

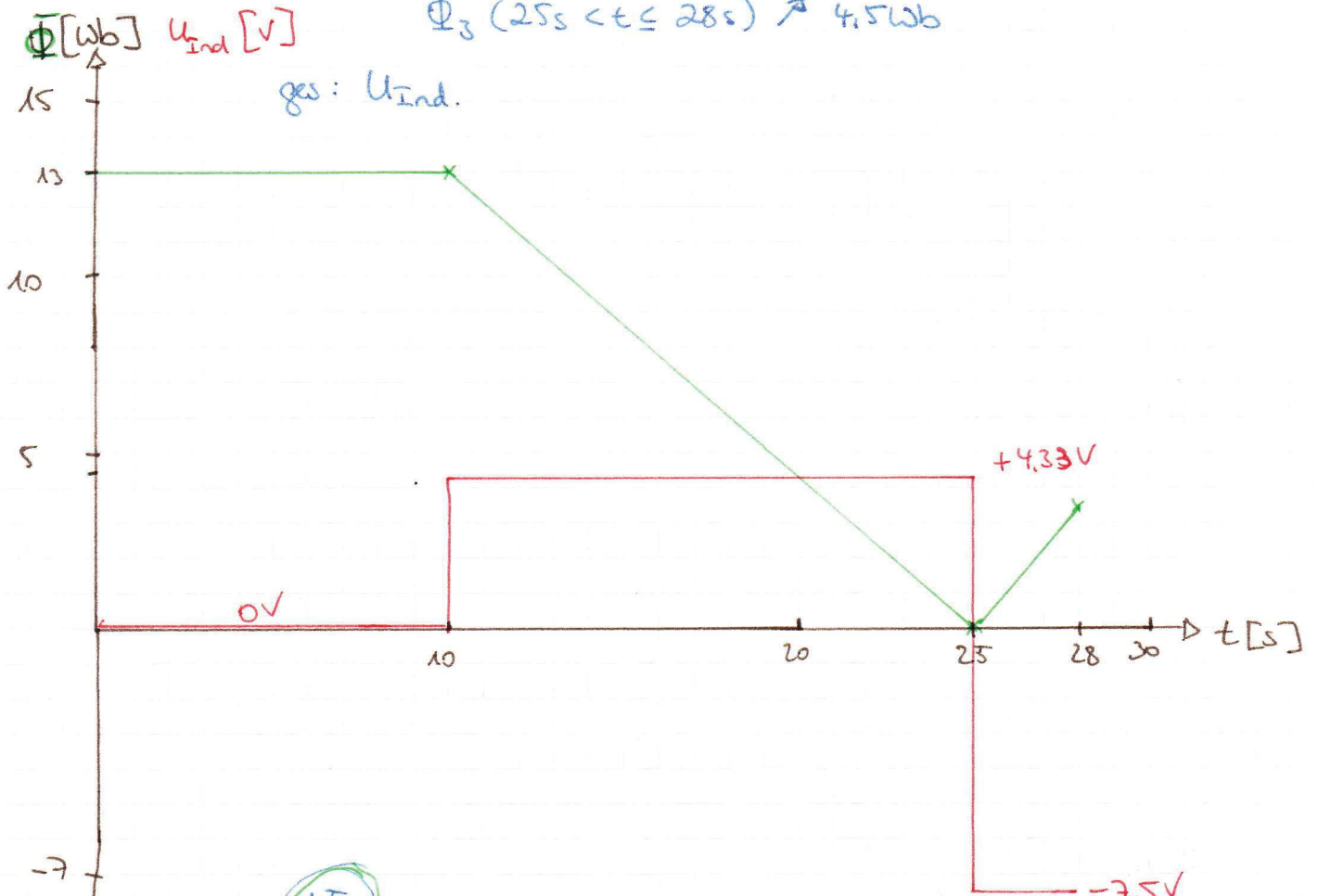
Nr. 7.1 a) ges: Luftspule

$$N = 5$$

$$\underline{\Phi}: \Phi_1 (0 \leq t \leq 10s) = 13 \text{ Tm}^2 \quad \left[\text{Tm}^2 = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{A} \cdot \text{s}^2} = \text{Wb} \right]$$

$$\Phi_2 (10s \leq t \leq 25s) \rightarrow 0 \text{ Wb}$$

$$\Phi_3 (25s < t \leq 28s) \rightarrow 4,5 \text{ Wb}$$



$$U_{\text{ind}} = -N \frac{d\Phi}{dt} \rightarrow \text{zeitliche Änderung des magnetischen Flusses!}$$

→ da nur lineare Änderungen vorliegen gilt:

$$\underline{U_{\text{ind}}} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$t_1: 0s \leq t \leq 10s \rightarrow \Phi \text{ const.} \Rightarrow \Delta\Phi = 0 \text{ (keine Änderung)}$$

$$U_{\text{ind}} = -N \frac{0 \text{ Wb}}{10s} = \underline{0V}$$

$$t_2: 10s < t \leq 25s \rightarrow U_{\text{ind}} = -5 \frac{(-13 \text{ Wb})}{15s} = \underline{4,33V}$$

$$t_3: 25s < t \leq 28s \rightarrow U_{\text{ind}} = -5 \frac{(4,5 \text{ Wb})}{3s} = \underline{-7,5V}$$

} in Diagramm oben

b) geg: $A = 10 \text{ cm}^2 = 0,001 \text{ m}^2$

$N = 5000$

$l = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$

Luftspule

ges: $L \rightarrow$ Induktivität (äquivalent zu Kapazität C eines Kondensators)

$$L = \mu_0 \cdot \frac{A \cdot N^2}{l}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

$$L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{0,001 \text{ m}^2 \cdot (5000)^2}{0,5 \text{ m}} = 62,83 \times 10^{-3} \left[\frac{\text{Vs}}{\text{A}} = \text{H} \right]$$

$$= \underline{\underline{0,0628 \text{ H}}}$$

c) geg: $\Delta t = 0,5 \text{ s}$

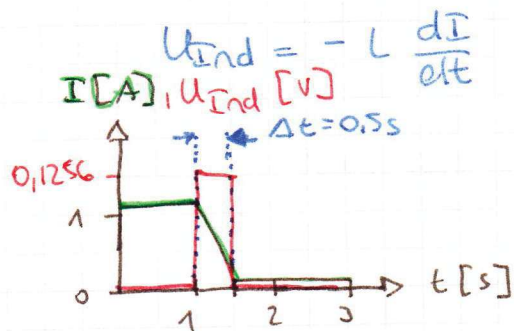
$I_{\text{max}} = 1,3 \text{ A}$

$I_{\text{min}} = 0,3 \text{ A}$

ges: U_{ind}

neben der Änderung des magnet. Flusses Φ auch

! Eine Spannung wird durch die Änderung des Stromes induziert!



es liegt eine lineare Änderung vor \Rightarrow

$$\underline{\underline{U_{\text{ind}}}} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{-0,0628 \text{ H}}{\hookrightarrow 7b)} \cdot \frac{(-1 \text{ A})}{0,5 \text{ s}} = \underline{\underline{0,1256 \text{ V}}}$$

d) geg: $L_1 = 1,3 \text{ mH}$

$L_2 = 4,3 \text{ mH}$

$L_3 = 5,3 \text{ mH}$

ges: L_{ges}

Schaltzeichen der Spule:

DIN:

IEC:

\hookrightarrow internat. Elektrotechnik kommission

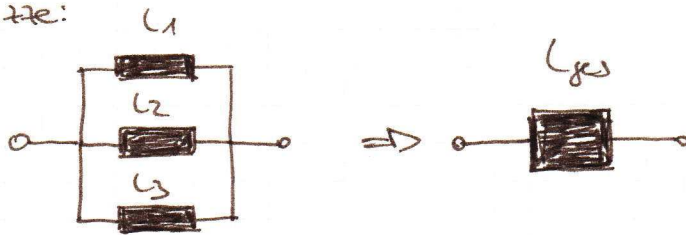
Skizze:



$$L_{\text{ges}} = \sum L_i = L_1 + L_2 + L_3 = 1,3 \text{ mH} + 4,3 \text{ mH} + 5,3 \text{ mH} = \underline{\underline{10,9 \text{ mH}}}$$

e) ges: L_{ges} (Parallelschaltung)

Skizze:

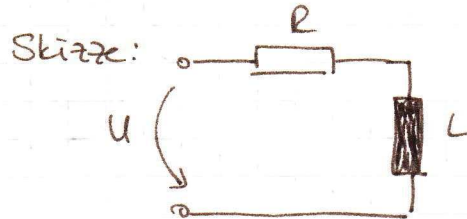


$$\frac{1}{L_{\text{ges}}} = \frac{1}{\sum L_i} \Rightarrow L_{\text{ges}} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}} = \underline{\underline{0,84 \text{ mH}}}$$

f) ges: $L = 0,5 \text{ mH}$

$R = 50 \Omega$

ges: τ



Bsp: Einschaltvorgang:

Stromverlauf: $I(t) = \frac{U}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L} \cdot t})$; mit $U = 50 \text{ V}$

$$= 1 \text{ A} \left(1 - e^{-\frac{1}{\frac{50 \Omega}{0,5 \text{ mH}} \cdot t}} \right)$$

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{0,5 \text{ mH}}{50 \Omega} = \frac{5 \times 10^{-4} \text{ H}}{50 \Omega} = 10 \times 10^{-6} \text{ s} = 10 \mu\text{s}$$

↳ dieser Wert wird mit $t \rightarrow \infty$ immer kleiner
 $\left[\frac{V_s/A}{V/A} = \frac{V_s \cdot A}{A \cdot V} = s \right]$

↳ charakteristische Größe einer Schaltung

g) ges: $L = 1 \text{ H}$

$I = 3 \text{ A}$

ges: $W_{\text{el}} \rightarrow$ Energie der Spule

$$W_{\text{el}} = \frac{1}{2} L \cdot I^2 = \frac{1}{2} \cdot 1 \text{ H} \cdot 3 \text{ A}^2 = 4,5 \text{ J} \left[\frac{V_s}{A} \cdot A^2 = V A s = \text{J} \right] = \underline{\underline{4,5 \text{ J}}}$$

Die Energie der Spule zeigt sich, wenn der Stromkreis unterbrochen wird. Durch die Unterbrechung kommt der Stromfluss kürzester Zeit zum Erliegen (starke Änderung), dadurch wird eine sehr hohe Spannung induziert. Es kommt zum Überschlag (Funken)!

h) geg: rotierende Spule

$$N = 400$$

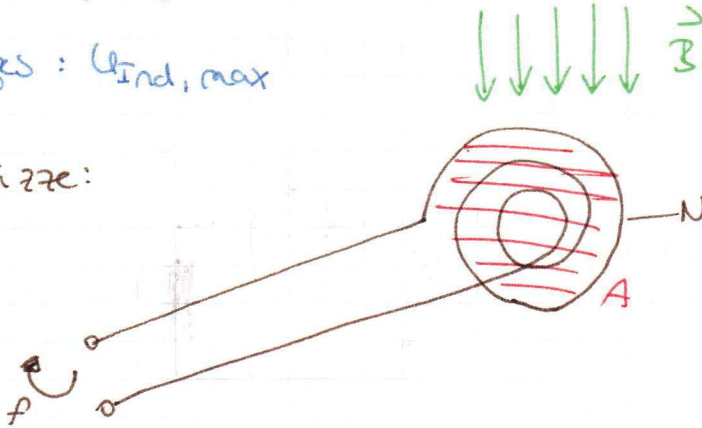
$$A = 0,005 \text{ m}^2$$

$$B = 3 \text{ T}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

ges: $U_{\text{Ind, max}}$

Skizze:



Was ändert sich?

→ die Fläche, die senkrecht zur Flussdichte steht!

⇒ damit ändert sich der magnet. Fluss Φ

$$\Phi(t) = B \cdot A \cdot \cos(\omega t) \quad , \text{ mit } \omega = 2\pi f$$
$$= B \cdot A \cdot \cos(2\pi f \cdot t)$$

$$U_{\text{Ind}} = -N \frac{d\Phi}{dt} = -N \cdot B \cdot A \cdot \left[\frac{d \cos(\omega t)}{dt} \right] = -N \cdot B \cdot A \cdot (-\omega \cdot \sin(\omega t))$$

↳ Ableitung:
 $-\omega \sin(\omega t)$

$$= N \cdot B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin(\omega t) \quad U_{\text{Ind}} \text{ ist maximal, wenn } \sin(\omega t) = 1$$

$$\Rightarrow U_{\text{Ind, max}} = N \cdot B \cdot A \cdot \omega \cdot 1 = N \cdot B \cdot A \cdot 2\pi f = 400 \cdot 3 \text{ T} \cdot 0,005 \text{ m}^2 \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ Hz}$$
$$= 1885 \left[\frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \cdot \text{m}^2 \cdot \frac{1}{\text{s}} = \text{V} \right] = \underline{\underline{1885 \text{ V}}}$$

Nr. 7.2 → Magnetfeldaufgabe

$$\text{geg: } \left. \begin{array}{l} l = 0,08 \text{ m} = 8 \text{ cm} \\ b = 0,02 \text{ m} = 2 \text{ cm} \end{array} \right\} \text{Spule}$$

$$v = 0,02 \text{ m/s}$$

$$\left. \begin{array}{l} B = 1,4 \text{ T} \\ a = 0,1 \text{ m} = 10 \text{ cm} \\ \hookrightarrow \text{s. Zeichnung} \end{array} \right\} \text{Magnet}$$

ges: Wann wird welche Spannung induziert?

→ Spannung wird nur dann induziert, wenn sich der umfasste Fluss ändert.

Ist die Spule vollständig innerhalb oder außerhalb des (homogenen) Feldlinienbereichs, wird keine Spannung induziert.

Annahme (Wird getroffen, da Informationen nicht gegeben wurden!)

$t = 0 \text{ s}$ → Spule ist 10 cm vor dem Eintritt

$t = 5 \text{ s}$ → Spule ist um $v \cdot t = 0,02 \text{ m}$ gewandert und tritt nun $\frac{b}{2}$ in den Feldlinienbereich ein

$5 \text{ s} < t \leq 6 \text{ s}$ → Spule tritt ein $\Delta t = 1 \text{ s}$, da $v \cdot \Delta t = 2 \text{ cm} = b$

$6 \text{ s} < t \leq 10 \text{ s}$ → Spule ist im Feldlinienbereich und erreicht schließlich den Rand

$$\begin{aligned} \Phi &= B \cdot A = 1,4 \text{ T} (0,02 \text{ m} \cdot 0,08 \text{ m}) = 1,4 \text{ T} \cdot 1,6 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \\ &= \underline{\underline{2,24 \times 10^{-3} \text{ Wb}}} \end{aligned}$$

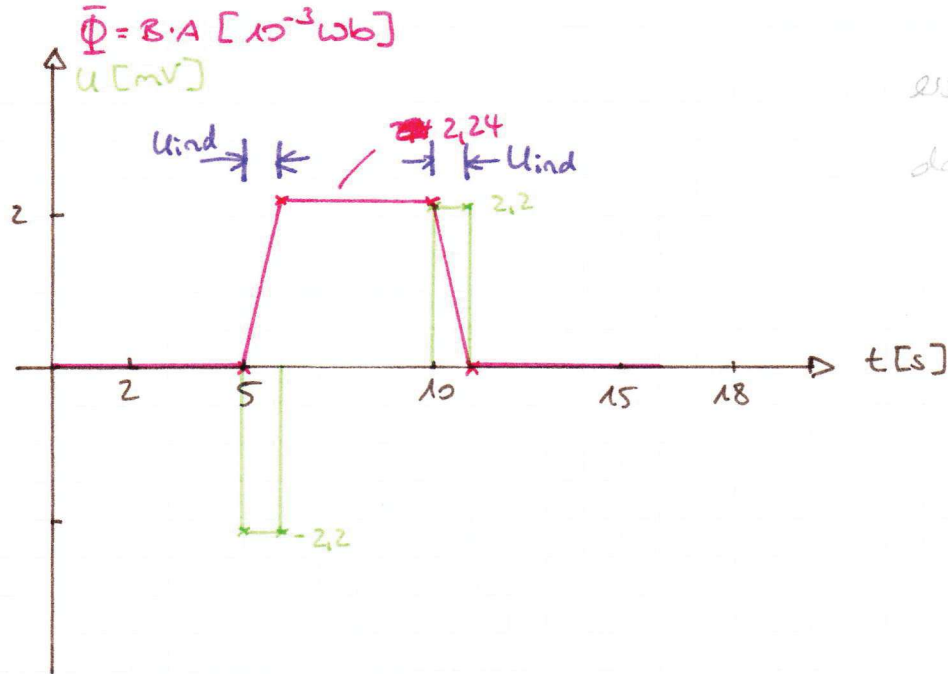
$10 \text{ s} < t \leq 11 \text{ s}$ → Austritt

$t > 11 \text{ s}$ → Spule ist außerhalb des Feldlinienbereichs

$$U_{\text{ind}} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\text{Eintritt: } U_{\text{ind}} = -1 \frac{2,24 \times 10^{-3} \text{ Wb}}{1 \text{ s}} \approx \underline{\underline{-2,2 \text{ mV}}}$$

$$\text{Austritt: } U_{\text{ind}} = -1 \frac{(-2,24 \times 10^{-3} \text{ Wb})}{1 \text{ s}} \approx \underline{\underline{2,2 \text{ mV}}}$$



erst rot $\Rightarrow \Phi$ eintichnen!
dann grün $\Rightarrow u_{\text{ind}} -11-$

Nr. 8.2 \rightarrow Wechselstrom ~~spannung~~ aufgabe

c)

ges: $\varphi \rightarrow$ Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung
da u_R parallel zu I ist, kann φ mittels u_R und u_L bestimmt werden:

$$\tan \varphi_1 = \frac{u_L}{u_R} = \frac{I_1 \omega L}{I_1 R} = \frac{\omega L}{R}$$

$$\Leftrightarrow \varphi_1 = \arctan \left(\frac{2\pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 0,12 \text{ H}}{70 \Omega} \right) \approx \underline{\underline{41,9^\circ}} \rightarrow \text{für } f_1$$

$$\varphi_2 (f_2) \approx \underline{\underline{60,9^\circ}}$$

d) ges: I

aus 8.2 b: bekannt: $X_1 (f_1) = 94,1 \Omega$

$$X_2 (f_2) = 143,8 \Omega$$

$$X = \frac{U}{I} \Leftrightarrow I_1 (f_1) = \frac{230 \text{ V}}{94,1 \Omega} = \underline{\underline{2,44 \text{ A}}}$$

$$I_2 (f_2) = \frac{230 \text{ V}}{143,8 \Omega} = \underline{\underline{1,6 \text{ A}}}$$