

Ferdinand Humski
Šolski center Ptuj, Strojna šola
Volkmerjeva 19, 2250 Ptuj

PNEVMATIKA IN HIDRAVLIKA

učno gradivo za:

- modul Pnevmatika in hidravlika,
srednje strokovno izobraževanje Tehnik mehatronike
- modul Delovanje krmilnih in električnih komponent,
srednje strokovno izobraževanje Strojni tehnik

Ptuj, avgust 2019

KAZALO

Mehanika fluidov	3
Pnevmatika	13
Elektropnevmatika	47
Hidravlika	60
Automation Studio	78
Seznam uporabljene literature	84

UVOD

Katalog znanja za modul Pnevmatika in hidravlika, izobraževalni program Tehnik mehatronike, navaja precej obširne zahteve. Ta strokovni modul je tudi sestavni del poklicne mature (zajema približno 20% maturitetnih nalog in vprašanj), zato je še posebej pomemben.

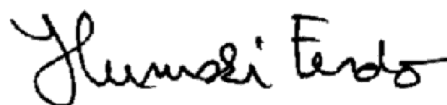
Obravnavana snov zajema mehaniko fluidov, pnevmatiko, hidravliko, elektropnevmatiko, elektrohidravliko, poznavanje specialnih računalniških programov, vzdrževanje, poznavanje tabel, diagramov, obvezne so praktične vaje ... – zahtev je ogromno, enotne literature v slovenščini pa seveda ni!

Za učitelja je naloga podobna kot pri alpinistih: cilj približno poznamo, sedaj pa mrzlično iščemo pravo pot ...! Treba je brskati po mnogih literaturah in po spletu ter vztrajno zbirati podatke.

V knjigi Pnevmatika in hidravlika sem zajel celotno snov, ki je potrebna za poučevanje in za razumevanje tega modula. Red prihrani čas, zato sem gesla najprej razdelil na **5 delov**: Mehanika fluidov, Pnevmatika, Elektropnevmatika, Hidravlika in pojasnila za uporabo specialnega računalniškega programa Automation Studio, ki je brezplačno dostopen na spletu. Kdor nekaj išče, ta gotovo ve, v kateri del spada iskana tematika in s tem si je že močno zožil področje iskanja.

Gesla so pojasnjena preprosto in razumljivo. Ker so razporejena po abecednem vrstnem redu, jih najdemo hitro in zato je tudi učenje lažje, bolj tekoče.

Dijakom je povsem jasno, da morajo napredovati v znanju in da je to dobro zanje, saj jih znanje vodi proti uspehu. Zato se je skozi leta poučevanja izkazalo, da dijaki radi uporabljajo takšno učno gradivo, ki jim omogoča lažje in hitrejše usvajanje znanja.



Ferdinand Humski

MEHANIKA FLUIDOV

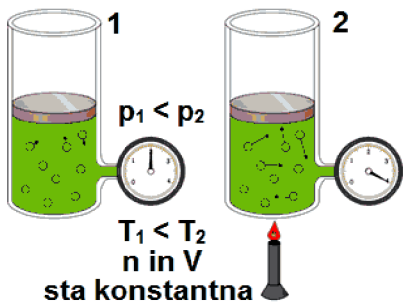
Ferdinand Humski

Absolutni tlak Glej Tlak.

AME Atomska masna enota, glej Dalton.

Amontonov zakon Zakon, ki ga je leta 1702 odkril Guillaume Amontons (1663 - 1705).

Zakon povezuje tlak in temperaturo idealnega plina pri spremembi, ki poteka **pri stalnem volumenu** $V = \text{konst}$ (pri **izohorni** spremembi):

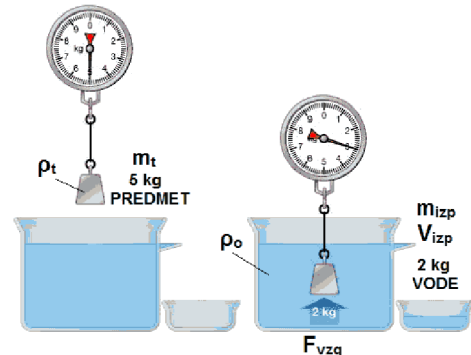


Tlak in temperatura se spreminjata tako, da velja:

$$\frac{p}{T} = \text{konstanta}$$

Pri tem je treba upoštevati, da je merska enota za temperaturo **Kelvin [K]**. Sin. Amontonov zakon, Grahamov zakon. Prim. Plinska enačba.

Arhimedov zakon Teža telesa, potopljenega v mirujočo tekočino, se navidezno zmanjša za težo izpodrinjene tekočine:



Na telo torej deluje sila, ki deluje v nasprotni smeri sile težnosti - vzgon. Sila **vzgon** je enaka teži izpodrinjene tekočine:

$$F_{vzg} = m_{izp} \cdot g = V_{izp} \cdot \rho_o \cdot g \quad [N]$$

$m_{izp} = V_{izp} \cdot \rho_o$... masa izpodrinjene tekočine [kg]

V_{izp} ... volumen izpodrinjene tekočine [m³]

ρ_o ... gostota fluida [kg/m³]

g ... gravitacijski pospešek [9,81 m/s² ≈ 10 m/s²]

ρ_t ... gostota predmeta, ki ga potopimo [kg/m³]

m_t ... masa telesa (predmeta), ki ga potopimo [kg]

Gostoto telesa nato izračunamo iz enačbe:

$$\rho_t = m_t / V_{izp}$$

Glede na gostoto telesa poznamo **tri možnosti**:

$\rho_t > \rho_o$ telo v tekočini potone

$\rho_t = \rho_o$ telo v tekočini lebdi

$\rho_t < \rho_o$ telo plava na tekočini

Atomska masa Masa atoma v [kg] ali v [g]. Če jo podamo v atomskih masnih enotah, jo imenujemo **relativna atomska masa** (glej posebno geslo).

Atomska masna enota Glej Dalton. Kratica ame.

Atomsko število Število protonov v atomskem jedru. Pove tudi mesto elementa v periodnem sistemu. Sin. vrstno število. Razl. masno število.

Avogadrov zakon Molska prostornina V_m je pri vseh (idealnih) plinih in pri enakem stanju enaka. Pri temperaturi 0°C in tlaku 1,013 bar znaša:

$$V_m = R_m \cdot T/p = 22,41 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

Pojasnila spremenljivk: glej geslo plinska enačba.

Avogadrovo število Število atomov ali molekul v 1 mol snovi, $N_A = 6,0234 \times 10^{23}$. Sin. Avogadrova konstanta. Prim. Avogadrov zakon.

Bernoullijeva enačba Enačba, ki povezuje tlak, hitrost in višino **V TOKU NEVISKOZNEGA** (brez trenja) in **NESTISLJIVGA** fluida. Kot **približek** jo uporabljamo za **tok KAPLJEVIN in PLINOV**, če odmiki od navedenih zahtev niso preveliki:

Stran 4

$$p + \rho \cdot g \cdot h + \frac{\rho \cdot v^2}{2} = \text{konst}$$

p ... tlak [Pa = N/m²]

ρ ... gostota [kg/m³]

g ... zemeljski pospešek [9,8 m/s²]

h ... višina nad izbrano ničelno ravnino [m]

v ... hitrost [m/s]

VSOTO $p + \rho \cdot g \cdot h$ imenujemo **statični tlak** p_{st} .

p [Pa = N/m²] povzroča **tlačno energijo** $W_t = p \cdot V$:

- **absolutni tlak** p_{abs} (glej geslo Tlak): vsota tlaka okolice p_o in relativnega tlaka p_r (ki je povzročen z mehanskimi silami)
- če mehanske sile ne povzročajo dviga relativnega tlaka, je p enak **tlaku okolice** p_o

Komponenta $\rho \cdot g \cdot h$ imenujemo **tlak zaradi višinske razlike fluida** (glej Hidrostatični tlak), posledica je **energija lege** $W_p = m \cdot g \cdot h$.

KOMPONENTA $\rho \cdot v^2/2$ pa je **dinamični tlak** p_{din} ,

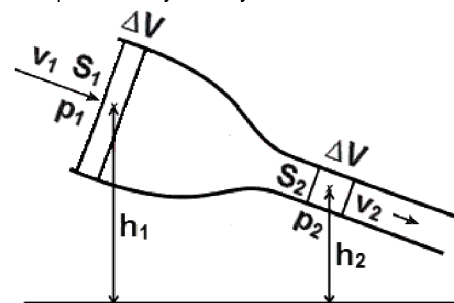
ki povzroča **hitrostno energijo** $W_k = m \cdot v^2/2$

Vsoto statičnega in dinamičnega tlaka imenujemo **skupni** (celotni, **totalni**) **tlak** p_t :

$$p_t = p_{st} + p_{din} = \text{konst}$$

Skupni tlak p_t je konstanten. Če povečujemo hitrost, tedaj statična komponenta tlaka pada.

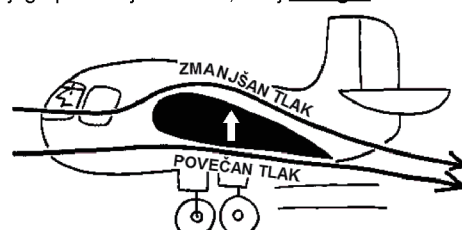
Pojasnilo Bernoullijeve enačbe na primeru **pretočka fluida skozi cev**, ki se postopno zožuje, obenem pa se znižuje tudi njena višina h :



$$p_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} = p_2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2}$$

Delovanje nekaterih naprav lahko pojasnimo s pomočjo Bernoullijeve enačbe, npr.:

Letalsko krilo je konstruirano tako, da zrak v istem času prepotuje po zgornji strani krila večjo pot kakor po spodnji strani krila - zato je **hitrost** zraka z zgornje strani krila **večja kakor spodaj**. Dinamična komponenta tlaka p_{din} je torej zgoraj večja kakor spodaj. Ker pa je totalni tlak p_t konstanten, se pojavi sprememba pri statični komponenti tlaka p_{st} . Zato je **statični tlak** p_{st} na **spodnji strani** krila **večji** kakor zgoraj. Sila deluje od večjega proti nižjemu tlaku, torej **navzgor**:



Bernoullijeva enačba je **izpeljana iz skupne energije** gibajočih se fluidov W_s , ki jo sestavlja:

tlačna energija:

$$W_t = p \cdot V$$

energija **lege**:

$$W_p = m \cdot g \cdot h$$

hitrostna energija

$$W_k = m \cdot v^2/2$$

V ... prostornina (volumen) [m³]

m ... masa [kg]

Velja torej enačba:

$$W_t + W_p + W_k = W_s$$

oziroma

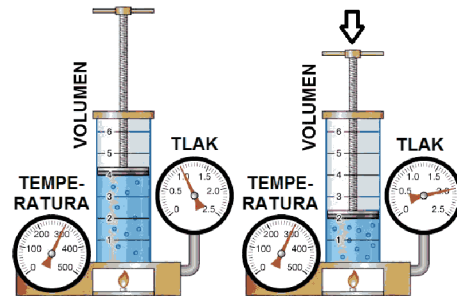
$$p \cdot V + m \cdot g \cdot h + m \cdot v^2/2 = W_s$$

Če zgornjo enačbo na obeh straneh delimo z V , dobimo Bernoullijevo enačbo.

Prim. Tlak, Odpori toka v ceveh in armaturah, Venturijeva cev, Pitotova cev, Kontinuitetna enačba.

Boyllov zakon Zakon, ki nosi ime po svojem

odkritelju, angl. naravoslovcu **Robertu Boyleu** (1627-1691), objava 1662. Francoski fizik in duhovnik **Edme Mariotte** (1620-1684) je odkril zakon leta 1676 neodvisno od Boyla, zato se zakon imenuje tudi Boyle-Mariottov zakon:



Prostornina in tlak idealnega plina **pri stalni temperaturi** (**izotermna** sprememba) se spreminjata tako, da velja:

$$p \cdot V = \text{konstanta}$$

ali drugače:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Prim. Plinska enačba.

Charlesov zakon Glej Gay-Lussacov zakon.

Dalton Enota za atomsko in molekulska maso. Znaša $1,660566 \times 10^{-24}$ g (1/12 mase ogljikovega izotopa ¹²C). Sin. atomska masna enota, **ame**.

Daltonov zakon Skupni tlak vlažnega zraka p je enak vsoti delnih (parcialnih) tlakov suhega zraka p_z in vodne pare p' :

$$p = p_z + p'$$

Prim. vlažnost.

Delovni tlak Tlak stisnjenega zraka ali hidravličnega olja, ki je potreben na posameznem delovnem mestu, da pnevmatične ali hidravlične naprave pravilno delujejo. Nastavimo ga z regulatorjem tlaka. Občajno se delovni tlak nastavi na **6 bar**, zelo redko pod **4 bar** ali nad **10 bar**. Prim. Tlak.

Delovni valj - preračun Delovni valji morajo vsekakor zagotavljati zadostno silo F_{valja} , če želimo z njimi opravljati načrtovano delo. Pri preračunu izhajamo iz definicije tlaka.

Če je delovni valj že izbran, tedaj lahko izračunamo **zahtevani nadtlak** p_e :

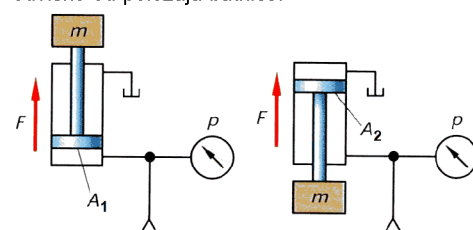
$$p_e > \frac{F_{valja}}{A \cdot \eta_{hm}}$$

η_{hm} je hidravlično - mehanski izkoristek

Kadar pa imamo p_e že poznan, lahko izračunamo **površino bata** A :

$$A > \frac{F_{valja}}{p_e \cdot \eta_{hm}}$$

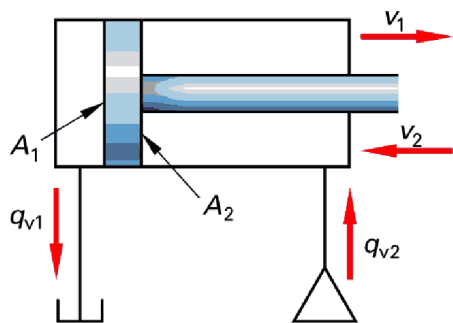
Izračunana površina bata A je enaka A_1 ali A_2 , odvisno od položaja batnice:



Če je premer bata D , premer batnice pa d , velja:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A_1}{\pi}} \quad D = \sqrt{\frac{4 \cdot (A_2 + \frac{\pi \cdot d^2}{4})}{\pi}}$$

Proučimo še volumske tokove hidravličnega valja:



Predpostavimo, da velja $q_{v1} = q_{v2}$! Če upoštevamo kontinuitetno enačbo $q_{v1} = A_1 \cdot v_1 = q_{v2} = A_2 \cdot v_2$, in $A_1 > A_2$, potem ugotovimo: $v_2 > v_1$

Ob predpostavki $v_2 = v_1$ pa ugotovimo $q_{v1} > q_{v2}$

Seveda so realne razmere odvisne od obremenitve, pa vendarle: pri dvosmernih valjih z enostransko batnico (torej z različno površino bata na levi in desni strani) bo **volumski tok olja pri izvleku drugačen od toka pri uvleku!**

Dinamika Del mehanike: nauk o silah in o gibanju teles. Del: kinematika in kinetika. Ant. statika. Temeljni zakon dinamike: glej Newtonovi zakoni.

Empirična enačba Empiričen: izkustven. Npr. **empirična formula**: enačba, nastala na osnovi izkušenj in opazovanj, pogosto s pomočjo posebnih znanstvenih metod dela, ki jih imenujemo **eksperimentalne metode**. Empirične enačbe uporabljamo, kadar nam **teoretična logika ne daje** tistih **soodvisnosti**, ki jih potrebujemo.

Merske enote na obeh straneh empirične enačbe pogosto niso enake. Prim. Reynoldsovo število, Odpori toka v ceveh in armaturah, Kovični spoji - trdnostni preračun (določitev premera kovice) itd.. Prim. enačba, eksperiment. Sin. eksperimentalna enačba.

Enačba Zapis iz dveh, z enačajem povezanih matematičnih izrazov. Neznanke in znana števila so v enačbi povezani z znaki za matematične operacije (seštevanje, odštevanje, množenje itd.). Potrebno je ločiti:

a) **Veličinske** (teoretične) **enačbe** govorijo o povezanosti veličin, izraženih v **osnovnih** ali **izpeljanih** SI merskih enotah. Temeljijo na teoretičnem in logičnem razmišljanju, obenem pa dajejo zadovoljive praktične rezultate. Merske enote so na obeh straneh enačbe enake. Primeri:

$$U = I \cdot R \quad A = 4\pi \cdot R^2 \quad F = m \cdot a$$

Ker veličinske enačbe veljajo za osnovne merske enote po mednarodnem sistemu merskih enot (glej geslo SI), pri njih ni treba posebej navajati merskih enot za posamezne veličine.

b) **Številске enačbe** pa med seboj povezujejo le veličine, ki so izražene v nekaterih **posebnih merskih enotah**. Precej poznana enačba:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1.000}$$

nam ne bo popolnoma jasna, dokler ne bomo na nek način pojasnili, v katerih merskih enotah je treba izraziti posamezne veličine, npr. tako:

$$v \text{ [m/min]} = \frac{\pi \cdot d \text{ [mm]} \cdot n \text{ [vrt/min]}}{1.000}$$

Ker tehniki v praksi uporabljamo veliko številskih enačb, je zelo pomembno, da se pri uporabi enačb držimo doslednega navajanja merskih enot. Merske enote v številskih enačbah lahko kontroliramo le, če jih znamo povezati z veličinskimi (osnovnimi) enačbami!

c) **Empirične** oz. **eksperimentalne** enačbe, pri katerih **merske enote na obeh straneh enačbe niso enake**. Značilen primer je določanje premera kovice:

$$d = \sqrt{50 \cdot s_{\min}} - 2 \text{ mm}$$

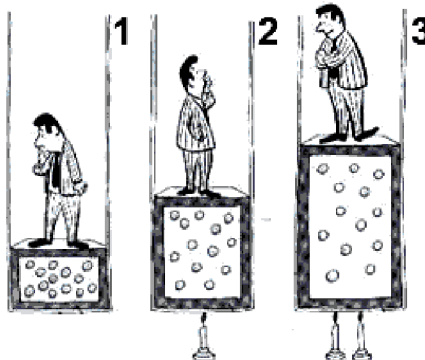
s_{\min} je debelina pločevine v [mm] - če korenimo, dobimo $\text{mm}^{0,5}$, zato je desna stran enačbe po merskih enotah nesmiselna. Vseeno pa jo uporabljamo za določanje premera kovice, ker je najboljši približek, ki nadomesti izkušnje.

Enačba kontinuitete Glej Kontinuitetna enačba.

Fluid Snov, ki se lahko pretaka, npr. tekočine in plini. Izraz izvira iz angl. fluid - tekoč, plinast.

Gay-Lussacov zakon Zakon, ki ga je leta leta 1802 prvi objavil Joseph Louis Gay-Lussac, v njem pa se je skliceval na neobjavljeno delo Jacquesa Charlesa, predvidoma napisano okoli leta 1787. Zato nekatere literature isti zakon poimenujejo tudi Charlesov zakon.

Zakon povezuje prostornino in temperaturo idealnega plina pri spremembi, ki poteka **pri stalnem tlaku** $p = \text{konst}$ (pri **izobarni** spremembi):



$$p_1 = p_2 = p_3$$

$$T_1 < T_2 < T_3 \quad V_1 < V_2 < V_3$$

Volumen in temperatura sta vedno sorazmerna:

$$\frac{V}{T} = \text{konstanta}$$

Pri tem je treba upoštevati, da je merska enota za temperaturo **Kelvin [K]**. Prim. Plinska enačba.

Gostota Razmerje med maso in prostornino:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Merska enota gostote: [kg/m³], [g/cm³], [kg/dm³]. Pri veliki večini snovi se gostota **z naraščajočo temperaturo zmanjšuje**. Razl. viskoznost.

Če ni posebej napisano, se gostota podaja pri 0°C in 1013,25 mbar.

Na pamet je dobro poznati vsaj naslednje gostote: voda ~1,0 kg/dm³, zrak ~1,3 kg/m³ in jeklo (železo) ~7,9 kg/dm³.

Gostote nekaterih **kovin** [kg/dm³]: Al 2,7; Cu 8,9; Hg 13,6; Zn 7,1; Au 19,3; Ag 10,5

Gostote nekaterih **tekočin** [kg/dm³]: mineralno olje 0,90-0,96; plinsko olje 0,85-0,89; alkohol 0,79; bencin 0,70 - 0,72.

Gostote nekaterih **plinov** [kg/m³]: He 0,178; Ar 1,783; H₂ 0,089; N₂ 1,250; O₂ 1,429; CO₂ 1,429; CH₄ (metan) 0,716; C₂H₄ (eten) 1,261; C₂H₂ (etin - acetilen) 1,170; C₃H₈ (propan) 2,011.

Hidravlična podobnost Teorija, ki obravnava pogoje, pri katerih sta dva toka tekočine hidrodinamično podobna - ponavadi primerjamo **objekt** (ki ga konstruiramo) in **model**.

Poskusi na objektih dejanskih razmer bi bili predragi, zato opravljamo preizkuse na pomanjšanih modelih. Nato pa uporabimo zakone, ki povezujejo veličine na modelu z veličinami na objektu. Brez hidravlične podobnosti si torej ne moremo zamišljati konstruiranja in gradnje vodnih turbin, kompresorjev, ventilatorjev, črpalk, ladij, letal, avtomobilskih karoserij itd.

Hidravlična podobnost zajema **geometrijsko**, **kinematično** in **dinamično** podobnost.

Geometrijska podobnost je zagotovljena, ko so vse mere modela v enakem razmerju z izmerami na objektu.

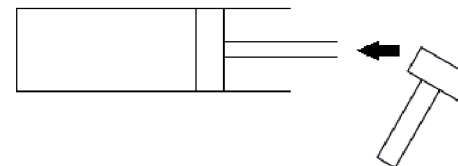
Kinematična podobnost pomeni, da sta si hitrost in pospešek v ustreznih točkah modela ter objekta v enakem razmerju.

Dinamično podobnost pa dosežemo, če so vse sile, ki delujejo na tekočino pri obeh tokih (teža, trenje itd.) v enakem medsebojnem razmerju.

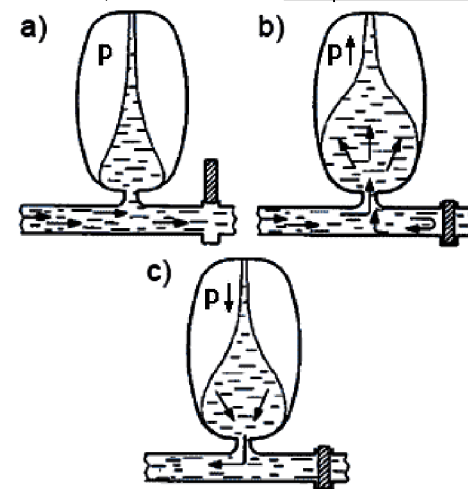
Hidravlični prenos → Hidravlično pretvarjanje sil.

Hidravlični udar Prenos nenadnega, sunkovitega udara po kapljevini. Npr.: udarec s kladivom po batu hidravličnega cilindra povzroči porast tlaka, **tladni udarni val** pa se v trenutku prenosa na vse

strani, po celotnem hidravličnem sistemu:



V napeljavah je posebej nevaren hidravlični udar, ki nastane **zaradi sunkovitega zapiranja ventila** cevododa, v katerem imamo **velik pretok tekočine**:



Hitrost tekočine **v trenutku pade na nič**, kar povzroči porast tlaka. Tlačni udarni val se širi v nasprotni smeri gibanja tekočine, izražen je z enačbo:

$$\Delta p = \rho \cdot c \cdot v_0$$

Porast tlaka pri udaru (Δp) je odvisen od gostote tekočine (ρ), hitrosti širjenja zvoka v tekočini (c) in hitrosti gibanja tekočine neposredno pred zastavljanjem (v_0).

Hidravlični udar lahko poškoduje hidravlični sistem. Deluje zelo kratek čas, povzroči pa okvare na cevododih, ventilih in posameznih elementih tesnenja, zato se tem problemom posveča velika pozornost. Zato hidravlični sistem vsebuje:

a) **Varnostni ventil**, ki mora pravočasno reagirati, da udarni tlak ne naraste do velikih vrednosti. Hidravličnemu udaru se lahko izognemo tudi s **pretočnim ventilom**, pri katerem se del tekočine preliva v rezervoar, glavčina pa se pošilja z zmanjšanim tlakom k potrošnikom.

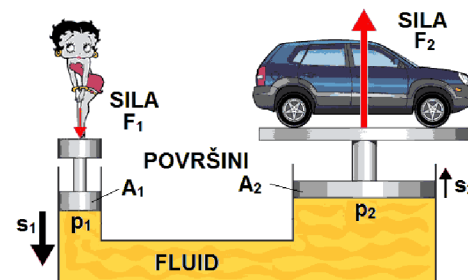
b) **Hidravlični akumulator**, ki blaži tlačna nihanja.

c) **Tlačno stikalo**, ki vključuje ali izključuje električni tokokrog glede na velikost tlaka v sistemu.

Pojav hidravličnega udara lahko tudi izkoristimo sebi v prid - glej geslo Črpalke - posebne vrste in nameni, hidravlični oven.

Hidravlično dvigalo → Hidravlično pretvarjanje sil **Hidravlično pretvarjanje sil** Zamislimo si posodo po spodnji risbi. V dve odprtini sta vgrajena dva bata različnih premerov z možnostjo gibanja. Dobili smo dva valja: z indeksom **1** označimo **tladni valj**, z indeksom **2** pa **delovni** (dvižni) **valj**.

Na bat z manjšo ploščino A_1 deluje sila F_1 , ki povzroča v posodi nadtlak p_1 :



Ker se po Pascalovem zakonu tlak širi enakomerno na vse strani, deluje enak tlak tudi na površino večjega valja:

$$p_1 = p_2 \quad \text{in torej} \quad F_1/A_1 = F_2/A_2$$

Če poznamo F_1 , A_1 in A_2 , lahko izračunamo F_2 :

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{A_2}{A_1}$$

Sile na batih so torej premosorazmerne z njihovimi ploščinami.

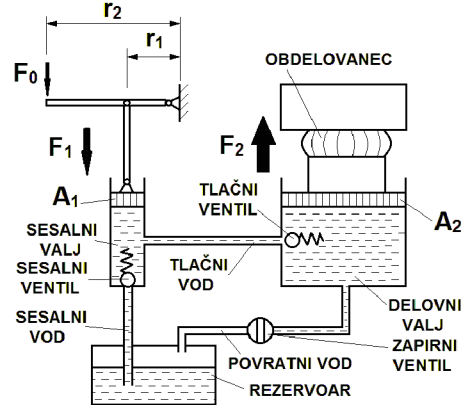
Zaradi zakona o ohranitvi energije mora biti delo na valju 1 enako delu na valju 2:

$$W_1 = W_2 \rightarrow F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$$

Ugotovimo, da je gib prvega (manjšega) bata s_1 daljši od giba drugega bata s_2 :

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

Delovanje hidravličnega dvigala ali stiskalnice bomo tehnično dovolj podrobno razumeli, če na zgornji risbi z vzvodom povečamo silo F_1 , dodamo dva enosmerna ventila, zapirni ventil in rezervoar:



Prim. Pretvornik tlaka.

Hidrodinamika Veja fizike, del mehanike fluidov, veda o pretakanju nestisljivih tekočin.

Zajema predvsem naslednje pojme:

- **kontinuitetna enačba**
- **hidravlične energije** (Bernoullijeva enačba, Ventourijeva in Pitotova cev)
- **trenje in tlačne izgube**
- **hidravlični tok in njegove zakonitosti** (laminarni in turbulentni tok, viskoznost)

Hidrostatični tlak Tlak mirujoče kapljevine, ki ga povzroča teža kapljevine:

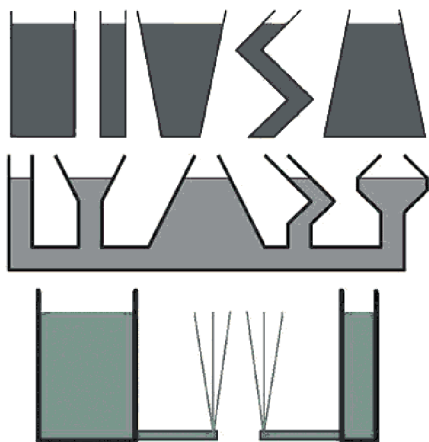
$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h \quad [\text{Pa}]$$

- p_0 - tlak okolice
- h [m] - višina nivoja kapljevine
- ρ [kg/m³] - gostota kapljevine
- g - zemeljski pospešek = 9,81 [m/s²]

Nadtlak zaradi višinske razlike fluida:

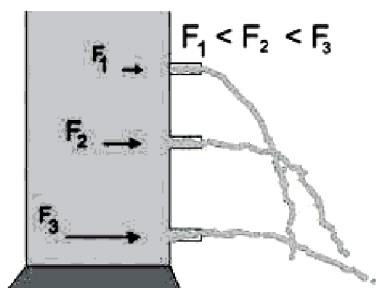
$$p_h = \rho \cdot g \cdot h \quad [\text{Pa}]$$

Hidrostatični tlak **ni odvisen od oblike posode**:

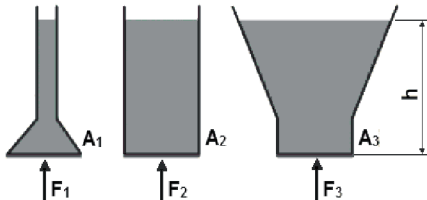


Sredinska risba zgoraj prikazuje **vezno posodo**: če je nad gladinami enak tlak, so vse v isti ravni.

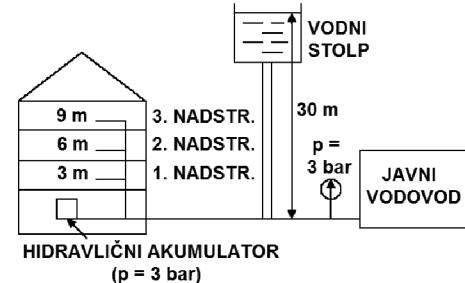
Hidrostatični tlak **je odvisen od višine vodnega stolpca**:



Zamislimo si, da je dno posode zatesnjeno s čepom, na katerega pritiskamo s tolikšno silo F , da tekočina ne izteče. Tekočina je natočena do višine h . Ne glede na obliko posode bodo sile F_1 , F_2 in F_3 enake $F_1 = F_2 = F_3$, če bodo enake tudi površine čepov $A_1 = A_2 = A_3$. Ta pojav imenujemo **hidrostatični paradoks**:



Vloga hidrostatičnega tlaka **pri javnem vodovodu**:

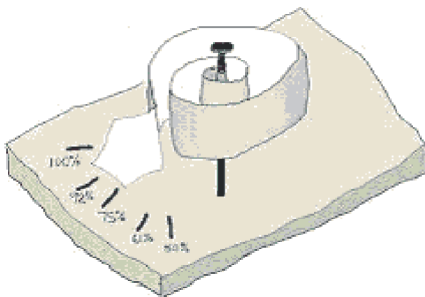


Hidrostatika Veja fizike - del mehanike fluidov, ki preučuje mirujoče tekočine.

Zajema predvsem naslednje povezane pojme:

- **vzgon** (Arhimedov zakon, Kartezijev plavač)
- **hidrostatični tlak** (hidrostatični paradoks)
- **Pascalov zakon** - sifon - načelo hidravlične stiskalnice - načelo pretvarjanja tlaka

Higrometer Vlagomer, priprava za merjenje vlage v zraku. Deluje na principu **raztezanja materialov** v odvisnosti od vlage. Takí materiali so npr. živalska dlaka, nekatere vrste gum itd..



HTHS Najmanjša viskoznost olja v mPa·s pri 150°C in strižni hitrosti 10⁶ s⁻¹. Up.: predvsem pri SAE oznakah olj za motorje z notr. zgorevanjem. Ang. High Temperature High Shear Viscosity.

Izkoristek Koristno lahko uporabimo samo del energije, ki jo stroji oddajajo. Preostali del energije se porabi za **segrevanje** in ga običajno ne moremo uporabiti. Izkoristek stroja nam pove, **kolikšen del vložene energije stroj koristno uporabi**:

$$\text{Izkoristek} = \frac{\text{koristna energija}}{\text{vložena energija}} = \frac{\text{izhodna moč}}{\text{vhodna moč}}$$

Izkoristek označujemo z grško črko η (eta):

$$\eta = \frac{W}{W_0} = \frac{P}{P_0} < 1$$

Izkoristki **obdelovalnih stojev**: stružnice 0,70 do 0,85; vrtni stroji 0,75 do 0,90; frezalni stroji 0,60 do 0,80; skobeljni in pehalni stroji 0,60 do 0,80. Izkoristki **motorjev** z notranjim zgorevanjem: ben-

cinski motorji 0,22 do 0,25; plinski motorji 0,27 do 0,35; majhni dizelski motorji 0,31 do 0,34; veliki dizelski motorji 0,35 do 0,41.

Izkoristek stroja je **vedno manjši od 1**, čeprav se v praksi pogosto pretirava - glej toplotna črpalka.

Nekatere naprave imajo **volumenski** η_v , **mehanski** η_m in **hidravlični** izkoristek η_h . Mehanski in hidravlični izkoristek se običajno združita v η_{hm} , skupni izkoristek η je zmnožek $\eta = \eta_v \cdot \eta_m$, glej geslo Črpalka - podatki.

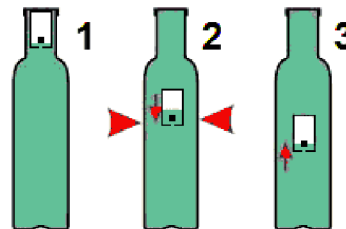
Izobaren Nanašajoč se na spremembo stanja (pri plinih), pri kateri se tlak ne spreminja. Prim. Gay-Lussacov zakon.

Izohoren Nanašajoč se na spremembo stanja (pri plinih), pri kateri se prostornina ne spreminja. Prim. Amontonov zakon.

Izotermen Nanašajoč se na spremembo stanja (pri plinih), pri kateri se temperatura ne spreminja. Prim. Boylev zakon.

Izotopi Atomi, ki pripadajo istemu kemičnemu elementu, imajo enako vrstno število, toda različno masno število - nuklidi z različnim številom nevtronov. Izotopi se med seboj razlikujejo po masi in fizikalnih lastnostih, redkeje pa tudi po kemičnih lastnostih. V periodnem sistemu so vsi na istem mestu. Način označevanja izotopov je razviden npr. iz gesla Ogljik. Prim. Kemijske oznake.

Kartezijev plavač Klasični znanstveni eksperiment, ki je poimenovan po René Descartesu du Perron Cartesiusu. Poskus na zanimiv način prikazuje princip vzgona in plinsko enačbo:



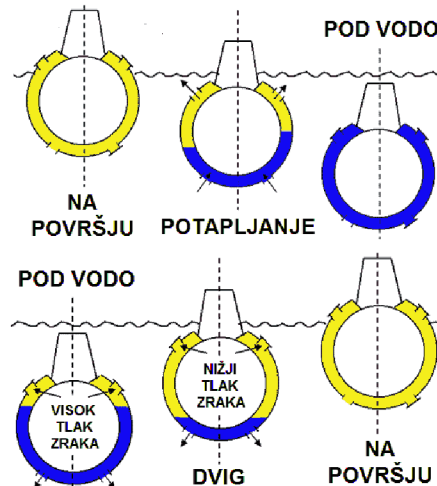
Plastenko do vrha napolnimo z vodo in zadelamo z zamaščkom. Plavač je votel, na spodnji strani ima odprtino in obtežitev. Pri tem ni vseeno, kolikšna je utež. Če bo plavač:

- preveč obtežen, bo sam od sebe potonil
- premalo obtežen, ga ne bomo mogli potopiti

V osnovnem položaju naj plavač plava na vrhu plastenke, obrnjen z odprtino navzdol (slika 1).

Če plastenko stisnemo (2), bo zaradi dviga tlaka voda prodrla v plavač. Volumen mehurčka zraka v plavaču se bo zmanjšal in zato se bo gostota zraka v mehurčku povečala. S tem bo tudi povprečna gostota celotnega plavača postala **večja od gostote vode** - zato plavač potone (slika 2). Ko tlak popusti, se plavač spet dvigne (slika 3).

Na enak način deluje **podmornica**:



Količina Število merskih ali drugih enot, množina, eden osnovnih pojmov v fiziki. Lahko je povezana z **veličino** (~ sile, hitrosti, mase itd.) ali pa tudi ne (~ proizvodov, padavin itd.).

Za vsako količino mora biti poznan natančen **postopek za merjenje** in **merska enota** - ni pa

nujno, da jo kakšna enačba povezuje z drugimi količinami (kot je to primer pri veličini). Če se lahko izrazi z enim samim številom, je količina **skalar** (npr. masa, temperatura itd.). Če pa količina določa tudi smer, je **vektor** (npr. pospešek, navor, sila itd.).

Koncentracija Vsebnost posamezne sestavine v zmesi oz. vsebnost raztopljene snovi (topljenca) v raztopini. Izražamo jo lahko na različne načine:

1. V **prostorninskih odstotkih**, predvsem pri opisovanju sestave plinskih zmesi. Npr.: zrak vsebuje 20,95% v/v kisika.
2. V **masnih odstotkih**, npr.: zrak vsebuje 23,16% w/w kisika. **Masni delež** se lahko označi s črko W in se izračuna na naslednji način:

$$W_{\text{snovi}} = \frac{m_{\text{snovi}}}{m_{\text{sk}}}$$

Pri tem je m_{sk} skupna masa zmesi oziroma raztopine ($m_{\text{topila}} + m_{\text{topljenca}}$).

3. **Molalnost**, ki se označuje s črko b in ima enoto mol/kg topila. Molalnost se s temperaturo ne spreminja.
4. **Molarnost** oz. množinska koncentracija, v kemiji zelo pogosto up. oblika izražanja koncentracije in se pogovorno imenuje kar "koncentracija". Enota je mol/L, oznaka c, **pogosto** se označuje tudi z **oglatimi oklepaji**, npr. [H⁺]. Ker se molarnost s temperaturo spreminja, jo običajno podajamo pri 20°C.

$$c_{\text{snovi}} = \frac{n_{\text{snovi}}}{V_{\text{razt}}}$$

Pri tem je V_{razt} volumen raztopine, n_{snovi} pa je množina snovi [mol]:

$$n = m/M$$

M ... molska masa snovi [kg/mol]

m ... masa snovi [kg]

5. Masna koncentracija ima enoto g/L (grami topljenca v litru raztopine) in je definirana kot:

$$\gamma_{\text{snovi}} = \frac{m_{\text{snovi}}}{V_{\text{razt}}}$$

Enačbe, ki povezujejo različne oblike koncentracij med seboj, so naslednje:

$$c_{\text{snovi}} = \frac{W_{\text{snovi}} \cdot \rho_{\text{razt}}}{M_{\text{snovi}}} \quad c_{\text{snovi}} = \frac{\gamma_{\text{snovi}}}{M_{\text{snovi}}}$$

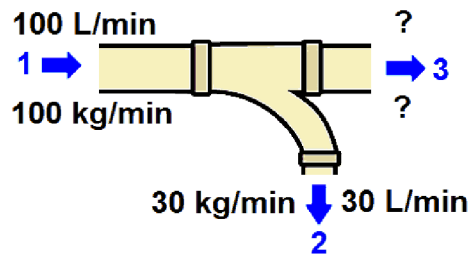
$$W_{\text{snovi}} = \frac{c_{\text{snovi}} \cdot M_{\text{snovi}}}{\rho_{\text{razt}}} \quad W_{\text{snovi}} = \frac{\gamma_{\text{snovi}}}{\rho_{\text{razt}}}$$

$$\gamma_{\text{snovi}} = W_{\text{snovi}} \cdot \rho_{\text{razt}} \quad \gamma_{\text{snovi}} = c_{\text{snovi}} \cdot M_{\text{snovi}}$$

Prim. refraktometer.

Kontinuiran Nepretrgan, zvezen, nadaljujoč se. Ang. continue: nadaljevati.

Kontinuitetna enačba Pri pretakanju nestisljivih fluidov velja: **kolikor fluida vstopi** v cev, **toliko** ga iz nje tudi **izstopi**. To pravilo velja tudi, če eno cev razcepimo na dva dela:



V zgornjem preprostem primeru hitro ugotovimo:

$$q_{m1} = q_{m2} + q_{m3} \quad \text{in}$$

$$q_{m3} = q_{m1} - q_{m2} = 100 \text{ kg/min} - 30 \text{ kg/min} = 70 \text{ kg/min}$$

q_m ... masni pretok [kg/min]

Nato sklepamo: pri pretakanju nestisljivih fluidov je **masni pretok konstanten**.

Matematični zapis kontinuitetne enačbe:

$$q_m = A \cdot \rho \cdot v = \text{konst}$$

q_m [kg/s] - masni pretok fluida

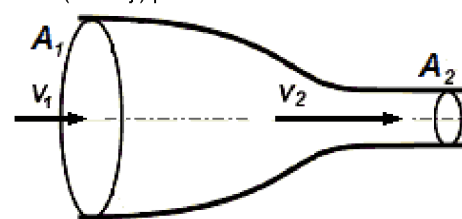
A [m²] - presek, skozi katerega se pretaka fluid (je pravokoten na pretok)

ρ [kg/m³] - gostota fluida

v [m/s] - hitrost pretoka fluida

Na podoben način računamo, kadar se spremeni

svetli (notranji) premer cevi:



Pri nestisljivem fluidu se gostota ne spreminja in kontinuitetno enačbo napišemo tudi z volumskim (prostorninskim) pretokom:

$$q_v = A \cdot v = \text{konst} \quad \text{in}$$

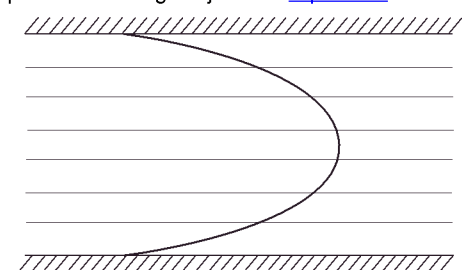
$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

q_v [m³/s] - volumski pretok (prostorninski tok)

V splošnem velja kontinuitetna enačba **tudi za ostale nestisljive količine**, npr. za **naboj**: količina v neki prostornini se poveča za razliko toka količine, ki priteče v izbrano prostornino in toka količine, ki izteče iz te prostornine v časovni enoti.

Sin. Zakon o ohranitvi mase. Prim. Kirchhoffov zakon.

Laminaren V plasteh, **plastast**. Lat. *lamina*: plošča, list, deska. Npr. **laminarni tok**: gibanje, pri katerem se posamezne plasti tekočine ali plina gibljejo druga ob drugi, **ne da bi se med seboj mešale**. Celo neskončno tanke plasti drse druga po drugi brez mešanja. Pravimo, da so **tokovnice** pri laminarnem gibanju fluida **vzporedne**:



Laminarni tok

Hitrost tekočine na steni je enaka 0, prva plast pa že ima neko hitrost. Hitrost druge plasti je še nekoliko večja itd. - zato je hitrost tekočine v sredini cevi največja.

Eksperimentalno je dokazano, da laminarno gibanje tekočine prehaja v turbulentno pri določenem razmerju vztrajnostnih sil in sil notranjega trenja, tj. pri kritičnem Reynoldsovem številu. Za tok v okroglih ceveh velja $Re_{kr} = 2320$.

Masni delež Pojasnilo pod geslom koncentracija. **Masni pretok** Masa fluida, ki steče v časovni enoti skozi izbran presek. Oznaka je q_m ali Q_m , merska enota je [kg/s], tudi [kg/h] itd.:

$$q_m = m/t = \rho \cdot A \cdot v = \rho \cdot q_v$$

m ... masa fluida [kg]

t ... čas [s]

A ... presek, skozi katerega se pretaka fluid [m²]

v ... hitrost pretoka fluida [m/s]

ρ ... gostota fluida [kg/m³]

q_v ... volumski pretok [m³/s]

Glej Kontinuitetna enačba. Prim. Volumski pretok.

Masno število Celó število: seštevke nukleonov (protonov in nevtronov) v atomskem jedru. Merska enota je atomska masna enota (ame) in je običajno ne pripisemo.

Različni atomi istega elementa se razlikujejo po masnem številu. Oznako za masno število konkretnih atomov zapišemo kot indeks na levo zgornjo stran kemijskega simbola za element, ki mu jedro pripada, npr. ⁴He, ²³²U, ²³⁵U itd.

Masno število je osnova za **določanje molske mase snovi**. V splošnih izračunih izberemo kar na celo število zaokroženo relativno atomsko maso iz periodnega sistema elementov.

Mehanika fluidov Veja fizike, ki proučuje zakonite ravnotežja in pretoka fluidov. Zajema **hidrostatiko** in **hidrodinamiko**.

Merska enota Enota, ki se nanaša na mero. V Sloveniji uradno uporabljamo **Mednarodni sestav enot SI** (glej geslo **SI**), ki pojasnjuje:

- **osnovne** merske enote

- **izpeljane** merske enote

- **izjemno dopustne** merske enote

- **decimalne** predpone merskih enot

Pomembne so tudi **tuje** in **stare** merske enote, saj jih v praksi pogosto srečujemo. Prim. Veličina.

Merski sistem Glej geslo SI.

Množina snovi Osnovna fizikalna veličina, ki podaja količino snovi na osnovi števila definiranih delcev. Oznaka za množino snovi je n:

$$n = m/M \quad [\text{mol}]$$

m ... masa snovi [g]

M ... molska masa snovi [g/mol]

Za pline velja tudi enačba:

$$n = V/V_m$$

V ... volumen snovi [L]

M ... molska prostornina [L/mol], glej pojasnilo pod geslom Avogadrova zakon

Prim. Koncentracija, Plinska enačba.

Moč Količina, ki je določena kot **delo**, opravljeno **v enoti časa**. Enota za moč je watt W, ki je J/s:

$$P = \frac{A}{t} \quad [\text{W}]$$

A ... delo [J]

t ... čas [s]

Stara merska enota je konjska moč, oznaka KM, tudi PS (nemško: Pferdestärke):

$$1 \text{ KM} = 735,5 \text{ W}$$

Angleška oznaka za moč je HP (horse power), ki ima po definiciji nekoliko drugačno vrednost:

$$1 \text{ HP} = 745,7 \text{ W}$$

Pri premem gibanju je moč pospeševalne sile enaka produktu sile in hitrosti:

$$P = F \cdot v \quad [\text{W}]$$

F ... sila [N]

v ... hitrost [m/s]

Pri vrtenju je moč produkt navora in kotne hitrosti:

$$P = M \cdot \omega \quad [\text{W}]$$

M ... navor [Nm]

ω ... kotna hitrost [rad/s]

Ker velja: ω [rad/s] = $\frac{2 \cdot \pi \cdot n \text{ [vrt/min]}}{60}$, dobimo:

$$P \text{ [W]} = 0,1047 \cdot M \text{ [Nm]} \cdot n \text{ [vrt/min]}$$

Teoretična moč črpalke, kompresorja:

$$P = Q \cdot p \quad [\text{W}]$$

Q ... volumenski pretok [m³/s]

p ... tlak [Pa = N/m²]

Električna moč pri **enosmernem** elektr. toku:

$$P = U \cdot I \quad [\text{W}]$$

U ... električna napetost [V]

I ... električni tok [A]

Povprečna moč pri **izmenični napetosti**:

$$P = U_{\text{ef}} \cdot I_{\text{ef}} \quad [\text{W}]$$

U_{ef} ... efektivna električna napetost [V]

I_{ef} ... efektivni električni tok [A]

Mrežna napetost 220 V je **efektivna napetost**,

njena amplituda pa je $\sqrt{2}$ krat večja:

$$U_0 = \sqrt{2} \cdot U_{\text{ef}} = 1,41 \cdot 220 \text{ V} = 310 \text{ V}$$

Električna moč pri **izmenični napetosti s faznim premikom** med napetostjo in tokom:

$$P = U_{\text{ef}} \cdot I_{\text{ef}} \cdot \cos \varphi \quad [\text{W}]$$

φ ... fazni premik med napetostjo $U = U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$

in tokom $I = I_0 \cdot \sin(\omega \cdot t - \varphi)$ [rad]

P ... **delovna** moč [W]

$$S = U_{\text{ef}} \cdot I_{\text{ef}} \quad [\text{VA}]$$

S ... **navidezna** moč [VA]

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad [\text{VAR}]$$

Q ... **jalova** moč [VAR]

Za navajanje **navidezne moči** up. mersko enoto **VA** zato, da jo že po merski enoti **ločimo od delovne moči**. Iz istega razloga se za navajanje **jalove električne moči** up. merska enota **VAR**.

Prim. jalova, delovna, navidezna moč.

Za izražanje izhodne moči **fotovoltaične sončne elektrarne** up. mersko enoto **kWp** (vršni vat, kilowatt peak). Ta moč se izmeri v **laboratorijskih**

pogojih, ki so opisani v standardih (IEC 61215, 61646): svetlobna jakost 1.000 W/m², s spektrom podobnim sončni svetlobi na 35° severne zemljepisne širine in temperaturo celic 25 °C.

Mol Enota za množino snovi. 1 mol vsebuje toliko delcev, kolikor je atomov v 12 g ogljika ¹²C (6,02 x 10²³ - Avogadrovo število).

Molska masa Masa 1 mol snovi. Oznaka je M, merska enota je [g/mol].

Izračunamo jo lahko na dva načina:

a) Če poznamo **snov**, lahko za splošne izračune molsko maso čistih snovi izračunamo tako:

- najprej razstavimo kemijsko formulo snovi na elemente, npr. H₂O je sestavljen iz 2 atomov vodika in 1 atoma kisika
- nato s pomočjo **periodnega sistema elementov** poiščemo masna števila za H (vodik) in O (kisik) → m(H) = 1 in m(O) = 16
- nazadnje pomnožimo in seštejemo: m(H₂O) = 2 x 1 + 16 = 18; molska masa vode M_{H₂O} = 18 g/mol

b) Če poznamo **maso** in **množino** snovi, je molska masa **količnik** med obema:

$$M = m/n$$

m ... masa snovi [kg]

n ... množina snovi [kmol]

Molsko maso zmesi izračunamo tako, da upoštevamo masne deleže posameznih sestavin.

Primer: molska masa zraka je 28,8 g/mol, ker ga sestavlja 4/5 O₂ in 1/5 N₂.

Načelo hidravlične stiskalnice Glej Hidravlično pretvarjanje sil.

Načelo pretvarjanja tlaka Glej Pretvornik tlaka.

Newtonovi zakoni Temelji klasične mehanike:

1. Newtonov zakon je **zakon o vztrajnosti**.

Če je **vsota vseh zunanjih sil**, ki delujejo na telo, **enaka nič**, potem:

- telo, ki je mirovalo, še vedno **miruje**,
- telo, ki se je gibalo, se giblje z enako hitrostjo, **premo enakomerno** in v nespremenjeni smeri.

2. Newtonov zakon je **temeljni zakon dinamike (kinetike)**: pospešek telesa a je sorazmeren z njegovo maso m in s silo F, ki deluje nanj.

Sila je enaka **zmnožku mase in pospeška**:

$$F = m \cdot a$$

3. Newtonov zakon je **zakon o vzajemnem učinku**: če deluje telo A na telo B s silo F₁, potem deluje tudi telo B na telo A z enako veliko silo, ki ima **nasprotno smer**.

Sile torej **vedno delujejo v parih**, vsaki akciji **ustreza reakcija**. Akcija in reakcija sta nasprotno enaki.

Prim. Gravitacijski zakon.

Normni meter Glej Standardni kubični meter.

Nukleon Elementarni delec, ki je gradnik atomskih jeder: proton ali nevtron.

Odpori toka v ceveh in armaturah Izgubo tlaka zaradi odpora pri toku fluida v ravnem delu cevi izračunamo z Darcyjevo enačbo:

$$\Delta p = \frac{\zeta \cdot \rho \cdot v^2}{2}$$

Δp ... izguba tlaka [Pa = N/m²]

ρ ... gostota [kg/m³]

v ... hitrost pretoka fluida [m/s]

ζ je koeficient lokalnih izgub, ki se pri ravnih ceveh s krožnim prerezom izračuna po enačbi:

$$\zeta = \frac{\lambda \cdot l}{d}$$

λ ... koeficient trenja v tekočinah []

l ... dolžina cevi [m]

d ... premer cevi [m]

Koef. trenja λ izračunamo tako:

a) Za **laminarni** tok Re < 2320 velja:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

b) Za **turbulentni** tok Re > 2320:

- za hidravlično gladke cevi

$$\lambda = 0,3164 \cdot Re^{-0,25}$$

- za hidravlično hrapave cevi

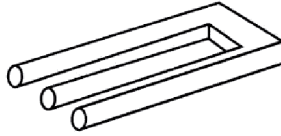
$$\lambda = 2,0 \cdot \log \frac{d}{k} + 1,14$$

Ulomek (d/k) je **relativna hrapavost**, k pa **absol. hrapavost**, ki je odvisna od materiala in kakovosti cevi. Vrednosti za k [mm] so naslednje:

gladke bakrene cevi	0,0015
cevi iz umetne snovi	0,05
jeklene cevi (nove)	0,05 do 0,1
jeklene cevi malo zarjavele	0,3
jeklene cevi močno zarjavele	0,4

Razl. upornost. Prim. empirična enačba.

Paradoks Presenetljivo protislovje - nasprotujoča si trditve ali presenetljiva situacija, ki nasprotuje intuiciji ali logiki, npr. spodnja risba:

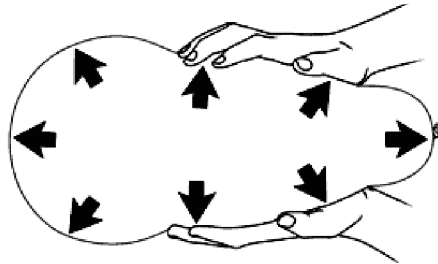


Parcialen Delni, nepopoln, ki se nanaša samo na del neke celote. **Parcialni tlak**: tlak plina v plinski mešanici, ki bi ga imel, če bi sam zapolnjeval isti prostor. Prim. Daltonov zakon.

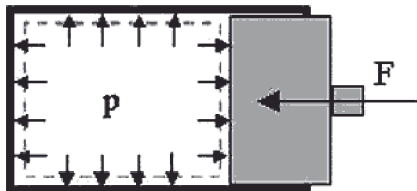
Parni tlak Tlak pare - tlak plinske faze kapljevine ali trdnine v danem trenutku in pri podanih pogojih. Žal se ta izraz pogosto uporablja napačno: tako, da je mišljen uparjalni tlak. Verjetno napaka izhaja iz kakšnega napačnega prevoda tuje literature - namreč, steam pressure je parni tlak, vapor pressure pa uparjalni tlak. Razl. nasičeni parni tlak, razširjeni pojem: Tlak.

Pascalov zakon Spoznanje: če se tlak ustvari na kateremkoli delu **mirujočega ali zaprtega fluida**, se bo sočasno, enakomerno in z isto intenzivnostjo prenašal **po celotnem fluidu** (po vsej tekočini ali plinu) in to **enako v vseh smereh - pravokotno na vse ploskve**, ki so v stiku s fluidom.

Če npr. stiskamo napihnjen in zavezan balon, na ta način dvigujemo tlak stisnjene zraka v balonu. Povečanje tlaka se bo enakomerno razporedilo na vse površine balona:



Tlak v zaprtem prostoru lahko povečujemo tudi tako, da zrak v zaprtem prostoru stiskamo z batom. Tudi v tem primeru se bo povečanje tlaka enakomerno porazdelilo na vse površine:



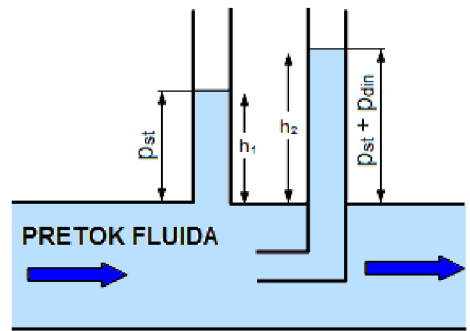
Pitotova cev Priprava za merjenje hitrosti fluida z znano gostoto. Osnovno načelo Pitotove cevi je **hkratno** merjenje **statičnega** in **dinamičnega** tlaka.

Za merjenje uporabljamo **vsaj dve cevi**:

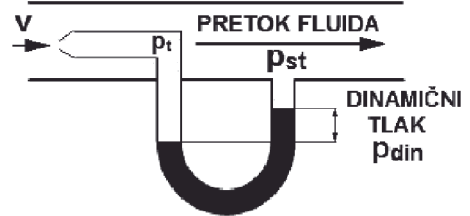
- ena cev je usmerjena **v smeri toka** (tako merimo skupni oz **totalni tlak** p_t = p_{st} + p_{din}); nekatere literature že samo to cev imenujejo Pitotova,
- druga cev je usmerjena **pravokotno na smer toka** (merimo **statični tlak** p_{st}).

Če sta obe cevi dovolj blizu ena drugi, lahko direktno razberemo dinamični tlak p_{din}, ki je razlika med skupnim p_t in statičnim tlakom p_{st}.

Pri tekočinah izvedemo meritev tako:



Pri plinih pa uporabimo U cev s tekočino:



Skupni tlak p_t je vsota statičnega in dinamičnega:

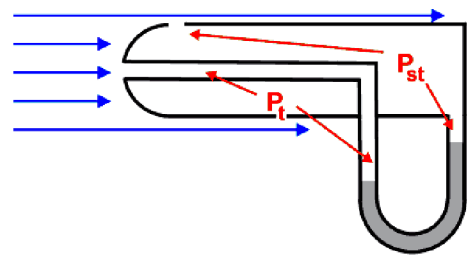
$$p_t = p_{st} + p_{din}, \text{ torej: } p_{din} = p_t - p_{st}$$

Ker velja p_{din} = ρ · v²/2, dobimo:

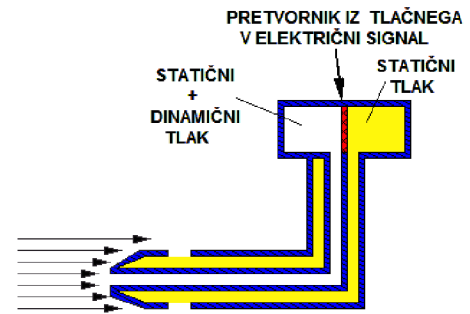
$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot (p_t - p_{st})}{\rho}}$$

Na ta način se merijo pretočne hitrosti fluidov v zaprtih kanalih oziroma cevovodih.

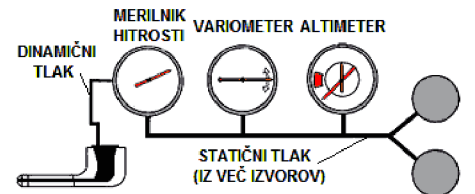
Hitrosti letal se prav tako merijo s Pitotovo cevjo, katere princip delovanja je podoben:



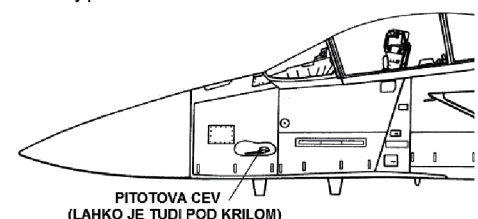
Pitotova cev na letalih je običajno oblikovana tako:



Variometer in altimeter potrebujeta le podatke o statičnem tlaku, merilnik hitrosti pa potrebuje oba podatka (statični in dinamični tlak):



Položaj pritotove cevi na letalu:



Sin. Pitot-Prandtlava cev. Prim. Bernoullijeva enačba, tlak.

Plinska enačba Enačba, ki podaja zvezo med tlakom, temperaturo in prostornino za **idealni plin**:

$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{konst}$$

Konstanto lahko tudi izračunamo:

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R_m \cdot T$$

- p ... tlak [Pa = N/m²]
- V ... prostornina [m³]
- m ... masa [kg]
- M ... molska masa plina [kg/kmol = g/mol]
- R_m... splošna plinska konstanta [8314 J/kmol K]
- T ... temperatura [K]
- Uloomek m/M je množina snovi n [kmol]:
 $p \cdot V = n \cdot R_m \cdot T$

Druge oblike enačbe:

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

Če levo in desno stran delimo z m, dobimo:

$$p \cdot v = R \cdot T$$

v ... specifična prostornina [m³/kg]

R je plinska konstanta, ki je odvisna samo od sestave plina in ima enoto [J/kgK]. Izračuna se po enačbi:

$$R = R_m / M$$

in je enaka razliki specifičnih toplot:

$$R = c_p - c_v$$

Plinska enačba je povzetek naslednjih zakonov:

- Boylov (Boyle-Mariottov) zakon pri T = const.
- Gay Lussacov zakon pri p = const.
- Amontonov zakon pri V = const.
- Avogadrov zakon V_m = 22,41 m³/kmol

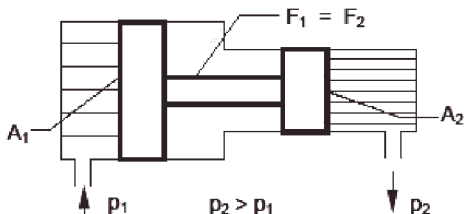
Podmornica Delovanje podmornice pojasnjuje geslo Kartezijev plavač.

Podtlak Glej tlak.

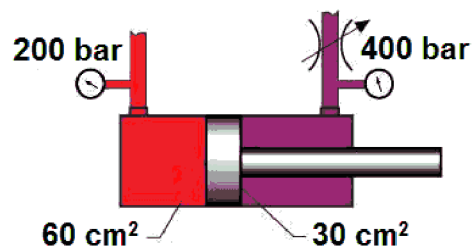
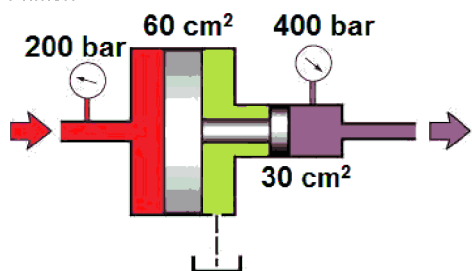
Prandtllova cev Glej Pitotova cev.

Pretok Glej Kontinuitetna enačba (masni, volumski pretok). Pri kompresorjih: teoretična in efektivna zmogljivost (dobava). Pri porabnikih stisnjenega zraka: poraba zraka.

Pretvornik tlaka Naprava, ki pretvarja tlak, sin. tlačni pretvornik. Običajno je s tem izrazom mišljena povezava dveh hidravličnih cilindrov z različni površinama batov A₁ in A₂:



Primer:



Prim. Hidravlično pretvarjanje sil, Pnevmatično hidravlični valj.

Primarni tlak Tlak, ki ga ustvari kompresor in je odvisen tudi od položaja meritve, zato ga lahko podrobneje razčlenimo na tlak kompresorja, tlak v shranjevalniku in tlak v cevovodih do porabnikov. Od regulatorja tlaka naprej pa imamo delovni tlak. Glej Tlak, Pnevmatika - osnovne naprave.

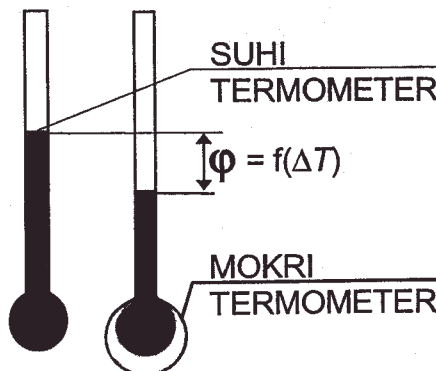
Prostorninski pretok Glej Volumski pretok.

Psihrometer Merilnik vlažnosti. Deluje na principu ugotovitve, da vlaga ne prestopa izpareva v

zrak. Za izparevanje potrebna toplota se pri tem oddaja, zato se vlažen predmet ohladi. Na enak način reagira tudi naše telo: ko je vroče, se potimo (navlažimo svoje telo), znoj se uparja in na ta način znižujemo temperaturo svojega telesa.

Psihrometer sestavljata dva termometra:

1. Prvi termometer je moker, je 100% vlažen. Ves čas merjenja moramo skrbeti za vzdrževanje te 100% vlažnosti. Prvi termometer izmeri T₁.
2. Drugi termometer, ki izmeri T₂, pa se nahaja v okolju, katerega vlažnost merimo. Imenujemo ga suhi termometer. S prisilnim kroženjem zraka okoli njega povečujemo natančnost meritve. Relat. vlažnost zraka je sorazmerna razliki T₂ - T₁:



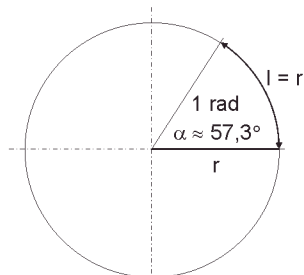
Prim. vlažnost, higrometer.

Radian Enota za merjenje ravninskega kota, kratice rad, tudi rd.

Definicija: središčni kot 1 rad na krogu odreže lok, ki je po dolžini enak polmeru kroga.

Pojasnilo: obseg kroga je enak 2 · π · r, torej je 2 · π rad enako 360°!

1 rad ≈ 57,3°.



Pretvarjanje iz rad v ° in obratno:

$$\alpha [\text{rad}] = \alpha [^\circ] \cdot \pi / 180$$

$$\alpha [^\circ] = \alpha [\text{rad}] \cdot 180 / \pi$$

Relativna atomska masa Število, ki nam pove, kolikokrat je masa nekega atoma večja od atomske masne enote.

Za razliko od atomske mase je relativna atomska masa realno število, zapiše se na nekaj decimalnih mest natančno. Npr.: element B (bor) ima relativno atomsko maso 10,811.

Relativna atomska masa se običajno vnaša v periodni sistem elementov, pod ime elementa.

Relativna vlažnost Glej Vlažnost.

Reynoldsovo število Brezdimenzijsko število (po angl. inženirju in inovatorju Osbourne Reynoldsu 1942-1912), ki je pri pretoku skozi okrogle cevi definirano kot:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

v ... pretočna hitrost [m/s]

d ... premer cevi [m]

ν ... koeficient kinematične viskoznosti [m²/s]

Dve realni gibajoči tekočini z enakim Re številom sta si mehansko podobni.

Z Reynoldsovim številom razmejujemo laminarni in turbulentni tok. Za tok v okroglih cevah velja:

$$Re < 2320 - \text{laminarni tok}$$

$$Re > 2320 - \text{turbulentni tok}$$

Prehod iz laminarnega v turbulentno gibanje se torej zgodi pri kritični vrednosti Re_{kr} = 2320. Turbulentni tok pa ne postane takoj laminaren, ko se doseže vrednost Re_{kr}, temveč šele pri 1/2 Re_{kr}!

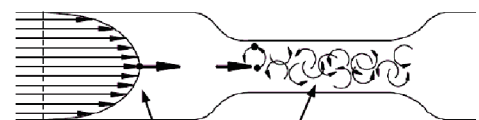
Pri neokroglih cevah izračunamo Re tako, da namesto d uporabimo hidravlični premer d_H:

$$d_H = \frac{4 \cdot A}{O}$$

A ... svetli prerez cevi [mm²]

O ... omočeni obseg cevi [mm]

Prim. laminarnost, turbulentnost, Odpori toka v cevah in armaturah, Empirična enačba.



LAMINARNI TOK TURBULENTNI TOK

SI Kratica za Systeme International d'Unités, mednarodni sistem merskih enot. SI sestavljajo:

a) **OSNOVNE merske enote:**

Veličina	Enota	Oznaka merske enote
dolžina	meter	m
masa	kilogram	kg
čas	sekunda	s
električni tok	amper	A
temperatura	kelvin	K
množina snovi	mol	mol
svetilnost	kandela	cd

b) **IZPELJANE merske enote**

Opis veličine	Merska enota	Krajše
ploščina	kvadratni meter	m ²
prostornina	kubični meter	m ³
gostota	kilogram na kubični meter	kg/m ³

hitrost	meter na sekundo	m/s
masni pretok	kilogram na sekundo	kg/s
volumski pret.	kubični meter na sekundo	m ³ /s
pospešek	meter na sekundo kvadrat	m/s ²
ravninski kot	radian, rad	m/m
kot, ki na krogu odreže lok, ki je enak polmeru kroga		
α [°] = α [rad] · 180/π		
α [rad] = α [°] · π/180		
kotna hitrost	radian na sekundo	rad/s
prostorski kot	steradian, sr	m ² /m ²
prostorski kot, pri katerem je površina krogelnega odseka enaka kvadratu radija krogle		
vrtilna hitrost	vtrljaji na sekundo	vt/s

sila	newton (njutn) N = kg · m/s ² = VAs/m
navor	newton-meter Nm
se ne pretvarja direktno v J !!!	

energija	joule, izg. džul J = Nm = VAs
delo, toplota	J

moč	wat, izg. vat W = J/s = V · A
navidezna el. moč	VA, izg. volt-amper
jalova el. moč	VAr, izg. var
vršni kilovat	kWp (kilowatt peak)
toplotni tok	W

viskoznost	dinamična Pa · s
viskoznost	kinematična mm ² /s

tlak	pascal, izg. paskal Pa = N/m ²
mehanska napetost	megapaskal MPa = N/mm ²

elektrina	coulomb, izg. kulon C = As
napetost	volt (električna) V = W/A
el.upornost	ohm, izg. om Ω = V/A
el. prevodnost	siemens S = A/V
el. kapacitivnost	farad F = As/V
el. induktivnost	henry H = Vs/A
frekvenca	Herz, izg. herc Hz = s ⁻¹
gostota magn. toka	tesla T = Wb/m ² = N/Am
magnetni tok	weber Wb = Vs = T · m ²

c) **Druge in izjemno dopustne merske enote:**

Opis veličine	Merska enota
čas	leto [l], dan [d], ura [h], min [min]
delež	ppm - parts per milion
	deležev (delcev) na milijon
energija	kWh (3.600 kJ)
gostota	kg/dm ³
hitrost	m/min, km/h, km/s
masa	tona (1 t = 1.000 kg)
poraba goriva	l/100 km
poraba zraka	nl/min volumski pretok v l/min,

merjen pri standardnih pogojih:
 1 fizikalna atmosfera (1,013 bar),
 0° C in 0% relativne vlažnosti

površina **a** (ar=100 m²), **ha** (hektar=100a)

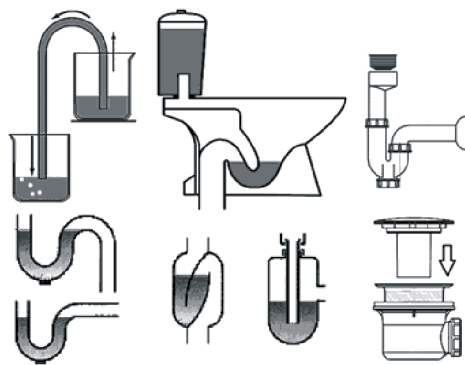
prostornina **l** oz. **L** (liter, 1 dm³)
Sm³ standardni kubični meter
Nm³ normni kubični meter
nl normni liter

merske enote Sm³ Nm³ in nl so m³ in l pri standardnih pogojih
 1 fizikalna atmosfera (1,013 bar),
 0° C in 0% relativne vlažnosti
 (geslo Standardni kubični meter)

ravninski kot: ° (kotne stopinje, 90° je pravi kot)
 ' (kotne minute, 60' je 1°)
 " (kotne sekunde, 60" je 1')

temperatura °C T[°C] = T[K] - 273
 T[K] = T[°C] + 273

tlak **bar** (100.000 Pa oz. 10 N/cm²)
 volumski pretok **l/min**
 vrtilna hitrost **vrt/min** oz. **min⁻¹**



Običajno pa je s tem izrazom mišljena odvodna **cev z dvojnimi kolenom** npr. pri stranišnih školjkah, umivalnikih itd., ki preprečuje širjenje vonjev iz kanalizacije. Sifon je lahko vgrajen tudi v tla mokrih prostorov (npr. kopalnic). Gr. syphon: cev, s katero so vlekli vino iz soda.

Standardni kubični meter Dogovorna enota za volumen plina, merska enota je [Sm³] ali [Nm³].

Količino (maso ali volumen) plinov namreč ne moremo določiti s tehtanjem, tako kot npr. tehtamo tekočine ali tredne snovi.

Pline lahko tehtamo le izjemoma, npr. v jeklenkah:
 • najprej tehtamo maso polne jeklenke
 • nato tehtamo maso prazne jeklenke
 Maso plina nato izračunamo kot razliko med maso polne in prazne jeklenke.

Količino plinov zato praviloma izražamo z volumnom 1 m³ plina **pri standardnih razmerah**. Standardne razmere pa seveda določajo standardi:

1. ISO 2533: 1,013 bar (fizikalna atmosfera), 15°C
2. DIN1343: 1,013 bar (fizikalna atmosfera), 0°C, enako definira tudi avstrijski GWG (Gaswirtschaftsgesetz).
3. DIN 1945 pa velja za **stisnjen zrak** pri 20°C.

Najpogosteje se uporablja definicija pod zaporedno številko 2. Na podoben način se določa merska enota normalni liter nl oz. NL.

Stisljivost Veličina, ki je definirana z enačbo:

$$s = \frac{\Delta V}{V} \cdot \frac{1}{\Delta p} \quad [1/Pa]$$

V ... prostornina tekočine brez delovanja sil [m³]
 ΔV ... sprememba prostornine zaradi delovanja sil
 Δp ... sprememba tlaka, ki deluje na tekočino [Pa]

Seveda je stisljivost tekočine zelo majhna in se pri enakomernem gibanju zanemari, **pri velikih tlakih in pri neenakomernih gibanjih pa stisljivosti ne moremo zanemariti.**

Modul stisljivosti se izračuna po formuli:

$$E_0 = \frac{1}{s} \quad [Pa]$$

Standardni modul stisljivosti iz tabel pa je tisti tlak na tekočino, pri katerem se prvotna prostornina tekočine **zmanjša za polovico** (V = 2 · ΔV).

Podatki za nekatere klasične tekočine, merska enota je GPa [10⁹ Pa = 10.000 bar]:

voda	2,041	hidravlično olje	1,389
bencin	1,087	alkohol in nafta	1,282

Strižna hitrost Glej Viskoznost: lastnost tekočine, ki si jo zamislimo kot medsebojno gibanje dveh vzporednih tankih plošč. Definirana je kot razmerje med spremembo hitrosti in spremembo razdalje med ploščama plošče (dv/dh) [s⁻¹]. Sin. strižni gradient, gradient hitrosti.

Strižni gradient Glej Strižna hitrost.

Tlak Sila na enoto površine:

$$p = \frac{F}{A} \quad [Pa = 1 N/m^2]$$

F - sila [N]

A - površina [m²]

Prim. Pascalov zakon. Razlikuj **pritisk**, ki je **sila** - posledica tlaka.

Po mednarodnem merskem sistemu enot SI se za tlak uporablja merska enota **paskal** 1 Pa = 1 N/m².

Ostale merske enote za tlak pa so:

bar [1 bar = 10⁵ Pa]

tehnična atmosfera 1 at = 1 kp/cm² = 98066 Pa

fizikalna atmosfera 1 atm = 1,013 bar
 (tlak na morski gladini pri normalnih pogojih: temperatura 0°C, gostota zraka 1,29 kg/m³, zemeljski pospešek 9,8 m/s²)
 PSI [1 psi = 6895 Pa] ang. pound per square inch
Pri merjenju krvnega tlaka uporabljamo enoto **torr** (it. fizik Evangelista Torricelli 1608-1647):
 1 torr = 1 mm Hg = 1/760 atm = 1/750 bar = 133,3 Pa

Razdelitev tlaka **glede na TLAČNA OBMOČJA**:

- **tlak okolice**
- **relativni tlak (nadtlak, podtlak)**
- **absolutni tlak**

Tlak okolice, **atmosferski (zračni) tlak** oz. **zunanjni tlak** je odvisen od vremenskih pogojev in od nadmorske višine. naša ~1,013 bar, oznaka: p_a (ang. ambient - okolica), p_o.

Tlak okolice lahko povečujemo ali znižujemo.

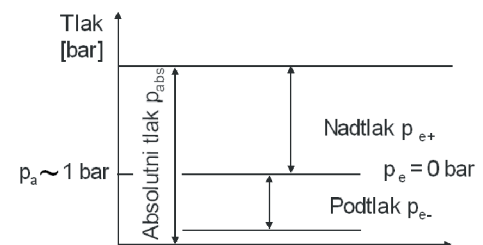
Relativni tlak ustvarimo **z mehanskimi silami**, npr. s kompresorjem. Lahko je negativen ali pozitiven. Označujemo ga z oznako p_r (**relativen**) ali p_e (lat. *excedens* - prekoračitev). Če ga izrazimo le s pozitivnimi vrednostmi, je lahko:

- **nadtlak** p_{e+} (tudi p_n), kadar je p_r > 0 ali
- **podtlak** p_{e-} (tudi p_v), kadar je p_r < 0
- **enak 0**, kar zapišemo s p_e = 0

Absolutni tlak p_{abs} oz. p je vsota **atmosferskega** in **relativnega** tlaka:

$$p = p_a + p_r$$

Primer: če je p_{abs} = 0,7 bar in p_a = 1,0 bar, tedaj je p_r = -0,3 bar in p_{e-} = 0,3 bar



Razdelitev vrst tlaka **v pnevmatičnem omrežju**:

- primarni tlak
- delovni tlak

Primarni tlak p_{prim} je tlak v pnevmatičnem omrežju, ki ga **ustvari kompresorska enota** (kompresor + tlačna posoda). Je večji od delovnega tlaka in **ni konstanten** (njegove vrednosti nihajo). Odvisen je tudi od položaja meritve: tlak **kompresorja**, tlak **v shranjevalniku**.

Delovni tlak p_{del} je konstanten tlak v pnevmatičnem omrežju, ki je **potraben za pravilno delovanje** pnevmatičnih delovnih komponent na delovnem mestu. Lokacija: cevovodi od regulatorja tlaka do delovnih komponent. Običajno znaša 6 bar, zelo redko pod 4 bar ali nad 10 bar.

Razdelitev vrst tlaka, če imamo **zmes več plinov**: **skupni tlak** je vsota delnih (parcialnih) tlakov posameznih komponent. Konkreten primer imamo pri vlažnem zraku (glej Daltonov zakon):

$$p = p_z + p'$$

Skupni tlak vlažnega zraka p je enak vsoti delnega tlaka suhega zraka p_z in delnega tlaka vodne pare p'.

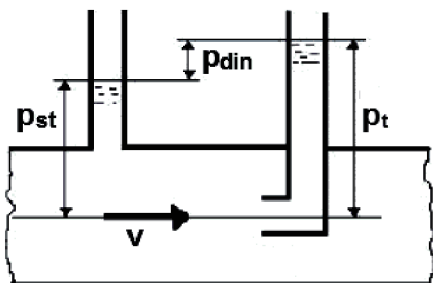
Pri vsakem PRETOKU FLUIDA ločimo:

- **statični tlak** in
- **dinamični tlak**

STATIČNI TLAK p_{st} je iz Bernoullijeve enačbe razviden kot **vsota**: p_{st} = p + ρ · g · h.

Prenaša se **po celotnem fluidu in deluje enako v vseh smereh** - pravokotno na vse ploskve, ki so v stiku s fluidom (Pascalov zakon). Pri hidrodinamiki ga **merimo pravokotno na smer pretoka**, npr. s kapljevinskim manometrom.

DINAMIČNI TLAK p_{din} je po Bernoullijevi enačbi **povezan s hitrostjo** pretoka fluida: p_{din} = ρ · v² / 2. Deluje **samo v smeri pretoka fluida** in ga lahko merimo s Pitotovo cevjo:



Na zgornji risbi vidimo, da:

- p_{st} merimo pravokotno na smer pretoka fluida
- p_{din} merimo v smeri pretoka fluida

Pri pretoku idealnih fluidov velja enačba:

$$p_t = p_{st} + p_{din} \quad [\text{Pa}]$$

p_t ... totalni (skupni, celotni) tlak

p_{st} ... statična komponenta tlaka

p_{din} ... dinamična komponenta tlaka

Podrobneje - glej geslo Bernoullijeve enačba.

Pri REALNIH PRETOKIH pa nastopajo tudi **tlacne izgube** zaradi trenja v cevovodu p_{izg} :

$$p_t = p_{st} + p_{din} + p_{izg} \quad [\text{Pa}]$$

p_{izg} lahko iz gornje enačbe tudi izračunamo:

$$p_{izg} = p_t - p_{st} - p_{din} \quad [\text{Pa}]$$

Če sta masni pretok q_m in presek cevi konstantna, tedaj je konstantna tudi hitrost pretoka v in zato tudi dinamični tlak p_{din} . V tem primeru je od tlačnih izgub odvisna samo še statična komponenta tlaka p_{st} - **večje** kot so **tlacne izgube**, **manjša** je **statična komponenta tlaka** p_{st} .

Tlačne izgube torej izmerimo tako, da **merimo statični tlak na dveh mestih cevovoda**. Koeficient izgub R določa delež tlačnih izgub na cevovodu pri razdalji L :

$$R = \frac{p_{st1} - p_{st2}}{L} \quad [\text{Pa/m}]$$

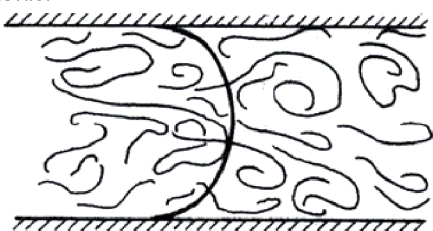
TLAK JE TUDI:

Obremenitev, ki jo povzročata dve enako veliki in nasprotno usmerjeni sili F , ki delujeta pravokotno na prerez A in **predmet stiskata** - povzročata torej **normalne napetosti**, oznaka σ . Po dogovoru je tlak označen s **predznakom minus (-)**.

Tlačna sila: notranja sila v materialu, označena s predznakom (-).

Prim. Notranje sile in momenti.

Turbulenten Vrtinčast. Npr. \sim tok: gibanje, v katerem so vrtinci in se plasti tekočine ali plina mešajo. Zaradi mešanja se **poveča notranje trenje** in večajo se hidravlični upori - zato se običajno teh tokov **izogibamo**. Lat. *turbulentus*: nemiren, vihar, neurejen, zmeden. Prim. Reynoldsovo število.



Turbulentni tok

Pretok fluida je lahko tudi **delno turbulenten** in **delno laminaren**. V tem primeru si med turbulentnim in laminarnim gibanjem zamislimo **mejno plast**.

Uparjalni tlak Tlak, pri katerem se začne kapljevina uparjati - npr. uparjalni tlak kapljevine pri kavitaciji. Na podoben način sta definirana tudi pojma uparjalna temperatura, uparjalna toplota. Sin. tlak uparjanja. Prim. izparevanje. Razl. parni tlak, nasičeni parni tlak, raš tlak.

Vakuum Teoretično: prazen prostor, kjer ni nikakršne snovi. V tehniki pa je vakuum omejen prostor, kjer je tlak nižji od atmosferskega, običajno je tlak zelo znižan. Mnogi pomembni tehnološki postopki potekajo v vakuumu. Prim. Tlak.

Veličina Vsaka **fizikalna spremenljivka**, ki je sestavni **del** neke **enačbe**. Lahko se **izmeri** ali **izračuna** iz drugih veličin.

Npr.: dolžina, čas, kot, sila, temperatura itd.

Razl. količina, konstanta.

Ljubezen ni veličina, ker je ne moremo niti izmeriti in niti izračunati. **Omara** ni veličina, ker je ne moremo kot spremenljivko vstaviti v enačbo. Tudi volt [V] ni veličina, ker se ne spreminja - je le merska enota za električno napetost, ki pa je veličina.

Pri vsaki veličini je **POTREBNO POZNATI**:

1. **Naziv** oz. **bese**, ki jo opisujejo. Včasih **iste besede označujejo različne veličine**, npr. napetost (električna \sim in \sim v trdnini).
2. **Oznako**, ki jo označuje. Npr. F - oznaka za silo. V različnih literaturah so lahko oznake za enake veličine različne (npr. energija: E in W).
3. **Mersko enoto**, ki jo uporabljamo za to veličino; če obstaja **nevarnost zamenjave** z oznako veličine, jo pišemo **v oglatem oklepaju**. Primer:
 - m - oznaka za maso (veličina) in tudi
 - m - oznaka merske enote (meter), npr. 100 m; če pa pojasnjujemo neko veličino, uporabimo oglati oklepaj: s [m] - pot vstavljamo v metrih
4. **Veličinsko enačbo**, ki jo povezuje z drugimi veličinami (njena odvisnost od drugih veličin).
5. **Vsako veličinsko enačbo** moramo vedno **razumeti v celoti**. To pomeni, da moramo poznati **podatke** tudi **za vse ostale** povezovalne **veličine iz enačbe**: besede, oznake, merske enote in včasih tudi enačbe, po katerih so te veličine definirane.

Primer: hitrost in povezane veličine

beseda	oznaka	merska enota	enačba
hitrost	v	[m/s]	$s = v \cdot t$
pot	s	[m]	
čas	t	[s]	

Razen veličinskih poznamo tudi **izkustvene** oz. **eksperimentalne** (glej **Empirične**) enačbe.

VRSTE VELIČIN:

a) **Glede na izbrani sistem**:

- veličine **stanja**
- **prehodne** veličine

b) **Glede na medsebojno odvisnost**:

- **odvisne** veličine
- **neodvisne** veličine

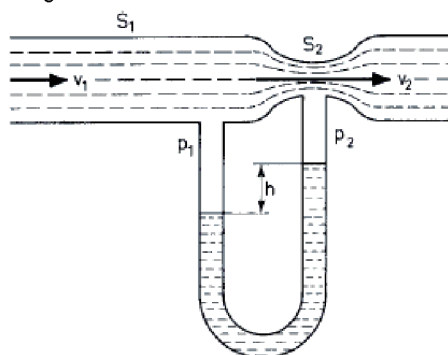
c) **Glede na način določanja veličine**:

- **izmerjene** veličine
- **izračunane** veličine

d) **Glede na velikost in smer**:

- **vektorji**
- **skalarji**

Venturijeva cev - teorija Zožena cev, s katero lahko merimo hitrost fluida v cevi preko zmanjšanega tlaka v ožini:



Pogoj za uporabo Ventourijeve cevi je, da mora biti tok v cevi **laminaren**.

Razliko tlakov lahko izračunamo, če na kapljevinskem manometru (U cev) izmerimo višino h :

$$p_1 - p_2 = \rho_t \cdot g \cdot h$$

ρ_t ... gostota tekočine v kapljevinskem manometru

Če je tok stacionaren, fluid pa ni preveč stisljiv in viskozen, lahko zapišemo Bernoullijevo enačbo:

$$p_1 + \frac{\rho_z \cdot v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho_z \cdot v_2^2}{2}$$

pri čemer je ρ_z gostota fluida (zraka). Enačbo lahko preuredimo in dobimo:

$$p_1 - p_2 = \frac{\rho_z \cdot v_2^2}{2} - \frac{\rho_z \cdot v_1^2}{2} \quad (1)$$

Sedaj pa uporabimo še **kontinuitetno enačbo**, ki

povezuje hitrosti v_1 in v_2 :

$$q_m = S_1 \cdot \rho_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot \rho_2 \cdot v_2 = \text{konst} \quad (2)$$

Če predpostavimo, da je gostota fluida konstantna (**nestisljiv fluid**), dobimo preprosto povezavo med v_1 in v_2 :

$$v_2 = v_1 \cdot S_1 / S_2 \quad (3)$$

Vstavimo v enačbo (1), uredimo in dobimo:

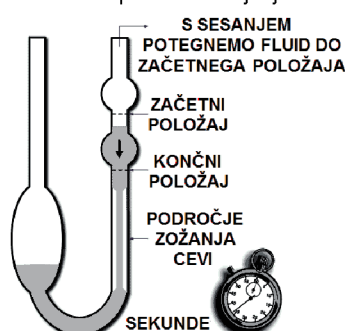
$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \cdot \rho_z \cdot \left(\frac{S_1^2}{S_2^2} - 1 \right) \cdot v_1^2 \quad (4)$$

Ugotovimo, da je v enačbi (4) edina neznanka hitrost v_1 . Lahko jo izrazimo in izračunamo iz poznanih ali izmerjenih veličin.

Na ta način lahko izračunavamo hitrosti letala itd.. V primeru, da imamo opravka s **stisljivim fluidom**, pa moramo poznati **odvisnost gostote od tlaka**. V tem primeru bomo namesto enačbe (3) dobili neko drugo povezavo med v_1 in v_2 , pa tudi enačba (4) bo spremenjena. Vendar, končni sklep je enak: **na osnovi izmerjene višine h je možno izračunati hitrost v_1** .

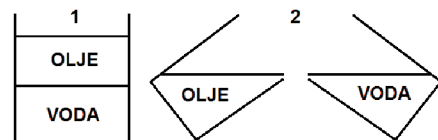
Prim. Venturijeva cev - tehnika.

Viskozimeter Naprava za merjenje viskoznosti.



Viskoznost - definicija Odpor tekočine proti pretakanju, notranje trenje tekočin. Tekočina z višjo viskoznostjo se **težje pretaka**. Sin. tekočnost, pretočnost, židkost.

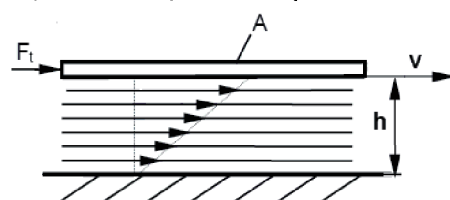
Razliko viskoznost - gostota najlažje pojasnimo s poskusom - primerjamo vodo in olje:



Primer 1 - če vodo in olje vlijemo v isti kozarec, tedaj olje plava na vodi. **Olje** ima torej **manjšo gostoto** kakor voda.

Primer 2 - olje počasneje odteka iz kozarca kakor voda. Torej **ima olje večjo viskoznost** kakor voda.

Viskoznost - merske enote Predpostavimo, da sta dve trdni telesi z vzporednima ravninama medsebojno ločeni s plastjo tekočine debeline h . Na ploskev A delujemo s silo F_t :



Definicija dinamične viskoznosti izhaja iz enačbe:

$$\tau = \frac{F_t}{A} = \eta \cdot \frac{v}{h}$$

τ ... strižna napetost [N/mm²]

v ... hitrost tekočine [m/s] na razdalji h [m] od mirujoče površine,

A ... površina [m²]

η ... dinamična viskoznost [Pa·s]

Ulomku v/h pravimo tudi **strižna hitrost**, merska enota [s⁻¹].

Izračunamo še kinematično viskoznost:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

Merska enota za **dinamično viskoznost** η je Pa·s, stara enota je **centipoaz** (1 cP = 10⁻³ Pa·s). Mer-

ska enota za kinematično viskoznost ν je $1 \text{ mm}^2/\text{s}$. Pogosto se uporablja tudi enota $1 \text{ mm}^2/\text{s}$, ki je ob enem tudi enaka stari enoti 1 cSt (centistoks).

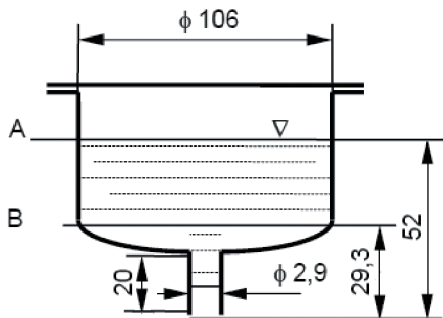
Orientacijske vrednosti kinematičnih viskoznosti nekaterih fluidov pri 20°C v $[\text{mm}^2/\text{s}]$:
zrak **15,7**; voda **1,01**; olje za mazanje **15,0**;

Indeks viskoznosti (IV) je empirično in brezdimenzijsko število, ki izraža odvisnost viskoznosti od temperature. Izračuna se na osnovi:

- merjenja kinematične viskoznosti pri 40 in 100°
- uporabe posebnih tabel

Višja vrednost IV pomeni manjšo odvisnost viskoznosti od temperature in obratno. Izhodiščno olje ima indeks 100. Večgradacijska in sintetična olja imajo IV ~ 150, večina mineralnih olj pa okoli 100.

Englerjeve stopinje $[\text{E}]$ so definirane kot razmerje med časom iztekanja 200 mL olja pri neki temperaturi T (običajno $T = 20^\circ\text{C}$) in časom iztekanja 200 mL destilirane vode iz predpisane posode. 1°E pomeni enako viskoznost kot pri vodi. **Primer:** redko mineralno olje z $2 - 5^\circ\text{E}$ pri $T = 20^\circ\text{C}$ je primerno za naoljevanje v pnevmatičnem omrežju.



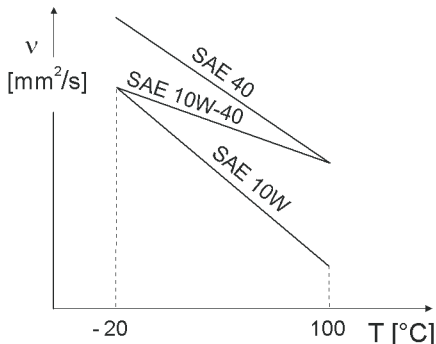
Gradacija viskoznosti SAE:

1. Oznaka **s črko W** (Winter) predpisuje:
 - največjo dinamično viskoznost $[\text{mPa} \cdot \text{s}]$ pri nizkih temperaturah
 - temperaturo $[\text{C}]$, pri kateri viskoznost ne presega $60 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ (mejna temperatura črpanja)
 - najmanjšo kinematično viskoznost $[\text{mm}^2/\text{s}]$ pri 100°C
2. Oznaka **brez črke W** pa predpisuje:
 - najmanjšo kinematično viskoznost $[\text{mm}^2/\text{s}$ oz. $\text{cSt}]$ pri 100°C
 - HTHS viskoznost pri 150°C

SAE 10W pomeni: največ $7.000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ pri -25°C , mejna temperatura črpanja je -30°C , najmanj $4,1 \text{ mm}^2/\text{s}$ pri 100°C ,
SAE 40 pa pomeni: najmanj $12,5 \text{ mm}^2/\text{s}$ pri 100°C , pri HTHS pa najmanj $2,9 \text{ mm}^2/\text{s}$

S povečanjem temperature viskoznost olja postopoma pada. **Gradacija je celotna krivulja:** odvisnost viskoznosti od temperature.

Na spodnjem diagramu vidimo dve **monogradni** olji - SAE 40 in SAE 10W:



Če olje pri nizkih temperaturah izpolnjuje zahteve po viskoznosti s črko W, pri visokih temperaturah pa zahteve po viskoznosti brez črke W, tedaj je to **večgradacijsko** (multigradno, večstopenjsko) olje, na diagramu vidimo oznako SAE 10W-40.

Vlažnost Vsebina vlage v zraku:

$$x = m_v / m_z \quad [\text{kg}/\text{kg}]$$

- x ... vlažnost zraka
- m_v ... masa vode $[\text{kg}]$

m_z ... masa suhega zraka $[\text{kg}]$

Spomnimo se še na **Daltonov zakon**:

$$p = p_z + p'$$

p ... skupni tlak vlažnega zraka $[\text{kPa}]$

p_z ... delni tlak suhega zraka $[\text{kPa}]$

p' ... delni tlak vodne pare $[\text{kPa}]$

Relativna vlažnost φ [%] je razmerje:

$$\varphi = p' / p_s \quad [\text{brez dimenzij ali v \%}]$$

p_s ... nasičeni parni tlak, točka rosišča $[\text{kPa}]$

V Sloveniji se φ giblje nekje med 65 in 90%.

Če upoštevamo še plinsko enačbo in podatke za zrak kot mešanico 80% N_2 in 20% O_2 , dobimo:

$$x = 0,622 \cdot p' / (p - p')$$

in $x_s = 0,622 \cdot p_s / (p - p_s)$

x_s ... vlažnost zraka v točki rosišča $[\text{kg}/\text{kg}]$

Vlažnost zraka merimo s **higrometri** in **psihrometri**.

Volumski pretok Pretok volumna v časovni enoti. Oznaka je q_v ali Q_v , merska enota je $[\text{m}^3/\text{s}]$, tudi $[\text{m}^3/\text{h}]$, $[\text{L}/\text{min}]$ itd.

$$q_v = V/t = A \cdot v$$

V ... prostornina fluida, ki se pretaka $[\text{m}^3]$

t ... čas $[\text{s}]$

A ... presek, skozi katerega se pretaka fluid $[\text{m}^2]$

v ... hitrost pretoka fluida $[\text{m}/\text{s}]$

Sin. volumenski tok. Glej Kontinuitetna enačba. Prim. Masni pretok.

Vrstno število Glej Atomsko število.

Vzgon Nasproti težnosti usmerjena sila, ki deluje na telo, potopljeno v mirujočo tekočino. Po Arhimedovem zakonu je po velikosti enaka teži izpodrinjene tekočine. Prim. Arhimedov zakon.

PNEVMATIKA

Ferdinand Humski

Absorbent Snov (učinkovina), ki **vsrka** (vpije vase, lahko tudi kemično veže) plin, tekočino, toplo, žarke. Primer absorbenta za plin: voda, ki vsrka amoniak. Vodo absorbira glicerol, kalcijev klorid CaCl_2 (klorokalcij), fosforjev pentoksid P_4O_{10} in **magnezijev klorid** MgCl_2 , ki veže 6 molekul vode: $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Ang. absorb.: vsrkati. Sin. absorbens. Prim. higroskop.

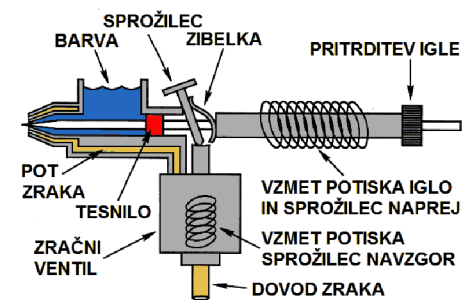
Absorpcija **Vsrkavanje***, vpijanje, vpoj.

- Fiziološko**: sprejemanje, vpijanje snovi v tkiva ali skozi tkiva. Sin. resorpcija: ~ vitamina B, črevesna ~, enteralna ~, parenteralna ~, pomembni sta hitrost in stopnja absorpcije.
- Kemijsko: vgraditev** (prodiranje) **topila** v notranjost - **v kristalno rešetko** (molekulo) snovi. To je močna vezava, npr. hidrat $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Prim. kristalna voda, voda v farmaciji.
- Fizikalno**: zmanjšanje (izguba) energijskega toka ali toka delcev pri prehodu skozi snov: ~ toplote, ~ zvoka, ~ žarkov.

Adsorpcija Vežanje neke snovi **na površino** druge (adsorbenta) - npr. barvila pri prekristalizaciji na aktivno oglje. Razl. absorpcija. Prim. steklo.

Absorbent Snov (učinkovina), ki **na svoji površini** veže druge snovi ali delce. Npr. aktivno oglje, silicijeve spojine (**silikagel**) oz. silicijev dioksid SiO_2 , bela glina, magnezijev trisilikat [$\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{XH}_2\text{O}$] in aluminijev oksid Al_2O_3 . Ang. adsorb.: priskravati. Sin. adsorbens. Razl. absorbent. Prim. higroskop.

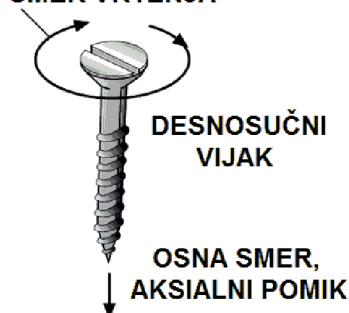
Airbrush Majhna in zelo natančna brizgalna pištola za nanašanje barve, s katero lahko ustvarjamo umetniške slike, med drugim tudičasne tattooje (2 - 5 dni). Za airbrush potrebujemo prenosno, majhno, lahek in tih kompresor z majhno tlačno posodo (~3L). Ang. airbrush: zračni čopič. Sin. brizgalna pištola za oblikovanje (dizajn).



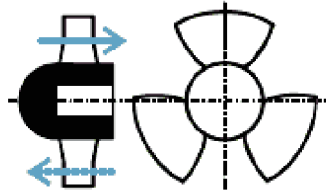
Aksialen **V smeri osi**, nanašajoč se na os, ošen, vzporeden z osjo, vzdolžen. Primeri:

Aksialni ležaji prestrezajo sile, ki delujejo v smeri osi. **Aksialni kompresor** stiska zrak v smeri osi. Tudi turbina je lahko aksialna. Aksialna sila deluje v smeri osi - glej risbo ob geslu Ležaj. **Aksialni pomik** je pomik v osni smeri. Sin. **osovinski**.

SMER VRTENJA



Spodnja risba prikazuje možni smeri toka delovne snovi pri aksialnih ventilatorjih, črpalkah, turbinah, kompresorjih:



Prim. Radialen, Ventilator, Črpalka, Kompresor - aksialen.

Aktiviranje Ustvarjanje sile, ki preklopi (spremeni) stanje npr. na kontaktnih ali na potnih ventilih.

Aktivirati - sprožiti.

Ker je kontakt obvezni **sestavni del** stikal, relejev, kontaktorjev, varovalk itd., je način aktiviranja zelo pomembna postavka. V splošnem ločimo:

- Fizično** aktiviranje (preklop) kontaktov, ki ga namensko povzroči človek: glej gesli Fizično aktiviranje (pojasnilo) in Stikala (simboli).
- Mehansko** (mehanično) aktiviranje kontaktov, ki ga s fizičnim kontaktom povzroči neki mehanski proces. Deluje podobno kot kontaktna končna stikala. Npr.: mejno stikalo z drsečim kontaktom, tlačno stikalo itd. glej gesli Fizično aktiviranje (pojasnilo) in Stikala (simboli).
- Brezdotično** aktiviranje kontaktov: glej istoimensko geslo.

Aktuator Delovni element, **izvršni člen**. Naprava, ki sprejme **signal** in ga **pretvori v fizično akcijo**. Primeri fizičnih akcij, ki jih opravlja aktuator:

- predmet **linearno premakne** - porine/povleče, dvigne/spusti, odpira/zapira (npr. delovni valji)
- predmet **zavrti** - obrne/rotira (npr. zasučni cilindri, pnevmatični motorji, hidromotorji, servomotorji, koračni motorji)
- predmet v neki legi **fiksira ali sprosti** - vpne/izpne ali prime/spusti (npr. pnevmatična prijemala, sesalna prijemala, delovni valji)

Aktuatorji so nepogrešljivi **del krmilnih ali regulacijskih sistemov**.

Ang. actuate: aktivirati, actuator: **sprožilo**.

Razen v gibanje lahko aktuator sprejete signale pretvarja tudi v druge fizikalne veličine: tlak, temperaturo itd..

Za razliko od aktuatorja pa motor samo **poganja**, ne glede na to, kaj poganja.

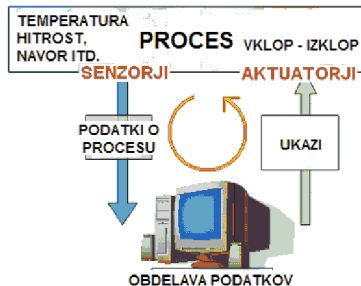
Primeri aktuatorjev glede na **vrsto signalov**:

- pnevmatični cilindri** se uporabljajo kot prijemala, naprave za vpenjanje, za linearne premike itd., vhodni signal je **energija stisnjenegega zraka**
- hidravlični cilindri** se uporabljajo za dvigovanje, štancanje itd., vhodni signal je **tlak olja**
- aktuatorji z **vgrajenim električnim motorjem** (npr. servomotor), v tem primeru je vhodni signal **električna energija**

Glavni sestavni deli **računalniško nadzorovanih sistemov** so **SENZORJI** in **AKTUATORJI**:

- senzorji** so **vir podatkov** o sistemu (z njimi "tipamo" zunanji svet),
- aktuatorji** pa so namenjeni za **ukrepanje**, so "podaljšana roka" za **izvajanje posegov** (z njimi "premikamo" zunanji svet).

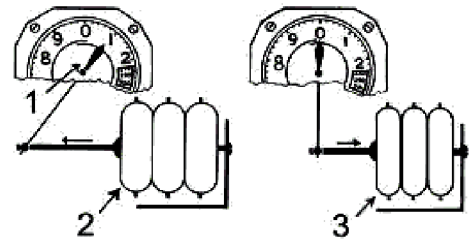
Za svoje delovanje zahtevajo aktuatorji več energije, kot jim jo lahko dovajajo računalniki. Zato aktuatorji **potrebujejo posebno napajanje**, računalniki pa skrbijo za informacijski del krmilja:



Tehnološke procese vodimo preko **izvršnih členov**: ventilov, loput, motorjev, ventilatorjev, grelnikov itd., ki jih seveda poganjajo aktuatorji.

Altimeter Višinomer, naprava za merjenje zračne višine. Delovanje je podobno barometru, s

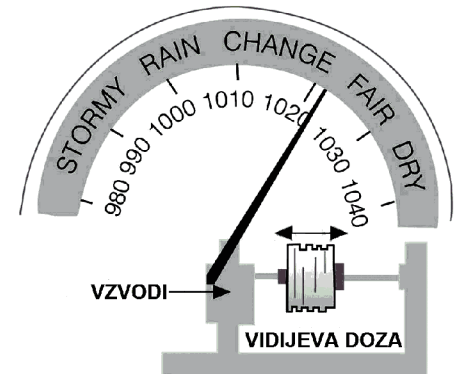
tem da je skala obratna: nižji kot je tlak okolice, večja je višina. Najpogosteje deluje kot aneroid:



1 kazalec **2-3** aneroidna doza: **2** širša (manjši tlak okolice) **3** skrčena (pri večjem tlaku okolice)

Ambi- Predpona, ki pomeni: **oba hkrati**. Npr. ambicija (prizadevnost + slava), ambient (življenje + okolje) itd. Prim. bi-.

Aneroid Barometer, ki meri **relativni** zračni tlak, skala pa kaže **absolutni** zračni tlak. Je **kovinski** tlakomer (gr. anho - stisniti, Lucien Vidie 1843). Glavni sestavni del je vakuumsko zatesnjena **Vidijeva** (aneroidna) **doza**, v kateri je zračni tlak nekoliko znižan. Zaradi sprememb atmosferskega tlaka se Vidijeva doza **raztegne** ali **skrčiči** (kot harmonika), njeni premiki pa se prenesejo na kazalec:



Zaradi preprostega delovanja so aneroidni b. lahko **manjši** od drugih izvedb. Prim. barometer.

Antivalenca Negacija ekvivalence. Prim. Logične funkcije.

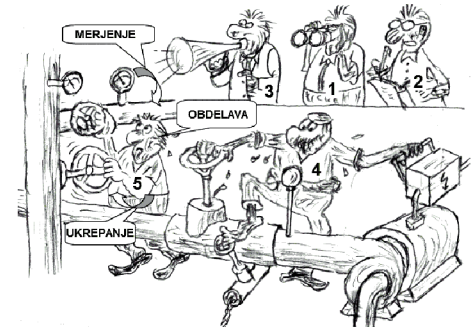
ASI Ang. Airspeed indicator - merilnik hitrosti zraka. Glej Pitotova cev.

Atmosferski tlak Tlak ozračja (~ 1 bar), odvisen od vremena, nadmorske višine itd. (navadno izražen v milibar, starejše oznake: torr ali mm Hg). Sin. atmosferski (zračni) pritisk. Prim. tlak, Sl.

Avtomatična sklopka Glej Hitra spojka.

Avtomatizacija Spodnja karikaturna na šaljiv način prikazuje pravilno zaporedje glavnih nalog v vsakem podjetju, pravzaprav pri **uresničevanju vsakega** zadanega **CILJA**. Pravilno zaporedje si najlažje zapomnimo s kratico **IPRDC**:

- zbiranje **INFORMacij** (1)
- **PLAN**iranje (2)
- **RESOLVE** (3) - odločanje, sprejemanje odločitev
- **DO** (4) - delo
- **CONTROL** - kontrola, ukrepanje (5), kar pomeni:
 - treba je poznati **dejansko stanje** (meritve - 5)
 - **obdelava podatkov** (v glavi 5, morda tudi 2,3,4)
 - proces je treba korigirati, treba je **ukrepati** (5)



Vsako pa si želi, da bi svoje zastavljene **CILJE** dosegal S ČIM MANJ TRUDA. V najbolj idealnem primeru bi celoten zgoraj opisani proces potekal **avtomatično**, BREZ NAŠEGA ANGAŽIRANJA - mi pa bi samo **ŽELI SADOVE**, uživali v dobičku.

AVTOMATIZACIJA je torej pretvarjanje človeko-

vih **ponavljajočih se** opravil v **samostojno**, rutinsko delo, **brez** sodelovanja **človeka**. Zelo pomembna beseda je **PONAVLJANJE**. Če se enak proces ne ponavlja, tedaj avtomatizacija seveda **nima** nobenega **smisla**.

Glavni razlog za uvajanje avtomatizacije je **povečanje zasluzka** zaradi:

- prihranka delovnega časa,
- znižanja števila zaposlenih, predvsem nižje kvalificiranih delavcev,
- povečanja prilagodljivosti delovnega procesa,
- varovanja okolja,
- izboljšanja nadzora itd..

V nenehno avtomatizacijo tehniških procesov smo pravzaprav **PRISILJENI** - kajti, če tega ne bomo storili mi, bo to gotovo storila **naša konkurenca!**

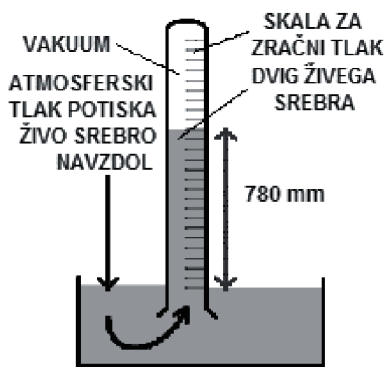
Način avtomatizacije: delovne procese lahko avtomatiziramo **s krmiljenjem** ali **z regulacijo**.

Za avtomatizacijo je zanimiva vsaka energija, ki jo lahko direktno ali posredno pretvorimo v mehansko delo. Glede na **ENERGIJO**, ki jo v zvezi s tem ciljem **trenutno znamo krmiliti**, v praksi ločimo:

- **mehansko** avtomatizacijo (avtomatizacija z uporabo izključno mehanskih sestavnih delov)
- **električno** (uporaba električnih naprav)
- **pnevmatično** (pnevmatične naprave)
- **hidravlično** (hidravlične naprave)

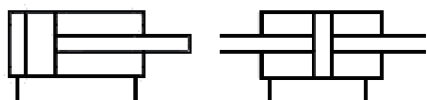
Seveda obstajajo tudi vse mogoče **kombinacije** med zgoraj naštetimi sistemi (elektropnevmatika ipd.). Prim. krmiljenje, regulacija, sistem.

Barometer Naprava za merjenje **absolutnega** zračnega tlaka:



Živosrebrni barometer

Najpomembnejša tipa barometrov: **živosrebrni** in **aneroidni** (kovinski) barometer. Prim. Manometer. **Batnica** Drog, ki je povezan z batom. Lahko veže tudi bate med seboj. Je pnevmatsko ali hidravlično **premočrtno gonilo**. Preko križnika je batnica lahko povezana z ojnico (npr. pri parni lokomotivi: parni cilindar - batnica - križnik - ojnica - kolo).



Enostranska (L) in dvostranska (desno) batnica. Sin. batni drog, batnik. Prim. ojnica. Slika: glej geslo Kompressor.

Bi- Predpona, ki pomeni: **dvakrat**. Prim. ambi-. **Bistabilen** Ki ima **dve stabilni stanji**. Po prenehanju delovanja sile, ki povzročata aktiviranje, **ostane bistabilna naprava v zadnjem aktiviranem stanju**. To stanje si bistabilna naprava zapomni in zato ji pravimo tudi **pomnilni člen**.

Pri bistabilnih napravah se lahko zgodi, **da mi ne vemo, katero je izhodiščno stanje!** Ob priklopu sistemov z bistabilnimi napravami na vir energije pa se lahko zgodi **NEPREDVIDENO DELOVANJE**.

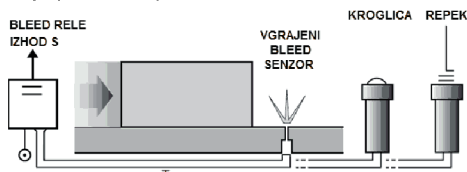
Pri delu z bistabilnimi napravami je torej potrebna še **POSEBNA PREVIDNOST:**

- proučiti je treba delovanje naprave v vseh možnih začetnih stanjih
- ugotoviti je potrebno zapisati v navodilih za uporabo, servisnih navodilih ipd.

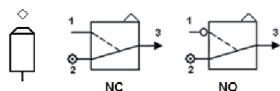
Primeri bistabilnih naprav:

- bistabilni in monostabilni **potni ventili** (pnevmatične naprave), glej geslo **Potni ventili - stanja**
- običajni **releji** (kontaktorji) so monostabilni, ob-

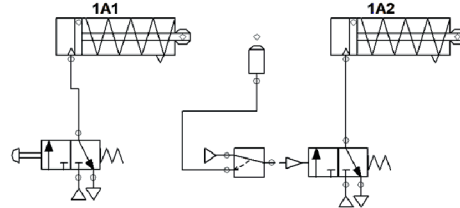
- stajajo pa tudi bistabilni (preklopni)
 - bistabilno (preklopno) enopolno **stikalo** (stikalo, ki ni tipka)
 - bistabilno vezje (glej **Flip-flop**),
 - tudi zahtevnejši sistemi so lahko bistabilni Prim. Potni ventil - stanja, Monostabilen.
- Bleed sensor** Senzor, ki zazna, da je njegovo ustje pokril nek predmet.



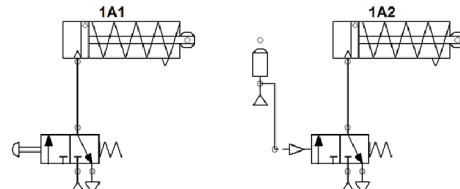
Bleeding lahko pomeni krvaveti, pri pnevmatiki pa pomeni puščanje, odzračevanje. Osnovna izvedba bleed sensorja ves čas svojega delovanja skozi svoje ustje prepušča (piha) stisnjeni zrak. Ko pa ga neki predmet povozí, se pretok zraka zmanjša in zato se poveča tlak v cevki do bleed sensorja. Povečanje tlaka zazna **bleed rele**, ki nato na svojem izhodu odda signal S. Vrsta signala je odvisna od vrste bleed releja, ki je lahko NC ali NO. Nekatere izvedbe bleed sensorjev ne puščajo zraka (ball roller - s kroglico, cat's whisker - z repkom), vseeno pa pride do povečanja tlaka. Simboli za bleed sensor in bleed rele:



Primer bleed sensorja z bleed relejem NC:



Primer bleed sensorja brez bleed releja:



Boolova algebra Algebra, ki jo je uvedel George Boole (1847). Glej Logične funkcije. Sin. preklopna (stikalna) algebra.

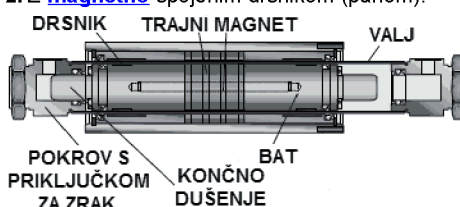
Bourdonova cev Zakrivljena in na koncu zamazana cev. Zaradi spremembe tlaka fluida v cevi se spremeni oblika cevi, premiki pa se prenesejo na skalo - glej sliko pod geslom Manometer. Up.: za merjenje tlaka.

Brezbatnični valj Pnevmatična delovna komponenta z linearnim pomikom bata, ki ne vsebuje batnice. Poznamo dve izvedbi:

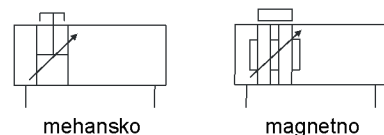
1. Z **mehansko** spojenim drsnikom (pahom):



2. Z **magnetno** spojenim drsnikom (pahom):



Simbola za brezbatnični valj sta dva:



spojeni drsnik

Brezbatnični valj v pogovoru pogosto imenujemo tudi linearno gonilo, lin. pogon, linearno vodilo.

Brezdotično aktiviranje Aktiviranje, ki ga **brez fizičnega kontakta** povzročí **proces**, ki ga krmilimo ali reguliramo. Če pa imamo v mislih tudi mehanično aktiviranje, uporabljamo skupni izraz **procesno aktiviranje**.

Z izrazom brezdotično aktiviranje direktno povezuje izraz **končno stikalo**.

Izraz pogosto up. pri **potnih ventilih**, pri **kontaktih** in **stikalih**. Ant. fizično aktiviranje.

CETOP Kratica za Comité Européen des Transmissions Oléohydrauliques et Pneumatiques, v angleščini European Fluid Power Committee. To je **evropsko strokovno združenje za fluide**, ki skrbi za standardizacijo in izobraževanje na tem področju. Je obenem tudi krovna organizacija za vsa nacionalna združenja.

Cevi za pnevmatično omrežje Cevovode v osnovi razdelimo na:

- **FIKSNE** (kovinske cevi, ki so bolj odporne na poškodbe) in
- **GIBKE** (gumijaste ali plastične cevi). Zaščitni zunanji **žični oplet** varuje gibke cevi proti morebitnim mehanskim poškodbam z zunanje strani. **Spiralna cev** se lahko prilagodi na različne dolžine, po uporabi pa je ni treba navijati.

Plastične cevi so izdelane predvsem iz poliamida (**PA** - trše, manj gibljive, težje jih izvlečemo iz priključka) in iz poliuretana (**PU** - mehkejše, bolj gibljive). Pogosto so **spiralne**, da niso moteče ob pogostem preklapljanju.

Fiksni cevovod s stisnjenim zrakom po DIN 2403 prepoznamo po **SIVI barvi**, čeprav so cevi za zrak v praksi pogosto pobarvane **modro** (po DIN 2403 je modra barva rezervirana za kisik) ali **zeleno** (po DIN 2403 je to voda). V pnevmatičnem omrežju ločimo **glavni vod** (ki je pri večjih omrežjih približno vodoraven) in **odzvine** (ki so običajno navpični). Glavni vod je pri veliki porabi zraka **zaključen v zanko** - da zmanjšamo padec tlaka. Pri izdelavi pnevmatičnega omrežja upoštevamo:

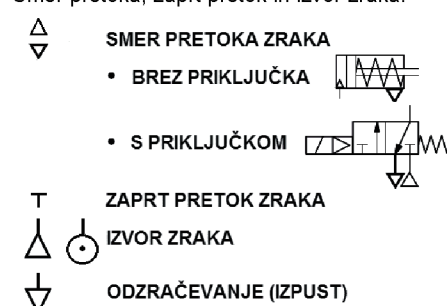
- glavni vod naj ima **nagib** 1 - 2° v smeri toka zraka (razlog: da kondenzat odteka proti zbiralnemu kondenzatu)
- pravilni izvedeni odzvine stisnjenega zraka so **na zgornji strani cevi** ("labodji vrat")
- na koncu vsakega navpičnega voda mora biti **zbiralnik kondenzata** in **ventil za izpust**, priključek za naslednjega porabnika pa **naj ne bo s spodnje strani** (zaradi kondenzata)

Vodi so lahko **DELOVNI** ali **KRMILNI**. Delovni vodi so na risbah označeni s polnimi črtami, krmilni pa s črtkanimi črtami:

Delovni vod Krmilni vod

Na pnevmatičnih napravah so **delovni vodi** običajno označeni z **eno številko** (po starem z eno črko), krmilni pa z dvema številčkama (po starem standardu z eno črko). Dve številki za oznako krmilnega voda nam povedo, katera dva delovna voda želimo povezati, npr.: 12 - namen je povezati delovna voda 1 in 2; 10 - namen je zapreti vod 1.

Smer pretoka, zaprt pretok in izvor zraka:



Ferdinand Humski

Prim. Hitra spojka.

Cevni priključek Glej Fiting, Mufa, Pnevmatični cevni priključki, Hidravlični vodi.

Cikel Neko zaključeno obdobje dogajanj, ki se **redno ponavljajo**. Npr. sončni, delovni, menstruacijski ~. Pri strojih so to **vsaj stanja**, skozi katere naprava prehaja **do prve ponovitve**. Npr.: pri štiritaktnem motorju z notranjim zgorevanjem cikel sestavljajo 4 takti: sesanje - kompresija - ekspanzija - izpuh; pri pnevmatičnih sistemih je zelo pomembno pravilno določiti cikel pred risanjem diagrama pot-korak. Sin. ciklus.

Časovni pnevmatični ventil Glej Pnevmatični časovni členi.

Čistilnik Glej Filter.

DA Kratica: double acting - dvosmerni delovni valj.

Delovne komponente - pnevmatika Glej Pnevmatika - osnovne naprave po skupinah, točka 5. Naprave, ki jih stisnjen zrak poganja.

Delovni priključek, vod V pnevmatičnem omrežju: priključek, ki vodi do delovnih komponent, npr. do cilindrov. Rišemo ga s polno črto:

Delovni vod

Glej Potni ventil (delovni priključek), Cevi za pnevmatično omrežje (delovni vod).

Delovni tlak Tlak stisnjenega zraka ali hidravličnega olja, ki je potreben na posameznem delovnem mestu, da pnevmatične ali hidravlične naprave pravilno delujejo. Nastavimo ga z regulatorjem tlaka. Občajno se delovni tlak nastavi na **6 bar**, zelo redko pod **4 bar** ali nad **10 bar**. Prim. Tlak.

Delovni valj Valj z batom, namenjen za opravljanje dela. Pregled delovnih valjev opisujeta gesli Pnevmatični cilindri in Hidravlični cilindri, preračun pa opisujejo gesla Enosmerni delovni valj, Dvosmerni delovni valj in Delovni valj - preračun.

Delovni valj - preračun Delovni valji morajo vsekakor zagotavljati zadostno silo F_{valja} , če želimo z njimi opravljati načrtovano delo. Pri preračunu izhajamo iz definicije tlaka.

Če je delovni valj že izbran, tedaj lahko izračunamo **zahtevani nadtlak** p_e :

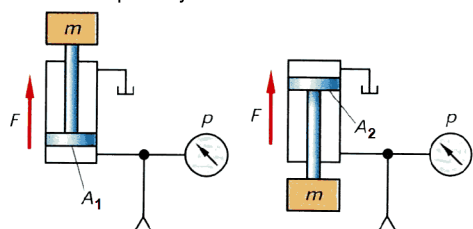
$$p_e > \frac{F_{valja}}{A \cdot \eta_{hm}}$$

η_{hm} je hidravlično - mehanski izkoristek

Kadar pa imamo p_e že poznan, lahko izračunamo **površino bata A**:

$$A > \frac{F_{valja}}{p_e \cdot \eta_{hm}}$$

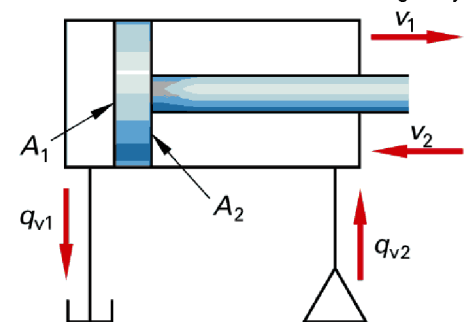
Izračunana površina bata A je enaka A_1 ali A_2 , odvisno od položaja batnice:



Če je premer bata D, premer batnice pa d, velja:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A_1}{\pi}} \quad D = \sqrt{\frac{4 \cdot (A_2 + \frac{\pi \cdot d^2}{4})}{\pi}}$$

Proučimo še volumnske tokove hidravličnega valja:



Stran 16

Predpostavimo, da velja $q_{v1} = q_{v2}$! Če upoštevamo kontinuitetno enačbo $q_{v1} = A_1 \cdot v_1 = q_{v2} = A_2 \cdot v_2$, in $A_1 > A_2$, potem ugotovimo: $v_2 > v_1$

Ob predpostavki $v_2 = v_1$ pa ugotovimo $q_{v1} > q_{v2}$

Seveda so realne razmere odvisne od obremenitve, pa vendarle: pri dvosmernih valjih z enostransko batnico (torej z različno površino bata na levi in desni strani) bo **volumnski tok olja pri izvleku drugačen od toka pri uvleku!**

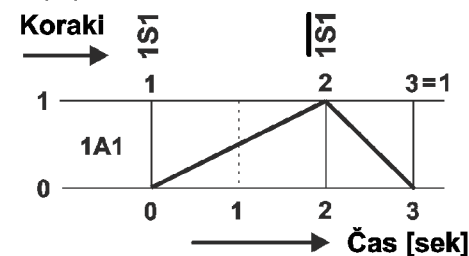
Delovni ventil Ventil, ki napaja delovne valje (aktuatorje). Praviloma imajo priključke z velikimi premeri cevi, da lahko zagotavljajo zadosten pretok zraka. Prim. Potni ventil.

Diaphragma Opna, membrana. Ang. diaphragm.

Diagram pot-čas Prikaz odvisnosti poti delovnih komponent od časa. Za risanje veljajo enaka priporočila kot pri diagramu pot-korak, le da v tem primeru **oddaljenost med koraki** ustreza **času**, ki je potreben za določeno gibanje.

Poglejmo primer!

Naročnik lahko zahteva naslednji časovni potek izvajanja korakov:



V zgornji vrsti so oštevilčene meje korakov od 1 do 3, spodnja vrsta pa kaže čas od 0 do 3 sekunde. Opazimo, da mora izvlek dvosmernega valja 1A1 trajati 2 sekundi, uvlek pa 1 sekundo.

Diagram pot-čas nam je pokazal, da moramo dodati in nastaviti dva **enosmerna nastavljiva dušilna ventila**, če želimo izpolniti vse pogoje. Prim. Diagrami gibanj, Diagram pot-korak, Krmilni diagram.

Diagram pot-korak, namen Diagram, ki prikaže **zaporedje pomikov** delovnih komponent. Omogoča nam boljše razumevanje delovanja in obvladovanje zahtevnejših krmilij.

Na absciso vnašamo korake, na ordinato pa pot. Če ima krmilje več delovnih komponent, rišemo diagrame za **vsak aktuator posebej**, enega pod drugim, npr:

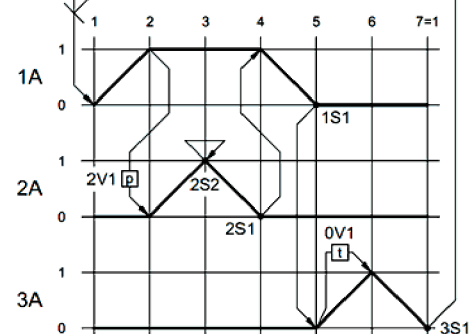


Diagram pot-korak omogoča **hitro razumevanje** delovanja krmilja po sistemu **VZROK** (korak) - **POSLEDICA** (pot). Dopolnjujejo ga lahko informacije o vplivu signalnih členov.

Zelo pomembna lastnost diagrama pot-korak je, da ga **LAHKO IZDELAMO, ČE POZNAMO**:

- OBSTOJEČE KRMILJE** z vsemi komponentami ali
- ZAHTEVE**, ki jih mora izpolnjevati krmilje.

Diagram pot-korak lahko torej izdelamo na osnovi **dveh različnih vrst podatkov**.

Ko pa smo diagram pot-korak izdelali, ga lahko tudi **UPORABIMO** na dva načina:

- Iz diagrama pot-korak razberemo **način delovanja krmilja** in **zahteve**, ki jih obstoječe krmilje izpolnjuje. Dobljene podatke nato primerjamo z želenimi zahtevami - tako **PREVERIMO pravilnost delovanja obstoječega krmilja**.

2. Na osnovi diagrama pot-korak **narišemo shemo krmilja**, ki izpolnjuje postavljene **zahteve - NAČRTUJEMO (projektiramo) krmilje**.

Prim. Diagrami gibanj, Načrtovanje pnevmatskih krmilij, Diagram pot-čas, Krmilni diagram, Funkcijski diagram.

Diagram pot-korak, pojasnila Tako za branje kot tudi za ustvarjanje diagrama pot-korak je potrebno poznati:

- pomen izrazov **delovni cikel**, **skrajšani zapis delovnega cikla**, **pot** in **korak**,
- dodatne oznake** na diagramu pot-korak

DELOVNI CIKEL

Najprej je treba najti tisto **zaporedje korakov** (delovnih gibov in mirovanj), ki se nato periodično ponavljajo. Pri dveh delovnih valjih si lahko zamislimo npr. naslednje zaporedje korakov:

izvlek drugega valja,
izvlek prvega valja,
uvlek drugega valja,
uvlek prvega valja.

V tem primeru imamo 4 korake in 5 mej korakov, zato lahko cikel narišemo takole:



SKRAJŠANI ZAPIS DELOVNEGA CIKLA

Pravimo mu tudi skrajšani zapis gibov cilindrov, skrajšani zapis zaporedja poteka delovnih gibov, pogovorno pa tudi skrajšani zapis diagrama pot-korak. Naš zgornji besedni opis delovnega cikla lahko skrajšano zapišemo tako:

2A1+, 1A1+, 2A1-, 1A1-

Oznaki + ali - dodamo oznakam delovnih komponent, tako nastale znake pa ločimo z vejico.

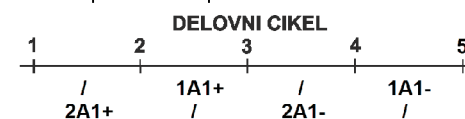
+ je delovni gib, izvlek

- je povratni gib, uvlek

Skrajšani zapis delovnega cikla je še bolj jasan, če uvedemo znak / (poševnica) za mirovanje delovnega valja, nato pa **vsak valj** zapisujemo **v svoji vrstici**. Pri tem pazimo, da je razdalja med vejicami v obeh vrsticah enaka:

/, 1A1+, /, 1A1-
2A1+, /, 2A1-, /

Tako pripravljen skrajšani zapis delovnega cikla lahko zapišemo tudi pod delovni cikel in dobimo:



Pri **enosmernih delovnih valjih NO** je delovni gib uvlek, zato je v takih primerih dobro **posebej definirati predznake** - da ne pride do nerazumevanja.

POT

Pot je celoten **gib** (pomik) cilindra (izvlek ali uvlek). V diagramih pot-korak se smer gibov cilindrov riše **navpično**, na ordinati (y os). Poti **ne rišemo v dolžinskih merskih enotah**, temveč jo rišemo **brez dimenzij** [l]. Za vse delovne elemente, ne glede na dejansko dolžino giba, rišemo enako dolgo pot.

Začetek in konec poti imenujemo **stanje**. Vsak gib ima določeno začetno in končno stanje. Stanja lahko označimo na več načinov:

- 0** (uvlek) in **1** (izvlek - občajno delovni gib)
- uvlek** in **izvlek** (z besedo)
- 1S1** in **1S2** - položaja končnih stikal, če ju uporabljamo, vendar **brez uporabe znakov + ali -** (ker se ta dva znaka uporabljata le skupaj z oznakami delovnih valjev)

KORAK

Korak traja **od spremembe gibanja do naslednje spremembe gibanja katerekoli** delovne komponente v sistemu. Primeri za spremembo gibanja delovne komponente pa so:

• premik **iz mirovanja** (začetek izvleka ali uvleka),
• **sprememba smeri** gibanja (npr. izvlek → uvlek),
• **ustavičev** premikanja (konec izvleka ali uvleka).
Korak je torej lahko **delovni gib** ali **mirovanje**. Konec trenutnega koraka je začetek naslednjega koraka. Trenutek začetka in konca vsakega koraka imenujemo **meja koraka**. Število mej korakov v nekem delovnem ciklu je vedno za eno večje kakor število korakov.

Če v sistemu **ni** nobene **spremembe** gibanja, potem **se korak** sploh **ni začel!**

V bistvu je korak **časovna veličina**, le da ga tako kot pot rišemo **brez dimenzij** [7]. Razdalje med mejnimi točkami so **vedno enake**, ne glede na dejansko dolžino trajanja posameznega koraka. Takšen način risanja diagramov pot-korak nam olajša razumevanje delovanja krmilnih sistemov.

Korake rišemo zaporedno **na abscisi** (x os), dokler niso vsi aktuatorji ponovno v začetnem položaju - takrat se **zaključí CIKEL**, ki se ponavlja. Zadnji korak v ciklu označimo tako, da ga izenačimo z začetkom prvega koraka, npr. 5=1.

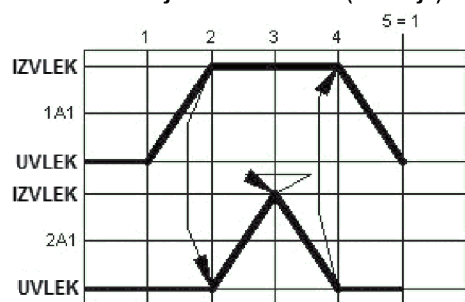
Kaj je v zvezi s koraki **POTREBNO POZNATI**:

1. Način številčenja korakov.

Oštevilčimo lahko celotno **dolžino** vsakega **koraka** (obdobja) ali pa **meje korakov** (trenutke začetka in konca koraka):



Oštevilčenje dolžin korakov (obdobja)



Oštevilčenje mej korakov (točke)

Večina literarnih virov oštevilči **meje korakov** oziroma **mejne točke** (spremembe gibanja), zaradi boljše preglednosti. Tako bomo označevali korake **TUDI MI**. Zapomniti pa si moramo, da korak 1 traja od točke 1 do točke 2 itd..

2. Pogoje (razloge, vzroke) za izvajanje. Vprašujemo se, kaj sproži izvajanje cikla oziroma posameznega koraka. Pri tem razlikujemo:

- **Fizično** aktiviranje, ki je napomembnejše, je namenska človekova aktivnost.
- **Avtomatično** aktiviranje (mehansko, pnevmatično, hidravlično, električno, brezdotično itd.) kot posledica že sproženega procesa.

Fizično aktiviranje opisujemo z imeni **potnih ventilov** (krmilnih členov).

Za **monostabilne ventile** velja:

- oznaka 1S1 pomeni, da potni ventil 1S1 **aktiviramo in ga držimo v aktiviranem stanju**;
 - oznaka $\overline{1S1}$ pa pomeni, da potni ventil 1S1 **ni aktiviran** oz. da ga **vrnemo v osnovno stanje** (prenehanje aktiviranja, delovanje vzmeti)
- Fizično aktiviranje **bistabilnega ventila** 1S1 pa pomeni, da ga **aktiviramo in takoj nato spustimo**.

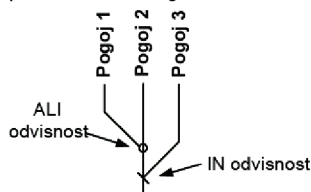
Oznake so usklajene z logičnimi funkcijami, glej geslo Logične funkcije v pnevmatiki. Imena krmilnih členov (potnih ventilov) vedno navajamo **brez uporabe znakov + ali -**, ker ta dva znaka uporabljamo za delovne komponente in lahko pride do zmešnjave pri zapisu logičnih funkcij. Zaradi boljše preglednosti pišemo oznake krmilnih členov in pogojev **navpično**,

Pri opisovanju pogojev moramo biti **natančni**, saj lahko vsaka nenatančnost povzroči napake pri načrtovanju krmilja.

Opisan način označevanja krmilnih členov in pogojev **včasih ne zadošča** za razumevanje diagrama pot-korak. V takih primerih je potrebno diagram pot-korak **razširiti s krmilnim diagramom**. Tako dobljeni funkcijski diagram pa daje dovolj jasne informacije.

3. Logične povezave med pogoji.

Včasih je potrebno izpolniti **več pogojev naenkrat**, da sprožimo neki korak. V tem primeru vrišemo v diagram pot-korak tudi logične odvisnosti, npr.:

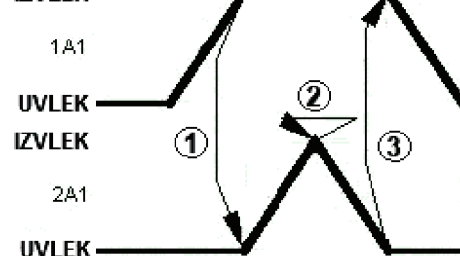


4. Puščice v diagramu pot-korak,

ki v primeru **avtomatičnega** načina aktiviranja prikazujejo vplive med delovnimi komponentami. Kjerkoli je puščica, tam se nahaja **končno stikalo**.

Na spodnjem diagramu prikazane puščice opisujejo naslednje povezave med gibi valjev:

IZVLEK



- 1 - izvlek cilindra 1A1+ aktivira končno stikalo, ki sproži izvlek 2A1
- 2 - izvlek cilindra 2A1+ aktivira končno stikalo, ki sproži uvlek 2A1 (samega sebe)
- 3 - uvlek cilindra 2A1- aktivira končno stikalo, ki sproži uvlek 1A1

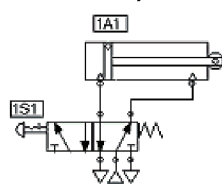
5. Posebne simbole,

ki olajšajo razumevanje:

- ⊕ VKLOP
- ⊖ IZKLOP
- ⊕/⊖ VKLOP/IZKLOP
- ⊕ AVTOMATIZEM
- ⊕/⊖ DVOROČNI VKLOP
- ⊕ IZBIRNO STIKALO
- ⊕ IZKLOP OB NEVARNOSTI

Diagram pot-korak, primeri

Preprost primer 1 - nariši diagram pot-korak za preprosto pnevmatično vezje:



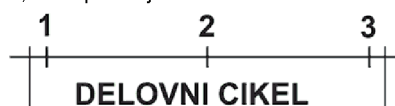
Najprej pogledimo **napačne pristope**, da opozorimo na najpogostejše začetniške napake. Šele nato sledi prikaz pravilne rešitve.

Napačen pristop 1:

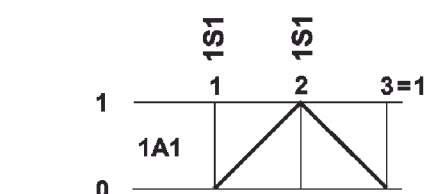
Delovni cikel zapišemo skrajšano:

1A1+, 1A1-

Brez razmisleka nadaljujemo. Določimo si celovni cikel, ki se ponavlja:



Dobili smo 2 koraka, 3 točke, velja 3=1. Potni ventil 1S1 sproži izvlek in tudi uvlek. Diagram pot-korak pa izgleda tako:



Kaj smo naredili narobe?

1. Aktiviranje potnega ventila 1S1 sproži izvlek, uvlek pa sproži $\overline{1S1}$. Pri točki 2 je namesto 1S1 treba vpisati $\overline{1S1}$ v diagram pot-korak.
2. Delovni valj 1A1 lahko tudi obstane v izvlečenem stanju, kar pa iz tega diagrama pot-korak ni razvidno.

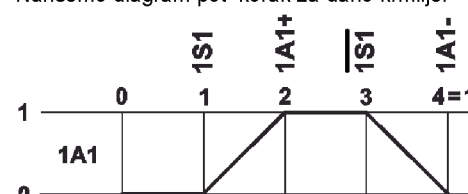
Napačen pristop 2:

Za zgornje pnevmatično krmilje zapišemo korake:

- 0 ... začetno stanje
 - 1 ... aktiviranje 1S1, bistabilni potni ventil
 - 2 ... popolni izvlek dvosmernega valja 1A1+
 - 3 ... vračanje bistabilnega potnega ventila v osnovno stanje $\overline{1S1}$
 - 4 ... popolni uvlek dvosmernega valja 1A1-
- Določimo si delovni **ciikel**, ki se ponavlja:



Narišemo diagram pot-korak za dano krmilje:



Za boljšo preglednost in lažje razumevanje smo si nad vsakom korakom zapisali kratico, ki nas opomni, kaj je povzročilo korak z dano številko.

Sedaj analiziramo zgornji diagram pot-korak, komentiramo in **iščemo napake**:

- od 0 do 1 ni v sistemu nobene spremembe, torej se korak sploh ni začel; razen tega v osnovnem stanju sistem ne daje učinka, **ta korak je odveč**
- od 2 do 3 se ni premaknila nobena komponenta, pa vendarle **ta korak ni odveč** - saj imamo tako v točki 2 kot tudi v točki 3 spremembo gibanja; v izvlečenem stanju pa **pričakujemo učinek**, npr. vpenjanje obdelovanca ipd.
- 1A1+ in 1A1- **se ne piše** kot pojasnilo nad številkami korakov, saj je to **opis poti**, ki je že vnešen na ordinati

Pravilno se naloge lotimo tako, da **najprej** poskušamo zapisati **skrajšani zapis delovnega cikla**:

1A1+, 1A1-

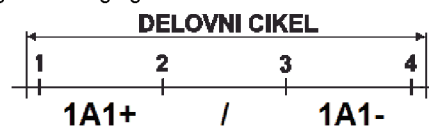
Na prvi pogled imamo samo tri spremembe gibanja: izvlek 1A1, uvlek 1A1 in ustavljanje 1A1. To bi pomenilo le 3 korake.

Vendar, naš valj v izvlečenem stanju opravlja **koristno aktivnost** (npr. vpenjanje obdelovanca), razen tega pa naloga **ne zahteva uvlek takoj po izvleku valja**.

Pravilno bomo sklepali, če bomo med 1A1+ in 1A1- **dodali še eden korak**, ki pa ne povzroči nobene poti. Skrajšani zapis bo bolj jaseen, če ga bomo zapisali tako:

1A1+, /, 1A1-

Poševnica / pomeni, da v tem koraku ni nobene-ga delovnega giba. Definiramo še delovni cikel:

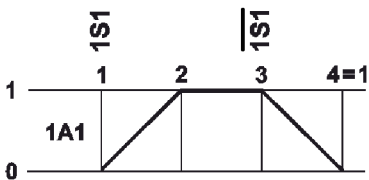


Imamo torej 3 korake in 4 mejne točke, 4 = 1.

Določimo še vzroke za posamezne korake cikla:

- 1 - 1S1
- 2 - / (samo dokončni izvlek 1A1+, nič drugega)
- 3 - $\overline{1S1}$
- 4 = 1

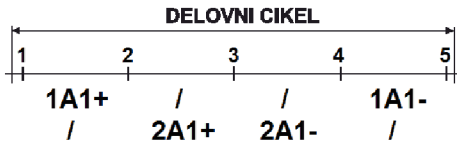
Sedaj pa lahko narišemo diagram pot-korak:



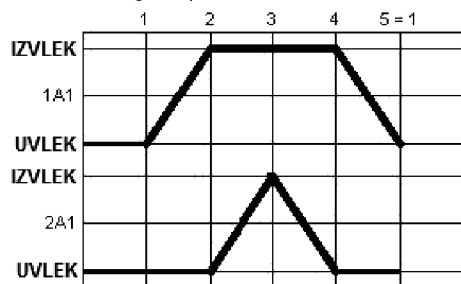
Primer 2 - narišimo osnovni diagram pot-korak (brez oznak za krmilne člene in pogoje) za dva delovna valja, če je skrajšani zapis naslednji:

$$1A1+, 2A1+, 2A1-, 1A1-$$

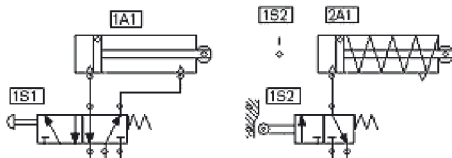
Najprej se izvleče prvi, nato drugi, sledi uvlek drugega in uvlek prvega valja. Imamo **štiri korake** in torej **pet točk**. Narišimo si delovni cikel tako, da vsak valj zapišemo v svojo vrsto, vnesemo tudi znak za mirovanje delovnih valjev:



Peta mejna točka je enaka prvi in nato sledi periodično ponavljanje. **CIKEL** je določen, narišemo lahko tudi diagram pot-korak:



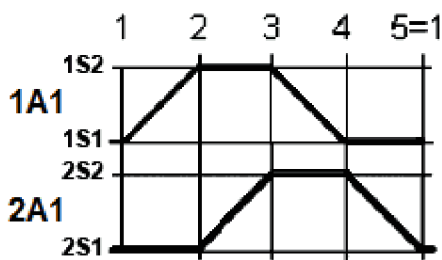
Primer 3 - risanje diagrama pot-korak za dva aktuatorja (1A1 in 2A1):



Najprej zapišemo delovni cikel skrajšano:

$$1A1+, 2A1+, 1A1-, 2A1-$$

Imamo 5 korakov, 5=1. Poskusno narišemo diagram pot-korak brez krmilnih pogojev:



Proučujemo diagram in ugotovimo nelogičnosti pri koraku 3:

- ni nujno, da začetek uvleka 1A1- sovпада s koncem izvleka 2A1+
- začetek uvleka 1A1- mora **takoj** (ne pa šele v naslednjem koraku) sprožiti začetek uvleka 2A1-

Ker se 1A1- in 2A1- zgodita istočasno, ju pišemo **enega pod drugega**:

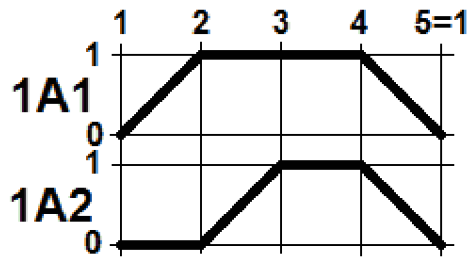
$$1A1+, 2A1+, 1A1-, 2A1-$$

Izvljučeno stanje 2A1+ je za sistem pomembno, zato ga bo treba narisati. Dodatno si red naredimo še tako, da vsak delovni valj pišemo v svojo vrsto. Skrajšano je to tako:

$$1A1+, /, /, 1A1-, 2A1+, /, 2A1-$$

Pravilno število mejnih točk je torej 5 in 5=1.

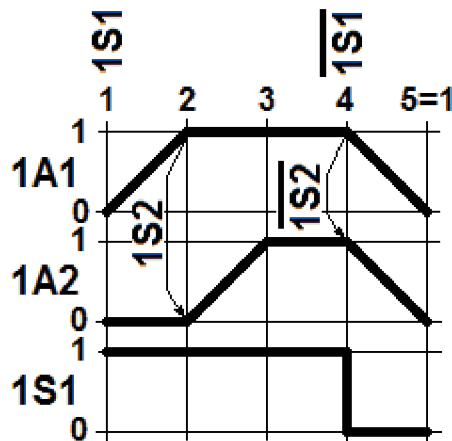
Popravimo diagram pot-korak in dobimo:



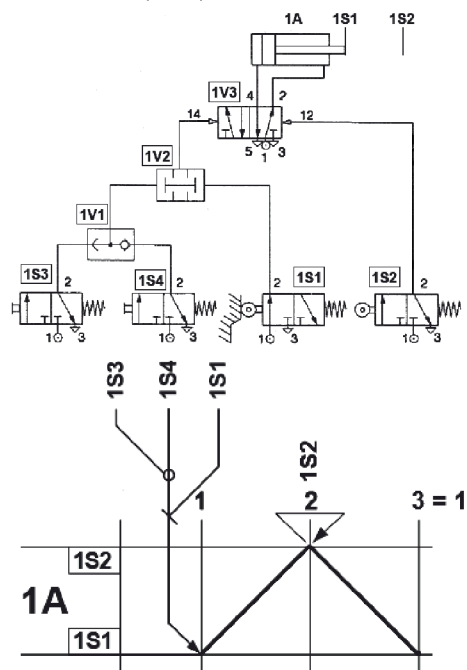
Določimo še **vzroke** za posamezne korake cikla:

- 1 - 1S1
- 2 - 1S2, končno stikalo
- 3 - / (samo dokončni izvlek 1A2+, nič drugega)
- 4 - 1S1 sproži končno stikalo 1S2

Sedaj pa lahko narišemo diagram pot-korak z vsemi potrebnimi oznakami. Zaradi jasnosti dodamo **še krmilni diagram**, oba diagrama skupaj sta funkcijski diagram:



Primer 4 - risanje diagrama pot-korak za krmilje, pri katerem mora biti **izpoljenih več pogojev hkrati**, da se sproži prvi korak:



Pogoj za start (prvi korak):

$$START = (1S3 + 1S4) \cdot 1S1$$

povedano z besedami:

$$START \text{ je enako } (1S3 \text{ ALI } 1S4) \text{ IN } 1S1$$

Oklepaji so pri tem zelo pomembni, saj bi brez njih imela prednost logična funkcija IN.

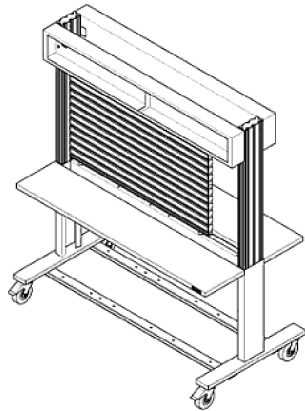
Tretji korak je obenem tudi prvi, kar pomeni, da se izvlek in uvlek delovnega valja neprestano ponavljata, dokler je pritisnjena ena od tipk: 1S3 ali 1S4. Temu pravimo **avtomatski cikel delovanja dvo-smernega delovnega valja**.

Črta s puščico v obliki trikotnika (nad korakom 2) pomeni **obrat** oz. **spremembo gibanja batnice** - izvlek batnice sproži končno stikalo, ki nato "pošlje" batnico takoj nazaj v uvlek. Za boljše razumevanje primerjaj diagram pot-korak s shemo.

Diagrami gibanj Diagrami, ki prikazujejo stanje posameznih komponent in enot krmilja. To so:

- Diagram **pot-korak** (prikaz delovnih komponent)
- Diagram **pot-čas** (prikaz delovnih komponent)
- Krmilni** diagram (prikaz dajalnikov signalov)
- Funkcijski** diagram (prikaz vsega skupaj)

Didaktična tabla Učni pripomoček, ki je v pomoč učitelju in učencem pri obravnavi nove učne snovi. S pomočjo didaktične table naredi učitelj pouk bolj nazoren, učenci pa lažje, hitreje in bolje dojemajo nove učne pojme. Npr. didaktična tabla za elektrotehniko, pnevmatiko, hidravliko itd..



Direktno krmiljenje aktuatorjev Glej Neposredno krmiljenje aktuatorjev.

Disjunkcija Trditve, ki vsebuje dve ali več možnosti, ki se medsebojno izključujejo. V zvezi z logičnimi operacijami: **ALI** logična funkcija. Prim. Logična funkcija, Konjunkcija, Negacija.

Dobava zraka Glej Kompresor. Sin. zmogljivost kompresorja.

Drog

1. **Dolg in raven**, v prerezu navadno okrogel predmet, ki se rabi kot nosilec, opornik, orodje. Npr. podporni ~, telefonski ~, zabiti ~ v zemljo itd.

2. **Jekleni palci podoben predmet** kot del različnih strojev. Npr. zavorni ~, pogonski ~ itd.

Drсни ventil Glej geslo Ventili - konstrukcijski principi.

Dušilni ventil Glej Tokovni ventili.

Dvojni nepovratni ventil Glej Zaporni ventil in znotraj tega gesla Izmenični nepovratni ventil.

Dvosmerni delovni valj Symbol, osnovne lastnosti in pojasnila → glej geslo Pnevmatični cilindri.

Pri izračunu sile na batnici F se razlikujeta dva obremenitvena primera: **izvlek** in **uvlek**. Uporabimo lahko približno vrednost tlaka za "zračno blazino" $p_2 = 2-3 \text{ bar}$, sila F_{p_2} torej znaša nekje od 0,15 do 0,20 · F_{p_1} .

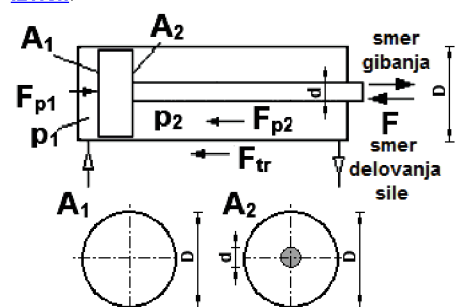
Vpliv zračne blazine se zmanjša:

1. Če je **batnica obremenjena**. Zaradi obremenitve se zmanjša hitrost batnice in zato ima tlak p_2 dovolj časa za odzračevanje.

2. Če priključimo **hitroodzračevalni ventil**.

Na spodnjih risbah narisana sila batnice F je pri enakomernem gibanju enaka bremenu, ki ga delovni valj premaguje, npr. dvigovanje neke mase ipd.. F je reakcija na F_{p_1} , zato je smer delovanja sile F nasprotna smeri gibanja batnice.

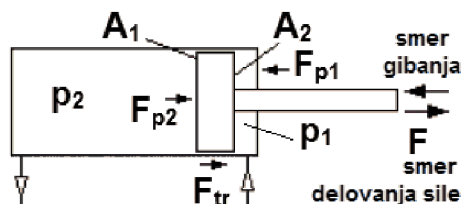
Izvlek:



$$F = F_{p_1} - F_{p_2} - F_{tr} = F_b \text{ [N]}$$

Pri izvleku velja $F_{p_1} = p_1 \cdot A_1$ in $F_{p_2} = p_2 \cdot A_2$

Uvlek:



$$F = F_{p1} - F_{p2} - F_{tr} = F_b \text{ [N]}$$

Pri uvleku velja $F_{p1} = p_1 \cdot A_2$ in $F_{p2} = p_2 \cdot A_1$

Pojasnilo veličin:

- d ... premer batnice [cm]
- D ... premer bata [cm]
- F ... sila na batnici (rezultanta sil F_{p1} , F_{p2} in F_{tr})
- F_{p1} ... pritisk (potisna sila) [N] zaradi tlaka p_1
- F_{p2} ... pritisk (potisna sila) [N] zaradi tlaka p_2
- F_{tr} ... sila trenja (je vedno nasprotna gibanju) [N]
- p_1 ... tlak dotekajočega zraka [N/cm²]
- p_2 ... tlak iztekajočega zraka, tlak "zračne blazine" oz. zaostali tlak [N/cm²]
- A_1 ... površina bata, $\pi \cdot D^2/4$ [cm²]
- A_2 ... površina bata brez površine batnice, $(\pi \cdot D^2/4 - \pi \cdot d^2/4)$ [cm²]

Pojasnilo indeksov:

- 1 ... stisnjeni zrak na vstopu v valj
- 2 ... zračna blazina

Praktični izračuni pokažejo, da je pri najvišjih tlakih ($p_1 \approx 9$ bar, $p_2 \approx 3$ bar) sila F približno 40% manjša od sile F_{p1} , tako pri uvleku kakor tudi pri izvleku. Če nam torej zadostuje le približni izračun minimalne sile, ki jo daje aktuator, tedaj lahko računanje poenostavimo:

$$F \approx 0,6 \cdot F_{p1} \text{ [N]}$$

Pri tem ne pozabimo, da moramo F_{p1} posebej računati za izvlek in posebej za uvlek.

Delovanje dvosmernega delovnega valja z nastavljenim končnim dušenjem je opisano pod geslom Končno dušenje cilindrov, simbol pa je narisani pod geslom Pnevmatični cilindri.

Dvostranski delovni valj → Pnevmatični cilindri.

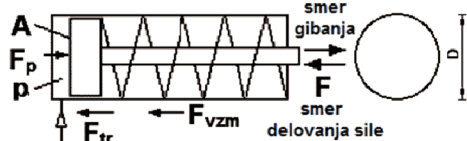
Dvostransko delujoči signal Gl. Škarjasti signal.

Dvotlačni ventil Glej Zaporni ventili.

Efektivna zmogljivost Glej Kompressor.

Ekvivalenca Enakovrednost, kar je po vrednosti enako drugemu. Prim. Logične funkcije.

Enosmerni delovni valj Simbol, osnovne lastnosti in pojasnila → glej geslo Pnevmatični cilindri.



F je sila na batnici, ki je pri enakomernem gibanju enaka bremenu, ki ga delovni valj premaguje, npr. dvigovanje neke mase ipd.. Ker je F reakcija na F_p , je smer delovanja sile F nasprotna smeri gibanja batnice.

Izračun sile na batnici F:

$$F = F_p - F_{tr} - F_{vz} = F_b \text{ [N]}$$

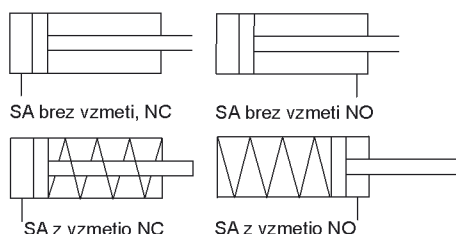
Če upoštevamo ~10% izgube sile zaradi trenja in ~10% sile zaradi vzmeti, potem lahko enačbo poenostavimo za hitrejše računanje:

$$F \approx 0,8 \cdot F_p \text{ [N]}$$

Pri tem velja: $F_p = p \cdot A$

Pojasnilo veličin:

- D ... premer bata [cm]
 - F ... sila na batnici (rezultanta sil F_p , F_{tr} in F_{vz})
 - F_p ... pritisk (potisna sila) [N] zaradi tlaka p
 - F_{tr} ... sila trenja [N] (je vedno nasprotna gibanju)
 - F_{vz} ... sila vzmeti [N]
 - p ... tlak dotekajočega zraka [N/cm²]
 - A ... površina bata, $\pi \cdot D^2/4$ [cm²]
- Izvedbe enosmernega delovnega valja:



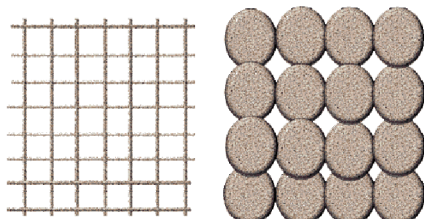
SA-single acting NC-normally closed (spring return oz. vzmet vrata), NO - normally opened (spring extend oz. vzmet širi)

Enosmerni dušilni ventil Glej Tokovni ventili.

Enosmerni ventil → Zaporni, Tokovni ventili.

Filter

1. Porozna snov ali naprava, ki pri pretoku fluida (dim, plin, tekočina) **zadrži sestavine določenih velikosti ali lastnosti**. V splošnem so filtri vlaknasti ali sintrani:



VLAKNASTI FILTER

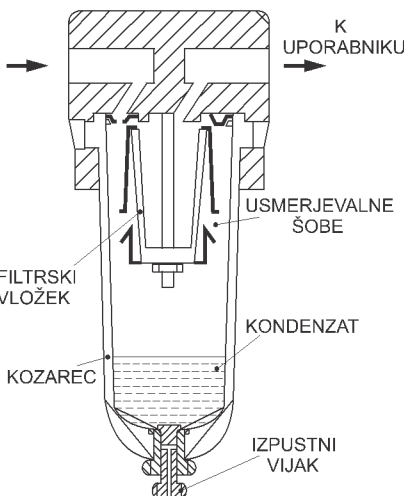
SINTRANI FILTER

Prim. Filter - hidravlika, pnevmatika, Sintranje.

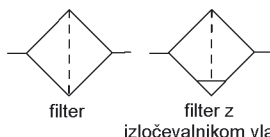
2. Snov ali naprava, ki **izloči elektromagnetna valovanja** določenih valovnih dolžin ali določenih smeri nihanja.
3. Prostor, navadno za preoblačenje, ki **deli kontaminiran** ali nečisti **prostor od nekontaminirane** ga ali čistega, zlasti pri operacijskih dvoranah in oddelkih za intenzivno terapijo.

Filter - pnevmatika V pnevmatičnem omrežju filter izloča mehanske primesi in vlago. Filter deluje na dva načina:

1. Stisnjen **zrak** na vходу steče skozi usmerjevalne šobe in **se zvrtniči**. Centrifugalna sila usmeri **tekočinske in večje delce** nečistočo **na steno** posode, kjer **spolzijo na dno**.
 2. **Manjši delci** se očistijo s pretokom skozi porozni filterni **vložek**, ki je lahko **papirnat** (zamenljiv) ali pa je primeren **za večkratno čiščenje** (iz sintrnega poroznega materiala).
- Premeri por filterskega vložka so določeni glede na zahtevano stopnjo čistosti zraka:
- | | |
|-------------------|------------|
| normalna čistost | 23 - 40 μm |
| fina čistost | 12 - 20 μm |
| zelo fina čistost | 5 - 10 μm |



Običajno je filter kombiniran v istem ohišju z regulatorjem tlaka. Simbol:



filter

filter z izločevalnikom vlage

Vzdrževanje: gl. geslo Pnevmatika - vzdrževanje.

Fizično aktiviranje Namerno aktiviranje, za katerega je predvideno, da ga povzroči **človek**, brez vplivov procesa, ki ga krmilimo ali reguliramo.

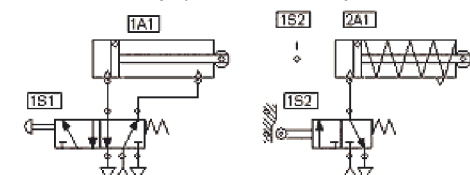
Simboli za fizično aktiviranje predvidevajo predvsem naslednje možnosti: **s pritiskom**, **z zasukom s potegom**, **ročno** ali **nožno**. Izraz pogosto up. pri **potnih ventilih**, pri **kontaktih** in **stikalih**. Ant. procesno aktiviranje (mehansko ali brezdotično).

Fluid Snov, **ki se** lahko **pretaka**, npr. tekočine in plini. Izraz izvira iz ang. fluid - tekoč, plinast.

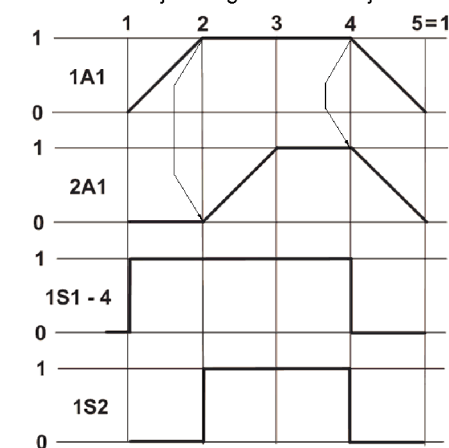
Funkcijski diagram Diagram, ki prikazuje celotno funkcijo krmilja: diagram pot-korak in krmilne diagrame za vse **dajalnike signalov**.

Za **eden potni ventil** praviloma rišemo samo **eden krmilni diagram**, tudi če je izhodov več.

Imamo naslednje pnevmatične veze:



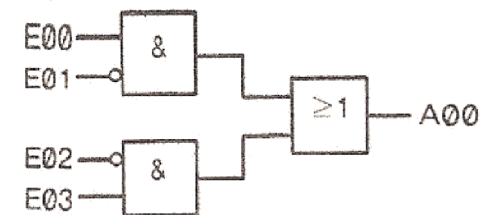
Narišimo funkcijski diagram za to veze:



Čeprav priključki obeh potnih ventilov na shemi niso oštevilčeni, pa vseeno poznamo standarde - zato dobro vemo, kateri je priključek št. 4 za potni ventil 1S1.

Prim. Diagrami gibanj, Diagram pot-čas.

Funkcijski načrt Procesno orientiran prikaz krmilne naloge. Krmilno nalogo lahko prikazuje z bistvenimi lastnostmi (**groba struktura**) ali s potrebnimi podrobnostmi (**podrobna struktura**). Prikazuje lahko tudi časovno odvisnost posameznih funkcij. Za izdelavo funkcijskega načrta uporabljamo simbole v skladu z DIN 40900 ali IEC.



Iz funkcijskih načrtov izdelamo ladder diagrame.

Glušnik Naprava, ki duši hrup, ki ga povzročajo izpušni plini pri zgorevalnih motorjih. Tudi majhen valjast predmet, ki se za zmanjšanje hrupa privije v odzračevalne priključke potnih ventilov.

Gradnik V tehniki s tem izrazom pogosto mislimo na osnovni sestavni del, s katerim sestavljamo celoto: ~ pnevmatičnega (hidravličnega) omrežja.

GRAF CET Francoska kratica **GRA**phe **Fon**ctionnel de **Com**mande **E**tapes/**T**ransitions.

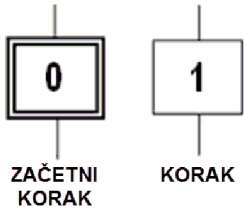
To je način načrtovanja in prikaza delovanja avtomatiziranih sistemov, ki **ni odvisen od tehnične izvedbe** - namenjen je lahko za električne, pnevmatične, hidravlične itd. naprave.

GRAF CET je grafično orodje za opisovanje **koračnih krmilij** in je v bistvu posebna vrsta diagrama poteka, ki uporablja **standardizirane simbole** po EN 60848:2002-12. Pomaga nam pri organizaciji in **sistematizaciji** našega strokovnega dela. Uporabljamo ga lahko tako za predstavitev velikih sistemov kot tudi za prikaz podrobnosti.

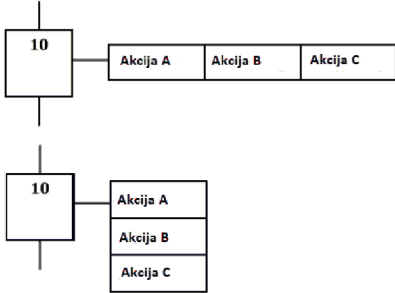
GRADNIKI GRAFCET-a so:

- **korak** s pripadajočo **akcijo**,
- **prehod** s pripadajočim **pogojem**,
- **povezave** med koraki in prehodi.

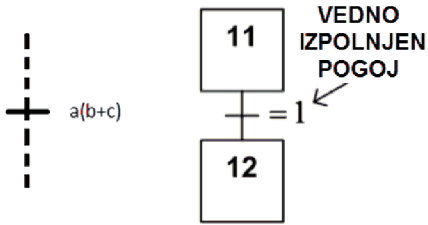
Korak je pravokotne oblike, označen s številčno ali črkovno oznako.



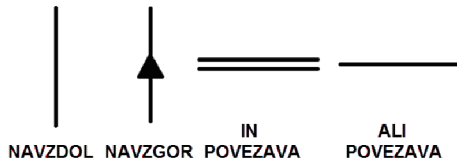
Vsakemu koraku je prirejena akcija



Prehod je vodoravna črtica na povezavi. Vedno je označena s pripadajočim pogojem.



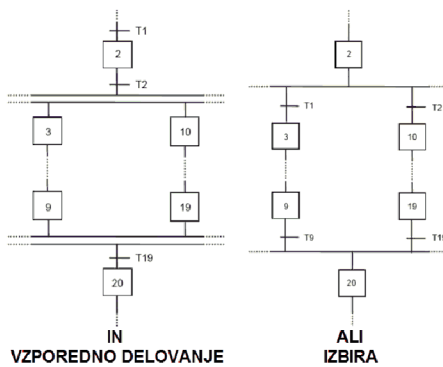
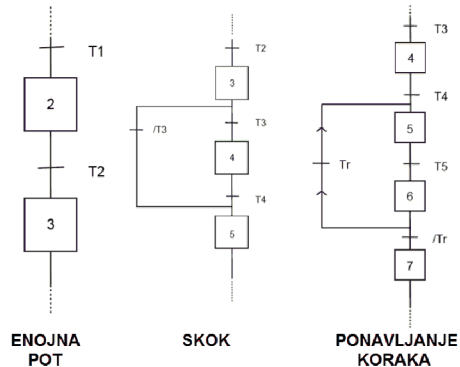
Povezave prikazuje spodnja risba.



PRAVILA GRAFCET-a:

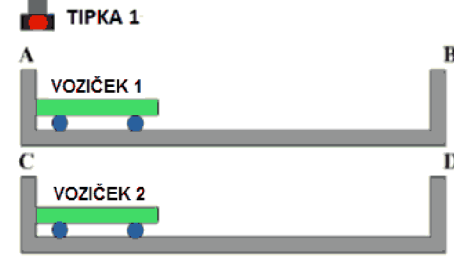
1. Začetni korak je lahko samo eden.
2. Prehod je omogočen samo takrat, ko so vsi predhodni koraki aktivni.
3. Korak postane aktiven, ko je izpolnjen pogoj za prehod pred njim. Aktiven ostane, dokler ni izpolnjen pogoj za prehod na naslednji korak. Takrat se deaktivira, naslednji korak pa postane aktiven.
4. Sočasni prehodi se izbrišejo hkrati.
5. Sočasni koraki se aktivirajo ali deaktivirajo hkrati s prioriteto na aktiviranju.

OSNOVNE STRUKTURE:

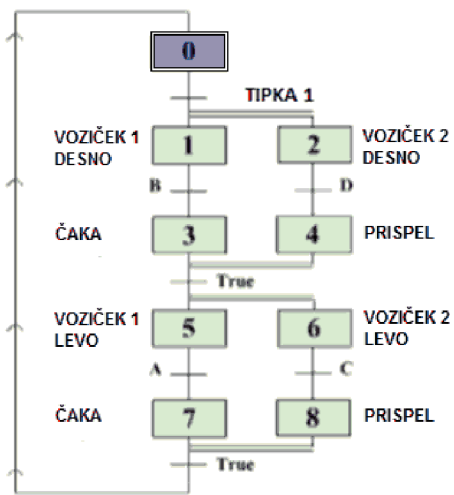


Primer rešene naloge:

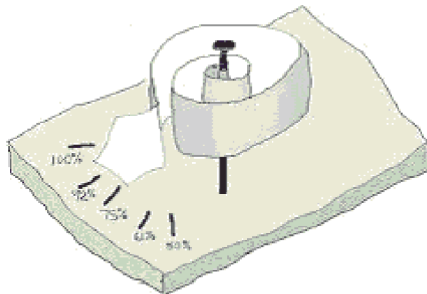
Dva vozička naj se zmenično premikata levo - desno med označenimi mejami A, B, C in D tako dolgo, dokler je vklopljena tipka 1.



Rešitev:



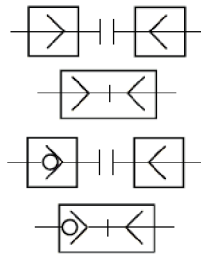
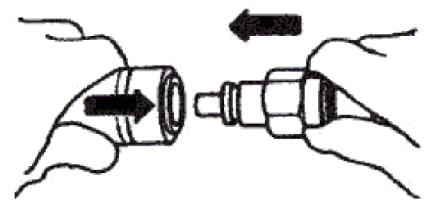
Higrometer Vlagomer, priprava za merjenje vlage v zraku. Deluje na principu raztezanja materialov v odvisnosti od vlage. Taki materiali so npr. živalska dlaka, nekatere vrste gum itd..



Prim. vlažnost, psihrometer.

Higroskop Ki nase veže vodo - kemijsko ali fizikalno, z adsorpcijo ali adsorpcijo. Npr. silicijev dioksid SiO₂, kalcijev klorid CaCl₂, kobaltov klorid CoCl₂, brezvodni etanol, žveplova(VI) kislina H₂SO₄, glicerol, sorbitol. Sin. higroskopičen.

Hitra spojka Pnevmatični ali hidravlični priključek, sestavljen iz vtičaka in vtičnice, ki hitro in zanesljivo povezuje cevi ter naprave. Sin. hitrovezna spojka, hitra sklopka, avtomatična sklopka:

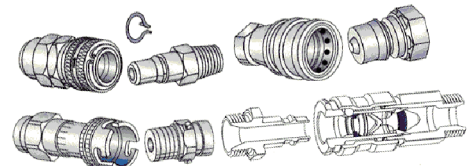


OBOJESTRANSKI PROSTI IZHOD

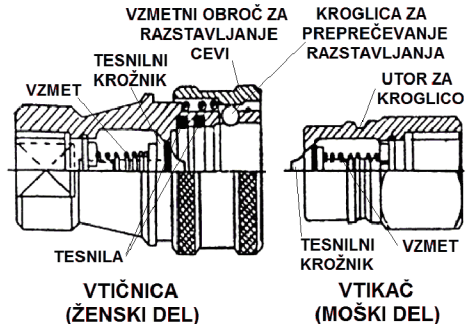
IZVOR OB RAZSTAVLJANJU TESNI

OBA PRIKLJUČKA TESNITA

Poznamo veliko različnih izvedb pnevmatičnih ali hidravličnih spoj, npr.:



Najpogostejši **NAČIN DELOVANJA** hidravlične hitre spojke: oba priključka vsebujeta **nepovratni ventil z vzmetjo**, ki preprečuje izhajanje fluida. Konstruirana sta tako, da se oba ventila odpreta, ko ju spojimo. Priključka pri tem zaskočita zato, ker vzmetni zunanji obroč ženskega dela pritiska kroglice v utor moškega dela ter na ta način vzdržuje položaj. Če potegnemo obroč, sprostimo kroglice in priključka lahko spet razstavimo:



Obstajajo tudi pnevmatične hitre spojke s podobnim načinom delovanja.

Vzdrževanje: da bi preprečili težave pri sklapljanju in razstavljanju, je potrebno tako moški kakor tudi ženski del **občasno namazati**.

Tudi nekatere izvedbe pnevmatičnih cevni priključkov so neke vrste hitre spojke, le da v tem primeru nimamo vtičaca - v priključek vtaknemo kar cev direktno.

Na podoben način kot hitra spojka deluje avtomatični odzračevalni ventil pri hidravliki. Prim. Pnevmatika-osnovne naprave in elementi, Pnevmatični cevni priključki, Razvod.

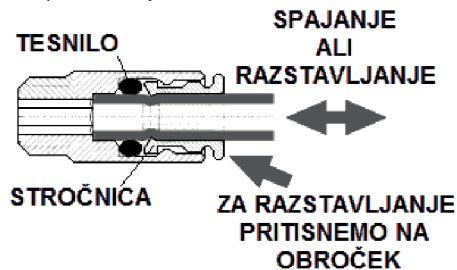
Hitroodzračevalni ventil Glej Zaporni ventili.

Hitrostični priključek Pnevmatični priključek, ki: • cevi povezuje tako, da plastično **cev** enostavno **potisnemo v priključek**

• cevi razstavimo **s pritiskom na obroček**, ki se nahaja na priključku



Osnovna izvedba teh priključkov služi samo za hitro povezovanje cevi:



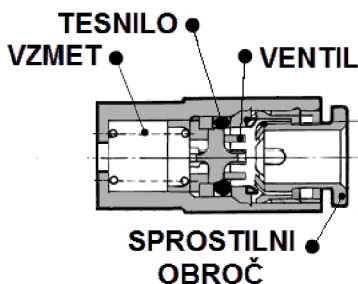
Starejše izvedbe hitrih priključkov zagotavljajo tesnenje **z zunanjim prstanom**, ki stisne stročnico z zunanje strani.

Samozaporna izvedba pa ima vgrajen **enosmerni ventil**, ki ne prepušča zraka, če na eni strani ni priključena cev. Ta enosmerni ventil **se odpre, ko v prosti priključek potisnemo plastično cev**. Samozaporne izvedbe hitrih priključkov potrebujemo za zagotavljanje stisnjene zraka čim bližje delovnemu mestu. Simbol:

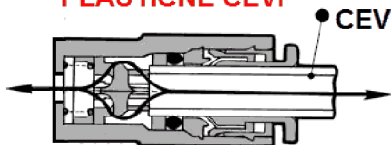


Delovanje samozaporne izvedbe:

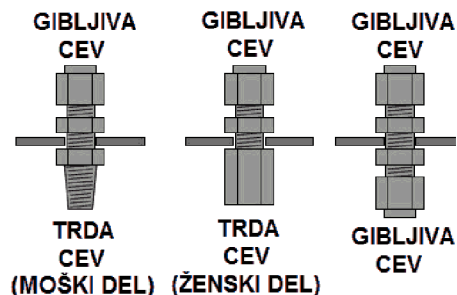
PRED VSTAVLJANJEM PLASTIČNE CEVI



PO VSTAVLJANJU PLASTIČNE CEVI

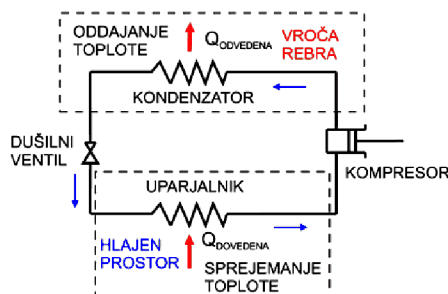


Včasih je potrebno s pomočjo pnevmatičnih cev-nih priključkov povezovati trde in gibljive cevi, moške (vijak) in ženske (matica) priključke ipd.:



Hitrovezna spojka Glej Hitra spojka.

Hladilne naprave Naprave, ki proizvajajo ali uporabljajo temperature, nižje od okoliških. Poznane različne hladilne postopke, najpogostejši je **proces kompresorskega hlajenja**:



Rdeči puščici označujeta smer prenosa toplote - od tega je odvisno ali so rebra vroča ali hladna. Modre puščice pa označujejo smer pretoka hladilnega sredstva.

Hladilno sredstvo mora izpolnjevati naslednje pogoje glede spreminjanja agregatnega stanja:

- a) Pri nizkih temperaturah in nizkih tlakih je **plin**.
 - b) Pri višjih temp. in visokih tlakih je **tekočina**.
- Kot hladilno sredstvo se lahko uporablja amoniak NH₃ ali freon. Nekoč široko uporabljana freona R12 in R22 sta danes prepovedana in ju zamenjuje ozonu manj škodljiv R134a.

Delovanje kompresorskega hlajenja:

Najprej **kompresor** stiska plinasto hladilno sredstvo, povečata se tlak in temperatura. Komprimirana para potuje v **kondenzator**, kjer para odda toploto (se ohladi) in se zato utekočini (kondenzira). Kondenzator je vedno **vroč**.

Tekoče hladilno sredstvo vodimo prek **dušilnega** (ekspanzijskega) **ventila**, kjer ekspandira (se razširi) in uparjalnik. V uparjalniku je tlak nizek, zato se hladilno sredstvo tam **uparja** (tekočina se spreminja v plin). Zaradi uparjanja hladilno sredstvo sprejema toploto iz okolice (iz hladilnega prostora), zato temperatura v hladilnem prostoru pade - uparjalnik je vedno **hladen**. Plinasto hladilno sredstvo nato potuje do kompresorja in proces se ponovi. Prim. **toplotna črpalka**.

Simbol za hladilnik (hladilno napravo):



Hlajenje Glej Hladilne naprave.

Indirektno krmiljenje aktuatorjev Glej Posredno krmiljenje aktuatorjev.

Indikator tlaka Naprava, ki pokaže, ali je v sistemu stisnjen zrak. Najpogosteje se v primeru zadostnega tlaka prikaže rdeč znak:



Za razliko od indikatorja pa manometer tudi meri tlak v sistemu.

Informacija

- Množica **vrednosti**, ki jih **zbiramo za reševanje** nekega **problema**. Med njimi so lahko nekatere vrednosti tudi neuporabne - razl. **podatek**. Če problem rešujemo s pomočjo računalnika, tedaj računalnik informacije sprejme in jih po obdelavi izda.
- Kar se o neki stvari pove, sporoči in lahko ima določen pomen: **obvestilo**, pojasnilo itd. Npr.: dati, dobiti ~o, iskati ~e; imeti dobre, zanesljive ~e; napačna ~. Prim. podatek.
- Celota vrednosti** o neki dejavnosti ali področju (npr. dedna ~).

Informacijski oziroma **krmilni** del krmilja: tisti del, ki skrbi za prenos informacij (signalov).

V ta del spadajo:

- pnevmatični ali hidravlični krmilniki: potni ventili, krmilniki poti, zaporni, zapirni in tokovni ventili
- električna stikala, elektromagnetni ventili (solenoidi) in releji (relejna tehnika)
- logična vezja, ki izvajajo neki program
- programabilni digitalni krmilniki (PLK oz. PLC)

Inštalacija Napeljava, npr. električna, vodovodna, pnevmatična, hidravlična itd. ~. Načrtna namestitve žic, cevi, naprav za določeno delovanje, zlasti v stavbah. Tudi postavitve oz. namestitve nečesa. **Inštalater**: kdor se poklicno ukvarja z nameščanjem in popravljanjem inštalacij. Sin. instalacija. **Integrirati** Povezovati. **Integriran** - vsebovan v neki večji celoti. **Istočni ventil** Ventil, ki se odpira v smeri toka fluida. Takšni ventili se v primeru okvare **ne zaprejo**. Prim. Protitočni ventil.



Izhodiščno stanje potnega ventila Glej geslo Potni ventil - stanja.

Izjavnostna tabela Tabela, ki pri logičnih funkcijah ali vezalnih shemah prikazuje **vse rezultate** (izhodne veličine) **pri vseh možnih vhodnih veličinah** (korakih). Omogoča nam, da preverimo, ali sistem deluje tako, kot želimo. Sin. pravilnostna tabela. Npr.: izjavnostna tabela za logično funkcijo:

$$X = \bar{A} \wedge B$$

izgleda tako:

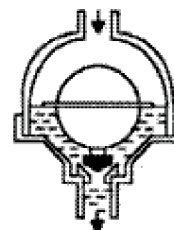
A	\bar{A}	B	X
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0

Izločevalnik olja Glej Oljni izločevalnik.

Izločevalnik vlage Enota za pripravo zraka v pnevmatičnem sistemu. Gotovo se mora nahajati **na koncu vsakega navpičnega voda**.

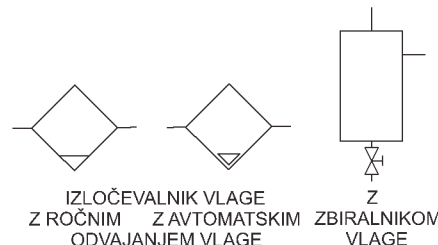
Glavni sestavni deli so:

- naprava** (npr. ciklon pri ciklonskem separatorju kondenzata) ali **zbiralnik kondenzata** (kadar pričakujemo večjo količino kondenzata),
- ventil za izpust kondenzata** (izpust vlage z ročnim ali z avtomatskim odvajanjem), ki naj se nahaja **na najnižji točki**; **ventil z avtomatskim odvajanjem** običajno deluje na principu plovca - večja količina vlage ga dvigne in vlaga se izloči:

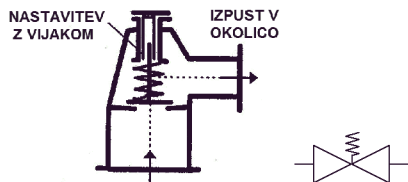


- **priključek za naslednjega porabnika** (npr. hitra spojka ipd.); ta priključek naj bo nameščen **na zgornjem delu posode** (da kondenzat ne seže do njega).

Ker tudi filter pogosto vsebuje izločevalnik vlage (glej risbo), je simbol zelo podoben simbolu filtra:



Pogosto se up. tudi izraz zbiralnik kondenzata. **Izmenični nepovratni ventil** Glej Zaporni ventili. **Izpustni ventil** Ventil, ki izpušča zrak, če je na vstopni strani presežen izpustni tlak. **Uporaba**: v tlačni posodi (varnostni oz. omejevalni ventil) ipd. Običajno deluje na kroglico in vzmet. Prim. zapirni ventil. Simbol:



Izvlek Gl. geslo Pnevmatični cilindri, ang. extend. **Kaskada**

1. **Niz zaporedno postavljenih naprav** iste vrste, ki po stopnjah obdelujejo energijo, material ali podatke. Npr. ~ jezov pri regulaciji hudournikov.
2. Pri **načrtovanju**: razdelitev problema na skupine, najdemo rešitev za vsako skupino in nazadnje povežemo skupine v skupno rešitev. Takšna je npr. **kaskadna metoda** pri načrtovanju zaporednih krmilij (npr. pnevmatičnih).
3. Manjši stopničasti slap: umetno narejena kaskada. Tudi slapu podoben ognjemet.

Kaskadna metoda Na preprost način lahko načrtujemo le pnevmatično vezje, pri katerem se gibi delovnih valjev znotraj delovnega cikla izmenično ponavljajo, npr. 1A+, 2A+, 1A-, 2A-. Včasih pa se **gibi delovnih valjev znotraj delovnega cikla ne ponavljajo izmenično**. Tipičen primer je vpenjanje in žigosanje 1A+, 2A+, 2A-, 1A-, glej neuspešen poskus reševanja pod geslom Škarjasti signal.

Takšne probleme lahko reši kaskadna metoda. Uporabljamo jo, ko se s klasičnim načrtovanjem ne moremo rešiti škarjastih signalov.

Poskusimo nalogo 1A+, 2A+, 2A-, 1A- rešiti s kaskadno metodo! Diagram pot-korak že poznamo.

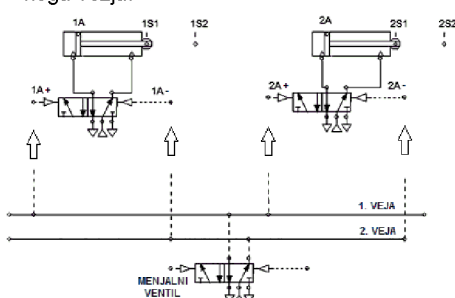
Vrstni red dela po tej metodi je naslednji:

A. Najprej narišemo samo oba delovna valja s pripadajočima delovnima potnima ventiloma. Sistem moramo razdeliti na **kaskade** (skupine) tako, da bodo v eni kaskadi samo gibi različnih delovnih valjev:

1. kaskada 1A+, 2A+ (1. veja)
2. kaskada 2A-, 1A- (2. veja)

Vsaka kaskada bo vezana na svojo **vejo**. Veja je vod, v katerem oskrba s stisnjenim zrakom ni vedno zagotovljena - izmenično bo s stisnjenim zrakom oskrbovana veja 1 in nato veja 2.

B. Preklapanje med vejami bodo zagotavljali **menjalni ventili**, ki jih je **za ena manj od** števila **vej**. V našem primeru imamo eden menjalni ventil. Narišemo lahko osnutek bodočega pnevmatičnega vezja:



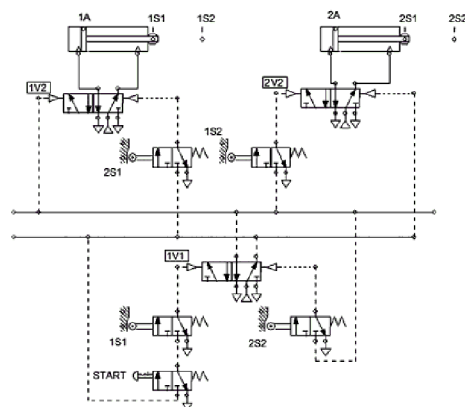
C. Zapišemo še logične enačbe za sproženje izvlekov, uvlekov in menjalnega ventila:

- 1A+ = 1.veja
- 2A+ = 1.veja \wedge 1S2
- 1A- = 2.veja
- 2A- = 2.veja \wedge 2S1

Menjalni ventil 5/2:

- Preklop v 1.vejo: 2.veja \wedge START \wedge 1S1
- Preklop v 2.vejo: 1.veja \wedge 2S2

Sedaj pa lahko iz osnutka preidemo na končno pnevmatično shemo:



Prim. Taktna veriga.

Kibernetika Veda o upravljanju sistemov, ukvarja se s **krmiljenjem** in **regulacijo**. Prevod v slovenščino: upravljanje, vodenje. Ang. cybernetics, beseda izhaja iz gr. kybernetes: krmar.

Kibernetika preučuje in primerja:

- komunikacijske in nadzorne mehanizme v živčnem sistemu **živih bitij**
- mehanizme zapletenih elektronskih **strojev**

Kombinacijsko krmilje Glej Krmilje in znotraj tega gesla Vrste krmilij: logična ali kombinacijska krmilja. Sin. logično krmilje.

Kompresijsko razmerje Pomemben podatek **pri motorjih z notranjim zgorevanjem**. Je prostorsko razmerje plinov v valjih pred komprimiranjem in po njem.

Običajni bencinski motorji imajo kompresijsko razmerje ~ 9 : 1, kar pomeni, da se zmes stisne na devetino prvotne prostornine.

Pri dizelskih motorjih je k.r. ~ 22:1, lahko tudi več. Visoko k.r. je potrebno že zato, da se v valjih stisnjeni zrak ogreje za samodejni vžig goriva. Po drugi strani pa je tudi termodinamični delovni krožni proces ugodnejši, boljši je izkoristek.

Kadar merimo kompresijo v avtomehanični delavnici, takrat **merimo pritisk** in ne kompresijsko razmerje! Da bo izmerjena vrednost čim bolj podobna kompresijskemu razmerju, proizvajalci ponavadi predpišejo, da se kompresija meri pri delovni temperaturi, torej **pri toplem motorju**. Običajno se v delavniških priročnikih podajo tudi **minimalne vrednosti kompresijskega tlaka** - če jih motor ne doseže, je nekaj narobe s tesnenjem ventilov, batnih obročk ali je kakšna druga napaka v cilindru.

Kompresor Delovni stroj, ki **stiska** (komprimira) **pline** (stisljive fluide) - mehansko energijo spreminja v potencialno (tlačno) energijo. Prim. Tlačilka.

GLAVNA PNEVMATIČNA PODATKA pri kompresorju sta:

a) Zmogljivost - količina zraka v časovni enoti [L/min, m³/min], ki jo zmore stiskati kompresor. Poznamo:

- **Efektivno zmogljivost** Q_e (**dobava**, **izhodna zmogljivost**, **pretok**) - realna razpoložljiva količina stisnjene zraka, ki je **najpomembnejši podatek** za praktično uporabo kompresorja. Vedno je podana **pri določenem delovnem tlaku**, npr. 290 L/min pri 6 bar. Če želimo zagotoviti trajno neprekinjeno obratovanje pnevmatičnih naprav, mora biti efektivna zmogljivost kompresorja **večja od vsote PORAB ZRAKA pri vseh porabnikih**, ki delujejo **hkrati**.
- **Teoretično zmogljivost** Q_t ali Q_i , ki se lahko teoretično izračuna, npr. za batni kompresor: $Q_t = V_k \cdot n$ [L/min, m³/min]

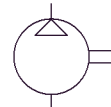
V_k ... volumen kompresorja [L, m³]
 n ... vrtilna hitrost [min⁻¹]

Včasih jo proizvajalci imenujejo tudi **sesalna zmogljivost** ali **sesanje**, ker predstavlja pretok vsesanega zraka. Teoretično zmogljivost je seveda veliko **večja** od efektivne zmogljivosti, saj v tem primeru kompresor ne stiska zraka na delovni tlak - zato **nikar ne zamenjamo** obeh strokovnih izrazov!

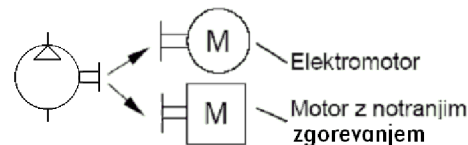
b) Tlak kompresorja:

- **največji nadtlak** p v [bar, MPa], ki ga lahko kompresor zagotavlja
- **primarni tlak**, ki je praviloma povezan z efektivno zmogljivostjo

Pri kompresorjih na električni pogon sta pomembna podatka tudi **moč elektromotorja** [W] in **priljučna napetost** (enosmerna, izmenična). **Izkoristki** kompresorjev so od 50% (manjši kompresorji) pa do 80% (večji kompresorji). Simbol:



Možna simbola za pogon kompresorja:



Najpomembnejši vpliv na izbiro kompresorja imajo **porabniki** (delovne komponente) - **večja** kot je **skupna poraba** zraka pri izbranem primarnem tlaku, **večja** mora biti **efektivna zmogljivost kompresorja**. Velikost tlačne posode nato določimo s pomočjo diagrama (glej geslo Tlačna posoda).

Razen zgoraj navedenih podatkov pa **NA IZBIRO KOMPRESORJA VPLIVAJO** tudi:

- **vir energije** je vedno pomemben: **mehanski** pogon, **motor z notranjim zgorevanjem** ali **elektrika** (enosmerni, izmenični, morda celo trifazni tok)
- **dimenzije** kompresorja (sploh pri mobilni uporabi so pomembne čim manjše dimenzije),
- **zanesljivost** delovanja, **hrup** in seveda - **cena**.

Kompresorji so lahko **OLJNI** ali **BREZOLJNI**.

BREZOLJNI kompresorji **ne mažejo tesnilnega prostora kompresorja**, lahko pa mažejo ležaj ojnice z maslo ali oljem za trajno uporabo (mazivo se ne doliva in ne zamenja). Poznamo:

- brezoljne membranske kompresorje in
- brezoljne batne kompresorje, pri katerih sta bat in ojnica običajno v enem kosu

Brezoljni kompresorji so pri enaki efektivni zmogljivosti / tlaku **cenejši in lažji** od oljnih kompresorjev. So pa tudi **glasnejši in ne delujejo tako trajno** kot oljni kompresorji - na njih pogosto piše NO SERVIS (ni popravila ob okvari). Lahko pa so dobra izbira **za občasno uporabo**, npr. za **airbrush**.

OLJNI (oljno mazani) kompresorji imajo olje v bloku kompresorja. Ojnični ležaj, valj in ležaj v batnem sorniku se mažejo **s pljuskanjem** in **z oljno meglo** (aerosolom). Zato so **tišji in trajajo nekajkrat dalj časa** kot brezoljni kompresorji. Vendar, po drugi strani se **ne moremo izogniti oljnim delcem v stisnjemem zraku**, saj olje prehaja tudi v tesnilni prostor - to olje je neuporabno in se **mora filtrirati**.

Kompresorska (tesnilna) **olja** so lahka olja, ki zagotavljajo visoke tlake, obenem pa zaščito pred obrabo in korozijo. S tem zagotavljajo dolgo življenjsko dobo kompresorja. Njihovo viskozno označujemo tudi po SAE, kot npr. motorna olja. Z oljem ustvarimo **tanek oljni film na stenah valja** (zelo kvalitetni kompresorji le 2 do 8 μ m), po katerem drsijo batni obročki. V stisnjemem zraku nastanejo aerosoli z 1 do 3 mg/m³ olja. Ta olja pa so že uporabljena, nimajo več nobenega mazalnega ali tesnilnega učinka in zato nimajo nobene uporabnosti. S filtriranjem se lahko znebimo skoraj 100% teh delcev, obstajajo celo **sterilni** filtri. Oljni kompresorji so **težji in dražji**. Za **vsakodnevno uporabo** je oljni kompresor edina možna preudarna rešitev. Kdor pa se želi odločiti za brezoljni kompresor.

Zračni tlak lahko dosežemo na 2 načina:

1. **Z direktnim zmanjševanjem volumna** (kompresijo), tako da na izhodu že dobimo zračni tlak. Predstavnik: **batni**, **membranski batni** in **lamelni** (krilni, rotacijski) kompresor.
2. **S pospeševanjem hitrosti zraka**. Zračnemu toku **povečujemo** izstopno hitrost, s tem pa **ki-**

netično energijo, ki se nato spremeni v tlačno šele v nekem zaprtem volumnu. Tlačna razlika Δp med tlakom na vходу in tlakom na izhodu znaša nekaj 100 mbar. Predstavniki: volumetrični, vijačni in turbokompresor.

Efektivne zmogljivosti in tlačna območja za glavne vrste kompresorjev so:

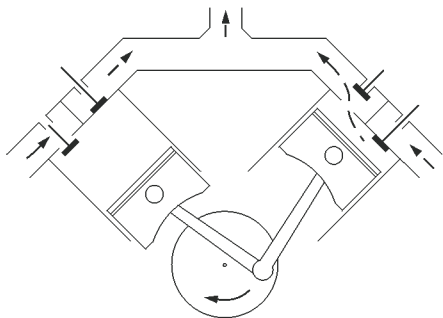
Tip kompr.	Q_e [m ³ /h]	p [bar]
Batni	180 - 24.000	1,0 - 1.000
Lamelni	270 - 15.000	0,2 - 13
Vijačni	200 - 60.000	0,8 - 40
Volumetrični	40 - 3.500	0,3 - 6
Radialni	300 - 230.000	0,5 - 300

Stisnjen zrak, ki zapušča kompresor, je vroč, vsebuje vodno paro, onesažen je z oljem iz kompresorja in z umazanimi delci. Zato tak zrak ohladimo, nastali kondenzat pa izpuščamo z izločevalnikom kondenzata. Preostalo vlago pa lahko izločimo iz stisnjene zraka tako, da zrak sušimo.

Izkoristki manjših kompresorjev znašajo 50%, velikih pa do 80%.

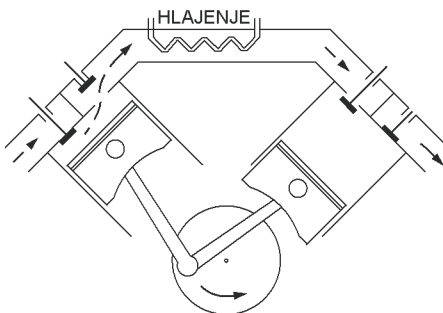
V praksi kompresorje pogosto povezujemo med seboj. To lahko naredimo na dva načina:

a) Enostopenjsko: vsak kompresor ima svoje sesanje iz okolice (atmosferski tlak), vsi kompresorji pa imajo skupen tlačni del (tlačijo v isto posodo). Tako povečujemo predvsem pretok (bolj kot tlak), pa tudi dobava zraka je bolj enakomerna kot pri enobatnem kompresorju:



Enostopenjsko povezana batna kompresorja

b) Večstopenjsko: stisnjen zrak iz prvega kompr. povežemo s sesanjem drugega kompresorja itd. Na ta način povečujemo predvsem tlak v pnevmatskem sistemu, pa tudi pretok (sploh če zrak vmes hladimo). Poznamo dvo-, tri- in večstopenjske kompresorje:

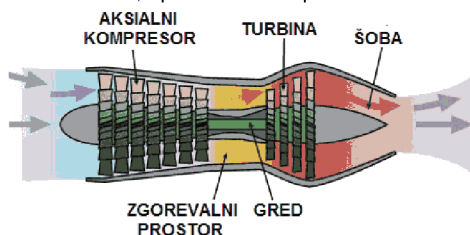


Dvostopenjsko povezana batna kompresorja

Povezovanje kompresorjev močno spominja na povezovanje akumulaterjev: zaporedna vezava povečuje skupno napetost (V), vzporedna vezava pa kapaciteto (Ah).

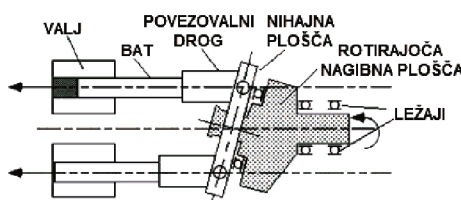
Prim. puhalnik, ventilator, zgoščevalnik.

Kompresor - aksialni Lopatice so obrnjene v aksialni smeri, npr. letalski kompresor:



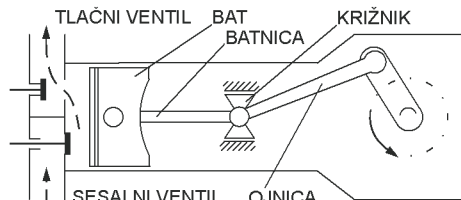
Sin. osovinski kompresor.

Kompresor - aksialni z nihajno ploščo Deluje na enak način kot aksialna batna črpalka:



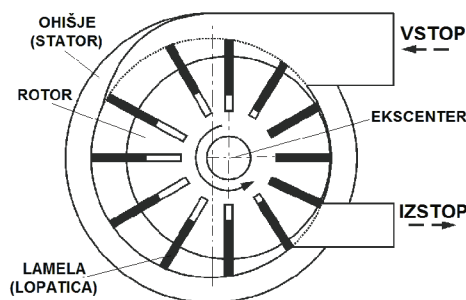
Ker zavzema malo prostora, se pogosto uporablja za avtomobilske klimatske naprave.

Kompresor - batni Pri premikanju ročičnega gonila gor in dol se zrak vsesava in nato iztisne. Delovanje krmilimo s sesalnimi (vstopnimi) in tlačnimi (izstopnimi) ventili.



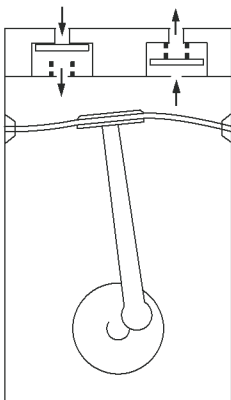
Z batnimi kompresorji dosegamo visoke izkoristke in visoke tlake.

Kompresor - lamelni Rotor je v ohišju nameščen ekscentrično. V radialne utore rotorja so vstavljena prečna krilca (lopatic), ki jih centrifugalna sila potiska navzven, da tesno drsijo po statorju. Prostor med dvema sosednjima krilcema imenujemo celica. Povišanje tlaka nastane zaradi pomanjševanja volumna v vsaki celici:



Prednosti lamelnih kompresorjev: mirno in enakomerno delovanje (brez vibracij kot npr. pri batnem kompresorju) ter majhne dimenzije. Slabost je manjši izkoristek ter obraba lopatic.

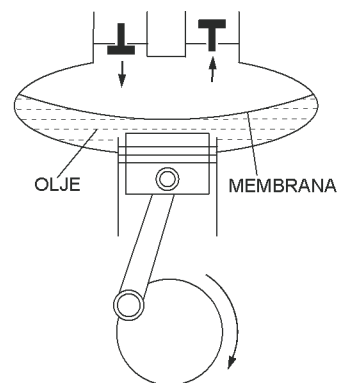
Kompresor - membranski Delujejo podobno kot batni kompresorji, le da vlogo bata prevzame membrana. Običajno imajo velik premer valja in kratek gib bata, gospodarni pa so tudi pri majhnih pretokih in nizkih tlakih.



Ker ni potrebno mazati tlačnega prostora, je stisnjen zrak čistejši v primerjavi z batnimi kompresorji - zato jih uporabljamo v kemični, prehranski in farmacevtski industriji, tudi za airbrush.

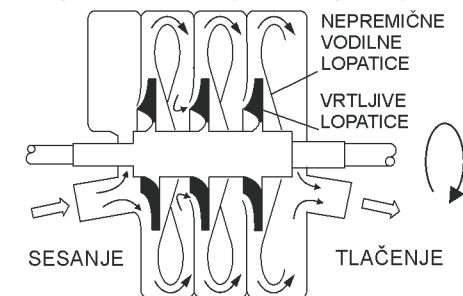
Vendar - membrano je treba zamenjati. Najboljše membrane imajo življenjsko dobo 4000 do 8000 h.

Kompresor - membranski batni Pravijo mu tudi oljni membranski kompresor in je seveda dražji od običajnega membranskega kompresorja:



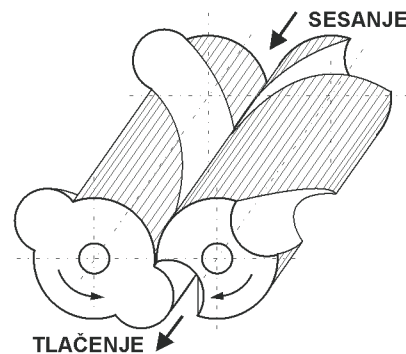
Ker ni potrebno mazati tlačnega prostora, je stisnjen zrak čistejši v primerjavi z batnimi kompresorji - zato jih uporabljamo v kemični, prehranski in farmacevtski industriji.

Kompresor - radialni (turbokompresor)



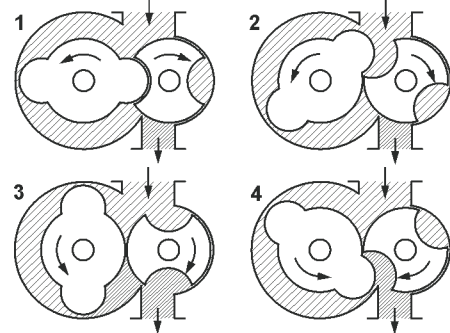
Radialni - lahko ga poganja turbina (turbokompresor)

Kompresor - vijačni Odlikujejo se po majhnih vgradnih dimenzijah, po manjši končni temperaturi stisnjene zraka in po enakomerni oskrbi z zrakom.

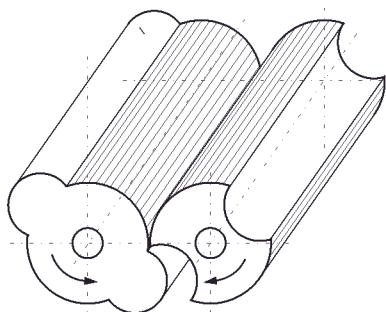


Delovanje vijačnega kompresorja

Kompresor - volumetrični Zrak se na vstopni strani vsesava v komore, kjer se mu zaradi vrtenja batov zmanjšuje prostornina in zato narašča tlak do neke določene končne vrednosti.



Volumetrični (Rootsov) kompresor



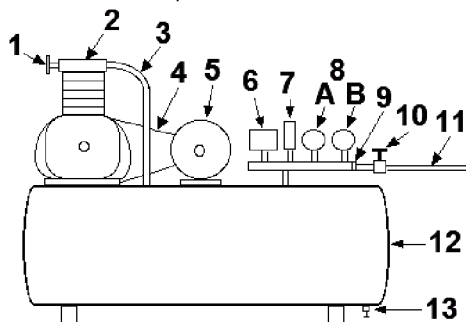
Rotorji volumetričnega kompresorja

Kompresorska enota Sestav, ki ga samo priključimo na izvor energije (običajno na elektriko), pa nam na izhodu že omogoča:

- nastavljanje **stabilnega tlaka zraka**,
- zadostno **varnost** ob uporabi.

Kompresorska enota **filtrira samo vstopni zrak**, za natančno pripravo delovnega zraka (filter, naoljevalnik itd.) pa so namenjene druge naprave.

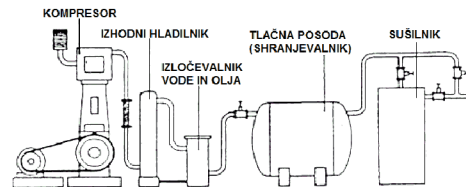
Sestavni deli kompresorske enote:



1 zračni filter in vstop zraka **2** kompresor **3** tlačni vod do tlačne posode **4** jermenski pogon (možnost) **5** elektromotor **6** tlačno stikalo, ki avtomatično izklaplja motor, ko se doseže nastavljeni primarni tlak v tlačni posodi **7** izpustni (varnostni, nadtladni) ventil **8A** manometer za primarni tlak **8B** regulator tlaka z manometrom (naj bo zavarovan proti nehotenemu odvijanju) **9** razdelilnik s hitrimi sklopkami (možnost), ki omogoča priklop na delovni tlak, lahko pa tudi povezavo tlačne posode z drugim kompresorjem **10** zapirni ventil **11** oskrbovalna cev z delovnim tlakom za pnevmatični sistem **12** tlačna posoda **13** ventil za izpust kondenzata

Kompresorsko enoto v pogovoru imenujemo kar **kompresor**. Razlikuj: kompresorska postaja.

Kompresorska postaja Prostor s kompresorsko enoto in s pripadajočo opremo, ki pripravlja stisnjen zrak za večje pnevmatične sisteme (proizvodna podjetja, delavnice itd.). Oprema običajno zajema sušilnik, oljni izločevalnik, filter za odstranjevanje nečistoč itd..



Kompresorska postaja naj bo v posebnem, zvočno izoliranem prostoru z dobrim naravnim prezračevanjem. Na mestu sesanja naj bo zrak kolikor mogoče hladen, čist in suh. Pravilna postavitev je zelo pomembna za zagotavljanje kvalitetnega stisnjenega zraka, redno vzdrževanje kompresorske postaje pa zagotavlja dolgotrajno delovanje ob minimalnih stroških.

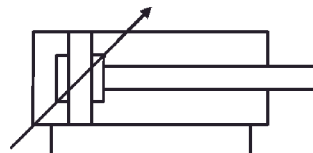
Kompresorsko hlajenje Glej Hladilne naprave.

Končno dušenje cilindrov Z zaviranjem batov na koncu izvleka ali uvleka **preprečimo** udarjanje batov v pokrov valja, kar povzroča:

- **poškodbe** na batu in na končnih legah valjev
- **treslajve** v končnih legah, kar je seveda neugodno tako za delovanje kot tudi za hrupnost
- preveliko in nepotrebno **porabo energije**

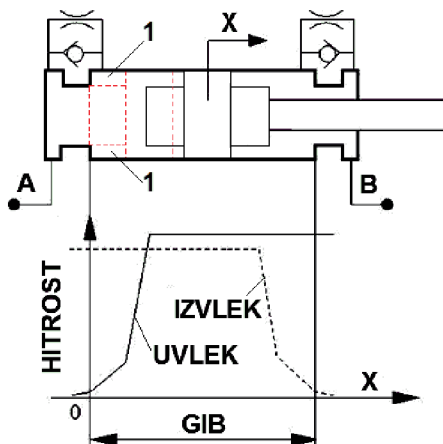
Simbol dvosmernega delovnega valja z nastavlji-

vim končnim dušenjem vidimo tudi pod geslom Pnevmatični cilindri:



DVOSMERNI DELOVNI VALJ Z NASTAVLJIVIM KONČNIM DUŠENJEM

Poglejmo enega od možnih načinov delovanja:



A in B sta priključka. Skozi enega od njiju doteka stisnjeni zrak, skozi drugega pa izstopa odzračevanje. Z rdečimi črtkanimi črtami je narisano položaj bata, pri katerem začne delovati enosmerni dušilni ventil. V tem trenutku **se zapre zrak v volumnju 1**, izteka lahko samo skozi dušilni ventil. Zato se pojavi **tlak**, ki deluje **v nasprotni smeri gibanja bata**, hitrost bata pa zato strmo pade.

Končno stikalo Stikalo, ki:

- **ga aktivira neka fizikalna veličina** (sila, tlak, svetloba, kapacitivnost, magnetno polje itd.); najpogosteje **prepozna**, kdaj je neki premikajoči predmet zavzel določeno **pozicijo**; končno stikalo ni namenjeno temu, da bi ga aktiviral človek
 - nato **odda signal** (pnevmatični, hidravlični, električni, mehanični), ki lahko aktivira neko napravo
- Sestavljata ga:

- SENZOR**, ki sprejema vhodne signale in
- STIKALO**, ki oddaja signale in je **vedno monostabilno**. Pri tem ne mislimo le na električno stikalo, temveč na **dajalnike vseh oblik signalov**. Tudi npr. potni ventil je stikalo (pnevmatično stikalo), saj oddaja tlačne signale.

Med senzorjem in stikalom je lahko tudi **PRETVORNİK SIGNALA** (npr. iz optičnega v električni).

Primer uporabe: odpiranje vrat povzroči aktiviranje končnega stikala, ki prižge luč.

Primeri veličin, ki jih lahko zaznavamo:

- položaj batnice delovnega valja
 - **višina**, npr. določanje nivoja tekočine v posodi
- Katere informacije še lahko daje** končno stikalo:
- **čas**: kdaj je obdelovanec prispel na položaj za nadaljevanje obdelovalnega procesa
 - **štetje** števila izdelkov
 - določanje **razdalje** med obdelovanci itd.

Po **načinu zaznavanja** pozicije (vhodni signali) **DELIMO** končna stikala **NA SKUPINE**:

a) Kontaktna končna stikala se aktivirajo z direktnim fizičnim stikom (mehanično aktiviranje). Delimo jih na:

- **mehanska**, ki sprejemajo in tudi oddajajo samo mehanične signale, npr. potni ventil - sprejemanje pomikov in oddajanje tlačnih signalov; prim. **Končno stikalo - mehansko**;
- **električna**, ki sprejemajo mehanične signale in oddajajo električne signale; glej **Končno stikalo - električno**

b) Brezkontaktna (brezdotočna) končna stikala, ki se aktivirajo **brez fizičnega stika** z objektom. Senzorji sprejemajo brezkontaktno fizikalne veličine: svetloba (tudi po posameznih valovnih dolžinah: infrardeče IR valovanje, posamezne barve itd.), ultrazvok, električno in magnetno

polje, radijski valovi (najpogosteje na UHF in VHF frekvencah) itd.. Primeri senzorjev: induktivni, magnetični, kapacitivni, optični itd. Oddani signali so praviloma električni. Glej geslo **Brezdotočno aktiviranje kontaktov**.

Procesno aktiviranje pa je izraz, ki zajema tako mehanično kot tudi brezdotočno aktiviranje.

SIMBOL končnega stikala mora vsebovati **vrsto senzorja** in **pozicijo** končnega stikala. Če se signali pretvarjajo, tedaj simbol prikazuje tudi **način pretvarjanja signalov**.

Električna in brezdotočna končna stikala se na elektropnevmatičnih shemah rišejo **dvakrat**:

- na **pnevmatični shemi**, kjer je pomembna vrsta in mehanska pozicija **senzorja**
- na **električni shemi**, kjer je pomembna vrsta stikala in **vloga v električni shemi**

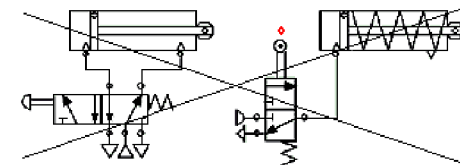
Ker je smisel simbolov na vsaki shemi drugačen, je tudi **simbol istega končnega stikala** na električni shemi **drugačen** kot na pnevmatični shemi.

Sin. signalni ventil, mejno stikalo, mejni signalnik, mejni ventil, kontaktno tipalo (mehansko, električno), pozicijsko stikalo, razvodni ventil. Prim. Senzor, Mikrostikalo.

Končno stikalo - mehansko Pri pnevmatiki je mehansko končno stikalo najpogosteje potni ventil, ki se aktivira **s kolescem** ali **s klecnim kolescem**. Ostale možne načine aktiviranja pa najdemo pod geslom Potni ventil - način aktiviranja, mehanično aktiviranje. Sin. pozicijsko stikalo.

Spodnja risba prikazuje dva **načina risanja** pnevmatičnih shem, ki vsebujejo tudi pnevmatična končna stikala **z mehanskimi kontakti**:

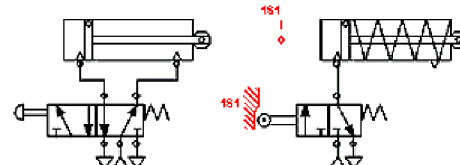
1. Direktno risanje kontaktnih končnih stikal: običajno je potrebno končna stikala obrniti za 90°.



Oznaka **romba** (karo) na zgornji risbi označuje položaj, na katerem se končno stikalo aktivira. Direktni način risanja kontaktnih končnih stikal je zastarel, vendar se ponekod še uporablja.

2. Posredno risanje končnih stikal: **vsako končno stikalo** na shemi **označimo dvakrat** (posebej senzor in posebej stikalo) **z isto oznako**:

- najprej poimenujemo **položaj mehanskega senzorja** - v našem primeru je to položaj paha delovnega valja **1S1**, ki je označen **s črtico** in **z romбом** (lahko tudi brez romba)
- **mehanski kontakt** nato skupaj z imenom **1S1** simbolično prenesemo na drugo mesto na shemi tako, da na novem položaju narišemo **izbočeno** in **šrafirano steno** (koleno):



Posredni način risanja končnih stikal je **preglednejši** in omogoča jasno predstavitev krmilja tudi **pri zahtevnejših shemah** ter **pri brezkontaktnih končnih stikalih**. Zato je **predpisan s standardi**. V tem primeru označujemo **samo pozicijo** končnega stikala. **Potnega ventila**, ki je povezan s to pozicijo, **ne imenujemo posebej** - na ta način poenostavimo krmilno shemo.

Konjugacija Združitve. **Konjugirati**: (z)vezati, (z)družiti; biološko: spariti. Slovnico: spreganje. Biološki pomen konjugacije: prenos genetskega materiala iz ene celice v drugo.

Konjunkcija Sočasnost dveh dogodkov oz. procesov. V zvezi z logičnimi operacijami: **IN** logična funkcija. Prim. Logična funkcija, Disjunkcija, Negacija.

Kontaktno tipalo Glej Končno stikalo (mehansko, električno).

Koračni diagram Diagram, ki ima na vodoravno

os nanešene korake, npr. diagram pot-korak, funkcijski diagram itd..

Koračno krmilje Glej Krmilje (vrste krmilij).

Korak Glej Diagram pot-korak.

Križnik Strojni element, ki povezuje batnico in ojnico. Sestavni del križnika je vodilo, ki mu zagotavlja premočrtno gibanje skupaj z batnico. Glej risbo pod geslom Kompresor.

Krmiliti Voditi, upravljati, neposredno vplivati.

Krmilje Sklop, ki zajema vse sestavine, zaradi katerih stroj ali naprava deluje po vnaprejšnjem predvidenem načrtu dela.

Vsako krmilje je sestavljeno iz dveh delov:

A. Energetski (močnostni) del krmilja (mehanski, pnevmatični, hidravlični, električni itd.) in

B. Informacijski del krmilja.

Pomembna sestavina vsakega krmilja so krmilni in signalni elementi. Npr. ~ letala, avtomobila itd.

VRSTE KRMILIJ:

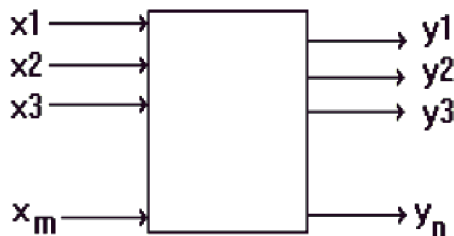
1. Glede na **IZVEDBO** poznamo:

- OŽIČENA krmilja**. Zanje je značilno, da lahko njihovo delovanje spremenimo le, če posežemo v ožičenje krmilja. To so npr: elektromehanska (kontaktna) krmilja (vsebujejo stikala, releje, EM ventile itd.), elektronska (vsebujejo logična vrata, števec itd.), neelektrična (pnevmatska, hidravlična itd.).
- PROGRAMIRLJIVA krmilja**. Njihov način delovanja je določen s programom, ki je zapisan v pomnilniku in ga lahko po želji spremenimo. Najpogosteje se v ta namen uporabljajo programirljivi logični krmilniki PLK (PLC) in mikro-krmilniki (μC).

Iz gornjega pregleda vidimo, da so električna krmilja elektromehanska in elektronska (polprevodniška: ožičena ali programirljiva logična)

2. Glede na odvisnost **VHODOV** in **IZHODOV**:

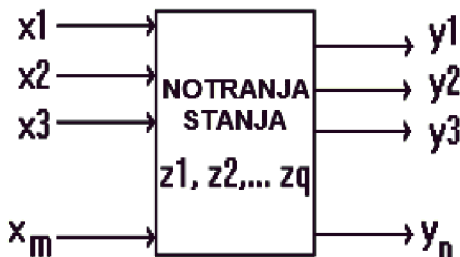
- LOGIČNA** (kombinacijska) krmilja ne vsebujejo pomnilnih elementov, stanja izhodnih spremenljivk **y** so direktno odvisna le od trenutnih vrednosti (stanj) vhodnih spremenljivk **x**:



Enostavni primer je časovno krmiljenje šolskega zvonca ali pa krmiljenje različnih vhodnih veličin s pomočjo logičnih funkcij.

Asinhrona krmilja delujejo brez signala za takt. **Sinhrona** krmilja pa je usklajeno z neko napravo (npr. s tračnim transporterjem) ali pa deluje po določenem taktu.

- SEKVENČNA** (zaporedna) krmilja - na izhodna stanja **y** vplivajo tako vhodna stanja **x** kot tudi notranja stanja sistema **z** (vsebujejo POMNILNE ELEMENTE):



Pomnilni elementi so npr. bistabilna stikala ali pomnilne celice v elektrotehniki, bistabilni potni ventili pri pnevmatiki / hidravliki itd. Omogočajo, da lahko trenutno stanje neke vhodne veličine povzroči trajno spremembo ene ali več izhodnih veličin. Svoja notranja stanja ohranjajo tudi, če je sistem izključen.

Najpomembnejša in najzahtevnejša krmilja so prav sekvenčna. Snovanje teh krmilij si olajšamo z uporabo prenosnih funkcij, frekvenč-

nih karakteristik, preverjamo tudi stabilnostne pogoje itd.. Upoštevam tudi, da se lahko ista kombinacija vhodnih spremenljivk zaradi dodatnih notranjih stanj preslika v različne izhodne kombinacije.

Poznamo dve skupini sekvenčnih krmilij:

> **PROSTO delujoča krmilja** - na vohodu se lahko pojavijo veličine v poljubnem zaporedju. Funkcijska odvisnost med vhodnimi, notranjimi in izhodnimi veličinami je poljubna, lahko tudi analogna. Npr.: krmilje, ki išče praštevila med števili 1 in 100.

> **KORAČNA krmilja** - delovna naloga se izvede po korakih, ki si sledijo v točno določenem zaporedju. Vsak naslednji korak se prične šele potem, ko se prejšnji korak zaključí. Delovanje krmilja sproži začetni korak.

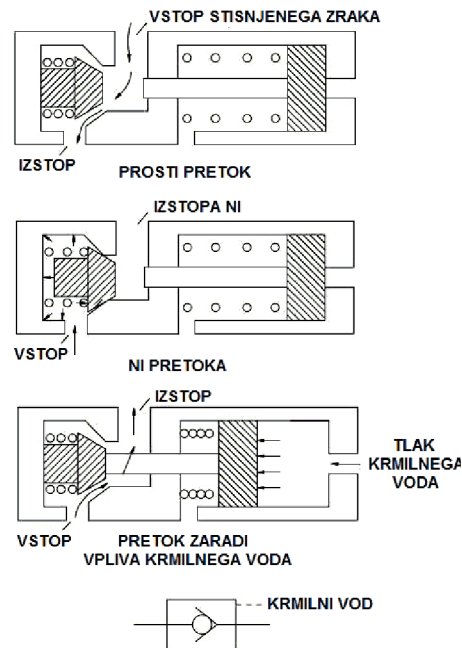
Običajno se zaporedje ciklično ponavlja - korake lahko združimo v delovni cikel.

Primeri koračnega krmilja: delovanje pralnega stroja, tudi pnevmatična in hidravlična krmilja so najpogostejše koračna.

Snovanje koračnih krmilij je sistematično delo, vse možnosti podrobno analiziramo z diagrami gibanj. Primer analize koračnega krmilja - glej geslo Načrtovanje pnevmatskih krmilij. Pri koračnem pnevmatskem krmilju lahko težave povzročajo bistabilni ventili - glej geslo Škarjasti signal.

Prim. Načrtovanje krmilij. Razl. krmilnik.

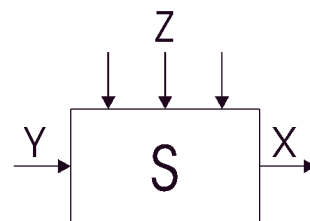
Krmiljeni nepovratni ventil Glej Zaporni ventili. Delovanje:



Krmiljenje Uravnavanje neke izhodne oziroma krmiljene veličine **X** na ta način, da:

- sistem sprejema podatke o vhodni (krmilni) veličini **Y**, pri tem je prenos podatkov lahko ročen in/ali avtomatiziran
- da sprememba vhodne veličine vpliva na spremembo izhodne veličine **X**; pri tem je pretok informacije enosmeren, od vhoda proti izhodu: samo **Y** vpliva na **X**, obratnega vpliva ni
- nimamo povratne informacije o trenutnem stanju krmiljene veličine (to je slabost krmiljenja)

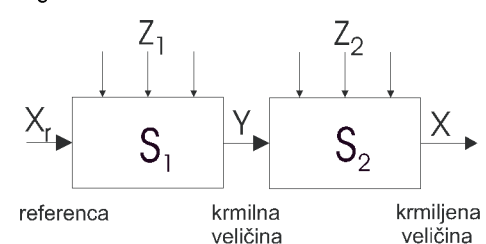
Zelo pomembno je poznati razliko med besedama **KRMILJEN** (uravnavan, voden, npr. ~a veličina **X**) in **KRMILNI** (veličina, ki poveljuje oz. center, iz katerega gredo povelja; v našem prim. veličina **Y**). Krmiljena in krmilna veličina sta prva podatka, ki ju je potrebno prepoznati pri vsakem obravnavanem krmiljenju! Razen vhodne (krmilne) veličine so vplivne veličine tudi motnje Z, ki se spreminjajo brez našega nadzora, torej neželjeno:



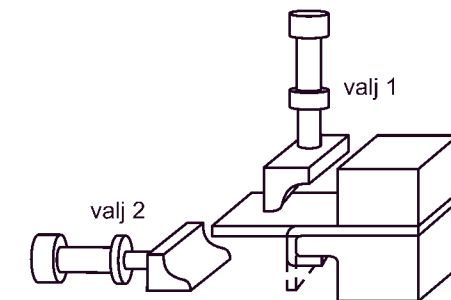
Načelo krmiljenja ali **ODPRTE ZANKE VODENJA**: sistem **S** pod vplivom vhodne (krmilne) veličine **Y** in motenj **Z** spreminja izhodno veličino **X**.

Primeri krmiljenja:

- Krmiljenje temperature prostora** (krmiljena, izhodna veličina **X**) z ročno (približno) nastavitvijo primerne pretoka tople vode (krmilna oz. vhodna veličina **Y**), ki kroži skozi radiator. Ta sistem nima povratnih informacij o temperaturi prostora in tudi ne reagira na motnje.
- Ogrevanje prostora samo tedaj, ko senzor zazna gibanje: tudi to je krmiljenje, čeprav je zajemanje podatkov avtomatizirano. Gre namreč za avtomatično zajemanje (merjenje) **VHODNIH, ne pa izhodnih podatkov**.
- Časovni krmilnik za nočno javno razsvetljavo**. Cesto osvetlimo ob določeni večerni uri, ne glede na povratno informacijo, ali je cesta res ustrezno osvetljena. Tudi podnevi se lahko pojavi potreba po osvetlitvi (npr. ob megli). Dodatna vhodna informacija je lahko tudi morebitna uničena svetilka, pregoreta žarnica itd. Poznamo tudi časovno krmiljenje ogrevanja prostorov itd. Pogosto se zgodi, da merimo neko veličino, ki ni izhodna veličina opazovanega sistema (npr. čas, gibanje, ovire ob premikanju vrat itd.). V odvisnosti od take meritve nato spreminjamo vhodne veličine sistema (najpogosteje ga vklopimo - izklopimo), brez vsake primerjave z željeno vrednostjo. V vseh tovrstnih primerih gre za krmiljenje in ne za regulacijo.
- Eden krmilni ali regulacijski sistem lahko krmilimo drugega, npr.: s časovnim krmilnikom krmilimo pretok tople vode skozi radiator in na ta način temperaturo v prostoru. Časovni krmilnik ima vhodno (čas) in izhodno veličino (pretok tople vode), ki je že vhodna veličina naslednjega krmilnega sistema. Skupen rezultat: radiator bo grel le ob določenem času.



Če se koraki vrstijo eden za drugim, imenujemo tako krmilje koračno. Primer koračnega krmilja je upogibanje pločevine v dveh korakih:



Ang. control, nem die Steuerung. Prim. regulacija.

Krmilna shema Glej Vežalna shema.

Krmiljeni nepovratni ventil Glej Zaporni ventili.

Krmilni diagram Diagram, ki prikazuje stanje signalov na posameznih vodih (priključkih), v odvisnosti od korakov ali od časa. Prim. Funkcijski diagram.

Obravnavani priključki morajo biti tako na krmilnem diagramu kakor tudi na na krmilni shemi seveda obvezno ustrezno označeni (oštevilčeni)

- sicer hitro pride do zmede.

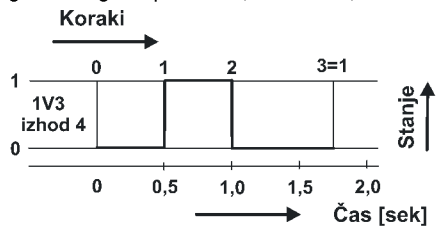
S krmilnimi diagrami najpogosteje prikazujemo signale na izhodih iz krmilnih ali delovnih **potnih ventilov**, seveda v odvisnosti od koraka ali časa.

Krmilni diagram v odvisnosti od **korakov** za potni ventil 1S2 iz primera 2, geslo Diagram pot-korak:



V zgornjem primeru zadošča oznaka 1S2 zato, ker ima ta potni ventil **eden sam izhod**. Če pa je izhodov na obravnavanem potnem ventilu več, tedaj je potrebno navesti, za katerega gre.

Krmilni diagram v odvisnosti od **časa** za Primer 3 iz gesla Diagram pot-korak, ventil 1V3, izhod 4:



Prim. Diagrami gibanj, Diagram pot-korak, Diagram pot-čas, Funkcijski diagram.

Krmilni elementi Elementi, ki krmiljeno veličino vodijo. Lahko so:

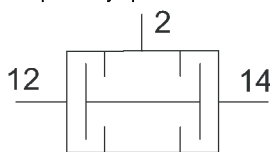
- a) **Mehanski**: volan in podobni krmilni mehanizmi, potni ventili pri pnevmatiki ali hidravliki itd..
- b) **Električni**: stikala, releji, kontaktorji, motorska zaščitna stikala, stikala na diferenčni tok (glej FID), inštalacijski odklopniki (nadtokovna zaščita), bremenska stikala (v industriji: glavna stikala brez zaščite), močnostni odklopniki (v industriji: glavna stikala z nadtokovno zaščito), odmikna, približevalna, mikro- in končna stikala.
- c) **Elektronski**: triac, tiristor, močnostni tranzistor.
- d) **Programirljivi**: PLK.
- e) **Kombinirani**: elektropnevmatski, elektrohidravlični itd.

Krmilni priključek, vod Vod, ki se uporablja le za krmiljenje, npr. za krmiljenje **dvovalčnih** in **izmeničnih nepovratnih ventilov** ali za **aktiviranje potnih ventilov**. Rišemo ga s črtkano črto:

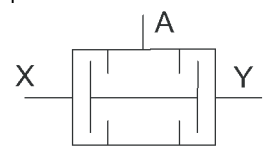
Krmilni vod

Krmilni priključek **označujemo**:

1. **Z dvema številkama** npr. 10, 12, 14 (novejši standard). Pri tem oznaka za krmilni vod 12 pomeni, da bo delovni vod 2 pod tlakom, če bo v krmilnem vodu 12 stisnjen zrak. Če na isti napravi uporabimo krmilna voda 12 in še 14, tedaj bo delovni vod 2 pod tlakom, če bo stisnjen zrak v obeh krmilnih vodih: v 12 in še v 14. Takšen primer je pri dvovalčnem ventilu:



2. **S črkami** X, Y, Z (starejši standard). Dvovalčni ventil bi po staremu standardu označili tako:



Glej Cevi za pnevmatično omrežje (krmilni vod), Potni ventil - priključki (krmilni priključek).

Krmilnik Naprava, ki **upravlja** zunanje naprave po **v naprej določenem načrtu dela** in **brez upoštevjanja** morebitnih **motenj**. Sin. upravljalnik, kontroler. Deluje tako, da:

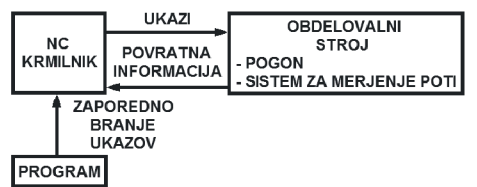
- sprejema podatke o vhodnih veličinah,
- podatke nato **obdelata** (pretvori) npr. z logičnimi funkcijami ipd.,
- rezultat obdelave so ustreznih signali, ki jih krmil-

nik **oddaja** (izhodne veličine)
Ker je prilagodljiv, je krmilnik **osnovno orodje za avtomatizacijo** industrijskih procesov in naprav. Posebna oblika krmilnikov so **PLK** - programabilni logični krmilniki, ang. **PLC** - Programmable Logic Controller in nem. SPS - Speicherprogrammierbare Steuerung. To so krmilniki, ki jih je **mogoče programirati** - pogosto jih zamenjujemo z mikrokontrolerji, mikrokrmilniki oz. mikroročunalniki:



Tudi del **CPU** (mikroprocesorja) v računalniku je **krmilna enota**.

NC krmilnik pretvarja programska navodila v GIBANJE. Naloge NC krmilnika so:



- ob zagonu programa **prevaja vhodne podatke v signale**, ki krmilijo motorje za glavna in podajalna gibanja,
- sprejema in obdeluje **povratne informacije** s stroja, npr. o dejanski poziciji orodja / obdelovanca in ostale podatke, ki so pomembni za pravilno delovanje stroja,
- sproti **primerja** vhodne podatke in povratne informacije, nato pa na osnovi prejetih navodil sprejema odločitve in na ta način upravlja stroj, dokler program ni končan.

Preprosti NC krmilniki ne sprejemajo povratnih informacij od stroja - pravimo, da je **povezava** med strojem in krmilnikom **ODPRTA** (glej geslo CNC).

CNC krmilnik pa vsebuje tudi poseben računalnik, ki izvaja preračune in zato omogoča **izvajanje zahtevnejših ukazov** in **sprotno popravljanje programskih navodil**.

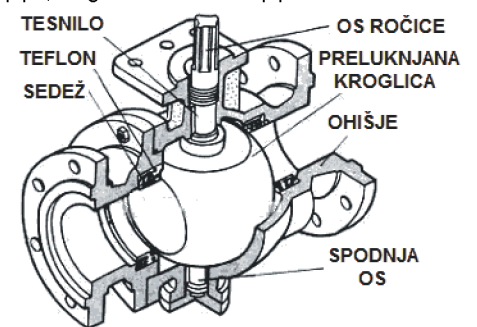
Proizvajalci CNC krmilnikov in njihova imena: **Siemens Sinumerik**, **FANUC**, **Haas**, **Heidenhain**, **Mazak**, **Rexroth IndraMotion MTX** (skupina Bosch) ... Sin. krmilna enota, kontroler, controller, PLC (Programmable Logic Controller), PLK (programabilni logični krmilnik). Prim. NC, CNC, postprocesor, DCS. Razl. krmilje.

Krmilnik je lahko tudi **priprava za krmiljenje domačih živali** (~ za pujske, krave itd.).

Krmilnik poti Glej potni ventil.
Krmilnik tlaka Glej Regulator tlaka, Regulator tlaka - zračne zavore.

Krmilnik toka Glej Tokovni ventili.

Krogelni ventil Zapirni ventil, ki regulira pretok fluida **s preluknjano kroglo**. Da zagotovimo tesnost, sta krogla in sedež ventila izdelana ali prevlečena s teflonom. Obstajajo tudi podobni ventili, ki imajo namesto krogle preluknjan valjček. Sin. ~ pipa, kroglični ventil. Prim. pipa.



Lamela Tanka, navadno podolgovata ploščica, kovinski (leseni) listič, jeziček, kolobar, trakec ipd. **Lamelirati**: iz lamel sestavljati nov proizvod: ~ les, ploščevino. Papirni, tekstilni in lesni **laminati** so z

umetno smolo napiti trakovi, ki so med seboj lamelirani in utrjeni pri temp. utrjevanja.

Lekaža Prepustnost, **netesnost**. Beseda izvira iz ang. leakage: prepuščanje, kapljanje.

Linearni pogon Glej Brezbatnični valj.

Logična funkcija Način razumevanja obdelave vhodnih binarnih informacij. Značilnost logičnih funkcij je, da jih lahko nadomestimo s konkretnimi elementi električnih, pnevmatičnih ipd. vezij.

Zaradi obsežnosti tematike so vsebine dodane še v naslednjih povezanih geslih:

- **Ladder diagrami**
- **Pravila stikalne algebre**
- **Veitchev diagram**

Osnovne logične funkcije so:

- **IN** (AND, UND, konjunkcija),
- **ALI** (OR, ODER, disjunkcija) in
- **NE** (NOT, NICHT, negacija).



IN funkcija ima **prednost** pred **ALI** funkcijo.

Pomembnejše izpeljane logične funkcije so še:

- **NE-IN** (NAND, UND-NICHT),
- **NE-ALI** (NOR, ODER-NICHT),
- **antivalenca** (ekskluzivni ALI, ExALI, EX-OR, XOR, exclusiv-ODER, ANTIVALENZ-Glied) in
- **ekvivalenca** (EXER-NOR, ÄQUIVALENZ-Glied, ekskluzivni NOR)

OPIS LOGIČNE FUNKCIJE je možen:

- a) Z logičnimi **SIMBOLI**, npr. po EN 60617-12, ki jih nato povežemo v **VEZALNO SHEMO**. Logične vezalne sheme so nato lahko osnova za katerekoli druge sheme: električne, pnevmatske, hidravlične itd.

- b) S **FUNKCIJSKO ENAČBO**. Za posamezne logične operacije uporabljamo posebne znake - **Boolova** oz. preklonpa **algebra**.

disjunkcija (ali, OR): +, ∨
 $x + y, x \vee y$
 konjunkcija (in, AND): ·, *, ∧, &
 $x \cdot y, x^* y, x \wedge y, x \& y$
 negacija (ne, NOT): -, ¬
 $\bar{x}, \neg x$

antivalenca: ⊕

Zapis preklonnih funkcij z Boolovo algebro:

$$f_1 = \bar{x} \cdot \bar{z} + \bar{y} \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot y, \quad f_2 = \bar{x} \cdot \bar{z} + \bar{y} \cdot \bar{z} + x \cdot y \cdot z$$

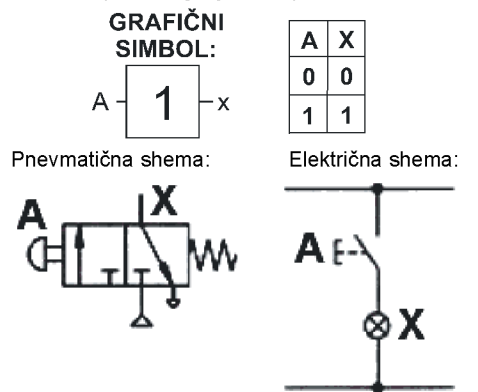
- c) S **ČASOVNIM DIAGRAMOM**: časovno povežemo vhodne / izhodne spremenljivke.

- d) Z **IZJAVNOSTNO TABELO**: logično stanje na izhodu za vsa možna stanja na vhodu.

- e) S **seznamom ukazov** ali s **krmilnim načrtom** (samo pri programirljivih krmilnikih).

PRAVLNOSTNE TABELE logičnih vrat:

Enakost (normally open NO): $X = A$



Negacija (NE člen, normally closed NC),

normiran zapis: $X = \bar{A}$, ki se prebere tako:

X je enak A negirano

Možen zapis: $X = \neg A$

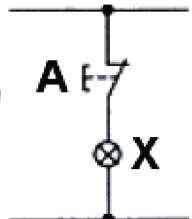
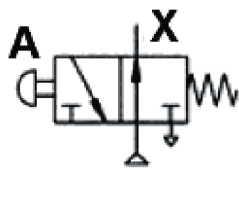
GRAFIČNI SIMBOL:



A	X
0	1
1	0

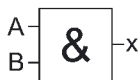
Pnevmatična shema:

Električna shema:



Konjunkcija (IN člen), normiran zapis: $X = A \wedge B$
Možni zapisi: $X = A \cdot B$, $X = A^*B$, $X = A \& B$

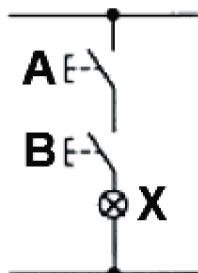
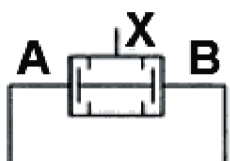
GRAFIČNI SIMBOL:



A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

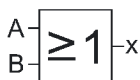
Pnevmatična shema:

Električna shema:



Disjunkcija (ALI člen), normiran zapis: $X = A \vee B$
Možen zapis: $X = A + B$

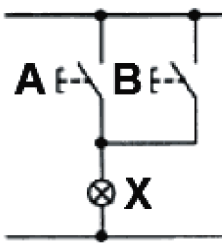
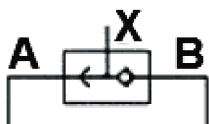
GRAFIČNI SIMBOL:



A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

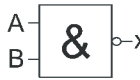
Pnevmatična shema:

Električna shema:



NE-IN (NAND člen), normiran zapis: $X = \overline{A \wedge B}$

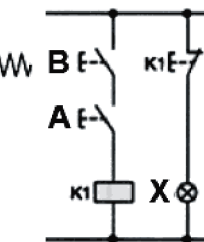
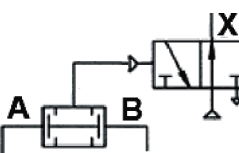
GRAFIČNI SIMBOL:



A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

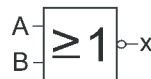
Pnevmatična shema:

Električna shema:



NE-ALI (NOR člen), normiran zapis: $X = \overline{A \vee B}$

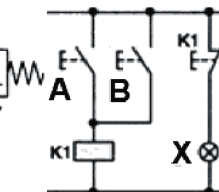
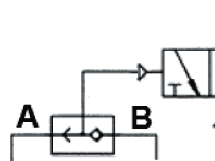
GRAFIČNI SIMBOL:



A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Pnevmatična shema:

Električna shema:



Antivalenca (XOR člen), normiran zapis:

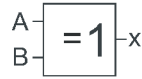
$$X = (A \wedge \overline{B}) \vee (\overline{A} \wedge B)$$

ali poenostavljeno: $X = (A \wedge \overline{B}) \vee (\overline{A} \wedge B)$

Možen zapis: $X = A \oplus B$

Krogec s plusom je poseben znak, ki se lahko nahaja tudi v grafičnem simbolu, namesto znaka = 1. Namesto znaka = 1 se uporablja tudi 1 (brez =).

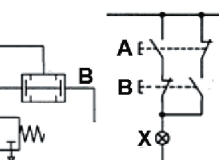
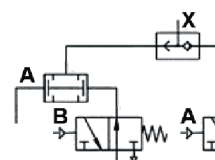
GRAFIČNI SIMBOL:



A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Pnevmatična shema:

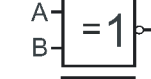
Električna shema:



Ekvivalenca (EXNOR člen), normiran zapis:

$$X = (A \wedge B) \vee (\overline{A} \wedge \overline{B})$$

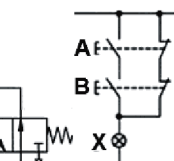
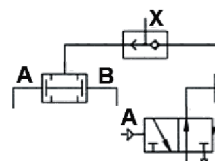
GRAFIČNI SIMBOL:



A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

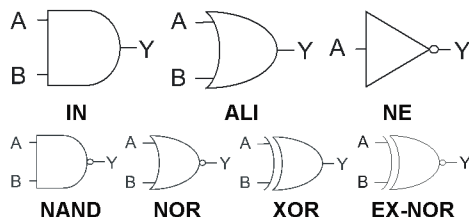
Pnevmatična shema:

Električna shema:



GRAFIČNI SIMBOLI najpomembnejših logičnih funkcij po standardu IEC so že prikazani zraven pravilnostnih tabel.

Simboli po **MIL standardu** pa so:



Majhen krogec na simbolu po MIL standardu vedno pomeni NE (negacija) za stanja vodnika levo od kroga.

Logične funkcije v pnevmatiki Primer logične funkcije:

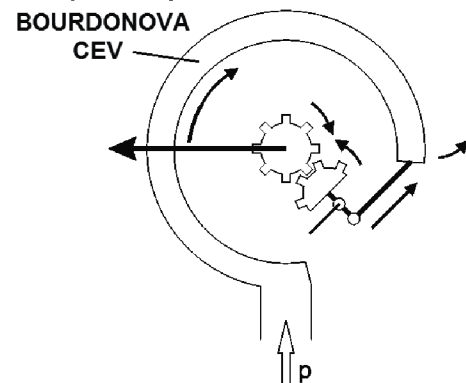
$$1A1 += 1S1 + \overline{1S2} \cdot 1S3$$

Upoštevamo prednostne operacije in narišemo shemo:

Logično krmilje Glej Krmilje (vrste krmilja).
Manometer Naprava za **merjenje razlike tlakov**. Z njimi najpogosteje merimo razliko glede na tlak okolice: **nadtlak** p_{e+} ali **podtlak** p_{e-} . Gr. *manos* - tanek, redke.

Kadar so prisotne **vibracije** ali dinamične (pulzne) obremenitve, se priporoča uporaba manometrov, pri katerih je ura **polnjena z glicerinom** ali **s silikonskim oljem**. Glicerin ali silikonsko olje **zmanjšujeta tresljaje kazalca**, obenem pa mažeta in ščitita proti zimskemu zmrzovanju.

Princip delovanja manometra: Bourdonova cev.



Zunanji izgled manometra:



Prim. Barometer.

Meh Priprava, ki deluje ob stiskanju in raztegovanju, npr.: kovaški meh (za pospeševanje gorenja), meh pri harmoniki, meh pri pnevmatskih vzmeteh (pnevmatsko vzmetenje) itd.

Mehanično aktiviranje Aktiviranje, ki ga **z direktnim fizičnim stikom** povzročijo proces, ki ga krmilimo ali reguliramo. Sin. mehansko aktiviranje. Druga možnost kontaktnega aktiviranja: fizično aktiviranje.

Če pa imamo v mislih tudi brezdotično aktiviranje, uporabljamo izraz **procesno aktiviranje**.

Prim. Kočno stikalo, Končno stikalo - električno.

Mehansko končno stikalo Glej Končno stikalo - mehansko.

Mejni signalnik Signalnik, ki odda signal takrat, ko merjena veličina preseže mejno vrednost. Mejni signalniki jih imenujemo zato, ker jih **ponavadi** uporabljamo **za zaznavanje** natanko določenega **končnega položaja**.

Za mejni signalnik najpogosteje uporabljamo mejnjalni kontakt. Način aktiviranja pa je lahko:

- **mehanični**: mejni signalnik z drsečim ali sprožilnim kontaktom, tlačno stikalo itd.ali
- **brezdotični**: reedov kontakt, induktivni (kapaci-

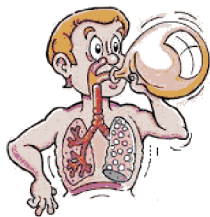
tivni). optični mejni signalnik, Prim. končno stikalo, senzor.

Mejni ventil Glej Končno stikalo.

Mejno stikalo Glej geslo Končno stikalo. Sin. pozicijsko stikalo, mehansko končno stikalo.

Membrana

1. Na obod napeta tanka prožna ploščica ali tkivo, ki lahko niha ali prenaša tresljaje. Sin opna.



2. Tanka plast snovi, skozi katero lahko pronica plin, tekočina.

3. Tanka plast tkiva, ki kaj obdaja, povezuje. Sin. ovojnica, mrena.

Menjalni ventil Običajen bistabilni 3/2 ali 5/2 potni ventil, ki je namenjen za preklapljanje med vejami v takti verigi - pri zahtevnejših pnevmatičnih koračnih krmiljih, ki smo jih načrtovali po kaskadni metodi. Glej Kaskadna metoda.

Merilnik Merilna priprava. **Merilnik pospeškov:** glej akcelerator. **Merilnik hitrosti zraka:** glej Pitotova cev, Ventourijeva cev.

Močnost Moč. **Močnost:** nanašajoč se na moč. Izraz se uporablja predvsem v elektriki, npr.: ~i **ojačevalnik** daje veliko izhodno moč, ~a **dioda** / elektronika: dioda za veliko moč, zdrži velike tokove in napetosti ~i **kontakt** kontaktorja.

Močnostno stikalo: nepravilen izraz, pravilen izraz je odklopno stikalo.

Močnostni elementi so: polprevodniška **stikala** (diode, tranzistorji, tiristorji), **energijske posode** (induktivnosti, kapacitivnosti), **transformatorji**.

Močnostni ali energetski del krmilij: tisti del krmilja, v katerem se razvijejo **velike sile** oziroma **veliki vrtilni momenti**. Del krmilja, ki ni močnosten, pa je **informacijski del krmilja**.

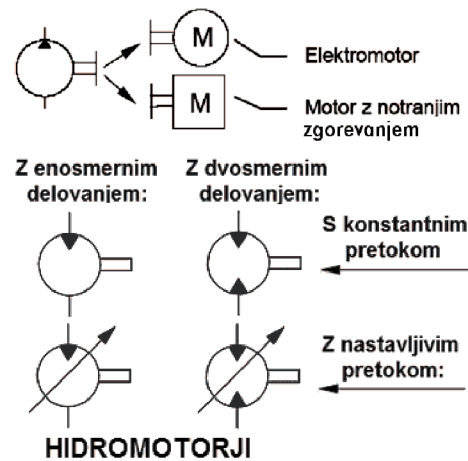
Monostabilen Opis naprave, ki ima **eno** samo **stabilno stanje**. **Po prenehanju delovanja sile**, ki povzroča aktiviranje, **se** monostabilna naprava **vrne v prvotni položaj**. Primeri:

- monostabilni in bistabilni **potni ventili**,
 - tipka je monostabilno **stikalo**,
 - običajni **releji** (kontaktorji) so monostabilni, obstajajo pa tudi bistabilni (preklopni)
 - tudi zahtevnejši sistemi so lahko monostabilni
- Pri monostabilnih napravah **vedno vemo, katero je njihovo izhodiščno stanje**.

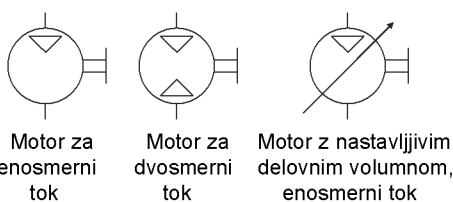
Prim. Potni ventil - stanja, Bistabilen, Nestabilen. Prim. Potni ventil - stanja, Bistabilen, Nestabilen.

Motor Gibalo, **gonilna sila**, naprava, ki poganja. Enak izraz tudi v ang. in nem..

Glede na vir energije, ki poganja motor, ločimo: elektromotor, pnevmatični motor, hidromotor, motor z notranjim zgorevanjem itd.. Simboli:



HIDROMOTORJI
Pnevmatični motorji:



Razl. aktuator.

Načrtovanje pnevmatskih krmilij Pregled metod dela pri načrtovanju pnevmatičnega omrežja opisuje geslo Pnevmatika - načrtovanje omrežja.

Pri zahtevnejših krmiljih pravimo, da jih projektiramo. Običajno uporabljamo **IZKUSTVENE METODE S PRAVILI**, ki nas postopoma vodijo od zasnovne do realizacije vezja. Glavni koraki so:

1. Tehnološka shema
2. Zapis delovnega cikla
3. Izdelava diagrama pot-korak
4. Izdelava krmilne sheme (pnevmatične itd.)
5. Opis delovanja in spisek elementov

Pojasnila ob posameznih točkah:

1. **Tehnološka shema** se izdelata na osnovi natančnega **proučevanja naročnikovih zahtev**. Na tej točki se usklajujejo zahteve in zmožnosti, zato se tehnološka shema nariše:

- na čim bolj preprost način, če je možno 2D
- tako, da bo razumljiva tudi naročniku (brez uporabe strokovnih simbolov ipd.).

Posebno pozornost posvetimo **povezavi vklop / izklop - posledica vklopa / izklopa**, na osnovi katere bomo lahko sklepali **o vrsti delovnega valja** (eno- ali dvosmerni), ter **o vrsti delovnega potnega ventila** (mono- ali bistabilni, število priključkov itd.).

Primer: aktiviranje tipke START povzroči delovni gib, ob doseganju končnega položaja pa se valj vrne v prvotni položaj - izberemo dvosmerni delovni valj ter 5/2 bistabilni delovni ventil.

Tehnološko shemo dopolnimo s čim bolj natančno definiranim **besednim opisom**.

Obvezno **poimenujemo** posamezne:

- dajalnik **signalov** (vhodne elemente);
- **aktuatorje** in njihove **poti** (delovne položaje)
- ostale **pomembne sestavne dele** zamišljene naprave

2. **Zapis delovnega cikla** naj obsega:

- **skrajšani zapis** delovnega cikla
- ugotavljanje **pogojev za sprožanje signalov** in njihove **medsebojne odvisnosti** (zaporednost, vzporednost)
- **povezovanje** kombinacij vhodnih signalov (vzrok) **z delovnimi gibi** (posledica)
- na osnovi gornjih ugotovitev **določanje posameznih korakov** v delovnem ciklu

3. **Diagram pot-korak** naj vsebuje jedrnat informacije, po možnosti brez komentarjev:

- imena vseh potnih ventilov ter končnih stikal
 - jasno povezavo vzrok-posledica
- Na osnovi izdelanega diagrama pot-korak si že lahko izdelamo spisek elementov, ki jih bomo potrebovali za naše krmilje. Med ustvarjanjem krmilja bomo nato ta spisek dopolnjevali.

4. Narišemo **vezje krmilja**. V kolikor je mogoče, uporabimo **računalniški program**. Če je potrebno, izdelamo tudi **izjavnostno tabelo** (npr. pri zahtevnejših krmiljih), **logično vezalno shemo**, **preizkusno vezje**.

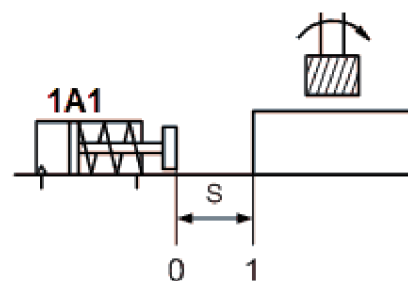
Na tej točki se naročnik in izvajalec dokončno uskladiata, pogosto se usklajene zahteve zabeležijo in podpišejo. Šele sedaj se izdelata konkretno vezje.

5. **Besedni opis delovanja krmilja** naj bo napisan tako, da ga razumejo tudi nestrokovnjaki. **Spisek elementov** bo prišel prav pri nabavi, popravilih ali razširitvah sistema.

PRIMER projektiranja pnevmatičnega omrežja: pnenjanje obdelovanca.

V oklepajih vnašamo **opombe** - naše razmisleke:

1. **Tehnološka shema** in **besedilo**:



Ob pritisku na tipko vpremo obdelovanec (*Potrebujemo torej samo eden delovni valj*). Obdelovanec ostane **vpet** tudi, **ko tipko spustimo** (*Pomemben podatek, ki pove, da bo verjetno treba uporabiti bistabilni potni ventil*).

Ob pritisku **na drugo tipko** obdelovanec izpne (*Podatek, ki določa število tipk, sproža pa tudi razmislek o vrsti delovnega valja*).

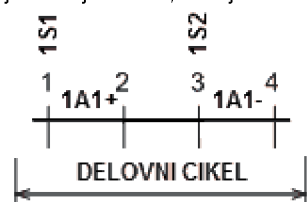
Naročniku postavljamo **čim več vprašanj**, npr.: kolikšna naj bo sila vpenjanja, masa obdelovanca, ali naročnik morda potrebuje varnostni vklop itd.. Nazadnje naj svoje zahteve tudi **podpiše**. To je še posebej pomembno zato, ker je od zahtev odvisno tudi število ventilov, kar pa seveda močno vpliva na **cen**.

2. Določanje **korakov in delovnega cikla**:

Delovni valj poimenujemo 1A1. Predpostavimo dva potna ventila 1S1 in 1S2. Skrajšani zapis delovnega cikla:

1A1+, /, 1A1-

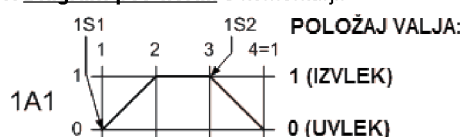
Poševnica / pomeni mirovanje valja 1A1 (vpenjanje v izvlečenem stanju). To je dodatni korak, skupaj so torej 3 koraki, 4 mejne točke in 4=1:



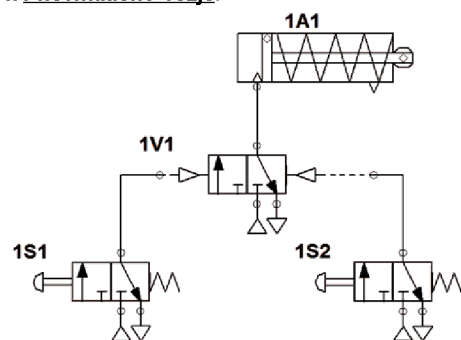
Zapišemo **vzroke** za posamezne mejne točke (kaj se zgodi, ko se odločijo za to točko):

Točka	Vzrok	Opomba
1	Vklop stikala 1S1	Vklop bistab. ventila
2	Konec izvleka 1A1	Vpenjanje
3	Vklop stikala 1S2	Vračilo bistab. ventila
4	Konec uvleka 1A1	Izpenjanje

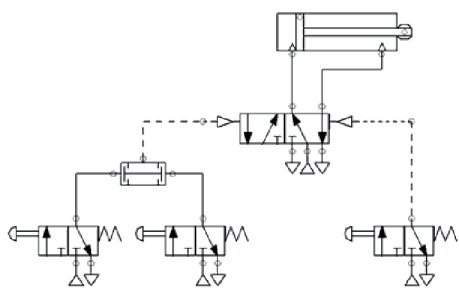
3. **Diagram pot-korak** s komentarji:



4. **Pnevmatično vezje**:



Možnih je seveda več rešitev. Primer rešitve, ki upošteva varnostni vklop z dvema tipkama:



Odločimo se za prvo rešitev (enosmerni valj).

5. Delovanje krmilja:

S pritiskom na ventil 1S1 dobimo krmilni signal 14, ki preklopi bistabilni ventil 1V1 in delovni valj opravi vpenjanje. Ko preklopimo na ventil 1S2, dobimo krmilni signal 12, ki preklopi 1V1 v začetno stanje. Delovni valj izpne obdelovanec.

Spisek elementov:

- 1x 1A1 (EDV - enosmerni delovni valj, NC)
- 1x 1V1 - 3/2 BV (bistabilni ventil)
- 2x 1S1, 1S2 - 3/2 MV (monostabilni ventil) cevi in priključki

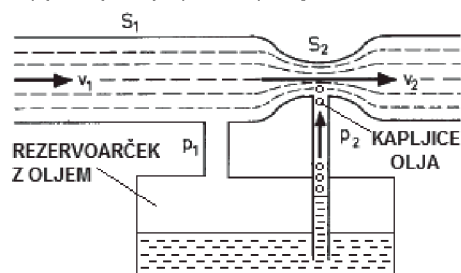
Prim. Pnevmatika - načrtovanje omrežja.

Nadtladni ventil Glej Izpustni ventil. Prim. Kompresorska enota.

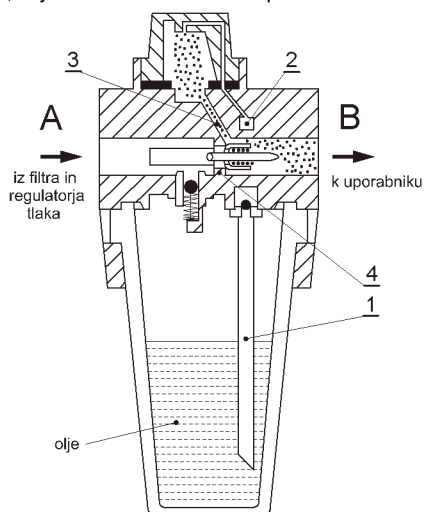
Nadtlak Glej Tlak.

Naoljevalnik Naprava, ki stisnjenemu zraku dovaja kapljice olja v obliki oljne megle. Tako zagotavljamo manjšo izrabo premikajočih delov, manjše trenje in zaščito pred korozijo.

Princip delovanja je podoben Venturijevi cevi. Zaradi padca tlaka v zoženem delu cevi nastajajo kapljice olja, ki jih podtlak potegne v cev:



Sedaj pa pogledimo še sestavne dele naoljevalnika, ki je narisani v vzdolžnem prerezu:



Uporabljamo redko mineralno olje viskoznosti 2 - 5°E, ki se razprši po principu Venturijeve cevi. Stisnjen zrak z delovnim tlakom se pretaka v smeri A-B, vmes se nahaja zoženje 4. Iz oljnega rezervoarčka teče olje skozi cevko 1, ki je povezana s kanalom 2 in nato preko kanala 3 vodi do zoženja 4. Ker se na zoženju 4 delovni tlak zmanjša, se na tem mestu "posrka" olje iz oljnega rezervoarčka in ustvarja se oljna megla.

Običajno je naoljevalnik kombiniran v istem ohišju v pripravi grupi. Kadar pnevmatsko omrežje up. za zaščito z barvnimi ali lakastimi premazi (razpršilniki), takrat stisnjenega zraka ne naoljimo. Simbol naoljevalnika:



Vzdrževanje: gl. geslo Pnevmatika - vzdrževanje.

Nastavljivi dušilni ventil Glej Tokovni ventil.

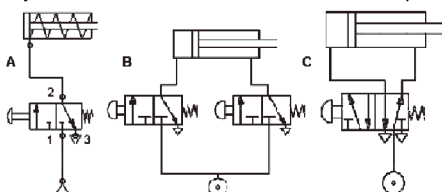
NC - normally closed Pri električnih kontaktih je to oznaka za mirovno stikalo. Pri pnevmatiki pa NC označuje:

- potni ventil, ki je v osnovnem stanju zaprt ali
- pnevmatični enosmerni valj, ki je v osnovnem položaju uvlečen

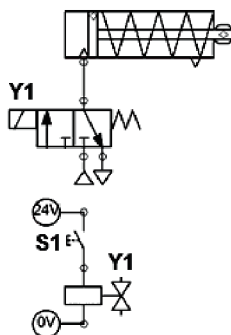
Glej Kontakt, Stikalo, Potni ventil - funkcije, Enosmerni delovni valj.

Negacija Nikalnica. V zvezi z logičnimi operacijami: **NE** logična funkcija. Prim. Logična funkcija, Disjunkcija, Konjunkcija.

Neposredno krmiljenje aktuatorjev Najbolj preprost način krmiljenja enosmernih ali dvosmernih cilindrov. Cilinder aktiviramo direktno z ročnim ali mehaničnim vklopom potnih ventilov, brez kakršnegakoli dodatnega vmesnega vkapljanja in brez katerihkoli dodatnih ventilov, npr.:



Neposredno krmiljenje pri elektropnevmatiki:



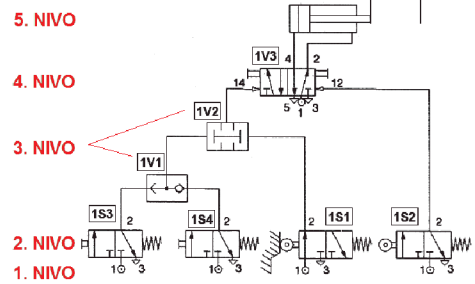
Sin. Direktno krmiljenje aktuatorjev.

Nepovratni ventil Glej Zaporni ventili.

Nivoji v pnevmatičnih shemah Štejemo jih od spodaj navzgor:

- 5. nivo: **DELOVNI ELEMENTI** (cilindri, motorji itd.)
- 4. nivo: **ELEMENTI ZA IZVRŠITEV UKAZOV** (delovni potni ventili, dušilni elementi)
- 3. nivo: **OBDELAVA SIGNALOV** (zaporni, tokovni ventili ipd.)
- 2. nivo: **DAJALNIKI SIGNALOV** (potni ventili, tipke, končna stikala)
- 1. nivo: **OSKRBA Z ENERGIJO** (kompresorji, pripravna grupa, sušilniki itd.)

Primer nivojsko urejene pnevmatične sheme:



Oskrba s stisnjenim zrakom (**1. nivo**) v zgornji shemi ni posebej prikazana, simboli za kompresor in pripravo zraka niso narisani. Vidimo samo priključke s stisnjenim zrakom, ki so oštevilčeni s številko 1. To je tudi najpogostejši način risanja pnevmatičnih shem.

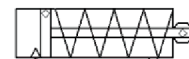
Dajalniki signalov 1S1, 1S2, 1S3 in 1S4 so prikazani povsem spodaj (**2. nivo**).

Ventila 1V1 in 1V2 obdelujeta signale (**3. nivo**). Delovni potni ventil 1V3 je namenjen le za izvrševanje ukazov (**4. nivo**).

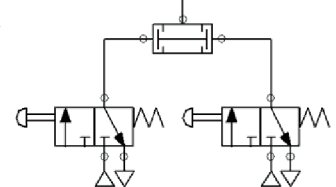
Delovni valj 1A je izvajalni element (**5. nivo**).

Večina pnevmatskih shem je tako preprostih, da 4. nivo ni potreben. Ker tudi oskrbe z energijo stisnjenega zraka ni treba podrobneje risati, nam v takih primerih preostanejo samo še trije nivoji:

DELOVNI ELEMENTI



OBDELAVA SIGNALOV



DAJALNIKI SIGNALOV

NO Ang. **normally opened**. Pri električnih kontaktih je to oznaka za delovno stikalo. Pri pnevmatiki pa NO označuje:

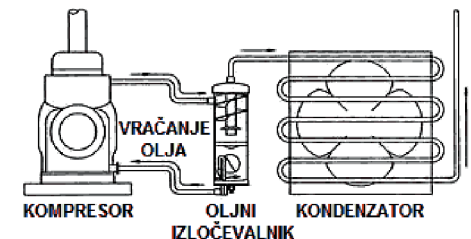
- potni ventil, ki je v osnovnem stanju odprt ali
- pnevmatični enosmerni valj, ki je v osnovnem položaju izvlečen

Glej Kontakt, Stikalo, Potni ventil - funkcije, Enosmerni delovni valj.

Ojnica Sestavni del batnih pogonskih in delovnih strojev: drog, ki spreminja premočrtno (linearno) gibanje v krožno ali pa spreminja krožno gibanje v linearno. Z ene strani je povezana z batom ali preko križnika na batnico, na drugi strani pa z ročico ali s kolenom na gredi. Slika: kompresor. Prim. batnica. Ojnica je tudi del voza: vsako od dveh ojes, med katera se vprega žival.

Oljni izločevalnik Naprava v pnevmatskem sistemu, ki spada med enote za pripravo zraka. Oljni izločevalnik je potreben le za nekatere uporabe, npr. za lakiranje avtomobilov, avtopralnice, na bencinskih črpalkah ipd.. Uporaba pa je odvisna tudi od predpisov. Sin. oljni lovilec.

Še posebej pomembni so oljni izločevalniki pri hladilnikih (kompresorsko hlajenje). Olje za mazanje kompresorja namreč prehaja v kompresijski prostor in s tem v hladilno sredstvo. Olje v hladilnem sredstvu je seveda nezaželeno. V oljnem filmu, ki prekrije uparjalnik z notranje strani, nastajajo mehurčki, ki delujejo kot zelo dober izolator. Uparjalnik ima zato majšo hladilno moč. Nepravilnosti se pojavljajo tudi pri delovanju dušilnih (ekspanzijskih) ventilov in tankih ceveh. Pri dolgotrajni uporabi se olje vrača v kompresor, skupaj s hladilnim sredstvom - kompresor nato stiska olje (ki je nestisljivo), posledica pa so resne poškodbe ventilov ali pogona kompresorja.



Obstajajo različni principi delovanja oljnih izločevalnikov. Običajno imajo veliko prostornino, da v trenutku zmanjšajo hitrost zraka. V notranjosti imajo ovire (npr. spirale, na katere se olje prijema in nato odteče navzdol).

Pri manjših pnevmatičnih sistemih se olje izloča v običajnih filterih - skupaj z vodo in prašnimi delci. Kadar imamo posebne zahteve glede čistosti zraka, uporabljamo filterne vložke za zelo fino čistost (premeri por 5 - 10 μm).

Omejevalnik tlaka V pnevmatiki jih uporabljamo predvsem kot izpustne (varnostne) ventile.

Override Glej Potni ventil - načini aktiviranja.

Označevanje pnevmatičnih elementov Glej geslo Pnevmatika - sheme, označevanje sestavin (novejši sistem označevanja) ali Pnevmatika - sheme, oštevilčeni elementi (starejši sistem označevanja).

Pah Strojniško: gibajoči se strojni element, podoben batu, ki suva, potiska, udari, tlačí oz. sunkovito obremeni. Npr. pahniti (suniti), pahljača (kratkotobremeni).

Ferdinand Humski

paha, ustvarja veter), zapah itd. Pogosto je pah udarni del naprave, npr. stiskalnica (preše, štanca). Poganjamo ga mehansko, električno (elektromotorji), pnevmatsko ali hidravlično (na batnicah valjev). Sin. pehalo, phalo, tolkalo, potisni nastavek. Prim. dročnik.

PC - vzdrževanje Med redno vzdrževanje spada npr. redno izpihavanje notranjosti systemske enote, najmanj na vsaki 2 leti. Za to potrebujemo kompresor ~ 1 kW, s 15 - 20 L tlačno posodo, regulatorjem tlaka in s pištolo za izpihovanje. Izpihovanje nastavimo na 2 bar (prevelik tlak lahko povzroči poškodbe na ventilatorčku).

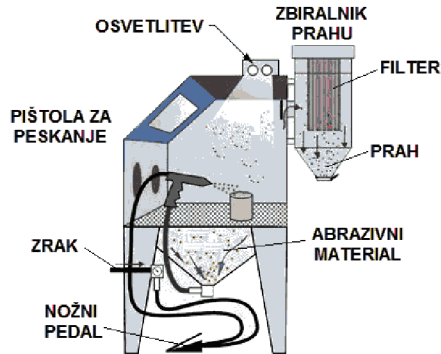
Pedal Nožno stikalo, nogalnik, stopalka. Izraz izvira iz nemščine in angleščine.

Peskanje Tehnološki postopek odrezavanja, pri katerem pištola za peskanje izstreljuje snop brusnih zrn, ki udarjajo na površino z veliko hitrostjo. Zaradi velike hitrosti brusna zrnca razbijajo in odstranjujejo nečistoče na površini.

Brusna zrnca (abrazivni material) so lahko iz kremenčevega peska, elektrokrounda, bakrove žilindre, jeklenih kroglic, sode itd., pištola za peskanje pa praviloma deluje na stisnjen zrak. Zrak dovajamo pod tlakom 3 - 10 bar, hitrosti ob izteku iz šobe pa znašajo 300-800 m/s.

S peskanjem odstranimo kovinske okside (rjo) in nečistoče, istočasno pa lahko povečamo ali zmanjšamo hrapavost površine, da pripravimo osnovo za nanašanje zaščitnih sredstev, lužil ali galvanskih prevlek. Hrapavost površine po obdelavi je odvisna od materialov, ki jih uporabimo za peskanje.

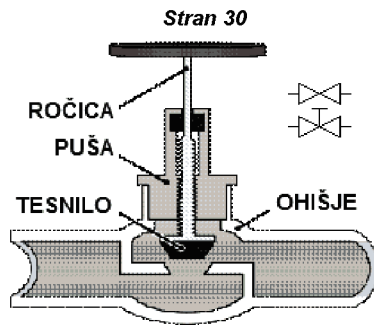
Peskamo lahko kovinske materiale (npr. notranje peskanje bojlerjev), les, opeko, kamen, steklo in drugo. Vrste naprav za peskanje: peskalni sistemi, mobilni peskalni stroji, peskalni roboti, peskalne komore in peskalne kabine. Posebnost je čiščenje in obdelava površin s suhim ledom.



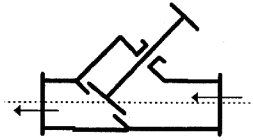
Najpogosteje uporabljamo peskanje za predpravo površin pred nadaljnjo obdelavo pred varjenjem, barvanjem itd.. Pogosto pa ga uporabljajo tudi zobozdravniki za čiščenje poškodovanih zob:



Pipa Ventil z mehanskim tesnilom. Sin. ventil s sedežem (sedežni ventil). Prim. zapirni ventili.



Podobna izvedba je poševnosedežni ventil;



Malo drugačna izvedba pipe pa je krogelni ventil (glej posebno geslo).

Pištola pnevmatska tlačna Namen: za iztiskavanje tesnilnih mas, lepilnih past, fugirnih kitov ipd.. Pri nakupu je pomembno vedeti, da cenene pištole ne nudijo profesionalne uporabe:

- nimajo regulacije tlaka in zato ne moremo nastavljati hitrosti iztiskavanja
- nimajo odzračevanja - zato masa izhaja naknadno, tudi potem, ko spustimo tipko ...



Pištola za izpihovanje Pnevmska naprava za čiščenje, odstranjevanje vlage ipd.:



Poraba zraka pri pištoli za izpihovanje je odvisna tako od premera šobe (običajno med 0,5 do 3,0 mm) kot tudi od tlaka stisnjenega zraka (običajno od 2 do 8 bar) in znaša 8 do 800 l/min.

Plinska vzmet Glej Pnevmsko vzmetenje.

Plunžer Bat ali **drog**, ki je običajno aksialno vodeno. Ang. plunge: planiti naprej, pogrezniti se.

Pri **potnih ventilih**: pretični drog, ena od možnosti mehničnega aktiviranja, glej geslo Potni ventil - načini aktiviranja.

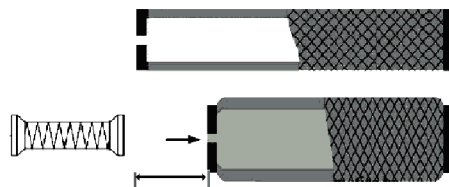
Pri **hidravličnih cilindrih**: **batnica**, ki sama deluje kot bat (bat in batnica sta iz enega kosa).

Pri **tlačnem litju**: bat, ki tlačil litino v kokilo.

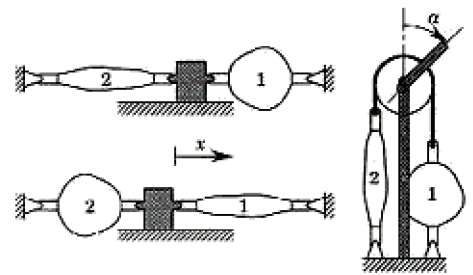
Plunžer je tudi gumijasti čistilnik odtokov (ki s potegom ustvari vakuum). Sin. tolkač. Ang. plunger.

Pnevmatičen Kar je na pogon stisnjenim zrakom, npr. ~i cilindri, ~o dvigalo, ~a zavora.

Pnevmatična mišica Deluje podobno kot človeška mišica, ki se ob naprežanju razširi v prečni smeri in skrči po dolžini. Ko v pnevmatično mišico dovedemo stisnjen zrak, se prav tako razširi v prečni smeri in skrči po dolžini:



Uporaba: ponavadi jih uporabljamo v parih. Pri tem druga pnevmatična mišica deluje v nasprotno smer kot prva. Tako lahko npr. ustvarimo nihanja, ne da bi za to potrebovali veliko prostora:



Pnevmatična vzmet → Pnevmsko vzmetenje.

Pnevmatična stopalka → Pnevmska stopalka.

Pnevmatične cevi Glej Cevi za pnevmatično omrežje.

Pnevmatične delovne komponente To so npr. delovni valji. Podrobneje glej Pnevmatika - osnovne naprave po skupinah.

Pnevmatične krmilne komponente To so npr. potni, tokovni itd. ventili. Podrobneje glej Pnevmatika - osnovne naprave po skupinah.

Pnevmatični aktuatorji - posebne izvedbe Razen vseh vrst pnevmatičnih cilindrov štejemo v to skupino še pnevmatične mišice, pnevmatsko vzmetenje in pnevmatične zasučne cilindre.

Pnevmatični akumulator tlaka Rezervoarček od 10 do 20 ml, ki se najpogosteje uporablja kot sestavni del pnevmatičnega časovnega člena.



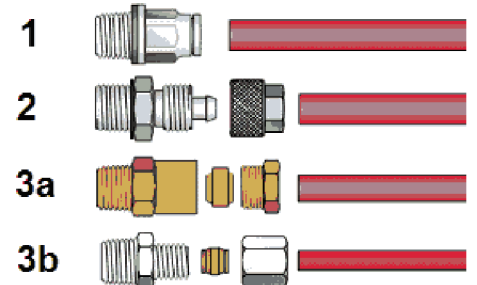
Pnevmatični cevni priključki Osnovni način povezovanja pnevmatičnih naprav je povezovanje s cevnimi navoji. Pnevmatične naprave praviloma že vsebujejo notranji cevni navoj, običajno 1/4" (premer zunanega navoja pa znaša 13,12 mm, podrobnosti glej pod geslom Whitworthov navoj):



Priključki so lahko izdelani:

- na obeh straneh s cevni navojem (npr. pri povezovanju kompresorja s fiksno kovinsko cevjo)
- samo z ene strani s cevni navojem (pri povezovanju neke naprave s plastično cevjo) ali
- brez cevnega navoja (kadar povezujemo gibke plastične cevi med seboj)

Spodnja risba nam prikazuje priključke, ki imajo z leve strani cevni navoj, na desni strani pa različne priključke za gibke plastične cevi:



1 zelo hitri spoj oziroma **hitrovrtični priključek** - plastično cev enostavno potisnemo v priključek, ang. push to connect, način delovanja opisuje geslo Hitrovrtični priključek

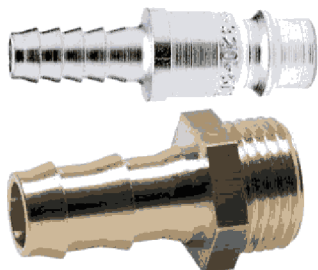
2 hitri spoj z dodatkom - plastično cev potisnemo preko zarobljenega (izbočenega) dela priključka (prim. Robljenje); položaj cevi fiksiramo s pritrdilno **matico** ali z **objemko**

3 kompresijska priključka za plastično ali kovinsko cev, z notranjo (a) ali z zunanjo (b) matico

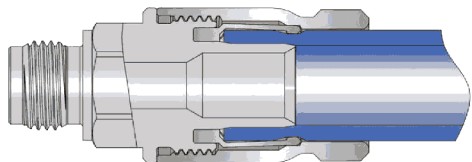
4 hitra spojka, glej istoimensko geslo

5 ravni cevni priključek je prikazan na spodnji sliki; nanj se enostavno potisne gibka cev; ob-

staja več variant - pri nekaterih so potrebne objemke, pri drugih ne; pri izvedenkah brez objemke je nataktno cev možno razstaviti od priključka le tako, da cev prerežemo



Obstajajo tudi drugačni priključki, npr.:



Zaradi hitrosti in enostavnosti uporabe prevladujejo **hitrostični priključki** in **hitre spojke**.

Pnevmatični cilindri Pnevmatične delovne komponente (valji), ki pretvarjajo energijo stisnjenega zraka v **premočrtno gibanje** batnice.

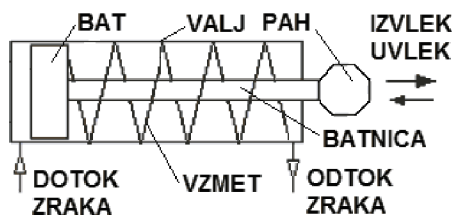
Ločimo dve vrsti gibanja:

- gib (hod) naprej oz. **izvlek**

- gib nazaj, povratni gib oz. **uvlek**

Delovni gib je gib, ki prenaša neko delo na okolico, povzroči pa ga stisnjeni zrak (ne pa vzmet).

Splošna risba pnevm. valja in sestavni deli:



Angleško: izvlek - extend, uvlek - return

Porabo zraka za posamezen pnevmatični cilindri si lahko izračunamo sami glede na porabljen volumen stisnjenega zraka v enem delovnem gibu in ob predpostavki števila opravljenih gibov v minuti.

Glede na **SMER DELOVANJA** delimo cilindre na:

a) ENOSMERNE (SA-single acting): stisnjeni zrak opravlja **delovni gib** samo **v eni smeri**.

Lahko so v osnovnem položaju:

- **uvlečni** (NC - normally closed, spring return)
- **izvlečni** (NO - normally opened, spring extend)

Njihova **hitrost** znaša 30-500 mm/s, **dolžina giba** 1 - 50 mm, **sila** pa 10 - 4.000 N. Zaradi vzmeti so primerni za **krajše gibe** (vpenjanje, izbijanje) in v primerih, ko **hitrost ni pomembna**. Največkrat uporabljamo batne, poznamo pa tudi membranske cilindre. Izračun sile na batnici - glej geslo Enosmerni delovni valj.

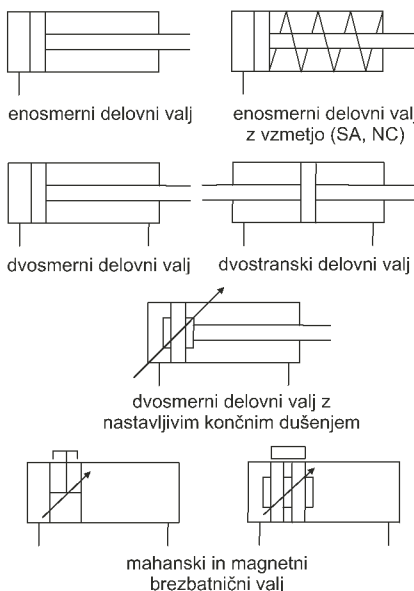
b) DVOSMERNE (DA-double acting): stisnjeni zrak opravlja **delovni gib v obeh smereh**, tako v smeri **izvleka** kot tudi v smeri **uvleka** (povratnega giba). Dvosmerni valji so le batni cilindri, hitrost 30 - 2.000 mm/s, dolžina giba 1 - 2.000 mm in **sila** 10 - 48.000 N. Po standardu so izdelani do premera 50 mm in do dolžine 2.500 mm (pri večjih dožinah je treba kontrolirati uklon in upogib batnice). Izračun sile na batnici - glej geslo Dvosmerni valj.

Pri dvosmernem valju se srečamo s **pojavitvijo zračne blazine**. Povzročajo jo tlak iztekajočega zraka, ki se ob preklonu ventila ne utegne dovolj hitro izprazniti. Pojav je podoben kot pri ročni tlačilki za kolesne pnevmatike - tudi tedaj, **ko pritiskamo v prazno**, čutimo **majhen upor**.

Posledica pojava zračne blazine je **manjša potisna sila** in **hitrost batnice**. Pri enosmernem delovnem valju tega pojava ni, saj iztekajoč zrak izteka direktno v atmosfero.

V praksi vpliv zračne blazine delno zmanjšamo z uporabo **hitroodzračevalnega ventila**.

Stran 31



Pri dvosmernem delovnem valju z nastavljivim končnim dušenjem se **dušenje** gibanja **začne** šele **v določenem položaju bata**. Razlog: da se bat ne zabija s preveliko hitrostjo v cilindru - kar povzroča poškodbe, preveliko obrabo in tresljaje v končnih položajih. Prim. Končno dušenje cilindrov.

Pomembni so tudi osnovni položaji pnevmatičnih cilindrov. **Zgoraj** narisani enosmerni delovni valj z vzmetjo je **v osnovnem položaju uvlečen** (NC - normally closed, tudi spring return). V osnovnem položaju **izvlečen** valj (NO - normally open, spring extend) pa izgleda tako:



PRIBLIŽNO SILO, ki jo zmore ustvariti katerikoli cilindri, izračunamo s preprosto enačbo:

$$F = p \cdot A$$

Površino bata A lahko približno izračunamo na pamet, za tlak p pa vzamemo kar vrednost 5 bar. Z zelo približnim računom ugotovimo, da bat s premerom **5 cm** "zmore" **približno 1000 N**, torej lahko dvigne približno 100 kg. Če bo vpliv trenja, vzmeti itd. prevelik, tedaj bomo pač povišali tlak in bomo z istim premerom spet dosegli isto silo.

Nadalje ugotovimo, da sila narašča s kvadratom premera bata. Bat s premerom **10 cm** torej "zmore" kar **4000 N** itd..

NATANČNEJŠI IZRAČUN SILE pa najdemo pod geslom Enosmerni delovni valj in Dvosmerni valj. Pri tem uporabljamo naslednje oznake:

A, A₁ - koristna (celotna) površina bata [mm²]

A₂ = A₁ - A_b - površina kolobarja [mm²]

A_b - površina batnice [mm²]

F ali F_p - efektivna sila na batnici [N] oz. sila bremena na batnici

F_p = p · A - sila tlaka dotekajočega zraka, enos. c. [N]

F_{p1} - potisna sila dotekajočega zraka, dvos. c. [N] pri izvleku je enaka p₁ · A₁, pri uvleku pa p₁ · A₂

F_{p2} - zaviralna sila iztekajočega zraka [N] oziroma sila "zračne blazine" pri dvosmernih valjih pri izvleku je enaka p₂ · A₂, pri uvleku pa p₂ · A₁

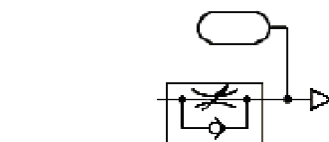
F_{tr} - sila trenja [N], ki znaša 10% F_{p1} ali 8-20% F_p

F_{vz} - sila vzmeti pri enosm. c. [N], ki znaša 10% F_p

p, p₁ - dotekajoči tlak v enosm. in dvosm. c. [MPa]

p₂ - tlak iztekajočega zraka, dvosm. c. [MPa]

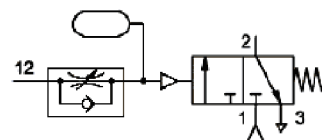
Pnevmatični časovni členi Sestav pnevmatičnih elementov, s katerim dosežemo, da se nam po nekem času spremeni signal na izhodu. V bistvu so to le **posebni načini aktiviranja potnih ventilov**. Pnevmatični člen za **zakasnitev vklopa** sestavljata enosmerni nastavljivi dušilni ventil in pnevmatični akumulator tlaka:



Dušilni ventil omogoča uporabo akumulatorja tlaka z manjšimi dimenzijami, enosmerni ventil pa po prenehanju napajanja zagotavlja hiter padec tlaka v akumulatorju tlaka.

Pnevmatični časovni člen nikoli ne vežemo direktno na delovni valj, saj bi se v tem primeru delovni valj izvlačil zelo počasi in s tresenjem. Zakasnitev delovne komponente nastavimo tako, da pnevmatični časovni člen povežemo s potnim ventilom.

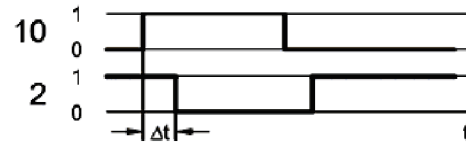
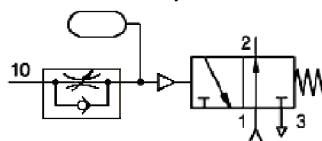
Ventil z zakasnjениm aktiviranjem:



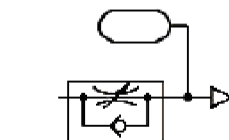
Δt je čas, potreben za **nadzorovano polnjenje** rezervoarčka (Δt lahko spreminjamo s spreminjanjem nastavitve nastavljivega dušilnega ventila). V odvisnosti od izvedbe ventila znaša zakasnitveni čas od 0 do 30 s.

Po prenehanju signala na 12 pa zaradi praznjenja rezervoarčka ponovno pride do zakasnitve. Te zakasnitve pa **ne moremo nadzorovati**.

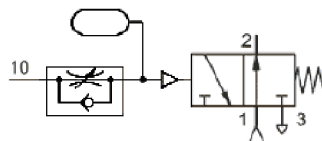
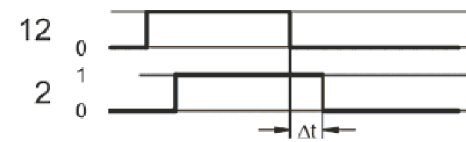
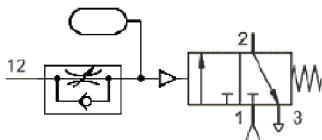
Zakasnitev aktiviranja lahko pomeni tudi zakasnitev prekinitve oskrbe s stisnjenim zrakom:



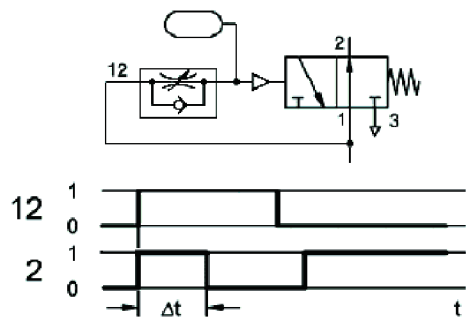
Pnevmatični člen za **zakasnitev izklopa:**



Ventil z zakasnjениm izklopom aktiviranja:

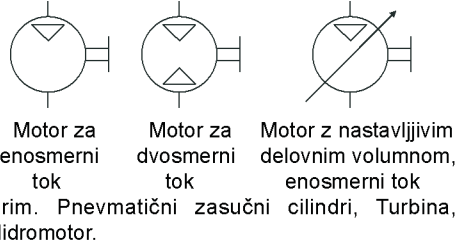


Časovni ventil za skrajšanje signala:



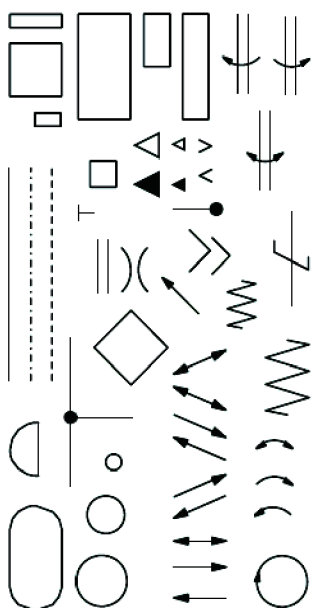
Pnevmatični motorji Pnevmatične delovne komponente, ki pretvarjajo energijo stisnjenega zraka v mehansko vrtilno energijo. Poznamo več izvedb:

- **Radialni batni motor**, ki deluje obratno kot sklop enostopenjsko in na isto gred povezanih batnih kompresorjev.
- **Aksialni batni motor**, ki gibanje dveh cilindrov preko opletavke spreminja v vrtilno gibanje. Batni motorji dosegajo 5.000 min^{-1} vrtilne hitrosti in 1,5 do 19 kW moči.
- **Krilni motor** deluje obratno kot krilni kompresor. Vrtilne hitrosti rotorja: $3.000 - 8.500 \text{ min}^{-1}$. Obstajajo izvedbe za desno in levo stran vrtenja z regulacijo moči od 0,1 do 17 kW.
- **Zobniški motor**: stisnjen zrak deluje na boke dveh zobnikov v oprijemu, kar povzroča vrtenje. Dosegajo visoke moči (do 44 kW), vrtilni moment je konstanten. Up.: za pogon rudarskih strojev.
- **Turbinski motor** deluje obratno kot turbinski kompresor. Dosegajo zelo visoko vrtilno hitrost (do 500.000 min^{-1}) in majhne moči. Up.: za pogon zobozdravniških svedrov, pnevm. brusilk itd.



Prim. Pnevmatični zasučni cilindri, Turbina, Hidromotor.

Pnevmatični priključki Glej Pnevmatični cevni priključki.
Pnevmatični simboli Določa jih mednarodni standard ISO 1219-1 iz leta 1991, dopolnjuje pa ga priporočilo CETOP RP 68 P.
 Preglednica osnovnih oblik in linij:

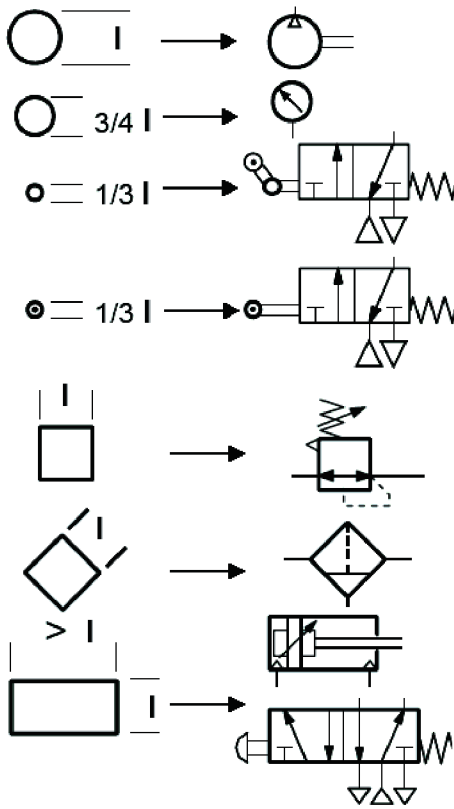


Pomen linij (črt):

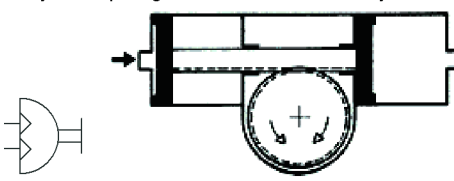
- polna linija pomeni delovni vod
- črtkana linija je krmilni vod
- s črto-piko pa je označena linija, ki povezuje več pnevmatičnih elementov v eden sklop

Velikost simbolov ni določena, so pa določena razmerja glede na osnovno dimenzijo I, ki običaj-

no znaša 8 - 10 mm:

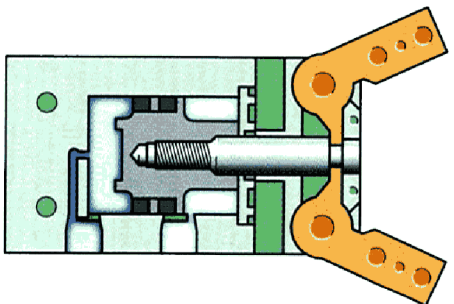


Pnevmatični valji Glej Pnevmatični cilindri.
Pnevmatični vodi Glej Cevi za pnevmatično omrežje.
Pnevmatični zasučni cilindri Pnevmatična naprava, ki premočrtno gibanje batnice spremeni v vrtenje izstopne gredi. Simbol in delovanje:

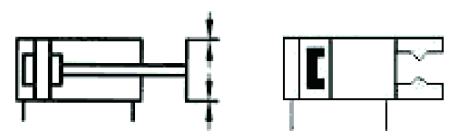


Konec batnice dvosmernega cilindra je na določeni dolžini **ozobljen**. Pri gibanju bata nato batnica poganja zobnik in tako dobimo **iz premočrtnega krožno gibanje**.
 Glede na smer gibanja bata se lahko zobnik suče v eno ali drugo smer. Kot zasuka je odvisen od izvedbe: od 45 do 720°. Območje zasuka lahko tudi nastavimo. Vrtilni moment je odvisen od **tlaka**, **ploščine bata** in od **prestavnega razmerja**.
Uporaba: za obračanje obdelovancev, za upogibanje, za regulacijo klimatskih naprav, odpiranje vrat na avtobusih, vlakih itd. Sin. pnevmatični zasučni motor, zasučni cilindri, zasučni delovni valj. Prim. Pnevmatični motorji.

Pnevmatično hidravlični valj Valj, ki pretvarja pnevmatično energijo v hidravlično. Prim. Pretvornik tlaka.
Pnevmatično prijemalo Dvosmerni valj, ki pomik batnice spreminja v krožno gibanje ročice okrog tečaja. S tem je omogočeno prijetanje:



Simbol:



Desni simbol je dvoprstno pnevmatično prijemalo s trajnim magnetom na batu. Takšno prijemalo praviloma vsebuje tudi brezdotično stikalo (reedovo) in električni vod s tremi žičkami (2 sta napajanje, tretja pa je signal). V tem primeru je potrebno narisati tudi električno shemo.

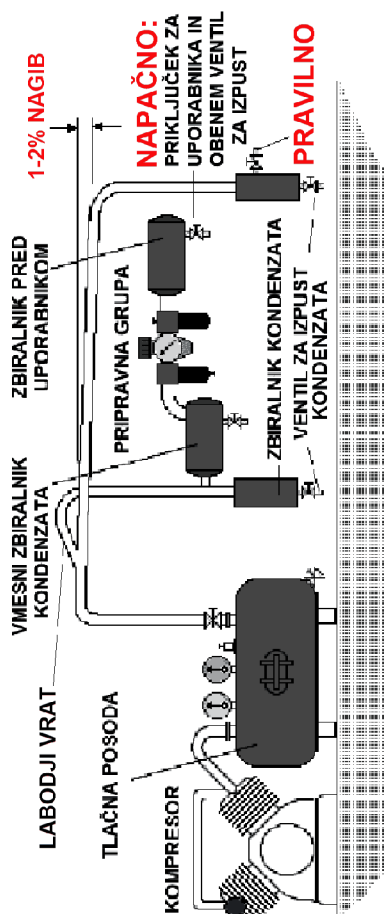
Prim. Prijemalo.
Pnevmatično vzmetenje Glej Pnevmatiko ~. **Pnevmatika**

1. **Znanost**: fizikalni **nauk** o **mehaničnih lastnostih** zraka in drugih plinov. Gr. *pnevma*: dah, veter.
2. **Tehnika**, tehniška veda, ki se ukvarja z elementi, **napravami** in postroji, ki za opravljanje dela uporabljajo:
 - **nadtlak**: stisnjen (komprimiran) plin (zrak)
 - **podtlak** (vakuum)
 Pnevmatika kot tehnična veda zajema načrtovanje, proizvodnjo, montažo in vzdrževanje teh naprav. Pri električnih napravah ves čas nadziramo napetost in tok, pri pnevmatiki pa nadziramo drugi dve vhodni veličini: in **TLAK** in **PRETOK** zraka. Razdelitev na osnovne funkcionalne skupine → Pnevmatika - osnovne naprave in elementi.
3. Plašč in zračnica na kolesu vozila.

Pnevmatiki: ki zadeva pnevmatiko kot znanstveno panogo, npr. ~ zakoni. **Pnevmatičen**: na pogon s stisnjenim zrakom (plinom).
Pnevmatika - načrtovanje omrežja Uporabljajo se predvsem naslednje metode dela:

- **intuitivne metode** temeljijo na **podzavestnem sklepanju**, **brez utemeljitve** in zahtevajo dobro poznavanje elementov pnevmatike
- **izkustvene metode** so **pravila**, ki nas postopoma vodijo od zasnove do realizacije vezja
- **matematične metode** pa so v opuščanju

Najpogosteje se uporabljajo izkustvene metode. Podrobnejši opis in primer je opisan pod geslom Načrtovanje pnevmatskih krmilij.
Pnevmatika - nivoji Glej geslo Nivoji v pnevmatičnih shemah.
Pnevmatika - osnovne naprave po skupinah Če želimo spoznati pnevmatske sisteme, moramo najprej narediti **strnjen pregled** preko vseh naprav, ki jih imenujemo tudi enote, komponente, delovni ali krmilni členi, gradniki, sestavine, elementi itd. Primer pnevmatskega omrežja:



Pnevmatske naprave **PO SKUPINAH**:

1. NAPRAVE, KI STISNEJO IN SHRANJUJEJO ZRAK: kompresorji (ki ustvarijo primarni tlak) in tlačne posode (rezervoarji - shranjevalniki stisnjene zraka).

2. NAPRAVE ZA PRIPRAVO ZRAKA: pripravna grupa (filter + regulator tlaka + naoljevalnik), sušilniki, mehanski/avtomatski izločevalniki vlage, zbiralniki kondenzata, naprave proti zmrzovanju kondenzata, oljni izločevalniki ipd.

Njihova naloga je, da pripravijo zrak (izločijo delce in vlago, naoljijo) in ustvarijo konstanten delovni tlak, ki je potreben na posameznem delovnem mestu (v večini primerov **6 bar**, zelo redko pod **4 bar** ali nad **10 bar**). S pripravo zraka preprečimo prekomerno obrabo pnevmatičnih komponent, način priprave zraka pa je odvisen tudi od uporabe (npr: zrak v zobotehniko se pripravlja drugače kot za industrijo).

3. ENOTE ZA TRANSPORT IN MERJENJE stisnjene zraka:

- cevi za pnevmatično omrežje (delovni in krmilni vodi, fiksni in gibljivi cevovodi), zbiralniki kondenzata (izločevalniki vlage) in pnevmatični cevni priključki: cevne spojke, razvodi, razdelilniki, spojni elementi, hitre spojke..., kolena, reducirni nastavki itd.
- merilne naprave: merjenje tlaka (manometri), pretoka zraka - glej Venturijeva cev

4. ENOTE ZA NADZOR IN KRMILJENJE stisnjene zraka:

- Krmilniki poti (potni ventili).
- Nadzor pretoka: tokovni (nepovratni, enosmerni, protipovratni), zaporni in zapirni ventili, dušilna mesta (pipe, zasuni), varnostni, izpustni in omejevalni ventili.
- Nadzor tlaka: indikatorji (pokazatelji) tlaka, regulatorji tlaka, tlačni ventili (varnostni, izpustni, omejevalni).

Sin. **pnevmatične krmilne komponente.**

5. NAPRAVE, KI JIH STISNEN ZRAK POGANJA. To so pnevmatične delovne komponente, porabniki zraka, ki spreminjajo energijo stisnjene zraka v mehansko energijo. Imenujemo jih **aktuatorji** ali **sekundarni** pretvorniki energije in jih delimo glede na vrste gibanja:

- za **premočrtna gibanja** (naprej - nazaj): **pnev-**

matični cilindri oz. delovni valji (za preračun glej geslo Enosmerni delovni valj in dvosmerni delovni valj); posebne oblike so **valji s končnim dušenjem** (glej geslo Končno dušenje cilindrov), **brezbatnični valji**, **pnevmatične mišice** itd.

- za **krožna** (vrtljiva) **gibanja** (motorji): **pnevmatični motorji**
- za **nihajna gibanja** (zasuči): **pnevmatični zasučni cilindri**, **pnevmatična prijemala**

Naprave v peti skupini izvajajo neka opravila in jih glede na uporabo razdelimo po skupinah:

PIŠTOLE za privijanje vijakov, za kovice, za izpihovanje, naoljevanje, peskanje, pihanje, sušenje, airbrush, pištole za brizgalno ali prašno lakiranje, za vezanje pločevine, za silikon, za boile izdelovanje klobas) itd..

Pnevmatične VULKANIZERSKE naprave: montirke, dvigala itd.

Pnevmatična ORODJA in PRIPOMOČKI: pimeži, račne, vrtni stroji, kladiva (vrtalna itd.), zračni transport, žebeljniki (zabijalni aparati), spenjalniki, pnevmatične vbojne žage, vzdodne in zrezne škarje, ekscentrični brusilniki, polirke, superfiniš, čiščenje, polnjenje pnevmatik, mazalke, zapirala za vrata, preše, igličar (za odstranjevanje rje) itd.

INDUSTRIJSKA pnevmatika: pnevmatična prijemala (dvo-, triprstna), sesalna prijemala, naprave za sortiranje, pakiranje, napihovanje plastike itd.

POSEBNE pnevmatične NAPRAVE: zračno vzmetenje, odpiranje vrat (vhodnih, na avtobusih, vlakih), centralno zaklepanje s podtlakom, zavore tovornjakov, prehrabna - procesna - kemijska - zdravstvena - zobozdravstvena industrija itd.

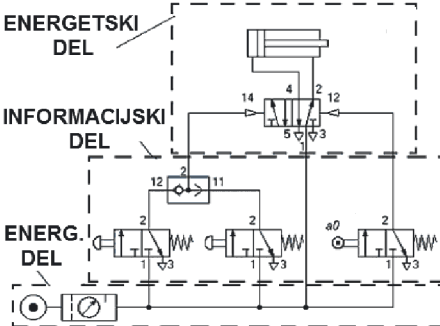
PRETVORNIKI TLAKA, tudi v drugo obliko energije, npr. pnevmatično hidravlični valji ipd.

PNEVMATIČNE VZMETI, glej geslo Pnevmatiko vzmetenje

Naprave, ki izkoriščajo **ENERGIJO PODTLAKA:** sesalna prijemala itd.

Vedeti moramo, **pri katerem tlaku** naprava pravilno deluje. **Osnovni podatek** je **poraba zraka pri tem tlaku**. Efektivna zmogljivost kompresorja mora biti večja od vsote porab zraka pri vseh porabnikih, ki delujejo hkrati.

Pnevmatsko omrežje delimo na **ENERGETSKI (močnostni)** in **INFORMACIJSKI (krmilni)** del:



Pnevmatika - prednosti in pomanjkljivosti

PREDNOSTI

1. Stisnjen zrak **VSEBUJE MEHANSKO ENERGIJO** in zato on **DIREKTNO POGANJA** naprave, na katere je priključen. Pri tem lahko ustvarja tako **krožno** kot tudi **premočrtno** gibanje. Pri pnevmatičnih napravah lahko **premočrtno gibanje** (npr. naprej - nazaj) **dosežemo** takoj, **DIREKTNO**. Obenem ima pnevmatika prednost v primerih, ko je potrebno **na majhnem** razpoložljivem **prostoru spremeniti smer gibanja**.

Pri **ELEKTRIKI** pa ni tako. Ko jo dovedemo do neke naprave, jo je treba **NAJPREJ SPREMENITI V MEHANSKO ENERGIJO** - za to pretvorbo pa potrebujemo elektromotorje ipd.

Elektromotorji praviloma **proizvajajo krožno gibanje**, ki ga je pogosto potrebno **spremeniti v premočrtno** (npr. vbojna žaga), včasih v **oscili-**

rajoče gibanje ipd. Za to potrebujemo pretvornike (vzvodovje, ekscentri itd.), ki porabljajo energije, obenem pa so **izpostavljeni obrabi**.

2. Pnevmatične naprave se zelo **malo obrabijo**, **redko se kvarijo** in imajo **dolgi rok trajanja**. So **robustne** in **zanesljive** ter so **neobčutljive** na magnetna ali električna polja. Omogočajo tudi **brezstopensko nastavitve hitrosti** in **sile**. Mnoge pnevmatične naprave so tudi **lažje** od električnih, avtomatizacija pa je **cenena**.

Pri pnevmatičnih napravah sploh **ne moremo govoriti o motorjih**, ki so **pregoreli zaradi preobremenitve!** V najhujšem primeru se naprava ustavi, ne da bi se ob tem pokvarila!

3. Velika prednost pnevmatičnih naprav je uporaba v primerih, ko je potrebna **velika moč pri majhnih vrtilnih hitrostih** - v takih primerih imajo boljše lastnosti kakor električne naprave.

4. Velika prednost pnevmatike je **VARNOST**, saj ni nevarnosti za nastanek električnega udara, eksplozije ali požara, tudi pri preobremenitvi. Zato se priporoča uporaba tudi v rudnikih, predelavah lesa, lakirnicah (kjer je tveganje večje). **Prisotnost vode** je lahko vir nevarnosti pri električnih napravah (npr. pri avtokaroserijskih opravilih - mokro brušenje ipd.), pri pnevmatičnih napravah pa prisotnost vode ni nevarna.

5. Prednosti v primerjavi s hidravliko:

- zrak za pogon naprav lahko **jemljemo iz ozračja** brez omejitev
- stisnjen zrak lahko **transportiramo na večje razdalje** (izgube ~0,4 bar/100m)
- stisnjen zrak **lahko shranjujemo** v tlačnih posodah in ga nato poljubno prenašamo; na 1 dm³ prostornine lahko akumuliramo energijo 850 J pri nadtlaku 5 bar in temperaturi 20°C
- **temperatura:** če stisnjen zrak ne vsebuje vlage, sistem zanesljivo deluje **od -60 do +200°C**

6. Pomembna prednost pnevmatike je tudi to, da je stisnjen zrak lahko tudi **blažilni element**, kar je lahko v določenih primerih uporabe lahko zelo pomembno, npr. pri kovaških kladivih (kjer ni dovoljeno povsem določeno, togo gibanje).

POMANJKLJIVOSTI

1. Draga priprava zraka: zrak mora biti filtriran in brez vlage. Zlasti pri težjih pogojih obratovanja je potrebno **še naoljevanje**. Oljna megla pri odzračevanju je **ekološko sporna**.

2. Stisljivost zraka ima svoje slabosti: neenakomerne hitrosti batnice pri spreminjanju obremenitvi, problematični so počasni gibi batnic.

3. Glasnost: šumenje zaradi odzračevanja.

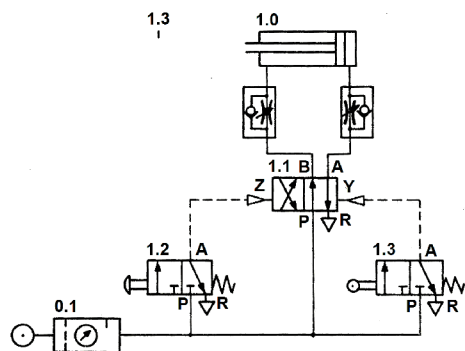
4. V primerjavi s **hidravliko** imajo delovne komponente **velike dimenzije** zaradi omejitve delovnega tlaka na 6 - 10 bar. To pa vpliva tudi na gospodarnost - zaradi večjih dimenzij so lahko tudi **cene** cilindrov **višje**.

5. Občutljivost na **nizke temperature**, če zrak vsebuje prevelike količine vlage.

Obstajajo področja uporabe, na katerih so pnevmatične naprave **izpodrinile** vse **ostale možno-sti**, npr.: razprševanje barv, peskanje, vulkanizirstvo, nastavitve vrtilnega momenta, servozavore pri avtomobilu itd..

Pnevmatika - sheme, oštevilčeni elementi

- 0.** skupina za oskrbo z energijo
- 1., 2.** skupina krmilja, ki pripada posameznemu delovnemu elementu - cilindru delovni elementi (1.0, 2.0, ...)
- .0** glavni krmilni ventil delovnega elementa-cilindra (1.1, 2.1, ...)
- .1** elementi, ki vplivajo na gibanje posameznega delovnega elementa - skupine **naprej**, na aktivirana stanja (1.2, 2.4 ...)
- .2, 4** elementi, ki vplivajo na gibanje posameznega delovnega elementa - skupine **nazaj**, na vračanje v osnovno stanje (1.3, 2.3 ...)
- .3, 5** elementi, ki so med delovnimi elementi in glavnim krmilnim ventilom, za **prilagoditev signalov** (1.01, 1.02 ...), npr. izmenični nepovratni ventil itd.



Pnevmatika - sheme, označevanje sestavin

Pri zahtevnejših in obsežnejših krmiljih je bolje, da sestavine na krmilnih shemah sistematično poimenujemo s črkami in številkami.

Zakaj je poimenovanje sploh potrebno:

- a) Da identificiramo posamezne pnevmatične ali električne NAPRAVE na krmilnih shemah, npr. delovne valje, potne ventile, stikala ...
- b) Da so jasno razvidne posamezne POVEZAVE na pnevmatičnih krmilnih shemah. Konkreten primer je posredni način risanja mehanskih končnih stikal: položaj senzorja mehanskega končnega stikala poimenujemo in povežemo s "kolenom", ki ima enako ime.
- c) Da so jasno razvidne posamezne POVEZAVE na električnih krmilnih shemah. Konkreten primer je risanje releja: tuljavico releja poimenujemo z enakim imenom kot kontakte releja.
- d) Da pretvornike signalov pravilno POVEŽEMO med pnevmatično in električno krmilno shemo.
 - Če je pretvornik signala sestavni del neke naprave, ga posebej poimenujemo in nato z enakim imenom označimo isti pretvornik še na električni shemi. Primer: posebej poimenujemo elektromagnetni ventil (sestavni del potnega ventila) na pnevmatični shemi in nato z enakim imenom še na električni shemi.
 - Na obeh shemah enako poimenujemo tudi celotno napravo, npr. brezdotični senzor: na pnevmatični shemi je pomemben položaj, na električni shemi pa je pomembna izvedba stikala.

Pri konstruiranju shem je najlažje iskati po abecednem redu imen pnevmatičnih naprav:

- aktuatorji (delovni valji itd) **A**
- brezdotični signalniki **B**
- cilindri (delovni) **A**
- črpalke **P**
- delovni potni ventili **V**, dvotlačni ventili **V**
- delovni valji **A**
- dušilni ventili **V**
- dvotlačni ventili **V**
- enosmerni ventili **V**
- elektronski brezdotični signalnik **B**
- elektromagnet **Y**
- indikatorske naprave (lučke) **H**
- izmenični nepovratni ventili **V**
- kompresorji **P**
- končna stikala **S**
- kontaktor **K**
- mejna stikala **S**
- navitje EM ventila **Y**
- ostale sestavine **Z**
- pogonski motorji **M**
- položaj senzorja **S**
- potni ventili: krmilni **S** in delovni **V**
- reedov kontakt **B**
- rele **K**
- ročno aktivirana tipka, stikalo vhodne naprave **S**
- senzorji **B**, **S**
- solenoid (elektromagnet, tuljavica ventilov) **Y**
- stikala (npr. električna) **S**
- tlačno stikalo **B**
- tuljavice ventilov (navitje EM ventila) **Y**
- valji (delovni) **A**
- ventili **V** (dvotlačni, izmenični nepovratni, zaporni, dušilni, zapirni itd.)
- zapirni in zaporni ventili **V**

Abecedni red oznak - za prepoznavanje shem:

- **A** - aktuatorji (delovni valji itd)

- **B** - senzorji, reedov kontakt, elektronski brezdotični signalnik, tlačno stikalo
- **H** - indikatorske naprave (lučke)
- **K** - rele, kontaktor
- **M** - pogonski motorji
- **P** - črpalke, kompresorji
- **S** - končna stikala, potni ventili, senzorji, položaj, mejno stikalo, ročno aktivirana tipka, stikalo (vhodne naprave)
- **V** - ventili: delovni potni ventili, zaporni ventili (dvotlačni, izmenični nepovratni, krmiljeni nepovratni ...), zapirni ventili, tokovni ventili, (dušilni, enosmerni nastavljivi dušilni) ipd.
- **Y** - tuljavice - navitja EM ventilov, solenoid
- **Z** - ostale sestavine

SKUPNA OZNAKA je sestavljena iz 4 znakov:

Št1 - Št2 Ozn Št3 npr.: 1-1B2, 1S3, 3V1 itd.

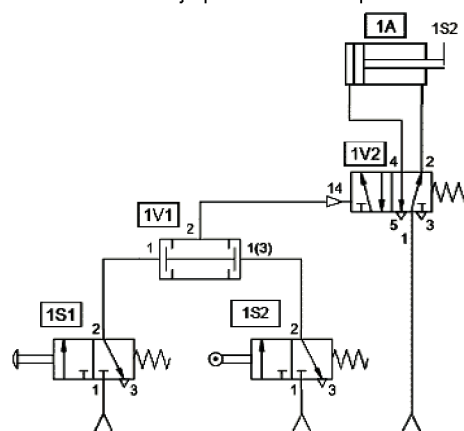
Št1 - številka naprave (npr. proizvodne enote, linije ipd.), enostavnejša krmilja je nimajo

Št2 - številka krmilja (vsi elementi, ki imajo kakršenkoli medsebojni vpliv)

Ozn - oznaka pnevmatične naprave (npr. A, S V, glej zgoraj)

Št3 - zaporedna številka naprave (če jih je več)

Primer označevanja pnevmatičnih naprav:



Pnevmatika - vzdrževanje Redno vzdrževanje lahko razdelimo po skupinah:

NAPRAVE, KI STISNEJO IN SHRANJUJEJO ZRAK: čiščenje in ravnanje po navodilih za uporabnika ter v delavniškem priročniku.

ENOTE ZA PRIPRAVO ZRAKA:

Vzdrževanje filtra:

- potrebna je redna kontrola nivoja kondenzata in pravočasni izpust kondenzata, sicer stisnjeni zrak potegne kondenzat za seboj v sistem; posebej pozorni smo pozorni smo pozorni, ker lahko kondenzat zmrzne, raztezanje ledu pa lahko poškoduje filter
- **filtrski vložek** je potrebno občasno zamenjati v odvisnosti od časa uporabe in od zahtevane stopnje čistosti zraka
- plastično posodo za filter (kozarec) in kanale je potrebno občasno očistiti (izpihati), vendar jih nikoli ne peremo s trikloretilenom

Vzdrževanje regulatorja tlaka:

Občasno primerjamo nastavljeni delovni tlak s kontrolnim manometrom.

Vzdrževanje naoljevalnika:

Pozorni moramo biti na to, da dolivamo vedno olje s pravilno viskoznostjo. Občasno očistimo kozarec in izpihamo kanale.

ENOTE ZA TRANSPORT, MERJENJE IN NADZOR STISNJENEGA ZRAKA

Pregled (kontrola) tesnosti v sistemu. S kontrolnim manometrom občasno preverimo pravilnost delovanja merilnih naprav.

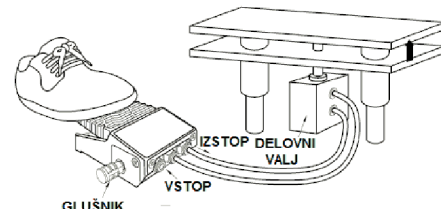
KRMILJA IN KRMILNIKI: ravnanje po navodilih za uporabnika ter v delavniškem priročniku.

NAPRAVE, KI JIH STISNEN ZRAK POGANJA: preverjanje tesnosti, občasno mazanje in ravnanje po navodilih za uporabnika.

Pnevmatska stopalka Potni ventil, ki se aktivira z nogo. Klasične izvedenke so:

- 2/2 za enosmerne delovne valje (ko stopalko razbremenimo, ostane delovni valj v zadnji legi,

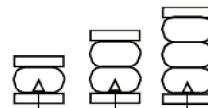
- odzračevanje pa se izvrši z dodatnim ventilom)
- 5/2 za dvosmerne delovne valje



Sin. pnevmatični pedal.

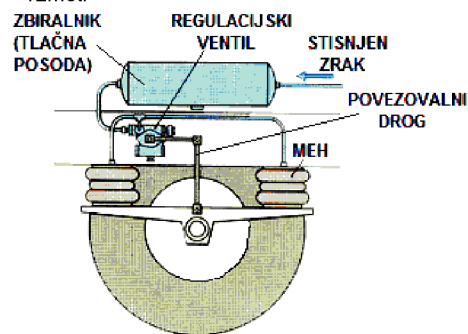
Pnevmatski Kar zadeva pnevmatiko kot panogo, npr. ~i zakoni.

Pnevmatsko vzmetenje Vzmetenje z uporabo pnevmatične (zračne, plinske) vzmeti. Simbol za pnevmatično vzmet z enim, dvema ali tremi mehovi izgleda tako:

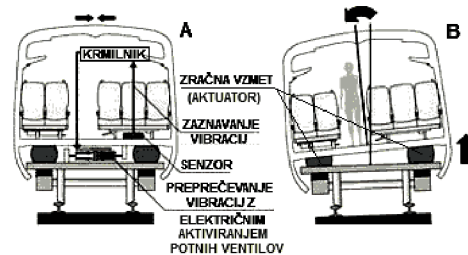


Uporaba: pnevmatsko vzmeti avtomobilski in drugi sedeži, avtodvigala, vzmetenje avtobusov, tovornjakov, priklopnikov, železniških vagonov itd. Poznamo tudi **aktivno pnevmatsko vzmetenje** (patent podjetja TAM Maribor), ki deluje tako:

- senzor zazna prevelike vibracije (prevelik nagib vozila) in pošlje signal krmilniku
- krmilnik predela prejete informacije in pošlje signal na potni ventil
- potni ventil se aktivira in spremeni tlak v zračni vzmeti



Princip aktivnega zračnega vzmetenja v železniškem vagonu prikazuje spodnja risba:



Prim. Hidropnevmatsko vzmetenje.

Položajni plan Glej Tehnološka shema.

Poraba zraka Osnovni podatek posameznih porabnikov zraka je **poraba zraka pri podanem tlaku**. Zmogljivost kompresorja mora biti večja od vsote porab zraka pri vseh porabnikih, ki delujejo hkrati. Prim. Zmogljivost, Kompresor.

Poraba zraka pri enosmernem delovnem valju:

$$Q = n \cdot V \quad [L/min]$$

Poraba zraka pri dvosmernem delovnem valju:

$$Q = 2 \cdot n \cdot V \quad [L/min]$$

V ... volumen valja [L/gib]

n ... frekvenca gibanja [gib/min]

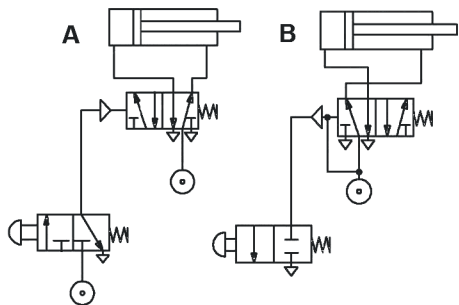
Iz zgornjih dveh enačb se izračuna približna poraba zraka (ki je večja od realne porabe) pri kateremkoli nazivnem tlaku. Takšen izračun nam koristi le za približno določanje kompresorja.

Posredno aktiviranje potnih ventilov Glej Potni ventil - načini aktiviranja.

Posredno krmiljenje aktuatorjev V tem primeru aktuator ne aktiviramo direktno s potnim ventilom - med krmilnim potnim ventilom (stikalom) in aktuatorjem nahaja še kakšen element. Primeri:

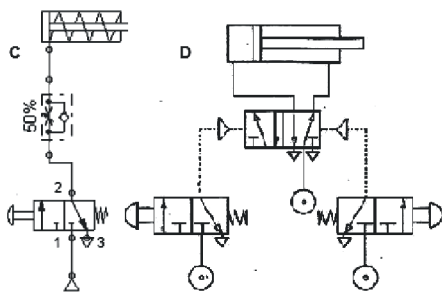
- 1. Cilindri z velikimi premeri zahtevajo **velike**

zračne pretoke, ki jih lahko zagotavljajo **samo veliki ventili**. Veliki potni ventili pa zahtevajo tudi **velike sile** za vklopjanje. Če so te **sile prevelike za ročni vklop**, je potrebno **načrtovati posredni vklop**. Pri tem načinu manjši krmilni ventil pošilja signal, ki zadošča le za vklop delovnega (glavnega) ventila:

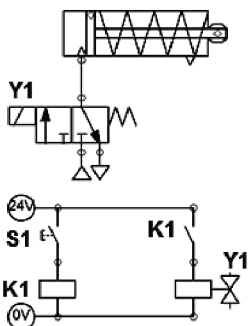


Zgornja leva risba (A) prikazuje posredno krmiljenje, pri katerem aktiviramo delovni potni ventil s tlakom, desna risba (B) pa kaže posredno krmiljenje, pri katerem aktiviramo delovni potni ventil z razbremenitvijo tlaka.

2. Spodnja risba pa prikazuje posredno krmiljenje z uporabo **enosmernega nastavljivega dušilnega ventila (C)** in z uporabo **bistabilnega potnega ventila (D)**:



3. Posredno krmiljenje pri elektropnevmatiki - pritisnemo tipko in elektrika aktivira potni ventil:



Sin. Indirektno krmiljenje aktuatorjev.

Pot-korak Glej geslo Diagram pot-korak.

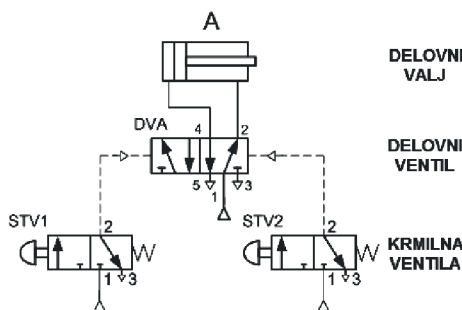
Potni ventil Ventil, ki usmerja, odpira in krmili pretok zraka, **pnevmatično stikalo**. Sin. krmilnik poti. Za hidravliko glej Hidravlika - krmilniki poti. Zaradi boljše preglednosti so podrobnosti opisane pod naslednjimi gesli:

- Potni ventil - funkcije
- Potni ventil - načini aktiviranja
- Potni ventil - priključki
- Potni ventil - stanja

Glede na njihov položaj v pnevmatični vezavi potne ventile v osnovi delimo na:

a) Delovne ventile, ki napajajo delovne valje (aktuatorje), lahko imajo priključke z zelo velikimi premeri cevi in z velikimi pretoki zraka.

b) Krmilne ventile, ki krmilijo druge potne ventile (delovne ali krmilne), so **dajalniki signalov**.



OSNOVNE TIPE potnih ventilov **SKRAJŠANO OZNAČUJEMO Z DVEMA ŠTEVILKAMA**, ki pomenita **število priključkov** in **število stanj** (preklopnih položajev) posameznega potnega ventila: 2/2, 3/2, 3/3, 4/2, 4/3, 5/2, 5/3 itd. Kako beremo te oznake: dva skozi dva, tri skozi dva itd.

PRIMER: oznaka **3/2 potni ventil** pomeni potni ventil s **treimi priključki** in z **dveima stanjema**.

S STANDARDNIMI SIMBOLI prikazujemo le delovanje potnih ventilov, ne pa njihovo konstrukcijsko izvedbo. Dve osnovni konstrukcijski izvedbi potnih ventilov (sedežni in drsniški ventili) pojasnjuje geslo Ventili - konstrukcijski principi.

Simbol potnega ventila sestavlja:

1. Simbolika PRIKLJUČKOV, STANJ in FUNKCIJ potnega ventila.

2. Simbolika NAČINOV AKTIVIRANJA potnih ventilov. **Aktivirati** pomeni spremeniti stanje - preklopiti iz osnovnega v delovno stanje.

Prim. Ventili - konstrukcijski principi (sedežni in drsniški ventili), zaporni, tokovni ventili, glušnik.

Potni ventil - aktiviranje Glej geslo Potni ventil - načini aktiviranja.

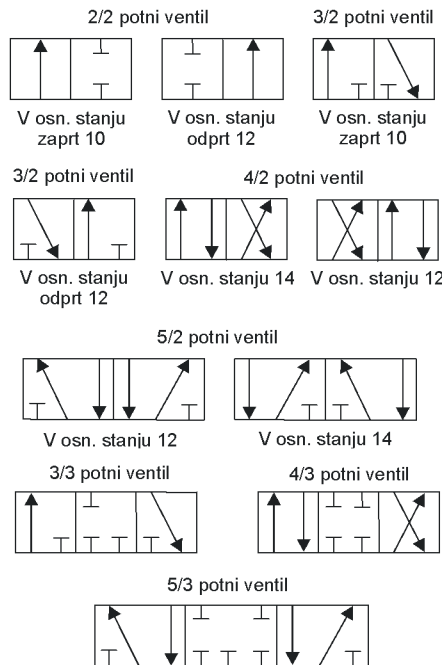
Potni ventil - funkcije Funkcije prikazujemo:

1. S **črtami in puščicami**. Črta ponazarja povezavo med dvema ventilskima priključkoma, puščica pa kaže smer pretoka stisnjene zraka.
2. Z oznakami za **zaprt pretok** - vodoravna črta na koncu kratke navpičnice.

T ZAPRT PRETOK ZRAKA SMER PRETOKA ZRAKA MED DVEMA PRIKLJUČKOMA

Razen **simbolično** (s puščicami, z zaprtim pretokom) lahko funkcije ventila pojasnimo tudi **številčno** ali **z oznakami**: NC (normally closed - v osnovnem stanju zaprt), NO (normally opened - v osnovnem stanju odprt). To naredimo tako, da opišemo krmilne vode znotraj potnega ventila, npr.:

- 10 ali NC pomeni: v osnovnem stanju zaprt
- 12 ali NO pomeni: v osnovnem stanju odprt
- 14 : v osn. stanju odprt, povezan z izhodom 4
- 12 : v osn. stanju odprt, povezan z izhodom 2



Pri potnih ventilih, ki imajo 3 stanja, je pomembno

vedeti, kateri način aktiviranja je tisti, ki vrača potni ventil v osnovno (sredinsko) stanje - praviloma so to vzmeti.

Pojasnila o potnih ventilih lahko pišemo tudi v oklepajih, npr. 5/2 (14) itd.

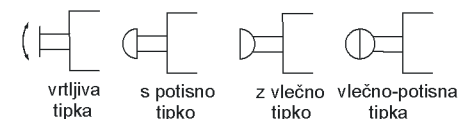
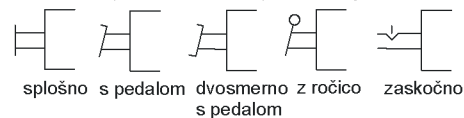
Potni ventil - načini aktiviranja Simboliko **NAČINOV AKTIVIRANJA** potnih ventilov dodajamo na levo in desno stran sestavljenih stanj (kvadratkov ali pravokotnikov) potnega ventila:

- na **levo stran** narišemo način aktiviranja **iz osnovnega stanja v levo** aktivirano stanje
- na **desno stran** narišemo
 - pri 2 stanjih: način vračanja **v osnovno stanje**
 - pri 3 stanjih: način aktiviranja **iz osnovnega stanja v desno** aktivirano stanje

Za aktiviranje potnega ventila je vedno potrebna **sila aktiviranja**, načini aktiviranja pa so različni.

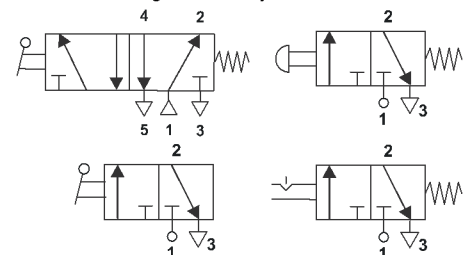
Poznamo naslednje **NAČINE AKTIVIRANJA** potnih ventilov:

- **FIZIČNO** (ročno ali nožno) aktiviranje:



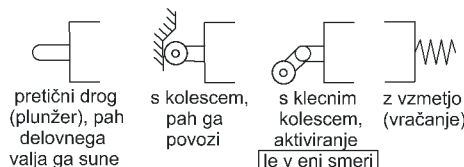
S pedalom pomeni z nogo - pnevmatska stopalka. Zaskočno praviloma pomeni s preklopno (menjalno, dvopoložajno) tipko.

Primeri fizičnega aktiviranja:



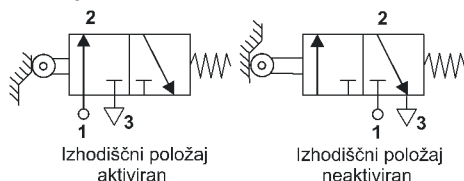
Opazimo, da lahko na desni strani potnega ventila izberemo tudi **možnost brez vračanja v osnovno stanje**.

- **MEHANIČNO** aktiviranje (**preko mehanizmov**):

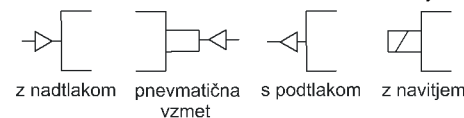


Plunžerju včasih pravimo tudi **tipalo** ali **sedež**. Pri mehaničnem aktiviranju je osnovni položaj odvisen od položaja mehanizma (npr. paha).

Spodnja risba prikazuje, kako pri kolescu narišemo, da je začetni (izhodiščni) položaj aktiviran (levo) ali neaktiviran (desno) - pomembno predvsem **pri končnih stikalih**:



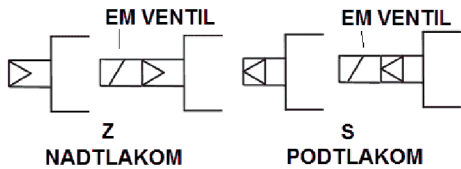
- **PNEVMATIČNO** in **ELEKTRIČNO** aktiviranje:



Naloga **pnevmatične vzmeti** je **vračanje v osnovno stanje**, ko na nasprotni strani ne deluje več nobena sila - deluje torej na enak način kot običajna vzmet, potni ventil **naredi monostabilen**. Pnevmtične vzmeti se uporabljajo predvsem v ventilskih otokih.

- **POSREDNO** aktiviranje ali **PREDKRMILJENJE**

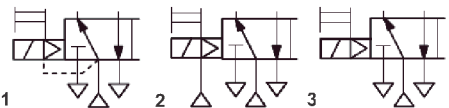
potnih ventilov pomeni, da ima potni ventil v sebi vgrajeno dodatno napravo, ki olajša aktiviranje. Ta naprava lahko deluje na nadtlak, podtlak, lahko tudi s pomočjo elektromagnetnega ventila:



Konstrukcijski princip delovanja električnega posrednega aktiviranja ventila je podrobno pojasnjen pod geslom Elektromagnetni ventil. Najpogostejše se posredno aktiviranje uporablja v kombinaciji z električnim aktiviranjem - v tem primeru z elektriko premagujemo le majhne sile, zato se poveča zanesljivost delovanja.

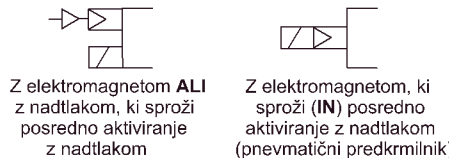
Smisel posrednega aktiviranja potnih ventilov je tudi prilagodljivost enakega potnega ventila na različne načine aktiviranja, kar pocieni izdelke.

Posredno aktiviranje potrebuje oskrbo s stisnjenim zrakom. Tudi način oskrbe s stisnjenim zrakom lahko narišemo v shemi. Na spodnji risbi vidimo, da je oskrba lahko integrirana v potnem ventilu (primer 1 in 3) ali pa je zunanja (poseben dovod stisnjenega zraka, primer 2):



Pomen vseh treh zgornjih simbolov pa je enak: z elektromagnetom ali ročno sprožimo posredno aktiviranje z nadtlakom. Pri tem je kot ročno sproženje praviloma mišljeno aktiviranje s tankim vijakom ali z inbus ključem. Orodje potisnemo v posebno odprtino, s tem mehansko potisnemo kotvo in aktiviramo potni ventil - npr. v primeru potrebe ali pri popravilu potnega ventila. Temu načinu dela pravimo override (prednostno ročno aktiviranje).

• **KOMBINIRANO** aktiviranje pomeni, da več različnih načinov aktiviranja povežemo z logičnimi funkcijami. Primera za vajo:



Kombinirano aktiviranje se največ uporablja, kadar je vključeno posredno aktiviranje in override.

Potni ventil - priključki **PRIKLJUČKE** potnih ventilov štejemo vedno samo na enem stanju (kvadratku, pravokotniku). V osnovi jih delimo na:

a) **Delovne priključke**, ki so označeni z eno številko (1, 2, 3, 4, 5) ali s črkami A, B, C, P, R in S. Povezujejo delovne vode, ki so na shemah označeni s polnimi črtami. To so priključki za vhod v potni ventil, za izhod iz ventila in priključki za odzračevanje.

b) **Krmilne priključke**, označene z dvema številkama (10, 12, 14) ali po starejšem standardu z eno črko: X, Y ali Z. Označujejo priključek krmilnega voda, katerega naloga je:

- * znotraj potnega ventila povezati dva delovna priključka; oznaka krmilnega priključka 12 v tem primeru pomeni, da bosta na potnem ventilu povezana delovna priključka 1 in 2; oznaka 10 pomeni, da bo priključek 1 zaprt
- * aktivirati nekaj drugega, npr. zaporni ventil (dvotlačni, izmenični nepovratni ...) ipd.

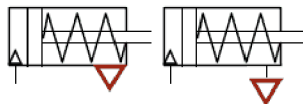
Krmilni vodi so na shemah označeni s črtkano črto - - - - -

Kako štejemo število priključkov potnega ventila: **A. Na simbolu** potnega ventila jih štejemo samo v osnovnem stanju. Drugih stanj ne upoštevamo.

B. Če imamo v rokah konkreten potni ventil, tedaj priključke štejemo SAMO NA DVEH STRANEH: na izhodni (zgornji) in na tlačno - odzračevalni (spodnji) strani. Morebitni ostali pnevmatični priključki (npr. na levi in desni strani pot-

nega ventila) pa se ne štejejo, ker so namenjeni za aktiviranje potnega ventila.

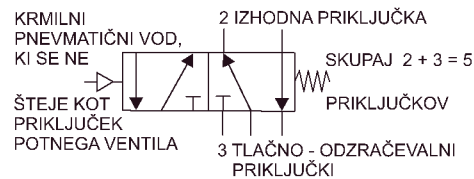
C. Na konkretnem potnem ventilu včasih niso vidni vsi priključki potnega ventila, npr.: na nekatere izpuste ni mogoče priključiti cevi. Simboli za izpust brez priključka in za izpust s priključkom se razlikujejo:



Pri potnem ventilu se štejejo vsi izpusti, tako s priključkom kot tudi brez priključka. Da bomo pravilno določili število priključkov potnega ventila, je najbolje pogledati oboje: simbol in tudi konkreten potni ventil.

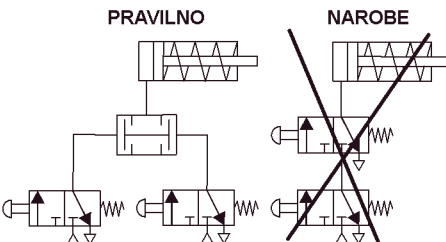
Glede na položaj delimo priključke na:

• **IZHODNE**, ki potni ventil povezujejo z naslednjim pnevmatičnim elementom. Simbol potnega ventila na izhodni strani nikoli ne vsebuje funkcije za zaprt pretok zraka. Rišemo jih NA ZGORNJI STRANI simbola za potni ventil:



• **TLAČNO - ODZRAČEVALNE**: izvor zraka, odzračevanje (izpust), varnost (ki je tudi izpust) in NIČ VEČ. Rišemo jih NA SPODNJI STRANI simbola za potni ventil.

Če je le možno, naj bo **PRI POTNIH VENTILIH STALEN IZVOR** stisnjenega zraka **ZAGOTOV-LJEN!** To pomeni, da je spodnja desna vezava praviloma nedopustna, narobe:



Obe vezavi imata enako funkcijo. Ampak, čeprav je desna vezava cenejša, nam leva vezava omogoča lažje razumevanje delovanja in učinkovitejše vzdrževanje (popravilo) sistema. Za to pravilo pa obstaja tudi izjema - glej geslo Kaskadna metoda.

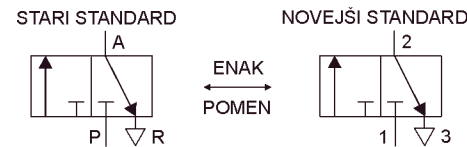
Priključke označujemo po dveh standardih:

PRIKLJUČEK	ISO 1219	ISO 5599
IZHOD IZ VENTILA - delovni priključek	A, B, C	2, 4
VHOD - izvor zraka	P	1
ODZRAČEVANJE - glušniki	R, S	3, 5
KRMILJENJE	Z, X, Y	10, 12, 14

P - pressure (tlak), R - relief (izpust), S - safety (varnost). Izvor stisnjenega zraka rišemo:

- na levi strani, če imamo dva priključka
- na sredini, če so priključki trije

Primer oznake po starem in novejšem standardu:

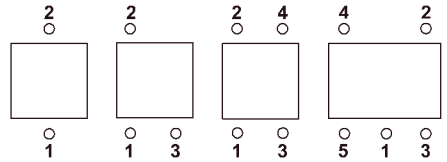


Za vsak priključek želimo vedeti:

- vsebuje delovni tlak ali ne?
 - kakšna je njegova vloga?
- Priključke vrišemo samo na kvadratok osnovnega stanja. Označujemo jih:
- s krogcem, če prikazujemo le potni ventil,
 - na pnevmatski shemi: s povezavo na delovni ali

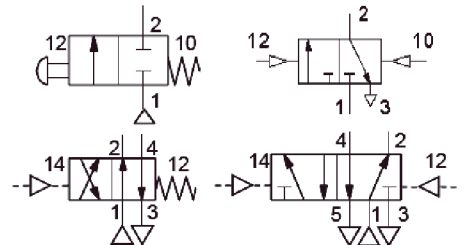
krmilni vod.

Priključki na pnevmatskih shemah pogosto niso označeni. Standardna razporeditev priključkov:



Nekateri proizvajalci zamenjajo parne (izhodne) številke potnih ventilov 5/2.

Krmilne priključke do potnih ventilov označujemo z dvema številkama, ki nam povesta, katera dva priključka bosta povezana, če je aktiviranje vključeno:



Nekateri proizvajalci uporabljajo za krmilne priključke dve številki, ki povesta, katera dva priključka sta povezana v osnovnem stanju.

V nadaljevanju bomo priključke označevali le po novem standardu ISO 5599 (s številkami).

Potni ventil - stanja Vsak potni ventil ima vsaj dva različna načina povezovanja vhodnih in izhodnih priključkov - ima vsaj dve različni stanji.

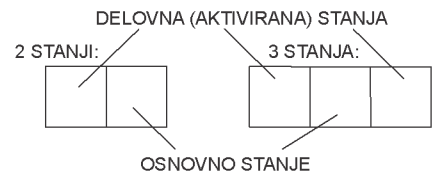
Eno stanje zajema vse funkcije v enem preklonju potnega ventila. Pove nam: kam (v katere izhodne priključke) usmerimo vhodni tlačni priključek in kateri izhodni priključki so usmerjeni v odzračevanje.

Potni ventil ima običajno dva ali tri različna stanja. Prikazemo jih s kvadratkami ali s pravokotniki, ki jih je toliko, kolikor je različnih možnih stanj:

a) Eden od kvadratkov je **OSNOVNO stanje**. To je začetno stanje ventila, ko nanj ne deluje nobena sila. Rišemo ga zmeraj na desni strani ventila, ki ima dve stanji. Če ima ventil tri stanja, tedaj osnovno stanje narišemo v sredini.

V posebnih primerih lahko pnevmatična shema zahteva, da na potni ventil že v začetnem (izhodiščnem) stanju deluje sila aktiviranja.

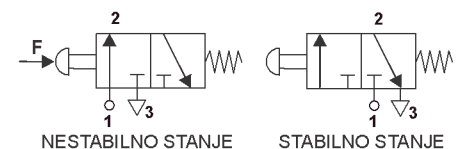
b) Ostali kvadratkami prikazujejo vsa ostala možna DELOVNA (AKTIVIRANA) stanja potnega ventila:



Pri potnih ventilih, ki imajo 3 stanja, je pomembno vedeti, kateri način aktiviranja je tisti, ki vrača potni ventil v osnovno (sredinsko) stanje - praviloma so to vzmeti.

Stanja lahko razlikujemo tudi na drugi način:

- **STABILNA** so tista stanja, ki brez delovanja sile vztrajajo v svojem položaju. Vsako osnovno stanje je vedno tudi stabilno stanje.
- **NESTABILNA** so tista stanja, ki vztrajajo v svojem položaju samo tako dolgo, dokler na potni ventil deluje neka sila aktiviranja. Po prenehanju delovanja sile potni ventil spremeni stanje.

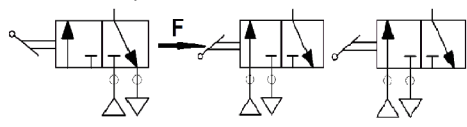


Stabilnost potnega ventila je odvisna od načina aktiviranja potnega ventila. Tako poznamo:

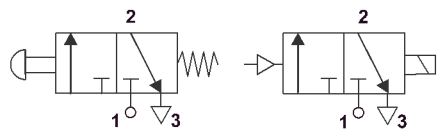
MONOSTABILNE ventile. Samo osnovno stanje je pri njih stabilno, vsa aktivirana stanja pa so nestabilna. V osnovni položaj jih vračajo vzmeti. Pri monostabilnih potnih ventilih vedno vemo.

katero je njihovo izhodiščno stanje.

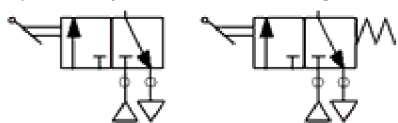
BISTABILNE ventile, ki imajo dve stabilni stanji - osnovno in še eno aktivirano stanje. Bistabilni potni ventil se **sam od sebe ne vrne** v osnovni položaj (v osnovni položaj ga ne vrača sila vzmeti). V osnovni položaj se vrne **le, če se na nasprotni strani pojavi signal**, npr. zračni tlak, električni impulz itd.:



Primer mono- in bistabilnega potnega ventila:



Če nismo dovolj pozorni, se lahko zmotimo pri prepoznavanju bi- ali monostabilnega ventila:



Desni potni ventil ima vzmet za vračanje v osnovno stanje, vendar ročica se v aktiviranem položaju zatakne in zato vzmet ne more vračati potnega ventila v osnovno stanje. Zato je tudi desni potni ventil bistabilen.

Po koncu obratovanja ostane bistabilni ventil v zadnjem aktiviranem stanju. Zato ob ponovnem zagonu njegovo **osnovno stanje morda ni enako stanju**, ki je narisano na shemi.

Če sistem zaženemo iz drugega stanja, je lahko tudi delovanje drugačno. Zato je pri bistabilnih potnih ventilih vsekakor treba **preučiti delovanje sistema za vse možnosti!**

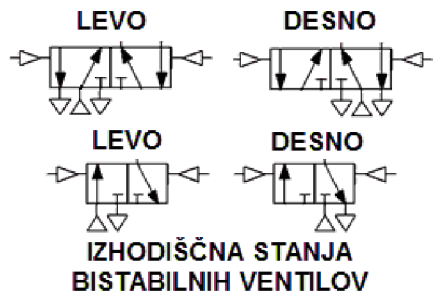
Ugotovitve nato zapišemo med navodila za uporabo, servisna navodila in podobno.

Da ne bo dvoma glede tega, v katerem stanju se mora nahajati bistabilni potni ventil ob zagonu sistema, je treba uvesti pojem **izhodiščno stanje**.

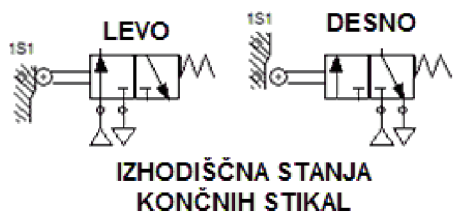
IZHODIŠČNO (ZAČETNO) STANJE

Ko je pnevmatično vezje sestavljeno, mi na zunaj ne moremo videti in zato praviloma **NE VEMO** v katerem stanju se nahaja bistabilni potni ventil. Obstaja pa možnost, da bistabilni potni ventil **NAMERNO DEMONTIRAMO, PREKLOPIMO** v željeno stanje in ga nato priključimo nazaj. Stanje, v katerem se mora nahajati bistabilni ventil ob zagonu pnevmatičnega sistema, imenujemo izhodiščno stanje.

Izhodiščni stanji, ki ju proučujemo, imenujemo **levo** in **desno izhodiščno stanje**:



Pravilno izhodiščno stanje je lahko pomembno tudi pri **končnih stikalih**:



Pozicijsko stikalo Sin. mehansko končno stikalo, mejno stikalo. Glej geslo Končno stikalo.

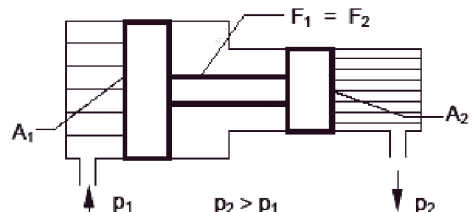
Pravilnostna tabela Glej Izjavnostna tabela.

Predkrmiljenje Glej Potni ventil - način aktiviranja (osnovno pojasnilo in simboli) in Elektromagnetni ventil (pojasnilo delovanja s primeri).

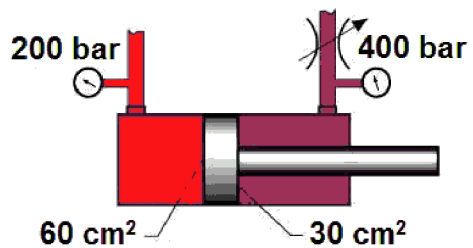
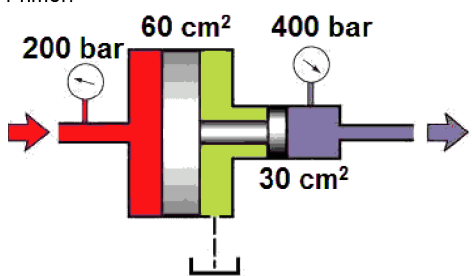
Preklopna algebra Glej Logične funkcije. Sin. Boolova algebra, stikalna algebra.

Pretok Glej Kontinuitetna enačba (masni, volumski pretok). Pri kompresorjih: teoretična in efektivna zmogljivost (dobava). Pri porabnikih stisnjene ga zraka: poraba zraka.

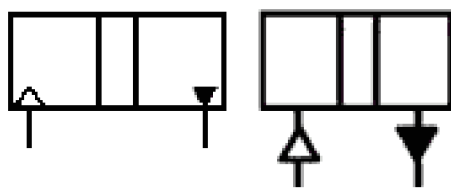
Pretvornik tlaka Naprava, ki pretvarja tlak, sin. tlačni pretvornik. Običajno je s tem izrazom mišljena povezava dveh hidravličnih cilindrov z različni površinama batov A_1 in A_2 :



Primer:



V delavnicah s pnevmatskim omrežjem pa se pogosto uporabljajo **pnevmatično-hidravlični valji**, ki seveda delujejo na enak princip. Z njimi lahko v avtokaroserijskih delavnicah natančno ravnamo pločevine: s pedalom "fino" nastavljamo dovod zraka, ki nato natančno povečuje hidravlični tlak. Simbol:



Prim. Hidravlično pretvarjanje sil.

Prijemalo Priprava ali del stroja za prijemanje, npr. prijemalo žerjava. Naloge prijemal:

- zanesljivo prijemanje in izpuščanje prijemancev
- varovanje prijemancev med prenašanjem
- prijemanje s krmiljeno silo
- prilagajanje obliki in meram prijemancev

Sestavni deli prijemal: pogon, prenos gibanja, prijemni del, senzori in krmilje. Principi prijemanja: s trenjem, z obliko, s silo podtlaka, z magnetno silo, z adhezijskimi silami.

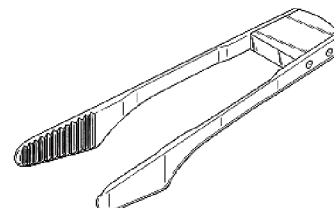
Prijemala **glede na izvor sile:**

- 1. Električna**, električna prijemala: koračni motorji (DC in AC).
- 2. Nadtlak**, pnevmatična prijemala:
 - pnevmatični motorji in valji, za manjše sile prijemanja, potreben je prenos sile z mehanizmi
 - membrane in elastične cevi, to so prilagodljiva, vendar manj natančna prijemala
- 3. Podtlak**: vakuumska prisena prijemala, sile so manjše in so odvisne od podtlaka ter površine prijemancev, prijemanci so ravne ploskve

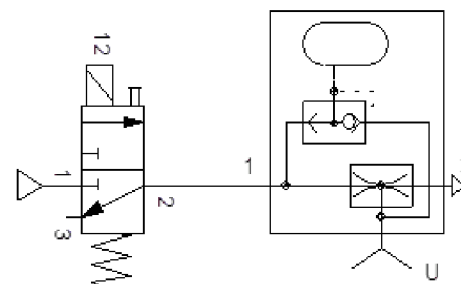
4. Hidravlika: hidravlična prijemala s hidravličnimi motorji in valji, sile so velike, potreben je mehanizem za prenos sil na prijemno mesto

5. Magnetna sila, magnetna prijemala: permanentni in elektromagnetni, prijemanci so feromagnetni materiali, sila je odvisna tudi od velikosti reže

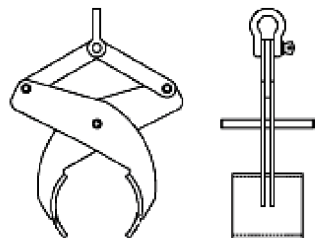
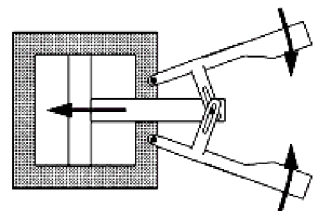
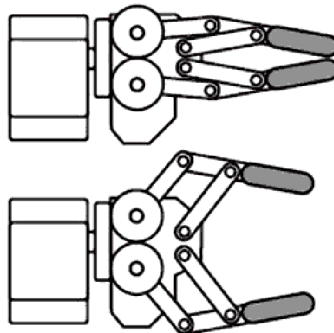
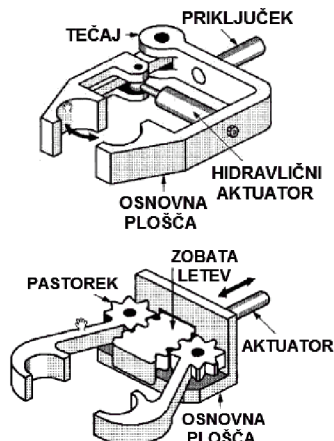
Nekatere izvedbe prijemal:



Ročno prijemalo



Vakuumsko prijemalo s krmiljenim podtlakom



Dvoprstna prijemala - mehanična, hidravlična, pnevmatična

$$F = p \cdot A$$

Priključek

1. **Priprava**, ki omogoča **razstavljivo zvezo z drugo napravo**: vrtni stroj s ~i, traktorski ~i, ~ na fotoaparatu, vmesnik za prikllop trdega diska na matično ploščo itd.. Prim. Pnevmatični cevni priključki, Hidravlični vodi, Hitrostični priključek, Hitra spojka, Konektor. Majhen priključek za ločljivo povezovanje je **konektor**, tudi **spionka**.

2. **Priprava za povezovanje omrežij**, npr.: vodovodni, radijski ~, antenski, električni ~, ~ na mestni plinovod, cestni ~ itd.

Pozor: ne zamenjaj **priključkov** kontaktorja, stikala, releja itd. **z njegovimi kontakti!**

Primaren Prvoten, začetni, osnovni, temeljen. Tudi glaven, po pomembnosti na prvem mestu.

Primarni tlak: glej geslo Pnevmatika - osnovne naprave in elementi. **Primarno dušenje**: glej geslo Tokovni ventil. Prim. sekundaren, terciaren.

Primarni tlak Tlak, ki ga ustvari kompresor v tlačni posodi. Podrobneje glej Tlak.

Priprava zraka Razlogi za to, da je potrebno najprej pripraviti zrak za uporabo v pnevmatičnih napravah, so naslednji:

1. Izboljša se zanesljivost, dolgotrajnost in natančnost **delovanja** pnevmatičnih **naprav**. V ta namen pripravimo zrak tako:

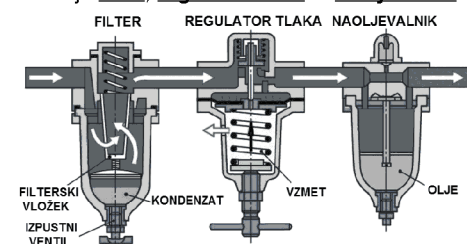
- očistimo ga mehanskih **primesi** (nečistoč)
- zagotovimo **pravilen tlak** v sistemu
- izločimo **vлаго** ali sušimo zrak; razen povzročanja korozije vlaga pri nizkih temperaturah zmrzne in lahko povzroča poškodbe
- zrak **naoljimo**, zaradi boljšega delovanja pnevmatičnih naprav

2. **Posebne zahteve uporabnikov**, npr. **brez naoljevanja**: v tovarnah kozmetičnih, farmacevtskih in pnevmatičnih izdelkov, pri zdravstvenih napravah (zobozdravstvo) in tudi tedaj, ko pnevmatsko omrežje uporabljamo **za zaščito z barvnimi ali lakastimi premazi** (razpršilniki) itd.

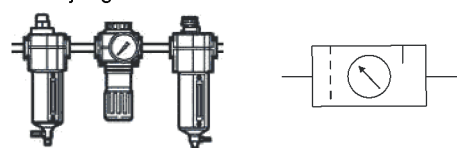
Naprave za pripravo zraka so:

- **pripravna grupa**: **filter + regulator tlaka + naoljevalnik**
- **izločevalniki vlage**
- **sušilniki zraka**
- **oljni izločevalniki** itd.

Pripravna grupa Enota za pripravo zraka, ki jo sestavlja **filter**, **regulator tlaka** in **naoljevalnik**.



Zunanji izgled in simbol:



Prisesek Tvorba na koži nekaterih živali (npr. hobotnice), ki omogoča pritrditev na podlago. Tudi tej tvorbi podobna priprava za pritrditev na podlago, npr. gumijasti priseski z obešalniki:



Priseski se v industrijski pnevmatiki pogosto uporabljajo npr. za dvigovanje pločevin ipd., način delovanja glej pod geslom **Sesalno prijemalo**. Sin. prisesno prijemalo. Prim. Venturijeva cev.

Pritisk Tehnično: celotna pritiska **sila** F na površino A, ki je izpostavljena tlaku p:

F - pritisk
 p - tlak, ki deluje na površino A
 A - površina

$$F = p \cdot A$$

[N]
 [N/m²]
 [m²]

Pogovorno je izraz pritisk običajno **sinonim za tlak**. Prim. tlak.

Procesno aktiviranje Aktiviranje, ki ga **povzroči proces**, ki ga krmilimo ali reguliramo. Izraz zajema tako mehanično kot tudi brezdotično aktiviranje. Ang. process actuated.

Z izrazom procesno aktiviranje direktno povežemo izraz **končno stikalo**.

Izraz pogosto up. pri **potnih ventilih**, pri **kontaktih** in **stikalih**. Ant. fizično aktiviranje.

Projekt Celovit načrt, ki nam pove:

- kaj se namerava narediti in
- kako naj se to uresniči.

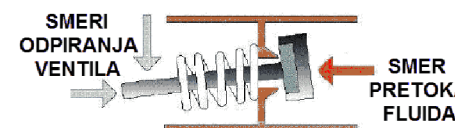
Projekt praviloma zajema več manjših načrtov, osnutkov, predlogov, tehničnih opisov, popisov stroškov itd.. Ustvarjajo ga projektanti.

Projektiranje: snovanje, ustvarjanje projektov.

Projekti se nastavljajo predvsem za reševanje bolj zapletenih problemov. Projektanti s svojim projektom kažejo svojo sposobnost realnega načrtovanja in učinkovitega izkoriščanja razpoložljivih kapacitet. Prim. Tehnični projekt.

Protipovratni ventil Glej geslo Zaporni ventili in znotraj njega **nepovratni ventil**.

Protitočni ventil Ventil, ki se odpira v smeri proti toku. Ti ventili se v primeru okvare **zaprejo**. Prim. Istotočni ventil.



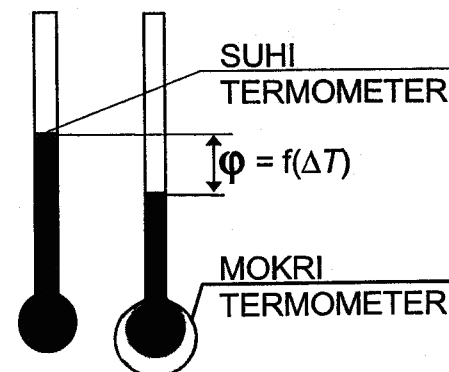
Psihrometer Merilnik vlažnosti. Deluje na principu ugotovitve, da vlaga neprestano izpareva v zrak. Za izparevanje potrebna toplota se pri tem oddaja, **zato se vlažen predmet ohladi**. Na enak način reagira tudi naše telo: ko je vroče, se potimo (navlažimo svoje telo), znoj se uparja in na ta način **znižujemo temperaturo svojega telesa**.

Psihrometer sestavljata **dva termometra**:

1. Prvi termometer je **moker**, je **100% vlažen**. Ves čas merjenja moramo skrbeti za vzdrževanje te 100% vlažnosti. Prvi termometer izmeri T₁.

2. Drugi termometer, ki izmeri T₂, pa se nahaja **okolju, katerega vlažnost merimo**. Imenujemo ga **suhi termometer**. S prisilnim kroženjem zraka okoli njega povečujemo natančnost meritve.

Relat. vlažnost zraka je sorazmerna razliki T₂ - T₁:



Prim. vlažnost, higrometer.

Puhalnik Naprava, ki povzroča močen tok zraka. Npr. ~ kombajna. Prim. kompresor, ventilator.

Radialen Ker radij pomeni polmer, beseda radialen pomeni **v smeri polmera**:

1. **Pravokoten na os vrtenja**: ~ smer, ~ obremenitev, sila. Glej risbo ob geslu Ležaj.

Radialni ležaj: ležaj za prestrezanje radialnih sil. Radialna pnevmatika ima vlakna karkase usmerjene v radialni smeri - glej Karkasa. Prim. aksialen.

2. **Središčen**: ki gre **iz središča, proti središču ali skozi središče** v smeri polmera: ~ni pomik, ~e razpoke v lesu, ~ni prerez, **pospešek** (centripetalni, centrifugalni - podrobneje glej geslo

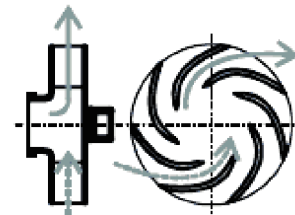
Centrifugalen).

Radialno silo najlažje predstavimo tako, da v vedro nalijemo vodo. Nato primemo vedro za ročaj in ga zavrtimo nad glavo:

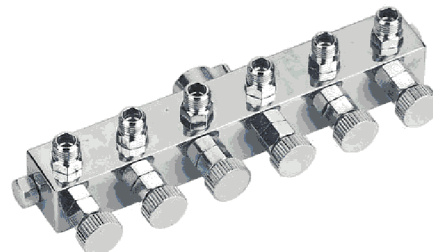


Ugotovimo, da **voda ni stekla iz vedra** - zaradi radialne (centrifugalne) sile.

Spodnja risba prikazuje **možni smeri toka** delovne snovi pri radialnih ventilatorjih, črpalkah, turbinah, kompresorjih:



Razdelilnik zraka Pnevmatična naprava z enim vhodnim in več izhodnimi priključki.



Sin. pnevmatski distributer.

Razvod Odvod v različne smeri, npr. cevni razvod, razdelilnik, cevni priključek, cevna spojka ali spojni element pri pnevmatiki / hidravliki.



Razvodni ventil Glej Končno stikalo.

Reducirni ventil Ventil, namenjen za **zmanjšanje** (reduciranje) **tlaka** plinov ali tekočin **na željeno vrednost**. Gre torej za **nadzorovano zmanjšanje tlaka** - zato reducirnih ventilov nikar ne zamenjaj z nobeno izvedbo zapirnih ventilov!

Po velikosti so lahko reducirni ventili:

- **veliki**, npr.: regulatorji tlaka pri pnevmatičnih sistemih, reducirni ventili pri plamenskem varjenju
- povsem **majhni**, npr. reducirni ventilički za nastavljanje tlaka pred pnevmatičnimi lakirnimi pištolami

Sin. **regulator tlaka**, redukcijski ventil. Način delovanja je opisan pod geslo Regulator tlaka, Plamensko varjenje, Hidravlika - ventil za znižanje tlaka.

Redukcijski ventil Glej Regulator tlaka, Reducirni ventil.

Referenca Sklic, sklicevanje na neke podatke, npr. na standarde, tehnične dokumente, predmete, površine, **dosežke**, uspehe itd. Primeri:

- pri geometričnih tolerancah imamo **referenčni element**, ~o **ravnino**, ~o **os**.
- pri CNC programiranju imamo **referenčno točko** → Odrezavanje - koordinatna izhodišča.
- v regulacijski tehniki imamo **referenčni člen**, ki na svojem izhodu daje neko željeno vrednost, npr. želeno temperaturo v prostoru.

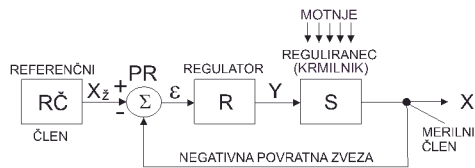
Referenca je lahko **tudi priporočilo**.

Regulacija Samouravnavanje neke **izhodne** oziroma **regulirane** veličine X na ta način, da:

- najprej **v referenčnem členu** določimo **željeno**

izhodno veličino X_2

- v **primerjalnem členu PR** nato X_2 primerjamo z izmerjeno izhodno veličino X (dobljeno iz negativne povratne zveze) in izračunamo **regulacijski odstop** $\varepsilon = X_2 - |X|$
- naslednji člen je **regulator R**, ki je krmiljen z ε in na svojem izhodu ustvarja **regulirno veličino Y**
- regulirna veličina Y deluje na **regulirani sistem S** tako, da regulirana veličina X sledi nastavljeni želeni vrednosti X_2



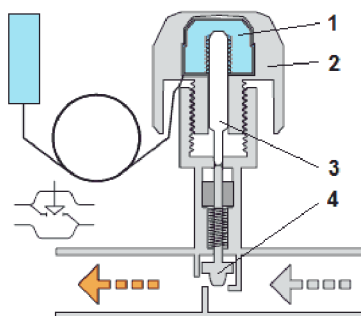
Načelo regulacije ali **ZAPRTE ZANKE VODENJA**

Za razliko od krmiljenja je regulacija **SAMOURAVNAVANJE**: izhodna veličina **SAMA SEBE uravnava**. Sistem neprestano **meri izhodno veličino** in jo z nečim primerja. Dobljena **razlika spremeni delovanje sistema** in dobimo novo izhodno veličino. Če pa neki sistem **meri vhodne veličine** ali **motnje**, meritev pa nato vpliva na delovanje sistema - tedaj **TO NI REGULACIJA, JE KRMILJENJE!**

Za pravilno razumevanje delovanja regulacije je **zelo pomembno poznati razliko med** besedama **REGULIRAN** (končen, izhoden, npr. ~a veličina X) in **REGULIRNI** (Y - tisti, ki **zadnji krmili** spremembe regulirane veličine)!!! **Regulirana** in **regulirna veličina** sta **prva podatka**, ki ju je potrebno prepoznati pri vsaki obravnavani regulaciji!

PRIMER: regulacija **temperature prostora** s termostatskim ventilom.

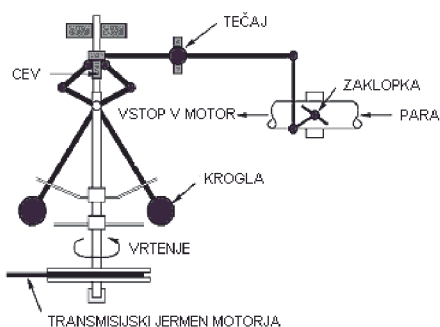
Regulirana (samouravnavana, izhodna) veličina je temperatura [$^{\circ}\text{C}$]. Regulirna veličina je **pretok tople vode** skozi radiator [l/min].



Termostatski ventil vsebuje:

- MERILNI ČLEN 1: rezervoarček s snovjo, ki ima veliko temperat, razteznost (alkohol, vosek ipd.),
- REFERENČNI ČLEN 2: označen pokrov za nastavitve želenne temperature prostora z vrtenjem,
- PRIMERJALNI ČLEN 3: potisni drog, ki potisne toliko, kolikšna je razlika med nastavitvijo referenčnega člena in izmerjeno vrednostjo v merilnem členu
- REGULATOR 4: položaj tesnila, ki povečuje ali zmanjšuje pretok tople vode

Lep primer **MEHANSKE REGULACIJE** je regulator vrtljajev parnega stroja (J. Watt, 1728):

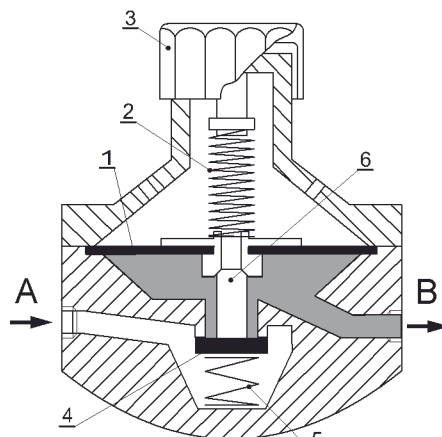


Razmislite ob sliki: najprej ugotovi, kako regulator vrtljajev deluje! Nato ugotovi, kaj je v zgornji sliki: X , Y , merilni člen, primerjalni člen, referenčni člen, regulator in reguliranec!

Pogosto se zgodi, da besedo regulacija uporabi-

mo za sistem, ki je pravzaprav krmilje - primere glej pod geslom Krmilje. Ang. regulation, nem. die Regelung. Prim. krmiljenje, sistem.

Regulator tlaka Pnevmatična naprava, ki **pretvarja** nihajoči **primarni tlak v** konstanten **delovni tlak**. Poznamo različne regulatorje tlaka (za regulacijo gorljivih plinov, za zračne zavore itd.), v industrijski pnevmatiki pa izgleda regulator tlaka tako:



1 membrana 2 vzmet 3 vijak za nastavljanje delovnega tlaka B, izvedbe: **brez** in **s samozapornim nastavkom** - najprej ga dvignemo in šele nato nastavimo prednapetost vzmeti (2) 4 odpiralni sedežni ventil 5 povratna vzmet ventila 6 batnica

Na vstopu **A** je **primarni tlak**, ki ga ustvarja kompresor, stisnjeni zrak pa se zbira v tlačni posodi. Na izstopu **B** je **delovni tlak**. Primarni tlak A je vedno večji od delovnega tlaka B .

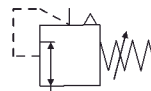
Regulator tlaka **deluje tako**:

- Če je delovni tlak B premajhen, se membrana 1 pomakne navzdol in preko batnice 6 odpre ventil 4. Stisnjen zrak bo zato stekel od A proti B in delovni tlak B se zato poveča.
- Povečani delovni tlak B potisne membrano 1 navzgor. Membrana bo za seboj povlekla batnico 6 in povezava med A in B bo prekinjena.
- Delovni tlak B se zniža, če pride do porabe zraka. Porabniki zraka so lahko brizgalna pištola, delovni valji itd.. V tem primeru se membrana 1 spet pomakne navzdol in **ponovi se postopek a**.

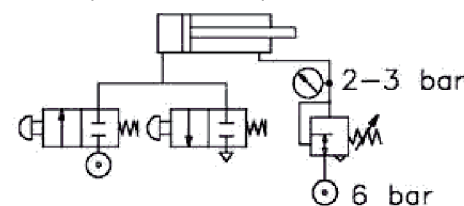
Če privijemo vijak 3, bomo preko vzmeti 2 povečali silo navzdol in tudi membrana 1 se bo upognila navzdol. Zato bo ventil 4 dalj časa odprt in zato bo potreben **višji delovni tlak B** za ponovni dvig membrane in zapiranje ventila 4.

Če pa bomo **vijak 3 odvijali**, bomo s tem nastavili **nižji delovni tlak B**.

Gre torej za **nadzorovano nastavljanje tlaka B** - zato regulatorjev tlaka nikar **ne zamenjaj** z nobeno izvedbo zapirnih ventilov! Simbol regulatorja tlaka:



Primer uporabe simbola v pnevmatični shemi:



Regulator tlaka je sestavni **del kompleta** kompresorja s tlačno posodo. Priporočljivo je, da je **zavaran proti odvijanju** - da ne more kar vsakdo nenamerno spreminjati delovnega tlaka. Sin. reducirni, redukcijski ventil, ventil za znižanje tlaka. Na podoben način deluje tudi reducirni ventil pri plamenskem varjenju. Prim. Tlačni ventil.

Vzdrževanje -> geslo Pnevmatika - vzdrževanje. **Reguliranec** Naprava, ki v odvisnosti od regulirane veličine Y spreminja regulirano veličino X .

Regulirati Delati, da kaj pravilno, ustrezno deluje, uravnovati. Prim. krmiliti.

Relativni tlak Glej tlak.

Rele ventil Pnevmatični ventil, ki z malim tlakom krmili velike tlake.

Rezervoar Glej Tlačna posoda, Pnevmatični akumulator tlaka ali Hidravlični rezervoar.

SA Kratica: single acting - enosmerni delovni valj. **Sedežni ventil** Glej geslo Ventili - konstrukcijski principi.

Sekundaren Na drugem mestu (npr. po vrsti, po pomembnosti, vrednosti itd), tudi podrejen. **Sekundarni pretvorniki energije**: glej geslo Pnevmatika - osnovne naprave in elementi. **Sekundarno dušenje**: glej geslo Tokovni ventili. Prim. primaren, terciaren.

Sekvenca Zaporedje, vrstni red sestavin v neki celoti. Npr. ~ krmilja so **zaporedna krmilja**.

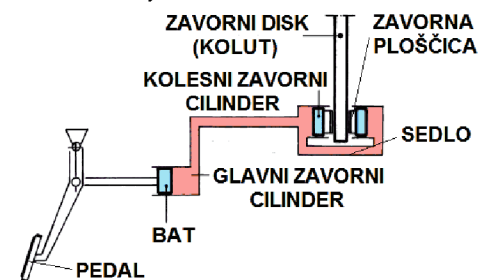
Sekvenčno krmilje Glej Krmilje (vrste krmilja).

Servo- Prvi del zloženk, pomeni: **povečanje sile** z dodajanjem energije: servomehanizem, **servozavora** pri avtomobilih (povečanje sile pnevmatično - s podtlakom sesalnega zraka), **servovolani** (povečanje sile s pomočjo hidravlike ali elektrike), servomotor, servoventil, servo krmilnik itd.. Ang. **serve**: služiti, pomagati. Razl. koračni motor.

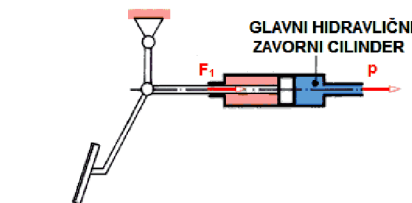
Servo ojačevalnik V slovenskem jeziku je to običajno naziv za pomožno napravo, ki povečuje silo zaviranja pri avtomobilu.

Brez servo ojačevalnika zaviramo tako:

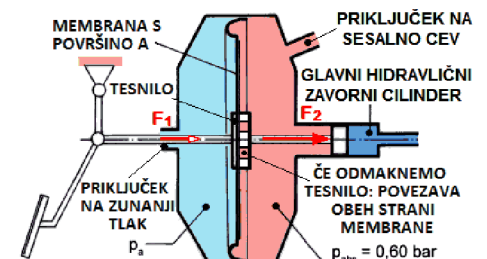
- Silo s pedala prenašamo direktno na glavni hidravlični cilindar - mehansko delo torej pretvorimo v hidravlično energijo (v tlak olja).
- V kolesnem zavornem cilindru tlak olja potisne zavorni ploščico - hidravlična energija se ponovno pretvori v mehansko delo.
- Zavorna ploščica pritisne zavorni disk in s tem zavira vrtenje kolesa.



Za razumevanje delovanja servo ojačevalnika zadostja proučevanje glavnega zavornega cilindra. Pri pritiskanju na pedal nastane na batnici sila F_1 , ki povzroči tlak olja p , ki znaša nekje do 25 bar:



Servo ojačevalnik je lonec, ki je z membrano razdeljen na dva dela:



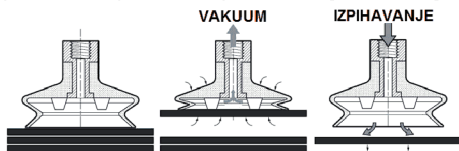
Osnovni položaj ni narisana na risbi. Tedaj tesnilo **tesni na levo stran**, torej priključek na zunanji tlak. Ker tesnilo v osnovnem položaju ne tesni luknje v membrani, sta obe strani membrane povezani s sesalno cevjo, imamo podtlak na obeh straneh membrane in torej **ni** nobene **razlike tlakov**.

Ko pa pritisnemo na pedal (glej risbo), tesnilo premaknemo v desno stran. Zato zatesnimo luknje v membrani, obenem pa odpremo priključek na zunanji tlak. Tako nastane **razlika tlakov** med p_a (zunanji tlak: levi oz. svetlo modri del memb-

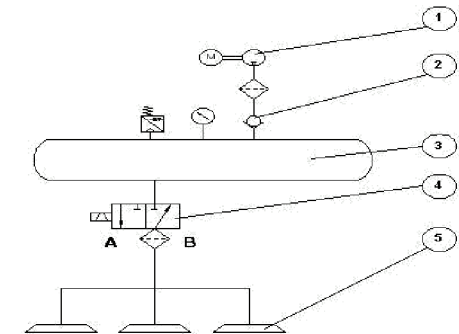
rane) in P_{abs} (podtlak: desni oz. rdeči del membrane). Razlika tlakov povzroča dodatno potisno silo in poveča F_1 na F_2 :

$$F_2 = F_1 + A \cdot (P_a - P_{abs})$$

Sesalno prijemalo Pnevmatična industrijska naprava, ki se prisesa na predmet in ga nato dvigne:

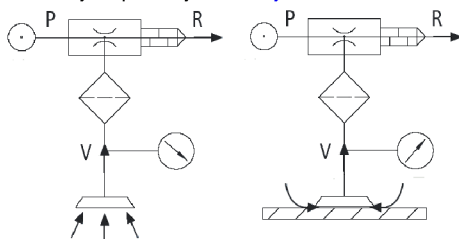


Sin. vakuumsko (prisesno) prijemalo, prisesek. Celoten sistem lahko deluje na več načinov. Delovanje s pomočjo **vakuumske črpalke** (odsevalna naprava):

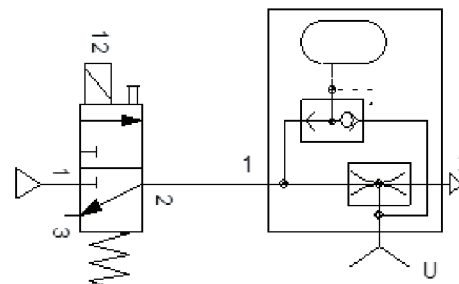


1 vakumska črpalka 2 nepovratni ventil 3 podtláčna posoda 4 potni ventil 5 sesalna prijemala

Delovanje s pomočjo **Venturijeve cevi**:



Dodatni rezervoarček bo povzročil izpihovanje ob prekinitvi povezave:



Sestavi ventilov Kombinacije več ventilov v enem ohišju, npr.: **časovni pnevmatični ventil** (časovni ventil za zakasnitev signala, časovni ventil za skrajšanje signala), **tláčni preklopnik** itd.

Signalni ventil Glej Končno stikalo.

Simbol Grafični znak oziroma znamenje, ki lahko označuje neko tehnično napravo (npr. pnevmatični cilinder), lahko tudi predmet, osebo, žival rastlino, matematični ali kemični izraz, označuje lahko tudi opravila (npr. likanje), varnost itd..

Situacijska skica Glej Tehnološka shema.

Skrajšan zapis zaporedja poteka delovnih gibov Način zapisa delovnih gibov, ki se uporablja predvsem pri pnevmatskih in hidravličnih sistemih. Zapis zajema **oznake aktuatorjev** (npr. delovnih valjev) ter znaka + (izvlek) in - (uvlek).

Primer: 2A1+, 1A1+, 2A1-, 1A1-

Najprej se izvleče drugi delovni valj, nato prvi, sledi uvlek drugega in nazadnje uvlek prvega valja. Podrobneje glej geslo Diagram pot-korak.

Solenoid Tuljava. Ang. solenoid: elektromagnet. **Standardni kubični meter** Dogovorna enota za volumen plina, merska enota je $[Sm^3]$ ali $[Nm^3]$.

Količino (maso ali volumen) plinov namreč ne moremo določiti s tehtanjem, tako kot npr. tehtamo

tekočine ali tredne snovi.

Pline lahko tehtamo le izjemoma, npr. v jeklenkah:

- najprej tehtamo maso polne jeklenke
- nato tehtamo maso prazne jeklenke

Masa plina nato izračunamo kot razliko med maso polne in prazne jeklenke.

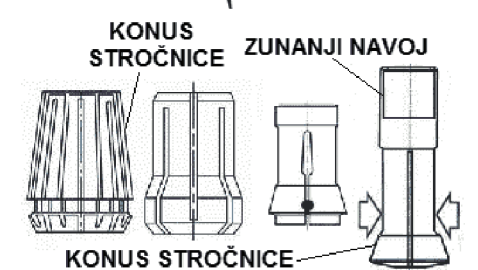
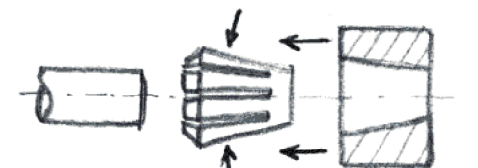
Količino plinov zato praviloma izražamo z volumenom $1 m^3$ plina pri standardnih razmerah. Standardne razmere pa seveda določajo standardi:

1. ISO 2533: 1,013 bar (fizikalna atmosfera), 15°C
2. DIN1343: 1,013 bar (fizikalna atmosfera), 15°C, DIN 1945 pa velja za stisnjen zrak pri 25°C.

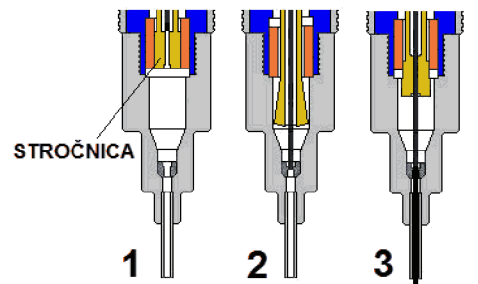
Stikalna algebra Glej logične funkcije. Sin. Boolova algebra, preklonpa algebra.

Stopalka Sprožilo, ki se aktivira z nogo - nožno stikalo, nogalnik. Sin. pedal, prim. Pnevmatška stopalka.

Stročnica Priprava v obliki cevi, ki je namenjena za **vpenjanje orodij** (frezal) in **obdelovancev**. Na enem koncu je lijakasto odebeljena in navadno **večkrat preklana**. Ko jo privijemo z matico, se sile prenašajo tako, da stročnica ustvari **močan pritisk v radialni smeri** (glej smer puščic na risbi):



Delovanje stročnice lahko pojasnimo tudi s principom delovanja tehničnega svinčnika:



Ko gumb na vrhu tehničnega svinčnika ni pritisnjen, je stročnica zaradi sile vzmeti stisnjena in mina ne gre skozi (1). S pritiskom na gumb se stročnica razširi in spusti mino (2). Ko spustimo gumb, se stročnica spet stisne in vpne mino svinčnika (3). Na podoben način deluje stročnica tudi v pnevmatičnih cevni priključkih.

Stročnice se med seboj **RAZLIKUJEJO** po:

a) **Območju vpenjanja**. Čeprav stročnica vpne z zelo veliko silo, ima omejen hod. Zato ima vsaka stročnica **omejeno območje vpenjanja**, ki ga definira proizvajalec, npr. 2 - 20 mm.

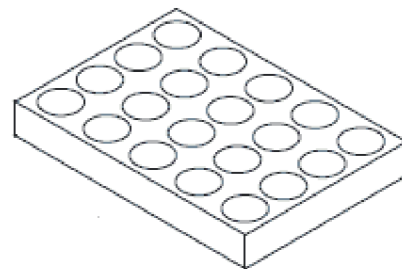
b) **Oblikah** (orodij, obdelovancev), ki jih stročnice vpenjajo. Predvsem razlikujemo **okrogle, šestkotne in kvadratne oblike** (ki so primerne tudi za orodja za vrezovanje navojev).

c) **Konusih**, s katerimi nalegajo na vpenjalo ali na pinolo. Če konusi ne ustrezajo, uporabimo še ustrezno vmesno **reducirno pušo** (tulko) - glej risbo pod geslom Tulka ali Odrezavanje - vpenjanje in nastavljanje orodij.

d) **Načinih povezovanja** z ostalimi vpenjalnimi elementi. **Stročnica brez navoja** nasede na posebno matico (oštevilčena s številko 3 na risbi pod geslom Odrezavanje - vpenjanje in nastavljanje orodij). S pritegovanjem te matice ustvarimo pritisk v stročnici. **Zunanji ali notranji navoj** na stročnici pa pomenita, da jo bomo privili na vlečni drog in jo tako vpeli na pinolo (direk-

tno ali preko reducirne puše).

Vse to so razlogi, da pri delu **potrebujemo več različnih stročnic**. Uskladiščimo jih na podstavku za shranjevanje stročnic:



Sin. vpenjalne klešče, vpenjalna puša. Prim. **Vpenjanje**. Stročnica je tudi rastlina s plodovi v strokih (mnogosemernih plodovih): grah, fižol itd.

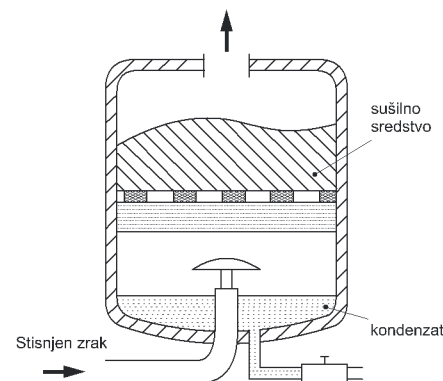
Sušilnik zraka Naprava, ki **zagotavlja dobavo suhega zraka** pnevmatskim napravam. Stisnjen zrak namreč vsebuje vodo (vlago), ki je v obliki vodne pare vsebovana v ozračju in se pri tlačanju zraka v kompresorju nabere v omrežju.

Vlaga lahko povzroči **korozijo** in druge motnje (npr. zamrzitev priključkov pri nizkih temp.).

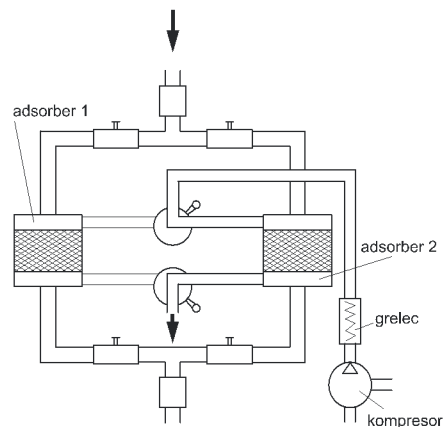
Sušilniki zraka so vgrajeni **neposredno pred uporabnikom**. Po pnevmatičnem omrežju pa morajo biti predvideni še **izločevalniki kondenzata**, ki morajo biti **nameščeni na najnižjih točkah omrežja**.

Poznamo **3 POSTOPKE** za sušenje zraka:

1. **Absorpcijsko sušenje**: stisnjen zrak prehaja skozi plast nasutega sušilnega sredstva, s katerim se vlaga iz zraka **kemično veže**. Absorbente (klorkalcij, fosforjev pentoksid itd.) je potrebno zamenjati, ker **se iztrošijo**. Na prehodu skozi sušilnik nekaj vlage kondenzira in jo je potrebno izločiti. Na ta način je mogoče zračno vlažnost znižati za 10 - 15%.

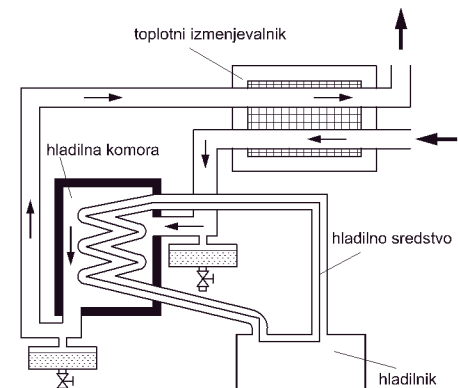


2. **Adsorpcijsko sušenje**: sušilna snov (adsorbent, ponavadi silicijev dioksid v obliki zrn ali kroglic) zadrži vlago le **na svoji površini**, zato je mogoče površino regenerirati z ogretim suhim stisnjenim zrakom. V praksi se običajno uporabljata dve adsorpcijski napravi - z eno se zrak suši, z drugo pa se adsorbent regenerira:



3. **Sušenje z ohlajitvijo**: stisnjen zrak hladimo do temperature rosišča. Najprej se zrak ohladi v toplotnem izmenjevalniku in tam odda nekaj vlage. V hladilni komori pa se dokončno ohladi do

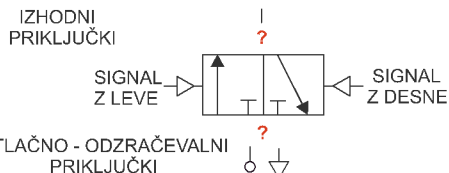
2°C, tako da se preostala vlaga skoraj v celoti izloči. Izloči pa se tudi del oljnih par (posledica mazanja kompresorja).



Simboli:



Namesto ušenja zraka lahko v določenih primerih dodajamo sredstvo proti zmrzovanju kondenzata, glej geslo [Naprava proti zmrzovanju kondenzata](#). Škarjasti signal Bistabilni ventil ne more delovati, če se na obeh njegovih priključkih hkrati pojavi signal za preklop:

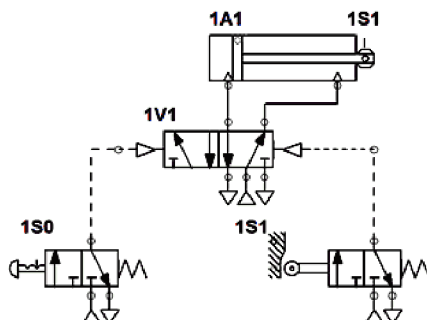


To je nedefinirano stanje ali **škarjasti signal**. Takšni problemi nastajajo **samo pri bistabilnih potnih ventilih**. Sin. dvostransko delujoči signal.

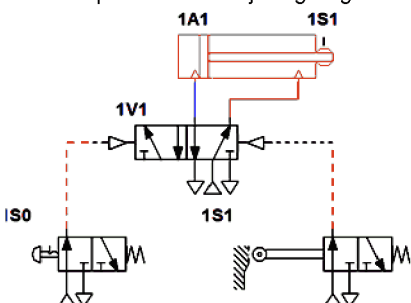
Krmilni signal ne more preklopiti bistabilnega ventila, ki že ima signal z druge strani. Zato bistabilni ventil ostane v tistem položaju, ki je določen s **časovno hitrejšim signalom**.

Če je bistabilni ventil del koračnega krmilja, se krmilje **ustavi**. Takšna situacija se pogosto zgodi, kadar cilindri preko končnih stikal **vzajemno krmilijo eden drugega**.

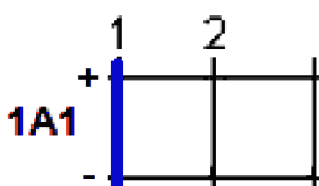
Najbolj preprost primer škarjastega signala lahko prikažemo na enem samem dvosmernem delovnem valju:



Če pritisnemo tipko 1S0+, se delovni valj 1A1 ne bo izvlekel prav zaradi škarjastega signala:



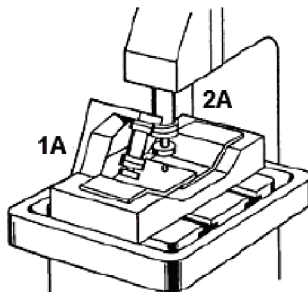
Kako označimo škarjasti signal na diagramu pot-korak? Narišemo odebeljeno navpično črto, po možnosti z neko drugo barvo, da izstopa:



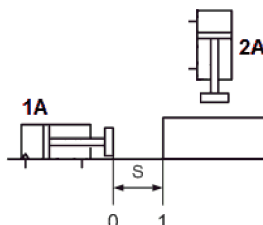
V našem preprostem primeru se diagram pot-korak sploh ne more niti začeti.

Poglejmo še [primer z dvema cilindroma](#):

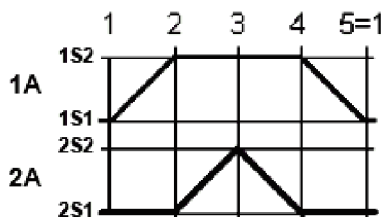
1. S cilindrom 1A je treba vpeti obdelovanec.
 2. Nato obdelovanec s cilindrom 2A ožigosamo.
 3. V zadnjem koraku sledi še izpenjanje.
- Narišimo si tehnološko shemo:



Običajno je 2D skica bolj razumljiva:

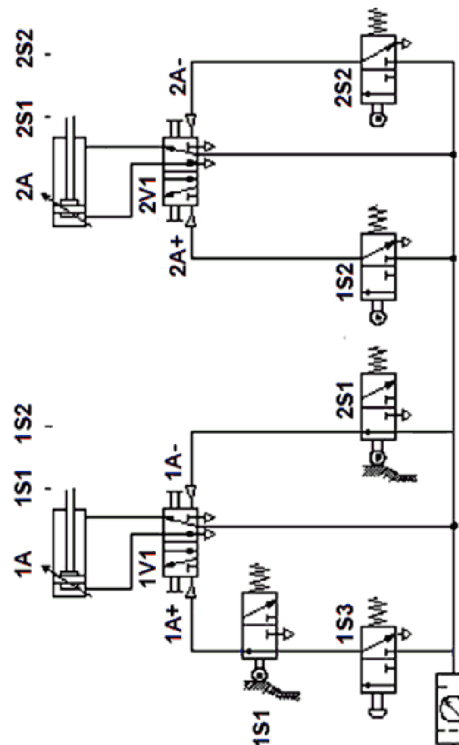


Zeleni diagram pot-korak izgleda tako:



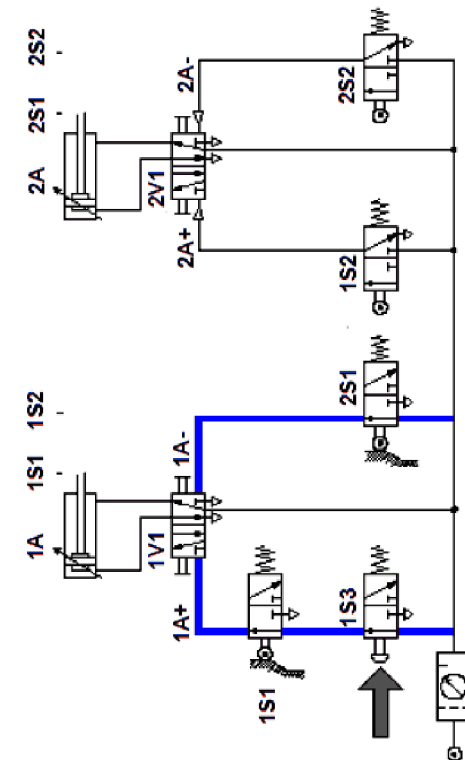
Skrajšani zapis zaporedja delovnih gibov: 1A+, 2A+, 2A-, 1A-

Najprej si zamislimo in nato narišemo pnevmatično shemo, ki se nam zdi na prvi pogled primerna:

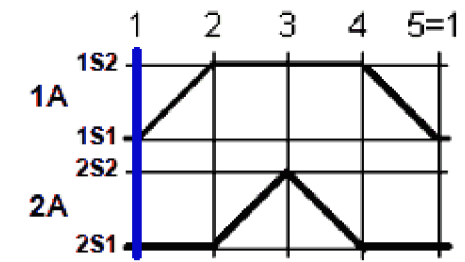


Ampak, pri preizkusu vezja kmalu ugotovimo in z

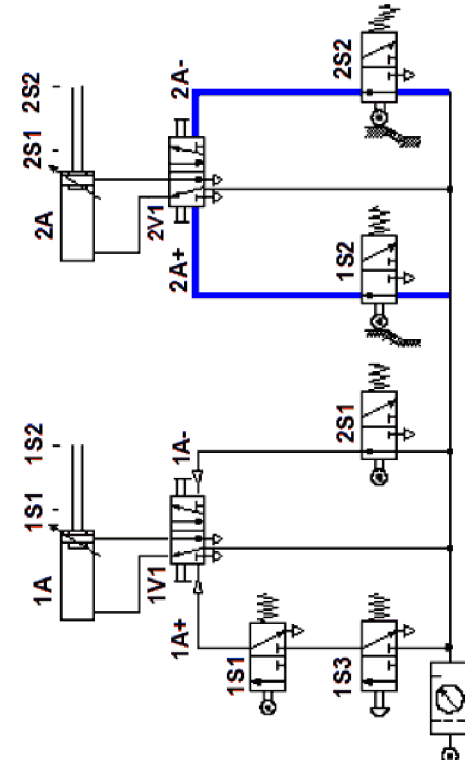
modro barvo označimo **prvi problem** - že v 1. koraku (pritisek na 1S3) se valj 1A ne more premakniti, saj ima bistabilni ventil 1V1 že pred tem signal na priključku 1A- (imamo torej škarjasti signal):

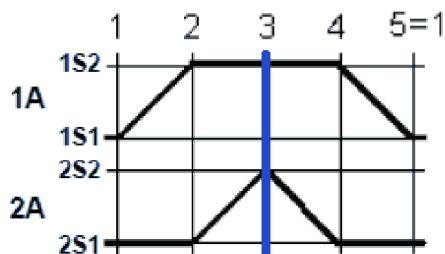


Škarjasti signal na diagramu pot-korak označimo z navpično črto:



Naslednji škarjasti signal najdemo v 3. koraku:

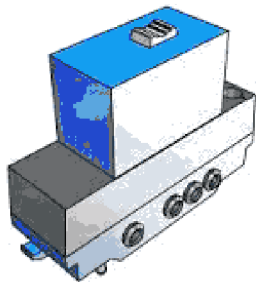




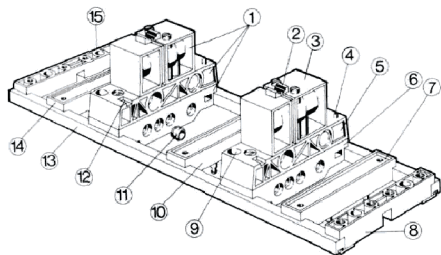
Vendar, zadani problem z dvema cilindroma ni nerešljiv. Rešimo ga lahko s pomočjo [kaskadne metode](#), ki nam omogoča, da se [spretno izognemo škarjastim signalom](#).

Taktna veriga Sestav pnevmatičnih elementov, ki omogoča vezavo zahtevnejših pnevmatičnih koračnih krmilij.

Da bi zahtevnejša pnevmatična krmilja pocenili, poenostavili in obenem prihranili prostor, so proizvajalci taktna veriga razdelili na module:

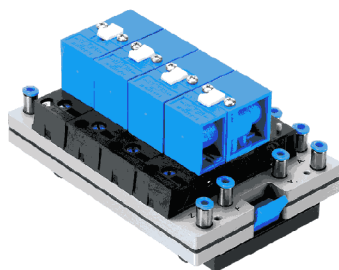


Moduli se nato montirajo v povezovalni člen:



1 - modul 2 - indikator aktiviranja 3 - menjalni ventil 4 - indikator tlaka 5 - logična plošča 6 - priklon-plošča 7 - zaključna plošča desno 8 - povezovalni člen 9 - opis taktna stopnje 10 - razdelilna plošča 11 - tesnična puša 12 - utor za ploščico z napisom 13 - montažni okvir 14 - zaključna plošča levo 15 - povezovalni člen

Tako izgleda sestavljena taktna veriga:



Taktna veriga vsebuje vsaj menjalne ventile (ki so bistabilni) in njim pripadajoče veje, ki omogočajo povezovanje pnevmatičnega vezja po kaskadni metodi. Pogosto so vsebovani tudi kakšni monostabilni potni ventili in zaporni ventili (npr. izmenično nepovratni ventil), da je "zunanjih" pnevmatičnih priključkov čim manj.

Katerokoli taktno verigo je možno sestaviti tudi iz standardnih modulov različnih proizvajalcev. Razvoj elektropneumatike je izpodrinil taktne verige, ki se uporabljajo samo še v starejših pnevmatičnih vezjih. Prim. Ventilski otok.

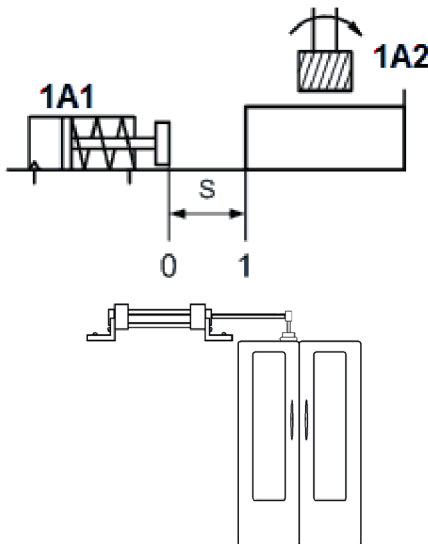
Tehnološka shema Shema, ki je namenjena razumevanju in poenostavljanju problema. S preprosto risbo prikazuje:

- bistvene **sestavne dele** stroja ali naprave
- vhodne elemente - **dajalnike signalov**
- izhodne elemente - **aktuatorje** (del. valje ipd.)

Pri risanju tehnološke sheme lahko uporabljamo simbole, vendar se ni potrebno držati standardov. Rišemo lahko povsem lastne oblike, dodajamo

lahko svoje tekste.

Primeri pnevmatične tehnološke sheme:



Iz tehnološke sheme je običajno že brez posebnega opisa mogoče razbrati delovanje. Delovne valje in končna stikala je potrebno označiti. Shemo lahko dopolnimo z besednim opisom.

Tehnološka shema je lahko osnova za načrtovanje krmilja, npr. pnevmatičnega omrežja. V takšnem primeru je zelo pomembno, da **ZAHTEVE NATANČNO DEFINIRAMO**, kajti le natančnost **omogoča pravilno nadaljevanje dela**: določanje korakov, pravilna izbira sestavnih delov, itd.. Npr.:
 • ob pritisku na tipko vpremo obdelovanec
 • obdelovanec ostane vpet tudi, ko tipko spustimo
 • ob pritisku na drugo tipko obdelovanec izpne
 Uporabnikova zahteva "vklp brez držanja tipke" namreč običajno pomeni izbor **bistabilnega ventila**. Sin. položajni plan, situacijska skica. Prim. Načrtovanje pnevmatskih krmilij.

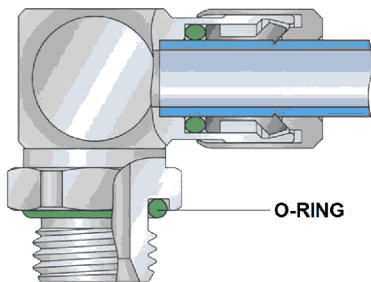
Teoretična zmogljivost Glej Kompressor.

Tesnenje Podvrsta sestavljanja - zapiranje rež, da fluid ne uhaja. Slabo tesnenje je najpogostejša posledica nepravilne oblike (tudi debeline) ali materiala tesnila.

Za **tesnenje navojev** (cevnih zvez, npr. pri pnevmatikah) se uporabljajo prediva, tesnilni trakovi, o-ringi, tesnilne niti, lepila.

Teflonski trak se lahko uporablja za tesnenje zraka, plinov in tudi za tesnenje vode - ne uporabljamo pa ga za acetilen ali za kisik. **Uporaba**: najprej navoj očistimo in nato nanj navijamo trak **v smeri zategovanja**. Če bomo tesnilni trak navili v obratni smeri, bomo med pritegovanjem teflonski trak odpravili iz navoja. Teflonski trak **naj prekriva samo navoj** - ne smemo ga navijati preko navoja, ker se pri privijanju lahko višek traku odreže in se nato prenaša po sistemu, kar je seveda škodljivo. Trak navijemo 3-4 krat.

Poseben in že oblikovan strojni element, namenjen za tesnenje, se imenuje **tesnilo**. **O-ringi** ali **plastični obroči** zagotavljajo tesnenje brez uporabe tesnilnega traku:

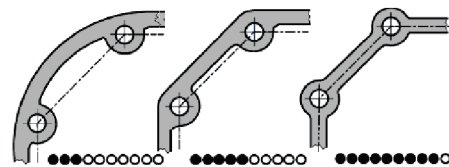


Prim. Kontrola prepustnosti, Tesnilo.

Tesnila - statična

Kot **STATIČNA TESNILA** se uporabljajo :

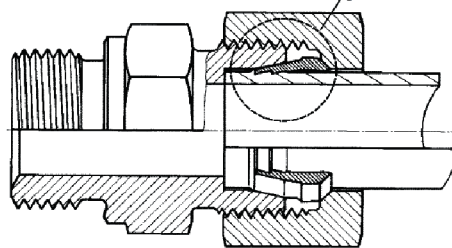
- **O obročki** (za ohišje cilindra)
- **ploščata tesnila** (npr. za pokrov rezervoarja)



Zgornja risba prikazuje vpliv položaja vijakov na tesnenje ploščatega tesnila - več črnih točk pomeni boljše tesnenje.

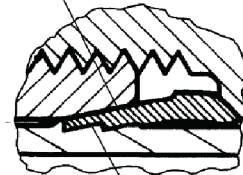
- **kovinska tesnila**, ki se uporabljajo pri visokih tlakih in pri visokih temperaturah

Detalj Z



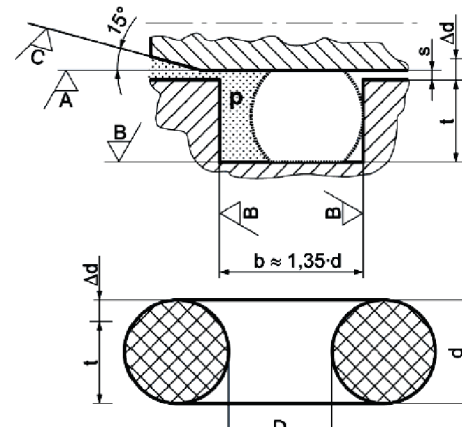
Detalj Z

KONUSNO TESNILO



PLASTIČNA DEFORMACIJA

Tesnila med batom in batnico Največja pričakovljiva hitrost bata je cca 12 m/s, kar je odvisno od vrste materiala dinamičnih tesnil, izvedbe tesnenja in od pogojev obratovanja.



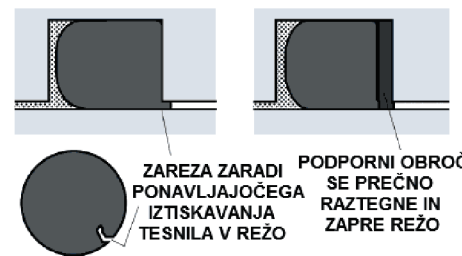
Za zagotavljanje dobrega tesnenja je potrebno upoštevati naslednja pravila:

- O-ring se naj **stisne za 10-20%**, kar pomeni, da je tudi **globina utora t** temu ustrezno nižja
- **širina utora b** znaša približno **130 - 140% od d**
- **hrapavost površine** za mirujoča tesnila v [µm], pri čemer ločimo kontaktno površino A, dno in steno utora B ter vstopno poševnico C:

		R _a	R _{max}
A	konstanten tlak	1,6	6,3
	nihajoč tlak	0,8	3,2
B	konstanten tlak	3,2	12,5
	nihajoč tlak	1,6	6,3
C		3,2	12,5

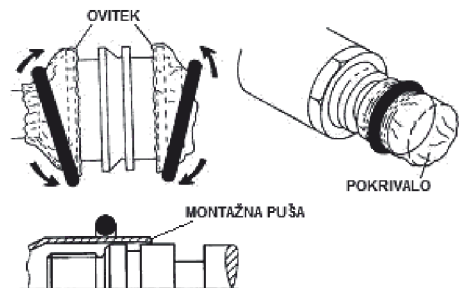
Trdota tesnil naj znaša 70 - 90 Shorov. Večja trdota je namenjena za večje tlake.

- pri zelo visokih tlakih se tesnilo iztisne v režo s, kar povzroči zarezo na tesnilu:



To preprečimo z dovolj ozko rezo med batom in valjem s, konstrukcija pa mora biti dovolj trdna, da se reza ne širi zaradi pritiska. **Primer:** pri tlaku 8 MPa, pri obratovanju na običajni sobni temp. in pri trdoti tesnila 70 Shorev naj reza ne presega 0,2 mm. Če tega ne moremo zagotoviti, tedaj je potrebno uporabiti še dodatni podporni obroč (lahko tudi obojestransko) iz trše plastike

- izogibati se moramo **montažnim poškodbam**: O-ringi se ne smejo montirati pod pritiskom preko ostrih robov. Razen ostrih utorov so nevarni tudi navoji, ozobja, izvrtine itd. Utoke pred montažo **namažemo** s takšnim oljem, ki ustreza kasnejši uporabi. **Ostra mesta prekrijemo** z ovitkom, uporabljamo pa tudi **montažne puše**:



- pri izboru tesnil se raje odločamo za **debelejše** premera O-ringov d
- izbiramo **pravilne elastomere s pravimi dimenzijami**: tesnilo ne sme biti pretesno (premočno stiskanje) in tudi ne preveč ohlapno

Tesnilo Strojni element, katerega osnovna naloga je **ločiti prostore** med seboj tako, da se med njimi pretaka čim manjša količina fluidov (po možnosti nič).

Ker tesnila zmanjšujejo izgube tekočine, imajo **VELIK VPLIV NA IZKORISTEK** hidravličnih naprav. Poznamo:

- a) **STATIČNA tesnila**, ki tesnijo med mirujočimi deli (glej geslo Tesnila - statična) in
- b) **DINAMIČNA tesnila**, ki tesnijo med gibajočimi deli. V osnovi jih delimo na:

- **kontaktna**, ki so v direktnem kontaktu med strojnimi deli in
- **brezkontaktna**: med tesnilom in trdim telesom ali med dvema tesniloma se vedno nahaja reza.

- Glede na uporabo delimo dinamična tesnila na:
- tesnila med **batom in batnico**, glej istoimensko geslo
- tesnila **vrtečih se gredi**, glej Radialno gredno tesnilo.

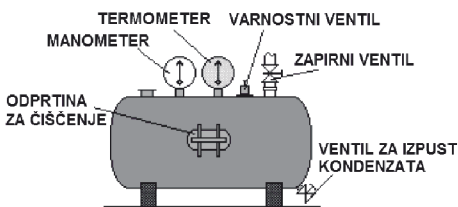
Plastične mase (elastomeri), ki se up. za **tesnila**:

- NBR Nitril-Butadien-Kavčuk, trg. ime Perbunan
- FPM Fluor-Karbon-Kavčuk
- EDPM Etylen-Propylen-Dien-Kavčuk
- ACM Acrylat-Kavčuk
- MVQ Methyl-Vinyl-Silikon-Kavčuk
- PU Polyurethan
- PTFE Poly-Tetra-Fluor-Ethylen (Teflon)

Tlačna posoda Naprava, ki zagotavlja stabilno oskrbo s stisnjanim zrakom. Naloge tl. posode:

1. **Shranjuje** tlačno **energijo**.
2. **Uravnava** tlačna **nihanja** (sunke) v zrakovodni mreži **zaradi odvzema** (porabe) **zraka** ali zaradi **neenakomernega delovanja kompresorja**.
3. Zagotavlja neko **rezervo stisnjenega zraka** v času povečane porabe.
4. Dodatno **ohlaja zrak** in **izloča del vlage** v obliki kondenzata.

Pomembni **SESTAVNI DELI** tlačne posode so še: **odprtina za čiščenje** ter za inšpekcijski pregled, **manometer** (običajno sta dva: za merjenje tlaka v tlačni posodi in za merjenje delovnega tlaka v omrežju), **varnostni izpustni ventil**, **zapirni ventil**, **ventil za izpust kondenzata** in **regulator tlaka** (za izpust v tlačno omrežje):

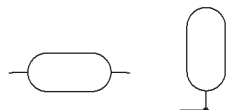


Običajne protikorozijske zaščite tlačnih posod:

- pocinkanje z notranje in zunanje strani
- znotraj zaščitene z epoksi premazom, zunaj pa prašno lakirane

Velikost tlačne posode moramo pravilno izbrati. Določimo jo iz posebnega diagrama, iz naslednjih vhodnih podatkov:

- **efektivna zmogljivost kompresorja**
 - **želeno nihanje tlaka v rezervoarju** [100Pa = bar], manjše kot je želeno nihanje - večji bo rezervoar
 - **vklopnega števila** (število vklopov na uro), več vklopov dovolimo - manjši bo rezervoar
- Velikost tlačne posode je odvisna tudi od morebitnih dodatnih tlačnih posod v omrežju. Simbol:



Sin. Zračni zbiralnik. Pri hidravliki včasih uporabljamo izraz tlačna posoda, ko imamo v mislih **hidravlični akumulator**.

Pri elektrotehniku ima podobno vlogo **kondenzator**.

Tlačni preklopnik Pnevmatični ventil, ki daje izhodni signal šele tedaj, ko je dosežen nastavljen tlak. Je kombinacija omejevalnika tlaka in 3/2 potnega ventila.

Tlačni pretvornik Glej Pretvornik tlaka.

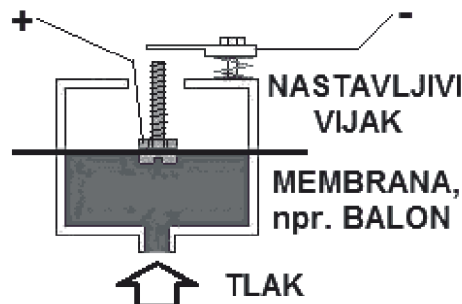
Tlačni ventili Naprave, ki krmilijo (regulirajo) tlak in so običajno tudi krmiljene s tlakom.

V **PNEVMATIČNIH SISTEMIH** so to regulator tlaka, omejevalnik tlaka (izpustni, varnostni ventil) in tlačni preklopnik.

V **HIDRAVLIČNIH SISTEMIH** z njimi:

- a) **Omejimo tlak**, glej Hidravlika - varnostni ventili.
- b) **Znižamo tlak**, glej Hidravlika - ventil za zmanjšanje tlaka.
- c) **Zaščitimo** hidravlične naprave **pred preobremenitvijo**, glej Hidravlika - ventil za regulacijo razlike tlaka.

Tlačno stikalo Naprava, ki vključuje ali izključuje električni tokokrog glede na velikost tlaka v sistemu. Ta element pretvarja hidravlični ali pnevmatični signal v električnega (diskretni ali digitalni signal). Enostavni primer delovanja:



Primeri uporabe:

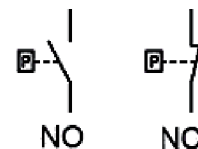
- kot **končno stikalo**, npr.:
 - v kompresorski enoti nadzoruje tlak v tlačni posodi in avtomatično izklopi kompresor, ko je dosežen želeni tlak;
 - avtomatično vklopi potopno črpalčko ali hidrofor, ko je tlak premajhen;
- pri avtomobilih - indikacija oljnega tlaka motorja
- pri klima napravah, glej geslo Magnetna sklopka
- za iskanje napak v krmilnih sistemih ipd.

Na pnevmatičnih shemah uporabljamo naslednji simbol za tlačno stikalo:



Z NO in NC sta označena simbola za tlačno stika-

lo na električni shemi:

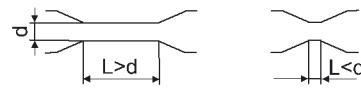


Sin. presostat. Prim. Pretvornik signalov. Razlikuj: pretvornik tlaka.

Tokovni ventili Ventili, ki na različne načine **zmanjšujejo pretok** stisnjene zraka. Za razliko od zapirnih ventilov (ki zapirajo / odpirajo) je glavni namen tokovnih ventilov **dušenje**. Dušenje pa dosežemo z zožanjem premera cevi.

Vrste tokovnih ventilov:

- a) **DUŠILNI ventil**, ki deluje tako, da zoža cev. Klasični dušilni ventil ima zožitev daljšo od premera, **ventil z zaslonko** pa ima zožitev krajšo od premera. **Način delovanja** obeh možnosti:



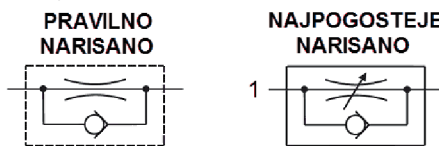
Dušilni ventil Ventil z zaslonko

Obe vrsti ventilov imata lahko **fikсно** ali **na-stavljivo zožitev**. V pnevmatiki največ uporabljamo **nastavljivi dušilni ventil**, ker je primeren **ZA NASTAVITEV HITROSTI** delovnih komponent. **Simbol** za dušilni ventil:



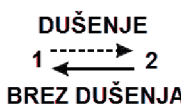
dušilni ventil dušilni ventil s poljubno nastavitvijo

- b) **DUŠILNO NEPOVRATNI ventil** oz. **enosmerni** oz. **protipovratni** oz. **neповratni dušilni ventil** je kombinacija dušilnega in enosmernega ventila in **duši** pretok zraka **samo v eni smeri**. Simbol:



enosmerni dušilni ventil enosmerni nastavljivi dušilni ventil

POMEMBNO JE, V KATERO SMER JE OBRNENA STREŠICA:

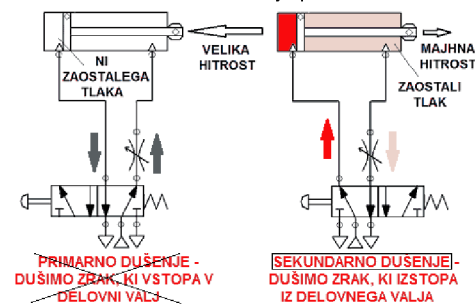


Pravokotnik, ki obkroža simbol, bi po standardu moral biti narisano kot črta - pika (glej geslo Pnevmatični simboli). Kljub temu se v praksi pogosto nariše s polno črto ali pa se pravokotnik sploh ne nariše.

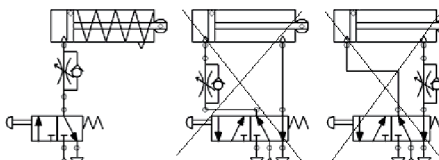
PREVERJANJE VRSTE VENTILA:

Če nam uspe pihniti skozi ventil na obeh straneh, tedaj to ni nepovratni ventil. Vijak za nastavljajanje pa imajo le nastavljivi dušilni ventili.

Poznamo dve vrsti dušenja pretoka zraka:



- **PRIMARNO dušenje** je dušenje stisnjene zraka, ki **doteka** v cilindar, na izstopu pa zrak neovirano odteka:



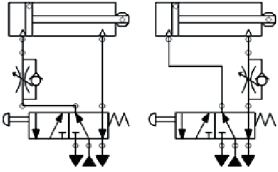
Zgornja shema prikazuje od leve proti desni:

Ferdinand Humski

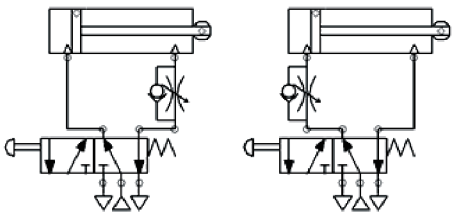
primarno dušenje enosmernega valja, primarno dušenje izvleka dvosmernega valja in primarno dušenje uvekla dvosmernega valja.

Slabost pri pnevmatiki: **že pri manjših spremembah obremenitve batnice** nastane **zelo neenakomerno gibanje bata**. Zato uporabljamo takšno dušenje le **pri enosmernih cilindrih** (saj je to **edina možnost** za dušenje izvleka) in **pri cilindrih z majhno prostornino**. Pri pnevmatičnih dvosmernih valjih se primarno dušenje ne uporablja, zato sta obe shemi prečrtani.

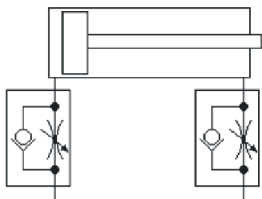
Ker pa je tekočina nestisljiva, se **pri hidravliki** primarno dušenje seveda **normalno uporablja**:



• **SEKUNDARNO dušenje** je dušenje **odzračevanja** cilindra, dotok stisnjene zraka v cilindru pa je neoviran. Tak način dušenja prispeva **k večji enakomernosti gibanja** cilindra in ga vedno uporabljamo **pri dvosmernih cilindrih**:

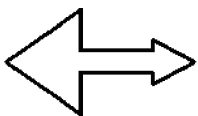


Zgornja leva shema prikazuje sekundarno dušenje izvleka, zgornja desna shema pa sekundarno dušenje uvekla. Spodnja shema pa prikazuje sekundarno dušenje uvekla in izvleka:



Levi enosmerni dušilni ventil na risbi **zmanjšuje hitrost** giba nazaj (**uvlek**), **desni** pa zmanjšuje hitrost giba naprej (**izvlek**).

Nekateri proizvajalci (SMC) uporabljajo svoje znake za nepovratne nastavljive dušilne ventile:



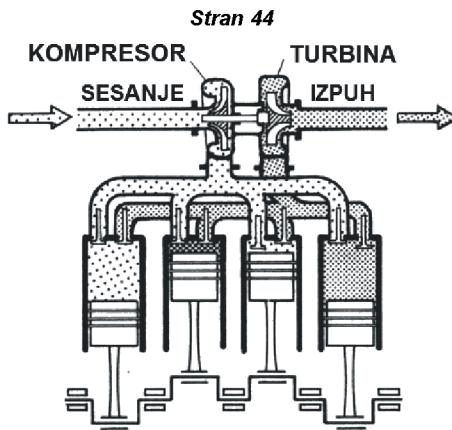
Dušilno nepovratni ventil uporabljamo z namenom, da dosežemo **ZAKASNITEV**. Je tudi sestavni del **pnevmatičnega časovnega člena**.

Tolkač Glej Plunžer.

Trikloretlen Negorljiva, brezbarvna tekočina z vonjem po kloroformu, odlično topilo za maščobe, voske, smole itd. Temp. vrelišča je 87°C. Pri vdihavanju deluje kot narkotik. Sin. trikloroeten.

Turbina Pogonski stroj, ki spreminja energijo fluida (pretok zraka, pare ali vode) v mehansko delo. Naspr. črpalka, kompresor. Prim. pnevmatični motor, hidromotor.

Turbokompresor Kompresor, ki ga poganja turbina. Tipična uporaba turbokompreseporjev je pri dizelskih motorjih z notranjim zgorevanjem:



Sin. turbinski polnilnik.

Uvlek Glej geslo Pnevmatični cilindri.

Vakuumsko prijemalo Glej Sesalno prijemalo.

Valj Geometrijsko telo, ki ga omejujeta dva kroga in plašč.

Delovni valj je pnevmatični ali hidravlični valj, glej gesla Pnevmatični cilindri, Enosmerni delovni valj, Dvosmerni delovni valj, Delovni valj - preračun. Valj kot oblika omejitve se lahko uporablja **pri naslednjih geometričnih tolerancah**: pravokotnost, oblika valja, popolni tek, premost, soosnost, vzporednost itd..

Variometer Instrument, ki kaže hitrost dviganja ali spuščanja letala. Deluje po načelu merjenja spremembe zračnega tlaka.

Varnostni ventil Med **pnevmatskimi napravami** je najpogosteje mišljen: **izpustni ventil**, ki je tudi obvezni sestavni del tlačne posode. Pri **hidravliki** - glej Hidravlika - varnostni ventil.

Ventil Naprava za reguliranje pretoka tekočin in plinov. Sin. zapiralo, zaklopka. Npr.:

- **redukcijski** ~: ki na odjemni strani omogoča stalno enak, znižan tlak plina, pare; npr. pri plamenskem varjenju - zmanjšuje tlak plinov iz jeklenk
- **tlačni** ~: skozi katerega izteka tekočina iz črpalke, plin iz batnega kompresorja itd.
- **sesalni** ~: skozi katerega doteka tekočina v valj batne črpalke ali motorja
- **varnostni izpustni** ~: ki se avtomatično odpre, ko tlak tekočine, plina preveč naraste
- **zapirni** ~: pipe (sedežni, poševnosedežni in krogljeni ventili) in zasuni

Skupine ventilov pri **pnevmatiki in hidravliki**:

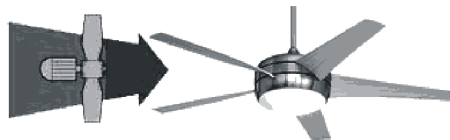
- glede na smer in funkcijo: **potni, tlačni, sesalni**
- nadzor fluida na izstopu iz ventila: **zaporni + tokovni ventili, regulator tlaka** (reducirni ventil)
- nadzor fluida na vstopu v ventil: **varnostni, izpustni, omejevalni ventil**
- spreminjanje veličin brez nadzora fluida: navadni **zapirni ventili**
- sestavi ventilov: **časovni pnevmatični** ~, časovni ~ za zakasnitev signala, časovni ~ za skrajšanje signala

Ventil za izpust kondenzata → Izločevalnik vlage.

Ventilator Naprava za zračenje, mešanje, menjava zraka: za **velike količine zraka** in **majhen prirast tlaka**. Lat. *ventilare*: povzročanje vetra.

Uporabljajo se za zračenje prostorov, za hlajenje naprav (motorjev, elektronskih vezij, hladilnih reber), za ogrevanje (pri ogrevalnih napravah: prenos toplote z vsiljeno konvekcijo) in za pogon vozil na zračni blazini. Del.:

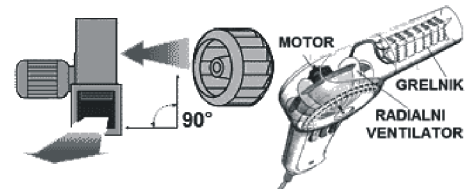
a) **Aksialni ventilatorji** porivajo zrak **vzporedno z gredjo**, na kateri se vrtijo lopatice. Stropni, sobni ventilator, računalniški ventilator itd.:



b) **Radialni ventilatorji** imajo rotor, ki s svojim vrtenjem povzroča, da zrak **vstopa vzporedno z gredjo**, nato pa ga **izpihuje v smeri**, ki je **pravokotna** (radialna) na gred. Radialni ventilatorji se uporabljajo, kjer:

- potrebujemo majhne pretoke in visoke tlake

- potrebujemo samo lokalne pretoke zraka
 - kjer imamo na razpolago malo prostora
- Primeri uporabe: pihalo za liste dreves, sušilnik za lase, sesalnik, električni grelnik (kalorifer), grelnik za avtomobilski prostor itd. Sin. centrifugalni ventilator.

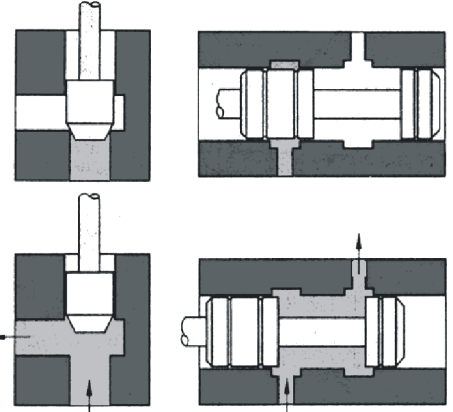


Prim. kompresor, puhalnik. Simbol:



Ventili - konstrukcijske izvedbe V osnovi razlikujemo **sedežne** (levo) in **drsniške** (desno), včasih jih imenujemo tudi vretenske) ventile:

SEDEŽNI **DRSNIŠKI**



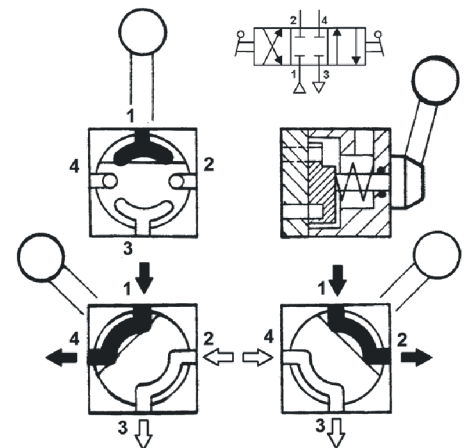
LASTNOSTI VENILOV

SEDEŽNIH

DRSNIŠKIH

zapiranje	tesno	lekažni pretok
nečistoče izdelava	neobčutljivost	občutljivost
pot aktiviranja	draga	enostavna
	kratka	dolga

Poznamo tudi **drsniške ventile s ploščatim vrtljivim drsnikom**. Najpogosteje se aktivirajo nožno ali ročno in imajo tri stanja (3/3 ali 4/3):



Takšen način omogoča ustavitev cilindra v vmesnem položaju.

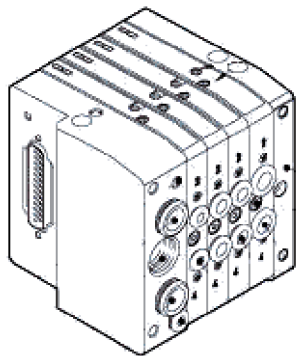
Posebna konstrukcijska izvedba je tudi **posredno aktiviranje z nadtlakom** - podrobnosti glej pod geslom Potni ventili ali Magnetni ventil.

Ventilski blok Več ventilov, ki so združeni na enem mestu, oskrba s stisnjnim izrakom ali s hidravličnim oljem pa je lahko ločena za vsak ventil posebej. Sin. krmilni blok, blok ventilov.

Ventilski otok Pnevmatika: skupek **več potnih ventilov na enem mestu**. Sin. blok ventilov, ventilski blok, krmilni blok. Pri hidravliki: **hidravlični krmilni blok**. Prim. Taktna veriga, Razvod.

Prednost ventilskega otoka je v tem, da lahko ima **centralno oskrbo s stisnjnim zrakom** in po potrebi **tudi z elektriko**. To pomeni, da eden sam priključek zagotavlja oskrbo vseh potnih ventilov na ventilskem otoku - s tem prihranimo veliko ce-

vi, priključkov, prostora in seveda tudi denarja:



Kot je razvidno iz risbe, so ventilski otoki sestavljeni iz **modulov** - na zgornji risbi jih je 6, vzporedne črte so stiki med njimi. Takšen način gradnje omogoča, da ventilske otoke **razstavimo**, dodamo ali odvezamo module in nato **ponovno sestavimo** nekoliko drugačen ventilski otok.

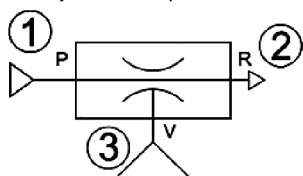
Ventilski otoki so lahko samo pnevmatični ali elektropnevmatični (vsebujejo tudi solenoide). Vedno **združujejo enake porabnike** - porabnike z enakim notranjim premerom cevi.

Na ventilskem otoku je seveda premalo prostora, da bi nanj pritrtili še tablico z vsemi simboli, ki ponazarjajo delovanje ventilskega otoka. Namesto simbolov so ventilski otoki opremljeni s **kratki-mi oznakami proizvajalcev** - npr. s črkami **M, N** itd. V svojih **katalogih** nato proizvajalci razkrivajo pomen posamezne kratice (M, N itd.) s simboli in besedami.

Venturijeva cev - tehnika Venturijevo cev najpogosteje uporabljamo za ustvarjanje podtlaka (vakuuma):



Simbol venturijeve cevi v pnevmatični shemi:



1 dovod stisnjene zraka (**P** - pressure)

2 izpust iz Venturijeve cevi (**R** - relief)

3 vakuumski (sesalni) priključek (**V** - vacuum), na katerega se lahko priključi prisesek, ki se lahko uporabi npr. za dviganje bremen

Prim. Venturijeva cev - teorija.

Vežalna shema Shema, ki prikazuje:

a) Podroben prikaz vezja **električnih, pnevmatičnih, hidravličnih** ipd. naprav s pomočjo simbolov ali znakov. Vežalna shema pri tem **NE UPOŠTEVA dejanske oblike** in razporeditve sestavnih delov, pa tudi **fizičnih povezav** med sestavnimi deli **ne prikazuje direktno**. Je v bistvu **abstraktna predstavitev** funkcij in delovanja naprav. Namenjena je **pravilnemu povezovanju** posameznih komponent med seboj.

Vežalna shema je **popolna shema** - obsega vse elemente, vse povezave med njimi in zato daje **podrobno predstavo** o delovanju naprave. Za **razumevanje** delovanja sistema pa je bolj primerna **fizikalna vezava**.

Priključki so običajno **oštevilčeni**, da lahko kontroliramo, ali je naprava pravilno povezana. Vežalno shemo lahko rišemo **ENOČRTNO (enopolna shema, glej istoimensko geslo)** ali **VEČČRTNO (večpolna shema)**.

Sin. **vezalni načrt**, tokovna shema, krmilna shema: električna, hidravlična ~ itd. Nedopustno: stikalni načrt. Prim. načrt ožičenja.

b) Povezavo in zaporedje logičnih operacij za neko napravo. **Logična vežalna shema** zajema **vhodne signale, logične funkcije** (ki se v konk-

retnih napravah nato nadomestijo s krmilnimi elementi) in **izhodne signale**. Delovnih komponent ne prikazuje, lahko pa jo dopolnimo z izjavnostno tabelo. Namenjena je predvsem:

- prepoznavanju / ugotavljanju logičnega načina delovanja neke naprave,
- načrtovanju in optimiranju v primeru, ko se še nismo odločili za vrsto naprave.

Sin. vezalni načrt, stikalni načrt.

Vežalni načrt Glej Vežalna shema.

Vežava Strojniško in elektrotehniško: **simbolični prikaz** vezja oz. **način spojitve** električnih, pnevmatičnih, hidravličnih itd. elementov. Npr. zaporedna, vzporedna itd. vežava. Prim. shema.

Vežje Skupek električnih, mehanskih ali elektronskih elementov s pripadajočimi povezavami. Npr. pnevmatično, električno, hidravlično itd. vežje. Prim. inštalacija.

INTEGRIRANO vežje: vežje, ki s svojimi elementi predstavlja **nerazdružljivo celoto** - za razliko od tiskanega vezja, pri katerem lahko posamezne elemente izločimo ali zamenjamo. Sin. čip.

TISKANO vežje: vežje, pri katerem so žične povezave med elementi nadomeščene s tankimi prevodnimi trakovi, narejenimi s tehniko tiskanja. Ang. **printed circuit board (PCB)**. Elektronski elementi so nameščeni na **ploščah**, ki so narejene iz **dveh osnovnih materialov**:

a) **PODLAGA** je izolacijski material, najpogosteje iz pertinaksa ali vitroplasta.

b) Prevodna **BAKRENA POVRŠINA** ima debelino 30 do 70 μm . Lahko je nanešena samo z ene strani (**enostransko tiskano vežje**) ali z obeh strani podlage (**dvostransko tiskano vežje**).

Višinomer Glej Altimeter.

Vklopno število V pnevmatičnem sistemu: število vklopov kompresorja na uro, merska enota [1/h], običajno znaša od 10 do 20 vklopov na uro. Večje kot je vklopno število, manjšo tlačno posodo potrebujemo. Prim. Tlačna posoda.

Vlagomer Merilnik vlažnosti: **higrometer** ali **psihrometer**. Prim. Vlažnost.

Vod

1. **Vodnik** in drugi sestavni deli za **prenos električne energije** ali telekomunikacijskih signalov.

Prim. Označevanje vodov. Obremenljivost el. vodnikov - glej geslo Električni tok.

2. **Cevi** in drugi sestavni deli za **prevajanje tekočin, plinov** (pnevmatični, hidravlični vod). V tem primeru ločimo **delovne vode** (polna črta, za aktiviranje delovnih komponent, npr. valjev) in **krmilne vode** (črtkana črta, za krmiljenje, npr. potnih, dvotlačnih in izmeničnih nepovratnih ventilov). Podrobneje glej Cevi za pnevmatično omrežje.

Simboli: glej geslo Vodnik.

Vodnik Žica ali drugače oblikovan **električni prevodnik** za prenos el. energije: dvožilni, enožilni, goli, nični ~. Prim. vod, označevanje vodov.

Simboli za električne vodnike in priključke:



3 vodi enopolno Beseda vodnik se lahko uporablja tudi za cevi v **pnevmatičnem** ali **hidravličnem omrežju**. Pri tem ločimo delovne in krmilne vode.

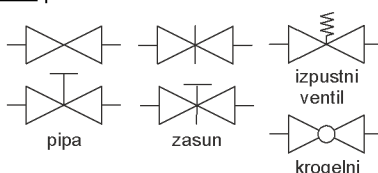


Prim. Cevi za pnevmatično omrežje.

VSI Ang. Vertical speed indicator → Variometer.

Zakon o ohranitvi mase → Kontinuitetna enačba.

Zapirni ventili Ventili, s katerimi **odpiramo** in **zapiramo** pretok:

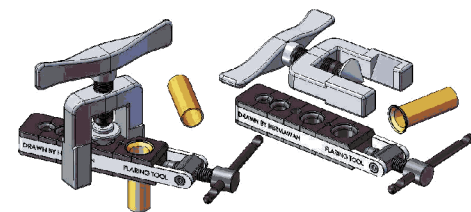
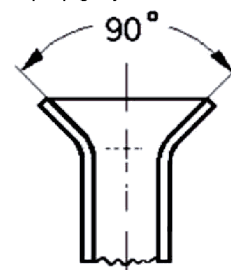


Zapirni ventili za razliko od tokovnih ventilov (ki dušijo pretok) **niso namenjeni za nadzorovano**

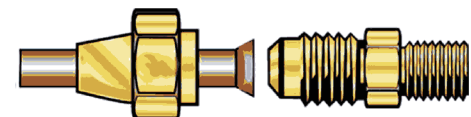
zmanjševanje pretoka fluida. Nekatere literature uporabljajo kar izraz **zaporni ventili**.

Zapirni ventil se vedno uporablja pri kompletnih kompresorja s tlačno posodo - zato, da lahko po potrebi hitro prekinemo povezavo s pnevmatskim sistemom.

Zapogibanje Cev ali pločevino na enem koncu zavijamo pod določenim kotom. Sin. zavijanje, razširjanje. Nepr. piganje. Prim. Robljenje.



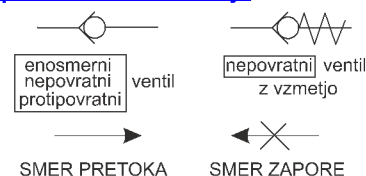
PRIKLJUČEK ZA ZAVIHKE



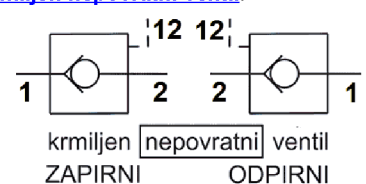
Zaporedno krmilje Sin. sekvenčno krmilje. Glej Krmilje (vrste krmilij).

Zaporni ventili Ventili, ki **v eni smeri dopuščajo** pretok, **v povratni smeri** pa ga **zapirajo**. V nekaterih literaturah jih imenujejo tudi **zapirni ventili**, še posebej pri hidravliki. Del:

1. **Nepovratni** (protipovratni, enosmerni) **ventil, nepovratni ventil z vzmetjo**:



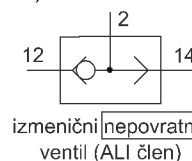
2. **Krmiljen nepovratni ventil**:



• **ODPIRNI** nepovratni ventil: krmilni signal odpre nepovratni ventil (zaradi krmilnega signala 12 se stisnen zrak pretaka v obeh smereh - od 1 do 2 in od 2 do 1)

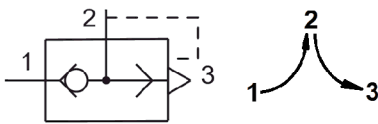
• **ZAPIRNI** nepovratni ventil: krmilni signal zapre nepovratni ventil (zaradi krmilnega signala 12 je stisnen zrak zaprt v obeh smereh - tako od 1 do 2 kot tudi od 2 do 1)

3. **Izmenični nepovratni ventil** (dvojni nepovratni ventil, ALI člen):



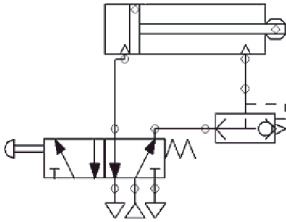
ALI člen ima dva vhoda: 12 (X) in 14 (Y). Izhod je le eden: 2 (A). Če pride zrak na oba vhoda, tedaj ostane kroglica v sredini in zrak steče proti izhodu 2. Če pa pride zrak na enega od obeh vhodov, tedaj zrak steče proti izhodu 2, **kroglica pa zapre drugega od obeh vhodov!** To je tudi razlog, zakaj **ALI člena ne smemo zamenjati s T členom** - ki pusti drugi vhod odprt!

4. **Hitroodzračevalni ventil**:



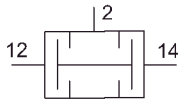
hitroodzračevalni ventil

Hitroodzračevalni ventil ima delovne priključke (označene z eno številko): dovod zraka 1 (P), izhod 2 (A) in odzračevalni priključek 3 (R). Če dovedemo stisnjeni zrak na 1, ga ventil poveže z 2 in zapre 3. Če pa pride stisnjeni zrak na 2, tedaj ventil zapre 1 in [odpre odzračevanje 3](#). Pri dvosmernih delovnih valjih se pojavlja tlak iztekajočega zraka p_2 , ki zavira gibanje batnice (glej geslo Dvosmerni delovni valj). Hitroodzračevalni ventil omogoča hitro iztekanje zraka, s tem pa zmanjša p_2 , ki povzroča zaviralno silo. Zato hitroodzračevalni ventili [povečajo hitrost dvosmernih cilindrov](#). Vgraditi jih moramo čim bližje cilindru:



Sin. hitroizpustni ventil.

5. [Dvotlačni ventil](#) (IN člen):

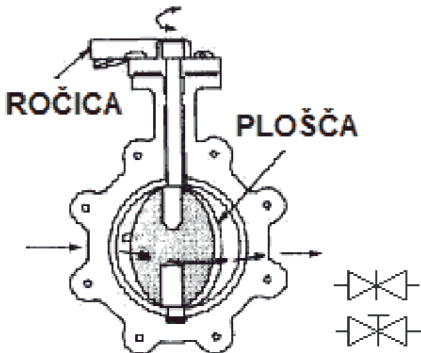


dvotlačni ventil (IN člen)

IN člen ima dva vhoda: 12 (X) in 14 (Y). Izhodni signal 2 (A) dobimo le, če sta oba vhodna signala prisotna. Samo eden vhodni signal - 12 (X) ali 14 (Y) si zapre pretok. Prim. Potni ventil - priključki.

Zasučni cilindri → Pnevmatični zasučni cilindri. **Zasučni delovni valj** Glej Pnevmatični zasučni cilindri.

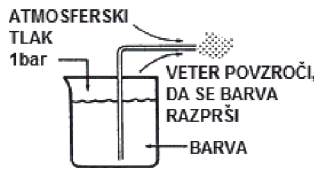
Zasun Naprava za zapiranje hidravličnih ali pnevmatskih napeljav. Za razliko od ventila (ki zapira s čepom) zapira zasun s ploščo (loputo). Pri zaprtem zasunu je plošča obrnjena pravokotno na os cevi. Slabost zasunov je netesno zapiranje. Vodovodne zasune vedno montiramo tako, da je vreteno obrnjeno navzdol - da se nesnaga ne usede v vodilni utor. Prim. zapirni ventil.



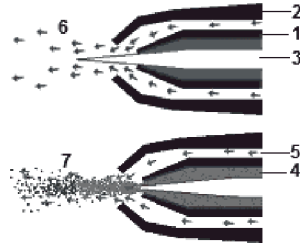
Zaščita z barvnimi in lakastimi premazi Protikorozijska zaščita, ki daje zaščiteni kovini tudi dekorativni izgled. Temeljita [priprava delov na površinsko zaščito](#) (glej istoimensko geslo) je zelo pomembna.

Barvamo in lakiramo v več slojih. Osnovni sloj ima namen dobrega spoja s kovino, naslednji pa jo tudi ščiti in ji daje lep izgled. Pomembno je, da so barvni in lakasti premazi [elastični](#), sicer pri toplotnih spremembah [popokajo](#) in se [luščijo](#). Elastične so [oljnate barve](#), ki pa niso zelo trde. Prekrivanje z oljnato barvo imenujemo [pleskanje](#). Za prvi in drugi temeljni plesk uporabimo minijevno barvo, nato pleskamo še enkrat ali dvakrat z oljna-

to barvo. Predmet lahko v barvo [potapljamo](#), lahko pa uporabimo [čopič](#) ali [opremo](#) za barvanje. Če up. [brizgalno pištolo](#) (razpršilnik), tedaj barvo razredčimo s posebnimi razredčili. Delovanje:



S pomočjo slamice lahko že pri atmosferskem tlaku dosežemo, da se barva razprši. Brizgalna pištola ima na izhodu šobo 1, pokrov šobe 2 in iglo 3; barva teče med iglo in šobo, označena je s številko 4; zrak doteka med šobo in pokrovom šobe, označen je s številko 5;

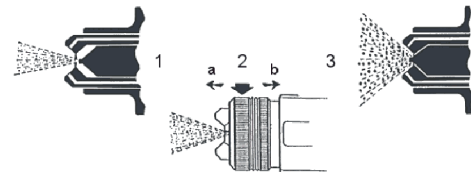


- [na zgornji risbi](#) vidimo, da zožanje pokrova šobe povzroči povečanje hitrosti zraka, zato pretok zraka ustvarja [podtlak](#); ker pa igla 3 zapira šobo 1, barva ne more iztekati iz šobe 1; številka 6 označuje le pretok zraka brez barve
- ko pa iglo odmaknemo ([spodnja risba](#)) se šoba 1 odpre, zračni podtlak potegne barvo na konico igle in iz šobe; zato nastane pršilo (spray), ki je mešanica zraka in drobnih kapljic barve
- pogoj za brezhibno delovanje brizgalne pištole: pokrov šobe, šoba in igla morajo biti [natančno izdelani](#), vsaka nečistoča škodi delovanju

Regulacija brizgalne pištole:

1 in 2a: curek ožji

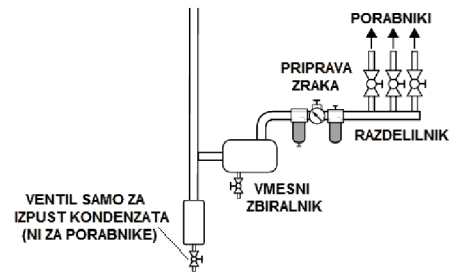
3 in 2b: curek širši



Nastavljamo lahko tudi vodoravne ali navpične curke. Kvalitetne brizgalne pištole [nimajo tesnil](#) - sestavni deli tesnijo zato, ker so zelo [natančno izdelani](#). Pomembna lastnost kvalitetnih brizgalnih pištol je tudi hitro razstavljanje, sestavljanje in enostavno čiščenje.

Šobo pršilke in s tem tudi barvilo lahko [električno nabijemo](#) z enim, predmet pa z drugim nabojem. S tem dosežemo bolj enakomerni nanos in manjšo porabo barve, glej [Prevleke iz umetnih snovi](#). Postopek [lakiranja](#) je podoben barvanju. Po pripravi površine najprej nanesemo osnovno plast laka. Ko se osnovna plast posuši, nanašamo gornjo plast laka. V zahtevnih primerih (npr. lakiranje aluminija) uporabljamo [žgano lakiranje](#). Ker so barve in laki zelo vnetljivi, veljajo za delovne prostore [posebni varnostni predpisi](#).

Zbiralnik kondenzata Posoda v pnevmatskem sistemu, ki se nahaja na tistih mestih, kjer pričakujemo večjo količino kondenzata. Običajno se uporablja pri večjih pnevmatskih omrežjih, ki imajo fiksne (kovinske) vode. V spodnjem delu zbiralnika kondenzata se nahaja ventil za izpust kondenzata, priključek za porabnike stisnjene zraka pa naj bo nameščen na višji legi - da pnevmatične naprave ne bodo "goltale" kondenzirane vlage.



Glede položajev za nameščanje zbiralnikov kondenzata glej risbo pod geslom [Pnevmatika - osnovne naprave in elementi](#).

Prim. Izločevalnik vlage.

Zmogljivost kompresorja Volumski pretok, ki ga zmore kompresor. Podrobnejše pojasnilo glej pod geslom Kompresor. Prim. Kontinuitetna enačba, Poraba zraka.

Zračna blazina Pojav, ki povzroča manjšo potisno silo in hitrost batnice pri dvosmernih delovnih valjih. Glej Pnevmatični cilindri.

V pogovornem jeziku uporabljamo izraz zračna blazina tudi za zračno vzmet.

Zračna vzmet Glej Pnevmatično vzmetenje.

Zračni zbiralnik Glej Tlačna posoda.

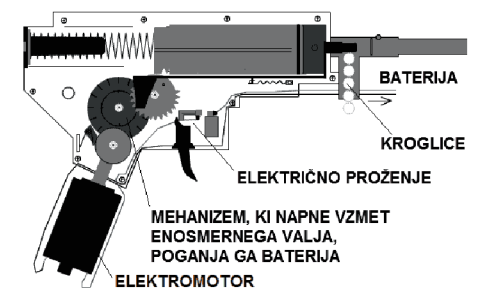
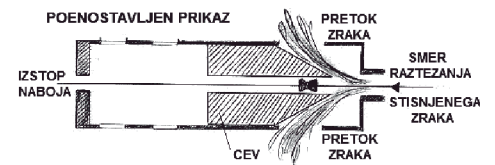
Zračno orožje Orožje, ki deluje na stisnjen zrak ali plin (npr. CO₂).

Izstrelek (kroglo, naboj) požene raztezanje stisnjene zraka. Princip delovanja je [podoben kot pri ognjenem orožju](#) - le da pri ognjenem orožju najprej povzročimo eksplozijo v naboju, zaradi česar nastane nadtlač, ki nato požene kroglo.

Nadtlač zraka lahko zagotovimo na več načinov:

- [s sprožanjem vzmeti](#), ki potisne bat, s tem pa se v valju ustvari ustvari potreben nadtlač zraka; v bistvu imamo [enosmerni valj](#), ki [deluje obratno](#): mehansko energijo spreminja v nadtlač; vzmet napenjamo [mehansko](#) ali z [električno energijo](#)
- z akumulatorjem zraka (tlačno posodo), ki jo imenujemo [plinska bombica](#) - lahko je za enkratno uporabo ali pa se polni, ročno ali z jeklenko
- lahko tudi [s svojimi pljuči](#), npr. Indijanci pihajo skozi cev in na ta način streljajo na živali

Proženje je [mehansko](#) ali [električno](#), delovanje pa je lahko tudi [polavtomatsko](#) ali [avtomatsko](#).



Zunanji tlak Glej Tlak.

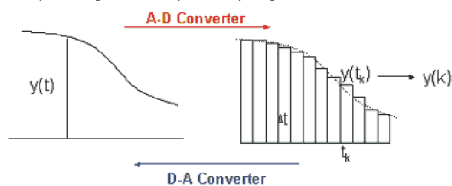
ELEKTROPNEVMATIKA

AC Izmensični tok, ang. Alternating Current. Prim. DC.

Aktiviranje Ustvarjanje sile, ki preklopi (spremeni) stanje npr. na kontaktih ali na potnih ventilih. Ker je kontakt obvezni **sestavni del** stikala, relejev, kontaktorjev, varovalk itd., je način aktiviranja zelo pomembna postavka. V splošnem ločimo:

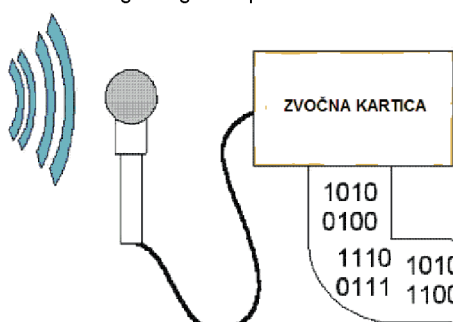
- Fizično** aktiviranje (preklop) kontaktov, ki ga namensko povzroči človek: glej gesli Fizično aktiviranje (pojasnilo) in Stikala (simboli).
- Mehansko** (mehanično) aktiviranje kontaktov, ki ga s fizičnim kontaktom povzroči neki mehanski proces. Deluje podobno kot kontaktna končna stikala. Npr.: mejno stikalo z drsečim kontaktom, tlačno stikalo itd. glej gesli Fizično aktiviranje (pojasnilo) in Stikala (simboli).
- Brezdotično** aktiviranje kontaktov: glej istoimensko geslo.

Analogen Način dela, pri katerem so podatki predstavljeni **zvezno**, najpogosteje v obliki valovanja: ~ signal. Ant. digitalen. spodnja risba prikazuje razliko med analognim (levo) in digitalnim (desno) signalom:

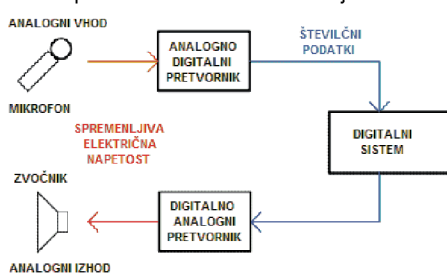


V digitalnem načinu razdelimo signal (npr. sliko, zvočni signal, lahko tudi časovno spremenljiv signal) na delce, ki nato vsi skupaj čim boljše oponašajo originalni analogni signal. Več kot je delčkov (večja kot je **resolucija**), manjša je razlika med digitalnim in analognim signalom (boljša je kvaliteta digitalne informacije).

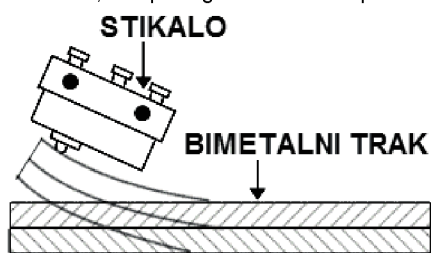
Primer analogno digitalne pretvorbe zvoka:



Primer uporabe A/D in D/A konverterja:



Bimetal Trak iz dveh plasti različnih kovin. Uporablja se pri termometrih, termostatih, relejih, varovalkah, tudi pri žagah itd. Primer uporabe:



Bimetalni trak sestavljata dva različna materiala, ki sta med seboj trdno povezana. Ko se zviša temperatura, se eden material razteguje hitreje od drugega - zato se bimetalni trak upogne in s tem aktivira stikalo. Prim. Temperaturno stikalo.

Bistabilen Ki ima **dve stabilni stanji**. Po prenehanju delovanja sile, ki povzroča aktiviranje, na-

prava **ostane v zadnjem aktiviranem stanju**. Npr.:

- bistabilni in monostabilni potni ventili
- običajni releji (kontaktorji) so monostabilni, obstajajo pa tudi bistabilni (preklopni)
- bistabilno enopolno stikalo (stikalo, ki ni tipka)
- bistabilno vezje (glej flip-flop),
- tudi zahtevnejši sistemi so lahko bistabilni

Prim. monostabilen, nestabilen. **Brezdotični signalnik** glej Brezdotično aktiviranje kontaktov.

Brezdotično aktiviranje Aktiviranje, ki ga **brez fizičnega kontakta** povzroči **proces**, ki ga krmilimo ali reguliramo. Če pa imamo v mislih tudi mehanično aktiviranje, uporabljamo skupni izraz **procesno aktiviranje**.

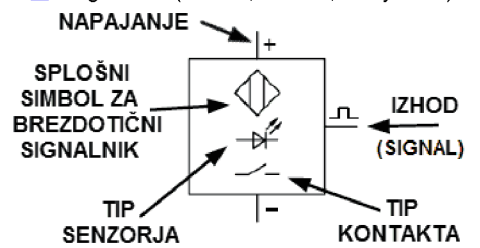
Z izrazom brezdotično aktiviranje direktno povežemo izraz **končno stikalo**.

Izraz pogosto up. pri **potnih ventilih**, pri **kontaktih** in **stikalih**. Ant. fizično aktiviranje.

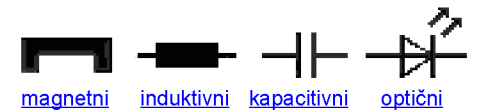
Brezdotično aktiviranje kontaktov Posredno aktiviranje kontaktov preko nekega signala (magnet, indukcija, kapacitivnost, svetloba). Uporablja se različni mejni signalniki: **magnetični** (reedov kontakt), **induktivni**, **kapacitivni**, **optični** itd..

Splošni električni simbol - brezdotični signalnik:

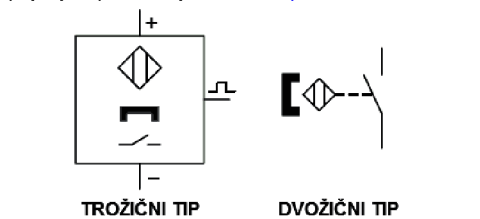
- na pravokotnik narišemo 3 priključke (2 priključka za napajanje in eden za izhod)
- v pravokotniku s **splošnim simbolom** označimo, da gre za brezdotični signalnik (senzor)
- dodamo še simbol za **način aktiviranja** (tip senzorja: induktivni, kapacitivni itd.) in **vrsto kontakta** v signalniku (delovni, mirovni, menjalni ...)



Simboli za posamezen **tip brezdotičnega senzorja**:



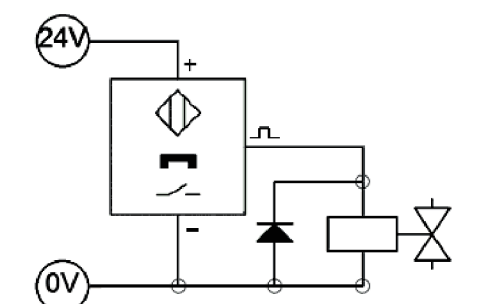
Za magnetni senzor obstaja tudi izvedba brez napajanja - pravimo ji **dvožični tip**:



Podrobneje je magnetni senzor opisan pod geslom Reedovo stikalo.

Brezdotične signalnike na shemah označujemo s črko **B**, npr. 1B2, glej Pnevmatika - označevanje sestavin, ISO 5599.

Poglejmo kako se pravilno poveže brezdotični senzor s solenoidom:



Pomembno je vmes namestiti pravilno obrnjeno diodo, ki deluje tako:

- ob delovanju senzorja steče tok skozi signal, tuljavica solenoida se zaradi električnega toka namagnetni in elektromagnetni ventil se vklopi; ker

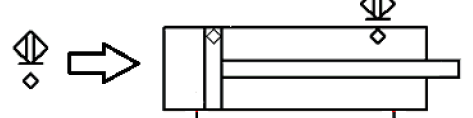
dioda v tej smeri ne povzaja električnega toka, je povsem nemoteča

- ko izključimo napajanje, pa se v tuljavici solenoida pojavi **povratni električni tok**, ki lahko prežge senzor, če nimamo priključene diode - če pa smo dodali diodo in jo tudi pravilno obrnili (kot kaže risba), tedaj se ob pojavu povratnega električnega toka sklone tokokrog od tuljavice solenoida preko diode in ta tok **sam sebe izprazni**, senzor pa ni ogrožen

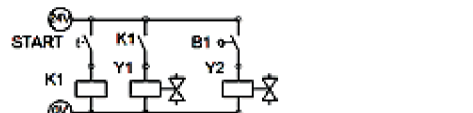
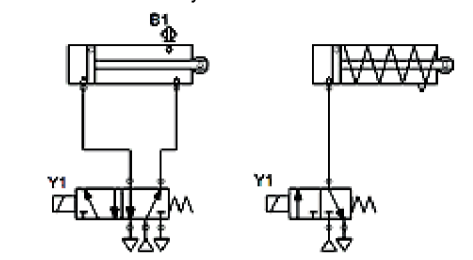
Pnevmatični simbol brezdotičnega signalnika pa vsebuje:

- splošni simbol** brezdotičnega signalnika in
- pozicijo**, kjer se prepozna signal (romb ali črta)

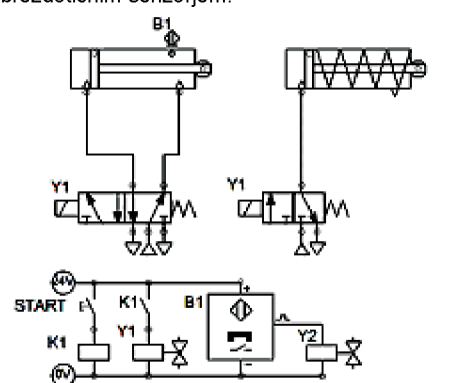
Pnevmatični simbol je potrebno pravilno nastaviti:



Primer elektropnevmatične sheme z dvožičnim brezdotičnim senzorjem:



Primer elektropnevmatične sheme s trožičnim brezdotičnim senzorjem:



Brezžično stikalo Glej Stikalo.

CO Ang. kratica za change over, kar pomeni menjalni kontakt. Prim. Kontakt.

Coil V direktnem prevodu je coil samo tuljavica (navitje). Zelo pogosto pa se ta izraz uporablja za elektromagnetno navitje, npr. pri releju. Razl. Solenoid.

V strojništvu se beseda coil uporablja npr. za vijačne vzmeti - coil springs.

Dajalnik signalov Naprava, ki **IZDAJA UKAZE**:

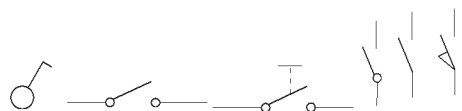
- Na osnovi **meritev vhodnih veličin** in
- Na osnovi **obdelave** tako pridobljenih **podatkov**. Rezultat obdelave pa je **odločitev** (npr.: je optični signal dovolj močan ali ne).

Primeri dajalnikov signalov: stikala, končna stikala, Reedov kontakt, fotocelica itd. Razl. Senzor. **Daljinski upravljalnik** Elektronska naprava, s katero lahko na krajše ali srednje razdalje (nekje 6 do 20 m) upravljamo neko drugo napravo. Prim. brezžično stikalo.

Daljinsko stikalo Glej kontaktor. Razl. brezžično stikalo (geslo Stikalo).

DC Enosmerni tok, ang. Direct current. Prim. AC.

Delovni kontakt Elektrotehnn.: fizični kontakt, ki je v osnovnem stanju razklenjen in **se sklone ob aktivaciji**. Sin. zapiralni kontakt, zapiralo. Ang. NO (normally opened). Prim. stikalo. Simbol:

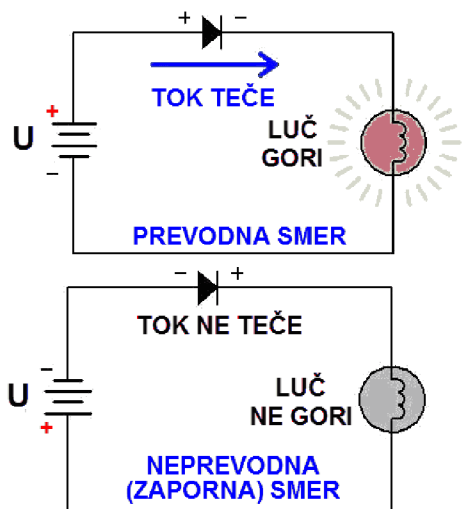


Detektor Naprava (aparatus) za odkrivanje česa: ~ dima, strupov, laži. **Detekcija:** odkrivanje, ugotavljanje. V tehniki zajema detekcija predvsem iskanje, **LOCIRANJE** napak oz. nenormalnosti: PGT - prisluškuje, glej in tipaj. Ang. **detect:** odkriti.

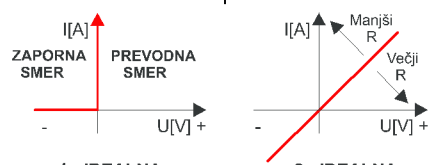
Če beseda detektor označuje le **sestavni del**, ki meri neko fizikalno veličino, potem je to **senzor**.

Digitalen Posamičen, ~i podatki so predstavljeni v obliki **ločenih** (nezveznih) vrednosti oz. "stopničk". **Vmesnih vrednosti ni**. Npr. ~i računalnik: podatki so predstavljeni v obliki ločenih vrednosti. Ant. analogen, prim. numeričen, diskreten.

Dioda Elektronski element, ki **v eni smeri prevaža električni tok**, če pa zamenjamo + in -, ne prepušča električnega toka. Pravimo, da dioda **v drugi smeri** popolnoma **zapira** električni tok, to je **zaporna smer**:



Če jo primerjamo s pnevmatičnimi napravami, pravimo, da **deluje KOT NEPOVRATNI VENTIL**. Njena idealna karakteristika v I-U diagramu je narisana levo (1), desni diagram (2) pa prikazuje še idealno karakteristiko upora:



Dogovorna je tehnična smer električnega toka, torej od + proti -. Zato je **na prevodni strani** idealne karakteristike diode **napetost pozitivna**.

Karakteristika **realne diode** bo torej odstopala tako od 1 kot tudi od 2.

VRSTE DIOD:

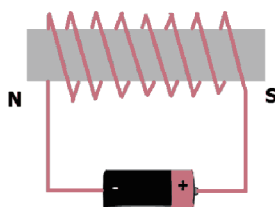
1. **Elektronke**, glej istoimensko geslo.
2. **Polprevodniške diode** (Dioda - polprevodniška)
3. **Svetleče diode** (Dioda - LED)
4. **Zenerjeva dioda** (Dioda - Zener)
5. **Fotodiode**, glej istoimensko geslo.

Direkten Ki je brez česa vmesnega, brez posredovanja, neposreden. **Direktno krmiljenje aktuatorjev**. Glej Neposredno krmiljenje aktuatorjev.

DT Ang. kratica za double throw, kar pomeni menjalni kontakt. Prim. Kontakt.

Električno končno stikalo Glej Končno stikalo - električno.

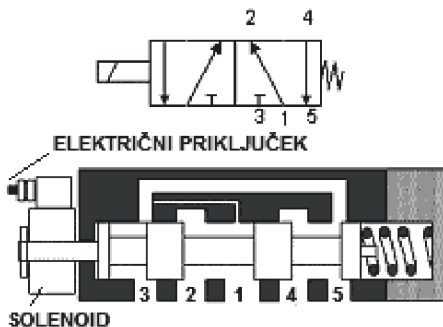
Elektromagnet Vrsta magneta, pri katerem se magnetno polje ustvari preko električnega toka. Magnetno polje izgine, ko se električni tok izključi. Običajno je elektromagnet izolirana žica, ki je zvitav v tuljavo:



Elektromagnetni ventil Ventil, ki ga krmili elektromagnetno navitje s kotvo. Sin. magnetni ventil, ang. solenoid valve → skrajšano pa kar **solenoid**.

Način delovanja prikazuje risba pri geslu Elektropnevmatika. Električni tok povzroči magnetno polje, ki pritegne kotvo. Premik kotve nato povzroči aktiviranje potnega ventila. Električne signale lahko torej pretvarjamo v pnevmatične ali hidravlične. Magnetni ventili zagotavljajo **hitro** in **varno** vklapljanje. Ločimo naslednje **IZVEDBE**:

a) **Neposredno aktiviranje.** Kotva direktno krmili poti v potnem ventilu:



b) **Posredno aktiviranje - predkrmiljenje**

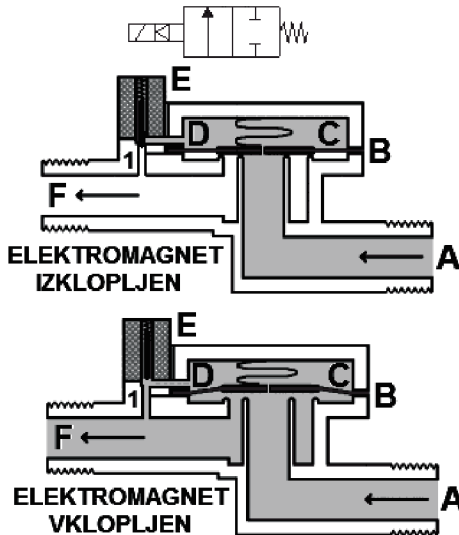
O predkrmiljenju govoimo, kadar neka naprava ne deluje direktno na ventil, ampak samo usmeri stisnjen zrak pod delovnim tlakom v poseben delovni prostor. Nato stisnjen zrak s svojo energijo spremeni stanje ventila. Prednost potnih ventilov s predkrmiljenjem je v tem, da so potrebne precej **manjše sile** za aktiviranje. Zato imajo manjše magnetne tuljave.

• **Z membrano:** ventili tega tipa imajo še **tlačno komoro C**, ki je z membrano B ločena od vhodnega priključka F.

Membrana B ima v sredini majhno luknjico, skozi katero se lahko pretaka majhna količina fluida - zato sta tlaka C in A izenačena, če je kotva 1 spuščena.

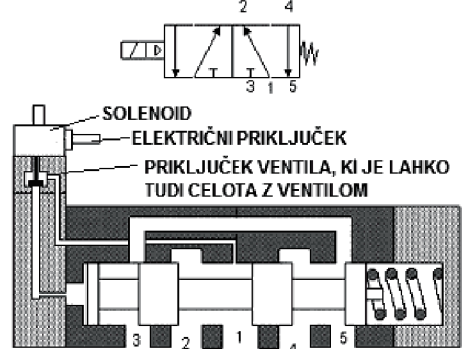
Elektromagnet dvigne kotvo 1, kar povzroči pretok fluida iz C preko kanala D do izhodnega priključka F. Ker je kanal D širši od luknjice v membrani B, fluid hitreje odteka iz C kot doteka v C in zato pade tlak v C. Posledica je dvig membrane in povezava vhoda A z izhodom F - aktiviranje ventila, spodnja risba.

Ko izklopimo elektromagnet, se kotva spusti in ponovi se začetna situacija (risba zgoraj):



A - vhod, B - membrana, C - tlačna komora, D - razbremenilni kanal, E - magnetno navitje s kotvo, F - izhod

• **Z batom:** to je najpogostejši način vklapljanja modernih magnetnih ventilov. Solenoid dvigne kotvo in s tem poveže notranje kanale v potnem ventilu. Zato stisnjen zrak steče do bata, ki se premakne in s tem aktivira potni ventil:

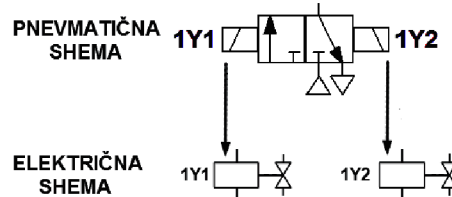


Za premik kotve je potrebna zelo majhna sila, to pa je tudi glavna prednost tega načina krmiljenja: **z majhnimi magneti** lahko zanesljivo **krmilimo velike tlake**. Način delovanja spominja na tranzistor.

Elektromagnetni ventili so lahko tipa **NO** (normally opened) ali **NC** (normally closed). Poznamo tako **monostabilne** kot tudi **bistabilne** magnetne ventile. Priključka + in - ne smemo zamenjati, saj bo sila na kotvo delovala v napačno smer!

PRI ELEKTROPNEVMATIKI je **SIMBOL** za elektromagnetni ventil **vedno** potrebno narisati **DVA-KRAT** - **na dveh shemah** (glej spodnjo risbo):

1. Na pnevmatični oz. hidravlični (zgornji) shemi je magnetni ventil **način aktiviranja**. Potrebno ga je **posebej poimenovati** (npr. 1Y1, 1Y2), čeprav ima potni ventil tudi svojo oznako.
2. Na električni (spodnji) shemi je magnetni ventil ena od naprav, ki se prav tako poimenuje.



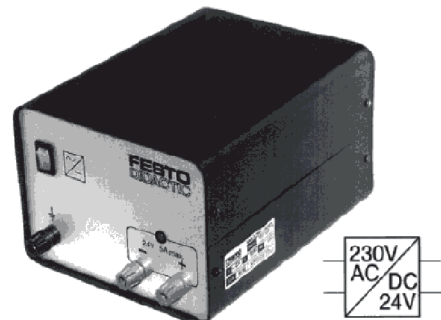
Ime istega magnetnega ventila mora biti enako v pnevmatični in električni shemi, sicer **simulacija** takšnega vezja **NE BO DELOVALA!**

Elektropnevmatika Krmiljenje pnevmatičnih naprav **z električnimi signali**. Pnevmatični krmilni vodi več niso potrebni, namesto njih imamo električne vode. Delo še vedno opravlja energija stisnjenega zraka, kot pri pnevmatiki.

Naprave za elektropnevmatiko lahko razdelimo na enakih 5 skupin kot pri pnevmatiki - le da je tokrat **KRMILJENJE** (predvsem aktiviranje potnih ventilov) **električno**.

SESTAVA (KOMPONENTE) krmilnega dela:

a) **KRMILNA ELEKTRIČNA ENERGIJA** je običajno enosmerni tok z napetostjo 24 V. Uporabljamo usmernike 230 V AC / 24 V DC:



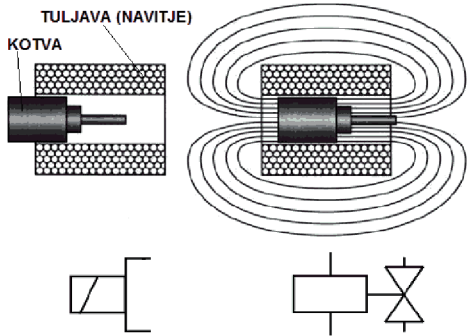
b) **DAJALNIKI ELEKTRIČNIH SIGNALOV:**

- **kontakti** vseh vrst: zapiralni, odpiralni, menjalni, časovno odvisni
- **stikala:** enopolna bistabilna ~ (v žargonu: stikala), tipke (monostabilna ~), menjalna, križna itd.
- **končna** (mejna) **stikala**

Pomembni so **NACINI AKTIVIRANJA** električnih kontaktov: fizično, mehanično in brezdotično aktiviranje. Pri **BREZDOTIČNEM AKTIVIRANJU** imamo **dajalnike** in **sprejemnike** (senzorje) **neelektričnih signalov**.

c) Električne **KOMPONENTE ZA OBDELAVO SIGNALOV**: rele, kontaktor, elektronski členi itd.

d) **PRETVORNIKI SIGNALOV** pretvarjajo električni signal v pnevmatičnega. Običajno so to **elektromagnetni ventili EM**, ki pritegnejo **kotvo**:

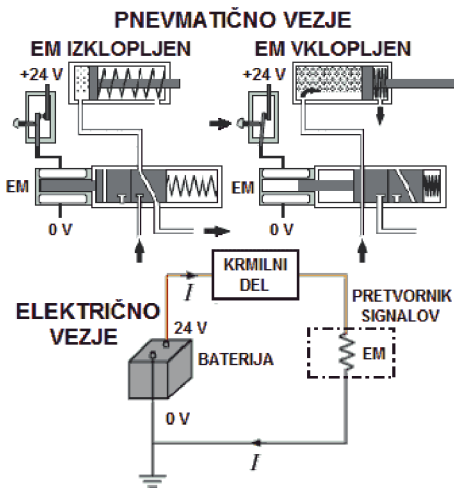


PNEVMATIČNI SIMBOL ELEKTRIČNI SIMBOL

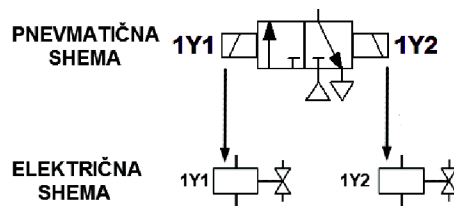
Pretvorniki signalov so običajno **sestavni del potnih ventilov** - glej spodnjo risbo.

DELOVANJE preprostega elektropnevmatičnega vezja prikazemo **Z DVEMA SHEMAMA**:

- **pnevmatično** vezje (**zgoraj**)
- **električno** vezje (**spodaj**)



Pretvornike signalov rišemo **dvakrat**: tako na pnevmatični kot tudi na električni shemi. Poglejmo primer risanja elektromagnetnih ventilov, ki imajo **v vsaki shemi drugačen simbol**:



Podobno kot pri **elektromagnetnih ventilih** se dvakrat rišejo različni simboli tudi za **električna končna stikala**, za **brezdotične signalnike**, za **tlačna stikala**, za **merilnike nivoja** tekočine ipd..

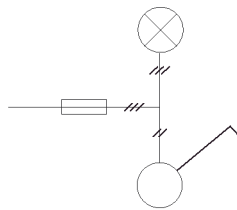
Primeri serijske uporabe elektropnevmatike: **Avtomobilizem**: dinamično spreminjanje oblike sedežev, centralno zaklepanje vrat, elektropnevmatično krmiljenje menjalnika EPS itd..

Uporaba elektropnevmatike ni smotrna pri enostavnih vezjih, ki so v praviloma cenejša in enostavnejša za vzdrževanje, če so pnevmatična.

Enopolna shema Čim bolj poenostavljena **enocrtna shema: več vodnikov** (in s tem tudi tokokrogov) ponazorimo **z eno polno črto**. Vseeno pa se mora razbrati **ožičenje** (število in vrsta vodnikov) ter **bistvene naprave** (potrošniki). Vedeti moramo, čemu služi vsak simbol na enopolni shemi, kakšna je namembnost posameznega tokokroga ali velikost varovalnega vložka.

Enopolna shema je zelo primerna npr. za **spremljanje trenutnega dogajanja** v omrežju ali v elektrarni - v primeru potrebe omogoča hitre reakcije. Lahko jo pripravimo tudi za vsak tokokrog posebej. Razl. večpolna ~.

Spodnja enopolna shema prikazuje enak sistem kot pri geslu Fizikalna vezava in Vežalni načrt:

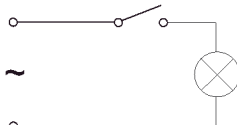


Fizično aktiviranje Namerno aktiviranje, za katerega je predvideno, da ga povzroči **človek**, brez vplivov procesa, ki ga krmilimo ali reguliramo.

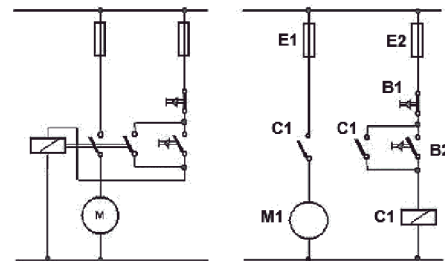
Simboli za fizično aktiviranje predvidevajo predvsem naslednje možnosti: **s pritiskom, z zasukom, s potegom, ročno** ali **nožno**. Izraz pogosto up. pri **potnih ventilih**, pri **kontaktih** in **stikalih**. Ant. procesno aktiviranje (mehansko ali brezdotično).

Fizikalna vezava Električna shema, ki ne prikazuje vseh vodnikov, temveč le najpomembnejše tokokroge, bistvene **naprave** in **medsebojne fizične povezave** med njimi (npr.: povezanost med kontakti istega releja). Njen glavni **namen je razumevanje bistva - načina delovanja** sistema, ne pa prikazati detajle. Zato pri risanju fizikalne vezave nismo strogo vezani na uporabo standardov (standardnih simbolov, pravil risanja itd).

Spodnja risba prikazuje fizikalno vezavo za enak sistem kot pri geslih Enopolna shema in Vežalni načrt:

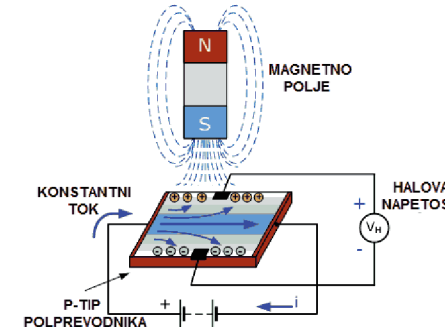


Pa še primerjava med fizikalno (levo) in tokovno shemo (desno):

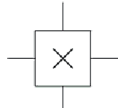


GRAF CET Francoska kratica **GRAPhe Fonctionnel de Commande Etapes/Transitions** - poseben jezik za prikaz diagramov poteka, ki se uporablja predvsem pri **avtomatizaciji** in pri **procesni tehniki**.

Hallov senzor Senzor, ki potrebuje napajalno napetost, običajno 10 - 30 VDC (voltov enosmernega toka). Na izhodu daje električno napetost v odvisnosti od jakosti magnetnega polja:



Uporablja se za pozicioniranje predmetov, za merjenje hitrosti (tudi vrtilne hitrosti) ipd.. Simbol:



Prim. Reedov kontakt.

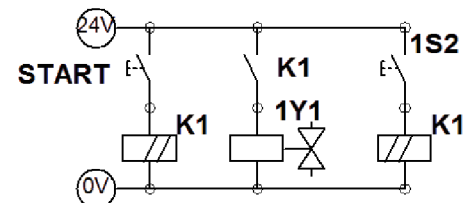
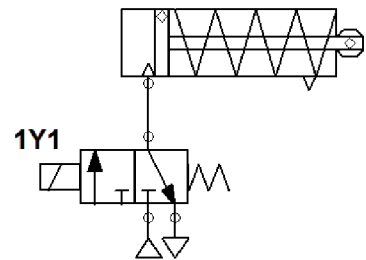
Hermetični kontaktnik Glej Reedov kontakt.

Indirekten Posreden, preko posrednika, nasprotno od direktn. **Indirektno krmiljenje aktuatorjev**: glej Posredno krmiljenje aktuatorjev.

Impulzni rele Rele, ki za preklon kontaktov potrebuje **le kratak tokovni sunek**. Ko tokovni sunek preneha, ostanejo kontakti v prekllopljenem stanju. Razlikujemo dve vrsti impulznih relejev:

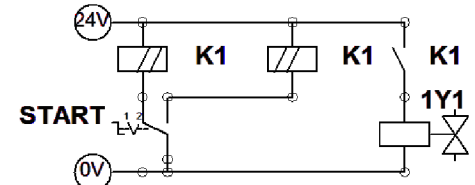
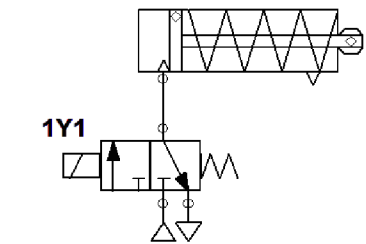
1. Impulzni rele, ki **aktivira** kontakte - ang. Coll Latch (Set). Ta rele sklene delovni kontakt in razklene mirovni kontakt. To je v bistvu običajen rele v samodržni vezavi z NO kontaktom.
2. Impulzni rele, ki **vrača** kontakte v osnovno stanje - ang. oil Unlatch (Reset). Ta pa razklene delovni kontakt (če je bil pred tem sklenjen) in sklene mirovni kontakt (če je bil predhodno razklenjen).

Primer:



Če pritisnemo in spustimo 1S2, vklopimo impulzni rele K1, ki je tipa 1.. Zato se kontakt K1 trajno sklene in enosmerni delovni valj se izvleče. Nato pritisnemo in spustimo tipko START, s tem vklopimo impulzni rele K1, ki je tipa 2. Zato se kontakt K1 trajno razklene in delovni valj se uvleče.

Tipki START in 1S2 lahko povežemo v eno samo tipko z menjalnim kontaktom. V tem primeru dobimo **impulzni rele**, ki **z eno in isto tipko** vključi ali izključi neko napravo:



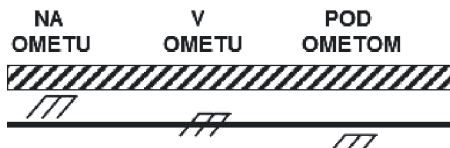
Take tipke imajo široko uporabo: za vklop/izklop luči, elektronskih naprav (npr. monitor) ipd.. Vsak impulzni rele lahko nadomestimo z ustrežno samodržno vezavo. Sin. preklopni rele. Prim. Rele, Samodržna vezava.

Induktivni senzor Senzor, ki je občutljiv samo **na kovine**. Uporabljam ga lahko tudi kot induktivni mejni signalnik.

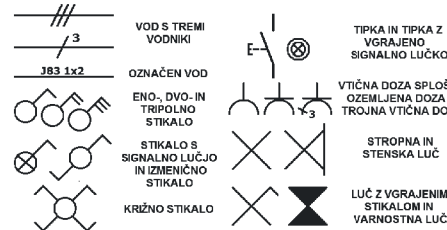
Priključimo jih lahko na AC ali DC z upoštevanjem navodil proizvajalca. Uporabljam jih za signalizacijo prihajajočih obdelovancev, zaznavanje gibov naprav, merjenje vrtilne hitrosti ipd.

Induktivni senzor za merjenje vrtilne hitrosti:

POLOŽAJ VODOV:



Najosnovnejši instalacijski simboli:



Kapacitanca Prispevek k impedanci porabnika zaradi njegove kapacitete.

$$R_L = 1/(\omega \cdot C)$$

C - kapaciteta

ω - krožna frekvenca ($2 \cdot \pi \cdot v$, v je frekvenca)

Sin. kapacitivna upornost. Prim. induktanca.

Kapaciteta

1. **Elektr.**: sorazmerni koeficient C, količnik med električnim nabojem e in elektr. napetostjo U:

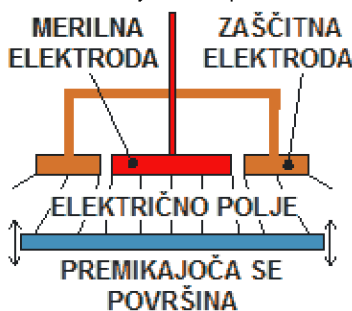
$$e = C \cdot U$$

Enota za merjenje kapacitete je farad [F = As/V]. Sin. kapacitivnost. Prim. kondenzator, induktivnost.

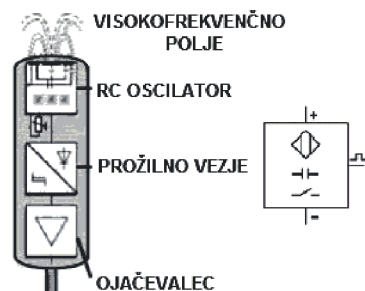
2. **Toplotna kapaciteta**: glej specifična toplota.

3. **Zmožnost**, sposobnost, zmogljivost, npr. obrata, tovarne, da naredi, proizvede določeno količino izdelkov.

Kapacitivni senzor Senzor, ki deluje na principu sprememb kapacitivnega polja. Reagira na kovine in nekovine, z vplivom dielektričnih lastnosti materiala. Po zunanemu izgledu spominja na induktivni senzor. Uporaba: za registriranje nekovinskih obdelovancev. Občutljivi so na prah in odrezke.



Delovanje: senzor vsebuje dve elektrodi - plošči električnega kondenzatorja in meri njuno kapacitivnost (spremembo kapacitivnosti). Kapacitivnost pa se spremeni, če se v polju pojavi dielektrik. Glavni sestavni deli induktivnega senzorja v splošnem: oscilator, prožilno vezje in ojačevalnik. Oscilator tvori električno polje, prožilno vezje zazna spremembe, ojačevalnik pa poveča signal. Zgradba in simbol:



Kapacitivnost Zmožnost: **koliko elektrine** sprejme prevodno telo **pod vplivom** določene **napetosti**. Merilo kapacitivnosti je elektrina na enoto napetosti, ki je povzročila naelektrjenje:

$$C = \frac{Q}{U} \quad [C/V = F = \text{farad}]$$

Q ... elektrina [C = As]

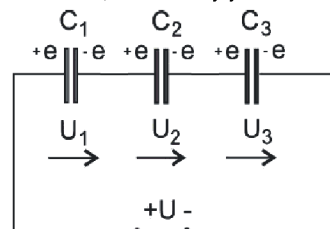
U ... napetost [V]

Enota za elektrino je coulomb [1C = 1As], ki je zelo velika merska enota. Zato je tudi Farad [F = As/V] zelo velika merska enota. Elektrino pogosteje izražamo v mikrocoulonih [μC], kapacitivnost pa v μF , nF in pF. Prim. kondenzator, induktivnost.

KAPACITIVNOST VEZAV KONDENZATORJEV Kondenzatorje oštevilčimo, plošče pa poimenujemo L - leva in D - desna. Primer: 2D pomeni drugi kondenzator, desna plošča

a) **ZAPOREDNA** vezava kondenzatorjev Pri zaporedni vezavi je naboj na vseh kondenzatorjih enak, kajti:

- 1L prejme naboj +e; naboj privlači elektrone na 1D -e, ki je z vodnikom povezana na 2L
- 2L se naelektri na +e, saj mora biti skupni naboj vodnika enak 0; tako nadaljujemo do konca:



Velja torej: $e_1 = e_2 = e_3 = \dots$

Padci napetosti se seštevajo:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

Ker velja $U = e / C$, dobimo

$$e/C = e/C_1 + e/C_2 + e/C_3 + \dots + e/C_n$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

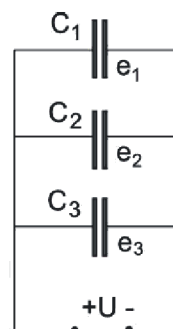
b) **VZPOREDNA** vezava kondenzatorjev

Na vseh kondenzatorjih je ista napetost

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U,$$

skupni naboj pa je enak vsoti nabojev

$$e = e_1 + e_2 + e_3 + \dots + e_n$$



Torej velja tudi:

$$C \cdot U = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U + C_3 \cdot U + \dots + C_n \cdot U$$

S skrajšanjem pa dobimo:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Končno stikalo Stikalo, ki:

- **prepozna**, kdaj je neki premikajoči predmet (objekt) zavzel določeno **pozicijo** in nato
 - **odda signal** (pnevmatični, hidravlični, električni ali mehanični), ki lahko aktivira neko napravo
- Sestavljata ga:

- a) **SENZOR**, ki sprejema vhodne signale in
- a) **STIKALO**, ki oddaja signale in je **vedno mono-stabilno**. Pri tem ne mislimo le na električno stikalo, temveč na **dajalnike vseh oblik signalov**. Tudi npr. potni ventil je stikalo (pnevmatično stikalo), saj oddaja tlačne signale.

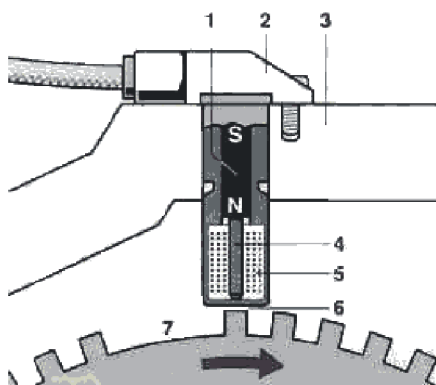
Med senzorjem in stikalom je lahko tudi **PRETVORNIK SIGNALA** (npr. iz optičnega v električni).

Končno stikalo **ni namenjeno** temu, **da bi ga aktiviral človek**. Aktivira ga neka merljiva **fizikalna veličina**: gibanje, svetloba, kapacitivnost, magnetno polje, tlak, sila itd..

Primer uporabe: odpiranje vrat povzroči aktiviranje končnega stikala, ki prižge luč.

Primeri veličin, ki jih lahko zaznavamo:

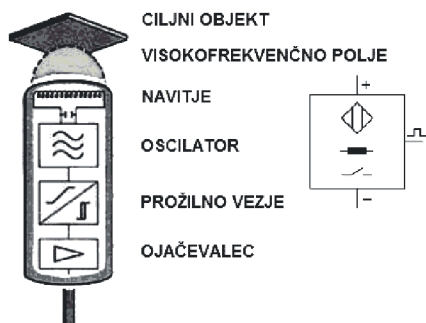
- **položaj batnice delovnega valja**
- **višina**, npr. določanje nivoja tekočine v posodi
- Katere informacije še lahko daje** končno stikalo:
- **čas**: kdaj je obdelovalec prispel na položaj za nadaljevanje obdelovalnega procesa,



1-trajni magnet, 2 - ohišje induktivnega senzorja, 3 - ohišje motorja, 4 - kotva, 5 - indukcijsko navitje (tuljava), 6 - reža, 7 - vrzel med zobniki. Magnetni tok tuljave je odvisen od tega, kaj se nahaja nasproti senzorja: zob ali vrzel (praznina). Praznina oslabi magnetni tok, zob pa ga povečuje. Sprememba magnetnega toka se kaže na preniku kotve. Dajalec impulzov je torej kar zobati venec na vztrajniku motorja. Število zob na zobatem vencu je merilo za vrtilno hitrost ali za položaj motorske gredi.

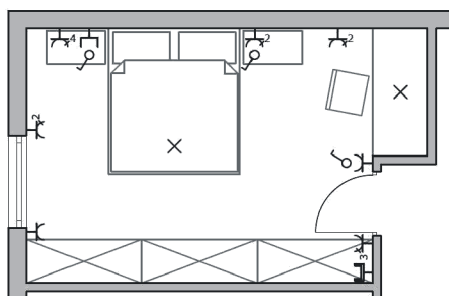
Glavni sestavni deli induktivnega senzorja v splošnem: oscilator, prožilno vezje in ojačevalnik.

Delovanje: oscilator ustvarja visokofrekvenčno polje. Če pride v to polje kovinski predmet, odvzame oscilatorju energijo. Zato pade napetost na oscilatorju, to zazna prožilno vezje, ojačevalnik pa poveča signal. Zgradba in simbol:

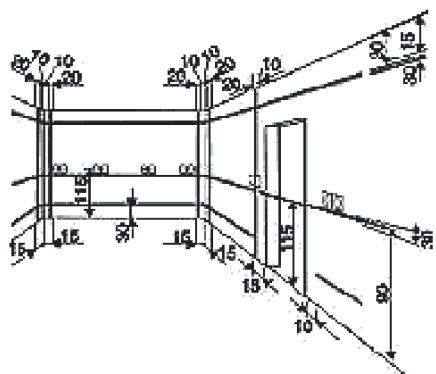


Instalacijski načrt Risba, ki s pomočjo simbolov daje pregled o položeni električni instalaciji. Namenjena je strokovnjakom (instalaterjem).

V že obstoječi gradbeni načrt (zidovi, vrata, okna, lahko v različnih pogledih) vnašamo simbole tja, kjer bodo nameščeni električni elementi. Vode vrisemo v načrt **enočrtno** in ob stenah, kjer bodo dejansko položeni. Zraven običajno pišemo še oznako in debelino žice ali kabla. Prim. Shema. Instalacijski načrt lahko rišemo tudi brez vodov:



Lahko narišemo le položaj vodov na stenah:



Ferdinand Humski

- štetje števila izdelkov,
- določanje razdalje med obdelovanci,

Po **načinu zaznavanja** pozicije (vhodni signali) **DELIMO** končna stikala **NA SKUPINE**:

a) **Kontaktna** končna stikala se aktivirajo z direktnim fizičnim stikom (mehanično aktiviranje). Delimo jih na:

- **mehanska**, ki sprejemajo in tudi oddajajo samo mehanske signale, npr. potni ventil - sprejemanje pomikov in oddajanje tlačnih signalov; prim. **Končno stikalo - mehansko**;
- **električna**, ki sprejemajo mehanske signale in oddajajo električne signale; glej **Končno stikalo - električno**

b) **Brezkontaktna** (brezdotočna) končna stikala, ki se aktivirajo **brez fizičnega stika** z objektom.

Senzorji sprejemajo brezkontaktno fizikalne veličine: svetloba (tudi po posameznih valovnih dolžinah: infrardeče IR valovanje, posamezne barve itd.), ultrazvok, električno in magnetno polje, radijski valovi (najpogosteje na UHF in VHF frekvencah) itd.. Primeri senzorjev: induktivni, magnetični, kapacitivni, optični itd. Oddani signali so praviloma električni. Glej geslo **Brezdotočno aktiviranje kontaktov**.

Procesno aktiviranje pa je izraz, ki zajema tako mehanično kot tudi brezdotočno aktiviranje.

SIMBOL končnega stikala mora vsebovati **vrsto senzorja** in **pozicijo** končnega stikala. Če se signali pretvarjajo, tedaj simbol prikazuje tudi **način pretvarjanja signalov**.

Električna in brezdotočna končna stikala se na elektopnevmatičnih shemah rišejo **dvakrat**:

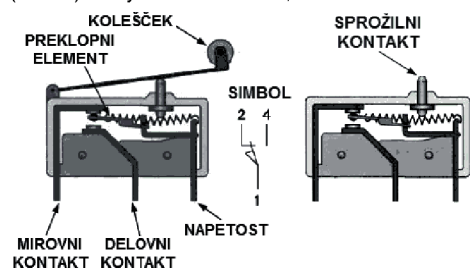
- na **pnevmatični shemi**, kjer je pomembna vrsta in mehanska pozicija **senzorja**
- na **električni shemi**, kjer je pomembna vrsta stikala in **vloga v električni shemi**

Ker je smisel simbolov na vsaki shemi drugačen, je tudi **simbol istega končnega stikala** na električni shemi **drugačen** kot na pnevmatični shemi.

Sin. signalni ventil, mejno stikalo, mejni signalnik, mejni ventil, kontaktno tipalo (mehansko, električno), pozicijsko stikalo, razvodni ventil. Prim. Senzor, Mikrostikalo.

Končno stikalo - električno Končno stikalo, ki pretvarja vhodni mehanski signal v izhodnega električnega. Rišemo ga tako v pnevmatični kot tudi v električni shemi.

Pogost način mehaničnega aktiviranja je aktiviranje z drsečim kontaktom (levo). S sprožilni kontakt (desno) deluje na enak način, a brez kolesčka:



Kot vidimo iz risbe, na električnem delu največkrat uporabljamo menjalni kontakt.

V **pnevmatični shemi** uporabimo simbol, ki vsebuje tudi **pozicijo** (romb ali črtica) in **pretvornik signala** - pretvorba iz mehanskega v električni signal:



V **električni shemi** pa uporabimo drugačen simbol:

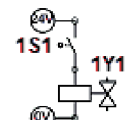
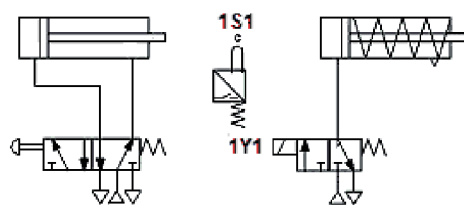


Od leve na desno si sledijo NO (zapiralni kontakt) ameriški standard, NC (odpiralni kontakt) ameriški standard, NO evropski in NC evropski standard.

Primer elektopnevmatične sheme z električnim

Stran 52

končnim stikalom:



Tudi **tlačno stikalo** se lahko uporabi kot električno končno stikalo.

Kontakt Izraz ima v **elektrotehnik** tri pomene:

1. **Naprava** (dajalnik signalov) oz. **fizična povezava, člen** (npr. kos kovine), ki **omogoča vzpostavljanje ali prekinjanje stika** med priključkom. Je obvezni **sestavni del** stikal, relejev, kontaktorjev, varovalk itd.

Pogosto imamo fizični kontakt v mislih takrat, ko se **vprašamo**: koliko kontaktov ima neko stikalo, kontaktor, rele?

Po **NAČINU DELOVANJA** poznamo:

- **delovne (zapiralne)** oz. **NO** (normally open) kontakte, tudi **zapirala**,
- **mirovne, odpiralne** oz. **NC** (normally closed) kontakte, tudi **odpirala**,
- **menjalne** kontakte, ang. **CO** (change over) in **DT** (double throw)

Simbol in način delovanja → Kontakt - simboli.

Glede na izvedbo poznamo drsne, impulzne, obločne, glavne, pomožne, dvojne itd. kontakte.

NAČINI AKTIVIRANJA kontaktov:

- **FIZIČNO** aktiviranje
- **MEHANIČNO** aktiviranje
- **BREZDOTIČNO** aktiviranje

Mehanično in brezdotočno aktiviranje označujemo tudi s skupnim izrazom **PROCESNO AKTIVIRANJE** (ang. process actuated).

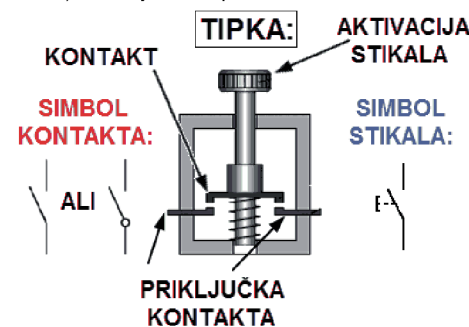
2. **Dotikališče** oz. točka na žici, kjer se sklene stik.
3. **Stanje**, povzročeno z dotikom dveh prevodnikov, kar omogoča prehajanje električnega toka: vzpostavi ~. Sin. **stik**.

Eden kontakt, mišljen kot stik, praviloma med seboj povezuje **dva priključka**, ki sta v elektrotehnik pogosto **oštevilčena**. Torej je eden kontakt definiran takrat, ko **navedemo številki obeh priključkov**. Primer: imamo priključke 1, 2 in 3. Kontakt povezuje priključka 1 in 3.

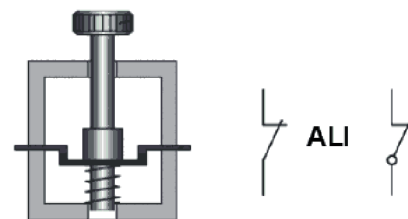
V elektrotehnik se pogosto zamenjujejo izrazi **pol, kontakt, priključek, stanje**. To se dogaja tako v pogovoru kot tudi pri pisnem izražanju. Neeksaktno izražanje in nedoslednost pri navajanju definicij teh izrazov lahko vodi do težav pri razumevanju in torej tudi pri učenju. Zato je pravilnosti izražanja potrebno posvetiti posebno pozornost.

Kontakt - simboli Osnovni tipi kontaktov so:

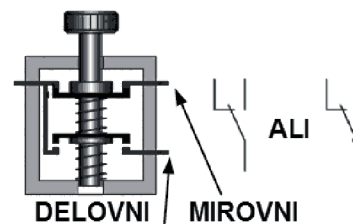
a) **Delovni** oz. **zapiralni** oz. **NO** (normally open) ustvarijo stik s pritiskom na stikalo:



b) **Mirovni** oz. **odpiralni** oz. **NC** (normally closed) s pritiskom na stikalo prekinejo stik:

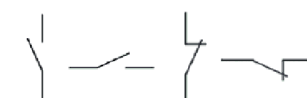


c) **Menjalni** kontakt, ang. **CO** (change over) ali **DT** (double throw) ima eden premični element, ki ima v mirovanju stik samo z enim kontaktom:

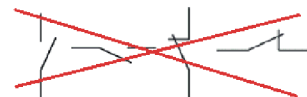


Standard zahteva, da je treba simbole kontaktov risati tako, da se aktivirajo **z leve strani na desno** ali **od zgoraj navzdol**:

PRAVILNO:



NEPRAVILNO:



Kontaktni načrt Načrt, ki je zelo podoben ladder diagramom in ima tudi podobno funkcijo.

Kontakt Mehanski **stikalni aparat**, ki ima samo eden mirovni položaj in ga **ne upravljamo ročno**. Sposoben je **vklopjati, prevajati in izklopjati** tok v normalnih pogojih obratovanja, upoštevajoč tudi preobremenitve. Iz ang. **contact**: stik, **contactor** naprava za ustvarjanje stikov.

Ker ga vklopjamo daljinsko, ga imenujemo tudi **DALJINSKO STIKALO**. Navodila za razumevanje delovanja k.: glej **Stikalo**.

Za zapiranje / odpiranje gibljivih elementov je potrebna **sila**, ki se najpogosteje vzbudi z **elektromagnetom**. Kontaktor ostane vklopljen samo toliko časa, dokler je magnet vzbujan - nima vgrajene **zapore**, ki bi vzdrževala vklopljeno stanje. Zaradi svoje preprostosti je k. zelo **zanesljiv aparat** z visoko mehansko zadržljivostjo in razmeroma nizko ceno. **Nazivne vrednosti kontaktorjev** so:

U_e - **nazivna delovna napetost** k., ki v kombinaciji z nazivnim delovnim tokom določa uporabo k.: vklopna in izklopna zmogljivost, vrsta obratovanja in kategorija uporabe. Pri večfaznih tokokrogih je to napetost med fazami.

I_{th} - nazivni konvencionalni termični tok oz. **največji tok**, ki ga označi proizvajalec in ga k. lahko prevaja v **osemurnem obratovanju**.

I_e - **nazivni delovni tok**, t.j. tok k., ki ga označi proizvajalec, upošteva pa nazivno delovno napetost k., nazivno frekvenco in nazivno obratovanje in kategorijo uporabe.

Kontaktorji imajo prigrinjene **krmilne kontakte**, ki so namenjeni krmilnim, signalnim in pomožnim tokokrogom. Grajeni so za napetosti **do 500 V** in tokove **do 16 A**.

Krmilne napajalne napetosti U_s za krmilne tuljave k. so predpisane in znašajo za enofazno izmenično napetost 24-48-110-127-220 V, za enosmerno napetost pa 24-48-110-125-220-250 V.

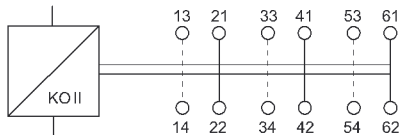
Električna moč, potrebna za vzbujanje (**vklop**) k., je v primerjavi z močjo, ki jo k. vklopja, izredno majhna. Pri majhnih k. znaša nekaj VA, pri največjih pa do nekaj tisoč VA.

K. so danes nepogrešljiv element v avtomatizaciji električnih pogonov. **Krmilne kontaktorje** up. predvsem v pomožnih, krmilnih, signalnih in merilnih tokokrogih. **Kontaktorje moči** up. za daljinsko vklopjanje omskih, induktivnih in kapacitivnih bre-

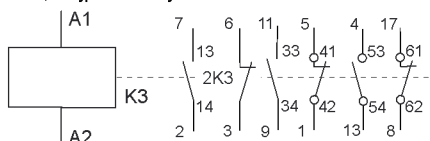
men (predvsem elektromotorjev, elektromagnetov, kondenzatorjev, grel itd.).

Primeri uporabe kontaktorjev:

- direktno vklopjanje kratkostičnih trifaznih asinhronskih motorjev in trifaznih asinhronskih motorjev z navitim rotorjem
 - regulacija vrtljajev trifaznih asinhronskih motorjev z navitim rotorjem
 - menjava smeri vrtenja elektromotorjev
 - avtomatski vklop zvezda - trikot
 - druge naloge s področja krmiljenja in regulacij
- Kontaktorje lahko up. tako za trajni kot tudi intermitirani pogon (do 3.000 vklopov na uro).
Simboli za kontaktor oziroma rele:
- najprimernejši za fizikalno vezavo:



- isti k., najprimernejši simbol za vezalno shemo:



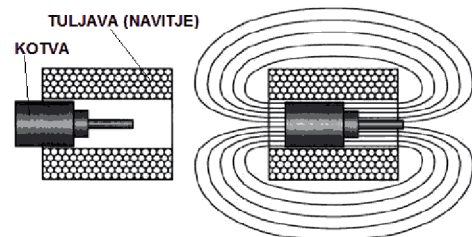
Vsak kontaktor označimo z veliko črko K in številko, npr. K3. Druga možnost oznake je KO in rimska številka, npr. KOII.

Opazimo, da simbol za vezalno shemo vsebuje tudi številke priključkov, kar fizikalna shema ne vsebuje. Pri vezalni shemi tudi ni nujno potrebno vnesti standardizirano številko sponke pomožnih kontaktov (glej druga sponka z leve), je pa zato ta sponka oštevilčena - 2K3 oz. druga sponka kontaktorja K3. Tako označeno sponko lahko premaknemo kamorkoli na shemo - ni nuno, da se nahaja poleg vzbujalne tuljave. Nadalje opazimo, da se tudi na vezalni shemi lahko stiki na kontaktorskih sponkah označijo s krogcem.

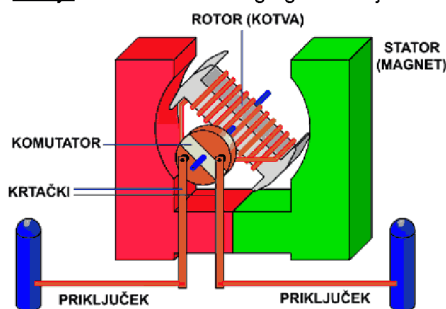
Prim. rele, stikalo, označevanje priključkov kontaktorjev in relejev.

Kotva Strojno: sidro. Električno: del stroja (naprave), ki reagira na elektromagnetno polje:

a) **Kos α železa** (ferit), ki ga priteguje trajni ali elektromagnet. Npr. rele je pritegnil kotvo:



b) **Rotor z navitjem**, ki je del elektromotorja ali generatorja. V njem se inducira napetost (enosmerna ali izmenična) ali nastane gibanje. Glavni sestavni deli so gred, kolektor ali komutator in navitje. Kotva enosmernega generatorja:

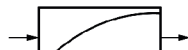


Krmilna shema Glej Vezalna shema.
Krmilnik Naprava, ki upravlja zunanje naprave po vnaprej določenem načrtu dela in brez upoštevavanja morebitnih motenj. Sin. kontroler, upravljalnik. Deluje tako, da:

1. Sprejema podatke o vhodnih veličinah.
2. Podatke nato obdela (pretvori) po neki predpisani zakonitosti npr. z logičnimi funkcijami ipd..

3. Rezultat obdelave so ustrežni signali, ki jih krmilnik oddaja (izhodne veličine).

Splošni simbol krmilnika, prim. Prenosna funkcija:

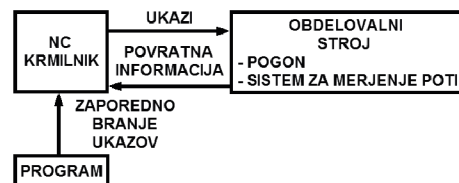


Ker je prilagodljiv, je krmilnik osnovno orodje za avtomatizacijo industrijskih procesov in naprav. Posebna oblika krmilnikov so **PLK** - programabilni logični krmilniki, ang. **PLC** - Programmable Logic Controller in nem. SPS - Speicherprogrammierbare Steuerung. To so krmilniki, ki jih je mogoče programirati - pogosto jih zamenjujemo z mikrokontrolerji, mikrokrmilniki oz. mikroročunalniki:



Tudi del CPU (mikroprocesorja) v računalniku je krmilna enota.

NC krmilnik pretvarja programska navodila v GIBANJE. Naloge NC krmilnika so:



- ob zagonu programa prevaja vhodne podatke v signale, ki krmilijo motorje za glavna in podajalna gibanja,

- sprejema in obdeluje povratne informacije s stroja, npr. o dejanski poziciji orodja / obdelovanca in ostale podatke, ki so pomembni za pravilno delovanje stroja,

- sproti primerja vhodne podatke in povratne informacije, nato pa na osnovi prejetih navodil sprejema odločitve in na ta način upravlja stroj, dokler program ni končan.

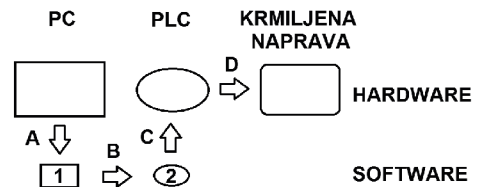
Preprosti NC krmilniki ne sprejemajo povratnih informacij od stroja - pravimo, da je povezava med strojem in krmilnikom ODPRTA (glej geslo CNC).

CNC krmilnik pa vsebuje tudi poseben računalnik, ki izvaja preračune, zato omogoča izvajanje zahtevnejših ukazov in sprotno popravljanje programskih navodil.

Proizvajalci CNC krmilnikov in njihova imena: Siemens Sinumerik, FANUC, Haas, Heidenhain, Mazak, Rexroth IndraMotion MTX (skupina Bosch) ... Sin. krmilna enota, kontroler, controller, PLC (Programmable Logic Controller), PLK (programabilni logični krmilnik). Prim. NC, CNC, postprocesor, DCS. Razl. krmilje.

Obdelava podatkov v krmilniku praviloma poteka v računalniku, sploh pri zahtevnejših zakonitostih. Pogosto je za obdelavo vhodnih podatkov potreben poseben računalniški program. Ta software prav tako imenujemo krmilnik.

V pogovoru je dobro ločiti, kateri krmilnik imamo v mislih - softwarski krmilnik ali fizični krmilnik:

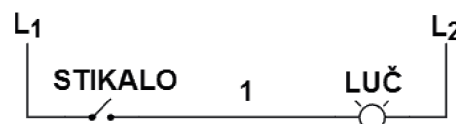


- 1 - programski (softwarski) krmilnik (naložen v PC)
- 2 - program v krmilniku

Krmilnik je lahko tudi priprava za krmiljenje domačih živali (~ za pujsce, krave itd.).

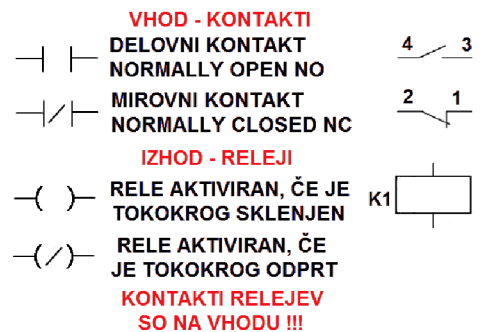
Ladder diagrami Posebna oblika shem, ki se uporablja za ponazorjanje delovanja industrijskih kontrolnih logičnih sistemov. Tako se imenujejo, ker so znaki podobni lestvi (ang. ladder): diagram vsebuje dve vertikalni stranici in toliko horizontalnih prečk, kot jih potrebujemo. Sin. lestvična shema, relejska shema.

Zelo preprost ladder diagram izgleda tako:

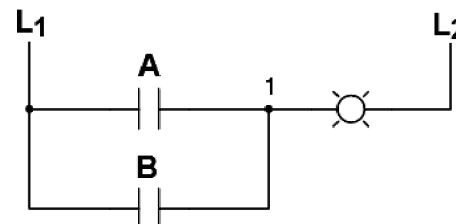


Pola sta L₁ (fazni vodnik) in L₂ (nevtralni vod). Izvor toka ni označen, zaradi enostavnosti.

Osnovni vhodni in izhodni simboli:



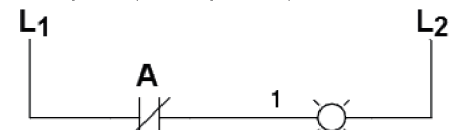
Tako izgleda logična funkcija **ALI**:



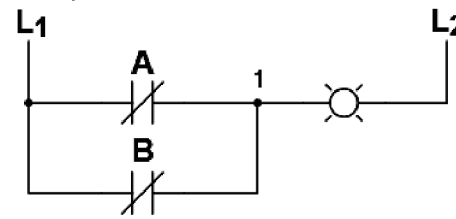
Funkcija **IN**:



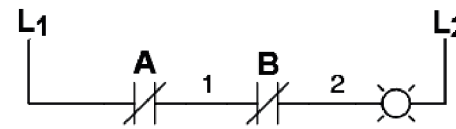
Funkcija **NE** (normally closed):



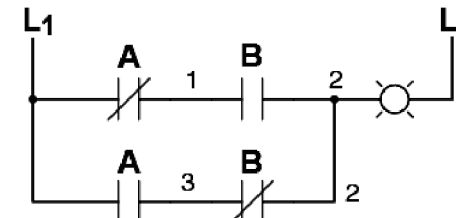
Funkcija **NAND**:



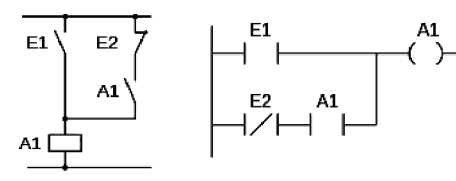
Funkcija **NOR**:



Vežemo lahko poljubne kombinacije, npr. **EX-OR**:



Vezalne sheme lahko spreminjamo v Ladder diagrame:



Lestvični diagram, shema Glej Ladder diagram.

Ferdinand Humski

Magnetični senzor Glej Reedov kontakt.

Magnetni ventil Glej Elektromagnetni ventil.

Magnetični senzor Glej Reedov kontakt.

Mehanično aktiviranje Aktiviranje, ki ga **z direktnim fizičnim stikom** povzroči **proces**, ki ga krmilimo ali reguliramo. Sin. mehansko aktiviranje. Druga možnost kontaktnega aktiviranja: fizično aktiviranje.

Če pa imamo v mislih tudi brezdotično aktiviranje, uporabljamo izraz **procesno aktiviranje**.

Prim. Kočno stikalo, Končno stikalo - električno.

Mejni signalnik Signalnik, ki odda signal takrat, ko merjena veličina preseže mejno vrednost. Mejni signalniki jih imenujemo zato, ker jih **ponavadi** uporabljamo **za zaznavanje** natanko določenega **končnega položaja**.

Za mejni signalnik najpogosteje uporabljamo menjalni kontakt. Način aktiviranja pa je lahko:

- mehanski: mejni signalnik z drsečim ali sprožilnim kontaktom, tlačno stikalo itd. ali
- brezdotični: reedov kontakt, induktivni (kapacitivni), optični mejni signalnik,

Prim. končno stikalo, senzor.

Mejno stikalo Sin. pozicijsko stikalo, mehansko končno stikalo. Glej geslo Končno stikalo.

Menjalni kontakt Glej Kontakt - simboli.

Mirovni kontakt Elektrotehn.: fizični kontakt, ki je v osnovnem stanju sklenjen in ga z aktivacijo razklenemo. Sin. odpiralni kontakt, odpiralo. Ang. NC (normally closed). Prim. stikalo. Simbol:



Močnost Moč. **Močnosten:** nanašajoč se na moč. Izraz se uporablja predvsem v elektriki, npr.: ~i ojačevalnik daje veliko izhodno moč, ~a elektronka: elektronka za veliko moč, ~i kontakt kontaktorja.

Močnostno stikalo: nepravilen izraz, pravilen izraz je odklopno stikalo.

Močnostni elementi so: polprevodniška stikala (diode, tranzistorji, tiristorji), energijske posode (induktivnosti, kapacitivnosti), transformatorji.

Monostabilen Ki ima **eno** samo **stabilno stanje**. Po prenehanju delovanja sile, ki povzroča aktiviranje, se naprava **vrne v prvotni položaj**. Primeri:

- monostabilni in bistabilni potni ventili,
- tipka je monostabilno stikalo,
- običajni releji (kontaktorji) so monostabilni, obstajajo pa tudi bistabilni (preklopni)
- tudi zahtevnejši sistemi so lahko monostabilni

Prim. stabilen, nestabilen.

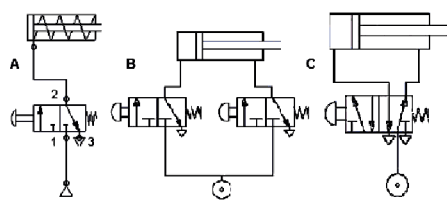
MPS Učni pripomoček - modularna produkcijska (delovna) postaja, kratica iz ang. The Modular Production System. Je pomanjšan posnetek komponent, ki se v industriji dejansko uporabljajo: transport, skladiščenje, testiranje, sestavljanje z robotom, sortiranje, izsekovanje ...



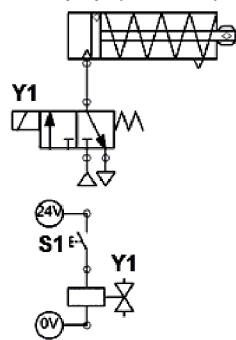
Delovne postaje lahko medsebojno povezujemo in tako ustvarimo krmiljeno proizvodno linijo. Takšno kompleksno učno podjetje imenujemo **learning factory**.

Neposredno krmiljenje aktuatorjev Najbolj preprost način krmiljenja enosmernih ali dvosmernih cilindrov. Cilinder aktiviramo direktno z ročnim ali mehaničnim vklopom potnih ventilov, brez kakršnegakoli dodatnega vmesnega vklapljanja in brez katerihkoli dodatnih ventilov, npr.:

Stran 54



Neposredno krmiljenje pri elektropnevmatiki:



Sin. Direktno krmiljenje aktuatorjev.

Nivojsko stikalo Stikalo, ki običajno meri nivo tekočine.

Nosilec informacije Glej Signal.

Obdelovalnik signalov Naprava, ki sprejete signale spremeni v takšno izhodno obliko, ki je primerna za uporabnika. Primer: signal na izhodu se začne z nekim časovnim zamikom.

Vrsta signala pri tem ostane ista, npr.: električni signali na vhodu in tudi na izhodu. Primeri obdelovalnikov signalov: rele, kontaktor, PLC itd.

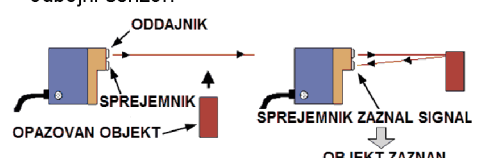
Oddajnik signalov Naprava, ki odda signal z namenom, da ga bo sprejemnik signalov zaznal.

Odpiralo Odpiralni, glej mirovni kontakt. Tudi orodje za nasilno odpiranje, npr. ključavnice.

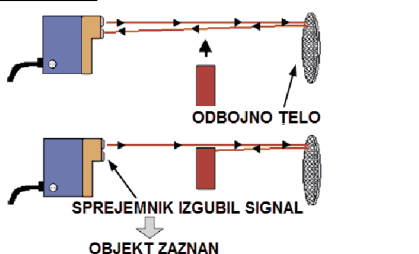
Optični senzor Senzor, ki zazna svetlobo ali gibanje in odda signal, ki je sorazmeren izmerjenemu svetlobnemu toku. Pogosto ga uporabljamo za **kontrolno prisotnosti obdelovancev**, **varnostne zapore delovnega območja**, za **čitalnike črtnih kod**, v **televizijskih aparatih** (za sprejemanje signalov od daljince, ki oddaja IR svetlobo) ipd.

Optični senzor (sprejemnik svetlobe) **najpogosteje** uporabljamo **v paru z oddajnikom svetlobe**. Treba ju je pravilno namestiti, poznamo 3 izvedbe:

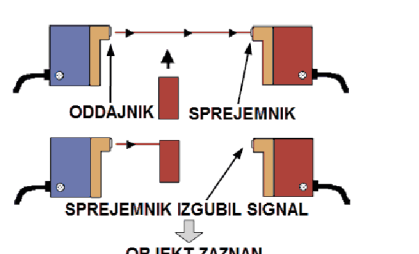
1. Oddajnik in sprejemnik **v istem ohišju** - optični odbojni senzor:



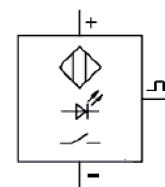
2. Oddajnik in sprejemnik **v istem ohišju z odbojnim telesom**:



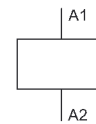
3. Oddajnik in sprejemnik **ločena** - optični prehodni senzor:



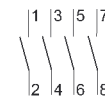
Simbol optičnega mejnega signalnika:



Označevanje priključkov kontaktorjev in relejev PRIKLJUČKE VZBUJALNIH TULJAV (napajanje releja) označujemo s črkovno-številčnimi oznakami, npr. A1, A2:



SPONKE GLAVNIH (močnostnih) KONTAKTOV označujemo z **enojnimi lihimi** števili od leve proti desni. Pripadajoče sponke teh kontaktov označimo s **sodimi** števili:



SPONKE POMOŽNIH KONTAKTOV označujemo z **dvoštevilčnimi števili** (desetice in enice):

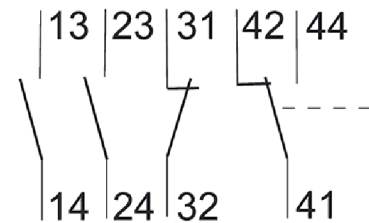
- **levo število** (desetica) označuje **razvrstitev kontakta** (zaporedna številka vrste)
- **kombinacija desnih števil** (enice) na obeh straneh kontakta pa označuje **funkcijo stikala**:
 1 → 2 je **mirovno** stikalo (odpiralni kontakt)
 3 → 4 je **delovno** stikalo (zapiralni kontakt)
 5 → 6 je **mirovno stik. s časovno zakasnitvijo**
 7 → 8 je **delovno stik. s časovno zakasnitvijo**
 1 → 2 ↔ 4 je **menjalno** stikalo
 5 → 6 ↔ 8 je **menj. stik. s časovno zakasnitvijo**

Liha števila označujejo priklpe (vhode):

- 1 - za mirovno in menjalno stikalo
- 3 - za delovno stikalo

Soda števila so signali: 2 - NC, 4 - NO

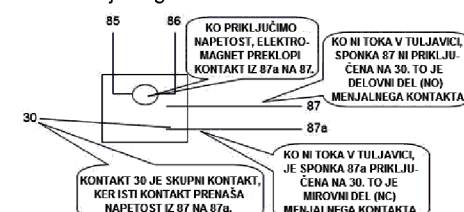
• **primer** označevanja sponk pomožnih kontaktov:



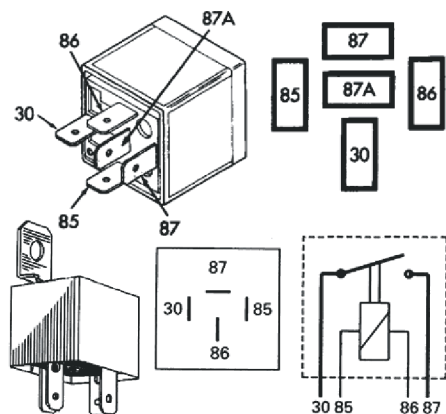
PRI MOTORNIH VOZILIH je sistem označevanja priključkov na relejih nekoliko drugačen, za podrobnosti glej geslo Avtoelektrika - oznake priključkov.

Najpomembnejše oznake po DIN 72552 so:

- 30 - plus, direktno iz baterije
- 85 - minus, tuljavica
- 86 - plus, tuljavica
- 87 - izhodna sponka za delovni del (NO) menjalnega kontakta
- 87a - izhodna sponka za mirovni del (NC) menjalnega kontakta



Dva primera označevanja priključkov relejev v motornih vozilih:

**Označevanje vodov**

Po DIN 40 108/5.78

označujemo električne vode na naslednji način:

1. Enosmerni sistem:

- polariteta: pozitivna L+, negativna L-
- nevtralni vod: M
- referenčna ozemljitev: E
- ozemljitveni zaščitni vod: PE
- nevtralni vod: PEN

2. Trifazni sistem:**Omrežje:**

- zunanji vodi: prednost: L1, L2, L3 dopustno: 1, 2, 3 dopustno: R, S, T (kot si sledijo faze)
- nevtralni vod: N

- referenčna ozemljitev: E
- ozemljitveni zaščitni vod: PE

Pogonska sredstva:

- zunanji vodi: U, V, W
- nevtralni vod: N
- referenčna ozemljitev: E
- ozemljitveni zaščitni vod: PE

Po številu polov ločimo naslednje vrste vtično-spojnih naprav:

- a) Dvopolne: L, PEN
- b) Tripolne: L, N, PE
- c) Štiripolne: L1, L2, L3, PE
- d) Petpolne: L1, L2, L3, J, PE

PLC Glej Krmilnik. Sin. PLK. Prim. DCS.**PLK** Glej Krmilnik. Sin. PLC. Prim. DCS.

Pnevmatika - označevanje sestavin, ISO 5599
Pri zahtevnejših in obsežnejših krmiljih je bolje, da sestavne dele označimo s črkami (označba sestavine).

Pri konstruiranju je najlažje iskati **po abecednem redu imen** pnevmatičnih naprav:

- aktuatorji (delovni valji itd) **A**
- brezdotični signalniki **B**
- črpalke **P**
- elektronski brezdotični signalnik **B**
- elektromagnet **Y**
- indikatorske naprave (lučke) **H**
- kompresorji **P**
- končna stikala **S**
- kontaktor **K**
- mejna stikala **S**
- navitje EM ventila **Y**
- ostale sestavine **Z**
- pogonski motorji **M**
- pot (položaj), potni ventili **S**
- Reedov kontakt **B**
- rele **K**
- ročno aktivirana tipka, stikalo vhodne naprave **S**
- senzorji **B, S**
- solenoid (elektromagnet, tuljavica ventilov) **Y**
- stikala (npr. električna) **S**
- tlačno stikalo **B**
- tuljavice ventilov (navitje EM ventila) **Y**
- ventili **V** (dvovaljni, izmenični nepovratni itd.)

Abecedni red oznak - za prepoznavanje shem:

- **A** - aktuatorji (delovni valji itd)
- **B** - senzorji, Reedov kontakt, elektronski brezdotični signalnik, tlačno stikalo
- **H** - indikatorske naprave (lučke)
- **K** - rele, kontaktor
- **M** - pogonski motorji
- **P** - črpalke, kompresorji

• **S** - končna stikala, potni ventili, senzorji, položaj, mejna stikala, ročno aktivirana tipka, stikalo (vhodne naprave)

• **V** - ventili (dvovaljni, izmenični nepovratni itd.)

• **Y** - tuljavice - navitja EM ventilov, solenoid

• **Z** - ostale sestavine

SKUPNA OZNAKA je sestavljena iz 4 znakov:

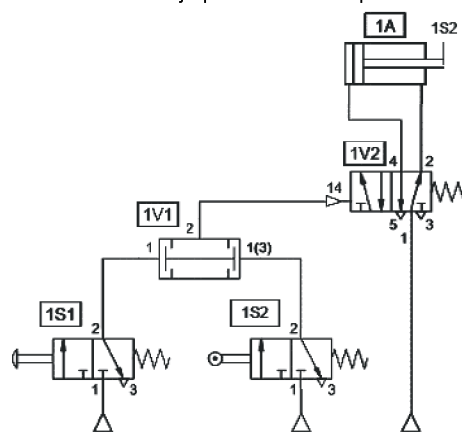
Št1-Št2OznŠt3 npr.: 1-1B2 1S3 3V1 itd.

Št1 - št. naprave, enostavnejša krmilja je nimajo
Št2 - številka krmilja (vse, kar je vezano na eden delovni potni ventil)

Ozn - označba sestavine (opisano zgoraj)

Št3 - zaporedna številka sestavine (če jih je več)

Primer označevanja pnevmatičnih naprav:



Pnevmatsko vzmetenje Vzmetenje z uporabo pnevmatične (zračne, plinske) vzmeti. Simbol za pnevmatično vzmet z enim, dvema ali tremi mehovi izgleda tako:

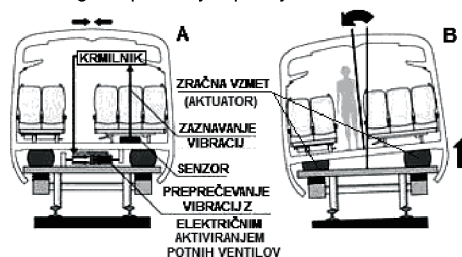


Uporaba: pnevmatsko vzmeteni avtomobilski in drugi sedeži, avtodvigala, vzmetenje tovornjakov, železniških vagonov itd.

Poznamo tudi **aktivno pnevmatsko vzmetenje** (patent podjetja TAM Maribor), ki deluje tako:

- senzor zazna prevelike vibracije (prevelik nagib vozila) in pošlje signal krmilniku
- krmilnik predela prejete informacije in pošlje signal na potni ventil
- potni ventil se aktivira in spremeni tlak v zračni vzmeti

Princip aktivnega zračnega vzmetenja v železniškem vagonu prikazuje spodnja risba:



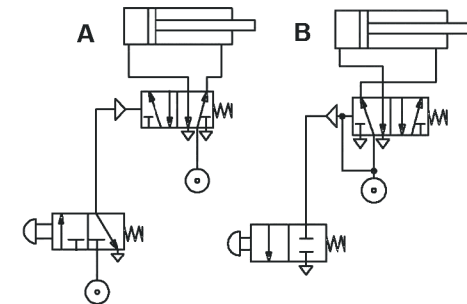
Prim. Hidropnevmatsko vzmetenje.

Pol

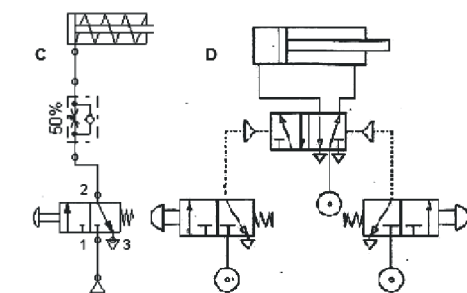
1. Skrajna točka osi, okoli katere se suče kako telo (npr. zemeljski tečaj) ali iz katere izhajajo elektromagn. silnice (električni, magnetni pol).
2. ELEKTR.: elektroda za dovajanje ali odvajanje električnega toka, npr. negativni, pozitivni pol. S to besedo označujemo tudi vse električne dele aparata, ki pripadajo enemu vodniku ali fazi. Pogosto up. izraze **enopolni**, **dvopolni**, **tripolni**, **večpolni** v naslednji besedni zvezi: kratki stik, stikalo, vtičnica, vtičač, shema, prikaz vodnika.
3. BIOL.: točka v deleči se celici, iz katere potekajo niti delitvenega vretena.

Posredno krmiljenje aktuatorjev Cilindri z velikimi premeri zahtevajo **velike zračne pretoke**, ki jih lahko zagotavljajo **samo veliki ventili**. Veliki ventili pa zahtevajo tudi **velike sile** za vkapljanje. Če so te **sile prevelike za ročni vklop**, je potrebno **načrtovati posredno vkapljanje**. Pri tem na-

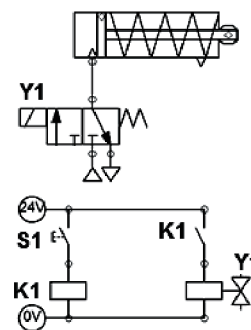
činu manjši ventil pošilja signal, ki zadošča le za vkapljanje glavnega ventila.



Zgornja risba prikazuje posredno krmiljenje z delovanjem pritiska na potni ventil (A) in z razbremenitvijo pritiska na potnem ventilu (B). **Spodnja risba** pa prikazuje posredno krmiljenje z uporabo enosmerne nastavljivega dušilnega ventila (C) in z uporabo bistabilnega potnega ventila (D):



Posredno krmiljenje pri elektropnevmatiki:



Sin. Indirektno krmiljenje aktuatorjev.

Pozicijsko stikalo Sin. mehansko končno stikalo, mejno stikalo. Glej geslo Končno stikalo.

Preklopni rele Glej Impulzni rele.

Prenosna funkcija Pri krmiljih in regulacijah: razmerje med izhodno veličino (npr. izhodna napetost) in vhodno veličino (npr. vhodna napetost). Prim. Krmilnik.

Pretvornik signalov Naprava, ki pretvarja signale iz ene oblike v drugo. **Primer:** električni signal pretvorimo v mehanskega (npr. elektromagnetno aktiviranje potnih ventilov).

Splošen in konkreten simbol za pretvornik:

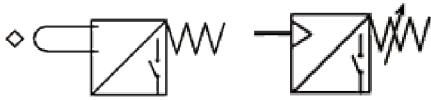


Desni simbol ponazarja pretvorbo iz izmenične v enosmerno napetost. Lahko bi pretvarjali mehanski signal (pomik, tlak ...) v električnega, električni signal v tlak, analogni signal v digitalnega itd. V vsaki polovici simbola vpišemo simbol vhodne ali izhodne veličine, oblike signala ipd. zato, da bi se čim bolj nazorno prikazala pretvorba.

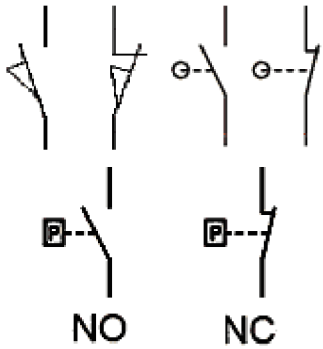
Zgoraj prikazan simbol je lahko tudi sestavni del simbolov nekaterih naprav, npr. pri relejih, elektromagnetih (solenoidih), končnih stikalih ipd..

Pri **elektropnevmatiki** se pretvorniki signalov uporabljajo za aktiviranje potnih ventilov, za končna stikala in podobno. Njihove simbole rišemo tako **na pnevmatičnih** kot tudi **na električnih shemah** - na vsaki shemi je njihov **simbol drugačen**, npr.:

- električno končno stikalo in tlačno stikalo v pnevmatični shemi:



• električno končno stikalo in tlačno stikalo v električni shemi:



Prim. Tlačno stikalo.

Procesno aktiviranje Aktiviranje, ki ga povzroči proces, ki ga krmilimo ali reguliramo. Izraz zajema tako mehanično kot tudi brezdotično aktiviranje. Ang. process actuated.

Z izrazom procesno aktiviranje direktno povežemo izraz **končno stikalo**.

Izraz pogosto up. pri **potnih ventilih**, pri **kontaktih** in **stikalih**. Ant. fizično aktiviranje.

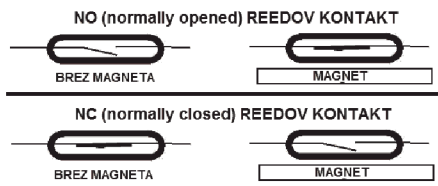
Reedovo stikalo Električno stikalo, ki se vklopi / izklopi v odvisnosti od prisotnosti magnetnega polja. Iznašel ga je W. B. Ellwood leta 1936 za podjetje Bell Telephone Laboratories. Sin. hermetični kontaktnik, reedov kontakt, Herkon.

Običajno ga sestavljata dva feromagnetna železna lističa, ki se prekrivata in sta med seboj oddaljena le nekaj μm. Nameščena sta v stekleni cevki, ki je napolnjena z zaščitnim plinom.

Ime kontakta izvira prav iz te cevke, ki spominja na piščalko, ang. reed: trstna (pastirska) piščal in se zato piše **z malo začetnico**.

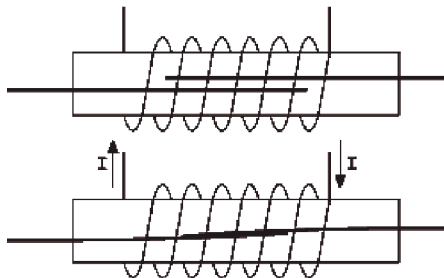
V osnovnem stanju se lističa ne dotikata (NO - normally opened) in zato med njima ni kontakta. Če pa približamo magnet, se lističa namagnetita. Zaradi magnetnih sil se lističa upogneta in **skleneta kontakt**. Ko se magnet oddalji, se lističa vrne v prvotni položaj.

Obstaja tudi NC (normally closed) varianta reedovega stikala - ko se lističa namagnetita, se **razkleneta**:

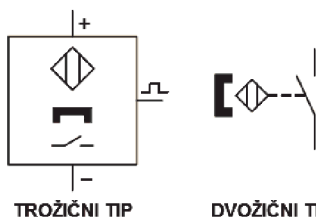


Reedov kontakt uporabljamo za določanje končnih položajev cilindrov in **ne potrebujejo vzdrževanja**.

Namesto magnetna lahko reedov kontakt brezdotično aktivira **tudi tuljavica**:



Glede na število priključkov poznamo dvo- in trožični tip reedovega stikala. Električni simbol:



Pnevmatični simbol je klasični simbol brezdotičnega signalnika. Podrobnejši opis simbolov opisuje geslo Brezdotično aktiviranje kontaktov.

TROŽIČNI TIP potrebuje napajanje in ga lahko priklopimo direktno na nazivno napetost (npr. enosmerni tok 24V). Zaradi različnih standardov se lahko zgodi, da so barve priključkov pri različnih proizvajalcih različne. Rdeča barva je vedno +, ostala dva priključka pa sta:

- VIBRO: signal je moder, minus (-) pa je črn
- SMC: signal je črn, minus (-) pa je moder

Signal običajno vezemo na napajanje releja, kontakt releja pa nato vklopi elektromagnet (solenoid). Včasih je potrebno tudi preveriti, ali največji tok na signalu zadošča za vklop releja, solenoida itd.. Če ne gre drugače, preberemo tip naprave in iščemo podatke po svetovnem spletu (Datasheet).

DVOŽIČNI TIP pa za svoje delovanje ne potrebuje napajanja. Njegova posebnost je največji tok, ki ga takšno stikalo še prenese - pogosto je ta tok zelo majhen, npr. 40 mA. Prevelik tok bo takšno stikalo uničil. Zato dvožični tip **NIKOLI** ne vezemo **DIREKTNO NA NAPAJANJE**, moramo ga vezati **zaporedno na** nekega **porabnika** (npr. na solenoid ali na napajanje releja). Pred tem še **računsko preverimo**, ali je morda električni tok vseeno prevelik.

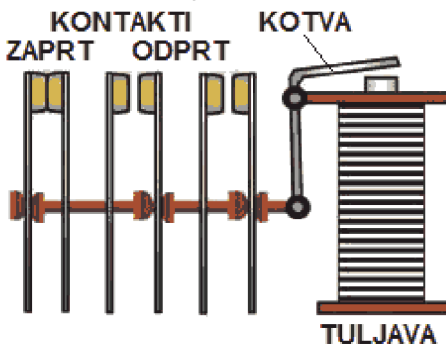
Delovanje dvožičnega tipa reedovega stikala (npr. NO) lahko **preverimo** z ohmmetrom: ko postavi magnet v pravilni položaj, bo upornost 0 Ω.

Rele Električna stikalna naprava, ki:

1. Sprejema vhodne veličine, ki so električne ali neelektrične - čas, temperatura, tlak itd.
2. V odvisnosti od vhodnih veličin povzroča določene spremembe v istem ali v drugih električnih tokokrogih.

Ang. relay, nem. Relais: prenašati (sporočila ipd.), fr. relais: posrednik. Prim. Kontaktor, Stikalo, Označevanje priključkov kontaktorjev in relejev.

SESTAVNI DELI releja:



1. **Magnetni sistem**, ki mu pogovorno pravimo tudi **NAPAJANJE** ali **KRMILJENJE** releja:

- **tuljavica** za vzbujanje releja (ang. coil) in
- **kotva**, ki je ponavadi upognjena v obliko črke L in se vrti okrog osi, ki se nahaja blizu točke pregiba;

Priključka za napajanje releja sta A1 (plus) in A2 (minus). Priključkov **ne smemo zamenjati**, saj v tem primeru rele ne bo deloval!

Magnetnemu sistemu dodamo **sistem za vklop / izklop** tuljave:

- **stikalo**, rele brez merilnega člena je **pomožni rele** (deluje kot kontaktor) ali
- **merilni člen**, ki meri vhodne veličine, npr. temperaturo, tlak, čas, vrtilno hitrost ipd.; merilni člen na svojem izhodu povzroča vklop ali izklop tuljave;

2. **Kontaktni sistem** oziroma kontakti releja, ki v odvisnosti od delovanja magnetnega sistema sklenejo ali prekinejo povezavo med vhodnimi in izhodnimi priključki.

Električni kontakti releja so lahko:

- **zapiralni** (NO - normally open)
- **odpiralni** (NC - normally closed)
- **preklopni** ali **z zakasnitvijo**;

Oba priključka vsakega kontakta sta pravilno oštevilčena:

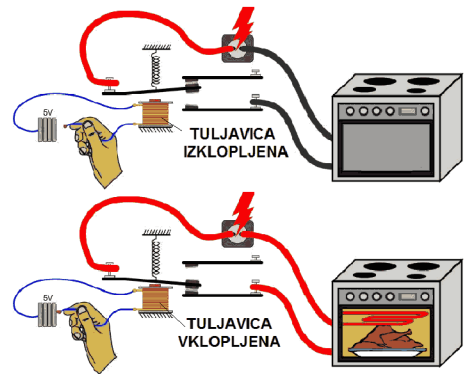
- priključke glavnih kontaktov označujemo z eno številko (1 → 2, 3 → 4, 5 → 6, 7 → 8, 1 → 2 ↔ 4, 5 → 6 ↔ 8),
- priključke pomožnih kontaktov označujemo z dvema številkama (13 → 14, 21 → 22 itd.)

PRIKLJUČKI RELEJEV so tako označeni, da je iz oznak možno razbrati način delovanja - glej geslo **Označevanje priključkov kontaktorjev in relejev**.

Z releji vklapljammo relativno **majhna bremena** (do 1 kW). S pomočjo relejev lahko:

- zaključen tokokrog z **enosmerno** napetostjo vpliva na tokokrog z **izmenično** napetostjo,
- zaključen tokokrog z **nizko napetostjo** vpliva na tokokrog z **visoko napetostjo**,
- tokokrog z **nizkimi tokovi** vpliva na tokokrog z **visokimi tokovi** (npr. pri motornih vozilih),
- **iz enega** signala ustvarimo **več signalov**.

Primer uporabe releja:



Ločimo predvsem naslednje **VRSTE RELEJEV**:

a) **Merilne** releje. Njihovo delovanje je z določeno natančnostjo odvisno od vzbujaletnih veličin. Pravilnost je uporabljajo za **zaščito električnih naprav** in napeljav. To so predvsem podnapetostni, nadtokovni, podfrekvenčni itd. releji. Nekateri releji delujejo tudi na spremembe neelektričnih veličin, npr. na spremembo temperature, vrtilne hitrosti, tlaka itd.

b) **Pomožne** releje. Uporabljamo jih za električno ločevanje tokokrogov, za povečanje stikalne zmogljivosti kontaktov, za pomnožitev števila kontaktov, za trajen preklop kontaktov (impulzni rele) ipd..

c) **Časovne** releje. To so releji s kontakti, ki se sprožijo z zakasnitvijo, potem ko je bil aktiviran krmilni oziroma prožilni element. Najpogosteje uporabljamo naslednje vrste časovnih relejev:

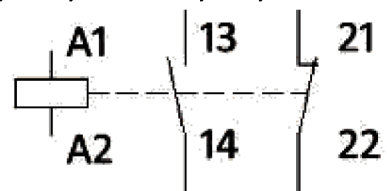
- rele z zakasnelim proženjem kontaktov **ob vklopu krmilne napetosti**
- rele z zakasnelim proženjem kontaktov **ob izklopu krmilne napetosti**
- **programski časovni rele**
- **utripalni časovni rele**

SIMBOL za rele mora zajemati:

- simbol za **napajanje** (tuljavico) releja s priključki
- simbole za **kontakte** releja

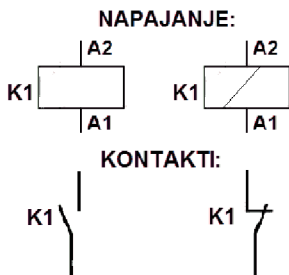
Način risanja releja je pri fizikalni shemi drugačen kakor pri vezalni shemi.

Pri **FIZIKALNI SHEMI** rele ni potrebno poimenoovati, narišemo pa ga v celoti - napajanje in vsi kontakti se rišejo skupaj, priključke lahko oštevilčimo. To je starejši način risanja relejev:



Pri **VEZALNI SHEMI** pa posebej rišemo napajanje in posebej kontakte. Tako napajanje kot tudi

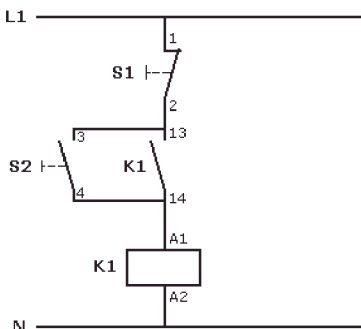
vsak kontakt je treba **poimenovati**, običajno uporabimo veliko črko K in številko, npr. **K1** (podrobneje glej Pnevmatika - označevanje sestavin, ISO 5599):



S tem, ko smo po SIST EN z istim imenom poimenovali napajanja in kontakte istega releja, smo dosegli naslednje:

- čeprav napajanja in kontakte na shemi ne rišemo skupaj, je še vedno jasno, iz katerih sestavnih delov je vsak rele sestavljen
- na vezalnih shemah za vsak kontakt natančno vemo, kateremu napajanju pripada

Primer vezalne sheme:



Simboli za posebne vrste relejev so naslednji:



Prim. SSR.

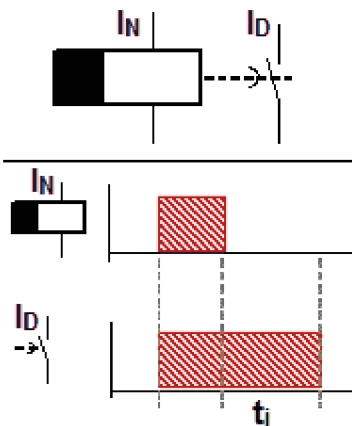
Rele ventil Pnevmatiski ventil, ki **z malim tlakom krmili velike tlake**. Pri zračnih zavorah ga uporabljamo za pospeševanje zaviranja ali prenehanja zaviranja **na zadnjih oseh**, ki so pri tovornjakih precej oddaljeni od izvora stisnjenega zraka.

Brez rele ventilov bi stisnjen zrak predolgo časa potoval do zadnjih zavornih cilindrov. Zato blizu zadnjih zavornih valjev vgradimo rele ventil, ki je ves čas direktno povezan na delovni tlak.

Delovanje:

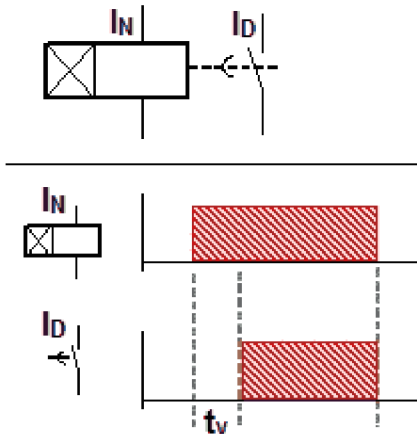
Ko voznik pritisne na zavorni pedal, je majhna sprememba tlaka že zadosten signal za vklop rele ventila, ki odpre delovni tlak do zavornih cilindrov. Rele ventil je lahko samostojna naprava ali pa je integriran v regulatorju sile zaviranja.

Rele z zakasnitvijo izklopa Ob vklopu napajanja releja I_N se hkrati vklopi tudi delovni kontakt in v drugem tokokrogu steče tok I_D . Ob izklopu napajanja releja I_N pa se delovni kontakt izklopi z zakasnitvijo, po preteku časa t_i :



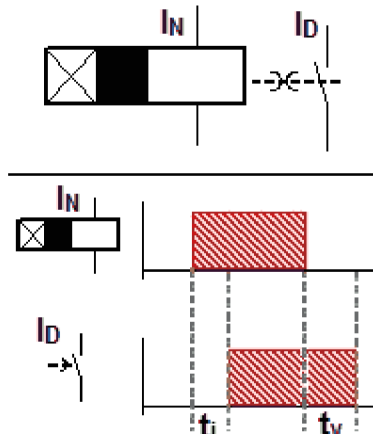
Čas t_i je praviloma nastavljljiv.

Rele z zakasnitvijo vklopa Ob vklopu napajanja releja I_N se delovni kontakt vklopi z zakasnitvijo in v drugem tokokrogu steče tok I_D . Šele po preteku časa t_v . Ob izklopu napajanja releja I_N pa se delovni kontakt izklopi takoj, brez zakasnitve:



Čas t_v je praviloma nastavljljiv.

Rele z zakasnitvijo vklopa in izklopa Ob vklopu napajanja releja I_N se delovni kontakt vklopi z zakasnitvijo in v drugem tokokrogu steče tok I_D . Šele po preteku časa t_v . Tudi ob izklopu napajanja releja I_N se delovni kontakt izklopi z zakasnitvijo, po preteku časa t_i :

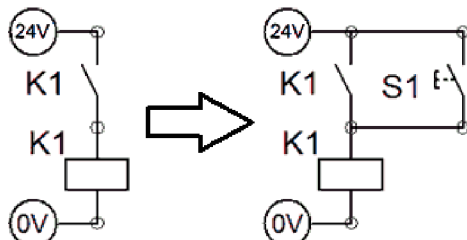


Tako čas t_i kot tudi t_v sta praviloma nastavljljiva.

Relejska shema Glej Ladder diagrami.

Samodržna vezava Električna vezava, ki ob vklopu neke naprave s tipko sproži takšen kontakt, da naprava še naprej deluje **tudi potem, ko je tipka že spuščena**. Pravimo, da **kratkotrajni impulz pretvori v trajni kontakt**.

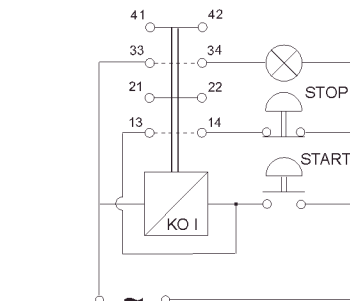
Samodržno vezavo lahko pripravimo s kontaktorjem ali relejem. Kontakt releja lahko vezemo v isti tokokrog s tuljavico, shema levo:



Če vzporedno s kontaktom releja vezemo še tipko (desna shema), dobimo **najpreprostejšo samodržno vezavo**, ki je ne moremo izklopiti:

- ob vklopu S1 se bo zaprl kontakt K1
- K1 ostane zaprt tudi, če tipko S1 spustimo

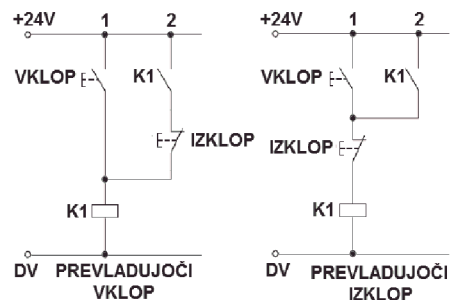
Uporabne samodržne vezave imajo še STOP tipko, fizikalna shema izgleda tako:



Aktiviranje tipke START pripelje napetost na tuljavo kontaktorja KO I, ki:

- sklene delovni kontakt 13-14, kar povzroči delovanje kontaktorja tudi po deaktivaciji tipke
 - sklene tudi delovni kontakt 33-34, kar povzroči trajno delovanje luči (ali neke druge naprave)
- Delovanje lahko po potrebi prekinemo z aktiviranjem tipke STOP, ki prekine samodržni tokokrog tako, da odklopi kontaktor.

Samodržna vezava, narisana kot vezalna shema:



Zgornji **dve izvedbi** se razlikujeta po tem, katera tipka prevlada, če v pritegnjenem stanju releja pritisnemo na VKLOP in IZKLOP hkrati.

Sin. samodržni kontakt, samodržno stikalo.

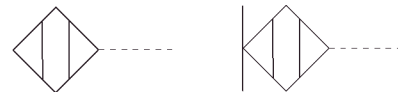
Senzor Element, ki **meri** neelektrične fizikalne veličine in jih **pretvarja v signal**, ki je **najpogostejše električen**. Npr.: pretvarjanje svetlobne jakosti v električno napetost.

Seveda pa lahko senzor pretvarja fizikalne veličine tudi v druge vrste signalov, npr.: mehanski senzor na končnem stikalu pretvori vodoravni gib paha valja v navpični gib, ki se bo lahko uporabil za spreminjanje pnevmatičnega signala.

Od sensorja oddani signal je lahko:

- **kvalitativen**: meri le prisotnost neke veličine, npr. senzor na dotik ali
- **kvantitativen**: meri se količina neke veličine, npr. svetlobni senzor

V osnovi ločimo senzorce na **DOTIČNE** in **BREZDOTIČNE**, pogledjmo še oba simbola:



Senzor za upravljanje s približevanjem Senzor za upravljanje z dotikom

Dotični senzori so npr. dotični senzori za **zaznavanje pozicije** obdelovanca na CNC strojih, **temperaturni** senzori, **monitorski** senzori (**touch screen**), mehanski senzori na **pnevmatičnih** končnih stikalih itd.

Brezdotični senzori so: **magnetični** (Reedov kontakt), **induktivni**, **kapacitivni**, **svetlobni** (kvantitativni) in **optični** (kvalitativni), **zvočni** in **ultrazvočni**, **žiro-skopski** itd.

Senzor je vedno le **sestavni del** naprave, ki **neposredno reagira** na neko fizikalno veličino. Celotno **napravo** pa imenujemo npr. **detektor**. Nikoli ne rečemo npr. "senzor" laži ...

Lat. **sentire**: čutiti, začutiti. Ang. **sense**: čutilo, zaznavati, občutiti. Sin. **tipalo**, **sprejemnik signalov**. Razl. **dajalnik signalov**. Prim. detektor, signalnik, mejni signalnik. **Senzibilen**: občutljiv. **Senzibilnost**: zaznavnost.

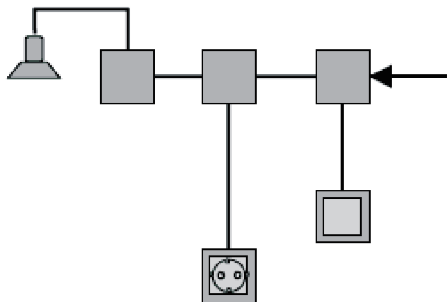
Shema Simbolična ali abstraktna predstavitev. Posebej primerna je za preprosto predstavitev:

- **električnih**, **pnevmatičnih**, **hidravličnih**, **vodovodnih** ter podobnih vezij (instalacij, prim. vezava)

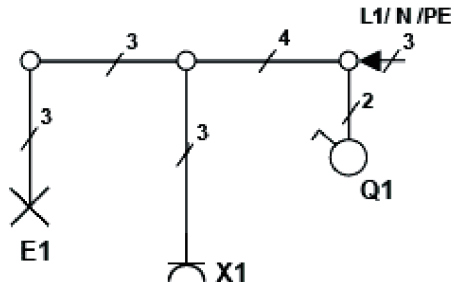
Ferdinand Humski

• logičnih krmilnih funkcij.

Najpogostejše sheme v **elektrotehnik**: **fizikalna vezava**, **inštalacijski načrt** in **vezalna (tokovna) shema** - ki je lahko **enopolna** (enočrtna) ali **večpolna** (veččrtna). Poglejmo, kako nastajajo! Električno vezavo lahko ponazorimo tako, da narišemo predmete:



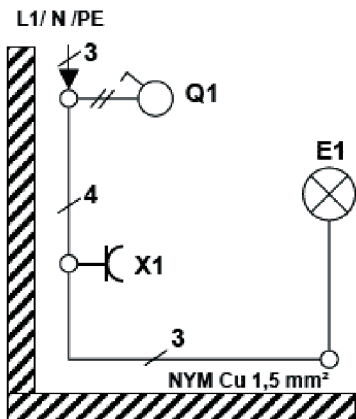
Puščica pri tem ponazarja dovod elektrike. Že ta ponazoritev je **enopolna** (enočrtna) in se lahko uporabi kot inštalacijski načrt. Uvedba simbolov naredi inštalacijski načrt preglednejši:



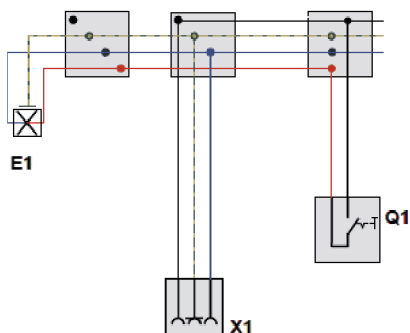
Na zgornji risbi so vodi prikazani kot ena črta, ne glede na to, koliko žilni so. Število žil označimo s poševno puščico in s številko.

V shemi rišemo simbole samo v **pokončni** ali v **ležeči** legi, pa **tudi črte** za povezavo elementov rišemo le **pokončno** in **navpično**. Simbole razporedimo čim bolj **enakomerno** in tako, da jih lahko pregledno povežemo. Sheme ponavadi rišemo od vhoda proti izhodu.

Nato na gradbenem načrtu določimo še steno, na katero bomo položili inštalacijo - dobimo prostorski inštalacijski načrt:



Večpolna (veččrtna) shema pa nam pokaže še smer toka (tokovna shema). Služi nam za pregled vgradnje stikal in ostalih elementov:



Poznamo še **pregledno shemo vezja**, **blokovno shema**, **montažni** - **funkcijski** - **razporeditveni načrt**, načrt ožičenja, diagram poteka, časovni dia-

gram, diagrami zaporedja stikalnih stanj itd.

Gr. shema: oblika. Prim. risba.

Signal Fizikalna veličina, s pomočjo katere se **prenašajo podatki** ali **informacije**.

Razlikujemo dve **osnovni vrsti signalov**:

- analogni (nepretrgan, zvezen - kontinuiran) in
- digitalni (stopničast - diskontinuiran)

Posamezne vrste signalov:

- **mehanični** signal prenaša gibanje (pomik), silo, moment ipd.;
- ko se pojavi zadosten nadtlak stisnjenega zraka (mehanična fizikalna veličina), se prenaša **pnevmatični** signal, ki je tudi mehanični
- s pomočjo električnega toka (veličina) se prenašajo **električni** signali
- podobno velja za svetlobni, zvočni itd. signal

Signal je **nosilec informacije**. Glavne vrste naprav za obdelavo signalov pa so: **oddajniki** oz. **dajalniki** signalov, **sprejemniki** signalov, **obdelovalniki** signalov in **pretvorniki** signalov.

Signalni ventil Glej Končno stikalo.

Signalnik Naprava, ki proizvaja optične, električne in/ali akustične signale za prikaz stanja sistema, npr. hupa, sirena, svetlobno telo itd. Lahko je to tudi oddajnik in sprejemnik signalov v eni napravi. Prim. mejni signalnik. Glej senzor.

Solenoid Ang. izraz za elektromagnet. Pogosto izraz uporabljamo tudi za elektromagnetni ventil, kar je skrajšano od ang. solenoid valve. Izraz solenoid coil (elektromagnetno navitje) pa običajno skrajšamo na coil.

Sprejemnik signalov Glej Senzor.

Stikalo Mehansko delujoča priprava, ki lahko **vklopja**, **prevaja** in **izklopja** električni tok. Je vedno **SKLOP** iz več sestavnih delov, vsaj eden med njimi je **kontakt**.

Prim. Kontakt, Rele, Kontaktor.

V splošnem je stikalo **dajalnik signalov**. S svojim delovanjem tudi **spreminja vezave tokokrogov**.

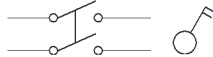
Med vklopjanjem in izklopjanjem mora stikalo delovati nemoteno: **prevajati** mora normalne bremenske tokove, v predvidenem času vzdrži tudi večje tokove, npr. pri kratkem stiku.

VRSTE STIKAL: **enopolno bistabilno** (preklopno, v žargonu kar "stikalo"), **dvopolno**, **tipkalo** (tipka oz. stikalo na tipko), **menjalno** (preklopno), **križno**, **serijsko**, **visokonapetostno**, **odklopno** (nepr. močnostno stikalo), **inštalacijsko**, **prevesno**, **klecno**, **preklopno**, **nastavno**, **izbirno** itd.. Za razumevanje delovanja stikala **MORAMO POZNATI**:

1. PRIKLJUČKE, POLE, KONTAKTE, STANJA:

Število priključkov v stikalu: Vedeti moramo, koliko je **vhodnih** in koliko **izhodnih** priključkov.

Število polov v stikalu. Izraz večpolno stikalo pomeni, da lahko z enim preklopom stikala preklopimo več ločenih tokokrogov.



Dvopolno stikalo:

Število kontaktov (stikov) je pogosto enako številu polov, ni pa nujno. Prim. kontakt, pol.

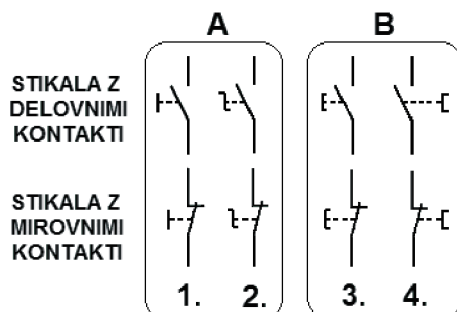
Število stanj (položajev) stikala. Primer: električni kuhalnik ima lahko enopolno stikalo z enim kontaktom in s tremi stanji (stanje 1 - toplo, stanje 2 - vroče, stanje 3 - zelo vroče).

- VRSTO** posameznih **KONTAKTOV** v stikalu, glej geslo Kontakt - simboli ter **PREKLAPLJANJE**: katere priključke kontakti povezujejo v vsakem položaju.
- Primeri **UPORABE** stikala v praksi.

Najosnovnejši SIMBOLI STIKAL

Simboli stikal, ki se **FIZIČNO AKTIVIRAJO**:

- osnova je simbol za **kontakt** (mirovni ali delovni)
- nato dodamo simbol za način fizičnega aktiviranja: **s pritiskom**, **s potegom** ali **z zasukom**
- v simbolu upoštevamo še: imamo **tipko** (samodejno vračanje) ali pa je stikalo **bistabilno**



A Enopolna **BISTABILNA** (preklopna) stikala:

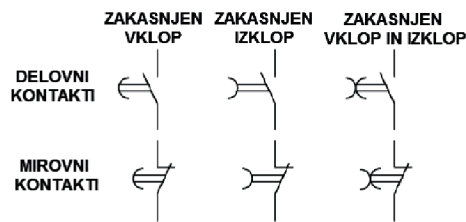
1. **Z ročnim** delovanjem - pritisk.
2. **Vrtilno** stikalo - fizično aktiviranje z zasukom.

B **TIPKE** oziroma **monostabilna** stikala:

3. Aktiviranje **s pritiskom**, samodejno vračanje.
4. **Potezno stikalo** s samodejnim vračanjem.

Opazimo, da je ta simbol narisano desno od kontakta. Razlog je v standardu, ki zahteva takšen simbol, da se stikalo aktivira z leve strani na desno ali od zgoraj navzdol.

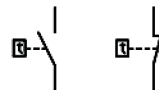
ČASOVNA STIKALA vplivajo na kontakt šele čez določen čas po aktivaciji. Zakasnen je lahko vklop, izklop ali vklop in izklop:



KONČNA STIKALA samostojno aktivirajo neko napravo. Podrobneje glej geslo Končno stikalo.

BREZDOTIČNA STIKALA se aktivirajo, ko zaznajo neko brezkontaktno fizikalno veličino. Podrobneje glej Brezdotično aktiviranje kontaktov. Sin. brezkontaktna stikala.

Temperaturno stikalo Naprava, ki vključuje ali izključuje električni tokokrog glede na temperaturo v sistemu. Deluje lahko na principu bimetal (glej istoimensko geslo), lahko tudi na principu raztezanja neke tekočine itd. Simbol:

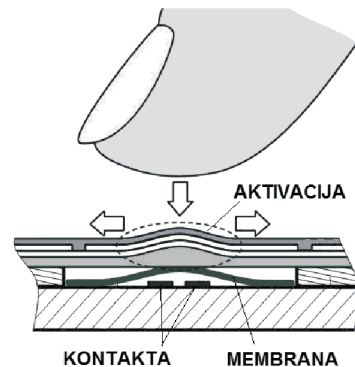


Prim. Termostat.

Termostat Priprava za vzdrževanje temperature v določenih mejah. **Termostatiranje**: avtomatsko vzdrževanje stalne temperature. Razl. temperaturno stikalo.

Tipalo Glej senzor. Najpogosteje se izraz uporablja za tiste sestavne dele naprave, ki se fizično dotikajo nekega drugega predmeta, npr. temperaturno, tlačno ~ itd.

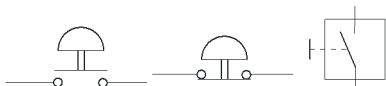
Tipka Monostabilno stikalo oz. stikalo, ki se vrača v osnovni položaj. "Deluje", dokler jo držimo pritisnjeno. Primer monostabilnega stikala - tipke:



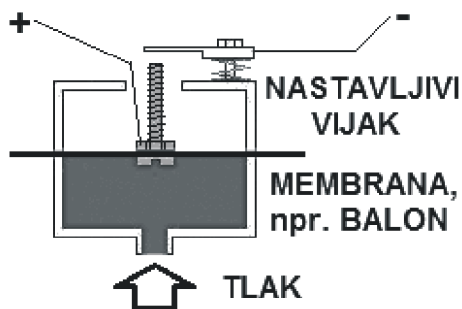
Sin. tipkalo stikalo. Najpogostejši **standardni simboli** za tipko: glej geslo **Stikalo**.

Ostali simboli za tipke:





Tlačno stikalo Naprava, ki vključuje ali izključuje električni tokokrog glede na velikost tlaka v sistemu. Ta element pretvarja hidravlični ali pnevmatični signal v električnega (diskretni ali digitalni signal). Enostavni primer delovanja:



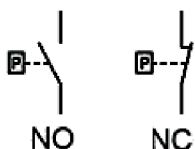
Primeri uporabe:

- tlačno stikalo se lahko uporablja kot [končno stikalo](#), npr.:
 - v kompresorski enoti nadzoruje tlak v tlačni posodi in avtomatično izklaplja kompresor, ko je dosežen zeleni tlak;
 - avtomatično vklopi potopno črpalke, ko je tlak premajhen, glej risbo pri geslu Črpalke - posebne vrste in nameni, Potopna črpalke;
- tlačno stikalo se uporablja tudi pri vsakem avtomobilu (indikacija oljnega tlaka motorja).

Na pnevmatičnih shemah uporabljamo naslednji simbol za tlačno stikalo:



Z NO in NC sta označena simbola za tlačno stikalo na električni shemi:

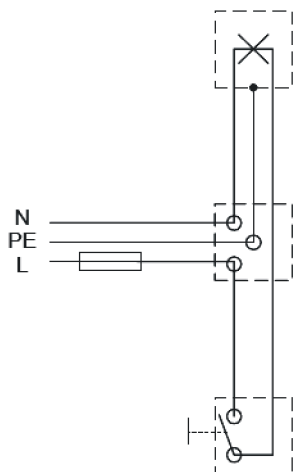


Prim. Pretvornik signalov.

Tokovna shema Glej Vezalna shema.

Tolkač Glej Plunžer.

Večpolna shema Električna shema, ki jo rišemo **veččrtno**: za razliko od enopolne sheme narišemo pri večpolni shemi **za vsako žilo svojo črto**. Na spodnji risbi je narisana **tripolna** vezalna shema, ki prikazuje enak sistem kot pri geslu Enopolna shema in Fizikalna vezava:



Vezalna shema Shema, ki prikazuje:

- a) Podroben prikaz vezja električnih, pnevmatičnih, hidravličnih ipd. naprav s pomočjo simbolov ali znakov. Vezalna shema pri tem **NE UPOŠTEVA dejanske oblike** in razporeditve sestavnih delov, pa tudi **fizičnih povezav** med sestavnimi deli **ne prikazuje direktno**. Je v bistvu **abstraktna predstavitev** funkcij in delovanja

naprav. Namenjena je **pravilnemu povezovanju** posameznih komponent med seboj.

Vezalna shema je **popolna shema** - obsega vse elemente, vse povezave med njimi in zato daje **podrobno predstavo** o delovanju naprave. Za razumevanje delovanja sistema pa je bolj primerna fizikalna vezava.

Priključki so običajno **oštevilčeni**, da lahko kontroliramo, ali je naprava pravilno povezana. Vezalno shemo lahko rišemo **ENOČRTNO (enopolna shema)** ali **VEČČRTNO (večpolna shema)**.

Sin. **vezalni načrt**, tokovna shema, krmilna shema: električna, hidravlična ~ itd. Nedopustno: stikalni načrt. Prim. načrt ožičenja.

- b) Povezavo in zaporedje logičnih operacij za neko napravo. **Logična vezalna shema** zajema vhodne signale, logične funkcije (ki se v konkretnih napravah nato nadomestijo s krmilnimi elementi) in izhodne signale. Delovnih komponent ne prikazuje, lahko pa jo dopolnimo z izjavnostno tabelo. Namenjena je predvsem:

- prepoznavanju / ugotavljanju logičnega načina delovanja neke naprave,
- načrtovanju in optimiranju v primeru, ko se še nismo odločili za vrsto naprave.

Vezalni načrt Glej Vezalna shema.

Zapiralo Zapiralni oz. delovni kontakt, glej Stikalo. Zapiralo je lahko tudi ventil.

Zakasnitev vklopa → Rele z zakasnitvijo vklopa.

Zakasnitev izklopa → Rele z zakasnitvijo izklopa.

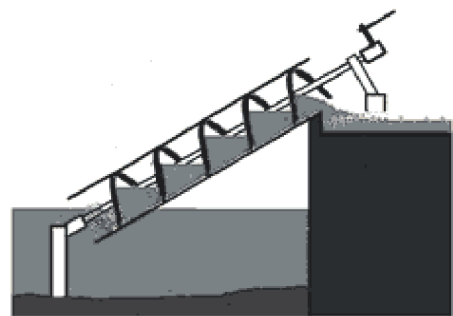
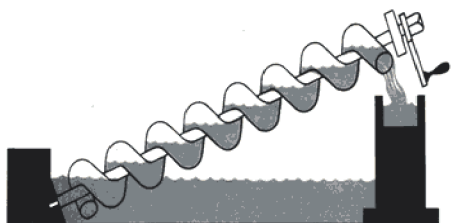
HIDRAVLIKA

Agregat

- Skupek**, ki nastane z združitvijo istovrstnih delcev, npr. mineralni agregati za najtvrše komponente betona. Prim. aglomerat, sin. skupek*.
- Tudi **naprava kot skupek** dveh ali več **strojev**. Npr. **pomožni** ~ za poganjanje pomožne opreme ali za opravljanje pomožne funkcije; **hidravlični pogonski** ~ pa vsebuje vse naprave, ki so potrebne za pogon hidravličnega sistema.
- Stroj, ki **proizvaja** ali **zagotavlja električno energijo** za porabnike, t.i. elektro ~: dizelski, varilni.

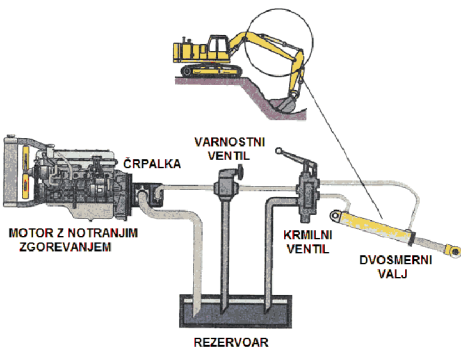
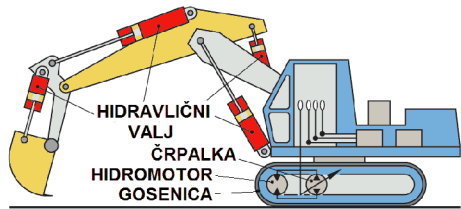
Ajnkliftati Nepravilen izraz, popačenka iz nemščine (entlüften), kar pomeni **odzračevati**.

Arhimedov vijak Naprava, ki se lahko uporablja kot črpalka, pa tudi kot turbina, za mletje mesa, žitaric, grozdja, stiskanje plastike skozi šobo (ekstruder) in podobno. Celo v polžastem gonilu se nahaja Arhimedov vijak. Sin. polžna črpalka.



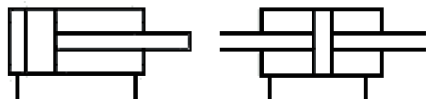
Avtomatični odzračevalni ventil Glej Odzračevanje.

Bager Stroj za zemeljska dela: za izkopavanje, nakladanje zemlje, rude, premoga itd., tudi za čiščenje in poglobljanje rečnih strug, morske obale itd. Vsa gibanja pri bagru se praviloma izvajajo s pomočjo hidravlike:



Nem. Bagger. Sin. nakladalnik.

Batnica Drog, ki je povezan z batom. Lahko veže tudi bate med seboj. Je pnevmatsko ali hidravlično **premočrtno gonilo**. Preko križnika je batnica lahko povezana z ojnico (npr. pri parni lokomotivi: parni cilindar - batnica - križnik - ojnica - kolo).



Enostranska (L) in dvostranska (desno) batnica. Sin. batni drog, batnik. Prim. ojnica. Slika: glej geslo Kompressor.

Centrifugalna črpalka Glej Črpalke - pretočne (turbinske).

Cevni priključek Glej Fiting, Mufa, Pnevmatični cevni priključki, Hidravlični vodi.

cSt Centistoks, glej Viskoznost.

Čistilnik Glej Filter.

Črpalka Delovni stroj, ki **poganja tekočine** (nestisljive fluide). **Črpanje**: prenašanje vode iz enega nivoja v drugega, v zaprtem ali odprtem sistemu. Prim. turbina, kompresor.

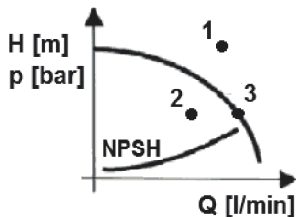
Zaradi obsežnosti je tema razdeljena na gesla:

- Črpalka - karakteristika
- Črpalka - podatki
- Črpalke - delitev
- Črpalke - posebne vrste in nameni
- Črpalke - pretočne (turbinske)
- Črpalke - simboli
- Črpalke, volumenske - batne in membranske
- Črpalke, volumenske - rotacijske
- Črpalke - zagon

Črpalka - karakteristika **Višje** kot mora črpalka potiskati tekočino, večji tlak mora premagovati in **manjše** volumenske pretoke zmore.

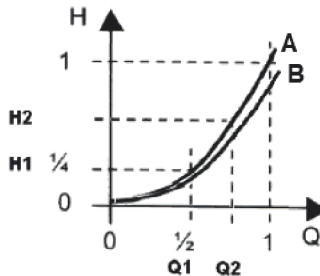
Karakteristika črpalke pove, kolikšne volumske pretoke daje črpalka pri različnih dobavnih višinah. Večji kot je pretok, manjšo dobavno višino lahko črpalka doseže - zato je karakteristika vsake črpalke **padajoča** (glej spodnjo risbo).

Na abscisi je teoretični **volumenski pretok** črpalke, na ordinati pa je **tlačna (dobavna) višina**. Če je dobavna višina označena s črko H in z mersko enoto meter [m], tedaj jo lahko pretvorimo v tlak tako, da vstavimo gostoto vode: 1 bar ≈ 10 m



Na zgornjem diagramu je razvidno, da naša črpalka nikakor ne more doseči točke 1. Točko 2 pa preseže, črpalka lahko torej deluje pri delni obremenitvi (npr.: zmanjšamo vrtilno hitrost). Točka 3 pa se nahaja točno na karakteristiki črpalke, kar pomeni, da črpalka obratuje pri polni obremenitvi. V spodnjem delu diagrama je krivulja, ki jo proizvajalci označijo s **NPSH - net positive suction head** oz. **držalna pretočna višina**. To je **sesalna višina**, pri kateri še ne pride do uparjanja vode (glej kavitacija). Pri vgradnji črpalke moramo paziti, da **na sesalni strani** ne presežemo te višine.

Karakteristika cevododa nam pove, kolikšne **tlačne izgube** je potrebno v nekem omrežju premagati pri različnih volumenskih pretokih:

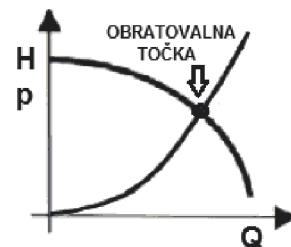


Karakteristika cevododa je odvisna od konkretnega hidravličnega omrežja - nanjo vpliva vsaka cev, koleno, ventil ali druga hidravlična naprava v omrežju. Primer:

Karakteristiki cevododa A in B na gornji risbi sta si zelo podobni. Morda se je v hidravličnem omrežju A samo odprl zasun, pa so tlačne izgube pri istih pretokih padle na karakteristiko B.

Tlačne izgube mora seveda premagovati črpalka s svojo dobavno višino (prirastkom tlaka). Zato je **smiselno** karakteristiki **črpalke** in **cevododa** narisati **na eden diagram**.

Obratovalna točka črpalke: točka, v kateri se sekata karakteristiki črpalke in cevododa.

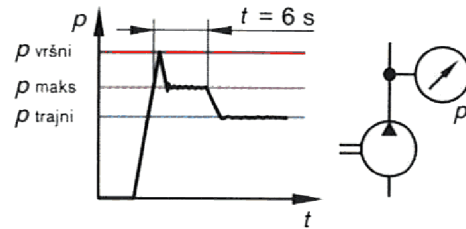


Črpalka - podatki Karakteristični podatki za hidravlično črpalko so:

- Medsebojno odvisna podatka, glej geslo Črpalka - karakteristika:
 - teoretični **volumenski pretok** Q [l/min]
 - obratovalni **tlak** p [bar]
- Ostali podatki:
 - potrebna **moč** P [kW]
 - **vrtilna hitrost** črpalke n [vrt/min]
 - **specifični delovni volumen** V_v [cm³/vrtljaj], tudi **iztisnina**, **iztisni volumen** oz. **delovna prostornina**
 - **NPSH** oz. držalna pretočna višina, običajno 0,7 do 0,8 bar (7 - 8 m)
 - **izkoristek** η [%]

Obratovalni tlak p je treba pojasniti podrobneje. Poznamo tri vrste tlakov:

- vršni tlak $p_{vršni}$ se sme pojaviti le kratkotrajno
- maksimalni tlak p_{maks} smemo prekoračiti samo izjemoma, pa še takrat samo za določen maksimalni dopustni čas
- trajni tlak p_{trajni} oz. **p** pa je nazivni tlak, za katerega je proizvajalec načrtoval črpalko (hidromotor)



Teoretični volumenski pretok črpalke (Q) je definiran z enačbo:

$$Q = \frac{V_v \cdot n}{1.000} \quad [l/min]$$

V_v ... specifični delovni volumen črpalke [cm³/vrtlj]
 n ... vrtilna hitrost črpalke [vrt/min]

Dejansko pretočno količino Q_d pa izračunamo s pomočjo koeficienta volumenskega izkoristka črpalke η_v :

$$Q_d = Q \cdot \eta_v$$

Izvedba	V_v	n	p
Tip, izvedba	[cm ³ /vrtlj]	[vrt/min]	[bar]
Zobniška črp. hidromotor	12 - 320	500 (3500)	60 - 160 (max) (200)
Rotorska črp. hidromotor	60 - 500	25 (1000)	200 (250)
Krilna črp. hidromotor	5 - 160	25 (1000)	200 (250)
Vijačna črp. hidromotor	4 - 630	500 (4000)	30 - 160 (200)
Aksialna batna hidromotor	25 - 800	750 (3000)	160 - 320 (480)
Radialna batna hidromotor	50 - 450	750 (1500)	320-400 (630)

V črpalkah nastopajo **IZGUBE**:

a) VOLUMENSKÉ izgube: posledica **tesnilnih izgub**, **nepopolnega polnjenja** delovnega prostora črpalke in **razlike tlakov** v črpalki. Te izgube upošteva **volumenski izkoristek** η_v .

b) MEHANSKE izgube: posledica izgube energije zaradi **trenja gibljivih delov** črpalke. Za premaganje trenja se potroši del torzijskega momenta. Mehanske izgube upošteva **mehanski izkoristek** črpalke η_m . Običajno η_m zajema tudi hidravlične izgube, lahko pa to poudarimo z oznako η_{hm} .

c) HIDRAVLIČNE izgube so v črpalki posledica

vpliva trenja delcev delovne tekočine ob stene kanalov, med seboj in lokalnih uporov. Odvisne so od vrst in oblik uporabljenih cevi ter priključkov. Upošteva jih hidravlični izkoristek črpalke η_h . Velikost teh izgub je za praktične preračune zajeta v mehanskih izgubah η_m .

Celotni izkoristek izračunamo po enačbi:

$$\eta = \eta_v \cdot \eta_m$$

Povprečne vrednosti izkoristkov so: $\eta = 0,8 - 0,85$,

$\eta_v = 0,9 - 0,95$ (volumenski izkoristek),

$\eta_m = 0,9 - 0,95$ (mehanski izkoristek)

Teoretična moč črpalke:

$$P[\text{kW}] = \frac{Q[\text{l/min}] \cdot p[\text{bar}]}{600}$$

Koristno (dejansko) moč tlačne tekočine na izhodu iz črpalke P_k pa izračunamo iz enačbe:

$$P_k = P \cdot \eta$$

Črpalke - delitev Delitev črpalke glede na izvedbo:

1. **Volumenske** ali **izrivne** (hidrostatične) črpalke:

- **batne** in **membranske**, ki ustvarjajo nadtlak z linearnim premikanjem bata ali membrane
- **rotacijske**, ki zagotavljajo pretok direktno z vrtenjem (zobniške, krilne itd.)

2. **Turbinske** (turbočrpalke) ali **pretočne** (hidrodinamične) črpalke, ki so najpogostejše v uporabi. Vse vrste pretočnih črpalke so **rotacijske**.

3. **Posebne vrste črpalke** in črpalke **za posebne namene**: **ejektor**, **injektor**, **elektromagnetne črpalke**, **potopne črpalke** itd..

Črpalke poganjamo:

- **ROČNO**, npr. pri batnih tipih črpalke
- z **MOTORJEM**: z **elektromotorjem** (najpogostejše), s **hidromotorjem**, z motorjem z **notranjim zgorevanjem**, s **turbino**, z **vetrnico** itd.
- **MEHANSKO**: motorski pogon preko mehanizmov ali mehanskih sestavnih delov **spreminjamo** v takšno obliko, ki je primerna za pogon črpalke; npr. **pogon membranske črpalke**: krožno gibanje motorja spremenimo v premočrtno gibanje dročnika, ki nato poganja črpalno

Glede na črpalno višino razlikujemo:

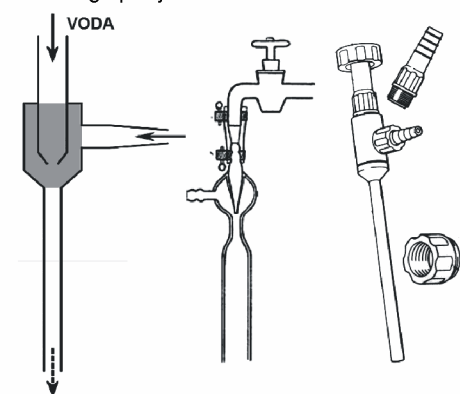
- **nizkotlačne** črpalke do 20 m,
- **srednjetačne** črpalke od 20 do 50 m in
- **visokotlačne** črpalke nad 50 m.

Glede na vrtilno hitrost ločimo:

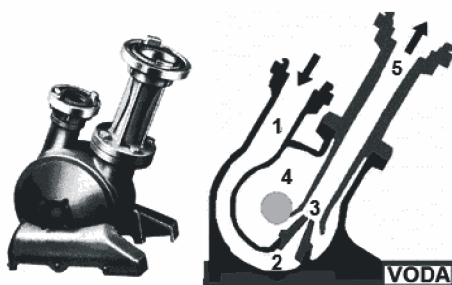
- **počasitekoče** črpalke - 50 do 500 vrt/min
- **hitrotekoče** črpalke - 1000 do 4000 vrt/min.

Črpalke - posebne vrste in nameni

Črpalka na vodni curek deluje na principu Bernoullijeve enačbe in Venturijeve cevi. Voda vstopa pod velikim pritiskom in nato izstopi pri šobi v cev z večjim premerom. Na izstopu iz šobe ima voda veliko hitrost. Zaradi velike izstopne hitrosti vode nastane v razširjenem delu cevi **podtlak**, ki povleče še fluid iz desnega priključka. Črpkasta puščico na izstopu predstavlja pomešanost vode s fluidom iz desnega priključka:



Na ta način deluje tudi nastavek na vodovodno pipo, pnevmatska pištola za lakiranje itd. Takšno črpalke uporabljajo **tudi gasilci** za prostore, ki niso dostopni z gasilskim vozilom in niti niso primerni za uporabo prenosne gasilske črpalke:

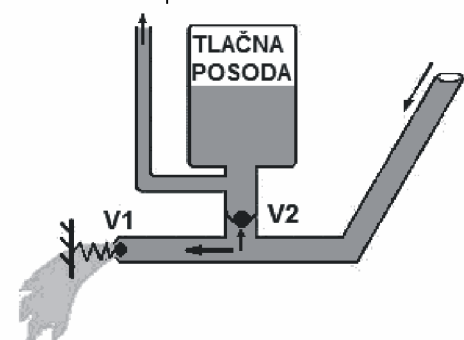


Črpalke postavimo v vodo (npr. v kleti) in jo ustrezno priključimo. Prostor 4 je povezan z vodo, ki jo želimo prečrpati. Vstopno cev 1 napajamo iz hidranta ali iz gasilskega vozila. Zaradi šobe 2 in 3 se poveča hitrost vode in zato nastane v prostoru 4 podtlak (posledica Bernoullijeve enačbe). Podtlak pa nato potegne vodo iz 4, ki skupaj s pogonsko vodo izstopa skozi cev 5. Slabost črpalke na vodni curek: najprej je treba zagotoviti približno 1/3 količine vode, če želimo izčrpati 2/3 vode.

Črpalke na vodni curek imenujemo tudi:

- **ejektorji**, če fluide odstranjujemo, izpraznimo
- **injektorji**, če fluide zbirajo (npr. v neko posodo)

Hidravlični oven dela na principu pulzacije vode (vodni udar). To pomeni, da izkorišča **del kinetične energije** tekočine **za dvig** na višino, ki je večja od višine, s katere voda doteka. Premaguje lahko višine do 200 m pri dotočni višini 30 m.



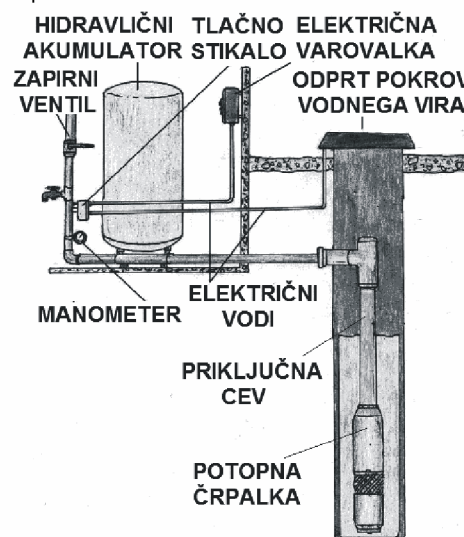
Črpalka dela sunkovito in samodejno. Za to opravilo **ne potrebuje tujega pogona**, izkoristi le padec vode, s katero se hidravlični oven napaja.

Delovanje: vzmet drži krogljični ventil V1 odprt vse do mejnega pretoka vode, ko se krogljični ventil V1 zapre. Zaradi vztrajnosti tekoče vode v dovodni cevi pride do **hidravličnega udara**, zato močno **naraste tlak v dovodni cevi**. Hidravlični udar odpre ventil V2 in voda steče v tlačno posodo.

Ko se hidravlični udar umiri, **tlak v dovodni cevi pade**:

- ventil V2 se zapre in prepreči vodi, da bi odtekla nazaj iz tlačne posode,
- vzmet spet odpre ventil V1 in cikel se ponovi.

Potopne črpalke delujejo tako, da nanje natakemo izhodno cev, jo potopimo v vodo, ki jo želimo prečrpati ter jo priključimo na električno napetost.



Potopne črpalke so razen za vodovod primerne

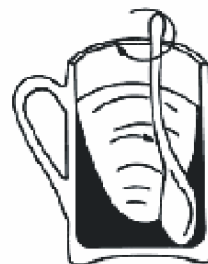
tudi za vodomete, fontane itd. Prim. IP stopnja zaščite.

Hidrofor - glej posebno geslo.

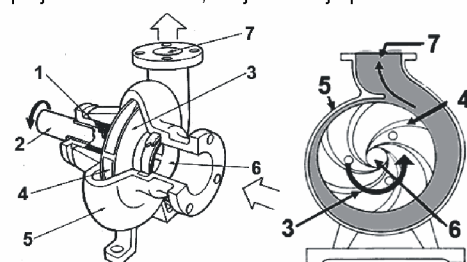
Črpalke - pretočne (turbinske)

Arhimedova črpalka - glej geslo Arhimedov vijak.

Centrifugalna črpalka deluje na principu mešanja vode v kozarcu. Če z žlico enakomerno vrtimo vodo v kozarcu, se **gladina vode na obodu dvigne** - zaradi delovanja centrifugalne sile. Hitrejšje kot je vrtenje, bolj izrazit je pojav:



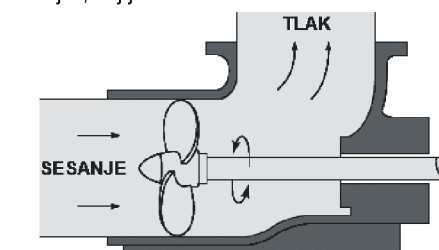
Centrifugalna črpalka vrti tekočino tako, da poganja rotor s spiralno oblikovanimi lopaticami. Centrifugalna sila potiska tekočino na obod, vodilnik pa je oblikovan tako, da jo usmerja proti izhodu:



1 - ohišje (okrov), 2 - pogonska gred, 3 - rotor (gonilno kolo, tekač), 4 - lopatice, 5 - vodilnik, 6 - dotok vode v rotor (sesalni vod), 7 - izliv (tlačni vod) Na tem principu običajno delujejo tudi črpalke v pralnih strojih. Sin. vrtilna črpalka, turbočrpalka. Turbočrpalke nimajo ventilov, ročičnega mehanizma in vztrajnika, zato so v primerjavi z batnimi črpalkami **manjše, lažje in cenejše**. Stroški vzdrževanja so nižji, možen je neposreden elektromotorni ali turbinski pogon.

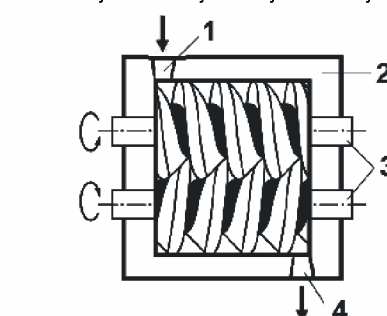
Slaba stran sta **manjši izkoristek** pri manjših pretokih in visokih tlakih ter **zapleten zagon**.

Za velike pretočne količine (od 1 do 20 m³/s) in majhne črpalne višine (1 do 4 m) up. **aksialne turbočrpalke**. Primerne so tudi za črpanje umazanih medijev, saj je malo možnosti zamašitve:



Vijačna črpalka se odlikuje z **mirnim in tihim delovanjem**, ker delujejo **brez pulziranja tlaka** in pretočka. Vijačna črpalka z **enim vijakom** je **Arhimedov vijak**, sicer pa obstajajo vijačne črpalke, ki imajo **dva do pet vijakov**. Za omejevanje tlaka imajo te črpalke vgrajene **nadtladni prelivni ventil**.

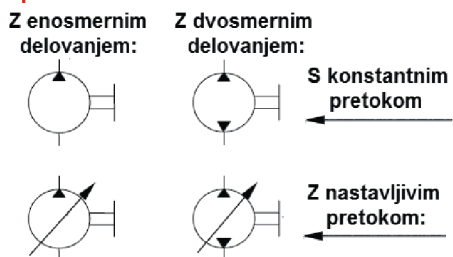
1 - sesanje 2 - ohišje 3 - vijačni rotorji 4 - tlak.



Običajni tlačni mehanizem je vijačni par, ki potiska tekočino v smeri vijačnice. Uporaba: za črpanje

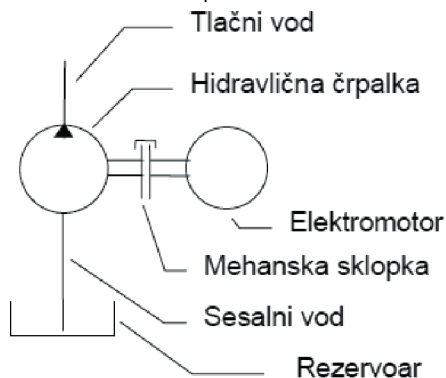
čistih in samomazalnih tekočin pri temp. do 80° C. Zaradi zračnosti se ne uporablja za visoke tlake - optimalno uporaba od 50 do 100 bar.

Črpalke - simboli

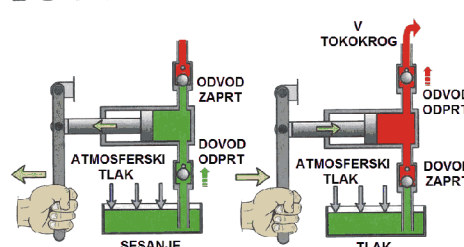
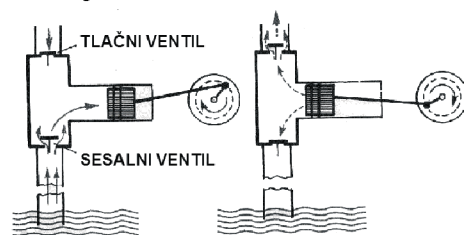


HIDRAVLIČNE ČRPALKE

Simboli po ISO 1219



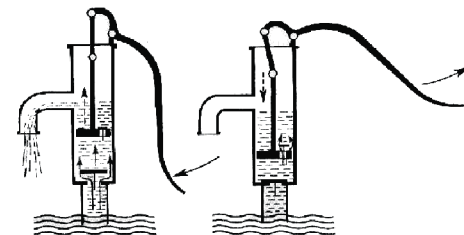
Črpalke, volumenske - batne in membranske
Batna črpalka izpodriva tekočino samo v delovnem gibu bata. Črpanje tekočine je zato **neena-komerno**. Tlačni in sesalni ventil krmilita tlačni in sesalni gib:



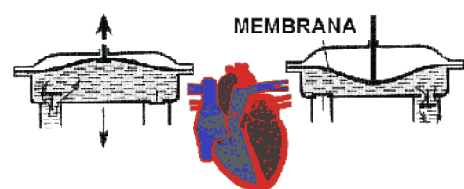
UPORABA BATNIH ČRPALK:

- črpanje nafte, mulja, odplak,
- vbrzganje goriva pri motorjih z notranjim zgorevanjem,
- črpanje vode iz globokih vodnjakov,
- črpanje agresivnih tekočin (kislina, lugov).

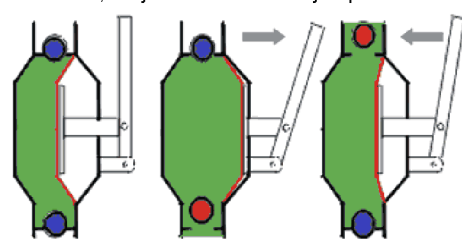
Dvigalna črpalka je le izvedenka batne črpalke:



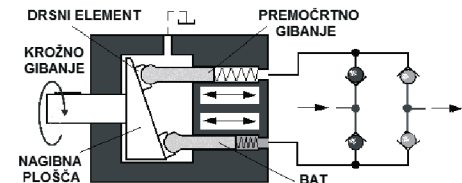
Membranska črpalka deluje na podoben način kot srce in se zelo pogosto uporablja za prečrpavanje različnih vrst goriva.



Praviloma jo poganjamo **mehansko**, saj je električni pogon pri prečrpavanju goriv nevarnejši za požar in tudi dražji. V praksi najpogosteje uporabimo vzvod, da je ročno delo manj naporno:

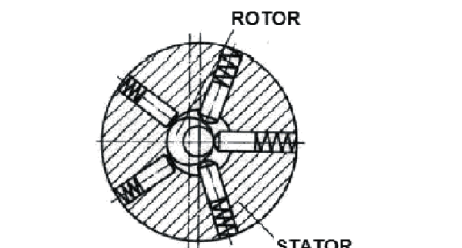


Aksialna batna črpalka deluje tako, da kroženje gredi spreminja v aksialno gibanje batov.



Z nagibno ploščo reguliramo hod batov. Up.: za tlake do 300 barov.

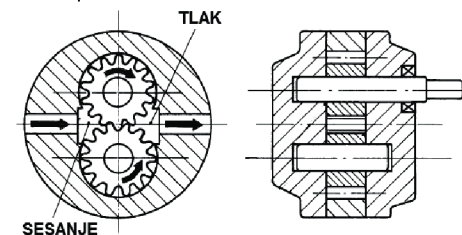
Radialna batna črpalka ima večje zunanje mere od aksialne, ker ima radialno razporejene bate. **Rotor** se vrti okoli svoje ekscentrične osi ter pri tem **poganja bate**:



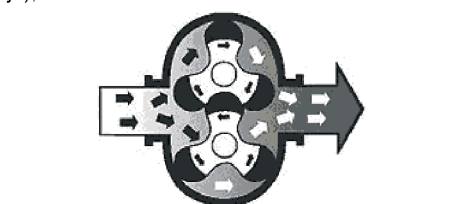
Radialna batna črpalka omogoča **visoke tlake** (do 600 bar), pri vodi dosežejo **sesalno sposobnost do 9 m** in možnost regulacije pretoka s spreminjanjem ekscentra. Je manj občutljiva na nečistoče in ima visoko stopnjo izkoristka η_v . Sin. enovretenska črpalka z ekscentrom.

Črpalke, volumenske - rotacijske

Zobniška črpalka se v hidravliki najpogosteje uporablja. Deluje tako, da se z vrtenjem zobnikov olje transportira med zobniki in ohišjem črpalke. Pogonski motor žene enega od zobnikov, ta pa poganja drugega, ki se z njim ubira. Ko pa se zobnika ubirata, se vsebina iztisne in na ta način se ustvari potreben nadtlak:

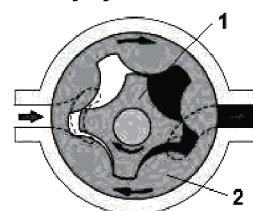


Da ne bi prišlo do kavitacije, je presek sesalnega voda običajno večji od tlačnega - večji presek pomeni manjše hitrosti in s tem manjši padec tlaka. Na podobnem principu deluje t.i. **črpalka z rotirajočimi bati**, ki se uporablja za črpanje čistih tekočin (mleka), zmesi vode in zraka (papirna industrija), do 90 80° C in za tlake do 10 bar:



Črpalka s profilnim rotorjem ali **rotorska črpalka** ima **notranji rotor** z zunanjo ozobjem (1) in **zunanji rotor** z notranjim profilom (2). Oba rotorja sta nameščena ekscentrično (nimata skupnega središča), vendar zobje notranjega rotorja neprestano drsijo po zobeh zunanega rotorja in **tesnijo** v več

točkah. Notranji rotor ima **eden zob manj** od zunanega, zato da isti zob notranjega rotorja nalega v različne vrzeli zunanega rotorja. **Notranji rotor poganja zunanega**, ki se **vrtil v ohišju** črpalke. Prostor **na sesalni strani se povečuje, na tlačni strani pa zmanjšuje**:

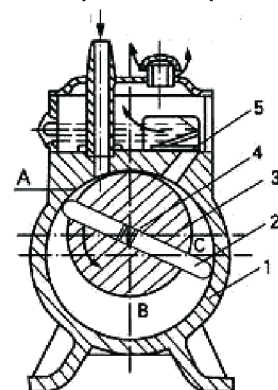


Črpalke s profinim rotorjem imajo majhne dimenzije, nizko ceno in dolgo življenjsko dobo. Sin. rotacijska črpalka.

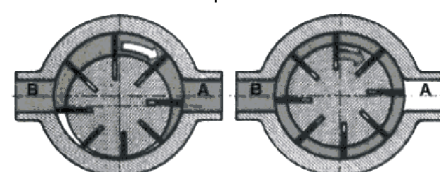
Zobniška črpalka s srpom deluje zelo podobno kot črpalka s profilnim ozobjem, saj ima notranji in zunanji rotor. Dodatni **srp** (1) pa je nameščen zato, da se po njem obojestransko transportira olje:



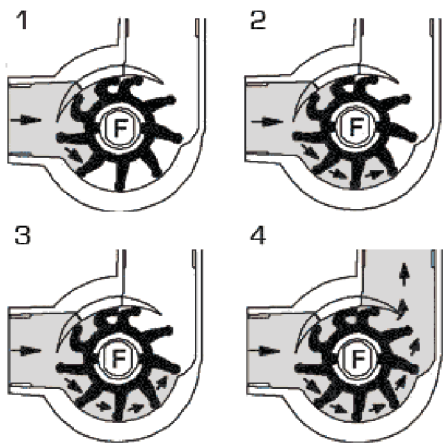
Krilna črpalka Patentiral jo je Charles C. Barnes 1874. Črpalka na risbi ima le dva krilca, seveda jih je lahko tudi več. Rotor in stator sta postavljena **ekscentrično**. **Krila se med vrtenjem rotorja prilegajo ohišju** (se iztegnejo in spet nazaj stisnejo v rotor) zaradi centrifugalne sile, lahko so temu namenjene posebne vzmeti, pripomore pa tudi pritisk tekočine in lastna teža krilca. 1 - ohišje črpalke 2 - rotacijsko krilce 3 - rotor 4 - vzmet 5 - izpustni ventil. A - sesanje, B - tesnenje, C - tlačenje.



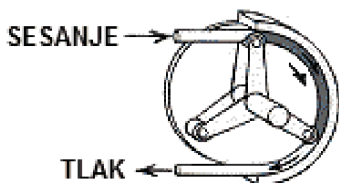
S spreminjanjem ekscentra e spreminjamo tudi iztisnino in volumenski pretok:



Uporaba: črpanje olja, vode ali goriva do 20 bar. Sin. celična črpalka, črpalka z rotirajočimi krili. Posebna izvedba je črpalka **s fleksibilnimi krili**:

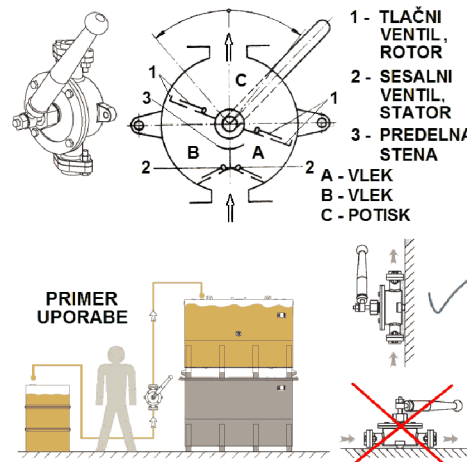


Cevno črpalko poganjajo valjčki, ki se vrtijo na oseh, nameščenih po obodu rotorja. Valjčki s kotaljenjem povzročijo elastično cev in tako potiskajo določeno količino fluida po cevi. Vrtilna hitrost je običajno konstantna in zato je tudi pretok cevni črpalk konstanten:



Cev mora biti izdelana iz zelo elastičnega materiala, obenem pa je odporna proti agresivnim tekočinam. Cevna črpalka je zato primerna za črpanje lugov in kislin. Včasih z besedo cevna črpalka označujemo tudi obrnjeno U cev, ki se uporablja za pretakanje tekočin.

Ročna rotacijska črpalka pa prečrpa gorivo in podobne tekočine z nihanjem ročice sem ter tja:



Črpalke - zagon Batne in rotacijske črpalke so **samosesalne**. Pred zagonom jih ni treba zaliti, ker so sposobne same izčrpati zrak iz sesalnega cevododa in delovnega prostora. Te črpalke zaganjamo in ustavljamo obvezno pri odprtem tlačnem ventilu.

Turbočrpalke niso samosesalne. Pred prvim zagonom jih moramo **zaliti**. Zalijemo jih skozi poseben nalivni vijak ali tako, da jih priključimo na vakuumsko črpalko. Da se odstrani zrak iz žepov v kanalih rotorja, rotor nekajkrat z roko zavrtimo.

Delovni valj Valj z batom, namenjen za opravljanje dela. Pregled delovnih valjev opisujeta gesli Pnevmatični cilindri in Hidravlični cilindri, preračun pa opisujejo gesla Enosmerni delovni valj, Dvosmerni delovni valj in Delovni valj - preračun.

Drsní ventil Glej geslo Ventili - konstrukcijski principi.

Držalna pretočna višina Hlej NPSH.

Ekspanzijska posoda → Hidravlični akumulator.

Emulzija Najpogosteje je emulzija zmes vode, olja in nekega sredstva, ki veže vodo z ojem.

V splošnem je emulzija tekočina, sestavljena iz:

a) Dveh tekočin, ki se med seboj ne mešata (npr. voda in olje), vendar je ena homogena poraz-

deljena v drugi.

b) Stabilizacijskih sredstev, ki povezujejo vodo in olje. Imenujemo jih **emulgatorji**.

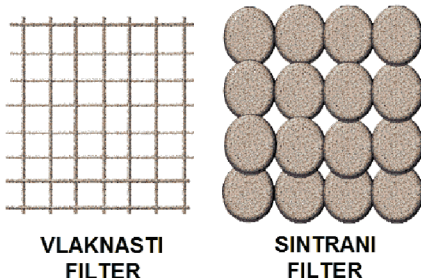
E. običajno vsebujejo tudi **dezinfekcijska sredstva**, ki preprečujejo nastanek mikroorganizmov.

Najbolj enostavno emulzijo si pripravljamo sami pri pomivanju posode: voda + detergent + maščoba iz ostankov hrane. Zelo pogosto uporabljeni emulziji sta **mleko** in razne vrste **krem**.

Up.: hladilna sredstva pri odrezavanju. Prim. olja za hlajenje, dozator, reaktometer.

Fekalije Odpadki, predvsem iz iztrebkov, izločkov. **Filter**

1. Porozna snov ali naprava, ki pri pretoku fluida (dim, plin, tekočina) **zadrži sestavine določenih velikosti ali lastnosti**. V splošnem so filtri vlaknasti ali sintraní:



Prim. Filter - hidravlika, pnevmatika, Sintranje.

2. Snov ali naprava, ki **izloči elektromagnetna valovanja** določenih valovnih dolžin ali določenih smeri nihanja.

3. Prostor, navadno za preoblačenje, ki **deli kontaminiran** ali nečisti **prostor od nekontaminirane** ga ali čistega, zlasti **pri operacijskih dvoranah** in **oddelkih za intenzivno terapijo**.

Filter - hidravlika Naprava, ki iz hidravličnega olja **odstrani nečistoče** in s tem zagotovi, da hidravlični sistem normalno deluje. Filter v sesalnem vodu pa ima še dodatno nalogo, da **preprečuje nastanek kavitacije**.

Nečistoče v hidravličnem omrežju so trdi delci, smola, voda itd. Povzročajo naslednje **okvare**:

- prekomerno obrabo drsnih površin in s tem povečanje zračnosti
- zamašitev kanalov, odprtini pri ventilih in odprtini za mazanje
- vzdolžne rise (raze) na drsnih površinah batov, ventilov in valjev
- povečanje sile za gibanje batov krmilnih ventilov (posledica izločanja smolnatih komponent iz olja, smola pa se nato oprijema gibljivih delov)

Vzroki onečiščenja hidravličnega olja:

- pred **prvim obratovanjem** ni bilo opravljeno izpiranje cevododov, izvršilnih in krmilnih komponent
- **rezervoar**: neočiščen, korozija (slaba protikorozijska zaščita, naprava dalj časa ni obratovala)
- povečana **obraba gibljivih delov hidr. naprave**
- oljni **filter ni bil pravočasno zamenjan**
- slabi **pogoji obratovanja**: prah, blato, kemijsko agresivna atmosfera
- uporaba napačnega hidravličnega olja (sploh zaradi višjih temperatur se pojavi oksidacija olja)

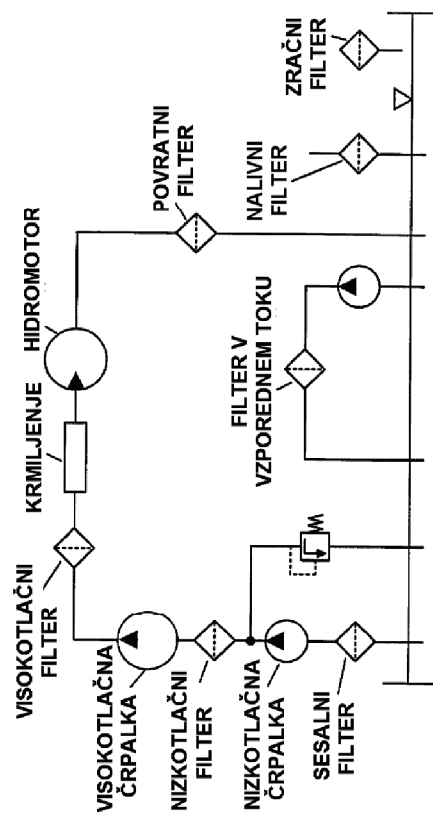
Kje lahko **vgradimo oljne filtre**, tlačne izgube:

a) V tlačnem vodu, $\Delta p = 1,0 - 1,5$ bar

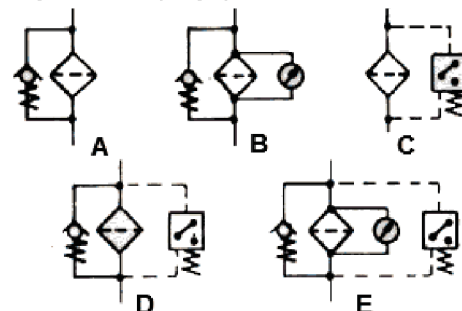
b) V povratnem vodu, $\Delta p \approx 0,5$ bar

c) V sesalnem vodu, $\Delta p = 0,05 - 0,1$ bar

Filteriramo lahko glavni ali vzporedni tok:



Oljni filtri imajo filtrske vložke in v večini primerov **indikatorje** (optični ali akustični), ki pokažejo stopnjo onesaženja filtrskega vložka. Če postane filtrski vložek zaradi onesaženja neprehoden, se aktivira indikator ali pa se prelije olje preko prelivnega ventila, ki je vgrajen v filteru:



A - vzporedna vezava: filter in enosmerni ventil

B - dodana je indikacija tlaka na filteru

C - vzporedno s filtrom je dodano tlačno stikalo

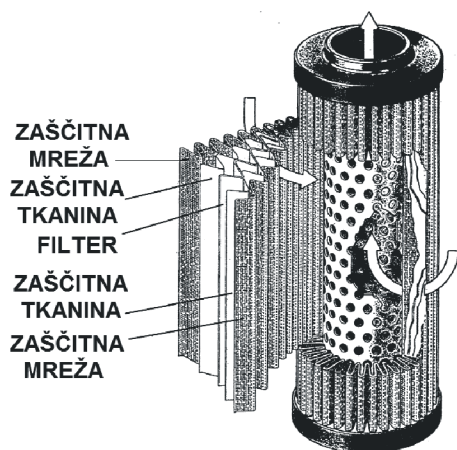
D - kombinacija A+C; E - kombinacija A+B+C

β-vrednost: razmerje med številom delčkov pred filtrom in številom delčkov za filtrom - čim večja je številka, tem bolj temeljito filter deluje. Minimalna vrednost današnjih filtrov $\beta = 75$ pomeni, da prefiltrirajo 98,7% vseh delcev. Še višje vrednosti β nimajo nobene praktične vrednosti.

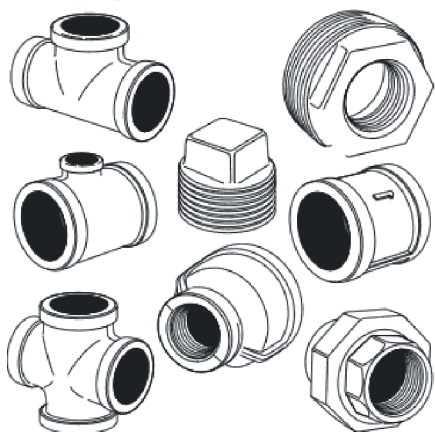
Vrste filtrov:

a) **Ploščinski** filtri so izdelani iz tanke mrežaste plasti, npr.: kovine, sintetične ali papirja, in ga uporabljamo predvsem za **očiščenje sistema pred prevzemom** ali **generalnim popravilom**.

b) **Globinski** filtri so izdelani iz stisnjene večplastnega tekstila, celuloze, sintetičnih, steklenih ali kovinskih vlaken ali iz sinterskega vložka. Filtrski material je naguban v obliki zvezde zato, da ima **veliko površino za filtriranje** in **majhen obseg**. Imajo **veliko sposobnost zadrževanja nečistoč** v primerjavi z ostalimi filtri.



Fiting Vezni kos z navojem pri cevovodih (vodovodne in plinske cevi) različnih oblik (ravni kosi, loki, kosi T, križni kosi itd.). Ang. fitting: primeren priključek. Prim. mufa.



Goltni volumen Transportirani volumen, ki hidromotor zavrti za eden vrtljaj, oznaka V_v , merska enota [$\text{cm}^3/\text{vrtljaj}$]. Je tudi pomemben podatek črpalke - iztisnina, glej geslo Črpalka.

Gradacija Postopno prehajanje iz enega stanja v drugo, **stopnjevanje**. Npr. multigradno olje. Ang. grade: stopnja. Prim. viskoznost.

GRAF CET Francoska kratica **GRAPhe Fonctionnel de Commande Etapes/Transitions** - poseben jezik za prikaz diagramov poteka, ki se uporablja predvsem pri **avtomatizaciji** in pri **procesni tehniki**.

Gradient hitrosti Glej Strižna hitrost.

Hidrant Naprava v vodovodnem omrežju za odvzemanje večjih količin vode.

Hidravlična energija Skupna energija gibajočih se tekočin. Sestavljajo jo:

1. Energija lege oz. **potencialna** energija, ki je odvisna le od višine tekočinskega stolpca (glej Hidrostatični tlak):

$$W_p = m \cdot g \cdot h$$

Hidravlične naprave s področja industrijske in mobilne hidraulike praviloma ne dosegajo velikih višin (do 20 m), običajna gostota za mineralna olja pa znaša $\rho = 870 \text{ kg/m}^3$.

2. Tlačna energija $W_T = V \cdot p$

Je osnovnega pomena za področje industrijske in mobilne hidraulike, za delovanje se najpogosteje up. tlaki od 160 do 320 bar in več.

3. Hitrostna (kinetična) energija: $W_K = m \cdot v^2 / 2$

Hitrosti pri tem praviloma ne presegajo 10 m/s.

Hidravlične cevi Glej Hidravlični vodi.

Hidravlične delovne komponente Naprave, ki pretvarjajo hidravlično energijo v mehansko delo. Glej Hidraulika - osnovne naprave in elementi, SEKUNDARNI PRETVORNIKI ENERGIJE.

Hidravlične tekočine Delovne tekočine, ki opravljajo naslednje **NALOGE**:

- **prenašajo** tlačne **obremenitve** od črpalke do izvršilnega člana in **signale** za krmiljenje ventilov
- **mažejo** gibljive dele (bate, drsne ploskve itd.)
- **odvajajo toploto**, ki nastane zaradi tlačnih izgub
- **dušijo vibracije**, ki nastanejo zaradi tlač. sunkov
- **ščitijo** proti **koroziji**
- **odstranjujejo** izrabljene **delce** in **odnašajo** nečistoče v filter oziroma v rezervoar

• omogočajo **izločanje zraka** in ne ustvarjajo **pene**
 Zahtevane **LASTNOSTI tlačnih tekočin** so:

- čim manjša sprememba **viskoznosti** glede na spremembo temperature in tlaka
- fizik.-kemijska **stabilnost** in korozijska **obstojnost**
- dobre **mazalne lastnosti**
- **ne smejo se peniti**
- **ne smejo se mešati z vodo** v vodno emulzijo
- dobra **odpornost proti staranju**
- **nizka cena**
- čim manjša **gorljivost**
- omogočati mora **prenos signala**

Po DIN 51524 in DIN 51525 so hidravlična olja razvrščena v tri razrede (H - hidravlično olje):

- **HL** (L - legirano proti penjenju in z antioksidanti)
 - **HLP** (P - visok pritisk + učinkovitost proti obrabi)
 - **HV** (V - večja neodvisnost viskoznosti od temp.)
- Primer oznake hidravličnega olja: HLP 68 LP- vsebuje dodatke za povečano korozijsko obstojnost in dodatke za zvišanje obremenljivosti 68 - viskoznoštevilo po DIN 51517

V zahtevnejših pogojih obratovanja se uporabljajo težko vnetljive sintetične tekočine - **HF tekočine**: HFA, HFB, HFC - vodne raztopine, emulzije HFD - tekočine brez vsebnosti vode

V hidravličnih napravah se uporabljajo **tudi visoko kvalitetna motorna olja**:

- **mobilna hidraulika** na prostem (**hladnejša območja**) uporablja olja razreda SAE 5 W,
- **naprave z normalnimi temperaturami** SAE 10W,
- **naprave v zaprtih prostorih** z visokimi temperaturami pa SAE 30W.

Viskoznost hidravline tekočine **vpliva na**:

- **tesnilne izgube**, ki so **večje pri nizki viskoznosti**
- **izgubo tlaka**, ki je **večja pri višji viskoznosti**

Manj viskozno olje ima prednost, kajti manjše izgube tlaka pomenijo večjo moč.

Kinematična viskoznost hidravličnih olj znaša od 10 do 750 mm^2/s , običajno se podaja pri 40°C.

Običajna delovna temp. olja je okrog 50°C. Za delovne temp. nad 80°C se uporabljajo sintetične tekočine (silikonske, polisilikonske).

Vse pogosteje se uporabljajo tudi okolju prijazne, **biološko razgradljive** hidravlične tekočine (predvsem pri mobilnih hidravličnih agregatih). Če takšne tekočine uhajajo, ni nevarnosti za onesnaževanje okolja.

Hidravlični agregat Glej Hidravlični pogonski agregat.

Hidravlični akumulator Hidravlična naprava, katere osnovne naloge so naslednje:

a) Shranjevanje tlačne energije in nato **oddaja** te energije, ko jo sistem potrebuje.

Hidravlični akumulator predstavlja rezervno količino olja pod tlakom in zato lahko uporabimo **črpalke z nižjo iztisnino** tudi **pri več uporabnikih**.

Če pride do **okvare**, predstavlja hidravlični akumulator pomožni agregat, ki omogoči, da lahko **končamo delovni cikel**.

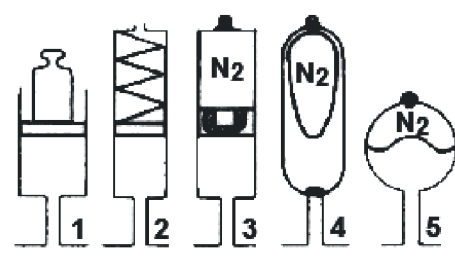
Hidravlični akumulator tudi **kompensira lekažo**. Pri zaprtih sistemih **kompensira spremembo prostornine** olja **zaradi temp. sprememb**.

b) Deluje kot **dušilni element** (blažilnik nihanj). **Zmanjšuje hidravlične tlačne udare** in nezaželena nihanja tlaka.

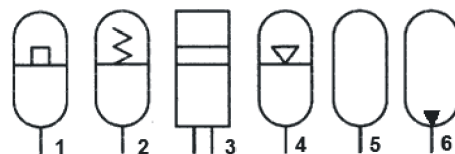
c) Deluje kot hidropnevmatični **vzmetni element**. Pri tem izkorišča energijo zaviranja.

Konstrukcijske izvedbe hydr. akumulatorjev:

- 1- akumulatorji z utežjo
- 2- akumulatorji z vzmetmi
- 3- plinski akumulatorji z batom
- 4- plinski akumulatorji z mehomo (balonom)
- 5- plinski akumulatorji z membrano



Veliko se uporabljajo akumulatorji z mehomo, ker jih odlikuje absolutno tesnenje in velika odzivnost. Simboli: 1 - z utežjo, 2 - z vzmetjo, 3 - z batom, 4 - plinski akumulator, 5 - akumulator brez vgradnih ovir, 6 - splošni simbol za akumulator



Zaradi varnosti se večji hidravlični akumulatorji p [bar] nazivni volumen [l] > 1000 redno pregledujejo: na 2 leti zunanji pregled, na 5 let notranji pregled in na 10 let tlačni preizkus.

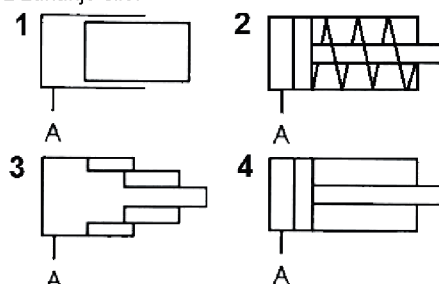
Primeri uporabe: glej geslo Hidropak, Potopna črpalka, Hidropnevmatsko vzmetenje, Hidrostatični tlak. Pri pnevmatiki ima podobno vlogo tlačna posoda, pri centralnem ogrevanju pa tlačna (ekspanzijska, raztezna) posoda. Sin. hidravlični shranjevalnik.

Hidravlični cilindri Hidravlične delovne komponente, ki pretvarjajo hidravlično energijo v premočno gibanje. Imenujemo jih tudi linearni motorji. Delimo jih na dve skupini:

- enosmerni cilindri

- dvosmerni cilindri

ENOSMERNI CILINDRI - uporabljamo jih takrat, ko potrebujemo hidravlično delo samo v eni smeri gibanja. V praksi jih uporabljamo za dviganje, vpenjanje, spuščanje. Delovni gib je izveden s tlakom hidravlične tekočine, povratni gib pa z vzmetjo ali z zunanjo silo.

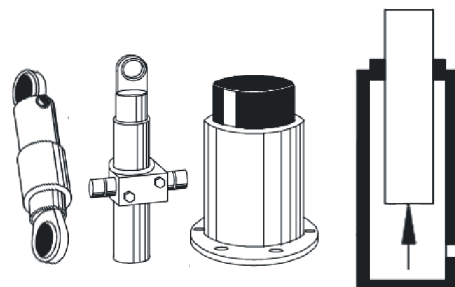


1 - valj s plunžerjem (potopni valj); bat in batnica sta iz enega kosa, povratni gib pa se izvede zaradi zunanega bremena (npr. sile teže)

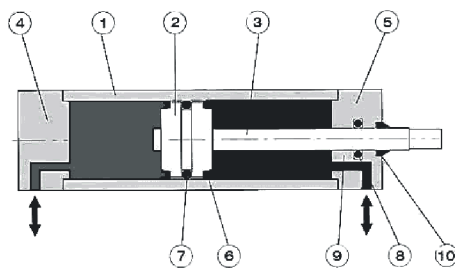
2 - enosmerni valj z vzmetjo, povratni gib se izvrši s pomočjo **vzmeti**

3 - teleskopski valj

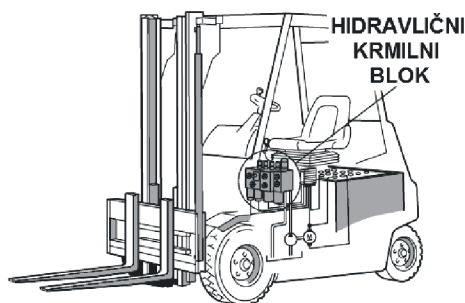
4 - enosmerni valj z enostransko batnico, povratni gib se izvrši s pomočjo **zunanje sile**
 Plunžer (plunger) izvedba izgleda tako:



DVOSMERNI CILINDRI Tlak tekočine deluje na bat izmenično z obeh strani, kar omogoča delovni gib bata v obe smeri. Dvosmerni cilindri imajo dva priključka, izvedeni pa so lahko z enostransko ali dvostransko batnico.



1 - cev, 2 - bat, 3 - batnica, 4 - zadnji pokrov, 5 - prednji pokrov, 6 - tlačni obroč bata, 7 - tesnilni obroč bata, 8 - tesnilo batnice, 9 - vodilo za batnico, 10 - brisalni obroč za posnemanje umazanije



Hidravlični motorji Naprave, ki pretvarjajo hidravlično energijo v mehansko delo.

Konstruktivsko so izvedeni kot:

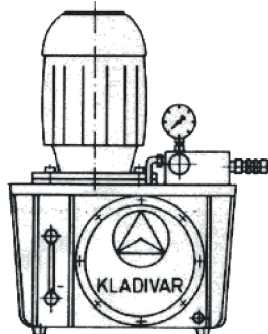
- **hidravlični cilindri** oz. delovni valji za premočrtna gibanja,
- **hidromotorji** za krožna (vrtljiva) gibanja,
- **hidravlični zasučni cilindri** (motorji) opravljajo niha gibanja za določen kot rotacije,
- **hidrostatični prenosniki moči**, ki so v bistvu brezstopenjski menjalniki hitrosti, na izhodu omogočajo velik razpon enakomernega spreminjanja vrtilne hitrosti

Glej Hidravlika - osnovne naprave in elementi, hidravlične delovne komponente (sekundarni pretvorniki energije).

Hidravlični oven Glej geslo Črpalka - posebne vrste in nameni.

Hidravlični pogonski agregat Sestav, ki služi za:

- **pretvorbo** mehanske energije elektromotorja v energijo hidravlične tekočine - vsebuje torej rezervoar, elektromotor in črpalko
- opravljanje dodatnih funkcij: zagotavljanje varnosti (varnostni, protipovratni, zapirni itd. ventili, hidravlični akumulator, manometer) filtriranje (vsebuje filter), hlajenje/gretje hydr. olja (vsebuje grelnik / hladilnik) itd.



Hidravlični pogonski agregat torej vsebuje **vse naprave**, ki so **nujno potrebne za pogon** hidravličnega sistema - če nanj priklopimo npr. krmilnik poti in cilindri, je hidravlični sistem že sestavljen! Raš. hidro postaja.

Sestavi hidravličnih agregatov se med seboj razlikujejo, zato je zelo priporočljivo razpolagati z **vezalno shemo** (glej spodnjo risbo) tistega hidravličnega agregata, ki ga uporabljamo.

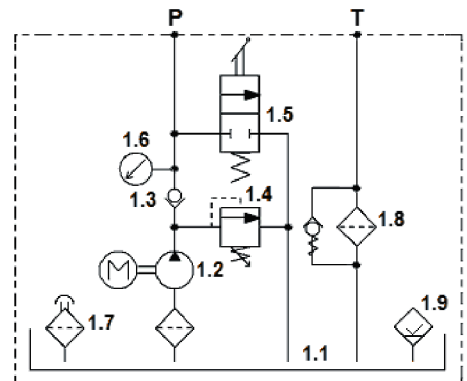
Hidravlični agregat s poznano shemo lahko **brez dodatnega razmišljanja o varnosti ali pripravi hidravlične tekočine** povežemo z ustreznimi delovnimi napravami. Seveda pa moramo pri izbiri ustreznega hidravličnega agregata kontrolirati vsaj:

- velikost rezervoarja,
- pretok in delovni tlak črpalke,
- kritični pretok (ki je odvisen od najožjega pretočnega prereza v sistemu).

Minimalno potrebni **podatki**, ki jih je potrebno poznati za vsak hidravlični agregat, so: volumen rezervoarja, iztisnina črpalke, max. delovni tlak črpalke in moč črpalke.

Uporaba hidravličnih agregatov: strojegradnja, lesno predelovalna in prehrabna industrija, proizvodnja plastičnih mas, ladjedelništvo itd.

Primer kompletne pregleda sestavnih delov:



1.1 Rezervoar 1.2 Črpalka 1.3 Protipovratni ventil 1.4 Varnostni ventil 1.5 Zapirni ventil 1.6 Manometer 1.7 Nalivni filter z zračnikom 1.8 Povratni oljni filter 1.9 Nivojno stikalo M Elektromotor

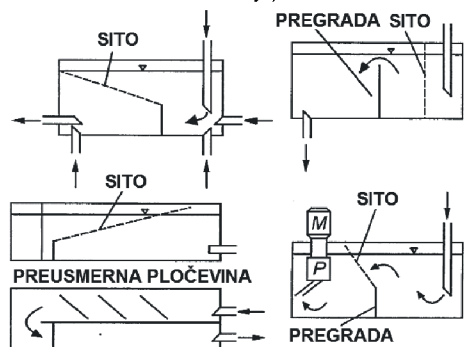
Hidravlični agregat lahko vsebuje tudi ledvično zanko (kidney loop), ki je namenjena samo za čiščenje hidravličnega olja - črpalka samo potiska olje skozi filter, ki je priključen npr. za zapirnim ventilom 1.5.

Hidravlični priključki Glej Hidravlični vodi.

Hidravlični rezervoar Naprava, ki zagotavlja:

- **potrebno količino** hidravlične **tekočine** za normalno delo hidravličnega sistema
- izmenjavo toplote preko sten
- usedanje nečistoč in vode na dnu
- izdvajanje plinov iz hidravlične tekočine
- nosilnost za črpalko, elektromotor, ventile itd.

V rezervoarju morata biti **ločena prekata** za sesalni in povratni vod, pomemben je **nalivni hidravlični filter**, zagotovljeno mora biti **prezračevanje z zračnim filtrom**. Pomembni sestavni deli so še: **odprtina za čiščenje**, **indikator za količino** hidravlične tekočine v rezervoarju, **vijak za izpust tekočine** (na dnu ali blizu dna rezervoarja). Izvedbe:



Določanje volumna rezervoarja V_R :

a) Pri mobilnih hidravličnih sistemih ga definiramo glede na skupni **volumen** vseh vgrajenih **cilindrov** V_C in velja: $V_R = 1,5 \cdot V_C$

b) Za industrijske hidravlične sisteme ga definiramo glede na volumski **pretok črpalke** Q :

$$V_R = k \cdot Q$$

pri tem je faktor k odvisen od uporabe:

$k = 3$ do 5 [min] za stacionarno hidravliko

$k = 1$ do 2 [min] za mobilno hidravliko

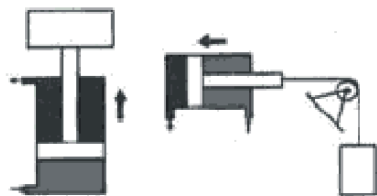
$k = 0,5$ do 1 [min] za letalsko hidravliko

Hidravlični shranjevalnik Glej Hidravlični akumulator.

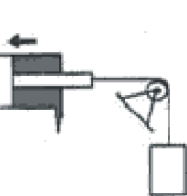
Hidravlični sistemi Lahko so:

- **MOBILNI** (transport - npr. viličarji, gospodarska vozila; gradbena mehanizacija, traktorji itd.) ali
- **INDUSTRIJSKI** (hydr. stiskalnice, tudi za brizganje plastike, valjarske proge, obdel. stroji za itd.)

Hidravlični sistemi - odprt krogotok Olje se črpa iz rezervoarja in se preko povratnega voda pretaka nazaj v rezervoar. Enostavna hidravlična shema **odprtega sistema**:



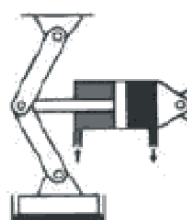
POTISKANJE



VLEČENJE

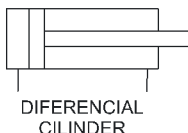


NIHANJE



PRITISKANJE

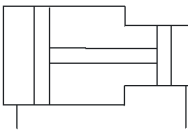
Simboli dvosmernih cilindrov:



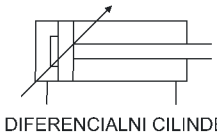
DIFERENCIAL CILINDER



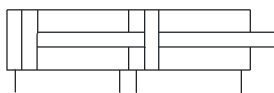
DVOSTRANSKI CILINDER



PRETVORNIK TLAKA



DIFERENCIALNI CILINDER z nastavljivim končnim dušenjem na eni strani



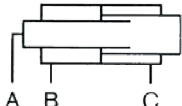
TANDEM CILINDER

Pri **diferencialnem cilindru** z ene strani deluje tlak olja na celotno površino bata, na drugi strani pa le na kolobar okrog batnice. Zato je izvek hitrejši kakor uvlek. Razmerje med večjo in manjšo površino je Φ in običajno znaša $2 : 1$. Imenujemo ga tudi **dvosmerni valj z enostransko batnico**.

Naloga **pretvornika tlaka** je zvišanje tlaka.

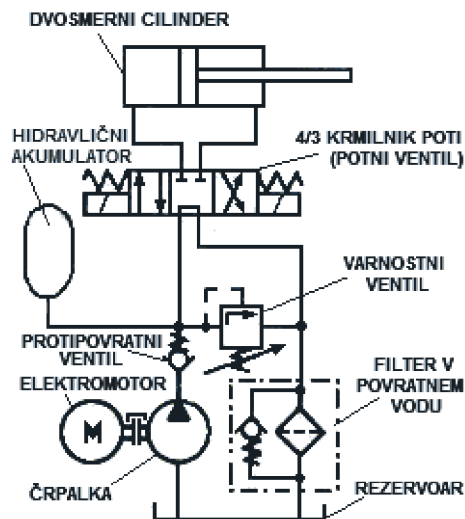
Tandem cilindri uporabljamo, ko potrebujemo večje sile pri manjših dimenzijah cilindra.

Specialni dvosmerni valji pa lahko imajo tudi več vhodnih ali izhodnih priključkov:

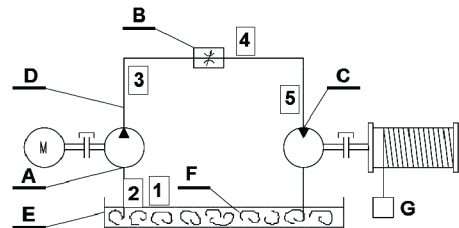


Hidravlični delovni valji Glej Hidravlični cilindri.

Hidravlični krmilni blok Bloki za sestavljanje različnih hidravličnih komponent. Pri pnevmatiki se podobni elementi imenujejo ventilski otoki.

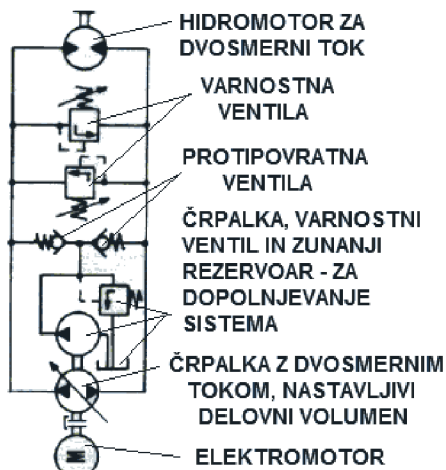


Primer poenostavljenega odprtega krogotoka s hidromotorjem, pri čemer za praktično uporabo manjkata vsaj varnostni ventil in filter:



- A - črpalka B - dušilka C - hidromotor D - cevi
- E - rezervoar F - tekočina G - breme
- 1 - tekočina v rezervoarju ($p_1 = p_0$)
- 2 - sesanje tekočine ($p_2 < p_0$)
- 3 - pretvorba v tlačno energijo ($p_3 \gg p_0$)
- 4 - zmanjševanje tlaka z dušilko ($p_4 < p_3$)
- 5 - pretvorba tlačne energije v hidromotorju ($p_5 \ll p_4$)

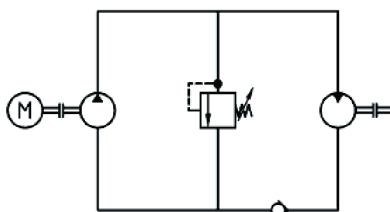
Hidravlični sistemi - zaprt krogotok Povratni vod ni speljan v rezervoar, temveč direktno v črpalko. Enostavna hidravlična shema **zaprtega sistema**:



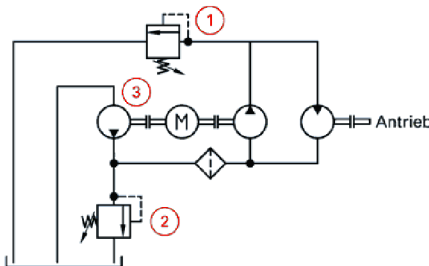
Zaprti hidravlični krogotok je pogost pri rotacijsko delujočih aktuatorjih, npr. **pri hidromotorjih**. Volumenski pretok in s tem smer pretakanja je možno hitro obrniti.

Pri dvosmernih valjih imamo različno veliki površini bata, zato so **za izvlek** valja potrebni **drugačni tlaki** in drugačne količine olja **kakor pri uvleku**. Vse to pa je težko uravnati, zato **zaprti tokokrog ni primeren za krmiljenje dvosmernih valjev**.

Zakaj pri zaprtem krogotoku uporabljamo **dve črpalke**, pri čemer ena črpalka črpa olje direktno iz rezervoarja? Poglejmo najprej preprost hidravlični krogotok z eno črpalko in brez rezervoarja:

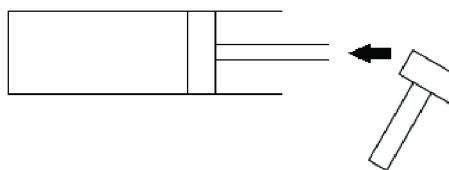


Pri prekoračitvi tlaka se odpre tlačno omejevalni ventil in hidravlično olje steče v manjši krogotok. Smer pretoka zagotovimo s protipovratnim ventilom. Vendar, Ta **rešitev v praksi ni primerna**, ker ne moremo izravnati izgub zaradi puščanja olja. Zato v praksi izravnavamo nastale izgube olja tako, da vgradimo dodatno črpalko, ki ji pravimo **polnilna črpalka** (3):

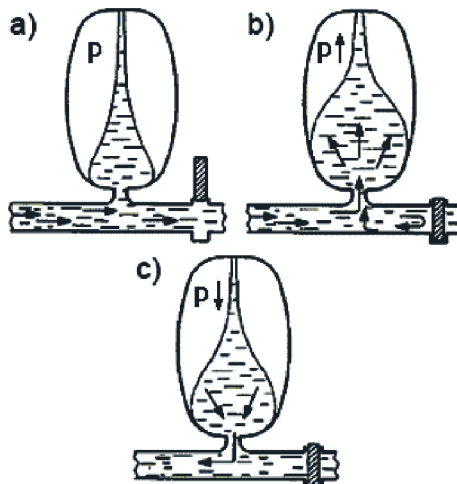


Polnilna črpalka črpa olje iz rezervoarja in ga preko filtra tlačí v glavni krogotok. Tako izravnavamo nastale izgube zaradi puščanja.

Hidravlični udar Prenos nenadnega, sunkovitega udara po kapljevini. Npr.: udarec s kladivom po batu hidravličnega cilindra povzroči porast tlaka, **tlačni udarni val** pa se v trenutku prenese na vse strani, po celotnem hidravličnem sistemu:



V napeljavah je posebej nevaren hidravlični udar, ki nastane **zaradi sunkovitega zapiranja ventila** cevovoda, v katerem imamo **velik pretok tekočine**:



Hitrost tekočine v trenutku pade na nič, kar povzroči porast tlaka. Tlačni udarni val se širi **v nasprotni smeri gibanja tekočine**, izražen je z enačbo:

$$\Delta p = \rho \cdot c \cdot v_0$$

Porast tlaka pri udaru (Δp) je odvisen od gostote tekočine (ρ), hitrosti širjenja zvoka v tekočini (c) in hitrosti gibanja tekočine neposredno pred zaustavljanjem (v_0).

Hidravlični udar lahko poškoduje hidravlični sistem. Deluje zelo kratek čas, povzroči pa okvare na cevovodih, ventilih in posameznih elementih tesnenja, zato se tem problemom posveča velika pozornost. Zato hidravlični sistem vsebuje:

- a) **Varnostni ventil**, ki mora pravočasno reagirati, da udarni tlak ne naraste do velikih vrednosti. Hidravličnemu udaru se lahko izognemo tudi s **pretočnim ventilom**, pri katerem se del tekoči-

ne preliva v rezervoar, glavna pa se pošilja z zmanjšanim tlakom k potrošnikom.

b) **Hidravlični akumulator**, ki blaži tlačna nihanja.

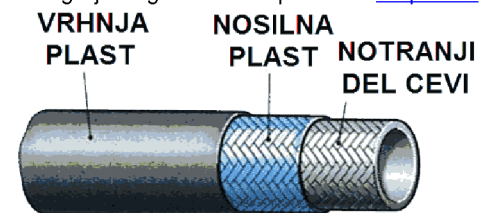
c) **Tlačno stikalo**, ki vključi ali izključi električni tokokrog glede na velikost tlaka v sistemu.

Pojav hidravličnega udara lahko tudi izkoristimo sebi v prid - glej geslo Črpalke - posebne vrste in nameni, hidravlični oven.

Hidravlični vodi Poznamo tri različna hidravlična tlačna območja:

- **nizkotlačne** cevi do 30 bar, ki so običajno gumijaste, lahko z ojačitvami (tkanina, jeklena spirala - da se cev pri podtlaku **ne stisne**, zunanji kovinski oplet) in z različnimi priključki; dodamo lahko tudi **zaščitno mrežo** (da cev ne škropi okoli sebe, če pušča)
- **visokotlačne** cevi do 200 bar
- **visokotlačne** cevi do 700 bar so lahko tudi 4 x armirane (z žico, s tekstilom), imajo različne priključke glede na vrsto tesnenja in hitre spojke

Gibke cevne povezave uporabljamo predvsem med gibljivimi gradniki in so praviloma **večplastne**:

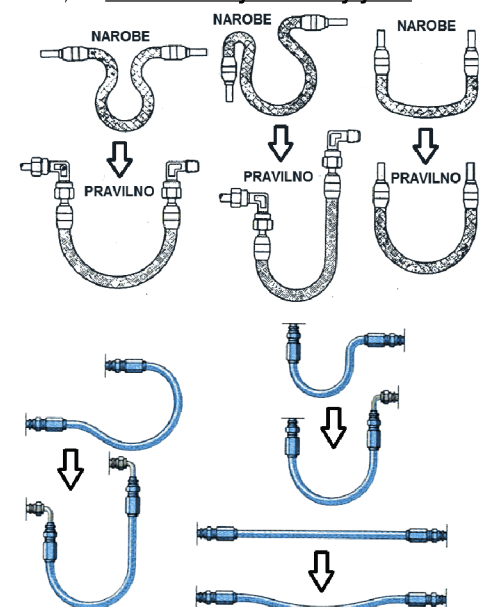


Toge kovinske cevi so **šivne** (za vodovod) in **brezšivne** (za hidravlične sisteme). Brezšivne cevi so standardizirane - premer in debelina cevi sta odvisna od tlaka.

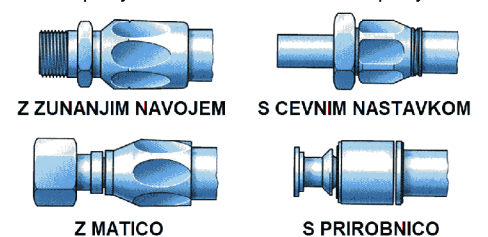
Pri izbiri cevi moramo paziti, da ne prekoračimo **maksimalnih hitrosti pretakanja**, ki so odvisne od obratovalnih tlakov: do 50 bar - do **4,0 m/s**, do 100 bar - do **4,5 m/s**, do 150 bar - do **5,0 m/s**, do 200 bar - do **5,5 m/s**, do 300 bar - do **6,0 m/s**.

Zelo pomemben dejavnik pri izbiri cevi je tudi **temperatura** - običajne cevi so namenjene temperaturam od -40° do +150°C. Obstajajo tudi **grelnice**, ki se električno ogrevajo.

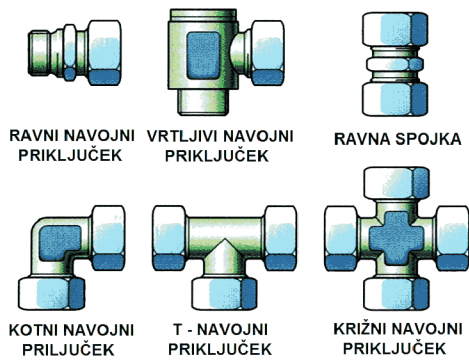
Pri vgradnji hidravličnih cevi moramo biti pozorni na to, da **cevi čim manj obremenjujemo**:



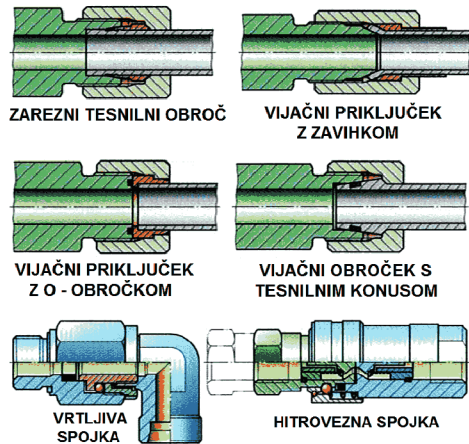
Hidravlične cevi so z napravami povezane preko cevni priključkov. Osnovne štiri vrste priključkov:



Vrste cevni povezav:



Cevne zveze:



Hidravlika

- Nauk** o mehanskih lastnostih vode in drugih tekočin ter uporabljanje teh lastnosti v tehniki.
- Mehanizem**, ki deluje na osnovi širjenja pritiska v tekočinah. Izraz izvira iz grške besede hidor (voda) in aulos (cev) in se je začel uporabljati zato, ker se je nekoč za ta namen uporabljala predvsem voda z dodatki proti koroziji.

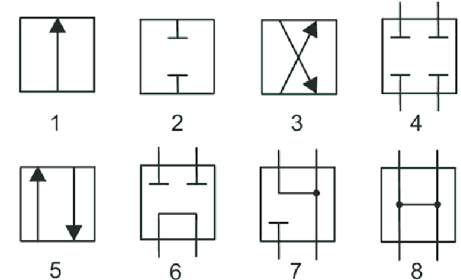
Hidravlika - krmilniki poti Krmilne komponente, ki v hidravličnem sistemu omogočajo odpiranje in zapiranje pretočnih poti. Simbolični prikaz krmilnikov poti je podoben kot pri pnevmatiki, zato si bomo osnovna pravila pogledali pod geslom Potni ventili. Karakteristike krmilnikov poti:

- Simbolika **PRIKLJUČKOV, DELOVNIH POLOŽAJEV** (stanj) in **FUNKCIJ** krmilnika poti.
- Simbolika **NAČINOV AKTIVIRANJA** krmilnikov poti. Aktivirati pomeni spremeniti stanje - preklopiti iz osnovnega v delovno stanje.
- Velikost priključnih odprtin.

Pravila pri simboličnem prikazu krmilnikov:

- kvadrat** pomeni posamični vklopni položaj
- puščice** kažejo smer gibanja hidravl. tekočine
- prečna črtica** označuje zaprte priključke
- kratke črtice** označujejo priključke
- lekažni priključki** so narisani s črtkano črto in so označeni s črko L

položaje krmilnika označujejo črke a, b ... od leve proti desni; mirovni položaj je označen z 0. Pri hidravličnih krmilnih elementih poznamo veliko več vklopnih položajev kot pri pnevmatiki. Nekateri tipični **vklopni položaji** krmilnikov poti (pri pnevmatiki so to funkcije potnih ventilov), ki se le redko ali izjemoma uporabljajo pri pnevmatiki:



- 1 - prikaz pretočne poti s puščico
- 2 - zaprti položaj
- 3, 4, 5 - smeri dveh pretočnih poti v enem delovnem položaju
- 6 - dva priključka sta povezana, dva pa zaprta
- 7 - trije priključki so povezani, eden je zaprt
- 8 - vsi priključki so

povezani

Krmilnice poti delimo na:

- Digitally delujoče**, ki imajo le določeno število (2, 3, 4 ...) vklopnih položajev.
- Analogno delujoče**, ki imajo poleg končnih položajev tudi vmesne položaje. Značilnosti vmesnih položajev:
 - njihova lega je odvisna od vhodnega signala, npr. od položaja krmilne ročice,
 - od lege pa je odvisen dušilni učinek.
 Primer uporabe analognega krmilnika poti: z eno samo krmilno ročico lahko spreminjamo tako smer kot tudi hitrost hidromotorja. Analogno delujoči ventili so lahko **proporcionalni ventili** in **servoventili**, ki imajo feedback.

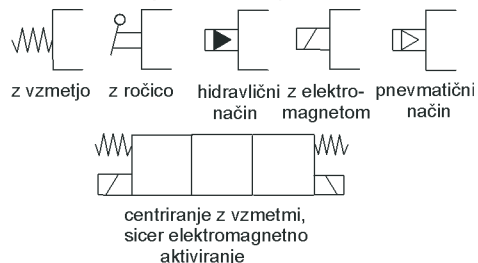
Označevanje priključkov na krmilniku poti predpisuje DIN-ISO 1219 (CETOP) standard. Kratice: P - priključek črpalke (pump) T - priključek rezervoarja (tank)

A, B, C - izhodni priključki krmilnikov poti X, Y - krmilni priključki

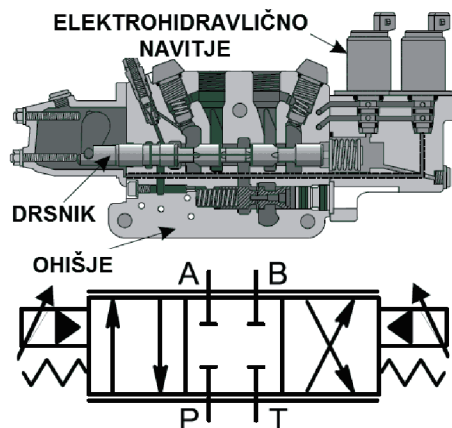
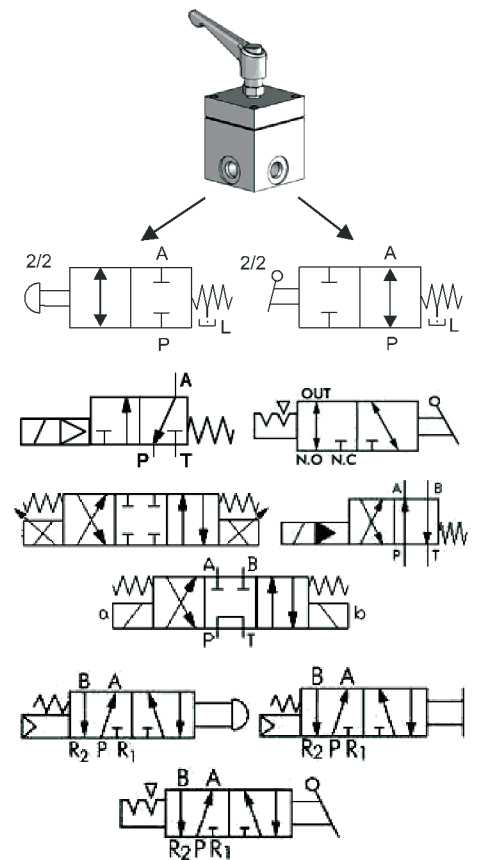
Razporeditev priključkov je enaka **kot pri pnevmatiki** - pri tem priključek T zavzema enak položaj kot pnevmatski priključek R (S). Pri hidravličnih shemah se priključki **le izjemoma številčijo**.

Za krmilnice poti je pomembna **pretočna karakteristika** (odvisnost pretoka od padca tlaka).

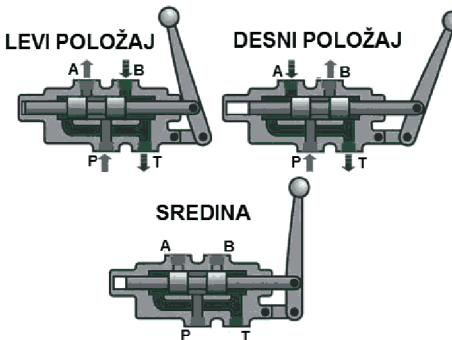
Načini aktiviranja krmilnikov poti so:



Najpogosteje uporabljeni krmilniki poti so 2/2, 3/2, 4/2, 5/2 in 4/3:



Simbol spodnjega krmilnika poti gotovo ne bo težko narisati:



Hidravlika - osnovne naprave in elementi Če želimo spoznati hidravlične sisteme, moramo najprej narediti **strnjen pregled** preko vseh naprav, ki jih imenujemo tudi enote, komponente, delovni ali krmilni členi, gradniki, sestavine, elementi itd.

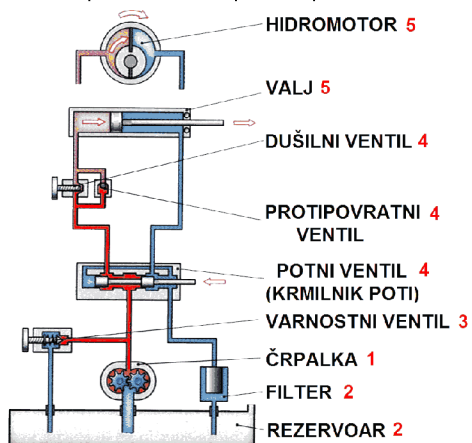
Hidravlične naprave in elemente lahko razdelimo na naslednje skupine:

- NAPRAVE, KI USTVARJAJO IN SHRANJUJEJO HIDRAVLIČNO ENERGIJO.** Črpalke in hidravlični pogoni (hidravlični pogonski agregati) so **primarni pretvorniki** - pretvarjajo mehansko delo v hidravlično energijo. Hidravlični akumulatorji pa shranjujejo hidravlično energijo.
- ENOTE ZA PRIPRAVO HIDRAVLIČNIH TEKOČIN:** filter - hidravlika, hidravlični rezervoar, naprava za hlajenje in gretje hidravličnih tekočin, hidravlične tekočine.
- ENOTE ZA TRANSPORT, MERJENJE, VAROVANJE IN NADZOR:**
 - cevi za hidravlično omrežje (hidravlični vodi) in hidravlični cevni priključki (cevne spojke, razvodi, razdelilniki ali spojni elementi, kolena, redukcijski nastavki, hitre spojke itd.), priključni blok (običajno integriran v hidravlični pogonski agregat),
 - merilne naprave (merilniki tlaka - manometri),
 - naprave za varovanje in nadzor: tlačna stikala, varnostni ventili, odzračevalni vijaki in avtomatični odzračevalni ventili - glej Odzračevanje ipd.
 - pribor: hidravlična tesnila, rezervne hidravlične tekočine itd.
- NAPRAVE ZA UPRAVLJANJE.** To je **SIGNALNO KRMILNA** skupina (ventili):
 - Krmilniki poti** (potni ventili). Po konstrukciji razlikujemo **sedezne** in **drsniške** ventile, glej geslo Ventili - konstrukcijski principi.
 - Zapirni ventili**
 - Zaporni ventili**, npr. protipovratni ventil.
 - Tokovni ventili**, npr. povratno dušilni ventili.
 - Tlačni ventili:** varnostni, redukcijski (gl. Hidravlika - ventil za znižanje tlaka) in ventili za regulacijo razlike tlaka.
- IZVRŠNI DEL** oz. **HIDRAVLIČNE DELOVNE KOMPONENTE** (aktuatorji oz. sekundarni pretvorniki energije - hidravlični motorji), ki pretvarjajo hidravlično energijo v mehansko delo:
 - hidravlični cilindri oz. delovni valji za premočrta gibanja,
 - hidromotorji za krožna (vrtljiva) gibanja,
 - hidravlični zasučni cilindri (motorji) oprav-

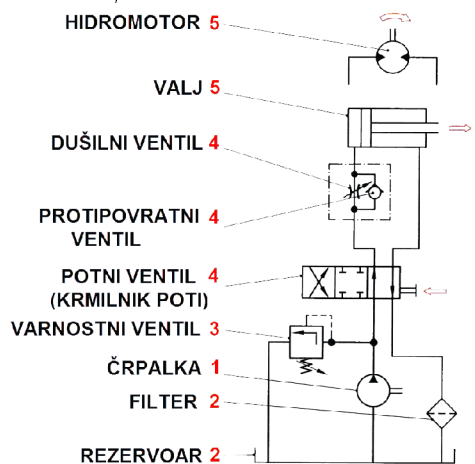
lajajo nihajna gibanja za določen kot rotacije, Mehansko energijo pa lahko najprej pretvorimo v hidravlično in nato nazaj v mehanično:

- **hidrostatični prenosniki moči,**
- **hidrodinamični prenosniki moči.**

V spodnji shemi so narisani hidravlični elementi v prerezu, ob njih pa je z rdečo barvo označena številka skupine, v katero spada naprava:

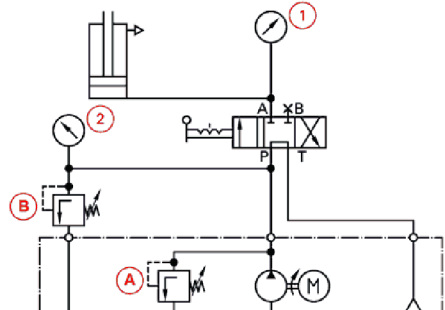


Ista shema, narisana s hidravličnimi simboli:



Pri enosmernem dušilnem ventilu (4) je potrebno povedati še naslednje: ker je tekočina nestisljiva, je primarno dušenje enakovredno sekundarnemu dušenju (glej geslo Tokovni ventil).

Varnostni ventil 3 na zgornji shemi je obenem tudi tlačno omejevalni ventil, ki nastavlja največji dovoljeni tlak v hidravličnem sistemu. Če želimo nastaviti še delovni tlak, tedaj pa dodamo še eden tlačno omejevalni ventil - glej spodnjo shemo, ki prikazuje dva tlačno omejevalna ventila: A za nastavljanje največjega dovoljenega tlaka in B za nastavljanje delovnega tlaka olja:



Prim. Hidravlični sistemi - odprt krogotok, Hidravlični sistemi - zaprt krogotok.

Hidravlika - prednosti in slabosti PREDNOSTI

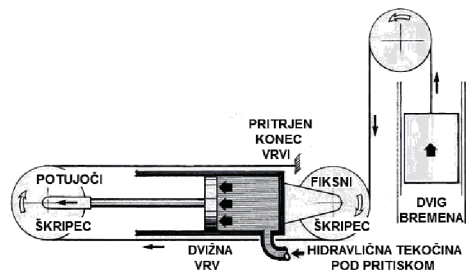
1. **Visoki pritiski** (350 bar in več) omogočajo prenašanje **ZELO VELIKIH SIL** na **MAJHNEM PROSTORU**.
2. Zaradi **majhne stisljivosti olja** je možno **natančno** premikanje (**pozicioniranje** $\pm 1 \mu\text{m}$), enakomerno gibanje, mehko delovanje in enostavno **spreminjanje smeri delovanja sile**. Ena od pomembnih prednosti je možnost **PRENOSA MOČI V OVINEK**: mehanska gonila

(zobniški, verižni, jermenski, kardanski itd. prenosniki) običajno zahtevajo veliko prostora in zaradi tega pogosto ne pridejo v poštev.

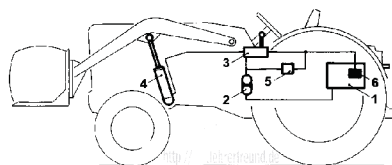
- Možno je **brezstopensko nastavljanje hitrosti**.
3. Tekočina ne absorbira nobene energije, temveč jo samo prenaša. Prenos tlaka je **skoraj brez izgub**, zato so majhni tudi stroški dela.
 4. Hidravlične elemente lahko obremenimo tudi **pri mirovanju**. Hidravlika lahko prenaša obremenitve tudi, ko se ustavi.

SLABOSTI

1. Zaradi visokega tlaka olja obstajajo **nevarnosti nesreč**. Morebitno puščanje olja lahko povzroča nevarnost **požara** in **onesnaženja okolja**.
 2. Zaradi delovanja črpalk in pri preklapljanju nastaja **hrup**.
 3. **Hitrosti batov** so nižje kot pri pnevmatiki. V primerjavi s pnevmatiko so nujne tudi povratne cevi.
 4. Slabost je tudi **visoka cena** hidravličnih naprav.
- Hidravlika - primeri uporabe DVIGOVANJE BREMEN**
- Bat je povezan s potujočim škripecem, ki vleče vrvi in na ta način dviguje breme. V praksi lahko imamo tudi več škripcov (2-5) na eni osi:

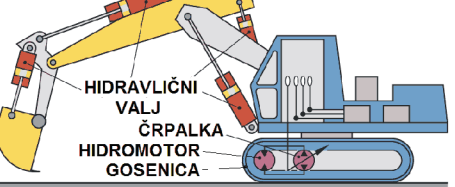


TRAKTOR

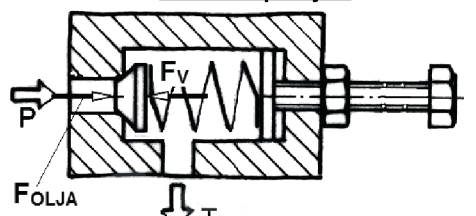


1 - rezervoar, 2 - črpalka, ki jo poganja dizelski motor, 3 - krmilnik poti, 4 - delovni cilindri, 5 - vzporedno vezan ventil za omejitev tlaka, 6 - filter

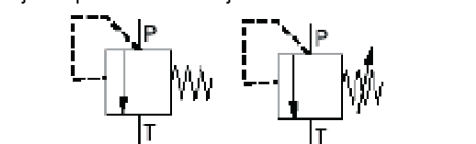
BAGER



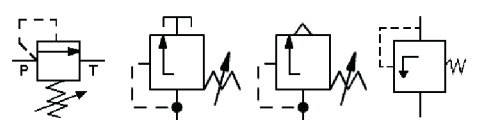
Hidravlika - varnostni ventil Hidravlična zaščita tlaka - **varuje pred previsokim tlakom** v hidravličnem sistemu. Do premera priključka 10 mm so varnostni ventili **direktno upravljani**:



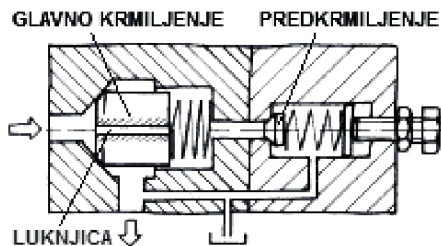
Če **tlak na vhodu** ventila naraste preko določene vrednosti, tedaj F_{olja} premaga silo vzmeti F_v , bat se odpre in omogoči pretok olja v povratni vod (rezervoar). Ventil je odprt toliko časa, dokler tlak olja ne pade na nastavljeno vrednost. Simbol:



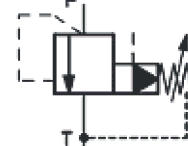
Fiksen (levo) in nastavljiv (desno) varnostni ventil Različni simboli za varnostni ventil:



Indirektni (predupravljeni) varnostni ventili:



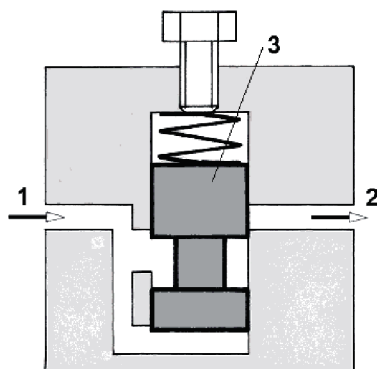
Dovoljeni maksimalni tlak v sistemu nastavljam s privijanjem vzmeti v predkrmiljenju. Vstopni tlak vpliva na čelno ploskev glavnega bata in skozi zelo majhno izvrtino doseže dušilko (bat) na predkrmiljenju. Dokler tlak ne premaga sile vzmeti na predkrmiljenju, se dušilka ne odpre in se tudi olje ne pretaka v rezervoar. Previsok tlak pa odpre dušilko in **nekaj olja steče** v rezervoar. V tem trenutku tlak na desni strani glavnega bata pade. Razlika tlakov na levi in desni strani glavnega bata povzroči, da se glavni bat pomakne na desno, olje pa se brez omejevalne vrednosti uporablja (**večji pretok**) pretaka v rezervoar. Indirektni varnostni ventil torej omogoča pretok olja v dveh stopnjah. Simbol:



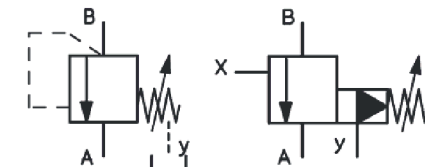
Sin. ventil za omejitev tlaka.

Hidravlika - ventil za regulacijo razlike tlaka

Ventil, ki dovoli pretok hidravlične tekočine do izhoda 2 šele tedaj, ko tlak 1 premaga silo vzmeti nad batom 3. V bistvu je to **varnostni ventil**, pri katerem izhod 2 povežemo s hidravličnim cilindrom, namesto da bi olje odteklo v rezervoar:

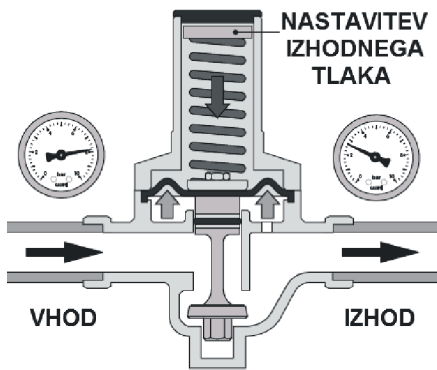


Z vgradnjo takšnega ventila v hidravlični sistem lahko **uravnamo nihanja tlaka 1** in tudi nihanja tlaka zaradi spremembe obremenitve na izvršilnih komponentah (cilindrih, hidro-motorjih). Simbola za direktni in indirektni ventil za regulacijo tlaka:

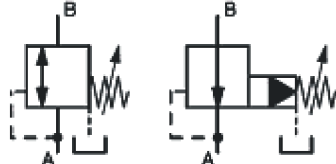


Sin. pretočni oz. prelivni ventil.

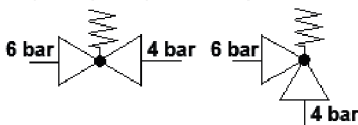
Hidravlika - ventil za znižanje tlaka Ventil, s katerim lahko **nastavimo tlak na izhodu** iz ventila. Obstajajo različne izvedenke. Izhodni tlak lahko nastavimo s privijanjem/odvijanjem vzmeti:



V hidravličnem sistemu z eno samo črpalko ti ventili omogočajo, da lahko različne potrošnike napajamo z različnim tlakom. Poznamo direktne in indirektne ventile za zmanjšanje tlaka:



Včasih uporabljamo poenostavljene simbole:



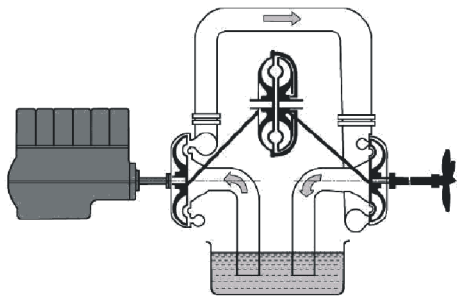
Z ventilom za znižanje tlaka pa se ne izognemo hidravličnemu udaru. Prim. Regulator tlaka.

Hidro- Prvi del zloženik, ki pomeni: nanašajoč se na vodo ali na hidravliko.

Hidro postaja Po Tehničnem pravilniku o javnem **vodovodu**: objekt z napravami za dvig tlaka. Hidro postaje za posebne namene so: protipožarne črpalke, fekalne postaje (kjer fekalna odpadna voda ne more z naravnim padcem odtekat v kanalizacijo) itd.. Prim. Hidravlični pogonski agregat.

Hidrodinamični prenosnik moči Naprava, ki omogoča **prenos moči med** dvema rotirajočima **gredema**, ki imata **različno vrtilno hitrost**.

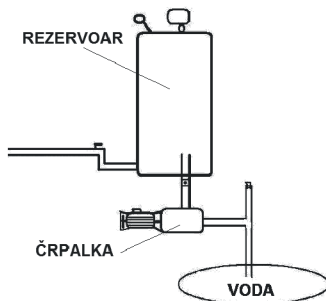
Na spodnji sliki motor z notranjim zgorevanjem poganja vodno črpalko. Črpalka nato preko cevi črpa vodo v vodno turbino, na katero je pritrjen ladijski vijak.



Na ta način smo dosegli, da pogonska in gnana gred **nista togo povezani** - vhodna moč prenašamo brez prenašanja morebitnih škodljivih sunkov. Risba prikazuje, da lahko črpalko in turbino povežemo v novo enoto na 3 načine:

- hidrodinamična sklopka
- hidrodinamična zavora
- hidrodinamični pretvornik moči.

Hidrofor **Avtomatična črpalka**, ki zagotavlja konstanten tlak potrošne vode. Vklaplja se pri nekem minimalnem tlaku in se izklaplja pri podanem maksimalnem tlaku. Črpalko poganja **elektromotor**, voda iz črpalke pa se zbira v **rezervoarju**.

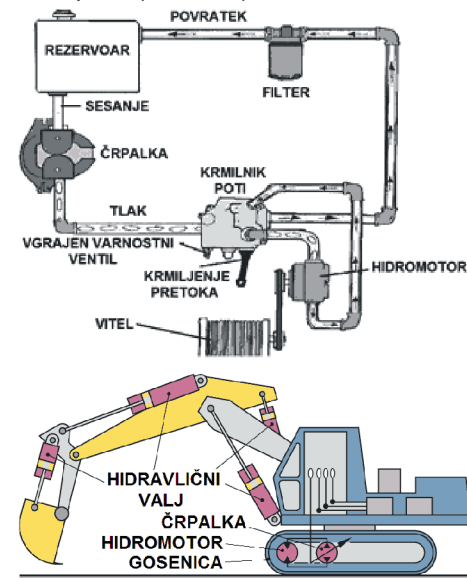


Prim. hidropak. Hidrofor uporabljamo povsod, kjer ne moremo na drugačen način zagotoviti konstanten tlak potrošne vode, npr.:

- na predelih, kjer se voda koristi iz vodnjakov,
- za oskrbo višje ležečih prostorov, kjer je pomanjkanje pritiska,
- kjer ni ali še ni vodovoda
- za razna prečrpavanja iz vodnih zbiralnikov: za zalivanje vrta, pranje avtomobila itd.

Beseda izvira iz 19. stoletja, ko so bili hidroforji gasilske ročne batne črpalke z rezervoarjem.

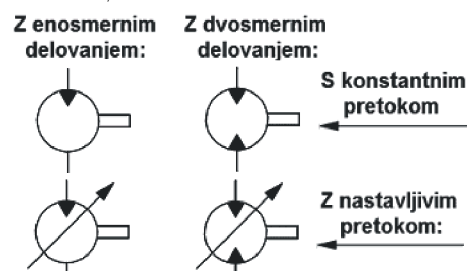
Hidromotor Naprava, ki pretvarja hidravlično energijo fuida **v vrtenje** (vrtilni moment) in s tem v mehansko delo. Sestavljen je iz ohišja ter enega ali več rotorjev. Uporaba: za pogon transportnih naprav, vitlov, delovnih strojev - sploh v železarstvu, strojev za predelavo polimerov itd..



Hidromotorje delimo po:

- Smeri delovanja:** enosmerni in dvosmerni (sprememba smeri gibanja hidravlične tekočine menja tudi smer vrtenja hidromotorja).
- Nastavljivosti:** nastavljivim hidromotorjem lahko nastavljamo iztisnino (goltni volumen), prepoznamo jih po simbolu, ki je **prečrtan s puščico**.
- Uporabnosti.** Uporabnost kot črpalka pomeni, da ga je mogoče uporabljati tudi kot črpalko, če preko svoje gredi sprejema vrtilni moment.

Hidromotorji so konstrukcijsko praviloma identični hidravličnim črpalkam, le da imajo pri posameznih vrstah določene omejitve glede vrtiljav, tlakov, izkoristkov, šumnosti itd. Simboli:



HIDROMOTORJI

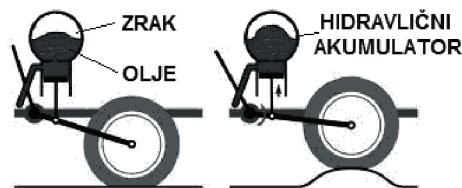
Najpomembnejši **podatki** hidromotorja: iztisnina, največja in najmanjša vrtilna hitrost, največji moment, izhodna moč, največji tlak, največji pretok olja. Prim. Pnevmatični motor, Turbina.

Hidropak Hidrofor s tlačno posodo (hidravlič-

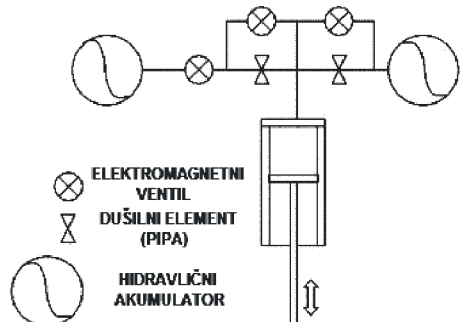
nim akumulatorjem), s pomočjo katere ustvarja še dodaten pritisk (do 4 bar). Zaradi tega se hidropak ne vklaplja za vsak deciliter vode, ki jo porabiš. Vklopi se, ko pade pritisk na 2 bara (pri 3 barih pa se spet izklopi).



Hidropnevmatško vzmetenje Vzmetenje z uporabo hidropnevmatične vzmeti, ki je v bistvu hidravlični akumulater. Primer:



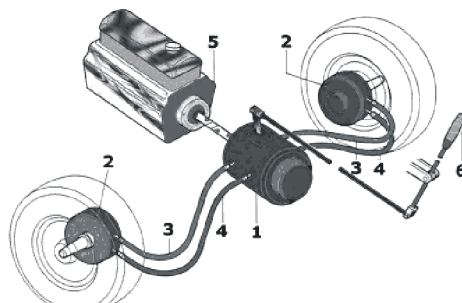
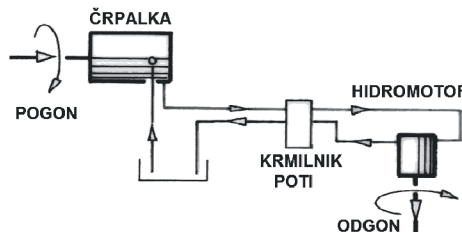
Hidravlični simbol in primer sheme za hidropnevmatško vzmetenje:



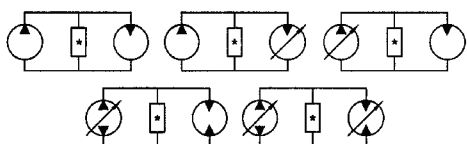
Uporaba: v osebnih vozilih (Citroen), za amortizerje, celo pri kolesih (biciklih).

Hidrostatični paradoks Glej Hidrostatični tlak.

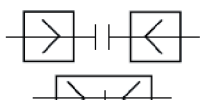
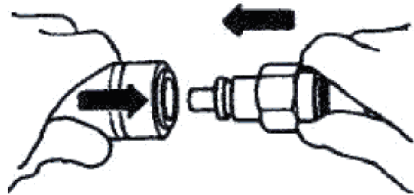
Hidrostatični prenosnik moči Naprava, ki jo sestavljata črpalka in hidromotor, ki sta povezana običajno v zaprtim tokokrogu. Na ta način **spreminjamo vstopno vrtilno hitrost** (črpalka) **v izstopno vrtilno hitrost** (hidromotor), temu ustrezno pa se spremeni tudi moment.



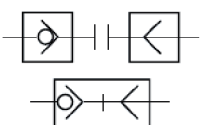
1 - črpalka 2 - hidromotor 3,4 - hidravlične cevi (dovod, odvod) 5 - pogonski motor 6 - krmilnik poti Pogosto se za ta namen uporabljajo aksialne batne izvedbe črpalke in hidromotorjev. Običajno ima črpalka konstantno iztisnino in enosmerno delovanje, so pa poznane tudi drugačne izvedbe:



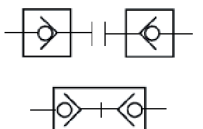
Hitra spojka Pnevmatični ali hidravlični priključek, sestavljen iz **vtikača** in **vtičnice**, ki hitro in zanesljivo povezuje cevi ter naprave. Sin. hitrovezna spojka, hitra sklopka, avtomatična sklopka:



OBOJESTRANSKI PROSTI IZHOD

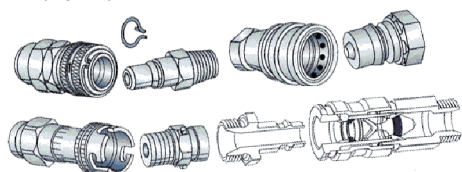


IZVOR OB RAZSTAVLJANJU TESNI

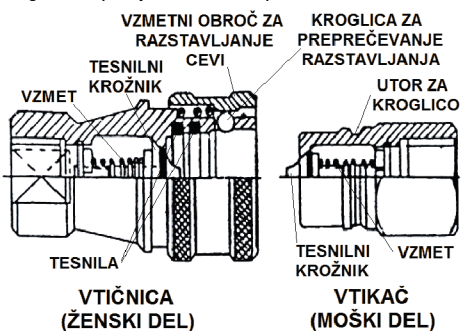


OBA PRIKLJUČKA TESNITA

Poznamo veliko izvedb pnevmatičnih ali hidravličnih spojk, npr.:



Najpogostejši **NAČIN DELOVANJA hidravlične hitre spojke**: oba priključka vsebujeta **nepovratni ventil** v **vzmetjo**, ki preprečuje izhajanje fluida. Konstruirana sta tako, da se oba ventila odpreta, ko ju spojimo. Priključka pri tem zaskočita zato, ker vzmetni zunanji obroč ženskega dela pritiska kroglice v utor moškega dela ter na ta način vzdržuje položaj. Če potegnemo obroč, sprostimo kroglice in priključka lahko spet razstavimo:



Obstajajo tudi pnevmatične hitre spojke s podobnim načinom delovanja.

Vzdrževanje: da bi preprečili težave pri sklapljanju in razstavljanju, je potrebno tako moški kakor tudi ženski del **občasno namazati**.

Tudi nekatere izvedbe pnevmatičnih cevni priključkov so neke vrste hitre spojke, le da v tem primeru nimamo vtikača - v priključek vtakemo kar cev direktno.

Na podoben način kot hitra spojka deluje avtomatični odzračevalni ventil pri hidravliki. Prim. Pnevmatika-osnovne naprave in elementi, Pnevmatični cevni priključki, Razvod.

HLP Kratica za hidravlična olja s povečano zaščito pred izrabo. Glej geslo Hidravlične tekočine.

Implozija Nasprotje od eksplozije, porušenje votlega telesa samega vase zaradi premočnega zunanjskega pritiska. Prim. kavitacija.

Izguba tlaka Glej gesli Odpori toka v ceveh in armaturah, Tlak.

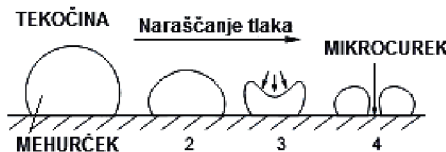
Iztisnina Transportirani volumen črpalke na vrtljaj, oznaka V_v , merska enota $[cm^3/vrtljaj]$. Glej geslo Črpalka. Je tudi pomemben podatek hidromotorja - goltni volumen. Sin. iztisljivost, iztisni volumen črpalke.

Kavitacija Hidravlični pojav, ki **povzroči poškodbe na površini** hidr. naprav: črpalke, ventilov itd.. Razlog za trganje materiala so **parni mehurčki**:

a) Ki **nastajajo pri podtlaku** $p_e \leq -0.3$ bar (uparjalni tlak 0,7 bar), podobno kot nastajajo mehurčki pri odpiranju plastenke z gazirano pijačo:



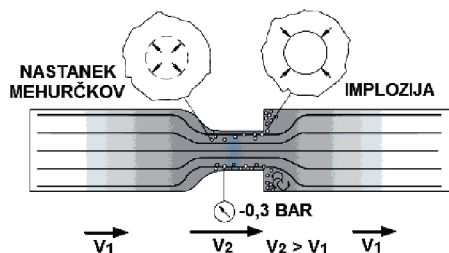
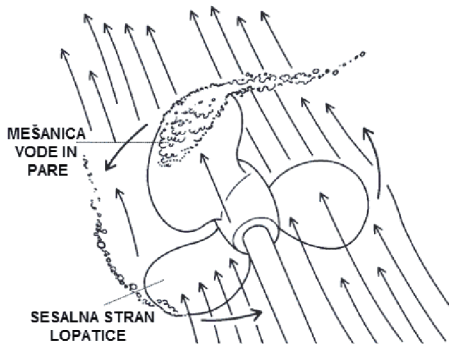
b) Ki se **ponovno utekočinijo**, ko tlak spet naraste. Ta pojav je **implozija** - tekočina z visoko hitrostjo vdre v mehurčke (mikrocurek), zato se na lokaciji mehurčka pojavijo **velike sile**:



Implozija mehurčka na trdni površini in nastanek mikrocurka - KAVITACIJA

Oba procesa (nastajanje mehurčkov in implozija) potekata zelo hitro, govorimo le o **delčkih sekunde**. Pokanje mehurčkov seveda povzroča **hrup**, zato lahko **s pomočjo sonarja** ugotovimo lokacijo kavitacije. Razen mehanskih poškodb pa ob imploziji nastane tudi zelo **visoka temperatura**, kar lahko povzroči **samovžig** mešanice olja in zraka (dizel efekt).

Pogoj za nastanek mehurčkov je **PODTLAK**, npr.:
- na **sesalni strani** črpalke ali
- na mestih, kjer se **zožajo pretočni kanali** - hitrost se poveča in zaradi Bernoullijeve enačbe nastane padec tlaka.



Kako **preprečimo nastajanje kavitacije**:

Pri nameščanju črpalke moramo **paziti, da na sesalni strani ne presežemo največje višine**, ki jo predpiše proizvajalec. Običajno je to krivulja v karakteristiki črpalke, ki jo proizvajalci označijo s kratico **HPSH** - net positive suction head oz. držalna pretočna višina. To je višina, pri kateri še ne pride

do uparjanja vode.

Pojav kavitacije pa lahko tudi **koristno izrabljamo**, npr. čiščenje z ultrazvokom deluje tako, da ultrazvok povzroča kavitacijo, zato umazanija odpade Ang. cavity: votlina, luknja.

Krmilnik poti Glej Potni ventil (pnevmatika) ali Hidravlika - krmilniki poti.

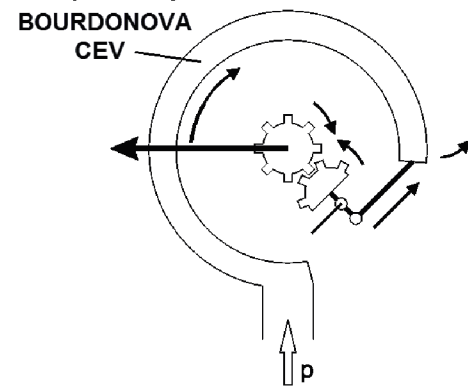
Lekaža Prepustnost, **netesnost**. Tudi količina tekočine, ki jo sistem izgubi zaradi netesnosti - **lekažni tok**. Pomeni lahko tudi odtok prepuščene tekočine v rezervoar (glej Hidravlika - krmilniki poti). Beseda izvira iz ang. leakage: prepuščanje.

Linearni motor Glej Hidravlični cilindri.

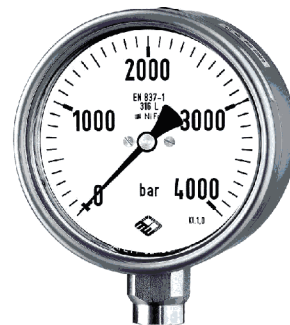
Manometer Naprava za merjenje **nadtlaka** p_{e+} (npr. nad tlakom okolice) ali **podtlaka** p_e .

Kadar so prisotne vibracije ali dinamične (pulzne) obremenitve, se priporoča uporaba manometrov, pri katerih je ura **polnjena z glicerinom** ali s **silikonskim oljem** (zaradi mazalnega učinka in tudi zaradi zaščite proti zimskemu zmrzovanju).

Princip delovanja manometra: Bourdonova cev.



Zunanji izgled manometra:

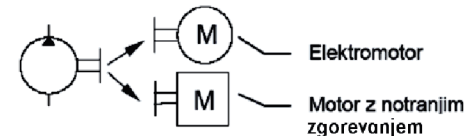


Prim. barometer.

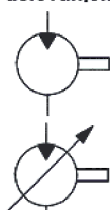
Modul stisljivosti Glej Stisljivost.

Motor Gibalo, **gonilna sila**, naprava, ki poganja. Enak izraz tudi v ang. in nem..

Glede na vir energije, ki poganja motor, ločimo: elektromotor, pnevmatični motor, hidromotor, motor z notranjim zgorevanjem itd.. Simboli:

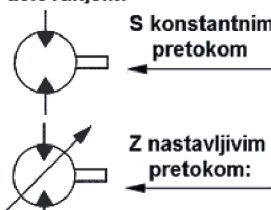


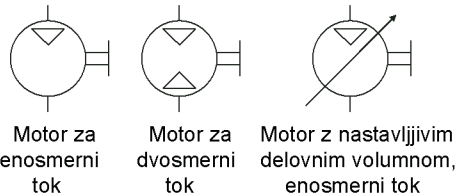
Z enosmernim delovanjem:



HIDROMOTORJI

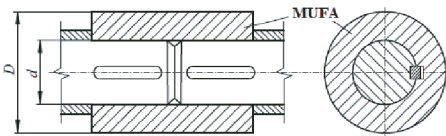
Z dvosmernim delovanjem:



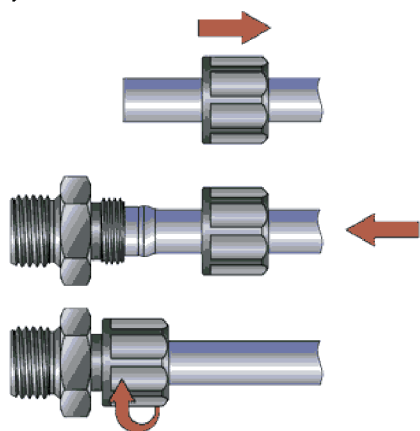


Razl. aktuator.

Mufa Vezni element, ki omogoča neprekinjeno povezavo cevi ali kablov, lahko pa je tudi nosilni spojnik (npr. za laboratorijsko uporabo: povezavo stojala in epruvete). Mufa omogoča spajanje brez sukanja cevi. Nem. die Muffe: objemka, obojka. Sin. spojka, mufna. Prim. Fiting, Prižema. Lahko je kratka in ravna cev za povezavo koncev dveh cevi ali palic:



Lahko pa je vmesni montažni del, na katerega se privije holandska matica:



Mufa lahko tudi pritrdi dve palici v različnih smereh, npr. z vijakom ali s krilato matico. Kot laboratorijska oprema so mufe pogosto odlitki:



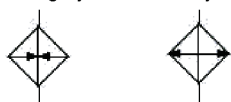
Rabijo za pritrjevanje epruвет, filtrirnih obrocev, meril itd. na stojala - glej risbo pod geslom Primerjalni merilniki. Prim. Fiting, Prižema.

Multiplikator Strojništvo: naprava, ki poveča vrtilno hitrost, prestavno razmerje $I < 1$. Primeri:

- na hidravlični črpalki - s tem dobimo večji pretok črpalke pri nižjih vrtiljajih traktorskega kardana; višjo vrtilno hitrost črpalke potrebujemo predvsem za: cepilnik drv, hidravlični nakladalnik lesa, hidravlični nakladalnik gnoja, traktorsko dvigalo, traktorsko nakladalno roko itd.
- gonilo za vrvice na ribiški palici itd.

Naprava za hlajenje in gretje hidravlične tekočine Delovna temperatura hidravličnega olja je 40 do 50°C, le kratkotrajno lahko naraste do 80°C. Visoka temperatura vpliva na življenjsko dobo hidravlične tekočine. Pravilno dimenzioniran rezervoar omogoča zadostno naravno hlajenje olja. Če pa uporabimo zračno ali vodno **umetno** (dodatno) **hlajenje**, s tem znatno **zmanjšamo količino** hidravličnega **olja** in velikost **rezervoarja**.

Pri nizkih temperaturah uporabljamo **napravo za gretje**. Hidravlično tekočino je treba zagreti že pred začetkom obratovanja. Grelci so običajno električni in so vgrajeni v rezvoarju. Simbol:



GRELNIK HLAJILNIK

Nizkotlačne cevi Običajno so s tem izrazom

mišljene hidravlične cevi, ki vzdržijo tlak do 30 bar. Prim. Hidravlični vodi.

Nizkotlačne črpalke Črpalke s črpalno višino do 20 m. Prim. Črpalke.

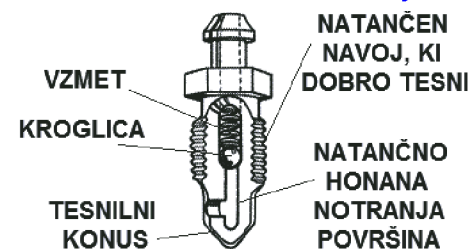
NPSH Net positive suction head oz. držalna pretočna višina. To je sesalna višina, pri kateri še ne pride do uparjanja vode, prim. Črpalka (karakteristika črpalke), Kavitacija.

Odzračevalni ventil Glej Odzračevanje.

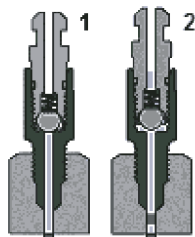
Odzračevanje Pri hidravličnih napravah moramo računati na to, da se bo v njih nabiral zrak, ki seveda škodljivo vpliva na delovanje, npr.:

- radiatorji se ne grejejo v celoti,
- avtomobilske zavore delujejo nepravilno,
- v hidravličnih cilindrih pride do sunkovitega gibanja in udarcev itd.

Hidravlične naprave moramo torej **redno odzračevati**, nepr. **ajnkliftanje**. Ker se zrak **zadržuje v najvišjih delih** cevne sistema, moramo prav tam predvideti **odzračevalne vijake** oziroma **avtomatične odzračevalne ventile**. **Odzračevalni vijak**:

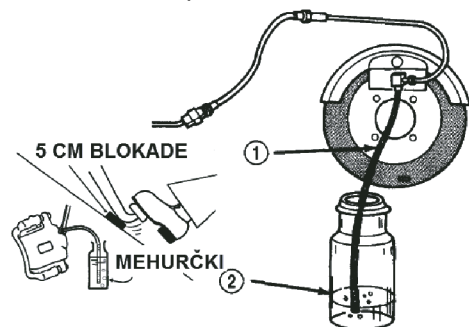


Če odzračevalni vijak odvijemo le za nekaj vrtiljajev, tesnilni konus več ne tesni in hidravlična tekočina steče do kroglice - zato lahko začnemo z odzračevanjem. Obstaja pa tudi drugačna vrsta odzračevalnih ventilov:

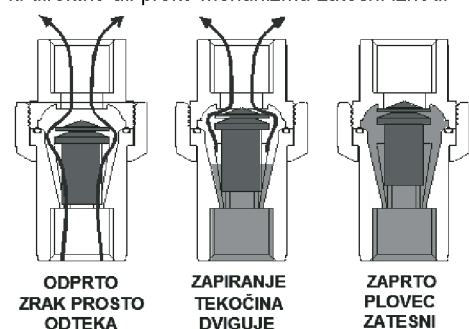


V osnovnem položaju 1 je kroglica blokirana. Potrebno je odviti notranji navoj, kar omogoča gibanje kroglice 2 in s tem odzračevanje.

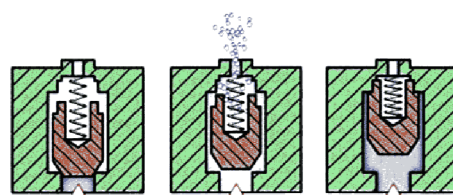
Primer odzračevanja avtomobilskih zavore:



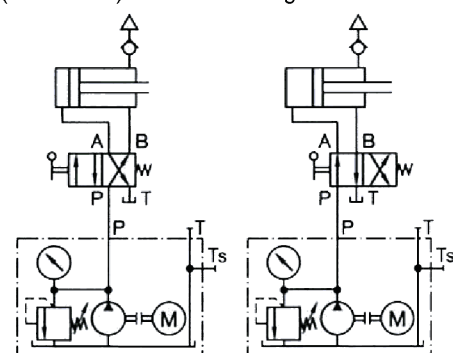
1 - odzračevalna cev, 2 - kozarec z oljem **Avtomatični odzračevalni ventil** vsebuje plovec, ki direktno ali preko mehanizma zatesni izhod:



ODPRTO ZRAK PROSTO ODTEKA ZAPIRANJE TEKOČINA DVIGUJE ZAPRTO PLOVEC ZATESNI



Pri hidravličnih cilindrih je na **končnih položajih** praviloma vgrajen odzračevalni vijak. Te priključke lahko uporabimo tudi za priključitev merilnika tlaka (manometra) ali odzračevalnega ventila:



Olja Tekoče maščobe. Prim. maziva, viskoznost. Glede na kemično sestavo poznamo:

- mineralna olja (monogradna in multigradna)
- biološka (rastlinska ali živalska) olja
- sintetična (umetna) olja

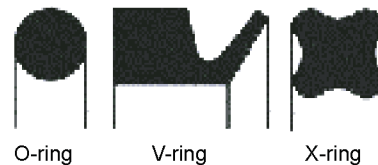
Gostota 0,81 - 0,87 kg/dm³. Hidravlična olja glej **Hidravlične tekočine**. Protikorozijsko zaščito z olji glej pod geslom Zaščita z olji in mastmi.

O-ring Mehansko tesnilo v obliki obroča (torusa), od tod tudi naziv. Sin. O-tesnilo, O-obroč.

Obroč je oblikovan tako, da se prilaga utoru in se med sestavo dveh ali več delov **stisne**. Na ta način **tesni** tekočino in pline na mejni ploskvi. Stik je lahko **statičen**, v nekaterih konstrukcijah pa se lahko deli in O-tesnilo **med seboj gibljejo**, npr. vrteče osi črpalke in hidravlični valji.

Stiki s gibanjem ponavadi zahtevajo **mazanje** O-tesnil, da se zmanjša obraba. Tesnenje se običajno doseže z zatesnjeno tekočino.

O-tesnila so poceni, preprosta za izdelavo in montažo ter so zanesljiva. Zato so ena najpogostejših vrst tesnil pri konstrukciji strojev. Kvarijo se postopoma. Lahko tesnijo tlake do več deset megapaskalov (MPa).



Materiali O-tesnil: elastomeri s krožnim prerezom, baker, grafit (za izpušne cevi), silikon, NBR itd. Manj znano je, da je o-ring patentiral Američan danskega rodu **Niels Christensen** leta 1937, ko je bil star 72 let! S preizkušanjem je ugotovil, da najbolj tesni tesnilo torusne oblike, ki ga vložimo v utor, katerega globina je 25% manjša od malega premera torusa. Prim. Semering.

Paletni dvigni voziček Glej Voziček z vilicami. **Plunžer Bat** ali **drog**, ki je običajno **aksialno voden**. Ang. plunje: planiti naprej, pogrezniti se.

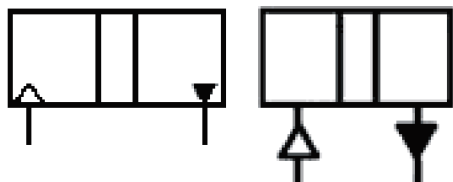
Pri **potnih ventilih**: pretični drog, ena od možnosti mehničnega aktiviranja. Primer uporabe: glej geslo Magnetni ventili.

Pri **hidravličnih cilindrih**: **batnica**, ki sama **deluje kot bat** (bat in batnica sta iz enega kosa).

Pri **tlacnem litju**: bat, ki tlačil litino v kokilo.

Plunžer je tudi **gumijasti čistilnik odtokov** (ki s potegom ustvari vakuum). Sin. tolkač. Ang. plunger.

Pnevmatično hidravlični valj Valj, ki pretvarja pnevmatično energijo v hidravlično. Pogosto se uporablja npr. v avtokaroserijskih delavnicah, za natančno ravnanje pločevine: s pedalom "fino" nastavljamo dovod zraka, ki nato natančno povečuje hidravlični tlak. Prim. Pretvornik tlaka. Simbol:

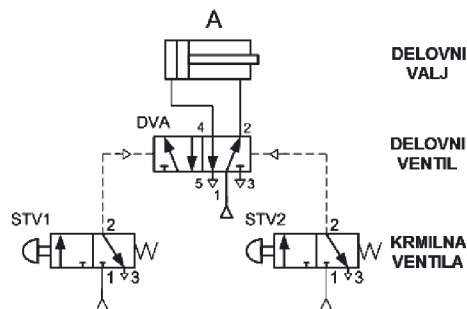


Pogonski agregat Glej Hidravlični pogonski ~. Glej Arhimedov vijak.

Potni ventil Ventil, ki usmerja, odpira in krmili pretok zraka. Sin. krmilnik poti. Za hidravliko glej Hidravlika - krmilniki poti.

Glede na njihov položaj v pnevmatični vezavi jih v osnovi delimo na:

- a) **Delovne ventile**, ki napajajo delovne valje (aktuatorje), lahko imajo priključke z zelo velikimi premeri cevi in z velikimi pretoki zraka.
- b) **Krmilne ventile**, ki krmilijo druge potne ventile (delovne ali krmilne), so **dajalniki signalov**.



OSNOVNE TIPE potnih ventilov **SKRAJŠANO OZNAČUJEMO Z DVEMA ŠTEVILKAMA**, ki pomenita **število priključkov** in **število stanj** (preklopnih položajev) posameznega potnega ventila: 2/2, 3/2, 3/3, 4/2, 4/3, 5/2, 5/3 itd.

PRIMER: oznaka **3/2 potni ventil** pomeni potni ventil s **trema priključki** in z **dveima stanjema**.

S STANDARDNIMI SIMBOLI prikazujemo le delovanje potnih ventilov, ne pa njihovo konstrukcijsko izvedbo. Dve osnovni konstrukcijski izvedbi potnih ventilov (sedežni in drsniški ventili) pojasnjuje geslo Ventili - konstrukcijski principi. Simbol potnega ventila sestavlja:

1. Simbolika **PRIKLJUČKOV**, **STANJ** in **FUNKCIJA** potnega ventila.
2. Simbolika **NAČINOV AKTIVIRANJA** potnih ventilov. **Aktivirati** pomeni spremeniti stanje - preklopiti iz osnovnega v delovno stanje.

PRIKLJUČKE potnih ventilov štejemo vedno samo na enem stanju. V osnovi jih delimo na:

- a) **Delovne priključke**, ki so označeni z eno številko (1, 2, 3, 4, 5) ali s črkami A, B, C, P, R in S. Povezujejo delovne vode, ki so na shemah označeni s polnimi črtami. To so priključki za vhod v potni ventil, za izhod iz ventila in priključki za odzračevanje.
- b) **Krmilne priključke**, označene z dvema številkami (10, 12, 14) ali s črkami X, Y, Z. Povezujejo krmilne vode **znotraj potnega ventila** ali pa krmilne vode, ki **aktivirajo** neki drugi potni ventil, zaporni ventil (dvo tlačni, izmenični nepovratni itd.) ali podobno napravo. Krmilni vodi so na shemah označeni s črtkano črto - - - - -.

Kako štejemo število priključkov potnega ventila: **A. Na simbolu** potnega ventila jih štejemo **samo v osnovnem stanju**. Drugi stanj ne upoštevamo.

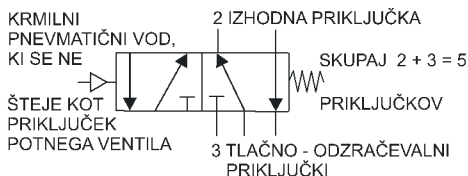
B. Če imamo v rokah konkreten potni ventil, tedaj priključke štejemo **SAMO NA DVEH STRANEH**: na **izhodni** in na **omrežni strani**. Morebitni ostali priključki pa niso priključki potnega ventila, temveč so lahko le krmilni priključki.

C. Na konkretnem potnem ventilu včasih niso vidni vsi priključki potnega ventila, npr.: na nekaterih izpustih ni mogoče priključiti cevi. Zato je najbolje pogledati oboje: simbol in tudi konkreten potni ventil.

Glede na položaj delimo priključke na:

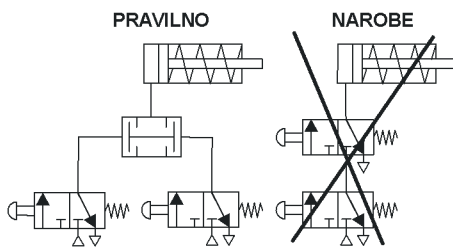
- **IZHODNE**, ki potni ventil povezujejo z naslednjim pnevmatičnim elementom. Simbol potnega

ventila na izhodni strani nikoli ne vsebuje funkcije za zaprt pretok zraka. Rišemo jih NA ZGORNJI STRANI simbola za potni ventil:



• **TLAČNO-ODZRAČEVALNE:** izvor zraka, odzračevanje (izpust), varnost (ki je tudi izpust) in NIČ VEČ. Rišemo jih NA SPODNJI STRANI simbola za potni ventil.

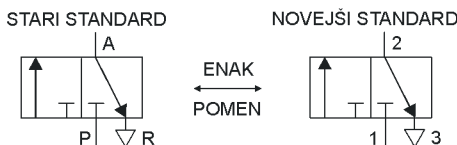
Standard zahteva naslednje: **PRI DELOVNIH VENTILIH** mora biti **STALEN IZVOR** stisnjene-ga zraka **ZAGOTOVLJEN!** To pomeni, da je spodnja desna vezava nedopustna, **PREPOVEDANA**, narobe:



Priključke označujemo po dveh standardih:

PRIKLJUČEK	ISO 1219	ISO 5599
IZHOD IZ VENTILA - delovni priključek	A,B,C	2,4
VHOD - izvor zraka	P	1
ODZRAČEVANJE - glušniki	R,S	3,5
KRMILNENJE	Z,X,Y	10,12,14

P - pressure (tlak), R - relief (izpust), S - safety (varnost). Primer oznake po starem in novejšem standardu:



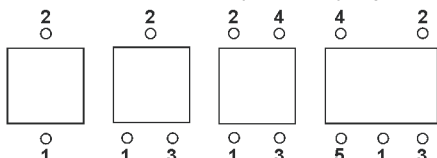
Za vsak priključek želimo vedeti:

- vsebuje delovni tlak ali ne?
- kakšna je njegova vloga?

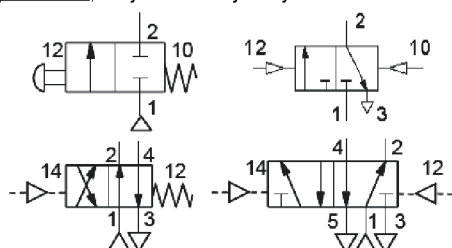
Priključke vrišemo samo na kvadratek osnovnega stanja. Označujemo jih:

- s krogcem, če prikazujemo le potni ventil,
- na pnevmatski shemi: s povezavo na delovni ali krmilni vod.

Priključki na pnevmatskih shemah pogosto niso označeni. Standardna razporeditev priključkov:



Krmiljenje potnih ventilov oziroma **krmilne vode** do potnih ventilov označujemo z dvema številka-ma, ki nam povesta, **katera dva priključka bosta povezana**, če je aktiviranje vključeno:



V nadaljevanju bomo priključke označevali le po novem standardu ISO 5599 (s številkami). **STANJA p.v.** prikažemo s **kvadrati**. Narisanih

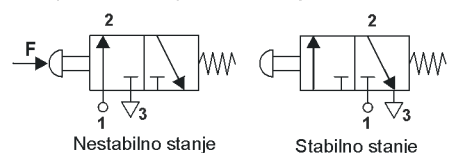
kvadratkov je toliko, kolikor je razl. možnih stanj:

- a) Eden od kvadratkov je **OSNOVNO stanje**. To je začetno stanje ventila, ko **nanj ne deluje nobena sila**. Rišemo ga zmeraj na **desni strani** ventila. Če ima ventil tri stanja, tedaj osnovno stanje narišemo **v sredini**.
- b) Ostali kvadrati prikazujejo vsa **ostala možna DELOVNA (AKTIVIRANA) stanja** p.v..



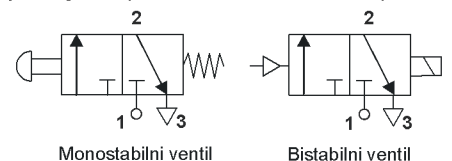
Stanja lahko razlikujemo tudi na drugi način:

- **STABILNA** so tista stanja, ki brez delovanja sile vztrajajo v svojem položaju. Vsako osnovno stanje je tudi stabilno.
- **NESTABILNA** so tista stanja, ki vztrajajo v svojem položaju samo tako dolgo, dokler na potni ventil deluje neka sila. Po prenehanju delovanja sile potni ventil spremeni stanje.



Stabilnost potnega ventila je odvisna od načina aktiviranja potnega ventila. Tako poznamo:

- # **MONOSTABILNE** ventile. Samo osnovno stanje je pri njih stabilno, vsa aktivirana stanja pa so nestabilna. V osnovni položaj jih vračajo vzmeti.
- # **BISTABILNE** ventile. Razen osnovnega stanja je tudi eno aktivirano stanje stabilno. Potni ventil se sam od sebe ne vrne v osnovni položaj (v osnovni položaj ga ne vrača sila vzmeti). V osnovni položaj se vrne le, če se na nasprotni strani pojavi signal: npr. zračni tlak, električni impulz itd.:

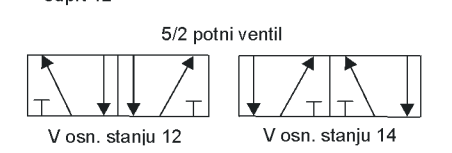
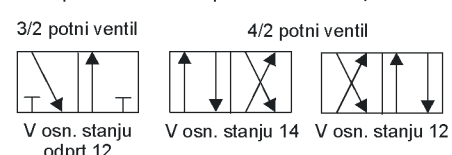
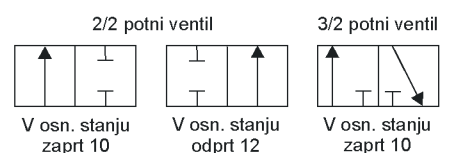


FUNKCIJO ventila prikazujejo **puščice** in **črte** - povezave med priključki ventila. **Puščica** pomeni **smerni pretok** med priključki potnega ventila, **vodoravna črtica** na koncu povezave pa pomeni **zaprt pretok**:

T ZAPRT PRETOK ZRAKA
SMER PRETOKA ZRAKA
MED DVEMA PRIKLJUČKOMA

Razen **simbolično** (s puščicami in vodoravnimi črticami) lahko funkcijo ventila pojasnimo tudi **številčno**. To naredimo tako, da opišemo krmilne vode znotraj potnega ventila, npr.:

- 10 pomeni: v osnovnem stanju zaprt
- 12 pomeni: v osnovnem stanju odprt
- 14 : v osn. stanju odprt, povezan z izhodom 4



5/3 potni ventil

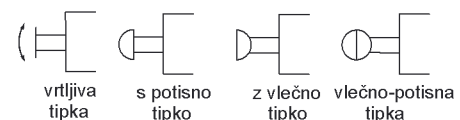
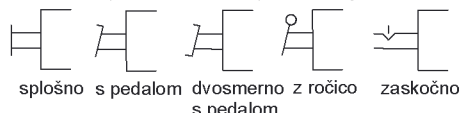


Simboliko **NAČINOV AKTIVIRANJA** potnih ventilov dodajamo na levo in desno stran sestavljenih stanj (kvadratkov) potnega ventila:

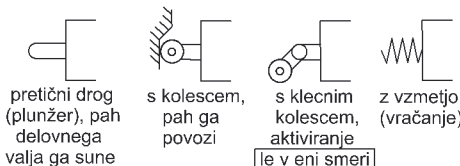
- na levo stran narišemo način aktiviranja iz osnovnega stanja v aktivirano stanje
- na desno stran narišemo način vračanja v osnovno stanje

Poznamo naslednje **NAČINE AKTIVIRANJA** p.v.:

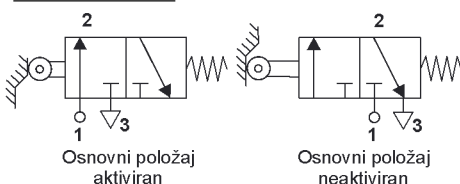
- **FIZIČNO** (ročno ali nožno) aktiviranje:



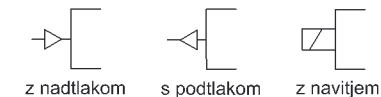
- **MEHANIČNO** aktiviranje (preko mehanizmov):



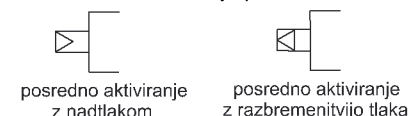
Pri mehaničnem aktiviranju je osnovni položaj odvisen od položaja mehanizma (npr. paha). Spodnja risba prikazuje, kako pri kolescu narišemo, da je začetni položaj aktiviran (levo) ali neaktiviran (desno) - pomembno predvsem pri končnih stikalih:



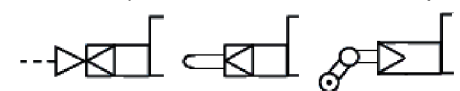
- **PNEVMATIČNO** in **ELEKTRIČNO** aktiviranje:



- **POSREDNO** aktiviranje potnih ventilov:



Posredni način aktiviranja je vedno potrebno na neki način sprožiti z ostalimi načini aktiviranja:



Dva primera **načinov delovanja** za obe izvedbi posrednega aktiviranja potnih ventilov je opisan pod geslom Magnetni ventil.

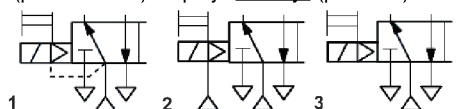
- **KOMBINIRANO** aktiviranje:



Z elektromagnetom **ALI** z nadtlakom, ki sproži posredno aktiviranje z nadtlakom

Z elektromagnetom, ki sproži (IN) posredno aktiviranje z nadtlakom (pnevmatični predkrmilnik)

Posredno aktiviranje potrebuje za svoje delovanje posebno oskrbo s stisnjanim zrakom (poseben izvor zraka). Na spodnji risbi vidimo, da je oskrba lahko integrirana v potnem ventilu (primer 1 in 3) ali pa je zunanja (primer 2):



Pomen vseh treh zgornjih simbolov pa je enak: z (elektromagnetom ali ročno) sprožimo posred-

no aktiviranje z nadtlakom. Oklepaj je vpisan zato, ker **izjava ni asociativna**. Konstruktivski princip delovanja posrednega aktiviranja ventila je pojasnjen pod geslom Magnetni ventil.

Prim. Ventili - konstrukcijski principi (sedežni in drsniški ventili), zaporni, tokovni ventili, glušnik.

Potopna črpalka Glej Črpalke - posebne vrste in nameni.

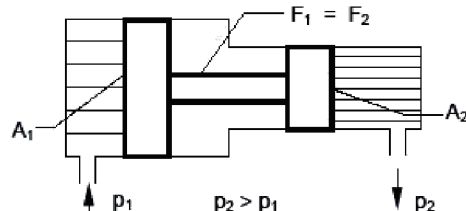
Prelivni ventil Glej Hidravlika - ventil za regulacijo razlike tlaka.

Prenosnik moči Glej gonilo. Prim. Hidrostatični prenosnik moči.

Preša Naprava za stiskanje, glej Stiskalnica. Prešati: stisniti. **Preša za gibke cevi**: naprava za pritrjevanje priključkov na hidravlične cevi.

Pretočni ventil Glej Hidravlika - ventil za regulacijo razlike tlaka.

Pretvornik tlaka Naprava, ki pretvarja tlak. Običajno je s tem izrazom mišljena povezava dveh hidravličnih cilindrov z različnima površinama batov A_1 in A_2 :



Prim. Pnevmatično hidravlični valj.

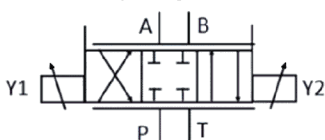
Priključni blok Hidravlična naprava, ki omogoča filtracijo olja med delovanjem in merjenje tlaka.

Proporcionalni ventil Uporablja se lahko kot potni ventil v pnevmatiki ali hidravliki. Deluje analogno, kar pomeni, da ima poleg končnih položajev tudi vmesne položaje.

Značilnosti vmesnih položajev:

- njihova lega je odvisna od vhodnega signala, npr. od položaja krmilne ročice,
- od lege pa je odvisen dušilni učinek.

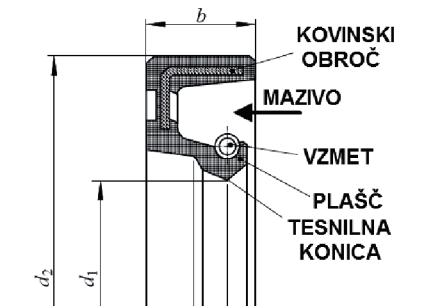
Primer uporabe analognega krmilnika poti: z eno samo krmilno ročico lahko spreminjamo tako smer kot tudi hitrost hidromotorja. Prepoznamo jih po puščici na simbolu potnega ventila:



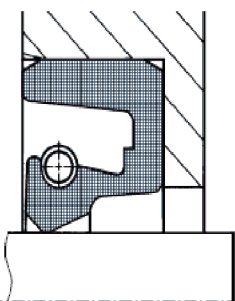
Prim. Servoventil, Hidravlika - krmilniki poti.

Protipovratni ventil Glej geslo Zaporni ventili in znotraj njega nepovratni ventil.

Radialno gredno tesnilo Mehanski element, ki deluje podobno kot običajno tesnilo. Sin. **semering** (v pogovoru najpogosteje uporabljan izraz), rotacijsko tesnilo, gredno tesnilo, osno tesnilo. Običajno tesnilo deluje pri nepremičnih delih, semering pa preprečuje prodor tekočine skozi odprtino med ohišjem in osjo. Prim. O-ring. Semering je izdelan kot prstan iz elastičnega materiala. **Dodatna vzmet** pritiska elastični material na os in s tem preprečuje prehod tekočine.



Sestavni deli radialnega grednega tesnila

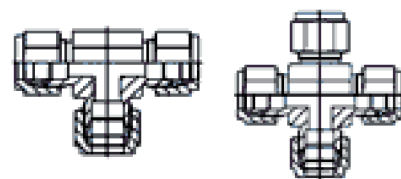


Primer vgradnje radialnega grednega tesnila

Razpirati Razširiti oddaljenost ali kot med sosednjima deloma, npr.: razpreti krila, dlan, razpirati klešče, pahljajo, **hidravlično razpiralo** za zverženo ploščevino (gasilski pripomoček), razporna matica, razporno sidro itd..

Raztezna posoda Glej Hidravlični akumulator.

Razvod Odvod v različne smeri, npr. cevni razvod, razdelilnik, cevni priključek, cevna spojka ali spojni element pri pnevmatiki / hidravliki.



Reducirni ventil Ventil, namenjen za zmanjšanje tlaka plinov ali tekočin. Prim. plamensko varjenje, Hidravlika - ventil za znižanje tlaka. Sin. redukcijski ventil.

Refraktometer Optični instrument za odčitavanje koncentracij določenih snovi v tekočinah: koncentracija sladkorja, alkohola, vode, soli, suhe snovi, akumulatorske ter hladilne tekočine, celo proteinov v živalskem ali človeškem urinu itd.

Rotorska črpalka Glej Črpalke - volumenske, rotacijske. Sin. Črpalka s profilnim rotorjem.

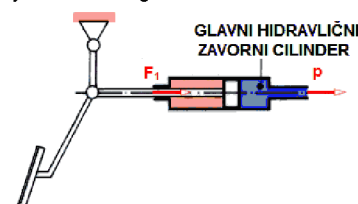
Sedežni ventil Glej geslo Ventili - konstrukcijski principi.

Semering Glej radialno gredno tesnilo.

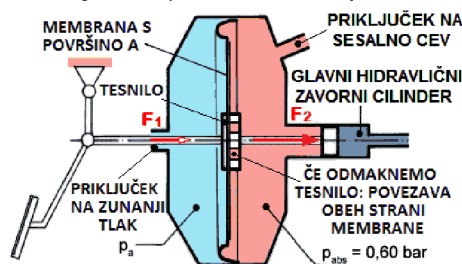
Servo- Prvi del zložen, pomeni: **povečanje sile** z dodajanjem energije: servomehanizem, **servozavora** pri avtomobilih (povečanje sile pnevmatično - s podtlakom sesalnega zraka), **servovolan** (povečanje sile s pomočjo hidravlike ali elektrike), servomotor, servoventil, servo krmilnik itd.. Ang. serve: služiti, pomagati. Razl. koračni motor.

Servo ojačevalnik V slovenskem jeziku je to običajno naziv za pomožno napravo, ki povečuje silo zaviranja pri avtomobilu.

Brez servo ojačevalnika zaviramo samo s pomočjo hidravličnega cilindra:



Servo ojačevalnik pa je narejen tako, da podtlak sesalnega zraka poveča silo zaviranja:



Osnovni položaj ni narisani na risbi. Tedaj tesnilo tesni na levo stran, torej priključek na zunanji tlak. Ker tesnilo v osnovnem položaju ne tesni luknje v membrani, sta obe strani membrane povezani s sesalno cevjo, imamo podtlak na obeh straneh membrane in torej **ni** nobene **razlike tlakov**.

Ko pa **pritisnemo na pedal** (glej risbo), tesnilo

premaknemo v desno stran. Zato zatesnimo luknje v membrani, obenem pa odpremo priključek na zunanji tlak. Tako nastane **razlika tlakov** med p_a (zunanji tlak: levi oz. svetlo modri del membrane) in p_{abs} (podtlak: desni oz. rdeči del membrane). Razlika tlakov povzroča dodatno potisno silo in poveča F_1 na F_2 :

$$F_2 = F_1 + A \cdot (p_a - p_{abs})$$

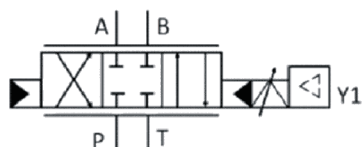
Servoventil Uporablja se lahko kot potni ventil v pnevmatiki ali hidravliki. Deluje analogno, kar pomeni, da ima poleg končnih položajev tudi vmesne položaje.

Značilnosti vmesnih položajev:

- njihova lega je odvisna od vhodnega signala, npr. od položaja krmilne ročice,
- od lege pa je odvisen dušilni učinek.

Primer uporabe analognega krmilnika poti: z eno samo krmilno ročico lahko spreminjamo tako smer kot tudi hitrost hidromotorja.

Za razliko od proporcionalnih ventilov imajo servoventili povratno zanko (feedback). Prepoznamo jih po puščici in črtkastem trikotniku pri načinu aktiviranja potnega ventila:



Prim. Proporcionalni ventil, Hidravlika - krmilniki poti.

Sesalna višina Navpična razdalja med gladino vode in črpalno, ki črpa vodo. Podtlak, ki pri sesanju nastaja, je omejen za vsako črpalno. Običajne vrednosti so od 0,7 do 0,8 bar (7 - 8 m). Prim. NPSH, Držalna pretočna višina.

Sonar Naprava za merjenje globine morja in iskanje ter ugotavljanje oddaljenosti teles pod vodo z ultrazvokom. Izvir na ladijskem dnu odda kratkotrajen sunek ultrazvoka, ki potuje v izbrani smeri, se odbije na oviri in se vrne do sprejemnika.

S pasivnim sonarjem lahko odkrivamo tudi lokacije kavitacije.

Srednjetačne črpalke Črpalke s črpalno višino od 20 do 50 m. Prim. Črpalke.

Staranje Spreminjanje parametrov zaradi propadanja materiala in drugih procesov, ki so neodvisni od pogojev obratovanja. **Umetno** ~: pospešen postopek, s katerim dosežemo ustalitev lastnosti materiala v krajšem času kakor z naravnim staranjem. Npr. toplotno ali oksidativno staranje.

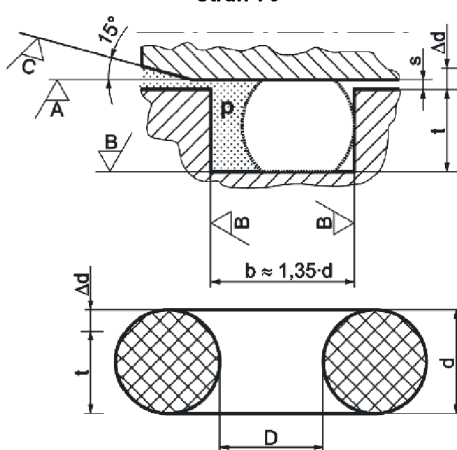
Tudi tekočine (npr. olja) se starajo. Primer za naravno staranje: pojav, da postane zlitina trša, če dalj časa stoji pri normalni temp..

Umetno staranje: pojav, da postane zlitina trša, če se nekaj časa zmerno segreva, npr. izločanje drobnih karbidov, nitridov in drugih delcev po mejah kristalnih zrn jekel v temp. območju od 250 do 300°C. Razl. utrujenost.

Stiskalnica Naprava za stiskanje. Sin. preša. Načini delovanja so podobni kakor pri dvigalih:

- s povečevanjem navora (**vzvod**),
 - z vrtenjem vijavnice (**vijačne stiskalnice**),
 - s povečevanjem prestavnega razmerja (stiskalnice **z zobatim drogom** itd.),
 - s pomočjo vrvi in vrvenic (**škripci, vitli**) in
 - s povečevanjem površine bata (**hidravlika**).
- Seveda lahko tudi kombiniramo načine stiskanja, npr. vzvod in hidravlika itd..

Tesnila delovnih valjev Največja priporočljiva hitrost bata je cca 12 m/s, kar je odvisno od vrste materiala dinamičnih tesnil, izvedbe tesnenja in od pogojev obratovanja.



Za zagotavljanje dobrega tesnenja je potrebno upoštevati naslednja pravila:

- O-ring se naj stisne za 10-20%, kar pomeni, da je tudi **globina utora t** temu ustrezno nižja
- **širina utora b** znaša približno 130 - 140% od d
- **hrapavost površine** za mirujoča tesnila v $[\mu m]$, pri čemer ločimo kontaktno površino A, dno in stene utora B ter vstopno poševnico C:

		R_a	R_{max}
A	konstanten tlak	1,6	6,3
	nihajoč tlak	0,8	3,2
B	konstanten tlak	3,2	12,5
	nihajoč tlak	1,6	6,3
C		3,2	12,5

Trdota tesnil naj znaša 70 - 90 Shorev. Večja trdota je namenjena za večje tlake.

- pri zelo visokih tlakih se tesnilo iztisne v režo s, kar povzroči zarezo na tesnilu:

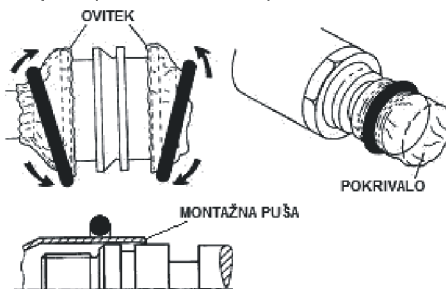


ZAREZA ZARADI PONAVLJAJOČEGA IZTISKAVANJA TESNILA V REŽO

PODPORNI OBROČ SE PREČNO RAZTEGNE IN ZAPRE REŽO

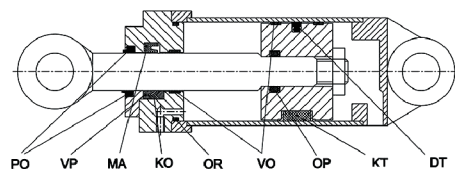
To preprečimo z dovolj ozko režo med batom in valjem s, konstrukcija pa mora biti dovolj trdna, da se reža ne širi zaradi pritiska. **Primer**: pri tlaku 8 MPa, pri obratovanju na običajni sobni temp. in pri trdoti tesnila 70 Shorev naj reža ne presega 0,2 mm. Če tega ne moremo zagotoviti, tedaj je potrebno uporabiti še dodatni podporni obroč (lahko tudi obojestransko) iz trše plastike

- izogibati se moramo **montažnim poškodbam**: O-ringi se ne smejo montirati pod pritiskom preko ostrih robov. Razen ostrih utorov so nevarni tudi navoji, ozobja, izvrtine itd. Utores pred montažo **namazemo** s takšnim oljem, ki ustreza kasnejši uporabi. **Ostra mesta prekrijemo** z ovitkom, uporabljamo pa tudi **montažne puše**:



- pri izboru tesnil se raje odločamo za **debelejše** premere O-ringov d
- izbiramo **pravilne elastomere** s **pravimi dimenzijami**: tesnilo ne sme biti pretesno (premočno stiskanje) in tudi ne preveč ohlapno

Poglejmo še vrste tesnil na hidravličnem valju:

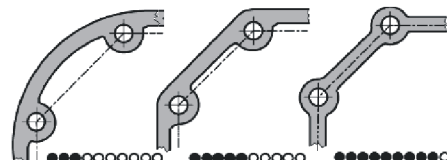


Tesnila - statična V osnovi jih delimo na:

1. **Tesnilne mase**, npr. silikoni.
2. **Nerazstavljiva** tesnila, ki so lahko **privarjena**, **prirotana**, **prilepljena** ali **prešana**.
3. **Razstavljiva** tesnila, trda in mehka. Aktivirajo se z zunanjimi silami ali s tlakom.
4. **Membrane** in **mehovi**.

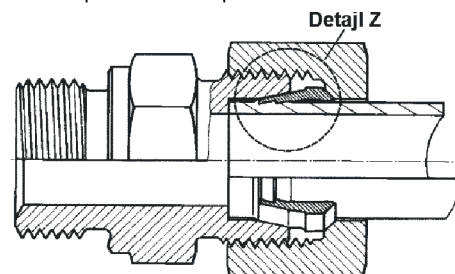
Statična **BREZKONTAKTNA** tesnila se uporabljajo npr. za odraščevanje. Ostala tesnila so **KONTAKTNA**, najpogostejše izvedbe pa so:

- **O obročki** (za ohišje cilindra)
- **ploščata tesnila** (npr. za pokrov rezervoarja)



Zgornja risba prikazuje vpliv položaja vijakov na tesnenje ploščatega tesnila - več črnih točk pomeni boljše tesnenje.

- **kovinska tesnila**, ki se uporabljajo pri visokih tlakih in pri visokih temperaturah



Detajl Z
KONUSNO TESNILO



PLASTIČNA DEFORMACIJA

Tesnilo Strojni element, katerega osnovna naloga je **ločiti prostore** med seboj tako, da se med njimi pretaka čim manjša količina fluidov (po možnosti nič).

Ker tesnila zmanjšujejo izgube fluidov, imajo **VELIK VPLIV NA IZKORISTEK** hidravličnih naprav.

- V zvezi s prepuščanjem fluidov zato takoj ločimo: - **BREZKONTAKTNA** tesnila (večji lekažni tokovi)
- **KONTAKTNA** tesnila (majhni lekažni tokovi)

Glede na uporabo pa ločimo:

- a) **STATIČNA tesnila**, ki tesnijo med mirujočimi deli (glej geslo Tesnila - statična) in
- b) **DINAMIČNA tesnila**, ki tesnijo med gibajočimi deli. Glede na uporabo jih delimo na:
 - tesnila za tesnenje linearnih pomikov, npr. tesnila linearnih vodil, drogov, **delovnih valjev**, (glej. istoimensko geslo) itd.
 - tesnila **vrtečih se gredi**, glej Radialno gredno tesnilo.

Plastične mase (elastomeri), ki se up. za tesnila:

- NBR Nitril-Butadien-Kavčuk, trg. ime Perbunan
- FPM Fluor-Karbon-Kavčuk
- EDPM Ethylen-Propylen-Dien-Kavčuk
- ACM Acrylat-Kavčuk
- MVQ Methyl-Vinyl-Silikon-Kavčuk
- PU Polyurethan
- PTFE Poly-Tetra-Fluor-Ethylen (Teflon)

Tlačna višina Višina vodnega stolpca, ki jo zmora črpalka. Pri karakteristiki črpalke je to tlačna razlika, ki jo lahko ustvari črpalka pri podanem

pretoku Q. Sin. dobavna višina.

Tlačne izgube Glej gesli Odpori toka v ceveh in armaturah, Tlak.

Tlačni upori Glej **tlačne izgube** pod gesloma Odpori toka v ceveh in armaturah, Tlak.

Tlačni ventili Naprave, ki krmilijo (regulirajo) tlak in so običajno tudi krmiljene s tlakom.

V **PNEVMATIČNIH SISTEMIH** so to **regulator tlaka**, **omejevalnik tlaka** (izpustni, varnostni ventil) in **tlačni preklonik**.

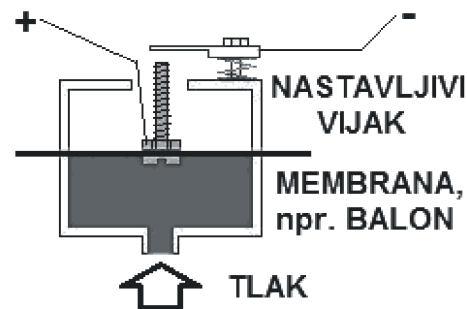
V **HIDRAVLIČNIH SISTEMIH** z njimi:

a) **Omejimo tlak**, glej Hidravlika - varnostni ventili.
b) **Znižamo tlak**, glej Hidravlika - ventil za znižanje tlaka.

c) **Zaščitimo** hidravlične naprave **pred preobremenitvijo**, glej Hidravlika - ventil za regulacijo razlike tlaka.

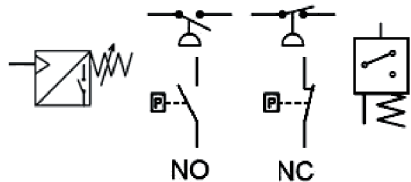
Tlačno omejevalni ventil Glej Hidravlika - varnostni ventil.

Tlačno stikalo Naprava, ki vključuje ali izključuje električni tokokrog glede na velikost tlaka v sistemu. Ta element pretvarja hidravlični ali pnevmatični signal v električnega (diskretni ali digitalni signal). Enostavni primer delovanja:



Primer uporabe: glej risbo pri geslu Črpalke - posebne vrste in nameni, Potopna črpalka. Razen tega se tlačno stikalo uporablja tudi pri vsakem avtomobilu (kontrola oljnega tlaka motorja).

Na shemah uporabljamo naslednje simbole:

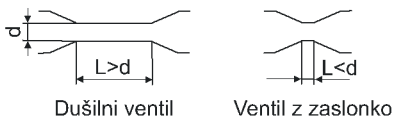


Prim. Pretvornik signalov.

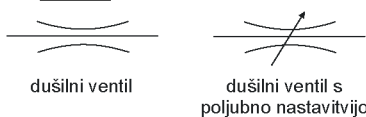
Tokovni ventili Ventili, ki na različne načine zmanjšujejo pretok stisnjenega zraka. Za razliko od zapirnih ventilov (ki zapirajo / odpirajo) je glavni namen tokovnih ventilov **dušenje**. Dušenje pa dosežemo z zožanjem premera cevi.

Vrste tokovnih ventilov:

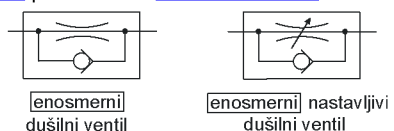
a) **DUŠILNI ventil**, ki deluje tako, da zoža cev. Klasični dušilni ventil ima zožitev daljšo od premera, **ventil z zaslonko** pa ima zožitev krajšo od premera. **Način delovanja** obeh možnosti:



Obe vrsti ventilov imata lahko **fiksno** ali **nastavljivo zožitev**. V pnevmatiki največ uporabljamo **nastavljivi dušilni ventil**, ker je primeren **ZA NASTAVITEV HITROSTI** delovnih komponent. **Simbol** za dušilni ventil:

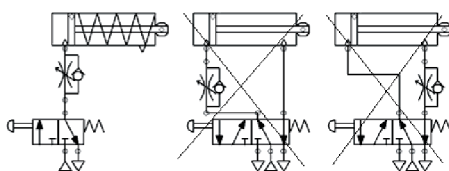


b) **DUŠILNO NEPOVRATNI ventil** oz. **enosmerni dušilni ventil** oz. **protipovratni dušilni ventil** je kombinacija dušilnega in enosmernega ventila in **duši** pretok zraka **samo v eni smeri**. Simbol:



Poznamo dve vrsti dušenja pretoka traka:

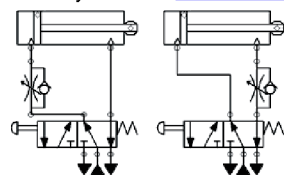
• **PRIMARNO dušenje** je dušenje stisnjenega zraka, ki **doteka v cilinder**, na izstopu pa zrak neovirano odteka:



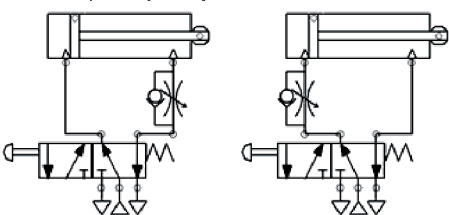
Zgornja shema prikazuje od leve proti desni: primarno dušenje enosmernega valja, primarno dušenje izvleka dvosmernega valja in primarno dušenje uvleka dvosmernega valja.

Slabost pri pnevmatiki: **že pri manjših spremembah obremenitve batnice** nastane **zelo neenakomerno gibanje bata**. Zato uporabljamo takšno dušenje le **pri enosmerih cilindrih** (saj je to **edina možnost** za dušenje izvleka) in **pri cilindrih z majhno prostornino**. Pri pnevmatičnih dvosmerih valjih se primarno dušenje ne uporablja, zato sta obe shemi prečrtani.

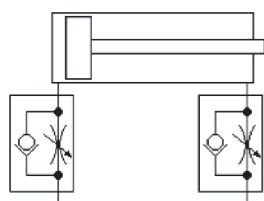
Ker pa je tekočina nestisljiva, se **pri hidravliki** primarno dušenje seveda **normalno upravlja**:



• **SEKUNDARNO dušenje** je dušenje **odraževanja** cilindra, dotok stisnjenega zraka v cilinder pa je neoviran. Tak način dušenja prispeva k **večji enakomernosti gibanja** cilindra in ga vedno uporabljamo **pri dvosmerih cilindrih**:



Zgornja leva shema prikazuje sekundarno dušenje izvleka, zgornja desna shema pa sekundarno dušenje uvleka. Spodnja shema pa prikazuje sekundarno dušenje uvleka in izvleka:

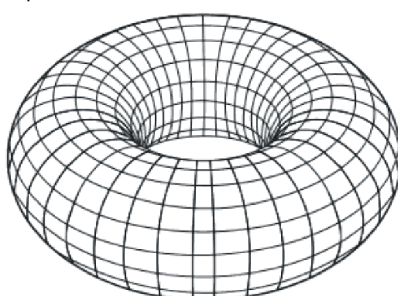


Levi enosmerni dušilni ventil na risbi **zmanjšuje hitrost** giba nazaj (**uvlek**), **desni** pa zmanjšuje hitrost giba naprej (**izvlek**).

Dušilno nepovratni ventil uporabljamo z namenom, da dosežemo **ZAKASNITEV**. Je tudi sestavni del **pnevmatičnega časovnega člena**.

Tolkač Glej Plunžer.

Torus Rotacijsko geometrijsko telo, ki nastane z vrtenjem kroga okoli osi, ki je dovolj oddaljena, da nastane obroč. Premeru kroga pravimo **mali premer**, dvakratni razdalji od osi do središča kroga pa **veliki premer torusa**. Sin. Svitek, kotač.



Toričen - v obliki torusa. V tehniki so tesnila

pogosto v obliki torusa. Prim. o-ring, tesnilo.

Turbina Pogonski stroj, ki spreminja energijo fluída (pretok zraka, pare ali vode) v mehansko delo. Naspr. črpalka, kompresor. Prim. pnevmatični motor, hidromotor.

Varnostni ventil Med **pnevmatskimi napravami** je najpogostejše mišljen: **izpustni ventil**. Pri **hidravliki** - glej Hidravlika - varnostni ventil.

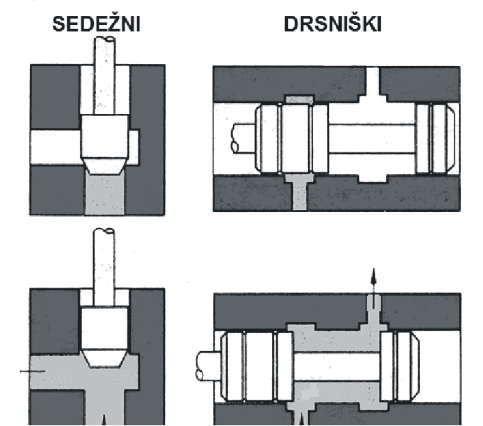
Ventil Naprava za reguliranje pretoka tekočin in plinov. Sin. zapiralo, zaklopka. Npr.:

- **redukcijski** ~: ki na odjemni strani omogoča stalno enak, znižan tlak plina, pare
 - **tlačni** ~: skozi katerega izteka tekočina iz črpalke, plin iz batnega kompresorja itd.
 - **sesalni** ~: skozi katerega doteka tekočina v valj batne črpalke ali motorja
 - **varnostni izpustni** ~: ki se avtomatično odpre, ko tlak tekočine, plina preveč naraste
 - **zapirni** ~: pipe (sedežni, poševnosedežni in krogljeni ventili) in zasuni
- Prim. potni-, zaporni-, tokovni-, reducirni ventil.

Ventil za omejitev tlaka Glej Hidravlika - varnostni ventil.

Ventil za znižanje tlaka Glej Hidravlika - ventil za znižanje tlaka.

Ventili - konstrukcijski principi V osnovi razlikujemo **sedežne** (levo) in **drsniške** (desno) ventile:



LASTNOSTI VENTILOV

SEDEŽNIH	DRSNIŠKIH
zapiranje tesno	lekažni pretok
nečistoče neobčutljivost	občutljivost
izdelava draga	enostavna
pot aktiviranja kratka	dolga

Visokotlačne cevi Običajno so s tem izrazom mišljene hidravlične cevi. Razdelimo jih na 2 nivoja:

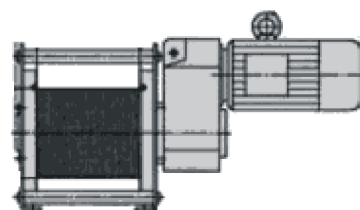
- visokotlačne cevi do 200 bar
- visokotlačne cevi do 700 bar

Prim. Hidravlični vodi.

Visokotlačne cevi pri dizelskih motorjih z notranjim zgorevanjem povezujejo visokotlačno tlačilko s šobo v zgorevalnem prostoru - vzdržijo tudi tlake 2000 bar in več!

Visokotlačne črpalke Črpalke s črpalno višino nad 50 m. Prim. Črpalke.

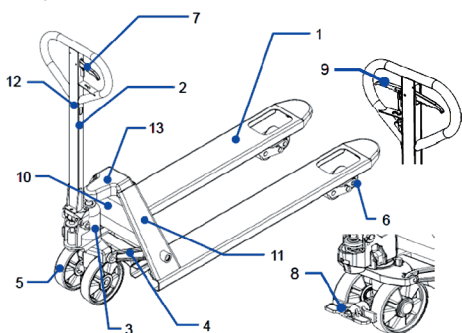
Vitel Ročna ali motorna priprava, s katero se kaj **navija**, vleče oz. dviguje. Sestavni deli: **pogon z zavoro**, eno- ali večstopenjsko **zobniško gonilo** z **bobnom in ogrodje**. Prim. transport (dvigala). Elektrovitel:



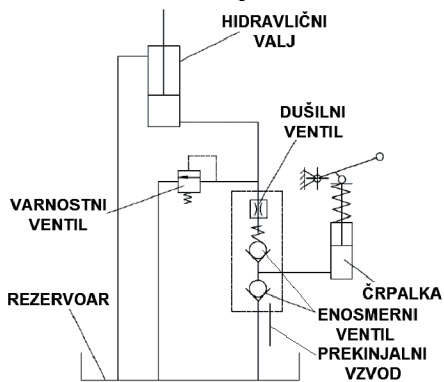
Vodna tehtnica Priprava, s katero preverimo vodoravnost ali navpičnost dane površine. Npr.: prozorna cev, napolnjena z vodo. Prim. hidrostatski tlak, ravnalo. Razl. libela.



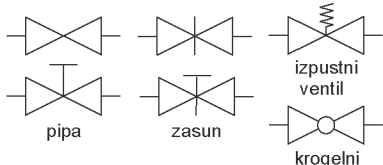
Voziček z vilicami Transportna naprava za prevoz blaga po tleh, ročno ali na električni pogon. Sin. paletni dvizni voziček.



1 - šasija, 2 - krmilna roka, 3 - hidravlična črpalka, ventili in valj, 4 - dvizni mehanizem, 5 - krmilna kolesa, 6 - kolesa za prenašanje tovora, 7 - prekinjalni vzvod, 8 - parkirna zavora, 9 - dodatna vozna ali parkirna zavora, 10 - identifikacijska ploščica, 11 - povezovalni nosilec, 12 - varovalna ploščevina, 13 - nosilec ob hidravlični črpalki
Hidravlična shema ročnega vozička:



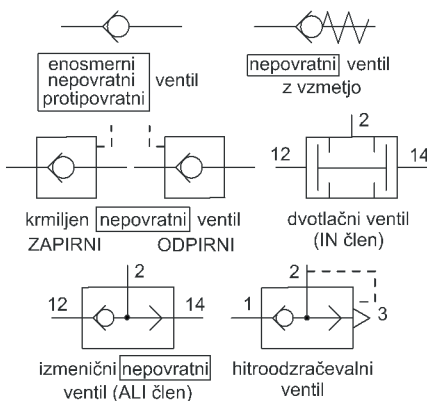
Zapirni ventili Ventili, s katerimi **odpiramo** in **zapiramo** pretok:



Zapirni ventili za razliko od tokovnih ventilov (ki dušijo pretok) **niso namenjeni za nadzorovano zmanjševanje pretoka** fluida. Nekatere literature uporabljajo kar izraz **zaporni ventili**.

Zaporni ventili Ventili, ki **v eni smeri dopuščajo** pretok, **v povratni smeri** pa ga **zapirajo**. V nekaterih literaturah jih imenujejo tudi **zapirni ventili**, še posebej za hidravliko. Del:

- a) **Nepovratni** (protipovratni, enosmerni) **ventil**, **krmiljen** nepovratni ventil in nepovratni ventil z **vzmetjo**.
- b) **Izmenični** nepovratni ventil (dvojni nepovratni ventil, ALI člen) in **hitroodzračevalni ventil**.
- c) **Dvotlačni ventil** (IN člen).



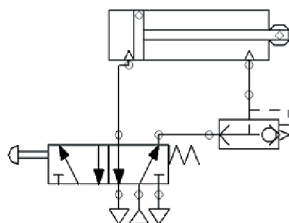
IN člen ima dva vhoda: 12 (X) in 14 (Y). Izhodni signal 2 (A) dobimo le, če sta oba vhodna signala prisotna. Samo eden vhodni signal - 12 (X) ali 14 (Y) si zapre pretok.

ALI člen ima dva vhoda: 12 (X) in 14 (Y). Izhod je le eden: 2 (A). Če pride zrak na oba vhoda, tedaj ostane kroglica v sredini in zrak steče proti izhodu 2. Če pa pride zrak na enega od obeh vhodov, tedaj zrak steče proti izhodu 2, **kroglica pa zapre drugega od obeh vhodov!** To je tudi razlog, zakaj **ALI člena ne smemo zamenjati s T členom** - ki pusti drugi vhod odprt!

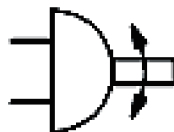
Krmiljen nepovratni ventil je lahko:

- **ZAPIRNI** nepovratni ventil: s krmilnim signalom se prepreči odpiranje ventila
- **ODPIRNI** nepovratni ventil: s krmilnim signalom se prepreči zapiranje ventila

Hitroodzračevalni ventil ima dovod zraka 1 (P), izhod 2 (A) in odzračevalni priključek 3 (R). Ko pride zrak na 1, ga ventil poveže z 2 in zapre 3. Če pa pride zrak na 2, tedaj ventil zapre 1 in **odpre odzračevanje 3**. Zato je h.v. zelo uporaben v primerih, ko se zrak ne utegne dovolj hitro izprazniti iz delovnih valjev - to pa povzroča zaviranje gibanja. Hitroodzračevalne ventile up. predvsem za **povečevanje hitrosti dvosmernih cilindrov**. Vgradi jih moramo **čim bližje cilindru**:



Zasučni motor Hidravlična naprava, ki omogoča zasak za določen kot rotacije. Simbol:



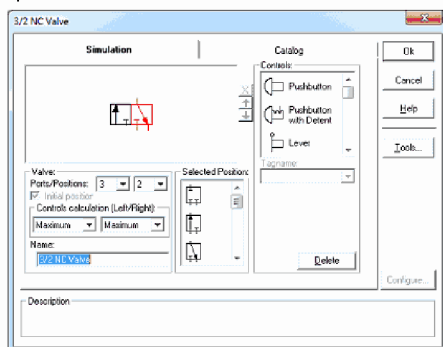
Sin. zasučni cilindri. Podobna naprava lahko deluje tudi na pnevmatični ali električni pogon.

AUTOMATION STUDIO

SLOVENSKA GESLA

2K Kratica za **dvoklik** na miški.

Aktiviranje Aktiviranje potnih ventilov: Main Library / Pneumatic / Directional valves / izberemo potni ventil, npr. 3/2 (NC - normally closed, NO - normally open) in z miško "odnesemo" potni ventil iz okvirčka. S ponovnim klikom ga pritrdimo in odpre se novo okno:



V jeziku Simulation lahko izberemo način aktiviranja, v ang. Controls:

Plunger - tolkač, splošno mehansko aktiviranje

Pushbutton - aktiviranje s tipko

Roller - aktiviranje s koleščem

External pilot - posredno aktiviranje z nadtlakom

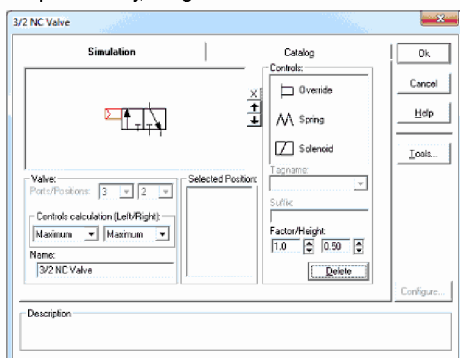
Internal pilot - pozor: posredno aktiviranje z nadtlakom, ki nima zunanjega priključka, ne bomo ga mogli povezati s tlačnim vodom!

Pod jezičkom **Catalog** pa lahko vnesemo podatke o potnem ventilu, npr. naziv itd.

Kombiniran način aktiviranja ustvarimo tako:

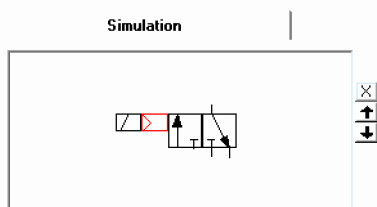
a) **Zaporedno** vnašanje simbolov:

- najprej vnesemo prvi način aktiviranja, nato pa LT nanj, da ga označimo rdeče



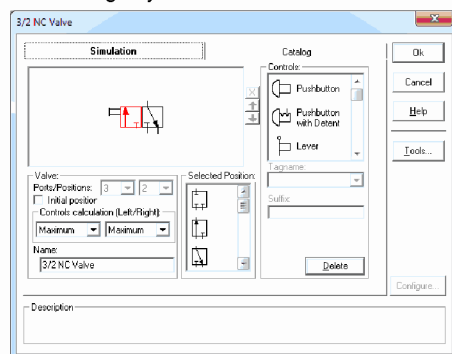
v majhnem okencu se pokažejo možnosti, katere načine aktiviranja lahko dodajamo

- sedaj pa izberemo naslednji simbol za aktiviranje in dobimo:



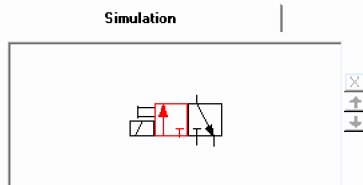
b) **Vzporedno** vnašanje simbolov:

- najprej izberemo tisti simbol, ki ga želimo videti zgoraj

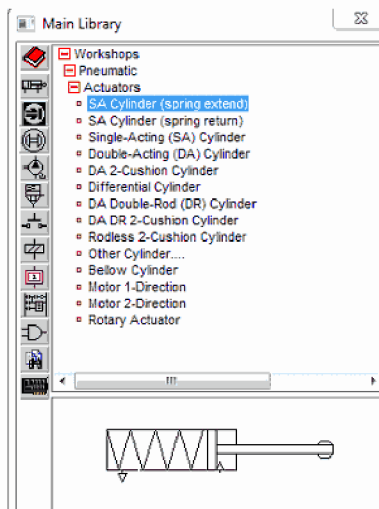


- še vedno moramo imeti izbrano levo stanje in

samo še dodamo spodnji simbol



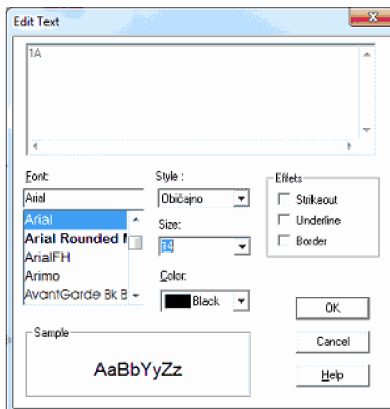
Aktuator Pneumatic / Actuators in sedaj lahko poljubno izbiramo vrsto aktuatorja (delovni valji, zasučni cilindri, pnevmatsko vzmetenje itd.). V spodnjem delu okna se pokaže narisani aktuator, da se ne bi odločili za napačnega:



ALI člen Izmenični nepovratni ventil: Main Library / Pneumatic / Flow controls / Shuttle Valve.

AS Kratica za automation Studio.

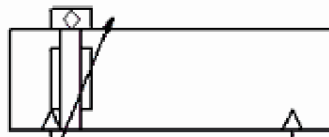
Besedila - urejanje DT na besedilo (npr. na ime elementa) in odpre se okno Edit Text:



Izbiramo lahko vrste, velikosti, barve in oblike fontov. Efekti: prečrtano (Strikeout), podčrtano (Underline) in obkroženo (Border).

Bistabilno električno stikalo Toggle switch - preklopno električno stikalo: Electrical Control (Europe) / Switches / Toggle Switch NO ali NC. Sin. preklopno stikalo.

Brezbatnični valj Pneumatic / Actuators / Rodless 2-Cushion Cylinder



Brezdotično stikalo Simbol na pnevmatični shemi: Pneumatic / Sensors / Proximity sensor



Električni simbol najdemo pod geslom Stikala.

Brezdotični senzor Glej Brezdotično stikalo, Senzor. Ang. Proximity sensor.

Časovni člen Glej Pnevmatični časovni člen.

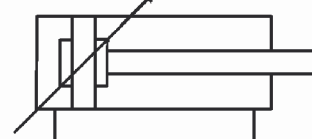
Delovanje neke naprave Automation studio omogoča ogled delovanja neke naprave (npr.

dvosmernega valja): najprej **vkličimo simulacijo**, nato pa samo še **desni klik na napravo** / odpre se majhno okence / izberemo Animation in tako vključimo ogled notranjosti te naprave. Vidimo lahko tudi razliko med začetnim stanjem (mirovanje) in med delovanjem (če smo vključili simulacijo). Za potne ventile ogled notranjosti naprave ni mogoč.

Časovni člen Glej Pnevmatični časovni člen.

Delovni valj Glej Aktuator.

Delovni valj s končnim dušenjem Pneumatic / Actuators / DA 2-Cushion Cylinder



DVOSMERNI DELOVNI VALJ Z NASTAVLJIVIM KONČNIM DUŠENJEM

Delovni vod Main Library / Pneumatic / Lines Pressure line (polna črta).

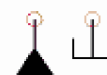
Kadar povezujemo dva priključa, tedaj končamo z enim klikom.

Če pa rišemo delovni vod, ki se ne konča na nekem priključku, tedaj ga zaključimo z dvojnimi klikom. Na ta način lahko ustvarimo tudi **razvod** - razdelitev delovnega voda na dva ali tri vode.

Dovod / odvod zraka Main Library / Pneumatic / Lines / Pneumatic pressure source ali Main Library / Pneumatic / Lines / Exhaust



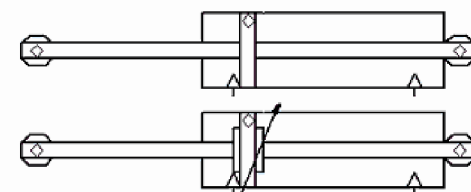
Dovod olja / povratek v rezervoar Hydraulic / Lines / Hydraulic Pressure Source ali Hydraulic / Lines / Return to tank



DT Kratica za **desno tipko** na miški.

Dušilni ventil Main Library / Pneumatic / Flow controls / Fixed Throttle Valve

Dvostranski delovni valj Pneumatic / Actuators / DA Double-Rod (DR) Cylinder ali DA DR 2-Cushion Cylinder



Dvotlačni ventil (IN člen) Main Library / Pneumatic / Flow controls / AND Valve

Električna shema Narišemo:

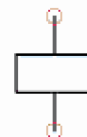
- **IZVOR** enosmernega električnega toka: **pozitivni priključek** za električni tok: Electrical control (Europe) / Power Power Supply 24 Volts **negativni priključek**: Electrical control (Europe) / Power Sources Common (0 Volts)
- električne **TOKOKROGE** ter vnašamo električne **vode** in električne **elemente** oziroma **naprave**

Električni tok - izvor → Izvor električnega toka.

Električni vod Main Library / Electrical Controls Europe / Lines / Electric wire

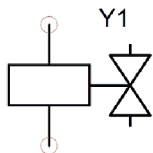
Električno končno stikalo Glej geslo Končno stikalo.

Elektromagnet Običajno je s mišljena tuljava (navitje) releja: Electrical control (Europe) / Output Components / Coil

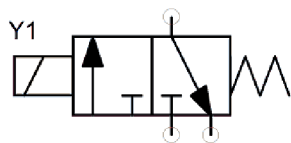


Elektromagnetni ventil **V električni shemi** ga nastavimo tako: Main Library / Electrical control (Europe) / Output Components / **Solenoid** / LT na delovno površino, odpre se okence za poimenovanje elektromagneta, LT jezikček Simulation, v

vrstico Tagname vnesemo ime elektromagneta, npr. Y1 / OK in na pnevmatični shemi se zraven elektromagneta pojavi še oznaka Y1.



V pnevmatični shemi je elektromagnet **način aktiviranja** potnih ventilov (**solenoid**). Najprej izberemo potni ventil, npr. Pneumatic / Directional Valves / izberemo npr. 3/2 NC Valve in LT na delovno površino. Odpre se okenca za določanje potnega ventila, v njemu LT na levo stanje, da pordeči / v podokencu Controls poiščemo simbol za Solenoid in 2K, ob stanju potnega ventila se prikaže simbol za solenoid / LT na simbol za elektromagnet (da pordeči) in v polje **Tagname** vpišemo oznako za solenoid, npr. Y1 (**napačno** bi bilo: LT na jeziček Catalog in v vpis Y1 v vrstico Item identifier) / na desni strani potnega ventila definiramo vzmet kot način vračanja v osnovno stanje / OK in na pnevmatični shemi se zraven elektromagneta pojavi še oznaka Y1:



POZOR:

Pri elektropnevmatiki imamo elektromagnet (solenoid) narisano tako **na pnevmatični** kakor **tudi na električni shemi**:

1. Na pnevmatični oz. hidravlični (zgornji) shemi je magnetni ventil **način aktiviranja**. Potrebno ga je **posebej poimenovati** (npr. 1Y1, 1Y2), čeprav ima potni ventil tudi svojo oznako.

2. Na električni (spodnji) shemi je elektromagnetni ventil ena od naprav, ki se tudi poimenuje.

Ime istega magnetnega ventila mora biti **enako** v pnevmatični in električni shemi, sicer **simulacija** takšnega vezja **NE BO DELOVALA!**

Kako poimenujemo elektromagnetni ventil **na pnevmatičnem delu sheme**: v okencu za aktiviranje potnih ventilov LT na EM, da pordeči (samo aktiviranje, ne pa tudi potni ventil) / v polju Tagname vnesemo ime EM

Kako poimenujemo elektromagnetni ventil **na električnem delu sheme**: v okencu za lastnosti EM izberemo jeziček Simulation in vnesemo ime v polje Tagnames.

Elektropnevmatika Posebej moramo narisati pnevmatično in posebej električno shemo.

Enosmerni ventil Main Library / Pneumatic / Flow controls / Check Valve

Enosmerni dušilni ventil Main Library / Pneumatic / Flow controls / Variable NR Throttle Valve (NR pomeni Non-Return - enosmerni)

Enosmerni nastavljivi dušilni ventil Main Library / Pneumatic / Flow controls / Variable NR Throttle Valve (NR pomeni Non-Return - enosmerni)

Hitroodzračevalni ventil Main Library / Pneumatic / Flow controls / **Quick Exhaust Valve**

Ident Številčna oznaka, s katero natančno določimo (**identificiramo**) sestavni del, material, obdelovanec, polizdelek, sklop, garnituro ali končni izdelek. **Eden ident** označuje samo **eno vrsto izdelka in obratno**: **eni vrsti izdelka** pripada samo **eden ident**, medtem ko je lahko risb več (in s tem tudi **več številsk risb za isti izdelek**). Ident torej ne zamenjujemo s številko risbe!

Predvsem za potrebe **trgovcev** je prirejeno svetovno številčenje izdelkov s črtno kodo **EAN**, **publikacije in knjige** pa se v svetovnem merilu označujejo z **ISBN** kodo. Prim. kosovnica.

Identifikacija Str.: nedvomno in natančno prepoznavanje naprave, sestavnega dela, materiala itd. Npr. ~ pnevmatičnega elementa: potni ventil 3/2 NC, aktiviranje s tipko in vračanje v osnovno stanje z vzmetjo.

V splošnem identificiramo tudi osebo, žival, rastlino itd. Sin. istovetenje, ugotavljanje istovetnosti.

Imenovanje pnevmatičnih elementov Glej Označevanje pnevmatičnih elementov.

Impulzni rele Glej Rele.

IN člen Dvotlačni ventil: Main Library / Pneumatic / Flow controls / AND Valve

Izmenični nepovratni ventil Glej ALI člen.

Izvor električnega toka Main Library / Electrical control (Europe) / Power Sources in izberemo ustrezen izvor toka, običajno izberemo dva priključka: Power Supply 24 Volts in Common (0 volts).

Izvor zraka Glej dovod zraka.

Klečno kolesce Glej Končno stikalo, med vrstami mehanskega končnega stikala.

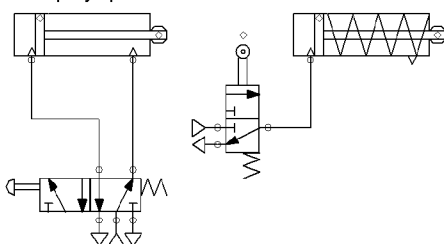
Končno stikalo Ne pozabimo, da je vsako končno stikalo sestavljeno iz:

- senzorja in
- stikala.

Zato moramo v Automation studiu izbrati ustrezen **senzor** (ang. Sensor) in ustrežno **stikalo** (to pa je npr. ustrezen potni ventil).

Automation Studio omogoča:

a) **Direktno** risanje mehanskih kontaktnih končnih stikal. Mehanski senzor je kolesček (roller), stikalo pa je potni ventil:



Pri direktnem risanju dobimo mehansko končno stikalo tako, da potni ventil zavrtimo za 90° (DT / v padajočem meniju pa Rotate right 90°).

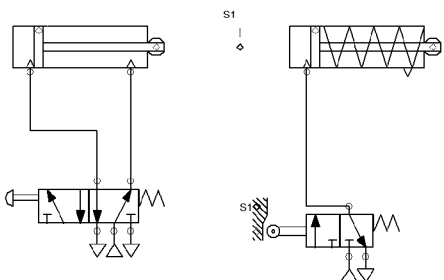
Na pravo mesto ga nastavimo tako, da najprej iztegnemo delovni valj (DT / Properties / in v jezičku Simulation, vrstica Extension nastavimo 100%). Nato je treba karo v batnici delovnega valja poravnati s karom končnega stikala.

b) **Posredno** risanje **kontaktnih** končnih stikal je **predpisano s standardi**.

Zamisli si moramo, da je kolesček (roller) sestavljen iz dveh delov: iz **sprejemnika** in iz **oddajnika** mehanskega signala.

Narisati moramo torej **dva sestavna dela**:

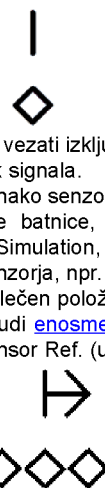
- **sprejemnik** mehanskega signala, ki prikazuje dejanski položaj končnega stikala
- **oddajnik** mehanskega signala, ki prikazuje preneseni (shematični) položaj končnega stikala



Kako rišemo **mehansko končno stikalo** (mehanski senzor s pnevmatičnim stikalom - potnim ventilom) **na posredni način**:

V shemo na pravilno mesto nastavimo mehanski senzor - sprejemnik signala:

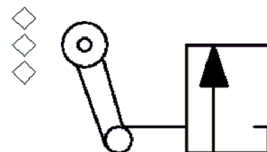
- najprej **iztegnemo batnico** pnevmatičnega valja, ki bo aktiviral končno stikalo: 2K na valj, odpre se okenca / LT na jeziček Simulation in v vrstici Extension nastavimo 100%
- nastavimo **sprejemno mesto** mehanskega senzorja na položaj iztegnjenega paha na batnici: Main Library / Pneumatic / **Sensors** / Sensor Ref. (bidirectional):



Ta senzor je možno vezati izključno na mehanski kontakt - oddajnik signala.

Poravnamo **karo** oznako senzorja **s karo** oznako na pahu iztegnjene batnice, LT in odpre se okenca / v jezičku Simulation, vrstica Tagname vpišemo oznako senzorja, npr. S1, OK / batnico vrnemo nazaj na uvlečen položaj (0%)

Izberemo si lahko tudi **enosmerno delujoči mehanski senzor** - Sensor Ref. (unidirectional):



V tem primeru potni ventil aktivira **klečno kolesce** (Unidirectional Roller), izbiramo lahko desnega ali levega. **Poravnavamo samo srednjo karo** oznako:

Mehanski kontakt - oddajnik signala:

- spet Main Library / Pneumatic / znotraj **Sensors** izberemo Mechanical Contact / LT na pozicijo, pojavi se okenca / v jezičku Simulations vpišemo Tagname, npr. S1

- DT na mehanski kontakt, na padajočem meniju Rotate Left 90 in mehanski kontakt se obrne:

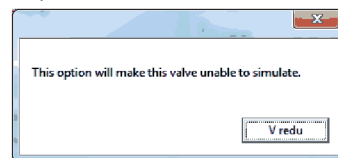


Kako mehanski senzor deluje v tem položaju:

- ko ga bo povozil pah, se bo pomaknil **za 3 polja navzdol**
- ko se bo pah ponovno odmaknil, se bo mehanski kontakt vrnil **za 3 polja navzgor**
- izberem ustrezni potni ventil in ga nastavim na prostor za risanje, leva aktivacija naj bo roller, desna pa vzmet
- roler moramo pravilno nastaviti na mehanski kontakt: najprej poravnamo **karo** rolerja s karom mehanskega kontakta, zatem pa samo še **za 3 polja navzdol**; tako bi povezava morala delovati

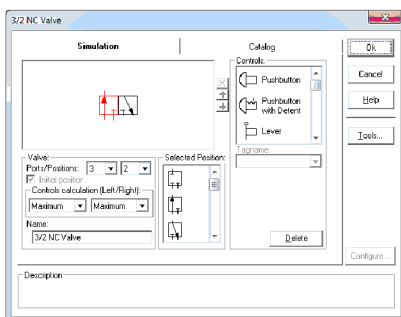
Kako narišemo, da je izhodiščno stanje končnega stikala (potnega ventila) na levi strani

- prve tri točke so enake kot v prejšnjem odstavku
- v oknu izbranega potnega ventila izberem levo stanje (ki pordeči), nato pa med možnostmi izberem **initial position**; pojavi se opozorilno okno, na katerem potrdimo V redu:



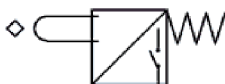
Zavedamo se, da potni ventil z levim izhodiščnim stanjem **ni možno simulirati v AS**, ta izbira je uporabna **samo za risanje!**

Tako izgleda okno za levo izhodiščno stanje:



Risanje **električnega končnega stikala** (mehanski senzor in električno stikalo):

- začetne točke so enake kakor pri mehanskem končnem stikalu
- namesto Sensor Ref. (bidirectional) nastavim na prostor za risanje Main Library / Pneumatic / Sensors / **Mechanical Position Sensor**, ki pretvarja mehanske signale v električne; posebej ga poimenujemo, npr. 1S1



- v električnem vezju vstavimo Switches / **Limit Switch** (končno stikalo) z enakim imenom kot pri Mechanical Position Sensor, torej 1S1
Razlikuj:

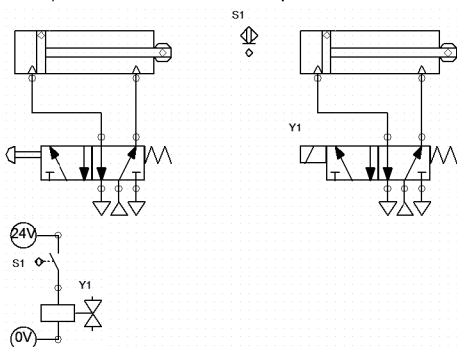
BREZDOTIČNO STIKALO **KONČNO STIKALO**



- ko bo Mechanical Position Sensor zaznal pomik, ga bo pretvoril v električni signal, ki vklopi Limit Switch

AS avtomatično poskuša povezati neoznačene dajalnike in sprejemnike signalov med seboj. Zato lahko končno stikalo deluje **tudi, če nismo vnesli Tagname** - vendar v primeru, če imamo le eden neoznačen dajalec signalov, neoznačenih sprejemnikov signalov pa je lahko tudi več.

- c) **Posredno** risanje **brezkontaktnih** (brezdotičnih) končnih stikal v elektropnevmatični shemi:

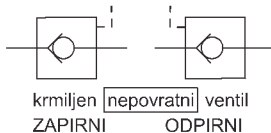


- pri Main Library / Pneumatic / **Sensors** / izberem Proximity Sensor
- začetne točke so lahko enake kakor pri mehanskem končnem stikalu, lahko pa brezdotični senzor nastavim tudi nad valjem (tako je npr. pri reedovem stikalu)
- v električnem vezju vstavimo Proximity Switch (brezdotično stikalo) z enakim Tagname imenom kot pri Proximity Sensor, npr. 1S1
- ko bo Mechanical Proximity Sensor zaznal pomik, ga bo pretvoril v električni signal, ki vklopi Proximity Switch

Kontakti Main Library / Electrical control (Europe) / Contacts - kontakti **pri relejih** in kontaktorjih / Izbor ustreznega kontakta (NO - normally open, NC - normally closed). Če imam v mislih kontakt kot stikalo, tedaj gledam geslo Stikala (Switches).

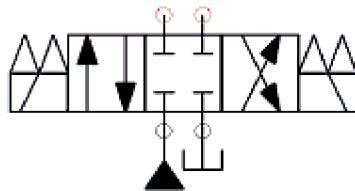
- **Krmiljeni nepovratni ventil** Main Library / Pneumatic / Flow Controls / izberem:

Pilot-operated Check Valve Open (odpirni) ali Pilot-operated Check Valve Close (zapirni)



Krmilni vod Main Library / Pneumatic / Lines / Pivót line (črtkana črta)

- **Krmilnik poti** Hydraulic / Directional valves in izbiram možnosti. Podrobneje glej geslo **Aktiviranje**.



Krogec Priključek (na liniji, na ventilih itd).

LT Kratica za **levo tipko** na miški.

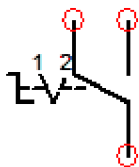
LTP - Leva tipka pritisnjena. Tipko **držimo in vlečemo**.

Manometer Pneumatic / Accessories / Pressure indicator.

Mehanski kontakt Glej Končno stikalo.

Mehansko končno stikalo z električnim senzorjem Glej geslo Končno stikalo.

Menjalno stikalo Electrical control (Europe) / Switches / 2 Position Switch



Miška Kratice za delo z miško: 2K - dvojni klik, DT - desna tipka, LT - leva tipka, LTP - levo tipko držimo pritisnjeno in vlečemo, ST - srednja tipka.

Mreža Nastavimo si jo z ukazom View/ Grid

Nastavljivi dušilni ventil Variable Throttle valve

Navitje Glej Elektromagnet.

Nepovratni ventil Glej Enosmerni ventil.

Nepovratni dušilni ventil Glej Enosmerni dušilni ventil.

Nepovratni nastavljivi dušilni ventil Glej Enosmerni nastavljivi dušilni ventil.

Nivojsko stikalo Glej Level Switch.

Obkrožanje oznak Glej Besedila - urejanje.

Odpiranje datoteke Ko odpremo program Automation Studio, vidimo samo dve ikoni: New Project ali Open.

Nov projekt odpremo z ukazom New Project. Odpre se okence new Project, izberemo template Normal.prt / OK, odpre se okno Project 1 in LT na ikono New Diagram (5. ikona z leve).

Nekoč že ustvarjeni projekt pa odpremo z izborom možnosti Open, v nastalem oknu Open si izberemo projekt z 2K in v novem oknu se prikažejo dokumenti, ki se nahajajo v tem projektu. Samo še 2K na izbrani dokument in odpre se nam shema.

Označevanje pnevmatičnih elementov Elemente označujemo (poimenujemo) z DT na element.

Elementi, ki jih je treba v shemi **identificirati**, so: delovni valji, potni ventili, zaporni, zapirni tokovni in vse vrste ventilov. V okencu, ki se odpre, imajo ti elementi **samo eno možnost poimenovanja**: Catalog / **Item Identifier**. Ident, ki ga vnesemo, je viden tudi na shemi.

Elementi, ki jih je treba v shemi **povezati**: senzori, stikala (lahko povežemo v končna stikala), navitja (coil). Ti elementi pa imajo dve možnosti:

- Simulation / **Tagname** - vnesemo povezavo
 - Katalog / **Item Identifier** - vnesemo ident
- Pri povezovalnih elementih se na shemi pokaže samo Tagname.

Pnevmatična vzmet Pneumatic / Actuators / Bellow Cylinder

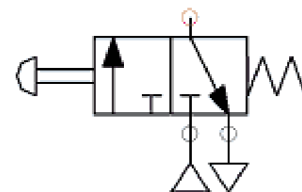


Pnevmatični časovni člen Main Library / Pneumatic / Timers / izberemo:

- ON Delay Timer (1 input) - zakasnitev vklopa ali
 - OFF Delay Timer (1 input) - zakasnitev izklopa.
- Nastavi se lahko zamik od 0 do 99, kar pa nbišo vrednosti za sekunde. Vrednost 99 ustreza približno 3 sekundam.

Poimenovanje pnevmatičnih elementov Glej Označevanje pnevmatičnih elementov.

Potni ventil Main Library / Pneumatic / Directional valves. Izberemo potni ventil, npr. 3/2 (NC - normally closed, NO - normally open) in z miško "odnesemo" potni ventil iz okvirčka. Ko smo ga zasidrili na zeleno pozicijo, se odpre okno - za izbiro funkcij v posameznem stanju, za določanje načina aktiviranja (podrobneje glej geslo **Aktiviranje**), imena itd. (izberemo ustrezne jezičke na okencu).

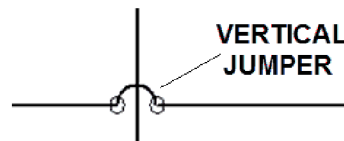


Prim. Krmilnik poti.

Prisesek Pojasnilo pod geslom Venturijeva cev.

Preizkus delovanja krmilne sheme Glej geslo Simulacija.

Preskok voda Zaradi jasnosti sheme lahko uporabimo simbol Pneumatic / Lines / Vertical Jumper in s tem jasno pokažemo, da dva voda nista povezana, se samo križata:



Protipovratni ventil Glej Enosmerni ventil.

Protipovratni dušilni ventil Glej Enosmerni dušilni ventil.

Protipovratni nastavljivi dušilni ventil Glej Enosmerni nastavljivi dušilni ventil.

Protitlačni nastavljivi dušilni ventil Main Library / Pneumatic / Flow controls / Variable NR

Razvod Glej Delovni vod.

Reedovo stikalo Main Library / Pneumatic / Sensors / Sensor Ref. (magnetic) ali Magnetic Sensor

Rele Main Library / Electrical control (Europe) / Output Components / **Coil**. V direktnem prevodu je coil samo tuljavica (navitje), vendar v AS se mora iskati izraz coil, če želimo vstaviti rele.

Rele z zakasnitvijo vklopa:

Coil with On Delay, zakasnitev nastavimo v Properties/vrstica Preset (med 1 in 9999)



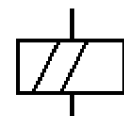
Rele z zakasnitvijo izklopa:

Coil with Off Delay, zakasnitev nastavimo v Properties/vrstica Preset (med 1 in 9999)

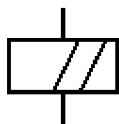


Impulzni rele:

Coil Latch (Set) - impulzni rele, ki aktivira kontakte



Coil Unlatch (Reset) - impulzni rele, ki vrača kontakte v osnovno stanje



Risanje črt, pisanje teksta Na osnovni zaslon-ski sliki so na desni strani navpično postavljena:

- orodja za risanje (ravne črte, ukrivljene črte, krog, elipsa, pravokotnik itd.), možno je izbirati različne tipe in debeline črt
- orodje za pisanje



Ta možnost nam pri shemah pride v poštev, kadar želimo npr. združevati elemente (črta pika) ali dodati kakšno pojasnilo.

Z LT kratko pritisnemo na izbrani ukaz, kurzor spremeni obliko in že lahko rišemo.

Rotacija Desni klik / rotate.

Senzor Main Library / Pneumatic / Sensors in imamo več možnosti:

[Proximity sensor](#), glej Brezdotično stikalo, Stikala.

[Sensor Ref. \(bidirectional\)](#), senzor za mehanski kontakt, ki deluje **v dveh smereh** - uporaben npr. za mehanično aktiviranje potnega ventila s kolescem: Pneumatic / Sensors / Sensor Ref. (bidirectional), pogrobnje glej Končno stikalo

[Sensor Ref. \(unidirectional\)](#), senzor za mehanski kontakt, ki **deluje v eni smeri** - uporaben npr. za mehanično aktiviranje potnega ventila s klesnim kolescem. Pneumatic / Sensors / Sensor Ref. (unidirectional).

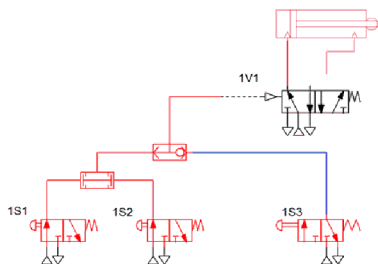
[Mechanical contact](#) - mehanski kontakt oz. zaznavanje mehanskih dražljajev.

Sesalno prijemalo Glej pojasnilo pod geslom Venturijeva cev.

Simulacija LT na velik zeleni krog v glavni orodjarni (ukaz Start Project), shema se obarva. Sedaj lahko pritisnemo na vklop potnega ventila (npr. tipko) in zaženemo simulacijo. Simulacijo končam z LT na velik rdeči krog (ukaz Stop).

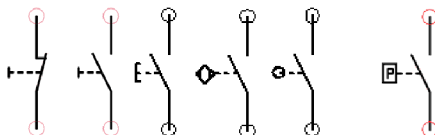
Pri simulaciji bodimo pozorni na barve vodov:

- vodi s stisnjnim zrakom obarvajo rdeče,
- vodi s tlakom okolice se obarvajo modro,
- vodi s stisnjnim zrakom, ki niso nikamor priključeni, pa se obarvajo vijolično.



ST Kratica za **srednjo tipko** na miški.

Stikala Stikala na električni shemi: Main Library / Electrical control (Europe) / Switches / izberem ustrezen tip stikala, npr. po spodnji risbi [od leve na desno](#): preklopno (bistabilno) stikalo [Toggle Switch NC](#), [Toggle Switch NO](#), tipka [Pushbutton NO](#) (aktiviramo ga lahko z LT miške), brezdotično stikalo [Proximity Switch NO](#), končno stikalo [Limit Switch NO](#) in tlačno stikalo [Pressure Switch NO](#):



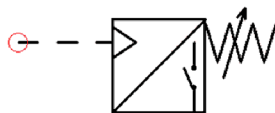
Nikoli **NE ZAMENJUJEMO**: **stikalo** (sklop, ki vsebuje vsaj en kontakt) in **kontakt** (ki je lahko tudi sestavni del varovalke, releja, kontaktorja itd.).

Brezdotično stikalo, končno stikalo in tlačno stika-

lo imajo tudi svoje pnevmatične simbole, glej istoimenska gesla.

Tipalo Glej Senzor.

Tlačno stikalo Pnevmatični simbol: Pneumatic / Sensors / Pressure Sensor.

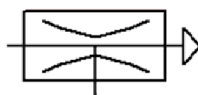


Z uporabo DT / Properties / Pressure Setting lahko nastavimo tlak, na katerega stikalo reagira. Električni simbol najdemo pod geslom Stikala.

Tipka Pushbutton, Glej risbo pod geslom Potni ventil.

Tuljava Glej Elektromagnet.

Venturijeva cev Pneumatic / Vacuum Components / Vacuum Generator



Sesalno prijemalo (prisesek) pa najdemo tako: Pneumatic / Vacuum Components / Vacuum Cup.



Vodi Pneumatic / Lines in izbiramo vrsto voda, ki ga bomo uporabili na shemi:

- Pressure line so delovni vodi
- Pivot line so krmilni vodi

Ob puščici (kurzor) se pojavi še črta in tako vemo, da rišemo vode. Ko se dotaknemo priključka, postane puščica **črna** in tako vemo, kdaj je treba klikniti LT, da smo "zagrabili" priključek na pravem mestu.

Pozor: če se vod razcepi na **dva dela**, tedaj moramo prvo cev speljati do cevnega razvoda in naslednji dve od tega razvoda naprej. Ne moremo drugega voda priključiti, če nimamo zanj pripravljenega priključka!

Vstop v program Glej Odpiranje datoteke.

Zaprti vod Main Library / Pneumatic / Lines / Plug

Zasučni cilindar Pneumatic / Actuators / Rotary actuator:



ANGLEŠKA GESLA

2 Positions Switch Menjalno strikalo.

Animation Animacija delovanja naprav, npr. potnih (krmilnih) ventilov, delovnih valjev itd.. Vidimo jo lahko v načinu preizkušanja (simulacija).

AS Kratica za automation Studio. Uporabljamo Automation Studio 3.0.5 Free Download, demo verzija, brez možnosti shranjevanja, brez pomoči in s časovno omejeno uporabo. Lastnik software je kanadsko podjetje Famic Technologies Inc..

Bidirectional sensor Senzor za mehanski kontakt, ki **deluje v dveh smereh** - uporaben npr. za mehanično aktiviranje potnega ventila s kolescem. Pneumatic / Sensors / Sensor Ref. (bidirectional).

Border Ukaz za obkrožanje besedil. Glej Besedila - urejanje.

Coil V direktnem prevodu je coil samo tuljavica (navitje). Zelo pogosto pa se ta izraz uporablja za napajanje releja. V AS se mora iskati prav izraz coil, če želimo vstaviti [rele](#).

Coil Latch (Set) Impulzni rele, ki aktivira kontakte. Glej Rele.

Coil Unlatch (Reset) Impulzni rele, ki vrača kontakte v osnovno stanje. Glej Rele.

Coil with on relay Rele z zakasnitvijo izklopa.

Common Negativni priključek za električni tok: Electrical control (Europe) / Power Sources Common (0 Volts).

Contacts Kontakti

Controls Aktiviranje

Coupler Spojka

Delay timer Glej Časovni člen.

Diagonal Jumper Zelo podobno kot Vertical Jumper, glej Preskok voda.

Double rod cylinder → Dvostranski delovni valj.

Exhaust Odzračevanje

Group Izberem elemente, ki jih bom grupiral (spravil v skupino), predmeti pordečijo / Layout / Group. Grupe (skupine) pa več ne morem rotirati!

Item Identifier Ime posameznega elementa (naprave). Pravimo mu tudi **ident** - naziv, s pomočjo katerega [nedvomno prepoznamo](#) vsak pnevmatični element (napravo).

Vpisujemo ga med lastnostmi naprave (properties), jeziček Catalog.

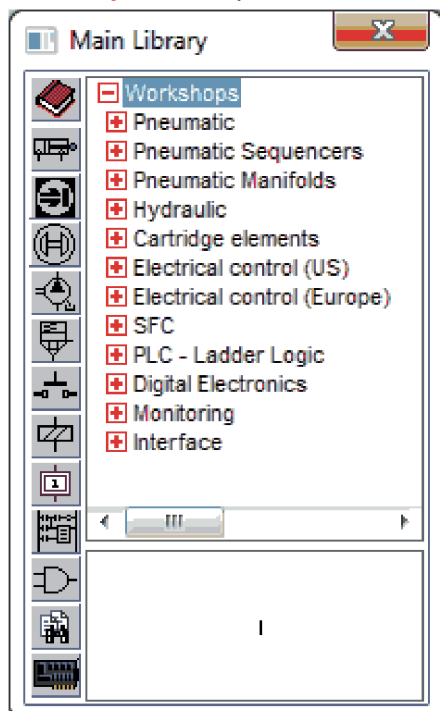
Ne zamenjaj s Tagname, ki je namenjen za ustvarjanje povezav med napravami (elementi).

Level Switch Electrical control (Europe) / Switches / Level Switch NO ali Level Switch NC

Line glej Delovni vod, Krmilni vod ali Vod.

Limit Switch Električno končno stikalo: Electrical control (Europe) / Switches in lahko izbiramo NO ali NC varianta.

Main Library Glavna knjižnica:



Mechanical contact Mehanični kontakt, glej Senzor.

Mechanical position sensor Električno končno stikalo, glej geslo Končna stikala.

NC Normally closed, mirovno (odpiralno) stikalo.

NO Normally opened, delovno (zapiralno) stikalo.

Non-Return (NR) Throttle Valve Enosmerni dušilni ventil (ki ni nastavljen).

NR - pnevmatika Ang. kratica za **Non-Return**, kar pomeni enosmerni, protipovratni ali nepovratni. Npr. Variable NR Throttle Valve - enosmerni nastavljeni dušilni ventil.

ON Delay Timer Glej Pnevmatični časovni člen.

OFF Delay Timer Glej Pnevmatični časovni člen.

Pilot operated check valve Glej Krmiljeni nepovratni ventil.

Pivot line Krmilni vod, glej Aktiviranje.

Plug Zaprti vod (zamašek).

Plunger Tolkač, splošno mehansko aktiviranje potnega ventila. Glej Aktiviranje.

Pneumatic pressure source Dovod zraka

Power Sources Izvor toka (električnega): Electrical control (Europe) / Power Sources.

Power Supply 24 Volts Pozitivni priključek za električni tok: Electrical control (Europe) / Power Power Supply 24 Volts

Pushbutton Stikalo, ki ga lahko aktiviramo z LT miške Aktivacija s tipko, glej Stikala in Aktiviranje

Pressure line Delovni vod, glej Aktiviranje

Pressure sensor Tlačno stikalo.

Properties Lastnosti.

Proximity sensor Brezdotični senzor, ki je del pnevmatične sheme.

Proximity switch Brezdotični kontakt, ki je del elektro sheme - signal pa dobi iz pnevmatične sheme.

Pushbutton Tipka.

Quick Exhaust Valve Hitroodzračevalni ventil.

Rodless Cylinder Glej Brezbatnični valj.

Roller Kolesce, običajno je mišljeno **aktiviranje** potnih ventilov s kolescem. Glej Aktiviranje.

Rotary actuator Glej Zasušni cilindar.

SA Kratica Single Acting, enosmerni delovni valj.

Sensor Senzor, ki je lahko tudi del končnega stikala, npr. Mechanical contact.

Sensor Ref. (bidirectional) je aktiviranje potnega ventila [s kolescem](#), ki se pusti povoziti [z obeh strani](#). Strogo je **vezan na mehanski kontakt** - če ga želim spremeniti v električni kontakt, tedaj moram uporabiti še Mechanical Position Sensor.

Sensor Ref. (unidirectional) je aktiviranje potnega ventila [s klecnim kolescem](#), ki se pusti povoziti [samo z ene strani](#). Tudi ta je strogo **vezan na mehanski kontakt** - če ga želim spremeniti v električni kontakt, tedaj moram uporabiti še Mechanical Position Sensor.

Sensor Ref. (bidirectional) Sprejemno mesto mehaničnega senzorja, ki sprejema signal v obeh smereh - primerno za aktiviranje potnega ventila s kolescem.

Sensor Ref. (unidirectional) Sprejemno mesto mehaničnega senzorja, ki sprejema signal samo v eni smeri - primerno za aktiviranje potnega ventila s klecnim kolescem.

Shuttle Valve ALI člen oziroma izmenični nepovratni ventil.

Solenoid Elektromagnet - tuljava s kotvo. Služi za aktiviranje potnih ventilov. Razl. Coil.

Spring extend Pojasnilo ob enosmernih cilindrih z vzmetjo, pomeni NO (normally opened).

Spring return Pojasnilo ob enosmernih cilindrih z vzmetjo, pomeni NC (normally closed).

Start Project Ukaz v Glavni orodjarni za vklop simulacije. Glej geslo Simulacija.

Stop Ukaz v Glavni orodjarni za izklop simulacije. Glej geslo Simulacija.

Switches Stikala.

Tagname Dodatno ime, ang. tag: dodatek, dodatno ime. Tagname je namenjen [za ustvarjanje povezav med simboli na shemi](#), Primeri:

- povezovanje naprav med pnevmatičnim in električnim delom sheme: brezdotični senzor, solenoid itd.
- povezovanje naprav znotraj pnevmatičnega dela

sheme, kar je potrebno predvsem pri risanju mehanskih končnih stikal: položaj senzorja mehanskega končnega stikala povežemo s "kolenom" preko tagname

- povezovanje naprav znotraj električnega dela sheme, npr. tuljavico releja povežemo s kontaktom releja preko tagname

Tagname vpisujemo med lastnostmi (properties), jeziček [Simulation](#).

Ne zamenjaj Tagname z Item Identifier!!

Nekaterim pnevmatičnim elementom (npr. delovnim valjem) je med lastnostmi možno vpisati samo Item Identifier, drugim pa tako Tagname kot tudi Item Identifier.

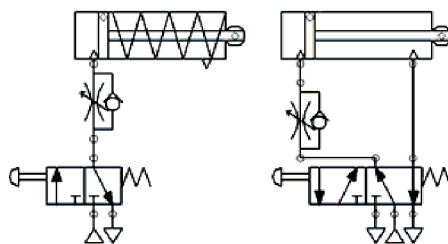
Na shemi se izpišejo vsa imena, ki smo jih vnesli med lastnostmi (properties) - izpiše se torej tako **Item identifier** kot tudi **Tagname**. Da na shemi ne bo nastala zmešnjava, moramo imeti dobro sistematiko pri poimenovanju pnevmatičnih elementov in njihovih medsebojnih povezav.

Throttle Valve Dušilni ventil.

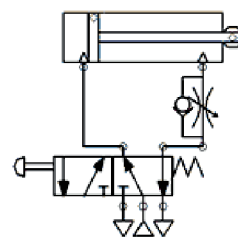
Toggle switch Preklopno (bistabilno) električno stikalo: Electrical Control (Europe) / Switches / Toggle Switch NO ali NC.

Unidirectional sensor Senzor za mehanski kontakt, ki **deluje v eni smeri** - uporaben npr. za mehanično aktiviranje potnega ventila s klecnim kolescem. Pneumatic / Sensors / Sensor Ref. (unidirectional).

Variable NR Throttle Valve Enosmerni nastavljeni dušilni ventil. Zanimivo - ta ventil v Avtomation studio [ne deluje](#) (AS ne upošteva nastavitve dušenja), [če ga vezem primarno](#):



Če pa ta isti ventil vezem kot sekundarno dušenje dvosmernega valja, potem pa AS upošteva nastavitve dušenja - s spreminjanjem dušenja dobimo različne hitrosti batnice:



Vertical Jumper Glej Preskok voda.

Zoom Ctrl+ tipka - ali +

SEZNAM UPORABLJENE LITERATURE

1. Anton Beovič Srednje izobraževanje, Didaktični učni komplet HIDRAVLIKA. 1. natis. Ljubljana: PAMI ŽELEZNIKI, 1993. ISBN 86-7759-167-2
2. Pnevmatika in hidravlika, ŠC Novo mesto, Višja strokovna šola, skripta brez podatkov o letnici, kraju in izdajatelju
3. Samo Rozman Osnove industrijske pnevmatike, Gradivo za seminar HIB d.o.o., December 2008
4. Edo Kiker Krmilna tehnika za program VSŠ, skripta. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, 1998. ISBN 86-435-0236-7
5. Tabellenbuch Mechatronik. 5. natis. Haan-Gruiten: Europa Lehrmittel, 2007. ISBN 978-3-8085-4505-8
6. Prüfungsvorbereitung aktuell: Zwischen- und Abschlussprüfung. 1. natis. Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel, 2010. ISBN 978-3-8085-1126-8
7. Fachkunde Mechatronik. 3. natis. Haan-Gruiten: Europa Lehrmittel, 2008. ISBN 978-3-8085-4513-3
8. Rechnen und projektieren MECHATRONIK. 2. natis. Haan-Gruiten: Europa Lehrmittel, 2009. ISBN 978-3-8085-1862-5
9. STEUERN UND REGELN: Für Maschinenbau und Mechatronik. 12. natis. Haan-Gruiten: Europa Lehrmittel, 2010. ISBN 978-3-8085-1118-3
10. Mehatronika: Celovit, strokoven in didaktičen pripomoček, Učbenik v programih Mehatronik operater in Tehnik mehatronike. 2. izdaja. Ljubljana: Pasadena, 2009. ISBN 978-961-6361-87-3
11. Robert Harb Krmilna tehnika: Učbenik za modul Delovanje krmilnih in električnih komponent v programu Strojni tehnik ter za program Tehnik mehatronike. 4. natis. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije d.d.. 2011. ISBN 978-961-251-281-1
12. KRT e-gradiva (citirano 10.8.2019). Dostopno na naslovu: <http://egradiva.scng.si/strojništvo/Kazalo/index.html>
13. Repair Clinic (citirano 10.8.2019). Dostopno na naslovu: <https://www.youtube.com/user/RepairClinic>

Avtor Ferdinand Humski

PNEVMATIKA IN HIDRAVLIKA

Imena nosilcev avtorskih pravic: Ferdinand Humski

Elektronska izdaja, avgust 2019

Samozaložba Ferdinand Humski, Volkmerjeva cesta 22, 2250 Ptuj

Publikacija je brezplačna in prosto dostopna vsem uporabnikom

Spletna lokacija publikacije: <http://strojna.scptuj.si>

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
COBISS.SI-ID=301301504
ISBN 978-961-290-392-3 (pdf)