

Kurzfassung der Dissertation

Sensorlos geregelte Ansteuerungsverfahren für die Mehrfacheinspritzung mit elektromagnetischen Kfz-Einspritzventilen

Sensorless Closed-Loop Control for Multiple Injection Strategies with Automotive Solenoid Injectors

Dipl.-Ing. Sebastian Skiba
Ehemals Forschungsgruppe Kfz-Elektronik
Ruhr-Universität Bochum

Nach Aussagen der Kfz-Hersteller und aktuellen Studien zufolge, wird der Verbrennungsmotor in den nächsten Jahrzehnten trotz der fortschreitenden Elektrifizierung des Antriebsstrangs die dominierende Antriebsform darstellen. Geschichtet betriebene, magere Brennverfahren mit strahlgeführter Direkteinspritzung bieten bei Ottomotoren das größte Potenzial, um den Kraftstoffverbrauch innermotorisch zu senken und die Entstehung von Schadstoffemissionen zu reduzieren. Diese Brennverfahren mit Mehrfacheinspritzungen stellen hohe Ansprüche an die eingesetzten Einspritzventile.

Die Aufgabe der Einspritzventile liegt in der präzisen und reproduzierbaren Kraftstoffdosierung mit geringer Streuung auch bei kleinsten Einspritzmengen im Bereich von wenigen Milligramm in Kombination mit hohen Kraftstoffdrücken. Des Weiteren sind eine gute Gemischaufbereitung und hohe Spraystabilität gefordert. Piezo-Einspritzventile weisen speziell bei den Kriterien der Kleinstmengenfähigkeit im Teilhubbetrieb und der Mehrfacheinspritzung gegenüber Magneteinspritzventilen deutliche Vorteile auf. Aus diesem Grund werden Piezo-Einspritzventile bei den aktuellen strahlgeführten Brennverfahren eingesetzt. Ihr Einsatz bedingt jedoch höhere Systemkosten und zeigt Nachteile bei der Lebensdauer im Vergleich zu Magneteinspritzventilen. Um eine weite Verbreitung der Benzindirekteinspritzung mit strahlgeführten Brennverfahren zu ermöglichen, sollten die Vorteile der Magneteinspritzventile, wie geringe Kosten und hohe Robustheit, mit den guten Dosierungseigenschaften der Piezo-Einspritzventile kombiniert werden.

Allein über die Optimierung der Fertigung der Magneteinspritzventile ist die Erfüllung der steigenden Anforderungen aktueller Einspritzverfahren nicht mehr zu adäquaten Kosten realisierbar. Aus diesem Grund wird ein systemischer Ansatz verfolgt, der die Anforderungen sowohl auf die Fertigung, als auch auf die Ansteuerung über entsprechende Algorithmen und Funktionen verteilt. Der systemische Ansatz baut auf den Abweichungen der Dosierungseigenschaften der Magneteinspritzventile auf, die durch die heutige Fertigungsqualität vorgegeben sind. Der Einsatz geregelter Ansteuerungsverfahren ermöglicht es, die Anforderungen aktueller Einspritzverfahren zu erfüllen.

Im Rahmen dieser Arbeit werden die Dosierungseigenschaften von Piezo- und Magneteinspritzventilen anhand von Messungen an einem hierfür entwickelten Einspritzventilprüfstand verglichen. Die Messungen ermöglichen auch die Separierung der Einflüsse der Betriebsbedingungen auf die Dosierungseigenschaften. Durch die Nutzung der Sensoreigenschaften der Magneteinspritzventile, werden signifikante Ereignisse im Bewegungsverlauf der Ventalnadel durch die Auswertung der elektrischen Ansteuersignale während des normalen Betriebs detektiert. Die entwickelten geregelten Ansteuerungsverfahren nutzen, neben den sensorlosen Detektionsverfahren zur Rekonstruktion des Ventalnadelhubverlaufs, den Zusammenhang zwischen der Ventalnadelbewegung und der eingespritzten Kraftstoffmenge der Magneteinspritzventile. Es werden durch die Regelung der Ventalnadelflugdauer der untersuchten Magneteinspritzventile Streuungen von unter 20 % bei der Einzeleinspritzung von Kleinstmengen im Bereich von 1 mg im Teilhubbetrieb erreicht. Auch bei mehreren schnell aufeinanderfolgenden Einspritzungen werden ebenfalls Streuungen in der gleichen Größenordnung erzielt. Es werden minimale Hubabstände der Einzelhübe im Bereich von 300µs ermöglicht. Diese Ergebnisse liegen gleich und teilweise besser als bei den untersuchten Piezo-Einspritzventilen. Die entwickelten Verfahren wurden an Einspritzventilen verschiedener Hersteller erfolgreich erprobt.