

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 kapazitivem und ohmschem Widerstand.

ZUSAMMENFASSUNG

In Wechselstromkreisen sind neben ohmschen auch kapazitive 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 2000 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 | Kondensator 10 μF, 35 V, P2W19 | 1012957 |
| 1 | Kondensator 1 μF, 100 V, P2W19 | 1012955 |
| 1 | Kondensator 0,1 μF, 100 V, P2W19 | 1012953 |
| 1 | Funktionsgenerator FG 100 (230 V, 50/60 Hz) | 1009957 oder |
| 1 | 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

In Wechselstromkreisen weist man Schaltungen mit Kapazitäten 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 kapazitiven und ohmschen Widerständen lassen sich dann sehr einfach beschreiben. Auch Spannung und Strom werden als komplexe Größen betrachtet. Messbar ist jeweils deren Realteil.

2

Der komplexe kapazitive Widerstand eines Kondensators mit der Kapazität C in einem Wechselstromkreis mit der Frequenz f ist

$$(1) \quad X_c = \frac{1}{i \cdot \omega \cdot C}$$

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

Daher hat die Reihenschaltung des Kondensators mit einem ohmschen Widerstand R den Gesamtwiderstand

$$(2) \quad Z_s = \frac{1}{i \cdot \omega \cdot C} + R$$

während der Parallelschaltung der Gesamtwiderstand

$$(3) \quad Z_p = \frac{1}{i \cdot \omega \cdot C + \frac{1}{R}}$$

zugewiesen werden kann.

In der gebräuchlichen Schreibweise

$$(4) \quad \text{wird daraus} \quad Z = Z_0 \cdot \exp(i \cdot \varphi)$$

$$(5) \quad Z_s = \frac{\sqrt{1 + (\omega \cdot C \cdot R)^2}}{\omega \cdot C} \cdot \exp(i \cdot \varphi_s)$$

mit
$$\tan \varphi_s = -\frac{1}{\omega \cdot C \cdot R}$$

und

$$(6) \quad Z_p = \frac{R}{\sqrt{1 + (\omega \cdot C \cdot R)^2}} \cdot \exp(i \cdot \varphi_p)$$

mit
$$\tan \varphi_p = -\omega \cdot C \cdot R$$

Im Experiment erzeugt ein Funktionsgenerator Wechselspannungen mit einstellbaren Frequenzen f zwischen 50 und 2000 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

$$(7) \quad U = U_0 \cdot \exp(i \cdot \omega \cdot t)$$

und des hervorgerufenen Stroms

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

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

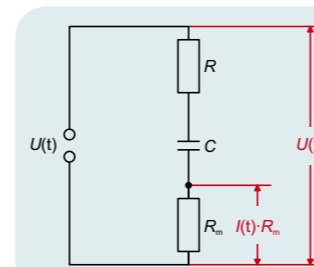


Abb. 1: Messanordnung bei Reihenschaltung.

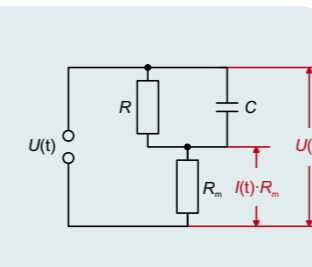


Abb. 2: Messanordnung bei Parallelschaltung.

AUSWERTUNG

Der Betrag des Gesamtwiderstandes $Z_0 = \frac{U_0}{I_0}$ wird in Abhängigkeit von der Frequenz f bzw. in Abhängigkeit vom kapazitiven Widerstand $X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$ dargestellt. Bei kleinen Frequenzen nimmt die Reihenschaltung den Wert des kapazitiven Widerstandes und die Parallelschaltung den Wert des ohmschen Widerstandes an. Die Phasenverschiebung liegt zwischen 0° und -90° und beträgt -45° , wenn ohmscher und kapazitiver Widerstand gleich sind.

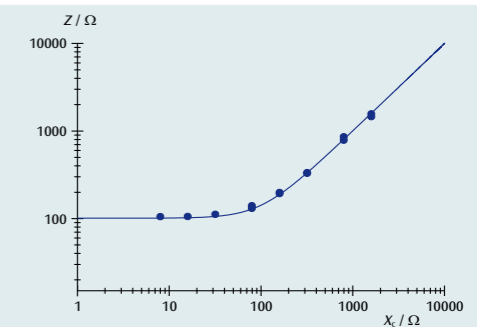


Abb. 3: Gesamtwiderstand bei Reihenschaltung.

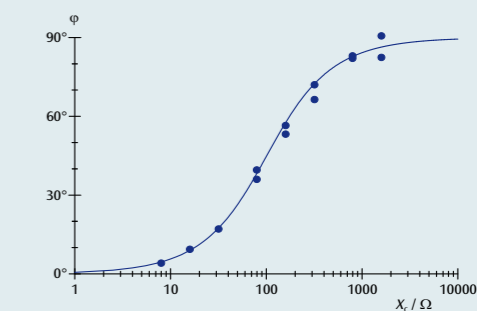


Abb. 4: Phasenverschiebung bei Reihenschaltung.

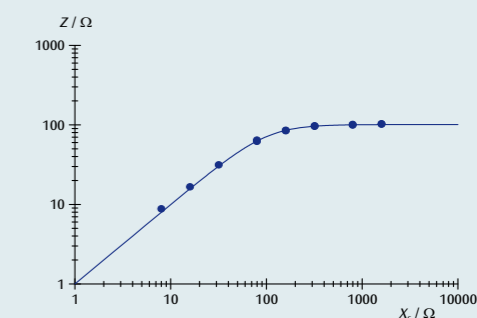


Abb. 5: Gesamtwiderstand bei Parallelschaltung.

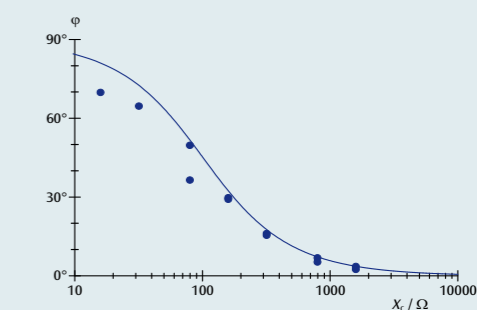


Abb. 6: Phasenverschiebung bei Parallelschaltung.