



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 092 089 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
03.11.2004 Patentblatt 2004/45

(21) Anmeldenummer: **99964389.3**

(22) Anmeldetag: **02.12.1999**

(51) Int Cl.7: **F02M 51/06**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE1999/003867

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2000/065224 (02.11.2000 Gazette 2000/44)

(54) **BRENNSTOFFEINSPRITZVENTIL UND VERFAHREN ZU DESSEN BETÄTIGUNG**

FUEL INJECTION VALVE AND METHOD FOR ACTIVATING THE SAME

SOUPAPE D'INJECTION DE CARBURANT ET SON PROCÉDE D'ACTIONNEMENT

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **27.04.1999 DE 19918976**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.04.2001 Patentblatt 2001/16

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder: **RUEHLE, Wolfgang
D-71254 Ditzingen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

DE-A- 1 751 543 DE-A- 19 624 006
DE-A- 19 743 299 US-A- 4 501 406
US-A- 4 750 706

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 039 (M-665), 5. Februar 1988 (1988-02-05) & JP 62 191662 A (MIKUNI KOGYO CO LTD), 22. August 1987 (1987-08-22)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 10, 31. Oktober 1996 (1996-10-31) & JP 08 165967 A (AISIN SEIKI CO LTD), 25. Juni 1996 (1996-06-25)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 03, 28. April 1995 (1995-04-28) & JP 06 343273 A (AISIN SEIKI CO LTD), 13. Dezember 1994 (1994-12-13)**

EP 1 092 089 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Brennstoffeinspritzventil nach der Gattung des Anspruchs 1 und von einem Verfahren zur Betätigung eines Brennstoffeinspritzventils nach der Gattung des Anspruchs 10. Ein solches Brennstoffeinspritzventil ist aus der DE-A-19 624 006 bekannt.

[0002] Aus der DE 195 38 791 A1 ist ein Brennstoffeinspritzventil für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen bekannt, bei dem ein Ventilschließkörper, der mit einer Ventilsitzfläche zu einem Dichtsitz zusammenwirkt, von einem Aktor mittels einer Ventalnadel betätigt wird.

[0003] Problematisch bei der Verwendung von piezoelektrischen Aktoren ist grundsätzlich deren Temperaturendeckung. Piezoelektrische Werkstoffe haben im Gegensatz zu üblichen Werkstoffen, wie beispielsweise Stahl oder Kunststoffen, einen negativen Temperaturendeckungskoeffizienten. Dies bedingt, daß sich der piezoelektrische Aktor mit zunehmender Temperatur zusammenzieht, während sich das umgebende Gehäuse ausdehnt. Die unterschiedlichen Temperaturendeckungskoeffizienten des piezoelektrischen Aktors einerseits und des Gehäuses andererseits bewirken einen temperaturendeckungsabhängigen Ventilhub, wenn dies nicht durch geeignete Maßnahmen kompensiert wird.

[0004] Aus der Dissertation von Niko Herakovic "Die Untersuchung der Nutzung des Piezoeffektes zur Ansteuerung fluidtechnischer Ventile", TH Aachen 1996, Seiten 75-77, Wissenschaftsverlag Aachen, ISBN 3-89653-041-0, ist eine Temperaturendeckungskompensation eines ersten Piezoaktors durch einen zweiten Piezoaktor bekannt. Dabei sind die beiden Piezoaktoren in jeweils einem Gehäuse untergebracht. Zur Temperaturendeckungskompensation wirkt der zweite Piezoaktor entgegen dem ersten Piezoaktor auf einen zwischen den beiden Piezoaktoren angeordneten Zylinder ein. In Abhängigkeit von der Betätigungsspannung des ersten Aktors wird ein Hub des Zylinders erreicht. Wird die Temperatur der beiden Aktoren erhöht, so kompensieren sich die thermischen Ausdehnungen der beiden Aktoren.

[0005] Nachteilig bei der aus dieser Druckschrift bekannten Temperaturendeckungskompensation ist, daß zur Betätigung einer Ventalnadel des Brennstoffeinspritzventils die Ventalnadel über eine geeignete Verbindungseinrichtung mit dem zwischen den beiden Aktoren gelagerten Zylinder zu verbinden ist. Dafür sind zusätzliche Bauteile erforderlich, welche zumindest einen der Aktoren umgreifen, wodurch sich die Breite des Brennstoffeinspritzventils vergrößert. Außerdem weisen die Aktoren einen großen Abstand voneinander auf, so daß bei einer betriebsbedingten stärkeren Erwärmung des ersten Piezoaktors der zweite Aktor die thermische Dehnung des ersten Aktors nicht zu kompensieren vermag. Auch im Langzeitbetrieb ergibt sich wegen dem

dann ausgebildeten Temperaturendeckungsgefälle zwischen dem ersten Piezoaktor und dem zweiten Piezoaktor nur eine unzureichende Temperaturendeckungskompensation. In dem Ausführungsbeispiel der Dissertation wird die Temperaturendeckungskompensation durch Kühl- bzw. Heizelemente aktiv eingeregelt. Zusammenfassend ist diese Temperaturendeckungskompensation aufwendig und für praktische Anwendung nicht geeignet.

[0006] In der DE 195 38 791 A1 wird zur Temperaturendeckungskompensation vorgeschlagen, das Ventilgehäuse zweiteilig aus zwei unterschiedlichen Werkstoffen zu gestalten. Beispielsweise wird vorgeschlagen, das eine Gehäuseteil aus Stahl und das andere Gehäuseteil aus Invar zu fertigen. Durch geeignete Längenauswahl des ersten Gehäuseteils aus Stahl und des zweiten Gehäuseteils aus Invar soll erreicht werden, daß die sich insgesamt ergebende Wärmeausdehnung des Gehäuses an die Wärmeausdehnung des piezoelektrischen Aktors angepaßt ist und sich somit der piezoelektrische Aktor und das den piezoelektrischen Aktor umgebende Gehäuse in gleicher Weise temperaturendeckungsabhängig ausdehnen.

[0007] Nachteilig bei dieser Lösung sind die aufwendige Fertigung des Ventilgehäuses und die relativ hohen Kosten für den Werkstoff des zweiten Gehäuseteils, das vorzugsweise aus Invar besteht. Ferner ist zu bedenken, daß das Ventilgehäuse und der Aktor eine unterschiedliche Temperatur aufweisen können. So kann sich der piezoelektrische Aktor aufgrund seiner Verlustwärme insbesondere bei einer häufigen Betätigung des Brennstoffeinspritzventils aufheizen und seine Temperatur nur langsam an das Ventilgehäuse übertragen. Andererseits wird die Temperatur des Ventilgehäuses durch die Abwärme der Brennkraftmaschine beeinflußt, an welcher das Brennstoffeinspritzventil montiert ist. Diese Art der Temperaturendeckungskompensation ist daher nicht befriedigend.

[0008] Aus der DE 195 19 192 C1 ist ein Brennstoffeinspritzventil für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen bekannt, bei welchem ein Aktor über ein hydraulisches Übersetzungssystem auf eine Ventalnadel einwirkt. Die Übersetzungseinrichtung weist einen Primärkolben auf, der eine innere Aussparung aufweist, in der ein Sekundärkolben bewegbar geführt ist. Der Sekundärkolben ist mit einer Ventalnadel verbunden, die dichtend und bewegbar im Ventilgehäuse geführt ist. Im Ventilgehäuse ist ein Arbeitsraum mit Kraftstoff gefüllt, der durch Primärkolben und Sekundärkolben begrenzt wird. Auf der dem Arbeitsraum abgewandten Seite des Primärkolbens liegt der Piezoaktor an dem Primärkolben an. Da das mit Brennstoff gefüllte Volumen des Arbeitsraums erhalten bleiben muß, bewegt sich bei einer Verschiebung des Primärkolbens durch Einwirkung des Piezoaktors der Sekundärkolben im Primärkolben, wobei durch geeignete Dimensionierung der Flächen an Primärkolben und Sekundärkolben auf der Seite des Arbeitsraums ein geeignetes Übersetzungsverhältnis gegeben ist. Der Temperaturendeckungsausgleich wird über definierte Spalte zwischen Primärkolben und

Sekundärkolben erreicht. Bei einer temperaturbedingten quasistatischen Ausdehnung des Brennstoffs im Arbeitsraum kann dazu ein Teil des Brennstoffs aus dem Arbeitsraum verdrängt werden.

[0009] Ein Nachteil dieser Lösung ist, daß durch die hydraulische Temperaturkompensation die Einwirkung des Aktors gedämpft auf die Ventilmadel übertragen wird, wodurch sich die Ansprechzeit der Ventilmadel verlängert und das Brennstoffeinspritzventil nicht als schnell schaltendes Brennstoffeinspritzventil verwendbar ist.

Vorteile der Erfindung

[0010] Das erfindungsgemäße Brennstoffeinspritzventil mit dem kennzeichnenden Merkmal des Anspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil, daß das Brennstoffeinspritzventil eine wesentlich verbesserte Temperaturkompensation des Aktors aufweist. Des Weiteren kann das erfindungsgemäße Brennstoffeinspritzventil auch als schnell schaltendes Brennstoffeinspritzventil verwendet werden. Weitere Vorteile liegen in einer präzisen Formbarkeit des Einspritzverlaufs, wodurch der Einspritzvorgang dem jeweiligen Betriebszustand und den Betriebsanforderungen der Brennkraftmaschine angepaßt werden kann, und in einer geringen Anzahl von mechanisch beweglichen Bauelementen, so daß das Brennstoffeinspritzventil verschleißarm ausgeführt und einfach zu konstruieren ist.

[0011] Durch die in den Ansprüchen 2 bis 9 aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen des im Anspruch 1 angegebenen Brennstoffeinspritzventils möglich.

[0012] Vorteilhaft ist es, wenn das Lagerelement an einem in dem Ventilgehäuse ausgebildeten Vorsprung anliegt. Dadurch lassen sich zusätzliche Bauteile einsparen. Dabei kann das Lagerelement an einem in dem Ventilgehäuse ausgebildeten Vorsprung über ein elastisch verformbares Auflageelement anliegen. Dadurch wird eine zentrierte Anlage der Ventilmadel im Dichtsitz begünstigt. Außerdem lassen sich kurze, auf die Ventilmadel einwirkende Druckimpulse absorbieren, wodurch die Belastung der Ventilmadel reduziert wird.

[0013] Vorteilhaft ist es ferner, wenn zumindest einer der Aktoren durch das Lagerelement mit einer größeren Vorspannung beaufschlagt ist, wodurch bei unbetätigten Aktoren die Ventilmadel mit einer durch die Vorspannungsdifferenz gegebenen Kraft gegen den Dichtsitz in Schließstellung gehalten ist. Dadurch kann eine zusätzliche Druckfeder zum Anpressen der Ventilmadel in den Dichtsitz entfallen.

[0014] In vorteilhafter Weise ist das Lagerelement über ein Schraubenelement im Ventilgehäuse befestigt, wobei sich durch das Anzugsmoment des Schraubenelements die auf zumindest einen der Aktoren einwirkende Vorspannung einstellen läßt. Dadurch läßt sich die Anpreßkraft der Ventilmadel in dem Dichtsitz bzw. die auf die Ventilmadel einwirkende Öffnungskraft bei unbetätigten Aktoren definiert einstellen. Besonders zweckmäßig ist dies in Verbindung mit dem elastisch verformbaren Auflageelement. Dadurch kann auch das Verhältnis aus den Vorspannungen der beiden Aktoren eingestellt werden.

[0015] Vorteilhaft sind die Aktoren in einem länglichen Aktorgehäuse angeordnet, wobei das Aktorgehäuse zumindest eine an dem Aktorgehäuse seitlich angeordnete in Längsrichtung des Aktorgehäuses länglich ausgebildete Aussparung aufweist, durch welche das Lagerelement hindurchragt, wobei das Lagerelement in der Aussparung in Längsrichtung des Aktorgehäuses bewegbar ist. Durch das Aktorgehäuse lassen sich die beiden Aktoren mit einer Vorspannung beaufschlagen, was sich günstig auf die Betriebszuverlässigkeit des Brennstoffeinspritzventils auswirkt, da ungünstige Zugbelastungen der Aktoren vermieden werden. Außerdem können die Aktoren in dem Gehäuse in günstiger Weise vormontiert werden. Durch die länglich ausgebildete Aussparung ist außerdem das Aktorgehäuse durch das Lagerelement in dem Ventilgehäuse geführt.

[0016] Vorteilhaft ist es ferner, wenn das Aktorgehäuse eine zuflußseitige Gehäuseplatte, eine dichtsitzeitige Gehäuseplatte und eine rohrförmige Gehäusewand, welche die länglich ausgebildete Aussparung aufweist, umfaßt, wobei zumindest einer der Aktoren über zumindest eine der Gehäuseplatten auf die Ventilmadel einwirkt. Dadurch läßt sich das Aktorgehäuse kompakt in das Brennstoffeinspritzventil einbauen, wobei eine günstige Kraftübertragung auf die Ventilmadel gegeben ist.

[0017] Der auf der einen Seite des Lagerelements angeordnete Aktor erfährt vorteilhaft bei einer Temperaturänderung eine auf das Lagerelement gerichtete Ausdehnung, welche eine bei der gleichen Temperaturänderung erzeugte, auf das Lagerelement gerichtete Ausdehnung des auf der anderen Seite des Lagerelements angeordneten Aktors kompensiert. Dadurch wird eine besonders gute Temperaturkompensation gegeben.

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Betätigung eines Brennstoffeinspritzventils mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 10 hat den Vorteil, daß das Schließen und Öffnen des Dichtsitzes in beide Richtungen aktiv steuerbar ist, ohne daß zusätzliche Bauteile benötigt werden.

[0019] Durch die in den Ansprüchen 11 und 12 aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens gegeben.

[0020] In vorteilhafter Weise erfolgt das Schließen der Ventilmadel bei abgeschalteter zweiter elektrischer Betätigungsspannung des zweiten Aktors. Dadurch kann die gesamte zum Betätigen des ersten Aktors verwendete Energie zum Schließen des Dichtsitzes verwendet werden, wodurch der Schließvorgang vereinfacht wird.

[0021] In vorteilhafter Weise erfolgt das Öffnen des Dichtsitzes bis zu einem ersten Öffnungsauerschnitt durch Abschalten der ersten Betätigungsspannung des ersten Aktors bei abgeschalteter zweiter Betätigungsspannung des zweiten Aktors, und das Öffnen des

Dichtsitzes bis zu einem zweiten Öffnungsquerschnitt erfolgt durch Beaufschlagen des zweiten Aktors mit einer elektrischen Betätigungsspannung bei abgeschalteter erster Betätigungsspannung des ersten Aktors. Dadurch kann ein größerer und zweistufiger Hub der Ventilmadel erreicht werden, ohne daß zusätzliche Bauteile erforderlich sind.

Zeichnung

[0022] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 einen axialen Schnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils;
- Fig. 2 in einer axialen Schnittdarstellung das in Fig. 1 dargestellte Aktorgehäuse mit zwei Aktoren und einem Lagerelement in der Seitenansicht;
- Fig. 3 die Vorderansicht von Fig. 2 in einer Schnittdarstellung;
- Fig. 4 einen Schnitt entlang der Linie IV-IV in Fig. 2;
- Fig. 5 ein Diagramm zur Erläuterung der Temperaturkompensation;
- Fig. 6 ein Diagramm, in dem der Ventilmadelhub Δh der Ventilmadel in Abhängigkeit einer ersten Betätigungsspannung U_1 des ersten Aktors und einer zweiten Betätigungsspannung U_2 des zweiten Aktors dargestellt ist.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0023] Fig. 1 zeigt in einer axialen Schnittdarstellung ein erfindungsgemäßes Brennstoffeinspritzventil 1. Das Brennstoffeinspritzventil 1 dient insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff, insbesondere von Benzin, in einen Brennraum einer gemischverdichtenden, fremdgezündeten Brennkraftmaschine als sogenanntes Benzindirekteinspritzventil. Das erfindungsgemäße Brennstoffeinspritzventil 1 eignet sich jedoch auch für andere Anwendungsfälle.

[0024] Das Brennstoffeinspritzventil 1 weist ein Ventilgehäuse 2 auf, das zuflußseitig mit einer Abschlußplatte 3 verbunden ist, wobei in der Abschlußplatte 3 ein Brennstoffeinlaß 4 vereinfacht durch eine Bohrung dargestellt ist. Am abspritzseitigen Ende des Brennstoffeinspritzventils 1 befindet sich im Ventilgehäuse 2 ein Ventilsitzkörper 5, der eine Ventilsitzfläche 6 aufweist. Eine Ventilmadel 7 betätigt einen Ventilschließkörper 8, der in diesem Ausführungsbeispiel einteilig mit der Ventilmadel 7 ausgebildet ist. Der Ventilschließkörper 8 ist kegelstumpfförmig und in Abspritz-

richtung verjüngend ausgebildet und wirkt mit der Ventilsitzfläche 6 des Ventilsitzkörpers 5 zu einem Dichtsitz zusammen. Im Inneren des Ventilgehäuses 2 ist ein Innengewinde 9 ausgebildet, in das ein Schraubenelement 10 geschraubt ist, um ein Lagerelement 11 gegen ein auf einem Vorsprung 12 des Ventilgehäuses 2 anliegendes elastisch verformbares Auflageelement 13 im Ventilgehäuse 2 zu befestigen. An der dichtsitzseitigen Stirnfläche des Lagerelements 11 liegt ein erster Aktor 14 an und an der zuflußseitigen Stirnfläche des Lagerelements 11 liegt ein zweiter Aktor 15 an. Die beiden Aktoren 14 und 15 sind dabei zylinderförmig ausgebildet und werden von einer rohrförmigen Gehäusewand 16 umschlossen. Der erste Aktor 14 liegt an seiner dem Lagerelement 11 abgewandten Stirnseite an einer dichtsitzseitigen Gehäuseplatte 17, die mit der rohrförmigen Gehäusewand 16 verbunden ist, an. Ebenso liegt der zweite Aktor 15 an seiner dem Lagerelement 11 gegenüberliegenden Stirnseite an einer zuflußseitigen Gehäuseplatte 18, die mit der rohrförmigen Gehäusewand 16 verbunden ist, an. Die rohrförmige Gehäusewand 16 weist Aussparungen 19, 20 auf, durch welche das Lagerelement 11 hindurchragt. Die Leitung des Brennstoffs erfolgt ausgehend vom Brennstoffeinlaß 4 durch beispielsweise eine Bohrung 21 in dem Lagerelement 11 in Richtung des Dichtsitzes.

[0025] Zur Betätigung des Brennstoffeinspritzventiles 1 wird der piezoelektrische oder magnetostriktive zweite Aktor 15 mit einer elektrischen Betätigungsspannung beaufschlagt, wodurch sich der zweite Aktor 15 ausdehnt. Da sich der zweite Aktor 15 an seiner dichtsitzseitigen Stirnfläche an dem Lagerelement 11 abstützt, wird das Aktorgehäuse 16, 17, 18 in Richtung der Abschlußplatte 3 bewegt, wodurch die Ventilmadel 7 den Ventilschließkörper 8 aus dem Ventilsitzkörper 5 hebt und der Dichtsitz freigegeben wird. Über den entstandenen Spalt zwischen der Ventilsitzfläche 6 des Ventilsitzkörpers 5 und dem Ventilschließkörper 8 kommt es zum Austritt von Brennstoff aus dem Brennstoffeinspritzventil 1 in die Brennkammer der Brennkraftmaschine. Die Rückstellung des an der Ventilmadel 7 befestigten Ventilschließkörpers 8 erfolgt über den ersten Aktor 14, wobei die Ventilmadel 7 fest mit der Gehäuseplatte 17 verbunden ist. Der erste Aktor 14 stützt sich an seiner der Abschlußplatte 3 zugewandten Stirnseite an dem Lagerelement 11 ab, wodurch das Aktorgehäuse 16 - 18 bei Beaufschlagen des ersten Aktors 14 mit einer elektrischen Betätigungsspannung in Richtung des Dichtsitzes bewegt wird und der Ventilsitzkörper 8 an die Ventilsitzfläche 6 des Ventilsitzkörpers 5 gepreßt wird, wodurch das Brennstoffeinspritzventil 1 geschlossen wird. Die Rückstellung der Ventilmadel 7 kann auch über ein geeignet im Inneren des Ventilgehäuses 2 angebrachtes Federelement, insbesondere eine Druckfeder erfolgen. Außerdem ist die Rückstellung des Ventilschließkörpers 8 auch durch Abschalten der elektrischen Betätigungsspannung des Aktors 15 möglich. Zur schnelleren Rückstellung kann ein Impuls der elektri-

schen Betätigungsspannung am Aktor 14 beitragen.

[0026] Fig. 2, 3 und 4 zeigen das Aktorgehäuse 16, 17, 18, in dem sich die beiden Aktoren 14, 15 und das Lagerelement 11 befinden. Bereits beschriebene Elemente sind mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen, wodurch sich eine wiederholende Beschreibung erübrigt.

[0027] Das Lagerelement 11 weist einen kreisförmigen Bereich 22 und zwei endseitige, länglich ausgebildete Bereiche 23, 24 auf, die sich um 180° gegenüberliegend erstrecken. Dabei ist die Form des kreisförmigen Bereichs 22 des Lagerelements 11 dem Querschnitt der beiden Aktoren 14, 15 angepaßt, so daß sich die Aktoren 14, 15 besonders günstig an dem Lagerelement 11 abstützen können. Da sich die Aktoren 14, 15 bei Verkürzung in axialer Richtung in radialer Richtung geringfügig verbreiten, ist zwischen den Aktoren 14, 15 und der rohrförmigen Gehäusewand 16 ein Zwischenraum 25 vorgesehen, der die radiale Erweiterung der Aktoren 14, 15 aufnimmt. Das Lagerelement 11 wird in dem länglichen Bereich 23 des Lagerelements 11 in einer Aussparung 20 bewegbar geführt, ebenso wird der längliche Bereich 24 des Lagerelements 11 in einer Aussparung 19 geführt.

[0028] Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Außerdem ist eine andere Ausgestaltung der Aktoren 14, 15, des Lagerelements 11 und des Aktorgehäuses 16 - 18 denkbar. Insbesondere können die beiden Aktoren 14, 15 von dem Lagerelement zumindest abschnittsweise umschlossen sein.

[0029] In Fig. 5 ist der Hub der Ventilmadel 7 in Abhängigkeit vom Hub des zweiten Aktors 15 dargestellt, wobei der Hub des zweiten Aktors 15 durch den ersten Aktor 14 temperaturkompensiert wird. In dem Diagramm ist an der Ordinate der Hub Δh der beiden Aktoren 14, 15 und der Ventilmadel 7 und an der Abszisse die Zeit t angetragen. In dem dargestellten Beispiel wird der erste Aktor 14 bei einer abgeschalteten Betätigungsspannung ausschließlich zur Temperaturkompensation verwendet. Zum Zeitpunkt t_1 wird die Betätigungsspannung des zweiten Aktors 15 eingeschaltet, wodurch sich der zweite Aktor 15 ausdehnt und zum Zeitpunkt t_2 eine maximale Ausdehnung erreicht. Da der zweite Aktor 15 ohne Zwischenschaltung von dämpfenden Elementen auf die Ventilmadel 7 einwirkt, folgt die Ventilmadel 7 dem Hub des zweiten Aktors 15 ohne Zeitverzögerung. Zum Zeitpunkt t_3 wird die Betätigungsspannung des zweiten Aktors 15 reduziert, bis sie zum Zeitpunkt t_4 ganz abgeschaltet wird. Der Hub der Ventilmadel 7 folgt dem Hub des zweiten Aktors 15. Wird nun die Temperatur des Brennstoffeinspritzventils 1 erhöht, so wirkt der erste Aktor 14 der Längenausdehnung des zweiten Aktors 15 entgegen, wodurch sich ein verschwindender effektiver Temperatur-Hub ergibt. Im Gegensatz zu einem nicht temperaturkompensierten Aktor 15, bei dem sich der Aktorhub um einen Temperaturausdehnungsanteil verschiebt, ist die Hubkennlinie des

temperaturstabilisierten Aktors 15 unverschoben, so daß sich unabhängig von der Temperatur der gleiche Ventilmadelhub der Ventilmadel 7 ergibt.

[0030] In Fig. 6 ist der Ventilmadelhub Δh der Ventilmadel 7 in Abhängigkeit einer Betätigungsspannung U_2 des ersten Aktors 14 und einer Betätigungsspannung U_1 des zweiten Aktors 15 dargestellt. Dabei sind an der Ordinate die Spannungen U_1 , U_2 und der Ventilmadelhub Δh und an der Abszisse die Zeit t angetragen. Bis zum Zeitpunkt t_1 sind die Betätigungsspannung U_2 des ersten Aktors 14 und die Betätigungsspannung U_1 des zweiten Aktors 15 abgeschaltet, wodurch die Ventilmadel 7 sich in einer Ruhestellung befindet und den Dichtsitz bis zu einem ersten Öffnungsquerschnitt öffnet. Zum Schließen des Dichtsitzes wird der erste Aktor 14 zum Zeitpunkt t_1 mit einer elektrischen Betätigungsspannung U_2 beaufschlagt, wobei der erste Aktor 14 zum Zeitpunkt t_2 einen maximalen Hub erreicht und der Dichtsitz geschlossen ist. Bei unveränderter Aktorspannung U_2 des ersten Aktors 14 wird zum Zeitpunkt t_3 durch Beaufschlagen des zweiten Aktors 15 mit einer elektrischen Betätigungsspannung U_1 der Dichtsitz bis zu dem ersten Öffnungsquerschnitt, der sich zum Zeitpunkt t_4 einstellt, geöffnet. Ab dem Zeitpunkt t_5 wird die Betätigungsspannung U_2 des ersten Aktors 14 verringert, wodurch sich der Dichtsitz weiter öffnet und zum Zeitpunkt t_6 , bei dem die Betätigungsspannung U_2 des ersten Aktors 14 abgeschaltet ist, einen zweiten Öffnungsquerschnitt erreicht. Zum Zeitpunkt t_7 wird die Betätigungsspannung U_1 des zweiten Aktors 15 verringert, wodurch sich der Öffnungsquerschnitt des Dichtsitzes verkleinert und zum Zeitpunkt t_8 , bei dem die beiden Betätigungsspannungen U_1 , U_2 der beiden Aktoren 14, 15 abgeschaltet sind, erneut den ersten Öffnungsquerschnitt erreicht. Im Vergleich zur Betätigung des Brennstoffeinspritzventils mit nur einem der Aktoren 14, 15 ergibt sich ein größerer Ventilmadelhub 26. Die zweistufige Gestaltung des Ventilhubes gestattet eine Variation der Zumeßmengen.

Patentansprüche

1. Brennstoffeinspritzventil (1), insbesondere Einspritzventil für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen, mit einem ersten piezoelektrischen oder magnetostriktiven Aktor (14), einem von dem ersten Aktor (14) mittels einer Ventilmadel (7) betätigbaren Ventilschließkörper (8), der mit einer Ventilsitzfläche (6) zu einem Dichtsitz zusammenwirkt, und einem zweiten piezoelektrischen oder magnetostriktiven Aktor (15), der entgegen dem ersten Aktor (14) auf die Ventilmadel (7) einwirkt, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Aktoren (14, 15) durch ein Lagerelement (11) miteinander verbunden sind, das in dem Brennstoffeinspritzventil (1) ortsfest gelagert ist.

2. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Lagerelement (11) wenigstens eine Bohrung (21) für die Durchführung von Brennstoff aufweist. 5
3. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Lagerelement (11) an einem in einem Ventilgehäuse (2) ausgebildeten Vorsprung (12) anliegt. 10
4. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Lagerelement (11) an dem im Ventilgehäuse (2) ausgebildeten Vorsprung (12) über ein elastisch verformbares Auflageelement (13) anliegt. 15
5. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** zumindest einer der Aktoren (14, 15) durch das Lagerelement (11) mit einer Vorspannung beaufschlagt ist, wodurch bei unbetätigten Aktoren (14, 15) die Ventilmadel (7) mit einer durch die Vorspannung gegebenen Kraft gegen den Dichtsitz in Schließstellung gehalten ist. 20 25
6. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Lagerelement (11) über ein Schraubenelement (10) im Ventilgehäuse (2) befestigt ist, wobei sich durch das Anzugsmoment des Schraubenelementes (10) die auf zumindest einen der Aktoren (14, 15) einwirkende Vorspannung einstellen läßt. 30 35
7. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Aktoren (14, 15) in einem länglichen Aktorgehäuse (16, 17, 18) angeordnet sind, wobei das Aktorgehäuse (16, 17, 18) zumindest eine an dem Aktorgehäuse (16, 17, 18) seitlich angeordnete, in Längsrichtung des Aktorgehäuses (16, 17, 18) länglich ausgebildete Aussparung (19, 20) aufweist, durch welche das Lagerelement (11) hindurchragt, wobei das Lagerelement (11) in der Aussparung (19, 20) in Längsrichtung des Aktorgehäuses (16, 17, 18) bewegbar ist. 40 45
8. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Aktorgehäuse (16, 17, 18) eine zuflußseitige Gehäuseplatte (18), eine dichtsitzseitige Gehäuseplatte (17) und eine rohrförmige Gehäusewand (16), welche die länglich ausgebildete Aussparung (19, 20) aufweist, umfaßt, wobei zumindest einer der Aktoren (14) über zumindest eine der Gehäuseplatten (17) auf die Ventilmadel (7) einwirkt. 50
9. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** der wenigstens eine zweite auf der einen Seite des Lagerelements (11) angeordnete Aktor (15) bei einer Temperaturänderung eine auf das Lagerelement (11) gerichtete Ausdehnung erfährt, welche eine bei der gleichen Temperaturänderung erzeugte, auf das Lagerelement (11) gerichtete Ausdehnung des wenigstens einen ersten auf der anderen Seite des Lagerelements (11) angeordneten Aktors (14) kompensiert. 55
10. Verfahren zur Betätigung eines Brennstoffeinspritzventils (1), insbesondere eines Einspritzventils für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen, mit einem piezoelektrischen oder magnetostruktiven ersten Aktor (14), einem von dem ersten Aktor (14) mittels einer Ventilmadel (7) betätigbaren Ventilschließkörper (8), der mit einer Ventilsitzfläche (6) zu einem Dichtsitz zusammenwirkt und zumindest einem piezoelektrischen oder magnetostruktiven zweiten Aktor (15), der entgegen dem ersten Aktor (14) auf die Ventilmadel (7) einwirkt, sowie mit einem in dem Brennstoffeinspritzventil (1) ortsfest gelagerten Lagerelement (11), durch das die Aktoren (14, 15) miteinander verbunden sind, mit folgenden Verfahrensschritten:

Schließen des Dichtsitzes durch Beaufschlagen des ersten Aktors (14) mit einer ersten elektrischen Betätigungsspannung (U₂), und Öffnen des Dichtsitzes durch Verringern der ersten Betätigungsspannung (U₂) des ersten Aktors (14) und/oder durch Beaufschlagen des zweiten Aktors (15) mit einer zweiten elektrischen Betätigungsspannung (U₁).
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet,** das das Schließen des Dichtsitzes bei abgeschalteter zweiter elektrischer Betätigungsspannung (U₁) des zweiten Aktors (15) erfolgt.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Öffnen des Dichtsitzes bis zu einem ersten Öffnungsquerschnitt durch Abschalten der ersten Betätigungsspannung (U₂) des ersten Aktors (14) bei abgeschalteter zweiter Betätigungsspannung (U₁) des zweiten Aktors (15) erfolgt, und **daß** das Öffnen des Dichtsitzes bis zu einem zweiten Öffnungsquerschnitt durch Beaufschlagen des zweiten Aktors (15) mit der zweiten elektrischen Betätigungsspannung (U₁) bei abgeschalteter erster

Betätigungsspannung (U2) des ersten Aktors (14) erfolgt, wobei der zweite Öffnungsquerschnitt größer als der erste Öffnungsquerschnitt, insbesondere doppelt so groß, ist.

Claims

1. Fuel injection valve (1), in particular injection valve for the fuel injection systems of internal combustion engines, with a first piezoelectric or magnetostrictive actuator (14), with a valve-closing body (8) which is actuatable by the first actuator (14) by means of a valve needle (7) and which co-operates with a valve-seat surface (6) to form a sealing seat, and with a second piezoelectric or magnetostrictive actuator (15) which acts on the valve needle (7) counter to the first actuator (14), **characterized in that** the actuators (14, 15) are connected to one another by means of a bearing element (11) which is mounted at a fixed location in the fuel injection valve (1). 5
2. Fuel injection valve according to Claim 1, **characterized in that** the bearing element (11) has at least one bore (21) for the leadthrough of fuel. 10
3. Fuel injection valve according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the bearing element (11) bears against a projection (12) formed in a valve housing (2). 15
4. Fuel injection valve according to Claim 3, **characterized in that** the bearing element (11) bears via an elastically deformable supporting element (13) against the projection (12) formed in the valve housing (2). 20
5. Fuel injection valve according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** at least one of the actuators (14, 15) is subjected to a prestress by the bearing element (11), as a result of which, with the actuators (14, 15) not actuated, the valve needle (7) is held against the sealing seat in the closing position with a force determined by the prestress. 25
6. Fuel injection valve according to Claim 5, **characterized in that** the bearing element (11) is fastened in the valve housing (2) via a screw element (10), and the prestress acting on at least one of the actuators (14, 15) can be set by means of the tightening torque of the screw element (10). 30
7. Fuel injection valve according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the actuators (14, 15) are arranged in an elongate actuator housing (16, 17, 18), the actuator housing (16, 17, 18) having at least one clearance (19, 20) which is arranged laterally on the actuator housing (16, 17, 18) and is designed elongately in the longitudinal direction of the actuator housing (16, 17, 18) and through which the bearing element (11) projects, the bearing element (11) being moveable in the clearance (19, 20) in the longitudinal direction of the actuator housing (16, 17, 18). 35
8. Fuel injection valve according to Claim 7, **characterized in that** the actuator housing (16, 17, 18) has an inflow-side housing plate (18), a sealing-seat-side housing plate (17) and a tubular housing wall (16) which has the elongately designed clearance (19, 20), at least one of the actuators (14) acting on the valve needle (7) via at least one of the housing plates (17). 40
9. Fuel injection valve according to one of Claims 1 to 8, **characterized in that** the at least one second actuator (15) arranged on one side of the bearing element (11) experiences, in the event of a temperature change, an expansion which is directed towards the bearing element (11) and which compensates an expansion, generated in the event of the same temperature change and directed towards the bearing element (11), of the at least one first actuator (14) arranged on the other side of the bearing element (11). 45
10. Method for actuating a fuel injection valve (1), in particular an injection valve for fuel injection systems of internal combustion engines, with a first piezoelectric or magnetostrictive actuator (14), with a valve-closing body (8) which is actuatable by the first actuator (14) by means of a valve needle (7) and which co-operates with a valve-seat surface (6) to form a sealing seat, and with at least one second piezoelectric or magnetostrictive actuator (15) which acts on the valve needle (7) counter to the first actuator (14), and also with a bearing element (11) which is mounted at a fixed location in the fuel injection valve (1) and by means of which the actuators (14, 15) are connected to one another, having the following method steps: 50
 - closing of the sealing seat by the application of a first electrical actuating voltage (U2) to the first actuator (14), and
 - opening of the sealing seat by a reduction in the first actuating voltage (U2) of the first actuator (14) and/or by the application of a second electrical actuating voltage (U1) to the second actuator (15).
11. Method according to Claim 10, **characterized in that** the closing of the sealing seat takes place with the second electrical actuating voltage (U1) of the second actuator (15) being switched off. 55

12. Method according to Claim 10 or 11, **characterized in that** the opening of the sealing seat up to a first opening cross section takes place by the switch-off of the first actuating voltage (U2) of the first actuator (14), with the second actuating voltage (U1) of the second actuator (15) being switched off, and **in that** the opening of the sealing seat up to a second opening cross section takes place by the application of the second electrical actuating voltage (U1) to the second actuator (15), with the first actuating voltage (U2) of the first actuator (14) being switched off, the second opening cross section being larger than the first opening cross section, in particular twice as large.

Revendications

1. Injecteur de carburant (1), en particulier pour systèmes d'injection de carburant de moteurs à combustion interne, avec un premier actionneur piézoélectrique ou magnétostrictif (14), un obturateur de soupape (8) actionnable par le premier actionneur (14) au moyen d'une aiguille (7), qui coopère avec une surface de siège de soupape (6) pour former un siège étanche, et un deuxième actionneur piézoélectrique ou magnétostrictif (15) qui agit sur l'aiguille (7) en s'opposant au premier actionneur (14),
caractérisé en ce que
les actionneurs (14, 15) sont reliés entre eux par un palier (11) monté fixe dans l'injecteur de carburant (1).
2. Injecteur de carburant selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
le palier (11) présente au moins un perçage (21) pour le passage du carburant.
3. Injecteur de carburant selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que
le palier (11) repose sur un épaulement (12) formé dans un boîtier de soupape (2).
4. Injecteur de carburant selon la revendication 3,
caractérisé en ce que
le palier (11) repose sur l'épaulement (12) formé dans le boîtier de soupape (2) par l'intermédiaire d'un élément de support déformable élastique (13).
5. Injecteur de carburant selon une des revendications 1 à 4,
caractérisé en ce qu'
au moins un des actionneurs (14, 15) est soumis à une contrainte initiale par le palier (11), l'aiguille (7) étant maintenue en position de fermeture contre le siège étanche avec une force donnée par la contrainte initiale lorsque les actionneurs (14, 15) sont

au repos.

6. Injecteur de carburant selon la revendication 5,
caractérisé en ce que
le palier (11) est fixé par un élément fileté (10) dans le boîtier de soupape (2), la contrainte initiale agissant sur au moins un des actionneurs (14, 15) se réglant par le couple de serrage de l'élément fileté (10).
7. Injecteur de carburant selon une des revendications 1 à 6,
caractérisé en ce que
les actionneurs (14, 15) sont disposés dans un boîtier d'actionneur oblong (16, 17, 18), le boîtier d'actionneur (16, 17, 18) présentant au moins un évidement (19, 20) ménagé dans le boîtier d'actionneur (16, 17, 18), de forme allongée dans la direction longitudinale du boîtier d'actionneur (16, 17, 18), et traverse, par l'élément d'appui (11) qui est mobile dans l'évidement (19, 20) dans la direction longitudinale du boîtier d'actionneur (16, 17, 18).
8. Injecteur de carburant selon la revendication 7,
caractérisé en ce que
le boîtier d'actionneur (16, 17, 18) comprend une plaque de boîtier du côté admission (18), une plaque de boîtier du côté siège étanche (17) et une paroi de boîtier tubulaire (16) qui présente l'évidement oblong (19, 20), au moins un des actionneurs (14) agissant par au moins une des plaques de boîtier (17) sur l'aiguille (7).
9. Injecteur de carburant selon une des revendications 1 à 8,
caractérisé en ce qu'
au moins le deuxième actionneur (15) monté sur un côté du palier (11) subit lors d'une variation de température une dilatation orientée vers le palier (11) qui compense une dilatation au moins du premier actionneur (14) monté sur l'autre côté du palier d'appui (11), dirigée vers le palier (11), et produite lors de la même variation de température.
10. Procédé d'actionnement d'un injecteur de carburant (1), en particulier systèmes d'injection de carburant de moteurs à combustion interne, avec un premier actionneur piézoélectrique ou magnétostrictif (14), un obturateur de soupape (8) activationnable par le premier actionneur (14) au moyen d'une aiguille (7) et qui coopère avec une surface de siège de soupape (6) pour former un siège étanche, et un deuxième actionneur piézoélectrique ou magnétostrictif (15) qui agit sur l'aiguille (7) en s'opposant au premier actionneur (14), ainsi qu'avec un palier (11) monté fixe dans l'injecteur de carburant (1) et qui relie les actionneurs (14, 15) l'un avec l'autre,

caractérisé par

les étapes suivantes :

- fermeture du siège étanche par application au premier actionneur (14) d'une première tension électrique d'activation (U2), et 5
- ouverture du siège étanche par la réduction de la première tension d'activation (U2) du premier actionneur (14) et/ou par l'application au deuxième actionneur (15) d'une deuxième tension électrique d'activation (U1). 10

11. Procédé selon la revendication 10,

caractérisé en ce que

la fermeture du siège étanche se produit en coupant la deuxième tension électrique d'activation (U1) du deuxième actionneur (15). 15

12. Procédé selon la revendication 10 ou 11,

caractérisé en ce que

l'ouverture du siège étanche jusqu'à une première section d'ouverture se produit en coupant la première tension électrique d'activation (U2) du premier actionneur (14) avec la deuxième tension électrique d'activation (U1) du deuxième actionneur (15) coupée, et 20

l'ouverture du siège étanche jusqu'à une deuxième section d'ouverture se produit en appliquant au deuxième actionneur (15) la deuxième tension électrique d'activation (U1) avec la première tension électrique d'activation (U2) du premier actionneur (14) coupée, la deuxième section d'ouverture étant plus grande que la première section d'ouverture, en particulier deux fois plus grande. 25

35

40

45

50

55

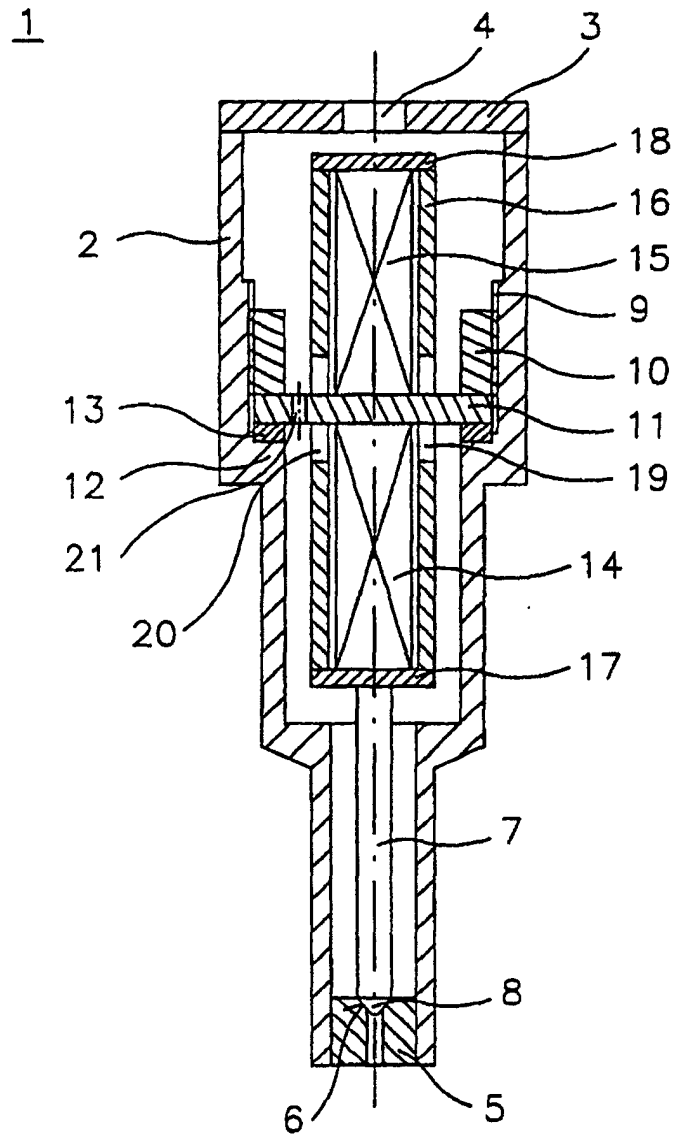


Fig. 1

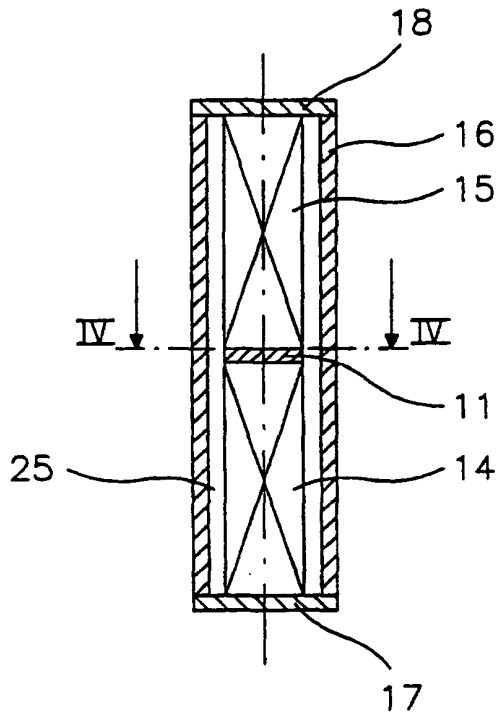


Fig. 2

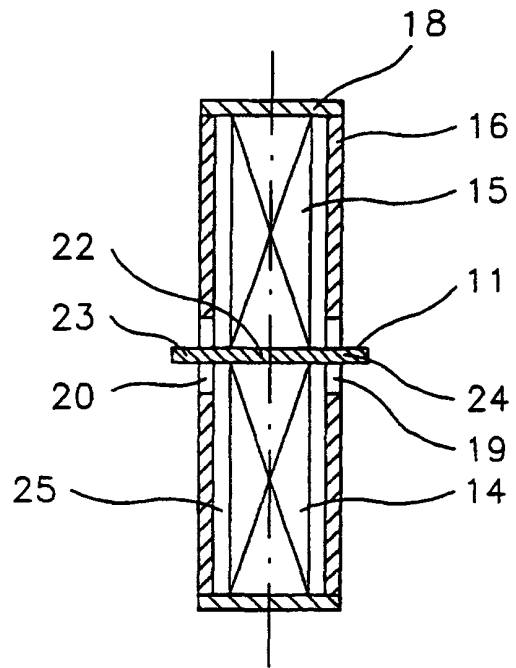


Fig. 3

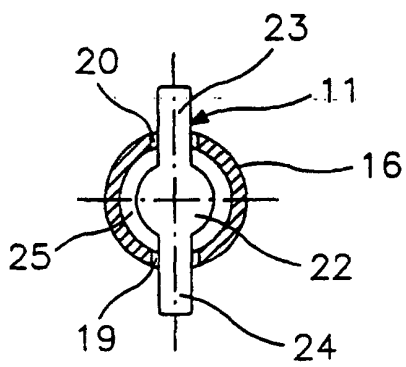


Fig. 4

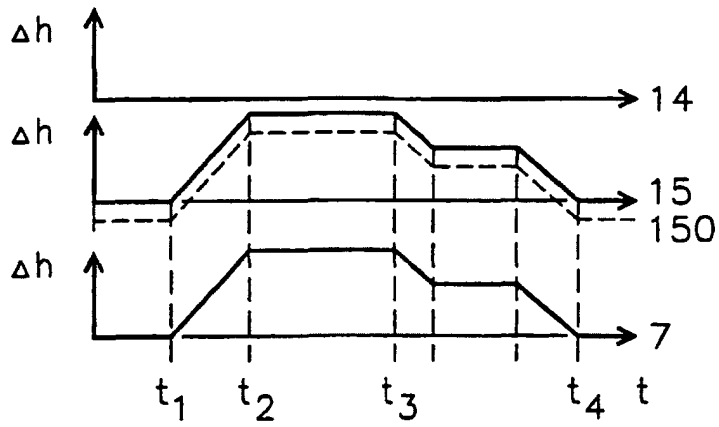


Fig. 5

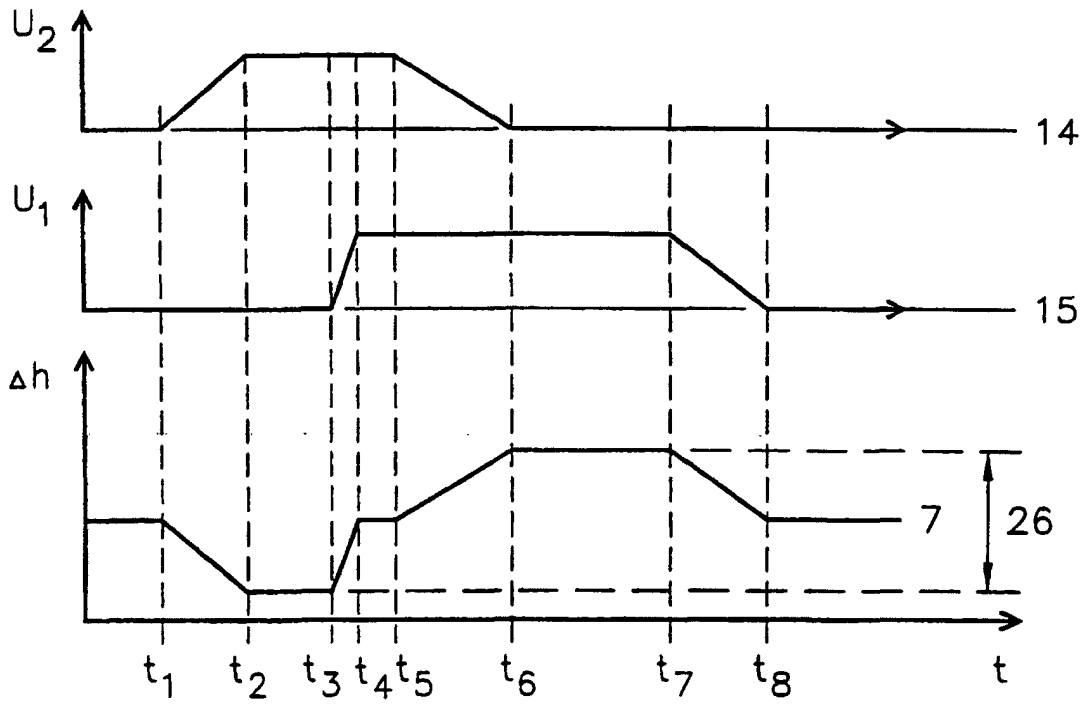


Fig. 6