

Praktikum I WB

Wechselstrombrücke

Hanno Rein, Benjamin Mück

Betreuerin: Federica Moschini

30. November 2003

1 Grundlagen

1.1 Wechselstromwiderstand

Man unterscheidet 3 Fälle

- Ohmscher Widerstand $U = R \cdot I$
- Induktiver Widerstand $R_{ind} = \omega \cdot L$
- Kapazitiver Widerstand $R_{kap} = \frac{1}{\omega \cdot C}$

Durch die Verbindung dieser Widerstände ergibt sich eine Phasenverschiebung. Sieht man den induktiven und kapazitiven Widerstand als komplexe Zahl an, so lassen sich die Widerstände in der komplexen Zahlenebene darstellen. (Siehe 1.2.2)

Aus dem Zeigerdiagramm bekommt man die Formel für den Komplexen Wechselstromwiderstand Z

$$Z = R + i \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \quad (1)$$

Als Impedanz definiert man

$$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \quad (2)$$

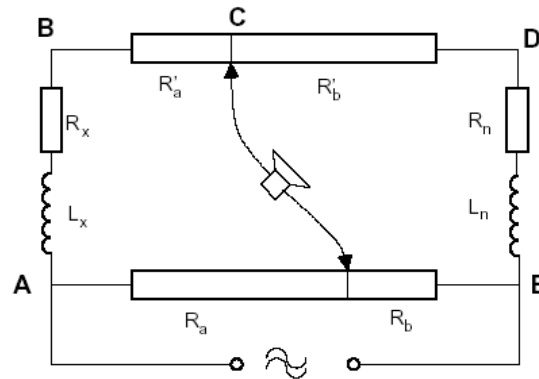
Die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung ist somit

$$\tan \varphi = \frac{\Im Z}{\Re Z} \quad (3)$$

Der Imaginärteil von Z wird auch Blindwiderstand genannt. Durch ihn wird keine Leistung verbraucht. Der Realteil von Z heißt Wirkwiderstand. An ihm wird die komplette Leistung verbraucht.

1.2 Wechselstrombrücke

Folgender Aufbau wird als Wechselstrombrücke bezeichnet



1.2.1 Abgleichung

Im abgeglichenen Zustand fließt kein Strom über den Kopfhörer. Dies bedeutet, dass der Strom über die Wege AC und CE gleich ist.

$$I_x = I_n \quad (4)$$

$$\frac{U_x}{Z_x} = \frac{U_n}{Z_n} \quad (5)$$

Außerdem gilt:

$$I_a = I_b \quad (6)$$

$$\frac{U_x}{R_a} = \frac{U_n}{R_b} \quad (7)$$

Bei abgeglichener Brücke gilt somit

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{Z_x}{Z_n} \quad (8)$$

sowie

$$\tan \varphi_x = \tan \varphi_n \quad (9)$$

Für Kondensatoren gilt $Z = \frac{1}{i\omega C}$. Eingesetzt in (8) ergibt sich

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{i\omega C_n}{i\omega C_x} \quad (10)$$

$$C_x = C_n \cdot \frac{R_b}{R_a} \quad (11)$$

Für Spulen gilt $Z = i\omega L$. Eingesetzt in (8) ergibt sich

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{i\omega L_x}{i\omega L_n} \quad (12)$$

$$L_x = L_n \cdot \frac{R_a}{R_b} \quad (13)$$

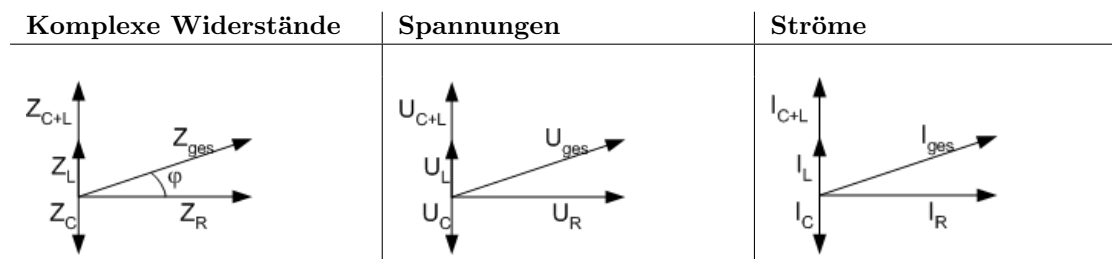
Für die Bestimmung des ohmschen Widerstands des Testobjekts gilt somit folgender Zusammenhang

$$\frac{R_{a'} + R_x}{R_{b'} + R_n} = \frac{R_a}{R_b} \quad (14)$$

uns somit ist R_x

$$R_x = \frac{R_a}{R_b} \cdot (R_n + R_{b'}) - R_{a'} \quad (15)$$

1.2.2 Zeigerdiagramme



2 Auswertung

2.1 Kondensator

2.1.1 Kondensator C03X2

$C_{n11} = 0.92 \cdot 10^{-6} F$	$C_{n12} = 0.22 \cdot 10^{-6} F$
$R_{a11} = 846 \Omega$	$R_{a12} = 587 \Omega$
$R_{b11} = 154 \Omega$	$R_{b12} = 413 \Omega$
$C_{x11} = C_{n11} \cdot \frac{R_{b11}}{R_{a11}} = 0.167 \cdot 10^{-6} F$	$C_{x12} = C_{n12} \cdot \frac{R_{b12}}{R_{a12}} = 0.155 \cdot 10^{-6} F$

2.1.2 Kondensator C03X1

$C_{n21} = 0.92 \cdot 10^{-6} F$	$C_{n22} = 0.22 \cdot 10^{-6} F$
$R_{a21} = 462 \Omega$	$R_{a22} = 170 \Omega$
$R_{b21} = 538 \Omega$	$R_{b22} = 830 \Omega$
$C_{x21} = C_{n21} \cdot \frac{R_{b21}}{R_{a21}} = 1.071 \cdot 10^{-6} F$	$C_{x22} = C_{n22} \cdot \frac{R_{b22}}{R_{a22}} = 1.074 \cdot 10^{-6} F$

2.1.3 Parallelschaltung von C03X1 und C03X2

$C_{n31} = 0.92 \cdot 10^{-6} F$	$C_{n32} = 0.22 \cdot 10^{-6} F$
$R_{a31} = 429 \Omega$	$R_{a32} = 151 \Omega$
$R_{b31} = 571 \Omega$	$R_{b32} = 849 \Omega$
$C_{x31} = C_{n31} \cdot \frac{R_{b31}}{R_{a31}} = 1.22 \cdot 10^{-6} F$	$C_{x32} = C_{n32} \cdot \frac{R_{b32}}{R_{a32}} = 1.24 \cdot 10^{-6} F$

Bei einer Parallelschaltung addieren sich die Kapazitäten der Kondensatoren. Daraus ergibt sich der theoretische Wert aus den vorherigen Messwerten.

$C_{n31} = 0.92 \cdot 10^{-6} F$	$C_{n32} = 0.22 \cdot 10^{-6} F$
$C_{x31} = C_{x11} + C_{x21} = 1.238 \cdot 10^{-6} F$	$C_{x32} = C_{x12} + C_{x22} = 1.229 \cdot 10^{-6} F$

Die beiden Werte sind hinreichend gleich.

2.1.4 Reihenschaltung von C03X1 und C03X2

$C_{n41} = 0.92 \cdot 10^{-6} F$	$C_{n42} = 0.22 \cdot 10^{-6} F$
$R_{a41} = 870 \Omega$	$R_{a42} = 619 \Omega$
$R_{b41} = 130 \Omega$	$R_{b42} = 381 \Omega$
$C_{x41} = C_{n41} \cdot \frac{R_{b41}}{R_{a41}} = 0.137 \cdot 10^{-6} F$	$C_{x42} = C_{n42} \cdot \frac{R_{b42}}{R_{a42}} = 0.135 \cdot 10^{-6} F$

Bei einer Reihenschaltung addieren sich die Kapazitäten reziprok. Daraus ergibt sich der theoretische Wert aus den vorherigen Messwerten.

$C_{n41} = 0.92 \cdot 10^{-6} F$	$C_{n42} = 0.22 \cdot 10^{-6} F$
$1/C_{x41} = 1/C_{x11} + 1/C_{x21}$	$1/C_{x42} = 1/C_{x12} + 1/C_{x22}$
$C_{x41} = 0.144 \cdot 10^{-6} F$	$C_{x42} = 0.135 \cdot 10^{-6} F$

Die beiden Werte sind hinreichend gleich.

2.2 Spule

2.2.1 Spule L3X1

Induktivität	Ohmscher Widerstand
$L_{n5} = 68 \cdot 10^{-3} H$	$R_{n5} = 17.4 \Omega$
$R_{a5} = 611 \Omega$	$R_{a'5} = 310 \Omega$
$R_{b5} = 389 \Omega$	$R_{b'5} = 190 \Omega$
$L_{x5} = \frac{R_{a5}}{R_{b5}} \cdot L_{n5} = 107 \cdot 10^{-3} H$	$R_{x5} = \frac{R_{a5}}{R_{b5}} (R_{n5} + R_{b'5}) - R_{a'5} = 15.8 \Omega$

2.2.2 Spule L3X2

Induktivität	Ohmscher Widerstand
$L_{n6} = 68 \cdot 10^{-3} H$	$R_{n6} = 17.4 \Omega$
$R_{a6} = 527 \Omega$	$R_{a'6} = 269 \Omega$
$R_{b6} = 473 \Omega$	$R_{b'6} = 231 \Omega$
$L_{x6} = \frac{R_{a6}}{R_{b6}} \cdot L_{n6} = 76 \cdot 10^{-3} H$	$R_{x6} = \frac{R_{a6}}{R_{b6}} (R_{n6} + R_{b'6}) - R_{a'6} = 77.6 \Omega$

2.2.3 Reihenschaltung

Gleichsinnig	Gegensinnig
$L_{n7} = 68 \cdot 10^{-3} H$	$L_{n8} = 68 \cdot 10^{-3} H$
$R_{a7} = 827 \Omega$	$R_{a8} = 358 \Omega$
$R_{b7} = 173 \Omega$	$R_{b8} = 642 \Omega$
$L_{x7} = \frac{R_{a7}}{R_{b7}} \cdot L_{n7} = 325 \cdot 10^{-3} H$	$L_{x8} = \frac{R_{a8}}{R_{b8}} \cdot L_{n8} = 38 \cdot 10^{-3} H$

Gegeninduktivität

$$M_x = \frac{1}{4}(L_{x7} - L_{x8}) = 72 H$$