

# Hidraulični elementi u sustavu suvremenog kormilarskog uređaja

---

**Tuhtan, Mateo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:990356>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-05**



**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**MATEO TUHTAN**

**HIDRAULIČNI ELEMENTI U SUSTAVU SUVREMENOG  
KORMILARSKOG UREĐAJA**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2024.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**HIDRAULIČNI ELEMENTI U SUSTAVU SUVREMENOG  
KORMILARSKOG UREĐAJA  
HYDRAULIC ELEMENTS IN SYSTEM OF MODERN  
STEERING GEAR**

**ZAVRŠNI RAD  
BACHELOR THESIS**

Kolegij: Brodska hidraulika i pneumatika

Mentor: mr.sc. Rikard Miculinić

Student: Mateo Tuhtan

Studijski smjer: brodstrojarstvo

JMBAG: 0112083546

Rijeka, lipanj 2024 .

Student: Mateo Tuhtan

Studijski program: Brodostrojarstvo

JMBAG: 0112083546

## IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom  
Hidraulični elementi u sustavu suvremenog kormilarskog uređaja

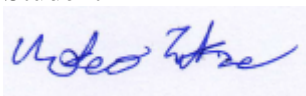
izradio/la samostalno pod mentorstvom mr.sc. Rikarda Miculinića

te komentorstvom \_\_\_\_\_

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke \_\_\_\_\_  
(*naziv tvrtke*).

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezao/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student



Ime i prezime studenta  
Mateo Tuhtan

Student: Mateo Tuhtan

Studijski program: Brodostrojarstvo

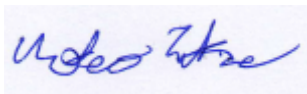
JMBAG: 0112083546

IZJAVA STUDENTA – AUTORA  
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student - autor



## SAŽETAK

Tema ovog rada je hidraulični kormilarski uređaj koji se na brodu koristi za zakretanje lista kormila čime se postiže upravljanje brodom. U početnom dijelu rada opisano je što je to SOLAS konvencija te koji se propisi odnose na kormilarske uređaje, Potom se opisuju hidrostatski prijenosnici snage koji su temelj hidrauličnih kormilarskih uređaja. U daljnjem dijelu rada se opisuju dijelovi sustava koji su podijeljeni na pogon(pumpa), aktuatore, upravljačke elemente i radne cilindre kod jedne izvedbe ili krila kod druge i hidraulični fluid. Navedeni dijelovi sustava su pojedinačno obrađeni, a zajedno čine hidraulički sustav. Opisani su klipni kormilarski uređaj i sustav krilnog kormilarskog uređaja. Ovi sustavi se najviše ugrađuju na brodove i predstavljaju najbolju opciju za kormilarske uređaje.

Ključne riječi: pumpa, aktuator , hidraulični sustav, hidraulika.

## SUMMARY

The topic of this paper is the hydraulic steering device used to turn the rudder blade which achieves the steering of the ship. The initial part of the paper describes what the SOLAS convention is and which regulations apply to steering devices. Then the hydrostatic power transmissions that are the basis of the hydraulic steering are described. In the further part of the paper the parts of the system are described, which are divided into the drive(pump), actuators, control elements and working cylinders in one version or rotary vane steering gear in other and hydraulic fluid. The mentioned parts of the system are described separately and together they form hydraulic system. Hydraulic system of ram type steering gear and the hydraulic system of rotary vane type steering gear are described. These types of systems are often installed on ships and present best choice for installing steering gear.

Keywords: pump, actuator, hydraulic system, hydraulics.

# SADRŽAJ

SAŽETAK.....	II.
SUMMARY.....	II.
1. UVOD .....	1
2. SOLAS KONVENCIJA I PROPISI VEZANI UZ KORMILARSKI UREĐAJ.....	2
3. HIDROSTATSKI PRIJENOSNICI SNAGE .....	4
3.1. DIJELOVI HIDROSTATSKIH PRIJENOSNIKA SNAGE.....	5
4. RADNI fluid.....	7
4.1 MINERALNA ULJA.....	8
5. PUMPE U HIDRAULČNIM SUSTAVIMA.....	11
5.1 RADIJALNO-KLIPNE PUMPE.....	12
5.2. KLIPNO-AKSIJALNE PUMPE S NAGIBNOM PLOČOM .....	14
5.3. KLIPNO-AKSIJALNE PUMPE S NAGIBNIM ROTOROM .....	15
5.4 ZUPČASTE PUMPE.....	17
5.5 KRILNE PUMPE S KONSTANTNOM DOBAVOM.....	18
5.6 KRILNE PUMPE S PROMJENJIVOM DOBAVOM.....	19
6. ELEMENTI ZA REGULACIJU I UPRAVLJANJE .....	21
7. OSTALI ELEMENTI U SUSTAVU.....	25
8. AKTUATORI .....	29
8.1 LINEARNI AKTUATORI.....	29
8.2 ZAKRETNI AKTUATORI .....	31
8.3 ROTACIJSKI AKTUATORI (MOTORI) .....	31
9. HIDRAULIČNI KORMILARSKI UREĐAJ.....	33
9.1 HIDRAULIČNI KLIPNI KORMILARSKI UREĐAJ S DVA CILINDRA .....	33
9.2 HIDRAULIČNI KORMILARSKI UREĐAJ S ČETIRI CILINDRA.....	35
10. HIDRAULIČNI KRILNI KORMILARSKI UREĐAJ .....	37
10.1 OPIS SUSTAVA KRILNOG KORMILARSKOG UREĐAJA .....	39
11. ZAKLJUČAK.....	41
LITERATURA .....	42

## 1. UVOD

Kormilarski uređaj je jedan od najbitnijih dijelova brodskog strojenog sustava koji se koristi za zakretanje lista kormila što rezultira zakretanjem broda odnosno promjene smjera plovidbe. Njegova pouzdanost i ispravnost je izuzetno bitna prilikom manevriranja, ulaska i izlaska iz luke kako bi se moglo navigirati između drugih brodova ili spriječilo sudar s obalom.

U današnje se vrijeme na modernim brodovima koristi se hidraulični kormilarski uređaj. Kormilarski uređaj osim pogonskog dijela ima, razne regulacijske i upravljačke elemente, filtere, sigurnosne ventile, spremnik ulja i cjevovode koji ih sve povezuje u jednu funkcionalnu cjelinu. Kormilarski uređaj stvara pomoću hidrauličke energije silu ili moment kojai se prenosi na cilindre/krila ovisno o izvedbi uređaja, a koja zakreće list kormila što rezultira promjenom smjera prilikom kretanja broda.

Sigurna plovidba je uvjetovana pouzdanim i neprekidnim radom glavnog i pomoćnih strojeva i uređaja, stoga je od neophodne važnosti da su svi ispravni, a posebice se to odnosi na kormilarski uređaj jer je brod bez mogućnosti skretanja/manevriranja vrlo opasan što u konačnici može rezultirati velikim štetama i havarijama. U ovom radu cilj je opisati sve dijelove sustava pojedinačno, a zatim opisati hidraulične kormilarske uređaje krilne i klipne izvedbe.



## **2. SOLAS KONVENCIJA I PROPISI VEZANI UZ KORMILARSKI UREĐAJ**

SOLAS konvencija (eng. International Convention for the Safety of Life at Sea) odnosno Međunarodna konvencija o sigurnosti na moru je međunarodni ugovor u svezi sigurnosti trgovačkih brodova. Osigurava da brodovi registrirani pod članicama potpisnicama (ABS, DNV,...) podliježu minimalnim standardima konstrukcije, opreme i načine obavljanja postupaka sa stajališta sigurnosti. Konvencija je donesena na poticaj britanske vlade 1914.god. zbog potonuća broda Titanic 1912.god. Razvojem tehnologije i želje većeg povećanja sigurnosti broda i posade napravljeno je više revizija konvencije, a ona koja je sada na snazi donesena je 1974.god. te se aktivno radi na donošenju novih propisa i uvođenju noviteta. Konvencija je podijeljena na 12 poglavlja. Poglavlje II-1 dio C-odredba 29, odredba 26 sadrži pravila vezana za kormilarski uređaj, te odredba 30 sadrži dodatne propise za elektro-hidrauličke i električne kormilarske uređaje [1].

Osim ako nije navedeno ili propisano drugačije svaki brod treba imati glavni i pomoćni kormilarski uređaj koji treba biti tako konstruirani da kvar jednoga ne utječe na rad drugoga.

SOLAS konvencija u vezi kormilarskog uređaja:

12 sati prije polaska kormilarski uređaj treba se testirati i provjeriti prije isplovljavanja od strane posade. Procedura bi trebala obuhvatiti, ako je moguće operaciju sljedećih sustava:

1. Glavnog kormilarskog uređaja
2. Pomoćnog kormilarskog uređaja
3. Daljinsko upravljanje sustavima
4. Pozicije upravljanja na komandnom mostu
5. Napajanje u nuždi
6. Poklapanje otklona kormila sa stvarnom pozicijom kormila
7. Alarmer nestanka napajanja daljinskog sustava upravljanje
8. Jedinica za napajanje kormilarskog uređaja
9. Automatske izolacijske sustave i ostalu automatiku

Glavni kormilarski stroj i list kormila trebali bi moći se zakrenuti od 35 do 35 stupnjeva kad je brod uronjen do maksimalnog gaza i kreće se maksimalnom brzinom naprijed i u istim uvjetima od 35 do 30 stupnjeva u manje od 28 sekundi.

Pomoćni kormilarski uređaj treba moći zakrenuti kormilo od 15 do 15 stupnjeva u manje od 28 sekundi kada se brod kreće polovocom maksimalne brzine ili 7 čvorova ovisno što je veće te je uronjen je do maksimalnog gaza.

Glavni i pomoćni kormilarski uređaj trebali bi biti:

1. konstruirani tako da se automatski pokrenu nakon nestanka napajanja
2. napravljeni tako da se mogu dovesti u rad s pozicije na komandnom mostu, te također u slučaju nestanka napajanja treba se pojaviti zvučni i vizualni signal.

Gdje se kormilarski uređaj sastoji od dvije identične jedinice pomoćni kormilarski uređaj nije potreban, ali sustav treba izvesti tako da nakon kvara u sustava cjevovoda ili jedne od jedinica kvar može biti izoliran i brzo povratiti sposobnost upravljanja.

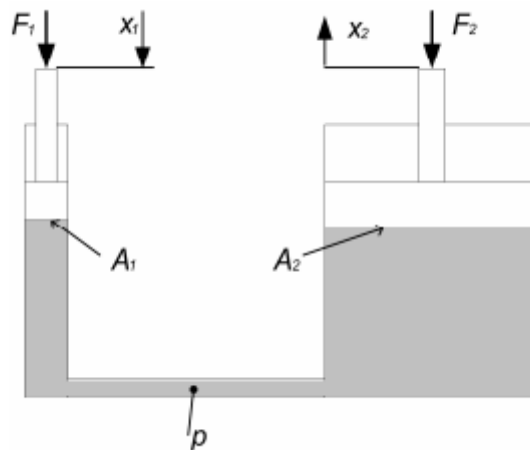
Upravljanje kormilarskim uređajem mora postojati:

1. za kormilarski stroj, na komandnom mostu i u prostoriji kormilarskog uređaja
2. kada je kormilarski stroj napravljen s dva odvojena sustava upravljanja, oba kontrolirana s navigacijskog mosta (ne zahtijeva dupliranje kola ili upravljačke poluge)
3. kod pomoćnog kormilarskog stroja u prostoru kormilarskog stroja ako je napajan energijom treba imati mogućnost upravljanja s komandnog mosta te treba biti neovisan o upravljačkom sustavu glavnog kormilarskog stroja.

### 3. HIDROSTATSKI PRIJENOSNICI SNAGE

Hidraulika predstavlja integralni dio modernog sustava prijenosa snage i upravljanja. Posebno je pogodna za kontrolu linearnog i kružnog gibanja pri čemu se mogu prenositi velike sile uz precizno kontroliranje hoda. Dolazi od grčke riječi hydro(voda). Postoje dva područja promatranja hidrostatika i hidrodinamika

Učinak djelovanja tlaka u fluidma može se iskoristiti za pretvorbu tlaka, tj. snaga se prenosi preko tekućine koja povezuje hidrauličnu pumpu i hidraulični motor, koristeći energiju predanu tekućini, odnosno tlak i protok. Moglo bi se reći da pumpa potiskivanjem tekućine u sustav uzrokuje porast tlaka što rezultira okretanje motora.



Slika 1. osnovni princip hidrostatskog prijenosnika

Petrić J. 2012.g. *Hidraulika i pneumatika, 1.dio: Hidraulika, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, pg.4*

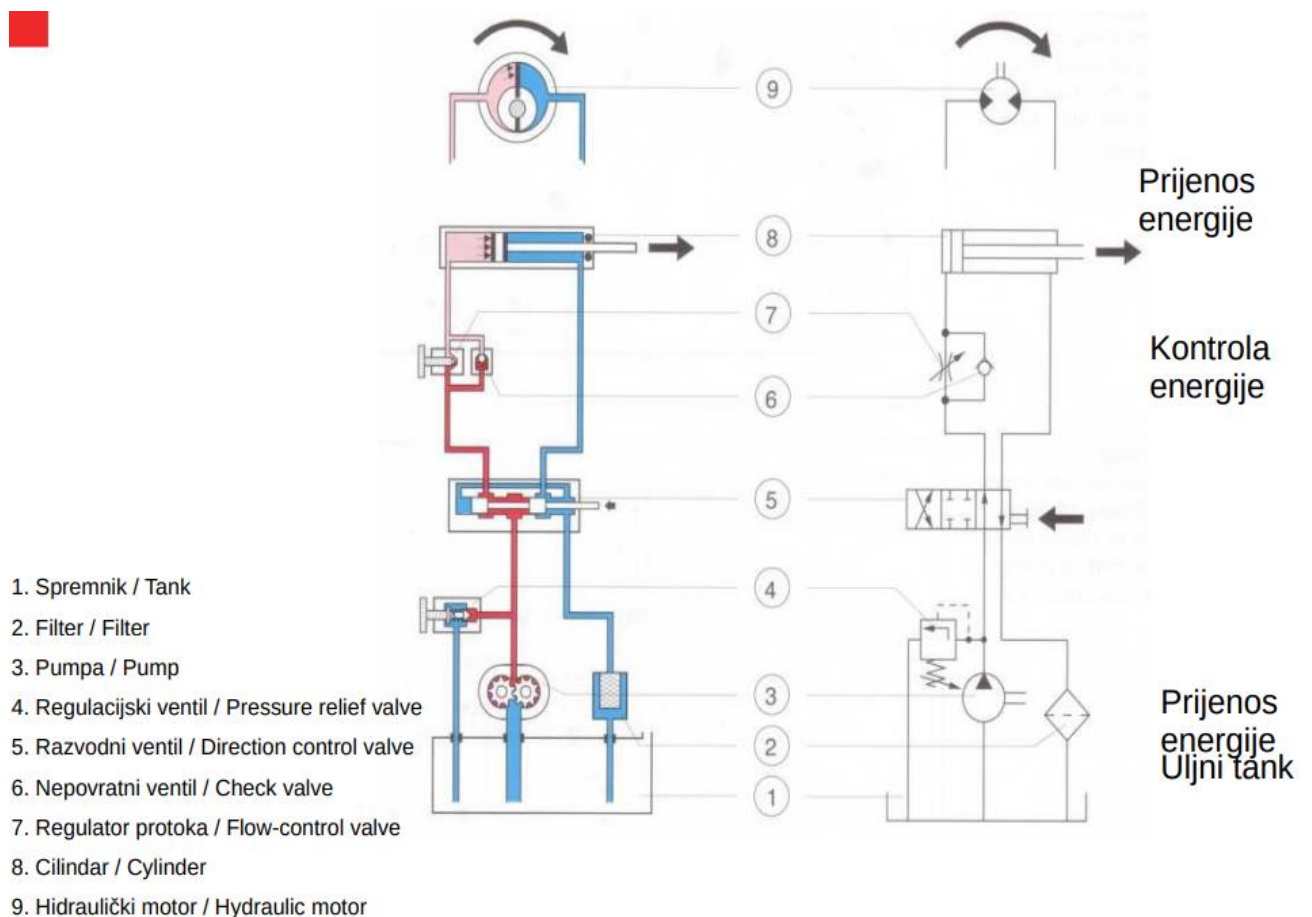
Za pretvorbu sile rabi se pojava prikazana Pascalovim zakonom. Budući da se tlak širi ravnomjerno na sve strane oblik posude nije bitan. Na posudi s dva nejednaka otvora s klipovima može se prikazati pretvorba sile.

Istisnina  $V$  (također volumen dobave ili zapremnina) je mjera za veličinu pumpe. Ona naznačuje volumen tekućine koji crpka dobavlja po okretu odnosno taktu. Volumen dobave tekućine u minuti se označuje se  $Q_p$ . On se dobije iz istisnine  $V$  i brzine vrtnje  $n$ :

$$Q_p = n \times V \text{ [l/min].}$$

Pogonska brzina vrtnje pumpe je važan kriterij za izbor pumpe, jer je volumen dobave pumpe  $Q_p$  ovisan o brzini vrtnje. Mnoge se pumpe upotrebljavaju samo u određenom području brzina vrtnje i ne smiju biti opterećene od mirovanja do graničnog područja. Uobičajena brzina vrtnje iznosi  $n=1500$  o/min jer su pumpe najčešće pogonjene trofaznim asinkronim motorom, koji su vezani uz frekvenciju mreže za napajanje.

### 3.1. DIJELOVI HIDROSTATSKIH PRIJENOSNIKA SNAGE

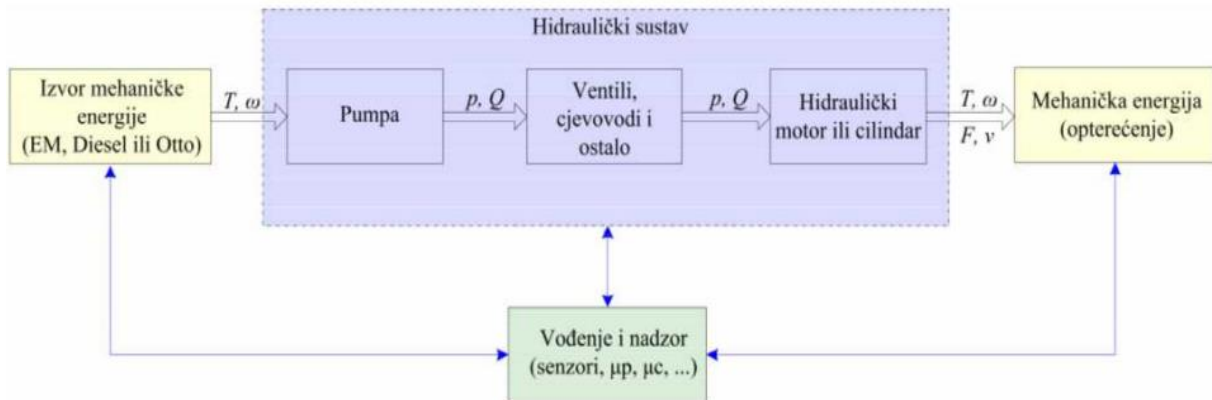


Slika 2. Struktura hidrauličkog sustava

Götz W., 1998.god. *Hydraulic, Theory and Applications*, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.8

Elementi hidrostatskih prijenosnika snage mogu se podijeliti u četiri grupe:

1. pogonski agregat (elektromotor, motor s unutarnjim izgaranjem)
2. upravljački/regulacijski elementi (sigurnosni ventili, razvodnici, nepovratni ventili)
3. pomoćni elementi (akumulatori, filteri, spremnici)
4. izvršni elementi-aktuatori (pretvornik energije-hidromotor koji energiju prenosi vitlu, kormilu, sredstvu transporta, rampi)



Slika 3. Tok energije kroz hidraulički sustav

Petrić J. 2012.g. Hidraulika i pneumatika, 1.dio: Hidraulika, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, pg.5

Hidraulični sustav ima ulogu prijenosnika energije.

Prednosti hidraulike su:

- prijenos velikih sila s relativno malim uređajima i elementima
- prilagođavanje sili se odvija automatski
- moguće pokretanje pod punim opterećenjem
- jednostavno se ostvaruje utjecaj na prilagođavanje brzine, okretnog momenta, sile itd.
- mogućnost naglih promjena brzina i smjera kretanja
- brza kao i ekstremno spora kretanja te precizno podešavanje hoda
- laka zaštita od preopterećenja
- jednostavno postizanje linijskog hoda

Nedostaci hidraulike su:

- potreba za povratnim vodovima
- skupi uređaji i elementi
- relativno prljav pogon
- izvreda za točno predviđeni uređaj te se bez većih zahvata ne može primjeniti na neki drugi

## 4. RADNI fluid

U hidrauličnim sustavima kao radna fluid mogla bi poslužiti svaka fluid koja udovoljava Pascalovom zakonu. Međutim, zbog pravilnog rada sustava, dugovječnosti te sigurnosti rada kod izbora tekućine postoje mnogi zahtjevi kojima ona treba udovoljiti.

Zadatak fluid je da:

- omogućuju prijenos snage
- odvode toplinsku energiju nastalu tokom rada sustava
- vrše podmazivanje kliznih dijelova sustava
- odnose čestice trošenja na mjesto njihova odvajanja
- sprečavaju koroziju metalnih dijelova u sustavu

Da bi se ostvarili ti uvjeti za tekućine se postavljaju sljedeći zahtjevi

- dobra sposobnost podmazivanja
- nezatna stlačivost
- visoka gustoća
- postojanost viskoznosti prilikom promjene temperature
- otpornost na viskosa termička opterećenja
- niska sklonost oksidaciji
- dobra toplinska vodljivost
- mala sklonost zapjenjivanju
- postojanost kakarakteristika prilikom prolaza vremena(starenje)
- netoksičnost
- ne smiju sadržavati nagrizajuće sastojke
- niska sposobnost upijanja plinova
- nezapaljivost
- niska cijena i troškovi održavanja

Svi ovi zahtjevi koji su postavljeni su teško ostvarivi i za sada ne postoji fluid koja bi udovoljila svim zahtjevima, stoga se rabe različite vrste fluid koje se rabe za određene primjene:

- voda i spojevi vode
- mineralna ulja
- sintetička ulja
- tekući metali i njihove legure

## 4.1 MINERALNA ULJA

Veliki broj hidrauličnih sustava radi s mineralnim uljima. Ona se razlikuju po vrsti baznog ulja, stupnju rafinacije te po količini i vrsti dodanih aditiva koji ovise o vrsti namjene. Uglavnom se koriste ulja na bazi nafte i parafina uz dodatke aditiva za poboljšanje karakteristika. Štetni spojevi sumpora u nafti se uklanjaju rafiniranjem. Osnovne karakteristike za izbor ulja su:

**Viskoznost**-prevelika viskoznost mineralnog ulja izaziva velike otpore u kretanju, a to rezultira visokim gubicima trenjem i otežava rad u hladnim uvjetima. Može uzrokovati kavitaciju u usisnom vodu i blokirati pojedine pomične elemente.

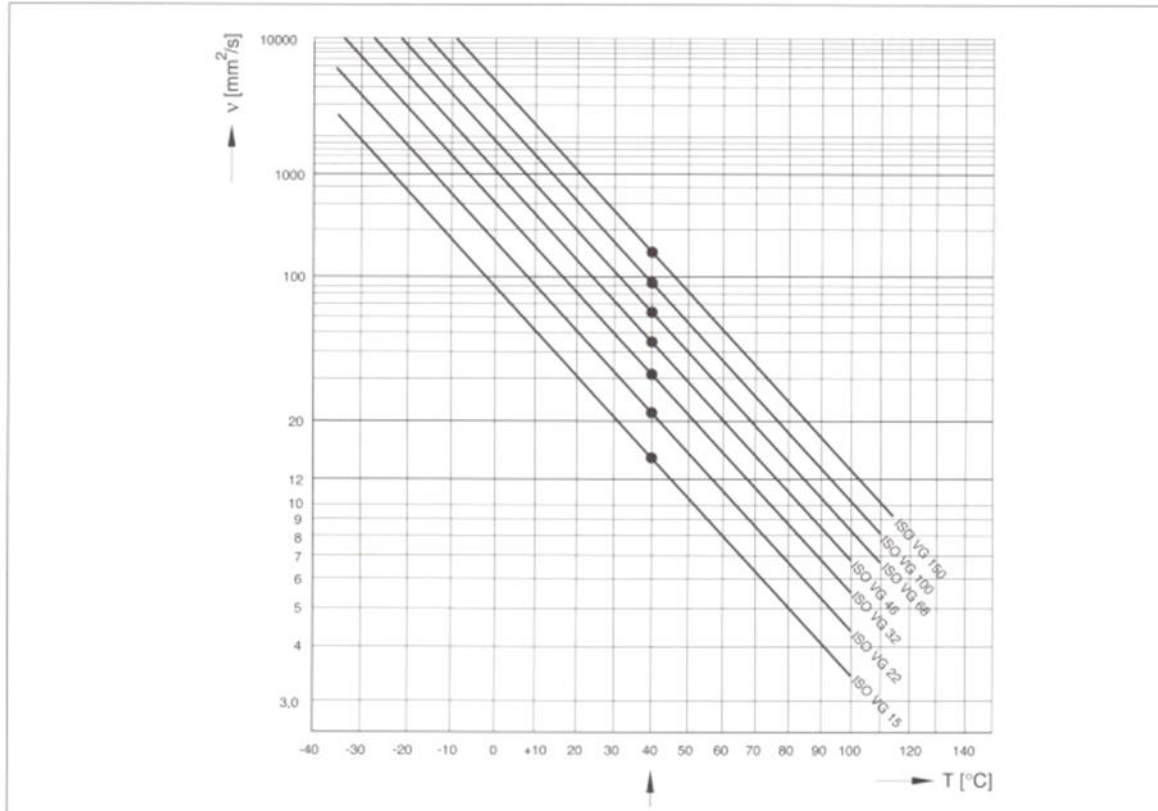
Niska viskoznost dovodi do curenja ulja pokraj brtvi, teškog održavanja povišenog tlaka u sustavu, i povećava trošenje i zagrijavanje ulja. Kod rada s višim tlakovima odabire se ulje većeg viskoziteta.

Za mineralno ulje bitna je i karakteristika promjene viskoziteta promjenom tlaka ali i promjenom temperature.

Točka tečenja (pour point) je pojam koji označava najnižu temperaturu na kojoj ulje još teče.

Preporuka je da minimalna radna temperatura bude veća od te temperature.

Na sljedećoj slici prikazan je utjecaj temperature na viskozitet nekih mineralnih ulja.



Slika 4. Utjecaj temperature na viskozitet ulja

Götz W., 1998.god. *Hydraulics, Theory and Applications*, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.144

**Stlačivost**-označuje promjenu volumena pod utjecajem tlaka. Sve su tekućine stlačive. Iako je ta stlačivost neznatna ipak omogućuje zanemarivu elastičnost sustava, pa se ne uzima u obzir. Ulje koje u sebi sadrži plinove (pretežito zrak) postaje stlačivije pa može izazvati smetnje pri većim tlakovima rada (npr. buku, oscilacije)

Ulje u spremniku hidrauličnog sustava dolazi u doticaj s vlagom iz zraka pa ulje treba imati otpornost prema stvaranju emulzije s vodom jer se pogoršavaju svojstva podmazivanja, pospješuje se starenje ulja i korozija.

**Pjena** je skup mjehurića zraka čija je opna od ulja ili emulzije ulja i zraka. Stvaranju pjene pogoduje voda u ulju, prljavštine, razni aditivi namijenjeni poboljšanju mazivosti i otpornosti prema starenju i povećana količin zraka u ulju. Pjena uzrokuje lošiji prijenos snage, kavitaciju, buku, pad mazivosti i podiže opasnost od korozije. Pjena se eliminira otlanjanjem njezinih uzroka, u spremniku omogućiti što veću površinu radi izdvajanja mjehurića te postaviti sito i ugraditi limove za umirenje tekućine.



**Mazivost**-hidraulično ulje treba imati veliku mazivost kako bi se klizne plohe koje su vrlo fine podmazivale. U slučaju slabije mazivosti dolazi do trošenja kliznih podloga, skraćuje se vijek hidrauličnih komponenata i kompletnog sustava, te se stoga dodaju aditivi za poboljšanje mazivih svojstava.

Osim zaštite čeličnih površina od korozije, ulje treba štiti druge metale i legure koji se koriste u hidrauličnom sustavu.

**Starenje ulja** ovisi o vrsti i sastavu ulja. Starenju pogoduje zrak apsorbiran u ulju pod povišenim tlakom, čestice metala, visoka temperatura, produkti korozije metala, prljavštine te voda. Produkti starenja mogu dovesti do problema u strujanju sustavom, začepljenjem filtera i finih prolaza i otvora.

**Gustoća** predstavlja masu po jedinici volumena koju fluid zauzima.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{kg/m}^3]$$

To nije konstantna veličina te ovisi o tlaku i temperaturi. Plinovi imaju velike promjene gustoće, a kod fluid i krutih tijela su skoro zanemarive. Porastom tlaka se povećava gustoća, a porastom temperature smanjuje se gustoća kao posljedica širenja. Potrebno ju je uzeti u obzir pri proračunu usisne visine i cjevovoda.

## 5. PUMPE U HIDRAULČNIM SUSTAVIMA

Pumpe u hidrauličnom sustavu pretvaraju mehaničku energiju pogonskog stroja u hidrauličnu energiju (tlačnu e.). Pumpa usisava tekućinu i potiskuje je u sustav vodova. Radi otpora koji se suprotavlja tlačnoj tekućini u sustavu se stvara tlak. Visina tlaka odgovara ukupnim otporima, koji se sastoje od vanjskih i unutarnjih otpora.

Vanjski otpori-javljaju se zbog mehaničkog trenja i korisnog tereta, kao i zbog sila ubrzanja i statičkog opterećenja.

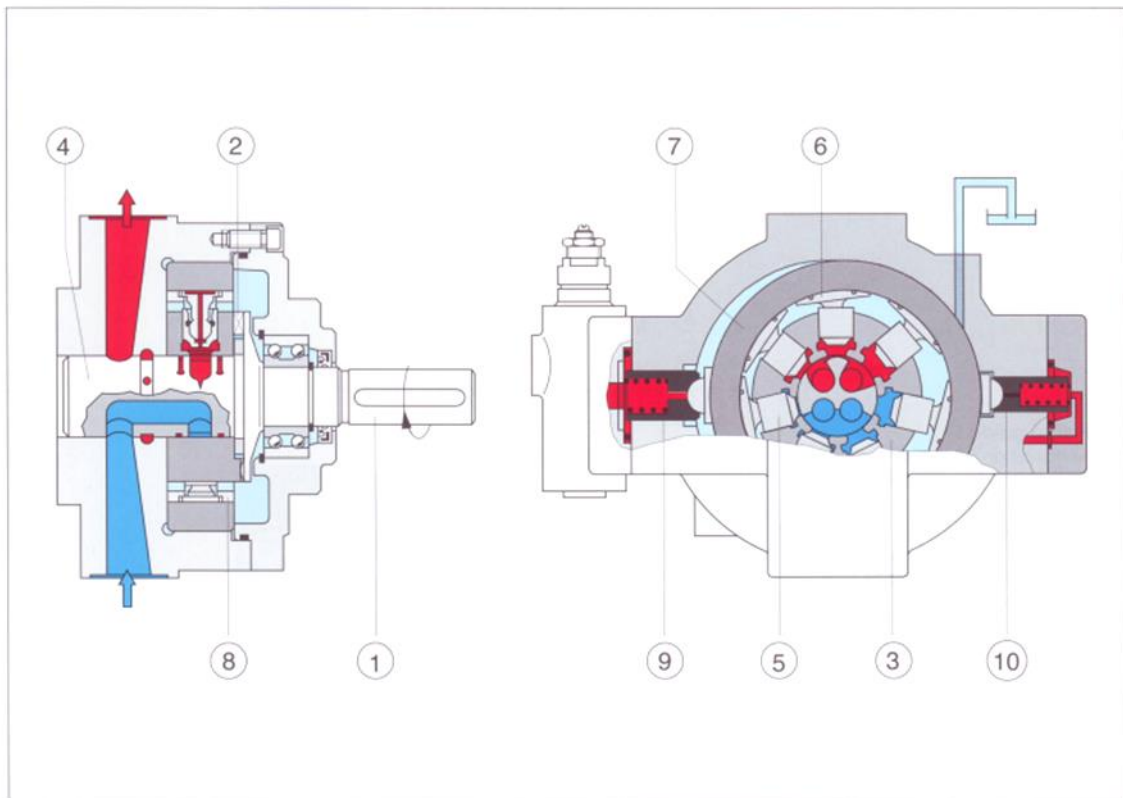
Unutarnji otpori-javljaju se zbog trenja u vodovima i komponentama, trenja u tekućini i zbog gubitaka strujanja (prigušenja)

Neke od bitnih karakteristika pumpi su volumen dobave, pogonski tlak, brzina vrtnje,i protok. Većina pumpi radi na principu potisnog djelovanja. Zupci zupčanika, krilca i klipovi tlače tekućinu svojom površinom potiskujući je i svladavajući tlak.

Zato ove pumpe nazivamo hidrostatskim uređajima. Aksijalne i radijalne klipne pumpe te krilne pumpe mogu biti prilagodljive, što znači da za isti broj okretaja mehanizmom se mijenja volumen dobave.

## 5.1 RADIJALNO-KLIPNE PUMPE

Elektromotor konstantne brzine i vrtnje pogoni vratilo okreće cilindarsko kućište unutar kućišta pumpe. Kućište se okreće po središnjem ventilu te je osigurano kulgičnim ležajevima na svojim krajevima. Kućište cilindra je spojeno sa centralnim ventilom preko prolaza koji vode do spojeva na vanjskom kućištu za usis i dobavu ulja (usisna i tlačna strana pumpe). Klipovi su postavljeni radijalno u zvjezdasto kućište i klipnom osovinicom povezani su na klizne papuče. Klizne papuče su učvršćene unutar lebdećeg prstena pričvršćenim prstenima i slobodno rotiraju na lebdećem prstenu i osovinici klipa. Prsten se također slobodno okreće i može se kretati lijevo-desno pomoću kontrolnih cilindara koji mu određuju položaj.



*Slika 5. Radijalno kline pumpe*

*Götz W., 1998.god. Hydrayulics, Theory and Applications, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.41*

1. Vrtilo
2. Spojka
3. Blok cilindra
4. Kontrolni oslonac bloka cilindra
5. Klipovi
6. Klizna papuča
7. Ekscentrični prsten
8. Preklapajući prsten
9. Upravljački cilindar
10. Upravljački cilindar

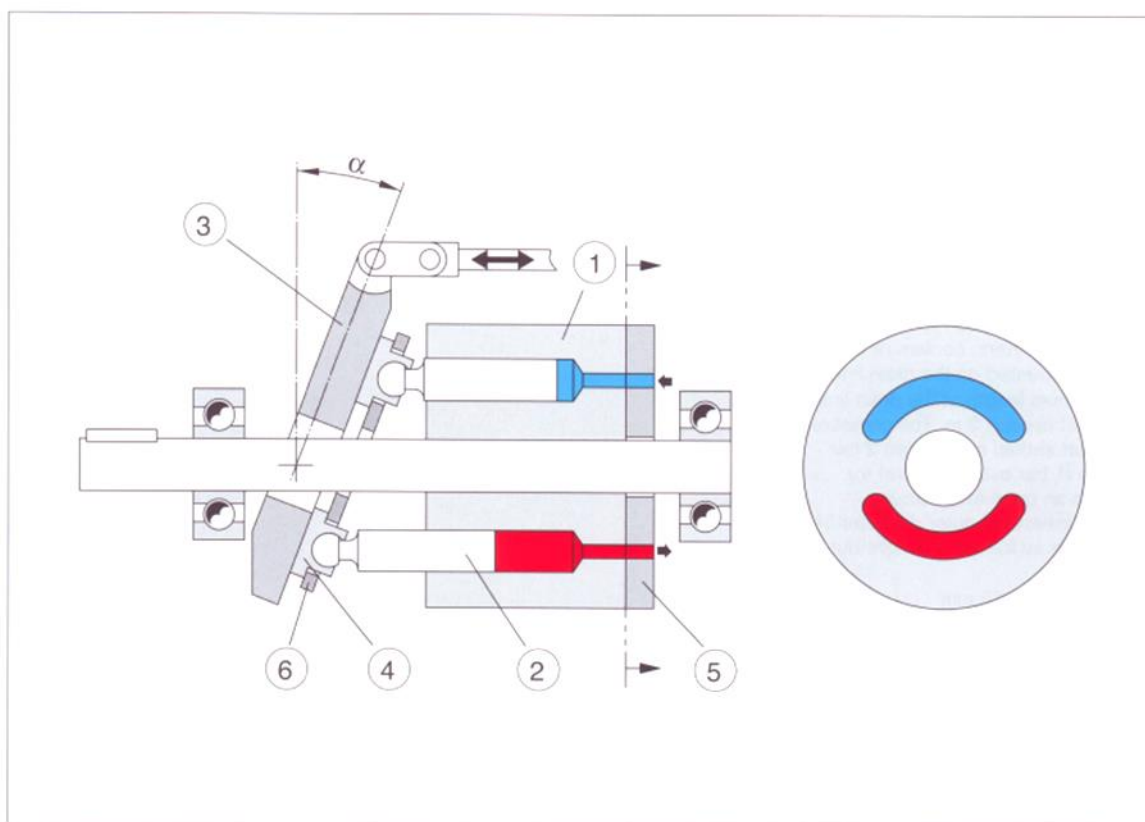
Dobava ulja vrši se pomoću lebdećeg prstena koji svojim pomicanjem lijevo ili desno djeluje rotacijske klipove koji crpe ili tlače ulje. Položaj prstena određuje koji će klipovi crpiti, a koji tlačiti ulje. Kada se lebdeći prsten postavi prema lijevo klipovi u prolazu inad referentne horizontalne linije se udaljavaju od cijevi i crpe ulje kroz kanale. Kada se lebdeći prsten postavi desno nastaje obrnuto djelovanje. Tada se klipovi ispod referentne linije nalaze u taktu kompresije to jest tlače tekućinu kako se pomiču prema unutrašnjosti tlačeći je u donji provrt centralnog ventila. Ovisno o ekcentritetu i položaju rotora, mijenjaju se veličina i smjer protoka. Pomakom kliznog prstena mijenja se taj ekscentritet.

Na kućištu pumpe nalazi se drenažna linija kojom se kod prvog startanja pumpe kućište treba napuniti uljem.

Kod ovih vrsti pumpi može se ostvariti stanje dobave uz komstantan pogon pumpe i promjenjivu dobavu kod oba dva smjera vrtnje. Kada dvije ovakve pumpe postavimo u sustav, a samo jedna od njih radi može se dogoditi da jedna počne okretati u drugom smjeru. U tom se slučaju postavlja mehanizam koji sprječava da se pumpa okreće u suprotnom smjeru i on djeluje automatski. Kada se pumpa zaustavi on se blokira, a kada se pumpa pokrene on se otpusti. Karakteristike ovih pumpi su mirni rad, dobar koeficijent korisnog djelovanja i dugi vijek trajanja. Radni tlak je do 63 *Mpa*.

## 5.2. KLIPNO-AKSIJALNE PUMPE S NAGIBNOM PLOČOM

Kod ove izvedbe pumpi vratilo okreće kućište cilindra zajedno s klipovima koji su postavljeni uzdužno s osi rotacije. Kućište cilindra je pritisnuto na razvodno zrcalo koje u sebi sadrži provrte za usis i tlak koji vode izvan kućišta pumpe. Klipovi su preko kliznih papuča vezani na nagibnu ploču. Aksijalni smjer klipova je određen nagibnom pločom, koja je okomita na os rotacije. Rotirajući klipovi putuju eliptičnom linijom na nagibnoj ploči. Klizne papuče su povezane pričvrstnom pločom. Nagibna ploča ima mogućnost promjene kuta nagiba kojeg zatvara s osi rotacije.



*Slika 6. Klipno aksijalne pumpe s nagibnom pločom*

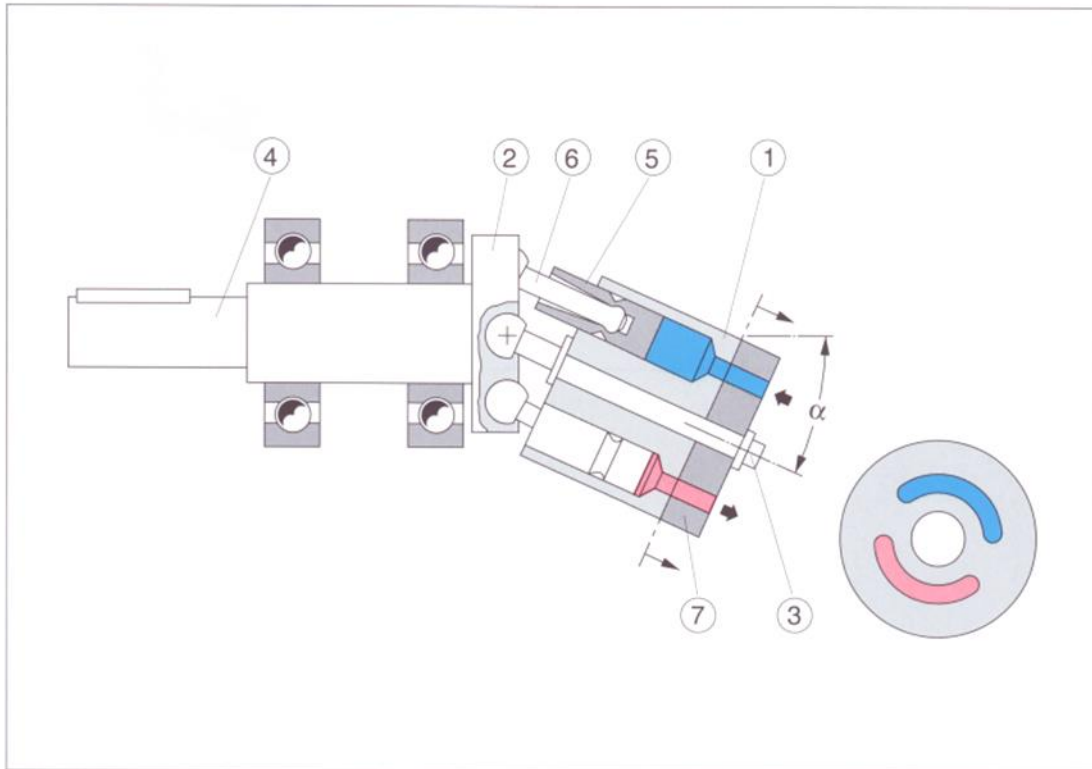
*Götz W., 1998.god. Hydrayulics, Theory and Applications, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.64*

1. Tijelo rotora
2. Klipovi s cilindrima
3. Nagibna ploča
4. Papučica
5. Sabirna ploča
6. Pričvrсна ploča

Pogonsko vratilo se okreće zajedno s bubnjem u kojem su aksijalno postavljeni klipovi. Zakretna ploča na koju su oslonjeni ne rotira, nego klipovi na jednom hidrostatičnom uležištenju klize po njezinoj površini smanjujući trenje. fluid izlazi i ulazi kroz bubanj i dva otvora na upravljačkoj ploči. Kod nekih izvedbi klipovi su postavljeni nasuprot zakretnoj ploči koja je uležištena na fiksno postavljenoj ploči. Kada je zakretna ploča okomita na os rotacije, kod klipova nema aksijalnog pomaka i nema dobave. Kada se zakretna ploča pomoću cilindra za nagib pomakne pod nekim kutom tada dolazi do dobave. U jednom dijelu rotacije klipovi obavljaju takt usisa, a drugom takt kompresije. Ovaj tip pumpe kao i pumpe spomenute u odlomku prije imaju mogućnost bez dobave uz konstantan pogon i promjenjivu dobavu u oba smjera protoka.

### **5.3. KLIPNO-AKSIJALNE PUMPE S NAGIBNIM ROTOROM**

U ovoj pumpi os rotacijskog bubnja postavljena je pod kutom prema osi pogonskog vratila. Na pogonsku prirubnicu pričvršćeni su klipovi klipnjačama s kugličnim zglobovima. Bubanj je pogonjen preko prirubnice, odnosno klipnjače i klipova. Na taj način kružno gibanje pogonske osovine pretvara se u translatorno gibanje klipova. Osnovni problem klipno-aksijalnih pumpi-razvođenje radne tekućine riješen je preko čvrste upravljačke ploče. Ova je ploča ugrađena na kućište pumpe, a kroz njezine srpaste kanale prolazi fluid u tlačni vod. Ova pumpa ima miran rad, smanjeno trenje, lako podešavanje i dobar stupanj korisnog djelovanja.



*Slika 7. Klipno-aksijalna pumpa s nagibnim rotorom*

*Götz W., 1998.god. Hydraulics, Theory and Applications, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.65*

1. Cilindarsko kućište
2. Prirubnica
3. Igličasti ležaj
4. Vratilo
5. Klip
6. Stapajica
7. Razvodna ploča

Klipno-aksijalne pumpe s nagibnim rotorom konstrukcijski je izvedena s centralnim svornjakom koji je u zglobnom zahvatu s pomičnom pločom. Ova ploča u obliku zrcala čvrsto je spojena i pomiče je klip u željeni položaj. Pomicanje klipa za postavljanje određuje

promjenu nagibnog kuta, odnosno promjenu hoda klipova postavljenoih na obodu. Njihov je hod u izravnoj vezi s postavljanjem protoka od minimalne do maksimalne veličine.

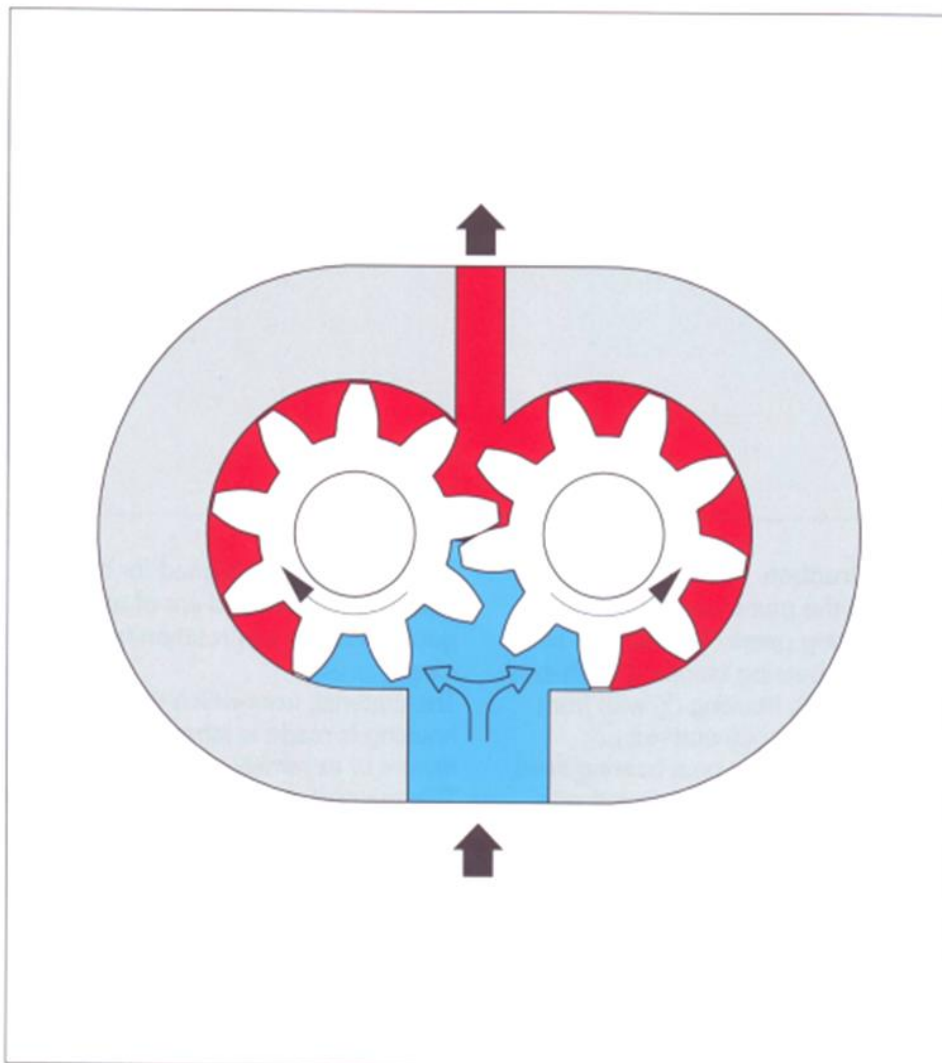
Pogonsko vratilo s prirubnicom pokreće cilindrični bubanj preko kuglastih zglobova na koje su pričvršćene klipnjače klipova. Cilindrični bubanj je uležišten središnjim svornjakom. Na čelu bubnja postavljena je razvodna ploča s upravljačkim kanalima za tlačni i usisni vod. Nagibni kut između bubnja i pogonskog vratila definira dužinu hoda klipova, odnosno utječe na promjenu volumena dobave.

## **5.4 ZUPČASTE PUMPE**

Ova vrsta pumpe se često koristi u hidrauličnim sustavima zbog jednostavnog dizajna, niske cijene, visoke pouzdanosti i mogućnosti dostizanja visokih radnih tlakova. Pumpa se, u osnovi sastoji od kućišta i dva međusobno spregnuta zupčanika od kojih je jedan pogonski i smješteni su zajedno u kućištu pumpe. U pumpi se između dva zuba i kućišta pumpe nalaze tlačne komore. fluid se usisava u pumpu gdje je uhvaćena u prostore između zubiju zupčanika i kroz tlačne komore ga prenose sa usisa na tlačnu stranu pumpe.

Vakuum koji je potreban za usis fluida u pumpu nastaje kada jedan zub zupčanika izađe iz prostora između drugog zupčanika. To dovodi do povećanja volumena u usisnom prostoru što dovodi do pojave vakuuma potrebnog za usis. U tlačnoj komori zubi i prostor između zubiju ponovno dolaze u dodir i guraju fluid prema izlazu što dovodi do povećanja tlaka. Volumen dobave po jednom okretaju je definiran veličinom prostora između zubi i brzini okretaja zupčanika.



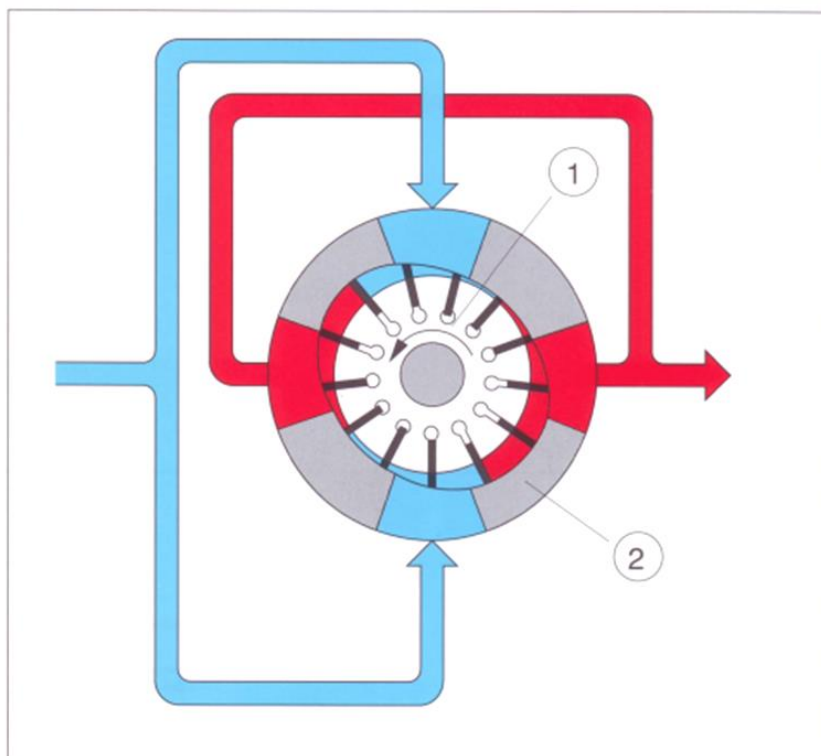


*Slika 8. Zupčasta pumpa*

*Götz W., 1998.god. Hydrayulics, Theory and Applications, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.34*

## **5.5 KRILNE PUMPE S KONSTANTNOM DOBAVOM**

Kod ove izvedbe pumpi krila su postavljena po obodu rotora u radijalnim utorima. Kada se rotor vrti krila se zbog unutarnjeg tlaka i centrifugalne sile, ili kod nekih izvedbi silom opruge pritišću na površinu statora tvoreći brtveći spoj. Stator ima eliptični oblik tvoreći dvije usisne i tlačne komore. Usisne i tlačne komore se nalaze dijametralno suprotno jedna od druge što dovodi do izjednačavanja sila na ležajeve pumpi. Kontrolni prolazi smješteni na rotorskim pločama odvajaju tlačne i usisne komore.



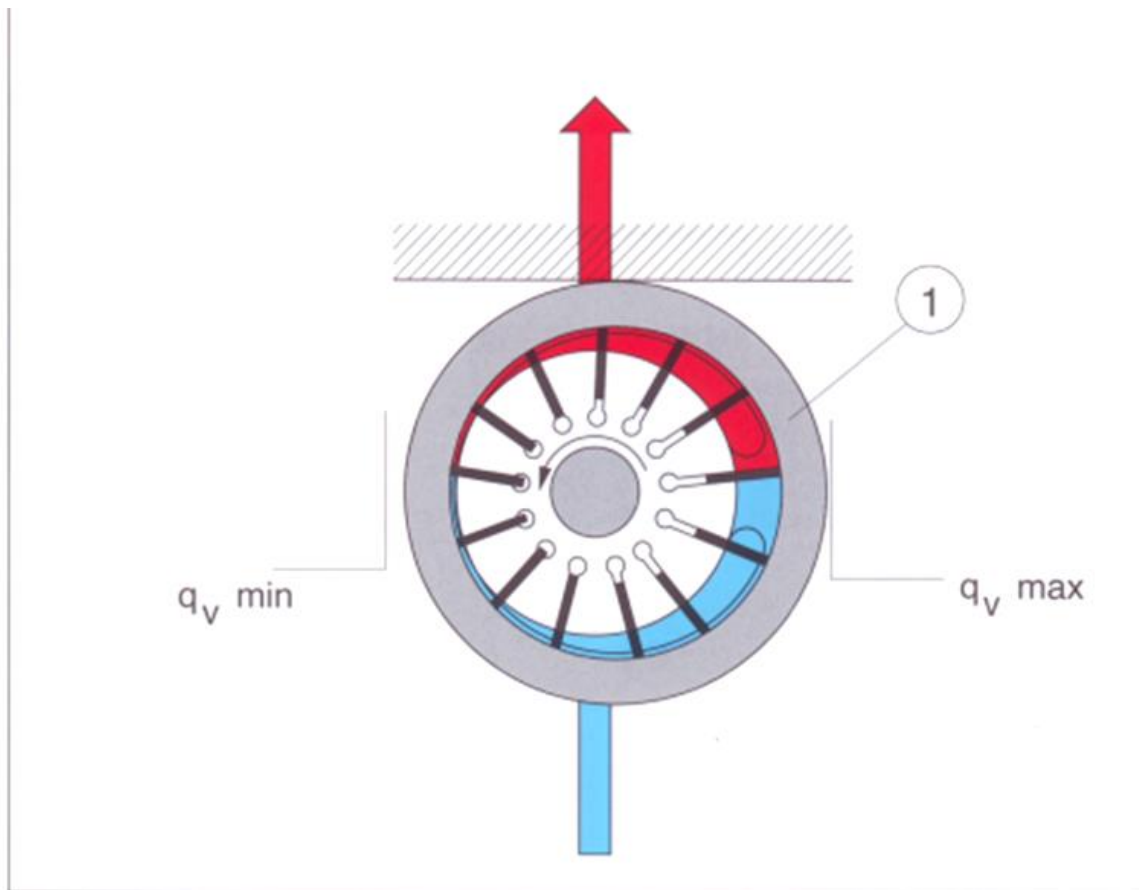
*Slika 9. Krilna pumpa*

*Götz W., 1998.god. Hydraulics, Theory and Applications, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.67*

1. Rotor
2. Stator

## **5.6 KRILNE PUMPE S PROMJENJIVOM DOBAVOM**

Kod ove izvedbe pumpe koristi se okrugli stator umjesto eliptičnog. Ekscentritet statora se može mijenjati te se tako mijenja dobava pumpe. Kompenzacija radijalnih sila u rotoru se postiže koristeći odgovarajuće ležajeve, jer su usisna i tlačna strana jedna nasuprot druge. Ekscentritet statora se mijenja pomoću opruge koja potiskuje statorski prsten koji odgovara maksimalnom protočnom volumenu, a suprotno djeluje postavni klip kojim upravlja tlak sustava. Povećanje tlaka miče klip svladavajući silu opruge pomičući i klizni prsten statora. Pomicanjem statora prema sredini smanjuje se protok prema potrebi sustava.

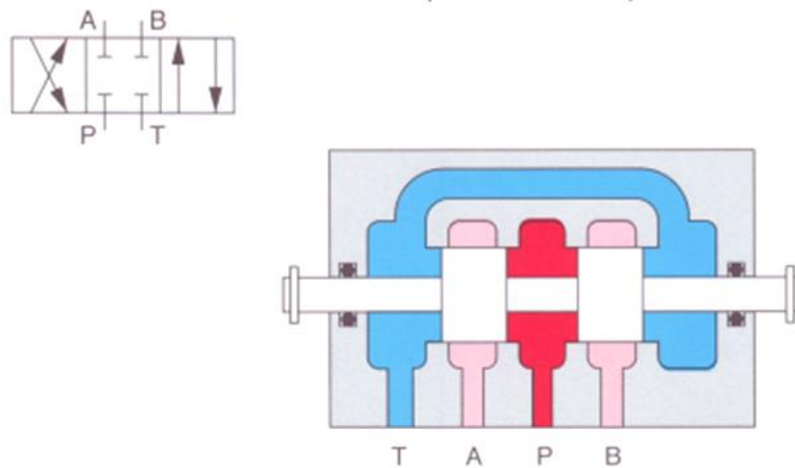


*Slika 10. Krilna pumpa s promjenjivom dobavom*

*Götz W., 1998.god. Hydrayulics, Theory and Applications, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.67*

## 6. ELEMENTI ZA REGULACIJU I UPRAVLJANJE

**Razvodnici** su ventili koji otvaraju, zatvaraju i usmjeravaju fluid. Razvodnici (engl. directional control valve) se prvenstveno označavaju prema broju hidrauličkih priključaka i broju razvodnih položaja. Na primjer, razvodnik 3/2 ima 3 priključka i 2 razvodna položaja. U simbolu razvodnika jedan razvodni položaj je označen kvadratom u kojemu su strelicama nacrtani mogući smjerovi gibanja fluida prema priključcima. Priključci se označavaju velikim slovima: P (pumpa, tlak), T (spremnik, povrat), A, B (radni priključci, potrošači), L (curenje), X, Y, Z (upravljajući priključci), ilio brojevima (1, 3, 5, 2, 4, 12, 14...). Simboli načina pokretanja razvodnika dodaju se sa strane kvadrata koji prikazuju razvodne položaje. Konstrukcijski su razvodnici pretežno klizne izvedbe, međutim mogu se susresti i rotirajući klizni, te oni sa sjedištem. Pomicanje kliznog elementa može biti pneumatsko, hidraulično, električno, mehanički i ručno.



*Slika 11. Razvodnik 4/3 sa označenim priključcima i simbolom*

*Götz W., 1998.god. Hydrayulics, Theory and Applications, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.73*

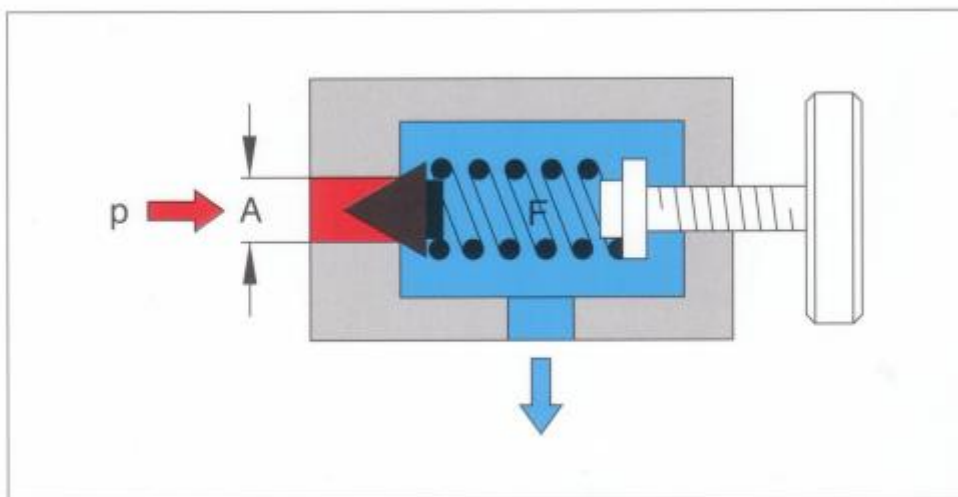
**Sigurnosni ventil** ili ventil za ograničavanje tlaka ograničavaju ili podešavaju tlak u hidrauličkom sustavu ili nekom dijelu sustava. Prema konstrukciji mogu biti sa sjedištem ili klizni, prema načinu upravljanja neposredno ili posredno upravljani. Prema funkciji osnovna podjela je na:

- ventil za ograničavanje tlaka
- regulator tlaka

Ventili za ograničavanje tlaka limitiraju maksimalni tlak u sustavu ili nekom dijelu sustava i na taj način štiti sustav od preopterećenja. Regulator tlaka ima zadatak ograničiti, smanjiti i održavati konstantni radni tlak u nekom daljem dijelu sustava (npr. ograničiti radni tlak nekog aktuatora). Ventili za ograničavanje tlaka, često nazivani sigurnosni ventil jer često ima tu funkciju. Tlak se ograničava tako što ventil otvara kada tlak u sustavu, odnosno sila nastala na površinu ventila svlada silu opruge.

Tlačni ventili imaju još neke funkcije:

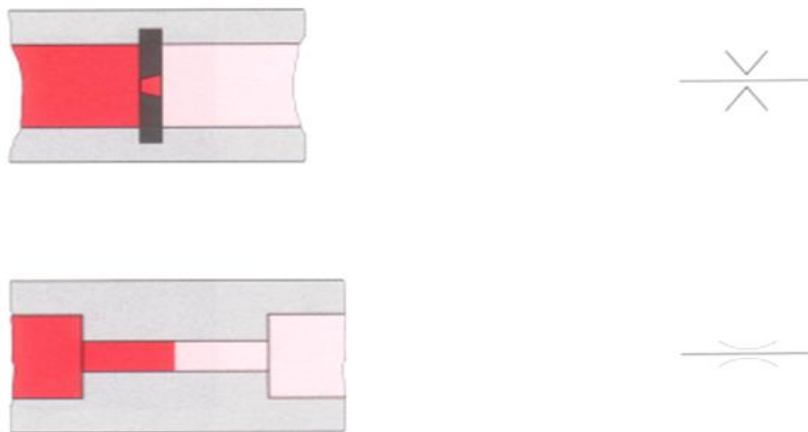
- pražnjenje sustava (ventili za pražnjenje, odnosno punjenje akumulatora)
- rasterećenje sustava
- tlačno uravnoteženje sustava
- sekvencijalno uključivanje dijelova sustava



*Slika 12. Sigurnosni ventil*

*Götz W., 1998.god. Hydraulics, Theory and Applications, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.93*

**Protočni ventili** ili ventili kontrole protoka utječu na protok u hidrauličnom sustavu te na taj način utječu na brzinu gibanja aktuatora ili cilindra. Prigušnica i blenda u osnovi su vrlo slične. One predstavljaju otpor protjecanju fluida i na taj način usporavaju njegov protok. Kod prigušnice dužina prigušenja fluida je veća, trenje je veće te protok ovisi i o viskoznosti fluida. Kako viskoznost fluida značajno ovisi o temperaturi, tako će i protok kroz prigušnicu biti ovisan o njoj. Kod blendi prigušni put je mali, ter viskoznost ne utječe na protok, pa je manja temperaturna osjetljivost. Što je kraći prigušni put to će biti manja temperaturna osjetljivost.



*Slika 13. Blenda i prigušnica sa simbolima*

*Götz W., 1998.god. Hydrayulics, Theory and Applications, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.109*

Protok kroz prigušnicu odnosno blendu ovisi i o padu tlaka na prigušnom mjestu. Kod prigušnice je ta ovisnost linearna dok je kod blende ta ovisnost nelinearna. Često je takva ovisnost nepoželjna odnosno poželjno je imati protok konstantan bez obzira na varijacije tlaka prije ili poslije prigušnog mjesta. Zbog varijacija u opterećenju cilindra, povećanjem opterećenja smanjuje se brzina klipa, smanjenjem opterećenja na klipnjači povećava se brzina. Ako se ovo želi izbjeći, ovisnost protoka o padu tlaka tada se treba primjeniti drugi protočni ventil koji se naziva regulator protoka. Protok kroz takav ventil nije ovisan o padu tlaka te on

im,a mogućnost promjene veličine otvora prigušnice te na taj način kompenzira promjene tlakova kako bi se ujednačila brzina gibanja klipnjače.



Slika 14. Regulator protoka sa simbolom

Götz W., 1998.god. *Hydraulic, Theory and Applications*, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.109

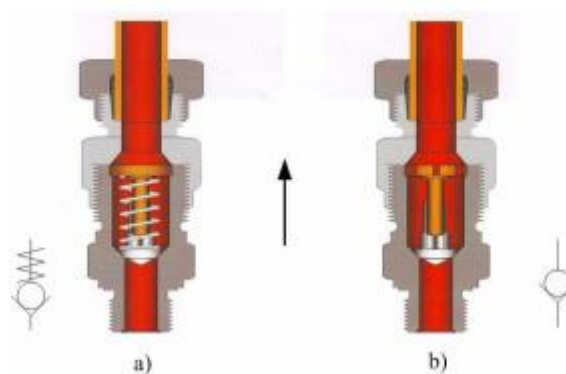
**Nepovratni ventil** omogućavaju protok fluida u jednom smjeru, a u suprotnom smjeru ga onemogućavaju. Mogu se promatrati kao posebna vrsta ventila zbog raznih uloga. Koriste se za zatvaranje jednog smjera protoka fluida, a zatim za realizaciju raličitih paralelnih tokova ta za dobivanje određenog pretlaka u nekom dijelu hidrauličkog kruga. Konstrukcijski su izvedeni kao ventili sa sjedištem, tako da zatvaraju krug bez propuštanja.

Osnovna podjela je na:

-nepovratni ventil

.nepovratni ventil s deblokadom

Obični nepovratni ventil pojavljuje se u izvedbi sa i bez opruge. Izvedbe s oprugom imaju tlak otvaranja ovisan o krutosti opruge. Izvedbe bez opruge se u pravilu ugrađuju vertikalno.



Slika 15. Nepovratni ventil, a) s oprugom, b)bez opruge

Petrić J. 2012.g. *Hidraulika i pneumatika, 1.dio: Hidraulika*, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, pg.104

## 7. OSTALI ELEMENTI U SUSTAVU

**Spremnici** služe za pohranjivnje hidrauličkog fluida, ali moraju zadovoljiti i niz drugih uvjeta:

**-pohranjivanje kompletnog volumena ulja**-spremnik mora moći zadržavati kompletan volumen ulja u sustavu. Pumpa usisava ulje iz tanka, i ulje se vraća u njega nakon što obavi zadaću u sustavu.

**-odvođenje topline iz sustava**-gubici snage u hidrauličkom sustavu dovode do zagrijavanja ulja. Ta toplina se većinskim dijelom odvodi preko površine stijenki spremnika, stoga spremnik mora biti odgovarajuće veličine i sa sustavom hlađenja ako je potrebno. Također je potrebno ga instalirati na prikladnom mjestu.

**-uklanjanje zraka**- mjhurići zraka u uljnoj pjeni dovode do neugodnih zvukova i štete, poglavito kod u pumpi jer mogu dovesti do kavitacije. Mjhurići zraka se stvaraju kada se dostigne zasićena točka otopljenog zraka u uvjetima vakuuma. Vrtložna strujanja također dovode do pojave pjene. Povišene količine mjehurića zraka u ulju dovode do povećane stlačivosti što dovodi do nepreciznog kretanja cilindra. Također kompresija mjehurića dovodi do povećanja temperature ulja. Neotopljeni zrak može se ukloniti iz ulja u spremniku stoga je poželjno imati što veću površinu ulja i da ulje stoji što je duže moguće.

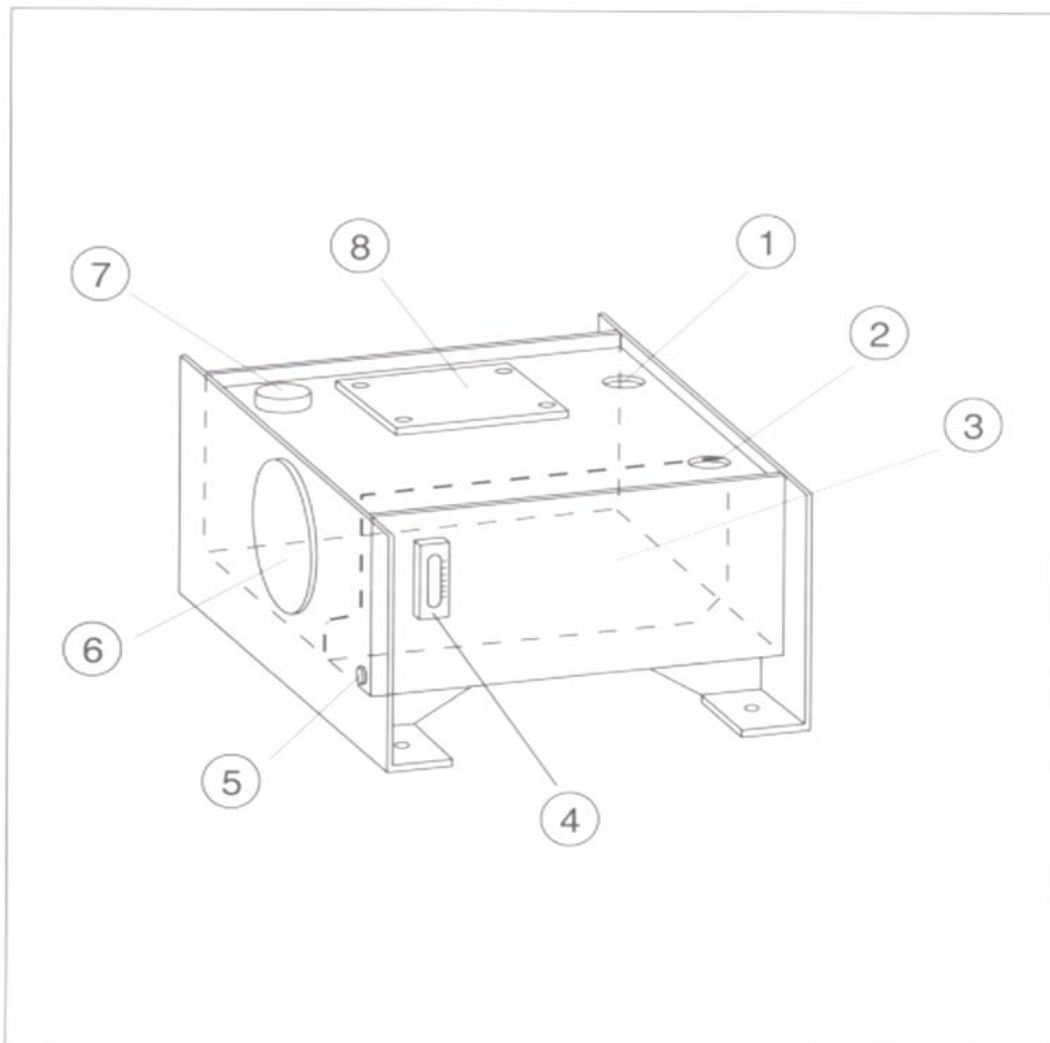
**-taloženje nečistoća**-produkti starenja i vrlo fini komadići nečistoća koji nisu uhvaćeni u filtru, talože se na dnu spremnika. Dno tanka trebalo bi biti nagnuto da se olakša taloženje čestica.

**-uklanjanje kondenzirane vode**-zbog varijacija u temperaturi, kondenzacija vode događa se u spremniku. Samo mala količina vode se otapa u ulju. Zajeno sa uljem, neotopljena voda stvara emulziju i tereba se ukloniti. Koncentrira se u najnižoj točki spremnika te se onda zajedno sa nečistoćama uklanja kroz drenažni ventil.

U spremniku je potrebno ugraditi i pregradne ploče koje pospješuju hlađenje ulja jer potiču cirkulaciju ulja unutar spremnikai i pospješuju uklanjanje nečistoća iz ulja.

Kod malih do srednje velikih instalacija pogonske i ventilske komponente montiraju se direktno na spremnik, što znači da spremnik mora biti dovoljno čvrst da izdrži opremu koja je instalirana. Čvrsti tank također ima ulogu u smanjenju buke.



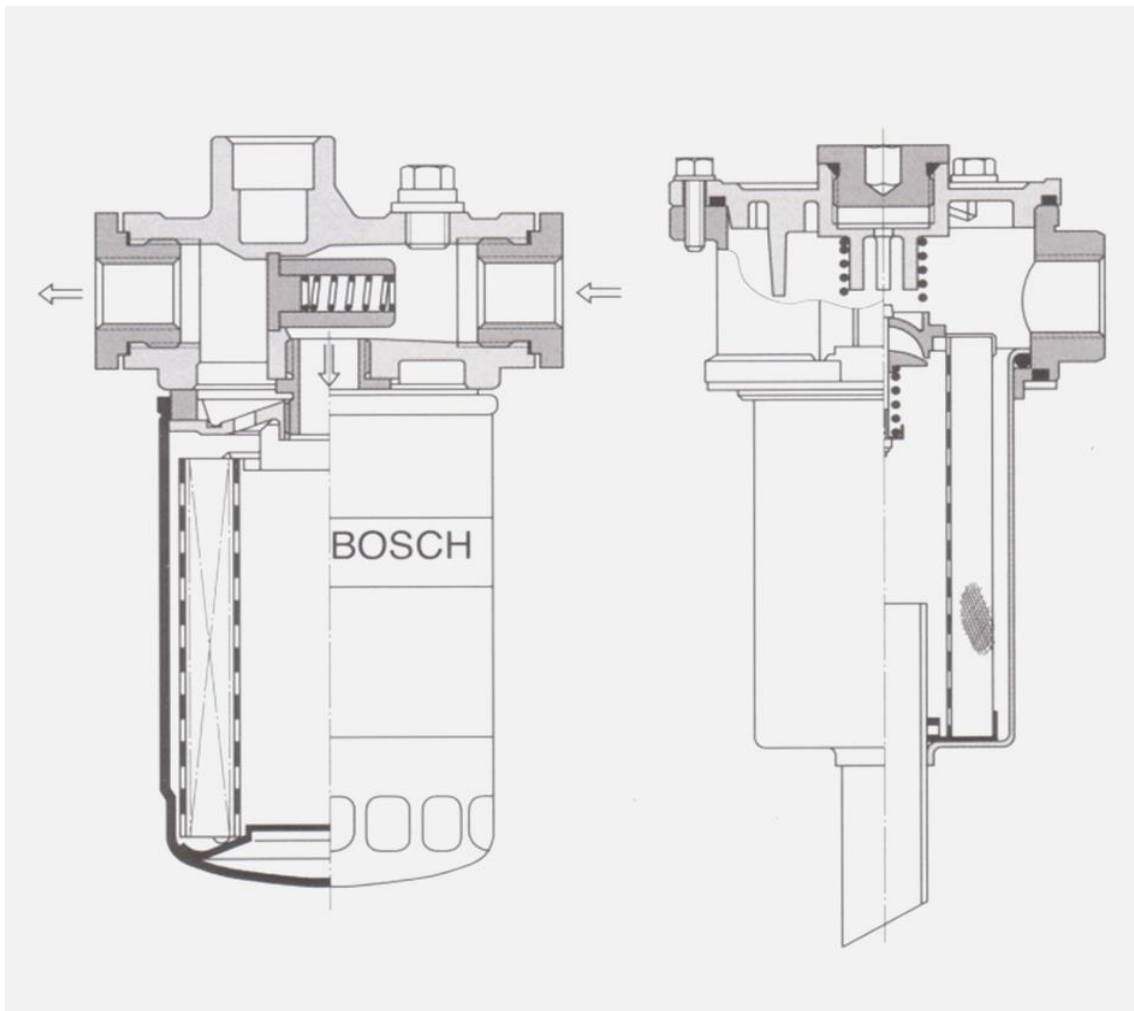


*Slika 16. Spremnik ulja*

*Götz W., 1998.god. Hydrayulics, Theory and Applications, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.140*

1. Ušisni vod
2. Povratna vod
3. Pregradna ploča
4. Indikator razine ulja
5. Drenažni otvor
6. Inspeksijski otvor
7. Odušnik zraka
8. Postolje za pogonski sklop

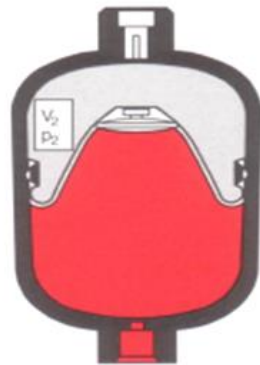
**Filteri** su vrlo važni elmetni za siguran, ispravan i dugtrojan rad hidrauličkog sustava. Tolernacije između elemenata u hidrauličkom sustavu su vrlo male, pa se osjetljivost na povećanje onečišćenja fluida u sustavu povećava. Klase čistoće su definirane prema ISO 4406 normom kojom je klasa čistoće označena sa tri broja, koja definiraju maksimalni broj čestica većih od 4,6, i 14  $\mu\text{m}$  u 100ml fluida. Prema tom broju određuje se potreba za finoćom filtriranja i filtera. Također je bitno u kojem se dijelu sustava montira filter. Najčešće se instalira u povratnom vodu. Radi zaštite osjetljivih elemenata, kao servoventila filter može biti smješten u tlačnom vodu prije ventila, međutim to se izbjegava radi stvaranja dodatnih otpora na usisu pumpe čime se povećava opasnost od kavitacije, te oštećenja krilnih i klipnih pumpi.



*Slika 17. Filter ulja*

*Götz W., 1998.god. Hydrayulics, Theory and Applications, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.151*

**Akumulatori** služe za pohranu hidrauličke energije tako što hidrauličku energiju pretvaraju u potencijalnu energiju. To se može postići na više načina podizanjem ili sabijanjem opruge, ili tlačenjem plina. U trenutku kada je hidraulička energija potrebna potencijalna energija u akumulatoru se pretvara u hidrauličku. Upravo se prema načinu pohrane energije akumulatori se dijele na akumulatore s masom, oprugom ili plinom. Najzastupljeniji su oni s plinom koji se nazivaju hidropneumatski akumulatori, koji se dijele na tri vrste klipni, membranski i s mijehom. Osim pohranjivanja energije, on vrši više uloga: pohranjuje energiju kod sustava koji se vrlo kratko koriste, pokriva potrebe za kratkotrajnom vršnom hidrauličkom energijom, kompenzira curenje, amortizira hidrauličke udare i neravnomjernosti protoka.



*Slika 18. Membranski i akumultor s mijehom*

*Götz W., 1998.god. Hydrayulics, Theory and Applications, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.128*

## 8. AKTUATORI

Aktuatori su krajnji izvršni elementi u hidrauličkom sustavu jer se u njima hidraulička energija fluida pod tlakom pretvara u mehanički rad te se obavlja neka zadaća ili rad. Konstrukcije hidrauličnih motora i pumpi dijele se u tri skupine:

-linearni (hidraulični cilindri)

-rotacijski

-zakretni

Slična podjela je i kod kormilarskih uređaja koji se dijele prema vrsti aktuatora na klipne(linearni) i krilne(rotacijski) uređaje.

### 8.1 LINEARNI AKTUATORI

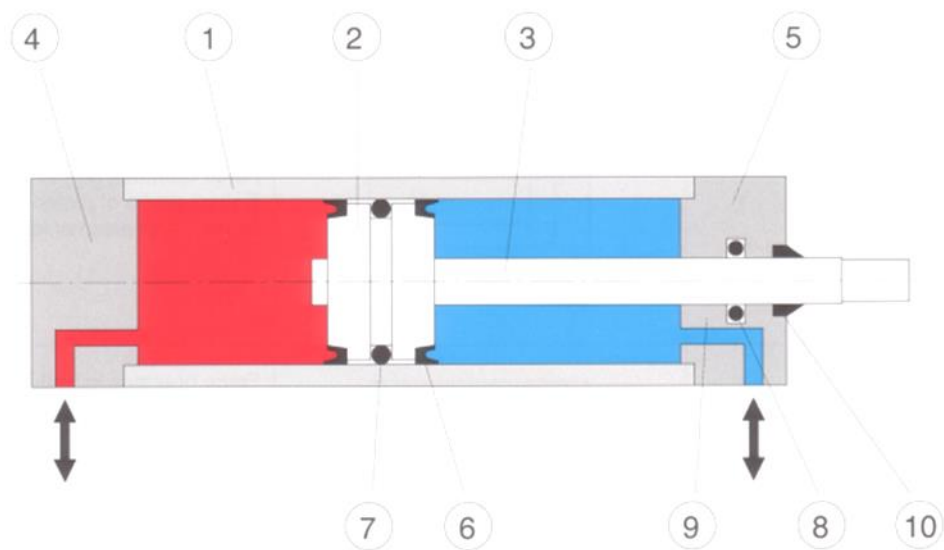
Hidraulički cilindri ili linearni aktuatori omogućavaju vrlo jednostavnu i efikasnu pretvorbu hidrauličke energije u linearno gibanje. Mogu postići hodove od nekoliko milimetara do nekoliko metara, te također mogu postići vrlo velike sile (do nekoliko stotina tisuća kN). Hidraulički cilindri su konstrukcijski jednostavni elementi. Sastoje se od klipa, košuljice, klipnjače, brtvi te dvaju poklopaca koji mogu biti pričvršćeni navojem ili zavarivanjem za košuljicu ili međusobno šipkama. Postoji više načina pričvršćenja cilindra za podlogu, te klipnjače za predmet koji se pomiče.

Cilindri se prema smjeru djelovanja sile, odnosno korisnog rada koji vrše, dijele na:

-jednoradne

-dvoradne

-teleskopske



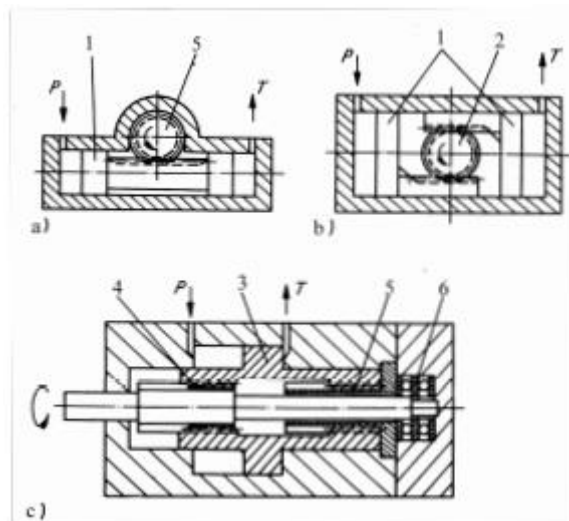
*Slika 19. Linearni aktuator ili hidraulični cilindar*

*Götz W., 1998.god. Hydrayulics, Theory and Applications, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.11*

1. Plašt cilindra
2. Klip
3. Klipnjača
4. Prednji poklopac
5. Stražnji poklopac
6. Brtva klipa
7. Ležaj klipa
8. Brtva klipnjače
9. Vodicica klipnjače
10. Brisač klipnjače

## 8.2 ZAKRETNI AKTUATORI

Motori za ograničeni kut zakretanja, tzv. Zakretni aktuatori služe za obavljanje djelomičnog zakreta (manje od 360 stupnjeva) relativno nižom brzinom s konstantni zakretnim momentom u primjenama gdje se traži stacionarna kompaktna konstrukcija. Prema konstrukciji se dijele na motore sa zakretnim krilcima, motore s klipom i motore sa strmim navojem. Zakretni aktuatori s krilcima se koriste kada je potrebno rotacijsko-oscilatorno gibanje i kuta rotacije manjeg od 320 stupnjeva. Više krila smanjuje kut rotacije. Kod izvedbe zakretnog motora nazubljeni dio klipa djeluje kao zubna letva koja u zahvatu sa zupčanikom pogoni vratilo.



Slika 20. Zakretni aktuatori

Šestan A., 2003.g. *Uljna hidraulika i pneumatika*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Rijeka, pg.93

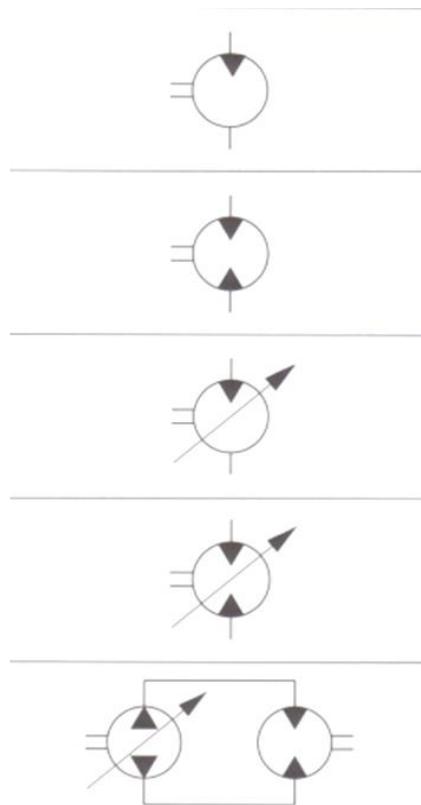
## 8.3 ROTACIJSKI AKTUATORI (MOTORI)

Hidromotori su radni elementi koji pretvaraju hidrauličnu energiju u mehaničku energiju i proizvode rotacijsko gibanje. Hidromotori imaju karakteristične veličine slične onima kod pumpi, međutim kod rotacijskih aktuatora se ne govori o istisnini, nego o volumenu punjenja. Fluid ulazi pod visokim tlakom i potiskivanjem radnih elemenata pretvara se hidraulična energija u mehanički rad na izlaznom vratilu vtnjom istog. Volumen komora se povećava, a fluid iz aktuatora izlazi pod niskim tlakom. Volumen punjenja je određen konstrukcijskom veličinom i brojem okretaja radne osovine.

Rotacijski motori se dijele na:

-konstantne motore (stalni volumen)

-prilagodljive motore (prilagodljivi volumen)



*Slika 21. Simboli motora*

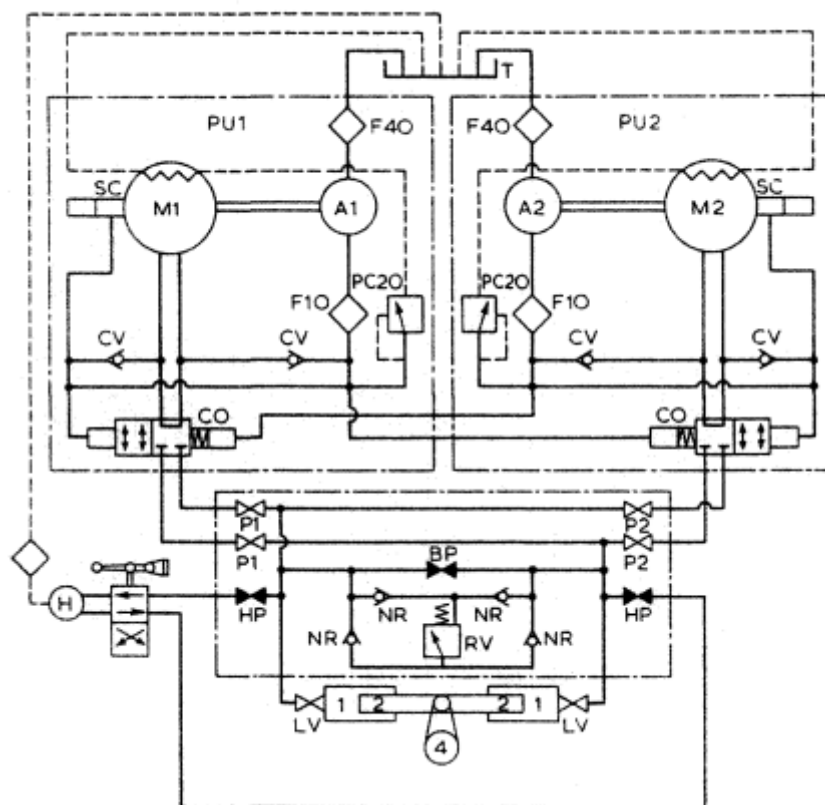
*Götz W., 1998.god. Hydrayulics, Theory and Applications, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka, pg.26*

Na slici su prikazani simboli motora te su prva dva simbola motori sa konstantnim volumenom i jednim ili dva smjera vrtnje, dok su druga dva sa promjenjivim dobavnim volumenom i jednim ili dva smjera protoka i zadnji simbol predstavlja hidrostatski prijenos. Prema brzini vrtnje dijele se na brzohodne i sporohodne. Sporohodni imaju brzinu vrtnje 250 o/min, a brzohodni su iznad tih okretaja. Neki put se se brzine preklapaju pa se za neke kaže i da su srednjehodni. Iako su rotacijski motori konstrukcijski slični pumpama, način rada i smjer energije su drugačiji. Pumpe mehaničku energiju pretvaraju u hidrauličnu, a motori obratno. Aksijalne i zupčaste pumpe mogu raditi kako motori bez promjena u konstrukciji, ali zbog veće iskoristivosti potrebno je izvesti određene konstrukcijske promjene.

## 9. HIDRAULIČNI KORMILARSKI UREĐAJ

Hidraulični kormilarski uređaj za pokretanje kormila koristi se na gotovo svim brodovima. Za dobivanje hidrauličnog tlaka koriste se radijalne ili aksijalne klipne pumpe s promjenjivom dobavom. Pomoću cijevi fluid pod tlakom se dovodi u cilindre, koji su klipovima spojeni s rudom ili jarmom kormila. Nastala sila daje moment koji zakreće kormilo i time svladava moment koji djeluje na kormilo uslijede strujanja vode na njega. Izbor hidrauličnih klipnih uređaja ovisi o tome koliki je moment potreban za zakretanje kormila te se najčešće koriste izvedbe sa dva ili četiri cilindra.

### 9.1 HIDRAULIČNI KLIPNI KORMILARSKI UREĐAJ S DVA CILINDRA



Slika 22. Hidraulični kormilarski uređaj s dva cilindra

McGeorge H.D. 1995.g., *Marine auxiliary machinery*, Sedmo izdanje, Elsevier science Ltd, Velika Britanija, pg.299

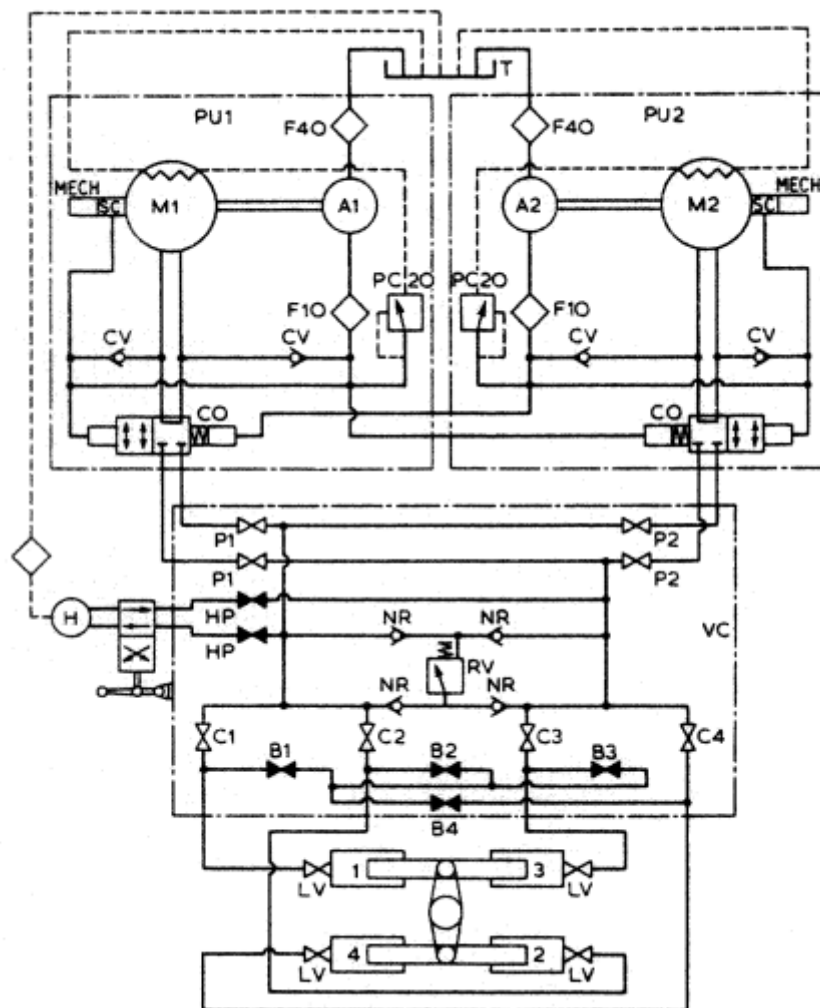


1-cilindar  
2-klip  
4- rudo kormila  
PU1,PU2-pogonske jedinice  
A1,A2-pomoćne pumpe  
F10,F40-filteri  
SC-servo kontrole  
CO-automatski prebacujući ventil  
PC20-ventil za ograničavanje tlaka  
CV-nepovratni ventil  
P1,P2-izolirajući ventil  
LV-blokirajući ventil  
BP-bypass ventil

Sustav ima dvije slične pogonske jedinice, od kojih svaka ima svoj elektromotor koji radi konstantno, preko fleksibilne spojke pogoni klipno-aksijalnu pumpu promjenjive dobave i pomoćnu pumpu. Pomoćna pumpa usisiava ulje iz spremnika i dobavlja ga pri konstantnom tlaku kroz 10 $\mu$ m filter servo upravljaču i automatskom preklopnom ventilu, da bi se održao protok hladnog uljka kroz kućište pumpe nadopunu glavnog sustava u slučaju gubitka fluida. Kada glavna pumpa ne dobavlja fluid, pomoćne pumpe vraćaju fluid u spremnik kroz ventil za ograničavanje tlaka podešenog na 20bar, i kroz kućište pumi. Kada su pumpe u stanju dobave, pomoćne pumpe dobavljaju na usis glavnih pumpi.

Glavna pumpa se može pokrenuti pri bilo kojem položaju kormila, u bilo koje vrijeme startanjem motora. Kada je pumpa u mirovanju servo upravljani automatski prebacujući ventili su postavljeni pomoću opruge u bypass položaj. Kada se pumpa starta, tlak fluida izu pumpe nadvlada silu opruge, zatvara bypass i spaja glavnu pumpu na hidraulički sustav, pritom starta pumpu u rasterećenom načinu, ne opterećujući elektromotor pri pokretanju dok struja na padne na nazivnu. Kada se pumpa isključi opruga vraća ventil u bypass položaj. Nakon prebacujućih ventila, glavna pumpa tlači uz, izolirajuće ventile i blokirajuće ventile u cilindre. Ovi ventili su postavljeni u ventilsku stanicu da se osigura međusobno povezivanje bypass, sigurnosnih i zapornih ventila ručne pumpe, sa odgovarajućim nepovratnim ventilima. Na otvorenom moru obično je jedna pogonska jedinica u radu, a druga u stand by-u, a uslučaju potrebe bržeg odaziva kormila mogu obje biti u radu istovremeno.

## 9.2 HIDRAULIČNI KORMILARSKI UREĐAJ S ČETIRI CILINDRA



Slika 23. Hidraulični kormilarski uređaj s četiri cilindra

McGeorge H.D. 1995.g., *Marine auxiliary machinery*, Sedmo izdanje, Elsevier science Ltd, Velika Britanija, pg.303

1,2,3,4-cilindri

PU1,PU2-pogonske jedinice

M1,M2-pumpe

A1,A2-pomoćne pumpe

T-spremnik ulja

F10,F40-filteri

SC-servo kontrole

CO-prebacujući automatski ventil  
PC20-ventil za ograničavanje tlaka  
NR,NV-nepovratni ventili  
P1,P2,P3,P4-izolirajući ventili  
C1,C2,C3,C4-izolirajući ventili cilindra  
LV-blokirajući ventili  
B1,B2,B3,B4-bypass ventili  
RV-sigurnosni ventil  
HP-ventil ručne pumpe  
H-pumpa ručna  
VC-stanica ventila

Sustav s četiri cilindra sadrži sklop zapornih i bypass ventila unutar ventilske stanice, koji omogućavaju kormilarenje sa sva četiri cilindra ili dva susjedna cilindra, ali nikad sa dva dijagonalna cilindra. Neaktivni cilindri su izolirani od pumpi pomoću izolirajućih ventila dok su bypass ventili koji ih povezuju otvoreni da omoguće slobodan protok fluida. Jedna ili dvije pogonske jedinice mogu se povezati sa bilo kojom kombinacijom cilindra. Kod rada sa samo dva cilindra raspoloživi moment je upola manji nego kad rade sva četiri cilindra, a kad su obje pogonske jedinice u radu povećati će se brzina odaziva kormila.

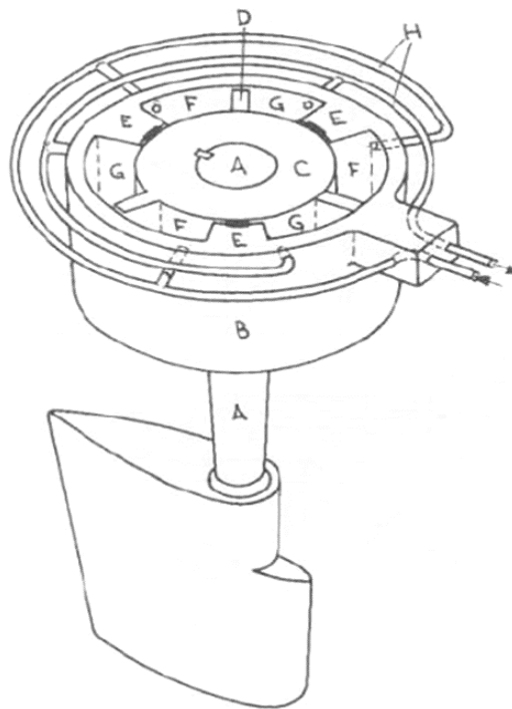
Pogonske jedinice i način rada te osnovni hidraulični krug je sličan sustavu kormila s dva cilindra, a ostatak sustava se razlikuje. Ventilska stanica mora upravljati s četiri cilindra u svim kombinacijama, što zahtijeva četiri izolirajuća ventila i isto toliko bypass ventila. Sustav ručne pumpe u nuždi, sigurnosni ventil glavnog sustava i blokirajući ventili ostaju nepromijenjeni kao i daljinsko, lokalno i upravljanje u nuždi ostaju bez promjena.

U normalnom radu pumpa i četiri izolirajuća ventila, ventili za izolaciju cilindra i blokirajući ventili su otvoreni, dok su ventili ručne pumpe i bypass ventili zatvoreni. Pogonske se jedinice mogu pokrenuti ili pogasiti paljenjem i gašenjem pripadajućih elektromotora.

Kako bi se prebacili sa kormilarenja na četiri cilindra na dva cilindra, potrebno je samo izolirati dva cilindra zatvaranjem izolirajućih ventila i otvaranjem bypass ventila između njih. Na primjer da bi kormilarili sa cilindrima 1 i 3, ventili C2 i C4 su zatvoreni, dok su B2 i B4 otvoreni tako da cilindri 2 i 4 su izolirani iz glavnog hidrauličnog sustava tako da ulje u njima može slobodno prelaziti iz jednog u drugi cilindar. Izolirajući ventili i bypass ventili su na shemi prikazani kao posebni elementi, ali svaki par ventila može biti napravljen kao ventil sa dvostrukim sjedištem, tako da kada se cilindar izolira automatski se otvara bypass ventil.

## 10. HIDRAULIČNI KRILNI KORMILARSKI UREĐAJ

Rotacijski krilni hidraulični kormilarski uređaj s elektrohidrauličnim upravljanjem je uređaj koji koristi hidrauličku energiju za zakretanje vrata lista kormila i upravljan je električnim upravljačkim signalom. Ova izvedba kormila se koristi za veliki raspon zakretnih momenata (20-4000 kNm) i naročito je podesan, zbog dinamičkih svojstava za rad kod automatskog upravljanja brodom. Također je jednostavne i kompaktne izvedbe te male težine, ali su skuplji i imaju manje radne tlakove od kormilarskih uređaja s cilindrima. Radni tlakovi su do 90 bara zbog opasnosti od propuštanja i defomacija samog uređaja. Ekvivalentni su klipnom kormilarskom uređaju s dva cilindra. Ako se postave dva sklopa krilnog kormilarskog uređaja jedan iznad drugoga ostvaruje se potrebna duplifikacija sustava koja je potrebna zbog sigurnosti, a odgovara sustava s četiri cilindra.



- |                    |                             |
|--------------------|-----------------------------|
| A Vratilo kormila  | E Fiksno krilo              |
| B Stator           | F Komora promjenjivog tlaka |
| C Zvezdasti rotor  | G Komora promjenjivog tlaka |
| D Okretljivo krilo |                             |

Slika 24. Hidraulični krilni kormilarski uređaj

Ozretić V. 1996.g., Brodski pomoćni strojevi i uređaji, treće izdanje, Split ship management d.o.o., Split, pg.782

Hidraulični krilni kormilarski uređaj sastoji se od:

- kormilarskog stroja, koji je smješten na vratilu kormila koji stvara zakretni moment
- pumpnih agregata sa upravljačkim ventilom i solenoid pilot ventilom za daljinsko i automatsko kormilarenje
- upravljačkog stupa smještenog na mostu koji može biti predviđen za električni ili hidraulični način upravljanja

Prostori koji se formiraju između krila rotora i statora se koriste kao visokotlačne ili niskotlačne komore. Glavna prednost ovog sustava je kompaktnost jer zauzima 1/10 prostora sustava s cilindrima. Mehanička prednost ovog sustava je da može zadržati kormilo u bilo kojem kutu. Kutno gibanje rotora je mehanički je ograničeno segmentima koji su tako dimezionirani da je granični položaj kormila 35 stupnjeva u svaku stranu od centralnog položaja.

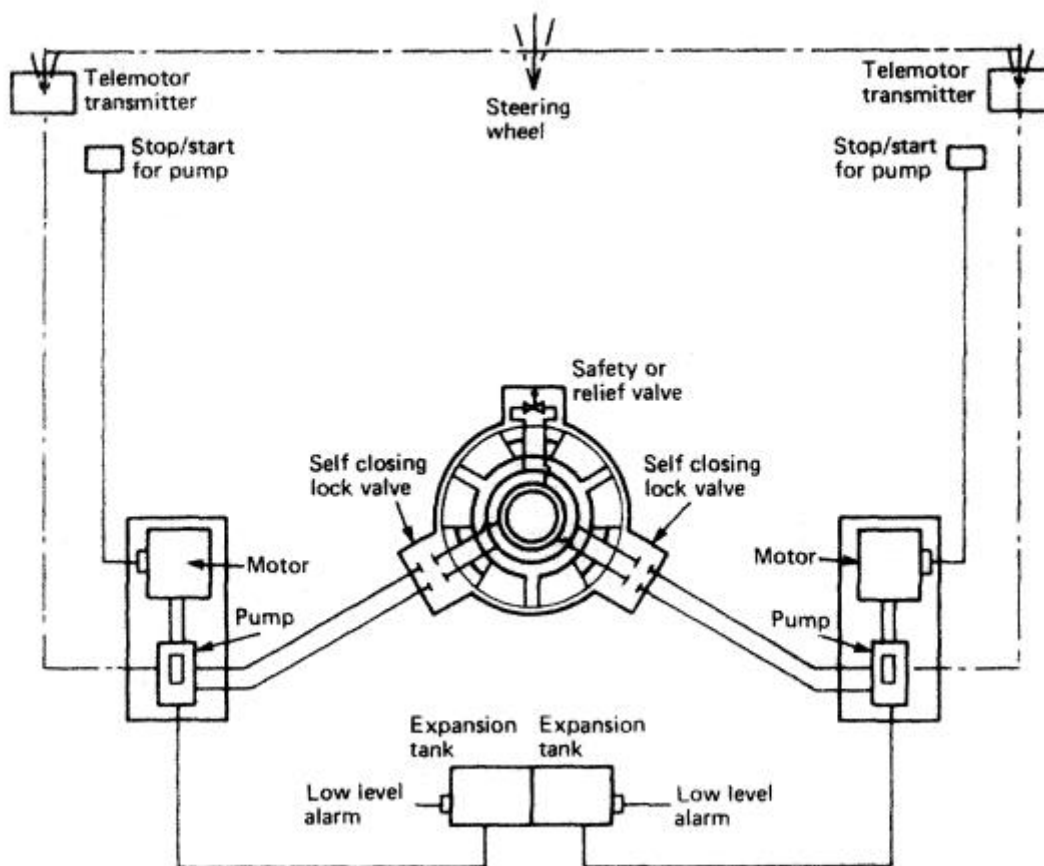
Sustav je izveden s dva neovisna pumpna agregata, u normalnom pogonu radi samo jedan pumpni agregat, a on je dimezioniran tako da zadovolji vremenske zahtjeve otklona kormila. Kada je potrebno zbog pomorskih propisa ili određenih uvjeta npr. intezivnog manevriranja u radu mogu biti obje pumpe. Tada se protoci zbrajaju, vrijeme otkolna se skraćuje.

Na slici 22. prikazan je hidraulični kormilarski uređaj s rotacijskim krilima. Na vratilu kormila uklinjen je zvjezdasti rotor dok je stator vezan za brodsku konstrukciju. Zvjezdasti rotor može se okretati na jednu ili drugu stranu. Prstenasti prostor nastao između statora i rotora ima 3 fiksna i 3 okretljiva krila. Na taj su način stvorene tri komore promjenjivog tlaka. Iz pumpe promjenjive dobave ulje se pod tlakom dovodi cjevovodom do svake komore. Ako se ulje dobavlja pod tlakom u komoru F rotor C bit će zakrenut u smjeru kazaljke na satu, a kormilo će se okrenuti desno. Analogno tome ako se ulje pod tlakom dobavlja do komora G rotor C će se okrenuti suprotno smjeru kazaljke na satu, a kormilo će se zakrenuti lijevo.

Komore dozvoljavaju kut otklona do 70 stupnjeva. Krila djeluju kao stoperi kormila. Ako se zahtijeva veći kut otklona npr. 130 stupnjeva mogu se napraviti dva fiksna i dva okretljiva krila.

## 10.1 OPIS SUSTAVA KRILNOG KORMILARSKOG UREĐAJA

Hidraulični krilni kormilarski uređaj prikazan na slici ima zakretni krilni aktuator s tri komore. Hidraulični sustav sastoji se od dvije identične pogonske jedinice koje su razdvojene izolacijskim ventilima, a pošto jedinice su povezane s istim spremnikom u njemu s nalazi pregrada i svaki dio ima svoj alarm niske razine ukoliko se dogodi propuštanje u jednom dijelu sustava ventili će se zatvoriti uslijed djelovanja opruge a zbog alarma će doći do startanja druge pumpe koja će otvoriti ventil uslijed povećanja pritiska ulja i moći će se upravljati kormilom.



Slika 25. Sustav krilnog kormilarskog uređaja

Taylor D.A. 1996.g. *Introduction to Marine Engineering*, drugo izdanje, Elsevier Ltd. Velika Britanija, pg.229

expansion tank-spremnik ulja

low level alarm-alarm niske razine ulja

pump, motor-pogonska jedinica

self closing valve-samozatvarajući ventil

safety relief valve-sigurnosni ventil

## 11. ZAKLJUČAK

Hidraulični kormilarski uređaji danas se koriste na gotovo svim brodovima neovisno jesu li to veliki teretni ili putnički brodovi ili mali brodovi i jahte za privatne potrebe.

Najveća prednost hidrauličkih kormilarskih uređaja leži u njihovoj kompaktnoj konstrukciji uz pomoć koje ostvaruju velike sile s relativno malim elementima, što je potrebno za zakretanje kormila i upravljanje brodom. Ovo bi se moglo izvesti i sa mehaničkim i električnim komponentama međutim sklop bi bio puno veći i glomazniji i ne bi bio toliko precizan i pouzdan u radu te zbog glomaznosti bi zauzeo ionako ograničen prostor na brodu. Također hidraulični kormilarski uređaj uspješno neutralizira dinamičke sile nastale udaranjem valova u kormilo, dok se kod mehaničkih i električnih sustava to kompenzira elastičnim spojevima koji samo kompliciraju konstrukciju.

Hidraulični kormilarski sustav se može poboljšati korištenjem najnovijih tehnologija i još većim povećanjem sigurnosti u radu čemu teže svi sustavi koji se danas ugrađuju na moderne brodove.



## LITERATURA

1. Götz W., 1998.god. Hydrayulics, Theory and Applications, drugo izdanje, Robert Bosch, Njemačka
2. Petrić J. 2012.g. Hidraulika i pneumatika, 1.dio: Hidraulika, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
3. McGeorge H.D. 1995.g., Marine auxiliary machinery, Sedmo izdanje, Elsevier science Ltd, Velika Britanija
4. Ozretić V. 1996.g., Brodski pomoćni strojevi i uređaji, treće izdanje, Split ship management d.o.o., Split
5. Taylor D.A. 1996.g. Introduction to Marine Engineering, drugo izdanje, Elsevier Ltd. Velika Britanija
6. Šestan A., 2003.g. Uljna hidraulika i pneumatika, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Rijeka
7. [http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-I/IMO-Conventions%20\(copies\)/SOLAS.pdf](http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-I/IMO-Conventions%20(copies)/SOLAS.pdf)