1
HIDRAULIČNI SISTEMI

Hidraulični sistem je tehnički sistem za pretvaranje i prenos energije i upravljanje njome. U ovom poglavlju se analiziraju:

- osnovne funkcije hidrauličnog sistema,
- hidraulični prenosnik,
- hidraulični prenosnik s prigušnim upravljanjem,
- hidraulični prenosnik sa zapreminskim upravljanjem,
- osnovne hidrauličke promenljive,
- osnovni energetski proračun i
- prikazivanje hidrauličnih sistema

1.1 Osnovne funkcije hidrauličnog sistema

Funkcije hidrauličnog sistema su: pretvaranje mehaničke energije u hidrauličnu (i obrnuto), prenos energije s jedne lokacije na drugu i odgovarajuće upravljanje.

Medijum za pretvaranje i prenos energije je tečnost. U hidrauličnim sistemima koriste se nestišljive tečnosti čija se zapremina ne sme značajno menjati pod delovanjem spoljne sile.

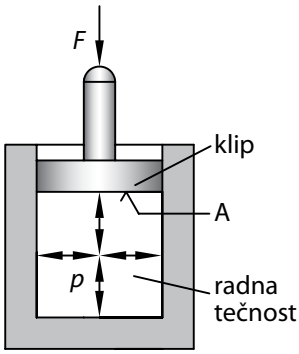
Razlikuju se *hidrodinamički* i *hidrostatički* sistemi.

Hidrodinamički sistem prenosi energiju posredstvom kinetičke energije struje radne tečnosti. Učešće energije pritiska je zanemarivo.

Hidrostatički sistem prenosi energiju posredstvom energije pritiska struje radne tečnosti. Učešće kinetičke energije pri tome je vrlo malo (ispod 0,5%).

U ovoj knjizi se analiziraju hidrostatički sistemi za koje se koristi naziv „hidraulični sistemi“.

Poznato je (Paskalov zakon) da se *poremećaj izazvan dejstvom spoljne sile na mirnu tečnost u zatvorenom sudu prostire na sve strane jednako i ima istu vrednost* (to važi za svaku česticu tečnosti).



Slika 1.1 *Stvaranje pritiska u zatvorenom cilindru.*

Ako se deluje spoljnom silom F na pokretni klip cilindra (šematski prikazano na slici 1.1) u tečnosti ispred klipa stvara se pritisak p. Njegovu veličinu određuje sila F koja deluje na površinu pokretnog klipa A (aktivna površina klipa koja je u direktnom kontaktu sa tečnošću):

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

gde su:

p [Pa] – pritisak,

F [N] – sila i

A [m^2] – aktivna površina klipa.

Hidrostatički pritisak, proporcionalan visini stuba tečnosti u cilindru, zanemaruje se jer mu je vrednost mala.

Merna jedinica za pritisak u SI sistemu je Paskal [Pa]. Međutim, u tehničkoj praksi se koriste i druge jedinice (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 *Merne jedinice za pritisak*

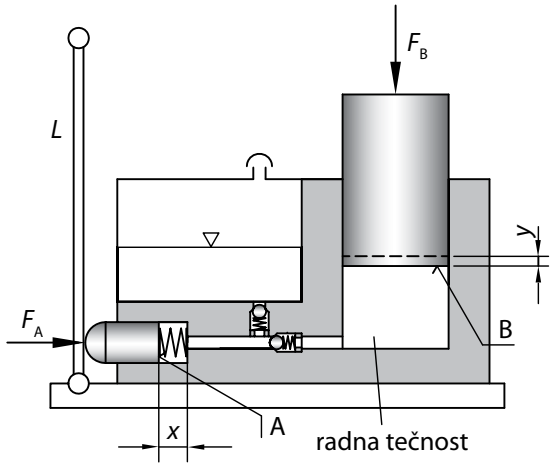
	Pa [N/m^2]	bar [daN/cm^2]	MPa [N/mm^2]	at [kp/cm^2]	m H_2O	psi [lb/in^2]
Pa [N/m^2]	1	10^{-5}	10^{-6}	$1{,}02\times10^{-5}$	$1{,}02\times10^{-4}$	$1{,}45\times10^{-4}$
bar [daN/cm^2]	10^5	1	0,1	1,02	10,2	1,45

Tabela 1.1 *Merne jedinice za pritisak (nastavak)*

	Pa [N/m^2]	bar [daN/cm^2]	MPa [N/mm^2]	at [kp/cm^2]	m H_2O	psi [lb/in^2]
MPa [N/mm^2]	10^6	10	1	10,2	102	145
at [kp/cm^2]	$9{,}81\times10^5$	0,981	$9{,}81\times10^{-2}$	1	10	14,2
m H_2O	$9{,}81\times10^3$	$9{,}81\times10^{-2}$	$9{,}81\times10^{-3}$	0,1	1	1,42
psi [lb/in^2]	$6{,}9\times10^3$	$6{,}9\times10^{-2}$	$6{,}9\times10^{-3}$	0,07	0,7	1

Karakterističan hidraulični sistem koji se koristi kao presa ili dizalica prikazan je na slici 1.2.

Dva cilindra sa pokretnim klipovima spojena su kanalima ispunjenim radnom tečnošću, preko jednosmernih ventila. Klip manjeg cilindra (aktivna površina klipa A) može se pomerati pod dejstvom spoljne sile F_A. Potrebna količina radne tečnosti nalazi se u rezervoaru iznad manjeg klipa.



Slika 1.2 *Hidraulični sistem – hidraulična dizalica.*

Pretpostavlja se sledeće:

- radna tečnost je nestišljiva,
- nema deformacija zidova cilindara,
- nema curenja radne tečnosti,
- nema trenja pri kretanju klipova i
- masa klipova se može zanemariti.

Kad spoljna sila F_A deluje na manji klip, on se pomera udesno. U tečnosti nastaje pritisak p. Čelo klipa potiskuje tečnost kroz jednosmerni ventil u veći cilindar (aktivna površina klipa B). On se pomera nagore i generiše silu F_B.

Primer 1.1

Potrebno je odrediti vrednost pritiska p u sistemu prikazanom na slici 1.2, ako je aktivna površina klipa A= 3 cm^2 i na klip A deluje sila F_A = 2250 N.

Rešenje
Uvrštavanjem datih vrednosti dobija se:

$$p = \frac{F_\mathrm{A}}{\mathrm{A}} = \frac{2250}{3\times10^{-4}} = 75{,}00\times10^5 \text{ Pa}$$

Hidraulični sistem prenosi energiju s jedne lokacije na drugu tako što fizički pomera zahvaćenu zapreminu tečnosti (klipovi u cilindrima A i B, prikazani na slici 1.2, pokretni su).

Primer 1.2

Kolika sila F_B deluje na klip B ako je njegova aktivna površina B = 65 cm^2, a pritisak $p = 75 \times 10^5$ Pa? Delovanje sila trenja na mestu dodira pokretnog klipa i zida cilindra se zanemaruje.

Rešenje
Uvrštavanjem vrednosti za površinu i pritisak, dobija se:

$F_B = p \cdot \mathrm{B} = 75{,}00 \times 10^5 \cdot 65{,}00 \times 10^{-4} = 48750{,}00$ N

Dobijena je veća sila na klipu površine B od sile F_A na pokretnom klipu površine A.

Upotrebom duže poluge L (slika 1.2), može se stvoriti viši pritisak u cilindru sa klipom površine A. Naravno, zahvaljujući mehaničkom pojačanju koje definiše odnos krakova poluge L i maloj površini klipa.

Ako je l_1 = 250 mm a l_2 = 25 mm, tada je mehaničko pojačanje:

$k = l_1/l_2 = 250/25 = 10.$

Pod pretpostavkom da nema gubitaka energije u hidrauličnom sistemu prikazanom na slici 1.2, prenos energije se može opisati pojednostavljeno. Klip manjeg cilindra (površine klipa A) pomeri se za veličinu x kad na njega deluje sila F_A. Pri tome u tečnosti nastaje pritisak $p = F_A/\mathrm{A}$, a čelo klipa potisne zapreminu tečnosti

$V = \mathrm{A} \cdot x$. Istovremeno, klip u većem cilindru (površine klipa B) pomera se za veličinu y usled delovanja sile $F_B = p \cdot \mathrm{B}$ nastale zbog pritiska u hidrauličnom sistemu (Paskalov zakon, zatvoren sud ispunjen nestišljivom tečnošću). Prenošenje energije sa klipa A na klip B ostvareno je fizičkim premeštanjem zapremine tečnosti:

$$V = \mathrm{A} \cdot x = \mathrm{B} \cdot y.$$

Odnos dužina hoda klipova proporcionalan je aktivnim površinama

$$x/y = \mathrm{B/A}$$

Primer 1.3

Koliki je hod y klipa površine B = 65 cm^2 (slika 1.2), ako je aktivna površina klipa A = 3 cm^2 a njegov hod x = 30 mm?

Rešenje
Hod y klipa je:

$$y = \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{B}} \cdot x = \frac{3}{65} \cdot 3 = 0{,}138 \text{ cm}$$

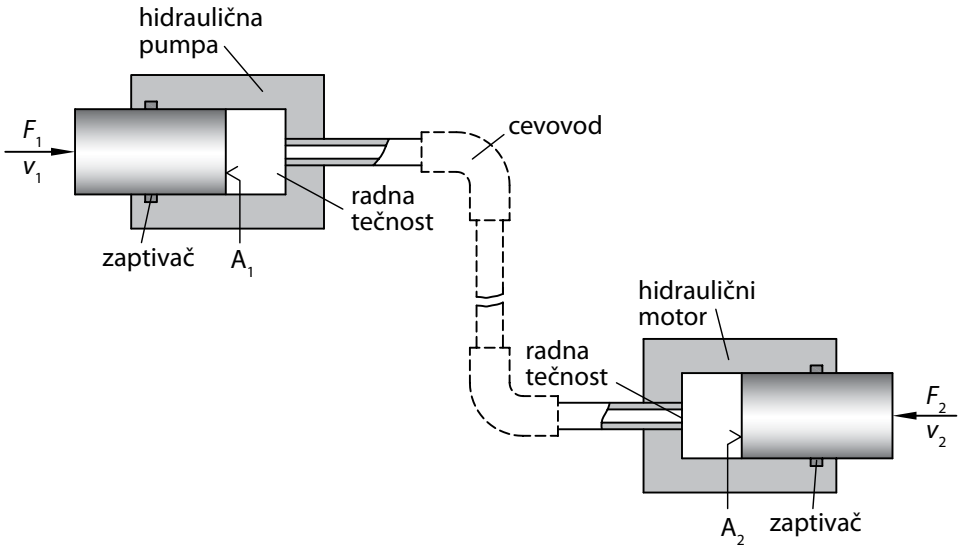
Manji klip pređe 21,7 puta duži put od većeg da bi obavio isti rad.

Navedeni primeri ilustruju osnovne funkcije ovog jednostavnog hidrauličnog sistema:

- **pretvara ulaznu mehaničku energiju u hidrauličnu** (manji cilindar i pokretni klip generišu pritisak p zbog delovanja sile F_A na aktivnu površinu A),
- **prenosi energiju** (cilindri su zatvoreni spojeni sudovi ispunjeni nestišljivom tečnošću),
- **pretvara hidrauličnu energiju u mehaničku** (veći cilindar i pokretni klip generišu silu F_B zbog delovanja pritiska p na aktivnu površinu B) i
- **pojačanje sile** ($F_B > F_A$).

1.2 Hidraulični prenosnik

Idealan hidraulični prenosnik je hidraulični sistem čije su funkcije pretvaranje i prenos energije; pojednostavljeno je prikazan na slici 1.3. Osnovni elementi hidrauličnog prenosnika su: hidraulična pumpa, radna tečnost, cevovod i hidraulični motor.



Slika 1.3 *Idealan hidraulični prenosnik.*

Pretpostavlja se da je radna tečnost idealna (nije stišljiva ni viskozna) i da se u hidrauličnom prenosniku ne gubi energija.

Klip hidraulične pumpe površine A_1 pod delovanjem sile F_1 potiskuje ispred sebe radnu tečnost i stvara pritisak p_1 u njoj. Istisnuta tečnost iz pumpe kroz cevovod dolazi u hidromotor i potiskuje klip hidromotora površine A_2. Pritisak na pumpi, p_1, jednak je pritisku p_2 na hidromotoru (idealni uslovi rada, nema gubitaka energije).

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1} = p_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

Sila F_2 na klipu cilindra motora ima vrednost:

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

Odnos aktivnih površina klipa motora i pumpe, A_2/A_1, jeste koeficijent pojačanja sile u hidrauličnom prenosniku.

Kako su pretpostavljeni idealni uslovi, ispred klipa hidromotora dospeva sva istisnuta tečnost iz hidraulične pumpe, tj. postoji jednakost zapremina.

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

gde su v_1 i v_2 [m/s] – brzina klipa pumpe i motora.

Brzina klipa motora, v_2, izražena je formulom:

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} \cdot v_1$$

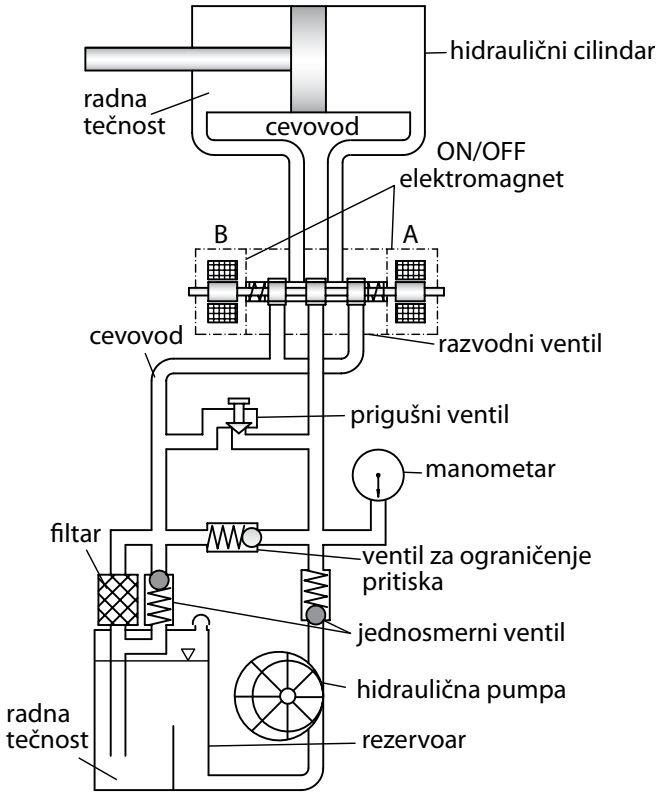
Odnos aktivnih površina klipa motora i pumpe, A_1/A_2, jeste koeficijent pojačanja sile u ovom prenosniku.

Za praktičnu realizaciju funkcije upravljanja hidrauličnom energijom u hidrauličnom sistemu (hidrauličnom prenosniku) primenjuju se dva načina:

- **prigušivanje protoka** radne tečnosti pre ulaska u hidraulični motor (prigušno upravljanje),
- **promena radne zapremine** hidraulične pumpe ili motora u toku procesa prenošenja energije (zapreminsko upravljanje).

1.3 Hidraulični sistem s prigušnim upravljanjem

Pojednostavljen prikaz hidrauličnog sistema s prigušivanjem protoka dat je šematski na slici 1.4. Sistem se sastoji od: rezervoara s radnom tečnošću, hidraulične pumpe, jednosmernog ventila, ventila za ograničenje pritiska, manometra za merenje i prikazivanje vrednosti pritiska, prigušnog ventila protoka, razvodnog ventila i dvoradnog hidrauličnog cilindra. Svi elementi sistema su spojeni cevima i ispunjeni radnom tečnošću.



Slika 1.4 *Pojednostavljen prikaz hidrauličnog sistema s prigušnim upravljanjem.*

Razvodni ventil (klipni razvodnik) ima četiri hidraulična priključka i tri radna položaja. Krajnji položaji se postavljaju pomoću ON-OFF elektromagneta A i B, a središnji pomoću opruga.

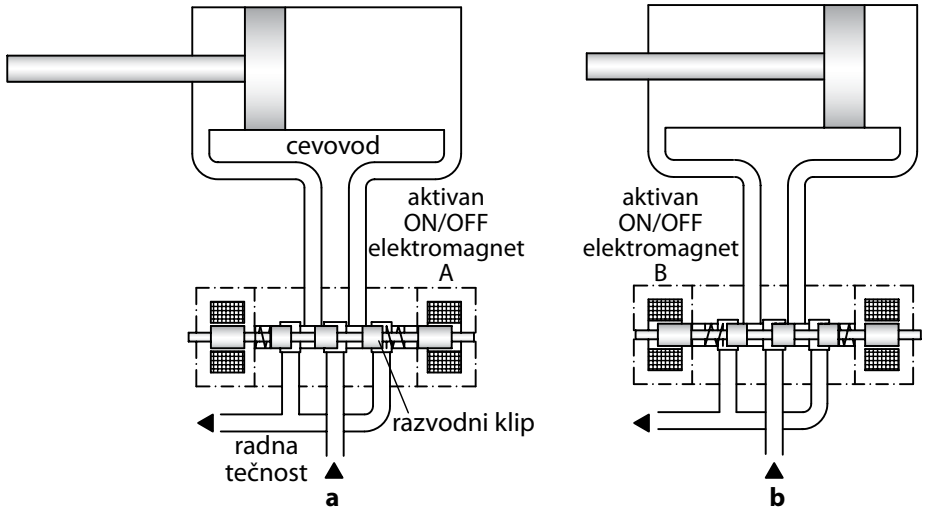
Hidraulični sistem ima sledeće funkcije:

- izvlačenje klipnjače cilindra (konstantna ili promenljiva brzina) – uključen elektromagnet A,
- uvlačenje klipnjače cilindra (konstantna ili promenljiva brzina) – uključen elektromagnet B,
- promena brzine uvlačenja/izvlačenja klipnjače,
- zaustavljanje klipnjače u željenom položaju i
- osiguranje od preopterećenja.

Vratilo hidraulične pumpe preko odgovarajuće spojnice dobija pogon od motora (izvor mehaničke energije – elektromotor ili motor SUS – nije prikazan na slici 1.4). Hidraulična pumpa je jednosmerna. Pogonsko vratilo pumpe ima određen smer rotacije. Usisni vod pumpe spojen je na rezervoar. Na izlazu iz hidraulične pumpe nalazi se jednosmerni ventil. Razvodni ventil je spojen na potisni vod pumpe, rezervoar i hidraulični cilindar. Između pumpe i razvodnog ventila postavljen je ventil za ograničenje pritiska, manometar i prigušni ventil protoka. Izlazni kanal ventila za ograničenje pritiska spojen je s rezervoarom.

Klip razvodnog ventila postavlja se u potreban radni položaj pomoću ON-OFF elektromagneta A ili B. Kad se uspostavi električno kolo napajanja namotaja elektromagneta, kotva potiskuje klip razvodnika. Nulti (središnji) radni položaj klipa razvodnika drže dve cilindrične opruge.

Dva hidraulična priključka (izlazni priključci razvodnog ventila) spojena su na radne komore hidrauličnog cilindra, a dva (ulazni priključci) na hidrauličnu pumpu i rezervoar. Radna tečnost koju potiskuje pumpa može se usmeriti u desnu komoru hidrauličnog cilindra, levu komoru ili u rezervoar. Dok se jedna komora hidrauličnog cilindra napaja radnom tečnošću iz hidraulične pumpe, suprotna komora se spaja s rezervoarom. To je omogućeno zahvaljujući konstrukciji kanala u telu razvodnog ventila.



Slika 1.5 *Izvlačenje klipnjače hidrauličnog cilindra (a) i uvlačenje klipnjače (b).*

Slika 1.5 a šematski prikazuje izvlačenje klipnjače hidrauličnog cilindra (aktiviran ON/OFF elektromagnet A), a slika 1.5 b – uvlačenje klipnjače (aktiviran ON/OFF elektromagnet B).

Manometar meri vrednost pritiska u sistemu i prikazuje ga na skali.

Brzina kretanja klipnjače hidrauličnog cilindra može se menjati pomoću prigušivača protoka. On može smanjiti zapreminu (protok) tečnosti na ulazu u razvodni ventil tako da deo vraća u rezervoar, zavisno od veličine prigušnog otvora.

Minimalna brzina kretanja klipnjače hidrauličnog cilindra dobija se pri potpuno otvorenom ventilu za prigušivanje protoka, a maksimalna pri potpuno zatvorenom.

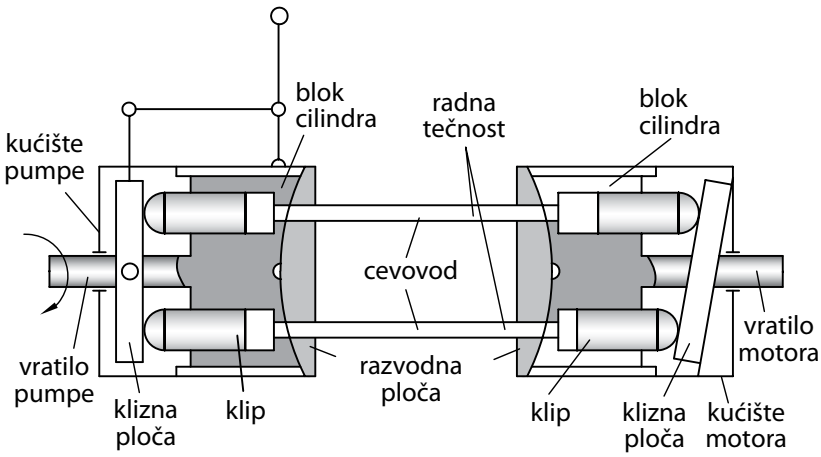
Ventil za ograničavanje pritiska osigurava sistem od preopterećenja koje može nastati u toku rada (na primer, preopterećenje klipnjače može izazvati porast pritiska u sistemu). U slučaju preopterećenja ventil se otvara i radna tečnost propušta u rezervoar.

Ventil za ograničenje pritiska se otvara i kad je razvodni ventil u središnjem (nultom) položaju a hidraulična pumpa uključena. To je svakako nepovoljan režim rada jer pogonski motor pumpe radi pod maksimalnim opterećenjem i hidraulični sistem ne daje korisnu energiju na izlazu (najveći deo energije dovedene u hidraulični sistem pretvara se u toplotnu energiju).

1.4 Hidraulični sistem sa zapreminskim upravljanjem

Pojednostavljena šema hidrauličnog sistema sa zapreminskim upravljanjem prikazana je na slici 1.6. Hidraulični sistem ima hidrauličnu pumpu, hidraulični motor, spojni cevovod i radnu tečnost. Hidraulična pumpa sistema je konstruisana tako da se veličina i smer protoka radne tečnosti iz pumpe može podešavati (promenljiva radna zapremina). Protok se može podesiti od neke minimalne do maksimalne vrednosti.

Osnovna funkcija ovog sistema je upravljanje smerom i brzinom rotacije vratila hidrauličnog motora.



Slika 1.6 *Pojednostavljen prikaz hidrauličnog sistema sa zapreminskim upravljanjem.*

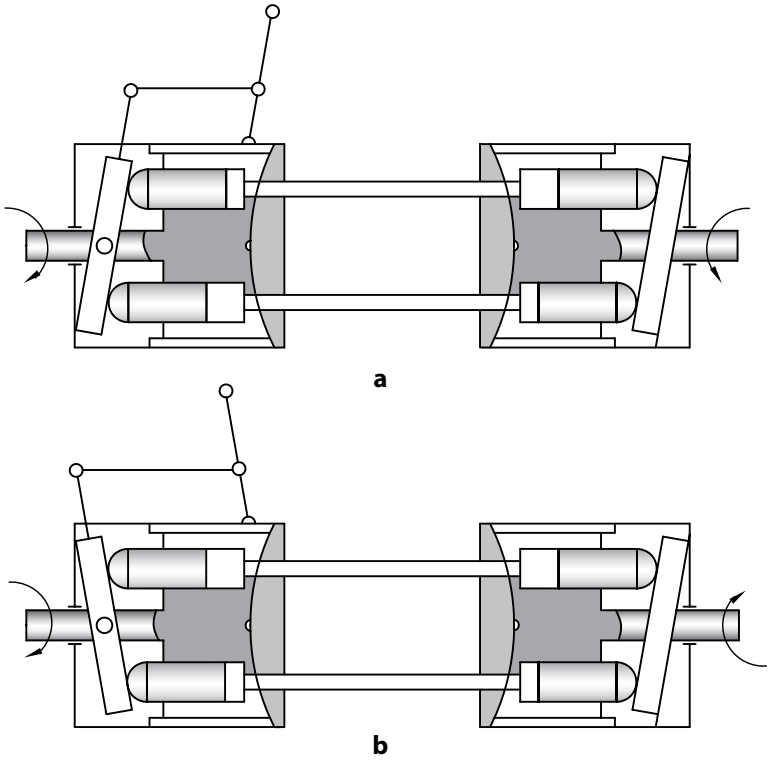
U kućištu hidraulične pumpe smešten je blok cilindara s pokretnim klipovima i ulaznim vratilom pumpe. Blok cilindara se oslanja na razvodnu ploču pumpe. Aksijalno kretanje klipova podešava se pomoću klizne ploče čiji se nagib može menjati polužnim mehanizmom. Veličina radne zapremine hidraulične pumpe zavisi od nagiba klizne ploče.

Hidraulični motor ima blok cilindara, razvodnu ploču i klipove. Za razliku od hidraulične pumpe sistema, u kućište motora smeštena je klizna ploča čiji je nagib stalan. Aksijalni hod klipova hidrauličnog motora ne može se menjati (kao kod pumpe). Hidraulični motor ovog sistema ima konstantnu radnu zapreminu.

Hidraulična pumpa i motor hidraulično su spojeni (u ovom slučaju cevovodom). Hidraulični sistem je ispunjen radnom tečnošću. Vratilo hidraulične pumpe pogoni se pomoću izvora mehaničke energije u jednom smeru.

Rotacijom bloka cilindara hidraulične pumpe, klipovi izvode relativno aksijalno kretanje (zavisno od nagiba klizne ploče) i čelo klipa pomera radnu tečnost (usisava ili potiskuje). Kako su hidraulična pumpa i motor spojeni, tečnost iz pumpe dospeva u motor i obrnuto.

Kad klizna ploča nije nagnuta, kao što je šematski prikazano na slici 1.6, nema relativnog aksijalnog pomeranja klipova pumpe, nema protoka tečnosti iz prostora pumpe u hidromotor i vratilo hidrauličnog motora miruje.



Slika 1.7 *Upravljanje smerom i brzinom rotacije vratila hidromotora (a i b).*

Kad se nagne klizna ploča hidraulične pumpe (slika 1.7 a i b), moguć je aksijalni hod klipova pumpe. Klipovi potiskuju tečnost prema hidrauličnom motoru. Usled prisilnog pomeranja klipova motora (ograničeno aksijalno kretanje) nastaje obrtni moment i vratilo hidrauličnog motora rotira u zadatom smeru. Brzina rotacije zavisi od protoka. Kako se protok može podesiti pomoću nagiba klizne ploče na pumpi, brzina rotacije vratila motora može se podesiti od neke minimalne do maksimalne vrednosti.

Ne samo da se može podesiti brzina rotacije vratila hidrauličnog motora, već se promenom smera nagiba klizne ploče hidraulične pumpe menja i smer njegove rotacije.

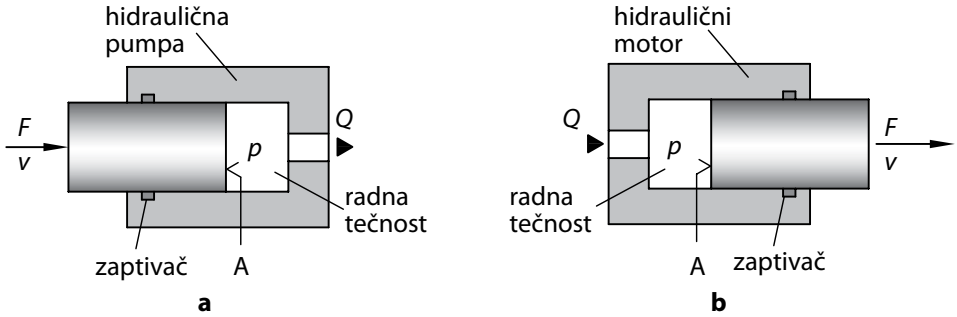
Budući da se u ovim sistemima, podešavanjem radne zapremine pumpe, u svakom trenutku na hidraulični motor može dovesti onoliko hidraulične energije koliko je potrebno za obavljanje rada, oni imaju znatno veći stepen iskorišćenja od hidrauličnih sistema s prigušivanjem protoka, ali su konstrukciono složeniji i skuplji.

U tehničkoj primeni su i sistemi u kojima se može menjati radna zapremina hidrauličnog motora. Oni su složeniji utoliko što je mehanizam za podešavanje dužine aksijalnog hoda klipova motora potrebno ugraditi u motor (pokretna klizna ploča slično kao u hidrauličnoj pumpi).

1.5 Hidraulične promenljive

Hidraulična energija se dobija posredstvom pokretnih mehaničkih delova (klip u cilindru), pretvaranjem iz mehaničke energije. To je za sada jedina tehnički prihvatljiva mogućnost.

Hidraulična energija se može dobiti i delovanjem magnetskog polja na radnu tečnost koja ima feromagnetske osobine; znači, pretvaranjem iz električne energije. Takva tečnost ne postoji u prirodi ali se može dobiti veštačkim putem. Tečnosti s feromagnetskim osobinama veoma su skupe, što ograničava mogućnosti eventualne primene za generisanje hidraulične energije.



Slika 1.8 *Elementarna hidraulična pumpa (a) i hidraulični motor (b).*

Elementarna hidraulična pumpa (generator hidraulične energije) ima cilindar i pokretni klip sa aktivnom površinom A, i prikazana je šematski na slici 1.8 a. Prostor ispred klipa ispunjen je radnom tečnošću. Pritisak p, koji nastaje usled delovanja sile F na klip površine A, ima vrednost:

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

gde su:

p [Pa] – pritisak,
F [N] – sila i
A [m^2] – aktivna površina klipa.

Zapreminski protok Q radne tečnosti iz hidraulične pumpe izražava se formulom:

$$Q = v \cdot \mathrm{A},$$

gde su:

Q [m^3/s] – protok i

v [m/s] – brzina kretanja klipa.

Hidraulična snaga P je:

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

Elementarni hidraulični motor, šematski prikazan na slici 1.8 b, pretvara dovedenu hidrauličnu energiju u mehanički rad.

Sila F na klipu hidromotora proporcionalna je pritisku p (koji vlada u tečnosti ispred klipa) i veličini aktivne površine A klipa motora:

$$F = p \cdot \mathrm{A}$$

Brzina klipa v hidromotora proporcionalna je dovedenom protoku Q i površini klipa A:

$$v = \frac{Q}{\mathrm{A}}.$$

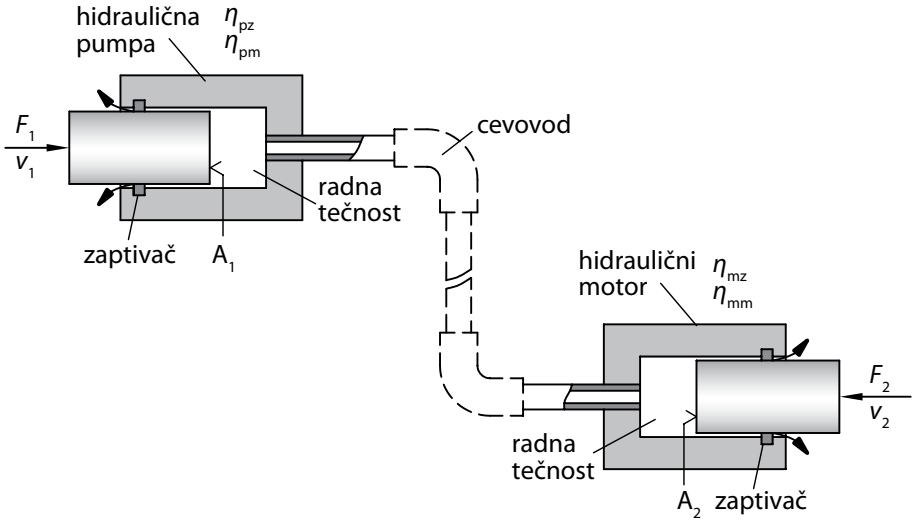
Motorni režim je inverzan generatorskom. Hidraulični motor teorijski može da radi kao hidraulična pumpa i obratno.

1.6 Osnovni energetski proračun

Idealan hidraulični prenosnik (do sada razmatran) prenosi energiju bez gubitaka. Energija dobijena na hidromotoru jednaka je energiji dovedenoj na pumpu. Takav sistem nije moguće tehnički realizovati.

Realni hidraulični prenosnik, šematski prikazan na slici 1.9, ima značajne gubitke energije. Mehanička energija dobijena na hidromotoru manja je od energije koja se dovodi na hidrauličnu pumpu. Radna tečnost je stišljiva i viskozna. Između pokretnih delova sistema (klip i cilindar), postoji zazor. Materijali od kojih se prave elementi sistema su elastični itd.

Deo radne tečnosti gubi se kroz zazor klipa i cilindra na pumpi i hidromotoru. Rezultat toga je da se sva raspoloživa tečnost ne prenese sa pumpe na motor, to jest, ne učestvuje u korisnom prenosu energije.



Slika 1.9 *Šematski prikaz realnog hidrauličnog prenosnika.*

Stvarni protok pumpe je manji od teorijskog. Protok koji ulazi u radnu komoru hidromotora veći je od onog koji pomera klip hidromotora. Deo dovedene energije utroši se da se savladaju sile mehaničkog trenja pokretnih elemenata, sile trenja slojeva tečnosti, sile inercije usled strujanja tečnosti itd.

Deo energije se nepovratno gubi u hidrauličnoj instalaciji od pumpe do motora. To su gubici u cevovodu (curenje na spojevima i zaptivnim uređajima), gubici zbog elastičnosti cevovoda, viskoznosti i stišljivosti radne tečnosti itd.

U energetskim proračunima hidrauličnih sistema koristi se stepen iskorišćenja:

- zapreminski η_z,
- mehanički η_m i
- ukupni η.

gde je ukupni stepen iskorišćenja η jednak:

$$\eta = \eta_z \cdot \eta_m$$

Stepeni iskorišćenja su definisani za hidraulične pumpe i motore kao osnovni parametri. Numerička vrednost se određuje eksperimentalno, a zavisi od tipa pumpe ili motora i kvaliteta izrade.

Pored stepena iskorišćenja, pri dimenzionisanju hidrauličnog sistema moraju se uzeti u obzir:

- gubitak protoka $\Sigma\Delta Q$ na delu cevovoda i
- gubitak pritiska $\Sigma\Delta p$.

Ako na klip hidromotora deluje sila F_2 a brzina klipnjače je v_2, pritisak p_1 na hidrauličnoj pumpi je:

$$p_1 = \frac{\left(\frac{F_2}{\mathrm{A}_2 \cdot \eta_{\mathrm{mm}}} + \Sigma\Delta p \right)}{\eta_{\mathrm{pm}}},$$

gde su:

F_2 [N] – sila na klipu hidromotora,
A_2 [m^2] – aktivna površina klipa hidromotora,
η_{mm} – mehanički stepen iskorišćenja hidromotora,
η_{pm} – mehanički stepen iskorišćenja pumpe i
$\Sigma\Delta p$ [Pa] – ukupan gubitak pritiska u hidrauličnoj instalaciji od hidraulične pumpe do motora.

Potreban protok pumpe, Q_1, izračunava se po formuli:

$$Q_1 = \frac{\left(\frac{\mathrm{A}_2 \cdot v_2}{\eta_{\mathrm{mz}}} + \Sigma\Delta Q \right)}{\eta_{\mathrm{pz}}} \ [\mathrm{m^3/s}],$$

gde su

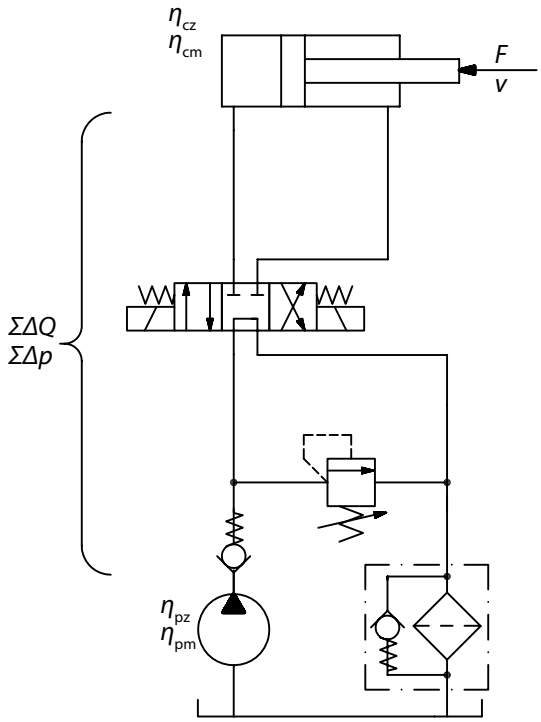
v_2 [m/s] – brzina klipa hidromotora,
η_{mz} – zapreminski stepen iskorišćenja motora,
η_{pz} – zapreminski stepen iskorišćenja pumpe i
$\Sigma\Delta Q$ [m^3/s] – ukupan gibitak protoka u hidrauličnoj instalaciji od pumpe do hidromotora.

Primer 1.4

Za hidraulični sistem prikazan funkcionalnom šemom na slici 1.10, poznati su sledeći podaci:

- prečnik hidrauličnog cilindra, $\mathrm{D_c}$ = 125,0 mm,
- brzina izvlačenja klipnjače, v = 0,1 m/s,
- sila na klipnjači hidrauličnog cilindra, F = 120,00 kN,
- zapreminski stepen iskorišćenja hidrauličnog cilindra, η_{cz} = 0,96,
- mehanički stepen iskorišćenja hidrauličnog cilindra, η_{cm} = 0,95,
- ukupan pad pritiska u hidrauličnoj instalaciji od hidrauličnog cilindra do pumpe, $\Sigma\Delta p$ = 3,5 bar,
- ukupan gubitak protoka u hidrauličnoj instalaciji od hidrauličnog cilindra do pumpe, $\Sigma\Delta Q$ = 0,001 l/min.

Potrebno je odrediti snagu hidraulične pumpe.



Slika 1.10 *Funkcionalna šema hidrauličnog sistema.*

Rešenje

$$A_c = \frac{D_c^2}{4} \cdot \pi$$

Vrednost pritiska p_c u hidrauličnom cilindru je:

$$p_c = \frac{F}{A_c \cdot \eta_{cm}} = 92{,}896 \text{ bar}$$

Zbog ukupnog gubitka pritiska (pada pritiska) $\Sigma\Delta p$ u hidrauličnoj instalaciji, radni pritisak pumpe je:

$$p_p = p_c + \Sigma\Delta p = 96{,}396 \text{ bar}$$

Potreban protok Q_c u hidrauličnom cilindru za izvlačenje klipnjače brzinom $v = 0{,}1$ m/s:

$$Q_c = \frac{v \cdot A_c}{\eta_{cz}} = 73{,}62 \text{ l/min}$$

Stvarni protok Q_p iz hidraulične pumpe mora biti veći za vrednost gubitaka protoka, $\Sigma\Delta Q$.
To jest:

$$Q_p = Q_c + \Sigma\Delta Q = 73{,}62 \text{ l/min}$$

Snaga hidraulične pumpe, P_p, iznosi

$$P_p = Q_p \cdot p_p = 11{,}36 \text{ kW}$$

1.7 Prikazivanje hidrauličnih sistema

Hidraulični sistemi se prikazuju funkcionalnim šemama kao na slici 1.10. Koriste se funkcionalni simboli (grafički simboli) po standardima SRPS ISO 1219-1 i SRPS ISO 1219-2.

Simboli grafički prikazuju funkciju hidrauličnog elementa i sve njegove priključke.

Funkcionalne šeme hidrauličnih sistema u tehničkoj praksi nazivaju se „hidraulične šeme“.

Funkcionalne (hidraulične) šeme grafički prikazuju sve funkcionalne elemente hidrauličnog sistema, hidraulične priključke i međusobne veze, kao i sve funkcije hidrauličnog sistema.

Poznavanje čitanja i crtanja funkcionalnih šema predstavlja uslov za komunikaciju u ovoj tehničkoj oblasti.

Pregled karakterističnih funkcionalnih simbola prema standardu SRPS ISO 1219-1 dat je u prilogu (Dodatak B).