

Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik

Versuch GET 1.1: 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 Parameter einer linearen realen Spannungsquelle
- Ermittlung des Arbeitspunktes bei einer linearen und nichtlinearen Last an einer linearen Spannungsquelle
- Anwendung der Knotenspannungsanalyse und der Zweipoltheorie für die Berechnung elektrischer Netzwerke und messtechnischer 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 Spannungsquellen
- Spannungs- und Stromteilerregel
- Arbeitspunktbestimmung an der realen Spannungsquelle bei linearer und nichtlinearer Last
- Kenntnis grundlegender Netzwerkberechnungsmethoden

3 Literatur

- Vorlesungs- und Übungsunterlagen „Allgemeine Elektrotechnik 1“
- 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 Vorbereitungsarbeiten

4.1 Ein ohmscher Widerstand R_x 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_x 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 (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} mit U_{q2}, R_2 zu einem Ersatzzweipol (U_{qers}, R_{ers}) zusammen. Zeichnen Sie die Ersatzschaltung und berechnen Sie die Werte U_{qers} und R_{ers} .
- Berechnen Sie in dem entstandenen Grundstromkreis mit U_{qers}, R_{ers} und R_4 den Strom I_4 .

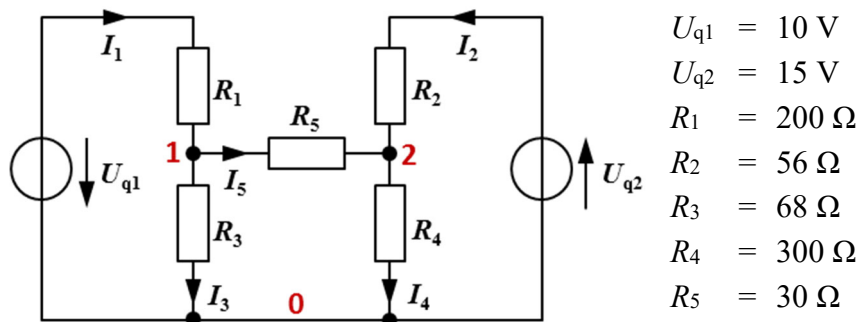


Abbildung 1: Beschaltung eines Widerstandsnetzwerkes

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 μ A mit 1 cm für 10 μ A

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

Zeichnen Sie die Kennlinie für einen Widerstand $R = 50$ k Ω 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 .. 30 V, Festspannungen 5 V und 15 V (im Universalsystem MS9140)
- 1 Digitales Ohmmeter (im Universalsystem MS9140)
- 2 Vielfachmesser Z4313
- 1 Bauteil Glühlampe 230 V / 25 W
- 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 / 20 W

5.1 Hinweise zur Benutzung des Vielfachmessers Z4313

- Das Gerät ist in der waagerechten Lage zu benutzen (Γ -Symbol auf dem Skalenfeld).
- Zur Messung der Gleichgrößen muss die Taste „-“ gedrückt sein. Die schwarze Skala unterhalb des Spiegels ist zu nutzen.
- Strommessgeräte sind in Reihe und Spannungsmessgeräte parallel zum Messobjekt zu schalten.
- Der Minuspol des Gerätes ist mit einem Stern (*) an der Buchse gekennzeichnet.
- Vor Beginn der Messungen ist immer auf den maximalen Messbereich zu schalten.
- Wenn kein Messbereich vorgegeben ist, ist ein Messbereich zu wählen, bei dem der Zeigerausschlag so nah wie möglich an dem Skalenendwert liegt.
- 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

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

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

Abbildung 2: Tabelle zur Bestimmung des Innenwiderstandes des Vielfachmessers Z4313 für die unterschiedlichen Messbereiche

5.2 Benutzung des Netzgerätes (Power Supply) vom Universalsystem MS9140

Die Gleichspannungsquellen befinden sich an der Frontseite unten rechts:

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

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 Vergleich der strom- bzw. spannungsrichtigen Messschaltung

durch gleichzeitiges Messen von Strom und Spannung an dem ohmschen Widerstand R_1 .

- Stellen Sie für die Messung eine Spannung von 8,0 V an der variablen Gleichspannungsquelle des Universalsystems ein.
- Führen Sie sowohl strom- als auch die spannungsrichtige Messung 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 direkt aus den Messwerten.
- Führen Sie die Korrektur mit den Formeln aus 4.1 durch und berechnen Sie den relativen Fehler für beide Messvarianten.
- Beschreiben Sie den Einfluss der Messmethode auf das Ergebnis.

6.2 Aufnahme der I - U -Kennlinien eines linearen passiven Zweipols

am Beispiel eines **ohmschen Widerstandes** R_1 für $0 \text{ V} \leq U \leq 10 \text{ V}$ in Schritten von 2 V.

- Wählen Sie anhand der Ergebnisse aus 6.1 strom- oder die spannungsrichtige Messschaltung aus. Die Messbereiche der Vielfachmesser bleiben wie in 6.1.
- 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 15 V 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 Kennlinie eines nichtlinearen passiven Zweipols

am Beispiel einer **Glühlampe** (230 V/25 W) mit der spannungsrichtigen Messschaltung für $0 \text{ V} \leq U \leq 30 \text{ V}$ in Schritten von 5 V.

- Verwenden Sie die regelbare Spannungsquelle des Universalsystems.
- Messen Sie im 30 V-Bereich des Voltmeters. Wie ist der Messbereich des Amperemeters zu wählen?
- Zeichnen Sie die U - I -Kennlinie in das Diagramm 3 ein.

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

am Beispiel der Reihenschaltung des Widerstandes $R_V = 150 \Omega$ und einer Diode in Durchlassrichtung für $0 \leq I \leq 3 \text{ mA}$.

- Verwenden Sie die regelbare Spannungsquelle und stellen Sie 2,0 V ein.
- Schließen Sie das Potentiometer (0-Stellung beachten) an die Quelle, zur Regelung des Ausgangsstromes.
- Schließen Sie die Reihenschaltung von Widerstand R_V und Diode in Durchlassrichtung am Ausgang des Potentiometers an. Nutzen Sie die spannungsrichtige Messschaltung.
- 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.
- 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 Summenkennlinie und die Kennlinie des Widerstandes 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

unter Nutzung des Bauteils "**Lineare Spannungsquelle**" an der regelbaren Spannungsquelle des Universalsystems.

- Regeln Sie die Spannung, dass am Ausgang der "**Linearen Spannungsquelle**" eine Leerlaufspannung von 30 V mit Hilfe des Voltmeters angezeigt wird.
- Schalten Sie danach den Vielfachmesser über die hohen Spannungsbereiche in den 300 mA Strommessbereich um. Messen Sie den Kurzschlussstrom.
- Tragen Sie die Werte von U_q und I_k in das Diagramm 3 ein und zeichnen Sie die Kennlinie der realen linearen Spannungsquelle.

- Bestätigen Sie wie folgt 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:
 - a) Berechnen Sie mit Ihren Messwerten den Innenwiderstand R_i der realen Quelle.
 - b) Berechnen die Innenwiderstände R_{iV} und R_{iA} der genutzten Messbereiche.
 - c) Die obige Annahme ist korrekt, wenn $R_{iV} \gg R_i$ für den Leerlauf und $R_i \gg R_{iA}$ für den Kurzschlussfall realisiert sind. Nutzen Sie dazu 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**" aus 6.5 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 und konstruieren Sie daraus die Kennlinie des aktiven linearen Zweipols.
- 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**" aus 6.5 mit der **Glühlampe** 230 V/25 W.
- Messen Sie spannungsrichtig den Arbeitspunkt AP (U_{GL}, I_{GL}).
- 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 (15 V Festspannung; 10 V an der regelbaren Quelle) des Universalsystems und dem Bauteil Widerstandsnetzwerk schrittweise das **Netzwerk** nach **Abbildung 1** auf.

- Messen Sie die Knotenspannungen U_{10} und U_{20} .
- Messen Sie alle Zweigströme.
- Messen Sie die unter 4.3 berechneten Ersatzquellen und Ersatzinnenwiderstände nach.
- Vergleichen Sie alle Messwerte mit den Ergebnissen aus der Vorbereitung (4.3 und 4.4).