

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
10. Oktober 2013 (10.10.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/149924 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/14 (2006.01) F02D 41/24 (2006.01)
F02D 41/20 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/056618

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. März 2013 (27.03.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 205 573.8 4. April 2012 (04.04.2012) DE

(71) Anmelder: CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: DENK, Frank; Dürerstr. 9, 93083 Obertraubling (DE). RÖSEL, Gerd; In der oberen Au 21, 93055 Regensburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: DETERMINING THE MOVEMENT BEHAVIOUR OVER TIME OF A FUEL INJECTOR ON THE BASIS OF AN EVALUATION OF THE TEMPORAL PROGRESSION OF VARIOUS ELECTRICAL MEASUREMENT VARIABLES

(54) Bezeichnung : BESTIMMEN DES ZEITLICHEN BEWEGUNGSVERHALTENS EINES KRAFT-STOFFINJEKTORS BASIEREND AUF EINER AUSWERTUNG DES ZEITLICHEN VERLAUFS VON VERSCHIEDENEN ELEKTRISCHEN MESSGRÖSSEN

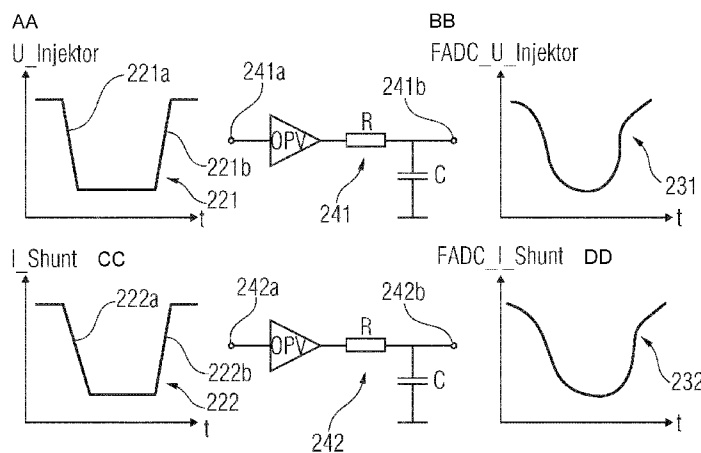


FIG 2

AA U_Injektor
BB FADC_U_Injektor
CC I_Shunt
DD FADC_I_Shunt

(57) Abstract: A method is described for determining the movement behaviour over time of a fuel injector having a coil drive. The method has the following steps: (a) applying an electrical excitation to a coil of the coil drive, which prompts an opening movement of a valve needle coupled to a magnetic armature of the coil drive; (b) recording the temporal progression of a first electrical measurement variable of the coil; (c) determining the time when the opening movement ends on the basis of the recorded temporal progression of the first electrical measurement variable; (d) modifying the electrical excitation of the coil in such a manner that the valve needle performs a closing movement; (e) recording the temporal progression of a second electrical measurement variable of the coil; and (f) determining the time when the closing movement ends on the basis of the recorded temporal progression of the second electrical measurement variable. One of the two measurement variables in said method is the voltage present at the coil and the other is the intensity of the current flowing through the coil.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/149924 A1



Es wird ein Verfahren zum Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens eines einen Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektors beschrieben. Das Verfahren weist auf (a) Beaufschlagen einer Spule des Spulenantriebs mit einer elektrischen Erregung, welche zu einer Öffnungsbewegung einer Ventalnadel führt, die mit einem Magnetanker des Spulenantriebs gekoppelt ist, (b) Erfassen des zeitlichen Verlaufs einer ersten elektrischen Messgröße der Spule, (c) Bestimmen des Zeitpunkts des Endes der Öffnungsbewegung basierend auf dem erfassten zeitlichen Verlauf der ersten elektrischen Messgröße, (d) Modifizieren der elektrischen Erregung der Spule, so dass die Ventalnadel eine Schließbewegung ausführt, (e) Erfassen des zeitlichen Verlaufs einer zweiten elektrischen Messgröße der Spule und (f) Bestimmen des Zeitpunkts des Endes der Schließbewegung basierend auf dem erfassten zeitlichen Verlauf der zweiten elektrischen Messgröße. Dabei ist eine der beiden Messgrößen die Höhe der an der Spule anliegenden Spannung und die andere ist die Stärke des durch die Spule fließenden Stromes.

Beschreibung

Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens eines Kraftstoffinjektors basierend auf einer Auswertung des zeitlichen
5 Verlaufs von verschiedenen elektrischen Messgrößen

Die vorliegende Erfindung betrifft das technische Gebiet der Ansteuerung von Kraftstoffinjektoren, welche einen mit einer
10 Ventalnadel mechanisch gekoppelten magnetischen Anker und einen eine Spule aufweisenden Spulenantrieb zum Bewegen des magnetischen Ankers aufweisen. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren sowie eine Vorrichtung, eine Motorsteuerung und ein Computerprogramm zum Bestimmen des
15 zeitlichen Bewegungsverhaltens eines einen Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektors für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges, wobei die Bestimmung des Bewegungsverhaltens basierend auf einer Auswertung des zeitlichen Verlaufs einer elektrischen Messgröße einer Spule des Spulenantriebs erfolgt. Die vorliegende Erfindung betrifft ferner
20 ein Verfahren zum Ansteuern eines einen Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektors für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges basierend auf einem mit dem o.g. Verfahren bestimmten zeitlichen Bewegungsverhalten.

25

Beim Betrieb insbesondere von direkt angetriebenen Kraftstoffinjektoren, welche einen mit einer Ventalnadel mechanisch gekoppelten magnetischen Anker und einen eine Spule aufweisenden
30 Spulenantrieb zum Bewegen des magnetischen Ankers aufweisen, mit gleichen Strom/Spannungsparametern kommt es aufgrund von elektrischen, magnetischen und/oder mechanischen Toleranzen zu einem unterschiedlichen zeitlichen Öffnungs- und/oder Schließverhalten der individuellen Kraftstoffinjektoren. Dies
35 wiederum führt zu unerwünschten Injektor-individuellen Variationen in der Menge des tatsächlich eingespritzten Kraftstoffs.

Die relativen Einspritzmengenunterschiede von Kraftstoffinjektor zu Kraftstoffinjektor vergrößern sich jedoch bei kürzer werdenden Einspritzzeiten und damit bei geringen Einspritzmengen. Für moderne Motoren ist es bereits wichtig und für zukünftige Motorengenerationen wird es in Anbetracht einer weiteren Reduzierung von Schadstoffemissionen noch wichtiger sein, dass auch bei geringen einzuspritzenden Kraftstoffmengen eine hohe Mengengenauigkeit gewährleistet werden kann. Eine hohe Mengengenauigkeit kann jedoch nur dann erreicht werden, wenn das tatsächliche Bewegungsverhalten der Ventalnadel bzw. des magnetischen Ankers insbesondere während des Öffnungsvorgangs und/oder während des Schließvorgangs bekannt ist.

Der zum Betrieb eines einen Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektors benötigte Spulenstrom wird typischerweise durch eine geeignete Stromregler Hardware zur Verfügung gestellt. Der sich einstellende zeitliche Verlauf des Stromes durch die Spule des Spulenantriebs ist dabei unter anderem von der Induktivität und dem elektrischen Widerstand der Spule abhängig. Der elektrische Widerstand setzt sich aus dem ohmschen Widerstand der Wicklung(en) der Spule und dem Widerstand des (ferro)magnetischen Materials des Kraftstoffinjektors zusammen. Wirbelströme, die aufgrund von magnetischen Flussänderungen im ferromagnetischen Material fließen, werden durch den endlichen elektrischen Widerstand des (ferro)magnetischen Materials gedämpft.

Mittels einer präzisen Auswertung des genauen zeitlichen Verlaufs des Spulenstromes oder der Spulenspannung kann das Ende einer Öffnungsbewegung des magnetischen Ankers bzw. der Ventalnadel (der magnetische Anker schlägt an einem mechanischen Öffnungsanschlag an) und auch das Ende der nachfolgenden Schließbewegung des magnetischen Ankers bzw. der Ventalnadel (der magnetische Anker schlägt an einen Ventilsitz an) bestimmt werden. Diese Enden sind nämlich jeweils als Knick in dem Verlauf des Spulenstromes oder der Spulenspannung erkennbar.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, möglichst ohne einen zusätzlichen apparativen Aufwand das tatsächliche Bewegungsverhalten eines Kraftstoffinjektors zu charakterisieren.

5

Diese Aufgabe wird gelöst durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

10

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens eines einen Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektors für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges beschrieben. Das beschriebene Verfahren weist auf (a) Beaufschlagen einer Spule des Spulenantriebs mit einer elektrischen Erregung, welche zu einer Öffnungsbewegung einer Ventilnadel führt, die mit einem Magnetanker des Spulenantriebs gekoppelt ist, (b) Erfassen des zeitlichen Verlaufs einer ersten elektrischen Messgröße der Spule, (c) Bestimmen des Zeitpunkts des Endes der Öffnungsbewegung basierend auf dem erfassten zeitlichen Verlauf der ersten elektrischen Messgröße, (d) Modifizieren der elektrischen Erregung der Spule, so dass die Ventilnadel eine Schließbewegung ausführt, (e) Erfassen des zeitlichen Verlaufs einer zweiten elektrischen Messgröße der Spule und (f) Bestimmen des Zeitpunkts des Endes der Schließbewegung basierend auf dem erfassten zeitlichen Verlauf der zweiten elektrischen Messgröße. Erfindungsgemäß ist eine der beiden Messgrößen die Höhe der Spannung, welche an der Spule anliegt, und die andere der beiden Messgrößen ist die Stärke des Stromes, welcher durch die Spule fließt.

Dem beschriebenen Verfahren liegt die Erkenntnis zugrunde, dass durch die Auswertung von zwei verschiedenen elektrischen Messgrößen die Zeitpunkte (a) des Endes der Öffnungsbewegung und (b) des Endes der Schließbewegung besonders genau bestimmt werden können und damit wichtige Erkenntnisse über das tatsächliche Bewegungsverhalten des Kraftstoffinjektors gewonnen werden

35

können. Dies wiederum erlaubt eine besonders genaue Kraftstoffzumessung für die Verbrennungsvorgänge in einem Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeugs.

5 Die beschriebene elektrische Erregung kann ein beliebiger Zeitverlauf von Strom und/oder Spannung sein, welcher dafür sorgt, dass eine Ventalnadel des Kraftstoffinjektors vorübergehend aus ihrer Schließposition ausgelenkt wird und somit einen Einspritzvorgang des Kraftstoffinjektors ermöglicht. Die
10 elektrische Erregung kann je nach spezieller Anwendung einen zeitlichen Verlauf haben, welcher in bekannter Weise beispielsweise eine Pre-Charge-Phase, eine Boostphase, eine Abkommutierungsphase und/oder eine Haltephase aufweist.

15 Die elektrischen Messgrößen, welche zunächst als analoge Messgrößen erfasst werden, können in analoger und/oder digitaler Form weiterverarbeitet werden. Die jeweilige Signalverarbeitung kann in bekannter Weise eine geeignete Signalaufbereitung wie zum Beispiel eine Verstärkung, eine Filterung (beispielsweise zum
20 Entfernen von einem unerwünschten Hochfrequenz-Rauschen) und/oder eine Impedanzanpassung umfassen. Eine Umwandlung eines Analogsignals in ein entsprechendes Digitalsignal kann mittels eines Analog-Digital-Konverters und insbesondere mit einem sog. Fast Analog-Digital Konverter (FADC) erfolgen.

25 Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die erste elektrische Messgröße die Stärke des Stromes, welcher durch die Spule fließt, und die zweite elektrische Messgröße ist die Höhe der Spannung, welche an der Spule anliegt. Dies hat den Vorteil,
30 dass eine besonders hohe Genauigkeit sowohl bei der Bestimmung des Endes der Öffnungsbewegung als auch bei der Bestimmung des Endes der Schließbewegung erreicht werden kann. Die Erfinder des in diesem Dokument beschriebenen Verfahrens haben nämlich erkannt, dass (a) der Verlauf der Öffnungsbewegung besonders
35 genau mittels eines geeigneten Strommessverfahrens und dass (b) der Verlauf der Schließbewegung besonders genau mittels eines geeigneten Spannungsmessverfahrens bestimmt werden kann.

Die Messung der Stromstärke kann mittels eines geeigneten Strommessverfahrens erfolgen, bei dem beispielsweise der Stromwert über einen FADC in digitaler Weise erfasst und bezogen auf den Beginn der Bestromung die Zeit des Endes der Öff-

5 nungsbewegung detektiert wird. Zur Erfassung der Stromstärke kann die an einem Shunt (Messwiderstand) abfallende Spannung gemessen werden. Der Shunt kann sich konzeptmäßig in einem Strompfad gegen Masse befinden.

10 Die Messung der Höhe der an dem Spulenantrieb anliegenden Spannung kann mittels eines geeigneten Spannungsmessverfahrens erfolgen, bei dem die entsprechenden Spannungswerte bei-

15 schließbewegung detektiert wird. Dabei kann direkt die an dem Spulenantrieb anliegende Spannung erfasst werden, die Verwendung eines Shunts ist nicht erforderlich.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung wird (a)

20 ein der ersten elektrische Messgröße zugeordnetes erstes Messsignal mittels einer ersten elektronischen Schaltung aufbereitet und (b) ein der zweiten elektrische Messgröße zugeordnetes zweites Messsignal wird mittels einer zweiten elektronischen Schaltung aufbereitet. Dabei ist die erste

25 elektronische Schaltung verschieden zu der zweiten elektronischen Schaltung. Dies hat den Vorteil, dass für unterschiedliche Messprinzipien, eine Strommessung und eine Spannungsmessung, jeweils eine optimal geeignete elektronische Schaltung verwendet werden kann. Damit weisen beide Messkanäle,

30 der Strommesskanal und der Spannungsmesskanal, jeweils die für eine optimale Signalaufbereitung geeigneten elektronischen Komponenten auf.

Anschaulich ausgedrückt bedeutet dies, dass die verschiedenen

35 Messkanäle eine Anpassung des zu messenden Signals an den Eingang eines entsprechenden FADCs darstellen. Dies gilt insbesondere hinsichtlich des Wertebereichs des entsprechenden Messsignals,

hinsichtlich der Signalauflösung und hinsichtlich der Signalimpedanz.

Die erste und die zweite elektronische Schaltung sind verschiedene Schaltungen. Dies bedeutet, dass zumindest einige der
5 Komponenten der ersten elektronischen Schaltung nicht für die Signalaufbereitung mittels der zweiten elektronischen Schaltung verwendet werden. Gleiches gilt umgekehrt für zumindest einige der Komponenten der zweiten elektronischen Schaltung. Bevorzugt
10 sind die beiden elektronischen Schaltungen jedoch vollständig voneinander getrennt. Dies bedeutet, dass keine Komponente der ersten elektronischen Schaltung auch der zweiten elektronischen Schaltung zugeordnet ist und umgekehrt dass keine Komponente der zweiten elektronischen Schaltung auch der ersten elektronischen
15 Schaltung zugeordnet ist.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung weist das Verfahren ferner auf (a) ein Ermitteln einer ersten zeitlichen Verzögerung in der Signalaufbereitung des ersten Messsignals,
20 und (b) ein Ermitteln einer zweiten zeitlichen Verzögerung in der Signalaufbereitung des zweiten Messsignals. Dabei erfolgt das Bestimmen des Zeitpunkts des Endes der Öffnungsbewegung ferner basierend auf der ersten zeitlichen Verzögerung und das Bestimmen des Zeitpunkts des Endes der Schließbewegung erfolgt ferner
25 basierend auf der zweiten zeitlichen Verzögerung. Dies hat den Vorteil, dass eine unterschiedliche zeitliche Verzögerung durch die beiden elektronischen Schaltungen individuell für jede Schaltung bestimmt und bei der Bestimmung des Zeitpunktes des Endes der jeweiligen Bewegung berücksichtigt werden kann.
30 Dadurch wird die Genauigkeit der Bestimmung des Zeitpunktes des Endes der Öffnungsbewegung und der Bestimmung des Zeitpunktes des Endes der Schließbewegung weiter verbessert.

Die Möglichkeit der Berücksichtigung der individuellen Verzögerung einer bestimmten elektronischen Schaltung ist aus
35 folgenden Gründen für die Genauigkeit bei dem Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens von großer Bedeutung: Jede elektronische Schaltung besitzt fertigungstechnisch durch die

Verwendung individueller elektronischer Bauteile Toleranzen. Aufgrund dieser Toleranzen variiert auch die Zeitkonstante pro Kanal. Im vorliegenden Fall ist die Variation der Zeitkonstanten der ersten elektronischen Schaltung unabhängig von der Variation
5 der Zeitkonstanten der zweiten elektronischen Schaltung. Die entsprechenden Abweichungen sind jedoch unerwünscht, da sie im Falle einer ausbleibenden Kompensation zu einer im Allgemeinen nicht zu vernachlässigenden Ungenauigkeit bei den bestimmten
10 Zeitpunkten führen. Mit der hier beschriebenen schaltungsin- dividuellen Kompensation dieser zeitlichen Verzögerungen können somit fertigungstechnisch bedingte Toleranzen der elektroni- schen Schaltungen zur Signalaufbereitung erkannt und diese durch
eine geeignet modifizierte Ansteuerung des Kraftstoffinjektors kompensiert werden.

15 Die erste zeitliche Verzögerung wird von der ersten elektro- nischen Schaltung bewirkt und die zweite zeitliche Verzögerung wird von der zweiten elektronischen Schaltung bewirkt. Dies kann anschaulich auf einfache Weise verstanden werden, weil beide
20 elektronische Schaltungen idealisiert zumindest für hohe (Rausch)Frequenzen ein Tiefpassverhalten besitzen. Dieses Verhalten spiegelt sich in einer bestimmten zeitlichen Kon- stanten T wider, welche die jeweilige elektronische Schaltung am
Ausgang gegenüber einer sprunghaften Eingangssignaländerung
25 zeigt.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung weist das Ermitteln der ersten zeitlichen Verzögerung auf (a) ein Ein- speisen eines ersten Testsignals in die erste elektronische
30 Schaltung, wobei das erste Testsignal eine zumindest annähernd sprunghafte erste Pegeländerung aufweist, und (b) ein Auswerten des zeitlichen Verlaufs eines ersten Ausgangssignals der ersten elektronischen Schaltung, wobei das erste Ausgangssignal die
Antwort der ersten elektronischen Schaltung auf das erste
35 Testsignal ist. Alternativ oder in Kombination weist das Er- mitteln der zweiten zeitlichen Verzögerung auf (a) ein Einspeisen eines zweiten Testsignals in die zweite elektronische Schaltung, wobei das zweite Testsignal eine zumindest annähernd sprunghafte

zweite Pegeländerung aufweist, und (b) ein Auswerten des zeitlichen Verlaufs eines zweiten Ausgangssignals der zweiten elektronischen Schaltung, wobei das zweite Ausgangssignal die Antwort der zweiten elektronischen Schaltung auf das zweite
5 Testsignal ist.

Die Verwendung von Test-Eingangssignalen, welchen einen zeitlichen Verlauf mit einer sprunghaften Pegeländerung aufweisen, hat den Vorteil, dass die individuelle zeitliche
10 Verzögerung, welche von der jeweiligen elektronischen Schaltung verursacht wird, auf einfache Weise bestimmt werden kann. Dazu ist es nämlich lediglich erforderlich, die Zeitspanne zu ermitteln, welche das jeweilige Ausgangssignal benötigt um als Antwort auf die sprunghafte Pegeländerung seine Ant-
15 wort-Pegeländerung zu vollziehen.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung sind das erste Testsignal und/oder das zweite Testsignal Bestandteil(e) einer elektrischen Erregung, mit welcher der Spulenantrieb des
20 Kraftstoffinjektors im realen Betrieb des Verbrennungsmotors beaufschlagt wird. Dies hat den Vorteil, dass eine Bestimmung der von den beiden elektronischen Schaltungen verursachten individuellen zeitlichen Verzögerungen im Regelbetrieb des betreffenden Kraftstoffinjektors durchgeführt werden kann. Somit
25 können auch während des Betriebs des Verbrennungsmotors abhängig von den aktuellen Betriebsbedingungen jeweils die genauen zeitlichen Verzögerungen bestimmt werden. Dies bedeutet, dass auch bei schwankenden zeitlichen Verzögerungen, welche durch veränderte Betriebsbedingungen wie zum Beispiel der Temperatur
30 verursacht werden können, stets die aktuell gültigen zeitlichen Verzögerungen verwendet werden können, um die Zeitpunkte genau zu bestimmen, zu denen die Öffnungsbewegung bzw. die Schließbewegung der Ventilmadel endet.

35 In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass es bei bekannten Stromregler-Einrichtungen (von Technikern häufig auch Stromregler-Hardware genannt), welche zur Beaufschlagung des Spulenantriebs mit für reale Einspritzvorgänge geeigneten

elektrischen Erregungen verwendet werden, kurze Zeitspannen oder
Zeitpunkte gibt, in denen bzw. bei denen sich sowohl der gemessene
Strom als auch die gemessenen Spannung sprunghaft ändern. Diese
kurzen Zeitspannen oder Zeitpunkte liegen insbesondere in einem
5 Zeitfenster, welches unmittelbar nach dem Ende der
Bestromungsphase beginnt. Sobald die elektronischen Schalter der
Stromregler-Hardware nämlich den Zustand "hochohmig" erreicht
haben, wird am Spulenantrieb eine Gegeninduktion erzeugt, welche
den Zeitpunkt bestimmt, zu dem sich die an der Spule des
10 Spulenantriebs anliegende Spannung sprunghaft ändert. Diese
Gegeninduktion wird bei einer üblichen Stromregler-Hardware
dadurch begrenzt, indem die entsprechende Energie in eine in der
betreffenden Stromregler-Hardware befindliche Boost-Schaltung
rückgespeist wird. Dadurch ergibt sich eine Spannungsbegrenzung
15 auf eine Spannung $-V_{\text{boost}}$, welche annähernd der invertierten
Boostspannung entspricht. Der durch die Induktion entstehende
Strom geht nach der Rückspeisung über einen Shunt der Strom-
regler-Hardware gegen Masse (GND) gegen 0 Ampere. Dies stellt
dann den detektierbaren Sprung im Stromverlauf dar.

20 Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung weist das
erste Testsignal eine weitere erste Pegeländerung auf, welche
gegenläufig zu der ersten Pegeländerung ist. Alternativ oder in
Kombination weist das zweite Testsignal eine weitere zweite
25 Pegeländerung auf, welche gegenläufig zu der zweiten Pegel-
änderung ist. Dies hat den Vorteil, dass die zeitliche Ver-
zögerung, welche durch die jeweilige elektrische Schaltung
verursacht wird, noch genauer bestimmt werden kann.

30 Anschaulich ausgedrückt bedeutet dies, dass das in diesem
Dokument beschriebene Verfahren durch eine adaptierte
Strom/Spannungsansteuerung erweitert werden kann, so dass
zusätzlich eine zweite Flanke am Eingang der Strom- bzw.
Spannungsmessung erscheint, deren Vorzeichen im Vergleich zu dem
35 Vorzeichen der ersten Flanke (d.h. der o.g. sprunghaften ersten
bzw. zweiten Pegeländerung) invertiert ist und welche (zweite
Flanke) im Vergleich zu der ersten Flanke in einen definierten
zeitlichen Abstand erzeugt werden kann.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Ansteuern eines einen Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektors für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges beschrieben. Das beschriebene Ansteuerungsverfahren weist auf (a) ein Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens des Kraftstoffinjektors mittels eines o.g. Verfahrens zum Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens eines einen Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektor und (b) ein Anpassen der elektrischen Ansteuerung des Kraftstoffinjektors basierend auf dem bestimmten zeitlichen Bewegungsverhaltens, so dass mit einem Einspritzvorgang eine vorbestimmte Menge an Kraftstoff injiziert wird.

Dem beschriebenen Ansteuerungsverfahren liegt die Erkenntnis zugrunde, dass das oben erläuterte Verfahren zum Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens eines einen Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektors dazu verwendet werden kann, die elektrische Ansteuerung des Kraftstoffinjektors basierend auf einer genauen Kenntnis (a) des Zeitpunkts des Endes der Öffnungsbewegung der Ventilmadel und (b) des Zeitpunkts des Endes der Schließbewegung der Ventilmadel derart anzupassen, dass die Zeitdauer, innerhalb welcher der Kraftstoffinjektor tatsächlich geöffnet ist, im Hinblick auf eine optimale Kraftstoff-Einspritzmenge angepasst ist, so dass diese möglichst genau einer für einen bestimmten Betriebszustand vorgegebenen Sollmenge entspricht.

Mit dem beschriebenen Ansteuerungsverfahren kann die Mengengenauigkeit des Kraftstoffinjektors insbesondere bei kleinen Mengen erheblich verbessert werden und damit ein wichtiger Beitrag für einen geringen Kraftstoffverbrauch und/oder für reduzierte Schadstoffemissionen geleistet werden.

Anschaulich ausgedrückt kann durch ein geeignetes mathematisches Verfahren wie z.B. einem analogen Abtasten und/oder einem Vergleichen mit einem Sollwert die Abweichung der ermittelten Zeitpunkte, zu denen die Öffnungsbewegung bzw. die Schließbewegung endet, von diesem Sollwert ermittelt werden. Dieser

Sollwert kann insbesondere einen Normwert für jeweils eine elektronische Schaltung ohne Toleranzen darstellen. Durch eine genaue Kenntnis der Abweichung bei der jeweils verwendeten realen und damit toleranzbehafteten elektronischen Schaltung kann durch
5 ein Anpassen des Beginns der Bestromung und der Dauer der Bestromung die Einspritzmenge im Hinblick auf eine hohe Mengengenauigkeit des eingespritzten Kraftstoffs besonders genau eingestellt werden.

10 Ist beispielsweise der Zeitpunkt des Endes der Öffnungsbewegung zeitlich nach hinten verschoben, kann dies durch eine entsprechende Verschiebung des Strombeginns nach vorne korrigiert werden. In entsprechender Weise kann bei einer zeitlichen
15 Verschiebung des Endes der Schließbewegung nach hinten die entsprechend verlängerte Öffnungszeit des Kraftstoffinjektors durch eine entsprechend verkürzte Bestromungsdauer ausgeglichen werden. Derartige Korrekturen können vorteilhafterweise puls- und/oder zylinderindividuell ausgeführt werden.

20 Da die aufzuprägenden Korrekturen neben den Toleranzen des Kraftstoffinjektors weiterhin von physikalischen Systemparametern wie z.B. der Kraftstofftemperatur und dem zeitlichen Abstand zum vorherigen Einspritzvorgang abhängig sind, können diese Abhängigkeiten in geeigneten Vorsteuerkennlinien bzw.
25 Vorsteuerkennfeldern abgelegt oder durch ein Model beschrieben werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine Vorrichtung zum Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens eines einen
30 Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektors für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges beschrieben. Die beschriebene Vorrichtung weist auf (a) eine elektrische Regelungseinrichtung, eingerichtet zum Beaufschlagen einer Spule des Spulenantriebs mit einer elektrischen Erregung, welche zu einer
35 Öffnungsbewegung einer Ventalnadel führt, die mit einem Magnetanker des Spulenantriebs gekoppelt ist, (b) eine Messeinrichtung, eingerichtet zum Erfassen des zeitlichen Verlaufs einer ersten elektrischen Messgröße der Spule und (c) eine

Datenverarbeitungseinrichtung, eingerichtet zum Bestimmen des Zeitpunkts des Endes der Öffnungsbewegung basierend auf dem erfassten zeitlichen Verlauf der ersten elektrischen Messgröße. Die elektrische Regelungseinrichtung ist ferner eingerichtet zum
5 Modifizieren der elektrischen Erregung der Spule, so dass die Ventilnadel eine Schließbewegung ausführt. Die Messeinrichtung ist ferner eingerichtet zum Erfassen des zeitlichen Verlaufs einer zweiten elektrischen Messgröße der Spule. Die Datenverarbeitungseinrichtung ist ferner eingerichtet zum Bestimmen des
10 Zeitpunkts des Endes der Schließbewegung basierend auf dem erfassten zeitlichen Verlauf der zweiten elektrischen Messgröße, wobei eine der beiden Messgrößen die Höhe der Spannung ist, welche an der Spule anliegt, und die andere der beiden Messgrößen die Stärke des Stromes ist, welcher durch die Spule fließt.

15 Auch der beschriebenen Vorrichtung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass durch die Auswertung von zwei verschiedenen elektrischen Messgrößen die Zeitpunkte (a) des Endes der Öffnungsbewegung und (b) des Endes der Schließbewegung besonders
20 genau bestimmt werden können und damit wichtige Erkenntnisse über das tatsächliche Bewegungsverhalten des Kraftstoffinjektors gewonnen werden können. Dies wiederum erlaubt eine genauere Kraftstoffzumessung für die Verbrennungsvorgänge in einem Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeugs.

25 Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine Motorsteuerung für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges beschrieben. Die beschriebene Motorsteuerung weist auf (a) eine oben beschriebene Vorrichtung zum Bestimmen des zeitlichen
30 Bewegungsverhaltens eines einen Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektors

Der beschriebenen Motorsteuerung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die oben beschriebene Vorrichtung in einer Motorsteuerung
35 für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeugs implementiert werden kann und dass damit basierend auf einer genauen Kenntnis des tatsächlichen Bewegungsverhaltens der Ventilnadel eines Kraftstoffinjektors durch eine modifizierte elektrischen In-

jektor-Ansteuerung (i) eine geeignete Kompensation von Injektor-individuellen Toleranzen und/oder (ii) eine geeignete Kompensation von individuellen elektrischen Toleranzen von elektronischen Schaltungen, welche beispielsweise einer Signalaufbereitung dienen, erreicht werden können. Damit lässt sich eine besonders hohe Mengengenauigkeit für Kraftstoff-Einspritzvorgänge realisieren.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Computerprogramm zum Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens eines Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektors für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges beschrieben. Das Computerprogramm ist, wenn es von einem Prozessor ausgeführt wird, zum Durchführen des Verfahrens zum Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens eines Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektors eingerichtet.

Im Sinne dieses Dokuments ist die Nennung eines solchen Computerprogramms gleichbedeutend mit dem Begriff eines Programm-Elements, eines Computerprogrammprodukts und/oder eines computerlesbaren Mediums, das Anweisungen zum Steuern eines Computersystems enthält, um die Arbeitsweise eines Systems bzw. eines Verfahrens in geeigneter Weise zu koordinieren, um die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verknüpften Wirkungen zu erreichen.

Das Computerprogramm kann als computerlesbarer Anweisungscode in jeder geeigneten Programmiersprache wie beispielsweise in JAVA, C++ etc. implementiert sein. Das Computerprogramm kann auf einem computerlesbaren Speichermedium (CD-Rom, DVD, Blue-ray Disk, Wechsellaufwerk, flüchtiger oder nicht-flüchtiger Speicher, eingebauter Speicher oder Prozessor etc.) abgespeichert sein. Der Anweisungscode kann einen Computer oder andere programmierbare Geräte wie insbesondere ein Steuergerät für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeugs derart programmieren, dass die gewünschten Funktionen ausgeführt werden. Ferner kann das Computerprogramm in einem Netzwerk wie beispielsweise dem

Internet bereitgestellt werden, von dem es bei Bedarf von einem Nutzer herunter geladen werden kann.

Die Erfindung kann sowohl mittels eines Computerprogramms, d.h. mittels einer Software, als auch mittels einer oder mehrerer spezieller elektrischer Schaltungen, d.h. in Hardware oder auch in beliebig hybrider Form, d.h. mittels Software-Komponenten und Hardware-Komponenten, realisiert werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass Ausführungsformen der Erfindung mit Bezug auf unterschiedliche Erfindungsgegenstände beschrieben wurden. Insbesondere sind einige Ausführungsformen der Erfindung mit Vorrichtungsansprüchen und andere Ausführungsformen der Erfindung mit Verfahrensansprüchen beschrieben. Dem Fachmann wird jedoch bei der Lektüre dieser Anmeldung sofort klar werden, dass, sofern nicht explizit anders angegeben, zusätzlich zu einer Kombination von Merkmalen, die zu einem Typ von Erfindungsgegenstand gehören, auch eine beliebige Kombination von Merkmalen möglich ist, die zu unterschiedlichen Typen von Erfindungsgegenständen gehören.

Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden beispielhaften Beschreibung derzeit bevorzugter Ausführungsformen. Die einzelnen Figuren der Zeichnung dieser Anmeldung sind lediglich als schematisch und als nicht maßstabsgetreu anzusehen.

Figur 1 zeigt eine Vorrichtung zum Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens eines Kraftstoffinjektors.

Figur 2 illustriert ein Ermitteln einer von einer elektronischen Signalaufbereitungsschaltung verursachten zeitlichen Verzögerung anhand einer Auswertung des zeitlichen Verlaufs eines Ausgangssignals, welcher im Vergleich zu dem zeitlichen Verlauf eines zwei Flanken aufweisenden Eingangstestsignal geglättet ist.

Es wird darauf hingewiesen, dass die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen lediglich eine beschränkte Auswahl an möglichen Ausführungsvarianten der Erfindung darstellen. Insbesondere ist es möglich, die Merkmale einzelner Ausführungsformen in geeigneter Weise miteinander zu kombinieren, so dass für den Fachmann mit den hier explizit dargestellten Ausführungsvarianten eine Vielzahl von verschiedenen Ausführungsformen als offensichtlich offenbart anzusehen sind.

10

Figur 1 zeigt eine Vorrichtung 100 zum Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens eines Kraftstoffinjektors. Die Vorrichtung 100 weist eine elektrische Regelungseinrichtung 102, eine Messeinrichtung 104 und eine Datenverarbeitungseinrichtung 106 auf.

15

Gemäß dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel ist die elektrische Regelungseinrichtung 102 eine Stromregelungseinrichtung, welche eingerichtet ist, eine nicht dargestellte Spule des Spulenantriebs mit einer elektrischen Erregung in Form eines vorgegebene Verlaufs eines durch die Spule fließenden Stromes zu beaufschlagen. Die elektrische Erregung ist dabei so stark, dass sie zu einer Öffnungsbewegung einer Ventildadel führt, die mit einem Magnetanker des Spulenantriebs gekoppelt ist. Die elektrische Regelungseinrichtung 102 ist ferner eingerichtet zum Modifizieren der elektrischen Erregung der Spule, so dass die Ventildadel nach dem Ausführen der Öffnungsbewegung eine Schließbewegung ausführt. Dabei kann die Schließbewegung insbesondere von der Federkraft einer durch die Öffnungsbewegung vorgespannten Feder verursacht werden.

20

25

30

Die Messeinrichtung 104 ist eingerichtet zum Erfassen des zeitlichen Verlaufs einer ersten elektrischen Messgröße der Spule, wobei diese erste Messgröße die Stärke des Stromes ist, welcher durch die Spule fließt. Die Messeinrichtung 104 ist ferner eingerichtet zum Erfassen des zeitlichen Verlaufs einer zweiten elektrischen Messgröße der Spule, wobei die zweite Messgröße die Höhe der Spannung ist, welche an der Spule anliegt.

35

Die Messeinrichtung 104 kann derart konfiguriert sein, dass die genannten elektrischen Messgrößen jeweils ausschließlich in bestimmten Zeitfenstern beispielsweise in Bezug zu dem Beginn oder zu dem Ende der elektrischen Erregung erfasst werden.

5

Die Datenverarbeitungseinrichtung 106 ist eingerichtet zum Auswerten des zeitlichen Verlaufs der ersten elektrischen Messgröße bzw. der Stärke des durch die Spule fließenden Spulenstroms und zum Bestimmen des Zeitpunkts des Endes der Öffnungsbewegung basierend auf dem Ergebnis der Auswertung des zeitlichen Verlaufs der ersten elektrischen Messgröße. Die Datenverarbeitungseinrichtung 106 ist ferner eingerichtet zum Auswerten des zeitlichen Verlaufs der zweiten elektrischen Messgröße bzw. des Pegels der an der Spule anliegenden Spannung und zum Bestimmen des Zeitpunkts des Endes der Schließbewegung basierend auf dem Ergebnis der Auswertung des zeitlichen Verlaufs der zweiten elektrischen Messgröße.

Die Vorrichtung 100 oder zumindest Teile der Vorrichtung 100, wie insbesondere die Messeinrichtung 104 und/oder die Datenverarbeitungseinrichtung 106, kann bzw. können in einer Motorsteuerung für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeugs implementiert sein.

25

Figur 2 illustriert ein Ermitteln einer von einer elektronischen Signalaufbereitungsschaltung verursachten zeitlichen Verzögerung anhand einer Auswertung des zeitlichen Verlaufs eines Ausgangssignals, welcher im Vergleich zu dem zeitlichen Verlauf eines zwei Flanken aufweisenden Eingangs-Testsignal geglättet ist. Im oberen Teil von Figur 2 ist ein erstes Testsignal 221 dargestellt, welches zwei näherungsweise stufenförmige Pegeländerungen in Form einer ersten Flanke 221a und einer zweiten Flanke 221b aufweist. Gemäß dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel ist dieses erste Testsignal 221 der Verlauf einer Spannung U_{Injektor} , welche an der Spule des Spulenanschlusses des Kraftstoffinjektors anliegt. Dieser Spannungsverlauf, welcher in guter Näherung auch bei einer gewöhnlichen Ansteuerung eines

35

Kraftstoffinjektors vorkommt, wird an einen Eingang 241a einer Signalaufbereitungsschaltung 241 angelegt. Die Signalaufbereitungsschaltung 241 ist in Figur 2 vereinfacht als ein Tiefpass dargestellt, welcher einen Operationsverstärker OPV, einen
5 Widerstand R und einen Kondensator C aufweist. An einem Ausgang 241b der Signalaufbereitungsschaltung 241 wird dann ein zeitlich verzögertes erstes Ausgangssignal 231 an einen nicht dargestellten schnellen Analog-Digital-Konverter (FADC) ausgegeben, wobei die ursprünglich in dem ersten Testsignal 221 vorhandenen
10 Flanken 221a, 221b geglättet sind. Das Ausmaß dieser Glättung, welche von einer dem FADC nachgeschalteten Auswerteeinheit (ebenfalls nicht dargestellt) analysiert werden kann, ist dann ein Maß für die individuelle zeitliche Verzögerung, welcher von der Signalaufbereitungsschaltung 241 verursacht wird. Dabei wird
15 die individuelle zeitliche Verzögerung von den individuellen Toleranzen für die Bauteile bestimmt, welche für die Signalaufbereitungsschaltung 241 verbaut wurden.

In entsprechender Weise wird ein zwei Flanken 222a und 222b aufweisendes zweites Testsignal 222 einem Eingang 242a einer zweiten Signalaufbereitungsschaltung 242 zugeführt. Gemäß dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel ist dieses zweite Testsignal 222 der Verlauf eines Stromes I_{Shunt} , welcher durch
20 einen in Serie mit der Spule des Spulenantriebs des Kraftstoffinjektors geschalteten Shunt fließt und welcher in guter Näherung auch bei einer gewöhnlichen Ansteuerung eines Kraftstoffinjektors vorkommt. Auch die zweite Signalaufbereitungsschaltung 242 weist den Charakter einer Tiefpassschaltung auf, welche in
25 Figur 2 schematisch mittels eines Operationsverstärker OPV, eines Widerstandes R und eines Kondensators C dargestellt ist. Auch hier wird an einem Ausgang 242b der zweiten Signalaufbereitungsschaltung 242 ein zweites Ausgangssignal 232 ausgegeben, wobei die ursprünglich in dem zweiten Testsignal 222 vorhandenen Flanken 222a, 222b geglättet sind. Das Ausmaß dieser
30 Glättung wird nach einer Digitalisierung durch einen nicht dargestellten weiteren FADC einer weiteren Auswerteeinheit (ebenfalls nicht dargestellt) zugeführt. Diese weitere Auswerteeinheit analysiert dann das Ausgangssignal 232 und bestimmt

anhand der vorgenommenen Glättung die individuelle zeitliche Verzögerung, welcher von der Signalaufbereitungsschaltung 242 verursacht wird. Dabei wird die individuelle zeitliche Verzögerung von den individuellen Toleranzen für die Bauteile
5 bestimmt, welche für die Signalaufbereitungsschaltung 242 verbaut wurden.

Gemäß dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel werden also für die beiden Messsignale, von denen eines der Verlauf eines
10 Spannungssignals und das andere der Verlauf eines Stromsignales ist, unterschiedliche Messkanäle verwendet, wobei jeder Messkanal eine Signalaufbereitungsschaltung 241 oder 242 sowie einen jeweils nicht dargestellten FADC aufweist. Die nach der Digitalisierung durch die beiden FADC vorzunehmende Auswertung
15 kann mittels einer gemeinsamen Auswerteeinheit oder mittels zweier verschiedener Auswerteeinheiten vorgenommen werden.

Die hier beschriebene individuellen Bestimmung der zeitlichen Verzögerung für jeden Messkanal hat den Vorteil, dass eine
20 unterschiedliche zeitliche Verzögerung durch die beiden elektronischen Schaltungen individuell für jede Schaltung bestimmt und bei der Bestimmung des Zeitpunktes des Endes der jeweiligen Bewegung berücksichtigt werden kann. Dadurch wird eine besonders hohe Genauigkeit bei der Bestimmung des Zeit-
25 punktes des Endes der Öffnungsbewegung und bei der Bestimmung des Zeitpunktes des Endes der Schließbewegung erreicht. Basierend auf einer solchen genauen Kenntnis des Bewegungsverhaltens des individuellen Kraftstoffinjektors und der zeitlichen Verzö-
30 gerungen durch die beiden individuellen Signalaufbereitungsschaltungen kann dann eine elektrische Ansteuerung des Spulenanstriebs des Kraftstoffinjektors so angepasst werden, dass eine besonders hohen Mengengenauigkeit des eingespritzten Kraftstoffes erreicht werden kann.

Bezugszeichenliste

	100	Vorrichtung zum Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens eines Kraftstoffinjek-
5		tors
	102	elektrische Regelungseinrichtung / Strom-
		regelungseinrichtung
	104	Messeinrichtung
	106	Datenverarbeitungseinrichtung
10		
	221	erstes Testsignal
	221a	erste Flanke
	221b	zweite Flanke
	222	zweites Testsignal
15	222a	erste Flanke
	222b	zweite Flanke
	231	erstes Ausgangssignal
	232	zweites Ausgangssignal
	241	erste elektronische Schaltung / erste Sig-
20		nalaufbereitungsschaltung
	241a	Eingang
	241b	Ausgang
	242	zweite elektronische Schaltung / zweite
		Signalaufbereitungsschaltung
25	242a	Eingang
	242b	Ausgang
	U_Injektor	Spannung am Injektor
	FADC_U_Injektor	Spannung am Ausgang 241b der ersten Signal-
		aufbereitungsschaltung 241
30	I_Shunt	Strom durch Shunt-Widerstand
	FADC_I_Shunt	Spannung am Ausgang 242b der zweiten Sig-
		nalaufbereitungsschaltung 242
	OPV	Operationsverstärker
	R	Widerstand
35	C	Kondensator

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens eines einen Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektors für
5 einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges, das Verfahren aufweisend

Beaufschlagen einer Spule des Spulenantriebs mit einer elektrischen Erregung, welche zu einer Öffnungsbewegung einer Ventilnadel führt, die mit einem Magnetanker des Spulenantriebs
10 gekoppelt ist,

Erfassen des zeitlichen Verlaufs einer ersten elektrischen Messgröße der Spule,

Bestimmen des Zeitpunkts des Endes der Öffnungsbewegung basierend auf dem erfassten zeitlichen Verlauf der ersten
15 elektrischen Messgröße,

Modifizieren der elektrischen Erregung der Spule, so dass die Ventilnadel eine Schließbewegung ausführt,

Erfassen des zeitlichen Verlaufs einer zweiten elektrischen Messgröße der Spule und

20 Bestimmen des Zeitpunkts des Endes der Schließbewegung basierend auf dem erfassten zeitlichen Verlauf der zweiten elektrischen Messgröße,
wobei eine der beiden Messgrößen die Höhe der Spannung ist, welche an der Spule anliegt, und die andere der beiden Messgrößen die
25 Stärke des Stromes ist, welcher durch die Spule fließt.

2. Verfahren gemäß dem vorangehenden Anspruch, wobei die erste elektrische Messgröße die Stärke des Stromes ist, welcher durch die Spule fließt, und wobei
30 die zweite elektrische Messgröße die Höhe der Spannung ist, welche an der Spule anliegt.

3. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem ein der ersten elektrischen Messgröße zugeordnetes erstes
35 Messsignal mittels einer ersten elektronischen Schaltung (241) aufbereitet wird und bei dem

ein der zweiten elektrischen Messgröße zugeordnetes zweites
Messsignal mittels einer zweiten elektronischen Schaltung (242)
aufbereitet wird,
wobei die erste elektronische Schaltung (241) verschieden ist zu
5 der zweiten elektronischen Schaltung (242) ist.

4. Verfahren gemäß dem vorangehenden Anspruch, ferner aufweisend
Ermitteln einer ersten zeitlichen Verzögerung in der
Signalaufbereitung des ersten Messsignals, und
10 Ermitteln einer zweiten zeitlichen Verzögerung in der
Signalaufbereitung des zweiten Messsignals,
wobei das Bestimmen des Zeitpunkts des Endes der Öffnungsbewegung
ferner basierend auf der ersten zeitlichen Verzögerung erfolgt
und
15 wobei das Bestimmen des Zeitpunkts des Endes der Schließbewegung
ferner basierend auf der zweiten zeitlichen Verzögerung erfolgt.

5. Verfahren gemäß dem vorangehenden Anspruch, wobei
das Ermitteln der ersten zeitlichen Verzögerung aufweist
20 Einspeisen eines ersten Testsignals (221) in die erste
elektronische Schaltung (241), wobei das erste Testsignal (221)
eine zumindest annähernd sprunghafte erste Pegeländerung (221a)
aufweist, und
Auswerten des zeitlichen Verlaufs eines ersten Aus-
25 gangssignals (231) der ersten elektronischen Schaltung (241),
wobei das erste Ausgangssignal (231) die Antwort der ersten
elektronischen Schaltung (241) auf das erste Testsignal (221)
ist, und/oder wobei
das Ermitteln der zweiten zeitlichen Verzögerung aufweist
30 Einspeisen eines zweiten Testsignals (222) in die zweite
elektronische Schaltung (242), wobei das zweite Testsignal (222)
eine zumindest annähernd sprunghafte zweite Pegeländerung (222a)
aufweist, und
Auswerten des zeitlichen Verlaufs eines zweiten Aus-
35 gangssignals (232) der zweiten elektronischen Schaltung (242),
wobei das zweite Ausgangssignal (232) die Antwort der zweiten
elektronischen Schaltung (242) auf das zweite Testsignal (222)
ist.

6. Verfahren gemäß dem vorangehenden Anspruch, wobei
das erste Testsignal (221) und/oder das zweite Testsignal (222)
Bestandteil einer elektrischen Erregung sind, mit welcher der
Spulenantrieb des Kraftstoffinjektors im realen Betrieb des
5 Verbrennungsmotors beaufschlagt wird.

7. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche 5 bis 6,
wobei
das erste Testsignal (221) eine weitere erste Pegeländerung
10 (221b) aufweist, welche gegenläufig zu der ersten Pegeländerung
(221a) ist und/oder wobei
das zweite Testsignal (222) eine weitere zweite Pegeländerung
(222b) aufweist, welche gegenläufig zu der zweiten Pegeländerung
(222a) ist.

15

8. Verfahren zum Ansteuern eines einen Spulenantrieb aufwei-
senden Kraftstoffinjektors für einen Verbrennungsmotor eines
Kraftfahrzeuges, das Verfahren aufweisend

Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens des Kraft-
stoffinjektors mittels eines Verfahrens gemäß einem der vo-
20 rangehenden Ansprüche 1 bis 7,

Anpassen der elektrischen Ansteuerung des Kraftstoff-
injektors basierend auf dem bestimmten zeitlichen Bewegungs-
verhaltens, so dass mit einem Einspritzvorgang eine vorbestimmte
25 Menge an Kraftstoff injiziert wird.

9. Vorrichtung zum Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens
eines einen Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektors für
einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges, die Vorrichtung
30 (100) aufweisend

eine elektrische Regelungseinrichtung (102), eingerichtet
zum Beaufschlagen einer Spule des Spulenantriebs mit einer
elektrischen Erregung, welche zu einer Öffnungsbewegung einer
Ventilnadel führt, die mit einem Magnetanker des Spulenantriebs
35 gekoppelt ist,

eine Messeinrichtung (104), eingerichtet zum Erfassen des
zeitlichen Verlaufs einer ersten elektrischen Messgröße der
Spule und

- eine Datenverarbeitungseinrichtung (106), eingerichtet zum Bestimmen des Zeitpunkts des Endes der Öffnungsbewegung basierend auf dem erfassten zeitlichen Verlauf der ersten elektrischen Messgröße, wobei
- 5 - die elektrische Regelungseinrichtung (102) ferner eingerichtet ist zum Modifizieren der elektrischen Erregung der Spule, so dass die Ventilmadel eine Schließbewegung ausführt,
 - die Messeinrichtung (104) ferner eingerichtet ist zum Erfassen des zeitlichen Verlaufs einer zweiten elektrischen Messgröße der
 - 10 Spule, und
 - die Datenverarbeitungseinrichtung (106) ferner eingerichtet ist zum Bestimmen des Zeitpunkts des Endes der Schließbewegung basierend auf dem erfassten zeitlichen Verlauf der zweiten elektrischen Messgröße,
 - 15 wobei eine der beiden Messgrößen die Höhe der Spannung ist, welche an der Spule anliegt, und die andere der beiden Messgrößen die Stärke des Stromes ist, welcher durch die Spule fließt.
10. Motorsteuerung für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges, die Motorsteuerung aufweisend
- 20 eine Vorrichtung (100) gemäß dem vorangehenden Anspruch zum Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens eines einen Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektors für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges.
- 25
11. Computerprogramm zum Bestimmen des zeitlichen Bewegungsverhaltens eines einen Spulenantrieb aufweisenden Kraftstoffinjektors für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges, wobei das Computerprogramm, wenn es von einem Prozessor
- 30 ausgeführt wird, zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 eingerichtet ist.

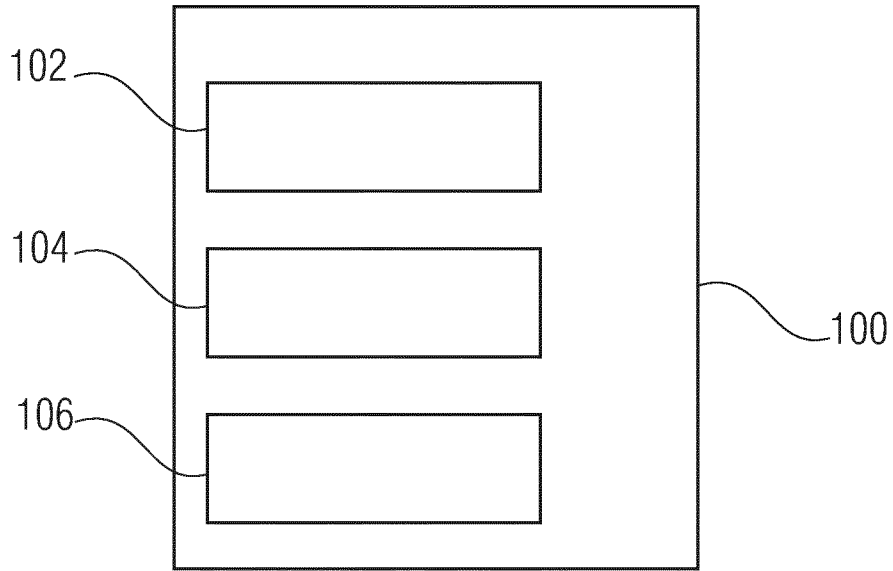


FIG 1

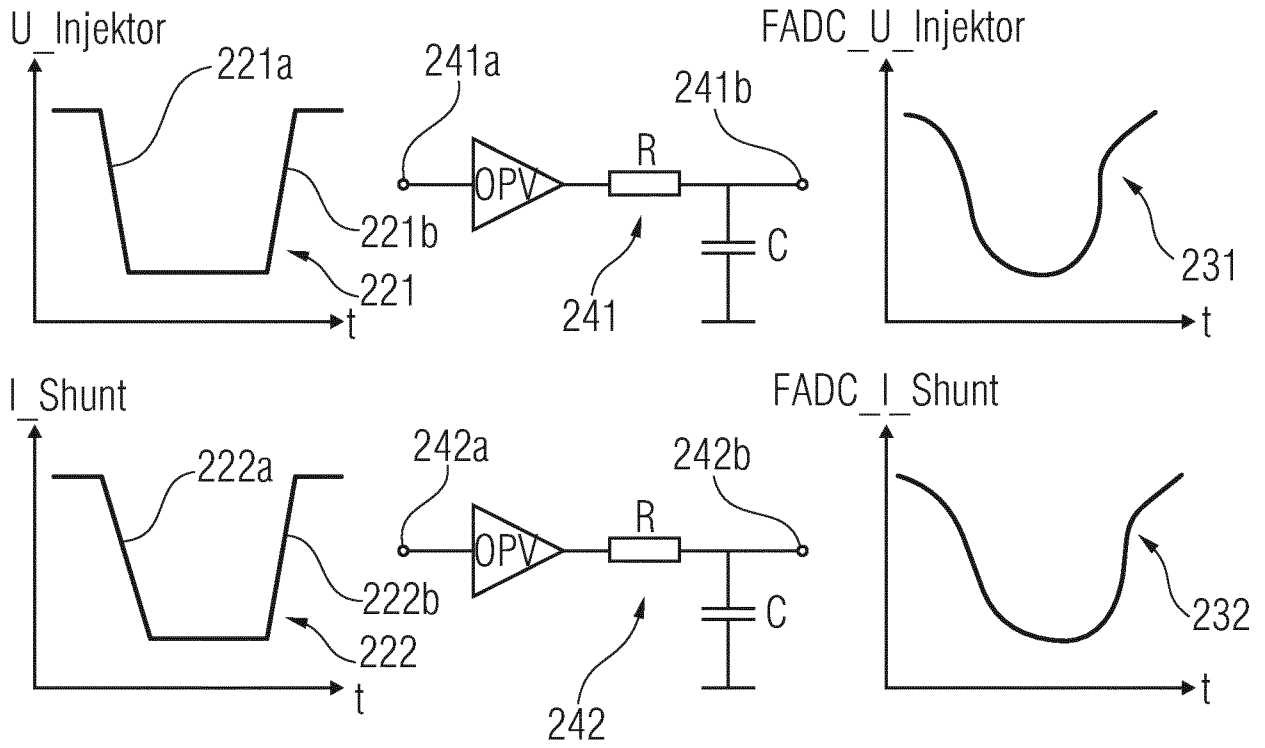


FIG 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/056618

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/14 F02D41/20 F02D41/24
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F02D
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 94/13991 A1 (PI RESEARCH LTD [GB]; MUMFORD JOHN COLIN [GB]) 23 June 1994 (1994-06-23) page 2, line 16 - line 32 page 3, line 16 - line 32 page 4, line 1 - line 20 page 7, line 6 - page 8, line 31 page 10, line 17 - page 12, line 26 page 14, line 12 - line 27 page 15, line 6 - line 26 figures 3-5 ----- -/--	1-3,8-11

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 21 June 2013	Date of mailing of the international search report 04/07/2013
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Wettemann, Mark
--	---------------------------------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/056618

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>DE 38 43 138 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 28 June 1990 (1990-06-28) abstract column 3, line 62 - column 4, line 2 column 6, line 48 - column 9, line 6 column 9, line 38 - line 68 column 10, line 12 - line 18 figures 5,6</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-3,8-11
A	<p>DE 26 55 615 A1 (FIAT SPA) 23 June 1977 (1977-06-23) page 5, line 5 - page 6, line 8 page 8, line 12 - line 43</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-11
A	<p>DE 10 2010 022109 B3 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 29 September 2011 (2011-09-29) abstract paragraph [0001] paragraphs [0020], [0021] paragraphs [0023] - [0025]</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/056618

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9413991	A1	23-06-1994	NONE

DE 3843138	A1	28-06-1990	DE 3843138 A1 28-06-1990
			EP 0449852 A1 09-10-1991
			US 5245501 A 14-09-1993
			WO 9007188 A1 28-06-1990

DE 2655615	A1	23-06-1977	DE 2655615 A1 23-06-1977
			FR 2334830 A1 08-07-1977
			GB 1507239 A 12-04-1978
			IT 1051454 B 21-04-1981
			US 4140084 A 20-02-1979

DE 102010022109	B3	29-09-2011	DE 102010022109 B3 29-09-2011
			US 2013073188 A1 21-03-2013
			WO 2011151128 A1 08-12-2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F02D41/14 F02D41/20 F02D41/24 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F02D		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 94/13991 A1 (PI RESEARCH LTD [GB]; MUMFORD JOHN COLIN [GB]) 23. Juni 1994 (1994-06-23) Seite 2, Zeile 16 - Zeile 32 Seite 3, Zeile 16 - Zeile 32 Seite 4, Zeile 1 - Zeile 20 Seite 7, Zeile 6 - Seite 8, Zeile 31 Seite 10, Zeile 17 - Seite 12, Zeile 26 Seite 14, Zeile 12 - Zeile 27 Seite 15, Zeile 6 - Zeile 26 Abbildungen 3-5 ----- -/--	1-3,8-11
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
21. Juni 2013	04/07/2013	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Wettemann, Mark	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 38 43 138 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 28. Juni 1990 (1990-06-28) Zusammenfassung Spalte 3, Zeile 62 - Spalte 4, Zeile 2 Spalte 6, Zeile 48 - Spalte 9, Zeile 6 Spalte 9, Zeile 38 - Zeile 68 Spalte 10, Zeile 12 - Zeile 18 Abbildungen 5,6 -----	1-3,8-11
A	DE 26 55 615 A1 (FIAT SPA) 23. Juni 1977 (1977-06-23) Seite 5, Zeile 5 - Seite 6, Zeile 8 Seite 8, Zeile 12 - Zeile 43 -----	1-11
A	DE 10 2010 022109 B3 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 29. September 2011 (2011-09-29) Zusammenfassung Absatz [0001] Absätze [0020], [0021] Absätze [0023] - [0025] -----	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/056618

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9413991	A1	23-06-1994	KEINE

DE 3843138	A1	28-06-1990	DE 3843138 A1 28-06-1990
			EP 0449852 A1 09-10-1991
			US 5245501 A 14-09-1993
			WO 9007188 A1 28-06-1990

DE 2655615	A1	23-06-1977	DE 2655615 A1 23-06-1977
			FR 2334830 A1 08-07-1977
			GB 1507239 A 12-04-1978
			IT 1051454 B 21-04-1981
			US 4140084 A 20-02-1979

DE 102010022109	B3	29-09-2011	DE 102010022109 B3 29-09-2011
			US 2013073188 A1 21-03-2013
			WO 2011151128 A1 08-12-2011
