
Übungen zur Physik für Chemiker II SoSe 21

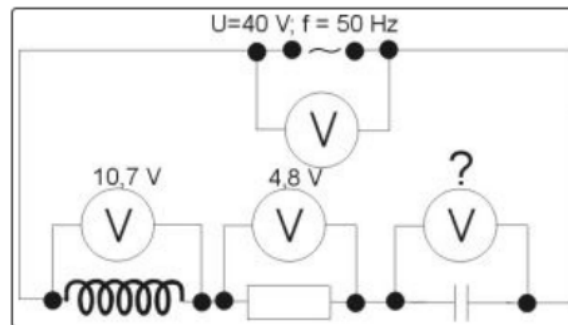
Prof. Dr. M. Agio, L. Strauch

Übungsblatt 11 Lösung

Ausgabe: Mi, 30.06.2021

Aufgabe 1.

Ein ohmscher Widerstand mit $R = 250 \Omega$, ein Kondensator mit $C = 1,2 \mu\text{F}$ und eine Spule mit $L = 1,8 \text{ H}$ sind in Reihe an einer Wechselspannung von $40 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$ angeschlossen. Die Spannung über dem Widerstand beträgt $4,8 \text{ V}$ und über der Spule $10,7 \text{ V}$. Wie groß ist die Spannung über dem Kondensator? (Der ohmsche Widerstand der Spule wird vernachlässigt)



Lösung 1.

Die gegebenen Spannungen für Widerstand und Spule sind zum Lösen der Aufgabe nicht notwendig. Im Wechselstromkreis ist die Gesamtspannung nicht die Summe der einzelnen Teilspannungen. Ursache: Phasenverschiebung. Als erstes muss der Scheinwiderstand Z der Reihenschaltung berechnet werden.

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

mit $\omega = 2\pi f$. Dieser Scheinwiderstand legt den Gesamtstrom in der Schaltung fest. Dieser Strom ist an allen Stellen gleich.

$$Z = \frac{U}{I} \Leftrightarrow I = \frac{U}{Z} = 19 \text{ mA}$$

Mit Hilfe dieses Stroms lassen sich jetzt die Spannungen über den Bauelementen berechnen.

$$U_R = RI = 4,8 \text{ V}$$

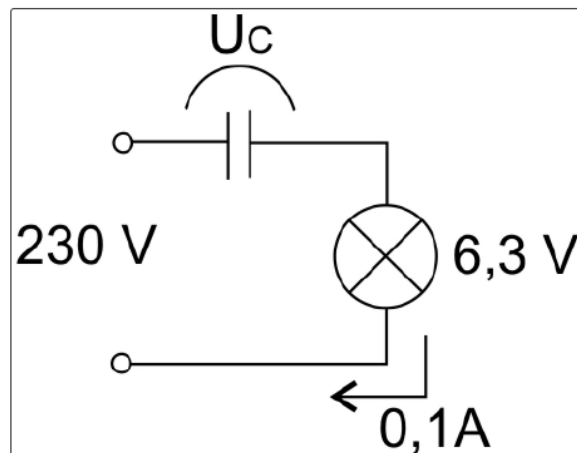
$$U_C = X_C I = \frac{1}{\omega C} I = 50,4 \text{ V}$$

$$U_L = X_L I = \omega L I = 10,7 \text{ V}$$

Aufgabe 2.

Ein Kondensator soll bei Netzspannung (230 V, 50 Hz) als Vorwiderstand für eine Glühlampe mit den Betriebsdaten $U = 6,3\text{ V}$ und $I = 0,1\text{ A}$ verwendet werden.

- Welchen Vorteil bietet die Verwendung eines Kondensators an Stelle eines Ohmschen Widerstandes ?
- Welche Kapazität muss der Kondensator haben ?
- Wie groß ist die Spannung über dem Kondensator ?



Lösung 2.

- Der Widerstand wird nicht durch Umwandlung von elektrischer Energie in Wärme aufgebracht. Aus diesem Grund ist der Wirkungsgrad höher.
- Bei einer anliegenden Spannung von 230 V soll ein Strom von 0,1 A fließen. Damit muss der Widerstand der Schaltung

$$R_G = \frac{U}{I_L} = 2300\ \Omega$$

sein. Da es sich um eine Reihenschaltung aus Kondensator und Widerstand handelt, muss die Phasenverschiebung im Kondensator berücksichtigt werden. Der Gesamtwiderstand ist also nicht einfach die Summe der Einzelwiderstände, sondern berechnet sich nach:

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

R ist in dieser Gleichung der ohmsche Widerstand der Glühlampe, also $63\ \Omega$. Die

Gleichung muss nun nach der gesuchten Kapazität umgestellt werden.

$$\begin{aligned}
 Z^2 &= R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2 \\
 \frac{1}{\omega^2 C^2} &= Z^2 - R^2 \\
 \frac{1}{C^2} &= \omega^2 (Z^2 - R^2) \\
 C &= \sqrt{\frac{1}{\omega^2 (Z^2 - R^2)}} = 1,38 \mu\text{F}
 \end{aligned}$$

- (c) In einer Reihenschaltung aus Kondensator und Widerstand ist die Summe der Teilspannungen nicht so groß wie die Gesamtspannung. Der Kondensator hat im Wechselstromkreis den kapazitiven Widerstand

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{U}{I}$$

Die Spannung über dem Kondensator ist dann

$$U = \frac{I}{\omega C} = 231 \text{ V}$$

Aufgabe 3.

- (a) Eine Spule mit $L = 0,44 \text{ H}$ und dem ohmschen Widerstand $R = 500 \Omega$ wird mit einem Kondensator in Reihe an eine Spannungsquelle $U_{\text{eff}} = 16 \text{ V}$ geschaltet. Bei einer Frequenz $f_0 = 350 \text{ Hz}$ ist die Stromstärke im Stromkreis maximal. Berechnen Sie die Kapazität des Kondensators und die Effektivwerte der Teilspannungen an Kondensator und Spule.
- (b) Nun wird zusätzlich eine Glühlampe ($R = 200 \Omega$) mit der Spule und dem Kondensator in Reihe geschaltet. (Der Widerstand der Lampe kann als konstant betrachtet werden). Wie groß ist die Stromstärke jetzt ?

Lösung 3.

- (a) In einer Reihenschaltung von Spule, Widerstand und Kondensator ist die Stromstärke maximal, wenn die Wechselstromwiderstände von Spule und Kondensator gleich groß sind.

Es gilt also:

$$\begin{aligned}
 \omega L &= \frac{1}{\omega C} \\
 C &= \frac{1}{\omega^2 L} \\
 C &= \frac{1}{4\pi^2 f^2 L} = 470 \text{ nF}
 \end{aligned}$$

Für diesen Sonderfall gilt weiterhin, dass

$$Z = R = \frac{U}{I} \Leftrightarrow I = \frac{U}{R} = 32 \text{ mA}$$

In der Reihenschaltung ist die Stromstärke im gesamten Stromkreis gleich. Mit dieser Stromstärke lassen sich nun die Spannungen berechnen:

Kondensator:

$$R_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{U_C}{I}$$

$$U_C = \frac{I}{\omega C} = 31 \text{ V}$$

Spule:

$$R_L = \omega L = \frac{U_L}{I}$$

$$U_L = \omega L I = 31 \text{ V}$$

Die beiden Spannungen sind gleich groß. Dies ist auch nicht verwunderlich, denn die beiden Widerstände haben ja bei dieser Frequenz auch den gleichen Wert.

(b) Es wird als erstes der Scheinwiderstand der gesamten Schaltung berechnet:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} = 700 \Omega$$

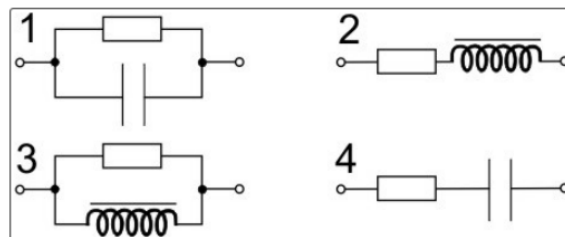
wobei R nun der Widerstand von Spule und Lampe ist. Damit wird nun der Strom berechnet:

$$I = \frac{U}{Z} = 23 \text{ mA}$$

Aufgabe 4.

In den vier Schaltungen ist jeweils ein ohmscher Widerstand mit einer Spule oder einem Kondensator verknüpft. Die Spule hat einen so kleinen ohmschen Widerstand, dass er vernachlässigt werden kann. Mit einer Schaltung wurden zwei Experimente gemacht, die die folgenden Ergebnisse lieferten.

- Legt man an die Schaltung eine Gleichspannung an, beträgt der Gesamtwiderstand der Schaltung 50Ω .
- Legt man an die Schaltung eine Wechselspannung an, so beträgt der Gesamtwiderstand der Schaltung nur noch 30Ω .



Mit welcher Schaltung wurde experimentiert ?

Lösung 4.

Man geht nach dem Ausschlussverfahren vor: Welche Schaltung liefert nicht das Versuchsergebnis.

Vorüberlegungen:

- Ein ohmscher Widerstand ändert seinen Wert nicht.
- Ein Kondensator hat einen unendlich großen Gleichstromwiderstand und einen bestimmten Wechselstromwiderstand.
- Eine Spule hat keinen Gleichstromwiderstand und einen bestimmten Wechselstromwiderstand.

Für das erste Experiment mit Gleichspannung wären die Schaltungen 1 und 2 geeignet. Schaltung 3 geht nicht, da die Spule keinen ohmschen Widerstand (bei Gleichspannung) hat. Für Gleichspannung würde die den Strom ungehindert durchlassen, es wäre Kurzschluss. Schaltung 4 geht auch nicht, da der Kondensator für Gleichstrom einen unendlich hohen Widerstand darstellt. Deshalb würde hier nichts fließen. Bei Schaltung 1 und 2 würde jeweils ein Strom fließen, der durch den ohmschen Widerstand bestimmt wird.

Im zweiten Experiment wird der Widerstand für Wechselstrom kleiner. Der Wechselstromwiderstand einer Spule ist aber größer als deren Gleichstromwiderstand. Deshalb geht auch Schaltung 2 nicht.

Es bleibt nur Schaltung 1 übrig. Der Widerstand wird durch den ohmschen Widerstand und dem kapazitiven Widerstand des Kondensators bestimmt. Bei Wechselstrom lässt der Kondensator Strom hindurch und der Gesamtwiderstand der Schaltung wird kleiner.