

### 3 Izbor pogonskih motora

Pri izboru motora za pogon neke radne mašine, potrebno je izvršiti odabir osnovnih parametara motora, koji će zadovoljiti osnovne zahtjeve radne mašine odnosno radnog mehanizma. Osnovni parametri motora koji su presudni pri izboru motora su: moment, snaga, brzina obrtaja, priključni napon, gubici, radna temperatura, način pokretanja, mjesto eksploatacije i ekonomičnost. Kada se vrši izbor pogonskog motora onda se najprije prema mehaničkoj karakteristici radnog mehanizma odabire motor čija mehanička karakteristika najbolje odgovara radnom mehanizmu, čime se napravi prvi korak ka izboru elektromotora. Zatim se na osnovu radnog režima pogona odabire motor koji će zadovoljiti termičke kriterije (nodi se računati da se motor neće pregrejati tokom radnog ciklusa) i vrši se izbor snage elektromotora najčešće metodom srednje vrijednosti gubitaka kako bi se udovoljilo zahtjevima radnog mehanizma odnosno radnom ciklusu. O svemu, detaljnije će biti pojedinačno u daljem tekstu.

#### 3.1 Mehaničke karakteristike radnih mehanizama

Osnovna veličina kojom je opisan jedan radni mehanizam je njegov moment tereta  $M_t$ . Moment tereta predstavlja moment na osnovi radnog mehanizma koji je proizrokovao korisnim otporima/vršenje radnog procesa i štetnog otpora/gubitka. Po svojoj prirodi moment tereta može biti reaktivan (suprotstavlja se kretanju) i potencijalni (odgovaraje kretanju). Reaktivni moment tereta se još naziva otpornim, a potencijalni se naziva još i aktivni moment tereta.

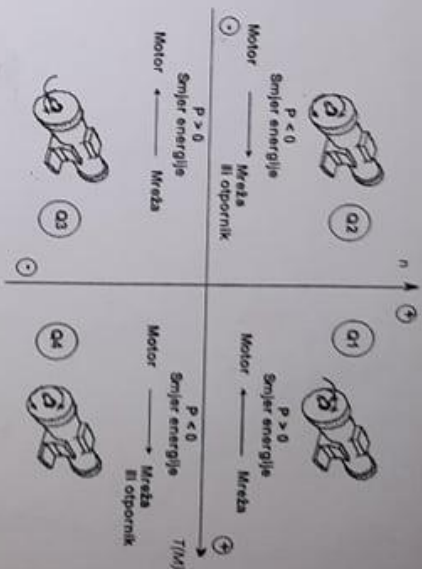


Slika 3.1a) Izborni podzadnje sa potencijalnim teretom

Slika 3.1b) Izborni podzadnje sa reaktivnim teretom

- Potencijalni moment tereta je moment koji želi okretati radni mehanizam zbog svog položaja, ovisan je o potencijalnoj energiji sistema i zadržava smjer kretanja neovisno o smjeru kretanja, dalje potencijalni moment tereta ne ovisi od brzine vrtnje. Primjer radnih mehanizama sa ovom vrstom tereta su dizalice, liftovi, mehanizmi za stavljanje i rastavljanje sistema opruga itd. Na slici 3.1a prikazane su su radne oblasti, u  $M_t$ -u ravnomjerida se može predstaviti I i u  $\omega$ -M ravni samo bi kvadranti II i IV zamijenili mjestima, sa potencijalnim momentom tereta. Kako se sa slike vidi radno područje predstavlja I i II kvadrant u  $M_t$ -u ravni, u I kvadrantu motor daje energiju iz mreže moment i brzina imaju isti smisao, dok u II kvadrantu motor daje energiju u mrežu, u moment i brzina imaju različit smisao.
- Reaktivni moment tereta mijenja smjer djelovanja ovisno o smjeru kretanja odnosno mijenja svoj smjer kretanja ako dođe do promjene smjera kretanja u elektromotornom pogonu. Dakle, bez obzira na smjer kretanja, pri reaktivnom momentu tereta motor uvijek ulina energiju iz mreže odnosno uvijek se nalazi u motorznom radnom režimu. Primjer radnih mehanizama sa ovakvom vrstom tereta su aluzni strojevi, elektrovoda, itd. Na slici 3.1b prikazane su radne oblasti, u  $M_t$ -u ravni, sa reaktivnim momentom tereta. Sa slike je lako uočiti da I i II i I i III kvadrantu moment i brzina imaju isti smisao. **(Isti smisao znači da moment i brzina imaju isti predznak)**

Primjer: Prikaz radnog režima i tako energije za otvorkni motor u pogonu, po kvadrantima, dok je na slici 3.2 u 1st i 4Q sistemima.



3.2 Prikaz tako energije pri radovima rada pri potencijalnom i reaktivnom teretu po kvadrantima

Moment tereta radnih mehanizama skoro uvijek ovisi od brzine vrtnje, dok ovisnost o drugim faktorima kao što su vrijeme, put, ugao zakretanja i slično diktiraju tehnološki zahtjevi za radne mehanizme. Prema tome svaki radni mehanizam se uslovno mogu podijeliti na:

- na mehanizme kod kojih je  $M_t = f(\omega)$ . Tu spadaju transportne trake, centrifugalne pumpe, kompresori, predionički stanovi i dr.
- Mehanizme kod kojih je  $M_t = f(\omega, t)$ . Tu spadaju elektronuđa, dizalice, aluzni strojevi i dr, kod kojih ovisnost o vremenu može biti data programom ili slučajna.
- Mehanizme kod kojih je  $M_t = f(\omega, \varphi)$ .  $\varphi$ -ugao zakretanja obrtnog dijela radnog mehanizma. U ovu grupu mehanizama spadaju, klipni kompresori, klipne pumpe, kvačke mašine, mašine za rezanje lima i dr.
- Mehanizme kod kojih moment tereta ovisi osim od brzine i od položaja, puta, materijala, procesa u njemu i dr.
 

Iz prethodnog se lako zaključuje da je ovisnost momenta tereta o brzini vrtnje nezgodnija i ova ovisnost predstavlja mehaničku karakteristiku radnog mehanizma. Međutim ovisnost momenta tereta i brzine može se izraziti i analitičkim putem preko izraza:

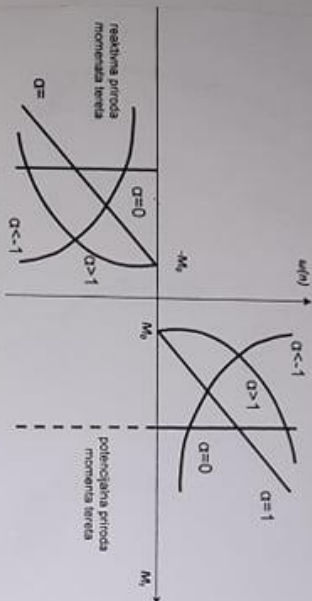
$$M_t = M_n + [kM_n - M_n] \left( \frac{\omega}{\omega_n} \right)^a$$

3.1

Gdje je:  $M_n$  - moment tereta III moment pri praznom hodu;  $M_n$  - nominalni moment tereta radnog mehanizma;  $k$  - koeficijent opterećenja;  $\omega$  - trenutna kulna brzina;  $\omega_n$  - nominalna kulna brzina;  $a$  - cijeli broj koji pokazuje kakva je ovisnost momenta tereta o brzini.

Iz jednačine 3.1 vidi se vrijednost broja  $a$  određuje oblik mehaničke karakteristike radnog mehanizma. Na slici 3.3 dani su oblici mehaničkih karakteristika radnih mehanizama za različite vrijednosti  $a$ . Kada je:

- $q = 0$  – moment tereta nastaje usljed trenja i ne ovisi od brzine vrtanje (na primjer potrošnja komponenta otpornog momenta dizalke, transportni, vjetrovički stanovi, i dr.)
- $q = 1$  – moment tereta je linearni i dobije se tzv. „Aalanderka“ karakteristika. Veoma mali broj mehanizama ima ovakav oblik karakteristike (na primjer moduli za papir i metal)
- $q > 1$  – moment tereta je nelinearno ovisan o brzini vrtanje i to je tzv. „ventilatorska“ ili „centrifugalna“ karakteristika (na primjer ventilatori, pumpe, centrifuge)
- Kada je  $q = -1$  – moment tereta je obrnuto srazmjern brzini vrtanje, mehanizmi imaju konstantnu snagu i ova karakteristika se često naziva „karakteristika stalne snage“ (na primjer: lufte, mašine za obradu metala).



Slika 3.3 Mehaničke karakteristike radnih mehanizama

### 3.2. Mehaničke karakteristike pogonskih motora

Veoma je značajno pravilno izabrati pogonski motor prema momentu tereta. Pogonski motor mora imati takav mehaničku karakteristiku da napravljeniji radi lakso u stabilnom stanju tako i priklon dinamičkih stanja (poboljšanje, bočenje, promjena brzine, itd.). Prema tome proizlazi da mehanika karakteristika (ovisnost  $n$  od  $T$ ) pogonskog motora predstavlja osnovu kriterij priklon odnosa pogonskog motora. Poznato je da kod nominalnih (nazivnih) veličina motor radi na prirodnoj karakteristici. Ukoliko bi došlo do promjene bilo koje nominalne veličine (na primjer, dodavanje otpora u rotorni krug, promjena napona napajanja, i sl.) dobija se veštačka karakteristika pogonskog motora. Većina elektromotora koji se koriste za pogon ima padajuću karakteristiku.



Slika 3.4 Mehaničke karakteristike pogonskih motora

Na slici 3.4, dat je prikaz karakteristika za elektromotore koji se najčešće koriste kao pogonski motor.

Asimotorno vrtno karakteristiku (krivulju) karakteristika 3) imaju motori kod kojih se brzina vrtanje mijenja u veoma malom području na promjeni tereta (sinotorni motor).

Vrtno karakteristiku (karakteristika 2 i 3) imaju motori kod kojih se brzina vrtanje mijenja u veoma velikom području s obzirom na promjenu opterećenja (sinotorni motor sa paralelnom pobudom, kolektorski parvalni motor limenike struje i sinotorni motor koji radi u području malih brzina).

Mali mehaničku karakteristiku imaju motori kod kojih se brzina vrtanja mijenja u veoma širokom području s obzirom na promjenu opterećenja. Ovakve karakteristike imaju strujni, motori istosmjernog strujepogonskih 5) i kompadni motori istosmjernog strujepogonskih 4).

### 3.3. Teorija zagrijavanja elektromotora kao osnov za izbor pogonskog motora

U praksi, razmatranje vidljivo je da izbor pogonskog motora ne može biti jednodimenzionalno izvršen odabirom mehaničke karakteristike motora ili pukom odabirom snage motora. Stoga, izbor motora mora biti posmatran sa više aspekata primjenom adekvatnih kriterija za izbor motora. Jedan od tih kriterija, koji je i eliminirani prilikom izbora pogonskog motora je termički kriterijum.

Elektromotori po svojoj konstrukciji su namijenjeni da vrše korisni mehanički rad, odnosno da električnu energiju pretvore u korisni mehaničku energiju. Međutim, uzeta električna energija iz mreže ne može se u potpunosti pretvoriti u mehaničku energiju, nego se jedan dio troši na pokrivanje osnovnih gubitaka kod elektromotora, gubici u bakru, gubici u željezu, te dodatnih mehaničkih gubitaka. Svi ovi gubici na mjestu gdje nastaju, pretvaraju se u toplotu.

Poznato je da su gubici u željezu posljedica vrtložnih struja i histereza, i da su oni prilično konstantni kod svih elektromotora u istom radu u normalnim uslovima. Dakle, zagrijavanje usljed ovih gubitaka moglo bi se unaprijed odrediti.

Kada su u pitanju gubici u bakru elektromotora, onda se ne može predvidjeti da li će se elektromotor normalno zagrijavati (zagrijavanje u domenu dozvoljene promjene temperature) ili će se pregrijavati. Zagrijavanje elektromotora usljed gubitaka u bakru određeno je Oduvnom zakonom  $P_{cu} = I^2 R$ , s obzirom da se gubici u bakru mogu izraziti i preko mehaničke snage motora  $P_m$ , onda se ovi gubici mogu dovesti u vezu i sa statičkom snagom radnog mehanizma  $F_s$  preko jednakosti  $P_{cu} = M \cdot \omega$ . Odatle proizlazi da će se sudbino promjeni statičke snage radnog mehanizma mijenjati i gubici u bakru jer će motor potrditi mehaničku snagu morati nadoknaditi „povlačenjem“ veće struje iz mreže. Isto povećava akumulira se u okolini mjesta nastajanja zagrijavanja motora. Toplota koja nastaje usljed pomenutih gubitaka toplote, vodljivosti i toplotnog kapaciteta koristeći za izradu motora, odnosi u varijabilni prostor. Trajanje prelaznog procesa usljed zagrijavanja opisanog je topolonom konstantom  $t_r$ , definisanom izrazom 2.13. Uopšteno, promjena temperature elektromotora u ovisnosti od vremena trajanja nekog radnog režima, može se dobiti ograde u laboratorijama ili analitičkim putem.

$$\theta = \theta_m (1 - e^{-\frac{t}{t_r}}) + \theta_0 e^{-\frac{t}{t_r}} \quad 3.2$$

$$\theta = \theta_m e^{-\frac{t}{t_r}} \quad 3.3$$

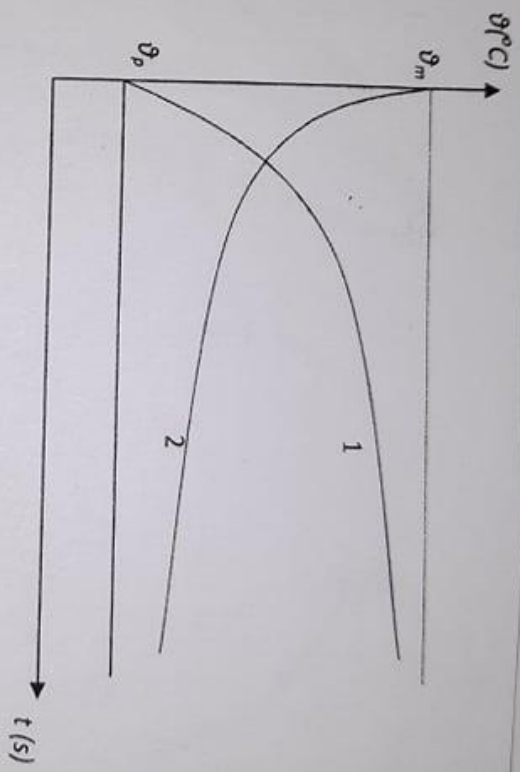
Izraz 3.2 koristi se za procjenu promjene temperature priklon zagrijavanja, gdje  $\theta_m$  – maksimalna promjena temperatura za pogonski motor,  $\theta_0$  – temperatura okolice ili početna temperatura zagrijavanja izraz 3.3 se koristi za procjenu temperature priklon hladnja pogonskog motora, gdje je  $\theta_0$  početna temperatura hladnja (ti) kod se motor isključi ili razesteti).

Pojave zagrijavanja i hladjenja motora u pogonu mogu se predstaviti i grafičkim prikazom kako je to dato na slici 3.5.

Maksimalna promjena temperature ili kao se u praksi često naziva i dozvoljena radna temperatura direktno je srazmjerna gubićima snage  $Q$ , a obrnuto srazmjerna ukupnoj površini ( $A_{k=5m^2/d}$ ) preko koje se odvođi toplota za svaki vremenski trenutak  $t$ , tj:

$$\theta_m = \frac{Q}{A} \quad 3.4$$

3.



Slika 3.5 Krivulje zagrijavanja (1) i hlađenja (2) pogonskog motora