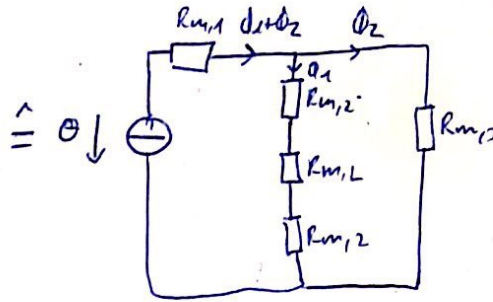
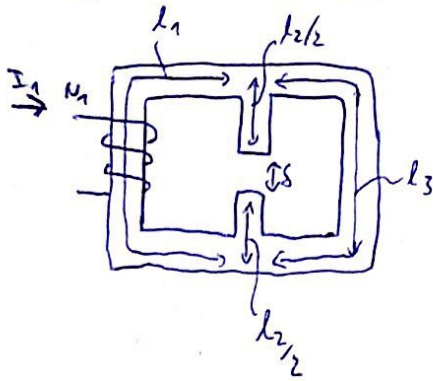


Aufgaben zur Gedächtnisprotokoll 8.



$$a) \quad R_{m,1} = \frac{l_1}{\mu_0 \mu_r \cdot A_1} \quad R_{m,3} = \frac{l_3}{\mu_0 \mu_r \cdot A_3}$$

$$R_{m,2} = \frac{l_2}{2 \cdot \mu_0 \mu_r \cdot A_2} \quad R_{m,L} = \frac{\delta}{\mu_0 \cdot A_2}$$

$$b) \quad \Phi = B \cdot A \quad \& \quad \Phi \cdot \sum R_{m,i} = N_1 \cdot I_1$$

$$\Rightarrow B_1 \cdot A_1 = \sum_i R_{m,i} = N_1 \cdot I_1$$

$$\Rightarrow B_1 = \frac{N_1 I_1}{A_1} \cdot \frac{1}{\sum R_{m,i}} = \frac{N_1 I_1}{A_1} \cdot \frac{1}{\frac{l_1}{\mu_0 \mu_r A_1} + \frac{l_2 + \mu_r \delta}{\mu_0 \mu_r A_2} + \frac{l_3}{\mu_0 \mu_r A_3}}$$

$$\sum R_{m,i} = R_{m,1} + (R_{m,2} + R_{m,L}) \parallel R_{m,3}$$

$$= \frac{l_1}{\mu_0 \mu_r A_1} + \left(\frac{l_2}{\mu_0 \mu_r A_2} + \frac{\delta}{\mu_0 A_2} \right) \parallel \frac{l_3}{\mu_0 \mu_r A_3} = \frac{l_1}{\mu_0 \mu_r A_1} + \frac{l_2 + \mu_r \delta}{\mu_0 \mu_r A_2} \parallel \frac{l_3}{\mu_0 \mu_r A_3}$$

$$\text{für } l_2 = l_3 \quad \Rightarrow \quad \frac{l_1}{\mu_0 \mu_r A_1} + \frac{(l_2 + \mu_r \delta) l_3}{l_2 + l_3 + \mu_r \delta}$$

$$\Rightarrow B_1 = \frac{N_1 I_1}{A_1} \cdot \frac{1}{\frac{l_1}{\mu_0 \mu_r A_1} + \frac{(l_2 + \mu_r \delta) l_3}{l_2 + l_3 + \mu_r \delta}} = \frac{N_1 I_1}{A_1} \cdot \frac{\mu_0 \mu_r A_1 (l_2 + l_3 + \mu_r \delta)}{l_1 (l_2 + l_3 + \mu_r \delta) + (l_2 + \mu_r \delta) l_3 \mu_0 \mu_r A_1}$$

$$\text{für } l_2 \neq l_3 \quad \sum R_{m,i} = \frac{l_1}{\mu_0 \mu_r A_1} + \frac{\frac{l_2 + \mu_r \delta}{\mu_0 \mu_r A_2} \cdot \frac{l_3}{\mu_0 \mu_r A_3}}{\frac{l_2 + \mu_r \delta}{\mu_0 \mu_r A_2} + \frac{l_3}{\mu_0 \mu_r A_3}} = \frac{l_1}{\mu_0 \mu_r A_1} + \frac{(l_2 + \mu_r \delta) l_3}{(l_2 + \mu_r \delta) \mu_0 \mu_r A_1 + l_3 \mu_0 \mu_r A_2}$$

analog folgt $B_1(N_1, I_1, l_1, l_2, l_3, \delta, \mu_r, \mu_0)$

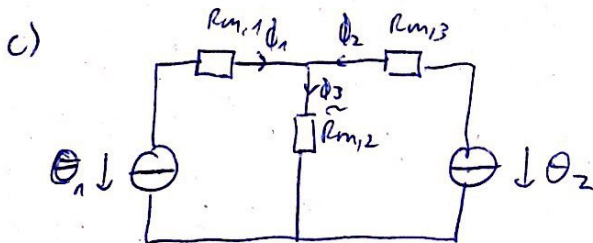
b) $L = \frac{N_1^2}{R_{m,ges}}$ angeben? $\hat{=}$ Induktivität der Anordnung.

$\Rightarrow R_{m,ges}$ ausrechnen. Wie in a)

$$R_{m,ges} = R_{m,1} + (2R_{m,2} + R_{m,3}) \parallel R_{m,1}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow R_{m,ges} &= \frac{l_1}{\mu_0 \mu_r A_1} + \frac{(l_2 + \mu_r \delta) l_3}{(l_2 + \mu_r \delta) \mu_0 \mu_r A_3 + l_3 \mu_0 \mu_r A_2} \\ &= \frac{l_1 (l_2 + \mu_r \delta) \mu_0 \mu_r A_3 + l_1 l_3 \mu_0 \mu_r A_2 + (l_2 + \mu_r \delta) l_3 \mu_0 \mu_r A_1}{\mu_0 \mu_r A_1 (l_2 + \mu_r \delta) \mu_0 \mu_r A_3 + \mu_0 \mu_r A_1 l_3 \mu_0 \mu_r A_2} \\ &= \frac{l_1 (l_2 + \mu_r \delta) A_3 + l_1 l_3 A_2 + (l_2 + \mu_r \delta) l_3 A_1}{A_1 (l_2 + \mu_r \delta) \mu_0 \mu_r A_3 + \mu_0 \mu_r A_1 A_2 l_3} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow L = N_1^2 \cdot \frac{A_1 (l_2 + \mu_r \delta) \mu_0 \mu_r A_3 + \mu_0 \mu_r A_1 A_2 l_3}{l_1 (l_2 + \mu_r \delta) A_3 + l_1 l_3 A_2 + (l_2 + \mu_r \delta) l_3 A_1}$$



$$\Theta_1 = N_1 \cdot i_1 \quad \Theta_2 = N_2 \cdot i_2$$

$$\Phi_1 + \Phi_2 = \Phi_3 \quad \& \quad \Phi_1 \neq 0$$

⊕ Überlagerungsverfahren: $\Theta_1 = N_1 i_1 = ?$

Aufgaben zur Gedächtnisprotokoll (8)

Aufgabe 2

a) $Q = S \cdot \sin(\varphi)$

$$S_{\Delta} = \underline{I}_{R1}^* \cdot \underline{U}_{R1} + \underline{I}_{R2}^* \cdot \underline{U}_{R2} + \underline{I}_{R3}^* \cdot \underline{U}_{R3}$$

mit $\underline{I}_{R1} = \underline{I}_{R2} = \underline{I}_{R3}$ & $\underline{U}_{R1} = \underline{U}_{R2} = \underline{U}_{R3}$, da $R_1 = R_2 = R_3$ & $C_1 = C_2 = C_3$

$$S_{\Delta} = \underline{G}_{R1}^* \cdot 3 \cdot \underline{U}_L^2 = 3 \cdot \underline{U}_L \left(\frac{\frac{1}{R_1}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}} \right)^* = 3 \cdot \left(\frac{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}}{\frac{R_1}{j\omega C_1}} \right)^* \underline{U}_L = 3 \cdot \left(\frac{1 + j\omega C_1 R_1}{R_1} \right)^* \underline{U}_L$$

$$S_{\Delta} = 3 \cdot \frac{1 - j\omega C_1 R_1}{R_1} \cdot \underline{U}_{ST}$$

→ $Q_{\Delta} = 3 \cdot \frac{1 - j\omega C_1 R_1}{R_1} \cdot \underline{U}_{ST} \cdot \sin(\varphi)$ wie kommt man auf φ ?

man berechnet Q_Y & dann $Q_Y \stackrel{!}{=} Q_{\Delta}$

da alle C_Y identisch:

$$S_Y = (\underline{G}_R^* + \underline{G}_S^* + \underline{G}_T^*) \cdot \underline{U}_Y^2 = 3 \cdot \frac{\underline{U}_Y^2}{Z_Y} = 3 \cdot \underline{U}_Y^2 \cdot j\omega C_Y$$

→ $Q_Y = 3 \cdot \underline{U}_Y^2 j\omega C_Y \cdot \sin(\varphi)$

Annahme $\underline{U}_Y = \underline{U}_L \rightarrow$ oder nicht erlaubt?? (wenn $\underline{U}_L \neq \underline{U}_Y$ wie löst man es denn?)

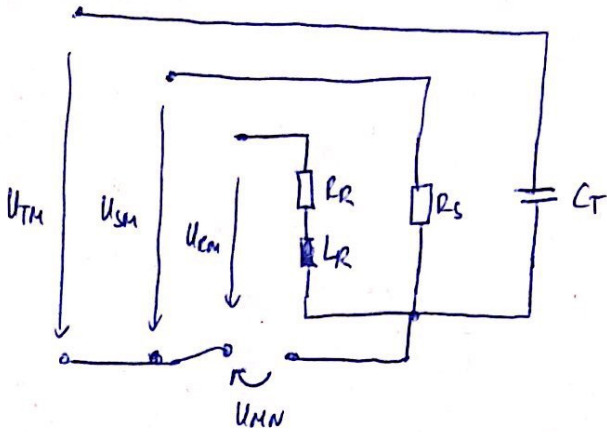
denn: $Q_{\Delta} \stackrel{!}{=} Q_Y \Leftrightarrow 3 \cdot \frac{1 - j\omega C_1 R_1}{R_1} \underline{U}_L = 3 \underline{U}_Y^2 \cdot j\omega C_Y$

→ $\frac{1 - j\omega C_1 R_1}{R_1} = j\omega C_Y$

$1 - j\omega C_1 R_1 = j\omega C_Y R_1$

? Eins ist reell, das andere komplex

c.)



$$U_{MN} = U_y e^{j\omega t} \quad U_{SM} = U_y e^{j(\omega t - \frac{2\pi}{3})} \quad U_{TM} = U_y e^{j(\omega t - \frac{4\pi}{3})}$$

$$\text{nun } U_{MN} = \frac{\underline{G}_R U_{RM} + \underline{G}_S U_{SM} + \underline{G}_T U_{TM}}{\underline{G}_R + \underline{G}_S + \underline{G}_T} = \frac{U_y [\underline{G}_R + \underline{G}_S e^{-j\frac{2\pi}{3}} + \underline{G}_T e^{-j\frac{4\pi}{3}}]}{\underline{G}_R + \underline{G}_S + \underline{G}_T}$$

$$\text{mit } \underline{G}_R = \frac{1}{R_R + j\omega L_R} \quad \underline{G}_S = \frac{1}{R_S} \quad \underline{G}_T = j\omega C_T$$

$$U_{MN} = \frac{U_y \left[\frac{1}{R_R + j\omega L_R} + \frac{1}{R_S} e^{-j\frac{2\pi}{3}} + j\omega C_T e^{-j\frac{4\pi}{3}} \right]}{\frac{1}{R_R + j\omega L_R} + \frac{1}{R_S} + j\omega C_T}$$

$$U_{MN} = \frac{U_y \left[\frac{1}{R_R + j\omega L_R} - \frac{1}{2} \frac{1}{R_S} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1}{R_S} - \frac{1}{2} j\omega C_T - \frac{\sqrt{3}}{2} \omega C_T \right]}{\frac{1}{R_R + j\omega L_R} + \frac{1}{R_S} + j\omega C_T}$$

$$U_{MN} = \frac{U_y \left[\frac{R_R - j\omega L_R}{R_R^2 + (\omega L_R)^2} - \frac{1}{2} \frac{1}{R_S} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1}{R_S} - \frac{1}{2} j\omega C_T - \frac{\sqrt{3}}{2} \omega C_T \right]}{\frac{R_R^2 - j\omega L_R}{R_R^2 + (\omega L_R)^2} + \frac{1}{R_S} + j\omega C_T}$$

$$U_{MN} = \frac{\left[\frac{R_R}{R_R^2 + (\omega L_R)^2} - \frac{1}{2R_S} - \frac{\sqrt{3}}{2} \omega C_T - j \left(\frac{\omega L_R}{R_R^2 + (\omega L_R)^2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1}{R_S} + \frac{1}{2} \omega C_T \right) \right]}{\frac{R_R}{R_R^2 + (\omega L_R)^2} + \frac{1}{2R_S} + j \left(\omega C_T - \frac{\omega L_R}{R_R^2 + (\omega L_R)^2} \right)} U_y$$

↑ wie weit muss man
das ausmultiplizieren?

Aufgaben zu Bedüchtnisprotokoll 8.

Zu Nr. (2)

a) nun $R_S = 0$

→ $\frac{U_{RM}}{U_{RM}} \cdot \frac{U_{RM} - U_{RN}}{R_R + j\omega L_R} \stackrel{!}{=} \text{rein reell, wie } U_{RM} \text{ da zu } U_{RN} \text{ in Phase sein soll.}$

→ U_{RN} bei $R_S = 0 \rightarrow U_{RM} = U_{RN}$ (gleiches potential)

$$\rightarrow U_{RN} \cdot \frac{R_S}{R_S} = \frac{U_Y \left[\frac{R_S}{R_R + j\omega L_R} + 1 \cdot e^{-j\frac{2\pi}{3}} + j\omega L_T \cdot R_S e^{-j\frac{4\pi}{3}} \right]}{\frac{R_S}{R_R + j\omega L_R} + 1 + j\omega L_T R_S}$$

$$\text{für } \lim_{S \rightarrow 0} U_{RN} = \frac{U_Y \cdot e^{-j\frac{2\pi}{3}}}{1} = U_Y e^{-j\frac{2\pi}{3}}$$

$$\rightarrow \text{somit für } R_S = 0 \quad \frac{U_{RM} - U_{RN}}{R_R + j\omega L_R} = \frac{U_Y - U_Y \cdot e^{-j\frac{2\pi}{3}}}{R_R + j\omega L_R} = \underline{I_{RS}}$$

$$\rightarrow \underline{I_{RS}} = U_Y \frac{(1 - e^{-j\frac{2\pi}{3}})}{R_R + j\omega L_R} \rightarrow \text{Im} \stackrel{!}{=} 0$$

$$\text{Im} \left\{ U_Y \left[\frac{1 - e^{-j\frac{2\pi}{3}}}{R_R + j\omega L_R} \right] \right\} = \text{Im} \left\{ \frac{(1 - e^{-j\frac{2\pi}{3}})(R_R - j\omega L_R)}{R_R^2 + (\omega L_R)^2} \right\} U_Y$$

$$= \text{Im} \left\{ \frac{[1 - (-\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}j)](R_R - j\omega L_R)}{R_R^2 + (\omega L_R)^2} \right\} U_Y = \text{Im} \left\{ \frac{(1.5 - \frac{\sqrt{3}}{2}j)(R_R - j\omega L_R)}{R_R^2 + (\omega L_R)^2} \right\} U_Y$$

$$= \text{Im} \left\{ \frac{1.5 R_R - \frac{\sqrt{3}}{2} \omega L_R - j(1.5 \omega L_R + \frac{\sqrt{3}}{2} R_R)}{R_R^2 + (\omega L_R)^2} \right\} U_Y = - \frac{1.5 \omega L_R + \frac{\sqrt{3}}{2} R_R}{R_R^2 + (\omega L_R)^2} U_Y \stackrel{!}{=} 0$$

$$\rightarrow 1.5 \omega L_R + \frac{\sqrt{3}}{2} R_R = 0 \rightarrow R_R = -\frac{3}{\sqrt{3}} \omega L_R = -\sqrt{3} \omega L_R$$

für $\boxed{R_R = -\sqrt{3} \omega L_R}$ ist die bedingung erfüllt.

c) für den allgemeinen Fall oder den Fall in d) ich nehme an für fall in d)

$$\rightarrow \underline{I_S} \stackrel{!}{=} 0, \text{ da } U_{RM} = U_{RN} \quad \underline{I_{RS}} = \frac{1.5 R_R - \frac{\sqrt{3}}{2} \omega L_R}{R_R^2 + (\omega L_R)^2} U_Y = \frac{-\sqrt{3} \omega L_R - 1.5 - \frac{\sqrt{3}}{2} \omega L_R}{3 \omega L_R^2 + \omega L_R^2}$$

$$\underline{I_R} = \frac{-2\sqrt{3}}{4 \omega L_R} = -\frac{\sqrt{3}}{2 \omega L_R}$$

$$\& \underline{I_T} = (U_{RM} - U_{RN}) j\omega L_T \leftarrow \text{berechnen??} \quad \left\{ \begin{array}{l} 1) U_{RM} = 0 \text{ für} \\ \text{symmetrische Last.} \end{array} \right.$$

Aufgabe ③ a) ?

b) ist das durchgezogen! $U_A(p) = I_2(p) \cdot R$

$$\rightarrow \begin{array}{cc|c} I_1(p) & I_2(p) & \\ \hline \frac{1}{pC_2} + pL & -pL & U_e(p) \\ -pL & pL + \frac{1}{pC_1} + R & 0 \end{array}$$

gesucht: $F_2(p) = \frac{D_2}{D}$

mit $D_2 = \det \begin{vmatrix} \frac{1}{pC_2} + pL & U_e(p) \\ -pL & 0 \end{vmatrix} = U_e(p) pL$

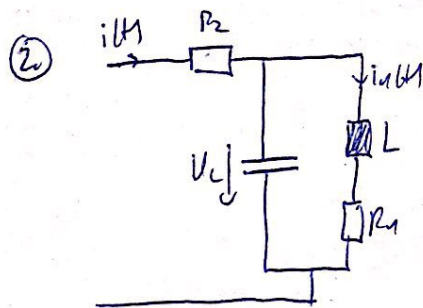
mit $D = \det \begin{vmatrix} \frac{1}{pC_2} + pL & -pL \\ -pL & pL + \frac{1}{pC_1} + R \end{vmatrix} = \left(\frac{1}{pC_2} + pL \right) \left(pL + \frac{1}{pC_1} + R \right) - p^2 L^2$

$\rightarrow$ nun $F(p) = \frac{U_A(p)}{U_e(p)} = \frac{I_2(p) \cdot R}{U_e(p)} = \frac{D_2}{D} \frac{R}{U_e(p)} = \frac{U_e(p) \cdot pL \cdot R}{\left(\left(\frac{1}{pC_2} + pL \right) \left(pL + \frac{1}{pC_1} + R \right) - p^2 L^2 \right) U_e(p)}$

$$F(p) = \frac{pLR_2}{\left(\frac{1}{pC_2} + pL \right) \left(pL + \frac{1}{pC_1} + R \right) - p^2 L^2} = \frac{pLR_2}{\frac{L}{C_2} + \frac{1}{p^2 C_1 C_2} + \frac{R}{pC_1} + p^2 L^2 + \frac{L}{C_1} + pLR - p^2 L^2}$$

$$F(p) = \frac{pLR_2}{\frac{L}{C_2} + \frac{L}{C_1} + pLR + \frac{R}{pC_1} + \frac{1}{p^2 C_1 C_2}} \cdot \frac{p^2}{p^2}$$

$$F(p) = \frac{p^3 LR_2}{p^3 LR + p^2 \left(\frac{L}{C_2} + \frac{L}{C_1} \right) + pR + \frac{1}{C_1 C_2}} \quad \leftarrow \text{komme nicht auf gewünschte Form.}$$



$i_1(p)(pL + R_1) = U_c \rightarrow i_1(p) = \frac{U_c}{pL + R_1}$ nicht die gewünschte Form.

erkl. der Ansatz $\frac{dU_c}{dt} C = i_C$ & $i_C + i_1 = i$

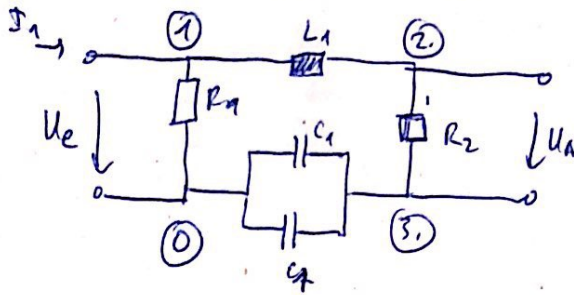
$i = \frac{U_e}{R_{ges}}$

$\rightarrow i_1 = \frac{U_e}{R_{ges}} - \frac{dU_c}{dt} C \rightarrow i_1(p) = \frac{U_e(p)}{R_{ges}(p)} - p \cdot U_c(p)$

$\rightarrow$ wäre möglichkeit um auf ergebnis zu kommen, hier jedoch vermutlich falsch, da U_e nicht gegeben.

Aufgaben zu Gedächtnisprotokollen (8.)

zu Aufgabe (3.) c)



$U_1(p)$	$U_2(p)$	$U_3(p)$	=
$-\frac{1}{R_1} - \frac{1}{pL_1}$	$\frac{1}{pL_1}$	0	$-I_1(p)$
$\frac{1}{pL_1}$	$-\frac{1}{pL_1} - \frac{1}{R_2}$	$\frac{1}{R_2}$	0
0	$\frac{1}{R_2}$	$-\frac{1}{R_2} - 2pC_1$	0

Ansatz: $U_A(p) = U_2(p) - U_3(p) = \frac{\det U_2}{\det U} - \frac{\det U_3}{\det U} \quad \& \quad U_{eff}(p) = U_1(p) = \frac{\det U_1}{\det U}$

$$\Rightarrow \frac{U_A(p)}{U_{eff}(p)} = \frac{\frac{\det(U_2) - \det(U_3)}{\det(U)}}{\frac{\det(U_1)}{\det(U)}} = \frac{\det(U_2) - \det(U_3)}{\det(U_1)}$$

anwenden der Cramerschen Regel //

Aufgabe (4.)

Design eines Transformators $U_{1N} = 40 \text{ kV}$ $S_N = 1300 \text{ kVA}$
 $U_{2N} = 400 \text{ V}$ $\text{dr DYS} \Rightarrow \text{Dreiphasentransfo}$

$$\Rightarrow I_{N1} = \frac{S_N}{\sqrt{3} U_{1N}} = \frac{1300 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 40 \text{ kV}} = 18,76 \text{ A}$$

$$I_{N2} = \frac{S_N}{\sqrt{3} U_{2N}} = \frac{1300 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 1876,38 \text{ A}$$

$\Rightarrow$ Leiterdicke: $\text{bei } j = 3,5 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \rightarrow \text{Oberspannungsseite } I_{N1} = j \cdot A_{05} = 3,5 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \cdot A_{05}$

$$\Rightarrow A_{05} = \frac{I_{N1}}{3,5 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}} = \frac{18,76 \text{ A}}{3,5 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}} = 5,36 \text{ mm}^2$$

$\rightarrow$ bei Rundem Leiter $A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \rightarrow d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,36}{\pi}} = 2,612 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2,612 \text{ mm}$

$$I_{N2} = j \cdot A_{N2} \rightarrow \text{das ist die Fläche}$$

$$\rightarrow A_{N2} = \frac{1876,38 \text{ A}}{3,5 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}} = 5,361 \cdot 10^4 \text{ mm}^2 = 536,1 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow d_{N2} = \sqrt{\frac{4 A_{N2}}{\pi}} = 0,0261 \text{ m} = 26,1 \text{ mm}$$

b) ??

c) $\Rightarrow$ Jetzt Synchron generator?

$\hookrightarrow$ klingt mal Standard aufgabe, jedoch keine Werte zum rechnen

$$\textcircled{1} |U_p| = \sqrt{U_s^2 + (X_s I_s)^2 + 2 |U_s| |X_s I_s| \cos(90^\circ + \varphi)}$$

$$\frac{U_p}{\sin(90^\circ + \varphi)} = \frac{U_s X_s I_s}{\sin(\theta)} \rightarrow \sin(\theta) = \dots$$

$$U_p = |U_p| \cdot e^{j\theta}$$

$$d) P_1 = \frac{U_1 U_p \sin \theta}{X_d} \quad Q_1 = 3 \left[\frac{U_1 U_p \cos \theta}{X_d} - \frac{U_1^2}{X_d} \right]$$

$$M_N = \left(3 \frac{P}{\omega_s} \right) \frac{U_p U_1}{\omega_s X_d} \sin(\theta)$$

$$e) M_{\text{neu}} = 0,9 \text{ MN}$$

• über $M_{\text{neu}} = 3 \frac{P}{\omega_s} \cdot \frac{U_p U_1}{X_d} \sin(\theta) \rightarrow \theta$ berechnen, da der Rest const.

• über das neue $\theta \rightarrow P_{\text{neu}}$ berechnen, da alle Werte außer θ identisch

• über das neue $\theta \rightarrow Q_{\text{neu}}$ berechnen, da alle Werte außer θ identisch

f) Phasenschieber betriebs $\rightarrow \varphi = 90^\circ$ & $\theta = 0^\circ$

$\hookrightarrow$ wie kann sich P_N , θ & U_p ändern??