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

(11) EP 1 430 208 B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
26.01.2005 Patentblatt 2005/04

(21) Anmeldenummer: **02764515.9**

(22) Anmeldetag: **13.07.2002**

(51) Int Cl.[7]: **F02D 41/20**, F02M 51/06, H01L 41/04

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2002/002574

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/027468 (03.04.2003 Gazette 2003/14)

(54) **KRAFTSTOFFEINSPRITZEINRICHTUNG FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINE**

FUEL INJECTION DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

DISPOSITIF D'INJECTION DE CARBURANT DESTINE A UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

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

(30) Priorität: **22.09.2001 DE 10146747**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.06.2004 Patentblatt 2004/26

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

(72) Erfinder:
- **BOSS, Juergen**
  70806 Kornwestheim (DE)
- **RUEGER, Johannes-Joerg**
  A-1011 Wien (AT)
- **ZIMMERMANN, Klaus**
  A-1180 Wien (AT)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 10 038 995
DE-A- 19 835 494
DE-A- 19 930 309

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 1 430 208 B1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine nach der Gattung des Anspruchs 1.

[0002] Eine solche Kraftstoffeinspritzeinrichtung ist durch die DE 198 35 494 A1 bekannt. Diese Kraftstoffeinspritzeinrichtung weist ein Kraftstoffeinspritzventil auf, mit einem Einspritzventilglied, durch das wenigstens eine Einspritzöffnung gesteuert wird. Das Einspritzventilglied ist von dem in einem Druckraum des Kraftstoffeinspritzventils herrschenden Druck in einer Öffnungsrichtung gegen eine Schließkraft beaufschlagt. Der im Druckraum herrschende Druck wird durch einen Pumpenkolben einer Kraftstoffhochdruckpumpe erzeugt, der durch einen Nocken in einer Hubbewegung angetrieben wird. Es ist ein durch einen piezoelektrischen Aktor betätigtes Steuerventil vorgesehen, das durch eine elektrische Steuereinrichtung angesteuert wird und durch das eine Verbindung des Druckraums mit einem Entlastungsraum gesteuert wird. Das Steuerventil weist ein Steuerventilglied auf, auf das der Aktor über einen hydraulischen Koppler wirkt, um dieses zwischen einer geöffneten Stellung und einer geschlossenen Stellung zu bewegen. Wenn das Steuerventilglied in seiner geschlossenen Stellung ist, so ist der Druckraum vom Entlastungsraum getrennt und es kann sich in diesem Hochdruck für eine Kraftstoffeinspritzung aufbauen. Der Zeitpunkt des Erreichens der Schließposition des Steuerventilglieds ist somit von großer Bedeutung für die Steuerung der Kraftstoffeinspritzung. Da das Steuerventilglied vom Aktor jedoch durch den Koppler getrennt ist, ist keine Information über diesen Zeitpunkt vorhanden. Darüberhinaus ist für eine ordnungsgemäße Funktion des Steuerventils auch eine vollständige Befüllung des Kopplers erforderlich.

Vorteile der Erfindung

[0003] Die erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzeinrichtung mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 hat demgegenüber den Vorteil, daß die Funktion des Steuerventils überwacht werden kann. Während der Aufladephase des piezoelektrischen Aktors baut sich im hydraulischen Koppler ein Druck auf, der auch nach Beendigung des Ladevorgangs auf den Aktor zurückwirkt und in diesem bei abgetrennter Spannungsversorgung eine für die Druckverhältnisse im Koppler und demzufolge auch für die Umsetzung der Ansteuerspannung in den Hub des Steuerventilglieds charakteristische Piezospannung erzeugt. Die Spannung zwischen den elektrischen Anschlüssen am piezoelektrischen Aktor kann somit ohne das Erfordernis eines weiteren Sensors als Meßparameter für das Ventilverhalten herangezogen werden.

[0004] In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzeinrichtung angegeben. Die gemessene Spannung kann gemäß Anspruch 2 dazu herangezogen werden, um den Zeitpunkt des Erreichens der Schließposition des Steuerventilglieds zu ermitteln. Der Verlauf der Spannung kann wie im Anspruch 3 angegeben auf das Auftreten eines Minimums im Kurvenverlauf hin überwacht werden. Der Druck im Koppler nimmt nach erfolgter Aufladung des Aktors im zeitlichen Verlauf zunächst ab, da der Aktor nach Beendigung des Ladevorgangs annähernd seinen vollständigen Hub erreicht hat, während das Steuerventilglied sich zu diesem Zeitpunkt noch auf seine Schließposition zubewegt und der Koppler somit entspannt wird. Sobald das Steuerventilglied die Schließposition erreicht hat und sich aufgrund eines Prellens in Richtung auf seine Öffnungsposition zurückbewegt, erfolgt jedoch eine Kompression des im Koppler befindlichen Mediums, die sich in einem Anstieg der Klemmenspannung bemerkbar macht. Das im Spannungsverlauf auftretende Minimum identifiziert somit den Zeitpunkt, zu dem das Steuerventilglied seine Schließposition erreicht hat. Alternativ kann auch wie im Anspruch 4 angegeben die zeitliche Ableitung der Klemmenspannung gebildet und auf einen Nulldurchgang hin überwacht werden. Der Nulldurchgang des zeitlich abgeleiteten Spannungssignals identifiziert dabei ebenfalls das Minimum im zeitlichen Verlauf der Klemmenspannung und somit das Erreichen der Schließposition durch das Steuerventilglied. In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung wird gemäß Anspruch 5 aus dem ermittelten Zeitpunkt des Erreichens der Schließposition des Steuerventilglieds ein Korrekturwert für einen Steuerparameter der Steuereinrichtung abgeleitet. Dabei kann insbesondere ein Korrekturwert für die Ansteuerspannung des Aktors und/oder für den Ansteuerzeitpunkt und/oder für die Dauer des Ladevorgangs bereitgestellt werden. Gemäß Anspruch 6 kann die Spannung auch zur Erkennung des Befüllungszustands des Kopplers herangezogen werden, da der Druckverlauf im Koppler vom Befüllungszustand abhängig ist und somit ebenfalls Rückwirkungen auf die Spannung zur Folge hat. Die gemäß Anspruch 8 vorgesehene Testansteuerung ermöglicht eine Überprüfung der Funktion des Steuerventils vor einer Kraftstoffeinspritzung, wobei dabei Korrekturwerte ermittelt werden können, die bei der nachfolgenden Kraftstoffeinspritzung verwendet werden können. Der zeitliche Abstand zwischen der Ermittlung des Korrekturwerts und der Ansteuerung des Steuerventils zur Kraftstoffeinspritzung ist somit sehr gering, so daß die Kraftstoffeinspritzung mit hoher Genauigkeit erfolgen kann.

Zeichnung

[0005] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine in

schematischer Darstellung und Figur 2 ein Kraftstoffeinspritzventil der Kraftstoffeinspritzeinrichtung in vergrößerter Darstellung.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0006] In den Figuren 1 und 2 ist eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine beispielsweise eines Kraftfahrzeugs dargestellt. Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung weist eine Kraftstoffhochdruckpumpe 10 und ein mit dieser verbundenes Kraftstoffeinspritzventil 12 auf. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Kraftstoffhochdruckpumpe 10 und das Kraftstoffeinspritzventil 12 direkt miteinander verbunden und bilden eine sogenannte Pumpe-Düse-Einheit. Es kann alternativ jedoch auch vorgesehen sein, daß die Kraftstoffhochdruckpumpe 10 entfernt vom Kraftstoffeinspritzventil 12 angeordnet ist und über eine Leitung mit diesem verbunden ist. Es ist für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung mit Kraftstoffhochdruckpumpe 10 und Kraftstoffeinspritzventil 12 vorgesehen.

[0007] Die Kraftstoffhochdruckpumpe 10 weist einen Pumpenkörper 14 auf, in dem in einer Zylinderbohrung 16 ein Pumpenkolben 18 verschiebbar geführt ist, der in der Zylinderbohrung 16 einen Pumpenarbeitsraum 20 begrenzt. Der Pumpenkolben 18 wird durch eine Nokkenwelle der Brennkraftmaschine über einen Nocken 22 gegen eine Rückstellfeder 24 in einer Hubbewegung angetrieben. Zwischen dem Nocken 22 und dem Pumpenkolben 18 kann als Übertragungselement ein Kipphebel 26 angeordnet sein. Der Nocken 22 weist einen erhabenen Bereich 22a auf, über den der Pumpenkolben 18 gegen die Kraft der Rückstellfeder 24 in die Zylinderbohrung 16 bis zu einem inneren Totpunkt hineingedrückt wird, und einen flacheren Bereich 22b, über den der Pumpenkolben 18 durch die Rückstellfeder 24 aus der Zylinderbohrung 16 bis zu einem äußeren Totpunkt herausgedrückt wird. Bei der Hubbewegung des Pumpenkolbens 18 in die Zylinderbohrung 16 hinein führt dieser einen Förderhub aus, bei dem Kraftstoff im Pumpenarbeitsraum 20 verdichtet wird. Bei der Hubbewegung des Pumpenkolbens 18 aus der Zylinderbohrung 16 heraus führt dieser einen Saughub aus, bei dem Kraftstoff in den Pumpenarbeitsraum 20 angesaugt wird.

[0008] Das Kraftstoffeinspritzventil 12 weist einen Ventilkörper 30 auf, der mehrteilig ausgebildet sein kann und in dem in einer Bohrung 32 ein Einspritzventilglied 34 geführt ist. Der Ventilkörper 30 weist an seinem dem Brennraum des Zylinders der Brennkraftmaschine zugewandten Endbereich wenigstens eine, vorzugsweise mehrere Einspritzöffnungen 36 auf, die über den Umfang des Ventilkörpers 30 verteilt angeordnet sind. Das Einspritzventilglied 34 weist an seinem dem Brennraum zugewandten Endbereich eine beispielsweise etwa kegelförmige Dichtfläche 38 auf, die mit einem im Ventilkörper 30 in dessen dem Brennraum zugewandten Endbereich ausgebildeten Ventilsitz 40 zusammenwirkt, von dem oder nach dem die Einspritzöffnungen 36 abführen. Im Ventilkörper 30 ist zwischen dem Einspritzventilglied 34 und der Bohrung 32 zum Ventilsitz 40 hin ein Ringraum 42 gebildet, der in seinem dem Ventilsitz 40 abgewandten Endbereich durch eine radiale Erweiterung der Bohrung 32 in einen das Einspritzventilglied 34 umgebenden Druckraum 44 übergeht. Das Einspritzventilglied 34 weist auf Höhe des Druckraums 44 durch eine Querschnittsänderung eine Druckschulter 46 auf, über die der im Druckraum 44 herrschende Druck eine Kraft auf das Einspritzventilglied 34 vom Ventilsitz 40 weg erzeugt. Am dem Brennraum abgewandten Ende des Einspritzventilglieds 34 greift eine vorgespannte Schließfeder 48 an, durch die das Einspritzventilglied 34 zum Ventilsitz 40 hin gedrückt wird. Die Schließfeder 48 ist in einem Federraum 50 eines einen Teil des Ventilkörpers 30 bildenden Federhalters 30a angeordnet, der sich an die Bohrung 32 anschließt.

[0009] Der Druckraum 44 des Kraftstoffeinspritzventils 12 ist über einen Kanal 52 mit dem Pumpenarbeitsraum 20 der Kraftstoffhochdruckpumpe 10 verbunden. Wenn der im Druckraum 44 herrschende Druck über die Druckschulter 46 auf das Einspritzventilglied 34 eine größere Kraft erzeugt als die durch die Schließfeder 48 erzeugte Kraft, so hebt das Einspritzventilglied 34 in dessen Öffnungsrichtung 35 mit seiner Dichtfläche 38 vom Ventilsitz 40 ab und gibt die Einspritzöffnungen 36 frei, durch die Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird. Wenn der im Druckraum 44 herrschende Druck über die Druckschulter 46 auf das Einspritzventilglied 34 eine geringere Kraft erzeugt als die durch die Schließfeder 48 erzeugte Kraft, so bewegt sich das Einspritzventilglied 34 entgegen dessen Öffnungsrichtung 35 mit seiner Dichtfläche 38 zum Ventilsitz 40 hin und verschließt bei Anlage am Ventilsitz 40 die Einspritzöffnungen 36, so daß kein Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird.

[0010] Zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzung ist ein elektrisch angesteuertes Steuerventil 54 vorgesehen, durch das eine Verbindung des Pumpenarbeitsraums 20 mit einem Entlastungsraum gesteuert wird. Als Entlastungsraum kann beispielsweise der Kraftstoffvorratsbehälter 11 des Kraftfahrzeugs oder ein anderer Bereich sein, in dem ein geringer Druck herrscht. Das Steuerventil 54 weist ein Steuerventilglied 56 auf, das über einen hydraulischen Koppler 57 durch einen piezoelektrischen Aktor 58 betätigt wird. Der Aktor 58 wird durch eine elektronische Steuereinrichtung 53 mit einer elektrischen Spannung versorgt. Der Aktor 58 weist eine Anzahl von hintereinandergeschalteten Piezoelementen 59 auf. Das Steuerventil 54 ist beispielsweise am Pumpenkörper 14 angeordnet. Der Aktor 58 ist einerseits mit einer Gehäusewand 60, durch die elektrische Anschlüsse 61 des Aktors 58 hindurchgeführt sind, und andererseits mit einem Stellkolben 62 kraftschlüssig verbunden. Der Stellkolben 62 schließt mit seiner vom Aktor 58 abgewandten Stirnfläche 63 den hydraulischen

Koppler 57 ab. Der hydraulische Koppler 57 wirkt seinerseits auf einen in einem Verbindungskanal 64 geführten Stellkolben 65, an dessen vom Koppler 57 abgewandtem Ende das Steuerventilglied 56 angeordnet ist. Es kann vorgesehen sein, daß das Steuerventilglied 56 mit zwei Ventilsitzen zusammenwirkt, die in einem Ventilraum 66 ausgebildet sind, in dem das Steuerventilglied 56 angeordnet ist. Das Steuerventilglied 56 liegt in einer ersten Endposition, die einer spannungslosen Ruheposition des Aktors 58 entspricht, an einem ersten Ventilsitz 68 im Ventilraum 66 an. In einer zweiten Endposition, die einer maximalen Ansteuerung des Aktors 58 entspricht und eine Schließposition des Steuerventilglieds 56 ist, liegt das Steuerventilglied 56 an einem zweiten Ventilsitz 70 im Ventilraum 66 an und verschließt diesen. Es kann auch vorgesehen sein, daß das Steuerventil 54 als doppelschaltendes Ventil ausgebildet ist, wobei das Steuerventilglied 56 wenn es sich in Anlage an einem der beiden Ventilsitze 68,70 befindet jeweils geschlossen ist und nur in einer Zwischenposition zwischen den beiden Ventilsitzen 68,70 geöffnet ist.

[0011] In den Ventilraum 66 mündet zwischen den beiden Ventilsitzen 68,70 eine Verbindung 71 zu dem Entlastungsraum. Über den zweiten Ventilsitz 70 weist der Ventilraum 66 eine Verbindung mit dem Pumpenarbeitsraum 20 auf. Wenn sich das Steuerventilglied 56 in seiner ersten Endposition in Anlage am ersten Ventilsitz 68 befindet, so ist die Verbindung des Ventilraums 66 zum Pumpenarbeitsraum 20 über den zweiten Ventilsitz 70 geöffnet, so daß der Pumpenarbeitsraum 20 mit dem Entlastungsraum verbunden ist und sich in diesem kein Hochdruck aufbauen kann. In der Verbindung 71 des Ventilraums 66 mit dem Entlastungsraum kann eine Drosselstelle 67 vorgesehen sein. Wenn sich das Steuerventilglied 56 in seiner zweiten Endposition und damit seiner Schließposition in Anlage am zweiten Ventilsitz 70 befindet, so ist die Verbindung des Ventilraums 66 zum Pumpenarbeitsraum 20 über den zweiten Ventilsitz 70 geschlossen, so daß der Pumpenarbeitsraum 20 vom Entlastungsraum getrennt ist und sich in diesem Hochdruck aufbauen kann, entsprechend dem Förderhub des Pumpenkolbens 18. Der Zeitpunkt des Erreichens der Schließposition des Steuerventilglieds 56 bestimmt somit den Beginn der Kraftstoffeinspritzung und die Dauer der Anordnung des Steuerventilglieds 56 in seiner Schließposition bestimmt die Kraftstoffmenge, die eingespritzt wird.

[0012] Der Aktor 58 des Steuerventils 54 wird durch die Steuereinrichtung 53 abhängig von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine, wie beispielsweise Drehzahl, Last, Temperatur und weiteren, angesteuert. Für die Steuerung der Kraftstoffeinspritzung mit hoher Genauigkeit ist eine Rückmeldung über den Beginn der Kraftstoffeinspritzung erforderlich, der zumindest annähernd gleichzeitig mit dem Zeitpunkt des Erreichens der Schließposition des Steuerventilglieds 56 ist. Zur Erkennung, ob das Steuerventilglied 56 seine Schließposition erreicht hat, wird nach erfolgtem Ladevorgang, das ist nach erfolgter Ansteuerung des Aktors 58 zum Schließen des Steuerventils 54, für eine vorgebbare Zeitdauer eines Meßfensters an die Anschlüsse 61 des Aktors 58 eine Spannungsmeßeinrichtung 72 angeschlossen, die Bestandteil der Steuereinrichtung 53 sein kann. An die Spannungsmeßeinrichtung 72 kann eine Diagnoseeinrichtung 74 angeschlossen sein. Die Meßdaten können direkt, beispielsweise als analoges Spannungssignal, an die Diagnoseeinrichtung 74 übermittelt werden. Somit erfolgt eine Überwachung der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 als Funktion der Zeit. Es kann jedoch alternativ zunächst auch die Bildung der zeitlichen Ableitung der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 vorgesehen werden. Dazu werden die Spannungssignale einem der Spannungsmeßeinrichtung 72 zugeordneten Differenzierglied 76 zugeführt. Die dort gebildeten differenzierten Signale werden anschließend an die Diagnoseeinrichtung 74 übermittelt. In beiden Alternativen wird aus dem zeitlichen Verlauf der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 in der Diagnoseeinrichtung 74 auf das Erreichen der Schließposition des Steuerventilglieds 56 geschlossen.

[0013] Zur Erkennung der Schließposition des Steuerventilglieds 56 wird der zeitliche Verlauf der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 auf das Auftreten eines Minimums im Kurvenverlauf hin überwacht. Bei der Auswertung der zeitlichen Ableitung der Spannung mittels des Differenzierglieds 76 wird dementsprechend das Auftreten eines Nulldurchgangs überprüft. Wie festgestellt wurde baut sich nach Beendigung der Ladephase des Aktors 58 der Druck im hydraulischen Koppler 57 zunächst ab, da der Aktor 58 nach Beendigung des Ladevorgangs annähernd seinen vollständigen Hub erreicht hat, während das Steuerventilglied 56 sich zu diesem Zeitpunkt noch auf seine Schließposition zubewegt und der Koppler 57 somit entspannt wird. Dieser Druckabfall ist über die Überwachung der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 in der Form einer als Funktion der Zeit eintretenden Reduzierung der Spannung nachweisbar.

[0014] Sobald das Steuerventilglied 56 seine Schließposition erreicht hat und sich aufgrund eines Prellens in Richtung auf seine erste Endposition zurückbewegt, erfolgt jedoch eine Kompression des im Koppler befindlichen Mediums, die sich analog in einem Anstieg der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 bemerkbar macht. Das im Spannungsverlauf auftretende Minimum identifiziert somit den Zeitpunkt, zu dem das Steuerventilglied 56 seine Schließposition erreicht hat. Auf der Grundlage der Erkennung des Zeitpunkts des Schließens des Steuerventils 54 können Korrekturwerte für Steuerparameter der Steuereinrichtung 53 gewonnen werden, die für eine nachfolgende Kraftstoffeinspritzung verwendet werden können und durch die die Genauigkeit der Kraftstoffeinspritzung hinsichtlich Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung und Kraftstoffeinspritzmenge verbessert werden kann.

[0015] Es kann vorgesehen sein, daß die vorstehend erläuterte Überwachung der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 jeweils während einer erfolgenden Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird. Die dabei gewonnenen Korrekturwerte können dann für die Steuerung der nachfolgenden Kraftstoffeinspritzung verwendet werden.

[0016] Alternativ kann auch vorgesehen sein, daß die vorstehend erläuterte Überwachung der Spannung während einer Testansteuerung des Steuerventils 54 durch die Steuereinrichtung 53 in einem Zeitintervall erfolgt, während dem keine Kraftstoffeinspritzung erfolgt. Dies ist insbesondere während einer Hubphase des Pumpenkolbens 18 der Fall, bei der dieser sich aus der Zylinderbohrung 16 zu seinem äußeren Totpunkt hin bewegt. Der Nocken 18 befindet sich dann in seinem flacheren Bereich 22b in Anlage am Kipphebel 26. Während dieser Hubphase des Pumpenkolbens 18 wird durch diesen im Pumpenarbeitsraum 20 und damit im Druckraum 44 des Kraftstoffeinspritzventils 12 kein für eine Kraftstoffeinspritzung ausreichender Druck erzeugt, so daß auch beim Schließen des Steuerventils 54 keine Kraftstoffeinspritzung erfolgt. Die Testansteuerung des Steuerventils 54 erfolgt vorzugsweise während eines Zeitintervalls, während dem auch die Befüllung des Pumpenarbeitsraums 20 beim Saughub des Pumpenkolbens 18 mit Kraftstoff sowie die Absteuerung von Kraftstoff aus dem Pumpenarbeitsraum 20 zur Beendigung der Kraftstoffeinspritzung bei geöffnetem Steuerventil 54 nicht oder nur geringstmöglich beeinflußt wird.

[0017] Bei der Testansteuerung des Steuerventils 54 können Korrekturparameter gewonnen werden, die bereits bei der Steuerung der nachfolgenden Kraftstoffeinspritzung verwendet werden können. Der zeitliche Versatz zwischen der Gewinnung der Korrekturwerte und der Steuerung der Kraftstoffeinspritzung ist bei der Testansteuerung des Steuerventils 54 nur etwa halb so groß wie bei der Gewinnung der Korrekturwerte bei der tatsächlich erfolgenen Kraftstoffeinspritzung. Die Genauigkeit der Steuerung der Kraftstoffeinspritzung kann somit nochmals wesentlich erhöht werden. Bei der Testansteuerung des Steuerventils 54 werden direkt vor der Ansteuerung zur Kraftstoffeinspritzung die Korrekturwerte ermittelt.

[0018] Über Leckspalte wird bei der Bewegung des Stellkolbens 62 ein Teil des im hydraulischen Koppler 57 befindlichen Mediums, das vorzugsweise Kraftstoff ist, herausgedrückt. Für einen bestimmungsgemäßen Zusammenhang zwischen Ansteuerspannung des Aktors 58 und eingespritzter Kraftstoffmenge ist jedoch eine ordnungsgemäße Befüllung des Kopplers 57 erforderlich. Daher ist zwischen zwei Einspritzungen eine Wiederbefüllung des Kopplers 57 über einen nicht dargestellten Kanal vorgesehen. Für eine Überprüfung, ob der Koppler 57 auch tatsächlich ordnungsgemäß wiederbefüllt wurde, kann wiederum die Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 herangezogen werden. Nach erfolgtem Ladevorgang des Aktors 58 wird wiederum durch die Spannunsmeßeinrichtung 72 der zeitliche Verlauf der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 überwacht. Es wurde festgestellt, daß nach Beendigung des Ladevorgangs des Aktors 58 der Druck im hydraulischen Koppler 57 infolge abströmenden Mediums sich wieder abbaut. Dieser Druckabfall ist über die Überwachung der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 in Form einer als Funktion der Zeit eintretenden Reduzierung der Spannung nachweisbar. Das Ausmaß dieses zeitlichen Abfalls der Spannung ist dabei auch abhängig vom sogenannten Übersetzungsverhältnis im Koppler 57, also dem Verhältnis der Querschnittsfläche des Stellkolbens 62 zur Querschnittsfläche des Stellkolbens 65 und außerdem vom Verhältnis aus dem erzeugbaren Hub des Steuerventilglieds 56 zu der auf den Koppler 57 einwirkenden Längenänderung des Aktors 58. Die Reduzierung der Spannung hängt zudem in besonders ausgeprägtem Maße vom Befüllungsgrad im Koppler 57 ab. Bei voll befülltem Koppler 57 ist ein vergleichsweise ausgeprägter Spannungseinbruch von beispielsweise etwa 50 V nachweisbar. Dagegen ist dieser Effekt bei nur teilweise befülltem Koppler 57 deutlich geringer, wobei der Spannungseinbruch beispielsweise nur etwa 15 V beträgt.

[0019] Aus der Überwachung der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 wird somit in der Diagnoseeinrichtung 74 eine Diagnoseaussage gebildet, indem nach erfolgter Ladephase des Aktors 58 die Spannung gemessen wird. Nach einer vorgebbaren Wartezeit von beispielsweise etwa 0,25 ms wird die Spannung erneut gemessen. Sodann wird die Differenz beider Meßwerte gebildet und mit einem Grenzwert verglichen. Es kann dabei ein fester Grenzwert vorgegeben sein, der beispielsweise etwa 30 V betragen kann. Alternativ kann jedoch auch ein betriebspunktabhängiger Grenzwert aus einem durch vorherige Eichung gewonnenen, in einem Datenspeichermodul 78 hinterlegten Kennfeld zugrundegelegt werden. Die Wartezeit ist dabei derart wählbar, daß die Messung der Spannung unmittelbar vor einem darauffolgenden Steuereingriff, nämlich vor einer weiteren Anhebung der Spannung, erfolgt.

[0020] Ist die ermittelte Differenz der Spannung größer als der Grenzwert, so wird als Diagnose auf eine vollständige und ordnungsgemäße Wiederbefüllung des Kopplers 57 geschlossen und es wird keine weitere Maßnahme eingeleitet. Ist die ermittelte Differenz der Spannung jedoch kleiner als der Grenzwert, so wird als Diagnose auf eine unvollständige und mangelhafte Wiederbefüllung des Kopplers 57 geschlossen. In diesem Fall wird ein weiterer Vergleich der Differenz der Spannungen mit einem zweiten Grenzwert oder Minimalwert vorgenommen. Durch diesen Vergleich wird noch eine Unterscheidung nach Auswirkungen des Fehlers vorgenommen. Unterschreitet die Differenz der Spannungen auch den zweiten, noch geringeren Grenzwert oder Mi-

nimalwert, so wird ein wesentlicher Fehler diagnostiziert, der beispielsweise eine sofortige Stillegung der Brennkraftmaschine zur Folge hat. Liegt die Differenz der Spannungen hingegen zwar unterhalb des ersten aber oberhalb des zweiten Grenzwertes, so wird ein leichter Fehler diagnostiziert, der zwar einen weiteren Betrieb der Brennkraftmaschine erlaubt, der jedoch für spätere Diagnosezwecke im Datenspeichermodul 78 hinterlegt wird.

[0021] Bei Feststellung eines leichten Fehlers in der Diagnoseeinrichtung 74 wird zudem ein Sollwert für die Ansteuerspannung des Aktors 58 vorgegeben, wobei der Sollwert derart gewählt wird, daß sich trotz der festgestellten nicht vollständigen Befüllung des Kopplers 57 nach einer Ansteuerung der vorgesehene Hub des Steuerventilglieds 56 ergibt. Die vorstehend erläuterte Überwachung der Spannung zwischen den Anschlüssen 61 des Aktors 58 wird vorzugsweise während einer Testansteuerung des Steuerventils 54 in einer Phase durchgeführt, während derer keine Kraftstoffeinspritzung erfolgt.

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzeinrichtung mit einer Steuereinrichtung für eine Brennkraftmaschine mit einem Kraftstoffeinspritzventil (12), das wenigstens ein Einspritzventilglied (34) aufweist, durch das wenigstens eine Einspritzöffnung (36) gesteuert wird, wobei das Einspritzventilglied (34) von dem in einem Druckraum (44) des Kraftstoffeinspritzventils (12) herrschenden Druck in einer Öffnungsrichtung (35) gegen eine Schließkraft beaufschlagt ist, wobei der im Druckraum (44) herrschende Druck durch einen Pumpenkolben (18) einer Kraftstoffhochdruckpumpe (10) erzeugt wird, der durch einen Nocken (22) in einer Hubbewegung angetrieben wird, wobei ein durch einen piezoelektrischen Aktor (58) betätigtes Steuerventil (54) vorgesehen ist, das durch die elektrische Steuereinrichtung (53) ansteuerbar ist, und wobei durch das Steuerventil zumindest mittelbar eine Verbindung (71) des Druckraums (44) mit einem Entlastungsraum Steuerbar ist, wobei bei geschlossenem Steuerventil (54) der Druckraum (44) vom Entlastungsraum getrennt ist, wobei das Steuerventil (54) ein Steuerventilglied (56) aufweist, das über einen hydraulischen Koppler (57) mit dem Aktor (58) gekoppelt ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Steuereinrichtung Mittel umfaßt, womit der Aktor (58) nach einer Aufladephase mit einer zugeordneten Spannungsmeßeinrichtung (72) verbunden ist und daß die Spannung zwischen den elektrischen Anschlüssen (61) des Aktors (58) zur Erkennung der Funktion des Steuerventils (54) überwacht wird.

2. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Spannung zwischen den elektrischen Anschlüssen (61) des Aktors (58) zur Erkennung des Erreichens einer Schließposition des Steuerventilglieds (56) herangezogen wird.

3. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der zeitliche Verlauf der Spannung auf das Auftreten eines Minimums im Kurvenverlauf hin überwacht wird.

4. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die zeitliche Ableitung der Spannung gebildet und auf einen Nulldurchgang hin überwacht wird.

5. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** aus dem ermittelten Zeitpunkt des Erreichens der Schließposition des Steuerventilglieds (56) ein Korrekturwert für einen Steuerparameter der Steuereinrichtung (53) gebildet wird, der bei einer nachfolgenden Kraftstoffeinspritzung berücksichtigt wird.

6. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Spannung zwischen den elektrischen Anschlüssen (61) des Aktors (58) zur Erkennung des Befüllungszustands des Kopplers (57) herangezogen wird.

7. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Differenz zwischen einer unmittelbar nach Beendigung der Aufladephase des Aktors (58) gemessenen Spannung und einer nach Ablauf einer vorgebbaren Wartezeit gemessenen Spannung mit einem Grenzwert verglichen wird.

8. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Spannung zwischen den elektrischen Anschlüssen (61) des Aktors (58) zur Erkennung der Funktion des Steuerventils (54) während einer Testansteuerung des Steuerventils (54) überwacht wird, während derer keine Kraftstoffeinspritzung stattfindet.

9. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Testansteuerung des Steuerventils (54) in einer Hubphase des Pumpenkolbens (18) erfolgt, während der dieser im Druckraum (44) des Kraftstoffeinspritzventils (12) keinen für ein Öffnen des Einspritzventilglieds (34) ausreichenden Druck erzeugt.

10. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der vor-

stehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** diese für jedes Kraftstoffeinspritzventil (12) eine eigene Kraftstoffhochdruckpumpe (10) aufweist, mit einem Pumpenkolben (18), der durch einen Nocken (22) angetrieben wird.

Claims

1. Fuel injection device, having a control device, for an internal combustion engine having a fuel injection valve (12) which has at least one injection valve element (34) by means of which at least one injection opening (36) is controlled, pressure which prevails in a pressure space (44) of the fuel injection valve (12) being applied to the injection valve element (34) in an opening direction (35) counter to a closing force, the pressure prevailing in the pressure space (44) being generated by a pump piston (18) of a fuel high pressure pump (10), said pump piston (18) being driven by a cam (22) in a reciprocating movement and the control valve (54) which is activated by a piezo-electric actuator (58), which can be actuated by the electric control device (53), being provided, and it being possible to control a connection (71) between the pressure space (44) and a relief space at least indirectly by means of the control valve, the pressure space (44) being separated from the relief space when the control valve (54) is closed and the control valve (54) having a control valve element (56) which is coupled to the actuator (58) via a hydraulic coupler (57), **characterized in that** the control device comprises means with which the actuator (58) is connected to an assigned voltage measuring device (72) after a charging phase, and **in that** the voltage between the electrical terminals (61) of the actuator (58) is monitored in order to detect the function of the control valve (54).

2. Fuel injection device according to Claim 1, **characterized in that** the voltage between the electrical terminals (61) of the actuator (58) is used to detect when a closing position of the control valve element (56) is reached.

3. Fuel injection device according to Claim 2, **characterized in that** the time profile of the voltage is monitored for the occurrence of a minimum in the curve profile.

4. Fuel injection device according to Claim 2, **characterized in that** the derivation of the voltage over time is formed and is monitored for a zero crossover.

5. Fuel injection device according to one of Claims 2 to 4, **characterized in that** a correction value for a control parameter of the control device (53) is formed from the time determined when the closing position of the control valve element (56) is reached, said correction value being taken into account during a subsequent fuel injection.

6. Fuel injection device according to one of the preceding claims, **characterized in that** the voltage between the electrical terminals (61) of the actuator (58) is used to detect the filling state of the coupler (57).

7. Fuel injection device according to Claim 6, **characterized in that** a difference between a voltage measured directly after the termination of the charging phase of the actuator (58) and a voltage measured after a predefinable waiting time has expired is compared with a limiting value.

8. Fuel injection device according to one of the preceding claims, **characterized in that** the voltage between the electrical terminals (61) of the actuator (58) is monitored in order to detect the function of the control valve (54) during a test actuation of the control valve (54), during which actuation fuel is not injected.

9. Fuel injection device according to Claim 8, **characterized in that** the test actuation of the control valve (54) takes place in a reciprocating phase of the pump piston (18) during which the latter does not generate sufficient pressure in the pressure space (44) of the fuel injection valve (12) to open the injection valve element (34).

10. Fuel injection device according to one of the preceding claims, **characterized in that** it has a separate fuel high pressure pump (10) for each fuel injection valve (12), said fuel high pressure pump (10) having a pump piston (18) which is driven by a cam (22).

Revendications

1. Dispositif d'injection de carburant comprenant un dispositif de commande pour un moteur à combustion interne, avec un injecteur de carburant (12) présentant au moins un organe d'injecteur (34) par lequel est commandée l'au moins une ouverture d'injection (36), l'organe d'injecteur (34) étant sollicité par la pression régnant dans une chambre de pression (44) de l'injecteur de carburant dans une direction d'ouverture (35) contre une force de fermeture, la pression régnant dans la chambre de pression (44) étant générée par un piston de pompe (18) d'une pompe à carburant haute pression (10), qui est entraîné dans un mouvement de levage par une

came (22), une soupape de commande (54) étant prévue, actionnée par un actionneur piézoélectrique (58) qui peut être commandé par le dispositif de commande (53), et au moyen de la soupape de commande, une communication (71) de la chambre de pression (44) avec une chambre de décharge peut être commandée du moins indirectement, la chambre de pression (44) étant séparée de la chambre de décharge lorsque la soupape de commande (54) est fermée, la soupape de commande (54) présentant un organe de soupape de commande (56) accouplé à l'actionneur (58) par un coupleur hydraulique (57),
caractérisé en ce que
le dispositif de commande comprend des moyens par lesquels l'actionneur (58), après une phase de chargement, est relié à un dispositif de mesure de tension (72) associé, et la tension entre les raccordements électriques (61) de l'actionneur (58) est surveillée pour détecter le fonctionnement de la soupape de commande (54).

2. Dispositif d'injection de carburant selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
la tension entre les raccordements électriques (61) de l'actionneur (58) est utilisée pour détecter l'arrivée dans une position de fermeture de l'organe de soupape de commande (56).

3. Dispositif d'injection de carburant selon la revendication 2,
caractérisé en ce que
l'évolution de la tension dans le temps est surveillée pour détecter la présence d'un minimum dans l'évolution de la courbe.

4. Dispositif d'injection de carburant selon la revendication 2,
caractérisé en ce que
la déviation dans le temps de la tension est formée et surveillée pour détecter un passage par zéro.

5. Dispositif d'injection de carburant selon l'une quelconque des revendications 2 à 4,
caractérisé en ce qu'
à partir du moment déterminé de l'arrivée dans la position de fermeture de l'organe de soupape de commande (56), une valeur de correction est formée pour un paramètre de commande du dispositif de commande (53), dont il est tenu compte lors d'une injection de carburant suivante.

6. Dispositif d'injection de carburant selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
la tension entre les raccordements électriques (61) de l'actionneur (58) est utilisée pour détecter l'état de remplissage du coupleur (57).

7. Dispositif d'injection de carburant selon la revendication 6,
caractérisé en ce qu'
une différence entre une tension mesurée immédiatement après la fin de la phase de chargement de l'actionneur (58) et une tension mesurée après la fin d'un temps d'attente, pouvant être prédéterminé, est comparée avec une valeur seuil.

8. Dispositif d'injection de carburant selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
la tension entre les raccordements électriques (61) de l'actionneur (58) est surveillée pour détecter le fonctionnement de la soupape de commande (54) pendant une commande de test de la soupape de commande (54), pendant laquelle aucun carburant n'est injecté.

9. Dispositif d'injection de carburant selon la revendication 8,
caractérisé en ce que
la commande de test de la soupape de commande (54) est effectuée dans une phase de levage du piston de pompe (18) pendant laquelle celui-ci ne génère pas de pression suffisante dans la chambre de pression (44) pour une ouverture de l'organe d'injecteur (34).

10. Dispositif d'injection de carburant selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
celui-ci présente pour chacun des injecteurs de carburant (12) une pompe à carburant haute pression (10), comprenant un piston de pompe (18) entraîné par une came (22).

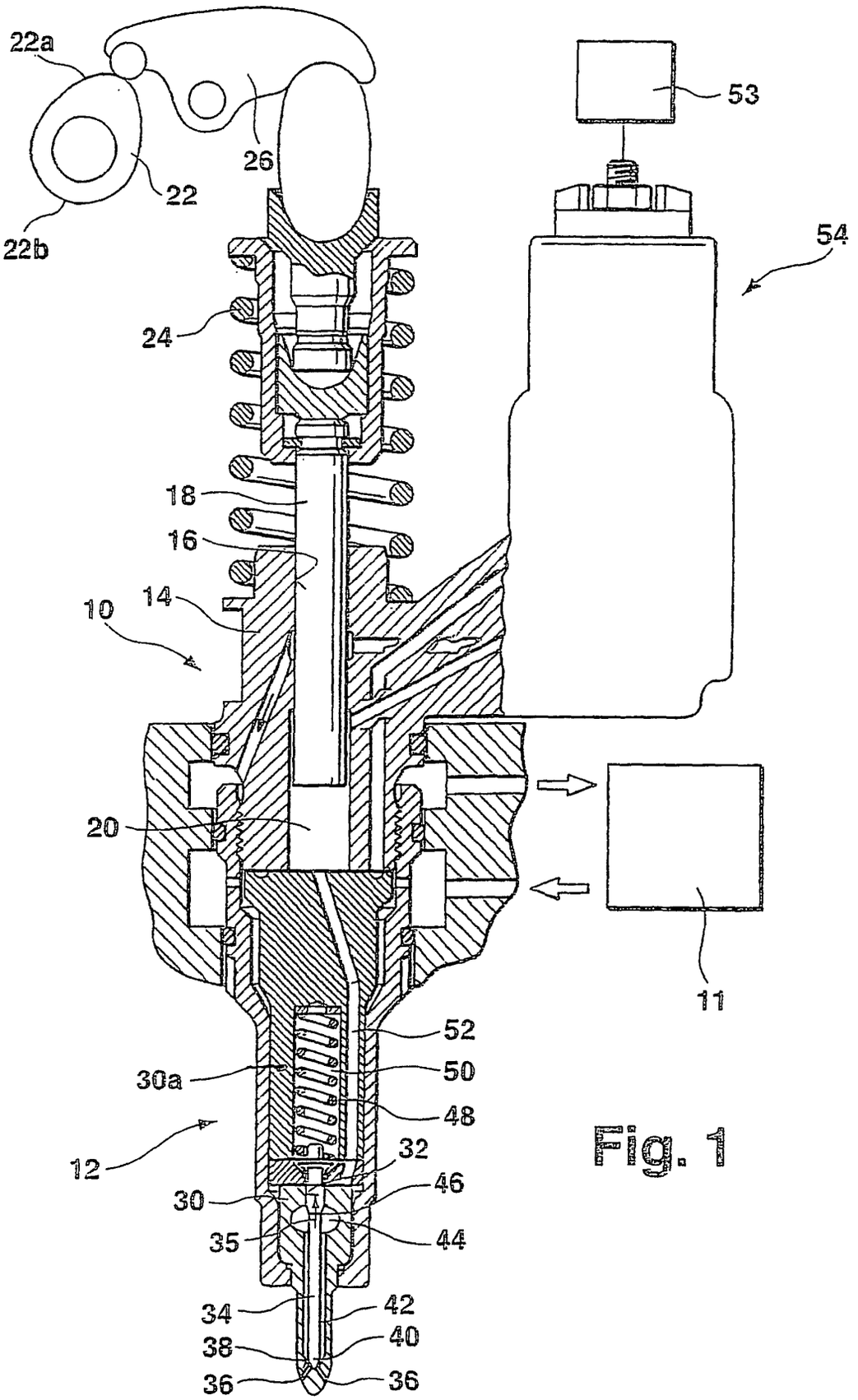

22a
22
22b
26
53
54
24
18
16
14
10
20
11
52
30a
50
48
12
32
46
30
35
44
34
42
38
40
36
36

Fig. 1

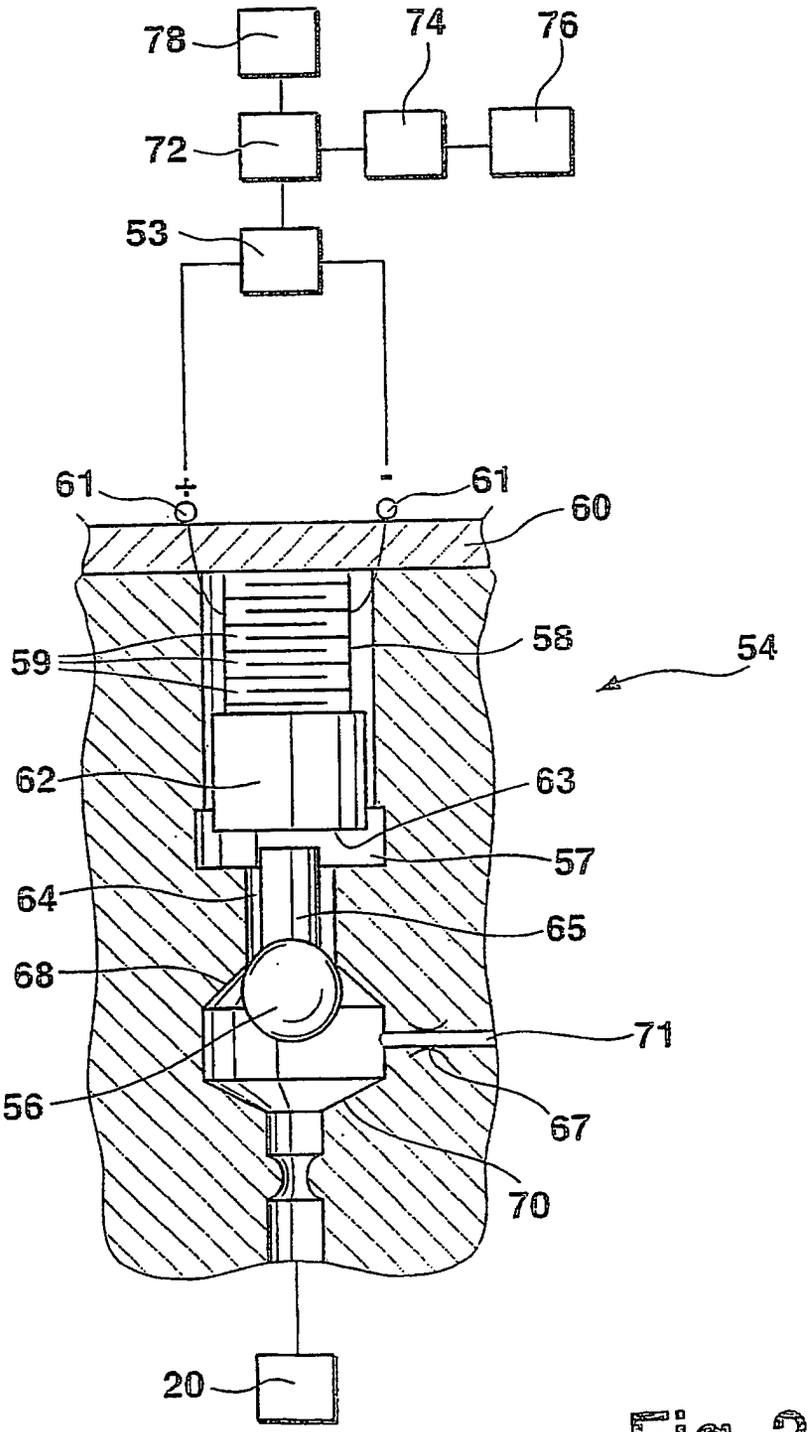


Fig. 2