

Elektroenergiesysteme - Gedächtnisprotokoll (6)

$$a) (1) (pL_T + R_T) \overset{+U_T}{I_1(p)} = U_e(p) \leftarrow \text{eingangsmasse}$$

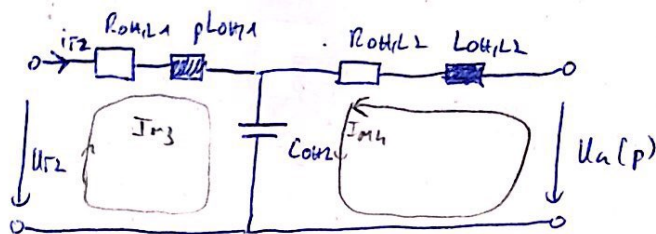
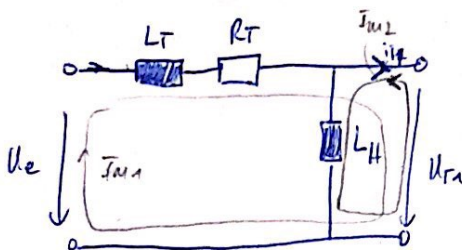
$$(2) pL_H I_2(p) - U_{T1} = 0 \leftarrow \text{anknüpfung an eingangsmasse}$$

$$(3) \left(R_{0H1L1} + pL_{0H1L1} + \frac{1}{pC_{0HL}} \right) I_3(p) + \frac{1}{pC_{0HL}} I_4(p) = U_{T2}$$

$$(4) \frac{1}{pC_{0HL}} I_3(p) + \left(\frac{1}{pC_{0HL}} + R_{0H2L2} + pL_{0H2L2} \right) I_4(p) = -U_a(p)$$

$$(5) w_1 I_1(p) - w_2 (I_2(p) - w_2 I_3(p)) = 0 \rightarrow w_1 (I_1(p) - I_2(p)) = I_3(p) w_2$$

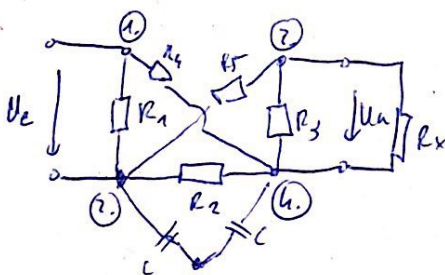
$$U_{T1} - \frac{w_1}{w_2} U_{T2} = 0$$



$$\text{mit } \frac{I_{T1}}{I_{T2}} = \frac{w_2}{w_1} \rightarrow \frac{w_2}{w_1} = \left(\frac{I_3(p)}{I_1(p) - I_2(p)} \right)^{-1} \text{ folgt: } I_3(p) = i_{T2}$$

$$I_1(p) - I_2(p) = i_{T1}$$

b) x-beliebiges Schaltbild gegeben.



$$U_A = U_3(p) - U_4(p) = \det \frac{\det(U_3) - \det(U_4)}{\det(U)}$$

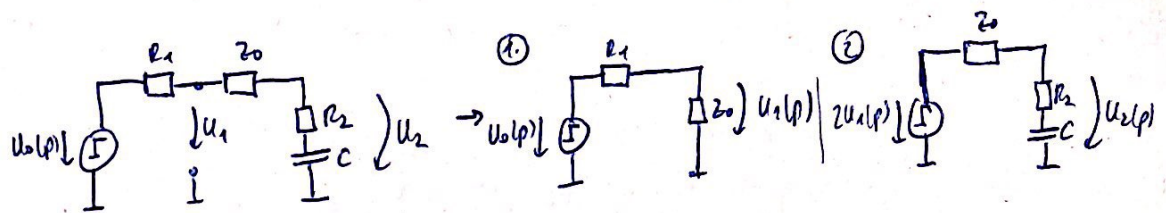
$$U_e = U_1(p) - U_2(p) = \frac{\det(U_1) - \det(U_2)}{\det U}$$

$$\frac{U_A}{U_e} = \frac{\det(U_3) - \det(U_4)}{\det(U_1) - \det(U_2)}$$

Aufgabe ②

$$a) X(p) = \frac{z_L}{z_0 + z_L} = \frac{z_0}{R_1 + z_0} = \frac{z_0}{4 \cdot z_0 + z_0} = \frac{1}{5} //$$

b) Welten EIB:



↳ gilt nur für $t \in [0, 8\tau]$

→ 2 Möglichkeiten: ① über EIB: $U_1(p) = U_0(p) \cdot \frac{z_0}{R_1 + z_0} = \frac{U_0}{5p}$

$$U_2(p) = 2 \cdot U_1(p) \cdot \frac{z_A}{z_0 + z_A} \quad || \quad z_A = R_2 + \frac{1}{pC}$$

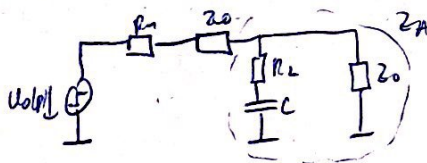
$$U_2(p) = 2 \cdot \frac{U_0}{5p} \cdot \frac{R_2 + \frac{1}{pC}}{z_0 + R_2 + \frac{1}{pC}} = \frac{1 + pCR_2}{1 + pC(z_0 + R_2)} \cdot \frac{2}{5} \cdot \frac{U_0}{p}$$

$$U_2(p) = \frac{2U_0}{5p} \cdot \frac{1 + pCR_2}{1 + pC(z_0 + R_2)}$$

② über Einlaufknoten etc. → $X(p) = \frac{z_0}{R_1 + z_0} = \frac{1}{5}$ $C(p) = 2 \cdot \frac{z_A}{z_L + z_A} = 2 \cdot \frac{1 + pCR_2}{1 + pC(z_0 + R_2)}$

$$\rightarrow U_2(p) = U_0(p) \cdot X(p) \cdot C(p) = \frac{U_0}{p} \cdot \frac{1}{5} \cdot 2 \cdot \frac{1 + pCR_2}{1 + pC(z_0 + R_2)} = \frac{2U_0}{5p} \cdot \frac{1 + pCR_2}{1 + pC(z_0 + R_2)}$$

c) für $\tilde{t} \in (0, 6\tau)$ mit $\tilde{t} \approx 4\tau$



$$z_A = (R_2 + \frac{1}{pC}) || z_0 = \frac{(R_2 + \frac{1}{pC})z_0}{R_2 + z_0 + \frac{1}{pC}} = \frac{pCR_2 + z_0}{pC[R_2 + z_0] + 1}$$

$$\text{nun } U_2(p) = X(p) \cdot U_0(p) \cdot C(p) \\ = \frac{1}{5} \cdot \frac{U_0}{p} \cdot 2 \cdot \frac{\frac{pCR_2 + z_0}{pC[R_2 + z_0] + 1}}{z_0 + \frac{pCR_2 + z_0}{pC[R_2 + z_0] + 1}}$$

$$U_2(p) = \frac{2U_0}{5p} \cdot \frac{pCR_2 + z_0}{z_0 + pC[z_0(R_2 + z_0) + pCR_2 + z_0]} = \frac{2U_0}{5p} \cdot \frac{pCR_2 + z_0}{p[(z_0^2 + R_2 z_0 + R_2)] + 2z_0}$$

Elektromagnetische Systeme - Gedächtnisprotokoll (4.)

zu Nr. (2)

c) für alle weiteren Fälle siehe Aufgabe d) durch mehrfach Reflexion ist Berechnung zu komplex (aufwendig)

d) für $t = 7\tau$ wird ein Teil der von U_2 losgerendeten Welle reflektiert. Dieser kommt bei $t = 10\tau$ wieder an U_2 an & überlagert sich mit der losgerendeten Welle. Der andere Teil wird transmittiert.

für $t = 8\tau$ kommt ein Teil der an Punkt 2 reflektierten Welle von U_1 zurück zu U_2 und überlagert sich mit der losgerendeten Welle von U_1 .

für $t = 8\tau$ kommt zudem die von U_2 gesendete Welle an R_2 an & wird dort teilweise reflektiert und teilweise absorbiert.

Der reflektierte Teil wird zum Zeitpunkt $t = 12\tau$ ebenfalls bei Punkt 2 sein & sich überlagern mit den weiteren Wellen & das gleiche gilt für $t = 16\tau$ an Punkt U_1 .

Jedoch wird von beiden Seiten zum Zeitpunkt $t = 9\tau$ wiederum ein Teil transmittiert, der andere Teil wird reflektiert.

Aufgabe (3)

$$U_{NM} \stackrel{!}{=} 0 \rightarrow U_{NM} = \frac{[G_R + G_S \cdot e^{-j\frac{2\pi}{3}} + G_T \cdot e^{-j\frac{4\pi}{3}}]}{G_R + G_S + G_T} \cdot e^{j\omega t}$$

$$\rightarrow 0 = G_R + G_S \cdot e^{-j\frac{2\pi}{3}} + G_T \cdot e^{-j\frac{4\pi}{3}} \quad \text{mit} \quad \begin{cases} G_R = j\omega L_1 \\ G_S = j\omega L_2 \\ G_T = \frac{1}{R_1} \end{cases}$$

$$0 = j\omega L_1 + j\omega L_2 \cdot \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) + \frac{1}{R_1} \cdot \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$0 = j\omega L_1 - \frac{1}{2}j\omega L_2 + \frac{\sqrt{3}}{2}\omega L_2 - \frac{1}{2}\frac{1}{R_1} + j\frac{\sqrt{3}}{2}R_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}\omega L_2 - \frac{1}{2}\frac{1}{R_1} + j\left(\omega L_1 - \frac{1}{2}\omega L_2 + \frac{\sqrt{3}}{2}R_1\right) \stackrel{!}{=} 0 + j0$$

$$\textcircled{I} \quad \frac{\sqrt{3}}{2}\omega L_2 - \frac{1}{2}\frac{1}{R_1} = 0 \rightarrow \frac{1}{2}\frac{1}{R_1} = \frac{\sqrt{3}}{2}\omega L_2 \rightarrow \boxed{L_2 = \frac{1}{\sqrt{3}\omega R_1}}$$

$$\textcircled{II} \quad \omega L_1 - \frac{1}{2}\omega L_2 + \frac{\sqrt{3}}{2}R_1 = 0 \rightarrow \omega L_1 = \frac{1}{2\sqrt{3}R_1} - \frac{\sqrt{3}}{2}R_1 \rightarrow \boxed{L_1 = \frac{1}{2\sqrt{3}\omega R_1} - \frac{\sqrt{3}}{2}R_1}$$

$$\boxed{L_1 = -\frac{2}{2\sqrt{3}\omega R_1}} \rightarrow \boxed{L_1 = -\frac{1}{\sqrt{3}\omega R_1}}$$

Da $C_1 = -C_2$ seien nun, ist das Ergebnis nicht plausibel, außer (da $C \geq 0$)
 $C_1 = C_2 = 0$ // Dies wäre aber ein nicht sinnvoller Sonderfall.

b) Was bedeutet Ansatz?

→ analog zu a) nun wieder setzen:

$$C_1 e^{j\frac{2\pi}{T}} + C_2 e^{-j\frac{2\pi}{T}} = 0$$

$$\frac{1}{j\omega L} + j\omega L_1 \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) + \frac{1}{R_1} \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 0$$

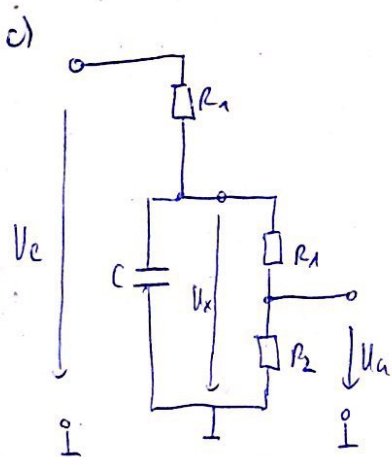
$$-\frac{j}{\omega L} + \frac{1}{2} j\omega L_1 + \frac{\sqrt{3}}{2} \omega L_1 - \frac{1}{2} \frac{1}{R_1} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1}{R_1} = 0$$

→ Ansatz: (I) $\frac{\sqrt{3}}{2} \omega L_1 - \frac{1}{2} \frac{1}{R_1} = 0 \rightarrow L_1 = \frac{1}{\sqrt{3} \omega R_1}$

(II) $j \left(-\frac{1}{\omega L} + \frac{1}{2} \omega L_1 + \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1}{R_1}\right) = 0$

$$\frac{1}{\omega L} = -\frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{3} R_1} + \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1}{R_1} \rightarrow \frac{1}{\omega L} = \frac{1}{R_1} \left(-\frac{1}{2\sqrt{3}} + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \frac{1}{R_1} \cdot \frac{2}{2\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3} \frac{1}{R_1}$$

$$\boxed{L = \frac{\sqrt{3} R_1}{\omega}}$$



$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{U_x}{U_x} \cdot \frac{U_a}{U_e}$$

$$Z_x = \frac{1}{j\omega C} \parallel (R_1 + R_2) = \frac{\frac{R_1 + R_2}{j\omega C}}{\frac{1}{j\omega C} + R_1 + R_2} = \frac{R_1 + R_2}{1 + j\omega L(R_1 + R_2)}$$

$$\frac{U_x}{U_e} = \frac{Z_x}{R_1 + Z_x} = \frac{R_1 + R_2 / (1 + j\omega L(R_1 + R_2))}{R_1 + \frac{R_1 + R_2}{1 + j\omega L(R_1 + R_2)}}$$

$$\frac{U_x}{U_e} = \frac{R_1 + R_2}{2R_1 + R_2 + j\omega L(R_1[R_1 + R_2])}$$

$$\frac{U_a}{U_x} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \rightarrow \frac{U_a}{U_e} = \frac{R_2}{2R_1 + R_2 + j\omega L(R_1[R_1 + R_2])} = F(\omega)$$

in Poly: $|F(\omega)| = \frac{R_2^2}{\sqrt{(2R_1 + R_2)^2 + (\omega L(R_1[R_1 + R_2]))^2}}$

d) $\tau = \frac{1}{\omega_c} (2R_1 + R_2) \cdot C$ → einsetzen & berechnen. → verringern durch C reduzieren?
 bzw. R_1 / R_2 reduzieren.

Elektroenergiesysteme - Gedächtnisprotokolle ④

Aufgabe ④

a) Phasenschieberbetrieb: $\theta = 90^\circ$

$$Q_1 = 3 \left[\frac{U_1 U_p \cos \theta}{X_d} - \frac{U_1^2}{X_d} \right] \quad \text{mit } U_p = 0 ?? \quad Q \text{ ist maximal}$$

$$Q = - \frac{3 U_1^2}{X_d} \quad \leftarrow \text{besprechen}$$

b) $I_{e, \text{neu}} = 0,8 I_{e, \text{alt}} \quad \leadsto \quad U_{f, \text{neu}} = 0,8 U_{f, \text{alt}}$

$\hookrightarrow$ aus $P_{\text{alt}} = 3 \frac{U_{1, \text{alt}} U_{f, \text{neu}}}{X_{d, \text{alt}}} \sin(\theta_{\text{neu}}) \rightarrow \theta_{\text{neu}} \text{ berechnen}$

$\rightarrow$ neues Q berechnen $\rightarrow S_{\text{neu}} = P_{\text{alt}} + j Q_{\text{neu}}$

$\rightarrow I_{N, \text{neu}} = \left(\frac{S_{\text{neu}}}{3 U_1} \right)^* \quad \text{mit } U_1 = U_{1, \text{alt}}$

Suchen: $\phi = \cos^{-1} \left(\frac{P_{\text{alt}}}{S_{\text{neu}}} \right) \rightarrow \theta_{\text{neu}} = \cos^{-1} \left(\frac{P_{\text{alt}}}{S_{\text{neu}}} \right)$

c) Jemand eine Ahnung

d) $\rightarrow$ kapazitive Last nimmt nur Blindleistung auf, gesamte Wirkleistung geht ins Messgerät $\rightarrow$ gefährlich. $\leftarrow$ irgend jemand eine plausible Antwort

Aufgabe ⑤

a) Annahme symmetrisches Netz:

$\rightarrow I_F = U_F \frac{1 - \omega^2 L_0 3 C_E}{j \omega L_0} \quad \leftarrow \text{wie formen die die Gleichung im Skript dazu um ?? (S. 202)}$

Ableitbedingung für Sternpunkt erdungserschwell um I_F verschwinden zu lassen lautet somit

$X_D = j \omega L_0 \quad \text{mit } L_0 = \frac{1}{\omega^2 3 C_E}$

$\rightarrow X_D = \frac{1}{3 C_E \omega} \quad \leftarrow \text{wichtig: nicht } \omega^2 !!$

b) Deutlich geringerer Platzbedarf.

c) $\rightarrow$ direkt ermittelbar? Luft hat mit $\mu_{r, \text{Luft}} = 1 \Leftrightarrow \mu_{r, \text{Gas}} > \mu_{r, \text{Luft}}$?

$\rightarrow$ ermittelbar an geringeren Platzbedarf??