

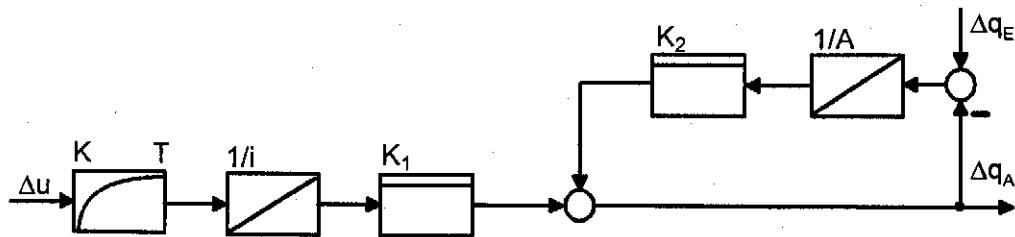


Vorlesung „Regelungstechnik“

Übungsblatt 5

Übungsaufgabe 5

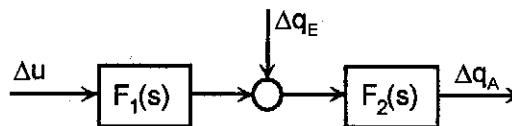
Gegeben sei das Strukturbild der linearisierten Durchflußregelstrecke aus Übungsaufgabe 3.2



mit den Parameterwerten:

$K = 7,5 \text{ rad/sec} \cdot \text{V}^{-1}$; $T = 0,5 \text{ sec}$; $i = 10$; $A = 150 \text{ cm}^2$, $K_1 = 21,2 \text{ cm}^3/\text{sec}$ und $K_2 = 0,45 \text{ cm}^2/\text{sec}$.

a) Formen Sie das Strukturbild so um, daß sich die nachfolgend dargestellte, vereinfachte Struktur ergibt.

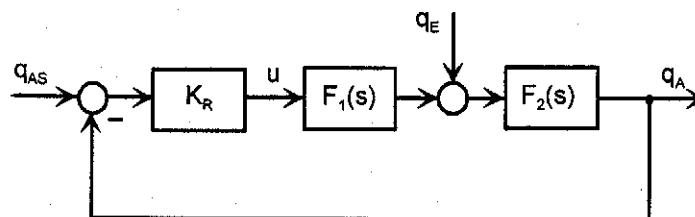


Bestimmen Sie die Übertragungsfunktionen $F_1(s)$ und $F_2(s)$ unter Verwendung der oben gegebenen Parameterwerte.

Die obige Strecke soll mittels eines P-Reglers mit einstellbarem Verstärkungsfaktor K_R geregelt werden (siehe nachfolgender Regelkreis), wobei für $F_1(s)$ und $F_2(s)$ die normierten Übertragungsfunktionen

$$F_1(s) = \frac{5000}{1 + 0,5s} \quad \text{und} \quad F_2(s) = \frac{1}{1 + 333,3s}$$

zugrundegelegt werden.

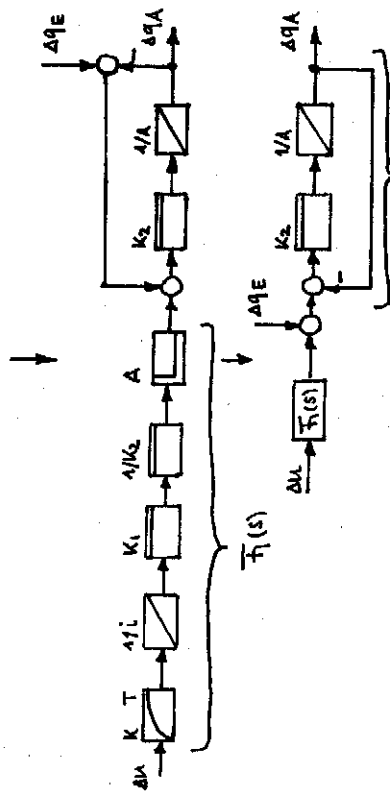
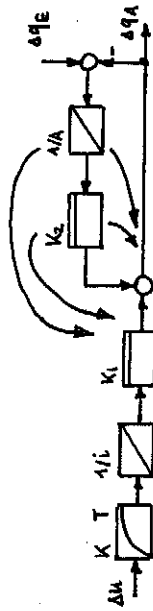


- Geben Sie die Übertragungsfunktion $F_o(s)$ des offenen Kreises an. Welcher Typ von Übertragungsglied liegt vor? Überprüfen Sie mit Hilfe des grundlegenden Stabilitätskriteriums, ob der geschlossene Regelkreis instabil werden kann.
- Berechnen Sie die Führungsübertragungsfunktion $F_w(s) = q_A(s) / q_{AS}(s)$ sowie die Störübertragungsfunktion $F_z(s) = q_A(s) / q_E(s)$.
- Wählen Sie K_R so, daß der Regelkreis ein konjugiert komplexes Polpaar mit der Dämpfung $D = 1/\sqrt{2}$ besitzt. Geben Sie für diese Wahl von K_R die Zeitkonstante T des geschlossenen Regelkreises an.
- Berechnen Sie die stationäre Regeldifferenz für den Führungs- und für den Störfall. Legen Sie dabei jeweils einen Einheitssprung zugrunde.

$\hookrightarrow q_{AS} = 1$

Übungsaufgabe 5

2



$$T(s) = \frac{K}{1+Ts} = \frac{\frac{1}{is} \cdot K_1}{1+Ts} = \frac{A}{1+Ts} = \frac{K K_1 \frac{1}{K_2}}{1+Ts} = \frac{A}{1+Ts}$$

$$F_2(s) = \frac{F_0(s)}{1 + F_0(s)} = \frac{1}{1 + \frac{1}{F_0(s)}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{k_2}} = \frac{1}{1 + 333,33 \text{ sec} \cdot s}$$



6

$$\begin{aligned} F_0(s) &= K_R \quad F_1(s) \quad F_2(s) \\ &= \underbrace{K K_R}_{=V} \frac{1}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)} \end{aligned}$$

mit $K=5000$, $T_1=0,5$ und $T_2=333,3$

Grundlegendes Stabilitätskriterium: Rk ist genau dann stabil, wenn alle Nullstellen der char. Gl. links der j-Achse liegen

char. Gl.: $1 + F_0(s) = 1 + \frac{Z_0(s)}{N_0(s)} = 0$ bzw. $Z_0(s) + N_0(s) = 0$

$$K K_R + (1 + T_1 s)(1 + T_2 s) = 0$$

Beiwertebedingung: Polynom 2. Grades hat Nullstellen links der j -Achse genau dann, wenn alle Koeff. gl. VZ und von Null verschieden sind.

Also:

$T_1 T_2 > 0$

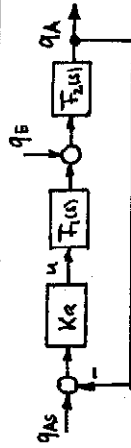
$$T_1 + T_2 > 0$$

$K_{K_2} > -1 \leadsto K_2 > -\frac{1}{K} \leadsto$ für alle $K_2 > 0$ R_K stabil
 (wg K_2 positiv angenommen)



Vorlesung „Regelungstechnik“ Lösung Übungsblatt 5

c)



Führungsübertragungsfunktion:

$$\begin{aligned} F_W(s) &= \frac{q_A(s)}{q_E(s)} = \frac{F_W(s)}{1 + F_W(s)} = \frac{1}{1 + \frac{1}{F_W(s)}} \\ &= \frac{1}{1 + \frac{1}{V} (1 + T_1 s)(1 + T_2 s)} = \frac{V}{1 + \frac{T_1 + T_2}{V+1} s + \frac{T_1 T_2}{V+1} s^2} \\ &= \frac{5000 K_R}{1 + \frac{333,8}{5000 K_R+1} s + \frac{166165}{5000 K_R+1} s^2} \end{aligned}$$

Störübertragungsfunktion:

$$\begin{aligned} F_Z(s) &= \frac{1}{K_R F_W(s)} = \frac{1 + T_1 s}{K_R} = \frac{V}{1 + \frac{T_1 + T_2}{V+1} s + \frac{T_1 T_2}{V+1} s^2} \\ &= \frac{1}{V+1} \frac{(1 + T_1 s)}{1 + \frac{T_1 + T_2}{V+1} s + \frac{T_1 T_2}{V+1} s^2} = \frac{5000 K_R+1}{1 + \frac{333,8}{5000 K_R+1} s + \frac{166165}{5000 K_R+1} s^2} \end{aligned}$$

d)

$$\begin{aligned} 1 + \frac{T_1 + T_2}{V+1} s + \frac{T_1 T_2}{V+1} s^2 &= 1 + 2DTs + T^2 s^2 \quad \text{mit } D = \frac{1}{V+1} \\ \wedge \quad T^2 &= \frac{T_1 T_2}{V+1} \quad \text{und} \quad 4D^2 T^2 = 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{T_1 T_2}{V+1} = \frac{(T_1 + T_2)^2}{(V+1)^2} \quad \text{mit } V = K_R \\ \wedge \quad K_R &= \frac{1}{K} \left(\frac{(T_1 + T_2)^2}{2T_1 T_2} - 1 \right) = \underline{\underline{0,067}} \\ T &= \sqrt{\frac{T_1 T_2}{K_R+1}} = \underline{\underline{0,704}} \end{aligned}$$

Vorlesung „Regelungstechnik“ Lösung Übungsblatt 5

e)

Führungsverhalten ($q_E = 0$)

$$e(s) = q_A(s) - q_E(s) = (1 - F_W(s)) q_A(s)$$

stationäre Regeldifferenz

$$e_{\infty} = (1 - F_W(0)) \underbrace{q_A(0)}_{=1} = 1 - \frac{V}{V+1} = \frac{1}{K_R+1} = \underline{\underline{0,003}}$$

Störverhalten ($q_A = 0$)

$$e(s) = -q_A(s) = -F_Z(s) q_E(s)$$

stationäre Regeldifferenz

$$e_{\infty} = -F_Z(0) \underbrace{q_E(0)}_{=1} = -\frac{1}{V+1} = -\frac{1}{K_R+1} = \underline{\underline{-0,003}}$$



Vorlesung „Regelungstechnik“

Beiblatt zu Übungsaufgabe 5

