

ELEKTRIČNI STROJEVI II

9/13

KOLEKTORSKI STROJEVI

2

KOLEKTORSKI STROJEVI

OSNOVNE ZNAČAJKE

3

OSNOVNE ZNAČAJKE

- Kolektorski stroj naziva se kolektorskim jer ima poseban uređaj, kolektor. Prvi su kolektorski strojevi bili namijenjeni za istosmjerne napone, pa se ponekad još uvijek tako nazivaju.
- Kao i ostali električni strojevi kolektorski se strojevi mogu koristiti kao motori ili generatori.
- Danas se kolektorski strojevi koriste gotovo isključivo kao motori.
- Neke se izvedbe kolektorskih strojeva mogu koristiti i za izmjenične napone.

4

OSNOVNE ZNAČAJKE

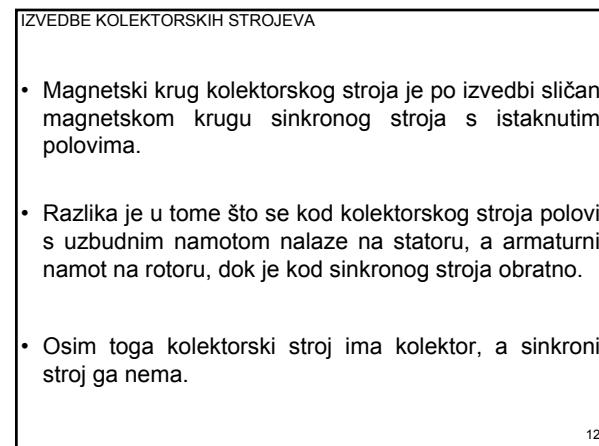
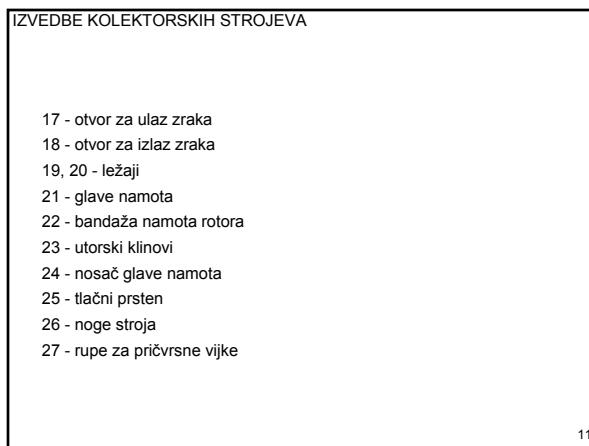
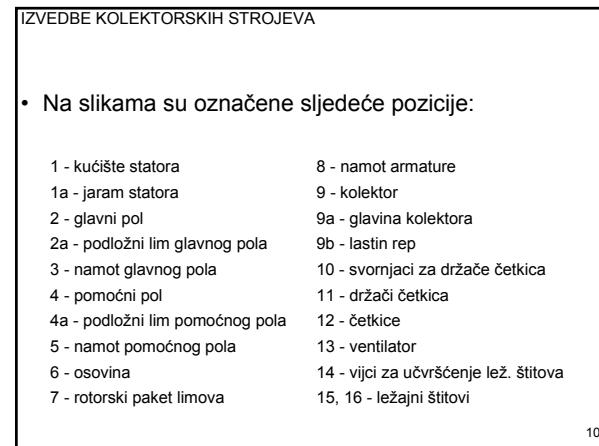
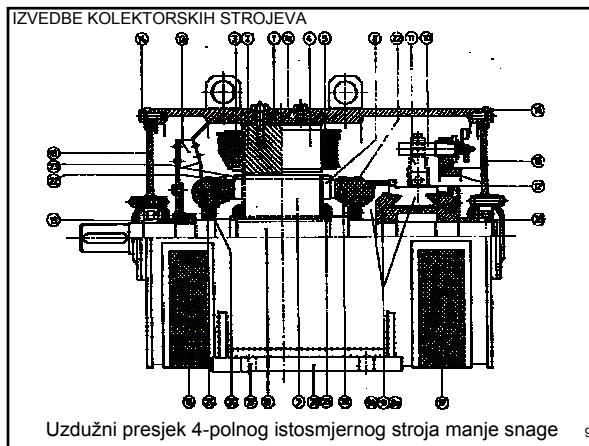
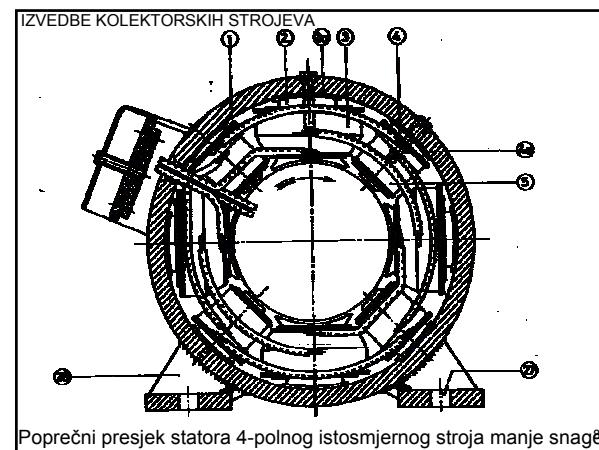
- Kolektorski strojevi izvode se isključivo s uzbudom na statoru, a armaturom na rotoru.
- Ovi strojevi se najčešće izvode tako da na statoru oko polova imaju uzbudni namot kroz koji teče istosmjerna struja i stvara uzbudno protjecanje koje stvara magnetski tok.
- U posljednje vrijeme se za uzbudu sve više koriste i permanentni magneti, pogotovo kod strojeva manjih snaga.

5

OSNOVNE ZNAČAJKE

- Na rotoru je armaturni namot koji je simetrično raspoređen u utorima po obodu stroja.
- Namot armature zatvoren je u sebe, a krajevi svakog svitka su spojeni na lamele kolektora.
- Površinom kolektora klize četkice. Sklop kolektor-četkice predstavlja mehanički ispravljački uređaj.
- Armaturom na rotoru teče izmjenična struja, koju sklop kolektor-četkice ispravlja.

6



IZVEDBE KOLEKTORSKIH STROJEVA

- Kolektorski stroj se sastoji od dva osnovna dijela:
 - statora koji miruje i
 - rotora s kolektorom koji se vrti.
- Između statora i rotora se nalazi zračni raspor.
- Stator se sastoji od:
 - kućišta sa statorskim jarmom,
 - glavnih polova s uzbudnim namotom i
 - pomoćnih polova s pripadnim namotom (ako ih ima).

13

IZVEDBE KOLEKTORSKIH STROJEVA

- Statorski jaram je napravljen u obliku šupljeg valjka.
- Većina kolektorskih strojeva gradi se za istosmjerne struje i napone, pa je i magnetski tok kroz stator istosmjeran.
- Kućište stroja je najčešće izvedeno kao varena konstrukcija ili od lijevanog željeza. Dio kućišta služi kao magnetski jaram i vodi magnetski tok.

14

IZVEDBE KOLEKTORSKIH STROJEVA

- S obje strane statora se nalaze ležajni štitovi i ležaji za osovinu.
- S unutarnje strane statorskog jarma se nalaze magnetski polovi s uzbudnim namotom.
- Veći kolektorski strojevi imaju osim glavnih magnetskih polova često i pomoćne polove sa svojim namotom, koji su smješteni u simetralama međupolnog prostora.

15

IZVEDBE KOLEKTORSKIH STROJEVA

- Kao i kod drugih vrsta strojeva postoje i kod kolektorskih strojeva različite konstrukcijske izvedbe.
- Najčešća je konstrukcija s nogama. S gornje vanjske strane se često nalazi vijak ili kuka za prenošenje stroja.
- Na jednoj strani kućišta je smještena priključna kutija.

16

IZVEDBE KOLEKTORSKIH STROJEVA

- Glavni pol ima jezgru s uzbudnim namotom i polnu papuču (polni nastavak, polno stopalo).
- Polovi se učvršćuju na statorski jaram najčešće pomoću vijaka.
- Kod strojeva namijenjenih izmjeničnim strujama cijeli je magnetski krug lameliran.

17

IZVEDBE KOLEKTORSKIH STROJEVA

- Polna papuča služi za dobivanje odgovarajućeg oblika magnetskog polja u zračnom rasporu.
- Najčešće kod kolektorskih strojeva imamo konstantan zračni raspor.
- Polni nastavci pričvršćeni su na polnu jezgru najčešće pomoću vijaka.

18

IZVEDBE KOLEKTORSKIH STROJEVA

- I kod istosmjernih strojeva se prilikom okretanja rotora u polnim nastavcima induciraju vrtložne struje.
- Zbog toga se polni nastavci često izrađuju od međusobno izoliranih magnetskih limova.
- Česte su također izvedbe kod kojih je i tijelo pola i polni nastavak izведен lamelirano i čine jednu cjelinu.

19

IZVEDBE KOLEKTORSKIH STROJEVA

- Uzbudni namot kolektorskih strojeva se izvodi kao poseban svitak za svaki pol (koncentrirana uzbuda).
- Potpuno se izolira lakom, samo se ostave neizolirani slobodni krajevi za priključak.
- Svici se postave na svaki pol i spoje tako da se naizmjenično nalaze sjeverni i južni magnetski polovi.

20

IZVEDBE KOLEKTORSKIH STROJEVA

- Rotorski paket je napravljen od magnetskih limova i učvršćen na osovinu.
- Rotorski paket mora biti lameliran jer u rotoru imamo uvijek izmjenično magnetsko polje.
- U utore paketa rotora postavlja se armaturni namot sastavljen od svitaka.

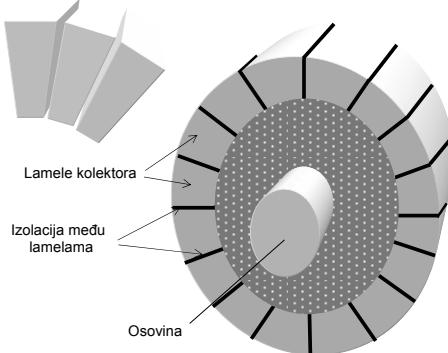
21

IZVEDBE KOLEKTORSKIH STROJEVA

- Namot se pri otvoru utora učvršćuje klinom koji osigurava da centrifugalna sila ne izbaci namot iz utora za vrijeme vrtnje.
- Zbog centrifugalnih sila glave namota se učvršćuju bandažama.
- Izvodi namota priključeni su na lamele kolektora.

22

IZVEDBE KOLEKTORSKIH STROJEVA



Lamele kolektora i kolektor navučen na osovinu

23

IZVEDBE KOLEKTORSKIH STROJEVA

- Kolektor je učvršćen na osovinu i predstavlja integralni dio rotora.
- On se sastoji od bakarnih lamela koje međusobno izolirane i učvršćene tako da čine šuplji valjak.
- Kod manjih strojeva lamele su jednostavno ulivene u izolacionu masu, a kod većih su učvršćene najčešće lastinim repom.

24

IZVEDBE KOLEKTORSKIH STROJEVA

- Po kolektoru klize četkice. One se izrađuju od materijala koji je mekši od materijala kolektora i istovremeno podmazuje kliznu površinu.
- Materijal za četkice može biti:
 - tvrdi ugljen,
 - grafitni ugljen ili
 - ugljen s dodatkom metalnog praha.
- Na osovinu rotora je smješten i ventilator koji kroz stroj tjeran zrak za hlađenje.

25

KOLEKTORSKI STROJEVI

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA

Prstenasti namot

26

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA

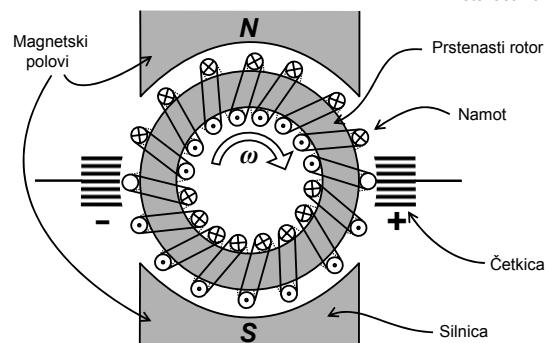
Prstenasti namot

- Kolektorski namoti su se razvili iz prstenastih namota.
- Takav namot je zatvoren u sebe.
- Iako danas ima samo povijesno značenje, neke osnovne značajke namota kolektorskih strojeva lakše se mogu vidjeti upravo iz prstenastog namota.

27

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA

Prstenasti namot



Shematski prikaz istosmjernog stroja s prstenastim rotorom 28

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA

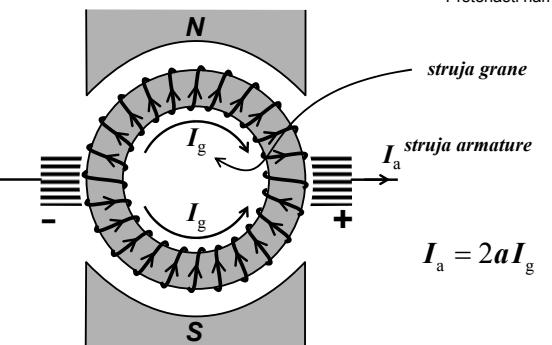
Prstenasti namot

- Prve izvedbe strojeva nisu imale kolektor s lamlama, nego su se četkice klizile po vodičima s kojih je bila skinuta izolacija.
- Prstenasti namot se zajedno s prstenastom željeznom jezgrom vrti u magnetskom polju među polovima, i u vodičima namota se inducira napon.
- Pod jednim polom inducirani napon u vodičima ima jedan smjer, a pod drugim polom suprotan smjer.
- Namot je zatvoren u sebe, i inducirani naponi su u ravnoteži.

29

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA

Prstenasti namot



Paralelne grane prstenastog namota

30

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA	Prstenasti namot
<ul style="list-style-type: none"> Zbog toga što je namot kolektorskog stroja zatvoren u sebe, on nužno ima najmanje dvije paralelne grane. Struja armature jednaka je sumi struja svih grana. Napon armature jednak je naponu grane. Svojstvo da kolektorski namot ima najmanje dvije paralelne grane zadržava se kod svih kolektorskih namota. 	31

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA	Prstenasti namot
<ul style="list-style-type: none"> Kako se rotor vrti, inducirani napon u vodičima mijenja smjer, te u vodičima armature na rotoru imamo zaista izmjenični inducirani napon. Izmjenični napon induciran u vodičima armature ispravlja se pomoću sklopa kolektor-četkice. Ovaj sklop predstavlja mehanički ispravljač. Ako napon sa četkica dovedemo na trošilo, poteći će struja koja je jednaka struji armature I_a. 	32

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA	Prstenasti namot
<ul style="list-style-type: none"> Strujom armature I_a nazivamo ukupnu struju koja za slučaj 2a paralelnih grana iznosi: $I_a = 2aI_g$ <ul style="list-style-type: none"> Struja I_g je struja grane koja teče kroz jednu paralelnu granu. Prstenasti namot je neekonomičan. Naime, samo u vanjskom sloju namota inducira se napon. 	33

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA	Prstenasti namot
<ul style="list-style-type: none"> Vodiči na unutarnjoj strani prstena ne sudjeluju u pretvorbi energije. Kroz njih, međutim, teče struja armature, i u njima se stvaraju gubici. Osim toga, izvedba u kojoj četkice klize direktno po vodičima namota nije dobro tehničko rješenje: <ul style="list-style-type: none"> – mehanički se troše vodiči – nije moguće više zavoja serijski spojiti u svitak – postupak izrade je komplikiran. 	34

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA	Prstenasti namot
<ul style="list-style-type: none"> Umjesto da četkice klize direktno po vodičima, uveden je kolektor. Kolektor rješava pitanje mehaničkog trošenja vodiča i serijskog spajanja zavoja u svitke, ali ne rješava pitanje unutarnjeg sloja namota. 	35

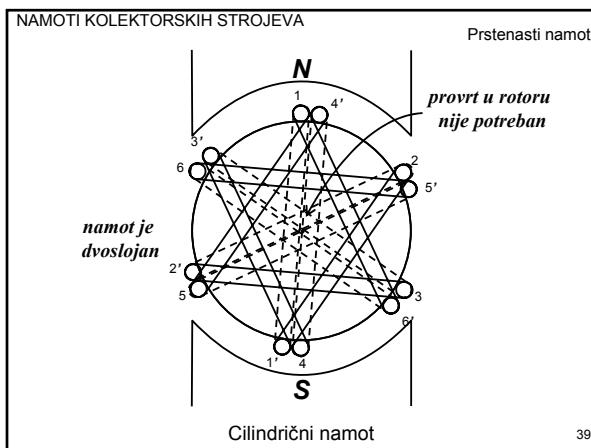
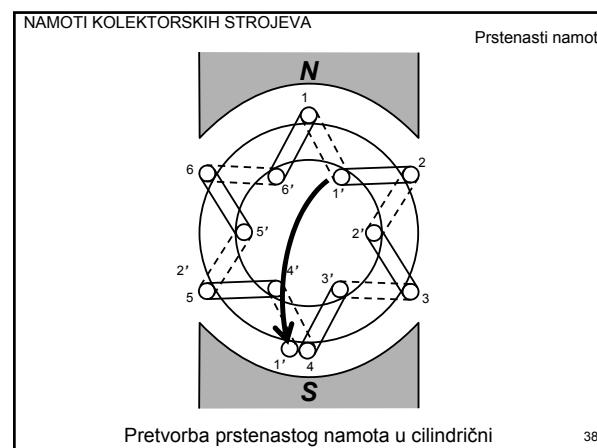
NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA

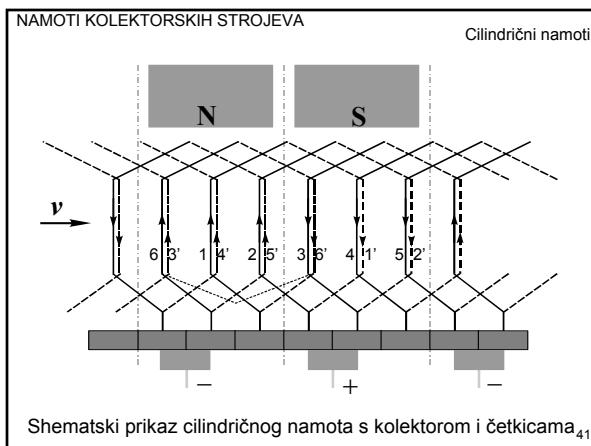
Cilindrični namot

- Cilindrični namot dobije se od prstenastog namota tako da se unutarnji vodiči prstenastog namota, koji se ne nalaze u magnetskom polju premjeste na vanjski obod rotora, i to dijametralno suprotno.
- Namot je i dalje zatvoren u sebe, ali su sada svi vodiči aktivni.

37



- NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
- Cilindrični namot
- Rotor pri tome ne izvodimo kao prsten, nego kao cilindar (bubanj).
 - Tako su ovakvi namoti dobili naziv cilindrični ili bубnjasti namoti.
 - Cilindrični je namot prirodno dvoslojan. U jednom sloju u utoru nalazi se jedna strana jednog svitka, a u drugom sloju u istom utoru druga strana drugog svitka.
- 40



- NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
- Cilindrični namot
- Na lamele kolektora se spajaju počeci i krajevi svitaka.
 - Na istu lamelu se uvijek spajaju kraj jednog svitka i početak sljedećeg.
 - Cilindrični namot može biti izveden kao:
 - petljasti nekržani (desnovojni),
 - petljasti kržani (lijevovojni),
 - valoviti nekržani (desnovojni) ili
 - valoviti kržani (lijevovojni).
- 42

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA

Cilindrični namoti

Petljasti nekrižani namot

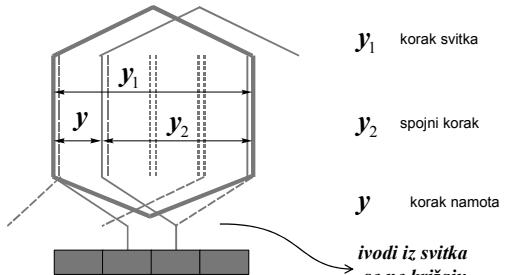
43

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Petljasti nekrižani namot

- Kod petljastog nekrižanog namota se kraj jednog svitka veže s početkom susjednog svitka koji je smješten u utor pod istim polom, a pomaknut je za jedan ili više utora udesno.
- Izvodi iz svitka (početak i kraj) pri tome se ne križaju, pa odatle naziv nekrižani.

44

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Petljasti nekrižani namot



y_1 korak svitka
 y_2 spojni korak
 y korak namota
ivodi iz svitka se ne križaju

Nekrižani (desnovojni) petljasti namot

45

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Petljasti nekrižani namot

- Namot se naziva i desnovojni jer se pri namatanju udesno cijeli obod rotora obilazi također udesno.
- Korak nekrižanog petljastog namota y iznosi:

$$y = y_1 - y_2 > 0$$

- y_1 je korak svitka, a y_2 je spojni korak.

46

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Petljasti nekrižani namot

- Svaki od navedenih koraka (y, y_1, y_2) mjeri se brojem utorских koraka.
- Za $y=1$ imamo jednovojni nekrižani namot.
- Takav se namot zatvori u sebe nakon jednog obilaska oboda armature.

47

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Petljasti nekrižani namot

- Viševojni nekrižani namot bismo dobili za korak namota $y > 1$.
- Tako npr. dvovojni nekrižani namot dobijemo za $y_1=9, y_2=7, y=y_1-y_2=2$.
- Takav se namot zatvori u sebe nakon dva obilaska armature.

48

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA

Cilindrični namoti

Petljasti križani namot

49

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Petljasti križani namot

- Kod petljastog križanog namota se kraj jednog svitka veže s početkom susjednog svitka koji je smješten u utor pod istim polom, a pomaknut je za jedan ili više utora ulijevo.
- Izvodi iz svitka (početak i kraj) pri tome se križaju, pa odatle naziv križani.

50

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Petljasti križani namot

y_1 korak svitka
 y_2 spojni korak
 y korak namota
ivodi iz svitka se križaju

Križani (lijevovojni) petljasti namot

51

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Petljasti križani namot

- Namot se naziva i lijevovojni jer se pri namatanju udesno cijeli obod rotora obilazi ulijevo.
- Korak križanog petljastog namota y je negativan i iznosi:

$$y = y_1 - y_2 < 0$$

- y_1 je korak svitka, a y_2 je spojni korak.

52

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Petljasti križani namot

- Kao i kod desnovojnog namota korak namota može biti 1, 2, itd., pa imamo jednovojni, dvovojni itd. križani petljasti namot.
- Viševojni namot se zatvori u sebe nakon višestrukog obilaska armature.

53

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA

Cilindrični namoti

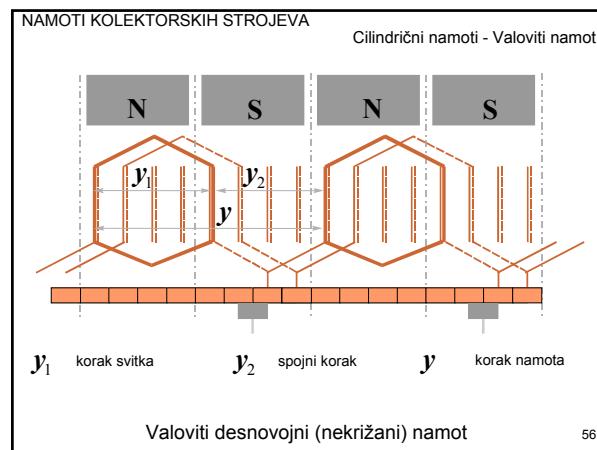
Valoviti namot

54

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Valoviti namot

- Kod valovitog namota spajamo kraj jednog svitka s početkom sljedećeg svitka pod sljedećim parom polova.
- Valoviti namot možemo imati samo kod višepolnog stroja.

55



NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Valoviti namot

- I kod valovitih namota razlikujemo križane i nekrižane namote.
- Za korak y valovitog namota vrijedi:

$$y = y_1 + y_2$$

57

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Valoviti namot

- Desnovojni namot imamo onda ako sljedeći svitak nakon punog obilaska armature udesno ulažemo desno od prethodnog, odnosno ako je $k > 0$ u relaciji:

$$p \cdot y = N_k + k$$

- U ovom izrazu je k koeficijent složenosti (vojnost), p broj pari polova, a N_k broj lamela kolektora.
- Za $k < 0$ imamo lijevovojni namot.

58

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA

Cilindrični namoti

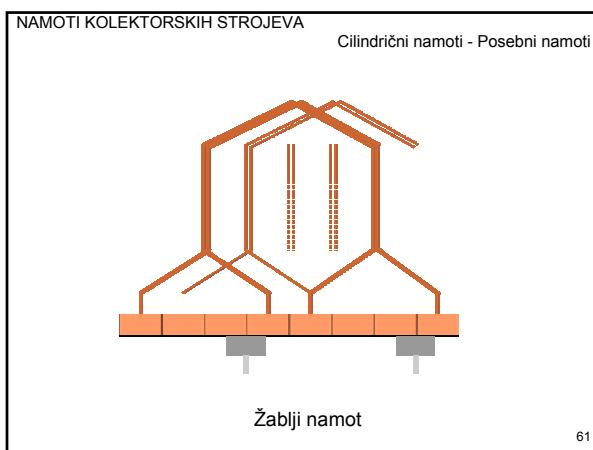
Posebni namoti

59

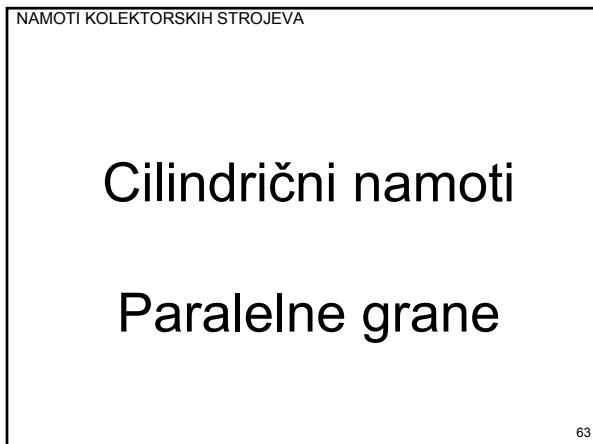
NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Posebni namoti

- Osim osnovnih izvedbi namota - petljasti i valoviti - koriste se za armaturu i neke druge izvedbe namota:
 - manjkavi namot kod kojeg neki svici nisu spojeni na lamele,
 - jednoslojni namot i
 - žablji namot.
- Najveće značenje ima žablji namot.

60



- NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Posebni namoti
- Žabljí namot ima jednak broj svitaka valovitog i petljastog namota.
 - Namot ovakve izvedbe ne treba spojke izjednačenja i kako je dobar u praksi.
 - Koristi se za strojeve s visokim zahtjevima (npr. električna vuča).
 - Mana mu je visoka cijena izrade.
- 62



- NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Paralelne grane
- Kolektorski namot ima najmanje dvije paralelne grane, odnosno jedan par paralelnih grana.
 - Broj pari paralelnih grana a može biti i veći.
 - Kod petljastih namota broj pari paralelnih grana a iznosi:
- $$a = k p$$
- 64

- NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Paralelne grane
- Kod valovitih namota je broj pari paralelnih grana a jednak:
- $$a = k$$
- Naime, kod valovitih namota kraj prvog svitka spajamo na početak drugog svitka koji se nalazi u istom položaju kao i prvi svitak, ali za jedan par polova dalje.
 - Ako pratimo iznos potencijala (induciranog napona) duž vodiča namota, on raste sve dok nismo obišli sve svitke u jednom sloju namota pod svim istoimenim polovima.
- 65

- NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Paralelne grane
- Tek kad pređemo na svitke pod polovima suprotnog predznaka, potencijal počinje padati.
 - To znači da bez obzira na broj polova u stroju se nalaze samo dvije točke s maksimalnom razlikom potencijala, i u te točke postavljamo četkice.
 - Zato broj paralelnih grana valovitog namota ovisi jedino o koeficijentu složenosti namota.
- 66

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Paralelne grane

- Tako kod valovitog jednovojnog namota ($k=1$) imamo samo jedan par paralelnih grana jer je $a=k=1$.
- Broj paralelnih grana $2a$ iznosi u tom slučaju 2.
- Dakle, jednovojni valoviti namot ima dvije paralelne grane bez obzira na broj polova.

67

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA

Cilindrični namoti

Spojke izjednačenja

68

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Spojke izjednačenja

- Kod kolektorskih namota se može desiti da naponi u svim paralelnim granama nisu jednak.
- Razlog za to može biti više:
 - nejednoliki zračni raspored,
 - nejednoliki faktor punjenja željeza,
 - nejednolika izrada svitaka,
 - nesimetričnost namota,
 - nejednoliki presjek vodiča,
 - nejednolika vodljivost bakra,
 - različiti permeabilitet pojedinih dijelova magnetskog kruga.

69

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Spojke izjednačenja

- Budući da naponi u svim granama nisu jednak, preko četkica će poteći struje izjednačenja.
- One stvaraju gubitke i otežavaju komutaciju (povećavaju iškrenje).
- Da bi se to sprječilo, na namot armature se stavljuju spojke izjednačenja ili ekvipotencijalne spojke.

70

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA
Cilindrični namoti - Spojke izjednačenja

- One kratko spajaju točke koje trebaju biti na istom potencijalu.
- Na taj način se izbjegava zatvaranje struja izjednačenja preko četkica.
- Spojke izjednačenja se stavljuju najčešće na slobodnu stranu kolektora.
- Samo izuzetno se stavljuju na glave armaturnog namota.

71

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA

Otpor armature

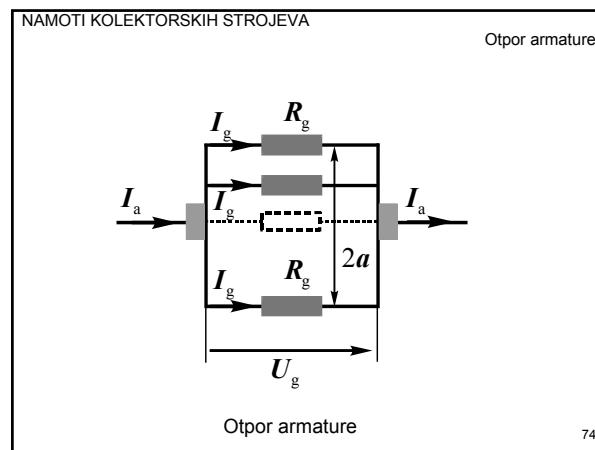
72

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA

Otpor armature

- Poznavanje otpora armature je važno zbog padova napona i gubitka energije.
- Ako imamo $2a$ paralelnih grana, onda možemo nacrtati nadomjesnu shemu.

73



NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA

Otpor armature

- Na slici je s R_g označen otpor jedne grane.
- Otpor R_v jednog vodiča duljine l_v , presjeka q_v i specifične vodljivosti κ iznosi:

$$R_v = \frac{l_v}{q_v \kappa}$$

75

NAMOTI KOLEKTORSKIH STROJEVA

Otpor armature

- Budući da imamo z vodiča spojenih u $2a$ paralelnih grana, otpor jedne grane je:

$$R_g = \frac{z}{2a} R_v$$

- Otpor armature R_a iznosi :

$$R_a = \frac{1}{2a} R_g = \frac{z l_v}{4 a^2 q_v \kappa}$$

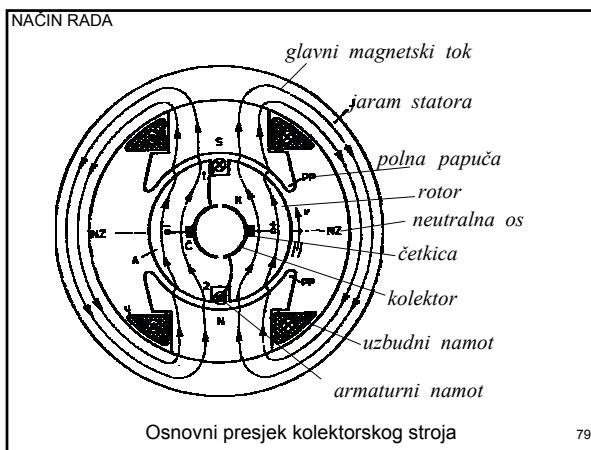
76

KOLEKTORSKI STROJEVI

NAČIN RADA

77

- NAČIN RADA
- Kako smo već napomenuli, istosmjerni strojevi se bez iznimke rade s uzbudom na statoru i armaturom na rotoru.
 - Razlog za to su složena konstrukcijska rješenja koja bi u suprotnom slučaju bila potrebna
 - Magnetsko polje se uzbuduje pomoću uzbudnih svitaka ili permanentnih magneta.
- 78



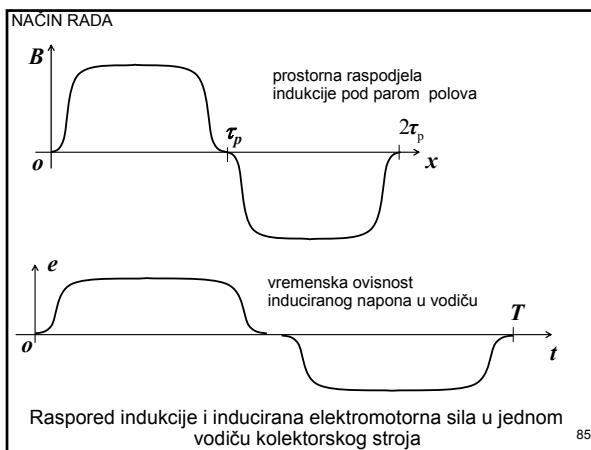
- NACIN RADA
- Na statorski namot su pričvršćeni polovi na kojima se nalazi uzbudni namot (koncentrirana uzbuda).
 - Magnetsko polje se zatvara kroz polne nastavke (polne papuče), zračni raspor, zube i jaram rotora na suprotni magnetski pol.
 - Namot rotora je postavljen u utore na rotoru.
 - Na slici su prikazana samo dva utora, iako ih uvijek ima znatno više.
- 80

- NACIN RADA
- Namot armature je spojen na lamele kolektora.
 - Kolektor je mehanički učvršćen na osovinu i predstavlja integralni dio rotora.
 - Struja se na kolektor dovodi (ili s kolektora odvodi) pomoću četkica koje se nalaze u neutralnoj zoni.
 - Četkice su učvršćene na stator i miruju pa pri vrtnji rotora klize po lamelama kolektora.
- 81

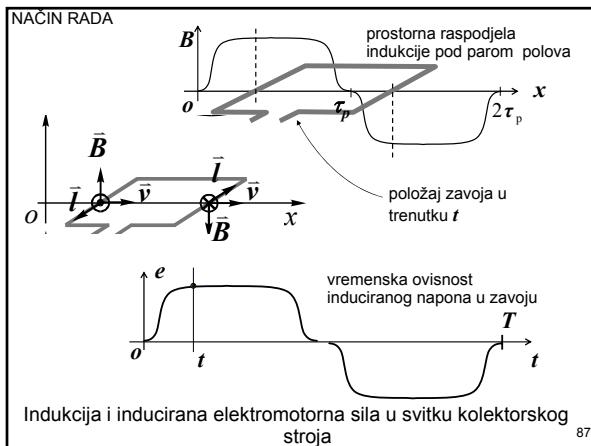
- NACIN RADA
- Ako rotor stroja prema slici vrtimo vanjskim momentom u označenom smjeru, u svitku namota armature će se inducirati elektromotorna sila označenog smjera.
 - Ona se preko četkica prenosi na stator.
 - Inducirana elektromotorna sila će u jednom vodiču imati trenutnu vrijednost:
- $$e = (\bar{v} \times \bar{B}) \cdot \bar{l}$$
- 82

- NACIN RADA
- Pritom su upotrebljene sljedeće veličine:
 - vektor obodne brzine vodiča \bar{v} ,
 - vektor indukcije u zračnom rasporu \bar{B} i
 - vektor duljine vodiča \bar{l} .
 - Ovi vektori su svi međusobno okomiti, pa vektorski produkt možemo pisati kao obični produkt:
- $$e = Blv$$
- 83

- NACIN RADA
- Obodnu brzinu rotora v možemo izraziti pomoću brzine vrtnje n :
- $$v = \frac{D\pi n}{60}$$
- Ako održavamo konstantnu brzinu vrtnje n , inducirani napon u vodiču e_v će biti proporcionalan indukciji B .
- 84



- NACIN RADA**
- U vodiču kolektorskog stroja inducira se izmjenični napon e_v koji u vremenskoj domeni preslikava prostorni raspored magnetskog polja.
 - Vremenu T odgovara trajanje prolaska vodiča ispod jednog para polova.
 - Ako imamo više vodiča spojenih u seriju, inducirane napone u svitku dobijemo zbrajanjem svih napona u pojedinim vodičima.
- 86



- NACIN RADA**
- Na slici je prikazano induciranje elektromotorne sile u jednom zavodu koji putuje pod jednim parom polova.
 - Inducirani napon svitka e_s je u svakom trenutku jednak zbroju induciranih elektromotornih sile u oba vodiča.
 - Oblik inducirane elektromotorne sile ostaje jednak kao kod jednog vodiča.
 - To je slučaj ako je korak zavoja (tj. svitka) jednak polnom koraku. Ako bismo koristili skraćeni korak, oblik elektromotorne sile u svitku ne bi više preslikavao oblik prostorne raspodjele indukcije.
- 88

- NACIN RADA**
- To znači da je inducirani u zavodu pri punom koraku svitka (zavoja):
$$e_s = 2e_v$$
 - Elektromotorna sila zavoja je dvostrukog iznosa, i jednakog oblika kao i elektromotorna sila vodiča.
 - Dakle, i ona je izmjenična.
 - Tek na četkicama dobijemo istosmjerni napon.
- 89

- NACIN RADA**
- Napon na četkicama e_c je pulzirajući, ali je istosmjeren.
 - Pulzacije su to manje, što je veći broj svitaka armaturnog namota, odnosno utora na rotoru.
 - U idealnom slučaju, za beskonačni broj utora bi inducirani napon bio bez pulzacija.
- 90

NAČIN RADA

- Kolektorski stroj možemo koristiti i kao motor.
- Tada na četkice trebamo priključiti izvor istosmjernog napona.
- Ako spojimo četkice i stezaljke istog polariteta naponskog izvora, kroz namot armature će poteći struja I .
- Ta struja ima suprotan smjer od označenih smjerova induciranih napona.

91

NAČIN RADA

- Na pojedine vodiče će djelovati sila:

$$\bar{F} = I(\bar{l} \times \bar{B})$$

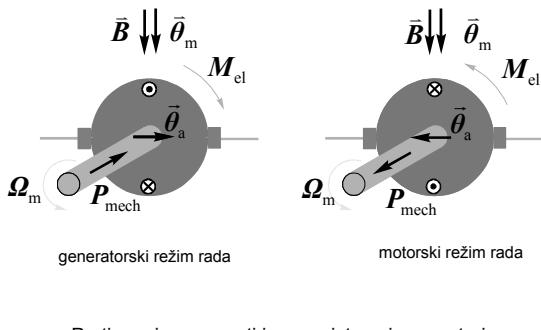
- Kao i za inducirana elektromotorna sila, i ovdje imamo okomite vektore vodiča i indukcije, pa možemo pisati poznati izraz za силу:

$$F = BIl$$

- Struja, koja teče kroz pojedine vodiče, je struja jedne paralelne grane.

92

NAČIN RADA



Protjecanja, momenti i snage istosmjernog stroja

93

NAČIN RADA

- Sila na vodiče će stvoriti okretni moment koji će djelovati u smjeru vrtnje kakav je označen na slici.
- Dakle, smjer vrtnje motora bio bi isti kao i smjer vrtnje generatora, uz isti polaritet stezaljki armaturnog kruga.
- Međutim, smjer struje u armaturnom krugu se pri prelazu iz generatorskog u motorski režim promjeni.
- Inducirani napon ima isti smjer kao i pri generatorskom radu. Smjer toka električne snage se mijenja.

94

NAČIN RADA

- Ako se ograničimo samo na osnovne prostorne harmonike protjecanja uzbude i armature možemo ih predstaviti kao vektore.
- Vektori protjecanja uzbude i armature međusobno su okomiti.
- Vidimo da vektor protjecanja armature mijenja smjer pri prelasku iz generatorskog u motorski rad.
- Mijenja se i smjer momenta, a time i smjer pretvorbe energije (mehaničke u električnu, odnosno obratno).

95

KOLEKTORSKI STROJEVI

NADOMJESNA SHEMA

96

NADOMJESNA SHEMA

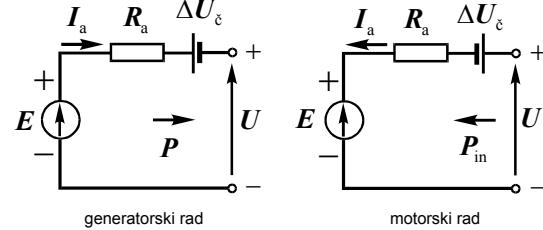
- Namot armature ima otpor R_a , pa se na tom otporu pojavljuje pad napona U_a :

$$U_a = I_a R_a$$

- Pad napona na četkicama ΔU_c praktički ne ovisi o iznosu struje niti o broju četkica i iznosi uvek oko 2V.
- Taj pad napona možemo u nadomjesnoj shemi predstaviti dodatnim naponskim izvorom.

97

NADOMJESNA SHEMA



Nadomjesna shema istosmjernog stroja

98

NADOMJESNA SHEMA

- Pad napona na četkicama ΔU_c djeluje u istom smjeru kao i pad napona na otporu armature U_a .
- Za generator vrijedi da je napon na stezaljkama (četkicama) U jednak:

$$U = E - U_a - \Delta U_c = E - I_a R_a - 2$$

- Dakle, u generatorskom režimu rada je izlazni napon U manji od induciranih napona E :

$$U < E$$

99

NADOMJESNA SHEMA

- Za motor vrijedi da je priključeni napon U jednak:
- $$U = E + U_a + \Delta U_c = E + I_a R_a + 2$$
- U motorskom režimu rada je narinuti napon U veći od induciranih napona E :
- $$U > E$$
- Padovi napona u stroju (U_a i ΔU_c) mijenjaju polaritet ovisno o tome da li stroj radi kao generator ili kao motor.

100