

1. Aufgabe: Flaches System

Zeigen Sie, dass das System

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2 - x_1 \cos x_1 \\ \dot{x}_2 &= (x_2^2 + u)(5 + \sin x_1)\end{aligned}$$

flach ist mit x_1 als flachem Ausgang.

2. Aufgabe: Flaches System

Gegeben sei das System

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -x_1^2 + x_2 \\ \dot{x}_2 &= x_2 x_1 + u \\ \dot{x}_3 &= v.\end{aligned}$$

Zeigen Sie, dass der Ausgang $[x_1 \ x_3]^T$ flach ist.

3. Aufgabe: Flachheitsbasierte Regelung für einen Bioreaktor

Im folgenden wird eine flachheitsbasierte Regelung für einen Bioreaktor zur Herstellung von Penicillin entworfen. Das System wird nur über die Substratzufuhr u_1 beeinflusst. Die Systemgleichungen für die Biomasse x_1 und die Substratmasse x_2 lauten:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= \mu(x_2)x_1 \\ \dot{x}_2 &= -\frac{1}{p_1}\mu(x_2)x_1 - mx_1 + p_2u_1\end{aligned}$$

mit der Wachstumskinetik: $\mu(x_2) = \frac{\mu_{\max}x_2}{kv + x_2}$.

Als Regelgröße wird die Wachstumsrate verwendet:

$$w = \mu(x_2) = \mu_d = \text{const.}$$

3.1 Untersuchen Sie, ob das System flach ist. Verwenden Sie dazu als Messgröße die Biomasse x_1 .

3.2 Entwerfen Sie eine flachheitsbasierte Steuerung für $w = w_d$.

3.3 Entwerfen Sie eine Regelung, basierend auf einer statischen Zustandsrückführung, und zeichnen Sie das dazugehörige Blockschaltbild.

Hinweis: Transformieren Sie dazu das System in die neuen Koordinaten $\underline{z} = [z_1, z_2]^T$ und verwenden Sie die Pseudostellgröße ν .

4. Aufgabe: Backstepping

Bestimmen Sie für das System

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2 - x_1^3 \\ \dot{x}_2 &= u\end{aligned}$$

ein geeignetes Regelgesetz mit Hilfe des Backstepping-Verfahrens.