



Funded by
the European Union

Hidraulički motori

Autori: Edin Šunje, Emir Nezirić, Edin Džiho, Damir Špago, Safet Isić, Merima Čupina
Univerzitet Džemal Bijedić
Mašinski fakultet Mostar

Hidraulika i pneumatika 15.04.2025

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."

**Partnership for Promotion and Popularization of Electrical Mobility through
Transformation and Modernization of WB HEIs Study Programs/PELMOB**

Call: ERASMUS-EDU-2022-CBHE-STRAND-2

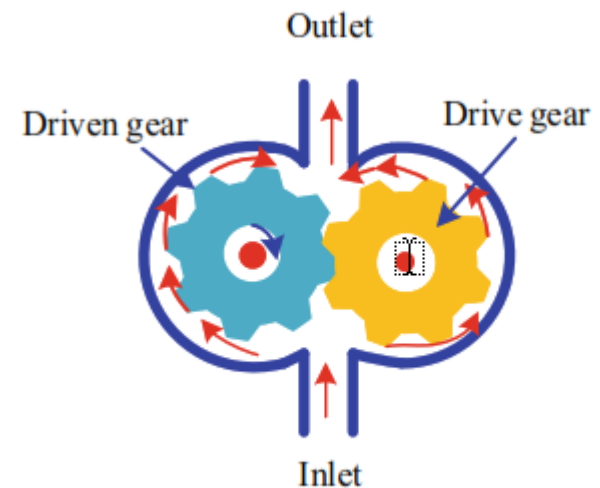
Project Number: 101082860

Uvod

- Aktuatori se klasificiraju kao motori i cilindri koji se koriste u hidrauličkim sistemima, koji koriste izlaznu snagu pumpe kao svoju ulaznu snagu
- Energija koju pumpa isporučuje hidrauličkom sistemu se općenito koristi za pokretanje linearnog uređaja (cilindra) ili rotacionog uređaja (motora).
- Pumpa pretvara mehaničku snagu elektromotora u snagu fluida.
- Motori su po karakteru suprotni pumpama
- Hidraulični motor pretvara snagu fluida u mehaničku snagu u obliku rotacije (ugaonog pomaka) osovine pretvaranjem pritiska fluida u obrtni moment.
- Ova rotacija je kontinuirana u slučaju hidrauličkog motora i vrši ograničenu rotaciju u slučaju motora sa obrtnim momentom
- Hidraulični motor rotira izlazno vratilo i daje obrtni moment kada se isporučuje tekućina pod visokim pritiskom

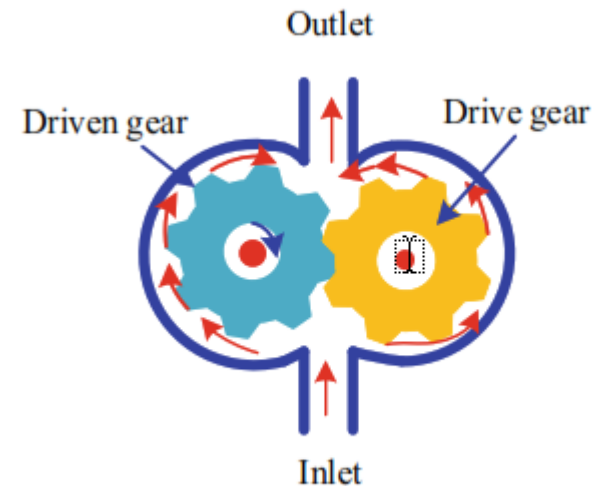
Klasifikacija hidrauličnih motora

Hidraulički motor je dizajniran za radni pritisak na obje strane motora. Motor se može klasificirati kao fiksni i promjenjivog pomaka. Povećanje zapremine motora smanjuje brzinu i povećava obrtni moment. Slično tome, smanjenje zapremine povećava brzinu i smanjuje obrtni moment. Većina hidrauličkih motora su vrste motora pozitivnog pomaka. Hidraulični motori se klasificiraju u tipove zupčaste, sa lopaticama i klipne. Međutim, zupčanici, klipni i lopatični motori se smatraju grupom motora fiksne zapremine.



Zupčasti Motor

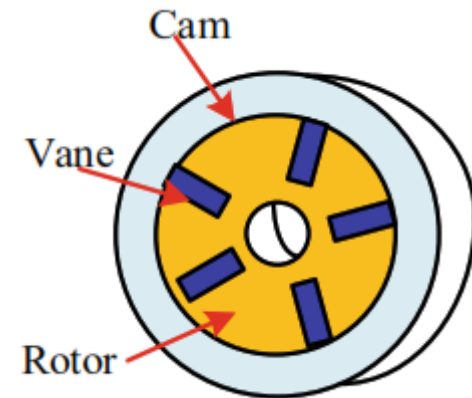
Oba zupčanika imaju isti broj zuba. Tekućina pod visokim pritiskom ulazi u ulaz motora. Zatim teče kroz površine između zuba zupčanika i stijenke kućišta ka izlazu motora. Površina između zuba zupčanika i površine i stijenke kućišta ima manji otpor, tako da tekućina lako prolazi. Motor zupčanika ima malu težinu, jednostavan dizajn te isporučuje srednji pritisak. Koristi se u poljoprivrednim mašinama za pogon transportnih traka, distribucijskih ploča, itd.



Motor sa lopaticama

Motor sa lopaticama je vrsta motora sa pozitivnim pomakom koji razvija izlazni obrtni moment na izlaznom vratilu dopuštajući fluidu da djeluje na lopatice. Ovaj motor se sastoji od lopatica, kućišta sa ekscentričnim otvorom koji pokreće rotor sa pripadajućim lopaticama.

Ova akcija stvara neuravnoteženu silu fluida pod pritiskom na lopatice. Kao rezultat toga, rotor motora se okreće u jednom smjeru. Lopatica ima visoku radnu efikasnost, ali ne toliko kao klipni motor. Međutim, motor sa lopaticama je jeftiniji od klipnog motora.

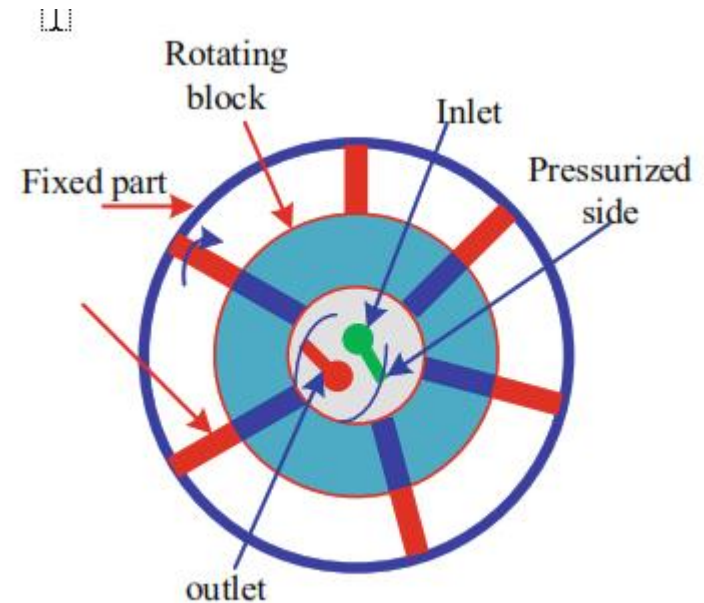


Klipni motor

Klipni motor je dostupan u malim brzinama visokog obrtnog momenta (LSHT) i velikim brzinama niskog obrtnog momenta (HSLT). Provrt motora sadži broj klipova koji su recipročni jedan u odnosu na drugi.

Tečnost pod pritiskom ulazi kroz ulaz koji je pritisnuo seriju klipova unutar cijevi sa fiksnim uglom sa zaštitnim pločama.

Ovi klipovi djeluju pod određenim uglom na ploču koja je spojena na izlazno vratilo motor te se na taj način stvara rotacija



Motor Torque

The torque is one of the key features of a hydraulic motor. The output torque is produced by the pressure difference between incoming and outgoing hydraulic fluid and displacement during one revolution of the shaft. A hydraulic vane motor with a cam, rotor, and vane is shown in figure below. The outer part is known as a cam and the inner part is known as a rotor. The rotor rotates when the fluid pressure acts on the vane. For a single rotation of a vane, consider the following :

L is the length of the vane in m, i

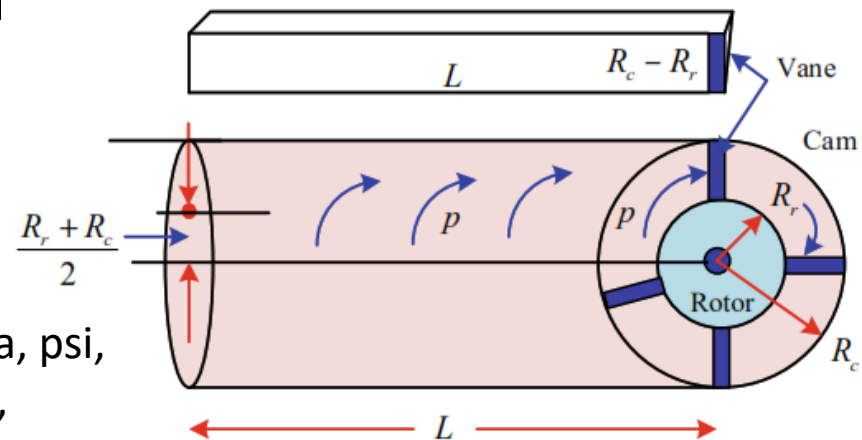
R_c is the cam radius in m, in.,

R_r is the rotor radius in m, in.,

p is pressure acting on the vane in Pa, psi,

T is the torque capacity in N.m, in.lb,

A is the area of the vane.



Motor Torque

Due to a hydraulic pressure acted on a vane, the force is calculated as:

$$F = pA$$

The area of the vane is calculated as:

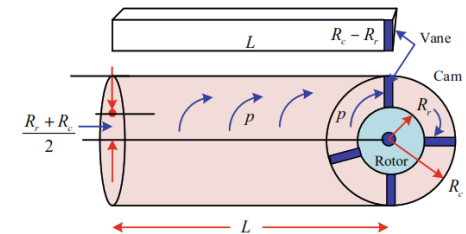
$$A = (R_c - R_r) \times L$$

Substituting:

$$F = p(R_c - R_r)L$$

The torque capacity of a hydraulic motor is calculated by using the force and the distance of the center of rotation, the distance of the center of rotation (d_r) is calculated as:

$$d_r = \frac{R_c + R_r}{2}$$



Obrtni moment motora

Kapacitet obrtnog momenta hidrauličkog motora se izračunava kao,

$$T = F \times d_r$$

Zamjenom, dobijamo

$$T = p(R_c - R_r)L \times \frac{R_c + R_r}{2}$$

$$T = \frac{pL}{2}(R_c^2 - R_r^2)$$

Zapremina motora se izražava kao

$$v_d = \pi(R_c^2 - R_r^2) \times L$$

Zamjenom, dobijamo

$$T = \frac{p v_d}{2\pi}$$

Napomena: sposobnost obrtnog momenta hidrauličkog motora sa lopaticama može se izračunati ako su dati drugi parametri

Brzina motora

Brzina hidrauličkog motora zavisi od količine protoka koji izlazi iz pumpe i zapremine motora. Brzina motora je direktno proporcionalna brzini protoka i obrnuto proporcionalna pomaku motora. Matematički, može se izraziti kao:

$$N = \frac{Q}{V_m}$$

$$Q = V_m N$$

Gdje je,

N brzina motora izražena u o/min,

V_m zapremina motora in in.³/rev,

Q protok izražen u in.³/min, m³/min.

However, in a metric unit, equation is revised as:

$$Q = \frac{V_m N}{1000}$$

Snaga motora

Motor pretvara protok fluida iz izlaza pumpe u brzinu rotacije izlaznog vratila. Kasnije, ova brzina rotacije se koristi za vršenje rada. U ovom slučaju, osovina motora mora se spojiti sa vratilom za prijenos snage. Da bi se dobila snaga motora, potrebno je uključiti sljedeće konverzije jedinica:

Jedinica rad u sekundi (rad/s) is može konvertovati na slijedeći način/e:

$$\text{rad/s} \times \text{s/min} \times \text{rev/rad} = \text{rpm}$$

Veza radijana i obrtaja se može napisati kao:

$$2\pi \text{ rad} = 1 \text{ rev}$$

Zamjenom, dobijamo

$$N \text{ rad/s} \times \text{s/60s} \times \frac{1}{2\pi} \text{ rev/rad} = N \text{ rpm}$$

$$N \text{ rad/s} = \frac{2\pi}{60} N \text{ rpm}$$

Snaga motora

Izlazna snaga motora jednaka je umnošku obrtnog momenta (T) i brzine rotacije (N). Matematički, to se izražava kao,

$$P_s = T(\text{ft-lb}) \times N(\text{rad/s}) = \frac{2\pi}{60} T_A \times N(\text{rpm}) = \frac{T \times N}{60/2\pi} = \frac{T \times N}{9.549} \text{ W}$$

Imajući u vidu da je 1 HP=550 ft-lb/s = 746 N-m/s (W) onda jednačina postaje:

$$P_s = \frac{T \times N}{9.549 \times 550}$$

$$P_s = \frac{T \times N}{5252} \text{ HP}$$

Gdje je obrtni moment (T) izražen u ft-lb. Nakon konverzije u in-lb jednačina se modificira kao:

$$P_s = \frac{T \times N}{5252 \times 12} \text{ HP}$$

$$P_s = \frac{T \times N}{63025.35} \text{ HP}$$

Snaga motora

Generalno, izlazna snaga motora se može izraziti kao:

$$P_s = \frac{T \times N}{63025} \text{ HP}$$

U metričkom sistemu jedinica:

$$P_s = \frac{T \times N}{9.549} \text{ W} = \frac{T \times N}{9.549 \times 1000} \text{ kW}$$

$$P_s = \frac{T \times N}{9550} \text{ kW}$$

Efikasnost motora

Efikasnost motora se izračunava kako bi se znalo kako se ulazna konjska snaga tekućine pretvara u korisnu izlaznu konjsku snagu kočnice. Efikasnost motora je klasificirana kao volumetrijska, mehanička i ukupna efikasnost. U motoru se uzimaju u obzir mehanički i volumetrijski gubici. Mehanički gubici su nastali zbog trošenja i trenja. Dok su volumetrijski gubici nastali zbog curenja. Volumetrijska efikasnost je definisana kao odnos teoretskog protoka (Q_T) motora koji bi trebao potrošiti i stvarnog protoka (Q_A) koji troši motor. Matematički, volumetrijska efikasnost se izražava kao:

$$\eta_v = \frac{Q_T}{Q_A}$$

Teoretski protok motora je povezan sa zapreminom i brojem okretaja u minuti. Iz jednadžbe, ovaj odnos je izražen kao:

$$Q_T = \frac{V_m N}{231}$$

Efikasnost motora

Zamjenom, dobijamo.

$$\eta_v = \frac{V_m N}{231 Q_A}$$

$$\eta_v = \frac{V_m N}{231 Q_A}$$

Kako postoje gubici habanja i trenja u motoru, stvarni obrtni moment (T_A) je uvijek manji od teoretskog obrtnog momenta (T_T). Mehanička efikasnost je definisana kao odnos stvarnog obrtnog momenta i teoretskog obrtnog momenta. Matematički, volumetrijska efikasnost se izražava kao:

$$\eta_m = \frac{T_A}{T_T}$$

Efikasnost motora

The theoretical torque is calculated as:

$$T_T = \frac{P v_d}{2\pi}$$

Zbog gubitaka trenja, stvarni obrtni moment je uvijek manji od teoretskog obrtnog momenta. Iz jednadžbe, izraz stvarnog obrtnog momenta je napisan kao,

$$T_A = \frac{P_s}{N} \times 63025$$

Gdje je,

T je izraženo u lb-ft,

N je izražen u rpm,

Ps je izražena u HP.

Efikasnost motora

T Stvarni obrtni moment u SI jedinici je izražen kao,

$$T_A = \frac{P_s}{N} \times 9550$$

Gdje je,

T izraženo u N-m,

N je izraženo u rpm,

Ps je izražena u kW.

Zamjenom u odgovarajućim jednačinama, dobijamo

$$\eta_m = \frac{\frac{P_s}{N} \times 63025}{\frac{p v_d}{2\pi}}$$

$$\eta_m = 395997.75 \frac{P_s}{N p v_d}$$

Efikasnost motora

Ukupna efikasnost motora je definisana kao odnos izlazne konjske snage (OHP) dostupne na izlaznom vratilu i hidrauličnih konjskih snaga (HHP) primijenjenih na ulazu.

Matematički, to se izražava kao:

$$\eta_o = \frac{OHP}{HHP} = \eta_v \times \eta_m$$

Snaga je definisana kao obavljeni rad (W) po jedinici vremena (t) i izražava se kao:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \times d}{t}$$

Zamjenom d/t sa brzinom, v u jednačini:

$$P = F \times v$$

Dalje, zamjenom $F = p A$

$$P = pA \times v$$

Motor Efficiency

According to the continuity equation, substituting $Q=Av$

$$P = pQ$$

where p is the fluid pressure in psi or lb/in.² and Q is the flow rate in in.³/min. The unit of the power will be in.lb/min.

Let us consider 1 hp is equal to 396,000 in.lb/min and 1gpm is equal to 231 in.³/min. Therefore, multiplying by 231 to flow rate in gpm and dividing by 396,000 to corresponding Eq. to convert in horsepower (HP). This simplification can be written as,

$$HHP = \frac{PQ}{1714}$$

In the SI unit,

$$P_H = \frac{PQ}{60000}$$

where the pressure is in kPa, the flow rate is in lpm and the hydraulic power is in kW.

Efikasnost motora

Ukupna efikasnost se izražava kao izlazna snaga na osovini u odnosu na hidrauličku ulaznu snagu motora i izražava se kao,

$$\eta_o = \frac{P_s}{P_H(HHP)}$$

Zamjenom

$$\eta_o = \frac{\frac{T \times N}{5252}}{\frac{p \times Q}{1714}}$$

Jednačina se reducira na:

$$\eta_o = 0.326 \frac{T \times N}{p \times Q}$$

Gdje je

T [lb-ft],

N [rpm],

P [psi],

Q [gpm].



Program: ERASMUS-EDU-2022-CBHE-STRAND-2
Project number: 101082860



Funded by
the European Union

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION!