

Übungen und Ergänzungen zur Einführung in die Physik II
für Studierende
der Biologie, Pharmazie und Geowissenschaften

Serie 6 / 06.04.2022

Lösungen

Aufgabe 21.

(a) Siehe Skript 313-2.

$$\bar{P} = I_{eff} U_{eff} \cos \varphi$$

$$\cos \varphi = \frac{\bar{P}}{I_{eff} U_{eff}} = 0.68 \quad \Rightarrow \quad \varphi = \arccos\left(\frac{\bar{P}}{I_{eff} U_{eff}}\right) = 47.2^\circ$$

(b) Für die Phasenverschiebung in der RLC -Serienschaltung gilt:

$$\tan \varphi_2 = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = \frac{\omega L}{R} - \frac{1}{\omega RC}$$

Ohne Kapazität im RL -Kreis gilt:

$$\tan \varphi_1 = \frac{Z_L}{R} = \frac{\omega L}{R}$$

Und folglich:

$$\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2 = \frac{1}{\omega RC} \quad \Rightarrow \quad C = \frac{1}{2\pi f R (\tan \varphi - \tan \varphi')}$$

Dabei ist $\omega = 2\pi f$, $\varphi_2 = \arccos(0.9) = 25.8^\circ$, und für Widerstand R gilt:

$$P = I_{eff} U_{eff} \cos \varphi = I_{eff}^2 R \cos \varphi$$

Bei Selbstinduktionen und Kapazitäten ist der Phasenwinkel zwischen Strom und Spannung gleich $\pm\pi/2$, also $\bar{P} = 0$. Diese sind demnach wattlose Schaltelemente. Dadurch entsteht die Wirkleistung \bar{P} in der RLC -Serienschaltung nur am ohmschen Widerstand. Dort gilt nämlich. $\varphi = 0$ ($\cos(0) = 1$), und somit

$$P = I_{eff} U_{eff} \underbrace{\cos \varphi}_{=1} = I_{eff}^2 R \quad \text{und schliesslich mit } U_{eff} = RI_{eff},$$

$$C = \frac{I_{eff}^2}{2\pi f \bar{P} (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)} = 2.43 \text{ mF},$$

Hierbei wurde für $\bar{P} = 22 \text{ kW}$ oder alternativ ohne der letzten Umformung direkt für $R = 2.2 \Omega$ eingesetzt.

Aufgabe 22.

(a) Für die Schwingungsperiode ergibt sich:

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{L(C_1 + C_2)}} \\ &= 8,94 \cdot 10^3 \text{ Hz} \\ T &= \frac{2\pi}{\omega} = 7.02 \cdot 10^{-4} \text{ s}\end{aligned}$$

(b) Für die Energie eines Kondensators gilt:

$$\begin{aligned}E_C &= \frac{1}{2}CU^2 \\ \Rightarrow E_{C_1} &= \frac{1}{2}C_1 \cdot U = 3.24 \cdot 10^{-2} \text{ J} \\ E_{C_2} &= \frac{1}{2}C_2 \cdot U = 4.86 \cdot 10^{-2} \text{ J}\end{aligned}$$

(c) Für die Energie einer Spule gilt:

$$E_L = \frac{1}{2}LI^2$$

Aus der Energieerhaltung folgt:

$$\begin{aligned}E_L &= E_{C_1} + E_{C_2} \\ \frac{1}{2}LI^2 &= E_{C_1} + E_{C_2} \\ I^2 &= \frac{2 \cdot (E_{C_1} + E_{C_2})}{L} \\ \Rightarrow I &= \sqrt{\frac{2 \cdot (E_{C_1} + E_{C_2})}{L}} \\ &= 8.05 \text{ A}\end{aligned}$$

Aufgabe 23.

(a) Resonanz ist ein wichtiger Sonderfall einer erzwungenen Schwingung. Resonanz liegt vor, wenn ein schwingungsfähiges System durch eine periodisch wirkende äussere Kraft zu erzwungenen Schwingungen angeregt wird und die Frequenz der äusseren Kraft mit der Eigenfrequenz des schwingungsfähigen Systems übereinstimmt. Die Amplitude der erzwungenen Schwingung erreicht dabei einen grösstmöglichen Wert.

Ohmsches Gesetz:

$$I_0 = \frac{U_0}{Z}$$

wobei Z – Impedanz. Im Resonanzfall wird I_0 maximal $\Rightarrow Z$ muss minimal sein. Impedanz der RLC -Schaltung:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

wird minimal bei

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 1.02 \text{ kHz}$$

(b)

$$I_0 = \frac{U_0}{Z} = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \underbrace{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}_{=0 \text{ im Resonanzfall}}} = \frac{U_0}{R} = 100 \text{ mA}$$

(c)

$$U_{C,0} = I_0 Z_C = \frac{U_0}{R} Z_C = \frac{U_0}{R} \frac{1}{\omega_0 C} = \frac{U_0 \sqrt{LC}}{R} = \frac{U_0}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = 156 \text{ V}$$

Aufgabe 24.

Bei Vernachlässigung von Verlusten stehen die Spannungen U_1 und U_2 an Primär- und Sekundärwicklung im direkten und die Stromstärken I_1 und I_2 im indirekten Verhältnis zu den Windungszahlen der Wicklungen:

$$\left|\frac{U_1}{U_2}\right| = \left|\frac{I_2}{I_1}\right| = \frac{N_1}{N_2} = 20$$

Daraus folgt:

$$|U_2| = \frac{|U_1|}{20} = 125 \text{ V}$$

$$|I_1| = \frac{|I_2|}{20} = 4 \text{ A}$$

Die Leistung ist im Primär- und Sekundärkreis gleich:

$$P = U_1 I_1 = U_2 I_2 = 10 \text{ kW}$$