

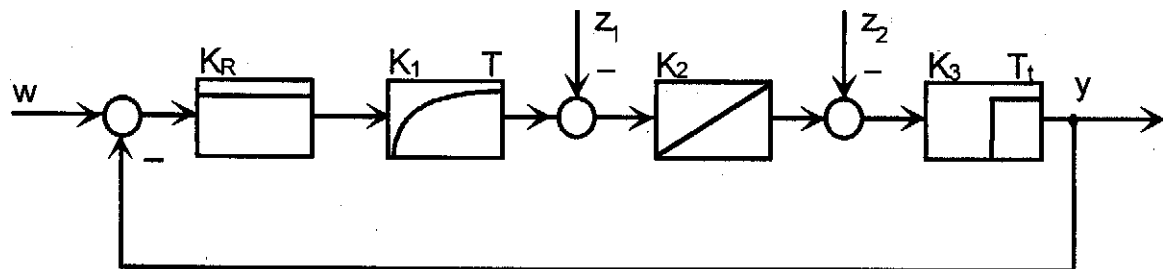


Vorlesung „Regelungstechnik“

Übungsblatt 6

Übungsaufgabe 6.1

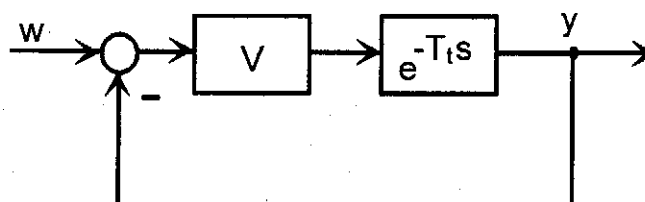
Gegeben sei der Regelkreis:



- Berechnen Sie die Führungsübertragungsfunktion  $F_W(s) = y(s) / w(s)$ .  
Wie groß ist die bleibende Regeldifferenz  $e_\infty$  für  $w(t) = \sigma(t)$  ( $z_1 = z_2 = 0$ )?
- Berechnen Sie die Störübertragungsfunktion  $F_{z_1}(s) = y(s) / z_1(s)$ .  
Wie groß ist die bleibende Regeldifferenz  $e_\infty$  für  $z_1(t) = \sigma(t)$  ( $w = z_2 = 0$ )?
- Berechnen Sie die Störübertragungsfunktion  $F_{z_2}(s) = y(s) / z_2(s)$ .  
Wie groß ist die bleibende Regeldifferenz  $e_\infty$  für  $z_2(t) = \sigma(t)$  ( $w = z_1 = 0$ )?
- Wie groß ist die bleibende Regeldifferenz  $e_\infty$  für  $w(t) = z_2(t) = \sigma(t)$  ( $z_1 = 0$ )?
- An welcher Stelle im Regelkreis sollte ein Integrierer platziert sein, wenn im Führungs- und im Störverhalten keine bleibende Regeldifferenz auftreten soll?

Übungsaufgabe 6.2

Gegeben sei der nachfolgende Regelkreis mit  $V > 0$  und  $T_t > 0$ :



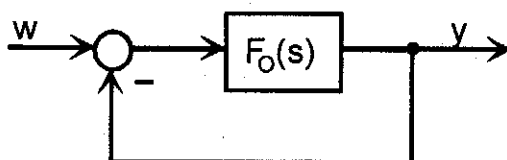
- Berechnen Sie die Nullstellen der charakteristischen Gleichung des Regelkreises.
- Für welche Werte der Kreisverstärkung  $V$  arbeitet der Regelkreis stabil?



## Vorlesung „Regelungstechnik“

Beiblatt zur Übung

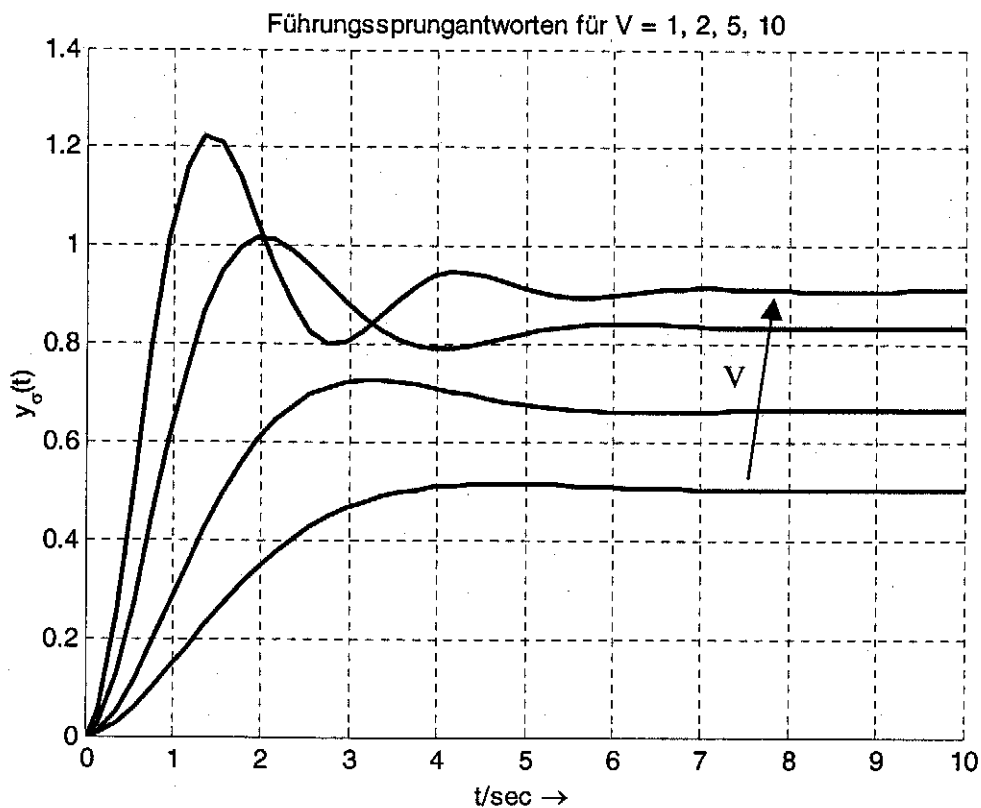
Gegeben sei der Regelkreis



mit der Übertragungsfunktion

$$F_O(s) = \frac{V}{(1+T_1s)(1+T_2s)}$$

des offenen Kreises, wobei  $V > 0$ ,  $T_1 = 1$  sec und  $T_2 = 2$  sec gilt.





Vorlesung „Regelungstechnik“

Lösung Übungsblatt 6

Übungsaufgabe 6.1

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad \overline{F}_W(s) &= \frac{Y(s)}{W(s)} = \frac{F_0(s)}{1 + F_0(s)} = \frac{1}{1 + \frac{1}{F_0(s)}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{K_R} \cdot \frac{1+Ts}{K_1} \cdot \frac{s}{K_2} \cdot \frac{1}{K_3} e^{T_d s}} \\ &= \frac{1}{1 + \frac{1}{V} s e^{T_d s} + \frac{T}{V} s^2 e^{T_d s}} \quad \text{mit } V = K_R K_1 K_2 K_3 \end{aligned}$$

$e_{\infty} = \underline{0}$ , da I-Anteil in  $\overline{F}_0(s)$

$$\text{b)} \quad \overline{F}_{Z1}(s) = \frac{Y(s)}{Z_1(s)} = - \frac{1+Ts}{K_R K_1} \overline{F}_W(s) = \frac{- \frac{1}{K_R K_1} (1+Ts)}{1 + \frac{1}{V} s e^{T_d s} + \frac{T}{V} s^2 e^{T_d s}}$$

$e_{\infty} \neq 0$ , da I-Anteil nach Störeingriff

$$e_{\infty} = -\gamma_{\infty} = -\overline{F}_{Z1}(0) z_{1\infty} = \underline{\underline{\frac{1}{K_R K_1}}}$$

$$\text{c)} \quad \overline{F}_{Z2}(s) = \frac{Y(s)}{Z_2(s)} = - \frac{(1+Ts)s}{K_R K_1 K_2} \overline{F}_W(s) = \frac{- \frac{1}{K_R K_1 K_2} (1+Ts)s}{1 + \frac{1}{V} s e^{T_d s} + \frac{T}{V} s^2 e^{T_d s}}$$

$e_{\infty} = \underline{0}$ , da I-Anteil vor Störeingriff

d) lin. System  $\rightarrow$  es gilt das Superpositionsprinzip

$$e_{\infty} = e_{\infty}|_W + e_{\infty}|_{Z2} = 0 + 0 = \underline{0}$$

e) stationär genaues Führungsverhalten: I-Anteil in  $\overline{F}_0(s)$   
stationär genaues Störverhalten: I-Anteil vor Störeingriff  
 $\rightarrow$  I-Anteil vor Störung  $z_1$ , d.h. Regler mit I-Anteil



Vorlesung „Regelungstechnik“

Lösung Übungsblatt 6

Übungsaufgabe 6.2

a) char. Gl.:  $1 + F_0(s) = 1 + V e^{-T_t s} = 0$

$\rightarrow V e^{-T_t s} e^{-j T_t \omega} = -1 = e^{-j(2k+1)\pi}, k \in \mathbb{Z}$

Behragsbed.:  $V e^{-T_t \sigma} = 1 \rightarrow e^{T_t \sigma} = V \rightarrow \sigma_{\infty} = \frac{\ln V}{T_t}$

Phasenbed.:  $-T_t \omega = -(2k+1)\pi \rightarrow \omega_{\infty} = (2k+1) \frac{\pi}{T_t}, k \in \mathbb{Z}$

Pole des Rk:  $s_{\infty k} = \underline{\underline{\frac{\ln V}{T_t} + j(2k+1) \frac{\pi}{T_t}}}, k \in \mathbb{Z} = \{0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$

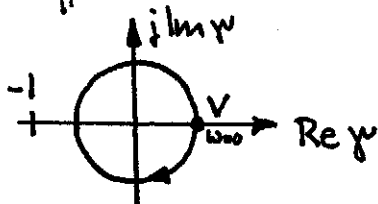
b) grundlegendes Stabilitätskriterium:

$\operatorname{Re}\{s_{\infty k}\} < 0 \rightarrow \frac{\ln V}{T_t} < 0 \rightarrow \ln V < 0 \rightarrow V < 1$

mit  $V > 0$  ist  $0 < V < 1$

alternativ: Nyquist-Kriterium

OK des offenen Kreises  $\gamma = F_0(j\omega) = V e^{-j T_t \omega}$



Punkt -1 liegt links für  $0 < V < 1$

Vorteil: es müssen keine Rk-Pole berechnet werden

$\rightarrow$  vorteilhaft insbesondere bei Totzeitsystemen, da analytische und numerische (unendlich viele Pole?)

Auswertung des grundlegenden Stabilitätskriterium i. allg. nicht möglich