

## SINHRONSKI STROJ – izpitna vprašanja

1) Kratko opišite reakcijo kotve sinhronskega stroja in napišite enačbo za temensko vrednost amper-ovojev reakcije kotve ( $\hat{\theta}_a$ ) trifaznega statorja. Narišite nadomestno vezje sinhronskega stroja in kazalčni diagram sinhronskega generatorja s cilindričnim rotorjem (za  $R_s = 0$ ). Iz katerih reaktanc je sestavljena sinhronska reaktanca  $X_d$  in s katero reaktanco je zajet vpliv reakcije kotve?

2) Sinhronski stroj je sinhroniziran na omrežje toge napetosti. Kratko opišite prevzem jalove obremenitve in narišite kazalčna diagrama, če zanemarimo statorsko upornost ( $R_s = 0$ ), za:

a) prevzbujanje in b) podvzbujanje.

Definirajte kolesni kot  $\delta$  in napišite koliko je le-ta pri čisti jalovi obremenitvi!

3) Kratko opišite prevzem delovne obremenitve in narišite kazalčna diagrama napetosti in fluksov stroja s cilindričnim rotorjem, če zanemarimo statorsko upornost ( $R_s = 0$ ), za:

a) motor in b) generator.

Definirajte kolesni kot  $\delta$  in mejo stabilnosti.

4) Narišite nadomestno vezje in kazalčna diagram ( $R_s = 0$ ) sinhronskega motorja s cilindričnim rotorjem, ki obratuje na omrežju toge napetosti ter napišite enačbo za sinhronski vrtilni moment  $M = f(\delta)$ . Zakaj potrebujemo pri sinhronskem motorju kratkostično kletko?

5) Narišite kazalčni diagram sinhronskega generatorja z izraženimi poli, če zanemarimo upornost navitja statorja ( $R_s = 0$ ), za podane veličine  $\underline{U}$ ,  $\underline{I}$ ,  $X_d$ ,  $X_q$  in kolesni kot  $\delta$  ter napišite enačbo za vrtilni moment.

6) Za trifazni sinhronski motor s cilindričnim rotorjem in s podatki: a)  $U = \Delta 380 \text{ V}$ , b)  $U = Y 380 \text{ V}$ ,  $I_N = 68 \text{ A}$ ,  $\cos\varphi_N = 0,8$  (induktivno),  $f = 50 \text{ Hz}$ ,  $2p = 2$  ter  $x_d = 0,84$  narišite kazalčni diagram in izračunajte: nazivno oddano delovno moč ( $P_N = ?$ ) in vrtilni moment ( $M_N = ?$ ), sinhronsko reaktanco ( $X_d = ?$ ), relativno napetost polovega kolesa ( $U_{Ep}^* = ?$ ) in ( $U_{Ep} = ? \text{ (V)}$ ) ter kolesni kot ( $\delta = ?$ ), če je motor obremenjen z nazivnim tokom  $I_N$  pri  $\cos\varphi_N$ . Pri risanju in izračunu zanemarimo upornost statorskega navitja ( $R_s = 0$ ).

Rešitve:  $P_N = 35,8 \text{ kW}$ ,  $M_N = 113,9 \text{ Nm}$ , a)  $X_d = 8,13 \Omega$ , b)  $X_d = 2,71 \Omega$ ,  $U_{Ep}^* = 0,835$ ,  
 $U_{Ep} = 317,38 \text{ V}$ ,  $\delta = 53,6^\circ$ .

7) Za sinhronski motor s cilindričnim rotorjem in podatki a)  $U = \Delta 231 \text{ V}$ , b)  $U = Y 231 \text{ V}$ ,  $I_N = 12,2 \text{ A}$ ,  $\cos \varphi_N = 0,82$  (induktivno),  $f = 50 \text{ Hz}$ ,  $2p = 2$  ter tok kratkega stika  $I_{k\delta} = 14,81 \text{ A}$  narišite kazalčni diagram in izračunajte: nazivno oddano delovno moč ( $P_N = ?$ ) in vrtilni moment ( $M_N = ?$ ), relativno sinhronsko reaktanco ( $x_d = ?$ ) in v ohmih ( $X_d = ?$ ), relativno napetost polovega kolesa ( $U_{Ep}^* = ?$ ) in ( $U_{Ep} = ? \text{ (V)}$ ) ter kolesni kot ( $\delta = ?$ ), če je motor obremenjen z nazivnim tokom  $I_N$  pri  $\cos \varphi_N$ . Pri risanju in izračunu zanemarimo upornost statorskega navitja ( $R_s = 0$ ).

Rešitve:  $P_N \approx 4 \text{ kW}$ ,  $M_N = 12,74 \text{ Nm}$ ,  $x_d = 0,824$ , a)  $X_d = 27 \Omega$ , b)  $X_d = 9 \Omega$ ,  $U_{Ep}^* = 0,858$ ,  $U_{Ep} = 198,2 \text{ V}$ ,  $\delta = 51,95^\circ$ .

8) Za trifazni sinhronski motor s cilindričnim rotorjem in s podatki: a)  $U = \Delta 400 \text{ V}$ , b)  $U = Y 400 \text{ V}$ ,  $I_N = 54,1 \text{ A}$ ,  $\cos \varphi_N = 0,8$  (kapacitivno),  $f = 50 \text{ Hz}$ ,  $2p = 4$  ter a)  $X_d = 10,88 \Omega$  oziroma b)  $X_d = 3,627 \Omega$  narišite kazalčni diagram, izračunajte: nazivno oddano delovno moč ( $P_N = ?$ ) in vrtilni moment ( $M_N = ?$ ), relativno sinhronsko reaktanco ( $x_d = ?$ ), relativno napetost polovega kolesa ( $U_{Ep}^* = ?$ ) in ( $U_{Ep} = ? \text{ (V)}$ ) ter kolesni kot ( $\delta = ?$ ), če je motor obremenjen z nazivnim tokom pri  $\cos \varphi_N$ . Pri risanju in izračunu zanemarimo upornost statorskega navitja ( $R_s = 0$ ).

Rešitve:  $P_N = 30 \text{ kW}$ ,  $M_N = 190,9 \text{ Nm}$ ,  $x_d = 0,85$ ,  $U_{Ep}^* = 1,656$ ,  $U_{Ep} = 662,4 \text{ V}$ ,  $\delta = 24,2^\circ$ .

9) Napišite enačbo za omahni in nazivni vrtilni moment sinhronskega stroja s cilindričnim rotorjem. Od česa je odvisno razmerje  $|M_{om}/M_N|$ , tj. statična stabilnost? Kako se spreminja  $\Delta M$  s kolesnim kotom  $\delta$  pri majhnih spremembah tega v točki obratovanja  $\delta_0$ ? Narišite sliko  $M = f(\delta)$  s poljubno obratovalno točko v motorskem področju ter kazalčni diagram motorja s cilindričnim rotorjem za  $R_s = 0$ .

10) Kako lahko spreminjamo vrtilni moment sinhronskega motorja? Napišite enačbo za vrtilni moment kot funkcijo napetosti  $U_{Ep}$ , toka  $I$  in kota  $\gamma$  oziroma magnetnih sklepov  $\Psi_d$  in toka  $I_q$  ter narišite kazalčni diagram motorja s cilindričnim rotorjem v d-q komponentah ( $R_s = 0$ ).

11) Za stroj s cilindričnim rotorjem narišite nadomestno vezje, napišite enačbo za tok ( $R_s = 0$ ) in narišite tirnice toka za  $I_v = (0,5, 1 \text{ in } 1,5) \times I_{v0}$ . Na risbi prikažite mejo statične stabilnosti ter področji prevzbujanja in podvzbujanja.

12) Narišite karakteristiko prostega teka, zračne reže in kratkega stika sinhronskega stroja. Katero vrednost predstavlja  $I_{vk}$  (kratkostični vzbujačni tok) praktično oziroma na karakteristiki kratkega stika ter vzbujačni tokovi  $I_{v\delta}$  in  $I_{v0}$ ? Kaj lahko izračunamo iz razmerja tokov  $I_N / I_{k\delta} = I_{vk} / I_{v\delta}$ ?

13) Za znano karakteristiko prostega teka  $E = f(I_v)$  konstruirajte obremenilno notranjo karakteristiko  $U = f(I_v)$  pri  $I = \text{konst.}$  in  $\cos \varphi_L = 0$  (induktivno za stroj), če so znani podatki za padec napetosti  $X_{os} I$  in tok reakcije kotve  $I_{va}$ . Kako se spremeni notranja karakteristika, če upoštevamo padec napetosti na Potierovi reaktanci ( $X_p > X_{os}$ ). Kolikšna je inducirana napetost  $E_{gk}$  v kratkem stiku?

14) Narišite shemo za vzbujanje sinhronskega generatorja, če je vzbujačnik manjši sinhronski generator mehansko povezan z glavnim generatorjem ter eno od dveh mogočih blok shem za vzbujanje sinhronskega generatorja s krmiljenim ali s polovično krmiljenim tiristorskim usmernikom. Približno koliko % je velikost vzbujačne moči glede na nazivno moč stroja?

15) Napišite ali izpeljite enačbo za delovno točko  $B_m$  in kot  $\alpha$  delovne premice trajnega magneta in narišite ustrezno sliko za razmagnetilno krivuljo in delovno premico. Kako se spremeni delovna premica zaradi reakcije kotve sinhronskega stroja?

16) Narišite kazalčni diagram in nadomestno vezje za sinhronski motor s trajnimi magneti. Napišite enačbo za spremembo magnetne energije  $\Delta W$  v rotorju s trajnimi magneti pri premiku za mehanski kot  $\delta_m$  iz smeri vzbujanja na statorju in enačbo za vrtilni moment kot odvod magnetne energije  $M = |dW/d\delta|$ .

17) Narišite sliko in kratko opišite način delovanja reluktančnega (koračnega) motorja s koncentriranim statorskim vzbujanjem. Kakšna je osnovna konstrukcijska razlika med sinhronskim in koračnim motorjem? Napišite enačbi za celi in polovični koračni kot. Narišite sliko magnetne prevodnosti  $\mathcal{A} = f(\beta)$  in napišite ustrezno enačbo za vrtilni moment ( $M = f(\mathcal{A}, \beta)$ ), ki jo dobimo iz energije v zračni reži.