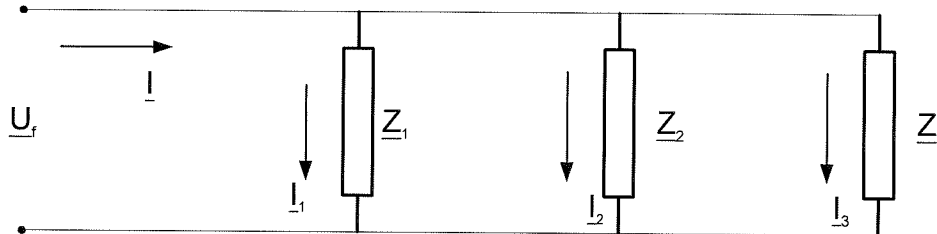


Lösningar:**1.****a)** Ekvivalent Y-fas krets:

$$\underline{U}_f = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230,94 \angle 0^\circ \text{ - referens}$$

I)

$$\underline{Z}_\Delta = 6 - j9 \Rightarrow \underline{Z}_1 = \frac{\underline{Z}_\Delta}{3} = 2 - j3 = 3,6 \angle -56,31^\circ \Omega/\text{fas}$$

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_f}{\underline{Z}_1} = \frac{230,94 \angle 0^\circ}{3,6 \angle -56,31^\circ} = 64,15 \angle 56,31^\circ = (35,58 + j53,38) \text{ A}$$

II)

$$\underline{Z}_2 = 4 + j2 = 4,47 \angle 26,57^\circ \Omega/\text{fas}$$

$$\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_f}{\underline{Z}_2} = \frac{230,94 \angle 0^\circ}{4,47 \angle 26,57^\circ} = 51,66 \angle -26,57^\circ = (46,20 - j23,11) \text{ A}$$

III)

$$\underline{I}_3 = \frac{S_n}{\sqrt{3}U} = \frac{15000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 21,65 \text{ A} \quad \underline{I}_3 = 21,65 \angle -36,87^\circ = (17,32 - j13,00) \text{ A}$$

b)

$$\begin{aligned} \underline{I} &= \underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3 = 35,58 + j53,38 + 46,20 - j23,11 + 17,32 - j13,00 = \\ &= 99,10 + j17,27 = 100,59 \angle 9,89^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

c)

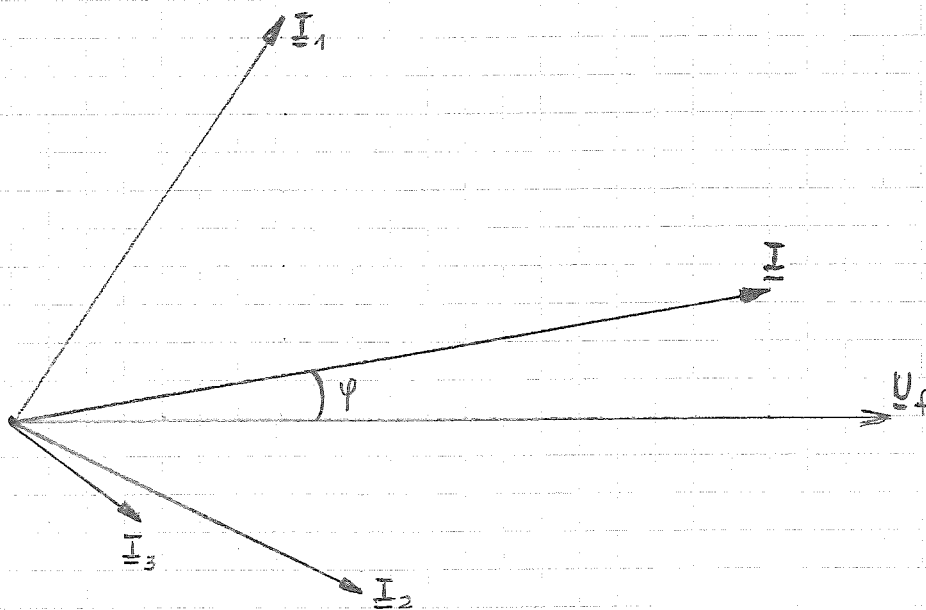
$$\underline{S} = 3 \cdot \underline{U}_f \underline{I}^* = 3 \cdot 230,94 \angle 0^\circ \cdot (99,10 - j17,27) = (68658 - j11965) \text{ VA} = P - jQ$$

e)

$$\cos 9,89^\circ = 0,985 \quad \cos \varphi = 0,985 \text{ kapacitiv karaktär}$$

f)induktiv shuntkompensering, $Q = 11965 \text{ Var}$

d)



2.

3-fastransformator: $S_n = 24 \text{ MVA}$; 135/23 kV; YN/ Δ ; 50 Hz
 $z_k = 12,0 \%$; $r_k = 1,5 \%$

a)

$$I_{n2} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{n2}} = \frac{24 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 23 \cdot 10^3} = 602,45 \text{ A}$$

Sekundärlindning är Δ – kopplad:

$$\underline{I}_{\Delta} = \frac{I_{n2}}{\sqrt{3}} = \frac{602,45}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{347,83 \text{ A}}}$$

b) Kortslutningsprovet utförs från uppspänningssidan (135 kV). Lågspänningssidan skall vara kortsluten.

$$I_k = I_{n1} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{n1}} = \frac{24 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 135 \cdot 10^3} = 102,64 \text{ A}$$

$$Z_k = z_k \cdot Z_{bas}; \quad Z_{bas} = \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{(135 \cdot 10^3)^2}{24 \cdot 10^6} = 759,375 \Omega/\text{fas}$$

$$Z_k = 0,12 \cdot 759,375 = 91,125 \Omega/\text{fas}; \quad U_{k1f} = Z_k \cdot I_k = 91,125 \cdot 102,64 = 9,35 \text{ kV}$$

$$\underline{\underline{U_k = \sqrt{3} \cdot U_{k1f} = 16,19 \text{ kV}}}$$

$$\cos \varphi_k = \frac{r_k}{z_k} = \frac{0,015}{0,12} = 0,125$$

$$\underline{\underline{P_k = \sqrt{3}U_{k1}I_k \cos \varphi_k = \sqrt{3} \cdot 16,19 \cdot 10^3 \cdot 102,64 \cdot 0,125 = 359,78 \text{ kW}}}$$

3) 3-fas AM : motordrift

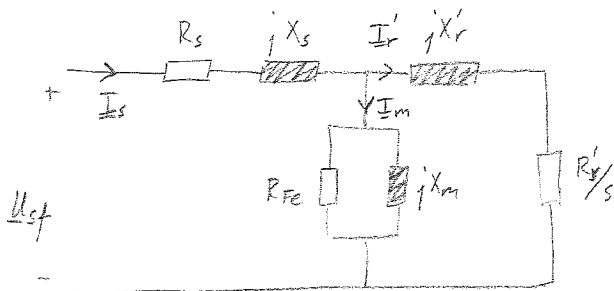
$$U_s = 400 \text{ V}$$

vid märkdraft: $\eta = 88\%$
 $n_n = 975 \text{ rpm}$

$$R_s = 0,4 \ \Omega/\text{fas} \quad R'_r = 0,5 \ \Omega/\text{fas} \quad X_s = X'_r = 0,9 \ \Omega/\text{fas}$$

$$X_m = 12 \ \Omega/\text{fas} \quad R_{Fe} = 1100 \ \Omega/\text{fas}$$

a) Ekvivalent Y-fas:



b) Bestäm I_s , P_s och Q_s , vid märkdraft.

$$I_s = \frac{U_{sf}}{Z_{tot}} \quad (*)$$

Först behöver eftersläpningen, s , bestämmas.

$$s = \frac{n_s - n_n}{n_s} \quad n_s = \frac{f}{p} \cdot 60 \begin{cases} f = 50 \text{ Hz} \ \& \ p = 3 \Rightarrow n_s = 1000 \text{ rpm} \\ f = 60 \text{ Hz} \ \& \ p = 3 \Rightarrow n_s = 1200 \text{ rpm} \end{cases}$$

$$n_s = 1000 \text{ rpm} \Rightarrow s = \frac{1000 - 975}{1000} = 0,025, \ 2,5\% \quad \begin{matrix} \uparrow \\ \text{för högt i} \\ \text{förhållande till} \\ \text{värdet vid märkdraft.} \end{matrix}$$

$R_{Fe} \Rightarrow X_m$, försumma R_{Fe}

$$Z_1 = (R'_s + jX'_r) // jX_m = \frac{(2,0 + j0,9) j12}{2,0 + j0,9 + j12} = 5,0847 + j8,7204 \ \Omega/\text{fas}$$

$$Z_{tot} = R_s + jX_s + Z_1 = 0,4 + j0,9 + 5,0847 + j8,7204 = 5,4847 + j9,6204 = 11,074 \angle 60,31^\circ \ \Omega/\text{fas}$$

sätt in i (*) \Rightarrow

$$\underline{I}_s = \frac{U_{sf}}{\underline{Z}_{tot}} = \left\{ U_s \text{ sätts som riktfas} \right\} = \frac{400/\sqrt{3} \angle 0^\circ}{11,074 \angle 60,31^\circ} =$$

$$= \underline{20,854 \angle -60,31^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{S}_s = P_s + jQ_s = 3U_{sf} \cdot \underline{I}_s^* = 3 \cdot \frac{400}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \cdot 20,854 \angle 60,31^\circ =$$

$$= 14448 \angle 60,31^\circ = \underline{7,156 + j12,551} \text{ KVA}$$

Svar: Asynkronmaskinen belastar nätet med en fasström på $20,85 \angle -60^\circ$ A och upptar 7,16 kW aktiv och 12,55 kVAR reaktiv effekt vid märkdrift.

c) Lasten varierar $T_2 = T_1 - 10 \text{ Nm}$

Bestäm P_{m2} (effekt avgiven till fläkten) och n_2 (varvtalet vid denna last).

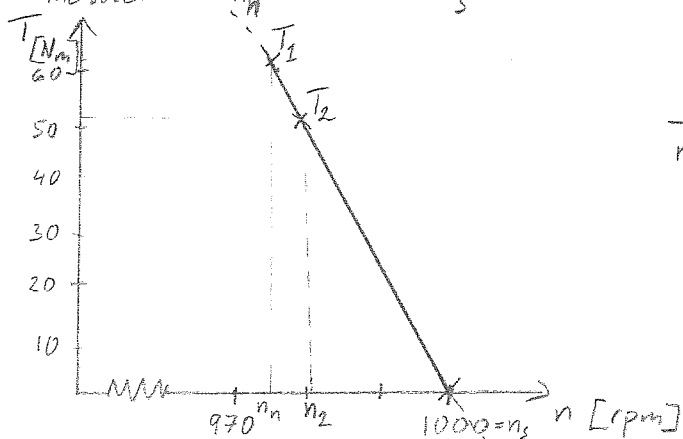
Först behöver T_1 bestämmas.

$$P_{m1} = \eta \cdot P_s = 0,88 \cdot 7,156 = 6,297 \text{ kW} \quad (\text{maskinens märkeffekt})$$

$$T_1 = \frac{P_{m1}}{\omega_n} = \frac{6,297 \cdot 10^3}{\frac{2\pi}{60} \cdot 975} = 61,67 \text{ Nm}$$

$$T_2 = T_1 - 10 \text{ Nm} = 51,67 \text{ Nm}$$

Maskinens momentkurva antas följa en rät linje mellan n_n och n_s (i normaldriftsområdet)



$$\frac{T_1}{n_s - n_1} = \frac{T_2}{n_s - n_2} \Rightarrow$$

$$n_s - n_2 = \frac{T_2}{T_1} (n_s - n_1)$$

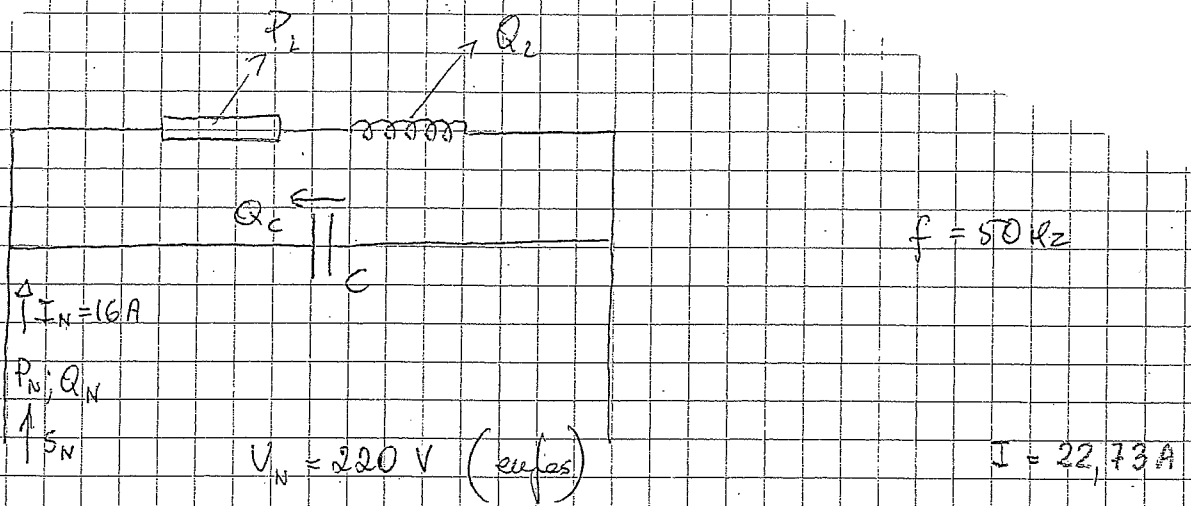
$$\Rightarrow n_2 = n_s - \frac{T_2}{T_1} (n_s - n_1)$$

$$n_2 = 1000 - \frac{51,67}{61,67} (1000 - 975) = \underline{\underline{979 \text{ rpm}}}$$

$$P_{m,2} = T_2 \cdot \omega_2 = 51,67 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot 979 = \underline{\underline{5,30 \text{ kW}}}$$

Svar: Vid denna last roterar maskinen med 979 rpm och avger 5,30 kW till fläkten.

4.



1. Lysrörelse:

$$P_L = 3 \text{ kW} ; \cos \varphi_L = 0,6 \Rightarrow Q_L = 4 \text{ kVAR}$$

$$\Rightarrow \text{Behov} : P_L = 3 \text{ kW} ; Q_L = 4 \text{ kVAR}$$

2. Nätet:

$$S_N = U_N I_N = 220 \cdot 16 = 3,52 \text{ kVA}$$

$$P_N = P_L = 3 \text{ kW}$$

$$Q_N = \sqrt{S_N^2 - P_N^2} = \sqrt{3,52^2 - 3^2} = 1,84 \text{ kVAR}$$

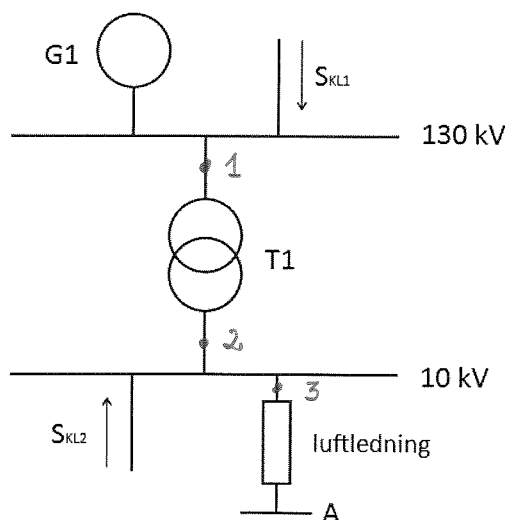
$$\text{Från nätet} : \begin{cases} P_N = 3 \text{ kW} \\ Q_N = 1,84 \text{ kVAR} \end{cases}$$

$$Q_N + Q_C = Q_L \Rightarrow Q_C = Q_L - Q_N = 4 - 1,84 = 2,16 \text{ kVAR}$$

$$Q_C = \omega C U_C^2 \quad \text{där} \quad U_C = 220 \text{ V}$$

$$C = \frac{2160}{100 \pi \cdot 220^2} \approx \underline{\underline{142 \mu\text{F}}}$$

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 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:

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

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

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

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

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

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

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