

Kurzfassung der Dissertation
„Rekonfiguration der Regelung nichtlinearer dynamischer Systeme – ein Fehlerverdeckungsansatz“

Jan H. Richter, 17. April 2009

In dieser Arbeit wird der Fehlerverdeckungsansatz zur autonomen Rekonfiguration der Regelung linearer dynamischer Systeme auf zwei Klassen nichtlinearer dynamischer Systeme erweitert. Die Rekonfiguration ist ein aktives Verfahren zur Verbesserung der Zuverlässigkeit eines geregelten Systems. Nach Eintritt von Aktor- oder Sensorfehlern wird der Regler so angepasst, dass unter Ausnutzung von Aktor- und Sensor-Redundanzen die nominellen Eigenschaften des Regelkreises soweit wie möglich wiederhergestellt werden. Eine Anpassung ist insbesondere dann erforderlich, wenn schwerwiegende Fehler den Regelkreis auftrennen, so dass das fehlerhafte System ohne weitere Maßnahmen in der offenen Kette arbeitet.

Autonome Rekonfiguration erfordert eine automatische Anpassung der Regelung ohne den Eingriff von Entwurfsingenieuren, so dass nur minimal invasive Anpassungen am Regler vorgenommen werden sollen. Diese Eigenschaft ist im Fall von Sensorfehlern durch die Verwendung virtueller Sensoren erreichbar, welche fehlerhafte Sensorsignale durch Schätzungen ersetzen. Im Fall von Aktorfehlern kann minimale Invasivität durch die Verwendung virtueller Aktoren erreicht werden, welche mittels additiver Änderungen der Stellsignale von betriebsbereiten Aktoren die Wirkung fehlerhafter Aktoren ersetzen. Der Vorteil der in dieser Arbeit verwendeten virtuellen Sensoren und virtuellen Aktoren besteht in der Weiterverwendung des nominellen Reglers auch nach der Rekonfiguration, insbesondere unter dem Aspekt der minimalen Invasivität. Da die Rekonfiguration auf unsicheren, autonom diagnostizierten Modellen des fehlerhaften Systems basiert, sollen rekonfigurierte Regler robust gegen Modellunsicherheiten sein.

Diese Arbeit erweitert die Konzepte linearer virtueller Sensoren und virtueller Aktoren auf die Klassen der Hammerstein-Wiener Systeme und der stückweise affinen Systeme. Hammerstein-Wiener Systeme können im Rahmen beliebiger statischer nichtlinearer Eingangs- und Ausgangskennlinien insbesondere Beschränkungen der Aktoren anhand von Sättigungskennlinien darstellen. Stückweise affine Systeme eignen sich zur näherungsweise Repräsentation spezieller eingangsaaffiner Dynamiken mit beliebiger Genauigkeit. In dieser Arbeit werden mehrere Rekonfigurationsprobleme formuliert, die sich auf die Systemeigenschaften Stabilität, Sollwertfolge, sowie Regelgüte beziehen. Zu ihrer Lösung mittels virtuellen Sensoren und Aktoren werden für Hammerstein-Wiener Systeme und stückweise affine Systeme Entwurfsmethoden und hinreichende Bedingungen angegeben und bewiesen. Die Verfahren werden mit entsprechenden Ansätzen für lineare Systeme verglichen. Es wird gezeigt, dass die Verfahren robuste Stabilität des rekonfigurierten Regelkreises gegenüber Modellunsicherheiten des fehlerhaften Systems aufweisen. Die in dieser Arbeit entwickelten Methoden basieren auf verschiedenen Stabilitäts- und Gütebegriffen, linearen Matrixungleichungen, und Polytopen. Zwei begleitende Beispiele werden zur Illustration aller Verfahren verwendet.

Die Arbeit schließt mit einer Beschreibung zweckmäßiger Implementierungen der Methoden, einer experimentellen Erprobung an einem thermofluiden Prozess, und einer Zusammenfassung und Diskussion offener Forschungsprobleme.