

1. Uvod v krmilno in regulacijsko tehniko

1.1. Osnovni teoretični pojmi krmilja in regulacij

Osnovna teoretična veda, ki se ukvarja s krmiljenjem in regulacijo je kibernetika. Če bi to besedo prevedli bi dobili slovensko »vodenje«. Kibernetika se je razvijala skozi stoletja, toda v zadnjem času se močno uveljavlja in razvija na vseh področjih.

V prvem obdobju so bili v uporabi relativno enostavni regulatorji za avtomatsko reguliranje posameznih veličin kot npr. regulatorji tlaka, števila vrtljajev, nivoja tekočine. Iz tega obdobja je znan ruski znanstvenik I.I.Pulzunov, ki je izdelal prvi batni stroj z regulatorjem nivoja vode v kotlu.

Prvo pomembno teoretično delo je objavil Maxwell z naslovom ON GOVERNORS (o vodenju). Smatra se, da se začetek avtomatskega vodenja začne leta 1784, ko je James Watt izdelal prvi centrifugalni regulator za avtomatsko reguliranje števila vrtljajev parnega stroja. Nadalje je šel razvoj empirično, teoretične osnove in izračuni pa so bili narejeni kasneje. Med teoretike krmiljenja in regulacij štejemo Routh in Žakovskega, ki sta razvila kriterije stabilnosti. Utemeljitelj kibernetike je ameriški znanstvenik Wienev, ki je v svojem dolgoletnem znanstvenem delu odkril, da je vsak proces upravljanja na glede na naravo objekta:

- zbiranje podatkov,
- prenos informacij,
- obdelava informacij,
- uporaba in koriščenje informacij.

Ugotovil je tudi, da preko pojma informacije obstaja analogija med procesi upravljanja pri živih organizmih in strojih, ter potrdil sistemski pristop kibernetike, ki je sestavni del znanosti o sistemih.

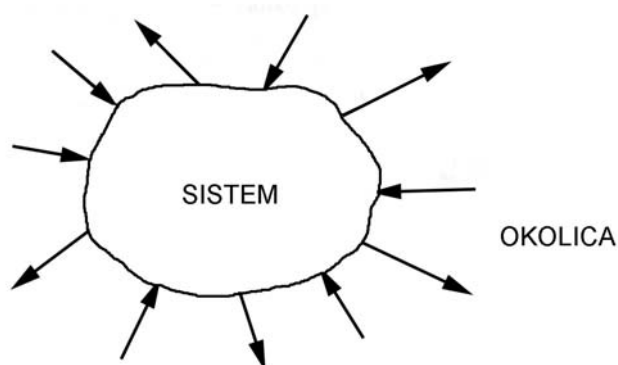
Wienev je s tem prišel do zaključka, da lahko procesi upravljanja pri živih organizmih služijo kot model za izdelavo avtomatskih sistemov upravljanja v tehniki. Svoja spoznanja je opisal in objavil v knjigi leta 1848 z naslovom »Kibernetika ali upravljanje in komunikacija pri živalih in strojih«.

1.2. Splošni teoretični pojmi kibernetike

Da lahko vse sisteme krmiljenja in regulacij obravnavamo enotno, ne glede na značilnosti samega sistema, jih obravnavamo teoretično, kajti v tem primeru so vsi sistemi enaki. Ko sistem upravljanja iz prakse teoretično analiziramo, opremimo z glavnimi deli, potrebnimi informacijami in pretoki signalov, lahko na ta način ugotovljamo napake. Posamezne dele lahko v tako razčlenjenem zamenjamo z boljšimi itd ...

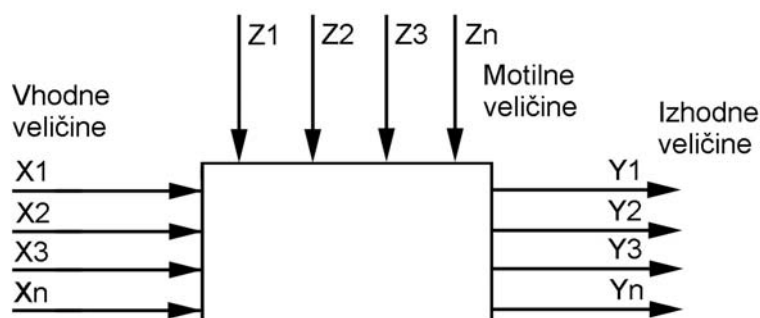
1.2.1. Sistem

Sistem je omejena celota izločena iz okolice v kateri se odvija vodeni proces. To je tvorba človeškega uma zaradi lažjega obravnavanja.



Slika 1: Sistem

Če boljše pogledamo vidimo, da je vsak sistem kjer se odvija proces, povezan z okolico in okolica z njim.



Slika 2: Sistem z vplivi okolice

Vhodne veličine INPUT $x(+)$ - zaznamujejo vpliv okolice na sistem. Izhodne veličine OUTPUT $y(+)$ - zaznamujejo vpliv sistema na okolico. Motnje $Z(t)$ - so nepredvideni vplivi okolice na sistem.

Matematična enačba sistema

$$S : \{X_1, X_2, X_3; Z_1, Z_2, Z_3 \dots\} = \{Y_1, Y_2, Y_3 \dots\}$$

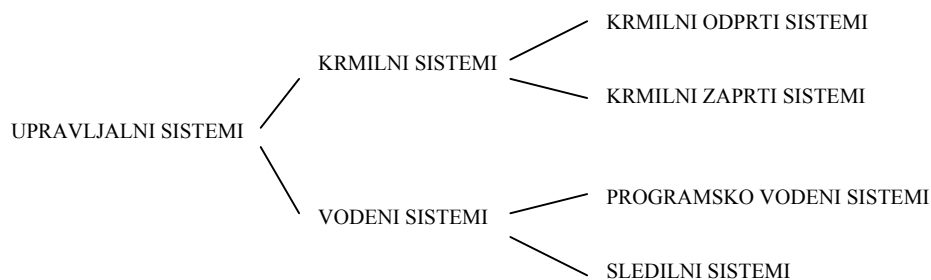
1.2.2. Okolica

Okolica je vse, kar ni predmet poučevanja. Iz okolice pridejo v sistem: energija, informacije in motnje. Sistemi oddajajo svoje produkte v okolico.

1.2.3. Informacije

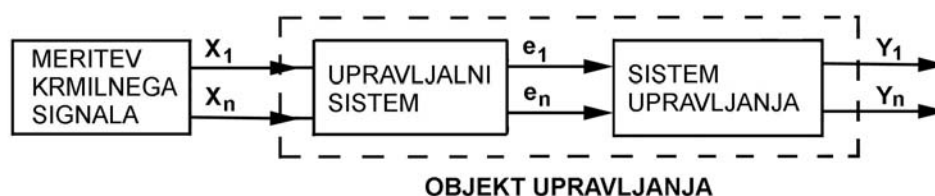
Za upravljanje sistemov so potrebne informacije. Vedno moramo odčitavati stanja v sistemu in v okolici. Te morajo biti čim boljše in naj zavzemajo čim več podatkov. Nosilce informacij imenujemo signali. Ti naj bi imeli možnost sprejeti čim več informacij in omogočati veliko hitrost prenosa. V krmilni tehniki se največkrat uporablja kot nosilec informacije napetost, kajti ta signal lahko enostavno obdelamo, prenašamo in merimo.

1.2.4. Sistemi upravljanja



1.2.5. Odprt sistem upravljanja – krmilja

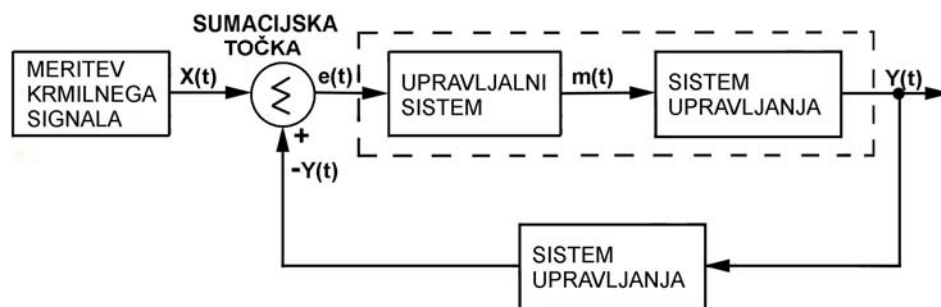
Odprt sistem upravljanja ne uporablja informacij o vrednostih upravljalnih veličin, ki se odvijajo v toku procesa upravljanja. Ti sistemi se niso sposobni odzvati na nepredvidene spremembe v delovanju in niso sposobni kompenzirati motenj. Krmilni sistemi morajo imeti člen za meritev krmilnega signala, da lahko potem z njim upravljamo.



Slika 3: Odprt sistem upravljanja

1.2.6. Zaprt sistem upravljanja s povratno zvezo

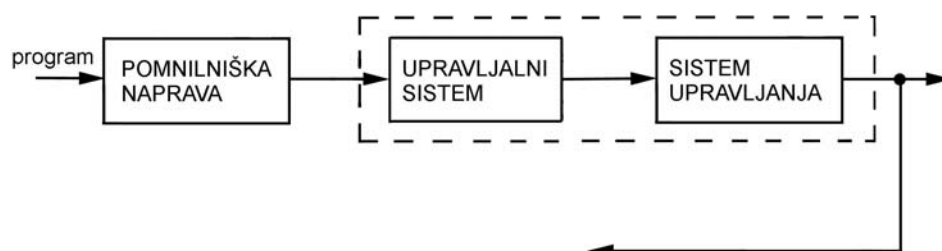
Zaprt sistem upravljanja deluje na osnovi informacije upravljalne veličine (krmilne veličine). Osnovna karakteristika zaprtega sistema je povratna zveza (feedback). S pomočjo povratne zveze, v kateri je ponavadi merilnik, merimo dejanska stanja sistema in lahko sprotno kompenziramo in odpravljamo motnje. Signale dejanske upravljalne vrednosti v sumacijski točki združujemo s krmilnimi signali za upravljanje sistema, s katerim upravljamo sistem upravljanja.



Slika 4: Zaprt sistem upravljanja

1.2.7. Sistemi za programsko vodenje

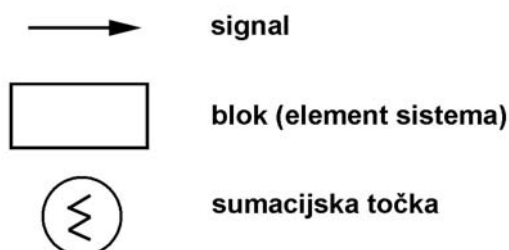
Ti sistemi delujejo po vnaprej določenih programih. Program za vodenje imajo shranjen v pomnilniški napravi. Delujejo lahko s povratno zvezo ali brez. Vse motnje, ki naj bi delovale na sistem upravljanja, moramo predideti in tudi to, kaj hočemo krmiliti. Vse te informacije združimo v program s katerim potem krmilimo upravljalni sistem in nato z njim sistem upravljanja.



Slika 5: Programsko vodenje

1.2.8. Blokovna shema sistema

Da sistem, ki ga teoretično obravnavamo, lažje preglednejše in predstavimo si ga ponazorimo z blokovno shemo. Pri teoretični analizi nas ne zanimajo detalji krmilnega sistema, temveč samo funkcionalni pristop. Iz blagovne sheme vidimo potek informacijskega signala.

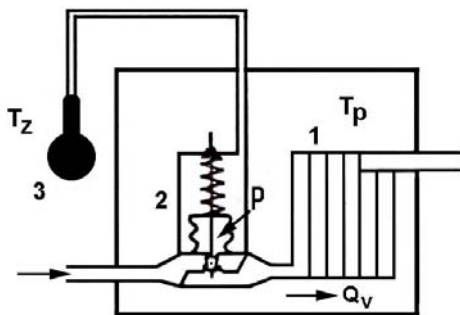


Slika 6: Elementi blokovne sheme

1.2.9. Primer krmiljenja brez povratne zveze

Krmiljene temperature v prostoru

V prostoru želimo vzdrževati temperaturo T_p , ki je za naš primer izhodna veličina. Na to temperaturo najbolj vpliva temperatura okolice, zato jo izberemo za vhodno veličino. Pod vplivom zunanje temperature se spreminja volumen tekočine v termometru, posredno preko tega pa tlak v komori, ki deluje na elastični meh. Ventil, ki je togo povezan z elastičnim mehom, izravnava pretok vode Q_v v radiator tako, da se v prostoru vzdržuje konstantna temperatura T_p .



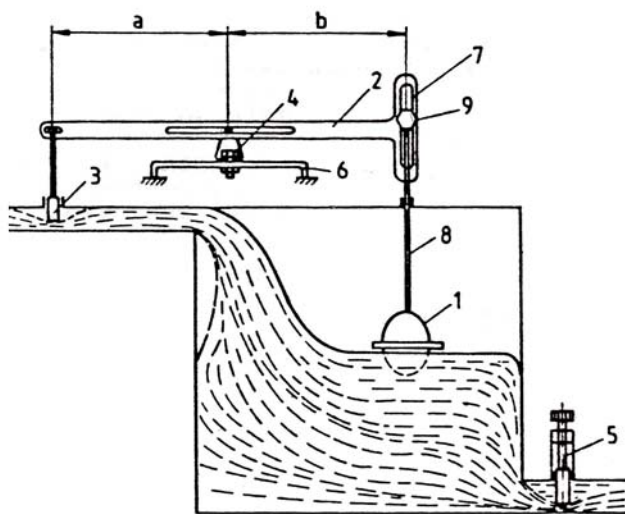
Slika 7: Slika krmilne naprave brez povratne zveze



Slika 8: Blokovna shema krmilne naprave

1.3. Primer krmiljenja s povratno zvezo – regulacijo

Regulacija vodne gladine v vodnem zbiralniku

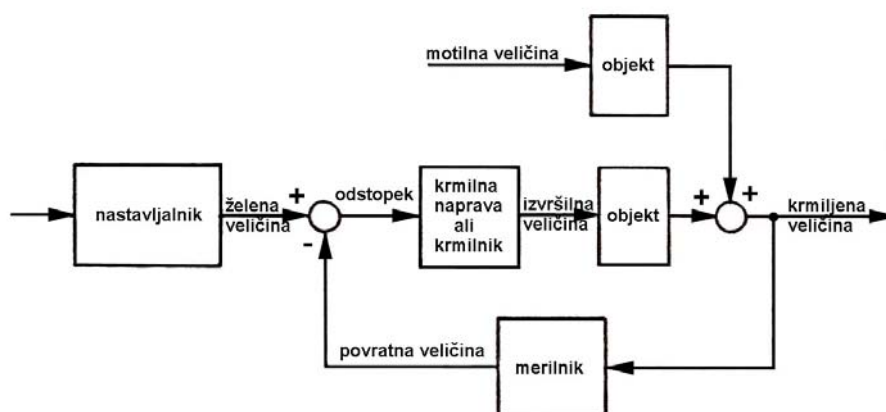


- 1 – plavač
- 2 – vzvod
- 3 – zasun
- 4 – premična podpora
- 5 – nastavitveni zasun
- 6 – pritrjeno vodilo
- 7 – kulisa
- 8 – palica glavača
- 9 – kamen

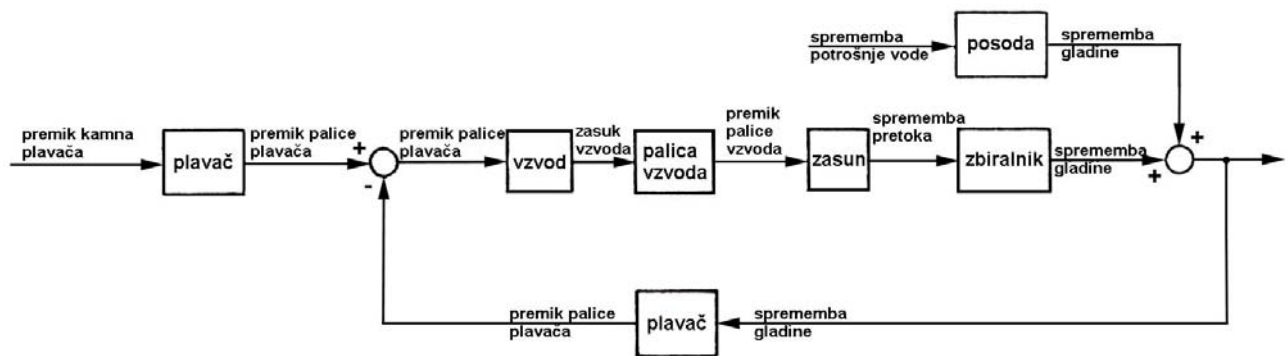
Slika 9: Vodni zbiralnik z regulacijsko napravo

V vodnem zbiralniku reguliramo – krmilimo gladino tako, da je na željeni višini. Regulacijo dosežemo s plavcem (1), ki ga preko vzvoda (2) in zasuna (3) vpliva na vodni tok v nasprotni smeri, kot se bibrle gladina. Če se gladina dviga, se pri tem dviga plavač, ki preko vzvoda, ta sloni na premični podpori (4), spušča zasun, ki zapira vodni tok. Pri tem nastavitveni zasun (5) miruje.

Spuščanje zasuna pomeni zmanjšanje dotoka in s tem tudi zniževanje gladine, vse dokler le ta ne doseže predpisane vrednosti. Ta predpisana ali referenčna vrednost se regulira s premikom pritrditvene točke palice plavača (8) v kolisi (7). S premikom premične podpore (4) pa spreminjamo razmerje ročic a in b, ter s tem vplivamo na ojačanje sistema. Nastavitveni zasun (5) omogoča še dodatno nastavitvev pretoka.

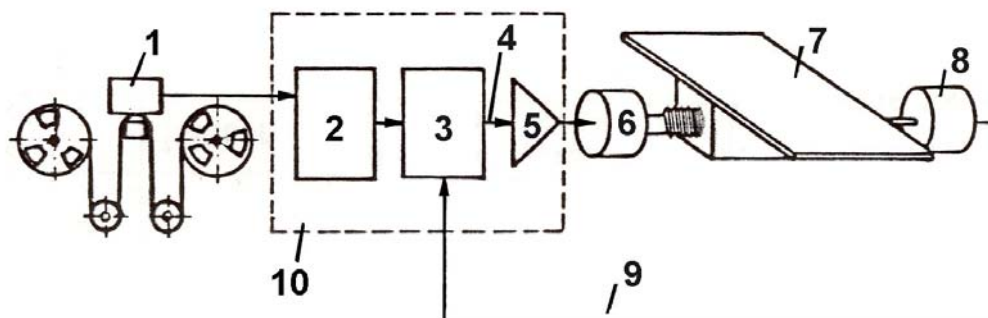


Slika 10: Splošna oblika blokovne sheme regulacijskega sistema



Slika 11: Razčlenjena blokovna shema regulacijskega sistema z analizo signala

1.4. Primer programskega krmiljenja



Slika 12: Programsko krmiljenje mize obdelovalnega stroja

Na sliki vidimo shemo upravljanja položaja mize obdelovalnega stroja. Na mizi (7) je pritrjen surovec in jo zato premikamo v tak položaj in tako, da surovec obdelamo v zahtevano obliko. Za upravljanje skrbi program na magnetofonskem traku. Ta program preberemo in ga posredujemo upravljalnemu računalniku (10). Ta ga pomni (2) primerja zahtevani položaj mize (7) z dejanskim, ki ga dobi iz merilnika položaja. Razliko ojačamo (5) in ojačano napetost posredujemo servo motorju (6), ki premika mizo obdelovalnega stroja.



Slika 13: Blokovna shema programskega krmiljenja

2. Pnevmatika

Delovanje pnevmatskih krmilnih naprav temelji na uporabi stisnjenega zraka, ki ima določen tlak v primerjavi z atmosferskim tlakom. Moderno pnevmatiko z različnimi možnostmi uporabe so začeli razvijati po letu 1950 in pomeni danes pomembno vejo avtomatizacije, ki jo imenujemo cenena avtomatizacija. Stisnjen zrak se je zelo močno uveljavil, ker lahko z njim rešimo številne probleme avtomatizacije na edinstven, enostaven in ekonomičen način. Pridobivanje stisnjenega zraka je dokaj drago, vendar visoko ceno kompenziramo z relativno ceneno pnevmatično opremo in dolgo življensko dobo. Če stisnjen zrak smotrno in gospodarno uporabimo, bomo zagotovo dosegli pozitivne rezultate. Največja slabost stisnjenega zraka je stisljivost. Ker je zrak stisljiv, smo omejeni s tlakom (največ 6 barov) delovnih komponent in posredno zaradi tega s silo (največ 30.000 N).

2.1. Pridobivanje stisnjenega zraka

Za pridobivanje stisnjenega zraka so potrebni kompresorji, ki tlačijo zrak na želeni nivo. Največkrat pripravljamo stisnjeni zrak centralno. Pnevmatične naprave pa ga dobijo iz kompresorske postaje po cevovodih. Potrebni podatki pri načrtovanju kompresorja so:

- količina stisnjenega zraka
- delovni tlak stisnjenega zraka
- čistoča zraka

Za pridobivanje stisnjenega zraka v odvisnosti od delovnega tlaka in količine uporabljamo različne vrste kompresorjev. V principu razlikujemo dva načina pridobivanja stisnjenega zraka:

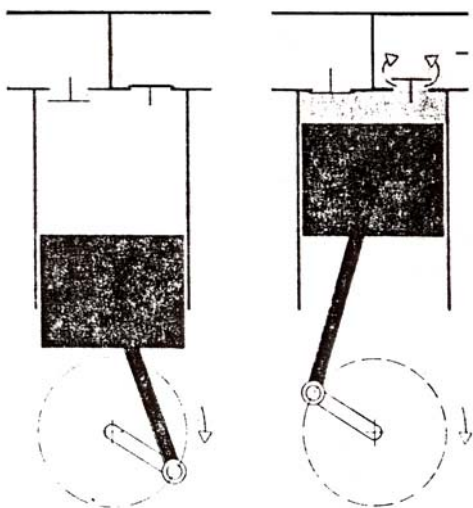
- z zmanjšanjem prostornine
- s pospeševanjem

Pri prvem principu zmanjšujemo volumen prostora in po tem principu delujejo batni kompresorji in sicer:

- premočrtni batni kompresorji
- vrtljivi batni kompresorji

Pri drugem principu se pridobiva zrak zaradi masnega pospeševanja. Tok zraka se pospešuje hitrost. Po tem principu delujejo turbo kompresorji.

Največ se uporabljajo eno ali dvostopenjski batni kompresorji.



Slika 25a: Shematski prikaz eno in dvostopenjskega kompresorja

Če ne potrebujemo velikih tlakov, uporabljamo enostopenjske kompresorje (do 4 bare). Če pa potrebujemo večji tlak, potem vsesani zrak stisnemo s prvim in nato še z drugim batom. Vmes pa zrak ohladimo. Kompresorski prostor drugega bata je manjši od prvega, odvisno od razmerja tlakov v stopnjah. Pri komprimiranju nastopa toplota, ki jo je potrebno odvajati. Batne kompresorje izdelujemo z zračnim ali vodnim hlajanjem. Priporočljive izvedbe batnih kompresorjev:

- do 4 bar
- do 15 bar
- nad 15 bar

Običajne izvedbe batnih kompresorjev dovajajo stisnjen zrak onesnažen s fino oljno meglo, zaradi mazanja kompresorja. V določenih industrijah potrebujemo čist zrak, zato imamo različne membranske kompresorje. Kompresorski prostor je ločen z membrano in tako zrak ne pride v stik z drsnimi površinami bata in cilindra. Ta kompresor uporabljamo v živilski, farmacevtski in kemični industriji.

Kriteriji za izbiro kompresorja:

- zmogljivost
- tlak
- pogon
- regulacija
- hlajenje

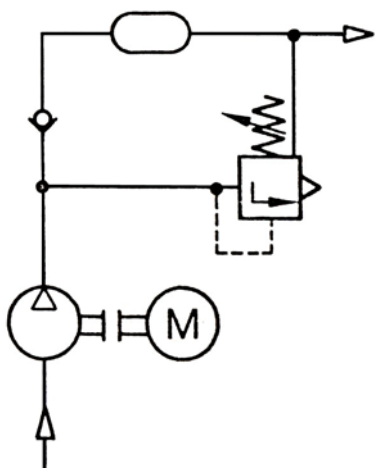
Pod pojmom zmogljivost razumemo tisto količino zraka, ki jo kompresor odda v omrežje. Zmogljivost se poda v m^3/min ali v m^3/h .

Pod pojmom obratovalnih tlakov razumemo tlak v shranjevalniku in v cevovodih do uporabnikov. Pri pnevmatičnih pripravah pa je pomemben delovni tlak. Kompresor moramo načrtovati glede na obratovalni tlak, ki mora biti vedno višji od delovnega tlaka.

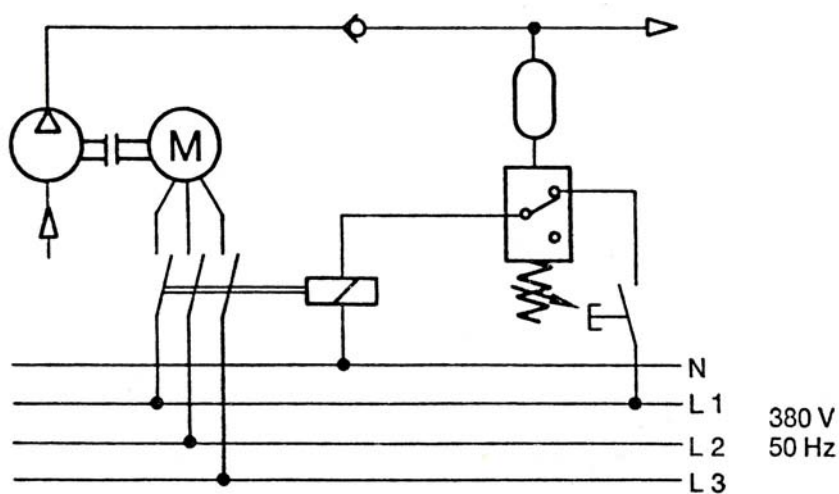
Pogoni kompresorja so lahko, v odvisnosti od možnosti, z elektromotorji ali z motorji z notranjim izgorevanjem.

Pri kompresorjih ločimo dva osnovna načina regulacije:

- regulacija brez ustavljanja pogona
- regulacija z ustavljanjem pogona



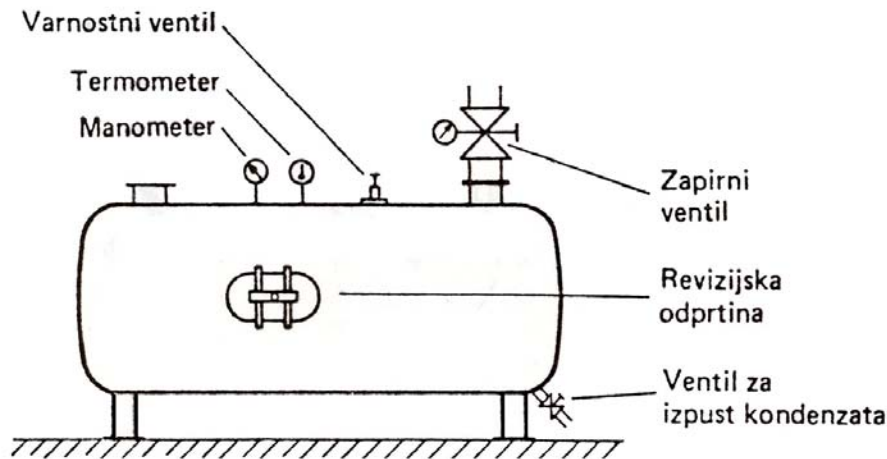
Slika 25b: Regulacija brez ustavljanja pogona – izpihovanje



Slika 26: Regulacija z ustavljanjem pogona

2.1.1. Shranjevalnik in transport zraka

Shranjevalnik zagotavlja stabilnost oskrbe s stisnjenim zrakom. Izravnava tlačna nihanja v zrakovodni mreži zaradi odvzema. Tako se že neposredno v shranjevalniku izloči del vlage iz zraka v obliki kondenzata.



Slika 27: Shranjevalnik stisnjenega zraka

Velikost shranjevalnika pogojuje:

- zmogljivost kompresorja
- poraba zraka
- omrežje, če so priključeni dodatni shranjevalniki
- vrsta regulacije
- dopustna tlačna razlika v omrežju.

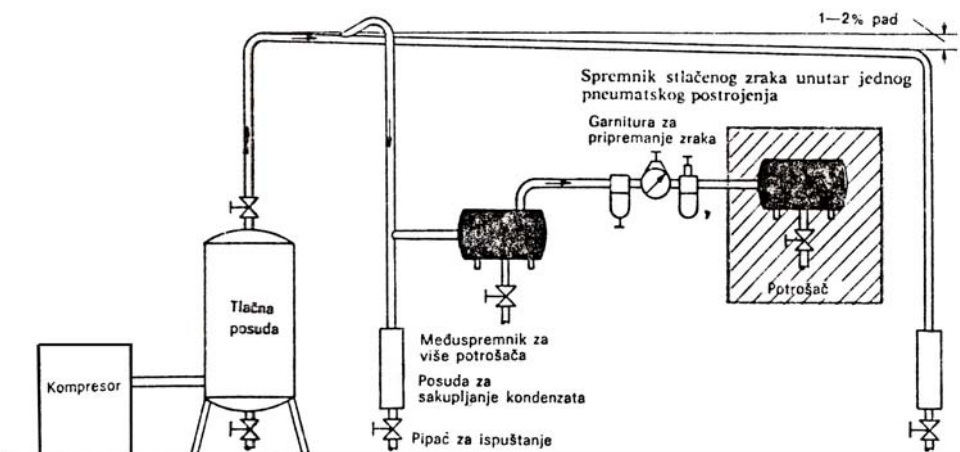
Za določanje velikosti shranjevalnika imamo posebne diagrame v katerih so zbrani vsi pogoji za optimalni shranjevalnik.

Od shranjevalnika do delovnega mesta transportiramo zrak po cevovodih. Premer cevovodnega voda je potrebno dimenzionirati tako, da padec tlaka od zbiralnika do potrošnika ne bo večji kot 0,1 bara. Cevovode moramo določiti strokovno z upoštevanjem podatkov:

- pretok
- dolžina
- dopustni padec
- število dušenih mest v vodu

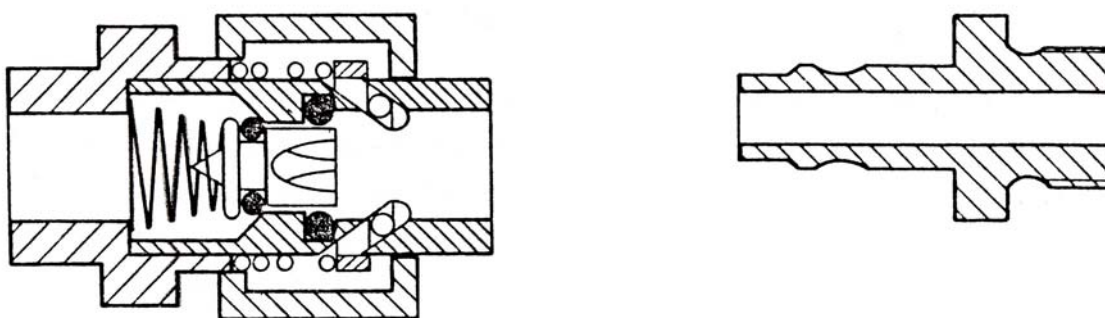
Pri dimenzioniranju upoštevamo izkustvene vrednosti zbrane v nomogramih. Cevovodno omrežje moramo tudi pravilno izvesti. Ker je potrebno omrežje redno vzdrževati, kontrolirati, ne sme biti napeljeno v zidu ali po ozkih, težko dostopnih kanalih. Cevovodi naj bodo povsod dostopni, zaradi kontrole tesnosti. Že majhne netesnosti povzročajo opazen padec tlaka. Pri nameščanju cevi je treba paziti, da ima cevovod nagib 1-2% v smeri toka zraka.

Zaradi kondenzata je treba izdelati odvzemne priključke na vodoravnih ceveh z zgornje strani. S tem se prepreči, da bi prišel kondenzat iz glavnega voda do odvzemnega mesta. Za zbiranje in odvajanje kondenzata je treba vgraditi cevi s spodnje strani glavnega voda. Glavni vod je običajno izveden v obliki obroča. Pri taki obliki omrežja je zagotovljeno boljše oskrbovanje uporabnikov tudi pri močnejši porabi. Glavni vod lahko izvedemo tudi z obročkasto vzdolžnimi in prečnimi povezavami. Z vgrajenimi ventili je mogoče posamezne dele omrežja zapreti, če jih ne uporabljamo, ali če je potrebno popravilo in vzdrževanje.



Slika 28: Izvedba omrežja stisnjenega zraka

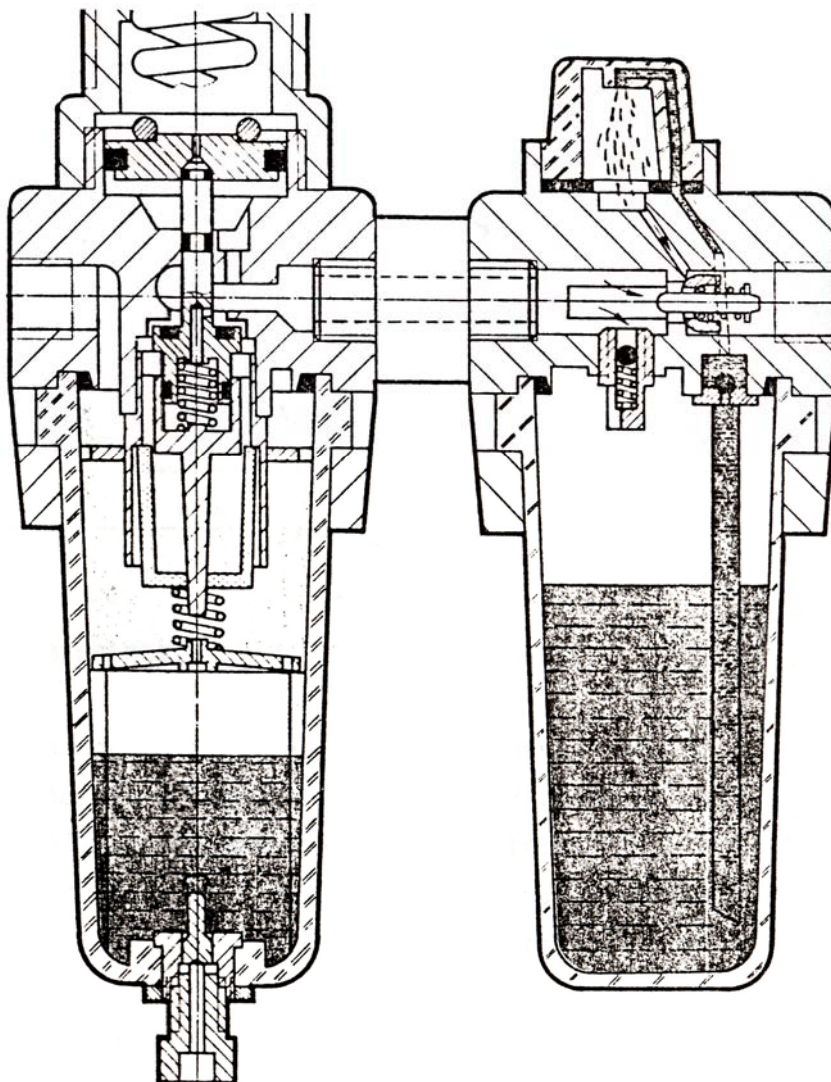
Za spoj glavnega voda in delovnih komponent uporabljamo cevne priključke. Največkrat so uporabni hitromenjalni sklopni priključki ali pa navojni priključki. Hitromenjalni sklopni priključki so standardni in omogočajo zelo veliko vpenjanj in odpenjanj. V glavnem vodu imamo nameščeno vtičnico, ki hkrati deluje tudi kot zaporni ventil. Na gumijasti ali plastični cevi, ki vodi zrak do porabnikov, pa je nameščen vtičnik.



Slika 29: Priključna vtičnica in vtičnik sklopnega priključka

2.1.2. Priprava stisnjenega zraka

Da je delovanje pnevmatičnih komponent zagotovljeno, moramo zagotavljati ustrezno kvaliteto stisnjenega zraka. Nečistoče v obliki umazanije ali rjavine, ostankov mazalnih olj in vlage, povzročajo motnje v delovanju pnevmatičnih naprav, ter uničenje pnevmatičnih sestavin. Za čiščenje in pripravo stisnjenega zraka uporabljamo pred vsakim delovnim mestom pripravno skupino.



Slika 30: Pripravna skupina

Pripravno skupino sestavljajo:

- filter
- regulator tlaka
- naoljevalnik

Naloga filtra je čiščenje stisnjenega zraka od nečistoč in kondenzirane vlage. Pri dotoku v kozarec teče stisnjen zrak skozi usmerjevalne šobe in se zaradi tega vrtinči. Tekočinski in večji delci nečistoč odlete zaradi centrifugalne sile ob steno kozarca in se nato zbirajo na dnu. Stisnjen zrak teče nato skozi sinter filterski vložek, ki izloča nečistoče in tako čisti zrak. Filterski vložek se sčasoma zamaže, zato ga je potrebno očistiti ali zamenjati. Iz filtra moramo redno izpuščati vlago.

Regulator tlaka nam zagotavlja konstanten delovni tlak, neodvisno od porabe zraka. Na regulatorju lahko tlak nastavljamo. Za regulatorjem imamo ponavadi merilnik tlaka, kjer lahko odčitamo nastavljeni delovni tlak.

Naoljevalnik oskrbuje pnevmatične sestavine z mazalnim sredstvom. Mazalno sredstvo mora zagotavljati majhno uporabo gibajočih se delov in majhno trenje, ter mora varovati elemente

pred korozijo. Za mazanje se smejo uporabljati le brezislinska mineralna olja. Čistiti se ne sme s trikloretilenom.

2.2. Pnevmatične delovne komponente

Pnevmatične delovne komponente v principu delimo na:

- delovne komponente
- krmilne komponente.

Delovne komponente so cilindri in pnevmatični motorji. Krmilne komponente pa so ventili in razvodniki, ter druge specialne komponente.

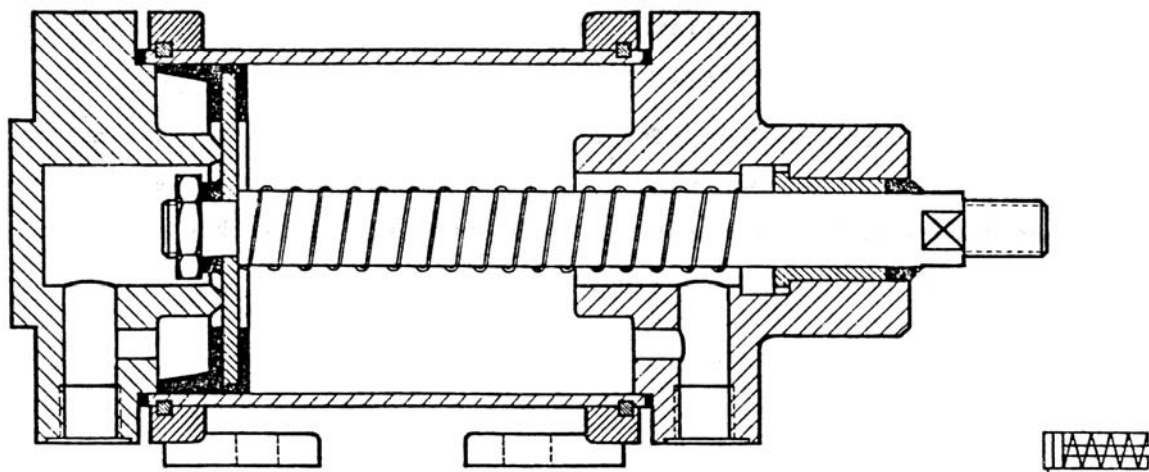
2.2.1. Delovne komponente

Delovne komponente spreminjajo energijo stisnjenega zraka v premočrno ali krožno gibanje. Vrste pnevmatičnih cilindrov:

- enosmerni cilinder
- dvosmerni cilinder
- cilinder s končnim dušenjem
- dvostranski cilinder
- tandem cilinder
- večpoložajni cilinder
- udarni cilinder
- zasučni cilinder
- membranski cilinder.

Enosmerni cilinder

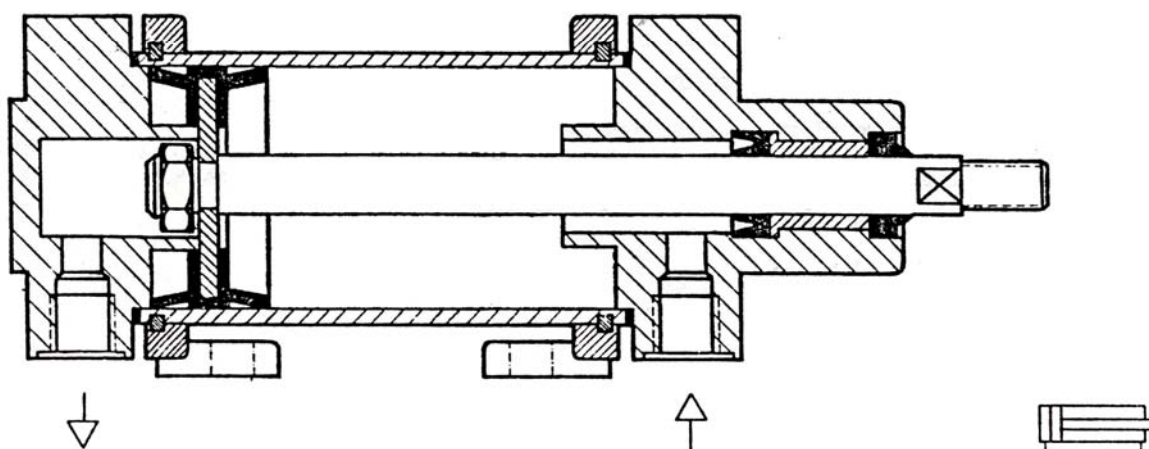
Pri enosmernem cilindru deluje stisnjen zrak samo z ene strani bata in zato lahko opravlja delo samo v eni smeri gibanja. Za drugo smer gibanja je vgrajena povratna vzmet. Pri enosmernih cilindrih je dolžina giba omejena zaradi konstrukcijskih možnosti vgradnje vzmeti. Uporabljamo jih predvsem za vpenjanje, izmetovanje, vtiskovanje, dodajanje ...



Slika 31: Enosmerni cilinder

Dvosmerni cilinder

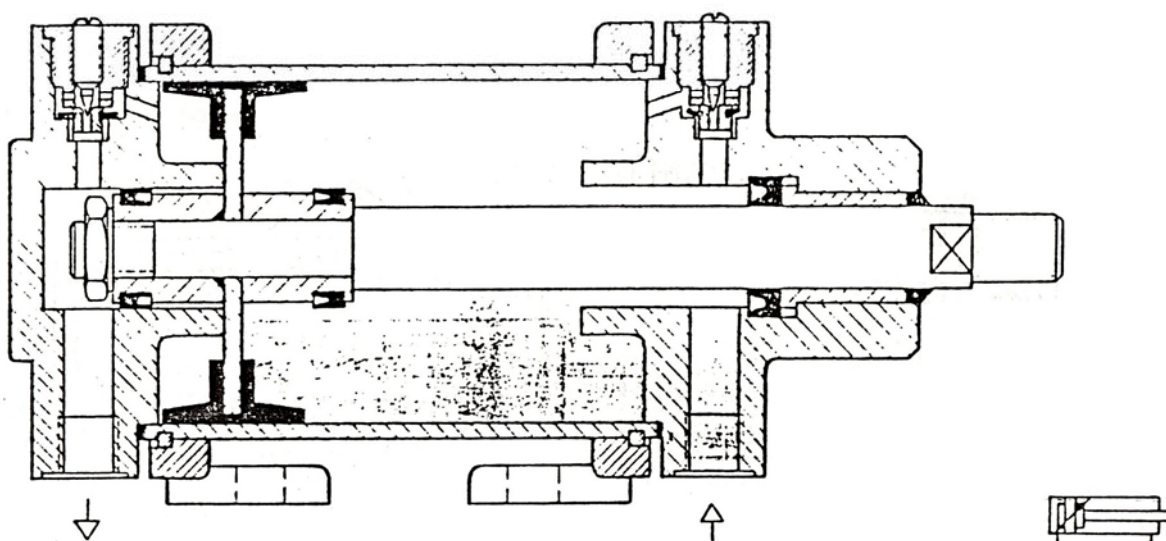
Pri dvosmernem cilindru premika stisnjen zrak bat v obeh smereh. Ustvarja se določena sila za potiskanje in vlečenje. Uporabljamo jih tam, kjer potrebujemo delovno silo tudi pri povratnem gibu batnice. Načeloma dolžina giba ni omejena, moramo pa upoštevati nevarnost uklona in upogiba pri izvlečeni batnici.



Slika 32: Dvosmerni cilinder

Cilinder s končnim dušenjem

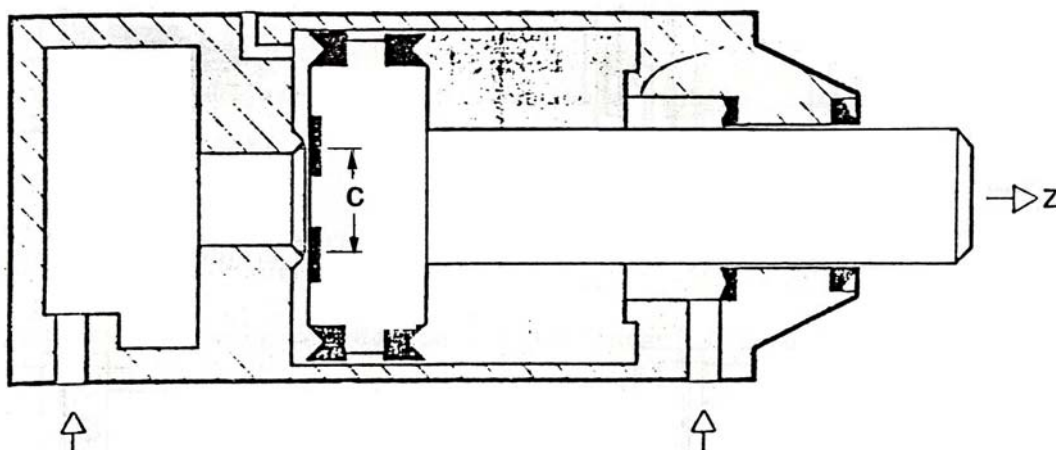
Če premika cilinder večje mase, se uporabi končno dušenje, da se prepreči udarjanje bata po pokrovu in s tem morebitne poškodbe. Preden doseže bat končni položaj, se zapre direktno odzračevanje cilindra. Odprt ostane samo zelo majhen, pogosto nastavljiv iztočni prerez. Bat stiska izpušni bat in se ustvari določeni tlak zaradi oviranega iztekanja zraka skozi dušilni ventil. Bat se upočasnjeno premakne v končni položaj. Pri prekrmljenju cilindra stopa zrak v cilinder neovirano skozi nepovratni ventil. Bat se upočasnjeno premakne v končni položaj. Pri prekrmljenju cilindra stopa zrak v cilinder neovirano skozi nepovratni ventil.



Slika 33: Cilinder s končnim dušenjem

Udarni cilinder

V preoblikovalni tehniki niso primerni za uporabo normalni cilindri zaradi omejene sile. Cilinder z veliko kinetično energijo je udarni cilinder. Kinetično energijo cilindra povečamo s povečanjem hitrosti. Pri udarnem cilindru lahko doseže bat hitrost od 7,5 - 10 m/s (normalna hitrost je 1 - 2 m/s). Udarne cilindre uporabljamo za udarno stiskanje, robljenje, količenje, izsekovanje in podobno.

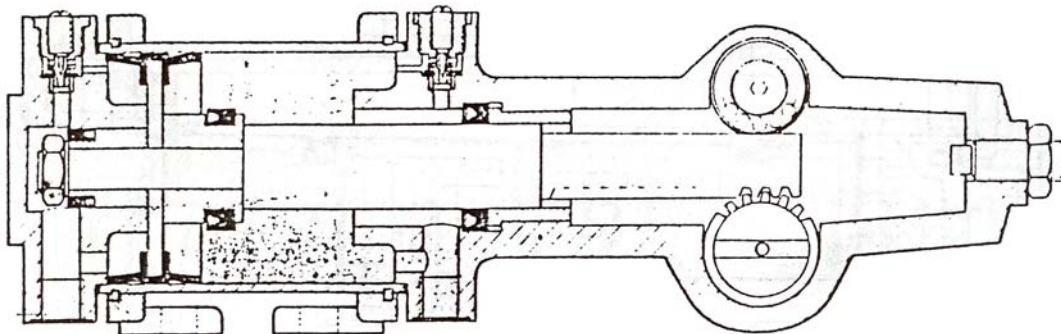


Slika 34: Udarni cilinder

Zasučni cilinder

Konec batnice dvosmernega cilindra je na določeni dolžini ozobljen. Pri gibanju bata poganja batnica zobnik in tako dobimo iz premočrtnega vrtilno gibanje. Glede na smer gibanja bata se suka zobnik v eno ali drugo smer. Od izvedbe je odvisen kot zasuka od 45°, 90°, 180°, 290° do 720°. Obstaja tudi možnost nastavljanja zasuka glede na maksimalno območje. Zasučni

cilinder lahko uporabimo za obračanje obdelovancev, za upogibanje kovinskih cevi, za regulacijo klimatskih naprav in podobno.

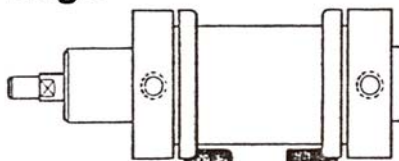


Slika 35: Zasučni cilinder

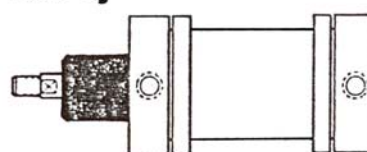
Načini pritrditve cilindra

Način pritrditve je odvisen od načina gradnje cilindra. Za praktične načine vgrajevanja uporabljamo standardne montažne elemente. Načini pritrditve cilindrov so vidni iz slike 36.

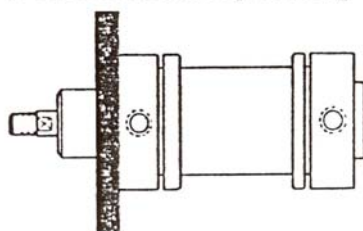
Noga



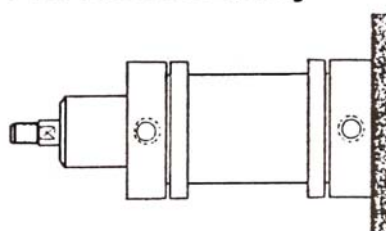
Navoj



Prirobnica spredaj



Prirobnica zadaj



Slika 36: Načini pritrditve cilindra

Izračun cilindra

Sila bata je odvisna od zračnega tlaka, premera cilindra in od trenja tesnilnih elementov. Teoretično silo bata izračunamo po enačbi:

$$F_{teor} = A * P$$

F_{teor} = teoretična sila bata (N)

A = koristna površina bata

P = delovni tlak (kPa, 10^5 N/m^2 , bar)

Dejanska sila bata

$$F_d = AP - (F_{tr} - F_{vz})$$

F_{tr} = sila trenja

F_{vz} = sila povratne vzmeti

Glede na dejansko silo bata izbiramo pnevmatični cilinder iz kataloga proizvajalca.

2.2.2. Krmilne komponente

Pnevmatična krmilja sestavljajo ventili in razvodniki. Ventile delimo po njihovih funkcijah na pet skupin:

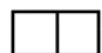
1. potni ventili
2. zaporni ventili
3. tlačni ventili
4. tokovni ventili
5. zapirni ventili.

Simbolični prikaz ventilov

Za prikaz ventilov uporabljamo v shemah krmiljenja simbole. Simboli ne prikazujejo konstrukcijske izvedbe, ampak samo funkcijo ventilov



Stanje ventila prikazuje s kvadratom.



Število kvadratov eden poleg drugega pove koliko stanj ima ventil.

Funkcija in vpliv se vrisuje v kvadrat

Linije ponazarjajo pretočne kanale. Puščice prikazujejo smer toka,



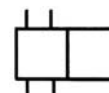
Zaprte pretočne kanale označujemo s kratko linijo in prečno črto.



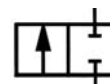
Povezava kanalov se označi s piko.



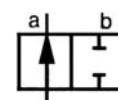
Usmerjene priključke (dovod, odvod) se riše pri kvadratu osnovnega oziroma začetnega stanja.



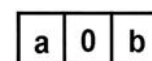
Za prikaz spremembe stanja (preklop) premaknemo kvadrate za toliko, da so linije kanalov v liniji usmerjenih priključkov.



Posamezna stanja lahko označimo z malimi črkami a, b, c ... in 0.



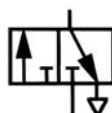
Ventil s tremi stanji. Osnovno stanje je 0.



Osnovno stanje pri ventilih s povratno vzmetjo je stanje, ko na ventil ne deluje nobena preklopna sila.

Začetno stanje je stanje, v katerem je vgrajen in na stisnjen zrak priključen ventil pred startom krmilnega programa.

Odzračevalni priključek – neprirejen.
Trikotnik je narisan ob simbolu.



Odzračevalni priključek – prirejen.
Trikotnik je narisan na koncu črtice.



Zaradi pravilnega priključevanja ventilov so priključki označeni. Uporabljajo se velike črke.

Izhodi	A, B, C ...
Vhod	P ...
Odzračevanje	R, S ...
Krmiljene	Z, X, X ...
Povratni vod v hidravliki	T ...

Iz slike 37 se vidi označevanje s številkami po ISO 5599 in primerjava s črkovnimi označbami.

ISO 5599	ČRKE		ISO 5599	ČRKE
1	P		5	S
2	A		10	Z
3	R, T		12	Z
4	B		14	Y

Slika 37: Označevanje priključnih ventilov



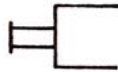
Slika 38: Pregled potnih ventilov

Načini preklopa

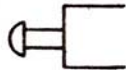
V odvisnosti od uporabe so predvideni različni načini preklopa ventilov. S preklpom se spremeni stanje ventila.

1. Fizično aktiviranje

splošno



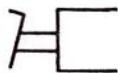
s tasterjem



z ročico

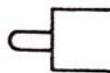


s pedalom



2. Mehanično aktiviranje

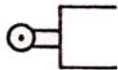
s tipalom



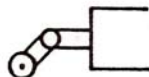
z vzmetjo



s kolescem

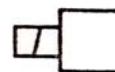


s klecnim kolescem



3. Električno aktiviranje

z enojnim navitjem tuljave elektromagnetno



z dvojnim istosmernim navitjem elektomagnetno



z dvojnim nasprotnim navitjem elektromagnetno



Konstruktivske značilnosti ventilov

Konstruktivski princip vpliva na dobo trajanja, na prekopno silo in na načine preklopa, na možnosti priključevanja in velikost ventila.

Glede na konstrukcijo ločimo:

- sedežni ventil s kroglico
- sedežni ventil s krožnikom

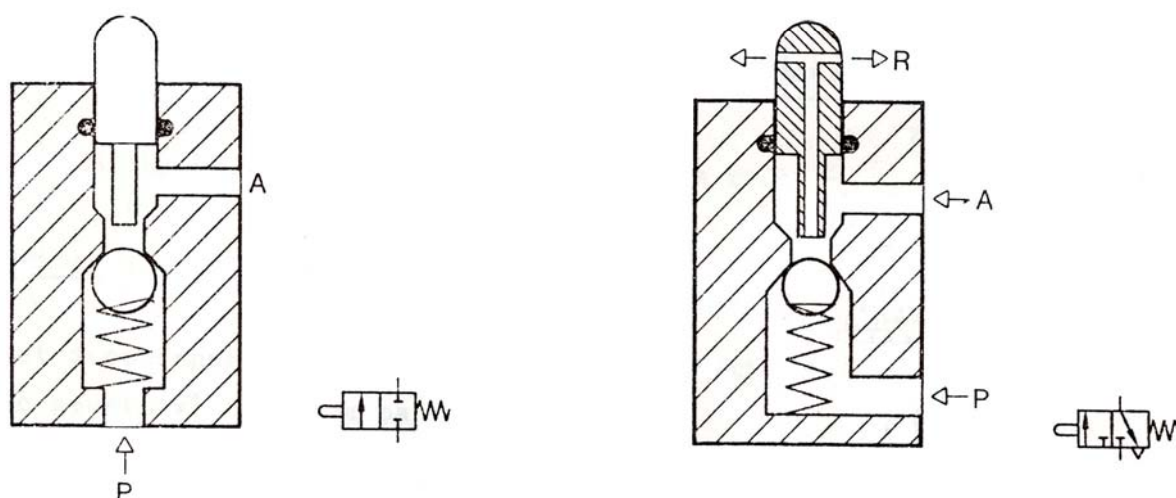
Drsniški ventil:

- z batnim drsnikom
- s ploščatim drsnikom
- s ploščatim vrtljivim drsnikom

VENTILI Z ROČNIM PREKLOPOM

Sedežni krogličasti ventil 2/2, 3/2

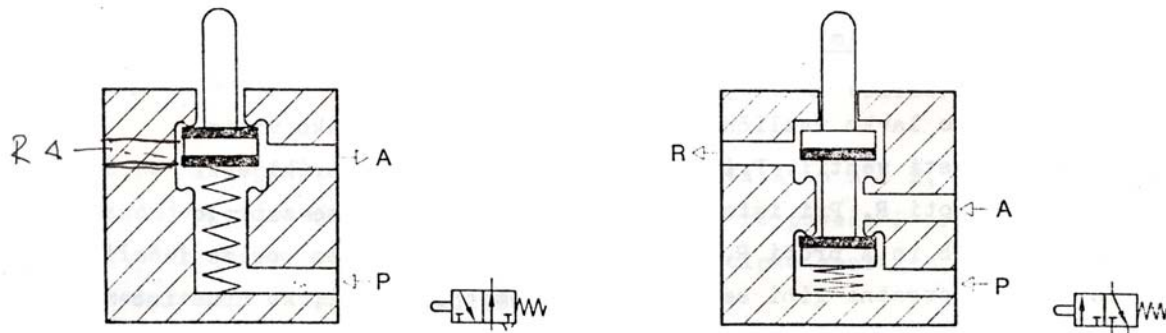
Sedežni krogličasti ventili so po konstrukciji zelo enostavni in so zelo poceni. Imajo majhne dimenzije.



Slika 39: 2/2 in 3/2 krogličasti potni ventil z ročnim preklopom

Pri 2/2 potnem krogličastem ventilu vzmet pritiska na kroglico in s tem zapira pretok zraka od priključka zraka P proti izhodnemu priključku A. Če je v čepu izdelan odzračevalni kanal je to 3/2 ventil.

Sedežni krožnikasti ventil 3/2



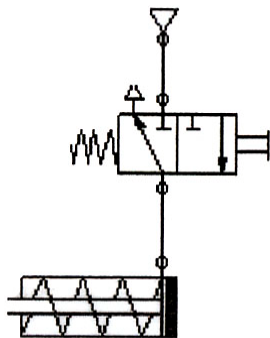
Slika 40: 3/2 potni krožnikasti ventil z ročnim preklopom

Ne glede na izvedbo so ponavadi 3/2 ventili v osnovnem stanju zaprti. Pri odmiku tesnilnega krožnika s sedeža se novežejo priključki P in A. V osnovno stanje vrača ventil povratna vzmet.

3/2 potne ventile uporabljamo z ročnim preklopom za krmiljenje enosmernih cilindrov in za posredno krmiljenje delovnih ventilov (razvodnikov).

Primer

Pri delovanju na taster naj se enosmerni cilinder iztegne, po spustitvi tasterja pa se naj takoj vrne v začetni položaj.



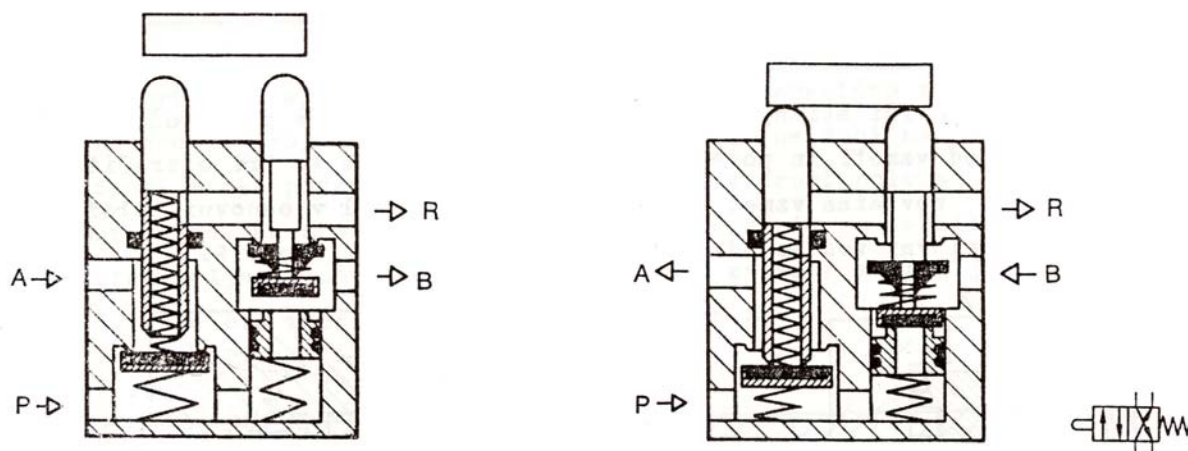
Slika 41: Krmiljenje enosmerno delujočega cilindra

Po preklopu tasterja steče zrak iz P proti A, priključek R je zaprt. Pri povratnem preklopu ventila zaradi povratne vzmeti se priključek P zapre, odpre pa se priključek S, da se ventil lahko odzrači.

4/2 Potni ventil z ročnim preklopom

Tudi ti ventili so lahko različnih izvedb. Na sliki 41 lahko vidimo sedežni krožni-časti ventil. Pri tej izvedbi so povezani priključki P proti B in A proti R. Pri istočasnem pritisku na čepa se zaprejo povezave P proti B in A proti R, po končanem preklopu pa so povezani P z A in B

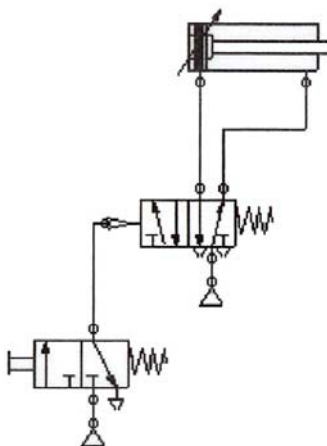
a R. Povratni gibi se opravijo s pomočjo vzmeti, ko spustimo ročno upravljanje. Uporabljamo jih za krmiljenje dvosmerno delujočih cilindrov.



Slika 42: 4/2 potni ventil z ročnim preklopom

Primer

Bat dvosmernega cilindra naj se pri delovanju na taster premakne naprej, po spustitvi tasterja pa naj se vrne.



Slika 43: Krmiljenje dvostransko delujočega cilindra

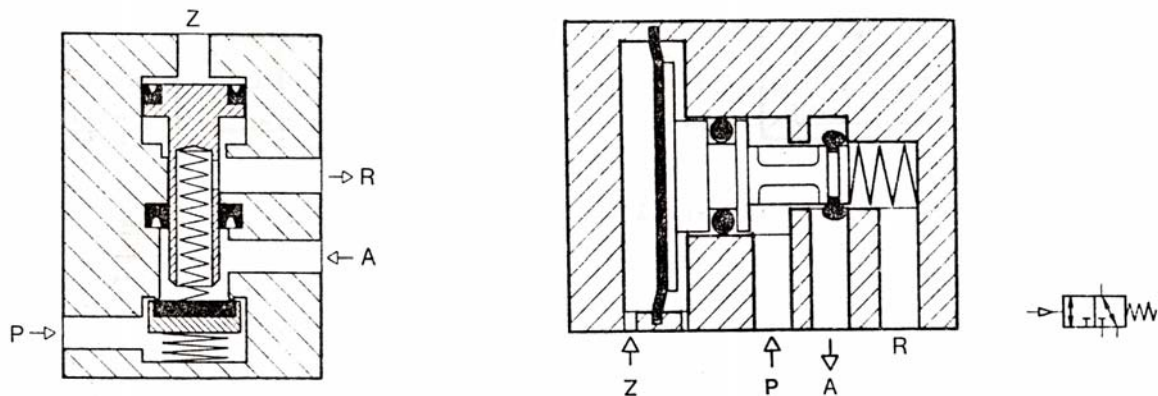
4/2 potni ventil zagotavlja povezavo P proti A in A z R, kar drži cilinder v zadnjem položaju. Pri delovanju na tipko se poveča P proti A in B proti R. Cilinder se premakne v prednji položaj. Ko tipko spustimo, preklopi povratna vzmet v osnovni položaj.

VENTILI S PNEVMATIČNIM PREKLOPOM

3/2 potni ventil s pnevmatičnim preklopom

Preklop stanja se vrši na stisnjeni zrak, ki ga priklopimo na priključek Z. Zrak je močnejši od vzmeti in povežeta se priključka P in A. Pri odzračitvi priključka Z povratna vzmet ventila

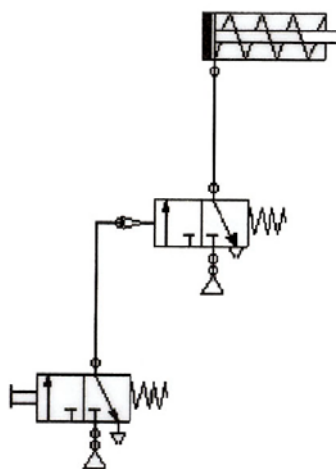
preklopi ventil v osnovni položaj. Pot P proti A. Delovni vod se odzrači preko priključka A skozi R.



Slika 44: 3/2 potni ventil s pnevmatičnim preklopom

Primer

Posredno krmiljenje enosmerno delujočega cilindra. Bat cilindra naj se premakne naprej pri vključitvi cilindra.

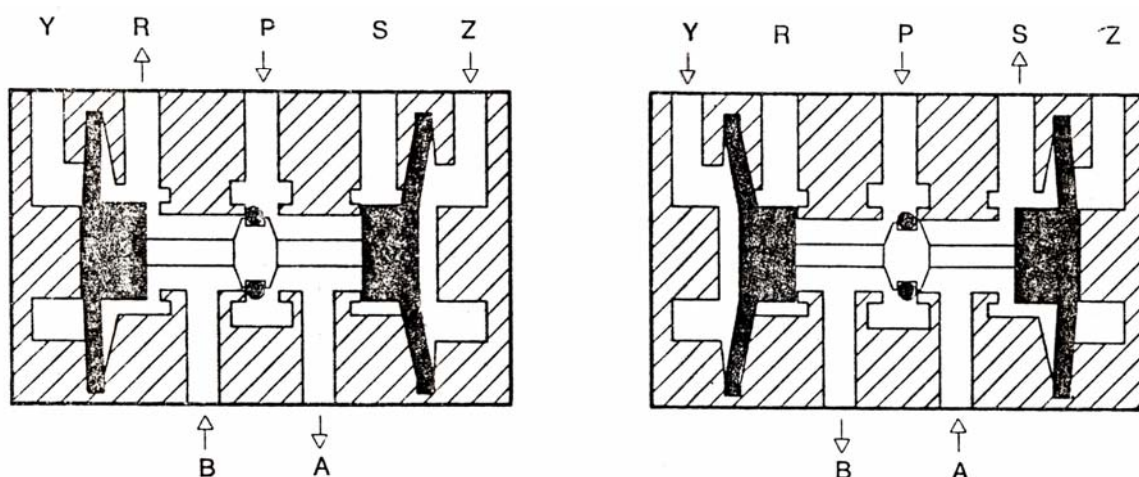


Slika 45: Posredno krmiljenje enosmerno delujočega cilindra

Po preklopu tasterja teče zrak iz P proti A. 3/2 potni ventil s pnevmatičnim preklopom dobi signal za preklon na priključku Z in preklopi ventil tako, da dobimo povezavo P proti A.

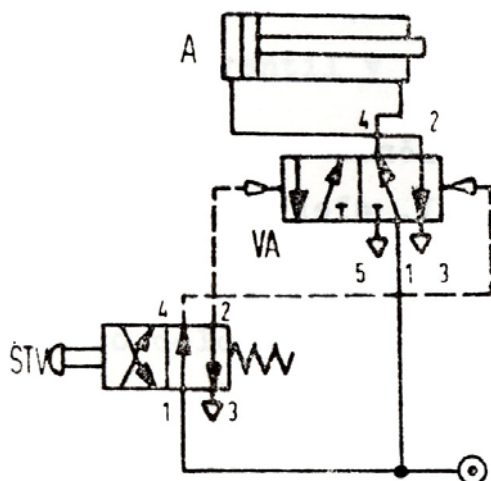
5/2 potni ventil s pnevmatičnim preklopom

Deluje na principu sprožilne membrane. Krmili se izmenično z ene ali druge strani in obdrži svoje vsakokratno stanje, dokler ne dobi nasprotnega impulza. Sunek zraka povzroči sprostitev membran v drugi položaj in krmilni bat se premakne. Na sredini krmilnega bata je krožnik s tesnilnim obročkom, ki pri preklapljanju povezuje ali ločuje dovod zraka P s priključkoma A in B. Za odzračevanje sta izdelana dva priključka R in S.



Primer

Ročno krmiljenje dvosmernega valja z enim startnim ventilom.

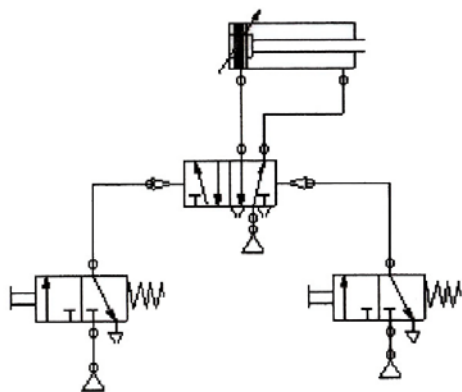


Slika 47: Ročno krmiljenje dvosmernega valja s 4/2 ventilom.

V začetnem položaju je krmilni zrak na 5/2 potnem ventilu priključen na priključek Z. Pri ročnem vklopu 4/2 ventila spojimo priključek P na 5/2 ventilu s priključkom A. S tem dobimo gib v levo. Pri spustitvi ročnega vklopa se 5/2 ventil preklopi s pomočjo krmilnega signala Y in dobimo gib v desno.

Primer

Ročno impulzno krmiljenje dvosmernega valja. Pri pritisku na taster ventila 1 naj se opravi plus gib, pri pritisku na taster ventila 2 pa minus gib.

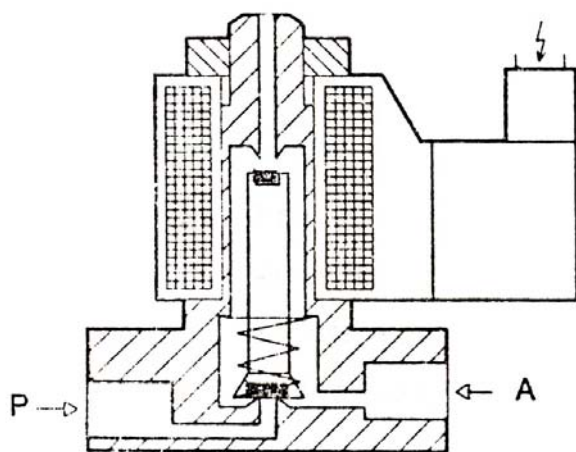


Slika 48: Ročno impulzno krmiljenje dvosmernega valja

Ročno krmiljenje dvosmernega valja izvedemo z dvema 5/3 ventiloma z ročnim vklopom. Krmilni impulz od prvega 3/2 ventila omogoča premik 5/2 ventila v desno ter s tem dotok zraka na zadnjo stran valja in odzračitev sprednje strani. Temu sledi premik valja (plus gib). Valj ostane v izvlečenem položaju, dokler ne dobimo krmilnega signala od drugega 3/2 ventila za premaknitev 5/2 ventila v levo. Valj A s tem opravi minus gib.

Elektromagnetni ventili

Uporabljamo jih takrat, ko imamo namesto pnevmatičnih električne signale npr. od električnih mejnih stikal, tlačnih stikal, električnih časovnih členov ali od elektronskih krmilnikov. Ti ventili imajo za premaknitev stanj vgrajene elektro magnete.

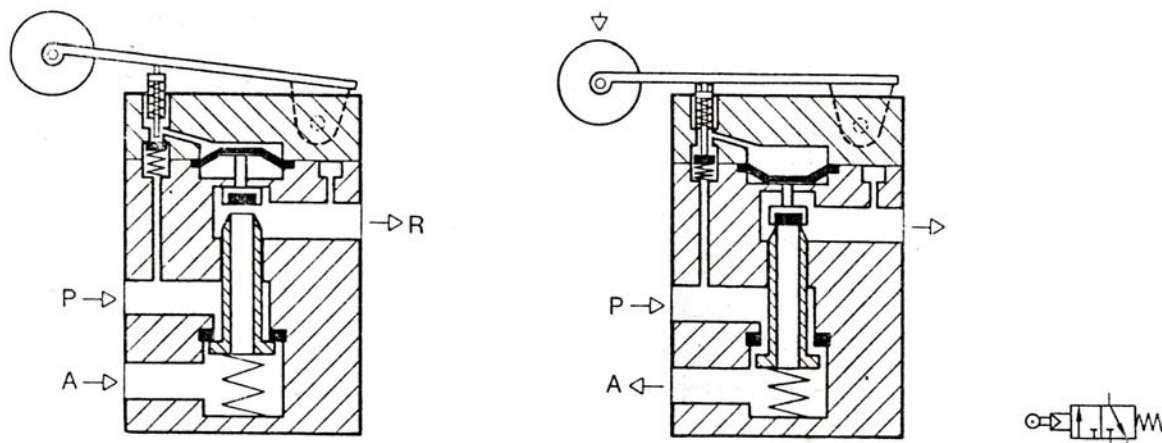


Slika 49: 3/2 in 4/2 potna ventila z elektromagnetnim preklopom

POSREDNO KRMILJENI VENTILI

3/2 potni ventil s posrednim preklopom

Uporabljamo jih kadar rabimo vklope pri posrednem krmiljenju ponavljajočih se ciklov. Aktiviramo jih s silo, ki jo dobimo od delovnih valjev ali posebnih mehanskih krmilnih naprav. Sila za preklon ventila znasa ca. 1,8 N pri delovnem tlaku 6 bar.

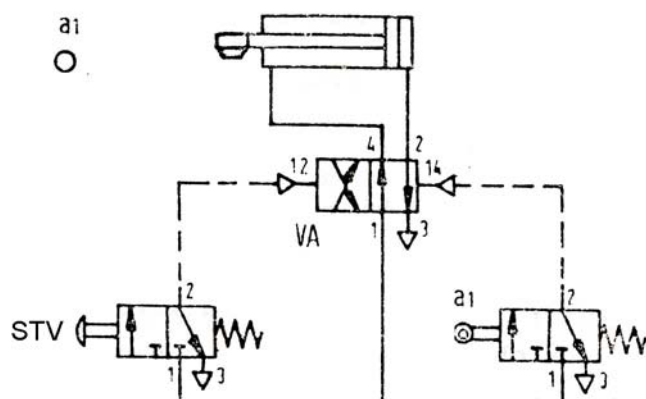


Slika 50: Posredno krmiljen 3/2 potni ventil

Pri pritisku na kolesce deluje vzvod na čep ventila in ga odpre. S tem se zapre kanal A proti R, in odpre se kanal P proti A. Po sprostitvi kolesca, vzmet prekloni ventil v osnovni položaj.

Primer

Zaporedno krmiljenje v odvisnosti od poti. Krmiljenje naj omogoča pol-avtomatično delovanje naprave. Povratni gib se naj opravi samostojno.



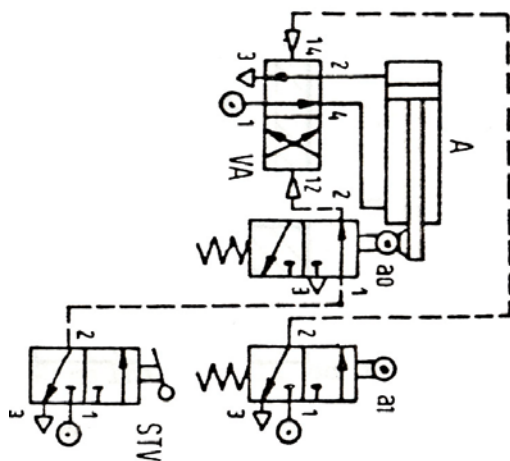
Slika 51: Zaporedno krmiljenje dvosmerno delujočega cilindra.

Za začetek delovanja imamo ročni vklop na 3/2 ventilu. S tem dobimo plus gib cilindra. Pri tem batnica cilindra zadene v kolesček posredno krmiljenega 3/2 ventila. Posredno krmiljen,

3/2 ventil se s tem preklopi in da signal, da se opravi minus gib. Posredno krmiljeni 3/2 ventil lahko postavimo kjerkoli na poti batnice cilindra.

Primer

Avtomatično ponavljanje gibov valja A. Tako krmiljenje uporabljamo pri avtomatiziranih strojih, kjer moramo zagotavljati avtomatični potek (n-delovnih ciklov) in tudi polavtomatično delovanje (n-delovnih ciklov).

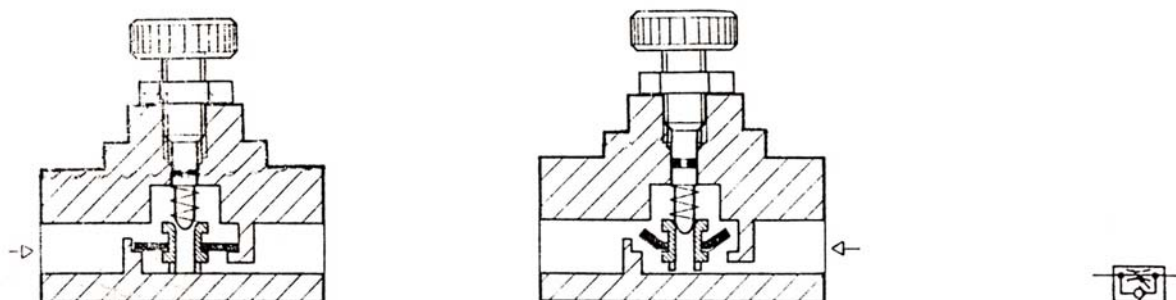


Slika 52: Avtomatično ponavljanje gibov valja A

Krmiljenje omogoča neprekinjeno ponavljanje gibov. Krmiljenje aktiviramo z ročnim vklopom startnega ventila. S tem dobimo signal za prekrmljenje prvega 3/2 potnega ventila s posrednim preklopom. Ta ventil nam prekrmlji 5/2 potni ventil in s tem dobimo plus gib valja. Batnica valja prekrmlji drugi posredno krmiljeni 3/2 ventil, kar nam da ponovno prekrmljenje 5/2 ventila in s tem minus gib valja. Ko smo dobili minus gib, nam je batnica ponovno prekrmlila prvi 3/2 ventil. Pri stisnjenem tasterju na ročno krmiljenem 3/2 ventilu dobimo avtomatično ponavljanje gibov valja A.

DUŠILNI NEPOVRATNI VENTILI

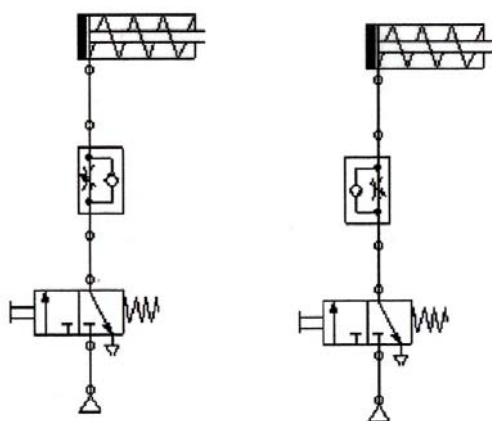
Imenujemo ga tudi ventil za regulacijo hitrosti. Pri dušilnem nepovratnem ventilu se duši pretok zraka samo v eni smeri. V tej smeri nepovratni ventil zapre tok zraka in zrak lahko teče samo skozi dušilko, pri kateri lahko nastavljamo pretočni prerez. V obratni smeri teče zrak neovirano skozi nepovratni ventil. Dušilne nepovratne ventile uporabljamo za regulacijo hitrosti pnevmatičnih cilindrov.



Slika 53: Dušilni nepovratni ventil

Primer

Regulacija hitrosti enosmerno delujočega cilindra.

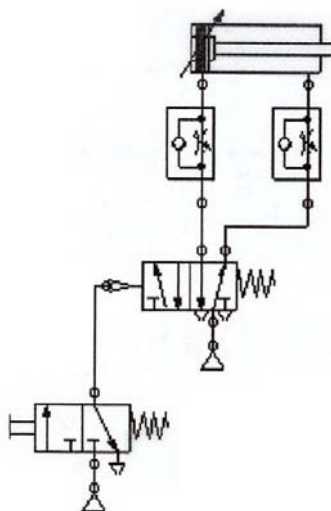


Slika 54: Regulacija hitrosti enosmerno delujočega cilindra.

Regulacijo hitrosti pri enosmerno delujočih cilindrih lahko izvedemo na dva načina. V prvem primeru vidimo, da je dušilni nepovratni ventil vgrajen tako, da se duši zrak, ki doteka v cilinder. Zrak na odzračeni strani cilindra odteka neovirano skozi nepovratni ventil. Pri tem dušenju nastane že pri manjših spremembah zelo neenakomerno gibanje bata, zato največkrat izvajamo regulacijo hitrosti tako, kot je v drugem primeru. V drugem primeru doteka stisnjen zrak v cilinder neovirano, zrak z druge strani pa se odzračuje skozi dušilko. Tak način dušenja prispeva k večji enakomernosti gibanja cilindra. Temu načinu pravimo sekundarno dušenje, prvemu načinu pa primarno dušenje.

Primer

Regulacija hitrosti dvosmerno delujočega cilindra. Pri dvosmerno delujočih cilindrih hočemo doseči čimboljšo enakomernost gibanja.

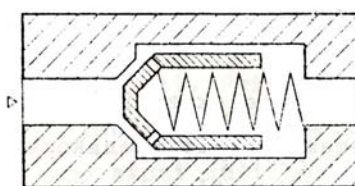
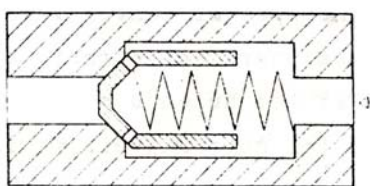


Slika 55: Regulacija hitrosti pri dvosmerno delujočem cilindru

Uporabimo sekundarno dušenje tako, da zrak doteka v cilindar neovirano, zrak a druge strani pa se odzračuje skozi dušilko. Bat je tako med dvema zračnima blazinama, kar nam omogoča enakomernost gibanja cilindra. Krmiljenje cilindra dosežemo s 4/2 potnim ventilom a ročnim vklopom.

NEPOVRATNI VENTILI

Nepovratni ventili lahko popolnoma zaprejo pretok v eni smeri, medtem ko v drugi smeri omogočajo neoviran pretok zraka z minimalno izgubo tlaka. Kot zaporni element je lahko uporabljen konus, kroglica ali membrana. Nepovratni ventili imajo vzmet, ki zapira pretok. Če je tlak na nasprotni strani vzmeti večji, kot je sila vzmeti, se ventil odpre.

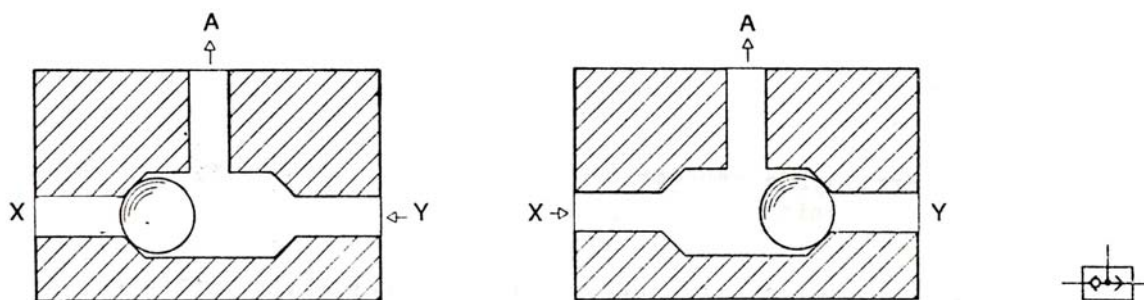


www

Slika 56: Nepovratni ventil

Izmenični nepovratni ventil

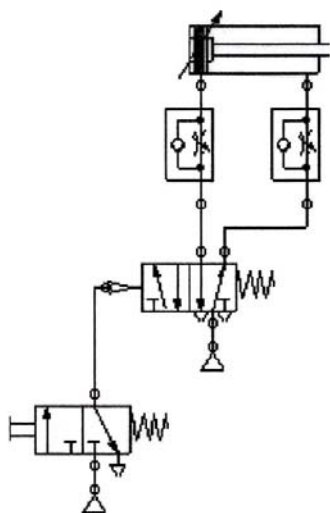
Imenujemo ga tudi dvojno krmiljen ali dvojni nepovratni ventil. Ima dva vhoda za krmilna signala X in Y in en izhod A. Če pride zrak na vhod X, zapre kroglica vhod Y in zrak teče od X proti A. Če pride zrak na vhod Y, teče zrak proti izhodu A, kjer kroglica zapre vhod X. Pri povratnem toku zraka, ko se cilindar ali ventil odzračuje, ostane kroglica v svojem položaju. Izmenični nepovratni ventil zaradi tega imenujemo tudi ALI člen. Z njim lahko realiziramo logično funkcijo ALI.



Slika 57: Izmenični nepovratni ventil

Primer

Cilinder naj se iztegne, če pritisnemo na taster ali na nožni pedal.

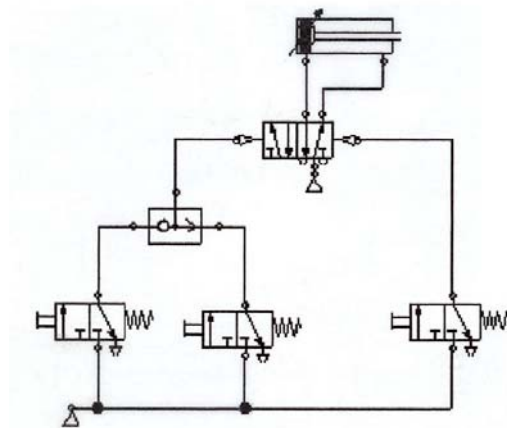


Slika 58: Krmiljenje enosmerno delujočega cilindra z dveh različnih mest.

Če hočemo krmiliti enosmerno delujoč cilinder z dveh različnih mest (taster in nožni pedal) moramo uporabiti logično funkcijo ALI, ki jo realiziramo z izmeničnim nepovratnim ventilom. Cilinder bo opravil gibanje, če aktiviramo enega izmed 3/2 potnih ventilov, ki jih imamo za vklop.

Primer

Krmiljenje dvosmerno delujočega cilindra iz treh različnih mest. Za opravljanje plus giba imamo na razpolago taster in prvi nožni vklop, za krmiljenje minus giba pa drugi nožni vklop.



Slika 59: Krmiljenje dvosmerno delujočega cilindra s treh različnih mest

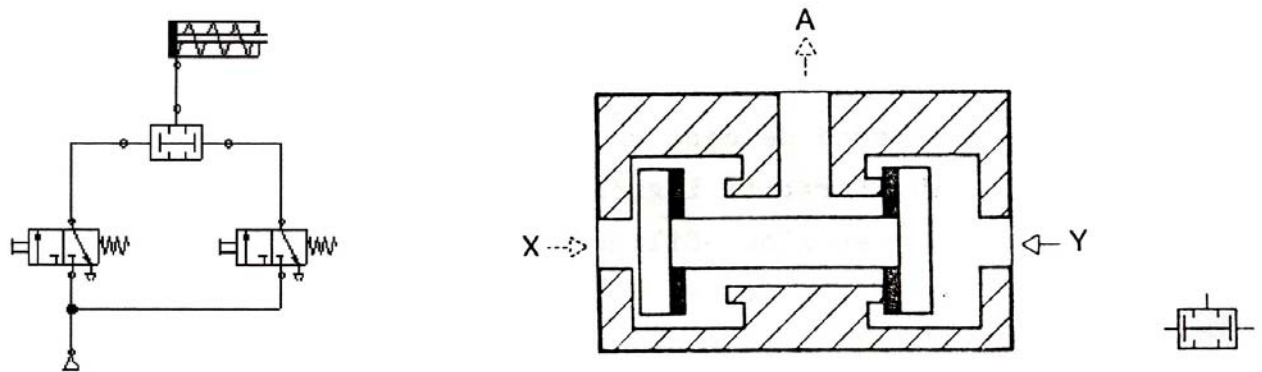
Plus gib se nam bo opravil ali s pritiskom na taster ali s pritiskom na prvi nožni pedal. Signala združimo z ALI členom (izmenični nepovratni ventil) in združen signal peljemo na 5/2 potni posredno krmiljeni ventil. Minus gib dobimo z drugim nožnim pedalom, ki nam da signal za prekrmljenje 5/2 potnega ventila.

DVOTLAČNI VENTILI

Dvotlačni ventil ima dva vhoda X in Y in en izhod A. Izhodni signal dobimo, če sta prisotna oba vhodna signala X in Y. Po funkciji imenujemo dvotlačni ventil tudi IN člen. Uporablja se ga za realizacijo logične funkcije IN pri logični obdelavi krmilnih signalov.

Primer

Dvoročni vklop enosmerno delujočega cilindra.

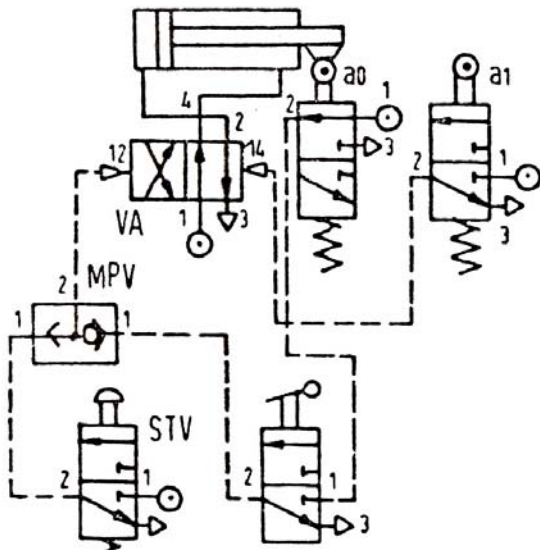


Slika 60: Dvoročni vklop

Dvoročni vklop realiziramo tako, da vzamemo dva 3/2 potna ventila z ročnim preklopom (s tasterjem) in njihova izhodna signala združimo v dvotlačnem ventilu. Izhod dvotlačnega ventila vežemo na cilinder. Le pri hkratnem preklopu obeh potnih ventilov dobimo gib cilindra.

Primer

Polavtomatično delovanje dvosmerno delujočega cilindra



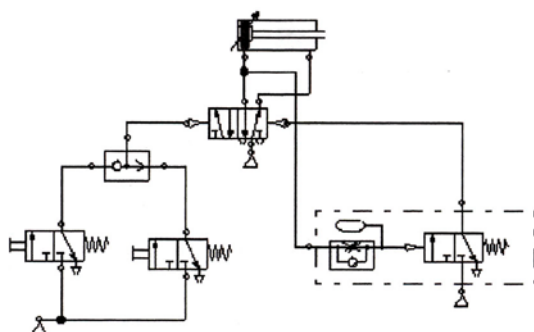
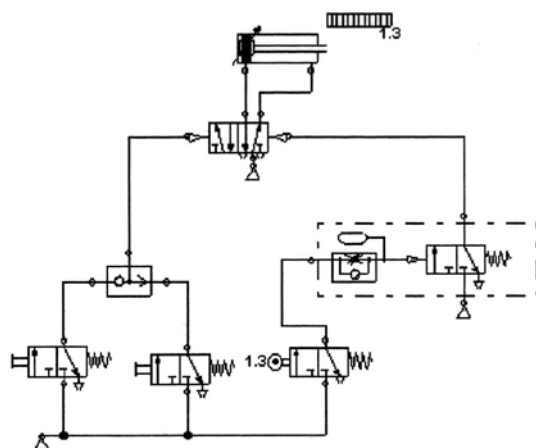
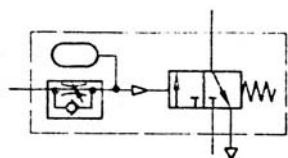
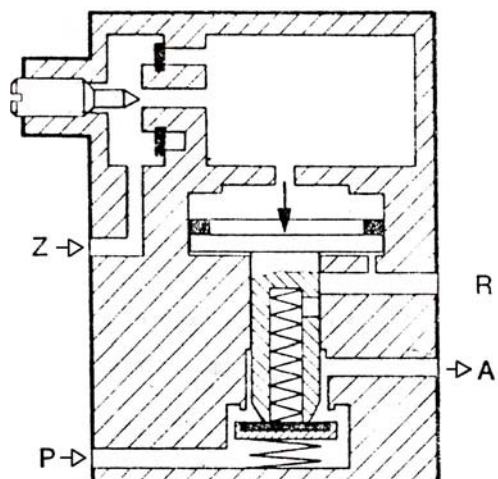
Slika 61: Polavtomatično delovanje dvosmerno delujočega cilindra

Zakasnitveni ventili

Ventil sestavlja pnevmatično krmiljen 3/2 potni ventil, dušilni nepovratni ventil in majhen shranjevalnik zraka. Na priključku P je doveden zrak. Na priključku Z dotaka v ventil krmilni zrak, ki teče skozi dušilni nepovratni ventil. V odvisnosti od nastavitve dušilke hitreje oz. počasneje polni shranjevalnik. Ko doseže zrak v volumnu potreben tlak, preklopi bat 3/2 potnega ventila navzdol. Zapre se povezava A proti R in ko se odmakne še tesnilni krožnik s sedeža, se odpre P proti A. Čas, ko začne dotekati zrak v volumen in da naraste tlak na potrebno vrednost, pomeni kasnitev nastanka izhodnega signala ventila.

Primer

Krmiljenje dvosmerno delujočega cilindra s časovno zakasnitvijo povratnega giba (minus giba) ali časovno zakasnitvijo plus giba.

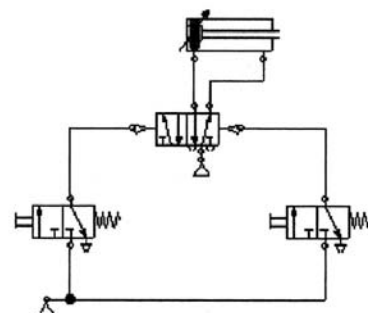
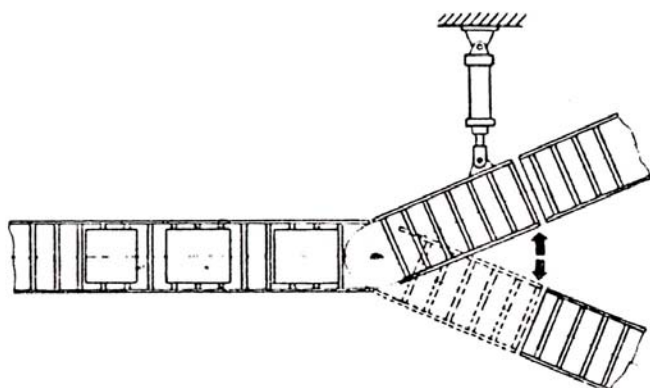


Slika 62: Krmiljenje dvosmerno delujočih cilindrov s časovno zakasnitvijo gibov

2.3. Primeri pnevmatičnih krmiljenj

Primer

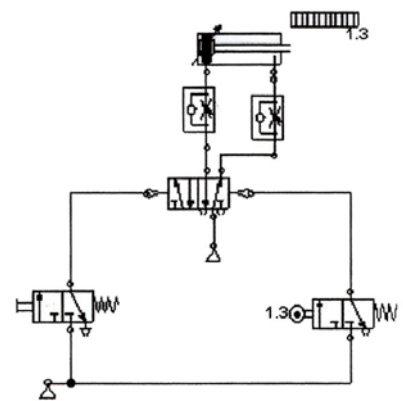
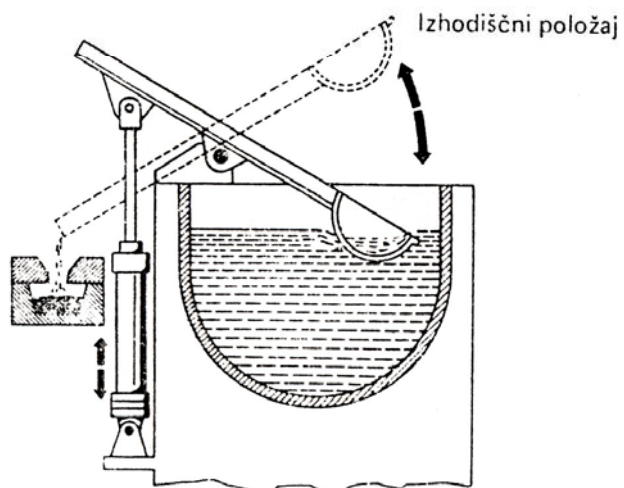
Z delovanjem na ustrezen taster se prestavi kretnica v želeni položaj. Po spustitvi tasterja mora ostati kretnica v svojem položaju.



Slika 63: Usmerjanje zabojev

Krmiljenje livarske zajemalke

Spuščanje zajemalke naj se izvede po delovanju na taster (počasno spuščanje). Ko doseže zajemalka spodnji položaj, naj se gibanje prekrmili (počasno dviganje)

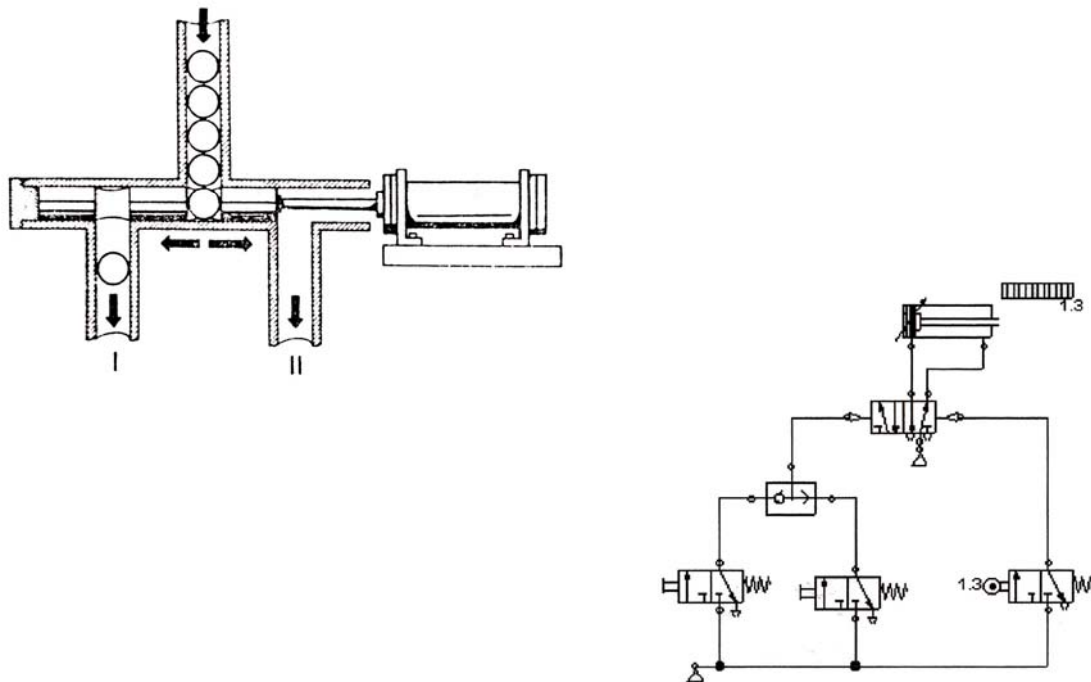


Slika 64: Krmiljenje livarske zajemalke

Primer

Razdeljevanje kroglic izpod padnega zalogovnika.

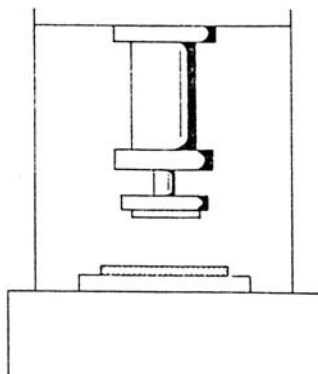
Kroglice iz zalogovnika naj se izmenično razdeljujejo v jašek I in II. Gibanje cilindra v zadnji položaj naj se vklopi z ročnim tasterjem ali z nožnim ventilom. Sledi naj avtomatično vračanje cilindra po povozitvi končnega ventila s kolutom.



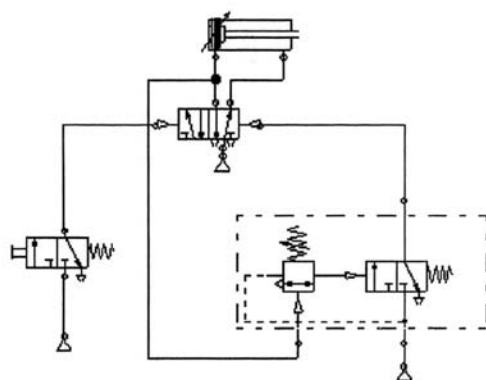
Primer

Žigosanje razdelb.

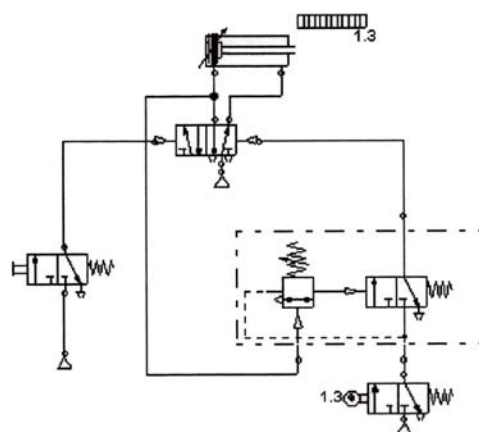
V merilo naj se z žigom vtisne razdelba. Žigosanje naj se izvede s pritiskom na taster ventil. Gibanje cilindra se mora prekrmliti, ko je dosežen nastavljen tlak (sila).



Krmilna shema a:



Krmilna shema b:



Slika 66: Žigosanje razdelb