

(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
20. September 2018 (20.09.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/166751 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/24 (2006.01) *F02D 41/12* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/053905

(22) Internationales Anmeldedatum:

16. Februar 2018 (16.02.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2017 204 477.2

17. März 2017 (17.03.2017) DE

(71) Anmelder: CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH

[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: WAGNER, Ulrich; Bahnhofsstr. 13, 94315 Straubing (DE). HACKER, Frank; Hauzensteiner Straße 36, 93128 Regenstauf (DE).

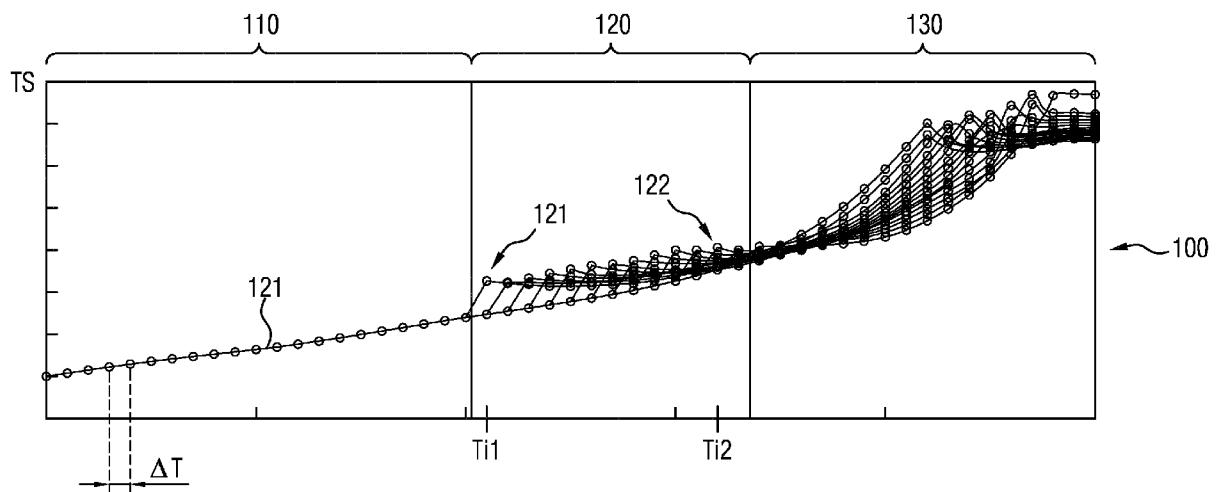
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) Title: METHOD AND ENGINE CONTROLLER FOR EQUALIZING THE TEMPORAL OPENING BEHAVIOR OF FUEL INJECTORS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND MOTORSTEUERUNG ZUM GLEICHSTELLEN DES ZEITLICHEN ÖFFNUNGSVERHALTENS VON KRAFTSTOFFINJEKTOREN

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for equalizing the temporal opening behavior of a first fuel injector and of a second fuel injector, the first and second fuel injectors each comprising a solenoid drive having a movable armature. The method according to the invention comprises the following: (a) determining a first minimum actuation time during which a movement of the armature of the first fuel injector occurs, (b) determining a second minimum actuation time during which a movement of the armature of the second fuel injector occurs, (c) determining a correction value for correcting a predetermined actuation time of the first or second fuel injector on the basis of the difference between the first minimum actuation time and the second minimum actuation time such that the injection times for both fuel injectors become equal, (d) wherein the first minimum actuation time is determined on the basis of closing time measurements for the first fuel injector and the second minimum actuation time is determined on the basis of closing time measurements

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)

for the second fuel injector. The invention further relates to an engine controller and to a computer program.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Gleichstellen des zeitlichen Öffnungsverhaltens von einem ersten Kraftstoffinjektor und einem zweiten Kraftstoffinjektor, wobei der erste und zweite Kraftstoffinjektor jeweils einen Magnetspulenantrieb mit einem beweglichen Anker aufweist. Das beschriebene Verfahren weist Folgendes auf: (a) Bestimmen einer ersten minimalen Ansteuerzeit, bei welcher eine Bewegung des Ankers des ersten Kraftstoffinjektors stattfindet, (b) Bestimmen einer zweiten minimalen Ansteuerzeit, bei welcher eine Bewegung des Ankers des zweiten Kraftstoffinjektors stattfindet, (c) Bestimmen eines Korrekturwerts zum Korrigieren einer vorbestimmten Ansteuerzeit des ersten oder zweiten Kraftstoffinjektors basierend auf einer Differenz zwischen der ersten minimalen Ansteuerzeit und der zweiten minimalen Ansteuerzeit, so dass die Einspritzzeiten für beide Kraftstoffinjektoren gleich werden, (d) wobei die erste minimale Ansteuerzeit basierend auf Schließzeitmessungen für den ersten Kraftstoffinjektor und die zweite minimale Ansteuerzeit basierend auf Schließzeitmessungen für den zweiten Kraftstoffinjektor bestimmt werden. Es werden auch eine Motorsteuerung und ein Computerprogramm beschrieben.

Beschreibung

Verfahren und Motorsteuerung zum Gleichstellen des zeitlichen Öffnungsverhaltens von Kraftstoffinjektoren

5

Die vorliegende Erfindung betrifft das technische Gebiet der Ansteuerung von Kraftstoffinjektoren, insbesondere Kraftstoffinjektoren für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren zum Gleichstellen des zeitlichen Öffnungsverhaltens von einem ersten Kraftstoffinjektor und einem zweiten Kraftstoffinjektor, wobei der erste und zweite Kraftstoffinjektor jeweils einen Magnetspulenantrieb mit einem beweglichen Anker aufweist. Die vorliegende Erfindung betrifft auch eine Motorsteuerung und ein Computerprogramm.

15

Bei Betrieb von direkt betriebenen Kraftstoffinjektoren mit Magnetspulenantrieb (auch Spuleneinspritzinjektoren genannt) mit gleichen Strom-/Spannungsparametern kommt es aufgrund von elektrischen, magnetischen und mechanischen Toleranzen zu unterschiedlichen zeitlichen Öffnungsverhalten (OPP1) und Schließverhalten (OPP4) der einzelnen Injektoren und somit zu Variationen in der jeweiligen Einspritzmenge.

20

Die relativen Einspritzmengenunterschiede von Injektor zu Injektor vergrößern sich bei kürzer werdenden Einspritzzeiten. Bisher waren diese relativen Mengenunterschiede klein und ohne praktische Bedeutung. Die Entwicklung in Richtung kleinere Einspritzmengen und -zeiten führt aber dazu, dass der Einfluss von den relativen Mengenunterschieden nicht mehr außer Betracht gelassen werden kann. Eine Variation beim Schließen (OPP4) bzw. Beenden der Bewegung eines Injektors wurde bis jetzt durch eine geeignete Schließzeiterkennung kompensiert. Eine Variation im Öffnen (OPP1) konnte bis jetzt nur durch enge mechanische Bauteiltoleranzen kompensiert werden.

30

35

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Variationen in Öffnungszeiten in einfacher Weise, insbesondere ohne zusätzliche Hardware, kompensieren zu können.

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

10 Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Gleichstellen des zeitlichen Öffnungsverhaltens von einem ersten Kraftstoffinjektor und einem zweiten Kraftstoffinjektor angegeben, wobei der erste und zweite Kraftstoffinjektor jeweils einen Magnetspulenantrieb mit einem beweglichen Anker aufweist. Das beschriebene Verfahren weist Folgendes auf: (a) Bestimmen
15 einer ersten minimalen Ansteuerzeit, bei welcher eine Bewegung des Ankers des ersten Kraftstoffinjektors stattfindet, (b) Bestimmen einer zweiten minimalen Ansteuerzeit, bei welcher eine Bewegung des Ankers des zweiten Kraftstoffinjektors stattfindet, (c) Bestimmen eines Korrekturwerts zum Korrigieren einer vor-
20 bestimmten Ansteuerzeit des ersten oder zweiten Kraftstoffinjektors basierend auf einer Differenz zwischen der ersten minimalen Ansteuerzeit und der zweiten minimalen Ansteuerzeit, so dass die Einspritzzeiten für beide Kraftstoffinjektoren gleich werden, (d) wobei die erste minimale Ansteuerzeit ba-
25 sierend auf Schließzeitmessungen für den ersten Kraftstoffinjektor und die zweite minimale Ansteuerzeit basierend auf Schließzeitmessungen für den zweiten Kraftstoffinjektor bestimmt werden.

30 Dem beschriebenen Verfahren liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die minimalen Ansteuerzeiten, bei denen eine Bewegung des Ankers des jeweiligen Kraftstoffinjektors stattfindet, basierend auf Schließzeitmessungen bestimmt werden können. Mit anderen Worten werden die minimalen Ansteuerzeiten nicht direkt mittels Öff-
35 nungszeitmessungen sondern indirekt mittels Schließzeitmessungen bestimmt.

In diesem Dokument bezeichnet „Ansteuerzeit“ insbesondere die Zeitdauer, während derer der Magnetspulenantrieb mit elektrischer Energie versorgt wird. Generell beginnt die Ansteuerzeit mit dem Einschalten einer gegenüber der Bordnetzspannung erhöhten Boostspannung und endet mit dem Ausschalten der Boostspannung (im ballistischen Betrieb) oder mit dem Ausschalten einer nach der Boostspannung folgenden Haltespannung (im linearen Betrieb).

10 In diesem Dokument bezeichnet „Schließzeitmessung“ insbesondere eine Messung der Zeitdauer vom Ende der Ansteuerung (bzw. Ansteuerzeit) bis zum Ende des Schließvorgangs des Kraftstoffinjektors. Generell endet der Schließvorgang zu dem Zeitpunkt wo sowohl Düsenadel als auch Anker sich wieder in der Ausgangsposition befinden. Dieses Ereignis kann mittels verschiedener bekannten Verfahren, zum Beispiel durch Analyse des zeitlichen Verlaufs der Spulenspannung, erfasst werden. Sowohl das Ende der Düsenadelbewegung als auch das Ende der Ankerbewegung kann mit den soeben erwähnten, als solchen bekannten Verfahren erfasst werden. Bei Injektoren mit Leerhub kann eine „Schließzeit“ auch dann erfasst werden, wenn die Ansteuerzeit so kurz ist, dass nur der Anker bewegt wird (das heißt einer ballistischen Flugbahn folgt), ohne die Düsenadel zu kontaktieren.

25 Erfindungsgemäß wird für jeden Kraftstoffinjektor eine minimale Ansteuerzeit bestimmt, bei welcher eine Bewegung des jeweiligen Ankers (gerade) stattfindet. Mit anderen Worten wird für jeden Kraftstoffinjektor die niedrigste bzw. minimale Ansteuerzeit bestimmt, bei der eine Ankerbewegung erfasst werden kann. Für 30 Ansteuerzeiten, die kürzer als die minimale Ansteuerzeit sind, findet folglich keine Ankerbewegung statt. Die Bestimmung dieser minimalen Ansteuerzeiten erfolgt indirekt basierend auf Schließzeitmessungen für den jeweiligen Kraftstoffinjektor. Basierend auf einer Differenz zwischen den bestimmten minimalen Ansteuerzeiten wird ein Korrekturwert bestimmt. Dieser Korrekturwert ermöglicht dann ein Gleichstellen der Einspritzzeiten für die 35 zwei Kraftstoffinjektoren, indem eine vorbestimmte Ansteuerzeit

für einen der beiden Kraftstoffinjektoren unter Verwendung des bestimmten Korrekturwerts korrigiert wird.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung weist das Verfahren ferner Folgendes auf: (a) Durchführen einer ersten Reihe von Ansteuerungen des ersten Kraftstoffinjektors, wobei jede Ansteuerung der ersten Reihe von Ansteuerungen mit einer Ansteuerzeit durchgeführt wird, die nach jeder einzelnen Ansteuerung schrittweise erhöht wird, (b) Erfassen einer ersten Reihe von Schließzeiten des ersten Kraftstoffinjektors, wobei jede einzelne Schließzeit der ersten Reihe von Schließzeiten einer Ansteuerzeit der ersten Reihe von Ansteuerungen entspricht, (c) Bestimmen der ersten minimalen Ansteuerzeit basierend auf der ersten Reihe von Schließzeiten, (d) Durchführen einer zweiten Reihe von Ansteuerungen des zweiten Kraftstoffinjektors, wobei jede Ansteuerung der zweiten Reihe von Ansteuerungen mit einer Ansteuerzeit durchgeführt wird, die nach jeder einzelnen Ansteuerung schrittweise erhöht wird, (e) Erfassen einer zweiten Reihe von Schließzeiten des ersten Kraftstoffinjektors, wobei jede einzelne Schließzeit der zweiten Reihe von Schließzeiten einer Ansteuerzeit der zweiten Reihe von Ansteuerungen entspricht, und (f) Bestimmen der zweiten minimalen Ansteuerzeit basierend auf der ersten Reihe von Schließzeiten.

Mit anderen Worten wird für jeden (den ersten und den zweiten) Kraftstoffinjektor eine Reihe von Ansteuerungen/Messungen durchgeführt. Spezifischer wird jeder Kraftstoffinjektor mit einer Reihe von sich schrittweise erhöhenden Ansteuerzeiten betrieben und die entsprechenden Schließzeiten werden erfasst. Die erste Reihe von Schließzeiten stellt somit eine Reihe von zusammengehörenden Ansteuerzeiten und Schließzeiten für den ersten Kraftstoffinjektor dar. In der gleichen Weise stellt die zweite Reihe von Schließzeiten eine Reihe von zusammengehörenden Ansteuerzeiten und Schließzeiten für den zweiten Kraftstoffinjektor dar. Die erste und zweite Reihe von Schließzeiten können zum Beispiel in einem Datenspeicher abgelegt und von einem

Prozessor analysiert werden, um die jeweilige minimale Ansteuerzeit zu bestimmen.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung weist das Bestimmen der ersten minimalen Ansteuerzeit ein Erfassen eines ersten charakteristischen Merkmals in der ersten Reihe von Schließzeiten auf und das Bestimmen der zweiten minimalen Ansteuerzeit weist ein Erfassen eines zweiten charakteristischen Merkmals in der zweiten Reihe von Schließzeiten aufweist.

Das erste charakteristische Merkmal bezeichnet insbesondere ein mittels numerischer Analyse erkennbares Merkmal in der ersten Reihe von Schließzeiten, wie zum Beispiel ein charakteristisches Merkmal in der Schließzeit als Funktion der Ansteuerzeit für den ersten Kraftstoffinjektor. Diese Funktion kann insbesondere durch Interpolation basierend auf den einzelnen Schließzeiten der ersten Reihe und den dazugehörigen Ansteuerzeiten ermittelt werden. Das erste charakteristische Merkmal mag insbesondere mit dem Kurvenverlauf der Funktion verknüpft sein.

Das zweite charakteristische Merkmal bezeichnet insbesondere ein mittels numerischer Analyse erkennbares Merkmal in der zweiten Reihe von Schließzeiten, wie zum Beispiel ein charakteristisches Merkmal in der Schließzeit als Funktion der Ansteuerzeit für den zweiten Kraftstoffinjektor. Diese Funktion kann insbesondere durch Interpolation basierend auf den einzelnen Schließzeiten der zweiten Reihe und den dazugehörigen Ansteuerzeiten ermittelt werden. Das zweite charakteristische Merkmal mag insbesondere mit dem Kurvenverlauf der Funktion verknüpft sein.

Das erste und zweite Merkmal mögen gleich sein.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung ist das erste charakteristische Merkmal eine Änderung der Steigung in der ersten Reihe von Schließzeiten und das zweite charakteristische Merkmal ist eine Änderung der Steigung in der zweiten Reihe von Schließzeiten.

Das erste und zweite Merkmal mögen insbesondere ein Anstieg in der Steigung sein.

5 Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die vorbestimmte Ansteuerzeit für denjenigen von dem ersten und zweiten Kraftstoffinjektor, der die längste bzw. größte minimale Ansteuerzeit hat, mit dem Korrekturwert verlängert.

10 Der Kraftstoffinjektor, der die längste Ansteuerzeit braucht, um den Anker in Bewegung zu setzen, wird auch später öffnen. Dieser Tatsache wird durch Verlängerung der vorbestimmten Ansteuerzeit mit dem Korrekturwert Rechnung getragen. Somit wird in einfacher Weise eine Gleichstellung der Einspritzzeiten (und somit der Einspritzmengen) erreicht.

15 Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung befindet sich der erste Kraftstoffinjektor bei der ersten Reihe von Ansteuerungen im ballistischen Betrieb und der zweite Kraftstoffinjektor befindet sich bei der zweiten Reihe von Ansteuerungen
20 im ballistischen Betrieb.

In dem ballistischen Betrieb folgen der Anker und gegebenenfalls die Düennadel einer parabelförmigen Flugbahn, wobei der Kraftstoffinjektor nie vollständig geöffnet wird.

25 Bisher wurde nur zwei Kraftstoffinjektoren beschrieben. Der Fachmann wird aber sofort erkennen, dass die beschriebenen Verfahren sich ohne Weiteres auf beliebig viele Kraftstoffinjektoren erweitern lassen.

30 Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird eine Motorsteuerung für ein Fahrzeug beschrieben, die zum Verwenden eines Verfahrens gemäß dem ersten Aspekt und/oder einem der obigen Ausführungsbeispiele eingerichtet ist.

35 Diese Motorsteuerung ermöglicht es die in Verbindung mit dem ersten Aspekt und zweiten Aspekt oben beschriebenen Vorteilen in einfacher Weise direkt in einem Fahrzeug zu implementieren.

Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird ein Computerprogramm beschrieben, welches, wenn es von einem Prozessor ausgeführt wird, eingerichtet ist, das Verfahren gemäß dem ersten Aspekt und/oder einem der obigen Ausführungsbeispiele durchzuführen.

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

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

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

Es wird darauf hingewiesen, dass Ausführungsformen der Erfindung mit Bezug auf unterschiedliche Erfindungsgegenstände beschrieb-

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

Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden beispielhaften Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform.

Figur 1 zeigt eine Darstellung von Schließzeitmessungen als Funktion der Ansteuerzeit für eine Mehrzahl von Kraftstoffinjektoren gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Figur 2 zeigt eine Darstellung von tatsächlicher Ankerbewegung als Funktion der Ansteuerzeit für die gleiche Mehrzahl von Kraftstoffinjektoren wie in der Figur 1.

Figur 3 zeigt eine Darstellung eines Zusammenhangs zwischen minimaler Ansteuerzeit, die durch Schließererkennung detektiert wurde, und minimaler Ansteuerzeit, die durch Ankerbewegungsdetektion detektiert wurde.

Es wird darauf hingewiesen, dass die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen lediglich eine beschränkte Auswahl an möglichen Ausführungsvarianten der Erfindung darstellt.

Die Figur 1 zeigt eine Darstellung 100 von Schließzeitmessungen TS als Funktion der Ansteuerzeit T_i für insgesamt 12 verschiedene Kraftstoffinjektoren gemäß einem Ausführungsbeispiel, wobei jede einzelne Kurve in der Darstellung 100 einem entsprechenden Kraftstoffinjektor mit bestimmten individuellen mechanischen, elektrischen und magnetischen Eigenschaften zugeordnet ist.

Spezifischer besteht jede einzelne Kurve (der insgesamt 12 Kurven) in der Darstellung 100 aus einer Reihe von gemessenen Schließzeiten für einen bestimmten (der Kurve entsprechenden) Kraftstoffinjektor, der mit einer schrittweise zunehmenden
5 Ansteuerzeit T_i angesteuert wurde. Die zeitliche Schrittlänge ist ΔT . Wie gezeigt kann die Darstellung in drei Bereiche 110, 120, 130 aufgeteilt werden.

Im ersten Bereich 110 nimmt die gemessene Schließzeit T_S mit
10 ansteigender Ansteuerzeit T_i stetig und linear zu und die gemessenen Schließzeiten sind für alle Kraftstoffinjektoren gleich bei der gleichen Ansteuerzeit T_i . Die entsprechenden Kurven überdecken sich folglich alle und bilden somit einen gemeinsamen Kurvenabschnitt 112.

Im zweiten Bereich 120 gehen die einzelnen Kurven auseinander.
Insbesondere erkennt man in jeder Kurve einen plötzlichen und erheblichen Anstieg in der Steigung der Kurve. So ist zum Beispiel die Verbindungslinie zwischen dem Punkt 121 und dem unmittelbar
20 vorhergehenden Punkt für den entsprechenden (ersten) Kraftstoffinjektor deutlich steiler als der Kurvenabschnitt 112. Das gleiche gilt für den Punkt 122, der einem anderen (zweiten) Kraftstoffinjektor zugeordnet ist. Die zunehmende Steigung stellt ein charakteristisches Merkmal im Sinne der vorliegenden Erfindung
25 dar und kann mittels numerischer Analyse erfasst werden. Die dem Punkt 121 entsprechende Ansteuerzeit ist T_{i1} und die dem Punkt 122 entsprechende Ansteuerzeit ist T_{i2} . Für den zweiten Kraftstoffinjektor tritt das charakteristische Merkmal also bei einer längeren Ansteuerzeit T_{i2} auf als für den ersten Kraftstoff-
30 injektor, das heißt $T_{i2} > T_{i1}$. Erfindungsgemäß wird das charakteristische Merkmal im Bereich 220 für alle Kraftstoffinjektoren erkannt.

Der zweite Bereich 120 endet, wenn einen Anstieg in der Steigung
35 für alle Kurven eingetreten ist und wird von dem dritten Bereich 130 gefolgt, in welchem die Messwerte der Schließzeit T_S für alle Kraftstoffinjektoren deutlich ansteigen.

Bevor die erfindungsgemäße Verwendung der in Figur 1 dargestellten Messdaten weiter erläutert wird, soll vorerst mit Bezug auf die Figur 2 und die Figur 3 dargelegt werden, dass die anhand des charakteristischen Merkmals detektierten Ansteuerzeiten $Ti1$ und $Ti2$ für den ersten und zweiten Kraftstoffinjektor tatsächlich die minimale Ansteuerzeiten darstellen, bei denen der Anker des jeweiligen Kraftstoffinjektors bewegt wird.

Die Figur 2 zeigt eine Darstellung 200 von tatsächlicher Ankerbewegung AB als Funktion der Ansteuerzeit Ti für die gleiche Mehrzahl von Kraftstoffinjektoren wie in der Figur 1. Die der Darstellung 200 zugrundeliegenden Daten werden erfindungsgemäß nicht ermittelt und dienen lediglich zur Bestätigung, dass das in Verbindung mit Figur 1 beschriebene charakteristische Merkmal tatsächlich indikativ ist für die Ankerbewegung.

Auch die Darstellung 200 kann in drei Bereiche 210, 220 und 230 aufgeteilt werden. Im ersten Bereich wird keine Ankerbewegung detektiert. Im Bereich 220 wird für jeden Kraftstoffinjektor die erste Ankerbewegung detektiert. Der dritte Bereich 230 folgt direkt nach dem zweiten Bereich 220. Durch Vergleich mit der Figur 1 kann erkannt werden, dass die Reihenfolge der ersten Ankerbewegung für die Kraftstoffinjektoren die gleiche ist, wie die Reihenfolge des Auftretens des charakteristischen Merkmals in der Darstellung 100 in Figur 1. Des Weiteren wurde es anhand der Punkte 221 und 222 festgestellt, dass auch in der Abbildung 200 der erste Kraftstoffinjektor die kürzeste Ansteuerzeit $Ti1'$ und der zweite Kraftstoffinjektor die längste Ansteuerzeit $Ti2'$ unter den 12 Kraftstoffinjektoren brauchen, um eine Ankerbewegung zu bewirken. Noch weiter konnte festgestellt werden, dass die Werte $Ti1$ und $Ti2$ in der Abbildung 100 der Figur 1 jeweils annähernd gleich den Werten $Ti1'$ und $Ti2'$ in der Abbildung 200 der Figur 2 sind.

Die Figur 3 zeigt eine Darstellung 300 eines Zusammenhangs zwischen minimaler Ansteuerzeit TiS , die durch Schließerkennung detektiert wurde, und minimaler Ansteuerzeit TiB , die durch Ankerbewegungsdetektion detektiert wurde. Mit anderen Worten

sind entlang der Abszissenachse die anhand des charakteristischen Merkmals in der Abbildung 100 der Figur 1 detektierten Ansteuerzeiten und entlang der Ordinatenachse die in Verbindung mit der Abbildung 200 der Figur 2 detektierten minimalen Ansteuerzeiten eingetragen. Die Punkte 321 und 322 entsprechen den Punkten 121, 221 und 122, 222 in den Figuren 1 und 2. Die Weiteren Punkte sind mit 323 gekennzeichnet. Die gestrichelte Linie 305 stellt eine entsprechende Ausgleichsgerade dar und es ist deutlich erkennbar, dass der Zusammenhang zwischen den Ansteuerzeiten beinahe mit dieser zusammenfällt. Mit anderen Worten stellt die mittels Schließerkennung erfasste Ansteuerzeit eine sehr gute Annäherung der minimalen Schließzeit dar, bei welcher eine Ankerbewegung stattfindet.

Erfindungsgemäß werden die in Verbindung mit der Figur 1 erläuterten Ansteuerzeiten T_{i1} und T_{i2} als jeweils erster minimaler Ansteuerzeit und zweiter minimaler Ansteuerzeit verwendet und es wird ein Korrekturwert k bestimmt, wobei $k = T_{i2} - T_{i1}$. Da der zweite Kraftstoffinjektor eine längere Ansteuerzeit T_{i2} braucht, bevor eine Ankerbewegung stattfinden, wird er im Vergleich mit dem ersten Kraftstoffinjektor auch später öffnen. Werden die beiden Kraftstoffinjektoren gleich lange angesteuert, wird der zweite Kraftstoffinjektor demzufolge eine geringere Menge Kraftstoff einspritzen. Durch Verlängerung der Ansteuerzeit für den zweiten Kraftstoffinjektor mit dem Korrekturwert k , das heißt $T_i = T_{i0} + k$, kann die Einspritzmenge der beiden Kraftstoffinjektoren gleichgestellt werden. T_{i0} bezeichnet hier eine vorbestimmte Ansteuerzeit, die der zu erzielenden Einspritzmenge entspricht. Das gleiche wird dann auch für die weiteren Kraftstoffinjektoren durchgeführt, damit alle gleichgestellt werden.

Die in der Figur 1 dargestellten Messreihen können vorzugsweise direkt durch ein passend eingerichtetes Motorsteuergerät durchgeführt werden. Somit kann das Motorsteuergerät die Korrekturwerte der einzelnen Kraftstoffinjektoren regelmäßig bestimmen und speichern und dazu verwenden, die vorbestimmten Ansteuerzeiten entsprechend zu korrigieren, um möglichst gleiche Einspritzmengen zu erzielen.

Bezugszeichenliste

	100	Darstellung
	110	Bereich
5	112	Kurvenabschnitt
	120	Bereich
	121	Punkt
	122	Punkt
	130	Bereich
10	Ti	Ansteuerzeit
	TS	Schließzeit
	Ti1	Erste Ansteuerzeit
	Ti2	Zweite Ansteuerzeit
	ΔT	Schrittlänge
15	200	Darstellung
	210	Bereich
	220	Bereich
	221	Punkt
	222	Punkt
20	230	Bereich
	Ti	Ansteuerzeit
	AB	Ankerbewegung
	Ti1`	Erste Ansteuerzeit
	Ti2`	Zweite Ansteuerzeit
25	300	Darstellung
	305	Ausgleichsgerade
	321	Punkt
	322	Punkt
	323	Punkt
30	TiS	Minimale Ansteuerzeit, Schließerkennung
	TiB	Minimale Ansteuerzeit, Ankerbewegung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Gleichstellen des zeitlichen Öffnungsverhaltens von einem ersten Kraftstoffinjektor und einem zweiten Kraftstoffinjektor, wobei der erste und zweite Kraftstoffinjektor jeweils einen Magnetspulenantrieb mit einem beweglichen Anker aufweist, das Verfahren aufweisend

- Bestimmen einer ersten minimalen Ansteuerzeit, bei welcher eine Bewegung des Ankers des ersten Kraftstoffinjektors stattfindet,

- Bestimmen einer zweiten minimalen Ansteuerzeit, bei welcher eine Bewegung des Ankers des zweiten Kraftstoffinjektors stattfindet,

- Bestimmen eines Korrekturwerts zum Korrigieren einer vorbestimmten Ansteuerzeit des ersten oder zweiten Kraftstoffinjektors basierend auf einer Differenz zwischen der ersten minimalen Ansteuerzeit und der zweiten minimalen Ansteuerzeit, so dass die Einspritzzeiten für beide Kraftstoffinjektoren gleich werden,

- wobei die erste minimale Ansteuerzeit basierend auf Schließzeitmessungen für den ersten Kraftstoffinjektor und die zweite minimale Ansteuerzeit basierend auf Schließzeitmessungen für den zweiten Kraftstoffinjektor bestimmt werden.

2. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, ferner aufweisend:

- Durchführen einer ersten Reihe von Ansteuerungen des ersten Kraftstoffinjektors, wobei jede Ansteuerung der ersten Reihe von Ansteuerungen mit einer Ansteuerzeit durchgeführt wird, die nach jeder einzelnen Ansteuerung schrittweise erhöht wird,

- Erfassen einer ersten Reihe von Schließzeiten des ersten Kraftstoffinjektors, wobei jede einzelne Schließzeit der ersten Reihe von Schließzeiten einer Ansteuerzeit der ersten Reihe von Ansteuerungen entspricht,

- Bestimmen der ersten minimalen Ansteuerzeit basierend auf der ersten Reihe von Schließzeiten,

- Durchführen einer zweiten Reihe von Ansteuerungen des zweiten Kraftstoffinjektors, wobei jede Ansteuerung der zweiten Reihe von Ansteuerungen mit einer Ansteuerzeit durchgeführt wird, die nach jeder einzelnen Ansteuerung schrittweise erhöht wird,

- Erfassen einer zweiten Reihe von Schließzeiten des ersten Kraftstoffinjektors, wobei jede einzelne Schließzeit der zweiten Reihe von Schließzeiten einer Ansteuerzeit der zweiten Reihe von Ansteuerungen entspricht, und

- Bestimmen der zweiten minimalen Ansteuerzeit basierend auf der ersten Reihe von Schließzeiten.

3. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Bestimmen der ersten minimalen Ansteuerzeit ein Erfassen eines ersten charakteristischen Merkmals in der ersten Reihe von Schließzeiten aufweist und das Bestimmen der zweiten minimalen Ansteuerzeit ein Erfassen eines zweiten charakteristischen Merkmals in der zweiten Reihe von Schließzeiten aufweist.

4. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei das erste charakteristische Merkmal eine Änderung der Steigung in der ersten Reihe von Schließzeiten ist und das zweite charakteristische Merkmal eine Änderung der Steigung in der zweiten Reihe von Schließzeiten ist.

5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die vorbestimmte Ansteuerzeit für denjenigen von dem ersten und zweiten Kraftstoffinjektor, der die längste minimale Ansteuerzeit hat, mit dem Korrekturwert verlängert wird.

6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Kraftstoffinjektor sich bei der ersten Reihe von Ansteuerungen im ballistischen Betrieb befindet und wobei der zweite Kraftstoffinjektor sich bei der zweiten Reihe von Ansteuerungen im ballistischen Betrieb befindet.

7. Motorsteuerung für ein Fahrzeug, die zum Verwenden eines Verfahrens gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche eingerichtet ist.

- 5 8. Computerprogramm, welches, wenn es von einem Prozessor ausgeführt wird, eingerichtet ist, das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 durchzuführen.

FIG 1

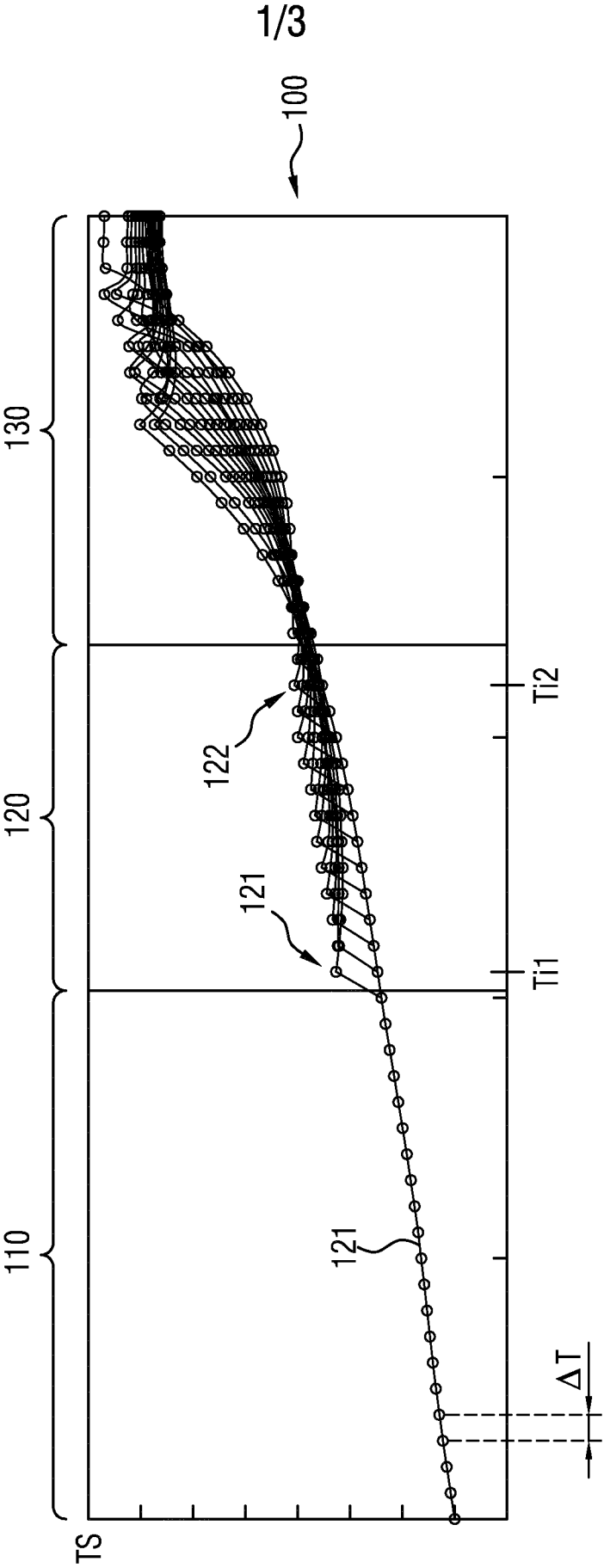
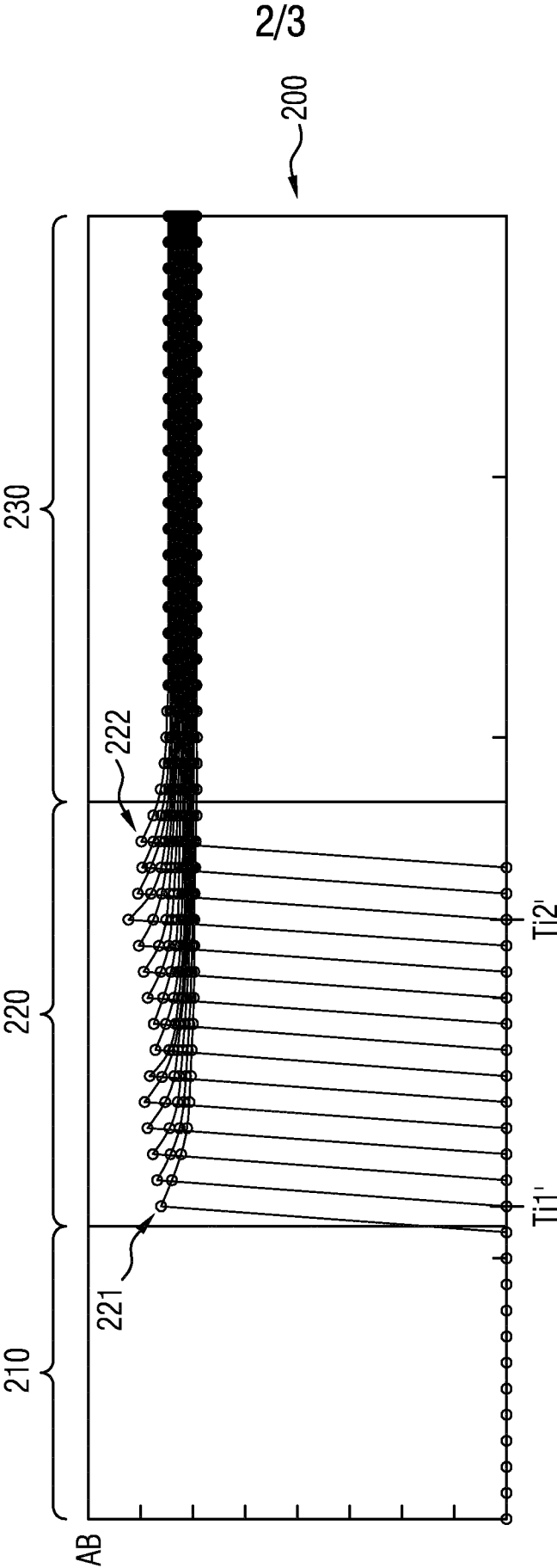
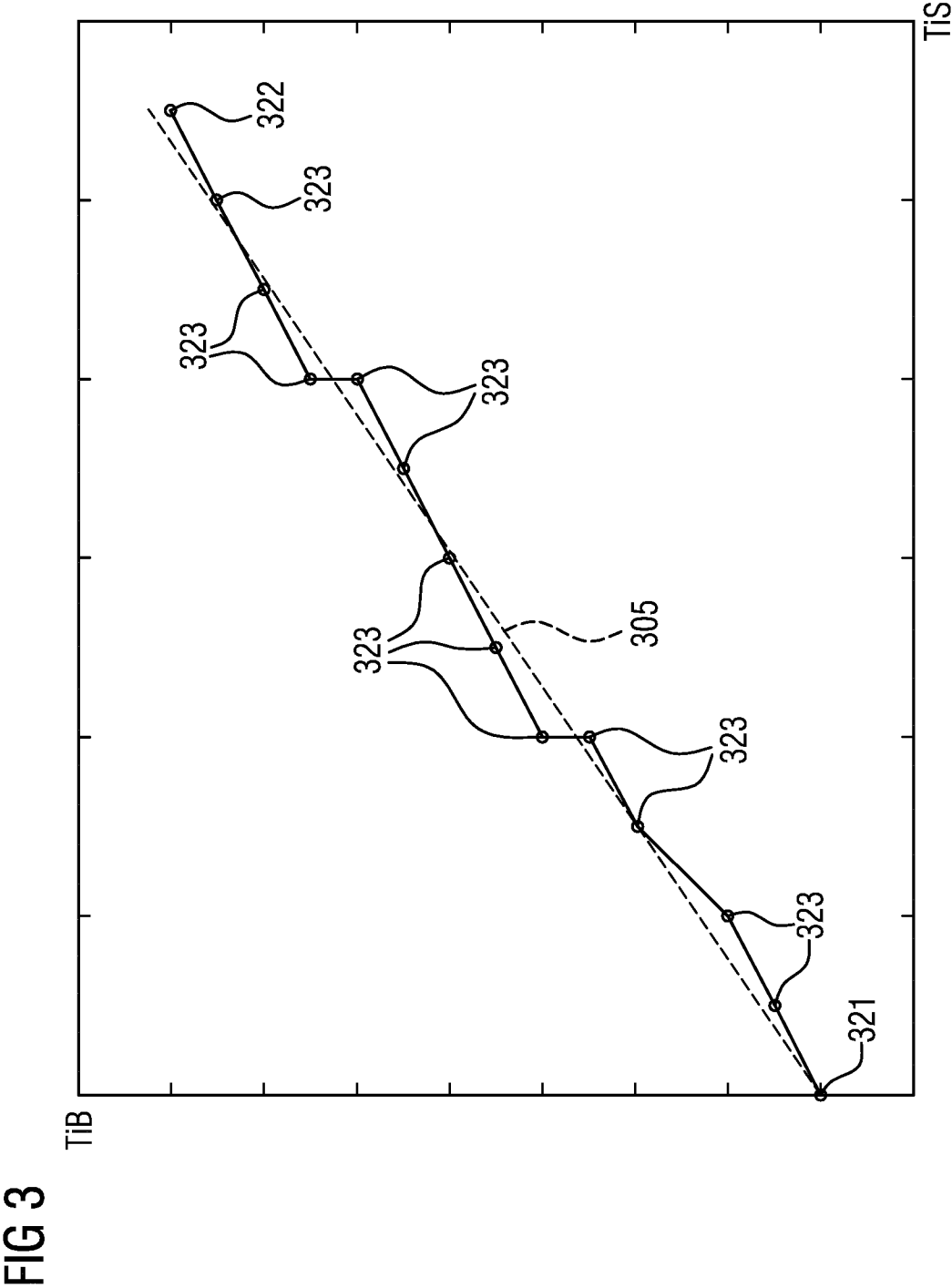


FIG 2



2/3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/053905

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/24 F02D41/12
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	DE 10 2009 028650 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 24 February 2011 (2011-02-24) abstract; claim 1; figures 3,4 paragraph [0004] - paragraph [0007] paragraph [0033] - paragraph [0038] -----	1-8
Y	DE 10 2006 015967 A1 (SIEMENS AG [DE]) 18 October 2007 (2007-10-18) abstract; claim 1; figure 1 paragraph [0025] - paragraph [0026] -----	1,2,7,8
Y	DE 10 2009 003212 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 25 November 2010 (2010-11-25) abstract; claims 1,3; figures 3,4 paragraph [0029] - paragraph [0044] ----- -/-	1,2,7,8



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

14 May 2018

Date of mailing of the international search report

23/05/2018

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

Van der Staay, Frank

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/053905

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 10 2010 021952 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 3 February 2011 (2011-02-03) abstract; claim 1; figure 3 paragraph [0035] - paragraph [0039] -----	1,7,8
A	DE 10 2012 217121 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 27 March 2014 (2014-03-27) abstract; claim 1; figures 1,5,6 paragraph [0008] - paragraph [0009] paragraph [0043] - paragraph [0044] paragraph [0061] -----	1,7,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/053905

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102009028650 A1	24-02-2011	NONE	
DE 102006015967 A1	18-10-2007	DE 102006015967 A1 EP 1843023 A2 US 2007251507 A1	18-10-2007 10-10-2007 01-11-2007
DE 102009003212 A1	25-11-2010	DE 102009003212 A1 WO 2010133417 A1	25-11-2010 25-11-2010
DE 102010021952 A1	03-02-2011	CN 101907029 A DE 102010021952 A1 US 2010305831 A1	08-12-2010 03-02-2011 02-12-2010
DE 102012217121 A1	27-03-2014	CN 104641088 A DE 102012217121 A1 KR 20150082226 A US 2015226148 A1 WO 2014044837 A1	20-05-2015 27-03-2014 15-07-2015 13-08-2015 27-03-2014

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F02D41/24 F02D41/12
 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 10 2009 028650 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 24. Februar 2011 (2011-02-24) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen 3,4 Absatz [0004] - Absatz [0007] Absatz [0033] - Absatz [0038] -----	1-8
Y	DE 10 2006 015967 A1 (SIEMENS AG [DE]) 18. Oktober 2007 (2007-10-18) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 1 Absatz [0025] - Absatz [0026] -----	1,2,7,8
Y	DE 10 2009 003212 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 25. November 2010 (2010-11-25) Zusammenfassung; Ansprüche 1,3; Abbildungen 3,4 Absatz [0029] - Absatz [0044] ----- -/-	1,2,7,8

☒ 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

14. Mai 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/05/2018

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

Van der Staay, Frank

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2010 021952 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 3. Februar 2011 (2011-02-03) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 3 Absatz [0035] - Absatz [0039] -----	1,7,8
A	DE 10 2012 217121 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 27. März 2014 (2014-03-27) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen 1,5,6 Absatz [0008] - Absatz [0009] Absatz [0043] - Absatz [0044] Absatz [0061] -----	1,7,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/053905

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102009028650 A1	24-02-2011	KEINE	
DE 102006015967 A1	18-10-2007	DE 102006015967 A1	18-10-2007
		EP 1843023 A2	10-10-2007
		US 2007251507 A1	01-11-2007
DE 102009003212 A1	25-11-2010	DE 102009003212 A1	25-11-2010
		WO 2010133417 A1	25-11-2010
DE 102010021952 A1	03-02-2011	CN 101907029 A	08-12-2010
		DE 102010021952 A1	03-02-2011
		US 2010305831 A1	02-12-2010
DE 102012217121 A1	27-03-2014	CN 104641088 A	20-05-2015
		DE 102012217121 A1	27-03-2014
		KR 20150082226 A	15-07-2015
		US 2015226148 A1	13-08-2015
		WO 2014044837 A1	27-03-2014