

# Tentamen i EIEF10 Elmaskiner och drivsystem 2016-06-03, kl 8:00-13:00, Sal E413, Lunds Universitet, Campus Helsingborg

Tillåtna hjälpmedel: Räknedosa, linjal, egen formelsamling på högst två A4-sidor, tabell typ TEFYMA. Tentamen består av totalt 6 uppgifter på sammanlagt 60 poäng. För godkänt resultat på tentamen krävs normalt 30p, för betyget fyra krävs 40p och för betyget fem krävs 50p. Redovisning av beräkningar och motiveringar ger bättre bedömning.

## 1. Krafterlektronikmatad likströmsmaskin, stationär drift

En separatmagnetiserad likströmsmotor drivs av en fyrkvadrant likriktarbrygga med  $U_d = 300$  V. Motorn har märkdata som  $P_n = 2,4$  kW,  $U_{an} = 300$  V och  $I_{an} = 10$  A;  $I_{fn} = 1$  A och  $U_{fn} = 300$  V. Resistansen i rotorlindningen är  $R_a = 2$   $\Omega$ , induktansen i rotorlindningen är  $L_a = 10,0$  mH och det magnetiska sammanlänkade flödet genom rotorn är vid märkmagnetisering  $\psi_m = 1$  V/rad/s.

- Rita kopplingschema med krafterlektroniska komponenter och motoranslutningar. (3 p)
- Redogör för motorns olika typer av förluster samt deras fysikaliska förklaring och beräkna så många som möjligt! (4 p)
- Motorn matas från krafterlektronikbryggan, som switchas med 1000Hz (den modulerande triangelvågens frekvens), med 25% märkspänning och drar märkström. Rita spänning och ström, motivera strömmens kurvform. Anta att spänningen över botten transistor/diod är noll och att strömmen genom strypt transistor/diod är noll. Ange också vilka krafterlektroniska komponenter som leder i de olika intervallen. (6 p)
- Likströmsmaskinen ska nu drivas som generator vid märkström. Beräkna vilket varvtal som axeln ska ha när krafterlektronikbryggan ger samma spänning som ovan. Rita spänning och ström och ange också vilka krafterlektroniska komponenter som leder i de olika intervallen i detta fall! (3 p)
- Ange två principiella sätt att styra varvtalet för denna typ av likströmsmaskin med för- och nackdelar. (4 p)

## 2. Varvtalsreglering

Ett elektriskt drivsystem är varvtalsreglerat. Momentregleringen har tidskonstanten  $\tau_{tc}$ . Det verkliga varvtalet (ärvärdet) mäts med en ideal varvtalsgivare.

- Rita reglersystemet på blockschemaform med PI-regulator, modell för momentkällan, variablerna  $T$  och  $\omega$  samt deras referensvärden, tröghetsmoment  $J$  och en filterfunktion för varvtalssignalen. (6 p)
- Härled överföringsfunktionen i blocket för momentregleringen! (4 p)

## 3. Asynkronmaskinen

En trefasig asynkronmotor har följande märkning: 15 kW, 400 V, Y-koppling, 50 Hz, 1450 varv/min. Motorn ska användas för att driva en fläkt som har ett bromsande moment som är proportionellt mot kvadraten på varvtalet. Momentet är 46 Nm vid 1000 varv/min.

- Hur många poler har maskinen och vilket är det synkrona varvtalet? (2 p)
- Bestäm motorns märkmoment och den räta linjes ekvation, som ger  $T(n)$  för normal belastning! (3 p)
- Bestäm fläktens varvtal när den drivs av den aktuella motorn. Arbetspunkten ska ligga inom motorns normala (linjära) belastningsområde. Skissa moment-varvtalskaraktistik för motor och belastning! (4 p)
- Vilken huvudspänning ska motorn anslutas till om den är D-kopplad för att ge märkmoment? (1 p)

#### 4. Energispar med frekvensomvandlardrift av pump

En asynkronmotor med data  $R_s = 1,8 \text{ ohm}$ ,  $R_r = 1,2 \text{ ohm}$ ,  $X_k = 3 \text{ ohm}$  och  $X_m = 55 \text{ ohm}$ ,  $U_n = 400\text{V}$ ,  $f_n = 50\text{Hz}$ ,  $p=4$ ,  $P_n = 1,2 \text{ kW}$ ,  $n_n = 1400 \text{ rpm}$ ,  $\cos \phi = 0,85$ ,  $\eta = 0,80$  oavsett varvtal, drivs från en frekvensomvandlare med en verkningsgrad på 90%. Motorn driver en pump i en värmeanläggning. En kall vinternatt arbetar pumpen med full effekt vid märkvarvtal och märkmoment, en vacker höstdag behövs bara 10% av effekten och då drivs motorn vid en lägre frekvens. Pumpens moment är proportionellt mot varvtalet i kvadrat.

- Skissa i ett och samma momentvarvtalsdiagram motorns momentkurvor för de två driftfallen och lägg också in pumpens varvtalskaraktäristik! (3 p)
- Ange moment, varvtal, spänning och ström för de två driftfallen! Man kan räkna med samma lutning på momentkurvan i de två fallen. Exakta driftpunkter ger pluspoäng. (3 p)
- Beräkna skillnaden i energikostnad för pumpen en vacker höstdag om man jämför drift med frekvensomvandlare vid lägre frekvens drift av pumpen före installationen av frekvensomvandlaren med på/av-reglering av motorn  
Energipriset är 2kr per kWh. (4 p)

#### 5. Synkronmaskinen, Vektorsystem

En 4-polig, permanent magnetiserad synkronmaskin har statorresistansen  $R_s = 0,3 \text{ } \Omega$  och cylindrisk rotor så att  $L_{mx} = L_{my} = L_m = 5,0 \text{ mH}$ . Magnetiseringen är 0,6 Vs sammanlänkat flöde i en fas (effektivvärde).

Maskinen styrs med hjälp av med samplingsintervallet  $T_s = 100 \text{ } \mu\text{s}$ . Den trefasiga växelriktarens mellanledningsspänning är  $U_{dc} = 600 \text{ V}$ . Maskinen är tvärströmsreglerad dvs styrd så att statorströmmen i  $x$ -led blir noll ( $i_{sx} = 0$ ) och statorströmmen i  $y$ -led används för momentbildning.

- Beskriv de olika koordinatsystem som är möjliga för spänningar, strömmar och flöden vid styrning av synkronmaskinen och deras koppling (övergång) sinsemellan. (3 p)
- Vid ett tillfälle är fasströmmen 30 A effektivvärde och maskinen går med 1000 rpm. Skissa strömmen i de olika koordinatsystemen! (3 p)
- Bestäm momentet och spänningsvektorns komponenter i rotor- och statorkoordinater. (4 p)

## Lycka till!

Vi har kommit överens om att det inte är någon mening att visa tentan i Helsingborg. Om du är nyfiken på rättningen, maila mig då, så kan jag scanna din tenta och skicka den på mail.

Tack för att ni gjort kursen så trevlig och ha en fin sommar!

Henriette