

AUFGABEN

- Bestimmung des Wechselstromwiderstandes bei Reihen- und Parallelschaltung von kapazitivem und induktivem Widerstand in Abhängigkeit von der Frequenz
- Bestimmung der Resonanzfrequenz in Abhängigkeit von Induktivität und Kapazität.
- Beobachtung der Änderung der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung bei der Resonanzfrequenz.

ZIEL

Bestimmung des Wechselstromwiderstandes in einem Stromkreis mit induktivem und kapazitivem Widerstand

ZUSAMMENFASSUNG

Wechselstromkreise mit induktiven und kapazitiven Widerständen zeigen Resonanzverhalten. Bei der Resonanzfrequenz wird der Widerstand der Reihenschaltung aus induktivem und kapazitivem Widerstand Null, der Widerstand der Parallelschaltung dagegen unendlich groß. Im Experiment wird dies mit einem Oszilloskop untersucht, dazu liefert ein Funktionsgenerator Wechselspannungen zwischen 50 und 20000 Hz.

BENÖTIGTE GERÄTE

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
1	Steckplatte für Bauelemente	1012902
1	Kondensator 1 μF , 100 V, P2W19	1012955
1	Kondensator 4,7 μF , 63 V, P2W19	1012946
1	Spule mit 600 Windungen S	1001000
1	Spule mit 1200 Windungen S	1001002
1	Widerstand 10 Ω , 2 W, P2W19	1012904
1	Funktionsgenerator FG 100 (230 V, 50/60 Hz)	1009957 oder
	Funktionsgenerator FG 100 (115 V, 50/60 Hz)	1009956
1	USB-Oszilloskop 2x50 MHz	1017264
2	HF-Kabel, BNC/4-mm-Stecker	1002748
1	Satz 15 Experimentierkabel 1 mm ²	1002840

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Induktive Widerstände in Wechselstromkreisen nehmen mit steigender Frequenz des Wechselstromes zu, während kapazitive Widerstände abnehmen. Daher zeigen Reihen- oder Parallelschaltungen aus kapazitiven und induktiven Widerständen Resonanzverhalten. Man spricht von Schwingkreisen, weil Strom und Spannung zwischen Kapazität und Induktivität hin und her schwingen. Ein zusätzlicher ohmscher Widerstand dämpft diese Schwingung.

2

Zur Berechnung der Reihen- oder Parallelschaltungen weist man der Einfachheit halber einer Induktivität L den komplexen Widerstand

$$(1) \quad X_L = i \cdot 2\pi \cdot f \cdot L$$

f : Frequenz des Wechselstromes

und einer Kapazität C den komplexen Widerstand

$$(2) \quad X_C = \frac{1}{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot C}$$

zu. Für Gesamt-widerstand in einer Reihenschaltung ohne ohmschen Widerstand gilt dann

$$(3) \quad Z_S = i \cdot \left(2\pi \cdot f \cdot L - \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \right),$$

während sich die Parallelschaltung wie folgt berechnen lässt.

$$(4) \quad \frac{1}{Z_P} = -i \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L} - 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \right)$$

Bei der Resonanzfrequenz

$$(5) \quad f_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

verschwindet also der Widerstand Z_S der Reihenschaltung aus induktivem und kapazitivem Widerstand; d.h. die Spannungen an beiden Einzelwiderständen sind entgegengesetzt gleich. Der Betrag des Widerstandes Z_P der Parallelschaltung wird dagegen unendlich groß, d.h. die Einzelströme sind entgegengesetzt gleich. Bei der Resonanzfrequenz wechselt außerdem die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung ihr Vorzeichen. Im Experiment werden Schwingkreise als Reihen- oder Parallelschaltung von Kapazität und Induktivität aufgebaut. Ein Funktionsgenerator dient als Spannungsquelle mit einstellbarer Frequenz und Amplitude. Mit einem Oszilloskop werden Strom und Spannung in Abhängigkeit von der eingestellten Frequenz gemessen. Spannung U und Strom I werden an einem Oszilloskop dargestellt; dabei entspricht I dem Spannungsabfall an einem kleinen Arbeitswiderstand.

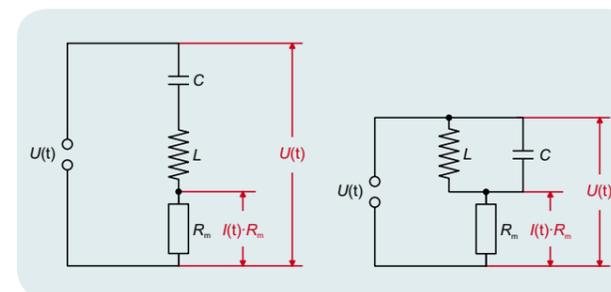


Abb. 1: Messanordnung bei Reihenschaltung

Abb. 2: Messanordnung bei Parallelschaltung

AUSWERTUNG

Am Oszilloskop abgelesen werden für jede Frequenz f die Phasenverschiebung ϕ sowie die Amplituden I_0 und U_0 . Daraus berechnet wird der Betrag des Gesamt-widerstandes $Z_0 = \frac{U_0}{I_0}$.

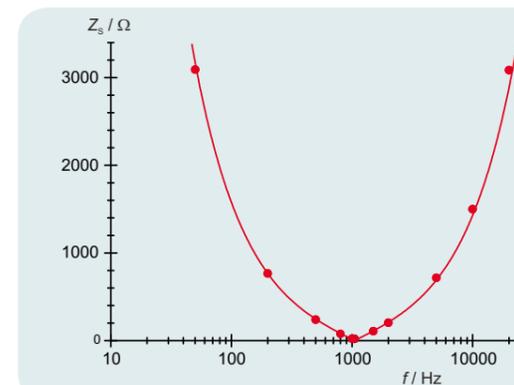


Abb. 3: Wechselstromwiderstand der Reihenschaltung in Abhängigkeit von der Frequenz

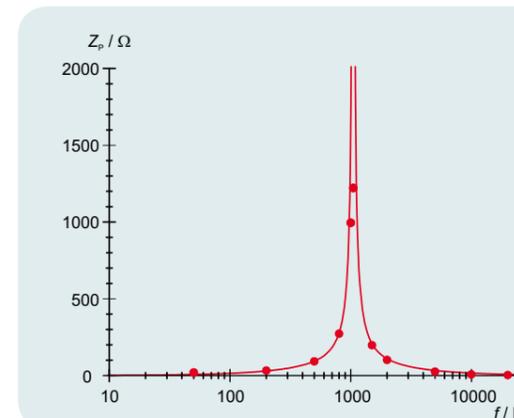


Abb. 4: Wechselstromwiderstand der Parallelschaltung in Abhängigkeit von der Frequenz

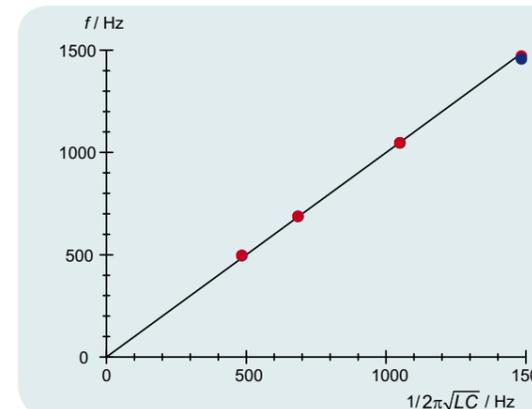


Abb. 5: Vergleich zwischen gemessener und berechneter Resonanzfrequenz für eine Reihenschaltung (rot) und eine Parallelschaltung (blau)