

Übung 15 Elektrische Stromkreise Widerstandsschaltungen, Analyse elektrischer Schaltungen

Lernziele

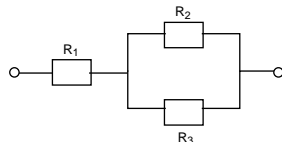
- den Ersatzwiderstand einer Widerstandsschaltung bestimmen können.
- die elektrischen Grundgesetze (Knotenregel, Maschenregel, Widerstandsgesetz) zur Analyse von elektrischen Schaltungen anwenden können.
- aus den elektrischen Grundgesetzen ein Gleichungssystem aufstellen können, welches die Bestimmung von unbekanntem Größen in einer elektrischen Schaltung erlaubt.

Aufgaben

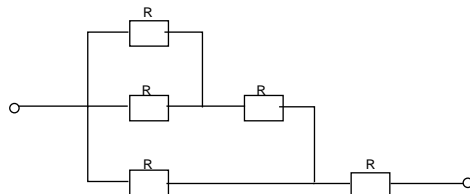
1. Prüfen Sie nach, dass die folgenden beiden Aussagen richtig sind:
 - Der Ersatzwiderstand R zweier **seriell** geschalteter Widerstände R_1 und R_2 ist grösser als der grössere der beiden Widerstände R_1 und R_2 .
 - Der Ersatzwiderstand R zweier **parallel** geschalteter Widerstände R_1 und R_2 ist kleiner als der kleinere der beiden Widerstände R_1 und R_2 .

2. Bestimmen Sie den Ersatzwiderstand R_{tot} der folgenden Widerstandsschaltungen:

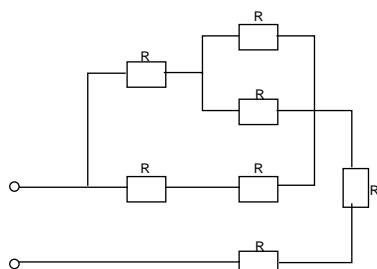
- a) $R_1 = 10$ $R_2 = 20$ $R_3 = 30$



- b) $R = 500$



- c) $R = 14 \text{ k}$



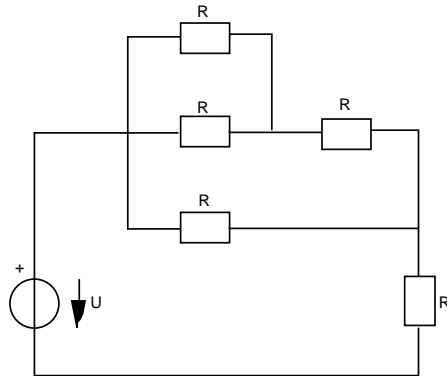
3. In den folgenden Netzwerken seien die eingezeichneten Grössen bekannt.

Stellen Sie mit Hilfe der elektrischen Grundgesetze (Knotenregel, Maschenregel, Widerstandsgesetz) ein Gleichungssystem auf, welches die Bestimmung der Ladungsströme in allen Zweigen der Schaltung und die Spannungen über allen Widerständen erlaubt. Alle Ladungsströme und Spannungen müssen im Gleichungssystem als Unbekannte vorkommen.

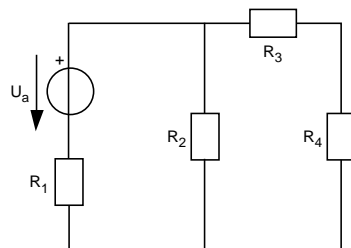
Stellen Sie jeweils ein vollständiges Gleichungssystem auf, welches die Ladungsströme in allen Zweigen und die Spannungen über allen Widerständen enthält.

Sie müssen das Gleichungssystem lediglich aufstellen aber nicht auflösen.

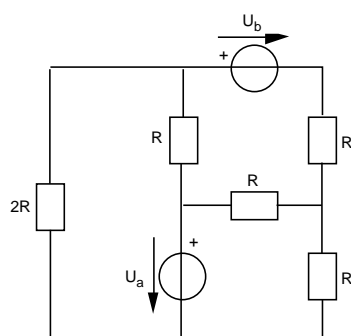
a)



b)



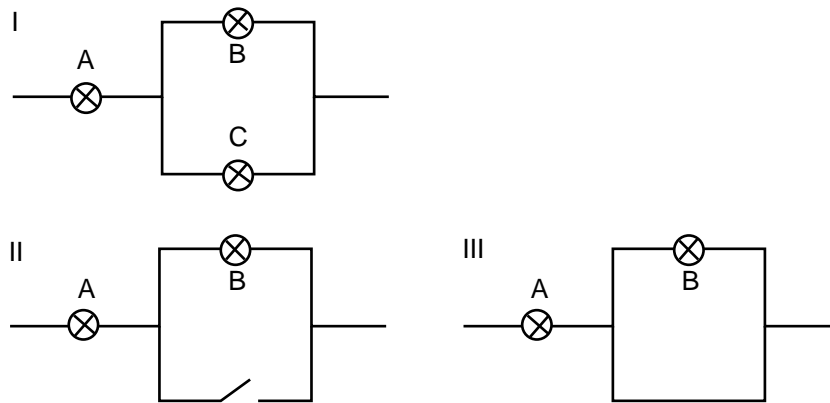
c)



4. Sie haben im Ausland ein Elektrogerät für eine Netzspannung von 110 V eingekauft. Das Gerät erbringt bei ordnungsgemäsem Betrieb (an 110 V) eine bestimmte Leistung. Nach dem Import in die Schweiz (Netzspannung 240 V) möchten Sie das Gerät weiter betreiben. Es soll dieselbe Leistung wie im Herkunftsland abgeben.

Mit welcher einfachen Massnahme können Sie den Betrieb gewährleisten?

5. Gegeben sind drei Schaltungen I, II, III mit den Glühlampen A, B, C:



An allen drei Schaltungen ist die gleiche Spannung angelegt.

Vergleichen Sie die Helligkeit der Glühlampe A in den drei Schaltungen I, II, III.

Sie sollen also mit Begründung beurteilen, in welcher Schaltung die Glühlampe A am hellsten und in welcher sie am wenigsten hell leuchtet, oder ob in zwei oder allenfalls in allen drei Schaltungen die Glühlampe A gleich hell leuchtet.

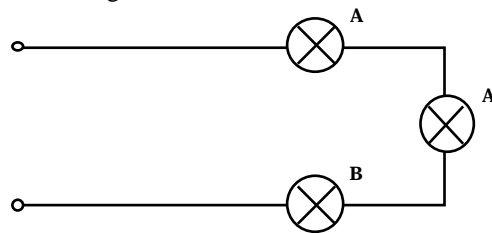
Hinweis: Je grösser der Ladungsstrom durch eine Glühlampe ist, desto heller leuchtet die Lampe.

6. Gegeben sind zwei Glühlampen mit der Aufschrift 100 V / 0.5 A (Typ A) und eine Glühlampe mit der Aufschrift 200 V / 0.2 A (Typ B). Die Glühlampenaufschrift gibt den Normstrom an, wenn die entsprechende Spannung angelegt wird. Die Glühlampen können 10% über den Normstrom überlastet werden, ohne dass sie Schaden leiden.

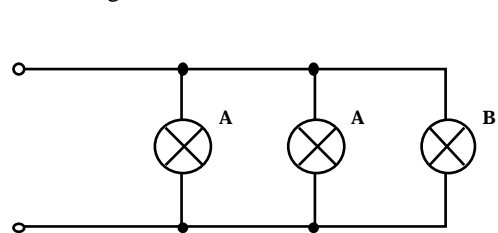
Sie möchten mit allen drei Glühlampen möglichst viel Licht machen, d.h. die Gesamtleistung aller drei Glühlampen soll maximiert werden. Je mehr Strom durch eine einzelne Glühlampe fließt, desto höher ist die Leistung der Glühlampe.

Vier Schaltungsvorschläge stehen zur Diskussion. Jede dieser Schaltungen wird mit der Spannung von 200 V betrieben:

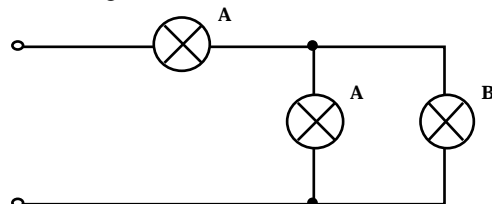
Schaltung I



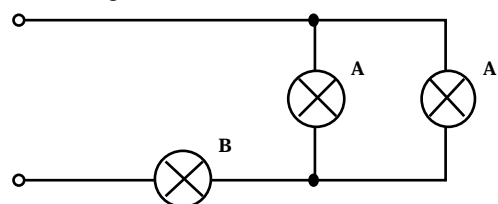
Schaltung II



Schaltung III



Schaltung IV



- Bestimmen Sie die Widerstände der beiden Glühlampentypen.
- Welche der Schaltungen sind für die gegebene Situation untauglich? Warum?
- Welche von den tauglichen Schaltungen wird die maximale Leistung erbringen? Warum?

Lösungen

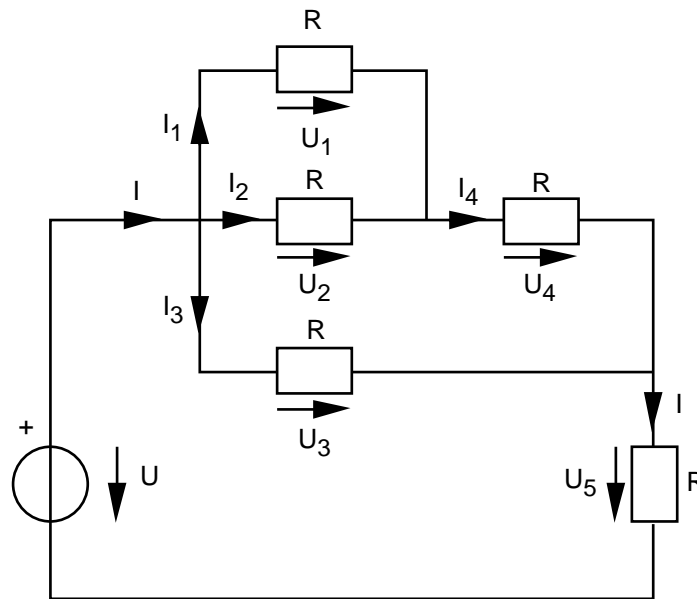
1. ...

2. a) $R_{\text{tot}} = R_1 + R_{23}$
 $\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
 $R_{\text{tot}} = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = 22$

b) $R_{\text{tot}} = R_1 + R$
 $\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R}$
 $R_2 = R_3 + R$
 $\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R}$
 $R_{\text{tot}} = \frac{8}{5} R = 800$

c) ...
 $R_{\text{tot}} = \frac{20}{7} R = 40 \text{ k}$

3. a)



$I = I_1 + I_2 + I_3$
 $I_1 + I_2 = I_4$
 $I_3 + I_4 = I$
 $U_1 = U_2$
 $U_2 + U_4 = U_3$
 $U_3 + U_5 = U$
 $U_1 = R \cdot I_1$
 $U_2 = R \cdot I_2$
 $U_3 = R \cdot I_3$
 $U_4 = R \cdot I_4$
 $U_5 = R \cdot I$

Bekannte: U, R
 Unbekannte: $I, I_1, I_2, I_3, I_4, U_1, U_2, U_3, U_4, U_5$

Gleichungssystem mit 11 Gleichungen und 10 Unbekannten

- b) ...
c) ...
4. Man muss einen Zusatz-Widerstand in Serie schalten.
5. Helligkeit von A in Schaltung II < Helligkeit von A in Schaltung I < Helligkeit von A in Schaltung III

6. a) $R_A = \frac{U}{I} = \frac{100 \text{ V}}{0.5 \text{ A}} = 200$
 $R_B = \frac{U}{I} = \frac{200 \text{ V}}{0.2 \text{ A}} = 1000$

- b) Schaltung II
Über den Glühlampen A liegt die volle Spannung von 200 V, so dass durch sie ein Strom von 1 A fließen würde. Dies liegt aber deutlich über der 10%-Überlast-Toleranz.

- c) Schaltung III
Es muss diejenige Schaltung sein mit dem geringsten Ersatzwiderstand. Denn je kleiner der Widerstand ist desto höher ist bei gleichbleibender angelegter Spannung (200 V) der Strom. Die Schaltung I hat den grössten Ersatzwiderstand, denn die Glühlampen sind in Serie geschaltet.

Die Schaltung II kommt nicht in Frage.

Der Ersatzwiderstand der Schaltung III beträgt

$$R_{III} = R_A + \frac{1}{\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}} = \dots = R_A \cdot \frac{R_B}{R_A + R_B} = 370 \quad (\text{gerundet})$$

Der Ersatzwiderstand der Schaltung IV beträgt

$$R_{IV} = \frac{1}{\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_A}} + R_B = \dots = \frac{R_A}{2} + R_B = 1100$$

Die Schaltung III ist also die Schaltung mit dem geringsten Ersatzwiderstand.