


AUFGABEN:

- Bestimmung von Amplitude und Phase des Gesamtwiderstandes in Abhängigkeit von der Frequenz bei Reihenschaltung.
- Bestimmung von Amplitude und Phase des Gesamtwiderstandes in Abhängigkeit von der Frequenz bei Parallelschaltung.

ZIEL

Bestimmung des Wechselstromwiderstandes in einem Stromkreis mit induktivem und ohmschem Widerstand.

ZUSAMMENFASSUNG

In Wechselstromkreisen sind neben ohmschen auch induktive Widerstände zu betrachten. Die Kombination von beiden kann in Reihe oder parallel geschaltet sein. Hiervon hängen die Amplituden sowie die Phase von Strom und Spannung ab. Im Experiment wird dies mit einem Oszilloskop untersucht, dazu liefert ein Funktionsgenerator Wechselspannungen zwischen 50 und 10000 Hz.

BENÖTIGTE GERÄTE

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
1	Steckplatte für Bauelemente	1012902
1	Widerstand 1 Ω, 2 W, P2W19	1012903
1	Widerstand 100 Ω, 2 W, P2W19	1012910
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
1	Spule mit 600 Windungen S	1001000
1	Spule mit 1200 Windungen S	1001002

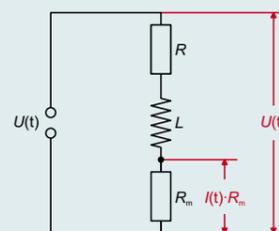
2


Abb. 1: Messanordnung bei Reihenschaltung.

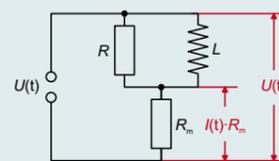


Abb. 2: Messanordnung bei Parallelschaltung.

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

In Wechselstromkreisen weist man Schaltungen mit Induktivitäten der Einfachheit halber komplexe Widerstände zu, da hier neben den Amplituden von Strom und Spannung auch die Phasenbeziehungen zwischen beiden zu betrachten sind. Reihen- und Parallelschaltungen von induktiven und ohmschen Widerständen lassen sich dann sehr einfach beschreiben. Auch Spannung und Strom werden als komplexe Größen betrachtet. Messbar ist jeweils deren Realteil.

Der komplexe Widerstand einer Spule mit der Induktivität L in einem Wechselstromkreis mit der Frequenz f ist

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

mit $\omega = 2\pi \cdot f$

Daher hat die Reihenschaltung der Spule mit einem ohmschen Widerstand R den Gesamtwiderstand

$$(2) \quad Z_s = i \cdot 2\pi \cdot f \cdot L + R,$$

während der Parallelschaltung der Gesamtwiderstand

$$(3) \quad Z_p = \frac{1}{\frac{1}{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot L} + \frac{1}{R}}$$

zugewiesen werden kann. In der gebräuchlichen Schreibweise

$$(4) \quad Z = Z_0 \cdot \exp(i \cdot \varphi).$$

wird daraus

$$(5) \quad Z_s = \sqrt{(2\pi \cdot f \cdot L)^2 + R^2} \cdot \exp(i \cdot \varphi_s)$$

mit $\tan \varphi_s = \frac{2\pi \cdot f \cdot L}{R}$

und

$$(6) \quad Z_p = \frac{2\pi \cdot f \cdot L \cdot R}{\sqrt{(2\pi \cdot f \cdot L)^2 + R^2}} \cdot \exp(i \cdot \varphi_p)$$

mit

$$\tan \varphi_p = \frac{R}{2\pi \cdot f \cdot L}.$$

Im Experiment erzeugt ein Funktionsgenerator Wechselspannungen mit einstellbaren Frequenzen f zwischen 50 und 10000 Hz. Spannung U und Strom I werden an einem Oszilloskop dargestellt; dabei entspricht I dem Spannungsabfall an einem kleinen Arbeitswiderstand. Gemessen werden so die Realteile einer am jeweiligen Widerstand Z anliegenden Spannung

$$(7) \quad U = U_0 \cdot \exp(i \cdot 2\pi \cdot f \cdot t)$$

und des hervorgerufenen Stroms

$$(8) \quad I = \frac{U_0}{Z_0} \cdot \exp(i \cdot (2\pi \cdot f \cdot t - \varphi)) \\ = I_0 \cdot \exp(i \cdot (2\pi \cdot f \cdot t - \varphi))$$

Am Oszilloskop abgelesen werden jeweils die Amplituden I_0 und U_0 sowie die Phasenverschiebung φ .

AUSWERTUNG

Der Betrag des Gesamtwiderstandes $Z_0 = \frac{U_0}{I_0}$ wird in Abhängigkeit von

der Frequenz f bzw. in Abhängigkeit vom induktiven Widerstand $\chi_L = 2\pi \cdot f \cdot L$ dargestellt. Bei großem induktivem Widerstand nimmt die Reihenschaltung den Wert des induktiven Widerstandes und die Parallelschaltung den Wert des ohmschen Widerstandes an. Die Phasenverschiebung liegt zwischen 0° und 90° und beträgt 45° , wenn ohmscher und induktiver Widerstand gleich sind.

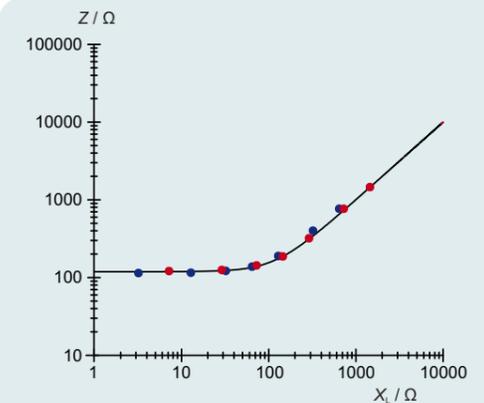


Abb. 3: Gesamtwiderstand bei Reihenschaltung.

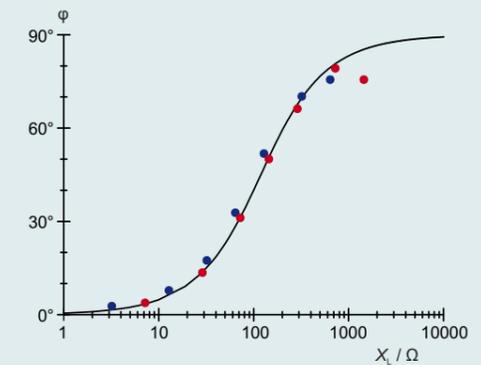


Abb. 4: Phasenverschiebung bei Reihenschaltung.

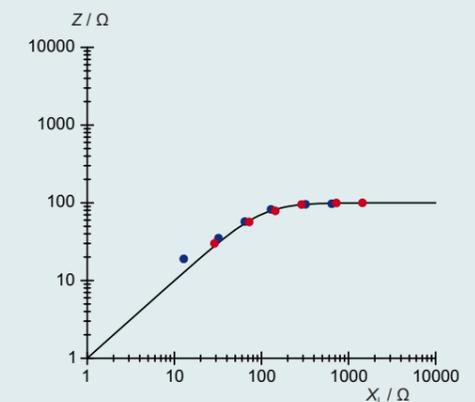


Abb. 5: Gesamtwiderstand bei Parallelschaltung.

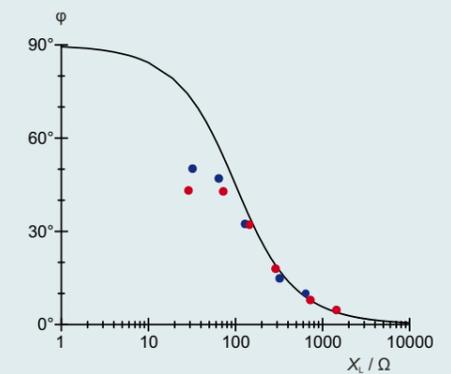


Abb. 6: Phasenverschiebung bei Parallelschaltung.