

UNIVERZITET U BIHAĆU
TEHNIČKI FAKULTET
BIHAĆ

AUTOMATSKO UPRAVLJANJE II

Laboratorijske/Auditorne vježbe

PNEUMATIKA

**Direktno i indirektno upravljanje jednoradnim cilindrom
(Vježba 9)**

mr. Amel Toroman, dipl. ing.el.
Viši asistent

PNEUMATIKA

Pritisak

Pritisak p je odnos (normalne) sile F koja djeluje okomito na neku površinu, i te iste površine A :

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

Mjerna jedinica pritiska prema SI sistemu je *Pascal*. Vrlo često se koristi *bar*. Također, jedinica *psi* (*pound-per-square-inch*) je dosta u upotrebi u američkoj literaturi i katalogima proizvođača.

Odnosi su slijedeći:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa, odnosno } 1 \text{ bar} = 0.1 \text{ Mpa, ili } 10 \text{ bar} = 1 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ bar} = 14.5 \text{ psi, odnosno } 100 \text{ psi} \approx 6.9 \text{ bar}$$

Pritisak je veličina koja se mjeri u odnosu na neku referentnu vrijednost koja može biti različita, pa se tako razlikuje nekoliko pojmova za pritisak: **apsolutni pritisak** p_{aps} , te **relativni pritisak** p ili Δp . *Relativni pritisak* se referira u odnosu na *atmosferski pritisak* p_{atm} (varijabilna veličina, oko 1.015 bara na nadmorskoj visini 0 m), a ako je pozitivan ($p_{aps} > p_{atm}$) onda se naziva *prepritisak*, a ako je negativan ($p_{aps} < p_{atm}$) onda je *popritisak* ili *vakuum*. *Apsolutni pritisak* je pritisak u odnosu na potpuno ispražnjeni prostor (dakle 100% vakuum).

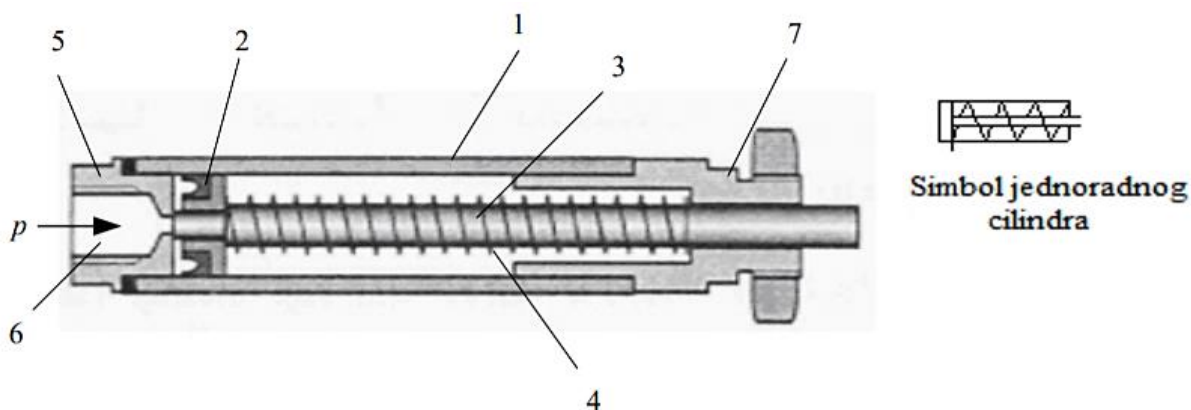
Direktno i indirektno upravljanje jednoradnim cilindrom

Jednoradni cilindri ostvaruju koristan rad samo u jednom smjeru. Pod djelovanjem stlačenog zraka klip s klipnjačom kreće se u smjeru prema naprijed (u pravilu). Povratno kretanje najčešće se ostvaruje oprugom, a rjeđe:

- djelovanjem vanjske sile (težinom tereta),
- reduciranim tlakom zraka preko ventila za regulaciju zraka (0.1 - 1 bar),
- zračnim jastukom (stalni spremnik zraka nižeg zraka).

Maksimalna dužina hoda ovih cilindara je zbog ugrađene povratne opruge do 100 mm. Koriste se za stezanje radnih predmeta izbacivanje nakon obrade, utiskivanje, dodavanje, pomicanje itd., odnosno kad nije bitna brzina povratnog kretanja klipa. Simbol jednoradnog cilindra uvijek je isti, neovisno kakvo je konstrukcijsko rješenje i kakav je način povratka klipnjače.

Jednoradni klipni cilindri (*Slika 1*) sastoje se od košuljice cilindra, prednjeg i zadnjeg poklopca, klipa, klipnjače, povratne opruge, kao i elemenata za spajanje i brtvljenje. Košuljica je obično izrađena od fino vučenih čeličnih cijevi. Da bi se umanjilo znatno trošenje elastičnog klipa, unutrašnja klizna ploha košuljice cilindra fino je obrađena ili honovana. Za poklopce primjenjuju se uglavnom lijevani materijal (lijevano željezo ili aluminijski lijev). Jednoradni cilindri mogu biti izrađeni i lijevanjem od lakih metala, pri čemu stražnji poklopac (podnica) i košuljica čini jednu cjelinu.



Slika 1. Jednoradni klipni cilindar

Legenda:

1. tijelo cilindra,
2. klip s "U" brtvom,
3. klipnjača,
4. povratna opruga,
5. zadnji poklopac,
6. priključak za stlačen zrak,
7. prednji poklopac

Klip i klipnjača uglavnom su izrađeni od CrNi čelika, tvrdo kromirani.

Sila F koju može ostvariti jednoradni klipni cilindar s oprugom kod izvlačenja iznosi:

$$F = F_1 - F_2 - F_0 - F_T = A_1 \cdot p_{dob} - A_2 \cdot p_2 - F_0 - F_T \quad [N] \quad (1)$$

gdje je:

F_1 - sila s zadnje strane klipa (čelo klipa), [N]

F_2 - sila s prednje strane klipa, [N]

A_1 - površina čela klipa, [m²]

A_2 - površina klipa s prednje strane, [m²]

p_{dob} - pritisak dobave (napajanja), [N/m²]

p_2 - pritisak s prednje strane, [N/m²]

F_T - sila trenja, [N]

F_0 - sila opruge, [N]

Sila koju stvara cilindar, naziva se također i sila klipnjače. Sila s stražnje strane klipa F_1 iznosi:

$$F_1 = A_1 \cdot p_{dob} = \left(\frac{D^2 \cdot \pi}{4} \right) \cdot p_{dob} \quad [N] \quad (2)$$

gdje je D promjer klipa u metrima.

Površina klipa s prednje strane manja je za površinu klipnjače, pa sila s zadnje strane F_2 iznosi:

$$F_2 = A_2 \cdot p_2 = \left((D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4} \right) \cdot p_2 \quad [N] \quad (3)$$

gdje je d promjer klipnjače u metrima.

Sila trenja F_T ovisna je o trenju između brtvi i stijenke cilindra, tlaku i brzini kretanja i u praksi se uzima da je:

$$F_T = \mu_t \cdot F_k = \mu_t \cdot A_1 \cdot p_{dob} \quad [N] \quad (4)$$

gdje koeficijent trenja iznosi $\mu_t = 0.1 - 0.2$.

Sila povratne opruge F_0 je tako odmjerena da dovoljno velikom brzinom potiskuje klip u polazni položaj. U krajnjem izvučenom položaju klipnjače sila opruge ima najveću vrijednost, a koja iznosi 10-15% od moguće sile klipa kada na njega djeluje stlačeni zrak od 6 bara. Zbog toga je *brzina izvlačenja klipnjače veće od uvlačenja klipnjače*.

Kako je pritisak s prednje strane klipa p_2 vrlo mali tako se i sila F_2 može zanemariti, pa sila klipnjače F iznosi:

$$F = k \cdot F_1 - F_0 = k \cdot A_1 \cdot p_{dob} - F_0 \quad [N] \quad (5)$$

gdje je k koeficijent koji za jednoradni cilindar iznosi $k=0.8 - 0.9$.

Volumen zraka koji se dobavlja u cilindar određen je izrazom:

$$V = A_1 \cdot h \quad [m^3] \quad (6)$$

gdje je:

V - volumen zraka koji se dobavlja u cilindar (volumen stražnje komore), $[m^3]$

A_1 - površina čela klipa, $[m^2]$

h - hod klipa, $[m]$

Volumni protok zraka Q kroz jednoradni cilindar iznosi:

$$Q = n \cdot V = n \cdot A_1 \cdot h \quad [m^3/min] \quad (7)$$

gdje je:

n - broj ciklusa (pomaka u oba smjera) u jedinici vremena u min^{-1}

Volumni protok zraka kroz jednoradni cilindar sveden na *atmosfersko stanje* zraka (stanje na ulazu u kompresor) određena je formulom:

$$Q_1 = Q_2 \cdot \frac{p_2}{p_1} = n \cdot V \cdot \frac{p_2}{p_1} = n \cdot A_1 \cdot h \cdot \frac{p_2}{p_1} \quad [m^3/min] \quad (8)$$

gdje je:

Q_1 – volumni protok zraka koji se dobavlja u cilindar sveden na atmosfersko stanje zraka, $[m^3/min]$

Q_2 – volumni protok zraka koji se dobavlja u cilindar, $[m^3/min]$

p_2 – apsolutni pritisak dobave (napajanja), [N/m²]

p_1 – apsolutni (atmosferski) pritisak na usisu kompresora, [N/m²]

V – volumen zraka koji se dobavlja u cilindar (volumen stražnje komore), [m³]

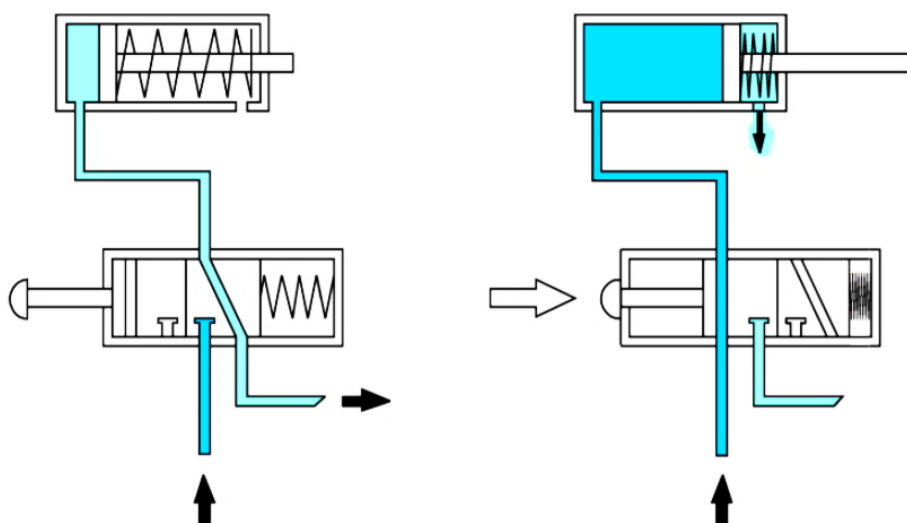
A_1 – površina klipa s stražnje strane, [m²]

h – hod klipa, [m]

n – broj ciklusa (pomaka u oba smjera) u jedinici vremena, [min⁻¹]

Kod jednoradnih clindara ili jednosmjernih motora obavlja se koristan rad samo u jednom smjeru, pa je za njihov rad potreban samo jedan radni vod. Budući da postoje najmanje dva stanja cilindra, uvučeno i izvučeno ili kod jednosmjernih motora, okreće se i miruje, to i razvodnik za njihovo ostvarivanje treba imati najmanje dva razvodna položaja.

Stoga je za opskrbu jednoradnog cilindra (*Slika 2*) ili jednosmjernog motora stlačenim zrakom potreban 3/2 razvodnik. Razvodnik koji opskrbljuje cilindar stlačenim zrakom naziva se i *glavnim razvodnikom*.



Slika 2. Opskrba jednoradnog cilindra stlačenim zrakom pomoću 3/2 razvodnika

Najjednostavniji način upravljanja jednoradnim ili dvoradnim cilindrom podrazumijeva direktne upravljačke signale, tj. direktno upravljanje. Time je cilindar aktiviran neposredno putem ručno, mehanički ili elektromagnetski aktiviranog razvodnika, bez bilo kakvih posrednih razvodnika. Međutim, kod cilindra velikog volumena mora i glavni razvodnik imati veliki nazivni promjer s odgovarajućim protokom. Stoga, ukoliko se radna sila pokaže prevelikom za ručno upravljanje ili ako je potrebno omogućiti upravljanje s nekog udaljenog mjesta, tada se primjenjuje indirektno upravljanje. Kod ovog upravljanja glavni razvodnik se aktivira indirektno putem nekog drugog razvodnika, odnosno njegovim signalom.

Granične vrijednosti za direktno upravljanje pneumatskim cilindrom su:

- cilindri s promjerom klipa manjim od 40 mm,
- ventili s priključcima manjim od 1/4".

Pri odabiru cilindra treba uzeti u obzir sljedeće elemente:

- potrebna sila,
- potreban hod,
- potrebna brzina,
- način pričvršćenja cilindra.

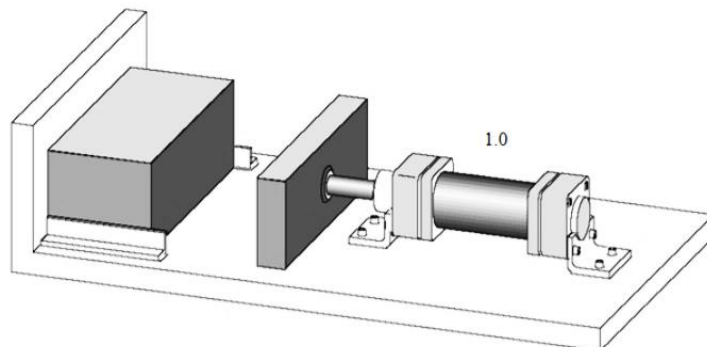
Za ispomoć pri izboru cilindra svaki proizvođač daje prikladne tablice ili dijagrame kojim se na osnovu potrebne sile na klipnjači određuju promjer klipa, hod i potrebna brzina.

Standardni promjeri cilindara su:

- ISO 6431 za promjere cilindara od 32 mm do 320 mm (32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320 i 350 mm),
- ISO 6432 za promjere cilindara od 8 mm do 25 (8, 10, 12, 16, 20, 25 mm).

Način učvršćenja cilindra ovisi o proizvođaču i veličini cilindra. Izbor učvršćenja treba pažljivo odabrati, jer se cilindri smiju opteretiti samo u aksijalnom smjeru. Svako bočno opterećenje troši klizne ležajeve i smanjuje trajnost cilindara.

PRIMJER 1: Kada je pritisnut taster jednoradni cilindar promjera 25 mm i hoda 100 mm steže komponentu (*Slika 3*). Dok je taster pritisnut cilindar ostaje u položaju stezanja. Kad se pusti taster cilindar se uvlači u početni položaj. Pritisak dobave je 6 bara (manometarski pritisak).



Slika 3. Položajna skica uređaja za stezanje

Na osnovu teksta zadatka potrebno je za:

PNEUMATSKO UPRAVLJANJE

- izračunati silu stezanja koju može ostvariti jednoradni cilindar iz teksta zadatka, ako sila povratne opruge iznosi 10% sile na klipnjači i uz faktor $k=0,8$,
- izračunati volumen zraka koji se dobavlja u jednoradni cilindar,
- izračunati volumni protoka zraka za 5 ciklusa u minuti (pomaka u oba smjera) koji se dobavlja u jednoradni cilindar sveden na atmosfersko stanje zraka pritiska 1,01 bara,
- nacrtati pneumatsku shemu upravljanja,
- označiti shemu upravljanja,
- napraviti specifikaciju elemenata (tablicu),
- navesti funkcije pojedinih pneumatskih elemenata (signalni, procesni i upravljački elementi),
- opisati pneumatsko upravljanje uz opis djelovanja svakog elementa (obvezno navesti početni položaj signalnih elemenata i izvršnog elementa),
- ispitati shemu na računaru s programom *FluidSIM Pneumatics*,

ELEKTRIČNO UPRAVLJANJE

- nacrtati elektropneumatsku shemu upravljanja,
- označiti shemu upravljanja,
- napraviti specifikaciju elemenata (tablicu),
- navesti funkcije pojedinih električnih elemenata (signalni, procesni i upravljački elementi),
- opisati električno upravljanje uz opis djelovanja svakog elementa (obvezno navesti početni položaj signalnih elemenata i izvršnog elementa),
- ispitati shemu na računaru s programom *FluidSIM Pneumatics*,

Sila stezanja jednaka je sili klipnjače kod njenog izvlačenja:

$$F = k \cdot F_1 - F_0 = k \cdot A_1 \cdot p_{dob} - F_0 \quad [N]$$

Sila na klip:

$$F_1 = k \cdot A_1 \cdot p_{dob} = 0.8 \cdot \left(\frac{0.025^2 \cdot \pi}{4} \right) \cdot 6 \cdot 10^5 = 235.5 \quad [N]$$

Sila povratne opruge:

$$F_0 = 0.1 \cdot F_1 = 0.1 \cdot 235.5 = 23.55 \quad [N]$$

Sila klipnjače:

$$F = F_1 - F_0 = 235.5 - 23.55 = 211.95 \quad [N]$$

Volumen zraka koji se dobavlja u cilindar:

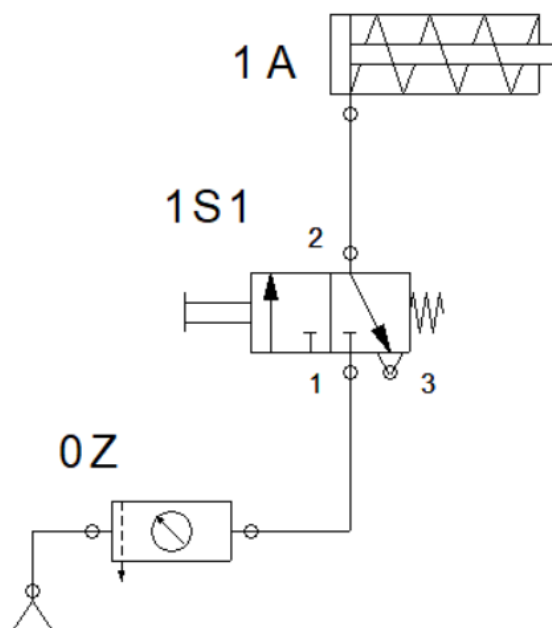
$$V = A_1 \cdot h = \left(\frac{0.025^2 \cdot \pi}{4} \right) \cdot 0.1 = 0.000049 \quad [m^3]$$

Volumni protoka zraka za 5 ciklusa u minuti (pomaka u oba smjera) koji se dobavlja u jednoradni cilindar sveden na atmosfersko stanje zraka pritiska 1.01 bara:

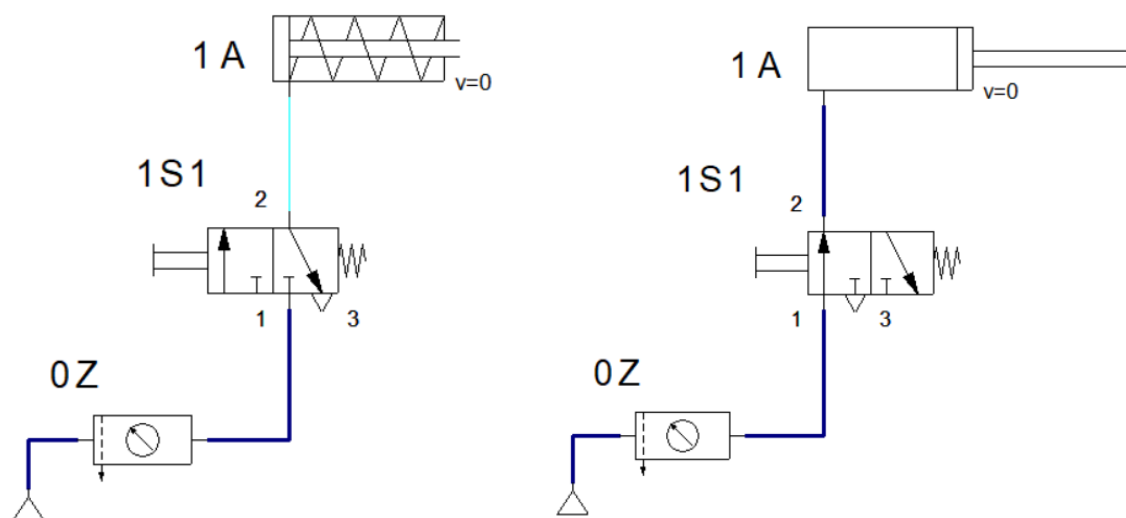
$$Q_1 = n \cdot V \cdot \frac{p_2}{p_1} = 5 \cdot 0.000049 \cdot \frac{(6 + 1.01)}{1.01} = 0.001715 \quad [m^3/min]$$

$$Q_1 = 1.715 \quad [l/min]$$

Pneumatska shema upravljanja



Slika 4. Pneumatska shema (Primjer 1)

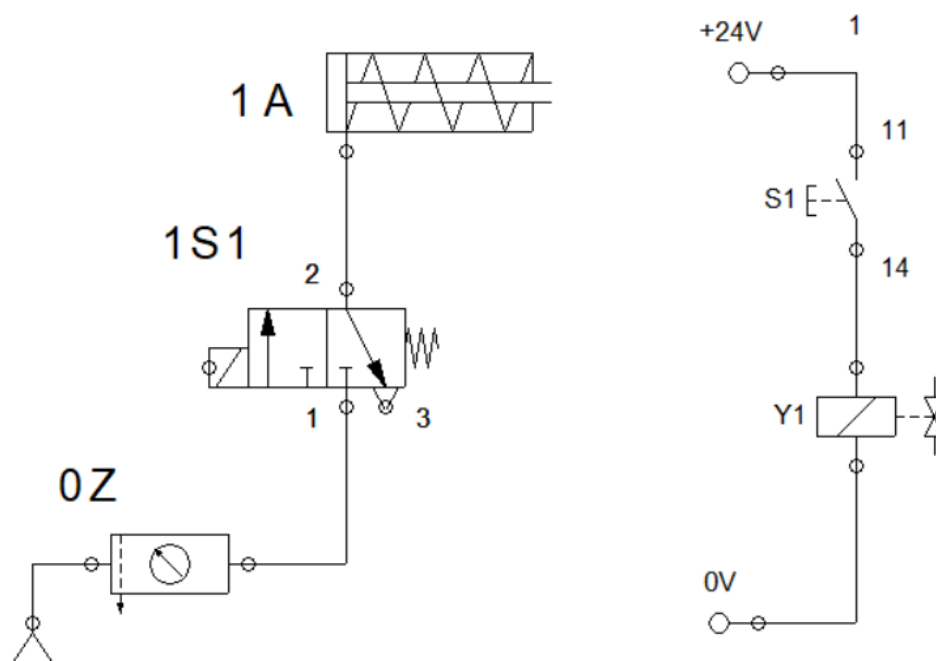


Slika 5. Pneumatska shema (a) taster nije aktiviran (b) taster aktiviran)

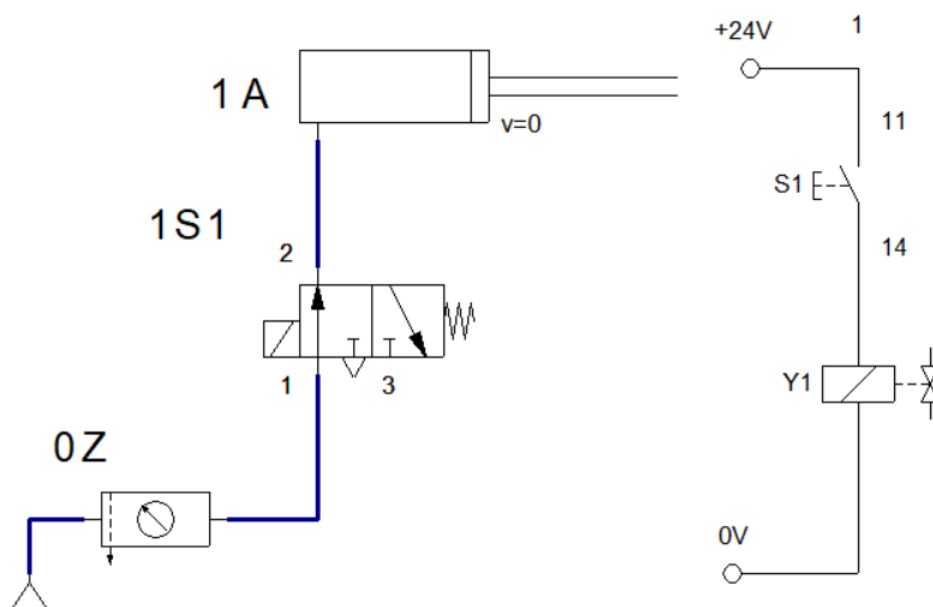
Tabela 1. Specifikacija elemenata

Oznaka	Broj komada	Naziv komponente
0Z	1	Pripremna grupa elementa-pojednostavljen prikaz
1S1	1	3/2 razvodnik aktiviran tasterom (fizički), normalno zatvoren, povrat oprugom
1A	1	Jednoradni cilindar

Elektropneumatska shema upravljanja



Slika 6. Elektropneumatska shema

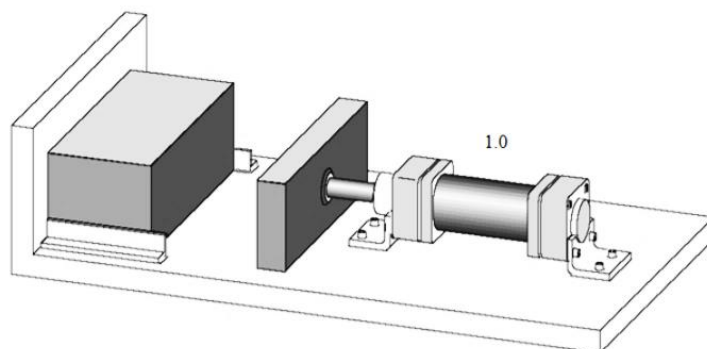


Slika 7. Elektropneumatska shema (taster aktiviran)

Tabela 2. Specifikacija elemenata

Oznaka	Broj komada	Naziv komponente
0Z	1	Pripremljena grupa elementa-pojednostavljen prikaz
1S1	1	3/2 razvodnik aktiviran tasterom (fizički), normalno zatvoren, povrat oprugom
1A	1	Jednoradni cilindar
S1	1	Taster

PRIMJER 2: Jednoradni cilindar s promjerom klipa 60 mm i hoda 100 mm steže radni komad (*Slika 8*). Indirektnim aktiviranjem glavnog razvodnika, klipnjača jednoradnog cilindra se izvlači i ostaje u izvučenom položaju sve dok je signalni taster pritisnut. Otpuštanjem tastera klipnjača se vraća u početni položaj.



Slika 8. Položajna skica uređaja za stezanje

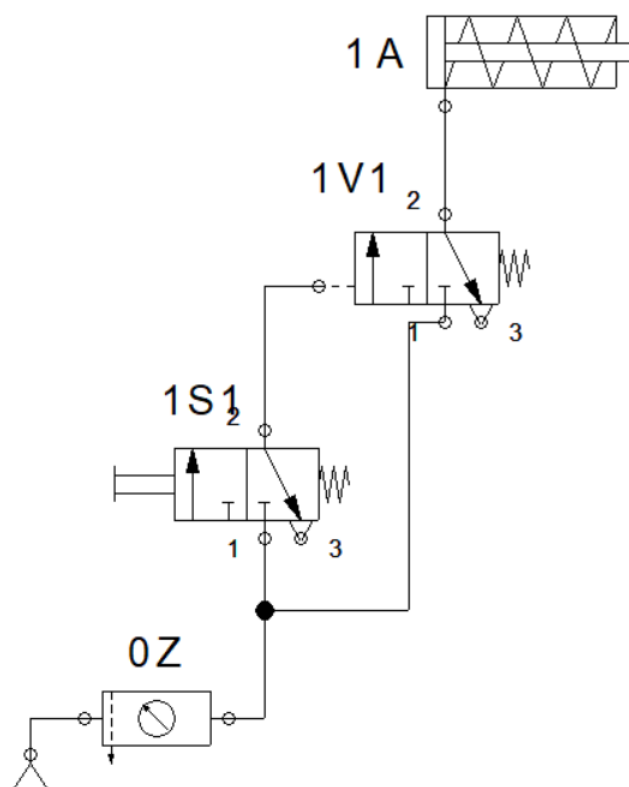
Na osnovu teksta zadatka potrebno je za:

PNEUMATSKO UPRAVLJANJE

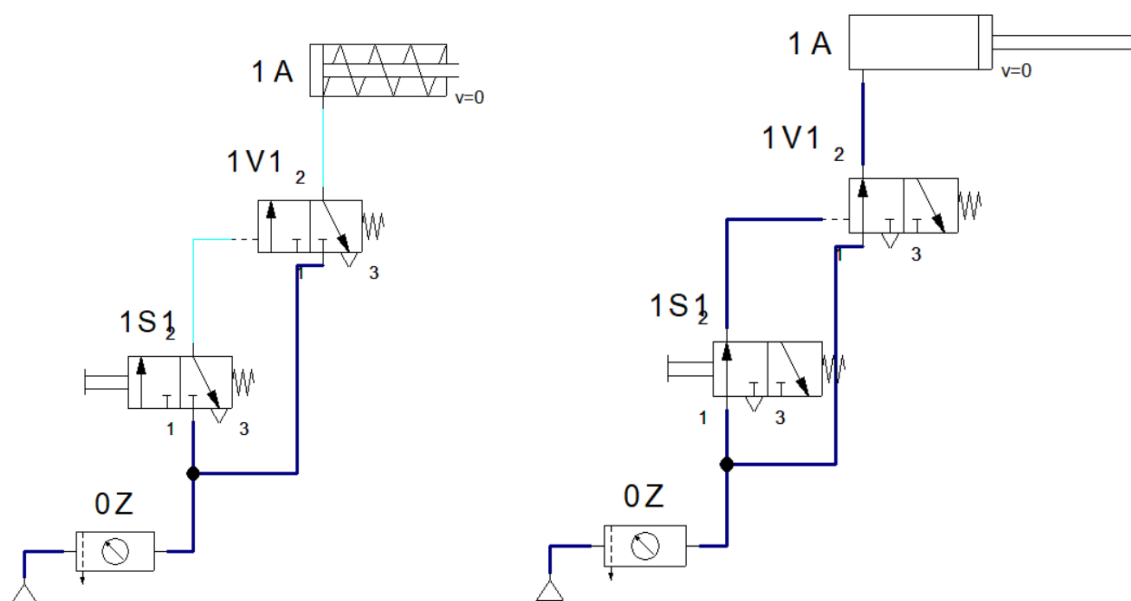
- nacrtati pneumatsku shemu upravljanja,
- označiti shemu upravljanja,
- napraviti specifikaciju elemenata (tablicu),
- navesti funkcije pojedinih pneumatskih elemenata (signalni, procesni i upravljački elementi),
- opisati pneumatsko upravljanje uz opis djelovanja svakog elementa (obvezno navesti početni položaj signalnih elemenata i izvršnog elementa),
- ispitati shemu na računaru s programom *FluidSIM Pneumatics*,

ELEKTRIČNO UPRAVLJANJE

- nacrtati elektropneumatsku shemu upravljanja,
- označiti shemu upravljanja,
- napraviti specifikaciju elemenata (tablicu),
- navesti funkcije pojedinih električnih elemenata (signalni, procesni i upravljački elementi),
- opisati električno upravljanje uz opis djelovanja svakog elementa (obvezno navesti početni položaj signalnih elemenata i izvršnog elementa),
- ispitati shemu na računaru s programom *FluidSIM Pneumatics*,



Slika 9. Pneumatska shema

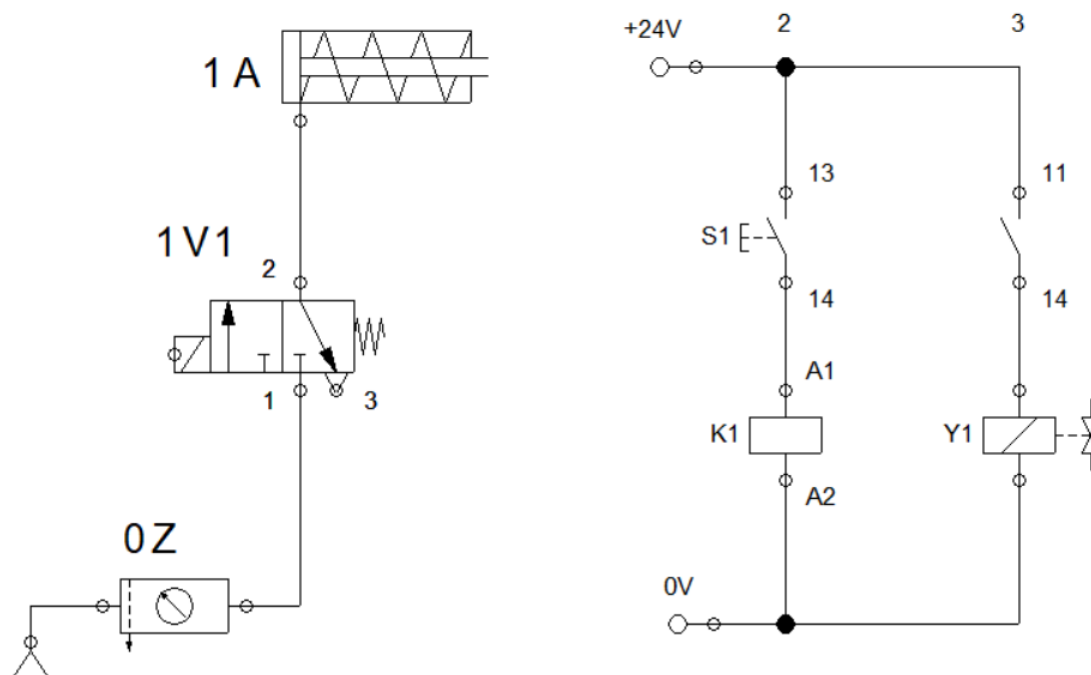


Slika 10. Pneumatska shema (a) taster nije aktiviran) (b) taster aktiviran)

Tabela 3. Specifikacija elemenata

Oznaka	Broj komada	Naziv komponente
0Z	1	Pripremna grupa elementa-pojednostavljen prikaz
1S1	1	3/2 razvodnik aktiviran tasterom (fizički), normalno zatvoren, povrat oprugom
1V1	1	3/2 razvodnik aktiviran porastom pritiska, povrat oprugom
1A	1	Jednoradni cilindar

Elektropneumatska shema upravljanja



Slika 11. Elektropneumatska shema

Tabela 4. Specifikacija elemenata

Oznaka	Broj komada	Naziv komponente
0Z	1	Pripremna grupa elementa-pojednostavljen prikaz
1V1	1	3/2 elektromagnetski razvodnik. Posredno (neizravno) upravljani, normalno zatvoreni, povrat oprugom
1A	1	Jednoradni cilindar
S1	1	Taster
K1	1	Releji