

(19)



(11)

EP 1 530 676 B9

(12)

KORRIGIERTE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(15) Korrekturinformation:

Korrigierte Fassung Nr. 1 (W1 B1)

Korrekturen, siehe

Beschreibung Abschnitt(e) 19-29

(51) Int Cl.:

F02D 41/20 (2006.01)

F02D 41/38 (2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/DE2003/002212

(48) Corrigendum ausgegeben am:

04.11.2009 Patentblatt 2009/45

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2004/018859 (04.03.2004 Gazette 2004/10)

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des

Hinweises auf die Patenterteilung:

22.04.2009 Patentblatt 2009/17

(21) Anmeldenummer: **03792117.8**

(22) Anmeldetag: **02.07.2003**

(54) **VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER BRENNKRAFTMASCHINE**

METHOD FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

PROCEDE POUR FAIRE FONCTIONNER UN MOTEUR A COMBUSTION

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE ES FR IT

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**

70442 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **16.08.2002 DE 10237408**

(72) Erfinder: **VORBACH, Marco**

71686 Remseck (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

18.05.2005 Patentblatt 2005/20

(56) Entgegenhaltungen:

DE-A- 3 935 937 DE-A- 10 039 418

EP 1 530 676 B9

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Steuergerät für eine Brennkraftmaschine.

[0003] Ein derartiges Betriebsverfahren sowie ein Steuergerät hierfür sind aus dem Stand der Technik bereits bekannt. Nachteile ergeben sich bei den bekannten Systemen insbesondere aus einer ungünstigen Signalform des Ansteuersignals, die zum einen zu einer erhöhten Verschmutzungsgefahr des Einspritzventils führt und zum anderen ein kontrolliertes Schließen des Einspritzventils verhindert.

[0004] Die erhöhte Verschmutzungsgefahr ist darin begründet, dass sich das Einspritzventil über einen verhältnismäßig langen Zeitraum in einem Zustand mit vergleichsweise geringem Hub der Einspritznadel und damit geringer Öffnung des Einspritzventils befindet. In diesem Zustand ist die Gefahr, dass sich Partikel zwischen der Ventilöffnung und der Ventalnadel einklemmen und die Ventilöffnung verstopfen, besonders groß.

[0005] Eine höhere Flankensteilheit des Ansteuersignals führt zu einer größeren Geschwindigkeit der Ventalnadel beim Übergang von der Öffnungs- zur Schließposition und umgekehrt, aber beim Auftreffen der Ventalnadel auf den Ventilsitz ergeben sich aufgrund der hohen Geschwindigkeit der Ventalnadel sogenannte Nadelpreller, die dazu führen, dass das Einspritzventil sich nach dem Erreichen der Schließposition unkontrolliert öffnet. Ferner können Überschwinger der Ventalnadel auftreten.

[0006] Aus der DE 100 39 418 A1 ist ein Verfahren zum Ansteuern einer Dosiervorrichtung bekannt, bei dem durch ein geeignetes Ansteuern des Aktors die Düsenadel vor dem Aufschlagen auf einen Anschlag und/oder einen Dichtsitz in ihrer Geschwindigkeit gebremst wird. Die beschriebene Ansteuerung erfordert eine komplexe Signalform.

[0007] Demgemäß ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Betriebsverfahren und ein Steuergerät der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass die Verschmutzungsgefahr des Einspritzventils verringert wird, und dass die Ventalnadel kontrolliert und in einfacher Weise in die Öffnungs- und Schließposition verstellt wird bzw. verstellbar ist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch das Verfahren gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

[0009] Die vergleichsweise große Flankensteilheit des Ansteuersignals für das piezoelektrische Stellglied beim Übergang der Ventalnadel von der Schließposition zur Zwischenposition bewirkt eine schnelle Verstellung der Ventalnadel aus der Schließposition heraus in die Zwischenposition, so dass der Zeitraum, in dem das Einspritzventil einen geringen Nadelhub aufweist, relativ

kurz ist, so dass sich die Wahrscheinlichkeit für Ventilverschmutzungen bzw. -verstopfungen durch Einklemmen von Partikeln verringert.

[0010] Dementsprechend führt die vergleichsweise geringe Flankensteilheit des Ansteuersignals für das piezoelektrische Stellglied beim Übergang der Ventalnadel von der Zwischenposition zur Öffnungsposition zu einem kontrollierten Erreichen der Öffnungsposition durch die Ventalnadel, bei dem die Ventalnadel insbesondere nicht prellt, so dass keine unkontrollierte Verstellung der Ventalnadel in der Öffnungsposition stattfindet.

[0011] Besonders vorteilhaft ist das Ansteuersignal beim Übergang der Ventalnadel von der Öffnungsposition zur Schließposition symmetrisch zu dem Ansteuersignal beim Übergang der Ventalnadel von der Schließposition zur Öffnungsposition.

[0012] Durch die Symmetrie ergibt sich eine erhebliche Vereinfachung bei der Ansteuerung des piezoelektrischen Stellglieds, weil die Signalform des Ansteuersignals nur für einen Übergang der Ventalnadel, also entweder für den Übergang der Ventalnadel von der Schließposition in die Öffnungsposition oder umgekehrt, gespeichert werden muss. Das jeweils andere Ansteuersignal kann beispielsweise durch Subtraktion der gespeicherten Signalwerte des Ansteuersignals von einem maximalen Signalwert für das Ansteuersignal o. ä. gebildet werden. Dies ist sowohl bei einer analogen als auch bei einer digitalen Ansteuerung des piezoelektrischen Stellglieds möglich.

[0013] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Ansteuersignal beim Übergang der Ventalnadel von der Öffnungsposition zur Zwischenposition eine größere Flankensteilheit auf, als beim Übergang der Ventalnadel von der Zwischenposition in die Schließposition, wodurch sich analog zum Öffnungsvorgang des Einspritzventils dieselben Vorteile hinsichtlich der Dauer der Öffnungszeit des Einspritzventils mit geringem Nadelhub bzw. des kontrollierten Erreichens der Schließposition durch die Ventalnadel ergeben.

[0014] Insbesondere prallt die Ventalnadel aufgrund der vergleichsweise geringen Flankensteilheit des Ansteuersignals beim Übergang der Ventalnadel von der Zwischenposition in die Schließposition nicht vom Ventilsitz ab, so dass kein unkontrolliertes Öffnen des Einspritzventils nach dem Erreichen der Schließposition durch die Ventalnadel erfolgt.

[0015] Als eine weitere Lösung der Aufgabe der Erfindung ist ein Steuergerät für eine Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 3 angegeben.

[0016] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren

Rückbeziehung, sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

Figur 1 zeigt den zeitlichen Verlauf eines erfindungsgemäßen Ansteuersignals, und

Figur 2 zeigt den zeitlichen Verlauf eines weiteren erfindungsgemäßen Ansteuersignals.

[0017] Das in Figur 1 dargestellte Ansteuersignal SA wird bei einer Brennkraftmaschine (nicht gezeigt) zur Ansteuerung eines piezoelektrischen Stellglieds eingesetzt, das eine Ventilmadel eines Einspritzventils der Brennkraftmaschine von einer Schließposition über eine Zwischenposition in eine Öffnungsposition und wieder zurück verstellt.

[0018] Bei dem Diagramm aus Figur 1 bezeichnet t die Zeitachse und A einen auf den Maximalwert des Ansteuersignals SA normierten Wert des Ansteuersignals SA. Das Ansteuersignal SA ist ein Analogsignal.

[0019] Zur weiteren Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in dem Diagramm aus Figur 1 mehrere Bereiche SZ, ZO, OZ, ZS des Ansteuersignals SA markiert, die im folgenden beschrieben werden.

[0020] Zu Beginn einer Einspritzung wird das piezoelektrische Stellglied (nicht gezeigt) von einem ebenfalls nicht abgebildeten Steuergerät der Brennkraftmaschine mit dem im Bereich SZ liegenden Teil des Ansteuersignals SA angesteuert, in dem das Ansteuersignal SA eine vergleichsweise große Flankensteilheit aufweist. Dadurch ist gewährleistet, dass die Ventilmadel des Einspritzventils schnell von der Schließposition, die einem Wert Null des Ansteuersignals SA entspricht, in die Zwischenposition verstellt wird, so dass Zustände geringen Nadelhubs und damit eine Verstopfungsgefahr durch eingeklemmte Partikel vermieden werden.

[0021] Anschließend wird das piezoelektrische Stellglied beim Übergang von der Zwischenposition zur Öffnungsposition, die einem Wert Eins des Ansteuersignals SA entspricht, mit einem Ansteuersignal SA vergleichsweise geringer Flankensteilheit angesteuert, wodurch der Bereich ZO des Ansteuersignals SA definiert ist. Die geringe Flankensteilheit des Ansteuersignals SA in dem Bereich ZO bewirkt, dass die Ventilmadel beim Erreichen der Öffnungsposition nicht zu schnell ist und sich durch Prellen unkontrolliert wieder aus der erreichten Öffnungsposition herausbewegt bzw. durch Überspringen unkontrolliert öffnet. Danach wird das Ansteuersignal SA für eine gewisse Zeit auf seinem Maximalwert von Eins gehalten.

[0022] Wie aus Figur 1 ersichtlich, durchläuft das Ansteuersignal SA beim Schließvorgang zunächst den Bereich OZ, wobei die Ventilmadel des Einspritzventils von der Öffnungsposition in die Zwischenposition verstellt wird. Hierbei ist die Flankensteilheit des Ansteuersignals SA erneut verhältnismäßig groß, um die bereits erwähnte Gefahr der Ventilverschmutzung zu verringern.

[0023] Zum Ende der Einspritzphase, das mit dem Bereich ZS des Ansteuersignals SA korrespondiert, weist das Ansteuersignal SA erneut eine vergleichsweise geringe Flankensteilheit auf, um ein zu schnelles Auftreffen der Ventilmadel auf dem Ventilsitz des Einspritzventils und damit ein Prellen der Ventilmadel zu vermeiden, das zu unkontrollierten Öffnungen des Einspritzventils führt.

[0024] Auf diese Weise ist es möglich, das Risiko der Ventilverschmutzung zu verringern und gleichzeitig ein kontrolliertes Öffnen bzw. Schließen des Einspritzventils zu erreichen.

[0025] Es ist auch möglich, die Ansteuerung des piezoelektrischen Stellglieds mit einem Digitalsignal vorzunehmen. Hierzu zeigt Figur 2 ein entsprechendes Diagramm, in dem der zeitliche Verlauf des digitalen Ansteuersignals SD angegeben ist. Die Funktionsweise ist identisch zu der Ansteuerung des piezoelektrischen Stellglieds mit dem analogen Ansteuersignal SA.

[0026] Da die Zeit zum Verstellen der Ventilmadel von der Öffnungsposition in die Schließposition näherungsweise nur von der Kinematik eines Systems bestehend aus der Ventilmadel und einer die Ventilmadel mechanisch mit einer Vorspannung beaufschlagenden Feder bestimmt wird, ist es vorteilhaft, die mechanischen Parameter des Systems Ventilmadel/Feder bei der Auswahl der Signalform des Ansteuersignals SA bzw. SD zu berücksichtigen, um eine optimale Aufteilung des Ventilwegs mit großer/kleiner Flankensteilheit zu erzielen.

[0027] Besonders vorteilhaft ist auch eine Symmetrie zwischen der Signalform des Ansteuersignals SA, SD, die beim Verstellen der Ventilmadel von der Schließposition in die Öffnungsposition verwendet wird, und der Signalform des Ansteuersignals SA, SD, die beim Verstellen der Ventilmadel von der Öffnungsposition in die Schließposition verwendet wird. In diesem Fall ist es möglich, nur eine Signalform zu speichern, beispielsweise in einem Speicher des Steuergeräts, und die jeweils andere Signalform aus der gespeicherten Signalform zu bilden.

[0028] Das vorstehend beschriebene Verfahren ist als Computerprogramm realisiert, das auf dem Steuergerät ablauffähig und in dessen Speicher abgelegt ist.

[0029] Ganz allgemein kann das erfindungsgemäße Verfahren bei Zumesssystemen mit durch piezoelektrische Stellglieder angetriebenen Komponenten angewendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine, bei dem eine Ventilmadel eines Einspritzventils mittels eines von einem Ansteuersignal (SA) beaufschlagten piezoelektrischen Stellglieds von einer Schließposition über eine Zwischenposition zu einer Öffnungsposition und wieder zurück verstellt wird, und wobei das Ansteuersignal (SA) beim Übergang der Ventilmadel von der Schließposition zur Zwi-

schenposition eine größere Flankensteilheit aufweist, als beim Übergang der Ventilnadel von der Zwischenposition in die Öffnungsposition, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ansteuersignal (SA) beim Übergang der Ventilnadel von der Öffnungsposition zur Schließposition durch Subtraktion der gespeicherten Werte des Ansteuersignals (SA) beim Übergang der Ventilnadel von der Schließposition zur Öffnungsposition von einem maximalen Signalwert für das Ansteuersignal gebildet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ansteuersignal (SA) beim Übergang der Ventilnadel von der Öffnungsposition zur Zwischenposition eine größere Flankensteilheit aufweist, als beim Übergang der Ventilnadel von der Zwischenposition in die Schließposition.
3. Steuergerät für eine Brennkraftmaschine, bei der eine Ventilnadel eines Einspritzventils mittels eines von einem Ansteuersignal (SA) beaufschlagten piezoelektrischen Stellglieds von einer Schließposition über eine Zwischenposition zu einer Öffnungsposition und wieder zurück verstellbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuergerät zur Ausführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 2 ausgebildet ist.

Claims

1. Method for operating an internal combustion engine in which a valve needle of an injection valve is adjusted from a closed position via an intermediate position to an open position and back again by means of a piezo-electric actuator to which a drive signal (SA) is applied, and wherein the drive signal (SA) has a greater degree of signal edge steepness at the transition of the valve needle from the closed position to the intermediate position than at the transition of the valve needle from the intermediate position into the open position, **characterized in that** the drive signal (SA) is formed at the transition of the valve needle from the open position to the closed position from a maximum signal value for the drive signal by subtracting the stored values of the drive signal (SA) at the transition of the valve needle from the closed position to the open position.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the drive signal (SA) has a greater degree of signal edge steepness at the transition of the valve needle from the open position to the intermediate position than at the transition of the valve needle from the intermediate position into the closed position.
3. Control device for an internal combustion engine in which a valve needle of an injection valve can be

adjusted from a closed position via an intermediate position to an open position and back again by means of a piezo-electric actuator element to which a drive signal (SA) is applied, **characterized in that** the control device is designed to carry out the method according to one of Claims 1 to 2.

Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner un moteur à combustion interne, dans lequel une aiguille de soupape d'une soupape d'injection est déplacée au moyen d'un actionneur piézoélectrique sollicité par un signal de commande (SA) d'une position de fermeture dans une position d'ouverture en passant par une position intermédiaire et inversement, le signal de commande (SA), lors de la transition de l'aiguille de soupape de la position de fermeture dans la position intermédiaire présentant une raideur de flanc plus importante que lors de la transition de l'aiguille de soupape de la position intermédiaire dans la position d'ouverture, **caractérisé en ce que** le signal de commande (SA), lors de la transition de l'aiguille de soupape de la position d'ouverture dans la position de fermeture, par soustraction des valeurs mémorisées du signal de commande (SA), lors de la transition de l'aiguille de soupape de la position de fermeture dans la position d'ouverture, est formé par une valeur de signal maximale pour le signal de commande.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le signal de commande (SA), lors de la transition de l'aiguille de soupape de la position d'ouverture dans la position intermédiaire, présente une raideur de flanc plus importante que lors de la transition de l'aiguille de soupape de la position intermédiaire dans la position de fermeture.
3. Appareil de commande pour un moteur à combustion interne, dans lequel une aiguille de soupape d'une soupape d'injection peut être déplacée au moyen d'un actionneur piézoélectrique sollicité par un signal de commande (SA) d'une position de fermeture dans une position d'ouverture en passant par une position intermédiaire et inversement, **caractérisé en ce que** l'appareil de commande est réalisé pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2.

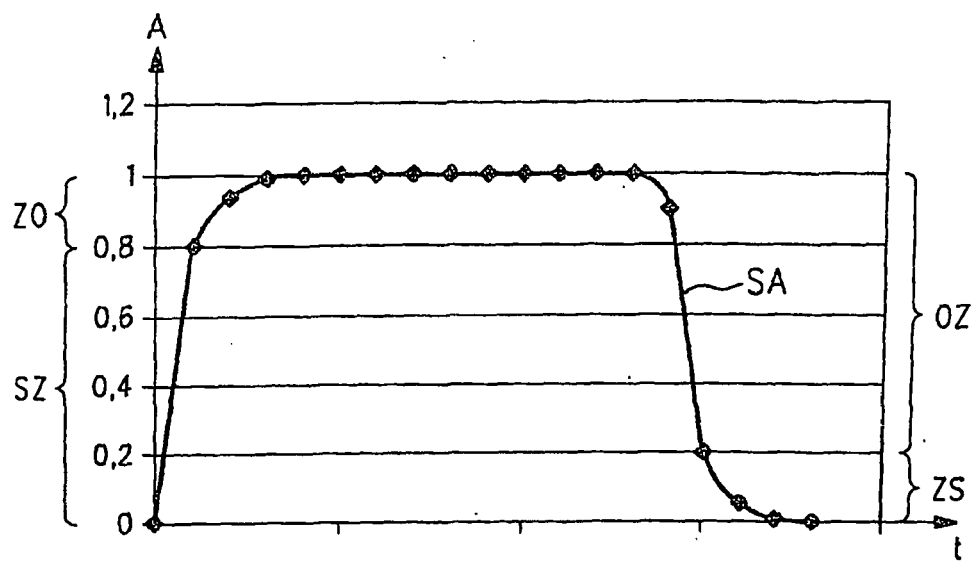


Fig. 1

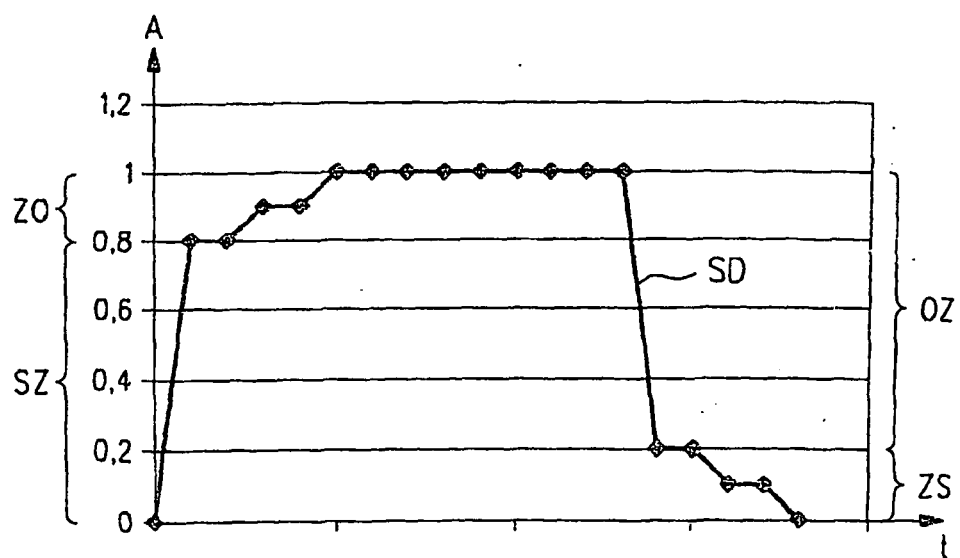


Fig. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10039418 A1 [0006]