Hinweis: Die Klausur war in Gruppe A/B aufgeteilt, wobei sich lediglich bei einigen Aufgaben Werte unterschieden haben sollen.

Aufgabe 1 (Zustandsraumdarstellung), 7 Punkte

Gegeben war die Zustandsmatrix $\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} x_1 \cdot e^{x_1} + u - x_2 \\ x_1^3 + x_1 x_2^2 + e^{x_1} \cdot \sin(x_1) \end{bmatrix}$ und die Ausgangsgleichung $y = 2x_1 + u$.

a) Es soll gezeigt werden, dass $x_s(t) = \begin{bmatrix} 0 \\ u_s \end{bmatrix}$ gilt und y_s bestimmt werden.

b) Das System soll um die Ruhelage $x_s(t) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ linearisiert werden.

c) Es soll gezeigt werden, was für $\lim_{s \to \infty} G(s)$ passiert, ohne die Funktion konkret zu berechnen.

Aufgabe 2 (Laplace-Transformation), 7 Punkte

Gegeben war die Gleichung $\ddot{y}(t) + 4\dot{y}(t) + 3y(t) = \dot{u}(t) + 2u(t)$ für $t \geq 0$ mit den Anfangswerten $y(0) = 5$, $\dot{y}(0) = 0$, $u(0) = 0$

a) Es soll die Laplace-Transformierte $G(s)$ bestimmt werden
b) Durch inverse Laplace-Transformation soll die partikuläre Lösung der Systemantwort $y_p(t)$ bestimmt werden, wobei das System mit dem Einheitssprung $h(t)$ angeregt wurde.

Aufgabe 3 (Reglersynthese im Bodediagramm), 9 Punkte

Die Strecke eines Standardregelkreises sei durch folgende Übertragungsfunktion modelliert:

$$G(s) = \frac{50}{(s+1)(s+50)}$$

Es soll ein Regler entworfen werden, der folgende Anforderungen erfüllt:

(i) Der Regelkreis soll asymptotisch stabil sein.
(ii) Bei einem sprungförmigen Führungssignal soll keine bleibende Regelabweichung entstehen, d.h. $\lim_{t \to \infty} e(t) = 0$
(iii) Der Regelkreis soll ausreichend gedämpft sein. Hierfür soll die Phasenreserve ϕ_R mindestens 45° betragen.
(iv) Der Regelkreis soll hinreichend schnell sein. Der Amplitudengang des offenen Kreises soll für alle $\omega < 100 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ größer als 1 (0dB) sein (Durchtrittsfrequenz).

a) Es soll das Bodediagramm der Strecke in der beiliegenden Vorlage eingezeichnet werden und die Achsen beschriftet werden. Vorgabe der Beschriftung bin ich mir nicht mehr ganz sicher: $\left[10^{-3},10^{2}\right]$, $\left[-60\text{dB},40\text{dB}\right]$, $\left[-\frac{5}{4}\pi,0\right]$.

b) Es soll ein Regler ausgewählt werden und die Auswahl begründet werden, welcher die Forderungen erfüllt:
- (i) P-Regler
- (ii) PI-Regler
- (iii) PD-Regler mit einer Zeitkonstante von $T=0{,}001$

c) $G \cdot K$ im Bodediagramm zeichnen und die Verstärkung k bestimmen

Aufgabe 4 (Wurzelortskurve), ?? Punkte

Gegeben ist $T(s)=\dfrac{k(s+a)}{(s+b)(s+c)(s-2)}$.

a) Es soll die WOK für die Werte $a=1$, $b=2$ und $c=4$ für alle $k>0$ gezeichnet werden.

b) Für welche Kombinationen (ähnlich) ist das System aymptotisch stabil?
- (i) $a<b<c$ $\quad a<0$
- (ii) $a<b<c$ $\quad a>0, b<0$
- (iii) $a>b>c$ $\quad a<0, b>0$
- (iv) $a<b<c$ $\quad a>0, b<0$

c) Wie verhält sich das System für negative k (WOK zeichnen). Ist asymptotische Stabilität erreichbar?

Aufgabe 5 (Polvorgabe), ?? Punkte

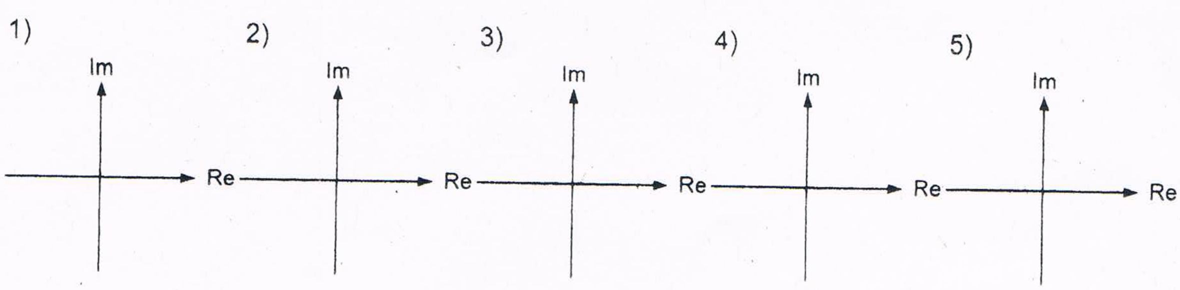
Gegeben ist die Streckenfunktion $G(s)=\dfrac{s+2}{s+1}$, sowie $s_1=-1$ und $s_2=-2$ als Nullstellen des charakteristischen Polynoms.

a) Warum ist ein Regler 1. Ordnung nicht realisierbar?

b) Zeigen das ein Regler 2. Ordnung realisierbar ist (zusätzlicher Pol $s=-3$).

Aufgabe 6 (Nyquist-Kriterium), ?? Punkte

Es sollten fünf Ortskurven bzgl. des Nyquist-Kriteriums untersucht werden (ich habe keine Ahnung mehr wie die Aufgabe genau gelautet hat!).



Prüfungsprotokoll
TU Berlin – Grundlagen der Regelungstechnik WS 08/09 – Aprilklausur (03.04.09)

(Insgesamt 34 Punkte)

1) Linearisierung (6 Punkte)

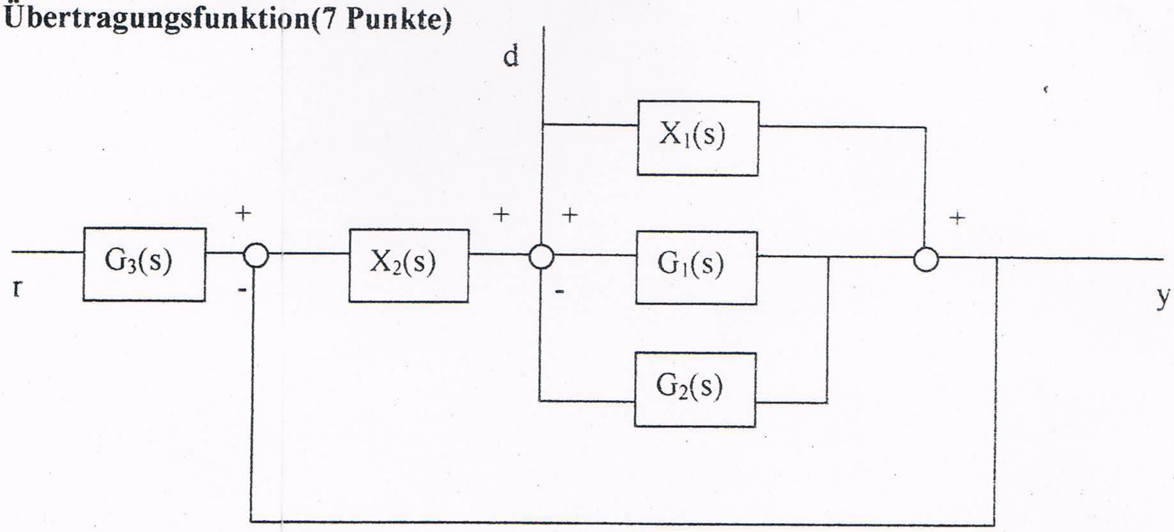
Gegeben sei nichtlineare Zustandsmodell mit x(t)=$\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}$, Eingang u(t) und Ausgang y(t).

&= $\begin{bmatrix} x_1 e^{x_1} + u - x_2 \\ x_1^{\ 3} + x_1 x_2^{\ 2} + e^{x_1} \sin(x_1) \end{bmatrix}$, y = $2x_1 + u$

a) Zeigen, dass x_s=$\begin{bmatrix} 0 \\ u_s \end{bmatrix}$....

b) Linearisierte Zustandsdarstellung.

2) Übertragungsfunktion(7 Punkte)



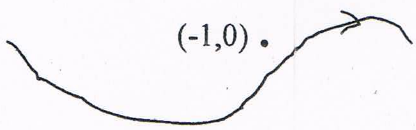
$G_{yr}(s) = 3G_3(s) + G_1(s)G_2(s)/(G_2(s) + G_1(s)G_3(s))$
$G_{yd}(s) = G_1(s) + G_2(s)/(2 + G_1(s)G_3(s))$
(Übertragungsfunktionen nicht sicher, kann irgendwie anderes sein)

a) Leiten Sie $X_1(s)$ und $X_2(s)$ aus $G_{yr}(s)$ und G_{yd} her.
b) Gesamtübertragungsfunktion.

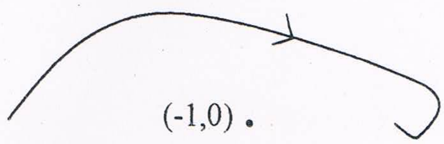
3) Stabilität(nach Nyquist) (5 Punkte)
Ein P-Regler mit folgenden Übertragungsfunktionen
(Übertragungsfunktionen ähnlich)
a) $K(s)G(s)=k.\ 10{,}5/(s-1)(s+2)^4$
b) $K(s)G(s)=k.(s+2)/(s-1)^2$
c) $K(s)G(s)=k.\ 5(s+3)(s-2)/s(s+4)(s+1)$

Ortskurven in der Form

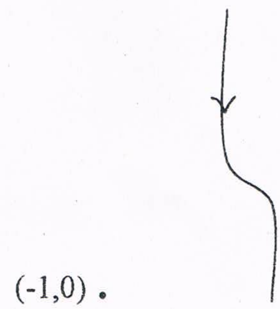
a)



b)



c)



i) Untersuchen nach asym. Stabilität für k=1.
ii) Für welche k>0 ist die Übertragungsfunktionen asym. Stabil?

4) Reglerentwurf (6 Punkte)
Wie bei der Übungsaufgabe 6.1 aber die Übertragungsfunktionen für P, PI, PID Regler gegeben. Für das System die Regler untersuchen, k_p Werte auswählen, begründen...

5) Wurzelortskurven (4 Punkte)
$Q(s)=k.(s+4)/(s+1)(s+a)$

a) Für a=2 und a=6 Wurzelortskurven zeichnen. (2 Punkte)
b) ...(1 Punkt) c) ...(1 Punkt)

6) Algebraische Reglersynthese (6 Punkte)
(Übertragungsfunktionen ähnlich)
$G(s) = s-3/(s-1)(s+2)$
$T(s)= pT(s) / (s+2)(s^2+3s+2)$

a) Für welche pT(s) ist die Sensitivitätsfunktion implementierbar?
b) K(s) = ?