

Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings Universitet

Datum för tentamen	2011-08-19
Sal	TER3
Tid	14-18
Kurskod	TSFS04
Provkod	TEN1
Kursnamn	Elektriska drivsystem
Institution	ISY
Antal uppgifter som ingår i tentamen	6
Antal sidor på tentamen (inkl. försättsbladet)	28 sidor / 14 blad
Jour/kursansvarig	Per Öberg
Telefon under skrivtid	013-282369 alt. 070-4857936
Besöker salen ca.	15.00 och 17.00
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 2011-09-05 på Fordonssystem

Tentamen

TSFS04 Elektriska drivsystem 19 aug, 2011, kl. 14.00-18.00

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

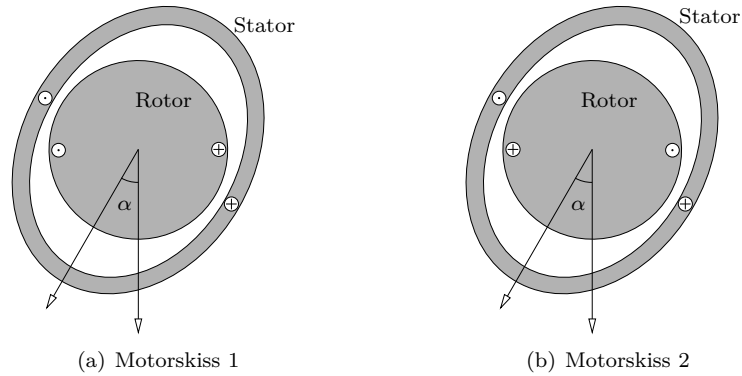
Ansvarig lärare: Per Öberg

Visning av skrivningen sker mellan kl. 11.30 och 12.00 2011-09-05 på Fordonssystem.

Totalt 40 poäng.
Preliminära betygsgränser:
Betyg 3: 18 poäng
Betyg 4: 26 poäng
Betyg 5: 32 poäng

Tabell: Ordlista för utvalda ord.

svenska	engelska	svenska	engelska
ankarreaktion	armature reaction	lindad rotor	wound rotor
ankarström	armature current	linjeström	line current
burlindad rotor	squirrel-cage rotor	märkspänning	rated voltage
fasspänning	line-to-neutral voltage	polspänning	terminal voltage
fältström	field current	självinduktans	self-inductance
huvudspänning	line-to-line voltage	släpring	slip ring
järnförluster	core losses	ömseinduktans	mutual inductance



Figur 1: Principskisser över rotor och stator för en tänkt motor.

Uppgift 1. Betrakta de båda motorskisserna i Figur 1. Följande värden på L_{ss} , L_{rr} , L_{sr} är slarvigt uppmätta på en av konstruktionerna

$$\begin{array}{ll} (3 + \cos(2\alpha)) & [\text{H}] \\ 7 \cdot 10^{-3} & [\text{H}] \\ \cos(\alpha) & [\text{H}] \end{array}$$

Antag att lindningarna matas med likström i den markerade riktningen så att strömstyrkan i stator och rotorlindningen är 1 A.

- Vilket mätvärde hör ihop med vilken induktans? Motivera ditt svar. (2 poäng)
- Vilken av motorskisserna svarar mot de mätningar som givits? Motivera ditt svar. (2 poäng)
- Konstruktören överväger att byta ut en av lindningarna mot en permanentmagnet. Ange för fallen att stator respektive rotorlindningen byts ut om konstruktionen blir mest lik en synkronmotor, asynkronmotor eller likströmsmotor. Antag att lämplig anordning som matar ström till den icke permanentmagnetiserade lindningen finns tillgänglig. Argumentera för svaret. (2 poäng)
- Beräkna och skissa momentet T som funktion av vinkeln α samt ange maxmomentet. (3 poäng)

Uppgift 2. En 4-polig Y-kopplad trefas asynkronmotor har märkvärdena $S = 3$ kVA, $U_H = 400$ V och 50 Hz. Man har genom tomgångsprov och prov med låst rotor kommit fram till följande parametrar

$$X_1 = X_2 = 4 \, \Omega \quad R_2 = 2.5 \, \Omega \quad X_m = 100 \, \Omega \quad R_1 = 3 \, \Omega$$

För att bestämma motorparametrarna till den ekvivalenta kretsen per gjordes ett antal mätningar: (?? indikerar att mätdata har slarvats bort)

1. Tomgångsprov vid märkfrekvens och märkspänning:

$$\text{Linjeström} = 2.2 \, \text{A} \quad \text{Trefaseffekt} = ?? \, \text{W}$$

2. Prov med låst rotor vid märkström och elektrisk frekvens 50 Hz:

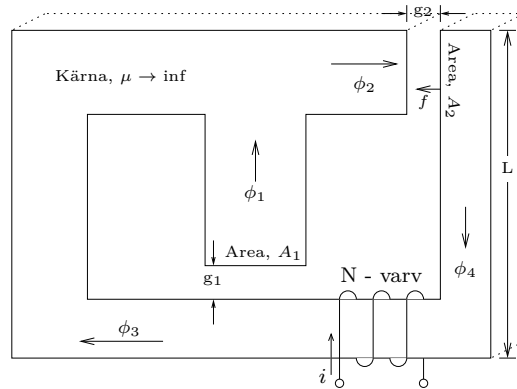
$$\text{Huvudspänning} = ?? \, \text{V} \quad \text{Trefaseffekt} = ?? \, \text{W}$$

Antag att järnförlusterna bokförs som rotationsförluster P_{rot} , dvs $R_c = \infty$. Tänk på att per fas spänningen V_a för Y-koppling är fasspänningen, dvs att $V_a = U_F = \frac{U_H}{\sqrt{3}}$

- a) Rita ekvivalenta kretsar för prov med låst rotor och kortslutningsprov. (2 poäng)
- b) Beräkna aktiv och skenbar trefas tomgångseffekt samt rotationsförlusterna, dvs P_{nl} , S_{nl} och P_{rot} . (3 poäng)
- c) Beräkna huvudspänning och trefaseffekt för prov med låst rotor. (3 poäng)

Uppgift 3. Betrakta den magnetiska kretsen i Figur 2. Antag att strömmen $i = 5$ A, luftgapen $g_1 = g_2 = 1$ cm, $N = 1000$ varv, $A_1 = 6$ cm² och $A_2 = 5$ cm².

- a) Teckna uttryck för ϕ_i där $i \in [1, \dots, 4]$. Använd referensriktningarna i figuren. (2 poäng)
- b) Räkna ut kraften f som genereras av magnetfältet. Antag att $g_2 \ll L$, dvs att luftgapet är uniformt även när g_2 minskas. Antag även att magnetfältet är homogent och försumma spridningseffekter. (3 poäng)



Figur 2: Idealiserad magnetisk krets.

Uppgift 4. En shuntmagnetiserad likströmsmotor är kopplad till en last som lastar motorn med ett konstant moment oberoende av varvtal. Motorn har märkvärdena 220 V, 7.2 A ankarström och 0.55 A fältström. Resistansen i ankarkretsen är $5\ \Omega$. Motors magnetiseringskurva kan för ändamålet antas vara linjär och friktionsförluster kan försummas.

- Rita shuntmotorns ekvivalenta krets, inför beteckningar på strömmar, spänningar och resistanser samt teckna de samband som gäller för strömmar och spänningar i kretsen. (2 poäng)
- Vid märkspänning roterar motorn med 1000 varv/min när det lastande momentet är 10 Nm. Beräkna I_a och E_a . En förutsättning är att märkvärdena inte överskrids. (2 poäng)
- Beräkna varvtalet om spänningen sänks till 200 V med bibehållet lastande moment. (2 poäng)
- Beräkna varvtalet om momentet istället halveras för fallet med märkspänning. (2 poäng)

Uppgift 5. En likströmsmotor är utrustad med två fältlindningar varav den ena har en resistans på $2\ \Omega$ och den andra en resistans på $400\ \Omega$. Kommutatorn på likströmsmotorn kan antas vara förlustfri och ha oändligt antal kommuteringssteg.

- Ange med motivering vilken lindning som troligtvis är serie- respektive shunt-lindning. (2 poäng)
- Illustrera med ett enkelt visardiagram hur magnetfälten i den beskrivna motorn förhåller sig till varandra som funktion av rotationsvinkel. Markera tydligt vad som är fält från ankarströmmen resp fält från fältströmmen. Endast fältens riktningar behöver beaktas, inte deras inbördes storlek. (2 poäng)

Uppgift 6. Ett företag som tillverkar åkattraktioner för nöjesfält ska konstruera en bromsordning till en *fritt fall* attraktion. Konstruktören har tänkt sig lösa problemet med en elmaskin som skall vara kopplad till den fritt fallande hissdelen via en kabel som ligger över ett matarhjul med radie 10cm kopplat till elmaskinen. Kabeltjockleken kan antas vara obetydlig i förhållande till hjuldiametern.

Efter olika överväganden så bestämmer man sig för att använda en elmaskin med permanentmagnetiserad rotor samt använda 3 statorlindningar med magnetisk huvudriktning förskjutna 120° . De 3 statorlindningarna är kopplade till en luftkyld 3-fas variabel resistans.

- Vad är det för typ av elmaskin som beskrivs i uppgiften? (1 poäng)
- Kommer elmaskinen i konstruktionen att fungera som motor eller som generator? Motivera ditt svar. (1 poäng)
- Kommer konstruktionen att fungera, dvs kommer den att ge något bromsande moment? I så fall, kan konstruktionen användas för att bromsa hissen till stillastående? Motivera ditt svar. (2 poäng)
- Teckna ett uttryck för maskinens elektriska vinkelhastighet som funktion av hastigheten hos hissdelen. (2 poäng)

