



## Vorlesung „Regelungstechnik“

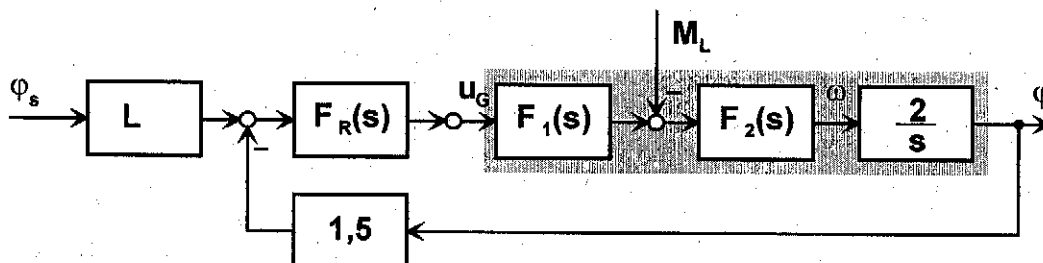
Übungsblatt 11

### Übungsaufgabe 11:

Der stromrichter gespeiste Gleichstrommotor aus Übungsaufgabe 1 mit

$$F_1(s) = \frac{2478}{(1+0,005s)(1+0,050s)} \quad \text{und} \quad F_2(s) = 2,93 \cdot 10^{-3} \frac{1+0,050s}{(1+0,055s)(1+0,531s)}$$

soll zu einer Lageregelung herangezogen werden. Dabei wird die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  über ein I-Glied mit dem Verstärkungsfaktor 2 in eine Winkelposition umgesetzt. Als Messeinrichtung fungiert ein Lagegeber mit dem Verstärkungsfaktor  $K_M = 1,5$ . Der Regler besitze die Übertragungsfunktion  $F_R(s)$ . Ausgangspunkt ist damit die nachfolgend gezeigte Regelkreisstruktur, wobei alle Größen normiert dargestellt sind.



- Geben Sie die Übertragungsfunktion  $F_o(s)$  des offenen Kreises an.
- Wie muss das konstante Vorfilter  $L$  gewählt werden, damit im Führungsverhalten stationäre Genauigkeit erreicht werden kann?
- Als Regler stehen ein PI-Regler und ein PD- $T_1$ -Regler mit  $\tau = 0,1T_R$  zur Auswahl. Beurteilen Sie für beide Regler die Eigenschaften der Regelung bzgl. stationärer Genauigkeit im Führungs- und Störverhalten sowie bzgl. Stabilität. Welchen Regler wird man einsetzen? Geben Sie seine Übertragungsfunktion  $F_R(s)$  sowie eine sinnvolle Wahl der Reglerzeitkonstanten an.
- Als Regler wird der PD- $T_1$ -Regler gewählt. Approximieren Sie die Übertragungsfunktion des offenen Kreises  $F_o(s)$  durch eine einfachere Übertragungsfunktion  $F_{o,approx}(s)$ , indem Sie in  $F_o(s)$  die verbleibenden Zeitkonstanten durch ihre Summenzeitkonstante ersetzen. Wie muss die Reglerverstärkung  $K_R$  gewählt werden, damit  $F_{w,approx}(s)$  eine Dämpfung von  $D = 1$  besitzt. Bestimmen Sie die Zeit  $t_{95}$  mittels des Beiblatts 14/3.
- Warum arbeitet die Regelung bezüglich des Störverhaltens nicht stationär genau? Ist die Kompensation der größten Zeitkonstanten auch im Störverhalten wirksam? Bestimmen Sie die Störübertragungsfunktion  $F_z(s) = \varphi(s) / (-M_L(s))$  des Regelkreises.

Zur Verbesserung des Störverhaltens soll eine Störgrößenaufschaltung durchgeführt werden.

- Erweitern Sie die obige Regelkreisstruktur um die Störgrößenaufschaltung.
- Welche Anforderung wird bei einer Störgrößenaufschaltung an die Störgröße gestellt?
- Wie lautet die Übertragungsfunktion des Steuerglieds  $F_{AZ}(s)$  für den Fall der exakten Störungskompensation? Ist das Steuerglied in diesem Fall realisierbar?
- Wie lautet die Übertragungsfunktion des Steuerglieds  $F_{AZ}(s)$  für den Fall der stationären Störungskompensation? Ist das Steuerglied in diesem Fall realisierbar?



Vorlesung „Regelungstechnik“

Lösung Übungsblatt 11

Übungsaufgabe 11

a)  $F_0(s) = F_R(s) F_1(s) F_2(s) \frac{3}{s}$

$$= \frac{21,78}{(1+0,005s)(1+0,055s)(1+0,531s)s} F_R(s)$$

b) Für stationäre Genauigkeit im Führungsverhalten muß gelten

$$e_{\infty} = 0 \stackrel{!}{=} L \varphi_{s,00} = 1,5 \varphi_{s,00} \rightarrow L = \underline{1,5}$$

c) PI-Regler:  $F_R(s) = K_R \frac{1+T_R s}{s}$

stationäre Genauigkeit im Führungsverhalten: ja, I-Anteil im offenen Kreis

stationäre Genauigkeit im Störverhalten: ja, da I-Anteil vor Störung

Beide Eigenschaften sehen voraus, daß Rk stabil?

Stabilität: Kompensation der größten Zeitkonstanten  
 $T_R = 0,531$

$$\rightarrow F_0(s) = \frac{21,78 K_R}{s^2 (1+0,005s)(1+0,055s)}$$

offener Kreis hat Doppel-I-Verhalten: Phasenbeitrag von  $-180^\circ$  für OK verbleibende Zeitkonstanten drehen Phase noch weiter vor

$\rightarrow$  OK verläuft im 2. Quadranten und Pkt  $-1$  liegt immer rechts von OK  $\rightarrow$  Rk für alle Werte von  $K_R$  instabil?



Vorlesung „Regelungstechnik“

Lösung Übungsblatt 11

PD- $T_1$ -Regler:  $F_R(s) = K_R \frac{1+T_R s}{1+T_1 s}$

stationäre Genauigkeit im Führungsverhalten: ja, da I-Anteil im offenen Kreis

stationäre Genauigkeit im Störverhalten: nein, da I-Anteil nach Störeingriff

Stabilität: Kompensation der größten Zeitkonstanten

$$T_R = 0,531, T_1 = 0,1 T_R = 0,0531$$

$$\rightarrow F_0(s) = \frac{21,78 K_R}{s(1+0,005s)(1+0,055s)(1+0,0531s)}$$

I-Anteil  $\rightarrow$  OK kommt aus 3. Quadranten und schneidet neg. reelle Achse

$\rightarrow$  es gibt ein  $K_R < K_{R,krit}$ , so daß OK links von  $-1$  liegt und Rk nach Nyquistkriterium stabil ist

$\Rightarrow$  PD- $T_1$ -Regler verwenden

$$\begin{aligned} d) F_{0,approx}(s) &= \frac{21,78 K_R}{s(1+(0,005+0,055+0,0531)s)} \\ &= \frac{21,78 K_R}{s(1+0,1131s)} = \frac{V}{s(1+T_2 s)} \end{aligned}$$



$$F_{w, \text{approx}}(s) = \frac{1}{1 + \frac{1}{F_{1, \text{approx}}(s)}}$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{1}{\underbrace{\frac{1}{V}}_{=2T} s + \frac{\frac{T_E}{V}}_{=T^2} s^2}}$$

$$\leadsto \frac{1}{V^2} = 4T^2 = 4 \frac{T_E}{V} \leadsto V = \frac{1}{4T_E} \leadsto K_R = \frac{1}{4 \cdot 21,78 \cdot T_E} = \underline{\underline{0,10}}$$

Bestimmung der  $t_{95}$ -Zeit:

$$T = \sqrt{\frac{T_E}{V}} = \sqrt{\frac{T_E}{21,78 K_R}} = 0,228$$

aus Bzblatt 14/3 folgt  $\frac{t_{95}}{T} = 4,8 \leadsto t_{95} = 4,8 \cdot T = \underline{\underline{1,09}}$

- e) keine stationäre Genauigkeit im Störverhalten, da I-Anteil nach Störung  
Kompensation der größten Zeitkonstanten im Störverhalten nicht wirksam, da Störangriff vor größten Zeitkonstanten

$$F_Z(s) = \frac{y(s)}{-M(s)} = \frac{F_2(s) \frac{2}{s}}{1 + F_1(s)}$$

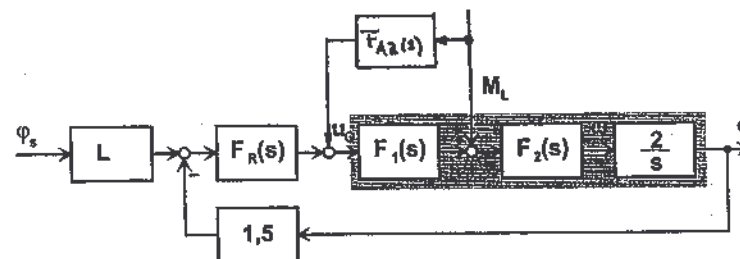
$$= \frac{2,93 \cdot 10^{-3} \cdot 2 (1+0,05s)(1+0,005s)(1+0,0531s)}{s(1+0,005s)(1+0,055s)(1+0,0531s)(1+0,531s) + 21,78 K_R (1+0,531s)}$$

stationäre Genauigkeit

$$y_{\infty} = \underbrace{F_Z(0)}_{\neq 0} \cdot (-M_{\infty}) \neq 0 \leadsto \text{keine stationäre Genauigkeit}$$



f)



- g) Störgröße muß meßbar sein

h)  $F_{A2}(s) F_1(s) - 1 \stackrel{!}{=} 0 \leadsto F_{A2}(s) = \frac{1}{F_1(s)} = \frac{(1+0,005s)(1+0,05s)}{2478}$

$F_{A2}(s)$  hat differenzierendes Verhalten  
 $\leadsto$  nicht realisierbar

i)  $F_{A2}(0) F_1(0) - 1 \stackrel{!}{=} 0 \leadsto F_{A2}(0) = \frac{1}{F_1(0)} = \underline{\underline{\frac{1}{2478}}}$

$F_{A2}(s)$  kann als P-Glied realisiert werden  
 $\leadsto$  realisierbar



- Sprungantworten des P-T<sub>2</sub>-Gliedes in Abhängigkeit seiner Kennwerte

