



## Vorlesung „Regelungstechnik“

Übungsblatt 14

### Übungsaufgabe 14.1 (Prüfung WS 2001/2002)

Gegeben sei ein nichtlineares System mit der Ausgangsgröße  $y(t)$  und der Eingangsgröße  $u(t)$ , das durch die Differentialgleichung

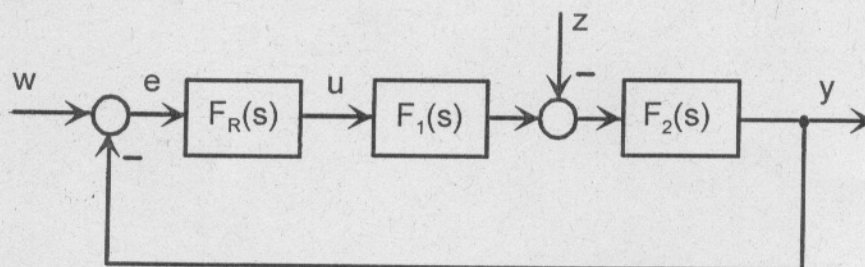
$$\dot{y}(t) - 4y(t) - y^2(t) = 4u(t)$$

beschrieben wird.

- Erstellen Sie ein Strukturbild dieses nichtlinearen Systems.
- Geben Sie den Wert  $y_B$  der Ausgangsgröße im Betriebspunkt (d.h. im stationären Zustand) an, wenn für die Eingangsgröße  $u(t) = u_B = 1 = \text{const}$  gilt.
- Linearisieren Sie das Strukturbild aus Teilaufgabe a) um den Betriebspunkt  $(y_B, u_B)$  und geben Sie ein möglichst einfaches Strukturbild des linearisierten Systems an.

### Übungsaufgabe 14.2 (Prüfung WS 2001/2002)

Gegeben sei der nachfolgende Regelkreis



mit den Streckenübertragungsfunktionen

$$F_1(s) = \frac{K}{1 + Ts} \quad \text{und} \quad F_2(s) = \frac{1}{s}$$

Als Regler wird ein P-Regler mit der Übertragungsfunktion

$$F_R(s) = K_R$$

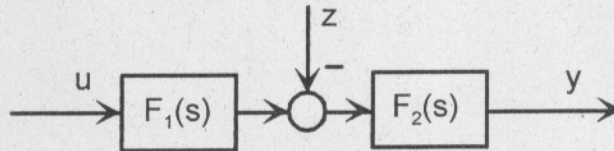
eingesetzt.

- Dimensionieren den P-Regler so, daß sich eine Phasenreserve von  $\varphi_R = 45^\circ$  für den Regelkreis ergibt.  
Hinweis:  $\tan 45^\circ = 1$ .
- Ist diese Wahl der Phasenreserve für gutes Führungsverhalten geeignet? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Bestimmen Sie die bleibende Regeldifferenz  $e_\infty$  im Führungs- und im Störverhalten. Legen Sie als Systemanregung jeweils einen Einheitssprung zugrunde.  
Hinweis: Falls Sie Teilaufgabe a) nicht gelöst haben, verwenden Sie für die Rechnung die allgemeine Reglerübertragungsfunktion  $F_R(s) = K_R$ .

pto

## Übungsaufgabe 14.3 (Prüfung WS 2001/2002)

Gegeben sei die nachfolgende Regelstrecke



mit den Streckenübertragungsfunktionen

$$F_1(s) = \frac{1-Ts}{1+Ts} \quad \text{und} \quad F_2(s) = \frac{1}{s},$$

wobei  $T > 0$  gilt.

- Welche Voraussetzung muß erfüllt sein, damit eine Störgrößenaufschaltung möglich wird?
- Erweitern Sie die obige Regelstrecke um eine Störgrößenaufschaltung mit allgemeinem Steuerglied  $F_{AZ}(s)$  und um eine Regelung der Ausgangsgröße  $y$  mit P-Regler.
- Wie muß das Steuerglied  $F_{AZ}(s)$  der Störgrößenaufschaltung für exakte Störkompensation gewählt werden? Ist die so bestimmte Störgrößenaufschaltung praktisch einsetzbar? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Wie muß das Steuerglied  $F_{AZ}(s)$  der Störgrößenaufschaltung für stationäre Störkompensation gewählt werden?
- Bestimmen Sie die Führungsübertragungsfunktion des Regelkreises mit P-Regler und geben Sie an, für welche Reglerverstärkung  $K_R > 0$  die Regelung stabil ist.



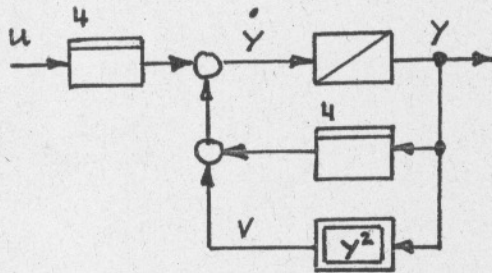


Schriftliche Prüfung in „Regelungstechnik“

Lösung WS2001/2002

Aufgabe 1

a)



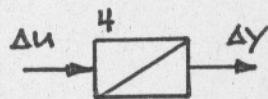
b)  $u_B = 1$  und  $\dot{y} = 0 \leadsto 4y_B + y_B^2 + 4 = (y_B + 2)^2 = 0 \leadsto y_B = \underline{\underline{-2}}$

c) Nichtlin. Kennlinienglied linearisieren

$$v = y^2 \approx y_B^2 + \left. \frac{d}{dy} y^2 \right|_{y=y_B} \underbrace{(y - y_B)}_{=\Delta y} \quad \text{für kleine } \Delta y$$

$$\leadsto \Delta v = v - y_B^2 = 2y_B \Delta y = -4 \Delta y$$

vereinfachtes Strukturbild des linearisierten Systems





## Aufgabe 2

- a) • Bestimmung der Durchtrittsfrequenz  $\omega_D$  aus Phasenbedingung
- $$\arg\{F_o(j\omega_D)\} \stackrel{!}{=} -180^\circ + \varphi_R = -180^\circ + 45^\circ = -135^\circ$$

$$\arg\left\{\frac{K_R K}{j\omega_D(1+jT\omega_D)}\right\} = -135^\circ$$

$$-90^\circ - \arctan T\omega_D = -135^\circ$$

$$\arctan T\omega_D = 45^\circ \rightarrow T\omega_D = 1 \rightarrow \omega_D = \frac{1}{T}$$

- Bestimmung der Reglerverstärkung  $K_R$  aus Betragsbedingung
- $$|F_o(j\omega_D)| \stackrel{!}{=} 1$$

$$\frac{K_R K}{\omega_D \underbrace{\sqrt{1+T^2\omega_D^2}}_{=1}} = 1 \rightarrow K_R K = \sqrt{2} \omega_D = \frac{\sqrt{2}}{T} \rightarrow K_R = \underline{\underline{\frac{\sqrt{2}}{KT}}}$$

- b)  $\varphi_R = 45^\circ$ : Führungsverhalten schwach gedämpft  
 $\rightarrow$  nicht für gutes Führungsverhalten geeignet

- c) • Führungsverhalten stationär genau, da offener Kreis I-Anteil enthält

- Störverhalten: Eingang des Integrierers Null setzen und stationären Fall betrachten

$$\rightarrow K_R K e_{\infty} - 1 \stackrel{!}{=} 0 \rightarrow e_{\infty} = \frac{1}{K_R K} = \underline{\underline{\frac{T}{\sqrt{2}}}}$$

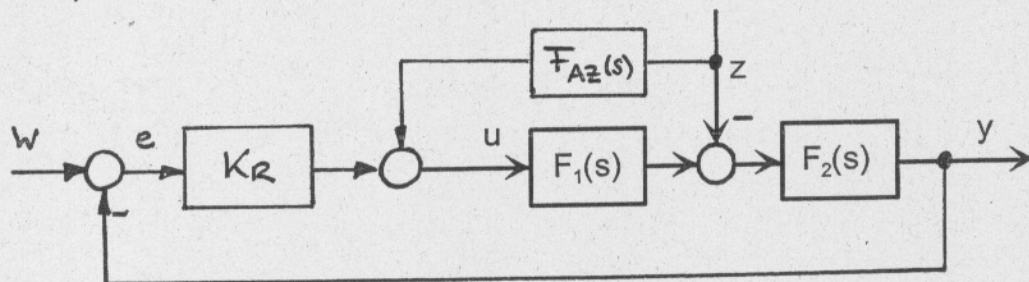




Aufgabe 3

a)  $z$  muß meßbar sein

b)



c) exakte Störkompensation:  $F_{Az}(s) F_1(s) - 1 \stackrel{!}{=} 0$

$$\Rightarrow F_{Az}(s) = \frac{1}{F_1(s)} = \frac{1+Ts}{1-Ts}$$

praktisch nicht einsehbar, da Steuerglied instabil

d) stationäre Störkompensation:  $F_{Az}(s) = \frac{1}{F_1(0)} = \underline{\underline{1}}$

$$\begin{aligned} e) \quad F_w(s) &= \frac{Y(s)}{W(s)} = \frac{F_0(s)}{1 + F_0(s)} = \frac{\frac{K_R(1-Ts)}{s(1+Ts)}}{1 + \frac{K_R(1-Ts)}{s(1+Ts)}} = \frac{K_R(1-Ts)}{K_R(1-Ts) + s(1+Ts)} \\ &= \frac{K_R(1-Ts)}{K_R + (1-K_RT)s + Ts^2} = \underline{\underline{\frac{1-Ts}{1 + \frac{1-K_RT}{K_R}s + \frac{T}{K_R}s^2}}} \end{aligned}$$

Hurwitzkriterium:  $\frac{T}{K_R} > 0$ , da  $T > 0$  und  $K_R > 0$

$$\frac{1-K_RT}{K_R} > 0 \quad \text{für } 1-K_RT > 0, \text{ da } K_R > 0$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{0 < K_R < \frac{1}{T}}}$$