

Lösung der Übungsaufgabe ÜA_2_8.4.A:

10.09.2022

- **Berechnung der Zweigströme:** (Zählpfeile nach rechts)

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_{AB}}{R_1 + R_3 + j\omega L_2} = \frac{15}{80 + j60} \text{ mA} = 150 \text{ mA} \cdot e^{-j37^\circ}$$

$$\underline{I}_4 = \frac{\underline{U}_{AB}}{R_4 + R_5 // \frac{1}{j\omega C_6}} = \frac{15}{100 - j75} \text{ mA} = 120 \text{ mA} \cdot e^{j37^\circ}$$

- **Berechnung aller Spannungen über den einzelnen BE:** (Zählpfeile nach rechts)

$$\underline{U}_1 = \underline{I}_1 \cdot R_1 = 150 \text{ mA} \cdot e^{-j37^\circ} \cdot 40 \Omega = 6 \text{ V} \cdot e^{-j37^\circ}$$

$$\underline{U}_2 = \underline{I}_1 \cdot jX_2 = 150 \text{ mA} \cdot e^{-j37^\circ} \cdot j60 \Omega = 9 \text{ V} \cdot e^{+j53^\circ}$$

$$\underline{U}_3 = \underline{I}_1 \cdot R_3 = 150 \text{ mA} \cdot e^{-j37^\circ} \cdot 40 \Omega = 6 \text{ V} \cdot e^{-j37^\circ}$$

$$\underline{U}_4 = \underline{I}_4 \cdot R_4 = 120 \text{ mA} \cdot e^{j37^\circ} \cdot 25 \Omega = 3 \text{ V} \cdot e^{j37^\circ}$$

$$\underline{U}_{56} = \underline{I}_4 \cdot R_5 // \frac{1}{j\omega C_6} = 120 \text{ mA} \cdot e^{j37^\circ} \cdot \frac{150 \Omega}{\sqrt{2}} \cdot e^{-j45^\circ} = 12,73 \text{ V} \cdot e^{-j8^\circ}$$

- **Berechnung der Spannung über dem Querzweig der Brücke:** (Zählpfeil vorgegeben!)

Maschensatz:

$$\underline{U}_1 + \underline{U}_2 - \underline{U}_{EF} - \underline{U}_4 = 0$$

$$\underline{U}_{EF} = \underline{U}_1 + \underline{U}_2 - \underline{U}_4$$

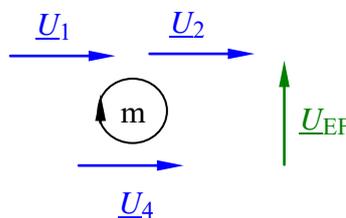


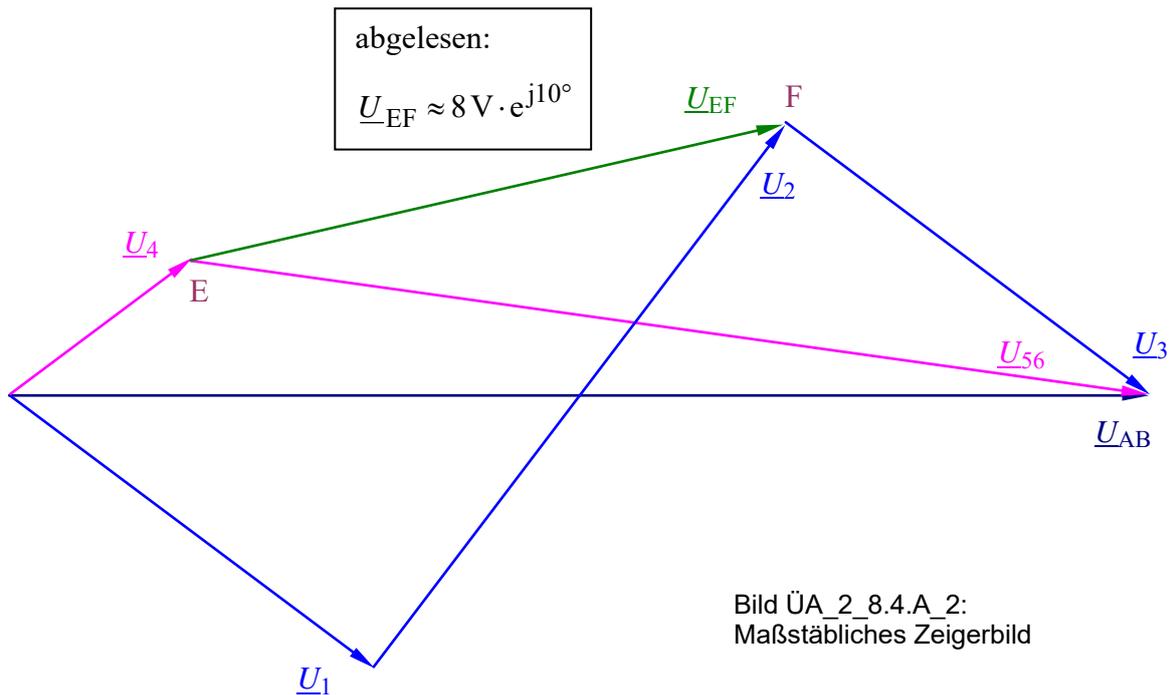
Bild ÜA_2_8.4.A_1:
 Anwendung des Maschensatzes

$$\underline{U}_{EF} = \underline{I}_1(R_1 + j\omega L_2) - \underline{I}_4 R_4 = 10,82 \text{ V} \cdot e^{j19,3^\circ} - 3 \text{ V} \cdot e^{j37^\circ} = 10,2 \text{ V} + j3,58 \text{ V} - 2,4 \text{ V} - j1,81 \text{ V}$$

$$\underline{U}_{EF} = 7,8 \text{ V} + j1,76 \text{ V} = 8,0 \text{ V} e^{j13^\circ}$$

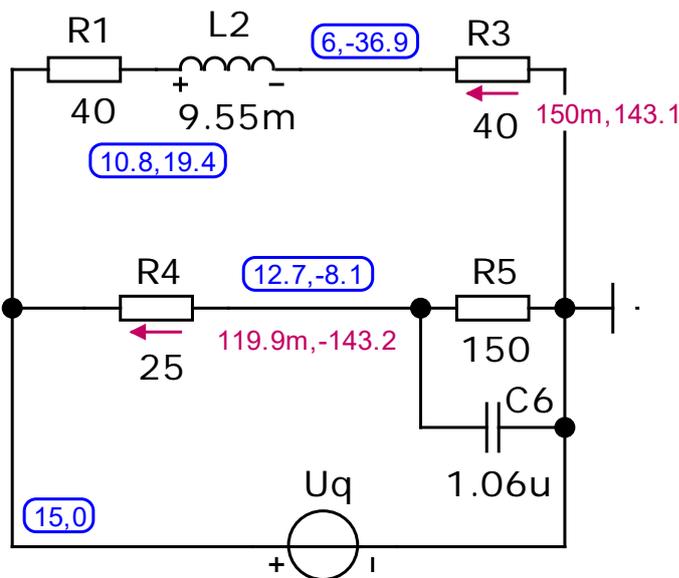
Mit den berechneten Spannungen wird nun das Zeigerbild mit \underline{U}_{AB} als Bezugszeiger konstruiert.

Gewählter Maßstab: $1V \hat{=} 1cm$



• **Probe der Zahlenwerte über eine MICROCAP-Simulation:**

Anmerkung: Zur Vereinfachung der Simulationsergebnisse wird der eingegebene Maximalwert von \hat{U}_q als ein Effektivwert interpretiert. Dann sind alle angezeigten Werte auch Effektivwerte. Das erspart die Umrechnung: \hat{U}_x in $U_{x,eff}$ bzw. \hat{I}_x in $I_{x,eff}$. Bei einer sinusförmigen Einspeisung ist diese Überlegung zulässig (sonst allerdings nicht!).



Für die Simulation wird eine Betriebsfrequenz von $f = 1\text{ kHz}$ gewählt:
 \Rightarrow Dynamic-AC-Sweep (feste Frequenz!)

Ergebnisse (gerundet):

$$\underline{I}_3 = \underline{I}_1 = 150\text{ mA} \cdot e^{j143^\circ} = 150\text{ mA} \cdot e^{-j37^\circ}$$

$$\underline{I}_4 = 120\text{ mA} \cdot e^{-j143^\circ} = 120\text{ mA} \cdot e^{+j37^\circ}$$

$$\underline{U}_3 = 6\text{ V} \cdot e^{-j37^\circ}$$

$$\underline{U}_{56} = 12,7\text{ V} \cdot e^{-j8^\circ}$$

$$\underline{U}_{EF}(\uparrow) = \underline{U}_{56}(\rightarrow) - \underline{U}_3(\rightarrow)$$

$$\underline{U}_{EF}(\uparrow) = 8\text{ V} \cdot e^{j13^\circ}$$

Bild ÜA_2_8.4.A_3: Simulationsschaltung mit den Ergebnissen der Dynamic-AC-Analyse

Zusatzaufgabe:

Berechnen Sie den Innenwiderstand zwischen den Punkten E und F und bestimmen Sie über \underline{U}_{EF} den Kurzschlussstrom.

Lösung:

Zur Bestimmung des Innenwiderstandes muss die Spannungsquelle (\underline{U}_{AB}) kurzgeschlossen werden.

$$\underline{Z}_i = (R_1 + jX_2) // R_3 + R_4 // R_5 // jX_6 = [(40 + j60) // 40 + 25 // 150 // (-j150)] \Omega$$

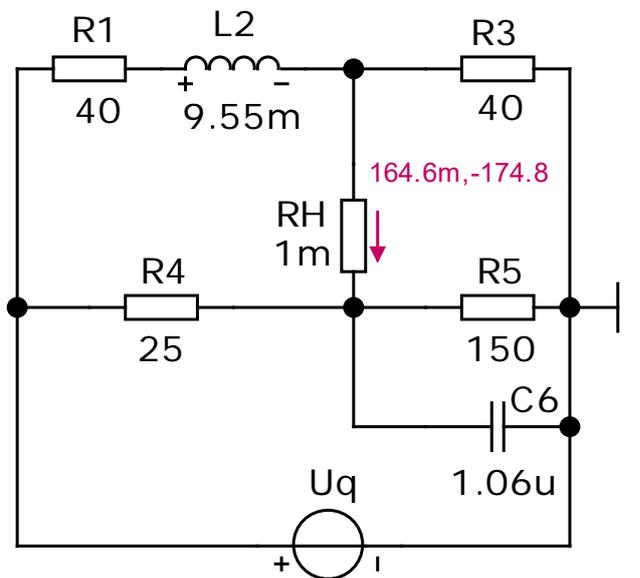
$$\underline{Z}_{123} = [(40 + j60) // 40] \Omega = 28,84 \Omega \cdot e^{j19,4^\circ}$$

$$\underline{Z}_{456} = [25 // 150 // (-j150)] \Omega = [25 // (75 - j75)] \Omega = 21,21 \Omega \cdot e^{-j8,1^\circ}$$

$$\underline{Z}_i = \underline{Z}_{123} + \underline{Z}_{456} = (27,2 + j9,58) \Omega + (21 - j2,99) \Omega = (48,2 + j6,59) \Omega = 48,56 \Omega \cdot e^{j7,79^\circ}$$

$$\underline{I}_K = \frac{\underline{U}_{EF}}{\underline{Z}_i} = \frac{8,0 \text{ V} \cdot e^{j13^\circ}}{48,65 \Omega \cdot e^{j7,79^\circ}} \approx 164,44 \text{ mA} \cdot e^{j5,2^\circ}$$

• **Probe der Zahlenwerte über eine MICROCAP-Simulation:**



Der Hilfswiderstand R_H dient lediglich zur Messung von \underline{I}_K .

Ergebnisse:

$$\underline{I}_K = 164,6 \text{ mA} \cdot e^{-j174,8^\circ}$$

$$\text{bzw.: } \underline{I}_K = 164,6 \text{ mA} \cdot e^{+j5^\circ}$$

Bild ÜA_2_8.4.A_4: Bestimmung des Kurzschlussstromes mit der Dynamic-AC-Analyse

Ende der zusätzlichen Lösung