

Übung 16

Elektrische Stromkreise Energie und elektr. Leistung, Analogie zu Gravitation und Hydraulik

Lernziele

- das Systemdiagramm eines vorgegebenen Gerätes zeichnen können.
- den Zusammenhang zwischen dem elektrischen Ladungsstrom, der elektrischen Spannung und der elektrischen Leistung in konkreten Problemstellungen anwenden können.
- die elektrischen Grundgesetze (Knotenregel, Maschenregel, Widerstandsgesetz) zur Analyse von elektrischen Schaltungen anwenden können.
- die Analogien zwischen Gravitation, Hydraulik und Elektrizität kennen und verstehen.

Aufgaben

1. Skizzieren Sie das Systemdiagramm einer Glühlampe.
2. Ein elektrischer Stromkreis bestehe aus einer Quelle und einem Widerstand.
Man beobachtet, dass bei einer angelegten Spannung von 4.5 V im Widerstand jede Minute eine Energie von 108 J umgesetzt wird.
Beurteilen Sie nun, ob die folgende Behauptung wahr ist:
"Wenn man die Spannung auf 9.0 V verdoppelt, dann verdoppelt sich auch die im Widerstand umgesetzte Energie auf 216 J pro Minute."
3. Eine Glühlampe ist mit 230 V / 75 W beschriftet. Bei einer angelegten elektrischen Spannung $U = 230 \text{ V}$ beträgt also die elektrische Prozessleistung in der Glühbirne $P_{el} = 75 \text{ W}$.
 - a) Bestimmen Sie den elektrischen Ladungsstrom durch die Glühlampe bei einer angelegten elektrischen Spannung von 230 V.
 - b) Bestimmen Sie den elektrischen Widerstand R der Glühlampe bei einer angelegten elektrischen Spannung von 230 V.
 - c) Bestimmen Sie den elektrischen Ladungsstrom durch die Glühlampe bei einer angelegten elektrischen Spannung von 115 V.
Nehmen Sie näherungsweise an, dass der elektrische Widerstand der Glühlampe konstant sei.
 - d) Bestimmen Sie die Anzahl Glühlampen, die man parallel an eine Spannung von 230 V schalten kann, ohne dass der Strom den Wert von 13 A überschreitet.
(Das Stromnetz im Haushalt ist mit 13 A - Sicherungen gesichert.)
4. (siehe Seite 2)

4. Sie möchten gerne mit Glühlampen mit der Aufschrift 4 V / 0.1 A, welche Sie am Netz von 230 V anschliessen, eine Gartenfestbeleuchtung basteln.
- Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, in welcher Schaltung Sie diese Lampen ans Netz anschliessen müssen.
 - Wieviele Glühlampen brauchen Sie dazu?
 - Bestimmen Sie die in allen Lampen insgesamt umgesetzte elektrische Prozessleistung.

5. Ein Elektrogerät ist angeschrieben mit 230 V / 0.5 A.

Die Netzspannung ist nicht dauernd konstant 230 V, sondern sie schwankt um diesen Wert herum. Die Netzspannung darf dabei zwischen 10 % über bzw. 10 % unter dem normalen Wert von 230 V schwanken, ohne dass der Energiebezüger reklamieren darf (Quelle: W. Heuberger, EWZ, 20.2.2001).

Bestimmen Sie, zwischen welchen Werten dabei die elektrische Leistung des Elektrogerätes schwankt.

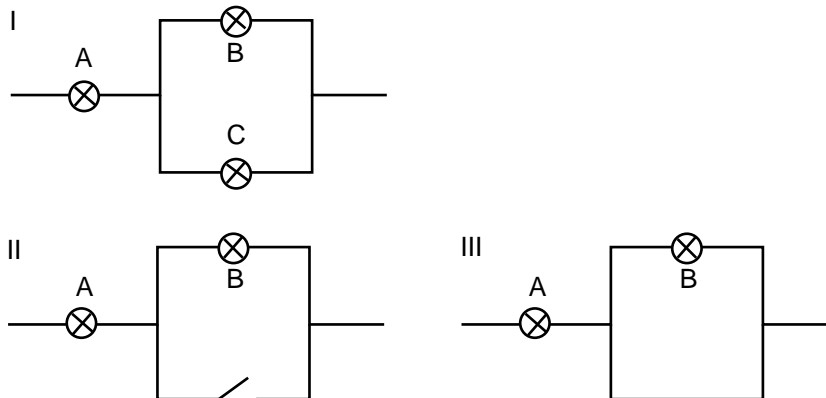
Nehmen Sie näherungsweise an, dass der elektrische Widerstand des Elektrogerätes konstant ist.

6. Aufgabenbuch: 2.96, 2.98

7. 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 230 V) möchten Sie das Gerät weiter betreiben. Es soll dieselbe Leistung wie im Herkunftsland abgeben.

Mit welcher einfachen Massnahme können Sie den Betrieb gewährleisten?

8. 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.

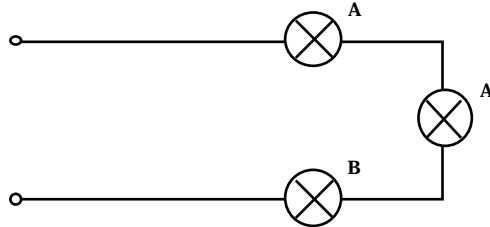
Hinweis:

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

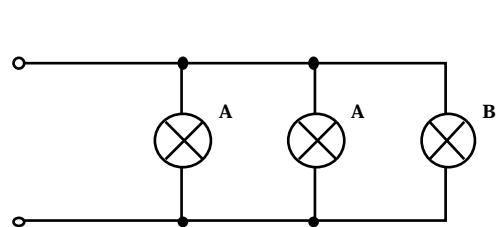
9. (siehe Seite 3)

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

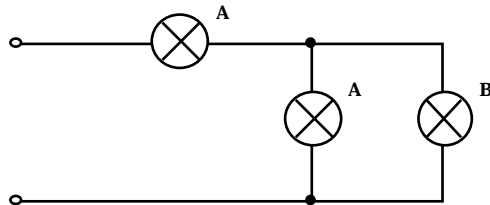
Schaltung I



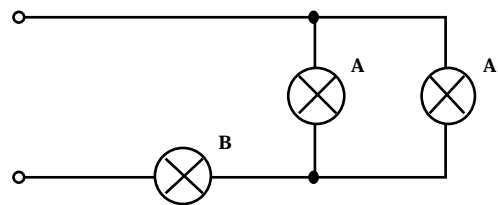
Schaltung II



Schaltung III



Schaltung IV



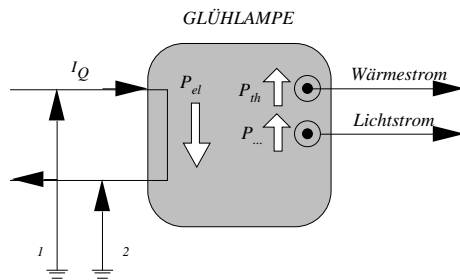
- Bestimmen Sie die Widerstände der beiden Glühlampentypen.
 - Welche der Schaltungen sind für die gegebene Situation untauglich? Warum?
 - Welche von den tauglichen Schaltungen wird die maximale Leistung erbringen? Warum?
10. Ergänzen Sie die folgende Tabelle, welche die Analogie zwischen Gravitation, Hydraulik und Elektrizität aufzeigen soll.

Versuchen Sie, die Tabelle möglichst ohne Hilfsmittel (Physik-Buch etc.) auszufüllen.

	Gravitation	Hydraulik	Elektrizität
Mengenartige Grösse	Masse m		
Trägerstrom		Volumenstrom I_V	
Potential	Gravitationspotential $g \cdot h$		
Energiestrom		$I_W = p \cdot I_V$	
Prozessleistung	$P_{\text{grav}} = g \cdot h \cdot I_m$		
Widerstandsgesetz	---		$I_Q = \frac{1}{R} U_R$

Lösungen

1.



2. Die Behauptung wäre dann wahr, wenn der elektrische Ladungsstrom unverändert bliebe. Ob dies der Fall ist, hängt von den Eigenschaften des Widerstandes ab. Bei einem ohm'schen Widerstand würde sich der elektrische Ladungsstrom verdoppeln. Die umgesetzte Energie wäre dann 432 J pro Minute, d.h. vier Mal so hoch wie bei 4.5 V.

3. a) $P_{el} = U \cdot I_Q$ $I_Q = \frac{P_{el}}{U} = \frac{75 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 0.33 \text{ A}$
- b) $R = \frac{U}{I_Q} = \frac{230 \text{ V}}{\dots \text{ A}} = 0.71 \text{ k}$ (I_Q aus Aufgabe a))
- c) $I_Q = \frac{1}{R} U = \frac{1}{\dots} \cdot 115 \text{ V} = 0.16 \text{ A}$ (R aus Aufgabe b))
- d) $\frac{1}{R_{tot}} = n \cdot \frac{1}{R}$ $n = R \frac{I_Q}{U} = \dots \cdot \frac{13 \text{ A}}{230 \text{ V}} = 39.9$ 39 Glühlampen
- (R aus Aufgabe b))

4. a) Serieschaltung
- b) $n \cdot U_L - U = 0$ $n = \frac{U}{U_L} = \frac{230 \text{ V}}{4 \text{ V}} = 57.5$ 58 Glühlampen
- c) $P_{el} = U \cdot I_Q$
 $I_Q = \frac{1}{R_{tot}} U$
 $R_{tot} = n \cdot R_L$
 $R_L = \frac{U_L}{I_{QL}}$
- $P_{el} = \frac{1}{n} \frac{U^2}{U_L} I_{QL} = \frac{1}{58} \frac{(230 \text{ V})^2}{4 \text{ V}} 0.1 \text{ A} = 23 \text{ W}$

5. $P_{el} = U \cdot I_Q$
 $I_Q = \frac{1}{R_G} U$
 $R_G = \frac{U_G}{I_{QG}}$
- $P_{el} = \frac{U^2}{U_G} I_{QG}$
- $P_{el, \min} = \frac{U_{\min}^2}{U_G} I_{QG} = \frac{(0.9 \cdot 230 \text{ V})^2}{230 \text{ V}} 0.5 \text{ A} = 93 \text{ W}$
- $P_{el, \max} = \frac{U_{\max}^2}{U_G} I_{QG} = \frac{(1.1 \cdot 230 \text{ V})^2}{230 \text{ V}} 0.5 \text{ A} = 0.14 \text{ kW}$

6. siehe Aufgabenbuch

7. Man muss einen Zusatz-Widerstand in Serie schalten.

8. Helligkeit von A in Schaltung II < Helligkeit von A in Schaltung I < Helligkeit von A in Schaltung III

9. a) $R_A = \frac{U}{I} = \frac{100 \text{ V}}{0.5 \text{ A}} = 0.20 \text{ k}$
 $R_B = \frac{U}{I} = \frac{200 \text{ V}}{0.2 \text{ A}} = 1.0 \text{ k}$

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

$$R_{III} = R_A + \frac{1}{\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}} = \dots = R_A \cdot \frac{R_B}{R_A + R_B} = 0.37 \text{ k}$$

Der Ersatzwiderstand der Schaltung IV beträgt

$$R_{IV} = \frac{1}{\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_A}} + R_B = \dots = \frac{R_A}{2} + R_B = 1.1 \text{ k}$$

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

10.

	Gravitation	Hydraulik	Elektrizität
Mengenartige Grösse	Masse m	Volumen V	Elektrische Ladung Q
Trägerstrom	Massenstrom I_m	Volumenstrom I_V	Elektrischer Ladungsstrom I_Q
Potential	Gravitationspotential g·h	Druck p	Elektrisches Potential
Energiestrom	$I_W = gh \cdot I_m$	$I_W = p \cdot I_V$	$I_W = U \cdot I_Q$
Prozessleistung	$P_{\text{grav}} = g \cdot h \cdot I_m$	$P_{\text{hyd}} = p \cdot I_V$	$P_{\text{el}} = U \cdot I_Q$
Widerstandsgesetz	---	$I_V = \frac{1}{R_V} p$	$I_Q = \frac{1}{R} U_R$