| | |
|---|---|
| NAME | |
| VORNAME | |
| MATRIKEL-NR. | |

**Aufgabe 1**

(jeweils 2 Punkte)

a) Beschreiben Sie den Unterschied zwischen einer Regelung und einer Steuerung im Hinblick auf eingangsseitige Störungen.

b) Geben Sie den Zusammenhang zwischen der Zustandsraumdarstellung und einer Vektordifferentialgleichung z. B. in Form eines Beispiels an.

c) Geben Sie 4 Beispiele für vorhandene (*) oder für mögliche (**) technische Regelkreise und die jeweils dazugehörige Regelgröße im Haushalt an. Falls Sie als Beispiel (**) wählen, geben Sie zusätzlich die Stellgröße (bzw. den Stellmechanismus) an.

d) Warum ist es notwendig und sinnvoll, die Stabilität eines Regelkreises vor der Realisierung zu prüfen?

e) Warum ist die regelungstechnische (systemtheoretische) Betrachtungsweise unabhängig von technischen Anwendungsdisziplinen, z. B. Thermodynamik, Mechanik, Werkstoffkunde?

**Aufgabe 2**

(jeweils 2 Punkte)

a) Die Differentialgleichung

$$a_1 x_a(t) + a_2 \int x_a(t)dt = b_1 \int\int x_e(t)dtdt + b_2 \int x_e(t)dt \; ;$$
$$x_a(t=0) = 0, x_e(t=0) = 0$$

beschreibe das dynamische Verhalten eines betrachteten Systems mit der Ausgangsgröße $x_a(t)$ und der Eingangsgröße $x_e(t)$.
Klassifizieren Sie das Übertragungsverhalten in der üblichen P, I, D, $T_{1,2,3}$–Nomenklatur.

b) Geben Sie für das in a) angegebene System die Übertragungsfunktion $G(s)$ an.

c) Auf das in a) und b) genannte System wirke eine sprungförmige Eingangsgröße $x_e(t) = K \cdot 1(t)$. Geben Sie den stationären Wert $(t \to \infty)$ für $x_a(t)$ an.

d) Ist das in a) bis c) betrachtete System ein-/ausgangsstabil (BIBO)?

e) Es gelte für das in a) bis d) betrachtete System $a_2 = 0$. Wie wirkt sich dies auf die Stabilität des Systems aus?

**Aufgabe 3**

(jeweils 2 Punkte)

a) Betrachtet werde das durch

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 4 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

beschriebene Eingrößensystem.
Geben Sie die Eigenwerte des Systems an.
Warum ist das System stabil bzw. nicht stabil?

b) Als Rückführung werde ein P–Regler $x_a = K \cdot x_e$ verwendet, welcher negativ rückgekoppelt wird. Als Eingangsgröße werde $x_e = x_1$ verwendet. Welche Forderung ist an $K$ hinsichtlich der asymptotischen Stabilität des Systems zu stellen?

c) Ein Übertragungsglied weise das Verhalten

$$T_1 \dot{x}_a + x_a = T_2 \dot{x}_e$$

auf. Geben Sie das zugehörige Bode–Diagramm an und kennzeichnen Sie die typischen Kennwerte wie Eckfrequenzen und Steigung.

d) Was ist die Totzeit?

e) Wie sind der Amplitudenrand $A_R$ und der Phasenrand $\Psi_R$ eines Regelkreises formelmäßig definiert und wie bezeichnet und berechnet man die sie bestimmenden Frequenzen?

**Aufgabe 4**

(jeweils 3 Punkte)

Es wird der in Abb. 4.1 gezeigte Regelkreis betrachtet.

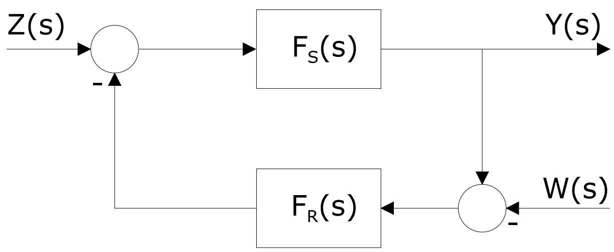


Abb. 4.1: Regelkreis

Die Übertragungsfunktion der Regelstrecke lautet:

$$F_s(s) = \frac{K_s}{1 + T_1 s} \quad \text{mit} \quad K_s = 2,5 \quad \text{und} \quad T_1 = 1sec.$$

Zur Regelung wird ein $PT_1-$ System mit der Verstärkung $K_R$ und der Zeitkonstanten $T_2$ verwendet.

a) Berechnen Sie die Übertragungsfunktion des offenen Kreises $F_0(s)$ sowie die Führungsübertragungsfunktion $F_w(s)$ und die Störübertragungsfunktion $F_z(s)$.

b) Berechnen Sie die Reglerverstärkung $K_R$ und die Zeitkonstante $T_2$, für die der geschlossene Regelkreis eine Dämpfung von $D = 0,707$ und eine Eigenkreisfrequenz von $\omega_0 = 7,07\frac{rad}{sec}$ aufweist.

c) Für den betrachteten Regelkreis gelte für den technischen Normalfall $T_1, T_2 \geq 0$; $K_s, K_R > 0$. Ist das betrachtete System unter den angegebenen Betriebsparametern stabil?

d) In Folge einer Reparatur wird auf Grund eines menschlichen Fehlers eine Verpolung innerhalb des Reglers vertauscht. Unbemerkt gelte daher die neue Zeitkonstante $\widetilde{T_2} = -T_2$, wobei $T_2 > 0$. Ist das reparierte System asymptotisch stabil?

e) Berechnen Sie den stationären Wert der Regelgröße des unter b) ermittelten Reglers für eine sprungförmige Störung.

**Aufgabe 5**

(jeweils 3 Punkte)

Es wird die in Abb. 5.1 betrachtete Regelstrecke untersucht.

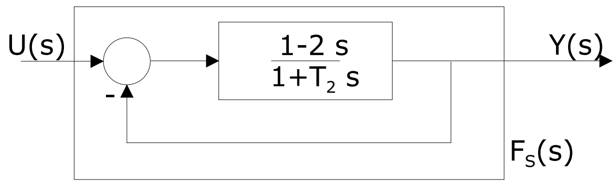


Abb. 5.1: Regelstrecke

a) Berechnen Sie die Übertragungsfunktion $F_s(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$, geben Sie die Pol- und Nullstellen an. Ist die Strecke stabil?

b) Zur Regelung der Strecke (Gegenkopplung) steht ein Regler mit $F_R(s) = \frac{K_R}{s(1-T_1 s)}$; $T_1 > 0$ zur Verfügung. Für welche Parameter $K_R, T_1, T_2$ ist der geschlossene Kreis stabil?

c1) Zur Verbesserung des Regelverhaltens wird versuchsweise der Regler in Mitkopplung zur Strecke versetzt. Hierbei werden die Parameter $T_1 = 5sec$ und $T_2 = 10sec$ festgesetzt. Geben Sie auf Basis des offenen Kreises $F_0(s)$ qualitativ die WOK des Regelkreises an. Für welche $K_R$ ist der geschlossene Regelkreis abschätzungsweise stabil?

c2) Zur Verbesserung der Stabilität des geregelten Systems wird versuchsweise der integrierende Teil des Reglers $F_R$ stillgelegt, so dass ein $PT_1$-System verbleibt.
Wie verändert sich qualitativ das Gesamt-Systemverhalten (Erklärung anhand modifizierter WOK)?
Für welche $K_R$ ist der geschlossene Regelkreis nun abschätzungsweise stabil (Hurwitz)?

d) Für einen weiteren Versuch zur Synthese eines stabilen Regelkreises werden die Einstellparameter des gegengekoppelten Regelkreises wieder allgemein mit $K_R, T_1$ und $T_2$ betrachtet, wobei $T_2 = 0sec$ gesetzt wird. Wie lauten der Amplitudenfrequenzgang $|F_0(j\omega)|$ und der Phasenfrequenzgang $\varphi(\omega)$. Wie lautet die Bestimmungsgleichung für die Phasendurchtrittsfrequenz?

e) Was sind die Bedingungen für i) stabiles und ii) gutes Regelverhalten?

**Aufgabe 6**

(40 Punkte)

Im Bild 6.1 ist das Blockschaltbild eines linearen Übertragungssystems angegeben.

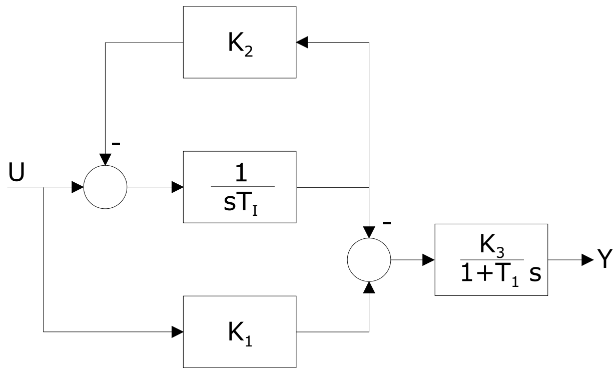


Abb. 6.1: Blockschaltbild

a) Berechnen Sie die Übertragungsfunktion $F(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$ z. B. mit Hilfe der Blockschaltbildalgebra. Überlegen Sie hierzu zunächst, welche Blöcke Sie zusammenfassen.

b) Es gelte $K_1 = K_2 = K_3 = 1$. Berechnen Sie die Sprungantwort $y(t)$.

Für die folgenden Aufgaben wird das System modifiziert und als durch $F(s) = \frac{T_I s}{1+sT_I+s^2 T_I T_1}$ beschreibbar angenommen.

c) Das angegebene System werde mit dem Regler

$$F_R(s) = \frac{K_R(1 + T_{R1}s)}{s(1 + T_{R2}s)} \;;\; T_{R1}, T_{R2}, K_R > 0$$

in Gegenkopplung geregelt. Zeichnen Sie die Ortskurve sowie das Bode-Diagramm des offenen Regelkreises

$$F_0(s) = F(s) \cdot F_R(s).$$

Berechnen Sie vorab Pole und Nullstellen von $F_0(s)$. Es gelte $T_1, T_I = 1$, $T_{R2} < \frac{1}{2}$ , $T_{R1} < T_{R2}$.

d) Zeichnen Sie qualitativ die Wurzelortskurve des rückgekoppelten Systems. Überprüfen Sie mit Hilfe des Hurwitz-Kriteriums die Stabilität des Regelkreises. Geben Sie für die Stabilität die notwendigen Bedingungen an.

e) Zeigen Sie den Zusammenhang zum Verlauf der Wurzelorte der WOK für die in d) berechneten $K_R$ des geregelten Systems auf. Welche Einstellungen für $K_R$ würden Sie hinsichtlich geringer Dämpfung des Systems qualitativ vorschlagen (keine Zahlenwerte, Begründung)?

| | |
|---|---|
| Maximal erreichbare Punktzahl: | **100** |
| Mindestpunktzahl für die Note 1,0: | **95** |
| Mindestpunktzahl für die Note 4,0: | **50** |