

Automatització pneumàtica i electropneumàtica

Ramón L. Yuste Yuste

Automatismes industrials

Índex

Introducció	5
Resultats d'aprenentatge	7
1 Generalitats dels sistemes pneumàtics i electropneumàtics	9
1.1 Sistema pneumàtic	10
1.2 Estructura d'un sistema pneumàtic bàsic	11
1.3 Compressors	12
1.3.1 Compressor d'èmbol	13
1.3.2 Compressor helicoïdal	13
1.3.3 Compressor multiceíl·lular	14
1.3.4 Compressor axial	14
1.4 Acumulador d'aire o dipòsit	15
1.5 Assecadors d'aigua	16
1.5.1 Aigua a l'aire comprimit	17
1.5.2 Punts d'evacuació de condensacions	20
1.6 Instal·lacions d'aire comprimit	20
1.6.1 Filtre d'aire	21
1.6.2 Regulador de pressió	22
1.6.3 Lubricant	23
1.6.4 Control de la unitat de manteniment	24
1.6.5 Vàlvula general del circuit	25
1.7 Electropneumàtica	25
1.7.1 Estructura d'un circuit electropneumàtic	26
1.7.2 Conceptes bàsics d'electricitat	27
1.8 Elements utilitzats en circuits electropneumàtics	28
1.8.1 El transformador elèctric	28
1.8.2 Polsadors, interruptors i selectors	29
1.8.3 Finals de cursa	30
1.8.4 Sensor de pressió	30
1.8.5 Sensor de làmines	31
1.8.6 Sensors de proximitat	32
1.8.7 Relés auxiliars	35
1.8.8 Temporitzadors	36
1.8.9 Comptadors	38
1.9 Simbologia elèctrica	39
1.10 Elements de seguretat elèctrica	40
1.10.1 Efecte del corrent elèctric en el cos humà	41
1.10.2 Dispositius per a la prevenció dels efectes de la intensitat	41
1.10.3 Panell de comandament	43

2	Actuadors i vàlvules	45
2.1	Cilindres	45
2.1.1	Cilindre d'efecte simple	46
2.1.2	Cilindre d'efecte doble	48
2.1.3	Càlculs de forces i pressió en cilindres	54
2.2	Vàlvules	58
2.2.1	Vàlvules distribuïdores	59
2.2.2	Vàlvules auxiliars	64
2.3	Simbologia pneumàtica	66
2.4	Electrovàlvules	70
2.4.1	Electrovàlvula 3/2	71
2.4.2	Electrovàlvula 5/2	72
2.5	Aparells de buit	73
2.5.1	Producció de buit mitjançant l'ús del venturi	73
2.5.2	Producció de buit mitjançant l'ús d'una bomba de buit	74
2.5.3	Ventoses	75
3	Muntatge i manteniment d'instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques	77
3.1	Desenvolupament de circuits pneumàtics	77
3.1.1	Cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 3/2	78
3.1.2	Cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 5/2	79
3.1.3	Cilindre d'efecte doble comandat per una vàlvula 5/2	80
3.1.4	Regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte simple	82
3.1.5	Regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte doble	83
3.1.6	Accionament indirecte d'un cilindre d'efecte doble	85
3.1.7	Posada en marxa d'un cilindre accionat per dos polsadors simultàniament	87
3.1.8	Retorn d'un cilindre en arribar al final del seu recorregut	88
3.1.9	Control d'un cilindre d'efecte doble amb aturada en qualsevol lloc del seu recorregut	89
3.2	Desenvolupament de circuits d'electropneumàtica	91
3.2.1	Control d'un cilindre mitjançant una electrovàlvula	92
3.2.2	Control d'un cilindre mitjançant polsadors en sèrie o paral·lel	94
3.2.3	Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula monoestable amb memorització de l'ordre donada	96
3.2.4	Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb memorització de la posició actual	98
3.2.5	Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb detecció del final del seu recorregut	100
3.2.6	Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb selecció de retorn instantani o temporitzat	102
3.2.7	Control de dos cilindres comandats per electrovàlvules biestables amb una seqüència simple de doblegament de peces	104

Introducció

L'aire comprimit és una de les fonts d'energia més antiga i sempre ha estat aprofitada per l'ésser humà en els seus treballs. Ja abans de Crist, el grec Ktesibios va construir una catapulta d'aire comprimit, però la utilització veritable i generalitzada de la pneumàtica és va iniciar quan es va fer imprescindible l'automatització dels processos de fabricació; en aquest sentit, la pneumàtica s'utilitza en diferents funcions com ara el transport i la manipulació, entre d'altres, ja que els actuadors, és a dir, els cilindres, que poden fer moviments lineals i rotatoris, i la resta de components, tenen un preu baix, són fàcils d'instal·lar i estan disponibles en mides molt variades.

La unitat "Automatització pneumàtica i electropneumàtica" està dissenyada per estudiar els principis de funcionament dels components electropneumàtics, la manera d'interconnectar-los i la seva aplicació en el desenvolupament d'aplicacions automatitzades.

La unitat "Autòmats programables" està temporitzada dintre del mòdul, de manera que abans s'han tractat tots els aspectes relatius a la mecanització i muntatge de materials i als sistemes de comandament elèctric, i així, després de treballar aquesta unitat didàctica, l'alumne disposarà d'una base sòlida per entendre millor les aplicacions dels autòmats programables.

En l'apartat "Generalitats dels sistemes pneumàtics i electropneumàtics" es descriuen els components que configuren la producció i el tractament de l'aire comprimit, que s'encarregaran de subministrar aire en condicions òptimes per a la resta de components distribuïts per la maquinària o instal·lació encarregats de dur a terme les tasques automatitzades.

En l'apartat "Actuadors i vàlvules" es descriuen els components que configuren les instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques, que són bàsicament els cilindres que fan els moviments i les electrovàlvules que s'encarreguen de controlar els moviments dels cilindres.

En l'apartat "Muntatge i manteniment d'instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques" s'estudien els circuits bàsics de pneumàtica i electropneumàtica, es fan el muntatge i les tasques de localització d'avaries, i s'analitza el comportament dels seus components i el funcionament global de la instal·lació.

Resultats d'aprenentatge

En acabar aquesta unitat, l'alumne:

1. Configura circuits bàsics pneumàtics i electropneumàtics de comandament i potència per a aplicacions industrials senzilles, seleccionant els elements i el seu emplaçament i elaborant la documentació tècnica.
 - Descriu els principis de funcionament i característiques d'elements pneumàtics i electropneumàtics (unitat de manteniment, actuadors, vàlvules, electrovàlvules, elements de comandament o senyal i elements de memòria i retardament).
 - Calcula les característiques tècniques dels components bàsics d'una instal·lació pneumàtica.
 - Selecciona material a partir de documentació tècnica i catàlegs de fabricants.
 - Elaborava esquemes de comandament i potència pneumàtics i electropneumàtics, amb la simbologia normalitzada.
 - Utilitza programari de CAD pneumàtic i electropneumàtic.
 - Té en compte els temps previstos per al procés.
 - Respecta els criteris de qualitat.
2. Munta circuits bàsics pneumàtics i electropneumàtics de comandament i potència per a aplicacions industrials senzilles, interpretant documentació tècnica.
 - Interpreta esquemes pneumàtics i electropneumàtics de comandament i potència.
 - Relaciona cada element amb la seva funció de conjunt.
 - Munta circuits bàsics pneumàtics i electropneumàtics de comandament i potència.
 - Compleix les normes de prevenció de riscos laborals (incloses les de seguretat enfront el risc elèctric) i de protecció ambiental.
 - Aplica els criteris de qualitat establerts.
 - Comprova la funcionalitat del muntatge.
 - Opera amb autonomia en les activitats proposades.
 - Té en compte els temps previstos per al procés.
 - Col·labora amb l'equip de treball amb actitud responsable, respectuosa i tolerant.
 - Organitza les diferents fases del treball en les operacions de muntatge i manteniment de circuits bàsics de comandament i potència pneumàtics.

3. Localitza avaries i disfuncions en instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques, analitzant els símptomes i identificant les causes que les produeixen.
 - Elabora un pla d'intervenció.
 - Realitza mesures i verificacions per a la localització d'avaries en instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques.
 - Identifica disfuncions de la instal·lació mitjançant comprovació funcional en instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques.
 - Identifica la causa de l'avaria.
 - Compleix les normes de prevenció de riscos laborals (incloses les de seguretat enfront el risc elèctric).
 - Opera amb autonomia i destresa en la manipulació d'elements, equips i eines.
 - Realitza la intervenció en el temps requerit.
 - Aplica les normes de qualitat.
4. Repara avaries i disfuncions en instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques, ajustant o substituint els elements defectuosos.
 - Elabora un pla d'intervenció correctiva i preventiva.
 - Repara l'avaria substituint elements en instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques.
 - Verifica la compatibilitat del nou element instal·lat.
 - Registra dades per a l'elaboració de l'informe de reparació i factura.
 - Restableix les condicions de normal funcionament.
 - Compleix les normes de prevenció de riscos laborals (incloses les de seguretat enfront el risc elèctric) i de protecció ambiental.
 - Opera amb autonomia i destresa en la manipulació d'elements, equips i eines en instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques.
 - Realitza la intervenció en el temps requerit.
 - Aplica les normes de qualitat.
 - Resol satisfactòriament els problemes que es presenten.

1. Generalitats dels sistemes pneumàtics i electropneumàtics

Els circuits pneumàtics fan els moviments mitjançant l'acció de l'aire, i aquest element té unes característiques que en faciliten l'ús, entre les quals destaquem:

- Abundant: l'aire està disponible en qualsevol lloc i en quantitats pràcticament il·limitades.
- Transport: l'aire comprimit és molt fàcil de transportar mitjançant l'ús de canonades. No li cal canonada de retorn.
- Emmagatzematge: el compressor és l'element que ens subministra l'aire a pressió i no cal que estigui sempre en funcionament. Podem emmagatzemar l'aire en un dipòsit i fer-ne ús quan calgui.
- Temperatura: els sistemes pneumàtics són pràcticament insensibles als canvis de temperatura, la qual cosa ens permet treballar amb temperatures extremes.
- Antideflagent: amb l'ús d'aire comprimit en una instal·lació, no tenim el perill d'incendi ni d'explosió. Una mateixa instal·lació pot funcionar en qualsevol ambient, fins i tot en zones EX (zones amb risc d'incendi o d'explosió) sense cap sobrepreu.
- Net: l'aire és una font d'energia neta. En cas de fuites, no implica que s'embruti l'entorn de treball i, per tant, no ha hi problemes de seguretat. Tot el contrari passa amb la hidràulica: si hi ha una fuga hi pot haver perill d'incendi i de seguretat (relliscades).
- Constitució: en treballar amb pressions baixes, la constitució dels elements pneumàtics és senzilla, per la qual cosa tenen un preu barat.
- Velocitat: la pneumàtica s'utilitza per fer moviments ràpids; això comporta que el seu rendiment sigui molt alt. Podem arribar a aconseguir velocitats de fins a 2 m/s.
- Sobrecàrregues: els elements pneumàtics i les eines els podem sobrecarregar fins a aconseguir que s'aturin. Suporten molt bé les sobrecàrregues.

Però també podem destacar alguns inconvenients com ara:

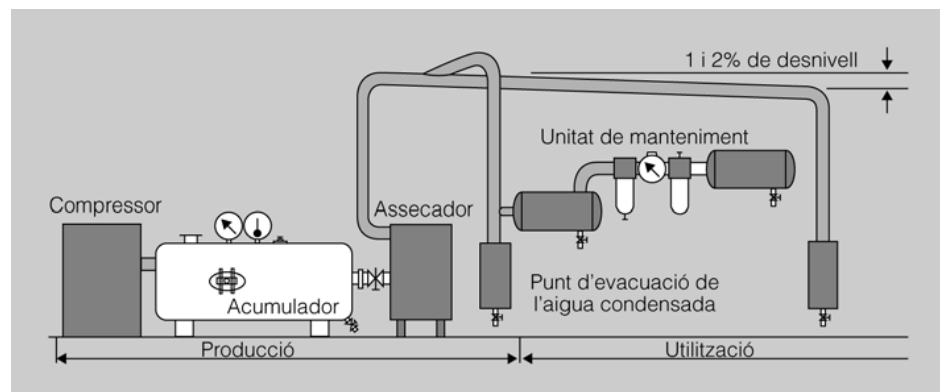
- Preparació: quan agafem l'aire de l'atmosfera, està brut i amb humitat; l'hem de netejar i treure tota la humitat per tal que no espatlli els components pneumàtics.
- Compressible: un desavantatge de l'aire comprimit respecte a d'altres sistemes és la comprensibilitat. Això implica que no és un sistema adequat per aconseguir velocitats constants i uniformes.

- **Força:** la força d'un sistema pneumàtic està condicionada per la pressió de treball. Si volem molta força, hem de treballar amb secció de cilindres molt grans. En aquest cas és més fàcil treballar amb sistemes hidràulics, ja que treballen amb pressions més grans, la qual cosa permet que els cilindres siguin més petits.
- **Escapament:** l'aire, una vegada s'ha utilitzat, surt del cilindre a través de l'escapament de la vàlvula de control, i això provoca un soroll considerable, tot i que cada vegada es milloren els materials que insonoritzen.

1.1 Sistema pneumàtic

Un sistema pneumàtic bàsic es compon de dos subsistemes, el de la producció de l'aire comprimit, que és comú a tots els circuits pneumàtics, i el d'utilització; i n'hi haurà tants com circuits pneumàtics. En la figura 1.1 podeu veure un exemple amb els components dels dos subsistemes d'una instal·lació pneumàtica.

FIGURA 1.1. Subsistemes d'una instal·lació pneumàtica (producció i utilització)



Perquè una instal·lació pneumàtica funcioni bé és necessari el següent:

- Que la pressió de treball sigui la més adient a la feina que s'ha de desenvolupar.
- Que l'aire estigui sec i molt net.

Per aconseguir això en una instal·lació industrial, l'hem de tenir molt ben condicionada i hem d'utilitzar els elements següents:

- Elements comuns a tota la instal·lació (producció):
 - Filtre d'aspiració. Es trobarà al començament de la instal·lació i s'encarregarà de treure la brutícia més grossa.
 - Compressor. És l'encarregat d'agafar l'aire a pressió ambiental i pujar-lo a la pressió de treball. El mourà un motor elèctric o un motor d'explosió.

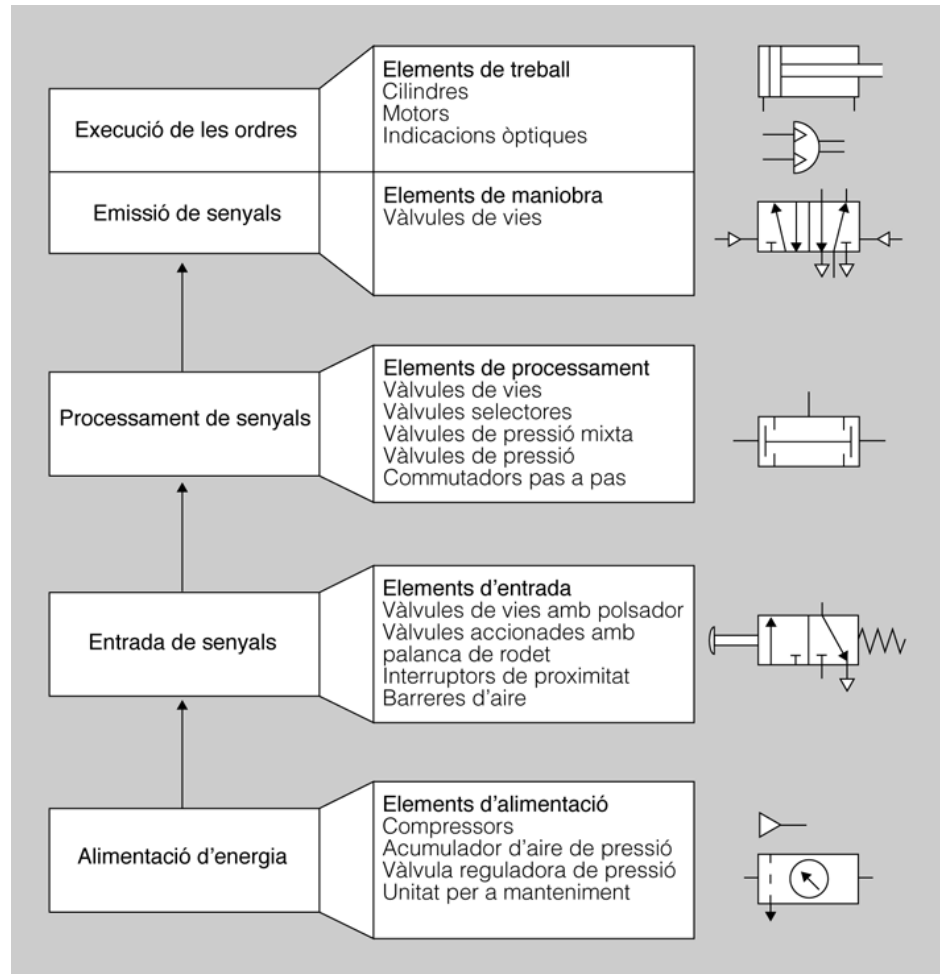
- Acumulador d'aire. Servirà per emmagatzemar l'aire comprimit que produeix el compressor i compensarà les oscil·lacions de pressió que hi hagi al circuit pneumàtic.
 - Assecador. És l'encarregat de treure la major part de l'aigua que està vaporitzada a l'aire.
 - Punts d'evacuació de condensacions. Aquests punts serveixen per extreure dels tubs l'aigua que hi quedi condensada.
- Elements en punts de treball (utilització):
 - Filtre d'aire amb separador d'aigua. Té com a objectiu acabar de netejar l'aire abans que entri als circuits pneumàtics d'utilització.
 - Regulador de pressió. L'aire que arriba de l'acumulador normalment estarà a una pressió entre 7 i 10 bars; el regulador de pressió s'encarrega d'abaixar aquesta pressió a la de treball de la instal·lació, que estarà a l'entorn dels 6 bars.
 - Lubrificador. S'utilitza per posar microgotetes d'oli dins del circuit pneumàtic per tal de lubricar-ne les parts mòbils.

1.2 Estructura d'un sistema pneumàtic bàsic

Un sistema pneumàtic bàsic es pot dividir en cinc parts. En la figura 1.2 podeu veure representades aquestes parts amb els elements que les configuren i els símbols corresponents.

- Font d'energia. És l'alimentació pneumàtica a tot el sistema amb els elements condicionadors de l'aire com ara el filtre d'aire, el regulador de pressió i el lubricant.
- Senyals d'entrada. A aquest grup pertanyen tots els elements que donaran ordres i informació al sistema, com ara polsadors, finals de cursa, etc.
- Processament de senyals. Són els elements que agafen els senyals d'entrada i els combinen de manera adient per tal d'obtenir el funcionament desitjat. Vàlvules en sèrie, en paral·lel, temporitzadors, etc.
- Elements de control final. Són les vàlvules a les quals arribarà el processament de senyals i que controlen de manera directa els elements actuadors.
- Elements actuadors. Són els elements que transformen l'energia pneumàtica en energia mecànica. Pertanyen a aquest grup els cilindres i el motors.

FIGURA 1.2. Estructura d'un sistema pneumàtic



1.3 Compressors

Per poder aconseguir l'aire comprimit es necessita un compressor. Les característiques principals d'un compressor són el cabal d'aire i la pressió que pot subministrar. Hi ha diferents tipus de compressor i, depenent de les necessitats de la instal·lació, cal fer l'elecció més adient.

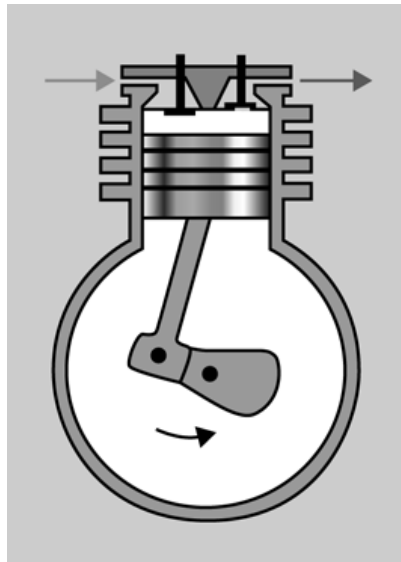
- Compressor d'èmbol.
- Compressor helicoidal.
- Compressor multicel·lular.
- Compressor axial.

1.3.1 Compressor d'èmbol

El compressor d'èmbol (figura 1.3) es compon de les vàlvules d'admissió i escapament, és a dir, èmbol i biela. És un tipus de compressor molt utilitzat ja que la seva gamma cobreix un marge de pressions ampli.

El funcionament del compressor d'èmbol és el següent: la biela gira en el sentit de les agulles del rellotge i fa que l'èmbol baixi; llavors s'obre la vàlvula d'admissió, amb la qual cosa l'aire entra dins de la cambra; a continuació l'èmbol puja i es tanca la vàlvula d'admissió i s'obre la vàlvula d'escapament i, d'aquesta manera, l'aire surt del compressor i s'anirà acumulant al dipòsit alhora que n'augmenta la pressió. En la figura 1.3 podeu veure la representació d'un compressor d'èmbol.

FIGURA 1.3. Compressor d'èmbol

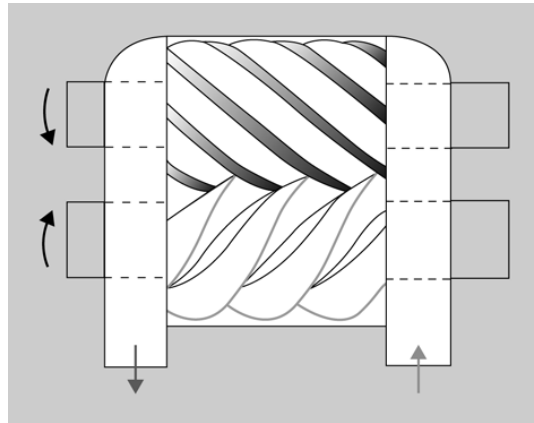


La pressió que dona és de 10 bars si és compressor d'una etapa i 15 bars si és de dues etapes. Un compressor de dues etapes fa una primera compressió i després agafa l'aire comprimit i fa una segona compressió.

Hi ha un tipus de compressor que és d'èmbol amb membrana. En aquest tipus, la cambra de compressió està separada de l'èmbol mitjançant una membrana. Això evita que la brutícia que pugui arrossegar l'èmbol entri al circuit d'utilització de l'aire. Es fa servir molt en la indústria farmacèutica i química.

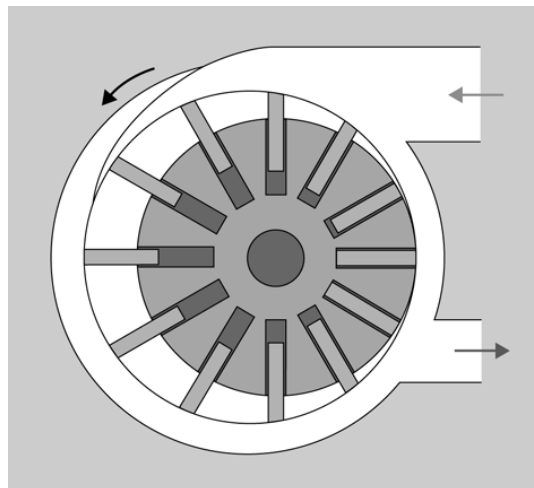
1.3.2 Compressor helicoidal

El compressor helicoidal té dos cargols sense fi helicoidals que giren sobre si mateixos a gran velocitat i això provoca que l'aire sigui transportat de l'entrada al dipòsit. La pressió que dona està a l'entorn de 10 bars. En la figura 1.4 podeu veure la representació d'un compressor helicoidal.

FIGURA 1.4. Compressor helicoïdal

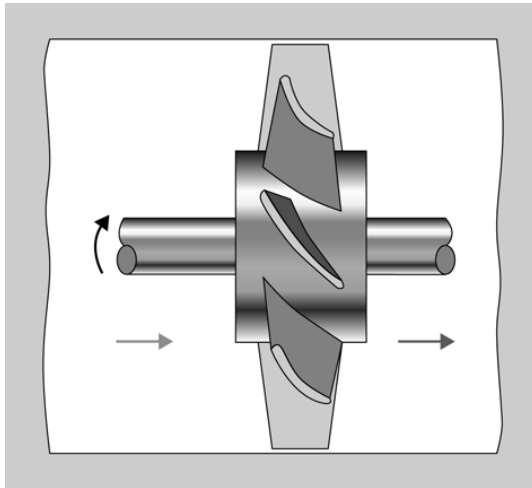
1.3.3 Compressor multicel·lular

El compressor multicel·lular té un rotor excèntric sobre el qual hi ha unes ranures on se situen unes xapes que quan gira el rotor rellisquen dins de les ranures; aquestes xapes divideixen la cambra de compressió en cèl·lules tancades, i l'aire es comprimeix quan en girar el rotor es redueix el volum de la cèl·lula. La pressió que dóna és de 8 bars. En la figura 1.5 podeu veure la representació d'un compressor multicel·lular.

FIGURA 1.5. Compressor multicel·lular

1.3.4 Compressor axial

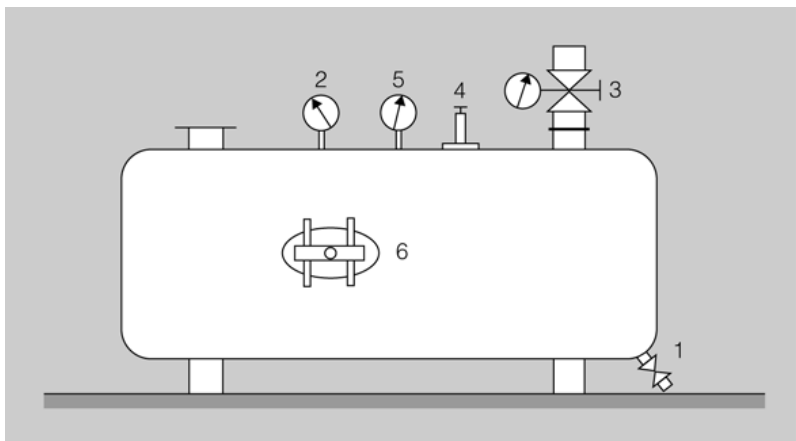
El compressor axial funciona com una mena de ventilador: en girar l'eix, per l'efecte de les pales, l'aire entra per l'esquerra i crea una energia cinètica que, quan es troba en el dipòsit, es transforma en pressió. La pressió que dóna és d'1 bar aproximadament. En la figura 1.6 podeu veure la representació d'un compressor axial.

FIGURA 1.6. Compressor axial

1.4 Acumulador d'aire o dipòsit

L'acumulador d'aire emmagatzema l'aire comprimit que subministra el compressor i la seva finalitat principal és adaptar el cabal del compressor al consum de la xarxa pneumàtica.

Es pot col·locar verticalment o horitzontalment, però ha d'estar allunyat de tota font de calor per evitar que les seves parets puguin facilitar la condensació del vapor d'aigua que procedeix del compressor.

FIGURA 1.7. Parts de l'acumulador d'aire

En la figura 1.7 podeu observar els diferents components que configuren un dipòsit, que són:

1. Una aixeta de purga per buidar l'aigua que es condensi dins.
2. Un manòmetre.
3. Una vàlvula de tancament de sortida d'aire.

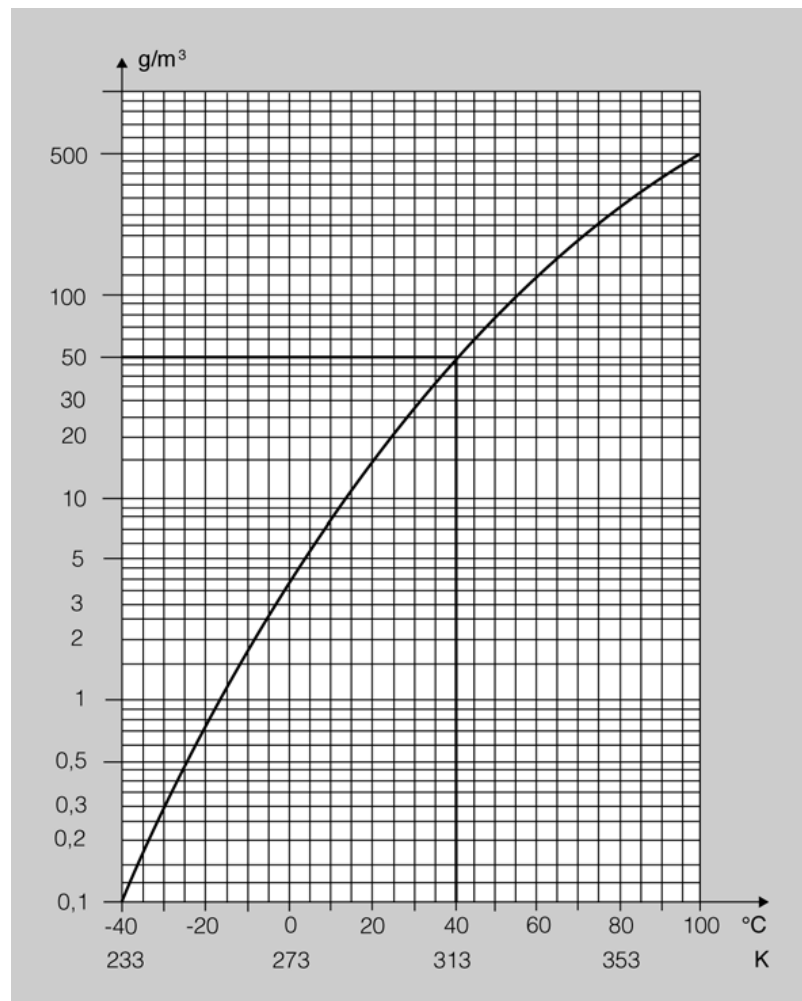
4. Una vàlvula de seguretat.
5. Un termòmetre.
6. Una porta per poder inspeccionar l'interior.

1.5 Assecadors d'aigua

Per tal que una instal·lació pneumàtica funcioni bé és molt important treure tot el vapor d'aigua que porta l'aire.

La quantitat de **vapor d'aigua** que conté una mostra d'aire es mesura en tant per cent i es diu que és la humitat relativa (HR). Aquest percentatge és la proporció de vapor d'aigua que conté l'aire sobre el màxim que pot contenir quan l'aire es troba a una temperatura determinada.

FIGURA 1.8. Gràfic de la humitat absoluta per metre cúbic d'aire



En la figura 1.8 podeu comprovar que si la temperatura de l'aire augmenta, l'aire és capaç de mantenir més quantitat d'aigua en suspensió. Això ens dóna la idea que només refredant l'aire aconseguirem treure'n part de la humitat.

En el gràfic de la figura 1.8 podeu veure la màxima quantitat d'aigua (HR = 100%) que pot mantenir l'aire en suspensió per cada metre cúbic.

En el cas marcat en la figura 1.8, si teniu una temperatura de l'aire de 40 °C, la màxima quantitat de vapor d'aigua per metre cúbic d'aire que es pot mantenir en suspensió és de 50 g/m³ (100% HR).

Exemple del càlcul de la quantitat d'aigua que s'ha de treure d'un sistema pneumàtic

Suposem que tenim un sistema de generació d'aire amb les dades següents:

- Total d'aire aspirat: 600 m³/hora.
- Temperatura de l'aire: 40 °C.
- Humitat relativa de l'aire: 60%.

Amb aquestes dades, calcularem la quantitat d'aigua que traurem de l'aire per cada hora de funcionament.

$$\text{Humitat absoluta} = \frac{\text{HR} \cdot \text{grau saturació}}{100}$$

$$\text{Humitat absoluta} = \frac{60 \cdot 50 \text{ g/m}^3}{100} = 30 \text{ g/m}^3$$

Amb una quantitat de 600 m³/hora la humitat absoluta per hora serà,

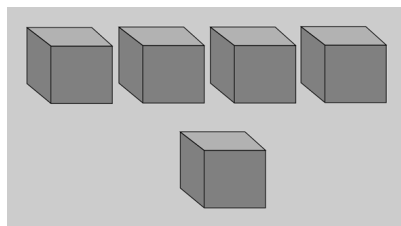
$$\text{Humitat absoluta total} = 30 \text{ g/m}^3 \cdot 600 \text{ m}^3/\text{h} = 18.000 \text{ g/h}$$

Això vol dir que si no posem cap sistema per treure la humitat, ens trobaríem que cada hora entrarien a la nostra instal·lació pneumàtica 18 litres d'aigua, i això crearia un gran perjudici als cilindres i a les vàlvules.

1.5.1 Aigua a l'aire comprimit

En la figura 1.9 podeu veure representats quatre cubs; cada un representa un metre cúbic d'aire a pressió atmosfèrica i a una temperatura de 40 °C amb una humitat relativa del 50%, en què la humitat per m³ al 100% seria de 50 g; com que la que tenim al cub és del 50%, és a dir, la meitat del 100%, vol dir que a cada cub tenim 25 g d'aigua, és a dir, la meitat de 50 g.

FIGURA 1.9. Compresió de l'aire



Si comprimim els quatre cubs en el volum d'un de sol, és a dir, en un metre cúbic, tindrem 100 g d'aigua vaporitzada, però com que per cada metre cúbic a 40 °C només hi pot haver en suspensió 50 grams d'aigua, vol dir que els 50 g que sobren

es decantaran en forma de gotes d'aigua. D'això deduïm que només en fer la compressió de l'aire ja estem traient part de la humitat que porta, i com que aquest aire comprimit va al dipòsit, la humitat convertida en aigua es traurà del dipòsit mitjançant l'aixeta de purga.

Tot això ens fa veure la necessitat de posar a les instal·lacions pneumàtiques algun sistema que de manera general tregui la major part de la humitat que porta l'aire.

Els sistemes més utilitzats són:

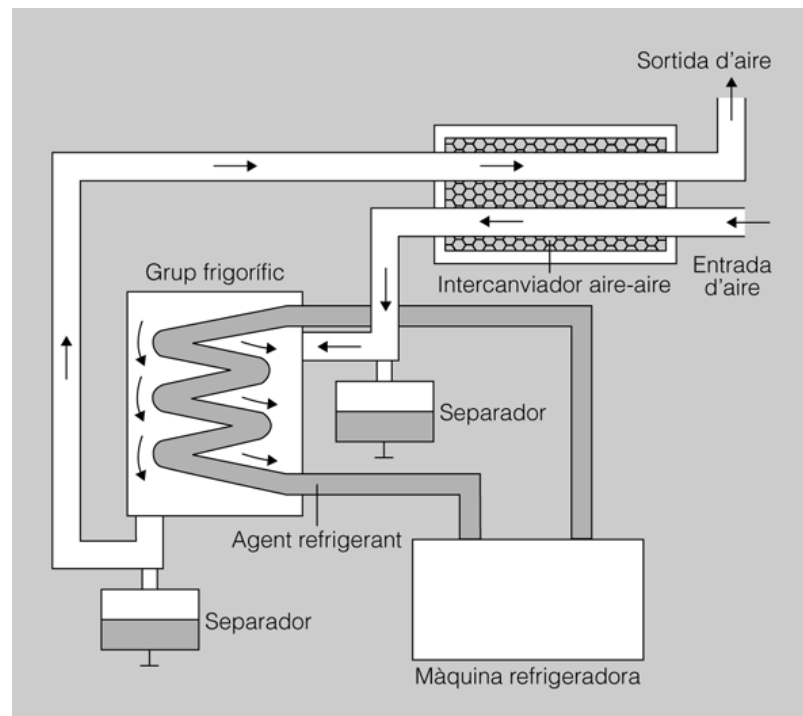
- Assecat per refredament.
- Assecat per absorció.
- Assecat per adsorció.

Assecat per refredament

Si es refreda l'aire baixa la quantitat d'aigua vaporitzada que aquest pot contenir en suspensió. En la figura 1.10 podeu veure representat un sistema d'assecat per refredament.

L'assecat per refredament és el sistema d'assecat d'aigua que més s'utilitza, és molt fiable i té un cost de manteniment baix. L'aire és refredat fins a temperatures inferiors al punt de condensació i la humitat és líquida i recollida en un recipient separador.

FIGURA 1.10. Assecat per refredament

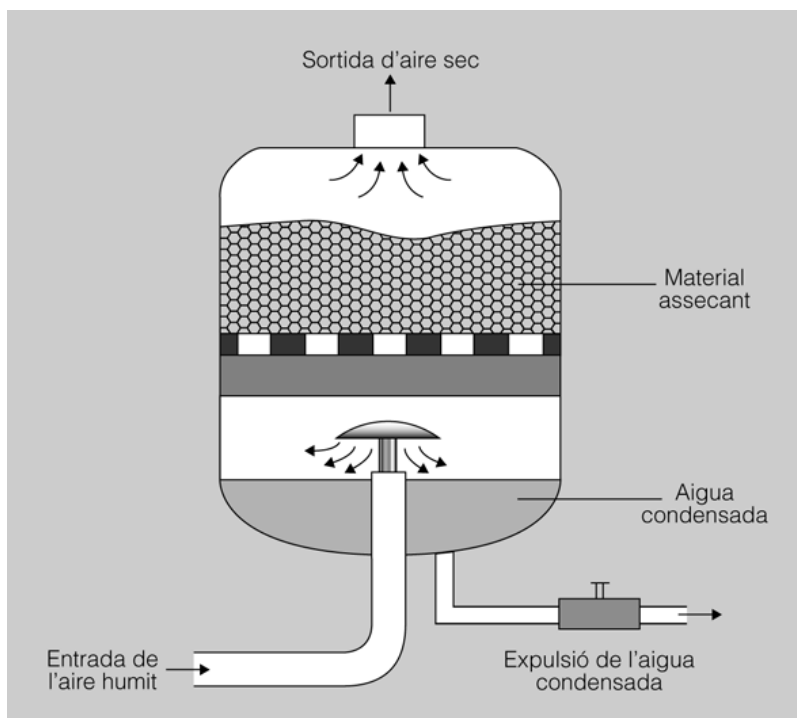


Assecat per absorció

La instal·lació d'un sistema d'assecat per absorció és molt senzilla i, com que no consta de peces mòbils, té poc desgast mecànic però un cost de funcionament alt: necessita una substància assecant que es consumeix amb l'ús i s'ha de canviar de 2 a 4 vegades l'any.

En la figura 1.11 teniu representat un sistema d'assecat per absorció, i podeu veure que l'aire arriba per sota i xoca amb una placa desviadora que fa una primera separació entre aigua i aire. Quan el vapor d'aigua entra en contacte amb la substància assecant, s'hi combina químicament i es desprèn com una mescla d'aigua i de substància assecant. El sistema disposa d'una aixeta per poder treure l'aigua condensada.

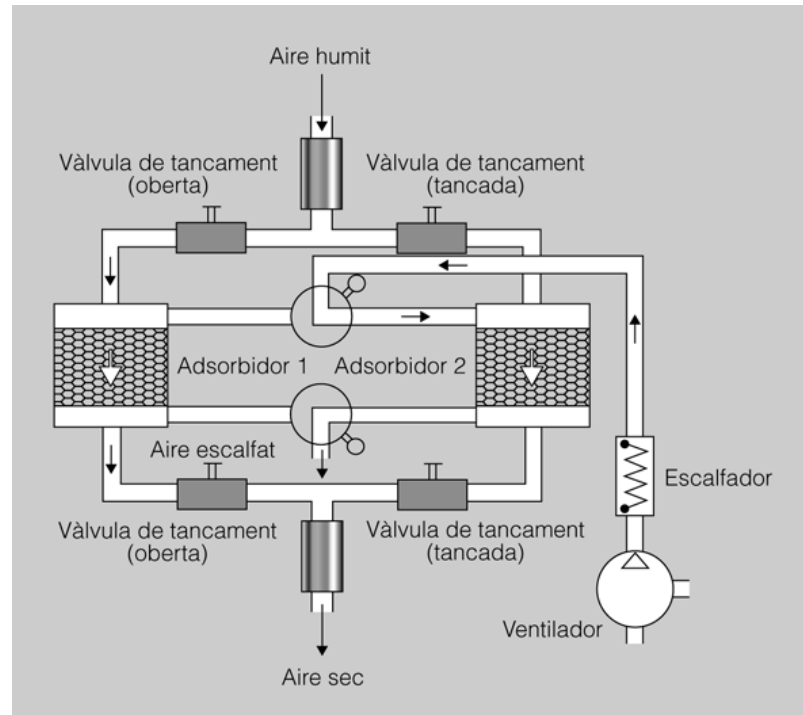
FIGURA 1.11. Assecat per absorció



Assecat per adsorció

En l'assecat per adsorció l'aire passa a través d'una matèria porosa que adsorbeix la humitat.

En la figura 1.12 podeu veure representat un sistema d'assecat per adsorció. El sistema té dos elements de treball perquè quan un d'aquests elements se satura, s'ha de netejar amb aire i mentre té lloc l'operació de neteja l'aire d'utilització pot circular per l'altre element sense que s'hagi d'aturar el funcionament del sistema.

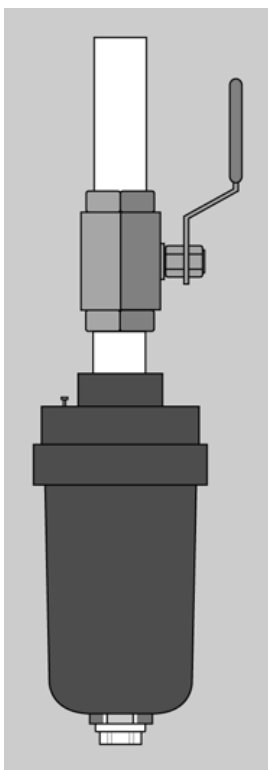
FIGURA 1.12. Assecat per adsorció

1.5.2 Punts d'evacuació de condensacions

Tot i que el sistema d'extracció de l'aigua de la instal·lació sigui eficient, sempre hi pot haver condensació d'aigua als tubs a causa de la temperatura exterior. Per tal d'eliminar l'aigua condensada es necessiten els anomenats **punts d'evacuació de condensacions**.

Aquests punts d'evacuació de l'aigua condensada s'introdueixen verticalment al final d'una derivació de la xarxa general i, per aconseguir que funcionin bé, la instal·lació de la canonada ha de tenir una inclinació entre l'1 o el 2% en el sentit de circulació de l'aire comprimit; això fa que es faciliti la circulació de les impureses cap als punts d'evacuació de les condensacions.

Cada cert temps, s'ha de tancar la clau que està per damunt del punt d'evacuació, i també s'ha de treure el tap que hi ha sota; amb aquesta operació es buida l'aigua que hi ha acumulada. Una vegada que s'ha buidat, es posa de nou el tap i s'obre la vàlvula. Alguns punts d'evacuació de les condensacions són manuals, i altres són automàtics -porten una boia que detecta quan hi ha aigua i la buida de manera automàtica-.



Punt d'evacuació de l'aigua condensada

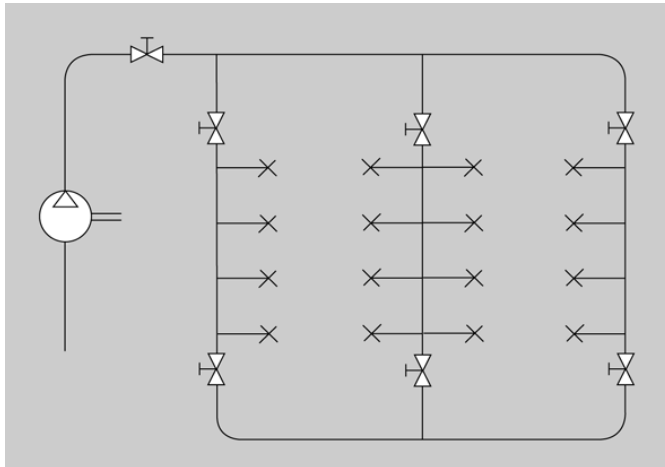
1.6 Instal·lacions d'aire comprimit

Moltes vegades, es fan les instal·lacions d'**aire comprimit en línia oberta**; això pot ser operatiu en instal·lacions petites en què la longitud del circuit general d'aire és petita i el consum d'aire és baix.

Si la instal·lació està formada per trams de canonades llargues, ens podem trobar amb una desigualtat de pressions que serà molt més gran com més allunyats estiguin dels punts d'utilització; això és degut al fet que hi ha pèrdues de pressió.

En la figura 1.13 podeu veure l'esquema d'una instal·lació d'aire comprimit en línia tancada o d'anell: aquesta disposició fa que la pressió estigui molt igualada en tots els punts d'utilització, representats per les creus en la figura 1.13.

FIGURA 1.13. Distribució de l'aire comprimit en anell



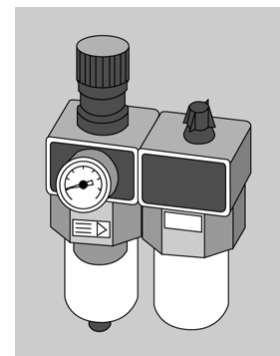
En cada punt d'utilització s'ha de posar una unitat de manteniment o de condicionament. Tot i que s'ha fet un condicionament general de l'aire, sempre hi ha impureses i aigua que pot arribar als elements de treball (cilindres i vàlvules) i provocar-ne, amb el temps, un mal funcionament. Per evitar això, cada màquina ha de tenir:

- Filtre d'aire.
- Regulador de pressió.
- Lubricant.
- Vàlvula general del circuit (si cal, pot ser una vàlvula d'arrencada progressiva).

A una unitat de manteniment es pot afegir una vàlvula general de buidatge del circuit.

1.6.1 Filtre d'aire

L'aigua condensada i les impureses que porta l'aire poden provocar que hi hagi una corrosió en les parts metàl·liques dels circuits pneumàtics i un desgast prematur de les parts mòbils i les juntes de les vàlvules.



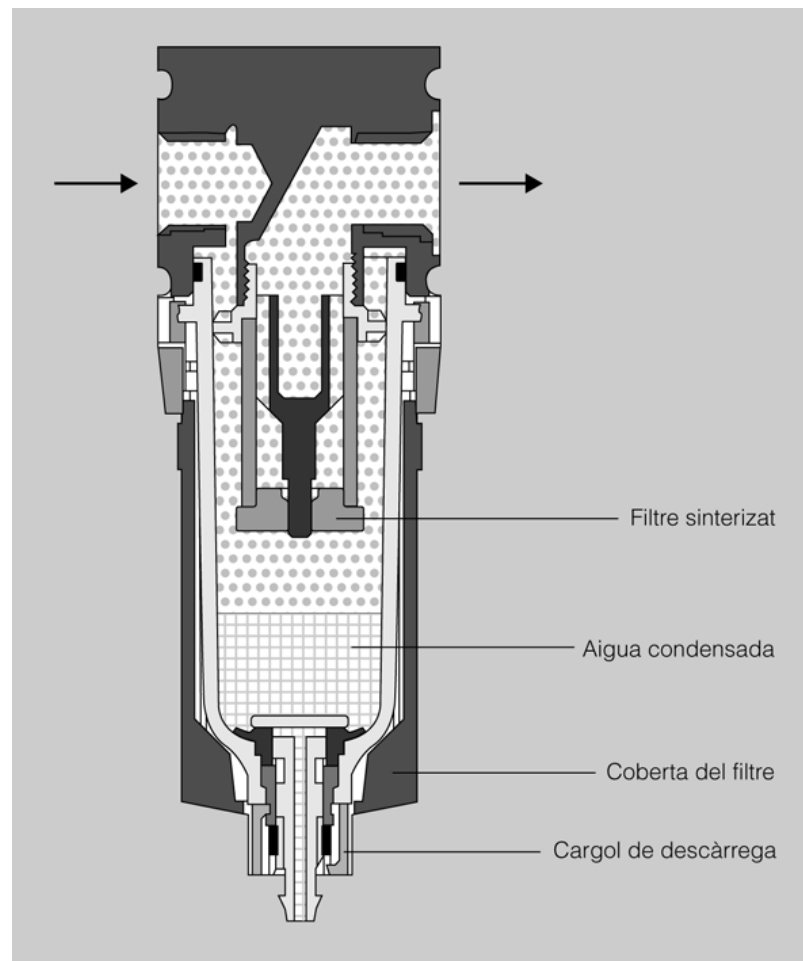
Unitat de condicionament

La qualitat de l'aire que se subministra al circuit dependrà, en gran mesura, que estigui instal·lat el filtre adient. El paràmetre característic d'un filtre és l'amplitud dels porus, i acostuma a estar entre 5 i 40 μ m.

El filtre reté tant la pols com l'aigua que encara pugui portar l'aire; aquesta aigua s'acumularà a la paret baixa del filtre. S'ha de tenir molta cura que l'aigua acumulada no arribi al nivell màxim del filtre, ja que en aquest cas l'aigua es mesclaria amb l'aire i seria introduïda dins del circuit pneumàtic amb el perjudici consegüent.

L'evacuació de l'aigua es pot fer manualment amb una aixeta o de manera automàtica amb una boia. En la figura 1.14 podeu veure la constitució d'un filtre d'aire; fixeu-vos que a sota hi ha un dispositiu que, en prémer-lo, buidrà l'aigua que hi hagi acumulada.

FIGURA 1.14. Filtre d'aire



1.6.2 Regulador de pressió

Als punt de consum d'aire no arriba una pressió constant, ja que a causa del consum general d'aire hi ha moltes oscil·lacions de pressió. Perquè el nivell de pressió no canviï i sigui constant, s'ha de col·locar un regulador de pressió que

manté constant la pressió en el circuit d'utilització de manera independent a la pressió en el circuit general. Partint d'una pressió general, el regulador de pressió l'abaixa i la manté estable, però en cap cas no pot apujar-la. Normalment regularà la pressió de treball a uns 6 bars.

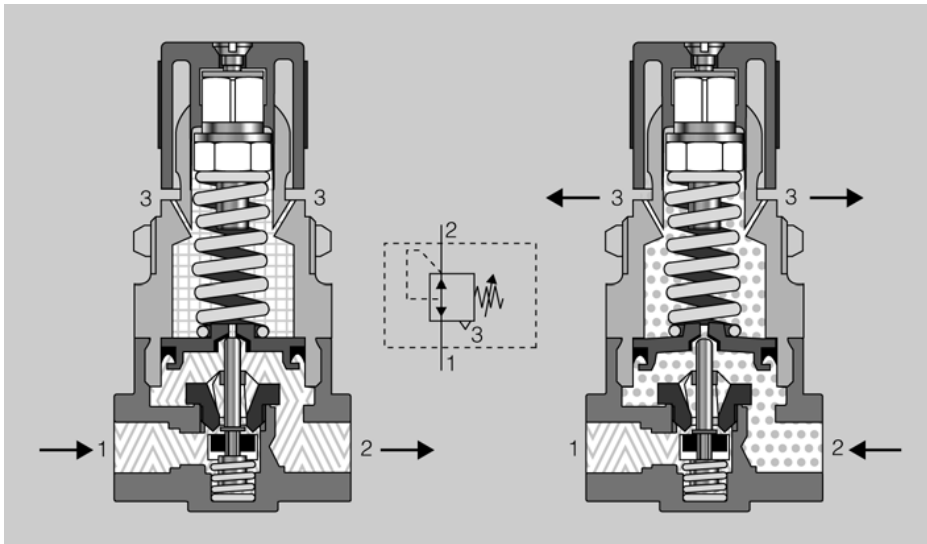
La posició del regulador de pressió en la unitat de manteniment és darrere del filtre.

La vàlvula reguladora més utilitzada és la de tres vies. Aquesta vàlvula reguladora té una connexió d'entrada, una de sortida i un escapament, i el seu mode de funcionament és el següent:

- La pressió d'entrada és regulada mitjançant una membrana.
- La pressió de sortida actua sobre un costat de la membrana, mentre per l'altre costat actua una molla.
- La força d'aquesta molla es pot regular i serà la que faci que la pressió d'utilització sigui la que volem.
- La membrana s'obrirà i es tancarà segons les necessitats del circuit.
- A la sortida del regulador hi ha un manòmetre per conèixer la pressió que tenim al circuit d'utilització.

En la figura 1.15 podeu veure al dibuix de la dreta com actua el regulador si hi ha una sobrepressió; observeu que la sobrepressió apareix per l'escapament de la del regulador de pressió.

FIGURA 1.15. Regulador de pressió



Podeu veure el funcionament d'un regulador de pressió en l'espai de l'"Aula".

1.6.3 Lubricant

El lubricant mescla amb l'aire micropartícules d'oli per tal de lubricar les parts mòbils dels cilindres i vàlvules. En la figura 1.16 podeu veure com l'aire passa a

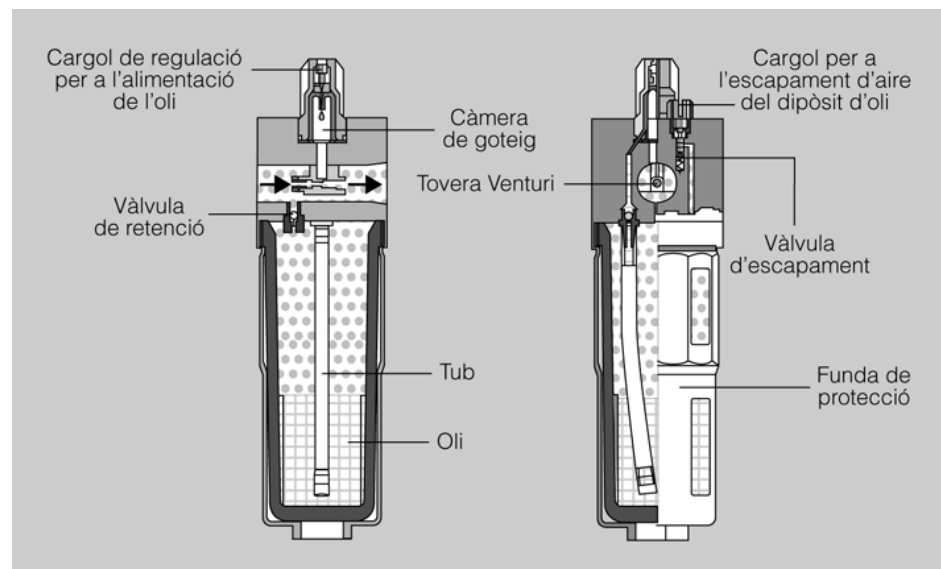
través d'una estrangulació, i llavors es crea l'efecte Venturi i es fa el buit. Aquest procés provoca que es xucli l'oli a través d'una canonada connectada a un dipòsit. L'oli arriba a una cambra de degoteig on es polvoritza i es mescla amb l'aire.

La lubricació d'aire s'ha de limitar només als elements als quals els faci falta, i no s'han de lubricar els cilindres previstos de juntes resistents a la calor.

L'aire a pressió s'ha de lubricar en els casos següents:

- Quan es treballa amb cilindres amb velocitat gran.
- Quan s'utilitzen cilindres de molt diàmetre. En aquest cas es recomana posar el lubricant just abans del cilindre.
- Si lubriquem una instal·lació ja no podrà tornar a funcionar sense lubricar, ja que la lubricació que porten de fabrica les vàlvules i els cilindres s'haurà desfet.

FIGURA 1.16. Lubricant



1.6.4 Control de la unitat de manteniment

Els aspectes que hem de tenir en compte de la unitat de manteniment són els següents:

- **Filtre d'aire.** Hem de controlar regularment el nivell d'aigua condensada perquè mai no arribi al seu nivell màxim. A més, si veiem que a la sortida de la unitat de manteniment baixa el cabal, potser perquè el filtre d'aire està brut, en aquest cas, s'ha de procedir a netejar-lo o substituir-lo.
- **Regulador de pressió.** En principi sempre que davant del regulador de pressió hi hagi el filtre, no caldrà fer-ne cap manteniment.

- **Lubricant.** És necessari controlar el nivell d'oli i, si cal, omplir-lo. Només es podran utilitzar olis minerals.

1.6.5 Vàlvula general del circuit

La unió de la unitat de manteniment amb el circuit d'utilització es fa mitjançant una vàlvula general. Aquesta vàlvula té dos objectius:

- Tallar o donar pressió al circuit d'utilització.
- Al mateix temps que talla la pressió, buida l'aire que hi ha al circuit d'utilització i el deixa sense pressió.

Hi ha vegades que s'utilitza una vàlvula 2/3 normal i d'altres que per seguretat es posa una vàlvula d'arrencada progressiva. Amb una vàlvula normal, en donar pressió al circuit d'utilització, la pressió total arriba de sobte, la qual cosa pot fer que els elements actuadors facin moviments molt ràpids i bruscos que poden fer perillar la integritat física de les persones i de la màquina. Quan vulguem que la pressió arribi a poc a poc, s'utilitzarà la vàlvula d'arrencada progressiva.

1.7 Electropneumàtica

L'electropneumàtica és només l'aplicació conjunta de dues tècniques de treball i comandament, que són la pneumàtica i l'electricitat.

En una instal·lació electropneumàtica us trobareu dues parts:

- La **part pneumàtica**, que estarà limitada als components de potència, és a dir, els actuadors.
- La **part elèctrica**, que serà la que utilitzarem per fer el comandament i control de la part pneumàtica.

El control d'un circuit electropneumàtic es pot fer de dues maneres: treballant amb **lògica cablada** o treballant amb **lògica programada** mitjançant un PLC.

L'ús de l'electricitat aplicada a la pneumàtica fa que els controls electropneumàtics siguin molt fiables, de baix manteniment, i que tinguin molta flexibilitat i rapidesa quan hem de fer canvis en el seu funcionament. Tot això fa que la seva implantació en l'àmbit industrial hagi estat molt alta i que la pneumàtica convencional quedi relegada a aplicacions molt específiques, sobretot en zones EX (zones amb risc d'incendi o explosió).

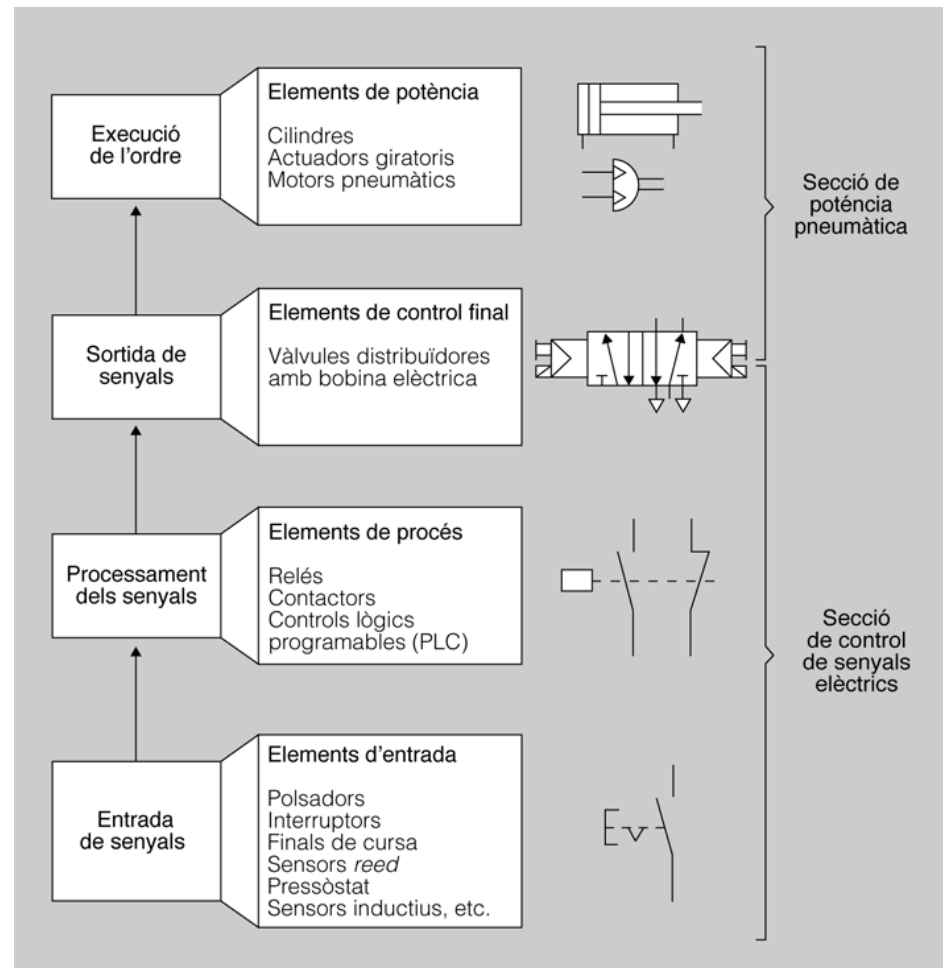
En un circuit electropneumàtic us podeu trobar amb dos tipus de senyals:

- **Analògics:** és un tipus de senyal que ens pot donar molts valors d'una variable. Per exemple, podem tenir un sensor analògic que quan detecti una peça, no solament ens detecti la presència de la peça, sinó que ens en digui l'alçada. Si tenim una electrovàlvula analògica, podem fer que estigui tancada o oberta un 5%, 10%, 30%, 40% o qualsevol altre valor.
- **Digitals:** és un tipus de senyal que només ens donarà una informació de dos valors (0 i 1). Per exemple, podem tenir un sensor digital que ens digui si hi ha una peça o no. Si treballem amb una sortida digital (una electrovàlvula), aquesta podrà tenir dos valors, que són 1 (està connectada i oberta del tot) o 0 (està desconnectada i tancada del tot).

1.7.1 Estructura d'un circuit electropneumàtic

En la figura 1.17 podeu veure l'estructura d'un circuit electropneumàtic, que és molt semblant a la d'un circuit pneumàtic.

FIGURA 1.17. Estructura d'un sistema electropneumàtic



Els components es poden agrupar en quatre parts:

- **Senyals d'entrada.** A aquest grup pertanyen tots els elements que donen ordres i informació al sistema, com ara pulsadors, finals de cursa, interruptors de làmines, sensors capacitius, sensors fotoelèctrics, pressòstats, etc.
- **Processament de senyals.** Són els elements que agafen els senyals d'entrada i els combinen de manera adient per tal d'obtenir el funcionament desitjat. Són relés, contactors, temporitzadors, autòmats programables (PLC).
- **Elements de control final.** Són les electrovàlvules a les quals arribarà el processament de senyals i que controlen directament els elements actuadors.
- **Elements de potència.** Són els elements que transformen l'energia pneumàtica en energia mecànica. Pertanyen a aquest grup els cilindres i els motors.

A diferència d'un circuit pneumàtic, en què tant el comandament com la potència es representen junts al mateix esquema, en un circuit electropneumàtic l'esquema de potència (pneumàtic) i l'esquema de comandament (elèctric) es representen per separat. En un circuit electropneumàtic, l'esquema pneumàtic per a un tipus de cilindre serà sempre el mateix; en canvi el circuit elèctric serà diferent depenent del tipus de funcionament que vulgueu aconseguir en cada circuit.

1.7.2 Conceptes bàsics d'electricitat

Per tenir un circuit elèctric, ens fa falta una tensió d'alimentació, un element de comandament i l'element receptor.

La tensió d'alimentació la subministrarà una font d'alimentació de corrent continu o de corrent altern.

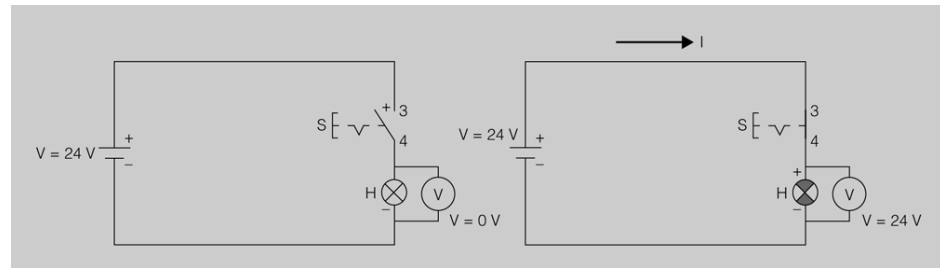
Per tal d'entendre el funcionament d'un circuit elèctric, heu de tenir clars els conceptes de *circuit obert* i *circuit tancat*. En la figura 1.18 teniu representat, en el dibuix de l'esquerra, un circuit obert, i podeu observar que l'element receptor (la bombeta) no funcionarà; per tant el voltímetre indica 0 volts. En el dibuix de la dreta està representat el mateix circuit tancat, i podeu comprovar que l'element receptor (bombeta) sí que funcionarà i, per tant, el voltímetre indica 24 volts.

Polaritat de CA i CC

El corrent altern té com a característica principal que durant un instant de temps una de les seves connexions és positiva i l'altra és negativa, mentre que a l' instant següent les polaritats s'inverteixen. Això passa 50 vegades per segon. El corrent continu, a diferència del corrent altern, sempre manté la mateixa polaritat en les seves connexions.

Un **receptor**, per tal que funcioni, ha de tenir diferència de potencial entre les seves connexions. Ha d'arribar a una de les seves connexions el pol negatiu i a l'altra connexió el pol positiu en cas de corrent continu, o dues fases diferents en el cas de corrent altern.

Podeu veure el funcionament d'un circuit elèctric en l'espai de l'"Aula".

FIGURA 1.18. Circuit obert i circuit tancat

1.8 Elements utilitzats en circuits electropneumàtics

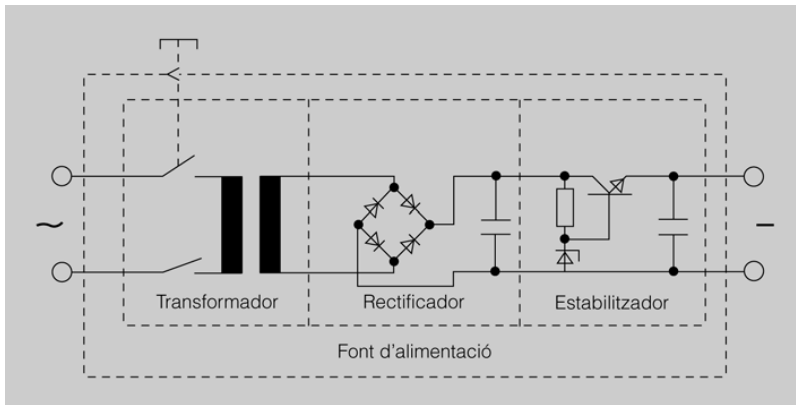
Els components elèctrics utilitzats en els circuits electropneumàtics com els pulsadors, selectors i detectors tenen la funció de posar en marxa els components pneumàtics, que són els actuadors, que s'ocupen dels moviments de la màquina o instal·lació.

1.8.1 El transformador elèctric

Les companyies elèctriques subministren tensió alterna normalment de 230 volts. Si voleu treballar amb corrent continu, l'heu de crear amb bateries o agafar el corrent altern i, mitjançant una font d'alimentació, transformar-lo, rectificar-lo i estabilitzar-lo i convertir-lo en corrent continu.

- El transformador serà l'encarregat de baixar la tensió alterna de 230 volts fins a la tensió desitjada, normalment a 24 volts.
- El rectificador agafarà els 24 volts de tensió alterna i els convertirà en 24 volts de tensió continua.
- L'estabilitzador serà l'encarregat de mantenir estables els 24 volts, tot i que hi pugui haver variacions de càrrega.

En la figura 1.19 teniu representades les diferents parts d'una font d'alimentació.

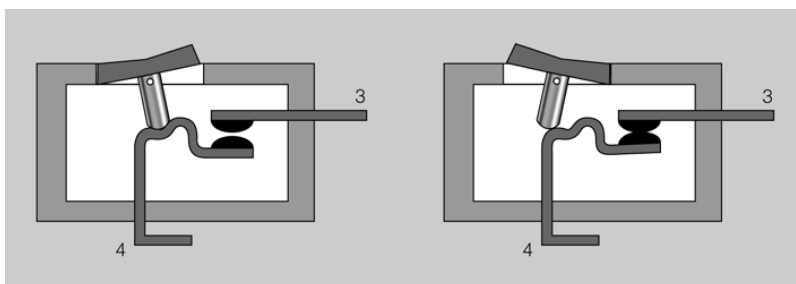
FIGURA 1.19. Font d'alimentació de corrent altern a corrent continu**Tensió de treball**

La majoria de vegades que es treballa amb electropneumàtica es fa amb una tensió contínua de 24 volts, ja sigui treballant amb lògica cablada o amb lògica programada mitjançant els PLC.

1.8.2 Polsadors, interruptors i selectors

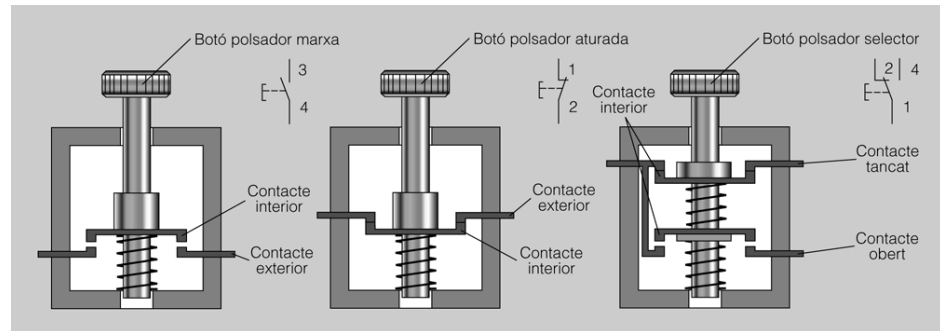
Els elements de comandaments més utilitzats en circuits electropneumàtics són els polsadors, els interruptors i els selectors. Tots tres elements són l'enllaç de la instal·lació electropneumàtica amb l'operari que controla la màquina.

- Els **interruptors** són elements que s'utilitzen per donar o tallar tensió als elements receptors. Tenen dues posicions estables: en una deixa passar la tensió i en l'altra la talla. En la figura 1.20 podeu observar com obre i tanca el contacte elèctric un interruptor.

FIGURA 1.20. Interruptor obert i tancat

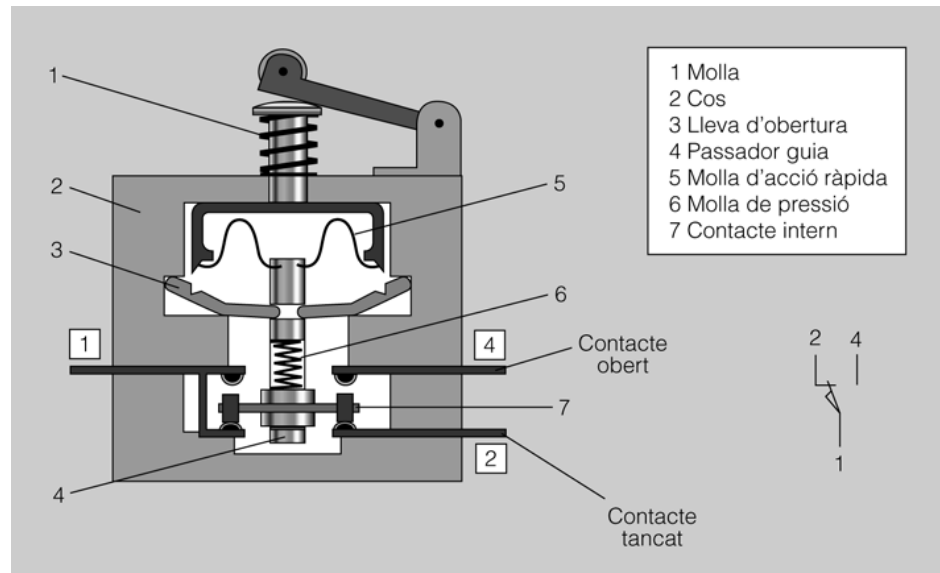
- Els **polsadors** són iguals que els interruptors amb la diferència que només tenen una posició estable, és a dir, quan l'acioneu canvia el seu estat i quan el deixeu torna a l'estat de repòs. Podem trobar polsadors amb un contacte normalment tancat en repòs (aturada) i polsadors amb un contacte normalment obert en repòs (marxa).
- Els **selectors** són una mena d'interruptors que combinen en un sol element un contacte tancat i un contacte obert amb un punt comú. També s'anomenen **commutadors** i s'utilitzen per obrir un circuit i tancar-ne un altre al mateix temps. En la figura 1.21 podeu veure com la composició d'un selector correspon a la unió d'un polsador de marxa i un d'aturada junts.

Podeu veure el funcionament dels interruptors i selectors en l'espai de l'"Aula".

FIGURA 1.21. Polsador de marxa, aturada i selector

1.8.3 Finals de cursa

Els finals de cursa són elements utilitzats en sistemes electropneumàtics per saber en quina posició es troba un cilindre. Podríem dir que són pulsadors automàtics, ja que el seu funcionament és igual que el d'un pulsador, amb la diferència que el pulsador l'acciona una persona i el final de cursa l'acciona algun element en moviment d'una màquina. El seu accionament es fa per mitjà d'una lleva. Poden tenir un contacte normalment tancat, un contacte normalment obert o commutat amb un d'obert i un de tancat. En la figura 1.22 teniu representades les diferents parts d'un final de cursa.

FIGURA 1.22. Final de cursa

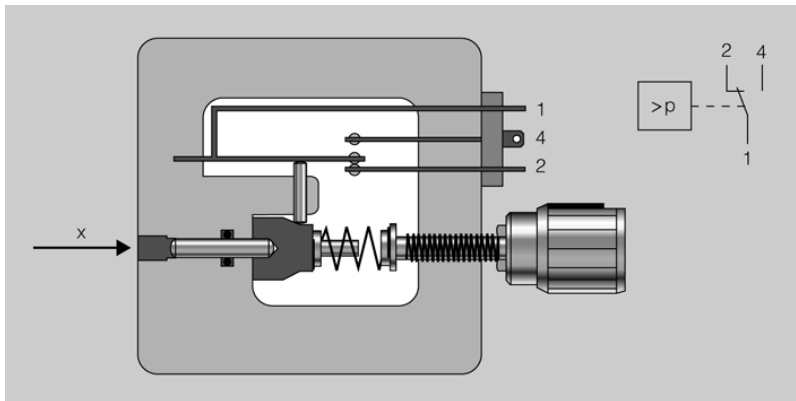
1.8.4 Sensor de pressió

Un sensor de pressió és un element que converteix un senyal pneumàtic en un senyal elèctric: és el que normalment es coneix com a *pressostat*. En la figura 1.23 podeu veure la composició d'un sensor de pressió.

Està format per dues parts:

- Una part que està connectada al circuit pneumàtic, que és on pren la lectura de pressió; té un regulador per tal de fixar el punt a partir del qual es vol que doni un senyal elèctric.
- Una part elèctrica, que és la que donarà un senyal al circuit de control elèctric. Normalment tenen un contacte commutat.

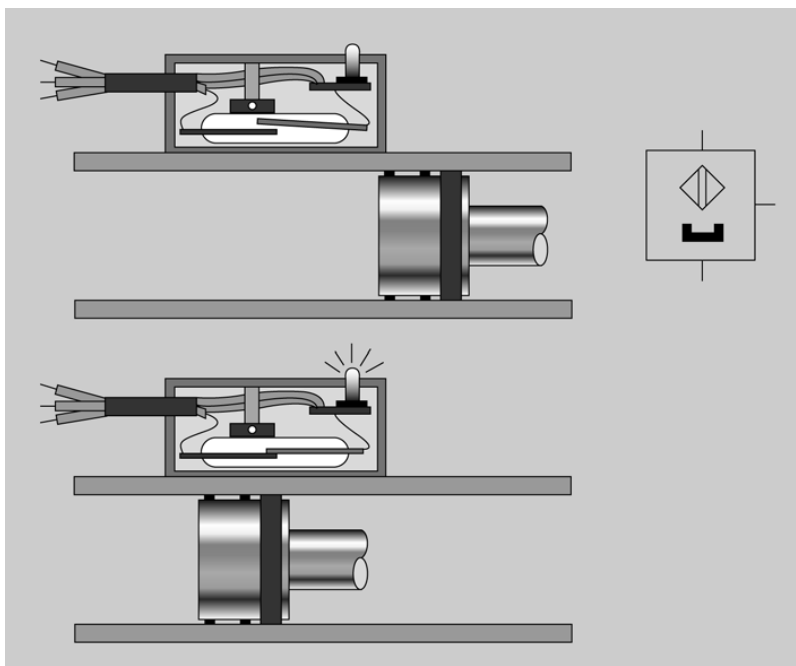
FIGURA 1.23. Sensor de pressió



1.8.5 Sensor de làmines

Els sensors de làmines s'utilitzen bàsicament per detectar la posició d'un cilindre. Són sensors de proximitat que s'actuen de forma magnètica i que estan muntats damunt de la camisa del cilindre. En la figura 1.24 teniu representat com actua el sensor de làmines muntat en un cilindre.

FIGURA 1.24. Sensor de làmines



Estan formats per dues làmines que estan dins d'un tub de vidre ple d'un gas inert. Els èmbols del cilindres tenen al seu voltant un imant en forma d'anell, i quan l'èmbol del cilindre arriba al lloc on hi ha un sensor de làmines el camp magnètic creat per l'imant fa que les làmines del sensor es tanquin i, per tant, doni el senyal que el cilindre ha arribat al lloc.

S'ha de tenir cura de no utilitzar-los en llocs on hi hagi camps magnètics forts, ja que podrien afectar-ne el funcionament.

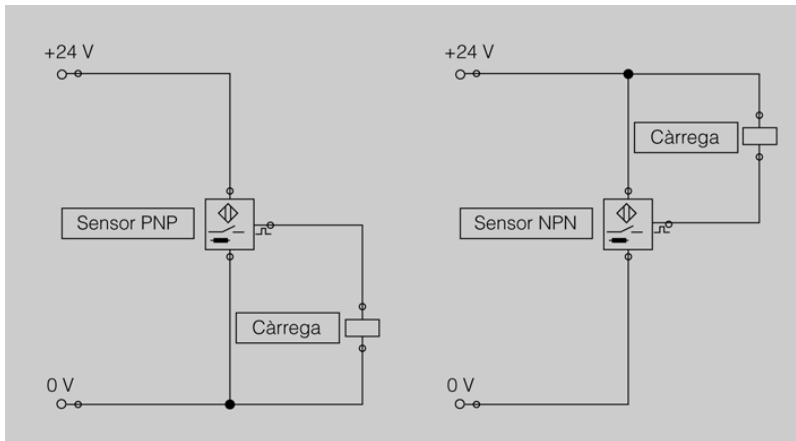
1.8.6 Sensors de proximitat

Els sensors de proximitat són un tipus de sensor electrònic transistoritzat; això vol dir que no té contactes i que per tant no té cap desgast mecànic. N'hi ha de dos, tres i quatre fils, però els més utilitzats són els de tres.

- Els de dos fils es connecten en sèrie amb la càrrega.
- Els de tres fils tenen un cable que és el positiu (marró), un altre que és el negatiu (blau) i un altre que és el senyal (negre). Hi ha sensors que donen senyal quan detecten senyal i d'altres sensors que donen senyal quan no detecten senyal.
- Els de quatre fils són iguals que els de tres però tenen un cable més de senyal (blanc) antivalent al cable de senyal negre. Quan el sensor no detecti cap element, tindrem senyal en el cable blanc i quan detecti quelcom tindrem senyal en el cable negre. En el cas que el sensor estigui espatllat cap dels dos cables donarà senyal.

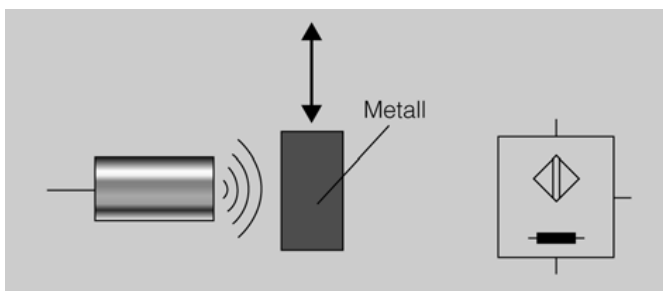
Els sensors de tres fils i els de quatre poden ser de dos tipus: PNP o NPN. En la figura 1.25 teniu representat com es connecten.

- Els **sensors PNP** treballen en lògica positiva; això vol dir que per al cable del senyal donen el positiu i, per tant, l'altra connexió de la càrrega l'hem de connectar al negatiu.
- Els **sensors NPN** treballen en lògica negativa; això vol dir que per al cable del senyal donen el negatiu i, per tant, l'altra connexió de la càrrega l'hem de connectar al positiu.

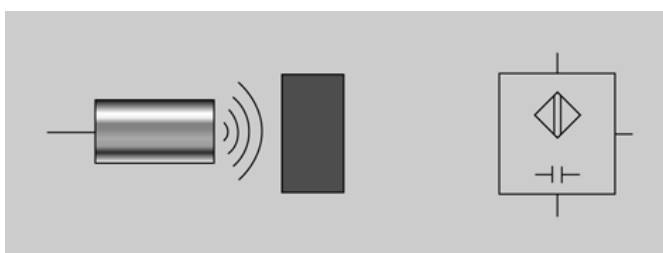
FIGURA 1.25. Connexió de sensors PNP i NPN

Els sensors, segons els materials que detecten, es poden classificar en:

- **Sensors inductius.** Són uns tipus de sensors que detecten tot tipus de metall i materials que són conductors. El seu abast és molt curt i depèn del tipus de metall per detectar. Per exemple, si detecta l'acer a 10 mm, l'alumini el detectarà fins a 3 o 4 mm. En la figura 1.26 podeu veure el símbol i com detecta un sensor inductiu.

FIGURA 1.26. Sensor inductiu

- **Sensors capacitius.** Són uns tipus de sensors que detecten tot tipus de material, ja siguin conductors com els metalls o bé materials aïllants. Tenen un camp d'aplicació molt gran; normalment porten un potenciòmetre ajustable per tal de poder ajustar la sensibilitat del sensor a l'objecte per detectar. En la figura 1.27 podeu veure el símbol i com detecta un sensor capacitatiu.

FIGURA 1.27. Sensor capacitatiu

- **Sensors fotoelèctrics u òptics.** Aquests sensors basen el seu funcionament en un emissor que envia un raig de llum que és rebut per un receptor, i aquest dóna un senyal. En funció del tipus d'emissor i receptor del raig de llum es divideixen en tres tipus:
 - **De barrera.** L'emissor i el receptor estan físicament separats, es poden utilitzar per a la detecció des de materials situats a pocs centímetres fins a 10 metres. L'emissor i el receptor han d'estar molt ben alineats. En la figura 1.28 podeu veure el símbol i com detecta un sensor òptic de barrera.
 - **De reflex.** Està format d'un cos, on hi ha junts l'emissor i el receptor, i una mena de mirall anomenat *catadiòptic*. L'emissor emet un raig de llum, xoca en el catadiòptic i retorna cap al receptor. És molt fàcil d'instal·lar, ja que el catadiòptic pot tenir una desviació respecte a la perpendicular del sensor de 15° cap a l'esquerra o la dreta. En la figura 1.29 podeu veure el símbol i com detecta un sensor òptic de tipus reflex.
 - **De proximitat.** Igual que en el tipus reflex, el de proximitat té al mateix cos l'emissor i el receptor. En aquest cas l'emissor emet el raig de llum i aquest xoca en l'objecte per detectar, retorna al receptor i aquest dóna el senyal. En la figura 1.30 podeu veure el símbol i com detecta un sensor òptic de proximitat.

FIGURA 1.28. Sensor òptic de barrera

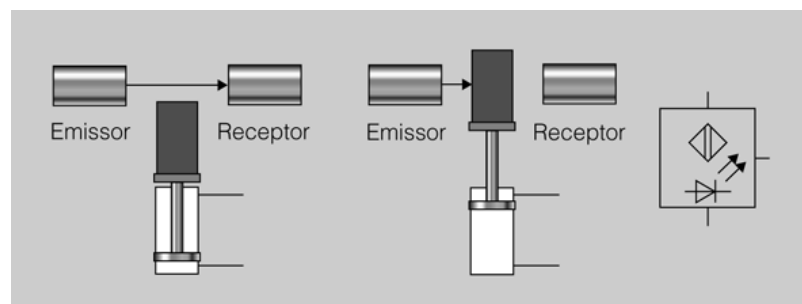


FIGURA 1.29. Sensor òptic de tipus reflex

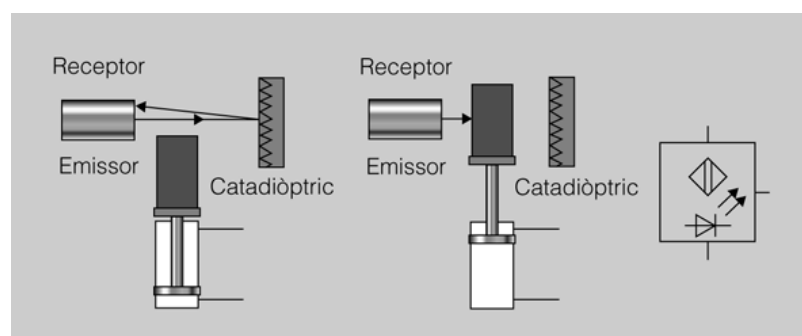
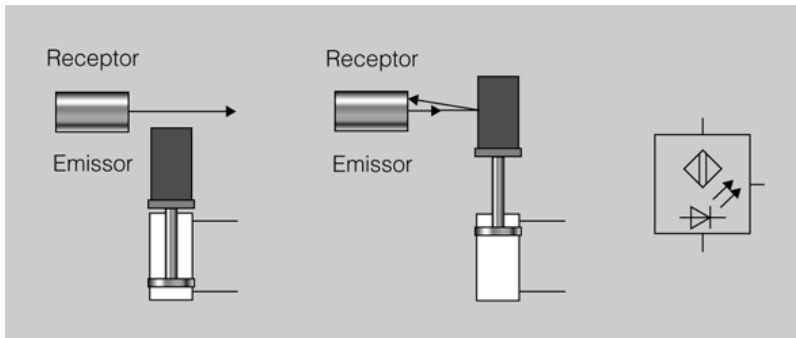
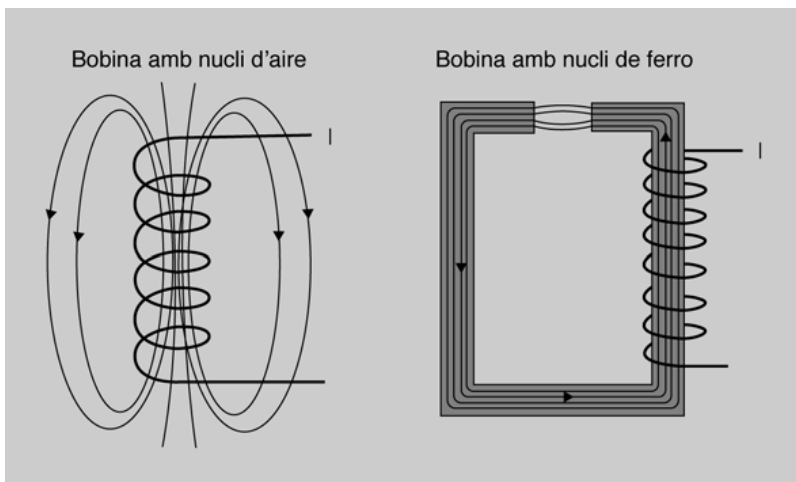


FIGURA 1.30. Sensor òptic de proximitat

També us podeu trobar unes variants d'aquests detectors que van amb fibra òptica i que s'utilitzen quan s'han de detectar peces petites o per treballar en distàncies molt curtes.

1.8.7 Relés auxiliars

Un relé és un element que funciona per un principi electromagnètic. El funcionament bàsic d'un relé es basa en el d'un solenoide. En la figura 1.31 podeu veure com quan un corrent elèctric travessa un conductor, s'hi indueix un camp magnètic que està dispers. Si poseu un nucli de ferro al mig de la bobina, les línies de força magnètiques es canalitzen, la qual cosa fa que la força magnètica sigui molt més gran, ja que es converteix en un imant i, per tant, pot atreure altres peces de ferro.

FIGURA 1.31. Principi de l'electromagnetisme

Un relé està format bàsicament per un electroimant i uns contactes. L'electroimant té un circuit elèctric format per una bobina de coure i un circuit magnètic; el circuit magnètic està dividit en una part que és fixa i una altra que és mòbil, que estan separades per una molla. Els contactes estan units mecànicament a la part mòbil del circuit magnètic i la bobina està enrotllada a la part fixa del circuit magnètic.

Podeu veure el funcionament dels relés en l'espai de l'"Aula".

El seu funcionament és el següent:

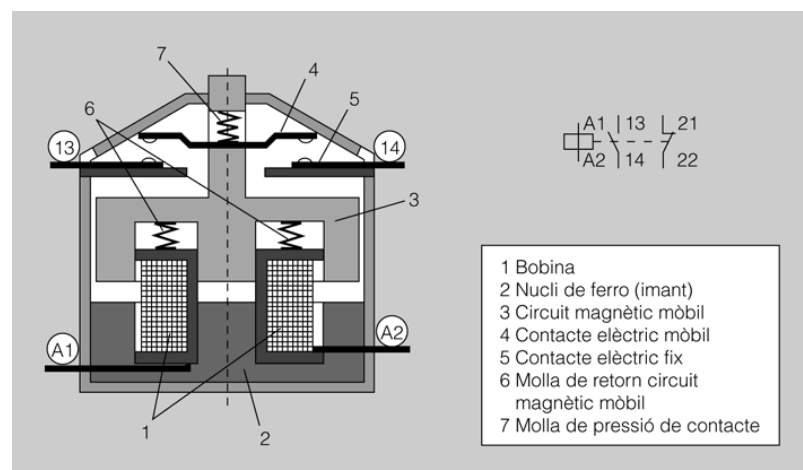
- Quan feu arribar tensió a la bobina es crea un camp magnètic que fa que el circuit magnètic fix es converteixi en imant; això provoca que la part magnètica mòbil sigui atreta per la part fixa i, per tant, els contactes que estan junt a la part magnètica es mouen amb aquesta i canvien de posició.
- Quan traieu la tensió a la bobina la part fixa deixa de ser imant i per tant la molla fa que la part magnètica mòbil torni a la seva posició inicial, i els contactes també tornen a la seva posició inicial.

Les connexions del relé tenen una identificació estàndard. Les dues connexions de la bobina s'anomenen A1 i A2 i els contactes es denominen de la manera següent:

- En la posició de les desenes es representa mitjançant un número la posició que té el contacte dins del relé.
- En la posició de les unitats es representa amb la numeració 3 i 4 si el contacte és obert i 1 i 2 si el contacte és tancat.

Per exemple, un contacte obert que és a la posició 1 s'anomenarà 13 i 14; i un contacte tancat que estigui a la posició 2, s'anomenarà 21 i 22. Us podeu trobar també amb contactes commutat; en aquest cas si, per exemple, és a la posició 2, la numeració seria 21 per al contacte comú, 22 per al contacte tancat i 24 per a l'obert. En la figura 1.32 podeu veure el símbol i la composició d'un relé.

FIGURA 1.32. Composició d'un relé



1.8.8 Temporitzadors

Un temporitzador té un funcionament molt semblant al d'un relé; també està format per una bobina i uns contactes, però amb la diferència que els contactes no actuen al mateix instant que funciona la bobina. N'hi ha de dos tipus:

- **Temporitzador a la connexió.** El temporitzador a la connexió està compost per una bobina i contactes oberts i tancats. Al cap d'un temps d'haver donat tensió a la seva bobina, els seus contactes canvien d'estat (els oberts es tanquen i els tancats s'obren). Quan li traiem tensió a la seva bobina els contactes tornen a l'instant a la seva posició inicial, és a dir, temporitza l'acció dels seus contactes quan el connectem. En la figura 1.33 podeu veure l'esquema de connexió i el diagrama de temps d'un temporitzador en aquesta connexió.

FIGURA 1.33. Esquema del temporitzador a la connexió i el seu diagrama de temps

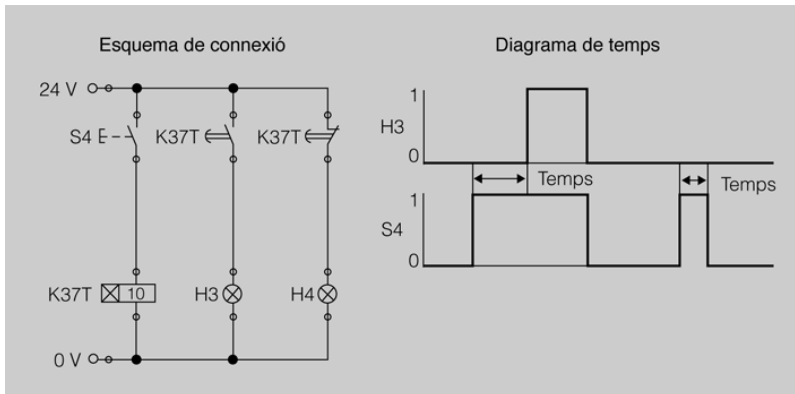
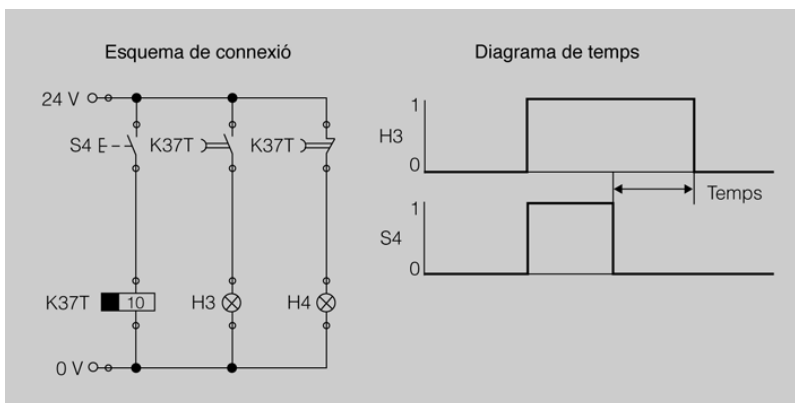


FIGURA 1.34. Esquema del temporitzador a la desconexió i el seu diagrama de temps



- **Temporitzador a la desconexió.** El temporitzador a la desconexió està compost per una bobina i contactes oberts i tancats. Quan li donem tensió a la seva bobina, els contactes canvien d'estat a l'instant (els oberts es tanquen i els tancats s'obren). Al cap d'un temps d'haver tret tensió a la bobina els seus contactes tornen a la posició inicial, és a dir, temporitza l'acció dels seus contactes quan el desconnectem. En la figura 1.34 podeu veure l'esquema de connexió i el diagrama de temps d'un temporitzador en la desconexió.

1.8.9 Comptadors

Un comptador és un element que s'utilitza en pneumàtica per comptar peces o cicles mitjançant senyals elèctrics. N'hi ha de dos tipus: amb preselecció o sense preselecció.

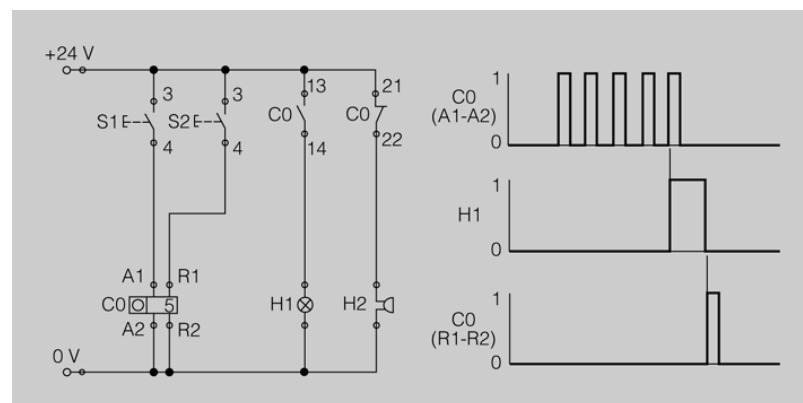
- **Comptadors sense preselecció:** es dediquen a comptar el nombre de senyals que li arriben i guarden el valor.
- **Comptadors amb preselecció:** a més de comptar els impulsos i guardar el valor, permeten preseleccionar un valor concret, i quan el comptador arriba a aquest valor envia un senyal mitjançant els contactes oberts i tancats de què disposa.

Els comptadors amb preselecció poden ser de dos tipus en funció de com fan el comptatge fins al valor preseleccionat:

- **Progressius:** fan el comptatge ascendent, de zero al valor preseleccionat.
- **Regressius:** fan el comptatge descendent, del valor preseleccionat a zero.

En la figura 1.35 podeu veure l'esquema de connexions del comptador amb preselecció regressiu i a la seva dreta el cronograma de funcionament. Té dues bobines, una (A1-A2) que controla el comptatge i una altra (R1-R2) que és la de *reset* per a quan li arriba el senyal que indica que cal inicialitzar el valor de preselecció.

FIGURA 1.35. Comptador amb preselecció. Esquema i cronograma



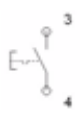
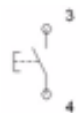

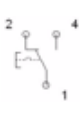








El funcionament és el següent: el comptador s'inicialitza fent un *reset* mitjançant el pulsador S2; en aquest moment el comptador es posa al valor de la preselecció, els contactes estan en posició de repòs i, per tant, no funcionarà la bombeta H1; cada vegada que accionem el pulsador S1 el comptador redueix en una unitat el seu valor i quan arriba a 0 (que ja haurà comptat el valor preseleccionat), canvia l'estat dels contactes, s'acciona H1 i s'atura H2. Per tornar a començar de nou, heu de pulsar S2 i es farà el *reset* de nou.

1.9 Simbologia elèctrica



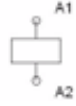





A la taula 1.1 podeu veure els símbols elèctrics més utilitzats en instal·lacions electropneumàtiques.

TAULA 1.1. Simbologia elèctrica

Símbol	Descripció
+24V 	Font d'alimentació elèctrica connexió positiva 24 volts
0V 	Font d'alimentació elèctrica connexió negativa 0 volts
	Interruptor (polsador amb enclavament)
	Polsador de marxa (normalment obert)
	Polsador d'aturada (normalment tancat)
	Commutador (selector)
	Contacte comú obert (obturador)
	Contacte comú tancat (flanquejador)
	Contacte comú commutat (commutador)
	Sensor magnètic (interruptor d'alimentació magnètica)
	Sensor inductiu (interruptor d'alimentació inductiva)
	Sensor capacitiu (interruptor d'alimentació capacitiva)

.....

TAULA 1.1 (continuació)

Símbol	Descripció
	Sensor òptic (interruptor d'alimentació òptica)
	Sensor de pressió (pressòstat)
	Relé
	Temporitzador a la connexió (relé amb desceleració d'arrencada)
	Temporitzador a la desconexió (relé amb desceleració de caiguda)
	Electrovàlvula (solenoides de vàlvula)
	Indicador lluminós
	Indicador acústic

1.10 Elements de seguretat elèctrica

Tensió de seguretat

Quan una persona toca un conductor elèctric amb una tensió inferior a 30 volts això no té cap perill per a la seva integritat. Per això normalment els sistemes electropneumàtics treballen a 24 volts a partir d'un transformador d'aïllament.

El corrent elèctric és una font molt important de riscos elèctrics. Els riscos apareixen per la manipulació de components elèctrics, com ara fonts d'alimentació, sensors, bobines de vàlvules, etc. Aquest riscs poden ser tant per a les persones com per a les instal·lacions.

- Protecció contra contactes amb tensió.
 - Utilització d'una tensió molt baixa de seguretat.
 - Ubicació dels elements elèctrics en caixes adequades i aïllades.
 - Posada a terra. Fusibles, interruptors magnetotèrmics i diferencials.
- Protecció mentre es fa el manteniment i les reparacions.
 - Interruptor principal desconnectat i bloquejat.

- Protecció dels equips de l'ambient de treball.
 - Protecció dels elements davant de l'entrada de pols i cossos estranys.
 - Protecció dels elements davant de l'entrada d'humitat i de projeccions d'aigua.

1.10.1 Efecte del corrent elèctric en el cos humà

L'efecte del corrent elèctric augmenta si la intensitat de corrent és gran. Aquesta intensitat variarà depenent sobretot de la resistència del cos humà:

- Menys de 1.000 ohms. En aquest cas la persona afectada té una gran superfície de contacte amb la part activa elèctrica, té la pell humida i la pell de la persona és molt prima.
- Milions d'ohms. En aquest cas la persona afectada contacta amb la part activa elèctrica amb un punt petit del seu cos, té la pell molt seca i a més és gruixuda.

Podem classificar el valor de la intensitat segon els nivells següents:

- Nivell de percepció: és quan realment no notem el pas de la intensitat i, en aquest cas, no té cap efecte sobre el cos.
- Nivell d'enrampada: per sota d'aquest nivell el corrent elèctric es nota, però no té cap risc per al cos humà. Per sobre d'aquest nivell els músculs es contrauen i això afecta el funcionament del cor.
- Nivell de fibril·lació: per damunt d'aquest nivell podem tenir una parada cardíaca, parada respiratòria i pèrdua del coneixement.

Que hi hagi una intensitat de nivell perillós depèn sobretot dels casos següents:

- Del valor de la tensió que tingui l'element que estem tocant. Per exemple tindrem més perill si el contacte és un element que treballa a 230 volts que si treballa a 24 volts.
- Del valor de la nostra resistència. Per tant, tindrem més perill si estem suats o si tenim la pell molt prima

1.10.2 Dispositius per a la prevenció dels efectes de la intensitat

Els efectes que pot produir la intensitat en una instal·lació electropneumàtica són els curtcircuits i les sobreintensitats, que es protegeixen amb fusibles i interruptors

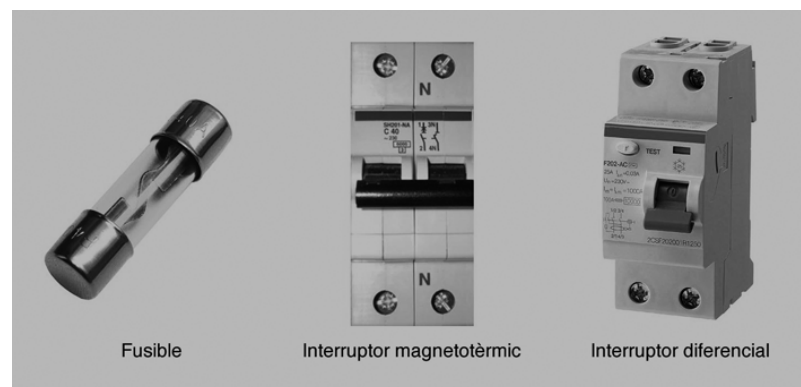
magnetotèrmics, i les fuites a terra, que es protegeixen amb interruptors diferencials. Un circuit o una sobreintensitat pot provocar un incendi en la instal·lació. Una fuga a terra pot provocar danys a les persones.

En un circuit elèctric, s'ha de fer una combinació d'aquests elements de protecció per tal que la seguretat de les instal·lacions i de les persones quedi assegurada.

- Posades a terra. Totes les parts metàl·liques de la màquina s'han de connectar a la xarxa del terra general de la instal·lació. Això es farà amb un cable de color groc-verd.
- Fusibles. Són elements utilitzats per protegir elements elèctrics i electrònics. Cada fusible està marcat a una intensitat concreta. Si el valor de la intensitat que hi passa és superior al valor marcat, el fusible es fon sobre el circuit i no pot passar la intensitat. El fusible està constituït per una làmina o un fil metàl·lic que es fon amb el pas de la intensitat. Hi ha molts tipus de fusibles.
- Interruptor magnetotèrmic. És un aparell que s'utilitza per protegir la instal·lació de curtcircuits i sobrecàrregues. Moltes vegades substitueix els fusibles, ja que tenen l'avantatge que no s'han de canviar perquè quan es disparen es recarreguen de nou i continuen funcionant. Té dues parts: una tèrmica que detecta les sobrecàrregues i una magnètica que detecta els curtcircuits.

Els fusibles més utilitzats són el tipus gI, que són per a circuits de distribució elèctrica, i el tipus aM, que serveixen per protegir motors.

FIGURA 1.36. Aparells de protecció d'instal·lacions elèctriques



- Interruptor diferencial. Aquest element protegeix la instal·lació de fuites a terra i de contactes indirectes. Les fuites a terra es produeixen quan un cable pelat toca una part metàl·lica de la màquina que està connectada a terra. Els contactes indirectes es produeixen quan un cable pelat contacta amb una part metàl·lica d'una màquina; llavors si una persona la toca i a més està tocant el terra, la intensitat circula per la persona fins al terra. Quan detecta que hi ha una diferència de 30 mA entre la intensitat que entra al circuit i la que en surt, l'interruptor desconnecta la tensió, ja que haurà detectat un contacte directe o indirecte. En la figura 1.36 teniu unes imatges corresponents a un fusible, un magnetotèrmic i un diferencial.

1.10.3 Panell de comandament

El panell de comandament està compost fonamentalment per l'interruptor general, el polsador d'aturada d'emergència i els diferents indicadors i polsadors que calen per posar en marxa el sistema.

- Interruptor general. Totes les màquines han de tenir un interruptor general que talli la tensió a tot el quadre de comandament per tal que es pugui fer amb seguretat qualsevol acció de manteniment sobre la màquina. La posició de l'interruptor desconnectat ha d'estar preparada perquè es pugui bloquejar mecànicament, ja que si no qualsevol persona no autoritzada el podria connectar i posar en perill les persones que estiguin fent el manteniment.
- Polsador d'aturada d'emergència. És un polsador bolet, de color vermell i amb el fons de color groc. Quan accionem aquest element, ha de fer que tots els elements actuadors de la màquina s'aturin al més ràpid possible i que, si hi ha peces subjectes, no s'alliberin.
- Polsadors i pilots del procés. És regiran per un codi de colors que ens donaran una idea de la seva funció. Per exemple un polsador vermell servirà per fer una aturada, el color verd indicarà que és per posar en marxa, els pilots de color vermell indicaran un estat anormal (fallada), els grocs indicaran precaució, els verds màquina preparada per començar a treballar, i els blancs volen dir que la màquina està funcionant.

2. Actuadors i vàlvules

En els circuits pneumàtics es poden trobar elements que transformen l'energia de l'aire comprimit en energia mecànica i provoquen un moviment; aquests elements s'anomenen *actuadors pneumàtics*. Si el moviment és lineal l'actuador és un *cilindre pneumàtic* i si és un moviment circular és un *actuador giratori*.

A més de proporcionar moviment en processos i màquines automatitzades, els actuadors també són capaçs, dimensionant-los correctament, de fer una força determinada.

Aquests actuadors fan els seus moviments comandats per les vàlvules que s'encarreguen de dirigir l'aire comprimit per un camí o per un altre en funció de la seqüència de moviments dels cilindres.

2.1 Cilindres

Un cilindre pneumàtic és un element de construcció senzilla, de baix cost i molt fàcil d'instal·lar. El diàmetre del cilindre i la pressió de treball determinen la força màxima que podrà fer.

Hi ha una gran varietat de cilindres:

- Cilindres d'efecte simple.
 - Cilindre sense molla.
 - Cilindre amb molla, ressort d'entrada.
 - Cilindre amb molla, ressort de sortida.
 - Cilindres elàstics.
- Cilindre d'efecte doble:
 - Cilindre amb amortiment.
 - Cilindre de tija doble.
 - Cilindre en tàndem.
 - Cilindre multiposicional.
 - Cilindre amb unitat de bloqueig.
 - Cilindre sense tija.
 - Cilindre rotatiu i actuador semigiratori.
 - Pinces pneumàtiques.

2.1.1 Cilindre d'efecte simple

Els cilindres d'efecte simple només reben l'aire per una connexió. Això vol dir que només poden fer força en un sentit. El retorn del cilindre s'encarregarà de fer-lo una molla, una membrana o la càrrega mateixa. Normalment el seu recorregut és curt.

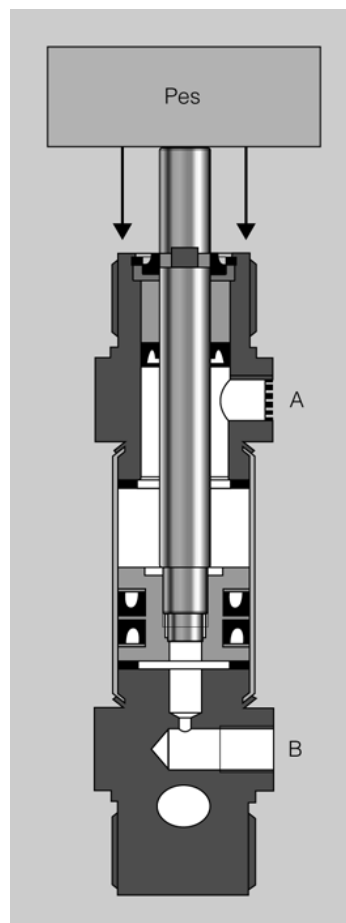
Les aplicacions més utilitzades són:

- Alliberar peces
- Bifurcar
- Subjectar
- Expulsar

Cilindre d'efecte simple sense molla

En aquest tipus de cilindre hem de donar pressió a la seva connexió (B de la figura 2.1) per tal que faci el moviment.

FIGURA 2.1. Cilindre d'efecte simple sense molla



Perquè torni a la posició inicial, ha d'actuar a sobre seu la gravetat o una força externa. És un cilindre que només fa força en un sentit i normalment el seu recorregut no arriba a més de 100 mm.

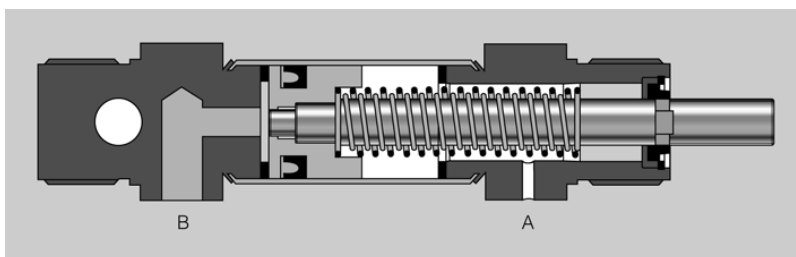
En la figura 2.1 podeu veure la representació d'un cilindre d'efecte simple sense molla; observeu que el punt marcat amb la A, tot i que sembla una connexió, és un drenatge de l'aire que és expulsat del cilindre quan aquest és mou. Si aquest drenatge A estigués tancat, quan donem pressió en B per moure el pistó, es crearia una contrapressió que dificultaria la sortida del pistó. També podem veure que quan deixem de donar pressió pel punt B, el pes que es troba damunt el cilindre farà retrocedir el pistó.

Cilindre d'efecte simple amb molla

Els cilindres d'efecte simple amb molla tenen sempre una posició de repòs que serà aquella a la qual el porta la molla. En la figura 2.2 podeu veure la representació d'un cilindre d'efecte simple amb molla. Observeu que perquè el cilindre faci el treball, s'ha de donar pressió per B, amb la qual cosa el cilindre farà un recorregut. Per tal que retorni, només s'ha de treure pressió del punt B i la molla s'encarregarà que el cilindre retorni a la seva posició inicial. També podem apreciar que el punt A serveix per drenar l'aire que surt del cilindre quan aquest guanya a la força de la molla. Si quan surt el cilindre tapeu el punt A es crearà una contrapressió que evitarà que el cilindre pugui sortir del tot. De manera semblant quan el cilindre retorna per la força de la molla, si tapeu el punt A es crearà una força de buit que no deixarà retornar del tot el cilindre.

El cilindre representat en la figura 2.2 és un cilindre d'efecte simple amb molla i retorn d'entrada; això vol dir que quan no li donem pressió per B la molla fa que entri. Hi ha altres cilindres d'efecte simple amb molla que s'anomenen de *ressort de sortida*; això vol dir que quan no li donem pressió la molla fa que el cilindre surti.

FIGURA 2.2. Cilindre d'efecte simple amb molla



Cilindre elàstic

És un tipus de cilindre d'efecte simple. Podríem dir que hi ha tres tipus de cilindres elàstics:

1. Cilindre de membrana
2. Cilindre de molla
3. Múscul pneumàtic

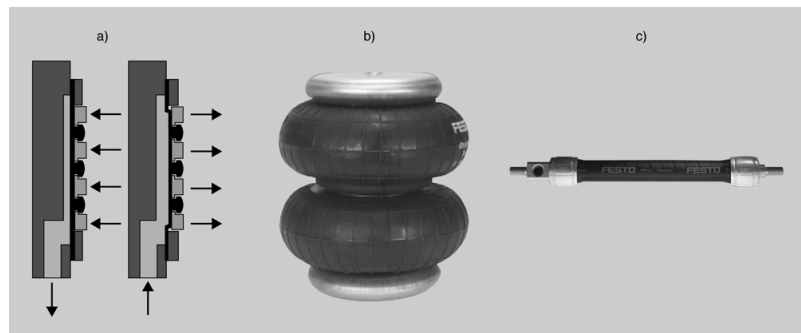
En la figura 2.3 podeu veure representats els tres tipus de cilindres elàstics.

El **cilindre de membrana** (figura 2.3a), tal com podem apreciar, s'utilitza per a recorreguts curts i la seva aplicació principal és la de subjectar objectes.

El **cilindre de molla** (figura 2.3b) es pot moure en qualsevol direcció a causa de la seva elasticitat. Heu de tenir molta cura de limitar l'extensió del cilindre. Mai no s'han de pressuritzar sense càrrega, ja que podria provocar danys a màquines i operaris. Es poden utilitzar com a molles d'aire i són ideals per aïllar les vibracions de les càrregues suportades en un cilindre d'una gran superfície, la qual cosa permet que faci forces grans i, per tant, que pugui aixecar objectes de molt de pes, com cotxes, rails de trens, etc.

El **múscul pneumàtic** (figura 2.3c) és un tipus de cilindre d'efecte simple que s'utilitza en moltes aplicacions, com per exemple aixecar pesos, frens, com a esmortidor en càrregues, vibrador, etc.

FIGURA 2.3. Cilindres d'efecte simple elàstic



2.1.2 Cilindre d'efecte doble

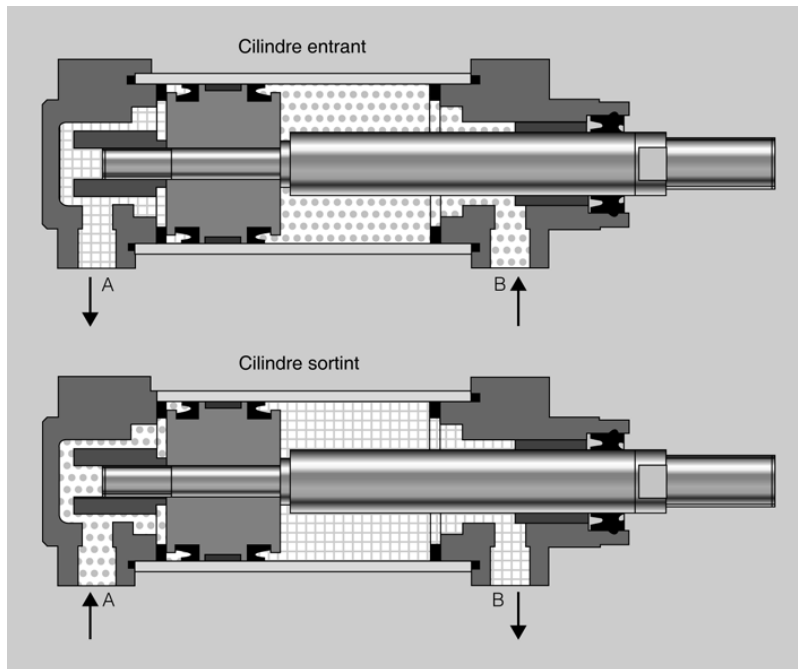
Els cilindres d'efecte doble constructivament són molt semblants als d'efecte simple, amb la diferència que no tenen molla de reposició i a més tenen dos punts de connexió, que seran alternativament entrada i sortida d'aire.

Tenen l'avantatge, respecte al d'efecte simple, que poden fer treballs en els dos sentits i que els recorreguts obtinguts són més grans.

La força que fa un cilindre és proporcional a la pressió i a la secció. En un cilindre d'efecte doble amb tija, com que quan surt té una secció més gran que quan retrocedeix, la força que farà a la sortida serà més gran; en canvi, la velocitat quan retorni serà més gran que quan surti, ja que la cambra d'aire que es forma en entrar és més petita que la que es forma en sortir, i amb el mateix cabal trigarà menys temps a omplir la cambra de retorn.

En la figura 2.4 podeu veure la representació d'un cilindre d'efecte doble quan entra i quan surt; observeu en la figura del cilindre entrant, que perquè el pistó del cilindre entri s'ha de donar aire a pressió per la connexió B i obrir la connexió A per a l'escapament de l'aire. En canvi, podeu observar en la imatge del cilindre sortint, que perquè el cilindre surti s'ha de donar aire a pressió per la connexió A i obrir la connexió B per a l'escapament.

FIGURA 2.4. Cilindre d'efecte doble

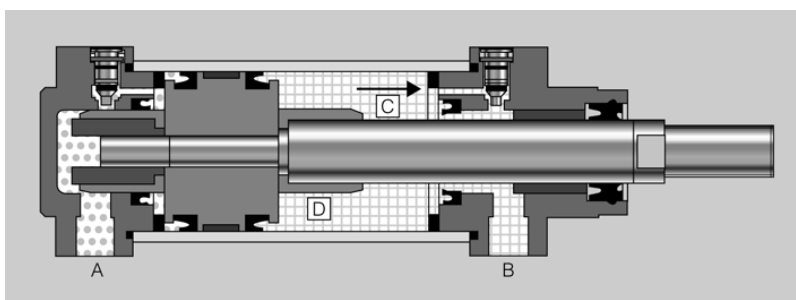


Cilindre amb amortiment

El cilindre amb amortiment pertany al grup dels d'efecte doble, i a més té amortiment regulable, que porten molts cilindres i serveix per evitar els cops secs quan un cilindre acaba el seu recorregut.

En la figura 2.5 podeu veure la representació d'un cilindre d'efecte doble amb amortiment; podeu veure on hi ha la lletra D que la tija és una mica més gruixuda. Quan doneu pressió en A, la tija comença a sortir fins que la part D arriba a taponar la sortida directa d'aire; això fa que es formi un coixí d'aire que frena la sortida del cilindre, i llavors l'aire només pot sortir pel forat C, que està escanyat per un cargol, cosa que fa que aquest últim recorregut el faci a una velocitat més baixa, amb la qual cosa en queda esmorteïda l'arribada.

FIGURA 2.5. Cilindre d'efecte doble amb amortiment



A vegades, en cilindres petits, s'utilitza un **amortidor elàstic**, que consisteix en un anell elàstic de goma col·locat en l'èmbol, que s'encarrega d'absorbir el xoc; en aquest cas és un amortidor fix.

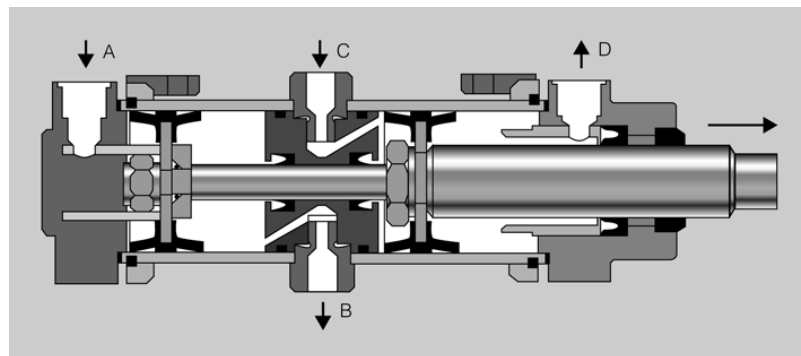
Un altre tipus d'amortidor és l'hidràulic, que s'utilitza en aplicacions en què hi ha problemes de frenada de massa. La col·locació és exterior i actuen directament sobre la massa mòbil.

Cilindre en tàndem

El cilindre en tàndem consisteix en un conjunt de dos cilindres d'efecte doble. En la figura 2.6 podeu veure la representació d'un cilindre en tàndem; observeu-ne el disseny i comproveu que l'aplicació a la vegada de pressió en els dos èmbols pels punts A i C, li permet, quan surt, gairebé duplicar la força. Quan apliquem pressió al mateix temps a les connexions A i C, la força quedarà duplicada, i tot això seria respecte a l'ús d'un sol cilindre del mateix diàmetre.

Aquest tipus de cilindre s'utilitzarà en els casos que ens faci falta molta força i ens trobem que tenim poc espai. No ens caldrà un cilindre amb un diàmetre gran, però ens farà falta més espai pel que fa a la seva longitud.

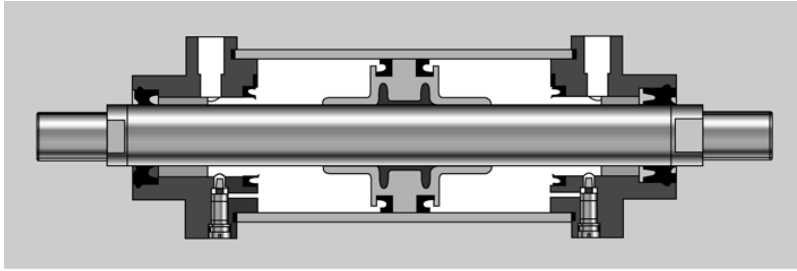
FIGURA 2.6. Cilindre en tàndem



Cilindre amb tija doble

El cilindre amb tija doble presenta la particularitat que té una tija per cada costat. Un gran avantatge d'aquest tipus de cilindre és que permet esforços transversals més grans, ja que la tija està molt més ben recolzada pel fet de tenir guies pels dos costats. En ser iguals els èmbols i, per tant, les dues seccions de treball, les forces, tant quan el cilindre surt com quan entra, són iguals. En la figura 2.7 podeu veure la representació d'un cilindre amb tija doble.

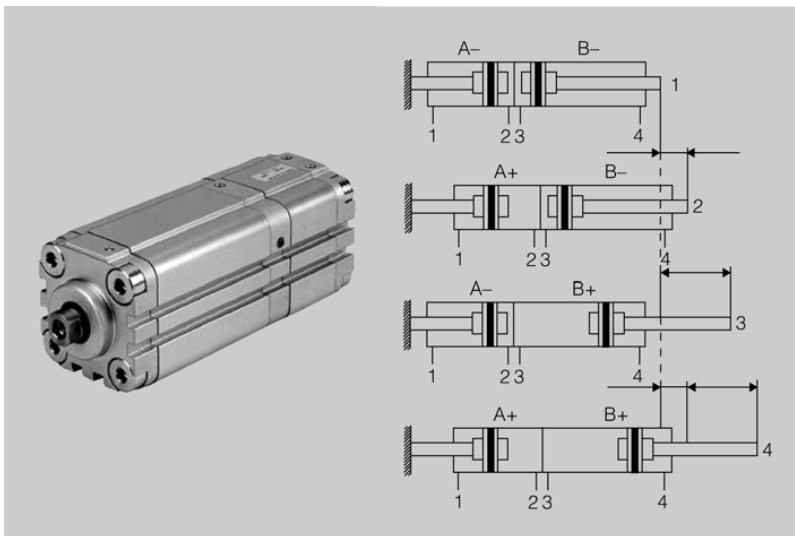
La tija pot tenir un forat transversal, la qual cosa permet que passi pel mig qualsevol cable o tub que ens interressi. Moltes vegades el forat s'utilitza per connectar una ventosa al final de la tija, i es fa servir com a conducte per produir el buit.

FIGURA 2.7. Cilindre amb tija doble

Cilindre multiposicional

Els cilindres multiposicionals estan formats per dos o més cilindres d'efecte doble. En el cas d'un cilindre multiposicional de quatre posicions, està format de dos cilindres d'efecte doble, i normalment un cilindre té el doble de recorregut que l'altre. En la figura 2.8 podeu veure la imatge d'un cilindre multiposicional i l'esquema amb les quatre posicions que pot obtenir actuant de la manera següent:

1. Donar pressió al punt 1 del cilindre A i al punt 4 del cilindre B
2. Donar pressió al punt 2 del cilindre A i al punt 4 del cilindre B
3. Donar pressió al punt 1 del cilindre A i al punt 3 del cilindre B
4. Donar pressió al punt 2 del cilindre A i al punt 3 del cilindre B

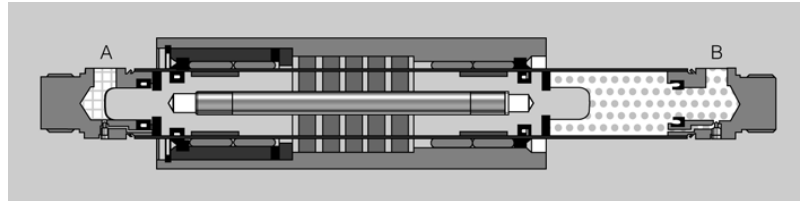
FIGURA 2.8. Cilindre d'efecte doble multiposicional de quatre posicions

Cilindre sense tija

A vegades, és un inconvenient el fet que un cilindre gairebé dupliqui la seva longitud quan està expandit, sobretot en recorreguts llargs. En aquests casos s'aconsella fer servir els cilindres sense tija. Podeu trobar dues variants de cilindres sense tija:

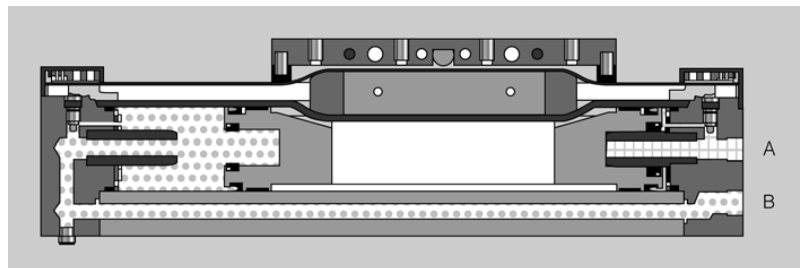
a) Cilindres sense tija de transmissió magnètica. En aquest cas l'èmbol no està enganxat al carro i utilitza la força magnètica per moure'l. L'èmbol té uns imants i és mogut per l'aire lliurement per dins de la camisa (mitjançant les connexions A i B) i gràcies a aquests imants arrossega magnèticament al carro, que també té d'altres imants. Un inconvenient és que no pot arrossegar grans masses, ja que es podrien desacoblar els imants de l'èmbol i del carro. En la figura 2.9 podeu veure la representació d'un cilindre sense tija i de transmissió magnètica.

FIGURA 2.9. Cilindre sense tija de transmissió magnètica



b) Cilindres sense tija de transmissió mecànica. En aquest cas l'èmbol està enganxat físicament al carro. L'èmbol es mou lliurement per l'interior de la camisa i arrossega el carro per l'exterior. Mitjançant una junta coberta d'un fleix metàl·lic es cobreix la ranura oberta en la camisa, i això fa que el cilindre tingui un tancament hermètic. En la figura 2.10 podeu veure la representació d'un cilindre sense tija i de transmissió mecànica.

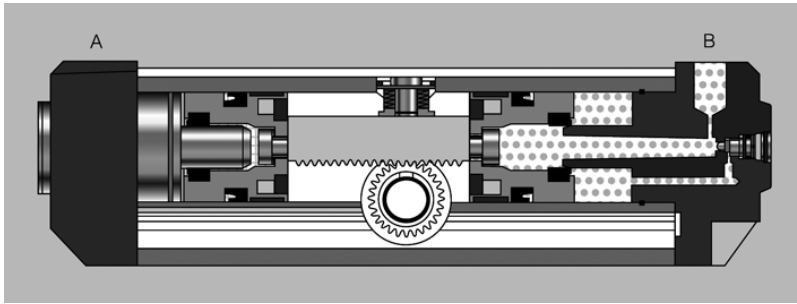
FIGURA 2.10. Cilindre sense tija de transmissió mecànica



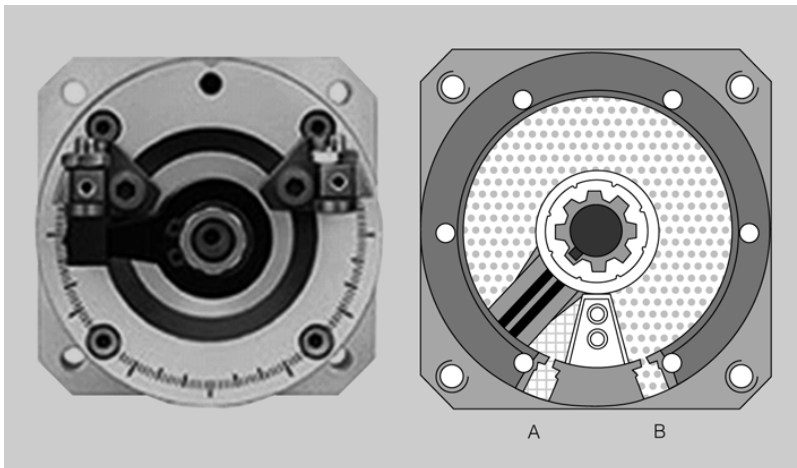
Cilindre rotatiu i actuator semigiratori

Mitjançant l'aire comprimit, a més de poder treballar amb moviments lineals, també es poden aconseguir moviments rotatius. Els elements que provoquen aquests moviments són:

- **Cilindre rotatiu.** En aquest cas, la tija té un perfil de cremallera que a la vegada activa una roda dentada; això fa que quan es mou la tija es transformi el moviment lineal en moviment circular en la roda dentada. En aquest tipus de cilindre es pot aconseguir un angle de gir de 360° cap a l'esquerra o cap a la dreta. En la figura 2.11 podeu veure la representació d'un cilindre rotatiu.

FIGURA 2.11. Cilindre rotatiu

- **Actuador semicircular** (figura 2.12). Aquest actuador està compost per una aleta que gira al voltant d'un eix; quan li arriba pressió per un costat es provoca el moviment de l'aleta i, per tant, el moviment de l'eix. Com que és un cilindre d'efecte doble, si li entra aire per l'altra banda, l'eix girarà en sentit contrari. Es pot aconseguir un angle de gir de 270° cap a la dreta o cap a l'esquerra. Normalment porta uns bloquejos per regular l'angle que ha de fer.

FIGURA 2.12. Actuador semicircular

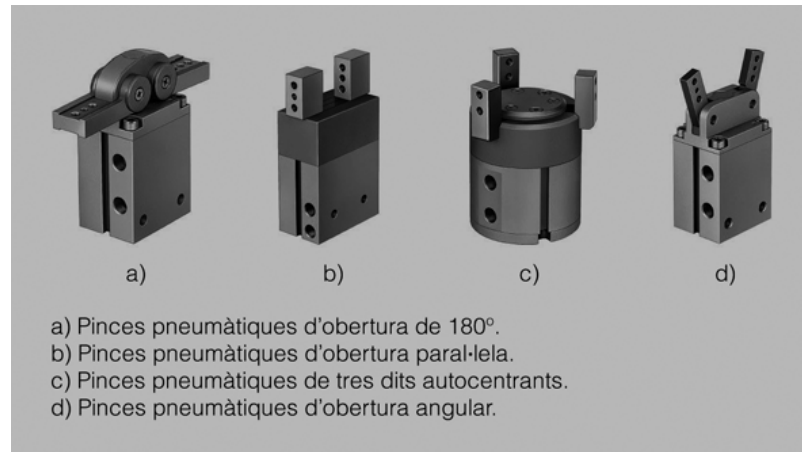
Pinces pneumàtiques

Un altre tipus de cilindre d'efecte doble és la pinça pneumàtica, en la qual també es troben les dues connexions d'aire. La seva funció més normal és la d'agafar i deixar peces, i normalment estan associades a d'altres cilindres, que són els encarregats de portar la peça agafada d'un lloc a un altre.

En la figura 2.13 podeu veure la imatge de diferents tipus de pinces, adaptades als diferents tipus de subjecció que poden interessar en funció de la peça que cal manipular:

- Pinces pneumàtiques d'obertura de 180°
- Pinces pneumàtiques d'obertura paral·lela
- Pinces pneumàtiques de tres dits autocentrants
- Pinces pneumàtiques d'obertura angular

FIGURA 2.13. Tipus de pinces



2.1.3 Càlculs de forces i pressió en cilindres

La unitat de força que s'utilitza normalment en el càlcul de cilindres és el **newton** (N) o el kilogram força (kgf) i la unitat de pressió és el **bar**.

A continuació es detallen les equivalències:

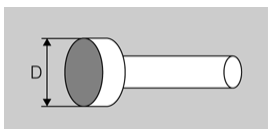
- 1 bar són 10 N/cm²
- 1 bar són 1 kgf/cm²
- 1 bar són 14,5 psi

La relació entre les unitats de força és la següent:

$$10 \text{ N} = 1 \text{ kgf}$$

Càlcul de la força desenvolupada per un cilindre quan surt

La força teòrica desenvolupada per un cilindre quan surt es calcula multiplicant l'àrea efectiva de l'èmbol per la pressió aplicada. Per facilitar el càlcul, posarem la pressió en N/cm²; per fer això hem de multiplicar la pressió aplicada per 10. Per exemple, si tenim una pressió de 6 bars, l'expressarem com 60 N/cm².



Superfície útil sortint

$$F_{surt} = A \cdot P = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P \text{ [N]}$$

A on:

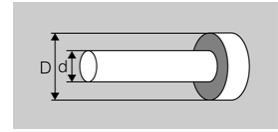
- F_{surt} = força desenvolupada, expressada en Newtons
- P = pressió aplicada a la superfície, expressada en N/cm²
- D = diàmetre de l'èmbol, expressat en cm

Psi (*pounds per square inch*) és la unitat de pressió del sistema mètric anglosaxó equivalent a 1 lliura per polzada quadrada.

Càlcul de la força desenvolupada per un cilindre quan entra

La força teòrica desenvolupada quan un cilindre entra es calcula multiplicant l'àrea efectiva de l'èmbol per la pressió de treball.

L'àrea efectiva de l'èmbol quan entra serà més petita que quan surt, ja que li hem de restar la superfície de la tija. Això implica que com que té menys secció en entrar que en sortir, la força que farà també serà més petita.



Superfície útil retornant

$$F_{entr} = A \cdot P = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot P \text{ [N]}$$

A on:

- F_{entr} = força desenvolupada expressada en Newtons
- P = pressió aplicada a la superfície, expressada en N/cm²
- D = diàmetre de l'èmbol, expressat en cm
- d = diàmetre de la tija, expressat en cm

Amb tot això, si volem saber la força real, hauríem de descomptar un 10% al valor que obtinguem; aquest 10% serien pèrdues per fregament.

Exemples de càlculs de forces i de pressions

Exemple de càlcul de forces i de pressions (1)

Tenim un cilindre d'efecte senzill, l'èmbol del qual és de 10 mm de diàmetre, i li apliquem una pressió de 6 bars.

1. Quina serà la força desenvolupada quan surti?
2. Quina serà la força que desenvoluparia si li apliquem 10 bars?

Solució

1. La força sortint serà:

$$F_{surt} = A \cdot P = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P \text{ [N]}$$

El primer que hem de fer és convertir la pressió a N/cm².

$$P = 6 \text{ bar} = 6 \cdot 10 \text{ N/cm}^2 = 60 \text{ N/cm}^2$$

$$F_{surt} = A \cdot P = \frac{\pi \cdot 1^2}{4} \cdot 60 = 46,8 \text{ [N]}$$

Si volguéssim expressar la força en kgf, hauríem de dividir els N entre 10 i, per tant, resultarien 4,68 kgf.

2. La força desenvolupada si apliquem 10 bars al cilindre serà:

$$F_{surt} = A \cdot P = \frac{\pi \cdot 1^2}{4} \cdot 100 = 78 \text{ [N]}$$

Amb aquest exemple podeu veure que una manera d'augmentar la força d'un cilindre és donar-li més pressió.

Exemple de càlcul de forces i de pressions (2)

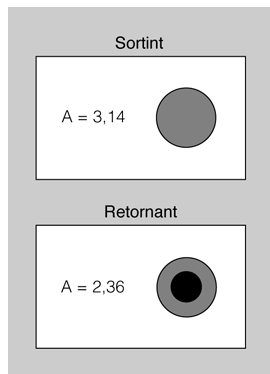
Quina secció d'èmbol faria falta en un cilindre d'efecte simple per moure una càrrega de 500 N si està sotmès a 5 bars?

Solució

El primer que heu de fer és convertir la pressió a N/cm².

$$P = 5 \text{ bar} = 5 \cdot 10 \text{ N/cm}^2 = 50 \text{ N/cm}^2$$

$$A = \frac{F}{P} = \frac{500 \text{ N}}{50 \text{ N/cm}^2} = 10 \text{ cm}^2$$



Superfícies útils sortint i retornant

Exemple de càlcul de forces i de pressions (3)

Tenim un cilindre d'efecte doble amb un èmbol de 20 mm de diàmetre i una tija de 10 mm de diàmetre. Està sotmès a una pressió de 6 bars.

1. Quina serà la força desenvolupada quan surt?
2. Quina serà la força desenvolupada quan entra?

La força, l'heu d'expressar en N i en kgf.

Solució

1. Força desenvolupada sortint:

$$F_{surt} = A \cdot P = \frac{\pi \cdot 2^2 \text{ cm}^2}{4} \cdot 60 \text{ N/cm}^2 = 188,4 \text{ N}$$

Si volem expressar la força en kgf, hem de dividir els N entre 10 i, per tant, ens quedaran 18,84 kgf.

2. Força desenvolupada entrant:

$$F_{entr} = A \cdot P = \frac{\pi \cdot (2^2 \text{ cm}^2 - 1^2 \text{ cm}^2)}{4} \cdot 60 \text{ N/cm}^2 = 141,6 \text{ N}$$

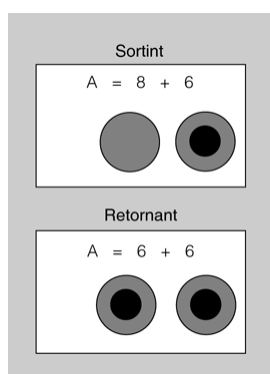
Si volem expressar la força en kgf, hem de dividir els N entre 10 i, per tant, ens quedaran 14,16 kgf.

Amb aquests càlculs, queda clar que la força que desenvolupa un cilindre d'efecte doble és més gran quan surt que quan entra.

Si donem pressió al mateix temps a les dues connexions del cilindre, l'èmbol sortirà. Només en els casos de cilindres de doble tija o sense tija l'èmbol es queda aturat, ja que les dues seccions són iguals i, per tant, les forces són les mateixes, amb la qual cosa es manté en equilibri.

Exemple de càlcul de forces i de pressions (4)

Tenim un cilindre d'efecte doble que en entrar i en sortir ha d'arrossegar una càrrega de 30 kgf. El diàmetre de l'èmbol és de 30 mm i el de la tija, de 20 mm.



Superfície útil sortint i retornant

1. Quina serà la pressió mínima que farà falta per moure la càrrega quan surti el cilindre?
2. Quina serà la pressió mínima que farà falta per moure la càrrega quan entri el cilindre?

Solució

1. Pressió mínima que fa falta sortint:

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

Primer heu de calcular la secció efectiva del cilindre quan surt.

$$A = \frac{\pi \cdot 9 \text{ cm}^2}{4} = 7,06 \text{ cm}^2$$

$$P = \frac{300 \text{ N}}{7,06 \text{ cm}^2} = 42,4 \text{ N/cm}^2$$

Si 10 N/cm² és igual a 1 bar, 42,4 N/cm² serà igual a 4,24 bars.

2. Pressió mínima que fa falta entrant.

Primer hem de calcular la secció efectiva del cilindre quan entra:

$$A = \frac{\pi \cdot (9 \text{ cm}^2 - 4 \text{ cm}^2)}{4} = 3,92 \text{ cm}^2$$

$$P = \frac{300 \text{ N}}{3,92 \text{ cm}^2} = 76,5 \text{ N/cm}^2$$

Si 10 N/cm² és igual a 1 bar, 76,5 N/cm² serà igual a 7,65 bars.

Exemple de càlcul de forces i de pressions (5)

Tenim un cilindre en tàndem amb uns èmbols de 8 cm² i les seves tiges són de 2 cm². La pressió de treball és de 8 bars.

1. Quina serà la força desenvolupada sortint?
2. Quina serà la força desenvolupada entrant?
3. Quina seria la força entrant i sortint si fos un cilindre normal?

Solució

1. Força desenvolupada sortint:

$$F_{surt} = A \cdot P = 14 \text{ cm}^2 \cdot 80 \text{ N/cm}^2 = 1.120 \text{ N}$$

2. Força desenvolupada entrant:

$$F_{entr} = A \cdot P = 12 \text{ cm}^2 \cdot 80 \text{ N/cm}^2 = 960 \text{ N}$$

3. Força entrant i sortint d'un cilindre normal:

$$F_{surt} = A \cdot P = 8 \text{ cm}^2 \cdot 80 \text{ N/cm}^2 = 640 \text{ N}$$

$$F_{entr} = A \cdot P = 6 \text{ cm}^2 \cdot 80 \text{ N/cm}^2 = 480 \text{ N}$$

Podem deduir que amb un cilindre tàndem, respecte a un cilindre normal de la mateixa secció, gairebé dupliquem la força desenvolupada quan surt i la dupliquem quan entra.

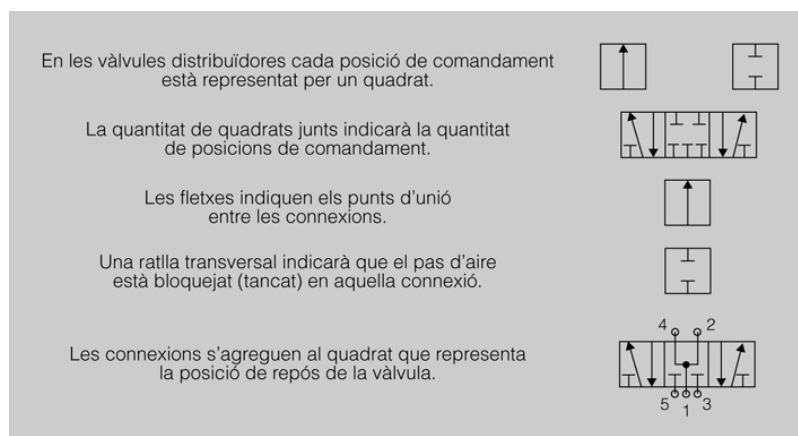
2.2 Vàlvules

Les vàlvules s'encarreguen d'encaminar l'aire comprimit per les diferents vies dels cilindres fent que entri o surti. Segons el seu funcionament es classifiquen en:

- Vàlvules distribuïdores (de vies).
- Vàlvules de bloqueig.
- Vàlvules de pressió.
- Vàlvules d'estrangulació.
- Vàlvules de tancament.

Els símbols gràfics segons l'ISO 1219 representen el funcionament de les vàlvules, no la seva construcció. En la figura 2.14 podeu veure la representació gràfica de les diferents parts d'una vàlvula.

FIGURA 2.14. Representació de vàlvules



En la taula 2.1 teniu les diferents maneres d'identificar les connexions de les vàlvules.

TAULA 2.1. Designació de les connexions de les vàlvules distribuïdores

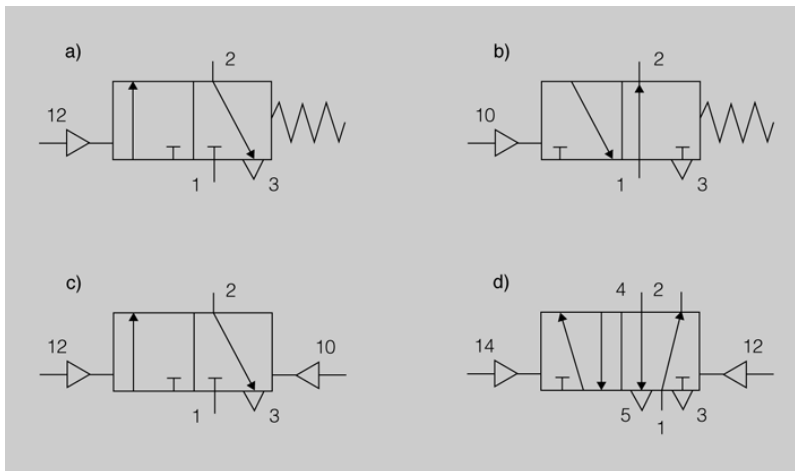
Denominació	DIN ISO 5599	Lletres
Connexió d'aire a pressió	1	P
Escapament d'aire	3, 5	R, S (EA, EB)
Sortides a cilindres	2, 4	A, B
Comandament. Unió de connexió 1 i 2	12	X
Comandament. Unió de connexió 1 i 4	14	Y
Comandament. Cancel·la la connexió 1 i 2	10	Z

En la figura 2.15 podeu veure les diferents maneres de numerar el pilotatge pneumàtic en funció la manera de donar pressió.

- Si quan donem pressió s'uneixen les connexions 1 i 2, el pilotatge tindrà el número 12
- Si quan donem pressió tалlem les connexions 1 i 2, el pilotatge tindrà el número 10. Aquesta numeració només es fa servir a les vàlvules 3/2
- Aquí podem veure els dos casos anteriors
- Si quan donem pressió s'uneixen les connexions 1 i 4, el pilotatge tindrà el número 14

El pilotatge pneumàtic és un sistema de control que pressionant fa que una vàlvula pugui canviar de posició.

FIGURA 2.15. Numeració dels pilotatges



2.2.1 Vàlvules distribuïdores

Les vàlvules de control direccional són elements que serveixen per distribuir l'aire comprimit segons les nostres necessitats. Fan la distribució obrint o tancant el pas de fluid pels diferents orificis.

Les característiques generals de les vàlvules són:

- El nombre de vies. Orificis de què disposa la vàlvula per distribuir l'aire comprimit. Poden ser de 2, 3, 4 i 5 vies.
- El nombre de posicions. Nombre d'estats diferents que la vàlvula pot adoptar. Poden tenir 2 o 3 posicions.

En funció del nombre d'estats estables que pot adoptar s'anomenen:

- Monoestables:** tenen només una posició estable amb un únic comandament i retorna a la seva posició inicial per l'acció d'una molla.
- Biestables:** tenen dues posicions estables amb dos comandaments.

Quan estem en un entorn industrial amb molts cilindres funcionant a la vegada, es crea una contaminació acústica molt important que va en contra de la salut dels treballadors. Aquest soroll és creat per l'aire en sortir a l'atmosfera; per evitar o minimitzar aquest efecte s'utilitzen els silenciadors. Aquests elements normalment van roscats als escapaments de les vàlvules (connexions 3 i 5). Poden ser de plàstic o de material sintètic i la forma que tenen normalment és cilíndrica o rectangular.

Vàlvula 2/2 (dues vies i dues posicions)

La vàlvula 2/2 obre o talla el pas d'aire entre dos punts. Pot ser normalment oberta o normalment tancada.

La normalment oberta, en repòs, és a dir, sense accionar, deixa passar l'aire entre les connexions 1 i 2 i si s'acciona talla el pas d'aire.

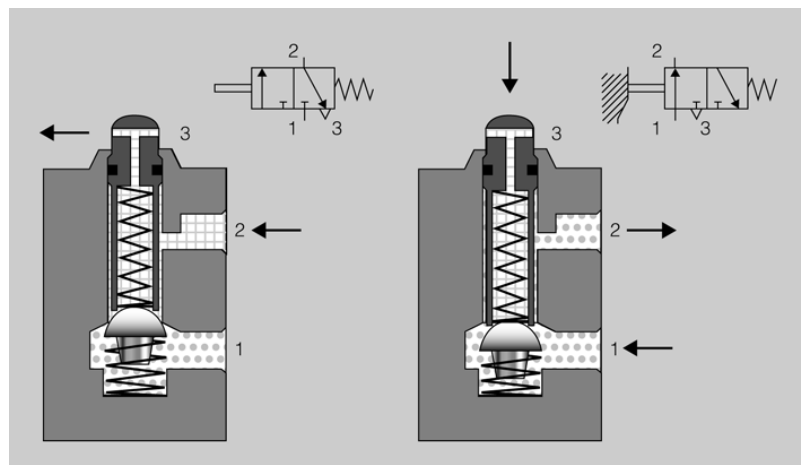
La normalment tancada, en repòs, no deixa passar l'aire entre les connexions 1 i 2 i si s'acciona deixarà passar l'aire d'un punt a l'altre.

Vàlvula 3/2 normalment tancada en repòs. Seient de bola

En la figura 2.16 podeu veure representats els dos estats d'una vàlvula 3/2 normalment tancada en repòs. En el dibuix de l'esquerra la vàlvula està en repòs, és a dir, sense accionar; podeu veure que la molla espitja la bola cap a dalt, la qual cosa provoca que la connexió 1 (pressió) quedi tancada i per tant l'aire no pugui passar. A més, l'aire que pugui venir del cilindre anirà de la connexió 2 a la connexió 3 (escapament cap a l'atmosfera).

En el dibuix de la dreta podeu veure que si s'exerceix una força sobre l'èmbol, aquest queda tancat sobre la bola i per tant l'escapament queda bloquejat; al mateix temps, podeu veure que s'uneixen les connexions 1 i 2, i això provoca que l'aire a pressió entri a la connexió 1 i surti per la 2. És una vàlvula normalment petita i que s'utilitza molt en circuits de pilotatge com a cap de cursa.

FIGURA 2.16. Vàlvula distribuïdora 3/2

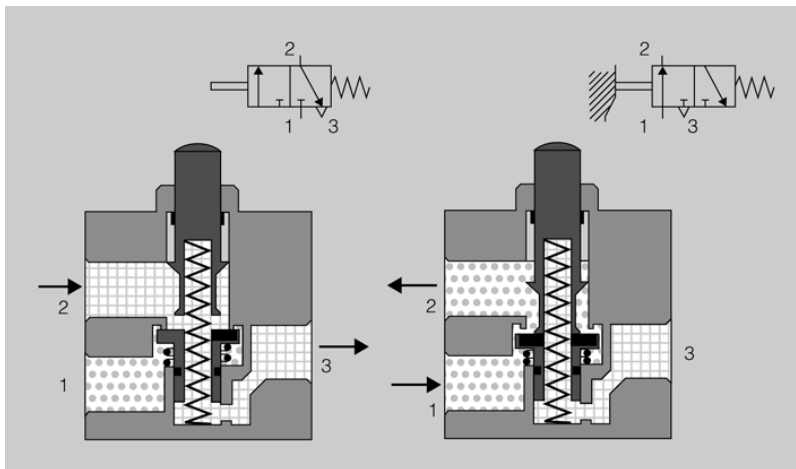


Vàlvula 3/2 normalment tancada en repòs. Seient de plat

En la figura 2.17 podeu veure representats els dos estats d'una vàlvula 3/2 normalment tancada en repòs. En el dibuix de l'esquerra la vàlvula està en repòs, és a dir, sense accionar; podeu veure que una petita molla espitja l'èmbol que és a baix cap a dalt, i això provoca que la connexió 1 es mantingui taponada mentre que l'aire a pressió, que arriba a la connexió 2, surt per la connexió 3.

En el dibuix de la dreta podeu veure que si s'exerceix una força sobre l'èmbol, aquest fa que la connexió d'aire a pressió que entra per la connexió 1 surti per la connexió 2.

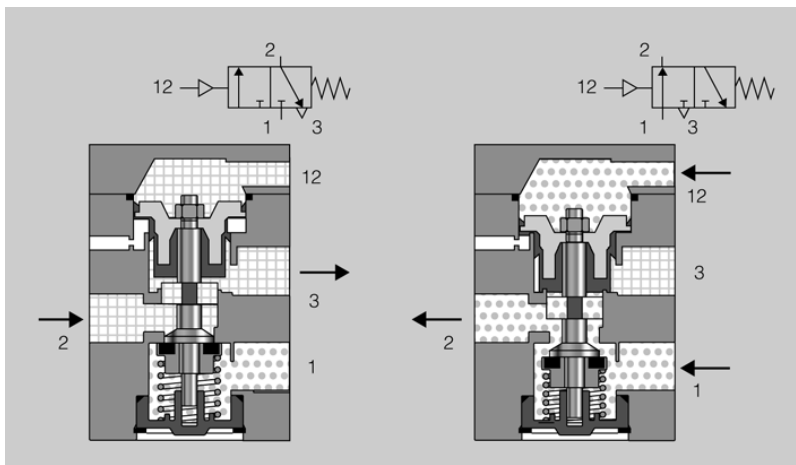
FIGURA 2.17. Vàlvula 3/2 seient de plat



Vàlvula monoestable 3/2 normalment tancada en repòs. Accionament pneumàtic

En la figura 2.18 podeu veure la representació d'una vàlvula de 3 vies i 2 posicions amb l'accionament pneumàtic; això vol dir que perquè canviï de posició heu d'aplicar aire a pressió en la connexió 12. Quan deixeu de donar pressió a la connexió 12, la molla farà que la vàlvula torni a la seva posició de repòs i, per tant, quedi comunicada la connexió 2 amb la 3.

FIGURA 2.18. Vàlvula 3/2 accionament pneumàtic



Vàlvula biestable 5/2 pilotada per aire

Aquesta vàlvula té dues posicions i cinc connexions, dues de les quals són escapaments. Una característica d'aquesta vàlvula és el seu moviment transversal quan és accionada. La força d'accionament és petita ja que només ha de vèncer el lliscament.

Per aconseguir una posició, s'ha d'aplicar pressió a la connexió de pilotatge 12; llavors l'èmbol es desplaça, amb la qual cosa la pressió que arriba a la connexió 1 sortirà per la connexió 2 i l'aire utilitzat en el cilindre entrarà per la connexió 4 i sortirà per l'escapament 5.

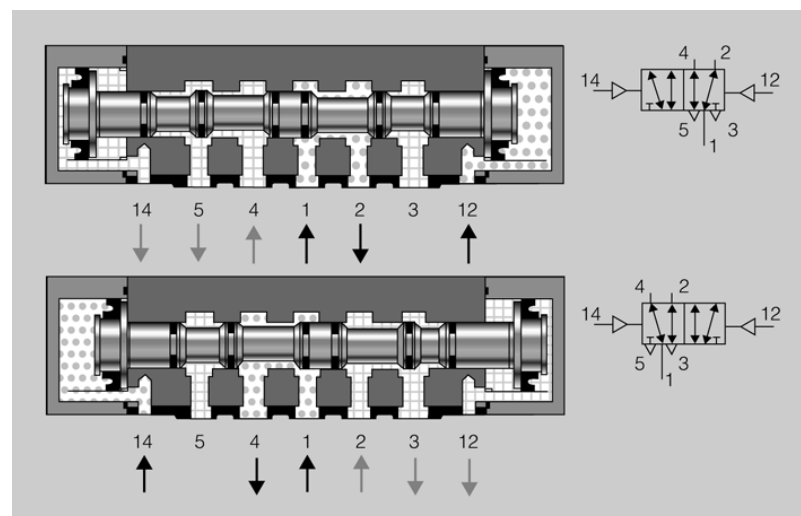
Per canviar de posició, s'ha d'aplicar pressió a la connexió de pilotatge 14, i llavors la pressió que arriba a la connexió 1 sortirà per la connexió 4 i l'aire utilitzat en el cilindre entrarà per la connexió 2 i sortirà per l'escapament 3.

Si s'aplica simultàniament pressió a les connexions 12 i a la 14, predominarà sempre la primera ordre rebuda.

En la figura 2.19 podeu veure la representació d'una vàlvula i els símbols corresponents a les dues posicions que pot tenir la vàlvula.

En el funcionament d'una instal·lació el fet de donar pressió a una connexió, i després aplicar pressió a l'altra, es coneix tècnicament com aplicar pressió simultàniament.

FIGURA 2.19. Vàlvula 5/2 pilotada per aire

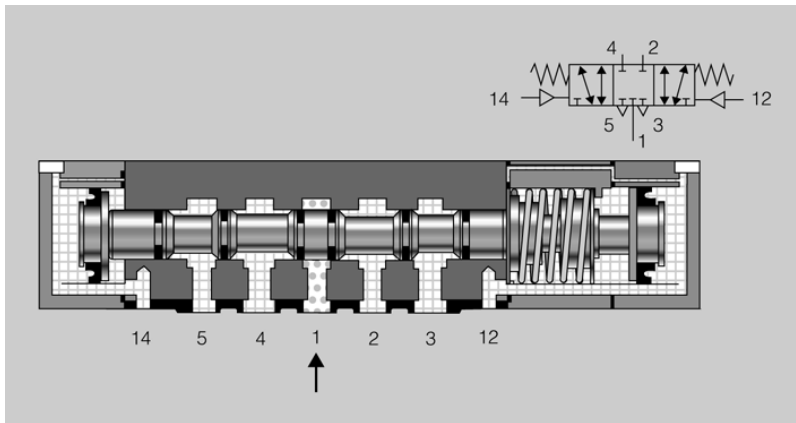


Vàlvula monoestable 5/3 pilotada per aire

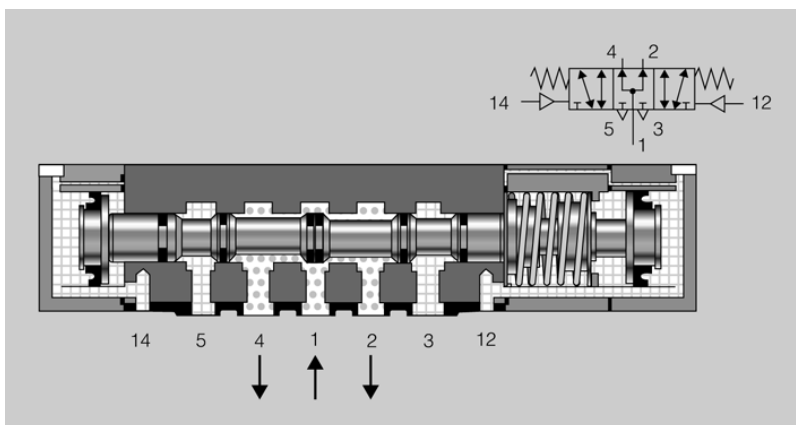
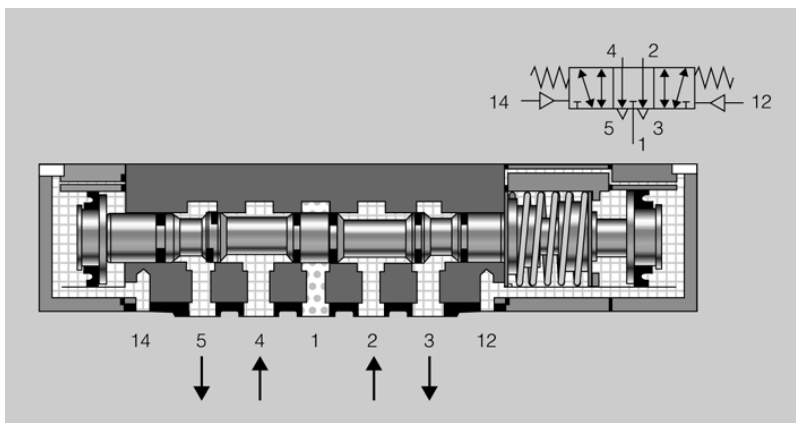
Aquesta vàlvula té tres posicions i cinc connexions. És una vàlvula monoestable, ja que només té una posició estable; quan no hi hagi pressió als punts 14 i 12, la molla s'encarregarà de portar l'èmbol a la posició estable, que és la central.

Hi ha tres tipus de connexió en posició central:

- **Centres tancats.** En aquest cas la pressió queda bloquejada en l'entrada 1 i els conductes 2 i 4 que van al cilindre queden amb pressió. En la figura 2.20 teniu la representació d'una vàlvula 5/3 amb centres tancats i els símbols corresponents.

FIGURA 2.20. Vàlvula 5/3 amb centres tancats

- **Connexió directa de pressió a les dues sortides.** Aquesta connexió només és vàlida per bloquejar en una posició un cilindre d'efecte doble sense tija, mantenint-lo a la pressió de treball a les dues bandes del cilindre. No serveix per a un cilindre d'efecte doble amb tija, ja que a causa de les diferències de secció a les dues bandes del cilindre, hi hauria més força a una banda que a l'altra i el cilindre acabaria sortint. En la figura 2.21 teniu la representació d'una vàlvula 5/3 amb pressió directa a les sortides i el símbol corresponent.

FIGURA 2.21. Vàlvula 5/3 amb connexió de pressió directa a les sortides**FIGURA 2.22.** Vàlvula 5/3 amb connexió de les dues sortides als escapaments

- **Connexió de les dues sortides als escapaments.** Aquest tipus de connexió s'utilitzarà quan interressi que les dues bandes del cilindre quedin descarregades de pressió, amb la qual cosa en la posició central es podria moure amb la mà. En la figura 2.22 teniu la representació d'una vàlvula 5/3 amb connexions de les sortides als escapaments i el símbol corresponent.

2.2.2 Vàlvules auxiliars

A més de les vàlvules de posicionament que serveixen per fer els moviments dels cilindres, són necessàries altres vàlvules per dur a terme diferents funcions dintre d'un circuit pneumàtic:

- Vàlvula antiretorn.
- Vàlvula selectora de circuit.
- Vàlvula de simultaneïtat.
- Vàlvules de regulació de cabal.

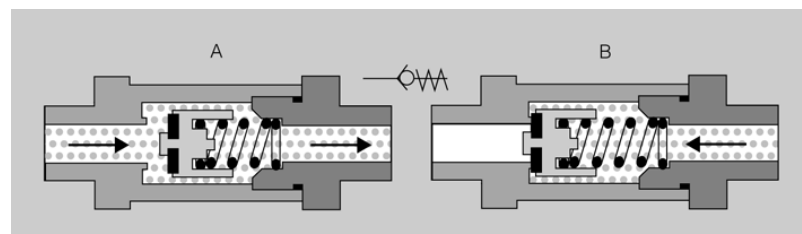
Vàlvula antiretorn

Una vàlvula antiretorn és un tipus de vàlvula que deixa circular l'aire només en un dels sentit, i bloqueja el contrari.

En la figura 2.23 podeu veure la representació dels dos estats d'una vàlvula antiretorn. Observeu, per una banda, que quan la pressió d'aire circula d'esquerra a dreta (figura 2.23a) impacta sobre la superfície d'una peça i crea una força que guanya la força de la molla, això fa que l'antiretorn es desplaci i l'aire pugui passar lliurement cap a la dreta.

Per altra banda, quan la pressió d'aire entra de dreta a esquerra (figura 2.23b) es crea una força que empeny encara més l'antiretorn amb la seva base i, per tant, queda tancat el pas d'aire.

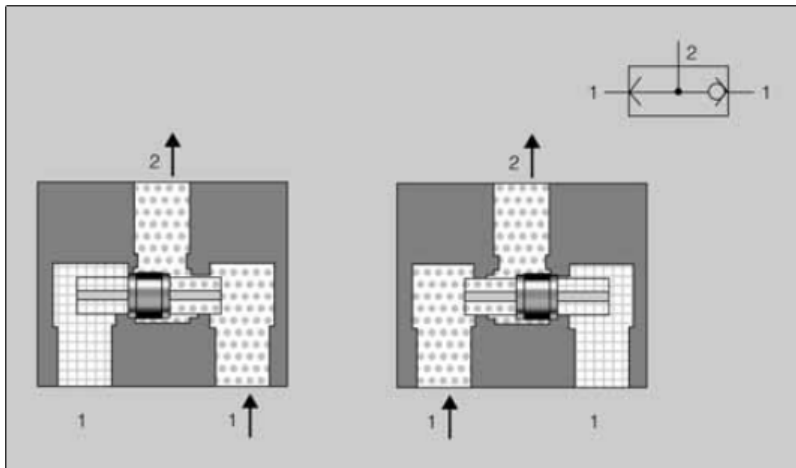
FIGURA 2.23. Vàlvula antiretorn



Vàlvula selectora de circuit

La vàlvula selectora de circuit s'anomena també *vàlvula O*, ja que fa la funció lògica en paral·lel. Té tres connexions de les quals dues són entrades de pressió d'aire (connexions 1) i una és sortida (connexió 2).

FIGURA 2.24. Vàlvula selectora de circuit



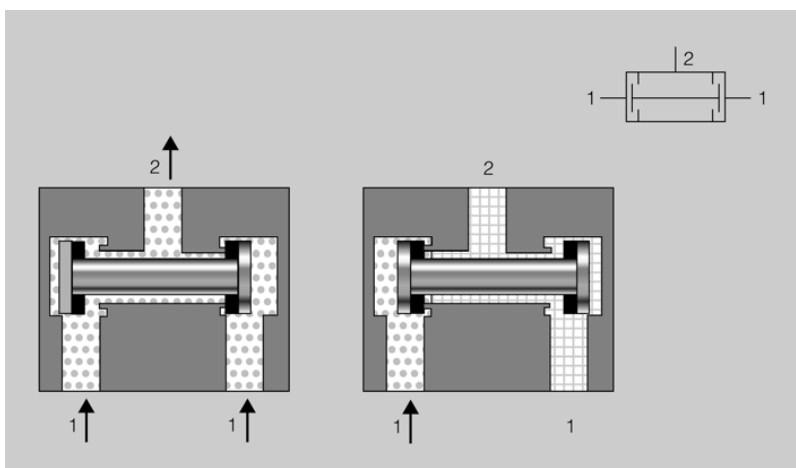
En la figura 2.24 podeu veure la representació dels dos estats d'una vàlvula selectora de circuit, i podeu comprovar que si s'aplica pressió a una de les dues connexions d'entrada o a totes dues, donarà pressió a la connexió de sortida. Si s'aplica pressió per les dues entrades i són pressions diferents, la pressió que tindriem de sortida seria la corresponent a l'entrada de més pressió.

Vàlvula de simultaneïtat

La vàlvula de simultaneïtat s'anomena també *vàlvula Y*, ja que fa la funció lògica en sèrie. Té tres connexions, de les quals dues són entrades de pressió d'aire (connexions 1) i una és de sortida (connexió 2).

En la figura 2.25 podeu veure la representació dels dos estats d'una vàlvula de simultaneïtat i podeu comprovar que si s'aplica pressió només a una de les dues connexions d'entrada no hi haurà pressió per la sortida; per tenir pressió per la sortida, s'ha d'aplicar pressió a les dues entrades al mateix temps. Si s'aplica pressió per les dues entrades i són pressions diferents, la pressió que tindriem de sortida seria la corresponent a l'entrada de menys pressió.

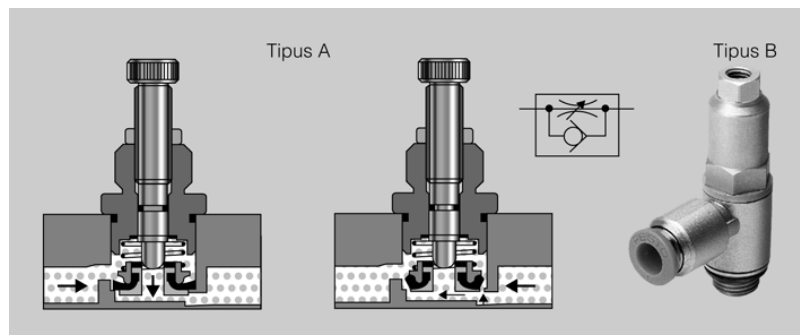
FIGURA 2.25. Vàlvula de simultaneïtat



Vàlvules de regulació de cabal

En la figura 2.26 podeu veure la representació d'una vàlvula reguladora de cabal, el símbol corresponent i la imatge d'una vàlvula real. Aquesta vàlvula es compon d'un regulador de cabal bidireccional i, en paral·lel, té un antiretorn. L'aire a pressió, quan circula en direcció d'esquerra a dreta, no pot passar per l'antiretorn i passarà escanyat pel forat que regula el cargol del 0 al 100%; en canvi, quan circuli de dreta a esquerra, passarà lliure per l'antiretorn i no es regularà, per tant només regularà el cabal en un sol sentit.

FIGURA 2.26. Vàlvula reguladora de cabal unidireccional




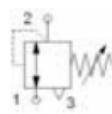


2.3 Simbologia pneumàtica

És molt important conèixer els símbols dels components pneumàtics. En la taula 2.2 es representen els símbols dels components generals, en la taula 2.3 els símbols dels actuadors, en la taula 2.4 els símbols de les vàlvules i en la taula 2.5 els tipus d'accionament.



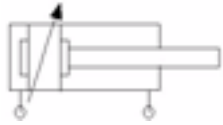
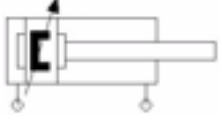

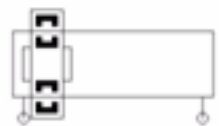

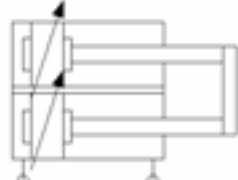
TAULA 2.2. Elements generals

Símbol	Descripció
	Font d'aire comprimit (alimentació pneumàtica)
	Compressor
	Unitat de manteniment (representació desenvolupada)
	Refrigerador assecador
.....	




TAULA 2.2 (continuació)

Símbol	Descripció
	Lubrificador
	Vàlvula reguladora de pressió de 3 vies amb manòmetre
	Manòmetre
	Unitat de manteniment (representació simplificada)

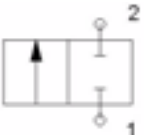
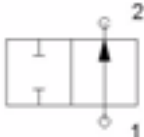
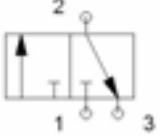
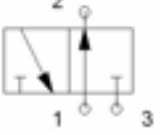
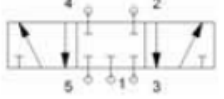
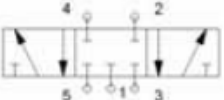
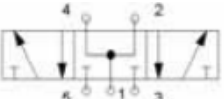
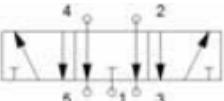
TAULA 2.3. Actuadors

Símbol	Descripció
	Cilindre d'efecte simple (ressort d'entrada)
	Cilindre d'efecte simple (ressort de sortida)
	Cilindre d'efecte doble amb amortidor regulable
	Cilindre d'efecte doble amb imant per a detectors
	Cilindre d'efecte doble amb doble tija
	Cilindre d'efecte doble sense tija
	Cilindre multiposicional de tres posicions
	Cilindre de tija doble (antigir)

TAULA 2.3 (continuació)

Símbol	Descripció
	Motor pneumàtic de dos sentits
	Actuador angular semigratori
	Ventosa

TAULA 2.4. Vàlvules distribuïdores

Símbol	Descripció
	Vàlvula 2/2 normalment tancada T4-1
	Vàlvula 2/2 normalment oberta T4-2
	Vàlvula 3/2 normalment tancada T4-3
	Vàlvula 3/2 normalment oberta T4-4
	Vàlvula 5/2
	Vàlvula 5/3 amb centre tancat
	Vàlvula 5/3 amb centres amb sortida de pressió
	Vàlvula 5/3 amb centres amb sortides connectades a escapament









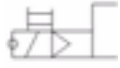


TAULA 2.4 (continuació)

Símbol	Descripció
	Vàlvula d'escapament ràpid
	Vàlvula selectora de circuit
	Vàlvula de simultaneïtat
	Vàlvula antiretorn
	Vàlvula antiretorn pilotada
	Vàlvula reguladora de cabal bidireccional
	Vàlvula reguladora de cabal unidireccional
	Vàlvula de buit o vacuòstat pneumàtic
	Canonada de succió de buit o Venturi

TAULA 2.5. Tipus d'accionament

Símbol	Descripció
	Accionament manual (símbol general)
	Accionament manual amb enclavament
	Polsador

TAULA 2.5 (continuació)

Símbol	Descripció
	Palanca
	Pedal
	Èmbol
	Cap de cursa que s'amaga (detecta només un sentit)
	Cap de cursa servopilotat (detecta els dos sentits)
	Accionament per aire
	Accionament per aire servopilotat
	Accionament per electrovàlvula (solenoid)
	Accionament elèctric i manual servopilotat
	Retorn per molla
	Centrat per molla

2.4 Electrovàlvules

Les *electrovàlvules* són els elements que fan d'enllaç entre el circuit elèctric de comandament i el circuit pneumàtic que actua directament sobre els cilindres.

Depenent del tipus de cilindre que s'hagi de moure s'utilitzarà un tipus d'electrovàlvula o una altra. Si es vol moure un cilindre d'efecte simple s'utilitzarà una electrovàlvula de tres vies i dues posicions (3/2); també se'n pot utilitzar una de cinc vies i dues posicions tapant un forat de sortida i, si es vol moure un cilindre d'efecte doble, s'utilitzarà una electrovàlvula de cinc vies i dues posicions (5/2).

2.4.1 Electrovàlvula 3/2

En la figura 2.27 podeu veure el circuit electropneumàtic d'un cilindre d'efecte simple comandat per una electrovàlvula 3/2. Podeu veure en el dibuix de la dreta que en accionar el polsador arriben 24 volts a la bobina; això fa que es produeixi un camp magnètic que provoca que una part magnètica mòbil es desplaci, guanyi la molla i faci, per tant, que la vàlvula canviï de posició. Quan deixem d'accionar el polsador, no arriben els 24 volts a la bobina i, per tant, deixa de ser imant, amb la qual cosa la molla espitja la vàlvula fins a la posició inicial, tal com es veu en el dibuix de l'esquerra.

FIGURA 2.27. Esquema de funcionament del cilindre d'efecte simple

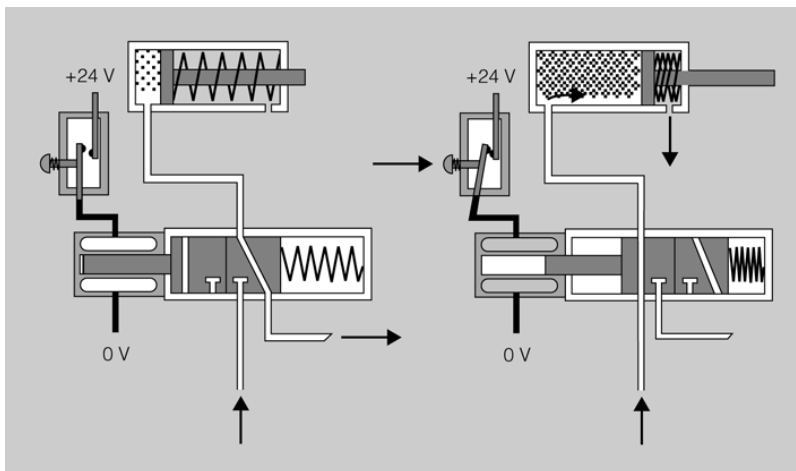
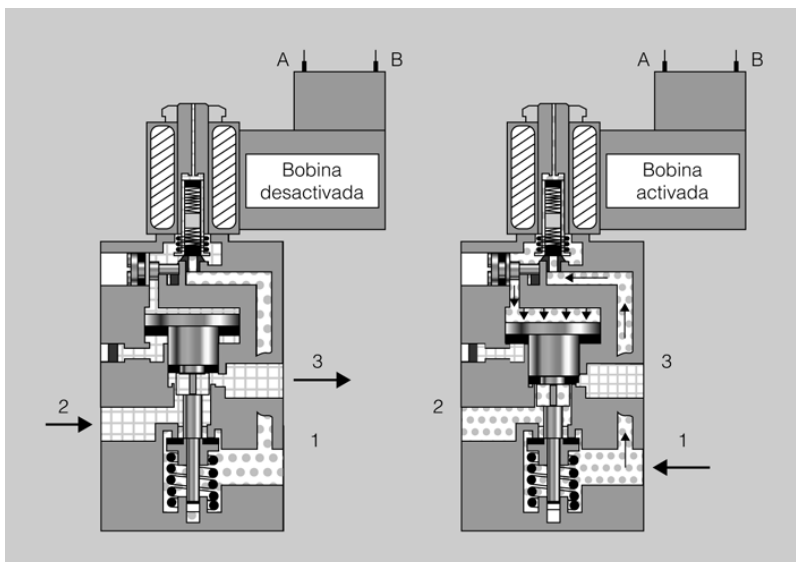


FIGURA 2.28. Electrovàlvula 3/2

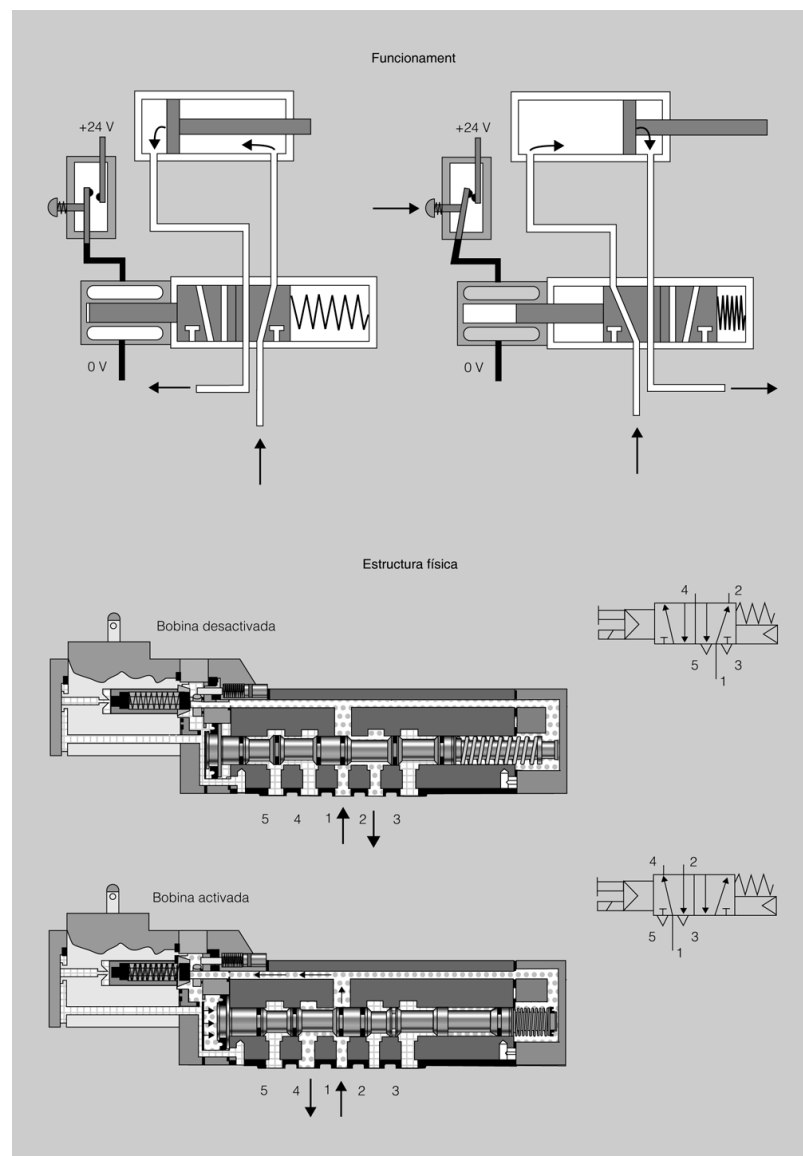


En la figura 2.28 podeu veure l'estructura física d'una electrovàlvula 3/2. Aquesta vàlvula té servopilotatge; això vol dir que la bobina no actua de manera directa sobre l'èmbol que provoca l'obertura de la vàlvula. Quan la bobina està activada, atrau un petit èmbol metàl·lic que dona pas a l'aire a pressió; aquest aire a pressió

incideix sobre la superfície de l'èmbol principal de la vàlvula i això provoca una força que fa que l'èmbol es desplaci i la vàlvula canviï de posició, amb la qual cosa la connexió 3 queda tancada i l'aire a pressió passa de la connexió 1 a la 2.

2.4.2 Electrovàlvula 5/2

FIGURA 2.29. Electrovàlvula 5/2. Funcionament i estructura



En la figura 2.29 podeu veure el circuit electropneumàtic d'un cilindre d'efecte doble comandat per una electrovàlvula 5/2 quan l'electrovàlvula està activada i quan està desactivada.

També podeu veure en el dibuix de l'estructura física com es fa el desplaçament de la corredissa per efecte de la pressió de pilotatge en funció de l'estat de la bobina, activada o desactivada.

2.5 Aparells de buit

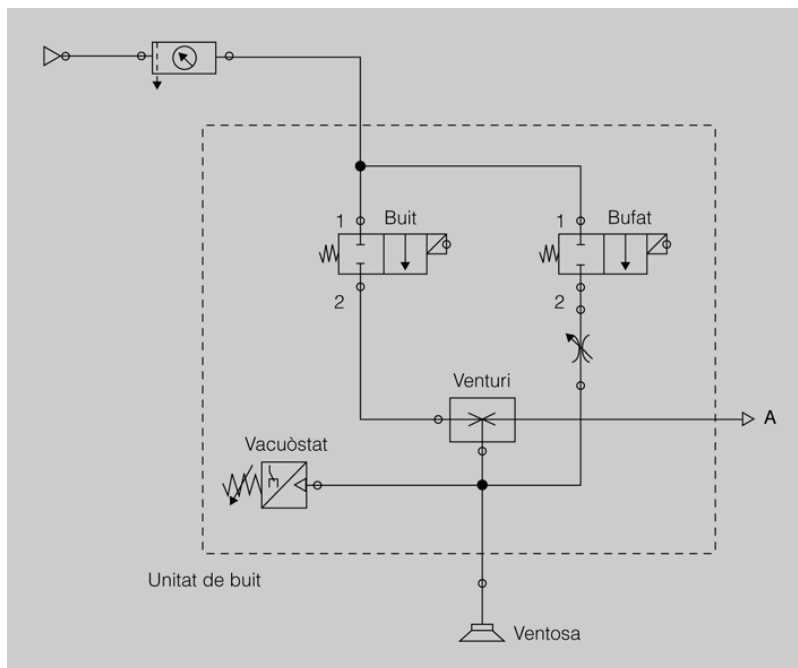
Les tècniques de buit s'utilitzen per poder agafar de manera pneumàtica peces llises i hermètiques. Per aconseguir el buit, es poden utilitzar dues tècniques:

- Producció de buit mitjançant l'ús d'un aparell de Venturi.
- Producció de buit mitjançant una bomba de buit.

2.5.1 Producció de buit mitjançant l'ús del venturi

Es pot aconseguir el buit de manera electropneumàtica per l'efecte Venturi.

FIGURA 2.30. Unitat de buit amb venturi



En la figura 2.30 podeu veure l'esquema de funcionament d'una unitat de buit que està formada per tres parts:

1. **Venturi amb l'electrovàlvula de buit.** Quan s'activa l'electrovàlvula l'aire passa pel venturi i surt pel conducte A. El venturi té una part molt prima per la qual l'aire passa a molta velocitat cap al conducte A, i això fa que es generi una depressió que fa que a través de la ventosa pugui passar aire per sortir pel conducte A.
2. **Vacuòstat** (detector de buit). Quan una peça tapona la ventosa, es crearà el buit i per tant el vacuòstat donarà un senyal elèctric que voldrà dir que la peça està agafada per la ventosa. Normalment el vacuòstat porta un cargol

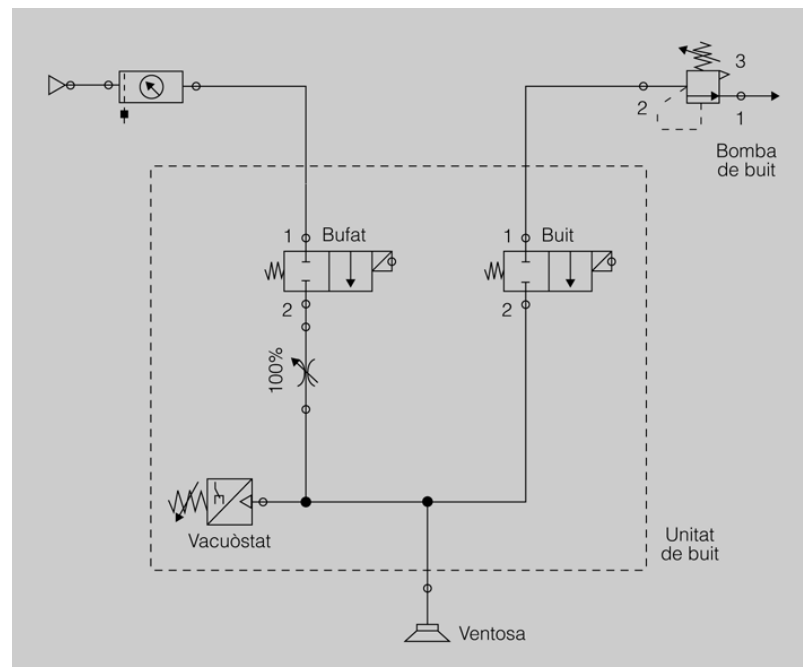
per poder regular el nivell de buit que ens interessa que detecti en cada cas. La regulació dependrà del tipus de peça que hagi de subjectar la ventosa.

3. **Electrovàlvula de bufat.** Per agilitzar el procés, quan vulguem deixar la peça, no cal només deixar de fer el buit, sinó que fem un bufat, per assegurar-nos que la peça no queda enganxada, d'això s'encarrega l'electrovàlvula de bufat. A continuació de l'electrovàlvula de bufat tenim un regulador de cabal bidireccional que s'encarrega de regular que el bufat sigui més fort o més flux.

2.5.2 Producció de buit mitjançant l'ús d'una bomba de buit

En la figura 2.31 podeu veure l'esquema de funcionament d'una bomba de buit.

FIGURA 2.31. Unitat de buit amb bomba de buit



Aquesta bomba està formada per tres parts:

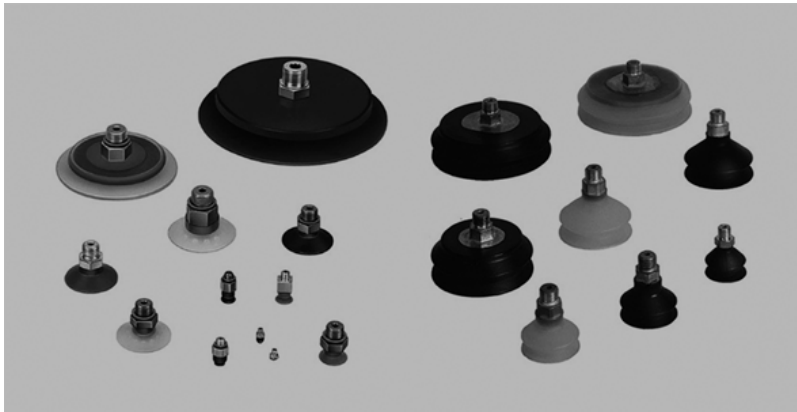
1. **Buit.** El buit en aquest cas s'aconsegueix mitjançant una bomba de buit. Connectat a la bomba tenim un regulador de buit per tal que es pugui treballar amb el nivell de buit que faci falta. Finalment, tenim l'electrovàlvula de buit, que quan estigui activada farà que l'aire sigui xuclat per la ventosa.
2. **Vacuòstat** (detector de buit). Quan una peça taponi la ventosa es crearà el buit i, per tant, el vacuòstat donarà un senyal elèctric que voldrà dir que la peça està agafada per la ventosa.
3. **Electrovàlvula de bufat.** Estarà connectada a pressió i servirà per deixar la peça amb rapidesa i seguretat.

2.5.3 Ventoses

Una ventosa és un element actuator pneumàtic que s'utilitza per agafar i transportar peces llises fent el buit (xapes, paper, cartró, vidres, etc.). Hi ha tot un ventall diferent de ventoses.

Us podeu trobar una gran varietat de ventoses. N'hi ha de goma dura, tova, de llavi simple, doble, múltiple. L'elecció de la ventosa dependrà de l'aplicació en la qual s'hagi de fer servir, la força que hagi de fer, etc. En la figura 2.32 teniu imatges de diferents tipus de ventoses.

FIGURA 2.32. Diferents tipus de ventoses



3. Muntatge i manteniment d'instal·lacions pneumàtiques i electropneumàtiques

Per fer el muntatge d'instal·lacions pneumàtiques s'han de desenvolupar, en primer lloc, els circuits. Se'n poden fer servir diferents, com ara el programa Fluidsim. Hi ha dos circuits bàsics de pneumàtica que serviran per conèixer-ne la tipologia.

Amb el programa Fluidsim-p en la versió d'estudiant de Festo es poden fer els circuits bàsics de pneumàtica amb tots els elements que els configuren interactuant entre ells.

En l'espai web dels materials podeu trobar el programari Fluidsim-p.

3.1 Desenvolupament de circuits pneumàtics

Com és lògic, quan feu un esquema, heu de seguir una metodologia estàndard de treball; el primer que heu de fer és identificar els components de cada circuit, i per fer-ho numerareu els actuadors mitjançant el número del circuit al qual pertanyen seguit de la lletra que els identifica; per exemple, si teniu dos cilindres en dos circuits, el que s'anomena *1A* pertany al circuit 1 i el *2A*, al circuit 2.

Quan en un mateix circuit hi ha diversos components del mateix tipus que s'identifiquen amb la mateixa lletra, s'afegirà un tercer dígit que indicarà el número de component. Així, per exemple, si en el circuit 1 tenim dos elements d'accionament manual, com ara polsadors, al primer l'anomenarem *1S1* i al segon, *1S2*.

Els elements comuns a tots els circuits, com ara la unitat de manteniment i la vàlvula general, s'assignen al circuit 0 (zero); per tant, el primer dígit d'aquests elements serà 0 (zero).

En la taula 3.1 teniu la relació de components pneumàtics amb les lletres que els identifica.

TAULA 3.1. Denominació de components pneumàtics

Components	Identificador
Compressors	P
Components de potència (cilindres)	A
Elements d'accionament mecànic (polsadors, final de cursa)	S
Vàlvules	V
Altres components (manòmetre, acumulador, etc.)	Z

Si teniu un element que es diu 1S3, voldrà dir que l'element pertany al circuit 1 (cilindre 1A), que és un element d'accionament mecànic (S) i que és l'element número 3 d'aquest tipus (per tant com a mínim n'hi ha 3).

3.1.1 Cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 3/2

Aquest és el circuit més bàsic que es pot tenir en una instal·lació pneumàtica i està format pels components següents:

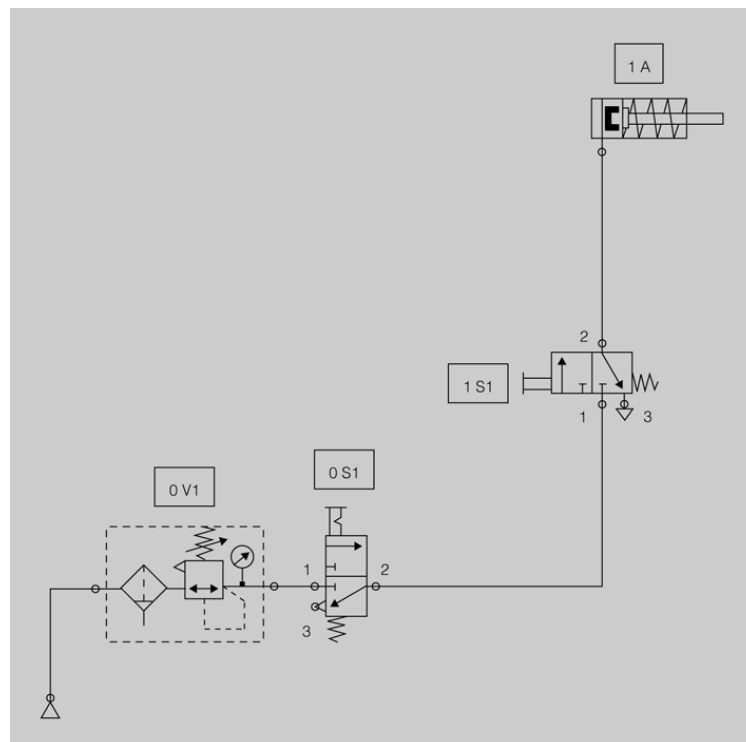
- 0 V1: alimentació pneumàtica amb la seva unitat de manteniment.
- 0 S1: vàlvula general de tancament.
- 1 S1: vàlvula distribuïdor a per a emissió de senyals.
- 1 A: cilindre d'efecte simple per a l'execució de les ordres.

El seguiment del funcionament d'un circuit pneumàtic es fa amb molta facilitat; només heu de seguir la direcció que porta l'aire des de l'alimentació fins que arriba al cilindre.

Esquema de muntatge

En la figura 3.1 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a un cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 3/2.

FIGURA 3.1. Esquema pneumàtic amb cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 3/2



Funcionament

En el circuit de la figura 3.1 podeu veure que l'aire arriba a la unitat de manteniment (0 V1), on és filtrat per després pel regulador de pressió (on se seleccionarà la pressió de treball desitjada, que serà llegida pel manòmetre). Enganxada a la unitat de manteniment trobareu una vàlvula general de tancament (0 S1). L'heu d'accionar per tal que el circuit quedi amb pressió, i quan accioneu la vàlvula 1S1 la pressió passa de la connexió 1 a la connexió 2 sortint pel tub fins que arriba al cilindre 1 A, quan la pressió arriba al cilindre es troba amb la superfície de l'èmbol i, per tant, es crea una força superior a la de la molla i fa sortir el cilindre.

La força que fa l'aire en el cilindre correspon a la fórmula $F = P A$, que està calculada perquè sigui més alta que la força oposada per la molla.

En deixar d'accionar la vàlvula 1S1, queda tallada la connexió de pressió i es connecten les connexions 2 i 3 de la vàlvula 1S1. Com que el cilindre no té pressió deixa d'haver-hi força i, per tant, la força de la molla fa que aquest retorni, i mentre ho fa, l'aire que arriba del cilindre a la connexió 2 de la vàlvula 1S1 surt per la connexió 3 i se'n va lliure cap a l'atmosfera.

3.1.2 Cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 5/2

Si voleu accionar un cilindre d'efecte simple mitjançant una vàlvula de cinc vies i dues posicions s'ha de posar un tap a una de les sortides que connecten amb el cilindre i obtindreu el mateix funcionament que si treballéssiu amb una vàlvula 3/2.

Aquesta és un opció molt utilitzada, ja que implica un estalvi en el tema dels estocs. Una vàlvula 5/2 serveix així per moure un cilindre d'efecte simple i un d'efecte doble, amb la qual cosa només cal tenir com a recanvis vàlvules 5/2 i uns taps.

Esquema de muntatge

En la figura 3.2 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a un cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 5/2.

Funcionament

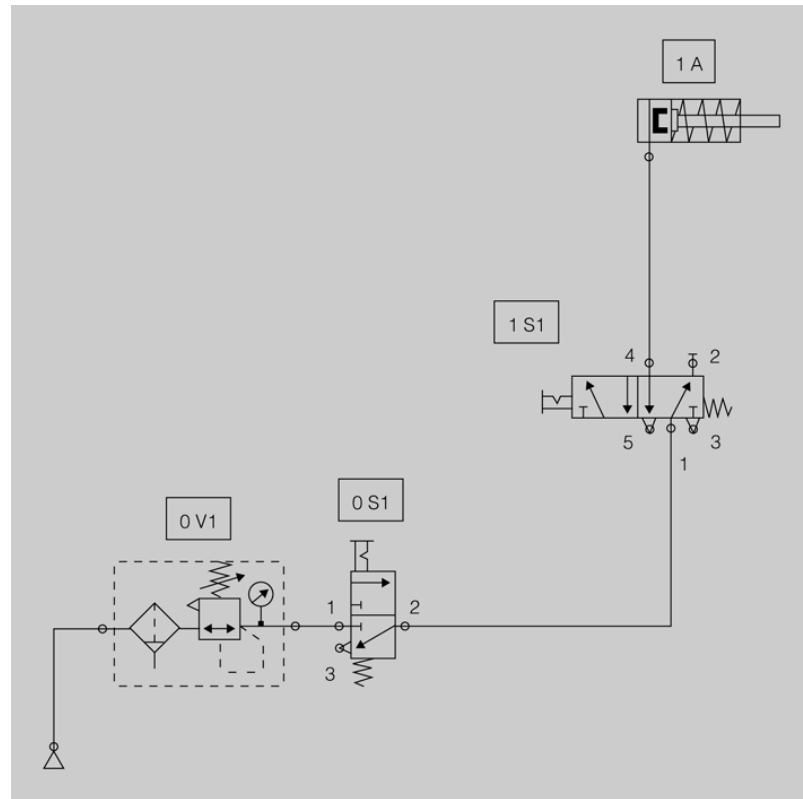
En repòs, és a dir, sense accionar la vàlvula distribuïdora 1 S1, l'aire procedent de la unitat de manteniment entra per la connexió corresponent a la via 1, que està comunicada amb la via 2, per on, en estar taponada, l'aire no té cap sortida. Si accioneu la vàlvula 1 S1 es comuniquen les vies 1 i 4 i l'aire arriba al cilindre i fa que aquest surti. Quan deixeu d'accionar la vàlvula 1 S1 es comunica la via 4 amb la 5 i això fa que l'aire acumulat en el cilindre i que és expulsat per la força de la molla surti lliure cap a l'atmosfera per la via 5.

Podeu veure el funcionament d'un cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 3/2 en l'espai web dels materials.

Ara feu l'activitat "Cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 3/2", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Ara feu l'activitat "Cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 5/2", que trobareu en l'espai web del mòdul.

FIGURA 3.2. Esquema pneumàtic amb cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 5/2



3.1.3 Cilindre d'efecte doble comandat per una vàlvula 5/2

Per assolir el control d'un cilindre d'efecte doble s'ha de fer mitjançant una vàlvula 5/2. També us podeu trobar, en circuits antics, que el control es faci amb una vàlvula 4/2. Actualment el control es duu a terme sempre amb una vàlvula 5/2. La diferència entre les dues és que la 4/2 només té un escapament i la 5/2 en té dos, i això fa que constructivament la 5/2 sigui més senzilla i, per tant, estigui més bé de preu.

Esquema de muntatge

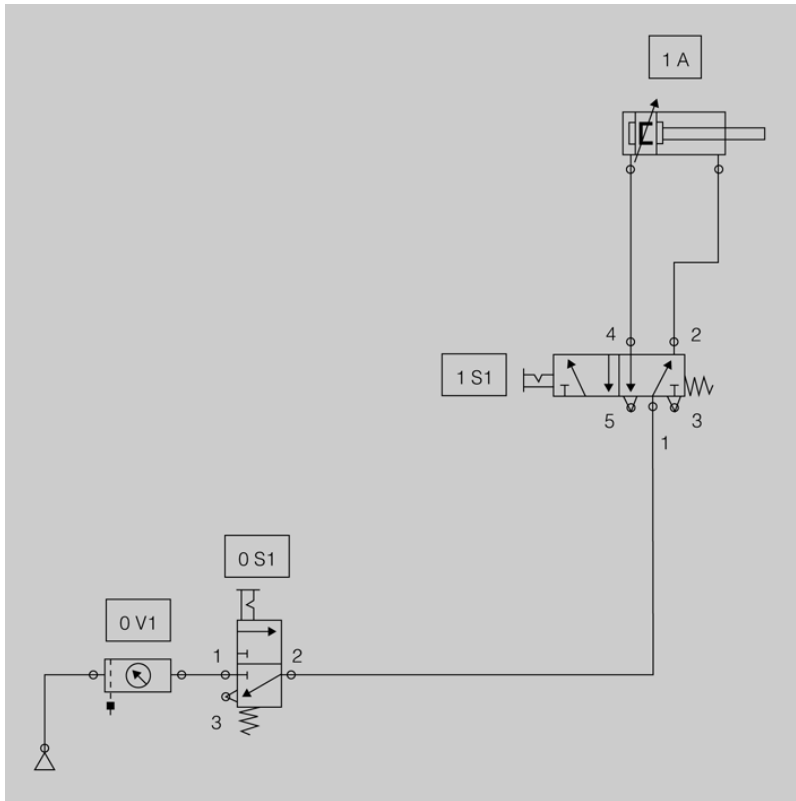
En la figura 3.3 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a un cilindre d'efecte doble comandat per una vàlvula 5/2.

Funcionament

En aquest circuit podeu veure tant la vàlvula OS1 com la vàlvula 1S1, que són vàlvules amb enclavament mecànic; això vol dir que quan s'accionen mantenen la seva posició, i tot i que es deixi d'actuar sobre elles perquè tornin a la posició inicial s'han de desenclavar tornant a accionar-les.

En repòs, és a dir, sense cap vàlvula accionada, la tija del cilindre es pot moure amb la mà, ja que no té pressió en cap dels costats. Una vegada accionem la vàlvula 0S1 la pressió arriba a la via 1 de la vàlvula 1S1 sortint per la connexió 2 i arriba a la part de davant del cilindre. A causa d'això es crea una força que manté el cilindre darrere.

FIGURA 3.3. Esquema pneumàtic amb cilindre d'efecte doble comandat per una vàlvula 5/2



En accionar la vàlvula 1S1, es comuniquen les connexions 1 i 4 per una banda, i 2 i 3 per l'altra. Això provoca dues coses:

- La pressió arriba darrere del cilindre i crea una força que empeny l'èmbol cap a fora.
- L'aire a pressió que hi ha a la part de davant arriba a la connexió 2 i surt per l'escapament 3 cap a l'atmosfera.

En desactivar la vàlvula 1S1 hi torna a haver pressió a la part de davant del cilindre i l'aire que hi ha a la part de darrere se'n va per l'escapament de la via 5.

El cilindre d'efecte doble fa força en els dos sentits i, per tant, pot desenvolupar treball segons convingui, quan entri, quan surti o en els dos sentits.

Com que la cambra d'aire que fa que el cilindre surti no té l'èmbol, el volum d'aire que li fa falta perquè el cilindre surti és més gran que el que necessita perquè entri, i com que el cabal d'alimentació és el mateix, la velocitat que tindrà el cilindre sortint serà més petita que l'entrant.

Ara feu l'activitat "Cilindre d'efecte doble comandat per una vàlvula 5/2", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

3.1.4 Regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte simple

Per regular la velocitat d'un cilindre d'efecte simple s'utilitzen reguladors de cabal bidireccional o unidireccional.

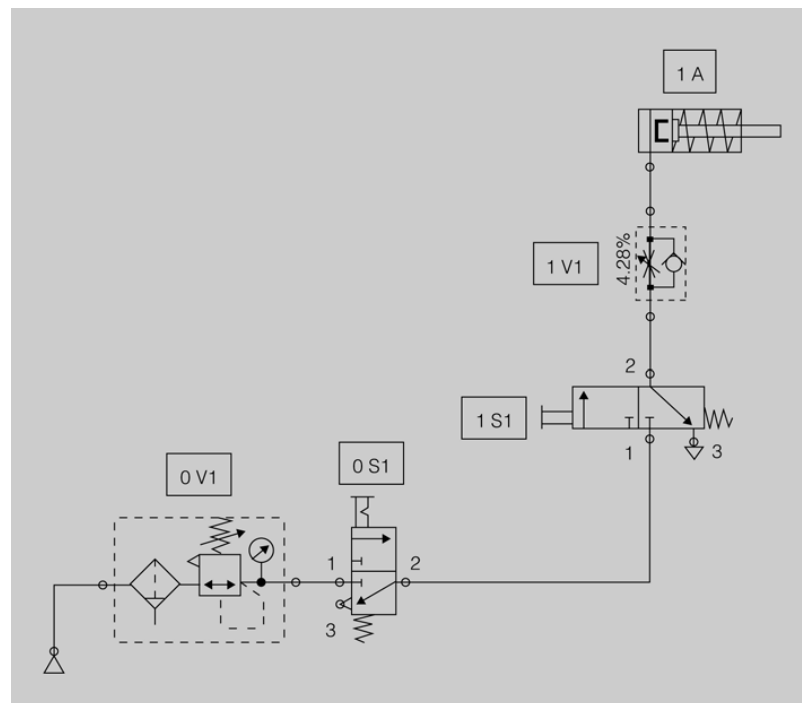
- El regulador de cabal bidireccional té una estrangulació regulable mitjançant un cargol, no té antiretorn i regula el cabal d'aire en els dos sentits.
- El regulador de cabal unidireccional es compon d'una estrangulació regulable i un antiretorn, i això fa que en un sentit l'aire circuli lliurement i en el sentit contrari es pugui regular.

Normalment s'utilitzen reguladors de cabal unidireccionals, i se'n col·loca un a cada connexió d'aire al cilindre.

Esquema de muntatge

En la figura 3.4 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a un cilindre d'efecte simple comandat per una vàlvula 3/2 amb un regulador de cabal.

FIGURA 3.4. Esquema pneumàtic d'un cilindre amb regulador de cabal



Funcionament

Aquest circuit pneumàtic té un regulador de cabal unidireccional identificat amb el símbol 1V1.

Per donar pressió d'aire al circuit s'ha d'accionar la vàlvula general 0S1. Després, en accionar la vàlvula 1S1 la pressió d'aire surt per la connexió 2, arriba a la vàlvula reguladora 1V1 i es troba amb dos camins per poder arribar al cilindre: un és l'antiretorn, que li bloqueja el pas, i l'altre és l'estrangulador, pel qual passarà però escanyat, i això farà que l'aire arribi al cilindre a poc a poc i, per tant, el cilindre sortirà lentament.

La pressió en el cilindre anirà pujant a poc a poc fins que la pressió sigui suficient per moure el cilindre. Quan aquest arribi a un topall, per exemple si està subjectant una peça, pujarà més la pressió fins a tenir la pressió subministrada per la unitat de manteniment.

Quan es deixa d'accionar la vàlvula 1S1, l'aire del cilindre surt, arriba a la vàlvula 1V1 i es troba amb els dos camins, un de regulat i un altre de lliure (antiretorn); passa pel lloc més fàcil, és a dir, per l'antiretorn, arriba a l'escapament 3, i surt lliurement a l'atmosfera.

Amb aquest circuit regulem només la velocitat de sortida del cilindre d'efecte simple, i retorna lliurement. Aquesta aplicació és la més utilitzada en cilindres d'efecte simple: subjectar una peça suaument fins a fer la força total.

Ara feu l'activitat "Regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte simple", que trobareu a la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

3.1.5 Regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte doble

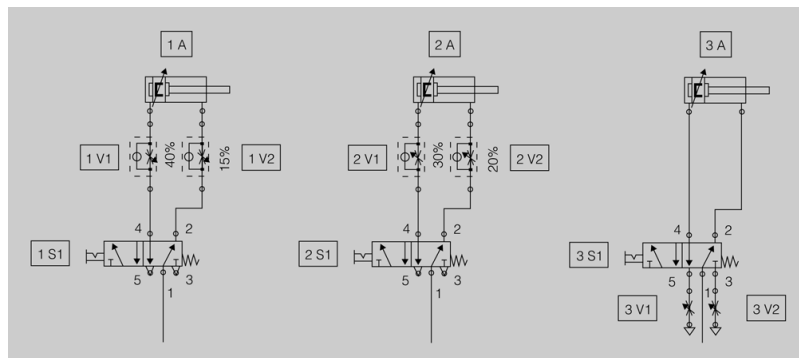
La regulació de velocitat en un cilindre d'efecte doble es pot fer:

1. Regulant l'aire que surt del cilindre. És la manera més correcta de regular la velocitat, ja que fa que el cilindre en qualsevol circumstància es desplaci de manera uniforme. De fet, hi ha un tipus de regulador que s'enrosca directament sobre les connexions del cilindre i que regula sempre l'aire que surt del cilindre. En la figura 3.5 podeu veure l'esquema del cilindre 1A que correspon a aquesta via de regulació de velocitat.
2. Regulant l'aire que entra al cilindre. És un tipus de regulació poc utilitzada, ja que provoca que el cilindre vagi sortint o entrant a salts, de manera no uniforme. En la figura 3.5 podeu veure l'esquema del cilindre 2A que correspon a aquest mode de regulació de velocitat.
3. Regulant l'aire que surt pels escapaments de la vàlvula de control. En la figura 3.5 podeu veure l'esquema del cilindre 3A, que correspon a aquesta manera de regular la velocitat. Vegeu que els reguladors estan connectats a la vàlvula de control 3S1.

És una opció que pot ser vàlida sempre que la vàlvula estigui molt a prop del cilindre, ja que el coixí d'aire que hi ha d'haver entre el regulador i el cilindre ha

de ser mínim. En aquest cas es poden utilitzar reguladors de cabal bidireccionals i s'enrosquen en els escapaments de la vàlvula 3S1.

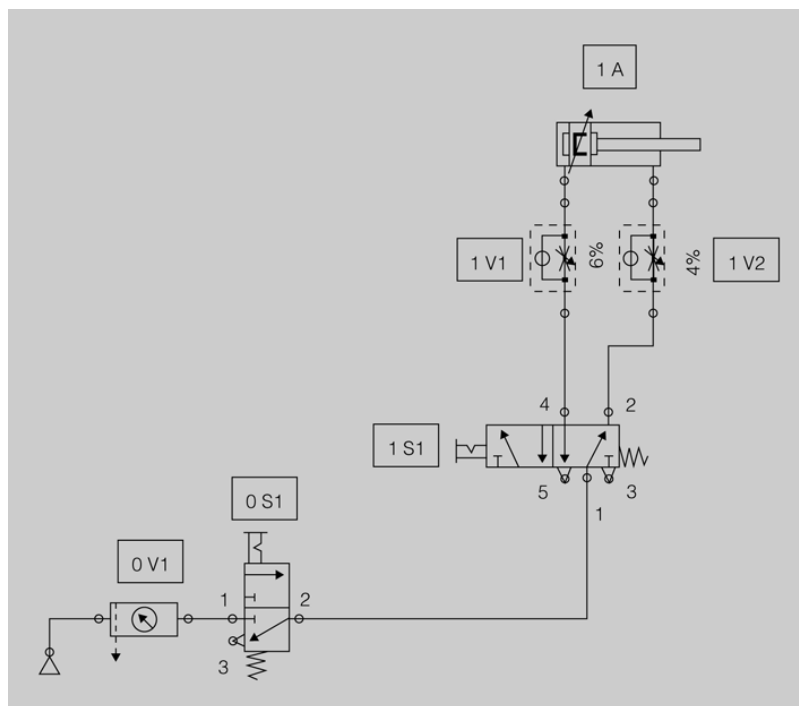
FIGURA 3.5. Diferents posicions dels reguladors de velocitat



Esquema de muntatge

En la figura 3.6 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a un cilindre d'efecte doble comandat per una vàlvula 5/2 amb dos reguladors de cabal unidireccionals.

FIGURA 3.6. Esquema pneumàtic de regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte doble



Funcionament

Aquest circuit té dos reguladors de cabal unidireccional per tal de regular la velocitat d'entrada i de sortida del cilindre de manera independent. Estan posats de la manera més correcta, que és regulant l'aire que surt del cilindre. El regulador 1V2 controla la velocitat de sortida del cilindre i l'1V1 controla la velocitat d'entrada.

En accionar la vàlvula 1S1 es comuniquen les vies 1 i 4, i l'aire a pressió passa per l'antiretorn de la vàlvula 1V1 i la força creada en el cilindre fa que aquest surti. L'aire que surt del cilindre passa escanyat per la vàlvula reguladora 1V2 en no poder fer-ho per l'antiretorn, amb la qual cosa el cilindre sortirà lentament.

Quan es desenganxa la vàlvula 1S1, es tornen a comunicar les vies 1 i 2, i l'aire a pressió passa per l'antiretorn de la vàlvula 1V2 i la força creada fa que el cilindre entri. L'aire que surt del cilindre no pot passar per l'antiretorn de la vàlvula 1V1 i passa escanyat, amb la qual cosa el cilindre entrarà lentament.

Ara feu l'activitat "Regulació de la velocitat d'un cilindre d'efecte doble", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

3.1.6 Accionament indirecte d'un cilindre d'efecte doble

Quan es treballa amb cilindres grans o el comandament dels dos moviments del cilindre es vol fer des de dos llocs diferents, s'ha de recórrer a l'accionament indirecte del cilindre. El circuit disposarà d'una vàlvula principal biestable que serà la que faci funcionar el cilindre. Aquesta vàlvula serà comandada per altres que faran la combinació lògica que ens interressi per tal d'aconseguir el funcionament del circuit desitjat.

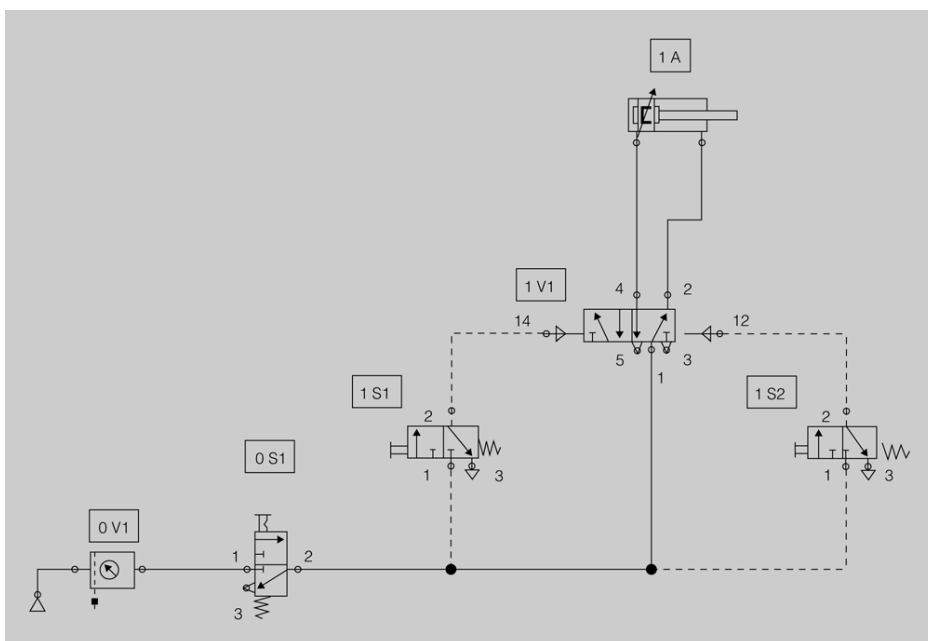
Accionament indirecte

L'accionament indirecte consisteix a accionar les dues posicions de la vàlvula de control d'un cilindre mitjançant dues vàlvules.

Esquema de muntatge

En la figura 3.7 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent al comandament d'un cilindre d'efecte doble amb accionament indirecte.

FIGURA 3.7. Esquema pneumàtic d'un cilindre d'efecte doble amb accionament indirecte



Funcionament

Quan es dona pressió al circuit, aquesta arriba a la part de davant del cilindre a través de la connexió 2 de la vàlvula biestable 1V1.

En accionar la vàlvula 1S1 arriba la pressió a la connexió 14 de la vàlvula 1V1, la qual cosa fa que aquesta canviï de posició i fa que la pressió passi de la connexió 1 a la connexió 4, i arriba a la part de darrere del cilindre i fa que aquest surti. Quan deixem d'accionar la vàlvula 1S1 aquesta torna a la seva posició de repòs i, per tant, deixa d'arribar pressió a la connexió 14 de la vàlvula 1V1, però com que aquesta és biestable, manté la posició en què es troba i, per tant, el cilindre continua fora.

Accionant la vàlvula 1S2 arriba la pressió a la connexió 12 de la vàlvula 1V1, la qual cosa fa que aquesta torni a la posició inicial i, per tant, la pressió surt per la connexió 2 i arriba a la part de davant del cilindre, i fa que aquest torni enrere.

En deixar d'accionar la vàlvula 1S2 aquesta torna a la seva posició de repòs i, per tant, deixa d'arribar pressió a la connexió 12 de la vàlvula 1V2, però com que és biestable, manté la posició en la qual es troba i el cilindre continua dins.

Si accionem els dos polsadors a la vegada, predomina l'ordre que hagi donat el primer polsador accionat. Això és degut al fet que la superfície d'accionament de la vàlvula tant per un costat com per l'altre és la mateixa i la pressió que s'aplica als dos costats també és la mateixa. Com que la força és igual a la pressió per la superfície, la força desenvolupada als dos costats serà la mateixa. Si coincideixin les dues forces amb la vàlvula en una posició, aquesta ja no es mourà.

En la figura 3.7 podeu observar que la numeració corresponent a les connexions de pilotatge pneumàtic de la vàlvula 1V1 està determinada per la funció que fa.

- La connexió 14 fa que s'uneixin les connexions 1 i 4.
- La connexió 12 fa que s'uneixin les connexions 1 i 2.

En els circuits pneumàtics, les línies que són contínues es fan servir per fer funcionar els cilindres. Normalment seran més gruixudes ja que hi passarà més cabal.

Les línies que són discontinúes són les utilitzades pel comandament, i seran tubs més prims, ja que el cabal necessari serà més petit.

Ara feu l'activitat "Accionament indirecte d'un cilindre d'efecte doble", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

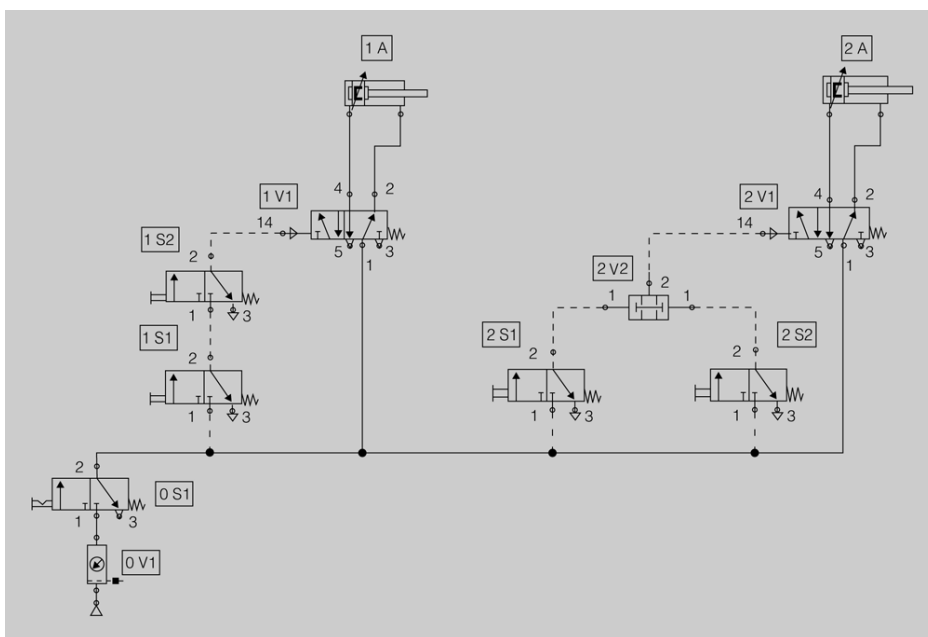
3.1.7 Posada en marxa d'un cilindre accionat per dos pulsadors simultàniament

Us podeu trobar amb casos en què, per diverses raons, la sortida d'un cilindre estigui condicionada a l'accionament de dos pulsadors al mateix temps. Un exemple clar és el d'una premsa, en què, a causa del perill que té, interessa que les dues mans estiguin ocupades accionant els dos pulsadors a la vegada i així pugui baixar la premsa sense perill d'agafar-les.

Esquema de muntatge

En la figura 3.8 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a la posada en marxa d'un cilindre accionat per dos pulsadors simultàniament. No obstant això, el circuit que faria falta per a una premsa seria més complet que aquest, que només és el bàsic.

FIGURA 3.8. Esquema pneumàtic d'un cilindre accionat per dos pulsadors simultàniament



Funcionament

En la figura 3.8 teniu dos circuits possibles per posar en sèrie dos pulsadors; en els dos casos s'utilitza una vàlvula 5/2 monoestable com a control directe del cilindre.

Una **vàlvula monoestable** canvia de posició quan es dóna pressió al seu pilotatge, i quan es deixa de donar-li pressió tornarà a la posició de repòs per acció de la molla. Això vol dir que només té una posició estable.

El circuit del cilindre 1A és molt simple. Vegeu que es connecta la sortida d'una vàlvula (pulsador 1S1) amb l'entrada de l'altra (pulsador 1S2); podeu comprovar

que si només s'acciona el pulsador 1S1 la pressió arriba a la connexió 1 d'1S2 però no arriba a la 14 d'1V1. En canvi, si només s'acciona el pulsador 1S2, hi ha unió de la connexió 1 d'1S2 amb la 14 d'1V1, però com a l'1 no hi ha pressió la vàlvula 1V1 tampoc no canvia de posició. Es veu clarament que l'única possibilitat que canviï la vàlvula 1V1 i, per tant, que surti el cilindre, és que estiguin accionades al mateix temps les vàlvules 1S1 i 1S2. Si es deixa d'accionar una de les dues vàlvules, deixa d'arribar pressió al 14 d'1V1 i, per tant, el cilindre retornarà.

Si voleu comandar el cilindre des de tres pulsadors o més, només s'han de connectar més pulsadors un darrere l'altre, però aquest circuit té l'inconvenient que pel fet d'haver-hi molts pulsadors en sèrie poden donar-se pèrdues per caigudes de pressió.

El circuit del cilindre 2A utilitza un element nou, que és una vàlvula de simultaneïtat (2V2). Aquesta vàlvula té dues entrades i una sortida; per tenir pressió a la sortida ha de tenir pressió de manera simultània en les dues entrades; si només en té en una deixa de donar pressió de sortida. Per tant, si accioneu els dos pulsadors (2S1 i 2S2), arribarà la pressió a la connexió 14 de la vàlvula 2V1 i el cilindre sortirà.

Ara feu l'activitat "Posada en marxa d'un cilindre accionat per dos pulsadors simultàniament", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

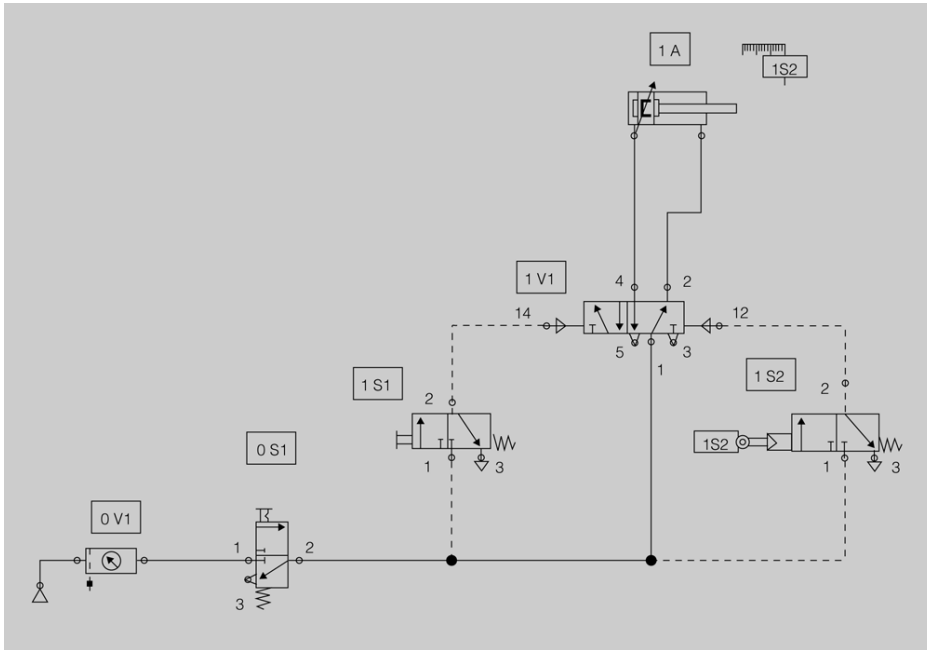
Si voleu comandar el cilindre des de tres o més pulsadors, només heu de posar els pulsadors amb les seves connexions 1 connectades directament a pressió, i afegir una vàlvula de simultaneïtat per a cada pulsador afegit.

3.1.8 Retorn d'un cilindre en arribar al final del seu recorregut

Hi ha vàlvules d'accionament manual, però també n'hi ha d'altres que porten un rodet i en les quals l'accionament és mecànic i no el fa una persona de manera manual, sinó que el fa el cilindre mateix en arribar a un punt determinat. Aquestes vàlvules s'anomenen *finals de cursa*. Hi ha dos tipus de final de cursa: un que detecta el moviment del cilindre en els dos sentits i un altre que només el detecta en un sol sentit. En aquest cas utilitzarem un final de cursa que detecta el moviment en els dos sentits.

Esquema de muntatge

En la figura 3.9 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a la posada en marxa d'un cilindre que retorna a la posició inicial automàticament quan arriba al final del seu recorregut.

FIGURA 3.9. Esquema pneumàtic de retorn d'un cilindre en arribar al final del seu recorregut

Funcionament

Quan accionem la vàlvula 1S1 arriba la pressió a la connexió 14 de la vàlvula 1V1. Aquesta canvia de posició i fa sortir el cilindre. Quan el cilindre arriba al final del seu recorregut, acciona mecànicament la vàlvula 1S2 que fa que arribi pressió a la connexió 12 de la vàlvula 1V1, i aquesta torna a la seva posició inicial i, per tant, el cilindre entra.

Si manteniú accionada la vàlvula 1S1 de manera continuada, el cilindre sortirà però en arribar al final del seu recorregut i activar-se la vàlvula 1S2, el cilindre no retornarà, ja que té senyal als seus dos pilotatges i preval la primera ordre.

Ara feu l'activitat "Retorn d'un cilindre en arribar al final del seu recorregut", que trobareu a la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

3.1.9 Control d'un cilindre d'efecte doble amb aturada en qualsevol lloc del seu recorregut

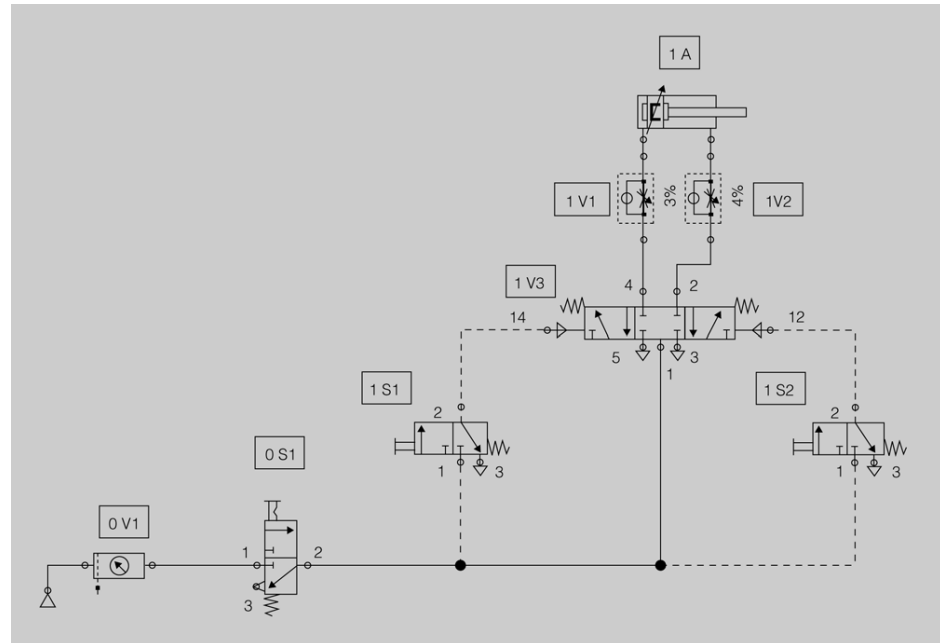
Normalment tant els cilindres d'efecte simple com els d'efecte doble fan els moviments fins al final del seu recorregut, però a vegades pot interessar que un cilindre quedi aturat en una posició intermèdia en qualsevol lloc del seu recorregut; això es pot aconseguir mitjançant una vàlvula 5/3 amb els centres tancats.

Una aplicació d'aquest circuit seria el control d'una claraboia al sostre mitjançant un cilindre. Podria estar tancada del tot, oberta del tot o oberta parcialment.

Esquema de muntatge

En la figura 3.10 teniu representat el circuit pneumàtic corresponent a la posada en marxa d'un cilindre d'efecte doble amb aturada en qualsevol lloc del seu recorregut.

FIGURA 3.10. Esquema pneumàtic del control d'un cilindre d'efecte doble amb aturada en qualsevol lloc del seu recorregut



Funcionament

En accionar la vàlvula 1S1 la pressió arriba a la connexió 14 de la vàlvula 1V3 i la força creada fa que canviï la posició de la vàlvula, amb la qual cosa el cilindre comença a sortir.

Si es deixa d'accionar la vàlvula 1S1, deixa d'haver-hi pressió en la connexió 14 i la molla fa que la vàlvula torni a la posició central; com que a la posició central les connexions 2 i 4 estan tancades el cilindre quedarà aturat a la posició actual, que pot ser la final o una intermèdia.

Accionant la vàlvula 1S2 la pressió arriba a la connexió 12 de la vàlvula 1V3 i canvia la posició de la vàlvula, amb la qual cosa el cilindre comença a entrar.

Quan es deixa d'accionar la vàlvula 1S2, deixa d'haver pressió en la connexió 12 i la molla fa que la vàlvula torni a la posició central, amb la qual cosa el cilindre quedarà aturat a la posició que sigui.

Ara feu l'activitat "Control d'un cilindre d'efecte doble amb aturada en qualsevol lloc del seu recorregut", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Si accionem els dos pulsadors a la vegada, predomina la primera ordre rebuda. Aquesta **vàlvula 5/3 amb centratge de molles** és una vàlvula monoestable, ja que l'única posició estable que té és la central.

3.2 Desenvolupament de circuits d'electropneumàtica

Els circuits electropneumàtics consten de dues parts molt diferenciades:

1. **Circuit pneumàtic:** correspon a la part de potència. El circuit no presenta gaires diferències d'una instal·lació a una altra; la majoria de components són cilindres d'efecte simple o doble, i les variacions més significatives corresponen a les dimensions dels cilindres i els seus accessoris.
2. **Circuit elèctric:** correspon al circuit de comandament i s'hi defineixen les característiques de la seqüència de funcionament. Mitjançant el circuit elèctric es connecten les bobines que accionen les vàlvules. El conjunt de bobina i vàlvula es denomina **electrovàlvula**, i normalment treballa a una tensió de 24 volts de corrent continu.

Per tant, en els circuits electropneumàtics el comandament dels actuadors, és a dir, dels cilindres, es fa mitjançant vàlvules que estan pilotades elèctricament, les electrovàlvules.

En un circuit elèctric, per tal que funcioni un receptor, per exemple 1Y1, han d'arribar a les seves connexions les dues línies de tensió, per exemple, 24 V i 0 V. Aleshores direm que hi ha **tensió al receptor**.

En la taula 3.2 teniu la relació de components electropneumàtics amb les lletres que els identifiquen.

TAULA 3.2. Denominació de components electropneumàtics

Components	Identificador
Compressors	P
Components de potència (cilindres)	A
Elements d'accionament mecànic (polsadors, final de cursa)	S
Vàlvules	V
Bobines de les vàlvules	Y
Altres components (manòmetre, acumulador, etc.)	Z
Relés i els seus contactes	KA
Temporitzadors i els seus contactes	KT
Comptadors i els seus contactes	C
Sensors (magnètic, inductiu, capacitiu, òptic, pressòstat)	B

Podeu veure la comparació entre pneumàtica i electropneumàtica en la secció "Annexos" del web d'aquest mòdul.

3.2.1 Control d'un cilindre mitjançant una electrovàlvula

En les instal·lacions pneumàtiques on hi ha circuits d'electropneumàtica s'utilitzen els mateixos elements actuadors que en els circuits pneumàtics; com per exemple, cilindres d'efecte simple, d'efecte doble, motors pneumàtics, etc. De la mateixa manera s'utilitzen les mateixes vàlvules; per exemple, la de tres vies i dues posicions o la de cinc vies i dues posicions.

La diferència que trobem entre una vàlvula pneumàtica i una vàlvula electropneumàtica és l'accionament: la primera s'acciona per l'aire i l'altra, per un corrent elèctric.

Per accionar un cilindre d'efecte simple es pot utilitzar una electrovàlvula 3/2 de retorn amb molla i per a un cilindre d'efecte doble, una electrovàlvula 5/2 de retorn amb molla. Aquestes electrovàlvules porten sempre un polsador que s'utilitza per provocar el canvi d'estat de l'electrovàlvula en cas que no hi hagi corrent elèctric i s'hagi de moure el cilindre.

En col·locar els reguladors de cabal heu de tenir cura i connectar-los de manera que escanyin el cabal d'aire quan aquest surt del cilindre.

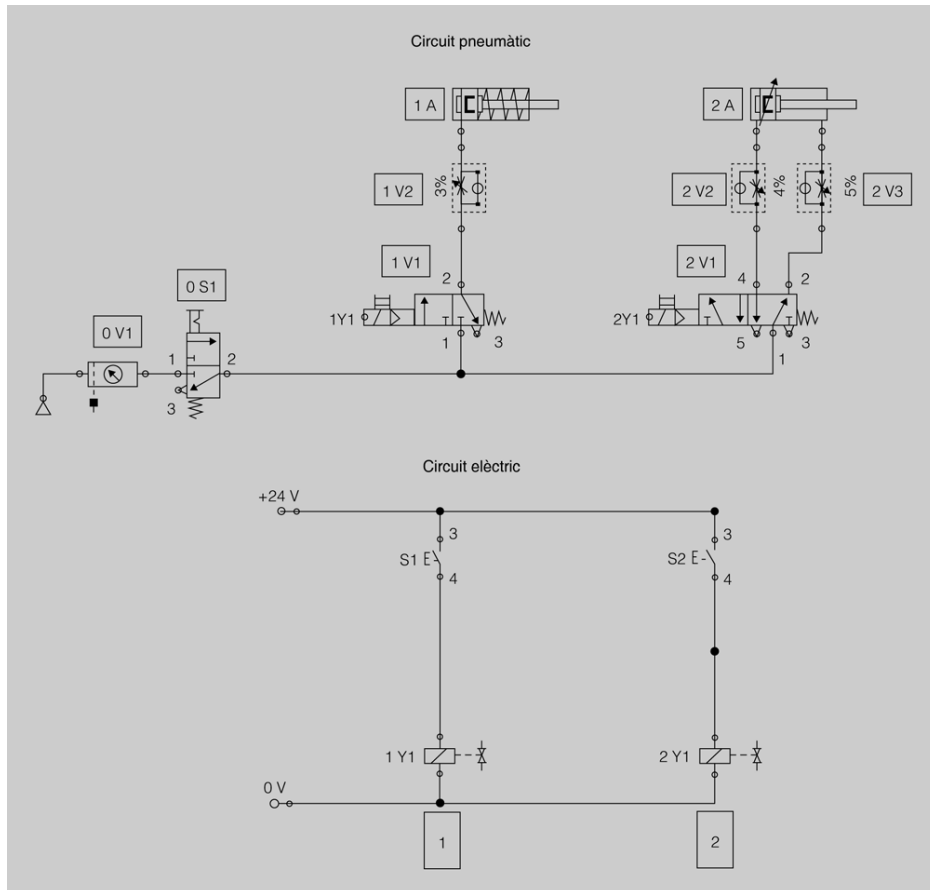
Esquema de muntatge

En la figura 3.11 teniu representat els circuits pneumàtics i elèctrics corresponents a dos cilindres.

El circuit del cilindre 1A correspon a un cilindre d'efecte simple comandat per una electrovàlvula 3/2 de retorn amb molla i un regulador de cabal connectat a l'única entrada d'aire del cilindre.

El circuit del cilindre 2A correspon a un cilindre d'efecte doble comandat per una electrovàlvula 5/2 de retorn amb una molla i dos reguladors de cabal.

Les dues electrovàlvules són de retorn per molla, és a dir, només tenen una bobina i per aquesta raó normalment es denominen *monoestables*. Podeu comprovar que es fa servir el mateix circuit elèctric per moure tant un cilindre d'efecte simple com un cilindre d'efecte doble.

FIGURA 3.11. Esquema electropneumàtic de control d'un cilindre mitjançant una electrovàlvula

Funcionament

Control d'un cilindre d'efecte simple mitjançant una electrovàlvula 3/2. Podeu veure que el control del cilindre 1A el porta una electrovàlvula 3/2 que es pot fer funcionar mitjançant un solenoide (bobina) o manualment. El solenoide té el mateix nom (1Y1) tant al circuit pneumàtic com al circuit elèctric; això vol dir que és el mateix element representat als dos circuits.

- Quan accioneu el pulsador S1 del circuit elèctric es tancarà el circuit elèctric i funcionarà el solenoide 1Y1, i això farà que al circuit pneumàtic s'activi l'electrovàlvula 1V1, amb la qual cosa el cilindre 1A sortirà.
- Quan deixeu el pulsador S1, el circuit elèctric s'obrirà i deixarà de funcionar el solenoide 1Y1, amb la qual cosa es desactivarà l'electrovàlvula 1V1 i la força de la molla la farà tornar al repòs i, per tant, el cilindre 1A tornarà enrere.

Control d'un cilindre d'efecte doble mitjançant una electrovàlvula 5/2. El circuit elèctric del cilindre 2A és idèntic al del cilindre 1A, l'electrovàlvula té una bobina que es posa en marxa de la mateixa manera: en accionar el pulsador S2 funciona la bobina 2Y1, que canvia la posició de la vàlvula i fa que el cilindre avanci.

Accionament manual

Les electrovàlvules porten incorporades uns petits pulsadors pneumàtics que serveixen per poder moure les vàlvules de manera independent al circuit elèctric i, per tant, podem moure els cilindres encara que no hi hagi tensió.

Ara feu l'activitat "Control d'un cilindre mitjançant una electrovàlvula", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

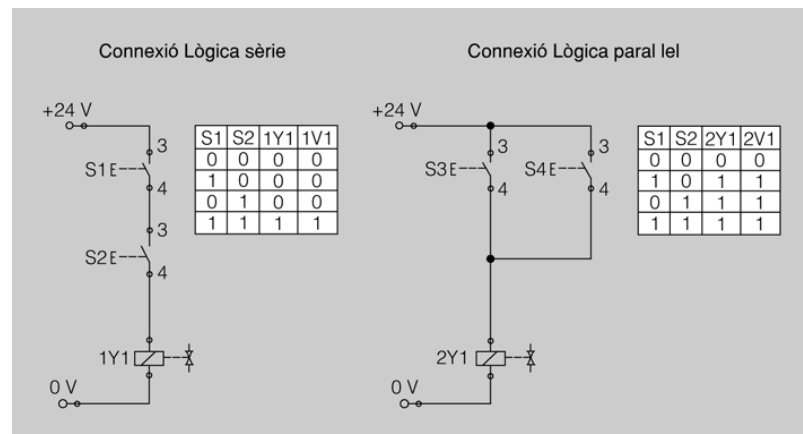
3.2.2 Control d'un cilindre mitjançant polsadors en sèrie o paral·lel

En un circuit elèctric, segons la condició de funcionament del receptor, us podeu trobar normalment amb dos tipus de connexions dels polsadors de marxa:

- Connexió en sèrie: correspon a l'operació lògica *multiplicació*. Aquesta es dona quan per tal que funcioni el receptor s'han de complir totes les condicions a la vegada, és a dir, que tots els polsadors estiguin accionats.
- Connexió en paral·lel: correspon a l'operació lògica *suma*. Aquesta es dona quan per tal que funcioni el receptor només cal que es doni una condició entre totes, és a dir, que la bobina funciona encara que només hi hagi un polsador accionat.

En la figura 3.12 teniu representats els circuits corresponents a la connexió en sèrie i en paral·lel dels polsadors de posada en marxa d'una electrovàlvula i les taules de la veritat corresponents.

FIGURA 3.12. Taules de la veritat de la connexió en sèrie i paral·lel

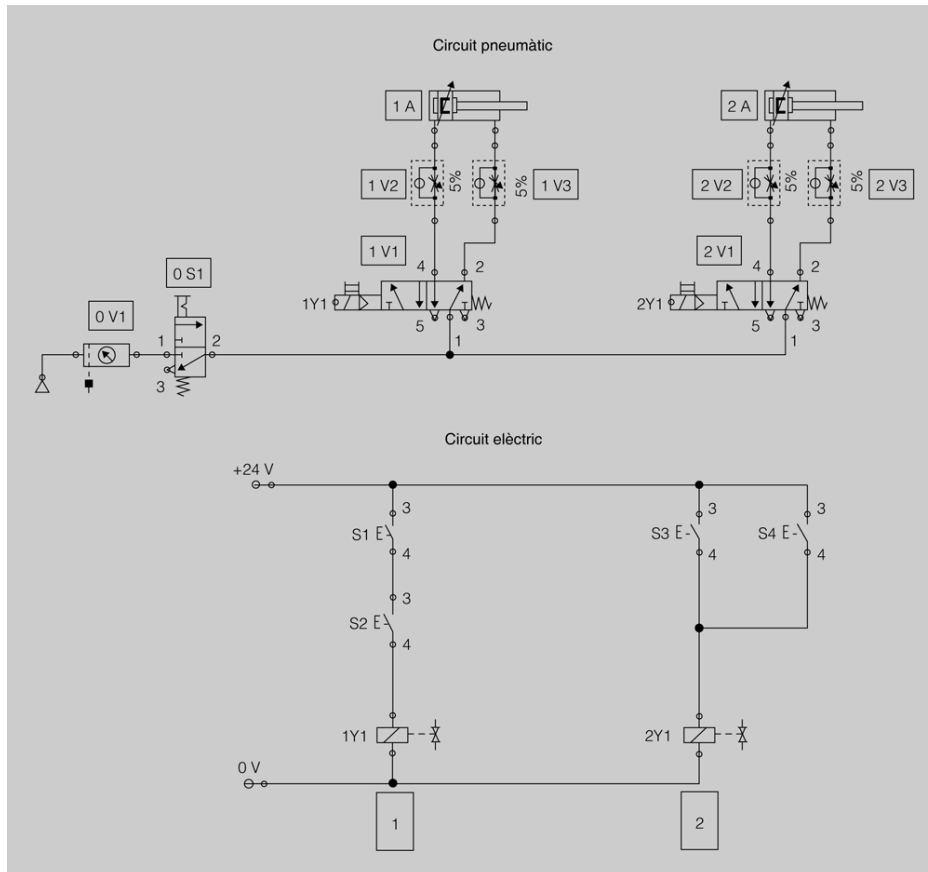


Quan es diu que un polsador té valor 1 vol dir que l'element està accionat, i si té valor 0 que està en repòs. En les electrovàlvules un 1 vol dir que l'element està activat (funciona) i un 0 vol dir que està desactivat (que no funciona).

Esquema de muntatge

En la figura 3.13 podeu veure dos esquemes diferents amb els circuits pneumàtic i elèctric corresponents al control d'un cilindre mitjançant polsadors en sèrie o paral·lel. El cilindre 1A s'acciona mitjançant dos polsadors en sèrie i, per tant, sortirà en accionar tots dos a la vegada; i el 2A s'acciona mitjançant dos polsadors en paral·lel i, per tant, sortirà quan accionem qualsevol dels dos polsadors.

FIGURA 3.13. Esquema electropneumàtic de control d'un cilindre mitjançant la connexió de polsadors en sèrie i en paral·lel



Funcionament

En primer lloc, podeu observar que els circuits pneumàtics dels cilindres 1A i 2A són iguals; només es diferencien per les condicions de funcionament que té cadascú i que depenen del circuit elèctric associat a cadascun.

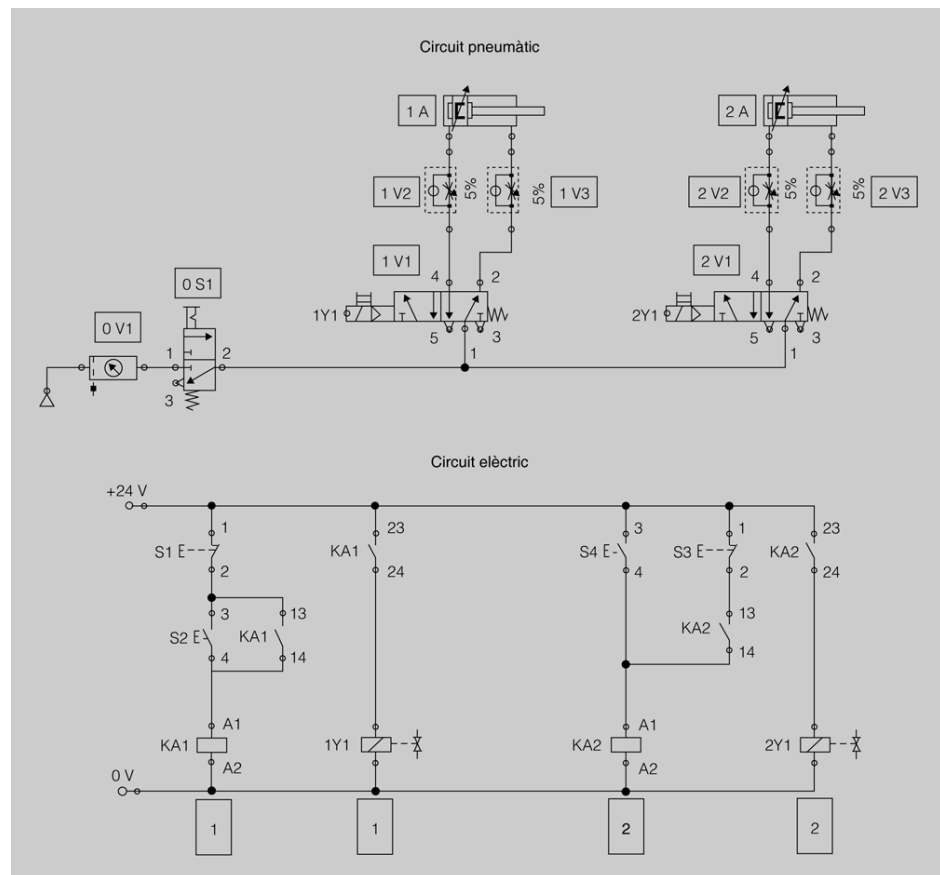
- En el circuit elèctric 1 podeu observar que si només s'acciona un polsador mai no arribarà tensió a l'electrovàlvula; l'única opció que hi ha perquè li arribi tensió seria activar S1 i S2 a la vegada (posar un 1 en S1 i un 1 en S2). Una vegada li arribi tensió, com que 1Y1 està associada a l'electrovàlvula 1V1 el cilindre 1A sortirà. En deixar d'accionar un o els dos polsadors, 1Y1 deixarà de funcionar i, per tant, el cilindre retornarà.
- En el circuit elèctric 2 podeu observar que si s'acciona S3, S4 o els dos, arribarà tensió a l'electrovàlvula i, per tant, com 2Y1 està associada a l'electrovàlvula 2V1 el cilindre 2A sortirà. Per tal que retorni heu de deixar d'accionar els dos polsadors.

Ara feu l'activitat "Control d'un cilindre mitjançant la connexió de polsadors en sèrie o en paral·lel", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

3.2.3 Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula monoestable amb memorització de l'ordre donada

Moltes vegades, depenent del tipus de funcionament que es vulgui fer, s'ha de recórrer a elements auxiliars com en aquest cas, en què utilitzarem un relé auxiliar.

FIGURA 3.14. Esquema electropneumàtic d'un cilindre comandat per una electrovàlvula monoestable amb memorització de l'ordre donada



Un **relé** és un element que es compon del següent:

- **Electroimant.** Aquest està format per un nucli magnètic de ferro dividit en una part fixa i una mòbil separades per una molla i, a més, té una bobina elèctrica.
- Els **contactes oberts i tancats.** Aquests contactes estan ajuntats mecànicament a la part mòbil del nucli magnètic i actuen simultàniament amb la bobina.

Quan doneu tensió a la bobina elèctrica, la part magnètica mòbil s'atrau amb la part fixa i, per tant, els contactes oberts es tanquen i els tancats s'obren. Quan traiu tensió a la bobina, els contactes tornen a la posició de repòs.

Esquema de muntatge

En la figura 3.14 podeu veure dos esquemes diferents amb els circuits pneumàtic i elèctric corresponents al control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula monoestable amb memorització de l'ordre donada.

Podeu veure que els cilindres 1A i 2A tenen el circuit elèctric diferent i, per tant, encara que els circuits pneumàtics són iguals, es comportaran diferentment.

Com que les electrovàlvules són monoestables, si voleu que el cilindre continuï avançat després de deixar el polsador de marxa, heu de mantenir la tensió a l'electrovàlvula, això s'aconsegueix mitjançant el relé i el seu contacte de realimentació 13-14. Perquè el cilindre retrocedeixi heu de tallar la tensió al relé mitjançant el polsador d'aturada que està en sèrie amb la bobina del relé.

Funcionament

Cilindre 1A: s'utilitzen dos polsadors per controlar els moviments del cilindre. S2 donarà l'ordre d'avançar i S1 la de retrocedir.

- En accionar el polsador de marxa (S2) la tensió arriba al relé KA1 i, per tant, els contactes 13-14 i 23-24 es tanquen.
- El 13-14 s'encarrega de realimentar el relé KA1, amb la qual cosa quan no accionem l'S2, KA1 continuarà funcionant.
- El 23-24 s'encarrega de donar tensió al solenoide 1Y1 i, per tant, farà que l'electrovàlvula 1V1 canviï d'estat i faci sortir el cilindre 1A.
- En deixar el polsador de marxa, com que KA1 s'ha quedat realimentat, continua funcionant i, per tant, el cilindre segueix fora.
- En accionar el polsador d'aturada (S1), talleu la tensió a KA1 i, per tant, els contactes 13-14 i 23-24 tornen a repòs, és a dir, s'obren.
- L'obertura del 13-14 fa que es perdi la realimentació.
- L'obertura del 23-24 fa que 1Y1 deixi de funcionar i, per tant, l'electrovàlvula 1V1 torna a repòs i fa que el cilindre torni enrere.

Cilindre 2A: funciona de la mateixa manera que el cilindre 1A amb només una diferència, si accioneu el polsador de marxa i d'aturada al mateix temps, en el circuit del cilindre 1A predomina l'ordre d'aturada sobre la de marxa, mentre que en el circuit del cilindre 2A predomina l'ordre de marxa sobre la d'aturada.

Ara feu l'activitat "Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula monoestable amb memorització de l'ordre donada", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

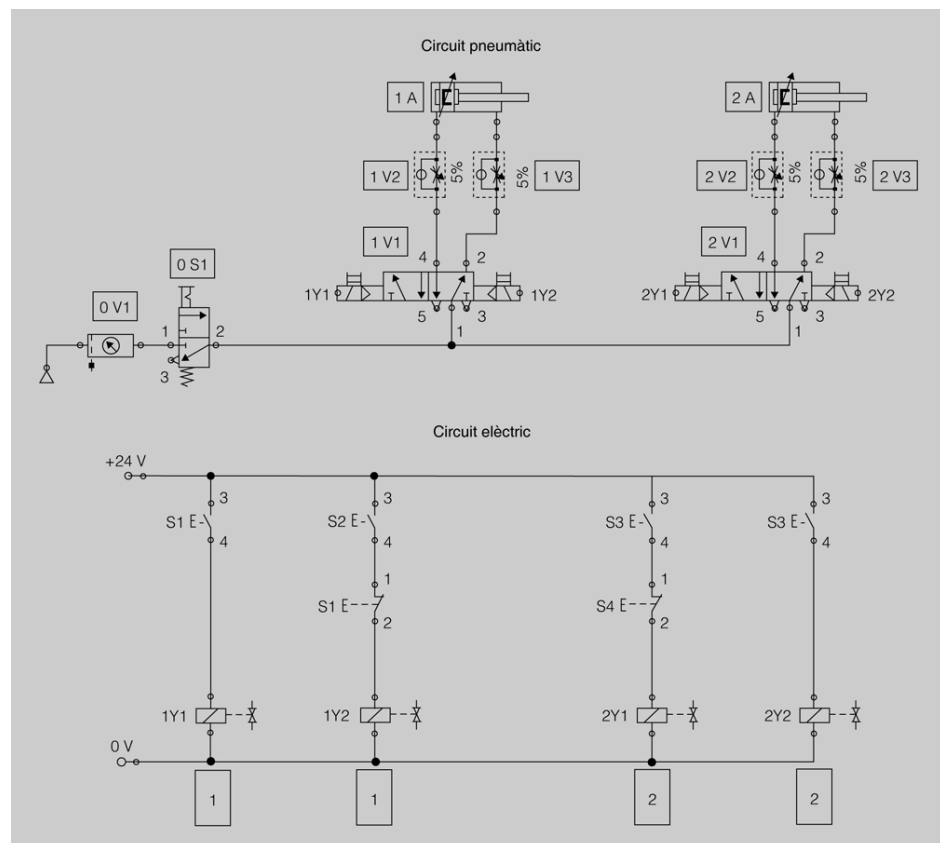
3.2.4 Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb memorització de la posició actual

Hi ha vegades que quan es treballa amb un sistema electropneumàtic interessa que en cas de tall de tensió el sistema mantingui la memòria de la posició actual del cilindre; per aconseguir-ho, també ha de mantenir l'estat l'electrovàlvula. Això és possible treballant amb electrovàlvules biestables, ja sigui amb cilindres d'efecte simple o d'efecte doble.

Esquema de muntatge

En la figura 3.15 podeu veure dos esquemes diferents amb els circuits pneumàtic i elèctric corresponents al control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb memorització de la posició actual.

FIGURA 3.15. Esquema electropneumàtic d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb memorització de la posició actual



Observeu que els circuits pneumàtics dels cilindres 1A i 2A són iguals; en canvi els circuits elèctrics no, és a dir, el comportament del cilindre 1A i el del 2A són diferents i les seves seqüències de treball estan definides en els circuits elèctrics.

Normalment els operaris de les instal·lacions les manipulen correctament, i si hi ha un pulsador per accionar un moviment, saben que n'hi ha prou d'accionar-lo un instant, que no han d'accionar-lo permanentment, perquè si no hi hauria un

interruptor en comptes d'un polsador. Però el que dissenya un automatisme a vegades pensa que l'ha de dissenyar fins i tot tractant de solucionar les possibles accions incorrectes de l'operari.

Els de la figura 3.15 són dos exemples de posada en marxa d'un cilindre amb polsadors per avançar i retrocedir un cilindre. El cilindre 1A, si es manté accionat el polsador d'avançar quan es dona ordre de retrocedir, no retrocedeix, i en canvi el cilindre 2A retrocedeix sempre que es dona l'ordre, encara que es mantingui accionat el polsador d'avançar.

Funcionament

Cilindre 1A: s'utilitza el polsador S1 per donar l'ordre d'avançar i l'S2 per retrocedir. El polsador S1 té doble contacte, un d'obert i un de tancat. Quan accioneu S1 el contacte 3-4 es tanca i el contacte 1-2 s'obre; en deixar d'accionar-lo torna a l'estat de repòs.

- En accionar el polsador S1, arribarà tensió al solenoide 1Y1, i com veieu al circuit pneumàtic, 1Y1 farà canviar de posició l'electrovàlvula 1V1, amb la qual cosa el cilindre 1A avançarà.
- Quan deixeu d'accionar el polsador S1 deixa d'arribar tensió a 1Y1, però com que l'electrovàlvula no té molla pel retrocés es quedarà en la posició en què es troba en aquest moment.
- En accionar el polsador S2, arribarà tensió al solenoide 1Y2, i com veieu al circuit pneumàtic, 1Y2 farà tornar a la posició anterior l'electrovàlvula 1V1, amb la qual cosa el cilindre 1A retrocedirà.
- Si accioneu a la vegada els polsadors S1 i S2, la tensió arriba a 1Y1, però no arriba al 1Y2, ja que el contacte de S1 (tancat en repòs) s'ha obert. Per tant preval l'ordre d'avançar sobre la de retrocedir en el cilindre i aquest es manté avançat.

Cilindre 2A: s'utilitza el polsador S3 per donar ordre d'avançar i l'S4 per retrocedir. El polsador S4 té doble contacte, un d'obert i un detancat. Quan accioneu S1 el contacte 3-4 es tanca i el contacte 1-2 s'obre, i en deixar d'accionar-lo torna a l'estat de repòs.

El funcionament del cilindre 2A és molt semblant al de l'1A. L'única diferència és que si accioneu a la vegada els polsadors S3 i S4, la tensió arriba a 2Y2, però no arriba al 2Y1, ja que el contacte de S4 (tancat en repòs) s'ha obert. Per tant preval l'ordre de retrocedir sobre la d'avançar.

Ara feu l'activitat "Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb memorització de la posició actual", que trobareu a la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Que una electrovàlvula sigui biestable vol dir que té dues posicions estables (no té molla), per la qual cosa quan doneu una ordre, no cal que la mantingueu, l'estat que tingui en aquell moment el mantindrà fins que rebí una ordre contrària.

3.2.5 Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb detecció del final del seu recorregut

La posició d'un cilindre es pot detectar de diverses maneres:

- Mitjançant un **final de cursa mecànic**. És una mena de contacte (semblant a un polsador) que és accionat per la tija del cilindre quan aquest es desplaça.

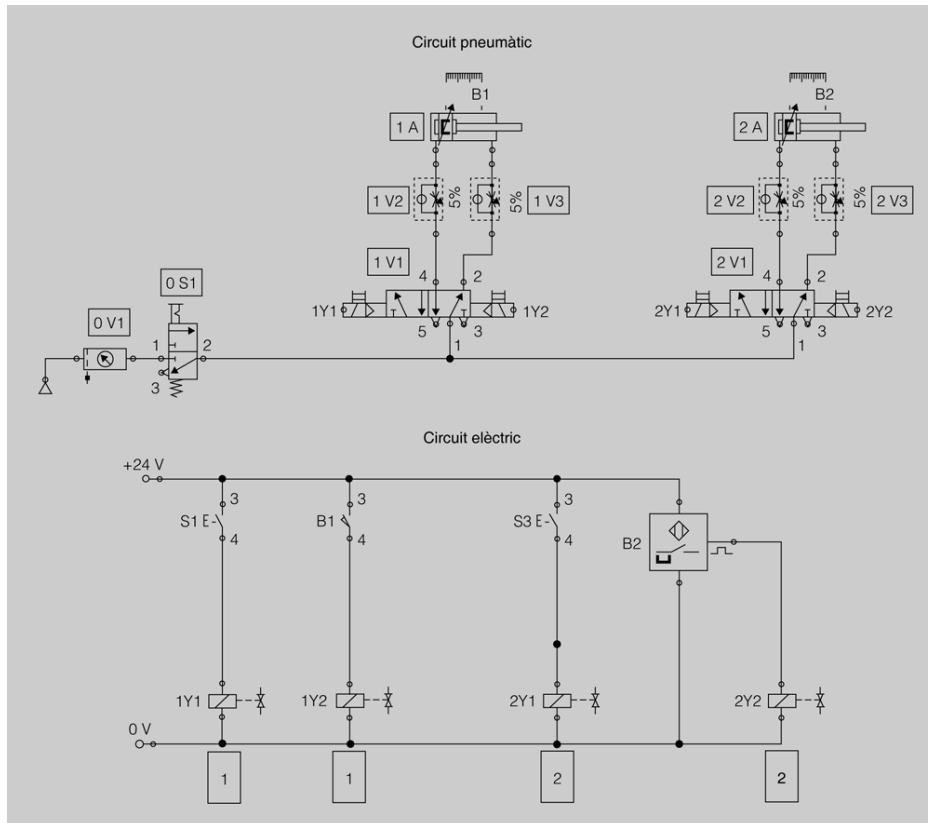
- Un **sensor inductiu**: és un sensor que dona un senyal elèctric quan detecta qualsevol element metàl·lic.

- Un **sensor magnètic**, que és el més utilitzat en els circuits d'electropneumàtica. Els èmbols dels cilindres estan envoltats per un imant, els sensors magnètics estan col·locats damunt del cos del cilindre i s'activen quan el cilindre es desplaça i, per tant, l'imat hi passa per sota. N'hi ha de dos tipus:
 - **Sensor magnètic de làmines**. El sensor magnètic de làmines està format per dues làmines que es troben dins d'un tub de vidre ple d'un gas inert i que s'uneixen quan estan sota un camp magnètic.
 - **Sensor magnètic transistoritzat**: és un tipus de sensor electrònic que detecta el camp magnètic creat per l'imat i dona un senyal.

Esquema de muntatge

En la figura 3.16 teniu dos exemples de posada en marxa d'un cilindre amb polsador per avançar i amb retorn automàtic en arribar al final de davant. En el cilindre 1A, l'ordre de retrocedir la dona el sensor magnètic B1 de làmines i en el cilindre 2A la dona el sensor magnètic B2 del tipus transistoritzat. En tots dos casos, si quan el cilindre arriba davant es manté el polsador d'avançar accionat, els cilindres no retrocediran fins que no s'alliberi el polsador.

FIGURA 3.16. Esquema electropneumàtic d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb detecció del final del seu recorregut



Funcionament

Cilindre 1A:

- Quan accioneu el pulsador S1, arriba tensió al solenoide 1Y1 i, per tant, provoca el canvi de posició de l'electrovàlvula 1V1, la qual cosa provoca que el cilindre 1A avanci.
- En deixar d'accionar el pulsador S1, com que l'electrovàlvula és biestable el cilindre continua sortint fins que arriba al final del seu recorregut; allí l'imant activa el sensor de làmines (B1) i, per tant, aquest dóna tensió al solenoide 1Y2, que fa que l'electrovàlvula 1V1 canviï de posició i, per tant, fa retrocedir el cilindre.

Cilindre 2A:

- Quan accioneu el pulsador S2, arriba tensió al solenoide 2Y1 i, per tant, provoca el canvi de posició de l'electrovàlvula 2V1, la qual cosa provoca que el cilindre 2A avanci.
- En deixar d'accionar el pulsador S2, com que l'electrovàlvula és biestable, el cilindre continua sortint fins que arriba al final del recorregut; allà l'imant activa el sensor magnètic transistoritzat (B2), pel cable de senyal surt un senyal positiu que dóna tensió al solenoide 2Y2, que fa que l'electrovàlvula 2V1 canviï de posició i, per tant, fa retrocedir el cilindre 2A.

Ara feu l'activitat "Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb detecció del final del seu recorregut", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

Els **sensors magnètics a tres fils** tenen el cable marró que es connecta al positiu (24 volts), el blau que es connecta al negatiu (0 volts) i el negre que es connecta a la càrrega.

3.2.6 Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb selecció de retorn instantani o temporitzat

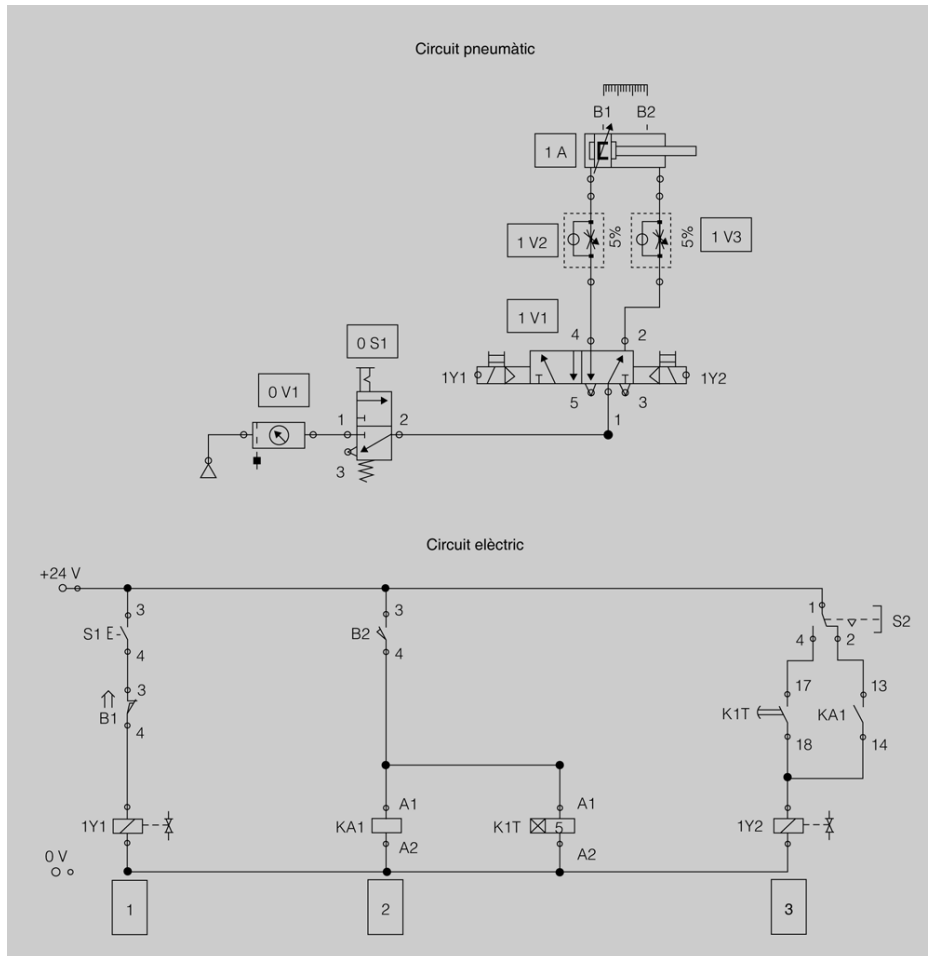
Moltes vegades interessa que l'operari, mitjançant un selector, pugui seleccionar que quan el cilindre hagi avançat torni a l'instant o que trigui un temps a fer-ho per aconseguir una tasca concreta.

Els contactes que indiquen la posició dels cilindres es representen amb l'estat que tenen quan el cilindre es troba en la posició inicial. Així doncs, un contacte obert del detector de posició del cilindre retrocedit es representa tancat. En l'esquema queda reflectit perquè la numeració dels seus contactes acaba en 3-4 i perquè al símbol s'afegeix una fletxa que vol dir que el detector està accionat en aquell moment i per això s'observa com a tancat.

Esquema de muntatge

En la figura 3.17 podeu veure el circuit pneumàtic i elèctric corresponent al control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb selecció de retorn instantani o temporitzat. El cilindre fa els moviments en funció de la posició de l'electrovàlvula 1V1, comandada pels solenoides (bobines) 1Y1 per avançar i 1Y2 per retrocedir. L'ordre d'avançar la dona el polsador S1 i el selector S2 defineix amb les dues posicions el tipus de retorn, instantani o temporitzat. Si està seleccionat el retorn instantani i mantenim accionat el polsador S1, el cilindre farà un moviment de vaivens de manera continuada fins que deixem d'accionar el polsador S1.

FIGURA 3.17. Esquema electropneumàtic d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb selecció de retorn instantani o temporitzat



Funcionament

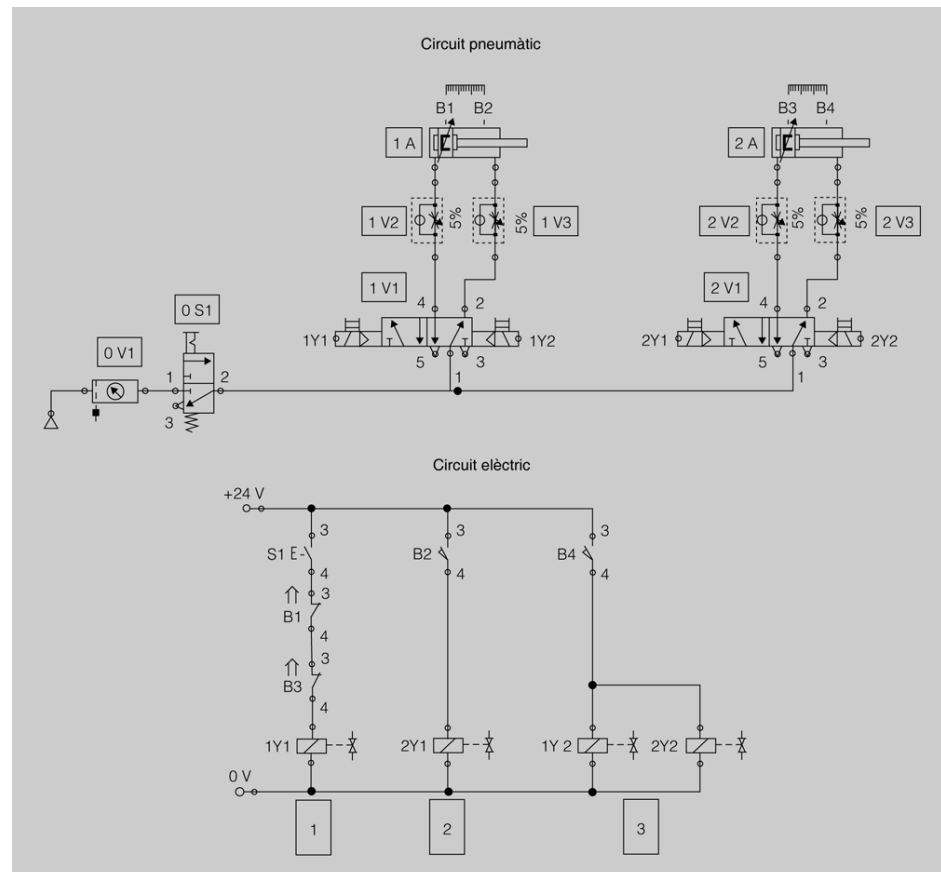
- Estant el circuit en repòs -per tant, amb el cilindre retrocedit-, si accioneu el pulsador S1 s'activa 1Y1, i per tant la vàlvula 1V1 canvia d'estat i fa que el cilindre avanci. Quan avanci una mica el detector B1 deixa d'estar accionat, el contacte B1 s'obre i, tot i que mantingueu accionat el pulsador S1, 1Y1 quedarà desconnectada, però l'electrovàlvula mantindrà la posició i el cilindre continuarà avançant.
- Quan el cilindre arriba al final del seu recorregut s'acciona el detector B2 i es connecten el relé KA1 i el temporitzador K1T. Els contactes de KA1 canvien de posició a l'instant; en canvi el del temporitzador trigarà a tancar el temps programat, en aquest cas 5 segons.
- Si el selector S2 està en repòs, hi ha contacte entre els borns 1 i 2 i arribarà tensió a la bobina 1Y2 de manera instantània i això farà que actuï l'electrovàlvula 1V1, retorni a la posició inicial i provoqui que el cilindre retrocedeixi.
- Si el selector S2 està accionat, hi ha contacte entre els borns 1 i 4 però no arribarà tensió a la bobina 1Y2 mentre no tanqui el contacte 17-18 del temporitzador K1T; llavors actuarà l'electrovàlvula 1V1 i el cilindre retrocedirà.

Ara feu l'activitat "Control d'un cilindre comandat per una electrovàlvula biestable amb selecció de retorn instantani o temporitzat", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.

3.2.7 Control de dos cilindres comandats per electrovàlvules biestables amb una seqüència simple de doblegament de peces

La majoria d'instal·lacions que utilitzen circuits electropneumàtics ho fan per fer seqüències de funcionament, és a dir, moviments de diversos cilindres que van actuant en un ordre determinat per acomplir una tasca determinada. Aquesta manera de dur a terme un procés de treball és defineix com a procés seqüencial.

FIGURA 3.18. Esquema electropneumàtic de dos cilindres comandats per electrovàlvules biestables amb una seqüència simple de doblegament de peces



En la figura 3.18 teniu definit un procés seqüencial molt simple corresponent a una màquina per doblegar peces de ferro.

Esquema de muntatge

En la figura 3.18 podeu veure el circuit pneumàtic i elèctric corresponent al control de dos cilindres comandats per electrovàlvules biestables amb una seqüència de funcionament entre aquests que pot correspondre a una màquina per doblegar peces de ferro.

Quan avancen, el cilindre 1A subjecta la peça i el cilindre 2A la doblega 90 graus.

La seqüència de treball d'aquest circuit és la següent: primer avança el cilindre 1A i subjecta la peça, a continuació avança el cilindre 2A i fa el doblatge de la peça i a continuació retrocedeixen els dos cilindres a la vegada.

Funcionament

Per començar el procés els dos cilindres han d'estar enrere. En aquesta posició el detector magnètic B1 estarà activat i, per tant, estarà tancat, i el B3 també estarà activat i, per tant, estarà tancat.

En accionar el pulsador S1, arribarà tensió a la bobina 1Y1; per tant l'electrovàlvula 1V1 canviarà de posició i farà que el cilindre 1A avanci.

Quan el cilindre 1A està avançat s'acciona el detector magnètic B2, que farà que arribi tensió a la bobina 2Y1 i això farà que l'electrovàlvula 2V1 canviï de posició i, per tant, el cilindre 2A avançarà.

Quan el cilindre 2A està avançat s'acciona el detector magnètic B4, que farà que arribi tensió al mateix temps a les bobines 1Y2 i 2Y2 i, per tant, les electrovàlvules 1V1 i 2V1 tornaran a la posició de repòs i faran que els cilindres 1A i 2A retrocedeixin; quedaran en la posició inicial i preparats per començar un altre cicle de funcionament.

Ara feu l'activitat "Control de dos cilindres comandats per electrovàlvules biestables amb una seqüència simple de doblegament de peces", que trobareu en la secció "Activitats" del web d'aquest mòdul.