

Auswertung Elektrische Messverfahren

Marcel Köpke & Axel Müller

01.11.2011

Inhaltsverzeichnis

1	Ohmscher Widerstand	2
1.1	Innenwiderstand des μA -Multizets	2
1.2	Innenwiderstand des $AV\Omega$ -Multizets	2
1.3	Bestimmung eines unbekanntes Widerstands	3
1.3.1	Spannungsrichtige Schaltung	3
1.3.2	Stromrichtige Schaltung	4
1.4	Wheatstone'sche Brückenschaltung	4
1.5	Nutzung des Ω -Messbereichs des μA -Multizet	5
1.6	Kompensationsschaltung	5
1.7	Innenwiderstand der Trockenbatterie	5
2	Spulen und Kondensatoren	6
2.1	Gleichstromwiderstand einer Spule	6
2.2	Induktivität und Verlustwiderstand der Spule	6
2.3	Induktivität, Verlustwiderstand und Kapazität eines Parallelschwingkreises	7
2.4	Wechselstromwiderstand von Spule und Kondensator	8
2.5	Innenwiderstand des Sinusgenerators	9

Kapitel 1

Ohmscher Widerstand

1.1 Innenwiderstand des μA -Multizets

Wir bauen die Schaltung, wie im Vorprotokoll beschrieben und illustriert, auf. Dafür gab es eine vorgefertigte Steckplatine mit Widerständen, Potentiometern, Kondensatoren und einer Spule. Zuerst wird der Strom mithilfe des Potentiometers auf 1mA geregelt. Dann wird ein Spannungsmessgerät parallel zum Strommessgerät geschaltet und die Spannung abgelesen. Es ergaben sich folgende Werte:

$$\begin{aligned}R_{Pot} &= 4,85k\Omega \\U &= 50mV \\I &= 0,83mA\end{aligned}$$

Daraus berechnen wir den Innenwiderstand im Messbereich 3mA:

$$R_i^I = \frac{U}{I} = 60,24\Omega$$

1.2 Innenwiderstand des $AV\Omega$ -Multizets

Mit den in 1.1 gefundenen Werten berechnet sich der Innenwiderstand im Messbereich 0,3V wie folgt:

$$R_i^U = \frac{U}{I_0 - I} = 294,12\Omega$$

Wie im Vorprotokoll beschrieben wird jetzt das iterative Verfahren angewendet.

$$I_{ges} = \frac{U}{R_{ges}} = \frac{U}{\frac{R_i^I \cdot R_i^U}{R_i^I + R_i^U}} = 1,00001192mA$$

$$R_{i,neu}^U = \frac{U}{I_{ges} - I} = \frac{U}{\frac{U}{\frac{R_i^I \cdot R_i^U}{R_i^I + R_i^U}} - I} = 294,097\Omega$$

1.3 Bestimmung eines unbekanntes Widerstands

1.3.1 Spannungsrichtige Schaltung

Wir haben 2 Messungen mit jeweils vertauschten Messgeräten durchgeführt. Dabei wurde im $I = 1mA$ und $U = 300mV$ Bereich gemessen. Nun ergaben sich folgende Messwerte:

Amperemeter : μA -Multizet. Voltmeter: $AV\Omega$ -Multizet.

$$\begin{aligned} I_1 &= 0,58mA \\ U_1 &= 101mV \end{aligned}$$

Amperemeter: $AV\Omega$ -Multizet. Voltmeter: μA -Multizet.

$$\begin{aligned} I_2 &= 0,57mA \\ U_2 &= 260mV \end{aligned}$$

Berechnet man zunächst ohne Berücksichtigung der Innenwiderstände den Widerstand R , ergibt sich:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{U_1}{I_1} = 174,14\Omega \\ R_2 &= \frac{U_2}{I_2} = 456,14\Omega \end{aligned}$$

Man sieht, dass sich die beiden Werte deutlich unterscheiden. Das heißt, die Innenwiderstände beider Geräte dürfen nicht vernachlässigt werden. Auch deshalb, weil R_2 sich um rund 14Ω vom angegebenen Wert für den Widerstand unterscheidet.

Mit Berücksichtigung der Innenwiderstände ergibt sich:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{1}{\frac{I_1}{U_1} - \frac{1}{R_i^U}} = 415,07\Omega \\ R_2 &= \frac{1}{\frac{I_2}{U_2} - \frac{1}{R_i^U}} = 463,18\Omega \end{aligned}$$

Diese Werte unterscheiden sich immer noch vom angegebenen Wert $R_x = 470\Omega$ sind aber wesentlich näher am Sollwert. Man sieht leicht ein, dass hier maßgeblich das Voltmeter für Abweichungen verantwortlich ist. Da das μA -Multizet einen 100 mal höheren Innenwiderstand besitzt, ist es in diesem Bereich besser zur Spannungsmessung geeignet.

1.3.2 Stromrichtige Schaltung

Genau wie zuvor haben wir zwei Messungen durchgeführt, wobei die Messbereiche dieses Mal 1mA und 1V waren.

Amperemeter : μA -Multizet. Voltmeter: $AV\Omega$ -Multizet.

$$\begin{aligned}I_1 &= 0,35mA \\U_1 &= 230mV\end{aligned}$$

Amperemeter: $AV\Omega$ -Multizet. Voltmeter: μA -Multizet.

$$\begin{aligned}I_2 &= 0,56mA \\U_2 &= 310mV\end{aligned}$$

Berechnet man zunächst ohne Berücksichtigung der Innenwiderstände den Widerstand R, ergibt sich:

$$\begin{aligned}R_1 &= \frac{U_1}{I_1} = 657,14\Omega \\R_2 &= \frac{U_2}{I_2} = 553,57\Omega\end{aligned}$$

Jetzt mit Berücksichtigung der Innenwiderstände:

$$\begin{aligned}R_1 &= \frac{U_1}{I_1} - R_i^I = 477,14\Omega \\R_2 &= \frac{U_2}{I_2} - R_i^I = 453,57\Omega\end{aligned}$$

Die korrigierten Werte liegen wiederum näher am Sollwert.

1.4 Wheatstone'sche Brückenschaltung

Die Schaltung wird wie im Vorprotokoll beschrieben aufgebaut. Nun wird das Potentiometer so eingestellt, dass kein Strom mehr durch das Amperemeter fließt. Dabei ergab sich für das Verhältnis R_1/R_2 am Potentiometer folgender Wert:

$$\frac{R_2}{R_1} = 0,45666$$

Damit ergibt sich für R_x :

$$R_x = R_3 \cdot \frac{R_2}{R_1} = 456,66\Omega \text{ mit } R_3 = 1k\Omega$$

1.5 Nutzung des Ω -Messbereichs des μA -Multizet

Der Widerstand kann direkt am Messgerät abgelesen werden:

$$\begin{aligned} R_x &= 485\Omega \text{ (Messbereich: } 1\Omega) \\ &\text{bzw.} \\ R_x &= 472\Omega \text{ (Messbereich: } 10\Omega) \end{aligned}$$

1.6 Kompensationsschaltung

In einem Immer genaueren Messbereich stellten wir die Differenzspannung ΔU , gemäß dem Aufbau im Vorprotokoll auf Null ein. Somit erhielten wir für die Spannung der Batterie $U_0 = U_H = 1,4249V$

1.7 Innenwiderstand der Trockenbatterie

In der Schaltung von 1.6 schließen wir verschiedene Lastwiderstände kurzzeitig parallel zur Batterie. Damit lässt sich der Innenwiderstand der Batterie berechnen:

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

Lastwiderstand R in Ω	ΔU in mV	R_i^B in $m\Omega$
220	1,95	301,49
110	3,9	300,95
47	8,3	275,38
22	17,6	275,14

Tabelle 1.1: Innenwiderstand der Trockenbatterie

Damit ergibt sich das arithmetische Mittel:

$$\overline{R_i^B} = 288,24m\Omega$$

Bei der Messung ergab sich eine schnell ansteigende Differenzspannung, was vermutlich auf die Erhitzung der Lastwiderstände zurückzuführen ist. Daher mussten wir die Differenzspannung sehr schnell nach Zuschalten der Lastwiderstände ablesen, was zu Messunsicherheiten führt. Dennoch ist der Innenwiderstand der Trockenbatterie erwartungsgemäß sehr klein und unabhängig vom zugeschalteten Lastwiderstand. Die Batterie stellt damit eine sehr gute Spannungsquelle dar, da sie bei Belastung kaum ihre Spannung ändert.

Kapitel 2

Spulen und Kondensatoren

2.1 Gleichstromwiderstand einer Spule

Der gemessene Gleichstromwiderstand der Spule beträgt:

$$R_L = 70\Omega$$

2.2 Induktivität und Verlustwiderstand der Spule

Für den Verlustwiderstand errechnet sich:

$$R_L = \frac{U_0^2 - U_R^2 - U_L^2}{2U_R^2} \cdot R_{vor} = 85,96\Omega$$

Die Induktivität der Spule berechnet sich wie folgt:

$$L = \frac{R_{vor}}{2\pi f U_R} \sqrt{U_L^2 - \frac{R_L^2}{R_{vor}^2} U_R^2} = 1,2698H$$

Die Spannung am Messgerät schwankte sehr stark, was die Messung sehr ungenau machte.

2.3 Induktivität, Verlustwiderstand und Kapazität eines Parallelschwingkreises

f in Hz	U in mV	Phasenverschiebung in ms
141,150	22,673	-1,6
151,629	29,852	-1,4
161,985	42,755	-1,3
171,478	67,520	-1,1
176,625	96,682	-0,9
181,704	150,45	-0,65
184,02	182,94	-0,45
186,688	203,63	0
190,124	180,49	0,425
195,161	124,53	0,75
199,953	90,33	0,925
210,45	54,37	1
220,322	39,54	1,05
231,46	30,416	1,1

Tabelle 2.1: Messprotokoll: Schwingkreis

Um die drei zu bestimmenden Größen zu erhalten, erhöhten wir langsam die Frequenz von 140Hz bis 230Hz. So konnten wir uns immer besser der Resonanzfrequenz ω_0 annähern. Wir maßen zwar eine Resonanzfrequenz von 186,688 Hz, der "fitplot" (siehe Abbildung 2.1) ergibt jedoch eine Resonanzfrequenz von $f_0 = 187,147Hz$. Damit folgt:

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = 1175,835 \frac{1}{s}$$

Außerdem ergibt sich:

$$\Delta\omega = 2\pi(197,892Hz - 177,086Hz) = 130,728 \frac{1}{s}$$

Für die Resonanzspannung des Schwingkreises ergibt sich aus dem plot:

$$U_{max} = 205,899mV$$

Damit berechnen wir den Resonanzwiderstand über:

$$R_r = \frac{U_{max} R_V}{U_0} = 23,214k\Omega$$

Damit können wir die folgenden Werte berechnen:

$$R = \frac{\Delta\omega^{2 \cdot R_r}}{3 \cdot \omega_0^2} = 95,647\Omega$$

$$L = \frac{\Delta\omega \cdot R_r}{\sqrt{3}\omega_0^2} = 1,267H$$

$$C = \frac{\sqrt{3}}{\Delta\omega \cdot R_r} = 570,745nF$$

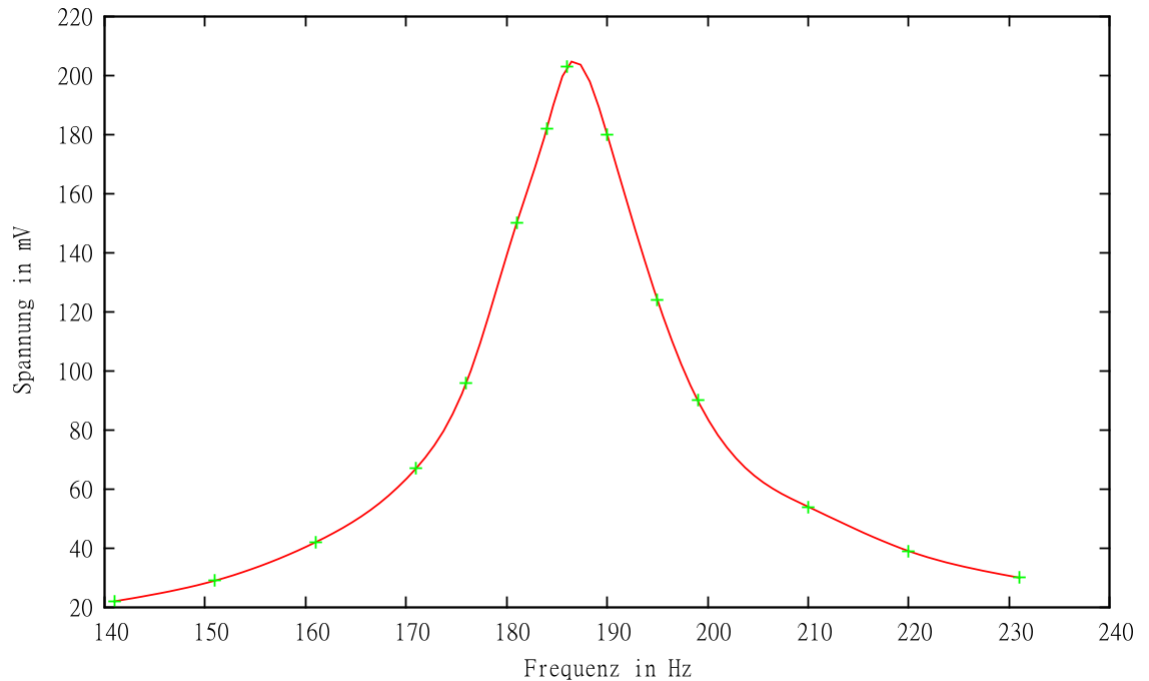


Abbildung 2.1: Messwertplot

2.4 Wechselstromwiderstand von Spule und Kondensator

Spannung und Stromstärke wurden jeweils mit einer spannungsrichtigen Anordnung bei Resonanzfrequenz gemessen. Man erhält:

Spule:

$$R_S = \frac{U}{I} = \frac{8,14275V}{4,74mA} = 1717,88\Omega$$

$$\Rightarrow L = \frac{\sqrt{R_S^2 - R^2}}{\omega_0} = 1,45H$$

Kondensator:

$$R_C = \frac{U}{I} = \frac{8,2059V}{5,59mA} = 1467,96\Omega$$

$$\Rightarrow C = \frac{1}{\omega_0 \cdot R_C} = 579,35nF$$

Der Wert für die Induktivität ist weit über dem angegebenen Wert. Das lässt darauf schließen, dass diese Messmethode sehr ungenau ist. Da die Innenwiderstände des hier verwendeten Voltmeters nicht bekannt ist, können die Werte nicht mehr verbessert werden.

2.5 Innenwiderstand des Sinusgenerators

Das Potentiometer wurde so eingestellt, dass die Hälfte der maximalen Spannung anliegt. Somit liegt auch die gleiche Spannung am Generator und der Innenwiderstand entspricht dem Widerstand des Potentiometers. Dabei ergaben sich folgende Messwerte:

$$R_{pot}(\frac{1}{2}\hat{U}) = 595,9\Omega = R_i^G$$

Die maximale Ausgangsleistung beträgt somit:

$$P_{max} = \frac{U_0^2}{4R_i^G} = 33,005mW$$