

E4 WECHSELSTROMWIDERSTÄNDE UND REIHENSCHWINGKREIS

Diego R. Carrera ¹, Yusuf Cantürk ¹, Santiago Rodriguez ¹
¹Institut für Physik, Humboldt Universität zu Berlin, Deutschland
Versuchsleiter: Dr. Günter Kewes
(Abgabe: 8. Februar 2021; Versuchsdatum: 7.1.2020)

Das Verhalten Ohmscher Widerstände, Kondensatoren und Spulen ist in Wechselstromkreisen unterschiedlich von dessen Verhalten in gewöhnlichen Schaltungen mit Gleichströmen. Um die geeignete Anwendung von elektrischen Bauteilen in Schaltkreisen mit Wechselströme zu gewährleisten, ist also ein physikalisches Verständnis dieser Unterschiede von großer Relevanz. Ziel dieses Versuchs ist somit die experimentelle Untersuchung dieses Verhaltens unter Wechselströmen und die Bestimmung zugehöriger Kenngrößen, so wie u.A. die frequenzabhängige Impedanz $Z(f)$ und Kapazität $C = (9,1 \pm 0,3) \cdot 10^{-8} F$ eines Kondensators, die Impedanz $Z(f)$ einer Spule und die Resonanzfrequenz $f_{res} = (725 \pm 19) Hz$ im Reihenschwingkreis.

I Einleitung und Versuchsaufbau

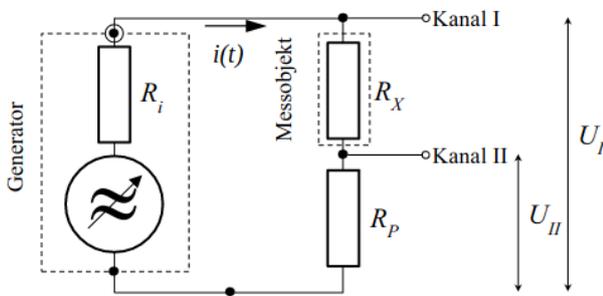


Abbildung 1: Versuchsschaltung

Für diesen Versuch wird die obere Schaltung aufgebaut und in Betrieb genommen werden. Hierbei wird ein Signalgenerator mit einem Innenwiderstand R_i verwendet werden, um ein oszillierendes Signal für den Strom herzustellen, der dann mittels der zwei Ausgangskanäle I und II untersucht werden kann. Das elektrische Signal fließt hierbei durch einen festen, dekadischen Widerstand R_p und einen beliebigen Messobjekt, der als elektrischer Zweipol in die Schaltung zur Untersuchung eingebaut werden kann, so wie z.B. ein Kondensator, eine Spule oder ein Reihenschwingkreis. Dieses Messobjekt weist zudem einen komplexen Widerstand R_X auf, der in diesem konkreten Fall mit der vorhin erwähnten Impedanz $Z = R_X$ übereinstimmt.

Die Messungen des elektrischen Signals an den beiden Ausgangskanälen I und II erfolgten jeweils mithilfe eines Zweikanal-Oszilloskops sowie eines Multimeters in geeigneten Messbereichen.

II Versuche und Ergebnisse

II.1 Kondensator

Zuerst wird ein Kondensator als Messobjekt im Frequenzintervall $1 - 10 kHz$ mit 10 unterschiedlichen Messwerten untersucht. Dies soll dazu dienen, die Frequenzabhängigkeit des Scheinwiderstandes $|Z(f)|$ experimentell zu bestimmen und grafisch darzustellen.

Die Impedanz wurde hierbei anhand der Formel $Z = R_p \cdot \frac{U_{SS}^1 - U_{SS}^2}{U_{SS}^2}$ mit $R_p = 10 \Omega$ berechnet.

Die Unsicherheiten der Spannungswerte wurden mit $\frac{1 \text{ Volt}}{4 \text{ Div}}$ abgeschätzt und die Unsicherheit der Impedanz mittels gaußscher Fehlerfortpflanzung ermittelt.

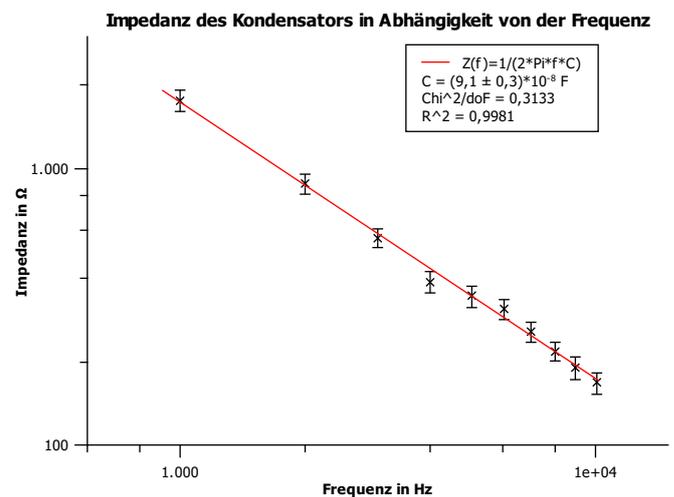


Abbildung 2: Regression und Abhängigkeit der Impedanz des Kondensators von der Frequenz im Wechselstromkreis. Die Skalierung ist Logarithmisch zur Basis 10

Mittels linearer Regression und dem Zusammenhang $Z = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$ lässt sich nun die Kapazität des Keramik-Kondensators zu $C = (9,1 \pm 0,3) \cdot 10^{-8} F$ berechnen.

II.2 Spule

Zunächst wird anstelle des Keramik-Kondensators in der Schaltung eine Spule als neues Messobjekt eingebaut. Es wurden jeweils 10 Messwerte im unteren Bereich von $20 - 100 Hz$ aufgenommen und weitere 5 im oberen Bereich von $100 - 500 Hz$. Nach wie vor wird hier die Impedanz der Spule mithilfe einer linearen Regression der Messwerte als Funktion $|Z(f)|$ dargestellt werden.

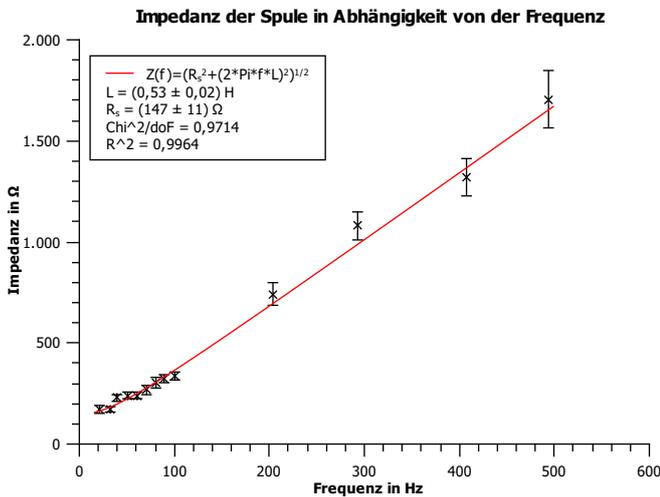


Abbildung 3: Regression und Abhängigkeit der Impedanz der Spule von der Frequenz im Wechselstromkreis. (Die letzten drei Messwerte waren 1 Magnitude zu hoch da sie falsch aufgeschrieben wurden. Dies wurde nachträglich korrigiert)

II.3 Resonanzfrequenz

Mithilfe der obigen Werte für den Versuch mit der Spule kann nun ebenfalls die Resonanzfrequenz mittels der Formel $f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$ aus den ermittelten Werten für L und C berechnet werden.

$$f_{res} = (725 \pm 19) Hz$$

Die Resonanzfrequenz wurde separat im Versuch experimentell bestimmt und der Mittelwert errechnet.

$$f_{res_{Exp}} = 739,75 Hz$$

II.4 Reihenschwingkreis

Zuletzt wird in die Schaltung des Versuches als Mesobjekt eine Reihenschaltung aus einem Kondensator und eine Spule eingesetzt. Diese bilden dann einen sogenannten elektromagnetischen Schwingkreis, an dem ein elektrischer Strom in der Lage ist, in einem Auf- und Entladungsprozess des Kondensators aufgrund der Induktion der Spule zu oszillieren. Dieser komplexe Zweipol besitzt somit auch eine bestimmte Impedanz die mithilfe einer linearen Regression der Messwerte als Funktion der Frequenz $|Z(f)|$ grafisch dargestellt werden können.

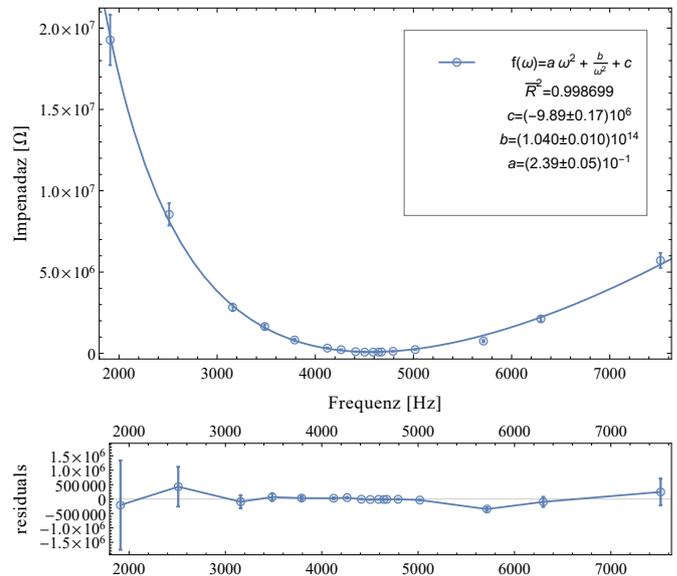


Abbildung 4: Regression und Abhängigkeit der Impedanz des Schwingkreises von der Frequenz im Wechselstromkreis.

III Diskussion

Die für die Impedanz erwartete lineare Abhängigkeit von der Frequenz in den Versuchen mit dem Kondensator und der Spule entspricht den erhaltenen Regressionen aus den Messwerten. Auch die aus den Impedanzwerten der Spule erhaltene Resonanzfrequenz für die Oszillation des Signals von $f_{res} = (725 \pm 19) Hz$ stimmt ganz gut mit dem direkt gemessenen Wert von $f_{res_{Exp}} = 739,75 Hz$ überein. Da die Impedanz das Verhältnis zwischen der Amplituden sinusförmiger Wechselspannungen und Wechselströme angibt, sowie deren Phasenverschiebung zueinander, ist die Aussage, dass dieses Verhältnis bei größeren Frequenzen steigt, ebenfalls im theoretischen Erwartungsbereich der durch diesen Versuch gezeigt wird.

IV Literatur

- [1] Fundamental Physical Constants; National Institute of Standards and Technology; 8. Februar 2021; <https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?esme>
- [2] Dr. Uwe Müller: *Physikalisches Grundpraktikum: Einführung in die Messung, Auswertung und Darstellung experimenteller Ergebnisse in der Physik*, 2007

