

LÖSNINGSFÖRSLAG TILL TENTAMEN I ELEKRAFTSSYSTEM 070313

- 1.
- Högspänningsanläggning $> 1000\text{V}$
 - Lågspänningsanläggning $< 1000\text{V}$
 - Kleinspänningsanläggning $< 50\text{V}$

2. Elsäkerhetsverket har till uppgift att förebygga skador som orsakas av elektricitet. Genom föreskrifter, tillsyn, behörighets system och märknedskontroll.

Energimyndighet har till uppgift att följa utvecklingen på energi - och miljöområdet.

Tjänstgörare som övervakare av den avreglerade elmarknaden samt ansvar för koncession av kraftledningar.

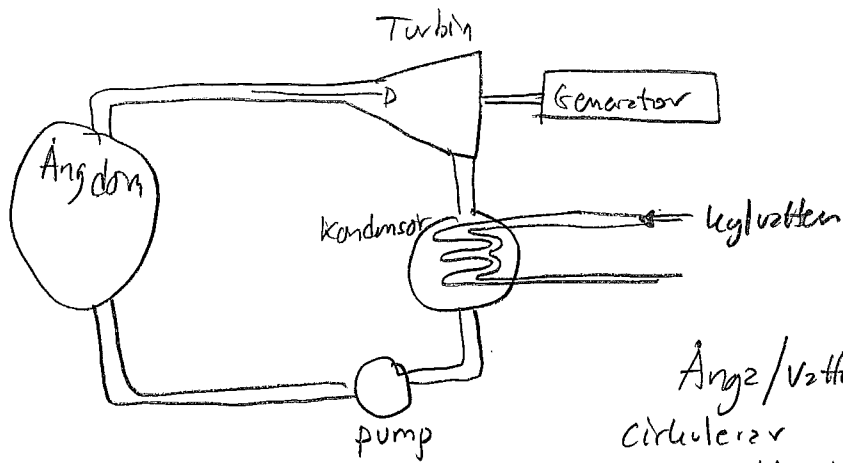
- 3.
- SF₆ - svavelhexafluorid brytare. ← vid nyinstallation
 - Oljebrytare
 - Vakuumbrytare

Brytare skall innehålla ett medium som kan ställa den uppkomna ljusbågen, och därefter isolera mot spänningen över kontaktter.

Fränskiljaren är en apparat som ger ett synligt mekaniskt brytställe.

4. Sveriges Kraftnät har systemansvar dels över stamnätet (driftansvar) och dels ansvar att koordinera landets elbalans.

5.



Ång/vatten är mediet som cirkulerar i ständigt kretslopp och värmeöverför.

6.

Nätverksautomatiker som inträder vid risk för nedsänkning eller belastningsbortfall (överbelastning/överspänning)

• extremspänningsautomatiker (reaktor och shuntkond)

- Belastningsfränkopplingsautomatiker, BFK
- Belastnings tillkopplingsautomatiker, BTK
- Produktionsfränkopplingsautomatiker, PFK

7.

Total Harmonic Distorsion (mäter övertonhalten hos en spänning eller ström.)

Se kap 8 i Elkraftsystem!

9. Total last:

$$P_1 = \frac{10 \text{ kW}}{0,68} = 14,7 \text{ kW} \quad \cos \varphi_1 = 0,75$$

$$P_2 = \frac{50 \text{ kW}}{0,82} = 60,98 \text{ kW} \quad \cos \varphi_2 = 0,9$$

$$Q_1 = \tan \varphi_1 \cdot P_1 = \tan(41,4^\circ) \cdot 14,7 = 12,96 \text{ [kVar]}$$

$$Q_2 = -\tan \varphi_2 \cdot P_2 = \tan(25,8^\circ) \cdot 60,98 \approx 29,5 \text{ [kVar]}$$

$$P_{\text{tot}} = 75,68 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{tot}} = 42,46 \text{ kVar}$$

$$S_{\text{tot}} = \sqrt{P_{\text{tot}}^2 + Q_{\text{tot}}^2} = 86,78 \text{ kVA} = \sqrt{3} \cdot U_h \cdot I_{h \text{ res}}$$

⇓

$$\cos \varphi_{\text{tot}} = \frac{P_{\text{tot}}}{S_{\text{tot}}} = 0,872$$

$$I_{h \text{ res}} = 125,3 \text{ A}$$

b) Önskar $\cos \varphi_{\text{tot}} = 0,95 \Rightarrow \varphi_{\text{tot}} = 18,2^\circ$

$$\tan \varphi_{\text{tot}} = \frac{Q_{\text{tot}}}{P_{\text{tot}}} \Rightarrow Q_{\text{tot}} = P_{\text{tot}} \cdot \tan \varphi_{\text{tot}} = Q_{\text{tot}} = 24,9 \text{ kVar}$$

Det betyder att $Q_C = 24,9 - 42,46 \text{ kVar} = -17,56 \text{ [kVar]}$

Y-kopplade kond.:

$$Q_C = 3 \cdot U_F^2 \cdot \omega C = 3 \cdot 230^2 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot C$$

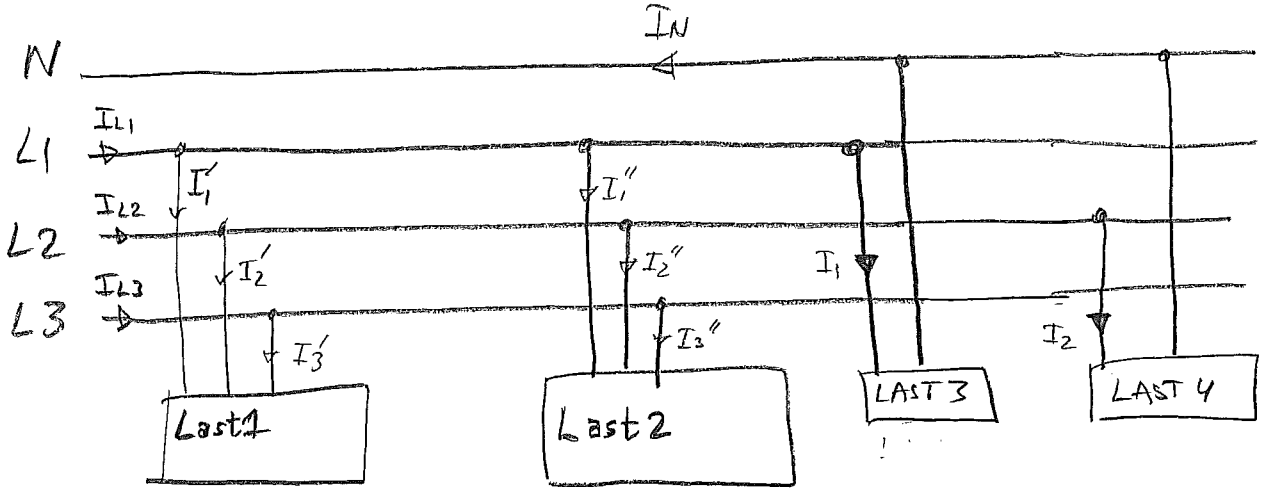
$$\hookrightarrow C = 352 \text{ } \underline{\underline{\mu\text{F}}}$$

c) D-kopplade kond.:

$$Q_C = 3 \cdot U_H^2 \cdot \omega C = 3 \cdot 400^2 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot C$$

$$\hookrightarrow C = 116 \text{ } \underline{\underline{\mu\text{F}}}$$

10.



$$U_{L1} = 230 e^{j0^\circ}$$

$$U_{L2} = 230 e^{-j120^\circ}$$

$$U_{L3} = 230 e^{-j240^\circ}$$

$$P_1 = 14700 \text{ W} \\ = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot |I_1'| \cdot \cos \varphi_1$$

$$\Downarrow \\ |I_1'| = |I_2'| = |I_3'| = 28,3 \text{ A}$$

$$\varphi_1 = 41,4^\circ$$

$$P_2 = 60,98 \text{ kW} \\ = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot |I_1''| \cdot \cos \varphi_2$$

$$\Downarrow \\ |I_1''| = |I_2''| = |I_3''| = 97,8$$

$$\varphi_2 = 25,8^\circ$$

$$\left\{ \begin{aligned} I_1' &= 28,3 e^{-j41,4^\circ} \\ I_2' &= 28,3 e^{-j161,4^\circ} \\ I_3' &= 28,3 e^{-j281,4^\circ} \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} I_1'' &= 97,8 e^{-j25,8^\circ} \\ I_2'' &= 97,8 e^{-j145,8^\circ} \\ I_3'' &= 97,8 e^{-j265,8^\circ} \end{aligned} \right.$$

Last 3:

$$Q_3 = 2 \text{ kVAR}$$

$$\cos \varphi_3 = 0,72$$

$$\varphi_3 = 43,95^\circ$$

$$P_3 = 2075 \text{ W} = U_f \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_3$$

$$\Downarrow \\ I_1 = 12,53 \text{ A}$$

$$I_1 = 12,53 e^{-j43,95^\circ}$$

LAST 4

$$Q_4 = 3 \text{ kVAR}$$

$$\sin \varphi_4 = 0,72$$

$$\varphi_4 = 46,1^\circ$$

$$P_4 = 2887 \text{ W}$$

$$P_4 = U_f \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_4$$

$$\Downarrow \\ I_2 = 18,1 \text{ A}$$

$$I_2 = 18,1 e^{-j166,1^\circ}$$

Die totale Stromstärke:

$$I_N = I_1 + I_2 = 12,53 (\cos 43,95^\circ - j \sin 43,95^\circ) + 18,1 (\cos 166,1^\circ - j \sin 166,1^\circ) = \\ = -8,54 - 13,04j \approx \underline{15,6 e^{-j133^\circ} \text{ A}}$$

$$I_{L1} = I_1' + I_1'' + I_1 = 28,3 (\cos 41,4^\circ - j \sin 41,4^\circ) + 97,8 (\cos 25,8^\circ - j \sin 25,8^\circ) + 12,53 (\cos 43,95^\circ - j \sin 43,95^\circ) \\ = 118,3 - j70 \approx \underline{137,5 e^{j30,6^\circ} \text{ A}}$$

$$I_{L2} = I_2' + I_2'' + I_2 = -125,3 - 68,3j = \underline{142,7 e^{-j151,4^\circ}}$$

$$I_{L3} = I_3' + I_3'' = 11,57 + 125,3j \approx \underline{125,3 e^{j90,7^\circ}}$$

11.

$S_n = 2 \text{ MVA}$

$U_{H1} = 12 \text{ kV}$
 $U_{H2} = 1,6 \text{ kV}$

Merke detta

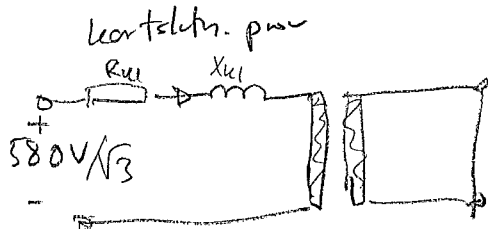
2) Frin kortslutn. fin $P_k = 4,63 \text{ kW} = 3 \cdot R_{IK} \cdot I_{IK}^2$

$P_k = 4,63 \text{ kW}$ $U_k = 580 \text{ Volt}$
 $I_k = 46,3 \text{ A}$

$R_{IK} = \frac{r_k}{100} \cdot \frac{U_{H1}^2}{S_n}$

$R_{IK} = 0,72$
 $X_{IK} = 0,91$

$r_k = \frac{100 \cdot R_{IK} \cdot S_n}{U_{H1}^2} = \frac{100 \cdot 0,72 \cdot 2 \cdot 10^6}{(12000)^2} \approx 1 \%$



$S_k = \sqrt{3} \cdot U_k \cdot I_k = 46,5 \text{ kVA}$

$\frac{P_k}{S_k} = \cos \varphi_k \rightarrow \cos \varphi_k = 0,1$
 $\varphi_k = 84,3^\circ$
 $\sin \varphi_k = 0,995$

Analys på huvudspänningsfält:

$580 \text{ V} - \sqrt{3} \cdot I_k (R_{k1} \cdot \cos \varphi_k + X_{k1} \cdot \sin \varphi_k)$

$580 - \sqrt{3} \cdot 46,3 (0,72 \cdot 0,1 + X_{k1} \cdot 0,995) = 0$

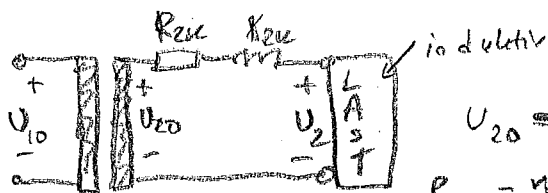
$X_{k2} = 7,2 \Omega$

$X_{k2} = \frac{x_k}{100} \cdot \frac{U_{H1}^2}{S_n} \rightarrow x_k = 10\%$

3) $P_2 = 1,2 \text{ MW}$ $I_2 = 500 \text{ A}$ $U_2 = 1500 \text{ V}$ $\Rightarrow S_2 = \sqrt{3} \cdot U_2 \cdot I_2 = 1,3 \text{ MVA}$
 $\frac{P_2}{S_2} = \cos \varphi_2 = 0,924$

Bestäm U_1 vid detta tillfälle.

Utän hänsyn till spänningsfält. $\left[\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_{H1}}{U_{H2}} = \frac{12}{1,6} \right] \rightarrow U_1 = U_2 \cdot \frac{12}{1,6} = 11250$



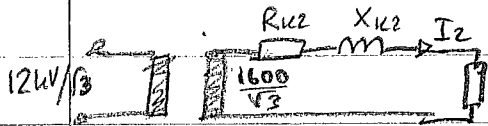
$U_{20} = \sqrt{3} \cdot I_2 (R_{2k} \cdot \cos \varphi_2 + X_{2k} \cdot \sin \varphi_2) = U_2$

$R_{2k} = \frac{r_k}{100} \cdot \frac{U_{H2}^2}{S_n} \approx 0,0128$ $X_{2k} = \frac{x_k}{100} \cdot \frac{U_{H2}^2}{S_n} \approx 0,128$

$U_{20} = U_2 + \sqrt{3} \cdot I_2 (R_{2k} \cdot \cos \varphi_2 + X_{2k} \cdot \sin \varphi_2) = 1500 + \sqrt{3} \cdot 500 (0,0128 \cdot 0,924 + 0,128 \cdot 0,382)$
 $U_{20} \approx 1553 \text{ V} \Rightarrow U_{10} = U_{20} \left(\frac{N_1}{N_2} \right) = 11650 \text{ Volt}$

11c

Schem/fm :



$$Z = 1 + j0.8$$

$$\rightarrow \cos \varphi_2 = 0.781$$

$$\sin \varphi_2 = 0.625$$

$$Z_{tot} = R_{k2} + 1 + j(0.8 + X_{k2})$$

$$I_2 = \frac{\frac{1600}{\sqrt{3}}}{|Z + R_{k2} + jX_{k2}|} = \frac{1600}{|Z_{tot}| \cdot \sqrt{3}}$$

$$|Z_{tot}| = 1.5 \Omega$$

$$I_2 = 616 \text{ A}$$

12.

$$\rho_{Cu} = 0.0175 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$$

$$a) \quad R_L = \rho_{Cu} \cdot \frac{l}{A} = 0.0175 \cdot \frac{60}{4} = 0.2625 \Omega$$

$$V_{\text{lastje}} = \frac{R_L / (R_L + R_B)}{R_L + R_L / (R_L + R_B)} U_F \approx 230 \cdot \frac{R_L}{2R_L} \approx 115 \text{ Volt}$$

$$I_{\text{Fed}} = \frac{U_F}{R_L + R_L / (R_L + R_B)} \approx \frac{230 \text{ V}}{0.2625 + 0.2625 \Omega} = 438 \text{ A}$$

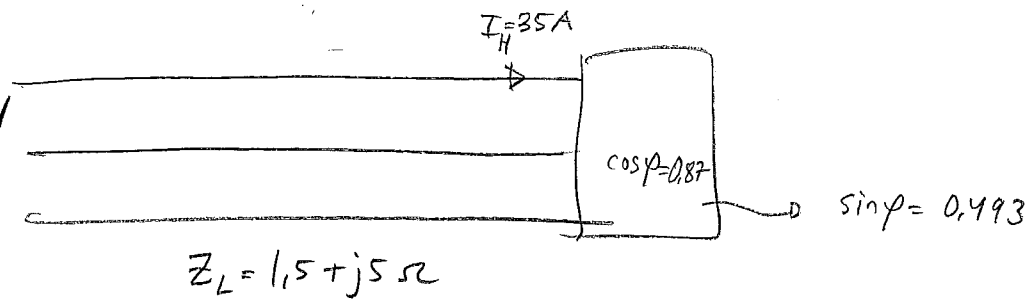
$$b) \quad P = \frac{U_F^2}{R} \quad (\Rightarrow) \quad 1000 = \frac{230^2}{R} \quad \Rightarrow \quad R = 52.9 \Omega$$

$$V_{\text{lastje}} = \frac{(R_L + 0.9R_B) / R_L}{(R_L + 0.9R_B) / R_L + R_L + 0.1R_B} U_F \approx 230 \frac{R_L}{2R_L + 0.1R_B} = \frac{230 \cdot 0.2625}{0.525 + 5.29} \approx 10.4 \text{ V}$$

$$I_{\text{Fed}} = \frac{U_F}{R_L + R_L / (R_L + 0.9R_B) + 0.1R_B} = \frac{230}{0.2625 + 0.2625 + 5.29} \approx 39.6 \text{ A}$$

13. a)

$$U_H = 10,5 \text{ kV}$$



$$\begin{aligned}
 U_B &= U_H - \sqrt{3} \cdot I_H (R_L \cdot \cos \varphi + X_L \cdot \sin \varphi) = \\
 &= 10500 - \sqrt{3} \cdot 35 \cdot (1,5 \cdot 0,87 + 5 \cdot 0,493) = \\
 &= \underline{\underline{10271 \text{ Volt}}}
 \end{aligned}$$

b)

$$\begin{aligned}
 U_B &= U_H - \sqrt{3} \cdot I_H (R_L \cdot \cos \varphi + X_L \cdot \sin \varphi) = \\
 &= 10500 - \sqrt{3} \cdot 35 (1,5 \cdot 0,6 + 5 \cdot 0,8) = \\
 &= \underline{\underline{10203 \text{ Volt}}}
 \end{aligned}$$