

Asinhroné mašine

Uvod

- Asinhrona mašina se u primjeni najčešće koristi kao motor, i to trofazni, iako može da radi i kao generator.
- Prednosti asinhronih mašina, u odnosu na ostale vrste električnih mašina, su prvenstveno manja cijena, jednostavnost konstrukcije, manji momenat inercije, robusnost, pouzdanost i sigurnost u radu, lako održavanje, dok su nedostaci vezani uglavnom za uslove pokretanja i mogućnost regulisanja brzine obrtanja u širokim granicama.
- Primjena mikroprocesora i energetske elektronike omogućila je ekonomično upravljanje motorima za naizmjeničnu struju i time konkurentnost i u području pogona sa promjenljivom brzinom.

Konstrukcija

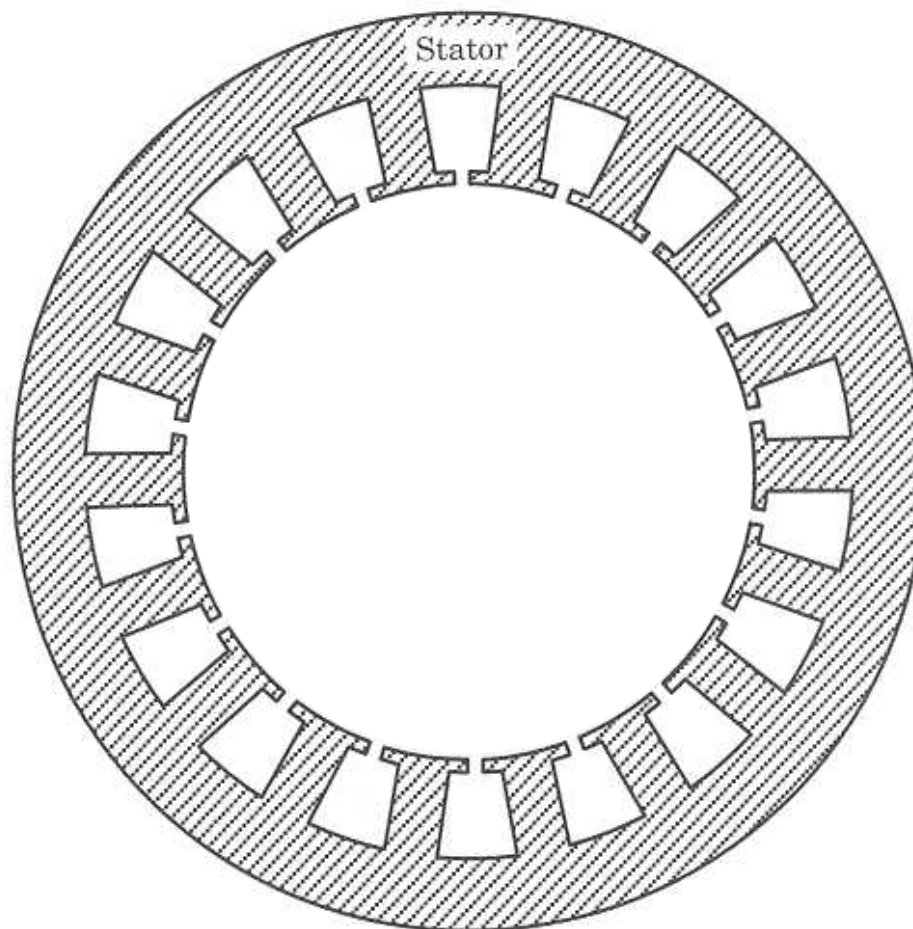
- Asinhronne mašine sastoje se od:
 - Statora
 - Rotora



Stator

Lamelirano feromagnetno kolo statora (jezgro) ima cilindričan oblik i žljebove.

U žljebove se postavlja raspoređeni trofazni namotaj čije su ose pomjerene u prostoru za 120° .



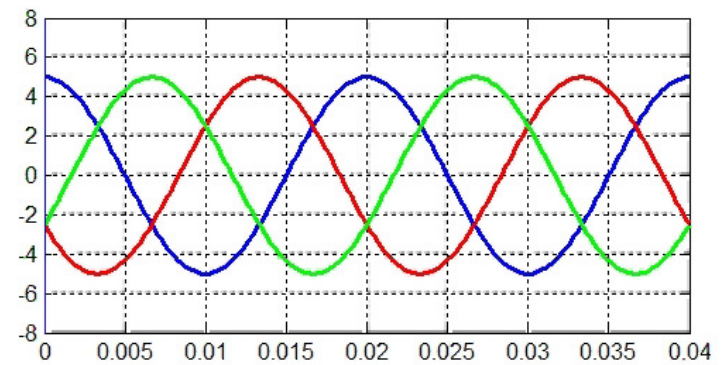
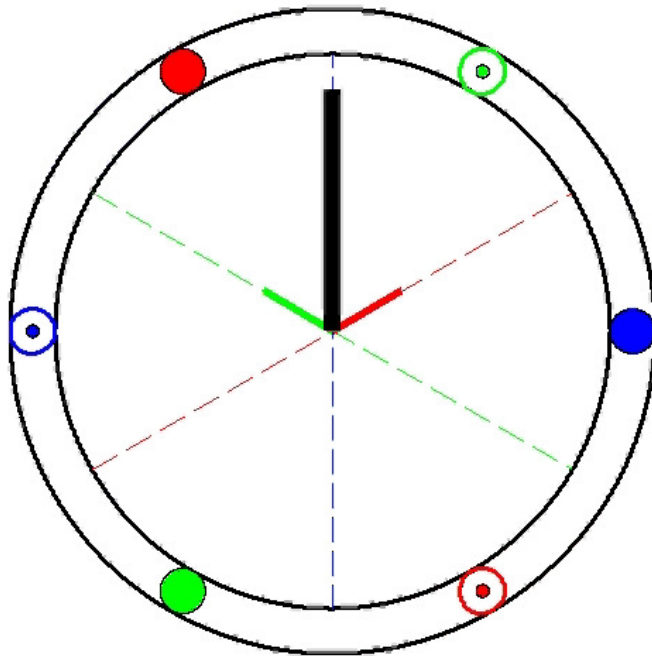
Stator



Stator – obrtno polje

- Kada se kroz trofazni raspoređeni namotaj propuste trofazne struje koje su u vremenu pomjerene za $2T/3$ (gdje je T – perioda) dobija se obrtno magnetno polje unutar mašine.
- Naime, svaki fazni namotaj stvara svoje naizmjenično polje koje djeluje po svojoj magnetnoj osi. Ukupno polje unutar mašine dobija se sumiranjem magnetnih polja pojedinih faznih namotaja vodeći računa o njihovoj prostornoj pomjerenosti. Na taj način se dobija obrtno magnetno polje.

Stator – obrtno polje



Struja faze R

Struja faze S

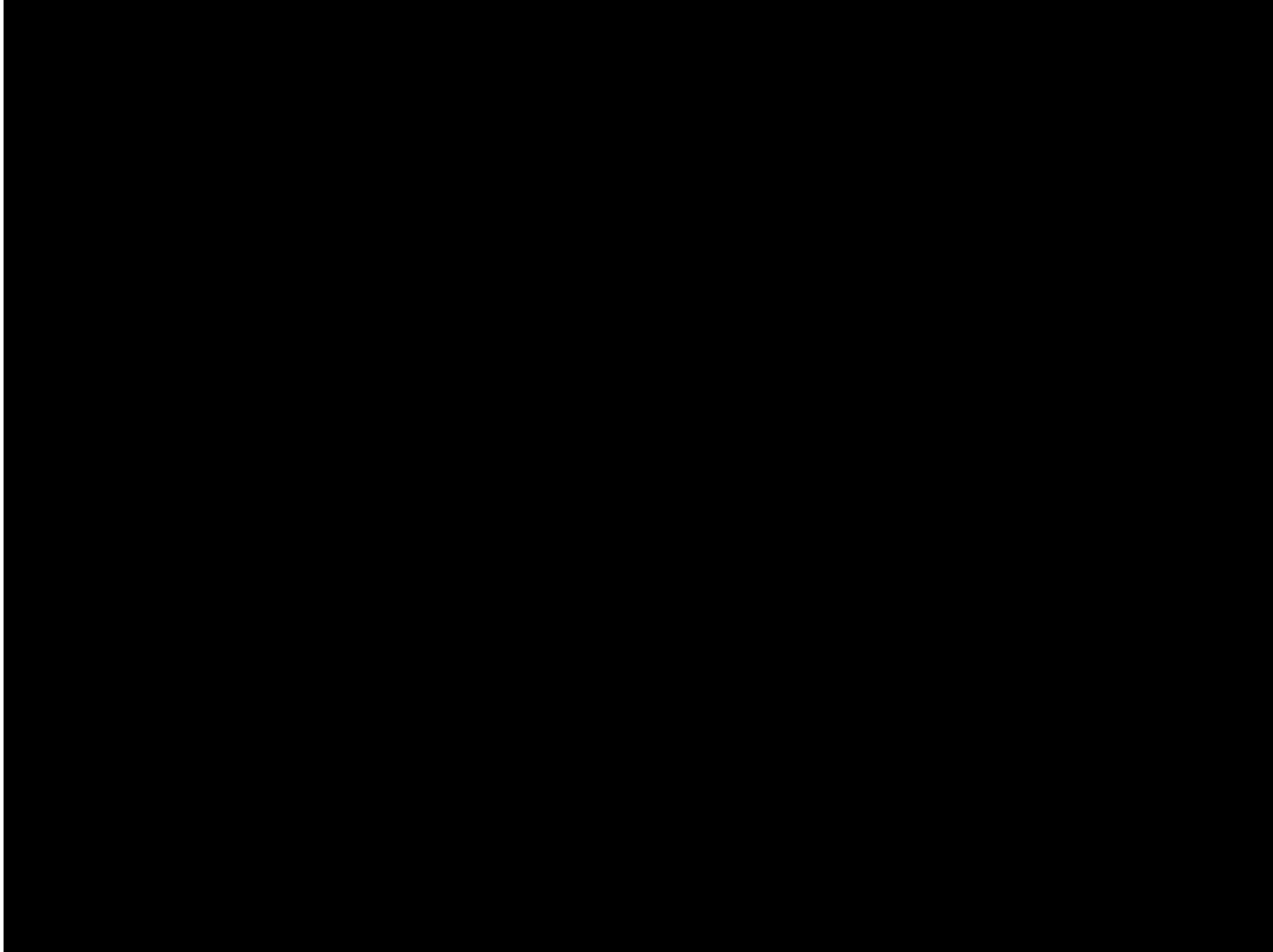
Struja faze T

---- Magnetna osa faze R

---- Magnetna osa faze S

---- Magnetna osa faze T

Stator – obrtno polje



Stator – obrtno polje

- Obrtno polje se unutar mašine okreće sinhronom brzinom koja se izračunava iz izraza:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p}$$

gdje je:

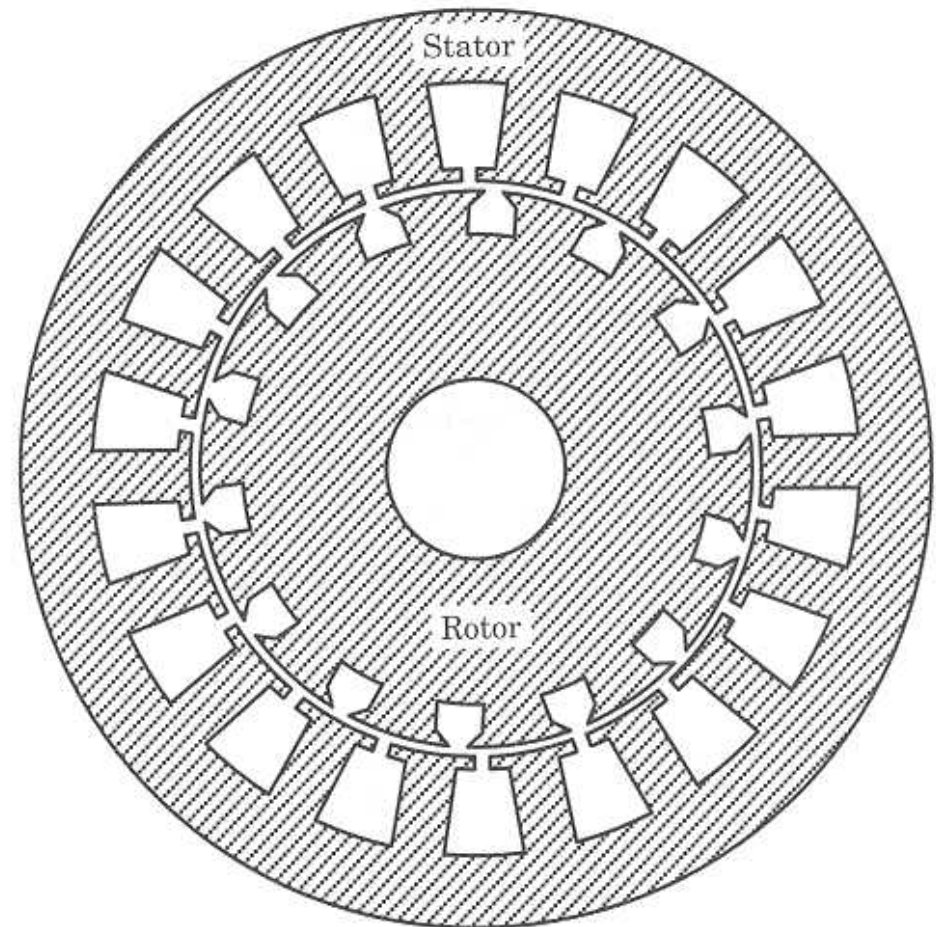
f – frekvencija struja statora

p – broj pari polova statora

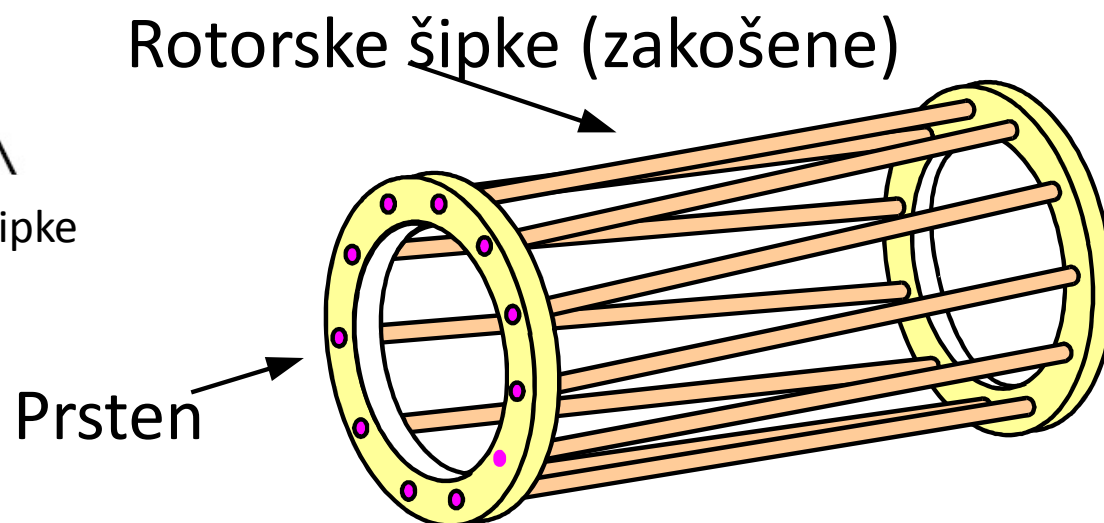
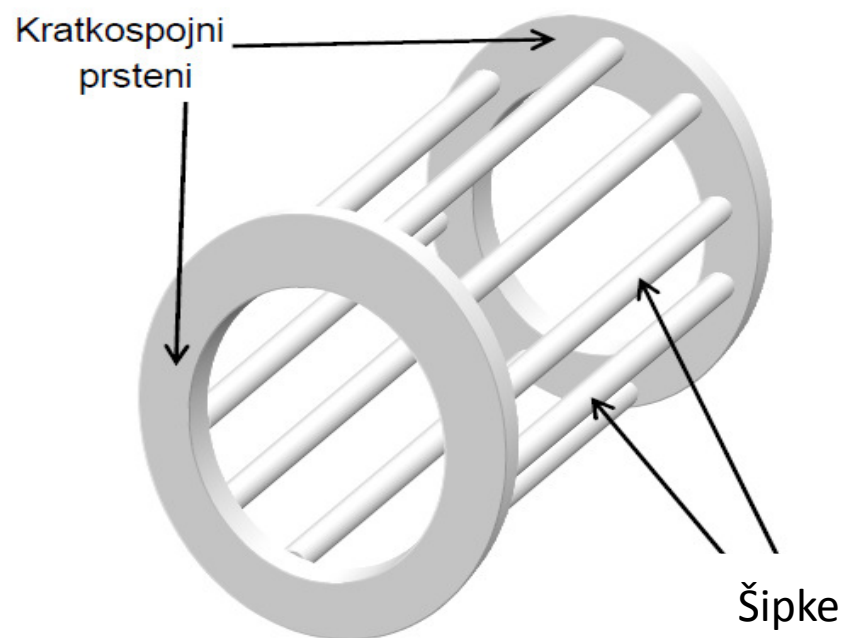
Rotor

Rotor asinhronne mašine
može biti:

- **Kavezni rotor** (još se naziva rotor sa vjeveričnim kavezom ili kratkospojeni rotor)
- **Namotani rotor**



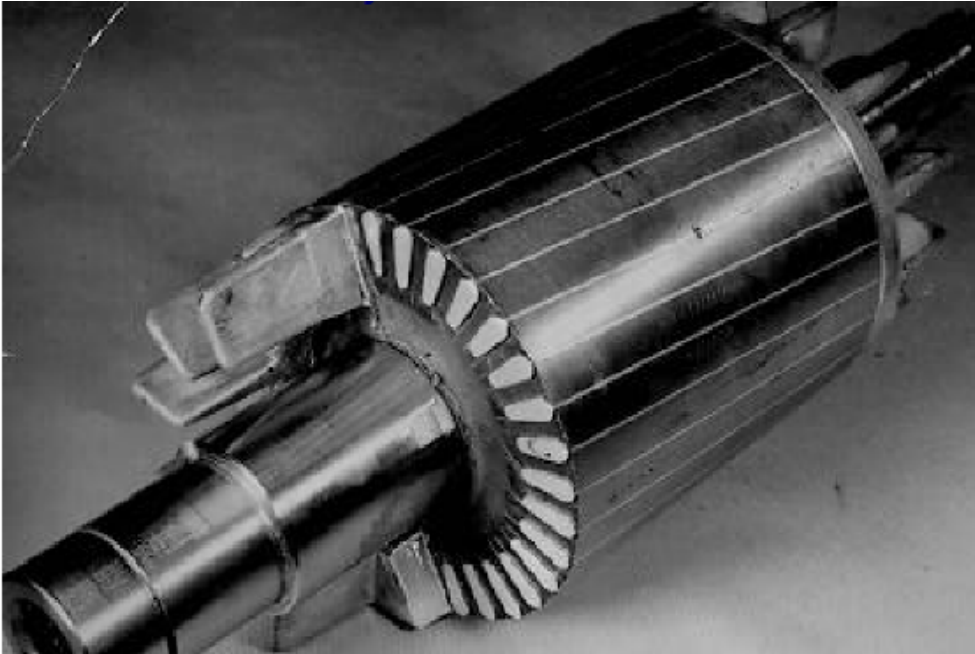
Kavezni rotor



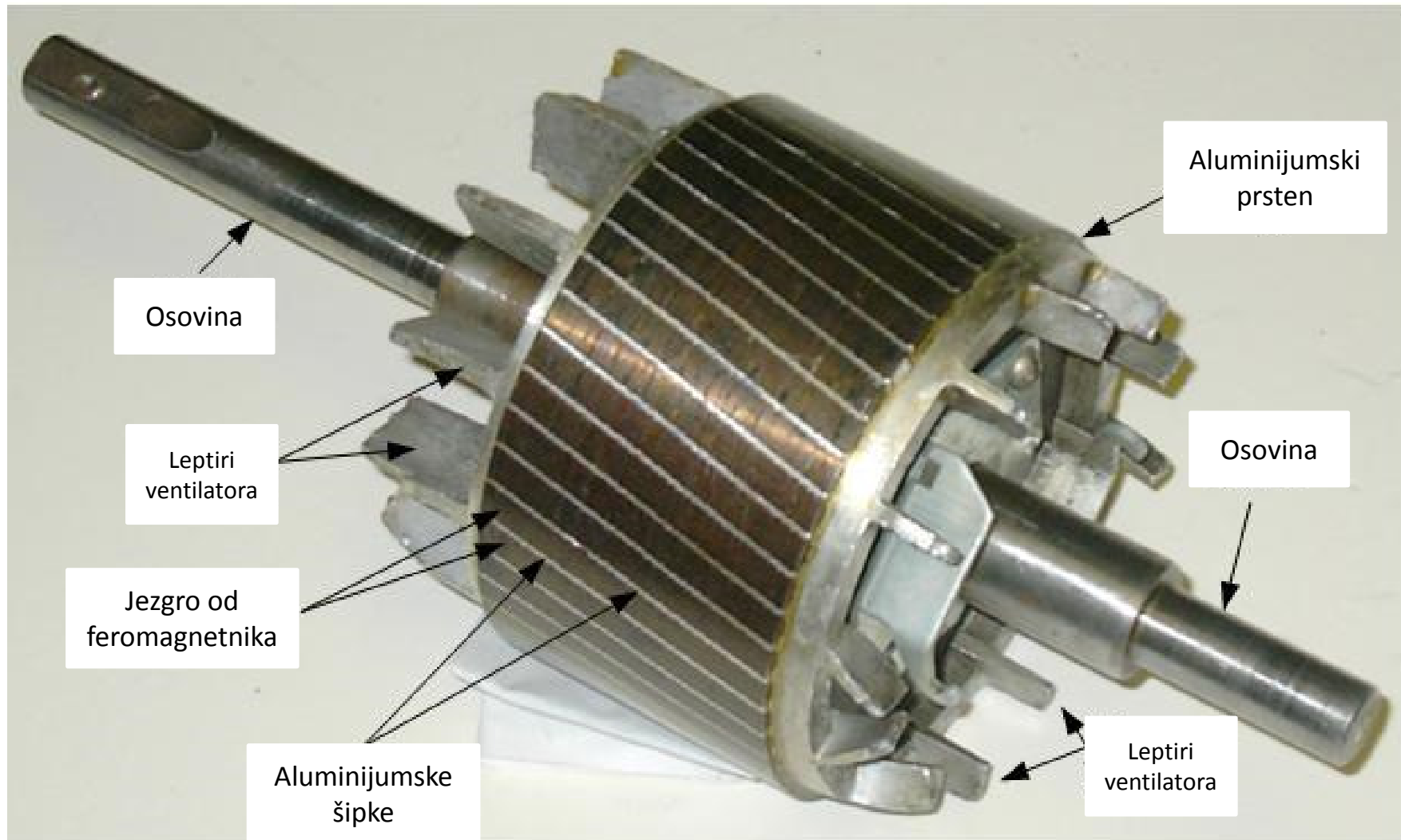
Kavezni rotor

- Za manje i srednje snage, aluminijske šipke su ulivene u žljebove i kratkospojene sa dva prstena.
- Za veće snage u rotorske žljebove se postavljaju bakarne šipke i kratko spajaju sa obje strane.
- Na prstenovima koji kratkospajaju šipke smještene su krilca koja djeluju kao ventilator i pospješuju hlađenje.
- Veliki dio današnjih motora je sa kratkospojenim rotorom zbog robusnosti i konstrukcije koja ne zahtijeva održavanje.

Kavezni rotor



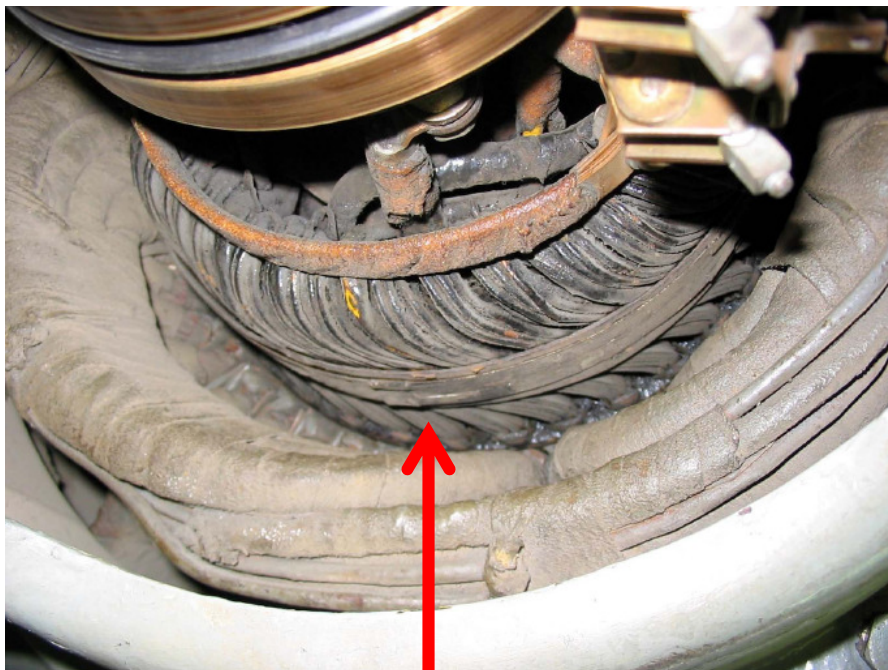
Kavezni rotor



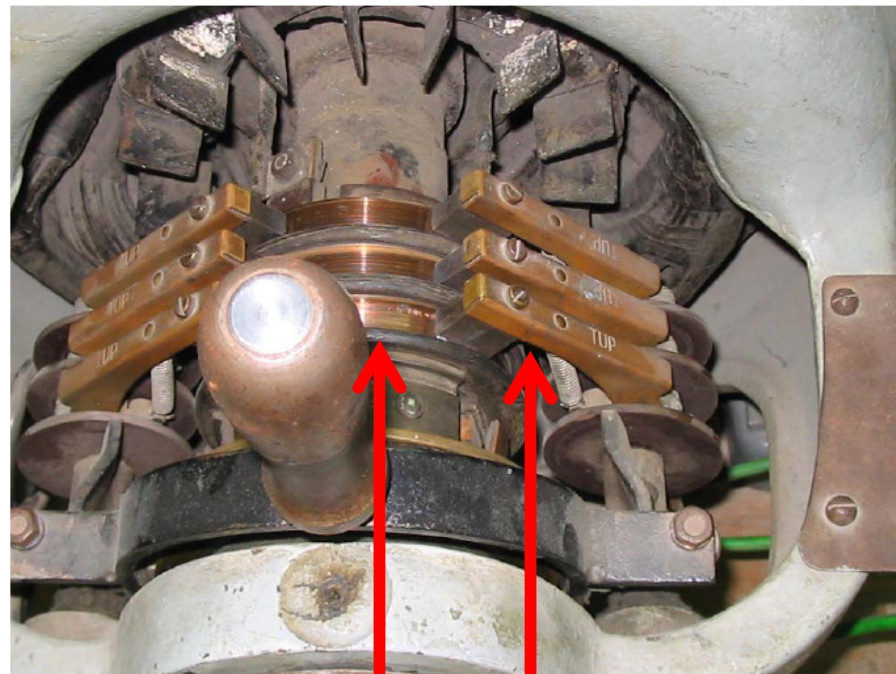
Namotani rotor

- Stariji motori velikih snaga imaju rotor sa trofaznim namotajem smještenim u žljebove rotora.
- Počeci namotaja su spojeni u zvijezdu.
- Krajevi namotaja su spojeni na tri klizna prstena.
- Krajevi se mogu priključiti na napajanje, na otpornike ili kratko spojiti.
- Otpornici ili napajanje su, preko četkica, spojeni na klizne prstenove, radi ograničenja polazne struje i regulisanja brzine obrtanja.

Namotani rotor



Namotaj rotora



Četkice
Tri klizna prstena

Princip rada

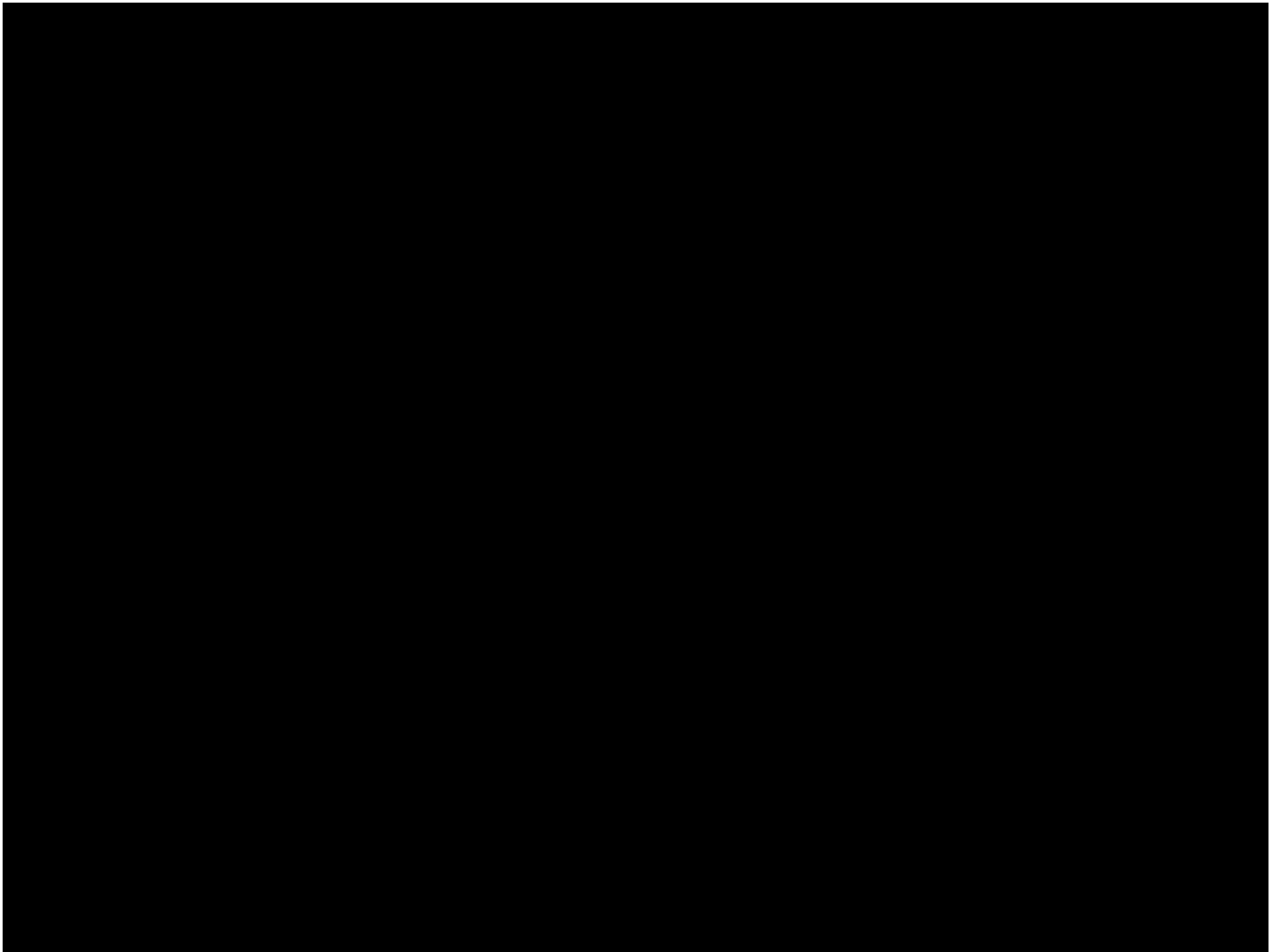
- Obrtno polje statora presijeca provodnike rotora (bez obzira na tip rotora) i u njima indukuje ems po zakonu:

$$e = - \frac{d\phi}{dt}$$

- Pošto je namotaj rotora kratko spojen, ova ems će kroz namotaj rotora izazvati struju. Sada se provodnik rotora sa strujom nalazi u magnetnom polju usljed čega se javlja sila na provodnik i dolazi do okretanja rotora.

Princip rada

- Rotor se ubrzava do određene brzine koja je manja od sinhronne brzine.
- Zašto se rotor ne može ubrzati do sinhronne brzine? Ukoliko bi se rotor ubrzao do sinhronne brzine, tada obrtno polje statora ne bi više presijecalo provodnike rotora, tako da se u njima ne bi indukovala struja niti bi se javljala sila.
- Brzina do koje se rotor ubrzava naziva se **asinhrona brzina**. Odatle potiče i naziv ovih mašina.



Princip rada - klizanje

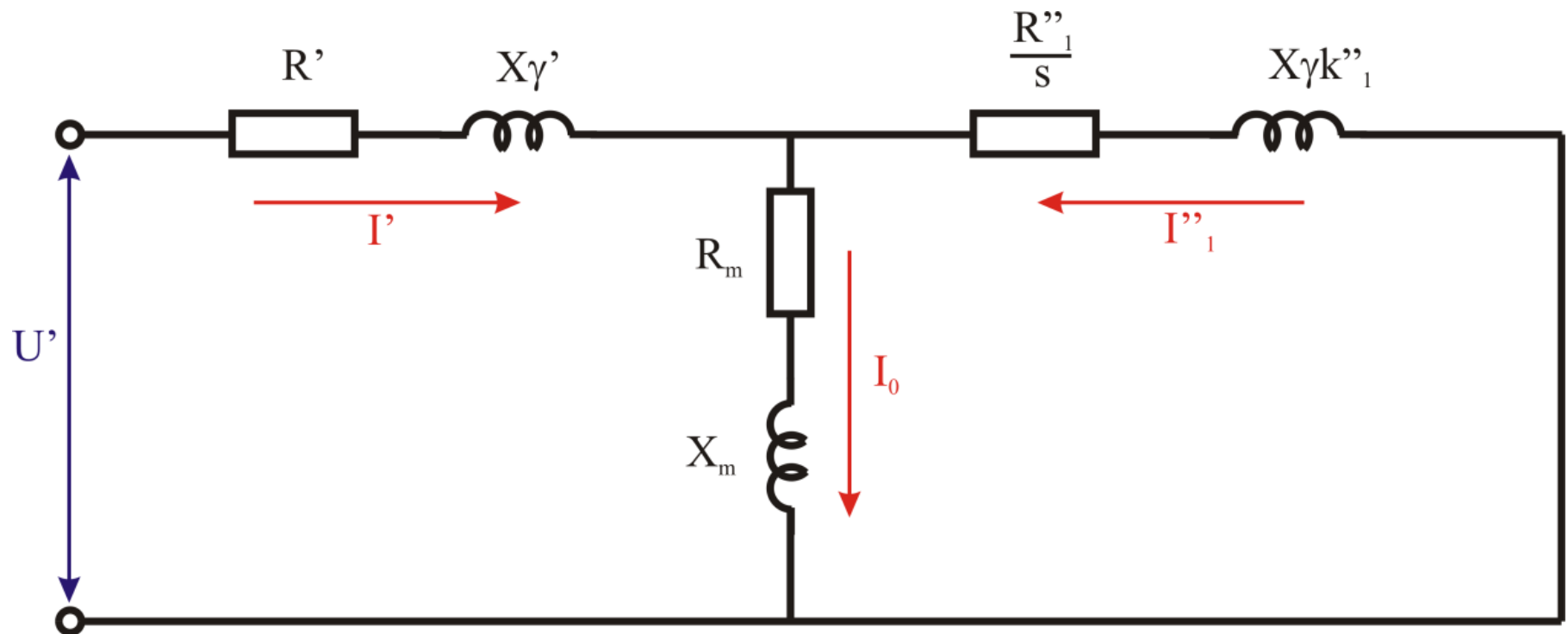
- Razlika između sinhronne brzine i asinhronne brzine rotora naziva se **klizanje**.

$$s = n_s - n \quad - \text{apsolutno klizanje}$$

$$s(\%) = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100 \quad - \text{relativno klizanje}$$

Ekvivalentna šema

- Namotaj statora i rotora imaju po svakoј fazi svoju otpornost R i svoj induktivni otpor X_γ .



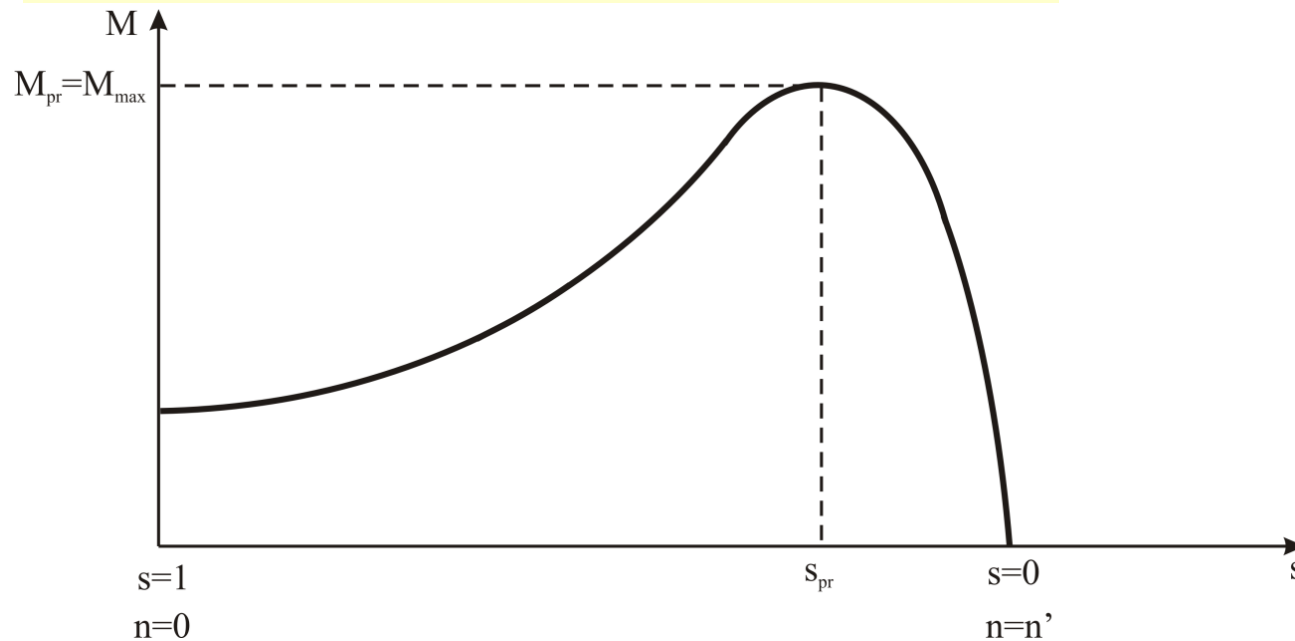
Ekvivalentna šema

- Vrijednosti otpornosti i induktivnosti u zamjenskoj šemi određuju se iz ogleda:
 - Praznog hoda (brzina motora $\approx$ sinhrona brzina, $s \rightarrow 0$).
 - Kratkog spoja (rotor je ukočen, $s=1$).

Osnovne jednačine

- Obrtni moment koji motor razvija:

$$M_{ob} = \frac{3 \cdot U_f'^2}{\omega'} \cdot \frac{\frac{R_1''}{s}}{\left(R' + \frac{R_1''}{s} \right)^2 + (X\gamma' + X\gamma k_1'')^2}$$



Osnovne jednačine

- **Maksimalni moment:**

$$M_{\max} = M_{\text{pr}} = \frac{3 \cdot U_f'^2}{2 \cdot \omega'} \cdot \frac{1}{R' + \sqrt{R'^2 + (X\gamma' + X\gamma k''_1)^2}}$$

- Maksimalni moment se još naziva i **prevalni moment**, a klizanje pri kome nastaje ovaj moment se zove **prevalno klizanje** i dobija se kao:

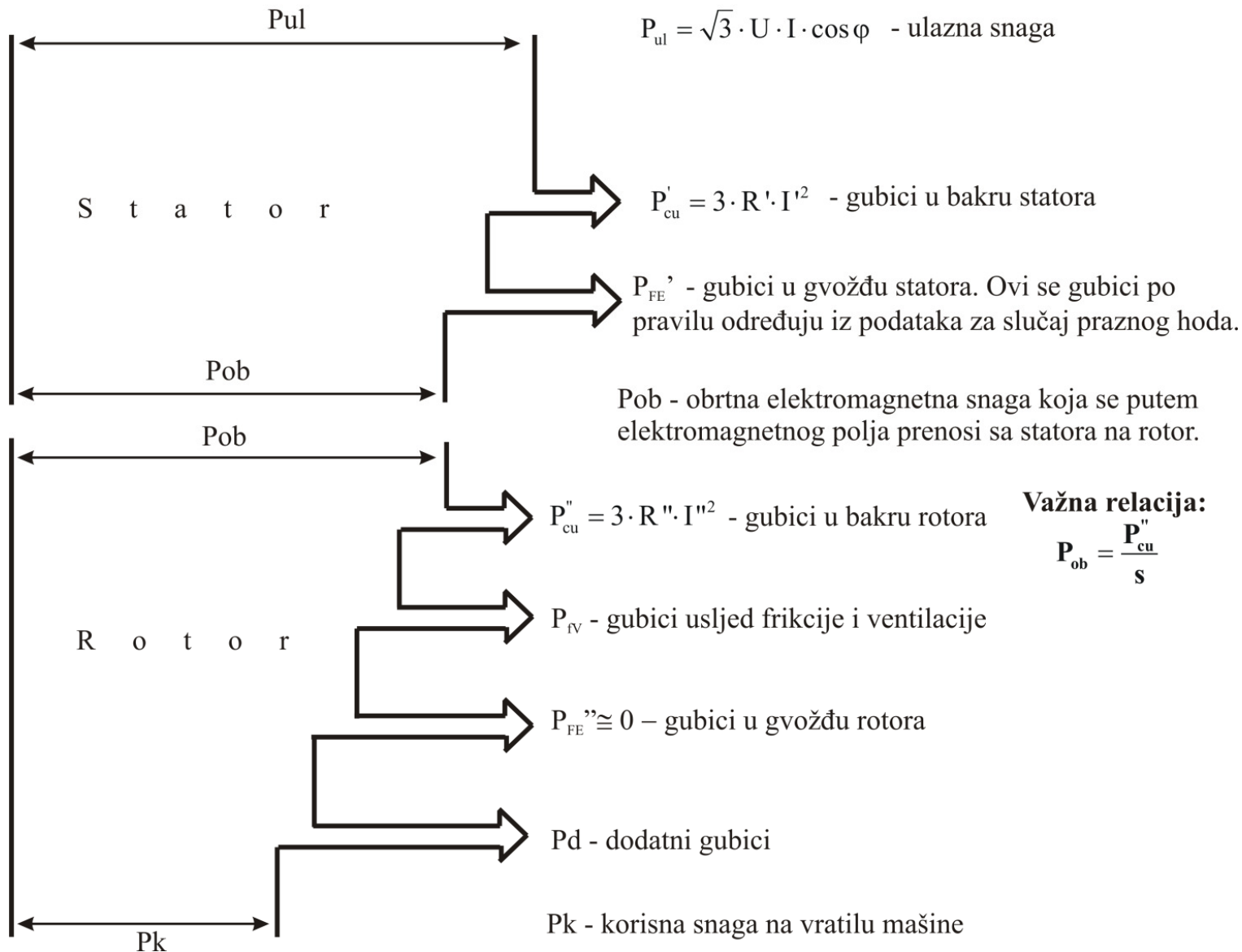
$$s_{\text{pr}} = \frac{R_1''}{\sqrt{R'^2 + (X\gamma' + X\gamma k''_1)^2}}$$

Osnovne jednačine

- **Polazni moment:** određuje se iz činjenice da je pri polasku asinhrona mašina njena brzina jednaka nuli, tj. klizanje je $s=1$.

$$M_{\text{pol}} = \frac{3 \cdot U_f'^2}{\omega'} \cdot \frac{R_1''}{(R_1' + R_1'')^2 + (X_{\gamma}' + X_{\gamma k}''_1)^2}$$

Bilans snaga

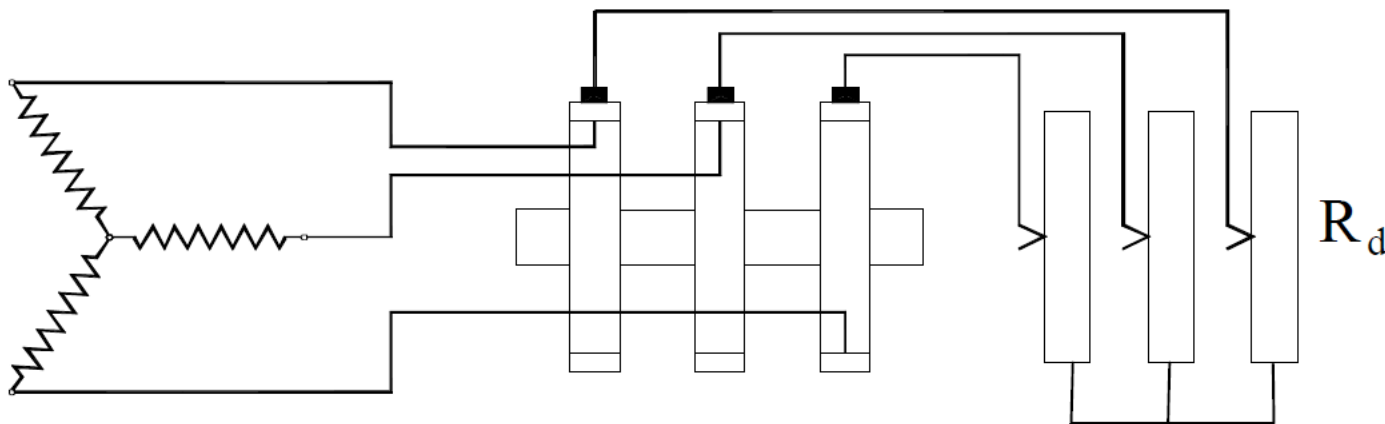


Puštanje u rad

- Da bi asinhroni motor krenuo u rad potrebno je da je polazni moment veći od momenta opterećenja.
- Pri polasku je struja motora velika jer rotor stoji, a linije obrtnog magnetnog polja presijecaju provodnike rotora i indukuju veliku ems, a time i veliku struju.

Puštanje u rad

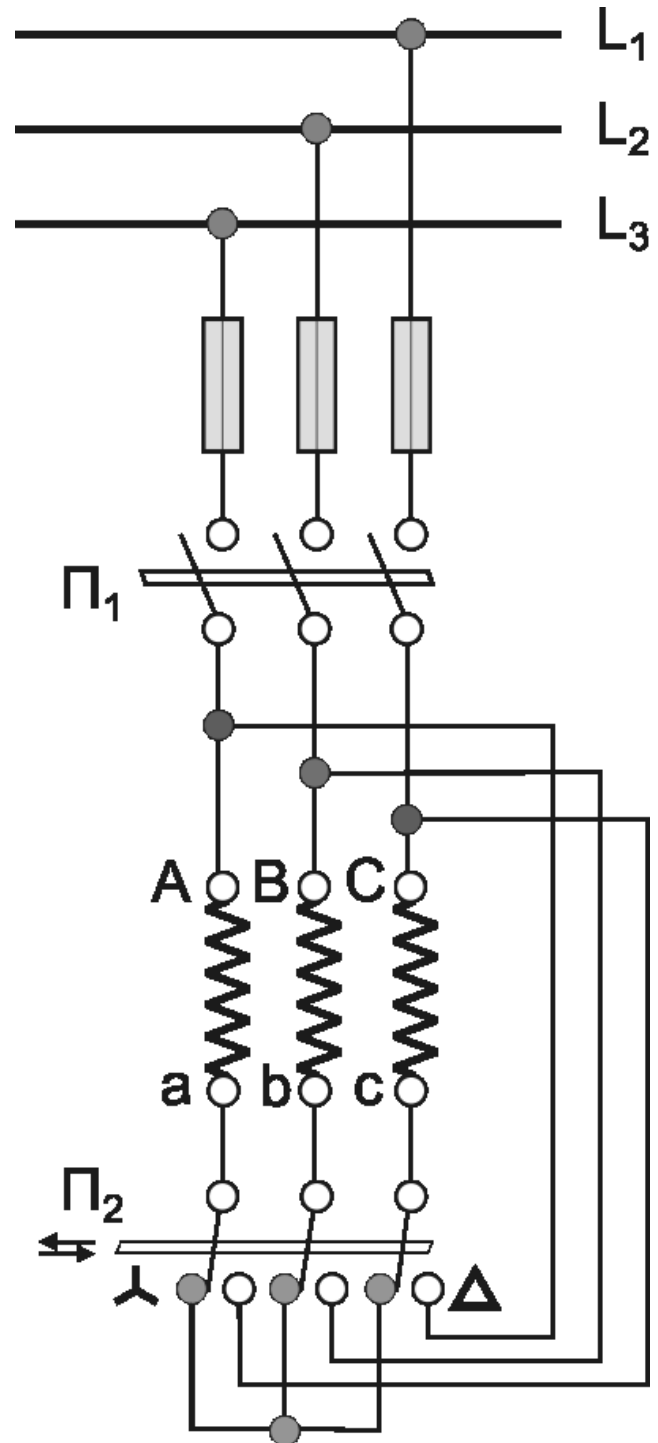
- Kako ograničiti polaznu struju?
- **Dodavanje otpora u kolu rotora.** Ovo je moguće samo kod motora sa namotanim rotorom.



Puštanje u rad

- Kod kaveznog rotora: jedina mogućnost je **smanjenje napona napajanja prilikom puštanja u rad** i lagano povećanje napona pri zalijetanju motora. Napon se može smanjiti samo na vrijednost koja obezbjeđuje da je polazni moment motora veći od momenta opterećenja.
- Smanjenje napona pri polasku se sprovodi ili auto-transformatorom ili prebacivačem zvijezda-trougao.

Puštanje u rad –
prebacaivač trougao
- zvijezda



Regulacija brzine asinhronog motora

- Postoji više načina za promjenu brzine asinhronog motora u toku rada.
- Danas se primjenjuje tzv. frekventna regulacija brzine. Frekventna regulacija omogućava promjenu frekvencije napajanja statora motora čime se mijenja sinhrona brzina obrtnog polja, a time i brzina obrtanja rotora koja je bliska sinhronoj brzini. Pri tome se omogućava održavanje konstantne vrijednosti napona čime se ne mijenja moment motora.
- Frekventna regulacija se postiže primjenom energetske elektronike.

Obrtanje smjera okretanja

- Da bi se promijenio smjer obrtanja asinhronog motora potrebno je promijeniti smjer okretanja obrtnog polja statora.
- Promjena ovog smjera se realizuje promjenom redosljeda napajanja namotaja statora.