

## AUSWERTUNG: ELEKTRISCHE MESSMETHODEN

TOBIAS FREY, FREYA GNAM, GRUPPE 26, DONNERSTAG

### 1. MESSUNGEN BEI GLEICHSTROM

Unser Generator liefert anders als auf dem Aufgabenblatt angegeben  $U_0 = 7,15V$ .

**1.1. Innenwiderstand  $R_i^I$  des  $\mu A$ -Multizets im  $1mA$ -Bereich.** Die erste Messung erfolgt ohne  $M_2$ . Wir stellen das Potentiometer so ein, dass das Multizet  $1mA$  anzeigt. Bei einer weiteren Messung wird  $M_2$  parallel zu  $M_1$  geschaltet. Aus unseren gemessenen Werten für  $U^I$  und  $I^I$  berechnen wir den Innenwiderstand  $R_i^I$ :

$$R_i^I = \frac{U^I}{I^I} = \frac{114mV}{0,637mA} = 178,96\Omega$$

Dieser Wert liegt im vom Hersteller angegebenen Bereich von  $180\Omega \pm 1,8\Omega$ .

**1.2. Innenwiderstand  $R_i^U$  des  $AV\Omega$ -Multizets im  $0,3V$ -Bereich.** Anfangs ist das  $AV\Omega$ -Multizet nicht angeschlossen. Dann ist  $I_{ges1} = 1mA$ . Nachdem das Multizet angeschlossen ist, sinkt die Stromstärke, die am  $\mu A$ -Multizet abgelesen wird, auf  $I_i^I = 0,637mA$  ab.

In erster Näherung gehen wir davon aus, dass durch die Parallelschaltung von  $R_i^U$  der Gesamtstrom nicht verändert wird, damit gilt:

$$R_{i1}^U = \frac{U_i^U}{I_{ges1} - I_i^I} = \frac{114mV}{1mA - 0,637mA} = 314,05\Omega$$

Nachdem wir  $M_2$  angeschlossen haben, ändert sich der Gesamtwiderstand und damit auch der Gesamtstrom.

$$\begin{aligned} R_{ges} &= \frac{R_i^I R_i^U}{R_i^I + R_i^U} + 1k\Omega + R_p = \frac{178,96\Omega \cdot 314,05\Omega}{178,96\Omega + 314,05\Omega} + 1k\Omega + 7955\Omega = 9069,00\Omega \\ I_{ges} &= \frac{U_0}{R_{ges}} = \frac{7,15V}{9069,00\Omega} = 0,788mA \\ \Rightarrow R_{i_{neu}}^U &= \frac{U^I}{I_{ges} - I^I} = \frac{114mV}{0,788mA - 0,637mA} = 754,97\Omega \end{aligned}$$

Laut Herstellerangaben sollte der Innenwiderstand  $R_i^U = 300\Omega \pm 3\Omega$  betragen. Unser Wert  $R_{i1}^U$  basiert auf einer Näherung und ist daher nicht genau. Die große Abweichung für  $R_{i_{neu}}^U$  können wir uns nur dadurch erklären, dass der am Potentiometer gemessene Wert falsch sein muss. Es ist zu vermuten, dass das  $10k\Omega$  Potentiometer defekt ist.

**1.3. Bestimmung eines unbekannten Widerstands  $R_x$  aus Strom- und Spannungsmessung.**

*Spannungsrichtige Schaltung.*  $R_i^U$  muss berücksichtigt werden. Das Spannungsmessgerät sollte einen möglichst hohen Innenwiderstand haben.

*Stommessgerät:  $\mu A$ -Multizets Messbereich  $1mA$ , Spannungsmessgerät:  $AV\Omega$ -Multizets Messbereich  $0,3V$*

Ohne Berücksichtigung des Innenwiderstandes:

$$R_x = \frac{U_a}{I^I} = \frac{125mV}{0,695mA} = 179,86\Omega$$

Unter Berücksichtigung des Innenwiderstandes:

$$R_x = \frac{U_a}{I^I - \frac{U_a}{R_i^U}} = \frac{125mV}{0,695mA - \frac{125mV}{300\Omega}} = 449,10\Omega$$

*Spannungsmessgerät:  $\mu A$ -Multizets Messbereich  $1V$ , Strommessgerät:  $AV\Omega$ -Multizets Messbereich  $1mA$*

Ohne Berücksichtigung des Innenwiderstandes:

$$R_x = \frac{U_a}{I^I} = \frac{0,31V}{0,675mA} = 459,26\Omega$$

Unter Berücksichtigung des Innenwiderstandes:

$$R_x = \frac{U_a}{I^I - \frac{U_a}{R_i^U}} = \frac{0,31V}{0,675mA - \frac{0,31V}{100000\Omega}} = 461,38\Omega$$

*Stromrichtige Schaltung.*  $R_i^I$  muss berücksichtigt werden. Das Strommessgerät sollte einen möglichst geringen Innenwiderstand haben.

*Stommessgerät:  $\mu A$ -Multizets Messbereich  $1mA$ , Spannungsmessgerät:  $AV\Omega$ -Multizets Messbereich  $0,3V$*

Ohne Berücksichtigung des Innenwiderstandes:

$$R_x = \frac{U}{I} = \frac{142mV}{0,22mA} = 645,45\Omega$$

Unter Berücksichtigung des Innenwiderstandes:

$$R_x = \frac{U}{I} - R_i^I = \frac{142mV}{0,22mA} - 180\Omega = 465,45\Omega$$

*Spannungsmessgerät:  $\mu A$ -Multizets Messbereich  $1V$ , Strommessgerät:  $AV\Omega$ -Multizets Messbereich  $1mA$*

Ohne Berücksichtigung des Innenwiderstandes:

$$R_x = \frac{U}{I} = \frac{0,38V}{0,670mA} = 567,16\Omega$$

Unter Berücksichtigung des Innenwiderstandes:

$$R_x = \frac{U}{I} - R_i^I = \frac{0,38V}{0,670mA} - 100\Omega = 467,16\Omega$$

Beim zu bestimmenden Widerstand  $R_x$  handelt es sich um einen Widerstand mit  $R = 470\Omega \pm 23,5\Omega$ . Unserer Messungen bei denen der Innenwiderstand der Messgeräte berücksichtigt wird, ergeben Werte in diesem Bereich.

**1.4. Messung von  $R_x$  in einer Wheatstoneschen Brückenschaltung.** Wir stellen die Spannung auf null ein, so dass kein Strom durch  $M_1$  fließt. Mit den für  $R_1$  und  $R_2$  gemessenen Werten können wir  $R_x$  berechnen.

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_3 = \frac{315\Omega}{685\Omega} 1k\Omega = 459,85\Omega$$

Auch dieser Wert liegt im Toleranzbereich des Widerstandes. Mit der Wheatstoneschen Brückenschaltung ist eigentlich ein guter Messwert zu erwarten.

**1.5. Messung von  $R_x$  mithilfe des  $\Omega$ -Messbereichs des  $\mu A$ -Multizets.** Mithilfe des  $\Omega$ -Messbereichs des  $\mu A$ -Multizets messen wir  $R_x = 460\Omega$ .

**1.6. Messung der Ursprungsspannung  $U_0$  einer Trockenbatterie mithilfe einer Kompensationsschaltung.** Wir benutzen eine Hilfsspannung  $U_H = 1,55V$ . Dann zeigt das  $\mu A$ -Multizet  $M_1$  die Spannung  $U_1 = 0V$  an.

**1.7. Innenwiderstand einer Trockenbatterie bei mäßiger Belastung.** Wir schalten nacheinander verschiedene Lastwiderstände parallel zur Batterie. Es gilt jeweils  $U_0 = 1,55V$ . Wir messen  $\Delta U$  und können so den Innenwiderstand der Batterie berechnen:

$$R_i = \frac{\Delta U}{U_0 - \Delta U} R$$

TABELLE 1. Innenwiderstand Batterie

Verwendeter Widerstand	$\Delta U[mV]$	$R_i[\Omega]$
220Ω	2,1	0,298
110Ω	4,8	0,342
47Ω	10,4	0,317
22Ω	22,5	0,324

## 2. MESSUNGEN BEI WECHSELSTROM

**2.1. Messung des Gleichstromwiderstandes der Spule  $L$  mithilfe des  $\Omega$ -Messbereichs des  $\mu A$ -Multizets.** Mithilfe des  $\Omega$ -Messbereichs des  $\mu A$ -Multizets messen wir:  $R = 64\Omega$

**2.2. Induktivität  $L$  und Verlustwiderstand  $R$  der Spule.** Die Messung wird bei  $f = 50Hz$  durchgeführt. Damit ist  $\omega = 60\pi s^{-1}$ .

Wir messen: Spannung am Widerstand  $U_R = 0,07V$ , Spannung an der Spule  $U_S = 0,17V$ , Spannung vom Generator  $U_G = 0,2V$ .

Damit können wir die Induktivität  $L$  und den Verlustwiderstand  $R$  der Spule berechnen:

$$R = \frac{U_G^2 - U_R^2 - U_S^2}{2U_R^2} R_1 = \frac{(0,2V)^2 - (0,07V)^2 - (0,17V)^2}{2(0,07V)^2} 110\Omega = 69,59\Omega$$

$$L = \frac{R_1}{\omega U_R} \sqrt{U_S^2 - \frac{R^2}{R_1^2} U_R^2} = \frac{110\Omega}{60\pi s^{-1} 0,07V} \sqrt{(0,17V)^2 - \frac{69,59\Omega^2}{(110\Omega)^2} (0,07V)^2} = 1,37H$$

**2.3. Bestimmung von Induktivität  $L$ , Verlustwiderstand  $R$  und Kapazität  $C$  eines Parallelschwingkreises aus seinem Resonanzverhalten.** Die Spannung am Resonanzkreis und ihre Phasenverschiebung gegen den Generatorstrom wird in Abhängigkeit von der Frequenz gemessen und aufgetragen.

Wir messen die Resonanzfrequenz  $f = 188\text{Hz}$ . Damit ist  $\omega_0 = 376\pi\frac{1}{s}$

Die Halbwertsbreite beträgt  $\Delta\omega_0 = 144,51\frac{1}{s}$ .

Resonanzwiderstand ( $|Z|$  für  $\omega = \omega_0$ ):

$$R_{Res} = U_{Res} \frac{R_1}{U_0} = 0,21V \frac{1M\Omega}{8,1V} = 25925,93\Omega$$

Schwingkreiswiderstand:

$$R = \frac{1}{3} R_{Res} \left( \frac{\Delta\omega}{\omega_0} \right)^2 = 129,35\Omega$$

Kapazität:

$$C = \frac{\sqrt{3}}{\Delta\omega R_{Res}} = 0,462\mu F$$

Induktivität:

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C} = \frac{R_{Res} \Delta\omega}{\sqrt{3} \omega_0^2} = 1,55H$$

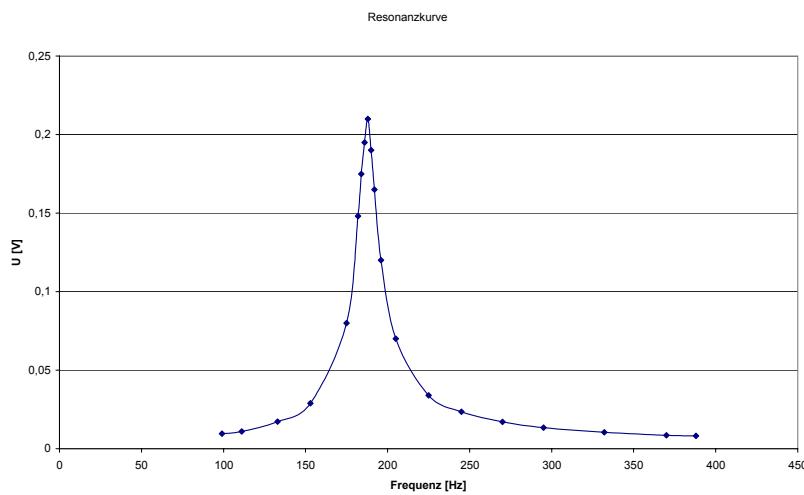


ABBILDUNG 1. Resonanzkurve

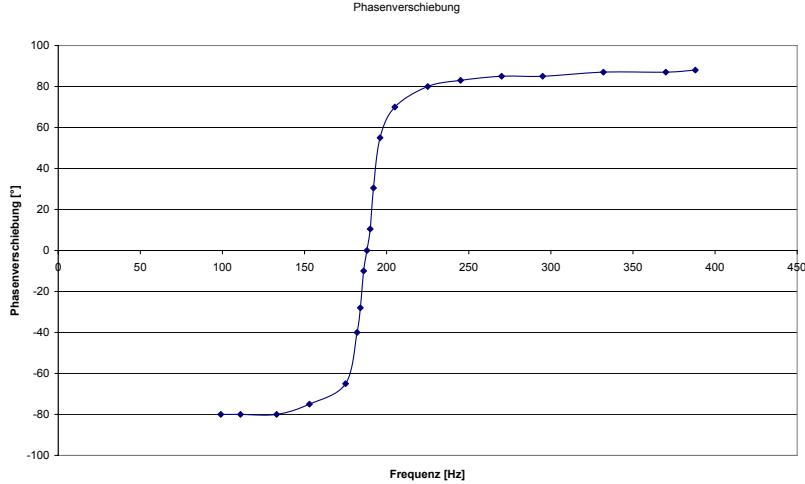


ABBILDUNG 2. Phasenverschiebung

**2.4. Wechselstromwiderstände von Spule  $L$  und Kondensator  $C_2$ .** Wir bauen nacheinander die Spule und den Kondensator in die Schaltung ein und messen jeweils Strom und Spannung.

Mit der Resonanzfrequenz  $f = 188\text{Hz}$  ist  $\omega_0 = 376\pi\frac{1}{s}$

Damit ergibt sich:

$$L = \frac{U}{I\omega_0} = \frac{7,8V}{4,7mA \cdot 376\pi\frac{1}{s}} = 1,40H$$

$$C = \frac{1}{R\omega} = \frac{I}{U\omega_0} = \frac{5,4mA}{7,8V \cdot 376\pi\frac{1}{s}} = 0,586\mu F$$

**2.5. Innenwiderstand des Sinusgenerators.** Wir messen die Leerlaufspannung  $U_0 = 8,7V$ . Um  $U = \frac{1}{2}U_0$  zu erhalten stellen wir das Potentiometer auf  $R_p = 585\Omega$ . Es gilt  $R_i = R_p$ .

Die maximale Leistung ist:

$$P_{max} = \frac{U_0^2}{4R_i} = \frac{(8,7V)^2}{4 \cdot 585\Omega} = 0,032W$$