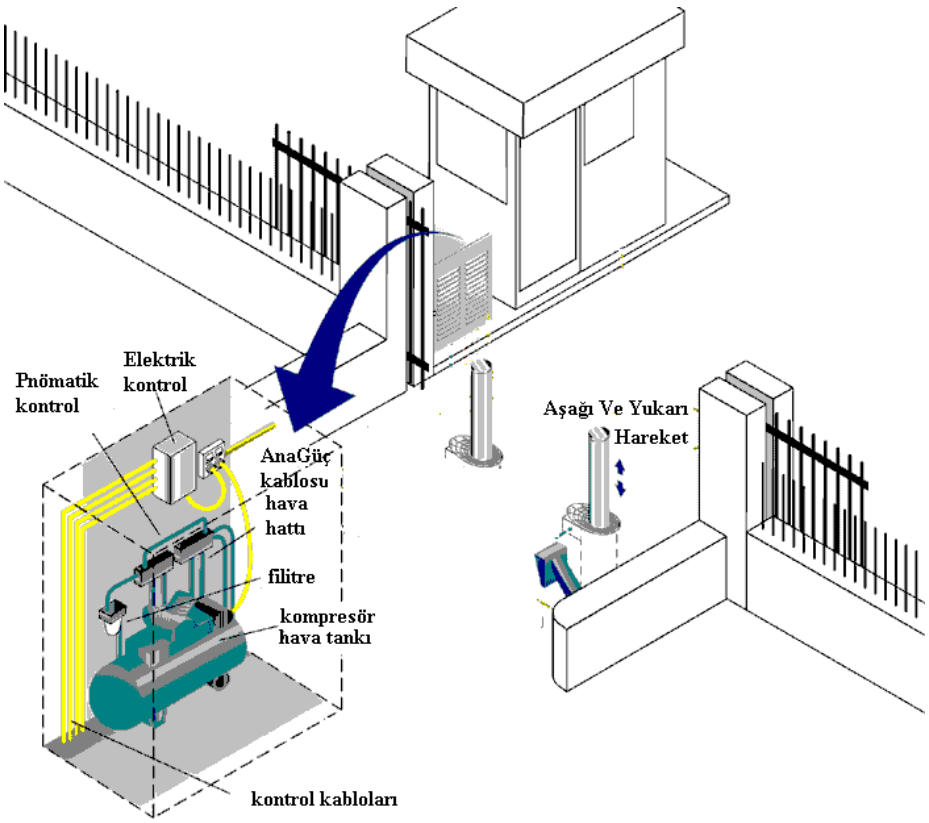
Elektropnömatik sistemler biyomedikal cihazlarda genel olarak mekanik parçaların hareketlerinde, bazı hasta yataklarında, diş ünitelerinde kullanılmaktadır. Ortamların ısı kontrolü güvenliği gibi konularda yardımcı olması açısından da hasta odalarında, genel koridor girişlerinde pnömatik ve elektropnömatik kapı kontrolleri bulunmaktadır.

Aşağıda pnömatik kontrollü cihazlar görülmektedir (Resim 2.5-6-7-8).



Resim 2.5: Ameliyat masaları

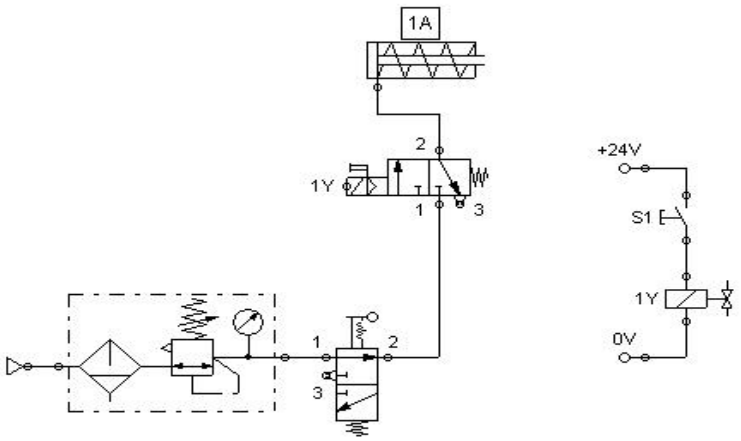
Resim 2.6: Dişçi koltuğu ve diş üniteleri



Resim 2.7: Pnömatik kapı kontrolü (Garaj girişleri, hastane girişleri vb.)

Resim 2.8: Kapı kontrol sistemleri

2.5. Elektropnömatik Devre Şemalarını Okumak

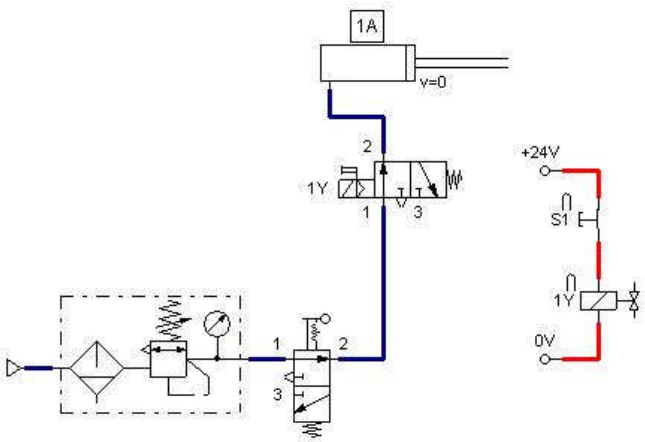


Şekil 2.1: Elektropnömatik devre şeması–1

Yukarıdaki devrede elektrik kumanda sistemi ile pnömatik bir sistemin kontrol edilmesi görülmektedir.

Burada sistem analiz edilirken öncelikle sembollerin anlamları tespit edilmeli ve anahtar konum değişikliklerinde, sistemin verdiği tepki analiz edilmelidir.

Şimdi sistemde elektrik kontrolündeki butonun konumunu değiştirip sistemdeki farklılıkları gözlemleyelim (Şekil 2.1).

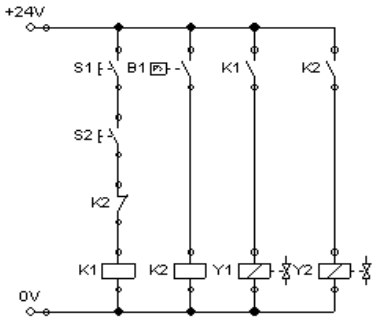


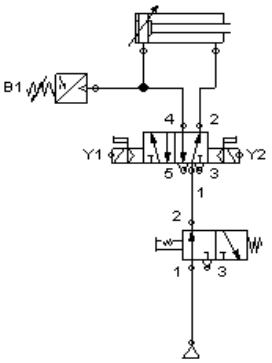
Şekil 2.2: Elektropnömatik devre şeması–2

Burada elektrik devresindeki butonun konum değiştirmesiyle devredeki selenoid valfin enerjileşip hava geçişine izin vermesini böylelikle devre üzerindeki silindirin havayla doğrusal bir hareket yapmasını gözlemleyebiliriz (Şekil 2.2).

UYGULAMA FAALİYETİ

Şeması verilmiş temel bir elektropnömatik devreden malzeme listesi çıkarıp malzeme seçimini yapınız, temel devreleri (tek etkili piston ve çift etkili pistonla doğrusal hareket) kurunuz.





İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Çalışma ortamının temizliğini kontrol ediniz. ➢ Şekildeki devre kurulumunda kullanılacak malzeme araç gereç listesini oluşturunuz. ➢ Devreye uygun malzemelerinizin seçimini yapınız. ➢ Devre şemasına göre devreyi oluşturunuz. ➢ Sistemi çalıştırınız.	➢ Çalışma ortamında iş önlüğünüzü giymeye özen gösteriniz. ➢ Çalışırken temel iş güvenliği tedbirlerini alınız. ➢ Teknik resimle çalışma yaparken her sembolün uluslararası bir niteliği ve kendine has bir anlamı olduğunu unutmayınız. ➢ Meslek resmi modülünüzde mevcut sembolleri bulabilirsiniz.
➢ Gözlemlerinizi bir rapor hâline getiriniz. ➢ Sisteminizi uygun bir sıra ile sökünüz. ➢ Malzeme ve çalışma aletlerini yerlerine yerleştiriniz. ➢ Çalıştığınız ortamı temizleyiniz.	➢ Devre ihtiyacına göre malzeme seçimine dikkat ediniz. ➢ Hava basıncının yeterli olup olmadığını kontrol ediniz.

KONTROL LİSTESİ

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

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	İş önlüğünüzü giydiniz mi?		
2	Devre malzeme listesini oluşturdunuz mu?		
3	Devreye uygun malzeme seçiminizi yaptınız mı?		
4	Devre kuracağınız ortamın temizliğinin çalışmaya uygunluğunu kontrol ettiniz mi?		
5	Devreyi kurdunuz mu?		
6	Pnömatik basıncı ölçtünüz mü?		
7	Devreyi çalıştırdınız mı?		
8	Sonuçları kaydettiniz mi?		
9	Çalışmanızı genel çalışma kurallarına göre yaptınız mı?		
10	Çalışma sonrası çalışma ortamının temizliğini yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Elektrik kontrol sistemleriyle pnömatik kontrol sistemlerinin ortak kullanılmasıyla oluşan sistemlere elektropnömatik sistemler denir.

2. ( ) Pnömatik sistemlerde devre elemanlarının hareketlerini veya basınçlarını algılayarak elektriksel veya pnömatik enerji cinsinden sinyal üreten devre elemanlarına selenoid valf denir.

3. ( ) Elektropnömatik sistemlerde sisteme elektriksel algılayıcıların yerleştirilmesi ve sıralı komutların bu elemanların tepkilerine göre girilmesi mümkündür.

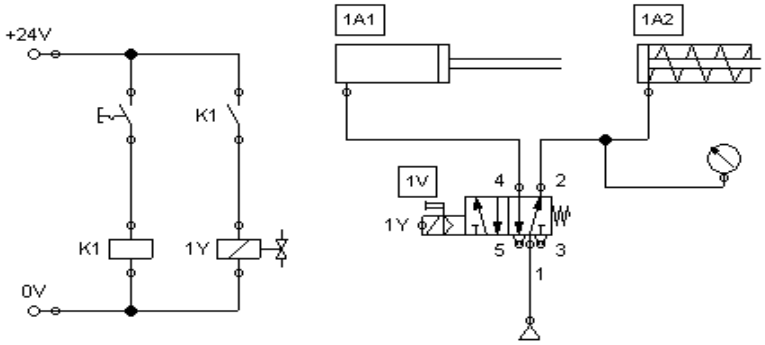
4. ( ) Havanın uzun mesafeye taşınmasındansa sistemin elektrikle kontrolü daha ekonomik bir yöntemdir.

Aşağıdaki soruyu dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

5. Aşağıdaki butona basıldığında hangisi gerçekleşmez?

A) K1 rölesi enerjilenir. **B)** K1 kontağı kapanır.

C) 1Y Valfi enerjilenir. **D)** Kompresör çalışır.



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

Bu öğrenme faaliyetiyle uygun ortam sağlandığında biyomedikal cihazlarda hidrolik devre elemanlarını tanıyıp seçimini yapabilecek, hidrolik üniteleri kontrol edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

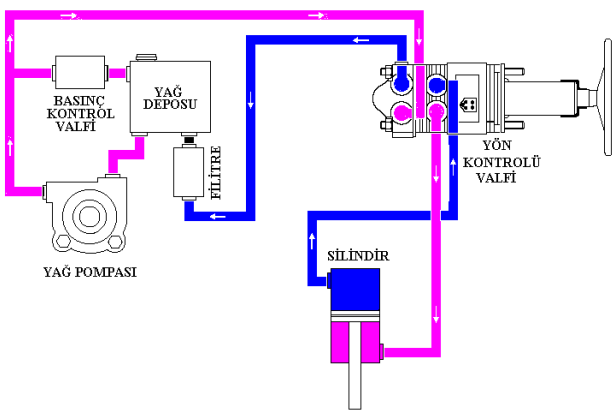
- Bernoulli Prensibi ve Pascal Kanunu ne demektir, hidrolik sistemlerle ilişkisi nedir? Araştırınız.
- Bu modülün daha iyi anlaşılması için öncelikle meslek resmi modülünüzden elektromekanik sembolleri tekrar gözden geçirmeniz gerekmektedir.

3. HİDROLİK

3.1. Hidroliğin Tanımı

Eski Yunancada su anlamına gelen hydro ile boru anlamına gelen aulis kelimelerinin birleştirilmesinden türetilmiştir. İlk dönemlerde boru içindeki suyun davranışlarını belirlemek için kullanılmıştır.

Hidrolik, akışkanların mekanik hareketlerini inceleyen bilim alanıdır. Aşağıdaki şekilde hidrolik sistemlerin en bilinen uygulamalarından olan hidrolik direksiyon sistemi görülmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Temel hidrolik Sistem

3.1.1. Endüstrideki Yeri ve Önemi

Hidrolik sistemlerin uygulama alanı olarak taşıtların fren ve direksiyonları, yağlama istasyonları, hidrolik kaldıraçlar, damperli kamyonlar ve iş makineleri örnek gösterilebilir.

Hidrolik sistemler, pek çok endüstriyel tesiste yaygın olarak kullanılmaktadır. Krikolar, asansörler, vinçler, takım tezgâhları, vites kutuları, test cihazları, sanayi tipi robotlar gibi pek çok uygulama alanı vardır. Son dönemde elektroniğin hızla gelişmesine paralel olarak uygulama alanları çok hızlı bir şekilde genişlemiştir ve buna bağlı olarak yeni makineler geliştirilmiştir.

Metal endüstrisinde tüm makinelerde hidrolik sistemler uygulanmaya başlanmıştır. Hidrolik sistemlerde, güç iletimi kolaylaştığından tercih nedeni olmuştur. Hidrolik kontrollü makineler düzgün ve titreşimsiz çalışmakta olup kontrol edilmesi çok kolaydır. Dairesel, doğrusal hareketler ile otomatik ve mekanik hareketler hidrolik sistemle kolay bir şekilde elde edilmektedir.

Hidrolik sistemler kolay kontrol Edilmesi, ekonomik olması ve az yer kaplaması nedeniyle geniş bir uygulama alanı bulmuştur.

3.1.2. Hidroliğin Uygulama Alanları

- Deniz ve havacılıkta
- Gemi güverte vinçlerinde
- Uzay teleskoplarında
- Uçak yön kontrol sistemlerinde
- Uçakların iniş kalkış sistemlerinde
- Endüstriyel üretim alanlarında
- İş tezgâhlarında
- Preslerde
- Enjeksiyon preslerinde
- Kaldırma araçlarında
- Ağır sanayi makinelerinde
- Barajların kapaklarının açılıp kapatılmasında
- Türbinlerde
- Nükleer santrallerde
- Maden üretiminde
- Demir ve çelik üretiminde
- Hareketli mobil alanlarda
- Taşıtlarda
- Tarım makinelerinde
- İş makinelerinde
- Biyomedikal cihazlarda ağır ünitelerin kontrolünde
- Hasta yataklarında

3.1.3. Hidrolik Sistemlerin Üstünlükleri ve Olumsuz Yönleri

3.1.3.1. Hidrolik Sistemlerin Üstünlükleri

- Diğer sistemlere göre sessiz ve gürültüsüz çalışır.
- Hidrolik enerjinin elde edilmesi, denetimi ve kontrolü kolaydır.
- Uzaktan kontrol edilebilir.
- Bakımı, tamiri ve onarımı kolaydır.
- Basınç yükselmelerinde devre otomatik olarak kontrol edilir.
- Küçük basınçlarla büyük güçler elde edilebilir.
- Rahatlıkla yön değiştirilebilir.
- Sistem çalışma sırasında kendi kendini yağlar.
- Parça ömrü uzundur.
- Ekonomiktir.
- Isıtma ve soğutma kendiliğinden gerçekleşir.
- Sistem durmadan hız kontrolü yapılabilir.
- Otomatik kumanda sistemi ile tek merkezden kontrol edilebilir.
- Elektrikli ve elektronik kontrol sistemleri ile yeni makineler tasarlanabilir.
- Daha az yer kaplar.

3.1.3.2. Hidrolik Sistemlerin Olumsuz Yönleri

- Sıvıların yüksek ısılara ulaşması ile yağ kaçakları oluşabilir ve verim düşebilir.
- Bağlantı ve rakorlarda yüksek basınçtan kaynaklanan kaçak ve sızıntı oluşabilir.
- Bazı elemanlar ısıya karşı hassas olmaları nedeniyle özelliklerini kaybedebilir.
- Bunu önlemek için ısı ayarlayıcıların (eşanjör) devreye bağlanması gerekmektedir.
- Sistem montajı sırasında borularda fazla kıvrım verilirse verim düşer.
- Elemanlar iyi seçilmez, sistem iyi monte edilmez ise verimi düşer.

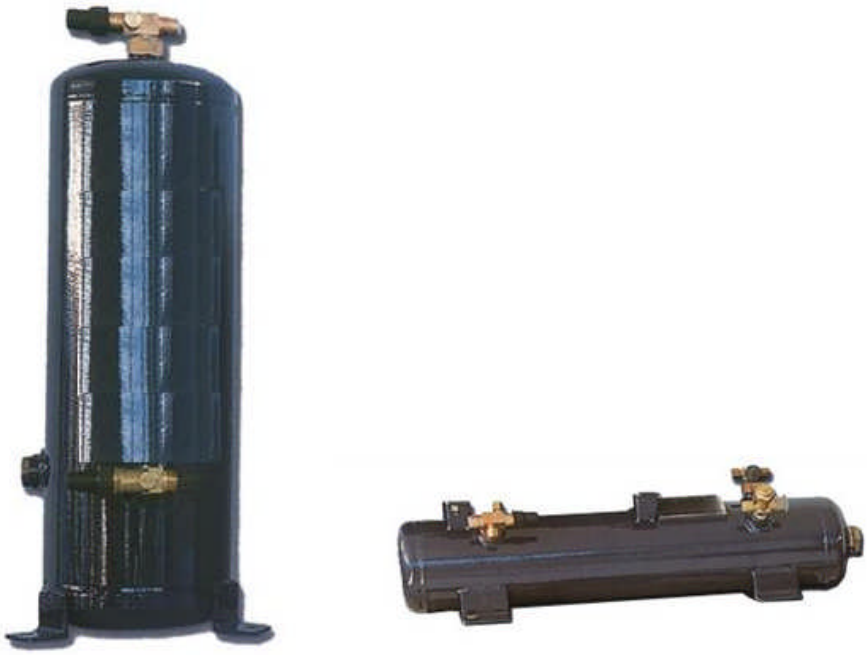
3.2. Hidrolik Devrelerin Ana Kısımları

3.2.1. Hidrolik Devrenin Ana Kısımları

- Yağ deposu
- Hidrolik pompalar
- Hidrolik silindirler
- Hidrolik motorlar
- Valfler
- Hidrolik akümülatörler
- Bağlantı elemanları
- Sızdırmazlık elemanları
- Manometreler

3.2.1.1. Yağ Deposu

Hidrolik sistemlerde en önemli enerji kaynağı olan sıvıların içinde depolandığı kaba, yağ deposu veya yağ tankı denir. Depoda yağ hem dinlenir hem de depodaki filtre tarafından temizlenir (Resim 3.1).



Resim 3.1: Yağ depoları dikey ve yatay

- **Yağ deposu seçiminde önemli noktalar**
  - Depo kapasitesi, sistem için yeterli ölçüde olmalıdır.
  - Büyük kapasiteli sistemlerde ısınma gerekli olacağından depoya ısıtıcı takılmalıdır.
  - Sızıntı yapmamalıdır.
  - Yağ seviyesini gösteren kapak bulunmalıdır.
  - Yağ boşaltma deliği bulunmalıdır.
  - Depoya dönen yağın içindeki metal parçacıklarını ayırabilen mıknatıslı (manyetik) ayırıcı olmalıdır.
  - Depoda dönüş borusu tarafında eğim olmalıdır.
  - Boru uçları 45° eğimli kesilmelidir.
  - Kolay sökülür takılır olmalıdır.
  - Ekonomik olmalıdır.

Hidrolik sistemlerde depodaki yağın bulunduğu veya çalıştığı ortama göre ısıtıcı ve soğutucular gerekebilir (Resim 3.2).

Resim 3.2: Yağ deposu tümleşik

3.2.1.2. Hidrolik Pompalar

Hidrolik pompalar; elektrik motorundan aldığı hareketle depodaki yağı emerek büyük bir basınç üretip mekanik enerjiyi, hidrolik enerjiye çeviren elemanlardır. Pompalar, hidrostatik prensiplere göre çalıştıklarından akışkanı depodan emerek büyük bir basınca dönüştürür.

Pompalar, hidrolik sistemin özelliklerine ve çalışma sistemlerine göre yapılır. Hidrolik sistemin ihtiyaçlarına göre kapasiteleri farklı biçimde tasarlanır.

Akışkanın debisi ve çalışma basıncı önceden hesaplamalar yapılarak bulunur. Böylelikle sistemin ve piyasanın isteklerine cevap verilmiş olur.

Pompa seçimi yapılırken sistemin ihtiyaçlarına uygun olanı seçilmelidir. Aksi hâlde sistem verimli çalışmaz (Resim 3.3).

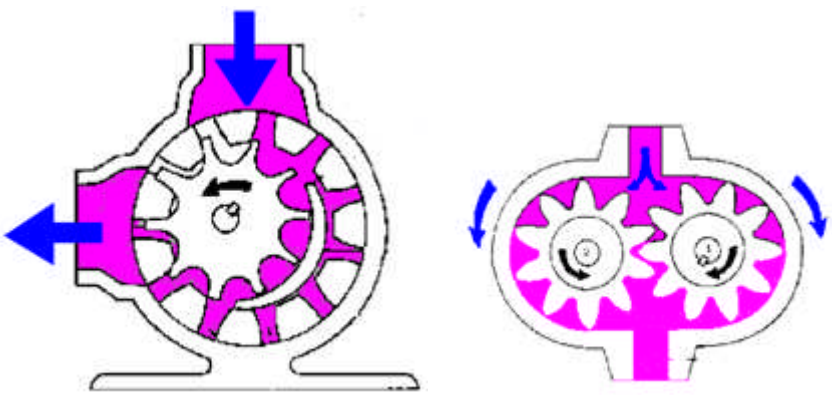
Resim 3.3: Hidrolik pompalar

- **Pompaların çalışma prensibi**

Pompalar, elektrik motorundan aldıkları mekanik enerji ile çalışır. Elektrik motorunun dönmesi ile dişleri arasına aldıkları akışkanı basınç yaparak sisteme gönderir. Burada meydana gelen basınç, hacimsel büyüme veya hacimsel küçülme esasına dayanır. Akışkanın depodan emilmesi, hacimsel büyüme; sisteme basınçla gönderilmesi sonucu hacimsel küçülme olduğundan, basınç meydana gelir.

Akışkanın sisteme basınçla gönderilmesi sırasında boru çaplarının büyük veya küçük olması basınca etki eder. Boru çapları küçüldükçe basınç artar.

Pompayı monte etmeden ve çalıştırmadan bazı kontroller gerçekleştirilmelidir (Resim 3.4).



Resim 3.4: Hidrolik pompa çalışma prensipleri

Bu kontroller şunlardır:

- Pompanın içinde hava düşmesini önlemek için pompayı çalıştırmadan önce basınç borusu kısmından 1 – 1,5 litre kadar yağ konulmalıdır.

- Elektrik motoru dönüş yönü ile pompanın dönüş yönüne, montaj sırasında dikkat edilmelidir.
- Sistemdeki emiş ve dönüş hattındaki valfler açık olmalıdır.
- Filtreleri temiz olmalıdır.

- Pompa seçimi

Hidrolik sistemlerde pompa seçimi yapılırken sistemin ihtiyaçlarına cevap veren pompalar seçilmelidir (Resim 3.5).

Resim 3.5: Hidrolik pompa

- Hidrolik pompa seçimi yapılırken dikkat edilecek noktalar:
  - Pompanın gücünün yeterli olması
  - Pompanın debisinin yeterli olması
  - Pompanın çalışma basıncı
  - Pompanın devir sayısı ve dönüş yönü
  - Çalışma ortamı sıcaklığının uygunluğu
  - Gürültüsüz çalışması
  - Boyutlarının az yer kaplaması
  - Ekonomik olması
  - Bakım, onarım ve montajının kolay olması
- **Debi**

Debi; hidrolik sistemde, pompanın birim zamanda sisteme göndermiş olduğu akışkan miktarına denir.

Hidrolikte debi birimi olarak $cm^3/dk.$, $dm^3/dk.$ veya l /dk. kullanılır. Borunun belli kesitinden 1 dakikada 1 litre akışkan geçmesi durumunda, akışkanın debisi l/dk.dır denilir.

3.2.1.3. Hidrolik Silindirler

Hidrolik silindirler; hidrolik sistemlerde, doğrusal hareket elde etmek için kullanılan devre elemanlarıdır. Hidrolik enerjiyi doğrusal olarak mekanik enerjiye dönüştüren elemanlardır. Düzenli biçimde ileri geri hareket ederek çalışır. Bildiğimiz kamlı dişli çarklı

biyel - manivelalı mekanik doğrusal hareketleri hidrolik sistemlerde basınçlı akışkanın gücü ile alternatif doğrusal harekete dönüştürür (Şekil 3.2).

Şekil 3.2: Silindir yapıları tek etkili ve çift etkili

- **Hidrolik silindirin elemanları**
  - Silindir gömleği
  - Piston
  - Piston kolu
  - Sızdırmazlık elemanları
  - Kapaklar

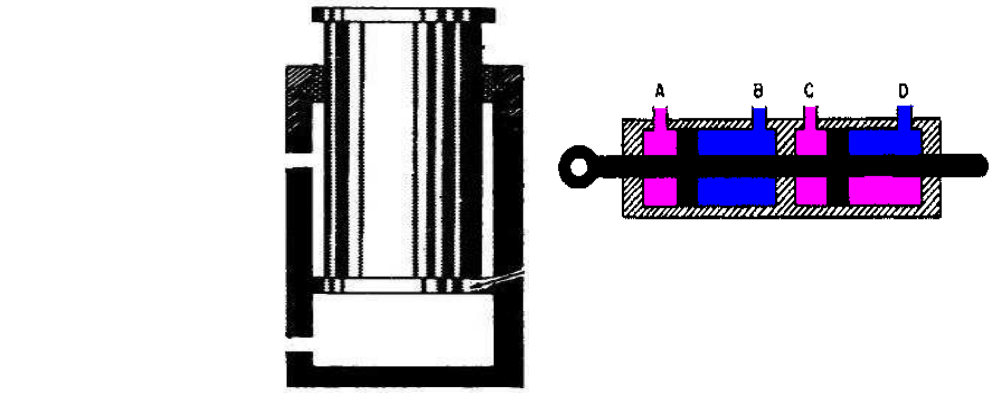
- **Hidrolik Silindir Çeşitleri**

Hidrolik devrelerde kullanılan silindirler, kullanıldıkları yerin özelliklerine ve çalışma şartlarına göre geliştirilmiştir (Resim 3.6).

Resim 3.6: Silindir

Çalışma şartlarına göre silindirler (Şekil 3.3):

- Tek etkili silindir
- Çift etkili silindirler
- Teleskopik silindir
- Yastıklı silindir
- Tandem silindir



Teleskopik Çift Etkili RAM Tandem Silindir

Şekil 3.3: Silindir çeşitleri

3.2.1.4. Hidrolik Motorlar

Hidrolik motorlar çalışma prensipleri bakımından hidrolik pompaların tersi bir sistemle çalışır. Hidrolik pompaların aksine hidrolik motorlara sıvı, basınçlı olarak girer. Basınçlı sıvı, sistemleri aracılığı ile hidrolik enerjiyi dairesel harekete dönüştürür.

Hidrolik motorların devir sayıları, motora giren sıvının miktarına bağlıdır. Hidrolik motora giren sıvının miktarı ne kadar fazla olursa motorun devri o kadar yükselir. Hidrolik motorların ters yönde dönmesini sağlamak için yön değiştirme valflerine başvurulur.

- **Hidrolik motorların çeşitleri**

Hidrolik motorlar, hidrolik pompalarda olduğu gibi çeşitlendirilir:

- Dişli çark sistemli motorlar
- Pistonlu motorlar (radyal ve eksenel)
- Paletli motorlar

- **Hidrolik motorların üstün yönleri**

- Kullanım alanı yönünden ekonomiktir.
- Harekete geçmeleri kolaydır.
- Hız ayarı kademesiz yapılabilir.
- Dönmeye devam ederken hız değiştirme kolaylığı vardır.
- Yön değiştirme kolaylığı vardır.
- Debisi azaltılarak yavaşlatma, fren yapma özeliğine sahiptir.
- Her tür makineye takılarak çalıştırılabilme özellikleri vardır.

3.2.1.5. Valfler

Valfler, hidrolik sistemlerin en önemli elemanlarındandır. Elektroniğin gelişmesine paralel olarak programlanabilen, uzaktan kumanda edilebilen valfler hizmete sunulmuştur. Robot sistemli çalışan makineler, uçaklarda otomatik olarak yapılan hareketler, makinecilikte el değmeden yapılan otomasyon işlemleri örnek olarak gösterilebilir (Resim 3.7).

Resim 3.7: Selenoid valflerValflerin görevleri

Valfler, hidrolik sistemlerdeki sıvının basıncını, yönünü ve debisini kontrol eder. Hidrolik sistemlerde akışkanın basıncını ayarlamak, yolunu açıp kapamak, yönünü kontrol etmek için kullanılan devre elemanlarıdır. Hidrolik sisteme gönderilen basınç oranı, valfler yardımı ile ayarlanır.

Hidrolik sistemlerdeki silindirlerin istenilen yönde çalışmalarını, sıvının istenilen yöne yöneltilmesini, hidrolik motorların istenilen yönde dönmesini kontrol eder. İşlemini tamamlayan sıvının depoya geri dönüşünü gerçekleştirir.

Resim 3.8: Hidrolik sistemlerde kullanılan bazı valf çeşitleri

➢ **Valf çeşitleri**

Hidrolik sistemlerde kullanılan valfler yaptıkları işlere göre (Resim 3.8-9);

- Yön kontrol valfleri,
- Basınç kontrol valfleri,
- Akış (hız) kontrol valfleri,
- Çek valfler olarak çeşitlendirilir.

Resim 3.9: Çek valf çeşitleri

- Yön kontrol valfleri

Yön kontrol valflerinin hidrolik sistemlerdeki görevi, sıvının yönünü kontrol etmektir. Çalışan, iş yapan elemanların istenilen yönde çalışmalarını sağlar. Sisteme istenilen yönlerde sıvı gönderir. Hidrolik sistemlerde, hidrolik silindirlerin hareketini ileri geri, hidrolik motorların dönme yönlerini sağa sola yönlendirmekte kullanılır. İstenildiği an, yön değiştirme kolaylığı sağlar.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte otomatik kumandalı devrelerde, uzaktan kumandalı elektromanyetik valfler, elektrohidrolik valfler ve servo valfler üretilmiştir.

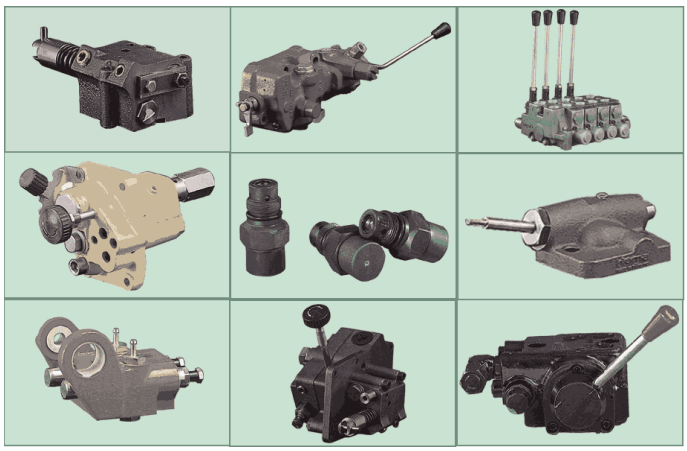
Yön kontrol valflerinin hidrolik sistemlerde en çok kullanılan iki çeşidi vardır. Çalışma ve görev yapma şekilleri aynı olmasına rağmen yapıları birbirlerinden farklıdır (Resim 3.10).

- Sürgülü yön kontrol valfleri
- Yuvarlak (dönerli) yön kontrol valfleri

➢ **Yol ve konumlarına göre yön kontrol valfleri**

- 2 / 2 valf (2 yollu, 2 konumlu yön kontrol valfi)
- 3 / 2 valf (3 yollu, 2 konumlu yön kontrol valfi)
- 4 / 2 valf (4 yollu, 2 konumlu yön kontrol valfi)
- 3 / 3 valf (3 yollu, 3 konumlu yön kontrol valfi)
- 4 / 3 valf (4 yollu, 3 konumlu yön kontrol valfi)
- 5/ 2 valf (5 yollu, 2 konumlu yön kontrol valfi)

Hidrolik sistemlerde de yön kontrol valflerinin isimlendirilmesi pnömatik sistemlerdeki gibidir.



Resim 3.10: Yön kontrol valfleriBasınç kontrol valfleri

Basınç kontrol valfleri; hidrolik sistemlerde, pompanın bastığı sıvının basınç değerini, belli sınırlar arasında tutar. Basınç hattı üzerine montajı yapılır. Hidrolik devreyi ve çalışan elemanları korur. Devrenin çalışma basıncının belli bir değerin üzerine çıkmasını engelleyerek sistemin düzenli ve güvenli çalışmasını sağlar.

Basınç kontrol valfleri, çalışma fonksiyonları bakımından dört çeşittir:

- ✓ Emniyet valfleri
- ✓ Basınç düşürme valfleri
- ✓ Basınç sıralama valfleri
- ✓ Boşaltma valfleri

3.2.1.6. Hidrolik Akümülatörler

Hidrolik sistemlerde, gerektiği zaman kullanılmak için bulundurulan, hidrolik enerjiyi basınç altında depolayan elemanlara denir (Resim 3 11).

Resim 3.11: Hidrolik akümülatör

- ➢ **Görevleri**
  - Çalışma basıncını kontrol eder.
  - Sistemde oluşabilecek ani şokları ortadan kaldırır.
  - Sızıntılardan kaynaklanan verim kayıplarını karşılar.
  - Isı yükselmelerinde sıvıyı soğutur.

- Pompa arızalarında ve elektrik kesilmelerinde sistemi kısa bir süre besleyerek hareketin tamamlanmasını sağlar.

➢ **Akümülatör çeşitleri**

- Ağırlıklı akümülatörler
- Yaylı akümülatörler
- Diyaframlı akümülatörler
- Balonlu akümülatörler
- Pistonlu akümülatörler

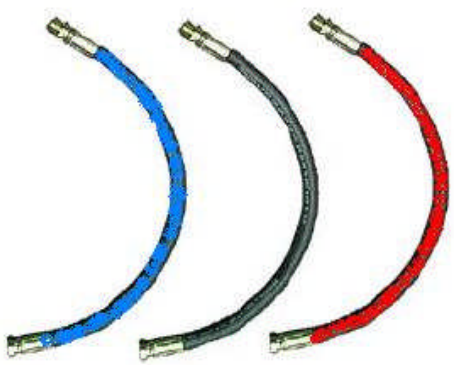
3.2.1.7. Bağlantı Elemanları

Bağlantı elemanları; hidrolik devre elemanlarının birbirleri ile bağlantılarının sağlanması ve basınçlı sıvıya iş yaptırmak üzere çalışacak bölümlere gönderilmesinde kullanılan devre elemanlardır.Bu elemanlar; borular ve hortumlar, rakorlardır.

➢ **Borular ve hortumlar**

Borular ve hortumlar; hidrolik devrelerde, basınçlı sıvının depodan başlayarak alıcılara ve çalışma hatlarına kadar iletilmesinde kullanılır. Hidrolik sistemlerde, borular ve bezli lastik hortumlar kullanılır. Borular, korozyona dayanıklı, dikişsiz olarak yumuşak çeliklerden yapılır. Hidrolik sistemlerde kullanılacak çelik boruların özellikleri DIN 2391, TS 301'de ifade edilmiştir.

Basınçlı sıvının çalışan alıcılara iletilmesinde bezli lastik hortumlar kullanılır. Bezli lastik hortumlar, 1000 bar basınca dayanıklı, üç kat tel tabaka ile örülmüş, esnek hortumlardır (Resim 3.12).

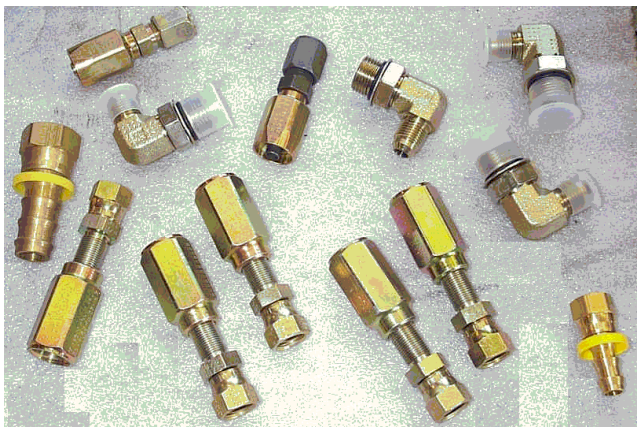


Resim 3.12: Hortumlar

Lastik hortumların çalışma sıcaklıkları -40 ºC ile +90 ºC arasındadır. Çelik borular ve bezli lastik hortumlar, kullanılacakları ölçülere göre standartlarca belirlenmiştir.

Boruların, yerine monte edilmeden iç kısımlarının su veya kimyasal maddelerle temizlenmesi gerekir. Borular ve lastik hortumlar, oksijen kaynağından ve elektrik cihazlarından uzak çalıştırılmalıdır. Çalıştıkları yerlerde metal talaşları olmamalıdır. Metal

talaşları, lastik hortumlara zarar verir. Boruların takılıp sökülmeleri, bakımı ve tamiri kolay olmalıdır (Resim 3.13-14).



Resim 3.13: Ekleme elemanları

➢ **Boru seçiminde ve montajında dikkat edilecek noktalar**

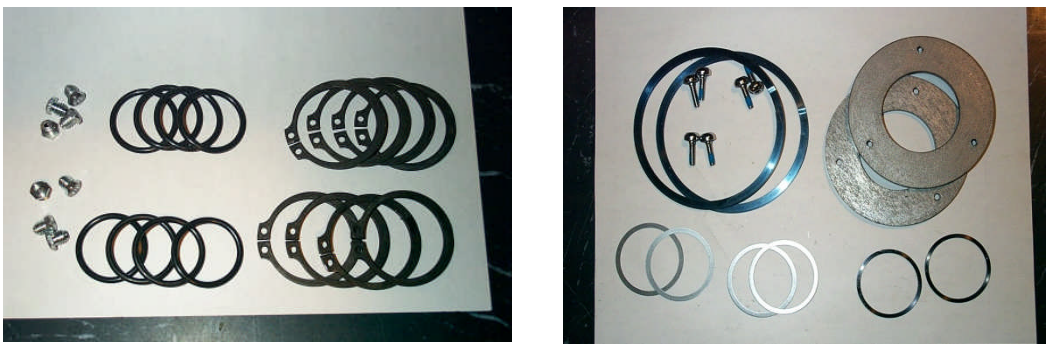
- Boruların iç yüzeyleri pürüzsüz ve temiz olmalıdır.
- Takıldıkları yerlerde kıvrım sayısı az olmalıdır.
- Sisteme uygun çapta ve uzunlukta olmalıdır.
- Üzerine yeterince hava alma musluğu takılmalıdır.
- Gereksiz eklerden kaçınılmalıdır.
- Basınç hattında kesit daralmamalıdır.
- Sızdırma ve kaçak yapmamalıdır.
- Boru bağlantılarında hata yapılmamalıdır.

Resim 3.14: Ekleme elemanları

3.2.1.8. Sızdırmazlık Elemanları

Hidrolik devrelerdeki sıvı yüksek basınç altında çalıştığı için devrede kaçak ve sızıntılar meydana gelebilir. Sıvı kaçaklarını ve sızdırmayı önlemek için sızdırmazlık elemanları kullanılır. Bu durum, sistemin verimini düşürür. Sızdırmazlık elemanları genellikle esnek lastik, bezli ve termoplastik gereçlerden "O, U, V" şekillerinde standart ölçülerde imal edilir.

Esnek lastiklerden yapılanlar perbunan, breon, hycar, chemigum gibi gereçlerden, madenî yağlara dayanıklı olarak imal edilir. -40ºC +120ºC arası sıcaklıklara dayanıklıdır. Bezli gereçlerden yapılanlar, yüksek basınca ve sıcaklıklara dayanıklıdır (Resim 3.15).



Resim 3.15: Sızdırmazlık elemanları

Termoplastik olanlar teflon, poliamid, flijon, halon ve derlin… vb. gibi yüksek sıcaklıklara (+ 250 OC) dayanıklı gereçlerden imal edilir. Teflon gereçler uzun ömürlü olup aşınmaya karşı dayanıklı, yağ ortamında kayganlığa ve verimli çalışma yeteneğine sahiptir.

Resim 3.16: Teflon

3.2.1.9. Manometreler

Manometreler; hidrolik sistemlerde, genellikle basınç hattına takılarak basınç ölçme görevi yapar. Tezgâh veya makine çalışırken çalışma basıncı değerleri manometrelerden takip edilir. Belirli noktalara takılarak o bölgenin basıncı kontrol altına alınmış olur.

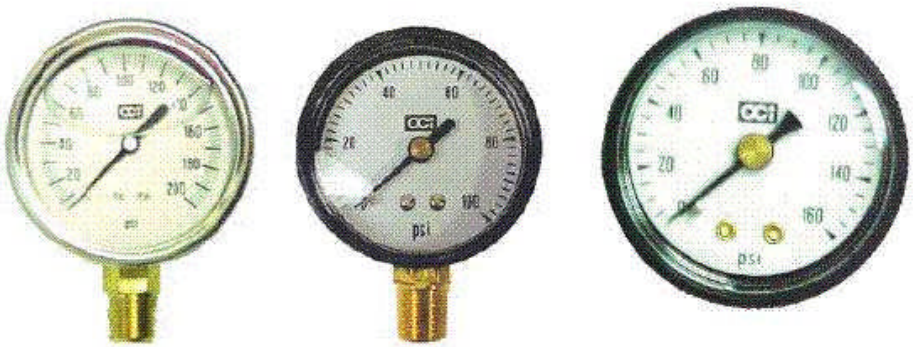
Manometrelerin gösterdiği basınç, efektif basınçtır. Bu basınç, atmosfer basıncının üzerinde bir değerdir. Aşırı basınç yükselmeleri meydana geldiğinde, elektrik sinyali

gönderip kontağın atmasını sağlar ve meydana gelebilecek kazalar önlenmiş olur (Resim 3.17).

Hidrolik manometrelerde okunan basınç birimi bar'dır.

1 bar = 1 cm² yüzeye etkiyen 10 newton kuvvetin yaptığı basınçtır. N/cm² veya 1 kg/cm² olarak okunur. Psi basınç birimi ile de ölçülür. Manometrelerde basınç atmosfer (atü) cinsinden de ölçülür. Atmosfer basıncı 76 cm yüksekliğindeki cıvanın hidrostatik basıncına eşittir.

1 atm. = 101 325 kN / m²dir.



Resim 3.17: Monometreler

- **Manometre seçiminde dikkat edilecek noktalar**
  - Çalışma basıncı ile iş basıncı uygun olmalıdır (ölçüm aralığı).
  - Çalışma basıncına bağlı olarak bağlantı vidası ölçüsü ve dış çapı uygun olmalıdır.
  - Manometre her zaman gerçek değerleri göstermelidir.
  - Hassasiyetleri O - 0,1 bar değerinde olmalıdır.

3.3. Hidrolik Yağlar

3.3.1. Görevleri

Hidrolik yağlar; hidrolik devrelerde kullanılan sıvılardır. Hidrolik enerjinin çalışan elemanlara iletilmesinde kullanılan sıvıların hidrolik akışkan olabilmesi için birtakım özelliklerinin olması gerekir. Hidrolik sistemlerde verimin alınabilmesi ve çalışan elemanların ekonomik ömrünün uzun olması için hidrolik yağlar kullanılır.

3.3.2. Akışkan Çeşitleri

- Su
- Doğal yağlar
- Sentetik (yapay) yağlar

3.3.2.1. Su

Hidrolik sistemlerin bulunduğu ilk dönemlerde akışkan olarak su kullanılmıştır. Günümüzde de yüksek ısılı çalışma ortamlarının olduğu yerlerde, hidroelektrik santrallerinde ve türbinlerde su kullanılmaktadır. Fakat su, paslanmaya (korozyon) sebep olduğundan mutlak kullanılması gereken yerlerde gliserin ya da pas önleyici kimyasallar katılarak kullanıma sunulmaktadır.

3.3.2.2.Doğal Yağlar

Su kullanımının paslanmaya yol açması ve bazı olumsuzluklarının görülmesi sonucu, bitkilerden elde edilen ayçiçeği yağı ve zeytinyağı hidrolik sistemlerde kullanılmaya başlanmıştır. Fakat yüksek basınçlarda uzun süre çalışması gereken yerlerde istenilen verime ulaşılamamıştır. Bu nedenle üreticiler sentetik yağ arayışına yönelmişlerdir.

3.3.2.3. Sentetik (Yapay) Yağlar

Petrol ürünlerinden elde edilen yağlardır. Hidrolik sistemlerde akışkan olarak sentetik yağ kullanmanın amacı, hareket eden parçaların sürekli yağlanması nedeniyle oluşabilecek ısınma ve aşınmaları yok etmektir. Petrol ürünlerinden elde edilen yağlar, yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklılığı yüksek yağlardır.

3.3.3. Hidrolik Yağlarda Aranan Özellikler

Hidrolik yağlarda bazı özelliklerin bulunması şarttır. Rastgele yağların kullanılması, sistemde olumsuzluklar meydana gelmesine neden olur. Bu özellikler şunlardır:

- Viskozite
- Köpüklenme
- Yağlama yeteneği
- Polimerleşme
- Oksidasyon
- Akma noktası
- Isıl genleşme
- Özgül ağırlık
- Film dayanımı
- Alev alma noktası

Bu özellikleri genel olarak sıralamak gerekirse;

- Güç iletme özelliği bulunmalıdır.
- Devre elemanlarını ve çalışan kısımları yağlama özelliği bulunmalıdır.
- Sistem ısındığında soğutma yapmalıdır.
- Yapışkanlık özelliğinden ötürü sızdırmazlık sağlamalıdır.
- Çalışan elemanlarda paslanma sorun olduğundan paslanmaya karşı koruyucu olmalıdır.
- Yağların oksijenle birleşmesi yağın ekonomik ömrünü kısaltır. Bu yüzden oksijenle birleşmeye karşı direnci yüksek olmalıdır.

- Yağlar, içindeki hava ve suyu kolayca dışarı atabilmelidir (Su paslanmaya neden olur.).
- Hava kabarcıkları ise kavitasyon oluşturur (Sistemin düzensiz çalışmasına neden olur.).
- Yüksek basınçlarda çalışırken ısıya karşı özelliklerini kaybetmemelidir.
- Birbiri üzerinde hareket eden parçalar arasında film tabakası oluşturmalıdır.
- Güç kaybına neden olmamalıdır.
- Çalışma şartlarından ötürü sistemin içine girebilecek pislikleri süzme özelliği olmalıdır.

3.4. Hidrolik Filtreler

3.4.1. Görevleri

Hidrolik filtreler; hidrolik devrelerde, yabancı maddelerin (kum, pislik, metal parçacıkları vb.) çalışan elemanlara zarar vermemesi ve sisteme temiz sıvı gönderilmesi için kullanılan devre elemanlardır. Sistemin çeşitli hatlarına takılarak devrede dolaşan sıvının içindeki pislikleri temizlemeye yarar (Resim 3.18).

Yağın içinde oluşan tortu ve pislikler devrenin sağlıklı çalışmasına engel olarak verimi düşürür. Filtreler özel madde emdirilmiş kâğıtlardan veya madeni tel örgülü 5 mikron ölçüye kadar süzme özellikli malzemelerden imal edilir.

Sıvının özelliğini kaybetme nedenleri:

- **Montaj sırasında oluşan kirlenme**: Montaj sırasında yeni takılan parçalarda; metal talaşları, toz metaller ve görülmeyen pislikler olabilir. Bunları yok etmek için öncelikle düşük numaralı yağlarla devre çalıştırılıp temizlenmeli sonra devrede çalışacak normal yağ kullanılmalıdır.
- **Çevre şartlarından oluşan kirlenme**: Sistemin tozlu ortamlarda çalışması sonucu yabancı maddeler açık yerlerden ve çalışan silindirlerden girerek sıvının özelliğini bozar.
- **Hidrolik sistemin çalışması sonunda oluşan kirlenme**: Hareketli elemanların aşınmaları sonucu metal talaşlarından ve çeşitli nedenlerden meydana gelen kirlenmelerdir.

3.4.2. Hidrolik Filtre Çeşitleri

- Emiş hattı filtreleri
- Basınç hattı filtreleri
- Dönüş hattı filtreleri

Resim 3.18: Hidrolik filtreler

3.4.2.1.Filtrelerin Seçiminde Dikkat Edilecek Noktalar

Hidrolik devrelerde kullanılan filtrelerin nerelerde, nasıl görev yapacaklarının iyi bilinmesi gerekir. Filtrelerin özellikleri, tipi ve nasıl temizleneceği de bilinmelidir.

Buna göre;

- Filtre edilecek olan sıvının (l/k.) olarak debisine,
- Hidrolik devrenin en yüksek basıncına,
- Hidrolik devre için filtrenin (mikron) cinsinden süzme kapasitesine,
- Hidrolik sistemdeki sıvının akış hızına,
- Sistemin (bar) cinsinden basınç değerine,
- Filtrelerin sisteme uygunluğuna ve kolay temizlenebilirliğine,
- Isı ve montaj durumuna,
- Filtreleme hassasiyeti gibi konulara dikkat edilmelidir.

3.4.3. Filtrelerin Kirlenme Nedenleri

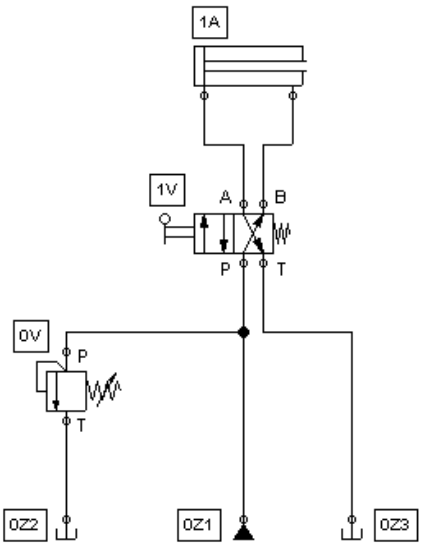
Yağ, çalışma sırasında ısındığında yağın içindeki mineraller, hava içindeki oksijenle birleşerek oksitlenir. Oksitlenme parçaların aşınmasına neden olur. Bunun dışında, sisteme dışardan sızan yabancı maddeler de filtrelerde temizlendiğinden oksitlenme ve yabancı maddeler, filtrelerin kirlenmelerine neden olur.

3.4.4. Filtrenin Bakımı ve Temizliği

- Depoya konulan akışkanın temiz olmasına dikkat edilmelidir.
- Filtreler takılmadan sistem çalıştırılmamalıdır.
- Akışkanın devre için uygunluğu bilinmelidir.
- Filtrelerin bakımı için program yapılmalıdır.
- Filtrelerin ne kadar zamanda değişeceği tespit edilmelidir.
- Sisteme toz, kir ve pislik girmemesine dikkat edilmelidir.
- Paslanmaz çelikten filtreler temizlenerek yerine takılmalıdır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Devre şeması verilmiş bir hidrolik devreyi oluşturup elemanlarını seçiniz ve temel bir hidrolik devre oluşturunuz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Çalışma ortamının temizliğini kontrol ediniz.	➢ Çalışma ortamında iş önlüğünüzü giymeye özen gösteriniz. ➢ Çalışırken temel iş güvenliği tedbirlerini alınız. ➢ Teknik resimle çalışma yaparken her sembolün uluslararası bir niteliği ve kendine has bir anlamı olduğunu unutmayınız. ➢ Meslek Resmi modülünüzde mevcut sembolleri bulabilirsiniz. ➢ Devre ihtiyacına göre malzeme seçimine dikkat ediniz.
 ➢ Şekildeki devre kurulumunda kullanılacak malzeme araç gereç listesini oluşturunuz.	
➢ Devreye uygun malzemelerinizin seçimini yapınız.	
➢ Devre şemasına göre devreyi oluşturunuz.	
➢ Sistemi çalıştırınız.	
➢ Gözlemlerinizi bir rapor hâline getiriniz.	➢ Yağ basıncını ve ısısını kontrol ediniz.
➢ Sisteminizi uygun bir sıra ile sökünüz.	
➢ Malzeme ve çalışma aletlerini yerlerine yerleştiriniz.	
Çalıştığınız ortamı temizleyiniz.	

KONTROL LİSTESİ

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

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	İş önlüğünüzü giydiniz mi?		
2	Devre malzeme listesini oluşturdunuz mu?		
3	Devreye uygun malzeme seçiminizi yaptınız mı?		
4	Devre kuracağınız ortamın temizliğinin çalışmaya uygunluğunu kontrol ettiniz mi?		
5	Devreyi kurdunuz mu?		
6	Hidrolik basıncı ölçtünüz mü?		
7	Hidrolik ısısını ölçtünüz mü?		
8	Devreyi çalıştırdınız mı?		
9	Sonuçları kaydettiniz mi?		
10	Çalışmanızı genel çalışma kurallarına göre yaptınız mı?		
11	Çalışma sonrası çalışma ortamının temizliğini yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Suyun boru içindeki davranışlarını inceleyen bilim alanının adı nedir?
A) Dinamik **B)** Statik **C)** Hidrolik **D)** Mekanik

2. "Sıvı dolu bir kaba uygulanan kuvvet sonucu meydana gelen basınç, sıvı tarafından kabın bütün yüzeylerine aynen iletilir." prensibi hangi bilim insanına aittir?
A) Toriçelli **B)** Pascal **C)** Bernoulli **D)** Newton

3. **"**Boru çapı küçüldükçe akışkan hızı artar, basıncı düşer; boru çapı büyüdükçe akışkan hızı azalır, basıncı artar." prensibini ortaya koyan bilim insanı kimdir?
A) Toriçelli **B)** Pascal **C)** Bernoulli **D)** Newton

4. Hidrolik sistemlerde filtre temizliği ve bakımı ile ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?
A) Depoya konulan akışkanın temiz olmasına dikkat edilmelidir.
B) Filtreler takılmadan sistem bir kere çalıştırılmalıdır.
C) Akışkanın devre için uygunluğunu bilinmelidir.
D) Sisteme toz, kir ve pislik girmemesine dikkat edilmelidir.

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

5. ( ) Hidrolik sistemlerde genellikle basınç hattına takılarak basınç ölçme görevi yapan elemanlara monometre denir.

6. ( ) Hidrolik sistemde pompanın birim zamanda sisteme göndermiş olduğu akışkan miktarına debi denir.

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

Bu öğrenme faaliyetiyle, uygun ortam sağlandığında biyomedikal cihazlarda elektrohidrolik devre elemanlarını tanıyıp seçimini yapabilecek, elektrohidrolik üniteleri kontrol edebileceksiniz

ARAŞTIRMA

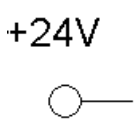
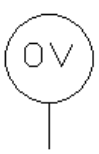
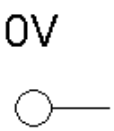
- Elektro hidrolik sistemlerin biyomedikal teknolojileri içerisindeki kullanım alanlarını bir rapor hâline getirerek arkadaşlarınızla tartışınız.

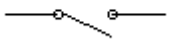
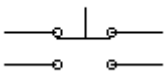
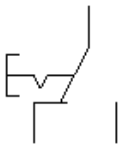
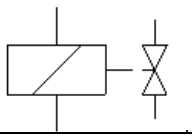
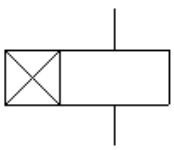
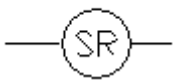
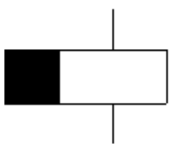
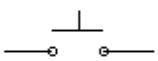
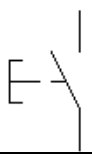
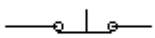
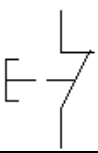
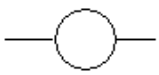
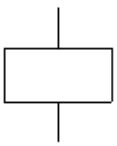
4. ELEKTROHİDROLİK

Elektropnömatikte de bahsedildiği gibi uzak mesafelere gazların ve sıvıların transferi pek ekonomik bir yöntem değildir; bu sebeple farklı sistemler kontrol için birleştirilir.

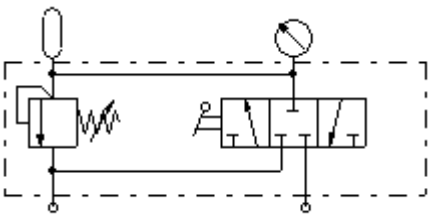
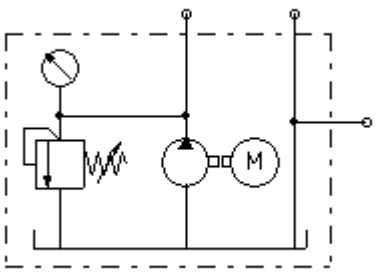
Elektrohidrolikte elektriksel kontrol elemanları ile hidrolik kontrol elemanlarının aynı sistem içerisinde kontrol amacıyla kullanılmasıdır. Günümüzde oldukça yaygın bir kullanım alanı bulunmaktadır.

4.1. Elektrohidrolik Sistemlerde Kullanılan Elektrik Kontrol Sembol ve Anlamları

SEMBOL	SEMBOL	ANLAMI
		24 voltluk gerilim kaynağı sembolü
		Gerilim kaynağı 0 volt

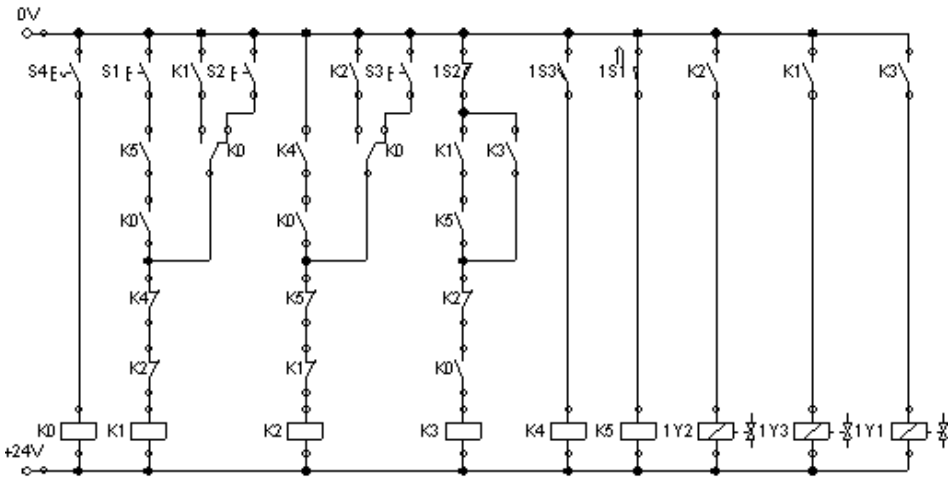
		Normalde açık kontak
		Normalde kapalı kontak
		Çift yollu buton (konum değiştirici tuş)
		Valf selenoidi (Amerikan Normu)
		Açma gecikmeli röle
		Kapama gecikmeli röle
		Tuş (buton) normalde açık
		Tuş (buton) normalde kapalı
		Röle

4.2. Elektro Hidrolik Sistemlerde Kullanılan Bileşik Sembollerden Bazıları

SEMBOL	ANLAMI
	Emniyet bloklu diyaframlı hidrolik akümülatör
	Enerji besleme birimi

Elektrohidrolik devrelerde, tesis ya da sistemin ihtiyacına göre elektrik ve hidrolik olmak üzere iki devre yapısı oluşturulur; devre yapıları birbirleri ile etkileşimli çalışmaktadır. Aşağıda böyle bir sistemdeki elektrik ve hidrolik kumanda devreleri görülmektedir.

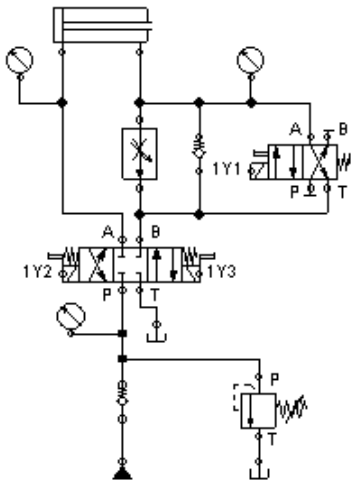
- **Elektrik kontrol devresi**



Elektrik kumanda devreleri, standart elektrik kumanda elemanlarından oluşmaktadır. Devrelerin çalışma yapıları da elektrik devreleri şeklinde yorumlanmalıdır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus, etkileşimli elemanların tepkilerinin göz önünde tutulması gereğidir.

Örnek olarak yukarıdaki devre incelendiğinde K5 rölesinin enerjilenmiş olduğu ve buna bağlı olarak k5 normalde açık kontağının kapalı konuma geçtiği, S1 butonuna basıldığında ise K1 rölesinin enerjilenip kontaklarının konum değiştireceği düşünülerek sistemin bütünü analiz edilmelidir.

- **Hidrolik kontrol devresi**

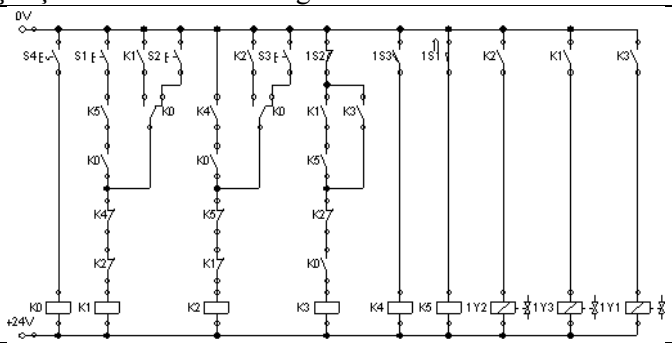
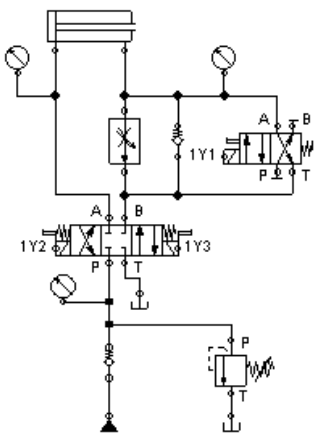


Hidrolik devrelerdeki sistem analizlerinde elektrik ve hidrolik devreler bir bütün olarak değerlendirilmeli, elemanların tepkileri her iki devre üzerinden de analiz edilmelidir.

Sistem reaksiyonlarının analiz edilmesi için devreyi oluşturan elemanların çalışma prensip ve sistem tepkilerine dikkat etmek gerekir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Bir elektrohidrolik devre şemasından malzeme listesi çıkarıp malzeme seçimini yapınız ve temel elektohidrolik devre yapılarını oluşturunuz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Çalışma ortamının temizliğini kontrol ediniz.	➢ Çalışma ortamında iş önlüğünüzü giymeye özen gösteriniz. ➢ Çalışırken temel iş güvenliği tedbirlerini alınız. ➢ Teknik resimle çalışma yaparken her sembolün uluslararası bir niteliği ve kendine has bir anlamı olduğunu unutmayınız. ➢ Meslek resmi modülünüzde mevcut sembolleri bulabilirsiniz. ➢ Devre ihtiyacına göre malzeme seçimine dikkat ediniz ➢ Yağ basıncını ve ısısını kontrol ediniz.
	
➢ Şekildeki devreye göre kurulumda kullanılacak malzeme araç gereç listesini oluşturunuz.	
➢ Devreye uygun malzemelerinizin seçimini yapınız.	
➢ Devre şemasına göre devreyi oluşturunuz.	
➢ Sistemi çalıştırınız.	
	
➢ Şekildeki devreye göre kurulumda kullanılacak malzeme araç gereç listesini oluşturunuz.	
➢ Devreye uygun malzemelerinizin seçimini yapınız.	
➢ Devre şemasına göre devreyi oluşturunuz.	
➢ Sistemi çalıştırınız.	
➢ Her iki sistemin ortak çalışıp çalışmadığını denetleyiniz.	
➢ Sonuçlarınızı bir rapor hâline getiriniz.	
➢ Devrelerinizi uygun bir sıra ile dikkatlice sökünüz.	
➢ Malzemeleri yerlerine yerleştiriniz.	
➢ Çalıştığınız ortamı temizleyiniz.	

KONTROL LİSTESİ

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

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	İş önlüğünüzü giydiniz mi?		
2	Devre malzeme listesini oluşturdunuz mu?		
3	Devreye uygun malzeme seçiminizi yaptınız mı?		
4	Devre kuracağınız ortamın temizliğinin çalışmaya uygunluğunu kontrol ettiniz mi?		
5	Devreyi kurdunuz mu?		
6	Hidrolik basıncı ölçtünüz mü?		
7	Hidrolik ısısını ölçtünüz mü?		
8	Devreyi çalıştırdınız mı?		
9	Sonuçları kaydettiniz mi?		
10	Çalışmanızı genel çalışma kurallarına göre yaptınız mı?		
11	Çalışma sonrası çalışma ortamının temizliğini yaptınız mı?		

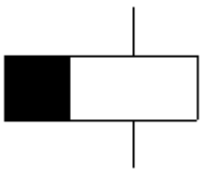
DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

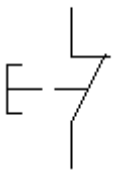
1. Aşağıdaki sembol hangi elemana aittir?



A) Gecikmeli röle
B) Selenoid valf
C) Besleme kaynağı
D) Silindir

2. Aşağıdaki sembol hangi elemana aittir?

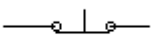
A) Selenoid valf
B) Kapalı kontak
C) Besleme kaynağı
D) Tuş normalde kapalı



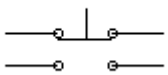
3. Aşağıdaki sembollerden hangisi normalde kapalı tuş (buton)a aittir?

A)

B)



C)



D)

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.

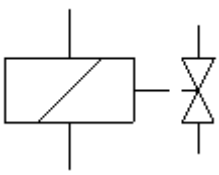
MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdaki sembol hangi elemana aittir?

A) Gecikmeli röle
B) Selenoid valf
C) Besleme kaynağı
D) Silindir

2. Aşağıdaki sembol hangi elemana aittir?



A) Selenoid valf
B) Kapalı kontak
C) Besleme kaynağı
D) Tuş normalde kapalı

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

3. ( ) Sıkıştırılmış hava ile yapılan kontrol sistemlerine hidrolik sistemler de denir.

4. ( ) Hidrolik sistemler sıvı akışkanlarla kontrol edilir.

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

5. " Sıvı dolu bir kaba uygulanan kuvvet sonucu meydana gelen basınç, sıvı tarafından kabın bütün yüzeylerine aynen iletilir." prensibi hangi bilim insanına aittir?
A) Toriçelli **B)** Pascal **C)** Bernoulli **D)** Newton

6. **“**Boru çapı küçüldükçe akışkan hızı artar, basıncı düşer; boru çapı büyüdükçe akışkan hızı azalır basıncı artar.” prensibini ortaya koyan bilim insanı kimdir?

A) Toriçelli **B)** Pascal **C)** Bernoulli **D)** Newton

7. Hidrolik sistemlerde filtre temizliği ve bakımı ile ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

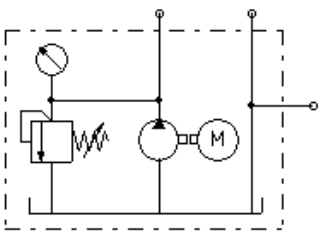
A) Depoya konulan akışkanın temiz olmasına dikkat edilmelidir.
B) Filtreler takılmadan sistem bir kere çalıştırılmalıdır.
C) Akışkanın devre için uygunluğu bilinmelidir.
D) Sisteme toz, kir ve pislik girmemesine dikkat edilmelidir.

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

8. ( ) Hidrolik ve pnömatik sistemlerde basınç ölçümü için monometre cihazları kullanılır.

9. ( ) Hidrolik ve pnömatik sistemlerde doğrusal hareket sağlayan elemanlara şartlandırıcı denir.

10. ( ) Aşağıdaki devre pnömatik sisteme ait bir devredir.



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 modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ- 1'İN CEVAP ANAHTARI

1	**Doğru**
2	**Doğru**
3	**Yanlış**
4	**Yanlış**
5	**Doğru**
6	**Yanlış**
7	**Doğru**
8	**C**

ÖĞRENME FAALİYETİ- 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	**Doğru**
2	**Yanlış**
3	**Doğru**
4	**Doğru**
5	**Doğru**

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	**C**
2	**B**
3	**C**
4	**B**
5	**D**
6	**D**

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	**A**
2	**D**
3	**B**

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	**C**
2	**A**
3	**Yanlış**
4	**Doğru**
5	**B**
6	**C**
7	**B**
8	**Doğru**
9	**Yanlış**
10	**Yanlış**

KAYNAKÇA

- KARACAN İsmail, **Hidrolik Pnömatik**, Bizim Büro Basımevi, Ankara, 1989.
- KARACAN İsmail, **Pnömatik Kontrol**, GÜ TEF Matbaası, Ankara, 1984.
- KARTAL Faruk, **Hidrolik ve Pnömatik**, Birsen Yayınları, 1998.
- KARTAL Faruk, **Elektropnömatik ve Otomasyon**, Emek Matbaacılık, Manisa, 1999.
- KÜÇÜK Mehmet, Hidrolik ve Pnömatik, MEB Yayınları, 2003.
- Makine Mühendisleri Odası, **Pnömatik Arıza Arama Pnömatik Devre Elemanları ve Uygulama Teknikleri,** TMMOB, 2001.
- PATIENT Peter, Ray PICKUP, Norman POWEL, **Pnömatik**, Millî Eğitim Bakanlığı, 1994.