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

(11) EP 1 373 706 B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.06.2006 Patentblatt 2006/25

(21) Anmeldenummer: **02726068.6**

(22) Anmeldetag: **21.03.2002**

(51) Int Cl.:
F02M 51/06 *(2006.01)* ***F02M 59/46*** *(2006.01)*
F02M 47/02 *(2006.01)* ***F02D 41/20*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2002/001025

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2002/077437 (03.10.2002 Gazette 2002/40)

(54) **EINSPRITZVENTIL**

INJECTION VALVE

SOUPAPE D'INJECTION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR

(30) Priorität: **21.03.2001 DE 10113560**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.01.2004 Patentblatt 2004/01

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

(72) Erfinder:
- **RUEGER, Johannes-Jörg**
  1130 Wien (AT)
- **STOECKLEIN, Wolfgang**
  70176 Stuttgart (DE)
- **SCHMIEDER, Dietmar**
  71706 Markgroeningen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 4 306 072
DE-A- 19 848 950
DE-A- 19 945 670
US-A- 6 082 332

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 02, 26. Februar 1999 (1999-02-26) & JP 10 306762 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 17. November 1998 (1998-11-17)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 11, 30. September 1998 (1998-09-30) & JP 10 169524 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 23. Juni 1998 (1998-06-23)**

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).

EP 1 373 706 B1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht von einem Einspritzventil, insbesondere einem Einspritzventil für eine Verbrennungsmaschine, gemäß der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 näher definierten Art aus.

[0002] Ein derartiges Ventil ist aus der Praxis bekannt. Es wird insbesondere in Verbindung mit Common-Rail-Speichereinspritzsystemen für Dieselverbrennungsmaschinen eingesetzt. Das Einspritzventil ist hierbei derart aufgebaut, daß es aus einem sogenannten Düsenmodul besteht, das eine mittels einer Düsennadel gesteuerte Einspritzdüse umfaßt und mittels eines sogenannten Ventilsteuermoduls betätigt wird, welches ventilartig ausgebildet ist. Die Steuerung des Düsenmoduls erfolgt derart, daß das Düsenmodul einen mit einem Ventilsteuerkolben in Wirkverbindung stehenden Ventilsteuerraum umfaßt, in welchem ebenfalls das mittels des Einspritzventils in den Verbrennungsraum einzuspritzende Fluid enthalten ist. Über eine mittels des Ventilsteuermoduls bewirkte Druckänderung in dem Ventilsteuerraum verändert sich die Lage des Ventilsteuerkolbens und damit auch die Lage der mit dem Ventilsteuerkolben eine Baueinheit bildenden Düsennadel.

[0003] Wie vorstehend ausgeführt, ist das Ventilsteuermodul ventilartig ausgeführt. Es umfaßt daher ein Ventilschließglied. Auf dieses Ventilschließglied wirkt über eine sogenannte Ablaufdrossel der in dem Ventilsteuerraum des Düsenmoduls herrschende Fluiddruck. Die Betätigung des Ventilschließglieds erfolgt mittels eines piezoelektrischen Aktors, der in der Regel über einen mit dem piezoelektrischen Aktor verbundenen sogenannten Stellkolben, einen hydraulischen Koppler und einen mit dem Ventilschließglied verbundenen sogenannten Betätigungskolben auf das Ventilschließglied wirkt.

[0004] Bei Betätigung des piezoelektrischen Aktors wird bei einem derartig aufgebauten Ventilsteuermodul das Ventilschließglied von einem mit demselben zusammenwirkenden Ventilsitz abgehoben, so daß sich über die Ablaufdrossel der in dem Ventilsteuerraum des Düsenmoduls herrschende Druck verringert, wodurch sich die Einspritzdüse öffnet.

[0005] Die Ansteuerung des piezoelektrischen Aktors erfolgt üblicherweise mittels eines Mikroprozessors, welcher einen bestimmten Ansteuergradienten vorgibt. Der Ansteuergradient gibt vor, innerhalb welcher Zeit die zur Ausdehnung des piezoelektrischen Aktors erforderliche Spannung an dem Aktor aufgebaut wird, d.h. innerhalb welcher Zeit dieser seine maximale Längung erfährt.

[0006] Der piezoelektrische Aktor ist in der Regel mittels einer mechanischen Feder, z.B. einer Spiralfeder, in der dem Ventilschließglied abgewandten Richtung vorgespannt. Der Grund hierfür liegt darin, daß der piezoelektrische Aktor Zugkräften nicht standhält. Insbesondere würden bei solchen Zugkräften die einzelnen Schichten eines aus mehreren Schichten aufgebauten piezoelektrischen Aktors auseinander-gerissen werden, so daß es zu Kurzschlüssen käme und das Einspritzventil nicht mehr verwendet werden könnte. Die Größe der Federvorspannung beeinflußt im wesentlichen nur den Betriebspunkt des piezoelektrischen Aktors, nicht aber dessen Hubvermögen.

[0007] Bei bekannten Einspritzventilen der einleitend genannten Art hat die Vorspannfeder eine relativ große Vorspannung. Dies erfordert jedoch nachteilhafterweise einen relativ großen Bauraum für die Vorspannfeder, was sich wiederum entsprechend negativ in den Kosten des Einspritzventils niederschlägt.

[0008] Die JP 103 067 62 A beschreibt ein Einspritzventil für Kraftstoff mit einem Nadelventil und einem piezoelektrischen Aktor. Die Bewegung des Nadelventils wird über eine Druckdifferenz zwischen einer Kraftstoffkammer und Druckkammern betätigt. Der Aktor kann dabei den Raum einer Druckkammer erweitern und somit dort einen Druckabfall erzeugen. Zum Ausgleich von Fertigungstoleranzen und Alterungserscheinungen beim Aktor wird eine für die Einspritzung an den Aktor anzulegende Spannung in einer separaten Eichmessung bestimmt, die bei einem festen Zuführdruck des Kraftstoffs durchgeführt wird.

[0009] Die DE 198 48 950 A beschreibt weiterhin eine Vorrichtung zur Konstantsteuerung eines piezoelektrischen Aktuators für Kraftstoffeinspritzsysteme. Zur Vermeidung von Hystereseeffekten wird zur Einstellung eines bestimmten Hubs des Aktuators als Steuergröße die übertragene elektrische Ladungsmenge ΔQ verwendet. Dabei wird ein steuerbarer Ladungsgenerator mit zeitlich definiertem Stromverlauf, insbesondere eine Konstantstromquelle, verwendet. Der Treibstoffdruck wird als Parameter in die Aktuatorsteuerung aufgenommen.

[0010] Die DE 199 45 670 A betrifft schließlich ein Verfahren zum Ansteuern eines kapazitiven Stellgliedes (insbesondere Piezo-Stellgliedes) eines Kraftstoffeinspritzventils. Um in jedem Kraftstoffdruckbereich einen konstanten Hub des Stellgliedes zu erreichen, werden die dem Stellglied zuzuführenden Energiebeträge in Abhängigkeit von dem auf das Stellglied wirkenden Kraftstoffdruck bestimmt.

Vorteile der Erfindung

[0011] Das Einspritzventil nach der Erfindung mit den Merkmalen nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1, bei welchem der Ansteuergradient eine von dem Zufuhrdruck abhängige Größe ist, hat demgegenüber den Vorteil, daß aufgrund des variabel ausgestalteten Ansteuergradientens unabhängig von dem Zufuhrdruck - dies ist im Fall eines Common-Rail-Einspritzsystems der sogenannte Raildruck - die effektiv auf den piezoelektrischen Aktor wirkende Kraft konstant gehalten werden kann, und daß sich eine betriebspunktabhängige Ansteuerung des piezoelektrischen Aktors erreichen läßt.

[0012] Nach einer vorteilhaften Ausführungsform des Einspritzventiles nach der Erfindung wächst der Ansteu-

ergradient mit dem Zufuhrdruck. Dies bedeutet, daß bei einem vergleichsweise niedrigen Zufuhrdruck die Anregung des Systems, d.h. des piezoelektrischen Aktors, langsamer erfolgt als bei einem vergleichsweise hohen Zufuhrdruck.

[0013] Diese Ausführungsform beruht auf der Tatsache, daß bei der Ansteuerung des piezoelektrischen Aktors das Ventilschließglied zunächst gegen den Zufuhrdruck geöffnet werden muß. Sobald die zur Öffnung des Ventilschließglieds erforderliche Kraft auf das Ventilschließglied ausgeübt ist, d.h. wenn die sogenannte Öffnungskraft überwunden ist, "fliegt" das Ventilschließglied auf und der piezoelektrische Aktor dehnt sich sehr schnell aus. In dieser Phase wirken je nach Zufuhrdruck unterschiedliche Kräfte auf den piezoelektrischen Aktor. Diese Kräfte nehmen mit steigendem Zufuhrdruck zu.

[0014] Bei konstantem Ansteuergradienten, d.h. bei vom Zufuhrdruck unabhängiger Ansteuerung und Anregung des Systems, würde sich insbesondere der Fall eines niedrigen Zufuhrdrucks problematisch gestalten, denn den Kräften, die durch die Ansteuerung verursacht werden, wirken in diesem Fall nur vergleichsweise geringe Kräfte entgegen, die aus dem Zufuhrdruck herrühren. Nach der Erfindung erfolgt nun aber die Ansteuerung in Abhängigkeit von dem Zufuhrdruck, so daß die auf den Aktor wirkende Kraft, d.h. die Entlastung, konstant gehalten werden kann.

[0015] Dies hat wiederum zur Folge, daß die an dem piezoelektrischen Aktor angreifende Vorspannfeder relativ klein und kompakt ausgelegt werden kann und mit einer vergleichsweise geringen Vorspannung versehen sein kann. Dadurch kann der für die Vorspannfeder erforderliche Bauraum vergleichsweise klein dimensioniert werden und eine deutliche Kostenreduzierung erzielt werden.

[0016] Weitere Vorteile und vorteilhafte Weiterbildungen des Gegenstandes nach der Erfindung ergeben sich aus den Patentansprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung.

Zeichnung

[0017] Ein Ausführungsbeispiel des Einspritzventils nach der Erfindung ist in der Zeichnung schematisch vereinfacht dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 eine ausschnittsweise Darstellung eines Einspritzventils nach der Erfindung im Längsschnitt, und

Figur 2 ein Flußdiagramm zur Ansteuerung des Einspritzventils nach Figur 1, und

Figur 3 den Verlauf eines Gradienten zur Ansteuerung eines piezoelektrischen Aktors in Abhängigkeit von einem Fluidzufuhrdruck.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0018] Das in Figur 1 dargestellte Ausführungsbeispiel zeigt ein Einspritzventil 1, das insbesondere zur Kraftstoffeinspritzung in eine Dieselverbrennungsmaschine bestimmt ist. Das Einspritzventil 1 umfaßt hierzu ein Ventilsteuermodul 2 sowie ein Düsenmodul 3 mit einem Düsenkörper 5, in dem ein Ventilsteuerkolben 4 angeordnet ist, der mit einer hier nicht dargestellten Düsennadel eine Baueinheit bildet und über diese eine Einspritzdüse steuert bzw. mit dieser identisch sein kann.

[0019] In dem Düsenkörper 5 des Düsenmoduls 3 ist zudem ein Kraftstoffzufuhrkanal 6 ausgebildet. Der Kraftstoffzufuhrkanal 6 ist mit einem hier nicht dargestellten, für mehrere Einspritzventile gemeinsamen Hochdruckspeicher, einem sogenannten Common-Rail üblicher Bauart verbunden. Der in der Hochdruckzufuhrleitung 6 geführte Kraftstoff kann somit unter einem Druck bzw. Raildruck p_R von z.B. bis zu 1,6 kbar stehen.

[0020] An der in Figur 1 dargestellten freien Stirnseite des Ventilsteuerkolbens 4 grenzt an denselben ein Ventilsteuerraum 7, der über eine Zulaufdrossel 8 mit dem Kraftstoffzufuhrkanal 6 verbunden ist. Über das in dem Ventilsteuerraum 7 herrschende Druckniveau wird die Lage des Ventilsteuerkolbens 4 und damit diejenige der Düsennadel eingestellt. Der Ventilsteuerraum 7 steht hierzu über eine Ablaufdrossel 9 mit dem Ventilsteuermodul 2 in Verbindung.

[0021] Mittels des Ventilsteuermoduls 2 können der Beginn und die Dauer eines Einspritzvorgangs sowie die damit verbundene Einspritzmenge eingestellt werden. Hierzu ist in dem Ventilsteuermodul 2 ein Ventilglied 10 angeordnet, das in einem Ventilkörper 11 geführt ist und das mittels eines piezoelektrischen Aktors 12 betätigbar ist. Der piezoelektrische Aktor 12 ist auf der dem Ventilsteuerkolben 4 und somit dem Brennraum der Verbrennungsmaschine abgewandten Seite des Ventilgliedes 10 angeordnet und wirkt auf einen dem Ventilglied 10 zugeordneten Kolben 14, der als Stellkolben bezeichnet wird. Des weiteren umfaßt das Ventilglied 10 einen zweiten Kolben 15, einen sogenannten Betätigungskolben, der zur Betätigung eines Ventilschließglieds 16 dient.

[0022] Die Betätigung des Betätigungskolbens 15 selbst erfolgt über einen hydraulischen Koppler 17, der als Hydraulikkammer ausgebildet ist und die axiale Auslenkung des mittels des piezoelektrischen Aktors 12 verfahrenen Stellkolbens 14 auf den Betätigungskolben 15 überträgt. Die hydraulische Übersetzung bewirkt, daß der Betätigungskolben 15 einen um das Übersetzungsverhältnis der Kolbendurchmesser vergrößerten Hub macht, wenn der Stellkolben 14, der hier einen größeren Durchmesser als der Betätigungskolben 15 aufweist, mittels des piezoelektrischen Aktors 12 eine bestimmte Wegstrecke verfahren wird.

[0023] Das Ventilschließglied 16 wirkt mit einem Ventilsitz 22 zusammen, der hier als Kugelsitz ausgebildet ist. Es ist aber in einer anderen Ausführung des ventilartig aufgebauten Ventilsteuermoduls auch möglich, daß das

Ventilschließglied mit zwei Ventilsitzen zusammenwirkt und somit ein Doppelsitzventil bildet.

[0024] Das Ventilschließglied 16 ist in einer Ventilkammer 18 angeordnet, welche bei unbetätigtem piezoelektrischen Aktor 12 mittels des mit dem Ventilsitz 22 zusammenwirkenden Ventilschließglied 16 von einer sogenannten Ablaufkammer 19 getrennt ist, von welcher ein Ablaufkanal 20 abzweigt. Dieser Ablaufkanal 20 führt zu einem nicht näher dargestellten Leckageanschluß des Einspritzventils 1, welcher wiederum mit einem Kraftstoffvorratstank in Verbindung steht.

[0025] Der piezoelektrische Aktor 12 ist mittels einer Vorspannfeder 21 in der dem Ventilsteuerkolben 4 abgewandten Richtung vorgespannt. Des weiteren ist der piezoelektrische Aktor 12 in üblicher Weise aus mehreren Schichten aufgebaut und über Leitungen mit einer in Figur 2 schematisch dargestellten Ventilsteuereinheit 30 verbunden.

[0026] Mittels der Ventilsteuereinheit 30 wird beim Betrieb des Einspritzventils 1 unter anderem ein Spannungsgradient dU/dt zur Ansteuerung des piezoelektrischen Aktors 12 vorgegeben. Dieser sogenannte Ansteuergradient dU/dt ist abhängig von dem in der Kraftstoffzufuhrleitung 6 herrschenden Fluiddruck p_R und wird mittels der Steuereinheit 30 auf den entsprechenden Sollwert eingestellt. Dies ist in Figur 2 anhand eines Strukturbildes dargestellt.

[0027] Der Fluiddruck bzw. Raildruck p_R wirkt über die Zulaufdrossel 8, den Ventilsteuerraum 7 und die Ablaufdrossel 9 auf das Ventilschließglied 16. Bei einem hohen Raildruck p_R erfolgt die mittels der Ventilsteuereinheit 30 erfolgende Ansteuerung des piezoelektrischen Aktors 12 sehr schnell, d.h. die Ventilsteuereinheit 30 gibt einen vergleichsweise großen Ansteuergradienten dU/dt vor. Hingegen gibt die Ventilsteuereinheit 30 bei einem niedrigen Raildruck p_R einen vergleichsweise niedrigen Ansteuergradienten dU/dt vor. Der Verlauf des Ansteuergradientens dU/dt in Abhängigkeit von dem Raildruck p_R ist in Figur 3 dargestellt. Wie darin zu erkennen ist, wächst der Ansteuergradient dU/dt mit zunehmendem Raildruck p_R an.

Patentansprüche

1. Einspritzventil, insbesondere für eine Verbrennungsmaschine, zumindest umfassend ein Düsenmodul (3), das eine Einspritzdüse und eine Zufuhrleitung für ein unter einem Zufuhrdruck (p_R) stehendes Fluid aufweist, sowie ein Ventilsteuermodul (2), das mit dem Düsenmodul (3) in Wirkverbindung steht und zumindest ein Ventilschließglied (16), auf das der Zufuhrdruck (p_r) wirkt, und einen piezoelektrischen Aktor (12) aufweist, welcher zur Betätigung des Ventilschließgliedes (16) dient und der mittels einer Feder (21) in der dem Ventilschließglied (16) abgewandten Richtung vorgespannt ist, wobei die Ansteuerung des piezoelektrischen Aktors (12) mittels einer Ventilsteuereinheit (30) erfolgt und diese einen Ansteuergradienten (dU/dt) vorgibt, wobei der Ansteuergradient (dU/dt) vorgibt, innerhalb welcher Zeit die zur Ausdehnung des piezoelektrischen Aktors (12) erforderliche Spannung an dem Aktor (12) aufgebaut wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Ansteuergradient (dU/dt) eine von dem Zufuhrdruck (p_R) abhängige Größe ist.

2. Einspritzventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Ansteuergradient (dU/dt) mit dem Zufuhrdruck (p_R) anwächst.

Claims

1. Injection valve, in particular for an internal combustion engine, at least comprising a nozzle module (3), which has an injection nozzle and a supply line for a fluid which is at a supply pressure (p_R), and also a valve control module (2), which is operatively connected to the nozzle module (3) and has at least one valve closing member (16), which is acted upon by the supply pressure (p_R), and a piezoelectric actuator (12) which serves to actuate the valve closing member (16) and which is preloaded in the direction facing away from the valve closing body (16) by means of a spring (21), the piezoelectric actuator (12) being activated by means of a valve control unit (30) which defines an activation gradient (dU/dt), the activation gradient (dU/dt) defining the time within which the voltage required to extend the piezoelectric actuator (12) is built up across the actuator (12),
characterized
in that the activation gradient (dU/dt) is a parameter which is dependent on the supply pressure (p_R).

2. Injection valve according to Claim 1, **characterized in that** the activation gradient (dU/dt) increases with the supply pressure (p_R).

Revendications

1. Injecteur, en particulier pour un moteur à combustion interne, comprenant au moins un module de buse (3), qui présente une buse d'injection et une conduite d'arrivée pour un fluide soumis à une pression d'arrivée (p_R), ainsi qu'un module de commande de soupape en liaison active avec le module de buse (3) et qui présente au moins un organe de fermeture de soupape (16) sur lequel agit la pression d'arrivée (p_R) et un actionneur piézoélectrique (12) servant à l'actionnement de l'organe de fermeture de soupape (16) et précontraint au moyen d'un ressort (21) dans la direction opposée à l'organe de fermeture de soupape (16), la commande de l'actionneur pié-

zoélectrique (12) s'effectuant au moyen d'une unité de commande de soupape (30) et celle-ci prédéterminant un gradient de commande (dU/dt), le gradient de commande (dU/dt) prédéterminant le laps de temps pendant lequel la tension nécessaire à l'expansion de l'actionneur piézoélectrique (12) est générée au niveau de l'actionneur (12),
caractérisé en ce que
le gradient de commande (dU/dt) est une grandeur dépendante de la pression d'arrivée (p_R).

2. Injecteur selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
le gradient de commande (dU/dt) augmente avec la pression d'arrivée (p_R).

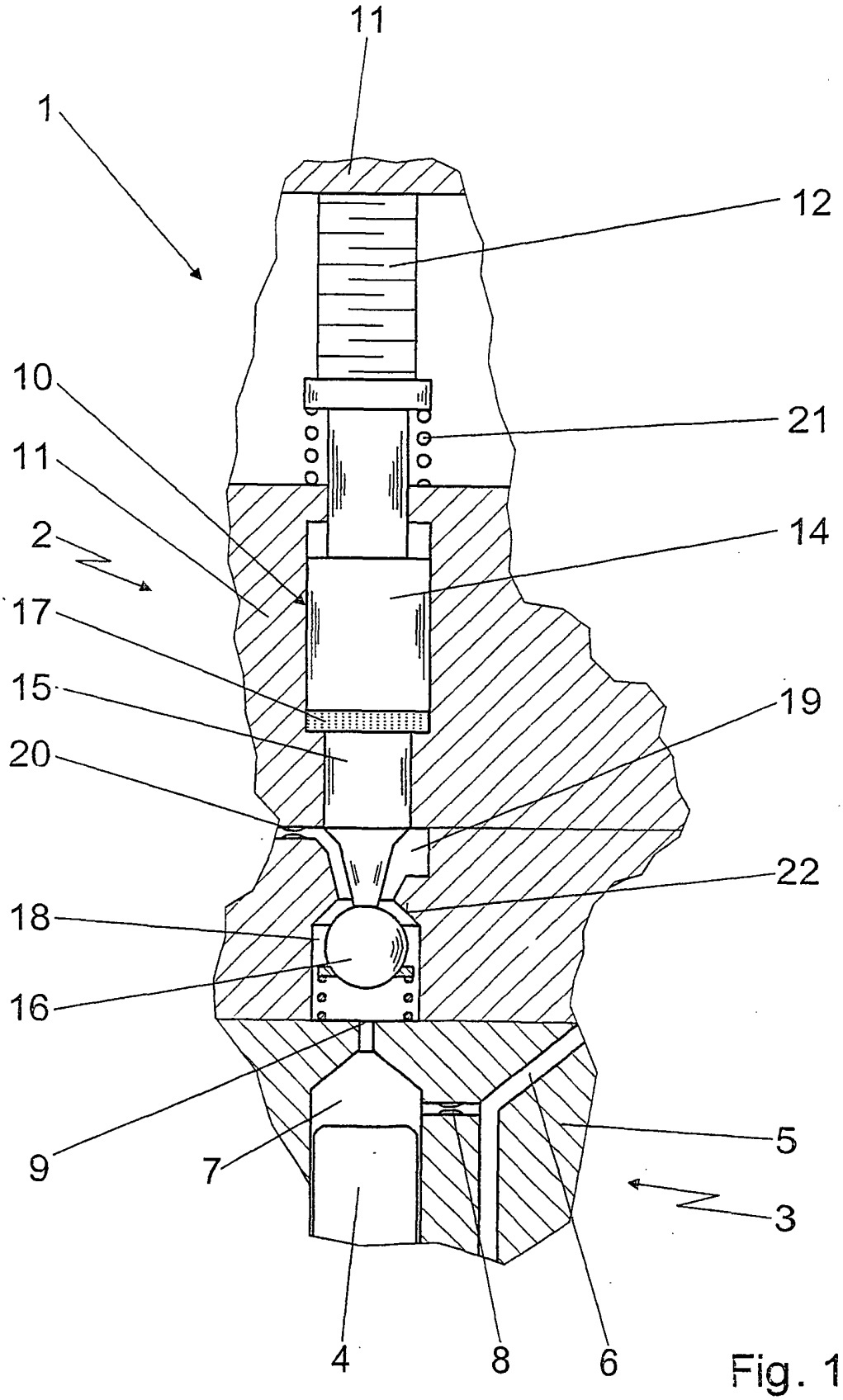


Fig. 1

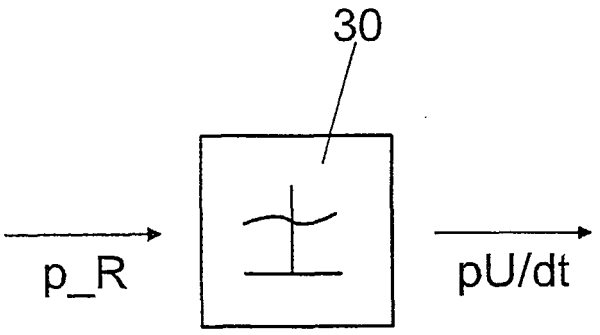


Fig. 2

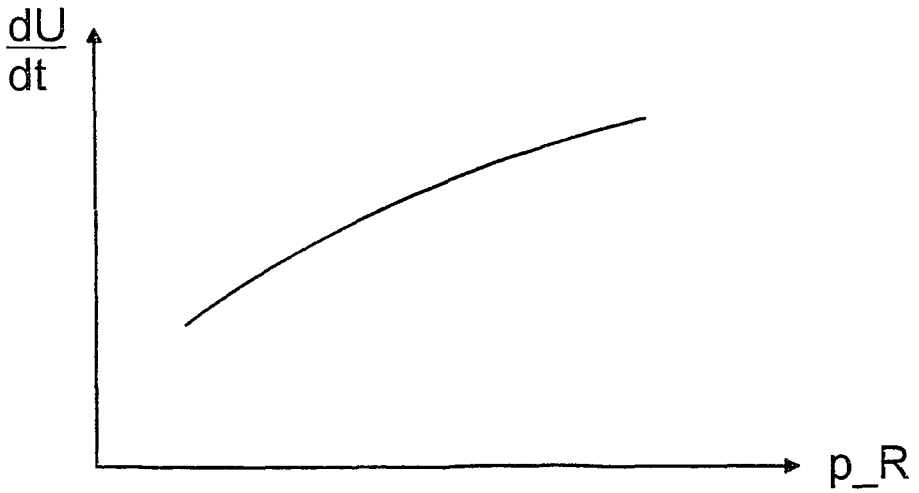


Fig. 3