

## ASINHRONSKI STROJ – izpitna vprašanja

1) Napišite enačbo za silo na posamezno palico kratkostične kletke v kateri teče tok  $I_{\text{tp}}$  z upoštevanjem osnovne harmonske komponente polja  $\hat{B}_1$  ter enačbo za vrtilni moment vseh palic kletke  $Q_r$ . Kako preračunamo tok posamezne palice  $I_{\text{tp}}$  kletke rotorja na trifazni tok  $I_r$ . Koliko vodnikov ( $z_r = ?$ ) oziroma ovojev ( $N_r = ?$ ) ima navitje posamezne faze kratkostične kletke rotorja, če ima rotor  $Q_r = 26$  utorov. Koliko je faktor navitja kletke ( $f_{\text{nr}} = ?$ )?

2) Narišite nadomestno vezje trifaznega asinhronskega motorja, če je rotorsko navitje kratkosklenjeno. Napišite enačbe za reducirane vrednosti  $E'_r$ ,  $I'_r$ ,  $R'_r$ ,  $X'_{\text{Gr}}$  in  $X'_{\text{sr}} = X_m$ , če je število faz  $m_s = m_r = 3$  (naviti rotor). Napišite tudi definicijo za slip.

3) Za asinhronski stroj s kratkosklenjenim navitjem rotorja, ki obratuje na omrežju toge napetosti, narišite poenostavljeno nadomestno vezje, krožni diagram s karakterističnimi točkami na krožnici ( $s = 0$ ,  $s = 1$  in  $s = \pm\infty$ ) in premico vrtilnega momenta oziroma oddane moči ter napišite področja obratovanja. Od katerih veličin je odvisen premer krožnice  $I_\phi$ ?

4) Za trifazni asinhronski motor narišite sliko energijske bilance, tj. kako se porazdeli sprejeta električna moč. Napišite tudi splošne enačbe za sprejeto moč ( $P_s = ?$ ), izgube v statorskem in rotorskem navitju ( $P_{\text{Cus}} = ?$  in  $P_{\text{Cur}} = ?$ ), moč zračne reže  $P_\delta = f(P_{\text{Cur}}, s)$  in oddano mehansko moč  $P = f(P_\delta, s)$  oziroma vrtilni moment na gredi ( $M = ?$ ).

5) Trifazni štiripolni asinhronski motor ima poznane naslednje podatke a)  $U = Y147 \text{ V}$ , b)  $U = \Delta147 \text{ V}$ ,  $I_N = 47,5 \text{ A}$ ,  $\cos\varphi_N = 0,8$ ,  $P_N = 7,5 \text{ kW}$ ,  $n = 1380 \text{ min}^{-1}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ . Z meritvijo dobimo fazno upornost statorskega navitja a)  $R_s = 0,129 \Omega$ , b)  $R_s = 0,387 \Omega$ , izgube trenja in ventilacije  $P_{\text{trv}} = 18 \text{ W}$  in izgube v železu  $P_{\text{Fe}} = 630 \text{ W}$ . Izračunajte sprejeto moč statorja ( $P_s = ?$ ), moč zračne reže ( $P_\delta = ?$ ), vrtilni moment polja zračne reže ( $M_\delta = ?$ ), izgube v rotorju ( $P_{\text{Cur}} = ?$ ), nazivni vrtilni moment na gredi motorja ( $M_N = ?$ ), izkoristek motorja ( $\eta = ?$ ) ter nazivni slip ( $s_N = ? \%$ ) in frekvenco v rotorju ( $f_r = ?$ ).

Rešitve:  $P_s = 9675 \text{ W}$ ,  $P_\delta = 8172 \text{ W}$ ,  $M_\delta = 52 \text{ Nm}$ ,  $P_{\text{Cur}} = 653,7 \text{ W}$ ,  $M_N = 51,9 \text{ Nm}$ ,  $\eta = 0,775$ ,  
 $s_N = 8 \%$ ,  $f_r = 4 \text{ Hz}$ .

6) V katalogu za osempolne trifazne asinhronske motorje najdemo naslednje podatke: a)  $U = \Delta400 \text{ V}$ , b)  $U = Y400 \text{ V}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ ,  $P_N = 4 \text{ kW}$ ,  $I_N = 9,6 \text{ A}$ ,  $n = 715 \text{ min}^{-1}$ ,  $\cos\varphi_N = 0,76$ ,  $I_z / I_N = 5,0$ ,  $M_z / M_N = 2,1$ ,  $M_{\text{om}} / M_N = 2,5$ ,  $J = 0,43 \text{ kgm}^2$ ,  $m = 59,3 \text{ kg}$ .

Izračunajte sprejeto moč statorja ( $P_s = ?$ ), izkoristek ( $\eta = ?$ ), slip ( $s_N = ?$  %), frekvenco v rotorju ( $f_r = ?$ ), nazivni tok v navitju statorja ( $I_{Nf} = ?$ ), zagonski tok ( $I_z = ?$ ), mehansko kotno hitrost ( $\Omega_m = ?$ ) ter zagonski in omahni vrtilni moment ( $M_z = ?$  in  $M_{om} = ?$ ). Ali je mogoče pri tem motorju uporabiti stikalo Y/ $\Delta$  pri omrežni napetosti  $U = 380$  V?

Rešitve:  $P_s = 5,055$  kW,  $\eta = 0,791$ ,  $s_N = 4,67$  %,  $f_r = 2,33$  Hz a)  $I_{Nf} = 5,54$  A, b)  $I_{Nf} = I_N$ ,  $I_z = 48,0$  A,  $\Omega_m = 74,87$  rad/s,  $M_z = 112,14$  Nm,  $M_{om} = 133,5$  Nm. Stikalo Y/ $\Delta$  je mogoče uporabiti le v primeru a).

7) Za štiripolni asinhronski motor z naslednjimi nazivnimi podatki: a)  $U = \Delta 400$  V, b)  $U = Y 400$  V,  $P_N = 15$  kW,  $I_N = 28,5$  A,  $\cos \varphi_N = 0,87$ ,  $n_N = 1455$  min<sup>-1</sup>,  $f = 50$  Hz,  $M_{om} / M_N = 3,0$ . Izračunajte sprejeto moč statorja ( $P_s = ?$ ), izkoristek ( $\eta = ?$ ), nazivni in omahni vrtilni moment ( $M_N = ?$  in  $M_{om} = ?$ ) in s pomočjo Klossovega razmerja ( $M / M_{om} = f(s)$ ) še omahni slip ( $s_{om} = ?$ ) oziroma vrtljaje ( $n_{om} = ?$ ), ki ustrezajo temu slipu.

Rešitve:  $P_s = 17,178$  kW,  $\eta = 0,873$ ,  $M_N = 98,45$  Nm,  $M_{om} = 295,3$  Nm,  $s_{om} = 0,1748$ ,  $n_{om} = 1237,8$  min<sup>-1</sup>

8) Narišite slike sprememb karakteristik vrtilnega momenta trifaznega asinhronskega motorja za različne a) ohmske upornosti ( $R_r = \text{var.}$ ) in b) induktivne upornosti v rotorju oziroma skupne induktivne upornosti ( $X_{oi} = \text{var.}$ ) v odvisnosti od slipa ( $s = 0 \div 1$ ). Napišite tudi približno enačbo za omahni vrtilni moment motorja ( $M_{om} = ?$ ).

9) Napišite Klossovo enačbo za razmerje vrtilnega momenta trifaznega asinhronskega motorja  $M / M_{om} = f(s / s_{om})$  za  $R_s \rightarrow 0$ , približno enačbo za omahni vrtilni moment ( $M_{om} = ?$ ) in narišite krivuljo vrtilnega momenta  $M = f(s)$  za področje slipa  $s = 0 \div 2$ .

10) Za asinhronski motor z drsnimi obroči, ki zažene s pomočjo zaganjalnika narišite:

- vezalno shemo,
- diagram toka v času zagona, če je  $I_z \leq I_{dop}$ , za  $s = 0 \div 1$ ,
- diagram razmerja vrtilnega momenta  $M / M_N = f(s)$  v času zagona.

11) Za asinhronski motor s kratkostično kletko kratko opišite zagon s stikalom zvezda/trikot. Napišite enačbo za spremembo zagonskega toka  $I_{LY}$  in vrtilnega momenta  $M_Y$  v primerjavi z direktnim zagonom v trikotni vezavi, tj.  $I_{L\Delta}$  in  $M_\Delta$ . Narišite potek krivulj vrtilnega momenta in toka za  $n = 0 \div n < n_s$  s prikazom preklopa.

**12)** Napišite enačbo za število vrtljajev in kratko opišite možnosti spreminjanja števila vrtljajev. Narišite eno od mogočih shem za koristno vračanje energije v omrežje pri navitem rotorju, tj. kaskado ali pretvorniško kaskado, če spreminjamo število vrtljajev s slipom. Ali bi koristno vračali energijo v omrežje, če bi navitje rotorja direktno povezali z omrežjem?

**13)** Narišite preurejeno nadomestno vezje asinhronskega motorja s pomočjo katerega je statorski tok razdeljen na dve pravokotni komponenti. Napišite enačbe za: vrtilni moment izražen s tema dvema komponentama toka ( $I_{s\psi}$  in  $I_{sM}$ ) ali z rotorskimi magnetnimi sklepi ( $\Psi_r^*$ ) in delovno komponento statorskega toka  $I_{sM}$ , transformacijsko konstanto  $\alpha$  in slipno krožno hitrost  $s\omega$ .

**14)** Narišite "začetni del" krožnega diagrama AS, tj. področje majhnih slipov, s točko obremenitve generatorja. Kratko opišite način delovanja, če obratuje trifazni asinhronski generator na togem omrežju in napišite enačbo za njegovo jalovo moč ( $Q_{Gs} = ?$ ). Katero je področje koristnega generatorskega obratovanja AS, tj. pri kakšnih vrednostih slipa daje asinhronski generator v omrežje delovno električno moč. Povejte, kako se vrtilni rotor v tem primeru glede na vrtilno polje stroja?

**15)** Narišite prerez enofaznega asinhronskega motorja. Za enofazni motor brez pomožne faze je osnovna komponenta magnetnega pretoka glavne faze funkcija krajevne in časovne porazdelitve ( $b_1 = f(x_s, t)$ ). Razstavite produkt teh dveh funkcij na dve funkciji polovičnih amplitud, tj. na pozitivni in negativni val polja. Narišite sliko vrtilnega momenta enofaznega motorja brez pomožne faze za področje slipa  $s = 0 \div 2$ .

**16)** Narišite prerez in kratko opišite princip konstrukcije in izvedbo navitja enofaznega asinhronskega motorja. Za motor z obratovalnim kondenzatorjem narišite kazalčni diagram napetosti za primer, ko tok pomožne faze prehiteva tok glavne faze za  $90^\circ$  in je  $I_{s1} > I_{s3}$ . Narišite tudi sliko  $M = f(n)$  za  $n = 0 \div n_s$  motorja z a) zagonskim in b) obratovalnim kondenzatorjem v pomožni fazi.

**17)** Za enofazni motor brez pomožne faze je osnovna komponenta magnetnega pretoka glavne faze funkcija krajevne in časovne porazdelitve ( $b_1 = f(x_s, t)$ ). Razstavite produkt teh dveh funkcij na dve funkciji polovičnih amplitud, tj. na pozitivni in negativni val in napišite rešitev tudi za rotorske koordinate ( $b_1 = f(\mathcal{G}_r, t)$ ). Narišite shemo enofaznega asinhronskega motorja s pomožno fazo na statorju in kratkostično kletko v rotorju. Kako lahko spremenimo smer vrtenja enofaznega motorja s pomožno fazo?