

Tentamen i EIEF10 Elmaskiner och drivsystem 2014-05-30, kl 14:00-19:00, Sal C549, Lunds Universitet, Campus Helsingborg

Tillåtna hjälpmedel:

Räknedosa, linjal, egenhändigt sammanställd formelsamling, formelsamling från tidigare 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 elektriskt magnetiserad likströmsmotor har följande data angivna på märkskylten:

$$P_n = 2000 \text{ W}, n_n = 5000 \text{ rpm}, U_{an} = 220 \text{ V}, I_{an} = 10 \text{ A} \text{ och } I_{fn} = 0.5 \text{ A}.$$

Resistansen i rotorlindningen är $R_a = 1.06 \Omega$ och induktansen i rotorlindningen är $L_a = 5.0 \text{ mH}$ och det magnetiska sammanlänkade flödet genom rotorn är $\psi_m = 0.4 \text{ V/rad/s}$ vid nominell fältström (I_{fn}). De mekaniska förlusterna är varvtalsberoende och fältkretsen är linjär (dvs uppvisar ej mättningsfenomen).

- Beräkna inducerad emk, varvtal och vridmoment vid märkström och halv märkström när $U_a = U_{an}$. (4 p)
- Beräkna samma som ovan för $U_a = U_{an}/2$. (3 p)
- Rita motorns moment-varvtalskaraktistik med hjälp av driftfallen ovan! (3 p)

2. Synkronmaskinen

En 4-polig, permanent magnetiserad synkronmaskin har statorresistansen $R_s = 0.15 \Omega$ och cylindrisk rotor så att $L_{mx} = L_{my} = L_m = 3.0 \text{ mH}$. Magnetiseringen är 1.0 Vs sammanlänkat flöde i en fas (toppvärde per fas). Maskinen styrs med hjälp av en s.k. vektorstyrning där spänningen till motorn uppdateras var $100 \mu\text{s}$, d.v.s. samplingsintervallet är $T_s = 100 \mu\text{s}$. Den trefasiga växelriktarens mellanledningsspänning är $U_{dc} = 540 \text{ V}$. 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 100 A effektivvärde? (2 p)
- Hur hög kan växelriktarens utspänning (dvs RMS-värdet av huvudspänningen) bli vid symmetrerade spänningsbörsvärden om övermodulation ska undvikas? För att erhålla poäng på denna uppgift måste du motivera ditt svar ordentligt! (2 p)
- Hur högt kan synkronmaskinens varvtal (eller vinkelhastighet) som högst vara om $i_{sx} = i_{sy} = 0$? (2 p)
- 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). (4 p)

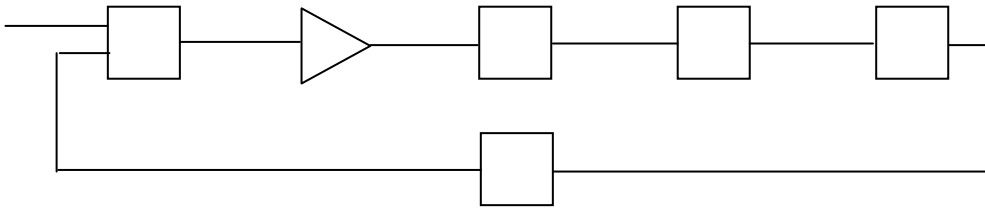
3. Strömreglering

Du ska designa ett strömreglersystem för en permanentmagnetiserad likströmsmaskin. Likströmsmaskinen styrs med hjälp av en fyrkvadrantomvandlare med mellanledningsspänning $U_{dc} = 100 \text{ V}$. Du har tillgång till motordata i form av rotorresistans $R_a = 1 \Omega$, rotorinduktans $L_a = 5 \text{ mH}$ samt sammanlänkat flöde $\psi_m = 0.5 \text{ Vs}$. Både ankarström i_a och rotorvarvtal ω mäts och samplas för att användas i strömregulatorn. Signalprocessorn kan betraktas som snabb, dvs utan fördröjning. Samplingsfrekvensen hos strömregulatorn är $f_s = 1/T_s = 3.0 \text{ kHz}$.

- 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. (3 p)
- Härled regulatorparametrar för en tidsdiskret samplad PI-strömregulator. Strömregulatorns förstärkning ska motsvara dead-beat. Markera regulatorns P- och I-del! Antag att R_a inte kan försummas. (5 p)
- Med vald switchfrekvens är ljudet från motorn tämligen irriterande. Vad beror detta på? Hur kan man minska irritationen? (2p)

4. Varvtalsreglering

Ett elektriskt drivsystem är varvtalsreglerat. Elmaskinen är momentreglerad med en hög samplingsfrekvens. Det verkliga varvtalet (ärvärdet) mäts med en ideal varvtalsgivare. Reglersystemet kan beskrivas med figuren nedan.



- Fyll i figuren ovan och rita varvtalsreglersystemet på blockschemaform med PI-regulator, modell för momentkällan (första ordningens system med tidskonstant τ_c), variablerna T och ω samt deras referensvärden, tröghetsmoment J och en filterfunktion för varvtalssignalen. (6 p)
- Härled överföringsfunktionen för det slutna systemet om: 1) momentregleringen kan betraktas som momentan, 2) regulatorn är en P-regulator, 3) filtret utesluts. (2 p)
- Föreslå lämplig förstärkning för P-regulatorn baserat på lastens dynamik så att det slutna systemet får en pol i $s = -\omega_0$ i fallet då momentregleringen kan betraktas som momentan. (2 p)

5. Asynkronmaskinen

En fyrpolig asynkronmaskin med märkvarvtal har följande parametrar (i det förenklade ekvivalenta schemat för en ekvivalent Y-fas): $R_s = 22.5 \text{ m}\Omega$, $R_r = 26.6 \text{ m}\Omega$, $L_k = 0.606 \text{ mH}$, $R_m = 94.3 \text{ }\Omega$ och $L_m = 10.5 \text{ mH}$.

Maskinen ansluts till ett trefasnät med huvudspänningen $U_h = 400 \text{ V}$ (RMS) och $f_1 = 50 \text{ Hz}$ och belastas så att varvtalet blir lika med märkvarvtal $n_n = 1476 \text{ rpm}$.

- Rita (förenklat) ekvivalent schema för asynkronmaskinen. (2 p)
- Beskriv tomgångsprovet och beräkningen av de parametrar som man kan bestämma med detta! (2 p)
- Beskriv kortslutningsprovet och beräkningen av de parametrar som man kan bestämma med detta! (2 p)
- Beräkna rotorströmmen vid märkdrift. (2 p)
- Beräkna momentet vid märkdrift. (2 p)

6. Vektorer

En trefasig växelriktare som driver en 2-polig synkronmaskin arbetar i ett drifttillstånd så att övermodulation ej uppstår. Switch-tillståndet för de tre benen i växelriktaren beskrivs av $[s_u, s_v, s_w]$ där switch-tillståndet för varje ben kan vara 0 eller 1 där 0 betyder att spänningen ut är $-U_{dc}/2$ och 1 betyder att spänningen ut är $U_{dc}/2$. Växelriktarens mellanledningsspänning är $U_{dc} = 540 \text{ V}$.

- Beräkna de 8 möjliga spänningsvektorerna med effektinvariant trefas-tvåfastransformation. (3 p)
- Antag att växelriktaren styrs så att flödesvektorns spets beskriver en hexagon (sexhörning med sex lika långa sidor). Säg att vid tiden $t=0$ ska flödesvektorns längd vara $0,87 \text{ Vs}$ och dess riktning samma som β -axelns. Vilka av utspänningsvektorerna beräknade under a-uppgiften ska i tur och ordning användas för att driva flödesvektorn ett varv? (2 p)
- Mellan vilka värden varierar flödesvektorns längd? (1 p)
- Hur långa är hexagonens sidor? (1 p)
- Vi vill driva synkronmaskinen med 3000 rpm . Hur lång tid ska de olika utspänningsvektorerna som du beräknade under b-uppgiften läggas ut? Ange också om och i så fall hur länge nollspänningsvektorerna ska användas! (3 p)