

## Einschalten eines RL-Kreises - Leistung und Energie - Theorie

Beim Einschalten einer Spule über einen Widerstand durch eine Elektrische Quelle führt diese beiden Bauteilen Elektrische Energie zu. Während ein Teil dieser Energie im OHMschen Widerstand in Wärme umgewandelt wird, verbleibt der Rest als Feldenergie im Magnetischen Feld der Spule.

### 1. Leistung und Energie am Widerstand

- Bestimmen Sie mit Hilfe des Zusammenhangs  $P = U \cdot I = R \cdot I^2$  den Funktionsterm  $P_R(t)$  der Funktion  $P_R$ , die den zeitlichen Verlauf der elektrischen Leistung, die im OHMschen Widerstand während des Einschaltvorgangs in Wärme umgewandelt wird, beschreibt.
- Erstellen Sie den Graphen der Funktion  $P_R$  ( $R = 100\Omega = 1,0 \cdot 10^2 \Omega$ ,  $L = 500\text{H} = 5,0 \cdot 10^2 \text{H}$  und  $U_0 = -10\text{V}$ ) mit Hilfe eines Funktionenplotters und erklären Sie den Graphen physikalisch.

### 2. Leistung und Energie an der Spule

- Bestimmen Sie mit Hilfe des Zusammenhangs  $P = U \cdot I$  den Funktionsterm  $P_L(t)$  der Funktion  $P_L$ , die den zeitlichen Verlauf der elektrischen Leistung, die der Spule während des Einschaltvorgangs zugeführt wird, beschreibt.
- Erstellen Sie in dem Koordinatensystem aus **1.b)** zusätzlich den Graphen der Funktion  $P_L$  ( $R = 100\Omega = 1,0 \cdot 10^2 \Omega$ ,  $L = 500\text{H} = 5,0 \cdot 10^2 \text{H}$  und  $U_0 = -10\text{V}$ ) mit Hilfe eines Funktionenplotters und erklären Sie den Graphen physikalisch.
- Bestimmen Sie rechnerisch den Zeitpunkt  $t$ , an dem der Spule die maximale elektrische Leistung  $P_{L, \max}$  zugeführt wird und bestimmen Sie auch diese maximale Leistung  $P_{L, \max}$ .
- Bestimmen Sie mit Hilfe des Zusammenhangs  $P(t) = \frac{dW(t)}{dt}$  bzw.  $W(t) = \int_0^t dW(t) = \int_0^t P(t) dt$  rechnerisch die Gesamtenergie  $W_L = W_L(t = \infty)$ , die der Spule während des Einschaltvorgangs zugeführt wird.
- Physikalisch interessant ist nun noch die Frage, wo diese Energie in der Spule gespeichert wird. Betrachten und kommentieren Sie dazu die folgende Umformung:

$$W_L = \frac{1}{2} L J_0^2 = \frac{1}{2} \mu_0 \mu_r n^2 \frac{A}{\ell} \left( \frac{\ell}{n} \cdot \frac{1}{\mu_0 \mu_r} B \right)^2 = \frac{1}{2} \frac{1}{\mu_0 \mu_r} B^2 \cdot (A \cdot \ell) = \frac{1}{2} \frac{1}{\mu_0 \mu_r} B^2 \cdot V_{\text{Spule}}$$

Die Energie, die der Spule beim Einschaltvorgang zugeführt wird, ist also proportional zum Quadrat der Magnetischen Flussdichte und zum Volumen der Spule. Dies deutet darauf hin, dass die der Spule zugeführte Energie im Magnetischen Feld in der Spule verbleibt.

### 3. Leistung und Energie am RL-Glied

- Bestimmen Sie rechnerisch mit Hilfe der Ergebnisse von **1.a)** und **2.a)** den Funktionsterm der Funktion  $P(t)$  der Funktion  $P$ , die den zeitlichen Verlauf der elektrischen Leistung, die dem gesamten RL-Glied während des Einschaltvorgangs zugeführt wird, beschreibt.
- Erstellen Sie in dem Koordinatensystem aus **1.b)** bzw. **2.b)** zusätzlich den Graphen der Funktion  $P$  ( $R = 100\Omega = 1,0 \cdot 10^2 \Omega$ ,  $L = 500\text{H} = 5,0 \cdot 10^2 \text{H}$  und  $U_0 = -10\text{V}$ ) mit Hilfe eines Funktionenplotters und erklären Sie den Graphen physikalisch.