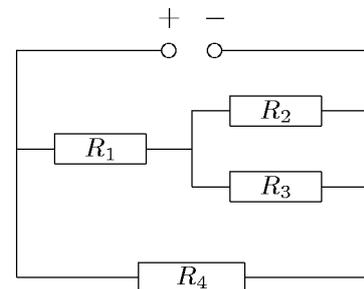


Übungen (3)

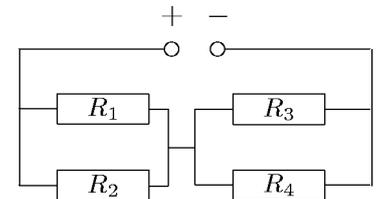
- 1) (DBw 205/1;DBs 224/3) Eine Glühlampe für 220 V hat im Betrieb einen Widerstand von 660Ω . Wie viele Lampen kann man höchstens parallelschalten, damit die Stromstärke den Wert 6 A (Sicherung!) nicht überschreitet?
- 2) (DBw 209/1;DBs 228/1) Christbaumkerzen für je 11 V und 0,3 A sollen aus einer 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) (DBw 205/2;DBs 224/1) Das Messwerk eines Drehspulmessgerätes hat einen Messbereich von 2 mA. Welche Spannung kann man damit messen, wenn der Innenwiderstand $R_i = 50 \Omega$ 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 (3) — 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 $P = U_g \cdot I = 220 \text{ V} \cdot 0,3 \text{ A} = 66 \text{ W}$.)
 d) (Lösung Conny Keil, Danke!) Bei weniger als 20 Lampen wird die Lichterkette heller oder die Lampen gehen sofort kaputt. Da an den verbliebenen Lampen mehr als 11 Volt anliegt. Meistens geht nur eine Lampe kaputt und unterbricht damit den Stromkreis, die anderen Lampen gehen nur aus.

Bei mehr als 20 Lampen wird die Lichterkette insgesamt dunkler.

- 3) a) R_2 und R_3 sind parallel geschaltet; der Ersatzwiderstand für beide sei R_{23} . Bei Parallelschaltung addieren sich die Leitwerte:

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{15 \Omega} + \frac{1}{10 \Omega} = \frac{5}{30 \Omega} \iff R_{23} = 6 \Omega.$$

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

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