

## Lösung zur Klausur „Elektrische Energiesysteme“ vom 26.07.2010

## Aufgabe 1

a)

$$\underline{Z}_{VY} = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot I_N} \cdot e^{j \arccos(\cos \varphi_N)} = \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 50 \text{ A}} \cdot e^{j \arccos(0,85)} = 4,619 \Omega \cdot e^{j31,8^\circ}$$

$$R_{VY} = \Re\{\underline{Z}_{VY}\} = 3,926 \Omega$$

$$X_{VY} = \Im\{\underline{Z}_{VY}\} = 2,433 \Omega$$

b)

$$\ddot{u} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{690 \text{ V}}{400 \text{ V}} = 1,725$$

$$X_N = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot I_N} = \frac{U_N^2}{S_N} = \frac{(690 \text{ V})^2}{100 \text{ kVA}} = 4,761 \Omega$$

$$X_T = u_k \cdot X_N = 8 \% \cdot 4,761 \Omega = 0,381 \Omega$$

c)

$$R_{V,Y}'' = R_{V,Y} \cdot \ddot{u}^2 = 16 \Omega$$

$$X_{V,Y}'' = X_{V,Y} \cdot \ddot{u}^2 = 10 \Omega$$

$$I_1 = \left| \frac{U_{LN}}{\underline{Z}_L + j \cdot X_T + R_{V,Y}'' + jX_{V,Y}''} \right| = \frac{400 \text{ V}}{|0,1 + j0,3 + j0,381 + 16 + j10| \Omega} = 20,8 \text{ A}$$

d)

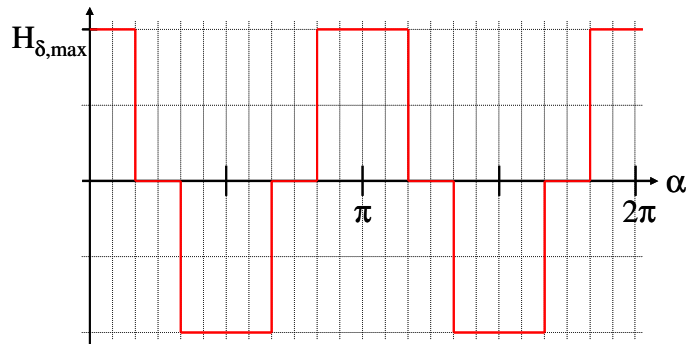
$$U_D = \sqrt{3} \cdot U_Y$$

$$Z_D = 3 \cdot Z_Y$$

Eine zweiphasige Übertragung benötigt immer einen Neutralleiter und damit mehr Kupferquerschnitt.

Aufgabe 2

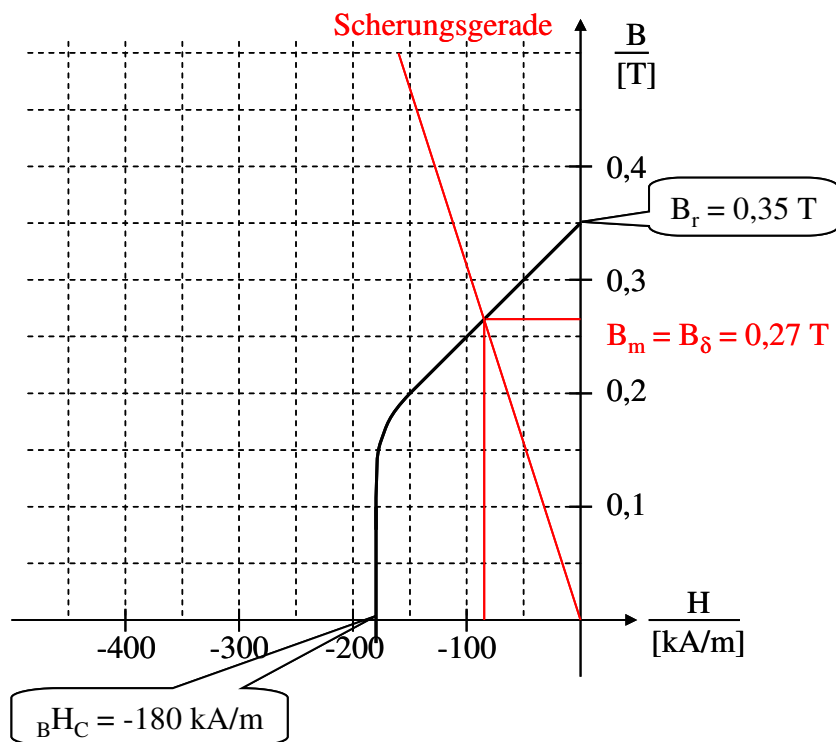
a)  $2p = 4$



b)

Durchflutungsgesetz:

$$H_M = -\frac{\delta}{h_m \cdot \mu_0} \cdot B_m = \frac{1 \text{ mm}}{2,5 \text{ mm} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}} \cdot B_m = 3,18 \cdot 10^5 \frac{\text{Am}}{\text{Vs}} \cdot B_m$$



keine bleibende Entmagnetisierung, da  $|H| \ll |B_H C|$

c)

$$k\Phi = \frac{U_{aN}}{n_0} = \frac{12 \text{ V}}{7500 \text{ min}^{-1}} \cdot 60 \frac{\text{s}}{\text{min}} = 96 \text{ mVs}$$

$$I_{aN} = \frac{2\pi}{k\Phi_p} \cdot M_N = 65,45 \text{ A}$$

$$R_a = \frac{U_{aN}}{I_{aN}} = \frac{12 \text{ V}}{400 \text{ A}} = 30 \text{ m}\Omega$$

d)

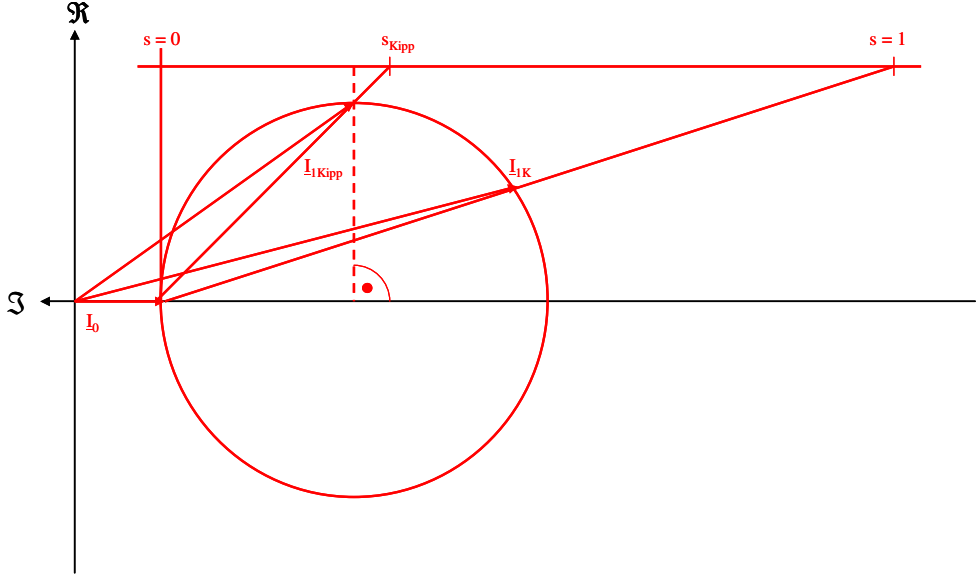
$$I_{ad} = \frac{2\pi M_{id}}{k\phi} = 78,54 \text{ A}$$

$$U_{ad} = k\Phi_p \cdot n_d + R_a \cdot I_{ad} = 96 \text{ mVs} \cdot \frac{3500 \text{ min}^{-1}}{60 \frac{\text{s}}{\text{min}}} + 30 \text{ m}\Omega \cdot 78,54 \text{ A} = 7,96 \text{ V}$$

Nein, da  $I_{ad} > I_{aN}$

Aufgabe 3:

a)



abgelesene Werte:

$$I_{1Kipp} = 38 \text{ A}$$

$$M_{Kipp}/M_K = 4,4 \text{ cm}/2,5 \text{ cm} = 1,76$$

$$s_{Kipp} = 5,2 \text{ cm}/16,4 \text{ cm} = 0,32$$

$$n_0 = f_1/p = 60 \text{ Hz}/3 = 1200 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{Kipp} = n_0 \cdot (1 - s_{Kipp}) = 1200 \text{ min}^{-1} \cdot (1 - 0,32) = 816 \text{ min}^{-1}$$

rechnerische Lösung:

$$-\underline{I}_{2K}' = \underline{I}_{1K} - \underline{I}_0 = 50 \text{ A} \cdot e^{-j75^\circ} - j10 \text{ A} = 40,42 \text{ A} \cdot e^{-j71,33^\circ}$$

$$I_D = \frac{I_{2K}'}{\sin \varphi_K^*} = \frac{40,42 \text{ A}}{\sin(71,33^\circ)} = 42,67 \text{ A}$$

$$I_{WKipp} = \frac{I_D}{2} = \frac{42,67 \text{ A}}{2} = 21,33 \text{ A}$$

$$I_{1Kipp} = \sqrt{I_{WKipp}^2 + (I_0 + I_{WKipp})^2} = \sqrt{(21,33 \text{ A})^2 + (10 \text{ A} + 21,33 \text{ A})^2} = 37,9 \text{ A}$$

$$I_{W1K} = I_{1K} \cdot \cos \varphi_{1K} = 50 \text{ A} \cdot \cos(75^\circ) = 12,94 \text{ A}$$

$$\frac{M_{Kipp}}{M_K} = \frac{I_{1Kipp}}{I_{1K}} = \frac{21,33 \text{ A}}{12,94 \text{ A}} = 1,65$$

$$\frac{M_K}{M_{Kipp}} = \frac{2}{s_{Kipp} + \frac{1}{s_{Kipp}}}$$

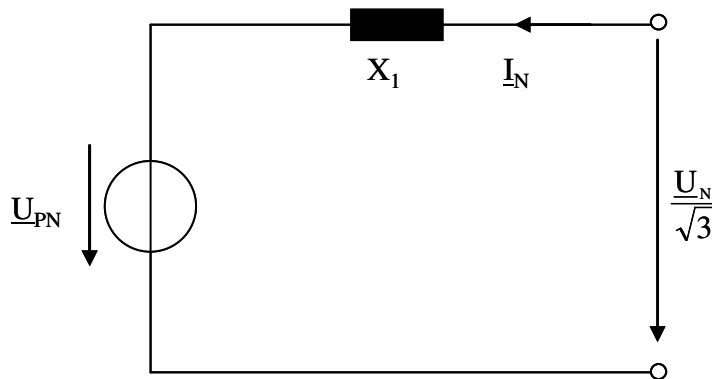
$$\Rightarrow s_{Kipp}^2 - \frac{2 \cdot M_{Kipp}}{M_K} s_{Kipp} + 1 = 0$$

$$\Rightarrow s_{Kipp} = \frac{M_{Kipp}}{M_K} - \sqrt{\left(\frac{M_{Kipp}}{M_K}\right)^2 - 1} = 1,65 - \sqrt{1,65^2 - 1} = 0,338$$

$$n_{Kipp} = (1 - s_{Kipp}) \cdot \frac{f_N}{p} = (1 - 0,338) \cdot \frac{60 \text{ Hz}}{3} = 13,2 \text{ Hz} = 794 \text{ min}^{-1}$$

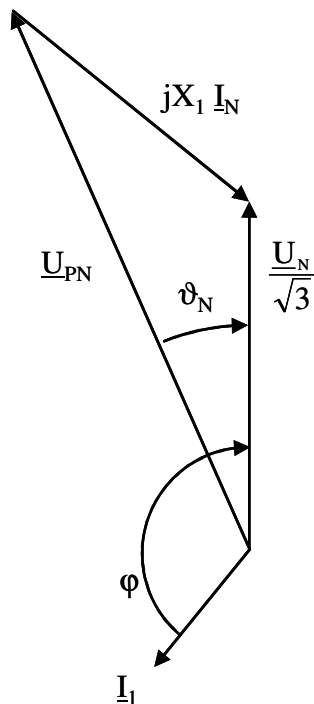
Aufgabe 4:

a)



$$\underline{S}_N = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_N \cdot e^{j \arccos(\cos \varphi_N)} = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 200 \text{ A} \cdot e^{j \arccos(-0,8)} = 139 \text{ kVA} e^{-j143,1^\circ}$$

b)



Konstruktion:

$$\underline{I}_N = 200 \text{ A} \cdot e^{j143,1^\circ}$$

Auftragen von  $\underline{U}_{IN}$  (in reeller Achse) und  $\underline{I}_{IN}$

Subtraktion  $jX_1 \cdot \underline{I}_{IN}$  liefert  $\underline{U}_{PN}$

Ablesen liefert:

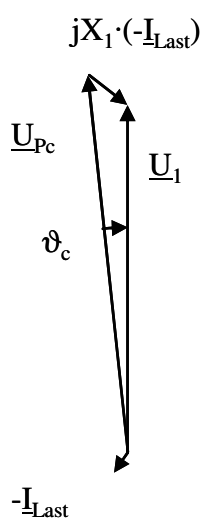
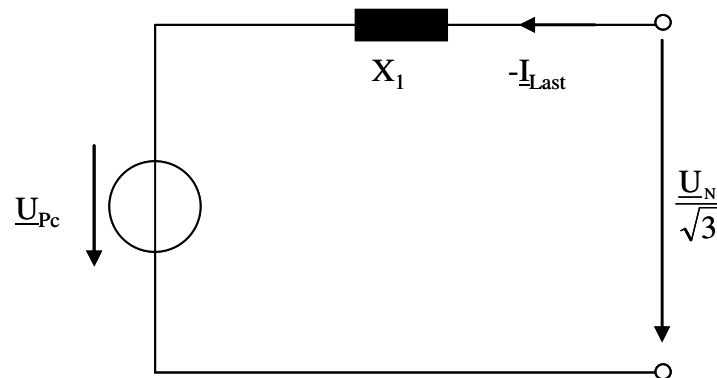
$$U_{PN} = 7,8 \text{ cm} \cdot 50 \text{ V/cm} = 390 \text{ V}$$

$$\vartheta_N = -24^\circ$$

alternative rechnerische Lösung

$$\underline{U}_{PN} = \frac{U_N}{\sqrt{3}} - jX_1 \cdot \underline{I}_{IN} = \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} - 1 \Omega \cdot 200 \text{ A} \cdot e^{(90^\circ + 143,1^\circ)} = 385,7 \text{ V} \cdot e^{+j24,5^\circ}$$

c)



Konstruktion:

$$\underline{I}_{\text{Last}} = \frac{U_{\text{N}}}{Z_{\text{Last}}} = \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot (6 + j4) \Omega} = 32 \text{ A} \cdot e^{-j33,7^\circ}$$

Am Generator liegt  $-\underline{I}_{\text{Last}}$  an (Verbraucherzählpfeile).Auftragen von  $\underline{U}_{1\text{N}}$  (in reeller Achse) und  $-\underline{I}_{\text{Last}}$ Addition  $-jX_1 \cdot \underline{I}_{\text{Last}}$  liefert  $\underline{U}_{\text{Pc}}$ Ablesen liefert:

$$U_{\text{Pc}} = 5,0 \text{ cm} \cdot 50 \text{ V/cm} = 250 \text{ V}$$

alternative rechnerische Lösung:

$$\underline{I}_{\text{Last}} = \frac{U_{\text{N}}}{Z_{\text{Last}}} = \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot (6 + j4) \Omega} = (26,6 - j17,8) \text{ A}$$

$$U_{\text{Pc}} = \sqrt{\left( \frac{U_{\text{N}}}{\sqrt{3}} - X_1 \cdot \Im\{\underline{I}_{\text{Last}}\} \right)^2 + \left( -X_1 \cdot \Re\{\underline{I}_{\text{Last}}\} \right)^2} = \sqrt{\left( \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} + 17,8 \text{ A} \right)^2 + (-26,6 \text{ A})^2} = 250,1 \text{ V}$$

d)

5 Leiter

Messung des Summenstroms aller Leiter L1, L2, L3 und N-Leiter: Falls ungleich Null Auslösung (gleichbedeutend mit Strom in PE)

Das Kfz.-Bordnetz ist in Schutzklasse III (Schutzkleinspannung) ausgeführt.