

Katedra za mašine alatke, tehnološke procese,
fleksibilne tehnološke sisteme i procese projektovanja
**Laboratorija za mašine alatke, fleksibilne tehnološke
sisteme i automatizaciju postupaka projektovanja**
Novi Sad, oktobar 2021.

PROJEKTOVANJE MAŠINA ALATKI II - DEO

dr Aleksandar Živković, vanr. profesor

Studijski program: Proizvodno mašinstvo

Studijska grupa: ***Računarom podržane tehnologije***

**Autorizovani materijal za predavanja – Zabranjeno je štampanje i
umnožavanje**

Naziv predmeta:

**PROJEKTOVANJE MAŠINA ALATKI
(ZA OBRADU REZANJEM)**

Semestar: VIII

Fond časova: 3+3

Izvođači nastave:

Predavanja: dr Aleksandar ŽIVKOVIĆ, vanr. profesor

Vežbe: dr Cvijetin MLAĐENOVIĆ, asistent

PMA- KORIŠĆENA LITERATURA

KORIŠĆENA LITERATURA:

1. Altintas, Y. , i dr.: Machine tool feed drives, CIRP Annals - Manufacturing Technology Vol. 60, No. 1 (2011) pp. 779–796
2. Borojev, Lj., Zeljković, M.: Projektovanje mašina alatki, Sveska: Prenosna struktura mašina alatki – MEHANIČKI PRENOSNICI, Fakultet tehničkih nauka, autorski reprint, Novi Sad, 2002.
3. Čiča, Đ.: Mašine alatke, Mašinski fakultet, Banja Luka, 2016.
4. Gatalo, R., Borojev, Lj., Zeljković, M.: Proračun glavnih karakteristika mašina alatki za obradu rezanjem, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1992. god.
5. Graham T., S.: Machine Tool Metrology - An Industrial Handbook, Springer, 2016
6. Josh, P., H.:Machine tools Handbook-Deign and operation, McGraw-Hill Publishing Company, 2007.
7. Joshi, S. N. : Mechatronics and Manufacturing Automation, Department of Mechanical Engineering Indian Institute of Technology Guwahati
8. Kalajdžić, M.: Tehnologija mašinogradnje, Mašinski fakultet, Beograd, 2004, ISBN 86-7083-487-1
9. Koenigsberger, F.: Design Principles Of Metal-Cutting Machine Tools, Pergamon Press, 1964
10. Sobolewski, Z., J.: Investigation of ball screws for feed drive, Journal of machine engineering, Vol 13, No. 4, 2013, pp 86-95
11. Stanković, P.: Mašine alatke i industrijska proizvodnja mašina, Građevinska knjiga, Beograd, 1967
12. Stanković, P.: Mašinska obrada – Obrada metala rezanjem, Građevinska knjiga, Beograd, 1967.
13. Yoshimi I.: Modular Design for machine tools, McGraw-Hill Publishing Company, 2008

PMA- KORIŠĆENA LITERATURA

KORIŠĆENA LITERATURA:

14. Sredanović, B., Globočki, L, G.: Podloge za vežbe iz obradnih sistema za obradu rezanjem, Radna verzija skripte za vežbe, Mašinski fakultet, Banja Luka, 2014.
15. Youssef, H.,A., El-Hofy, H.: Machine technology-Machine tools and operation, CRC Press Taylor & Francis Group, 2008
16. Verl , A., Frey, S., Heinze T. : Double nut ball screw with improved operating characteristics, CIRP Annals - Manufacturing Technology Vol. 63, No. 1 (2014) pp. 361–364
17. Zeljković, M, Tabaković, S.: Proizvodno mašinstvo početkom XXI veka, 42. Jupiter konferencija, Mašinski fakultet, Beograd, 2020
18. Zeljković, M.: Projektovanje mašina alatki, autorizovana prezentacija predavanja, Fakultet tehničkih nauka, 2010 – 2020.

FTN - DPM - LAMA

Studijski program: Proizvodno mašinstvo

Studijska grupa: ***Računarom podržane tehnologije***

Novi Sad, oktobar 2021.

Predmet: **Projektovanje mašina alatki**

5.0 PRENOSNA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Prenosnici za periodično pomoćno pravolinijsko kretanje

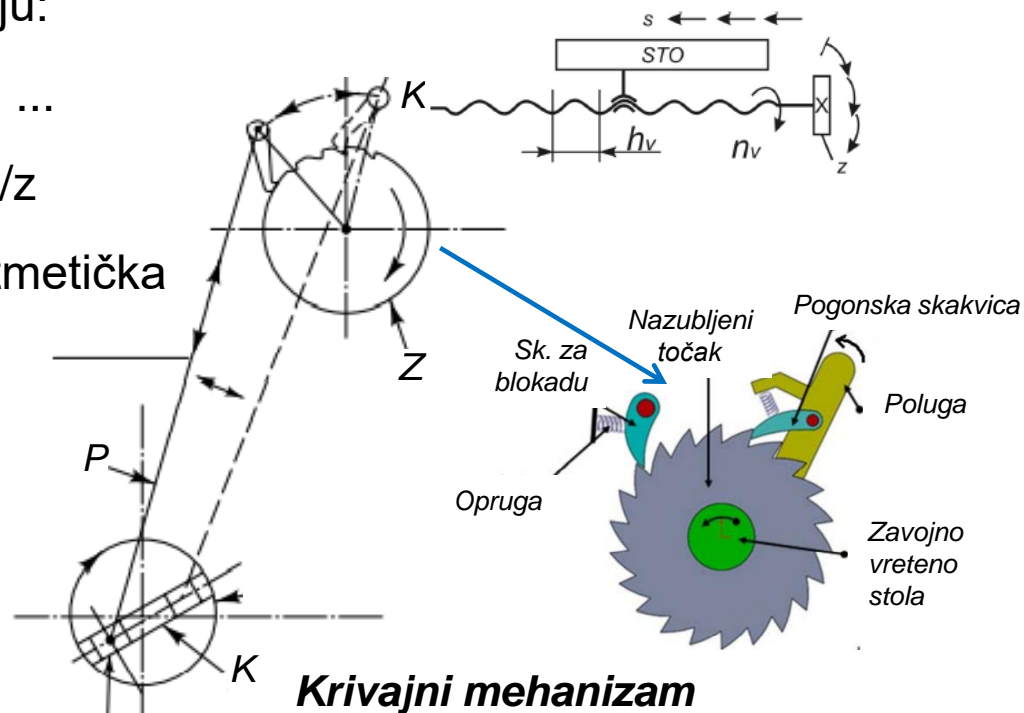
Točak K se nalazi na vratilu krivaje prenosnika za glavno kretanje, tako da jednom njegovom obrtu odgovara jedan dupli hod, odnosno jedan ciklus dvosmernog pomeranja elementa S (skakavice). Pri tome dolazi do zakretanja nazubljenog točka Z u samo jednom smeru. Veličina ugla zakretanja zavisi od broja zuba zahvaćenih skakavcom (x), a on od radijusa r_k . Nazubljeni točak Z se nalazi na zavojnom vretenu (n_v), što se vidi na donjem delu slike.

Pomaci stola su u tom slučaju:

$$s = n_v h_v \quad n_v = x/z; \quad x = 1, 2, 3, \dots$$

$$s_1 = h_v/z; \quad s_2 = 2h_v/z; \quad s_3 = 3h_v/z$$

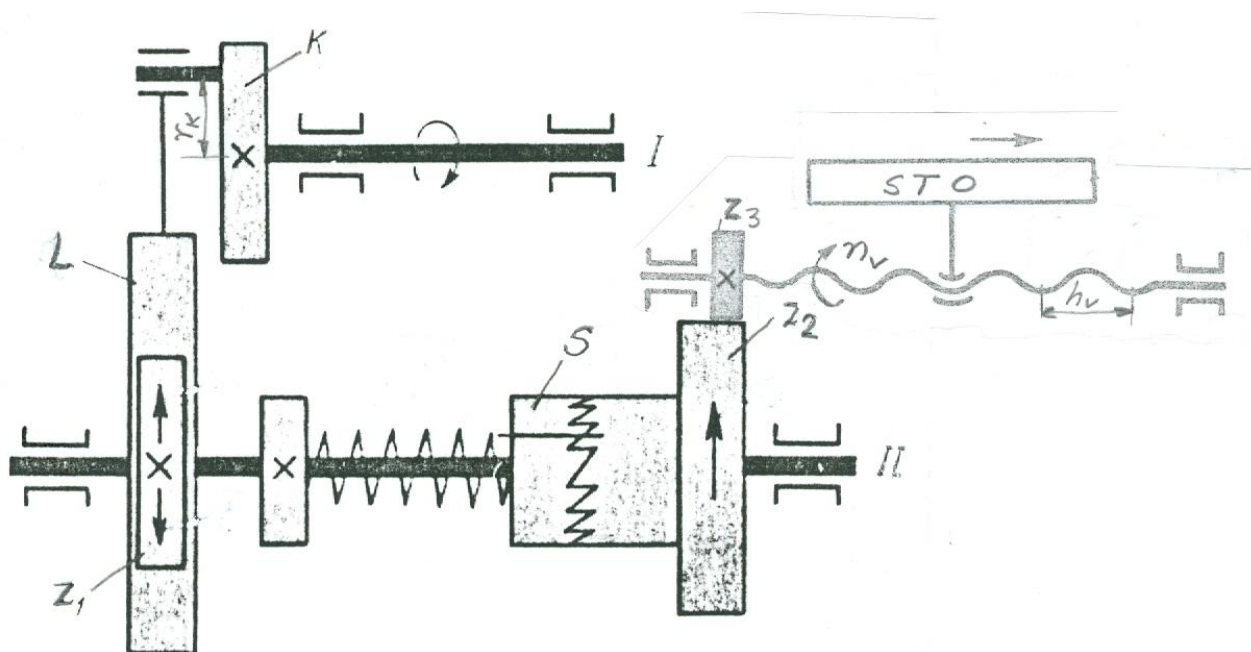
$s_{i+1} - s_i = h_v/z = \text{const.}$, - aritmetička promena



Prenosnik za pomoćno pravolinijsko kretanje

Prenosnici za periodično pomoćno pravolinijsko kretanje

Kretanje točka K, koji je na vratilu krivaje prenosnika za glavno kretanje, prenosi se preko zupčaste letve L i zupčanika z_1 na spojnicu S. Ona svoje naizmenično zakretanje pretvara u jednosmerno periodično zakretanje zupčanika z_2 , z_3 , odnosno zavojno vreteno.



Prenosnik za pomoćno kretanje sa zupčastom letvom i spojnicom

Uvod

- Pod hidrauličnim prenosnikom podrazumeva se uređaj u kome se posredstvom tečnosti prenosi energija sa jednog mesta na drugo.

U ovom uređaju se obavljaju i druge funkcije:

- ✓ pretvaranje jednog oblika energije u drugi;
 - ✓ regulisanje protoka;
 - ✓ regulisanje pritiska;
 - ✓ regulisanje toka kretanja tečnosti;
- Hidraulički prenosnici koriste ulje pod pritiskom kao medijum za prenos snage.
 - Ovi prenosnici su izuzetno pogodni za kontinualnu promenu broja obrtaja, brzine, kao i sile/obrotnog momenta.
 - Dok se brzina može promeniti, promenom protoka ulja, sila ili obrtni moment se mogu menjati promenom pritiska.

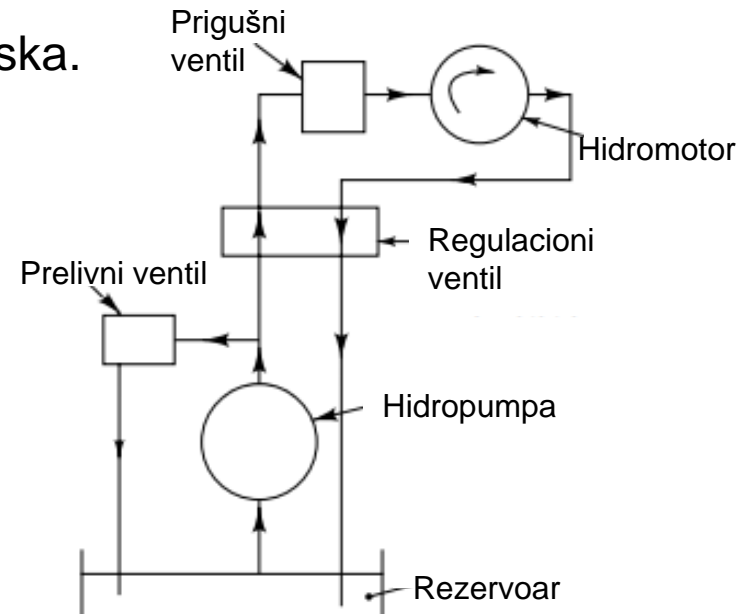
5.4 Hidraulični prenosnici

Uvod

Hidraulične prenosnici (instalacije) se sastoje od većeg ili manjeg broja međusobno povezanih elemenata:

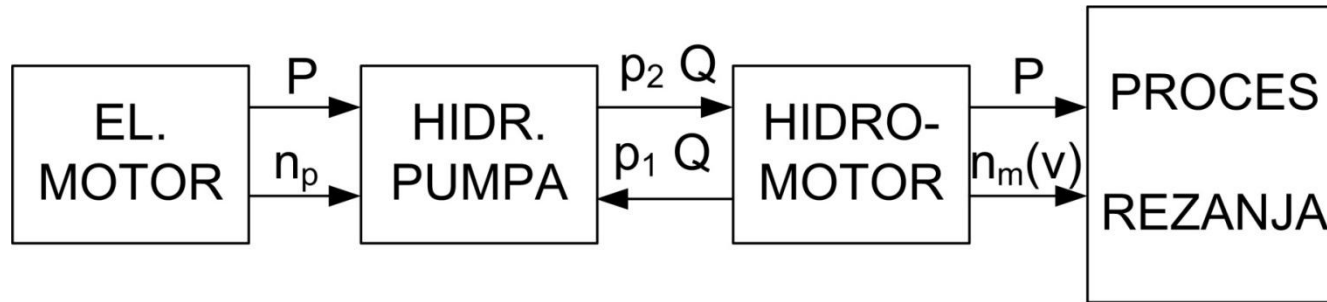
- Rezervoara odgovarajućeg kapaciteta;
- **Hidraulične pumpe**, koja snabdeva sistem fluidom određenog pritiska;
- **Hidrauličnog motora ili cilindra**, koji obezbeđuje mehaničko kretanje;
- Regulacionog ventila za kontrolu smera kretanja (razvodnika);
- Prigušnog ventila za promenu brzine glavnog ili pomoćnog kretanja.
- Prelivnog ventila za kontrolu maksimalnog pritiska.

Hidraulična pumpa i motor (cilindar) su hidraulični pretvarači jer pretvaraju jednu vrstu energije u drugu.



Uvod

Idealni hidraulični prenosniki



Veza između brzine, potencijalne i kinetičke energije fluida motora i pumpme se može definisati preko Bernulijeve jednačine:

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

Snaga pumpe, odnosno motora je:

$$P = Q \left[\rho \left(\frac{v_2^2}{2} - \frac{v_1^2}{2} \right) + (p_2 - p_1) + \rho g (h_2 - h_1) \right]$$

U hidrauličnim prenosnicima kod mašina alatki je $v_2 = v_1$ i $h_2 = h_1$

$$P = Q(p_2 - p_1)$$

Ovi sistemi se nazivaju **hidrostatičkim instalacijama** jer se snaga prenosi statičkom energijom pritiska kroz hidraulični sistem.

Hidropumpe

- Hidropumpe su uređaji koji pretvaraju mehaničku energiju pogonskog elektromotora u hidrauličnu energiju fluida.
- Hidropumpe podižu pritisak i količinu (protok) ulja u instalacijama da bi ga isporučile hidromotoru ili cilindaru, za ostvarivanje potrebne sile i brzine.
- Hidropumpe su određene maksimalnim pritiskom i zapreminom tečnosti koju mogu da isporuče, pri datom pritisku.
- Hidropumpe se mogu klasifikovati prema svojim eksplotacionim karakteristikama:
- Pumpe konstantnog protoka – protok je definisan nepromenljivom zapreminom same pumpe (primenjuju se kod prenosnika za pomoćno kretanja).
- Pumpe promenljivog protoka – protok je definisan promenljivom zapreminom same pumpe (primenjuju se kod prenosnika za glavno i pravolinijsko obrtno kretanje).

Hidropumpe

Kod mašina alatke najčešće se primenjuju pumpe sledećih konstrukcionih rešenja:

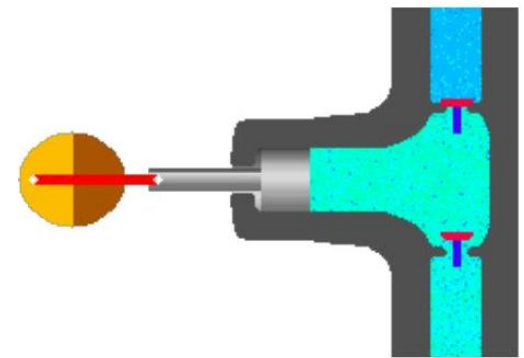
- Zupčasta;
- Krilna (višećelijska);
- Klipna;



Zupčasta



Krilna



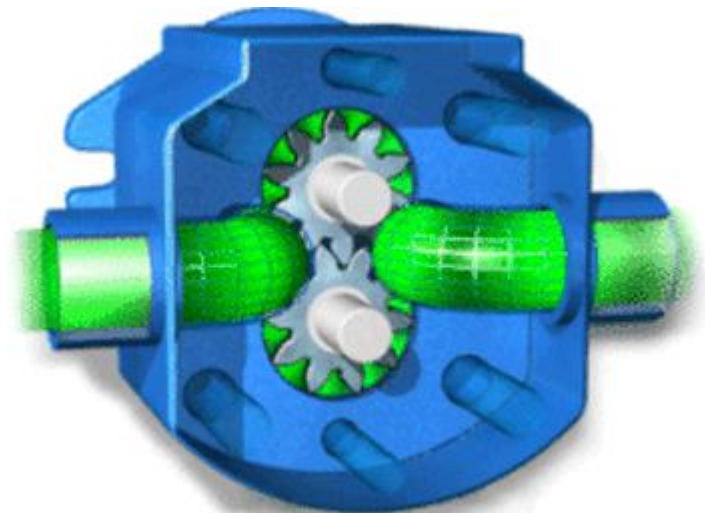
Klipna

Hidropumpe - ZUPČASTA

Zučasta pumpa je rotorska obrtna pumpa kod koje su elementi za potiskivanje tečnosti zupci zupčanika.

Sastoji se od dva ista spregnuta cilindrična zupčanika, tesno smeštenih u kućištu. Obrtanjem zupčanika u datom smeru stvara se vakum koji usisava ulje i popunjava prostor međuzublja zupčanika i kućišta. Ulje se istiskiva iz prostora međuzublja samom spregom zupčastog para.

Primenjuju se kada su potrebni niski pritisci i velike zapremine.



Hidropumpe - ZUPČASTA

Protok pumpe (idealni) se približno može izračunati prema izrazu (predpostavka da je zapremina međuzublja jednaka zapremini zubaca)

$$Q = 2mbD_o\pi n = 2m^2zb\pi n \text{ [m}^3\text{/min]}$$

m – modul zupčanika [m]; b – širina zupčanika [m]; z – broj zuba zupčanika; n - broj obrtaja [o/min]

Efektivni protok: $Q_{ef} = Q \cdot \eta_v$

Snaga pumpe: $P = (Q_{ef} \cdot p) / (60 \cdot \eta_v \cdot \eta_m) \text{ [W]}$

$\eta_m = 0,75-0,85$ - mehanički stepen korisnog dejstva

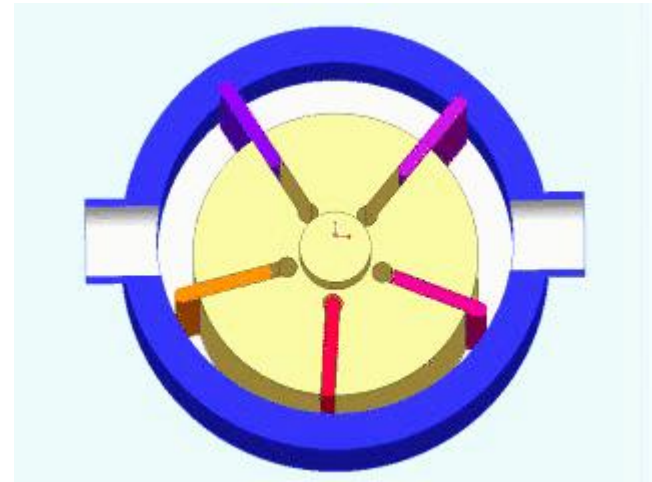
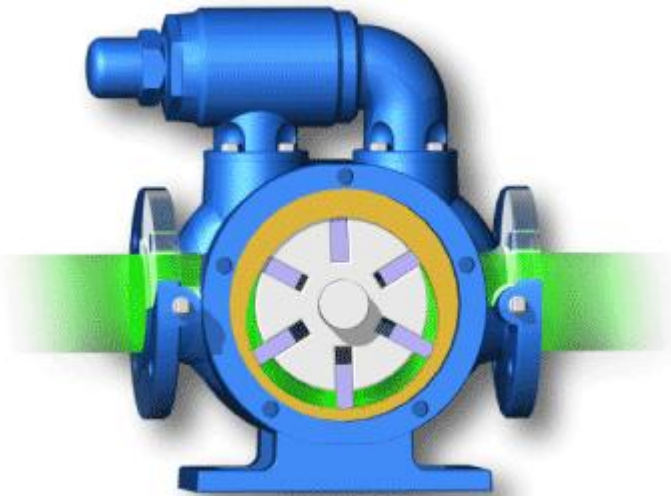
$\eta_v = 0,80 -0,95$ - zapreminski stepen korisnog dejstva

Ove pumpe se rade za pritiske od 25-30 bara, a u slučaju naročito tačne izrade postiže se i do 100 bar.

Primena: Brusilice i kratkohodne rendisaljke (za pomeranje klizača i za hidrokopir uređaje).

Hidropumpe – KRILNA (Višećelijska)

- Pumpa ima ekscentrično postavljen rotor u kućištu (statoru). U rotoru su izrađeni radijalni žljebovi u kojima se nalaze lopatice u vidu krilaca koje razgraničavaju pojedine ćelije pumpe.
- Tokom obrtanja razmak između lopatica se postepeno povećava (zapremina ćelija raste u usisnoj polovini pumpe), a ulje se usisava kroz ulazni otvor.
- Daljim okretanjem rotora zapremina ćelija se smanjuje te se vrši istiskivanje tečnosti iz ćelija.



Hidropumpe – KRILNA (Višećelijska)

Protok pumpe jednostrukog dejstva je:

$$Q = (A_{max} - A_{min})b \cdot i \cdot n = C \cdot \varepsilon \cdot n$$

A_{max} - najveća površina osnove jedne ćelije

A_{min} - najmanja zapremina osnove jedne ćelije

$$A = A_{max} - A_{min} = C_A \cdot f(\varepsilon)$$

Protok zavisi od veličine ekscentriciteta.

Ako je $\varepsilon = \text{const.}$ pumpa je *konstantnog protoka* a ako je $\varepsilon \neq \text{const.}$ pumpa je *promenljivog protoka*.

Snaga pumpe je: $P = (Q_{ef.} \cdot p) / (60 \cdot \eta) \text{ [W]}$

$\eta = 0,5 - 0,7$ ukupni stepen korisnog dejstva pumpe.

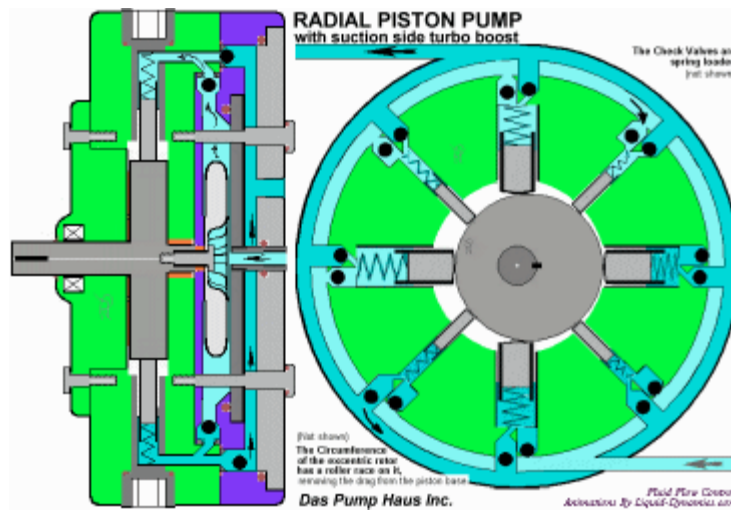
Ove pumpe se rade za pritiske do 100 bara.

Hidropumpe – KLIPNE

- Klipne pumpe su idealne za aplikacije pod visokim pritiskom i velikim opterećenjem.
- Klipne pumpe se izrađuju sa:
 - ✓ konstantnim
 - ✓ promenljivim protokom.
- Prema položaju klipa mogu biti:
 - ✓ radijalne i
 - ✓ aksijalne.
- Pumpe sa radijalnim klipovima mogu biti sa
 - ✓ unutrašnjim i
 - ✓ spoljašnjim razvođenjem tečnosti.

Hidropumpe – RADIJALNE KLIPNE

- Kod radijalnih klipnih pumpi u cilju veće ravnomernosti protoka broj klipova je neparan (5,7,9 11...).
- Rotor koji je ekscentrično postavljen u odnosu na stator se obrće oko nepomične osovine. Za vreme hoda klipa ka centru, usisni otvor u cilindru je otvoren. Ulje ulazi i puni cilindar.
- Tokom daljeg kretanja klipa ulje pod pritiskom prolazi kroz nepovrtani ventil (prednapregnute opruge) i dalje kroz kanale u odsisni kanal.
- Ove pumpe se primenjuju za pritiske do 600 bara i brojeve obrtaja do 2000 o/min., pri čemu povećanjem protoke se može povećavati broj obrtaja.



Hidropumpe – RADIJALNE KLIPNE

Protok pumpe je

$$Q = (d^2 \pi / 4) * h * i * n$$

d, h – prečnik, hod klipa

i – broj klipova

n – broj obrtaja

Veličina hoda radijalnih klipova je $h = 2 \cdot \varepsilon$ pa je

$$Q = (d^2 \cdot \pi / 4) * 2 \varepsilon * i = C * \varepsilon * n$$

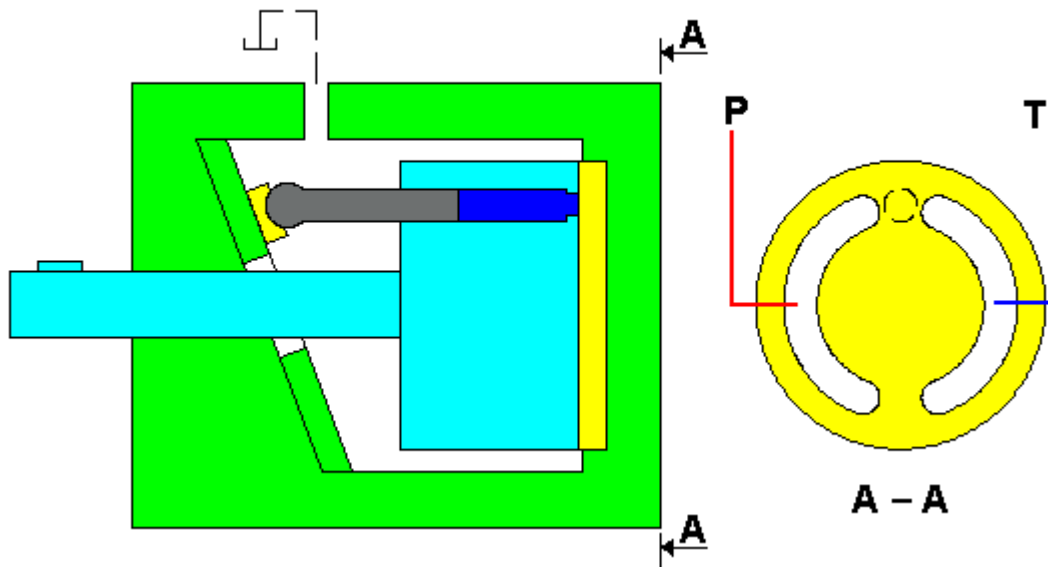
Protok zavisi od ekscentriciteta.

Ako je $\varepsilon = \text{const.}$ pumpa je konstantnog protoka a ako je $\varepsilon \neq \text{const.}$ pumpa je promenljivog protoka.

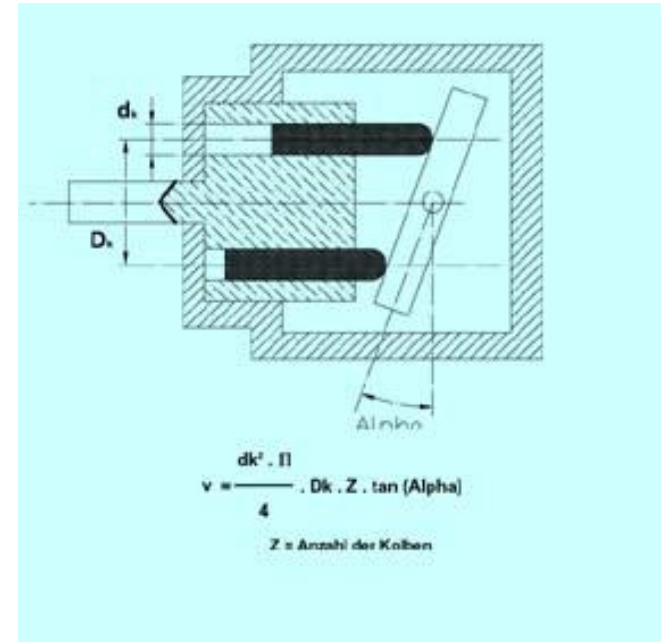
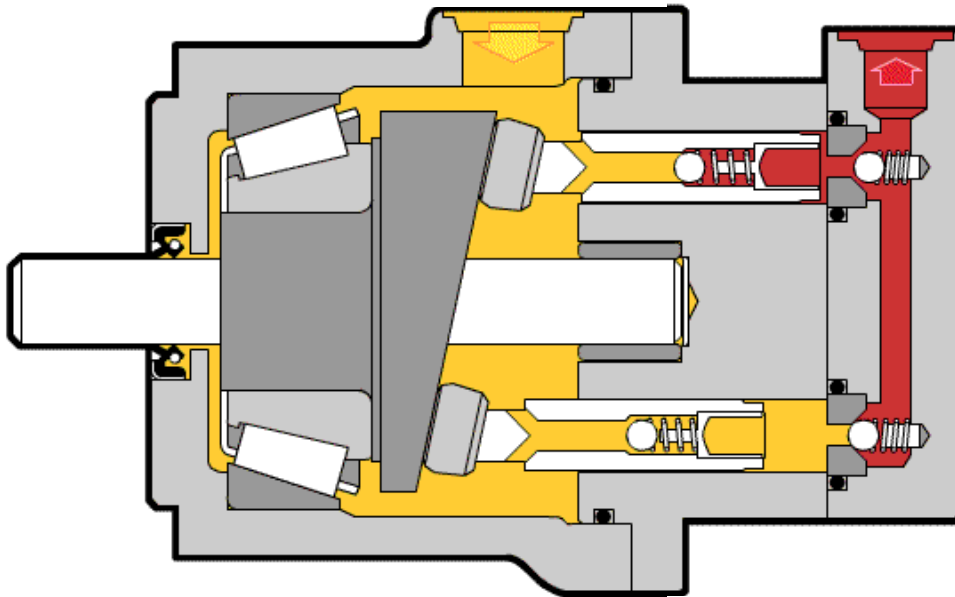
Hidropumpe - AKSIJALNE KLIPNE

U gornjem položaju tokom obrtanja klip je u najdaljem izlaznog položaju, dok dolazi do kraja hoda u najnižem položaju rotacije.

Shodno tome, ulje se usisava kroz usisni otvor kada je klip u uzalznom položaju, nakon čega prolazi kroz odsisni otvor pri kretanju klipa na dole.



Hidropumpe - AKSIJALNE KLIPNE



Hoda aksijalnog klipa je $h = (D \cdot s_i)$

Protok pumpe je

$$Q = (d^2 \pi / 4) \cdot h \cdot i \cdot n = ((d^2 \pi / 4) \cdot D \cdot \sin \alpha \cdot i \cdot n) / 2 = C \cdot \varepsilon \cdot n; \quad \varepsilon = \sin \alpha$$

Protok zavisi od veličine ekscentriciteta.

Ako je $\varepsilon = \text{const.}$ pumpa je konstantnog protoka a ako je $\varepsilon \neq \text{const.}$ pumpa je promenljivog protoka.

Hidromotori

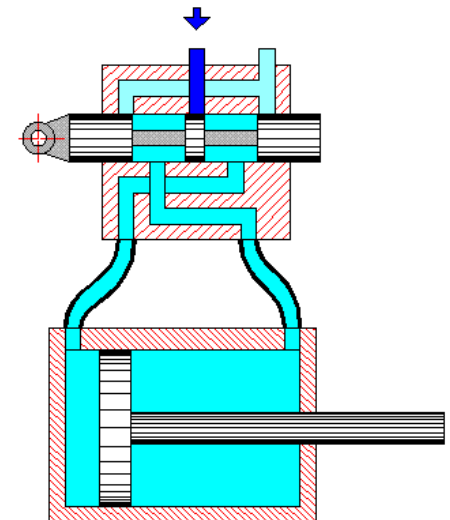
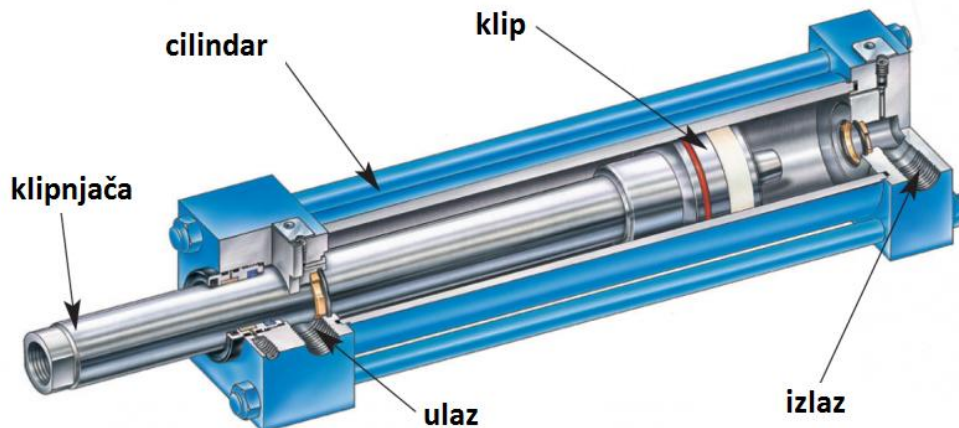
- Hidraulični motor prima ulje pod pritiskom koje ga rotira, dok hidraulična pumpa isporučuje ulje pod pritiskom.
- Pumpa pretvara električnu (mehaničku energiju elektromotora) energiju u snagu fluida, dok motor pretvara energiju fluida u mehaničku energiju.
- Glavna karakteristika hidrauličnih motora je njihov konstantan obrtni moment, koji se ne menja čak i ako se brzina promeni.
- Obrtni moment ostaje skoro konstantan za dati pritisak i protok.
- Primjenjuju se kod kopirnih uređaja i sistema za pozicioniranje.
- Sa stanovišta konstrukcionih rešenja oni mogu biti:
 - ✓ zupčasti;
 - ✓ višećelijski;
 - ✓ klipni;
- Konstrukcija motora odgovara konstrukciji pumpi.

Hidromotori

- Kod zupčastog hidromotora ***obrtni moment se jedino može regulisati promenom pritiska***, pa je stepen iskorišćenja mali pri malim brojevima obrtaja.
- Višećelijski motor je takođe nepogodan za male brojeve obrtaja, a osnovni nedostatak mu je znatnije habanje lopatica.
- Radijalni klipni motori se grade uglavnom za konstantan broj obrtaja i za veće pritiske do 150 bar.
- Aksijalni klipni motor se izvodi kako za konstantan tako i za promenljiv broj obrtaja.

Hidrocilindri

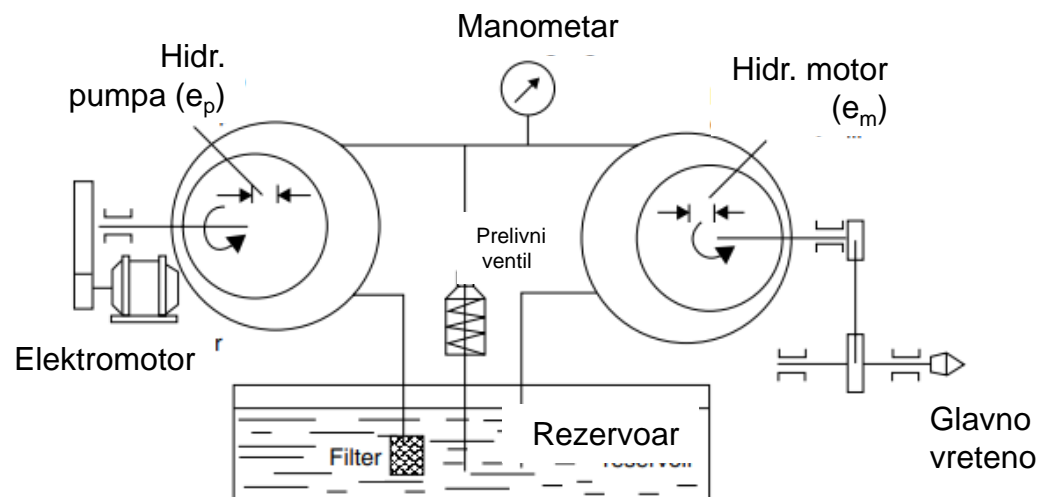
- Hidrocilindr (*Linearni hidromotori*) se koriste za glavno ili pomoćno pravolinijsko kretanje kod mašina alatki kao što su rendisaljke, brusilice, mašine za provlačenje i sl.
- Hidrocilindar se sastoji od klipa, koji se kreće pod pritiskom klipnjače, ulaznog i izlaznog otvora.
- Kako bi se cilindar kretao, ulje pod pritiskom se propušta kroz otvor na jednom kraju, dok se otvorna drugoj strani klipa kraju koristi za ispuštanje tečnosti bez pritiska.
- Mogu da budu sa nepokretnim cilindrom ili sa nepokretnim klipom, jednostranom ili dvostranom klipnom polugom.



5.4 Hidraulični prenosnici

Hidraulični prenosnici za obrtna kretanja

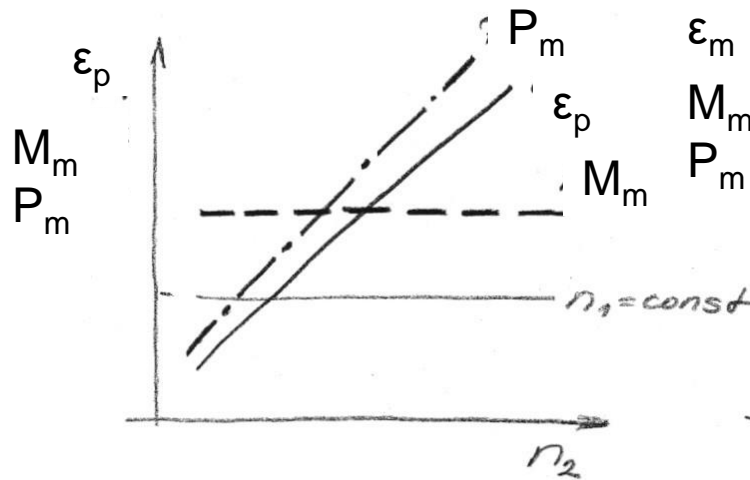
- Kada se poveže **hidropumpa** i **hidromotor** promenljivog protoka dobija se hidraulični prenosnik sa kontinualnom promenom brojeva obrtaja.
- Brzine rezanja (broj obrtaja) se mogu regulisati kontrolisanjem protoka ulja koje cirkuliše u hidrauličnom sistemu koji se sastoji od pumpe i hidrauličnog motora.
- Ovo se postiže promenom ekscentriciteta pumpe e_p ili ekscentriteta motora e_m ili oboje. Pumpa koja radi približno konstantnom brzinom isporučuje ulje pod pritiskom do hidrauličnog motora, koji je povezan sa glavnim vreteno. Promena smera obrtanja motora, poželjno je vršiti promenom ekscentriteta pumpe.



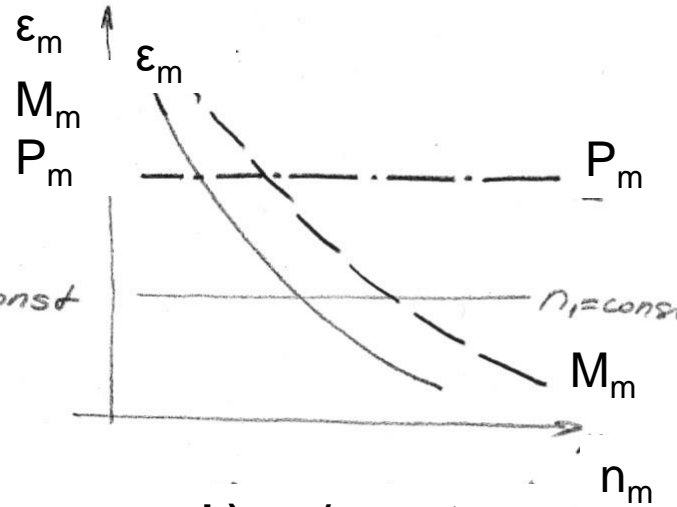
5.4 Hidraulični prenosnici

Hidraulični prenosnici za obrtna kretanja

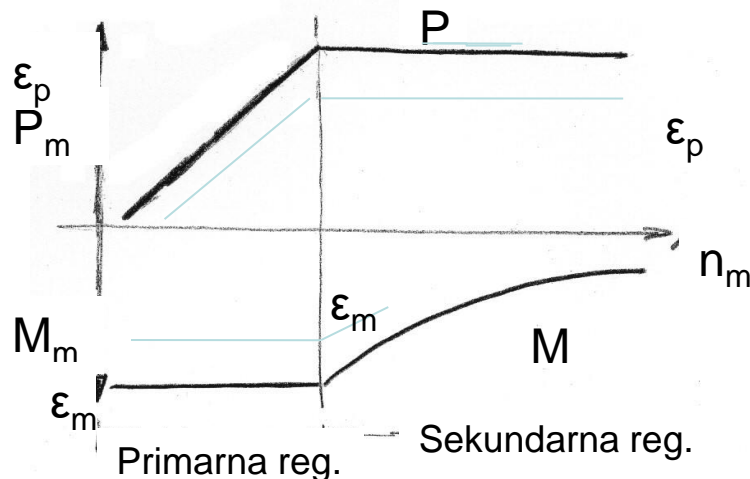
Variranje broja obrtaja promenom ϵ_p se naziva primarna regulacija, a promenom ϵ_m je sekundarna regulacija.



a) $\epsilon_p \neq \text{const.}$



b) $\epsilon_m \neq \text{const.}$



Opseg regulacije broja obrtaja ovih prenosnika je $S_n = 10 - 16$

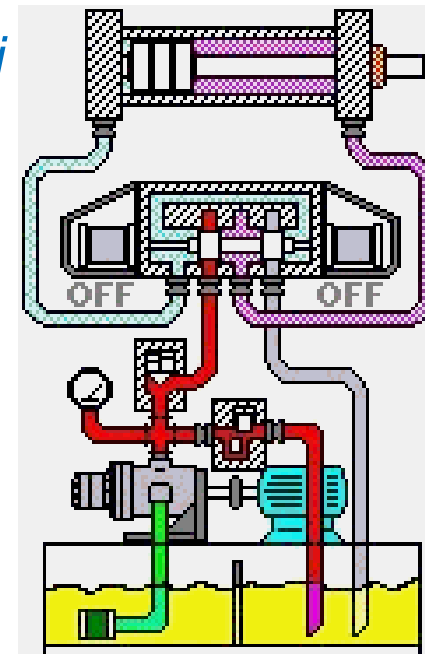
Hidraulični prenosnici za pravolinijska kretanja

Koriste se kod mašina alatki za ostvarivanje glavnog ili pomoćnog kretanja. U zavisnosti od vrste hidropumpe ovi prenosnici mogu da budu.

- sa pumpom konstantnog protoka i
- sa pumpom promenljivog protoka.

Obično se kod prenosnika za pomoćno kretanje koristi pumpa konstantnog protoka, a kod prenosnika za glavno kretanje pumpa promenljivog protoka.

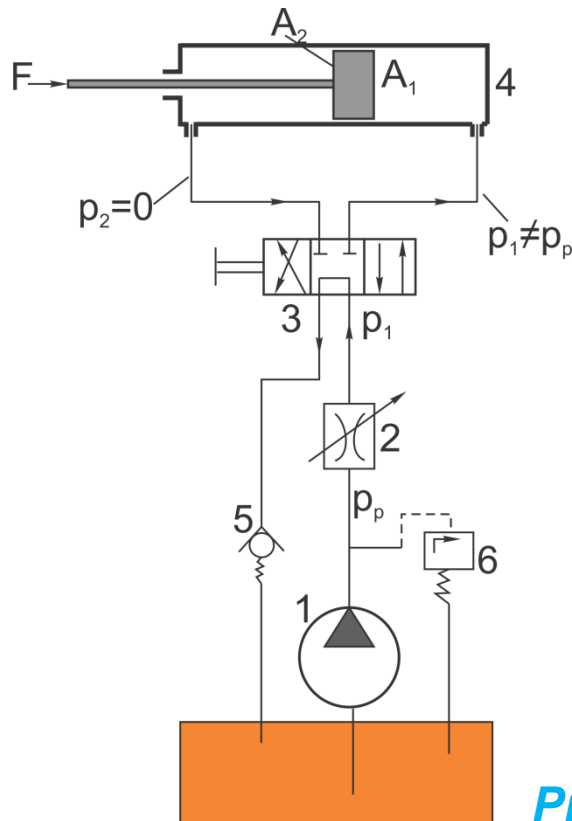
Kod hidrauličnih prenosnika je bitno da se sila ili brzina održavaju konstantnim.



Hidraulični prenosnici za pravolinijska kretanja

Instalacija sa pumpom konstantnog protoka

Količina ulja koja se isporučuje u cilindar pomoću pumpe konstantnog protoka može se menjati pomoću prigušnog ventila.



1. Pumpa konstantnog protoka
2. Prigušni ventil
3. Razvodni ventil
4. Hidrocilindar
5. Nepovratni ventil
6. Sigurnosni (prelivni) ventil

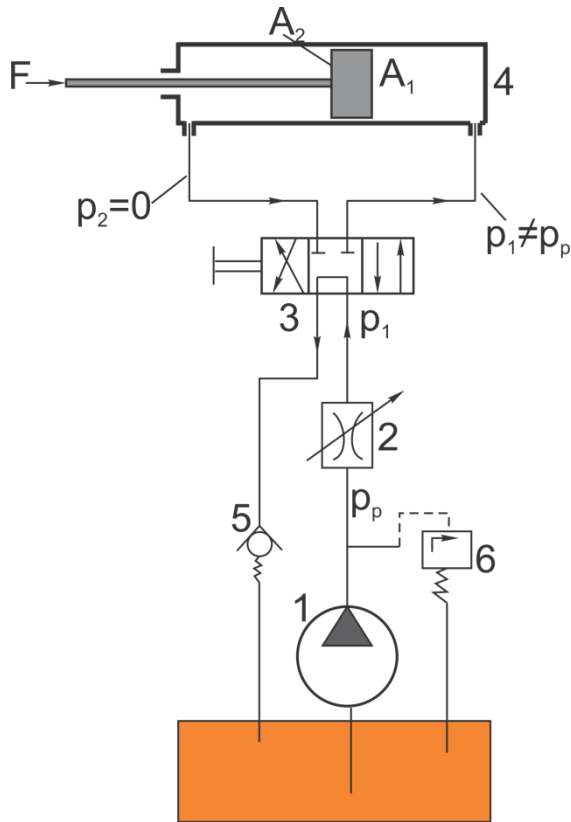
Prigušni ventil u dolaznom vodu

5.4 Hidraulični prenosnici

Hidraulični prenosnici za pravolinijska kretanja

Instalacija sa pumpom konstantnog protoka

Protok ulja se menja prigušnim ventilom u dolaznom vodu pa je pad pritiska u prigušnom ventilu: $p_d = p_p - p_1 = Q^m \cdot R$; $m = 1$ – laminarno strujanje; $m = 2$ – turbolentno strujanje;



Za oblast laminarnog strujanja ($p_d = Q \cdot R$) protok kroz prigušni ventil je:

$$Q_1 = \frac{p_d}{R} = \frac{p_p - p_1}{R}$$

Pri zanemarivanju pada pritiska u razvodniku i cevovodu u slučaju radnog hoda je:

$$F = p_1 A_1 - p_2 A_2;$$

Instalacija otvorenog toka: $p_2 = 0$ pa je $F = p_1 A_1$

$$p_1 = \frac{F}{A_1}$$

Brzina kretanja klipa je:

$$v = \frac{Q_1}{A_1} = \frac{p_p - p_1}{A_1 \cdot R} = \frac{p_p}{A_1 \cdot R} - \frac{F}{A_1^2 \cdot R}$$

Prigušni ventil u dolaznom vodu

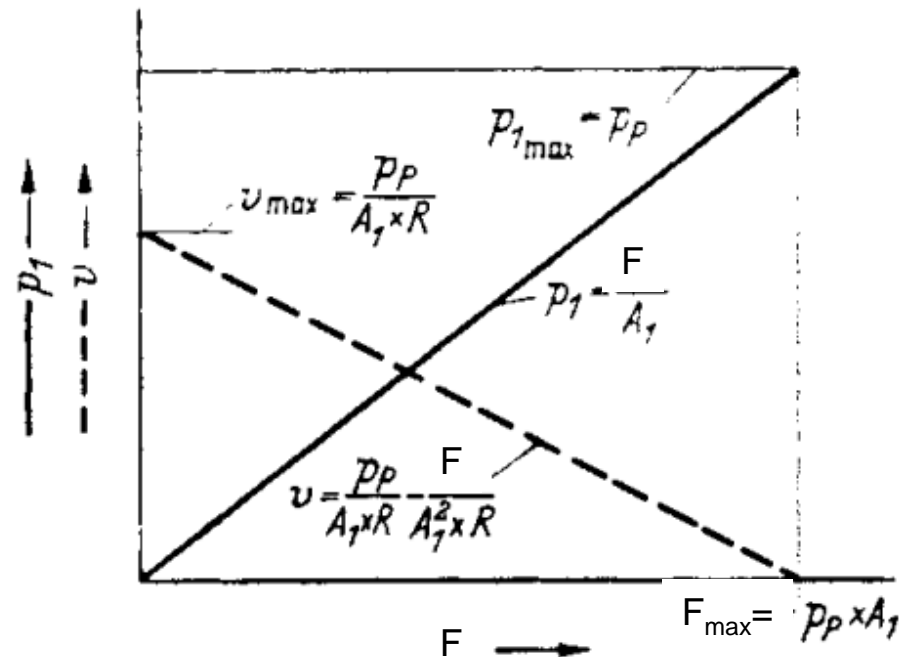
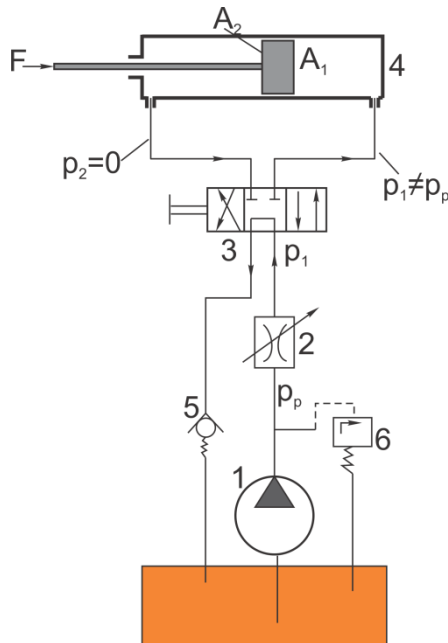
5.4 Hidraulični prenosnici

Hidraulični prenosnici za pravolinijska kretanja

Instalacija sa pumpom konstantnog protoka

Pri naglom smanjenju opterećenja F dolazi do nagle promene (povećanja) brzine kretanja klipa (skoka klipa) što je nedopustivo kod mašina alatki (p_1 opada sa opadanjem sile F).

Problem - Brzina kretanja klizača nije nezavisna zavisi od opterećenja (otpora rezanja).

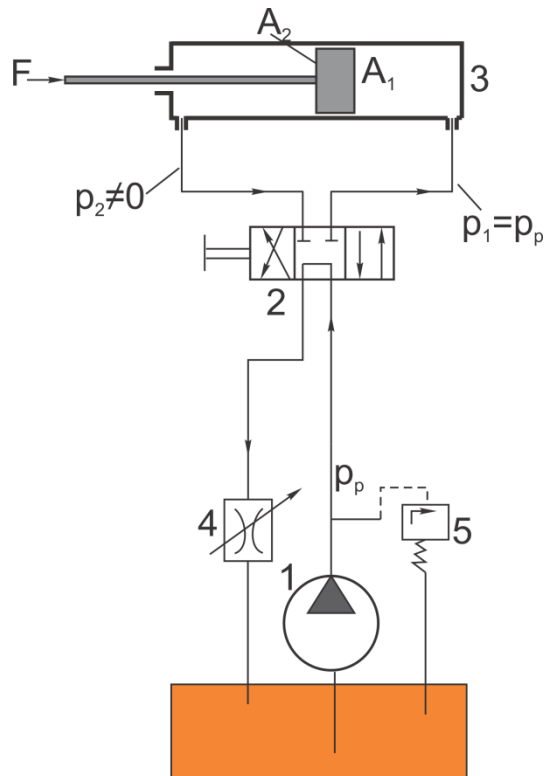


Prigušni ventil u dolaznom vodu

Hidraulični prenosnici za pravolinijska kretanja

Instalacija sa pumpom konstantnog protoka

Najjednostavniji način izbegavanja trzaja (skoka klipa) je ugradnja prigušnog ventila u povrtanom vodu ($p_2 \neq 0$)



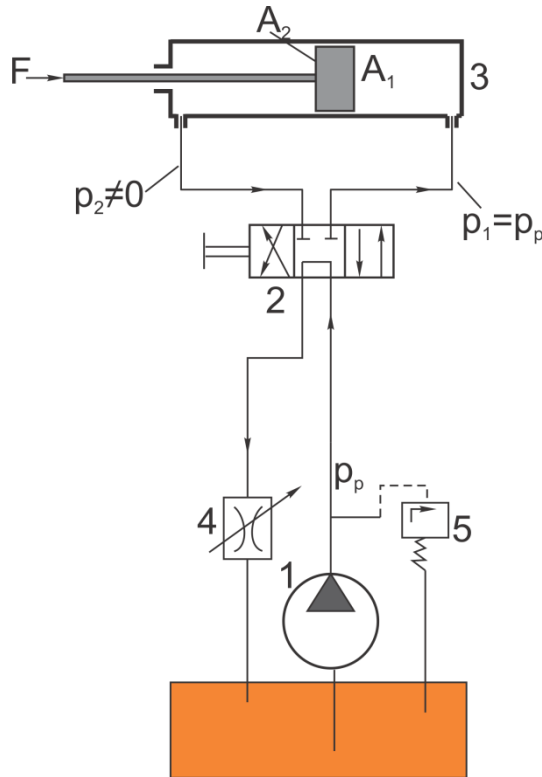
1. Pumpa konstantnog protoka
2. Razvodni ventil
3. Hidrocilindar
4. Prigušni ventil
5. Sigurnosni (prelivni) ventil

Prigušni ventil u povrtanom vodu

5.4 Hidraulični prenosnici

Hidraulični prenosnici za pravolinijska kretanja

Instalacija sa pumpom konstantnog protoka



Za oblast laminarnog strujanja protok kroz prigušni ventil je:

$$Q_2 = \frac{p_2}{R}$$

Pri zanemarivanju pada pritiska u razvodniku i cevovodu u slučaju radnog hoda je:

$$F = p_1 A_1 - p_2 A_2 = p_p A_1 - p_2 A_2;$$

Instalacija zatvorenog toka: $p_2 \neq 0$ pa je:

$$p_2 = p_p \cdot \frac{A_1}{A_2} - \frac{F}{A_2}$$

Brzina kretanja klipa je:

$$v = \frac{Q_2}{A_2} = \frac{p_2}{A_2 \cdot R}$$

$$v = \frac{p_p \cdot A_1}{A_2^2 \cdot R} - \frac{F}{A_2^2 \cdot R}$$

5.4 Hidraulični prenosnici

Hidraulični prenosnici za pravolinijska kretanja

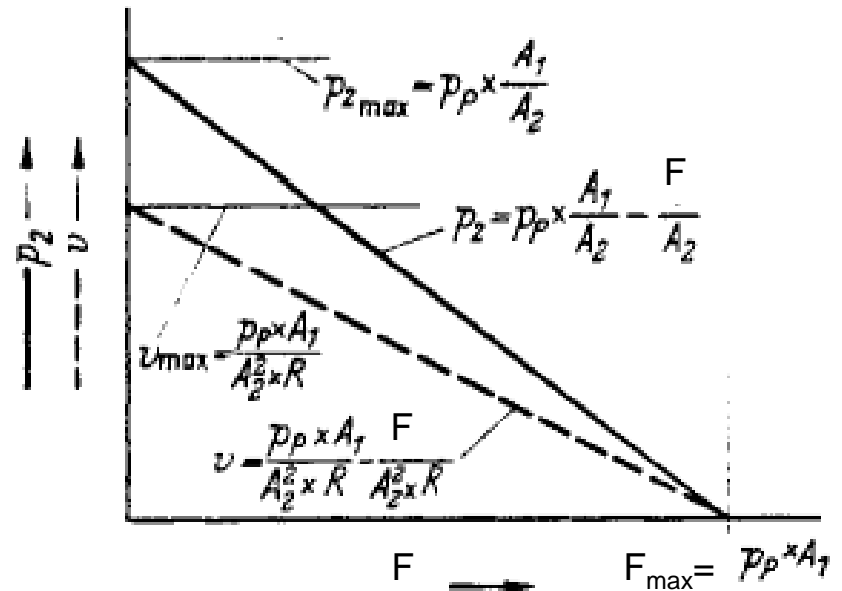
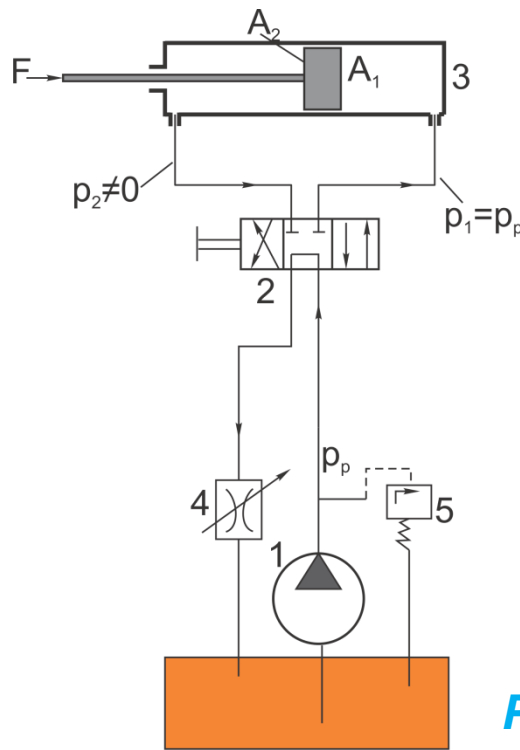
Instalacija sa pumpom konstantnog protoka

Pritisak p_2 raste smanjenjem sile F , ali opet brzina nije nezavisna od opterećenja, već raste sa opadanjem sile.

Maksimalni pritisak p_p u dolaznom vodu je ograničen sigurnosnim ventilom. Pritisak i snaga pumpe su približno konstantne i ne zavise od brzine klipa.

Ako je brzina klipa mala (mala uzlazna snaga), onda je i nizak stepen efikasnosti (η).

$$\eta = \frac{F \cdot v}{p_p \cdot Q_p}$$

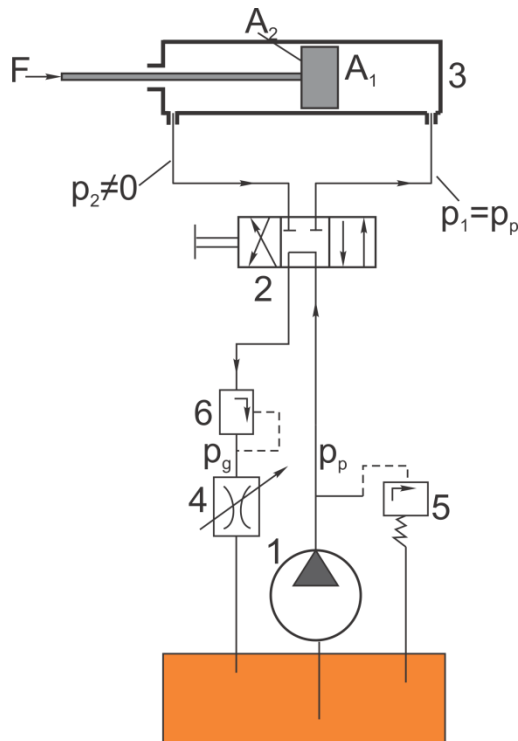


Prigušni ventil u povratnom vodu

Hidraulični prenosnici za pravolinijska kretanja

Instalacija sa pumpom konstantnog protoka

Da bi brzina klipa bila nezavisna od opterećenja u povrtanom vodu se urađuje regulatora protoka u povratni vod ispred prigušnog ventila. Ovaj ventil stvara pad pritiska u prigušnom ventilu nezavisno od p_2 , a prema tome nezavisno i do opterećenja.



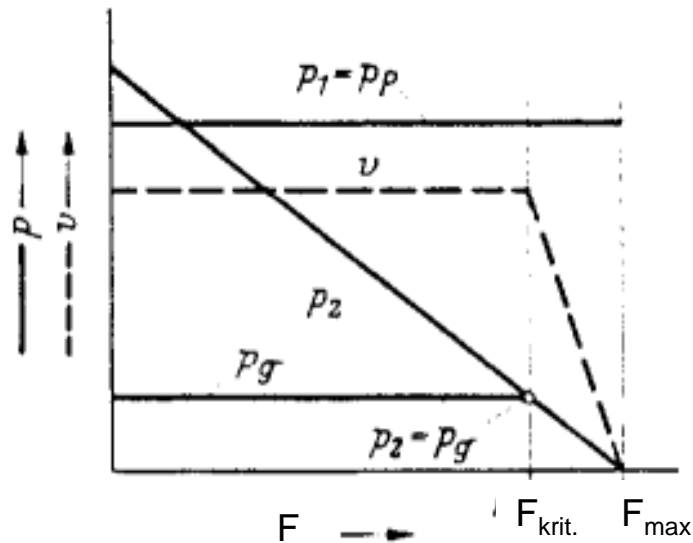
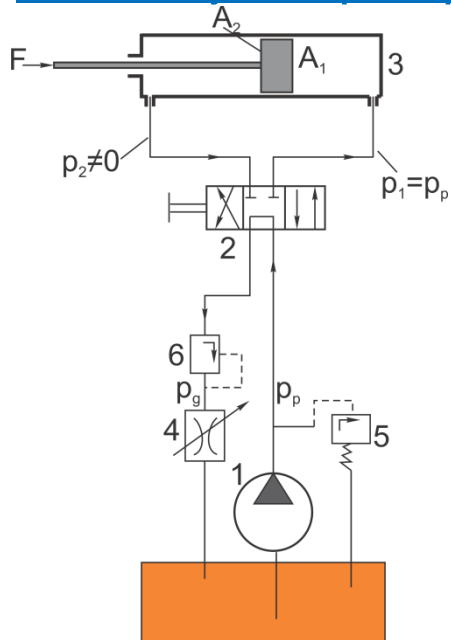
1. Pumpa konstantnog protoka
2. Razvodni ventil
3. Hidrocilindar
4. Prigušni ventil
5. Sigurnosni (prelivni) ventil
6. Regulator pritiska (protoka)

Prigušni ventil u povrtanom vodu sa regulatorom protoka

5.4 Hidraulični prenosnici

Hidraulični prenosnici za pravolinijska kretanja

Instalacija sa pumpom konstantnog protoka



Ako je $p_2 > p_g$ protok kroz prigušni ventil je:

$$Q_2 = \frac{p_2}{R} = const.; \quad v = \frac{Q_2}{A_2} = \frac{p_2}{A_2 \cdot R} = const.$$

Ako je $p_2 < p_g$;

$$Q_2 = \frac{p_g}{R}; \quad v = \frac{Q_2}{A_2} = \frac{p_g}{A_2 \cdot R}$$

$$F = p_1 A_1 - p_2 A_2 = p_p A_1 - p_2 A_2;$$

$$p_2 = p_p \cdot \frac{A_1}{A_2} - \frac{F}{A_2}$$

Za $p_2 = p_g \neq 0$; $F = F_{krit.} = p_1 A_1 - p_g A_2$

$$p_g = p_1 \cdot \frac{A_1}{A_2} - \frac{F_{krit.}}{A_2}$$

Za $p_2 = p_g = 0$; $F = F_{max.} = p_1 A_1 = p_p A_1$

Hidraulični prenosnici za pravolinijska kretanja

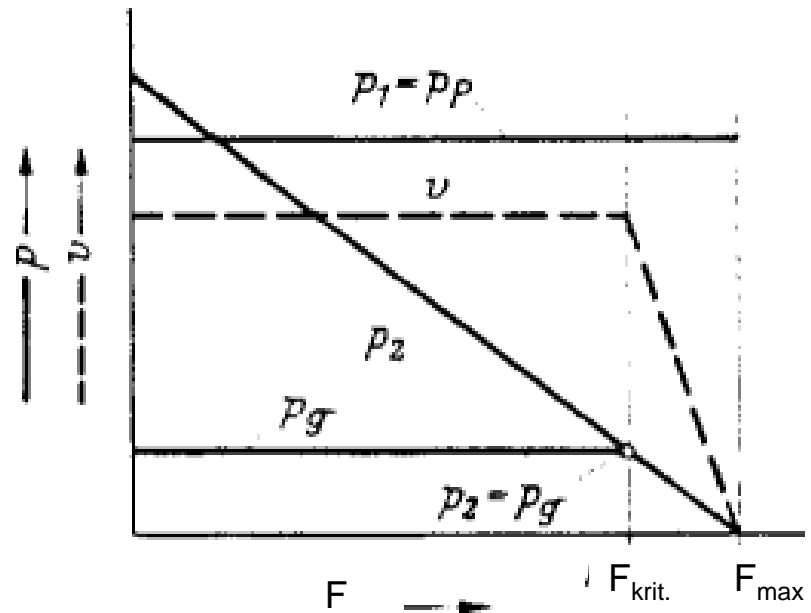
Instalacija sa pumpom konstantnog protoka

Regulator obezbeđuje konstantan pritisak p_g pre prigušnog ventila i konstantan pad pritiska do kritičnog opterećenja.

U području kada je $p_2 > p_g$ brzina klipa je konstantna jer je pritisak p_g nezavisan od opterećenja.

U slučaju $p_2 = p_g$ opada pritisak p_2 sa daljim porastom F i postaje manji od p_g .

Pritisak ispred prigušnog ventila više neće biti konstantan već će opadati linearno tako će i brzina od tačke $p_2 = p_g$ odnosno kritičnog otpora F_{krit} opadati i dostići vrednost nula pri $F_{max} = p_p A_1$.

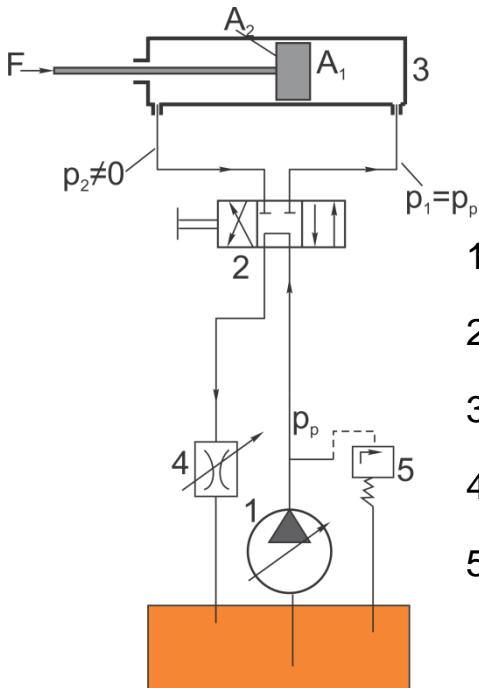


5.4 Hidraulični prenosnici

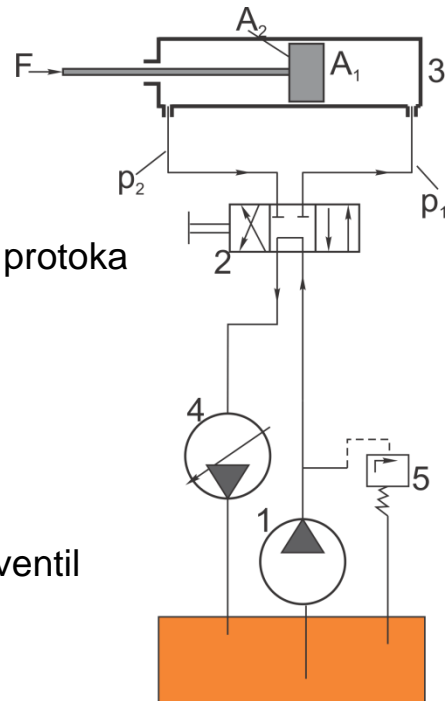
Hidraulični prenosnici za pravolinijska kretanja

Instalacija sa pumpom promenljivog protoka

Ova instalacija može biti instalacija otvorenog ili zatvorenog toka.



1. Pumpa promenljivog protoka
2. Razvodni ventil
3. Hidrocilindar
4. Prigušni ventil
5. Sigurnosni (prelivni) ventil



1. Pomoćna pumpa
2. Razvodni ventil
3. Hidrocilindar
4. Pumpa promenljivog protoka
5. Sigurnosni (prelivni) ventil

U ovom slučaju potreban pritisak pumpe p_p mora biti veći zbog dodatnog pritiska p_2 , a to nepovoljno utiče na efikasnost

$$F = p_1 A_1 - p_2 A_2;$$

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{A_1}{A_2} - \frac{F}{A_2}$$

PREDNOSTI

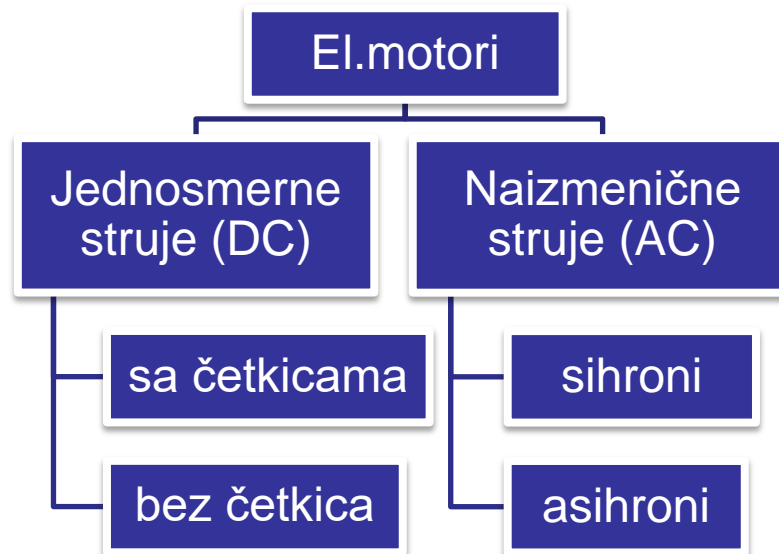
- Kompaktnost: velika snaga u malim prostorima
- Velike sile rezanja (prenose velike snage);
- Dug vek: zbog neprekidnog samopodmazivanja;
- Nisko trenje;
- Mogućnost ostvarenja kontinualne promene brzine glavnog i pomoćnog kretanja u širokom opsegu regulacije;
- Sigurnost protiv preopterećenja;
- Jednostavno pretvaranje obrtnog u pravolinijsko kretanje;
- Mali momenti inercije i male inercijalne sile;
- Laka automatizacija:

NEDOSTACI

- Veća složenost konstrukcije od mehaničkih prenosnika, te su nepogodniji za održavanje;
- Osetljivost na nečistoće (zbog tolerancije izrade i potrebe finog filtriranja ulja 5-10 [μm]);
- Podložani su porastu temperature, što značajno smanjuje viskozitet ulja, i maksimalni radni pritisak;
- Neprinudnost prenosa (ne omogućuju postizanje tačne zavisnosti između glavnog i pomoćnog kretanja);

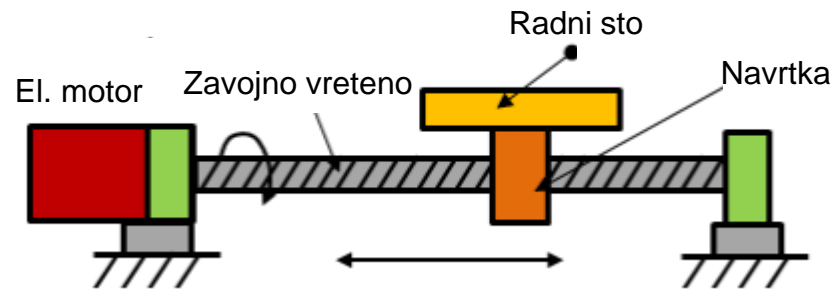
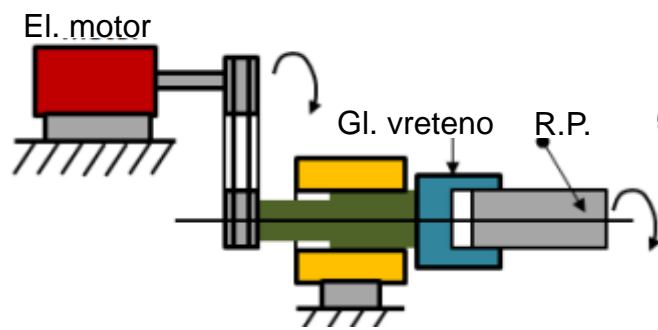
Uvod

- Broj elektromotora na jednoj mašini alatki za osnovna kretanja zavisi od toga da li se radi o nezavisnim ili zavisnim pomoćnim i sporednim kretanjima.
- Elektromotori često imaju ulogu promene smera ili ostvarivanja više različitih brojeva obrtaja te se mogu posmatrati ka prenosnici.
- Elektromotori se mogu podeliti prema različitim kriterijumima: vrsti struje ili napona, veličini, snazi, brzini, načinu upravljanja, itd.



Uvod

- Osnovni zadatak elektromotora je da pretvori električnu u mehaničku energiju, te da generiše obrtno kretanje (rotacioni motori) ili linearno kretanje (linearni elektromotori).
- Kod mašina alatki se najviše koriste AC i DC motori i to za :
 - ✓ obezbeđivanje glavnog kretanja,
 - ✓ obezbeđivanje pomoćnih kretanja.

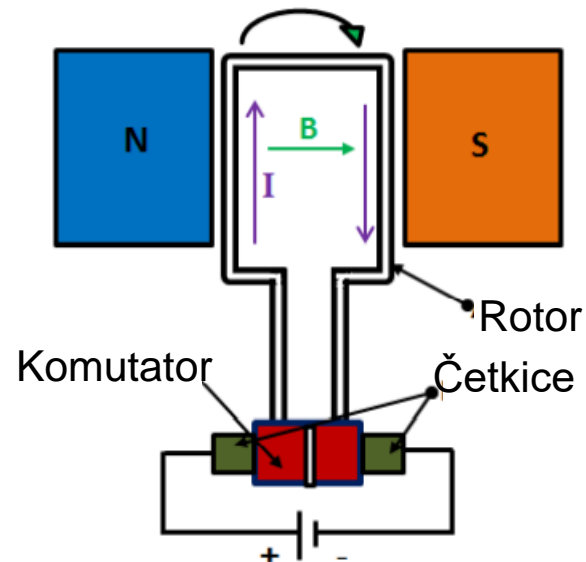


Motori jednosmerne struje (DC)

- DC motor pretvara jednosmernu struju (električnu energiju) u obrtanje elementa (mehaničku energiju). Ovi motori se dalje mogu klasifikovati DC motore sa bez četkica.
- Koriste se kod CNC i teških mašina, kao i u uslovima gde je potrebno fino regulisanje brojeva obrtaja.

DC motori sa četkicama

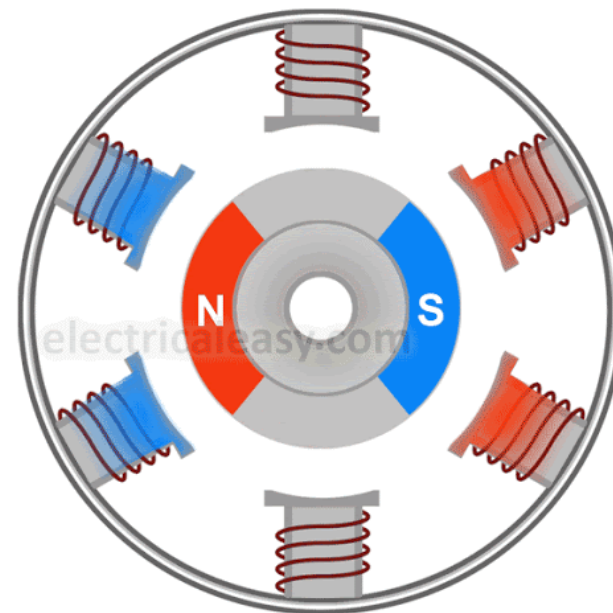
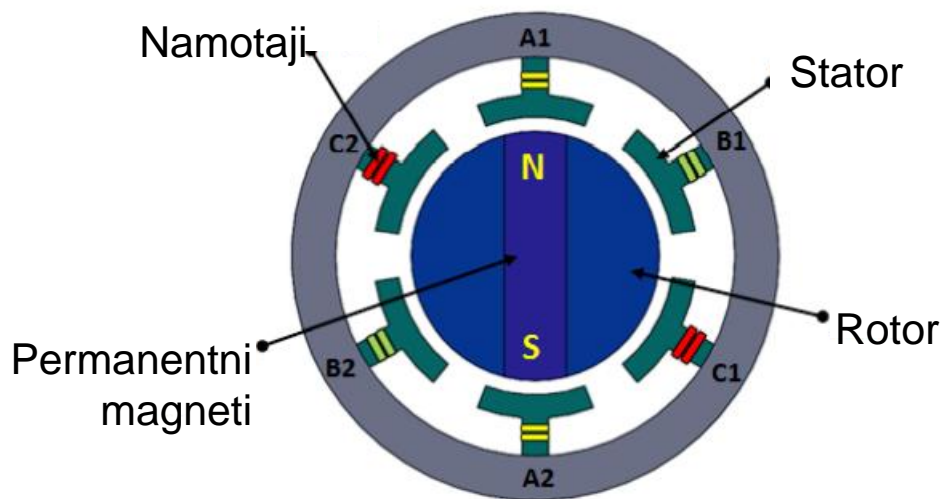
- Kroz namotaj na rotoru koji se nalazi u magnetnom polju prolazi struja odgovarajuće jačine, pri čemu dolazi do pojave elektromagnetnog momenta koji izaziva obrtanje rotora.



Motori jednosmerne struje (DC)

DC motori bez četkica

- Na rotoru su smešteni permanentni magneti, dok se na statoru nalaze namotaji kroz koje teče struja. Prolazak struje kroz statorske namotaje izaziva obrtanje rotora.
- Četkice i komutator su eliminisan i namotaji su povezani sa kontrolnom elektronikom



Motori jednosmerne struje (DC)

- Regulisanje brojeva obrtaja kod elektromotora jednosmerne struje može se vršiti:
 - ✓ promenom jačine struje (otpor pobude) posredstvom otpornika. Ovo se vrši kada broj obrtaja treba da bude manji od nominalnog. Pri tome moment ostaje približno konstantan, dok snaga linearno raste sa porastom broja obrtaja.
 - ✓ promenom jačine magnetnog polja posredstvom otpornika. Ovo se vrši kada broj obrtaja treba da bude veći od nominalnog. Pri tom sa povećanjem broja obrtaja moment opada a snaga ostaje konstantna.

$$n = \frac{U}{k_1 \Phi} - \frac{MR}{k_1 k_2 \Phi^2}$$

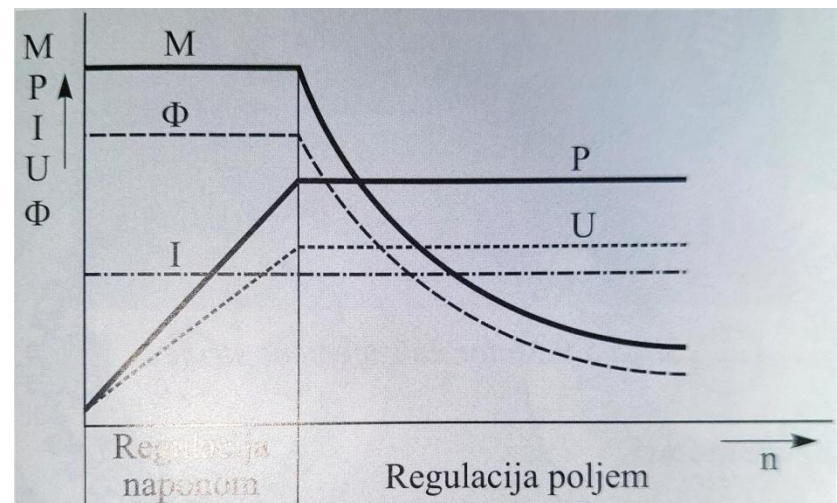
U – napon

Φ – magnetni fluks

R – otpor

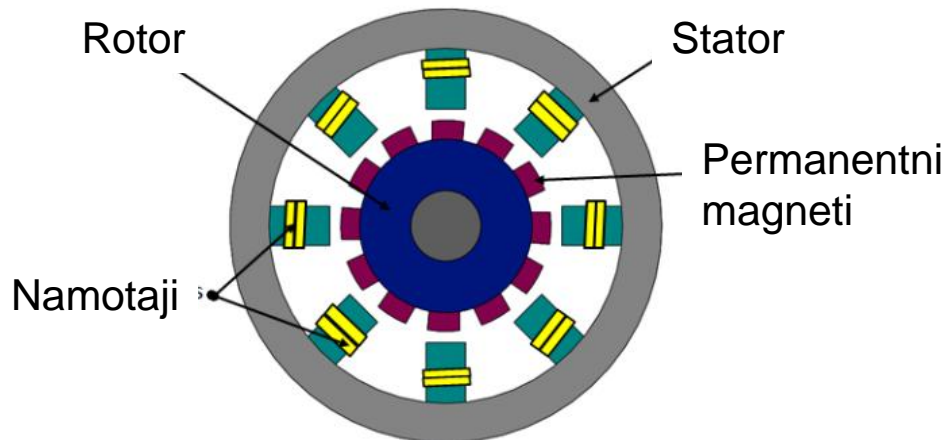
M – obrtni moment

k – konstante



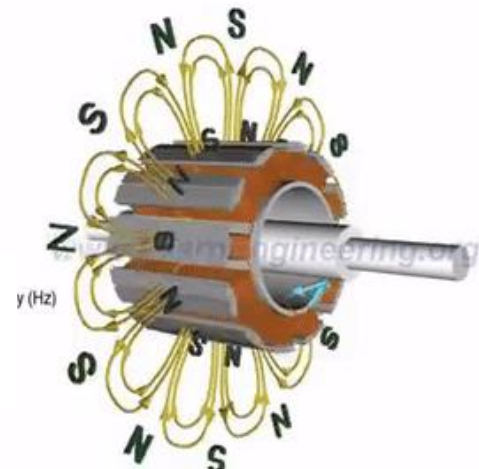
Motori naizmenične struje (AC)

- Motori naizmenične struje pretvaraju naizmeničnu struju u obrtanje mehaničkog elementa (mehaničku energiju).
- Motori naizmenične struje mogu biti asihroni i sinhroni.
- Kod sinhronih AC motora brzina obrtanja rotora je jednaka brzini obrtnog elektromagnetnog polja.
- Pri obrtanju rotora kod AC sinhronih motora, sa njegovim polovima obrće se i magnetni fluks koji iz njih izbija. Ovaj obrtni fluks seče provodnike nepokretnog statora i u njima indukuje napone naizmenične prirode. Zaokretu indukta za jedan polni korak odgovara jedna perioda napona indukovanog u provodniku.



$$N_s = \frac{120f}{P}$$

N_s - broj obrtaja
 f - frekvencija
 P - broj polova



5.5 Električni prenosnici

Motori naizmenične struje (AC)

- Princip rada asihronih motora (indukcijskih motora) zasnovan je na indukcionom delovanju između statora i rotora (obrotnom magnetnom polju), pri čemu brzine obrtnog magnetnog polja i rotora nisu iste.

$$n = \frac{60f}{p}(1 - s)$$

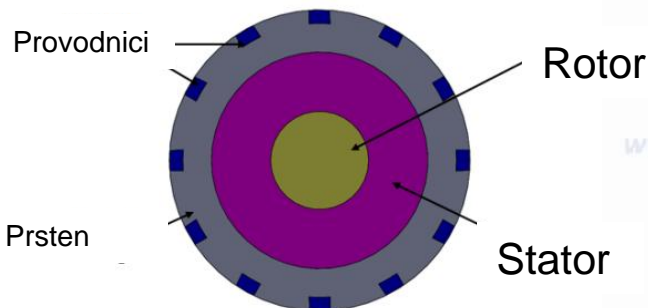
$$s = \frac{\text{sihron.brzina} - \text{trenut.brzina}}{\text{sihron.brzina}} \cdot 100\%$$

n - broj obrtaja

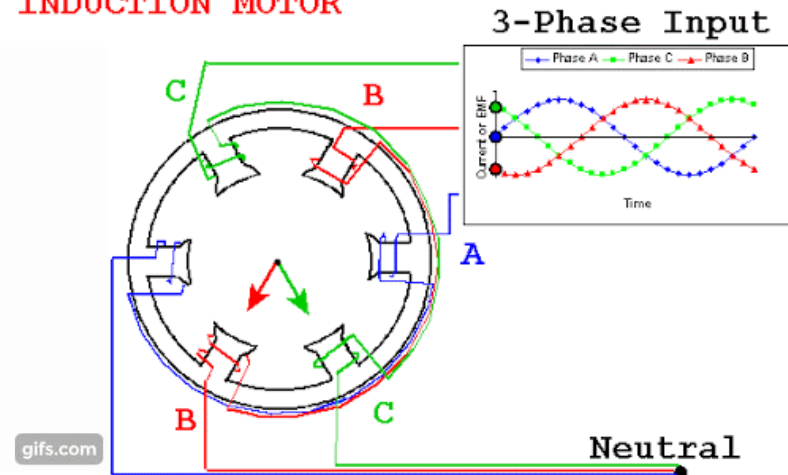
f - frekvencija

P - broj polova

s - faktor klizanja



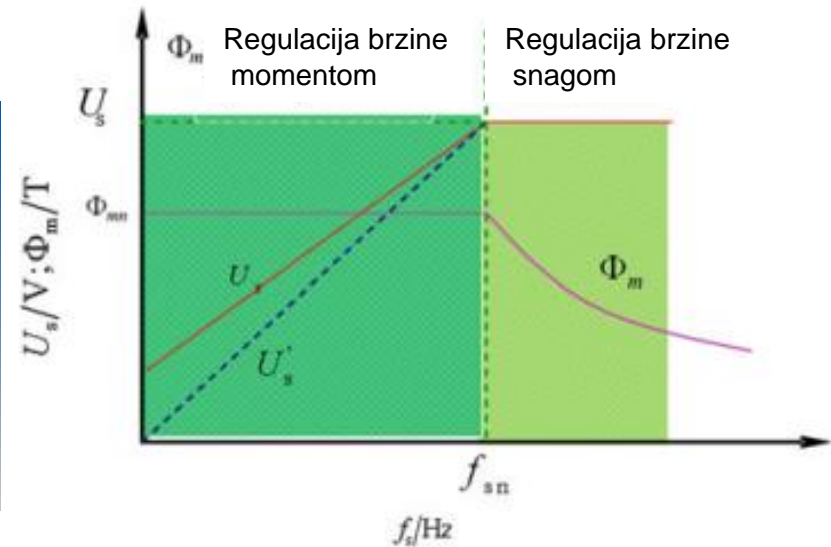
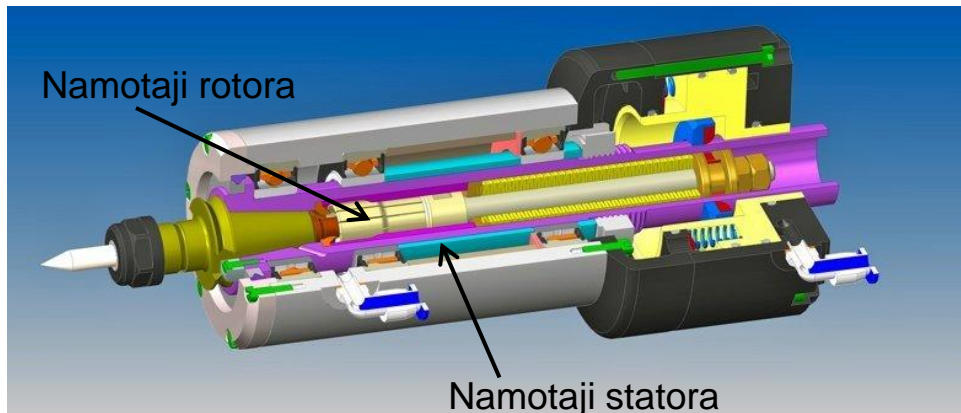
INDUCTION MOTOR



5.5 Električni prenosnici

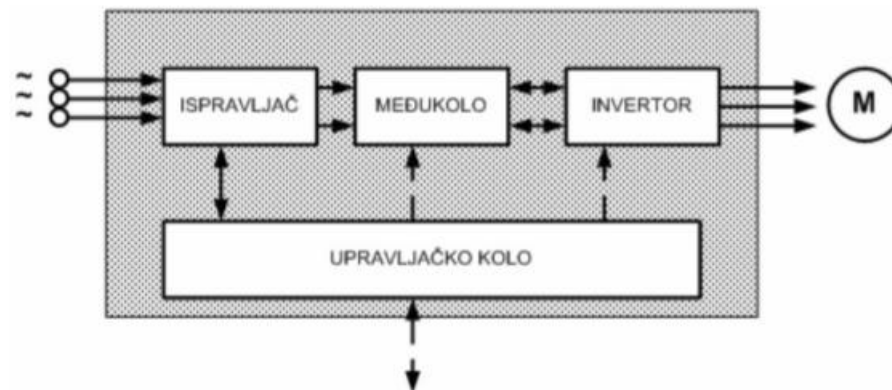
Motor-vretena

- Motor-vreteno je sklop glavnog vretena funkcionalno projektovan kao **asihroni elektromotor**.
- Glavno vreteno i elektromotor su integrisani, tako da vreteno predstavlja rotor, dok je stator smešten unutar kućišta.
- Primenom ovog sklopa se eliminišu mehanički sistemi za prenos obrtnog momenta.
- Ovakva konstrukciona rešenja omogućuju obradu na visokim brojevima obrtaja i preko 100.000 [o/min]



Upravljanje motorima naizmenične struje

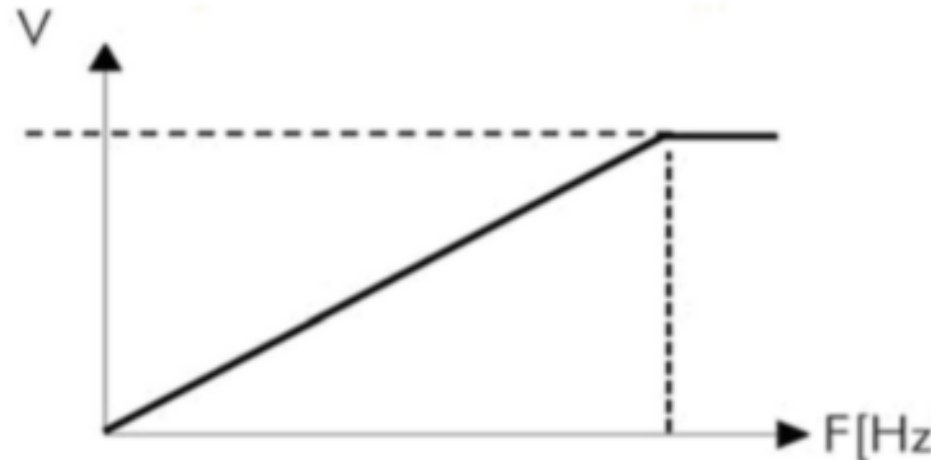
- Kod mašina alatki upravljanje motorima naizmenične struje je od velikog značaja.
- Kako bi se menjala brzina obrtanja asihronih motora potrebno je menjati napon i frekvenciju napajanja što se postiže frekventnim regulatorima.
- Frekventni regulatori su elektronski uređaji koji omogućavaju upravljanje brzinom trofaznih asinhronih motora pretvarajući ulazni mrežni napon i frekvenciju, koji su fiksirane vrednosti, u promenljive veličine.
- Ispravljač pretvara mrežni AC napon u pulsirajući DC napon. Međukolo stabilizuje DC napon i stavlja ga na raspolaganje invertoru. Invertor generiše frekvenciju napona na motoru (DC napon ponovo pretvara u kontrolisani AC napon).



Upravljanje motorima naizmenične struje

- Nominalna brzina obrtanja motora predstavlja brzinu obrtanja osovine motora sa nominalnim opterećenjem i pri nominalnoj frekvenciji napona napajanja (50 Hz).
- Frekventni regulator kontroliše zajedno izlaznu frekvenciju i napon održavajući konstantan odnos napon/frekvencija (volt/hertz).
- Momenat koji se stvara je direktno srazmeran ovom odnosu, što znači da je na svim brzinama (do nominalne brzine) momenat konstantan i jednak je nominalnom momentu. Ovo znači da motor na svim brzinama može da isporuči pun momenat.

Regulator može da napaja motor i sa frekvencijama iznad nominalne (50 ili 60Hz), ali u tom slučaju nije moguće dalje povećavanje napona. U tom slučaju se momenat smanjuje, pa postoji mogućnost da motor na većim brzinama ne može da isporuči dovoljan momenat za pokretanje datog opterećenja.

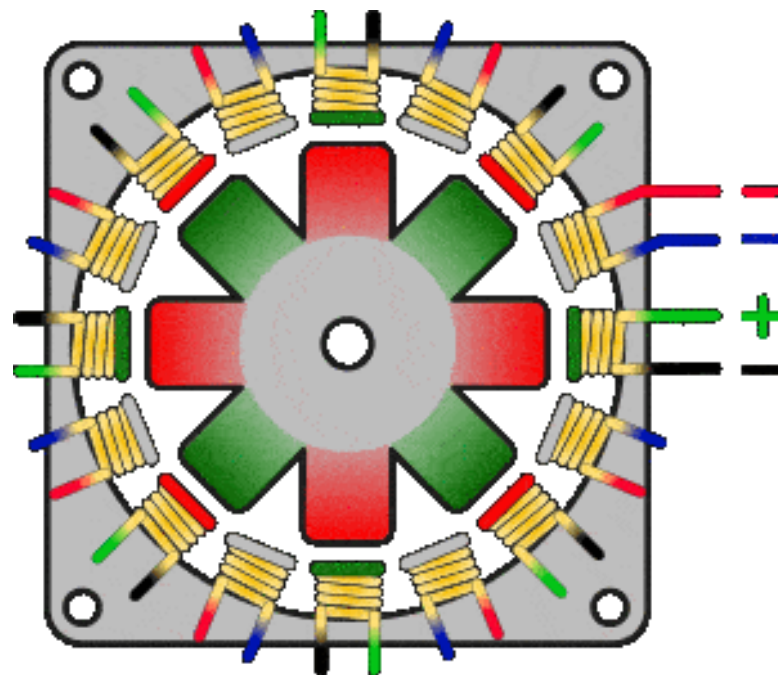
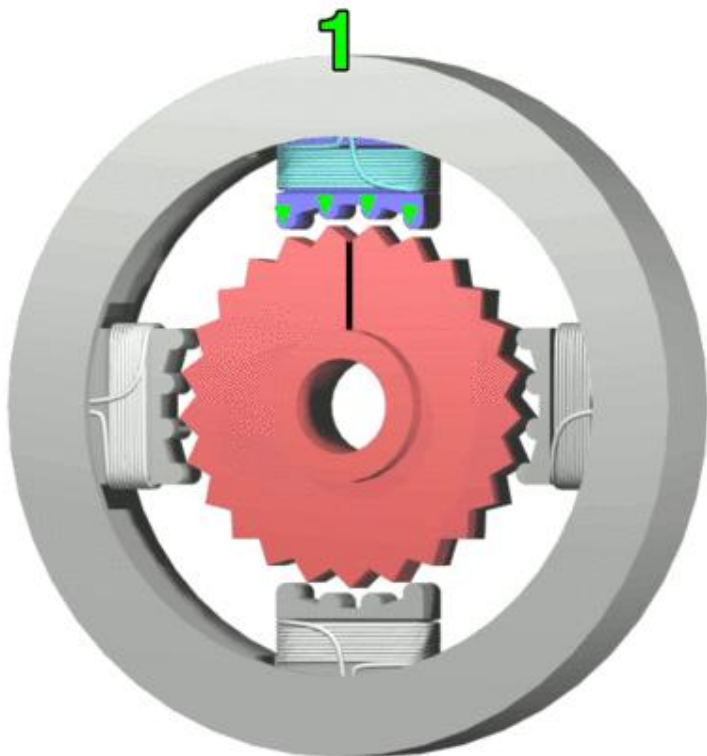


Upravljanje motorima naizmenične struje

- Za upravljanje motorima naizmenične struje se najčešće koriste:
- ✓ Skalarno upravljanje – Regulacija koja se realizuje istovremenom promenom amplitude i frekvencije napona. Najčešća primena skalarne regulacije je kod mašina alatki gde se ne zahtijevaju velika preciznost i dinamička svojstva.
- ✓ Vektorsko upravljanje- omogućuje nezavisno upravljanje fluksom i momentom preko amplitude, frekvencije i faze.
- ✓ Direktna kontrola momenta – Osnovna ideja je zasnovana na direktnom upravljanju momentom i fluksom motora.

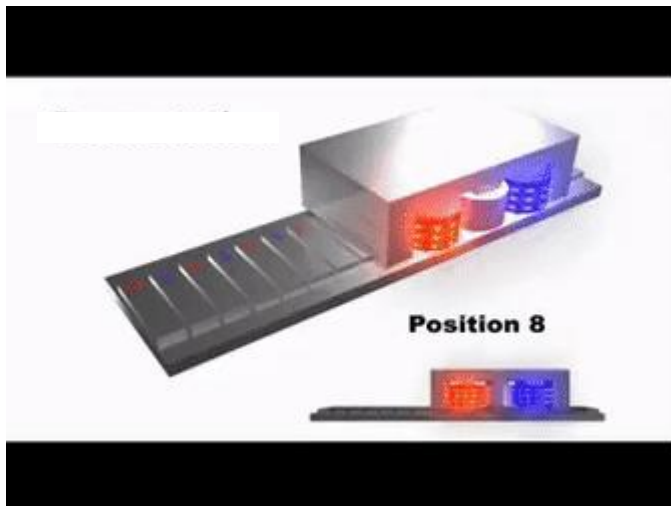
Koračni (Step) motori

- Koračni motori pretvaraju koračnu električnu energiju u koračni mehanički pomeraj (linearni ili obrtni).
- Svaki ulazni impuls proizvodi diskretni, odnosno, koračni mehanički pomeraj. Upravljanje položajem se vrši na osnovu broja korakate su pogodni za sprezanje sa upravljačim jedinicama.



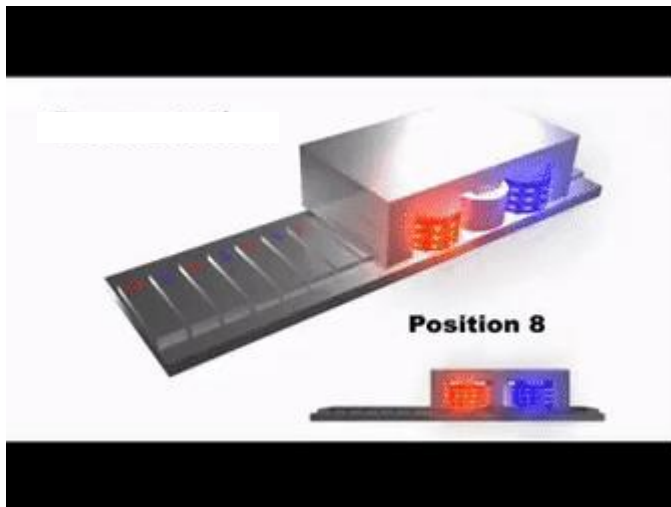
Linearni motori

- Linearni motor omogućuju pretvaranje električnu energiju direktno u mehaničku energiju (zahtevanu aksijalnu silu) linearnog kretanja bez potrebe za bilo kojim drugim elementom (pretvarače kretanja, spojnice, uleženja itd.).
- Linearni motori se isporučuju od strane proizvođača u kompletu sa vođicama, mernim sistemom, te se kao sklop ugrađuju u sisteme za pravolinijska kretanja.
- Kod ovih motora se ublažavaju ili potpuno eliminišu problemi vezani sa kinematskim greškama, statičkim, dinamičkim i toplotnim deformacijama, a imaju širok opseg regulacije brzina i ubrzanja.



Linearni motori

- Linearni motor omogućuju pretvaranje električnu energiju direktno u mehaničku energiju (zahtevanu aksijalnu silu) linearnog kretanja bez potrebe za bilo kojim drugim elementom (pretvarače kretanja, spojnice, uleženja itd.).
- Linearni motori se isporučuju od strane proizvođača u kompletu sa vođicama, mernim sistemom, te se kao sklop ugrađuju u sisteme za pravolinijska kretanja.
- Kod ovih motora se ublažavaju ili potpuno eliminišu problemi vezani sa kinematskim greškama, statičkim, dinamičkim i toplotnim deformacijama, a imaju širok opseg regulacije brzina i ubrzanja.



5.5 Električni prenosnici

Kombinovani elektro-mehanički prenosnici

Kombinovani stupnjeviti elektro-mehanički prenosnici

Smanjuje se broj stupnjeva mehaničkog prenosnika

Opseg regulacije sa “ m_n ” stupnjeva se deli na električne i mehaničke stupnjeve.

$S_{nem} = n_{m1}/n_{m2}$ – opseg regulacije brojeva obrtaja elektromotora (električnog prenosnika)

Zavisnost između φ_n i S_{nem} : $\varphi_n^z = S_{nem}$; **z – ceo broj**

$$m_n = m_{el} \cdot m_{meh};$$

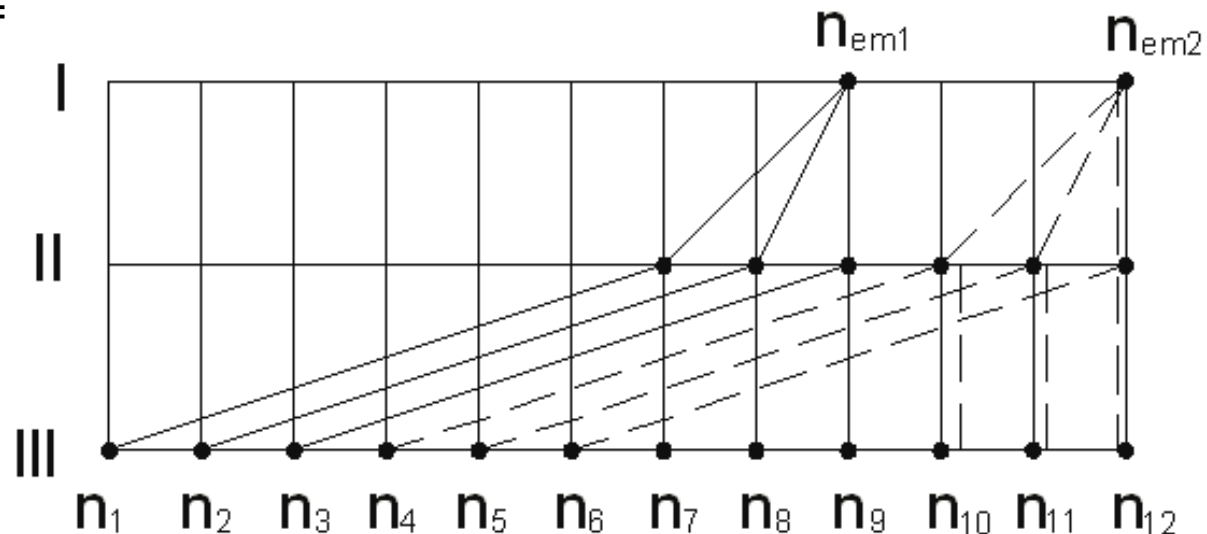
Primer: dvobrzinski motor $m_n = 12$; $S_{nem} = 2$

$$S_{nem} = 2 \quad \varphi_{n1} = 1,25 \quad Z = 3$$

$$\varphi_{n1} = 1,4 \quad Z = 2$$

$$m_n = 12 \quad m_{meh} = \frac{m_n}{2} = 6$$

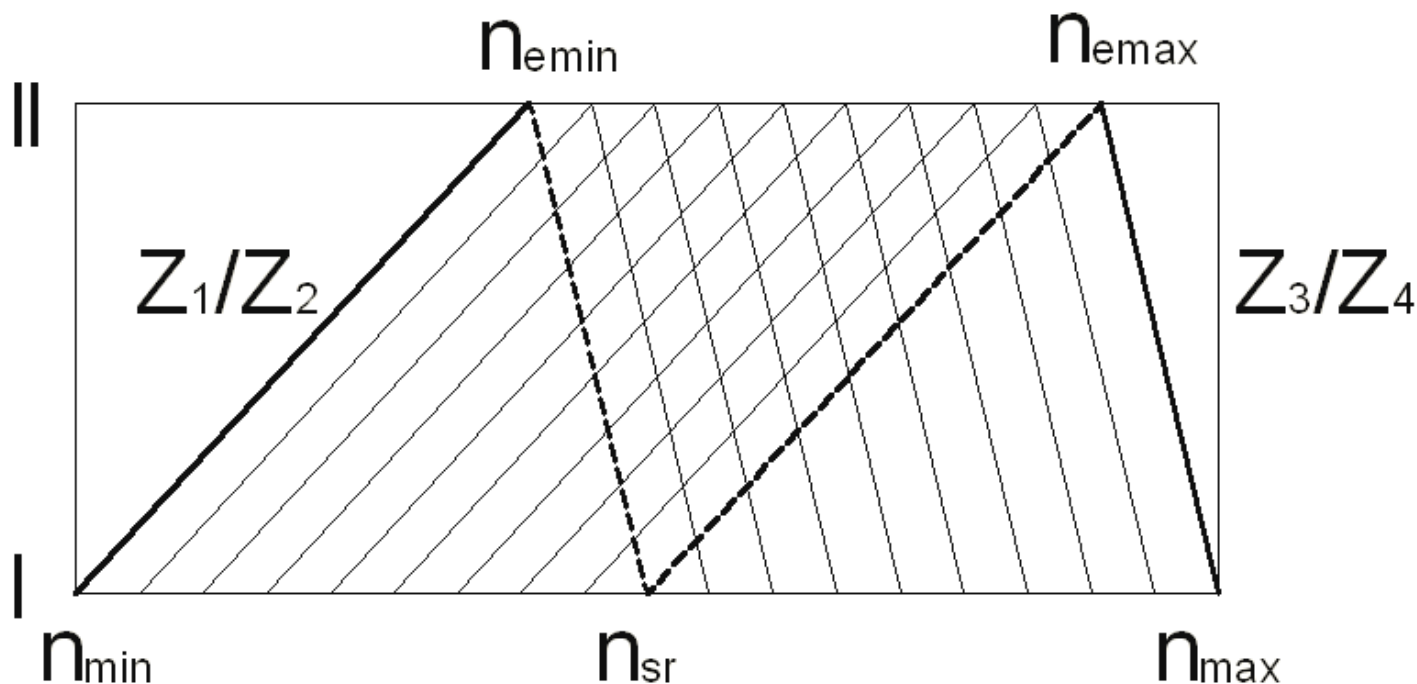
$$m_{meh} = 3 \cdot 2$$



5.5 Električni prenosnici

Kombinovani elektro-mehanički prenosnici

Kombinovani kontinualni elektro-mehanički prenosnici - Primer



$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{n_{\min}}{n_{e \min}} \quad \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{n_{\max}}{n_{e \max}}$$