

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

ELEKTRİK ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ

ELEKTROPNOMATİK SİSTEMLER 523EO0073

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	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. ELEKTROPNOMATİK DEVRE ELEMANLARI	3
1.1. Elektropnomatik Sistemlerde İşaret Akışı ve Sistem Yapısı	3
1.2. Elektropnomatik Sistem Elemanları	4
1.2.1. Selenoid Valfler	7
1.2.2. Çift Sinyal Uyarımlı Selenoid Valfler	16
1.2.3. Pnomatik –Elektrik Sinyal Çeviriciler	20
1.2.4. Düşük Basınç Pnomatiği İçin Sinyal Çeviriciler	21
UYGULAMA FAALİYETİ	23
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	24
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	25
2. ELEKTROPNOMATİK DEVRE TASARIMI YAPMAK	25
2.1. Elektropnomatik Devre Eleman Sembolleri ve Mantiği	25
2.1.1. Kumanda Sembolleri	26
2.1.2. Elektrikli Anahtarlama Sembolleri	28
2.1.3. Röle Bobini ve Kontaklar İçin Semboller	28
2.1.4. Elektrik Bağlantı Sembolleri	29
2.1.5. Elektrik Güç Kaynağı Sembolleri	29
2.2. Elektropnomatik Kumanda Bilgisi	30
2.2.1. Teknolojik Şema	30
2.2.2. Yol-Adım Diagramları	31
2.2.3. Pnomatik Devre Şeması	32
2.3. Pnomatik Devre Çizimlerinde Elemanların Numaralandırılması	33
2.3.1. Rakamlarla Tanımlama	33
2.3.2. Harflerle Tanımlama	33
2.4. Elektrik Kumanda Devre Şeması Çizimi	33
2.4.1. Kumanda Devre Şeması Çizimi	33
2.4.2. Elektrik Devre Şemalarının Numaralandırılması Kuralları	34
UYGULAMA FAALİYETİ	35
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	36
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	37
3. ELEKTROPNOMATİK SİSTEM KURMAK VE ÇALIŞTIRMAK	37
3.1. Silindirler	37
3.1.1. Tek Etkili Bir Silindirin Kontrolü	39
3.1.2. Çift Etkili Bir Silindirin Kontrolü	42
3.1.3. Elektropnomatik Devrelerde	45
3.2. Sınır Anahtarı Kullanarak Devre Oluşturulması	54
3.3. Temassız Sınır Anahtarlarıyla Devre Uygulamaları	57
3.3.1. Dil Kontaklı Manyetik Sınır Anahtarı	57
3.4. Zaman Röleli Devre Uygulamaları	59
3.4.1. Kapamada Gecikmeli Zamanlayıcılar	60
3.4.2. Açmada Gecikmeli Zamanlayıcılar	61

3.5. Temassız Algılayıcı Devre Uygulamaları	63
3.5.1. Endüktif Algılayıcılar	63
3.5.2. Kapasitif Algılayıcılar	64
3.5.3. Optik Temassız Algılayıcılar	64
3.6. Birden Fazla Silindirin Kontrolü.....	67
3.6.1. Sinyal Çakışmalarının Tespiti.....	67
3.6.2. Sıralayıcı Kullanılarak Oluşturulan Devre Uygulamaları	67
UYGULAMA FAALİYETİ	81
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	83
MODÜL DEĞERLENDİRME	84
CEVAP ANAHTARLARI.....	86
KAYNAKÇA	91

AÇIKLAMALAR

KOD	523 EO 0073
ALAN	Elektrik Elektronik Teknolojisi
DAL/MESLEK	Otomasyon Sistemleri
MODÜLÜN ADI	Elektropnomatik Sistemler
MODÜLÜN TANIMI	Elektropnomatik sistemleri kullanmakla ilgili temel bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Pnomatik sistemler modülünü tamamlamış olmak.
YETERLİK	Elektropnomatik devre elemanlarını tanımak ve devreleri kurmak.
MODÜLÜN AMACI	<p>Genel Amaç Gerekli ortam sağlandığında istenen sistem için elektropnomatik sistem devresini tekniğe uygun şekilde kurup çalıştırabileceksiniz.</p> <p>Amaçlar</p> <ol style="list-style-type: none">1. Sistemin kurulması için gerekli malzeme, araç ve gereçleri seçimini TSE 'ye göre doğru olarak yapabileceksiniz.2. Elektropnomatik sistemlerin tasarımını yapıp tasarladığı elektropnomatik sistemi, normlara uygun çizebileceksiniz.3. Projesi veya şeması verilen elektropnomatik sistemi TSE, iş güvenliği standardı ve tekniğe uygun kurabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Atölye ortamı, kompresör, şartlandırıcı, elektropnomatik malzemelerin bulunduğu ortamlar ve bu ortamda bulunan sensörler, sınır anahtarları, zaman röleleri, ölçüm cihazları, iş güvenliği ile ilgili ekipmanlar, hortumlar, elektrik bağlantı kabloları. Ayrıca kullanılan ekipman ve elektropnomatik malzemelere ait kataloglar.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Her faaliyet sonrasında o faaliyetle ilgili değerlendirme soruları ile kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen, modül sonunda size ölçme aracı (uygulama, soru-cevap) uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Pnematik; basınçlı hava yardımı ile hareket ve kuvvetlerin üretimi ve kumanda edilmesidir. Havaya basınç kazandırılarak ve çeşitli kontrol sistemleri ile kontrol edilerek doğrusal, dairesel ve açısız hareket elde edilmesini sağlayan sistemlere **pnomatik sistemler** denir. “Pnoma”; Yunanca’da hava, rüzgâr anlamına gelmektedir. Basınçlı havanın bir enerji olarak kullanılması çok eskilere dayanır, fakat endüstriyel alandaki uygulamalarda kullanılması ise 1950’li yıllara denk gelmektedir. Pnmatiğin kullanım alanlarını sayacak olursak; her türlü ilaç endüstrisinde, makine imalat sanayisinde, ağaç ve mobilya sanayisinde, tıp ve kimya sanayisinde, her çeşit montaj sanayisinde, tekstil sanayisinde, her çeşit ambalajlama sanayisinde, cam, taşçılık, seramik ve tuğla sanayisinde, robot endüstrisinde, dişçi matkaplarında, beton ve asfalt döşemelerinde dövme ve sıkıştırma işlemlerinde kullanılmaktadır.

Bunun yanında pnomatik ve elektrik teknolojisinin bir arada kullanılması ile oluşan endüstriyel otomasyon sistemlerine **elektropnomatik sistemler** denir. Bu sistemler; beraberinde makine çevrim süresinde (üretim süresinde) azalma getiren, ucuz ve güçlü bir üretim sistemi sağlar. Elektropnomatik kontrol sistemi, bu sistemi kullananlara birçok fayda sağlar. Örneğin en önemli faydalarından biri, uzak mesafelerden işaret iletilmesinde taşıyıcı ortam olarak elektriğin kullanılması ile zaman kayıplarının en aza indirilmesidir. Bunun anlamı, işaretin meydana gelişi ve alınışı arasındaki zamanın önemli ölçüde kısılmasıdır. Üretimin planlanmış geliştirilmesi, arttırılması ve bazı istenen değişikliklerin yapılabilmesi elektropnomatik sistemlerde daha kolay olmaktadır.

Bu modül ile bir elektropnomatik devre elemanını rahatlıkla seçebilecek; devreye uygun teknolojik şema, pnomatik şema, elektriksel şema çizebilecek, silindir ve sensör uygulamalarını rahatlıkla yapabileceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında sistemin kurulması için gerekli malzeme araç ve gereçlerin seçimini TSE'ye göre doğru olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

- Havanın hazırlanmasında kullanılan pnomatik devre elemanlarının (kompresör) çeşitlerini araştırınız.
- Hava hazırlandıktan sonra elde edilen havanın kurutma işlemlerinin çeşitlerini araştırınız.
- Şartlandırıcı ve onun parçalarının neler olduğunu ve çeşitlerini araştırınız.
- Elektropnomatik sistemlerde kullanılan selnoid valf çeşitlerini araştırınız.
- Pnomatik–elektrik (P/E) ve elektrik–pnomatik (E/P) çeviricilerin çeşitlerini araştırınız.

Araştırma işlemleri için internet ortamı ve pnomatik ve elektropnomatik elemanların satıldığı mağazaları gezmeniz gerekmektedir. Pnomatik ve elektropnomatik elemanların kullanım şekil ve amaçları için ise bu elemanları kullanan kişilerden ön bilgi ediniz.

1. ELEKTROPNOMATİK DEVRE ELEMANLARI

1.1. Elektropnomatik Sistemlerde İşaret Akışı ve Sistem Yapısı

Elektropnomatikte iki devre vardır:

- Güç devresi = Pnomatik
- Kontrol devresi = Elektrik

Elektropnomatik kontrol sisteminin tüm elemanları aşağıdaki dört gruptan birine aittir:

- Enerji beslemesi (basınçlı hava ve elektrik)
- İşaret alınması: İşaret elemanları (sınır anahtarı, basınç anahtarı, temassız algılayıcı)

- İşaret işlenmesi: İşaret işleme elemanları (mantık elemanları, selenoid valfleri, pnomatik elektrik çevirici)
- İşaret çıkışı: Çıkış işaretinin işe eyleme dönüştürülmesini sağlayan kumanda valfleri ve eyleyici elemanlar (silindirler, motorlar, yönlendirme valfleri)

Bu işlem modüllerinden her biri elektropnomatik kontrol sisteminin yapısında bir katman oluşturur. Sistem yapısını katmanların devre şemasını mümkün olduğunca işaret akışına uygun olacak şekilde düzenlenir. Bu kontrol devresinin her bir elemanını devre şemasında göstermek için semboller kullanılır. Bunlar, bir elemanın işlevi hakkında bilgi verir.

1.2. Elektropnomatik Sistem Elemanları

Pnoma, Yunanca 'da nefes alıp verme anlamındadır. Pnomatik; havanın ve diğer gazların özelliklerini ve uygulamalarını içeren bilim dalıdır. Dolayısıyla pnomatik deyince akla, hava ile çalışan mekanizmalar gelir. Bugünkü anlamda pnomatığın gelişmesi 1950'den sonra başladı.

Pnomatik ve elektrik teknolojisinin bir arada kullanılması, endüstriyel otomasyon çözümlerinin uygulamalarında önemli rol oynar. Bu tür bir çözüm beraberinde makine çevrim süresinde (üretim süresinde) azalma getiren, ucuz ve güçlü bir üretim sistemi sağlar. Bu nedenle pnomatik, elektrik, elektronik, mekanik kontrol tekniklerinin bir arada kullanıldığı sistemlere **elektropnomatik sistemler** denir.

Elektrik akımının hızının yüksek olması ve çok uzak mesafelere sorunsuz olarak iletilmesi elektropnomatik sistemlerin yaygınlaşmasını sağlamıştır.

Kumanda işlemlerinde basınçlı hava yerine elektrik akımının kullanılma sebepleri şunlardır;

- Akış hızının düşük olması
- Sinyal hatlarının uzun olma zorunluluğu
- Havanın iyi filtre edilememesi ve hava içindeki nemin alınmaması
- Anahtarlama frekansının düşük olması

Elektropnomatik devrelerde elektrik bölümünün başlıca görevleri şunlardır:

- İşaretlerin alınması
- İşaretlerin işlenmesi

İşaretler; elektrikli sınır anahtarı, manyetik anahtar ya da elektronik algılayıcılar tarafından algılanır. Bunlar, bir işlemin yapılıp yapılmadığını kontrol eder ve bu bilgiyi işlemci elemana (örneğin bir röleye) gönderir. İşlemci, alınan işareti işler ve sistemin çıkış birimine, kontrol algoritmasına uygun bir çıkış işareti gönderir. Çıkış birimi daha çok iki elemandan oluşur: Bunlar selenoid (elektrik) kumandalı yönlendirme valfleri ve silindirlerdir.

İş elemanları aşağıdaki teknolojik yöntemlere göre olabilir:

- Elektrik
- Hidrolik
- Pnوماتik
- Yukarıda sayılan teknolojilerin bir kombinasyonu

İş ortamı için seçim etkenleri şunlardır:

- Kuvvet
- Storok, manyetik yol
- Tahrik sistemi (doğrusal, döner)
- Hız

Kontrol teknolojileri şunlardır:

- Mekanik
- Elektrik
- Elektronik
- Pnوماتik
- Düşük basınç pnوماتiği
- Hidrolik

Kontrol ortamı için seçim kriterleri şunlardır:

- Yapı elemanlarının güvenilirliği
- Çevrenin tesislere karşı duyarlılığı
- Fazla bakım ve tamir istememe
- Yapı elemanlarının anahtarlama süresi
- İşaret hızı

- Yer gereksinimi
- Ömür
- İşaretleme ve bakım personeli için eğitim ve öğretim masrafları
- Sistemin değiştirilebilme ve geliştirilme olanağı

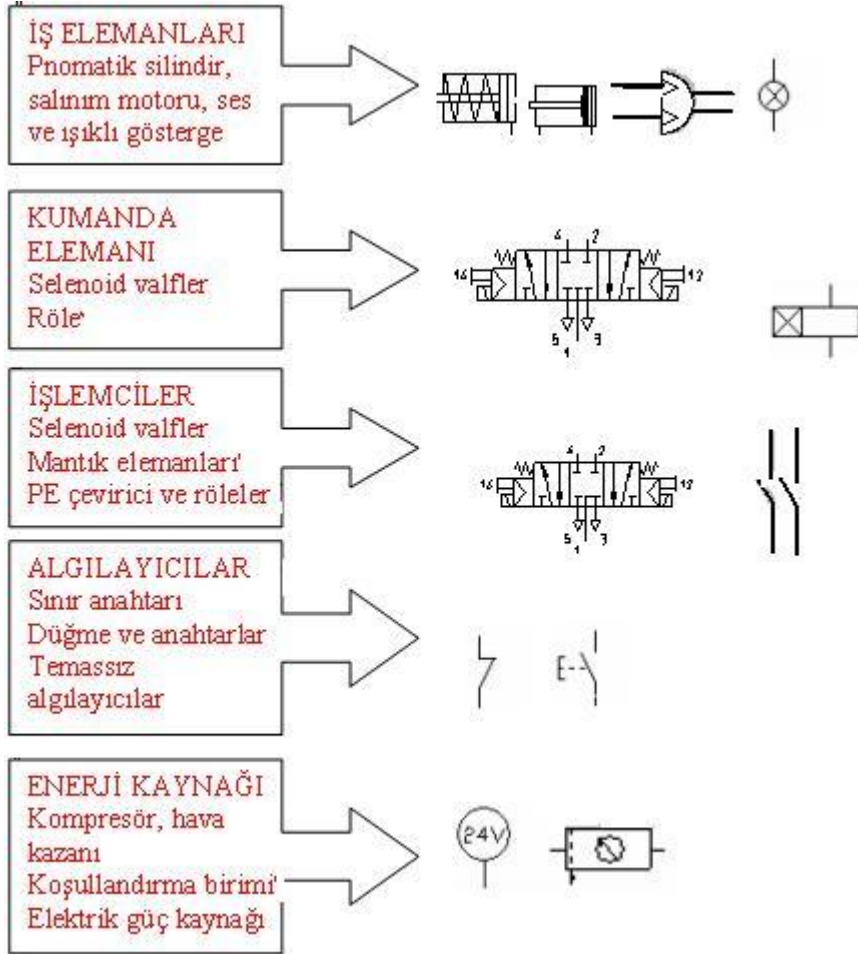
Sistemin kontrol ve kumanda bölümü için bu seçim etkenlerinin mutlaka hesaba katılması gerekir. Burada asıl göz önüne alınması gereken sistem işlevleriyle elemanlarının uyum göstermeleridir. Ayrıca dikkate alınması gerekenler:

- Fazla bakım istememesi
- Yedek parça masrafları
- Yapı elemanlarının montaj ve bağlantısı
- Bakım masrafları
- Değiştirilebilirlik
- Yekpare tasarım
- Ekonomiklik
- Dokümantasyon
- İşletme masraflarının azlığı

Elektropnomatik sistemlerin diğer uygulamaları şunlardır:

- Paketlemek
- Sürmek, beslemek
- Oranlamak
- Kilitlemek
- Kapıları açmak ve kapamak
- Mil tahriği
- Malzeme transferi
- İş parçalarının döndürülmesi
- İş parçalarının ayrılması

- İş parçalarının kümelenmesi
- İş parçalarının damgalanması ve preslenmesi



1.2.1. Selenoid Valfler

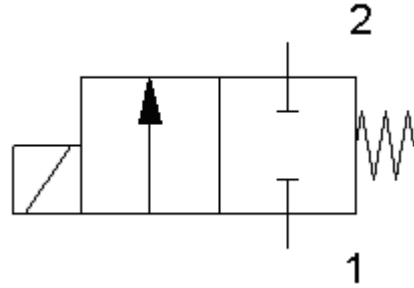
Selenoid kumandalı valfler, pnömatik ve elektrik enerjisinin avantajlarından faydalanırlar. Bunlar elektropnömatik çeviriciler olarak adlandırılır ve işaret çıkışı için bir pnömatik valften ve bir elektrikli anahtarlama elemanından (selenoid bobin) meydana gelir. Selenoid bobine elektrik gerilim uygulanırsa elektromanyetik bir kuvvet oluşur. Bu kuvvet, valf çubuğu ile bağlanmış bobin çekirdeğini hareket ettirir. Selenoid bobine akım gitmez ise manyetik kuvvet ortadan kalkar. Valf kurucu yayı kuvveti sayesinde başlangıç konumuna gelir.

1.2.1.1. 2/2 Selenoid Kumandalı Valf

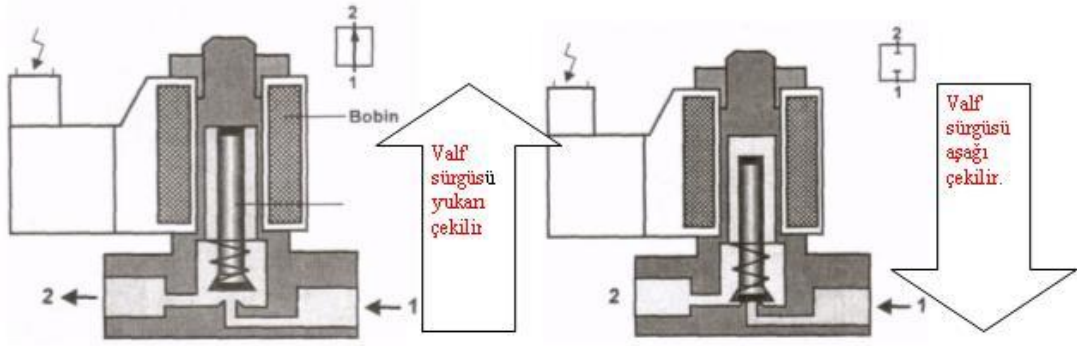
2/2 selenoid yönlendirme valfinin 2 bağlantısı vardır: 1- besleme bağlantısı, 2- atık hava bağlantısı. Açma kapama işlemlerinde kullanılır. Bobine elektrik akımı verildiğinde oluşan mıknatıslanma sonucu valf sürgüsü yukarı çekilir. Valf konum değiştirerek hava geçişini sağlar. Akım kesildiğinde yay sürgüyü aşağı iterek geçişi kapatır.



Resim 1.2: 2/2 valfin sembolü



Şekil 1.2



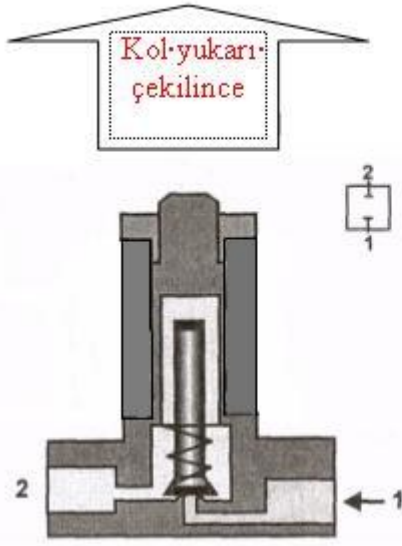
Şekil 1.3: Bobine enerji uygulandığı durum

Şekil 1.4: Bobin enerjisi kesildiği durum

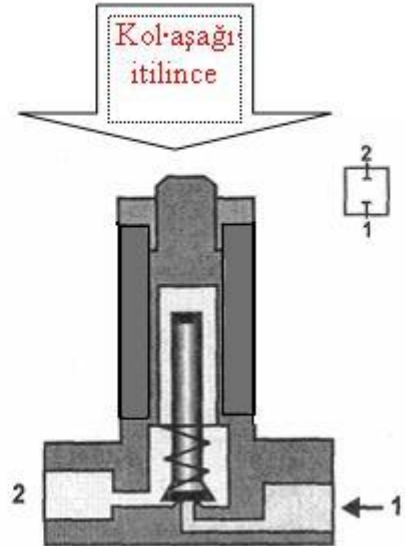
1.2.1.2. 2/2 Elle Kumandalı Valf

➤ Çalışma ilkesi

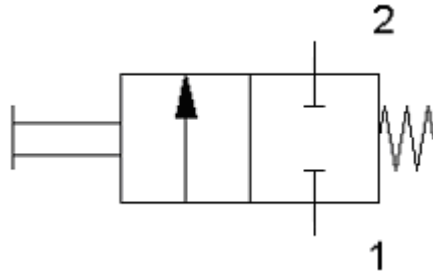
2/2 selenoid yönlendirme valfinin 2 bağlantısı vardır: 1- elle kumandası, 2- atık hava bağlantısı. Açma kapama işlemlerinde kullanılır. 2/2 selenoid valfin kullanılmasından tek farkı, elle kumanda edilmesidir. Yani mekaniki olarak uygulanan kuvvetle sistem çalışır. Valf, konum değiştirerek hava geçişini sağlar.



Şekil 1.5



Şekil 1.6



Şekil 1.7: 2/2 Elle kumandalı valfin sembolü

1.2.1.3. 3/2 Normalde Kapalı Selenoid Valf

➤ Çalışma ilkesi

Selenoid uyarımlı 3/2 yön denetim valfi, sakin konumda P kapalı, 3/2 yön denetim valfi normal sakin konumda basınçlı havanın geçişine izin vermez, yani P kapalıdır. Silindir içi A'dan R'ye boşaltım vardır. Selenoid uyarı elektrik hattı ile pnomatik hat arasında bağlayıcı eleman görevi yapar.

Valf aşağıdaki parçalardan oluşur.

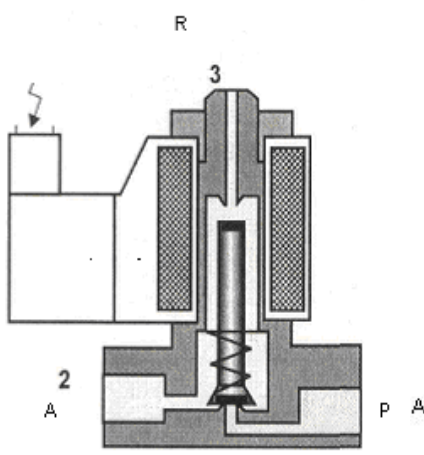
- Gövde
- Bobin Y

- Nüve yatağı
- Nüve (valf pimi)
- Sızdırmazlık elemanı
- Sızdırmazlık elamanı
- Baskı yayı

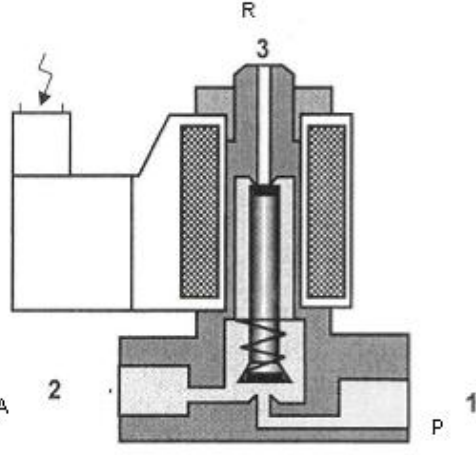
3/2 yön denetim valfi, sakin konumda yay kuvveti (7) sayesinde P basınç hattını kapatır. A'dan R'ye de serbest hava geçişine izin verir. Bobin (2) akım verilmesi ile nüve (4) bobin içerisine doğru çekilir. Yay (7) sıkıştırılır. Böylece P ve A hatları birbirine bağlanmış olur. Nüve (4) arka yüzeyinde sızdırmazlık elemanı (5) ile R boşaltım hattını kapatır. Bobine gelen akımın kesilmesi durumunda yay kuvveti (7) nüveyi (4) eski konumuna getirir. Nüve üzerindeki diğer sızdırmazlık elemanı (6) ile P basınç hattı tekrar kapatılmış olur. A'dan R'ye akış vardır.

➤ **Kullanım yerleri**

- Bir elektrik sinyalinin pnomatik sinyale çevrilmesi (EP-çevirici)
- Tek etkili bir silindirin kumandası. Selenoid uyarı, pnomatik bir fonksiyonu (örneğin bir parçanın sıkıştırılması) elektrik sinyali ile gerçekleştirilmesini mümkün hâle getirir.
- Pnomatik bir motorun tek çevrim yönüne kumandası.
- Yön denetim valflerinin kumandası (indirekt kumandası)



Şekil 1.8: Bobine enerji uygulanmadığında



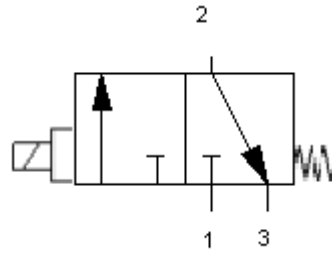
Şekil 1.9: Bobine enerji uygulandığında



Resim 1.3



Resim 1.4

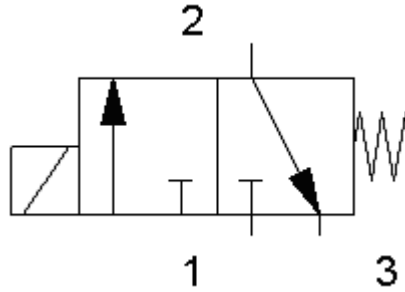


Şekil 1.10: 3/2 normal konumda kapalı valfin sembolü

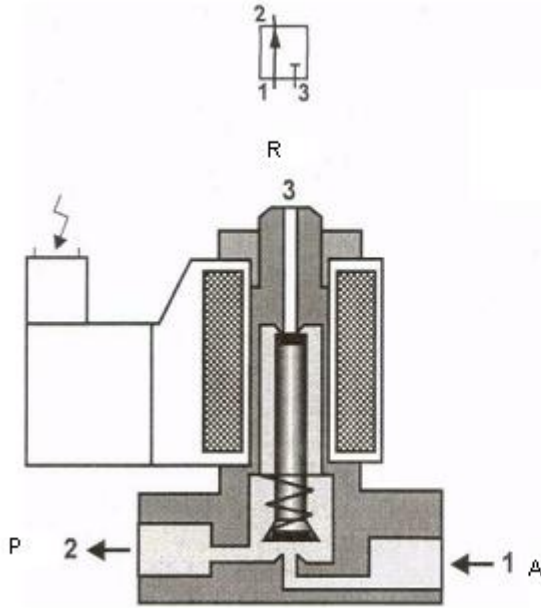
1.2.1.4. 3/2 Normal Konumda Açık Valf

Bu valfin tasarımı, başlangıç konumunda kapalı valfinki ile aynıdır. Bağlantılar, valfin başlangıç konumunda açık olacağı şekilde bağlanmıştır. Bu anahtarlama konumunda valfe 1 nu.lu bağlantıda anker sayesinde basınçlı hava uygulanır. Selenoid bobindeki elektrik işareti ankeri hareket ettirir. Şekil 1.10’da anker keçesi sızdırmaz tabancada basınçlı hava beslemesini kapatır (Şekil 1.11). Aynı zamanda alttaki anker keçesi aşağıdaki sızdırmaz tabandan çözülür. Atık havası 2 nu.lu bağlantıdan 3 nu.lu bağlantıya boşaltılır. Valf bağlantıları, normalde iki anahtarlama konumu içinde belirtilmiştir.

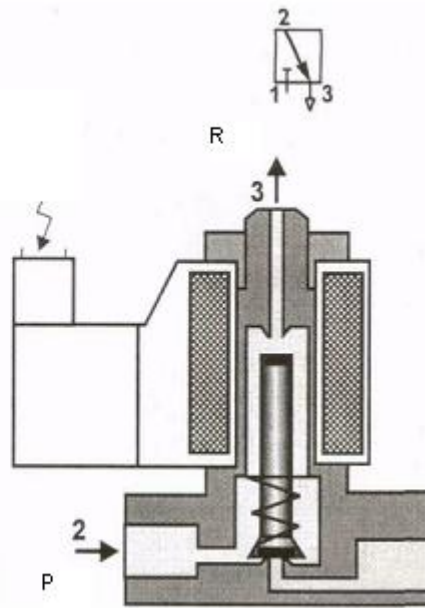
- Bir elektrik işareti olmadan pnomatik çıkış işareti gerektiren uygulamalar
- Bir silidirin piston kolunun, başlangıç konumunda ileri gitmiş olduğu durumlarda
- Normalde açık konum lojik “Hayır” işlevine benzer: Eğer selenoid bobinde işaret yoksa sayısal 0, ikili işaret 0) bir pnomatik işaret (ikili işaret 1) oluşur. Bu, işaret tersinmesi veya hayırlanması olarak adlandırılır.



Şekil 1.11: 3/2 normal konumda açık valf sembolü



Şekil 1.12: Bobine enerji uygulanmadığında



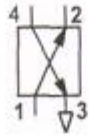
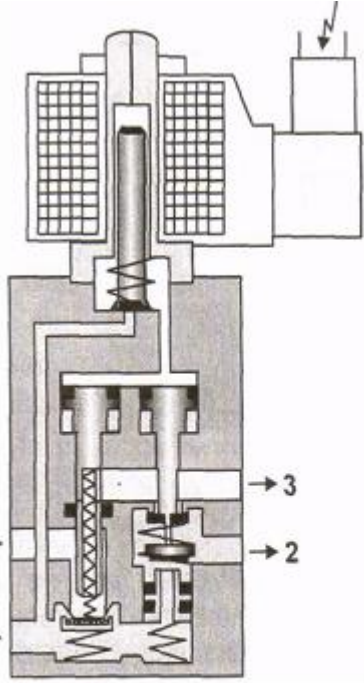
Şekil 1.13: Bobine enerji uygulandığında

1.2.1.5. 4/2 Selenoid Valf

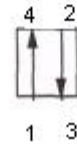
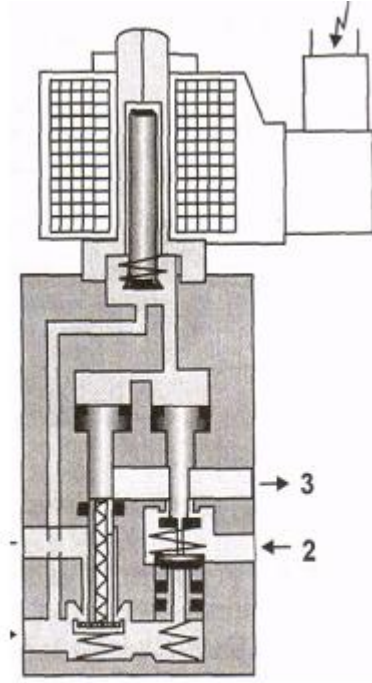
Çift etkili silindirlerin kumandası gibi uygulamalar için, iki çıkış bağlantılı valfler kullanılır. 4/2 oturmali yönlendirme valfi 2 tane 3/2 yönlendirme valfinin kombinasyonuna eş değerdir. Bu iki valften biri başlangıç konumunda açık diğeri ise başlangıç konumuna kapalıdır. 4/2 yönlendirme valfinin 1(P) bağlantısına basınçlı hava uygulanır. 3(R) çıkışından ise hava tahliye edilir. Başlangıç konumunda 1 deki besleme basıncı soldaki valf pistonunun 3'e geçidi ve sağdaki valf pistonunun 4'e geçidi kapamasını sağlar. Besleme havası 1'den 2'ye doğru gider. 3 ve 4 nu.lu bağlantılar birarada bağlanmıştır. Selenoid bobindeki bir elektrikli işaret ankerin hareketini tetikler. Şekil 1.14 ve 1.15'te keçe oturma yüzeyini serbest bırakır. 1'deki beslem basıncı ön kontrolün hava kanalı sayesinde iki valf pistonunun üstteki piston alanlarına uygulanır. Besleme havası şimdi 1'den 4'e doğru gider. Sol piston 2'den 3'e olan geçidi artık havası için serbest bırakır. Aynı anda 3'ten 4'e doğru olan hava kanalı kapatılır. Enerji kesilince sistem ilk durumuna geri döner (Şekil 1.16).

Bu valfin kullanıldığı yerler aşağıdaki gibidir.

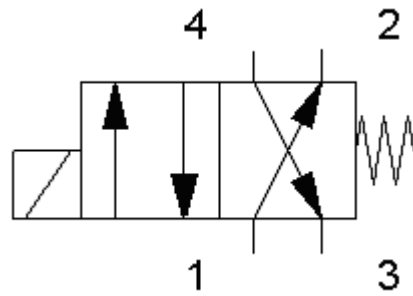
- Çift etkili silindiri kumanda etmek
- Hidrolik uygulamaları
- Yüksek basıncın kullanıldığı yerlerde



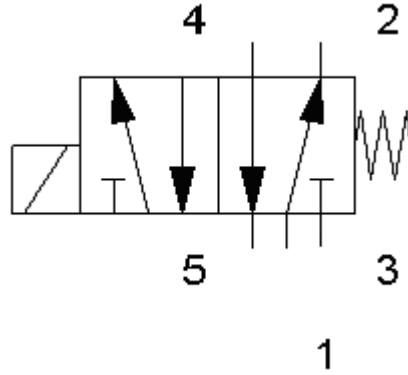
Şekil 1.14: Bobine enerji uygulanmadığında



Şekil 1.15: Bobine enerji uygulandığında



Şekil 1.16: 4/2 selenoid valfin sembolü



Şekil 1.19: 5/2 Selenoid bobinli valfin sembolü



Resim 1.5



Resim 1.6

1.2.2. Çift Sinyal Uyarımlı Selenoid Valfler

Valfler iki sınıfa ayrılır:

- Bir konumlu kararlı valfler
- İki konumlu kararlı valfler

Şimdiye kadar anlatılan valfler, bir konumlu kararlı valflerdi, yani selenoid bobin ile kumanda edilen bobine enerji uygulanmadığında kurucu yay ile başlağıç konumuna getirilen valflerdi. Bundan sonra ise iki konumlu kararlı valfleri göreceğiz. İki konumlu kararlı valfler bellek özellikleri olan valflerdir. Yani bobinlerden biri enerjilendiğinde en son konumunu koruyan valflerdir. En çok kullanılanları 4/2 ve 5/2 çift selenoidli yönlendirme impuls (itme) valfleridir. İmpuls valf demek, hafızada son konumunu koruyan valf demektir. Anahtarlama özellikleri şunlardır:

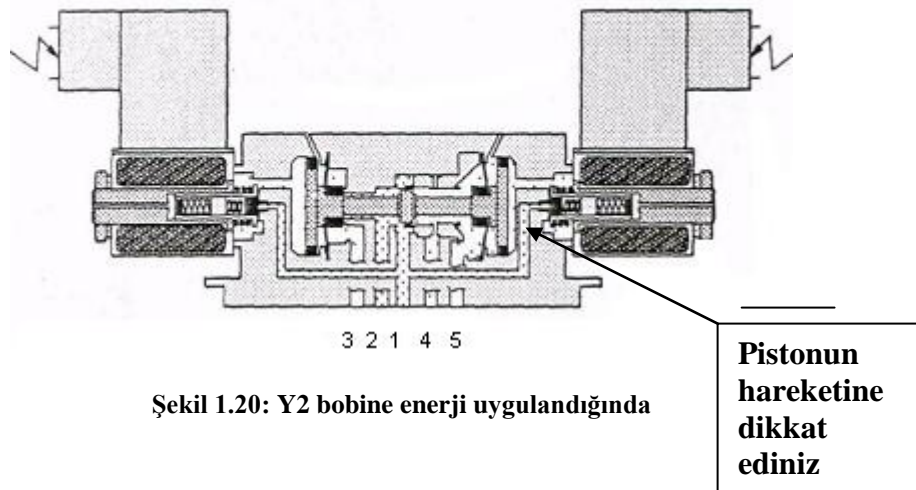
- Valfin tersine hareket ettirilmesi gerekirse, sadece tek bir bobine enerji uygulanabilir.
- Selenoid bobine giden işaret, kısa süreli (10-25ms) olabilir.
- Bir karşı işaret olana kadar anahtarlama konumu muhafaza edilir.

Elektropnomatik sistemlerde bellek valflerinin kullanılmasının birçok avantajları vardır. Örneğin selenoid bobine giden işaret, valfi anahtarlama için çok kısa süreli olabilir.(10-25ms) .Bu gerilim beslemsinden olan isteklerin az olması demektir. Karmaşık işlem sıralı devrelerde silindir konumları muhafaza edilebilir. Bu sırada işaretlerin kilitleme röleleri ile elektrikli bir ara belleğe alınması gerekmez.

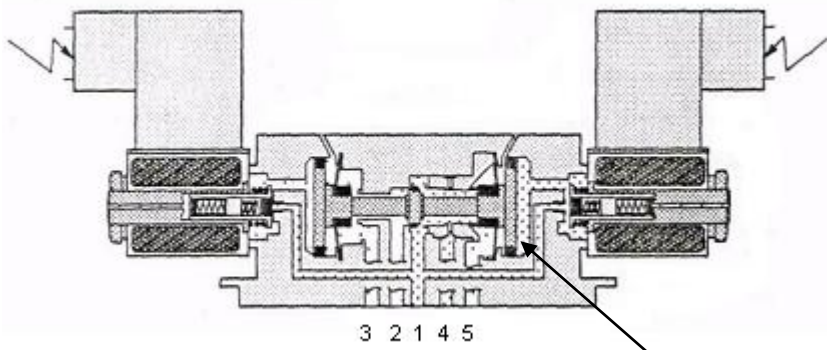
NOT: İki konumlu kararlı valfler, bellek valfleri olarak da bilinirler.

1.2.2.1. Çift Selenoidli 5/2 Yönlendirme İtme Valfi

Çift selenoidli valfinde yay geri getirmesi ikinci bir selenoid bobin ile değiştirilir. İlk olarak işaret Y2 selenoid bobinine uygulanırsa besleme havası 1'den 2'ye ve atık havası ise 4'ten 5'e gider. Y1 de hiç işaret yoksa asılı disk son alınan konumda kalır. Valfi tersine çalıştırmak için ise bu sefer de Y1 bobinine enerji uygulamak gerekir.

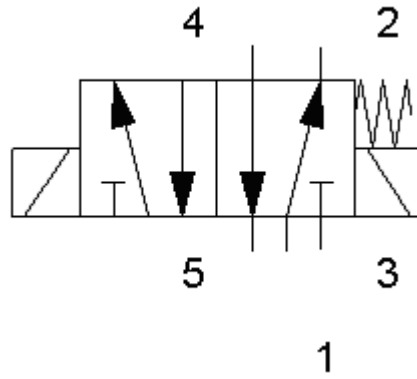


Şekil 1.20: Y2 bobine enerji uygulandığında



Şekil 1.21: Y1 Bobinine enerji uygulandığında

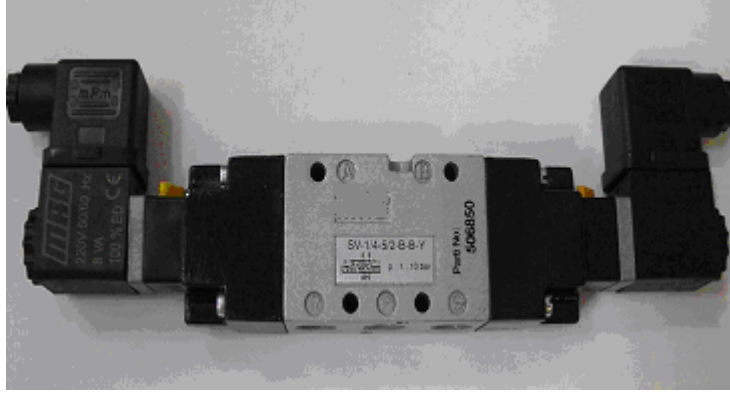
Pistonun hareketine dikkat ediniz



Şekil 1.22: 5/2 Çift selenoidli impuls valfin sembolü

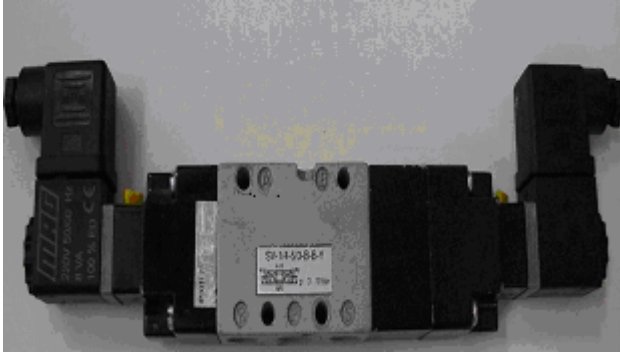


Resim 1.7

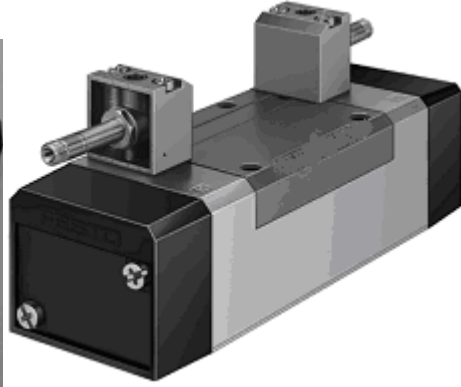


Resim 1.8

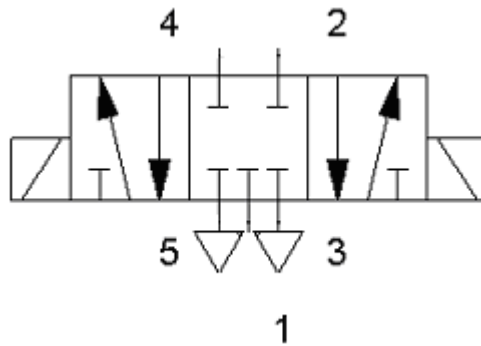
1.2.2.2. Çift Sinyal Uyarılı 5/3 Selenoid Valf



Resim 1.9



Resim 1.10

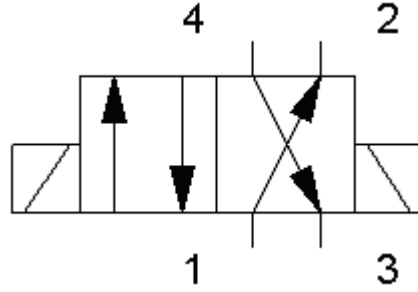


Şekil 1.23: 5/3 Çift selenoidli impuls valfi

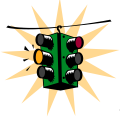
5/3 valflerin çalışma şekli, 5/2 çift selenoidli impuls valfler gibidir. Yukarıda 5/3 bir valfin resmi ve sembolü verilmiştir.

1.2.2.3. 4/2 Çift Sinyal Uyarımlı Selenoid Valf

İlk anda Y2 bobini enerji olduğunu varsayar ise besleme havası 1'den 2'ye doğru ve atık havası da 4'ten 3'e doğru hareket eder. Y1'de hiçbir işaret yoksa asılı disk son alınan konumda kalır. Bu demektir ki; valf anahtarlama konumunu muhafaza eder. Daha sonra Y1 selenoid bobinindeki bir işaret, valfi tersine hareket ettirir. Besleme havası şimdi 1'den 4'e doğru hareket ediyor iken atık havası 2'den 3'e doğru hareket eder.



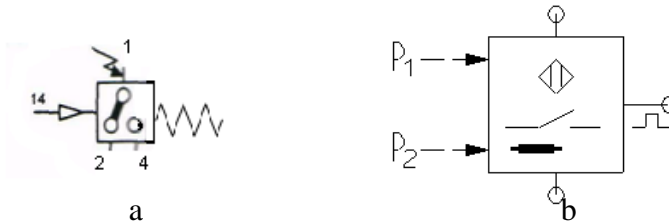
Şekil 1.24: 4/2 çift sinyal uyarılı selenoid valf



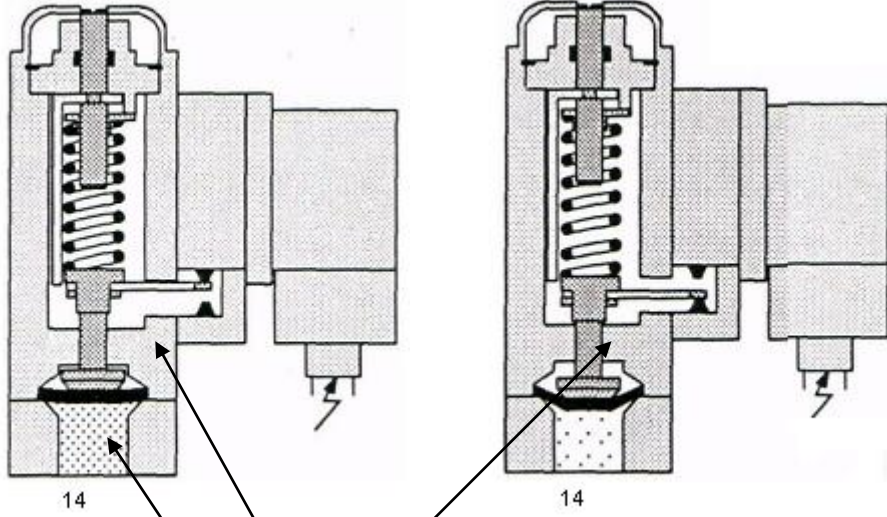
4/2 valflerin kullanımına rastlanmamaktadır. Bu yüzden de piyasada 4/2 valf bulmanız biraz zordur. 4/2 valfler yerine daha çok 5/2 valfler kullanılmaktadır ve 4/2 valflerin yapacağı işi rahatlıkla 5/2 valflerle de yapabilirsiniz. Uygulamalarda bu durumu göz önünde bulundurmanız faydanıza olacaktır.

1.2.3. Pnömatik –Elektrik Sinyal Çeviriciler

Pnömatik işaretleri elektrik işaretlerine çevirir. Şekil 1.25 a'da 14 nu.lu girişteki hava basıncı önceden tespit edilmiş belli bir değere ulaşınca çevirici elektrikli bir işaret verir. Bu hibrit eleman bir pnömatik kumandalı koldan ve bir elektrikli kontaklıktan oluşur. Bir diyaframa gelen pnömatik işaretin basıncı, yay kuvvetini geçiyorsa kol kumanda edilir. Burada olması gereken kuvvet bir ayar vidası ile ayarlanabilir. Çubuğun hareketi, bir anahtar koluna etki eder. Bu kol küçük düğmeyi anahtarlar. 14 nu.lu girişteki pnömatik giriş işaretinin basıncı, çubuğun kumandası için yeterli olduğu sürece bu durum kalır. Basınç anahtarındaki ayarlanabilir basınç seviyesi 1 ile 10 bar arasındadır.



Şekil 1.25: P/E çeviricinin sembolleri



Şekil 1.26

Şekil 1.27

Pistonun konumuna ve anahtarın durumuna dikkat ediniz (FONT FARKLI).



Resim 1.11



Resim 1.12



Resim 1.13

1.2.4. Düşük Basınç Pnmatığı İçin Sinyal Çeviriciler

- **Düşük basınç:** Kontrol ve sinyal hava basıncının en fazla 2 bar olmasıdır. Bu basınç, iş elemanlarının (silindir, pnmatik motor) çalışması için yeterli değildir.

3 çeşit düşük basınç bölgesi mevcuttur:

- Kontrol basıncı 0.5 bar veya aşağısı
- Kontrol basıncı 0.5 bar ile 1 bar arası
- Kontrol basıncı 1 bar ve üzeri

➤ **Sinyal dönüşümü:** Otomasyon sistemleri genişedikçe bir elektrik motor sürücüsü ile pnomatik silindir sürücüsü aynı sistem içerisinde birbiri ile ilişkili olarak çalışmalıdır. Bu şekilde kullanılan sistemlerin uygulamaları yaygındır. Örneğin: 1 bar altında çalışan düşük basınç pnömatiği ile 6 bar basınç altında çalışan bir sistem kontrol edilebilir. Bu gibi durumlarda güç yükselticisi veya düşürücüsü gibi dönüşümü sağlayan cihazlar gereklidir. İşte bu karma sistemlerde gerekli dönüşümleri yapan aletlere, düşük basınç pnömatiği sinyal çeviriciler diyoruz.



geçiniz.

Birinci bölüm konuları bitti. Kendizi test etmek için uygulamalar kısmına

UYGULAMA FAALİYETİ

Bir işleme merkezinden gelen iş parçaları, ihtiyaç olması durumunda magazin içinden bir başka işleme merkezine iletilecektir. Silindir pistonun, bir düğmeye basılması ile ileri hareket etmesi isteniyor. Düğmenin serbest bırakılması ile pistonun geri gelmesi isteniyor.

a-) Yukarıda verilen soruya uygun olarak malzeme seçimini aşağıdaki işlem basamaklarına bakarak düzenleyiniz.

b- Kullanacağınız valf yerine 3/2 (normalde açık) valf kullanılır mıydı? Neden? Açıklayınız.

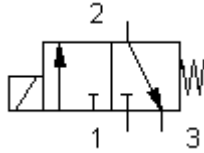
İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Sistemin çalışma diyagramını incelemek➤ Projeye uygun malzeme listesi çıkartmak➤ Varsa projedeki elemanların karşılıklarını tespit etmek	<ul style="list-style-type: none">➤ Projeye uygun malzeme seçerken malzemeleri kullanacağınız yere uygunluğuna, işletme şartlarına dikkat edin.(örnek: Anahtarlama frekansı, büyük yükler)➤ Mümkün olduğunca kısa hortum bağlantıları yapınız.➤ Projedeki elemanların karşılığını bulmada en önemli kaynak hazırlayacağımız sistem dokümanı olacaktır. Yapılan projeye her detayı belirten doküman hazırlamanız faydalı olacaktır.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

- (...)1. Elektropnömatik; pnömatik ve hidroliğin bir arada kullanıldığı sistemlere denir.
- (...)2. Yağlayıcı şartlandırıcının bir birimi değildir.
- (...)3. İmpuls valfi, son konumu hafızada tutan bir valfidir.
- (...)4. Pnömatiği elektriğe çeviren aletlere sınır anahtarı denir.
- (...)5. 4/2 valfler basıncın yüksek olduğu yerlerde kullanılır.
- (...)6. Kumanda işlemlerinde basınçlı hava yerine elektrik akımının kullanılma sebeplerinden biri, sinyal hatlarının uzun olma zorunluluğudur.
- (...)7. 2/2 valflerin amacı, açma kapama işlemlerinin yerine getirilmesidir.
- (...)8. Bir elektrik işareti olmadan pnömatik çıkış işareti gerektiren uygulamalar, 4/2 valfler ile gerçekleştirilir.
- (...)9. 5/2 selenoid bobinli ve yay geri dönüşlü valfin sembolü aşağıdakidir.



DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete dönerek tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer faaliyete geçiniz.



İnsanın hayatı boyunca 7 adet ağaç tükettiğini biliyor muydunuz!

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Elektropnomatik sistemlerin tasarımını yapıp, tasarladığı elektropnomatik sistemi normlara uygun çizebilmeyi öğrenebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlar olmalıdır:

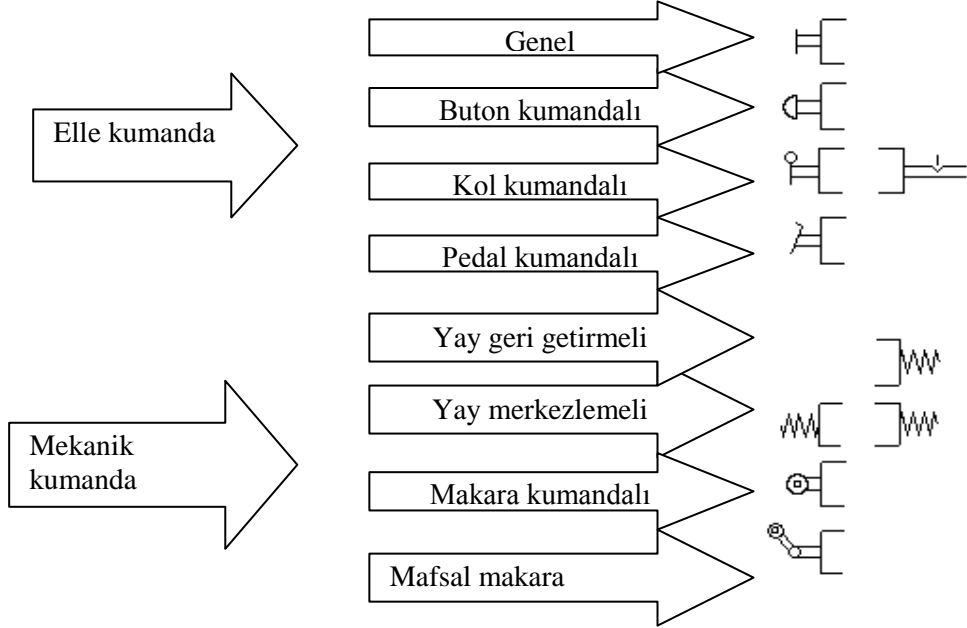
- Elektropnomatik kumanda sembolleri, röle bobini ve kontaktları için sembolleri öğrenmelisiniz.
- Elektropnomatik elektrikli anahtarlama sembolleri, elektrik bağlantı sembolleri, elektrik güç kaynağı sembollerini öğrenmelisiniz.
- Elektropnomatik kumanda bilgisi için teknolojik şema ve fonksiyon diyagramını incelemelisiniz.
- Elektropnomatik kumanda bilgisi için pnomatik devre şeması çizimi ve elemanların numaralandırılmasını incelemelisiniz.

Araştırma işlemleri için internet ortamı, elektropnomatik malzeme üreten firma kataloglarını araştırmak, pnomatik ve elektropnomatik elemanların satıldığı mağazaları gezmeniz gerekmektedir. Pnomatik ve elektropnomatik elemanların kullanım şekil ve amaçları için ise bu elemanları kullanan kişilerden ön bilgi ediniz.

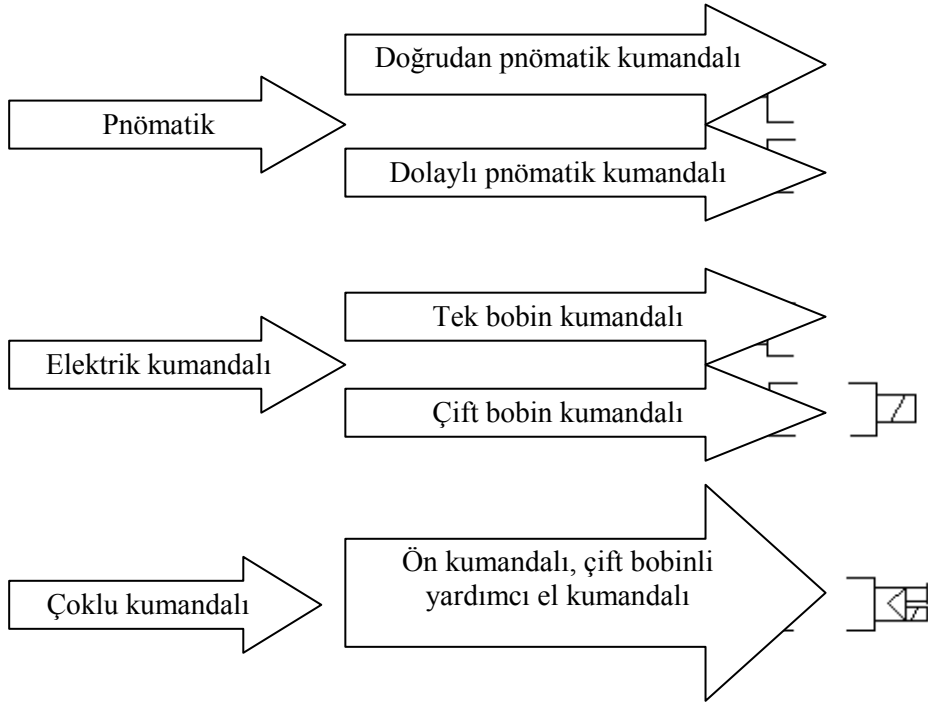
2. ELEKTROPNOMATİK DEVRE TASARIMI YAPMAK

2.1. Elektropnomatik Devre Eleman Sembolleri ve Mantiğı

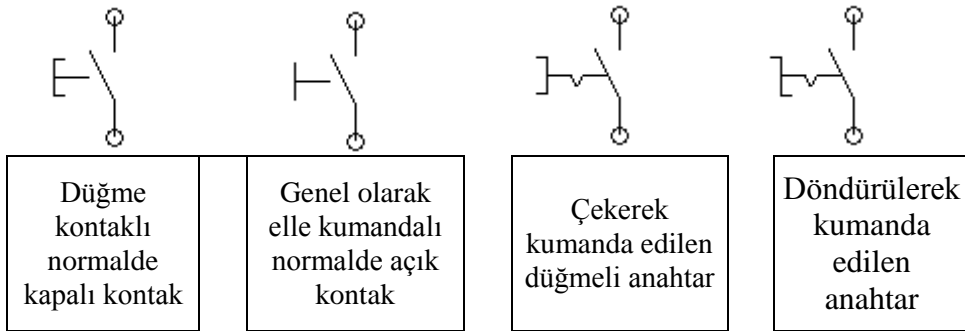
2.1.1. Kumanda Sembolleri



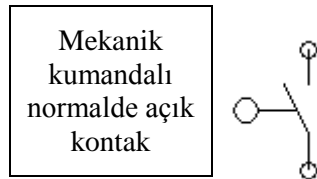
Kumanda şekilleri için devre elemanları sembolleri (1)



Kumanda şekilleri için devre elemanları sembolleri (2)

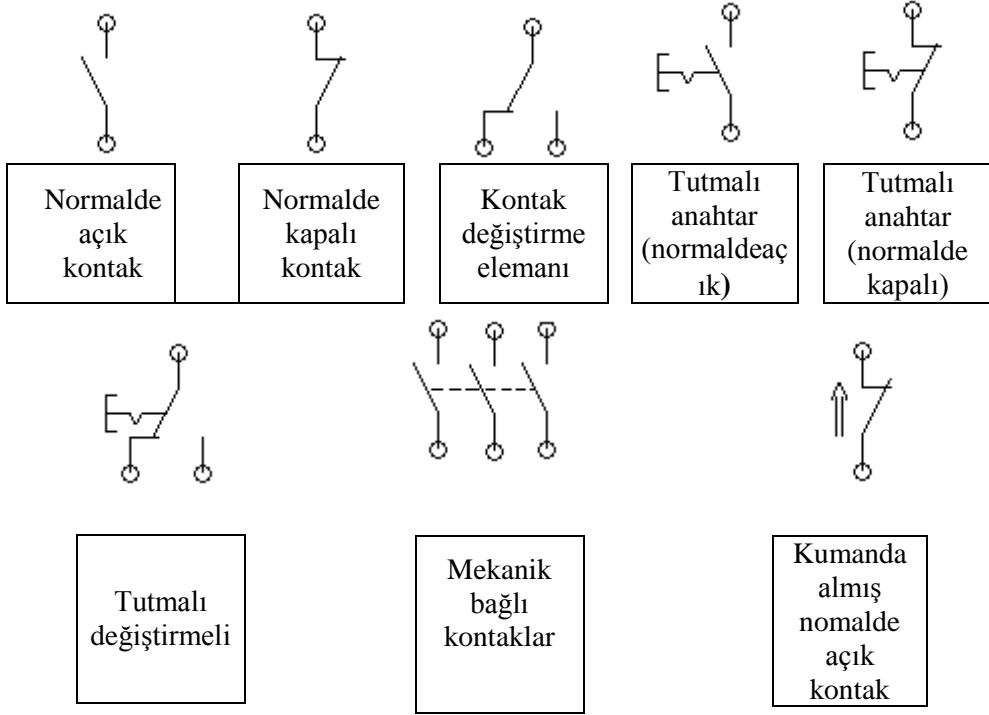


Kumanda sembolleri (elle kumanda)

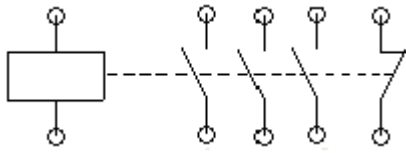


Kumanda sembolleri (mekanik kumanda)

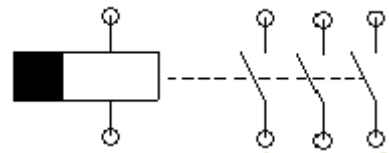
2.1.2. Elektrikli Anahtarlama Sembolleri



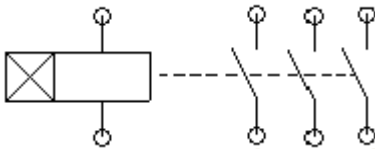
2.1.3. Röle Bobini ve Kontaklar İçin Semboller



Üç normalde açık bir normalde kapalı kontaklı Röle

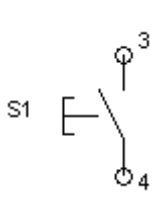


Açma gecikmeli röle

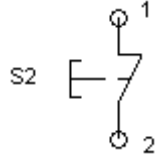


Kapama gecikmeli röle

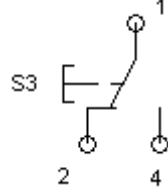
2.1.4. Elektrik Bağlantı Sembolleri



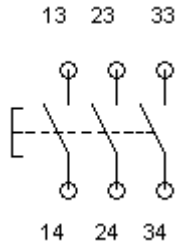
Normalde açık



Normalde kapalı



Değişirici

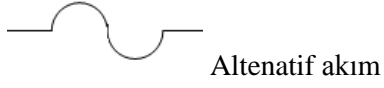


Kontakt takımı

2.1.5. Elektrik Güç Kaynağı Sembolleri



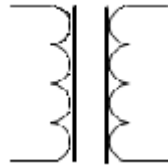
Doğru akım



Altenatif akım



Besleme kaynağı batarya (akü)



Transformatör

2.2. Elektropnömatik Kumanda Bilgisi

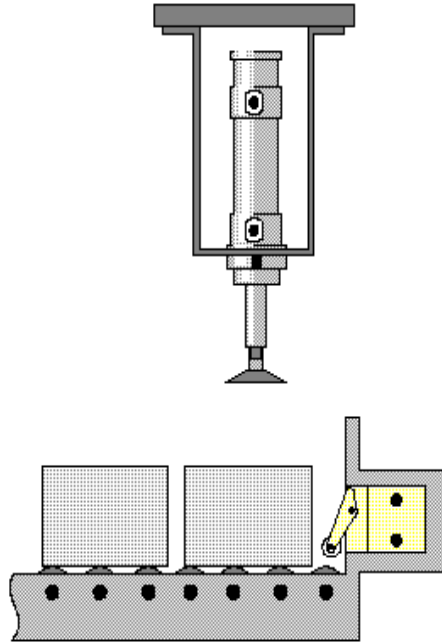
Elektropnömatik devre şemaları, pnömatik devre şemaları(güç ünitesi) ve elektrik kumanda devre şemaları olmak üzere iki kısımdan oluşur.

Elektropnömatik kumanda sistemini oluşturan elemanlar, pnömatik devre şemalarında olduğu gibi elektrik devre şemalarında da gösterilir. Bu şemalar, geçerli standartlara göre tanımlanmalıdır. Elektropnömatik kumanda sisteminin tasarım ve kurma aşamalarında aşağıda ifade edilmiş olan işlemler gerçekleştirilir:

- Teknolojik şema çizilir.
- Yol-adım diyagramı oluşturulur.
- Pnömatik devre şeması çizilir.
- Elektrik kumanda şeması çizilir.

2.2.1. Teknolojik Şema

Kumanda edilen sistem ile kumanda sistemi arasındaki bağıntıyı gösterir. Kontrol sisteminin anlaşılabilir olmasına yardımcı olur.

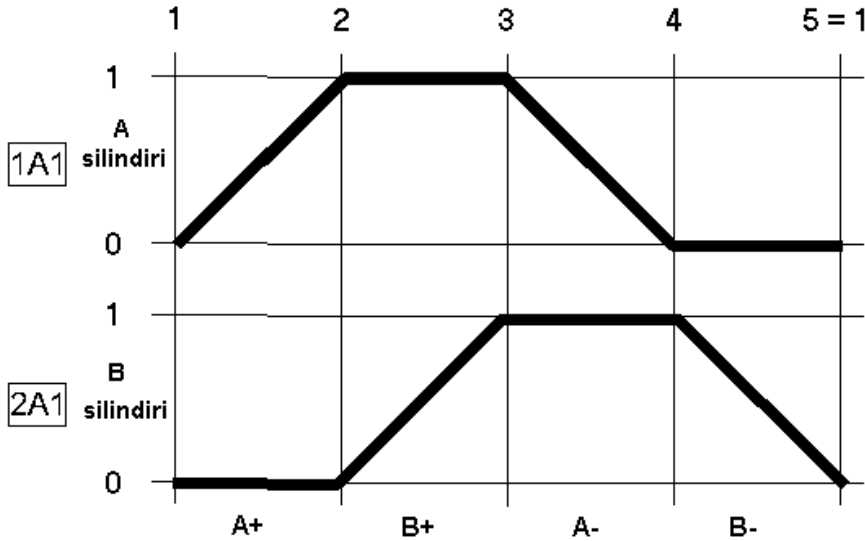


Şekil 2.1

2.2.2. Yol-Adım Diagramları

Yol-adım diagramları, silindir veya silindirlerin hangi şartlar altında ne zaman ve hangi işaret elemanları (sınır anahtarları vb.) tarafından uyarılarak durum aldıklarını belirtirler. Diyagramda;

- Yatay eksen adımları gösterir. Düşey eksen ise çalışma elemanları (silindirler) ve sahip oldukları durum (içeride veya dışarıda) ifade edilir.
- Silindirlerin ileri ve geri hareketleri bir adım olarak kabul edilir ve bu, eğik çizgilerle gösterilir. Hareket çizgileri kalın çizgi ile çizilir.
- Diyagramda iş elemanlarının (silindirlerin) çalışması adıma bağımlı olarak gösterilir. Eğer kumanda sisteminde birden fazla iş elemanı (silindir) varsa bunların adımlara göre hareket şekilleri alt alta gösterilir.
- Silindirlerin dışa hareketi artı (+) ve içe hareketi ise eksi (-) ile ifade edilir.
- Yol adım diyagramlarında adımlar arasındaki mesafe eşit olmalıdır. Bu mesafelerin belirlenmesinde zaman göz önüne alınmaz.





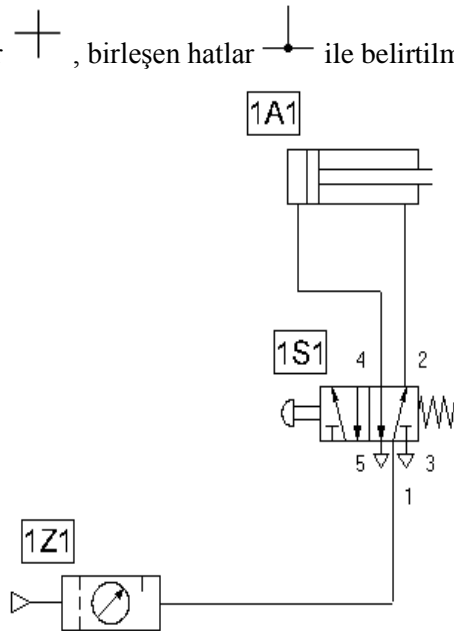
Şekil 2.2: A+B+A-B- çalışmasına ait

Şekil 2.2'de iki silindirin çalıştırılmasına ait örnek verilmiştir. Örneği verilen adımlar ışığında irdeleyiniz.

2.2.3. Pnömatik Devre Şeması

Pnömatik devrelerin standart sembollerle çizilmiş hâline pnömatik devre şeması adı verilir. Pnömatik devre şemalarında hava akışı, aşağıdan yukarıya doğrudur. Devre elemanları, bu sıraya göre yerleştirilmiştir. Devre çizimi yapılacakken aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir:

- Devre şeması çiziminde standart semboller kullanılmalıdır.
- Basınç hatları sürekli çizgi ile gösterilmelidir.
- Devre çiziminde elemanların büyüklüğü ve konumu dikkate alınmaz.
- Silindirler, çalışma durumuna bakılmaksızın daima yatay ve sağa dönük olarak çizilmelidir.
- Aynı tür elemanlar devre çizimlerinde aynı sırada olmalıdır.
- Pnömatik silindir ve pnömatik motor gibi alıcılar 1.0, 2.0, 3.0... şeklinde numaralandırılır. Ana kumanda valfleri, kumanda ettikleri elemana göre 1.1, 2.1, 3.1 şeklinde numaralandırılır.
- Ana kumanda valfleri ile alıcılar arasındaki elemanlar şayet ileri gitmede etkili ise silindir numarasından sonra gelen çift rakamla 1.02, 2.02, 3.02 gibi numaralandırılır. Silindirleri geri getirmede etkili iseler silindir numarasından sonra tek rakamla 1.01, 2.01, 3.01 gibi numaralandırılır.
- Kesişen hatlar , birleşen hatlar  ile belirtilmelidir.



Şekil 2.3

2.3. Pnomatik Devre Çizimlerinde Elemanların Numaralandırılması

Pnomatik devre şemalarında elemanlar iki şekilde tanımlanır:

- Rakamlarla tanımlama
- Harflerle tanımlama

2.3.1. Rakamlarla Tanımlama

Pnomatik devre şemasında:

- Çalışma elemanları(silindirler, motorlar) :1.0, 2.0, 3.0, vb.
- Son kumanda elemanları(solenoid valfler): 1.1, 2.1, 3.1 vb.
- Silindir pistonu ileri hareketine etki eden elemanlar: .2, .4 vb.
- Silindir pistonu geri hareketine etki eden elemanlar: .3, .5 vb.
- Enerji sağlayan elemanlar(şartlandırıcı birim): 0.

2.3.2. Harflerle Tanımlama

- Çalışma elemanları(silindirler, motorlar) :A, B, C, vb.
- Son kumanda elemanları(solenoid valfler): 1.1, 2.1, 3.1, vb.
- Silindir pistonu ileri hareketine etki eden elemanlar:a1, b1, c1 vb.
- Silindir pistonu geri hareketine etki eden elemanlar:a0, b0, c0 vb.

2.4. Elektrik Kumanda Devre Şeması Çizimi

2.4.1. Kumanda Devre Şeması Çizimi

Elektrik enerjisinin, pnomatik ve mekanik enerjiye dönüştürülmesi ya da pnomatik sinyalleri elektrik sinyallerine dönüştürmede etkili olan elemanları bir bütün olarak gösteren; bu elemanların birbirleriyle olan çalışma ilişkilerini anlatan elektrik-elektronik standart sembollerin kullanıldığı devre çizimlerine verilen addır.

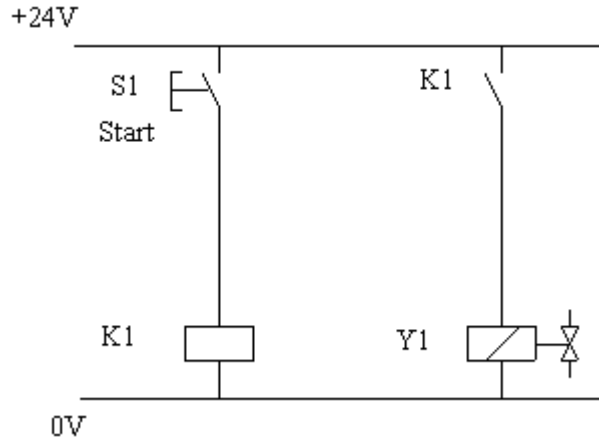
Elektrik devre şeması çiziminde dikkat edilecek hususlar:

- İşaret akışı, yukarıdan aşağıya doğrudur.
- Devre şeması çizimlerinde elektrik ve elektronik standart semboller kullanılır.
- Enerji hatları yatayıdır.
- Bağlantılar bu hatlardan dikey olarak yapılmalıdır.

- Devre elemanları, soldan sağa doğru devreye giriş sırasına göre sıralanır. Numaralama işlemi de bu sıraya göre yapılır.
- Devre şeması çizimlerinde aynı tür elemanlar aynı sırada çizilmelidir.
- Elemanların devre içindeki konumu ve büyüklüğü çizim esnasında göz önünde bulundurulmaz.
- Devre elemanları, normal konumlarında çizilir.

2.4.2. Elektrik Devre Şemalarının Numaralandırılması Kuralları

- Start, stop düğmeleri S1, S2 şeklinde numaralandırılır.
- Röle ya da kontaktörler K1, K2, K3 şeklinde numaralandırılır. Bu elemanlara ait kontaklar da açık ya da kapalı olduklarına bakılmaksızın numaralandırılır.
- Algılayıcılar (sensörler) B1, B2, B3 şeklinde numaralandırılır.
- Enerji hatları, soldan sağa doğru sırayla numaralandırılır.
- Karmaşık sistemlerde röle ya da kontaktörün alt tarafına, bu elemanların hangi enerji hatlarında kontağa sahip oldukları bir liste ile belirtilir.
- Valf bobinleri y_1 , y_2 , y_3 şeklinde numaralandırılır.



Şekil 2.4

UYGULAMA FAALİYETİ

Bir işleme merkezinden gelen iş parçaları ihtiyaç olması durumunda magazin içinden bir başka işleme merkezine iletilecektir. Silindir pistonun bir düğmesine basılması ile ileri hareket etmesi isteniyor. Düğmenin serbest bırakılması ile pistonun geri gelmesi isteniyor.

Yukarıdaki örneği aşağıdaki işlem basamaklarını dikkate alarak;

- 1-) Teknolojik şemasını
- 2-) Yol adım diagramını
- 3-) Pnomatik şemasını
- 4-) Elektriksel bağlantısını çiziniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Kullanıcı isteklerini tespit etmek.➤ Sistemin ana hatları ile taslağını hazırlamak (teknolojik şema)➤ Çalışma diyagramını çizmek➤ Çalışma diyagramına göre elektropnomatik kumanda devresini çizmek➤ Malzeme listesini çıkartmak (giriş çıkış zamanlayıcı ve diğer devre elemanlarının adaları sembol isimleri ve görevleri bir tablo halinde çıkartmak)➤ Sistem planının kesin şeklinin çıkarılması	<ul style="list-style-type: none">➤ Kullanıcı istekleri dikkate alınırken sistemin işletme faaliyetleri dikkate alınmalıdır.(İşletme koşulları.).➤ Pnomatik devre şemasında dikkat etmeniz gereken, silindir ve yönlendirme valfleri için devre sembolleri yatay gösterilir. Silindir piston kolu hareketi hep soldan sağa doğrudur.➤ Elektrik şemasında işaret akışı ise yukarıdan aşağıya doğrudur.➤ Röleli devreler, bir kontrol bölümüne ve güç bölümüne ayrılabilirler. Yapı elemanlarının devre sembolleri kumandalarına göre belli bir sıra ile soldan sağa doğru düzenlenmelidir.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru veya yanlış (D/Y) olarak değerlendiriniz.

- (....)1.Elektropnomatik devre şemaları bir kısımdan oluşur.
- (....)2.Elektrik devre şeması çiziminde İşaret akışı yukarıdan aşağıya doğrudur.
- (....)3.Pnomatik devre şeması çiziminde rakamlarla numara verilirken son kumanda elemanları(selenoid valfler):1.1, 2.1, 3.1 vb. şekilde numaralandırılırlar.
- (....)4.Elektropnomatik kumanda sisteminin tasarım ve kurma aşamasında ilk önce yol adım diyagramı çizilir.
- (....)5.Yol adım diyagramında yatay eksen adımları gösterir. Düşey eksen ise çalışma elemanları(silindirler) ve sahip oldukları durum (içeride veya dışarıda) ifade edilir.
- (....)6.Elektrik devre şemaları numaralandırılırken enerji hatları, sağdan sola doğru sırayla numaralandırılır.
- (....)7. Yol adım diyagramında silindirlerin dışa hareketi eksi (-) ve içe hareketi ise artı (+) ile ifade edilir.
- (....)8.Elektrik devre şemaları numaralandırılırken valf bobinleri y_1 , y_2 , y_3 şeklinde numaralandırılır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete dönerek tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Projesi ve şeması verilen elektropnomatik sistemi, TSE iş güvenliği standardı ve tekniğe uygun kurabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlar olmalıdır;

- Tek etkili ve çift etkili silindiri pnomatik malzeme satan yerlerden gidip inceleyiniz.
- Ve, veya, değil valfinin çeşitlerini bu malzemeleri satan iş yerlerine giderek araştırınız.
- Zaman röleleri, sınır anahtarları, temassız sınır anahtarları ve sensörlerin çeşitlerini bu malzemeleri satan iş yerlerine giderek araştırınız.
- Yukarıdaki elemanlarla yapılan uygulamaları, fabrika ortamlarını ziyaret ederek yakından görmeniz faydalı olacaktır.
- Kazanmış olduğunuz bilgi ve deneyimleri arkadaş grubunuz ile paylaşınız.

3. ELEKTROPNOMATİK SİSTEM KURMAK VE ÇALIŞTIRMAK

3.1. Silindirler

Basınçlı hava enerjisini mekanik enerjiye çevirerek doğrusal itme veya çekme hareketi elde edilir. Özel durumlar dışında 1.5-3 m/s arasındaki yüksek hızlarda çalışırlar. 1 mm ile 2000 mm arasında strok, 5000 kg'a kadar kuvvetler elde edilebilir. Silindirler, aşağıdaki işlerde kullanılırlar.

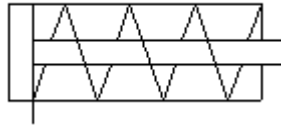
- Yüklerin kaldırılması
- Yüklerin taşınmasında
- Yüklerin itilmesi

Silindirler etki şekillerine göre ikiye ayrılırlar;

- Tek etkili silindir
- Çift etkili silindir
- **Tek Etkili Silindir**

Tek etkili silindirler, sadece bir yönde iş yapabilirler. Diğer yöndeki hareket bir yay kuvveti, piston kolunun kendi ağırlığı veya dış kuvvetlerle gerçekleşir. Tek etkili silindirde sıkıştırılmış hava silindirin arka yüzünden girer. Piston alanı, üzerindeki hava basıncının yarattığı kuvvet piston kolunu dışa doğru iter. Hava kesilince yay, pistonu geri çeker. Bu silindirlerde hava tüketimi daha azdır, daha ucuza mal edilirler. Strok boyları genelde kısadır. Bu sebeple 100 mm den uzun stroklarda pek kullanılmaz. Yaya karşı iş yapıldığı için %20 bir enerji kaybı vardır. Tek etkili silindirler:

- Sıkıştırma
- Kaldırma
- Gerdirme uygulamalarında kullanılır.



Şekil 3.1

- **Çift Etkili Silindirler**

Çift etkili silindir iki yönde de iş yapabilir. Yani basınçlı havanın etki edebileceği iki yüzey mevcuttur. Strok boyları tek etkili silindirden daha fazladır. Basınçlı havanın etki ettiği iki farklı yüzey vardır. Dolayısıyla çift etkili silindirlerde çıkış ve giriş hareketinde iki farklı hız ve kuvvet elde edilir.



Şekil 3.2

- **Silindirlerin Kumandası**

Silindirlerin iki çeşit kumandası vardır;

- Doğrudan kumanda
- Dolaylı yoldan kumanda
- **Doğrudan Kumanda**

Eğer bir silindirin kumandası için gerekli olan debi az ise kumanda organı da küçük olabilir. Böylece gerekli olan valf kumanda kuvvetleri de azdır. Bu yüzden tek valf üzerinden kontrol yapılabilir. Buna doğrudan kumanda denir.

- **Dolaylı Kumanda**

Eğer silindir büyükse kumanda için valfin büyük olması gerekir. Bu nedenle valfin kumandası için de daha büyük kuvvetli bir selenoid bobin gerekir. Bu yüzden fazla akım tüketimi olur. Bu durumda akımın dolaylı olarak bir röle üzerinden geçmesi gerekmektedir. Böylece anahtarlama elemanlarının aşırı yüklenmesi engellenir. Bu tür uygulamalara da dolaylı kumanda adı verilir.

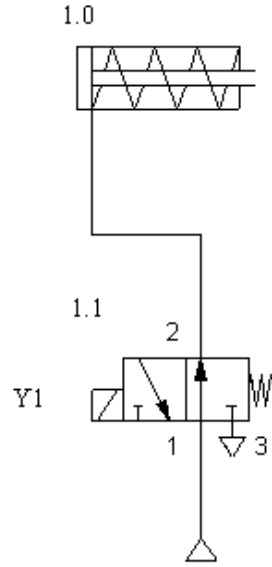
3.1.1. Tek Etkili Bir Silindirin Kontrolü

3.1.1.1. Tek Etkili Silindirin Doğrudan Kumandası

Örnek: Bir düğmeye basıldığında tek etkili silindirin ileri doğru hareket etmesi gerekir. Düğme serbest bırakıldığında silindir tekrar geri gelmelidir.

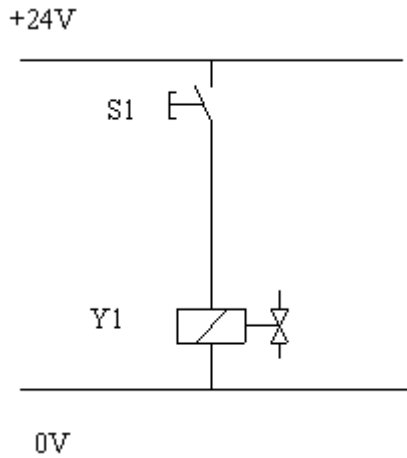
➤ Pnömatik Devre Şeması

Tek etkili silindirlerin kumandası için 3/2 yönlendirme valfleri kullanılır. Silindir gücü az olduğundan kumanda, yay geri getirmeli bir 3/2 yönlendirme valfi ile yapılır. Bu valf bir düğme ile doğrudan kumanda edilir.



Şekil 3.3

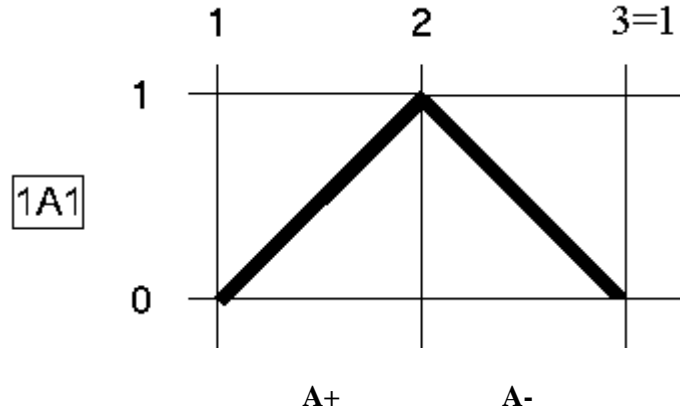
➤ **Elektrik Devre Şeması**



Şekil 3.4

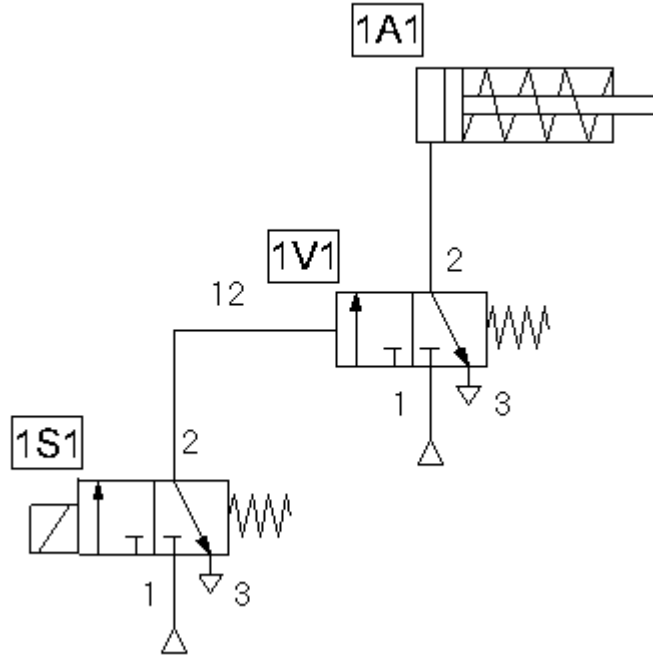
S1 düğmesine basıldığında Y1 selenoid bobininden akım geçer ve 1.1 valfi çalıştırılır. Silindirin piston bölümlerine 1. ve 2. valf bağlantılarından hava yayılır. Bu hava piston kolunun kurucu yayın kuvvetine karşı ileri doğru hareketine neden olur. S1 serbest bırakıldığında valf bobindeki manyetiki alan yok olur. Valf başlangıç konumuna gelir. Aynı zamanda silindir valfin tahliye çıkışından (3) boşaltılır. Silindirin piston kolu geri gelir.

➤ Çalışma Diyagramı



Şekil 3.5

3.1.1.2. Tek Etkili Silindirin Dolaylı Kumandası



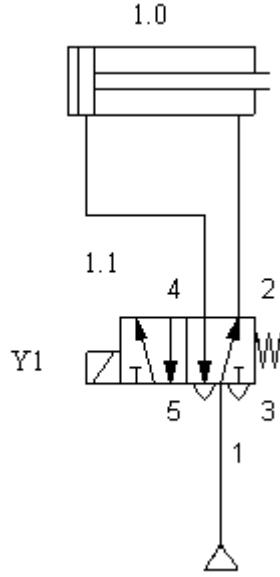
Şekil 3.6

3.1.2. Çift Etkili Bir Silindirin Kontrolü

3.1.2.1 Çift Etkili Silindirin Doğrudan Kumandası

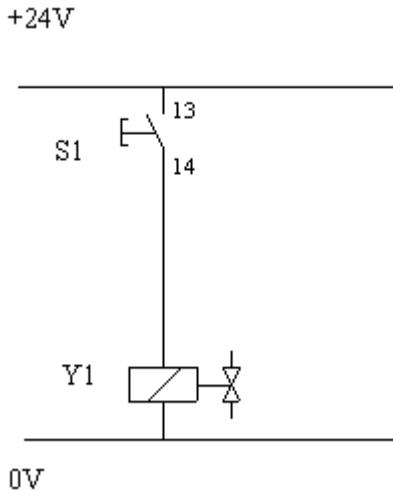
➤ Pnömatik Devre Şeması

Örnek: Bir düğmeye basıldığında çift etkili silindirin ileri doğru hareket etmesi gerekir. Düğme serbest bırakıldığında silindir tekrar geri gelmelidir.



Şekil 3.7

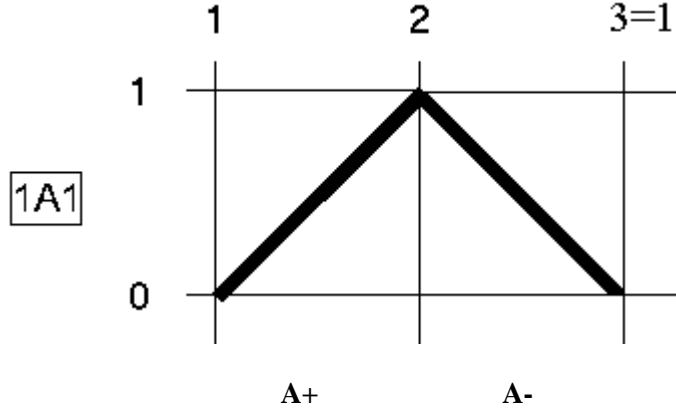
➤ Elektrik Devre Şeması



Düğmeye basıldıktan sonra S1 sayesinde Y1 selenoidi bobininden akım geçer. Valf anahtarlanır. Basınçlı hava 1 den 4 'e doğru akar. Piston kolu dışarı hareket eder. Düğme serbest bırakıldıktan sonra akım kesilir ve valf kurucu yayın kuvveti ile başlangıç konumuna geri döner. Piston kolu geri gelir.

Şekil 3.8

➤ Çalışma Diyagramı



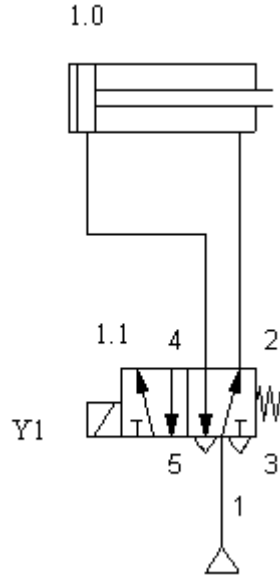
Şekil 3.9

3.1.2.2. Çift Etkili Silindirin Dolaylı Yoldan Kumandası

Dolaylı kumandanın gerekliliğine karar verebilmek için enerji beslemesi ve enerji tüketimi bakımından şu hususlara dikkat edilir.

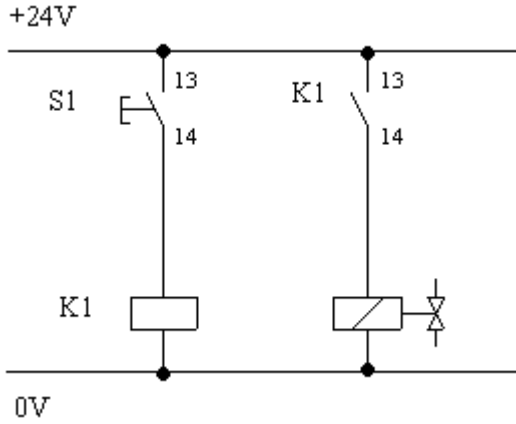
- Basınçlı hava gereksinimi
- Valf bobinlerinin anma akımı
- Sistemin uzaktan kumandası
- Akıma oranla düğme ve anahtar için maksimum akım
- Kontakların selenoid bobinler sebebiyle aşırı yüklenmesi
- **Pnوماتik Devre Şeması**

Çift etkili bir silindir saç parçaları için dönen presi kontrol eder. Bir düğmeye basıldığı sürece piston kolu dışarı doğru hareket eder. Düğme serbest bırakılır bırakılmaz piston kolu tekrar geri gelir.



Şekil 3.10

➤ **Elektrik Devre Şeması**



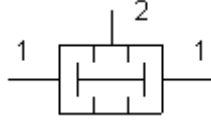
Şekil 3.11

S1 düğmesine basıldığında K1 röle bobini enerjilenir. 13 ve 14 bağlantı tanımlamalı K1 kontağı kapanır. Akım Y1 selenoid bobinine akar. 1.1 kontrol valfi anahtarlanır. Valfin 4 nu.lu bağlantısında basınçlı hava bulunur. Piston kolu dışarı çıkar. Düğme serbest bırakılırsa K1 kontağı açılır. Y1 enerjisiz kalır. Valf kurucu yay kuvveti ile başlangıç konumuna gelir. Şimdi 2 nu.lu bağlantıya basınçlı hava uygulanır. Piston kolu gerigeler.

3.1.3. Elektropnömatik Devrelerde

3.1.3.1. Ve Valfi

Bu valflere **çift basınçlı valfler** de denir. İki ayrı yerden gönderilen hava sinyali ile çalışan bu valfler genellikle işçinin iki elinin korunması gerektiği yerlerde kullanılır. İş güvenliği açısından makaslarda, preslerde veya giyotinlerde çalışan kişilerin iki elini iki ayrı butona bastırarak korur. Bu valfler seri bağlı elektrik anahtarları gibi görev yapar.



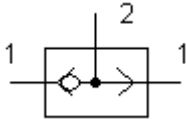
Şekil 3.12



Resim 3.1

3.1.3.2. Veya Valfi

Pnömatik devrede iki ayrı yerden gönderilecek sinyallerle bazı elemanların çalıştırılması gerekebilir. Bu gibi yerlerde veya valfleri kullanılır. Basınçlı hava, bir taraftan girince valfin içindeki bilye diğer tarafa itilir ve içeriye giren hava dışarıya atılır. Uzaktan kumanda yapılırken bu tip valfler kullanılır.



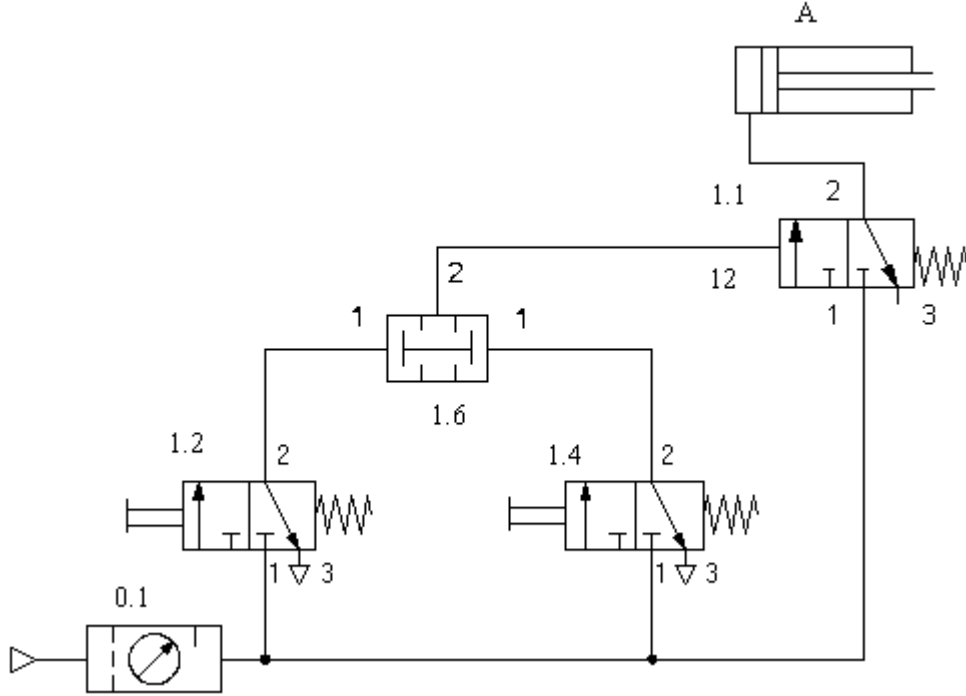
Şekil 3.13



Resim 3.2

➤ Ve Valfi Uygulamaları

Örnek 1: (Pnomatikte ve valfi)

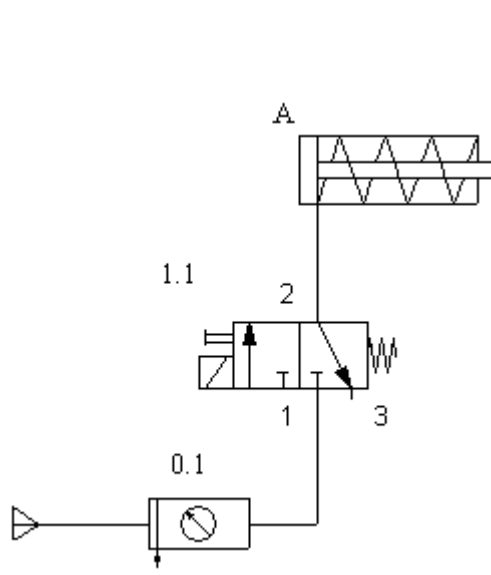


Şekil 3.14

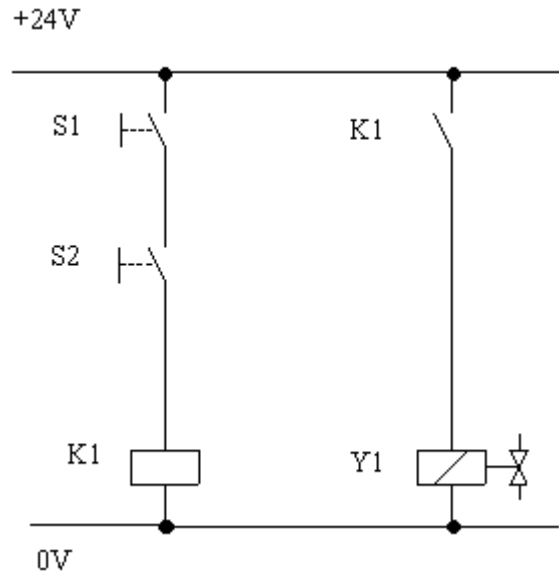
Şekildeki 3.14'teki ve valfinin 2 numaralı çıkışından bir çıkış sinyali elde edilmesi için her girişe de, yani (1,1) hava gönderilmesi şarttır. Bunun için 1.2 ve 1.4 valflerinin uyarılmış olması gerekir. Bu durumda ve valfinin 2 numaralı çıkışında sinyal bulunacağından silindir hareket etmiş olur.

Örnek 2:(Elektropnomatikte ve valfi)

S1 ve S2 butonlarının her ikisine de basılması durumunda K1 röle bobini enerjilenir ve çıkış biriminde kapanan K1 kontağı, Y1 vals bobinini enerjiler. Böylece silindir, dışarıya doğru hareket etmiş olur.



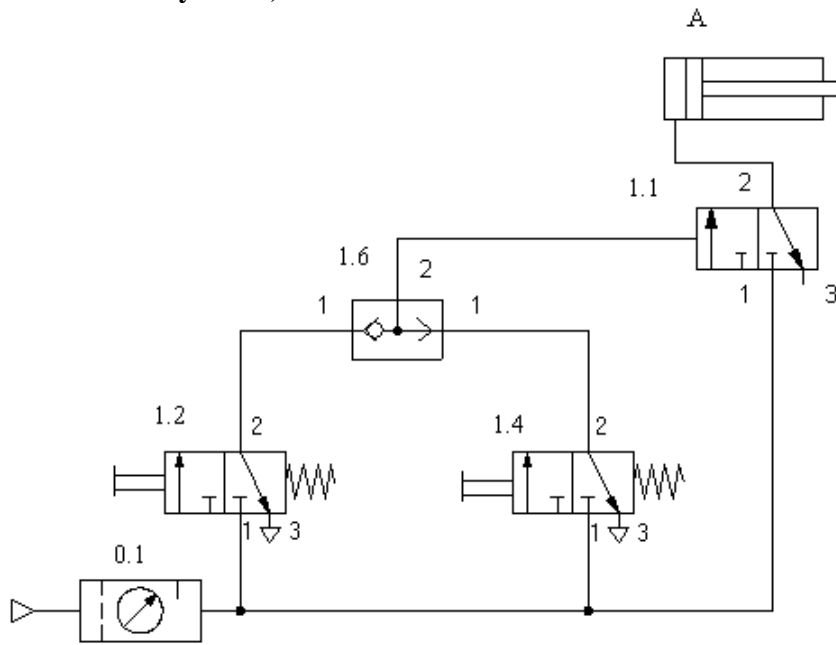
Şekil 3.15



Şekil 3.16

3.1.3.3. Veya Valfi Uygulamaları

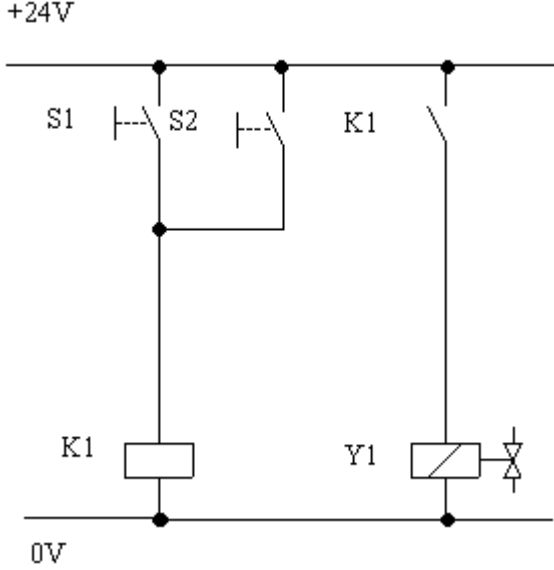
Örnek 1: (Pnomatikte veya valfi)



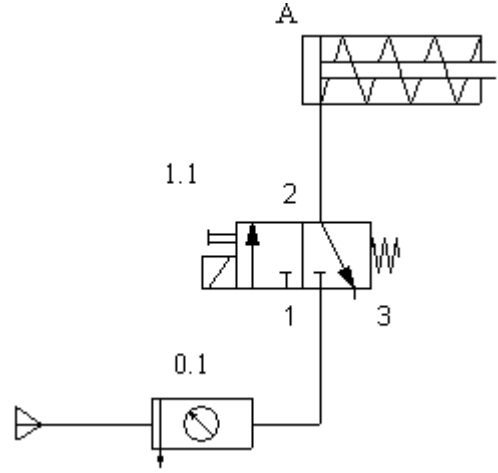
Şekil 3.17

Şekildeki devrede veya valfi kullanılarak tek etkili silindirin kontrolü yapılmıştır. veya valfinin 2 hattından bir çıkış sinyali verebilmesi için girişlerinden herhangi birisine hava gönderilmesi şarttır. Bunun için 1.2 veya 1.4 valflerinden birinin uyarılmış olması gerekir. Böylece veya valfi çalışır ve silindir dışarıya doğru hareket eder.

Örnek 2: (Elektropnomatikte veya valfi)



Şekil 3.18



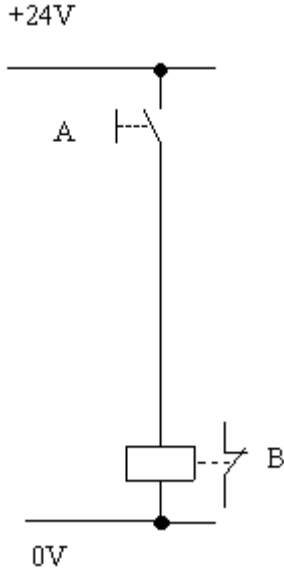
Şekil 3.19

S1 veya S2 anahtarlarından birine basıldığında K1 röle bobini enerjilenir. Çıkış biriminde kapanan K1 kontağı, Y1 bobinini enerjiler. Silindir harekete geçer.

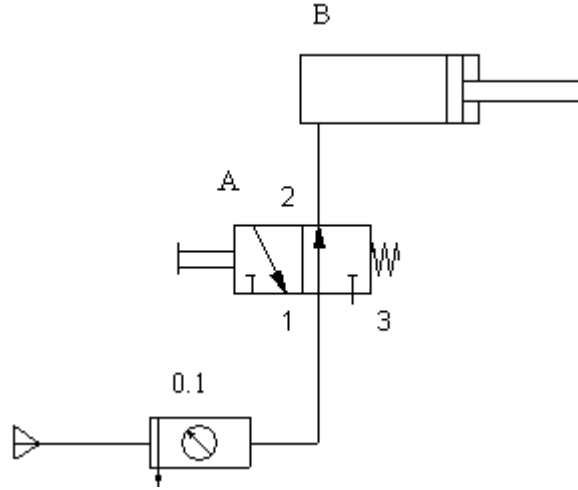
3.1.3.4. Değil Valfi Uygulamaları

Bu konu ile ilgili özel bir valf çeşidi yoktur. Değilleme işlemi, girişe uygulanan sinyalin çıkışta tersine çevrilmesidir. Aşağıdaki şekle dikkat edilecek olursa a butonu elemanı uyarısızken b=1 durumundadır. A buton elemanı uyarıldığında b kontağı açılır. Yani a=0 iken b=1 dir, a=1 iken b=0 dır.

Not: İlk anda silindirin dışarıda olduğuna dikkat edin. Çünkü silindir 2'den hava alıyor.



Şekil 3.20



Şekil 3.21

a	b
0	1
1	0

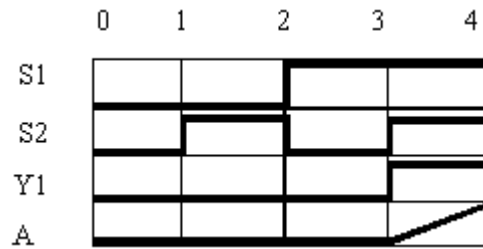
Şekil 3.22

3.1.3.5. Mantık Devre Diyagramları

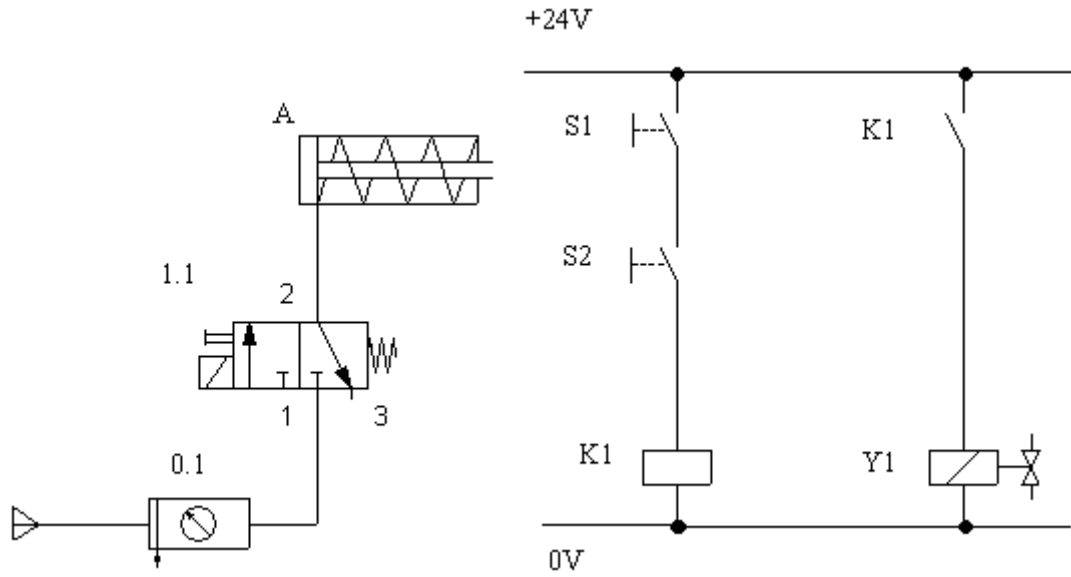
➤ Ve (and) İşlemi

S1	S2	Y1
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Doğruluk tablosu

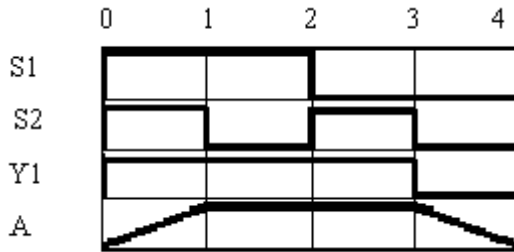


Mantık devre diyagramı



Yukarıdaki mantık devresine bakacak olursak ancak S1 ve S2 butonları birlikte devreye girmesi ile ancak K1 bobini enerjilenir. Kapanan kontak ile Y1 valf bobini A silindirini dışarı iter. Butonlardan herhangi birine verilen sinyal kesilmesi ile silindirde devre dışı kalıp tekrar yay vasıtası ile geri gelecektir. Bu tür uygulamalar, daha çok iki elin birlikte kullanılmasının gerektiği pres uygulamalarında kullanılır.

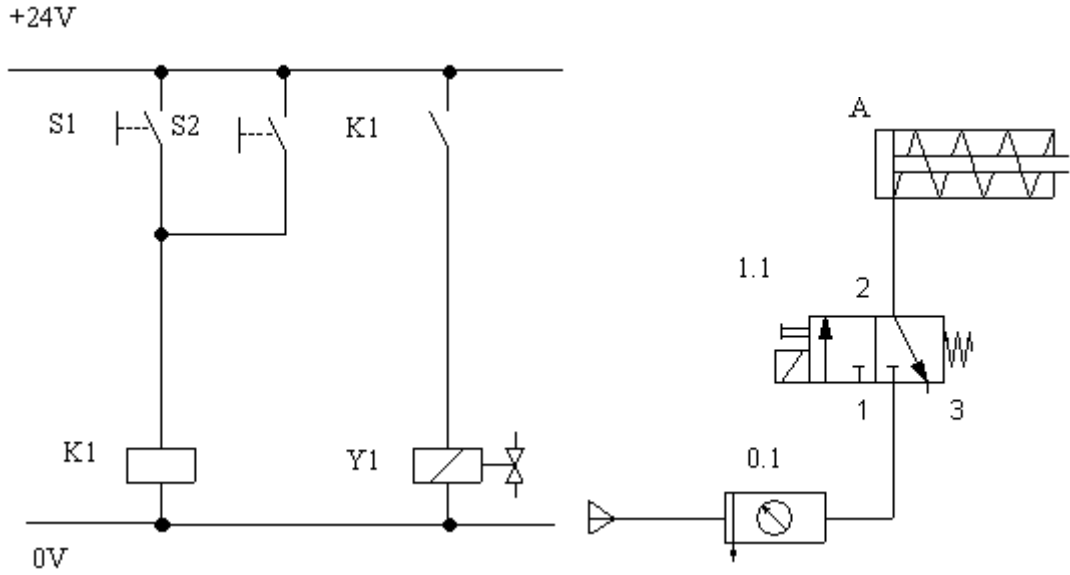
➤ Veya (Or) İşlemi



Mantık diyagramı

S1	S2	Y1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Doğruluk tablosu

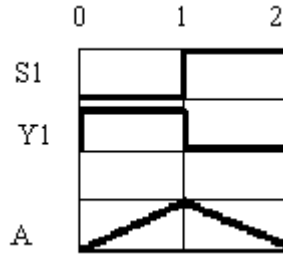


Şekillere dikkat edilecek olursa S1 veya S2 anahtarlarından herhangi birisi sinyal gönderecek olursa K1 röle bobini enerjilenerek çıkış birimindeki konağı kapatır. Kapanan kontak Y1 selenoid bobinini enerjiler ve silindir ileri çıkar.

➤ Değil (Not) İşlemi

S1	Y1
0	1
1	0

Doğruluk tablosu

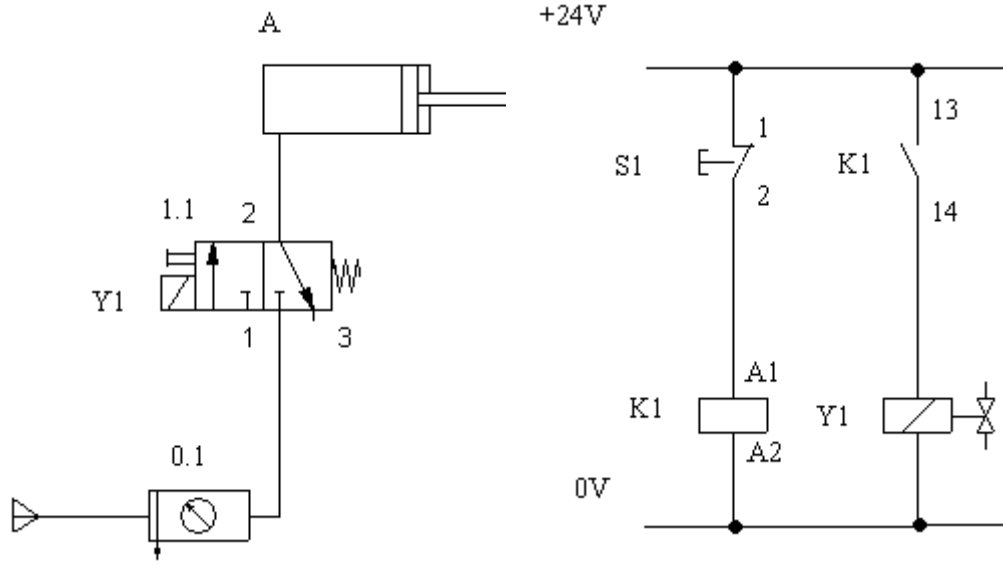


Mantık diyagramı

Tek etkili silindir ilk durumunda ileride olacak ve butona basılıp valfe sinyal gönderildiğinde ise silindir geri başlangıç konumuna geri dönecektir. Elektro-pnömatikte DEĞİL işlemi iki biçimde yapılır:

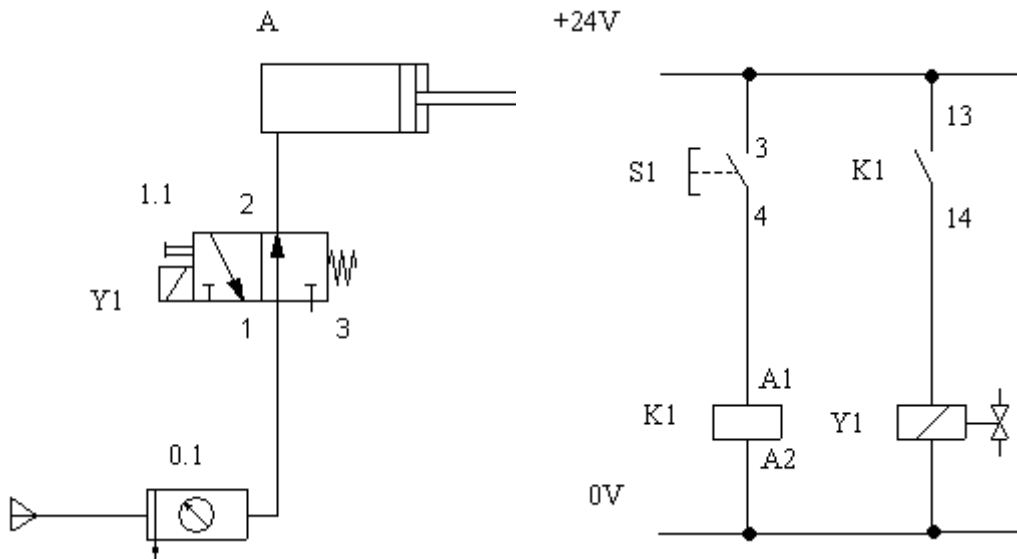
- Normalde kapalı buton elemanı ile
- Normalde açık buton elemanı ile

➤ **Normalde Kapalı Buton İle**



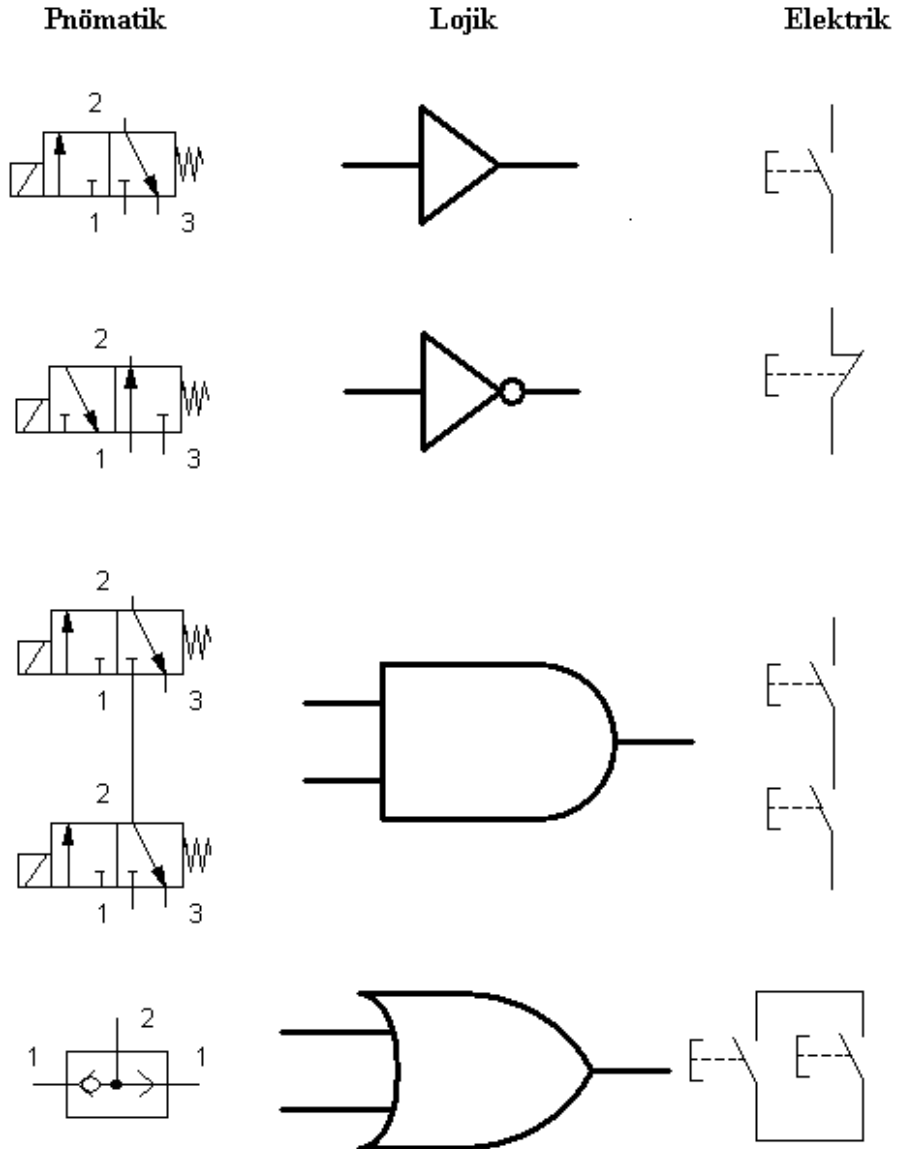
S1 elemanı normalde kontak konumdadır. S1 uyarısız iken K1 rölesi enerjili ve Y1 selenoid bobini de enerjilenerek tek etkili silindiri dışarı iter. Yani S1 0 iken A 1'dir. Bu durumda kullanılan valf çeşidi 3/2 normalde kapalı valftir.

➤ **Normalde Açık Buton İle**



S1 elemanı normalde açık konumdadır. S1 uyarısız iken Y1 selenoid bobinide enerjisizdir. Fakat valf üzerindeki hava geçişi silindir dışarıya iter. Yani normalde ilk anda silindir dışarıdadır. S1 enerjilenince K1 ve ardında Y1 selenoid bobini de tetiklenir ve silindir geri gelir.. Bu durumda kullanılan valf çeşidi 3/2 normalde açık valftir.

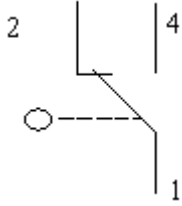
➤ **Elektropnömatik Devre Elemanlarının Değişik İşaret ve Sembollerle Gösterilmesi**



Şekil 3.23

3.2. Sınır Anahtarı Kullanarak Devre Oluşturulması

Sınır anahtarları bir elektrik anahtarı olup belirli bir silindir strokundan sonra sinyal verirler. Elektropnömatikte silindirlerin konumlarını, iş parçalarını algılamak amacıyla kullanılan anahtarlardır.



En basit sınır anahtarı mekanik olarak bir makara ile uyarılan sınır anahtarıdır. Sınır anahtarları genelde iki kutuplu anahtarlar olarak düzenlenir. Sınır anahtarlarını fonksiyon bakımından sadece pnömatik elemanlarla gerçekleştirilen kumandalarda kullanılan makaralı 3/2 yön denetim valflerine benzetebiliriz. Elektriksel sınır anahtarlarındaki pozisyonlama hassasiyeti, makaralı bir valften daha iyidir. Aynı silindir strokunun tekrarlanma hassasiyeti, bu elektriksel sınır anahtarlarında

birkaç 1/10 mm kadardır. Silindirlerdeki hareket akışının yürütülebilmesi için sınır anahtarı bulunan bir başlatma anahtarına ihtiyaç duyulur. Bu mekanik algılayıcılarla her hareket algılanır ve iletilir. Sınır anahtarları istenilen çalışma aralığına göre yerleştirilmelidir. Buna **strok boyu** denir. Piston hareket yönü ile sınır anahtarı etki yönü aynı olmalıdır. Aksi takdirde sınır anahtarı silindirin zıt basma kuvvetinden dolayı hasar görebilir.



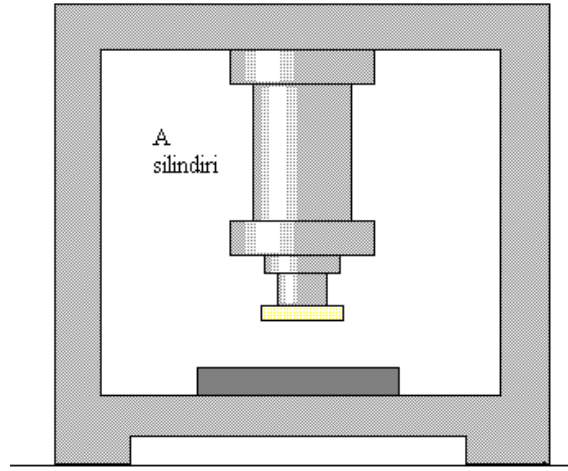
Resim 3.3



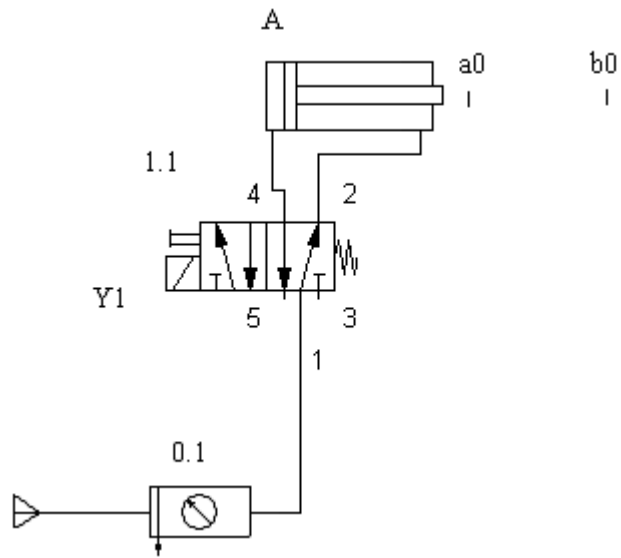
Resim 3.4

Örnek

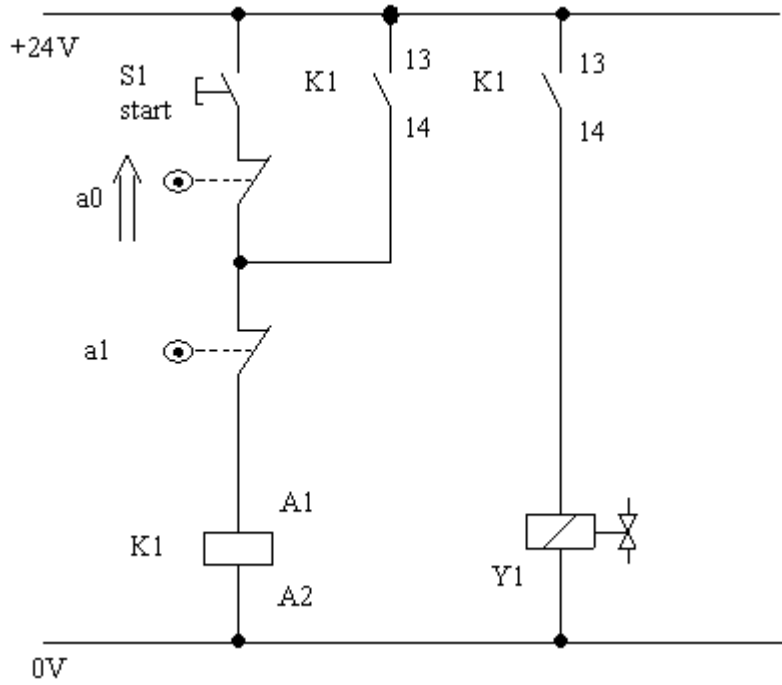
Bir pnömatik silindire şu şekilde kumanda edilecektir. Pnömatik silindir yukarı ve aşağı hareketler yapacaktır. Silindirin son ve ilk hareketi ise sınır anahtarları vasıtasıyla kontrol edilecektir. Bu işlem devrenin girişindeki anahtar vasıtasıyla kontrol edilecektir. Anahtar açılınca işlem sona erecektir.



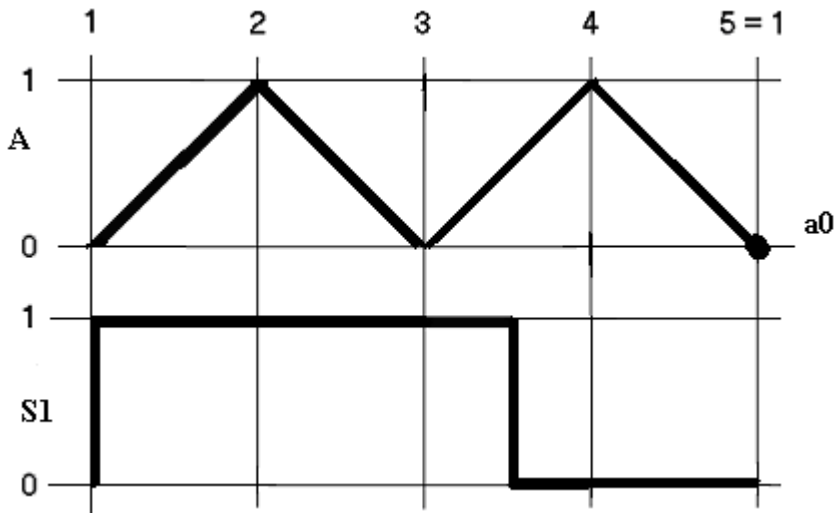
Şekil 3.24



Şekil 3.25



Şekil 3.26



Şekil 3.27

Yukarıdaki elektrik bağlantı şemasında a0 sınır anahtarı üzerinde bir ok işareti vardır. Bu okun nedeni ilk anda a0 sınır anahtarı üzerinde silindir bulunmakta olduğu içindir. Yani silindir a0 sınır anahtarının kontağını ilk konumda kapatmıştır. Ayrıca S1 anahtarı herhangi bir durumda açılacak olursa silindir çevrimini tamamladıktan sonra durmuştur. Yani sistem hafızada son konumu tutmamaktadır. Yol adım diyagramında gösterilen a0 noktası ve S1

anahtarı bir ve kapısı ile birleştirildiğinde çevrim sürekli olarak S1 ve a0' dan aldığı bilginin "1" olması hâlinde işlemine devam edecek, bu iki durumdan herhangi biri kesilecek olursa işleme son verecektir.

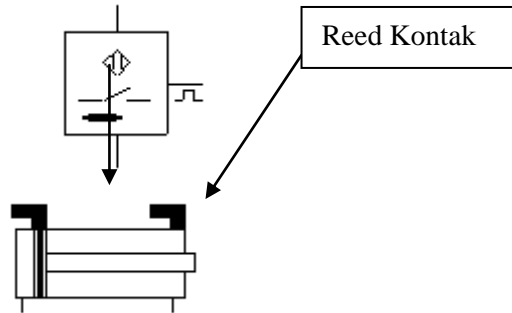
3.3. Temassız Sınır Anahtarlarıyla Devre Uygulamaları

Temassız sınır anahtarlarında mekanik sınır anahtarlarının tersine

- Tetikleme kuvvetine ihtiyaç yoktur.
- Anahtarlama aralığı küçüktür.
- Aşınma yoktur.

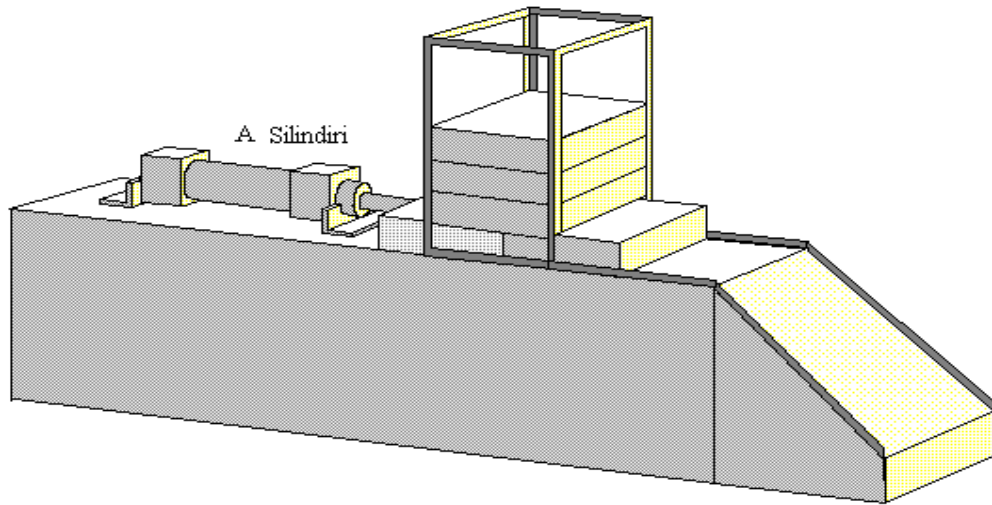
3.3.1. Dil Kontaktlı Manyetik Sınır Anahtarı

Manyetik alan sınır anahtarı (Reed switch) bir mıknatısın oluşturduğu manyetik alan sayesinde uyarılır. Manyetik alanın yaklaşması ile kontak uçları ters olarak mıknatıslanır. Kutuplar birbirlerini çeker ve mekanik yay kuvvetini yenerek kontağın kapanmasını sağlar. Bu kontak normalde açık ve normalde kapalı olabilir. Manyetik anahtarların elektropnomatik kumanda sistemlerinde kullanılabilmesi için özel silindirlere ihtiyaç vardır. Bu silindirlerin piston yüzeylerine daimi mıknatıs tuturulmuştur. Bu şekilde manyetik algılayıcıların piston hareketini algılaması sağlanmış olur. Manyetik temassız algılayıcı üç uçludur. Bunlardan ikisi besleme gerilimi uçları diğer uç ise işaret çıkışıdır. Manyetik algılayıcı silindir içindeki pistonu algılayınca çıkışından işaret alınır. Bu gerilimin değeri besleme gerilimi ile orantılıdır. Elde edilen sinyal çıkıştan selenoid bobine direkt bağlanamaz. Bunun nedeni ise elde edilen sinyalin çok düşük değerlikli olmasıdır. Endüstriyel uygulamalarda ise ledli manyetik algılayıcı kullanılır.

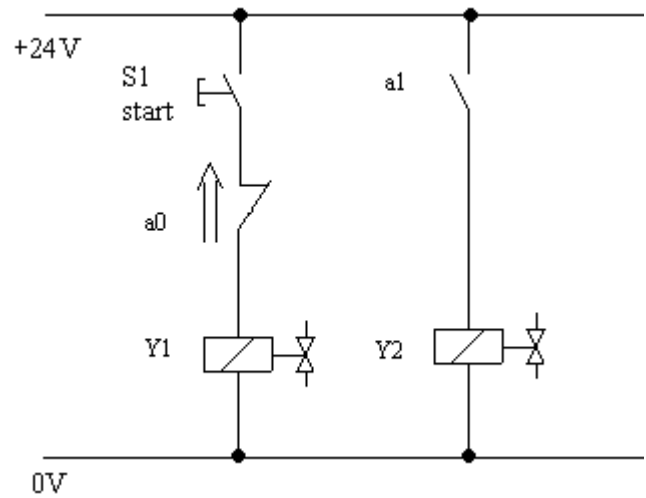
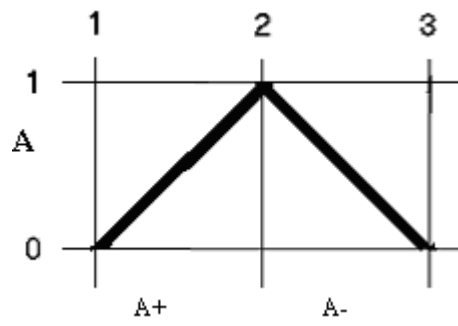


Şekil 3.28

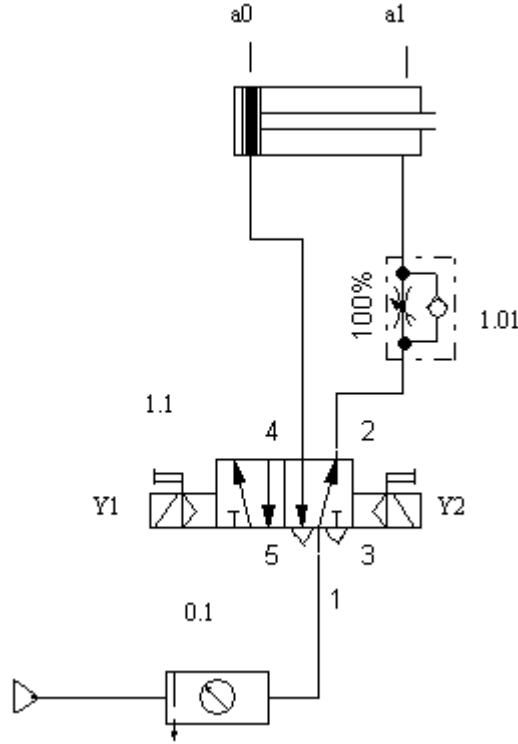
Örnek: A silindiri iş parçalarını besleme magazininden taşıyıcı bir sisteme nakledecektir. S1 butonu uyarılınca A silindiri ileri doğru hareket ederek parçayı itecektir. Daha sonra A silindiri geri gelecektir. Silindirin konum algılamaları reed kontak elemanı ile yapılacaktır.



Şekil 3.29



Şekil 3.30



Şekil 3.31

Şekil 3.31'e dikkat edilecek olursa S1 butonu ve a0 reed kontağının aynı anda çalışması gerekmektedir, çünkü her ikisi de sinyal gönderdiği taktirde Y1 bobini tetiklenir ve silindir, a0 konumundan a1 konumuna doğru hareket eder. A1 konumuna geldiğinde algılama elemanı silindirin konumunu algılayacağından bu sefer de Y2 bobinini tetikler. Böylece silindir, tekrar hareket ederek eski konumuna geri döner.

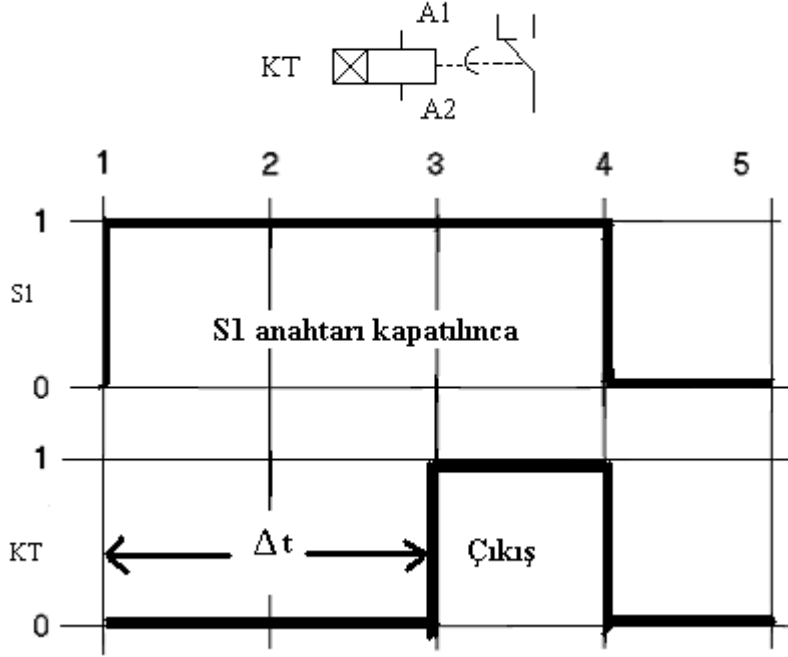
3.4. Zaman Röleli Devre Uygulamaları

Zaman gecikmesi üreten sisteme **zamanlayıcı** adı verilir. Elektropomatik sistemlerde bir işlemden diğer bir işleme geçiş, zamanlayıcı elemanlarının belirledikleri süre ile gerçekleştirilebilir. Bu tür kumandalara **süreç kontrollü kumanda** veya **zamana bağımlı kumanda** adı verilir. Elektropomatik kumandalara genellikle iki tür zamanlama elemanı kullanılır.

- Kapamada gecikmeli zamanlayıcılar
- Açmada gecikmeli zamanlayıcılar

3.4.1. Kapamada Gecikmeli Zamanlayıcılar

S1 anahtarı kapatılınca ayarlanan süre sonunda normalde açık olan zamanlayıcı kontağı kapanır. Kontakın kapanması bir gecikmeyle gerçekleştiğinden bu tip zamanlayıcılara kapamada **gecikmeli zamanlayıcılar** denir.



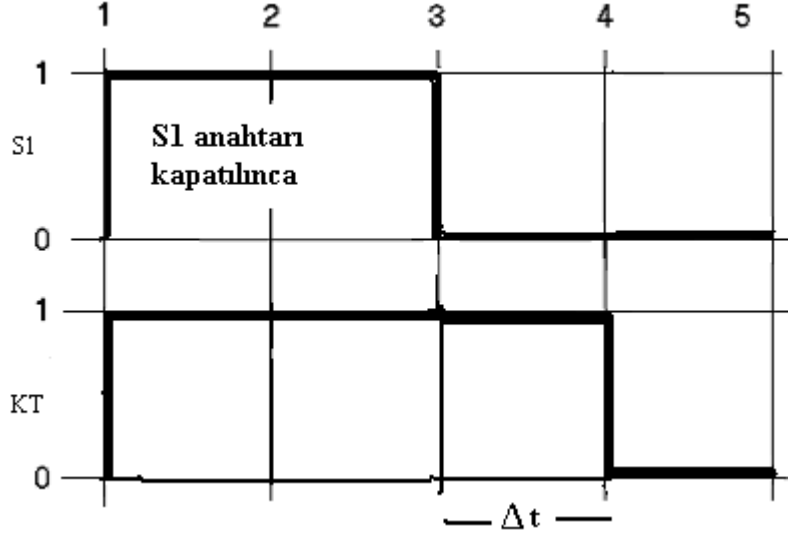
Şekil 3.32



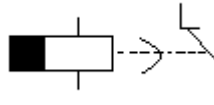
Resim 3.5

3.4.2. Açmada Gecikmeli Zamanlayıcılar

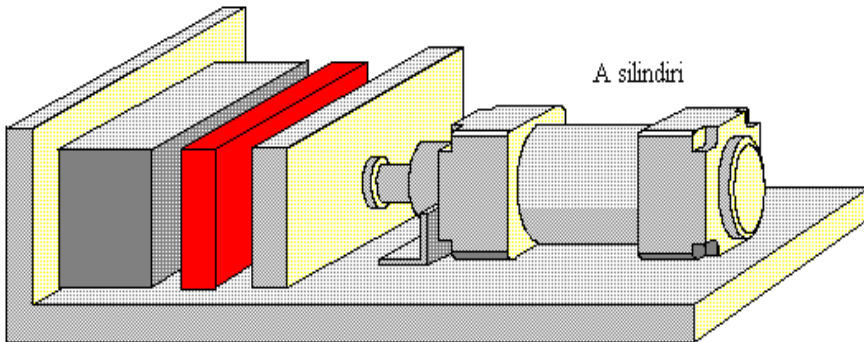
S1 anahtarı kapatılınca zamanlayıcının normalde açık olan kontağı hemen kapanır ve S1 anahtarı kapalı olduğu süre zamanlayıcı zamanı saymaz. Fakat iç röle (kt) enerjili durumdadır. S1 anahtarı açıldığında zaman saymaya başlar ve ayarlanan süre sonunda iç röle daha önce kapatmış olduğu kontaklarını açar. Kontakların açılması belirli bir gecikmeyle olduğu için buna **açmada gecikmeli zamanlayıcı** denir.



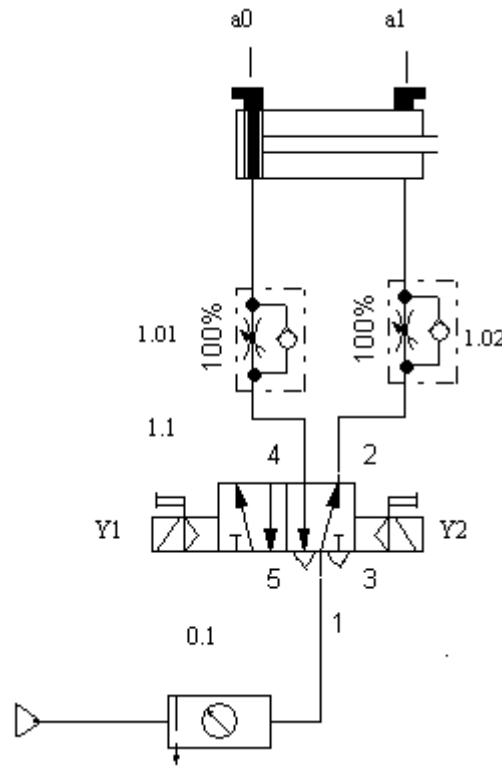
Şekil 3.33



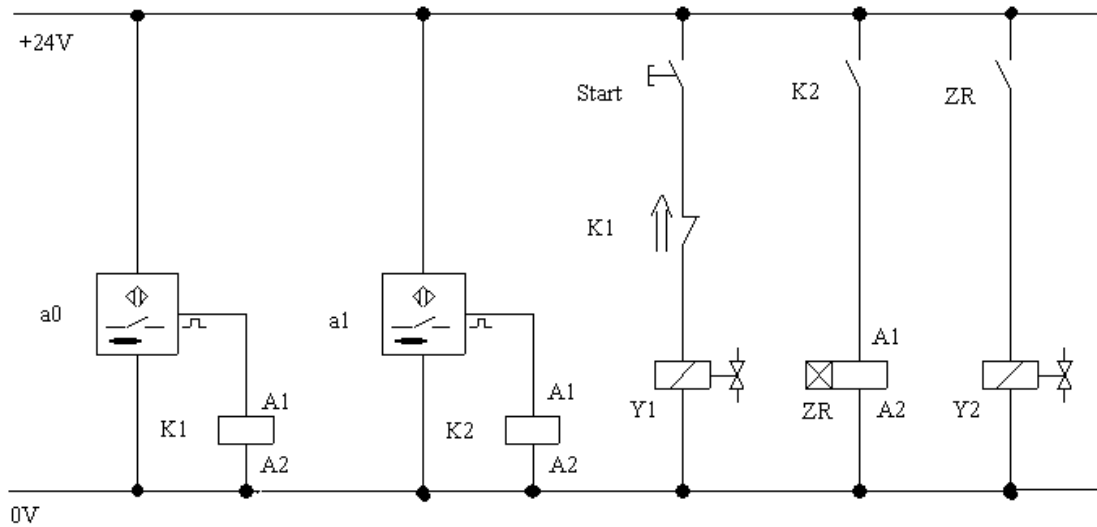
Örnek: Metal bir parça işlenmek istenmektedir. Amaç, silindirin bir uyarı ile hareketi ve metalin sıkıştırılarak işlenmesi ardından ayarlanan süre sonrasında silindirin tekrar geriye gelmelidir.



Şekil 3.34



Şekil 3.35



Şekil 3.36

S1 butonu ve silindirin a0 konumu manyetik algılayıcı tarafından algılandığında iki koşulda tutuyorsa sistem çalışır. Silindir dışarı doğru itilir. Daha sonra silindirin son konumu da manyetik algılayıcı tarafından algılandıktan sonra gecikmeli zamanlayıcı çalışır ve ayarlanan süre kadar sistem aynı konumunu korur. Süre sonunda sistem tekrar çalışır ve silindir eski konumuna geri döner.

3.5. Temassız Algılayıcı Devre Uygulamaları

Sensör; fiziksel büyüklükleri (ısı, kuvvet, basınç vb.) algılayan ve bunları elektriksel işaretlere dönüştüren elemanlardır.

Sensörlerin faydaları;

- Geometrik konumların hasas ve otomatik olarak tespiti
- Nesnelerin ve hareketlerin temas olmaksızın tespiti
- Yüksek anahtarlama hızı ve içyapılarındaki elektronik düzenleme sistemleri sayesinde gerilim tepe değerleri ya da hata impulsları meydana getirmez.
- Elektronik algılayıcılar hareketlilikten dolayı aşınma gibi bir sorunla karşılaşmazlar.

Sensörlerin işletme gerilimleri 24 V' tur. Endüktif, kapasitif ve optik temassız algılayıcılar, genellikle hem doğru akımla hem de 24, 110, 120, 220 V alternatif gerilimlerle çalışırlar.

Otomasyon sistemlerde kullanılan sensörler:

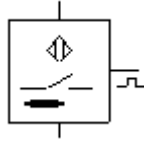
- Endüktif temassız algılayıcılar
- Kapasitif temassız algılayıcılar
- Optik temassız algılayıcılar
- Manyetik temassız algılayıcılar
- Ultrasonik temassız algılayıcılar
- Basınç sensörleri

3.5.1. Endüktif Algılayıcılar

Endüktif algılayıcılar, sanayide çok kullanılır. Endüktif algılayıcılar, sadece metalleri algılayan algılayıcılardır. Algılayıcılar genelde durum göstergesi için bir led gösterge ile donatılmıştır. Bazı durumlarda ek olarak bir ayar vidası konulmuştur. Bununla kontrol alanı ve kontrol aralığı ayarlanır. Algılayıcının ön tarafı bir osilatör sayesinde elektromanyetik alan oluşturur. Eğer metal bir parça bu alana itilirse endüktif algılayıcı içindeki bobinde fuko

akımı oluşur. Bu akım, manyetik alanı değiştirir. Bu da sensör içindeki osilatörün fazla akım çekip gerilim seviyesini düşürmesine neden olur. Algılayıcıdaki darbe üreticisi, bu değişime karşı gösterir ve çıkış işareti üretir.

Not: Pirinç, alüminyum ve bakır çeliğe göre yarım anahtarlama mesafesine ihtiyaç duyar.



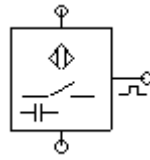
Şekil 3.37



Resim 3.6

3.5.2. Kapasitif Algılayıcılar

Bir kondansatörün kapasitesi metal veya metal olmayan bir cisim ile rahatsız edilir. Kapasite kondansatör plakaları arasındaki malzemeye bağlıdır. Bu kapasitif algılayıcılarda havadır. Elektriksel alana bir cisim girmesiyle kapasite rahatsız edilir ve bir anahtarlama gerçekleştirilir. Kullanım: Bütün malzemeler için kullanılır. Örnek: genelde ağaç, cam, plastik, keramik, su, yağ... vb metal olmayan malzemeler. Tabi metal olmayan malzemelerin anahtarlama kabiliyeti metal malzemelere göre daha kötüdür. Anahtarlama mesafesi: sensör arkasında bulunan ayarlanabilir potansiyometre sayesinde çeşitli malzemeler için ayarlanabilir. 20 mm üstüne çıkılmamalıdır. Kapasitif sensörler herşeye tepki verdikleri için daha yaygın kullanılırlar.



Şekil 3.38

3.5.3. Optik Temassız Algılayıcılar

Bütün her şeyi algılar. Bir gönderici sayesinde alıcıya ışık gönderildiği için ışık bariyerleri bütün malzemeler için kullanılabilir. Göndericiden alıcıya giden ışığın herhangi bir malzeme tarafından kesilmesiyle bir anahtarlama gerçekleşir.

Tek yönlü ışık bariyeri = Alıcı-Verici Tip Optik Temassız Algılayıcı

Gönderici ve alıcı birbirlerinden ayrı olarak düzenlenmiştir. Bir iletken ikisini birleştirir. Bu tür bir ışık bariyerinde gönderici ve alıcı, tam olarak karşı karşıya monte edilir.

Yansımali ışık bariyeri=Reflektörden Yansımali Optik Temassız Algılayıcı

Gönderici ve alıcı aynı gövde içerisine düzenlenmiştir. Işık karşıda bulunan bir ayna ile yansıtılır. Gönderilen ışığın alıcıya ulaşması durumunda bir anahtarlama oluşur. Bu nedenle yansıtma özelliği iyi olan malzemeler için kullanılmaz (örn: piston kolu).

Yansıma ışığı / yansıma ışığı bariyeri=Cisimden Yansımali Optik Temassız Algılayıcı

Gönderici ve alıcı yansımali ışık bariyerinde olduğu gibi bir gövde içerisindedir. Fakat bu tip sensörlerde parça üzerinden geriye yansıyan ışık kullanılmaktadır. Parça ışık doğrudan alıcıya veya dağınık olarak yansıtılabilir. Sensörün lamba veya lamlardan yansıyan ışıkla anahtarlammaması için gönderici yüksek frekanslı ışık gönderir. Alıcı sadece bu frekansta gelen ışığı sorgulamaktadır.



Resim 3.7



Resim 3.8

Fiber Optik Kablolü Temassız Algılayıcılar

Işığın içinde doğrusal ve eğrisel olarak mümkün olan en küçük kayıpla iletildiği bir malzemedir. Fiber optik kablo ile küçük nesnelere yerleri hassa ve doğru bir şekilde tespit edilebilir.



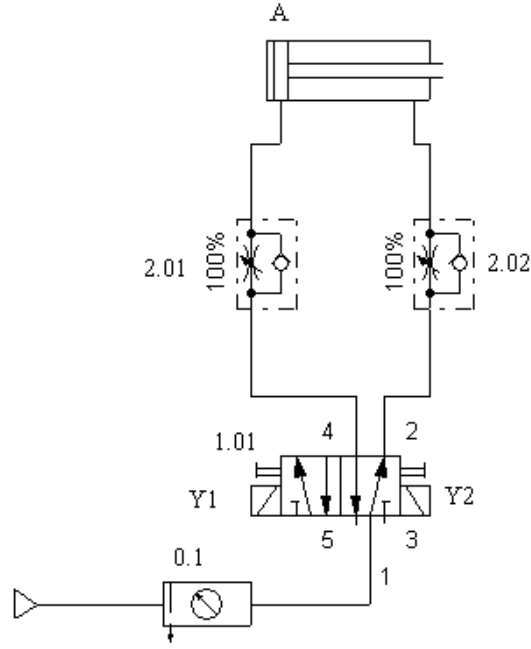
Resim 3.9



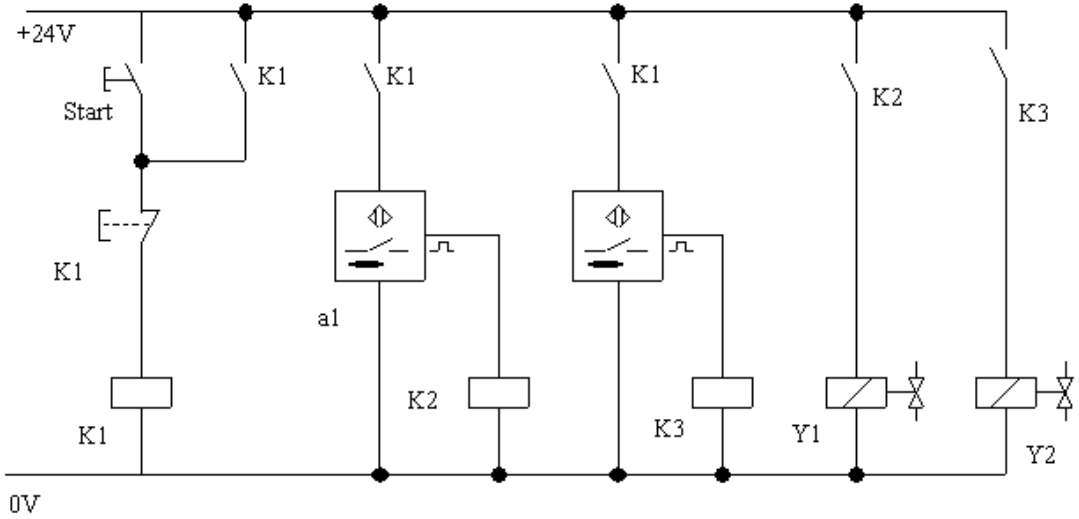
Resim 3.10

Örnek

Bir potadan eriyik metal alınıp bir bant üzerinden gelen kalıplara dökülecektir. Döküm işinde kullanılan kepçenin metali alma ve dökme işlemleri iki farklı hızda olsun isteniyor. Operatör sistemi çalıştırdıktan sonra sistem stoplandığında duracaktır. Sistem algılaması sensörler aracılığıyla yapılsın.



Şekil 3.39



Şekil 3.40

3.6. Birden Fazla Silindirin Kontrolü

İçinde birden fazla silindir bulunduran otomasyon sistemlerinin denetlenesinde sistematik yöntemlere başvurulur. Çünkü bu sistemler, genelde çok karmaşık olabilirler. Birden fazla silindirin kontrolünde şu aşamalar gerçekleştirilir:

- İlk planda kumanda organlarının işlem sırası, yol adım planlarıyla belirlenmeli ayrıca varsa sistemdeki özel şartlar da tanımlanmalıdır.
- Hangi tip silindirin, yönlendirme valfinin veya sınır anahtarlarının kullanılacağı sistemin çalışma şartlarına göre belirlenmelidir.

3.6.1. Sinyal Çakışmalarının Tespiti

Aynı anda bir elektrik motorunun hem ileri hem de geri dönmesi mümkün değildir. Buna benzer şekilde bir basınçlı hava silindirinin her iki girişine de aynı zamanlarda basınçlı hava uygulanması, silindirin hangi yöne doğru çalışacağı noktasında kararsız bir durum oluşturur. Birden fazla silindirle çalışıldığında bu durumların tespit edilip gerekli kilitlemelerle bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması gerekir.

Not: Bir devrede sinyal çakışmasının olup olmadığı çok kolayca anlaşılabilir. Sinyal çakışması olmaması için silindirler, mutlaka çıktıkları sırayla içeri girmelidirler. Bunun dışındaki çevrimlerde sinyal çakışması vardır.

A ve B çift etkili silindirler olmak üzere

- A+: A silindirinin ileri hareketi
- A- : A silindirinin geri hareketi
- B+ : B silindirinin ileri hareketi
- B- :B silindirinin geri hareketi

Örnek: (A+B+B-A-) şeklindeki bir sıralı çalışmada sinyal çakışması olup olmadığını araştırınız.

Silindirlerin çıktuları sıra ile içeriye girmeleri gerektiği kuralını hatırlarsak eğer şekle göre ilk A silindiri dışarı çıkmış daha sonra ise B silindiri dışarı çıkmış fakat geri dönüşte ise önce B silindiri geri geldiği için bu devrede sinyal çakışması vardır diyebiliriz.

3.6.2. Sıralayıcı Kullanılarak Oluşturulan Devre Uygulamaları

Elektropnomatikte devre çözümlerinde sinyal çakışma problemi aşağıdaki yöntemlerle çözülür:

- Sıralayıcı yöntemi
- Gruplara ayırma(kaskad) yöntemi
- Hafızalı sıralayıcı yöntemi

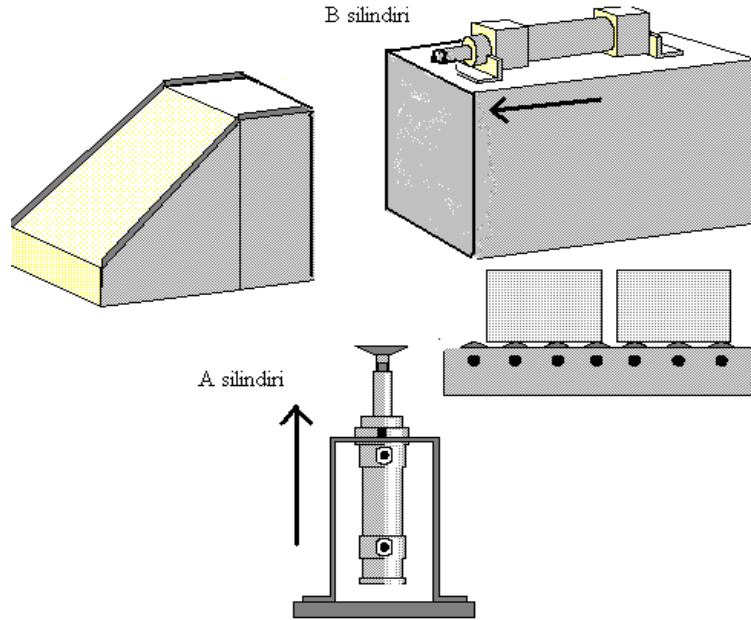
3.6.2.1. Sıralayıcı (Set-Reset) Yöntemi

Çift taraflı selenoid uyarılı impuls valflerin tercih edilmesi durumunda adımlayıcı yöntemi elektropnomatik kumanda tekniğinde iyi ve güvenilir bir çözüm yöntemi sunar.

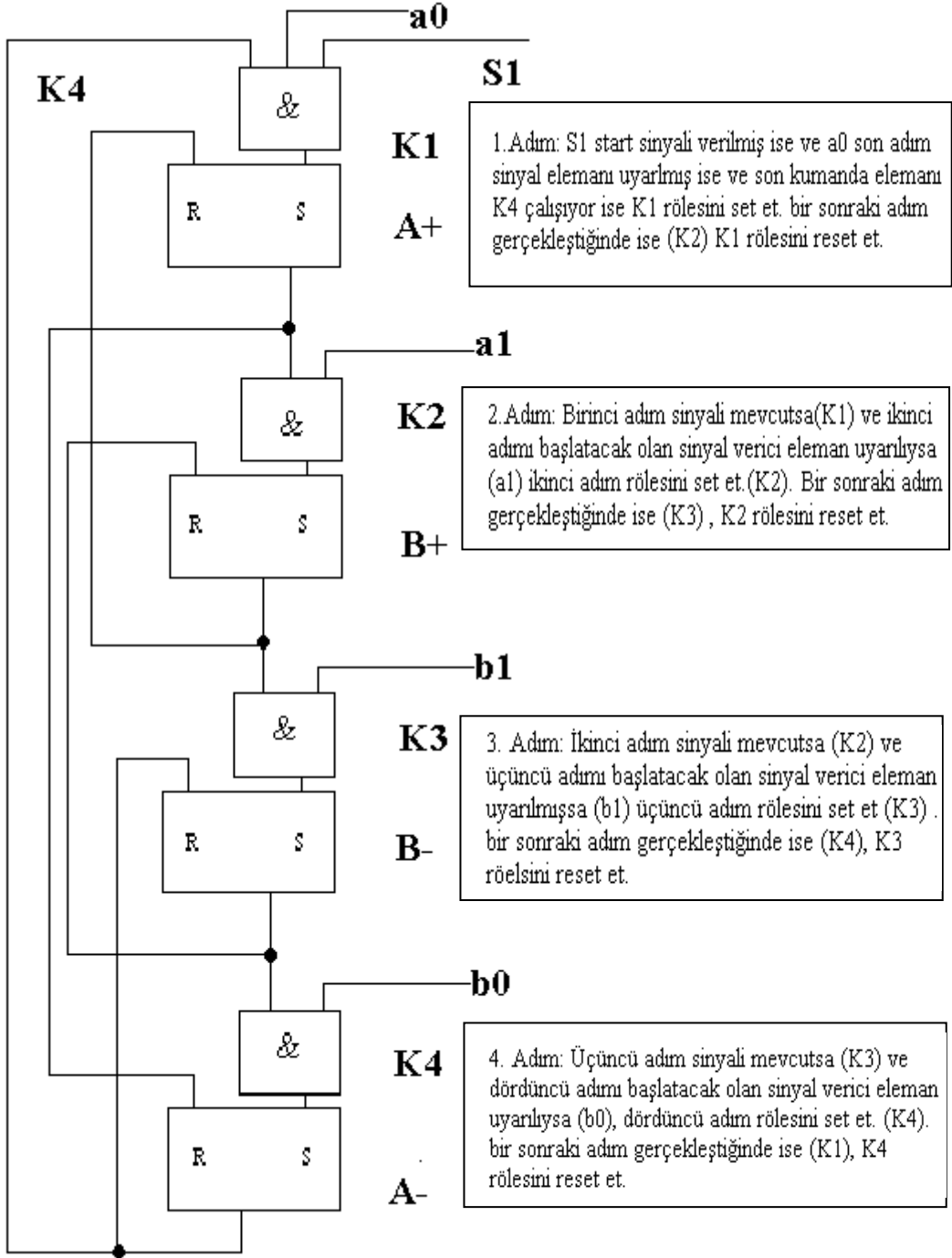
Bu tekniğin prensipleri;

- Sıralayıcı kumanda tekniğinde bir kumanda zinciri oluturulur. Kumanda zinciri kısa ifade şekline dönüştürülür ($A+B+A-B-$).
- Sistemin yol adım diyagramı çizilerek bir adımdan bdiğer bir adıma geçmeyi sağlayan şartlar belirlenir.
- Her adım için bir röle tayin edilir.
- Bir çalışma adımı set edilirken ondan bir önceki adım reset edilir.
- Sistemin başlangıç şartı oluşturulur. Bunun için start verici elemanın aktif olması ve en son adımın tamanlanarak ilgili sinyal verici elemanın olma şartı aranır.
- Bundan sonra ise sistematik olarak adımların hangi şartlarda “set” ve hangi şartlarda”reset” olacağını belirlenmesi gerekir.

Örnek: Şekil 3.41’de paketler bir bant üzerinden gelmektedir. Bu paketler, A silindiri ile yukarı kaldırılmakta ve ikinci bir bant sistemine B silindiri ile itilmektedir ($A+B+$). A silindiri, ancak B silindiri geri son konumuna ulaşınca geri hareket edebilir($B-A-$). İlk hareket, bir başlatma butonu (S1) ile sağlanacaktır. Her iki silindir de çift etkili olup çift bobin uyarılı hafızalı impuls yönlendirme valfi ile kontrol edilmektedir. Silindirlerin ileri ve geri son konum algılamaları endüktif sensörler ile sağlanacaktır.

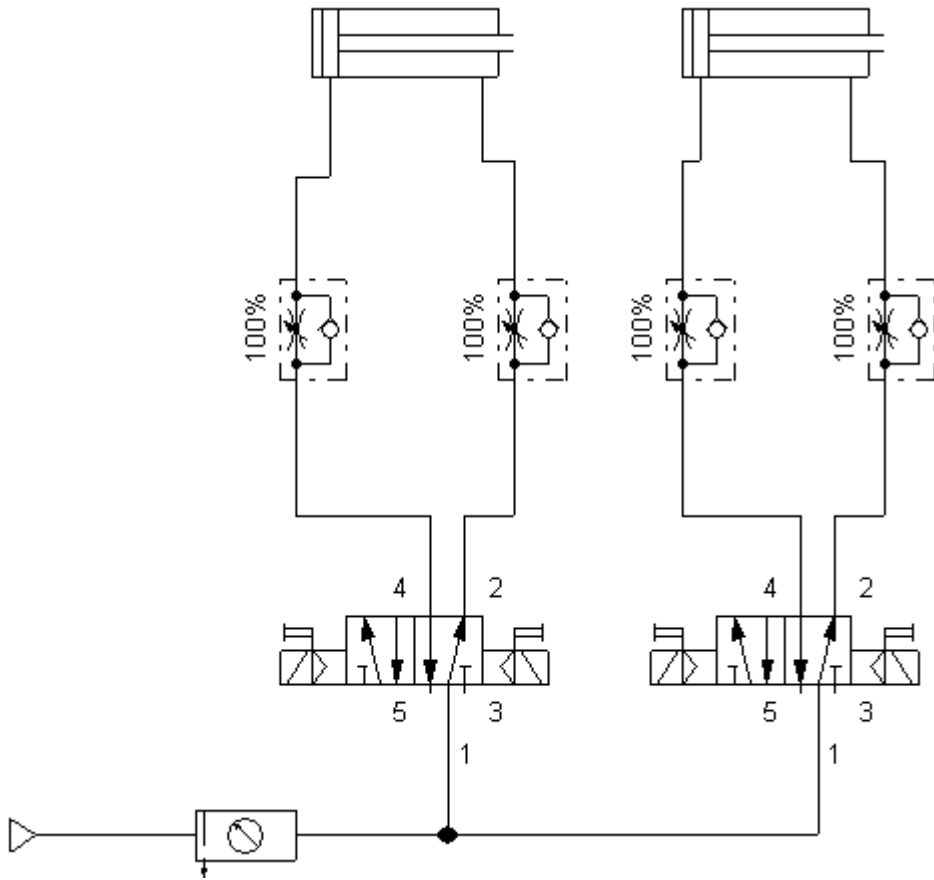


Şekil 3.41

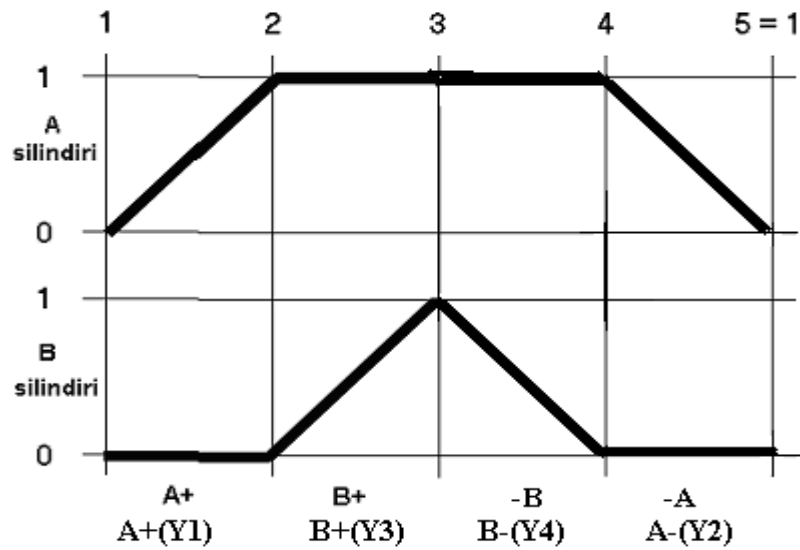


Şekil 3.42

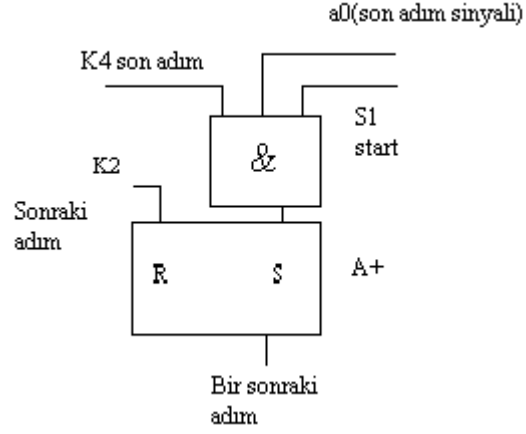
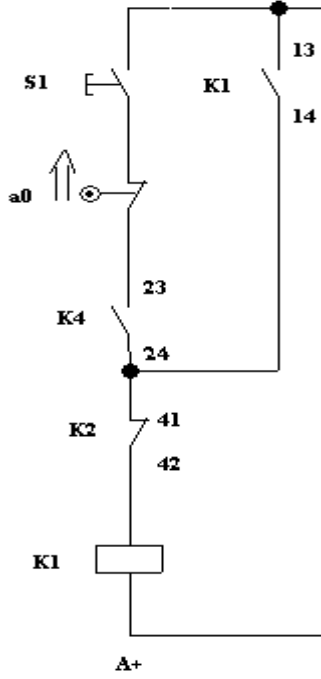
Yukarıda Set Reset sisteminin adımları ve şekli verilmiştir.



Şekil 3.43

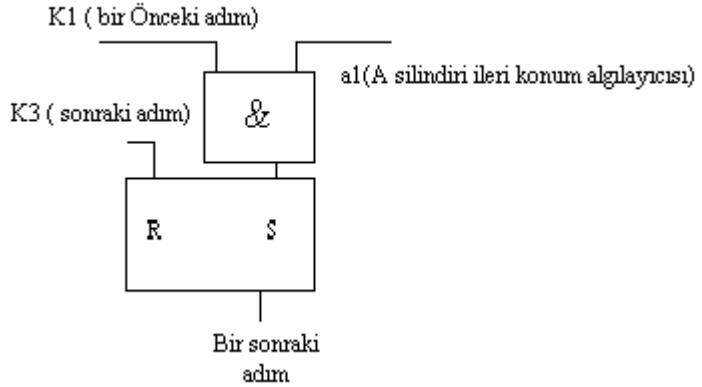
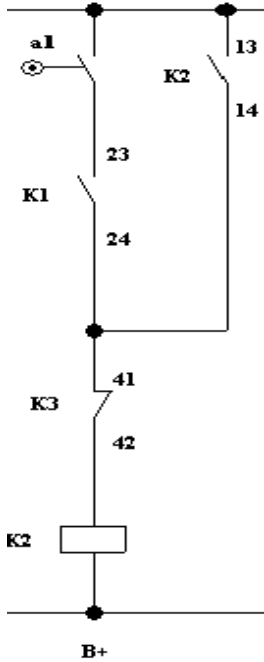


1.Adım:



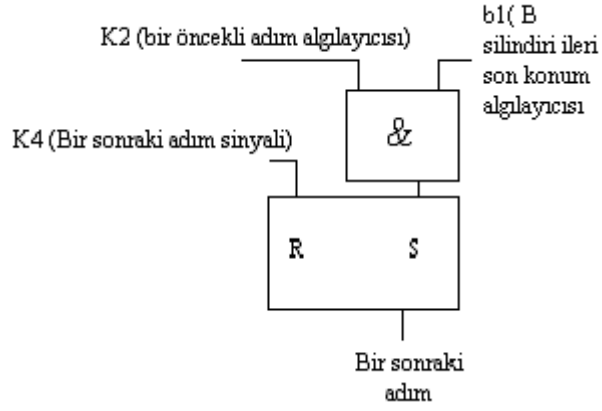
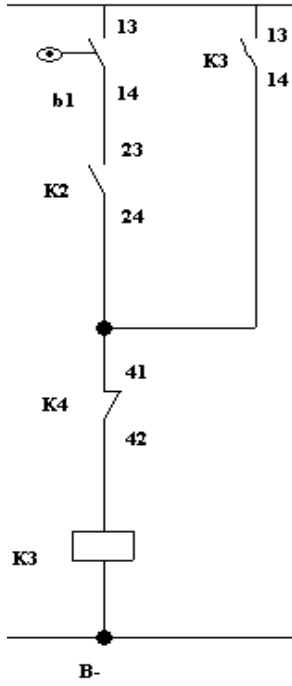
Bu adımda ilk çalışmayı başlatma için gerekli şartların sorgulaması yapılır. Bu şartlar S1 anahtarı uyarılı ise ve A silindiri geri son konumunda ise (a0 uyarılı ise) son adım sinyali etkin ise (K4) bu durumda A silindiri ileri çıksın.

2.Adım:



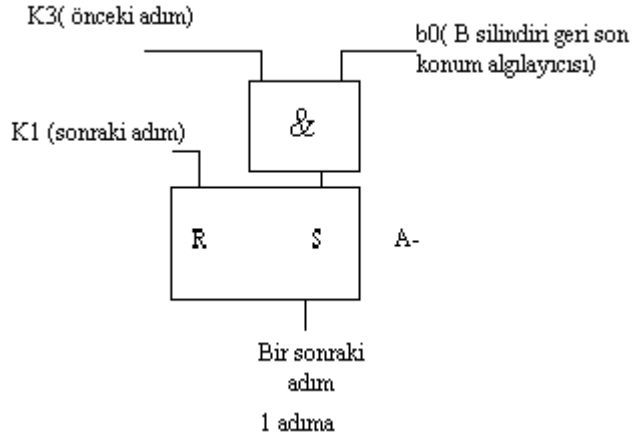
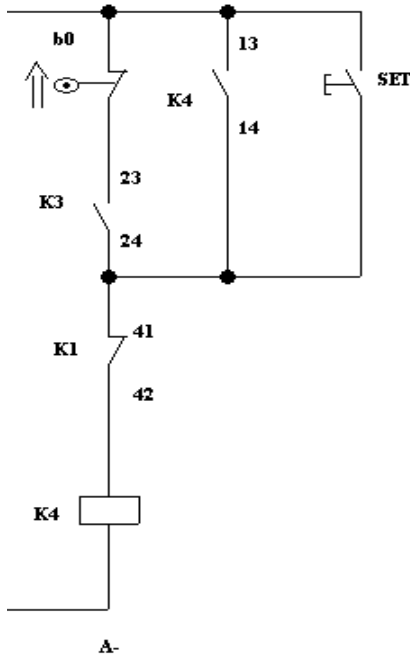
İkinci adımda A silindiri ileri son konumuna ulaşmışsa (a1 uyarılmışsa) ve bir önceki adım aktif ise (K1), K2 rölesi kendini mühürlesin. Bir sonraki adım sinyali aktif olduğunda ise(K3) mühürlemeyi çözsün (reset).

3.Adım



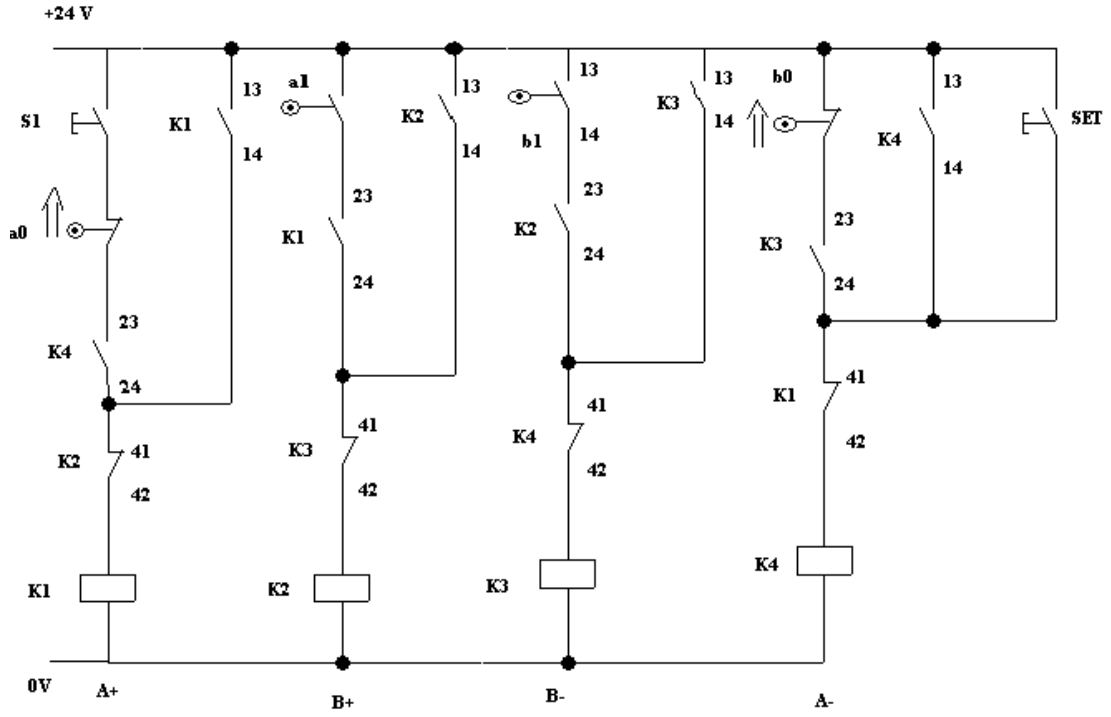
Üçüncü adımda B silindiri ileri son konumuna ulaşmışsa (b1 uyarılmışsa) ve bir önceki adım aktif ise (K2), K3 rölesi kendini mühürlesin. Bir sonraki sinyal aktif olduğunda ise (K4) mühürlemeyi çözsün (reset).

4.Adım



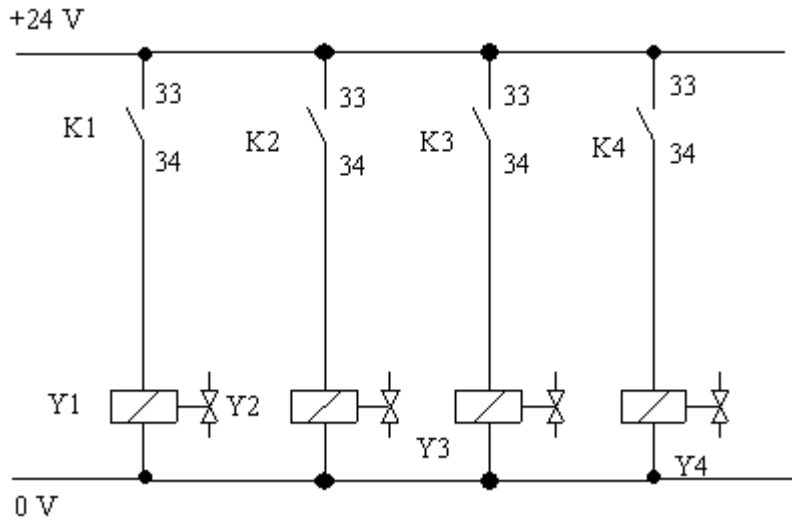
Dördüncü adımda B silindiri geri son konumuna ulaşmışsa (b0 uyarılmışsa) ve bir önceki adım aktif ise (K3), K4 rölesi kendini mühürlesin. Bir sonraki sinyal aktif olduğunda ise (K1) mühürlemeyi çözsün.

Set anahtarının görevi ise sistemde elektrik kesintisi olduğunda sistemi başlangıç konumuna alır.



Şekil 3.44

Çıkış Birimi



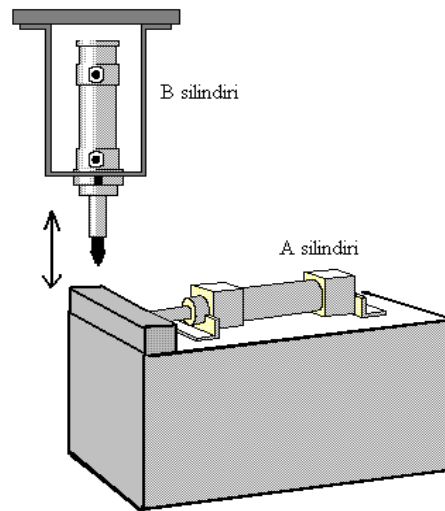
Şekil 3.45

3.6.2.2. Hafızada Tutan Sıralayıcılarla Oluşturulan Devre Uygulamaları

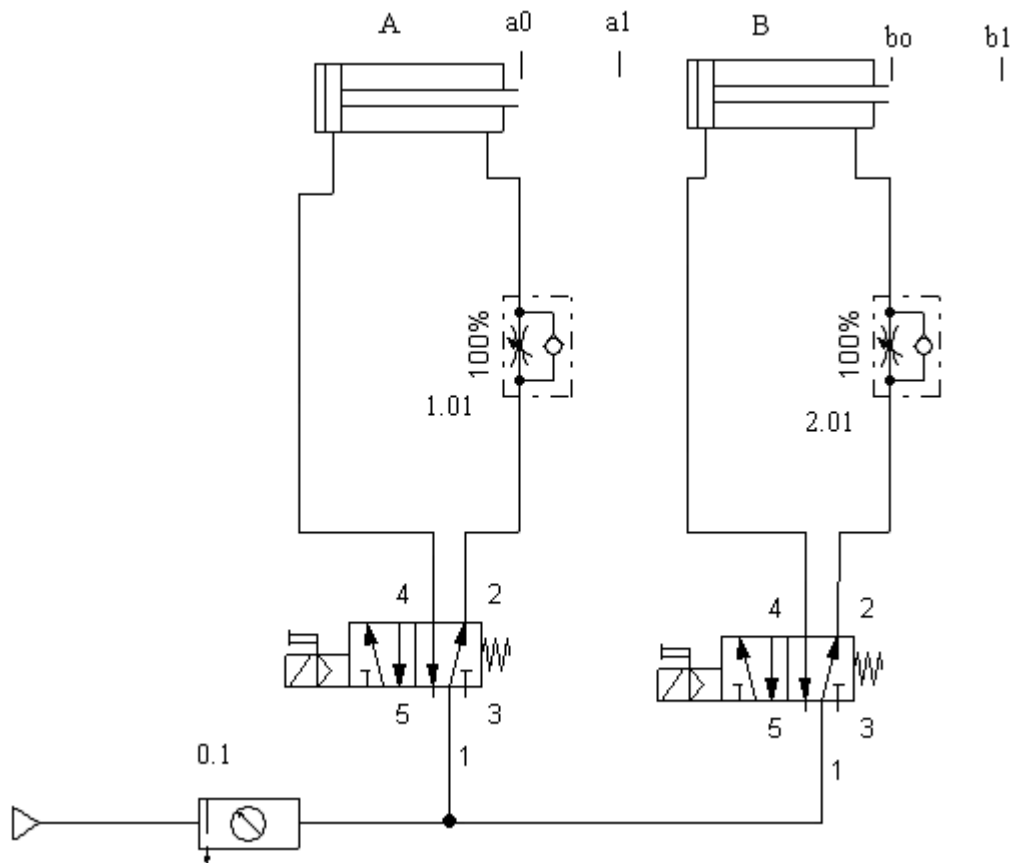
Tek taraflı selenoid uyarımlı son kumanda elemanlarının kullanılması durumunda, temel prensip aynı olmakla beraber bazı özelliklerin dikkate alınması gereklidir. Bundan önceki çözümlerde sadece tek bir adım aktif idi. Gerekli hafıza fonksiyonlarını çift taraflı selenoid valfler üstleniyordu. Fakat bu defa son kumanda elemanları yayı geri dönüşlü olduğu için Reset yapılması sakıncalıdır. Örneğin; ilk çıkan silindir en son geri gelecekte son adıma kadar ilgili valf bobinin aktif kalması gereklidir. Bu çözüm yönteminde adımlar genel olarak reset edilmez. Son adım da tamamladıktan sonra bütün adımlar hep beraber reset edilir.

- Hafızada tutan sıralayıcı yönteminde her bir silindir hareketine karşılık bir röle kullanılmasıdır. Örneğin; (A+B+B-A-) şeklindeki ardışık kumanda zincirine 4 adım söz konusu olduğundan kumanda devresinde 4 adet röle kullanılır.
- Start şartı: Başlama elemanının kumanda edilmesiyle program akışı başlatılır.
 - Tek çevrim: Başlatma sinyali ile beraber kontrol programı bir kez çalıştırılır ve başlangıç koşullarında durur. Örnek: A+B+B-A- şeklindeki bir çalışma ancak bir kez gerçekleşir. Bunun için start elemanı yay getirmeli ve ani temaslı (buton) seçilmesi gerekir.
 - Sürekli çevrim: Başlatma sinyalinden sonra kontrol programı, stop uyarı sinyali ile kesilinceye kadar tekrar edilir. Bunun için start elemanının kalıcı tip anahtar seçilmesi gerekir.
 - Stop: Bu eleman, normalde kapalı kontak düzeninde olup uyarıldığında açılmalıdır.
- Bir adımdan diğer bir adıma geçişte bir önceki adımın gerçekleştirilip gerçekleştirilmediği sorgulanmalıdır.
- Hareket akışı, röleleri açan ve kapayan kontakları ile bobinlere giden akım yolları üzerinden gerçekleştirilecektir.
- Tüm röleler, en son adımla birlikte reset edilecektir.

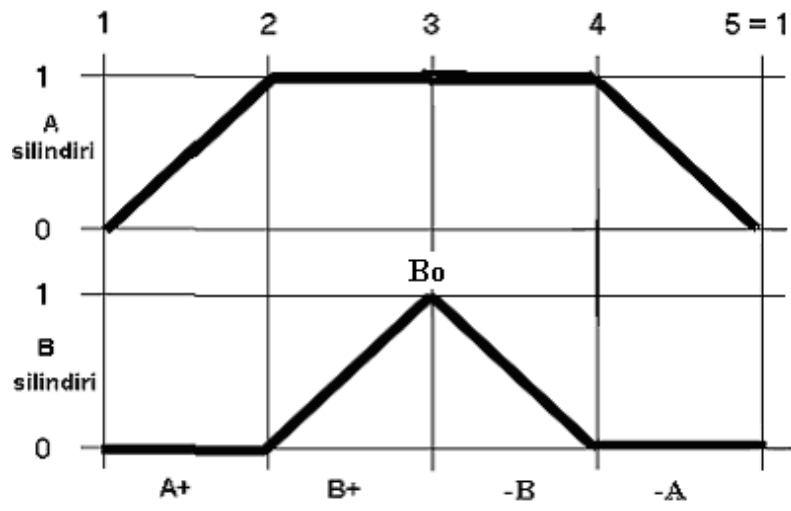
Örnek: Bir delme yüzeyine elle parçalar yerleştirilir. Başlatma butonunun uyarılması el (S1) A silindiri iş parçasını B delme silindirinin altına iter. A silindiri ileri son konumuna ulaştığında B delme silindiri ileri çıkarak parçayı deler ve hemen geri döner. B silindiri, geri son konumunu aldığı anda A silindir geri gelir. Her iki silindir de çift etkili olup 5/2 tek bobin uyarılı ve yay geri getirmeli yönlendirme valfi ile kumanda edilecektir.



Şekil 3.46

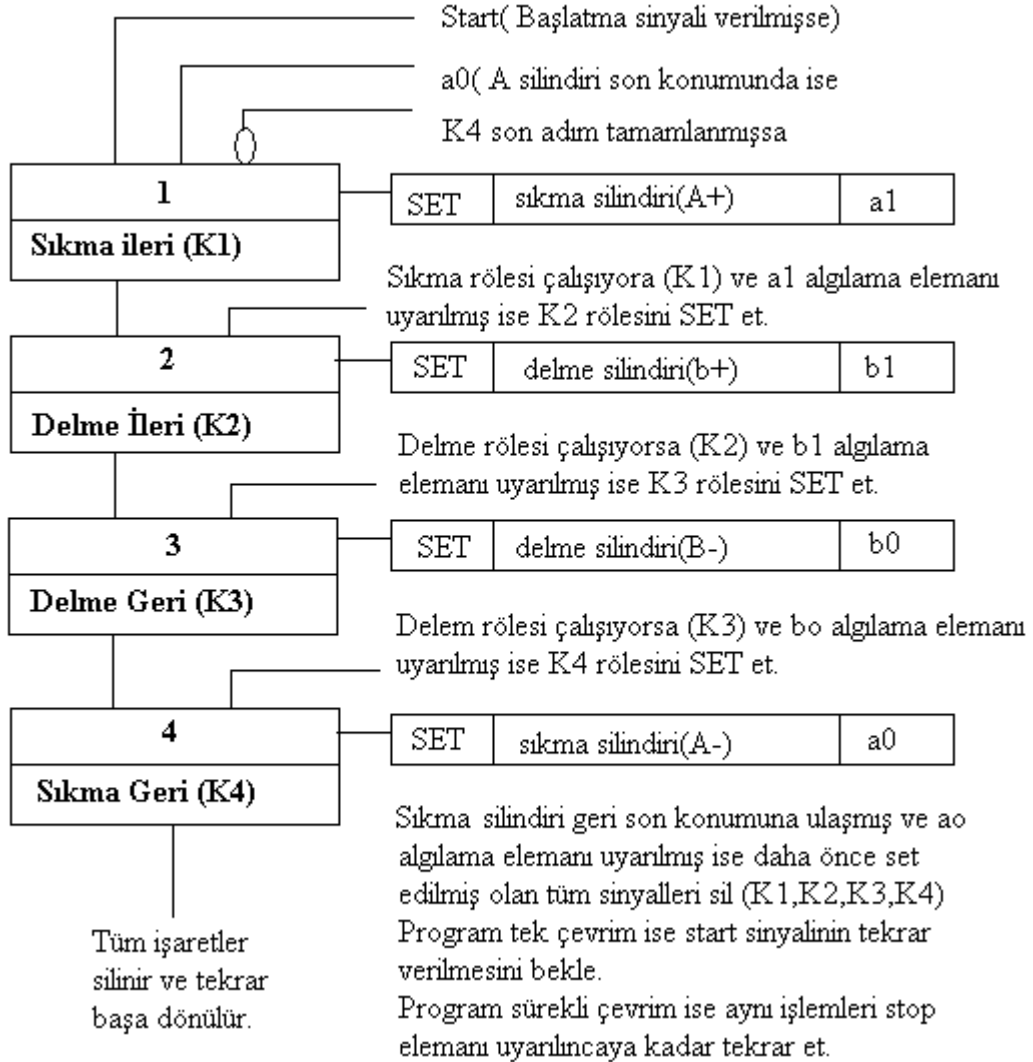


Şekil 3.47

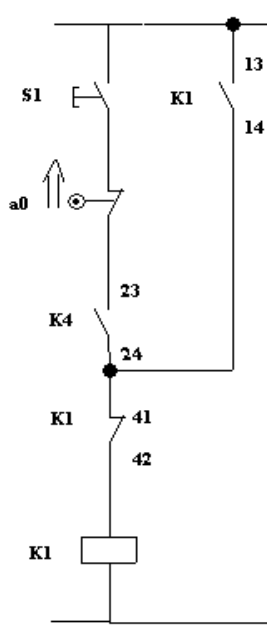


Şekil 3.48

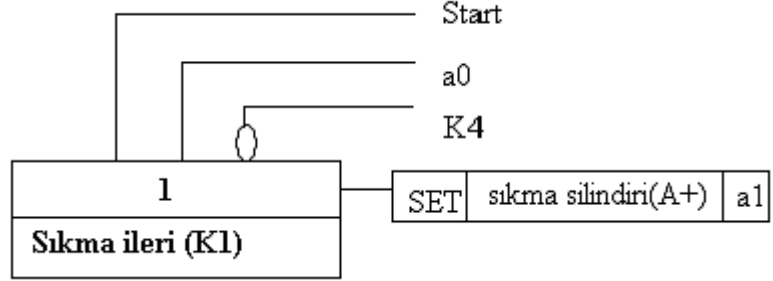
➤ **Elektrik Kumanda Devre Şemasının Oluşturulması**



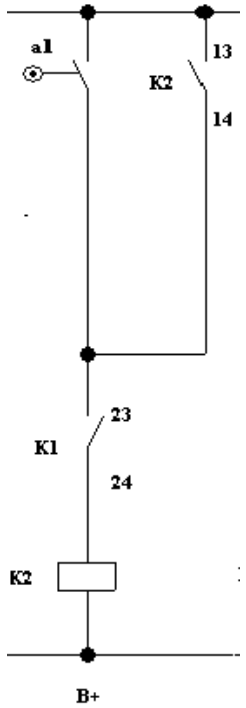
Bu tür soruları çözerken yukarıdaki durum grafiğini kullanacağız.



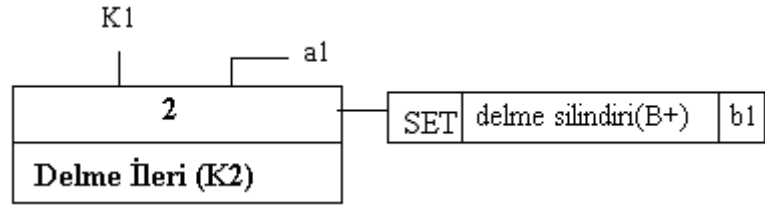
1.Adım



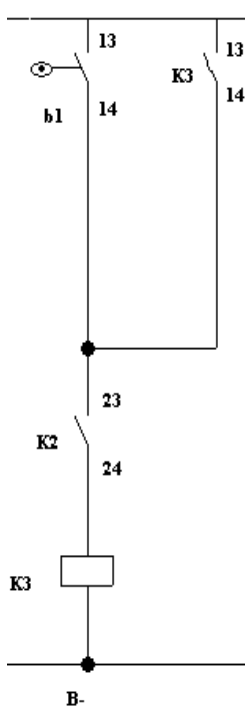
Durum grafiğinde 1 numaralı kutu, çalışma sisteminin başlangıç şartlarını belirler. Kontrol sisteminin başlangıç şartları; S1 başlatma sinyali verilmişse ve a silindiri geri son konumunda ise ve kontrol çevrimi en son adımı tamamlamışsa (K4) start sinyali etkili olsun.



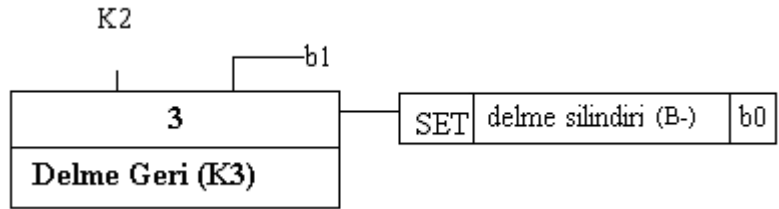
2.Adım



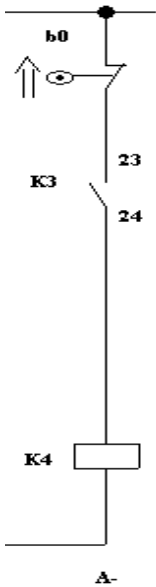
Durum grafiğinde 2 numaralı kutu, delme işlemi için B silindirini ileri çıkartır(B+). Bir önceki adım gerçekleşmişse (A+) ve sonraki adıma geçmeyi sağlayan sinyal verici uyarılmışsa (a1) K2 rölesi enerjilenerek kendini mühürlesin (tutma kontrolü).



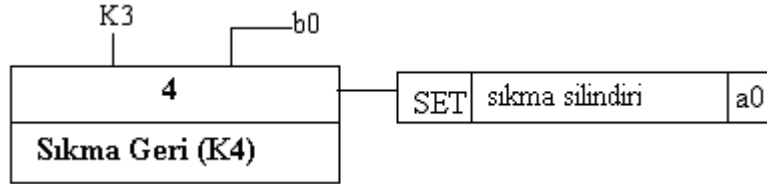
3.Adım:



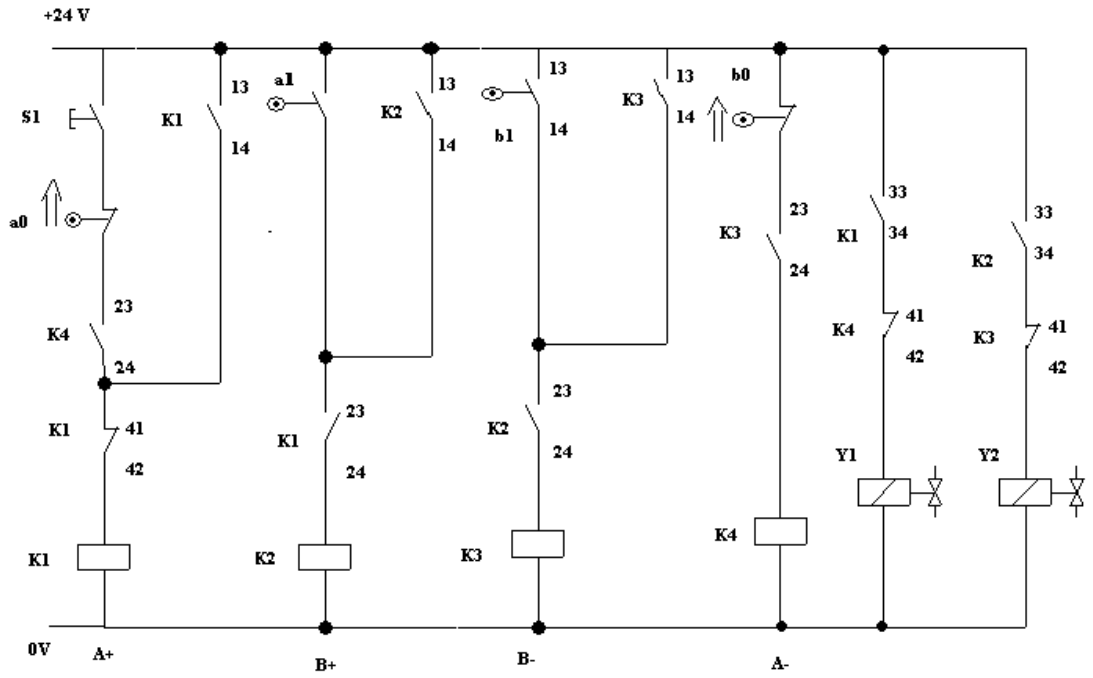
Durum grafiğinde 3 numaralı kutu, delme işleminin sonu için B silindirini geri getirir (B-). Bir önceki adım gerçekleşmişse (B+) ve bir sonraki adıma geçmeyi sağlayan sinyal verici uyarılmışsa (b1) K3 rölesi enerjilenerek kendini mühürlesin (tutma kontrolü).



4.Adım:



Durum grafiğinde 4 numaralı kutu, sıkma işleminin sonu için A silindirini geri getirir (A-). Bir önceki adım gerçekleşmişse (B-) ve bir sonraki adıma geçmeyi sağlayan sinyal verici uyarılmışsa (bo) K4 rölesi enerjilenerek kendini mühürlesin (tutma kontrolü)



Şekil 3.49

UYGULAMA FAALİYETİ

1-)Bir yapıştırma makinesinde plastik iş parçaları birbirlerine dik olarak yapıştırılacaktır. Pistonun ileri gitme işareti bir kumanda ile verilmektedir. Başlangıçta piston geri son konumunda bulunmaktadır.

Koşullar:

- a- Piston ileri son konumuna vardktan sonra iş parçasının 20 sn süre ile yapıştırılması için birbirine bastırılması gerekiyor. Bu sürenin solmasından sonra piston geri dönsün isteniyor.
- b- Süre dolduktan sonra pistonun geri dönüş hareketi ileri hareket ettirme düğmesi kumandanın unutulsa bile gerçekleşsin isteniyor.
- c- Sürekli çevrimden kaçınmak için yeni bir başlatma işareti ancak pistonu ileri götürme kumandası kalktıktan ve piston geri son konumuna ulaştıktan sonra geçerli olsun isteniyor.

Buna göre aşağıdaki işlem basamaklarını dikkate alarak uygulamayı gerçekleştiriniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Devrenin malzeme listesini oluşturunuz. ➤ Devrenin yol adım diyagramını çıkarınız. ➤ Devrenin pnomatik bağlantı şeklini çiziniz. ➤ Devrenin pnomatik şemasından elektriksel bağlantı şeklini oluşturunuz ➤ Devrenin malzemelerini plaka üzerine yerleştiriniz. ➤ Devrenin malzemelerinin elektriksel ve pnomatik bağlantılarını çizdiğiniz pnomatik ve elektriksel şekle göre yapılandırınız. ➤ Sisteme enerji vermeden önce bağlantılarını kontrol ediniz. ➤ Sistemin hava bağlantılarını kontrol ediniz. ➤ Sisteme öğretmen gözetiminde enerji veriniz. ➤ Sistemin hava hattının açılışını şartlandırıcıdan yapınız. ➤ 11-) Sistemin öğretmeniniz tarafından doğru çalışıp çalışmadığını kontrol ettiriniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Güç kaynağı sistemin ihtiyacını karşılayacak kapasitede olmalıdır. ➤ Tasarım ve bakım çalışmalarının kolaylaşması bakımından renkli kablolar kullanınız. ➤ Makine ve sistem durumu için gösterge tabloları hazırlayınız ➤ Mümkün olduğunca hortumları kısa tutunuz. Küçük boyutlandırılan valfler ve bağlantı elemanları ile gereksiz kısma noktalarından kaçınınız. ➤ Tamir ve bakım işleri için tüm yapı elemanlarına kolay ulaşma imkânı sağlayınız. ➤ Sisteme enerji verirken basınçlı havanın beslemesinin kapalı olmasına dikkat ediniz. ➤ Tüm kumanda elemanlarının başlangıç konumunda olmasına dikkat ediniz. ➤ İki konumlu valfler istenilen başlangıç konumunda olmalıdırlar; yoksa elle başlangıç konumlarına getirin. ➤ Silindir ve valflerin basınçlı hava beslemesini yavaş yavaş yükseltiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru veya yanlış (D/Y) olarak değerlendiriniz.

- (....)1. Tek etkili silindirler, sadece bir yönde iş yapabilirler.
- (....)2. Silindirlerin dolaylı kumandası sistemin uzaktan kumanda edilmesi gerekmeyeceği zamanlarda kullanılır.
- (....)3. Veya valfi, işçinin iki elinin korunması gereken yerlerde kullanılır.
- (....)4. Ve valfi, iki ayrı girişinden hava gelmesiyle çalışan valftir.
- (....)5. Elektropnomatikte normalde kapalı buton ile değil işlemi gerçekleştirilemez.
- (....)6. Sınır anahtarları, belirli bir silindir strokundan sonra sinyal vermeye başlayan elemanlardır.
- (....)7. Temassız sınır anahtarlarında tetikleme kuvvetine ihtiyaç vardır.
- (....)8. Ayarlanan süre sonunda normalde açık olan kontağını kapatan elemanlara açmada gecikmeli zamanlayıcı denir.
- (....)9. Endüktif algılayıcı her şeyden etkilenen algılayıcıdır.
- (....)10. Sıralı kontrolde kural, silindirlerin çıktıkları sıra ile girmeleridir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları, faaliyete dönerek tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer faaliyete geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

A+,B+,B-,A- silindir işlemini sıralı kontrol yöntemi ile aşağıdaki sıra ile gerçekleştiriniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Devrenin malzeme listesini oluşturunuz.➤ Devrenin yol adım diyagramını çıkarınız.➤ Devrenin pnomatik bağlantı şeklini çiziniz.➤ Devrenin pnomatik şemasından elektriksel bağlantı şeklini oluşturunuz➤ Devrenin malzemelerini plaka üzerine yerleştiriniz.➤ Devrenin malzemelerinin elektriksel ve pnomatik bağlantılarını çizdiğiniz pnomatik ve elektriksel şekle göre yapılandırınız.➤ Sisteme enerji vermeden önce bağlantıları kontrol ediniz.➤ Sistemin hava bağlantılarını kontrol ediniz.➤ Sisteme öğretmen gözetiminde enerji veriniz.➤ Sistemin hava hattının açılışını şartlandırıcıdan yapınız.➤ Sistemin öğretmeniniz tarafından doğru çalışıp çalışmadığını kontrol ettiriniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Güç kaynağı, sistemin ihtiyacını karşılayacak kapasitede olmalıdır.➤ Tasarım ve bakım çalışmalarının kolaylaşması bakımından renkli kablolar kullanınız.➤ Makine ve sistem durumu için gösterge tabloları hazırlayınız.➤ Mümkün olduğunca hortumları kısa tutunuz. Küçük boyutlandırılan valfler ve bağlantı elemanları ile gereksiz kısma noktalarından kaçınınız.➤ Tamir ve bakım işleri için tüm yapı elemanlarına kolay ulaşma imkanı sağlayınız.➤ Sisteme enerji verirken basınçlı havanın beslemesinin kapalı olmasına dikkat ediniz.➤ Tüm kumanda elemanlarının başlangıç konumunda olmasına dikkat ediniz.➤ İki konumlu valfler, istenilen başlangıç konumunda olmalıdırlar; yoksa elle başlangıç konumlarına getiriniz.➤ Silindir ve valflerin basınçlı hava beslemesini yavaş yavaş yükseltiniz.

MODÜL PERFRMANS DEĞERLENDİRME

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		Evet	Hayır
1	Elektropnomatik elemanları kullanmak Malzemeleri verilen örneğe göre doğru seçim yaptınız mı?		
2	Yol adım diagramını çizmek Sıralı yöntemle göre yol adım diagramını doğru çizdiniz mi?		
3	Pnomatik bağlantı Pnomatik bağlantı şemasını doğru çizdiniz mi?		
4	Elektriksel bağlantı Elektriksel bağlantı şeklini doğru çizdiniz mi?		
5	Malzeme yerleşimi Malzemelerin yerleştirilmesini doğru yaptınız mı?		
6	Elektriksel bağlantı Elektriksel bağlantıları, iş güvenliği kurallarına göre yaptınız mı?		
7	Pnomatik bağlantı Pnomatik bağlantıları doğru yaptınız mı?		
8	İş güvenliği kuralları İş güvenliği kurallarına bu işlemleri yaparken uydunuz mu?		
9	Sisteme enerji vermek Sisteme öğretmen nezaretinde enerji veriniz. Sistemin doğru çalışıp çalışmadığını kontrol ediniz.		
10	Sistemi durdurmak Sistemi iş güvenliği kuralları altında durdurdunuz mu?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonucunda eksikleriniz varsa öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

Modülü tamamladınız, tebrik ederiz. Öğretmeniniz size çeşitli ölçme araçları uygulayacaktır. Öğretmeninizle iletişime geçiniz.

Cevaplarınızı cevap anahtarları ile karşılaştırarak kendinizi değerlendiriniz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1 CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	Y
3	D
4	Y
5	D
6	D
7	D
8	Y
9	Y

ÖĞRENME FAALİYETİ-2 CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	Y
3	D
4	Y
5	D
6	Y
7	Y
8	D

ÖĞRENME FAALİYETİ-3 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	Y
4	D
5	Y
6	D
7	Y
8	Y
9	Y
10	D

UYGULAMA FAALİYETİ-1 CEVAP ANAHTARI

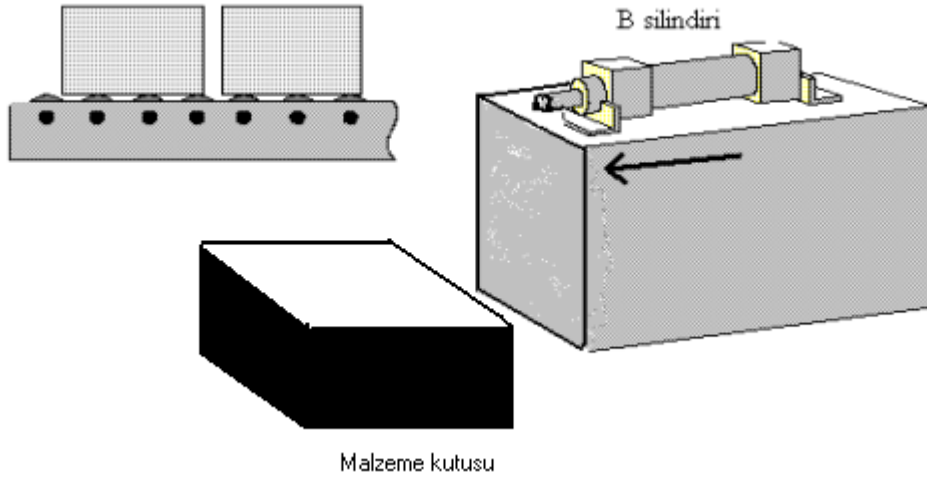
1-) Malzeme listesi aşağıdaki gibi olmalıdır.

- a-) Bir adet 3/2 normalde kapalı valf
- b-) Bir adet tek etkili silindir
- c-) Bir adet start butonu

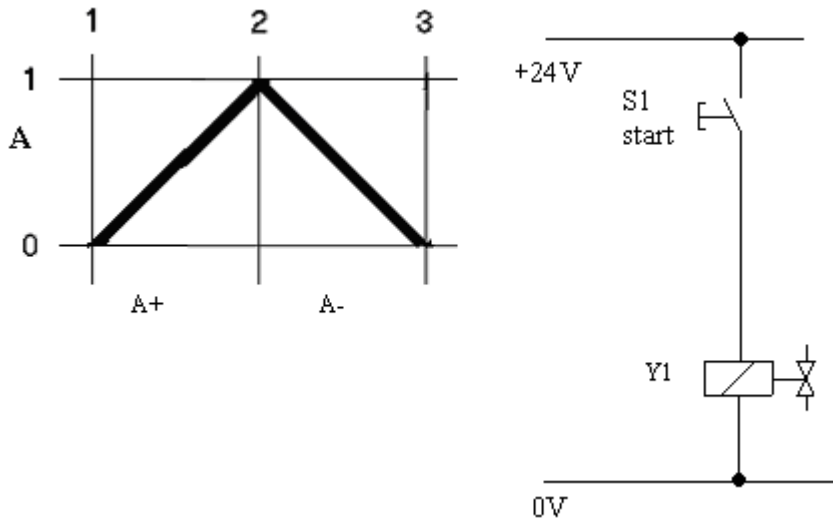
2-) Normalde açık 3/2 valf kullanılmaz. Çünkü ilk anda valf kendiliğinden hareket edecektir.

UYGULAMA FAALİYETİ-2 CEVAP ANAHTARI

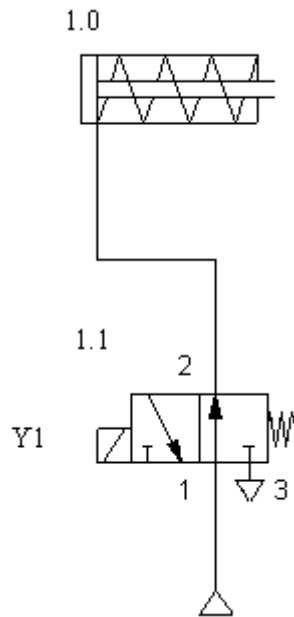
1-) Teknolojik şema



2-) Yol adım diagramı ve elektriksel bağlantı şeması

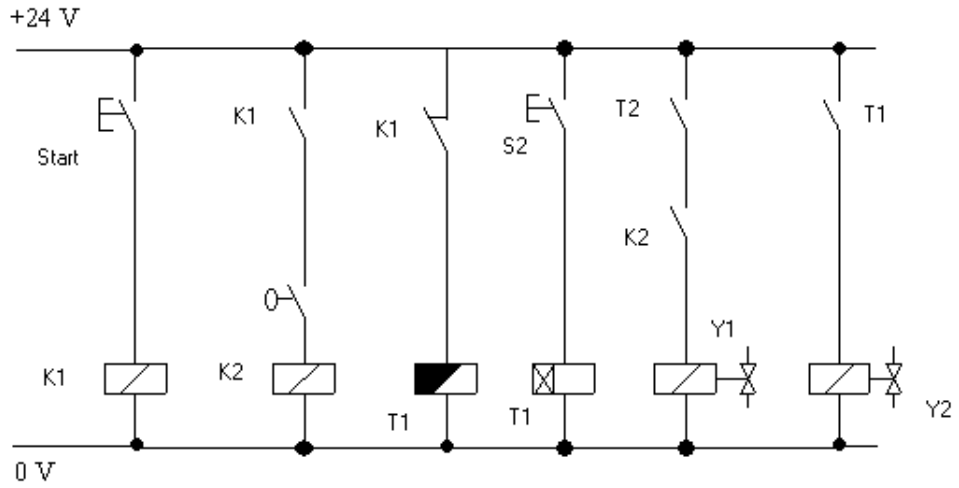
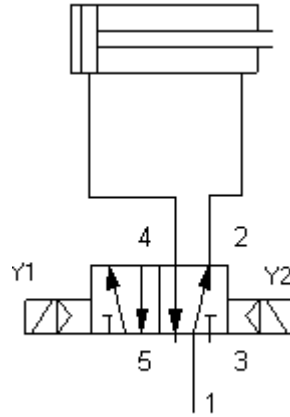


3-) Pnomatik şema



UYGULAMA FAALİYETİ-3 CEVAP ANAHTARI

- 1-) Malzeme listesi
 - a- 1 adet çift etkili silindir
 - b- 1 adet 5/2 çift selenoidli valf
 - c- 1 adet start butonu
 - d- 1 adet makaralı valf veya sınır anahtarı
 - e- 1 adet ters zaman rölesi
- 2-) Pnömatik şema



Elektrik bağlantı şeması

ÖNERİLEN KAYNAKLAR

- Elektropnomatik Malzeme Katalogları.
- İnternette Elektropnomatik Malzeme Satışı ve Tanıtımı Yapan Firmaların Siteleri.

KAYNAKÇA

- ÜSTÜN Behçet, **İleri Kumanda Teknikleri–2**, BURSA, 2001.
- ÜSTÜN Behçet, **Elektroponematik Sistemler ve PLC Kumandası** BURSA, 2001.
- FESTO Didactic, Temel Seviye Öğretim Kitabı Ders Notları (TP 201)İSTANBUL.
- KARTAL Faruk, Elektroponematik ve Otomasyon Sistemleri MANİSA,1999.
- MURATHAN Engin, Elektroponematik Kursu Hizmet İçi Eğitim Seminer Notları İSTANBUL,2004.
- KARACAN İsmail, **Pnomatik Kontrol**, ANKARA, 1988.
- GÜLER Gökhan, **Elektroponematik Dersi Eğitim Notları**, BURSA,2003.
- FESTO Didactic, FluidSim Demo Versiyonu