

Flegel/Birnstiel/Nerretter, Elektrotechnik für Maschinenbau und Mechatronik

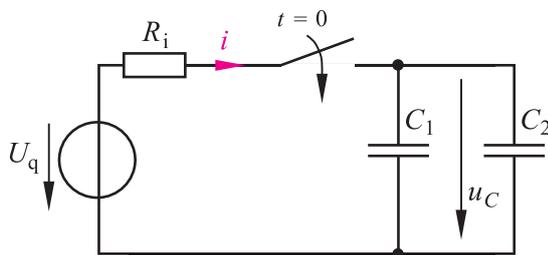
Carl Hanser Verlag München

4 Elektrisches Feld

Aufgabe 4.1

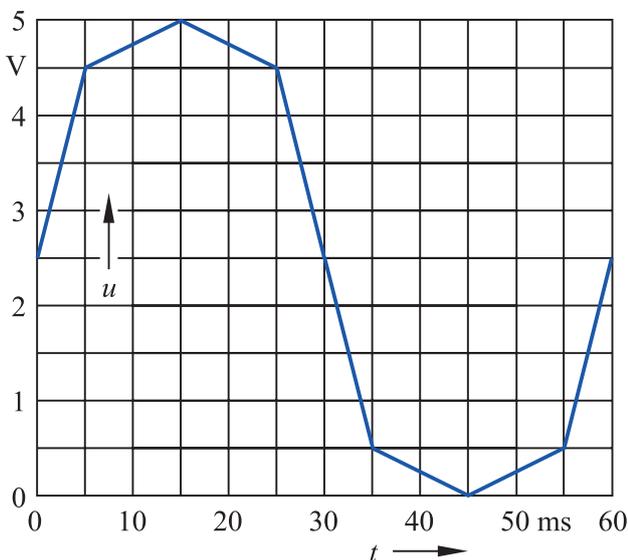
Zwei Kondensatoren mit den Kapazitäten $C_1 = 1,5 \mu\text{F}$ und $C_2 = 0,47 \mu\text{F}$ werden in Parallelschaltung an eine lineare Quelle mit der Quellenspannung $U_q = 15 \text{ V}$ und dem Innenwiderstand $R_i = 1 \text{ k}\Omega$ geschaltet.

Welcher Endwert U_E der Spannung u_C stellt sich ein? Welche Ersatzkapazität C_e hat die Parallelschaltung?



Aufgabe 4.2

An einem Kondensator mit der konstanten Kapazität $C = 0,22 \mu\text{F}$ liegt die zeitabhängige Spannung u . Berechnen Sie den Strom i .



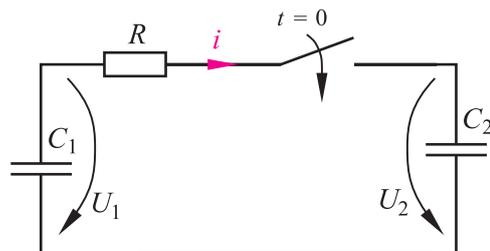
Aufgabe 4.3

Ein Kondensator mit der Kapazität $C_1 = 1,5 \mu\text{F}$ wird im entladenen Zustand zum Zeitpunkt $t = 0$ an eine Konstantstromquelle geschaltet; diese ideale Stromquelle speist so lange den Strom $I_q = 10 \mu\text{A}$ in die angeschlossene Schaltung ein, bis ihre Klemmenspannung den Wert $U_{\text{max}} = 5 \text{ V}$ erreicht. Berechnen Sie die Spannung u_C des Kondensators mit der konstanten Kapazität C_1 .

Aufgabe 4.4

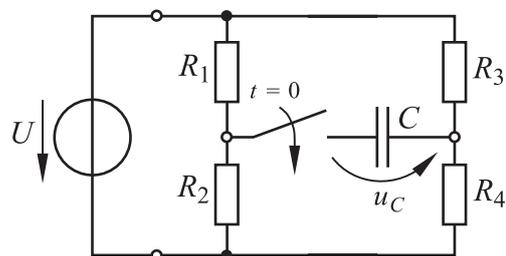
Vor dem Schließen des Schalters ist der Kondensator $C_1 = 22 \mu\text{F}$ auf die Spannung $U_{1,0} = 60 \text{ V}$ aufgeladen und der Kondensator $C_2 = 10 \mu\text{F}$ ist ungeladen. Nach dem Schließen des Schalters wird der Ausgleich der Ladungen abgewartet.

Welche Werte nehmen die Spannungen U_1 und U_2 schließlich an? Welche Energie wird während des Umladens im Widerstand R in Wärme umgewandelt?



Aufgabe 4.5

In der Brückenschaltung mit $R_1 = R_2 = R_3 = 1 \text{ k}\Omega$ und $R_4 = 470 \Omega$, die an der Spannung $U = 15 \text{ V}$ liegt, befindet sich ein entladener Kondensator mit der Kapazität $C = 1,5 \mu\text{F}$, der zum Zeitpunkt $t = 0$ eingeschaltet wird. Berechnen Sie die Spannung $u_C(t)$.



Lösung 4.1

Beim Endwert $U_E = u_C$ für $t \rightarrow \infty$ ist der Strom $i = 0$ und es ist $U_E = U_q$; beide Kondensatoren sind also auf U_q aufgeladen. Mit der Gl. (4.3) berechnen wir die Ladungen:

$$Q_1 = C_1 U_q; \quad Q_2 = C_2 U_q$$

Der Strom i hat die Summe der Ladungen auf die beiden Kondensatoren transportiert, die zum Zeitpunkt $t = 0$ ungeladen waren. Die Parallelschaltung wirkt so, als ob es sich um einen einzigen Kondensator mit der Ersatzkapazität C_e handelt, der die gesamte Ladung $Q_e = Q_1 + Q_2$ trägt. Damit berechnen wir die Ersatzkapazität:

$$C_e = \frac{Q_1 + Q_2}{U_q} = C_1 + C_2 = 1,97 \mu\text{F}$$

Lösung 4.2

Mit der Gl. (4.15) berechnen wir:

$$0 < t < 5 \text{ ms: } du/dt = 2 \text{ V}/(5 \text{ ms}); \quad i = 88 \mu\text{A}$$

$$5 \text{ ms} < t < 15 \text{ ms: } i = C (du/dt) = 11 \mu\text{A}$$

$$15 \text{ ms} < t < 25 \text{ ms: } i = -11 \mu\text{A}$$

$$25 \text{ ms} < t < 35 \text{ ms: } i = -88 \mu\text{A}$$

$$35 \text{ ms} < t < 45 \text{ ms: } i = -11 \mu\text{A}$$

$$45 \text{ ms} < t < 55 \text{ ms: } i = 11 \mu\text{A}$$

$$55 \text{ ms} < t < 60 \text{ ms: } i = 88 \mu\text{A}$$

Lösung 4.3

Im Abschnitt 4.4 wird beschrieben, dass die Spannung u des Kondensators linear mit der Zeit ansteigt, bis zum Zeitpunkt t_E die Spannung U_{\max} erreicht ist. Mit der Gl. (4.15) berechnen wir die Steigung:

$$\frac{du}{dt} = \frac{U_{\max}}{t_E} = \frac{I_q}{C_1} = 6,67 \text{ V/s}$$

Mit $U_{\max} = 5 \text{ V}$ berechnen wir den Zeitpunkt t_E , bei dem der lineare Anstieg beendet ist:

$$t_E = 0,75 \text{ s}$$

Lösung 4.4

Vor dem Schließen des Schalters trägt der Kondensator mit der Kapazität C_1 die Ladung:

$$Q_{1,0} = C_1 U_{1,0} = 1,32 \text{ mA s}$$

Nach dem Ausgleich der Ladungen ist diese Ladung $Q_{1,0}$ auf die beiden Kondensatoren verteilt und es gilt:

$$Q_1 + Q_2 = Q_{1,0} = 1,32 \text{ mA s}$$

Dies formen wir mit der Gl. (4.3) um:

$$C_1 U_1 + C_2 U_2 = 1,32 \text{ mA s}$$

Der Ausgleich der Ladungen ist dann beendet, wenn kein Strom mehr fließt und $i = 0$ ist; dann sind die beiden Spannungen U_1 und U_2 gleich. Wir setzen die Gleichung $U_1 = U_2$ in die Gleichung für die Ladungen ein und berechnen:

$$U_1 = U_2 = \frac{1,32 \text{ mA s}}{C_1 + C_2} = 41,25 \text{ V}$$

Mit der Gl. (4.12) berechnen wir die Energie $W_{1,0} = 39,6 \text{ mJ}$, die der Kondensator C_1 vor dem Schalten enthielt. Nach dem Schalten enthalten beide Kondensatoren zusammen die Energie $27,225 \text{ mJ}$. Die Differenz $12,375 \text{ mJ}$ wird im Widerstand in Wärme umgewandelt.

Lösung 4.5

Mit den Gleichungen aus dem Beispiel 2.13 berechnen wir die Quellenspannung $U_{qe} = 2,704 \text{ V}$ und den Innenwiderstand $R_{ie} = 819,7 \Omega$ der Ersatzschaltung. Wie im Abschnitt 4.7 beschrieben, berechnen wir damit die Zeitkonstante $\tau = 1,23 \text{ ms}$.

Mit $U_A = 0$ und $U_E = U_{qe} = 2,704 \text{ V}$ setzen wir entsprechend der Gl. (4.20) an:

$$u_C = 2,704 \text{ V} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$