

Entspannt schalten mit Doppelkupplung

- **Das Fiat-Forschungszentrum (CRF) setzt auf dSPACE Prototyper**
- **Reglerentwicklung für ein Doppelkupplungsgetriebe**
- **MicroAutoBox für Tests im Fahrzeug**

Während der letzten fünfzehn Jahre hat das Fiat-Forschungszentrum (Centro Ricerche Fiat, CRF) bereits umfassende Erfahrung im Bereich Entwurf, Analyse, Test und Validierung von Regelanwendungen für automatisierte Schaltgetriebe gesammelt. In den Forschungen wurden dabei Fahrzeuge mit unterschiedlichen Antriebsarten wie Benzin, Diesel, Erdgas und Strom eingesetzt. Innerhalb kurzer Zeit konnten wir im CRF mit dSPACE Prototyper und ControlDesk unterschiedliche Anwendungen für Doppelkupplungsgetriebe (DCT) erstellen, deren Schwerpunkte auf Regelstrategien und Systementwurf lagen. DCT ist die Weiterentwicklung des automatisierten Handschaltgetriebes (Automated Manual Transmission, AMT), wobei nun Verluste der Zugkraft beim Gangwechsel vermieden werden.

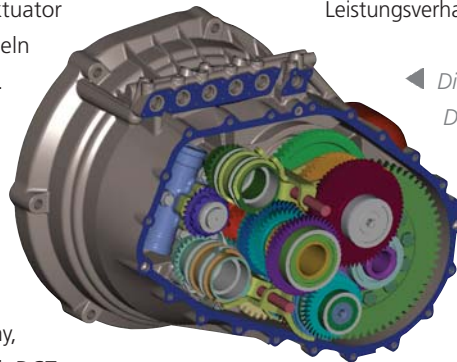
Doppelkupplungsgetriebe

Ein Doppelkupplungsgetriebe (DCT) besteht aus einem 6-Gang-Getriebe mit zwei Trockenkupplungen (elektrohydraulisch ausgelöst) und einem sequenziellen, elektrohydraulischen Kupplungsaktuator. Die beiden Trockenkupplungen übertragen das Motordrehmoment über die beiden Antriebswellen an die Räder, während der Kupplungsaktuator für ein sanftes Ein- und Auskuppeln während des Schaltvorgangs sorgt. Die Mechanik des Getriebes ermöglicht den Gangwechsel ohne Unterbrechung der Zugkraft zwischen zwei Übersetzungsverhältnissen. Der Fahrer kann selber per Hand schalten oder zwischen den Automatikmodi Economy, Standard oder Sport wählen. Durch DCT wird die Fahrdynamik während des Schaltens beträchtlich gesteigert, da die Zugkraft voll erhalten bleibt.

Anforderungen an die Regelung

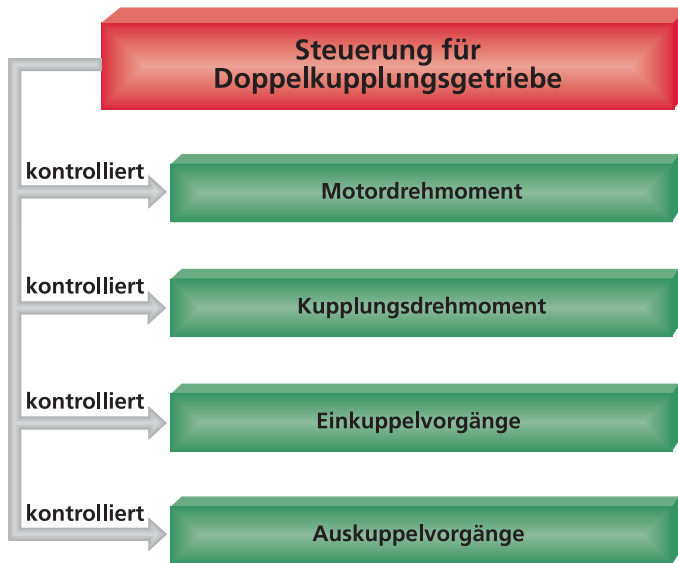
Komplett mit MATLAB®/Simulink®/Stateflow® entworfen, garantiert DCT aufgrund der beiden Trockenkupplungen einen höheren Komfort beim Gangwechsel. Das Herzstück der Getriebesteuerung ist eine modellbasierte Regelung, von der vier komplexe, zentrale Abläufe gesteuert werden: das Motordrehmoment, das Kupplungsdreh-

moment sowie das Ein- und Auskuppeln. Die Schaltabläufe berechnen die Referenzwerte für beide Kupplungen und das Referenzdrehmoment für das Motorsteuergerät, um Zugkraftverluste während des Schaltens zu vermeiden. Die Regelung muss zudem Fehler von Sensoren sowie von hydraulischen und mechanischen Komponenten erkennen. Sie muss dafür sorgen, dass das Leistungsverhalten des Synchronisators während



◀ Die Mechanik des Doppelkupplungsgetriebes ermöglicht den Übergang zwischen zwei Übersetzungsverhältnissen ohne Verlust der Zugkraft.

des Schaltvorgangs konsistent bleibt und die passenden Wiederherstellungsstrategien einsetzen, um die Systemsicherheit und -funktionalität zu gewährleisten. Zu der Regelung gehören auch automatische Getriebestrategien wie zum Beispiel der Gangwechsel für sparsamen Verbrauch oder sportliche Fahrweise sowie ein fahrerspezifischer Modus, der automatisch an die individuellen Fahrgewohnheiten angepasst werden kann. Die Strategien des Automatikmodus wählen das Übersetzungsverhältnis unter Zuhilfenahme von auf Verbrauch und Leistung basierenden Regeln, um die Arbeitspunkte des Motors und das Verhalten



▲ Vier zentrale Abläufe werden durch das Regelsystem des Doppelkupplungsgetriebes gesteuert. Der Fahrkomfort während des Schaltens wird beträchtlich erhöht und der Gangwechsel bei Wendemanövern wird sicherer.

des Fahrzeugs zu optimieren. Die Werkzeugkette für die Entwicklung basierte auf MATLAB/Simulink und dSPACE-Tools, die den Entwurf und den Test der DCT-Anwendung sowie das Verstellen von Parametern und das Erfassen von Datensignalen stark vereinfacht haben.

Implementierung

Die mit MATLAB/Simulink/Stateflow realisierten DCT-Regelstrategien und Hilfsfunktionen wurden mit Software-in-the-Loop-Simulation (SIL) verifiziert, bevor sie auf dem Prüfstand und auf der Straße getestet wurden. Um das System an die Fahrzeugtests zu adaptieren und die Feineinstellung vorzunehmen, konnten wir die dSPACE-Tools erfolgreich an unsere Bedürfnisse anpassen. dSPACE MicroAutoBox und die Tool-Kit-Bibliotheken haben unsere Anforderungen vollkommen erfüllt. Durch die Tool-Umgebung konnte viel Entwicklungszeit eingespart und die Anzahl der sicherheitskritischen Tests während der Validierung der DCT-Anwendung reduziert werden. Mit dSPACE Real-Time Interface war es möglich, die in MATLAB/Simulink implementierten Regelstrategien mühelos mit den echten Sensoren und Aktuatoren zu verbin-



den und mit Real-Time Workshop den Code automatisch zu generieren. Wegen der zahlreichen Ein- und Ausgangskanäle, verschiedenen möglichen Hardware-Konfigurationen und der kompakten Bauweise war die dSPACE MicroAutoBox mühelos in jedem Serienfahrzeug installierbar. Darüber hinaus wussten wir ControlDesk mit seinen Möglichkeiten zur Parameteränderung sowie zur Datenvisualisierung und -erfassung sehr zu schätzen. Diese Leistungsmerkmale waren zudem bei der DCT-Feinabstimmung von großem Nutzen. ControlDesk ist zusammen mit MATLAB sehr gut in unseren Applikationsprozess integriert, wodurch die Ingenieure umfassend bei der Feinabstimmung und Optimierung der DCT-Fahrzeuganwendung unterstützt werden.

Ergebnis

Die DCT-Regelung garantiert den Gangwechsel ohne wesentliche Verluste der Zugkraft, und das insbesondere während des Hochschaltens. Der weiche Übergang zwischen den Gängen verbessert nicht nur den Fahrkomfort, sondern ermöglicht dem Fahrer zudem ein sicheres Schalten bei Wendemanövern. Durch den Einsatz von dSPACE Prototyper und ControlDesk konnte die Entwicklungszeit beträchtlich reduziert werden.

*Dr. Renato Gianoglio,
Massimo Fossanetti,
Dr. Giancarlo Osella
Vehicle Control Systems
Fiat-Forschungszentrum (Centro Ricerche Fiat, CRF)
Italien*

◀ Die Steuerung für das Doppelkupplungsgetriebe wurde erfolgreich in das Prototyp-Fahrzeug Lancia Thesis implementiert. Für die Tests im Fahrzeug setzte das Fiat-Forschungszentrum (CRF) die dSPACE MicroAutoBox ein.