

Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik

Versuch **GET 1: Vielfachmesser, Kennlinien und Netzwerke**

Standort GET-Laborräume im Helmholtzbau (H2546, H2547, H2548 bzw. H2549)

Inhalt

- 1 Ziel und Inhalt des Versuches
- 2 Vorausgesetztes Wissen
- 3 Literatur
- 4 Vorbereitungsaufgaben
- 5 Geräte und Baugruppen am Versuchsplatz; Bedienhinweise
- 6 Aufgabenstellungen zur Versuchsdurchführung und -auswertung

1 Ziel und Inhalt des Versuches

- Bestimmung des elektrischen Widerstandes durch Strom- und Spannungsmessung mit einem Vielfachmesser und anschließender Messwertkorrektur
- Einstellen von Spannungen mit dem Potentiometer als Spannungsteiler
- Aufnahme von U/I -Kennlinien
- Bestimmung der Quellspannung und des Innenwiderstandes einer linearen realen Spannungsquelle
- Ermittlung des Arbeitspunktes bei linearer und nichtlinearer Last
- Anwendung der Knotenspannungsanalyse und der Zweipoltheorie bei der Analyse elektrischer Netzwerke und die messtechnische Überprüfung der Ergebnisse

2 Vorausgesetztes Wissen

- Korrektur des methodischen Messfehlers bei strom- und spannungsrichtiger Messung von elektrischen Widerständen
- Kennlinien passiver Bauelemente
- Kennlinienkonstruktion durch grafische Subtraktion zweier Kennlinien
- Kennlinien und Kenngrößen linearer realer Quellen
- Spannungs- und Stromteilerregel
- Arbeitspunktbestimmung an der realen Spannungsquelle bei linearer und nichtlinearer Last
- Kenntnis grundlegender Netzwerkberechnungsmethoden

3 Literatur

- Vorlesungs- und Übungsunterlagen „Elektrotechnik 1“ (1. Fachsemester)
- Lehrbuch Seidel/Wagner: Allgemeine Elektrotechnik 1, Unicopy Ilmenau 2009, Kapitel 1.1 und Kapitel 1.2
- Lernprogramm Grundstromkreis (getsoft.net/learnweb/grundstromkreis)
- Lernprogramm Gleichstromnetze (getsoft.net/learnweb/gleichstromnetze)

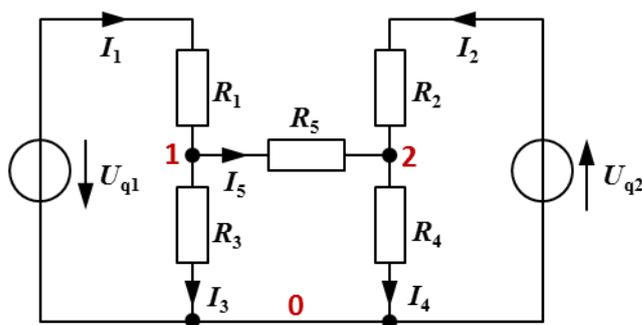
4 Vorbereitungsaufgaben

4.1 Ein ohmscher Widerstand R soll durch gleichzeitiges Messen von Strom und Spannung bestimmt werden. Geben Sie die Schaltungen für **stromrichtiges Messen** und für **spannungsrichtiges Messen** an. Der Einfluss der Messgeräte ist durch den Innenwiderstand des Voltmeters R_{iV} und durch den des Amperemeters R_{iA} zu berücksichtigen. Leiten Sie damit die Korrekturgleichungen für den Widerstand R ab.

4.2 Lösen Sie die Aufgabe 01.03.03 aus der Aufgabensammlung Elektrotechnik 1.

4.3 Der Strom I_4 im Netzwerk von Abbildung 1 ist mit Hilfe der **Zweipoltheorie** zu berechnen.

- Bilden Sie zunächst einen Ersatzzweipol (bestehend aus U_{qers1} , R_{ers1}) aus den Elementen U_{q1} , R_1 , R_3 , R_5 . Zeichnen Sie dazu die Ersatzschaltung und berechnen Sie die Werte für U_{qers1} und R_{ers1} .
- Fassen Sie danach U_{qers1} , R_{ers1} und U_{q2} , R_2 zu einem Ersatzzweipol (bestehend aus U_{qers} , R_{ers}) zusammen. Zeichnen Sie die Schaltung und berechnen Sie die Werte U_{qers} und R_{ers} .
- Berechnen Sie in dem so entstandenen Grundstromkreis mit R_4 den Strom I_4 .



$$\begin{aligned}
 U_{q1} &= 10 \text{ V} \\
 U_{q2} &= 15 \text{ V} \\
 R_1 &= 200 \ \Omega \\
 R_2 &= 56 \ \Omega \\
 R_3 &= 68 \ \Omega \\
 R_4 &= 300 \ \Omega \\
 R_5 &= 30 \ \Omega
 \end{aligned}$$

Abbildung 1

4.4 Bestimmen Sie für das Netzwerk aus Abbildung 1 die Knotenspannungen U_{10} und U_{20} mit Hilfe der **Knotenspannungsanalyse**, d.h. leiten Sie die Gleichungen für U_{10} und U_{20} durch Aufstellen von Maschen- und Knotengleichungen her.

Berechnen Sie mit Hilfe der Knotenspannungen die Zweigströme I_1 bis I_5 .

4.5 Zeichnen Sie die **Messschaltungen** zu den Aufgaben 6.1, 6.3 und 6.4.

4.6 Bereiten Sie die folgenden drei **Diagramme** auf Millimeterpapier vor:

Diagramm 1: A4 Hochformat

Abszisse: Strom I von 0 bis 120 μA mit 1 cm für 10 μA

Ordinate: Spannung U von 0 bis 12 Volt mit 1 cm für 1 V

Zeichnen Sie die Kennlinie für einen Widerstand $R = 50 \text{ k}\Omega$ ein.

Diagramm 2: A4 Hochformat

Abszisse: Spannung U von 0 bis 1,5 Volt mit 1 cm für 0,1 V

Ordinate: Strom I von 0 bis 3,5 mA mit 1 cm für 0,25 mA

Diagramm 3: A4 Querformat

Abszisse: Strom I von 0 bis 120 mA mit 1 cm für 5 mA

Ordinate: Spannung U von 0 bis 32 V mit 1 cm für 2 V

5 Geräte und Baugruppen am Versuchsplatz sowie Bedienhinweise

- 1 Netzgerät mit 0 ... 30V, Festspannungen 5V und 15V (enthalten im Universalsystem MS9140)
- 1 Digitales Ohmmeter (enthalten im Universalsystem MS9140)
- 2 Vielfachmesser Z4313
- 1 Bauteil Glühlampe 230V/25W
- 1 Bauteil Lastwiderstände R_{L1} und R_{L2}
- 1 Bauteil Widerstandsnetzwerk
- 1 Bauteil Widerstände und Dioden
- 1 Bauteil Lineare reale Quelle
- 1 Bauteil Potentiometer 100 Ω /20W

5.1 Hinweise zur Benutzung des Vielfachmessers Z4313

- Die waagerechte Gebrauchslage ist mit dem Symbol (\square) gekennzeichnet.
- Vor Beginn der Messungen ist immer auf den maximalen Messbereich zu schalten.
- Der Betriebsartenschalter ist auf Gleichgrößen = Taste (-) zu stellen.
- Zu beachten ist, dass Strommessgeräte in Reihe und Spannungsmessgeräte parallel zum Messobjekt zu schalten sind.
- Die schwarze Skala unterhalb des Spiegels ist zur Messung der Gleichgrößen zu nutzen.
- Der Minuspol des Gerätes ist mit einem Stern (*) an der Buchse gekennzeichnet.
- Wenn nicht ausdrücklich ein bestimmter Messbereich vorgegeben ist, ist zu versuchen, den Zeigerausschlag im letzten Skalendrittel zu erzielen.
- Für die Bestimmung des Messwertes ist der Ablesewert mit dem Wert des Messbereiches zu multiplizieren und durch den Skalenendwert zu dividieren.
- Die Tabelle zur Berechnung der Innenwiderstände der Messgeräte für die einzelnen Messbereiche befindet sich auf der Geräterückseite bzw. siehe Abbildung 2.

Hinweise zur Ermittlung der Innenwiderstände der Messgeräte

- 1) Im Messbereich 3mA ist der Spannungsabfall im Gleichstrommodus 0,18V.
Damit ist der Innenwiderstand für diesen Messbereich $R_{iA} = 0,18V / 3mA = 60 \Omega$.
- 2) Im Messbereich 60V ist der Vollausschlagstrom im Gleichstrommodus 50 μ A.
Damit ist der Innenwiderstand für diesen Messbereich $R_{iV} = 60V / 50 \mu A = 1,2 M\Omega$.

MEßBEREICHE	UNGEFÄHRER SPAN- NUNGSABFALL /V/		MEßBEREICHE	UNGEFÄHRER VOLL- AUSSCHLAGSTROM / μ A/	
	-	~		-	~
60 μ A	0,075	-	75mV	60	-
120 μ A	0,12	-	15V	50	5000
0,6mA	0,17	0,7	3V	50	5000
3mA	0,18	0,87	7,5V	50	600
15mA	0,18	0,9	15V	50	500
60mA	0,18	0,9	30V	50	500
300mA	0,2	0,92	60V	50	500
1500mA	0,23	0,95	150V	50	500
			300V	50	500
			600V	50	500

Abbildung 2

5.2 Benutzung des Netzgerätes (Power Supply) vom Universalsystem MS9140

Die Gleichspannungsquellen befinden sich an der Frontseite unten rechts:

- obere Anschlussklemmen: Festspannung 5V/2A
- mittlere Anschlussklemmen: Festspannung 15V/1A
- untere Anschlussklemmen: variable Spannung 0 - 30V/2A

Die rote Buchse ist der Pluspol, die schwarze Buchse ist der Minuspol.

Lassen Sie das Gerät während der Praktikumsdauer eingeschaltet!

5.3 Widerstandsmessung mit dem Digitalmultimeter des Universalsystems MS9140

Das Digitalmultimeter befindet sich oben rechts. Stellen Sie die Messspannung auf (DC) und die zu messende Größe auf (Ω). Lassen Sie das Gerät während der Praktikumsdauer eingeschaltet!

5.4 Die Messung der Ersatzinnenwiderstände von Teilschaltungen

Beachten Sie bei der Messung der Ersatzinnenwiderstände von Teilschaltungen, dass Sie die Spannungsquellen **nicht kurzschließen**, sondern jeweils durch einen Kurzschluss im Netzwerk ersetzen! Sie müssen erst die Quelle von der Schaltung abklemmen, dann die entsprechenden Buchsen der Schaltung mit einem Verbindungskabel überbrücken und danach die Innenwiderstände direkt mit dem digitalen Ohmmeter messen (Siehe 5.3).

6 Aufgabenstellung zur Versuchsdurchführung und -auswertung

6.1 Strom- bzw. spannungsrichtiges Messen

Bestimmen Sie den Widerstand R_1 durch gleichzeitiges Messen von Strom und Spannung sowohl mit **strom- als auch mit spannungsrichtiger Messschaltung**.

- Stellen Sie für die Messung eine Spannung von 8,0 V an der variablen Gleichspannungsquelle des Universalsystems ein.
- Führen Sie die Messungen in den Messbereichen 15 V und 120 μ A durch.
- Ermitteln Sie anhand der Geräteangaben die Innenwiderstände für die beiden Messbereiche.
- Berechnen Sie den Widerstand R_1 für jede Messung zuerst direkt aus den Messwerten und danach den nach 4.1 korrigierten Wert.
- Beschreiben Sie den Einfluss der Messmethode auf das Ergebnis.

6.2 Aufnahme der Kennlinien eines linearen passiven Zweipols

Nehmen Sie die **I - U -Kennlinie des ohmschen Widerstandes R_1** für $0 \leq U \leq 10$ V in Schritten von 2V auf.

- Entscheiden und begründen Sie anhand der Ergebnisse aus 6.1, ob die strom- oder die spannungsrichtige Messschaltung zu verwenden ist.
- Berechnen Sie aus den Geräteangaben in Punkt 5 den zulässigen Maximalstrom des Potentiometers und stellen Sie sicher, dass dieser nicht überschritten wird.
- Verwenden Sie die Festspannungsquelle 15V des Universalsystems und das Potentiometer als variablen Spannungsteiler zum Einstellen der Spannungswerte.
- Tragen Sie die Werte in Diagramm 1 ein und zeichnen Sie die U - I -Kennlinie des Widerstandes.

6.3 Aufnahme der Kennlinien eines nichtlinearen passiven Zweipols

Nehmen Sie die ***I-U-Kennlinie der Glühlampe*** 230V/25W mit spannungsrichtiger Messschaltung für $0 \leq U \leq 30V$ in Schritten von 5V auf.

- Verwenden Sie die regelbare Spannungsquelle des Universalsystems.
- Messen Sie im 30V-Bereich des Voltmeters.
- Zeichnen Sie die *U-I*-Kennlinie in Diagramm 3 ein.

6.4 Ermittlung der Kennlinie eines nichtlinearen passiven Zweipols anhand der Aufnahme der Summenkennlinie

Zum Aufzunehmen der Kennlinie der Reihenschaltung von Widerstand $R_V = 150 \Omega$ und Diode in Durchlassrichtung für $0 \leq I \leq 3 \text{ mA}$ gehen Sie folgendermaßen vor:

- Verbinden Sie die Reihenschaltung von Widerstand und Diode über das Potentiometer mit der variablen Spannungsquelle des Universalsystems so, dass die Diode in Durchlassrichtung gepolt ist. Wie messen Sie, strom- oder spannungsrichtig?
- Stellen Sie an der Spannungsquelle 2,0 V ein und regeln Sie diese mit dem Potentiometer auf den benötigten Stromwert.
- Beginnen Sie die Aufnahme der Summenkennlinie von Widerstand und Diode bei $I = 3,0 \text{ mA}$ und verringern Sie den Strom in Schritten von 0,5 mA bis auf 0 mA.
- Zeichnen Sie die Kennlinie in Diagramm 2 ein.
- Messen Sie den Widerstand R_V einzeln aus, indem Sie einen Strom von 3,0 mA einstellen und die dazugehörige Spannung bestimmen.
- Zeichnen Sie die Kennlinie von R_V in das Diagramm 2 ein.
- Ermitteln Sie die Diodenkennlinie grafisch durch Subtraktion der Widerstandskennlinie von der Summenkennlinie.
- Bestimmen Sie grafisch näherungsweise die Schwellspannung der Diode.

6.5 Ermittlung der Kennwerte ($U_q = U_L, I_k, R_i$) einer linearen realen Spannungsquelle

Schalten Sie das Bauteil "***Lineare Spannungsquelle***" an die variable Spannungsquelle des Universalsystems.

- Regeln Sie die Spannung so, dass am Ausgang der "***Linearen Spannungsquelle***" eine Spannung von 30 V bereitsteht, gemessen mit dem Voltmeter im 30 V Bereich.
- Schalten Sie danach das Voltmeter in den 300 mA Strombereich um (**Achtung: Schaltrichtung der Messbereiche über die hohen Spannungsbereiche!**) und messen Sie den Strom.
- Tragen Sie die gemessenen Werte von U_q und I_k in Diagramm 3 ein und konstruieren Sie daraus die Kennlinie der realen linearen Spannungsquelle.

Um die Annahme, dass die gemessene Spannung faktisch die Leerlaufspannung $U_q = U_L$ und der gemessene Strom faktisch der Kurzschlussstrom I_k der realen Quelle sind, zu bestätigen, gehen Sie folgendermaßen vor:

- Berechnen Sie den Widerstand aus der gemessenen Spannung und dem gemessenen Strom, welcher der Innenwiderstand R_i der realen Quelle wäre.
- Berechnen Sie die Innenwiderstände R_{iV} im oben gewählten Spannungsbereich des Voltmeters und R_{iA} im oben gewählten Strombereich des Amperemeters.

- c) Vergleichen Sie diese mit dem unter a) ermittelten R_i der realen Quelle. Treffen Sie eine Aussage, inwieweit die Bedingungen für den Leerlauf (d.h. $R_{iV} \gg R_i$) und für den Kurzschlussfall (d.h. $R_i \gg R_{iA}$) realisiert sind. Dazu berechnen Sie die Verhältnisse R_{iV} / R_i und R_i / R_{iA} .

6.6 Ermittlung der Kennlinie eines aktiven linearen Zweipols

- Belasten Sie das Bauteil "**Lineare Spannungsquelle**" nacheinander mit den Widerständen R_{L1} und R_{L2} .
- Messen Sie spannungsrichtig die beiden Arbeitspunkte AP1 (U_1, I_1) und AP2 (U_2, I_2).
- Zeichnen Sie diese ins Diagramm 3 ein.
- Berechnen Sie aus den beiden Arbeitspunkten die Werte R_i, I_k und U_q der realen Quelle.
- Vergleichen Sie diese mit den in Aufgabe 6.5 ermittelten Werten.

6.7 Arbeitspunktbestimmung der Zusammenschaltung eines linearen aktiven und eines nichtlinearen passiven Zweipols

- Belasten Sie das Bauteil "**Lineare Spannungsquelle**" mit der **Glühlampe** 230V/25W.
- Messen Sie spannungsrichtig den Arbeitspunkt AP (U_{AP}, I_{AP}).
- Bestimmen Sie grafisch den Arbeitspunkt von der "**Linearen Spannungsquelle**" mit der **Glühlampe** im Diagramm 3.
- Vergleichen Sie diesen mit dem gemessenen Arbeitspunkt.

6.8 Messen von Zweigströmen und Knotenspannungen im Netzwerk

Bauen Sie mit den Spannungsquellen (15V Festspannung; 10V mit regelbarer Quelle einstellen) des Universalsystems und den Widerständen schrittweise das **Netzwerk** nach Abbildung 1 auf.

- Messen Sie die Knotenspannungen U_{10} und U_{20} .
- Messen Sie alle Zweigströme.
- Messen Sie durch schrittweisen Ab- und Umbau die unter 4.3 berechneten Ersatzquellen und Ersatzinnenwiderstände nach.
- Vergleichen Sie alle gemessenen Werte mit den in der Vorbereitung (unter 4.3 und 4.4) berechneten und diskutieren Sie mögliche Abweichungen.