

Sicher durch den Schultag

Elektromagnetische Induktion – Fluss, Lenz'sche Regel, Spulen

Kompakte Lösung – Rechenweg in Kurzform, Ergebnisse hervorgehoben.

Aufgabe 1 Der Haftmagnet der Brandschutztür

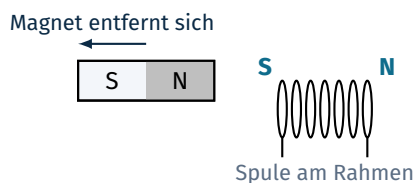
a) $A = (4,0 \text{ cm})^2 = 16 \text{ cm}^2$; $\Phi = BA = 0,60 \text{ T} \cdot 16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 0,96 \text{ mWb}$ b) $\Phi = 0,050 \text{ T} \cdot 16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 0,080 \text{ mWb}$; $\frac{0,080}{0,96} \approx 8,3 \%$

Aufgabe 2 Der Türsensor der Chemie-Sammlung

a) $|U| = NA \frac{\Delta B}{\Delta t} = 500 \cdot 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \frac{0,25 \text{ T}}{0,050 \text{ s}} = 1,0 \text{ V}$ b) gleiche Flussänderung in der halben Zeit $\Rightarrow$ doppelte Änderungsrate: $2,0 \text{ V}$

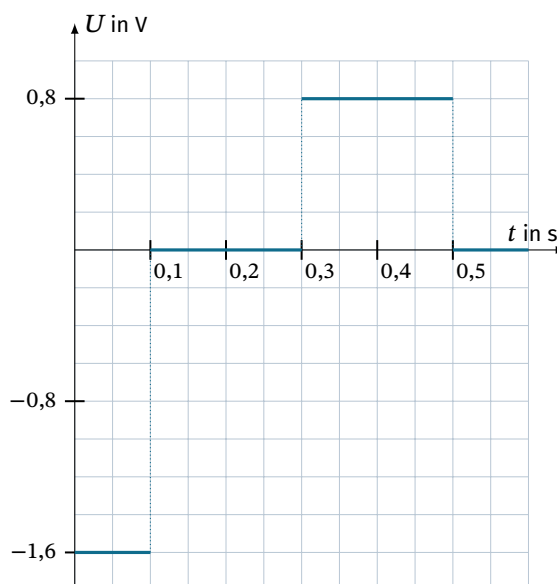
Aufgabe 3 Der Fensterkontakt der Alarmanlage

- a) Der Fluss durch die Spule nimmt ab $\Rightarrow$ Induktionsspannung $\Rightarrow$ im geschlossenen Kreis **Induktionsstrom**.
 b) Der Induktionsstrom wirkt seiner Ursache (dem Entfernen des Magneten) entgegen: Die Spule zieht den Nordpol an, am magnetnahen Ende entsteht ein **Südpol**.



Aufgabe 4 Was der Fenstersensor misst

a) $U = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$: $-400 \cdot \frac{0,40 \text{ mWb}}{0,10 \text{ s}} = -1,6 \text{ V}$; 0 V ; $-400 \cdot \frac{-0,40 \text{ mWb}}{0,20 \text{ s}} = 0,80 \text{ V}$
 b) t - U -Diagramm:



- c) Die Spannung hängt von der Änderung des Flusses ab: $\dot{\Phi} = 0 \Rightarrow U = 0$.

Aufgabe 5 Die Kurbel-Notfalllampe

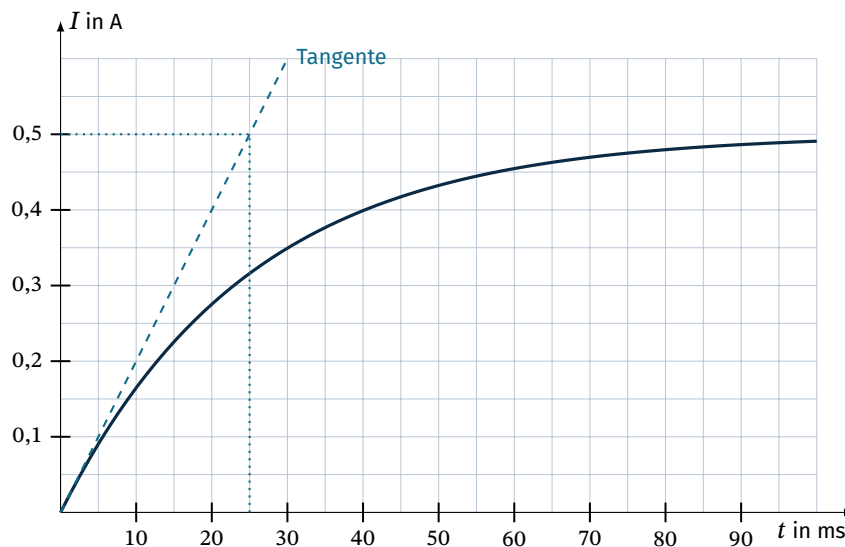
- a) Der Winkel zwischen Feld und Flächennormale wächst gleichmäßig: $\Phi(t) = BA \cos(\omega t)$; Induktionsgesetz: $U(t) = -N \dot{\Phi} = NBA \omega \sin(\omega t)$ – eine Sinusfunktion.

- b) $U_0 = NBA\omega = 200 \cdot 0,50 \text{ T} \cdot 6,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 2\pi \cdot 10 \text{ s}^{-1} \approx 3,8 \text{ V}$ c) $f = \frac{U_0}{2\pi NBA} \approx 8,0 \text{ Hz}$, also etwa 8,0 Umdrehungen je Sekunde

Aufgabe 6 Einschalten des Haftmagneten

a) I steigt erst steil, dann immer flacher auf 0,50 A. Der Stromanstieg induziert eine Gegenspannung: **Selbstinduktion** hemmt den Anstieg.

- b) Tangente in $t = 0$ trifft 0,50 A bei 25 ms: $\dot{I}(0) = \frac{0,50 \text{ A}}{25 \text{ ms}} = 20 \text{ A/s}$; zu Beginn ist $I = 0$, also $U_0 = L\dot{I}(0) \Rightarrow L = \frac{24 \text{ V}}{20 \text{ A/s}} = 1,2 \text{ H}$



- c) Am Ende ist $\dot{I} = 0$: $R = \frac{U_0}{I_{\text{end}}} = \frac{24 \text{ V}}{0,50 \text{ A}} = 48 \Omega$ (Kontrolle: nach 25 ms sind etwa 0,32 A erreicht, $\frac{L}{R} = 25 \text{ ms}$)

Aufgabe 7 Wenn der Rauchmelder auslöst

- a) $W = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \text{ H} \cdot (0,50 \text{ A})^2 = 0,15 \text{ J}$
 b) $|U| = L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 1,2 \text{ H} \cdot \frac{0,50 \text{ A}}{1,0 \text{ ms}} = 0,60 \text{ kV}$ – weit über 24 V: Funken am Schalter (Abbrand, Verschleiß), Gefahr für die Elektronik; die Energie 0,15 J wird schlagartig frei.
 c) Die Spule hält den Strom wegen der Selbstinduktion aufrecht (keine sprunghafte Änderung); er fließt über R_p : $U = IR_p = 0,50 \text{ A} \cdot 100 \Omega = 50 \text{ V}$; die Energie wird in R und R_p zu Wärme.
 d) **Zündanlage** (Zündfunke), Weidezaun, Elektroschocker

Aufgabe 8 Der Sensor am Rolltor

- a) B konstant, die durchsetzte Fläche wächst mit $\dot{A} = lv$: $|U| = NBlv = 50 \cdot 0,25 \text{ T} \cdot 0,20 \text{ m} \cdot 0,40 \text{ m/s} = 1,0 \text{ V}$
 b) $\Delta t = \frac{b}{v} = 0,75 \text{ s}$
 c) 1,0 V konstant für 0,75 s, danach 0: ganz im Feld ändert sich der Fluss nicht mehr. Nach Lenz hemmt der Induktionsstrom das Eintauchen.
 d) Spannung doppelt, Dauer halb, Produkt gleich (die gesamte Flussänderung $NBlb$ ändert sich nicht): 2,0 V, 0,38 s, $U\Delta t = 0,75 \text{ Vs}$