

Übung 16 Elektrizität Elektrische Schaltungen, Energie und elektrische Leistung

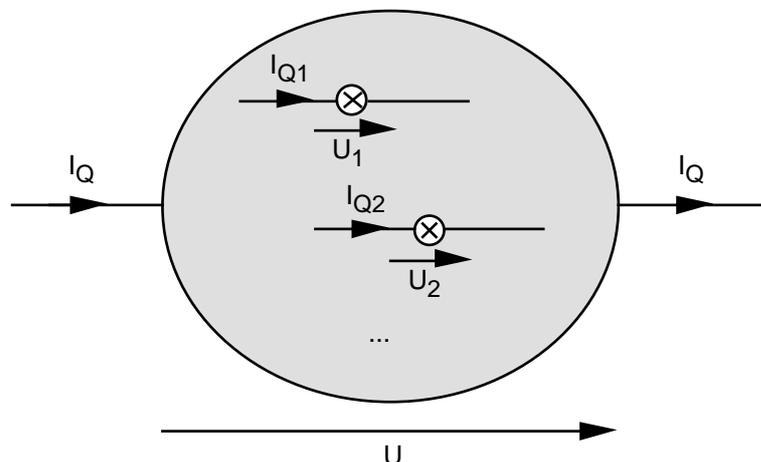
Lernziele

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

Aufgaben

1. Eine Glühlampe ist mit 230 V / 75 W beschriftet. Dies bedeutet, dass die elektrische Prozessleistung in der Glühlampe 75 W beträgt, wenn man an die Glühlampe die Spannung 230 V anlegt.
- a) Skizzieren Sie das Systemdiagramm der Glühlampe.
 - b) Bestimmen Sie den elektrischen Ladungsstrom durch die Glühlampe bei einer angelegten elektrischen Spannung von 230 V.
 - c) Nehmen wir nun an, die an die Glühlampe angelegte Spannung werde auf 115 V halbiert. Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, ob dadurch auch
 - i) der elektrische Ladungsstrom durch die Glühlampe halbiert wird.
 - ii) die elektrische Prozessleistung in der Glühlampe halbiert wird.
- Hinweis:
Bearbeiten Sie diese Aufgabe allgemein algebraisch, d.h. ohne Berücksichtigung von konkreten Zahlenwerten.
- d) Bestimmen Sie die Anzahl Glühlampen, die man parallel an eine Spannung von 230 V schalten kann, ohne dass der elektrische Ladungsstrom den Wert von 13 A überschreitet. (Das Stromnetz im Haushalt ist mit 13-Ampère-Sicherungen gesichert.)
- Vorgehen:
- Stellen Sie zuerst mit Hilfe der elektrischen Grundgesetze ein Gleichungssystem auf, in welchem die gesuchte Anzahl Glühlampen als Unbekannte vorkommt.
 - Lösen Sie das Gleichungssystem allgemein algebraisch, d.h. ohne Verwendung von konkreten Zahlenwerten.
 - Setzen Sie erst ganz am Schluss die Zahlenwerte in die algebraische Lösung ein.

2. Betrachten Sie eine beliebige Schaltung mehrerer elektrischer "Verbraucher" (Glühlampen, elektrische Geräte, usw.). Die gesamte Schaltung sei an der Spannung U angeschlossen, und es fliesse vor und hinter der Schaltung der elektrische Ladungsstrom I_Q :



Stellen Sie sich nun vor, Sie müssten die Summe aller elektrischer Prozessleistungen P_{el1} , P_{el2} , ... in den einzelnen "Verbrauchern" bestimmen.

Die elektrische Prozessleistung in einem einzelnen "Verbraucher" ist das Produkt der über dem "Verbraucher" liegenden Spannung und dem durch den "Verbraucher" fliessenden elektrischen Ladungsstrom. Für die Summe aller elektrischer Prozessleistungen gilt daher

$$P_{el,tot} = P_{el1} + P_{el2} + \dots = U_1 \cdot I_{Q1} + U_2 \cdot I_{Q2} + \dots$$

- a) Begründen Sie, dass man zur Bestimmung der Summe aller elektrischer Prozessleistungen die einzelnen Leistungen P_{el1} , P_{el2} gar nicht kennen bzw. bestimmen muss, sondern dass man einfach das Produkt von "Gesamtspannung" U und "Gesamtstrom" I_Q bilden darf:

$$P_{el,tot} = U \cdot I_Q$$

- b) Begründen Sie, warum wohl in dieser Aufgabe das Wort "Verbraucher" immer zwischen Anführungs- und Schlusszeichen steht.

3. Sie möchten gerne mit Glühlampen mit den Nenndaten 4 V / 0.1 A, welche Sie am Netz von 230 V anschliessen, eine Gartenfestbeleuchtung basteln. Zur Diskussion steht entweder eine Serieschaltung oder eine Parallelschaltung aller Glühlampen.

- a) Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, in welcher Schaltung Sie die Glühlampen ans Netz anschliessen müssen.
- b) Wieviele Glühlampen brauchen Sie dazu?
- c) Begründen Sie, warum in Ihrer Schaltung
- die Spannung über einer einzelnen Lampe etwas weniger gross ist als die Nennspannung 4 V.
 - der elektrische Ladungsstrom durch die Lampen etwas weniger gross ist als der Nennstrom 0.1 A.

- d) Bestimmen Sie die in allen Glühlampen insgesamt umgesetzte elektrische Prozessleistung.

Hinweise:

- Benützen Sie die Erkenntnisse aus der Aufgabe 2.
- Nehmen Sie näherungsweise an, dass die Widerstände der Glühlampen konstant sind.

Vorgehen:

- Bearbeiten Sie die Aufgabe wieder allgemein algebraisch (wie die Aufgabe 1).
- Setzen Sie erst ganz am Schluss die Zahlenwerte in die algebraische Lösung ein.

- e) Die Aufgabe d) würde wesentlich vereinfacht, wenn man näherungsweise annehmen könnte, dass die Spannung über einer einzelnen Glühlampe 4 V und der elektrische Ladungsstrom durch alle Glühlampen 0.1 A beträgt.

Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, ob diese Näherung verantwortbar ist oder nicht.

4. Jemand hat im Ausland ein teures Elektronikgerät 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) möchte die Person das Gerät weiter betreiben. Es soll dieselbe Leistung wie im Herkunftsland erbringen.

Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, mit welcher einfachen Massnahme der Betrieb des Gerätes in der Schweiz gewährleistet werden kann.

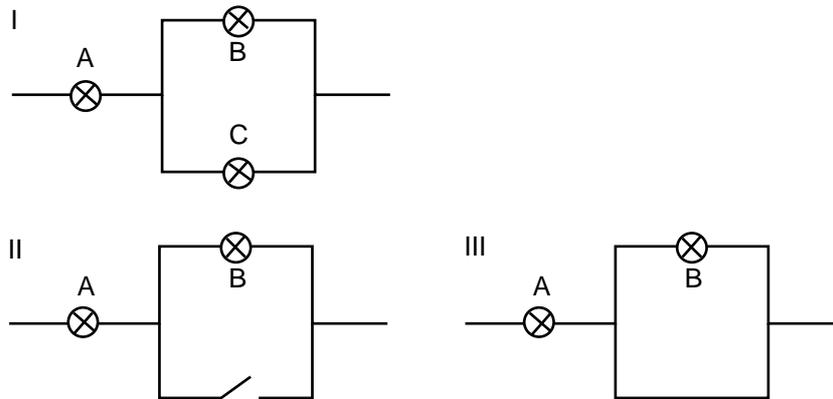
Es genügt, wenn Sie die Massnahme und deren Begründung angeben. Rechnungen mit konkreten Zahlenwerten sind nicht verlangt.

5. Aufgabenbuch: 2.96, 2.98

Vorgehen:

- Bearbeiten Sie die Aufgaben allgemein algebraisch.
- Setzen Sie erst ganz am Schluss die Zahlenwerte in die algebraische Lösung ein.

6. 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:

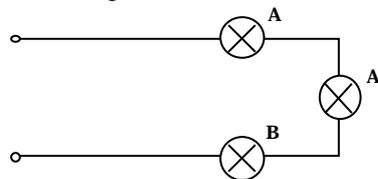
Je grösser der elektrische Ladungsstrom durch eine Glühlampe ist, desto heller leuchtet die Lampe.

7. 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.

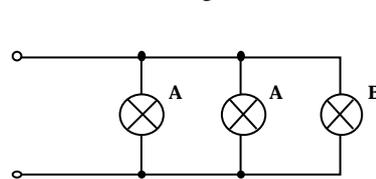
Sie möchten mit allen drei Glühlampen möglichst viel Licht machen, d.h. die Gesamtleistung aller drei Glühlampen soll maximiert werden.

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

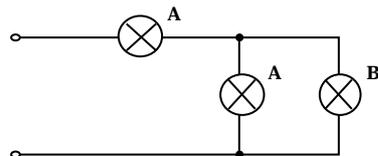
Schaltung I



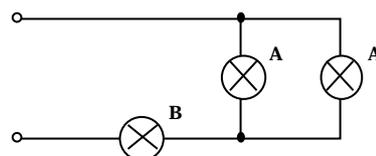
Schaltung II



Schaltung III



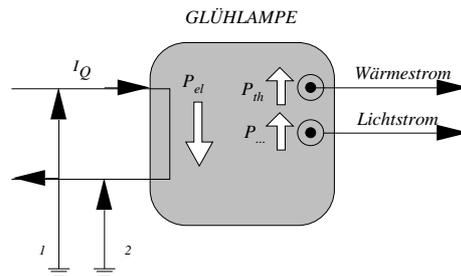
Schaltung IV



- 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?

Lösungen

1. a)



b) $P_{el} = U \cdot I_Q$

$$I_Q = \frac{P_{el}}{U} = \frac{75 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 0.33 \text{ A}$$

c) i) $R = \frac{U}{I_Q}$

Der elektrische Ladungsstrom I_Q würde bei halbiertter Spannung U dann halbiert, wenn man den elektrischen Widerstand R der Glühlampe als konstant annehmen könnte. Dies ist jedoch nur näherungsweise der Fall.

ii) $R = \frac{U}{I_Q}$
 $P_{el} = U \cdot I_Q$

$$P_{el} = \frac{U^2}{R}$$

Unter der Annahme eines näherungsweise konstanten elektrischen Widerstandes R sinkt die elektrische Prozessleistung P_{el} bei einer Halbierung der Spannung U auf einen Viertel.

d) $I_{Q_{tot}} - n \cdot I_{Q1} = 0$
 $U_0 - U_1 = 0$
 $P_{el1} = U_1 \cdot I_{Q1}$

$$n = \frac{U_0 \cdot I_{Q_{tot}}}{P_{el1}} = \frac{230 \text{ V} \cdot 13 \text{ A}}{75 \text{ W}} = 39.9 \quad 39 \text{ Glühlampen}$$

2. a) ...

b) In den einzelnen "Verbrauchern" wird nicht Energie "verbraucht" sondern "umgesetzt".

3. a) Serieschaltung

b) $U_0 - n \cdot U_1 = 0$ $n = \frac{U_0}{U_1} = \frac{230 \text{ V}}{4 \text{ V}} = 57.5$ 58 Glühlampen

c) Die Anzahl der Glühlampen ist 58 und nicht 57.5.

d) (siehe Seite 5)

d)

$$P_{el} = U \cdot I_Q$$

$$U_0 - U = 0$$

$$R_{tot} = \frac{U}{I_Q}$$

$$R_{tot} = n \cdot R_1$$

$$R_1 = \frac{U_N}{I_{QN}}$$

$$P_{el} = \frac{I_{QN} \cdot U_0^2}{n \cdot U_N} = \frac{0.1 \text{ A} \cdot (230 \text{ V})^2}{58 \cdot 4 \text{ V}} = 23 \text{ W}$$

e) ...

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

5. siehe Aufgabenbuch

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

7. a)

$$R_A = \frac{U}{I_Q} = \frac{100 \text{ V}}{0.5 \text{ A}} = 0.20 \text{ k}$$

$$R_B = \frac{U}{I_Q} = \frac{200 \text{ V}}{0.2 \text{ A}} = 1.0 \text{ k}$$

b) Schaltung II

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

c) Schaltung III

Es muss diejenige Schaltung sein mit dem kleinsten Ersatzwiderstand.

Je kleiner der Widerstand nämlich ist, desto höher ist bei gleichbleibender angelegter Spannung (200 V) der elektrische Ladungsstrom und damit die Leistung.

Die Schaltung I hat den grössten Ersatzwiderstand, denn die Glühlampen sind in Serie geschaltet.

Die Schaltung II kommt nicht in Frage (siehe b)).

Es müssen also die Ersatzwiderstände R_{III} und R_{IV} der Schaltungen III und IV verglichen werden.

...

$$R_{III} = R_A \cdot \left(1 + \frac{R_B}{R_A + R_B} \right) = 0.37 \text{ k}$$

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

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