

V7: Wechselstromwiderstände und Schwingkreis

PRAKTISCHE ÜBUNGEN IN PHYSIK FÜR MEDIZINER, ZAHNMEDIZINER UND BIOLOGEN

PHYSIKALISCHE ÜBUNGEN FÜR PHARMAZEUTEN

STAND: 28. MÄRZ 2019

WECHSELSTROMWIDERSTÄNDE

Wenn ein sinusförmiger Wechselstrom $I(t)$ durch einen Wechselstromwiderstand Z fließt, beobachtet man in der Regel eine **Phasenverschiebung** φ zwischen der Wechselspannung $U(t)$ und dem Wechselstrom $I(t)$:

$$I(t) = I_0 \cdot \sin(\omega t) \quad (1)$$

$$U(t) = U_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi) \quad (2)$$

Hierbei ist U_0 die Spannungsamplitude, ω die Kreisfrequenz, die mit der Frequenz ν und der Schwingungsdauer (Periode) T verknüpft ist:

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T} \quad (3)$$

Der Wechselstromwiderstand Z (Impedanz) ist definiert als das Verhältnis der Spannungsamplitude U_0 zur Stromamplitude I_0 :

$$Z = \frac{U_0}{I_0} \quad (4)$$

Für einen Kondensator mit der Kapazität C gilt:

$$R_C = \frac{1}{\omega C}, \quad \varphi = -\frac{\pi}{2} \hat{=} -90 \text{ deg} \quad (5)$$

Für eine Spule mit Induktivität L gilt:

$$R_L = \omega L, \quad \varphi = +\frac{\pi}{2} \hat{=} +90 \text{ deg} \quad (6)$$

Schaltet man einen Kondensator und eine Spule **parallel** (Parallelschwingkreis), so ergibt sich für die Impedanz Z_P :

$$\frac{1}{Z_P} = \left| \frac{1}{R_L} - \frac{1}{R_C} \right| \quad (7)$$

Die Resonanzfrequenz ω_0 , bei der die beiden Werte $1/R_L$ und $1/R_C$ den gleichen Betrag haben, ergibt sich aus:

$$R_L = R_C \quad \Rightarrow \quad \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \quad (8)$$

$$\Rightarrow \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (9)$$

In einer **Serienschaltung** von Kondensator, Spule und OHMSchem Widerstand R_Ω lässt sich der Wechselstromwiderstand Z_S mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnen:

$$Z_S = \sqrt{R_\Omega^2 + (R_L - R_C)^2} \quad (10)$$

Die Kreisfrequenz ω_0 , bei der der Wechselstromwiderstand Z den kleinsten Wert einnimmt, berechnet sich wie die Resonanzfrequenz des Parallelschwingkreises und stellt auch hier die Resonanzfrequenz dar.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (11)$$

I. KONDENSATOR

VERSUCHSAUFBAU

Bauen Sie die in Abbildung 1a) gezeigte Schaltung auf. Verbinden Sie dazu den Kondensator mit den dafür vorgesehenen Anschlüssen. Stellen Sie die Spannung am Sinusgenerator so ein, dass sich ein Scheitelwert von 1 V ergibt (am Oszilloskop abzulesen).

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Messen Sie für mindestens fünf verschiedene Frequenzen die Amplituden der anliegenden Wechselspannung U_0 und des durchfließenden Stroms I_0 , sowie die Schwingungsdauer T des Wechselstroms mit Hilfe des Zweikanal-Oszilloskops. Nutzen Sie dabei den ganzen Frequenzbereich aus. Protokollieren Sie die Phasenverschiebung während der Messung.

VERSUCHSAUSWERTUNG

Berechnen Sie aus der gemessenen Periodendauer T die Kreisfrequenz ω gemäß Formel 3. Tragen Sie den Kehrwert des Widerstandes (Leitwert) I_0/U_0 gegen die Kreisfrequenz ω auf. Bestimmen Sie aus der Steigung der Geraden die Kapazität des Kondensators. Nehmen Sie die Messunsicherheiten in Strom und Spannung auf. Zeichnen Sie jedoch keine Unsicherheiten in das Diagramm und verzichten Sie auf die Fehlerrechnung.

II. SPULE

VERSUCHSAUFBAU

Ersetzen Sie den Kondensator durch eine Spule, wie in Abbildung 1b) gezeigt. Achten Sie darauf, dass die Spannung des Sinusgenerators einen Scheitelwert von 1 V besitzt.

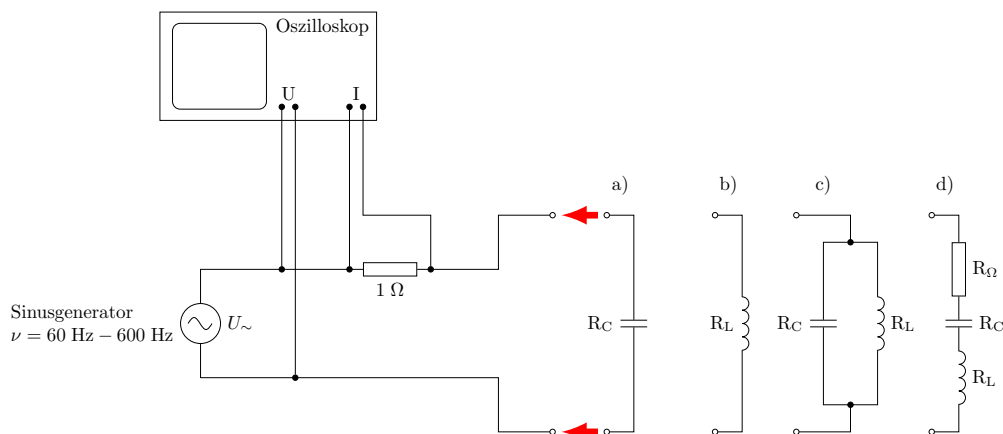


Abbildung 1: Schema des Versuchsaufbaus.

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Wiederholen Sie die Messung aus Versuchsteil I mit dem neuen Aufbau.

VERSUCHSAUSWERTUNG

Berechnen Sie aus der gemessenen Periodendauer T die Kreisfrequenz ω gemäß Formel 3. Tragen Sie den Widerstand U_0/I_0 gegen die Kreisfrequenz ω auf. Bestimmen Sie die Induktivität L der Spule aus der Steigung der Geraden. Nehmen Sie die Messunsicherheiten in Strom und Spannung auf. Zeichnen Sie jedoch keine Unsicherheiten in das Diagramm und verzichten Sie auf die Fehlerrechnung.

III. PARALLELER SCHWINGKREIS

VERSUCHSAUFBAU

Platzieren Sie parallel zu der Spule einen Kondensator, wie in Abbildung 1c) gezeigt. Achten Sie darauf, dass die Spannung des Sinusgenerators einen Scheitelwert von 1 V besitzt.

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Wiederholen Sie die Messung aus Versuchsteil I mit dem neuen Aufbau.

VERSUCHSAUSWERTUNG

Berechnen Sie aus der gemessenen Periodendauer T die Kreisfrequenz ω gemäß Formel 3. Tragen Sie den Leitwert I_0/U_0 gegen die Kreisfrequenz auf. Bestimmen Sie aus der Grafik die Resonanzfrequenz ω_0 und

nehmen Sie gegebenenfalls im interessanten Bereich weitere Messwerte auf. Vergleichen Sie den ermittelten Wert mit dem aus Formel 9 berechneten Wert. Schätzen Sie die Messunsicherheit ab.

IV. SERIELLER SCHWINGKREIS

VERSUCHSAUFBAU

Verbinden Sie Kondensator, Spule und OHMSchen Widerstand zu einer Serienschaltung, wie in Abbildung 1d) gezeigt. Achten Sie darauf, dass die Spannung des Sinusgenerators einen Scheitelwert von 1 V besitzt.

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Wiederholen Sie die Messung aus Versuchsteil I mit dem neuen Aufbau.

VERSUCHSAUSWERTUNG

Berechnen Sie aus der gemessenen Periodendauer T die Kreisfrequenz ω gemäß Formel 3. Bestimmen Sie den Gesamtwiderstand Z für jede eingestellte Frequenz. Nutzen Sie dabei zuerst die folgende Formel:

$$Z = \sqrt{R_{\Omega}^2 + (R_L - R_C)^2} \quad (12)$$

Nutzen Sie dann die Formel

$$Z = \frac{U_0}{I_0} \quad (13)$$

und vergleichen Sie die Werte miteinander. Schätzen Sie die Unsicherheit ab.