

## Ortskurven

Datum	Uhrzeit	Versuchsleiter		
Name	Vorname	Matr.-Nr.	Teilnahmetestat	Protokollabnahme
Name	Vorname	Matr.-Nr.	Teilnahmetestat	
Name	Vorname	Matr.-Nr.	Teilnahmetestat	

### Ziel des Versuchs:

Messung und Darstellung von Ortskurven für verschiedene R-L-C-Schaltungen.

### Vorbemerkungen:

Siehe auch Vorlesungsskript "Grundlagen der Elektrotechnik" S. 81-84, 88-93 und 97-106.

1. Ein komplexer Widerstand  $\underline{Z}$ , d.h. eine gemischte Schaltung aus R-, L- und C-Gliedern, lässt sich in der komplexen Ebene (Z-Ebene) als Operator darstellen. Für eine bestimmte Frequenz  $f$  ist  $Z$  in Ohm die Länge des Operators, der unter dem Winkel  $\varphi$  gegen die Richtung der positiven reellen Achse in der Z-Ebene liegt.
2. Für den gleichen Widerstand  $\underline{Z}$  lässt sich der zugehörige Leitwert  $\underline{Y}$  in einer anderen komplexen Ebene (Y-Ebene) als Operator darstellen, wobei die Richtung dieses Y-Operators spiegelbildlich zur reellen Achse des Z-Operators ist ( $\varphi_Y = -\varphi_Z$ ) und der Betrag

$$\text{ist: } |Y| = \frac{1}{|Z|}.$$

3. Die Winkel der Operanden in den Z- und Y-Ebenen sind identisch mit den Phasenwinkeln zwischen der an  $Z$  anliegenden sinusförmigen Spannung und dem aufgenommenen Strom, d.h. bei Darstellung von Spannung und Stromstärke als Zeiger liegt in der Z-Ebene der Spannungszeiger in Richtung  $Z$  bei Stromzeiger in Richtung der reellen Achse ( $U = Z \cdot I$ ), in der Y-Ebene liegt der Stromzeiger in Richtung  $Y$  bei Spannungszeiger in der reellen Achse ( $I = Y \cdot U$ ).
4. Für unterschiedliche Frequenzen  $f$  ergeben sich wegen der Frequenzabhängigkeit der Widerstandswerte  $X_L = \omega \cdot L$  und  $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$  unterschiedliche Z- und Y-Operatoren, wobei sich sowohl die Beträge als auch die Winkel mit der Frequenz ändern.
5. Der geometrische Ort aller Endpunkte der Z-Operatoren bei Variation der Frequenz  $f$  (bzw.  $\omega$ ) wird als Ortskurve  $Z(\omega)$  bezeichnet, in der Y-Ebene ist entsprechend eine Ortskurve  $Y(\omega)$  der Ortskurve  $Z(\omega)$  invers zugeordnet. Die Frequenzen, für die die Ortskurve durch die reelle Achse verläuft, für die also die Z- und Y-Operatoren keine imaginären Anteile haben und die Phasenwinkel zwischen U- und I-Zeiger also Null sind, sind die Resonanzfrequenzen  $f_r$  (bzw.  $\omega_r$ ).
6. Jeder komplexe Widerstand  $Z$ , d.h. jedes R-L-C-Netzwerk, hat eine charakteristische Ortskurve  $Z(\omega)$  bzw.  $Y(\omega)$ . Wird die speisende Spannung  $U$ , der aufgenommene Strom  $I$  und der zwischen  $U$  und  $I$  liegende Phasenwinkel  $\varphi$  für mehrere Frequenzen gemessen, so können  $Z$  bzw.  $Y$  ermittelt und die Ortskurven gezeichnet werden.

## Aufgabenstellung und Durchführung des Versuchs:

Es liegen folgende Bauelemente vor, mit denen unterschiedliche Schaltungen untersucht werden:

$$R = 100 \, \Omega$$

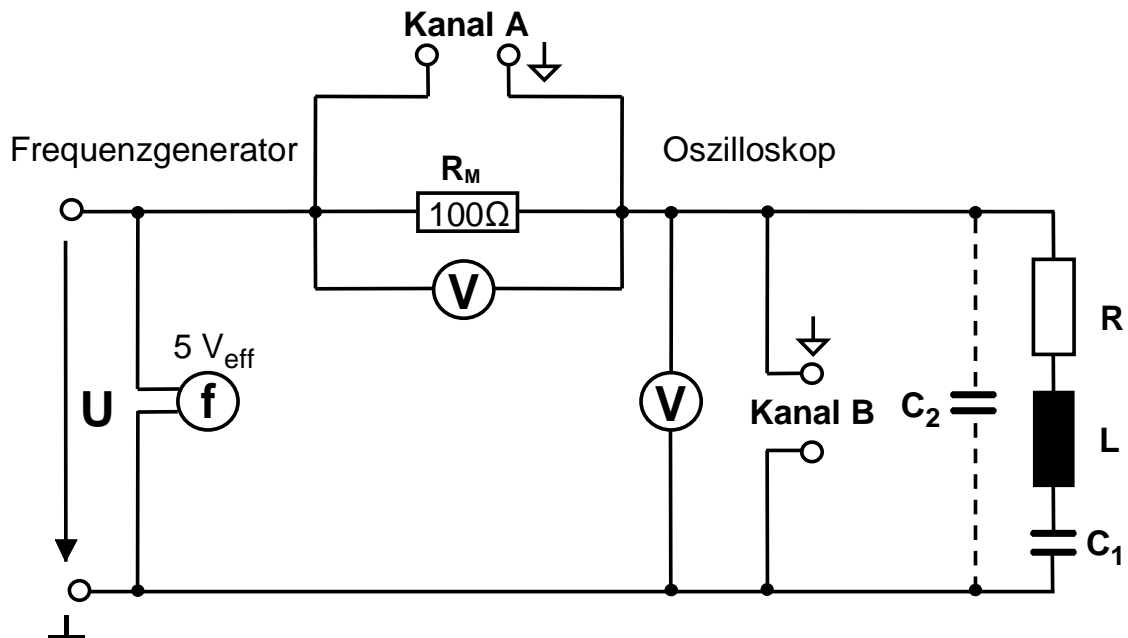
$$L = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mH} \\ (N = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Windgn.)}$$

$$C_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ nF} \quad C_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ nF}$$

$$R_M = 100 \, \Omega$$

Es wird zuerst die Schaltung nach c) R - L - C<sub>1</sub> in Reihe aufgebaut. Daraus erhalten Sie:

- |                        |   |                                   |
|------------------------|---|-----------------------------------|
| a) Reihenschaltung     | R - L                                       | C <sub>1</sub> kurzschließen!     |
| b) Reihenschaltung     | R - C <sub>1</sub>                          | L kurzschließen!                  |
| c) Reihenschaltung     | R - L - C <sub>1</sub>                      |                                   |
| d) Gemischte Schaltung | (R - L - C <sub>1</sub> )    C <sub>2</sub> | C <sub>2</sub> parallel schalten! |



**Schaltbild:** Versuchsanordnung Ortskurven

Die Schaltungen werden nacheinander aufgebaut (siehe Schaltbild) und die Ortskurven messtechnisch ermittelt. Hierzu werden die Schaltungen bei unterschiedlichen Frequenzen (Frequenzgenerator) über einen Messwiderstand  $R_M = 100 \, \Omega$  an Spannung  $U$  gelegt. Die Spannung an  $R_M$  ergibt dann den aufgenommenen Strom  $I$  in mA. Der Phasenwinkel  $\varphi$  wird aus einem Oszillographenbild ermittelt, wobei die gegenphasige Abbildung von  $U$  zu berücksichtigen ist (siehe Skizze auf dem Schaltbild).

Für alle Schaltungen liegen vorbereitete Messprotokolle bei, in denen die sinnvollen Frequenzen als Parameter vorgegeben sind.

### Darstellung der Ergebnisse:

Als Ergebnisse sind die Ortskurven  $Z(\omega)$  und  $Y(\omega)$  darzustellen, wobei aus Übersichtlichkeitsgründen die Punkte in der komplexen Ebene jeweils mit der Nummer der entsprechenden Messzeile zu kennzeichnen sind. Am besten wird Millimeterpapier verwendet!

Als Maßstäbe werden empfohlen:

für  $Z(\omega)$ :  $100 \, \Omega \triangleq 2 \, \text{cm}$  für a), b) und c)  
 $100 \, \Omega \triangleq 1 \, \text{cm}$  für d)

für  $Y(\omega)$ :  $1 \, \text{mS} \triangleq 1 \, \text{cm}$

### Rechnerische Kontrolle:

- Für c) und d) sind die Resonanzfrequenzen rechnerisch zu ermitteln.
- Für die mit \* gekennzeichneten Messpunkte sind ausführliche Kontrollrechnungen durchzuführen.

### Messprotokolle:

#### a) Reihenschaltung R - L

$R = 100 \, \Omega$   $L = \underline{\hspace{2cm}} \, \text{mH}$

Nr.	f [Hz]	U [V]	I [mA]	$Z = \frac{U}{I} \, [\Omega]$	$\varphi [^\circ]$	$Y = \frac{1}{Z} \, [\text{mS}]$
1	500					
2*	1000					
3	2000					
4	3000					
5*	4000					
6	5000					

#### b) Reihenschaltung R - C<sub>1</sub>

$R = 100 \, \Omega$   $C_1 = \underline{\hspace{2cm}} \, \text{nF}$

Nr.	f [Hz]	U [V]	I [mA]	$Z = \frac{U}{I} \, [\Omega]$	$\varphi [^\circ]$	$Y = \frac{1}{Z} \, [\text{mS}]$
1	2000					
2*	3000					
3	4000					
4	5000					
5*	10000					
6	20000					

**c) Reihenschaltung R - L - C<sub>1</sub>**

R = 100 Ω

L = \_\_\_\_ mH

C<sub>1</sub> = \_\_\_\_ nF

Nr.	f [Hz]	U [V]	I [mA]	$Z = \frac{U}{I} [\Omega]$	$\varphi [^\circ]$	$Y = \frac{1}{Z} [\text{mS}]$
1	1000					
2*	2000					
3	3000					
4	f <sub>r</sub> =					
5	5000					
6*	7500					
7	10000					
8	15000					

**d) Gemischte Schaltung (R - L - C<sub>1</sub>) || C<sub>2</sub>**

R = 100 Ω

L = \_\_\_\_ mH

C<sub>1</sub> = \_\_\_\_ nF

C<sub>2</sub> = \_\_\_\_ nF

Nr.	f [Hz]	U [V]	I [mA]	$Z = \frac{U}{I} [\Omega]$	$\varphi [^\circ]$	$Y = \frac{1}{Z} [\text{mS}]$
1	750					
2	1000					
3*	2000					
4	3000					
5	f <sub>r1</sub> =					
6	4500					
7	5000					
8*	6000					
9	6500					
10	f <sub>r2</sub> =					
11	7300					
12	7500					
13	8000					
14*	8500					
15	10000					
16	20000					