

## Aufgabe

Weise nach, dass eine Spule in einem Wechselstromkreis neben dem ohmschen Widerstand ihrer Drahtwicklung einen zusätzlichen Widerstand besitzt, und untersuche, wovon dieser zusätzliche Widerstand abhängig ist.

## Material

Steckplatte	06033.00	1
Ausschalter	39139.00	1
Lampenfassung E10	17049.00	2
Glühlampe 6 V/0,5 A, E10, 2 Stück aus	35673.03	(1)
Widerstand 47 $\Omega$	39104.62	1
Spule 400 Wdg.	07829.01	1
Spule 1600 Wdg.	07830.01	1
U-Kern	07832.00	1
Joch	07833.00	1
Spannschraube	07834.00	1
Leitungsbaustein	39120.00	3
Verbindungsleitung, 25 cm, rot	07360.01	2
Verbindungsleitung, 25 cm, blau	07360.04	1
Verbindungsleitung, 50 cm, rot	07361.01	2
Verbindungsleitung, 50 cm, blau	07361.04	2
Vielfachmessinstrument	07028.01	1
Netzgerät 0...12 V-, 6 V~, 12 V~	13505.93	1

- Netzgerät einschalten und Gleichspannung 12 V einstellen
- Stromkreis schließen und Helligkeit der Glühlampen beobachten und vergleichen, Ergebnis notieren (1)
- Stromkreis in schneller werdender Folge schließen und öffnen; dabei die Glühlampen beobachten und Beobachtung notieren (2)
- Netzgerät ausschalten

## 2. Versuch

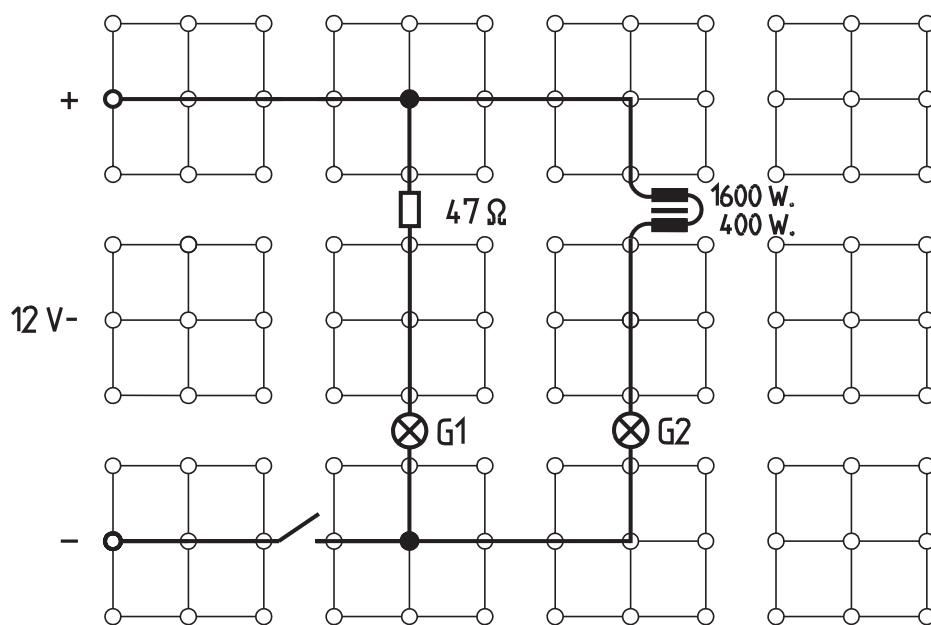
- Versuch entsprechend Abb. 2 aufbauen; Messbereich 30 mA~ wählen; Stromkreis ist zunächst geöffnet, die Spulen sind zunächst wie beim 1. Versuch in Reihe geschaltet
- Wechselspannung 6 V einstellen und Netzgerät einschalten
- Stromkreis schließen, Stromstärke messen und unter (3) in Tabelle 1 eintragen
- Anstelle der zwei in Reihe geschalteten Spulen (die zusammen 2000 Windungen haben) nur die Spule mit 1600 Wdg. im Stromkreis belassen, Stromstärke messen und notieren
- Messbereich auf 300 mA~ umschalten, Spule mit 1600 Wdg. gegen Spule mit 400 Wdg. austauschen und in gleicher Weise verfahren
- Weiterhin die Spule mit 400 Wdg. im Stromkreis belassen; Joch (I-Kern) des Eisenkerns entfernen, Stromstärke messen und notieren
- Zuletzt auch den U-Kern entfernen, Stromstärke messen und notieren
- Netzgerät ausschalten

## Aufbau und Durchführung

### 1. Versuch

- Spulen auf den U-Kern setzen
- U-Kern und Joch mit der Spannschraube fest aufeinander pressen
- Versuch entsprechend Abb. 1 aufbauen; Schalter zunächst öffnen

Abb. 1



## Beobachtungen und Messergebnisse

(1)

---

---

---

(2)

---

---

---

---

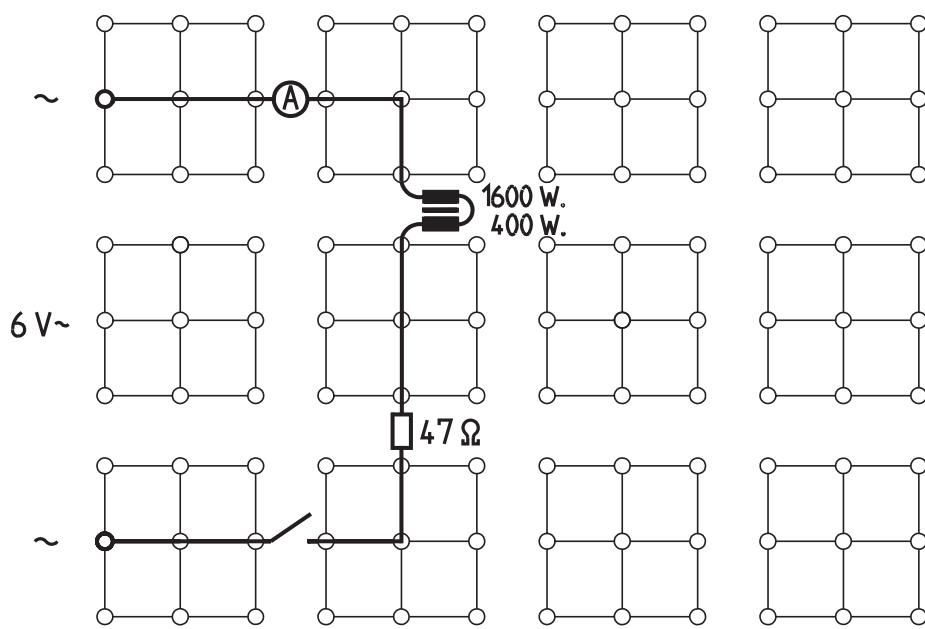
---

---

---

---

Abb. 2





## Wie verhält sich eine Spule im Wechselstromkreis?

EEP  
10.3

S

### (3) Tabelle 1

Spule mit	$U/V$	$I/mA$	$R_\sim/\Omega$	$R_\perp/\Omega$
2000 Wdg., U- und I-Kern				
1600 Wdg., U- und I-Kern				
400 Wdg., U- und I-Kern				
400 Wdg. und U-Kern				
400 Wdg.				

## Auswertung

1. Welche Schlussfolgerung kann in Bezug auf die Stromstärken und die Widerstände in den beiden Zweigen aus der unter (2) notierten Beobachtung gezogen werden?

---

---

---

---

---

---

2. Berechne die Wechselstromwiderstände  $R_{\sim}$ , die sich aus den Messwerten in Tabelle 1 ergeben, und trage Deine Ergebnisse in die vorletzte Spalte der Tabelle 1 ein.
  3. Trage in die letzten Spalte der Tabelle 1 den Widerstandswert  $R_{\perp}$  für Gleichspannung ein, den die Spule und der Widerstand jeweils zusammen haben (addiere die aufgedruckten Widerstandswerte).
  4. Vergleiche zeilenweise die Widerstandswerte in Tabelle 1, die die Reihenschaltung von Spule und Widerstand im Gleich- und im Wechselstromkreis jeweils hat.  
Die Unterschiede können nur auf das Verhalten einer Spule im Wechselstromkreis zurückgeführt werden. Erkläre den Unterschied zwischen den Widerständen, die eine Spule im Gleich- und im Wechselstromkreis hat.

5. Die Unterschiede zwischen  $R_1$  und  $R_2$  werden jeweils von dem induktiven Widerstand hervorgerufen, den jede Spule im Wechselstromkreis hat. Formuliere aufgrund der Ergebnisse beider Versuche, wovon der induktive Widerstand abhängig ist.

(Wie verhält sich eine Spule im Wechselstromkreis?)

Die Schüler wissen, dass in einer Spule im Gleichstromkreis eine Selbstinduktionsspannung erzeugt wird, wenn man den Stromkreis schließt oder unterbricht. Sie wissen ferner, welche Richtung die Selbstinduktionsspannung hat.

Auf der Basis dieses Wissens können sie wahrscheinlich voraussagen, welche Wirkungen es hat, wenn eine Spule von Wechselstrom durchflossen wird.

Der erste Versuch ermöglicht eine Aussage über die Frequenzabhängigkeit des zusätzlichen Widerstandes, den eine Spule im Wechselstromkreis gegenüber ihrem Widerstand im Gleichstromkreis hat. Zwar steht keine Wechselspannungsquelle veränderlicher Frequenz zur Verfügung, doch mit der durch Ein- und Ausschalten pulsierenden Gleichspannung kann man einen analogen Effekt erreichen.

Mit dem zweiten Versuch sollen halbquantitative Aussagen über die Abhängigkeit des induktiven Widerstandes von der Windungszahl und vom Spulenkern gewonnen werden.

## Hinweise zu Aufbau und Durchführung

Bei der Reihenschaltung der beiden Spulen mit Kern muss darauf geachtet werden, dass die Spulen nicht gegenseitig gepolt werden, da sich sonst die Magnetfelder der Spulen teilweise kompensieren.

Das Umschalten der Messbereiche beim zweiten Versuch lässt sich nicht vermeiden, weil die induktiven Widerstände innerhalb der Messreihe große Unterschiede haben sollen.

## Beobachtungen und Messergebnisse

- 1) Beide Glühlampen leuchten gleich hell.
- 2) Während die Glühlampe G1 gleich bleibend hell aufleuchtet, wird das Aufleuchten der Glühlampe G2 umso schwächer, je größer die Schaltfrequenz ist.

## Auswertung

1. Die Stromstärke im Zweig mit der Spule wird umso geringer, je größer die Schaltfrequenz ist; der Widerstand in diesem Zweig wächst mit der Schaltfrequenz. Im anderen Zweig bleibt der Widerstand konstant.
2. Siehe Tabelle 1, vorletzte Spalte.
3. Siehe Tabelle 1, letzte Spalte.
4. Die Widerstandswerte für  $R_{\sim}$  sind in jedem Fall größer als die für  $R_-$ . Der Unterschied ist am größten, wenn die Windungszahl am größten und der Eisenkern geschlossen ist.  
Im Wechselstromkreis wird in der Spule periodisch ein Magnetfeld auf- und abgebaut. Die dadurch entstehende Selbstinduktionsspannung wirkt der angelegten Wechselspannung entgegen und vermindert die Stromstärke.  
Im Gleichstromkreis tritt kein zusätzlicher Widerstand auf.
5. Der induktive Widerstand hängt von der Windungszahl der Spule und vom Spulenkern ab.  
Er ist umso größer, je größer die Windungszahl ist, und ist größer, wenn die Spule einen in sich geschlossenen Eisenkern hat.

## Anmerkungen

Es sollte vermieden werden, dass die Schüler den Unterschied zwischen  $R_{\sim}$  und  $R_-$  mit dem induktiven Widerstand gleich setzen, der sich aus der Beziehung

$$X_L = \omega \cdot L = 2 \pi \cdot f \cdot L$$

ergibt.

$R_{\sim}$  ist der Scheinwiderstand  $Z$ , und mit  $R_- = R$  gilt der Zusammenhang:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{R^2 + (\omega \cdot L)^2}.$$

$L$  ist die Induktivität, die in Henry (H) gemessen wird.

(3) Tabelle 1

Spule mit	$U/V$	$I / \text{mA}$	$R_{\sim}/\Omega$	$R_-/\Omega$
2000 Wdg., U- und I-Kern	6	4,2	1429	95
1600 Wdg., U- und I-Kern	6	6,0	1000	92
400 Wdg., U- und I-Kern	6	48	125	50
400 Wdg. und U-Kern	6	110	55	50
400 Wdg.	6	112	54	50

**L**

**EEP  
10.3**

## **Die Spule im Wechselstromkreis**



(Wie verhält sich eine Spule im Wechselstromkreis?)

Raum für Notizen