

(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

15. September 2016 (15.09.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2016/142109 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/20 (2006.01) F02D 41/28 (2006.01)

F02D 41/24 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/052387

(22) Internationales Anmeldedatum:

4. Februar 2016 (04.02.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2015 204 397.5 11. März 2015 (11.03.2015) DE

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

(72) Erfinder: SCHWARTE, Anselm; Am Golfplatz 22 a,
93077 Bad Abbach (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).

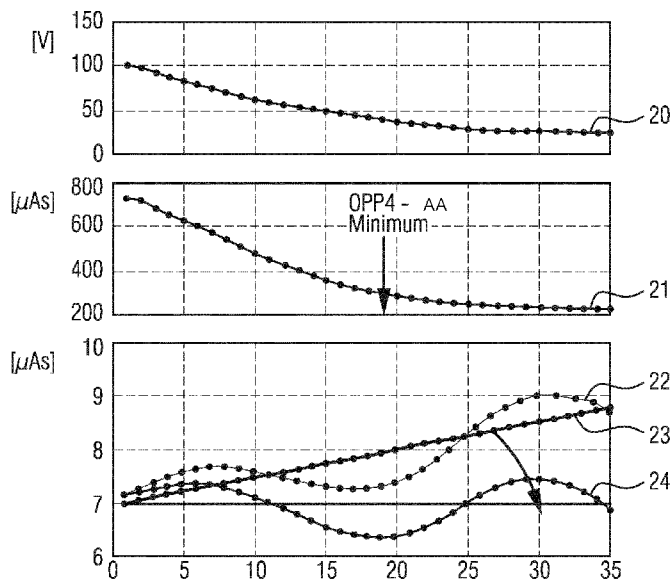
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A CHARACTERISTIC POINT OF THE STROKE MOVEMENT OF A CLOSURE
ELEMENT OF AN INJECTOR AND INJECTION SYSTEM

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM ERMITTELN EINES CHARAKTERISTISCHEN PUNKTES DER HUBBEWEGUNG
EINES VERSCHLUSSELEMENTES EINES INJEKTORS UND EINSPRITZSYSTEM

FIG 3



(57) Abstract: A method for determining a characteristic point of the stroke movement of a closure element of an injector and an injection system are described. The signal of a drive device for the closure element is used to detect the characteristic point, and specific pre-processing of this signal is carried out. The signal which is made available is tilted to the setpoint signal gradient, and a minimum or maximum of the tilted signal is determined, and the characteristic point of the stroke movement of the closure element is determined therefrom. The injection system has a sensor which is configured to make available a signal of the drive device for the characteristic point, and a computing unit which is configured to carry out the specific signal pre-processing.

(57) Zusammenfassung: Es werden ein Verfahren zum Ermitteln eines charakteristischen Punktes der Hubbewegung eines Verschlusselementes eines Injektors und ein Einspritzsystem beschrieben. Das Signal einer Antriebsvorrichtung

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/142109 A1



für das Verschlusselement wird zum Detektieren des charakteristischen Punktes verwendet, und es erfolgt eine spezielle Aufbereitung dieses Signals. Das bereitgestellte Signal wird auf die Soll-Signalsteigung gekippt, und es wird ein Minimum oder Maximum des gekippten Signals bestimmt und hieraus der charakteristische Punkt der Hubbewegung des Verschlusselementes ermittelt. Das Einspritzsystem weist einen Sensor auf, der dazu eingerichtet ist, ein Signal der Antriebsvorrichtung für den charakteristischen Punkt bereitzustellen, sowie eine Recheneinheit, die dazu eingerichtet ist, die spezielle Signalaufbereitung durchzuführen.

Beschreibung

Verfahren zum Ermitteln eines charakteristischen Punktes der Hubbewegung eines Verschlusselementes eines Injektors und Einspritzsystem

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln eines charakteristischen Punktes der Hubbewegung eines Verschlusselementes eines Injektors, wobei das Signal einer Antriebsvorrichtung für das Verschlusselement zum Detektieren des charakteristischen Punktes verwendet wird.

Bei Einspritzsystemen für Verbrennungsmotoren werden in der Regel Mehrfacheinspritzmuster mit zum Teil sehr geringen Abständen durchgeführt. Hierbei verfolgt man das Ziel, durch das Einspritzmuster und den Einspritzverlauf die Verbrennung hinsichtlich Emissionen, Verbrennungsgeräuschen und Verbrauch zu optimieren. Das Einspritzsystem muss für diese Zielsetzung eine hohe Mengengenauigkeit der einzelnen Einspritzungen gewährleisten. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die genaue Umsetzung des Fahrerwunschmodentes, wobei Mengenfehler meist direkt zu Drehmomentfehlern führen. Je höher die Anzahl der Einspritzvorgänge ist, desto stärker addieren sich die Einspritzmengenfehler zu Drehmomentabweichungen auf.

25

Um die Mengengenauigkeit eines derartigen Einspritzsystems zu verbessern, führt man eine Einspritzmengenregelung durch. Voraussetzung für eine derartige Einspritzmengenregelung ist die Positionsdetektion des Verschlusselementes des Injektors, d.h. des Einspritzventils bzw. der Einspritznadel.

30

Hierbei ist eine sichere und genaue Detektion der Öffnungs- und Schließereignisse des Einspritzventils über alle Betriebsweisen

und den äußeren Einflüssen sowie Toleranz gegenüber von Spannungs- und Ladungsmessfehlern von Bedeutung.

Aus der DE 10 2011 082 455 B4 ist ein Verfahren zum Überwachen
5 einer Einspritzmenge eines Fluids, welches durch eine Einspritz-
düse eingespritzt wird, wobei die Einspritzdüse durch ein in
einer Hubbewegung zwischen einer Schließposition und einer
Hubposition geführtes Verschlusselement geöffnet und ge-
schlossen wird, bekannt. Bei diesem Verfahren werden vier
10 charakteristische Punkte der Hubbewegung detektiert. Aus den
ermittelten vier charakteristischen Punkten der Hubbewegung
erfolgt eine Berechnung der Einspritzmenge. Zum Bestimmen der
charakteristischen Punkte wird ein Signal der Antriebsvor-
richtung für das Verschlusselement verwendet. Das Signal der
15 Antriebsvorrichtung kann vorzugsweise eine Kapazität, eine
Spannung, eine Kapazitätsänderung oder eine Spannungsänderung
der Antriebsvorrichtung umfassen.

Beispielsweise wird zur Detektion der Öffnungs- und Schließ-
20 ereignisse des Einspritzventils das Kapazitätssignal aus Ladung
und Spannung gebildet. Die Krafteinwirkung der Einspritznadel
auf die Antriebsvorrichtung bzw. das Kraftmaximum beim Schließen
kann als Kapazitätsminimum im Kapazitätssignal detektiert
werden. Auf diese Weise kann beispielsweise der Schließzeitpunkt
25 ermittelt werden.

Bei dieser Vorgehensweise bereiten aber schwache Signale, die
insbesondere durch kleine Einspritzmengen bei hohen Drücken
hervorgerufen werden, Probleme. Diese schwachen Signale verfügen
30 über keine oder nur über eine unzureichende Signalausprägung bzw.
nur über eine minimale Ausprägung, so dass das entsprechende
Ereignis bzw. der charakteristische Punkt der Hubbewegung des
Verschlusselementes nicht oder nur unzureichend detektiert
werden kann.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art zur Verfügung zu stellen, das eine besonders genaue Ermittlung eines charakteristischen Punktes der Hubbewegung des Verschlusselementes ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Verfahren der angegebenen Art durch die folgenden Schritte gelöst:

10 Bereitstellen eines Signals der Antriebsvorrichtung für den charakteristischen Punkt;

Berechnen der Regressionsgeraden für das Signal;

15 Berechnen der Soll-Signalsteigung;

Kippen des bereitgestellten Signals auf die Soll-Signalsteigung;

20 Detektion eines Minimums oder Maximums des gekippten Signals; und
Ermitteln des charakteristischen Punktes aus dem detektierten Minimum oder Maximum.

25 Um das Signal zum Ermitteln des charakteristischen Punktes der Hubbewegung des Verschlusselementes auch für kleine Signalausprägungen auswerten zu können, wird es um ein zu berechnendes Maß gekippt, nämlich auf die zu erwartende Steigung des Signals. Diese Normierung des Signals führt zu einer deutlichen Gleichstellung mit entsprechendem Genauigkeitsgewinn. Die
30 Signalausprägung des Minimums oder Maximums wird vereinheitlicht bzw. erst ermöglicht.

Die erfindungsgemäße Vorgehensweise, das bereitgestellte Signal im Auswertefenster um ein bestimmtes Maß zu kippen, führt zu einer

deutlichen Verbesserung bei der Ermittlung eines charakteristischen Punktes der Hubbewegung des Verschlusselementes. Neben der ermöglichten Detektion schwacher Signale kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch der Einfluss von Störungen
5 stark minimiert werden. Entsprechende Messfehler können so bezüglich des Detektionsergebnisses fast eliminiert werden.

Bei einer besonders bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird als charakteristischer Punkt der Schließ-
10 zeitpunkt des Verschlusselementes ermittelt.

Insbesondere wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren mit einem Piezoaktuator als Antriebsvorrichtung gearbeitet. Der Piezoaktuator kann gleichzeitig als Sensor eingesetzt werden, um
15 den charakteristischen Punkt zu detektieren. Hierbei wird insbesondere eine Spannungs- und Ladungsmessung durchgeführt, woraus ein entsprechendes Kapazitätssignal ermittelt wird, das dann in der erfindungsgemäßen Weise ausgewertet werden kann.

20 Erfindungsgemäß wird daher bevorzugt, ein Kapazitätssignal oder ein Kraftsignal der entsprechenden Antriebsvorrichtung bereitzustellen.

Bezieht man die Erfindung auf das Kraftsignal, führt das erfindungsgemäße Verfahren ebenfalls zu einer Eliminierung von
25 Unsicherheiten. Das Kraftsignal ist sehr sensitiv in Bezug auf Parameteränderungen der Antriebsvorrichtung, insbesondere eines Piezoactuators. Eine Temperaturvariation bzw. die daraus abgeleiteten Parameter führen zu unterschiedlichen Signalformen.
30 Wendet man das erfindungsgemäße Verfahren auf das Kraftsignal an, resultiert ein deutlicher Gewinn an Aussagekraft. Das Maximum liegt stabil an gleicher Position mit nahezu gleicher Ausprägung. Die erfindungsgemäß durchgeführte Normalisierung führt daher zu einer auswertbaren und konstanten Maximumlage.

Insbesondere bei niedrigen Piezospannungen um 0 V ist das Kapazitätssignal nicht mehr sinnvoll auswertbar, weil durch die Piezospannung dividiert wird. Insbesondere dann ist das Kraftsignal vorteilhaft, und zwar insbesondere zur Detektion des Schließzeitpunktes.

In Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das bereitgestellte Signal auf eine Soll-Signalsteigung von Null normiert. Insbesondere wird hierbei der Kapazitätsverlauf auf eine Steigung von Null normiert. Die Piezokapazität ist dabei um die Piezohysterese bereinigt, und die Krafteinwirkungen sind annähernd konstant, so dass eine Steigung von Null resultiert.

Die Erfindung betrifft ferner ein Einspritzsystem mit mindestens einem Injektor, einer Steuervorrichtung und einer Recheneinheit, wobei der Injektor ein Verschlusselement zum Verschießen und Öffnen einer Einspritzdüse, eine Antriebsvorrichtung zum Führen des Verschlusselementes in einer Hubbewegung und einen Sensor zum Detektieren des charakteristischen Punktes der Hubbewegung des Verschlusselementes aufweist.

Erfindungsgemäß ist der Sensor dazu eingerichtet, ein Signal der Antriebsvorrichtung für den charakteristischen Punkt bereitzustellen, und ist die Recheneinheit dazu eingerichtet, eine Regressionsgerade für das bereitgestellte Signal zu berechnen, die Soll-Signalsteigung zu berechnen, das bereitgestellte Signal auf die Soll-Signalsteigung zu kippen, ein Minimum oder Maximum des gekippten Signals zu detektieren und den charakteristischen Punkt aus dem Minimum oder Maximum zu ermitteln.

Der vorgesehene Sensor stellt daher das Signal der Antriebsvorrichtung für den charakteristischen Punkt bereit, und die Recheneinheit wertet dieses Signal in erfindungsgemäßer Weise aus, so dass eine sichere und genaue Ermittlung des charak-

teristischen Punktes der Hubbewegung des Verschlusselementes möglich ist.

Der Sensor ist vorzugsweise dazu eingerichtet, ein Signal für den Schließzeitpunkt des Verschlusselementes bereitzustellen. Das detektierte Schließzeitpunktsignal kann daher auch für kleine Signalausprägungen ausgewertet werden.

Die Antriebsvorrichtung ist vorzugsweise ein Piezoaktuator, der ferner vorzugsweise gleichzeitig als Sensor wirkt. Auf diese Weise ist eine Signaldetektion ohne zusätzliche Einrichtungen möglich.

Bevorzugte Signalgrößen sind ein Kapazitätssignal und ein Kraftsignal. Im erstgenannten Fall stellt der Sensor vorzugsweise ein Spannungssignal und ein Ladungssignal der Antriebsvorrichtung bereit und ermittelt hieraus ein Kapazitätssignal. Natürlich kann auch direkt ein Kapazitätssignal über einen Kapazitätssensor bereitgestellt werden. Im zweiten Fall stellt der Sensor ein Kraftsignal der Antriebsvorrichtung bereit.

Was die Signalauswertung anbetrifft, so ist die Recheneinheit vorzugsweise so eingerichtet, dass sie das bereitgestellte Signal auf eine Soll-Signalsteigung von 0 normiert.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung im Einzelnen erläutert. Es zeigen:

30

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Einspritzsystems;

Figur 2 den zeitlichen Verlauf der Hubbewegung eines

Verschlusselementes der in Figur 1 gezeigten Einspritzdüse;

Figur 3 die Kippung des Kapazitätssignals auf die Soll-Steigung;

Figur 4 die Kippung des Kraftsignals;

Figur 5 in der oberen Darstellung das Kapazitätsausgangssignal und in der unteren Darstellung das Signal nach erfindungsgemäßer Bearbeitung;

Figur 6 in der oberen Darstellung das Kraftausgangssignal und in der unteren Darstellung das Kraftsignal nach erfindungsgemäßer Bearbeitung; und

Figur 7 ein Ablaufschema der erfindungsgemäß durchgeführten Signalaufbereitung.

In Figur 1 ist in einem Blockdiagramm als schematische Ansicht ein Einspritzsystem 1 zum Einspritzen einer Einspritzmenge eines Fluids dargestellt. Das Einspritzsystem 1 umfasst eine Steuervorrichtung 2 sowie eine Einspritzdüse 3 und eine Recheneinheit 4. Die Einspritzdüse 3 besitzt ein Verschlusselement 7, im dargestellten Ausführungsbeispiel eine Düsennadel, die in einem Düsennadelsitz aufliegt, eine Antriebsvorrichtung 5 sowie einen Sensor 6. Die Antriebsvorrichtung 5 ist ein Piezoaktuator, welcher durch Anlegen einer Spannung die Form eines darin enthaltenen Piezokristalles ändert und somit das Verschlusselement 7 anhebt oder absenkt, also das Verschlusselement 7 in einer Hubbewegung führt. Das Verschlusselement 7 ist hierzu starr mit der Antriebsvorrichtung 5 verbunden und wird über eine Feder 9 von einer Umwandlung 10 der Einspritzdüse 3 nach unten gedrückt,

so dass das Verschlusselement 7 im Ruhezustand, also ohne Betätigung der Antriebsvorrichtung 5, die Einspritzdüse 3, genauer die Löcher 11 der Einspritzdüse 3, verschließt.

- 5 Der Sensor 6 ist ein Kapazitätssensor, welcher zwei parallele Platten aufweist, die an gegenüberliegenden Seiten des Verschlusselementes 7 angebracht sind. Wird das Verschlusselement 7 durch die Antriebsvorrichtung bewegt, so ändert sich die von dem Sensor 6 gemessene Kapazität. Der Sensor 6 ist hierbei direkt
10 an der Antriebsvorrichtung 5 angebracht bzw. kann auch Teil der Antriebsvorrichtung 5 sein. Anstelle eines Kapazitätssensors kann auch ein Sensor zum Messen der Spannung des Piezoaktuators vorgesehen sein. Die Spannung als Signal des Piezoaktuators kann einfach bestimmt werden, wobei bei Kenntnis der Ladung des
15 Piezoaktuators, beispielsweise über einen anliegenden Strom, die Kapazität auch zusätzlich ermittelt werden kann. Der Sensor 6 kann allerdings auch eingerichtet sein, Änderungen der genannten Messgröße qualitativ und quantitativ zu detektieren.
- 20 Bei einer anderen nichtgezeigten Ausführungsform wirkt der Piezoaktor gleichzeitig als Sensor, der die Spannung und Ladung erfasst und hieraus ein Kapazitätssignal ableitet.

Der Sensor 6 detektiert durch den zeitlichen Verlauf der Kapazität charakteristische Punkte der Hubbewegung des Verschlusselementes 7. Die vom Sensor 6 gemessene Kapazität sowie die charakteristischen Punkte werden über eine Leitung 8 an die Recheneinheit 4 übermittelt, welche eine entsprechende Signalauswertung vornimmt.

30

Figur 2 zeigt den zeitlichen Verlauf der Hubbewegung der Düsenadel. Es sind hierbei vier charakteristische Punkte OPP_1, OPP_2, OPP_3 und OPP_4 dargestellt, die dem Nadelöffnungszeitpunkt, dem maximalen Öffnungspunkt, dem Beginn des

Schließvorganges und dem Schließzeitpunkt entsprechen. Im folgenden Text wird die Ermittlung des Schließzeitpunktes als charakteristischen Punkt beschrieben.

5 Zur Detektion des Schließzeitpunktes (OPP_4) wird vom Sensor das Ladungs- und Spannungssignal ermittelt, woraus von der Recheneinheit das Kapazitätssignal berechnet wird. Die Krafteinwirkung des Verschlusselementes (der Einspritznadel) auf die Antriebseinrichtung (den Piezoaktuator) bzw. das Kraftmaximum
10 beim Schließen kann als Kapazitätsminimum im Kapazitätssignal detektiert werden. Damit ist der Schließzeitpunkt (OPP_4) dann bekannt.

Probleme bereiten hierbei aber schwache Signale, welche über
15 keine oder nur eine unzureichende Signalausprägung verfügen. Diesbezüglich wird die nachfolgend beschriebene Signalaufbereitung durchgeführt.

Figur 3 zeigt in der oberen Darstellung das Spannungssignal
20 und in der mittleren Darstellung das Ladungssignal 21. Hieraus wird das Kapazitätssignal 22 ermittelt. In Bezug auf dieses Signal wird eine Regressionsgerade 23 berechnet, und das Signal wird auf die zu erwartende Steigung des Signals gekippt. Diese Normierung des Schließsignals führt zu einer deutlichen Gleich-
25 stellung mit entsprechendem Genauigkeitsgewinn. Die Signalausprägung des Minimums wird vereinheitlicht bzw. erst ermöglicht. Die Piezokapazität ist bereinigt um die Piezohysterese, und die Krafteinwirkungen sind annähernd konstant bzw. die Signalsteigung ist Null. Der Kapazitätsverlauf wird
30 daher auf eine Steigung von Null normiert. Der entsprechende normierte Kapazitätsverlauf ist bei 24 dargestellt.

Insbesondere bei niedrigen Piezospansungen um 0 V ist das Kapazitätssignal nicht mehr sinnvoll auswertbar. Insbesondere

dann ist das Kraftsignal zur Detektion des Schließzeitpunktes vorteilhaft.

Figur 4 zeigt die Kippung des Kraftsignals zur Detektion des Schließzeitpunktes.

Figur 5 zeigt die durchgeführte Signalaufbereitung bei einem Kapazitätssignal. In der oberen Darstellung ist das Kapazitätsausgangssignal gezeigt, während unten das Signal nach erfindungsgemäßer Bearbeitung dargestellt ist. Es ist ein deutlich ausgeprägtes Minimum zu erkennen, das dem gesuchten Schließzeitpunkt (OPP_4) entspricht.

Figur 6 zeigt die Signalaufbereitung des Kraftsignals. Oben ist das Kraftausgangssignal mit starker Abhängigkeit von den angenommenen Piezoparametern gezeigt. Unten ist das Kraftsignal nach Bearbeitung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zu erkennen. Das deutlich ausgeprägte Maximum entspricht dem Schließzeitpunkt.

Figur 7 zeigt ein Ablaufschema der erfindungsgemäß durchgeführten Signalaufbereitung durch Kippen des Signals auf die Soll-Steigung im Auswertefenster. Gemäß Schritt 50 wird das Schließzeitpunktsignal des Einspritzventils als Kapazitäts- oder Kraftsignal ermittelt. In Schritt 52 erfolgt die Berechnung der zugehörigen Regressionsgeraden. Gemäß Schritt 51 werden die Einspritzparameter Einspritzmenge, Injektortemperatur und Raildruck ermittelt, woraus in Schritt 53 die Berechnung der Soll-Signalsteigung erfolgt.

In Schritt 54 wird das Kapazitäts- oder Kraftsignal auf die Soll-Signalsteigung gekippt. In Schritt 55 erfolgt die Detektion des Minimums bzw. des Maximums in dem gekippten Signal und hieraus die Berechnung des Schließzeitpunktes.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln eines charakteristischen Punktes der Hubbewegung eines Verschlusselementes (7) eines Injektors, wobei das Signal einer Antriebsvorrichtung (5) für das Verschlusselement (7) zum Detektieren des charakteristischen Punktes verwendet wird, mit den folgenden Schritten:
 - 5
 - 10 Bereitstellen eines Signals der Antriebsvorrichtung (5) für den charakteristischen Punkt;

Berechnen der Regressionsgeraden (23) für das Signal;
 - 15 Berechnen der Soll-Signalsteigung;

Kippen des bereitgestellten Signals auf die Soll-Signalsteigung;
 - 20 Detektion eines Minimums oder Maximums des gekippten Signals; und

Ermitteln des charakteristischen Punktes aus dem detektierten Minimum oder Maximum.
 - 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als charakteristischer Punkt der Schließzeitpunkt (OPP_4) des Verschlusselementes (7) ermittelt wird.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem Piezoaktuator als Antriebsvorrichtung (5) gearbeitet wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kapazitätssignal oder ein Kraftsignal der Antriebsvorrichtung (5) bereitgestellt wird.

5

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das bereitgestellte Signal auf eine Soll-Signalsteigung von Null normiert wird.

10

6. Einspritzsystem (1) mit mindestens einem Injektor, einer Steuervorrichtung (2) und einer Recheneinheit (4), wobei der Injektor ein Verschlusselement (7) zum Verschließen und Öffnen einer Einspritzdüse (3), eine Antriebsvorrichtung (5) zum Führen des Verschlusselementes (7) in einer Hubbewegung und einen Sensor (6) zum Detektieren eines charakteristischen Punktes der Hubbewegung des Verschlusselementes (7) aufweist, wobei

15

20

der Sensor (6) dazu eingerichtet ist, ein Signal der Antriebsvorrichtung (5) für den charakteristischen Punkt bereitzustellen, und

25

die Recheneinheit (4) dazu eingerichtet ist, eine Regressionsgerade (23) für das bereitgestellte Signal zu berechnen, die Soll-Signalsteigung zu berechnen, das bereitgestellte Signal auf die Soll-Signalsteigung zu kippen, ein Minimum oder Maximum des gekippten Signals zu detektieren und den charakteristischen Punkt aus dem Minimum oder Maximum zu ermitteln.

30

7. Einspritzsystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (6) dazu eingerichtet ist, ein Signal für den Schließzeitpunkt (OPP₄) des Verschlusselementes (7) bereitzustellen.

8. Einspritzsystem nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebsvorrichtung (7) ein Piezoaktuator ist.
- 5 9. Einspritzsystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor ein als Sensor wirkender Piezoaktuator ist.
- 10 10. Einspritzsystem nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor ein Spannungssignal und ein Ladungssignal der Antriebsvorrichtung (7) bereitstellt und hieraus ein Kapazitätssignal ermittelt.
- 15 11. Einspritzsystem nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor ein Kraftsignal der Antriebsvorrichtung bereitstellt.
- 20 12. Einspritzsystem nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Recheneinheit (4) so eingerichtet ist, dass sie das bereitgestellte Signal auf eine Soll-Signalsteigung von Null normiert.

1/5

FIG 1

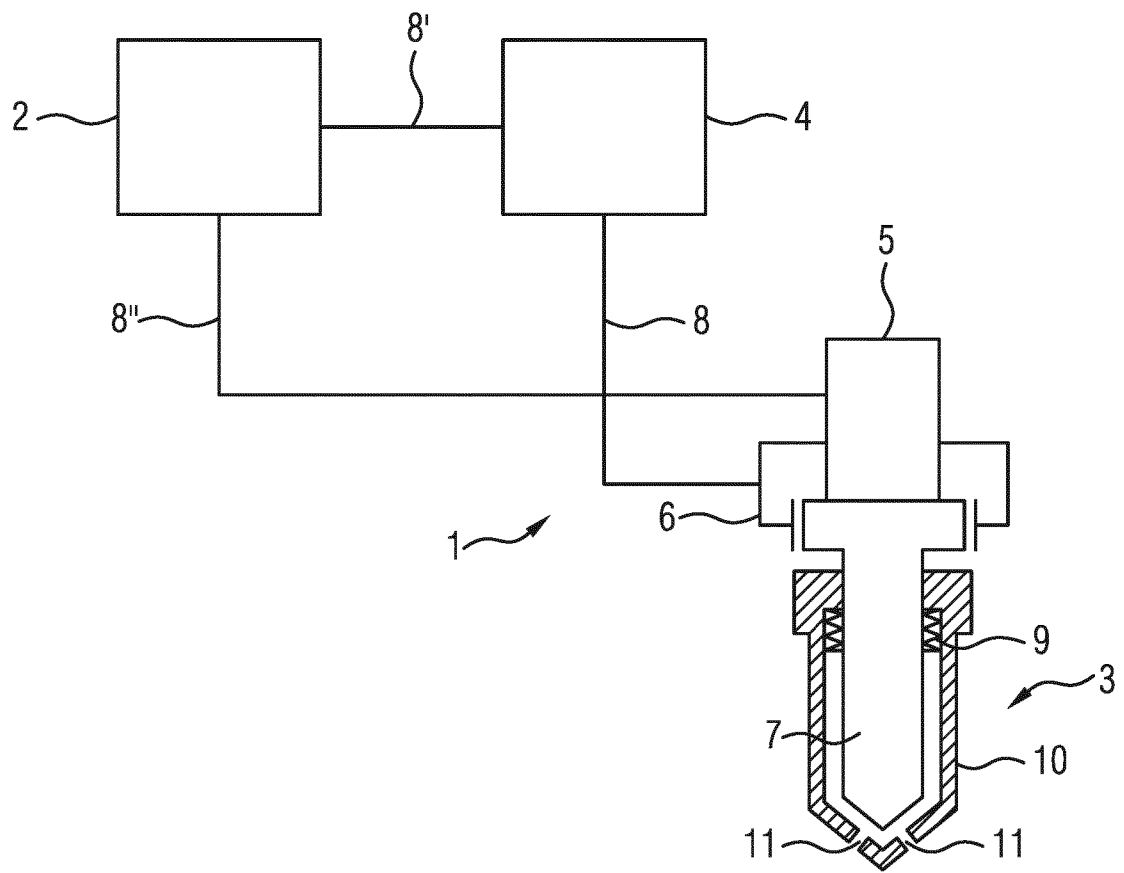
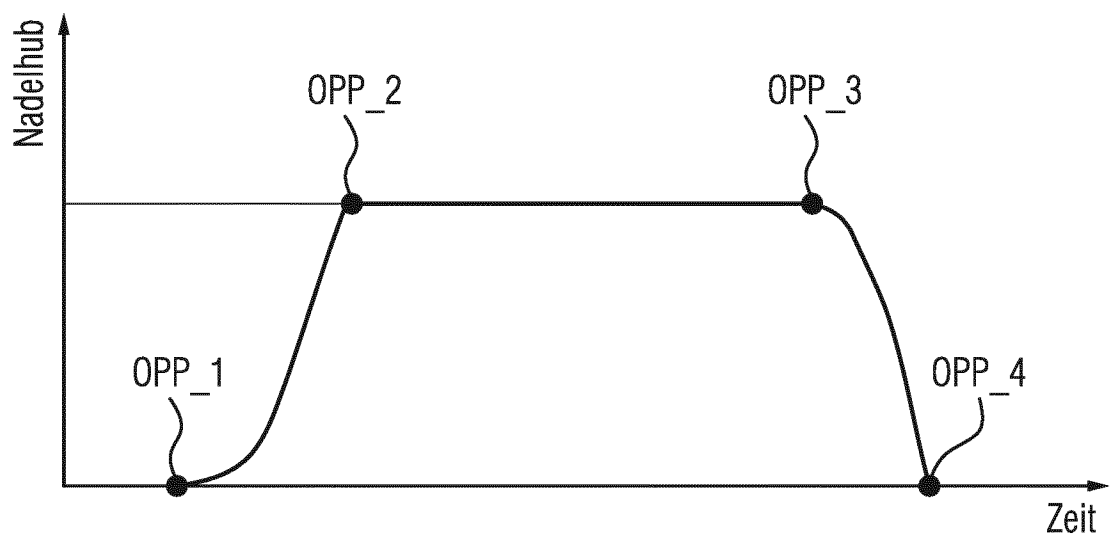


FIG 2



2/5

FIG 3

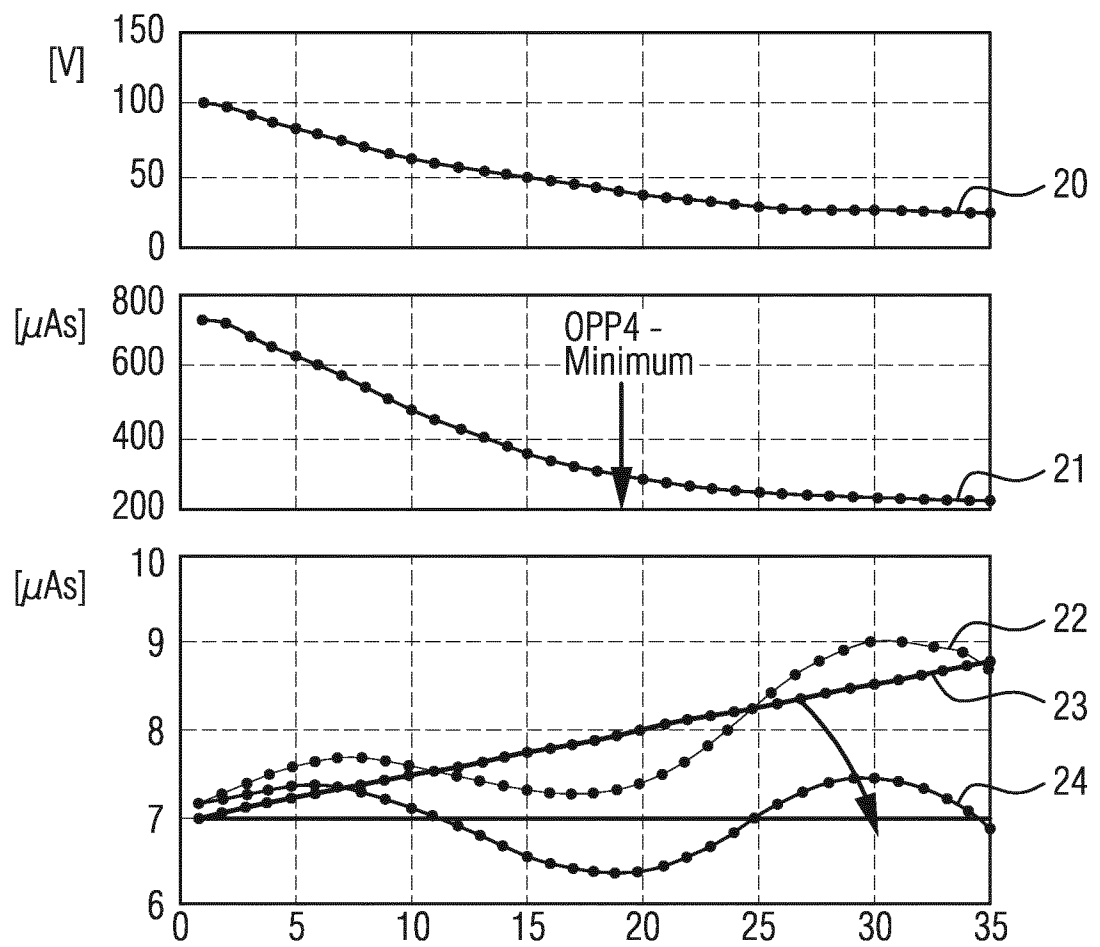
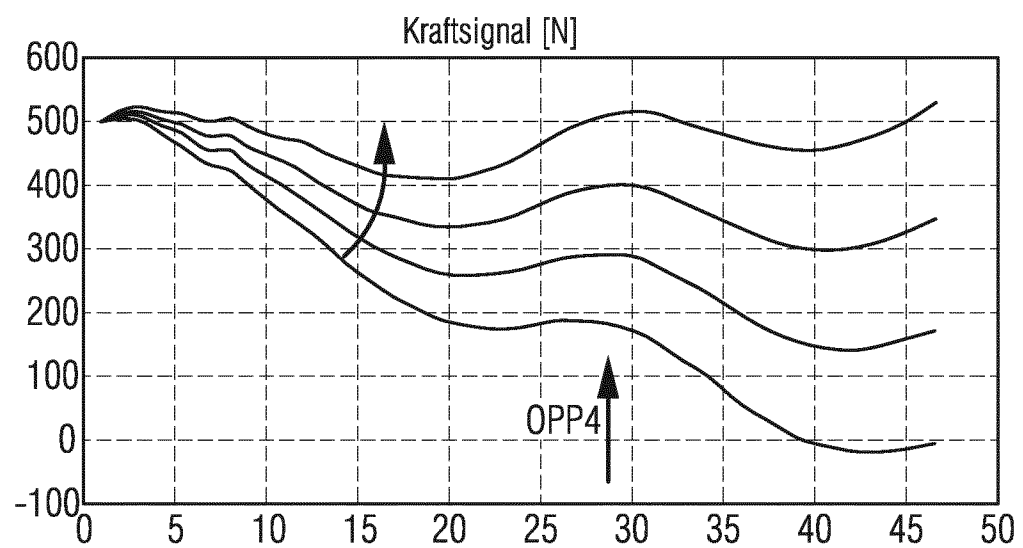
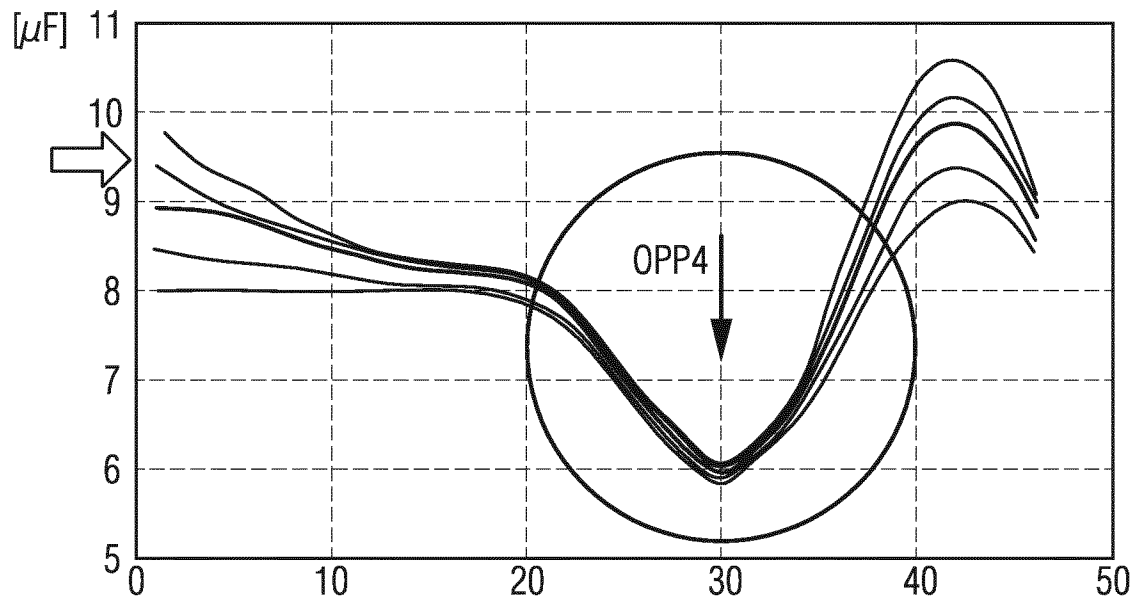
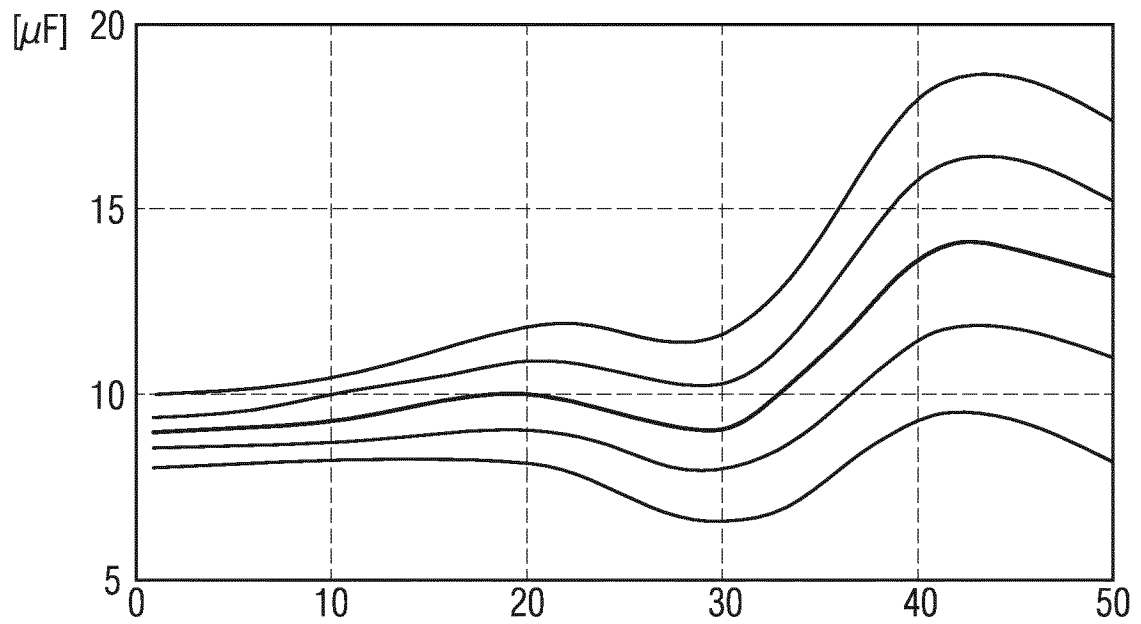


FIG 4



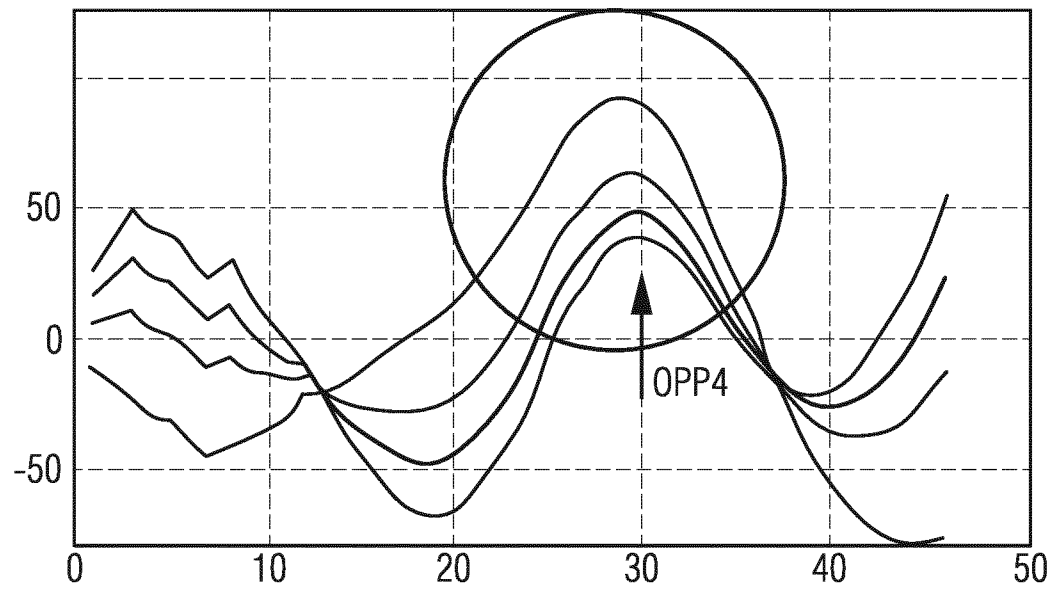
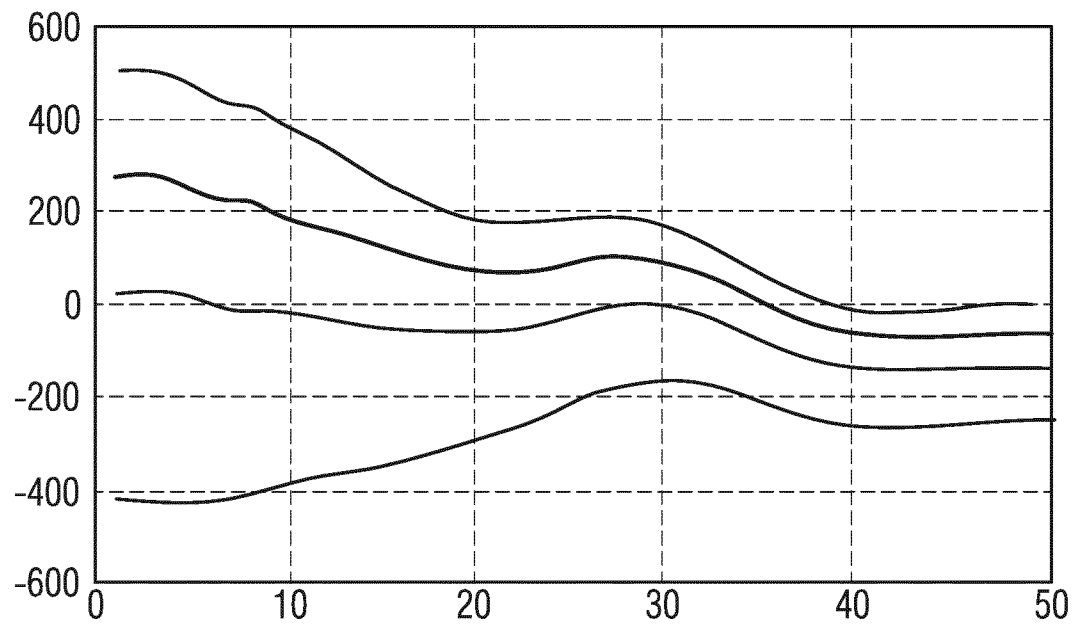
3/5

FIG 5



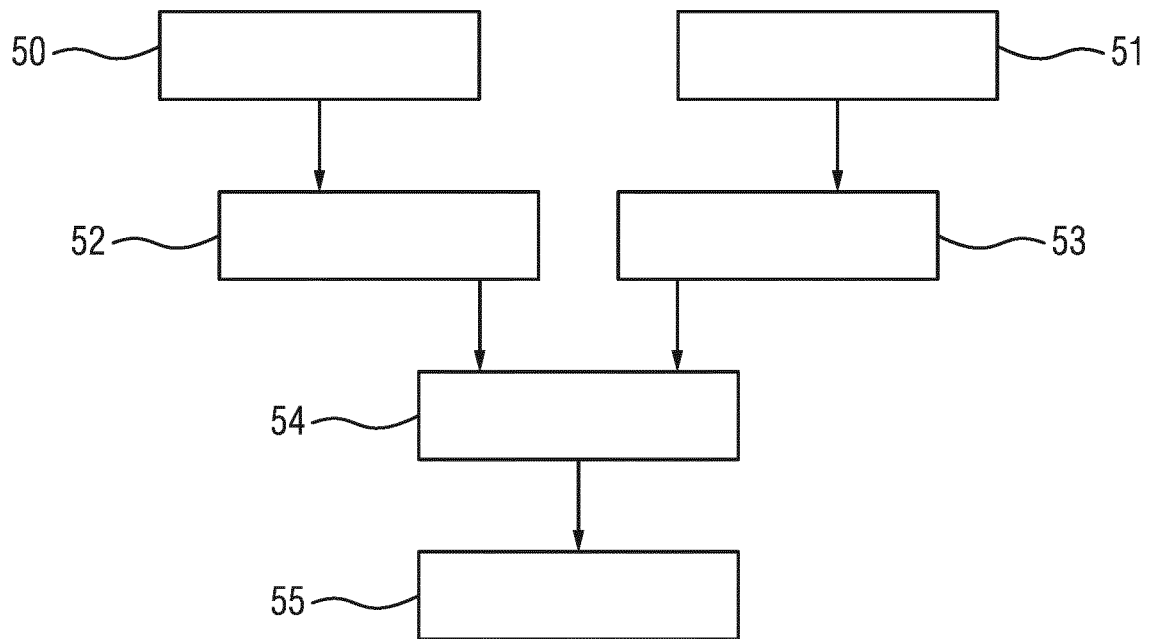
4/5

FIG 6



5/5

FIG 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/052387

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/20 F02D41/24
ADD. F02D41/28

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	DE 10 2009 000741 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12 August 2010 (2010-08-12) paragraphs [0004] - [0010] -----	1-12
X	WO 2014/174916 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP]) 30 October 2014 (2014-10-30) paragraphs [0001], [0007] - [0010], [0067] - [0074]; figures 15-16	1,2,6,7
E	& EP 2 990 705 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP]) 2 March 2016 (2016-03-02) paragraphs [0001], [0007] - [0010], [0067] - [0074]; figures 15-16 ----- -/--	1,6



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

18 April 2016

Date of mailing of the international search report

25/04/2016

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

Ducloyer, Stéphane

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/052387

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2010 021169 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 24 November 2011 (2011-11-24) paragraphs [0010] - [0014], [0016], [0018] - [0020], [0039] - [0040] -----	1-12
Y	DE 10 2008 001560 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12 November 2009 (2009-11-12) paragraphs [0005], [0009] - [0010] -----	1-12
A	DE 10 2008 023373 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 19 November 2009 (2009-11-19) paragraphs [0003] - [0010] -----	1-12
A	DE 10 2006 059070 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 19 June 2008 (2008-06-19) paragraphs [0004] - [0006], [0008] - [0010], [0030] - [0034], [0043] - [0048], [0054] - [0060]; figures 2-4 -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/052387

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102009000741 A1	12-08-2010	CN 102308403 A DE 102009000741 A1 EP 2396835 A1 JP 5362039 B2 JP 2012517556 A KR 20110124226 A US 2012013325 A1 WO 2010091902 A1	04-01-2012 12-08-2010 21-12-2011 11-12-2013 02-08-2012 16-11-2011 19-01-2012 19-08-2010
WO 2014174916 A1	30-10-2014	CN 105143742 A EP 2990705 A1 JP 2014214837 A US 2016076498 A1 WO 2014174916 A1	09-12-2015 02-03-2016 17-11-2014 17-03-2016 30-10-2014
DE 102010021169 A1	24-11-2011	CN 103154483 A DE 102010021169 A1 EP 2572096 A1 KR 20130111236 A US 2013133748 A1 WO 2011144452 A1	12-06-2013 24-11-2011 27-03-2013 10-10-2013 30-05-2013 24-11-2011
DE 102008001560 A1	12-11-2009	NONE	
DE 102008023373 A1	19-11-2009	CN 102027221 A DE 102008023373 A1 KR 20110031913 A US 2011120423 A1 WO 2009138282 A1	20-04-2011 19-11-2009 29-03-2011 26-05-2011 19-11-2009
DE 102006059070 A1	19-06-2008	CN 101595291 A DE 102006059070 A1 EP 2102473 A1 JP 2010513768 A US 2010059021 A1 WO 2008071531 A1	02-12-2009 19-06-2008 23-09-2009 30-04-2010 11-03-2010 19-06-2008

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F02D41/20 F02D41/24

ADD. F02D41/28

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 10 2009 000741 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12. August 2010 (2010-08-12) Absätze [0004] - [0010] -----	1-12
X	WO 2014/174916 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP]) 30. Oktober 2014 (2014-10-30) Absätze [0001], [0007] - [0010], [0067] - [0074]; Abbildungen 15-16	1,2,6,7
E	& EP 2 990 705 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP]) 2. März 2016 (2016-03-02) Absätze [0001], [0007] - [0010], [0067] - [0074]; Abbildungen 15-16 ----- -/-	1,6



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

18. April 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/04/2016

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

Ducloyer, Stéphane

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2010 021169 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 24. November 2011 (2011-11-24) Absätze [0010] - [0014], [0016], [0018] - [0020], [0039] - [0040] -----	1-12
Y	DE 10 2008 001560 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12. November 2009 (2009-11-12) Absätze [0005], [0009] - [0010] -----	1-12
A	DE 10 2008 023373 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 19. November 2009 (2009-11-19) Absätze [0003] - [0010] -----	1-12
A	DE 10 2006 059070 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 19. Juni 2008 (2008-06-19) Absätze [0004] - [0006], [0008] - [0010], [0030] - [0034], [0043] - [0048], [0054] - [0060]; Abbildungen 2-4 -----	1-12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/052387

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102009000741 A1	12-08-2010	CN 102308403 A	04-01-2012
		DE 102009000741 A1	12-08-2010
		EP 2396835 A1	21-12-2011
		JP 5362039 B2	11-12-2013
		JP 2012517556 A	02-08-2012
		KR 20110124226 A	16-11-2011
		US 2012013325 A1	19-01-2012
		WO 2010091902 A1	19-08-2010

WO 2014174916 A1	30-10-2014	CN 105143742 A	09-12-2015
		EP 2990705 A1	02-03-2016
		JP 2014214837 A	17-11-2014
		US 2016076498 A1	17-03-2016
		WO 2014174916 A1	30-10-2014

DE 102010021169 A1	24-11-2011	CN 103154483 A	12-06-2013
		DE 102010021169 A1	24-11-2011
		EP 2572096 A1	27-03-2013
		KR 20130111236 A	10-10-2013
		US 2013133748 A1	30-05-2013
		WO 2011144452 A1	24-11-2011

DE 102008001560 A1	12-11-2009	KEINE	

DE 102008023373 A1	19-11-2009	CN 102027221 A	20-04-2011
		DE 102008023373 A1	19-11-2009
		KR 20110031913 A	29-03-2011
		US 2011120423 A1	26-05-2011
		WO 2009138282 A1	19-11-2009

DE 102006059070 A1	19-06-2008	CN 101595291 A	02-12-2009
		DE 102006059070 A1	19-06-2008
		EP 2102473 A1	23-09-2009
		JP 2010513768 A	30-04-2010
		US 2010059021 A1	11-03-2010
		WO 2008071531 A1	19-06-2008
