

3. Izbor elektromotora za određeni EMP

U zavisnosti od namene motora i radne mašine, koriste se motori različitih konstrukcija, kao što su:

- normalne serije običnih elektromotora, koji su pogodni za veći broj različitih grana industrije pri normalnim uslovima radne sredine;
- specijalne vrste motora (namenski motori), koji su pogodni za pojedine grane industrije i pojedine radne mehanizme pri normalnim uslovima radne sredine;
- motori ugrađeni u pojedine mašine s kojima čine jednu celinu, kao što su: npr. motori za pumpe, ventilatore itd.;
- reduktorski motori, u koje su već ugrađeni reduktori (zupčanički prenosi) smešteni u isto kućište.

Da bi se mogao izvršiti pravilan izbor elektromotora za određeni EMP, potrebno je poznavati koje **osnovne karakteristike elektromotorni pogon treba da ima, odnosno treba znati:**

- da li treba da postoji mogućnost regulacije brzine obrtnja motora,
- da li treba da postoji mogućnost promene smera obrtanja,
- karakteristiku momenta (mehanička karakteristika) motora, koja predstavlja zavisnost momenta motora od brzine obrtanja,
- način pokretanja elektromotora.

Prilikom izbora elektromotora za određeni EMP treba:

- izabrati elektromotor odgovarajuće konstrukcije za date uslove radne sredine,
- izabrati vrstu (tip) elektromotora,
- izabrati snagu elektromotora (i proveriti da li elektromotor izabrane snage može da izdrži kratkotrajna preopterećenja),
- proveriti da li je polazni moment elektromotora dovoljno veći od momenta radne mašine da je može pokrenuti,
- izabrati brzinu elektromotora prema brzini koju zahteva radna mašina.

3.1. Izbor elektromotora odgovarajuće konstrukcije za date uslove radne sredine

Elektromotori se razlikuju u pogledu konstrukcije, jer za odgovarajuće uslove radne sredine u kojoj se koriste (otvoreni prostor, prisustvo vlage, prisustvo prašine, prisustvo zapaljivih smeša ili prisustvo eksplozivnih smeša u sredini i sl.) treba izabrati odgovarajuću konstrukciju motora.

U postavljenim okvirima izrade elektromotora raznih konstrukcija ubraja se i pitanje izrade motora konstruisanih da rade u sredinama koje mogu da štete njihovom normalnom radu i

veku trajanja. Tako, osim otvorenih motora, postoje zaštićeni i zatvoreni, kao i motori sa zaštitom protiv eksplozije.

Elektromotori se proizvode za rad u određenoj radnoj sredini, što se prema preporukama međunarodne elektrotehničke komisije (IEC) i označava slovima IP (International Protection), iza kojih sledi dvocifreni broj. Prva cifra označava nivo zaštite od dodira delova pod naponom i od prodora stranih tela, postoji 7 nivoa, od 0 (bez zaštite) do 6 (potpuna zaštita). Druga cifra označava nivo (stepen) zaštite od prodora tečnosti, postoji 9 nivoa od 0 (bez zaštite) do 8 (zaštita od vode pod pritiskom).

Povećanjem stepena zaštite motora pogoršavaju se uslovi hlađenja. Zato, za motore iste veličine i brzine, a različitih IP klasa, nominalna snaga motora opada sa porastom IP klase. Na primer, kod proizvođača ATB Sever motor OK 225 M-2 klase IP 23 ima nominalnu snagu 75 kW, a motor ZK 225 M-2 klase IP 54 ima nominalnu snagu 45 kW.

1. Zaštićeni motori imaju takvu konstrukciju koja štiti namotaje i druge delove pod naponom od slučajnog dodira ili prodiranja stranih tela u unutrašnjost motora, ali ne sprečava slobodan protok vazduha za hlađenje. Ovo se postiže, tako što otvoreni poklopci motora imaju jedan paok više, koji treba da bude širi.

2. Zatvoreni motori zovu se tako iako, uopšte uzev, nisu hermetički zatvoreni, jer poklopci dopuštaju prolaženje vazduha kroz motor, mada je skoro potpuno onemogućeno ulaženje većih i manjih stranih tela u motor (IP 44).

Ako je čitava sredina u kojoj je motor takva da postoji opasnost da sa vazduhom prodru u motor tela opasna po njegov rad, onda se upotrebljavaju zatvoreni ventilisani motori. Oni se hlade vazduhom ili nekim inertnim gasom, koji se dovodi cevima do unutrašnjosti motora.

Postoje i potpuno (hermetički) zatvoreni motori, kod kojih se može zatvoriti ceo motor u oklop. Motor IP68 može da izdrži pod vodom nekoliko časova a da za to vreme vlaga ne prodre u unutrašnjost. Ovakvi motori se upotrebljavaju, na primer, u metalurgiji. Uslovi hlađenja ovih motora su veoma otežani; iako su bez ventilacije, snaga im za isti gabarit opada na 50% snage motora otvorene izrade. Stoga im cena dostiže dvostruku vrednost cene otvorenih motora. Oni se ne izrađuju za velike snage. Ako su za pogone potrebni zatvoreni motori velike snage, ekonomičnije je rešiti problem pogona motorom otvorene izrade koji je jeftiniji, ali ih treba smestiti u posebnu čistu prostoriju pored mašinskog odeljenja.

3. Motori zaštićeni od eksplozije su zatvoreni motori sa specijalnim oklopom otpornim protiv sila eksplozije, koje se mogu razviti u unutrašnjosti motora, tako da se požar ne prenese na okolni prostor. Ovo su hermetički zatvoreni motori sa pojačanim zaptivanjem prirubnicom. Pošto varnice mogu da izazovu uglavnom četkice na prstenovima ili kolektorima, ponekad se prave motori kod kojih su hermetički oklopljeni samo ovi delovi motora. Kod ovih motora ispitni napon izolacije mora da ima 50% veću vrednost, a dozvoljeno zagrevanje mora da mu se smanji za 25%.

U prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom, kao što su naftna i gasna postrojenja ili hemijska industrija, postavljaju se posebni zahtevi pri projektovanju i izvedbi elektromotornih pogona. Osiguranje protiveksplozivne zaštite u ovakvim pogonima zasniva se na primeni uređaja i instalacija posebno projektovanih i ispitanih za upotrebu u **prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom, kao što su npr. elektromotori u Ex (eksplozivno zaštićenju)**

izvedbi. Na primer, u prostorima ugroženim gasnom atmosferom (požarna zona 1), neophodno je koristiti uređaje koji nisu uzročnici paljenja u normalnom radu niti kod očekivanog kvara.

3.2. Izbor vrste (tipa) elektromotora

Elektromotor pretvara električnu energiju u mehanički rad, pri čemu pokreće radnu mašinu.

S obzirom na to koju vrstu motora koriste EMP-i mogu biti sa:

- motorima jednosmerne struje,
- asinhronim motorima i
- sinhronim motorima.

Osnovni zahtev koji se postavlja pred elektromotorni pogon jeste mogućnost regulacije brzine obrtanja motora.

U ne tako dalekoj prošlosti kontinualna **promena brzine obrtanja pogona se vršila pomoću motora jednosmerne struje.** Razlog korišćenja motora jednosmerne struje u ovu svrhu leži u jednostavnosti promene brzine obrtanja ovih motora. Brzine od nulte do nominalne vrednosti, kod motora jednosmerne struje postizale su se promenom napona napajanja, dok su se promenom (smanjenjem) pobudne struje postizale željene brzine iznad nominalne vrednosti.

Međutim nedostaci ovih motora su visoka cena u odnosu na druge motore, postojanje komutatora i četkica na kojima se javljaju varnice u toku rada, usled čega se smanjuje radni vek motora, proizvode visoko frekventne smetnje što otežava regulaciju. Usled habanja javljaju se učestali servisi što podiže cenu održavanja celog pogona.

Zbog navedenih nedostataka motora jednosmerne struje, krenulo se u razvoj mehanizama za regulaciju trofaznih asinhronih motora, koji u sebi ne sadrže komutator i četkice, već im je rotor kaveznog tipa što povoljno utiče na vek eksploatacije motora.

Za regulaciju brzine obrtanja asinhronog motora u nedavnoj prošlosti su primenjivane praktično samo dve metode - regulisanje dodavanjem otpora u kolo rotora i regulisanje promenom broja pari polova. Prvi metod je ekonomski opravdan samo kad se želi regulisati brzina obrtanja u ne širem intervalu od 20%, a drugi metod obezbeđuje samo diskretnu (skokovitu) regulaciju i dosta se često primenjuje kod mašina za obradu rezanjem (strug, glodalica i sl.). Sada je situacija, u pogledu regulacije asinhronog motora, nešto drugačija. Naime, u poslednje vreme dosta je pala cena poluprovodničkih pretvarača, pa se često sreću pogoni sa asinhronim motorom sa kaveznim rotorom napajanim preko pretvarača frekvencije, koji omogućavaju praktično kontinualnu promenu brzine obrtanja.

Komponente energetske elektronike omogućile su da se realizuju naponski izvori kojima se može ostvariti naizmenični napon promenljive amplitude i frekvencije. Sa ovim uređajima i kontrola brzine asinhronih motora je pojednostavljena i svodi se na promenu frekvencije napona napajanja motora. Sa promenom frekvencije menja se i amplituda napona, sa smanjenjem frekvencije smanjuje se i amplituda dovedenog napona da magnetno kolo u mašini ne bi zašlo u zasićenje, tj. odnos dovedenog napona i frekvencije mora uvek biti konstantan.

Upotrebom ovakvog uređaja, radne karakteristike asinhronog motora značajno su

proširene. Pomoću frekventnog regulatora moguće je menjati brzinu motora u vrlo širokom opsegu koji odgovara opsegu promene frekvencije izlaznog napona. Promenom frekvencije moguće je postići da frekvencija klizanja pri polasku motora bude mala, tako da je višestruko veću polaznu struju motora moguće smanjiti na nazivnu vrednost. Pored toga, moguće je proizvesti veći polazni momenat ili čak momenat pri nultoj brzini. Promena smera obrtanja je takođe značajno olakšana. Obično se postiže promenom dve faze na priključcima motora. Kod invertora je dovoljno promeniti redosled upravljačkih impulsa u softveru mikrokontrolera.

Za česta puštanja u rad i promenljiva opterećenja, kada se ne zahteva regulacija brzine obrtanja, najpouzdaniji i najjednostavniji, a ujedno i najjeftiniji, je asinhroni motor sa kaveznim rotorom. Motor sa namotanim rotorom je od njega skuplji i složeniji za održavanje, pa se primenjuje kao alternativa ovom motoru, kada se zahteva regulisanje brzine obrtanja ili kada je potreban veliki polazni momenat.

U neregulisanim pogonima najčešće su korišćeni motori naizmenične struje, sinhroni i asinhroni motori (kod vrlo velikih snaga, ali i kod malih za regulisane pogone visokog kvaliteta). Zbog toga što je regulaciona oprema koja je bila potrebna za njihovu primenu u pogonima promenljive brzine bila složena i skupa.

Sinhroni motori se koriste kada je uz pogon potrebna i kompenzacija reaktivne energije mreže uz pokretanje u praznom hodu ili uz poseban zahtev za konstantan broj obrtaja, pogotovo kada se radi o većim snagama. **Pri trajnom opterećenju, kad se zahteva stalna brzina obrtanja**, zadatak izbora elektromotora je dosta jednostavan. U ovakvom slučaju, najbolje se opredeliti za **sinhroni motor**.

3.3. Izbor snage elektromotora

Izbor snage elektromotora za određeni EMP se vrši tako da motor izabrane snage obezbediti ekonomičan, produktivan i pouzdan rad radne mašine.

Izbor snage motora veće nego što je potrebna za određeni EMP dovodi do suvišnih gubitaka energije, kao i većih finansijskih ulaganja u motor, uz povećanje dimenzija motora i pogona kao celine.

Izbor snage motora manje nego što je potrebna za određeni EMP dovodi do smanjenja produktivnosti proizvodnje i sniženja pouzdanosti elektromotora jer se motor izlaže termičkim naprezanjima većim od dozvoljenih tako da su i veće mogućnosti otkaza motora.

Snagu motora treba izabrati tako da se za vreme rada motor zagreje približno do dozvoljene temperature, ali ne iznad nje. Pored toga, motor treba da bude sposoban da izdrži kratkotrajna preopterećenja i da razvija polazni momenat dovoljan za pokretanje radne mešine. Zbog toga nakon izbora snage elektromotora (koja se vrši prema uslovima zagrevanja i hlađenja) treba proveriti da li motor tako izabrane snage zadovoljava uslove kratkotrajnog preopterećenja i uslove puštanja u rad.

3.3.1. Izbor snage elektromotora za trajni pogon

3.3.1.1. Izbor snage elektromotora za trajni pogon sa nepromenljivim opterećenjem (za radnu mašinu koja radi stalnom snagom)

Najjednostavnije je izabrati snagu motora za trajni režim rada, pri konstantnom ili malo promenljivom opterećenju. U takvim slučajevima, nominalna snaga motora mora biti jednaka, ili veća od snage opterećenja, te provera da li motor zadovoljava uslove zagrevanja i kratkotrajnog preopterećenja nije potrebna. Potrebno je samo proveriti da li je polazni moment tako izabranog motora veći od momenta radne mašine.

Pošto postoje gubici snage u mehaničkom prenosu P_g onda na mestu povezivanja elektromotora sa radom mašinom treba dovesti snagu P_{em} koja je veća od snage potrebne na mestu korisnog rada P_k za iznos snage gubitaka u mehaničkom prenosu P_g :

$$P_{em} = P_k + P_g$$

Odnos snage potrebne mestu korisnog rada P_k i snage motora P_{em} predstavlja stepen iskorišćenja mašine:

$$\eta_m = \frac{P_k}{P_{em}}$$

Ovaj stepen iskorišćenja η_m sličan je za sve mašine jedne vrste i obrnuto je proporcionalan snazi gubitaka u mašini P_g .

Iz izraza za stepen iskorišćenja mašine η_m može se dobiti izraz po kome se može izračunati snaga elektromotora:

$$P_{em} = \frac{P_k}{\eta_m}$$

gde je:

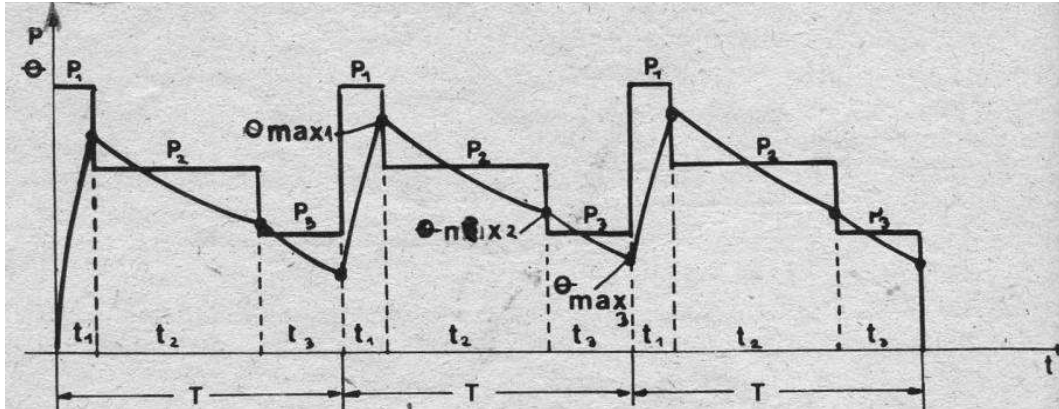
P_k - snaga potrebna na mestu korisnog rada mašine

η_m - stepen iskorišćenja mašine

Podaci o snazi potrebnoj na mestu korisnog rada P_k i stepenu iskorišćenja mašine η_m mogu se naći u fabričkim prospektima za datu mašinu.

3.3.1.2. Izbor snage elektromotora za trajni pogon sa promenljivim opterećenjem (za radnu mašinu koja neprekidno radi pri različitim snagama opterećenja)

Radne mašine koje neprekidno rade i pri tome trpe različita opterećenja tokom rada imaju pravilne zahteve tokom kraćeg vremena rada, pa se ti zahtevi ponavljaju, takva kraća vremena u kojima se pravilno ponavljaju zahtevi mašine nazivaju se periode T . U jednoj periodu vremena mašina može da zahteva snagu P_1 tokom vremena t_1 , snagu P_2 tokom vremena t_2 , snagu P_3 tokom vremena t_3 (sl.-1.5.).



Slika Dijagram rada elektromotora za trajni pogon sa promenljivim opterećenjem

Prilikom izbora snage elektromotora treba voditi računa o različitim vremenima zagrevanja (pa i hlađenja) motora, različitim snagama opterećenja itd. Snaga elektromotora potrebna za pokretanje mašine koja traži različita opterećenja (P_1, P_2, P_3) tokom vremena trajanja (t_1, t_2, t_3), pri kojoj se motor neće pregrejati se računa po obrascu:

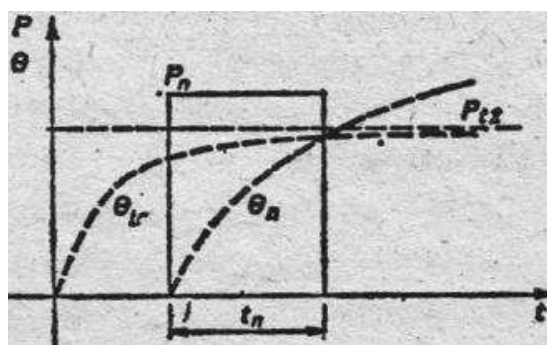
$$P_{em} = \sqrt{\frac{P_1^2 \cdot t_1 + P_2^2 \cdot t_2 + P_3^2 \cdot t_3}{t_1 + t_2 + t_3}}$$

3.3.2. Izbor snage elektromotora za kratkotrajni rad (pogon)

Dijagram rada elektromotora za kratkotrajni pogon prikazan je na slici 1.6, gde se vidi da motor radi pri nominalnoj snazi P_n samo kratkotrajno, tokom vremena t_n , a zatim duže stoji.

Kada bi radio kratkotrajno za vreme t_n mogao bi da radi većom snagom P_n i gubicima snage Q_n i dostigao bi dozvoljenu temperaturu θ_{tr} za vreme t_n .

Kada bi radio svo vreme ($t \rightarrow \infty$), onda bi motor morao da radi sa manjom snagom P_{tr} i gubicima snage Q_{tr} i dostigao bi dozvoljenu temperaturu θ_{tr} za vreme $t \rightarrow \infty$.



Na kraju se iz obrasca za proračun stepena iskorišćenja motora, odnosno obrasca za snagu gubitaka:

$$Q_n = \frac{P_{tr}}{\eta_n} - P_n$$

Snaga motora za kratkotrajni rad se dobija, tako što se prema poznatom dijagramu $\eta=f(P)$

tog motora biraju parovi vrednosti η i P za različite vrednosti gubitaka snage Q dok se ne zadovolji jednačina:

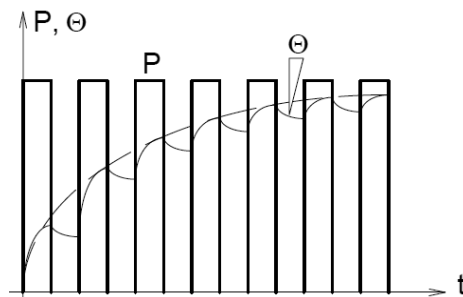
$$Q_n = \frac{P_{tr}}{\eta_n} - P_n$$

3.3.3. Izbor snage elektromotora za intermitirani pogon

U pogonima sa isprekidanim radom motor određene snage i intermitencije (na primer 40%) često treba zameniti motorom slične snage, ali druge intermitencije (na primer 25%). Tada se može postaviti zahtev da se ispita da li motor neke nominalne snage (na primer P_{25}) menja svoju snagu (na primer na P_{40}) ako mu se promeni intermitencija (na primer 25%), to jest trajanje uključenosti u rad sa opterećenjem na novu intermitenciju (na primer 40%).

Ovaj proračun promene snage opterećenja motora takođe može da se zasniva na istom načinu razmišljanja kao i pri izboru snage motora za promenljiva opterećenja u raznim vremenima njihovog trajanja. To znači da je zagrevanje i hlađenje motora i u ovom slučaju bitno da bi se našla nova vrednost dopuštene snage opterećenja. Ako jedan motor radi kraće vreme, a zatim stoji isto tako kraće vreme, on posle toga može više da se optereti. Ovo je moguće zbog toga što pri dužem vremenu stajanja motor ima više vremena da se hladi. Kolika je vrednost uvećane snage opterećenja pri kraćem trajanju vremena opterećenost može se utvrditi kada se ima u vidu jednakost uslova zagrevanja i hlađenja u oba slučaja opterećenosti:

Pri intermitentnom režimu, motor se naizmenično zagreva i hladi. Njegova temperatura, za vreme svakog ciklusa, zavisi, pri tome, od njegovog prethodnog toplotnog stanja. Tipični oblik krive zagrevanja, za taj režim, prikazana je na slici 8.48. Ovakva kriva je tipična, uz pretpostavku da su uslovi hlađenja motora jednaki tokom čitavog vremena i da je dijagram opterećenja idealan.



Slika 8.48 Zagrevanje elektromotora pri intermitentnom režimu rada

Slično ovome dobijaju se obrasci za preračunavanje snage i u slučajevima drugih intermitencija, to jest vremena trajanja uključenosti motora u pogonu, izraženo procentima:

$$P_{t_1} = P_{t_2} \cdot \sqrt{\frac{t_2}{t_1}}$$

Ovakvo preračunavanje snaga motora može da se vrši samo za dve uzastopne vrednosti intermitencije, pošto snaga motora ne zavisi samo od toplotnih već i od elektromehaničkih i konstrukcionih uslova rada. Mogućnost primene ovih obrazaca vidi se u sledećem primeru iz

pogona.

3.3.4. Provera da li elektromotor izabrane snage može da izdrži kratkotrajno preopterećenje

Nakon što se izvrši izbor snage elektromotora za neki EMP prema uslovima zagrevanja i hlađenja elektromotora (na osnovu gore navedenih obrazaca i datih opterećenja koja traju u datim vremenskim razmacima) treba proveriti da li motor tako izabrane snage zadovoljava uslove kratkotrajnog preopterećenja.

Osim nominalnom snagom, kojom elektromotor može da bude trajno opterećen, on može da bude kratkotrajno preopterećen (opterećen znatno većom snagom od nominalne) u zavisnosti od njegove konstrukcije. Kratkotrajno preopterećenje motora je ono opterećenje, koje motor može savladati tokom vrlo kratkog vremenskog intervala (5, 10, 15, 30 min itd., ali ne trenutno), a da ne dođe do njegovog oštećenja. Posle tog vremenskog intervala motor se mora isključiti, da bi se ohladio do temperature okoline.

Maksimalna snaga koju motor može dati P_{pr} se nalazi tako što se nominalna snaga motora P_n pomnoži faktorom preopterećenja v :

$$P_{pr} = v \cdot P_n$$

gde je:

P_{pr} - maksimalna snaga koju motor može dati

P_n - nominalna snaga motora

v - faktor preopterećenja, je broj koji pokazuje koliko puta najviše elektromotor može kratkotrajno da razvije snagu veću od nominalne snage P_n . Faktor preopterećenja daje proizvođač elektromotora na tablicama motora ili katalogima.

Provera da li motor izabrane snage može da izdrži kratkotrajno preopterećenje se vrši tako što se maksimalna snaga koju motor može dati P_{pr} uporedi sa maksimalnom snagom koju traži pogon P_I :

- Ako se dobije da je maksimalna snaga koju motor može dati P_{pr} veća od maksimalne snage koju traži pogon P_I onda motor izabrane snage ispunjava uslove kratkotrajnog preopterećenja i može se koristiti.
- Ako se dobije da je maksimalna snaga koju motor može dati P_{pr} manja od maksimalne snage koju traži pogon P_I onda motor izabrane snage ne ispunjava uslove kratkotrajnog preopterećenja (zbog prevelikog zagrevanja koje bi moglo dovesti do njegovog oštećenja) i mora se usvojiti motor veće snage. Za ovakav motor se kaže da je izabran prema uslovima kratkotrajnog preopterećenja, a ne prema uslovima zagrevanja. U tom slučaju snaga motora se neće dovoljno koristiti (motor će raditi nedovoljno toplotno iskorišćen).

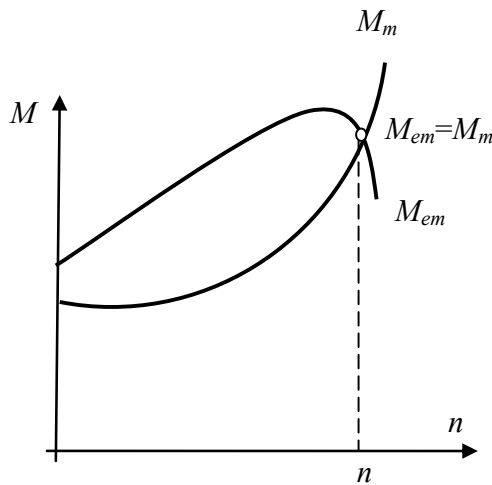
3.4. Provera da li je polazni moment elektromotora dovoljno veći od momenta radne mašine da je može pokrenuti

Nakon izbora odgovarajućeg elektromotora treba proveriti da li izabrani motor isunjava uslove puštanja u rad, odnosno da li je polazni momenat motora dovoljno veći od momenta radne mašine da je može pokrenuti. Da bi se proverilo da li izabrani motor isunjava uslove puštanja u rad treba proveriti da li njegova karakteristika odgovara karakteristici momenta radne mašine $M=f(n)$.

Provera da li karakteristika momenta elektromotora M_{em} odgovara karakteristici momenta radne mašine M_m koju pokreće se vrši kako u periodu polaska, tako i u periodu ustaljenog rada i u periodu zaustavljanja elektromotora:

- U periodu polaska elektromotora moment elektromotora M_{em} treba da bude veći od momenta radne mašine M_m koju pokreće. Ovaj višak momenta motora potreban je da bi se ubrzala radna mašina.
- U periodu ustaljenog rada elektromotora nije potrebno ubrzavati radnu mašinu, pa je moment elektromotora M_{em} treba da bude jednak momentu radne mašine M_m da bi se motor obrtao konstantnom brzinom.
- U periodu zaustavljanja elektromotora moment elektromotora M_{em} treba da bude manji od momenta radne mašine M_m koju pokreće. Ovaj manjak momenta motora potreban je da bi se usporila radna mašina.

Zbog toga se za svaki motor (bez obzira da li su ti motori iste snage) mora voditi računa da u trenutku polaska motora (kada je $n=0$) moment elektromotora (polazni moment motora) M_{em} bude veći od momenta radne mašine M_m . Da bi se utvrdilo da li postoji dovoljna razlika ovih momenta u trenutku polaska motora treba nacrtati karakteristiku momenta motora i karakteristiku momenta radne mašine u istoj srazmeri i uporediti ih, kao što je prikazano na slici. Sa slike se vidi da je u trenutku polaska motora moment elektromotora veći od momenta radne mašine.



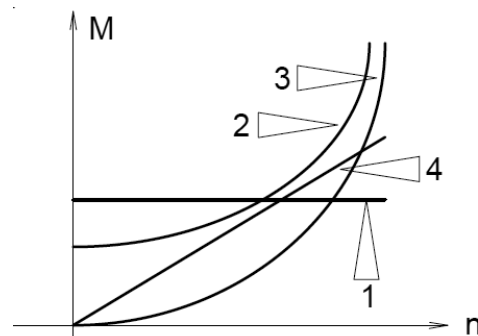
Slika Karakteristika momenta elektromotora M_{em} i karakteristika momenta radne mašine M_m

Prilikom puštanja trofaznog kratkospojenog asinhronog motora upuštačem zvezda-trougao struja polaska je tri puta manja pa je i polazni moment motora tri puta manji. Zbog toga treba voditi računa da i ovako umanjen polazni moment motora bude veći od momenta radne mašine, jer u protivnom motor neće moći da krene. Zbog toga se puštanje trofaznih asinhronih motora sa kratkospojenim rotorom upuštačem zvezda-trougao vrši samo kod pogona, koji ne zahtevaju veliki polazni moment (npr. kod ventilatora, pumpi itd.).

Trofazni asinhroni motori sa namotanim rotorom puštaju se u rad pomoću otpornika u kolu rotora. Velika vrednost otpora u kolu rotora smanjuje polaznu struju, a samim tim i polazni moment motora. Ako postoji mogućnost regulacije otpora u kolu rotora, onda se može regulisati i polazna struja, a time i polazni moment motora. Ova mogućnost regulacije vrednosti polaznih momenata trofaznih asinhronog motora sa namotanim rotorom otpornikom u kolu rotora primenjuje se pri pokretanju radnih mašina koje pri polasku zahtevaju različite vrednosti polaznih momenata (npr. kran pri polasku zahteva veći polazni moment kada pokreće teži teret, a manji kada pokreće lakši teret).

1. Karakteristike momenata (mehaničke ili statičke karakteristike) radnih mašina

Različite radne mašine imaju vrlo različite karakteristike momenata. Tipični oblici karakteristika momenata nekih radnih mašina prikazani su na slici 8.43.



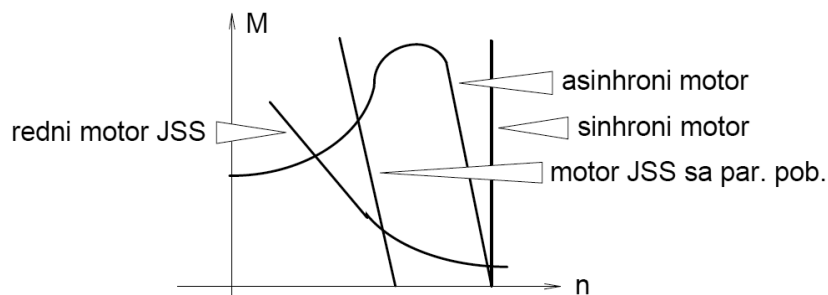
Slika 8.43 Tipični oblici karakteristika momenata nekih radnih mašina: 1- karakteristika momenta radne mašine je konstantna, odnosno ne menja sa promenom brzine (npr. kod alatnih mašina tipa struga), 2 - karakteristika momenta radne mašine se sastoji od komponente koja ne zavisi od brzine n i komponente koja je proporcionalna sa kvadratom brzine n^2 (npr. kod centrifugalne pumpe), 3 - karakteristika momenta radne mašine je nelinearna (npr. kod ventilatora) i 4 – karakteristika momenta radne mašine je linearna (u obliku pravca), tj. postoji linearna zavisnost momenta radne mašine M od brzine n

2. Karakteristike momenata (mehaničke karakteristike) različitih tipova elektromotora

Treba razlikovati:

- prirodne i
- veštačke karakteristike momenata motora.

Prirodne karakteristike momenata motora se dobijaju kada motor radi sa nominalnim parametrima (nominalnim naponom napajanja, nominalnom frekvencijom, nominalnim opterećenjem, nominalnom spregom motora) i bez primene bilo kakvih dodatnih elemenata u kolima motora (kao što su otpori u kolu rotora asinhronog motora sa namotanim rotorom ili dodatni otpori u kolu indukta motora jednosmerne struje). Postoji samo jedna prirodna karakteristika. Prirodne karakteristike se još nazivaju i ekonomske, jer je po pravilu rad na njima najekonomičniji. Na slici 8.49 su prikazani tipični oblici prirodnih karakteristika momenata osnovnih tipova motora.



Slika 8.49. Oblici prirodnih karakteristika momenata osnovnih tipova elektromotora

Veštačke karakteristike momenata elektromotora se dobijaju promenom napona napajanja ili dodavanjem elemenata u kola motora ili promenom načina vezivanja u pojedinim kolima motora (npr. promenom broja pari polova i slično). Njih može biti neograničen broj.

Kao važna veličina kojom se karakterišu karakteristike momenata elektromotora koristi se krutost (tvrdoća):

$$\alpha = \Delta M / \Delta n$$

Tvrdoća (krutost) može imati različite vrednosti na različitim delovima iste karakteristike momenta.

S obzirom na tvrdoću (krutost) karakteristike momenata motora mogu biti:

- apsolutno tvrde (krute) ($\alpha = \infty$, sinhroni motor),
- tvrde (krute) ($\alpha = 10-40\%$), asinhroni motor na linearnom delu karakteristike i motor jednosmerne struje sa paralelnom pobudom) i
- meke ($\alpha \leq 10\%$, veštačke karakteristike asinhronog motora i veštačke karakteristike motora jednosmerne struje sa rednom pobudom).

Moguće su sve kombinacije:



Zahtevi u pogledu tvrdoće (krutosti) karakteristike momenta najčešće su presudni prilikom izbora tipa (vrste) motora. Npr. za kranske pogone i pogone transportnih uređaja, poželjni su motori sa mekom karakteristikom momenta, a za valjaoničke stanove za hladno valjanje, poželjni su motori sa apsolutno tvrdom (krutom) karakteristikom.

3.5. Izbor brzine elektromotora prema brzini koju zahteva radna mašina

Da bi se dobila željena brzina na mestu korisnog rada radne mašine, potrebno je izabrati odgovarajuću brzinu elektromotora. Izbor brzine elektromotora se vrši prema brzini koju zahteva radna mašina.

Poželjno je da motor bude povezan sa radnim mehanizmom radne mašine direktno (neposredno), tj. pomoću spojnice bez ikakvih mehaničkih prenosnika (zupčastih ili kaišnih prenosnika). Elektromotorni pogon sa direktnim prenosom je najekonomičnije rešenje kada brzina motora i brzina radne mašine lako mogu biti usaglašene. Ovo je najčešće slučaj kod radnih mašina viših brzina, tipično od 1.000 do 3.000 o/min (ali i do 12.000 o/min), kao što su npr. ventilatori, pumpe (zupčaste, klipne, centrifugalne) itd. Prednosti pogona sa direktnim prenosom su relativno niska cena i dobar stepen iskorišćenja.

Međutim, često nije moguće motor direktno povezati sa radnom mašinom direktno (neposredno), jer radne mašine obično zahtevaju niže brzine obrtanja (između 50-300 o/min), a izrada elektromotora tako malih brzina nije ekonomična.

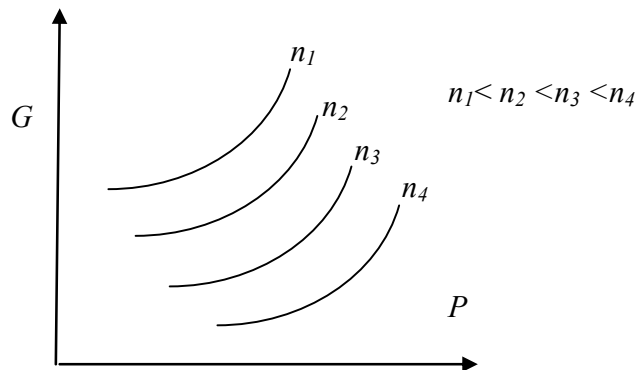
Zavisnost težine elektromotora G od njegove snage P data je izrazom:

$$G = k \frac{P}{n}$$

gde je:

k - konstanta

P - snaga elektromotora



Slika Zavisnost težine motora G od njegove snage P za različite brzine obrtanja n

Sa slike se vidi da su za istu snagu P , motori nižih brzina teži, većih dimenzija i skuplji od motora viših brzina.

Prilikom izbora brzine elektromotora kada su potrebne niže brzine radnih mašina moguće su dve varijante:

- da se uzimu motori s nižim brzinama obrtanja i direktnim prenosom, time se povećava težina, dimenzije i cena motora, a u eksploataciji oni rade sa manjim stepenom iskorišćenja i faktorom snage, čime se poskupljuje njihov rad.
- ili da se uzimu motori s višim brzinama obrtanja i mehaničkim prenosnikom, time se smanjuje cena motora, ali povećava cena EMP-a zbog potrebe za reduktorom, takođe se javljaju gubici snage u reduktoru zbog čega stepen iskorišćenja pogona opada, pored toga povećavaju se zahtevi u pogledu održavanja EMP-a.

Zbog toga je prilikom izbora brzine motora kada su potrebne niže brzine radnih mašina potrebno je vršiti ekonomske analize. Ekonomske analize su pokazale da je za motore manjih snaga (do 6 kW) i ekonomičnije koristiti motore uobičajenih brzina (od 750 do 3000 o/min) sa mehaničkim prenosnikom pomoću koga se dobijaju niže brzine obrtanja radnih mašina (kao što su npr. bubanj za sajle dizalica i liftova, mašine alatljike, razni mehanizmi itd). Pošto su kod motora manjih snaga sa nižim brzinama obrtanja lošiji eksploatacioni uslovi: manji stepen iskorišćenja i faktor snage. Dok je za motore većih snaga (iznad 6 kW) ekonomičnije koristiti motore manjih brzina (ispod 750 o/min) sa direktnim prenosom.

Da bi se izvršio izbor elemenata mašinskog prenosa za neku radnu mašinu, potrebno je najpre poznavati tehnologija rada na mestu korisnog rada. Zatim za određeni mehanički prenosnik i za određenu tehnologiju rada na mestu korisnog rada treba izabirati elektromotor odgovarajuće snage i radnih karakteristika. Snaga elektromotora zavisi od momenta motora M_{em} i brzine obrtanja n :

$$P_{em} = k \cdot M_{em} \cdot n$$

gde je:

k - konstrukciona konstanta

M_{em} - moment motora

n - brzina obrtanja motora

Prilikom izbora elektromotora nije dovoljno samo izabrati snagu elektromotora, već nakon toga treba proveriti da li karakteristika momenta motora M_{em} odgovara karakteristici momenta radne mašine i da li brzina obrtanja elektromotora n odgovara brzini koju zahteva radna mašina.