

Nichtlineare Regelungssysteme 2 — Übung 2

Winter 2014/2015

Aufgabe 1

Für das System

$$\dot{x} = \cos(x) - x^3 + \zeta \quad (1)$$

$$\dot{\zeta} = u, \quad (2)$$

soll anhand Integrator-Backsteppings ein Regler $u = \varphi(x, \zeta)$ entworfen werden, der die Ruhelage $(x, \zeta) = (0, -1)$ des Systems global asymptotisch stabilisiert.

- a) Betrachten Sie zunächst das Teilsystem (1) mit dem Eingang ζ . Geben Sie ein Regelgesetz $\zeta = \alpha(x)$ an, das den Ursprung $x = 0$ des Teilsystems global asymptotisch stabilisieren würde.

Im Gesamtsystem ist ζ ein Zustand und kann nicht direkt vorgegeben werden. Funktion $\zeta = \alpha(x)$ erzwingt also den gewünschten Verlauf $\zeta(t)$. Tatsächlich wird $\zeta(t)$ durch die Integration des Eingangs $u(t)$ gebildet. Die Abbildung von u nach ζ ist aufgrund der (unbekannten) Integrationskonstanten nicht eindeutig.

- b) Betrachten Sie die Abweichungsgröße $z = \zeta - \alpha(x)$. Überführen Sie das System (1)-(2) in eine Darstellung in den Variablen (x, z) .
- c) Ermitteln Sie ein Regelgesetz $u = \tilde{\varphi}(x, z)$, das den Ursprung $(x, z) = (0, 0)$ global asymptotisch stabilisiert. Geben Sie die resultierenden Systemgleichungen an.
- d) Geben Sie das ermittelte Regelgesetz $u = \varphi(x, \zeta)$ in den Koordinaten (x, ζ) an und zeigen Sie, daß es den Punkt $(x, \zeta) = (0, -1)$ global asymptotisch stabilisiert.

Aufgabe 2 (zum Üben zu Hause)

Entwerfen Sie für das System mit Integriererkette

$$\dot{x}_1 = x_1^2 - x_1^3 + x_2$$

$$\dot{x}_2 = x_3$$

$$\dot{x}_3 = u.$$

mittels Backstepping einen Regler, der den Ursprung des Systems global asymptotisch stabilisiert.

Aufgabe 3

Betrachtet wird ein servobetriebener hydraulischer Aktor wie er z. B. in Fahrzeugen eingesetzt wird, um die Relativbewegung des Fahrzeugchassis gegenüber den Rädern aktiv zu dämpfen. Damit sollen Fahrkomfort und Bodenhaftung des Fahrzeugs verbessert werden. In dem in Abb. 1 dargestellten System ist der hydraulische Aktor parallel zu einem Feder-Dämpfersystem angeordnet.

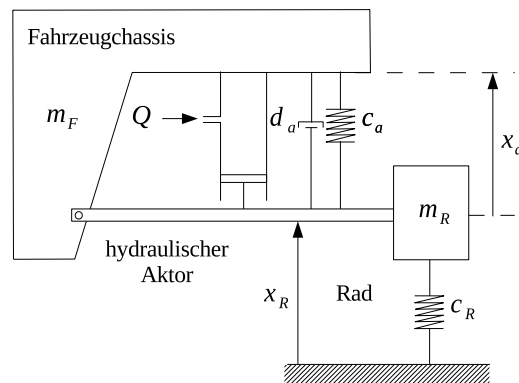


Abbildung 1: aktives Dämpfungssystem in Fahrzeugen

Am hier nicht dargestellten Servoventil wird über den elektrischen Strom i_v die Position x_v eines Steuerschiebers eingestellt, der wiederum den Zufluß Q an Öl in den hydraulischen Aktor vorgibt. Es sei angenommen, daß aufgrund der speziellen Bauform des Servoventils der Ölfluß Q im Zusammenhang mit dem elektrischen Strom i_v folgendermaßen berechnet werden kann:

$$\dot{Q} = -c_f Q + k_f i_v.$$

Wird zudem von der Inkompressibilität des Öls ausgegangen, so gilt für den Hub x_a des Zylinderkolbens des hydraulischen Aktors:

$$\dot{x}_a = \frac{Q}{A},$$

mit A der Kolbenfläche des Zylinderkolbens.

Entwerfen Sie ein Regelgesetz anhand des Verallgemeinerten Backsteppings, das den Ursprung $(Q, x_a) = (0, 0)$ global asymptotisch stabilisiert. In der Nähe der Ruhelage $x_a = 0$ soll die Dämpfung proportional zur Auslenkung und weiter entfernt davon überproportional (hier: kubisch) sein.

Aufgabe 4

Beim Betrieb eines Strahltriebwerkes können zwei verschiedene Formen von instabilem Verhalten auftreten, die im Zusammenhang mit dem Verdichter stehen: eine rotierende Abreißströmung und ein in Achsenrichtung oszillierender Druck.

Das einfachste diese Instabilitäten beschreibende Modell lautet

$$\begin{aligned} \dot{R} &= -\sigma R^2 - \sigma R(2\phi + \phi^2) \\ \dot{\phi} &= -\psi - \frac{3}{2}\phi^2 - \frac{1}{2}\phi^3 - 3R\phi - 3R \\ \dot{\psi} &= -u \end{aligned}$$

wobei ϕ der Massenstrom, ψ die Druckänderung, $R \geq 0$ die normierte Amplitude der rotierenden Abreißströmung und $\sigma > 0$ ein konstanter positiver Parameter ist. Implizit enthalten sind die Charakteristiken von Verdichter und Drosselklappe eines speziellen Aufbaus. Die Stellgröße u ist der Massenstrom durch die Drosselklappe. Die interessierende Ruhelage des Systems ist bereits in den Ursprung verschoben.

Entwerfen Sie anhand dieses Modells einen Regler $u = u(R, \phi, \psi)$ nach der Methode des Verallgemeinerten Backsteppings, der den Ursprung asymptotisch stabilisiert. Ordnen Sie das System zunächst in die entsprechende Systemklasse ein.