



HIDRAULIČKI I PNEUMATSKI SISTEMI

**Elementi za transformaciju
energije**

Elementi za transformaciju energije



➤ **Pumpe**

- Klipne pumpe i motori
- Zupčaste pumpe
- Krilne pumpe
- Zavojne pumpe

➤ **Hidraulični motori**

- Hidrocilindri
- Zakretni motori

➤ **Hidraulični akumulatori**

Primena pumpi i motora



Većina rotacionih hidropumpi i hidromotora imaju isti princip rada zbog čega se kao pumpe i motori mogu koristiti jedni isti agregati.

Osnovni procesi u radu pumpe su ***usisavanje*** i ***potiskivanje***.

U procesu **usisavanja** radni organi pumpe stvaraju razliku pritiska između pritiska u rezervoaru sa tečnošću i pritiska u usisnim komorama pumpe, pod čijim dejstvom tečnost puni njene radne komore.

Proces **potiskivanja** svodi se na potiskivanje tečnosti radnim organima pumpe, pri čemu se tečnosti predaje neka rezerva energije koja obezbeđuje dovodenje tečnosti pod potrebnim pritiskom potrošaču.



Pumpe

Pumpe



Pumpa je osnovni agregat hidrauličnog sistema koji mehaničku energiju pogona (ulaznog kola) pretvara u energiju struje tečnosti.

Hidropumpe (zapreminske pumpe) pretvaraju mehaničku energiju dovedenu na ulazno vratilo u energiju kretanja tečnosti pod pritiskom. Na taj način do potiskivanja tečnosti iz radnih komora i punjenja usisnih komora hidropumpe dolazi zbog smanjivanja i odgovarajućeg povećanja geometrijske zapremine ovih komora, hermetički odvojenih jedna od druge.

Osnovni parametri pumpe



Osnovni parametri pumpe (ili hidrauličkog motora) su:

- protok,
- pritisak,
- broj obrtaja,
- ukupni stepen korisnosti

Zapreminski gubici se javljaju usled curenja između prostora koji se nalazi pod različitim pritiscima i zbog nepotpunog popunjavanja radne zapremine usled povećanja hidrauličkih otpora izazvanih velikom brzinom kretanja rotora pumpe.

Protok pumpe



Protok pumpe je zapreminska ili težinska količina tečnosti koju daje pumpa u jedinici vremena.

Razlikujemo:

- proračunski (teorijski) i
- stvarni (korisni) protok pumpe.

Teorijski protok rotacione pumpe je ukupna promena zapremine radnih komora u jedinici vremena, ili proizvod radne zapremine pumpe i broja obrtaja vratila u jedinici vremena, pri čemu se pod radnom zapreminom rotacione pumpe (ili hidrauličkih motora) podrazumeva ukupna promena zapremine radnih komora pri jednom obrtaju vratila. Radna zapremina rotacione pumpe je njen teorijski protok za jedan obrtaj vratila.

Minutni teorijski protok pumpe može se odrediti kao:

$$Q_T = q \cdot n = w \cdot z \cdot n \text{ (m}^3/\text{min)}$$

q – radna zapremina pumpe (m³)

w – radna zapremina jedne komore pumpe (m³)

z – broj komora

n – broj obrtaja vratila u minuti

Stvarni protok pumpe



Stvarni protok pumpe je protok pri određenim vrednostima pritiska i viskoziteta tečnosti, broja obrtaja pumpe i ostalih parametara koji utiču na zapreminske gubitke tečnosti u pumpi. Veličina ovog protoka biće manja od teoretske Q_T za veličinu iscurile tečnosti ΔQ_p .

$$Q_P = Q_T - \Delta Q_P$$

Q_T – teorijski protok

ΔQ_p – iscurila tečnost

Osnovni uzrok gubitaka je nepotpuno ispunjavanje radnih komora pumpe tečnošću, prouzrokovano otporom usisnog voda i prisustvom vazduha u mehaničkoj smeši sa tečnošću;

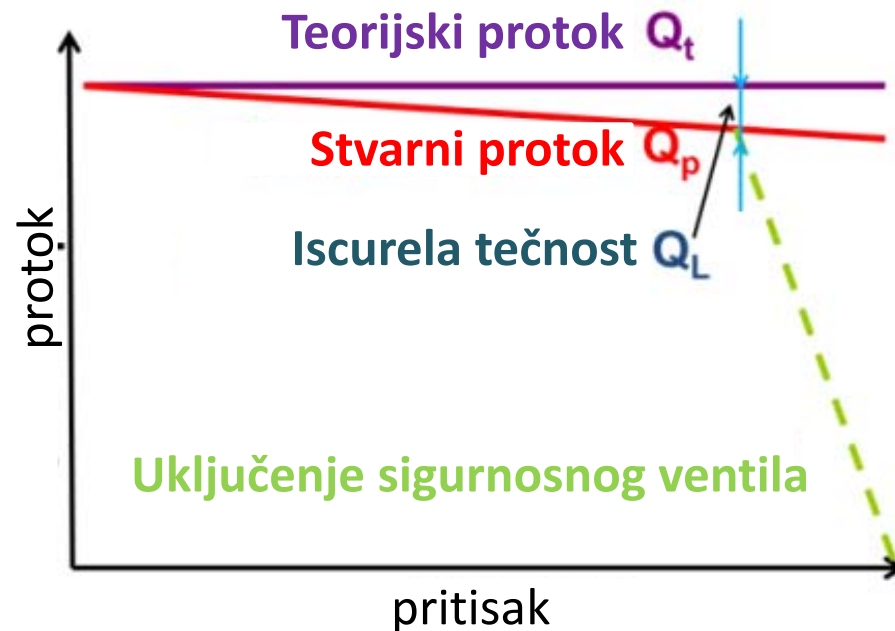
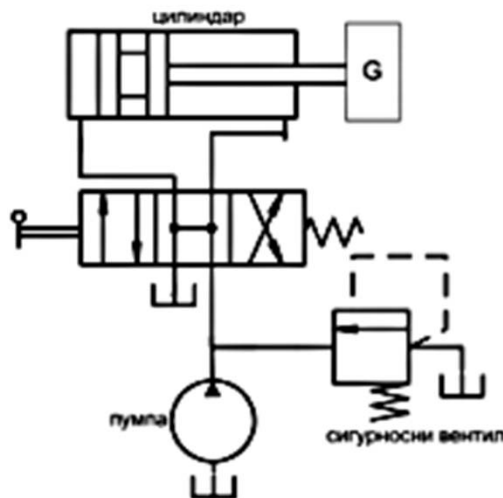
Ovi gubici mogu biti izazvani i deformacijom komora pumpe i sabijanjem tečnosti u njenom nekorisnom prostoru.

Veza između teorijskog i stvarnog protoka sa pritiskom



Eksperiment:

Povećanjem opterećenja G na cilindru, povećava se pritisak. Teoretski, pumpa bi trebala da “vuče” više snage od pogonskog motora, a da protok ostaje isti. Međutim on opada zbog curenja. Sigurnosni ventil se uključuje pri najvećem pritisku koji sistem izdržava. Protok opada na nulu, beleži se najveće curenje.



Snaga pumpe



Radna komora pumpe (ili hidromotora) je izolovani prostor koji obrazuju delovi pumpe, čija se zapremina periodično povećava i smanjuje pri radu pumpe, i koji je naizmenično u vezi sa usisnim i potisnim vodom. **Teorijska (indikatorska) snaga** pumpe, pod kojom se podrazumeva snaga ekvivalentna teorijskom protoku pumpe Q_T (m^3/min) pri datom padu pritiska Δp (Pa), iznosi:

$$N_T = \Delta p \cdot q \cdot n = Q_T \cdot \Delta p$$

Veza između teorijskog momenta M_T na vratilu pumpe (ili hidromotora) i njene radne zapremine q izražena je jednačinom:

$$M_T = \frac{q \Delta p}{2\pi} = 0,159 q \Delta p = 0,159 \frac{Q_T \Delta p}{n} \text{ (Nm)}$$

U dimenzijama koje su uobičajene u praksi teorijska snaga N_T teorijski torzioni moment M_T , mogu se izraziti jednačinom:

$$N_T = \frac{Q_T \Delta p}{60} \text{ (W)}$$

Stepen korisnosti pumpe

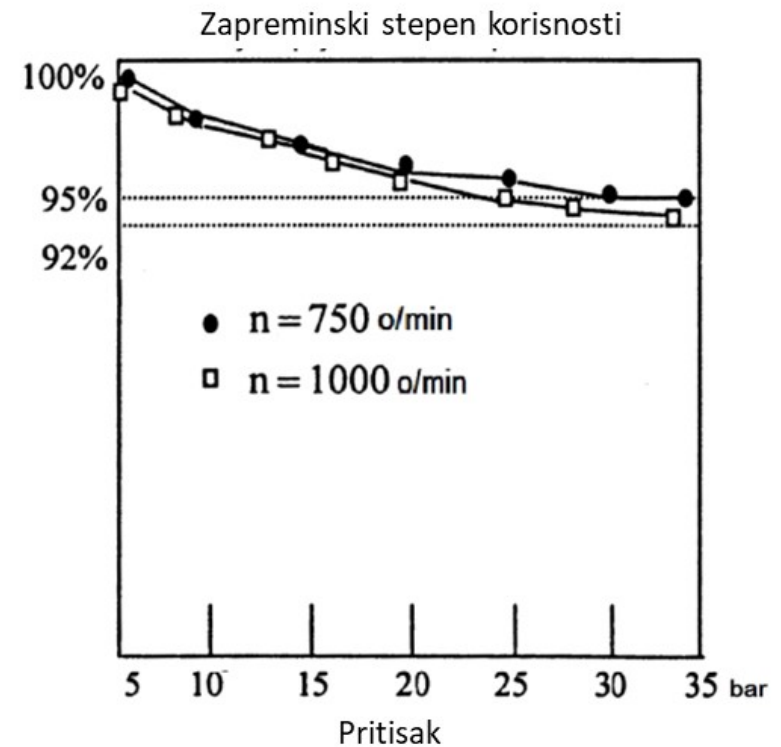


Zapreminski stepen korisnosti pokazuje koliko se stvarni protok pumpe razlikuje od teorijskog protoka.

Zapreminski stepen korisnosti pumpe dat je izrazom:

$$\eta_v = \frac{Q_p}{Q_T} = \frac{Q_p p}{Q_T p} = \frac{P_p}{P_T} = 1 - \frac{\Delta Q_p}{Q_T}$$

Zapreminski gubici tečnosti u pumpi umanjuju η_v puta njegov protok; u istoj meri zapreminski gubici u motoru smanjuju njegov broj obrtaja u poređenju sa teorijskim (računskim).



Stepen korisnosti pumpe



Mehanički stepen korisnosti je odnos snage pumpe i snage pogonskog motora. Deo snage gubi se na trenje pokretnih delova, u ležajevima, spojnicama i sl.

Mehanički stepen korisnosti pokazuje koliko se odvedena snaga razlikuje od dovedene.

$$\eta_m = \frac{P_T}{P_m}$$

Ukupni stepen korisnosti je odnos korisne (stvarne) snage pumpe i snage pogonskog motora.

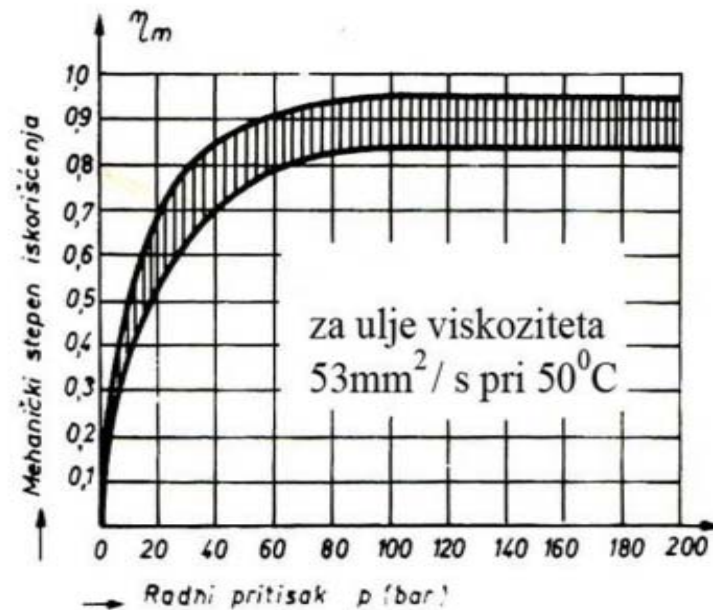
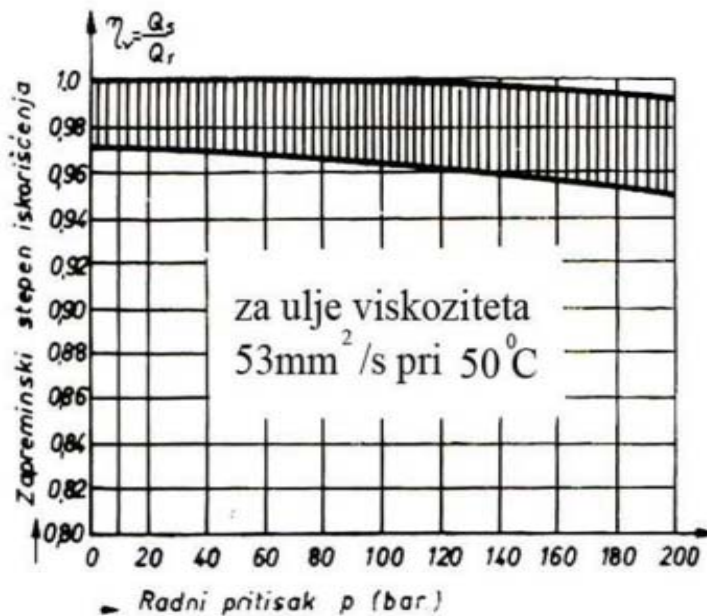
$$\eta_u = \frac{P_p}{P_m} = \frac{P_T}{P_m} \frac{P_p}{P_T} = \eta_v \eta_m$$

Stepen korisnosti pumpe

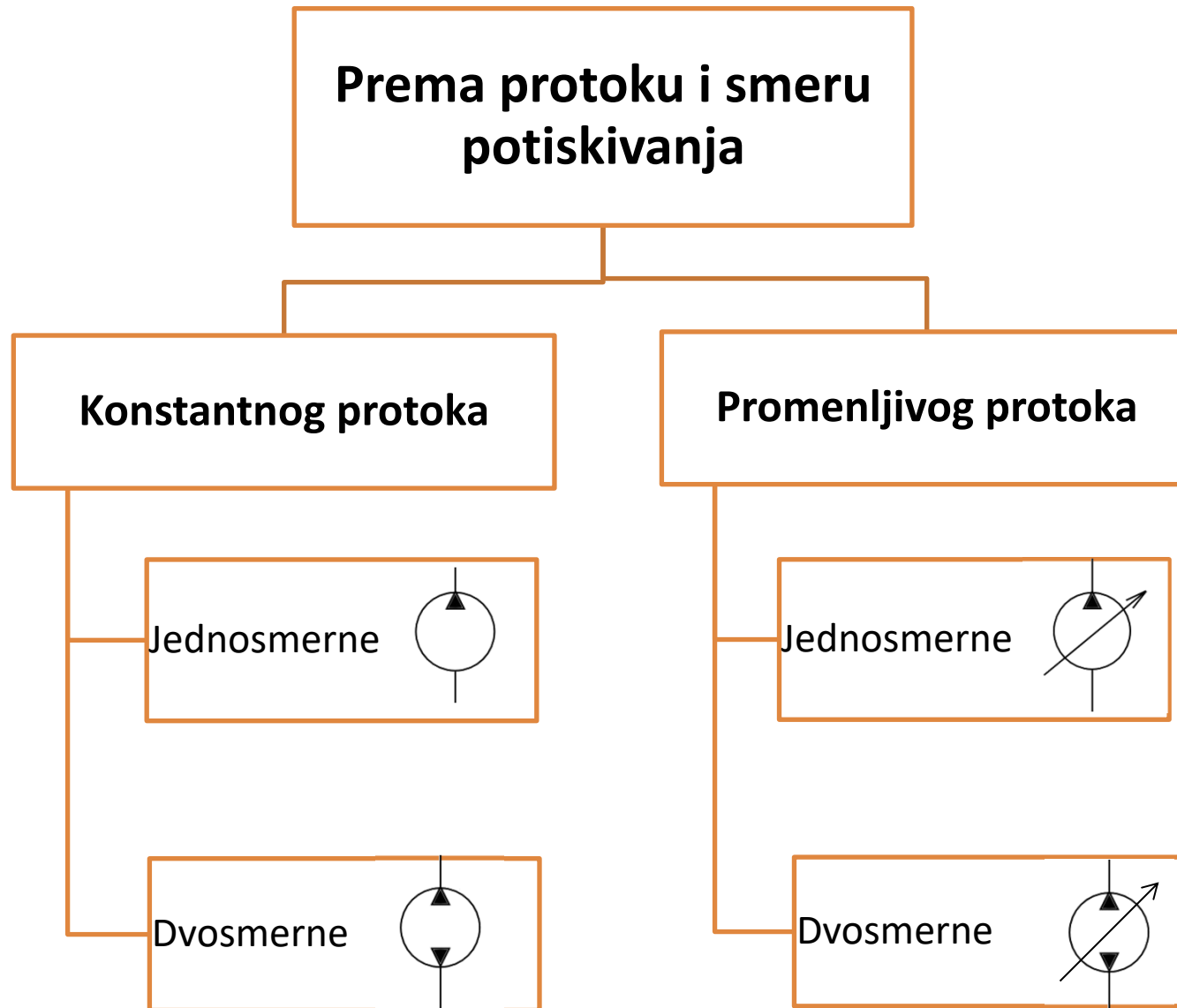


Znajući najveći dozvoljeni pritisak u sistemu (pritisak otvaranja sigurnosnog ventila), teorijski kapacitet pumpe (protok), kao i mehanički stepen korisnosti, dimenzioniše se **snaga pogonskog motora pumpe**.

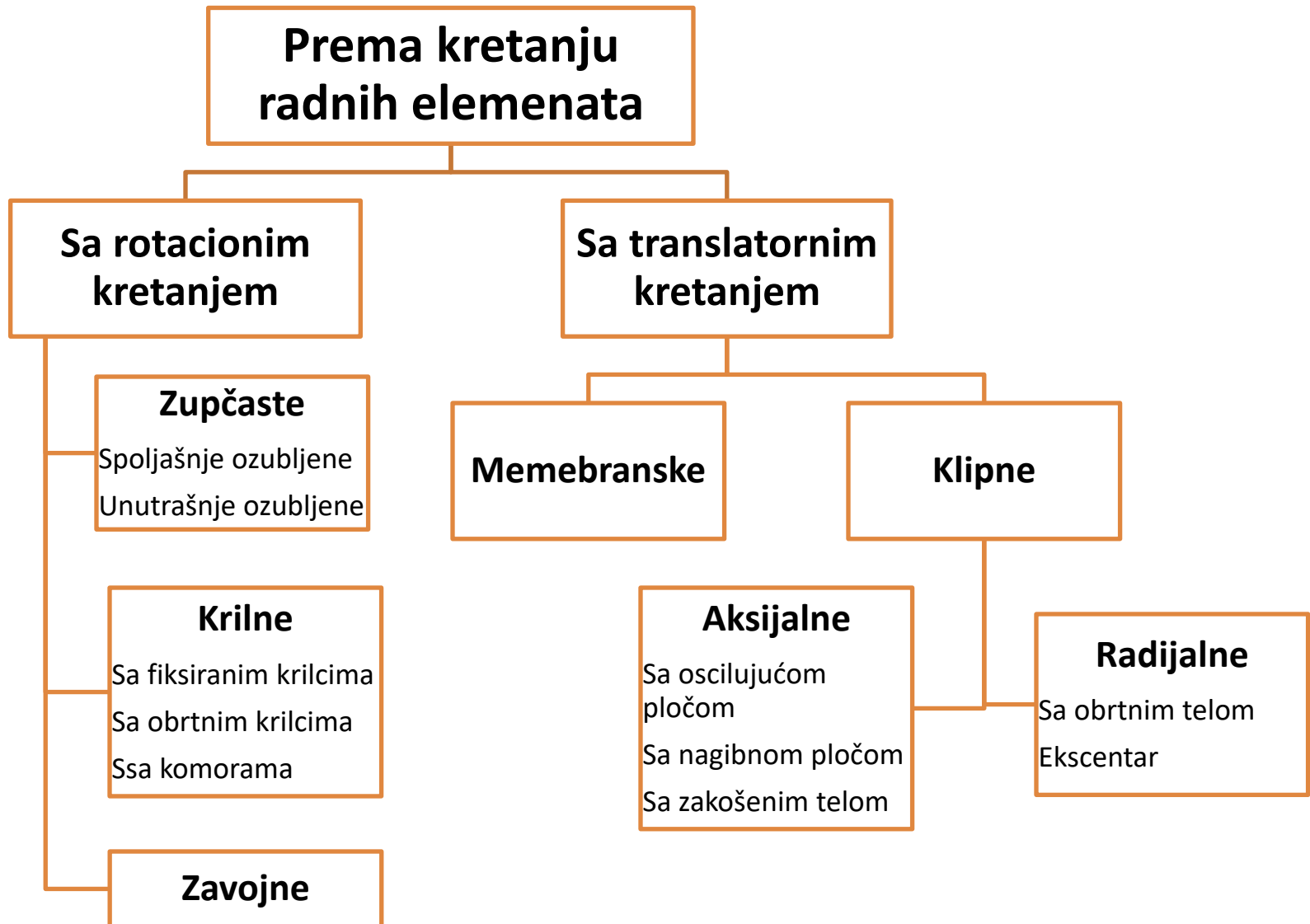
$$P_m = \frac{P_T}{\eta_m} = \frac{p_{max} Q_T}{\eta_m}$$



Podela hidrauličkih pumpi



Podela hidrauličkih pumpi



Delovi pumpe



Bez obzira na vrstu, pumpe se sastoje iz sledećih delova:

1. radni elementi
2. pumpna komora
3. usisni vod
4. potisni vod

Princip rada pumpi

Pokretanjem radnih elemenata, pretvara se mehanička energija u protok ulja.

Osnovni princip rada je **neprestana promena zapremine pumpne komore.**

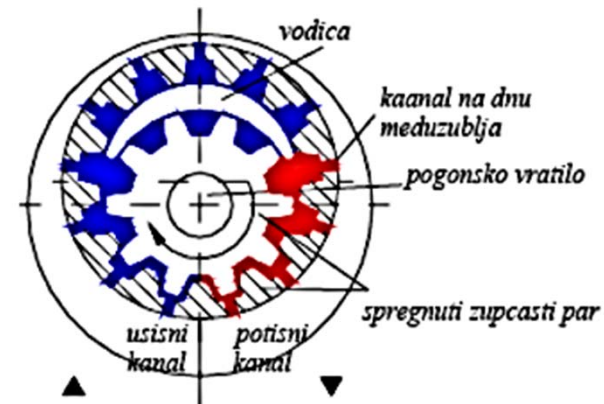
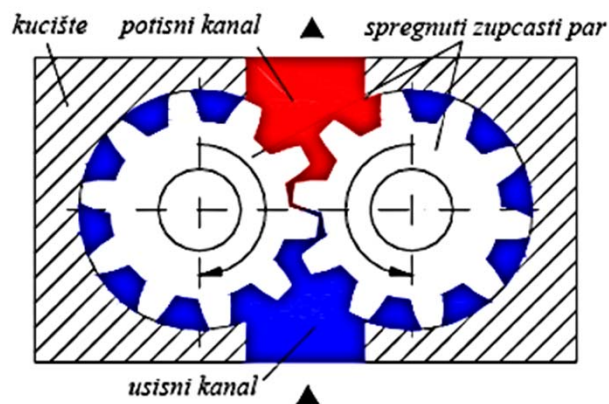
Kada se povećava zapremina, dešava se usisavanje, a kada se smanjuje potiskivanje radne tečnosti (ulja).

Promena zapremine postiže se translacionim ili rotacionim kretanjem radnih elemenata.

Zupčaste pumpe



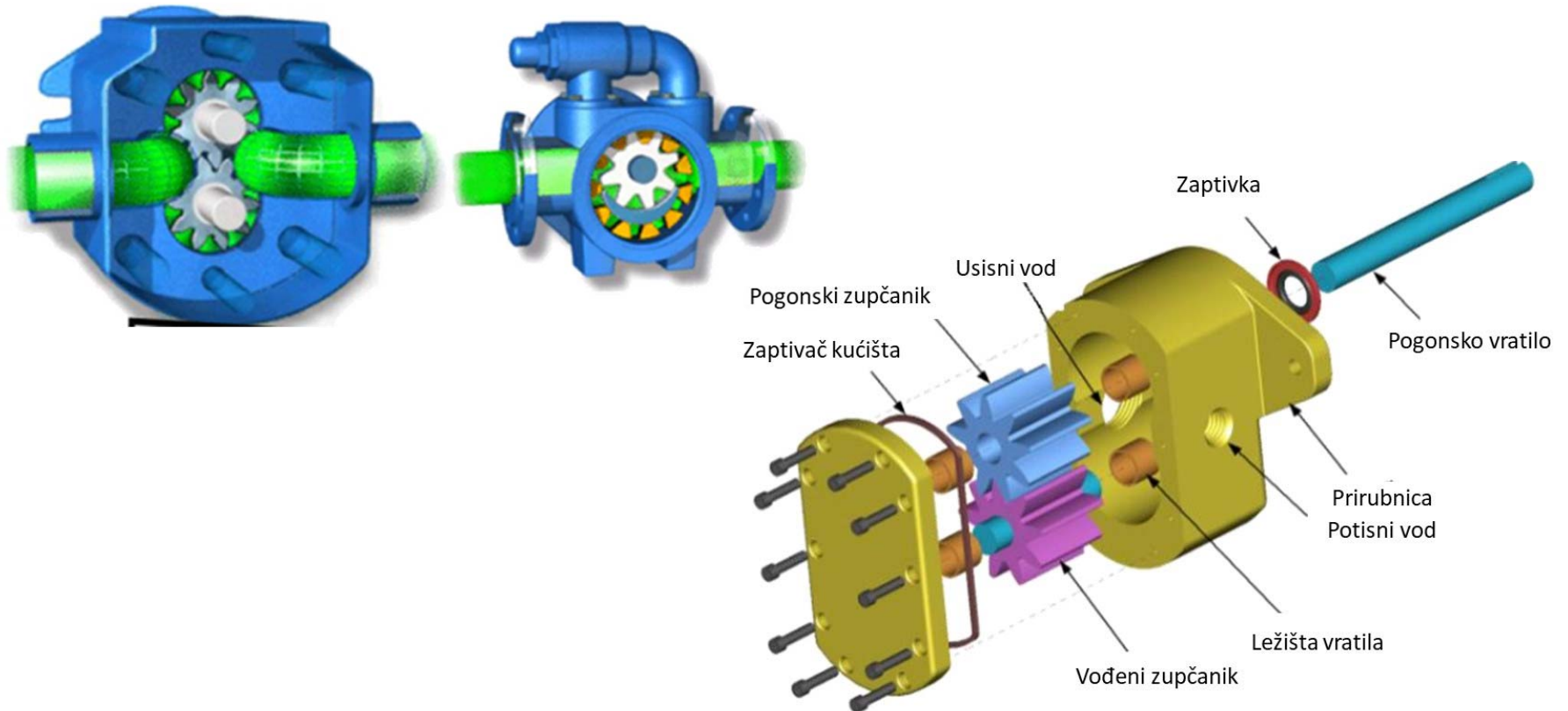
Zupčaste pumpe su rotorske obrtne pumpe čiji su elementi za potiskivanje tečnosti zupci zupčanika, a zapremine tečnosti koje se potiskuju zatvaraju se zupcima koji se nalaze u kontaktu sa površinama otvora u kojima su smešteni zupčanici. Obrtanjem pogonskog i vođenog zupčanika stvara se pritisak usisavanja u međuzublju. Mogu biti sa spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem. U praksi se najviše upotrebljavaju pumpe prvog tipa, koje se sastoje od para međusobno spregnutih zupčanika postavljenih u telo koje ih čvrsto obuhvata i u kome postoje otvori za usisavanje i potiskivanje na mestima ulaska i izlaska zubaca iz zahvata. Jednostavne su, pouzdane, jeftine, malo osetljive na nečistoće. Nedostatak je buka pri višim pritiscima (većem opterećenju cilindra).



Zupčaste pumpe



Zupčaste pumpe sa spoljnim ozubljenim cilindričnim zupčanicima najjednostavniji su od svih pumpi i odlikuju se pouzdanošću u eksploataciji, malim dimenzijama i težinom, dugovečnošću i kompaktnošću. Radni pritisak zupčastih pumpi obično iznosi 100 - 210 bar.

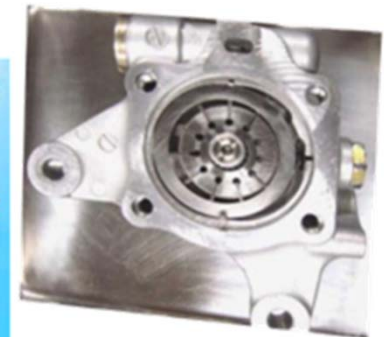
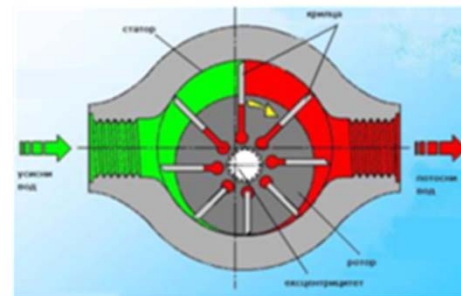
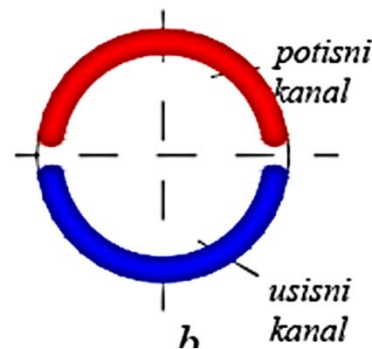
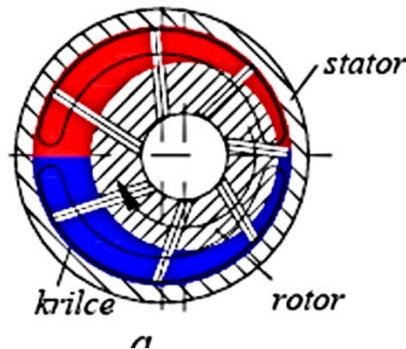


Krilne pumpe



Krilne pumpe su rotorske pumpe čiji su elementi za potiskivanje radne tečnosti u obliku krilaca (lopatica), a tečnost koja se potiskuje zatvara se u radne komore između dva susedna krilca i površina statora i rotora. Pri obrtanju rotora, koji je ekscentrično postavljen u statoru, krilca naležu na obim statora, klizeći u svom sedištu u rotoru. U toku jednog obrtaja rotora radne komore najpre povećavaju svoju zapreminu (usisavanje), a zatim je smanjuju (potiskivanje). Krilca se izvlače pomoću pritiska tečnosti, koja se dovodi iz potisnog otvora u prostor ispod krilaca.

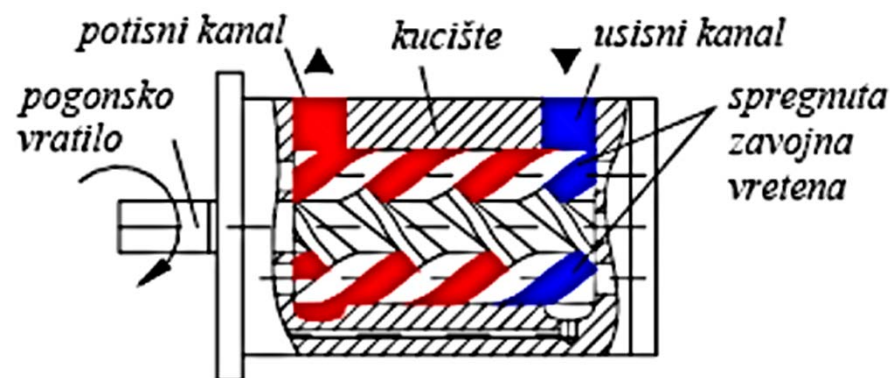
Krilne pumpe obično imaju 10 - 12 krilaca. Pogodne su za primenu kada se zahtevaju veći protoci uz srednje pritiske (oko 140 bar). Promenom ekscentriciteta, menja se jedinični protok pumpe, pa mogu biti i promenljivog protoka.



Zavojne pumpe



Rotacija zavoJNIH vretena u suprotnim smerovima usisava i potiskuje ulje. Rade tiho i bez vibracija jer se ulje kreće pravolinijski, pouzdane su i trajne. Koriste se za manje snage i pritiske. Primjenjuju se kod alatnih mašina, u prehrambenoj industriji i drugim oblastima industrijske hidraulike. Odlikuju se pouzdanim i bešumnim radom, kompaktnošću i ravnomernim protokom. Ove pumpe mogu da rade i kao hidromotori.



Klipne pumpe

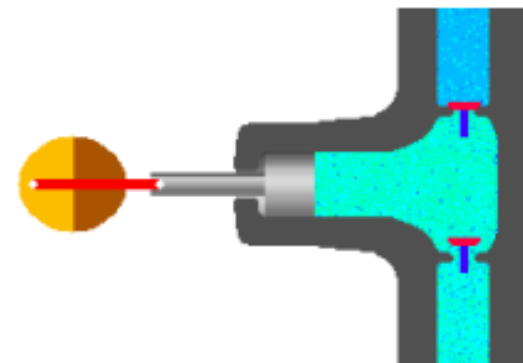


Klipne pumpe imaju radne organe izrađene u obliku klipova koji se kreću u cilindričnim šupljinama (cilindrima), smeštenim u cilindarskom bloku.

Ručne pumpe su najjednostavnije klipne pumpe, kojima se mogu ostvariti i visoki pritisci, ali koje imaju mali protok.

Klipne pumpe se često izrađuju sa mogućnošću regulisanja protoka. Protokom pumpi može se upravljati na više načina, ali se najčešće koristi:

- ručno upravljanje,
- elektrohidrauličko daljinsko upravljanje,
- hidrauličko servo-upravljanje,
- automatsko upravljanje po pritisku.



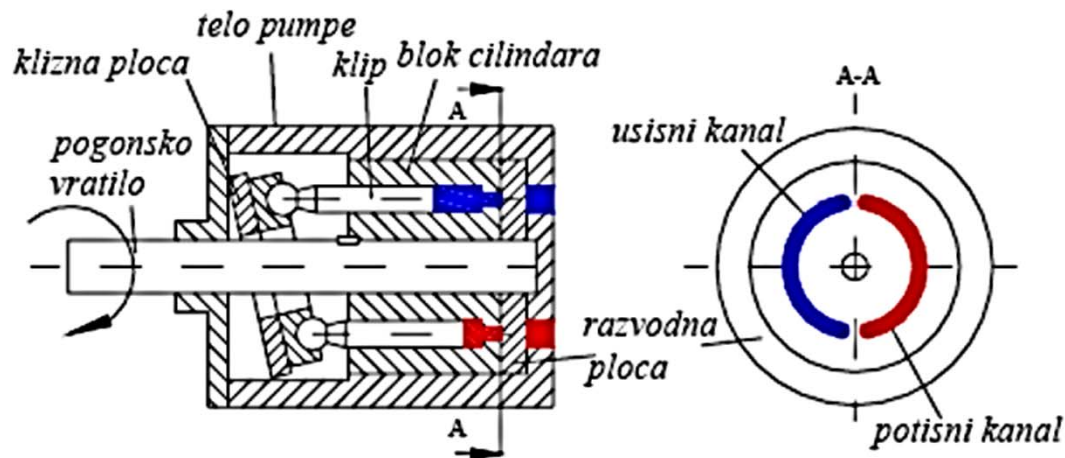
Klipne pumpe



Klipno-aksijalne pumpe sa nagnutom pločom



Koriste se za sisteme koji radi na visokim pritiscima (250 bar). Sastoji se od 5, 7, 9 ili 11 klipova i cilindara nagnutom u odnosu na osu vratila. Prilikom obrtanja, klipovi vrše relativno pravolinijsko – oscilatorno kretanje u odnosu na cilindre. Usisavanje i potiskivanje ulja vrši se naizmeničnim otvaranjem i zatvaranjem nepovratnih ventila.

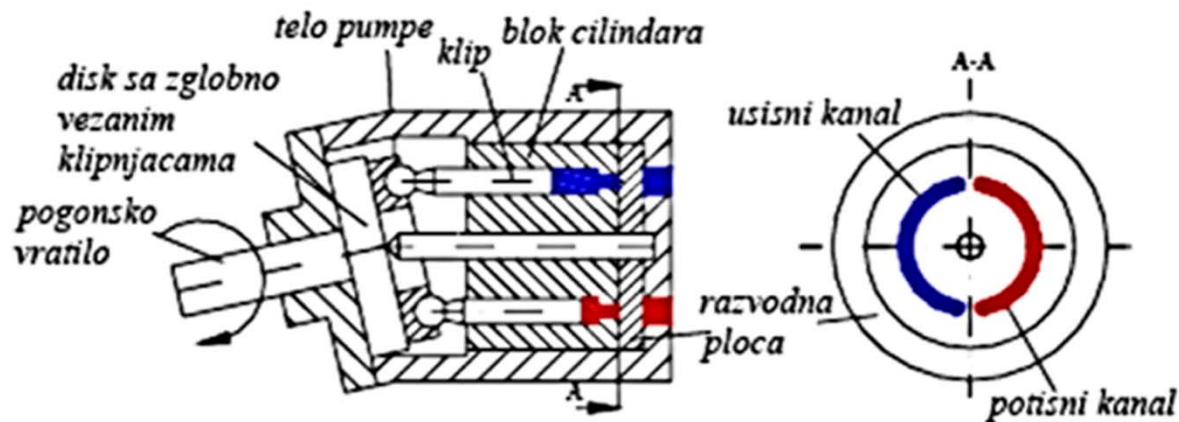


Klipne pumpe



Klipno-aksijalne pumpe sa nagnutim blokom

Kod pumpe sa nagnutim cilindarskim blokom klipovi su sfernim zglobovima povezani sa blokom cilindra nagnutim u odnosu na osu vratila. Usisavanje i potiskivanje obavlja se preko razvodna ploče ugrađene u kućište, pa ventili nisu potrebni. Velikog su kapaciteta, izdržljive. Konstrukcija je prilično složena, a zbog nezgodnog oblika, zauzimaju dosta ugradnog prostora.

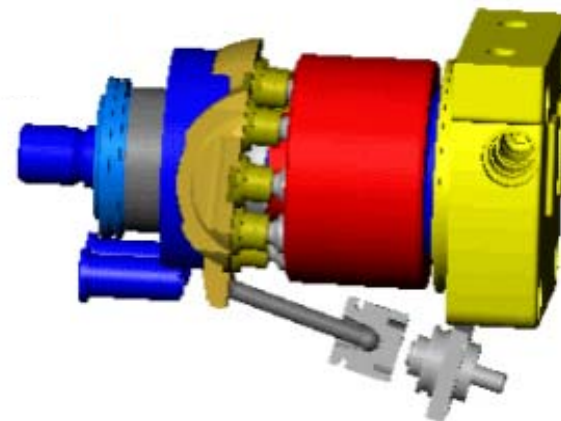
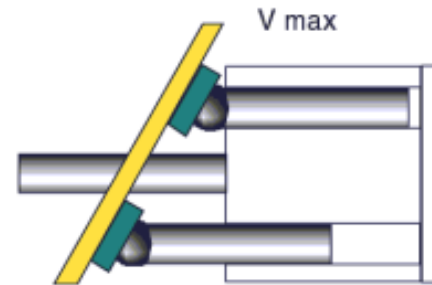


Klipne pumpe



Klipne pumpe promenljivog toka

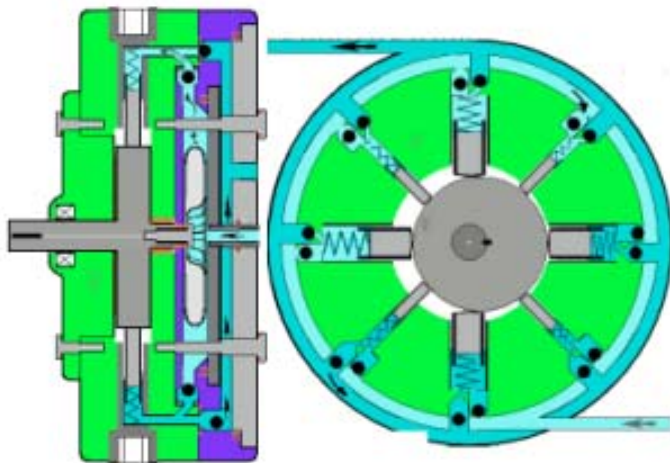
Menjanjem protoka u zavisnosti od opterećenja u sistemu postiže se optimalni rad pumpe, štedi energija i povećava efikasnost. To se postiže promenom nagiba ploče ili cilindarskog bloka, čime se jedinični protok se menja od 0 (kada je ploča u horizontalnom položaju) do maksimalne vrednosti V_{max} .



Radijalne pumpe



Radijalno, oko ekscentričnog vratila raspoređeno je 3, 5 ili 10 klipova. Na gornjoj strani klipa je nepovratni ventil, spojen sa potisnim vodom a usisni ventil je na donjoj strani. Kretanjem klipa na dole, stvara se vakuum u cilindru, njegov ventil se otvara i puni ga. Kretanjem klipa gore, zatvara se usisni ventil i otvara potisni. Izdržavaju najveće pritiske od svih vrsta pumpi. Upotrebljavaju se manje od aksijalnih zbog zauzimanja većeg ugradnog prostora, složene konstrukcije i relativno manje prenesene snage.

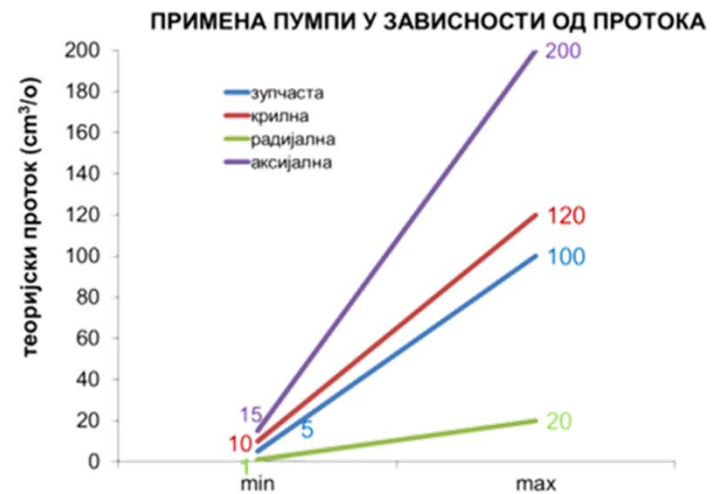


Izbor odgovarajuće pumpe



Na izbor pumpe ili hidromotora utiču mnogi faktori:

- radni pritisak (opseg radnog pritiska),
- specifični protok (protok i snaga),
- stepen korisnosti,
- brzina,
- težina i gabariti,
- mogućnost regulacije,
- vrsta radne tečnosti,
- buka,
- cena,
- održavanje...



Izbor odgovarajuće pumpe



Težina i gabariti mašine u industrijskoj hidraulici opšte namene, u većini slučajeva, zavise od proizvođača i njegove tehnologije, a ne od tipa mašine. Savremene hidrauličke mašine ostvaruju danas i do 60 KW/kg, a u hidraulici specijalne namene ova vrednost penje se na nekoliko desetina.

Što se tiče mogućnosti regulacije protoka, pritiska, snage i sl. prednosti treba dati klipno-aksijalnim pumpama (motorima), pa radijalnim i tek onda krilnim.

U pogledu stvaranja buke naročito su karakteristične zupčaste i krilne mašine. Lošije zupčaste pumpe stvaraju buku i preko 80 dB.

U principu, hidrauličke mašine ne treba birati na osnovu cene, osim kada su svi ostali faktori isti ili približno jednaki.

Isto ovo važi i za problem održavanja, osim u slučajevima kada se to postavi kao prioritetan zadatak.



Hidraulički motori

Hidraulični motori



Hidraulički motor (hidromotor) pretvara energiju struje tečnosti u mehanički rad izlaznog elementa (vratila ili klipnjače), pri čemu se pod zapreminskim hidromotorom podrazumeva, u opštem slučaju, hidromotor sa kružnim ili pravolinijskim kretanjem, u kome se pretvaranje energije struje tečnosti ostvaruje u procesu kretanja hermetično zaptivnog radnog elementa (klipa, ploče itd.) pod dejstvom sila pritisaka, pri punjenju radne komore tečnošću.

Zapreminski hidromotori uglavnom se dele na dve grupe:

- radne cilindre, koji razvijaju mehaničku energiju pri translatorsnom kretanju, i
- hidromotore, kod kojih se energija struje tečnosti pretvara u mehaničku energiju obrtnog kretanja vratila.

Hidraulički motori



Hidraulički motori sa pravolinijskim kretanjem nazivaju se i hidrocilindri (radni cilindri).

Obrtni motori su po konstrukciji veoma slični pumpama. Najviše se koriste zupčasti, klipni i krilni hidraulički motori. Motori su uglavnom konstantne radne zapremine, ali se koriste i motori podešljive radne zapremine.

Osnovni radni parametri obrtnih hidrauličkih motora su:

- ugaona brzina, odnosno broj obrtaja, n
- obrtni moment.

Hidrocilindar (linearni motor)

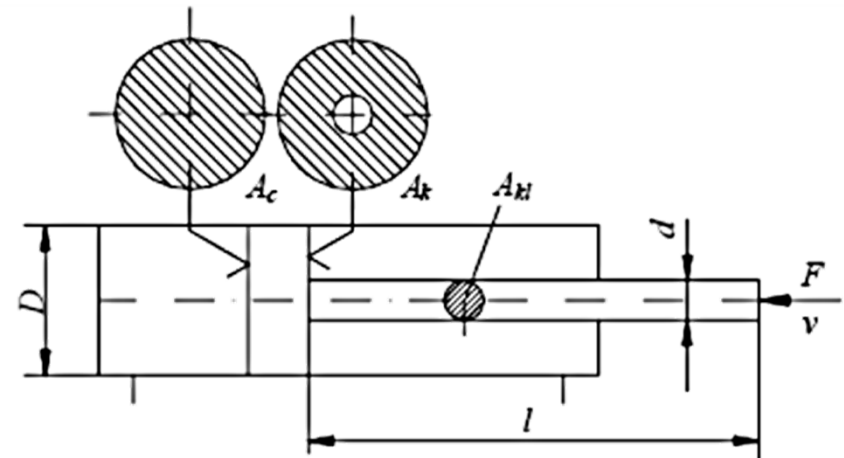


Hidrocilindri imaju zadatak da izvode translatorno (pravolinijsko) kretanje i da pri tom prenose sile. Maksimalna sila u cilindru zavisi od aktivne površine i najvišeg dozvoljenog radnog pritiska. Ona je od početka do kraja hoda konstantna. Brzina zavisi od količine dovedene tečnosti po jedinici vremena i površine.

Cilindar je, u stvari, hidraulički (ili pneumatski) motor sa pravolinijskim naizmeničnim kretanjem radnog organa (klipa ili plunžera) u odnosu na telo cilindra.

Rad hidrauličkog cilindra karakterišu:

- sila na klipnjači F ,
- aktivna površina klipa A ,
- brzina klipnjače v ,
- dužina hoda (izvlačenja) klipnjače l i
- stepen korisnosti η_c



Sila na klipnjači hidrauličkog cilindra je proporcionalna sa aktivnom površinom klipa A i raspoloživim padom pritiska Δp . Aktivna površina je ona na koju deluje sila pritiska.

Hidrocilindar (linearni motor)



Hidraulički cilindri imaju pokretni klip sa klipnjačom koja može biti jednostrana ili dvostrana.

Prema konstrukciji razlikuju se cilindri:

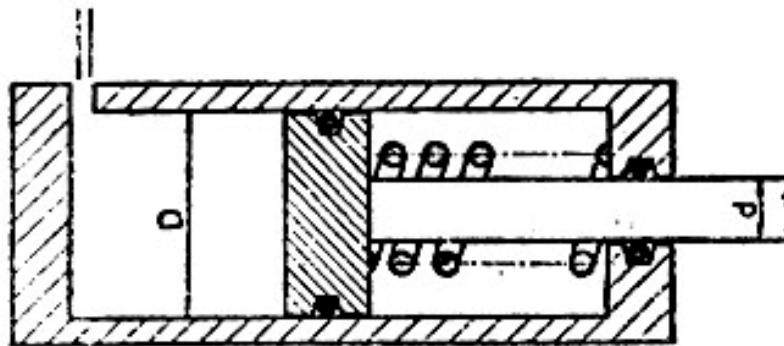
- jednosmernog dejstva,
- dvosmernog dejstva,
- sa jednostranom klipnjačom,
- sa dvostranom klipnjačom,
- teleskopski i dr.



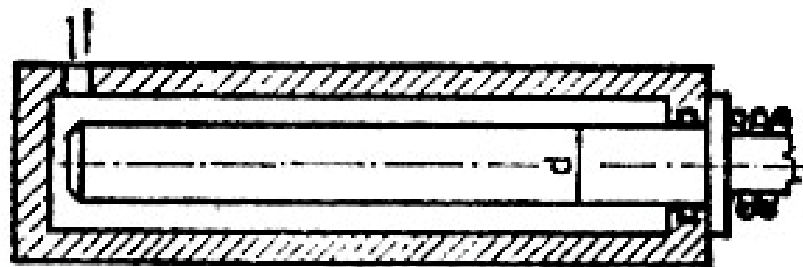
Hidrociлиндar (linearni motor)



U cilindrima jednosmernog dejstva pritisak deluje samo sa jedne strane klipa, a povratni hod se vrši pod dejstvom povratne opruge ili spoljašnjih sila.



Plunžerski cilindri su posebna vrsta cilindra jednosmernog dejstva kod kojih je klipnjača istovremeno i klip .

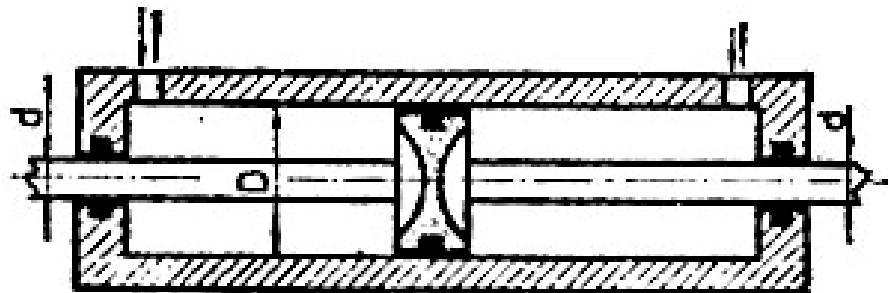


Hidrociлиндar (linearni motor)



U cilindrima dvosmernog dejstva pritisak deluje sa obe strane klipa i kretanje se obavlja pod dejstvom sile pritiska u oba smeru.

Cilindri sa jednostranom klipnjačom imaju po jednu klipnjaču sa obe strane. Upotrebljavaju se kada se zahteva da brzina klipnjače bude jednaka u oba smeru kretanja, kao na primer, u hidrauličkim servomehanizmima.



Zakretni motor (aktuator)



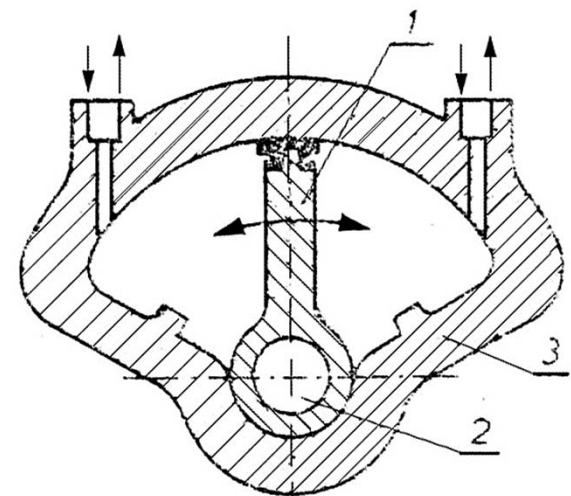
Zakretni motor služi za stvaranje obrtnog momenta u ograničenom uglu zakretanja. Ovaj motor se sastoji iz kućišta jednog klipa dvostrukog dejstva sa zupčastom letvom i malim zupčanikom.

Srednji deo klipa, koji je izveden u vidu zupčaste letve, stoji u zahvatu sa radnim zupčanikom.

Dovođenjem pritiska na jednu stranu klipa vrši se pomeranje klipa koji okreće uzupčeni radni zupčanik.

Zakretni motor predaje konstantan obrtni moment u celom opsegu zakretanja.

Postoje i druge vrste konstrukcije kao što je sa paralelnim klipovima, obrtnim krilcima ili npr. motor sa kolenastim vratilom, kod koga je veličina maksimalnog obrtnog momenta zavisna od zakretnog ugla.





Hidraulički akumulatori

Hidraulički akumulatori



Hidraulički akumulatori su uređaji koji omogućavaju akumuliranje potencijalne energije radne tečnosti. U njima se akumulira radna tečnost pod pritiskom u vreme kada je potrošači u hidrauličkom sistemu ne koriste u potpunosti, a predaje se potrošačima kada se oni sa punim kapacitetom uključe u rad.

Primena hidrauličkih akumulatora je naročito korisna u hidrauličkim sistemima kod kojih je povremeno potrebno razviti veliki protok, koji znatno premašuje srednji protok radne tečnosti u sistemu. Pošto se radna tečnost, odnosno energija akumulira u akumulatoru, može predati sistemu za vrlo kratko vreme, akumulator može kratkotrajno razviti veliku snagu.

Akumulator služi kao izvor energije ukoliko pumpa otkaže, kao kompenzator gubitaka radne tečnosti usled curenja kroz zazoru i procepe, za amortizovanje hidrauličkih udara i za prigušivanje oscilacija pritiska u hidrauličkom sistemu.

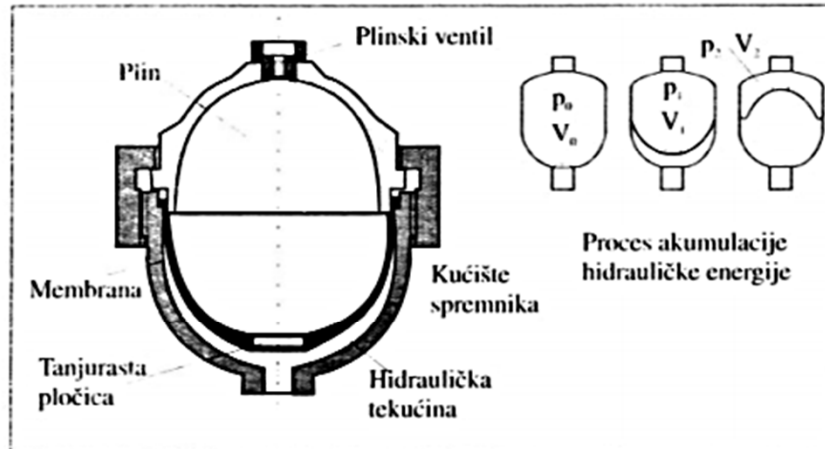
Hidraulični akumulatori



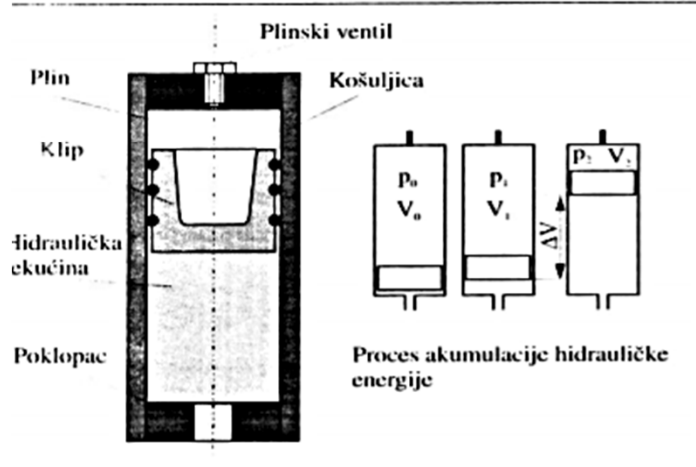
Hidraulički akumulatori



Hidroakumulator s membranom



lipni hidroakumulator



Hidroakumulator s mijehom

