

Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings Universitet

Datum för tentamen	2011-06-07
Sal	TER2
Tid	8-12
Kurskod	TSFS04
Provkod	TEN1
Kursnamn	Elektriska drivsystem
Institution	ISY
Antal uppgifter som ingår i tentamen	5
Antal sidor på tentamen (inkl. försättsbladet)	28
Jour/kursansvarig	Peter Nyberg
Telefon under skrivtid	013-282394,070-4964337
Besöker salen ca.	9.00 och 11.00
Kursadministratör (namn+tfnnr+mailadress)	Jenny Stendahl, 013-281020, ladok@isy.liu.se
Tillåtna hjälpmedel	TeFyMa, Beta Mathematics Handbook, Physics Handbook, formelblad bifogat tentamen och miniräknare (ej symbolhanterande).
Övrigt	Visning 11.30-12.00 2011-06-22 på Fordonssystem

Tentamen

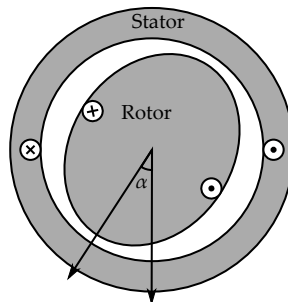
TSFS04 Elektriska drivsystem 7 juni, 2011, kl. 08.00-12.00

Tillåtna hjälpmedel: TeFyMa, Beta Mathematics Handbook, Physics Handbook, formelblad bifogat tentamen och miniräknare (ej symbolhanterande).

Ansvarig lärare: Mattias Krysander

Visning av skrivningen sker mellan kl. 11.30 och 12.00 2011-06-22 på Fordonssystem.

Totalt 40 poäng.
Preliminära betygsgränser:
Betyg 3: 18 poäng
Betyg 4: 25 poäng
Betyg 5: 30 poäng



Figur 1: Principskiss över rotor och stator.

Uppgift 1. Betrakta geometrin i figur 1 där rotorlindningens självinduktans är

$$L_{11} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ [H]}$$

statorlindningens självinduktans är

$$L_{22} = (1 + \cos(2\alpha)) \text{ [H]}$$

samt ömseinduktansen är

$$L_{12} = 0.2 \cos(\alpha) \text{ [H]}$$

Lindningarna *kan* matas med likström i de markerade riktningarna så att strömstyrkan i rotorlindningen är 1 A samt 0.1 A i statorlindning.

- Det räcker att strömsätta en av lindningarna för att få ett moment på rotorn. Vilken lindning skall strömsättas och för detta fall beräkna momentet som funktion av vinkeln α . Beräkna för detta fall det maximala momentet samt för vilka vinklar α som momentfunktionen har maxima. (3 poäng)
- Momentet är en periodisk funktion av α . Ange periodens längd i grader samt beskriv i ord vad som genererar momentet i (a)-uppgiften samt förklara periodens längd. (2 poäng)
- Antag nu att båda lindningarna strömsätts. Vilken period får det resulterade momentet nu? Ge en fysikalisk tolkning till denna periodlängd. (2 poäng)

Uppgift 2. En 4-polig Y-kopplad trefas asynkronmotor har märkvärdena 2 kW, 230 V, 50 Hz. Uppgiften är att modellera motorn vid startförhållanden. Tänk på att märkspänning motsvarar huvudspänning. För att bestämma motorparametrarna till en ekvivalent krets per fas för startförhållanden har följande mätningar genomförts:

- Tomgångsprov vid märkfrekvens och märkspänning:

$$\text{Linjeström} = 1.0 \text{ A}$$

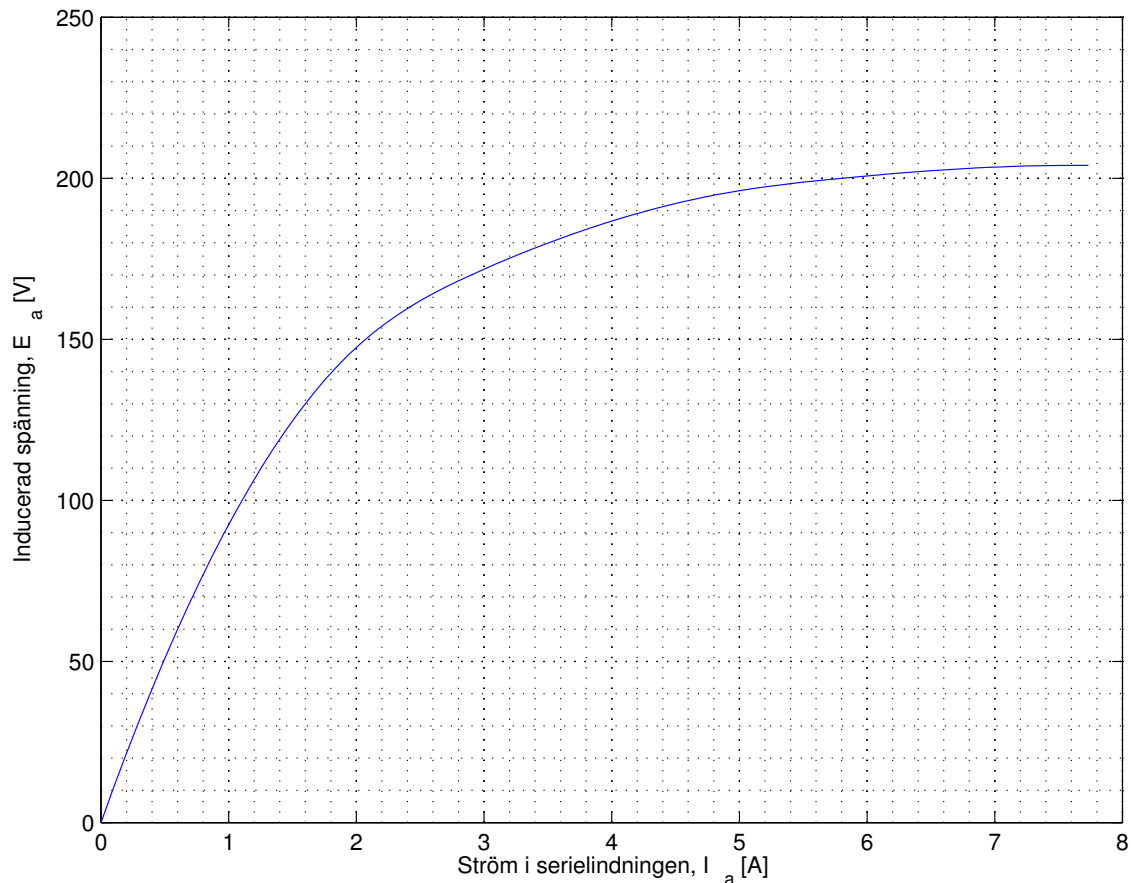
$$\text{Trefaseffekt} = 104 \text{ W}$$

- Statorlindningens resistans kan beräknas utgående från resistansen mellan två faser. Mätningen av resistansen mellan två av statorns poler är $= 5\Omega$.
- Prov med låst rotor görs med en startström som är dubbelt så stor som märkströmmen och med en elektrisk frekvens på 50 Hz:

$$\text{Huvudspänning} = 70 \text{ V}$$

$$\text{Trefaseffekt} = 1080 \text{ W}$$

Antag att järnförlusterna bokförs som rotationsförluster P_{rot} , dvs $R_c = \infty$. Beräkna rotationsförlusterna samt parametrarna i den ekvivalenta kretsen. Motorn är A-klassad vilket innebär att $X_1 = X_2$. (8 poäng)



Figur 2: Magnetiseringskurvan för 1100 varv/min.

Uppgift 3. En seriemagnetiserad likströmsmotor har märkvärdena 220 V, 5.8 A och 1250 varv/min. Figur 2 visar motorns magnetiseringskurva för 1100 varv/min. Rotorlindningens resistans inklusive borst är 4.8Ω och serielindningens resistans är 1.8Ω .

- Rita seriemotorns ekvivalenta krets, inför beteckningar på strömmar, spänningar och resistanser samt teckna de elektriska sambanden som ges av kretsen. (2 poäng)
- Beräkna motorns effektivitet vid märkdrift om friktionsförluster försummas men ankarreaktionen beaktas. (1 poäng)
- Vilken polspänning ska appliceras för att startströmmen skall bli 7 A. (1 poäng)
- Med polspänningen beräknad i (c)-uppgiften vad blir startmomentet om ankarreaktionen försummas. (1 poäng)
- Antag att ankarreaktionen kan inkluderas enligt

$$I_{a,\text{eff}} = I_a - kI_a^2$$

där k är en konstant som kan bestämmas från data. Bestäm numeriskt värde på k samt beräkna startmomentet då ankarreaktionen beaktas. (3 poäng)

Uppgift 4. En 4-polig elektriskt exciterad 3-fas synkronmotor med märkvärdena 400 V, 50 kW, 50 Hz har synkronreaktansen $X_s = 4\Omega$ och ömseinduktansen $L_{af} = 0.1$ H. Motorn är kopplad till ett starkt nät (konstant spänning och frekvens) med märkspänning och märkfrekvens. Parametrarna till den ekvivalenta kretsen är för en fas till nolla ekvivalent så V_a är fasspänning. Tänk på att märkspänning motsvarar huvudspänning.

- Vilket varvtal håller motorn. (1 poäng)
- Inför beteckningar och referensriktningar för strömmar och spänningar i en skiss av en ekvivalent krets per fas för motorns ankarlindning samt ange det elektriska sambandet som ges av kretsen. Ange dessutom ekvationen som kopplar fältström och den inducerade spänningens effektivvärde. Ekvationerna och kretsen skall bara innehålla parametrarna X_s och L_{af} , dvs alla resistanser försummas. (2 poäng)
- Antag att motorn driver en last som drar 40 kW. Om alla förluster försummas, vilken magnetiseringsström ska användas för att effektfaktorn ska bli 1 och hur stor blir den inducerade fasspänningen och linjeströmmen i detta fall? Rita ett skalenligt visardiagram som innehåller ankarkretsens alla spänningar. Markera även riktningen på den komplexa ankarströmmen i visardiagrammet. (3 poäng)
- Antag att magnetiseringsströmmen väljs så att den inducerade spänningen blir 1.5 gånger så stor som terminalspänningen vid märkfrekvens. Om motorn körs helt obelastad vilken ankarström drar den då. Rita ett skalenligt visardiagram för ankarlindningarnas alla spänningar samt markera den komplexa ankarströmmens riktning i diagrammet. (2 poäng)
- För driftfallet i (d)-uppgiften, verkar motorn induktiv eller kapacitiv samt vad blir den ekvivalenta induktansen eller kapacitansen. Svara med ett numerisk värde på en induktans eller kapacitans. Tänk på att $X_C = \frac{-1}{\omega C}$ och $X_L = \omega L$. (1 poäng)

Uppgift 5. För att få stort varvtalsregister för en separatmagnetiserad likströmsmaskin så används ankarspänningsreglering för hastigheter under märkfrekvens och fältreglering över märkfrekvens. I uppgiften kan rotorresistansen försummas.

- Beskriv den hårdvara som behövs för att implementera ankarspänningsreglering respektive fältreglering. (2 poäng)
- Antag att motorn vid märkhastighet ω_{m0} styrs så att terminalspänningen V_a har märkvärdet V_{a0} och magnetiskt flöde i direktaxelriktningen Φ_{d0} . Teckna funktionerna $V_a(\omega_m)$ och $\Phi_d(\omega_m)$ för hela varvtalsregistret, dvs både för fallet med ankarspänningsreglering under märkfrekvens $\omega_m \leq \omega_{m0}$ och för fallet med fältreglering över märkfrekvens $\omega_m > \omega_{m0}$. Använd endast de kända storheterna i uttrycken. (3 poäng)
- Antag att motorns maximala effekt och moment vid märkhastighet är P_0 respektive T_0 . För olika vinkelhastigheter ω_m så varierar den maximala effekten och det maximala momentet som kan levereras utan att överskrida märkströmmen I_{a0} , märkspänningen V_{a0} eller märkeffekten P_0 . Beräkna maxmomentet $T_{\max}(\omega_m)$ och maxeffekten $P_{\max}(\omega_m)$ som funktion av vinkelhastigheten ω över hela varvtalsområdet, dvs undersök både fallet med ankarspänningsreglering under märkfrekvens $\omega_m \leq \omega_{m0}$ och fallet med fältreglering över märkfrekvens $\omega_m > \omega_{m0}$. Använd endast de kända storheterna i uttrycken. (3 poäng)