

# Dynamic Model of a Fuel Injection / Common Rail System for a HiL-Simulator

Fachgebiet: Fahrzeugelektrik und -elektronik

Betreuer: Prof. Kurt Hug

Experten: Hans-Jörg Gisler (Carosserie Hess AG), Alfred Sasse (MOWAG GmbH)

Industriepartner: FPT Motorenforschung AG, Arbon

Hardware in the Loop (HiL) Simulatoren sind in der Entwicklung von eingebetteten Systemen und Regelfunktionalitäten nicht mehr wegzudenken. Die Simulatoren ermöglichen präzise Fehlerüberprüfung, kurze Entwicklungszeiten und Kostensenkungen. Der Simulator bildet die reale Umgebung des Systems mittels mathematischer Modelle, welche in Echtzeit berechnet werden, nach.

## Aufgabenstellung

Diese Arbeit befasst sich mit dem Modell eines Common-Rail Diesel Einspritzsystems für einen HiL Simulator. Dabei sollen Verbesserungen an einem bestehenden Modell vorgenommen werden, so dass das Gesamtmodell in allen Motorbetriebspunkten stabil läuft. Die Fehler und Ungenauigkeiten des aktuellen Modells äussern sich während des Simulationsbetriebs durch Schwankungen des Raildrucks und der Motordrehzahl. Dies tritt vor allem im Leerlauf und im tiefen Teillastbereich auf. Die Ursachen dieses fehlerhaften Verhaltens des Modells sollen in dieser Arbeit ermittelt werden. Das Modell und alle Messungen betreffen einen 13L, 6-Zylinder Heavy-Duty Dieselmotor.

## Systemelastizität

Als mögliche Fehlerquelle wurde die Elastizität der Komponenten des Einspritzsystems vermutet. Zur Verifizierung der Berechnungen der vorangegangenen Semesterarbeit wurden mit einem Prüfaufbau, bestehend aus einem Zylinderkopf und allen Komponenten des Common-Rail Systems, Versuche und Messungen durchgeführt.

Zusammen mit den Berechnungen konnte gezeigt werden, dass die Elastizität der Systemkomponenten etwa 3% der Kompressibilität des Dieselöls ausmacht und somit vernachlässigt werden kann. Diese Fehlerquelle kann somit ausgeschlossen werden. Die aktuellen Be-

rechnungen mit dem Modell, welches nur die Elastizität des Dieselöls beinhaltet, reichen in Ihrer Genauigkeit.

## Berechnung der Einspritzmasse

Eine weitere Fehlerquelle wurde in der Berechnung der Einspritzdauer aus dem abgegriffenen Bestromungssignal vermutet. Die hohe Sensitivität der berechneten Einspritzmenge auf diese Dauer legt diese Vermutung nahe.

Um die Genauigkeit des Modells betreffend der berechneten Einspritzmassen einordnen zu können, wurden im Einspritzlabor der FPT Motorenforschung AG Messungen durchgeführt. Dazu wurden 44 Motorbetriebspunkte definiert, welche das gesamte Motor-kennfeld abdecken. Zur Feststellung der Abweichungen zwischen Modell und Messungen wurden der Leerlauf (550 rpm) sowie der tiefe Teillastbereich (550 bis 800 rpm, Belastung 100 bis 200 Nm) genauer betrachtet. Für die Messungen im Einspritzlabor mussten diverse Parameter für die Einspritzung vorgegeben werden, welche aus einem am realen Motor gemessenen Kennfeld interpoliert wurden.

## Resultate

Bei der Analyse und Fehlersuche wurde deutlich, dass die anfangs vermuteten Fehlerquellen wie Elastizität der Systemkomponenten und Erfassung der Einspritzzeiten genau genug modelliert sind, und dass der Haupteinfluss für eine Verbesserung beim Injektor-kennfeld liegt. Dieses wird auf dem Motorenprüfstand am realen Motor erstellt. Es muss für den Realbetrieb nicht sehr genau sein, da der Fahrer als Regler agiert und somit immer das gewünschte Drehmoment erzeugt wird. Zudem werden während der Applikation des Kennfeldes verschiedene Ungenauigkeiten und Fehler aus dem ECU-Dataset kompensiert. Da das Modell das invertierte, aber sonst gleiche Injektor-kennfeld verwendet, im Modell aber keine Parameterkorrekturen stattfinden, entstehen Fehler in der Berechnung der Einspritzmasse. Diese Fehlerquelle lässt sich nur durch ein präzise appliziertes Injektor-kennfeld oder durch eine auf das jeweilige Motorensetup abgestimmte Korrektur eliminieren.

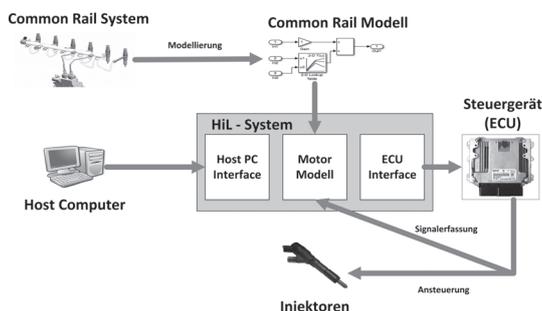


Cyril Ditzler



Hannes Müller

## Schema eines HiL - Simulators



Schema und Funktionsbild eines HiL-Simulators