

## Aufladen eines Kondensators - Leistung und Energie - Theorie

Beim Aufladen eines Kondensators 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 Elektrischen Feld des Kondensators.

### 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 Aufladevorgangs in Wärme umgewandelt wird, beschreibt.
- Erstellen Sie den Graphen der Funktion  $P_R$  ( $R = 100\text{k}\Omega = 1,0 \cdot 10^5 \Omega$ ,  $C = 47\mu\text{F} = 4,7 \cdot 10^{-5} \text{F}$  und  $U_0 = -10\text{V}$ ) 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 Energie  $W_R = W_R(t = \infty)$ , die im OHMschen Widerstand während des Aufladevorgangs in Wärme umgewandelt wird.

### 2. Leistung und Energie am Kondensator

- Bestimmen Sie mit Hilfe des Zusammenhangs  $P = U \cdot I$  den Funktionsterm  $P_C(t)$  der Funktion  $P_C$ , die den zeitlichen Verlauf der elektrischen Leistung, die dem Kondensator während des Aufladevorgangs zugeführt wird, beschreibt.
- Erstellen Sie in dem Koordinatensystem aus **1.b)** zusätzlich den Graphen der Funktion  $P_C$  ( $R = 100\text{k}\Omega = 1,0 \cdot 10^5 \Omega$ ,  $C = 47\mu\text{F} = 4,7 \cdot 10^{-5} \text{F}$  und  $U_0 = -10\text{V}$ ) mit Hilfe eines Funktionenplotters und erklären Sie den Graphen physikalisch.
- Bestimmen Sie rechnerisch den Zeitpunkt  $t$ , an dem dem Kondensator die maximale elektrische Leistung  $P_{C, \max}$  zugeführt wird und bestimmen Sie auch diese maximale Leistung  $P_{C, \max}$ .
- 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  $W_C = W_C(t = \infty)$ , die dem Kondensator während des Aufladevorgangs zugeführt wird.
- Physikalisch interessant ist nun noch die Frage, wo diese Energie im Kondensator gespeichert wird. Betrachten und kommentieren Sie dazu die folgende Umformung:

$$W_C = \frac{1}{2} C U_0^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} (E \cdot d)^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon_r E^2 \cdot (A \cdot d) = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon_r E^2 \cdot V$$

Die Energie, die dem Kondensator beim Aufladevorgang zugeführt wird, ist also proportional zum Quadrat der Elektrischen Feldstärke und zum Volumen des Kondensators. Dies deutet darauf hin, dass die dem Kondensator zugeführte Energie im Elektrischen Feld zwischen den Platten verbleibt.

### 3. Leistung und Energie am RC-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 RC-Glied während des Aufladevorgangs zugeführt wird, beschreibt.
- Erstellen Sie in dem Koordinatensystem aus **1.b)** bzw. **2.b)** zusätzlich den Graphen der Funktion  $P$  ( $R = 100\text{k}\Omega = 1,0 \cdot 10^5 \Omega$ ,  $C = 47\mu\text{F} = 4,7 \cdot 10^{-5} \text{F}$  und  $U_0 = -10\text{V}$ ) mit Hilfe eines Funktionenplotters und erklären Sie den Graphen physikalisch.
- Bestimmen Sie mit Hilfe der Ergebnisse von **1.c)** und **2.d)** die Gesamtenergie  $W = W(t = \infty)$ , die dem gesamten RC-Glied während des Aufladevorgangs zugeführt wird.