

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 927 821 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.07.1999 Patentblatt 1999/27

(51) Int. Cl.⁶: **F02M 45/02**, F02M 55/02,
F02M 59/36

(21) Anmeldenummer: 98119033.3

(22) Anmeldetag: 08.10.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder:
**Volkswagen Aktiengesellschaft
38436 Wolfsburg (DE)**

(72) Erfinder:
**Stehr, Hartmut, Dipl.-Ing.
38518 Gifhorn (DE)**

(30) Priorität: 02.01.1998 DE 19800039

(54) Verfahren zum Steuern eines Kraftstoff-Einspritzsystems

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern eines Kraftstoff-Einspritzsystems für eine Brennkraftmaschine, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einem Absteuerventil, welches zum Aufbauen eines Einspritzdruckes in einem Hochdruckraum zwischen einer Hochdruckpumpe und einer Einspritzdüse einen Kraftstoffzulauf wahlweise mit dem Hochdruckraum verbindet, wobei ein Einspritzsteuersignal das Absteuerventil für eine vorbestimmte erste Zeitspanne schließt und anschließend wieder öffnet. Hierbei schließt nach dem Einspritzsteuersignal wenigstens ein weiteres Steuersignal das Absteuerventil für wenigstens eine vorbestimmte zweite Zeitspanne ganz oder teilweise.

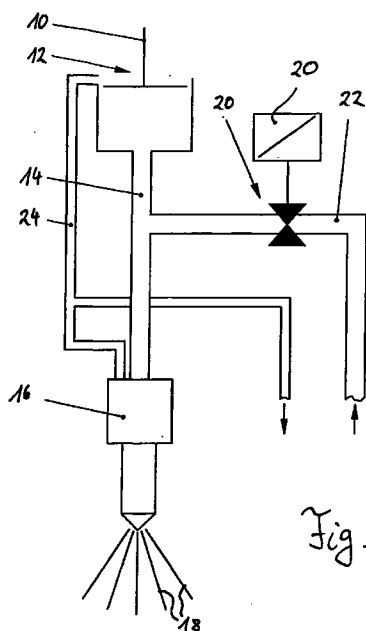
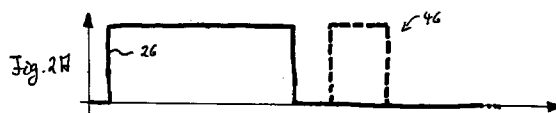


Fig. 1

EP 0 927 821 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern eines Kraftstoff-Einspritzsystems für eine Brennkraftmaschine, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einem Absteuerventil, welches zum Aufbauen eines Einspritzdruckes in einem Hochdruckraum zwischen einer Hochdruckpumpe und einer Einspritzdüse einen Kraftstoffzulauf wahlweise mit dem Hochdruckraum verbindet, wobei ein Einspritzsteuersignal das Absteuerventil für eine vorbestimmte erste Zeitspanne schließt und anschließend wieder öffnet, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Bei Kraftstoff-Einspritzsystemen, bestehend aus einer Pumpe, Hochdruckleitungen oder -Bohrungen, einem Absteuerventil und Einspritzdüsen ergibt sich das Problem einer Hohlraumbildung (Kavitation) im Hoch- und Niederdruckbereich, insbesondere nach einer Einspritzung von Kraftstoff. Dies resultiert aus einem schnellen Öffnen des Absteuerventils am Einspritzende, wobei der bis dahin im Hochdruckraum eingeschlossene Kraftstoff auf einen Niederdruck expandiert und dabei eine Unterdruckwelle nach sich zieht. Es kommt zu einer Dampfdruckunterschreitung und damit zu Hohlraumbildungen (Kavitation) an verschiedenen Stellen im Hochdruckraum und auch im Niederdruckraum. Diese Hohlräume implodieren anschließend, was wiederum einen schlagartigen Druckanstieg zur Folge hat. Dieser "Füllstoß" oder Kavitationsschlag hat u.a. folgende unerwünschte Auswirkungen: Kavitationserosion an Bauteilen (Lochfraß), Geräusche, wie beispielsweise typische Einspritzgeräusche eines Pumpe-Düse-Motors, Nachöffnen der Düsennadel, wenn der Kavitationsschlag einen Öffnungsdruck der Düse erreicht, was durch einen Gasdruck in einem Brennraum des Motors unterstützt wird, wodurch es entweder zu Nachspritzen von Kraftstoff in den Brennraum oder Rückblasen von Verbrennungsgasen in die Düse verbunden mit einem Fahrzeug-Ruckeln kommt, und Schwingungsanregungen im Kraftstoffzulauf mit der Folge eines erhöhten Zulaufbedarfs, um Füllprobleme durch die Hohlraumbildung zu vermeiden.

[0003] Aus der DE 195 44 241 A1 ist zu diesem Problemkreis eine Einrichtung zur geräuscharmen Hochdruckeinspritzung von Kraftstoff bekannt, mit einer Hochdruckpumpe, einem Hochdruckraum, einer Einspritzdüse, einem Absteuerventil und einem Kraftstoffzulauf. Zur Vermeidung von infolge des Öffnens bzw. Schießens des Absteuerventils entstehenden Geräuschen weist die Einrichtung stromauf des Absteuerventils ein strömungstechnisch mit dem Kraftstoffzulauf verbundenes Ausgleichsvolumen auf.

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der obengenannten Art zur Verfügung zu stellen, wobei Kavitation und Nachspritzen bzw. Rückblasen nach einem Absteuern auf einfache Weise vermieden wird.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der o.g. Art mit den in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0006] Dazu ist es erfindungsgemäß vorgesehen, daß nach dem Einspritzsteuersignal wenigstens ein weiteres Steuersignal das Absteuerventil für wenigstens eine vorbestimmte zweite Zeitspanne schließt.

[0007] Dies hat den Vorteil, daß ohne zusätzliche Bauteile am Einspritzsystem Kavitationen nach der Absteuerung und damit ein Nachspritzen oder Rückblasen vermieden und ein Einspritzgeräusch und ein Fülldruckbedarf gesenkt ist.

[0008] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Absteuerventil ein Magnetventil oder ein Piezoventil, wobei das Steuersignal zweckmäßigerweise ein elektrisches Signal ist. Bei einem Piezoventil ergibt sich zusätzlich der Vorteil, daß über das Steuersignal eine definierte, beliebig vorbestimmt zeitlich verlaufende Ventilstellung zwischen "offen" und "geschlossen" steuerbar ist.

[0009] Weitere Merkmale, Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, sowie aus der nachstehenden, beispielhaften Beschreibung der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen. Diese zeigen in

Fig. 1 eine bevorzugte Ausführungsform eines Kraftstoff-Einspritzsystems in schematischer Darstellung und

Fig. 2A bis 2C graphische Darstellungen eines zeitlichen Verlaufes eines Steuersignals, eines Hubes eines Absteuerventils und eines Druckes in einem Hochdruckraum.

[0010] Das in Fig. 1 schematisch dargestellte Kraftstoff-Einspritzsystem umfaßt im wesentlichen eine einen Kolben 10 aufweisende Hochdruckpumpe 12, einen mit dieser verbundenen Hochdruckraum 14 und eine aus diesem Hochdruckraum 14 gespeiste Einspritzdüse 16, welche Kraftstoff 18 in einen nicht dargestellten Brennraum einer Brennkraftmaschine direkt einspritzt. Weiterhin ist ein beispielsweise elektromagnetisch oder elektrisch betätigbares Absteuerventil 20 vorgesehen, welches wahlweise einen Kraftstoffzulauf 22 vom Hochdruckraum 14 trennt. Die Hochdruckpumpe 12 wird beispielsweise in nicht gezeigter Weise von einem Nocken und einem Kipphebel, welche in einem Zylinderkopf gelagert sind, betätigt. Ferner weist der Hochdruckraum 14 an einer Stelle, an der sich der Kolben 10 in nicht betätigten Zustand befindet, einen Kraftstoffrücklauf 24 auf. Der Kraftstoffrücklauf 24 hat ferner eine Verbindung zur Einspritzdüse 16.

[0011] Im Betrieb des Einspritzsystems gemäß Fig. 1 wird bei geöffnetem Absteuerventil 20 über den Kraft-

stoffzulauf 22 mit einem vergleichsweise niedrigen Druck von beispielsweise 5 bar der Hochdruckraum 14 mit Kraftstoff 18 befüllt. Zum Einleiten der Hochdruckspritzung wird mittels der oben erwähnten Nocke der Kolben 1 den Hochdruckraum 14 verdichtend bewegt, wobei eine Kraftstoffsäule im Kraftstoffzulauf 22 durch das Absteuerventil 20 hindurch entgegen einer Zulaufrichtung verdrängt wird.

[0012] Wie sich aus Fig. 2A bis 2C anhand der durchgezogen gezeichneten Graphen ergibt, welche eine herkömmliche Ansteuerung gemäß dem Stand der Technik veranschaulicht, wird anschließend mittels eines Steuersignals 26 (Fig. 2A) das Absteuerventil 20 schlagartig geschlossen, was zu einem Ventilhub 28 gemäß Fig. 2B führt. Im zeitlichen Abschnitt 30 schließt sich das Absteuerventil 20, im zeitlichen Abschnitt 32 ist es voll geschlossen und im zeitlichen Abschnitt 34 ist das Absteuerventil 20 wieder voll geöffnet.

[0013] Es bildet sich stromab des Absteuerventils 20 eine Druckwelle in dem Kraftstoffzulauf 22 aus. Diese Druckwelle setzt sich im wesentlichen in den Hochdruckraum 14 fort und führt dort zu einem zeitlichen Druckverlauf 36, wie in Fig. 2C mit durchgezogener Linie dargestellt. Bei Erreichen eines voreingestellten Düsenöffnungsdruckes öffnet die Einspritzdüse 16 und die Einspritzung beginnt. In Figur 2C ist mit 44 ein die Einspritzdüse öffnender Druck bezeichnet. Der maximale Druck im Hochdruckraum 14 wird gegen Ende der Einspritzung erreicht.

[0014] Zum gezielten Beenden des Einspritzvorganges fällt das Steuersignal 26 wieder auf "aus" ab und öffnet somit das Absteuerventil 20, so daß der Kraftstoffzulauf 22 wieder geöffnet ist. Hierdurch trifft unter explosionsartiger Entspannung der Kraftstoff 18 im Hochdruckraum 14 auf den Kraftstoff im Kraftstoffzulauf 22, welcher einen relativ niedrigen Druck aufweist. Hierdurch bildet sich erneut eine Druckwelle aus. Deren Auswirkungen sind aus dem Druckverlauf 36 in Fig. 2C ersichtlich. Im zeitlichen Abschnitt 40 kommt es zu einem kurzen Unterdruck und ggf. einer Dampfdruckunterschreitung des Kraftstoffes 18. Es kommt zu Hohlraumbildung sowohl im Hochdruckraum 14 wie auch im Kraftstoffzulauf 22. Anschließend erfolgt wieder ein Druckanstieg durch das erneute Befüllen der Hohlräume im zeitlichen Abschnitt 42, wobei hier die Gefahr eines Nachspritzens bzw. Rückblasens durch Überschreitung des Düsenöffnungsdruckes 44 besteht.

[0015] In den Fig. 2A bis 2C ist im Gegensatz dazu mit gestrichelter Linie die erfindungsgemäße zusätzliche Ansteuerung des Absteuerventils 20 dargestellt. Wie sich aus Fig. 2A ergibt, wird nach einer vorbestimmten Zeit, in der das Absteuerventil 20 offen ist, erneut ein Steuerimpuls 46 an das Absteuerventil 20 gegeben. Dieser führt gemäß dem Ventilhub 28 (Fig. 2B) zu einer weiteren kurzzeitigen Schließbewegung des Absteuerventils 20. Wie sich aus einem Vergleich mit dem Druckverlauf 36 gemäß Fig. 2C ergibt, erfolgt die neue Schließbewegung zweckmäßigerweise vor bzw. zeit-

gleich mit dem zeitlichen Abschnitt 40, in dem zuvor ein Dampfdruck des Kraftstoffes 18 unterschritten wurde. Durch das erneute Schließen des Absteuerventils 20 wird diesem Unterdruck durch einen sich dagegen kurzzeitig aufbauenden Überdruck entgegengewirkt, der sich aus der Drosselwirkung des ganz oder teilweise geschlossenen Absteuerventils 20 ergibt. Im Ergebnis ergibt sich gemäß der gestrichelten Linie 48 in Fig. 2C ein flacher bzw. gedämpfter und stetiger Abfall des Druckverlaufes 36. Auch die zweite Druckspitze im zeitlichen Abschnitt 42 ist abgedämpft, so daß es auch bei einer eventuellen Hohlraumbildung zu keiner erneuten Überschreitung des Düsenöffnungsdruckes 44 kommt.

[0016] Je nach dem, wie weich bzw. wie stark abgedämpft und stetig die Kurve 48 verlaufen soll, ist auch eine zusätzliche Steuerstrategie mit mehreren zusätzlichen Steuerimpulsen 46 in geeigneter zeitlicher Abfolge möglich, so daß, je nach Druckverlauf aufgrund der mechanischen Ausgestaltung und Eigenschaften des Einspritzsystems, alle nach dem Ende des Einspritzvorgangs auftretenden Druckschwingungen im Druckverlauf 36 abgedämpft werden.

[0017] Bei Absteuerventilen 20 mit der Möglichkeit eines spannungs- oder stromproportionalen Hubverlaufes (Piezoventile) kann der gewünschte Hubverlauf auch durch einen entsprechenden Spannungs- oder Stromverlauf kontinuierlich und stetig eingestellt werden.

[0018] Mit anderen Worten bewirkt der oder die erneuten Steuerimpulse 46 bzw. die erneute Bestromung des Absteuerventils 20, daß der Druckabbau am Einspritzende, beispielsweise nach Erreichen des Düsenöffnungsdruckes 44 bzw. des Düsenschließdruckes, durch Verkleinerung eines wirksamen Ventilquerschnittes verlangsamt wird, um die Dampfdruckunterschreitung ganz zu vermeiden oder, falls es noch zu Hohlraumbildung kommt, die Auswirkungen des Füllstoßes durch eine Drosselwirkung des "in der Schwebe" befindlichen Absteuerventils 20 zu verringern.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Kraftstoff-Einspritzsystems für eine Brennkraftmaschine, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einem Absteuerventil, welches zum Aufbauen eines Einspritzdruckes in einem Hochdruckraum zwischen einer Hochdruckpumpe und einer Einspritzdüse einen Kraftstoffzulauf wahlweise mit dem Hochdruckraum verbindet, wobei ein Einspritzsteuersignal das Absteuerventil für eine vorbestimmte erste Zeitspanne schließt und anschließend wieder öffnet, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Einspritzsteuersignal wenigstens ein weiteres Steuersignal das Absteuerventil für wenigstens eine vorbestimmte zweite Zeitspanne schließt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
nach dem Einspritzsteuersignal und vor dem weite-
ren Steuersignal das Absteuerventil für eine vorbe-
stimmte dritte Zeitspanne geöffnet gehalten wird. 5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Steuersignal ein elektrisches Signal ist. 10
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Absteuerventil ein Magnetventil oder ein Piezo-
ventil ist. 15
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Einspritzsystem ein Pumpe-Düse-Einspritzsy- 20
stem ist.

25

30

35

40

45

50

55

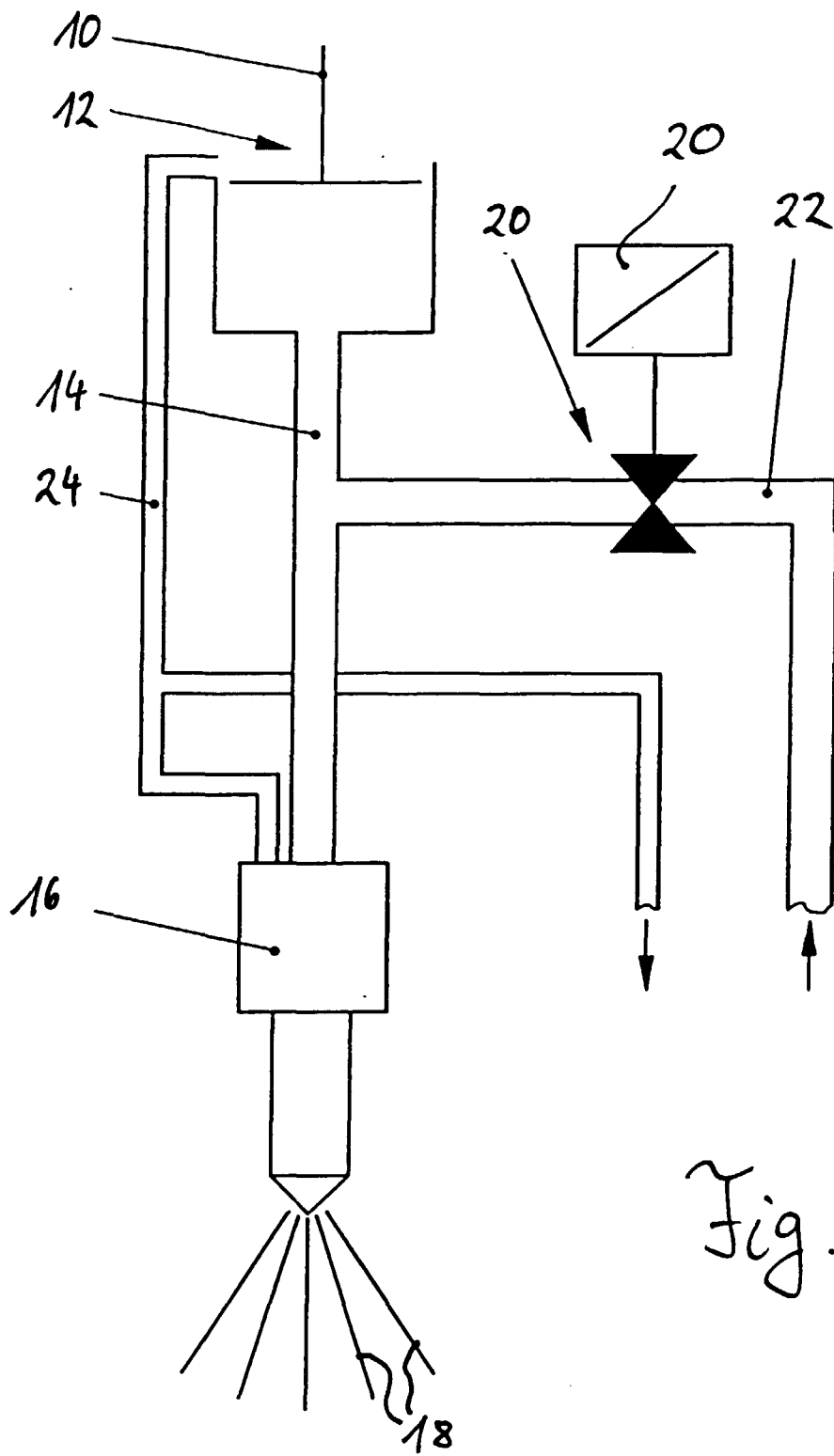


Fig. 1

