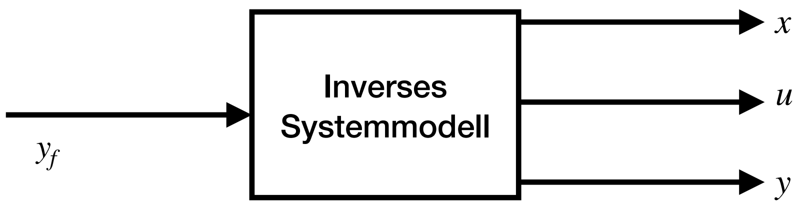
MGRZ Klausur SoSe2020

Theorieteil (30 Minuten, 30 Punkte)

1. Mit dem LQR Verfahren wurde ein Regler K_1 bestimmt durch welchen die Pole des geschlossenen Regelkreises bei $\lambda = \{-1, -2, -3\}$ liegen. Dabei ist $Q \in \mathbb{R}^{3\times3}$ und $R \in \mathbb{R}^{2\times2}$. Gibt es einen von K_1 verschiedenen Regler K_2 der die gleiche Pollage erzeugt?
2. Für den Zustandsraum beschrieben durch die Matrizen A, B, C, D und $\underline{x}(0) = \underline{x}_0$ ergibt sich die Übertragungsfunktion $G(s) = C(sI - A)^{-1}B$. Welche Annahmen sind nötig um zu dieser Übertragungsfunktion zu gelangen?
3. Welche Nullstellen berechnet man mit der Rosenbrockmatrix?
4. Erkläre die Vorteile einer strukturvariablen Regelung und Kriterien zur Umsetzung.
5. Es exisitert eine Regestrecke mit den Polen bei $\lambda = \{-1, -2, -3\}$ für welche ein LQR Regler mit dem Gütefunktional $I = \int_0^{t_e} u(t)^2 dt$ bestimmt werden soll. Geben Sie die Reglermatrix $\underline{k}^T$ an.
6. Nennen sie drei Bedingungen unter denen sich für das Stellgesetz $u(t) = Mw(t) - Kx(t)$ keine Matrizen K und M finden lassen, so dass stationäre Führungsgenauigkeit gegeben ist.
7. Beschreibener Sie was für ein regelungstechnisches Konzept hinter folgender Skizze steckt und warum das Modell invers genannt wird.



8. Wann wirkt sich der Anti-Windup auf die Stellgröße aus (vor, während und/oder nach der Stellgrößenbeschränkung)?
9. Es wird eine MPC mit einem Prädiktionshorizont von 5 und einem Steuerhorizont von 3 durchgeführt woraus sich die suboptimale Stelltrajektorie $u = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 & \dots \end{bmatrix}$ ergibt. Geben Sie die vollständige Trajektorie an. Welche

Stellgrößen werden in den nächsten drei Zeitschritten komandiert? (ohne Rechentotzeit)

10. Was sind Terminal Costs und Terminal Constraints und wann werden sie verwendet?

Rechenteil (90 Minuten, 90 Punkte)

Aufgabe 1 Nullstellen und Kalman Zerlegung

1. Geben Sie für einen Zustandsraum der das foglende DGL System beschreibt die Matrizen A, B, C, D an.
$$\dot{x}_1 = 3x_1 + u$$
$$\dot{x}_2 = -x_2 + 4u$$
$$\dot{x}_3 = -2x_3$$
$$y = 2x_1 + x_3$$

2. Zeichnen Sie die Kalman Zerlegung des gegebenen Systems. Geben sie eine Minimalrealisierung an.

3. Ist das System stabilisierbar?

4. Berechnen sie alle Übertragungsnullstellen des Systems und geben Sie an um welche Art es sich handelt.

5. Geben sie die Übertragungsfunktion an.

Aufgabe 2 PI-Zustandsregler (Die Zahlen in den Aufgaben stimmen nicht sondern spiegeln nur die Dimensionen wider)

1. Gegeben ist der folgende Zustandsraum
$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, c^T = [1 \quad 0], D = 0$$
Überprüfen sie die Stabilität des Systems.

2. Was sind die Voraussetzungen für eine Störgrößenaufschaltung?

3. Zeichnen sie das um einen PI-Zustandsregler erweiterte Modell als Blockschaltbild.

4. Legen Sie die Parameter des PI-Zustandsreglers so aus, dass die Pole bei $\lambda = \{-2, -1 + i, -1 - i\}$ liegen.

Aufgabe 3 LQR

$$A = \begin{bmatrix} -2 & 1 \\ 1 & -2 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}, D = 0$$

Gegeben war die algebraische Riccati Gleichung, und das allgemeine Gütefunktional und die Matrizen $Q = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ und $R = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$. Die stationäre Riccati Gleichung wurde mit den Matrizen $P_{s,1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -0{,}2 \end{bmatrix}$ und $P_{s,2} = \begin{bmatrix} 2{,}5 & -1{,}9 \\ -1{,}9 & 1{,}7 \end{bmatrix}$ und die Formel zum Bestimmen eines Reglers aus R, B und P.

1. Wählen sie eine der beiden Lösungen aus und begründen Sie ihre Wahl.

<u>Quereinstieg:</u> Rechnen sie in allen folgenden Aufgaben mit $P_s = \begin{bmatrix} 18 & -8 \\ -8 & 6 \end{bmatrix}$ als Lösung der stationären Riccati Gleichung (Es wurde erwartet das ma unabhängig der gewählten Lösung in 1. mit der im Quereinstieg gegebenen Lösung von P weiterrechnet!)

2. Vergessen

3. Berechnen sie die optimalen Verläufe der Zustandsgröße $\underline{x}^*(t)$ mit der Anfangsbedingung $\underline{x}_0 = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix}$.

4. Es wird weiterhin ein optimaler Beobachter mit dem Verhalten $(A^T - C^T L^T)$ mit den gleichen Matrizen Q und R nach dem dualen Prinzip ausgelegt. Geben sie die hierzu verwendete stationäre Riccati Gleichung an.

5. Berechnen Sie für den optimalen Beobachter die Matrix L.