Prof. F. Svaricek, G. Reißig E–Mail: victor.chaim@unibw.de
Seminarübungen-Dozent: Victor C. Chaim

Universität der Bundeswehr München
Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik
Inst. f. Steuer- und Regelungstechnik (LRT-15)
85577 Neubiberg

Regelungstechnik, WT 2021

9 Übung, 15.03.2021

9.1 Aufgabe. Betrachtet wird das Zustandsraumsystem

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \tag{1a}$$

$$y(t) = Cx(t) + Du(t) \tag{1b}$$

mit den Werten für A, B, C und D, die in Aufgabe 6.2 berechnet wurden. Wir beschränken uns hier auf den Fall einer Linearisierung in der Ruhelage mit $q_{e1} = q_{e2} = 1/2$ und geeigneten h_i.

(i) Betrachten Sie die Linearisierung mit nur einem Eingang, Δq_{e1}, und bestimmen Sie eine lineare Zustandsrückführung derart, daß das char. Polynom des geschlossenen Regelkreises die Nullstellen -1, -2 und -3 besitzt.

(ii) Betrachten Sie die Linearisierung mit nur einem Ausgang, Δh_3, und bestimmen Sie einen Beobachter, der -5 als dreifachen Eigenwert besitzt.

(iii) Verifizieren Sie numerisch mit Software Ihrer Wahl, daß der Beobachter aus (ii) die Zustände Δh_1 und Δh_2 der Linearisierung tatsächlich beobachtet. Wählen Sie dazu $\Delta u_1(t) = t/10$, $\Delta u_2(t) = 0$, $\Delta h(0) = (-0.1, 0.2, 0.1)$ und $\Delta\hat{h}(0) = (0, 0, 0)$. ($\Delta\hat{h}$ ist der Beobachterzustand.)

□

9.2 Aufgabe. Betrachtet werde ein auf einem Wagen drehbar befestigter Stab der Länge L; siehe Abbildung. Der Stab ist masselos, trägt an seinem Ende eine Punktemasse m, und bewegt sich in einer Ebene unter Einfluß der Fallbeschleunigung g und der Beschleunigung u des Wagens. Die Beschleunigung u des Wagens wird dabei als Eingang betrachtet; die Reibung im Gelenk des Stabes ist viskos mit Reibungskoeffizient ρ. Für die Parameter nehmen wir $L > 0$, $m > 0$, $g > 0$ und $\rho \geq 0$ an.

(i) Modellieren Sie die Bewegung des Stabes in Zustandsform

$$\begin{aligned} \dot{x} &= f(x, u), \\ y &= g(x, u) \end{aligned}$$

mit dem Zustand $x = (\varphi, \dot{\varphi})$, dem Ausgang φ und dem Eingang u.

(ii) Bestimmen Sie alle Ruhelagen (x, u).

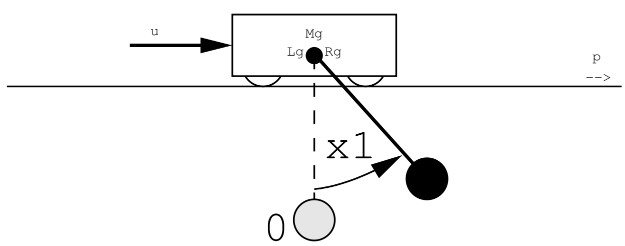
(iii) Linearisieren Sie das System in den Ruhelagen. Berechnen Sie also die Matrizen

$$A := D_1 f(x, u), B := D_2 f(x, u), C := D_1 g(x, u), D := D_2 g(x, u)$$

für alle in (ii) bestimmten Ruhelagen (x, u).

(iv) Ermitteln Sie für jede der Ruhelagen, für welche Parameterwerte die entsprechende Linearisierung asymptotisch stabil ist, und für welche Parameterwerte die entsprechende Linearisierung BIBO-stabil ist.

(v) Diese Teilaufgabe ist nur für den Fall $\rho > 0$ zu lösen: Beschreiben Sie in Worten, wie sich der Stabwinkel verhält, wenn das System sich zunächst in der Ruhelage "$\varphi = 0$, $\dot{\varphi} = 0$, $u = 0$" befindet und dann der Wagen von einem Zeitpunkt an konstant beschleunigt wird, also etwa $u(t) = 1$ für alle $t \geq 0$. Gleiche Aufgabe für den Fall, daß sich der Wagen von einem Zeitpunkt an mit konstanter Geschwindigkeit bewegt.



□