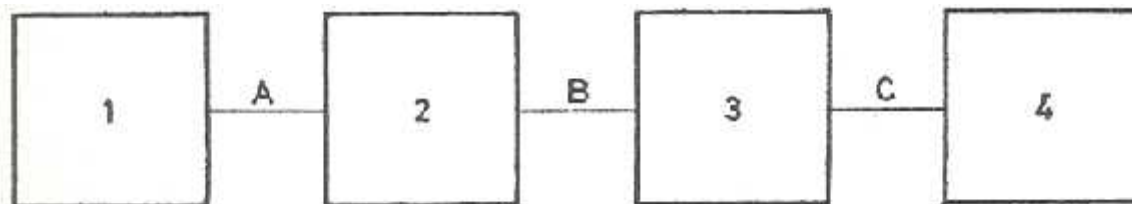


## II HIDRAULIKA

### 2. 1 Osnovni princip hidrostati kog prenosa snage

Prenos energije fluidom, koriš enjem njegove potencijalne energije, može se vršiti u dva vida:

- pretvaranjem mehani ke energije u translatorno kretanje izlazne veli ine i
- pretvaranjem mehani ke energije u obrtno kretanje izlazne veli ine.



Slika 42: Principijelna šema hidrostati kih sistema transmisije

Hidrostati ki sistemi transmisije sastoje se iz (sl. 42):

- izvora mehani ke energije, gde je nosilac energije rotaciono kretanje (1);
- pretvara a mehani ke energije u hidrostati ku energiju (2);
- pretvara a hidrostati ke energije u mehani ku energiju (3);
- potroša a mehani ke energije (4).

U zavisnosti od pretvara a hidrostati ke u mehani ku energiju dobijaju se sistemi sa translatornim kretanjem (hidrocilindri) i obrtnim kretanjem (hidromotori).

Pojam hidrostati ke transmisije nije ta no odre en, tako da se vrlo esto ovim pojmom obuhvataju oba na ina tansmisije – i sa obrtnim i sa translatornim kretanjem izlazne veli ine. U poslednje vreme, više se koristi pojam hidrostati ke transmisije samo kao sistema koji obezbe uje obrtno kretanje izlazne veli ine.

### 2.2 Hidrauli-ke komponente

Hidrauli-ke komponente predstavljaju hidrauli-ke mašine i uređaji koji rade sa te- nostima pod pritiskom i njihov rad se zasniva na zakonima mehanike fluida. Za preno{enje energije izmedju hidrauli-kih komponenti u hidrauli-kim sistemima koriste se mineralna i sinteti-ka ulja, kao i njihove me{avine sa vodom (emulzije).

Mineralna ulja su do sada naj-e{e upotrebljavana zbog svojih karakteristika koja proizilaze iz prirodnih svojstava ulja. U novije vreme prou-ava se i primena emulzija i u industrijskim postrojenjima u kojima do sada nisu bila primenjivana. Pri odlu-ivanju za vrstu ulja, pored karakteristika samih ulja, odlu-uju}u ulogu ima cena i mogu}nost nabavke.

Ulja u hidrauli-kom sistemu treba da:

- budu stabilna u eksploataciji, i da zadr' avaju hemijska i fizi-ka svojstva pri promeni temperature, pritiska i brzine strujanja.
- budu neutralna u odnosu na plasti-ke mase, zaptivke, metale i za{titu (premaze, farbe, lakove i sl.)
- imaju dobra mazivna svojstva

- imaju malu promenu viskoznosti sa promenom temperature i pritiska u radnom opsegu
- imaju dobru toplotnu provodljivost
- imaju malu količinu i lako izdvajanje vazduha, brzo razlaganje pene, kao i niz drugih osobina.

## 2.3 Hidrauličke pumpe i motori

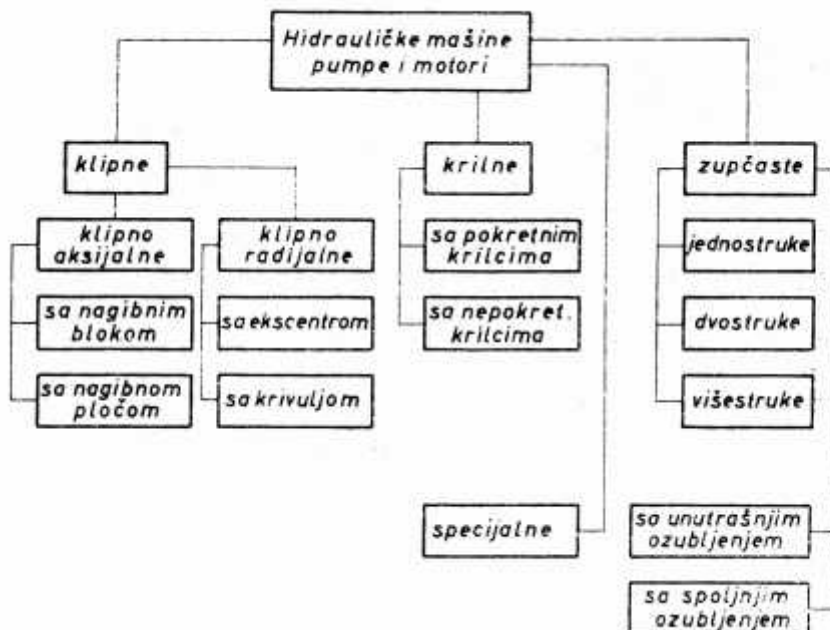
Pod ovim pojmom podrazumevamo mašine koje pretvaraju mehanički rad u hidrostatičku energiju (pumpe) i obratno, koje pretvaraju hidrostatičku energiju u mehanički rad (motori). Zbog sličnosti konstrukcije iste vrste pumpe i motora, karakteristike i osnovne relacije za proračun mogu se dobiti analizom samo jedne od njih.

Pumpa čini osnovni element pogonske grupe hidrauličkog sistema (kola). Radni element (rotor) pumpe može da izvodi: translatorno, rotaciono ili složeno rotaciono-translatorno kretanje. Periodičnim kretanjem rotora u radnoj komori ostvaruje se proces usisavanja i potiskivanja radnog fluida (ulja) u pumpi.

Prema načinu formiranja radne zapremine hidraulične mašine (pumpe i motori) se mogu podeliti kao što je to prikazano na slici 43.

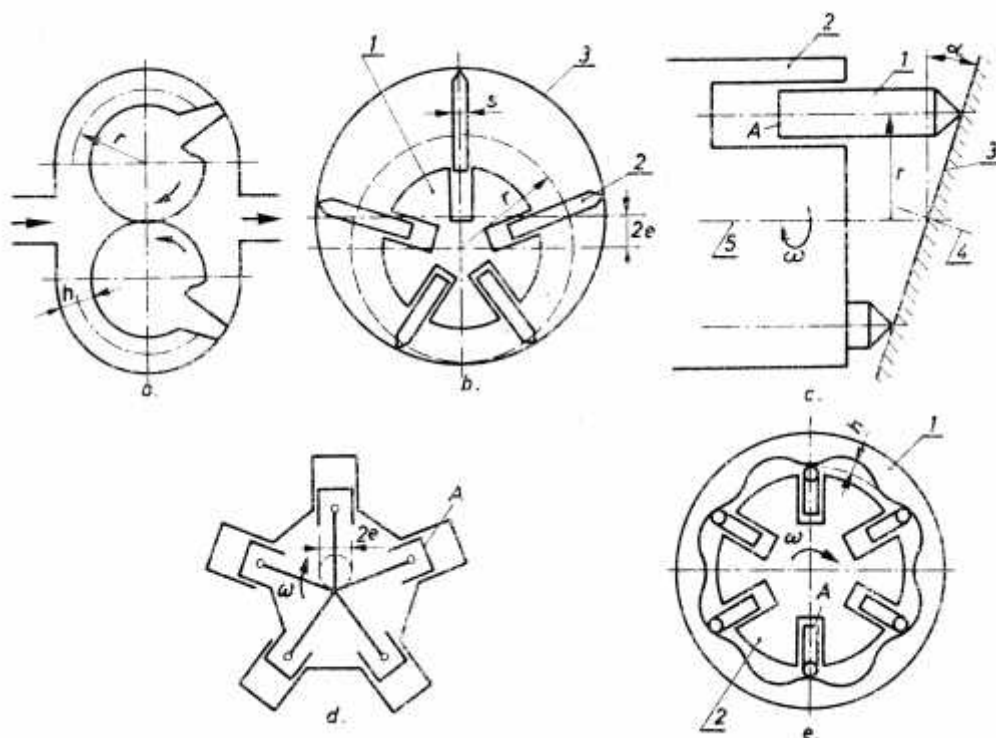
Pored ove najopštije klasifikacije hidrauličnih mašina, one se mogu podeliti i prema promeni radne zapremine na hidraulične mašine sa:

- konstantnom radnom zapreminom,
- promenljivom radnom zapreminom (kontinualno ili diskretno).



Slika 43: Klasifikacija hidrauličnih mašina

Način promene radne zapremine i veličine koje je određuju kod osnovnih tipova hidrauličnih mašina dati su na slici 44.



Slika 44: Geometrijske radne zapremine razli-utih tipova hidrauli-nih ma{ina

## 2.4 Osnovni parametri rada hidrauli-nih ma{ina

Pod pojmom stati-ki parametri podrazumevaju se parametri koji uti-u na stati-ke karakteristike, tj. oni koji defini{u stacionarni re' im rada i opisuju ma{ine u osnovnoj funkciji. U tom smislu osnovni parametri su:

- specifi-ni protok,
- pritisak,
- broj obrataja,
- ukupni stepen korisnosti (definisan kao proizvod zapreminskog i mehani-kog stepena iskori{enja)

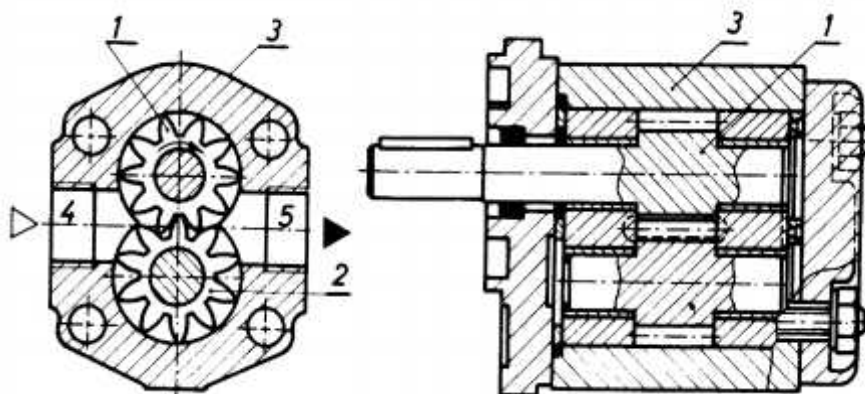
Zapreminski gubici se javljaju usled curenja izmedju prostora koji se nalazi pod razli-itim pritiscima i zbog nepotpunog popunjavanja radne zapremine usled pove}anja hidrauli-kih otpora izazvanih velikom brzinom kretanja rotora ma{ine.

## 2.5 Hidrauli-ne ma{ine

### a) Zup-aste pumpe

Zbog jednostavnosti konstrukcije (slika 45), niske cene i dobrog radnog veka uvek se ugradjuju u hidrauli-ni sistem kada je to mogu}e. Spadaju u grupu hidrauli-nih ma{ina sa konstantnom radnom zapreminom. Pri rotacionom (obrtnom) kretanju zup-astog para 1-2, od kojih je jedan pogonski (povezan sa elektro-motorom) a drugi gonjeni, transporuje se radni fluid u medjuzubljinama ovih zup-anika ograni-enim ku}i{tem 3. Pri ovome jedna manja

količina ulja ostaje zarobljena između zuba jednog zupčanika i međuzublja drugog u samoj zoni sprežavanja, pa se u cilju izbegavanja nemirnog rada pumpe ovaj deo ulja odvodi kroz posebne bočne kanale ka potisnom vodu. Radni fluid se inače uvlači preko ulaznog otvora 4, a nakon povećanja pritiska u pumpi se potiskuje kroz izlazni otvor 5.



Slika 45: Zupčasta hidraulična pumpa

Da bi se povećao kapacitet pumpe, a bez značajnijeg povećanja njenih gabarita, prave se pumpe sa više zupčanika koje dobijaju pogon od jednog centralnog, -ime se dobijaju nekoliko međusobno nezavisnih mlazeva.

Zupčaste pumpe mogu se izvoditi i sa unutrašnjim ozubljenjem i sa promenjivim protokom, ali se ovo rešenje u praksi vrlo retko sreće.

Geometrijska zapremina pumpe imajući u vidu sliku 139. je:

$$V = 2h \cdot b \cdot 2r \text{ (cm}^3\text{)}$$

gde je:

b (cm) – širina radne zapremine (zupčanika).

Teorijski zapreminski protok pumpe sa dva zupčanika može se sračunati preko obrasca:

$$\dot{V}_T = 2f \cdot d_0 \cdot m \cdot n \cdot 10^{-6} \text{ (m}^3\text{/min)}$$

gde su:

$d_0$ (cm) – prečnik podeonog kruga pogonskog zupčanika

m (cm) – modul zupčanika

n (o/min) – br. obrtaja pogonskog zupčanika

Stvarni protok (kapacitet pumpe  $\dot{V}$ ) dobija se množenjem teorijskog sa zapreminskim stepenom iskorišćenja (obično između 0,75÷0,98). Ukupni stepen iskorišćenja, u zavisnosti od veličine pumpe obično ne prelazi 0,9.

Jedinični protok predstavlja stvarni sveden je na jedinični ugao:

$$q = \frac{\dot{V}_T \cdot \gamma_V}{2f}$$

Pogonska snaga pumpe određuje se prema obrascu:

$$P = p \cdot \dot{V}$$

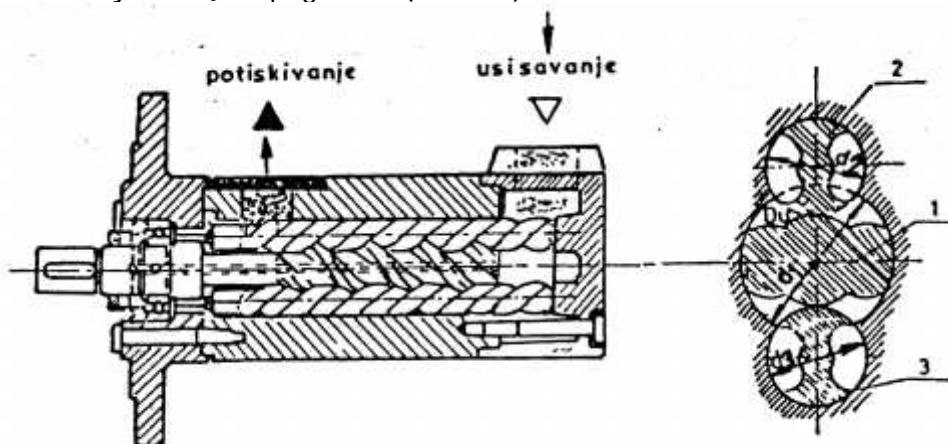
gde je:

p (Pa) – radni pritisak pumpe

Radni pritisak u zavisnosti od namene pumpe može biti različit i obično je u opsegu od 5 do 210 bar. Kod mašina od kojih se zahteva naročito miran rad kao na pr. kod mašine za precizno bušenje ili brusilice radni pritisak je oko 15bar, a brojevi obrtaja 400÷800 o/min. Takođe, kod korišćenja ovih pumpi za potiskivanje ulja za podmazivanje njihov br. obrta obično ne prelazi 300 o/min. Za pritiske između 50 i 120 bar, i za protoke između 10 i 80 l/min, primenjuju se brojevi obrtaja do 1500 o/min, a za visoke pritiske i male protoke, mogu dostići vrednost i od 3000 o/min.

### b) Zavojne pumpe

Ove pumpe putem rotora koji je u vidu zavojnih vretena sabijaju i potiskuju radni fluid od ulaznog do potiskog otvora koji se nalaze na suprotnim krajevima rotora. Ovih zavojnih vretena može biti više (obično tri ili pet), gde su kod rešenja od tri zavojna vretena dva bočna vodjena, a srednje vodeće – pogonsko (slika 46).



Slika 46: Zavojna pumpa sa tri vretena: 1-vodeće vreteno, 2,3-vodjena vretena

Zavojne pumpe obezbeđuju bezuman i pouzdan rad, ravnomeran protok ulja, zbog čega su dosta primenjene u hidrauličnim sistemima. Naročitu primenu su našli kod automatizacije mašina i procesa, zbog lake regulacije i upravljanja njihovim radom. Pumpe se upotrebljavaju za pritiske od 25÷100 bar, a optimalan rad se postiže pritiskom od 50bar.

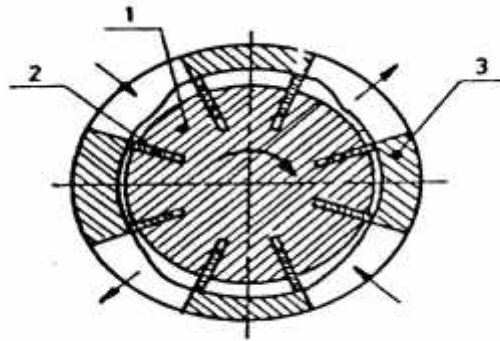
Nedostatak im je velika osetljivost na pritisak u usisnom vodu, što se primećuje po jakom šumu.

### c) Krilne pumpe

Izgled ovakve pumpe (motora) prikazan je na slici 47.

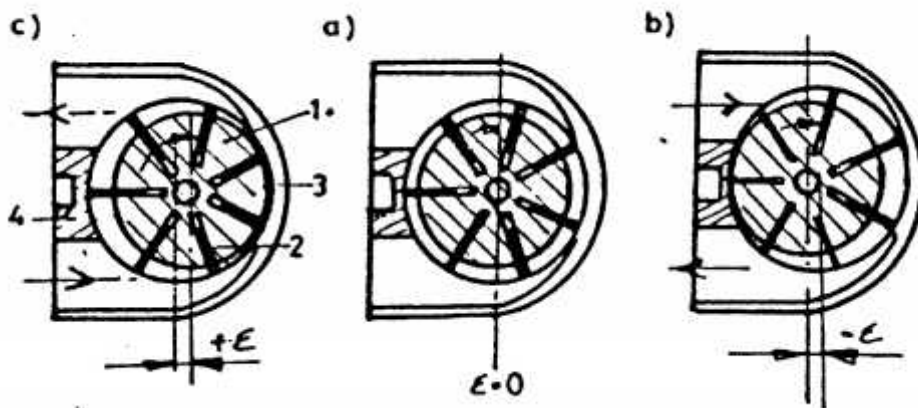
Rotor (1) ima radijalno urezane proreze u kojima se nalaze radijalno pomerljive lopatice (2) u vidu ploče. Prilikom obrtanja rotora, lopatice prate unutrašnju konturu kućišta (3) pri čemu svake dve lopatice formiraju po jednu šeliju, čija se zapremina po jednom obrtu dva puta povećava i dva puta smanjuje, ostvarujući na taj način dejstvo usisavanja i potiskivanja ulja.

Krilne pumpe se dosta često koriste za regulaciju brzine glavnog i pomoćnog kretanja kod mašina za preradu drveta. Uglavnom se projektuju za protoke 2-300 l/min pri 1500 o/min, a za pritiske 70÷140 bar.



Slika 47: Vi{e}lijska krilna pumpa konstantnog kapaciteta: 1-rotor, 2-lopatice, 3-ku-i{te

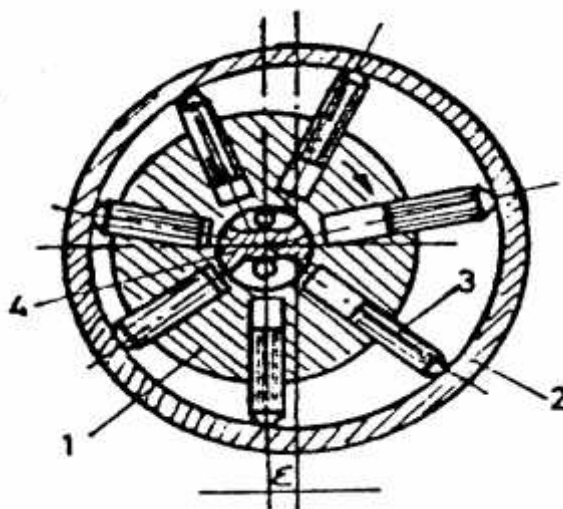
Kod krilnih pumpi mogu}a je regulacija protoka, a sa tim i promena smera kretanja i brzine proticanja radnog fluida. Ovo se posti'e pomeranjem statorskog prstena (3) u odnosu na rotor (1), kao {to je to prikazano na slici 48.



Slika 48: Krilna pumpa promenljivog kapaciteta

d) Radijalno klipne pumpe

Konstrukcija ove pumpe sli-na je krilnoj pumpi (slika 49).



Slika 49: Radijano klipna pumpa

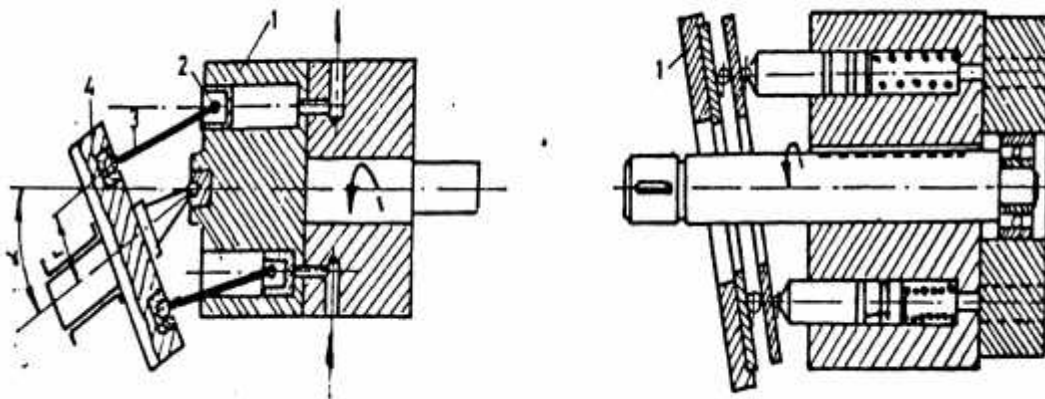
U radijalne otvore rotora (1) postavljeni su klipovi (3), koji se usled obrtanja ekscentri-no postavljenog rotora izvla-e i uvla-e u njega. Rotor se obr}e oko nepomi-nog sto'era (4), koji na mestu naleganja rotora sa gornje i donje strane use-en da bi se preko aksijalnih otvora sa gornje strane uspostavila veza sa usisnim vodom, a sa donje strane sa potisnim. Prilikom obrtanja rotora, klipovi koji se nalaze u gornjoj polovini rotora vr}e kroz gornji aksijalni otvor sto'era usisavanje te-nosti, a kad klipovi usled daljeg obrtanja bivaju radijalno potisnuti, oni kroz donji usek sto'era potiskuju ulje u potisni vod.

Da bi se obezbedila ravnomernost u radu, ove pumpe se obi-no prave sa neparnim brojem klipova (5÷11). Omogu}avaju ve}e radne pritiske (i do 350 bar), pri malim hidrauli-nim gubicima zahvaju}i boljim mogu}nostima zaptivanja cilindri-nih povr{ina klipa i cilindra.

#### e) Aksijalne klipne pumpe

Kod ovih pumpi, za razliku od radijalnih, klipovi su aksijalno pokretni. Postoje dve konstrukcije ovih pumpi (slika 50):

- a) sa nagibnim blokom (diskom)
- b) sa nagnutom plo-om



Slika 50: Aksijalno klipna pumpa: a) sa nagibnim blokom: 1-rotor, 2-klip, 3-poluge, 4-disk; b) sa nagnutom plo-om: 1-nepokretna nagnuta plo-a.

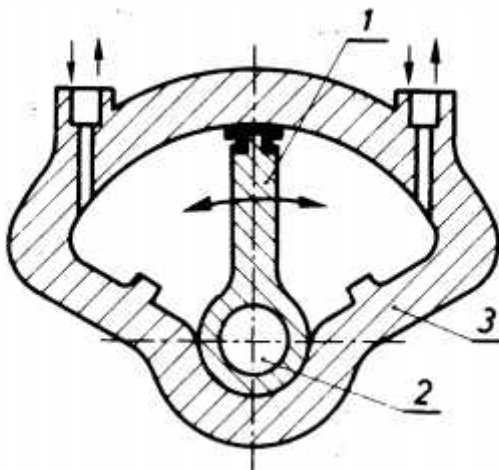
Kod pumpe sa nagibnim blokom (sl.50a) pri obrtanju rotora (1) se istovremeno obr}e i disk (4) posredstvom centralnog zgloba, {to izaziva pomeranje klipova u cilindrima, a time i usisavanje i potiskivanje radnog fluida. Kod druge varijante ove pumpe, sa nagnutom plo-om (sl. 50b), hod klipova ostvaren je zahvaljuju}i nepokretno nagnutoj plo-i (1) sa aksijalnim le' i{tem za -iji su pokretni prsteni vezani klipovi.

Klipno aksijane pumpe kao i motori mogu biti konstantnog ili promenljivog protoka. U uređajima sa konstantnim protokom ne postoji mogu}nost promene ugla  $\gamma$  nagibnog bloka odnosno nagnute plo-e, dok se kod ma{ina sa promenljivim protokom promenom ovog nagibnog ugla menja i hod klipa, a samim tim i radna zapremina odnosno protok.

Ove pumpe se takodje primenjuju za visoke pritiske (obi-no do 320 bar), pri brojevima obrta 1500÷6000 o/min.

f) Krilni zakretni motor

Ovaj motor (slika 51) funkcioniše na taj način što se sa jedne strane krilca (1) dovodi ulje pod pritiskom koje krilce, zajedno sa izlaznim vratilom (2), zakreće u jednu stranu. Moment koji vrši ovo zakretanje je konstantan duž celog hoda krilca i zavisi od pritiska ulja, površine krilca i unutrašnjeg prenika kućišta (3).



Slika 51: Zakretni motor (aktuator) sa krilcem

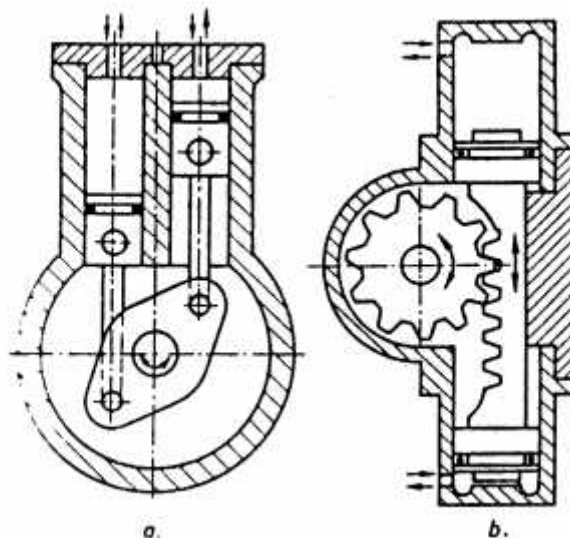
Ugao zaokretanja kod ovakvog motora može da iznosi i do  $270^{\circ}$ , ali se mora voditi računa o krutosti cele konstrukcije da ne bi došlo do laganog zaptivanja usled deformacije kućišta.

g) Klipni zakretni motor

Za razliku od krilnog motora, ovaj motor ima klipove na koje deluje ulje pod pritiskom. Jedna od konstrukcija je da klipovi budu paralelni (slika 52a), a klipnjače povezane sa klackalicom koja pokreće vratilo. Ulje se dovodi naizmenično iznad jednog pa iznad drugog klipa koji obrću vratilo za određeni ugao. Moment kod ovog tipa motora zavisi od ugla zakretanja. On je obično zbog konstrukcije motora ograničen na max.  $100^{\circ}$ .

Drugi tip klipnog zakretnog motora (slika 52b) ima klip dvosmernog dejstva koji u sredini ima zupčastu letvu spregnutu sa zupčanicom na izlaznom vratilu. Dovodjenjem ulja pod pritiskom na jednu ili drugu stranu, klip se pomera i zakreće spregnuti zupčanik sa izlaznim vratilom. Moment je konstantan na celom hodu, a ugao zakretanja može iznositi do  $180^{\circ}$ .





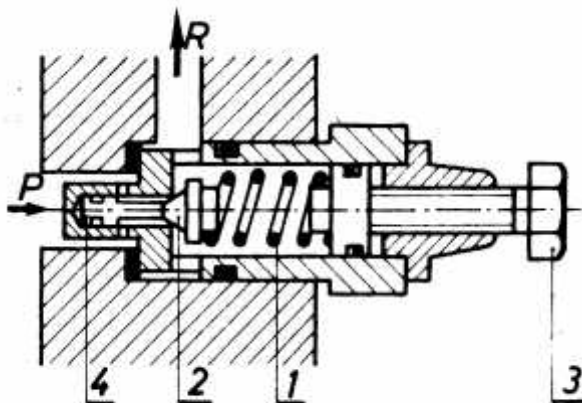
Slika 52: Zakretni motor sa klipovima: a) sa dva paralelno postavljena klipa; b)sa jednim klipom dvosmernog dejstva

## 2.6 Hidrauli-ni ventili

### a) Ventil sigurnosti

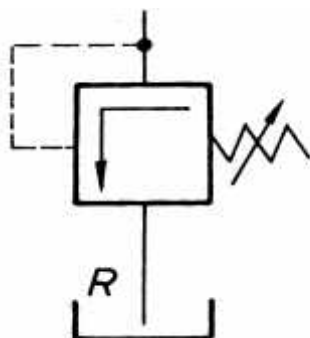
Ovaj ventil naziva se još i prelivni i zadatak mu je da spre-i da pritisak u instalaciji predje zadatu vrednost. U zavisnosti od veli-ine protoka koji treba da propusti, upotrebljavaju se ventili direktnog i ventili indirektnog dejstva.

Ventil sigurnosti direktnog dejstva prikazan je na slici 53, a njegov simbol dat je na slici 153.



Slika 53: Ventil sigurnosti direktnog tipa

Zavrtnanjem vijka (3) pritiska se opruga (1) i preko nje sila pritiska prenosi se na radno telo ventila (2). Ovim se zadaje maksimalna vrednost pritiska koja sme da bude prisutna u instalaciji, ali u slu-aju prekora-enja te zadate vrednosti telo ventila (2) se otvara i dolazi do preliivanja ulja u pravcu "R".

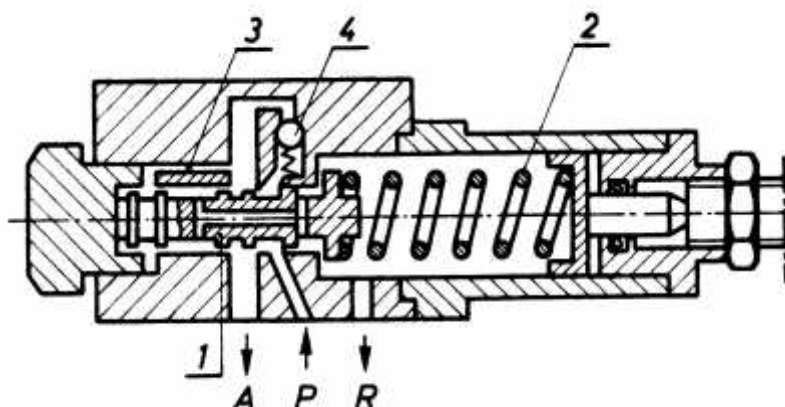


Slika 54: Simbol ventila sigurnosti

Zbog veličine otvora za proticanje i veličine opruge, ovi ventili pogodni su samo za manje protoke. Za veće protoke upotrebljavaju se ventili sigurnosti indirektnog dejstva, koji se inače upotrebljavaju i za puštanje u rad pumpi bez opterećenja.

#### b) Regulatori pritiska

Regulator pritiska (slika 55) je ventil čiji je zadatak da održava konstantan pritisak u instalaciji ili delu instalacije. Za razliku od ventila sigurnosti, kroz ove ventile tečnost protiče praktično bez otpora kada ventil nije pod pritiskom. Kada pritisak  $P$  naraste pomera radno telo (1) ventila u desno, opruga (2) se sabija i ulje ističe ka rezervoaru (R). Kao i kod ventila sigurnosti, i ovde postoje regulatori pritiska direktnog i indirektnog dejstva.

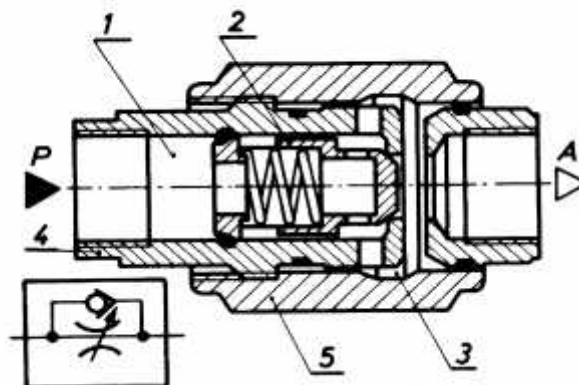


Slika 55: Regulator pritiska direktnog dejstva

Ventili za regulaciju pritiska pri radu deo energije kojom raspolaže radni fluid (ulje) pretvaraju u toplotnu energiju, i ove gubitke pritiska ulja treba imati u vidu prilikom projektovanja instalacije.

#### c) Prigušnica

Uloga prigušnog ventila (slika 56) je regulisanje protoka kod jednostavnijih instalacija sa pumpom konstantnog kapaciteta. Da bi se obezbedio konstantan protok, potrebno je na mestu priguženja obezbediti konstantan pad pritiska.



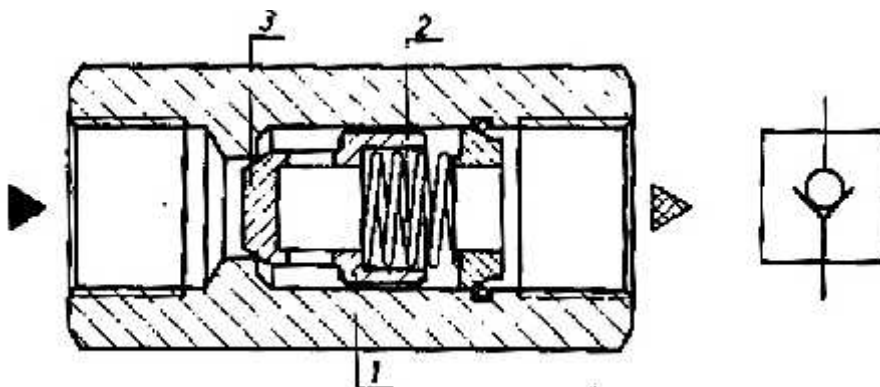
Slika 56: Ventil za prigućenje

Preko radnog tela ventila (2) reguliše se veličina otvora za proticanje a time i količina propuštenog ulja. Strelica u oznaci simbola ventila (slika 56), označava da se radi o podesivom prigućnom ventilu. Jedan od nedostataka ovakvih prigućnih ventila je brzina proticanja ulja kroz procep, usled čega se znatno povećava temperatura ulja i menja njegova viskoznost.

#### d) Nepovratni ventil

Zadatak ovog ventila je da propusti ulje u jednom, a da spreči njegovo proticanje u suprotnom smeru. Po konstrukciji, spadaju u ventile sa sedištem, tako da omogućavaju zatvaranje bez curenja.

Na slici 57 prikazan je nepovratni ventil kod kojeg je lement za zatvaranje konus (1), kojeg opruga (2) pritiska na sedišta (3) u kućištu ventila. Fluid normalno struji u smeru prikazanom strelicama. U slučaju pada pritiska dolazi do njegovog zatvaranja tako da nema strujanja u suprotnom smeru.



Slika 57: Nepovratni ventil

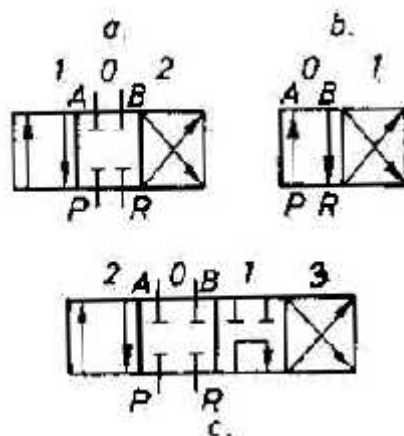
Pritisak otvaranja nepovratnog ventila je između 0,5 i  $3 \cdot 10^5$  Pa. Ovaj ventil može da se ugradi u instalaciju u bilo kom položaju.

Postoje konstrukcije nepovratnih ventila bez opruge, koji se obavezno ugrađuju u vertikalnom položaju, da bi konus, usled svoje težine, legao na sedištu.

## 2.7 Razvodnici

Uloga razvodnika je da usmeravaju ulje pod pritiskom u komore izvr{nih organa, kako bi oni ostvarili pomeranje u 'eljenom smeru. Za zaustavljanje i ponovno pokretanje radnog elementa izvr{nog organa, takodje su odgovorni razvodnici.

Simbol razvodnika predstavlja pravougaonik podeljen u dva, tri ili vi{e polja. Na slici 58. prikazani su osnovni simboli razvodnika tri razvodnika.



Slika 58: Simboli hidrauli-kih razvodnika: a-tropolo' ajni, b-dvopolo' ajni, c--etvoropolo' ajni

Simbol je podeljen na onoliko polja koliko polo' aja ima razvodnik: oznakom 0 obele' en je polo' aj u koji razvodnik dolazi kad nema nikakve komande, dok u polo' aje 1, 2 i 3 dolazi po aktiviranju komande. Oznakom P i R obele' eni su priklju-ci povezani sa pritiskom (P) i rezervoarom (R); dok su oznakama A i B ozna- eni priklju-ci spojeni sa potro{a-em.

Razvodnik se obele' ava sa dva broja odvojena kosom crtom. Na primer, oznaka 4/2 ozna-ava razvodnik sa 4 priklju-ka i 2 polo' aja. Primenjuje se vi{e na-ina aktiviranja tj . dovodjenja razvodnika u ' eljeni polo' aj. Naj-e{}e se koristi:

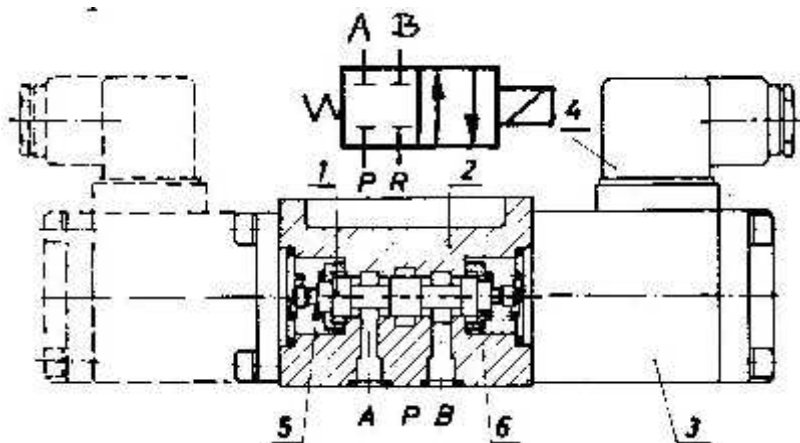
- 1) mehani-ko (aktiviranje putem: pritiskiva-a, opruge, poluge, pedale i sl.)
- 2) elektri-no (aktiviranje putem: releja (elektromagneta), elektromotora, podesivog pogona sa povratnom spregom i sl.)
- 3) pneumohidrauli-no (aktiviranje putem: komprimovanog vazduha, te-nosti pod pritiskom)
- 4) kombinovano

Prema na-inu ostvarivanja funkcije koju obavljaju razvodnici mogu biti: diskretni i analogni.

### a) Diskretni razvodnici

Ovi razvodnici se mogu na}i u ta-no odredjenom, unapred zadatom polo' aju, bez mogu}nosti da zauzmu bilo koji medjupolo' aj i time uti-u na koli-inu ulja koja proti-e kroz razvodnik. Postoje vi{e tipova diskretnih razvodnika kao {to su: klipni, ventilski, plo-asti i sl.

Od svih diskretnih razvodnika najvi{e se primenjuju klipni. Klipni razvodnici imaju jednostavnu tehnologiju izrade i lako upravljanje klipom razvodnika koji se kre}e aksijalno. Jedan dovpolo' ajni klipni razvodnik sa -etiri otvora (oznaka 4/2), zajedno sa hidrauli-kim simbolom, prikazan je na slici 59.



Slika 59: Klipni razvodnik N06

U neaktiviranom polo'aju razvodnik je zatvoren tako da nema proticanja ulja kroz njega. U aktiviranom polo'aju vodovi su spojeni kao {to to prikazuje desni kvadrat na {emi simbola, tj. vod koji je pod pritiskom pumpe (P) }e biti spojen sa izlaznim otvorom (A), dok }e vod na kome je rezervoar (R) biti spojen sa priklju-kom (B). Ovim razvodnikom se mo'e upravljati cilindar dvosmernog dejstva, koji na pr. ima oprugu koja klip vra}a u prvobitni polo'aj nakon prestanka dejstva aktivacije razvodnika.

Promena protoka kroz razvodnik mo'e se ostvariti pogodnim izborom cilindri-nih zaptivnih pojaseva na klipu. Ugradnjom jo{ jednog magneta umesto poklopca (2) mo'e se ostvariti i tre}i polo'aj razvodnika, tako {to ga u srednji polo'aj dovode centriraju}e opruge (5) i (6). Pri strujanju te-nosti kroz razvodnik pojavljuje se hidrodinami-ka sila koja te'i da zatvori razvodnik. Usled razlike pritiska na klipu javlja se i njegovo prijanjanje za telo razvodnika tzv. "lepljenje". Ova pojave umnogome zavisi od -isto}e ulja. Da bi se sila "lepljenja" zadr'ala u normalnim granicama, preporu-uje se filtriranje ulja na fino}u od  $25\mu\text{m}$ .

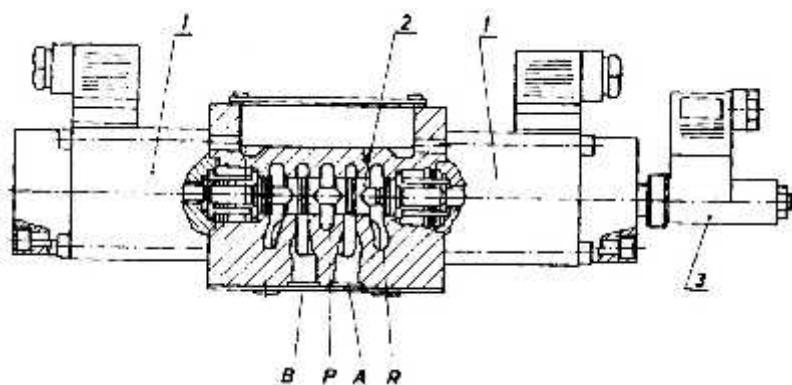
#### b) Analogni razvodnici

Za razliku od diskretnih, analogni razvodnici su u stanju da zauzmu bilo koji medjupolo'aj u zavisnosti od ja-ine pobude (aktivacije) koja je prisutna na razvodniku. Zbog sposobnosti da kontinualno menjaju polo'aj pokretnog elementa npr. klipa, oni menjaju i proto-nu povr{inu, pa su samim tim u stanju da kontinualno menjaju protok koji prolazi kroz razvodnik.

U principu postoje dve vrste analognih razvodnika:

- 1) proporcijalni
- 2) servorazvodnici

1) Proporcijalni razvodnici imaju standardnu konstrukciju, sli-nu disretnim razvodnicima. Na slici 60. prikazan je proporcijani razvodnik sa elektro-magnetnom pobudom, direktno upravljan.



Slika 60: Proporcijani razvodnik N010, direktno upravljani

Karakteristika proporcijalnih magnetata je takva da je sila u magnetu linearno zavisna od napona koji se dovodi u magnet. Prolaskom jednosmerne struje kroz proporcijalni magnet (1) pretvara se električni signal u pomeranje klipa (2). Davalo (3) identifikuje stvarni položaj klipa koji se preko elektronike održava konstantnim.

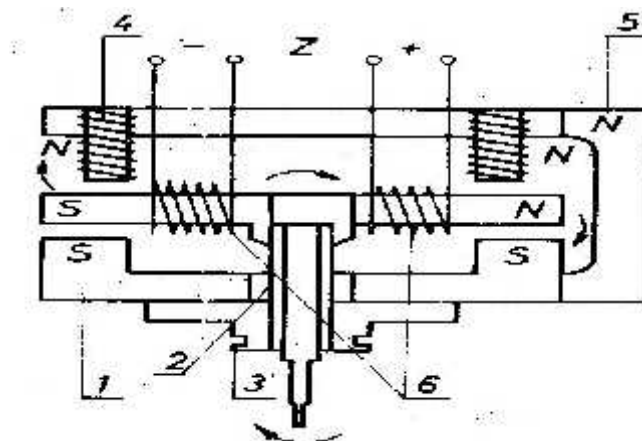
Protoni ivice, u obliku blende prigušnika, ostaju stalno u dodiru sa zaptivnim pojasevima na telu razvodnika.

Pored ovog direktnog upravljanja postoji i indirektno. Razvodnik je konstruisan iz dva stepena od kojih prvi obično predstavlja pobudu, tj. aktiviranje drugog stepena.

2) Pod pojmom servorazvodnika podrazumevaju se analogni razvodnici koji u sebi sjedinjuju malu snagu ulaznog stepena (ponekad znatno niže od 0,1W) sa kojim se upravlja velikom izlaznom snagom od više stotina kW. Servorazvodnik može da:

- usmeri strujanje kao standardni razvodnik,
- reguliše protok proporcijano ulaznoj struji u prvi stepen.,
- u slučaju potrebe, omogućiti brzo regulisanje protoka ulja kako bismo u brzim prelaznim procesima bili u mogućnosti da vodimo proces prema želji.

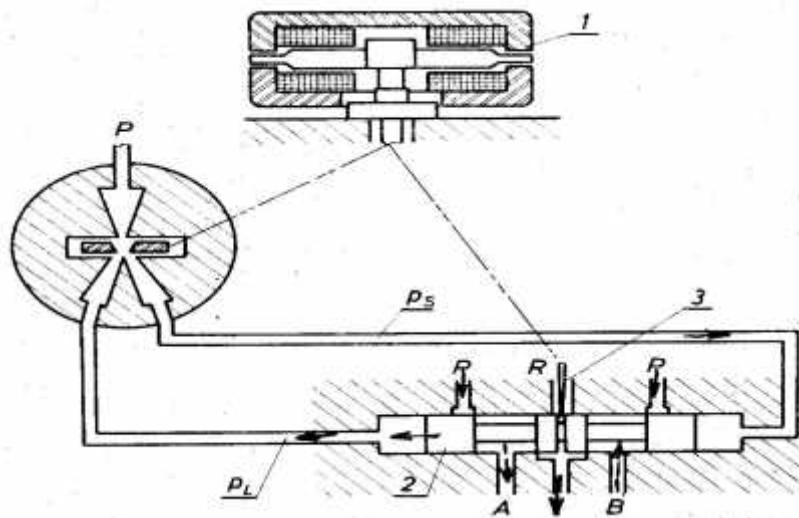
Aktiviranje servorazvodnika često se postiže pomoću momentnog motora. [ematski prikaz rada jednog takvog motora dat je na slici 160.



Slika 61: [ematski prikaz momentnog motora servorazvodnika

Propuštanjem jednosmerne struje preko solenoida (6) se na krajevima kotve motora (2) stvaraju magnetni polovi, koji su privučeni (ili odbijeni) od stalnog magnetata koji

predstavlja delove kućišta (1) i (5). Na slici je prikazano zakretanje motora u pravcu kazaljke na satu. Zamenom polariteta na solenoidu (6) postiže se zakretanje motora u suprotnom smeru. Ovo malo uglovno zakretanje izlaznog vrha kotve momentnog motora predstavlja aktivaciju za servorazvodnik sa strujnim upravljanjem (slika 62).



Slika 62: [ema razvodnika sa strujnim upravljanjem

Momentni motor (1) može biti direktno povezan sa razvodnikom na mestu izlaza kotve (3) i na taj način vršiti aktivaciju klipa (2) tj, njegovo pomeranje levo-desno. Drugi način bi bila indirektna aktivacija tako što izlaz kotve (3) deluje na ploču hidrauličkog pojačavačkog stepena (kružni deo, levo na slici 21), i na taj način usmerava veći pritisak na jednu, a na drugu stranu klipa (2) razvodnika.

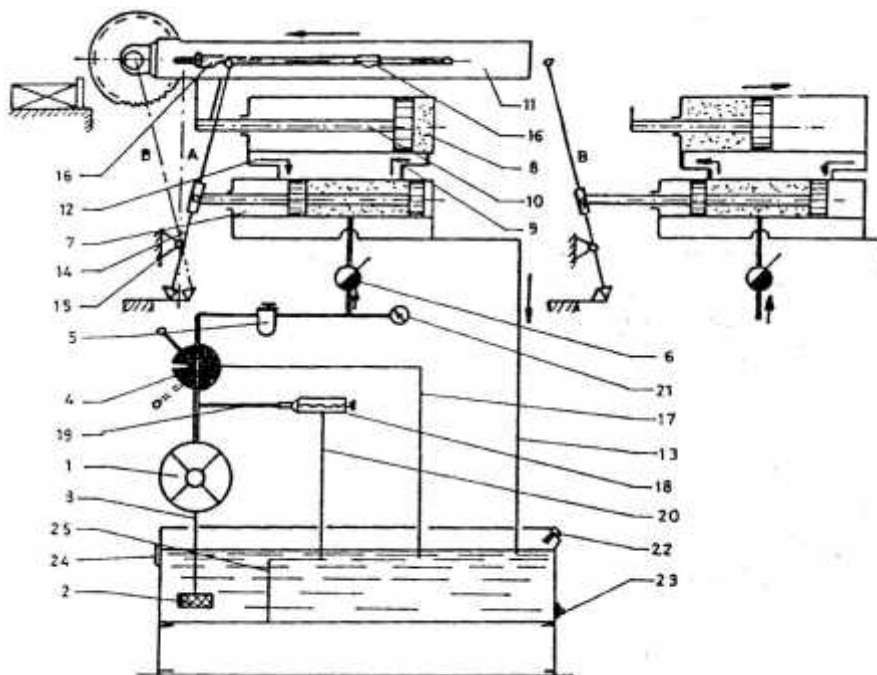
Ovi razvodnici sa strujnim upravljanjem manje su osetljivi na zaprljanost ulja, i ugrađuju se u strujnim kolima gde je nemoguća dobra filtracija ulja. Negativna osobina im je nešto veće curenje u srednjem (nultom) položaju, koje može iznositi 3-6% nominalnog protoka.

## 2.8 Primena hidraulike u drvnoj industriji

U drvnoj industriji se veoma često primenjuje hidraulika, bilo kod izvodjenja glavnog bilo kod pomoćnog kretanja (stezanje, otpuštanje, pridržavanje i sl.). Najčešće je reč o pravolinijskom kretanju, mada ono može biti i obrtno u zavisnosti od vrste izvršnog organa (hidro motora). Isto tako kretanje ostvareno hidrauličkim kolom može biti ravnomerno u oba smerela ili neravnomerno, što je naročito značajno kad je u pitanju brzina povratnog hoda koja treba da je nekoliko puta veća od brzine radnog hoda kako bi se ostvarila veća produktivnost na mašinama.

### a) Pomoćno kretanje nosača alata kružne pile

Na slici 63 je data shema za pravolinijsko oscilatorno kretanje nosača alata kružne pile.



Slika 63: [ema za pravolinijsko oscilatorno kretanje nosa-a alata kružne testere (cirkulara)

Preko pumpe (1) se potiskuje ulje iz rezervoara kroz filter (2), usisnu cev (3) ka slavini (4). Za slu-aj da je slavina otvorena, kao {to je prikazano na slici, ulje prolazi kroz filter (5), i preko prigušnog ventila (6) koji reguliše protok, ulazi u klipni razvodnik (7). Razvodnik usmerava ulje pod pritiskom da ulazi u desnu komoru cilindra (8), {to prouzrokuje kretanje klipa u njemu s desna u levo. Zajedno sa klipom kreće se i klipnjača (10) koja je spojena sa nosa-em alata (11). Leva komora cilindra (8) se preko razvodnika i povratne cevi (13) spaja sa rezervoarom, i vr{i se njeno pra' njenje. Aktivacija klipa razvodnika (7) se vr{i mehani-ki pomo}u poluge (14) i grani-nika (16) koji se nalazi na nosa-u alata. Na kraju radnog hoda nosa-a alata grani-nik (16) prebacuje polugu iz polo' aja A u polo' aj B i na taj na-in klip razvodnika zauzima suprotan polo' aj. Sada razvodnik diktira da se leva komora cilindra spaja sa pumpom, a desna sa rezervoarom, ba{ kako je to prikazano u izdvojenom delu {eme, i sad klip u cilindru (8) kreće s leva u desno, odnosno vr{i se povratni hod. Povratni hod traje sve do momenta dok grani-nik (16) ponovo ne prebaci polugu iz polo' aja B u A.

Da bi se obezbedilo zaustavljanje nosa-a alata, aktivira se slavina (4) -ime se sva koli-ina ulja koju potiskuje pumpa usmeri preko cevi (17) natrag u rezervoar. Fino zaustavljanje klipa u cilindru (8), a time i nosa-a alata se mo'e posti}i ugradnjom prigu{nih ventila koji bi bili spojeni sa desnom odnosno levom komorom pomenutog cilindra.

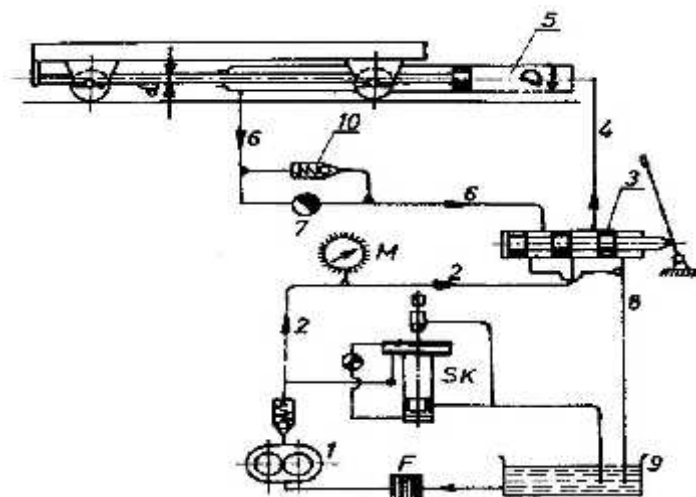
Sigurnosni ventil (18) obezbedjuje instalaciju od prekora-enja pritiska. Kada usled optere}enja nosa-a alata, slavina (4) ne propu{ta svu koli-inu ulja, vi{ak oti-e kroz cev (19), ventil (18) i cev (20) u rezervoar, -ime se smanjuje porast pritiska u sistemu koje je izazvalo optere}enje.

Kontrola pritiska se vr{i preko manometra (21), nivoa ulja u rezervoaru preko stakla (24), a postoje jo{ i otvori za punjenje (22) i pra' njenje rezervoara.

#### b) Kretanje vagoneta u pilanskoj preradi drveta

Kinematska {ema data je na slici 64.





Slika 64: [ema hidrauli-nog kola sa cilindrom za kretanje vagoneta kod trup-are

Pumpa (1) potiskuje ulje iz rezervoara preko cevodova (2) u razvodnik (3). Radni hod kolica se ostvaruje tako što razvodnik (3) spaja cevod (2) i (4), pri čemu se stvara veći pritisak sa desne strane klipa u cilindru (5), i on odlazi u levo. Ulje se iz leve komore cilindra kroz cev (6), zasun (7), razvodnik (3) i cev (8) vraća u rezervoar (9).

Pri povratnom hodu ulje protiče kroz razvodnik (3), cevod (6), nepovratni ventil (10) i dospeva u levu komoru cilindra (5). Sada pošto je sa te strane veći pritisak, desna komora se prazni preko cevodova (4), razvodnika, cevodova (8), sve do rezervoara (9). Povratni hod izvodi se istom brzinom pošto fluid ne prolazi kroz zasun (7), na kome bi se mogao regulisati protok, a time i brzina povratnog hoda. U hidrauličkom sistemu nalazi se još i: filter (F), manometar (M) i sigurnosni ventil (SK).

Brzina klipa u cilindru (5), a time i vagoneta određena je veličinom protoka fluida kroz zasun po formuli:

$$v = \frac{4 \cdot \dot{V}}{f \cdot (D^2 - d^2)}$$

gde su:

$\dot{V}$  - protok ulja koje protiče kroz zasun (7),  
 D – unutrašnji prečnik cilindra,  
 d – prečnik klipnjače.

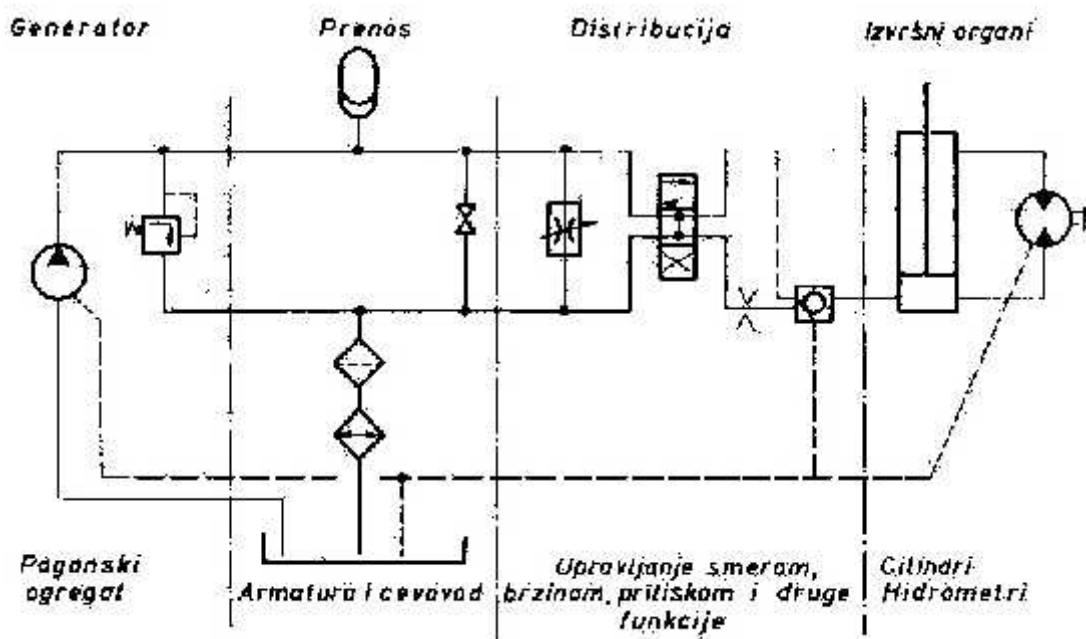
## 11.9 Hidraulički sistemi i njihova regulacija

Skup hidrauličkih komponenti povezanih u jednu celinu sa ciljem da se ostvari zadata funkcija naziva se hidrauličko kolo. Hidrauličko kolo treba da obezbedi:

- 1) pretvaranje mehaničke energije u hidrostatičku
- 2) prenošenje hidrostatičke energije do potrošača
- 3) pretvaranje hidrostatičke energije u mehaničku
- 4) upravljanje smerom (napred, nazad, stop) i brzinom kretanja izvršnog organa
- 5) ostvarenje ostalih funkcija prenosa i transformacije energije

Da bi ostvarilo navedene zadatke hidrauličko kolo treba da sadrži (slika 65):

1. pogonsku grupu koja mehani-ku energiju pogonskog motora pomoću pumpi pretvara u hidrostati-ku. U ovu grupu spadaju i uređaji za{tite pumpi (ventili sigurnosti i sl.)
2. elemente prenosa hidrostati-ke energije koji omogu}avaju transport, sladi{tenje i odr{avanje ulja. U ove elemente spadaju: cevovodi (koji pored transporta ulja imaju i ulogu povezivanja elemenata instalacije u funkcionalnu celinu), priklju-ci, manometri, slavine, akumulatori, rezervoari, pre-ista-i, odvaja-i vlage, hladnjaci, greja-i i dr.



Slika 65: Tipično hidrauličko kolo

3. elemente distribucije koji omogu}avaju: upravljanje smerom kretanja (razvodnici), brzinom (prigu{nici, regulatori protoka, razdeljiva-i protoka), pozicijom (nepovratni i blokiraju}i ventili); kao i niz drugih specifi-nih funkcija
4. izvr{ne organe (hidrocilindre i hidromotore) u kojima se hidrostati-ka energija ponovo pretvara u mehani-ku

Hidrauličko kolo ne mora imati sve navedene elemente, niti oni moraju biti ovako grupisani pa zato ovu podelu treba shvatiti uslovno.

Hidraulička kola prema na-inu kretanja izvr{nih organa mogu se podeliti na:

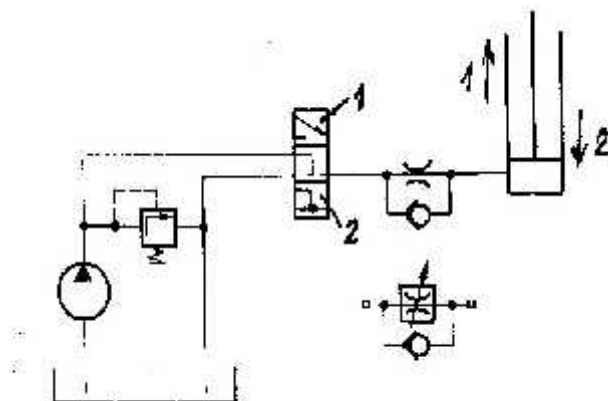
- 1) hidraulička kola sa translatorskim kretanjem
- 2) hidraulička kola sa obrtnim kretanjem (hidromotorom)

1) Hidraulička kola sa translatorskim kretanjem

- Kola sa jednosmernim cilindrom (slika 66)

Primenjuju se kod jednosmernih optere}enja (uglavnom gravitacionih), pri ~emu se kretanje cilindra u jednom smeru ostvaruje hidrauličkom energijom, a povratni hod se obavlja pod uticajem optere}enja (spoljna sila ili teret). Primena ovih kola u preradi drveta bila bi

kod: hidrauli-kih -eki}a, hidrauli-kih makaza za se-enje furnira, podizanja radnog stola kod alatnih ma{ina i sl.



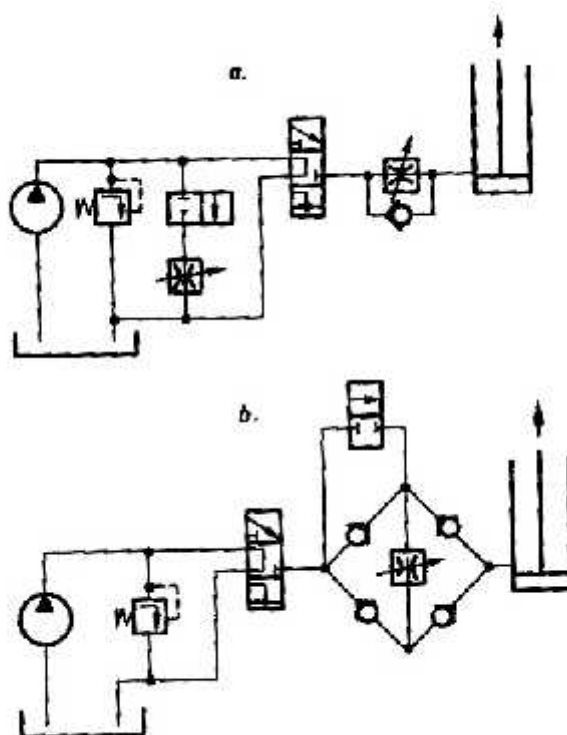
Slika 66: Hidrauli-ko kolo sa jednosmernim cilindrom

Preko razvodnika, njegovog srednjeg polo' aja, pumpa je kratko spojena sa povratnim vodom, pa startuje rastere}ena. Pumpa savladjuje optere}enje kada je razvodnik u polo'aju (1), i klip u cilindru pri tome ide ka gore. U polo'aju (2) razvodnika pumpa i cilindar se kratko spajaju sa povratnim vodom, klip u cilindru usled dejstva spolja{njeg optere}enja tada na dole. Prigu{no-nepovratni ventil ugradjen ispred cilindra kontroli}e brzinu povratnog hoda. U hodu dizanja, struja ulja ide kroz nepovratni ventil bez prigu{enja, dok se u povratnom hodu nepovratni ventil zatvara, a struja ulja te-e kroz prigu{nik. Pode{avanjem prigu{enja kontroli}e se brzina povratnog hoda. Pri optere}enjima koja nisu konstantna za kontrolu povratnog hoda primenjuju se regulatori protoka.

- Kola sa dvosmernim cilindrom

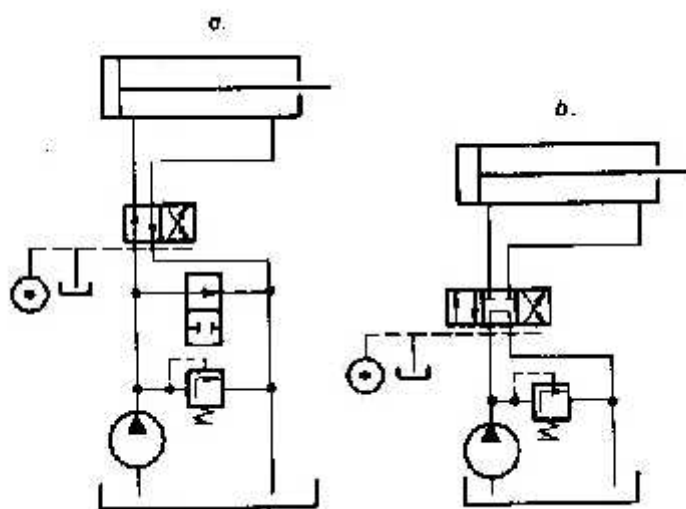
Uglavnom je njihova primena kod dvosmernih optere}enja, mada se mogu koristiti i pri jednosmernim. Princip rada je sli-an kao kod jednosmernog cilindra (slika 67), ali se umesto prigu{nog elementa ugradjuje ventil sigurnosti preko kojeg se kontroli}e sila povratnog hoda.

Ovim kolima je mogu}e posti}i regulaciju brzine podizanja i spu{tanja klipa u cilindru. Ukoliko su brzine dizanja i spu{tanja iste, upotrebljava se jedan element za pode{avanje brzine kretanja (paralelno vezani nepovratni i prigu{ni ventil). Kada to nije slu-aj, da bi se struja ulja i slu-aju podizanja i spu{tanja usmerila kroz regulator protoka upotrebljava se Grecova hidrauli-ka veza (sli-na se primenjuje u elektronici kod veze dioda). Ugradnjom zaobilaznog razvodnika mogu}e je u oba slu-aja posti}i dve brzine kretanja, jednu definisanu kapacitetom pumpe, a drugu prigu{nim elementom.



Slika 67: Hidrauli-ka kola sa regulacijom brzine

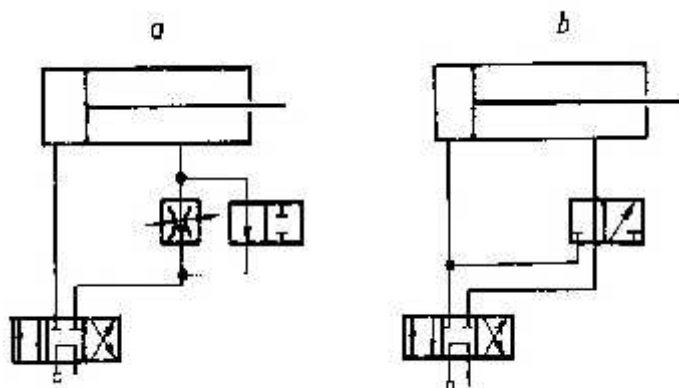
Kod kola sa dvosmernim cilindrom svakako je od posebnog interesa postiji upravljanje smerom kretanja. To se ostvaruje dvopolo' ajnim razvodnikom 4/2 (slika 68a). Da bi se rasteretila pumpa mo'e se ugraditi poseban razvodnik. Za obezbedjenje zaustavljanja u medjupolo' ajima potreban je razvodnik 4/3 (slika 68b). Nulti polo' aj tropolo' ajnog razvodnika koristi se za rastere}enje pumpe pri startovanju motora ili mirovanju cilindra.



Slika 68: Hidrauli-ka kola za upravljanje smerom kretanja

Kod ma{ina alatki, presa, hvataljki i sl. nekad je potrebno ostvariti brzo primicanje, radni hod, brzo odmicanje. Ovo zahteva ugradnju dodatnog razvodnika za obila'enje prigu{nog elementa u fazi brzog primicanja (slika 69a) radi regulisanja brzine radnog hoda. Po pravilu, prigu{ni element ugradjuje se u povratni vod da bi se obezbedio stabilniji rad cilindra. Kod diferencijalnih cilindara mo'e se iskoristiti razlika povr{ine sa strane klipna i klipnja-e za

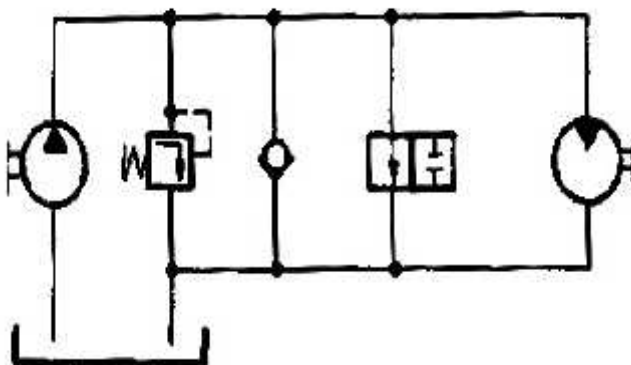
obezbedjenje ciklusa bez prigu{nih elemenata (slika 69b). Brzina radnog hoda je konstrukcijska veli-ina odredjena izborom cilindra, i ne mo'e se naknadno pode{avati.



Slika 69: Hidrauli-ko kolo brzo primicanje, radni hod, brzo odmicanje

## 2) Hidrauli-ka kola sa obrtnim kretanjem (hidromotorom)

Najjednostavnija {ema, tzv. jednosmerno kolo prikazano je na slici 70. Kao {to se sa slike vidi, pored pumpe za{ti}ene sigurnosnim ventilom i hidromotora, predvidjeni su i razvodnik i sigurnosni ventil. Razvodnik omogu}ava startovanje pumpe i motora tako {to kratko spaja potisni i povratni vod. Dakle, hidromotor se zaustavlja kratkim spajanjem vodova pomo}u razvodnika ili zaustavljanjem pumpe. U oba slu-aja, hidromotor mo'e, usled inercijalnih sila, da nastavi kretanje, pa se preporu-uje ugradnja nepovratnog ventila, koji spre-ava pojavu potpritiska u potisnom vodu.



Slika 70: Hidrauli-ko kolo sa obrtnim kretanjem izvr{nog organa

## 2.10 Odr`avanje hidrauli-nih sistema

U procesu eksploatacije radni fluid (mineralna ulja i sl.) gubi fizi-ko-mehani-ka, mazivna i dr. svojstva, zbog ~ega mo'e biti naru{en radni re'im hidrauli-nih agregata. Do ovakvog pogor{anja kvaliteta ulja dolazi uglavnom zbog mehani-kog i hemijskog delovanja razli-itih fatora na ulje, od koji su osnovni oksidacija te-nosti usled kontakta sa vazduhom i razlaganje ulja, do koga dolazi pri radu sa visokim pritiskom.

Usled oksidacije ulje gubi svoju postojanost i viskozitet, i dolazi do izdvajanja taloga u obliku smole. Intenzitet oksidacije ulja je veći ukoliko je ono u radu izloženo povišenim temperaturama i udarcima mehaničke prirode. S toga delove koji su potopljivi u ulje je korisno brunirati, a delove kod kojih deo površine dolazi u dodir sa vazduhom, izraditi od nerđajućeg čelika. Pouzdana zaštita od korozije postiže se i primenom hemijskog niklovanja. Takođe, u cilju otklanjanja učinka korozije ne preporučuje se dodirivanje metalnih površina nezaštićenim rukama. Proces oksidacije ulja može se usporiti pomoću specijalnih aditiva.

Periodično treba menjati ulje u hidrauličnom sistemu, a prema preporuci proizvođača ulja, imajući u vidu i vreme prethodne zamene i broj radnih sati. Prilikom redovnog servisa treba pregledati i eventualno promeniti dotrajale zaptivne elemente i posle toga opet proveriti da nema curenja ulja.

Oprema koje se ugrađuje treba biti prethodno ispitana i da poseduje odgovarajući atest. Tako se na primer ispitivanje creva i cevovoda vrši statičkim i pulzirajućim pritiskom u uslovima koji su slični uslovima pod kojima crevo radi u hidrauličnom sistemu (temperatura, vibracije, promena pritiska i sl.). Ispitivanje pumpi podrazumeva merenje protoka pri maksimalnom radnom pritisku i određivanje veličine zapreminskog i mehaničkog efektivnog stepena iskoriscenja.

Pri dugotrajnom radovanju hidroagregate (pumpe i motore) treba konzervirati, zbog čega se oni pune uljem ili smešom ulja za konzerviranje, a vratila i klipnjače koje su izvan hidroagregata premazuju se gustim mazivom. Dekonzerviranje se sprovodi neposredno pre montaže hidroagregata tako što se njihove unutrašnje komore zaliju bilo kojim tečnim uljem zagrejanim do 80-100°C, a posle 15-20 min. ulje se prosipa.