(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 519 026 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.12.2010 Patentblatt 2010/52

(51) Int Cl.:
F02D 41/20 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **04022133.5**

(22) Anmeldetag: **17.09.2004**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Steuern eines Ventils und Verfahren und Vorrichtung zum Steuern einer Pumpe-Düse-Vorrichtung mit einem Ventil**

Method and device for controlling a valve and method and device for controlling pump-nozzle unit with a valve

Méthode et dispositif de commande d'une soupape et méthode et dispositif de commande d'une pompe-injecteur avec soupape

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **29.09.2003 DE 10345226**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.03.2005 Patentblatt 2005/13

(73) Patentinhaber: **Continental Automotive GmbH**
30165 Hannover (DE)

(72) Erfinder:
- **Beilharz, Jörg, Dr.**
  14169 Berlin (DE)
- **Kronberger, Maximilian, Dr.**
  93053 Regensburg (DE)
- **Pirkl, Richard**
  93047 Regensburg (DE)
- **Rissler, Christian**
  10555 Berlin (DE)
- **Wiehoff, Hans-Jörg**
  93049 Regensburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 172 541
WO-A-99/67527
WO-A-03/040534
DE-A1- 10 146 747

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).

EP 1 519 026 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern eines Ventils. Sie betrifft ferner ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern einer Pumpe-Düse-Vorrichtung mit einem Ventil. Das Ventil hat einen Ventilantrieb, der als Piezoaktor ausgebildet ist, ein Ventilglied, einen Ventilkörper und einen Ventilsitz. Eine Pumpe-Düse-Vorrichtung wird insbesondere zur Kraftstoffzufuhr in einen Brennraum eines Zylinders einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Diesel-Brennkraftmaschine, eingesetzt. Bei einer Pumpe-Düse-Vorrichtung bilden eine Pumpe, eine Steuereinheit mit dem Ventil und eine Düseneinheit eine Baueinheit. Der Antrieb eines Kolbens der Pumpe erfolgt vorzugsweise über eine Nockenwelle einer Brennkraftmaschine mittels eines Kipphebels.

[0002] Die Pumpe ist über das Ventil an eine Niederdruck-Kraftstoffzuführeinrichtung hydraulisch koppelbar. Sie ist ausgangsseitig mit der Düseneinheit hydraulisch gekoppelt. Einspritzbeginn und Einspritzmenge werden durch das Ventil und dessen Ventilantrieb bestimmt. Durch die kompakte Bauweise der Pumpe-Düse-Vorrichtung ergibt sich ein sehr geringes Hochdruckvolumen und eine große hydraulische Steifigkeit. Es werden so sehr hohe Einspritzdrücke von zirka 2.000 bar ermöglicht. Dieser hohe Einspritzdruck in Verbindung mit der guten Steuerbarkeit des Einspritzbeginns und der Einspritzmenge ermöglichen eine deutliche Reduktion der Emissionen bei gleichzeitig niedrigen Kraftstoffverbrauch beim Einsatz der Brennkraftmaschinen.

[0003] Aus der DE 198 35 494 C2 ist eine Pumpe-Düse-Vorrichtung bekannt mit einer Pumpe und einem Ventil mit einem Ventilglied, das die hydraulische Kopplung eines Absteuerraums mit einem Ablaufkanal steuert. Der Ablaufkanal ist hydraulisch gekoppelt mit der Pumpe und einer Düseneinheit. Ein Zulaufkanal ist vorgesehen, der hydraulisch gekoppelt ist mit dem Absteuerraum. Dem Ventilglied ist ein piezoelektrischer Ventilantrieb zugeordnet, über den das Ventilglied zwischen zwei Endstellungen verstellt werden kann. In einer ersten Endstellung des Ventilglieds ist der Ablaufkanal hydraulisch gekoppelt mit einem Absteuerraum und dieser wiederum mit dem Zulaufkanal. In einer zweiten Endstellung des Ventilglieds ist der Ablaufkanal hydraulisch entkoppelt von dem Absteuerraum und das Ventilglied ist in einem Ventilsitz des Ventils.

[0004] In der ersten Endstellung des Ventilglieds wird während eines Förderhubs der Pumpe Fluid von dem Zulaufkanal über den Absteuerraum und den Ablaufkanal von der Pumpe angesaugt. Während eines Arbeitshubs eines Pumpenkolbens der Pumpe wird in der ersten Endposition des Ventilglieds Fluid von der Pumpe über den Zulaufkanal, den Absteuerraum in den Ablaufkanal zurückgedrückt. In der zweiten Endstellung des Ventilglieds kann während des Förderhubs des Pumpenkolbens wegen der fehlenden hydraulischen Kopplung des Ablaufkanals mit dem Absteuerraum und dem Ablaufkanal kein Fluid zurückgedrückt werden und der Pumpenkolben erzeugt Hochdruck. Mit Überschreiten einer vorgegebenen Druckschwelle öffnet eine Düsennadel der Düseneinheit eine Düse der Düseneinheit und es erfolgt eine Einspritzung des Fluids. Das Einspritzende wird dadurch bestimmt, dass das Ventilglied mittels des Stellantriebs in seine erste Endposition gesteuert wird und so Fluid über den Ablaufkanal in den Absteuerraum und den Zulaufkanal zurückströmen kann, was zur Folge hat, dass der Druck in der Pumpe und somit auch in der Düseneinheit abnimmt, was wiederum zu einem Schließen der Düseneinheit führt.

[0005] Ein präzises Zumessen von Kraftstoff durch die Pumpe-Düse-Vorrichtung setzt eine sehr präzise Ansteuerbarkeit des Ventils voraus.

[0006] Aus der DE 100 24 662 A1 ist ein Ventil bekannt mit einem Stellglied, das von einem piezoelektrischen Aktor angetrieben wird. Der piezoelektrische Aktor wird gleichzeitig als Drucksensor verwendet. Die Spannung des piezoelektrischen Aktors wird dahingehend ausgewertet, dass eine Spannungsänderung auftritt und diese als Detektionssignal erfasst wird. Aus dem Detektionssignal wird eine Information darüber abgeleitet, zu welchem Zeitpunkt das Ventilglied tatsächlich von seinem Ventilsitz abhebt und der Druck in einem Steuerraum zu sinken beginnt.

[0007] Die DE 101 46 747 A1 beschreibt eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine mit einem durch einen piezoelektrischen Aktor betätigten Steuerventil. Zur Erkennung, ob ein Steuerventil seine Schließposition erreicht hat, wird nach erfolgtem Ladevorgang für eine vorgebbare Zeitdauer eines Messfensters an die Anschlüsse des Aktors eine Spannungsmesseinrichtung angeschlossen. In einem der Spannungsmesseinrichtung zugeordneten Differenzierglied wird die zeitliche Ableitung der Spannung zwischen den Anschlüssen gebildet. Es wird das Auftreten eines Nulldurchgangs in der zeitlichen Ableitung der Spannung überprüft, der den Zeitpunkt identifiziert, zu dem das Steuerventilglied seine Schließposition erreicht hat. Aus dem ermittelten Zeitpunkt des Erreichens der Schließposition des Steuerventilglieds wird ein Korrekturwert für den Ansteuerzeitpunkt des Ladevorgangs abgeleitet.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern eines Ventils oder einer Pumpe-Düse-Vorrichtung mit dem Ventil zu schaffen, das bzw. die ein präzises Ansteuern des Ventils gewährleistet.

[0009] Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0010] Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren zum Steuern eines Ventils mit einem Ventilantrieb, der als Piezoaktor ausgebildet ist, einem Ventilglied, einem Ventilkörper und einem Ventilsitz. Zu einem vorgebbaren Zeitpunkt wird das Ventilglied von einer Po-

sition entfernt von dem Ventilsitz in den Ventilsitz gesteuert. Während das Ventilglied von der Position entfernt von dem Ventilsitz in den Ventilsitz gesteuert wird, wird ein die Piezospannung charakterisierendes Signal erfasst. Mindestens die erste Ableitung des die Piezospannung charakterisierenden Signals wird dann ermittelt. Der Zeitpunkt des Auftreffens des Ventilglieds auf den Ventilsitz wird erkannt, wenn die mindestens erste Ableitung des Signals einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet. Eine Schließzeitdauer wird abhängig von dem vorgebbaren Zeitpunkt und dem Zeitpunkt des Auftreffens ermittelt. Die Ansteuerung des Ventilantriebs erfolgt dann abhängig von der Schließzeitdauer. Gemäß eines weiteren Aspekts der Erfindung wird das Ventil einer Pumpe-Düse-Vorrichtung entsprechend gesteuert. Die Pumpe-Düse-Vorrichtung hat eine Pumpe, die einen Kolben und einen Arbeitsraum hat, eine Steuereinheit, die einen Ablaufkanal, der hydraulisch gekoppelt ist mit dem Arbeitsraum, und ein Ventil umfasst, mit einem als Piezoaktor ausgebildeten Ventilantrieb, einem Ventilglied, einem Ventilkörper, einem Ventilsitz und einem Absteuerraum, der hydraulisch entkoppelt ist von dem Ablaufkanal, wenn das Ventilglied an dem Ventilsitz anliegt, und der ansonsten gekoppelt ist mit dem Ablaufkanal.

[0011] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass beim Auftreffen des Ventilglieds auf den Ventilsitz der Verlauf des die Piezospannung charakterisierenden Signals einen Knick aufweist und unmittelbar nach dem Knick eine höhere Steigung aufweist. Durch das Ermitteln der mindestens ersten Ableitung des die Piezospannung charakterisierenden Signals und des Erkennens des Zeitpunkts des Auftreffens des Ventilglieds auf den Ventilsitz, wenn die mindestens erste Ableitung des Signals einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet, ist einfach ein sehr präzises Bestimmen des Auftreffzeitpunkts gewährleistet. Das die Piezospannung charakterisierende Signal ist vorteilhaft die Piezospannung selbst. Es kann jedoch auch eine weitere die Piezospannung charakterisierende Größe sein, wie beispielsweise die Kapazität des Piezoaktors oder der Strom, mit dem der Piezoaktor beaufschlagt wird, oder die Ladung des Piezoaktors oder die elektrische Energie des Piezoaktors.

[0012] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die mindestens erste Ableitung des Signals nur innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters um einen erwarteten Zeitpunkt des Auftreffens auf das Überschreiten des vorgegebenen Schwellenwerts überwacht. Dies hat den Vorteil eines geringeren Rechenaufwands und gleichzeitig einer geringeren Wahrscheinlichkeit einer Fehlbestimmung des Zeitpunkts des Auftreffens aufgrund von Störsignalen.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird das die Piezospannung charakterisierende Signal quadriert und dann mindestens die erste Ableitung des quadrierten Signals ermittelt. Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass das die Piezospannung charakterisierende Signal einen im wesentlichen wurzelförmigen Verlauf hat und dass so das Signal durch das Quadrieren linearisiert werden kann und ein höherer Signal-Rauschabstand einfach erreicht werden kann.

[0014] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die zweite Ableitung des quadrierten Signals ermittelt. Dies hat den Vorteil, dass der charakteristische Knick des ursprünglichen Signals dann besonders gut und einfach erkannt werden kann.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird bei einem ersten Überschreiten des Schwellenwerts auf den Zeitpunkt des Auftreffens des Ventilglieds auf den Ventilsitz erkannt. Dies hat den Vorteil, dass es einfach und präzise ist.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Schließzeitdauer mehrfach ermittelt und einer Filterung unterzogen. Dies hat den Vorteil, dass so ein sehr zuverlässiger Wert der Schließzeitdauer ermittelt werden kann.

[0017] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird ein Fehler in dem Ventil erkannt, wenn die Schließzeitdauer kleiner als ein zweiter Schwellenwert oder größer als ein dritter Schwellenwert ist. Dies hat den Vorteil einer einfachen Diagnose des Ventils.

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird ein Ansteuerzeitpunkt des Ventilantriebs abhängig von der Schließzeitdauer und einem Sollwert der Schließzeitdauer korrigiert.

[0019] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung erfolgt diese Korrektur zusätzlich auch noch von einer abhängig von einer Temperatur die charakteristisch ist für die Temperatur des Ventils und abhängig der dem Piezoantrieb zugeführten elektrischen Energie. Dadurch ist dann ein äußerst präzises Ansteuern des Ventils gewährleistet.

[0020] Gemäß des Aspekts des Steuerns des Ventils der Pumpe-Düse-Vorrichtung ist es vorteilhaft, wenn der vorgebbare Zeitpunkt, zu dem das Ventilglied von einer Position entfernt von dem Ventilsitz in den Ventilsitz gesteuert wird, so gewählt wird, dass der Kolben der Pumpe in seinem oberen Totpunkt ist und bleibt bis zum erwarteten Auftreffen des Ventilglieds auf den Ventilsitz. Dies hat den Vorteil, dass das Steuern des Ventilglieds von einer Position entfernt von dem Ventilsitz in den Ventilsitz lediglich zu dem Zweck des Bestimmens der Schließzeitdauer erfolgen kann, da während sich der Kolben in seinem oberen Totpunkt befindet, der Druck in dem Arbeitsraum der Pumpe im wesentlichen dem Niederdruckniveau entspricht und somit im wesentlichen konstant ist und ohnehin kein Druckaufbau zum Einleiten einer Kraftstoffzumessung erfolgen kann. Es hat sich überraschend gezeigt, dass sich so einfach eine sehr präzise Erfassung der Schließzeitdauer möglich ist.

[0021] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand der schematischen Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 eine Pumpe-Düse-Vorrichtung mit einem Ventil und einer Vorrichtung zum Steuern

des Ventils,

Figur 2 ein Blockdiagramm, das den Ablauf des Ermittelns einer Schließzeitdauer T_CL darstellt,

Figur 3 ein weiteres Blockdiagramm, das den Ablauf des Er- mittelns eines Korrekturwert T_SOI_OFS des Ansteu- erzeitpunkts T_SOI darstellt und

Figuren 4a bis 4d zeitliche Verläufe der Piezospannung V_INJ, des Hubs CTRL_VL des Ventilglieds231, des Drucks P_H in dem Arbeitsraum 13 der Pumpe und der Einspritzmenge MFF.

[0022] Elemente gleicher Konstruktion und Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0023] Die Pumpe-Düse-Vorrichtung (Figur 1) umfasst eine Pumpeneinheit, eine Steuereinheit und eine Düseneinheit. Die Pumpe-Düse-Vorrichtung wird bevorzugt eingesetzt zum Zuführen von Kraftstoff in den Brennraum eines Zylinders einer Brennkraftmaschine. Die Brennkraftmaschine ist vorzugsweise als DieselBrennkraftmaschine ausgebildet. Die Brennkraftmaschine hat einen Ansaugtrakt zum Ansaugen von Luft, der mittels Gaseinlassventilen mit Zylindern koppelbar ist. Die Brennkraftmaschine weist ferner einen Abgastrakt auf, der über das Auslassventil gesteuert die aus den Zylindern auszustoßenden Gase abführt. Den Zylindern sind jeweils Kolben zugeordnet, die jeweils über eine Pleuelstange mit einer Kurbelwelle gekoppelt sind. Die Kurbelwelle ist mit einer Nockenwelle gekoppelt.

[0024] Die Pumpeneinheit umfasst einen Kolben 11, einen Pumpenkörper 12, einen Arbeitsraum 13 und ein Pumpen-Rückstellmittel 14, das vorzugsweise als Feder ausgebildet ist. Der Kolben 11 ist im eingebauten Zustand in einer Brennkraftmaschine mit einer Nockenwelle 16 gekoppelt, vorzugsweise mittels eines Kipphebels, und wird von dieser angetrieben. Der Kolben 11 ist in einer Ausnehmung des Pumpenkörpers 12 geführt und bestimmt abhängig von seiner Position das Volumen des Arbeitsraums 13. Das Pumpen-Rückstellmittel 14 ist so ausgebildet und angeordnet, dass das durch den Kolben 11 begrenzte Volumen des Arbeitsraums 13 einen Maximalwert aufweist, wenn auf den Kolben 11 keine äußeren Kräfte einwirken, d. h. Kräfte, die über die Kopplung mit der Nockenwelle 16 übertragen werden.

[0025] Die Düseneinheit umfasst einen Düsenkörper 51, in dem ein Düsenrückstellmittel 52, das als Feder und ggf. zusätzlich als Dämpfungseinheit ausgebildet ist, und eine Düsennadel 53 angeordnet sind. Die Düsennadel 53 ist in einer Ausnehmung des Düsenkörpers 51 angeordnet und wird im Bereich einer Nadelführung 55 geführt.

[0026] In einem ersten Zustand liegt die Düsennadel 53 an einem Nadelsitz 54 an und verschließt so eine Düse 56, die zum Zuführen des Kraftstoffs in den Brennraum des Zylinders der Brennkraftmaschine vorgesehen ist. Die Düseneinheit ist vorzugsweise, wie dargestellt, als nach innen öffnende Düseneinheit ausgebildet.

[0027] In einem zweiten Zustand ist die Düsennadel 53 leicht beabstandet zu dem Nadelsitz 54 und zwar hin in Richtung zu dem Düsenrückstellmittel 52 angeordnet und gibt so die Düse 56 frei. In diesem zweiten Zustand wird Kraftstoff in den Brennraum des Zylinders der Brennkraftmaschine zugemessen. Der erste oder zweite Zustand wird eingenommen abhängig von einer Kräftebilanz aus der Kraft, die durch das Düsenrückstellmittel 52 auf die Düsennadel 53 wirkt und aus der dieser entgegenwirkenden Kraft, die durch den hydraulischen Druck im Bereich des Nadelabsatzes 57 hervorgerufen wird.

[0028] Die Steuereinheit umfasst einen Zulaufkanal 21 und einen Ablaufkanal 22. Der Zulaufkanal 21 und der Ablaufkanal 22 sind mittels eines Ventils hydraulisch koppelbar. Der Zulaufkanal 21 ist von einem niederdruckseitigen Anschluss der Pumpe-Düse-Vorrichtung hin zu dem Ventil geführt. Der Ablaufkanal 22 ist hydraulisch mit dem Arbeitsraum 13 gekoppelt und ist hin zu dem Nadelabsatz 57 geführt und ist hydraulisch mit der Düse 56 koppelbar abhängig von dem Zustand, der von der Düsennadel 53 eingenommen wird.

[0029] Das Ventil umfasst ein Ventilglied 231, das vorzugsweise als sog. A-Ventil ausgebildet ist, d. h. es öffnet nach außen entgegen der Strömungsrichtung des Fluids. Das Ventil umfasst ferner einen Absteuerraum 232, der hydraulisch gekoppelt ist mit dem Zulaufkanal 21 und mittels des Ventilglieds 231 mit einem Hochdruckraum hydraulisch koppelbar ist. Der Hochdruckraum ist hydraulisch gekoppelt mit dem Ablaufkanal 22.

[0030] In der geschlossenen Stellung des Ventilglieds 231 liegt das Ventilglied 231 an einem Ventilsitz 234 eines Ventilkörpers 237 an. Ferner ist ein Ventilrückstellmittel vorgesehen, welches so angeordnet und ausgebildet ist, dass es das Ventilglied 231 in eine Offenstellung, d. h. beabstandet zu dem Ventilsitz 234 drückt, wenn die durch einen Stellantrieb 24 auf das Ventilglied wirkenden Kräfte geringer sind als die Kräfte, die durch das Ventilrückstellmittel auf das Ventilglied 231 wirken. Der Stellantrieb 24 ist als Piezostapel ausgebildet.

[0031] Der Stellantrieb 24 ist vorzugsweise mittels eines Übertragers, der vorzugsweise den Hub des Stellantriebs 24 verstärkt, mit dem Ventilglied 231 gekoppelt. An dem Stellantrieb 24 ist vorzugsweise auch ein Stecker zur Aufnahme von elektrischen Kontakten zur Ansteuerung des Stellantriebs 24 vorgesehen.

[0032] Eine Vorrichtung 60 zum Steuern der Pumpe-Düse-Vorrichtung ist vorgesehen, die entsprechende Stellsignale für das Ventil erzeugt.

[0033] In der Offenstellung des Ventilglieds 231 wird bei einer Bewegung des Kolbens 11, die nach oben d. h. in Richtung weg von der Düse 56 gerichtet ist, Kraftstoff über den Zulaufkanal 21 hin zum Arbeitsraum 13 ange-

saugt. Solange das Ventilglied 231 während einer anschließenden Abwärtsbewegung des Kolbens 11, d. h. bei einer hin zu der Düse 56 gerichteten Bewegung, weiterhin in seiner Offenstellung befindet, wird der in dem Arbeitsraum 13 und dem Ablaufkanal 22 befindliche Kraftstoff über das Ventil wieder zurück in den Absteuerraum 232 und ggf. in den Zulaufkanal 21 zurückgedrückt.

[0034] Wenn jedoch bei der Abwärtsbewegung des Kolbens 11 das Ventilglied 231 in seine geschlossene Stellung gesteuert ist, wird der im Arbeitsraum 13 und somit auch der im Ablaufkanal 22 und der in dem Hochdruckraum 233 befindliche Kraftstoff verdichtet, wodurch der Druck mit zunehmender Abwärtsbewegung des Kolbens 11 im Arbeitsraum 13, im Hochdruckraum 233 und im Ablaufkanal 22 zunimmt. Entsprechend dem steigenden Druck im Ablaufkanal 22 erhöht sich auch die durch den Hydraulikdruck hervorgerufene Kraft, die auf den Nadelabsatz 57 in Richtung einer Öffnungsbewegung der Düsennadel 53 zum Freigeben der Düse 56 wirkt. Wenn der Druck in dem Ablaufkanal 22 einen Wert überschreitet, bei dem die durch den Hydraulikdruck hervorgerufene Kraft auf den Nadelabsatz 57 größer ist als die dieser entgegenwirkende Kraft des Düsenrückstellmittels 52, bewegt sich die Düsennadel 53 weg vom Nadelsitz 54 und gibt so die Düse 56 für die Kraftstoffzufuhr zum Zylinder der Brennkraftmaschine frei. Die Düsennadel 53 bewegt sich dann wieder hinein in den Nadelsitz 54 und verschließt somit die Düse 56, wenn der Hydraulikdruck in dem Ablaufkanal 22 den Wert unterschreitet, bei dem die durch den Hydraulikdruck am Nadelabsatz 57 hervorgerufene Kraft kleiner ist als die durch das Düsenrückstellmittel 52 hervorgerufene Kraft. Der Zeitpunkt, an dem dieser Wert unterschritten wird und an dem somit die Kraftstoffzumessung beendet wird, kann durch das Steuern des Ventilglieds 231 von seiner geschlossenen Stellung in eine Offenstellung beeinflusst werden.

[0035] Durch das Steuern des Ventilglieds von seiner Schließstellung in seine Offenstellung wird die hydraulische Kopplung zwischen dem Hochdruckraum und dem Absteuerraum 232 und dem Zulaufkanal 21 hergestellt. Aufgrund des beim Öffnen herrschenden hohen Druckunterschiedes zwischen dem Fluid in dem Hochdruckraum und dem Ablaufkanal 22 und dem Fluid in dem Absteuerraum 232 und dem Zulaufkanal 21 strömt dann der Kraftstoff von dem Hochdruckraum mit sehr hoher Geschwindigkeit, in der Regel mit Schallgeschwindigkeit, in den Absteuerraum 232 und weiter in den Zulaufkanal 21. Dadurch wird dann der Druck in dem Hochdruckraum und dem Ablaufkanal 22 schnell so stark verringert, dass die von dem Düsenrückstellmittel 52 auf die Düsennadel 53 wirkenden Kräfte dazu führen, dass sich die Düsennadel 53 in den Nadelsitz 54 bewegt und somit dann die Düse 56 verschließt.

[0036] Der Ablauf des Bestimmens eines Mittelwerts T_CL_MV der Schließzeitdauer des Ventilglieds 231, d.h. der Zeitdauer von dem Beginn der Ansteuerung des Ventilglieds 231 bis zum tatsächlichen Auftreffen des Ventilglieds 231 auf seinen Ventilsitz 234 wird im folgenden anhand von dem Blockdiagramm der Figur 2 beschrieben.

[0037] Zu einem vorgebbaren Zeitpunkt wird das Ventilglied von einer Position entfernt von dem Ventilsitz 234 in den Ventilsitz 234 gesteuert. Der vorgebbare Zeitpunkt wird vorzugsweise so gewählt, dass der Kolben in seinem oberen Totpunkt ist und bleibt bis zu dem erwarteten Auftreffen des Ventilglieds 231 auf den Ventilsitz 234. Er kann jedoch auch innerhalb eines Zeitbereichs gewählt sein, in dem sich der Kolben nicht in seinem oberen Totpunkt befindet.

[0038] Während das Ventilglied 231 von der Position entfernt von dem Ventilsitz 234, die vorzugsweise eine definierte Position, wie beispielsweise ein Anschlag ist, an dem das Ventil anliegt, in den Ventilsitz 234 gesteuert wird, wird ein die Piezospannung charakterisierendes Signal in dem Block B1 erfasst. Bevorzugt ist dies die Piezospannung V_INJ selbst. Es kann jedoch auch eine weitere die Piezospannung charakterisierende Größe sein, wie beispielsweise die Kapazität des Piezoaktors oder der Strom, mit dem der Piezoaktor beaufschlagt wird, oder die Ladung des Piezoaktors oder die elektrische Energie des Piezoaktors.

[0039] In dem Block B1 wird die Piezospannung V_INJ, die Werte bis zirka 150 V annehmen kann, mittels eines Spannungsteilers in einen vorgegebenen Spannungsbereich transformiert und gegebenenfalls anschließend noch gefiltert. Anschließend erfolgt dann eine Analog-Digital-Wandlung des Signals mittels eines sogenannten Sample and Hold-Analog-Digital-Wandlers mit einer sehr geringen Abtastzeit von wenigen µsek. Die so erhaltenen digitalen Spannungswerte werden vorzugsweise zwischengespeichert und erst nach einem erwarteten Auftreffen des Ventilglieds 231 auf seinen Ventilsitz 234 weiter verarbeitet. Aufgrund der bekannten Abtastrate des Analog-Digital-Wandlers ist dann auch eine zeitliche Zuordnung der einzelnen abgetasteten Werte möglich.

[0040] In einem Block B3 wird die abgetastete Piezospannung V_INJ noch vorzugsweise interpoliert, wodurch sich eine höhere zeitliche Auflösung des Signalverlaufs der Piezospannung V_INJ erreichen lässt. Dies erfolgt vorzugsweise mittels eines Finite-Impuls-Response (FIR)-Filters.

[0041] In einem Block B5 wird die Piezospannung V_INJ quadriert. Dies entspricht einem Linearisieren des Verlaufs der Piezospannung V_INJ, da diese einen im wesentlichen wurzelförmigen Verlauf hat. Alternativ kann jedoch auch auf das Quadrieren verzichtet werden, was durch den strichlierten Pfeil angedeutet ist.

[0042] In einem Block B7 wird dann die erste Ableitung des Signalverlaufs der Piezospannung V_INJ ermittelt. Es erfolgt somit eine Differenzierung nach der Zeit. Alternativ kann in einem Block B9 auch eine zweite Ableitung des Signalverlaufs der Piezospannung V_INJ ermittelt werden. Alternativ kann aber auch eine dritte, vierte, fünfte oder höhere Ableitung des Signalverlaufs der

Piezospannung V_INJ ermittelt werden.

[0043] In einem Block B11 werden dann lediglich die Werte der abgeleiteten Piezospannung V_INJ ausgewählt, die innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters um den erwarteten Zeitpunkt des Auftreffens des Ventilglieds 231 auf den Ventilsitz 234 erfasst wurden. Das Zeitfenster ist dabei vorzugsweise so vorgegeben, dass alle bekannten Streuungen der Schließzeitdauer berücksichtigt sind.

[0044] In einem Block B13 wird geprüft, welcher der abgeleiteten Werte der Piezospannung V_INJ erstmalig einen vorgegebenen ersten Schwellenwert SW1 überschreitet. Abhängig von dem diesem Wert zugeordneten Zeitpunkt und dem bekannten Beginn der Ansteuerung des Ventilantriebs 24 wird in dem Block B13 dann die Schließzeitdauer T_CL ermittelt.

[0045] In einem Block B15 wird dann plausibilisiert, ob die Schließzeitdauer T_CL kleiner ist als ein vorgegebener zweiter Schwellenwert oder größer ist als ein vorgegebener dritter Schwellenwert SW3. Der zweite und dritte Schwellenwert SW2, SW3 sind so gewählt, dass ein Unterschreiten bzw. Überschreiten nur im Falle eines Fehlers des Ventils möglich ist. Entsprechend wird dann einem Unterschreiten bzw. Überschreiten ein Fehler des Ventils in dem Block B15 diagnostiziert.

[0046] In einem Block B17 wird anschließend die ermittelte Schließzeitdauer T_CL einer statistischen Auswertung unterzogen. Bevorzugt wird die Schließzeitdauer T_CL mehrfach, so z.B. dreißig mal ermittelt und dann der Mittelwert und gegebenenfalls die Standardabweichung der erhaltenen Schließzeitdauer T_CL ermittelt. Der Block B17 gibt vorzugsweise den Mittelwert T_CL_MV der Schließzeitdauer aus. Alternativ können jedoch auch die ermittelten Schließzeitdauern T_CL auf andere Art und Weise gefiltert werden, wie z.B. mittels einer gleitenden Mittelwertbildung oder eines nicht-rekursiven Filters. Ein Korrekturwert T_SOI_OFS für den Ansteuerzeitpunkt T_SOI des Ventilantriebs 24 wird gemäß dem Blockdiagramm von Figur 3 ermittelt. In einem Block B13 wird abhängig von einer Temperatur TEMP, die charakteristisch ist für die Temperatur des Ventilantriebs 24 und mithin des Piezoaktors und einer dem Ventilantrieb 24 zugeführten Energie E und abhängig von einem Sollwert T_CL_SP der Schließzeitdauer ein erster Korrekturwert T_CL_COR1 ermittelt. Der erste Korrekturwert T_CL_COR1 ist ein Schätzwert, der Änderung der Schließzeitdauer abhängig von der Temperatur TEMP und der zugeführten elektrischen Energie E. Der Sollwert T_CL_SP der Schließzeitdauer ist vorzugsweise gegeben für vorgegebene Betriebsbedingungen, d.h. für eine vorgegebene Temperatur TEMP und zugeführte elektrische Energie E. Er ist vorzugsweise für die während des Betriebs des Ventilantriebs 24 im Mittel herrschende Temperatur TEMP und der ihm im Mittel zugeführten elektrischen Energie ermittelt. Der Block B19 beinhaltet dementsprechend ein entsprechendes Modell, mittels dessen dann der erste Korrekturwert T_CL_COR1 ermittelt wird.

[0047] In einem Block B21 wird ein zweiter Korrekturwert T_CL_COR2 abhängig von dem Sollwert T_CL_SP und dem Mittelwert T_CL_MV der Schließzeitdauer ermittelt. Dies erfolgt vorzugsweise durch Bilden der Differenz des Sollwertes T_CL_SP und des Mittelwertes T_CL_MV der Schließzeitdauer und multiplizieren dieser Differenz mit einem vorgebbaren Faktor.

[0048] In einem Block B23 wird dann abhängig von dem ersten Korrekturwert T_CL_COR1 und dem zweiten Korrekturwert T_CL_COR2 ein Korrekturwert T_SOI_OFS für den Ansteuerzeitpunkt T_SOI ermittelt, vorzugsweise durch Bilden der Summe des ersten und zweiten Korrekturwertes T_CL_COR1, T_CL_COR2.

[0049] In einem Block B25 wird dann abhängig von dem Korrekturwert T_SOI_OFS für den Ansteuerzeitpunkt T_SOI und eines angeforderten Zeitpunkts, zu dem das Ventilglied 231 auf seinen Ventilsitz 234 treffen soll, der Ansteuerzeitpunkt T_SOI ermittelt.

[0050] Figuren 4a bis 4d zeigen Verläufe aufgetragen über die Zeit t. Figur 4a zeigt den zeitlichen Verlauf der quadrierten Piezospannung V_INJ. Figur 4b zeigt den Hub CTRL_VL des Ventilglieds 231. Figur 4c zeigt den Verlauf des Drucks P_H in dem Arbeitsraum 13 der Pumpe. Figur 4d zeigt den zeitlichen Verlauf der mit der Pumpe-Düse-Vorrichtung zugemessenen Kraftstoffmenge MFF. Zu dem Ansteuerzeitpunkt T_SOI wird der Ventilantrieb 24 mit Spannung, der Piezospannung V_INJ beaufschlagt. Zu einem Zeitpunkt t1 trifft das Ventilglied 231 auf den Ventilsitz 234. Die Steigung, des im wesentlichen linearen Verlaufs der quadrierten Piezospannung V_INJ nimmt in dem Zeitpunkt t1 dann sprungartig zu. Der Druck P_H in dem Arbeitsraum 13 der Pumpe beginnt ab dem Zeitpunkt t1 zu steigen. Zum Zeitpunkt t2 wird der zum Öffnen der Düsennadel 53 erforderliche Druck erreicht und der Einspritzvorgang beginnt. Bevorzugt erfolgt das Ermitteln der Schließzeitdauer jedoch während einer Zeitdauer, während der der Kolben 11 in seinem oberen Totpunkt ist. Dies hat dann zur Folge, dass der Verlauf des Drucks P_H in dem Arbeitsraum 13 im wesentlichen konstant ist und zwar auf Niederdruckniveau mit der Folge, dass die zugemessene Kraftstoffmenge MFF gemäß Figur 4c null ist.

Bezugszeichenliste

Pumpe/Pumpeneinheit

[0051]

11 Kolben
12 Pumpenkörper
13 Arbeitsraum
14 Pumpenrückstellmittel
16 Nockenwelle

Steuereinheit

[0052]

21 Zulaufkanal
22 Ablaufkanal
231 Ventilglied
232 Absteuerraum
234 Ventilsitz
237 Ventilkörper
24 Ventilantrieb

Düseneinheit

[0053]

51 Düsenkörper
52 Düsenrückstellmittel
53 Düsennadel
54 Nadelsitz
55 Nadelführung
56 Düse
57 Nadelabsatz
60 Vorrichtung zum Steuern einer Pumpe-Düse- Vorrichtung

V_INJ	Piezospannung
SW1, SW2, SW3	erster, zweiter, dritter Schwellenwert
T_CL	Schließzeitdauer
T_CL_MV	Mittelwert der Schließzeitdauer
T_CL_SP	Sollwert der Schließzeitdauer
T_CL_COR1	erster Korrekturwert (Schätzwert, Vorsteuer- wert)
T_CL_COR2	zweiter Korrekturwert (Regelung)
T_SOI	Ansteuerzeitpunkt
T_SOI_OFS	Korrekturwert für den Ansteuerzeitpunkt

TEMP	Temperatur
E	elektrische Energie

Ctrl_VL	Hub des Ventilglieds
P_H	Druck in dem Arbeitsraum
MFF	Kraftstoffeinspritzmenge

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Ventils mit einem Ventilantrieb (24), der als Piezoaktor ausgebildet ist, mit einem Ventilglied (231), einem Ventilkörper (237) und einem Ventilsitz (234), bei dem

- zu einem vorgebbaren Zeitpunkt das Ventilglied (231) von einer Position entfernt von dem Ventilsitz (234) in den Ventilsitz (234) gesteuert wird,
- während das Ventilglied (231) von der Position entfernt von dem Ventilsitz (234) in den Ventilsitz (234) gesteuert wird, ein die Piezospannung (V_INJ) charakterisierendes Signal erfasst wird,
- das die Piezospannung (V_INJ) charakterisierende Signal quadriert wird und dann die mindestens erster zeitliche Ableitung des quadrierten Signals ermittelt wird,
- der Zeitpunkt des Auftreffens des Ventilglieds (231) auf den Ventilsitz (234) erkannt wird, wenn die mindestens erste Ableitung des quadrierten Signals einen vorgegebenen ersten Schwellenwert (SW1) überschreitet,
- eine Schließzeitdauer (T_CL) abhängig von dem vorgebbaren Zeitpunkt und dem Zeitpunkt des Auftreffens ermittelt wird und
- die Ansteuerung des Ventilantriebs (24) dann abhängig von der Schließzeitdauer (T_CL)erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die mindestens erste zeitliche Ableitung des Signals nur innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters um einen erwarteten Zeitpunkt des Auftreffens des Ventilglieds (231) auf den Ventilsitz (234) auf das Überschreiten des vorgegebenen ersten Schwellenwerts (SW1) überwacht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die zweite zeitliche Ableitung des quadrierten Signals ermittelt wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
bei dem ersten Überschreiten des ersten Schwellenwerts (SW1) auf den Zeitpunkt des Auftreffens des Ventilglieds (231) auf den Ventilsitz (234) erkannt wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schließzeitdauer (T_CL) mehrfach ermittelt wird und einer Filterung unterzogen wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Fehler in dem Ventil erkannt wird, wenn die Schließzeitdauer kleiner ist als ein zweiter Schwellenwert (SW2) oder größer ist als ein dritter Schwellenwert (SW3).

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Ansteuerzeitpunkt (T_SOI) abhängig von der Schließzeitdauer (T_CL) und einem Sollwert (T_CL_SP) der Schließzeitdauer ermittelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Ansteuerzeitpunkt (T_SOI) zusätzlich abhängig

von einer Temperatur (TEMP), die charakteristisch ist für die Temperatur des Ventils, und einer dem Ventilantrieb (24) zugeführten elektrischen Energie (E) ermittelt wird.

9. Verfahren zum Steuern einer Pumpe-Düse-Vorrichtung mit

- einer Pumpe, die einen Kolben (11) und einen Arbeitsraum (13) hat,
- einer Steuereinheit, die einen Ablaufkanal (22), der hydraulisch gekoppelt ist mit dem Arbeitsraum (13), und ein Ventil umfasst, mit einem als Piezoaktor ausgebildeten Ventilantrieb (24), einem Ventilglied (231), einem Ventilkörper (237), einem Ventilsitz (234) und einem Absteuerraum (232), der hydraulisch entkoppelt ist von dem Ablaufkanal (22), wenn das Ventilglied (231) an dem Ventilsitz (234) anliegt, und der ansonsten hydraulisch gekoppelt ist mit dem Ablaufkanal (22),
- bei dem das Ventil mit einem Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche gesteuert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
der vorgebbare Zeitpunkt so gewählt wird, dass der Kolben (11) in seinem oberen Totpunkt ist und bleibt bis zum erwarteten Auftreffen des Ventilglieds (231) auf den Ventilsitz (234).

11. Vorrichtung zum Steuern eines Ventils mit einem Ventilantrieb (24), der als Piezoaktor ausgebildet ist, mit einem Ventilglied (231), einem Ventilkörper (237) und einem Ventilsitz (234), die Mittel aufweist,

- die zu einem vorgebbaren Zeitpunkt das Ventilglied (231) von einer Position entfernt von dem Ventilsitz (234) in den Ventilsitz (234) steuern,
- die während das Ventilglied (231) von der Position entfernt von dem Ventilsitz (234) in den Ventilsitz (234) gesteuert wird, ein die Piezospannung (V_INJ) charakterisierendes Signal erfassen,
- die das die Piezospannung (V_INJ) charakterisierende Signal quadriern und dann die mindestens erste zeitliche Ableitung des quadrierten Signals ermitteln
- die den Zeitpunkt des Auftreffens des Ventilglieds (231) auf den Ventilsitz (234) erkennen, wenn die mindestens erste Ableitung des quadrierten Signals einen vorgegebenen ersten Schwellenwert (SW1) überschreitet,
- die eine Schließzeitdauer (T_CL) abhängig von dem vorgebbaren Zeitpunkt und dem Zeitpunkt des Auftreffens ermitteln und
- den Ventilantrieb (24) dann abhängig von der Schließzeitdauer (T_CL) ansteuern.

12. Vorrichtung zum Steuern einer Pumpe-Düse-Vorrichtung mit

- einer Pumpe, die einen Kolben (11) und einen Arbeitsraum (13) hat,
- einer Steuereinheit, die einen Ablaufkanal (22), der hydraulisch gekoppelt ist mit dem Arbeitsraum (13), und ein Ventil umfasst, mit einem als Piezoaktor ausgebildeten Ventilantrieb (24), einem Ventilglied (231), einem Ventilkörper (237), einem Ventilsitz (234) und einem Absteuerraum (232), der hydraulisch entkoppelt ist von dem Ablaufkanal (22), wenn das Ventilglied (231) an dem Ventilsitz (234) anliegt, und der ansonsten hydraulisch gekoppelt ist mit dem Ablaufkanal (22),
- mit der Vorrichtung zum Steuern eines Ventils gemäß Anspruch 11.

Claims

1. Method for controlling a valve with a valve drive (24), which is embodied as a piezoactuator, with a valve element (231), a valve body (237) and a valve seat (234), in which

- at a predetermined point in time the valve element (231) is controlled so that it moves from a position away from the valve seat (234) into the valve seat (234),
- while the valve element (231) is being moved in a controlled manner from a position away from the valve seat (234) into the valve seat (234), a signal characterising the piezo voltage (V_INJ) is detected,
- the signal characterising the piezo voltage (V_INJ) is squared and the at least first temporal deviation of the squared signal is determined,
- the time at which the valve body (231 makes contact with the valve seat (234) is detected, when the at least first temporal deviation of the squared signal exceeds a predetermined first threshold value (SW1),
- a close time (T_CL) is determined as a function of the predetermined time and the time at which contact is made and
- the valve drive (24) is then activated as a function of the closing time (T_CL)

2. Method according to claim 1,
characterised in that
the at least one temporal derivation of the signal is only monitored for the first predetermined threshold value (SW1) being exceeded during a predetermined time window around an expected time at

which the valve element (231) makes contact with the valve seat (234).

3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the second time derivation of the squared signal is determined.

4. Method according to one of the previous claims, **characterised in that** the time at which the valve element (231) makes contact with the valve seat (234) is detected when the threshold value (SW1) is exceeded for the first time.

5. Method according to one of the previous claims, **characterised in that** the closing time (T_CL) is determined a number of times and is subjected to filtering.

6. Method according to one of the previous claims, **characterised in that** a fault in the valve is detected if the closing time duration is less than a second threshold value (SW2) or greater than a third threshold value (SW3).

7. Method according to one of the previous claims, **characterised in that** a start of injection time (T_SOI) is determined as a function of the closing time (T_CL) and a setpoint value (T_CL_SP) of the closing time.

8. Method according to claim 7, **characterised in that** the start of injection time (T_SOI) is additionally determined as a function of a temperature (TEMP), which is characteristic for the temperature of the valve, and an electrical energy (E) supplied to the valve drive (24).

9. Method for controlling a unit injector with

- a pump having a piston (11) and a working chamber (13),
- a control unit, having an outlet channel (22) which is hydraulically coupled to the working chamber (13) and a valve, with a valve drive (24) embodied as a piezoactuator, a valve element (231), a valve body (237), a valve seat (234) and a cutoff control chamber (232), which is hydraulically decoupled from the outlet channel (22) when the valve element (231) is in contact with the valve seat (234), and which is otherwise hydraulically coupled to the outlet channel (22),
- in which the valve is controlled with a method according to one of the above claims.

10. Method according to claim 9, **characterised in that** the predeterminable time is chosen so that the piston (11) is at its top dead centre position and remains there until the expected contact between the valve element (231) and the valve seat (234).

11. Apparatus for controlling a valve with a valve drive (24) embodied as a piezoactuator, with a valve element (231), a valve body (237) and a valve seat (234) having means

- for moving the valve element (231) in a controlled manner at a predetermined time from a position away from the valve seat (234) into the valve seat (234),
- which detect a signal (V_INJ) characterising the piezo voltage while the valve element (231) is being moved in a controlled manner from the position away from the valve seat (234) into the valve seat (234),
- which square the signal (V_INJ) characterising the piezo voltage and then determine the at least first temporal deviation of the squared signal,
- which detect the time at which the valve element (231) makes contact with the valve seat (234) when the at least first temporal deviation of the squared signal exceeds a predetermined first threshold value (SW1),
- which determine a close time as a function of the predetermined time and the time at which contact is made and
- which then activate the valve drive (24) as a function of the closing time (T_CL).

12. An apparatus for controlling a unit injector with

- a pump having a piston (11) and a working chamber (13),
- a control unit, having an outlet channel (22) which is hydraulically coupled to the working chamber (13) and a valve, with a valve drive (24) embodied as a piezoactuator, a valve element (231), a valve body (237), a valve seat (234) and a cutoff control chamber (232), which is hydraulically decoupled from the outlet channel (22) when the valve element (231) is in contact with the valve seat (234), and which is otherwise hydraulically coupled to the outlet channel (22),
- with the apparatus for controlling a valve according to claim 11.

Revendications

1. Procédé de commande d'une soupape, comprenant un entraînement de soupape (24), qui se présente sous la forme d'un actionneur piézoélectrique, un élément de soupape (231), un corps de soupape

(237) et un siège de soupape (234), dans lequel,

- à un moment prédéfinissable, l'élément de soupape (231) est commandé d'une position éloignée du siège de soupape (234) dans le siège de soupape (234),
- tandis que l'élément de soupape (231) est commandé de la position éloignée du siège de soupape (234) dans le siège de soupape (234), un signal caractérisant la tension piézoélectrique (V_INJ) est enregistré,
- le signal caractérisant la tension piézoélectrique (V_INJ) est élevé au carré et la au moins une première dérivée temporelle du signal au carré est ensuite déterminée,
- le moment de positionnement de l'élément de soupape (231) sur le siège de soupape (234) est détecté si la au moins une première dérivée temporelle du signal au carré dépasse une première valeur de seuil prédéfinie (SW1),
- une durée de fermeture (T_CL) est déterminée en fonction du moment prédéfinissable et du moment de positionnement, et
- la commande de l'entraînement de soupape (24) s'effectue ensuite en fonction de la durée de fermeture (T_CL).

2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
la au moins une première dérivée temporelle du signal n'est contrôlée concernant le dépassement de la première valeur de seuil prédéfinie (SW1) qu'à l'intérieur d'une fenêtre temporelle prédéfinie, à un moment escompté du positionnement de l'élément de soupape (231) sur le siège de soupape (234).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que
la deuxième dérivée temporelle du signal au carré est déterminée.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
le moment du positionnement de l'élément de soupape (231) sur le siège de soupape (234) est détecté lors du premier dépassement de la première valeur de seuil (SW1).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
la durée de fermeture (T_CL) est déterminée à plusieurs reprises et soumise à un filtrage.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
une erreur est détectée dans la soupape lorsque la durée de fermeture est inférieure à une deuxième valeur de seuil (SW2) ou supérieure à une troisième valeur de seuil (SW3).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
un moment de commande (T_SOI) est déterminé en fonction de la durée de fermeture (T_CL) et d'une valeur théorique (T_CL_SP) de la durée de fermeture.

8. Procédé selon la revendication 7,
caractérisé en ce que
le moment de commande (T_SOI) est en outre déterminé en fonction d'une température (TEMP), qui est caractéristique de la température de la soupape, et d'une énergie électrique (E) appliquée à l'entraînement de soupape (24).

9. Procédé de commande d'un dispositif à pompe et injecteur, comprenant :

- une pompe qui a un piston (11) et un espace de travail (13),
- une unité de commande, qui comprend un canal d'évacuation (22), qui est couplé par voie hydraulique à l'espace de travail (13), et une soupape, avec un entraînement de soupape (24) se présentant sous la forme d'un actionneur piézoélectrique, un élément de soupape (231), un corps de soupape (237), un siège de soupape (234) et un espace de déversement (232), qui est désaccouplé par voie hydraulique du canal d'évacuation (22), lorsque l'élément de soupape (231) est appliqué sur le siège de soupape (234), et qui est couplé autrement par voie hydraulique au canal d'évacuation (22),
- dans lequel la soupape est commandée par un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

10. Procédé selon la revendication 9,
caractérisé en ce que
le moment prédéfinissable est choisi de sorte que le piston (11) soit à son point mort haut et y reste jusqu'au positionnement escompté de l'élément de soupape (231) sur le siège de soupape (234).

11. Dispositif de commande d'une soupape avec un entraînement de soupape (24), qui se présente sous la forme d'un actionneur piézoélectrique, un élément de soupape (231), un corps de soupape (237) et un siège de soupape (234), qui présente des moyens

- qui commandent, à un moment prédéfinissable, l'élément de soupape (231) d'une position

éloignée du siège de soupape (234) dans le siège de soupape (234),
- qui, tandis que l'élément de soupape (231) est commandé de la position éloignée du siège de soupape (234) dans le siège de soupape (234), enregistrent un signal caractérisant la tension piézoélectrique (V_INJ),
- qui élèvent au carré le signal caractérisant la tension piézoélectrique (V_INJ) et déterminent ensuite la au moins une première dérivée temporelle du signal au carré,
- qui déterminent le moment du positionnement de l'élément de soupape (231) sur le siège de soupape (234), lorsque la au moins une première dérivée temporelle du signal au carré dépasse une première valeur de seuil prédéfinie (SW1),
- qui déterminent une durée de fermeture (T_CL) en fonction du moment prédéfinissable et du moment de positionnement, et
- qui commandent ensuite l'entraînement de soupape (24) en fonction de la durée de fermeture (T CL).

12. Dispositif de commande d'un dispositif à pompe et injecteur, comprenant :

- une pompe qui a un piston (11) et un espace de travail (13),
- une unité de commande qui comprend un canal d'évacuation (22), qui est couplé par voie hydraulique à l'espace de travail (13), et une soupape avec un entraînement de soupape (24) se présentant sous la forme d'un actionneur piézoélectrique, un élément de soupape (231), un corps de soupape (237), un siège de soupape (234) et un espace de déversement (232), qui est désaccouplé par voie hydraulique du canal d'évacuation (22), lorsque l'élément de soupape (231) est appliqué sur le siège de soupape (234), et qui est couplé autrement par voie hydraulique au canal d'évacuation (22),
- avec le dispositif de commande d'une soupape selon la revendication 11.

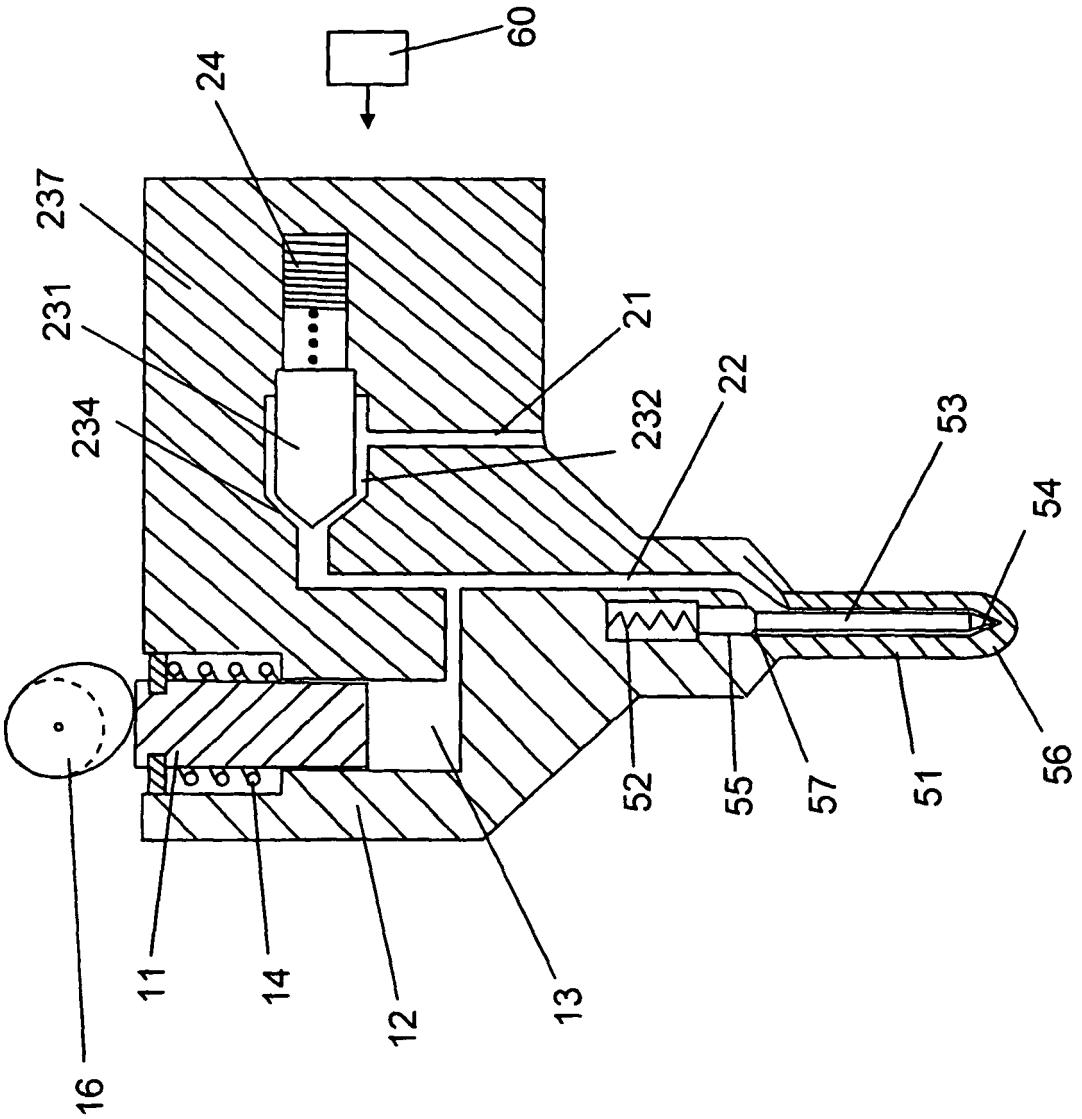


Fig. 1

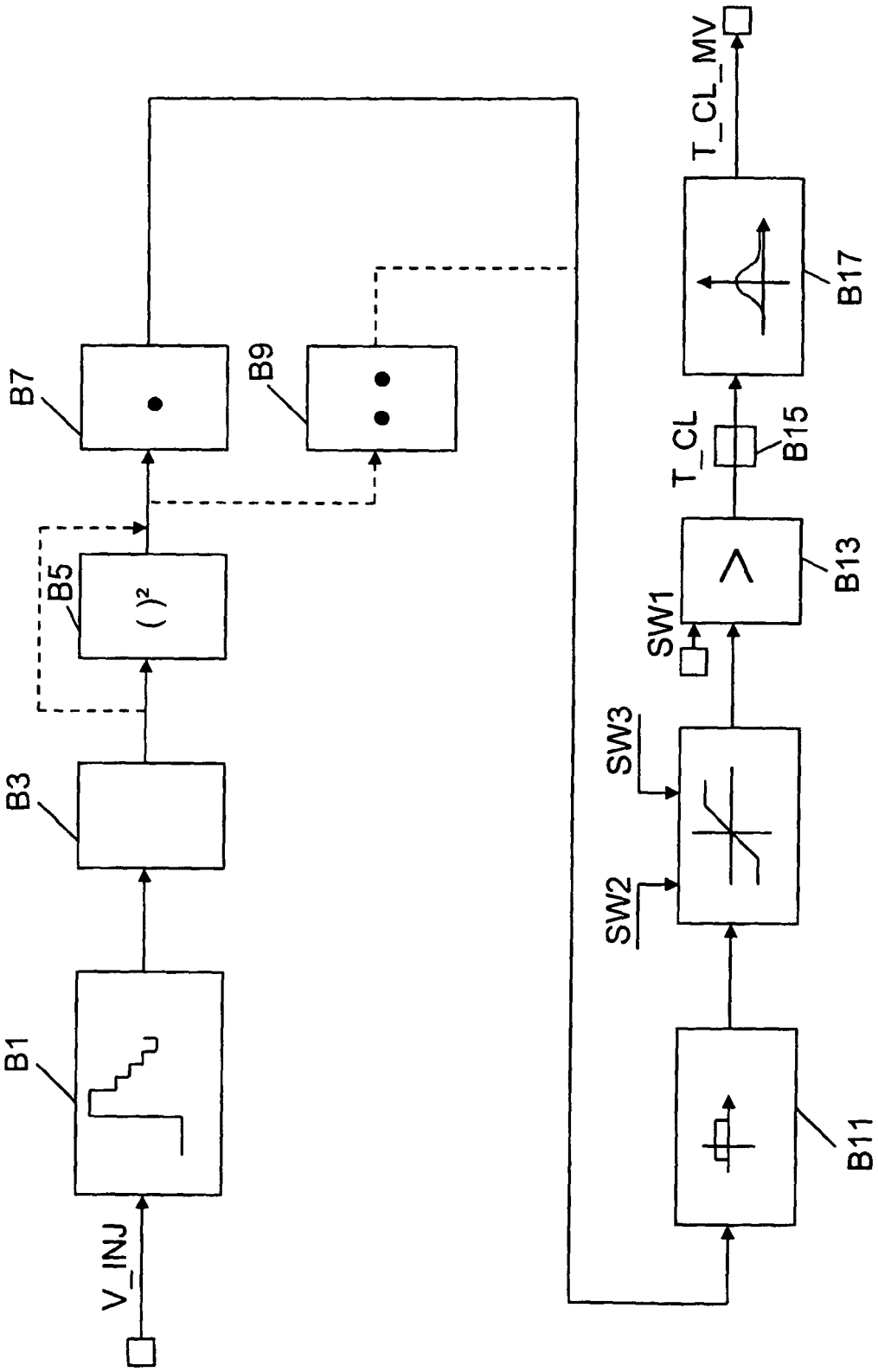


Fig. 2

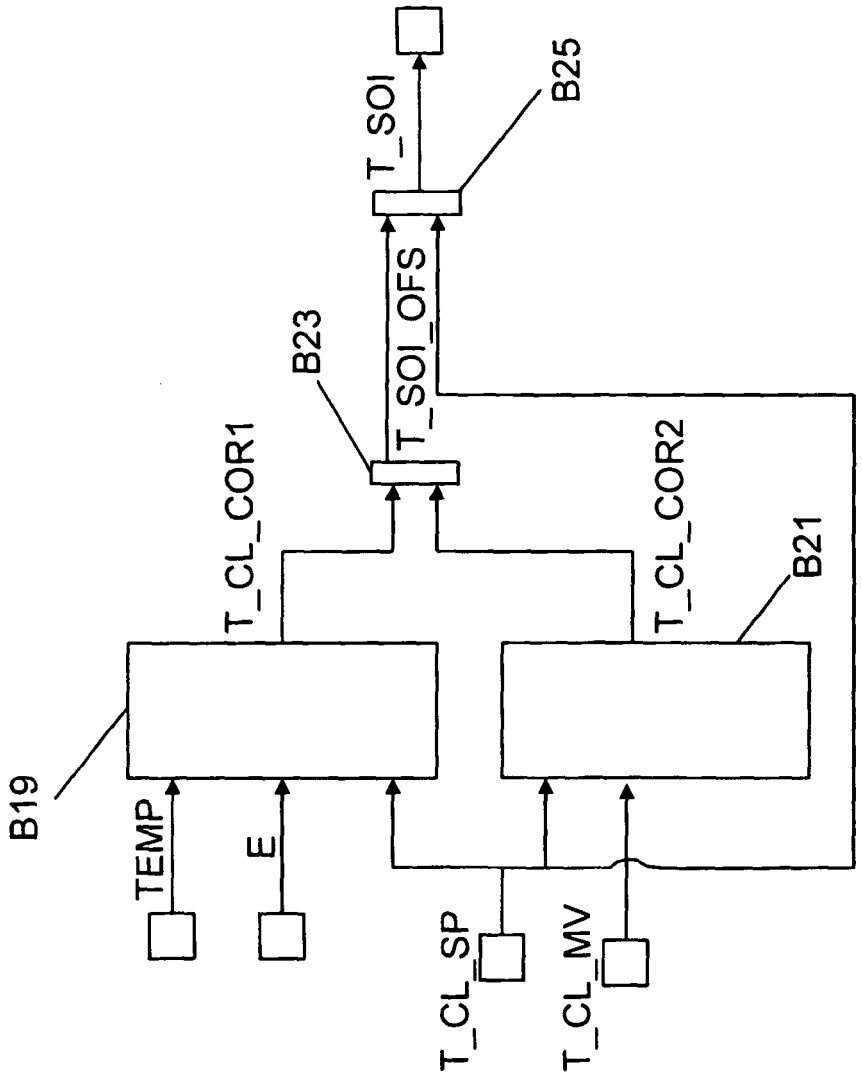

B19
TEMP
E
T_CL_SP
T_CL_MV
T_CL_COR1
T_CL_COR2
B21
B23
T_SOI_OFS
B25
T_SOI

Fig. 3

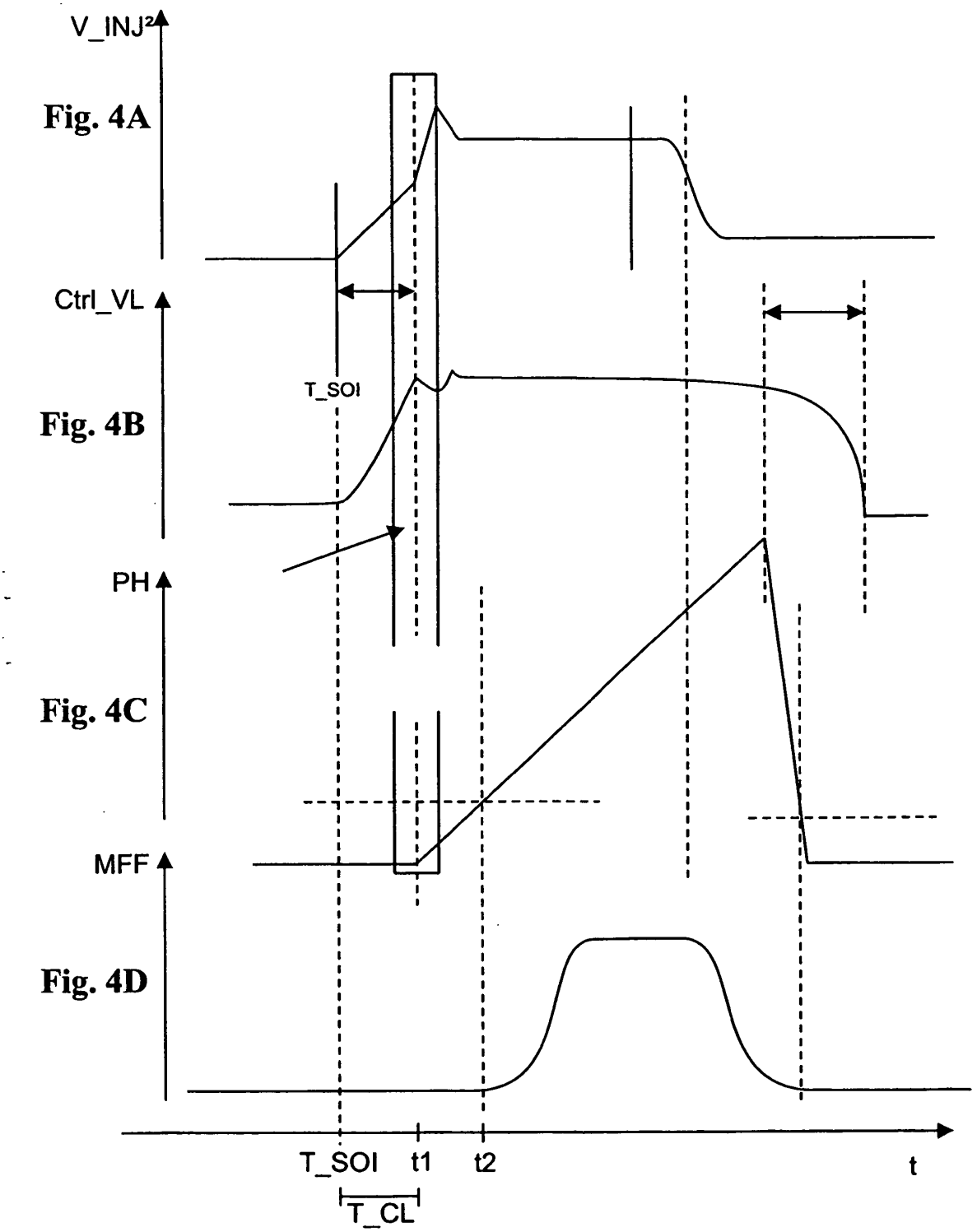


Fig. 4A

Fig. 4B

Fig. 4C

Fig. 4D

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 19835494 C2 **[0003]**
- DE 10024662 A1 **[0006]**
- DE 10146747 A1 **[0007]**