	Laborpraktikum		Fachbereich A/I Elektrotechnik Prof. Dr. W. Baier
	Hochschule für angewandte Wissenschaften (FH) W e r n i g e r o d e	Versuch: ET 4 Version: 24.06.02	Thema: Gegeninduktivität / Reaktanzen

Versuchsziele

1. Bestimmung des Koppelfaktors magnetisch gekoppelter Kreise
2. Überprüfung der Rechenergebnisse der komplexen Rechnung der Wechselstromtechnik
3. Kennenlernen von Wirk-, Blind- und Scheinleistung im Wechselstromkreis

Versuchsgrundlagen und Versuchsvorbereitung

Im Wechselstromkreis wirken Induktivitäten und Kapazitäten wie Widerstände, an denen es jedoch zu einer Phasenverschiebung zwischen Spannung und Stromstärke kommt. Hierdurch bedingt treten völlig andere Leistungsverhältnisse auf, als es von ohmschen Widerständen bekannt ist. Man unterscheidet deshalb im Wechselstromkreis Wirkwiderstände sowie induktive bzw. kapazitive Blindwiderstände. Zum Messen der Phasenverschiebung werden 2-Kanal-Oszilloskope oder Vektorvoltmeter eingesetzt, die Darstellung der Spannungs-, Strom- und Leistungsverhältnisse erfolgt mit Hilfe von Zeigerdiagrammen. Wiederholen Sie für die Versuchsdurchführung des ersten Punktes auch die Theorie über die Bestimmung der Gegeninduktivität magnetisch gekoppelter Kreise.

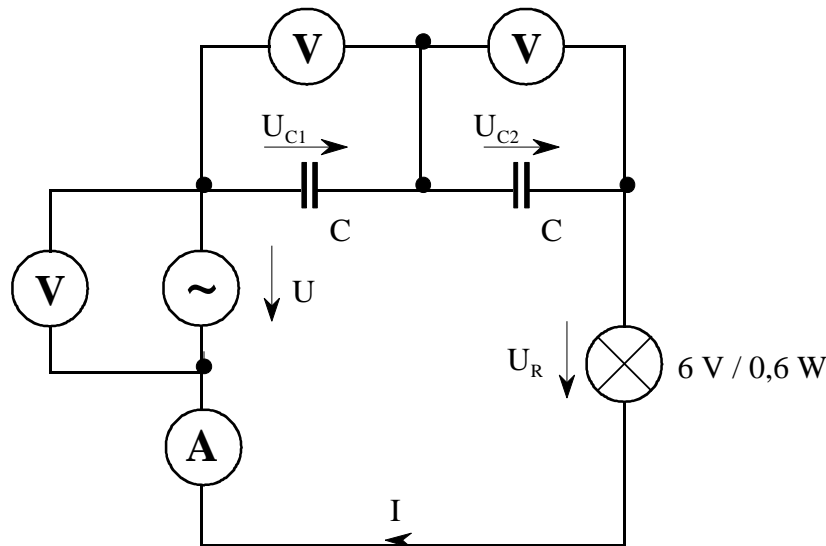
Versuchsdurchführung

1. Gegeninduktivität / Koppelfaktor

- M 1.1** Messen Sie die Induktivität der Spulen 1 und 2 mit maximaler Windungszahl
- a) ohne Eisenkern
 - b) mit geschlossenem Eisenkern!
- M 1.2** Schalten Sie die Spulen 1 und 2 mit max. Windungszahl (ohne Eisenkern) in Reihe und stellen sie diese axial unmittelbar hintereinander. Messen Sie die Gesamtinduktivität L_{ges1} dieser Anordnung. Drehen Sie dann **eine** der Spulen um 180° und messen Sie die Gesamtinduktivität L_{ges2} !
- M 1.3** Montieren Sie die Spulen in den geschlossenen Eisenkern und wiederholen Sie die Messungen nach 1.2 !
- A 1.4** Bestimmen Sie den Koppelfaktor k und die Gegeninduktivität M
- a) für Messung 1.2 (ohne Kern) !
 - b) für Messung 1.3 (mit geschlossenem Kern) !

2. Kreis mit Kapazität und Reihenwiderstand

Schalten Sie die MKT-Kondensatoren $C = 100 \mu\text{F}$ mit einer Glühlampe $6 \text{ V} / 0,6 \text{ W}$ in Reihe an eine 50-Hz-Wechselspannung von $U = 9 \text{ V}$ (Bild 2) ! Als Bezugsphasenwinkel soll $\varphi_i = 0^\circ$ gewählt werden!



Netzgerät:

AC Power Supply

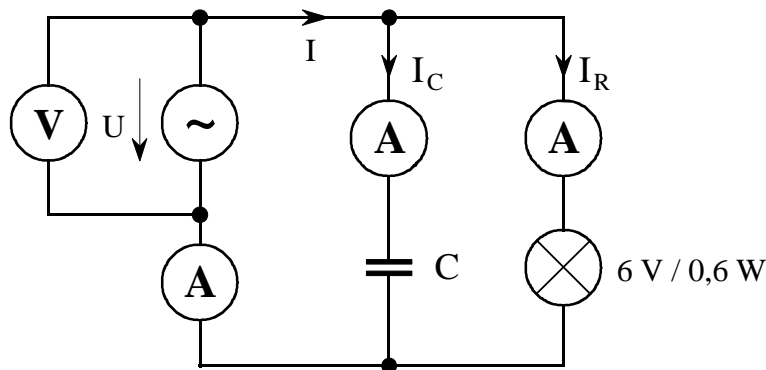
EA – 3048 – 10 A

Bild 2

- A 2.1 Berechnen Sie den kapazitiven Blindwiderstand X_C der Einzelkapazität C !
- A 2.2 Berechnen Sie die Gesamtimpedanz \underline{Z} nach Betrag und Phasenwinkel!
- A 2.3 Berechnen Sie die komplexe Stromstärke \underline{I} in der Reihenschaltung!
- A 2.4 Berechnen Sie die Teilspannungen \underline{U}_{C1} , \underline{U}_{C2} und \underline{U}_R !
- A 2.5 Zeichnen Sie das Zeigerbild der Spannungen und der Widerstände!
- A 2.6 Wie groß ist die zeitliche Verzögerung der Spannung U gegenüber der Stromstärke I in Millisekunden?
- A 2.7 Berechnen Sie die Wirk-, Blind- und Scheinleistung der Gesamtschaltung und zeichnen Sie das Zeigerbild der Leistungen! Wie groß ist der Leistungsfaktor $\cos \varphi$?
- M 2.8 Messen Sie die Stromstärke I in der Reihenschaltung. Kontrollieren Sie dabei die Speisespannung U !
- M 2.9 Messen Sie die Teilspannungen U_{C1} , U_{C2} und U_R !
- A 2.10 Wie kann die Stromstärke mittels Oszi gemessen werden? Geben Sie die Meßschaltung zur Darstellung von $i(t)$ auf dem Oszilloskop an!
- M 2.11 Ermitteln Sie den Phasenverschiebungswinkel φ zwischen der Stromstärke I und der Gesamtspannung U mittels Zweikanal-Oszilloskop!

3. Kreis mit Kapazität und Parallelwiderstand

Schalten Sie den MKT-Kondensator $C = 100 \mu\text{F}$ parallel zu einer Glühlampe $6 \text{ V} / 0,6 \text{ W}$ an eine Wechselspannung von $U = 7 \text{ V} / f = 50 \text{ Hz}$ (Bild 3)! Als Bezugsphasenwinkel soll $\varphi_u = 0^\circ$ gewählt werden!



Netzgerät:

AC Power Supply

EA – 3048 – 10 A

Bild 3

- A 3.1** Berechnen Sie den kapazitiven Blindleitwert B_C der Kapazität C !
- A 3.2** Berechnen Sie die Gesamtadmittanz \underline{Y} (Real- und Imaginärteil sowie Betrag und Winkel γ)! Wie groß ist der Phasenverschiebungswinkel φ ?
- A 3.3** Berechnen Sie die Gesamtstromstärke \underline{I} der Parallelschaltung in Polarform!
- A 3.4** Berechnen Sie die Teilströme \underline{I}_C und \underline{I}_R in Polarform!
- A 3.5** Zeichnen Sie das Zeigerbild der Ströme und der Leitwerte!
- A 3.6** Wie groß ist die zeitliche Verzögerung der Spannung U gegenüber der Stromstärke I in Millisekunden?
- A 3.7** Berechnen Sie die Wirk-, Blind- und Scheinleistung der Gesamtschaltung und zeichnen Sie das Zeigerbild der Leistungen!
- M 3.8** Messen Sie die Gesamtstromstärke I der Parallelschaltung! Kontrollieren Sie dabei die Speisespannung U !
- M 3.9** Messen Sie die Teilströme I_C und I_R !
- A 3.10** Berechnen Sie den Ersatzwiderstand und die Ersatzkapazität der äquivalenten R-C-Reihenschaltung!

4. Reihenschaltung gemischter Reaktanzen

Drei gleiche Ferritkernspulen ($L = 15 \text{ mH}$; $R_{Cu} = 1,4 \Omega$) sind in Reihe mit einem MKT-Kondensator mit der Kapazität $C = 100 \mu\text{F}$ und einer Glühlampe $12 \text{ V} / 15 \text{ W}$ ($R_{Gl} = 9,6 \Omega$) an eine 50 Hz - Wechselfspannung von $U = 26 \text{ V}$ (**Drehstromtrafo**) zu schalten (Bild 4).

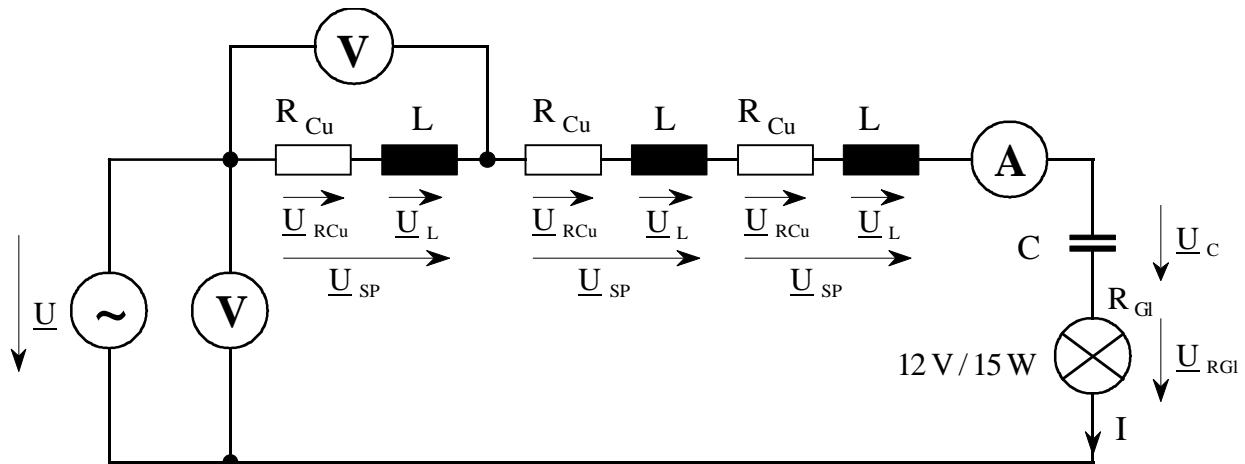


Bild 4

- A 4.1** Berechnen Sie die Impedanz \underline{Z} der Schaltung in algebraischer Form und in Polarform.
- A 4.2** Berechnen Sie die Stromstärke \underline{I} in der Reihenschaltung! Als Bezugsphasenwinkel soll $\varphi_i = 0^\circ$ gewählt werden.
- A 4.3** Berechnen Sie die Spulengüte einer Einzelspule und den Verlustfaktor $\tan \delta$!
- A 4.4** Berechnen Sie **alle** Teilspannungen und zeichnen Sie das maßstabgerechte Zeigerdiagramm der komplexen Spannungen auf Millimeterpapier. Berechnen Sie auch die komplexe Spannung \underline{U}_{SP} und zeichnen Sie diese in das Zeigerbild ein!
- A 4.5** Wie groß ist die zeitliche Verzögerung des Stromes \underline{I} gegenüber der Spannung \underline{U} in Millisekunden?
- A 4.6** Berechnen Sie die Wirk-, Blind- und Scheinleistung der Gesamtschaltung und zeichnen Sie das Zeigerbild der Leistungen!
- M 4.7** Messen Sie die Stromstärke \underline{I} in der Reihenschaltung. Kontrollieren Sie dabei die angelegte Speisespannung \underline{U} !
- M 4.8** Messen Sie alle Teilspannungen, messen Sie auch die Spannung \underline{U}_{SP} über der Einzelspule und vergleichen Sie mit den Ergebnissen der komplexen Rechnung!

Achtung! Am Kondensator tritt eine relativ hohe Teilspannung auf, deshalb ist die Berührung der Elektroden zu vermeiden !

5. Parallelschaltung gemischter Reaktanzen

Drei in Reihe geschaltete gleiche Ferritkernspulen ($L = 15 \text{ mH}$; $R_{\text{Cu}} = 1,4 \text{ } \Omega$) sind parallel zu zwei MKT-Kondensatoren mit der Kapazität $C = 100 \text{ } \mu\text{F}$ an eine 50 Hz -Wechselspannung von $U = 26 \text{ V}$ (**Drehstromtrafo**) zu schalten (Bild 5).

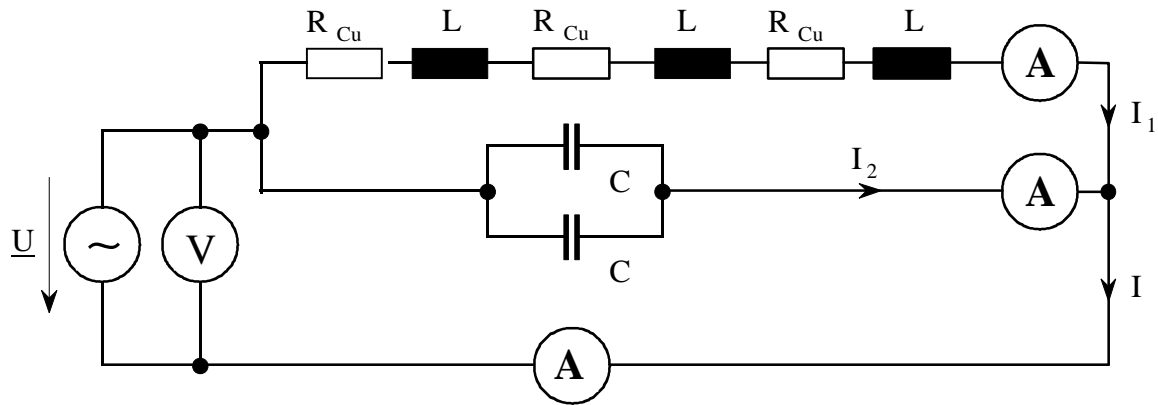


Bild 5

- A 5.1** Berechnen Sie die Admittanz \underline{Y} und die Impedanz \underline{Z} der Schaltung in algebraischer Form und in Polarform.
- A 5.2** Berechnen Sie die komplexen Teilstromstärken \underline{I}_1 und \underline{I}_2 sowie die Gesamtstromstärke \underline{I} in algebraischer Form und in Polarform!
- A 5.3** Zeichnen Sie das maßstabgerechte Zeigerdiagramm der komplexen Stromstärken! Wählen Sie als Bezugsphasenwinkel $\varphi_u = 0^\circ$.
- A 5.4** Berechnen Sie die Wirk-, Blind- und Scheinleistung der Gesamtschaltung und zeichnen Sie das Zeigerbild der Leistungen! Geben Sie den Leistungsfaktor $\cos \varphi$ an und interpretieren Sie das Ergebnis!
- M 5.5** Messen Sie die Teilstromstärken I_1 und I_2 sowie die Gesamtstromstärke I ! Vergleichen Sie die Meßwerte mit den Ergebnissen der komplexen Rechnung!

1.	komplexer Widerstand (Impedanz)	\underline{Z}	$\underline{Z} = R + jX = Z \cdot e^{j\varphi}$
2.	Scheinwiderstand (Betrag)	$Z, \underline{Z} $	$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = 1/Y$
3.	Wirkwiderstand (Resistanz)	R	$R = Z \cos \varphi = \operatorname{Re}\{\underline{Z}\}$
4.	Blindwiderstand (Reaktanz)	X	$X = Z \sin \varphi = \operatorname{Im}\{\underline{Z}\}$
	$\varphi = \arctan\left(\frac{X}{R}\right) = \varphi_u - \varphi_i$		$\theta = \arctan\frac{B}{G} = \varphi_i - \varphi_u = -\varphi$
5.	Komplexer Leitwert (Admittanz)	\underline{Y}	$\underline{Y} = 1/\underline{Z} = G + jB = Y \cdot e^{j\theta}$
6.	Scheinleitwert (Betrag)	$Y, \underline{Y} $	$Y = 1/Z = \sqrt{G^2 + B^2}$
7.	Wirkleitwert (Konduktanz)	G	$G = Y \cos \theta = \operatorname{Re}\{\underline{Y}\}$
8.	Blindleitwert (Suszeptanz)	B	$B = Y \sin \theta = \operatorname{Im}\{\underline{Y}\}$
9.	Komplexer induktiver Widerstand	\underline{Z}_L	$\underline{Z}_L = jX_L = j\omega L = \frac{1}{jB_L}$
10.	Induktiver Blindwiderstand	X_L	$X_L = \omega L = -\frac{1}{B_L}$
11.	Komplexer induktiver Leitwert	\underline{Y}_L	$\underline{Y}_L = jB_L = \frac{1}{j\omega L} = \frac{1}{jX_L}$
12.	induktiver Blindleitwert	B_L	$B_L = -\frac{1}{\omega L} = -\frac{1}{X_L}$
13.	Komplexer kapazitiver Widerstand	\underline{Z}_C	$\underline{Z}_C = jX_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{jB_C}$
14.	Kapazitiver Blindwiderstand	X_C	$X_C = -\frac{1}{\omega C} = -\frac{1}{B_C}$
15.	Komplexer kapazitiver Leitwert	\underline{Y}_C	$\underline{Y}_C = jB_C = j\omega C = \frac{1}{jX_C}$
16.	kapazitiver Blindleitwert	B_C	$B_C = \omega C = -\frac{1}{X_C}$