

1. Aufgabe: Eingangs-Ausgangs(E/A)-Linearisierung einer nichtlinearen Strecke

Die normierten Zustandsgleichungen eines über den Erregerstrom gesteuerten Gleichstrommotors lauten mit

$$u \hat{=} i_e, \quad x_1 \hat{=} i_a, \quad x_2 \hat{=} \Omega, \quad u_a = u_{a0} = \text{konst.} \hat{=} c$$

$$\dot{x}_1 = -x_1 + c - ux_2$$

$$\dot{x}_2 = -x_2 + ux_1$$

$$y = x_2$$

1.1 Welche Ruhelagen hat das ungeregelte System?

1.2 Sorgen Sie durch Koordinatentransformation dafür, dass die Zustandsdifferentialgleichungen als Ruhelage den Koordinatenursprung aufweisen.

1.3 Geben Sie das exakte Eingangs-Ausgangs-linearisierende Zustandsregelgesetz an.

Unter welchen Voraussetzungen ist dieses Regelgesetz zulässig?

1.4 Welchen relativen Grad r besitzt das System? Was bedeutet dies?

1.5 Geben Sie den nichtlinearen Signalflussplan von Strecke und E/A-Linearisierung an.

1.6 Wie lauten die Zustandsgleichungen des E/A-linearisierten Systems, und welche Zusammenhänge bestehen zu den ursprünglichen Zustandsgrößen?

1.7 Setzen Sie zur Drehzahlregelung einen einfachen P-Regler an und ergänzen Sie damit den Signalflussplan.

2. Aufgabe: Lie-Klammer

Gegeben sei das System

$$\dot{\underline{x}} = \underline{f}(\underline{x}) + \underline{g}(\underline{x})u$$

mit den beiden Vektorfeldern

$$\underline{f} = \begin{bmatrix} -2x_1 + ax_2 + \sin x_1 \\ -x_2 \cos x_1 \end{bmatrix} \quad \text{und} \quad \underline{g} = \begin{bmatrix} 0 \\ \cos(2x_1) \end{bmatrix}.$$

Berechnen Sie die Lie-Klammer $[\underline{f}, \underline{g}]$.

3. Aufgabe: Eingangs-Zustands-Linearisierung

Betrachtet wird ein Gelenk, das durch einen Motor über eine Feder angetrieben wird, wie in Abb. 1 dargestellt. Die Bewegungsebene des Gelenks ist senkrecht zur Motorachse.

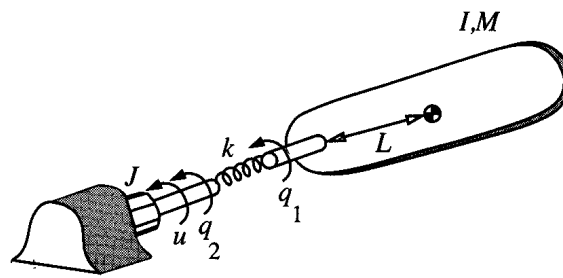


Abbildung 1: Flexibles Gelenk

Die Bewegung dieses Systems wird durch

$$I\ddot{q}_1 + MgL \sin q_1 + k(q_1 - q_2) = 0$$

$$J\ddot{q}_2 - k(q_1 - q_2) = u$$

beschrieben. Hierfür soll eine Eingangs-Zustands-Linearisierung entworfen werden.

3.1 Geben Sie eine Zustandsraumdarstellung für die Systemdynamik an.

3.2 Überprüfen Sie die Steuerbarkeit (Erreichbarkeit) des nichtlinearen Systems.

3.3 Geben Sie die Zustandstransformation $\underline{z} = \underline{z}(\underline{x})$ und die Eingangstransformation $v = a(\underline{x}) + b(\underline{x})u$ an, sodass Eingangs-Zustands-Linearisierung erreicht wird.