

PROTOKOLL

zur Laborübung

R-Netzwerke

(v2)

HTL
St. Pölten

EL

Gruppe / Klasse 5 / 3BHEL	Protokollführer HOFSTÄTTER A.	Unterschrift
Übungs-/ Abgabedatum 24. Okt. 2013 31. Okt. 2013	Mitarbeiter	Unterschrift
Lehrer BOCHDANSKY	Mitarbeiter	Unterschrift
Note	Mitarbeiter	Unterschrift

R-Netzwerke *diverse Widerstände*

VERWENDETE GERÄTE

Nr.	Gerät	Hersteller	Type	Platz Nr.
1.	Netzgerät	-	-	-
2.	Multimeter	-	-	-
3.	Multimeter	-	-	-

1 Inhaltsverzeichnis

1	INHALTSVERZEICHNIS.....	2
2	AUFGABENSTELLUNG.....	3
2.1	GEGEBENE GRUNDSCHALTUNG	3
3	LEERLAUFSPANNUNG, KURZSCHLUSSTROM UND INNENWIDERSTAND	3
3.1	MESSAUFBAU	3
3.2	MESSERGEBNISSE	4
3.2.1	LEERLAUFSPANNUNG (U_0)	4
3.2.2	KURZSCHLUSSTROM (I_k).....	4
3.2.3	INNENWIDERSTAND (R_i).....	4
4	DIREKTE UND INDIREKTE STROM- UND SPANNUNGSMESSUNGEN	4
4.1	MESSERGEBNISSE	4
4.1.1	WIDERSTANDSWERTE	4
4.1.2	SPANNUNG UND STROM ÜBER DIREKTE SPANNUNGSMESSUNG	5
4.1.2.1	Gemessene Spannung	5
4.1.2.2	Berechneter Strom	5
4.1.3	STROM UND SPANNUNG ÜBER DIREKTE STROMMESSUNG	5
4.1.3.1	Gemessener Strom	5
4.1.3.2	Berechnete Spannung	5
5	BESTIMMUNG DES INNENWIDERSTAND.....	6
5.1	R_i MIT OHMMETER MESSEN	6
5.2	R_i ÜBER LEERLAUFSPANNUNG UND KURZSCHLUSSTROM ERRECHNEN	6
5.3	R_i ÜBER DIFFERENZSPANNUNG UND DIFFERENZSTROM ERRECHNEN	6
5.4	R_i MIT ANPASSUNGSMETHODE EINSTELLEN	6
5.5	R_i BERECHNEN (ÜBER DREIECKS-STERN-TRANSFORMATION).....	7

2 Aufgabenstellung

Aufgabe der Laborübung war es, in einem Widerstandnetzwerk diverse Messungen durchzuführen.

1. Messung von Leerlaufspannung, Kurzschlussstrom und Innenwiderstand
2. Direkte und indirekte Messung aller Ströme und Spannungen
3. Bestimmung des Innenwiderstand R_i
 - R_i mit Ohmmeter messen
 - R_i über Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom errechnen
 - R_i über Differenzspannung und Differenzstrom errechnen
 - R_i mit Anpassungsmethode einstellen
 - R_i berechnen (über Stern-Dreiecks-Transformation)

2.1 Gegebene Grundsaltung

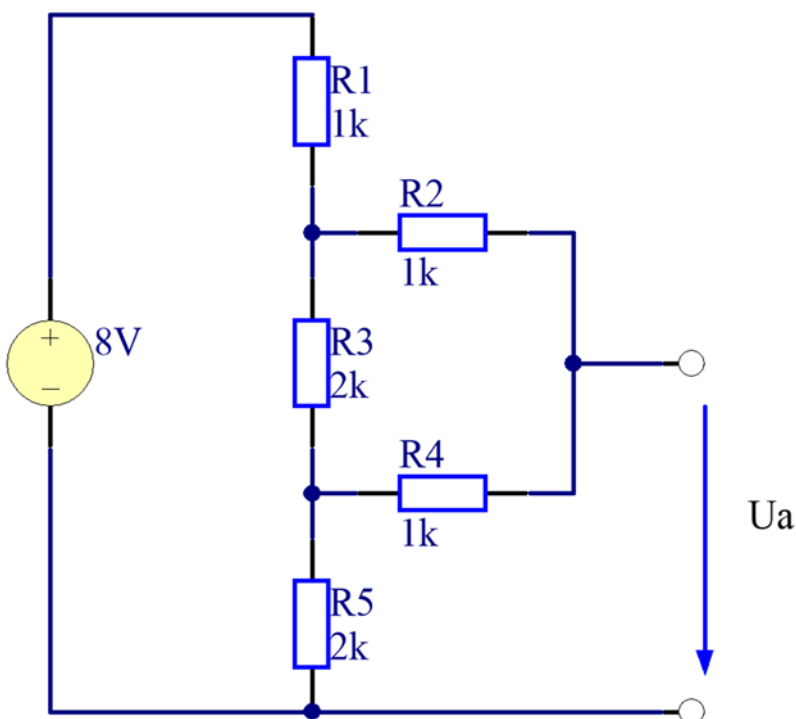


Abbildung 1 - Grundsaltung

Verwendete Widerstände (E12):

- R_1 : 1 kΩ ±5%
- R_2 : 1 kΩ ±5%
- R_3 : 1 kΩ ±5% + 1 kΩ ±5% = 2 kΩ
- R_4 : 1 kΩ ±5%
- R_5 : 1 kΩ ±5% + 1 kΩ ±5% = 2 kΩ

3 Leerlaufspannung, Kurzschlussstrom und Innenwiderstand

3.1 Messaufbau

Die folgenden 3 Messungen wurden alle nach dem gleichen Prinzip durchgeführt. Der Ausgang obiger Schaltung wurde mit dem entsprechenden Messgerät (R_m) belastet.

Relevante Messgeräte für oben genannte Kenngrößen sind: **Voltmeter**, **Amperemeter** und **Ohmmeter**.

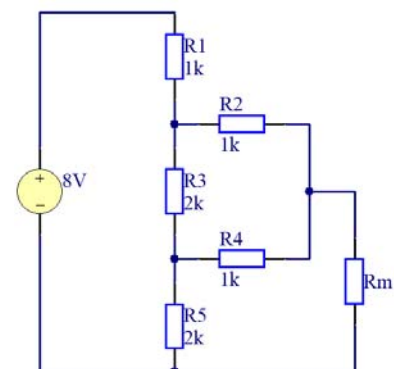


Abbildung 2 - Grundsaltung mit Lastwiderstand

3.2 Messergebnisse

3.2.1 Leerlaufspannung (U_0)

Durch Belastung des Ausgangs mit einem Voltmeter konnte folgender Wert für die Leerlaufspannung abgelesen werden.

$$U_0 = 5,17 \text{ V}$$

3.2.2 Kurzschlussstrom (I_K)

Wird der Ausgang mit einem Amperemeter belastet, kann folgender Wert für den Kurzschlussstrom abgelesen werden.

$$I_K = 4,39 \text{ mA}$$

3.2.3 Innenwiderstand (R_i)

Zur Messung des Innenwiderstand wird die Spannungsquelle durch einen Kurzschluss ersetzt. Anschließend kann der Innenwiderstand durch Messung am Ausgang mit einem Ohmmeter abgelesen werden.

$$R_i = 1,21 \text{ k}\Omega$$

4 Direkte und indirekte Strom- und Spannungsmessungen

Strom und Spannung wurden jeweils direkt und indirekt gemessen. Aus der direkt gemessenen Größe konnte jeweils die andere Größe indirekt über das Ohm'sche Gesetz ermittelt werden

Bei der direkten Strommessung wird vor den jeweiligen Widerstand ein **Amperemeter in Serie** geschaltet
Bei der direkten Spannungsmessung wird **parallel** zum jeweiligen Widerstand ein **Voltmeter** geschaltet.

$$U_R = R * I_R$$

Als Widerstandswert für die Berechnung wurde

- a) der Normwert
- b) der tatsächlich nachgemessene Wert

verwendet. Da die Messung unter Verwendung von E12 Widerständen mit 5% Toleranz stattfand, kann der Unterschied zwischen Normwert und tatsächlichen Wert höchstens $\pm 5\%$ betragen.

Bei einem $1 \text{ k}\Omega$ Widerstand liegt der tatsächliche Wert folglich im Bereich von 950Ω bis 1050Ω .

4.1 Messergebnisse

4.1.1 Widerstandswerte

	Normwert	Gemessener Wert
R_1	$1 \text{ k}\Omega$	$0,993 \text{ k}\Omega$
R_2	$1 \text{ k}\Omega$	$0,987 \text{ k}\Omega$
R_3	$2 \text{ k}\Omega$	$1,954 \text{ k}\Omega$
R_4	$1 \text{ k}\Omega$	$1,040 \text{ k}\Omega$
R_5	$2 \text{ k}\Omega$	$2,017 \text{ k}\Omega$

Tabelle 1 - Widerstandswerte

4.1.2 Spannung und Strom über direkte Spannungsmessung

4.1.2.1 Gemessene Spannung

	Normwert	Gemessener Wert	Spannung
U_{R1}	1 k Ω	0,993 k Ω	2,082 V
U_{R2}	1 k Ω	0,987 k Ω	1,082 V
U_{R3}	2 k Ω	1,954 k Ω	2,070 V
U_{R4}	1 k Ω	1,040 k Ω	1,031 V
U_{R5}	2 k Ω	2,017 k Ω	4,140 V

Tabelle 2 - direkte Spannungsmessung

4.1.2.2 Berechneter Strom

Anhand der gemessenen Spannung kann nun mit der Formel $I_R = \frac{U_R}{R}$ der Strom berechnet werden. Als Widerstandswerte wurden sowohl der Normwert, als auch der tatsächliche Wert verwendet.

	Normwert	Gemessener Wert	Strom bei R = Normwert	Strom bei R = tatsächlicher Wert
I_{R1}	1 k Ω	0,993 k Ω	2,082 mA	2,097 mA
I_{R2}	1 k Ω	0,987 k Ω	1,038 mA	1,096 mA
I_{R3}	2 k Ω	1,954 k Ω	1,035 mA	1,059 mA
I_{R4}	1 k Ω	1,040 k Ω	1,031 mA	0,991 mA
I_{R5}	2 k Ω	2,017 k Ω	2,070 mA	2,052 mA

Tabelle 3 - indirekte Strommessung

4.1.3 Strom und Spannung über direkte Strommessung

4.1.3.1 Gemessener Strom

	Normwert	Gemessener Wert	Strom
I_{R1}	1 k Ω	0,993 k Ω	2,091 mA
I_{R2}	1 k Ω	0,987 k Ω	1,056 mA
I_{R3}	2 k Ω	1,954 k Ω	1,061 mA
I_{R4}	1 k Ω	1,040 k Ω	1,009 mA
I_{R5}	2 k Ω	2,017 k Ω	2,053 mA

Tabelle 4 - direkte Strommessung

4.1.3.2 Berechnete Spannung

Anhand des gemessenen Stroms kann nun mit der Formel $U_R = R * I_R$ die Spannung berechnet werden. Als Widerstandswerte wurden auch hier Normwert und tatsächlicher Wert verwendet.

	Normwert	Gemessener Wert	Spannung bei R = Normwert	Spannung bei R = tatsächlicher Wert
U_{R1}	1 k Ω	0,993 k Ω	2,091 V	2,076 V
U_{R2}	1 k Ω	0,987 k Ω	1,056 V	1,042 V
U_{R3}	2 k Ω	1,954 k Ω	2,122 V	2,073 V
U_{R4}	1 k Ω	1,040 k Ω	1,009 V	1,049 V
U_{R5}	2 k Ω	2,017 k Ω	4,106 V	4,141 V

Tabelle 5 - indirekte Spannungsmessung

5 Bestimmung des Innenwiderstand

5.1 R_i mit Ohmmeter messen

Zur Messung des Innenwiderstands mit dem Ohmmeter wird die Spannungsquelle durch einen Kurzschluss ersetzt. Anschließend kann das Ohmmeter am Ausgang angeschlossen werden und der entsprechende Wert für den Innenwiderstand abgelesen werden.

$$R_i = 1,21 \text{ k}\Omega$$

5.2 R_i über Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom errechnen

Über das Ohm'sche Gesetz mit der Formel $R_i = \frac{U_0}{I_k}$ kann der Innenwiderstand über Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom berechnet werden.

Bereits gemessene Werte für U_0 und I_k (siehe 3.2.1 und 3.2.2): $U_0 = 5,17 \text{ V}$; $I_k = 4,39 \text{ mA}$

$$R_i = \frac{U_0}{I_k} = \frac{5,17 \text{ V}}{4,39 \text{ mA}} = 1,178 \text{ k}\Omega$$

5.3 R_i über Differenzspannung und Differenzstrom errechnen

Die Schaltung wird mit zwei verschiedenen Widerständen belastet und jeweils Strom und Spannung gemessen. Aus diesen gemessenen Werten wird für Spannung und Strom die Differenz (ΔU und ΔI) ermittelt.

Dadurch ergibt sich erneut über das Ohm'sche Gesetz folgende Formel.

$$R_i = \frac{U_{RL2} - U_{RL1}}{I_{RL1} - I_{RL2}} = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

Messwerte bei $R_{L1} = 1,189 \text{ k}\Omega$

$$\begin{aligned} U_{RL1} &= 2,609 \text{ V} \\ I_{RL1} &= 2,24 \text{ mA} \end{aligned}$$

Messwerte bei $R_{L2} = 1,579 \text{ k}\Omega$

$$\begin{aligned} U_{RL2} &= 3 \text{ V} \\ I_{RL2} &= 1,9 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$R_i = \frac{U_{RL2} - U_{RL1}}{I_{RL1} - I_{RL2}} = \frac{3 \text{ V} - 2,609 \text{ V}}{2,24 \text{ mA} - 1,9 \text{ mA}} = \frac{0,391 \text{ V}}{340 \text{ }\mu\text{A}} = 1,15 \text{ k}\Omega$$

5.4 R_i mit Anpassungsmethode einstellen

Wird am Ausgang ein regelbarer Widerstand angehängt, kann dieser solange eingestellt werden, bis die Spannung welche an diesem abfällt die halbe Leerlaufspannung ist. Der so eingestellte Widerstand ist vom Wert her ident mit dem des Innenwiderstands.

$$\frac{U_0}{2} = U_0' = R_i * I_k'$$

Der so eingestellte Widerstand kann über ein Ohmmeter, welches nach der Anpassung an den regelbaren Widerstand angeschlossen wird, abgelesen werden.

Gemessener Wert des regelbaren Widerstands $R_i = 1,189 \text{ k}\Omega$

5.5 R_i berechnen (über Dreiecks-Stern-Transformation)

Mit Hilfe der Dreiecks-Stern-Transformation kann der Innenwiderstand der gegebenen Schaltung auch berechnet werden.

Dazu wird das Dreieck der Widerstände R_{ab} , R_{bc} und R_{ac} zu einem Stern mit den Widerständen R_a , R_b und R_c transformiert.

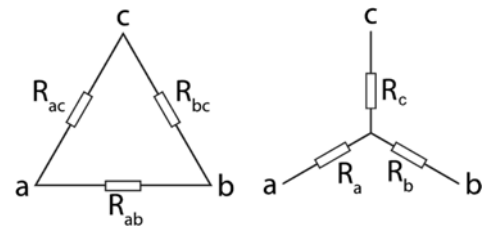


Abbildung 3 - Allg. Stern-Dreiecks-Transformation

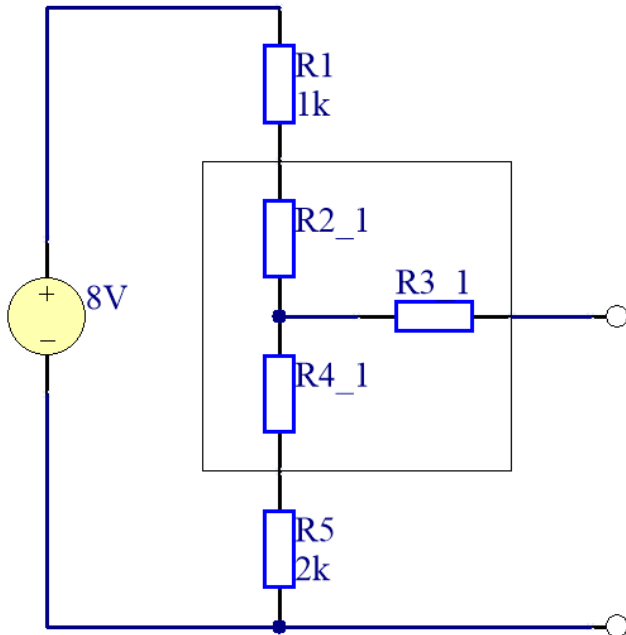


Abbildung 4 – Angewandte Dreiecks-Stern-Transformation

Nach Anwendung der Stern-Dreiecks-Transformation an gegebener Schaltung sieht diese nun wie folgt aus.

$$R_{21} = 500 \, \Omega$$

$$R_{31} = 250 \, \Omega$$

$$R_{41} = 500 \, \Omega$$

$$R_i = R_{31} + (R_{41} + R_5 // R_{21} + R_1)$$

$$R_i = 250 \, \Omega + (500 \, \Omega + 2 \, \text{k}\Omega // 500 \, \Omega + 1 \, \text{k}\Omega)$$

$$R_i = 1,1875 \, \text{k}\Omega$$