

Flegel/Birnstiel/Nerreter, Elektrotechnik für Maschinenbau und Mechatronik

Carl Hanser Verlag München

15 Steuer- und Regelungstechnik

Aufgabe 15.1

Eine I-Strecke nach Bild 15.20 soll für $R = 1 \text{ k}\Omega$ die Integrationskonstante $K_I = 1000 \text{ s}^{-1}$ aufweisen. Welche Kapazität C muss der Kondensator haben? Die I-Strecke wird zum Zeitpunkt $t = 0$ auf eine Spannungsquelle mit $U_q = 5 \text{ V}$ geschaltet. Ermitteln Sie die zeitabhängige Spannung am Ausgang. Zu welchem Zeitpunkt ist diese Spannung gleich 8 V ?

Aufgabe 15.2

Eine D-Strecke nach Bild 15.21 soll für $R = 1 \text{ k}\Omega$ die Konstante $K_D = 1 \text{ ms}$ aufweisen. Welche Kapazität C muss der Kondensator haben? Die D-Strecke wird zum Zeitpunkt $t = 0$ auf eine Sinusquelle mit $U_1 = 10 \text{ V}$ geschaltet. Ermitteln Sie die zeitabhängige Spannung am Ausgang. Welchen Scheitelwert hat diese Spannung?

Aufgabe 15.3

Eine Totzeit-Strecke nach Bild 15.22 mit $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ und $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ wird zum Zeitpunkt $t = 0$ auf eine Spannungsquelle mit $U_q = 2 \text{ V}$ geschaltet. Ermitteln Sie die zeitabhängige Spannung am Ausgang für die Totzeit $T_t = 1 \text{ ms}$.

Aufgabe 15.4

Eine P-T₁-Strecke nach Bild 15.23 mit $R_1 = 4 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ und $C = 2 \text{ }\mu\text{F}$ wird zum Zeitpunkt $t = 0$ auf eine Spannungsquelle mit $U_q = 6 \text{ V}$ geschaltet. Ermitteln Sie die zeitabhängige Spannung am Ausgang.

Aufgabe 15.5

Die P-T₂-Strecke nach Bild 15.24 wird für $K_p = 1$ dadurch vereinfacht, dass der Operationsverstärker OV1 weggelassen wird, und zum Zeitpunkt $t = 0$ auf eine Spannungsquelle mit $U_q = -5 \text{ V}$ geschaltet.

Der Widerstand $R = 20 \text{ k}\Omega$ und die Kapazität $0,1 \text{ }\mu\text{F}$ der Kondensatoren ist vorgegeben. Wählen Sie den Widerstand R_2 so, dass sich der Dämpfungsgrad

- a) $\vartheta = 0,1$;
- b) $\vartheta = 0,5$;
- c) $\vartheta = 1,0$

ergibt.

Welche Widerstände R_2 müssen gewählt werden? Welche Eigenfrequenz und welche Überschwingweite ergeben sich bei $\vartheta = 0,1$?

Aufgabe 15.6

Eine Verzögerungsstrecke 2. Ordnung soll die Überschwingweite $\ddot{u} = 0,3$ aufweisen. Auf welchen Wert muss der Dämpfungsgrad ϑ eingestellt werden?

Lösung 15.1

Mit der Gl. (15.16) berechnen wir die Kapazität C :

$$C = 1 \text{ }\mu\text{F}$$

Für $y = U_q = U_1 = 5 \text{ V}$ berechnen wir die Spannung am Ausgang:

$$U_2 = x = K_I \int_0^t U_1 \cdot dt = K_I U_1 t$$

Zum Zeitpunkt $t = 1,6 \text{ ms}$ ist $U_2 = 8 \text{ V}$.

Lösung 15.2

Mit der Gl. (15.17) berechnen wir die Kapazität C :

$$C = K_D / R = 1 \text{ }\mu\text{F}$$

Für $y = u_1 = \hat{u}_1 \cdot \sin \omega t = 14,15 \text{ V} \cdot \sin \omega t$ berechnen wir mit $\omega = 2\pi f = 314 \text{ s}^{-1}$ die Spannung am Ausgang:

$$u_2 = x = K_D \cdot \frac{du_1}{dt} = K_D \omega \hat{u}_1 \cdot \cos \omega t$$

Mit $\hat{u}_2 = K_D \omega \hat{u}_1 = 4,445 \text{ V}$ ergibt sich:

$$u_2 = 4,445 \text{ V} \cdot \cos \omega t$$

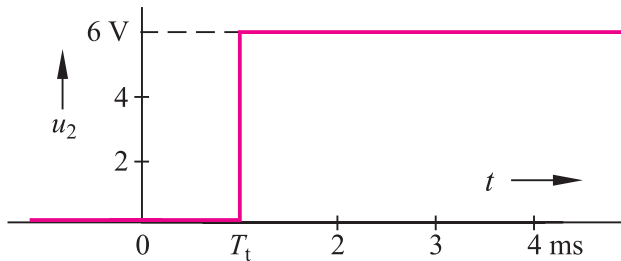
Lösung 15.3

Nach der Totzeit springt die Spannung auf den Wert:

$$u_2 = x = K_p U_1 = 6 \text{ V}$$

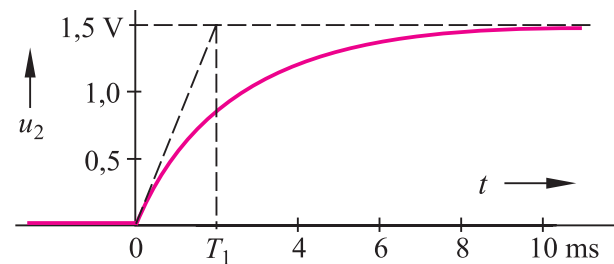
Den Faktor K_p berechnen wir mit der Gl. (9.5):

$$K_p = 1 + R_2/R_1 = 3$$

**Lösung 15.4**

Zunächst berechnen wir mit den Gln. (15.18) die Zeitkonstante $T_1 = 2 \text{ ms}$ und den Faktor $K_p = 0,25$. Wie das Bild 15.16e) zeigt, verläuft die Spannung $u_2 = x$ exponentiell und nähert sich schließlich dem Wert:

$$u_2 = x = K_p U_1 = 1,5 \text{ V}$$

**Lösung 15.5**

Wir setzen die Zeitkonstanten aus den Gln. (15.19) in die Gl. (15.5) ein und berechnen

- für $\vartheta = 0,1$ den Widerstand $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$;
- für $\vartheta = 0,5$ den Widerstand $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$;
- für $\vartheta = 1,0$ den Widerstand $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$.

Für $\vartheta = 0,1$ und $\vartheta = 0,5$ schwingt die Spannung $u_2 = x$ um den stationären Endwert 5 V . Für $\vartheta = 0,1$ berechnen wir mit den Gln. (15.9) die Eigenfrequenz:

$$f_d = 79,18 \text{ Hz}$$

Die Überschwingweite $\ddot{u} = 0,729$ ist für $\vartheta = 0,1$ im Text nach der Gl. (15.10) genannt. Wir multiplizieren diesen Faktor mit dem Endwert 5 V und stellen fest, dass die Spannung das Maximum $8,65 \text{ V}$ erreicht.

Wie das Bild 15.17 zeigt, entsteht für $\vartheta = 1$ beim aperiodischen Grenzfall keine Schwingung.

Lösung 15.6

Wir setzen den vorgegebenen Wert in die Gl. (15.10) ein und lösen die nichtlineare Gleichung

$$0,3 = e^{-\pi\vartheta/\sqrt{1-\vartheta^2}}$$

mit dem Mathematikprogramm MATLAB und erhalten:

$$\vartheta = 0,358$$