

Električni strojevi i uređaji



HEME SPAJANJA I POKRETANJA
ELEKTRIČNIH MOTORA

TEHNIČKA ŠKOLA BJELOVAR

Pokretanje ili zalet elektromotora



- **Prijelazno stanje**
 - od uključenja do postizanja željenog pogonskog stanja
- **Posebna pažnja:**
 - Struja pokretanja
 - Potezni moment
- **Opasnosti:**
 - Struja pokretanja previsoka
 - ✦ Šteta na električnoj mreži
 - ✦ Šteta na elektromotoru
 - Potezni moment
 - ✦ Nemogućnost ispravnog pokretanja priključenog tereta

Sadržaj

- **Pokretanje sinkronih motora**
- Pokretanje asinkronih motora
- Pokretanje motora uređajem za polagani zalet
- Pokretanje istosmjernih motora
- Sheme spajanja univerzalnih motora
- Reverziranje motora

Pokretanje sinkronih motora



Asinkrono pokretanje sinkronih motora

- Osim uzbudnog ima i prigušni namot
- Prigušni namot
 - U obliku kaveza
 - Uložen u polne papuče
 - S obje strane spojen (kratkospojni prsten)
- Princip pokretanja:
 - Uzbudni namot – kratki spoj
 - ✦ (otpornik 10x veći od otpora uzbudnog namota)
 - Uključivanje uzbude – 95% sinkrone brzine

Načini asinkronog pokretanja sinkronog motora

Asinkrono
pokretanje

Izravno uključenje na mrežu

Prespajanje zvijezda - trokut

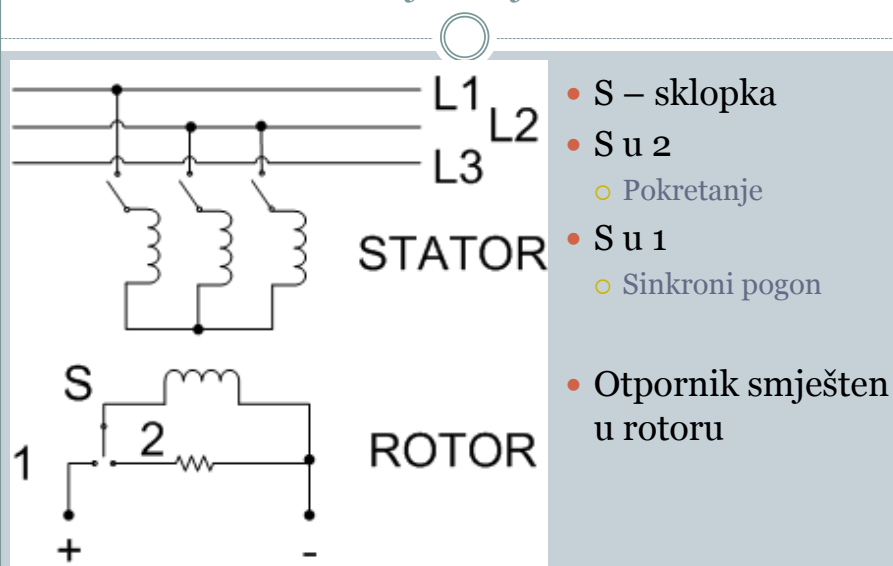
Preko otpornika ili prigušnice

Pomoću transformatora za
pokretanje

Izravno uključenje na mrežu

- Karakteristike pri pokretanju:
 - Uklopna struja 4x-6x veća od nazivne
 - Potezni moment 50%-100% nazivnog momenta
- Kada primijeniti:
 - Ako mreža podnosi velike strujne udare

Izravno uključenje na mrežu



Prespajanje zvijezda trokut

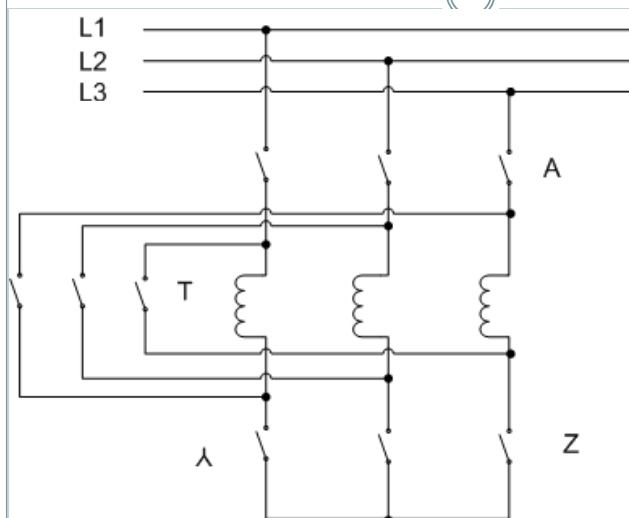
- Karakteristike pri pokretanju

- Uklopna struja 3x manja od one u spoju trokuta
- Potezni moment 3x manji od onog kada je u trokutu

- Kada primijeniti:

- Motori većih snaga
- Srednje teško pokretanje

Prespajanje zvijezda - trokut



- Pokretanje

- A i Z uključeni
- Statorski namot u zvijezdu
- Fazni napon

- Normalan rad

- A i T zatvoreni
- Z otvoren
- Statorski namot u trokut
- Linijski napon

Preko otpornika ili prigušnice

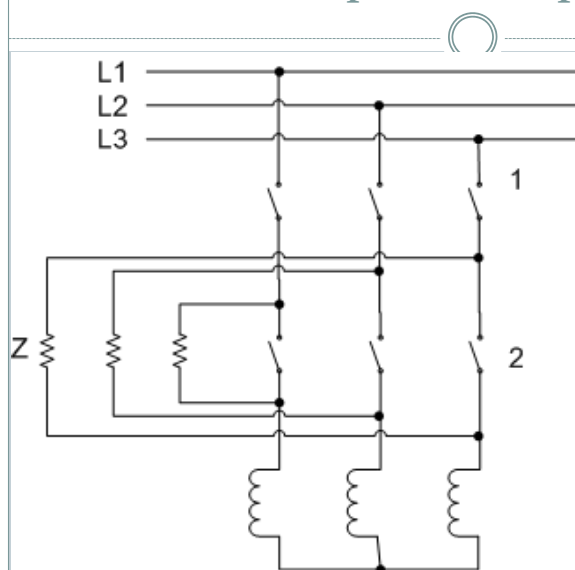
- Karakteristike pri pokretanju

- Struja pokretanja 1,5x do 2,5x veća od nazivne
- Potezni moment 10% nazivnog poteznog momenta

- Kada primijeniti:

- Male snage motora
- Lagano pokretanje

Preko otpornika ili prigušnice



- Pokretanje:

- 2 otvoren (namotu je u seriju dodan otpornik ili prigušnica)

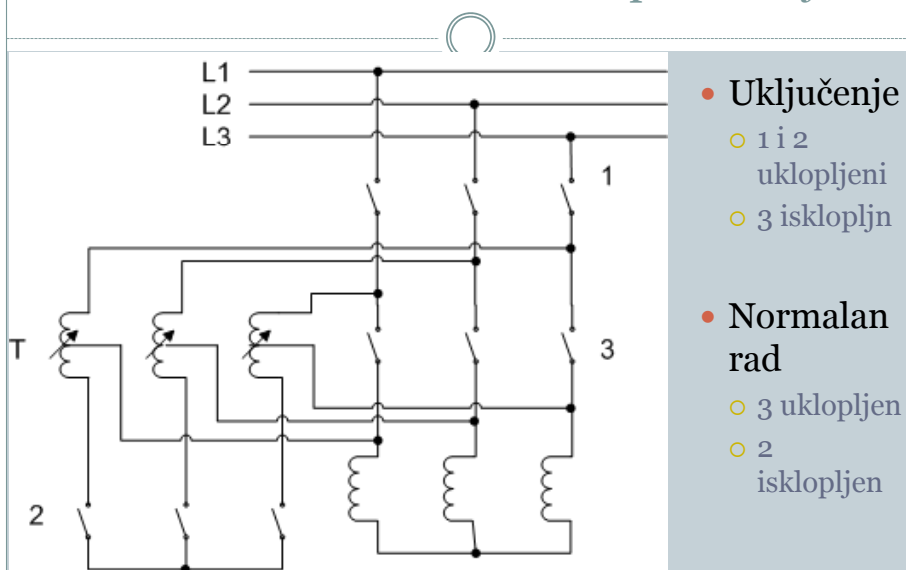
- Normalan rad

- 2 zatvoren (otpornici ili prigušnice kratko spojeni)

Preko transformatora za pokretanje

- Karakteristike pri pokretanju
 - Struja pokretanja ovisi o prijenosnom omjeru transformatora
 - Potezni moment ovisi o prijenosnom omjeru transformatora
- Kada primijeniti:
 - Sve vrste snaga

Pomoću transformatora za pokretanje



Sinkrono pokretanje korištenjem frekvencijskog pretvarača

- Frekvencijski pretvarač:
 - promjena frekvencije i napona
- Specifičnost:
 - Rotor je cijelo vrijeme u sinkronizmu
 - Zalet motora traje relativno dugo
 - Gubici zanemativni
- Primjena:
 - Pokretanje motora
 - Reguliranje brzine vrtnje motora

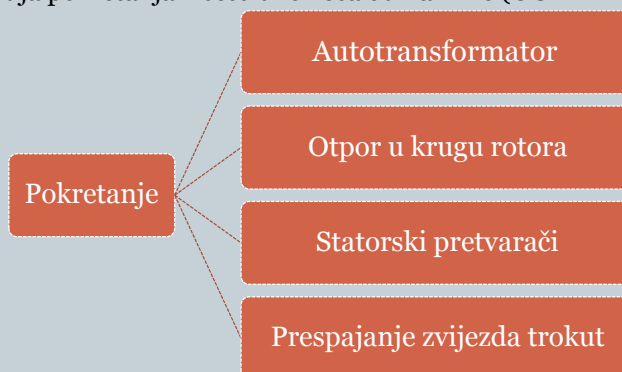
Sadržaj

- Pokretanje sinkronih motora
- **Pokretanje asinkronih motora**
- Pokretanje motora uređajem za polagani zalet
- Pokretanje istosmjernih motora
- Sheme spajanja univerzalnih motora
- Reverziranje motora

Pokretanje asinkronih motora

- **Trenutak pokretanja:**

- Kao transformator u kratkom spoju
 - ✦ Struja pokretanja višestruko veća od nazivne (OGRANIČITI JE!!!)



Pokretanje pomoću autotransformatora

- **Karakteristike pri pokretanju**

- Smanjivanje napona prilikom pokretanja → smanjenje struje

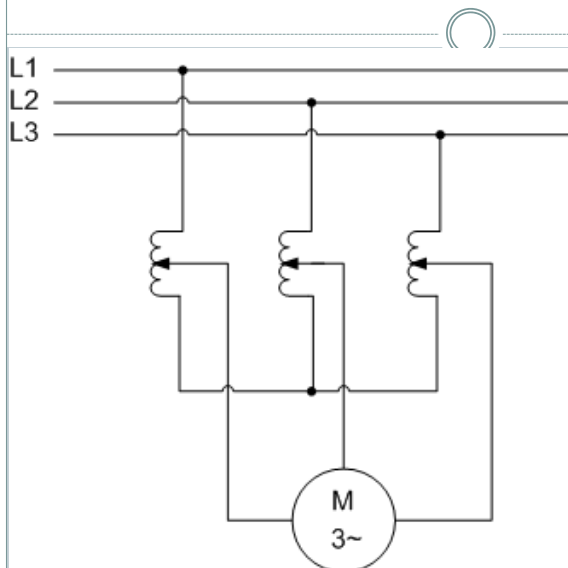
- **Pri potrebnoj brzini**

- Struja se smanjuje → moguće priključiti na puni napon mreže

- **Kada primijeniti:**

- Kavezni motori velikih snaga

Pokretanje pomoću autotransformatora



- **Pokretanje:**

- Smanjuje se napon
- (manja struja)

- **Normalan rad:**

- Postignuta radna brzina
- Moguć priključak na puni napon mreže

Pokretanje pomoću otpora u krugu statora

- **Karakteristike pri pokretanju**

- Uključuje se otpor u krugu rotora → smanjenje struje
- Različiti otpori → različite momentne karakteristike
- Prekretni moment uvijek isti

- **Pri potrebnoj brzini**

- Isključuju se otpori iz rotorskog kruga (struja je u dozvoljenim granicama)

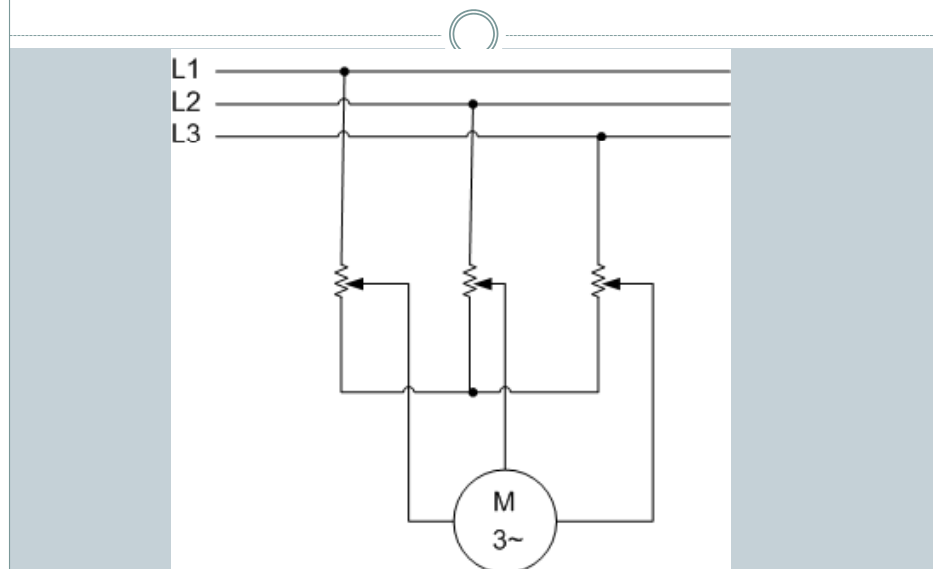
- **Kada primijeniti:**

- Samo kod kolutnih motora

Pokretanje pomoću statorskih pretvarača

- Karakteristike pri pokretanju
 - Statorski namot se priključuje na mrežu – trofazni pokretač
- Pri potrebnoj brzini
 - Isključi se pokretač u statorskom namotu
- Kada primijeniti:
 - Tamo gdje gubici nisu važni

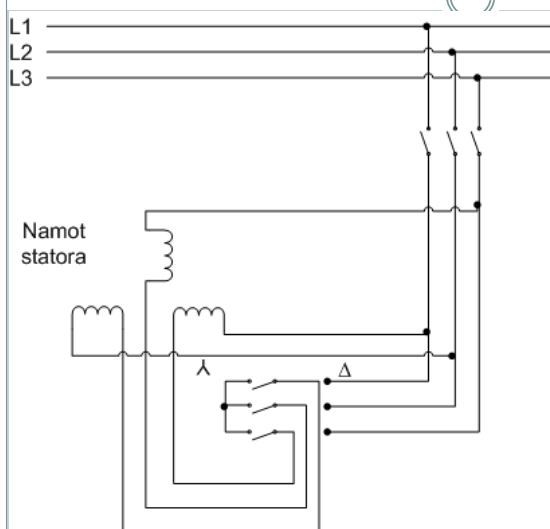
Pokretanje pomoću statorskih pokretača



Pokretanje prespajanjem zvijezda trokut

- Karakteristike pri pokretanju
 - Smanjenje napona (zvijezda) → smanjenje struje
- Pri potrebnoj brzini
 - Namot se prespoji u trokut
- Kada primijeniti:
 - Kod motora predviđenih za trajni rad u spoju trokut
 - Kod malih priključenih tereta (mali potezni moment u odnosu na moment u radoj točki)

Pokretanje prespajanjem zvijezda-trokut



- Pokretanje
 - Smanjenje napona → manja struja
 - $\sqrt{3}$ manji napon

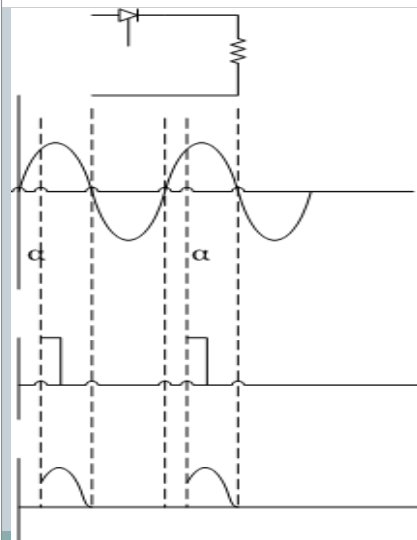
Sadržaj

- Pokretanje sinkronih motora
- Pokretanje asinkronih motora
- **Pokretanje motora uređajem za polagani zalet**
- Pokretanje istosmjernih motora
- Sheme spajanja univerzalnih motora
- Reverziranje motora

Pokretanje motora uređajem za polagani zalet

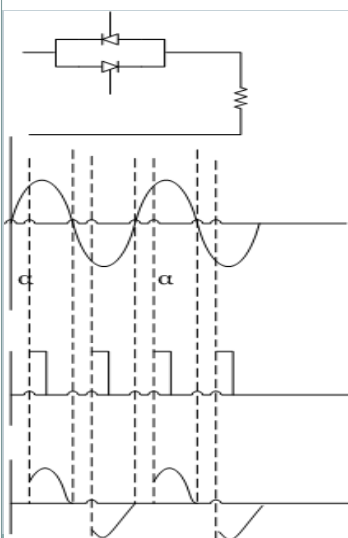
- Pokretanje smanjenjem napona
 - smanjen napon → smanjena struja
- Uređaj za polagani zalet
 - Elektronički uređaj kojim se postiže smanjenje efektivne vrijednosti narinutog napona
 - Temelji se na radu elektronički upravljivih ventila (tiristor)

Kako radi tiristor?



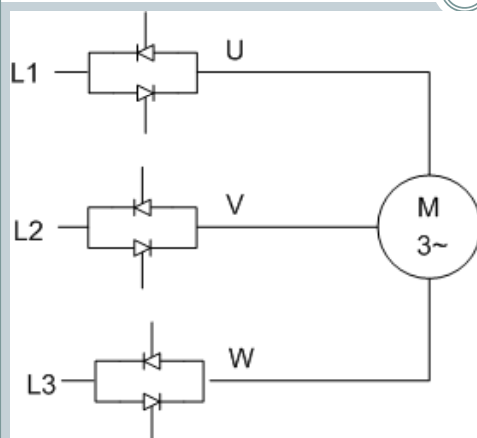
- Provode struju samo u jednom smjeru
- Za razliku od diode imaju i upravljačku elektrodu
 - Služi za određivanje trenutka početka vođenja α

Kako radi tiristor? (2)



- Ako spojimo antiparalelno tiristore
 - Dobivamo isti učinak u obje poluperiode
- **Važno!!!!**
 - Efektivna vrijednost napona ovisi o površini
- **ZAKLJUČAK:**
 - Promjenom parametra α mijenjamo vrijednost efektivnog napona

Uređaj za polagani zalet



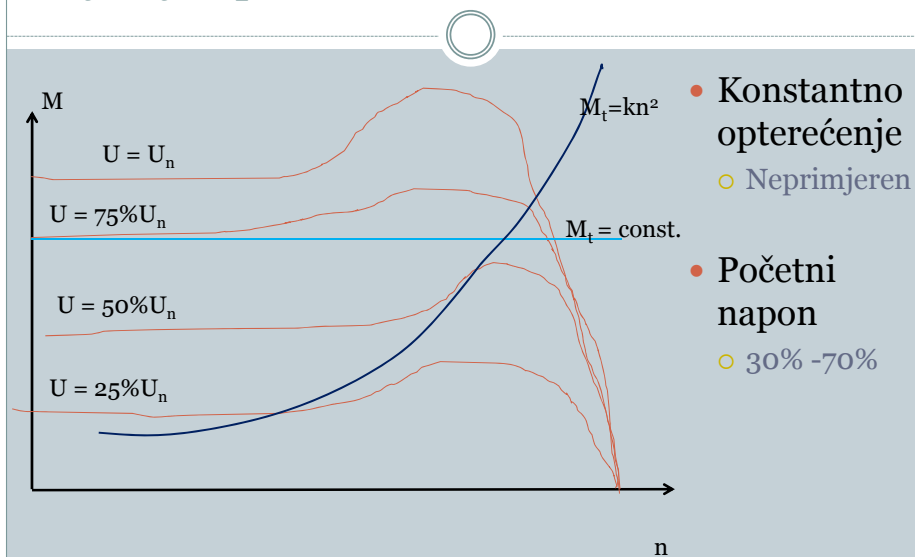
Čemu služi?

- Ograničenje potezne struje i
- Ograničenje poteznog momenta motora
- Krajnji rezultat:
 - ✦ Smanjenjem efektivne vrijednosti priključenog napona

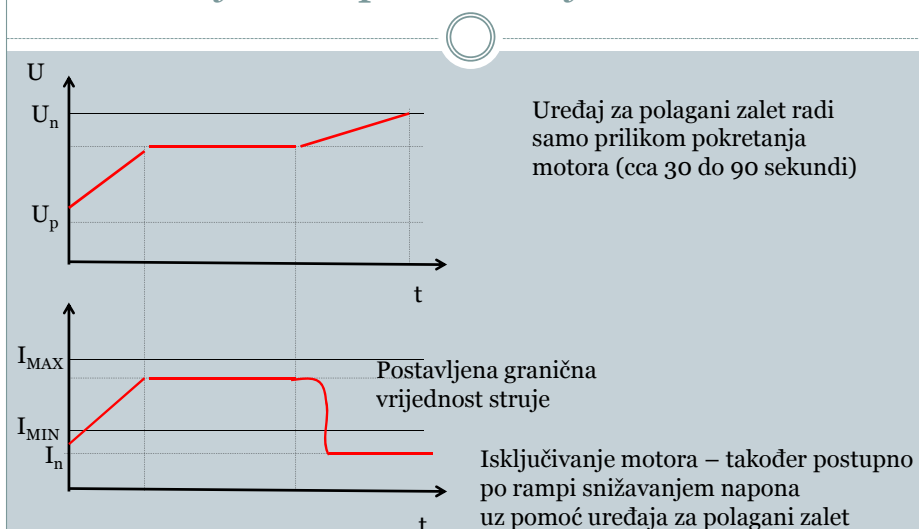
Uređaj za polagani zalet (2)

- Struja pokretanja ~ efektivna vrijednost napona na statoru
- Potezni moment ~ kvadrat napona
- **ZAKLJUČAK:**
 - Upotrebljava se kod onih tereta koji ne zahtijevaju veliki potezni moment
- **PRIMJENA:**
 - Kod centrifugalnih crpki i ventilatora
(najbolji za pokretanje motora opterećenih momentom tereta ~ kvadratu brzine vrtnje)

Utjecaj napona na momentnu karakteristiku



Promjena napona i struje na tiristoru

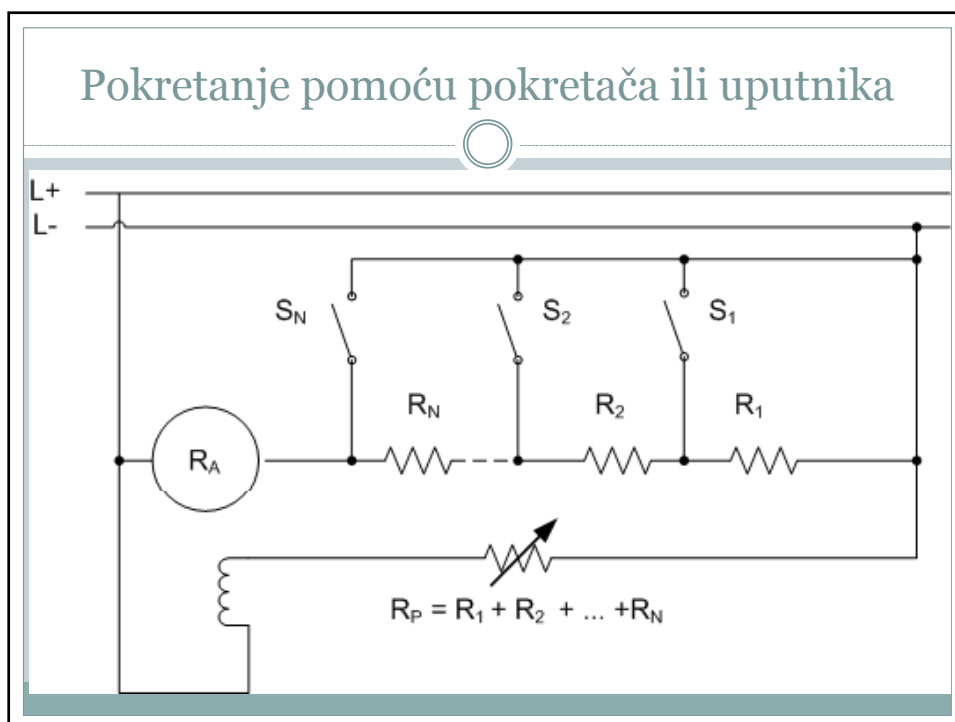
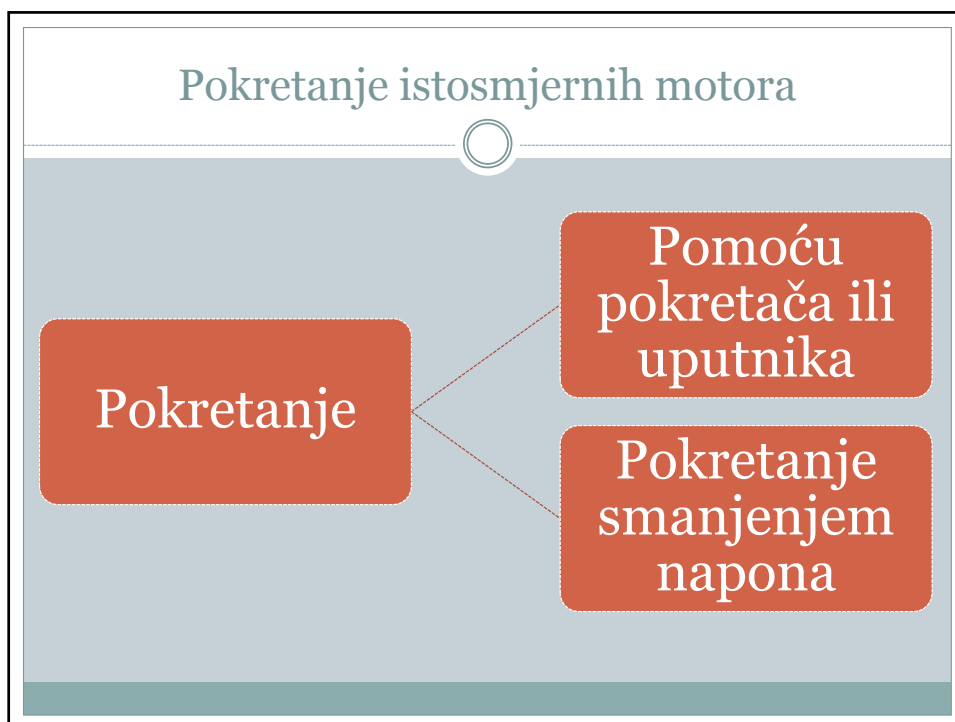


Sadržaj

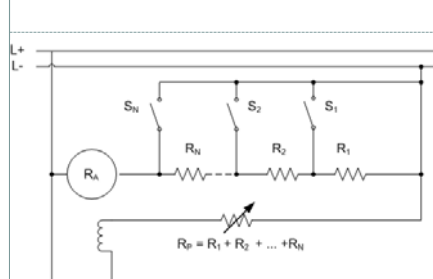
- Pokretanje sinkronih motora
- Pokretanje asinkronih motora
- Pokretanje motora uređajem za polagani zalet
- **Pokretanje istosmjernih motora**
- Sheme spajanja univerzalnih motora
- Reverziranje motora

Istosmjerni motori

- Istosmjerni motori male snage (1kW)
 - Veliki unutarnji otpor
 - Moguće direktno priključiti na mrežu
- Istosmjerni motori velike snage
 - Trenutak pokretanja:
 - ✦ Otpor armature relativno mali → velika struja (20x veća od nazivne)
 - ✦ Ugrožene četkice i kolektor
 - Rješenje:
 - ✦ Ograničiti struju u trenutku pokretanja motora



Pokretanje pomoću pokretača ili uputnika



• Pokretač (uputnik)

- Otpornik od više stupnjeva
- Uloga: smanjenje struje

Trenutak uključenja:

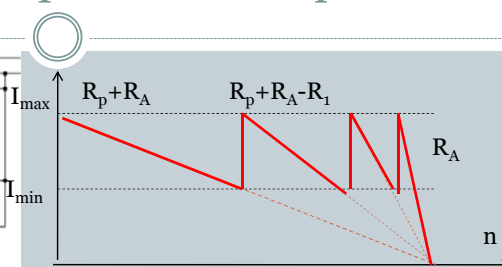
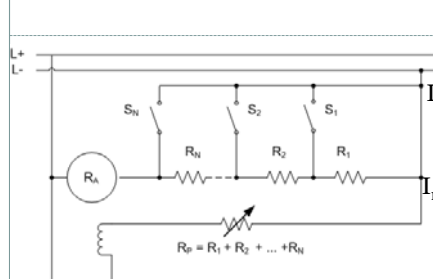
- Inducirani napon u armaturnom namotu ω (zato jer je brzina vrtnje ω m/s)
- Priključeni napon djeluje samo na otpor u armaturi R_A
- Da bi ograničili otpor potrebno je u seriju spojiti otpor R_p

Najveći otpor: $R_p = \frac{U}{I_{MAX}}$

Minimalna struja određena momentom koji je dovoljan za održavanje zaleta motora:

$$I_{MIN} = \frac{U - E}{R_A}$$

Pokretanje pomoću pokretača ili uputnika



Kako odrediti potreban broj stupnjeva otpornika?

$$n = \frac{\log \frac{R_p}{R_A}}{\log \frac{I_{MAX}}{I_{MIN}}}$$

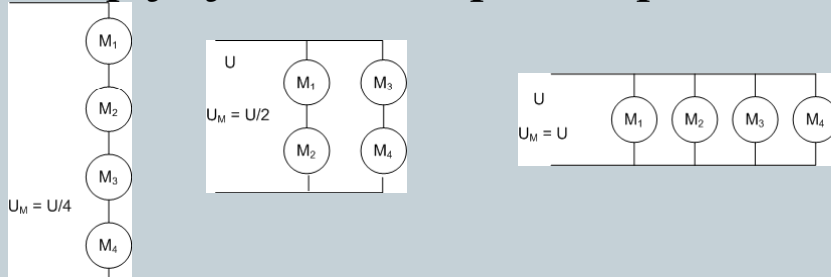
Pokretanje smanjenjem napona

- **Primjena:**

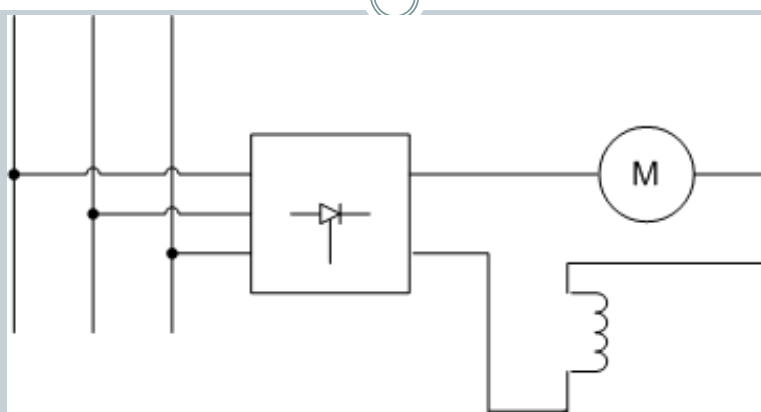
- Električna vuča

- ✦ Koristi se istovremeno više istosmjernih motora

- **Prespajanje motora + otpornički pokretači**

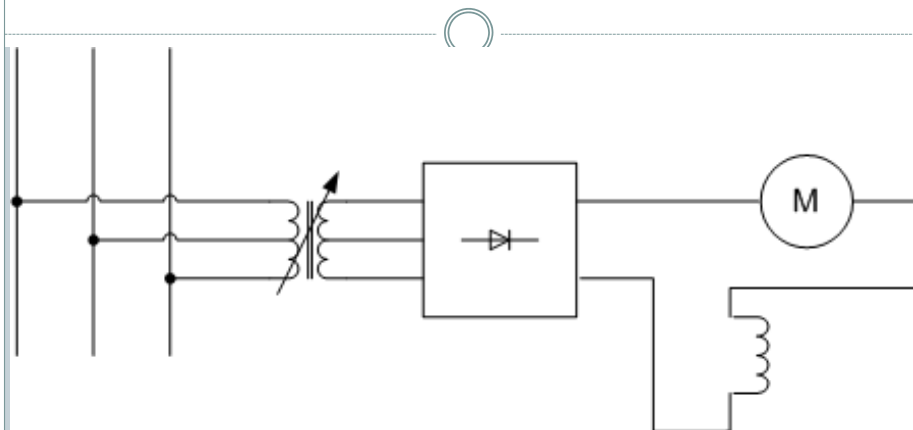


Pokretanje smanjenjem napona



Pokretanje istosmjernog motora smanjenjem napona
Upotrebom upravljivog izmjenjivača

Pokretanje smanjenjem napona



Pokretanje istosmjernog motora smanjenjem napona
Upotrebom regulacijskog transformatora i ispravljača

Sadržaj

- Pokretanje sinkronih motora
- Pokretanje asinkronih motora
- Pokretanje motora uređajem za polagani zalet
- Pokretanje istosmjernih motora
- **Sheme spajanja univerzalnih motora**
- Reverziranje motora

Univerzalni motor

- Građa:
 - Mali kolektorski motor sa serijskom uzbuđom
- Osnovna osobina:
 - Radi i sa izmjeničnom i sa istosmjernom strujom
- Zamjena polariteta
 - Istodobno i na armaturnom i na uzbuđnom namotu (nema promjene smjera momenta)

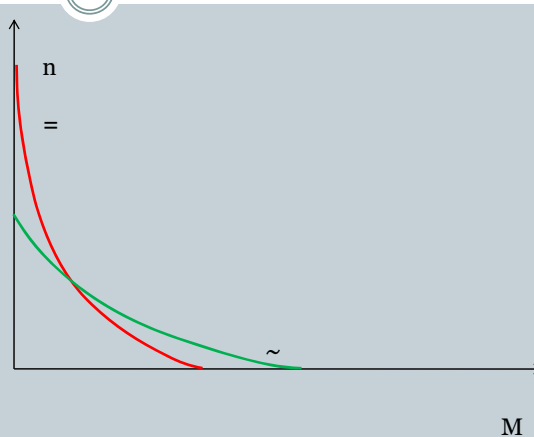
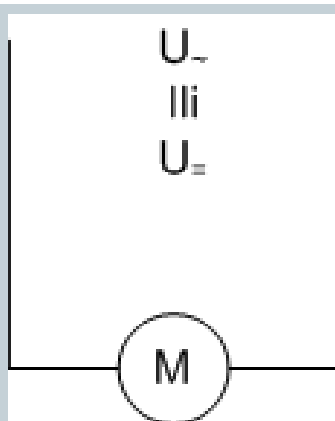
$$\cos \varphi = \frac{n_{\sim}}{n_{=}}$$

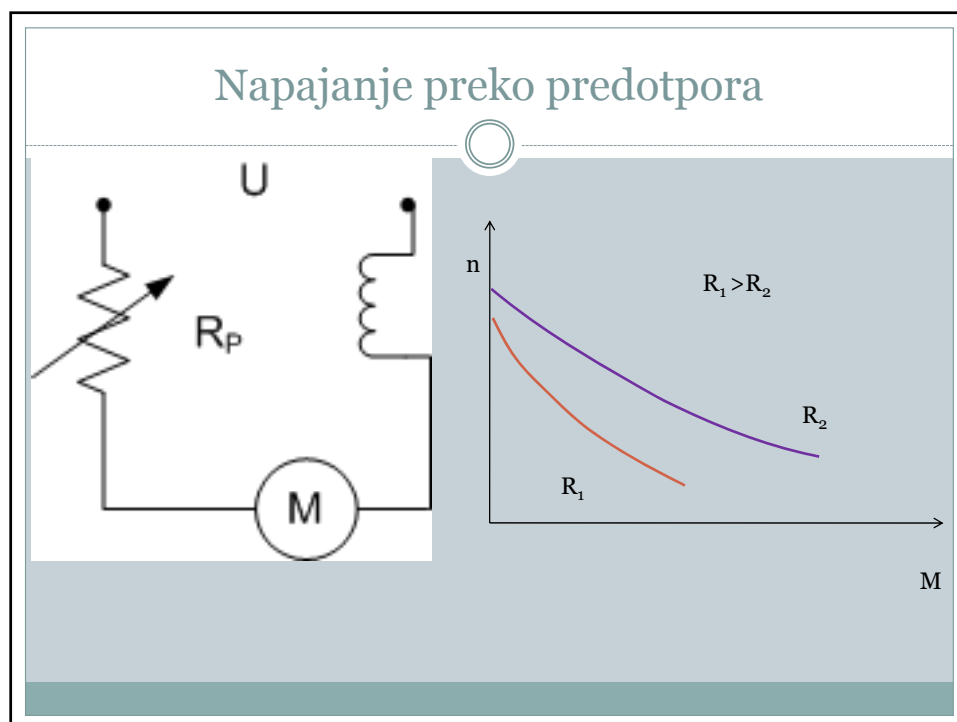
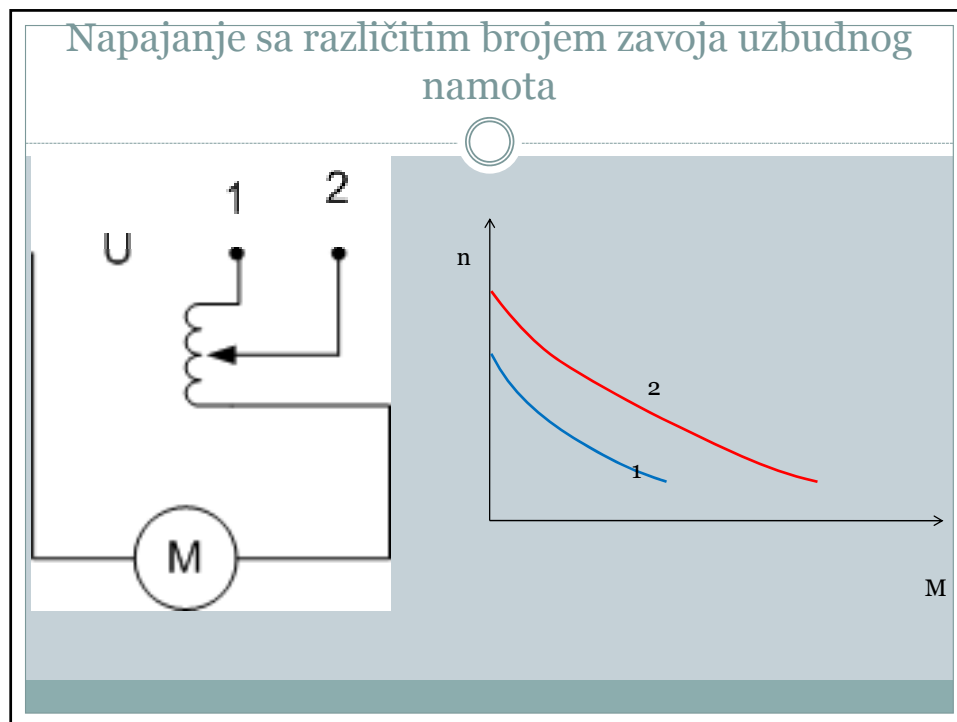
$\cos \varphi$ - faktor faznog pomaka

$n_{\sim}$ - brzina vrtnje pri izmjeničnom napajanju

$n_{=}$ - brzina vrtnje pri istosmjernom napajanju

Napajanje s istosmjernim i izmjeničnim U





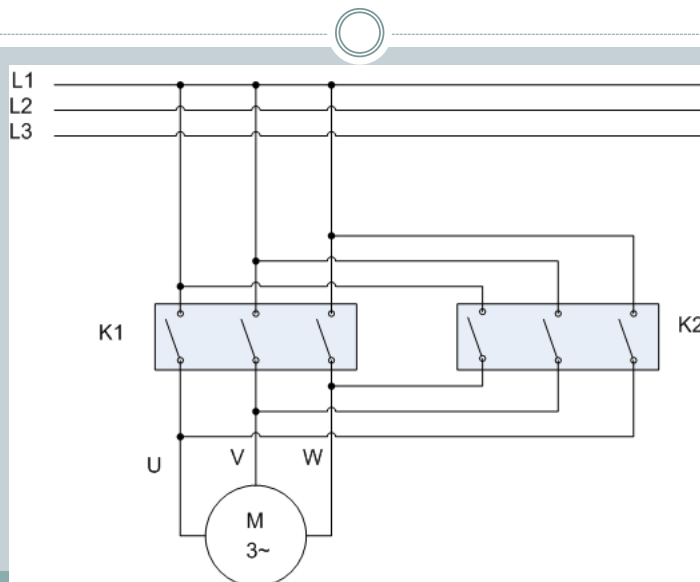
Sadržaj

- Pokretanje sinkronih motora
- Pokretanje asinkronih motora
- Pokretanje motora uređajem za polagani zalet
- Pokretanje istosmjernih motora
- Sheme spajanja univerzalnih motora
- **Reverziranje motora**

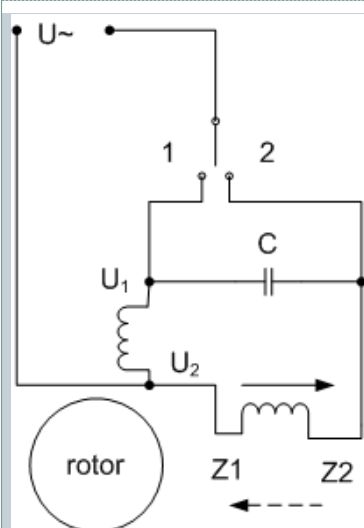
Reverziranje

- Postupak promjene smjera vrtnje
 - Mijenja se smjer momenta na osovini rotora
 - Način ovisi o vrsti motora
- Sinkroni motori
 - Trofazni motor – zamijeniti bilo koje dvije faze
- Asinkroni motori
 - Kavezni i kolutni – zamijeniti dvije faze napajanja

Reverziranje trofaznog asinkronog motora



Reverziranje jednofaznog asinkronog motora – glavna i pomoćna faza jednako namotane



Sklopka u položaju 1

-kondenzator spojen serijski u pomoćnoj fazi

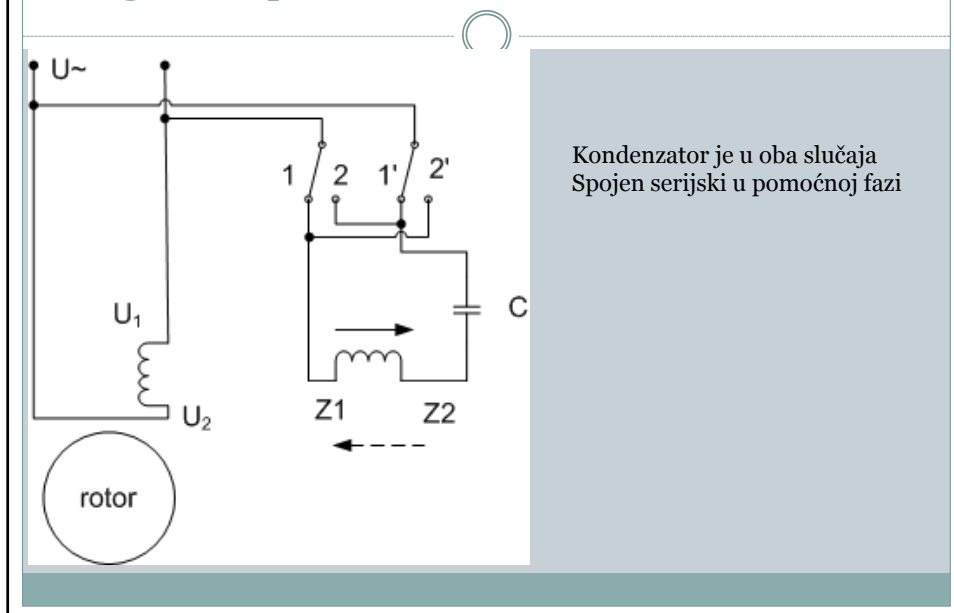
Sklopka u položaju 2

-Kondenzator spojen serijski u glavnoj fazi

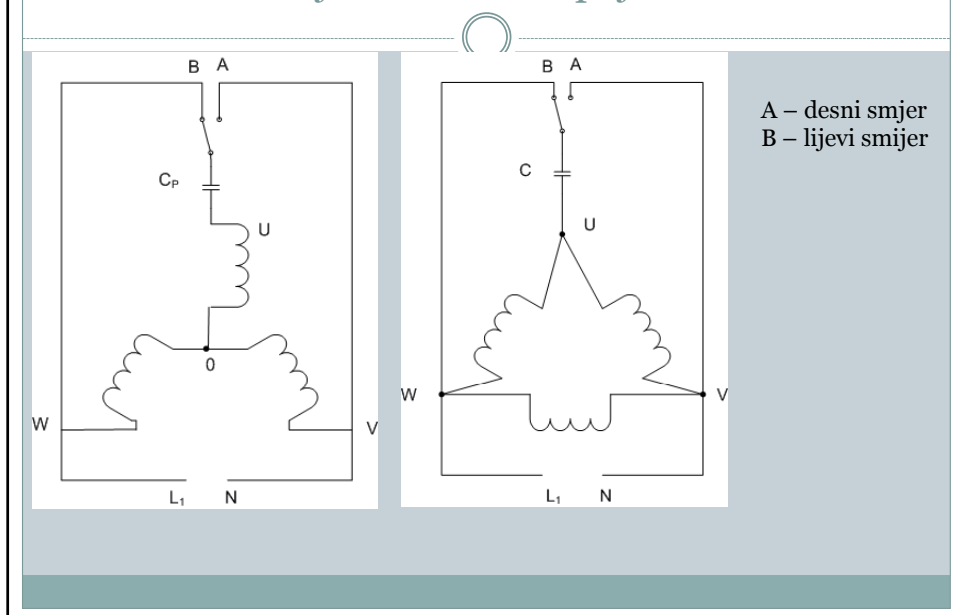
VAŽNO!!!!!!

Samo za slučaj da su glavna i pomoćna faza jednako namotane

Reverziranje jednofaznog asinkronog motora – glavna i pomoćna faza različito namotane



Reverziranje trofaznog asinkronog motora u jednofaznom spoju



Reverziranje istosmjernih motora

- **Načini:**
 - Promjena polariteta namota armature
 - Promjena smjera uzbudne struje
- **Neovisna uzbuda, serijska i poredna**
 - Promjena smjera struje kroz uzbudni ili armaturni namot
- **Kompaundni motori (mješovita uzbuda)**
 - Isključivo promjenom smjera uzbudne struje kroz armaturni namot

Pitanja vezana uz gradivo

1. Što podrazumijevamo pod pokretanjem elektromotora?
2. Koji su osnovni načini pokretanja sinkronih motora?
3. Nabrojite načine asinkronog pokretanja sinkronog motora.
4. Koji je najveći problem pokretanja asinkronih motora?
5. Nabrojite uobičajene načine za pokretanje asinkronih motora.
6. Što je uređaj za polagani zalet i čemu služi?
7. Na koji se način mijenja vrijednost narinutog napona pri primjeni uređaja za polagani zalet za pokretanje?
8. Objasnite što znači promjena napona i struje po rampi kod primjene uređaja za polagani zalet za pokretanje.

Pitanja vezana uz gradivo



9. Navedite načine pokretanja istosmjernih elektromotora
10. Objasnite pojam pokretača ili uputnika
11. Kako se može realizirati pokretanja istosmjernog motora smanjenim naponom
12. Koji motor nazivamo univerzalnim motorom?
13. Zašto stator univerzalnog motora mora biti izrađen od limova?
14. Na koje se sve načine mogu ostvariti različite vanjske karakteristike univerzalnog motora?
15. Objasnite pojam reverziranja elektromotora
16. Koje se vrste trofaznih elektromotora mogu reverzirati jednostavnom zamjenom dviju faza napajanja?

Pitanja vezana uz gradivo



17. Kako se reverziraju istosmjerni motori izuzev kompaundnih?
18. Na koji se način reverziraju jednofazni asinkroni motori?