



Adaptive Führung von Prüfständen

Adaptive feedforward control of testbeds

Nach der Reifeprüfung am BRG Kepler in Graz habe ich das Diplomstudium Elektrotechnik an der TU Graz begonnen und mich auf Elektronik und Nachrichtentechnik spezialisiert. Die Diplomarbeit habe ich in Zusammenarbeit mit Siemens PSE in Wien durchgeführt und Mitte 1999 die zweite Diplomprüfung mit Auszeichnung bestanden. Während des darauffolgenden Zivildienstes habe ich mich bei der Grazer Firma Kristl, Seibt & Co GmbH erstmals mit einem regelungstechnischen Problem befasst:

Ein Industrieunternehmen im oberösterreichischen Raum entwickelt und produziert hochbelastbare Gleitlager für Diesel- und Gasmotoren (siehe Abbildung). Diese Lagerbauform stellt die einzige Alternative für Hubkolbenmotoren dar, bei denen die Längsbewegung des Kolbens in eine Rotationsbewegung der Kurbelwelle umgewandelt werden muss. Die auftretenden Lagerkräfte wären für Rollen- oder Walzenlager viel zu groß. Um nun die Qualität der Gleitlager objektiv beurteilen zu können, ist eine Prüfung unter reproduzierbaren Bedingungen mit frei wählbaren, periodischen Lagerkraftverläufen notwendig. Für diesen Zweck wurde von Kristl, Seibt & Co ein hydraulischer Gleitlagerprüfstand entwickelt. Die Regelung mit einem klassischen Konzept erwies sich aber als sehr unbefriedigend, da die tatsächliche Lagerkraft stark von der gewünschten Kraft abwich. An dieser Stelle überlegte ich mir Möglichkeiten zur Verbesserung des Regelverhaltens.

Die in der Regelungs- und Automatisierungstechnik üblichen Ansätze basieren entweder auf einem analytischen Modell oder verlangen spezielle Experimente zur Identifikation der Regelstrecke. Eine analytische Modellbildung des Gleitlagerprüfstands wäre aber sehr aufwändig und eine experimentelle Identifikation hätte leicht das zu prüfende Lager nachhaltig beeinträchtigen oder sogar zerstören können. Weiters enthalten diese Ansätze meistens ein mehr oder weniger aufwändiges Optimierungsproblem, welches ein übliches Mikrocontroller-System schnell an seine Leistungsgrenzen bringen kann.

Relativ schnell entstanden die Grundzüge eines neuen, sehr einfachen Konzepts speziell für periodische Führungsgrößen. Bei dieser Methode werden kein analytisches Modell und keine speziellen Experimente zur Identifikation benötigt. Mit geringem Vorwissen erhält man nach sehr kurzer Zeit einen Lagerkraftverlauf, der mit dem gewünschten Sollverlauf praktisch identisch ist. Die notwendigen Berechnungen können auch auf Mikrocontroller-Systemen mit bescheidener Rechenleistung leicht durchgeführt werden. Der mit dieser Methode geregelte Gleitlagerprüfstand bewährt sich bereits seit Jahren im industriellen Einsatz.

Die erfolgreiche Lösung dieses praktischen Problems hat die Frage aufgeworfen, inwiefern die Methode verbessert und erweitert werden kann. Mögliche Ansatzpunkte waren die Erweiterung auf nichtperiodische Führungsgrößen sowie die Erweiterung auf Mehrgrößensysteme (also Systeme, bei denen – anders als beim Gleitlagerprüfstand – mehr als nur eine Ausgangsgröße beeinflusst werden soll). Den Untersuchungen konnte ich zunächst als Vertrags-, später als Universitätsassistent am Institut für Regelungs- und Automatisierungstechnik nachgehen.

Es hat sich gezeigt, dass mit Hilfe einiger eleganter mathematischer Umformungen nichtperiodische Führungsgrößen relativ einfach auf den gelösten Fall zurückgeführt werden können. Bei Mehrgrößensys-

temen verkompliziert sich erwartungsgemäß das Verfahren. Prinzipiell kann man nach wie vor auf spezielle Experimente zur Identifikation verzichten. Die Einschwingdauer bis zum Zeitpunkt, bei dem die Ausgangsgrößen den gewünschten Verläufen entsprechen, ist aber im Vergleich zu Eingrößensystemen extrem lang. Alternativ kann man vor der eigentlichen Prüfung eine gesonderte Identifikation mit nur leicht variierten Führungsgrößen durchführen. Die zusätzliche Belastung für den Prüfling ist in diesem Fall minimal, durch das gewonnene Zusatzwissen ist die Methode aber genauso einfach anwendbar wie im Eingrößenfall. Die erweiterte Methode wurde bereits mehrfach anhand verschiedener Motorprüfstände in der Praxis getestet. In allen Fällen konnte das Führungsverhalten deutlich verbessert werden.



Typische Gleitlager für Hubkolbenmotoren (Bild: Robert Bauer)

Adaptive feedforward control of testbeds

During my diploma studies in electrical engineering at the Graz University of Technology, I specialized in electronics and telecommunication. My diploma thesis was carried out in cooperation with Siemens PSE in Vienna. Subsequently, I concentrated on a control oriented problem:

An enterprise situated in Upper Austria develops and produces highly stressable slide bearings for diesel and gas engines. For quality control reasons, a durability test with arbitrary periodic forces is essential. Therefore, a company in Graz developed a slide bearing testbed controlled by a classic concept, which turned out to be very dissatisfying. Improvements were necessary.

Common and well known approaches are based on analytic models or require special experiments for identification. Both approaches were not practicable. The principle idea of a new, simple method especially suitable for periodic references evolved. Without the afore-mentioned drawbacks, a nearly perfect control performance is obtained after a short transient phase. The testbed has already been working in a satisfactory manner for some years.

During my doctoral studies, I improved and expanded the method to nonperiodic references and multivariable systems. The concept has proved to function when applied to some combustion engine testbeds.