Schriftliche Prüfung aus **Regelungstechnik** am 25.10.2006

Name / Vorname(n):

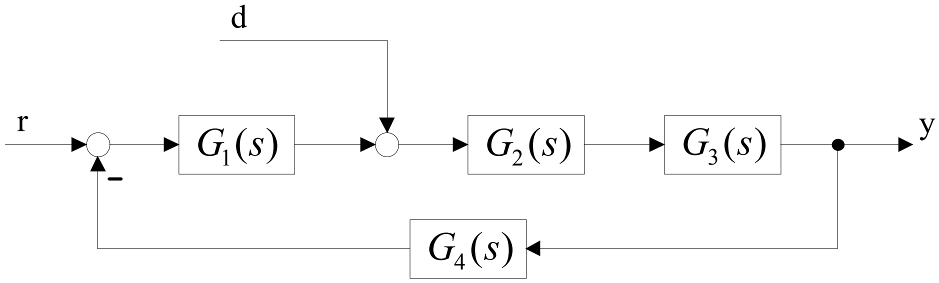
Kennzahl / Matrikel-Nummer:

Bonuspunkte aus den MATLAB-Übungen: O ja O nein

	1	2	3	4
erreichbare Punkte	4	4	5	4
erreichte Punkte				

Aufgabe 1:

Gegeben sei das Blockschaltbild eines Regelkreises mit der Führungsgröße *r*, der Störgröße *d* und der Ausgangsgröße *y*:



a) Ermitteln Sie die Stör-Übertragungsfunktion:

$$M(s) = \left.\frac{y(s)}{d(s)}\right|_{\mathbf{x}_0 = 0}$$

als Funktion der Übertragungsfunktionen $G_1(s), G_2(s)$, $G_3(s)$ und $G_4(s)$.

b) Für die Übertragungsfunktionen $G_1(s), G_2(s)$, $G_3(s)$ und $G_4(s)$ soll nun gelten:

$$G_1(s) = \frac{As + B}{s} \qquad G_2(s) = \frac{s+1}{s+2}$$

$$G_3(s) = \frac{1}{s+4} \qquad G_4(s) = \frac{1}{s+1}$$

A und *B* sind hierbei reelle Parameter.

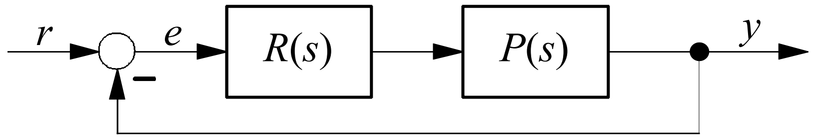
Zeigen Sie, dass für die Stör-Übertragungsfunktion gilt:

$$M(s) = \frac{s(s+1)}{s^3 + 6s^2 + (8+A)s + B}$$

c) Ermitteln Sie den größtmöglichen Wertebereich der Parameter *A* und *B*, für den die Übertragungsfunktion $M(s)$ die BIBO-Eigenschaft besitzt. Zeichnen Sie in der A-B-Ebene denjenigen Bereich ein, für den obiger Regelkreis die BIBO-Eigenschaft aufweist.

Aufgabe 2:

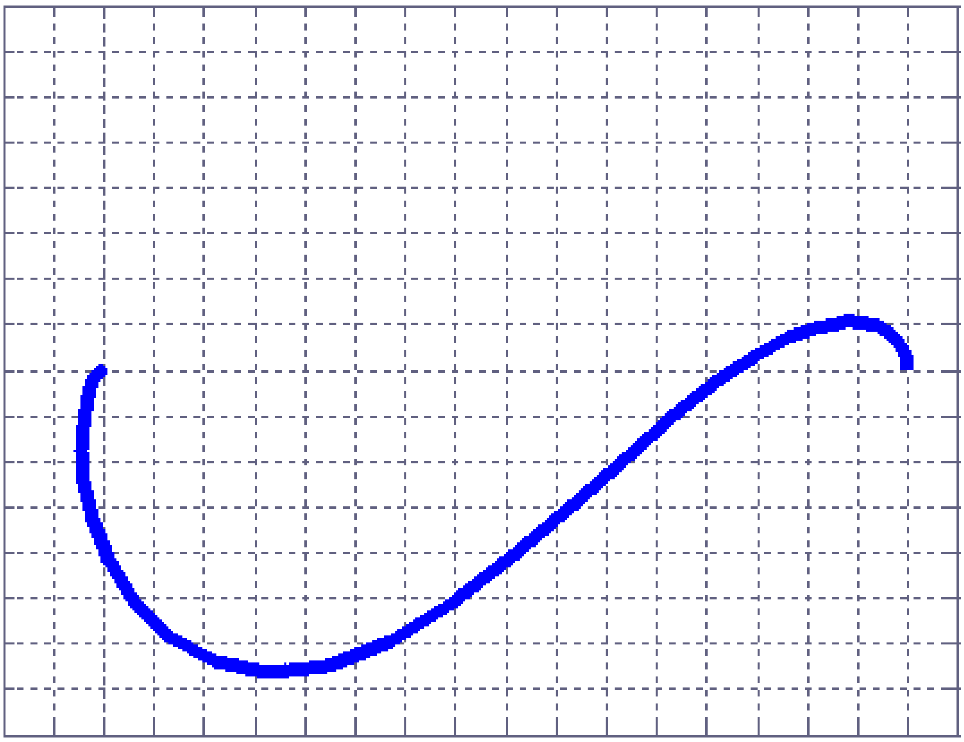
Gegeben sei das Blockschaltbild eines Regelkreises mit der Führungsgröße r und der Ausgangsgröße y :



Die Übertragungsfunktion der Strecke lautet: $P(s) = \dfrac{8s-24}{(s-1)(s+5)(s+3)}$

Die Übertragungsfunktion des Reglers lautet: $R(s) = K$ (K reell)

Zusätzlich liegt der Frequenzgang $P(j\omega)$ der Strecke (für $0 \le \omega < \infty$) in maßstäblicher Darstellung (aber leider ohne Beschriftung) graphisch vor:



Ermitteln Sie mit Hilfe des Nyquist-Kriteriums den größtmöglichen Wertebereich des Parameters K, für den obiger Regelkreis die BIBO-Eigenschaft besitzt.

Hinweis: $\Delta arc\{1+L(j\omega)\} = (n_a + 2n_r)\dfrac{\pi}{2}$

$L(s)$ stellt hierbei die Übertragungsfunktion des offenen Kreises dar.

Aufgabe 3:

Gegeben sei die zeitdiskrete Übertragungsfunktion $G(z)$ einer Regelstrecke mit der Eingangsfolge (u_i) und der Ausgangsfolge (y_i):

$$G(z) = \frac{\alpha z}{\left(z - \frac{1}{2}\right)\left(z - \frac{1}{4}\right)}$$

Hierbei ist α ein von Null verschiedener reeller Parameter.

a) Geben Sie ein Zustandsraum-Modell 2.Ordnung der Form

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{i+1} &= \mathbf{A}_d \, \mathbf{x}_i + \mathbf{b}_d \, u_i \\ y_i &= \mathbf{c}_d^T \mathbf{x}_i + d_d \, u_i \end{aligned}$$

in der *Steuerbarkeits-Normalform* (I.Standardform) an.

b) Für welche Werte des Parameters α ist das Modell steuerbar bzw. beobachtbar? Geben Sie mathematische Begründungen an!

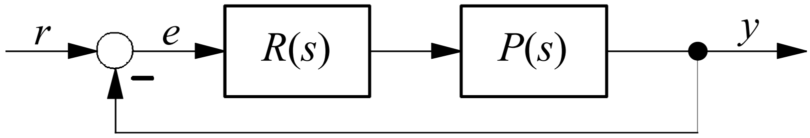
c) Setzen Sie $\alpha = 1$ und entwerfen Sie einen Beobachter

$$\hat{\mathbf{x}}_{i+1} = \hat{\mathbf{A}}_d \, \hat{\mathbf{x}}_i + \mathbf{b}_d \, u_i + \hat{\mathbf{b}} \, y_i$$

so, dass die Eigenwerte der Dynamikmatrix des Schätzfehlers $\mathbf{e}_i = \mathbf{x}_i - \hat{\mathbf{x}}_i$ bei $z_1 = -\frac{1}{4}$ und $z_2 = 0$ liegen.

Aufgabe 4:

Gegeben sei das Blockschaltbild eines Regelkreises mit der Führungsgröße r und der Ausgangsgröße y:



Für die Übertragungsfunktion der Strecke gilt: $P(s) = -\frac{1}{5} \cdot \frac{(s-200)}{(s+2)(s+20)}$

Als Regler soll ein Proportionalregler verwendet werden, d.h. für die Übertragungsfunktion des Reglers gilt: $R(s) = K$.

a) Dimensionieren Sie mit Hilfe des Frequenzkennlinienverfahrens den ausgewählten Regler so, dass der offene Kreis eine Durchtrittsfrequenz von $\omega_c = 20$ besitzt. Die Sprungantwort des geschlossenen Kreises soll dabei eine Überschwingweite von $M_P = 1.25$ aufweisen.

   Hinweis: Verwenden Sie dazu die asymptotischen Darstellungen von Betrags- und Phasenkennlinie!!!

b) Wie groß ist die nun auftretende bleibende Regelabweichung e_∞ bei einer sprungförmigen Erregung?

Schriftliche Prüfung aus **Regelungstechnik** am 19.1.2007

NACHNAME:

Vorname(n):

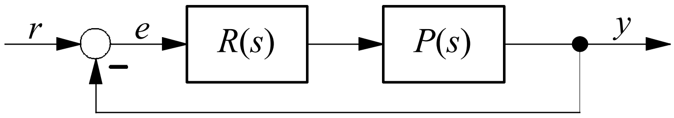
Kenn-Matr.Nr.:

Bonuspunkte aus Matlab-Übung: O Ja O Nein

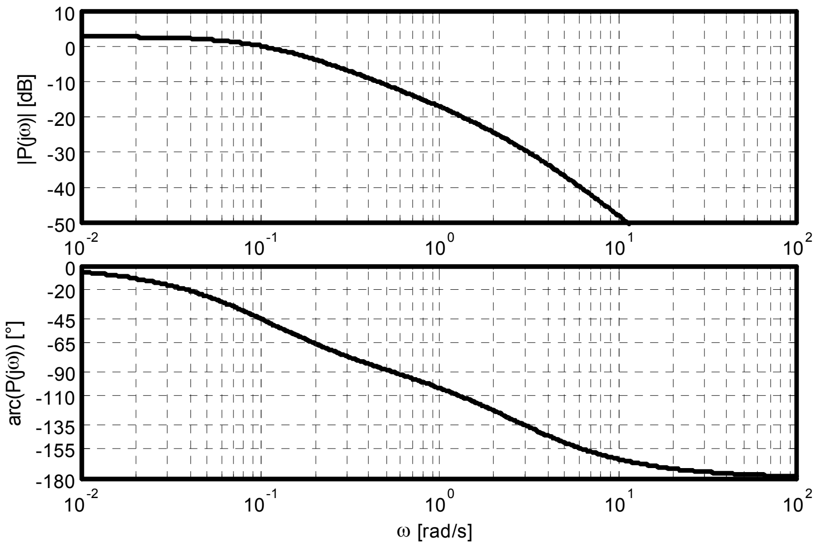
	1	2	3	4
erreichbare Punkte	5	5	7	4
erreichte Punkte				

Aufgabe 1:

Gegeben sei das Blockschaltbild eines Regelkreises mit der Führungsgröße r und der Ausgangsgröße y:



Die Regelstrecke mit der Übertragungsfunktion $P(s)$ sei „vom einfachen Typ“, ihr Frequenzgang $P(j\omega)$ liegt in Form eines Bode-Diagramms graphisch vor:



a) Die Sprungantwort des geschlossenen Regelkreises soll die Merkmale $M_p = 1.25$ und $e_\infty = 0$ aufweisen. Hierfür stehen drei verschiedene Regler zur Auswahl:

α) $R(s) = K$ $\quad\quad$ β) $R(s) = Ks$ $\quad\quad$ γ) $R(s) = \dfrac{K}{s}$

K ist hierbei ein reeller Parameter. Wählen Sie einen Regler (*begründen Sie Ihre Wahl*) und dimensionieren Sie diesen mit Hilfe des Frequenzkennlinienverfahrens.

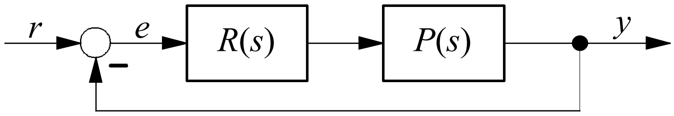
b) Die Anstiegszeit der Sprungantwort des geschlossenen Regelkreises mit dem unter b) dimensionierten Regler soll bei gleicher Überschwingweite und gleicher bleibender Regelabweichung halbiert werden. Wählen Sie in **nachvollziehbarer** Weise einen geeigneten Regler und dimensionieren Sie diesen näherungsweise.

Hilfestellung:

m:	2	3	4	5	6	8	10
$\Delta\varphi_{\max} = \arcsin\left(\dfrac{m-1}{m+1}\right)$:	19°	30°	37°	42°	46°	51°	55°
$\lvert m\rvert_{dB}$:	6	9.5	12	14	15.5	18	20

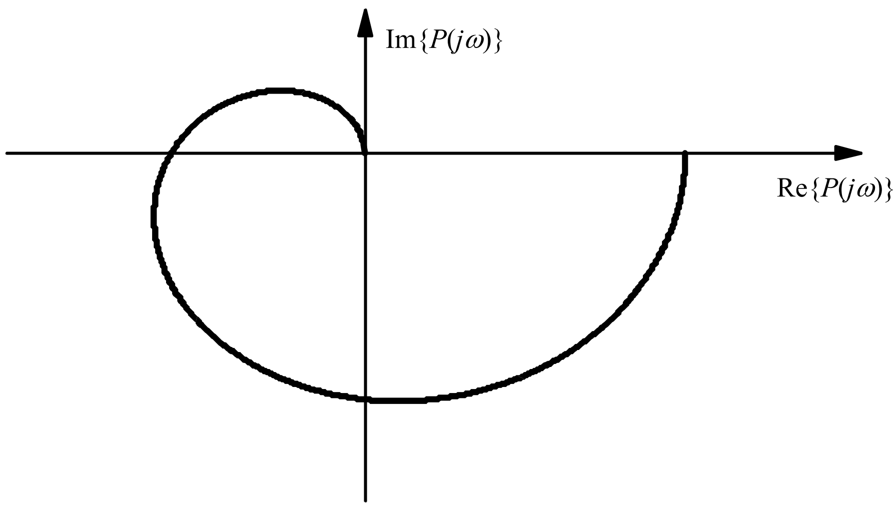
Aufgabe 2:

Gegeben sei das Blockschaltbild eines Regelkreises mit der Führungsgröße r und der Ausgangsgröße y:



Die Übertragungsfunktion der Regelstrecke lautet: $P(s) = \dfrac{2-s}{(s+2)(s+3)}$.

Zusätzlich ist der Frequenzgang $P(j\omega)$ der Strecke für $0 \le \omega < \infty$ mit einer qualitativen (nicht maßstäblichen) Skizze der Ortskurve gegeben:



a) Ermitteln Sie die Schnittpunkte der Ortskurve $P(j\omega)$ mit der reellen Achse.

Als Regler wird nun ein Proportionalregler $R(s) = K$ eingesetzt (K ist ein reeller Parameter).

b) Bestimmen Sie mit Hilfe des Nyquist-Kriteriums **nachvollziehbar** (mit Fallunterscheidung und Ermittlung der stetigen Winkeländerung für jeden Fall) den größtmöglichen Wertebereich des Parameters K, für den obiger Regelkreis die BIBO-Eigenschaft besitzt.

c) Als Führungsgröße wird nun die Sprungfunktion $r(t) = \sigma(t)$ gewählt. Bestimmen Sie den größtmöglichen Wertebereich des Parameters K, für den für die bleibende Regelabweichung $e_\infty = \lim_{t\to\infty} e(t)$ gilt:

$$e_\infty < \frac{1}{2}.$$

Hinweis: $\Delta\text{arc}\{1 + L(j\omega)\} = (n_a + 2n_r)\pi/2$

$L(s)$ stellt hierbei die Übertragungsfunktion des offenen Kreises dar.

Aufgabe 3:

Gegeben sei folgendes mathematische Modell einer Regelstrecke mit der Eingangsgröße u, dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$ und der Ausgangsgröße y:

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u =: \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{b}u$$
$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x} =: \mathbf{c}^T \mathbf{x}$$

a) Ermitteln Sie ein Regelgesetz der Form
$$u = -\begin{bmatrix} h_1 & h_2 \end{bmatrix} \mathbf{x} + Vr = -\mathbf{h}^T \mathbf{x} + Vr$$
so, dass die Eigenwerte des geregelten Systems bei $s_{1,2} = -1 \pm j$ liegen und für einen Einheitssprung $r(t) = \sigma(t)$ gilt: $\quad y_\infty = \lim\limits_{t\to\infty} y(t) = 1$.

Da der Zustandsvektor $\mathbf{x}$ *nicht* messbar ist, wird für die praktische Realisierung obiger Regelung ein Schätzwert $\hat{\mathbf{x}}$ herangezogen, d.h.: $\quad u = -\mathbf{h}^T \hat{\mathbf{x}} + Vr$.
Dafür soll ein Zustandsbeobachter der Form
$$\frac{d\hat{\mathbf{x}}}{dt} = \hat{\mathbf{A}}\hat{\mathbf{x}} + \mathbf{b}u + \hat{\mathbf{b}}y$$
verwendet werden.

b) Bestimmen Sie die Größe $\hat{\mathbf{b}}$ so, dass die Dynamikmatrix des Beobachterfehlers $\mathbf{e} := \mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}}$ Eigenwerte bei $\hat{s}_1 = -2$ und $\hat{s}_2 = -3$ besitzt.

c) Die obige Zusammenschaltung von Regelstrecke, Regler und Beobachter ergibt ein Gesamtsystem der Form

$$\frac{d\mathbf{z}}{dt} = \bar{\mathbf{A}}\mathbf{z} + \bar{\mathbf{b}}r \qquad \text{mit dem Zustandsvektor} \qquad \mathbf{z} = \begin{bmatrix} \mathbf{e} \\ \hat{\mathbf{x}} \end{bmatrix}.$$
$$y = \bar{\mathbf{c}}^T \mathbf{z}$$

Bestimmen Sie *zahlenmäßig* die Systemgrößen $\bar{\mathbf{A}}$, $\bar{\mathbf{b}}$ und $\bar{\mathbf{c}}^T$.

d) Ist die Matrix $\bar{\mathbf{A}}$ regulär ? (*Geben Sie eine mathematische Begründung an!*)
Hinweis: Die Determinante einer Matrix entspricht dem Produkt ihrer Eigenwerte.

Aufgabe 4:

Es werde ein lineares, zeitinvariantes System mit der Eingangsgröße u und dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$ betrachtet. Unter Zugrundelegung einer Diskretisierungszeit T_d und unter der Voraussetzung, dass die Eingangsgröße stückweise konstant ist, d.h.

$$u(t) = u(iT_d) =: u_i \qquad \text{für} \qquad iT_d \le t < (i+1)T_d \qquad \text{mit} \qquad i = 0,1,2,\ldots$$

erhält man folgendes zeitdiskrete mathematische Modell (mit $\mathbf{x}_i := \mathbf{x}(iT_d)$):

$$\mathbf{x}_{i+1} = \begin{bmatrix} \cos(2T_d) & \sin(2T_d) \\ -\sin(2T_d) & \cos(2T_d) \end{bmatrix} \mathbf{x}_i + \begin{bmatrix} 1-\cos(2T_d) \\ \sin(2T_d) \end{bmatrix} u_i .$$

Es wird nun $T_d = \dfrac{\pi}{4}$ gewählt.

a) Bestimmen Sie eine Steuerfolge (u_i) so, dass der Anfangszustand $\mathbf{x}_0 = \mathbf{x}(0) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}^T$ in zwei „Schritten" in den Zustand $\mathbf{x} = \mathbf{0}$ übergeführt werden kann.

   Hinweis: Denken Sie an die besonderen Eigenschaften eines sogenannten „dead beat"-Reglers.

b) Ermitteln Sie die Menge der Anfangszustände $\mathbf{x}_0$, die durch die Steuerfolge $(u_i) = (u_{\max}, -u_{\max}, 0, 0, 0, 0, 0, \ldots)$ in den Zustand $\mathbf{x} = \mathbf{0}$ gebracht werden können ($u_{\max}$ ist hierbei ein reeller Parameter).

Schriftliche Prüfung aus **Regelungstechnik** am 9.3.2007

NACHNAME:

Vorname(n):

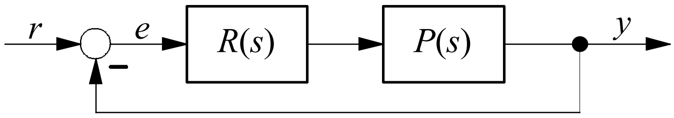
Kenn-Matr.Nr.:

Bonuspunkte aus Matlab-Übung: O Ja O Nein

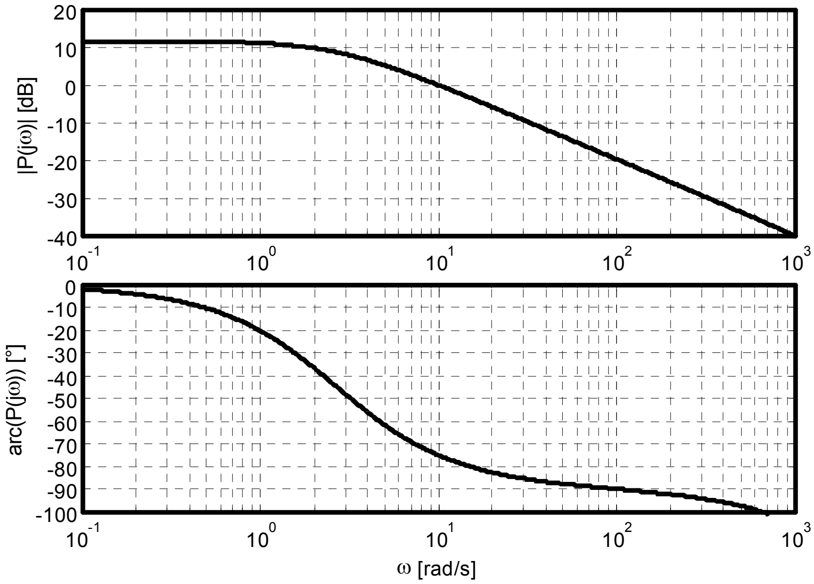
	1	2	3	4
erreichbare Punkte	6	5	5	5
erreichte Punkte				

Aufgabe 1:

Gegeben sei das Blockschaltbild eines Regelkreises mit der Führungsgröße r und der Ausgangsgröße y:



Die Regelstrecke mit der Übertragungsfunktion $P(s)$ sei „vom einfachen Typ“, ihr Frequenzgang $P(j\omega)$ liegt in Form eines Bode-Diagramms graphisch vor:



a) Zunächst soll ein integrierender Regler $R(s)=\dfrac{K}{s}$ (mit dem reellen Parameter K) so entworfen werden, dass die Anstiegszeit t_r der Sprungantwort des geschlossenen Regelkreises 0.15 $[\mathrm{s}]$ beträgt. Wie groß ist die zu erwartende Überschwingweite $ü$?

b) Ermitteln Sie für den unter a) dimensionierten Regler und der Führungsgröße $r(t)=2+3\sin(100t)$ den Regelfehler $e(t)$ im *eingeschwungenen Zustand*.

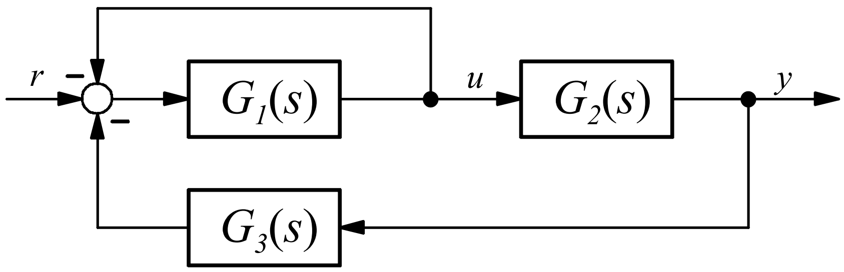
c) Als Regler wird nun $R(s)=\dfrac{K}{s}\cdot\dfrac{1+s/\omega_Z}{1+s/\omega_N}$ mit $\omega_N = m\omega_Z$

angesetzt (K, ω_Z und ω_N sind hierbei reelle Parameter). Dimensionieren Sie mit Hilfe der folgenden Tabelle (näherungsweise) die Parameter ω_Z, ω_N **und** K so, dass gegenüber a) bei gleicher Anstiegszeit t_r die Überschwingweite $ü$ auf ein Drittel reduziert wird.

m:	2	3	4	5	6	8	10
$\Delta\varphi_{\max}=\arcsin\left(\dfrac{m-1}{m+1}\right)$:	19°	30°	37°	42°	46°	51°	55°
$\lvert m\rvert_{dB}$:	6	9.5	12	14	15.5	18	20

Aufgabe 2:

Gegeben sei das Blockschaltbild eines Regelkreises mit der Führungsgröße r und der Ausgangsgröße y:



a) Berechnen Sie die Führungsübertragungsfunktion $T(s)$ als Funktion von G_1, G_2 und G_3.

Für die Übertragungsfunktionen gilt nun (mit dem reellen Parameter α):

$$G_1(s) = \frac{2}{(s+2)(s+\alpha)}, \qquad G_2(s) = \frac{5}{s-1}, \qquad G_3(s) = 2.$$

Somit ergibt sich für die Führungsübertragungsfunktion:

$$T(s) = \frac{10}{s^3 + (\alpha+1)s^2 + \alpha s - (2\alpha - 18)}.$$

b) Ermitteln Sie den größtmöglichen Wertebereich des Parameters α, für den obiger Regelkreis die BIBO-Eigenschaft aufweist.

c) Als Führungsgröße wird nun die Sprungfunktion $r(t) = \sigma(t)$ gewählt.

i) Für welche Werte von α erhält man $y_\infty = \lim_{t\to\infty} y(t) = 1$?

ii) Für welche Werte von α erhält man $u_\infty = \lim_{t\to\infty} u(t) = 1$?

Hinweis: Für verschwindende Anfangswerte gilt $u(s) = \dfrac{y(s)}{G_2(s)}$.

Aufgabe 3:

Gegeben sei die zeitdiskrete Übertragungsfunktion $P(z)$ einer Regelstrecke mit der Eingangsfolge (u_i) und der Ausgangsfolge (y_i):

$$P(z) = \frac{2z-1}{z^3 - 2.8z^2 - 0.95z - 3.2}$$

a) Geben Sie das zugehörige mathematische Modell der Form

$$\mathbf{x}_{i+1} = \mathbf{A}_d \mathbf{x}_i + \mathbf{b}_d u_i\,, \qquad y_i = \mathbf{c}_d{}^T \mathbf{x}_i + d_d u_i$$

in der sogenannten *Steuerbarkeits-Normalform* an.

Zur Regelung des Systems aus Punkt a) wird nun ein Zustandsregler der Form

$$u_i = -\begin{bmatrix} h_1 & h_2 & h_3 \end{bmatrix} \mathbf{x}_i + V r_i = -\mathbf{h}^T \mathbf{x}_i + V r_i$$

eingesetzt.

b) Ermitteln Sie $\mathbf{h}^T$ und V so, dass die zugehörige Führungsübertragungsfunktion

$$T(z) = \left.\frac{y(z)}{r(z)}\right|_{\mathbf{x}_0 = \mathbf{0}} = \frac{6}{z^2 - 1.3z + 0.4}$$

lautet.

c) Ist das geregelte System *beobachtbar* ? (Geben Sie eine mathematische Begründung an!)

Da der Zustandsvektor $\mathbf{x}_i$ *nicht* messbar ist, müsste für die praktische Realisierung obiger Regelung ein Schätzwert $\hat{\mathbf{x}}_i$ herangezogen werden , d.h.: $u_i = -\mathbf{h}^T \hat{\mathbf{x}}_i + V r_i$.

d) Kann dafür *prinzipiell* ein Zustandsbeobachter der Form

$$\hat{\mathbf{x}}_{i+1} = \hat{\mathbf{A}}_d \hat{\mathbf{x}}_i + \mathbf{b}_d u_i + \hat{\mathbf{b}}_d y_i$$

so entworfen werden, dass die Dynamikmatrix des Beobachterfehlers $\mathbf{e}_i := \mathbf{x}_i - \hat{\mathbf{x}}_i$ *beliebig* vorgebbare Eigenwerte annehmen kann ? (Geben Sie eine mathematische Begründung an!)

Aufgabe 4:

Gegeben sei folgendes mathematische Modell einer Regelstrecke mit der Eingangsgröße u, dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$ und der Ausgangsgröße y:

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt}=\begin{bmatrix}0 & 2\\ 1 & 1\end{bmatrix}\mathbf{x}+\begin{bmatrix}1\\ 2\end{bmatrix}u$$
$$y=\begin{bmatrix}1 & 1\end{bmatrix}\mathbf{x}$$

Zur Regelung dieser Strecke wurde ein Regelgesetz der Form

$$u=-\begin{bmatrix}h_1 & h_2\end{bmatrix}\hat{\mathbf{x}}+Vr=-\mathbf{h}^T\hat{\mathbf{x}}+Vr$$

entworfen. Der Vektor $\hat{\mathbf{x}}$ ist hierbei eine Schätzung des Zustandsvektors $\mathbf{x}$, der mit einem Zustandsbeobachter der Form

$$\frac{d\hat{\mathbf{x}}}{dt}=\hat{\mathbf{A}}\hat{\mathbf{x}}+\mathbf{b}u+\hat{\mathbf{b}}y$$

ermittelt wird.

a) Bestimmen Sie die Größe $\hat{\mathbf{b}}$ so, dass die Dynamikmatrix des Beobachterfehlers $\mathbf{e}:=\mathbf{x}-\hat{\mathbf{x}}$ Eigenwerte bei $\hat{s}_1=-3$ und $\hat{s}_2=-4$ besitzt.

Die Zusammenschaltung von Regelstrecke, Zustandsregler und Zustandsbeobachter ergibt ein Gesamtsystem der Form

$$\frac{d\mathbf{z}}{dt}=\bar{\mathbf{A}}\mathbf{z}+\bar{\mathbf{b}}r \qquad \text{mit} \qquad \mathbf{z}=\begin{bmatrix}\mathbf{x}\\ \hat{\mathbf{x}}\end{bmatrix} \qquad \text{und} \qquad \bar{\mathbf{A}}=\begin{bmatrix}. & 2 & . & -1\\ . & 1 & . & -2\\ . & 1 & -4 & 0\\ . & 7 & -12 & -8\end{bmatrix},\quad \bar{\mathbf{b}}=\begin{bmatrix}.\\ 4\\ .\\ .\end{bmatrix},$$
$$y=\bar{\mathbf{c}}^T\mathbf{z}$$

wobei durch eine fehlerhafte Übertragung leider einige Elemente verloren gingen.

b) Bestimmen Sie die fehlenden Elemente von $\bar{\mathbf{A}}$ und $\bar{\mathbf{b}}$ sowie *zahlenmäßig* die Systemgröße $\bar{\mathbf{c}}^T$.

c) Berechnen Sie *alle* Lösungen der charakteristischen Gleichung $\det\left(s\mathbf{E}-\bar{\mathbf{A}}\right)=0$.

Schriftliche Prüfung aus **Regelungstechnik** am 29.06.2007

Name / Vorname(n):

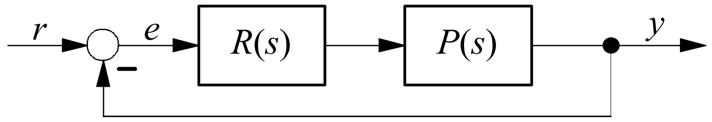
Matrikel-Nummer:

Bonuspunkte aus den MATLAB-Übungen: O ja O nein

	1	2	3	4	
erreichbare Punkte	4	4	7	6	
erreichte Punkte					

Aufgabe 1:

Gegeben sei das Blockschaltbild eines Regelkreises mit der Führungsgröße r und der Ausgangsgröße y :



Die Übertragungsfunktion der Strecke lautet: $P(s) = \dfrac{s^2+5s+4}{s^3}$

Die Übertragungsfunktion des Reglers lautet: $R(s) = K$ (K reell)

a) Skizzieren Sie die Ortskurve $P(j\omega)$ der Strecke und bestimmen Sie alle Schnittpunkte mit der reellen Achse.

b) Bestimmen Sie mit Hilfe des Nyquist-Kriteriums den größtmöglichen Wertebereich des Parameters K, für den obiger Regelkreis die BIBO-Eigenschaft besitzt. Ermitteln Sie dazu *nachvollziehbar für alle möglichen Fälle* die stetige Winkeländerung!

Hinweis: $\Delta arc\{1+L(j\omega)\} = (n_a + 2n_r)\dfrac{\pi}{2}$

$L(s)$ stellt hierbei die Übertragungsfunktion des offenen Kreises dar.

Aufgabe 2:

Gegeben sei das mathematische Modell einer Regelstrecke mit der Eingangsgröße u und der Messgröße y:

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}\mathbf{x} + \begin{bmatrix} -2 \\ 1 \end{bmatrix}u \qquad y = \begin{bmatrix} 2 & 0 \end{bmatrix}\mathbf{x}$$

a) Zur Regelung stehen zwei Zustandsregler zur Verfügung:

(i) $u = -\begin{bmatrix} -1 & -1 \end{bmatrix}^T \mathbf{x} + V\,r$ (ii) $u = -\begin{bmatrix} -5 & -5 \end{bmatrix}^T \mathbf{x} + V\,r$

Wählen Sie einen Regler (begründen sie Ihre Wahl!) und bestimmen Sie den Vorfaktor V so, dass die Bedingung $y_\infty = \lim_{t\to\infty} y(t) = 1$ für $r(t) = \sigma(t)$ erfüllt ist.

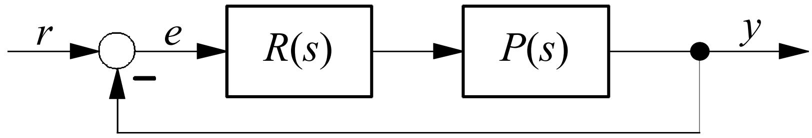
b) Da der Zustandsvektor $\mathbf{x}$ *nicht* messbar ist, wird für die praktische Realisierung obiger Regelung ein Schätzwert $\hat{\mathbf{x}}$ herangezogen, d.h. $u = -\mathbf{h}^T\hat{\mathbf{x}} + V\,r$. Dafür soll ein Zustandsbeobachter der Form:

$$\frac{d\hat{\mathbf{x}}}{dt} = \hat{\mathbf{A}}\hat{\mathbf{x}} + \mathbf{b}u + \hat{\mathbf{b}}y$$

verwendet werden. Berechnen Sie die Größe $\hat{\mathbf{b}}$ so, dass die Eigenwerte der Matrix $\hat{\mathbf{A}}$ bei $s_1 = s_2 = -5$ liegen.

Aufgabe 3:

Gegeben sei das Blockschaltbild eines Regelkreises mit der Führungsgröße r und der Ausgangsgröße y:



Für die Übertragungsfunktion der Strecke gilt: $P(s)=\dfrac{100(s+0.1)}{s(s+1)(s+100)}$

a) Skizzieren Sie das Bode-Diagramm des offenen Kreises, wenn als Regler $R(s)=1$ gewählt wird. Bestimmen Sie die Durchtrittsfrequenz ω_c.

b) Es soll nun eine Übertragungsfunktion $R(s)$ des Reglers so ermittelt werden, dass die Sprungantwort des Regelkreises näherungsweise eine Anstiegszeit von $t_r = 0.015s$ besitzt und die bleibende Regelabweichung $e_\infty = \lim\limits_{t\to\infty} e(t)$ verschwindet, d.h. $e_\infty = 0$ gilt.

Zur Lösung dieser Aufgabe haben Sie die Auswahl zwischen zwei Reglern (K und ω_1 sind reelle Parameter):

(i) $R(s)=K$

(ii) $R(s)=K\dfrac{(1+s/\omega_1)}{s}$

Wählen Sie einen Regler aus und begründen sie Ihre Wahl.

c) Dimensionieren Sie die in Punkt b) ausgewählten Regler mit Hilfe des Frequenzkennlinienverfahrens so, dass obige Anforderungen erfüllt werden. Wie groß ist die zu erwartende Überschwingweite M_p?

d) Entwerfen Sie nun einen Regler, der bei gleicher Anstiegszeit t_r zu einem prozentualen Überschwingen von $ü = 6\%$ führt. Geben Sie die komplette Reglerübertragungsfunktion an!

m:	2	3	4	5	6
$\Delta\varphi_{\max} = \arcsin\left(\dfrac{m-1}{m+1}\right)$:	19°	30°	37°	42°	46°
$\lvert m \rvert_{dB}$:	6	9.5	12	14	15.5

Aufgabe 4:

Gegeben sei das mathematische Modell einer Regelstrecke mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y (α, β und γ reell):

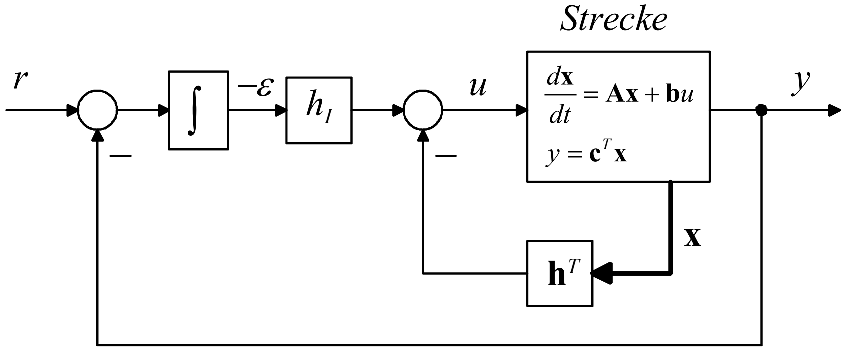
$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \begin{bmatrix} \alpha & 2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} -1 \\ \beta \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} \gamma & 1 \end{bmatrix} \mathbf{x}$$

a) Geben Sie Bedingungen für α, β und γ an, damit das System steuerbar bzw. beobachtbar ist.

b) Für die Parameter α, β und γ gilt nun: $\alpha = 2$, $\beta = 1$, $\gamma = 0$

Entwerfen Sie einen Zustandsregler mit Integrierer der Form: $u = -\mathbf{h}^T \mathbf{x} - h_I \varepsilon$



so, dass die Eigenwerte des geregelten Systems mit dem Zustandsvektor $\mathbf{z} = \begin{bmatrix} \mathbf{x} & \varepsilon \end{bmatrix}^T$ bei $s_1 = s_2 = -1$ und $s_3 = -2$ liegen.