

3. Übung Grundlagen der Elektrotechnik 1, Informatik – Musterlösung

Aufgabe 1 *Grundbegriffe der Elektrotechnik – Ladung, Spannung und Energie*

Beim Trennen elektrischer Ladungen wird eine Arbeit W_{AB} von -1 J aufgewendet. Dabei wird eine Ladung $Q = 1\text{ mC}$ vom Ort A zum Ort B transportiert.

1. Wie groß ist die elektrische Spannung U_{AB} , die zwischen den Punkten A und B gemessen wird?
2. Welche elektrische Leistung P war für den Vorgang erforderlich, wenn dieser $10\text{ }\mu\text{s}$ gedauert hat?
3. Die potenzielle Energie W_A am Ort A beträgt $3,5\text{ J}$. Berechnen Sie die potenzielle Energie W_B .

Lösung

1.1

Gesucht: Die zwischen den Punkten A und B messbare elektrische Spannung U_{AB} .

Gegeben: Aufgewendete Arbeit $W_{AB} = -1\text{ J}$, Ladung $Q = 1\text{ mC}$.

Ansatz: Die gesuchte Spannung U_{AB} ergibt sich durch die Gleichung

$$U_{AB} = \frac{W_A - W_B}{Q} = \frac{W_{AB}}{Q}.$$

$$U_{AB} = \frac{-1\text{ J}}{1\text{ mC}} = \frac{-1\text{ Ws}}{1 \cdot 10^{-3}\text{ As}} = \underline{\underline{-1\text{ kV}}}$$

Das Minuszeichen weist darauf hin, dass das Potenzial am Ort B positiv gegenüber dem Potenzial am Ort A ist. Der Spannungspfeil zeigt daher von B nach A und nicht wie angenommen von A nach B.

1.2

Gesucht: Die elektrische Leistung P .

Gegeben: Aufgewendete Arbeit $W_{AB} = -1\text{ J}$, Ladungsänderung $\Delta Q = Q = 1\text{ mC}$, Spannung $U_{AB} = -1\text{ kV}$ und Zeitdauer $\Delta t = 10\text{ }\mu\text{s}$.

Ansatz: Die Leistung P berechnet sich im Gleichstromkreis aus

$$P = U I.$$

Der benötigte Strom I kann aus der Ladungsänderung ΔQ und dem dafür notwendigen Zeitintervall Δt bestimmt werden:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}.$$

3. Übung Grundlagen der Elektrotechnik 1, Informatik – Musterlösung

Somit ergibt sich die Leistung zu

$$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} U_{AB}.$$

Alternativ kann die Leistung über Energie und Zeit ausgerechnet werden

$$W = Pt \Rightarrow P = \frac{W}{t}.$$

$$P = \frac{1 \text{ mC}}{10 \mu\text{s}} (-)1 \text{ kV} = -\frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ As}}{10 \cdot 10^{-6} \text{ s}} \cdot 1 \cdot 10^3 \text{ V} = -10^5 \text{ VA} = \underline{\underline{-100 \text{ kW}}}$$

$$P = \frac{-1 \text{ J}}{10 \mu\text{s}} = \frac{-1 \text{ VAs}}{1 \cdot 10^{-5} \text{ s}} = -10^5 \text{ VA} = \underline{\underline{-100 \text{ kW}}}$$

Bezogen auf die aufgewendete Arbeit weist das Minuszeichen auf eine an das System abgegebene bzw. dem System zugeführte Leistung hin.

1.3

Gesucht: Die potenzielle Energie W_B am Ort B.

Gegeben: Die aufgewendete Arbeit $W_{AB} = -1 \text{ J}$ und die potenzielle Energie am Ort A $W_A = 3,5 \text{ J}$.

Ansatz: Gemäß der Definition

$$W_{AB} = W_A - W_B$$

beim Berechnen der Spannung U_{AB} wird die gesuchte potenzielle Energie am Ort B durch

$$W_B = W_A - W_{AB}$$

bestimmt.

$$W_B = 3,5 \text{ J} - (-1 \text{ J}) = \underline{\underline{4,5 \text{ J}}}$$

3. Übung Grundlagen der Elektrotechnik 1, Informatik – Musterlösung

Aufgabe 2 *Dimensionierung von Widerständen*

Gegeben sind drei Widerstände und ihre höchstzulässigen Leistungen

$$R_1 = 3,6 \text{ k}\Omega, P_1 = 0,25 \text{ W}; \quad R_2 = 20 \text{ k}\Omega, P_2 = 0,5 \text{ W}; \quad R_3 = 160 \text{ k}\Omega, P_3 = 0,25 \text{ W}.$$

Wie groß darf für die gegebene Schaltung der Widerstände in Abbildung 2.1 die Gesamtspannung U_0 maximal werden, ohne dass ein Widerstand überlastet wird?

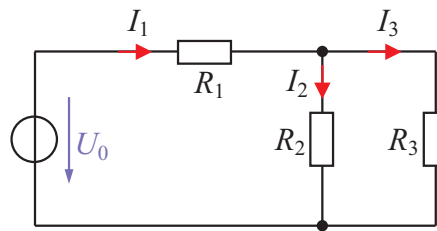


Abbildung 2.1: Schaltung zu Aufgabe 2

Lösung

Ansatz: Die Aufgabe lässt sich am einfachsten durch Betrachtung der maximal erlaubten Spannungen lösen:

$$U_{\max} = \sqrt{P_{\max} R} \Rightarrow U_{1,\max} = 30 \text{ V}, U_{2,\max} = 100 \text{ V}, U_{3,\max} = 200 \text{ V}. \quad (2.1)$$

Aufgrund der Parallelschaltung von R_2 und R_3 muss die Spannung U_3 auf 100 V begrenzt werden und es werden

$$I_3 = \frac{100 \text{ V}}{160 \text{ k}\Omega} = 0,625 \text{ mA} \quad \text{ sowie } \quad I_2 = \frac{100 \text{ V}}{20 \text{ k}\Omega} = 5 \text{ mA} \quad (2.2)$$

Gemäß Kirchhoff 2 kann eine Gleichung für den Eingangskeis der Schaltung aufgestellt werden

$$0 = -U_0 + I_1 R_1 + I_2 R_2. \quad (2.3)$$

und die Knotengleichung

$$0 = I_1 - I_2 - I_3 \Rightarrow I_1 = I_2 + I_3 = 5 \text{ mA} + 0,625 \text{ mA} = 5,625 \text{ mA}. \quad (2.4)$$

Für die maximal erlaubte Quellenspannung U_0 ergibt sich dann

$$U_{0,\max} = I_1 R_1 + I_2 R_2 = 5,625 \text{ mA} \cdot 3,6 \text{ k}\Omega + 5 \text{ mA} \cdot 20 \text{ k}\Omega = \underline{\underline{120,25 \text{ V}}}. \quad (2.5)$$

Abschließend ist noch die Spannung U_1 zu prüfen, diese ist aber mit 20,25 V deutlich kleiner als die erlaubten 30 V.