

VRSTE I OSOBINE MOTORA ISTOSMJERNE STRUJE

Vrste motora istosmjernne struje

Već ranije smo utvrdili da između motora i generatora istosmjernne struje nema bitnije razlike u konstruktivnoj izvedbi. To znači da se oni ne razlikuju na po načinu međusobnog spajanja pobudnog namotaja sa namotajem rotora.

Prema tome, motore istosmjernne struje isto kao i generatora dijelimo na:

- motore sa paralelnom (porednom, odvojenom) pobudom,
- motore sa serijskom (rednom) pobudom i
- motore sa smješnom (kompatnom) pobudom.

Sve tri vrste ovih motora imaju vrlo široku primjenu.

3.4.2. Osobine motora istosmjernne struje

Radne osobine pojedinih vrsta motora najbolje ćemo upozoriti pomoću izra-
đenih krivulja koje predstavljaju zavisnosti električnih i mehaničkih veličina od nekih
drugi. Te krivulje nazivamo karakterističnim motora, a najvažnije su:

— *Karakteristična obrtnog ili elektromagnetnog momenta*, koja pokazuje kako se mijenja obrtni moment motora M pri promjeni struje rotora I_r . Pri tome napon na kojemu se motor napaja ima stalnu vrijednost ($U = \text{const.}$) i ne postoji podstavljanje pobudne struje. Dakle:

$$M = f(I_r) \text{ pri } U = \text{const.}; \quad i_r = \text{const.} \quad (3.37)$$

— *Karakteristična brzine obrtavanja*, koja pokazuje kako se mijenja brzina okre-
tanja rotora motora n pri promjeni struje rotora I_r . Pri tome napon pomoću kojega se motor napaja ima stalnu vrijednost ($U = \text{const.}$) i ne postoji podstavljanje pobudne struje. Dakle:

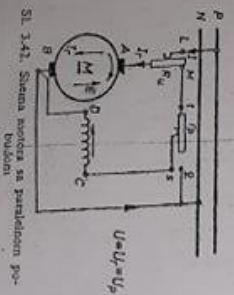
$$n = f(I_r) \text{ pri } U = \text{const.}; \quad i_r = \text{const.} \quad (3.38)$$

3.4.3. Motor sa paralelnom pobudom

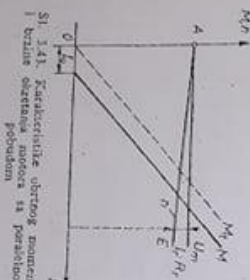
Kod ovog motora pobudni namotaj spojen je paralelno sa namotajem rotora, kako je prikazano na sl. 3.42. Između mreže i namotaja rotora spojen je otpornik R_a koji služi za puštanje motora u rad. Napon na vratnim krajevima U istovremeno je napon koji vidi na krajevima rotorskog i pobudnog namotaja ($U = U_r = U_p$).

Karakteristična obrtnog momenta

Odnosije nam je poznat izraz za obrtni moment (3.7) $M = k_a \Phi I$. Magnetski tok Φ zavisi od struje pobude I_p i preko nje od dovedenog napona mreže. Pošto



Sl. 3.42. Shema mreža sa paralelnom po-
budom



Sl. 3.43. Karakteristične obrtnog momenta i brzine električnog motora sa paralelnom pobudom

napon mreže ima približno stalnu vrijednost, to je i pobudna struja I_p stalna ($I_p = U/R_p$), a time i magnetski tok Φ , jer je $\Phi = f(I_p)$, pa se:

$$M = k_a I, \text{ odnosno } M = k_a I \quad (3.39)$$

Iz formule zaključujemo da kod motora sa paralelnom pobudom obrtni moment linearno raste sa strujom opterećenja, kako je prikazano na sl. 3.43. Izpre-
kidajom linijom predstavljena je teorijski obrtni moment M_t . Stvarni obrtni mo-
ment pomnjen je na opterećenje η za vrijednost struje praznog hoda I_0 i da je
pudom linijom označenom sa M .

Karakteristična brzine obrtavanja

I ovdje ćemo se koristiti već poznatim izrazima (3.12. i 3.13) za brzinu okre-
tanja motora n :

$$n = \frac{U_m - I_r R_a}{k_b \Phi}, \text{ odnosno } n = \frac{1}{k_b} \frac{E}{\Phi}$$

Pošto smo već utvrdili da je magnetski tok Φ stalne vrijednosti, iz prethodnih
izraza nije teško zaključiti da će se pri promjeni struje opterećenja I brzina okre-
tanja motora mijenjati onako kako se mijenja protunapon E . Iz jednaine za protu-
napon $E = U_m - I_r R_a$ odmah uočavamo da se protunapon E razlikuje od dovedenog
napona U_m za pad napona u rotoru $I_r R_a$.

Kada je motor neopterećen, protunapon E jednak je dovedenom naponu
 U_m ($E = U_m$) i to je predstavljen početnom tačkom A na dijagramu. Horizontalna
linija predstavlja napon U_m pri praznom hodu motora. Pri opterećenju iste struje
rotora I_r a time i pad napona u rotoru $I_r R_a$, ulijeva čega se smanjuje vrijednost
protunapona E . Kako brzina okretanja motora n zavisi direktno od protunapona
napona E , brtavlja za protunapona je vidljao i krivulja brzine okretanja motora n
samo u drugom mjestu.

Budući da je vrijednost pada napona u rotoru (mala vrijednost otpora namo-
taja rotora) malena, možemo slobodno kazati da paralelni motori imaju gotovo
stalnu brzinu okretanja, bez obzira na promjenu opterećenja. Ovakav tip karakteri-
stiče nazivamo "tvrdom". Upratebljavaju se za pogon raznih alatnih mašina,
centrifugalnih stavlja, šumparskih mašina, mašina za izradu pepira itd.

Regulacija brzine okretanja paralelnog motora vršimo na taj način što regu-
liramo struju pobude I_p a time i magnetski tok Φ i tako držimo brzinu okretanja
 n stalnom pri raznim opterećenjima. Regulaciju struje pobude vršimo tako da u
kolo pobudnog namotaja stavljamo promjenljivi otpornik r_p , kako je to prikazano
na sl. 3.42.

Grande se za napone do 1 500 V čija snaga ide i do nekoliko hiljada kW.

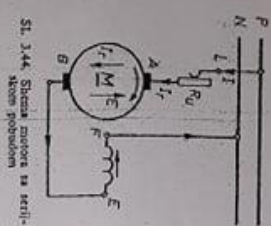
3.4.4. Motor sa serijskom pobudom

Kod ovog motora pobudni namotaj spojen je u seriju sa namotajem rotora,
kako je prikazano na sl. 3.44. Između mreže i namotaja rotora spojen je otpornik
 R_a koji služi za puštanje motora u rad. Pošto su namotaji povezani serijski, kroz
njih će teći ista struja, čija vrijednost zavisi od struje opterećenja motora ($I =$
 $= I_r = I_p$).

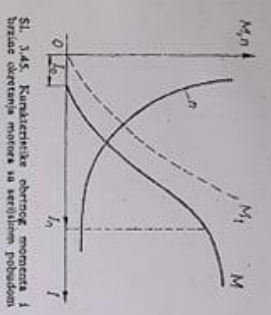
Karakteristična obrtnog momenta

Iz formule za obrtni moment $M = k_a \Phi I$ lako možemo zaključiti da će obrtni
moment kod serijskog motora biti srazmjern kvadratu jakne struje u rotoru.
Magnetski tok Φ stvoren je od struje pobude koji je zbog serijskog spoja namotaja
jednaka struji rotora, odnosno struji opterećenja. Pošto je u pitanju feromagnetni
materijal, to je $\Phi = f(I)$, pa je:

$$M = k_a f(I) I$$



Sl. 3.44. Shuntni motor sa serijskim pobudom



Sl. 3.45. Karakteristike obrtnog momenta i brzine obrtnog motora sa serijskim pobudom

Za neku određenu struju opterećenja bit će:

$$K_{\text{konstanta}} M_1 \text{ je promjenljiva za svaku vrijednost struje opterećenja pa imamo: } M_1 = h_1 I \quad (3.40)$$

Iz formule zaključujemo da kod motora sa serijskom pobudom obrtni moment raste sa kvadratom struje opterećenja, kako je prikazano na sl. 3.45. Isprednjom linijom predstavljen je teoretski obrtni moment M_1 . Stvarni obrtni moment mora biti pomalo manji od početka koordinatnog sistema za vrijednost struje praznog hoda I_0 ; dat je punom linijom označenom sa M .

Karakteristika brzine obrtnosti

Povećanjem opterećenja raste i struja a sa njome i magnetski tok Φ pošto je serijska veza. Iz formule za brzinu obrtnosti motora

$$n = \frac{1}{k_2} \frac{E}{\Phi}$$

vidimo da se magnetski tok Φ nalazi u nazivniku, pa je vidljivo da će se povećanjem opterećenja motora brzina obrtnosti naglo smanjivati.

Kod porasta opterećenja smanjivaje se i protunapon E zbog ista pada napona $I_1 R_1$ a to vidimo iz poznatog izraza $E = U_n - I_1 R_1$. Pošto brzina obrtnosti direktno zavisi od protunapona E , to njegovom smanjenjem isti pada. To je još jedan od uzroka zbog čega brzina obrtnosti pada prilikom povećanja opterećenja. Iznajvlja brzina obrtnosti u zavisnosti od opterećenja bit će, dakle hipربولična karakteristika (sl. 3.45). Ovakvu karakteristiku motora gdje se brzina obrtnosti n mijenja u širokom granicama nazivamo „amčicom“.

Da zaoblavimo kod serijskog motora povećanjem opterećenja obrtni moment raste sa kvadratom struje opterećenja dok brzina obrtnosti naglo pada.

Ove jednadžbeno osobina serijskog motora našla je veliku primjenu u električnoj vuči (električne lokomotive, tramvaji, troleibus i dr.) i u svim električnim pogonima gdje se zahtjeva veliki pokretni moment kao npr. kod velikih teretnih dizalica.

Pri namjernoj struji opterećenja I_0 imamo veliki obrtni moment (veću snagu), a malu brzinu obrtnosti kao i amčicom vidno pri polasku tramvaja ili pokretom motornom kod dizalce (sl. 3.45).

koju treni motor, a isto tako i stvoreni magnetski tok Φ imaju vrlo malu vrijednost.

Mehanizam i počinj toga rad motora postaje nestabilan, brzina obrtnosti naglo raste i pri varirajućem motornom momentu bi da naraste na vrlo veliku vrijednost, nedovoljnu za glatko njegove mehaniske otpornosti. Može doći do nezahvalnog, ostreženja mašine, pa čak i do raspadanja rotora, ispadanja rotora iz ležaljca itd. Zbog toga se serijski motor ne smiju primjenjivati za pokretanje radnih mašina koje rade u u rednu prazanog hoda i pri malim opterećenjima, kao što su transporteri, mazine mašine itd.

Treba zapamtiti! Serijski motor n u kom slučaju ne smijemo pustiti u rad bez opterećenja ili sa malim opterećenjem (najmanje dovoljno opterećenje iznosi 0.2 do 0.3 od nominalnog). Iz stroj radnoga snaga serijskog motora ne smije se pretvoriti preko temenata, jer može doći do ritnog spaljenja i tada motor osim razarenosti. Ova imena ili, bolje kazano, opasnost, odražava se direktnom i sigurnom vezom osobine motora i osobine npr. teretnijih tekovna, tako da je osjetljivost rad serijskog motora u praznom hodu.

Serijski motor grade se do nekoliko hiljada kW snage, naspada do 3.000 V i brzine obrtnosti od 400 do 3.000 o/min, a u nekim specijalnim slučajevima imaju i veću brzinu obrtnosti.

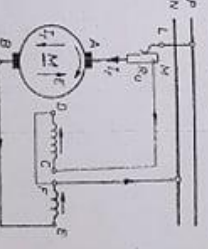
3.4.5. Motor sa složenom pobudom

Ovaj motor ima dva pobudna namotaja: jedan koji je spojen u seriju i drugi koji je spojen paralelno sa namotajem rotora, kako je prikazano na sl. 3.46. Imenica mreže i namotaja rotora spojen je otpornik R_0 koji služi za puštanje motora u rad.

Kod složnog motora glavni pobudni namotaj je paralelni. Na sl. 3.47, prikazane su karakteristike obrtnog momenta M_0 i brzine obrtnosti n_0 motora sa paralelnom pobudom. Druge jednadžbeno momentaj je serijski (pomocni) i vrlo promjenjiva odvaja paralelno namotaja.

Prema tome, postoje dvije podvrste složnog motora i to:

— aditivna sa serijskom pobudom namotajem uključivanjem tako da se njegov magnetski tok Φ sabira sa magnetskim tokom paralelnog namotaja. Kod ove podvrste složnog motora obrtni moment M_0 bit će veći od obrtnog momenta koji bi motor imao samo pod dejstvom paralelnog namotaja. Brzina obrtnosti ne bit će manja nego pri dejstvu samo paralelnog namotaja, odnosno promjena brzine obrtnosti bit će manja nego kod serijskog motora (sl. 3.47);



Sl. 3.46. Shuntni motor sa uzdužnom pobudom

Sl. 3.47. Karakteristike obrtnog momenta i brzine obrtnosti motora sa složnom pobudom

— diferencijalna sa serijskim pobudom namotajem uključivanjem tako da njegovu pobudu bude suprotna paralelni (na sl. 3.46). Karakteristike serijskog pobudnog motora treba zamisliti u $E I_1 I_2$, njegov magnetski tok sumiran je protiv magnetskog toka paralelnog namotaja. Na sl. 3.47, prikazane su karakteristike ove podvrste složnog motora koje nam pokazuju da je obrtni moment M_0 manji, a brzina obrtnosti n_0 veća nego da postoji samo dejstvo paralelnog motora. Ova druga podvrsta složnog motora rjeđko se primjenjuje, dok se prvu podvrstu punimjenjuje u

električnim pogonima gdje je potrebno da motor pri većim opterećenjima ima veći obrtni moment, a manju brzinu okretanja nego paralelni motor, a ipak ne tako veliku promjenu brzine okretanja kao serijski motor. Nekada se od složnog motora traži da snažno povuče samo u momentu puštaju u rad (veliki pokretni moment), a da kasnije radi sa približno stalnom brzinom okretanja, tada se serijski pobudni namotaj uključuje samo za vrijeme pokretanja, a kasnije se (kada motor postigne punu brzinu okretanja) iskopča. Zbog navedenih osobina složni motori su najpogodniji za pogon radnih mašina sa zamajcem i uopšte su pogodni za pogon teških alatnih mašina, trolebusa itd.