

Električni strojevi i uređaji

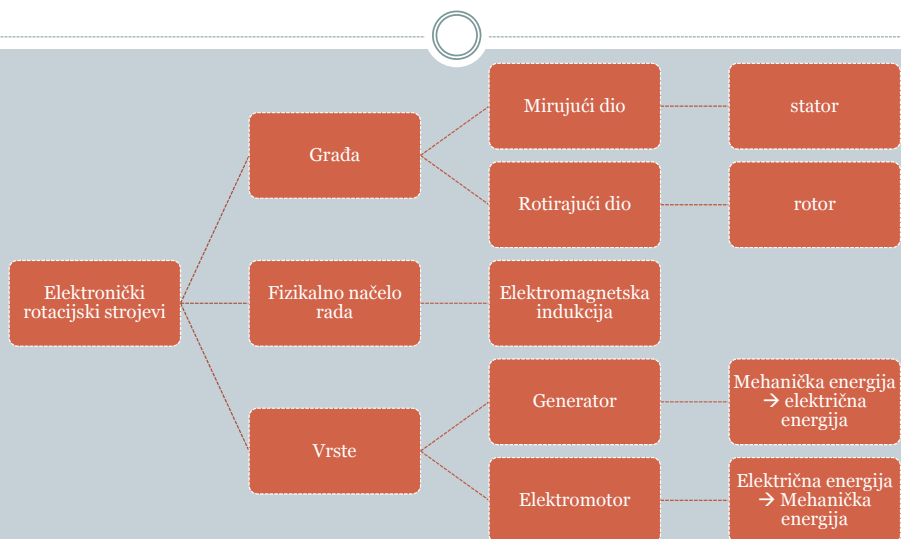
ELEKTRIČNI ROTACIJSKI STROJEVI

TEHNIČKA ŠKOLA BJELOVAR

Sadržaj

- **Osnove električnih rotacijskih strojeva**
- Sinkroni strojevi
- Asinkroni strojevi
- Istosmjerni strojevi
- Kolektorski strojevi za izmjeničnu struju
- Koračni motori
- Primjena rotacijskih strojeva
- Zaštita elektromotora

Neke osnovne stvari



Faradayev zakon - generatori

- kod generatora (vodič se giba, magnetsko polje miruje)

$$e_s = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

e_s – trenutna vrijednost inducirane elektromotorne sile [V]

$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ – vremenska promjena magnetskog toka [Wb/s]

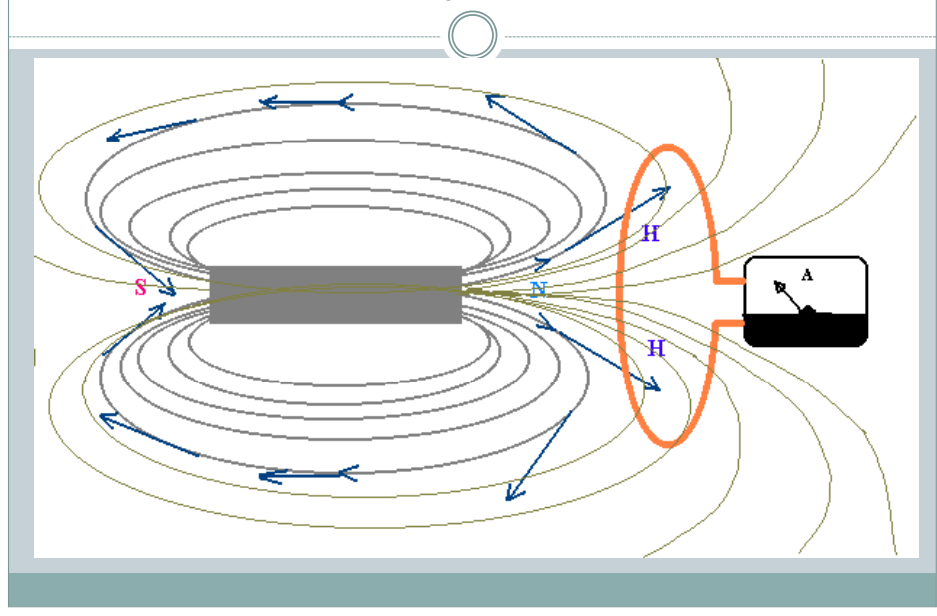
$$E = Blv$$

l – duljina vodiča

F_v – vanjska sila zbog koje se vodič giba

B – indukcija magnetskog polja generatora

Faradayev zakon



Lenzov zakon - elektromotori

- → elektromotori (magnetsko polje se giba, vodiči miruju)

$$F = BIl$$

F – dila na vodič u magnetskom polju [N]

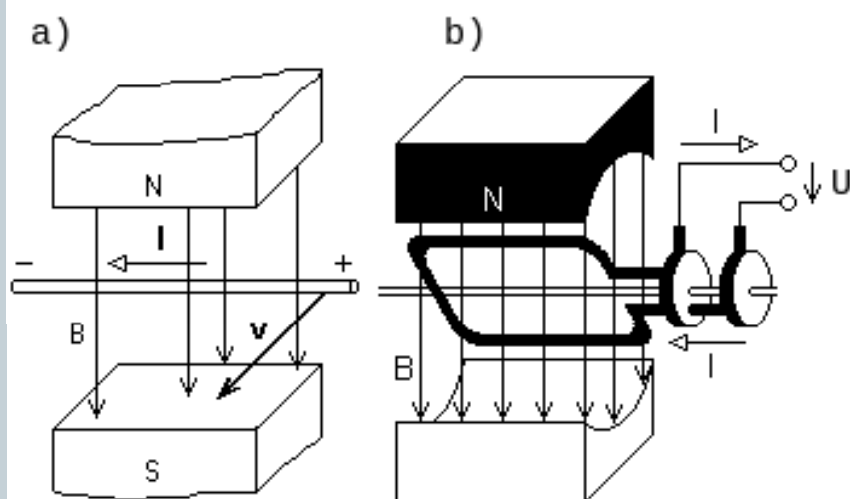
B – magnetska indukcija [T]

I – jakost električne struje kroz vodič [A]

l – duljina vodiča [m]

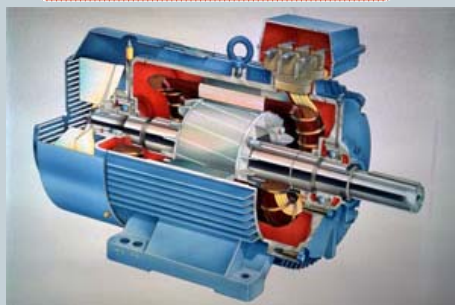
Lenzov zakon – inducirana elektromagnetska sila kroz zatvorenu petlju daje struju čiji se magnetski tok suprotstavlja promjeni glavnog magnetskog toka koji je doveo do elektromagnetske indukcije

Lenzov zakon



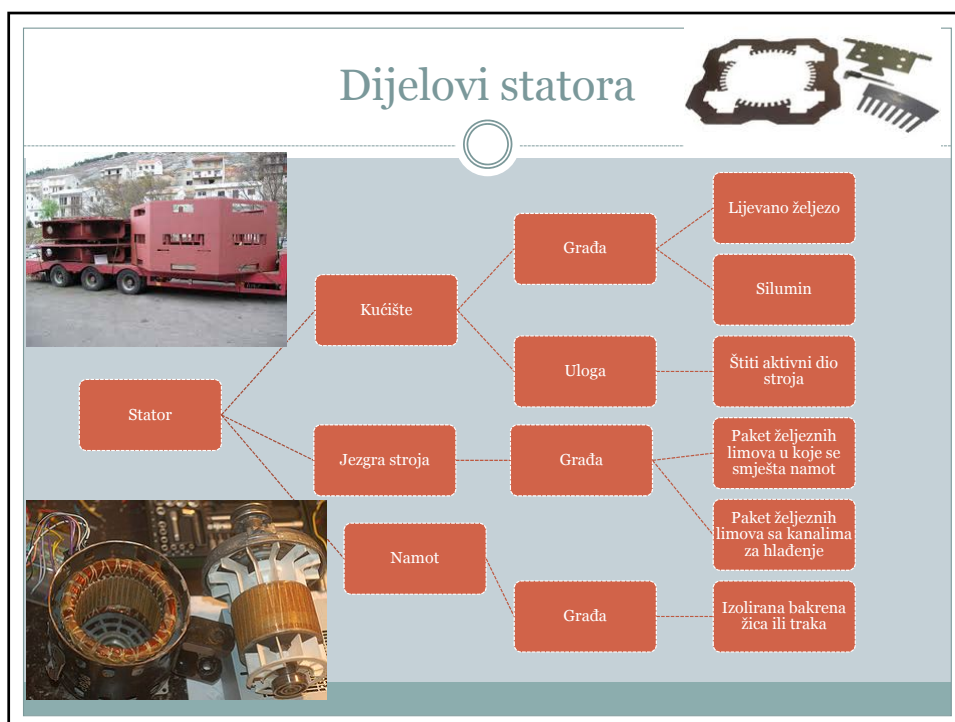
Glavni dijelovi rotacijskih strojeva

Glavni dijelovi



Stator

Rotor



Namot statora

The image shows a close-up of a stator winding, which is a circular coil of copper wire with many turns, mounted on a core.

- Broj faza:
 - 1 ili 3
- Jedan namot → čini veći broj svitaka
- Što je svitak?
 - Jedan ili više spojenih zavoja čine svitak
- U jednom utoru jedan svitak → broj svitaka jednak je polovici broja utora (jednoslojni namot)

Utori

- Otvoreni
- Poluozatvoreni
- Zatvoreni



Dvoslojni namot

- Jedna strana svitka u jednom utoru je u gornjem sloju
- Druga strana svitka u drugom utoru je u donjem sloju

Namot



- Aktivni dio namota → nalazi se u utoru
- Izvan utora → glave namota koje spajaju vodiče u utorima
- Kada radimo namot želimo....
 - Da nam se pomôžau inducirani naponi (ili momenti) u obje strane svitka
- Kako?
 - Jedna strana svitka nalazi se pod jednim magnetskim polom, a druga pod suprotnim

Važni pojmovi



- **Korak svitka:**
 - Razmak između dva utora u kojima se nalaze vodiči istog svitka
 - Označava se sa: Y
- **Polni korak:**
 - Udaljenost simetrala dvaju susjednih magnetskih polova
 - Označava se sa: τ

Podjele prema širini svitka



Vidi sliku 2.1-6, knjiga strana 54

Prema obliku namota



Vidi sliku 2.1-7, knjiga strana 55

ZANIMLJIVO!!!!



- Svici **jednog** namota mogu se spajati serijski i paralelno
- Paralelni spoj → zbrajaju se struje
- Serijski spoj → zbrajaju se naponi

ROTOR

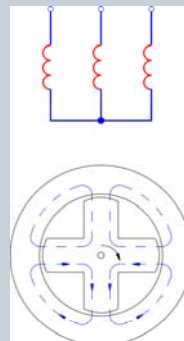


- Dio električnih rotacijskih strojeva koji se kreće
- Razlikujemo:
 - **Rotor sa istaknutim polovima** (sinkroni strojevi)
 - **Cilindrični rotor** (sinkroni, asinkroni, istosmjerni strojevi)

Rotor sa istaknutim polovima

- Građa:

- Jaram (kroz njega ide osovina)
- Polovi (polna jezgra i polno stopalo)

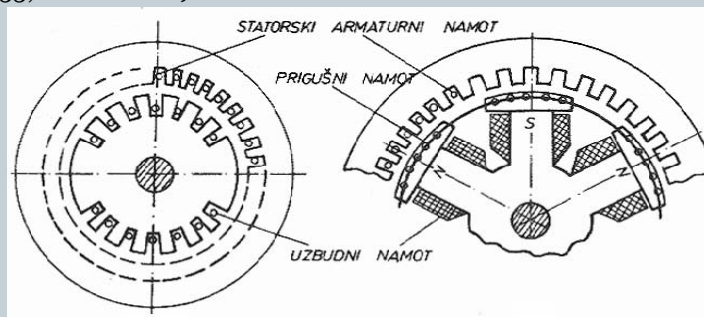


Slika 2.1-8 a; knjiga strana 55

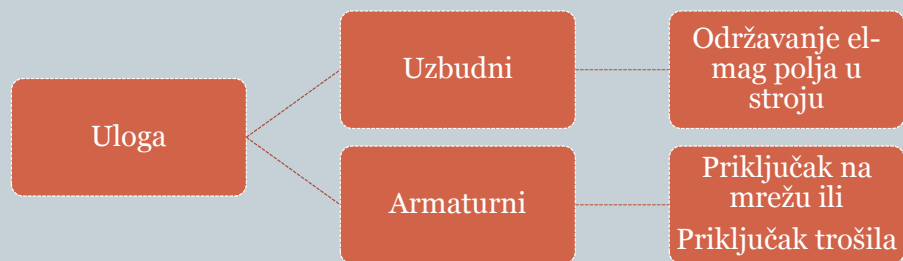
Rotor s cilindričnim namotom

- Rotor → valjkastog oblika, na tijelu rotora uzdužni kanali

(knjiga strana 55, slika 2.1.8 b)



Podjela namota prema ulozi



Hlađenje

- **Zašto?**
 - Gubici u bakru i željezu (isto kao kod transformatora)
- **Način hlađenja**
 - Manji strojevi – ventilator na osovini stroja (zrak)
 - Strojevi veće snage – sustav rashladnih kanala (zrak, voda, vodik)

Zajedničke karakteristike

- Ležajevi + osovina (horizontalno ili vertikalno)
- Spajanje:
 - Elastične spojke
 - Krute spojke

Sadržaj

- Osnove električnih rotacijskih strojeva
- **Sinkroni strojevi**
- Asinkroni strojevi
- Istosmjerni strojevi
- Kolektorski strojevi za izmjeničnu struju
- Koračni motori
- Primjena rotacijskih strojeva
- Zaštita elektromotora

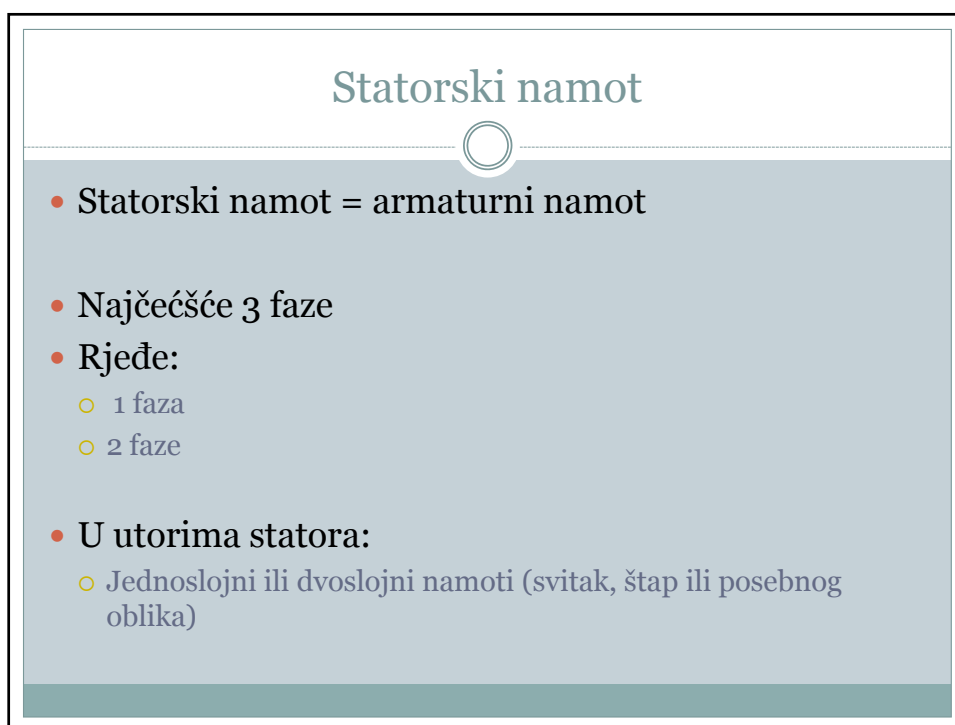
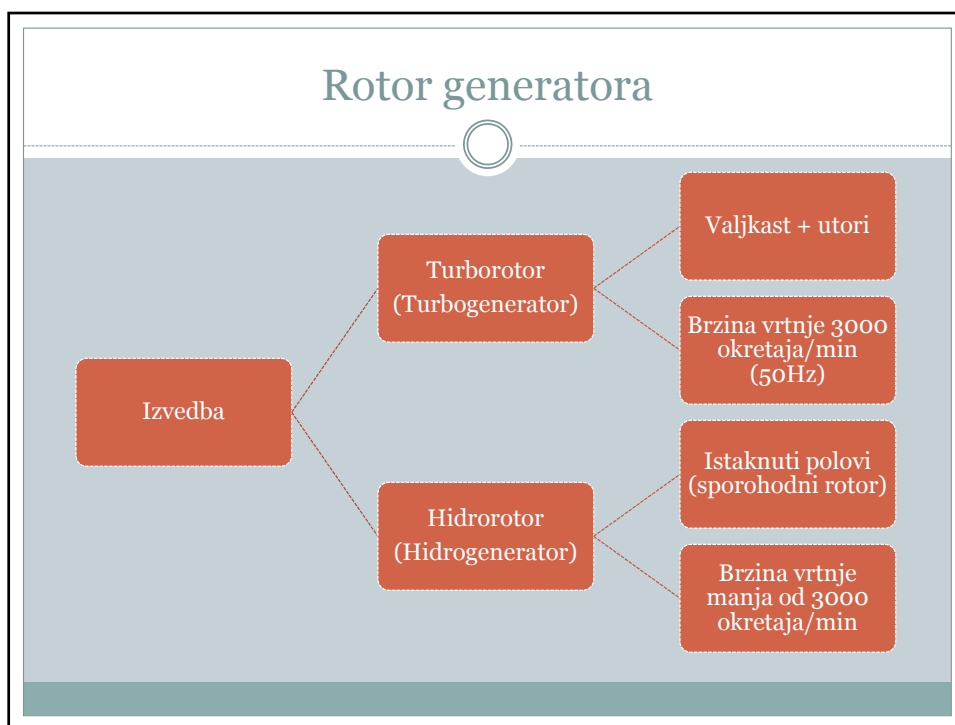
Sinkroni strojevi

- Izrađuju se kao:
 - Generatori
 - Elektromotori
- U praksi:
 - **Generatori velike nazivne snage**

Gdje se upotrebljavaju generatori?

Sinkroni generatori

- Zašto ih nazivaju sinkroni?
 - Struje statora (postoje pod opterećenjem) stvaraju okretno magnetsko polje
 - Rotira istom brzinom kao i polje rotora
 - **ZAKLJUČAK** → rotor rotira sinkrono s okretnim poljem statora



Korak svitka

- Korak svitka (Y):
 - Dijametralni
 - Skraćeni korak (nešto manji inducirani napon, ali eliminirani viši harmonički članovi)

A sada malo formula....

$$n_s = \frac{f}{p}$$

n_s – brzina vrtnje magnetskog polja
 f – frekvencija izmjenične struje
 p – broj parova polova

Inducirani napon (1 faza, 1 utor po polu)

$$E = 4,44 \Phi f N$$

E – inducirani napon
 Φ – magnetski tok
 f – frekvencija
 N – broj zavoja

A što kada je više namota po polu?

- Zbog prostorne razdiobe → smanjenje napona za iznos faktora razdiobe namota
- **NOVI POJAM:**
 - Faktor razdiobe namota (zonski faktor f_z)

A što kada je skraćeni korak namota?

- Smanjenje induciranih napona za tetivni faktor
- **NOVI POJMOVI:**
 - Tetivni faktor f_T
 - Faktor namota f_N

$$f_N = f_z * f_T$$

$$E = 4,44 \Phi f N f_N$$

Konačni izraz za inducirani napon

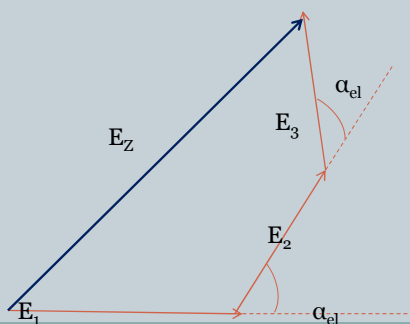
Fazni pomak

- Postoji zbog toga jer postoji više utora koji su ispod jednog pola magneta
- O čemu ovisi?
 - Broj polova po jednom polu (q)
 - Broju parova polova (p)
 - Jednom polnom koraku (τ) odgovara električni kut od polovice perioda (180° ili π radijana)
 - Po čitavom obodu stroja postoji N_U utora i $2p$ polova odgovara kut:

$$N_U \alpha_{el} = 2p\pi \rightarrow \alpha_{el} = \frac{2p\pi}{N_U}$$

Zašto je taj fazni pomak važan?

- Ukupni inducirani napon unutar jedne zone dobivamo.....
 - Vektorskim zbrajanjem induciranih napona po utorima



Zonski faktor

- Smanjenje induciranog napona zbog prostorne raspodjele svitaka po utorima

$$f_z = \frac{|E_z|}{(|E_1| + |E_2| + \dots + |E_Q|)}$$

Ako netko jako voli matematiku, tada sigurno može dokazati da vrijedi sljedeće:

$$f_z = \frac{\sin \frac{q\alpha_{gl}}{2}}{q \sin \frac{\alpha_{gl}}{2}}$$

Ostali samo neka
zapamte ovu formulu

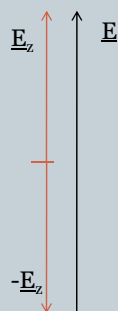
Tetivni faktor (f_T)

- Tetivni faktor je:
 - Faktor smanjenja induciranog napona uslijed skraćenja koraka svitka
- Skraćeni svitak – zonski naponi su pod kutem od 180° umanjenim za kut β
 $\beta = \pi - k \pi$ (k - faktor skraćenja koraka)

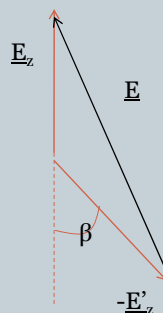
$$k = \frac{Y}{\tau_p}$$

Y – korak svitka
 τ_p - polni korak

Zbrajanje zonskih napona



Dijametralni svitak



Skraćeni svitak

Uz primjenu malo trigonometrije možemo doći od sljedećeg izraza:

$$f_T = \sin\left(\frac{k\pi}{2}\right)$$

Sinkronizacija generatora

- U električnoj mreži – paralelno
- Uvjeti za priključivanje generatora u mrežu:
 1. Napon generatora mora biti jednak naponu mreže na koju se priključuje
 2. Frekvencija napona generatora mora biti jednaka frekvenciji mreže na koju se generator priključuje (generator se ne smije priključiti dok nije postigao sinkronu brzinu)
 3. Između napona generatora i napona mreže ne smije biti faznog pomaka
 4. Redoslijed faza generatora mora se podudarati s redoslijedom faza mreže

Sinkroni motori

- **Primjena:**

- Tamo gdje je potrebna stalna brzina vrtnje (kompresori, crpke, ventilatori...)

- **Karakteristika:**

- ✦ Pod opterećenjem ima stalnu brzinu vrtnje, inducirani napon u statorskom namotu se zakreće u odnosu napon mreže za određeni kut (kut opterećenja)
- ✦ Motor ispada iz sinkronizma kada kut opterećenja dosegne 90°

Sinkroni motori

- **Pogodni za :**

- manje brzine vrtnje
- Viši pogonski naponi

- **Mogu raditi kao sinkroni kompenzatori**

- Pod određenim uvjetima, u praznom hodu mogu vraćati jalovu snagu u mrežu (prije priključivanja na mrežu moraju se sinkronizirati na mrežu → imati sinkronu brzinu)

Mali sinkroni motori

- Naziv prema načinu stvaranja momenta na osovini motora:
 - Histerezni motori
 - Motori sa stalnim magnetima
 - Reluktantni motori

Histerezni motori

- Građa:
 - Uzbudni namot u statoru (okretno magnetsko polje)
 - Rotor u obliku valjka
 - Materijal rotora → veliki gubici zbog histereze
 - Rotor učvršćen na osovini (cilindar od ne magnetskog materijala)
- Posljedice histereze:
 - Magnetski tok nije u fazi sa strujom → stvara zakretni moment
- **Važno:**
 - Moment motora je konstantan (ne ovisi o brzini vrtnje)
 - Ubrzavanje motora?

Histerezni motori (II)

- Asinkroni rad do trenutka → postizanja asinkrone brzine
- Karakteristike:
 - U početku asinkrono, kasnije sinkrono (pri punoj brzini)
 - Miran i nečujan rad
 - Uobičajene brzine motora:
 - ✦ 3000 okretaja u minuti – brzohodni
 - ✦ 375 ili 500 okretaja u minuti - sporohodni

$$n_s = \frac{f}{p}$$

Određivanje sinkrone brzine histereznog motora
 f – frekvencija
 p – broj pari polova

Motor sa stalnim magnetima

- Građa:
 - Razlika → dobivanje statorskog okretnog polja
 - Mali motori:
 - ✦ Jednofazni namot na statoru + kondenzator u pomoćnoj fazi
 - ✦ Kratko spojena pomoćna faza
 - Uzbuda:
 - ✦ Stalni magneti na rotoru
- Moguće izvedbe:
 - Jedan rotor
 - Dva rotora

Reluktantni motori

- Građa:
 - Nema rotorske uzbude
 - Nema stalnih magneta na rotoru
- Rotor:
 - Meko željezo
 - ✦ U smjeru uzdužne osi → mali magnetski otpor
 - ✦ U smjeru poprečne osi → veliki magnetski otpor
- Način pokretanja:
 - Magnetski tok statorske uzbude na obodu rotora pronalazi put s najmanjim magnetskim otporom

$$n_s = \frac{2f}{N_z}$$

f – frekvencija
N_z – broj zuba rotora

Sadržaj

- Osnove električnih rotacijskih strojeva
- Sinkroni strojevi
- **Asinkroni strojevi**
- Istosmjerni strojevi
- Kolektorski strojevi za izmjeničnu struju
- Koračni motori
- Primjena rotacijskih strojeva
- Zaštita elektromotora

Asinkroni strojevi

- Najčešća upotreba:
 - Elektromotori
- Fizikalno načelo rada asinkronih uređaja:
 - Načelo okretnog magnetskog polja
- Da bi to uspjelo potrebno je...
 - Kreirati imati višefazni sustav (statorski namot 3 struje, fazno pomaknute za 120°)

Asinkroni motor

- Stator → primarni namot
- Rotor → sekundarni namot
- Asinkroni motor radi s kratkospojenim rotorom

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_2} ; Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2}$$

E_2 – inducirani napon u rotoru
 Z_2 – impedancija rotora
 R_2 – djelatni otpor rotora
 X_2 – induktivni otpor rotora

$$M = k I_2 \Phi \cos \varphi$$

M – zakretni moment rotora [Nm]
 k – konstanta, ovisna o konstrukciji stroja
 Φ – Magnetski tok [Vs]
 φ – kut izmđu struje i magnetskog toka

Klizanje asinkronog motora

- Definicija:

- Razlika između sinkrone i stvarne brzine vrtnje rotora, izražava se u jediničnoj ili postotnoj vrijednosti sinkrone brzine

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

s – klizanje

n_s – sinkrona brzina vrtnje magnetskog polja

n – brzina vrtnje rotora

Kada rotor stoji → $s = 1$

Kada rotor dostigne sinkronu brzinu → $s = 0$

Ovisnosti o klizanju

- Teoretski klizanje od $-\infty$ do $+\infty$

$$E_2 = sE_{20} \quad E_{20} - \text{inducirani napon dok rotor miruje, a klizanje } s = 1$$

$$X_2 = sX_{20} \quad X_{20} - \text{rasipna reaktancija dok rotor miruje}$$

$$f_2 = sf_1 \quad f_1 - \text{frekvencija statora}$$

$$I_2 = \frac{sE_{20}}{\sqrt{R_2^2 + s^2 + X_{20}^2}} \quad I_2 - \text{rotorska struja}$$

Neke zanimljive stvari

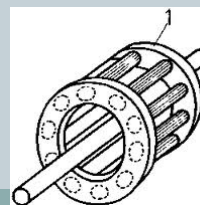
- U idealnom slučaju:
 - Rotor se vrti sinkronom brzinom →
 - ✦ $F_2 = 0$
 - ✦ $I_2 = 0$
 - ✦ $M = 0$
- Nemoguće zbog:
 - Gubici:
 - ✦ Trenje
 - ✦ Ventilacija
- Što se stvarno događa?
 - Brzina vrtnje rotora nešto niža od sinkrone brzine
 - Moment motora u praznom hodu = Moment trenja + Moment ventilacije
 - Moment opterećenog motora = Moment tereta + Moment trenja + Moment ventilacije
- Zaključak:
 - Moment motora ovisi o momentu tereta na njegovoj osovinu

Konstrukcija asinkronog motora

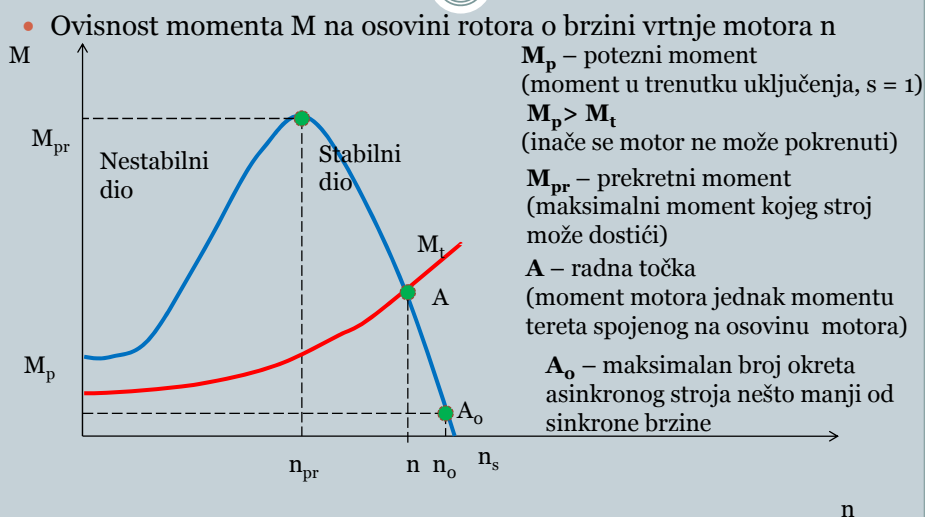
- Tijelo statora i rotora:
 - Paketi željeznih limova
- Stator:
 - Po konstrukciji sličan statoru sinkronog stroja
 - Utori u kojima je smješten namot
 - Statorski namot predstavlja primarnu stranu stroja priključenog na mrežu
- Rotor:
 - Razlike u odnosu na sinkrone strojeve
 - Vrste namota:
 - ✦ Kolutni
 - ✦ Kavezni

Rotorski namoti asinkronog stroja

- Izrada:
 - Paketi okruglih limova
- Kolutni motori:
 - Najčešće trofazni namot u tijelu rotora
 - Krajevi namota preko kliznih kolutova izvede se van stroja
- Kavezni motori:
 - U utorima rotora smješteni bakreni ili aluminijski štapovi, s obje strane povezani kratkospojnim prstenom
 - Moguće izvedbe sa 1 ili 2 kaveza
 - Ima onoliko faza koliko ima štapova u utorima



Momentna karakteristika asinkronog motora



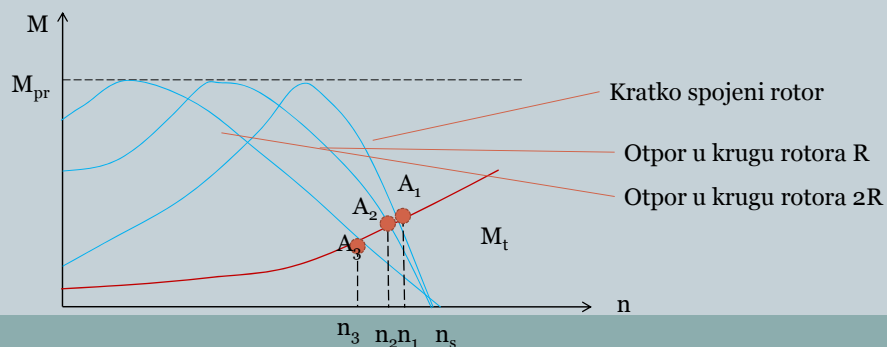
Regulacija brzine asinkronih motora

- Načini regulacije vrtnje asinkronih motora:

1. Promjenom otpora u krugu rotora
2. Promjenom frekvencije
3. Promjenom broja parova polova
4. Promjenom napona
5. Regulacija kaskadnim spojem

Regulacija brzine asinkronog motora promjenom otpora u krugu rotora

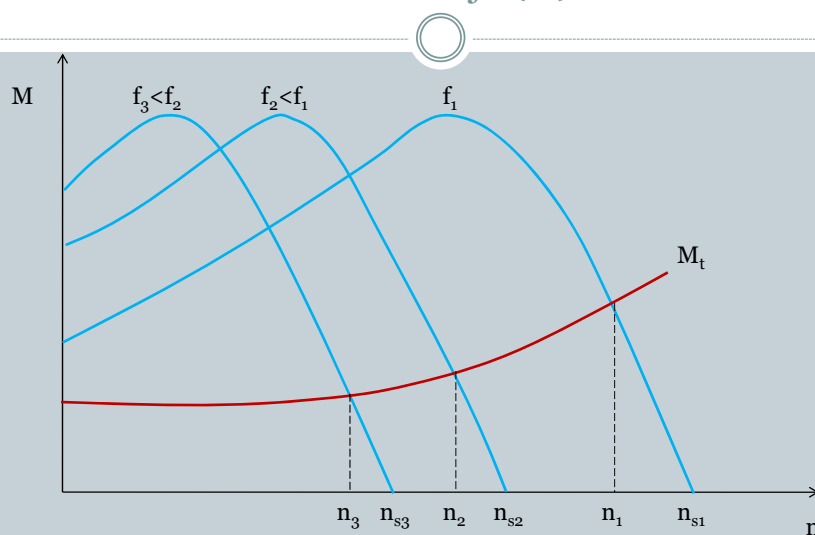
- Moguće smanjivanje brzine u radnoj točki uz povećanje otpora i obrnuto
- Nema promjene prekretnog momenta M_{pr}
- Moguće samo kod kolutnih motora



Regulacija brzine asinkronog motora promjenom frekvencije

- Potreban “FREKVENCIJSKI PRETVARAČ”
- Smanjenje frekvencije $\rightarrow$ smanjenje brzine u radnoj točki
- **PAŽNJA:** Promjena frekvencije $\rightarrow$ promjena mag toka
 - **Potrebno:** uz promjenu frekvencije promijeniti i napon napajanja
- **NUŽNO:**
 - Omjer frekvencije i napona napajanja $\rightarrow$ konstantna

Regulacija brzine asinkronog motora promjenom frekvencije (II)

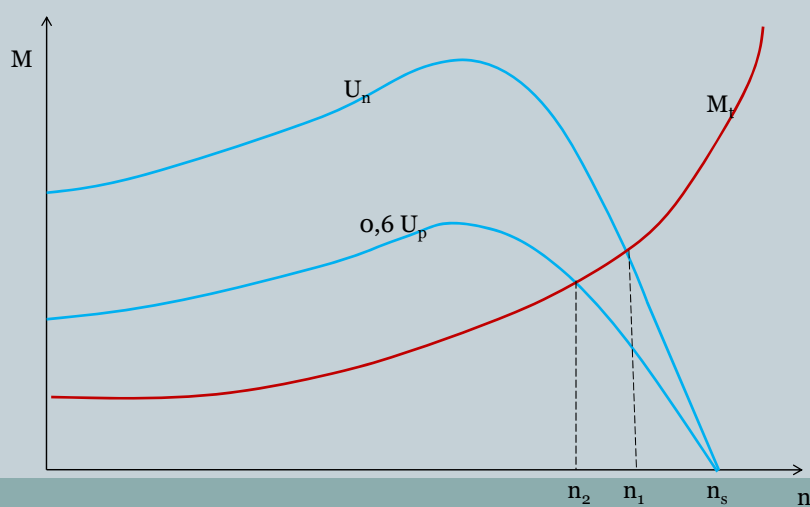


Regulacija brzine vrtnje asinkronog motora promjenom broja polova

- Promjena pari polova → promjena sinkrone brzine
- Pretežno kod kaveznih motora (omjer 2:1)
- U životu: perilica rublja

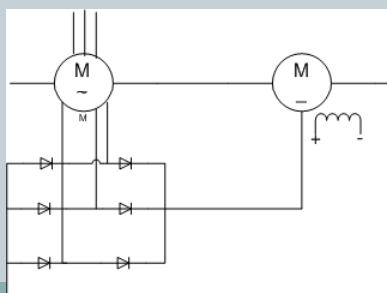
Regulacija brzine asinkronog motora promjenom napona

- Prikladno za male motore (bitno mijenjanje momentne karakteristike)

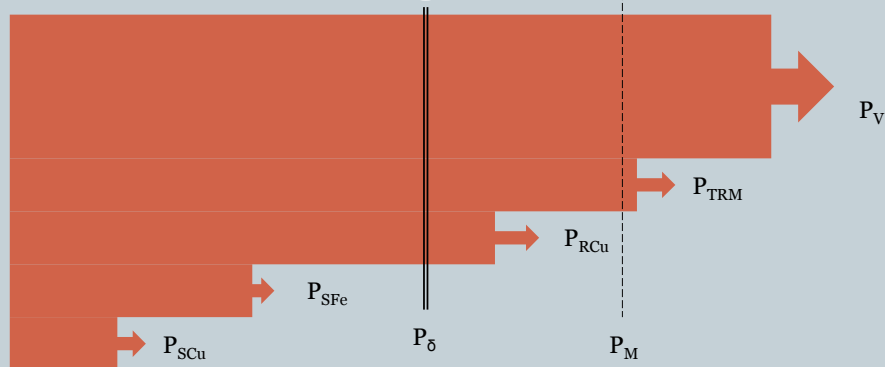


Regulacija brzine asinkronih motora kaskadnim spojem

- Kaskadni spoj dva motora:
 - Spoj dva motora na istoj osovini
- Zašto se koristi?
 - Regulacija promjenom otpora → veliki gubici
 - Ovaj slučaj → višak struje na drugi motor



Tok snage asinkronog motora



P_{SCu} – gubici u bakru statora

P_{SFe} – gubici u željezu stator

P_{δ} – snaga okretnog magnetskog polja

P_{RCu} – gubici u bakru rotora

P_M – mehanička snaga motora

P_{TRM} – gubici uslijed trenja i ventilacije

P_V – Izlazna snaga na osovini motora

Tok snage asinkronog motora (II)

- **Pretpostavka:**

- napajanje iz simetričnog trofaznog sustava

$$P_{UL} = 3U_F I_F \cos \varphi$$

P_{UL} – ulazna snaga motora priključena na trofazni simetrični sustav
 U_F – fazni napon mreže
 I_F – fazna struja statora
 $\cos \varphi$ – faktor faznog pomaka

$$P_{\delta} = P_{UL} - (P_{sCu} - P_{sFe})$$

P_{δ} – snaga okretnog magnetskog polja, koja se preko zračnog rasporeda prenosi na rotorsku stranu

$$P_M = P_{\delta} - P_{RCu}$$

P_M – mehanička snaga koja se troši na okretanje motora

$$P_{IZ} = P_M - P_{TRV}$$

P_{IZ} – izlazna snaga asinkronog motora
 P_{TRV} – Gubici zbog trenja i ventilacije

Tok snage asinkronog motora (III)

$$P_{RCu} = s P_{\delta}$$

P_{RCu} – gubici u namotima rotora s (klizanje) mora biti što manje

Korisnost motora η je:

omjer izlazne snage na osovini motora P_{IZ} i ulazne snage koju motor uzima iz mreže P_{UL}

$$\eta = \frac{P_{IZ}}{P_{UL}}$$

PAŽNJA:

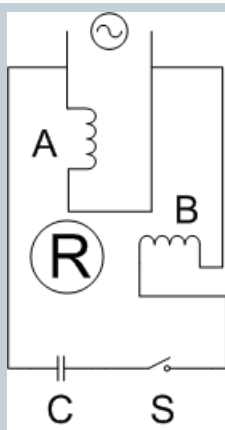
U analizi gubitaka zanemareni gubici u željezu rotora!!!!

Pri brzini bliskoj sinkronoj brzini, su zanemarivi u odnosu na gubitke u željezu statora, jer je frekvencija struje u rotoru mala

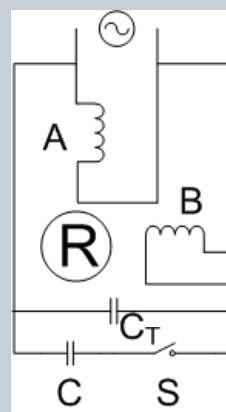
Jednofazni asinkroni motori

- Asinkrono motori – princip rada:
 - Okretno magnetsko polje → višefazni sustav
- Jednofazni asinkroni motor?
 - Potreban višefazni sustav, kako???
 - ✦ Ugradnja pomoćne faze
- Vremenski pomak između faza → dodavanje impedancije
 - Djelatni otpor
 - Induktivni otpor
 - Kapacitivni otpor (najčešće) → fazni pomak 90°

Jednofazni asinkroni motor (II)

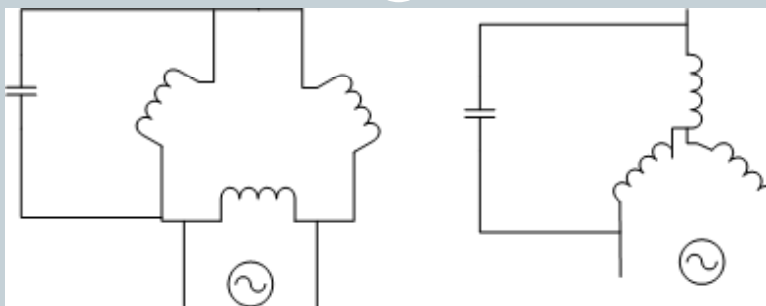


Jednofazni asinkroni motor s kondenzatorom za pokretanje



Jednofazni asinkroni motor s kondenzatorom za pokretanje i stalnim kondenzatorom u pomoćnoj fazi

Trofazni asinkroni stroj na jednofaznom priključku



Steinmetzov spoj:

Snaga motora smanjena za 20% do 30%
Potezni moment pada na $1/3$

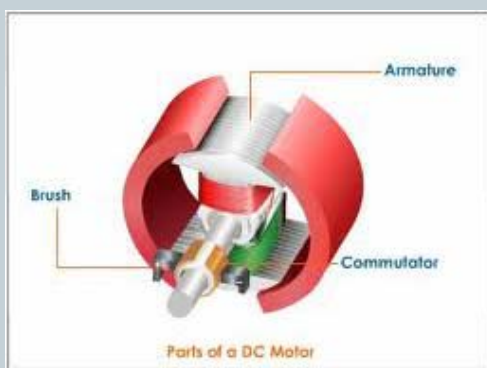
Sadržaj

- Osnove električnih rotacijskih strojeva
- Sinkroni strojevi
- Asinkroni strojevi
- **Istosmjerni strojevi**
- Kolektorski strojevi za izmjeničnu struju
- Koračni motori
- Primjena rotacijskih strojeva
- Zaštita elektromotora

Istosmjerni strojevi

- Razlika u odnosu na sinkrone i asinkrone:

- Uzbudni namot → stator
- Armaturni namot → rotor



Komutator (kolektor) –
Mehanički ispravljač

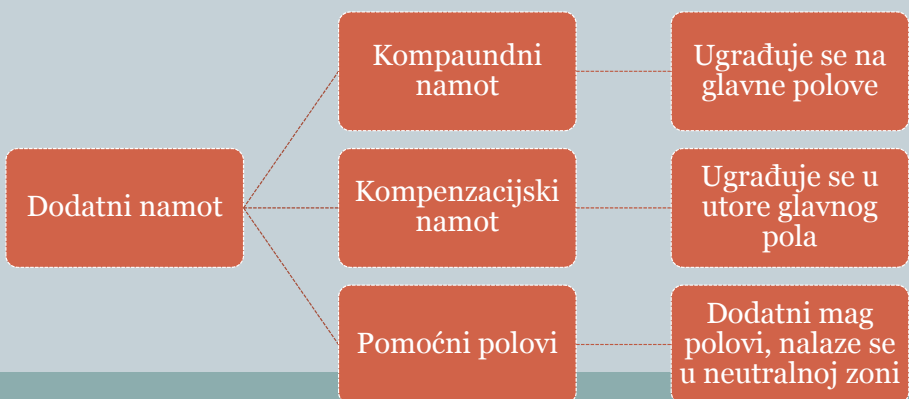
ULOGA:

- Ispravljač
- priključak na vanjske stezaljke stroja

Reakcije armature istosmjernog stroja

- Negativne reakcije armature

- Ugraditi dodatne namote ili mag polove za poboljšavanje magnetske slike između statora i rotora



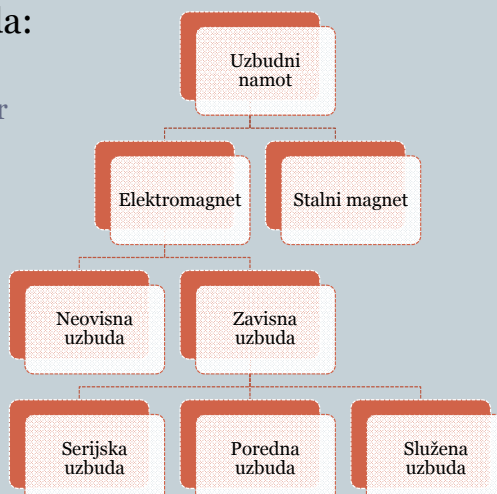
Komutacija

- **Definicija:**
 - Proces promjene smjera struje pri prelasku četkice s jedne lamele na drugu
- **Posljedica:**
 - Napon samoindukcije prilikom prelaska četkice s jedne lamele na drugu
- **Fizička manifestacija:**
 - Iskrenje između četkice i lamele
 - Istrošenost kolektora → poskakivanje četkica
 - Istrošenost četkica
 - Nepravilan pritisak četkice na lamelu

Vrste istosmjernih strojeva

- **Način rada:**

- Motor
- Generator



Vrste uzbuda

- Neovisna uzbuda:
 - Uzbudni namot priključen na posebni izvor napajanja
 - Uzbudna struja → neovisna prilagodba
- Serijska uzbuda:
 - Uzbudni namot u seriji sa armaturnim namotom
 - Armaturna struja u ovom slučaju → uzbudna struja
- Poredna uzbuda:
 - Uzbudni namot priključen paralelno armaturnom namotu
 - Uzbudna struja → regulacija vanjskim djelatnim otporom
- Složena (kompaundna) uzbuda:
 - Uzbudni namot od 2 dijela (serijski i paralelno u odnosu na armaturni namot)

VAŽNO!!!!!!

Knjiga strana 73, slika 2.4-8

Regulacija brzine vrtnje istosmjernog motora

$$n = \frac{E}{k\Phi}$$

$$n = \frac{U - I_A R_A}{k\Phi}$$

n – brzina vrtnje

E – inducirani napon

Φ – magnetski tok

I_A – struja armature

R_A – otpor armature

k – koeficijent inducirano
napona

ZAKLJUČAK:

Brzina vrtnje se mijenja promjenom napona ili promjenom magnetskog toka

Regulacija brzine vrtnje istosmjernog motora (II)

- Regulacija naponom
 - U rasponu od 0V do nazivnog napona uz konstantnu uzбудu
 - Hlađenje:
 - ✦ Ovisi o brzini vrtnje → mora se smanjiti struja (pregrijavanje)
 - ✦ Ne ovisi o brzini vrtnje → Snaga motora ovisi o brzini vrtnje
- Regulacija poljem:
 - Konstantan napon armature + promjena magnetskog toka
 - Održavanje konstantne snage
- Leonardov agregat:
 - Mijenja se i napon i magnetski tok
 - Knjiga strana 74, slika 2.4-9

Sadržaj

- Osnove električnih rotacijskih strojeva
- Sinkroni strojevi
- Asinkroni strojevi
- Istosmjerni strojevi
- **Kolektorski strojevi za izmjeničnu struju**
- Koračni motori
- Primjena rotacijskih strojeva
- Zaštita elektromotora

Kolektorski motori za izmjeničnu struju

- Konstrukcija slična istosmjernim kolektorskim motorima
- Razlika u konstrukciji statora
 - Manji gubici u željeznoj armaturi
- Izvedbe izmjeničnih kolektorskih motora:
 - Izmjenični kolektorski motor
 - Univerzalni motor (upotreba u domaćinstvu do 1.5kW)

Sadržaj

- Osnove električnih rotacijskih strojeva
- Sinkroni strojevi
- Asinkroni strojevi
- Istosmjerni strojevi
- Kolektorski strojevi za izmjeničnu struju
- **Koračni motori**
- Primjena rotacijskih strojeva
- Zaštita elektromotora

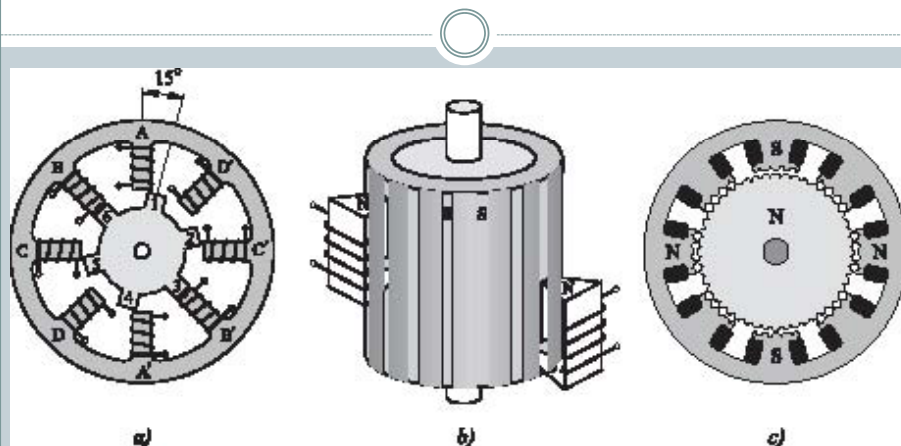
Koračni motori

- **Osnovna značajka:**
 - Motor se pokreće u točno određenim koracima
 - Mogu biti:
 - ✦ Rotacijski
 - ✦ Linearni
- **Najčešće konstrukcije:**
 - U jednom okretu: 50, 100 ili 200 koraka po okretu
 - Tome odgovara kutni pomak rotora od: $7,2^\circ$; $3,6^\circ$; $1,8^\circ$
- **Definicija:**
 - Koračni motor je elektromehanički pretvornik energije koji impulsnu pobudu pretvara u odgovarajući mehanički pomak

Koračni motori (II)

- **Primjenjivo kod:**
 - Digitalni električni sustavi
 - ✦ Pomak papira i glave printera
- **PODJELA PREMA NAČINU KONSTRUKCIJE:**
 1. Reliktantni koračni motori
 2. Koračni motori sa stalnim magnetom
 3. Hibridni koračni motori

Koračni motori (III)



- a) Reluktantni
- b) S trajnim magnetom
- c) Hibridni

Reluktantni koračni motori

- Podjela prema načinu konstrukcije:
 - Jednosekcijski (različit broj zubi statora i rotora)
 - ✦ Nazubljeni višefazni stator
 - ✦ Nazubljen rotor od mekog željeza
 - Višesekcijski (jednak broj zubi statora i rotora)
 - ✦ Više jednosekcijskih motora sa zajedničkom osovinom
- Kut zakreta motora ovisi o:
 - Broj zubi rotora i statora
- α_z – kut pomaka zubi susjednih sekcija

$$\alpha_z = \frac{\lambda}{S}$$

λ - kut između simetrala dva susjedna zuba
 S – broj sekcija statora

Koračni motori sa stalnim magnetima

- **Konstrukcija:**

- Stator – višefazni namot
- Rotor – stalni magnet radijalno magnetiziran (istaknuti polovi ili cilindričan)

Hibridni koračni motor

- **Konstrukcija:**

- Stator
 - ✦ Istaknuti polovi
 - ✦ Dvofazni bifilarni namot (polovi S i N se izmjenjuju)
 - ✦ Svaki statorski pol može imati više zuba
- Rotor:
 - ✦ Aksijalno ugrađeni stalni magneti na osovinu rotora
 - ✦ Na magnete navučeni nazubljeni nastavci od mekog Fe
 - ✦ Zubi su međusobno pomaknuti za jedan zubni kut
- **Bifilarni namot:**
 - Mijenjanje orijentacije magnetskog toka statorskih polova

Hibridni koračni motor – koračni kut

$$\alpha_R = \frac{2\pi}{Z_R}$$

α_R – zubni kut rotora

Z_R – broj zubi rotora

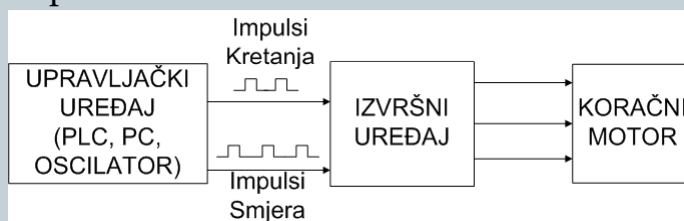
$$\alpha = \frac{\alpha_R}{2n}$$

α – koračni kut

n – broj faza

Upravljanje koračnim motorim

- Način pokretanja:
 - Električni impuls (ostali kontinuirano napajanje)
- Digitalni uređaji:
 - Nema potrebe za povratnom informacijom (broj impulsa unaprijed određuje pomak)
- Veći broj koraka koračnog motora po jednom okretu → veća preciznost



Upravljanje koračnim motorom

- Načini okretanja rotora koračnog motora:
 - Puni korak
 - Polukorak
 - Mikrokorak

Sadržaj

- Osnove električnih rotacijskih strojeva
- Sinkroni strojevi
- Asinkroni strojevi
- Istosmjerni strojevi
- Kolektorski strojevi za izmjeničnu struju
- Koračni motori
- **Primjena rotacijskih strojeva**
- Zaštita elektromotora

Primjena rotacijskih strojeva

• SINKRONI STROJEVI

- Pretvorba mehaničke energije u električnu (0,5 do 340 MVA)
 - ✦ Sinkroni generatori
 - ✦ Hidrogeneratori
 - ✦ Turbogeneratori
- Brodski generatori (brodske crpke, brodske el instalacije, vitla)
 - ✦ Veliki samouzbudni generatori
100 do 2,5MVA; uzbuda preko tiristorskog ispravljača
- Male električne centrale, agregati za nuždu (0,6 do 250kVA)
 - ✦ Mali samouzbudni generatori
- Elektromotorni pogoni velike snage + stalna brzina vrtnje (ventilatori, crpke, kompresori)
 - ✦ Sinkroni motori

Primjena rotacijskih strojeva (II)

• Asinkroni strojevi

- Kolutni motori:
 - ✦ Drobilice, dizalice, mlinovi, kompresori, crpke, sjekači, transporter
- Kavezni motori:
 - ✦ Trofazni (snaga do 30MW):
 - Pogodni za korištenje prilikom strujnih udara
 - Tamo gdje nema visokih kriterija regulacije
 - Neregulirani elektromotorni pogoni (tramvaj)
 - ✦ Jednofazni (snaga do 3kW):
 - Kućanski aparati
 - Poljoprivredni strojevi

Primjena rotacijskih strojeva (III)

- Istosmjerni strojevi:
 - Istosmjerni generatori:
 - ✦ Samo u slučaju kada je primjena poluvodičkih ispravljača nemoguća ili nepraktična
 - Istosmjerni motori:
 - ✦ Pogon tiskarskih, alatnih strojeva, proizvodnja papira, pogon dizalica, valjaonice...
 - ✦ Lokomotive

Primjena rotacijskih strojeva (IV)

- Mali električni motori (snaga reda veličine 100W):
 - Upotreba u domaćinstvu (kućanski aparati)

Sadržaj

- Osnove električnih rotacijskih strojeva
- Sinkroni strojevi
- Asinkroni strojevi
- Istosmjerni strojevi
- Kolektorski strojevi za izmjeničnu struju
- Koračni motori
- Primjena rotacijskih strojeva
- **Zaštita elektromotora**

Zaštita elektromotora

- Povišena temperatura uslijed preopterećenja
 - Sustav hlađenja → ne može održati temperaturu unutar dozvoljenih granica
- Povišena temperatura uslijed predugog trajanja rada motora ili zakočene osovine rotora
 - Smanjeno vlastito hlađenje; visoki iznosi jačine struje
- Povišena temperatura uslijed nesimetričnog napajanja
 - Ispad pojedine faze (uzrok → kratki spoj unutar stroja)
- Uzemljenje statora
 - Zagrijavanje Fe jezgre → kratki spojevi između limova

Zaštita elektromotora – uzemljenje statora

- Zaštitni uređaji:
 - Osigurač
 - ✦ Talijev umetak – prekid strujnog kruga u slučaju prevelike struje
 - Bimetalni relej
 - ✦ Osiguravanje ispravne komutacije kod istosmjernih strojeva
 - Zaštitni prekidači
 - ✦ Koriste se kod naglih porasta struje, kraki spoj
 - Temperaturna zaštita
 - ✦ Ugrađena u statorski namot → jednofazni elektromotori

Ispitna pitanja (I)

1. Koje su osnovne skupine električnih rotacijskih uređaja?
2. Na temelju kojeg fizikalnog načela rade generatori?
3. Na temelju kojeg fizikalnog načela rade elektromotori?
4. Koji su osnovni dijelovi rotacijskog stroja?
5. Koje vrste utora kod statora i rotora postoje?
6. Što je korak svitka?
7. Što je polni korak?
8. U čemu je razlika između dijametralnog i tetivnog namota?
9. Što je petljasti, a što koncentrični namot?
10. Kako se dijele namoti prema ulozi?

Ispitna pitanja (II)

1. Koje su dvije vrste rotora sinkronog stroja?
2. Definiraj pojam "Uzbudni namot".
3. Definiraj pojam "Armaturni namot".
4. Koji su glavni dijelovi statora sinkronog generatora?
5. Kako dolazi do induciranja napona u sinkronom generatoru?
6. Koja je veza između frekvencije, sinkrone brzine i broja pari polova sinkronog generatora?
7. O čemu ovisi vrijednost inducirano napona sinkronog generatora?
8. Objasnite pojmove zonskog i tetivnog faktora. Što predstavlja faktor namota?
9. Koji su uvjet paralelnog rada sinkronog generatora?
10. Po kojoj se karakteristici posebno ističe sinkroni motor?

Ispitna pitanja (III)

1. Kako sinkroni motori postižu sinkronu brzinu?
2. Što su sinkroni kompenzatori?
3. Navedite tri vrste malih sinkronih motora
4. Na kojem načelu rade histerezni motori?
5. Kada dolazi do stvaranja zakretnog momenta kod malih sinkronih motora sa stalnim magnetom?
6. Uslijed čega dolazi do stvaranja momenta na osovini rotora reluktantnih motora?
7. Na kojem temeljnom načelu rade asinkroni motori?
8. Što je klizanje asinkronog motora?
9. Zašto asinkroni motori ne mogu dostići sinkronu brzinu?
10. U kojem pogonskom stanju asinkroni motor ima najveću brzinu i zašto?

Ispitna pitanja (IV)



1. Objasnite konstrukciju statora i rotora asinkronog motora
2. Koliko faza ima rotor asinkronog kaveznog motora?
3. Što je momentna karakteristika asinkronog motora i koje su njezine ključne točke?
4. Što je radna točka asinkronog motora?
5. Na koji način se može regulirati brzina asinkronog motora?
6. Koji se način regulacije brzine ne može primijeniti na kavezne asinkrone motore?
7. Na koji način se pri regulaciji brzine promjenom frekvencije mogu održati karakteristike motora stalnim?
8. Na koje načine se može provoditi skokovita regulacija brzine asinkronog motora?
9. Koji su sve gubici snage na statoru i rotoru asinkronog motora?
10. Zašto je moguć rad jednofaznog asinkronog motora bez pomoćne faze?

Ispitna pitanja (V)



1. Koju ulogu ima pomoćna faza kod jednofaznog asinkronog motora?
2. Kako su građeni rotor i stator istosmjernog stroja?
3. Što je kolektor i koja mu je uloga?
4. Objasnite motorski i generatorski način rada istosmjernog stroja
5. Objasnite što je reakcija armature istosmjernog motora
6. Koje su štetne posljedice reakcije armature?
7. Kako se otklanjaju posljedice reakcije armature?
8. Navedite vrste istosmjernih strojeva i na temelju čega je načinjena podjela?
9. Na koji način se može obaviti regulacija brzine vrtnje istosmjernog stroja?
10. Što je Leonardov agregat?

Ispitna pitanja (VI)

1. U čemu je razlika u konstrukciji između istosmjernih i izmjeničnih kolektorskih motora?
2. Definiraj koračni motor
3. Navedite osnovne vrste koračnih motora
4. Koja je osnovna prednost koračnih motora gleda način upravljanja?
5. Objasnite konstrukciju jednosekcijskih koračnih motora s promjenjivim magnetskim otporom
6. Koja je razlika između jednosekcijskih i višesekcijskih koračnih motora s promjenjivim magnetskim otporom?
7. Objasnite konstrukciju koračnih motora sa stalnim magnetom
8. Objasnite konstrukciju hibridnog koračnog motora
9. Koji su dijelovi sustava za upravljanje koračnim motorima?
10. Kako se može ostvariti puni, a kako polukorak koračnog motora?

Ispitna pitanja (VII)

1. O čemu ovisi preciznost pomaka koračnog motora?
2. Na koji način najčešće upravljamo radom koračnih motora?
3. Navedite područje primjene sinkronih generatora
4. Gdje se primjenjuju sinkroni motori?
5. Gdje se primjenjuju asinkroni generatori?
6. Koja su područja primjene trofaznih i jednofaznih asinkronih motora?
7. Gdje se koriste istosmjerni električni strojevi?
8. Koja su područja primjene malih motora?
9. Koji su osnovni razlozi za primjenu zaštite elektromotora?
10. Navedite na koje se sve načine štite elektromotori?

Ispitna pitanja (VIII)



1. Zašto osigurači ne mogu biti jedino sredstvo zaštite kod trofaznih motora?
2. Na koji način bimetalni releji štite elektromotore od preopterećenja?
3. Kako se zaštitnim prekidačima provodi zaštita elektromotora?
4. Navedite značajke temperaturne zaštite kod malih i velikih elektromotora