

(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

1. September 2016 (01.09.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2016/134944 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 41/20 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/052409

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. Februar 2016 (04.02.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 203 399.6
25. Februar 2015 (25.02.2015) DE

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

(72) Erfinder: HACKER, Frank; Hauzensteiner Straße 36,
93128 Regenstauf (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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA,
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, ST,
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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

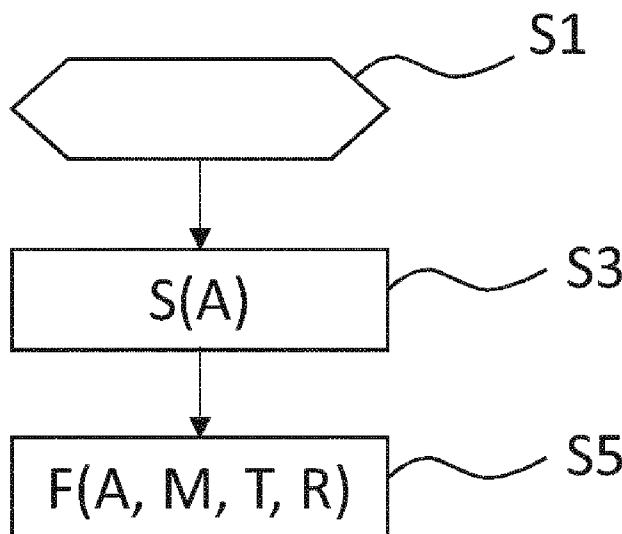
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OPERATING AN INJECTOR FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BETREIBEN EINES INJEKTORS FÜR EINEN
VERBRENNUNGSMOTOR

Fig. 2



(57) Abstract: The invention relates to a method for
operating an injector (1) for an internal combustion engine. A
requirement characteristic value (A) is provided, which is
representative of a fuel amount to be injected by the injector
(1). In accordance with the requirement characteristic value
(A), a control signal (S) for controlling the injection amount
of the injector (1) is determined and generated. A
measurement signal (M) is provided, which is representative
of a current progression and/or voltage progression for
controlling an injection amount of the injector (1), and, in
accordance with the requirement characteristic value (A) and
the measurement signal (M), an error characteristic value (F)
is determined, which is representative of an error in the
determination and/or generation of the control signal (S).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum
Betreiben eines Injektors (1) für einen Verbrennungsmotor
angegeben. Es wird ein Anforderungskennwert (A)
bereitgestellt, der repräsentativ ist für eine einzuspritzende
Kraftstoffmenge durch den Injektor (1). Abhängig von dem
Anforderungskennwert (A) wird ein Steuersignal (S) zur
Steuerung der Einspritzmenge des Injektors (1) ermittelt und
erzeugt. Ein Messsignal (M) wird bereitgestellt, das
repräsentativ ist für

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



einen Strom- und/oder Spannungsverlauf zur Steuerung einer Einspritzmenge des Injektors (1) und abhängig von dem Anforderungskennwert (A) und dem Messsignal (M) wird ein Fehlerkennwert (F) ermittelt, der repräsentativ ist für einen Fehler bei Ermittlung und/oder Erzeugung des Steuersignals (S).

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben eines Injektors für einen Verbrennungsmotor

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Injektors für einen Verbrennungsmotor, sowie eine korrespondierende Vorrichtung.

10 Injektoren finden in vielen Gebieten Einsatz, insbesondere bei Verbrennungsmotoren, wo eine einzuspritzende Kraftstoffmenge in einen Brennraum durch die Injektoren dosiert wird. Um einen Kraftstoffverbrauch sowie einen Ausstoß an CO₂ zu reduzieren, wird der Kraftstoff oftmals mit hohem Druck beaufschlagt.

15

Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Betreiben eines Injektors für einen Verbrennungsmotor bereitzustellen, das beziehungsweise die zu einem zuverlässigen und präzisen Betrieb des Injektors beiträgt.

20

Die Aufgabe wird gelöst durch die unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

25 Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren und eine korrespondierende Vorrichtung zum Betreiben eines Injektors für einen Verbrennungsmotor. Es wird ein Anforderungskennwert bereitgestellt, der repräsentativ ist für eine einzuspritzende Kraftstoffmenge durch den Injektor. Abhängig von dem Anforderungskennwert wird ein Steuersignal zur Steuerung einer
30 Einspritzmenge des Injektors ermittelt und erzeugt. Ferner wird ein Messsignal bereitgestellt, das repräsentativ ist für einen Strom- und/oder Spannungsverlauf zur Steuerung der Einspritzmenge des Injektors. Abhängig von dem Anforderungskennwert

und dem Messsignal wird ein Fehlerkennwert ermittelt. Der Fehlerkennwert ist repräsentativ für einen Fehler bei Ermittlung und/oder Erzeugung des Steuersignals.

- 5 Auf diese Weise ist eine besonders einfache und direkte Plausibilisierung einer hardwaretechnischen Umsetzung einer softwaretechnischen Anforderung an den Injektor möglich. Im Falle einer fehlerhaften Software und/oder Hardware können beispielsweise weitere Maßnahmen ergriffen werden, wie bei-
- 10 spielhaft eine Informationsausgabe und/oder eine Unterbrechung eines Einspritzvorgangs durch den Injektor.

Insbesondere dient der Fehlerkennwert der Plausibilisierung der hardwaretechnischen Umsetzung der softwaretechnischen Anforderung an den Injektor. Der Fehlerkennwert wird unabhängig von

15 einem hydraulischen Verhalten des Injektors ermittelt. In anderen Worten ist insbesondere eine Ermittlung eines Zustands des Injektors abhängig von dem Messsignal lediglich optional. Der Zustand des Injektors bezeichnet in diesem Zusammenhang beispielsweise einen Öffnungszustand des Injektors, bei der eine Einspritzung von Kraftstoff durch den Injektor in beispielsweise

20 einen Brennraum des Verbrennungsmotors erfolgt oder ein Kraftstofffluss beispielsweise in den Brennraum im Wesentlichen verhindert wird.

25 Insbesondere kann das Verfahren im Rahmen einer Hardwarediagnose sowie im Rahmen einer Mehrfacheinspritzung durch den Injektor eingesetzt werden, bei der beispielsweise Kleinstmengen an Kraftstoff durch den Injektor eingespritzt werden, beispielhaft

30 zwischen 2 mg und 3 mg. Bei besagten Kleinstmengen kann der Zustand des Injektors abhängig von dem Messsignal beispielsweise nicht immer ermittelt werden. Dies kann zum Beispiel auf eine geringe Amplitude des Messsignals zurückzuführen sein, oder auf eine fehlerhafte Ansteuerung des Injektors. Beispielsweise kann

in diesem Zusammenhang eine Signatur des Messsignals bei angeforderten Kleinstmengen nicht sehr stark ausgeprägt beziehungsweise nicht vorhanden sein, beispielhaft im ballistischen Bereich des Injektors, oder aufgrund einer Bauform des Injektors, so dass auf nicht immer auf ein hydraulisches Aktivieren des Injektors geschlossen werden kann.

In vorteilhafter Weise kann durch das Verfahren eine fehlerhafte hardwaretechnische Umsetzung der softwaretechnischen Anforderung an den Injektor detektiert beziehungsweise ausgeschlossen werden. Im Falle, dass ein Fehler ausgeschlossen werden kann, kann auch ein Einspritzvorgang durch den Injektor fortgesetzt werden, so dass insbesondere auf eine Unterbrechung der Mehrfacheinspritzung verzichtet werden kann. Dies trägt dazu bei, dass Abgasgrenzwerte eingehalten werden können. Ein Fehler kann dabei beispielsweise einen Hardwarefehler sowie einen funktionalen Fehler wie eine sporadische Verlängerung der Einspritzzeit umfassen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird der Fehlerkennwert ermittelt abhängig von dem Messsignal innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters.

In vorteilhafte Weise wird so eine effiziente Plausibilisierung der hardwaretechnischen Umsetzung der softwaretechnischen Anforderung an den Injektor ermöglicht. Ein Verlauf des Messsignals ist somit lediglich innerhalb des vorgegebenen Zeitfensters maßgeblich bei der Ermittlung des Fehlerkennwerts. Eine Durchführung der Ermittlung des Fehlerkennwerts kann unabhängig davon auch außerhalb des Zeitfensters erfolgen. Beispielsweise kann ein restlicher Verlauf des Messsignals außerhalb des vorgegebenen Zeitfensters verworfen werden, so dass eine Hardwareanforderung zur Durchführung des Verfahrens gering gehalten werden kann. Beispielsweise beträgt das vor-

gegebene Zeitfenster zwischen 0,1 s und 0,5 s, insbesondere 0,3 s.

5 Dadurch, dass das Messsignal im Detail innerhalb des vorgegebenen Zeitfensters betrachtet wird, kann somit direkt auf einen hardwareseitigen Fehler geschlossen werden.

10 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird der Fehlerkennwert abhängig von einer zeitlichen Veränderung des Messsignals ermittelt.

15 In vorteilhafter Weise wird so eine besonders einfache Plausibilisierung ermöglicht. Beispielsweise wird dem Fehlerkennwert ein Wert zugewiesen, der repräsentativ ist für einen Fehler, im Falle, dass eine zeitliche Veränderung einer Amplitude des Messsignals kleiner als ein vorgegebener erster Schwellwert ist. In anderen Worten kann auf eine fehlerhafte hardwaretechnische Umsetzung der softwaretechnischen Anforderung an den Injektor geschlossen werden, wenn das Messsignal im Wesentlichen
20 konstant ist. Der Verlauf des Messsignals entspricht in diesem Fall einem untypischen Verlauf. Anderenfalls, im Falle einer eindeutigen Signatur des Messsignals, kann beispielsweise eine Mehrfacheinspritzüberwachung eindeutig auf den Injektor, also auf das hydraulische Verhalten angewendet werden. Wird ein
25 eindeutiges beispielsweise hydraulisches Öffnungs- beziehungsweise Schließereignis aus der Signatur des Signals erkannt, kann auf eine Einspritzphase beziehungsweise die Einspritzzeit direkt geschlossen werden.

30 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird der Fehlerkennwert abhängig von einem Referenzsignal ermittelt.

In vorteilhafter Weise wird so eine präzise Plausibilisierung ermöglicht. Beispielsweise wird dem Fehlerkennwert ein Wert

zugewiesen, der repräsentativ ist für einen Fehler, im Falle, dass eine Abweichung des Messsignals von dem Referenzsignal einen vorgegebenen zweiten Schwellwert übersteigt. In anderen Worten kann auf eine fehlerhafte hardwaretechnische Umsetzung der softwaretechnischen Anforderung an den Injektor geschlossen werden, wenn das Messsignal sich von dem Referenzsignal maßgeblich unterscheidet. Der Verlauf des Messsignals entspricht in diesem Fall einem untypischen Verlauf. Anderenfalls, im Falle einer eindeutigen Signatur des Messsignals, kann beispielsweise eine Mehrfacheinspritzüberwachung eindeutig auf den Injektor, also auf das hydraulische Verhalten angewendet werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird abhängig von dem Messsignal ein Zustand des Injektors ermittelt. Das Steuersignal wird abhängig von dem Zustand des Injektors ermittelt.

In vorteilhafter Weise wird so eine besonders präzise Einspritzung durch den Injektor ermöglicht, so dass zu einer Kraftstoff einsparung beigetragen werden kann. Der Zustand des Injektors kann ein geöffneter Zustand sein, bei dem eine Einspritzung von Kraftstoff durch den Injektor in beispielsweise einen Brennraum des Verbrennungsmotors erfolgt, oder ein geschlossener Zustand sein, bei dem ein Kraftstofffluss durch den Injektor, beispielsweise in dem Brennraum, im Wesentlichen verhindert wird. Insbesondere wird der geschlossene Zustand des Injektors abhängig von einer Krümmungsänderung des Messsignals ermittelt. Die Krümmungsänderung des Messsignals kann in diesem Zusammenhang auch als Signatur des Messsignals bezeichnet werden.

Abhängig von dem Zustand des Injektors kann auf eine Einspritzdauer des Injektors geschlossen werden. In diesem Zusammenhang kann beispielsweise eine injektorindividuelle

Korrektur bei der Ansteuerung des Injektors vorgenommen werden, so dass zu einer präzisen Einspritzdauer des Injektors beigetragen wird. Das Steuersignal wird dabei insbesondere so ermittelt, dass die injektorindividuelle Korrektur umgesetzt werden kann.

Ausführungsbeispiele sind im Folgenden anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 ein System zum Betreiben eines Injektors,

Figur 2 ein Ablaufdiagramm zum Betreiben des Injektors, und

Figur 3a ein erstes Ausführungsbeispiel eines Signals zur Steuerung einer Einspritzmenge des Injektor,

Figur 3b ein zweites Ausführungsbeispiel eines Signals zur Steuerung der Einspritzmenge des Injektors.

Ein System 100 zum Betreiben eines Injektors 1 (Figur 1) umfasst ein hardwareseitiges Steuermodul 3, 5, sowie ein softwareseitiges Steuermodul 7, 9, 11.

Das hardwareseitige Steuermodul 3, 5 umfasst dabei beispielsweise einen Schaltkreis 3 sowie eine integrierte Schaltung 5, die auch als ASIC oder ATIC bezeichnet werden kann. Das softwareseitige Steuermodul 7, 9, 11 umfasst beispielsweise einen Injektor Eingabe/Ausgabe Treiber 7, eine Injektorfunktionseinheit 9 sowie eine Schnittstelle 11 zu einem Aggregat.

Das System 100 ist ausgebildet, eine softwareseitige Anforderung einer einzuspritzenden Kraftstoffmenge durch den Injektor 1

signaltechnisch an den Injektor 1 zu übermitteln, so dass der Injektor 1 für eine bestimmte Einspritzdauer von einem geschlossenen Zustand in einen geöffneten Zustand wechselt. In diesem Zusammenhang kann beispielsweise durch die Injektor-
5 funktionseinheit 9 eine Sollwertanforderung 13 ermittelt werden, die repräsentativ ist für eine einzuspritzende Kraftstoffmenge durch den Injektor 1. Ferner kann durch den Injektor Eingabe/Ausgabe Treiber 7 ein Sollwertbefehl 15 ermittelt werden.

10 Eine erste Überprüfung, ob eine softwaretechnische Umsetzung der Sollwertanforderung 13 zu dem Sollwertbefehl 15 korrekt durchgeführt wurde, kann in einem ersten Schritt a erfolgen, welcher hier schematisch mittels eines Kreissegments und Knotenpunkten dargestellt ist und lediglich eine software-
15 technische Verknüpfung symbolisiert.

Über den Schaltkreis 3 kann ein Messsignal M (siehe Figur 3b) ermittelt werden, das repräsentativ ist für einen Strom- und/oder Spannungsverlauf zur Steuerung einer Einspritzmenge des In-
20 jektors 1. Beispielsweise wird dabei ein Stromkennwert 17 ermittelt, der repräsentativ ist für einen durch den Injektor 1 fließenden Strom, über welchen eine Sollwertausführung 19 ermittelt werden kann. Beispielsweise wird hierzu abhängig von dem Messsignal M auf ein hydraulisches Verhalten des Injektors
25 1 geschlossen, wie dies im Zusammenhang mit einer Rückmessung 23 sowie anhand der Figur 3a näher erläutert wird.

Über einen Vergleich der Sollwertanforderung 13 mit der Sollwertausführung 19 kann mit Hilfe der integrierten Schaltung
30 5 in einem Schritt b eine zweite Überprüfung erfolgen, ob eine Umsetzung der softwaretechnischen Sollwertanforderung 13 in der hardwaretechnischen Sollwertausführung 19 korrekt durchgeführt wurde. Im Falle, dass keine eindeutige Ermittlung des hydraulischen Verhaltens des Injektors 1 durchgeführt werden kann

ist jedoch eine fehlerhafte Ansteuerung des Injektors 1 beziehungsweise eine fehlerhafte Umsetzung der softwaretechnischen Sollwertanforderung 13 nicht auszuschließen.

5 In vorteilhafter Weise erfolgt in diesem Zusammenhang eine dritte Überprüfung in einem Schritt c, ob eine hardwaretechnische Umsetzung der softwaretechnischen Sollwertanforderung 13 fehlerhaft ist. Hierzu wird das Messsignal M insbesondere ohne
10 direkt auf das hydraulische Verhalten des Injektors 1 zu schließen mit der softwaretechnischen Sollwertanforderung 13 verglichen, wie dies näher anhand der Figuren 2 und 3b erläutert wird.

Die Schritte a, b, c können insbesondere im Rahmen eines
15 Mehrfacheinspritzungsverfahrens, beispielsweise zu einer Mehrfacheinspritzüberwachung 21 eingesetzt werden.

Im Rahmen der Rückmessung 23 des Strom- und/oder Spannungsverlaufs, also einer Erfassung des Messsignals M kann auf das
20 hydraulische Verhalten des Injektors 1 geschlossen werden, wenn ein eindeutiges (hydraulisches) Öffnungs- beziehungsweise Schließereignis aus einer Signatur des Messsignals erkannt wird. Insbesondere kann in diesem Zusammenhang auf eine Einspritzphase beziehungsweise die Einspritzdauer geschlossen werden. Hierzu
25 wird beispielsweise zunächst eine Signalaufbereitung 25 durchgeführt, wie beispielhaft eine Tiefpassfilterung und/oder Überabtastung. Anschließend wird das hydraulische Verhalten des Injektors 1 im Rahmen einer Sitzdetektion 27 ermittelt, die repräsentativ ist für den Zustand des Injektors 1. Die Rück-
30 messung 23 des Strom- und/oder Spannungsverlaufs mit einer anschließenden Kraftstoffmengenadaption kann auch als sogenannte „Controlled Solenoid Injection“ (COSI), „Controlled Valve Observation“ (CVO), oder „Injector Closed Loop Control“ (ICLC) bezeichnet werden.

Das softwareseitige Steuermodul 7, 9, 11 ist beispielsweise implementiert auf einem Mikrocontroller 29. Das hardwareseitige Steuermodul 3, 5 sowie der Mikrocontroller 29 bilden beispielsweise eine Steuereinheit 31. Im Rahmen der Rückmessung 23 ist bzw. sind der Steuereinheit 31 beispielsweise ein oder mehrere Analog-Digital-Wandler (ADC) und/oder schnelle Analog-digital-Wandler (FADC) und/oder Deltasigma-Wandler zugeordnet. Die Steuereinheit 31 umfasst ferner insbesondere einen Daten- und Programmspeicher, in dem ein Programm zum Betreiben des Injektors 1 gespeichert ist, welches im Folgenden anhand des Ablaufdiagramms der Figur 2 erläutert wird.

Das Programm wird in einem Schritt S1 gestartet, in dem beispielsweise Variablen initialisiert werden.

In einem Schritt S3 wird ein Steuersignal S abhängig von einem Anforderungskennwert A ermittelt. Der Anforderungskennwert A ist insbesondere repräsentativ für die einzuspritzende Kraftstoffmenge durch den Injektor 1. Der Anforderungskennwert A kann beispielsweise der softwareseitigen Sollwertanforderung 13 entsprechen (vergleiche Figur 1). Das Steuersignal S umfasst dabei beispielsweise eine Signalverarbeitungskette von der Sollwertanforderung 13 hin zu dem Strom- und/oder Spannungsverlauf zur Steuerung des der Einspritzmenge des Injektors 1. Über das Steuersignal S wird insbesondere eine Einspritzdauer des Injektors 1 gesteuert.

Das Steuersignal S kann ferner beispielsweise abhängig von dem hydraulischen Verhalten des Injektors 1, insbesondere von dem Zustand des Injektors 1 ermittelt werden. Hierzu wird zunächst ein Öffnungs- und/oder Verschlusszeitpunkt des Injektors 1 ermittelt, wie dies anhand der Figur 3a näher beschrieben ist.

Das Steuersignal S kann des Weiteren beispielsweise abhängig von einer aktuellen Druckinformation ermittelt werden. Das Programm wird anschließend in einem Schritt S5 fortgesetzt.

5 In dem Schritt S5 wird ein Fehlerkennwert F abhängig von dem Anforderungskennwert A und dem Messsignal M ermittelt. Der Fehlerkennwert F ist dabei insbesondere repräsentativ für eine fehlerhafte hardwaretechnische Umsetzung der softwaretechnischen Sollwertanforderung 17. In anderen Worten wird dem Fehlerkennwert F ein Wert zugewiesen, der repräsentativ ist für
10 einen Fehler bei der Ermittlung und/oder einer Erzeugung des Steuersignals S, also entlang besagter Signalverarbeitungskette. Insbesondere ist der Fehlerkennwert F repräsentativ für einen Fehler durch das hardwareseitige Steuermodul 3, 5,
15 insbesondere durch die integrierte Schaltung 5, beispielsweise da aufgrund der ersten Überprüfung im Schritt a (siehe Figur 1) die softwareseitige Umsetzung überprüft und ein softwareseitiger Fehler somit ausgeschlossen werden kann. Wenn die integrierte Schaltung 5 fehlerhaft ist und das Steuersignal S falsch
20 ausgeführt wird kann aufgrund des untypischen Verlaufs des Messsignals M innerhalb des vorgegebenen Zeitfensters T auf einen Fehler in der Ansteuerung geschlossen werden.

Die Ermittlung des Fehlerkennwerts F erfolgt bevorzugt auf Basis
25 des bzw. der durch das Messsignal M repräsentierten Strom- und/oder Spannungsverlaufs bzw. -verläufe während eines vorgegebenen Zeitfensters T. In anderen Worten trägt lediglich ein Verlauf des Messsignals M innerhalb des vorgegebenen Zeitfensters T zu einem Ergebnis der Ermittlung des Fehlerkennwerts
30 F bei. Das vorgegebene Zeitfenster T kann dabei beispielsweise zwischen 0,1s und 0,5s betragen, insbesondere 0,3s.

Dem Fehlerkennwert F wird insbesondere dann ein Wert zugewiesen, der repräsentativ ist für einen Fehler, wenn das Messsignal M einen untypischen Verlauf aufweist. Dies kann beispielsweise der

Fall sein, wenn eine Änderung des Messsignals M einen vorgegebenen ersten Schwellwert nicht übersteigt. Beispielhaft ist das Messsignal M in dem vorgegebenen Zeitfenster T also im Wesentlichen konstant. Alternativ oder zusätzlich kann das Messsignal M einen untypischen Verlauf aufweisen, wenn eine Abweichung von einem vorgegebenen Referenzsignal R (vergleiche Figur 3a) größer einem zweiten vorgegebenen Schwellwert ist. Beispielhaft ist das Messsignal also in dem vorgegebenen Zeitfenster T maßgeblich unterschiedlich zu dem Referenzsignal R.

Figur 3a zeigt in einem ersten Ausführungsbeispiel einen typischen Verlauf von Strom I und Spannung U über die Zeit t zur Steuerung der Einspritzmenge des Injektors 1. Beispielsweise handelt es sich hierbei um eine Einfacheinspritzung. Ferner ist ein Hubweg s einer Nadel des Injektors 1 in einem Hubverlauf R_s dargestellt. Der dargestellte Verlauf kann beispielsweise als Referenzsignal R dienen.

Der Injektor 1 ist zunächst in einem geschlossenen Zustand, bei dem der Hubweg s der Nadel beispielsweise 0 beträgt. Eine Spannung R_U des Referenzsignals R wird auf einen ersten Wert U1 eingestellt, sodass ein Strom R_I des Referenzsignals R steigt. Dabei hebt sich die Nadel des Injektors 1, so dass der Injektor 1 einen geöffneten Zustand einnimmt.

Anschließend wird die Spannung R_U des Referenzsignals R auf einen zweiten Wert U2 eingestellt. Der Strom R_I des Referenzsignals R sinkt ab und die Nadel des Injektors 1 fährt ihren maximalen Hubweg s_max an.

Nach einer vorgegebenen Einspritzzeit T_i wird die Spannung R_U des Referenzsignals R auf einen dritten Wert U3 eingestellt, bei dem der Strom R_I des Referenzsignals R weiter abfällt und die

Nadel des Injektors 1 auf einen Ausgangswert des Hubwegs s absinkt, so dass der Injektor 1 wieder den geschlossenen Zustand einnimmt. Die Einspritzdauer des Injektors 1 sowie die Einspritzmenge des Injektors 1 hängt dabei insbesondere von der Einspritzzeit T_i ab. Beispielsweise beträgt diese zwischen $400\mu s$ und $500\mu s$, insbesondere $450\mu s$.

Eine Krümmungsänderung der Spannung R_U des Referenzsignals R ist dabei insbesondere repräsentativ für einen Übergang des Injektors 1 von dem geöffneten Zustand in den geschlossenen Zustand und kann als Signatur bezeichnet werden.

Figur 3b zeigt in einem zweiten Ausführungsbeispiel zwei typische Verläufe von Strom I und Spannung U über die Zeit t zur Steuerung der Einspritzmenge des Injektors 1. Eine Einspritzzeitanforderung T_r korrespondiert beispielsweise zu der Sollwertanforderung 13 (siehe Figur 1).

Die dargestellten Verläufe können beispielsweise im Rahmen der Rückmessung 23 (siehe Figur 1) als Messsignal M ermittelt werden.

Der erste Stromverlauf M_{I1} des Messsignals M sowie der erste Spannungsverlauf M_{U1} des Messsignals M korrespondiert beispielsweise zu dem Referenzsignal R (vergleiche Figur 3a). Ein ermittelter Fehlerkennwert F durch einen Vergleich der Verläufe M_{I1} , R_I in einem ersten vorgegebenen Zeitfenster T_1 , sowie durch einen Vergleich der Verläufe M_{U1} , R_U in einem zweiten vorgegebenen Zeitfenster T_2 ist daher repräsentativ für einen fehlerfreien Einspritzvorgang.

Zur Ermittlung des Verschlusszeitpunkts des Injektors 1 kann in diesem Fall folglich der erste Spannungsverlauf M_{U1} des Messsignals M herangezogen werden. Zur Ermittlung des Öff-

nungszeitpunkts des Injektors kann ferner der erste Stromverlauf M_{I1} des Messsignals M verwendet werden.

Der zweite Stromverlauf M_{I2} des Messsignals M sowie der zweite
5 Spannungsverlauf M_{U2} des Messsignals M weichen von den Verläufen
 R_I , R_U des Referenzsignals R ab (vergleiche Figur 3a). Ein
ermittelter Fehlerkennwert F durch einen Vergleich der Verläufe
 M_{I2} , R_I in einem ersten vorgegebenen Zeitfenster $T1$, sowie
durch einen Vergleich der Verläufe M_{U2} , R_U in einem zweiten
10 vorgegebenen Zeitfenster $T2$ ist daher repräsentativ für einen
fehlerhaften Einspritzvorgang.

Bezugszeichenliste

	100	System
	1	Injektor
5	3	Schaltkreis
	5	integrierte Schaltung
	7	Injektor Eingabe/Ausgabe Treiber
	9	Injektorfunktionseinheit
	11	Schnittstelle
10	13	Sollwertanforderung
	15	Sollwertbefehl
	17	Stromkennwert
	19	Sollwertausführung
	21	Mehrfacheinspritzüberwachung
15	23	Rückmessung
	25	Signalaufbereitung
	27	Sitzdetektion
	29	Mikrocontroller
	31	Steuereinheit
20		
	a, b, c	Überprüfungsschritte
	S1, S3, S5	Programmschritte
	S	Steuersignal
25	A	Anforderungskennwert
	F	Fehlerkennwert
	R	Referenzsignal
	R_I	Referenzstromverlauf
	R_U	Referenzspannungsverlauf
30	R_s	Referenznadelhub
	M	Messsignal
	M_I1, M_I2	Messstromverlauf
	M_U1, M_U2	Messspannungsverlauf
	I	Strom

	U, U1, U2, U3	Spannung
	s, smax	Hubweg
	t	Zeit
	T, T1, T2	Zeitfenster
5	Ti, Tr	Einspritzzeit

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Injektors (1) für einen Verbrennungsmotor, bei dem

- 5 - ein Anforderungskennwert (A) bereitgestellt wird, der repräsentativ ist für eine einzuspritzende Kraftstoffmenge durch den Injektor (1),
- abhängig von dem Anforderungskennwert (A) ein Steuersignal (S) ermittelt und erzeugt wird zur Steuerung der Einspritzmenge des
- 10 Injektors (1),
- ein Messsignal (M) bereitgestellt wird, das repräsentativ ist für einen Strom- und/oder Spannungsverlauf zur Steuerung einer Einspritzmenge des Injektors (1), und
- abhängig von dem Anforderungskennwert (A) und dem Messsignal
- 15 (M) ein Fehlerkennwert (F) ermittelt wird, der repräsentativ ist für einen Fehler bei Ermittlung und/oder Erzeugung des Steuersignals (S).

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Fehlerkennwert (F) ermittelt wird abhängig von dem Messsignal (M) innerhalb eines

20 vorgegeben Zeitfensters (T).

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 oder 2, bei dem der Fehlerkennwert (F) abhängig von einer zeitlichen

25 Veränderung des Messsignals (M) ermittelt wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 3, bei dem der Fehlerkennwert (F) abhängig von einem Referenzsignal (R) ermittelt wird.

30

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 4, bei dem

- abhängig von dem Messsignal (M) ein Zustand des Injektors (1) ermittelt wird, und

- das Steuersignal (S) abhängig von dem Zustand des Injektors (1) ermittelt wird.

6. Vorrichtung zum Betreiben eines Injektors (1) für einen
5 Verbrennungsmotor, die ausgebildet ist ein Verfahren nach einem
der vorstehenden Ansprüche 1 bis 5 durchzuführen.

Fig. 3a

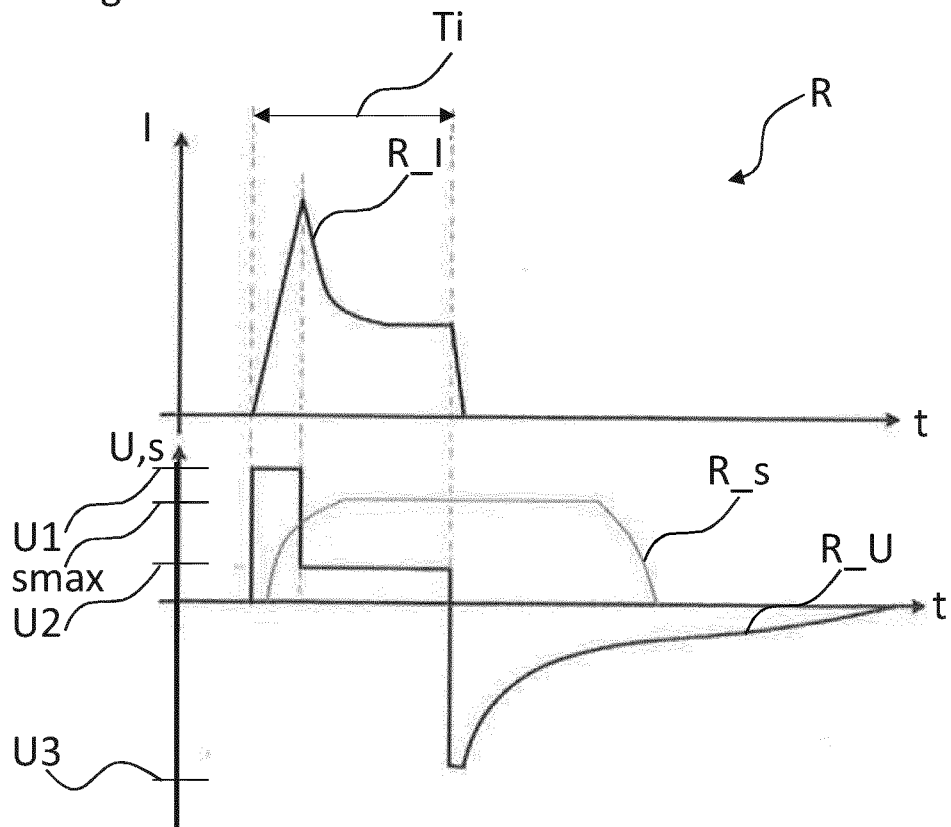
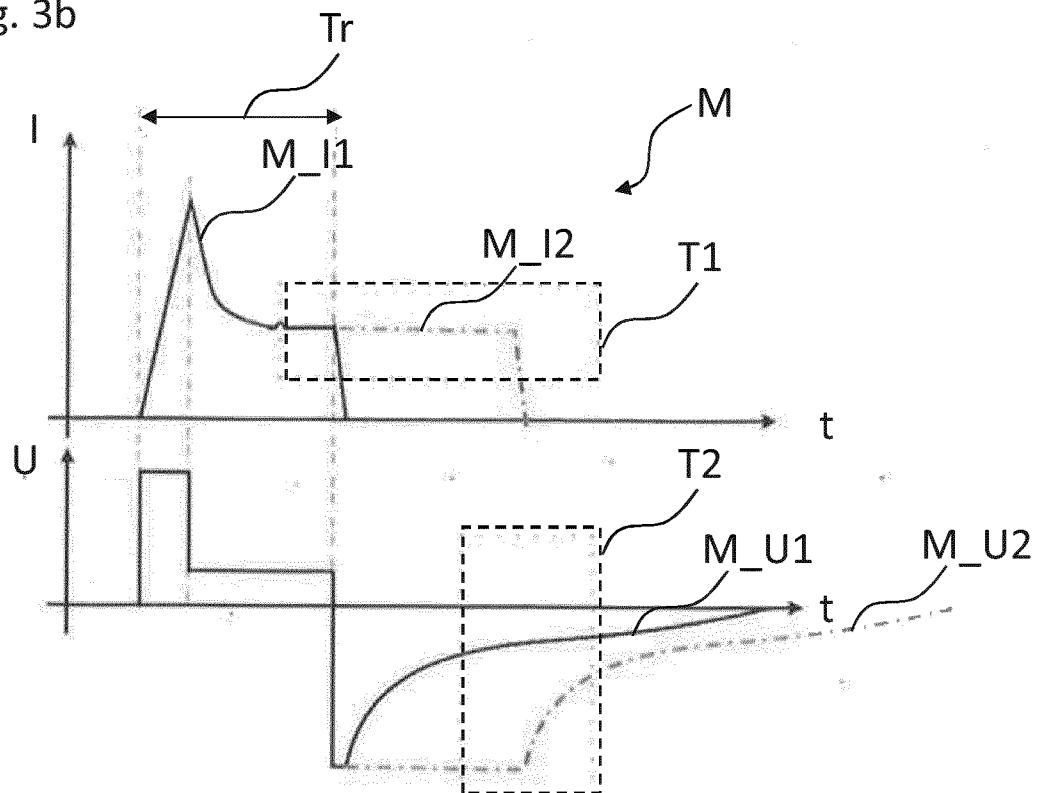


Fig. 3b



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/052409

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. F02D41/20
 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	US 2006/137661 A1 (HAYAKAWA KUNIHICO [JP]) 29 June 2006 (2006-06-29) paragraphs [0072] - [0082]; figures 1,3,4 -----	1-6
X	US 2012/296553 A1 (BAGNASCO ANDREW P [US] ET AL) 22 November 2012 (2012-11-22) paragraphs [0005], [0024] - [0027], [0039] - [0042], [0045] - [0050], [0057] -----	1-4,6 5
X	US 2014/190453 A1 (QIAO NINGSHENG [US] ET AL) 10 July 2014 (2014-07-10) paragraphs [0005], [0006], [0030] - [0037]; figures 2-4 -----	1-3,5,6
X	US 2014/012484 A1 (LOVE WILLIAM J [US] ET AL) 9 January 2014 (2014-01-09) paragraphs [0005], [0006], [0021] - [0028], [0032] ----- -/-	1-3,5,6



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

11 April 2016

Date of mailing of the international search report

15/04/2016

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

Le Bihan, Thomas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/052409

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2012/116702 A1 (BEER JOHANNES [DE] ET AL) 10 May 2012 (2012-05-10) paragraphs [0022] - [0026] -----	5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/052409

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006137661	A1	29-06-2006	CN 1723344 A 18-01-2006
			DE 60313667 T2 27-12-2007
			EP 1582725 A1 05-10-2005
			US 2006137661 A1 29-06-2006
			WO 2004053317 A1 24-06-2004
US 2012296553	A1	22-11-2012	CN 102889146 A 23-01-2013
			DE 102012208209 A1 22-11-2012
			US 2012296553 A1 22-11-2012
US 2014190453	A1	10-07-2014	NONE
US 2014012484	A1	09-01-2014	NONE
US 2012116702	A1	10-05-2012	DE 102009032521 A1 13-01-2011
			KR 20120052978 A 24-05-2012
			US 2012116702 A1 10-05-2012
			WO 2011003704 A1 13-01-2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02D41/20
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	US 2006/137661 A1 (HAYAKAWA KUNIHICO [JP]) 29. Juni 2006 (2006-06-29) Absätze [0072] - [0082]; Abbildungen 1,3,4 -----	1-6
X	US 2012/296553 A1 (BAGNASCO ANDREW P [US] ET AL) 22. November 2012 (2012-11-22) Absätze [0005], [0024] - [0027], [0039] - [0042], [0045] - [0050], [0057] -----	1-4,6 5
X	US 2014/190453 A1 (QIAO NINGSHENG [US] ET AL) 10. Juli 2014 (2014-07-10) Absätze [0005], [0006], [0030] - [0037]; Abbildungen 2-4 -----	1-3,5,6
X	US 2014/012484 A1 (LOVE WILLIAM J [US] ET AL) 9. Januar 2014 (2014-01-09) Absätze [0005], [0006], [0021] - [0028], [0032] ----- -/-	1-3,5,6

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ 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

11. April 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/04/2016

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

Le Bihan, Thomas

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2012/116702 A1 (BEER JOHANNES [DE] ET AL) 10. Mai 2012 (2012-05-10) Absätze [0022] - [0026] -----	5

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/052409

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2006137661	A1	29-06-2006	CN	1723344 A	18-01-2006
			DE	60313667 T2	27-12-2007
			EP	1582725 A1	05-10-2005
			US	2006137661 A1	29-06-2006
			WO	2004053317 A1	24-06-2004

US 2012296553	A1	22-11-2012	CN	102889146 A	23-01-2013
			DE	102012208209 A1	22-11-2012
			US	2012296553 A1	22-11-2012

US 2014190453	A1	10-07-2014	KEINE		

US 2014012484	A1	09-01-2014	KEINE		

US 2012116702	A1	10-05-2012	DE	102009032521 A1	13-01-2011
			KR	20120052978 A	24-05-2012
			US	2012116702 A1	10-05-2012
			WO	2011003704 A1	13-01-2011
