

Ausschalten eines RL-Kreises - Leistung und Energie - Theorie

Beim Ausschalten einer Spule über einen Widerstand wird die als Feldenergie im Magnetischen Feld der Spule gespeicherte Elektrische Energie im OHMschen Widerstand in Wärme umgewandelt.

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 Ausschaltvorgangs in Wärme umgewandelt wird, beschreibt.
- Erstellen Sie den Graphen der Funktion P_R ($R = 100\Omega = 1,0 \cdot 10^2 \Omega$, $L = 500H = 5,0 \cdot 10^2 H$ und $U_0 = -10V$) 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 die Spule während des Ausschaltvorgangs abführt, beschreibt.
- Erstellen Sie in dem Koordinatensystem aus **1.b)** zusätzlich den Graphen der Funktion P_L ($R = 100\Omega = 1,0 \cdot 10^2 \Omega$, $L = 500H = 5,0 \cdot 10^2 H$ und $U_0 = -10V$) mit Hilfe eines Funktionenplotters und erklären Sie den Graphen physikalisch.
- 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 die Spule während des Ausschaltvorgangs abführt.
- Physikalisch interessant ist nun noch die Frage, wo die von der Spule abgeführte Energie gespeichert war. 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 die Spule beim Ausschaltvorgang abführt, ist also proportional zum Quadrat der Magnetischen Flussdichte und zum Volumen der Spule. Dies deutet darauf hin, dass die von der Spule abgeführte Energie aus dem Magnetischen Feld der Spule stammt.

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 im gesamten RL-Glied während des Ausschaltvorgangs umgesetzt wird, beschreibt.
- Erstellen Sie in dem Koordinatensystem aus **1.b)** bzw. **2.b)** zusätzlich den Graphen der Funktion P ($R = 100\Omega = 1,0 \cdot 10^2 \Omega$, $L = 500H = 5,0 \cdot 10^2 H$ und $U_0 = -10V$) mit Hilfe eines Funktionenplotters und erklären Sie den Graphen physikalisch.