

ELEKTROMECHANİČKE I ELEKTRIČNE PRETVORBE

ZAVRŠNI ISPIT

21.01.2008.

Zadatak 3 (3 boda):

Trofazni kolutni asinkroni motor, opterećen nazivnim momentom, vrti se brzinom 1410 r/min. Pri tome gubici u namotu rotora iznose 940 W. Ako dodavanjem otpora, pri istom momentu opterećenja, smanjimo brzinu vrtnje na 960 r/min, koliki će biti:

- a) ukupni električni gubici u rotoru,
- b) gubici u namotu rotora,
- c) gubici u dodatnom otporniku?

Skicirajte na istom grafu momentne karakteristike motora prije i poslije dodatka otpora i označite radne točke pri brzinama 1410 r/min i 960 r/min.

$$s_1 = \frac{n_s - n_1}{n_s} = \frac{1500 - 1410}{1500} = 0.06$$

$$s_2 = \frac{n_s - n_2}{n_s} = \frac{1500 - 960}{1500} = 0.36$$

(0.5)

$$\frac{R_2}{s_1} = \frac{R_2 + R_d}{s_2} \Rightarrow R_d = R_2 \left(\frac{s_2}{s_1} - 1 \right) = R_2 \left(\frac{0.36}{0.06} - 1 \right) = 5R_2$$

$$a) P_{Cu2uk} = s_2 P_{okr} = 0.36 \cdot 15666.67 = \boxed{5640 \text{ W}}$$

(0.5)

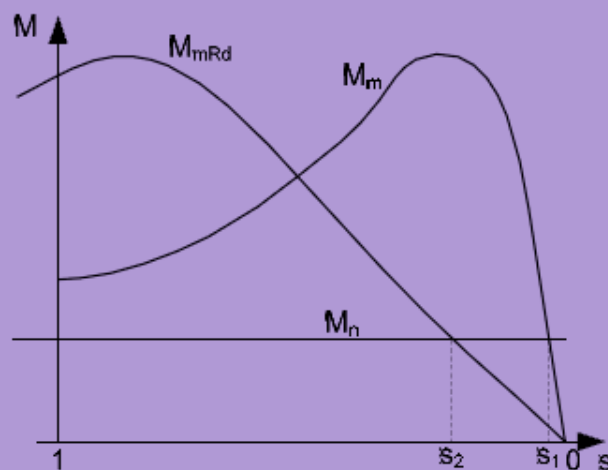
$$b) P_{R_2} = \frac{1}{6} P_{Cu2uk} = \frac{1}{6} \cdot 5640 = \boxed{940 \text{ W}}$$

(0.5)

$$c) P_{R_d} = \frac{5}{6} P_{Cu2uk} = \frac{5}{6} \cdot 5640 = \boxed{4700 \text{ W}}$$

(0.5)

Skicirajte na istom grafu momentne karakteristike motora prije i poslije dodatka otpora i označite radne točke pri brzinama 1410 r/min i 960 r/min.



0,5

Zadatak 4 (3 boda):

Trofazni asinkroni motor 55 kW, 980 r/min, 400 V, $\cos \varphi = 0.86$, $\eta = 0.92$, 50 Hz spojen u trokut uzima kod pokretanja struju iz mreže 5 puta veću od nazivne i razvija potezni moment 1,6 puta veći od nazivnog. Izračunajte nazivnu struju motora. Ako motor prespojimo u zvijezdu i priključimo na istu mrežu:

- koliku struju (u A) će povući iz mreže pri pokretanju?
- koliki potezni moment će razviti (u Nm)?

$$I_n = \frac{P_2}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi \eta} = \frac{55000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.86 \cdot 0.92} = \boxed{100.34 \text{ A}}$$

1

$$\text{a) } I_{fT} = I_{fT} = I_{f\Delta} \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{I_{l\Delta}}{\sqrt{3}} \frac{1}{\sqrt{3}} = I_{l\Delta} \frac{1}{3} = 5 \cdot 100.34 \cdot \frac{1}{3} = \boxed{167.23 \text{ A}}$$

1

0,5 bodova ako
pogode da struja 3 puta
manja

$$\text{b) } M_T = M_{k\Delta} \left(\frac{U_{fT}}{U_{f\Delta}} \right)^2 = \frac{M_{k\Delta}}{3} = \frac{1}{3} 1.6 \cdot \frac{55000}{980\pi} 30 = \boxed{285.83 \text{ Nm}}$$

1

ELEKTROMEHANIČKE I ELEKTRIČNE PRETVORBE ENERGIJE

PONOVLJENI ZAVRŠNI ISPIT

04. veljače 2008.

Zadatak 3 (3 boda):

Trofazni asinkroni motor 4kW, 400V, 50Hz, 930 r/min, spoj zvijezda, pogoni teret konstantnog momenta pri čemu je izmjereno $I_1=8,2A$, $n=937$ r/min. U pokusu praznog hoda pri 400V, 50Hz izmjereno je $P_0=270W$, $I_0=3,5A$. Otpor faze namota statora u pogonski toplom stanju iznosi $R_1=0,44\Omega$. Gubici trenja i ventilacije iznose 2% nazivne snage motora. Za navedenu radnu točku izračunajte:

- klizanje,
- moment tereta,
- snagu koju motor uzima iz mreže,
- gubitke u namotu rotora,
- korisnost motora.

Pretpostavite da se gubici trenja i ventilacije ne mijenjaju s promjenom brzine vrtnje, te da je moment motora linearno ovisan u području klizanja od $s=0$ do $s=10\%$.

$$a) \ s = \frac{n_s - n_1}{n_s} = \frac{1000 - 937}{1000} \cdot 100 = 6,3\% \quad \boxed{0,5}$$

$$b) \ \frac{M}{s} = \frac{M_n}{s_n} \Rightarrow M = \frac{s}{s_n} \cdot M_n$$

$$s_n = \frac{n_s - n_n}{n_s} = \frac{1000 - 930}{1000} = 0,07 \quad M_n = \frac{P_n \cdot 30}{n_n \cdot \pi} = \frac{4000 \cdot 30}{930 \cdot \pi} = 41,07 \text{ Nm}$$

$$M = \frac{s}{s_n} \cdot M_n = \frac{0,063}{0,07} \cdot 41,07 = 36,96 \text{ Nm} \quad \boxed{0,5}$$

$$c) \ P_{meh} = P_2 + P_{tr,v}$$

$$P_2 = M \cdot n \cdot \frac{\pi}{30} = 36,96 \cdot 937 \cdot \frac{\pi}{30} = 3626,6 \text{ W} \quad P_{tr,v} = 0,02 \cdot P_n = 0,02 \cdot 4000 = 80 \text{ W}$$

$$P_{meh} = P_2 + P_{tr,v} = 3626,6 + 80 = 3706,6 \text{ W}$$

$$P_{okr} = \frac{P_{meh}}{1 - s} = \frac{3706,6}{1 - 0,063} = 3955,8 \text{ W} \quad \boxed{0,5}$$

$$P_{Cul1} = 3 \cdot I_1^2 \cdot R_1 = 3 \cdot 8,2^2 \cdot 0,44 = 88,76 \text{ W}$$

$$P_{Fel} = P_0 - 3 \cdot I_0^2 \cdot R_1 - P_{tr,v} = 270 - 3 \cdot 3,5^2 \cdot 0,44 - 80 = 173,83 \text{ W}$$

$$P_1 = P_{okr} + P_{Fel} + P_{Cul1} = 3955,8 + 173,83 + 88,76 = 4218,4 \text{ W} \quad \boxed{0,5}$$

$$d) \ P_{Cu2} = s \cdot P_{okr} = 0,063 \cdot 3955,8 = 249,2 \text{ W} \quad \boxed{0,5}$$

$$e) \ \eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{3626,6}{4218,4} = 0,8597 \quad \boxed{0,5}$$

Zadatak 4 (3 boda):

Trofazni asinkroni kolutni motor 400V, 40kW, 50Hz, 970r/min opterećen je nazivnim momentom. Otpor po fazi rotora iznosi 80mΩ. Skicirajte momentne karakteristike i izračunajte:

- a) Koliki otpor je potrebno dodati u rotorski krug motora da bi se pri nazivnom momentu motor vrtio brzinom 800r/min?
 b) U slučaju da se napon motora pri nazivnom momentu tereta smanji za 10%, koliki otpor treba dodati u rotorski krug da bi brzina vrtnje bila 800r/min?

Rotorski rasipni otpor se može zanemariti pri malim klizanjima.

$$a) \quad s_n = \frac{n_s - n_n}{n_s} = \frac{1000 - 970}{1000} = 0,03 \quad \boxed{0,5}$$

$$s_1 = \frac{n_s - n_1}{n_s} = \frac{1000 - 800}{1000} = 0,2 \quad \boxed{0,5}$$

$$\frac{R_2}{s_n} = \frac{R_2 + R_d}{s_1} \Rightarrow R_d = R_2 \left(\frac{s_1}{s_n} - 1 \right) = 80 \cdot \left(\frac{0,2}{0,03} - 1 \right) = 453,3 \text{ m}\Omega \quad \boxed{0,5}$$

$$b) \quad M = \frac{m_2 \cdot I_2^2 \cdot R_2}{s \cdot \omega_s} = \frac{m}{\omega_s} \cdot \frac{E_{20}^2}{\left[\left(\frac{R_2}{s} \right)^2 + X_{\sigma 2}^2 \right]} \cdot \frac{R_2}{s} \doteq \frac{m}{\omega_s} \cdot E_{20}^2 \cdot \frac{s}{R_2} \quad \boxed{0,5}$$

$$E_{20}^2 \cdot \frac{s}{R_2} = (0,9 \cdot E_{20})^2 \cdot \frac{s_1}{R_2 + R_d} \Rightarrow R_d = R_2 \left(0,9^2 \cdot \frac{s_1}{s_n} - 1 \right) = 80 \cdot \left(0,9^2 \cdot \frac{0,2}{0,03} - 1 \right) = 352 \text{ m}\Omega \quad \boxed{1}$$

Asinkroni stroj

11. Izmjereni napon rotora u mirovanju 4-polnog trofaznog asinkronog motora je 160V. Motor je priključen na mrežu frekvencije 50 Hz. Koliki bi se napon pojavio u rotoru pri njegovoj nazivnoj brzini od 1485 r/min i kolika bi bila njegova frekvencija?

$$f_1 = 50 \text{ Hz}$$

$$2p = 4$$

$$E_{20} = 160 \text{ V}$$

$$n_s = \frac{60 f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ r/min}$$

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1500 - 1485}{1500} = 0,01 = 1\%$$

$$s = \frac{f_2}{f_1} \Rightarrow f_2 = s f_1 = 0,01 \cdot 50 = 0,5 \text{ Hz}$$

$$E_2 = s E_{20} = 0,01 \cdot 160 = 1,6 \text{ V}$$

12. Trofazni asinkroni motor ima na natpisnoj pločoci podatke: 380 V, trokut, 50 Hz, 10 kW, 20,8 A, $\cos \varphi = 0,86$, 1470 r/min.

- Koliko iznosi klizanje s u %?
- Koliko iznosi brzina vrtnje okretnog polja statora prema statoru?
- Koliko iznosi brzina vrtnje okretnog polja rotora prema rotoru?
- Koliko iznosi brzina vrtnje okretnog polja rotora prema okretnom polju statora?
- Koliku radnu i jalovu snagu uzima motor iz mreže?
- Koliki su ukupni gubici u motoru?
- Koliki je η motora?

$$a) \quad s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1500 - 1470}{1500} = 0,02 = 2\%$$

$$b) \quad n_{10} = n_{okr.p.s.} = n_{sinkrono} = \frac{60f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ r/min}$$

$$n_1 = n_{statora} = 0$$

$$n_{10} - n_1 = n_{11} = 1500 \text{ r/min}$$

$$c) \quad n_{20} = n_{okr.p.r.} = n_{sinkrono} = 1500 \text{ r/min}$$

$$n_2 = n_{rotora} = 1425 \text{ r/min}$$

$$n_{20} - n_2 = n_{22} = 1500 - 1470 = 30 \text{ r/min} \quad \text{ili}$$

$$n_{22} = \frac{60f_2}{p} = \frac{60sf_1}{p} = \frac{60 \cdot 0,02 \cdot 50}{2} = 30 \text{ r/min}$$

$$d) \quad n_{10} = n_{okr.p.s.} = n_{sinkrono} = 1500 \text{ r/min}$$

$$n_{20} = n_{okr.p.r.} = n_{sinkrono} = 1500 \text{ r/min}$$

$$n_{20} - n_{10} = 1500 - 1500 = 0$$

$$e) \quad P_1 = \sqrt{3}U_n I_n \cos \varphi_n = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 20,8 \cdot 0,86 = 11774 \text{ W}$$

$$Q_1 = \sqrt{3}U_n I_n \sin \varphi_n = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 20,8 \cdot 0,5 = 6845 \text{ VAR}$$

$$f) \quad P_g = P_1 - P_2 = 11774 - 10000 = 1774 \text{ W}$$

$$g) \quad \eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{10000}{11774} = 84,9\%$$

13. Trofazni asinkroni kavezni motor ima na natpisnoj pločici podatke: 380 V, 50 Hz, 22 kW, $\cos \varphi=0,8$, nazivna brzina vrtnje $n=1440$ r/min, spoj namota u trokut.

a) Za koliku struju treba dimenzionirati namot statora ovog motora, a za koliku dovodni kabel? (Pretpostavite da je $\eta=0,92$)

b) Smije li se ovaj motor koristiti na trofaznom naponu 660 V, 50 Hz?

$$\text{a) } P_1 = \frac{P_2}{\eta}$$

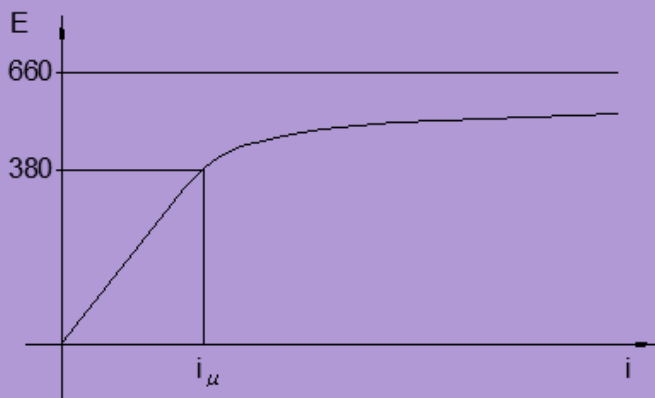
$$\left. \begin{aligned} S &= \frac{P_1}{\cos \varphi_n} = \frac{P_2}{\eta \cos \varphi_n} \\ S &= \sqrt{3} U_n I_n \end{aligned} \right\} \Rightarrow I_n = \frac{P_2}{\sqrt{3} U_n \eta \cos \varphi_n} = \frac{22000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,92 \cdot 0,8} = 45,4 \text{ A}$$

$$I_f = \frac{1}{\sqrt{3}} I_n = \frac{45,4}{\sqrt{3}} = 26,2 \text{ A}$$

Statorski namot se dimenzionira za 26,2 A, a dovodni kabeli za 45,4 A.

$$\text{b) } \frac{660}{\sqrt{3}} = 381 \text{ V} = U_n$$

Ovaj motor se smije koristiti na mreži 660 V, 50 Hz ali samo u spoju zvijezda. Ako bi se spojio u trokut fazni napon bi bio 660 V i zbog utjecaja zasićenja bi potekla nedozvoljeno velika struja magnetiziranja koja bi mogla potpuno uništiti namot.



Problem struje pokretanja asinkronog stroja

14. Asinkroni kavezni motor ima podatke: 55 kW, 380 V, 975 r/min, $\eta=0,92$, $\cos\varphi=0,89$, 50 Hz, spoj statorskog namota u trokut. Struja kratkog spoja je 6 puta veća od nazivne, a moment kratkog spoja iznosi 60% nazivnog.

- Koliko iznosi struja kratkog spoja u dovodima do motora i u namotima motora,
- Koliko iznosi moment kratkog spoja izražen u Nm?

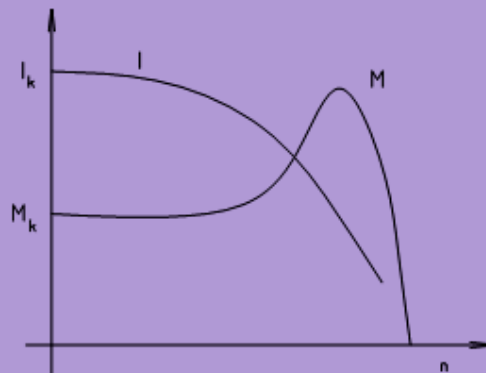
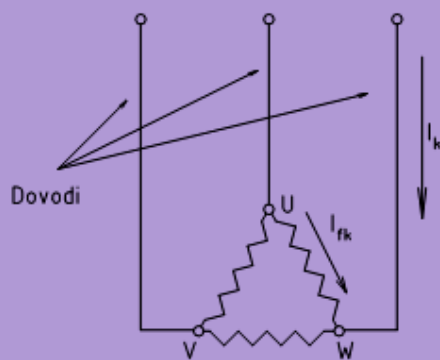
$$\text{a) } I_n = \frac{P_2}{\sqrt{3} U_n \eta \cos \varphi} = \frac{55000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,92 \cdot 0,89} = 102 \text{ A}$$

$$I_k = I_{\text{dovoda}} = 6 I_n = 6 \cdot 102 = 612 \text{ A} \quad \text{struja u dovodima}$$

$$I_{fk} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_k = \frac{612}{\sqrt{3}} = 353 \text{ A} \quad \text{struja u namotima}$$

$$\text{b) } M_n = \frac{30}{\pi} \frac{P_2}{n} = \frac{30}{\pi} \frac{55000}{975} = 539 \text{ Nm}$$

$$M_k = 0,6 M_n = 0,6 \cdot 539 = 323 \text{ Nm}$$



U, V i W su stezaljke namota (faza) motora, dok su L1, L2 i L3 dovodi od mreže do motora.

15. Trofazni asinkroni motor 50 kW, 50 Hz, 380 V, bi trebalo koristiti na mreži 60 Hz (u Americi). Pri kojim

se uvjetima takav motor smije koristiti na mreži frekvencije 60 Hz. Koliku bi snagu motor mogao davati na naponu frekvencije 60 Hz?

$$\left. \begin{aligned} E &= 4,44 \Phi N f f_n = k \Phi f \\ E &\doteq U_n \end{aligned} \right\} \Rightarrow U_n = k \Phi f \quad , \quad U'_n = k \Phi f' \Rightarrow \Phi = konst.$$

$$U'_n = U_n \frac{f'}{f} = 380 \frac{60}{50} = 456 \text{ V}$$

U Americi je standardni napon 440 V, pa je time zadovoljen uvjet veličine napona.

$$M_n = k_M \Phi I_2 \cos \varphi_2$$

Uz približno konstantna elektromagnetska opterećenja (Φ odnosno B je konstantno i I_2 odnosno Γ je konstantno) stroj na obje frekvencije može razviti isti moment.

Uslijed promjene frekvencije se mijenjaju neki gubici u željezu i gubici trenja i ventilacije u stroju. Oni se kompenziraju boljim hlađenjem uslijed povećane brzine vrtnje. Uz takve će uvijete biti:

$$\left. \begin{aligned} M_n &= \frac{30}{\pi} \frac{P_2}{n_n} \\ M'_n &= \frac{30}{\pi} \frac{P'_2}{n'_n} = M_n \end{aligned} \right\} \Rightarrow P'_2 = P_2 \frac{n'_n}{n_n} = P_2 \frac{n'_s(1-s'_n)}{n_n(1-s_n)} = P_2 \frac{f'_s(1-s'_n)}{f_n(1-s_n)}$$

$$\text{uz } \frac{1-s'_n}{1-s_n} \doteq 1 \Rightarrow P'_n \doteq P_n \frac{f'}{f} = 50 \frac{60}{50} = 60 \text{ kW}$$

16. Trofazni asinkroni motor ima podatke: 55 kW, 380 V, 980 r/min, 102 A, 50 Hz, spoj statorskog namota u trokut. Struja kratkog spoja je 6 puta veća od nazivne, a moment kratkog spoja

iznosi 1,8 puta veći od nazivnog. Ako motor prespojimo u zvijezdu i priključimo na istu mrežu:

a) Koliku će struju povući iz mreže pri pokretanju?

b) Koliki će razviti potezni moment?

c) Prikažite u dijagramu $M=f(n)$ i $I=f(n)$

Spoj u trokut

$$M_n = \frac{30}{\pi} \frac{P_2}{n} = \frac{30}{\pi} \frac{55000}{975} = 536 \text{ Nm}$$

$$M_k = 1,8 M_n = 1,8 \cdot 536 = 965 \text{ Nm}$$

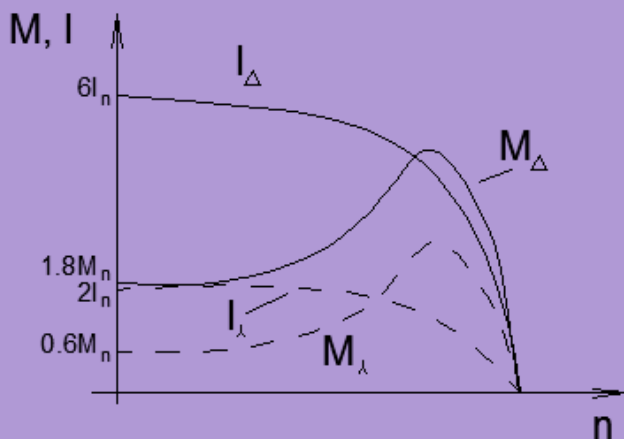
$$I_k = 6 I_n = 6 \cdot 102 = 612 \text{ A}$$

Spoj u zvijezdu

$$U_{f.zv.} = \frac{U_{f.tr.}}{\sqrt{3}}$$

$$I_{k.zv.} = \frac{1}{3} I_{k.tr.} = \frac{1}{3} 612 = 204 \text{ A}$$

$$M_{k.zv.} = \left(\frac{U_{f.zv.}}{U_{f.tr.}} \right)^2 M_{k.tr.} = \left(\frac{1}{\sqrt{3}} \right)^2 M_{k.tr.} = \frac{1}{3} M_{k.tr.} = \frac{1}{3} 965 = 322 \text{ Nm}$$



17. Trofazni asinkroni motor 45 kW, 380 V, 50 Hz, 87 A, 1465 r/min, $\cos\varphi=0,87$ kod nazivnog opterećenja ima gubitke trenja i ventilacije 1,3 kW. Odrediti za nazivno opterećenje:

- snagu koja prolazi kroz zračni raspor,
- gubitke u namotu rotora,
- ukupne statorske gubitke,
- moment na vratilu,
- snagu koju motor uzima iz mreže,
- korisnost.

$$\text{a) } s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1500 - 1465}{1500} = 0,0233 = 2,33\%$$

$$P_{12} = \frac{P_{mech}}{1 - s_n} = \frac{P_2 + P_{r,v}}{1 - s_n} = \frac{45000 + 1300}{1 - 0,0233} = 47406 \text{ W}$$

$$\text{b) } P_{2s} = sP_{12} = 0,0233 \cdot 47406 = 1106 \text{ W}$$

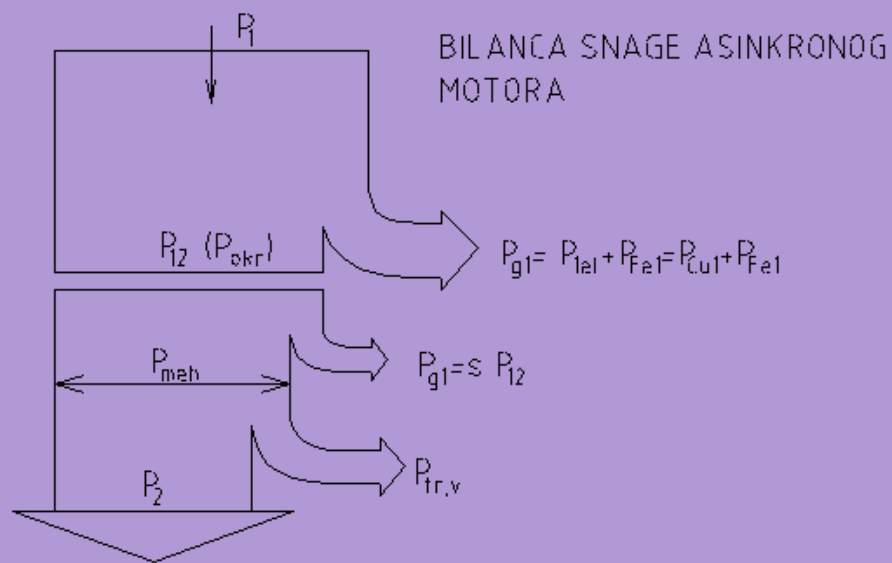
$$\text{c) } P_{g1} = P_{1n} - P_{12} = \sqrt{3}U_n I_n \cos\varphi_n - P_{12} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 87 \cdot 0,87 - 47406 = 2412 \text{ W}$$

$$P_{g1} = P_{1s1} + P_{Fe1} = P_{Cu1} + P_{Fe1}$$

$$\text{d) } M_n = \frac{30}{\pi} \frac{P_2}{n} = \frac{30}{\pi} \frac{45000}{1465} = 293 \text{ Nm}$$

$$\text{e) } P_{1n} = \sqrt{3}U_n I_n \cos\varphi_n = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 87 \cdot 0,87 = 49818 \text{ W}$$

$$\text{f) } \eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{45000}{49818} = 0,903 = 90,3\%$$



$$P_{meh} = (1-s)P_{12}$$

$$\frac{P_{meh}}{P_{2el}} = \frac{(1-s)P_{12}}{sP_{12}} = \frac{1-s}{s}$$

18. Na slici je prikazana karakteristika momenta kaveznog asinkronog motora za nazivni napon i frekvenciju 380 V, 50 Hz, $2p=4$. U isti dijagram skicirajte karakteristike:

- a) za slučaj da se napon i frekvencija smanje na 50% nazivnih iznosa,
- b) za slučaj da se frekvencija poveća na dvostruku vrijednost, tj. na 100 Hz, a napon ostane nepromijenjen, tj. 380 V,

a) **Prekretni moment** $M_{pr} \doteq k \left(\frac{U}{f} \right)^2$

$$U_a = 0,5U_n = 190 \text{ V}$$

$$f_a = 0,5f_n = 25 \text{ Hz}$$

$$\frac{M_{pra}}{M_{pr}} = \frac{\left(\frac{0,5U_n}{0,5f_n} \right)^2}{\left(\frac{U_n}{f_n} \right)^2} = 1$$

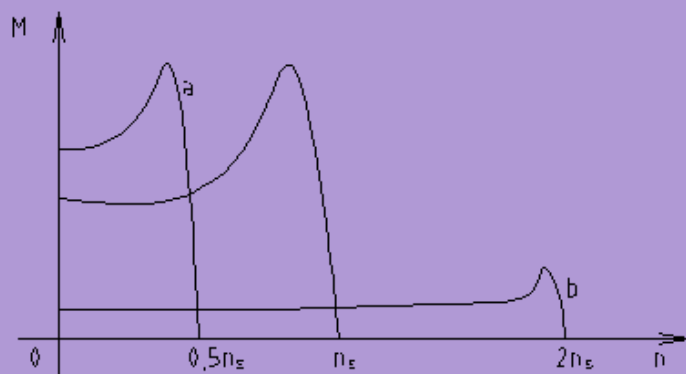
$$n_s = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ r / min} \Rightarrow \frac{n_{sa}}{n_s} = \frac{f_a}{f} = 0,5 \Rightarrow n_{sa} = 0,5n_s = 750 \text{ r / min}$$

b) $U_b = U_n = 380\text{ V}$

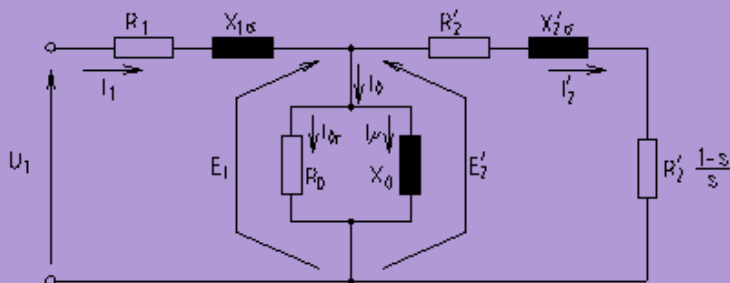
$$f_b = 2f_n = 100\text{ Hz}$$

$$\frac{M_{pra}}{M_{pr}} = \frac{\left(\frac{U_n}{2f_n}\right)^2}{\left(\frac{U_n}{f_n}\right)^2} = 0,25$$

$$n_s = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500\text{ r/min} \Rightarrow \frac{n_{sb}}{n_s} = \frac{f_b}{f} = 2 \Rightarrow n_{sb} = 2n_s = 3000\text{ r/min}$$



19. Trofazni asinkroni stroj ima slijedeće podatke: 380V, 50Hz, 2p=4, $R_1=0,647 \Omega$, $X_{1\sigma}=1,129 \Omega$, $R_0=222,9 \Omega$, $X_0=48,83 \Omega$, $R'_2=0,241 \Omega$ i $X'_{2\sigma}=1,129 \Omega$. Za brzine vrtnje 0,600,1200,1440,1470 i 1499 r/min izračunajte klizanje (s), struju (I) i moment (M) iz nadomjesne sheme. Nacrtajte nadomjesnu shemu asinkronog stroja.



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

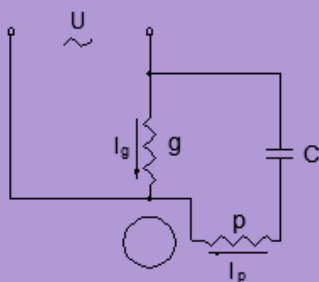
$$I = \frac{U_f}{Z_{uk}}$$

$$M = \frac{mU^2 R'_2}{s\omega_s \left[\left(R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + (X_{1\sigma} + X'_{2\sigma})^2 \right]} \quad m=3$$

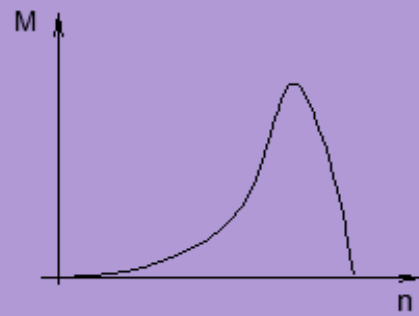
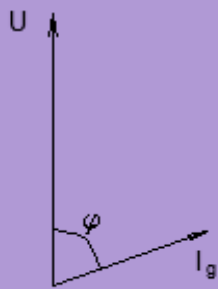
n (R/min)	0	600	1200	1440	1470	1499
s	1	0,6	0,2	0,04	0,02	0,0006
I (A)	91,66	89,37	76,41	32,32	18,40	4,68
M (Nm)	37,00	58,56	127,23	107,90	64,17	2,43

20. Za kondenzatorski jednofazni asinkroni motor skicirajte vektorski dijagram i ovisnost $M=f(n)$ za slijedeće slučaje:

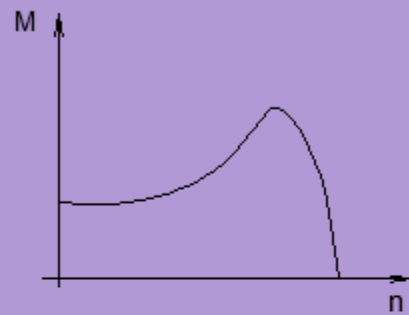
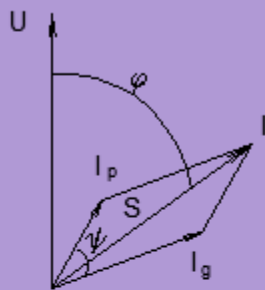
- Bez pomoćne faze,
- Sa manjim kondenzatorom (C1) u pomoćnoj fazi,
- Sa većim kondenzatorom (C2) u pomoćnoj fazi.



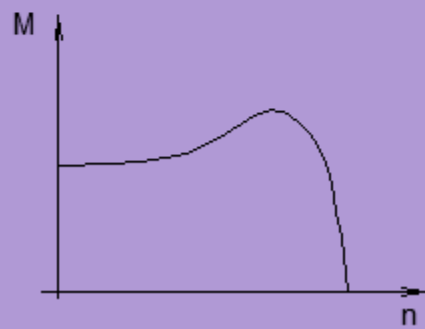
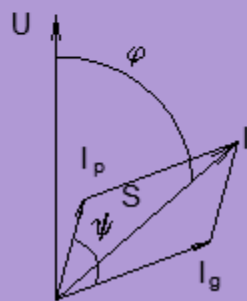
a)



b)



c)



$$M_k = k I_p I_g \sin \psi = k S$$