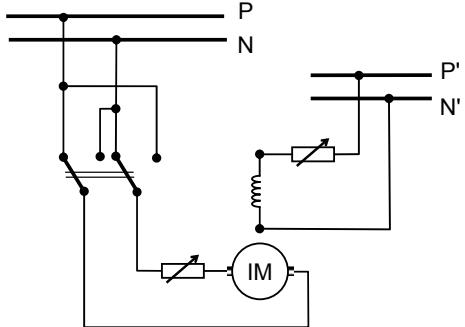


UPRAVLJANJE I REGULACIJA

Reverziranje istosmjernog motora



Reverziranje nezavisno uzbudjenog istosmjernog motora

25

UPRAVLJANJE I REGULACIJA

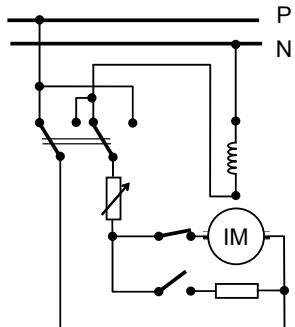
Reverziranje istosmjernog motora

- Kod nezavisnih i porednih motora se koristi najčešće promjena smjera struje armature.
- To se može provesti:
 - odjednom (samo za male strojeve),
 - postepeno, uključivanjem otpornika u armaturni krug uređajem koji se zove kontroler ili
 - potpuno automatski.
- Polaritet napajanja se zatim promijeni, i otpornici u krugu se postepeno isključuju.

26

UPRAVLJANJE I REGULACIJA

Reverziranje istosmjernog motora



Reverziranje serijski uzbudjenog istosmjernog motora

27

UPRAVLJANJE I REGULACIJA

Reverziranje istosmjernog motora

- Kod serijskih motora treba prespojiti samo napajanje armature.
- Obično se to provodi tako da se pri isključivanju armature umjesto armature na uzbudu spoji relativno mali otpor.
- Tada se zamijene dovodi na armaturi, i ponovo ukopča napajanje, preko otpora koji se postepeno smanjuju (slično kao kod nezavisnog motora).

28

UPRAVLJANJE I REGULACIJA

Reverziranje istosmjernog motora

- Kod kompaundiranog motora se obično prespaja armatura.
- Pri tome za serijski namot treba provesti isti postupak kao kod serijskog motora.
- Inače bismo dobili protukompaundirani motor.

29

KOLEKTORSKI STROJEVI

**ISPITIVANJA I
KARAKTERISTIKE
KOLEKTORSKIH
STROJEVA**
**Ispitivanja tijekom
proizvodnje**

30

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE	Ispitivanja tijekom proizvodnje
<ul style="list-style-type: none"> Kao i kod ostalih strojeva ispitivanja tijekom proizvodnje obuhvaćaju: <ul style="list-style-type: none"> – ispitivanje kvalitete materijala koji se ugrađuju, – ispitivanje sklopova i – ispitivanje gotovih strojeva. U ispitivanje kvalitete materijala su uključeni: <ul style="list-style-type: none"> – konstrukcijski materijali, – magnetski materijali, – bakar i – izolacijski materijali. 	31

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE	Ispitivanja tijekom proizvodnje
<ul style="list-style-type: none"> Kod konstrukcijskih materijala se provjeravaju mehanička svojstva (čvrstoća) i struktura zbog mehaničkih naprezanja. Kod magnetskih materijala za rotor se provjeravaju električka, magnetska i mehanička svojstva: <ul style="list-style-type: none"> – krivulja magnetiziranja, – specifični gubici, – površinska izolacija i – deformiranost limova. 	32

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE	Ispitivanja tijekom proizvodnje
<ul style="list-style-type: none"> Bakar za vodiče je standardiziran, pa ga ne treba posebno provjeravati. Za lamele kolektora se koriste posebne dimenzije bakra (po narudžbi), pa je potrebno provjeriti dimenzije i vodljivost čistog bakra. Kod izolacije se provjeravaju: <ul style="list-style-type: none"> – mehanička svojstva, – električka svojstva i – dimenzije. 	33

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE	Ispitivanja tijekom proizvodnje
<ul style="list-style-type: none"> Od ispitivanja sklopova je najvažnije: <ul style="list-style-type: none"> – provjera kolektora, – ispitivanje rotorskog paketa, – kontrola rotorskog namota, – kontrola statorskog namota, – kontrola oznaka namota i – naponski pokusi. Za kolektor su najvažnije dimenzije, centričnost i ubrušenost, pa to treba posebno provjeriti. 	34

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE	Ispitivanja tijekom proizvodnje
<ul style="list-style-type: none"> Eventualni kratki spoj među lamelama se ispituje u okviru ispitivanja spojeva rotorskog namota s kolektorom. Ispitivanje rotorskog paketa, osim centričnosti, uključuje i provjeru izolacije među limovima. To je potrebno zato jer se rotor izmjenično magnetizira, pa bi uslijed kratkog spoja među limovima mogle znatno porasti vrtložne struje. 	35

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE	Ispitivanja tijekom proizvodnje
<ul style="list-style-type: none"> Rotorski (armaturni) namot kolektorskog stroja je znatno složeniji od namota izmjeničnih strojeva. Zbog toga je i mogućnost grešaka pri izradi veća nego kod namota za izmjenične strojeve. Tehnologija izrade je također složena, posebice izrada spojeva namota i kolektora. Spojevi armaturnog namota i kolektora se najčešće izvode: <ul style="list-style-type: none"> – mekim lemljenjem ili – varenjem. 	36

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Ispitivanja tijekom proizvodnje

- Pri spajanju namota s kolektorom se mogu pojaviti dvije osnovne greške:
 - nesiguran spoj i
 - kratko spajanje susjednih lamela.
- Stoga se provjerava vodljiva veza između susjednih lamela.
- Kontrola ispravnosti spoja se može provesti:
 - grubo, ispitnom sijalicom ili
 - točnije, mjerenjem otpora među pojedinim lamelama.

37

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Ispitivanja tijekom proizvodnje

- Otpor između susjednih lamela mora biti svagdje jednak.
- Lamela bez spoja s namotom je izolirana prema susjednim lamelama.
- Osim spoja namota s kolektorom postoji i mogućnost oštećenja izolacije prema željezu i između zavoja svitaka.
- Stoga se provjerava i izolacioni otpor namota.

38

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Ispitivanja tijekom proizvodnje

- Kod statorskih namota je mogućnost greške manja jer namota ima manje, a i postupak spajanja je jednostavniji.
- Ipak, kod strojeva s više namota su greške moguće, pa spoj namota treba provjeriti.
- Za glavni uzbudni namot je važno da je spojen tako da se magnetski polovi izmjenjuju: N - S - N - S itd.
- Ovo se ispitivanje može provesti tako da se uzbudnim namotom propusti struja, a magnetskom se iglom ispita magnetiziranje pojedinih polova.

39

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Ispitivanja tijekom proizvodnje

- I ispravno spojen namot može biti pogrešno označen.
- Zbog toga je na izvedenom stroju potrebno provjeriti oznake stezaljki koje moraju biti u skladu sa standardom.
- Posebno treba provjeriti stezaljke uzbudnog namota kod samouzbudnih strojeva jer priključkom na armaturni napon mora porasti i uzbuda.
- Ako je namot pogrešno spojen, uzbuda će se u tom slučaju smanjiti.

40

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

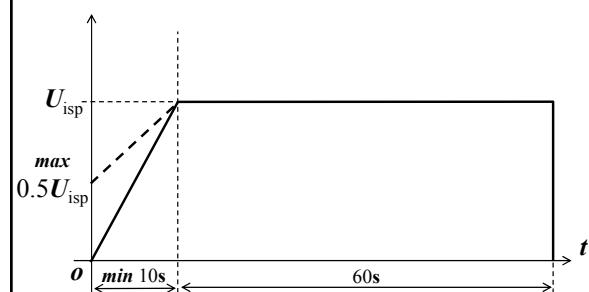
Ispitivanja tijekom proizvodnje

- Kao i za izmjenične strojeve, tako je i za kolektorske strojeve važno da napon izvora ne dospije na neizolirane dijelove stroja.
- Stoga se uvijek provode i naponski pokusi.
- Naponski se pokus provodi izmjeničnim naponom i to tako da se taj napon narine između ispitivanog namota i mase.

41

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Ispitivanja tijekom proizvodnje



Ispitni napon pri naponskom pokusu

42

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE		
Ispitivanja tijekom proizvodnje		
Namot	Snaga stroja	Ispitni napon
Armature	do 1kW	$500\text{V}+2U_n$
Armature	$1\text{kW} < P < 1000\text{kW}$	$1000\text{V}+2U_n$ min 1500V
Nezavisne uzbude	-	$1000\text{V}+2U_{uzb\ max}$ min 1500V
Uzbudnika	-	Ispitni napon namota koji uzbuđuju

Ispitni naponi za naponske pokuse

43

- ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Ispitivanja tijekom proizvodnje
- Postupak izvođenja naponskih pokusa je određen IEC preporukama.
 - Početna vrijednost ispitnog napona iznosi između 0 i 50% ispitnog napona U_{isp} .
 - Ispitni napon se postupno diže do zadane vrijednosti U_{isp} , i to u vremenu od najmanje 10s.
 - Na maksimalnom iznosu U_{isp} se drži jednu minutu.

44

- ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Ispitivanja tijekom proizvodnje
- Na gotovom stroju treba provjeriti ispravnost postavljenja četkica.
 - One moraju nalijegati na kolektor u odgovarajućem položaju i s određenim pritiskom (15-30 kPa).
 - To osiguravaju držači četkica i opruga u njima.
 - Četkice se ne smiju zaglavljivati u ormariću držača.
 - Osim toga moraju biti postavljene u neutralnoj zoni.

45

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE KOLEKTORSKIH STROJEVA

Karakteristika praznog hoda

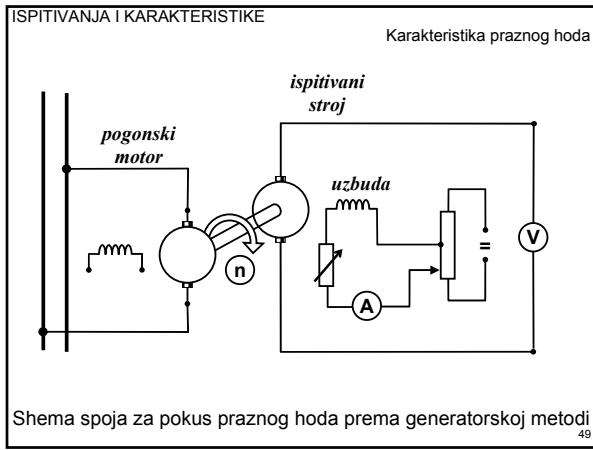
46

- ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Karakteristika praznog hoda
- Kod izmjeničnih strojeva i transformatora se s dva osnovna pokusa može doći do niza parametara.
 - Kod istosmjernih strojeva to nije tako.
 - Ipak, pokus praznog hoda daje nam uvid u magnetsko stanje stroja, a možemo doći i do nekih drugih veličina.
 - Stoga se taj pokus u pravilu provodi i kod istosmjernih strojeva.

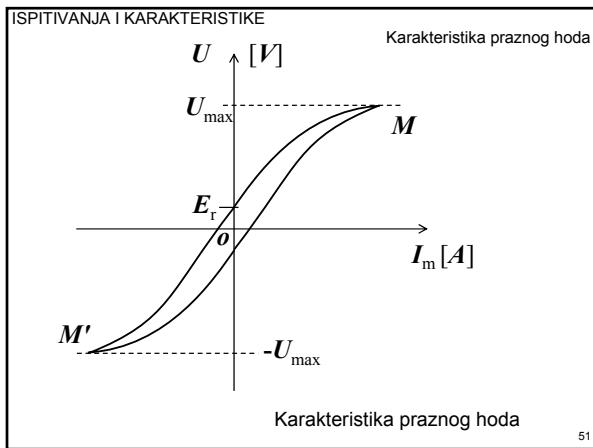
47

- ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Karakteristika praznog hoda
- Za pokus praznog hoda postoje dvije metode:
 - generatorska i
 - motorska.

48



- ISPIŤIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Karakteristika praznog hoda
- Uz budni krug ispitivanog stroja se spoji tako da se struja u njemu može reverzirati.
 - Pogonskim strojem se vrti ispitivani stroj konstantnim brojem okretaja, obično nazivnim.
 - Uz promjenu uzbudne struje se snima napon na stezaljkama armature ispitivanog stroja.
- 50



- ISPIŤIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Karakteristika praznog hoda
- Taj napon je u praznom hodu jednak induciranoj naponu, pa se dobije karakteristika praznog hoda koja u drugom mjerilu predstavlja krivulju magnetiziranja.
 - Na početku mjeranja se struja uzbude povisi na vrijednost kojoj odgovara maksimalni napon na armaturi U_{\max} odnosno približno $1.25 U_n$.
- 52

- ISPIŤIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Karakteristika praznog hoda
- Postepeno se struja uzbude smanjuje uz mjerjenje napona na stezaljkama.
 - Najprije se snimi gornji dio krivulje, od točke M do točke E_r .
 - U točki E_r struja uzbude je $I_m=0$.
 - Inducirani napon je napon remanencije.
- 53

- ISPIŤIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Karakteristika praznog hoda
- Potom se struja u uzbudnom krugu reverzira i povećava sve dok se ne dostigne točka M' .
 - Cijela krivulja histereze se dobije simetričnim preslikavanjem krivulje od točke M do M' .
 - Obično se crta samo dio u prvom kvadrantu.
 - Najvažniji dio karakteristike praznog hoda je od E_r do M , posebno kod samouzbudnih strojeva, zbog napona remanencije.
- 54

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Karakteristika praznog hoda

- Snaga, koju pogonski stroj uzima iz mreže P_{el} , se troši na gubitke u njemu samome P_g i na mehaničku snagu koju predaje ispitivanom stroju P_o :

$$P_{el} = U I = P_g + P_o$$

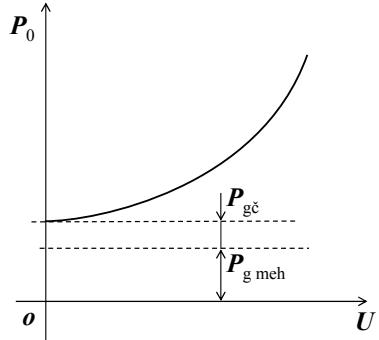
- U ovom izrazu su U i I mjerene vrijednosti napona i struje pogonskog stroja.
- Snaga P_o se u ispitivanom stroju troši isključivo na gubitke u željezu rotora P_{Fer} i gubitke trenja i ventilacije $P_{g\ meh}$:

$$P_o = P_{Fer} + P_{g\ meh}$$

55

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Karakteristika praznog hoda



Gubici u praznom hodu

56

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Karakteristika praznog hoda

- Gubici pogonskog stroja P_g trebaju biti poznati za svaki iznos ulazne snage P_{el} (koja se mjeri) da bi se mogli odrediti gubici praznog hoda P_o ispitivanog stroja.
- Dakle, istovremeno sa snimanjem karakteristike praznog hoda mjeri se i električna snaga pogonskog stroja P_{el} .
- Pomoću nje se odredi ovisnost gubitaka praznog hoda o induciranom naponu $P_o=f(E)$.

57

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Karakteristika praznog hoda

- Gubici u željezu ovise o kvadratu napona, dok su gubici trenja i ventilacije konstantni.
- Iznos gubitaka praznog hoda P_o kod napona $E=0V$ nam daje gubitke trenja i ventilacije $P_{g\ meh}$.
- Obično nas zanimaju gubici trenja četkica koje možemo jednostavno odrediti.

58

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Karakteristika praznog hoda

- Za napon $E=0V$ (odnosno odgovarajuću uzbudu koja zbog remanencije mora biti različita od nule) mjerimo P_o' , odnosno gubitke trenja i ventilacije $P_{g\ meh}'$, uz podignite četkice.
- Razlika je jednaka gubicima trenja četkica $P_{g\ c}$:

$$P_{g\ c} = P_{g\ meh} - P_{g\ meh}'$$

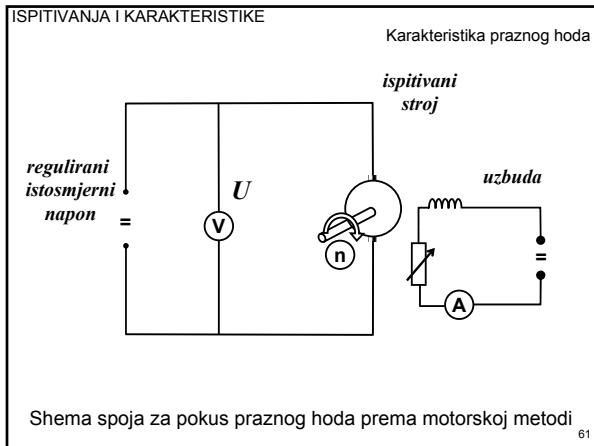
59

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Karakteristika praznog hoda

- Karakteristiku praznog hoda možemo snimiti i motorskom metodom.
- Pritom moramo imati na raspolaganju izvor istosmjernog napona čiji se iznos može podešavati, a pogonski stroj nije potreban.

60



- ISPIŤIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Karakteristika praznog hoda
- Motor je priključen na napon U . On uzima iz mreže snagu koja se troši na gubitke u otporima armaturnog kruga P_{ga} , željezu rotora $P_{Fe r}$ i trenja i ventilacije $P_{g meh}$.
 - U krugu teče armaturna struja praznog hoda.
 - Pad napona na četkicama iznosi približno 2V.

- ISPIŤIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Karakteristika praznog hoda
- Uz zanemarenje padova napona na otporima u armaturnom krugu inducirani napon iznosi :
$$E = U - 2$$
 - Budući da nas zanima karakteristika $E=f(I_m)$, promijenimo napon na armaturi.
 - Pri tome će se promijeniti brzina vrtnje, koju možemo podešiti (na potrebnu, konstantnu vrijednost) prilagođenjem struje uzbude I_m .

- ISPIŤIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Karakteristika praznog hoda
- Dakle, za svaki iznos napona na motoru trebamo podešiti struju uzbude tako da dobijemo uvijek isti broj okretaja stroja.
 - Tako dobijemo parove vrijednosti (U, I_m) i time funkciju $E=f(I_m)$.

- ISPIŤIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Karakteristika praznog hoda
- Za male vrijednosti uzbudne struje se ovakvo snimanje ne može provesti jer bismo za pokrivanje gubitaka trebali velike iznose armaturne struje.
 - U tom slučaju gubici na otporima u rotorskom krugu ne bi više bili zanemarivi, i više ne bismo imali stanje praznog hoda.
 - Također bi velika struja mogla oštetići kolektor.

- ISPIŤIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Karakteristika praznog hoda
- Karakteristika praznog hoda serijskog stroja se ne može snimiti sa serijskom uzbudom jer je uzbudna struja ujedno i struja opterećenja.
 - Kao motor ovaj stroj ne može raditi u praznom hodu zbog pobjega.

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Karakteristika praznog hoda

- Budući da nas i kod takvog stroja zanima karakteristika zasićenja, ona se snima kao i kod nezavisno uzbudjenog stroja.
- U tu svrhu treba uzbudni namot odvojiti od armature i spojiti na nezavisni izvor kojemu se može podešavati napon.

67

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE KOLEKTORSKIH STROJEVA

Kratki spoj

68

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Kratki spoj

- Kod istosmjernih strojeva se pokusom kratkog spoja ne dobivaju neki značajni parametri stroja.
- Međutim, u ovom se režimu često ispituje komutacija jer možemo realizirati velike struje bez potrebe velike snage.
- Pritom ne smijemo kratki spoj provesti kod punog napona, niti izvesti kratko spajanje kod uzbudjenog stroja, jer bismo praktički trenutno mogli uništiti kolektor.
- Zato se uvijek kratko spaja neuzbuđen stroj.

69

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

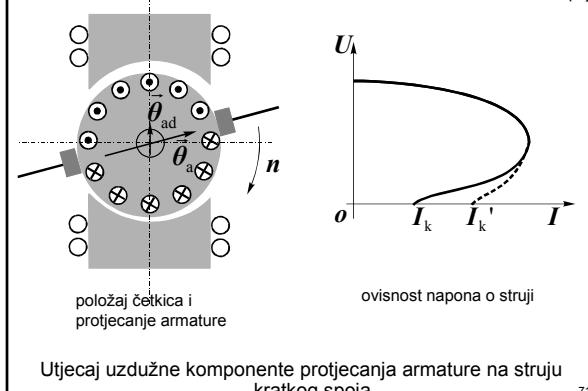
Kratki spoj

- Čak i kod porednog generatora postoji opasnost da struja kratkog spoja bude prevelika.
- Naime, ako četkice nisu u pravoj neutralnoj zoni, postoji uzdužna komponenta protjecanja armature
- Ona može dovoljno uzbuditi stroj da struja kratkog spoja I_k' bude puno veća od struje I_k kad su četkice u neutralnoj zoni.

70

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Kratki spoj



ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Kratki spoj

- To se može desiti ako su u generatorskom radu četkice pomaknute u suprotnom smjeru od smjera vrtnje.
- Zato se četkice prije pokusa pomaknu u smjeru vrtnje.
- Za vrijeme rada u kratkom spoju ih polako i oprezno, uz kontrolu struje, doveđemo u neutralnu zonu.

72

Karakteristike

73

- U bilo kojoj radnoj točki stanje stroja se može okarakterizirati s nekoliko veličina:

- U - napon na stezaljkama,
- I - struja opterećenja,
- I_m - uzbudna struja,
- n - brzina vrtnje,
- M - moment na osovini,
- P_{meh} - snaga na osovini,
- P_{el} - električna snaga,
- P_g - gubici i
- η - stupanj djelovanja.

74

- Neke od ovih veličina se mogu direktno mjeriti (U , I , I_m , n), a neke se određuju indirektno (P_{meh} , P_{el} , η).
- Električna snaga P_{el} i moment M se mogu mjeriti direktno, ali se mogu odrediti i indirektno.
- Sve navedene veličine su međusobno ovisne, pa se prema potrebama njihove ovisnosti mogu prikazati dijagramima.
- To nam često daje dobar uvid u svojstva stroja.

75

- Najčešće se koriste sljedeće karakteristike:

- $U = f(I_m)$, uz $I = \text{konst.}$ - karakteristike zasićenja,
- $U = f(I)$ - vanjska karakteristika u generatorskom radu,
- $I_m = f(I)$ - karakteristike regulacije,
- $n = f(I)$ - karakteristika brzine vrtnje motora,
- $n = f(M)$ - vanjska karakteristika motora i
- $M = f(I)$ - karakteristika momenta motora.

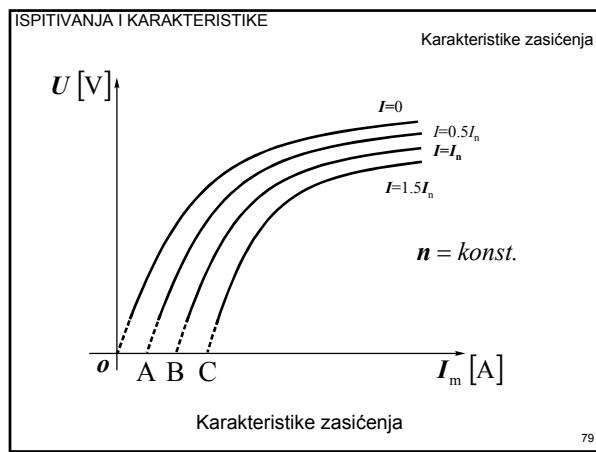
76

Karakteristike zasićenja

77

- Karakteristike zasićenja daju ovisnost napona na armaturi U o uzbudnoj struci I_m , uz $n = \text{konst.}$ i $I = \text{konst.}$
- Krivulje se snimaju za različite iznose struje armature, npr. $I=0$, $I=0.5I_n$, $I=I_n$ i $I=1.5I_n$, pa se dobije porodica krivulja zasićenja.

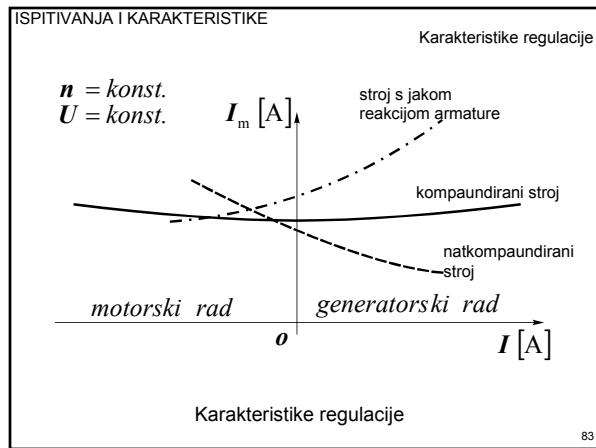
78



- ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Karakteristike zasićenja
- Karakteristika praznog hoda je samo poseban slučaj karakteristike zasićenja (za $I=0$).
 - U točkama A, B i C je napon jednak nuli, a inducirana elektromotorna sila pokriva padove napona u armaturnom krugu i na četkicama.
- 80



- ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Karakteristike regulacije
- Karakteristike regulacije prikazuju ovisnost uzbudne struje I_m o struji armature I uz $U=\text{const.}$ i $n=\text{const.}$
 - Pri prelasku iz generatorskog u motorski rad se mora promijeniti smjer napajanja kompaundnog namota.
 - Ukoliko to ne učinimo, dobijemo protukompaundirani stroj, što se može vidjeti iz karakteristika regulacije.
- 82



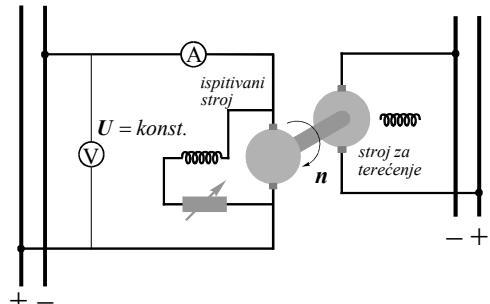
- ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE
- Karakteristike regulacije
- Karakteristike regulacije nam daju uvid u stabilnost rada stroja.
 - Generator je stabilan ako potrebna uzbuda raste s opterećenjem.
 - Motor je stabilan ako potrebna uzbuda pada s opterećenjem.
- 84

Karakteristike brzine vrtnje

85

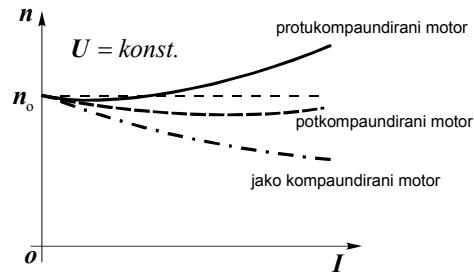
- Karakteristika brzine vrtnje prikazuje ovisnost brzine vrtnje n o struci opterećenja I , uz $U=konst.$
- Ona ima sličan karakter kao i vanjska karakteristika.
- Prilikom snimanja se mijenja opterećenje na osovini, a mjeri struja motora i brzinu vrtnje.

86



Shema spoja za snimanje karakteristike brzine vrtnje

87



Karakteristike brzine vrtnje

88

- Ova je karakteristika interesantna kod poredno uzbudjenih i kompaundiranih motora.
- Jasno je da je protokompoundirani motor jako nestabilan.
- I potkompaundirani motor može postati nestabilan kod većih opterećenja, kad zbog reakcije armature s porastom struje i brzina vrtnje počinje rasti.

89

Karakteristika momenta

90

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

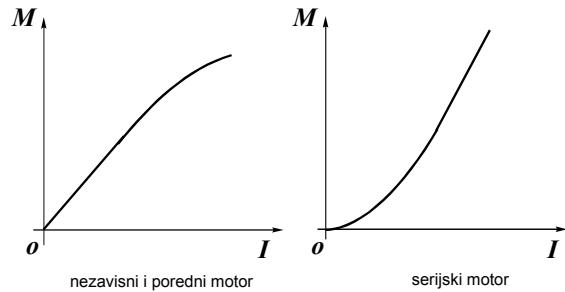
Karakteristika momenta

- Karakteristika momenta predstavlja ovisnost momenta M o struji opterećenja I .
- Ove se karakteristike značajno razlikuju kod nezavisno (ili poredno) uzbudjenih motora od karakteristika serijskih motora.

91

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Karakteristika momenta



Karakteristike momenta istosmjernih motora

92

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Karakteristika momenta

- Kod nezavisnih i porednih motora je ovisnost momenta o struji gotovo linearна, ali ne potpuno zbog reakcije armature.
- Naime, zbog zasićenja uslijed reakcije armature pada glavni magnetski tok, a time i moment.

93

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Karakteristika momenta

- Karakteristika momenta serijskog motora je u osnovi kvadratična parabola budući da je tok proporcionalan struji armature, a moment produktu toka i struje armature.
- Za veće iznose struja se ovaj karakter gubi zbog zasićenja.

94

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE KOLEKTORSKIH STROJEVA

Ispitivanje komutacije

95

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Ispitivanje komutacije

- Razlog za lošu komutaciju ima mnogo, a među značajnije spadaju mehanički.
- Osnovni mehanički uzroci su najčešće sljedeći:
 - neokruglost kolektora,
 - prevelika zračnost u ležajima stroja,
 - hrapavost kolektora,
 - vibracije svornika držača četkica,
 - stršanje izolacionog tinjca iz kolektora,
 - neparalelni položaj četkice u kutiji držača,
 - zaglavljivanje četkice u kutiji držača i
 - preveliki ili premali pritisak četkica.

96

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Ispitivanje komutacije

- Zbog toga je prilikom ispitivanja komutacije najprije potrebno odstraniti te razloge ako je moguće.
- Jedan dio ovih uzroka možemo otkriti jednostavnim pregledom, neke nešto složenijim ispitivanjima, a neki se mogu otkriti tek složenim specijaliziranim mjeranjima.

97

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Ispitivanje komutacije

- Na primjer, neokruglost kolektora se može ustanoviti pomoću mehaničkog indikatora koji se ubičajeno koristi pri finijim metalostrugarskim obradama.
- Složena ispitivanja su potrebna za vibracije koje nastaju uslijed dinamičkog iskrivljavanja kolektora.

98

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Ispitivanje komutacije

- Jedna od teškoća pri ispitivanju komutacije je i nepostojanje objektivnog načina mjerjenja kvalitete komutacije.
- Mogli bismo reći da se mogu objektivno ocijeniti samo dva dijametralno suprotna stanja:
 - dobra komutacija kod koje uopće nema iskrenja i
 - kružna vatrica koja trenutno uništi kolektor.
- Stupnjevi između toga određuju se na osnovi vizuelnog izgleda iskre.

99

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Ispitivanje komutacije

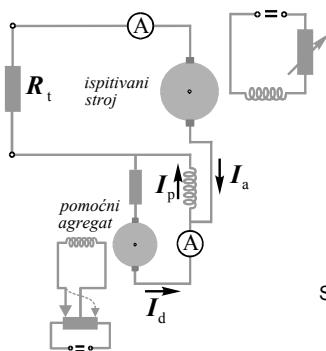
➤ Određivanje crnog pojasa

- Teškoće s komutacijom djelomično rješavamo pomoću pomoćnih polova.
- Stoga možemo relativno jednostavnim pokusom ispitati utjecaj pomoćnih polova, odnosno njihovu efikasnost.
- Pritom uz određenu struju opterećenja mijenjamo struju kroz pomoćne polove i određujemo područje u kojem nema iskrenja.
- To područje se naziva crni pojas.

100

ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Ispitivanje komutacije - Određivanje crnog pojasa



SHEMA spoja za snimanje crnog pojasa

101

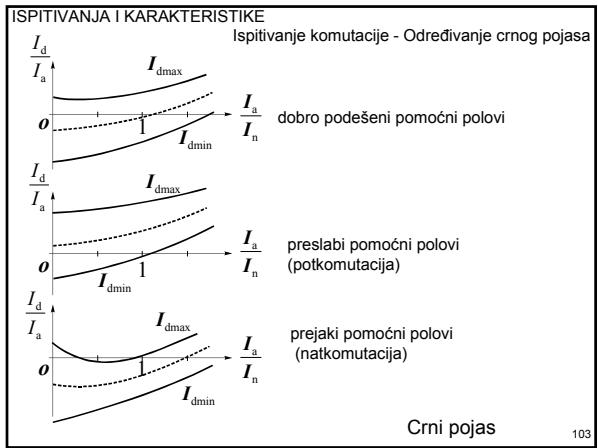
ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE

Ispitivanje komutacije

- Pomoćne polove napajamo dodatno iz malog pomoćnog agregata (ili drugog izvora) kojemu možemo reverzirati napon.
- Uz struju I_d iz pomoćnog agregata iznosi struja pomoćnih polova I_p :

$$I_p = I_a + I_d$$

102



- ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE**
- Ispitivanje komutacije
- Uz konstantnu brzinu vrtnje i određenu struju armature povećavamo struju I_d sve dok kolektor ne počne iskriti.
 - Taj iznos struje I_d predstavlja gornju granicu crnog pojasa $I_{d\ max}$.
 - Zatim struju I_d smanjujemo i po potrebi reverziramo, opet do trenutka dok kolektor ne počne iskriti.
 - Ovaj iznos struje I_d predstavlja donju granicu crnog pojasa $I_{d\ min}$.
- 104

- ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE**
- Ispitivanje komutacije
- Postupak se ponovi kod drugih struja opterećenja.
 - Obično se ispitivanje provodi za struje opterećenja koje iznose: 0 I_n , 0.5 I_n , I_n i 1.5 I_n .
 - Krivulje $I_{d\ max} = f(I_a)$ i $I_{d\ min} = f(I_a)$ omeđuju crni pojasi.
 - Kod dobro udešenih pomoćnih polova do iskrenja dolazi za podjednake iznose dodatne struje pomoćnih polova u pozitivnom i negativnom smjeru.
- 105

- ISPITIVANJA I KARAKTERISTIKE**
- Ispitivanje komutacije
- Ako su pomoćni polovi preslabi imamo slučaj potkomutacije.
 - Ako su pomoćni polovi prejaci dolazi do natkomutacije.
 - Do iskrenja može doći i pri strujama opterećenja koje su manje od nazivne.
 - Na osnovu snimanja crnog pojasa se provodi korekcija zračnog raspora pomoćnih polova. Zato se pomoćni polovi i izvode s dva zračna raspora.
- 106