**Netzwerksberechnung bei Gleichstromerregung****1. Versuchsziel**

- Gültigkeit verschiedener Berechnungsverfahren am gegebenen Netzwerk nachweisen
- selbständiger Schaltungsaufbau
- zweckmäßige Wahl des geeigneten Berechnungsverfahrens
- Umgang mit Strom- und Spannungszählpfeilen

2. Literatur

- /1/ Vorlesung „Grundlagen der Elektrotechnik“; Hochschule Zittau/Görlitz
- /2/ Elschner, H. (1990). Grundlagen der Elektrotechnik, Elektronik - 1.
- /3/ Führer, A. (2012). Grundgebiete der Elektrotechnik - 1 : Stationäre Vorgänge.
- /4/ Paul, R., & Paul, S. (2010). Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik - 1 : Gleichstromnetzwerke und ihre Anwendungen. Springer-Lehrbuch.
- /5/ Lerch, R. (2012). Elektrische Messtechnik. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg
- /6/ Mühl, T. (2014). Einführung in die elektrische Messtechnik. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden

3. Versuchsvorbereitung

- 3.1 Studieren Sie die entsprechenden Abschnitte der angegebenen Literatur und fertigen Sie Flussdiagramme an für die Arbeitsabläufe bei Anwendung der
- a) Zweipoltheorie
 - b) Knotenspannungsanalyse
 - c) Maschenstromanalyse
 - d) Zweigstromanalyse
 - e) Überlagerungsmethode
- 3.2 Berechnen Sie für die in Anlage *Bild 1* dargestellte Schaltung und der für Ihre Versuchsgruppe zutreffenden Werten für die Widerstände R_1 bis R_7 (siehe 5.7 Variantenaufstellung) alle Zweigströme und Spannungsabfälle durch
- a) direkte Anwendung der Kirchhoff'schen Sätze
 - b) Maschenstromanalyse oder Knotenspannungsanalyse (nach Ihrer Wahl)
- 3.3 Betrachten Sie die Schaltung zwischen den Knotenpunkten 0 und 4 als aktiven Zweipol. Dem Widerstand R_7 kommt damit die Bedeutung des Außenwiderstandes R_a zu (Kurzschluss: $R_7 = R_a = 0$, Leerlauf: $R_a \rightarrow \infty$)
Zu berechnen sind: der Innenwiderstand des aktiven Zweipols R_i , die Leerlaufspannung U_i , der Strom I und die Leistung P in Abhängigkeit vom Außenwiderstand R_a . Führen Sie die Berechnung für die in der Wertetabelle (Anhang 1) gegebenen Werte durch und stellen Sie die Berechnungsergebnisse grafisch dar. Nutzen Sie dazu den logarithmischen Diagrammvordruck (Anhang 2).

4. Grundlagen

Als Grundbeziehungen für alle Berechnungsverfahren an linearen Netzwerken dienen die Kirchhoff'schen Sätze, sowie die U-I-Relationen der Bauelemente (Netzwerkelemente).

1. Kirchhoff'scher Satz (Knotenpunktsatz): $\sum_{\mu} I_{\mu} = 0$ (1)

2. Kirchhoff'scher Satz (Maschensatz) : $\sum_{\nu} U_{\nu} = 0$ (2)

Die Anwendung dieser Gesetzmäßigkeiten führt zu relativ großen linearen Gleichungssystemen. Eine Reduzierung des Aufwandes ist durch die Ausnutzung spezieller Eigenschaften der linearen Netzwerke möglich.

a) Sind in einem Netzwerk mehrere Spannungs- bzw. Stromquellen vorhanden, so ergibt sich die Lösung in der Überlagerung der Teillösungen, wobei für die jeweilige Teillösung nur eine Quelle existiert, alle übrigen Quellen werden als kurzgeschlossen betrachtet.

b) Interessiert nur das Strom-Spannungsverhalten eines Zweiges, so ergeben sich rechnerische Vorteile durch die Anwendung von aktiven und passiven Zweipol-Ersatzschaltungen, die einfach aus dem Leerlauf- oder Kurzschlussverhalten der Originalschaltung an ihren Schnittstellen gewonnen werden können.

c) Die Knotenspannungsanalyse reduziert das ursprüngliche Gleichungssystem auf (k-1) unabhängige Gleichungen (k ist die Knotenpunktzahl des Netzwerkes) und liefert nach

$$(G) \cdot (U) = (I) \Rightarrow (U) = (G)^{-1} \cdot (I) \quad (3)$$

die Spannung jedes Knotens gegenüber einem frei wählbaren Bezugsknoten. Daraus lassen sich die gesuchten Zweigströme usw. leicht ermitteln.

d) Die Maschenstromanalyse reduziert das ursprüngliche Gleichungssystem auf die Zahl der möglichen unabhängigen Maschen [$m = z - (k-1)$]

$$(R) \cdot (I) = (U) \Rightarrow (I) = (R)^{-1} \cdot (U) \quad (4)$$

Aus den Maschenströmen (I) lassen sich die gesuchten Zweigströme, Spannungsfälle usw. berechnen.

e) Bei nur einer Spannungsquelle ist eine Netzvereinfachung möglich. Die Möglichkeiten der Netzvereinfachung bei a) ... d) sind an verschiedenen, selbst gewählten, Beispielen aufzuzeigen.

5. Versuchsdurchführung

erforderliche Geräte:

- 1 Experimentierplatte (Bild 1)

Unter Nutzung der Steckschablone ist die Schaltung (Bild 1) zu realisieren!

Hinweis: Auf der Schablone sind die erforderlichen Verbindungen als graue und schwarze Linien dargestellt!

Hierbei ist zu beachten, dass die grau gekennzeichneten Verbindungen bereits intern verschaltet sind und alle schwarzen Verbindungen sowie technischen Elemente (Einspeisungen, Bauelemente und Messgeräte etc.) extern zugeschaltet werden müssen.

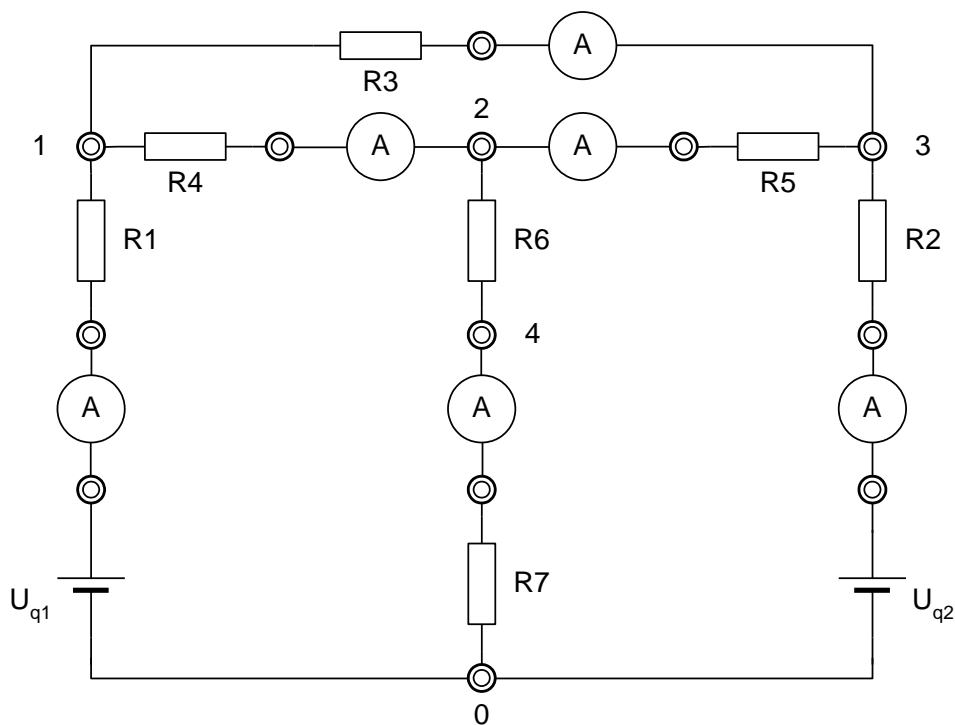
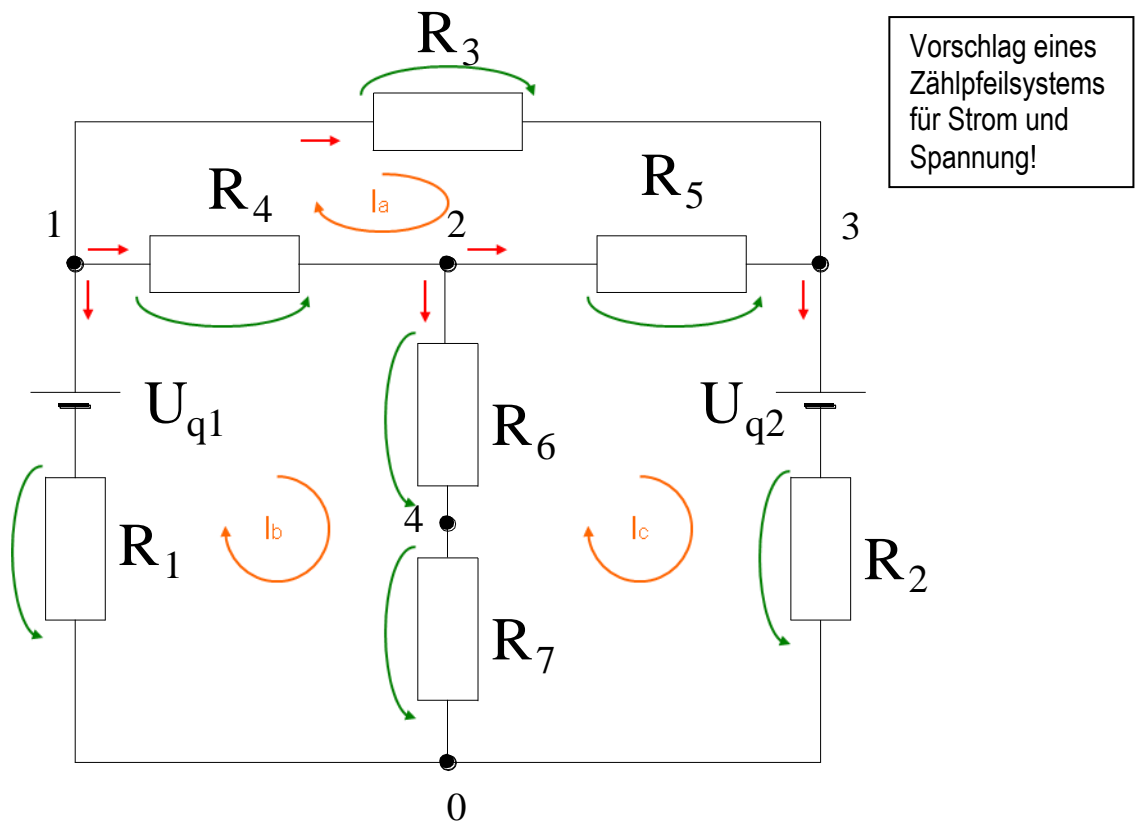


Bild 1

- Messgeräte (Digitalmultimeter) für Zweigströme und Knotenspannungen
- Widerstandsdekaden
 - Resistanz 1: $0,1\Omega - 10\Omega$
 - Resistanz 2: $1\Omega - 100\Omega$
 - Resistanz 3: $10\Omega - 1k\Omega$
 - Resistanz 4: $100\Omega - 10k\Omega$
 - Resistanz 5: $10k\Omega - 1M\Omega$

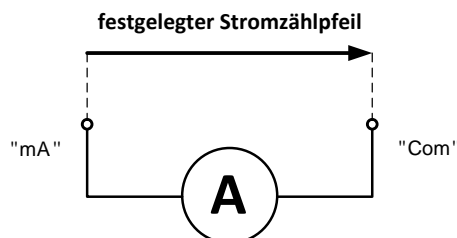


Aufgabenstellung:

- 5.1 Aufbau der Schaltung gemäß Bild 1 nach der für Ihre Versuchsgruppe bestimmten Werte für die Widerstände R_1 bis R_7 (siehe 5.7 Variantenaufstellung).
- 5.2 Messen Sie sämtliche Zweigströme und überzeugen Sie sich von der Gültigkeit des Knotenpunktsatzes für einen von Ihnen auszuwählenden Knoten.

Dazu sind in alle Zweige Strommessgeräte in folgender Weise einzuschalten:

- Tragen Sie in die Schaltung nach Bild 1 willkürlich Stromzählpfeile ein!
- Schalten Sie die Strommessgeräte in folgender Weise zu:

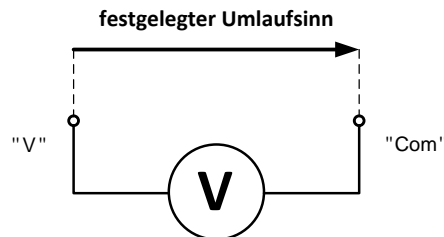


Hinweis: beim Multimeter „Metrahit Energy“ ist die vorzeichenbehaftete Messung durch einmalige Betätigung der Funktionstaste zu aktivieren.

5.3 Messen Sie sämtliche Spannungsfälle und überprüfen Sie den Maschensatz für eine von Ihnen festzulegende Masche in der Schaltung nach Bild 1 anhand der gemessenen Spannungen!

Gehen Sie dazu wie folgt vor:

- Geben Sie den Umlaufsinn für die von Ihnen ausgewählte Masche vor
- Schalten Sie die Spannungsmessgeräte parallel zu allen Elementen der ausgewählten Masche in folgender Weise zu:



5.4 Bestimmen Sie für einen von Ihnen auszuwählenden Zweigstrom I_x nach der Überlagerungsmethode die Stromstärke

$$I_x = I_{x(U_{q1})} + I_{x(U_{q2})}.$$

5.5 Entfernen Sie aus der Schaltung nach Bild 1 den Widerstand R_7 . Betrachten Sie die Schaltung zwischen den Knotenpunkten 0 und 4 als aktiven Zweipol und messen Sie U_i und I_k und berechnen Sie daraus R_i . Überprüfen Sie diese Ergebnisse mit der in der Versuchsvorbereitung (vgl. 3.3) durchgeführten Berechnung.

5.6 Messung von U und I in Abhängigkeit vom Außenwiderstand R_a (R_a entspricht R_7). Führen Sie die Messung für alle Werte von R_a durch (siehe Wertetabelle im Anhang).

5.7 Variantenaufstellung:

| Versuchs- gruppe | R_1 | R_2 | R_3 | R_4 | R_5 | R_6 | R_7 |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Nr. | in Ω | in Ω | in Ω | in Ω | in Ω | in Ω | in Ω |
| 1 | 10 | 20 | 20 | 500 | 100 | 50 | 50 |
| 2 | | | 500 | 100 | 20 | 50 | 50 |
| 3 | | | 100 | 20 | 500 | 50 | 50 |
| 4 | | | 20 | 50 | 200 | 100 | 100 |
| 5 | | | 50 | 200 | 20 | 100 | 100 |
| 6 | | | 200 | 20 | 50 | 100 | 100 |
| 7 | | | 50 | 100 | 200 | 200 | 200 |
| 8 | | | 100 | 200 | 50 | 200 | 200 |
| 9 | | | 200 | 50 | 100 | 200 | 200 |

Bei allen angeführten Varianten haben nachstehende Größen gleiche Werte:

$$U_{q1} = U_{q2} = 12 \text{ V}$$

6. Auswertung

- 6.1 Vergleichen Sie alle berechneten und gemessenen Zweigströme und Spannungsabfälle für die Ihrer Versuchsgruppe entsprechenden Schaltungsvariante.
- 6.2 Berechnen Sie I_X (im Versuch 5.4 vorgegeben) nach dem Überlagerungssatz und U_{40} (im Versuch 5.5 gemessen) nach der Zweipoltheorie. Vergleichen Sie die rechnerisch ermittelten Werte mit den Messwerten aus den Versuchen 5.4 bzw. 5.5.
- 6.3 Bei Abweichungen zwischen den theoretisch erwarteten Werten und den Messwerten ist eine Fehlerdiskussion durchzuführen!

Anhang 1

| 1 Rechnung | | | | | | 2 Messung | | | | | |
|----------------|----------------|-------------|-----------|-----------|----------------|---------------------------|-----------|----------|-----------|----------|----------------|
| $R_i = \Omega$ | | | | | | $U_l = V \qquad I_k = mA$ | | | | | |
| Stufe | R_a / Ω | R_a / R_i | U / U_l | I / I_k | P / P_{\max} | U / V | U / U_l | I / mA | I / I_k | P / mW | P / P_{\max} |
| 0 | 0 | | | | | | | | | | |
| 1 | 10 | | | | | | | | | | |
| 2 | 20 | | | | | | | | | | |
| 3 | 40 | | | | | | | | | | |
| 4 | 60 | | | | | | | | | | |
| 5 | 80 | | | | | | | | | | |
| 6 | 100 | | | | | | | | | | |
| 7 | 150 | | | | | | | | | | |
| 8 | 200 | | | | | | | | | | |
| 9 | 300 | | | | | | | | | | |
| 10 | 400 | | | | | | | | | | |
| 11 | 500 | | | | | | | | | | |
| 12 | 1000 | | | | | | | | | | |
| 13 | 2000 | | | | | | | | | | |
| 14 | 5000 | | | | | | | | | | |
| 15 | ∞ | | | | | | | | | | |
| 16 | R_i | | | | | | | | | | |

Wertetabelle

Versuch 1.02 - GSNW

