

Regelung einer Klasse nichtlinearer Konvektions-Reaktions-Systeme mit Speichereffekten und relativem Grad Eins

Jens Wurm, Frank Woittennek

Institut für Automatisierungs- und Regelungstechnik, UMIT TIROL,
Eduard-Wallnöfer-Zentrum 1, Hall in Tirol, Österreich
Tel: +43(0)50/86483977,
E-Mail: {jens.wurm,frank.woittennek}@umit-tirol.at

Betrachtet werden eindimensionale verteilt-parametrische Systeme,

$$\begin{aligned}\partial_t \zeta(z, t) + \Lambda \partial \zeta(z, t) &= f(\zeta(z, t), \eta(z, t)), & \zeta(z, t) &\in \mathbb{R}^n \\ \partial_t \eta(z, t) &= g(\zeta(z, t), \eta(z, t)), & \eta(z, t) &\in \mathbb{R}\end{aligned}$$

die aus mehreren nichtlinearen Konvektions-Reaktions-Gleichungen bestehen, welche verteilt mit einer nichtlinearen Reaktionsgleichung gekoppelt sind. Derartige Modelle eignen sich beispielsweise zur Beschreibung thermischer Rohrströmungen, von Entsalzungsanlagen oder des kinetischen Verhaltens von Katalysatoren.

In typischen Anwendungen ist der Ausgang eines der Konvektions-Reaktions-Teilsysteme zwischen stationären Arbeitspunkten zu überführen, wobei eine Zuflussgröße als Stellgröße fungiert; die verbleibenden Größen werden als bekannte Störgrößen angenommen. Zur Lösung des resultierenden Steuerungsproblems wird ein inversionsbasierter Ansatz vorgestellt.

Durch die Projektion entlang der gemeinsamen Charakteristiken folgt ein semiexplizites System von partielle Differential-algebraischen Gleichung (pDagl), dass sich auf eine einzige gewöhnliche Differentialgleichung (gDgl) mit örtlich verteilten Zustand reduzieren lässt. Diese Gleichung bildet die Grundlage des Steuerungsentwurfs und verallgemeinert sowie erweitert den in [1] vorgestellten Ansatz. Die Eigenschaften dieser Gleichung hängen von der Kopplungsstruktur des ursprünglichen Konvektions-Reaktions-Systems ab. Während der Ausgang in den meisten Fällen relativen Grad Null aufweist, ist für praktische Anwendungen insbesondere der relative Grad Eins von Interesse.

Neben dem Steuerungsentwurf, der bekannte Störgrößen berücksichtigt, lässt sich zudem ein Regelungskonzept zur Ausgangsführung ableiten. Für das ursprüngliche, auf den Charakteristiken formulierte Modell führt dieses Konzept zu einer prädiktorbasierten Rückführung. Die Lösungseigenschaften werden sowohl aus analytischer als auch aus numerischer Sicht diskutiert.

Literatur

- [1] J. Wurm und F. Woittennek, „Control design for convection-reaction systems with storage effects and positive relative degree“, PAMM, 2024, doi: 10.1002/pamm.202400161.