

Wechselstromwiderstände

1 Vorbereitung

- 1.1 Allgemeine Vorbereitung für die Versuche zur Elektrizitätslehre
- 1.2 Wechselspannung, Wechselstrom, Frequenz, Kreisfrequenz, Spitzen- und Effektivwerte von Spannung und Strom
Lit.: HAMMER 6.5.1
- 1.3 Spule, Induktivität, induktiver Wechselstromwiderstand
Lit.: HAMMER 6.5.2.3
- 1.4 Kondensator, Kapazität, kapazitiver Wechselstromwiderstand
Lit.: HAMMER 6.5.2.2
- 1.5 Reihen- und Parallelschaltung verschiedenartiger Widerstände im Wechselstromkreis
Lit.: HAMMER 6.5.2.4 - 6.5.2.5
- 1.6 Scheinwiderstand, Wirkwiderstand, Blindwiderstand
Lit.: HAMMER 6.5.2.3 - 6.5.2.4, WALCHER 5.1.5
- 1.7 Scheinleistung, Wirkleistung
Lit.: HAMMER 6.5.2.6
- 1.8 Ein- und Ausschalten von Gleichströmen in Spulen
Lit.: HAMMER 6.4.6, 6.4.6.1, 6.4.6.2 und Anhang 3.1
- 1.9 Induktionsgesetz Lit.: HAMMER 6.4.2
- 1.10 Hausaufgabe: siehe Anhang
- 1.11 Gerätebeschreibungen:
Alle Geräteanleitungen sind zu finden unter:
<https://www.physik.uni-wuerzburg.de/studium/bachelor/grundpraktikum/modulbeschreibungen/elektrizitaetslehre-und-schaltungen-els/>
Digital-Multimeter Voltcraft M 3610
Funktionsgenerator Agilent 33220A
Ozilloskop Tektronix TDS1001B
Frequenzmesser METEOR 100

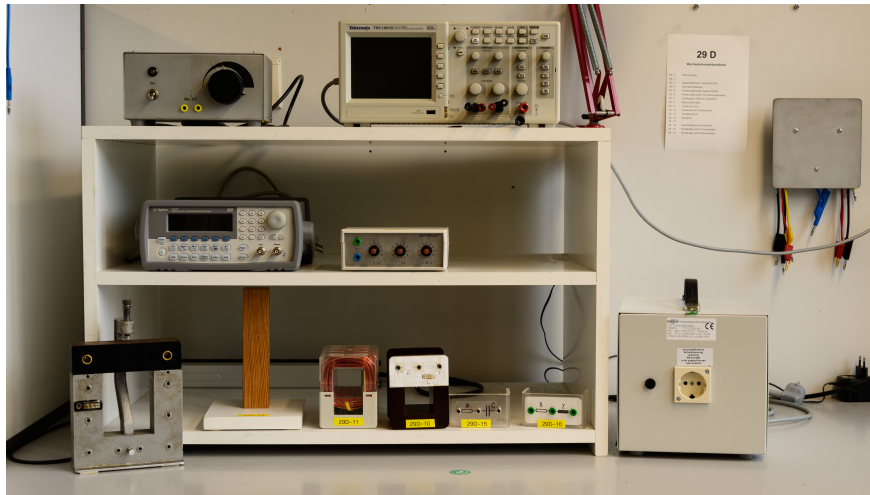


Abbildung 1: Aufbau zu Versuch 29

2 Aufgaben

2.1 Bestimmung von Wechselstromwiderständen durch Messungen mit dem Oszillographen

Der Oszillograph wird in diesem Versuchsteil verwendet, um die zeitliche Veränderung von Strom und Spannung in Wechselspannungskreisen darzustellen. Es werden frequenzabhängig die Widerstände und Phasenverschiebungen in R - R , R - C und R - L Kreisen gemessen.

Zur Messung von Widerständen benötigt man die Messung von Strom und Spannung. Mit dem Oszillographen lassen sich nur Spannungen messen. Will man eine Stromstärke bestimmen, dann muss man den Spannungsabfall an einem bekannten, in den Stromkreis geschalteten ohmschen Widerstand messen (siehe Schaltung Abb. 2). Da die Stromstärke in zwei hintereinandergeschalteten Widerständen in Betrag und Phase gleich ist, ist die Stromstärke auch in dem in Serie zu R geschalteten (komplexen) Verbraucher Z gleich der Stromstärke in R .

Bei Messungen mit dem Oszillographen wird ein Pol der zu messenden Spannungsquelle an die Eingangsbuchse des Oszillographen, der andere Pol an die Erdbuchse angeschlossen. Ist die Spannungsquelle nicht erdfrei, dann muss stets Erde mit Erde verbunden werden. Ist die Spannungsquelle erdfrei, dann wird sie durch die Messung geerdet. Will man mit einem Zweistrahloszillographen zwei verschiedene Spannungen in *einer* Schaltung gleichzeitig messen, dann müssen diese Spannungen gegen *einen* Punkt der Schaltung gemessen werden, der dann der Erdpunkt ist. Im Fall der Schaltung Abb. 2 muss dann die Spannungsquelle erdfrei sein. Da die an R gemessene Spannung in vorstehender Schaltung um π verschoben gemessen wird, muss das Signal an CH I invertiert werden, um die richtige Phase sichtbar zu machen. Die Frequenz wird bei den folgenden Versuchen stets mit dem Frequenzmesser (FM) gemessen. Beachten Sie die Gerätebeschreibung für den Frequenzmesser bezüglich seiner Verwendung in Netzwerken! Der Ausgang des Generators Agilent 33220A ist geerdet. Die Amplitude sollte relativ hoch eingestellt werden.

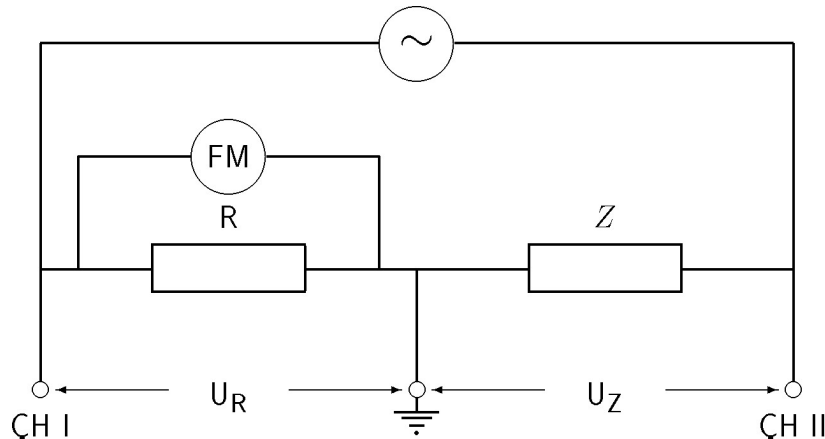


Abbildung 2:

2.1.1 Ohmscher Widerstand

Man benutze die Schaltplatte (29-16), messe den Widerstand R mit dem Digital-Multimeter und bestimme durch Strom- und Spannungsmessung den Scheinwiderstand von Z . Man führe die Messungen für $f = 100 \text{ Hz}$ und 1 kHz durch und vergleiche die Scheinwiderstände bei diesen Frequenzen. Man bestimme auch die Phasendifferenz zwischen I und U und prüfe, ob es sich bei Z um einen ohmschen (frequenzunabhängigen) Widerstand handelt. Man gebe R_Z als Mittelwert der beiden Messungen an.

2.1.2 Kondensator

Man benutze die Schaltplatte (29-15) und messe I und U für $f = 100 \text{ Hz}$, 500 Hz , 1 kHz , 5 kHz und 10 kHz und auch die jeweilige Phasenverschiebung zwischen I und U . Man berechne die Scheinwiderstände für alle Frequenzen und trage die Widerstände als Funktion der Frequenz auf doppeltlogarithmischem Papier auf. Man zeichne eine mittlere Gerade und entnehme dieser Geraden ein (nicht gemessenes) Wertepaar (f, R_Z) und berechne die Kapazität des Kondensators.

2.1.3 Induktivität

Man benutze die R - L -Kombination (29-10). Mit dem Digital-Multimeter wird der Vorwiderstand R und der Gleichstromwiderstand R_{Sp} der Induktivität gemessen. Für die unter Kap. 2.1.2 angeführten Frequenzen messe man Strom und Spannung und die Phasenverschiebung. Man berechne den Scheinwiderstand R_Z der Spule und ferner

$$R_L = \omega L = \sqrt{R_Z^2 - R_{Sp}^2}.$$

Man trage auf doppelt-logarithmischem Papier (auf ein Blatt) R_Z und R_L als Funktion von f auf. Für R_L zeichne man eine mittlere Gerade, für R_Z eine mittlere Kurve ein. Man entnehme der mittleren Geraden ein nicht gemessenes Wertepaar (f, R_L) und bestimme die Induktivität der Spule. Bei $f = 1 \text{ kHz}$ messe man die Induktivität mit Eisenkern, indem man die Spule über einen Schenkel des U-Kerns schiebt. Dann schließe man den U-Kern mit dem Eisenjoch, schraube dieses fest und bestimme zusätzlich die Induktivität mit diesem geschlossenen Eisenkern.

2.2 Induktion

Untersuchung von Induktion sowie der Frequenzabhängigkeit der Induktionsspannung. Einschaltvorgänge in R - L Kreisen. Induktion mit und ohne Eisenkern.

Legt man an die R - L -Kombination eine Sinus-Spannung

$$U = U_0 \sin(\omega t + \Delta\phi),$$

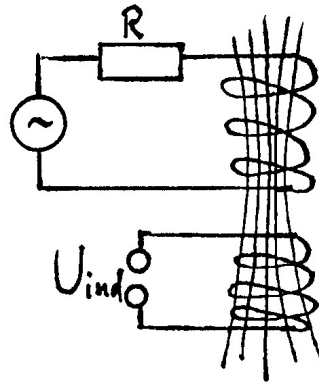


Abbildung 3: Schaltbild zur Induktion

dann fließt durch die Spule ein Strom

$$I = I_0 \sin(\omega t),$$

der in der Spule einen magnetischen Fluss erzeugt:

$$\Phi(t) = SI = SI_0 \sin(\omega t)$$

Stellt man eine Induktionsspule neben die erste Spule (siehe Abb. 3), dann durchdringt diese Spule ein Bruchteil b dieses Flusses, also $b \cdot \Phi(t)$. Da sich der Fluss zeitlich ändert, wird in der Sekundärspule eine Spannung U_{ind} induziert, die der Flussänderung proportional ist:

$$U_{\text{ind}} = Cb\Phi(t) = CbSI_0\omega \cos \omega t$$

S , b und C sind geometriebedingte Konstanten. I_0 wird bestimmt durch U_R^0/R wobei U_R^0 die an R abfallende Spannung ist. Wir können also schreiben

$$U_{\text{ind}} = U_{\text{ind}}^0 \cos \omega t = \underbrace{\frac{CbS}{R} U_R^0}_{U_{\text{ind}}^0} \omega \cos \omega t$$

$$\rightarrow \frac{U_{\text{ind}}^0}{U_R^0} = \text{const} \cdot \omega$$

2.2.1 Sinusförmiger Strom

Man messe U_R^0 und U_{ind} für $f = 100 \text{ Hz}$, 300 Hz , 1 kHz , 3 kHz und 10 kHz und trage U_{ind}/U_R gegen f auf doppeltlogarithmischem Papier auf und stelle fest, ob die Proportionalität zu ω gegeben ist. Die Induktionsspannung wird an den Buchsen A und E der Spule (29-11) abgegriffen. Die Spulen (29-11) und (29-10) werden über den Holzkern (29-14) geschoben.

2.2.2 Strom und Spannung an einer R - L -Schaltung

Für die Schaltung Abb. 4 werden verwendet:

- die R - L -Kombination (29-10) mit U-Kern und Joch (29-9)
- die Widerstandsdekade (29-4) als veränderlicher Widerstand
- der Generator (29-6) als Quelle für die Rechteck- und Dreiecksspannung

Für die Rechtecksspannung (leicht trapezförmig) von 1 kHz beobachte man den Stromverlauf (CH I) in Abhängigkeit vom Vorwiderstand und der angelegten Spannung (CH II). Wann wird dem Stromkreis ein Stromverlauf 'eingepägt', der weitgehend dem Spannungsverlauf entspricht? Wie ist dies zu erklären? Man wiederhole den Versuch für andere Frequenzen und auch für die Dreiecksspannung. Spannungs- und Stromverläufe sind im Protokollheft zu zeichnen und zu diskutieren.

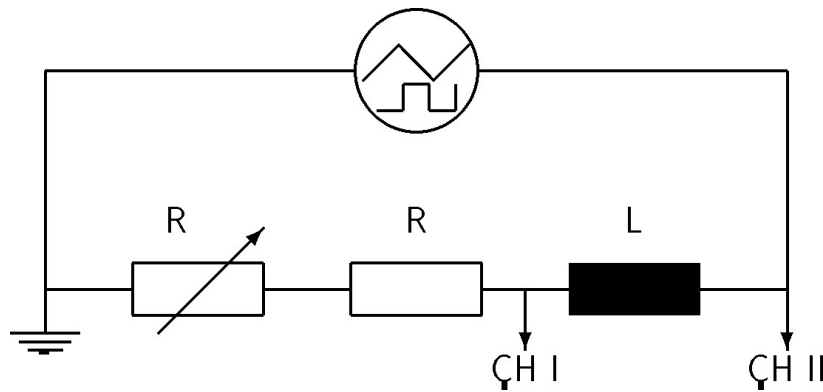


Abbildung 4:

2.2.3 Induktion mit angelegter Rechteckspannung

Zunächst wird die Induktionsspule (29-11) über den zweiten Schenkel des U-Kerns geschoben und das Joch wiederum geschlossen. Mit CH II wird die Induktionsspannung gemessen. Für verschiedene Stromverläufe (Vorwiderstände) wird die induzierte Spannung beobachtet und jeweils beide Verläufe im Protokollheft skizziert. Die Zusammenhänge werden mit dem Betreuer diskutiert. Interessant ist die Beobachtung der Induktionsspannung, wenn z.B. ein Blatt Papier zwischen Eisenkern und Joch gelegt wird.

2.2.4 Technische Wechselspannung

Der Generator (29-6) wird gegen den Transformator (29-8) ausgetauscht. Man beobachte den Stromverlauf. Durch die Belastung des Wechselstromnetzes wird die Netzspannung stark verformt. Sie weicht wesentlich von der Sinusform ab. Dies sieht man besonders deutlich an der induzierten Spannung. Beobachtet man das Oszillographenbild der Induktionsspannung über längere Zeit, dann kann man deutlich sehen, wie sich einzelne Verbraucher an das Netz schalten und wieder abschalten. Man skizziere das Beobachtete und vergleiche mit den unter 2.2.1 beobachteten Bildern.

3 Anhang

3.1 Stromverlauf an einem R - L -Stromkreis bei angelegter Rechteckspannung

Die Hausaufgabe ist in das Protokollheft einzutragen!

An einen Stromkreis nach HAMMER Abb. 6.4-11 werde folgende (Abb. 5) Rechteckspannung angelegt: An den Flanken A, C und E wird der Strom eingeschaltet und bei B und D ausgeschaltet.

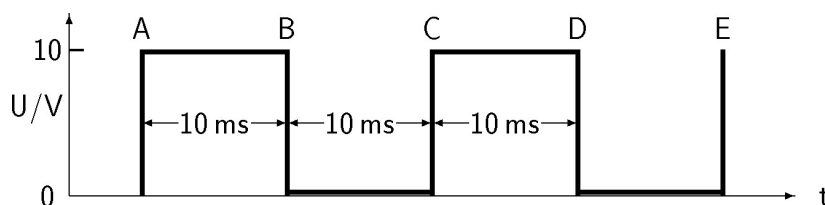


Abbildung 5:

Berechnen Sie den Stromverlauf in den Zeitintervallen zwischen A und B, zwischen B und C, sowie zwischen C und D und zeichnen Sie diese Stromverläufe in ein Bild ein für $L = 1 \text{ mH}$ und $R = 100 \Omega$, 10Ω und 1Ω .

3.2 Induktionsspannung

In einer Versuchsanordnung wie Aufgabe 2.2 fließen durch die Primärspule folgende Ströme (Abb. 6a - e): Wie sieht jeweils der Verlauf der Induktionsspannung aus? Zeichnen Sie Strom- und Spannungs-

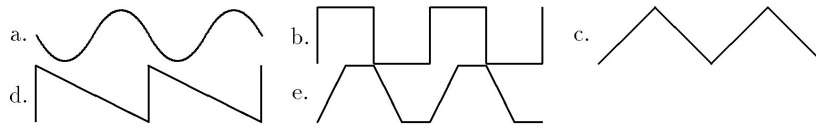


Abbildung 6:

verlauf (qualitativ) mit gleichem Zeitmaßstab untereinander in das Protokollheft.