Schriftliche Prüfung aus
Regelung cyberphysischer Systeme
am 17.06.2024

Name / Vorname(n):

Matrikel-Nummer:

Aufgabe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Summe
erreichbare Punkte	3	4	3	5	4	7	26
erreichte Punkte							

Aufgabe 1:

a) Geben Sie die Übertragungsfunktion eines PI-Reglers an.

b) Zeichnen Sie das Strukturbild eines PI-Reglers und erweitern Sie dieses um eine Anti-Windup-Maßnahme.

c) Geben Sie eine zeitdiskrete Realisierung des PI-Reglers an.

Aufgabe 2:

Gegeben sei die Übertragungsfunktion

$$P(s) = \frac{3}{s^2 - 2}$$

einer Regelstrecke.

a) Entwerfen Sie einen geschlossenen Standardregelkreis so, dass alle Polstellen der Führungsübertragungsfunktion $T(s)$ bei $s = -k$ liegen, wobei k ein vorgebbarer positiver reeller Parameter ist.

b) Berechnen Sie

$$y_\infty = \lim_{t \to \infty} y(t)$$

für eine konstante Führungsgröße $r = r_0$.

Aufgabe 3:

Gegeben sei ein Standardregelkreis mit einer Strecke, die die Übertragungsfunktion

$$P(s) = \frac{1}{s}$$

besitzt.

a) Skizzieren Sie das Bodediagramm der Übertragungsfunktion $P(s)$.

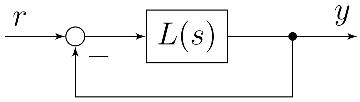
b) Bestimmen Sie einen Proportionalregler $R(s)$ so, dass die Durchtrittfrequenz ω_c bei 10 rad/s liegt.

c) Geben Sie die bleibende Regelabweichung e_∞ für $r(t) = \sigma(t)$ an. Begründen Sie Ihre Antwort mathematisch.

d) Geben Sie die bleibende Regelabweichung e_∞ für $r(t) = t\sigma(t)$ an. Begründen Sie Ihre Antwort mathematisch.

Aufgabe 4:

Gegeben sei der abgebildete Standardregelkreis mit der Führungsgröße r und der Regelgröße y.



Für die Übertragungsfunktion des offenen Kreises $L(s)$ gilt

$$L(s) = k\frac{s-1}{(s+1)^3} \qquad \text{mit } k \in \mathbb{R}.$$

a) Skizzieren Sie für $k = 1$ die Ortskurve $L(j\omega)$.

b) Ermitteln Sie mit dem Nyquistkriterium den größtmöglichen Wertebereich des Parameters k, für den der geschlossene Standardregelkreis BIBO-stabil ist.

Aufgabe 5:

Gegeben sei die Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{s+3}{s^2+4s+k} \qquad \text{mit } k \in \mathbb{R}.$$

a) Für welche Werte von k handelt es sich um ein BIBO-stabiles Übertragungssystem?

b) Geben Sie die Systemdaten $\mathbf{A}$, $\mathbf{b}$, $\mathbf{c}$ und d eines Zustandsmodells der Form $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{b}u$, $y = \mathbf{c}^{\mathrm{T}}\mathbf{x} + du$ so an, dass es die gegebene Übertragungsfunktion $G(s)$ besitzt.

c) Für welche Werte von k ist die in b) angegebene Realisierung steuerbar *und* beobachtbar? Begründen Sie Ihre Antwort.

Aufgabe 6:

Gegeben sei das mathematische Modell

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\mathbf{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 7 \end{bmatrix}\mathbf{x} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}u, \qquad y = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}\mathbf{x}$$

einer Regelstrecke mit der Eingangsgröße u, der Ausgangsgröße y und dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$.

a) Ermitteln Sie einen linearen Zustandregler $u = -\mathbf{k}^{\mathrm{T}}\mathbf{x} + Vr$ so, dass alle Eigenwerte des geschlossenen Regelkreises bei $s = -1$ liegen und für eine konstante Führungsgröße $r = r_0$ die Forderung $\lim_{t\to\infty} y(t) = r_0$ erfüllt wird.

b) Da der Zustand $\mathbf{x}$ nicht gemessen werden kann wird ein Beobachter eingesetzt. Entwerfen Sie einen Luenberger-Beobachter so, dass die Eigenwerte der Schätzfehlerdynamik bei $s = -2$ und $s = -8$ liegen.

c) Geben Sie das Regelgesetz, bestehend aus Zustandsbeobachter und Zustandsregler an.

d) Welche Ordnung hat der geschlossene Regelkreis bestehend aus Regelstrecke, Regler und Beobachter? Wo liegen die Eigenwerte der Dynamikmatrix des geschlossenen Regelkreises?

e) Wäre es prinzipiell sinnvoll, für die gegebene Regelstrecke einen trivialen Beobachter zu entwerfen? Begründen Sie Ihre Antwort.