

# ELEKTROMECHANSKI PRETVORNIKI

2 UNI

Kolokvijske naloge – Asinhronski stroji

Šolsko leto 2008/2009  
Izvajalec Damijan Miljavec

Avtor dokumenta Blaž Potočnik  
Skeniranje Blaž Potočnik



## UREJANJE DOKUMENTA

VERZIJA	01.01
DATUM	16.6.2009

## OPOMBE

1. Trifazni asinhronski motor z drsnimi obroči na rotorju ima podatke:  $U_{1n} = 400 \text{ V}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ,  $P_n = 50 \text{ kW}$ ,  $n_n = 490 \text{ min}^{-1}$ ,  $I_{2n} = 122 \text{ A}$ ,  $E_{20} = 242 \text{ V}$ . Določite dodatno upornost po fazi, ki jo moramo vključiti v rotorski tokokrog tako, da bo motor na gredi oddajal  $\frac{1}{2}$  nazivne mehanske moči pri nazivnem vrtilnem momentu!
2. Trifazni asinhronski motor s kratkostično kletko ima podatke:  $U_{1n} = 400 \text{ V}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ,  $P_n = 30 \text{ kW}$ ,  $n_n = 735 \text{ min}^{-1}$ , izgube trenja in ventilacije  $P_{tr,v} = 300 \text{ W}$ ,  $\cos \varphi_n = 0.75$ ,  $M_{om}/M_n = 2$ . Določite nazivni slip  $s_n$ , omahni slip  $s_{om}$  (iz poenostavljene Klossove enačbe), električne izgube v rotorju  $P_{2el}$ , moč vrtilnega elektromagnetnega polja  $P_{vp}$ , električno delovno moč iz omrežja  $P_{1n}$ , če so skupne izgube v železu in navitju statorja  $P_{Fen} + P_{Cu1n} = 1700 \text{ W}$ , tok iz omrežja  $I_{1n}$ , izkoristek motorja  $\eta_n$  in frekvenco rotorske inducirane napetosti  $f_2$ .
3. Trifazni asinhronski motor s kratkostično kletko ima podatke:  $U_{1n} = 380 \text{ V}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ,  $P_n = 45 \text{ kW}$ ,  $n_n = 730 \text{ min}^{-1}$ ,  $I_{1n} = 93.4 \text{ A}$ , fazna upornost statorskega navitja  $R_1 = 0.1 \Omega$ , izgube trenja in ventilacije  $P_{tr,v} = 200 \text{ W}$ ,  $M_{om}/M_n = 4.46$ ,  $\cos \varphi_{1n} = 0.831$ . Določite nazivni slip  $s_n$ , omahni slip  $s_{om}$  (iz poenostavljene Klossove enačbe), električne izgube v rotorju  $P_{2el}$ , moč vrtilnega elektromagnetnega polja  $P_{vp}$ , izgube v statorskem navitju  $P_{Cu1}$ , električno delovno moč iz omrežja  $P_{1n}$ , izgube v železu  $P_{Fen}$ , izkoristek motorja  $\eta_n$  in frekvenco rotorske inducirane napetosti  $f_2$ .
4. Asinhronski motor z drsnimi obroči in navitim rotorjem ima po katalogu proizvajalca naslednje podatke:  $U_1 = 380 \text{ V}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ,  $Y$ ,  $P_n = 11 \text{ kW}$ ,  $n_n = 1440 \text{ min}^{-1}$ ,  $I_{1n} = 24 \text{ A}$ ,  $\cos \varphi_n = 0.81$ ,  $M_{om}/M_n = 2.5$ ,  $E_{20} = 230 \text{ V}$ ,  $I_{2n} = 29.5 \text{ A}$ . Iz preizkusa prostega teka so znani naslednji podatki:  $R_1 = 0.4 \Omega$ ,  $P_{Fe} = 370 \text{ W}$ ,  $P_{tr,v} = 325 \text{ W}$ .
  - a. Za nazivno obratovalno stanje izračunajte slip  $s_n$ , rotorsko frekvenco  $f_2$ , rotorsko inducirano napetost  $E_2$  in rotorsko upornost  $R_2$ , nazivni in omahni vrtilni moment ( $M_n$  in  $M_{om}$ ), omahni slip  $s_{om}$ , nazivni izkoristek  $\eta_n$ , izgube v rotorskem navitju  $P_{2el}$ , moč vrtilnega elektromagnetnega polja  $P_{vp}$ .
  - b. Motor obratuje na nazivnem omrežju ( $U_1$ ,  $f_1$ ). Obremenjen je tako, da je inducirana napetost v rotorskem navitju  $E_2 = 6.9 \text{ V}$ . Izračunajte slip  $s_b$ , rotorsko frekvenco  $f_2$ , vrtilno hitrost  $n_b$ , rotorski tok  $I_{2b}$ , vrtilni moment motorja  $M_{mb}$  in izkoristek  $\eta_b$  (izgube trenja, ventilacije in v železu ostanejo nespremenjene).
5. Za trifazni asinhronski motor z drsnimi obroči in podatki  $U_{1n} = 380 \text{ V}$ ,  $P_n = 5.5 \text{ kW}$ ,  $n_n = 945 \text{ min}^{-1}$ ,  $I_{1n} = 13 \text{ A}$ ,  $\cos \varphi_n = 0.76$ ,  $M_{om}/M_n = 3$ ,  $E_{20} = 158 \text{ V}$ ,  $I_{2n} = 21.3 \text{ A}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$  izračunajte  $R_2$ ,  $M_n$ ,  $M_{om}$ ,  $s_n$ ,  $s_{om}$  in  $\eta_n$ !
6. Asinhronski motor z drsnimi obroči ima podatke  $P_n = 8.5 \text{ kW}$ ,  $U_{1n} = 380 \text{ V}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ ,  $n_n = 2910 \text{ min}^{-1}$ ,  $I_{1n} = 17 \text{ A}$ ,  $\cos \varphi_n = 0.88$ ,  $E_{20} = 204 \text{ V}$ ,  $I_{2n} = 25 \text{ A}$ . Motor poganja delovni stroj, katerega bremenski moment je linearno odvisen od vrtilne hitrosti ( $M_b = k \cdot n$ ). Motor je pri kratko sklenjenih drsnih obročih nazivno obremenjen. Kakšne dodatne upore moramo vključiti v rotorski tokokrog, da se bo stroj vrtel z  $n' = 2000 \text{ min}^{-1}$ ?
7. Trifazni asinhronski motor z drsnimi obroči ima podatke  $P_n = 11 \text{ kW}$ ,  $n_n = 720 \text{ min}^{-1}$ ,  $I_{1n} = 29 \text{ A}$ ,  $U_1 = 380 \text{ V}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ,  $E_{20} = 204 \text{ V}$ ,  $I_{2n} = 25 \text{ A}$ . Motor poganja breme s karakteristiko  $M_b = k \cdot n$  in je pri tem nazivno obremenjen. Določite dodatno upornost  $R_{2dod}$ , ki jo moramo vključiti v rotorski tokokrog, da se bo stroj vrtel z  $n' = 400 \text{ min}^{-1}$ ?

8. Asinhronski motor z drsnimi obroči in navitim rotorjem s podatki:  $P_n = 15 \text{ kW}$ ,  $U_{1n} = 400 \text{ V}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ,  $n_n = 720 \text{ min}^{-1}$ ,  $I_{1n} = 61 \text{ A}$ ,  $\cos \varphi_n = 0.75$ ,  $I_{2n} = 43 \text{ A}$ ,  $E_{20} = 212 \text{ V}$ ,  $M_{on}/M_n = 2.8$  obratuje na nazivnem omrežju. V rotorski tokokrog vključimo dodatno upornost  $R_{2dod} = 1.5 \Omega$ . Izračunajte slip  $s$ , vrtilno hitrost  $n$  in izkoristek motorja  $\eta$ , če je obremenjen z bremenskim momentom, ki je enak nazivnemu  $M_b = M_n$  (trenje motorja je zanemarljivo)!
9. Trifazni asinhronski motor z drsnimi obroči na rotorju ima podatke:  $U_{1n} = 400 \text{ V}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ,  $P_n = 55 \text{ kW}$ ,  $n_n = 730 \text{ min}^{-1}$ ,  $I_{2n} = 122 \text{ A}$ ,  $E_{20} = 274 \text{ V}$ . Določite dodatno upornost, ki jo moramo vključiti v rotorski tokokrog tako, da bo motor na gredi oddajal  $\frac{3}{4}$  nazivne mehanske moči pri nazivnem vrtilnem momentu!
10. Trifazni asinhronski motor z drsnimi obroči na rotorju ima podatke:  $U_{1n} = 400 \text{ V}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ,  $P_n = 90 \text{ kW}$ ,  $n_n = 591 \text{ min}^{-1}$ ,  $I_{2n} = 153 \text{ A}$ ,  $E_{20} = 358 \text{ V}$ . Določite dodatno upornost po fazi, ki jo moramo vključiti v rotorski tokokrog tako, da bo motor na gredi oddajal  $\frac{3}{4}$  nazivne mehanske moči pri nazivnem vrtilnem momentu!
11. Trifazni asinhronski motor z drsnimi obroči na rotorju ima podatke:  $U_{1n} = 380 \text{ V}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ,  $P_n = 45 \text{ kW}$ ,  $n_n = 591 \text{ min}^{-1}$ ,  $I_{2n} = 153 \text{ A}$ ,  $E_{20} = 358 \text{ V}$ . Določite dodatno upornost po fazi, ki jo moramo vključiti v rotorski tokokrog tako, da bo motor na gredi oddajal  $\frac{2}{3}$  nazivne mehanske moči pri nazivnem vrtilnem momentu!
12. Trifazni asinhronski motor s kratkostično kletko ima podatke:  $U_{1n} = 380 \text{ V}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ,  $P_n = 45 \text{ kW}$ ,  $n_n = 730 \text{ min}^{-1}$ ,  $I_{1n} = 93.4 \text{ A}$ , fazna upornost statorskega navitja  $R_1 = 0.1 \Omega$ , izgube trenja in ventilacije  $P_{tr,v} = 200 \text{ W}$ ,  $\cos \varphi_{1n} = 0.831$ ,  $M_{om}/M_n = 4.46$ . Določite nazivni slip  $s_n$ , omahni slip  $s_{om}$  (iz poenostavljene Klossove enačbe), električne izgube v rotorju  $P_{2el}$ , moč vrtilnega elektromagnetnega polja  $P_{vp}$ , izgube v statorskem navitju  $P_{Cu1}$ , električno delovno moč iz omrežja  $P_{1n}$ , izgube v železu  $P_{Fen}$ , izkoristek motorja  $\eta_n$  in frekvenco rotorske inducirane napetosti  $f_2$ .
13. Za trifazni motor s podatki  $4,5 \text{ kW}$ ,  $380 \text{ V}$ ,  $11 \text{ A}$ ,  $700 \text{ vrt./min}$ ,  $\cos \varphi = 0.75$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$  določite nazivni slip, nazivni moment in nazivni izkoristek!
14. Asinhronski motor z drsnimi obroči ima podatke:  $P_n = 10 \text{ kW}$ ,  $50 \text{ Hz}$ ,  $1430 \text{ vrt./min}$ ,  $M_{om}/M_n = 2.5$ ,  $M_z/M_n = 1.5$ . Določite omahni iz zagonski moment. Kolikšno upornost moramo vključiti v tokokrog rotorja, da bo zagonski moment enak omahnemu ( $E_{20} = 200 \text{ V}$ ,  $I_{2n} = 55 \text{ A}$ )?
15. Trifazni asinhronski motor z drsnimi obroči na rotorju ima podatke:  $U_n = 440 \text{ V}$ ,  $f_n = 60 \text{ Hz}$ ,  $P_n = 100 \text{ kW}$ ,  $n_n = 876 \text{ min}^{-1}$ ,  $I_{2n} = 200 \text{ A}$ ,  $E_{20} = 300 \text{ V}$ . Določite dodatno upornost po fazi, ki jo moramo vključiti v rotorski tokokrog, da bo motor na gredi oddajal  $\frac{1}{4}$  nazivne mehanske moči pri  $\frac{1}{2}$  nazivnega momenta. Izgube trenja in ventilacije zanemarite.
16. Dva trifazna asinhronska motorja sta mehansko povezana in poganjata isto breme. Prvi motor ima podatke:  $500 \text{ kW}$ ,  $1450 \text{ vrt./min}$ , drugi pa  $400 \text{ kW}$ ,  $1400 \text{ vrt./min}$ . S kakšnim slipom obratujeta motorja, če poganjata konstantno breme z navorom  $5000 \text{ Nm}$ . Ali je tako obratovanje dopustno?
17. Asinhronski motor z drsnimi obroči ima podatke:  $10 \text{ kW}$ ,  $50 \text{ Hz}$ ,  $1430 \text{ vrt./min}$ ,  $M_{om}/M_n = 2$ . Kolikšno upornost moramo vključiti v rotorski tokokrog, da bo zagonski navor enak omahnemu ( $E_{20} = 200 \text{ V}$ ,  $I_{2n} = 55 \text{ A}$ )?

18. Asinhronski motor z drsnimi obroči ima podatke:  $P_n = 30 \text{ kW}$ ,  $U_1 = 380 \text{ V}$ ,  $n_n = 972 \text{ min}^{-1}$ ,  $I_{1n} = 102 \text{ A}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ ,  $E_{20} = 120 \text{ V}$ ,  $I_{2n} = 151 \text{ A}$ . Kolikšno upornost moramo vključiti v rotorski tokokrog po fazi, da bo zagonski moment enak nazivnemu?
19. Trifazni asinhronski motor s podatki:  $4,5 \text{ kW}$ ,  $380 \text{ V}$ ,  $11 \text{ A}$ ,  $700 \text{ vrt./min}$ ,  $\cos \varphi_n = 0.75$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ . Kolikšen je nazivni slip, nazivni moment, nazivni izkoristek? Izračunajte električne izgube v rotorju pri nazivni obremenitvi, če zanemarimo izgube zaradi trenja in ventilacije!
20. Asinhronski motor z drsnimi obroči ima podatke:  $P_n = 100 \text{ kW}$ ,  $f_n = 50 \text{ Hz}$ ,  $n_n = 740 \text{ vrt./min}$ ,  $M_{om}/M_n = 2.5$ ,  $M_z/M_n = 1.5$ . Določite omahni ter zagonski moment. Kolikšno upornost moramo vključiti v rotorski tokokrog, da bo zagonski moment enak nazivnemu ( $E_{20} = 350 \text{ V}$ ,  $I_{2n} = 164 \text{ A}$ )?
21. Trifazni AM s kratkostično kletko ima sledeče nazivne podatke:  $P_n = 3 \text{ kW}$ ,  $U_n = 380 \text{ V}$ ,  $n_n = 1400 \text{ vrt./min}$  in  $M_{om}/M_n = 2.7$ . Obremenjen je z dvojnimi nazivnim navorom  $M_b = 2 * M_n$ . S kakšno hitrostjo se motor vrti?
22. Desetpolni AM s kratkostično kletko s podatki  $P_n = 4.5 \text{ kW}$ ,  $U_n = 380 \text{ V}$ ,  $n_n = 580 \text{ vrt./min}$  spušča breme z maso  $151 \text{ kg}$ . Premer vitla znaša  $d_v = 10 \text{ cm}$ . Gravitacijski pospešek znaša  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ . S kakšno hitrostjo generator spušča breme?
23. Trifazni asinhronski motor s kratkostično kletko ima podatke:  $P_n = 30 \text{ kW}$ ,  $U_n = 380 \text{ V}$ ,  $f_n = 50 \text{ Hz}$ ,  $I_n = 62 \text{ A}$ ,  $\cos \varphi_n = 0.8$ ,  $n_n = 730 \text{ min}^{-1}$ ,  $M_{om}/M_n = 2.4$ . Izračunajte izkoristek, električne izgube v rotorju, izgube na statorju (v bakru in železu skupaj) pri nazivni obremenitvi motorja (trenje zanemarite!). Motor je nazivno obremenjen s konstantnim bremenom. Napetost omrežja se postopoma znižuje. Pri kateri napetosti omahne?
24. Trifazni asinhronski motor z drsnimi obroči na rotorju ima podatke:  $U_1 = 380 \text{ V}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ,  $P_n = 5.5 \text{ kW}$ ,  $I_{1n} = 13 \text{ A}$ ,  $n_n = 945 \text{ min}^{-1}$ ,  $I_{2n} = 21.3 \text{ A}$ ,  $E_{20} = 158 \text{ V}$ . Poganja ventilator  $M_b = k * n^2$  in je pri tem nazivno obremenjen. Izračunajte dodatno rotorsko upornost tako, da se bo motor vrtel z  $n' = 315 \text{ min}^{-1}$ . Izračunajte mehansko moč na gredi, električne izgube v rotorskem tokokrogu ter dodatni upornosti! Izgube trenja zanemarite.
25. Trifazni asinhronski motor ima na napisni tablici nazivne podatke:  $P_n = 1.1 \text{ kW}$ ,  $U_n = 380 \text{ V}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ,  $I_n = 2.5 \text{ A}$ ,  $n_n = 1380 \text{ min}^{-1}$ ,  $\cos \varphi_n = 0.8$ . V laboratoriju opravljamo obremenilni preizkus s pomočjo Prony-jeve zavore, ki ima ročico dolžine  $r = 0.75 \text{ m}$ . S kolikšno silo pritiska ročica na tehtnico, če smo namerili vrtilno hitrost  $n' = 1400 \text{ min}^{-1}$ ? Predpostavite, da je karakteristika navora motorja od prostega teka do nazivne obremenitve linearna!
26. Asinhronski motor z drsnimi obroči in navitim rotorjem ima po katalogu proizvajalca naslednje podatke:  $P_n = 5.5 \text{ kW}$ ,  $U_1 = 380 \text{ V}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ,  $n_n = 945 \text{ min}^{-1}$ ,  $I_{1n} = 13 \text{ A}$ ,  $\cos \varphi_1 = 0.76$ ,  $I_{2n} = 21.3 \text{ A}$ ,  $E_{20} = 158 \text{ V}$ ,  $M_{om}/M_n = 3$ . Obratuje na nazivnem omrežju.
- Izračunajte izkoristek nazivno obremenjenega motorja  $\eta_n$ , rotorsko inducirano napetost  $E_{2n}$ , frekvenco te napetosti  $f_{2n}$ , omahni moment  $M_{om}$ , omahni slip  $s_{om}$  in omahno hitrost  $n_{om}$ .

- b. V rotorski tokokrog vključimo  $R_{2dod} = 1.5 \, \Omega$ . Izračunajte slip  $s$ , vrtilno hitrost  $n$  in izkoristek motorja  $\eta$ , če je obremenjen z bremenskim momentom, ki je enak  $M_b = M_n$  (trenje motorja zanemarite).
- 27.** Asinhronski motor s kratkostično kletko ima nazivne podatke:  $P_n = 11 \, \text{kW}$ ,  $n_n = 570 \, \text{min}^{-1}$ ,  $U_n = 380 \, \text{V}$ ,  $f = 50 \, \text{Hz}$ ,  $\cos \varphi_n = 0.66$ ,  $I_z/I_n = 4$ ,  $M_z/M_n = 1.4$ ,  $I_n = 30 \, \text{A}$ , trikot vezava.
- Dokoliče nazivni izkoristek  $\eta_n$ , nazivni slip  $s_n$ , nazivni moment motorja  $M_n$ .
  - Kolikšna sta zagonski tok in zagonski moment motorja, če ga zaganjamo v vezavi zvezda?
- 28.** Trifazni asinhronski motor z drsnimi obroči in navitim rotorjem  $P_n = 5.5 \, \text{kW}$ ,  $U_1 = 380 \, \text{V}$ ,  $f_1 = 50 \, \text{Hz}$ ,  $I_{1n} = 13 \, \text{A}$ ,  $\cos \varphi_{1n} = 0.76$ ,  $n_n = 945 \, \text{min}^{-1}$ ,  $E_{20} = 158 \, \text{V}$ ,  $I_{2n} = 21.3 \, \text{A}$ ,  $M_{om}/M_n = 3$  obratuje na nazivnem omrežju.
- Nazivno obremenjenemu motorju izračunajte izkoristek, če so izgube trenja in ventilacije  $P_{tr,v} = 100 \, \text{W}$ ; električne izgube v rotorskem navitju  $P_{2el}$ ; celotne izgube na statorju  $P_{Fe} + P_{Cu1}$ ; rotorsko inducirano napetost  $E_2$  in frekvenco te napetosti  $f_2$ .
  - Pri kateri vrtilni hitrosti  $n_{om}$  in navoru  $M_{om}$  motor omahne?
  - Izračunajte vrtilno hitrost  $n'$ , mehansko moč na gredi  $P_2'$ , rotorsko inducirano napetost  $E_2'$ , frekvenco te napetosti  $f_2'$ , izgube v rotorskem tokokrogu  $P_{2el}'$ , če je v rotorski tokokrog vključena dodatna upornost  $R_{2dod} = 3 \, \Omega$  (po vsaki fazi), v rotorskem tokokrogu teče ravno nazivni tok!
- 29.** Trifazni asinhronski motor s kratkostično kletko ima podatke  $U_{1n} = 400 \, \text{V}$ ,  $f_1 = 50 \, \text{Hz}$ ,  $P_n = 15 \, \text{kW}$ ,  $n_n = 475 \, \text{min}^{-1}$ , tok iz omrežja  $I_{1n} = 40 \, \text{A}$ , izgube trenja in ventilacije  $P_{tr,v} = 300 \, \text{W}$ ,  $\cos \varphi_n = 0.65$ ,  $M_{om}/M_n = 2.1$ . Določite nazivni slip  $s_n$ , omahni slip  $s_{om}$  (iz poenostavljene Klossove enačbe), električne izgube v rotorju  $P_{2el}$ , moč vrtilnega elektromagnetnega polja  $P_{vp}$ , električno delovno moč iz omrežja  $P_{1n}$ , izkoristek motorja  $\eta_n$  in frekvenco rotorske inducirane napetosti  $f_2$ .
- 30.** Trifazni asinhronski motor z drsnimi obroči in navitim rotorjem s podatki  $P_n = 11 \, \text{kW}$ ,  $n_n = 955 \, \text{min}^{-1}$ ,  $I_{1n} = 25 \, \text{A}$ ,  $U_1 = 380 \, \text{V}$ ,  $f_1 = 50 \, \text{Hz}$ ,  $E_{20} = 210 \, \text{V}$ ,  $I_{2n} = 31.6 \, \text{A}$  poganja breme  $M_b = k \cdot n^2$  in je pri tem nazivno obremenjen. Določite dodatno upornost  $R_{2dod}$ , ki jo moramo vključiti v rotorski tokokrog tako, da se bo motor vrtel s hitrostjo  $n' = 600 \, \text{min}^{-1}$ .