

Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings Universitet

Datum för tentamen	2013-03-11
Sal	R41
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)	7
Jour/kursansvarig	Mattias Krysander
Telefon under skrivtid	013 - 282198
Besöker salen ca.	9.00 och 11.00
Kursadministratör (namn+tfnr+mailadress)	Susanna von Sehlen, 013-281325, ladok@isy.liu.se
Tillåtna hjälpmedel	TeFyMa, Beta Mathematics Handbook, Physics Handbook, Formelsamling - Elektriska drivsystem och miniräknare.
Övrigt	Visning 11.45-12.15 den 27 mars på Fordonssystem

Tentamen

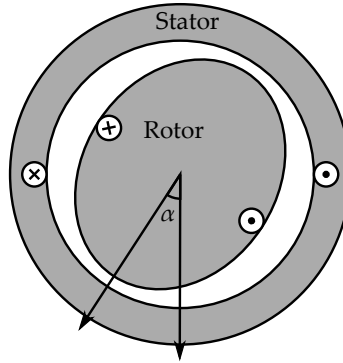
TSFS04 Elektriska drivsystem
11 mars, 2013, kl. 08.00-12.00

Tillåtna hjälpmedel: TeFyMa, Beta Mathematics Handbook, Physics Handbook, Formelsamling - Elektriska drivsystem och miniräknare.

Ansvarig lärare: Mattias Krysander

Visning av skrivningen sker mellan kl. 11.45 och 12.15 den 27 mars 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 motorskissen i figur 1. Någon har mätt upp statorns självinduktans, L_{ss} , rotorns självinduktans, L_{rr} , och ömseinduktans L_{sr} . Tyvärr är det inte antecknat vilket mätvärde som hör ihop med vilken induktans. De tre uppmätta värdena är:

$$L_a = \cos \alpha \quad [\text{H}]$$

$$L_b = 4 \cdot 10^{-3} \quad [\text{H}]$$

$$L_c = 2 + 2 \cos 2\alpha \quad [\text{H}]$$

- Vilken av induktanserna L_a , L_b och L_c svarar mot L_{ss} , L_{rr} , respektive L_{sr} ? Motivering krävs för poäng. (2 poäng)
- Antag att strömmen i rotorn är 2 A och i statorn 0.5 A. Ställ upp ett uttryck för hur momentet varierar med vinkeln α och skissa momentet $T(\alpha)$ för $\alpha \in [-\pi, \pi]$. (2 poäng)
- Beskriv kvalitativt hur maxmomentet för $\alpha \in [-\pi, \pi]$ förskjuts i vinkel och amplitud i förhållande till den nuvarande konstruktionen om man byter ut den ovala rotorn mot en cylindrisk. Antag att ömseinduktansen ej påverkas. (2 poäng)
- Konstruktören önskar byta ut den ena lindningen i konstruktionen i figur 1 mot en permanentmagnet. Då strömmen är avslagen i den andra lindningen får motorn inte ge något moment, oavsett vinkel α . Vilken av lindningarna ska bytas ut? Motivering krävs för poäng. (1 poäng)

Uppgift 2. Erik och Sofia har hittat en shuntkopplad dc-motor och tänker använda denna för att bygga en elbil. Antag att motorn inte blir magnetiskt mättad i följande lastfall. Motorn och bilen har data enligt följande tabell.

Ankarresistans	1	Ω
Fältresistans	250	Ω
Fordonsvikt	1000	kg

- Rita en ekvivalent krets för denna motor. Bortse från induktanser. (1 poäng)
- De börjar med att testa motorn i en bromsbänk. De matar motorn med en terminalspänning på 100 V. När de då lastar motorn med 8 Nm mäter de upp en total ström på 10.4 A. Vilket varvtal håller motorn vid denna lastpunkt? Vilken total ström och vilket varvtal får de om lastmomentet ökas till 24 Nm? Bortse från eventuell friktion. (3 poäng)
- Erik och Sofia vill att bilen ska klara 0 – 90 km/h på 12.5 s. Antag konstant acceleration och bortse från mekaniska förluster. Antag att utväxlingen är sådan att vid 90 km/h är motorns varvtal 1000 rpm. Vilken spänning och total ström matas motorn med i det ögonblick bilen når 90 km/h? Vilken effektivitet har motorn vid denna arbetspunkt? *Tips:* $F = m \cdot \frac{dv}{dt}$, $P = F \cdot v$ där F betecknar kraft, m massa, v hastighet och P effekt. (4 poäng)

Uppgift 3. Betrakta en släpningad 380-V, 4800-W, 50-Hz tvåpolig trefas asynkronmotor med följande parametrar uttryckta i Ω/fas , refererade till statorsidan:

$$R_1 = 1 \quad R_2 = 1.5 \quad X_1 = 2 \quad X_2 = 2.5 \quad X_m = 60$$

$$Z_{1,eq} = R_{1,eq} + jX_{1,eq} = 0.94 + j1.95 \Omega/\text{fas}$$

$$V_{1,eq} = |\hat{V}_{1,eq}| = 212.3 \text{ V}$$

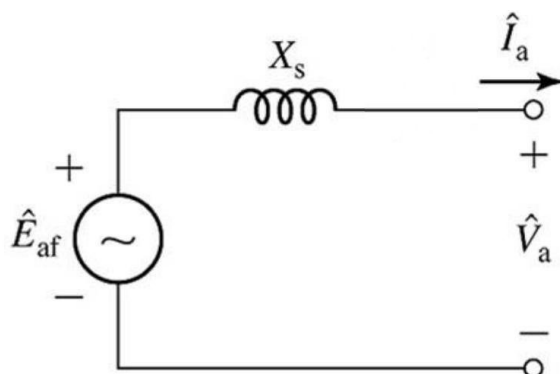
Reaktanserna är angivna för märkfrekvensen. Bortse från rotationsförluster.

- Antag att motorn körs med märkspänning, frekvensen är 50 Hz och att slippet är 4%. Beräkna motorns varvtal, strömmen i statorn, axelns utmoment samt verkningsgraden för detta fall. (4 poäng)
- Kalle vill att motorn ska ha ett så stort moment som möjligt vid 1000 varv/min. För att åstadkomma detta vill han koppla in en extern varierbar resistans R_{ext} i serie med varje fas på rotorn. När motorn matas med märkspänning och märkfrekvens vad är motorns maxmoment T_{max} , vid vilken rotorhastighet fås detta maxmoment om $R_{ext} = 0$ och hur stor måste R_{ext} (refererad till statorsidan) vara för uppfylla Kalles önskemål? (4 poäng)

Uppgift 4. En 120-kVA, 800-V, 50-Hz, trefas, 6-polig synkronmotor drivs med en trefas växelriktare med konstant V/Hz förhållande och variabel frekvens. Synkronmotorn har en synkronreaktans på $4.8 \Omega/\text{fas}$ vid märkfrekvens och resistansen $R_a = 0.24 \Omega/\text{fas}$. När motorn körs obelastad ($I_a \approx 0$) vid märkspänning och märkfrekvens är fältströmmen 35 A.

- Beräkna motorns märkhastighet i varv/min. (1 poäng)
- Beräkna motorns ömseinduktans L_{af} . (1 poäng)
- Beräkna både magnitud och vinkel för \hat{I}_a och \hat{E}_{af} (med V_a som riktfas) samt den fältström som krävs om vinkeln mellan \hat{V}_a och \hat{I}_a är $\theta = -30^\circ$ (strömmen ligger efter spänningen) när motorn arbetar vid märkspänning, märkhastighet och en ineffekt på 100 kW. (3 poäng)
- Antag att frekvensen och ineffekten halveras och att ankarspänning ändras enligt ovan nämnda reglerprinciper. Beräkna motorns varvtal, ankarspänning och den fältström som ger effektfaktor 1. (4 poäng)

Uppgift 5. En synkronmaskins ekvivalenta krets per Y-fas kan ritas som i figur 2.



Figur 2: Ekvivalent krets för synkronmaskinen.

- Beskriv för varje beteckning i figuren vilken eller vilka fenomen de avser att modellera. Till exempel är \hat{I}_a strömmen och \hat{V}_a spänningen i ankarlindningen för fas a. (2 poäng)

- b) Är strömmens referensriktning i figuren angiven för motordrift eller generatordrift? (1 poäng)

Antag att synkronmaskinen är inkopplad till ett oändligt starkt nät med fix elektrisk frekvens i deluppgifterna (c)-(e). Spänningen på nätet är 2 kV.

- c) Antag att maskinen körs med effektfaktor 1 och att $I_a = 1$ kA, $V_a = 2$ kV och $X_s = 0.5 \Omega/\text{fas}$.
Rita ett skalenligt fasdiagram för \hat{I}_a , \hat{V}_a och \hat{E}_{af} . (2 poäng)
- d) Kan man från den ritade figuren avgöra driftsfallet och i så fall hur? (1 poäng)
- e) Antag att magnetiseringen av rotorn inte förändras från driftsfallet i (c)-uppgiften och att den aktiva effekten från maskinen justeras till 0 W. Rita motsvarande fasdiagram. (2 poäng)