

Lösung der Übungsaufgabe ÜA_2_9.4.B:

12.09.2022

- **Lösungsansatz:** ⇒ Spannungsteilerregel

$$\frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e} = \frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_2} \cdot \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_e} = \frac{R_4}{R_4 + j\omega L_3} \cdot \frac{\frac{1}{j\omega C_2} \parallel (R_4 + j\omega L_3)}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_2} \parallel (R_4 + j\omega L_3)} = \frac{R_4}{R_4 + j2R} \cdot \frac{-j2R \parallel (R_4 + j2R)}{R - j2R \parallel (R_4 + j2R)}$$

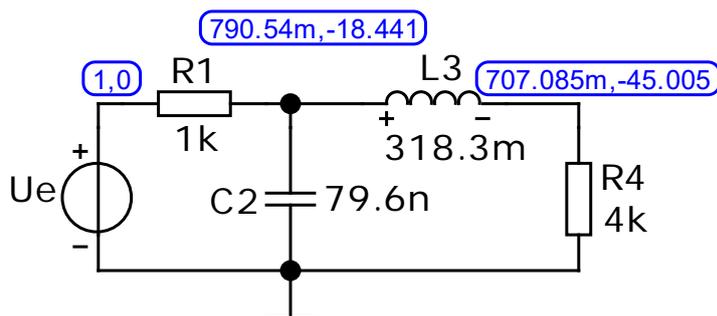
$$= \frac{-j2RR_4}{R \cdot (R_4 - j2R + j2R) - j2R \cdot (R_4 + j2R)} = \frac{-j2RR_4}{RR_4 - j2RR_4 + 4R^2} \left(\begin{array}{l} :(-j2RR_4) \\ :(-j2RR_4) \end{array} \right) = \frac{1}{1 + j \cdot \left(0,5 + \frac{2R}{R_4} \right)}$$

- **Dimensionierung:**

$$\varphi_x = \varphi_a - \varphi_e = -45^\circ, \text{ wenn: } \text{Im}\{\text{Nenner}\} = \text{Re}\{\text{Nenner}\}$$

$$0,5 + \frac{2R}{R_4} = 1 \quad \text{bzw.} \quad R_4 = \frac{2R}{0,5} = 4R$$

- **Probe der Ergebnisse über eine MICROCAP-Simulation:**



Gewählt:
 $\underline{U}_e = 1 \text{ V} \cdot e^{j0}$
 $f = 1 \text{ kHz}$
 $R = 1 \text{ k}\Omega$
 $L = 318,3 \text{ mH}$
 $C = 79,6 \text{ nF}$

Bild ÜA_2_9.4.B_1: Simulationsschaltung mit den Ergebnissen einer Dynamic-AC Analyse für $\varphi_x = -45^\circ$

Bei der angegebenen Dimensionierung erhält man für die Ausgangsspannung bei $\underline{U}_e = 1 \text{ V} \cdot e^{j0}$:

$$\frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e} = \frac{1}{1+j} \quad \text{bzw.:} \quad \underline{U}_a = \underline{U}_e \cdot \frac{1}{1+j} = \underline{U}_e \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot e^{-j45^\circ} = 0,707 \text{ V} \cdot e^{-j45^\circ}$$

Zusatzaufgabe:

Wie müsste die Dimensionierungsvorschrift für R_4 geändert werden, um zwischen der Ausgangsspannung und der Eingangsspannung einen Winkel von $\varphi_y = -60^\circ$ zu erzeugen?

Lösung:

Für den Tangens von 60° gilt: $\tan 60^\circ \approx 1,732$. Das negative Vorzeichen kommt dann dadurch zustande, dass der Winkel nur vom Nenner des Ansatzes erzeugt wird, wenn der Zähler reell ist.

Wir verwenden den Lösungsansatz zur originalen Aufgabenstellung:

$$\text{Dann gilt: } \frac{U_a}{U_e} = \frac{1}{\text{Re}\{Nenner\} + j\text{Im}\{Nenner\}} = \frac{1}{1 + j \cdot 1,732} = \frac{1}{1 + j \cdot \left(0,5 + \frac{2R}{R_{4Z}}\right)}$$

Der Imaginärteil des Nenners muss demzufolge gleich 1,732 sein.

$$\left(0,5 + \frac{2R}{R_{4Z}}\right) = 1,732 \quad \text{bzw.} \quad 1,232 = \frac{2R}{R_{4Z}} \quad \Rightarrow \quad R_{4Z} = \frac{2R}{1,232} \approx 1,623R$$

Probe:

$$\frac{U_a}{U_e}(Z) = \frac{1}{1 + j \cdot \left(0,5 + \frac{2R}{1,623R}\right)} = \frac{1}{1 + j \cdot 1,732} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,732^2}} \cdot e^{-j \arctan 1,732} \approx 0,5 \cdot e^{-j60^\circ}$$

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

Zur Simulation wird die Schaltung des Bildes ÜA_2_9.4.B_1 mit $R_{4Z} = 1,623 \text{ k}\Omega$ verwendet.

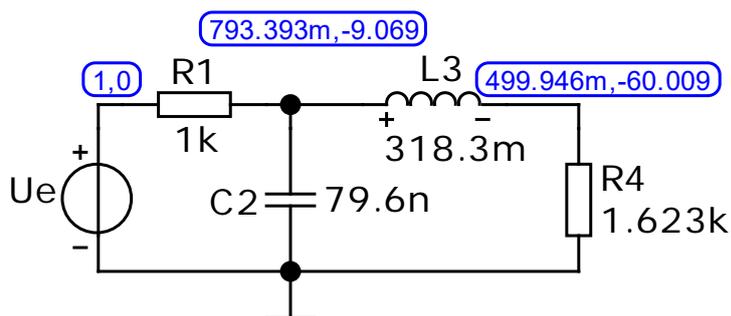


Bild ÜA_2_9.4.B_2: Simulationsschaltung mit den Ergebnissen einer Dynamic-AC Analyse für $\varphi_x = -60^\circ$

Das Simulationsergebnis im Bild ÜA_2_9.4.B_2 bestätigt unsere Berechnung.

Wir können die Phasenwinkel auch mit einer AC-Analyse überprüfen. Dazu stellen wir den Phasenfrequenzgang für beide Fälle dar.

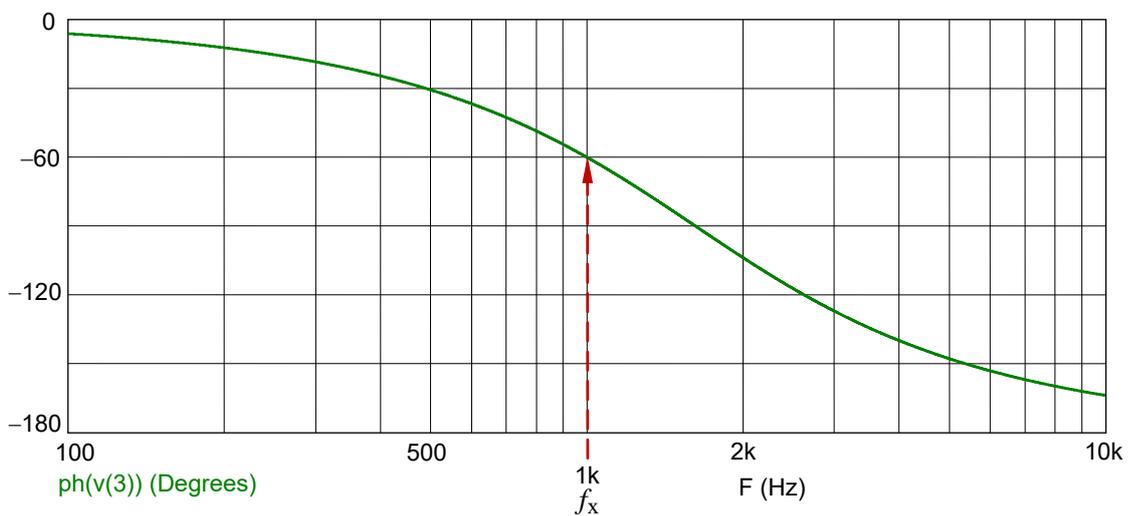
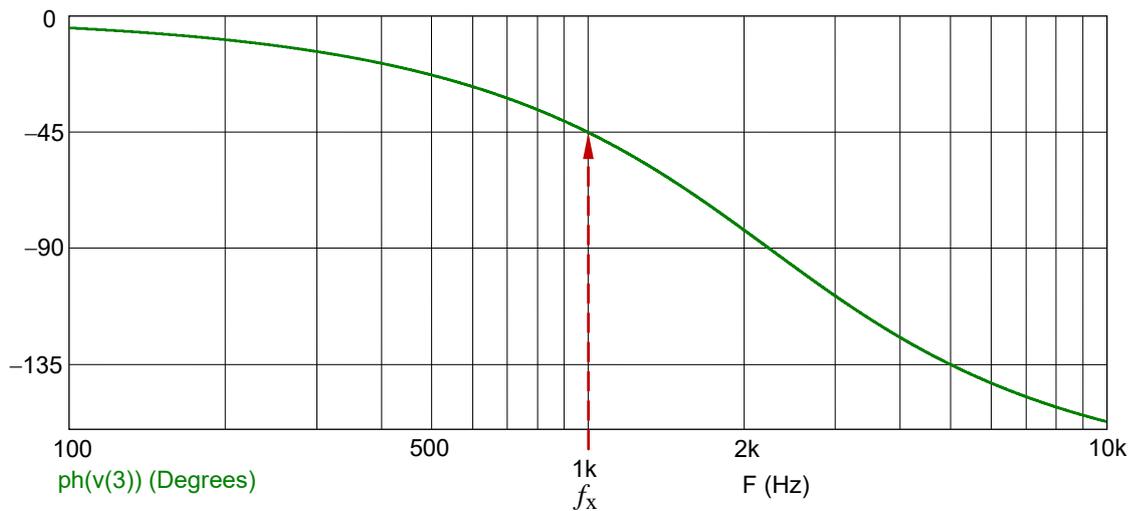


Bild ÜA_2_9.4.B_3: Phasenfrequenzgänge für $\varphi_x = -45^\circ$ (oben) und $\varphi_{xz} = -60^\circ$ (unten)

Hinweis: Aufgaben mit vergleichbaren Inhalten finden Sie im:
Übungsbuch [14] – Berechnungsbeispiele 9.10 und 9.11 sowie 9.13 und 9.14.

Ende der zusätzlichen Lösung