

1.

$$U = 400 \text{ V} ; f = 50 \text{ Hz}$$

Belastung I: Y-koppl.; $R = 20$; $C = 100 \mu\text{F}$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = 31,83 \Omega/\text{phas}$$

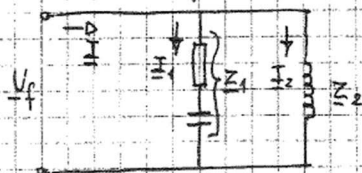
$$Z_1 = (20 - j31,83) \Omega/\text{phas}$$

Belastung II: Δ -koppl.; $L = 100 \text{ mH}$

$$X_L = \omega L = 2\pi \cdot 50 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 31,42 \Omega$$

$$Z_\Delta = j31,42$$

Ekv. Y-fas:



$$Z_2 = \frac{Z_\Delta}{3} = j10,47 \Omega/\text{phas}$$

$$a) \quad \underline{I}_1 = \frac{U_f}{Z_1} = \frac{\frac{400}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ}{20 - j31,83} = \frac{\frac{400}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ}{37,59 \angle -57,8^\circ} = \underline{6,14 \angle 57,8^\circ} = (3,27 + j5,2) \text{ A}$$

$$\underline{I}_2 = \frac{U_f}{Z_2} = \frac{\frac{400}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ}{j10,47} = \underline{22,05 \angle -90^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I} = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 = 3,27 + j5,2 - j22,05 = 3,27 - j16,85 = \underline{17,16 \angle -79^\circ} \text{ A}$$

$$|\underline{I}_\Delta| = \frac{|\underline{I}_2|}{\sqrt{3}} \Rightarrow |\underline{I}_\Delta| = \underline{12,73} \text{ A}$$

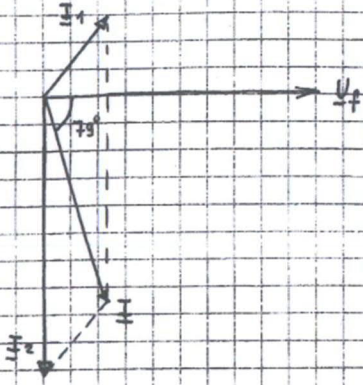
c) Belastung I - kap. charakter

Belastung II - ind. charakter

Totale lasten - ind. charakter

$$d) \quad S = 3 U_f \underline{I}^* = 3 \cdot \frac{400}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \cdot 17,16 \angle 79^\circ = 11,89 \cdot 10^3 \angle 79^\circ = \underline{(2269 + j11672) \text{ VA}}$$

1/2a)



2. $S_n = 125 \text{ kVA}$; $6,6/0,4 \text{ kV}$; Δ/Y s.1

$x_k = 4,7\%$; $r_k = 1,1\%$

$x_k = \frac{Z_k}{Z_{\text{bas}}}$; $r_k = \frac{R_k}{Z_{\text{bas}}}$; $X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2}$

Räkna på $0,4 \text{ kV}$ sidan:

$Z_{\text{bas}} = \frac{U_{n2}^2}{S_n} = \frac{400^2}{125 \cdot 10^3} = 1,28 \text{ } \Omega/\text{fas}$

$Z_k = 0,047 \cdot 1,28 = 60,2 \cdot 10^{-3} \text{ } \Omega/\text{fas}$

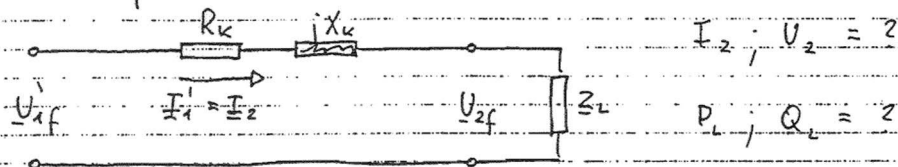
$R_k = 0,011 \cdot 1,28 = 14,1 \cdot 10^{-3} \text{ } \Omega/\text{fas}$

$X_k = 58,53 \cdot 10^{-3} \text{ } \Omega/\text{fas}$

a)

Y-kopplad last - $Z_L = (0,6 + j 1,0) \text{ } \Omega/\text{fas} = 1,17 / 59,04^\circ \text{ } \Omega/\text{fas}$

Ekv. Y-fas:



$U_{1f} = \frac{400}{\sqrt{3}} \text{ V}$; $U_{1f} = Z_{\text{tot}} I_2$

$Z_{\text{tot}} = Z_k + Z_L = 14,1 \cdot 10^{-3} + j 58,53 \cdot 10^{-3} + 0,6 + j 1,0 = 0,614 + j 1,059 =$
 $= 1,22 / 59,9^\circ \text{ } \Omega/\text{fas}$

$I_2 = \frac{400 / 0^\circ}{\sqrt{3} \cdot 1,22 / 59,9^\circ} = 189,3 / -59,9^\circ \text{ A}$ $I_2 = 189,3 \text{ A}$

$U_{2f} = Z_L I_2 = 1,17 / 59,04^\circ \cdot 189,3 / -59,9^\circ = 221,5 / -0,86^\circ \text{ V}$

$U_2 = \sqrt{3} U_{2f} = \sqrt{3} \cdot 221,5 = 383,65 \text{ V}$

$P_L = \sqrt{3} U_2 I_2 \cos \varphi_L = \sqrt{3} \cdot 383,65 \cdot 189,3 \cdot \cos 59,04 = 64,7 \text{ kW}$

$Q_L = \sqrt{3} U_2 I_2 \sin \varphi_L = \sqrt{3} \cdot 383,65 \cdot 189,3 \cdot \sin 59,04 = 107,9 \text{ kVAR}$

d.

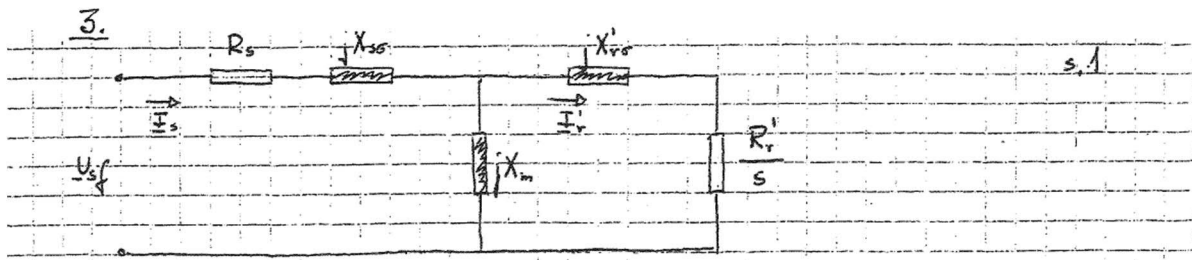
b) ej. da $I_2 > I_{n2}$ (180,4 A) transformatoru av overbelastad
 eller $S_2 > S_n$

s.2

$$c) \underline{\underline{P_{cu}}} = 3 R_k I_2^2 = 3 \cdot 14,1 \cdot 10^{-3} \cdot 189,3^2 = \underline{\underline{1,52 \text{ kW}}}$$

$$d) I_1 = I_2 \frac{U_{n2}}{U_{n1}} = 189,3 \cdot \frac{0,4}{6,6} = 11,47 \text{ A}$$

$$\underline{\underline{I_{\Delta}}} = \frac{I_1}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{6,6 \text{ A}}}$$



$$R_s = 1,2 \, \Omega/\text{fas} \quad X_{sc} = 2,5 \, \Omega/\text{fas} \quad X_m = 44,0 \, \Omega/\text{fas}$$

$$R'_r = 1,1 \, \Omega/\text{fas} \quad X'_{sc} = 2,5 \, \Omega/\text{fas}$$

$$U_{sf} = \frac{400}{\sqrt{3}} \, \text{V}$$

a) Vid tomgång gäller: $s \approx 0 \Rightarrow \frac{R'_r}{s} \rightarrow \infty \Rightarrow$

$$U_{sf} = \underline{I}_0 [R_s + j(X_{sc} + X_m)]$$

$$\underline{I}_0 = \frac{400/\sqrt{3} \angle 0^\circ}{1,2 + j(2,5 + 44)} = \underline{4,96 \angle -88,5^\circ} \, \text{A} \quad \cos \varphi_0 = 0,026$$

b) Vid start gäller: $s = 1 \Rightarrow X_m \gg |R'_r + jX'_{sc}| \Rightarrow$

$$U_{sf} = \underline{I}_{\text{start}} (R_s + jX_{sc} + R'_r + jX'_{sc})$$

$$\underline{I}_{\text{start}} = \frac{400/\sqrt{3} \angle 0^\circ}{2,3 + j(2,5 + 2,5)} = \underline{42,0 \angle -65,3^\circ} \, \text{A}$$

$$T_{\text{start}} = \frac{\overline{P}_g}{\omega_s} \quad \text{där} \quad \overline{P}_g = 3 \frac{R'_r}{s} (\underline{I}'_r)^2$$

$$\text{men } s = 1 \Rightarrow \underline{I}'_r = \underline{I}_{\text{start}} = 42,0 \, \text{A}$$

$$\overline{P}_g = 3 \cdot 1,1 \cdot 42^2 = 5821 \, \text{W}$$

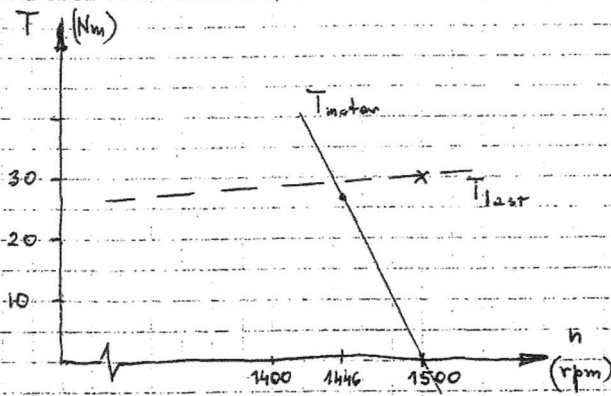
$$\omega_s = \frac{2\pi n_s}{60} = \frac{2\pi \cdot 1500}{60} = 157,08$$

$$T_{\text{start}} = 37 \, \text{Nm}$$

3.

s 2

$$\text{Motor: } T_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{4000 \cdot 60}{2\pi \cdot 1446} = 26,42 \text{ Nm}$$



$$T_{\text{motor}} = \frac{26,42}{54} (1500 - n)$$

Last :

$$T_L = k \cdot n = \frac{30}{1500} \cdot n = \frac{1}{50} n$$

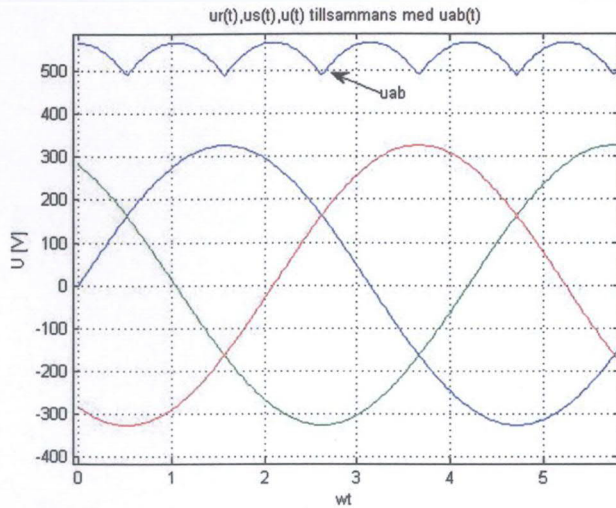
$$T_m = T_L \Rightarrow \frac{26,42}{54} (1500 - n) = \frac{1}{50} n$$

$$\underline{\underline{n = 1441 \text{ rpm}}}$$

$$\underline{\underline{T = \frac{1}{50} 1441 = 28,8 \text{ Nm}}}$$

Uppgift 4

Spänningen u_{ab} följer potentialen av den högsta huvudspänningen på nätet. Eftersom det finns sex huvudspänningar så kommer u_{ab} vara lika med dessa under en sjättedels period $2\pi/6 = \pi/3$. u_{ab} kan nu ritas och kan ses i figuren nedan



b) Spänningen kan göras bättre genom att seriekoppla en glättningsinduktans på utgången (eller parallellkoppla en kondensator). Eftersom en spole är strömtrög kommer denna minska variationerna hos strömmen och på så sätt minska spänningsriplet.

c) Då motorn går i tomgång kan ankarströmmen antas vara 0A och därmed är den inducerade emk:n, E_a , och ankarspänningen, U_a , lika. E_a kan skrivas som:

$$E_a = I_f k \omega \Rightarrow I_f k = \frac{E_a}{\omega}$$

Från uppgiften var det givet att fältströmmen hölls konstant. Vidare gick motorn på 2000rpm vid en ankarspänning på 440V. konstanten $I_f k$ kan således beräknas

$$I_f k = \frac{440}{(2000/60)2\pi} = 2.1$$

Då LM kopplas till likriktaren kommer matningsspänningen att ändras. Spänningen utifrån en trefas diodlikriktare kan beräknas som:

$$U_d = \frac{3}{\pi} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} \sqrt{2}U \cos(\omega t) d(\omega t) = 1.35U$$

Alltså medelvärde på spänningen utifrån en diodlikriktare är 1.35ggr effektivvärdet av nätets huvudspänning. Spänningen kan antas vara konstant enligt uppgiften och kan beräknas som:

$$U_d = 1.35 \cdot 400 = 540V$$

Åter till Likströmsmaskinen som nu matas med en spänning på 540V. Ifk antas hålla samma värde och varvtalet kan således beräknas som

$$\omega = \frac{E_a}{I_f k} = 257.14 \text{ rad/s} \Rightarrow n = 2455.5 \text{ rpm}$$

Svar: n=2455.5 rpm

d) LM kopplas till 440V och har ett varvtal på 1900 rpm. Strömmen I_a kan nu beräknas på följande sätt:

$$U_a - I_a R_a - E_a = 0$$

$$E_a = I_f k \omega$$

\Rightarrow

$$I_a = \frac{U_a - I_f k \omega}{R_a} = \frac{440 - 2.1 \cdot (1900/60) 2\pi}{1} = 22.2 A$$

Axel momentet kan beräknas som:

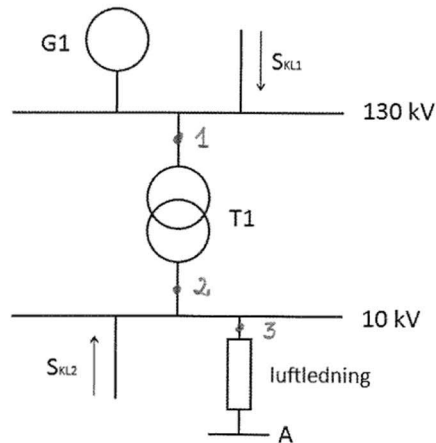
$$T = I_f k I_a = 46.55 \text{ Nm}$$

Slutligen kan uteffekten beräknas som

$$P = T \omega = 46.55 \cdot 2\pi 1900/60 = 9.2 \text{ kW}$$

Svar: T=46.55Nm och P=9.2kW

9. Bestäm kortslutningsström och kortslutningseffekt vid ett fel i punkt A. Använd metoden med delkortslutningseffekter.



Följande data gäller:

Generator G1: $S_n = 50 \text{ MVA}$; $x_d = 20\%$
 Transformator T1: $130/10 \text{ kV}$; $S_n = 100 \text{ MVA}$; $z_k = 8\%$

Linjer:

$S_{KL1} = 250 \text{ MVA}$; $S_{KL2} = 120 \text{ MVA}$

Luftledning: $X = 2,5 \Omega/\text{fas}$

Delkortslutningseffekter:

$$S_{KG1} = \frac{S_n}{x_d} = \frac{50 \cdot 10^6}{0,2} = 250 \text{ MVA}; \quad S_{KT1} = \frac{S_n}{z_k} = \frac{100 \cdot 10^6}{0,08} = 1250 \text{ MVA}$$

$$S_{KL} = \frac{U^2}{X} = \frac{(10 \cdot 10^3)^2}{2,5} = 40 \text{ MVA}$$

$$1) \quad S_{K1} = S_{KG1} + S_{KL1} = 500 \text{ MVA} \quad (G1 \text{ parallell med } S_{KL1})$$

$$2) \quad S_{K2} = \frac{S_{KT1} \cdot S_{K1}}{S_{KT1} + S_{K1}} = \frac{500 \cdot 1250}{1750} = 357,14 \text{ MVA} \quad (S_{K1} \text{ i serie med } S_{KT1})$$

$$3) \quad S_{K3} = S_{K2} + S_{KL2} = 357,14 + 120 = 477,14 \text{ MVA} \quad (S_{K2} \text{ parallell med } S_{KL2})$$

$$A) \quad S_{KA} = \frac{S_{K3} \cdot S_{KL}}{S_{K3} + S_{KL}} = \frac{477,14 \cdot 40}{517,14} = 36,9 \text{ MVA} \quad (S_{K3} \text{ i serie med } S_{KL})$$

$$\underline{\underline{I_{KA}}} = \frac{S_{KA}}{\sqrt{3} U_k} = \frac{36,9 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 10^3} = \underline{\underline{2,13 \text{ kA}}}$$