


Department Informations- und Elektrotechnik	LABOR FÜR GRUNDLAGEN DER ELEKTROTECHNIK	 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg Hamburg University of Applied Sciences
Studiengruppe:	GEP1 – Versuch 4	Protokollführer (Name, Vorname):
Übungstag:		Weitere Übungsteilnehmer:
Professor:		
Messungen von Kapazitäten und Induktivitäten		

BRM 09/11, KPL 05/12, GNZ 11/13

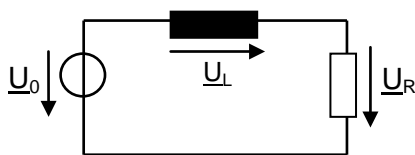
1. Einführung

In diesem Versuch sollen Sie die Wechselstromwiderstände von Kapazitäten und Induktivitäten messen.

2. Vorbereitung

Damit die Vorlesungsinhalte im Laborversuch praktisch vertieft werden können, müssen Sie sich auf jeden Laborversuch vorbereiten. Ihre Vorbereitung wird stichprobenartig überprüft. Sollten Sie nicht ausreichend vorbereitet zu einem Laborversuch erscheinen, können Sie von der Laborteilnahme ausgeschlossen werden. Folgende Fragestellungen sind vorzubereiten:

1. Erklären Sie die Begriffe Impedanz, Wirkwiderstand und Blindwiderstand
2. Welche Phasenverschiebung tritt zwischen der Spannung und dem Strom bei einer Induktivität auf?
3. Geben Sie die Amplitude der Spannung U_L an. Die sinusförmige Versorgungsspannung U_0 weist eine Amplitude von 3V auf. Die Amplitude der Spannung über dem Widerstand U_R beträgt 1,5V (bei einer Frequenz von 500Hz).



4. Zeichnen Sie zu der obigen Schaltung das Zeigerdiagramm der Spannungszeiger U_0 , U_L und U_R im Maßstab 1V : 2cm. In dieser Schaltung fließt ein Strom von 1A. Tragen Sie in das Zeigerdiagramm auch den Stromzeiger ein Maßstab 1A : 2cm.
5. Berechnen Sie zu der obigen Schaltung die Werte Induktivität und Widerstand.

3. Messen des Blindwiderstandes eines Kondensators

Der Blindwiderstand X_C eines Kondensators unbekannter Kapazität soll durch spannungsrichtige Messung bei verschiedenen Messfrequenzen bestimmt werden. Dazu muss bei jeder Messfrequenz die Spannung U_C am Kondensator sowie der Strom I_C durch den Kondensator gemessen werden. Führen Sie die Messung mit zwei Digitalmultimetern unter den folgenden Bedingungen durch:

$$U_C = 3V; f = 250\text{Hz}, 500\text{Hz und } 1000\text{Hz}$$

Als Signalquelle dient der Funktionsgenerator, achten Sie darauf, dass Sie ein sinusförmiges Signal eingestellt haben.

Der verwendete Kondensator ist als ideal anzusehen, d.h. er besitzt nur kapazitive Eigenschaften und hat keinen ohmschen Anteil. Damit beträgt der Phasenwinkel zwischen Spannung und Strom -90° und es gilt für den Blindwiderstand:

$$X_C = \frac{U_C}{I} = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Berechnen Sie für alle Messfrequenzen die Blindwiderstände sowie die Kapazität C und diskutieren Sie die Änderung des Blindwiderstands.

Messen Sie die Kapazität mit einer automatischen LRC Messbrücke bei $f = 1000\text{Hz}$ und vergleichen Sie diesen Wert mit Ihren Messungen. Die LRC Messbrücke ist im Laborraum nur einmal vorhanden, sie befindet sich auf einem separaten Messplatz.

4. Messung der Impedanz einer Luftspule

Die Impedanz Z_L einer Spule unbekannter Induktivität soll mit und ohne Eisenkern bestimmt werden. Führen Sie die Messung an der Spule mit $N = 900$ Windungen zunächst ohne Eisenkern durch. Es muss bei jeder Messfrequenz die Spannung U_L an der Spule, sowie der Strom I_L durch die Spule spannungsrichtig gemessen werden. Verwenden Sie für die Messung zwei Digitalmultimeter, messen Sie unter den folgenden Bedingungen:

$$U_L = 2V; f = 250\text{Hz}, 500\text{Hz und } 1000\text{Hz}$$

Die verwendete Spule ist als real anzusehen, d.h. als Reihenschaltung aus Induktivität und Widerstand. Der Phasenwinkel zwischen Spannung und Strom ist damit ungleich 90° . Für den Betrag der Impedanz gilt:

$$|Z_L| = \frac{|U_L|}{|I_L|}$$

Zur Bestimmung des Blindwiderstands X_L und damit der Induktivität L der Spule müssen Sie zunächst den ohmschen Widerstand R_L des Spulendrahts bestimmen. Führen Sie diese Messung mit einem digitalen Multimeter durch. Der Blindwiderstand und die Induktivität können nun mit Hilfe der folgenden Zusammenhänge berechnet werden:

$$|Z_L| = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} \quad \text{und} \quad X_L = \omega \cdot L \quad \text{sowie} \quad \varphi_L = \arctan\left(\frac{X_L}{R_L}\right)$$

Berechnen Sie für $f = 250\text{Hz}, 500\text{Hz und } 1000\text{Hz}$ die Blindwiderstände sowie die Induktivität L und die Impedanz (in Betrag und Phase). Diskutieren Sie die Änderung des Blindwiderstands.

Messen Sie die Induktivität Z_L mit einer automatischen LRC Messbrücke bei $f = 1000\text{Hz}$ und vergleichen Sie diesen Wert mit Ihren Berechnungen.

5. Messung der Impedanz einer Spule mit Eisenkern

Wiederholen Sie die Messungen aus Abschnitt 4 bei $f = 1\text{kHz}$, nachdem Sie die Luftspule mit einem geschlossenen Eisenkern versehen haben. Ermitteln Sie erneut den Blindwiderstand und berechnen Sie die Induktivität L . Gehen Sie von der folgenden Definition der Induktivität aus:

$$L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l}$$

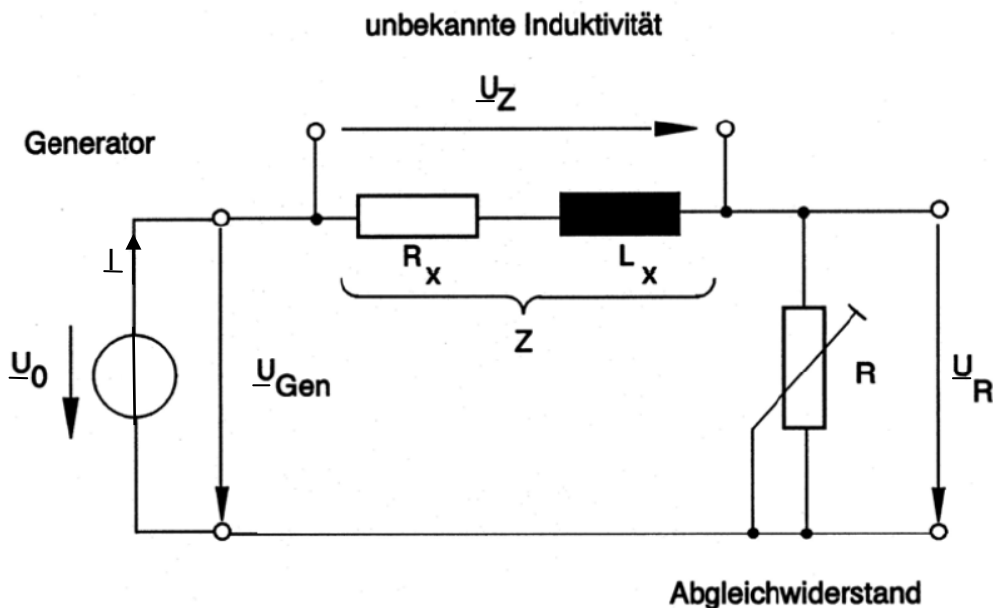
Im Vergleich zur Messung aus Abschnitt 4 sind die Querschnittsfläche A , die Anzahl der Windungen N sowie die Feldlinienlänge l gleich geblieben. Lediglich die relative Permeabilität μ_r hat sich durch die Verwendung des Eisenkerns geändert.

Schätzen Sie die relative Permeabilität des verwendeten Kernmaterials ab, indem Sie ihren Messwert für L mit dem Messwert aus Abschnitt 4 vergleichen.

6. Messung der Impedanz einer Spule mit der Methode "Drei Spannungsmesser"

Mit Hilfe der Methode "Drei Spannungsmesser" ist die Impedanz der Luftspule $N = 900$ zu bestimmen. Der ermittelte Phasenwinkel zwischen Spannung und Strom ist zusätzlich mit Hilfe eines Oszilloskops zu kontrollieren.

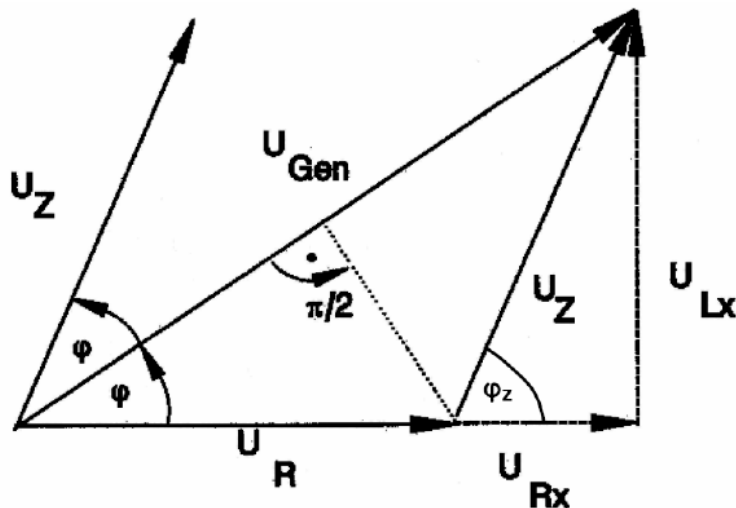
Die Drei-Spannungsmessermethode beruht auf folgender Messanordnung, wobei die Induktivität durch ihre Ersatzschaltung aus idealer Induktivität und ohmschem Widerstand dargestellt ist:



Die Spannungen $\underline{U}_{\text{Gen}}$ an der Wechselspannungsquelle, \underline{U}_Z an der Induktivität und \underline{U}_R an dem in Reihe geschalteten Widerstand werden jeweils mit dem Multimeter gemessen. Verwenden Sie die Widerstandsdekade als Abgleichwiderstand R .

Erzeugen Sie mit dem Funktionsgenerator eine sinusförmige Wechselspannung von 500Hz und einer Amplitude von 10V. Messen Sie mit einem digitalen Multimeter zunächst $|\underline{U}_{\text{Gen}}|$. Klemmen Sie dieses Multimeter dann um und messen $|\underline{U}_Z|$ während Sie mit dem zweiten digitalen Multimeter $|\underline{U}_R|$ messen. Der Abgleichwiderstand muss nun so eingestellt werden, dass gilt $|\underline{U}_Z| = |\underline{U}_R|$.

Für diesen Abgleichfall gilt folgendes Zeigerdiagramm:



Die Spannungszeiger \underline{U}_R und \underline{U}_Z addieren sich geometrisch zu \underline{U}_{Gen} (aus dem Maschenumlauf ergibt sich: $\underline{U}_{Gen} = \underline{U}_R + \underline{U}_Z$)

Wenn die Beträge von \underline{U}_R und \underline{U}_Z gleich sind, dann ergibt sich ein gleichschenkeliges Dreieck. Errichtet man die Mittelsenkrechte von \underline{U}_{Gen} , so entsteht ein rechtwinkliges Dreieck, dessen Ankathete $\underline{U}_{Gen}/2$ und dessen Hypotenuse \underline{U}_R ist. Der Winkel φ entspricht in diesem Fall dem Phasenwinkel zwischen \underline{U}_{Gen} und \underline{U}_R , er beträgt:

$$\varphi = \arccos\left(\frac{\frac{|\underline{U}_{Gen}|}{2}}{|\underline{U}_R|}\right) = \arccos\left(\frac{|\underline{U}_{Gen}|}{2 \cdot |\underline{U}_R|}\right)$$

Zur Kontrolle des ermittelten Phasenwinkels φ wird mit dem Oszilloskop der Phasenwinkel zwischen \underline{U}_{Gen} und \underline{U}_R nachgemessen. Schließen Sie hierzu die Spannungen \underline{U}_{Gen} und \underline{U}_R jeweils an einen Kanal des Oszilloskops an. Die Zeitdifferenz der beiden Signale im Nulldurchgang entspricht dem Phasenwinkel φ , unter der Voraussetzung, dass $|\underline{U}_Z| = |\underline{U}_R|$ gilt.

Mit Hilfe des Winkels φ kann die Spannung \underline{U}_{LX} bestimmt werden. Diese Spannung ist in dem rechtwinkligen Dreieck mit der Hypotenuse \underline{U}_{Gen} und der Ankathete $(\underline{U}_R + \underline{U}_{RX})$ sowie der Gegenkathete \underline{U}_{LX} enthalten. Es gilt damit:

$$|\underline{U}_{LX}| = |\underline{U}_{Gen}| \cdot \sin(\varphi)$$

$|\underline{U}_{RX}|$ ergibt sich aus dem rechtwinkligen Dreieck mit der Hypotenuse \underline{U}_Z und den Katheten \underline{U}_{RX} , \underline{U}_{LX} . Die Anwendung des Satzes des Pythagoras ergibt:

$$|\underline{U}_{RX}| = \sqrt{|\underline{U}_Z|^2 - |\underline{U}_{LX}|^2}$$

Der Betrag des Stromes \underline{I} kann über das ohmsche Gesetz anhand des Betrages der gemessenen Spannung \underline{U}_R und dem Wert des Abgleichwiderstandes R bestimmt werden:

$$|\underline{I}| = \frac{|\underline{U}_R|}{R}$$

Bei bekanntem Strom-Betrag $|\underline{I}|$ und bekannten Spannungen können R_x und der Betrag der Impedanz X_{LX} bestimmt werden:

$$R_x = \frac{|\underline{U}_{RX}|}{|\underline{I}|} \qquad X_{LX} = \frac{|\underline{U}_{LX}|}{|\underline{I}|}$$

Die Induktivität L ergibt sich über: $L_x = \frac{X_{LX}}{\omega}$

Vergleichen Sie ihre Ergebnisse für L_x und R_x mit ihren Messwerten aus Abschnitt 4.