

(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
16. Dezember 2010 (16.12.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/142488 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 41/20 (2006.01) *F02D 41/22* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/055452
- (22) Internationales Anmeldedatum:
23. April 2010 (23.04.2010)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2009 026 840.5 9. Juni 2009 (09.06.2009) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **Tonner, Erik** [DE/DE]; Fasanenweg 12, 70839 Gerlingen (DE). **Barnickel, Kai** [DE/DE]; Trautaeckerstr. 7, 70567 Stuttgart (DE). **Fuchs, Stefan** [DE/DE]; Banzhaldenstr. 66, 70469 Stuttgart (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, 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)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR MONITORING THE OPERATION OF AN INJECTOR

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM ÜBERWACHEN DES BETRIEBS EINES INJEKTORS

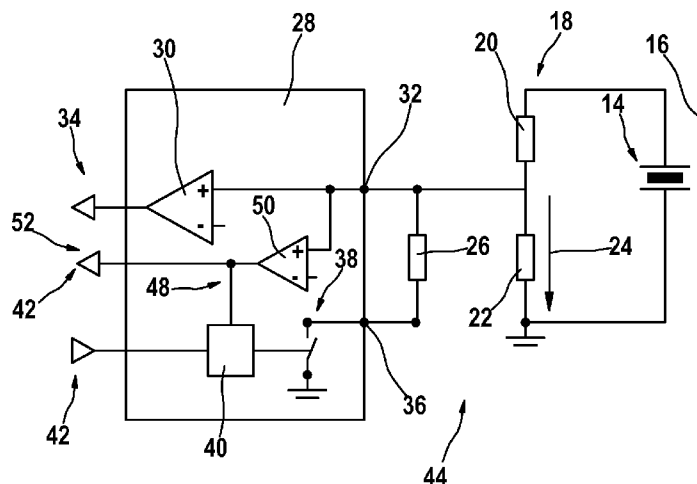


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a method for monitoring the operation of an injector of an internal combustion engine, wherein multiple successive injections are carried out for the injector during operation, wherein an electrical signal is generated during operation by a piezoactuator that interacts with the injector. In order to carry out the method, a temporal course of the signal is amplified in an injection pause between two injections and the amplified signal is scanned. The invention further relates to an arrangement (44) for monitoring the operation of an injector of an internal combustion engine, to a computer program and to a computer program product.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/142488 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überwachen des Betriebs eines Injektors eines Verbrennungsmotors, wobei für den Injektor während des Betriebs mehrmals nacheinander Einspritzungen durchgeführt werden, wobei während des Betriebs von einem Piezoaktor, der mit dem Injektor zusammenwirkt, ein elektrisches Signal erzeugt wird, wobei zur Durchführung des Verfahrens ein zeitlicher Verlauf des Signals in einer Einspritzpause zwischen zwei Einspritzungen verstärkt und das verstärkte Signal abgetastet wird. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Anordnung (44) zum Überwachen des Betriebs eines Injektors eines Verbrennungsmotors, ein Computerprogramm und ein Computerprogrammprodukt.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren zum Überwachen des Betriebs eines Injektors

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überwachen des Betriebs eines Injektors eines Verbrennungsmotors und eine Anordnung zum Überwachen des Betriebs eines Injektors eines Verbrennungsmotors.

Stand der Technik

15

Bei Steuergeräten für einen Injektor bzw. ein Einspritzventil, der bzw. das mit einem Common-Rail-Piezo-Aktor zusammenwirkt, sind keine aktiven Maßnahmen gegen das Tuning und somit das Verändern eines Betriebsablaufs durch externe Tuningsteuergeräte bekannt. Bisherige Mechanismen zum Schutz vor Tuning sind hauptsächlich gegen das sogenannte Chiptuning, z. B. den Schutz gegen ein Öffnen eines Steuergeräts und/oder einen Zugriffsschutz auf der Software-Ebene des Steuergeräts, gerichtet.

20

In einer Variante setzen externe Tuningsteuergeräte unmittelbar nach einer Haupteinspritzung des mit dem Injektor zusammenwirkenden Steuergeräts eine weitere Einspritzung ab. Dadurch wird das Schließen der Düsenadel des Injektors verzögert und somit eine größere Menge Kraftstoff in den Zylinder eingespritzt.

25

30 Offenbarung der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überwachen des Betriebs eines Injektors eines Verbrennungsmotors. Während des Betriebs des Injektors werden mehrmals nacheinander normale, betriebsbegleitende Einspritzungen durchgeführt. Außerdem wird während des Betriebs eines Moduls, das mit dem Injektor zu-

35

sammenwirkt und/oder als Komponente des Injektors ausgebildet ist, ein elektrisches Signal erzeugt. Zur Durchführung des Verfahrens wird ein zeitlicher Verlauf des Signals zumindest in einer Einspritzpause zwischen zwei Einspritzungen verstärkt und das verstärkte Signal abgetastet.

5

Eine beim normalen Betrieb des Injektors vorgesehene Einspritzung wird durch eine Ansteuerung eines Piezoaktors, der mit dem Injektor zusammenwirkt, erzeugt. Dabei wird die Ansteuerung durch ein Steuergerät bereitgestellt.

10

In Ausgestaltung der Erfindung wird zum Verstärken des Signals eine maximale Amplitude oder der Pegel des Signals auf einen maximalen Wert begrenzt. Durch die Verstärkung wird typischerweise eine Auflösung des Signals erhöht. Um ein Abtastmodul oder Auswertemodul für das Signal vor zu hohen Werten des verstärkten Signals zu schützen, wird bei einer möglichen Ausführungsform der Erfindung die Amplitude des Signals auf den maximalen Wert bzw. Grenzwert be-

15

Üblicherweise weist das Signal im Bereich der sich wiederholenden normalen Einspritzungen hohe Werte auf. Zwischen zwei Einspritzungen sind die Werte des Signals jedoch niedrig. Zur Ausführung des Verfahrens wird das Signal durchgängig oder zumindest abschnittsweise zwischen Einspritzungen verstärkt. Dabei ergeben sich im Vergleich zu dem ursprünglich gemessenen Signal für das resultierende verstärkte Signal erhöhte Werte. Erhöhte Werte, die den vorgegebenen maximalen Wert bzw. Grenzwert überschreiten, können bei einer Ausführung des Verfahrens gekappt und demnach begrenzt werden, indem diesen genannten erhöhten Werte bspw. der Grenzwert zugeordnet wird. Mit dem Verfahren werden typischerweise nur die niedrigen Werte des Signals zwischen den Einspritzungen verstärkt, so dass das Signal zumindest zwischen zwei Einspritzungen bzw. Ansteuerungen höher aufgelöst wird. Somit ist es u. a. möglich, den Verlauf des Signals zwischen den Einspritzungen bzw. Ansteuerungen besser zu analysieren.

20

25

30

35

Es kann vorgesehen sein, den Verlauf des Signals auf das Vorliegen einer Unregelmäßigkeit zu überprüfen. Hierzu kann der aktuelle Verlauf des Signals mit einem standardisierten, normalen Verlauf des Signals verglichen werden. Falls Un-

regelmäßigkeiten oder Abweichungen des Verlaufs des gemessenen Signals von dem normalen Signal erkannt werden, ist dies ein Indiz dafür, dass beim Betrieb ein Fehler auftritt, der bspw. durch einen unerlaubten Eingriff in den Betriebsablauf des Injektors verursacht wird. Die genannte Unregelmäßigkeit deutet üblicherweise auf eine veränderte oder zusätzliche Einspritzung und/oder Ansteuerung hin.

In der Regel wird das zu untersuchende Signal durch einen Körperschall eines Moduls des Injektors und/oder eines Moduls, das mit dem Injektor zusammenwirkt, bspw. des Piezoaktors erzeugt, und als Spannungssignal, das am Modul anliegt, bereitgestellt.

Die Erfindung betrifft auch eine Anordnung zum Überwachen oder Überprüfen des Betriebs eines Injektors bzw. Einspritzventils eines Verbrennungsmotors, wobei für den Injektor während des Betriebs mehrmals nacheinander Einspritzungen für einen normalen Betrieb durchgeführt werden und wobei während des Betriebs von mindestens einem Modul des Injektors ein elektrisches Signal erzeugt wird. Die Anordnung ist dazu ausgebildet, einen zeitlichen Verlauf des Signals in einer Einspritzpause zwischen zwei Einspritzungen zu verstärken und das verstärkte Signal abzutasten.

Die Anordnung weist u. a. einen Signalverstärker auf, der dazu ausgebildet ist, das Signal zumindest zwischen zwei Einspritzungen zu verstärken. Außerdem umfasst die Anordnung eine Schutzschaltung, die dazu ausgebildet ist, eine Verstärkung des Signals zu kontrollieren. Dabei ist die Schutzschaltung dazu ausgebildet, eine Verstärkung von Werten des Signals auf eine maximale Amplitude zu begrenzen bzw. zu beschränken. Zur Analyse des verstärkten Signals weist die Anordnung ein Abtastmodul zum Abtasten des verstärkten Signals auf.

Das Verfahren ist üblicherweise zum Überprüfen eines Einspritzvorgangs für den Injektor geeignet. Das Signal wird durch das Modul, bspw. durch den Piezoaktor, bei einem Nadelschließen des Injektors erzeugt und zumindest abschnittsweise verstärkt und somit höher aufgelöst. Der Verlauf des Signals wird mit einem erwarteten Verlauf verglichen. Mit der Erfindung ist ein Nachweis einer Abweichung eines Signals, die durch eine Unregelmäßigkeit verursacht ist, möglich. Amplitu-

den der regulären Signale im Bereich einer Einspritzung sind hoch, Abweichungen des Signals sind im Vergleich dazu niedrig und treten zwischen den regulären Einspritzungen auf.

5 Eine Schaltung zur Verstärkung des als Spannung vorliegenden Signals als Komponente der Anordnung kann den Signalverstärker mit einem Eingangsspannungsteiler umfassen. Durch Ändern der Widerstandsverhältnisse am Eingangsspannungsteiler kann die Auflösung der Spannung verändert werden. Wenn die höhere Auflösung während einer regulären Einspritzung bzw. Ansteuerung gewählt wird, ist es möglich, dass eine zu hohe Spannung an den Pins eines ASIC, d. h. einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung, anliegt, so dass diese dadurch zerstört werden kann. Darum darf die hohe Auflösung nur während der Einspritz- oder Ansteuerpausen, also zwischen den Einspritzungen oder Ansteuerungen, benutzt werden. Aus diesem Grund wird eine von einem
10 Microcontroller (μC) betätigte Schutzschaltung, die zur Begrenzung der Werte des verstärkten Signals ausgebildet ist, benutzt.
15

Um das Anliegen einer zu hohen Spannung, z. B. im Fehlerfall oder einer Tuningsteuerung, zu verhindern, weist die Schutzschaltung einen Komparator zur Umsetzung einer Schutzfunktion auf. In einer Ausführungsform schaltet der typischerweise vom Microcontroller gesteuerte Komparator, wenn an einem Eingangspin des ASIC eine Spannung größer eines Grenzwerts von z. B. 3 V anliegt, auf eine geringere Verstärkung und niedrigere Auflösung und schützt somit den ASIC vor einer Schädigung oder Zerstörung.
20

25 Zur Auswertung des gemessenen Signals kann der Microcontroller über den Pegel des Komparators der Schutzschaltung die zusätzliche Ansteuerung erkennen. In dieser Ausführungsform dient der Microcontroller als Abtastmodul, mit dem das Signal über den Komparator abgetastet wird.
30

In einer Ausführungsform des Verfahrens wird zur Untersuchung des Signals das Nadelschließen des Injektors detektiert. Dabei tritt durch den Impuls, den die Düsenadel auf den Körper des Injektors überträgt, ein Körperschallsignal auf, das sich in einer charakteristischen, hochfrequenten Schwingung im Spannungssignal des Injektors und/oder des mit dem Injektor zusammenwirkenden Piezoaktors
35

zeigt. Zum genaueren Nachweis ist vorgesehen, die Aktorspannung zwischen der als Haupteinspritzung ausgebildeten, regulären Einspritzung und der darauf folgenden regulären Einspritzung für die Messung zu verstärken.

5 In einer Variante kann zur Bestimmung eines Nadelschließens einer Ventalnadel des Injektors, die von einem Piezoaktor angesteuert wird, ein Signal einer an dem Injektor oder dem Piezoaktor anliegenden Spannung gemessen und das Nadelschließen aus einem Verlauf des Signals nachgewiesen werden. Falls der Betrieb des Injektors fehlerhaft oder manipuliert sein sollte, kann dies anhand ei-
10 nes veränderten und/oder verzögerten Nadelschließens im Signal erkannt werden.

Bei der beschriebenen Variante kann untersucht werden, ob der Verlauf des Signals ein charakteristisches Merkmal bzw. eine Unregelmäßigkeit, das bzw. die
15 auf das veränderte Nadelschließen hinweist, aufweist. Der Piezoaktor wird während des Betriebs angesteuert, wobei der Verlauf des Signals bei Durchführung des Verfahrens in einem Bereich nach einer erfolgten, regulären Ansteuerung des Piezoaktors, nachdem die Spannung auf einen Wert von annähernd 0 Volt abgesunken ist, untersucht wird. Zur genaueren Analyse des Signals und somit
20 des Nadelschließens wird das Signal im Rahmen der Erfindung nach der Ansteuerung und somit der Einspritzung verstärkt und dadurch höher aufgelöst. Eine ggf. vorliegende Unregelmäßigkeit kann durch diese Maßnahme erkannt werden.

25 Weiterhin wird über den Verlauf des Signals ein Körperschall, der durch die sich schließende Ventalnadel verursacht wird und auf den Injektor und/oder den Piezoaktor auswirkt, nachgewiesen. Bei Betrieb des Injektors wird die Ventalnadel, die in einer Düse des Injektors angeordnet ist, von dem Piezoaktor über mindestens ein Ventilelement angesteuert.

30 Zur Untersuchung des Signals kann dieses aufbereitet werden. Weiterhin kann auf das Signal eine Bandpassfilterung mit Eckfrequenzen angewandt werden. Außerdem können bestimmte Frequenzen des Signals gefiltert werden. Es ist auch möglich, das Signal zu quadrieren und aufzusummieren. Somit kann ein
35 Zeitpunkt des Nadelschließens bestimmt werden. Falls dieser Zeitpunkt von ei-

nem üblichen Zeitpunkt bzw. Sollzeitpunkt abweicht, ist dies ein Hinweis für das Vorliegen einer Unregelmäßigkeit, die durch einen betrieblichen Fehler oder eine externe Manipulation hervorgerufen sein kann.

5 Um dieses Signal auswerten zu können, kann es mittels des schnellen Analog-Digital-Umsetzers (FADC) als ein mögliches Abtastmodul abgetastet werden. Da das nachweisende Signal zwischen zwei Einspritzungen nur eine geringe Nutzamplitude aufweist, wird es in einer Ausführungsform des Verfahrens durch eine Schaltung am Eingang des FADC zumindest im Bereich zwischen zwei Einspritzungen verstärkt.

10

Durch Absetzen einer Tuningsteuerung wird das nach der Einspritzung erfolgende Nadelschließen zeitlich nach hinten verschoben, d. h. wenn ein unregelmäßiges Nadelschließsignal vorliegt, dann tritt es in der Regel stark verzögert auf. Diese Abweichung von dem erwarteten Nadelschließen ist ebenfalls ein Zeichen dafür, dass ein Tuningsteuergerät das Einspritzsystem, das u. a. den Injektor, den Piezoaktor und ein Steuergerät zur Steuerung der Einspritzung umfasst, manipuliert.

15

20 Mit der Erfindung kann folglich die Aktivität eines externen Tuningsteuergeräts am Injektor nachgewiesen werden. Ein derartiges Tuningsteuergerät wird typischerweise in den Kabelbaum des originalen Steuergeräts eingebaut und führt durch zusätzliche Ansteuerungen der Injektoren zu einer Leistungssteigerung. Durch den Einsatz des Tuningsteuergeräts kann es durch die Leistungssteigerung und die damit verbundene Mehrbelastung des Motors zu einem beschleunigten Verschleiß und Ausfall des Motors kommen. Damit verbundene unberechtigte Garantieansprüche an den Originalhersteller könnten durch die Erkennung von dem beschriebenen Tuningkonzept verhindert werden. Die Erfindung kann für sog. Common-Rail-Piezo-Steuergeräte, die zur Steuerung des Piezoaktors ausgebildet sind, verwendet werden.

25

30

Die beschriebene Anordnung ist dazu ausgebildet, sämtliche Schritte des vorgestellten Verfahrens durchzuführen. Dabei können einzelne Schritte dieses Verfahrens auch von einzelnen Komponenten der Anordnung durchgeführt werden. Weiterhin können Funktionen der Anordnung oder Funktionen von einzelnen

35

Komponenten der Anordnung als Schritte des Verfahrens umgesetzt werden. Außerdem ist es möglich, dass Schritte des Verfahrens als Funktionen einzelner Komponenten der Anordnung oder der gesamten Anordnung realisiert werden.

5 Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und den beiliegenden Zeichnungen.

Es versteht sich, dass die voranstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuterten Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

10

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

15 Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung ein Diagramm zu einem Ablauf eines Betriebs eines Injektors für einen Verbrennungsmotor.

Figur 2 zeigt in schematischer Darstellung eine aus dem Stand der Technik bekannte Vorrichtung zur Analyse eines Signals, das während eines Betriebs des Injektors erzeugt wird.

20

Figur 3 zeigt in schematischer Darstellung eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung.

25 Figur 4 zeigt in schematischer Darstellung Diagramme eines Verlaufs eines Signals, das während eines Betriebs des Injektors erzeugt wird.

Figur 5 zeigt in schematischer Darstellung Diagramme zur Auswertung des Signals.

30

Ausführungsformen der Erfindung

Die Erfindung ist anhand von Ausführungsformen in den Zeichnungen schematisch dargestellt und wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben.

35

Die Figuren werden zusammenhängend und übergreifend beschrieben, gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche Komponenten.

5 Das Diagramm aus Figur 1 zeigt einen Zeitpfeil 2 sowie ein reguläres, herkömmliches Ansteuersignal 4 zur Ansteuerung eines Injektors eines Verbrennungsmotors und ein zusätzliches, manipuliertes Ansteuersignal 6. Während des Betriebs des Injektors ist vorgesehen, dass dieser regelmäßig Einspritzungen durchführt, so dass durch den Injektor ein Luft-Kraftstoff-Gemisch in einen Zylinder des Ver-
10 brennungsmotors gespritzt wird. Zur Aktivierung einer Einspritzung ist der Injektor, üblicherweise ein Piezoaktor als Komponente des Injektors, durch das reguläre Ansteuersignal 4 anzusteuern. Das von einem Steuergerät bereitgestellte Ansteuersignal 4 bewirkt eine Größenänderung des Piezoaktors, durch den eine Ventalnadel des Injektors bewegt und somit der Injektor geöffnet wird. Im Detail
15 weist das reguläre Ansteuersignal 4 einen regulären Ansteuerimpuls 8 auf. Während des regulären Betriebs des Injektors werden pro Sekunde mehrere sich periodisch wiederholende reguläre Ansteuerimpulse 8 bereitgestellt.

Zur Umsetzung einer Leistungssteigerung des Injektors im Rahmen einer Tuningmaßnahme kann der reguläre Ablauf des Betriebs des Injektors durch Vor-
20 sehen des zusätzlichen Ansteuersignals 6 verändert werden. Dabei kann dieses zusätzliche Ansteuersignal 6 durch ein Tuningsteuergerät, das die Funktion des Injektors beeinflusst, bereitgestellt werden. Hierzu wird das zusätzliche Ansteuersignal 6 derart zur Verfügung gestellt, dass ein zusätzlicher Ansteuerimpuls 10 zeitlich unmittelbar auf den regulären Ansteuerimpuls 8 folgt. Dadurch ergibt sich,
25 dass der Injektor länger geöffnet bleibt und somit ein Nadelschließen des Injektors verzögert wird.

Insgesamt wird durch das reguläre Ansteuersignal 4 während des Betriebs des
30 Injektors in mindestens einer Komponente des Injektors, beispielsweise des Piezoaktors, ein Signal erzeugt. Dieses Signal weist einen typischen Verlauf bzw. Soll-Verlauf auf. Falls der Betrieb des Injektors gestört sein sollte, was beispielsweise durch das zusätzliche Ansteuersignal 6 verursacht sein kann, wird der reguläre, typische Verlauf des Signals verändert, was sich in Unregelmäßigkeiten
35 des gemessenen Signals bemerkbar macht. Derartige Unregelmäßigkeiten zum

Nachweis eines möglicherweise vorliegenden Tuningkonzepts können im Rahmen der Erfindung ermittelt werden.

Die in Figur 2 gezeigte, aus dem Stand der Technik bekannte Vorrichtung 12 zeigt einen Piezoaktor 14, der dazu ausgebildet ist, eine Ventalnadel eines Injektors zu betätigen. Hierzu wird der Piezoaktor 14 durch ein Ansteuersignal 4, 6, wie es bspw. in Figur 1 gezeigt ist, angesteuert. Durch die Ansteuerung erfolgt eine Größenänderung des Piezoaktors 14, wodurch die Ventalnadel bewegt wird. Bei einer Bewegung der Ventalnadel wird durch diese ein Körperschall erzeugt, der auf den Piezoaktor 14 rückwirkt und in einem Verlauf einer an dem Piezoaktor 14 anliegenden Aktorspannung 16 U_{Aktor} bemerkbar macht.

Weiterhin umfasst die Vorrichtung 12 einen Spannungsteiler 18, der einen ersten Widerstand 20 R_1 und einen Messwiderstand 22 R_2 , die in Reihe geschaltet sind, umfasst. An diesem Messwiderstand 22 liegt eine Messspannung 24 U_{Mess} an, die zur Untersuchung des Betriebs des Injektors analysiert wird. Weiterhin umfasst die Vorrichtung 12 einen dritten Widerstand 26 R_3 , der parallel zu dem Messwiderstand 22 R_2 geschaltet ist. Ein ASIC 28 der Vorrichtung 12 umfasst einen ersten Komparator 30, der über einen ersten Ansteuerpin 32 des ASICs 28 mit dem Eingangsspannungsteiler 18 verbunden ist. Außerdem ist der Komparator 30 mit einem schnellen Analog-Digital-Umsetzer 34 (Fast Analog Digital Converter, FACD) verbunden. An einem zweiten Eingangspin 36 des ASICs 28 ist der dritte Widerstand 26 R_3 angeschlossen. Innerhalb des ASICs 28 ist der zweite Eingangspin 36 über einen Schalter 38 mit einem elektronischen Bauelement 40 verbunden, das weiterhin mit einem Microcontroller 42 (μC) außerhalb des ASICs 28 verbunden ist.

Die in Figur 3 schematisch dargestellte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung 44 weist sämtliche Komponenten wie die anhand von Figur 2 vorgestellte Vorrichtung 12 auf.

Aus dem während des Betriebs des Piezoaktors 14 zur Verfügung gestellten Signal der Aktorspannung 16 U_{Aktor} wird über den Spannungsteiler 18 als Messsignal die Messspannung 24 U_{Mess} bereitgestellt. Somit liegt zwischen den beiden Eingangspins 32, 36 die Messspannung 24 U_{Mess} an. Damit diese während einer

Analyse den ASIC 28 nicht schädigt, ist bei der hier dargestellten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, eine maximale Amplitude des gemessenen Signals, d. h. der Messspannung 24 U_{Mess} , zumindest zeitweise zu begrenzen. Diese Begrenzung wird durch eine im Rahmen der Erfindung vorgesehene Schutzschaltung 48 innerhalb des ASICs 28, die einen schützenden Komparator 50 umfasst, realisiert. Bei der beschriebenen Ausführungsform der Anordnung 44 ist dieser schützende Komparator 50 der Schutzschaltung 48 mit einem zusätzlichen Microcontroller 42 verbunden.

Eine Verstärkung der Messspannung 24 U_{Mess} wird durch den ersten Widerstand 20 R_1 , den Messwiderstand 22 R_2 und den dritten Widerstand 26 R_3 zusammen mit dem Schalter 38 bewirkt. Falls alle genannten Widerstände 20, 22, 26 gleich groß sind und der Schalter 38 geschlossen ist, ergibt sich eine Schaltung, in der der erste Widerstand 20 R_1 in Reihe zu einer Parallelschaltung aus dem dritten Widerstand 26 R_3 und dem Messwiderstand 22 R_2 geschaltet ist, wobei diese Schaltung den halben Wert des ersten Widerstands 20 R_1 aufweist. Damit liegt an dem Messpin 32 ein Drittel der Aktorspannung 16 U_{Aktor} an. Bei offenem Schalter 38 hat der dritte Widerstand 26 R_3 keinen Einfluss und die Schaltung besteht nur aus der Reihenschaltung aus dem ersten Widerstand 20 R_1 und dem Messwiderstand 22 R_2 . Dann fällt die Hälfte der Aktorspannung 16 U_{Aktor} an dem Messwiderstand 22 R_2 ab und liegt damit an dem Messpin 32 an. Mit den genannten Beispielen sind unterschiedliche Verstärkungen der Messspannung 24 U_{Mess} möglich.

Es ist vorgesehen, dass der schützende Komparator 50 einen maximalen Wert des Messsignals mit einem Grenzwert vergleicht, die Verstärkung des Messsignals reduziert und somit eine niedrigere Auflösung des Messsignals bereitstellt, falls an den Eingangspins 32, 36 des ASICs 28 eine Spannung anliegt, die den Grenzwert bzw. eine Grenzspannung von beispielsweise 3V überschreitet. Bei der vorliegenden Ausführungsform der Anordnung 44 ist vorgesehen, dass der schützende Komparator 50 sowie der zusätzliche Microcontroller 42 Komponenten eines Abtastmoduls 52 bilden, mit dem das Messsignal abgetastet wird. Dabei kann mit dem zusätzlichen Microcontroller 42 über einen Pegel des schützenden Komparators 50 eine Unregelmäßigkeit des Messsignals und somit eine

gegebenenfalls vorliegende zusätzliche Ansteuerung des Injektors erkannt werden.

5 Ein möglicher Verlauf eines an dem Piezoaktor 14 anliegenden Signals 54 ist in den Diagrammen 58, 60 aus Figur 4 dargestellt. Beide Diagramme 58, 60 umfassen eine horizontal orientierte Zeitachse 62, entlang der die Zeit in Millisekunden aufgetragen ist. Über der Zeitachse 62 ist jeweils eine vertikal orientierte Achse 64 für eine Spannung des Signals 54 in der Einheit Volt dargestellt. In dem ersten Diagramm 58 ist ein vollständiger Verlauf des Signals 54 dargestellt. Dieses
10 Signal 54 umfasst einen Ansteuerimpuls 66, der in einem Bereich von ca. - 0,75 ms bis ca. 0 ms eine hohe Amplitude aufweist. Nach Abklingen des Ansteuerimpulses 66 zu dem Zeitpunkt 0 ms weist der Verlauf des Signals 54 weitgehend den Wert 0 auf. Das zweite Diagramm 60 zeigt eine Vergrößerung des Signals 54 zur Bereitstellung einer höheren Auflösung. Möglicherweise vorliegende Unregelmäßigkeiten des Signals 54 treten als Verzögerung des Nadelschließens
15 des Aktors nach dem Zeitpunkt von 0 ms auf.

Figur 5 umfasst drei Diagramme 70, 72, 74 mit jeweils einer horizontal orientierten Zeitachse 76, entlang der die Zeit in ms aufgetragen ist. In dem ersten Diagramm 70 ist über der Zeitachse 76 eine vertikal orientierte Achse 78 für eine Spannung in Volt aufgetragen. In dem ersten Diagramm 70 ist ein Verlauf eines
20 Signals 80 für eine Spannung, das an einem Piezoaktor eines Injektors anliegt, eingetragen. Dieses Signal 80 umfasst ebenfalls einen Ansteuerimpuls 79, der sich bis zu einem Zeitpunkt von ca. 0,2 Sekunden erstreckt. Ab 0,2 Sekunden ist ein Wert des Verlaufs des Signals 80 auf weitgehend 0 Volt abgesunken. Im Diagramm 72 ist über der Zeitachse 76 eine vertikal orientierte Achse 82 für eine Spannung in der Einheit Volt aufgetragen. In dem zweiten Diagramm 72 ist ein Signal 84 einer Spannung, die am Eingang des FADC 34 anliegt, aufgetragen. Dabei ist dieses Signal 84 im Bereich von ca. 0,7 bis ca. 1,6 ms verstärkt. Ein
25 EMI-Signal 86 ist entlang einer vertikal orientierten Achse 88 des dritten Diagramms 74 über der Zeitachse 76 aufgetragen. Hierbei ist EMI die Abkürzung für Einspritz-Mengen-Indikator, der die eingespritzte Menge sehr genau messen und einen Verlauf einer Rate einer eingespritzten Menge des Kraftstoffs liefert. Anhand von in Figur 5 ist zu erkennen, dass das Signal für das Nadelschließen zu
30 einer ähnlichen Zeit auftritt, zu der das EMI-Signal 86 auf Null absinkt.
35

5

Ansprüche

- 10 1. Verfahren zum Überwachen des Betriebs eines Injektors eines Verbrennungsmotors, wobei für den Injektor während des Betriebs mehrmals nacheinander Einspritzungen durchgeführt werden, und wobei während des Betriebs ein elektrisches Signal (54, 80, 84) erzeugt wird, wobei zur Durchführung des Verfahrens ein zeitlicher Verlauf des Signals (54, 80, 84) zwischen zwei Einspritzungen verstärkt und abgetastet wird.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem zum Verstärken des Signals (54, 80, 84) eine maximale Amplitude des Signals (54, 80, 84) auf einen maximalen Wert begrenzt wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Verlauf des Signals (54, 80, 84) auf das Vorliegen einer Unregelmäßigkeit überprüft wird.
- 25 4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem das Signal (54, 80, 84) durch einen Körperschall mindestens einer Komponente des Injektors erzeugt und als Spannungssignal bereitgestellt wird.
5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem ein Nadel schließen des Injektors untersucht wird.
- 30 6. Anordnung zum Überwachen des Betriebs eines Injektors eines Verbrennungsmotors, wobei für den Injektor während des Betriebs mehrmals nacheinander Einspritzungen durchgeführt werden, und wobei während des Betriebs ein elektrisches Signal (54, 80, 84) erzeugt wird, wobei die Anordnung dazu ausgebildet ist, einen zeitlichen Verlauf des Signals (54, 80, 84) zwi-

schen zwei Einspritzungen zu verstärken und das verstärkte Signal (54, 80, 84) abzutasten.

- 5 7. Anordnung nach Anspruch 6, die einen Signalverstärker aufweist, der dazu ausgebildet ist, das Signal (54, 80, 84) zu verstärken.
8. Anordnung nach Anspruch 6 oder 7, die eine Schutzschaltung (48) aufweist, die dazu ausgebildet ist, eine Verstärkung des Signals (54, 80, 84) zu kontrollieren.
- 10 9. Anordnung nach Anspruch 8, bei der die Schutzschaltung (48) dazu ausgebildet ist, die Verstärkung einer maximalen Amplitude des Signals (54, 80, 84) auf einen maximalen Wert zu begrenzen.
- 15 10. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, die ein Abtastmodul (52) zum Abtasten des Signals (54, 80, 84) aufweist.
- 20 11. Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5 durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere in einer Anordnung (44) nach einem der Ansprüche 6 bis 10, ausgeführt wird.
- 25 12. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5 durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere in einer Anordnung (44) nach einem der Ansprüche 6 bis 10 ausgeführt wird.

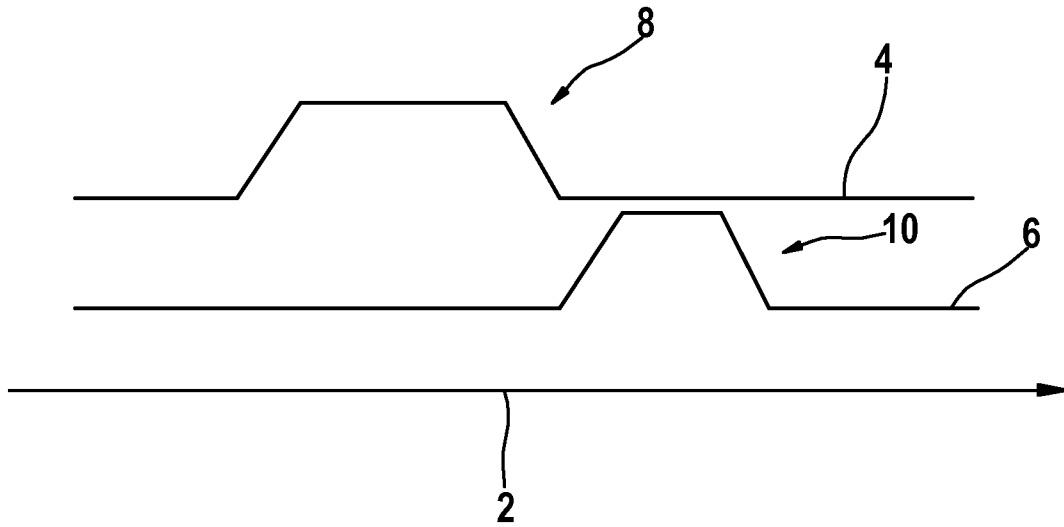


Fig. 1

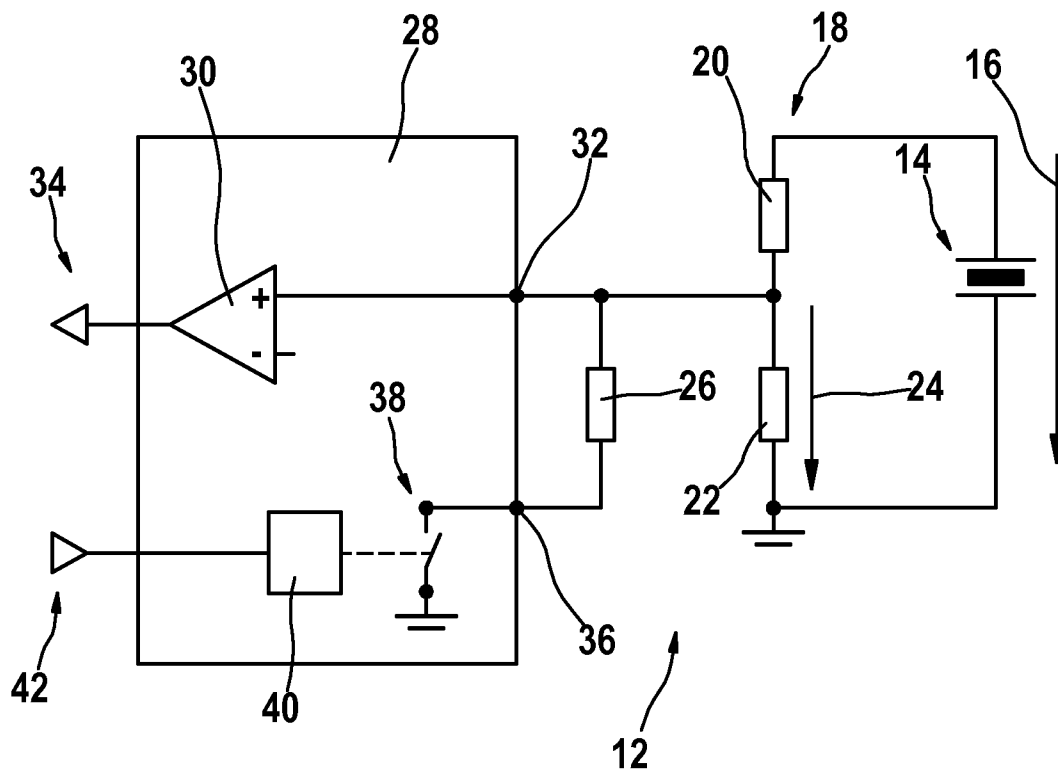


Fig. 2

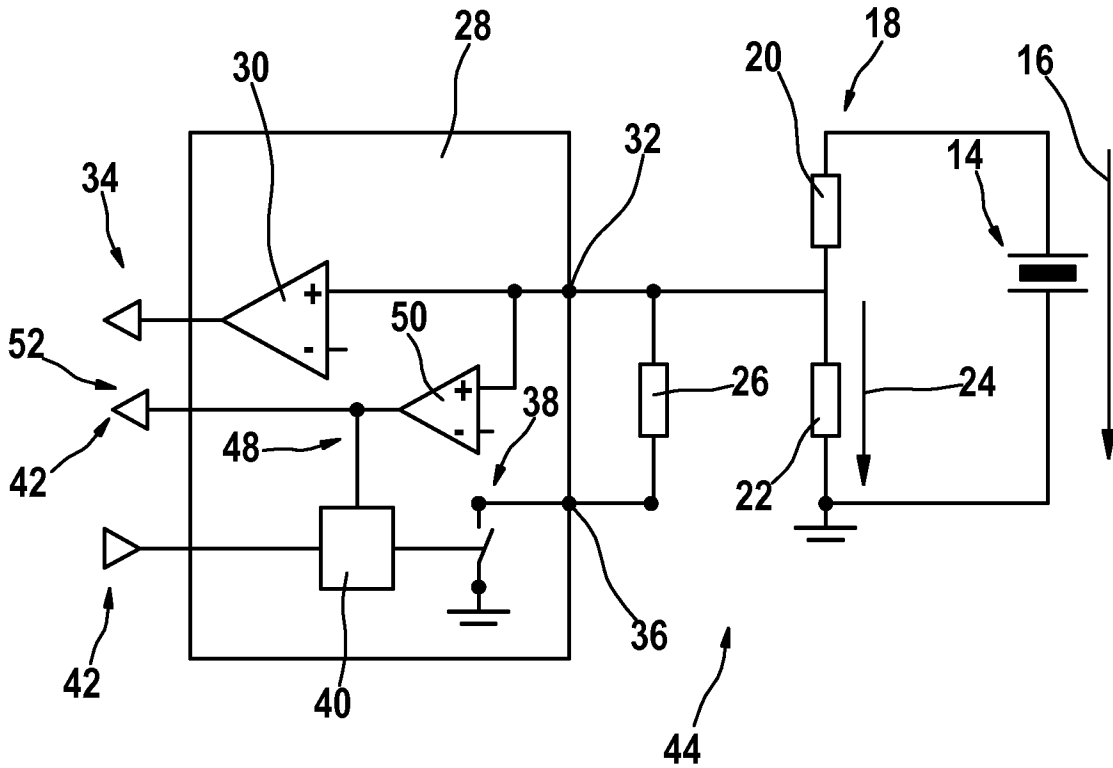


Fig. 3

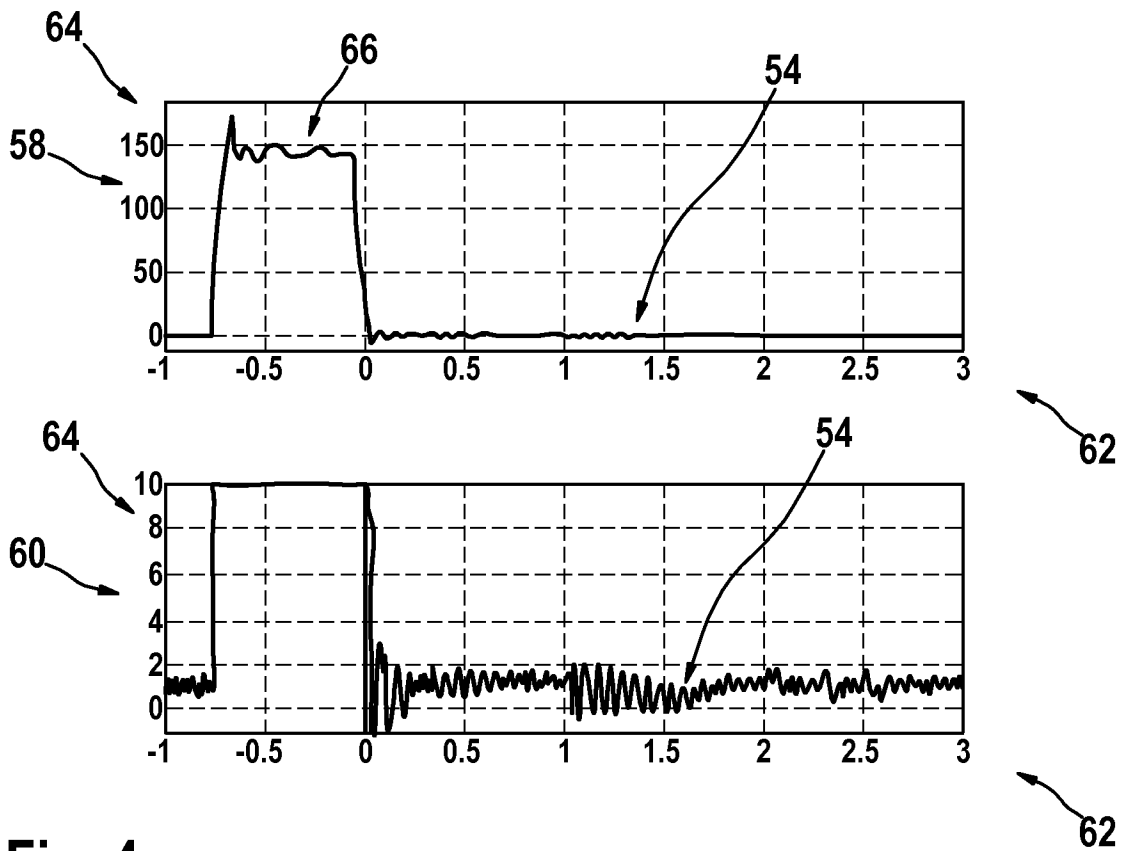


Fig. 4

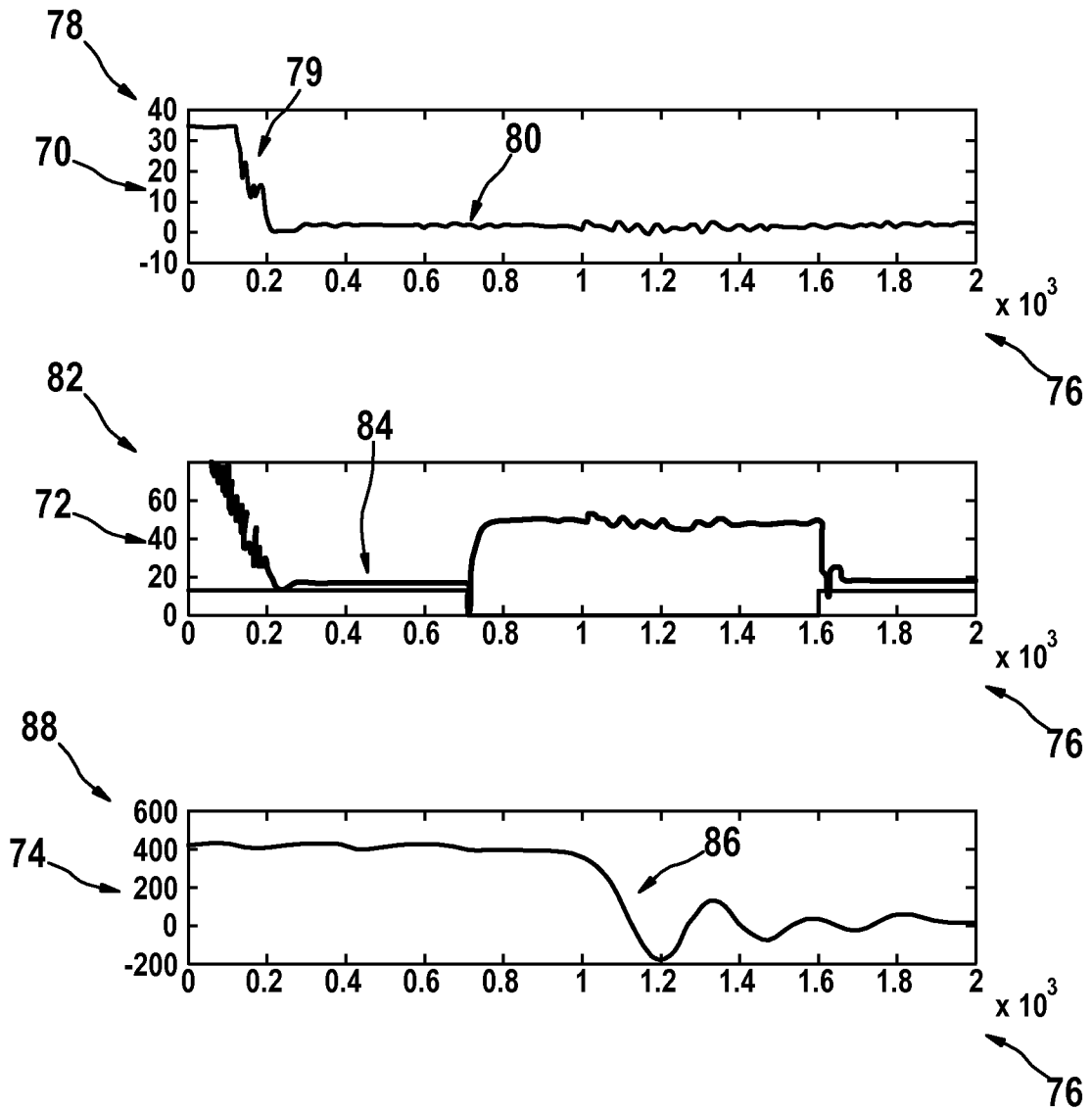


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/055452

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/20 F02D41/22
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 practical, 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	DE 101 22 441 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 14 November 2002 (2002-11-14) the whole document -----	1-12
X	EP 1 139 445 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4 October 2001 (2001-10-04) paragraphs [0015], [0083] paragraph [0093] - paragraph [0098] -----	1,3, 10-12
X	EP 1 698 777 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 6 September 2006 (2006-09-06) * abstract; figure 5 paragraphs [0003], [0028] - [0029] -----	1,3,6, 11,12
X	EP 1 394 397 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 3 March 2004 (2004-03-03) paragraphs [0022] - [0025] -----	1,3,6, 10-12
	-/--	

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 document 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.
- *8* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 July 2010

Date of mailing of the international search report

20/07/2010

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ossanna, Luca

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/055452

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 198 04 196 A1 (SIEMENS AG [DE]) 12 August 1999 (1999-08-12) the whole document -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/055452

Patent document cited in search report	Publication date	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10122441	A1	14-11-2002	NONE	
EP 1139445	A1	04-10-2001	NONE	
EP 1698777	A2	06-09-2006	DE 102005008179 A1	31-08-2006
EP 1394397	A2	03-03-2004	DE 10239614 A1	11-03-2004
			JP 2004138048 A	13-05-2004
DE 19804196	A1	12-08-1999	WO 9940408 A1	12-08-1999
			EP 1055107 A1	29-11-2000
			US 6487505 B1	26-11-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/055452

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F02D41/20 F02D41/22
 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	DE 101 22 441 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 14. November 2002 (2002-11-14) das ganze Dokument	1-12
X	EP 1 139 445 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) Absätze [0015], [0083] Absatz [0093] - Absatz [0098]	1,3, 10-12
X	EP 1 698 777 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 6. September 2006 (2006-09-06) * Zusammenfassung; Abbildung 5 Absätze [0003], [0028] - [0029]	1,3,6, 11,12
X	EP 1 394 397 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 3. März 2004 (2004-03-03) Absätze [0022] - [0025]	1,3,6, 10-12
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, 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 | <ul style="list-style-type: none"> *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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |
|---|--|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
12. Juli 2010	20/07/2010

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 Ossanna, Luca
--	--

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/055452

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 198 04 196 A1 (SIEMENS AG [DE]) 12. August 1999 (1999-08-12) das ganze Dokument -----	1-12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/055452

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10122441	A1	14-11-2002	KEINE	
EP 1139445	A1	04-10-2001	KEINE	
EP 1698777	A2	06-09-2006	DE 102005008179 A1	31-08-2006
EP 1394397	A2	03-03-2004	DE 10239614 A1	11-03-2004
			JP 2004138048 A	13-05-2004
DE 19804196	A1	12-08-1999	WO 9940408 A1	12-08-1999
			EP 1055107 A1	29-11-2000
			US 6487505 B1	26-11-2002