

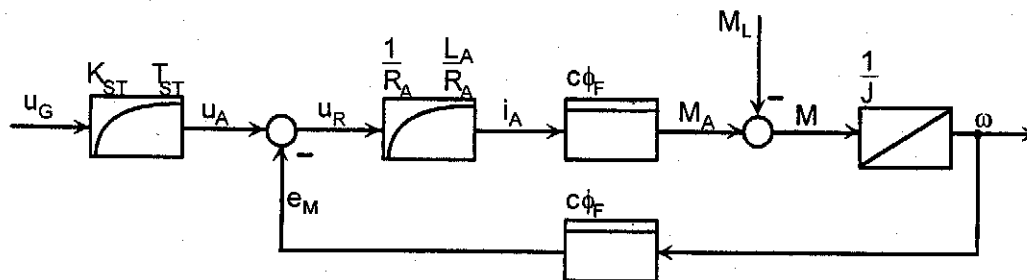


Vorlesung „Regelungstechnik“

Übungsblatt 4

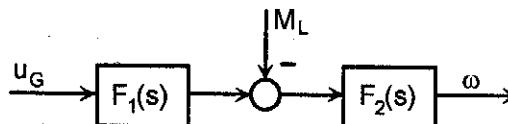
Übungsaufgabe 4

Gegeben sei das Strukturbild des von einem Stromrichter gespeisten Gleichstrommotors aus Übungsaufgabe 3.1:



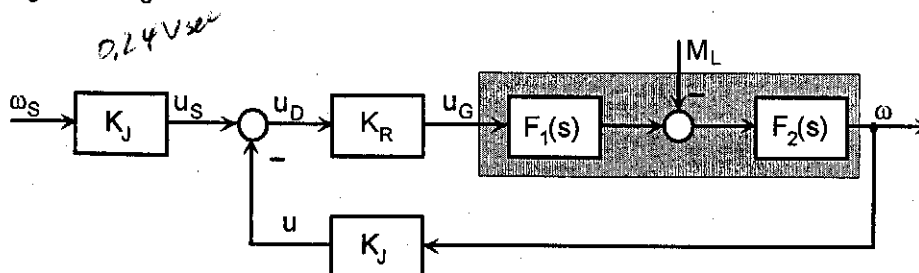
Folgende Parameterwerte seien zugrundegelegt: $K_{ST} = 30$, $T_{ST} = 0,005 \text{ sec}$, $R_A = 0,05 \Omega$, $L_A = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ H}$, $c\phi_F = 4,13 \text{ Vsec}$, $J = 200 \text{ Nmsec}^2$.

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



Geben Sie die Übertragungsfunktionen $F_1(s)$ und $F_2(s)$ unter Verwendung der oben zugrundegelegten Parameterwerte an.

Die obige Strecke werde durch eine Meßeinrichtung (Tachogenerator mit der Übertragungskonstanten $K_J = 0,24 \text{ Vsec}$), eine Vergleichseinrichtung und eine Korrekturereinrichtung (P-Regler mit einstellbarem Verstärkungsfaktor K_R) zu einem Regelkreis ergänzt:



- b) Berechnen Sie die Übertragungsfunktion $F_0(s)$ des offenen Kreises. Welches Verhalten besitzt der offene Kreis, und wie lautet die Kreisverstärkung V ?

Bei den nachfolgenden Berechnungen soll die Stromrichter-Zeitkonstante T_{ST} als kleinste Zeitkonstante in $F_0(s)$ vernachlässigt werden. (D.h. das Übertragungsverhalten des Stromrichters wird durch ein P-Glied mit der Verstärkung K_{ST} approximiert.)

- c) Berechnen Sie die Führungsübertragungsfunktion $F_W(s) = \omega(s)/\omega_S(s)$ und die Störübertragungsfunktion $F_Z(s) = \omega(s)/(-M_L(s))$.
- d) Wählen Sie K_R so, daß das Führungsverhalten mit $D = 1/\sqrt{2}$ gedämpft ist.
- e) Es gelte $\omega_S(t) = 31,4 \text{ rad/sec} \cdot \sigma(t)$ bzw. $M_L(t) = 1000 \text{ Nm} \cdot \sigma(t)$, und K_R sei gemäß Aufgabe d) gewählt. Wie groß ist die bleibende Regelabweichung e_∞ im Führungsverhalten bzw. im Störverhalten?

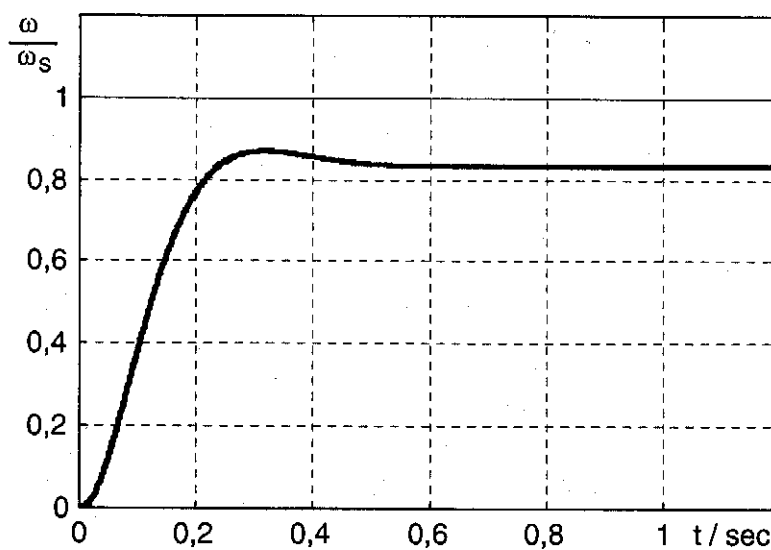


Vorlesung "Regelungstechnik"

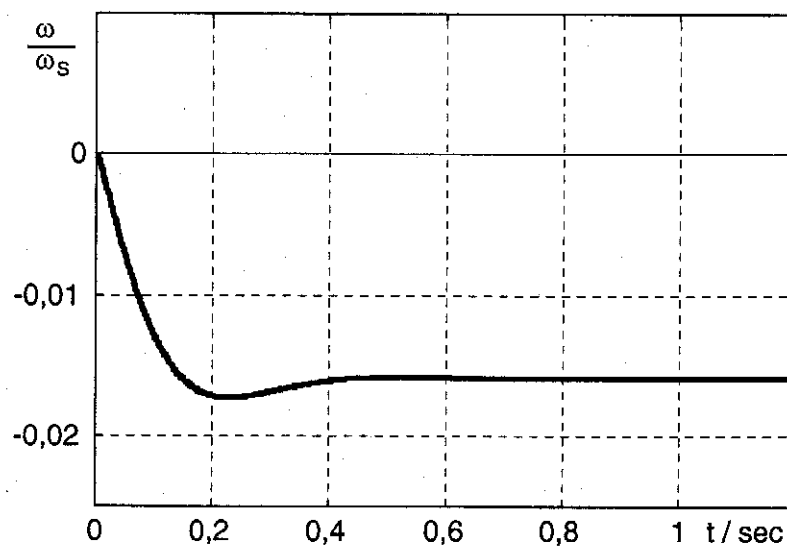
Beiblatt zu Übungsaufgabe 4

Zeitverhalten des Gleichstromantriebs bei P-Regelung mit $K_R = 2,799$

Führungsverhalten für $\omega_s(t) = 31,4 \text{ rad/sec} \cdot \sigma(t)$

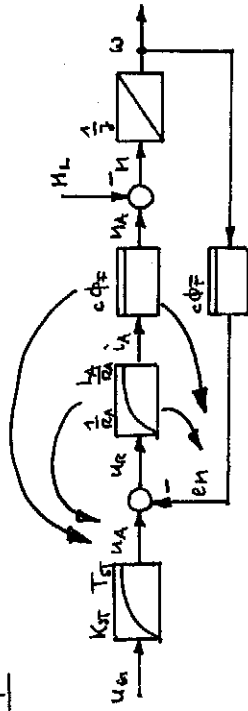


Störverhalten für $M_L(t) = 1000 \text{ Nm} \cdot \sigma(t)$

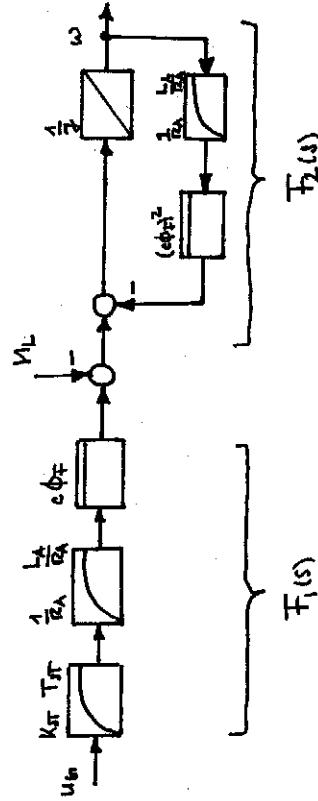




Abmängelaufgabe 4



Vertauschen der Summationsstellen



Reihenschaltung:

$$F_{11}(s) = c \phi_T \frac{1/\tau_A}{1 + \frac{1}{\tau_A} s} = \frac{K_1}{(1 + T_{11}s)(1 + T_{22}s)} \quad (PT_2 - \text{Alied.})$$

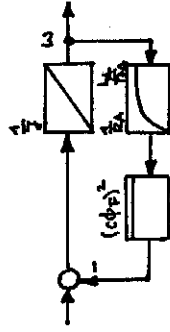
mit $K_1 = c \phi \mp \frac{1}{2A} \quad K_{ST} = 413 \text{ Vsec} \cdot \frac{1}{0,05\Omega} \quad 30 = \underline{\underline{2478 \text{ Asec}}}$

$$T_H = \frac{L_A}{R_A} = \frac{25 \cdot 10^{-3} \text{ H}}{0.05 \Omega} = \underline{\underline{0.05 \text{ sec}}}$$

$$T_2 = T_{ST} = \underline{0.005 \text{ sec}}$$



Q



Gegenkopplung:

$$F_2(s) = \frac{\frac{1}{s}}{1 + (c\phi^*)^2 - \frac{1/R_A}{1 + \frac{1}{R_A}s} \frac{1}{s}} \quad \text{B}$$

$$= \frac{\frac{\tau_A}{(c\tau)^2} \left(1 + \frac{L_A}{\tau_A} s\right)}{1 + \frac{\tau_A}{(c\tau)^2} s + \frac{\tau_A}{(c\tau)^2} s^2} = \frac{K_2 (1 + T_{11} s)}{1 + 2DTs + T^2 s^2} \quad (\text{PDT}_2\text{-Glued})$$

$$\text{mit } K_2 = \frac{R_A}{c_{\text{Ox}}^2} = \frac{0,05 \text{ M}}{4 \cdot 10^{-3} \cdot \text{V}_{\text{Ag}}^2} = 2,93 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{V}^2}$$

$$T = \sqrt{\frac{3LA}{(cqt)^2}} = \frac{\sqrt{200 \text{ Nmsec}^2 \cdot 2.5 \cdot 10^{-3} \text{ H}}}{4.13 \text{ Vsec}} = 0.171 \text{ sec}$$

$$\frac{\gamma R_A}{2T} = \frac{\gamma R_A}{2T(\text{cph}^2)} \sim \frac{200 \text{ Nuss}^2 \cdot 0,05 \Omega}{2 \cdot 0,171 \text{ sec} \cdot 4 \cdot 10^2 \cdot \text{Nuss}^2} = \frac{1}{17} > 1$$

→ α periodischer Fall

$$1 + 2DT_s + T_s^2 = (1 + T_{21}s)(1 + T_{22}s)$$

$$\hookrightarrow T_{21} = T(D + \sqrt{D^2 - 1}) = \underline{0.53 \text{ sec}}$$

$$T_{22} = T(D - \sqrt{D^2 - 1}) = \underline{0.055 \text{ sec}}$$

$$\overline{f}_2(s) = \frac{K_2(1+T_{11}s)}{(1+T_{21}s)(1+\overline{T}_{22}s)}$$



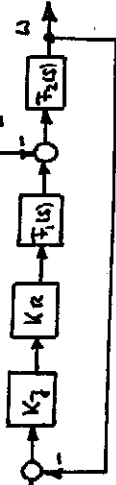
Vorlesung „Regelungstechnik“ Lösung Übungsblatt 4

b) $F_0(s) = K_f F_2(s) F_1(s) K_R$

$$= K_f K_R \frac{K_2 (1 + T_{11}s)}{(1 + T_{21}s)(1 + T_{22}s)} \frac{K_1}{(1 + T_{11}s)(1 + T_{12}s)}$$

$$= \underbrace{K_f K_1 K_2 K_R}_{V = 1,74 K_R} \frac{1}{(1 + T_{21}s)(1 + T_{22}s)(1 + T_{12}s)} \quad (P\text{-Verhalten})$$

c) Verschieben von K_f über Summationsstelle



$$F_W(s) = \frac{1}{1 + \frac{1}{V} (1 + T_{21}s)(1 + T_{22}s)}$$

$$= \frac{V}{V+1} \cdot \frac{1}{1 + \frac{T_{21} + T_{22}}{V+1} s + \frac{T_{21} T_{22}}{V+1} s^2}$$

$$F_2(s) = \frac{W(s)}{-M_L(s)} = \frac{1}{F_1(s) K_f K_f} \frac{F_W(s)}{1 + T_{11}s} = \frac{K_1}{1 + T_{11}s} K_R K_f F_W(s)$$

$$= \frac{K_2}{V+1} \cdot \frac{1 + T_{11}s}{1 + \frac{T_{21} + T_{22}}{V+1} s + \frac{T_{21} T_{22}}{V+1} s^2}$$



Vorlesung „Regelungstechnik“ Lösung Übungsblatt 4

d) $1 + \frac{T_{21} + T_{22}}{V+1} s + \frac{T_{21} T_{22}}{V+1} s^2 = 1 + 2\tilde{D} \tilde{T} s + \tilde{T}^2 s^2 \quad \text{mit } \tilde{D} = \frac{1}{V}$

$$\tilde{T}^2 = \frac{T_{21} T_{22}}{V+1} ; 4\tilde{D}^2 \tilde{T}^2 = \frac{(T_{21} + T_{22})^2}{(V+1)^2}$$

$$4 \frac{1}{2} \frac{T_{21} T_{22}}{V+1} = \frac{(T_{21} + T_{22})^2}{(V+1)^2} \quad \text{mit } V = 1,74 K_R$$

$$K_R = \frac{1}{K_f K_1 K_2} \left(\frac{(T_{21} + T_{22})^2}{2 T_{21} T_{22}} - 1 \right) = \underline{\underline{2,799}}$$

e) Führungsverhalten ($M_L = 0$)

$$\text{Regeldifferenz: } E(s) = W(s) - Y(s) = (1 - F_W(s)) W(s)$$

$$\text{stationäre Regeldifferenz: } e_{\infty} = (1 - F_W(0)) W_{\infty}$$

$$= \left(1 - \frac{V}{V+1}\right) W_{\infty} = \frac{1}{V+1} W_{\infty} = \underline{\underline{5,35 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}}}$$

Störverhalten ($W_s = 0$)

$$\text{Regeldifferenz: } E(s) = -F_2(s) (-M_L(s))$$

$$\text{stationäre Regeldifferenz: } e_{\infty} = F_2(0) M_{L\infty}$$

$$= \frac{K_2}{V+1} M_{L\infty} = \underline{\underline{0,499 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}}}$$