



ISY/Fordonssystem

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

**28:e Maj, 2018, 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

$$\begin{aligned} S_M &= \sqrt{3} \cdot U_{1M} \cdot I_{1M} = \sqrt{3} \cdot U_{2M} \cdot I_{2M} \implies \\ \implies \left\{ I_{2M} \right. &= \frac{2,2 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 400} = 3175 \text{ A} \end{aligned}$$

$R_{2K}$  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

$$\begin{aligned} R_{2K} &= \frac{45000}{3 \cdot 3175^2} = 0.0015 \Omega \\ Z_{2K} &= U_{1K} \cdot \frac{U_{2M}}{U_{1M} \sqrt{3} \cdot I_{2K}} = /I_{2k} = I_{2M}/ = 0.0022 \Omega \\ X_{2K} &= \sqrt{Z_{2K}^2 - R_{2K}^2} = 0.0016 \Omega \end{aligned}$$

Transformatorn märbelastas, så  $I_2 = I_{I_{2M}}$

$$\begin{aligned} U_2 &\approx U_{20} - \sqrt{3} I_{2M} (R_{2K} \cos \varphi_2 + X_{2K} \sin \varphi_2) \\ &= 400 - \sqrt{3} \cdot 3175 \cdot (0,0015 \cdot 0,8 + 0.0016 \cdot 0,6) = 388 \text{ V} \end{aligned}$$

b) I år har 8760 timmar. Tomgångsförluster:  $W_{F0} = P_{F0} \cdot 8760 \cdot 15 = 131400 \text{ kWh}$ .

Belastningsförluster  $P_{FB,I} = 45 \text{ kW}$

$$\begin{aligned} W_{FB,I} &= P_{FB,I} \cdot 8760 \frac{9}{12} = 295650 \text{ kWh} \\ W_{tot} &= W_{F0} + W_{FB,I} = 427050 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Totala kostnaden för förlusterna uppgår till 512.000:-.

c)

$$\begin{aligned} P &= \frac{S_I}{\cos \varphi_{2,I}} = 1.76 \text{ MW} \\ S_{II} &= \frac{P}{\cos \varphi_{2,II}} = 1.85 \text{ MW} \\ x &= \frac{1.85}{2.2} = 0.84 \\ P_{FB,II} &= x^2 P_{FKM} = 31.8 \text{ kW} \\ W_{FB,II} &= 209 \text{ MWh} \\ W_{tot,II} &= 340326 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Totalkostnad för förlusterna är nu 408.000:-.

**Uppgift 2.** a) 4 poler (synkront varvtal 1500 rpm).

b)

$$P_2 = M \frac{n_2 \cdot 2\pi}{60} = 15 \frac{1380 \cdot 2\pi}{60} = 2168W$$
$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{2168}{0.88} = 2463W$$
$$I_L = \frac{P_1}{\sqrt{3}U_H \cos \varphi_2} = \frac{2463}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.78} = 4.56A$$

c)

$$U_I = U_F = \frac{400}{\sqrt{3}}V$$
$$s_I = \frac{1500 - 1380}{1500} = 0.08$$
$$M = k_0 U_I^2 s_I \Rightarrow k_0 = 0.0035$$
$$U_{II} = U_H = 400V$$
$$M = k_0 U_{II} s_{II} \Rightarrow s_{II} = 0.027$$
$$n_{2,II} = 1500(1 - s_{II}) = 1460rpm$$

**Uppgift 3.** a) – Lika fasföljd

- Lika spänning
- Lika frkvens
- Lika fasläge

b)

$$P = P_I + P_{II} = 356kW$$

- c) Generatorn är undermagnetiserad eftersom när magnetiseringsströmmen ökar så minskar statorströmmen.
- d) Eftersom generatorn är undermagnetiserad så förbrukas reaktiv effekt. Storleken fås från wattmetrarna:

$$Q = \sqrt{3}(P_{II} - P_I) = \sqrt{3}(255 - 101) = 249kVAr$$

**Uppgift 4.** a) Kort ledning ( $< 50km$ ). Ledningskapacitanser försummas, men ledningsresistans  $R_L$  och reaktans  $X_L$  beaktas. Vi har att

$$U_2 = 60 \text{ kV}$$
$$R_L = \frac{17.2}{95} \cdot 25 = 4.52 \Omega/\text{fas}$$
$$X_L = 25 \cdot 0.4 = 10 \Omega/\text{fas}$$

Använd spänningsfallsformeln uttryckt i effekt

$$P_2 = 10 + 2 = 12 \text{ MW}$$
$$Q_2 = \sqrt{\left(\frac{P_M}{\cos \varphi_M}\right)^2 - P_M^2} = 7.5 \text{ MVAr}$$
$$U_1 \approx U_2 \left(1 + \frac{P_2 \cdot R_L + Q_2 \cdot X_L}{U_2^2}\right) = 61.1 \text{ kV}$$

b)

$$I = \frac{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}}{\sqrt{3}U_2} = 136.2A$$

c)

$$P_l = 3R_L I^2 = 251kW$$

$$Q_l = 3X_l I^2 = 556kVar$$

Aktiv effekt: Det krävs en vinkelskillnad mellan spänningarna  $U_1$  och  $U_2$ . Storleken på serieinduktansen begränsar överföringsförmågan i ledaren.

Reaktiv effekt: Det krävs en amplitudskillnad mellan  $U_1$  och  $U_2$  för att överföra reaktiv effekt. Hur stor denna tillåts vara sätter gränsen för hur mycket effekt som kan överföras.