

Aufgabenzettel - Messkurven zu Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen (Lösung)

Die Formel für die Selbstinduktionsspannung U_{Ind} lautet

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

Wobei L die Induktivität einer Spule ist. Die Induktivität einer Spule ist gegeben durch die Formel:

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

Aufgaben

a) Füge die Formel für die Induktivität L in die Formel für Selbstinduktionsspannung U_{Ind} ein.

$$U_{\text{Ind}} = -\mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{n^2}{l} \cdot A \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

b) Benenne ALLE physikalischen Größen, von denen die Selbstinduktionsspannung abhängig ist.

μ_r = Permeabilitätszahl – Material in der Spule (für Luft = 1 und für Eisen = ca. 2000 – 5000)

μ_0 = magnetische Feldkonstante

n = Anzahl der Windungen

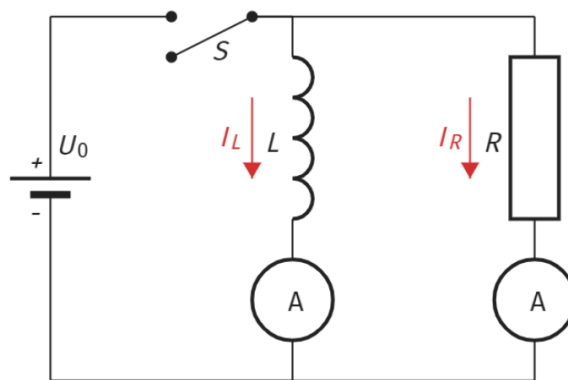
l = Länge der Spule

A = Querschnittsfläche der Spule

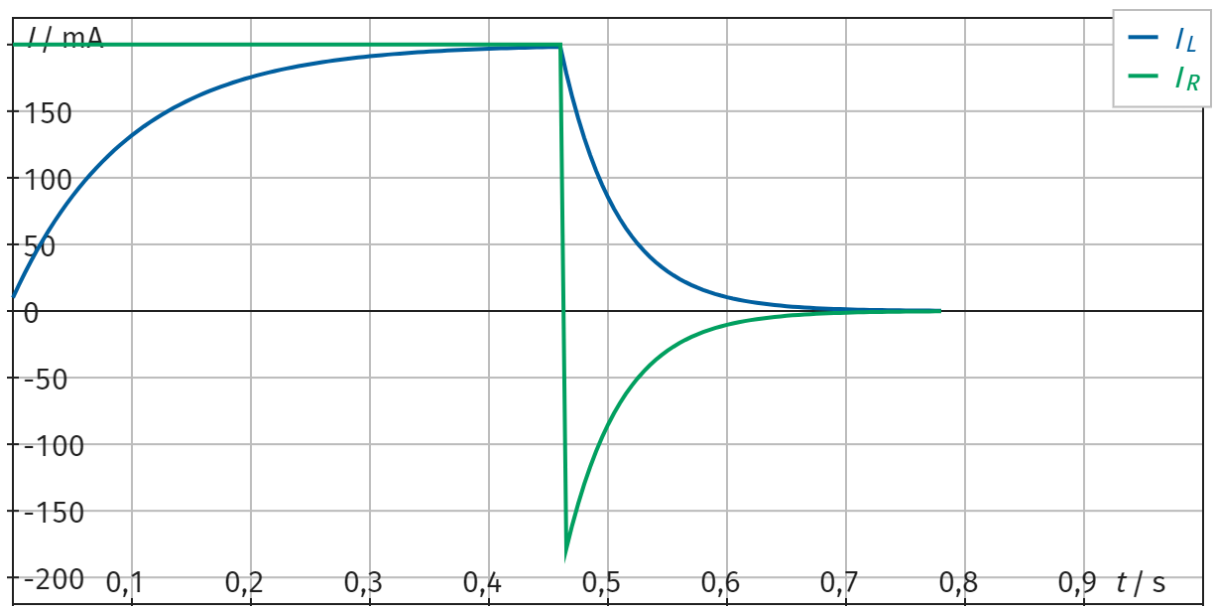
ΔI = zeitlich veränderliche Stromstärke in der Spule

Δt = Zeitdauer

Im Folgenden betrachten wir folgenden Aufbau.



Beim Schließen und Öffnen des Schalters wurde folgendes Diagramm aufgezeichnet.



c) Beschreibe die Verläufe im folgenden Diagramm von der Stromstärke durch die Spule I_L und die Stromstärke durch den Widerstand I_R .

Die Stromstärke durch den Widerstand ist nach dem Einschalten direkt auf 200 mA. Nach dem Ausschalten geht die Stromstärke zunächst innerhalb kürzester Zeit auf fast -200 mA und nähert sich dann langsam dem Wert 0 A. Die Stromstärke durch die Spule nähert sich nach dem Einschalten langsam dem Endwert 200 mA. Nach dem Ausschalten fällt die Stromstärke langsam in Richtung 0 mA.

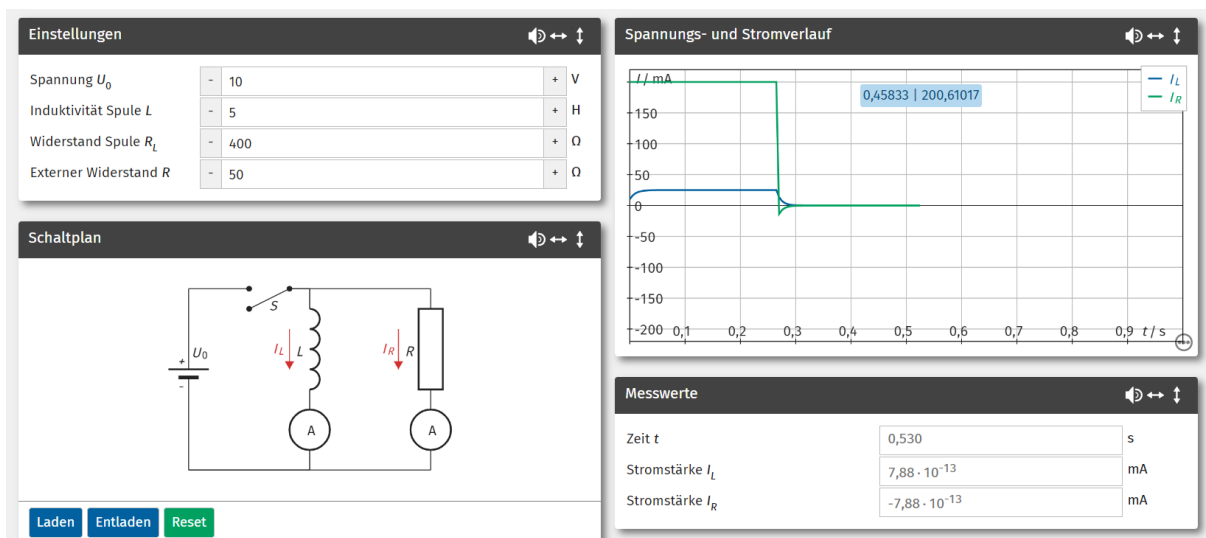
- d) Erkläre die physikalischen Prozesse, die den Verlauf von der Stromstärke I_L in der Spule beeinflussen.

Beim Einschalten des Netzgeräts beginnt ein Strom durch die Spule zu fließen. Dieser Stromfluss erzeugt um die Spule herum ein magnetisches Feld. Die Stärke dieses Feldes nimmt zu, solange der Strom ansteigt. Gemäß dem Faraday'schen Gesetz der elektromagnetischen Induktion erzeugt jede Änderung des magnetischen Feldes in der Spule eine induzierte Spannung in der Spule selbst. Diese induzierte Spannung wirkt der Änderung des Stromflusses entgegen, die sie hervorruft - ein Phänomen, das als Lenz'sches Gesetz bekannt ist. In diesem Fall wirkt die induzierte Spannung der Zunahme des Stroms entgegen. Die resultierende Wirkung ist, dass der Strom nicht sofort seinen maximalen Wert erreicht. Stattdessen steigt er allmählich an, während die induzierte Spannung abnimmt, bis das magnetische Feld stabil ist und die induzierte Spannung Null wird. Die Zeit, die der Strom benötigt, um seinen maximalen Wert zu erreichen, hängt von der Induktivität der Spule ab.

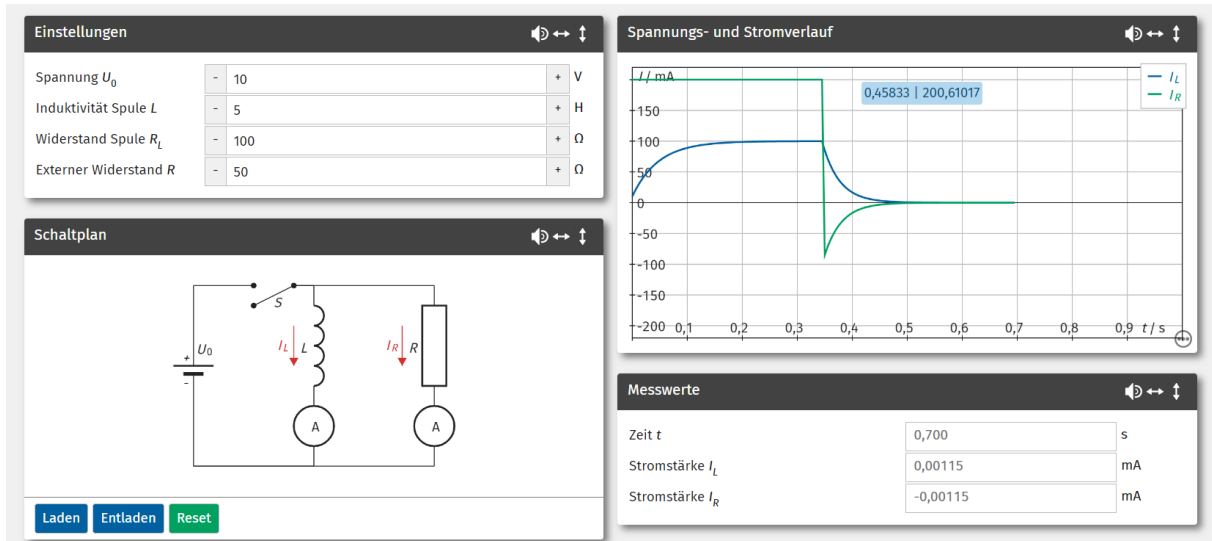
Beim Ausschalten des Netzgeräts beginnt der Stromfluss durch die Spule abzunehmen, was zu einem Abbau des magnetischen Feldes um die Spule führt. Die Abnahme des magnetischen Feldes erzeugt erneut eine induzierte Spannung in der Spule, gemäß dem Faraday'schen Gesetz. Diese induzierte Spannung versucht, den Stromfluss aufrechtzuerhalten, und wirkt somit der Abnahme des Stroms entgegen. Die Folge ist, dass der Strom nicht sofort auf Null fällt. Stattdessen nimmt er allmählich ab, da die induzierte Spannung den Stromfluss unterstützt, bis das magnetische Feld vollständig verschwunden ist. Die Dauer dieses Prozesses hängt wiederum von der Induktivität der Spule ab.

- e) Vergleiche folgende Messkurven und erkläre den Einfluss von der Spannung U_0 , der Induktivität L der Spule und dem Widerstand der Spule R_L auf die Stromstärke I_L in der Spule beim Ein- und Ausschalten.

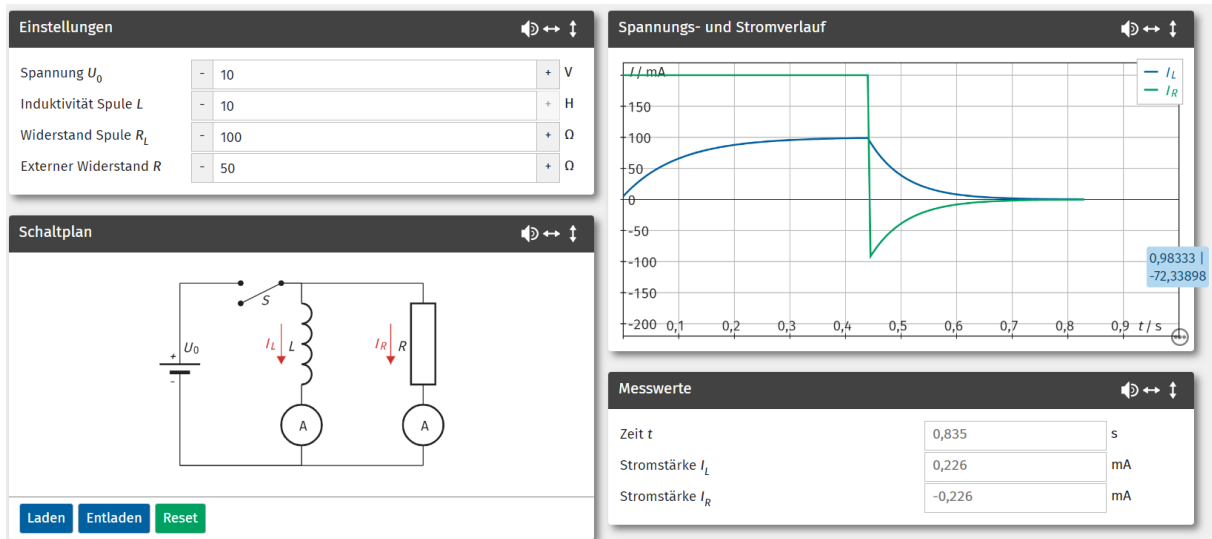
Messkurve 1



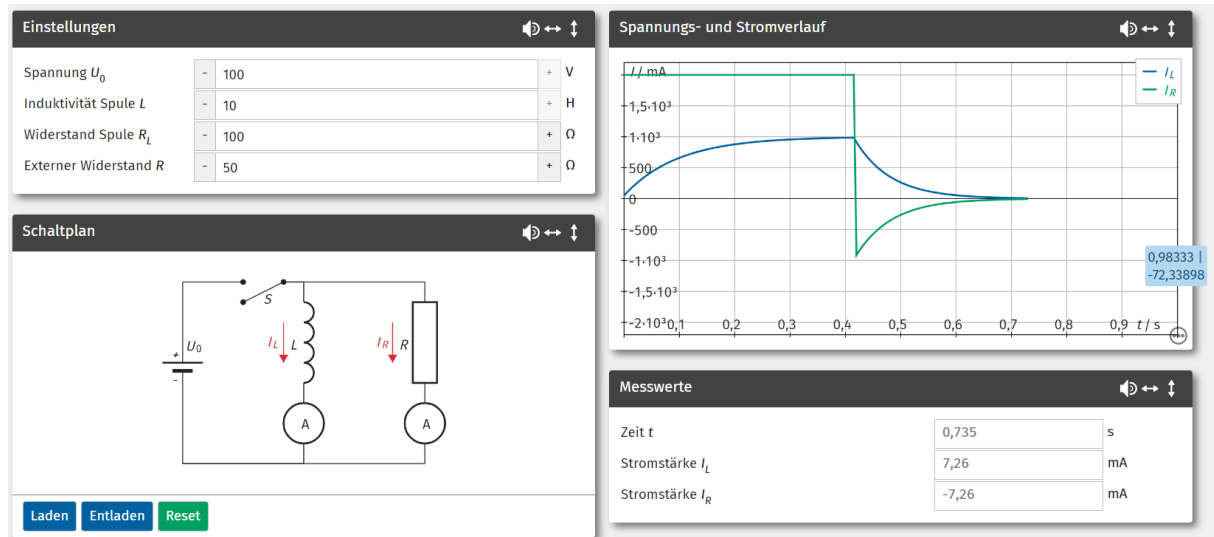
Messkurve 2



Messkurve 3



Messkurve 4



Einfluss von der Spannung U_0

Je größer die anliegende Spannung U_0 , umso größer ist die maximale Stromstärke in der Spule nach dem Einschalten.

Einfluss von der Induktivität L der Spule

Je höher die Induktivität einer Spule, umso länger dauert es, bis nach dem Ein- und Ausschalten die „finalen“ (oder maximalen und minimalen) Werte für die Stromstärke in einer Spule erreicht werden.

Einfluss vom Widerstand der Spule R_L

Je größer der Widerstand der Spule, umso kleiner ist die maximale Stromstärke durch die Spule nach dem Einschalten.