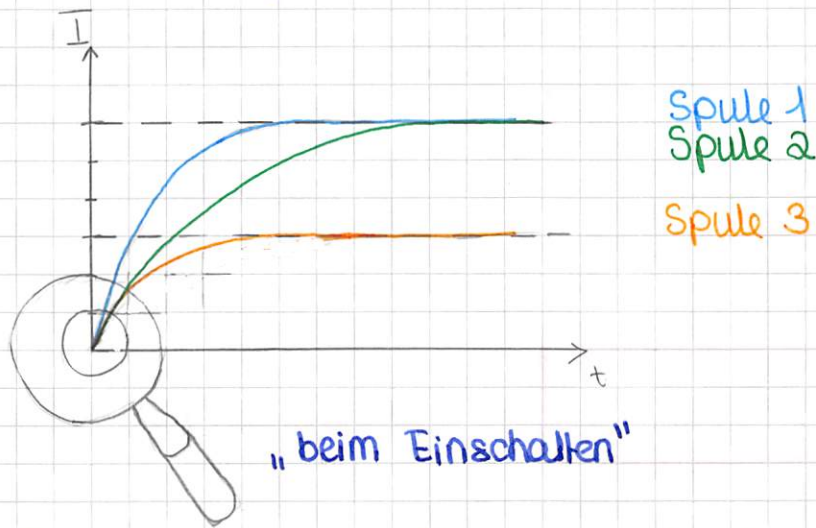


Die Induktivität einer Spule bzw. eines Leiters

09.04.18

■ Bsp.: Verlauf der Stromstärke durch drei verschiedene Spulen beim Einschalten (gleiche anliegende Spannung U_0):



* Spule 2 ist „träger“ als Spule 1, d.h. Spule 2 hemmt den Stromfluss beim Einschalten stärker als Spule 1
Man sagt: Spule 2 hat eine größere „Induktivität“ als Spule 1.

* Spule 1 und Spule 2 haben denselben ohmschen Widerstand, d.h. $R_1 = R_2$, denn für $t \rightarrow \infty$ ist $I_1 = I_2$ (bei gleicher anliegender Spannung)

* Spule 3 behindert den Stromfluss beim Einschalten genauso wie Spule 2 („gleiche Steigung“ bei $t=0$)
Man sagt: Die Induktivitäten sind gleich groß

* Für $t \rightarrow \infty$ ist $I_3 = \frac{1}{2} I_1$ bzw. I_2 , da $U_3 = U_1 = U_2 = U_0$, folgt für den Ohmschen Widerstand: $R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{U_1}{\frac{1}{2} \cdot I_1} = 2 \cdot R_1$

(R_3 ist doppelt so groß wie $R_1 = R_2$)

Definition der Induktivität

09.04.18

Berechnung der Selbst-Induktionsspannung an den Enden einer Spule aus den Spulendaten und der zeitl. Stromstärke-Änderung

○ gleich, da es sich ja in sich selbst induziert

$$\begin{aligned} U_{\text{ind}} &= -N_{\text{ind}} \cdot \dot{\Phi} = -N_{\text{ind}} \cdot \frac{d}{dt} (B \cdot A) \stackrel{(A=\text{const.})}{=} -N_{\text{ind}} \cdot A \cdot \frac{d}{dt} (B) = \\ &= -N_{\text{ind}} \cdot A \cdot \frac{d}{dt} \left(\mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{L} \right) = \left| \begin{array}{l} N = N_{\text{ind}} \text{ (Selbstinduktion, nur 1 Spule)} \\ N = \text{const.} \\ L = \text{const.} \\ \mu_0 = \text{const.} \end{array} \right. \\ &= - \underbrace{\mu_0 \cdot \frac{A \cdot N^2}{L}}_{L} \cdot \frac{d}{dt} (I) = \\ &= - L \cdot \dot{I} \end{aligned}$$

Also:

$$U_{\text{ind}} = -L \cdot \dot{I}$$

Selbstinduktionsspannung (FS S. 28)

Die Proportionalitätskonstante L hängt nur ab von den Kenngrößen der Spule (Windungszahl, Abmessungen) und heißt Induktivität L der Spule.

Bei einer langgestreckten Luftspule gilt:

$$L = \mu_0 \cdot (\mu_r) \cdot \frac{A \cdot N^2}{L} \quad \text{FS S. 27}$$

Einheit der Induktivität: $[L] = 1 \frac{\text{Vs}}{\text{A}} = 1 \text{ H (Henry)}$

(zum Vergleich: Einheit der Kapazität: $[C] = 1 \frac{\text{As}}{\text{V}} = 1 \text{ F (Farad)}$)

Die Herleitung (oben) gilt wegen der Verwendung von $B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{L}$ nur für langgestreckte Luftspulen.

Die Gleichung $U_{\text{ind}} = -L \cdot \dot{I}$ für die Selbstinduktionsspannung lässt sich jedoch als Definition für die Induktivität L eines beliebigen Leiters (nicht nur Spulen) verwenden:

$$L = - \frac{U_{\text{ind}}}{\dot{I}} = - \frac{U_{\text{ind}}}{\frac{\Delta I}{\Delta t}}$$

Die Induktivität einer Spule (eines Leiters) ist ein Maß für die Fähigkeit

* bei einer zeitl. Änderung der Stromstärke („ $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ “)

* mit einer an den Enden anliegenden Gegenspannung („ U_{ind} “)
zu reagieren.

Analog gilt beim Kondensator bzw. Leiter

10.04.18

Kapazität C

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta U} = \frac{I \cdot \Delta t}{\Delta U} = \frac{I}{\frac{\Delta U}{\Delta t}}$$

Die Kapazität eines Kondensators (Leiters) ist ein Maß für

die Fähigkeit * bei einer zeitlichen Änderung der
anliegenden Spannung („ $\frac{\Delta U}{\Delta t}$ “)

* mit einem (Lade-) Strom („I“)

zu reagieren.

S. 140/21 „Selbstinduktionsspannung bei einer Spule“

$$U_{\text{ind}} = -L \cdot \dot{I} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Zunächst: Berechnung der Induktivität L:

$$L = \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{500^2 \cdot (0,026\text{m})^2 \cdot \pi}{0,2\text{m}} =$$

$$= 3,3359 \dots \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{A}} \approx 3,34 \text{ mH}$$

$$\text{I: } I = \text{const.}, \text{ d.h. } \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0 \rightarrow U_{\text{ind}} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$$

$$\text{II: } \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{-250\text{mA}}{10\text{ms}} = -25 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

$$U_{\text{ind}} = -3,34 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{A}} \cdot (-25 \frac{\text{A}}{\text{s}}) = 83,5 \text{ mV}$$

$$\text{III: } I = \text{const.}, \text{ d.h. } \dot{I} = 0 \rightarrow U_{\text{ind}} = 0$$

$$\text{IV: } \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{200\text{mA}}{5\text{ms}} = 40 \frac{\text{A}}{\text{s}} \rightarrow U_{\text{ind}} = -3,34 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{A}} \cdot 40 \frac{\text{A}}{\text{s}} = -133,6 \text{ mV} \approx -134 \text{ mV}$$

$$\text{V: } I = \text{const.}, \text{ d.h. } \dot{I} = 0 \rightarrow U_{\text{ind}} = 0$$

