

Pogoni sa motorima naizmenične struje

Regulisani elektromotorni pogoni – Mehatronika

Predavanje 11,12

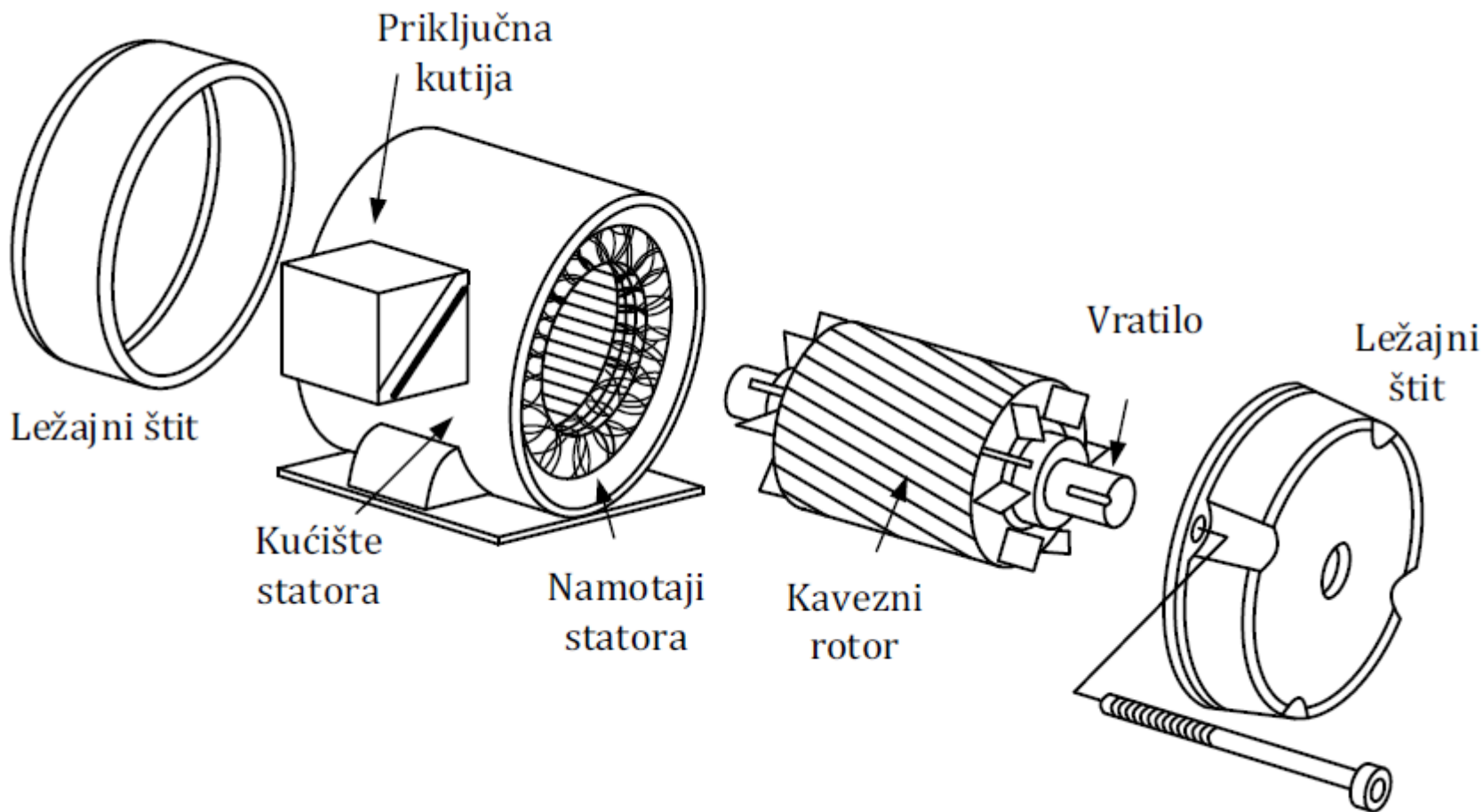
(maj 2020)

- 1. Uvod**
- 2. Princip rada AM**
- 3. Mehanička karakteristika AM**

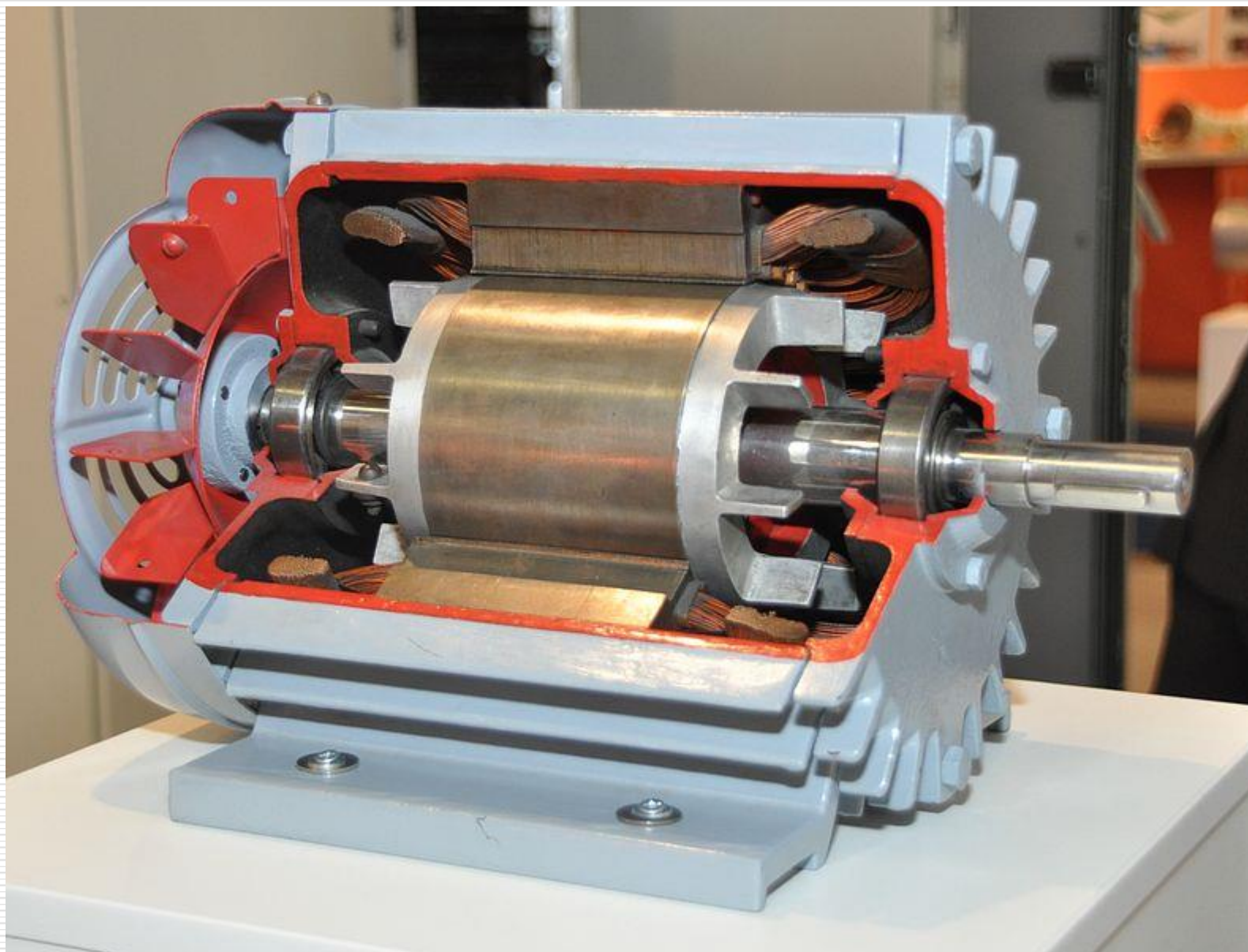
1. Asinhroni motor –uvod



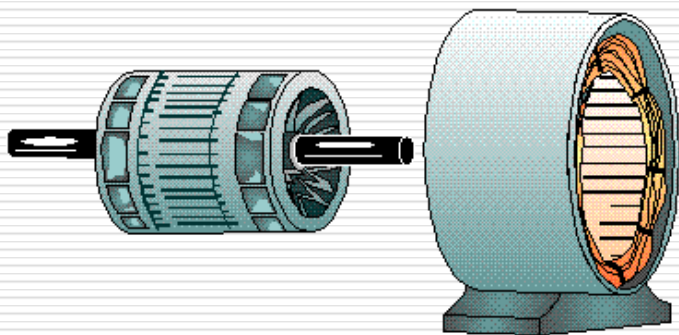
Osnovni elementi konstrukcije asinhronog motora



Poprečni presek asinhronog motora



Delovi kaveznog asinhronog motora



Rotor (indukt) – u njemu se indukuje EMS

Stator (induktor)-pravi polje

Namotaj trofazni, motani

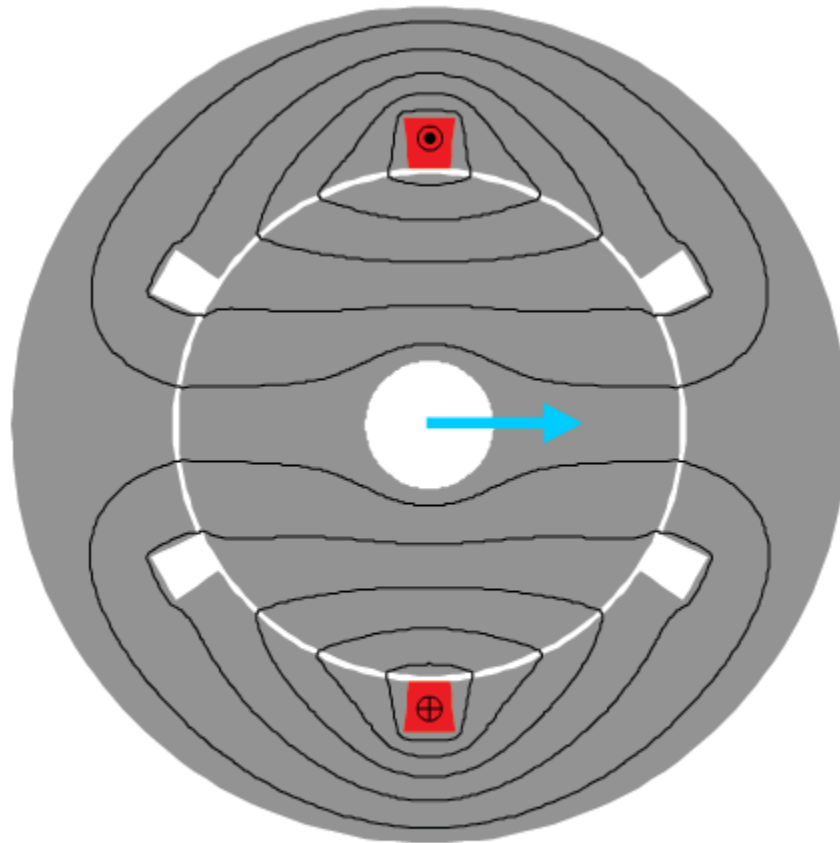
**Kavez, sipke od aluminijuma (manje P) ili bakra (vece P).
Bocno vezane prstenom.**



2. Asinhroni motor –princip rada

Osnovni princip rada AM – jedna faza

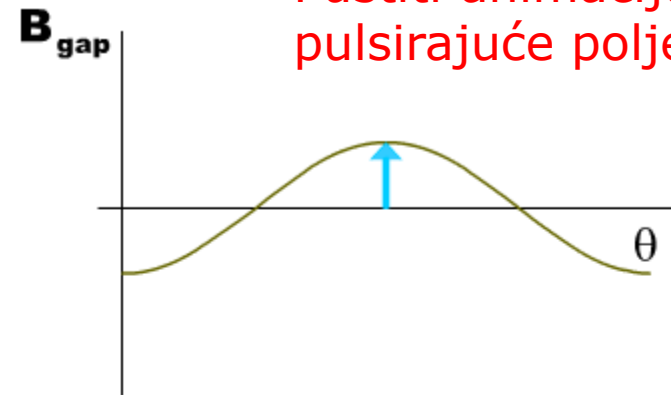
Jedna faza napaja sa prostoperidičnim signalom pravi pulsirajuće polje



STEP

PLAY

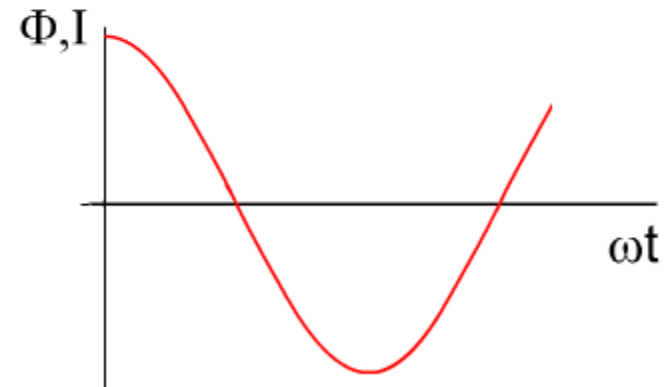
S. Đurović



PULSATING FIELD VECTOR

ON

OFF



TEMPUS
JEP 16-127

Osnovni princip rada AM

Obrtno polje se može generisati sa dve faze na statoru

Dva nepokretna namotaja prostorno pomerena za 90 stepeni napajana sa dva prostoperiodična signala pomerena za 90 stepeni prave obrtno polje !

$$u_A(t) = A_s \cos(\omega_s t)$$

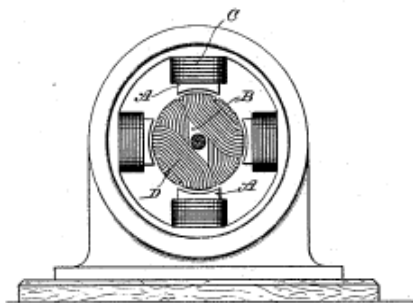
$$u_B(t) = A_s \sin(\omega_s t)$$

(No Model.)

N. TESLA.
ELECTRIC MOTOR.

No. 416,194.

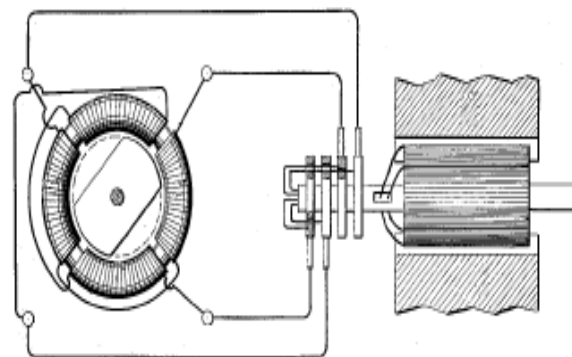
Patented Dec. 3, 1889.



Witnesses:
Raphael M. ...
Robert F. Gaylord

Inventor
Nikola Tesla
By
Duncan, Curtis & Page
Attorneys.

Nikola Tesla
ELECTRO MAGNETIC MOTOR.
No. 381,968



J



Patent prve asinhronne mašine (Nikola Tesla) –dvofazna AM

Osnovni princip rada AM- tri faze

Trofazna asinhrona mašina

Tri nepokretna namotaja prostorno pomerena za 120° napajana sa tri prostoperiodična signala pomerena za 120° takođe prave obrtno polje !

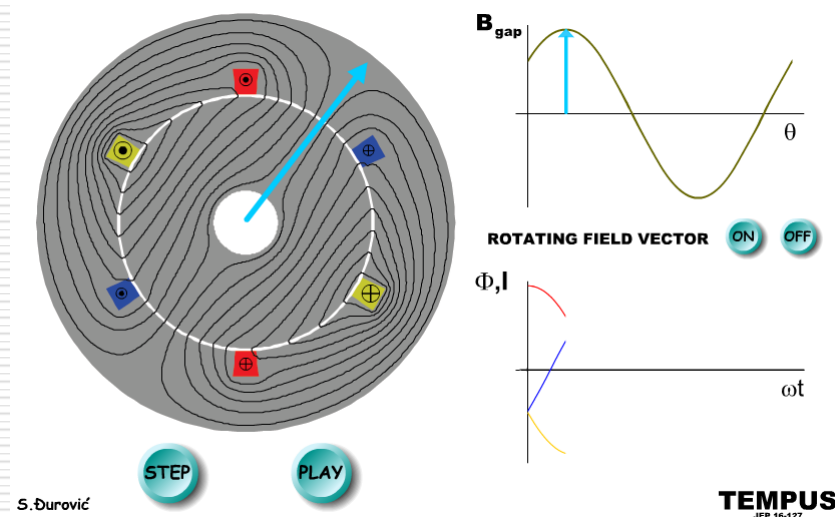
Tri faze prave tri pulsirajuća polja u pravcu svojih magnetnih osa. Ali, rezultatno magnetno polje statora nastaje prostornim sabiranjem tih pulsirajućih polja, i naziva se Teslino obrtno polje. Ono se opisuje obrtnim vektorom magnetopobudne sile statora koji ima konstantnu amplitudu i obrće se ugaonom sinhronom brzinom $\omega_s = 2\pi f$, a njegov smer obrtanja zavisi od redosleda prednjačenja odnosno kašnjenja faznih struja statora.

$$u_A(t) = A_s \sin(\omega_s t),$$

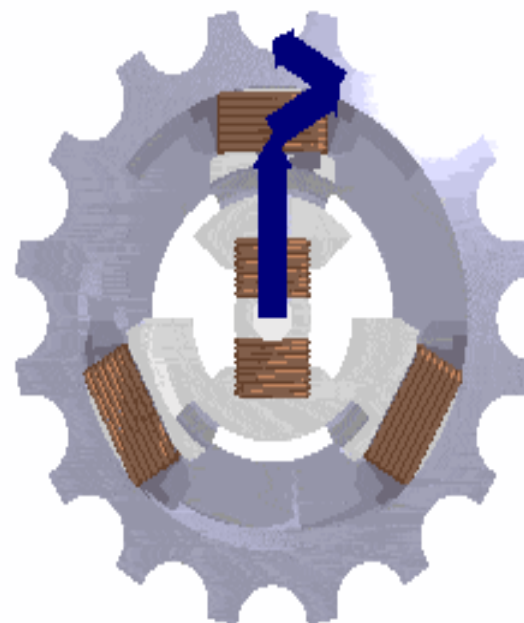
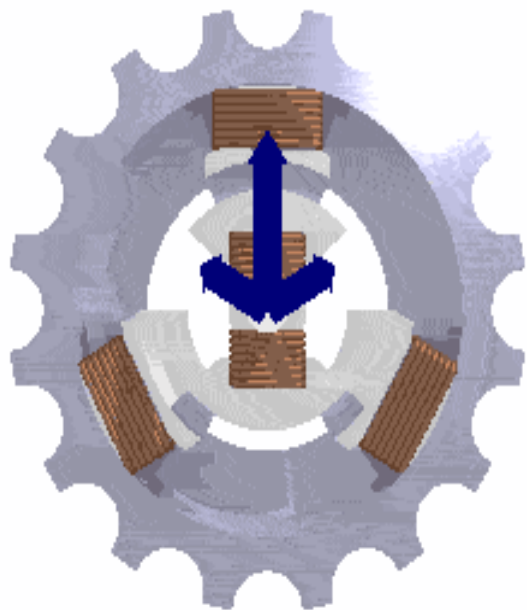
$$u_B(t) = A_s \sin(\omega_s t - 2\pi/3)$$

$$u_C(t) = A_s \sin(\omega_s t - 4\pi/3)$$

Pustiti animaciju za obrtno polje nastalo sa tri faze



Osnovni princip rada AM



- Tri pulzaciona polja u slučaju prostorno pomerenih namota sa vremenski pomerenim strujama daju resultantno polje koje nije pulzaciono, već ima konstantnu amplitudu i rotira u prostoru sinhronom brzinom ω_s (jednakom učestanosti struja u namotaju statora).

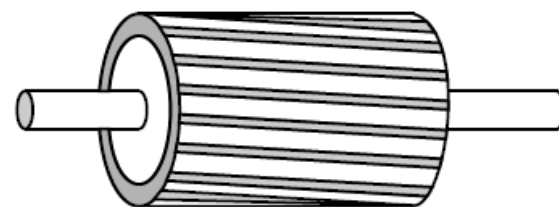
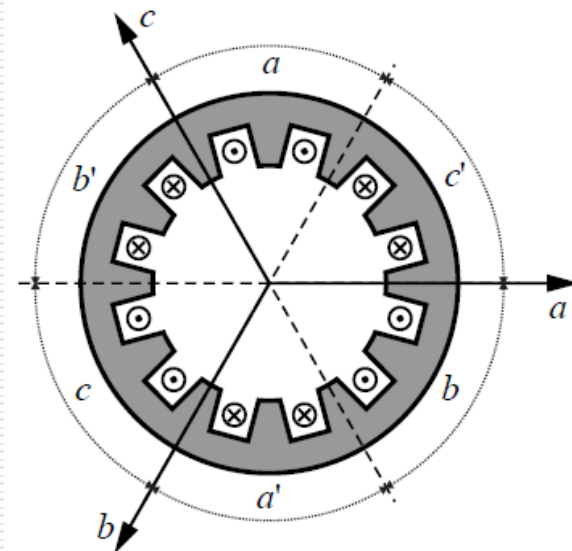
Osnovni princip rada AM

Stator

Zbog postavljanja namotaja u konačan broj diskretnih žlebova, nastala magnetopobudna sila će biti stepenastog oblika, sa visokim sadržajem viših harmonika. Međutim, pošto je od interesa samo osnovni harmonik, realni namot raspodeljen u žlebove idealizuje se namotom sa sinusnom gustinom raspodele navojaka

Rotor

Rotor AM je kavezni, od provodnih šipki koje su na svojim krajevima kratko spojene provodnim prstenovima. On se postavlja u aksijalne žlebove magnetnog kola rotora procesom jednostavnog ulivanja rotorskih provodnika u magnetno kolo. Magnetno kolo rotora se takođe pravi od limova, i pričvršćuje na vratilo motora. U analizi rada kavezni namotaj rotora ekvivalentira se odgovarajućim trofaznim namotom sa fazama rotora ABC, koji nosi obrtno polje rotora sa magnetopob silom F_{obr}



Osnovni princip rada AM

Kako asinhroni motor generiše moment ?

1. Teslino obrtno polje svojim obrtnim fluksom u provodnicima rotorskog kaveza, po Faradejevom zakonu, indukuje elektromotorne sile koje su proporcionalne relativnoj brzini kretanja između obrtnog polja statora i provodnika na rotoru.
 2. Indukovane EMS uspostavljaju struju kroz rotorske provodnike, koja, po Lorencovom zakonu, u dve aktivne strane konture generiše dve elektrodinamičke sile F_1 i F_2 proporcionalne jačini polja i struje.
 3. Dve elektrodinamičke sile generišu moment proporcionalna sili i prečniku rotora.
- Da bi se ostvario moment, rotor ne sme da dođe u sinhronizam sa statorskim poljem, neophodno je da rotor asinhronne mašine bar malo klizi u odnosu na statorsko polje.
 - Ukoliko bi se rotor ipak obrtao istom brzinom kao i obrtno polje statora, njegovi provodnici ne bi presecali linije fluksa obrtnog polja statora, te bi se prekinulo indukovanje elektromotornih sila i struja rotora, nestalo bi momenta i on bi počeo da usporava. Međutim, u tom trenutku bi ponovo došlo do presecanja provodnika i obrtnog polja, pa bi se ponovo generisao moment na rotoru. Ovaj proces se prirodno uravnotežuje, tako da se rotor uvijek obrće različitom brzinom u odnosu na sinhronu brzinu obrtnog polja statora, zbog čega se ove mašine nazivaju asinhronne mašine

Kako AM generiše moment?

Motor konvertuje električnu snagu na ulazu u mehaničku snagu na izlazu

$$P_{in} = P_{el} = \sum_i^N u_i i_i \Rightarrow \boxed{M} \Rightarrow P_{out} = P_{meh} = M \cdot \omega$$

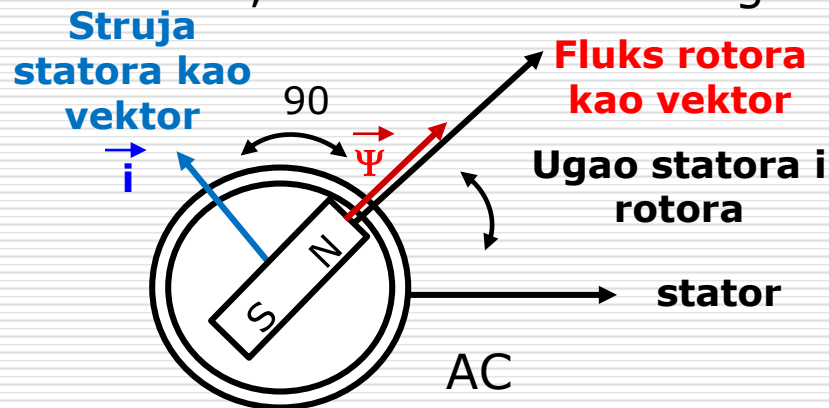
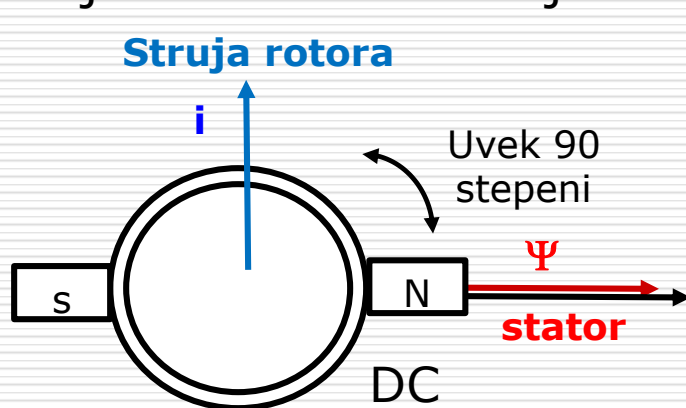
ΣP_g

Hoćemo da menjamo M Pri datoj brzini

Pravilnim upravljanjem je moguće kontrolisati moment koji motor razvija. **Princip se razlikuje od motora do motora** ali uglavnom se svodi na kontrolu struje

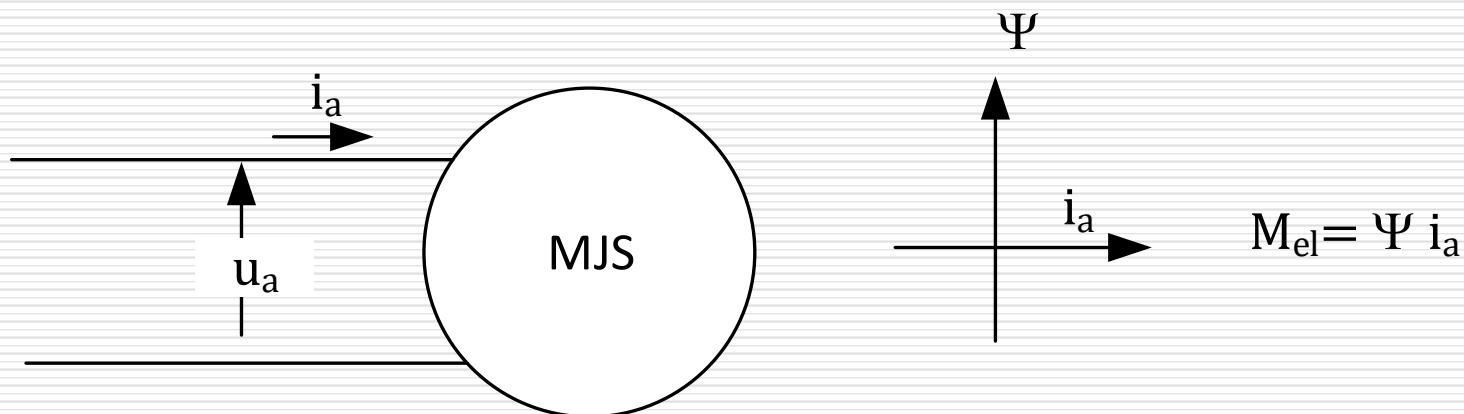
$$\vec{M} = \vec{\Psi} \times \vec{i}$$

Rešenje: kontrolisati struju u odnosu na fluks, za svaki motor drugačije

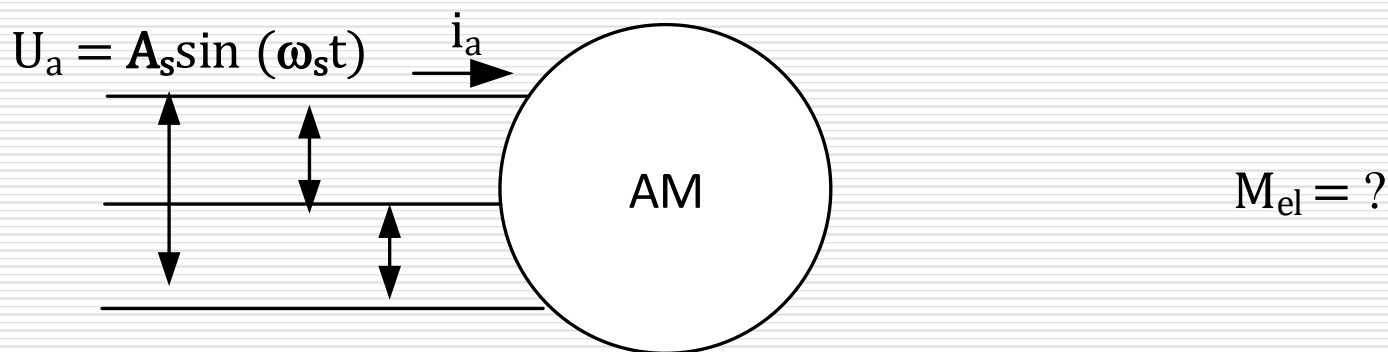


Kako AM generiše moment ?

1.Kod MJS moment je proporcionalan struji armature



2.Naizmenični napon AM ima dva parametra, amplitudu A_s i frekvenciju $\omega_s = 2\pi f_s$. Čemu je proporcionalan moment koji AM razvija ?



3. Mehanička charakteristika AM

$$M_e = \frac{P_r}{\omega_m}$$

Mehanička karakteristika AM

1. Naponska ravnoteža faze statora

$$\hat{U}_s = R_s \cdot \hat{I}_s + jX_{js} \cdot \hat{I}_s + \hat{E}_s$$

2. Naponska ravnoteža faze rotora

Indukovana EMSr zavisi od klizanja

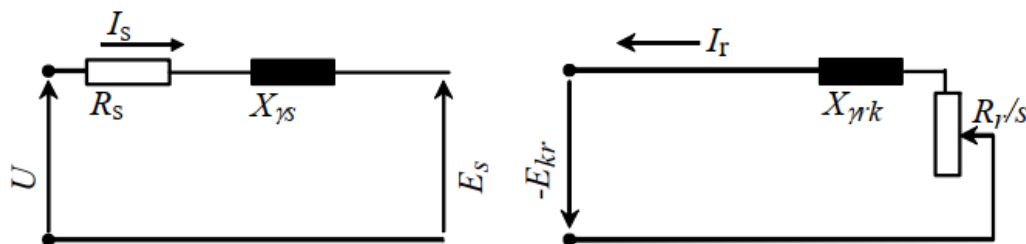
$$-\hat{E}_r = R_r \cdot \hat{I}_r + js \cdot X_{rk} \cdot \hat{I}_r = -s \cdot \hat{E}_{kr}$$

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

$$I_r = \frac{s \cdot E_{kr}}{\sqrt{R_r^2 + X_{rk}^2}} = \frac{s \cdot E_{kr}}{\sqrt{R_r^2 + s^2 \cdot X_{rk}^2}}$$

$$I_r = -\frac{E_{kr}}{\frac{R_r}{s} + jX_{rk}}$$

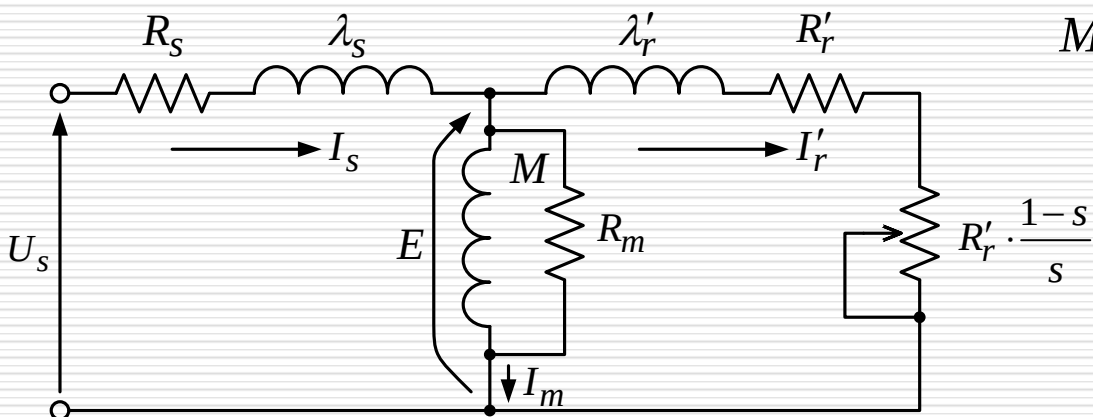
3. Ekvivalentna šema faze statora i faze rotora AM



$$\frac{R_r}{s} = R_r + \frac{1-s}{s} R_r$$

Mehanička karakteristika AM

1. Ekvivalentna šeme motora (po fazi).



$$\frac{R_r}{s} = R_r + \frac{1-s}{s} R_r$$

3. Ako se dalje izračuna I_r

$$|I'_r(s)| = \frac{|E|}{\sqrt{(R'_r/s)^2 + (\omega_s \cdot \lambda'_r)^2}}$$

2. Za M_e se dobija

$$\begin{aligned} M_e &= \frac{P_r}{\omega_m} = 3 \cdot R'_r \cdot \underbrace{\frac{1-s}{s} \cdot (I'_r)^2}_{P_r} \cdot \frac{1}{\omega_m} = \\ &= 3 \cdot R'_r \frac{1-s}{s} \cdot (I'_r)^2 \cdot \left(\frac{\omega_s}{\omega_s} \right) \cdot \frac{P}{\omega} = \\ &= 3 \cdot P \cdot \frac{R'_r}{s} \cdot \frac{(I'_r)^2}{\omega_s} = 3 \cdot P \cdot R'_r \frac{(I'_r)^2}{\omega_r} \end{aligned}$$

4. konačno se dobija

$$M_e(s) = 3 \cdot P \cdot \frac{E^2}{\omega_s} \frac{R'_r/s}{(R'_r/s)^2 + (\omega_s \cdot \lambda'_r)^2}$$

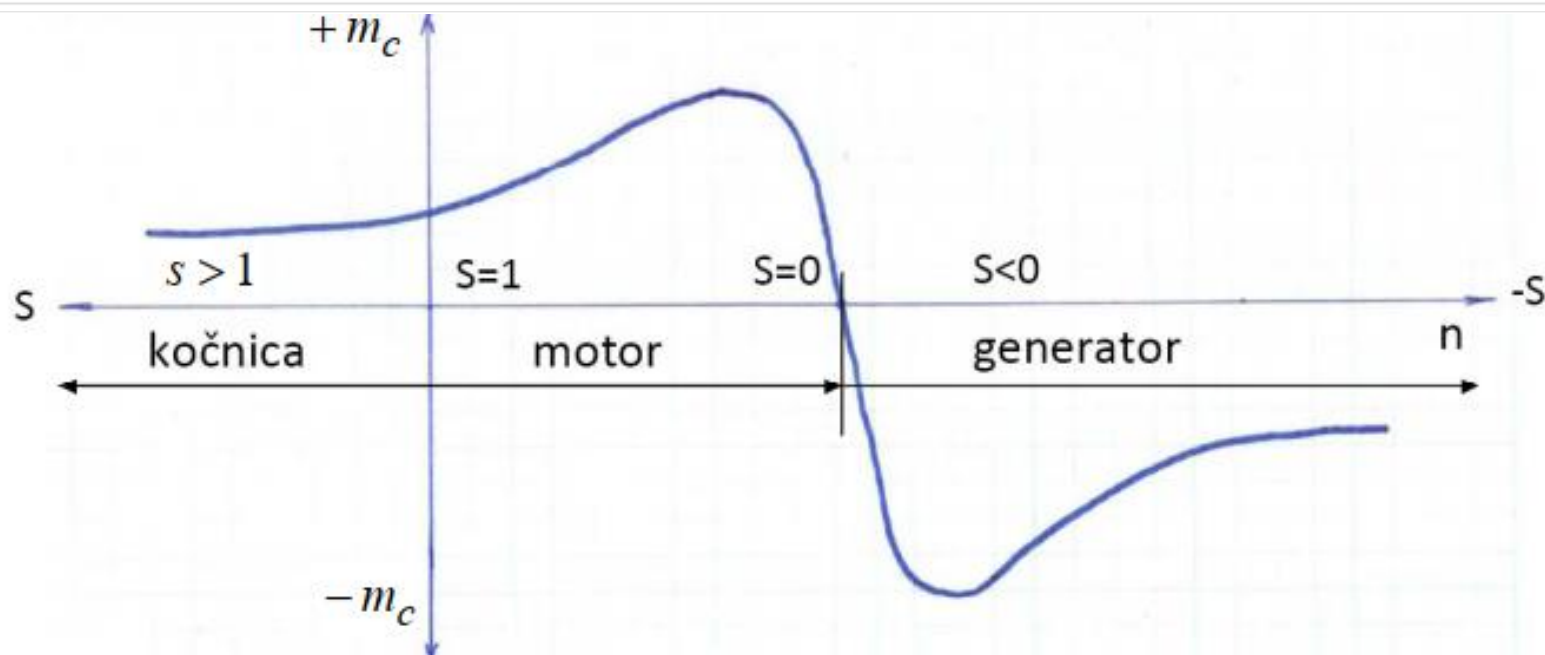
$$M_e(\omega_r) = 3 \cdot P \cdot \left(\frac{E}{\omega_s} \right)^2 \frac{\omega_r \cdot R'_r}{(R'_r)^2 + (\omega_r \cdot \lambda'_r)^2}$$

Mehanička karakteristika AM

Momenat u tački ekstremuma naziva se **PREVALNI MOMENAT** (M_p), a odgovarajuće klizanje **PREVALNO KLIZANJE** (s_p).

$$M_e(s) = 3 \cdot P \cdot \frac{E^2}{\omega_s} \frac{R'_r/s}{(R'_r/s)^2 + (\omega_s \cdot \lambda'_r)^2}$$

$$\frac{dM_e(s)}{ds} = 0 \quad s_p = \pm \frac{R'_r}{\omega_s \cdot \lambda'_r}; \quad M_p = \pm \frac{3 \cdot P}{2} \cdot \left(\frac{E}{\omega_s} \right)^2 \frac{1}{\lambda'_r}$$

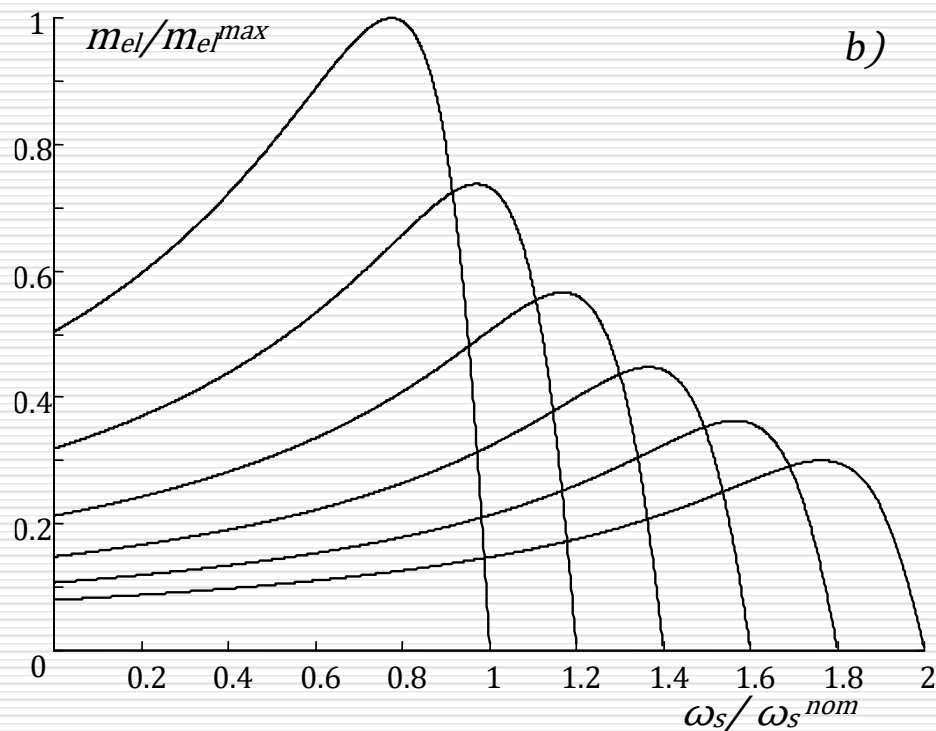
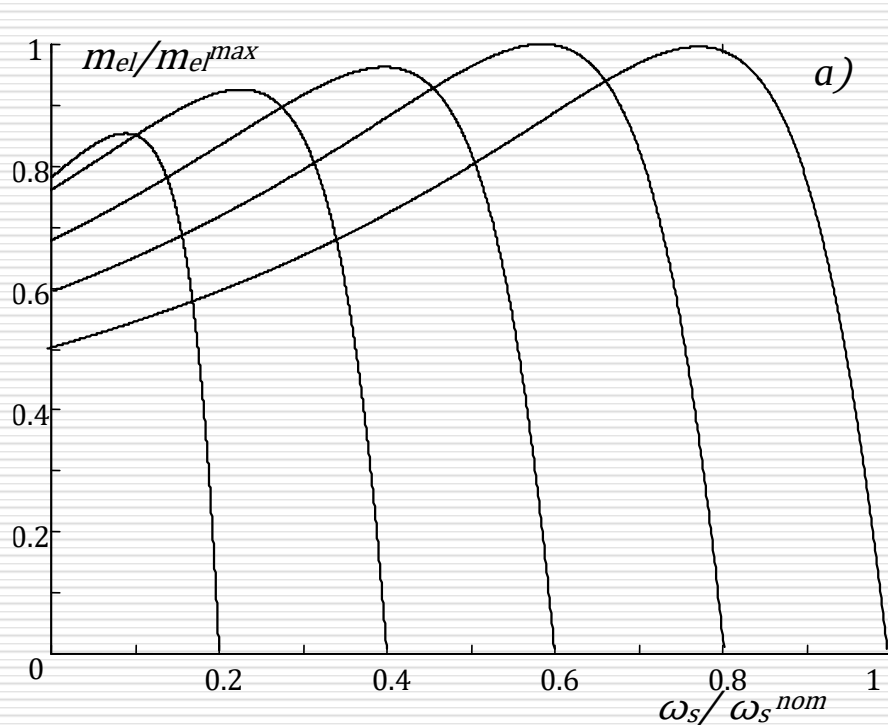


Veštačke karakteristike AM

A) Promena f uz $u/f = \text{const}$, fluks konstantan

B) Promena f uz $u = \text{const}$, fluks opada sa f

$$M_p = \pm \frac{3 \cdot P}{2} \cdot \left(\frac{E}{\omega_s} \right)^2 \frac{1}{\lambda'_r}$$



Veštačke karakteristike AM

Eksploataciona i tranzijentna

