

# Tentamen i EIEF10 Elmaskiner och drivsystem 2015-06-04, kl 14:00-19:00, Sal E421, Lunds Universitet, Campus Helsingborg

Tillåtna hjälpmedel:

Räknedosa, linjal, egen formelsamling på max två A4-sidor samt formelsamling från tidigare IEA-kurser. Tentamen består av totalt 6 uppgifter på sammanlagt 60 poäng. För godkänt resultat på tentamen krävs 30p, för betyget fyra krävs 40p och för betyget fem krävs 50p. Glöm inte att motivera och visa hur du har räknat!

## 1. Likströmsmaskinen, stationär drift

En shuntmagnetiserad likströmsmotor har följande data angivna på märkskylten:

$$P_n = 29 \text{ kW}, n_n = 819 \text{ rpm}, n_{max} = 2456 \text{ rpm}, U_{an} = 400 \text{ V}, I_{an} = 89 \text{ A}, \eta = 77,8\% \text{ och } P_{fn} = 1200 \text{ W}.$$

Resistansen i rotorlindningen är  $R_a = 0,705 \Omega$  och induktansen i rotorlindningen är  $L_a = 9,05 \text{ mH}$ . Tröghetsmomentet  $J = 0,5 \text{ kgm}^2$ .

- Rita schema för hur rotor och magnetiseringslindning är kopplade. (2p)
- Beräkna inducerad emk, magnetiskt sammanlänkat flöde i rotorn och axelmoment vid märkdrift. (3p)
- Redogör för vilka förluster som motorn har vid märkdrift och bestäm de du kan! (3p)
- Man kan styra varvtalet på i princip två olika sätt. Vilka? Inom vilka varvtalsområden? (2p)

## 2. Strömreglering

Du ska designa ett strömreglersystem för likströmsmaskinen i uppgift 1. Likströmsmaskinen styrs med hjälp av en fyrkvadrantomvandlare med mellanledningsspänning  $U_{dc} = 400 \text{ V}$ . Både ankarström  $i_a$  och rotorvarvtal  $\omega$  mäts och samplas för att användas i strömregulatorn. Signalprocessorn kan betraktas som snabb, dvs utan fördröjning. Samplingsfrekvensen hos strömregulatorn är  $f_s = 1/T_s = 1 \text{ kHz}$ .

- Rita blockschema för systemet! Markera de två variabler som mäts och samplas, strömfelet, variabler till och från modulatorens, variabler till och från fyrkvadrantomvandlaren och variabler till motorn. (3p)
- Bestäm regulatorparametrarna för en tidsdiskret samplad PI-strömregulator med deadbeatförstärkning. Markera regulatorns P- och I-del! (4p)
- Skissa strömmens förlopp de första tre sampelintervallen! (3p)

## 3. Synkronmaskinen

En 4-polig, permanent magnetiserad synkronmaskin har statorresistansen  $R_s = 0,2 \Omega$  och cylindrisk rotor så att  $L_{mx} = L_{my} = L_m = 3,0 \text{ mH}$ . Magnetiseringen är  $2,0 \text{ Vs}$  sammanlänkat flöde i en fas (toppvärde per fas). Maskinen styrs med hjälp av en s.k. vektorstyrning där spänningen till motorn uppdateras var  $50 \mu\text{s}$ , d.v.s samplingsintervallet är  $T_s = 50 \mu\text{s}$ . Den trefasiga växelriktarens mellanledningsspänning är  $U_{dc} = 660 \text{ V}$ . Maskinen är tvärströmsreglerad dvs styrd så att statorströmmen i x-led blir noll ( $i_{sx} = 0$ ) och statorströmmen i y-led används för momentbildning.

- Hur stort moment kan maskinen bilda om fasströmmen aldrig får övergå  $10 \text{ A}$  effektivvärde? (2p)
- Hur hög kan växelriktarens utspänning (dvs RMS-värdet av huvudspänningen) bli vid sinusformade spänningsbörsvärden utan övermodulation? Motivera! (2p)
- Hur högt kan synkronmaskinens varvtal (eller vinkelhastighet) som högst vara om  $i_{sx} = i_{sy} = 0$ ? (2p)

- d. Antag att motoraxeln roterar med 500 rpm och vridmomentet 50 Nm. Motorn drivs med  $i_{sx} = 0$ . Beräkna spänningsvektorns komponenter i rotorkoordinater (dvs  $xy$ -koordinater). (2p)
- e. Om man ska sänka flödet i  $x$ -led med 20% för att fältförsvaga, hur ska man styra strömmen då? (2p)

#### 4. Positionsreglering

Ett elektriskt drivsystem är positionsreglerat. Elmaskinen med tröghetsmomentet  $J$  är momentreglerad med en så hög samplingsfrekvens att momentregleringen kan betraktas som momentan. Varvtal och position mäts och regleras. Antag att både varvtal och position regleras proportionellt med förstärkningarna  $K_\omega$  och  $K_p$

- a. Rita blockdiagram över reglersystemet för hastighet och position! (3p)
- b. Härled överföringsfunktionen för det slutna reglersystemet för position! Bestäm polerna. (3p)
- c. Föreslå lämplig förstärkning för P-regulatorerna baserat på lastens dynamik så att det slutna systemet får båda polerna i  $s = -1/2$ . (4p)

#### 5. Asynkronmaskinen

En asynkronmotor för fläktdrift har två olika statorlindningar och märkdata  $U_n = 380V$ ,  $P_n = 0,16/0,025kW$ ,  $n_n = 1390/710$  rpm,  $I_n = 0,55/0,25A$ ,  $\eta = 0,56/0,25$ ,  $\cos\varphi = 0,8/0,6$ ,  $J = 5,8 \cdot 10^{-4} kgm^2$ ,  $T_{start}/T_n = 1,1/1,4$ ,  $I_{start}/I_n = 3/1,9$

- a. Hur många poler har statorlindningarna? (2p)
- b. Antag att vi kan försumma den resistiva magnetiseringsströmmen, så att magnetiseringsströmmen är helt induktiv. Antag vidare att  $R_1$  och  $X_k$  kan försummas i förhållande till  $R_2/s$ . Bestäm detta förenklade ekvivalenta schema för ett av driftfallen. (6p)
- c. Skissa momentkurvor för de två poltalen och lasten! Ange de värden på axlarna som du kan. (2p)

#### 6. Vektorer

En trefasig växelriktare som driver en 2-polig synkronmotor arbetar i ett drifttillstånd så att övermodulation ej uppstår. Switch-tillståndet för de tre benen i växelriktaren beskrivs av  $[s_a, s_b, s_c]$  där switch-tillståndet för varje ben kan vara 0 eller 1. 0 betyder att spänningen ut är  $-U_{dc}/2$  och 1 betyder att spänningen ut är  $U_{dc}/2$ . Växelriktarens mellanledningsspänning är  $U_{dc} = 311$  V.

- a. Beräkna och skissa de 8 möjliga spänningsvektorerna med effektinvariant trefas-tvåfas transformation (3p)
- b. Rita kopplingsschema för växelriktaren och motorn. Ange mellan vilka punkter potentialerna  $v_a, v_b, v_c$  samt fasspänningarna  $u_a, u_b, u_c$  ligger. Ange också möjliga värden för potentialer, fasspänningar och huvudspänningar. (4p)
- c. Visa att vid beräkningen av spänningsvektorerna i a-uppgiften kan man sätta in alternativt fasspänningarna  $u_a, u_b, u_c$ , potentialerna  $v_a, v_b, v_c$  eller  $U_{dc}$  gånger switch-tillståndet  $s_a, s_b, s_c$ . (3p)

Lycka till!

Tentan kommer inte att visas vid någon spec. tidpunkt. Om du är nyfiken på rättning etc, så maila mig.

Glad sommar önskar Henriette