



ISY/Fordonssystem

**Facit/Lösningförslag till Tentamen
TSFS11 Energitekniska System**

30:e Maj, 2016, kl. 14.00-18.00

OBS: Endast vissa lösningar är kompletta

Tillåtna hjälpmedel: TeFyMa, Beta Mathematics Handbook, Physics Handbook, handskrivet formelblad och miniräknare.

Uppgift 1. a) Använd t.ex. spänningsfallsformeln.

$$\frac{U_{20}}{\sqrt{3}} \approx \frac{U_2}{\sqrt{3}} + I_2 (R_{2K} \cos \varphi_2 + X_{2K} \sin \varphi_2)$$

Märkströmmen fås enligt

$$\begin{aligned} S_M &= \sqrt{3} \cdot U_{1M} \cdot I_{1M} = \sqrt{3} \cdot U_{2M} \cdot I_{2M} \implies \\ \implies \left\{ I_{2M} \right. &= \frac{1,5 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 10^3} = 86,6 \text{ A} \end{aligned}$$

R_{2K} och X_{2K} fås ur $P_{FBM} = 3 \cdot R_{2K} \cdot I_{2M}^2$ och $Z_{2K} = \frac{U_{2K}}{\sqrt{3} \cdot I_{2K}}$ enligt

$$R_{2K} = \frac{13000}{3 \cdot 86,6^2} = 0,58 \text{ } \Omega$$

$$Z_{2K} = U_{1K} \cdot \frac{U_{2M}}{U_{1M} \sqrt{3} \cdot I_{2K}} = /I_{2k} = I_{2M}/ = 4,86 \text{ } \Omega$$

$$X_{2K} = \sqrt{Z_{2K}^2 - R_{2K}^2} = 4,82 \text{ } \Omega$$

Eftersom belastningsgraden är okänd måste I_2 räknas ut, t.ex. från sambandet

$$I_2 = \frac{U_2}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

och vi får

$$\frac{U_{20}}{\sqrt{3}} \approx \frac{U_2}{\sqrt{3}} + \frac{U_2}{\sqrt{3} \cdot Z} (R_{2K} \cos \varphi_2 + X_{2K} \sin \varphi_2)$$

Slutligen kan spänningen nu räknas ut enligt

$$U_2 \approx \frac{U_{20}}{1 + \frac{(R_{2K} \cos \varphi_2 + X_{2K} \sin \varphi_2)}{Z}} = \frac{10 \cdot 10^3}{1 + \frac{(0,58 \cdot 0,8 + 4,82 \cdot 0,6)}{78}} = 9,6 \text{ kV}$$

- b) Eftersom en D-kopplad last får huvudspänningen över lindnignarna istället för fasspänningen så måste den nya huvudspänningen sänkas till den gamla fasspänningen. Den nya primärspänningen skall såldes vara $U_H = \frac{70}{\sqrt{3}} = 40 \text{ kV}$.

Uppgift 2. a) Märkmomentet och momentet vid last:

$$M_M = \frac{10000}{2890 \frac{2\pi}{60}} = 33 Nm$$

$$M_L = 0.7 M_M = 23,1 Nm$$

Beräkna eftersläpningen vid märkdrift:

$$s_M = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{3000 - 2890}{3000} = 0,0367$$

Lasten är oberoende av varvtalet och motorns momentkurva är linjär:

$$s_{2,D} = 0,7 \cdot s_M = 0,026$$

$$n_{2,D} = n_1 \cdot (1 - s_{2,D}) = 2923 rpm$$

Friktionsförluster försummas

$$P_{loss,rotor} = \frac{P_{avg}}{1 - s_{2,D}} s_{2,D} = \frac{M_L \omega_2}{1 - s_{2,D}} s_{2,D} = \frac{23,1 \cdot 2923 \cdot \frac{2\pi}{60}}{1 - 0,026} = 189 W$$

b Antar att momentet under hela startförloppet är samma som startmomentet

$$M_{ST} = m_{ST} M_M = 89,2 Nm$$

$$t_{ST} = \frac{J \omega_2}{M_{ST} - M_L} = \frac{0.135 \cdot 2923 \cdot \frac{2\pi}{60}}{89,2 - 23,1} = 0,6 s$$

c Vid y-koppling är momentet 1/3 av momentet vid d-koppling. Eftersom momentkurvan antas linjär innebär detta att eftersläpningen tredubblas vid y-koppling.

$$s_{2,y} = 3 s_{2,D} = 3 \cdot 0,026 = 0,077$$

$$n_{2,y} = 3000 \cdot (1 - s_{2,y}) = 2766 rpm$$

d Samma ekv som i b), men med nya siffror

$$t_{ST,y} = \frac{J \omega_{2,y}}{M_{ST} - M_L} = \frac{0.135 \cdot 2766 \cdot \frac{2\pi}{60}}{\frac{89,2}{3} - 23,1} = 5,9 s$$

Uppgift 3. a) Kort ledning ($< 40 km$). Ledningskapacitanser försummas, men ledningsresistans R_L och reaktans X_L beaktas. Vi har att

$$U_1 = 70 kV$$

$$R_L = \frac{17,2}{95} \cdot 40 = 7,2 \Omega / fas$$

$$X_L = 40 \cdot 0,4 = 16 \Omega / fas$$

Använd spänningsfallsformeln uttryckt i effekt

$$P_2 = 20 MW$$

$$Q_2 = \sqrt{\left(\frac{P_2}{\cos \varphi_2}\right)^2 - P_2^2} = 15 MVar$$

$$U_1 \approx U_2 \left(1 + \frac{P_2 \cdot R_L + Q_2 \cdot X_L}{U_2^2}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U_2 \approx 57,68 kV$$

b)

$$I = \frac{P_2}{\sqrt{3}U_2 \cos \varphi_2} = 289A$$

c)

$$P_l = 3R_L I^2 = 1,81MW$$

$$Q_l = 3X_l I^2 = 4MVAr$$

d) Samma som i b) och c), men $\cos \varphi_2 = 0.95$.

$$I_{II} = 243,1A$$

$$Q_{2,II} = 2,84MVAr$$

$$P_{2,II} = 1,28MW$$

Uppgift 4. a) Se Fig 5.48 i kursboken.

b) Se bilaga.

c)

$$U_L = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt = /6 \text{ areor som lika (sträckad area i bilaga)/ =$$
$$= 6 \cdot \frac{1}{T} \int_{\frac{80}{360}T}^{\frac{T}{2}} \hat{u}_F \sin(\omega t) dt = 365V$$

Uppgift 5. a) Se bild från föreläsning 1.

b) Trögheten i den svängbara massan tar upp skillnaden mellan producerad och konsumerad effekt. Vid minskad svängbar massa ökar kravet på snabb regelring i systemet.

c) Möjlighet att transformera spänningen på ett enkelt sätt för att minska överföringsförluster.

d) Brist på reaktiv effekt.

e) Ett system som övervakar och styr nätfunktionaliteten. Central del i ett smart elnät.

f) Kraftnätet skall vara säkert även om 1, godtycklig, incident inträffar.

Uppgift 6. a) Fotoelektrisk effekt

b) Ett soltorn använder speglar för att koncentrera solljuset. Vatten förångas till tillräckligt hög temperatur för att drivas genom en turbin.

c) 3.

d) Ett primärbatteri är inte uppladdningsbart, vilket ett sekundärbatteri är.

e) State-Of-Charge, batteriets laddningsnivå.

f) Det som skiljer en PWR-reaktor från en BWR är en värmeväxlare som överför värme från en tryckvattenkrets till en ång-krets.

g) – Hög effekt i förhållande till sin storlek.

– Det går snabbt att ändra avgiven effekt.

