

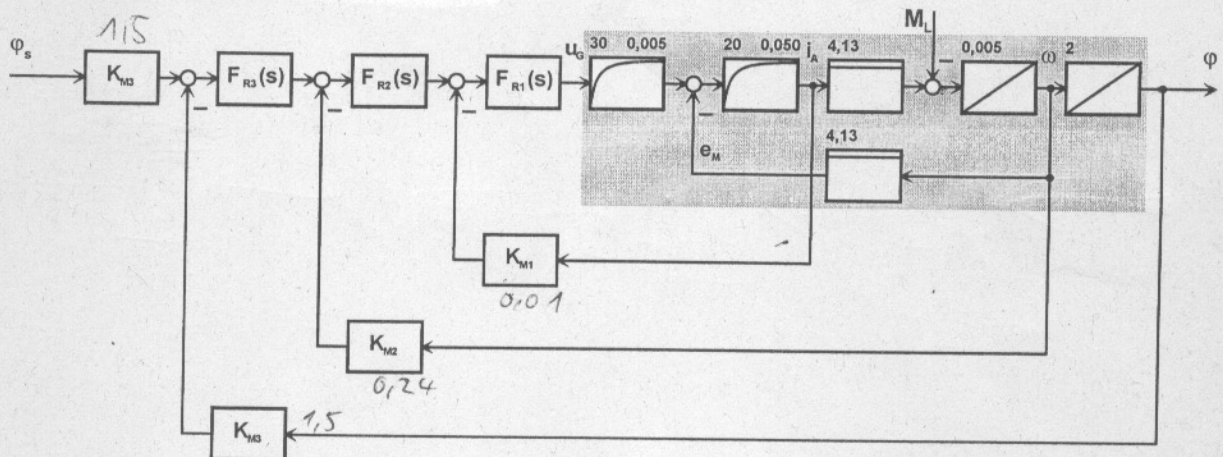


Vorlesung „Regelungstechnik“

Übungsblatt 12

Übungsaufgabe 12:

Die Lageregelung aus Übungsaufgabe 11 soll jetzt in Kaskadenstruktur erfolgen. Ausgangspunkt ist somit die nachstehend abgebildete Regelkreisstruktur, in der alle Größen normiert dargestellt sind. In der inneren Kaskade - dem Ankerstromregelkreis - kommt als Meßeinrichtung ein Stromwandler mit dem Verstärkungsfaktor $K_{M1}=0,01$ zum Einsatz. In der mittleren Kaskade - dem Drehzahlregelkreis - wird ω mit Hilfe eines Tachogenerators mit $K_{M2}=0,24$ gemessen, und in der äußeren Kaskade - dem Lageregelkreis - wird ein Lagegeber mit $K_{M3}=1,5$ verwendet.



Im schnell auszulegenden Ankerstromregelkreis soll e_M als vergleichsweise langsam veränderliche Störung interpretiert und stationär genau ausgegelt werden.

- Als Regler soll ein PI-Regler eingesetzt werden. Begründen Sie, warum das Störverhalten mit diesem Regler stationär genau wird. Geben Sie eine sinnvolle Wahl der Reglerzeitkonstante T_{R1} an. Wie lauten dann $F_{R1}(s)$ und $F_{O1}(s)$? ✓
- In $F_{W1}(s)$ soll sich $D_1=1/\sqrt{2}$ ergeben. Wie lauten dann K_{R1} und T_1 ? ✓ *siehe F*
- Wie lautet die Näherung $\tilde{F}_{W1}(s)$ für $F_{W1}(s)$, wenn man in $F_{O1}(s)$ die Nennerzeitkonstante vernachlässigt? Arbeiten Sie im folgenden mit dieser Approximation weiter. ✓

Im Drehzahlregelkreis, in dem nun die Rückführung von e_M nicht mehr berücksichtigt werden braucht, soll das Störmoment M_L stationär genau ausgegelt werden.

- Als Regler soll ein PI-Regler eingesetzt werden. Begründen Sie, warum das Störverhalten mit diesem Regler stationär genau wird. Wie ist die Reglerzeitkonstante T_{R2} im Hinblick auf Stabilität zu wählen (siehe Übungsaufgabe 8.1 b)? Geben Sie $F_{R2}(s)$ und $F_{O2}(s)$ für den Fall an, daß sich der gewählte Wert um den Faktor 4 vom Grenzwert unterscheidet. ✓
- Zur Festlegung der Reglerv Verstärkung werde der Ankerstromregelkreis durch ein P-Glied approximiert. Bestimmen Sie K_{R2} so, daß sich in $\tilde{F}_{W2}(s)$ die Dämpfung $\tilde{D}_2=1/\sqrt{2}$ ergibt. Welchen Wert hat dann die Zeitkonstante \tilde{T}_2 in $\tilde{F}_{W2}(s)$. ✓
- Approximieren Sie $\tilde{F}_{W2}(s)$ für den Entwurf der Lageregelung durch $\tilde{\tilde{F}}_{W2}(s) = K_{W2}$, und geben Sie dessen Verstärkungsfaktor an.

Im Lageregelkreis soll eine gewünschte Position stationär genau und ohne Überspringen angefahren werden.

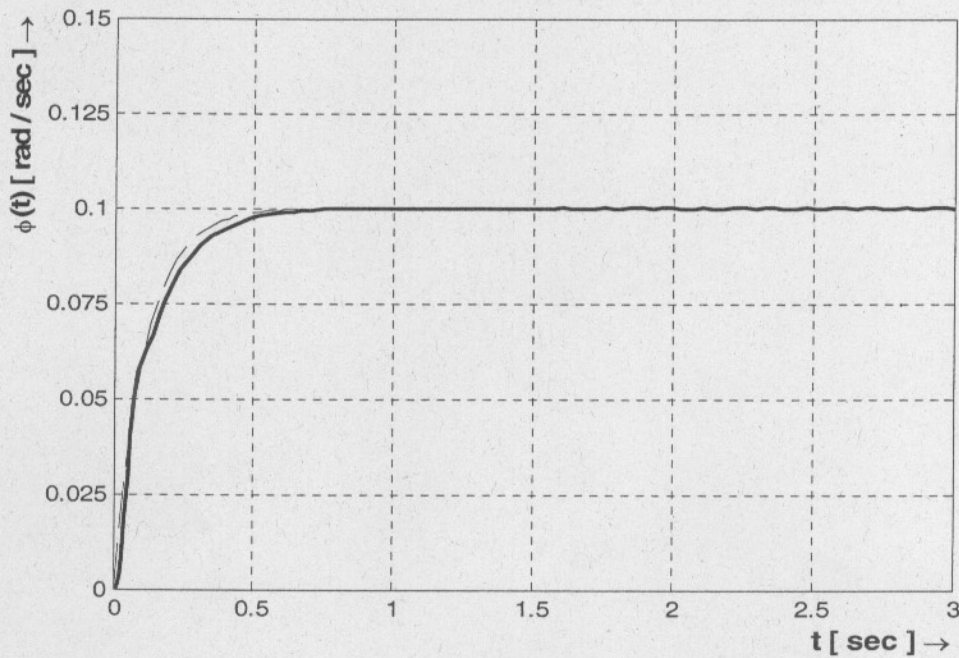
- Als Regler soll ein P-Regler eingesetzt werden. Begründen Sie, warum das Führungsverhalten mit diesem Regler stationär genau wird. Wie lauten $F_{R3}(s)$ und $F_{O3}(s)$, wenn man $\tilde{\tilde{F}}_{W2}(s) = K_{W2}$ zugrundelegt? ✓
- Wie lautet K_{R3} , wenn die Einschwingzeit $t_{95\%,3} = 0,4$ sec betragen soll? ✓
- Geben Sie $F_{W3}(s)$ an.



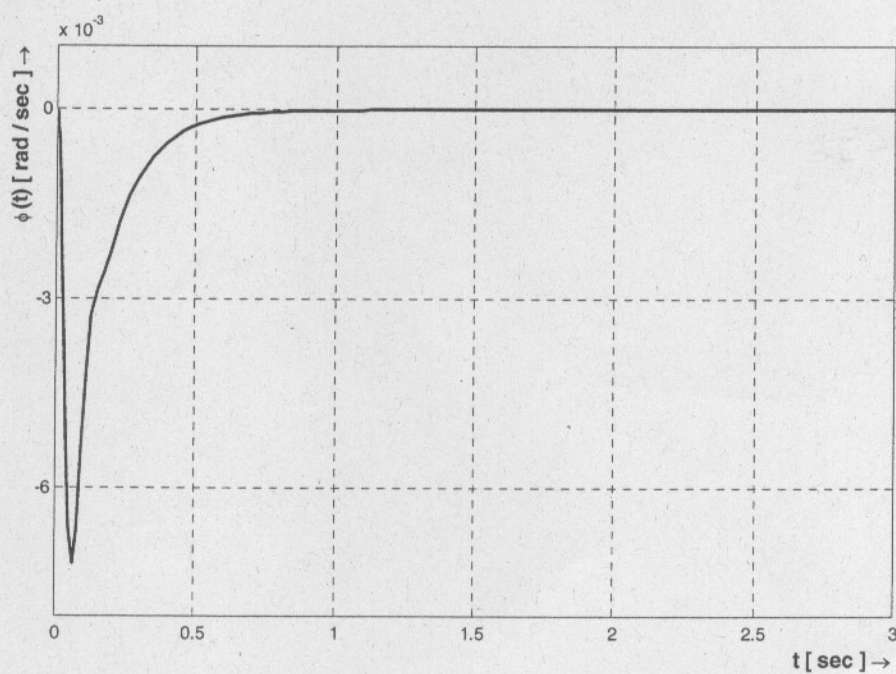
Vorlesung „Regelungstechnik“

Beiblatt zu Übungsaufgabe 12

Führungsverhalten mit $\varphi_s = 0,1\sigma(t)$



Störverhalten mit $M_L = 1000\sigma(t)$



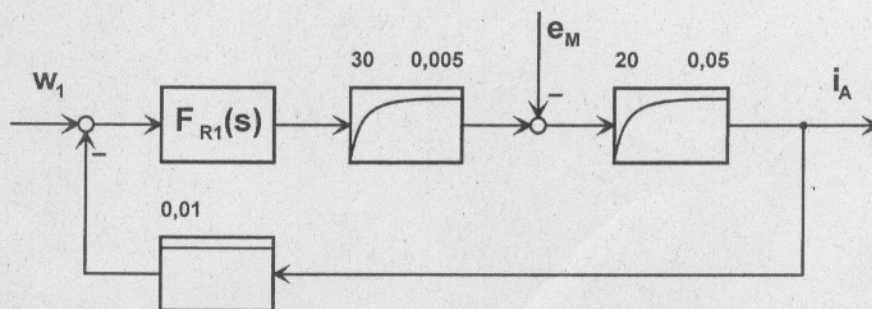


Vorlesung „Regelungstechnik“

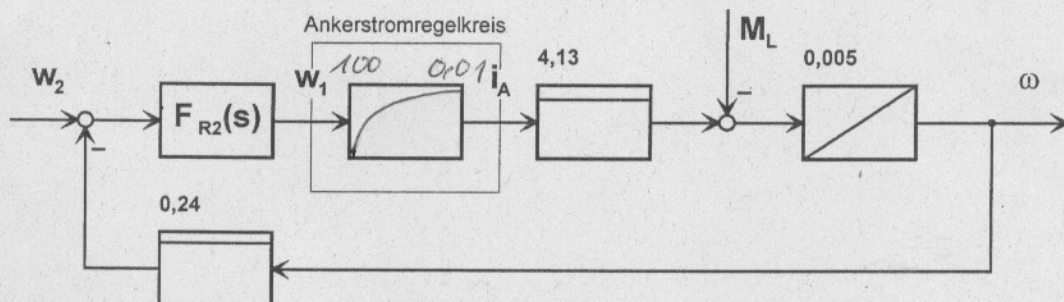
Beiblatt zu Übungsaufgabe 12

Lageregelung in Kaskadenstruktur (Aufgabe 12)

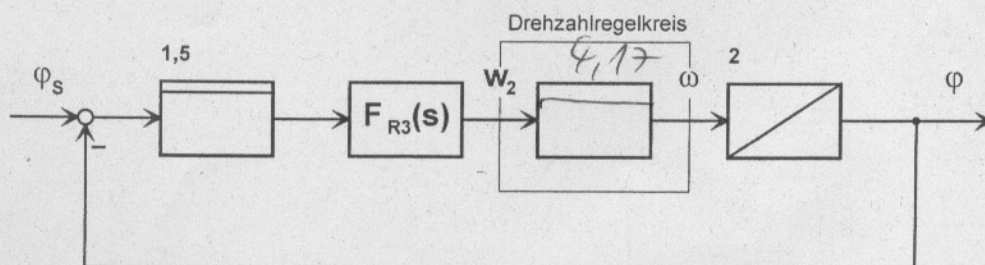
Ankerstromregelkreis:



Drehzahlregelkreis:



Lageregelkreis (nach Umformung):





Vorlesung „Regelungstechnik“

Lösung Übungsblatt 12

Übungsaufgabe 12

- a) stationäre Genauigkeit im Störverhalten: I-Anteil vor Störung
→ I-Anteil im Regler ~ PI-Regler einsetzen

$$F_{R1}(s) = K_{R1} \frac{1+T_{R1}s}{s}$$

$$F_{O1}(s) = K_{R1} \frac{1+T_{R1}s}{s} \frac{30}{1+0,005s} \cdot 0,01 = \frac{6K_{R1}}{s(1+0,005s)} = \frac{6K_{R1}}{s(1+T_{S1}s)}$$

$$F_{W1}(s) = \frac{\frac{1}{0,01} F_{O1}(s)}{1 + \frac{1}{F_{O1}(s)}} = \frac{100}{1 + \frac{1}{\frac{6K_{R1}}{s(1+0,005s)}}} = \frac{100}{1 + \frac{1}{6K_{R1}} s + \frac{T_{S1}}{6K_{R1}} s^2} = \frac{100}{1 + \sqrt{2} T_{S1} s + T_{S1}^2 s^2}$$

$$\rightarrow \frac{1}{6K_{R1}} = 2 T_1^2 = 2 \frac{T_{S1}}{6K_{R1}} \rightarrow K_{R1} = \frac{1}{2 T_{S1} \cdot 6} = \underline{\underline{16,67}} \quad \checkmark$$

$$T_1 = \sqrt{\frac{T_{S1}}{6K_{R1}}} = \underline{\underline{7,07 \cdot 10^{-3}}} \quad \checkmark$$

$$\tilde{F}_{O1}(s) = \frac{6K_{R1}}{s} \rightarrow \tilde{F}_{W1}(s) = \frac{\frac{1}{0,01} \tilde{F}_{O1}(s)}{1 + \frac{1}{\tilde{F}_{O1}(s)}} = \frac{100}{1 + \frac{1}{\frac{6K_{R1}}{s}}} = \frac{100}{1 + \frac{1}{6K_{R1}} s} = \underline{\underline{\frac{100}{1+0,01s}}} \quad \checkmark$$



Vorlesung „Regelungstechnik“

Lösung Übungsblatt 12

- d) stationäre Genauigkeit im Störverhalten: I-Anteil vor Störung
→ I-Anteil im Regler ~ PI-Regler einsetzen

$$F_{R2}(s) = K_{R2} \frac{1+T_{R2}s}{s} \quad \checkmark$$

$$F_{O2}(s) = K_{R2} \frac{1+T_{R2}s}{s} \frac{100}{1+0,01s} = \frac{4,13 \cdot 0,1005 \cdot 0,24}{s}$$

$$= \frac{0,5 K_{R2} (1+T_{R2}s)}{s^2 (1+0,01s)}$$

Aus Übungsaufgabe 8.1: R_k nur stabil, falls $T_{R2} > 0,01$

$$\rightarrow T_{R2} = 4 \cdot 0,01 = \underline{\underline{0,04}}$$

$$\rightarrow F_{O2}(s) = \frac{0,5 K_{R2} (1+0,04s)}{s^2 (1+0,01s)}$$

$$\tilde{F}_{O2}(s) = \frac{0,5 K_{R2} (1+0,04s)}{s^2}$$

$$\rightarrow \tilde{F}_{W2}(s) = \frac{\frac{1}{0,24} \tilde{F}_{O2}(s)}{1 + \frac{1}{\tilde{F}_{O2}(s)}} = \frac{4,17 \frac{K_{R2}(s)}{s^2}}{s^2 + \frac{K_{R2}(1+0,04s)}{s^2}} = \frac{4,17 \cdot 0,5 K_{R2} (1+0,04s)}{s^2 + 0,5 K_{R2} (1+0,04s)}$$

$$= \frac{4,17 \cdot 0,5 K_{R2} (1+0,04s)}{0,5 K_{R2} (1+0,04s + \frac{1}{0,5 K_{R2}} s^2)} = \frac{4,17 (1+0,04s)}{1 + \sqrt{2} T_2 s + T_2^2 s^2}$$

$$\rightarrow 2 T_2^2 = 0,0016 = \frac{2}{0,5 K_{R2}} \rightarrow K_{R2} = \underline{\underline{2500}} \quad \checkmark$$

$$\hat{T}_2 = \sqrt{\frac{1}{0,5 K_{R2}}} = \underline{\underline{0,028}} \quad \checkmark$$

$$\tilde{F}_{W2}(s) = \frac{4,17}{F_{W2}(0)} = \underline{\underline{1}}$$



Vorlesung „Regelungstechnik“

Lösung Übungsblatt 12

g) stationäre Genauigkeit im Führungsverhalten:

I-Anteil im offenen Kreis

Strecke besitzt I-Anteil \rightarrow P-Regler einsetzen

$$F_{R3}(s) = \underline{\underline{K_{R3}}}$$

$$F_{03}(s) = K_{R3} \frac{1,5 \cdot 4,17 \cdot 2}{s} = \underline{\underline{\frac{12,51 K_{R3}}{s}}}$$

$$h) F_{W3}(s) = \frac{1}{1 + \frac{1}{F_{03}(s)}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{12,5 K_{R3}} s} = \frac{1}{1 + T_3 s}$$

beim PT_1 -Glied gilt: $y_5(t_{95}) = 0,95 y_5(\infty)$

mit $t_{95} = 3T$

$$\text{also } T_3 = \frac{t_{95} - 3}{3} = 0,133 \rightarrow \frac{1}{12,5 K_{R3}} = T_3 \rightarrow K_{R3} = \frac{1}{12,5 T_3} = \underline{\underline{0,6}} \quad \checkmark$$

$$i) F_{W3}(s) = \underline{\underline{\frac{1}{1 + 0,133s}}}$$