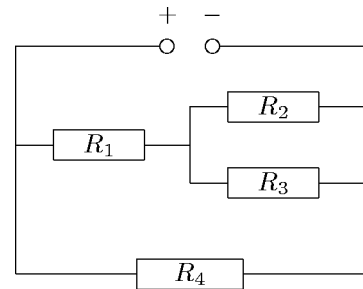


Übungen (E3)

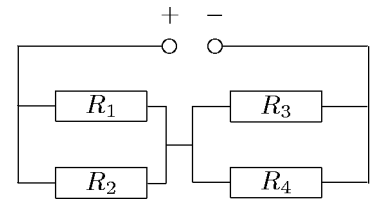
- 1) Eine Glühlampe für 220 V hat im Betrieb einen Widerstand von 660Ω . Wie viele Lampen kann man höchstens parallelschalten, damit die Stromstärke den Wert 6 A (Sicherung!) nicht überschreitet?
- 2) Christbaumkerzen für je 11 V und 0,3 A sollen aus einer 220 V-Steckdose gespeist werden.
 - a) Wie viele sollte man in einer Kette hintereinanderschalten?
 - b) Leuchten alle gleich hell?
 - c) Welche Leistung hat eine Lampe, welche die ganze Kette?
 - d) Was geschieht, wenn man nicht die korrekte Zahl hintereinander schaltet?

- 3) Eine Reihe von elektrischen Geräten ist wie nebenstehend skizziert an eine Spannungsquelle angeschlossen. Die einzelnen Widerstände betragen $R_1 = 12 \Omega$, $R_2 = 15 \Omega$, $R_3 = 10 \Omega$ und $R_4 = 9 \Omega$. Der Gesamtstrom beträgt $I = 2 \text{ A}$.



- a) Wie groß ist der Gesamtwiderstand?
- b) Wie groß ist die Spannung U an der Spannungsquelle?
- c) Bestimmen Sie für alle Widerstände die Stärke des in ihnen fließenden Stroms sowie die an ihren Enden anliegende Spannung.

- 4) Eine Reihe von elektrischen Geräten ist wie nebenstehend skizziert an eine Spannungsquelle angeschlossen. Die einzelnen Widerstände betragen $R_1 = 12 \Omega$, $R_2 = 60 \Omega$, $R_3 = 30 \Omega$ und $R_4 = 45 \Omega$. Die Spannung an der Spannungsquelle beträgt $U = 224 \text{ V}$.



- a) Wie groß ist der Gesamtwiderstand?
- b) Der gesamte Stromkreis ist mit einer 10A-Sicherung abgesichert. Kommt es zu einer Überlastung?
- c) Bestimmen Sie für alle Widerstände die Stärke des in ihnen fließenden Stroms sowie die an ihren Enden anliegende Spannung.

- 5) Das Messwerk eines Drehspulmessgerätes hat einen Messbereich von 2 mA. Welche Spannung kann man damit messen, wenn der Innenwiderstand $R_1 = 50 \Omega$ beträgt? Warum kann man die Skala-Einteilung unverändert übernehmen? Wie geht man vor, um den Messbereich auf 1 A zu erweitern? Wie groß ist dann der Gesamtwiderstand des Messinstrumentes? Was ist zu tun, um mit diesem Messwerk eine Spannung von 100 V messen zu können?

- 6) Ein Messwerk hat 100Ω Widerstand und bei 1 mA Vollausschlag.
 - a) Wie erweitert man den Messbereich auf 5 A?
 - b) Mit diesem Messbereich wird eine Stromstärke von 3 A gemessen. Wie teilt er sich auf das Messwerk und auf den Nebenwiderstand auf?
 - c) Was ist zu tun, um mit diesem Messwerk eine Spannung von 100 V messen zu können?

Übungen (E3) — Lösungen

- 1) Da die Glühbirnen parallelgeschaltet werden, liegt an jeder von ihnen die Normalspannung von 220 V. Durch *eine* Glühlampe fließt dann ein Strom der Stärke

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220 \text{ V}}{660 \Omega} = \frac{1}{3} \text{ A}.$$

Bei parallel geschalteten Glühbirnen addieren sich die Stromstärken. Bei maximal 6 A Gesamtstromstärke kann man also 18 Glühbirnen parallel schalten, ohne die Sicherung durchbrennen zu lassen.

- 2) a) An jeder einzelnen Christbaumkerze erfolgt ein Spannungsabfall von 11 V, so dass man bei einer Gesamtspannung von 220 V 20 Kerzen hintereinander schalten kann.
 b) Da durch alle derselbe Strom von 0,3 A fließt, leuchten sie auch alle gleich hell.
 c) Die Leistung einer Lampe ist $P = U \cdot I = 11 \text{ V} \cdot 0,3 \text{ A} = 3,3 \text{ W}$ und die Gesamtleistung dann $20 \cdot 3,3 \text{ W} = 66 \text{ W}$. (Diese Gesamtleistung ergibt sich aber auch als $P = U_g \cdot I = 220 \text{ V} \cdot 0,3 \text{ A} = 66 \text{ W}$.)
- 3) a) R_2 und R_3 sind parallel geschaltet; der Ersatzwiderstand für beide sei R_{23} . Bei Parallelschaltung addieren sich die Leitwerte:

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{15 \Omega} + \frac{1}{10 \Omega} = \frac{10}{60 \Omega} \iff R_{23} = 6 \Omega.$$

Dieser Ersatzwiderstand R_{23} ist mit R_1 in Reihe geschaltet; wir erhalten somit den Ersatzwiderstand $R_{123} = R_1 + R_{23} = 12 \Omega + 6 \Omega = 18 \Omega$.

Schließlich ist dieser Widerstand R_{123} zu R_4 parallel geschaltet. Der Gesamtwiderstand R_g ergibt sich damit aus

$$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_{123}} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{18 \Omega} + \frac{1}{9 \Omega} = \frac{1}{6 \Omega} \iff R_g = 6 \Omega.$$

- b) Bei einem Gesamtstrom $I = 2 \text{ A}$ muss die Spannung

$$U_g = I \cdot R_g = 2 \text{ A} \cdot 6 \Omega = 12 \text{ V}$$

betragen.

- c) Es bezeichne U_k und I_k ($k = 1, \dots, 4$) den Spannungsabfall an bzw. die Stromstärke in dem jeweiligen Widerstand R_k . Wir erhalten so

$$I_4 = \frac{U_g}{R_4} = \frac{12 \text{ V}}{9 \Omega} = 1,33 \text{ A},$$

$$I_1 = I_g - I_4 = 2 \text{ A} - 1,33 \text{ A} = 0,67 \text{ A},$$

$$U_1 = R_1 \cdot I_1 = 12 \Omega \cdot 0,67 \text{ A} = 8 \text{ V},$$

$$U_2 = U_g - U_1 = 12 \text{ V} - 8 \text{ V} = 4 \text{ V},$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{4 \text{ V}}{15 \Omega} = 0,27 \text{ A},$$

$$I_3 = \frac{U_2}{R_3} = \frac{4 \text{ V}}{10 \Omega} = 0,4 \text{ A}.$$

Alternativ kann man in c) auch unter Benutzung der Spannungs- und der Stromteilerregeln folgendermaßen argumentieren:

1. Die Stromstärken durch die parallel geschalteten Widerstände $R_4 = 9\ \Omega$ und $R_{123} = 18\ \Omega$ verhalten sich umgekehrt wie die Widerstände, also $I_4 : I_{123} = I_4 : I_1 = 2 : 1$ und folglich $I_1 = \frac{1}{3}I_g = \frac{2}{3}\text{ A}$ und $I_4 = \frac{4}{3}\text{ A}$.
2. Die Stromstärke $I_1 = \frac{2}{3}\text{ A}$ verteilt sich auf die parallel geschalteten Widerstände $R_2 = 15\ \Omega$ und $R_3 = 10\ \Omega$ im Verhältnis $2 : 3$, also $I_2 = \frac{2}{5}I_1 = \frac{4}{15}\text{ A} = 0,27\text{ A}$ und $I_3 = \frac{6}{15}\text{ A} = 0,4\text{ A}$.
3. Die Spannungsabfälle an den in Reihe geschalteten Widerständen $R_1 = 12\ \Omega$ und $R_{23} = 6\ \Omega$ verhalten sich wie die Widerstände, also $U_1 : U_2 = 2 : 1$ und damit $U_1 = \frac{2}{3}U_g = 8\text{ V}$ und $U_2 = U_3 = 4\text{ V}$.
- 4) Wieder bezeichnen wir die Ersatzwiderstände durch Kombination der Indizes: R_{ij} Ersatzwiderstand für R_i und R_j , usw.
 - a) R_1 und R_2 parallel $\implies \frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{12\ \Omega} + \frac{1}{60\ \Omega} = \frac{1}{10\ \Omega}$, $R_{12} = 10\ \Omega$; genauso $R_{34} = 18\ \Omega$.
 R_{12} und R_{34} in Reihe $\implies R_g = 10\ \Omega + 18\ \Omega = 28\ \Omega$.
 - b) Bei einer Spannung $U = 224\text{ V}$ ergibt sich eine Stromstärke $I_g = \frac{224\text{ V}}{28\ \Omega} = 8\text{ A}$; es kommt nicht zu einer Überlastung.
 - c) Nach der Stromteilerregel gilt $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = 5 : 1$, also $I_1 = \frac{5}{6}I_g = 6,67\text{ A}$, $I_2 = I_g - I_1 = 1,33\text{ A}$.
 Entsprechend $\frac{I_3}{I_4} = \frac{R_4}{R_3} = 3 : 2$, also $I_3 = \frac{3}{5}I_g = 4,8\text{ A}$, $I_4 = I_g - I_3 = 3,2\text{ A}$.
 Nach der Spannungsteilerregel gilt $\frac{U_{12}}{U_{34}} = \frac{R_{12}}{R_{34}} = 5 : 9$, also $U_1 = U_2 = \frac{5}{14}U_g = 80\text{ V}$ und $U_3 = U_4 = U_g - U_1 = 144\text{ V}$.
- 5) Gegeben sind die Gerätedaten $R_1 = 50\ \Omega$ und $I_1 = 2\text{ mA}$. Nach dem Ohmschen Gesetz ist die durch das Messwerk fließende Stromstärke proportional zur anliegenden Spannung. Beim angegebenen Widerstand gilt dann

$$U_1 = R_1 \cdot I_1 = 50\ \Omega \cdot 2\text{ mA} = 100\text{ mV}.$$

Da U und I proportional sind, ändern sich beide im gleichen Verhältnis, so dass die Skala unverändert übernommen werden kann; lediglich die Beschriftung ist anzupassen.

Damit ein Strom der Stärke $I_g = 1\text{ A}$ fließen kann, schaltet man einen Widerstand R_2 parallel. Dieser muss so ausgewählt werden, dass durch ihn $I_2 = I_g - I_1 = 998\text{ mA}$ fließen und nur $I_1 = 2\text{ mA}$ durch das Messwerk. Wegen der Parallelschaltung liegt an beiden Widerständen dieselbe Spannung $U_1 = 100\text{ mV}$. Der Widerstand R_2 beträgt demzufolge

$$R_2 = \frac{U_1}{I_2} = \frac{100\text{ mV}}{998\text{ mA}} = 100,2\text{ m}\Omega$$

Der Gesamtwiderstand ist dann (bei einer anliegenden Spannung $U_1 = 100\text{ mV}$ und einem Gesamtstrom $I_g = 1\text{ A}$)

$$R_g = \frac{U_1}{I_g} = \frac{100\text{ mV}}{1\text{ A}} = 100\text{ m}\Omega.$$

Um eine Spannung $U_g = 100\text{ V}$ messen zu können, muss man einen Schutzwiderstand mit dem Messwerk in Reihe schalten, und zwar so, dass an ihm $U_g - U_1 =$

$100\text{ V} - 100\text{ mV} = 99,9\text{ V}$ Spannung abfallen. Da der durchfließende Strom dabei unverändert $I_1 = 2\text{ mA}$ beträgt, erhält man für den Schutzwiderstand

$$R_2 = \frac{U_2}{I_1} = \frac{99,9\text{ V}}{2\text{ mA}} = 49,95\text{ k}\Omega.$$

- 6) a) $R_1 = 100\ \Omega$ und $I_1 = 1\text{ mA}$. Damit ein Gesamtstrom der Stärke $I_g = 5\text{ A}$ zulässig ist, muss man einen Widerstand R_2 *parallel* schalten, durch den ein Strom von $I_2 = I_g - I_1 = 4999\text{ mA}$ fließt. Dann gilt (siehe oben)

$$R_2 = \frac{R_1 I_1}{I_2} = \frac{100\ \Omega}{4999} = 20\text{ m}\Omega.$$

b) Die Stromstärke im Messwerk verhält sich zur Gesamtstromstärke wie 1 mA zu 5 A , also wie $1:5000$. Bei 3 A Gesamtstromstärke fließen durch das Messwerk daher $0,6\text{ mA}$ und der Rest ($2,994\text{ A}$) durch den parallelgeschalteten Widerstand.

c) Man muss einen Schutzwiderstand mit dem Messwerk in Reihe schalten, und zwar so, dass an ihm $U_g - U_1 = U_g - R_1 I_1 = 100\text{ V} - 100\ \Omega \cdot 1\text{ mA} = 99,9\text{ V}$ Spannung abfallen. Da der durchfließende Strom dabei unverändert $I_1 = 1\text{ mA}$ beträgt, erhält man für den Schutzwiderstand

$$R_2 = \frac{U_2}{I_1} = \frac{99,9\text{ V}}{1\text{ mA}} = 99,9\text{ k}\Omega.$$