

Neue Strategie für Drehmomentbeobachter

Universit  del Sannio setzt dSPACE Simulator Mid-Size ein

Drehmomentbeobachter für Verbrennungsmotoren

Test von Regelstrategien

Der RCP- und HIL-Aufbau im GRACE-Labor der Universit  del Sannio.

In automotiven Regelstrategien für Antriebsstränge werden aus wirtschaftlichen Gründen Drehmomentbeobachter bevorzugt. Im GRACE-Labor (Group for Research on Automatic Control Engineering) der Universit  del Sannio im italienischen Benevento haben Ingenieure einen neuartigen nichtlinearen Drehmomentbeobachter entwickelt. Dabei handelt es sich um einen Algorithmus, der in integrierten Regelstrategien für Motorgetriebe oder Fahrzeugmotoren effizient eingesetzt werden kann. Mit dSPACE-Systemen für Rapid Control Prototyping und Hardware-in-the-Loop wurden die vorgeschlagenen Algorithmen getestet.

Drehmomentbasierte Regelstrategien

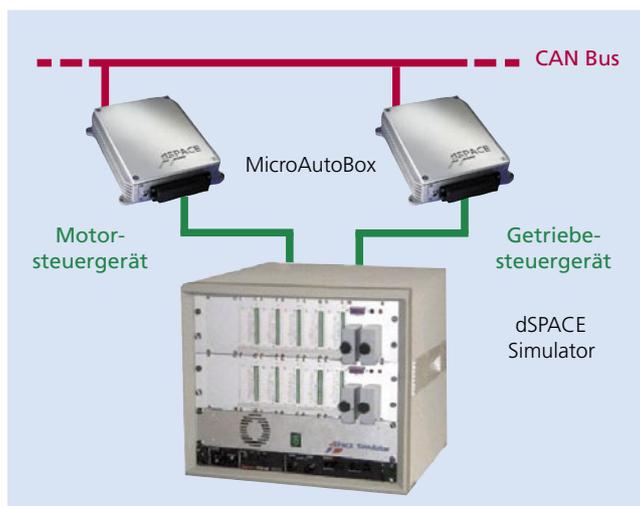
Bei automotiven Regelstrategien, insbesondere bei Fahrdynamikanwendungen, wird ein Teil des vom Verbrennungsmotor generierten Drehmomentes für bestimmte Aufgaben an der Kurbelwelle benötigt. Zum Beispiel muss das effektive Drehmoment bei Traktionskontrollanwendungen während des Radschlupfes oder als Reaktion auf einen Fahrerwunsch reguliert werden. Ebenso muss für Strategien im Bereich Abgasreduzierung und Kraftstoffverbrauch ein geeignetes Drehmomentprofil aktiviert werden, ohne dass die Leistungsanforderung des Fahrers beeinträchtigt wird. In solchen F llen ist ein Regler, der das Motordrehmoment exakt reguliert, unerlässlich, um hohe Leistungen zu erreichen. Günstige und noninvasive Online-Motordrehmomentensensoren sind zurzeit noch nicht verfügbar, daher ist ein Beobachtungsmechanismus für den Entwurf eines Closed-Loop-Regelschemas notwendig. In diesem Projekt wird ein für unterschiedliche Anwendungen einsetzbarer Drehmomentbeobachter entwickelt und getestet.

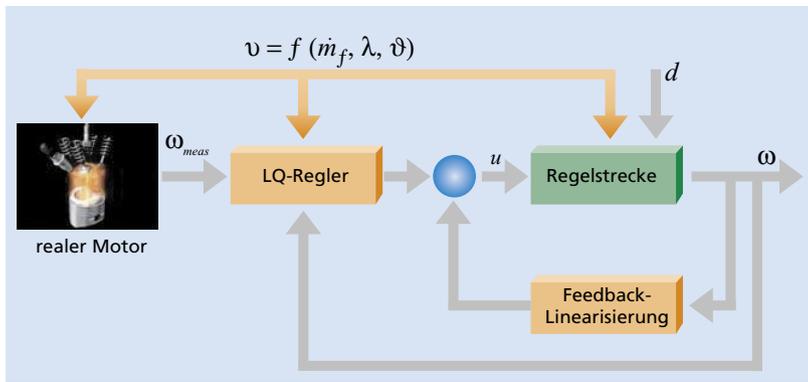
Die Testplattform basiert auf dSPACE-Hardware für Rapid Control Prototyping (RCP) und Hardware-in-the-Loop-Simulation (HIL). Der für den HIL-Test verwendete dSPACE Simulator Mid-Size ist mit einem DS1005 PPC Board und zwei DS2211 HIL I/O Boards ausgestattet. Die von uns entwickelten Regelstrategien für Motor und Getriebe werden mit Hilfe von zwei MicroAutoBoxen getestet. Dabei ermöglichen die I/O-Funktionen der MicroAutoBox die Kommunikation zwischen den beiden Steuergeräten über eine CAN-Bus-basierte Kommunikationsverbindung. Bei dem auf dSPACE Simulator Mid-Size ausgeführten Motormodell handelt es sich um en-DYNA[®] SI 1.5 von TESIS.

Neuartiger nichtlinearer Drehmomentbeobachter

Das Ermitteln des Mittelwertes des Gesamtdrehmomentes auf der Kurbelwelle wurde als Tracking-Problem behandelt und konnte mit Hilfe der Informationen zu Kraftstoffeinspritzmenge, Luft-Kraftstoff-Gemisch, Zündwinkel und gemessener Kurbelwellendrehzahl gesch tzt werden (siehe Tracking-Regelschema). Das zu regelnde System ist ein vereinfachtes, nichtlineares Modell des Verbrennungsprozesses, das die Generierung des Motordrehmomentes und die Dynamik der Kurbelwellendrehzahl reproduziert. Um die gemessene Kurbelwellendrehzahl ω_{meas} zu verfolgen, wurde eine modellbasierte Regelstrategie entworfen. Die Stellgröße u stellt ein zusätzliches Drehmoment dar, mit dem das System die notwendige Kurbelwellendrehzahl erreichen kann, um sowohl Modellunsicherheiten als auch alle unbekannt externen Drehmomente auszugleichen. Dieses Drehmoment wird durch Lösen eines Optimierungsproblems berechnet, das darauf abzielt, die folgende Funktion zu minimieren:

$$V = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} [q(\omega - \omega_{meas})^2 + \rho u^2] dt$$





◀ Tracking-Regelschema: d ist die unbekannte Störung aus allen externen Lastdrehmomenten und v ist die bekannte Störung, die aus Treibstoffmassendurchsatz, Luft-Kraftstoff-Verhältnis und Vorzündung gebildet wird.

Variablen	Beschreibung
ω	Kurbelwellendrehzahl
u	Stellgröße für das zusätzliche Drehmoment
d	Unbekannte Störung
v	Bekannte Störung
\dot{m}_f	Treibstoffmassendurchsatz
λ	Luft-Kraftstoff-Verhältnis
ϑ	Vorzündung

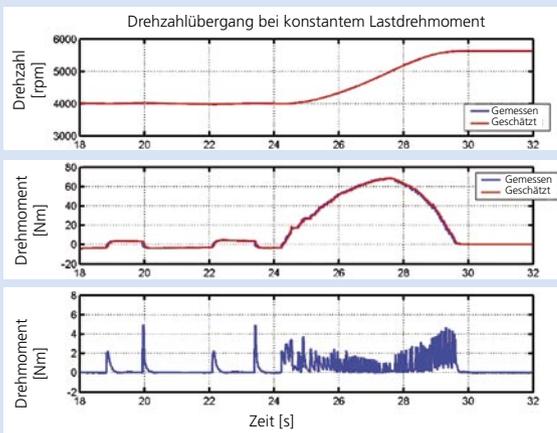
Testphase

In der Testphase wurde die hervorragende Leistung hinsichtlich Genauigkeit des Algorithmus und Beständigkeit gegenüber Unsicherheiten bestätigt. Die Testergebnisse bestärken uns in der Weiterentwicklung der Regelstrategien für Motoren und Getriebe. In hierarchischen Regelarchitekturen, wie in automotiven Anwendungen, werden anspruchsvolle Algorithmen auf Steuergeräten ausgeführt. Dafür sind unter anderem bestimmte Drehmomentprofile für den Drehmomentregler nötig. Die Kommunikation zwischen den unterschiedlichen Steuergeräten wird üblicherweise auf Datenbussen wie CAN-Bussen durchgeführt. Wir betreiben weiterhin umfassende Forschungen auf dem Gebiet der Integration und Kommunikation solcher Strategien. Mit dSPACE-Hardware für Rapid Control Prototyping und Hardware-in-the-Loop-Simulation errichten wir daher eine Regelarchitektur für Motor- und Getrieberegelstrategien.

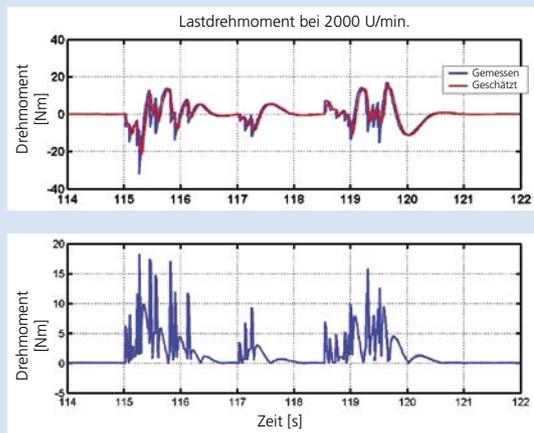
Paolo Falcone, Giovanni Fiengo, Luigi Glielmo
 Dipartimento di Ingegneria
 Università del Sannio,
 Benevento, Italien

Weitere Informationen zum Algorithmus:
 P. Falcone, G. Fiengo und L. Glielmo, "Nicely Nonlinear Engine Torque Estimator", 16th IFAC World Congress, Prag, 2005.

Der Drehmomentbeobachter setzt sich aus drei Schritten zusammen. Zuerst wird ein nichtlineares Modell berechnet, in unserem Fall eine Taylor-Approximation zweiten Grades des Motors einschließlich Verbrennungsmodell und Kurbelwellendynamik. Durch Feedback-Linearisierung des nichtlinearen Systems erhält man dann ein lineares Modell des Motors. Im letzten Schritt entsteht für das lineare System eine LQ-Zustandsregelung mit unendlichem Horizont.



▲ Drehzahlübergang bei konstantem Lastdrehmoment von 20 Nm.



▲ Lastdrehmomentübergang bei konstanter Drehzahl von 2000 U/min.