Lösung der Übungsaufgabe ÜA_2_11.3.A:

• Berechnung der Aufbauelemente der Spannungsquellen-Ersatzschaltung:

$$\underline{Z}_\mathrm{i} = R_2 // \mathrm{j}\omega L_1 // \left(R_3 + \frac{1}{\mathrm{j}\omega C_4} \right) = (3\ \mathrm{k\Omega} + \mathrm{j}3\ \mathrm{k\Omega})//(3\ \mathrm{k\Omega} - \mathrm{j}3\ \mathrm{k\Omega}) = \frac{9 - \mathrm{j}9 + \mathrm{j}9 + 9}{6}\ \mathrm{k\Omega} = 3\ \mathrm{k\Omega}$$

$$\underline{U}_\mathrm{L} = \underline{U}_\mathrm{AB}(\mathrm{L}) = \underline{U}_\mathrm{q} \cdot \frac{R_3 + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C_4}}{R_2 // \mathrm{j}\omega L_1 + R_3 + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C_4}} = \underline{U}_\mathrm{q} \cdot \frac{3 - \mathrm{j}3}{3 + \mathrm{j}\,3 + 3 - \mathrm{j}\,3} = \underline{U}_\mathrm{q} \cdot \left(\frac{1}{2} - \mathrm{j}\frac{1}{2} \right)$$

$$\underline{U}_\mathrm{L} = \underline{U}_\mathrm{q} \cdot 0{,}707 \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}45^\circ} = 16{,}968\ \mathrm{V} \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}45^\circ}$$

• Berechnung der komplexen Leistung des Lastwiderstandes:

$$\underline{I}_\mathrm{a} = \underline{I}_5 = \frac{\underline{U}_\mathrm{L}}{\underline{Z}_\mathrm{i} + \underline{Z}_5} \approx \frac{16{,}97\,\mathrm{V} \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}45^\circ}}{(5 + \mathrm{j}6)\,\mathrm{k\Omega}} \approx \frac{16{,}97\,\mathrm{V} \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}45^\circ}}{7{,}81\,\mathrm{k\Omega} \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{j}50{,}2^\circ}} \approx 2{,}173\ \mathrm{mA} \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}95{,}2^\circ}$$

$$\underline{U}_\mathrm{a} = \underline{U}_5 = \underline{I}_5 \cdot \underline{Z}_5 \approx 2{,}173\,\mathrm{mA} \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}95{,}2^\circ} \cdot 6{,}32\,\mathrm{k\Omega} \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{j}71{,}6^\circ} \approx 13{,}74\,\mathrm{V} \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}23{,}6^\circ}$$

$$\underline{S}_5 = \underline{U}_5 \cdot \underline{I}_5^* = 29{,}85\ \mathrm{mV \cdot A} \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{j}71{,}6^\circ} = 9{,}42\ \mathrm{mW} + \mathrm{j}\ 28{,}32\ \mathrm{mvar}$$

Ende dieser Lösung

Zusatzaufgabe:

Wie ändert sich die komplexe Leistung, wenn der Lastwiderstand auf $\underline{Z}_\mathrm{aZ} = \underline{Z}_\mathrm{5Z} = (2 + \mathrm{j}2)\,\mathrm{k\Omega}$ verändert wird (z.B. durch Zu- oder Abschalten eines Lastelementes innerhalb von $\underline{Z}_5$). Konstruieren Sie für diesen Fall das Zeigerbild der Leistungen für den Lastwiderstand. Unterbreiten Sie Vorschläge zur Kompensation der vom Lastwiderstand bewirkten Blindleistung ($\cos\varphi_\mathrm{K} \geq 0{,}95$).

Lösung:

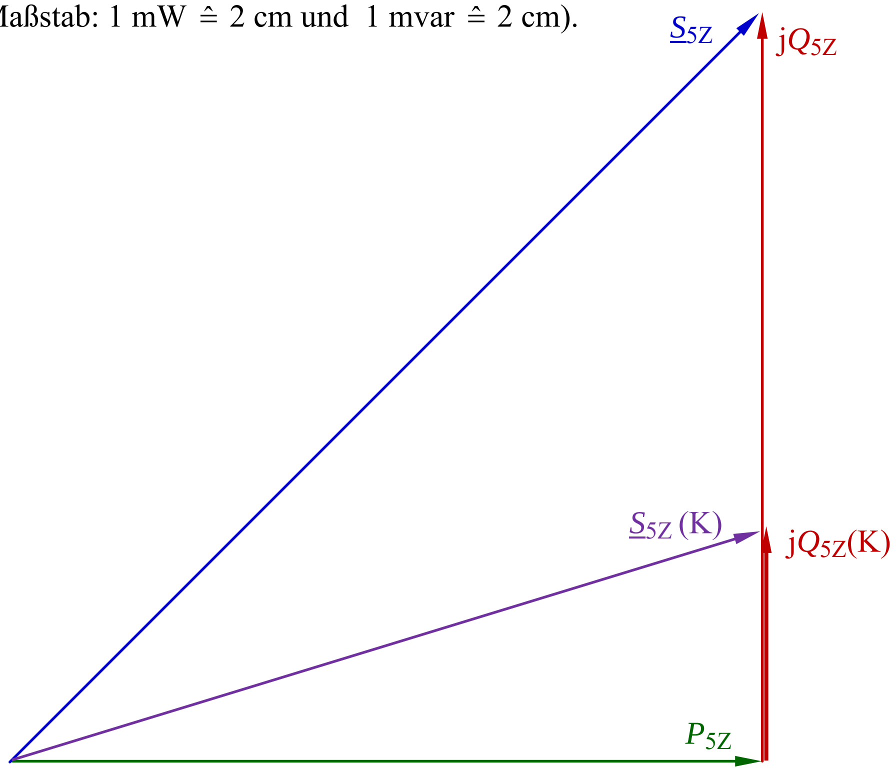
Am aktiven Zweipol ändert sich nichts. Wir müssen lediglich die neuen Werte für $\underline{I}_\mathrm{aZ}$, $\underline{U}_\mathrm{aZ}$ und $\underline{S}_\mathrm{5Z}$ berechnen.

$$\underline{I}_\mathrm{aZ} = \frac{\underline{U}_\mathrm{L}}{\underline{Z}_\mathrm{i} + \underline{Z}_\mathrm{5Z}} \approx \frac{16{,}97\,\mathrm{V} \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}45^\circ}}{(5 + \mathrm{j}2)\,\mathrm{k\Omega}} \approx \frac{16{,}97\,\mathrm{V} \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}45^\circ}}{5{,}39\,\mathrm{k\Omega} \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{j}21{,}8^\circ}} \approx 3{,}148\ \mathrm{mA} \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}66{,}8^\circ}$$

$$\underline{U}_{aZ} = \underline{I}_{aZ} \cdot \underline{Z}_{5Z} \approx 3{,}148\,\text{mA} \cdot e^{-j66{,}8°} \cdot 2 \cdot \sqrt{2}\ \text{k}\Omega \cdot e^{j45°} \approx 8{,}9\,\text{V} \cdot e^{-j21{,}8°}$$

$$\underline{S}_{5Z} = \underline{U}_{aZ} \cdot \underline{I}^*_{aZ} = 28{,}02\ \text{mV} \cdot \text{A} \cdot e^{j45°} = 19{,}81\ \text{mW} + j\,19{,}81\ \text{mvar}$$

Wir zeichnen ein maßstäbliches Zeigerbild
(Maßstab: 1 mW ≙ 2 cm und 1 mvar ≙ 2 cm).



Daten des Zeigerbildes:

$\underline{S}_{5Z} = 28{,}02\ \text{mV} \cdot \text{A} \cdot e^{j45°}$

$\cos\varphi_{5Z} = \cos 45° = 0{,}707$

$\underline{S}_{5Z}(\text{K}) \approx 20{,}7\ \text{mV} \cdot \text{A} \cdot e^{j17°}$

$\cos\varphi_{5Z}(\text{K}) = 0{,}956$

$Q_{5Z}(\text{K}) \approx +6{,}2\ \text{mvar}$

Bild ÜA_2_11.3.A_1:
Zeigerbild der Leistungen

Bei diesen geringen Leistungen muss man die Blindleistung eigentlich nicht kompensieren. Im Sinne einer Übungsaufgabe geht es hier aber um das Prinzip der Lösung.

Ein induktiver Verbraucher wird mit einer kapazitiven Wirkung kompensiert. Diese Maßnahme wollen wir am Zeigerbild verdeutlichen. Für einen Phasenwinkel von ca. 17° gilt: $\cos 17° \approx 0{,}956$. Diesen Zeiger zeichnen wir uns in das Zeigerbild ein. Wir erkennen, dass die Blindleistung erkennbar reduziert werden muss. Dadurch wird der Betrag der Scheinleistung abgesenkt.

Die Wirkleistung ändert sich nicht, wenn man diese Kompensationsmaßnahme mit einem zu $\underline{Z}_5$ parallelgeschalteten Kondensator realisiert.

Probe:

$$\cos\varphi_{5Z}(\text{K}) = \frac{P_{5Z}}{|\underline{S}_{5Z}(\text{K})|} = \frac{19{,}81}{20{,}7} = 0{,}957$$

Hinweis: Aufgaben mit vergleichbaren Inhalten finden Sie im:
Übungsbuch [14] – Berechnungsbeispiele 11.2 und 11.3 sowie 11.6 bis 11.8

Ende dieser zusätzlichen Lösung