



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 20 338 T2** 2005.10.06

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 971 119 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 20 338.4**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 305 441.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **08.07.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.01.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **22.09.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.10.2005**

(51) Int Cl.⁷: **F02M 47/02**
F02D 41/38

(30) Unionspriorität:

19348898 08.07.1998 JP

(73) Patentinhaber:

Isuzu Motors Ltd., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Westphal Mussnug & Partner,
78048 Villingen-Schwenningen**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

Minato, Akihiko, Fujisawa-shi, Kanagawa, JP

(54) Bezeichnung: **Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Brennstoff-Speicher-Einspritzsystem, in welchem der Brennstoff unter hohem Druck von einer Speicherschiene durch die Wirkung des Brennstoffdruckes in die Verbrennungsräume von Motoren eingespeist wird.

[0002] Unter verschiedenen Arten von Brennstoffeinspritzsystemen für Motoren ist ein Brennstoff-Speicher-einspritzsystem allgemein bekannt, in welchem der unter hohem Druck in der Speicherschiene gespeicherte Brennstoff den Injektoren zugeführt wird, wobei diese nacheinander unter Einsatz eines Teiles des unter Hochdruck stehenden Brennstoffes als Arbeitsfluid betätigt werden, um damit den von der Speicherschiene zugeführten Brennstoff in die Verbrennungskammern durch Abgabeöffnungen zu zerstäuben, die an den äußersten Enden der Injektoren dargestellt sind.

[0003] In [Fig. 15](#) ist ein Beispiel eines herkömmlichen Brennstoffspeichereinspritzsystemes schematisch dargestellt, wobei eine Zufuhrpumpe **6** den Brennstoff aus einem Brennstofftank **4** durch einen Brennstofffilter **5** ansaugt und diesen unter einem vorausgewählten Einlassdruck zu einer Hochdruckbrennstoff-Versorgungspumpe **8** durch eine Brennstoffleitung **7** drückt. Die Hochdruckbrennstoff-Versorgungspumpe **8** besteht beispielsweise aus einer Brennstoffzufuhr-Druckpumpe, die durch den Motor angetrieben wird und den Brennstoff auf einen hohen Druck anhebt, der in Abhängigkeit von den Maschinenfunktionsbedingungen bestimmt ist und liefert den unter Druck stehenden Brennstoff in die Speicherschiene **2** über eine weitere Brennstoffleitung **9**. Der somit zugeführte Brennstoff wird in der Speicherschiene **2** mit dem vorgewählten Hochdruck gespeichert und in die Injektoren über Injektionsleitungen **3** von der Speicherschiene **2** gedrückt. Die dargestellte Maschine ist ein 6-Zylinder-Motor. Die Injektoren **1** sind an Verbrennungskammern an einem Mehrzylindermotor jeweils eine an einer Kammer angeordnet, wie es für einen 6-Zylinder-Motor in [Fig. 15](#) dargestellt ist.

[0004] Der von der Hochdruckbrennstoffzufuhrpumpe **8** abgegebene Brennstoff kann über eine Brennstoffrückführleitung **10** zurück zum Brennstofftank **4** fließen. Der nicht benötigte Brennstoff, der in jedem Injektor **1** von dem Brennstoff verbleibt, der von der Speicherschiene **2** in den Injektor zugeführt wird, kann zu dem Brennstofftank **4** über eine Brennstoffrückführungsleitung **11** zurückbefördert werden. Der Steuereinheit **12** werden unterschiedliche Signale von Sensoren bezüglich der Motorbetriebsbedingungen zugeführt, wie von einem Kurbelwellenpositionssensor zur Erfassung der Maschinendrehzahl Ne, von einem Beschleunigungspedalsensor zur Erfassung der Auslenkung Ac des Beschleunigungspedales, von einem Hochdruckbrennstofftemperatursensor und Ähnlichem. Zusätzlich beinhalten die Sensoren zur Überwachung der Motorfunktionsbedingungen einen Motorkühlmitteltemperatursensor, einen Einlasskrümmerdrucksensor und ähnliches. An die Steuereinheit **12** wird weiterhin ein erfasstes einzelnes Signal wie der Brennstoffdruck in der Speicherschiene **2** geliefert oder ein Speicherschienendruck, welcher von einem Drucksensor **13** übermittelt wird, der in der Speicherschiene **2** eingebaut ist.

[0005] Die Steuereinheit **12** bestimmt die Brennstoffeinspritzbedingungen einschließlich der Einspritzzeit und der Menge des injizierten Brennstoffes in Abhängigkeit von den zugeführten Signalen, so dass die Funktion des Motors in Bezug auf den Wirkungsgrad des Brennstoffes so wirksam wie möglich abläuft und steuert die Brennstoffeinspritzung entsprechend der zugehörigen Brennstoffeinspritzbedingungen. Die Menge des injizierten Brennstoffes pro Zyklus wird durch die Kombination der Einspritzdauer mit einem Injektionsdruck des zerstäubten Brennstoffes bestimmt, der aus den Injektoren versprüht wird. Der Injektionsdruck ist im Wesentlichen gleich dem Speicherleistendruck, der durch Betätigung eines Durchfluss(Leistungs)steuerventiles **14** gesteuert wird, was zur Regulierung der Menge des gelieferten Hochdruckbrennstoffes zu der Speicherschiene **2** vorhanden ist. Für den Fall, dass die Injektion des Brennstoffes, die aus den Injektoren **1** geschieht, den Brennstoff in der Speicherschiene **2** verbraucht oder es ist erforderlich, die Menge an injiziertem Brennstoff zu verändern, so betätigt die Steuereinheit **12** das Brennstoffdurchfluss(Leistungs)steuerventil **14**, welches seinerseits die Menge des gelieferten Brennstoffes von der Hochdruckbrennstoffzufuhrpumpe **8** zu der Speicherschiene **2** reguliert, wobei der Speicherschienendruck wieder auf den vorausgewählten Brennstoffdruck nachgeführt wird.

[0006] Mit Bezug auf [Fig. 16](#) wird gezeigt, dass ein Injektor, bei dem die Brennstoffeinspritzung gesteuert wird, Folgendes umfasst: einen Injektorkörper **21** und eine Injektionsdüse **22**, die auf dem Injektorkörper **21** befestigt ist und in der eine axiale Bohrung **23** ausgebildet ist, in der ein Nadelventil **24** zur gleitenden Bewegung eingepasst ist. Der unter Hochdruck stehende und zum einzelnen Injektor **1** von der Speicherleite **2** über die verbundene Einspritzleitung **3** zugeführte Brennstoff füllt Brennstoffdurchgänge **31**, **32** und eine Brennstoffkammer **33**, welche in dem Injektorkörper **21** ausgebildet ist. Der unter Hochdruck stehende Brennstoff umfasst weiterhin das Nadelventil **24** in der axialen Bohrung **23**. Darum wird in dem Moment, da das Nadelventil **24** zur

Öffnung angehoben wird, um Abgabeöffnungen **25** an den äußersten Enden der Injektionsdüse **22** zu öffnen, der Brennstoff aus den Abgabeöffnungen **25** in die Verbrennungskammer eingespritzt. An dem äußersten Ende der Injektionsdüse **22** befindet sich ein Brennstoffvolumen **26**, zu dem die Abgabeöffnungen **25** ausgebildet sind. Das Nadelventil **24** weist ein spitz zulaufendes Ende **27** auf, welches sich aufwärts weg oder abwärts in Richtung auf eine ebenfalls spitz zulaufende Oberfläche **28** innerhalb der Injektionsdüse **22** befindet, wobei die Brennstoffeinspritzung beginnt oder beendet wird.

[0007] Der Injektor **1** ist mit einer Nadelventilhebevorrichtung entsprechend dem Typ mit Drucksteuerkammer ausgestattet, um den Hub des Nadelventiles **24** einzustellen. Dies bedeutet, dass der unter hohem Druck stehende Brennstoff, welcher von der Speicherschiene **2** zugeführt ist, teilweise in einer Drucksteuerkammer **40** bereit steht, welche innerhalb des Injektors **1** ausgeführt ist, hinter einem Schlitz **35**, der mit dem Brennstoffdurchgang **31** in Verbindung steht. Der Injektor weist im Kopfbereich desselben ein solenoidbetätigtes Ventil **15** auf, welches einen elektronisch betätigten Aktuator zur Steuerung des Ausflusses der Arbeitsströmung an die Drucksteuerkammer **40** darstellt. Die Steuereinheit **12** betätigt das solenoidbetriebene Ventil **15** entsprechend der Maschinenfunktionsbedingungen, womit der hydraulische Druck des Arbeitsfluides in der Drucksteuerkammer **40** eingestellt wird auf sowohl den Hochdruck des zugeführten Hochdruckbrennstoffes oder auf einen Niederdruck der teilweise in der Drucksteuerkammer **40** abgebaut wird. Ein von der Steuereinheit **12** ausgegebenes Steuersignal ist ein Erregersignal, welches dem Solenoid **38** des solenoidbetätigten Ventiles **15** zugeführt wird. Das solenoidbetätigte Ventil **15** beinhaltet einen Anker **39**, der an seinem Ende ein Ventil **42** zum Öffnen und zum Schließen eines Ausganges für einen Brennstoffleckagepfad **41** aufweist. Bei der Erregung eines Solenoides **38** wandert der Anker **39** nach oben, um das Ventil **42** zu öffnen, wie es durch unterbrochene Linien dargestellt ist, wodurch der Brennstoff in der Drucksteuerkammer **40** ausgetragen werden kann, wobei sich der Hochdruck des Brennstoffes in der Drucksteuerkammer **40** erniedrigt. Obwohl das Ventil **42** als ein Ventiltyp zum Öffnen und Schließen des Ausganges zu dem Brennstoffleckagepfad **41** beschrieben wird, kann es alternativ aus einem Tellerventil bestehen, welches aus einem Ventilstößel aufgebaut ist, welcher sich durch den Brennstoffleckagepfad **41** erstreckt und aus einem spitz zulaufenden Ventilkörper, der am Ende des Ventilstößels zur Verfügung steht und einer Ventilfläche zur Darstellung eines Zusammenwirkens mit einem Ventilsitz am Einlass des Brennstoffleckagepfades **41**.

[0008] Ein Steuerkolben **44** ist zur axialen linearen Bewegung in einer axialen Aussparung **43** in dem Injektorkörper **21** des Injektors **1** ausgebildet. Obwohl der Steuerkolben **44**, dargestellt in der Figur, integral mit dem Nadelventil **24** ausgebildet ist, kann der Steuerkolben getrennt von dem Nadelventil und kombiniert mit jedem anderen dargestellt werden, so dass sie derart erregt werden können, dass sie aufeinander folgen. Wenn das solenoidbetätigte Ventil **15** erregt wird, um den Brennstoffdruck innerhalb der Drucksteuerkammer **40** zu reduzieren, so wird die damit verbundene Kraft, die auf den Steuerkolben **44** wirkt, um diesen abwärts zu drücken, kleiner werden als der Brennstoffdruck, der sowohl an einer sich verjüngenden Oberfläche **34** innerhalb der Kammer **33** ansteht als auch an dem äußersten Ende des Nadelventiles **24**, wobei das Steuerventil **44** sich nach oben bewegt. Folglich hebt das Nadelventil **24** ab, um ein Versprühen des Brennstoffes aus den Abgabeöffnungen **25** zu ermöglichen. Die Menge des injizierten Brennstoffes pro Zyklus wird in Abhängigkeit von dem Brennstoffdruck und sowohl dem Betrag als auch der Dauer des Abhebens des Nadelventiles **24** bestimmt.

[0009] Ein Brennstoffspeichereinspritzsystem oder das druckausgeglichene Brennstoffeinspritzsystem, wie oben beschrieben, wird beispielsweise offenbart in der japanischen offengelegten Patentschrift Nummer 165858/1984 und 282164/1987, in denen der unter Druck von der Speicherleiste **2** in den Injektor **2** zugeführte Brennstoff teilweise zur Versorgung der Drucksteuerkammer **40** oder der Druckausgleichskammer in dem Injektor **1** verwendet wird, wobei dieser als Arbeitsfluid zum Anheben des Nadelventiles **24** dient, um den Brennstoff aus den Abgabeöffnungen **25** injizieren. In der japanischen offengelegten Patentschrift 271881/1981 wird ein Brennstoffeinspritzsystem offenbart, in dem die Brennstoffeinspritzbemessung variabel nach Maßgabe des Betrages der elektrischen Ladungsabgabe des piezoelektrischen Aktors gesteuert wird.

[0010] Für den Fachmann ist es gut bekannt, dass die Motorfunktionsbedingungen in Diesemotoren weitgehend durch die anfängliche Brennstoffeinspritzcharakteristik des Injektors **1** beeinflusst sind. Beispielsweise bewirkt eine große anfängliche Menge der Brennstoffeinspritzung ein großes Aufkommen von Kraftstoffverbrennung am Anfang der Gesamtverbrennung, wobei die Wärmebelastung erhöht ist, womit es sich wiederum anbietet, eine Abnahme der Geräusche und eine Verbesserung der Abgasqualität bei Dieselmotoren voranzutreiben.

[0011] Ein Injektor **1** entsprechend [Fig. 16](#) ist mit einem zweiten solenoidbetätigten Ventil **46** ausgestattet, zusätzlich zu einem ersten solenoidbetätigten Ventil **45** mit einem Anker **39**. Die Aktivierung und Deaktivierung

des zweiten solenoidbetriebenen Ventiles **46** verursacht die Verschiebung eines bewegbaren Teiles **47** des zweiten solenoidbetätigten Ventiles **46**, um damit schrittweise die Position des bewegbaren Teiles **47**, mit dem der Anker **49** zusammenstößt, zu verändern, um dessen Bewegung zu verringern, insbesondere um den wirk-samen Hub des Ankers **39** zu variieren. Wo der Anker **39** seine Bewegung beendet ist, der nächstliegende Ort in dem Pfad bestimmt, in dem der Brennstoff aus der Drucksteuerkammer **40** fließen kann, entweder aus den Brennstoffleckagepfad **41** und der Öffnungsbereich wird zwischen dem Anker **39** und dem Ausfluss des Brennstoffleckagepfades **41** bestimmt, womit die Steuerung des Abfalles des Kraftstoffdruckes aus der Drucksteu-erkammer **40** gesteuert wird. Dies ergibt unterschiedliche Öffnungshübe des Nadelventiles **24**, wodurch der Brennstoffdruck in der Drucksteuerkammer **40** auf ein Gleichgewicht ausbalanciert ist, womit die zwischen dem spitz zulaufenden Ende **27** des Nadelventiles **24** und dem spitz zulaufendes Ventilsitz **28** innerhalb der Einspritzdüse **22** variiert wird, um eine Menge von injiziertem Brennstoff aus den Abgabeöffnungen **25** zu steuern. Das Ventil **42** wird in dessen geschlossene Position durch die Aktivierung einer Rückstellfeder **48** gedrückt.

[0012] Unter Bezug auf [Fig. 17](#) wird eine vergrößerte Teildarstellung eines Injektors **50** nach dem Stand der Technik beschrieben, worin sowohl die Abgabeöffnungen als auch das Nadelventil **24** im Aufbau modifiziert sind, um eine schrittweise Variierung der Menge des eingespritzten Brennstoffes zu ermöglichen. Der Brennstoff wird dem Brennstoffraum **26** an dem äußersten Ende des Injektors **50**, hinter einem Brennstoffdurchgang **58** zugeführt, der in einem radial verjüngten Bereich **57** an dem Ende des Nadelventiles **24** ausgebildet ist und weiter vorbei an einem brennstoffpassierbaren Loch **56** vorbei. Wenn der Hub des Nadelventiles **24** geringer ist als der mit L_1 bezeichnete, so wird der Brennstoff in dem Brennstoffraum **26** lediglich aus Abgabeöffnungen **51** herausgesprüht, welche näher am Boden des Brennstoffraumes **26** angeordnet sind. Im Gegensatz dazu wird, wenn der Hub des Nadelventiles den Abstand von L_2 erreicht, der Brennstoff in dem Brennstoffraum **26** ebenso aus nicht nur den unteren Abgabeöffnungen **51** sondern ebenso aus Abgabeöffnungen **52** ausgetra-gen. Dies ist so zu verstehen, dass die Menge von injiziertem Brennstoff bei einem kleineren Hub des Nadel-ventiles **24** oder bei einem anfänglichen Teil des Hubes der Ventilnadel **24** verringert wird.

[0013] Trotzdem weisen Injektoren nach dem Stand der Technik, wie sie oben beschrieben sind, wesentliche Probleme hinsichtlich des notwendigen Einsatzes eines zusätzlichen solenoidbetätigten Ventiles auf, wobei die Probleme hinsichtlich Gestalt und Aufbau nicht nur in Bezug auf die Einspritzdüse sondern ebenso auf die Aus-tragsöffnungen durch die ein Ansteigen der ^{Her}stellkosten und eine Verringerung der Produktivität einhergeht auftreten. Bei der Struktur, dass die Austragsöffnungen in beabstandeten Reihen in einer axialen Richtung der Injektionsdüse angeordnet sind, sind lediglich zwei Muster der Injektionsbemessung zulässig, womit eine Steu-erung der Menge des injizierten Brennstoffes nach Maßgabe der Rotationsgeschwindigkeit und der Maschi-nenleistung, welche über einen breiten Bereich entsprechend variabel sind, schwer zu steuern ist. Unter Bezug auf die grafische Darstellung der Brennstoffeinspritzdosierung in Abhängigkeit von der Zeit stellt das zugehö-rige Integral die Menge an injiziertem Brennstoff dar, während eine Differenzbildung die Rate der Veränderung der Injektionsmenge angibt. Folglich wird die grafische Kurve der Brennstoffbemessung im anfänglichen Teil der Brennstoffeinspritzung die Wärmebelastung bei der anfänglichen Verbrennung beeinflussen und weist ei-nen wesentlichen Einfluss auf das Motorgeräusch und die Abgasqualität auf. Die Brennstoffeinspritzbemes-sung wird durch den Hub des Nadelventiles **24** gesteuert, welcher durch den innerhalb der Drucksteuerkam-mer anliegenden Druck bestimmt wird, was wiederum durch die Funktion des in dem Injektor betriebenen Ak-tuators festgelegt ist. Um das obige Problem zu behandeln, wird über die Entwicklung des Brennstoffeinspritz-systemes nachgedacht, worin die Steuerung der Funktion des Aktuators eine Steuerung der Einspritzbetrages bewirkt.

[0014] Die US 5,133,645 offenbart ein Brennstoffspeichereinspritzsystem, welches aus einer Hochdruck-brennstoffpumpe besteht, Düsen und einer Schiene oder Schienen mit einem im Wesentlichen konstanten In-nendruck, welche zwischen der Brennstoffpumpe und den Düsen gelagert ist, den notwendigen Brennstoffver-bindungsleitungen und dem elektronischen Steuersystem. Die Pumpe ist so aufgebaut, dass die Brennstoffle-ckage bei jeder Hubabgabe unterstützt, ohne die Notwendigkeit, dass diese Brennstoffleckage durch die pri-märe Versorgung geleitet wird.

[0015] Die US 5,713,326 offenbart eine Injektionsdüse zum Einsatz in einem Speichereinspritzsystem, wel-ches einen Düsenkörper mit einem Aktuator Kolben aufweist. Eine Elektrodensteuervorrichtung ist mittels ihres Ausgangssignales mit der Injektionsdüse verbunden.

[0016] Ein piezoelektrischer Injektor wird offenbart durch die Literaturstelle: Rumphorst M: „Ein neues elek-tronisches Hochdruck-Einspritzsystem für Dieselmotoren" in MTZ Motortechnische Zeitung, Seiten 142-148, XP 000490673.

[0017] Die vorliegende Erfindung hat als vordringliches Ziel die Bereitstellung eines Brennstoffspeichereinspritzsystems, in dem die Brennstoffinjektion beliebig ausgewählt und über weite Bereiche der Drehgeschwindigkeit und der Maschinenleistung auswählbar ist, indem lediglich der konventionelle Aktuator gesteuert wird, ohne dass zusätzliche oder neue Mittel und/oder eine besondere Modifizierung des Aufbaues notwendig wären, was die Herstellungskosten erhöhen würde.

[0018] Durch die vorliegende Erfindung wird ein Brennstoffspeichereinspritzsystem bereitgestellt, welches Injektoren zum Versprühen von Brennstoff in Brennstoffkammern eines Motors beinhaltet, sowie eine Speicherleiste, von der der Brennstoff zu den Injektoren zur Verfügung steht, eine Brennstoffhochdruckeinspritzpumpe zur Lieferung des Brennstoffes zu der Speicherleiste, Erfassungsmittel zur Darstellung von Maschinenfunktionsbedingungen und eine Steuereinheit zur Regulierung der Brennstoffeinspritzung aus den Injektoren gemäß der Signale, die von den Erfassungsmitteln angezeigt werden, worin jeder der Injektoren eine Drucksteuerkammer aufweist, die mit einem Teil des Kraftstoffes von dem Hochdruckspeicher versorgt ist, ein Nadelventil, welches aufwärts und abwärts in Abhängigkeit von einer hydraulischen Betätigung des Kraftstoffes in der Drucksteuerkammer bewegbar ist, um damit Abgabeöffnungen an einem äußeren Ende des Injektors zu öffnen und zu schließen, ein Ventil zur Durchführung der Kraftstoffabgabe aus der Drucksteuerkammer heraus, wobei resultierend der Kraftstoffdruck in der Drucksteuerkammer herabgesetzt ist, und ein Betätigungsglied zur Ansteuerung des Ventiles, worin die Steuereinheit gemäß der von dem Erfassungsmittel übertragenen Signal ein Erregersignal erzeugt, um das Betätigungsglied zu erregen, welches wiederum einen Öffnungsbereich des Ventiles reguliert, was eine Steuerung der Kraftstoffeinspritzung aus den Injektoren zur Folge hat, und dadurch gekennzeichnet dass, dass die Speichereinheit folgendes speichert: Erste Aufzeichnungsdaten für eine im Voraus bestimmte Korrelation zwischen einer anfänglich gesteuerten Variablen der Kraftstoffeinspritzung in einem frühen Bereich der Kraftstoffeinspritzung und einer geforderten Menge an eingespritztem Kraftstoff, und weiterhin zweite Aufzeichnungsdaten für eine im Voraus bestimmte Korrelation von einem gewünschten Speicherdruck (Pf), der anfänglich gesteuerten Variablen der Kraftstoffeinspritzung und dem Erregersignal, womit auf der Basis der von dem Erfassungsmittel übertragenen Signale die geforderte Menge des eingespritzten Kraftstoffes und der geforderte Speicherdruck (Pf) entsprechend der geforderten Menge an eingespritztem Kraftstoff ermittelbar ist, und wobei anhand der ersten Aufzeichnungsdaten die anfänglich gesteuerte Variable der Kraftstoffeinspritzung gemäß der geforderten Menge des einzuspritzenden Kraftstoffes ermittelbar ist, und die Berechnung des mit der anfänglich gesteuerten Variablen der Kraftstoffeinspritzung korrespondierenden Erregersignales anhand der zweiten Aufzeichnungsdaten möglich ist.

[0019] Die Steuereinheit erzeugt ein Erregersignal nach Maßgabe der Signale, die von dem Erfassungsmittel zur Überwachung der Motorfunktionsbedingungen übertragen werden und das daraus folgende Erregersignal aktiviert den Aktuator, welcher darauf das mit ihm verbundene Ventil betätigt, derart, dass das Ventil für einen Hub in einem Bereich gesteuert wird, in dem der Öffnungsbereich variieren kann, womit das Abheben der Ventiltadel regulierbar ist und folglich die Brennstoffeinspritzung aus den Abgabeöffnungen an dem äußersten Ende des Injektors steuerbar ist. Durch vorausgehende Bereitstellung von Daten über einen Zusammenhang zwischen dem Erregersignal, welches auf den Aktuator aufgebracht ist, und der Brennstoffeinspritzbemessung oder ähnlichem, kann der Brennstoff unter optimalen Brennstoffeinspritzbedingungen eingespritzt werden, beispielsweise bei der anfänglichen Brennstoffeinspritzung gemäß der Motorfunktionsbedingungen.

[0020] Entsprechend einem Ziel der Erfindung wird ein Hochdruckspeicherbrennstoffeinspritzsystem offenbart, worin der Aktuator aus piezoelektrischen Elementen zusammengestellt ist. In diesem Fall besteht das Erregersignal aus einer Erregerspannung, die an die piezoelektrischen Elemente angelegt wird. Als Alternative kann der Aktuator aus einem elektromagnetischen Solenoid bestehen und das Erregersignal wird durch eine Erregerspannung dargestellt, die an das Solenoid angelegt wird oder durch einen Erregerstrom, der dem Solenoid zugeführt wird.

[0021] In Bezug auf ein weiteres Ziel der Erfindung wird ein Hochdruckspeicherbrennstoffeinspritzsystem offenbart, worin das aktuatorbetätigte Ventil ein Anhebeventil zum Öffnen und Schließen eines Ausganges eines Brennstoffleckagepfades ist, durch den der Brennstoff aus der Drucksteuerkammer abgegeben wird. Alternativ kann das aktuatorbetätigte Ventil ein Tellerventil sein, welches einen Ventilstößel aufweist, der sich durch den Brennstoffleckagepfad hindurch erstreckt um eine Leckage aus der Drucksteuerkammer zu ermöglichen, und einen auf dem Ventilstößel befestigten Ventilkopf auf der Seite der Drucksteuerkammer mit einer Ventilfläche, die in Kontakt mit einem Ventilsitz kommen kann, der an einem Eintritt in den Brennstoffleckagepfad ausgebildet ist.

[0022] Entsprechend der vorliegenden Erfindung speichert die Steuereinheit Folgendes: Erste Aufzeich-

nungsdaten für eine im Voraus bestimmte Korrelation zwischen einer anfänglich gesteuerten Variablen der Kraftstoffeinspritzung in einem frühen Bereich der Kraftstoffeinspritzung und einer geforderten Menge an eingespritztem Kraftstoff und weiterhin zweite Aufzeichnungsdaten für eine im Voraus bestimmte Korrelation von einem geforderten Speicherdruck der anfänglich gesteuerten Variablen der Kraftstoffeinspritzung und dem Erregersignal, womit auf der Basis der von dem Erfassungsmittel übertragenen Signale die geforderte Menge des einzuspritzenden Kraftstoffes und der geforderte Speicherdruck entsprechend der geforderten Menge an eingespritztem Kraftstoff ermittelbar ist, wobei anhand der ersten Aufzeichnungsdaten die anfänglich gesteuerte Variable der Kraftstoffeinspritzung gemäß der geforderten Menge des einzuspritzenden Kraftstoffes ermittelbar ist, und die Bereitstellung des mit der anfänglich gesteuerten Variablen der Kraftstoffeinspritzung korrespondierenden Erregersignales auf der Basis der zweiten Aufzeichnungsdaten möglich ist. Das heißt, dass die folgende Ermittlung der gewünschten Menge des injizierten Kraftstoffes und der gewünschte Speicherschie-nendruck nach Maßgabe der Motorfunktionsdaten geschieht, wobei die anfänglich gesteuerte Variable der Kraftstoffeinspritzung danach basierend auf den ersten aufgezeichneten Daten gemäß der gewünschten Menge des injizierten Kraftstoffes ermittelt wird, und das Erregersignal zur Ansteuerung des Injektors wird auf der Basis der zweiten aufgezeichneten Daten nach Maßgabe mit der anfänglich gesteuerten Variablen der Brennstoffeinspritzung berechnet, wobei die Kraftstoffeinspritzung mit der anfänglich gesteuerten Variablen der Kraftstoffinjektion erreichbar ist.

[0023] Als weiteres Ziel der Erfindung wird ein Hochdruckbrennstoffeinspritzsystem offenbart, worin die anfänglich gesteuerte Variable der Kraftstoffeinspritzung eine beliebige anfängliche Menge von injiziertem Kraftstoff darstellt, wie eine anfängliche Kraftstoffinjektionsbemessung und eine Wechselrate der anfänglichen Kraftstoffinjektionsbemessung. Insbesondere kann in Abhängigkeit von dem Muster des verwendeten Erregersignales jede gewünschte anfängliche Menge von injiziertem Kraftstoff, von anfänglicher Kraftstoffinjektionsbemessung und der Wechselrate der anfänglichen Kraftstoffbemessung so ausgelegt werden, um auf den gewünschten zugehörigen Wert angepasst zu sein, um die Kraftstoffeinspritzung zu steuern. Entsprechend dem Brennstoffspeichereinspritzsystem der vorliegenden Erfindung ist bekannt gewesen, dass die Injektionsbemessung während der frühen Phase der Injektionsdauer beispielsweise für 0,5 ms ab dem Start der Brennstoffinjektion linear mit der Zeit anwächst und existiert eine gemeinsame proportionale Korrelation unter der anfänglichen Menge von eingespritztem Brennstoff in einem frühen Bereich der Brennstoffeinspritzdauer, die Injektionsbemessung und der Wechselrate der Brennstoffeinspritzbemessung, so dass die Wechselrate der Injektionsbemessung beispielsweise als Parameter zur Steuerung verwendet werden kann.

[0024] In dem Brennstoffspeichereinspritzsystem der vorliegenden Erfindung wirkt sich die Steuerung des auf den Aktuator anzuwendenden Erregersignales so aus, dass sich ein Druckabfall in der Drucksteuerkammer einstellt, um damit den Hub des Nadelventiles zu steuern. Dies ermöglicht die Steuerung der Kraftstoffeinspritzung nicht nur gemäß der Menge des einzuspritzenden Kraftstoffes, sondern ebenso gemäß der Kraftstoffeinspritzbemessung und der Wechselrate der Injektionsbemessung. Entsprechend kann die vorliegende Erfindung das Brennstoffspeichereinspritzsystem bereitstellen, in dem die Kraftstoffeinspritzung beliebig und kontinuierlich über weite Bereiche der Drehgeschwindigkeit und der Motorlast auswählbar ist, indem lediglich die Steuerung des konventionellen Aktuators modifiziert wird, ohne dass zusätzliche weitere neue Mittel und/oder die besondere Modifizierung im Aufbau notwendig wäre, wodurch ansonsten ein Anstieg der Produktionskosten einher ginge.

[0025] Andere Ziele und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden für den Fachmann bei der Beachtung der begleitenden Zeichnungen und der folgenden Spezifikationen deutlich, worin sämtliche offenbarten bevorzugten Ausgestaltungen der Erfindung mit den Variationen, Modifikationen und Teilbetrachtungen sich im Rahmen der beigefügten Patentansprüche bewegen, ohne vom Rahmen der Erfindung abzuweichen.

[0026] Die Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung werden nun beispielhaft und unter Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, wobei Folgendes dargestellt ist:

[0027] [Fig. 1](#) zeigt ein Flussdiagramm für eine Brennstoffeinspritzsteuerung, in welcher die anfänglich gesteuerte Variable der Brennstoffeinspritzung eine anfängliche Brennstoffeinspritzbemessung in einem Hochdruckbrennstoffeinspritzsystem entsprechend der vorliegenden Erfindung darstellt,

[0028] [Fig. 2](#) zeigt ein schematisches Blockdiagramm mit der Darstellung der Steuerung der Wechselrate der anfänglichen Brennstoffinjektionsbemessung entsprechend [Fig. 1](#),

[0029] [Fig. 3](#) zeigt eine schematische Darstellung eines Injektors, der zum Einsatz in einem Hochdruckspeicherbrennstoffeinspritzsystem der vorliegenden Erfindung angepasst ist,

- [0030] [Fig. 4](#) zeigt eine in Teilbereichen vergrößerte Darstellung über die Brennstoffleckage aus der Drucksteuerkammer des Injektors, wie er in [Fig. 3](#) dargestellt ist,
- [0031] [Fig. 5](#) zeigt eine grafische Darstellung einer Korrelation des Öffnungsbereiches eines aktuatorbetätigten Ventiles gegen den Hub eines bewegbaren Teiles,
- [0032] [Fig. 6](#) zeigt eine grafische Darstellung mit besonderen Anziehungs-Merkmalen eines solenoidbetätigten Ventiles, welches von einem Erregerstrom gesteuert wird,
- [0033] [Fig. 7](#) zeigt eine grafische Darstellung mit besonderen Anziehungs-Charakteristika eines solenoidbetätigten Ventiles, welches anhand eines Erregerstromes gesteuert wird,
- [0034] [Fig. 8](#) zeigt eine grafische Darstellung mit einer Reaktionscharakteristik eines piezoelektrischen Elementes,
- [0035] [Fig. 9](#) zeigt eine zusammengesetzte Kurve, die Brennstoffeinspritzcharakteristika darstellt, die vom solenoidbetätigten Ventil mittels der Erregerspannung gesteuert werden,
- [0036] [Fig. 10](#) zeigt eine zusammengesetzte Kurve, welche die Brennstoffeinspritzcharakteristika darstellt, die durch das solenoidbetätigte Ventil mittels des Erregerstromes gesteuert wird,
- [0037] [Fig. 11](#) zeigt eine zusammengesetzte Kurve mit Brennstoffeinspritzcharakteristika, welche durch das piezoelektrische Element verursacht sind,
- [0038] [Fig. 12](#) zeigt eine grafische Darstellung einer Korrelation von Erregerspannung gegen anfängliche Brennstoffeinspritzbemessung im Falle des solenoidbetätigten Ventiles, welches durch Erregerspannung gesteuert ist,
- [0039] [Fig. 13](#) zeigt eine grafische Darstellung einer Korrelation eines Erregerstromes gegen die anfängliche Brennstoffeinspritzbemessung im Falle des solenoidbetätigten Ventiles, gesteuert durch den Erregerstrom,
- [0040] [Fig. 14](#) zeigt eine zusammengesetzte Kurve mit der Darstellung von Variationen eines Speicherschiebendruckes und einer Brennstoffeinspritzbemessung als Reaktion auf einen Erregerpuls,
- [0041] [Fig. 15](#) zeigt eine schematische Veranschaulichung einer Anordnung eines herkömmlichen Brennstoffspeichereinspritzsystemes,
- [0042] [Fig. 16](#) zeigt eine schematische Teildarstellung eines Injektors, in dem das herkömmliche Brennstoffspeichereinspritzsystem eingesetzt ist, und
- [0043] [Fig. 17](#) zeigt eine in Teilen vergrößerte Ansicht eines weiteren Injektors nach dem Stand der Technik, in dem das herkömmliche Brennstoffspeichereinspritzsystem verwendet ist.
- [0044] Eine bevorzugte Ausgestaltung eines Brennstoffspeichereinspritzsystemes für Motoren entsprechend der vorliegenden Erfindung wird nun unter Bezug auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 14](#) näher erläutert. Das Brennstoffspeichereinspritzsystem, wie oben in Verbindung mit der [Fig. 15](#) beschrieben, ist im Wesentlichen mit einem System entsprechend der vorliegenden Erfindung verwendbar. Das Verhältnis der Brennstoffeinspritzbemessung mit dem Betrieb eines Aktuators wird im Folgenden in Verbindung mit einem allgemein gebräuchlichen Injektor **60** in [Fig. 3](#) gezeigt.
- [0045] Verglichen mit dem Injektor entsprechend [Fig. 16](#) ist der Injektor **60** im Wesentlichen gleich dem oben beschriebenen Injektor ausgebildet, mit der Ausnahme, dass der Aktuator aus einem einzigen solenoidbetätigten Ventil **65** zusammengestellt ist und die Drucksteuerkammer **40** mit dem Brennstoff über die Brennstoffdurchgänge **35**, **36** versorgt wird. Die meisten Bestandteile des Systemes sind somit die gleichen wie oben beschrieben. In diesem Ausmaß sind die Bestandteile mit den gleichen Bezugszeichen versehen, so dass die vorausgehende Beschreibung auf den Injektor **60** anwendbar ist. Darüber hinaus wird die Brennstoffleckage über das Ventil **42** wieder hergestellt über seitliche Niederdruckrückführungsleitungen **11**.
- [0046] Im Folgenden werden Gleichungen genannt, die für den Injektor **60** zutreffen:
- (1) Die Gleichung der Kontinuität/Stabilität [Gleichung 1] bezogen auf die Druckspeicherkammer **40** kann

dargestellt werden als

$$\mu_{in} \cdot A_{in} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_{cr} - P_{cc})}{\rho}} - \mu_{ex} \cdot A_{ex} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_{cc} - P_b)}{\rho}} + A_{nb} \cdot \frac{dx_n}{dt} - \frac{V_{cc}}{K} \cdot \frac{dP_{cc}}{dt} = 0 \quad [1]$$

Mit μ ist der Durchflusskoeffizient am Einlass der Drucksteuerkammer dargestellt,
 A_{in} bezeichnet den Öffnungsbereich am Einlass der Drucksteuerkammer,
 P_{cr} bezeichnet den Speicherschienendruck,
 P_{cc} bezeichnet den Brennstoffdruck in der Drucksteuerkammer,
 ρ ist die Dichte des Brennstoffes,
 μ_{ex} ist der Durchflusskoeffizient am Ausgang der Drucksteuerkammer,
 $A_{ex} = f(X_c)$ ist der Öffnungsbereich am Ausgang der Drucksteuerkammer,
 X_c ist der Hub des aktuatorbetätigten Ventiles,
 P_b ist der zurückwirkende Druck,
 X_n ist der Hub des Nadelventiles,

$$A_{nb} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{nb}^2$$

D_{nb} ist der äußerste Durchmesser des Nadelventiles

V_{cc} ist das Volumen der Drucksteuerkammer

K ist das Volumen des Modulus

(2) Die Gleichung der Kontinuität ist Gleichung [2] und kann in Bezug auf den Brennstoffraum **26** geschrieben werden als

$$\mu'_{in} \cdot A'_{in} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_{cr} - P_s)}{\rho}} - \mu'_{ex} \cdot A'_{ex} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_s - P_b)}{\rho}} + A_{ns} \cdot \frac{dx_n}{dt} - \frac{V_s}{K} \cdot \frac{dP_s}{dt} = 0 \quad [2]$$

μ'_{in} stellt den Flusskoeffizienten am Einlass des Brennstoffraumes dar

μ'_{ex} stellt den Flusskoeffizienten am Auslass des Brennstoffraumes dar

$A'_{in} = f(X_n)$ bedeutet den Öffnungsbereich am Einlass des Brennstoffraumes

$$A'_{ex} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{nh}^2 \cdot n$$

bedeutet den Öffnungsbereich am Auslass des Brennstoffraumes

$$A_{ns} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{ns}^2$$

D_{ns} ist der innere Durchmesser des Brennstoffraumes

D_{nh} ist der Durchmesser einer Abgabeöffnung

n bedeutet die Anzahl der Abgabeöffnungen

V_s bedeutet das Volumen des Brennstoffraumes

K bedeutet das Volumen des Modulus

[0047] Für die obigen grundlegenden Gleichungen kann die Gleichung [1] mit Ausdrücken der Bewegungsgeschwindigkeit des Nadelventiles **24** dargestellt werden

$$\frac{dx_n}{dt} = \frac{1}{A_{nb}} \cdot \left(\mu_{ex} \cdot A_{ex} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_{cc} - P_b)}{\rho}} - \mu_{in} \cdot A_{in} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_{cr} - P_{cc})}{\rho}} + \frac{V_{cc}}{K} \cdot \frac{dP_{cc}}{dt} \right) \quad [3]$$

[0048] Die Kombination von Gleichung [2] und Gleichung [3] und die Auflösung nach dem Ausdruck der Brennstoffeinspritzbemessung ergibt

$$\begin{aligned}
\frac{dG}{dt} &= \mu'_{ex} \cdot A'_{ex} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_s - P_b)}{\rho}} \\
&= \mu'_{in} \cdot A'_{in} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_{cr} - P_s)}{\rho}} \\
&+ \frac{A_{ns}}{A_{nb}} \cdot \left(\mu_{ex} \cdot A_{ex} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_{cc} - P_b)}{\rho}} - \mu_{in} \cdot A_{in} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_{cr} - P_{cc})}{\rho}} + \frac{V_{cc}}{K} \cdot \frac{dP_{cc}}{dt} \right) - \frac{V_s}{K} \cdot \frac{dP_s}{dt}
\end{aligned} \quad [4]$$

[0049] Für die obige Gleichung [4] kann die folgende Gleichung [5] zu der Zeit, wenn das Nadelventil mit der Öffnung beginnt, angesetzt werden, wonach die Gleichung [4] geschrieben werden kann als

$$\frac{dP_{cc}}{dt} = 0, \quad \frac{dP_s}{dt} = 0, \quad P_{cc} = P_{cr}, \quad P_s = P_b, \quad A'_{in} = 0 \quad [5]$$

$$\frac{dG}{dt} = \mu_{ex} \cdot A_{ex} \cdot \frac{A_{ns}}{A_{nb}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_{cr}}{\rho}} \quad [6]$$

[0050] Wie in Gleichung [6] ersichtlich, sollte die Brennstoffeinspritzbemessung lediglich von dem Öffnungsbereich am Auslass der Drucksteuerkammer **40** abhängig sein, wenn die Gestaltung des Speicherschienen-druckes und des Nadelventiles **24** oder der Einspritzdüse **22** bestimmt sind. Nebenbei ist zu bemerken, dass eine feste Korrelation entsprechend [Fig. 5](#) zwischen dem Öffnungsbereich am Auslass der Drucksteuerkammer **40** und dem Ventil **42** besteht. Die Brennstoffeinspritzbemessung kann somit durch Verschiebung des Ventiles **42** gesteuert werden bis zu der Hubstellung, an der die geringste Öffnung am Ausgang des Brennstoffle-kagepfades **41** anliegt. Als Alternative kann die modifizierte Gleichung [6] folglich geschrieben werden als

$$\frac{dG}{dt} = \mu_{ex} \cdot A_{ex} \cdot \frac{A_{ns}}{A_{nb}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_{cr}}{\rho}} = \mu_{ex} \cdot f(x_c) \cdot \frac{A_{ns}}{A_{nb}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_{cr}}{\rho}} \quad [7]$$

[0051] Die Menge des injizierten Brennstoffes wird dargestellt durch das Integral der Brennstoffinjektionsbe-messung mit den Ausdrücken der Zeit und kann dadurch geschrieben werden als

$$\int dG = \mu_{ex} \cdot \frac{A_{ns}}{A_{nb}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_{cr}}{\rho}} \cdot \int f(x_c) \cdot dt \quad [8]$$

[0052] Um die anfängliche Menge des injizierten Brennstoffes zu reduzieren, wie es der Gleichung [8] ent-spricht, muss das Ventil **42** nicht notwendiger Weise den anliegenden Hub beibehalten, sondern eine Verlang-samung seiner Hubbewegung kann ausreichend sein.

[0053] Im Folgenden wird die Bewegungsgleichung des Ventiles **42** mit allgemeinen Ausdrücken dargestellt.

$$m \cdot \frac{d^2 x_c}{dt^2} + c \cdot \frac{dx_c}{dt} + k \cdot x_c = F_{sv}(t) - F_{set} - F_p \quad [9]$$

m stellt das Gewicht des bewegbaren Teiles dar
 x_c stellt den Hub des aktuatorbetätigten Ventiles dar
c stellt den Dämpfungskoeffizienten dar
k stellt die Federkonstante dar
 $F_{sv}(t)$ stellt die Kraft des Aktuators dar
 F_{set} stellt die Einstellkraft dar

$$F_p = \frac{\pi}{4} \cdot D_{ps}^2 \cdot P_{cc}$$

Dps stellt den Durchmesser des Ventiles dar
 Pcc stellt den Brennstoffdruck der Drucksteuerkammer dar.

[0054] Die Gleichung [9] zeigt, dass die Hubgeschwindigkeit des Ventiles **42** verlangsamt werden kann mit der Unterdrückung des Eingangssignales von dem Aktuator. Dies bedeutet, dass die Brennstoffeinspritzbemessung regulierbar ist durch entweder die Positionssteuerung oder die Geschwindigkeitssteuerung des Ventiles **42**.

[0055] Im Folgenden wird beschrieben, wie die Steuerung der Brennstoffeinspritzbemessung gemäß des Hubes des aktuatorbetätigten Ventiles abläuft. Unter Bezug auf [Fig. 4](#), worin ein in Teilen vergrößerter Bereich der Brennstoffleckage des aus der Drucksteuerkammer **40** in den Injektor **60** in [Fig. 3](#) austretenden Brennstoffes dargestellt ist, wird, wenn der Hub L des Ventiles **42** geringer ist, der Betrag der Brennstoffleckage aus der Drucksteuerkammer **40** über den Brennstoffleckagepfad **41** nicht von dem Brennstoffleckagepfad **41** abhängen, sondern wird bestimmt sein durch einen offenen Raum **61**, der zwischen dem Anker **39** und dem Auslass des Brennstoffleckagepfades **41** dargestellt ist. Dies bedeutet, dass der offene Bereich Sa, der sich über dem offenen Raum **61** aufspannt, kleiner ist als der Querschnittsbereich Sb des Brennstoffleckagepfades **41**, so dass die engste Positionierung an dem offenen Raum **61** bereitgestellt wird. Wenn der Hub des Ventiles **42** anwächst, so erweitert sich der offene Bereich Sa an dem offenen Raum **61** und wird größer als der Querschnittsbereich Sb des Brennstoffleckagepfades **41**, so dass der Betrag der Brennstoffleckage aus der Drucksteuerkammer **40** durch den Brennstoffleckagepfad **41**, welcher jetzt die engste Positionierung aufweist, dominiert wird.

[0056] Entsprechend wird, wie in [Fig. 5](#) sichtbar, der Öffnungsbereich S des Ventiles **42** anwachsen, da der Hub L des Ventiles **42** anwächst, solange wie der Hub L geringer ist als ein fester Abstand L_0 . Im Gegensatz dazu wird der Öffnungsbereich S bei dem Querschnittsbereich Sb des Brennstoffleckagepfades **41** gehalten, nachdem der Hub L den festen Abstand L_0 erreicht hat. Der Betrag des durch die Leckage aus der Drucksteuerkammer **40** austretenden Brennstoffes kann gemäß dem Hub des Ventiles **42** gesteuert werden, vorausgesetzt dass der Hub nicht L_0 übersteigt. Dies ist der hauptsächliche Grund für die Auslegung, dass die Steuerung des Hubes des Ventiles sich entsprechend in der Einstellung des Hubes der Ventilnadel **24** widerspiegelt, um damit die Brennstoffeinspritzbemessung zu regulieren.

[0057] Der in der vorliegenden Erfindung verwendete Aktuator kann zusammengestellt sein aus einem (a) solenoidbetätigten Ventil und einem (b) piezoelektrischen Element, von denen beide die charakteristischen Eigenschaften aufweisen, wie sie oben beschrieben sind.

(a) Solenoidbetätigtes Ventil

[0058] Wenn ein Erregerstrom für das solenoidbetätigte Ventil auftritt, so wird eine elektromagnetische Anziehungscharakteristik, wie sie in [Fig. 6](#) dargestellt ist, zwischen dem Erregerstrom und der entsprechenden Anziehungskraft in dem solenoidbetätigten Ventil auftreten, wobei diese durch den Erregerstrom gesteuert ist. Andererseits wird, wenn dem solenoidbetätigten Ventil ein Signal einer Erregerspannung zugeführt wird, eine Anziehungsreaktionscharakteristik, entsprechend [Fig. 7](#), zwischen der Erregerspannung und der entsprechenden Anziehungsreaktion zeitverzögert in dem solenoidbetätigten Ventil auftreten, was durch die Erregerspannung gesteuert ist. Als Ergebnis wird die Anziehungskraft des solenoidbetätigten Ventiles erniedrigt, da der auf das solenoidbetätigte Ventil aufgebrachte Erregerstrom beschränkt ist. Durch Verminderung der Erregerspannung, die auf das solenoidbetätigte Ventil aufgebracht wird, wird die Zeitverzögerung verursacht, welche für die Erzielung der vorausgewählten Anziehungskraft an dem Ventil notwendig ist. Dies bedeutet, dass die niedrige Erregerspannung sich derart auf die Messung auswirkt, dass die elektromagnetische Anziehungskraft wesentlich erniedrigt ist.

(b) Piezoelektrisches Element

[0059] Unter Bezug auf [Fig. 8](#), die eine Korrelation einer Erregerspannung bezüglich dem piezoelektrischen Element mit einer Versetzung oder einem Hub einer Stößelstange korreliert, weist das piezoelektrische Element eine lineare Reaktionscharakteristik hinsichtlich der Erregerspannung auf, so dass die Position des Ventiles **42** direkt proportional einstellbar ist, um die Erregerspannung zu variieren.

[0060] [Fig. 9](#) zeigt Brennstoffeinspritzcharakteristika in dem Fall, in dem das solenoidbetätigte Ventil durch die Erregerspannung gesteuert wird. Wie anhand der oberen Kurve, in der der Wert des Stromes gegen die Erregerspannung aufgezeichnet ist, die dem solenoidbetätigten Ventil als ein Parameter zugeführt wird, wird

sogar wenn die Erregerspannung in ihrer Größe reduziert wird, der Wert des Stromes keine Tendenz zeigen, plötzlich geringer zu werden, vorausgesetzt dass kein allgemein unerwarteter Spannungsabfall auftritt. Wie anhand der mittleren Kurve in Bezug auf den Hub des solenoidbetätigten Ventiles dargestellt ist, wird, da sich die Erregerspannung vermindert, das Ventil mit einer Zeitverzögerung einen Hub starten, während die Hubbewegung des Ventiles in der Geschwindigkeit nachlässt, wie auch im Spitzenwert. Darüber hinaus wird bei einer Reduzierung der Erregerspannung, wie es durch die untere Kurve zur Betrachtung der Brennstoffeinspritzbemessung dargestellt ist, der Start der Brennstoffeinspritzung verzögert und ebenso wird die Rate oder die Steigerung der Brennstoffeinspritzbemessung flacher. Zusätzlich wird die anfängliche Menge von injiziertem Brennstoff langsam mit der Reduzierung der Erregerspannung geringer, wie es in [Fig. 12](#) erkennbar ist, wo die Korrelation zwischen der anfänglichen Brennstoffeinspritzbemessung und der Erregerspannung zur Steuerung des solenoidbetätigten Ventiles gezeigt ist.

[0061] [Fig. 10](#) zeigt Brennstoffeinspritzcharakteristika für den Fall, in dem das solenoidbetätigte Ventil über den Erregerstrom gesteuert wird. Wie in der obersten Kurve zu erkennen ist, in der die Anziehungskraft gegen den Erregerstrom, der als Signal zu dem solenoidbetätigten Ventil als Parameter geleitet wird aufgezeigt ist, so verringert sich die Anziehungskraft entsprechend der Verringerung des Erregerstromes in einem frühen Status der Anweisung zum Start der Brennstoffeinspritzung. Die mittlere Kurve für den Hub des solenoidbetätigten Ventiles zeigt, dass, da der Erregerstrom sich vermindert, die Hubbewegung des Ventiles in der Geschwindigkeit geringer wird, genauso wie in einem Spitzenwert. Trotzdem ist die Zeitverzögerung für den Start des Hubes des Ventiles kleiner verglichen mit dem Fall der Erregerspannung. Darüber hinaus wird durch Reduzierung der Erregerspannung, wie es in der unteren Kurve bei der Betrachtung der Brennstoffeinspritzbemessung berücksichtigt ist, der beim Start der Brennstoffeinspritzung eine Verzögerung bewirkt und es liegt ebenfalls der Trend vor, die Rate oder die Steigerung der Brennstoffeinspritzungs bemessung flacher darzustellen. Die Zeitverzögerung des Startes der Brennstoffeinspritzung ist ebenso geringer verglichen mit dem Fall der Erregerspannung. Zusätzlich, wie es in [Fig. 13](#) mit der Darstellung der Korrelation zwischen der Rate der Reduzierung der anfänglichen Brennstoffinjektionsbemessung und dem Erregerstrom gezeigt ist, wird die anfängliche Menge des eingespritzten Brennstoffes annähernd direkt proportional mit der Verringerung des Erregerstromes reduziert werden.

[0062] [Fig. 11](#) zeigt Brennstoffeinspritzcharakteristika bezüglich der Steuerung mit dem piezoelektrischen Element. Wie anhand der oberen Kurve zu erkennen ist, kann die Versetzung der Stößelstange oder das Ausgangssignal des piezoelektrischen Elementes mit guter Reaktion auf den Spannungsabfall variieren, während die untere Kurve ergibt, dass die Wechselrate oder die Steigung der Injektionsbemessung weitgehend durch den Spannungsabfall beeinflusst ist.

[0063] Als nächstes wird Bezug auf [Fig. 14](#) genommen, wobei eine zusammengesetzte Kurve bezüglich des Speicherschienendruckes dargestellt ist, sowie die Wechselrate der Injektionsbemessung als Reaktion auf den Erregerimpuls, wobei zu einer Zeit t_0 der Befehlsimpuls abfällt, so dass dies die Zeitsteuerung ist, zu der eine Anweisung zur Initialisierung der Brennstoffinjektion an den Injektor 1 geliefert wird, wodurch nacheinander eine tatsächliche Brennstoffeinspritzung zu einer Zeit t geschieht, entsprechend einem Wegfall der Startverzögerungszeit T auf Grund der Zeitverzögerungsreaktion des Arbeitsfluides in der Drucksteuerkammer 40. Danach beginnt der Speicherschienendruck P_{cr} abzufallen. Zwischenzeitlich wird, wie es in unserer ebenfalls anhängigen älteren Patentanmeldung, dem japanischen offengelegten Patent, 101149/1999 offenbart ist, ein Verfahren zum Auffinden der Startverzögerungszeit T beschrieben, das sich von dem Befehlsimpulsabfall zur Steuerung des Erregersignales, welches auf den Aktuator in dem Injektor gelegt wird, bis zu dem Zeitablauf für die Initiierung der tatsächlichen Brennstoffeinspritzung aufspannt. Das Verfahren entsprechend unserer gleichzeitig anhängigen Patentanmeldung wird unter Bezug auf [Fig. 14](#) beschrieben. Nachdem eine annähernd gerade Linie L_d der Kurve in dem Bereich vom Start des Speicherschienendruckabfalles entsprechend der Brennstoffeinspritzung bis zu einer Zeit t_4 gefunden ist, zu der der erste minimale Wert erscheint, wird der Zeitablauf für den Start des Speicherleistendruckabfalles an einer Zeitkoordinate t_3 bestimmt, wo sich die annähernd gerade Linie L_d mit einer annähernd geraden Linie L_p schneidet bevor der Abwärtstrend einsetzt, was einen mittleren Druck vor dem Start des Speicherschienendruckabfalles anzeigt. Basierend auf dem mittleren Speicherleistendruck L_p vor dem Start des Druckabfalles und dem Zeitpunkt t_3 für den Start des Speicherschienendruckabfalles fällt die Startverzögerungszeit T , die sich von dem Zeitpunkt t_0 für den Befehlsimpulsabfall aufspannt bis zu dem Zeitpunkt t für den Start der Brennstoffinjektion und wird nach Maßgabe der Funktionsbeziehung erfahrungsgemäß ermittelt.

[0064] Wie aus einer Kurve der Brennstoffinjektionsbemessung q ersichtlich ist, steigt die anfängliche Injektionsbemessung oder der frühe Teil der Injektionsbemessung q linear an. Folglich kann gesagt werden, dass die anfängliche Menge des injizierten Brennstoffes oder die Menge an Brennstoff, die während einer frühen

vorausgewählten Dauer nach dem Start der Brennstoffinjektion injiziert wurde und die anfängliche Brennstoffinjektionsbemessung in proportionalem Verhältnis mit der Wechselrate stehen oder mit einer festen Steigung der Brennstoffinjektionsbemessung. Die anfängliche Brennstoffinjektionsbemessung oder der frühe Teil der Brennstoffinjektionsbemessung q genauso wie die Wechselrate k_1 desselben werden im Wert zu einem Zeitpunkt t_1 für die tatsächliche Brennstoffeinspritzung größer oder eine weitere Startverzögerungszeit T_1 , die nicht später als die Startverzögerungszeit T ist, und deshalb die Menge des injizierten Brennstoffes nicht später als eine vorausgewählte Zeitdauer ist, wächst proportional zu der Wechselrate an. Im Gegensatz dazu nehmen die anfängliche Injektionsbemessung genauso wie die Wechselrate k_2 davon einen kleineren Wert zu der Zeit t_2 für die tatsächliche Brennstoffinjektion an oder eine weitere Startverzögerungszeit T_2 später als die Startverzögerungszeit T , und damit wird auch die Menge des nach einer vorausgewählten Zeitdauer injizierten Brennstoffes im Verhältnis zu der Wechselrate k_2 kleiner.

[0065] Anhand der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) wird das Betriebsverfahren an dem Brennstoffinjektionssystem der vorliegenden Erfindung erklärt. Der Verfahrensschritt in [Fig. 1](#) wird mit dem Buchstaben „S“ im Folgenden bezeichnet. Sensoren zur Überwachung beinhalten einen Tachometer, der die Motordrehzahl anzeigt und einen Gasedalauslenksensor, der die Motorlast anzeigt. Die Maschinendrehzahl N_e und die Motorlast A_c werden erfasst (S1). Eine gewünschte Menge Q_0 von injiziertem Brennstoff pro Zyklus wird ermittelt, gemäß der Motordrehzahl N_e und der Motorlast A_c , die von den angeschlossenen Sensoren auf eine Sammelmappe A übermittelt wird, in welcher im Voraus eine Korrelation der gewünschten Menge Q_0 des injizierten Brennstoffes mit der Motordrehzahl N_e und der Motorlast A_c (S2) bestimmt ist. Ein gewünschter Speicherleistendruck P_f wird anhand einer Sammelmappe B ermittelt, welche ebenso vorausgehend definiert ist gemäß der Motordrehzahl N_e und der gewünschten Menge Q_0 des injizierten Brennstoffes, welcher anhand der Mappe A ermittelt worden ist. Der gewünschte Speicherleistendruck P_f wird der Steuereinheit signalisiert, welche wiederum sowohl die Hochdruckbrennstoffpumpe **8** als auch das Durchflusssteuerventil **14** steuert, um damit den gewünschten Speicherleistendruck P_f eines anliegenden Speicherleistendruckes auszubilden.

[0066] Eine Sammelmappe C wird im Voraus definiert, worin die Korrelation besteht zwischen der gewünschten Menge Q_0 des injizierten Brennstoffes, der Motordrehzahl N_e und einer gewünschten Wechselrate k_0 der anfänglichen Brennstoffinjektionsbemessung oder der zweiten Ableitung der anfänglichen Brennstoffinjektionsbemessung bezogen auf die Zeit wird in Zusammenhang mit dem Gegenstand der Abgasemissionssteuerung und des spezifischen Brennstoffverbrauches aufgezeichnet in einem Fall, in dem es nicht möglich ist, eine Geräuschsteuerung oder die Abgaszirkulation des Motors zu erreichen. Die Sammelmappe C korrespondiert mit den ersten festgehaltenen Daten der vorliegenden Erfindung. Eine gewünschte Wechselrate k_0 der anfänglichen Brennstoffinjektionsbemessung wird in der Sammelmappe C bestimmt gemäß der gewünschten Menge Q_0 entsprechend obiger Rechnung und der Motordrehzahl N_e , wie sie oben erfasst ist (S3). Eine Anzugsspannung V_p oder ein Anzugsstrom I_p , die auf den Aktuator des Injektors **1** anzulegen sind, wird ermittelt gemäß der Wechselrate k_0 , am Schritt (S3) und anhand einer Sammelmappe D, welche ebenso im Voraus bestimmt worden ist (S4). Die Sammelmappe **4** korrespondiert mit den zweiten in einer Mappe aufgezeichneten Daten entsprechend der vorliegenden Erfindung, worin die Anzugsspannung V_p für den Aktuator des piezoelektrischen Elementes ermittelt wird, während der Anzugsstrom I_p für den solenoidbetätigten Aktuator zugeordnet ist.

[0067] Wenn die in (S4) ermittelte Anzugsspannung V_p oder der Strom I_p betrachtet werden, so besteht die Möglichkeit, dass die gesamte Menge des injizierten Brennstoffes sich von der gewünschten Menge Q_0 des injizierten Brennstoffes unterscheidet. Um diese Möglichkeit aufzugreifen, wird eine Befehlsimpulsbreite P_w , mit der die Menge an eingespritztem Brennstoff an die gewünschte Menge Q_0 an eingespritztem Brennstoff angeglichen wird, basierend auf einer dreidimensionalen Sammelmappe E, bestimmt, in der die gewünschte Menge Q_0 an injiziertem Brennstoff, die Befehlsimpulsbreite P_w und die Anzugsspannung V_p oder der Strom I_p mit dem gewünschten Speicherleistendruck P_f als ein Parameter (S5) aufgezeichnet sind. Der Injektorantrieb wird mit der Anzugsspannung V_p oder dem Strom I_p , ermittelt bei (S4) erregt und der Befehlsimpuls mit der Pulsweite P_w wird bei (S5) bestimmt, womit die tatsächliche Brennstoffeinspritzung (S6) getätigt wird. Die Sammelmappe E kann aus einer zweidimensionalen Mappe mit der gewünschten Menge Q_0 und der Befehlsimpulsbreite P_w bestehen, die entsprechend mit mehreren Anzugsspannungen V_p oder Strömen I_p aufgezeichnet sind.

[0068] Da diese Erfindung in verschiedenen Arten ausgestaltet werden kann, ohne von den wesentlichen Charakteristika abzuweichen, ist die Beschreibung anhand des vorliegenden Ausführungsbeispiels detailliert und wirkt nicht einschränkend, da der Rahmen der Erfindung durch die begleitenden Ansprüche festgelegt ist und nicht durch die begleitende Beschreibung, und sämtliche Veränderungen fallen ebenso in die Grenzen der Patentansprüche und werden somit als von den Patentansprüchen umfasst betrachtet.

Patentansprüche

1. Common-Rail-Kraftstoff-Einspritzsystem, welches Folgendes aufweist: Injektoren (1) zur Kraftstoff-Einspritzung in Verbrennungskammern eines Motors, einen Hochdruckspeicher (2) zur Speicherung des zu den Injektoren (1) zuzuführenden Kraftstoffes, eine Hochdruck-Kraftstoffpumpe (8) zur Lieferung des Kraftstoffes an den Hochdruckspeicher (2), Erfassungsmittel zur Anzeige von Motor-Funktionsbedingungen und eine Steuereinheit (12) zur Regulierung der Kraftstoff-Einspritzung von den Injektoren (1) gemäß der über das Erfassungsmittel gemeldeten Signale, wobei jeder der Injektoren (1) eine Druck-Steuer-Kammer (40) aufweist, die mit einem Teil des Kraftstoffes der von dem Hochdruckspeicher (2) eingespeist ist versorgt wird, ein Nadelventil (24), welches aufwärts und abwärts, in Abhängigkeit von einer hydraulischen Betätigung des Kraftstoffes in der Druck-Steuer-Kammer (40) bewegbar ist, um damit die Abgabeöffnungen (25) an einem äußeren Ende des Injektors (1) zu öffnen und zu schließen, ein Ventil (42) zur Ermöglichung der Kraftstoffabgabe aus der Druck-Steuer-Kammer (40), wobei resultierend der Kraftstoff-Druck in der Druck-Steuer-Kammer (40) herabgesetzt ist und ein Betätigungsglied (65) zur Ansteuerung des Ventils, worin die Steuereinheit gemäß der von dem Erfassungsmittel übertragenen Signale ein Erregersignal erzeugt um das Betätigungsglied (65) zu erregen, welches wiederum einen Öffnungsbereich des Ventiles reguliert, was eine Steuerung der Kraftstoff-Einspritzung aus den Injektoren (1) zu Folge hat, und **dadurch gekennzeichnet**, dass die Speichereinheit (12) Folgendes speichert: erste Aufzeichnungsdaten für eine im Voraus bestimmte Korrelation zwischen einer anfänglich gesteuerten Variablen der Kraftstoff-Einspritzung in einem frühen Bereich der Kraftstoff-Einspritzung und einer geforderten Menge an eingespritztem Kraftstoff, und weiterhin zweite Aufzeichnungsdaten für eine im Voraus bestimmte Korrelation von einem geforderten Speicher-Druck (Pf), der anfänglich gesteuerten Variablen der Kraftstoff-Einspritzung und dem Erregersignal, womit auf der Basis der von dem Erfassungsmittel übertragenen Signale die geforderte Menge des einzuspritzenden Kraftstoffes und der geforderte Speicher-Druck (Pf) entsprechend der geforderten Menge an eingespritztem Kraftstoff ermittelbar ist, und wobei anhand der ersten Aufzeichnungsdaten die anfänglich gesteuerte Variable der Kraftstoff-Einspritzung gemäß der geforderten Menge des einzuspritzenden Kraftstoffes ermittelbar ist, und die Berechnung des mit der anfänglich gesteuerten Variablen der Kraftstoff-Einspritzung korrespondierenden Erregersignals anhand der zweiten Aufzeichnungsdaten möglich ist.
2. Common-Rail-Kraftstoff-Einspritzsystem, welches entsprechend Anspruch 1 aufgebaut ist, worin das Betätigungsglied (65) aus piezoelektrischen Elementen zusammengesetzt ist und das Erregersignal durch eine Erregerspannung dargestellt ist, die an die piezoelektrischen Elemente anzulegen ist.
3. Common-Rail-Kraftstoff-Einspritzsystem, welches entsprechend Anspruch 1 aufgebaut ist, worin das Betätigungsglied (65) zusammengesetzt ist aus einer elektromagnetischen Spule und das Erregersignal durch irgendeine Erregerspannung dargestellt ist und durch einen Erregerstrom, der an die elektromagnetische Spule anzulegen ist.
4. Common-Rail-Kraftstoff-Einspritzsystem, welches entsprechend Anspruch 1 aufgebaut ist, worin das durch das Betätigungsglied betriebene Ventil (52) ein Abschlussorgan darstellt zur Öffnung und zum Schließen einer Rückführung eines Kraftstoff-Leckagepfades (41) durch welchen der Kraftstoff aus der Drucksteuerkammer (40) ausfließt.
5. Common-Rail-Kraftstoff-Einspritzsystem, welches entsprechend Anspruch 1 aufgebaut ist, worin das durch das Betätigungsglied betriebene Ventil (42) ein Tellerventil ist, welches einen Ventilstößel umfasst, der durch den Kraftstoff-Leckagepfad (41) hindurch reicht, womit die Leckage des Kraftstoffes aus der Drucksteuerkammer (40) ermöglicht ist und einen auf dem Ventilstößel an der Seite der Drucksteuerkammer (40) befestigten Ventilkopf mit einer Ventildichtfläche zur Kontaktierung mit einem Ventilsitz, der am Eintritt des Kraftstoff-Leckagepfades (41) ausgebildet ist.
6. Common-Rail-Kraftstoff-Einspritzsystem, welches entsprechend Anspruch 1 aufgebaut ist, worin die anfänglich gesteuerte Variable der Kraftstoff-Einspritzung irgendeine ist aus Folgenden, einer anfänglichen Menge von eingespritztem Kraftstoff, einer anfänglichen Kraftstoff-Einspritzrate und einer Rate der Veränderung der anfänglichen Kraftstoff-Einspritzrate.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

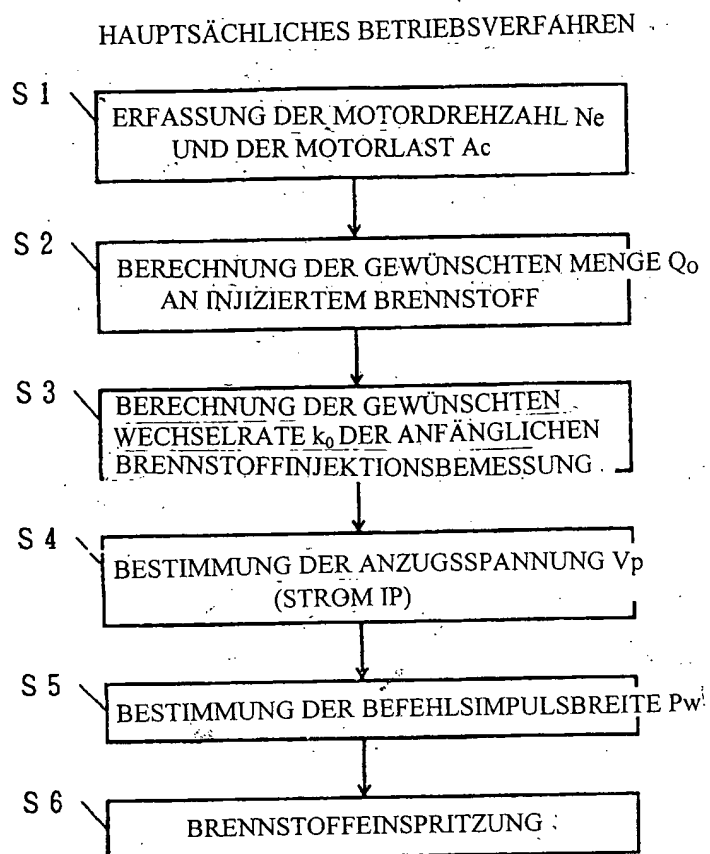


FIG. 2

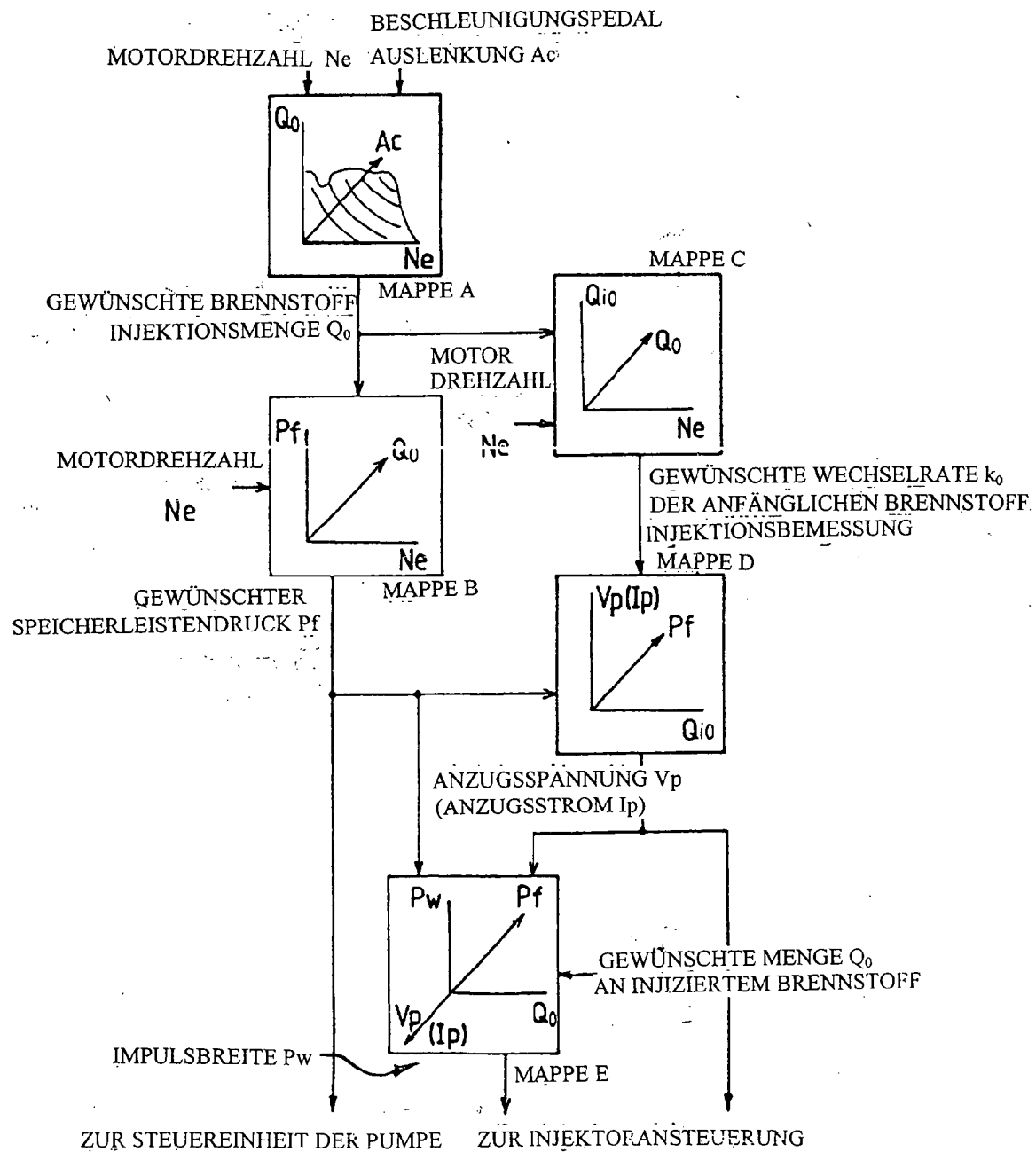


FIG. 3

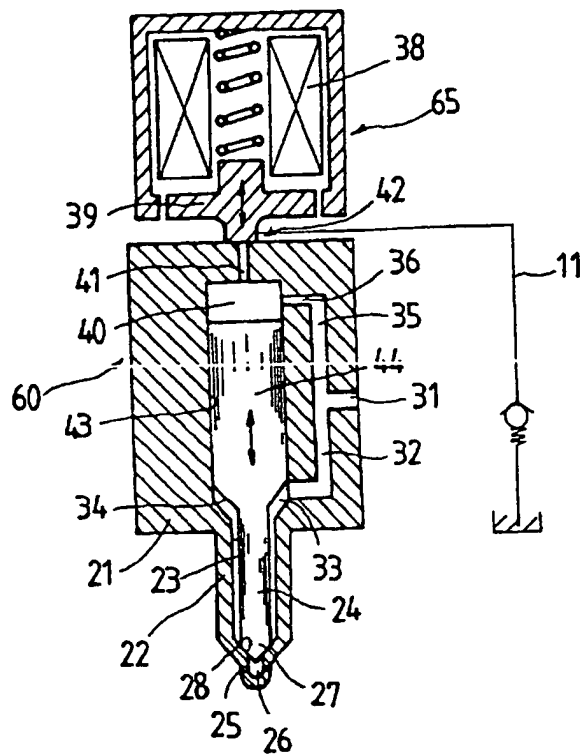


FIG. 4

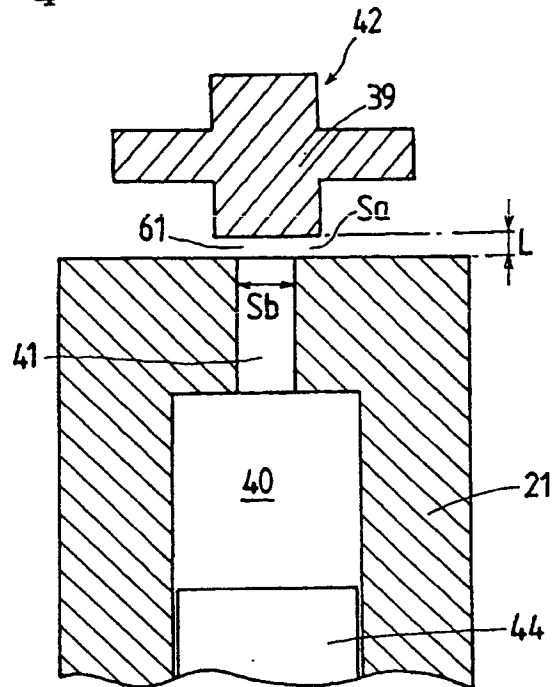


FIG. 5

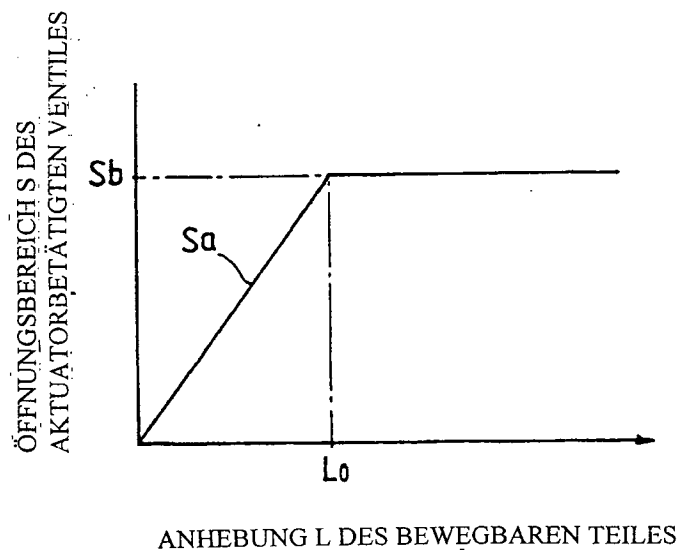


FIG. 6

ELEKTROMAGNETISCHE ANZIEHUNGSKARAKTERISTIK
DES SOLENOIDBETÄTIGTEN VENTILES;
GESTEUERT DURCH ERREGERSTROM

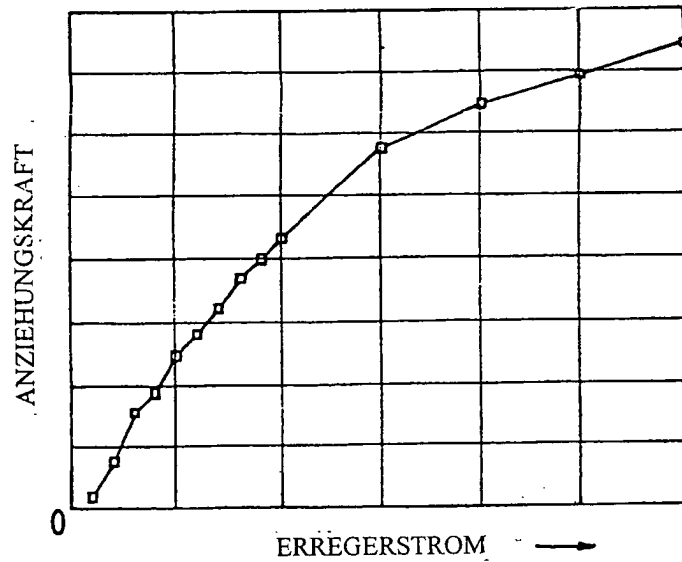
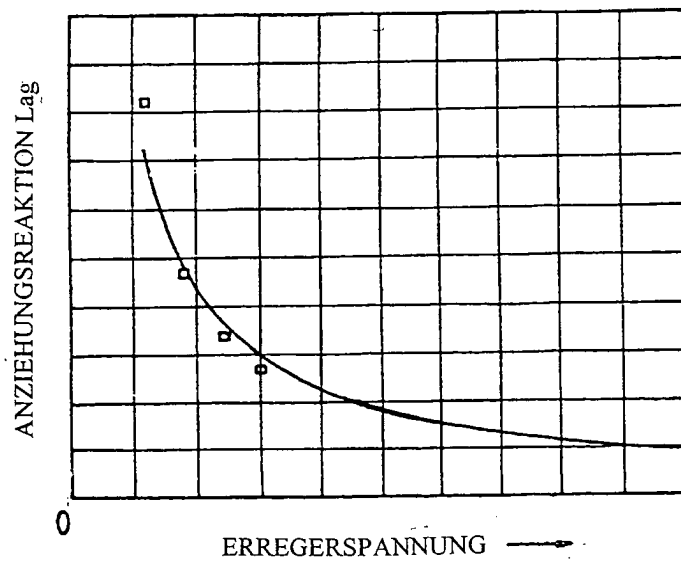


FIG. 7

ANZIEHUNGSREAKTIONSKARAKTERISTIK
DES SOLENOIDBETÄTIGTEN VENTILES;
GESTEUERT DURCH ERREGERSPANNUNG



F I G. 8

REAKTIONSKARAKTERISTIK EINES
PIEZOELEKTRISCHEN ELEMENTES

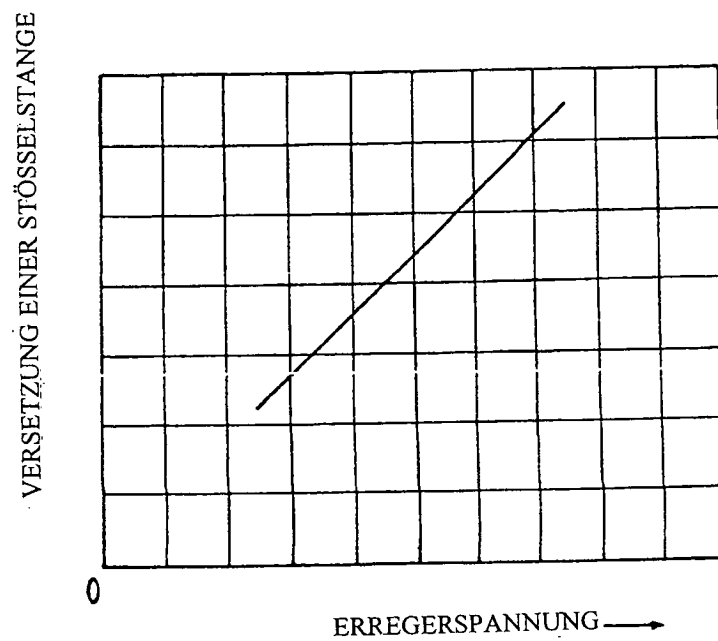


FIG. 9

BRENNSTOFFEINSPRITZKARAKTERISTIK
MIT SOLENOIDBETÄTIGTEM VENTIL
GESTEUERT ÜBER ERREGERSPANNUNG

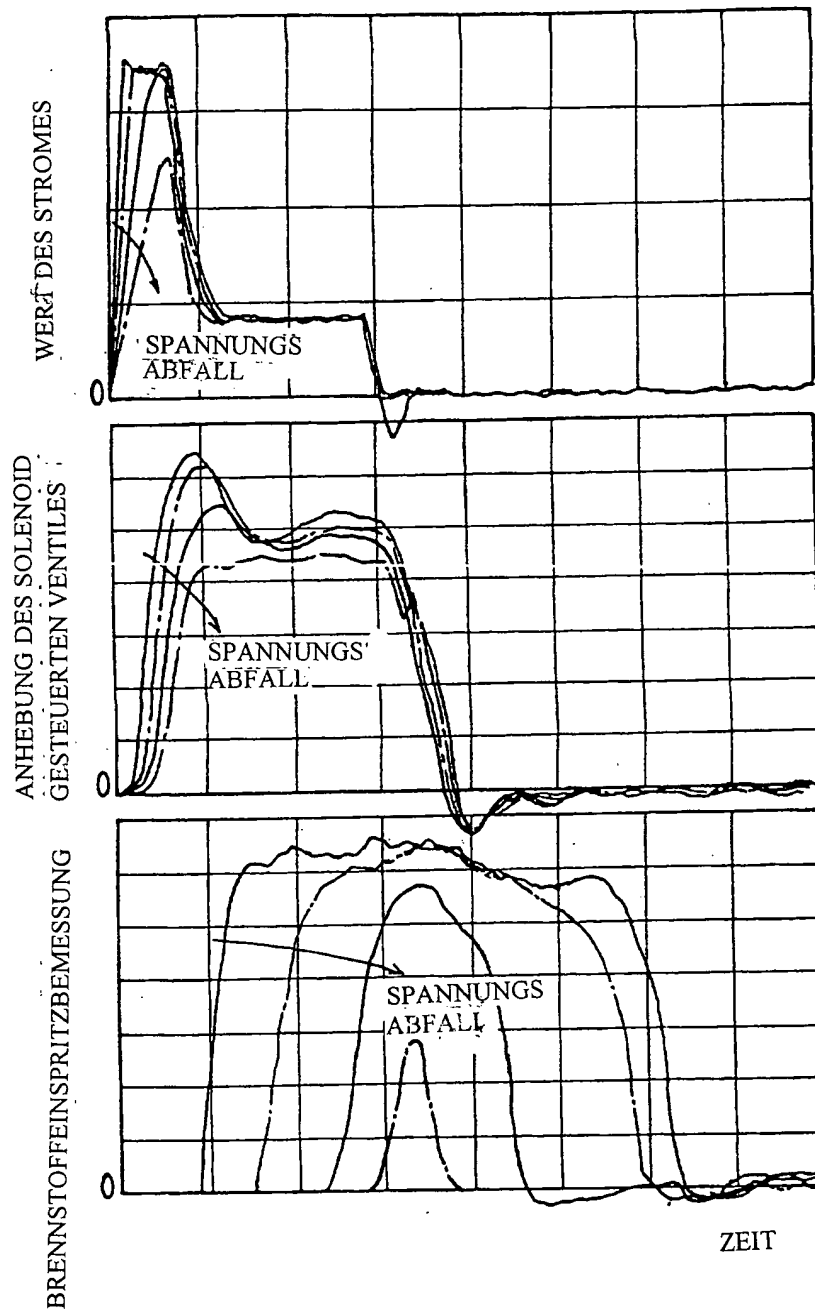


FIG. 10

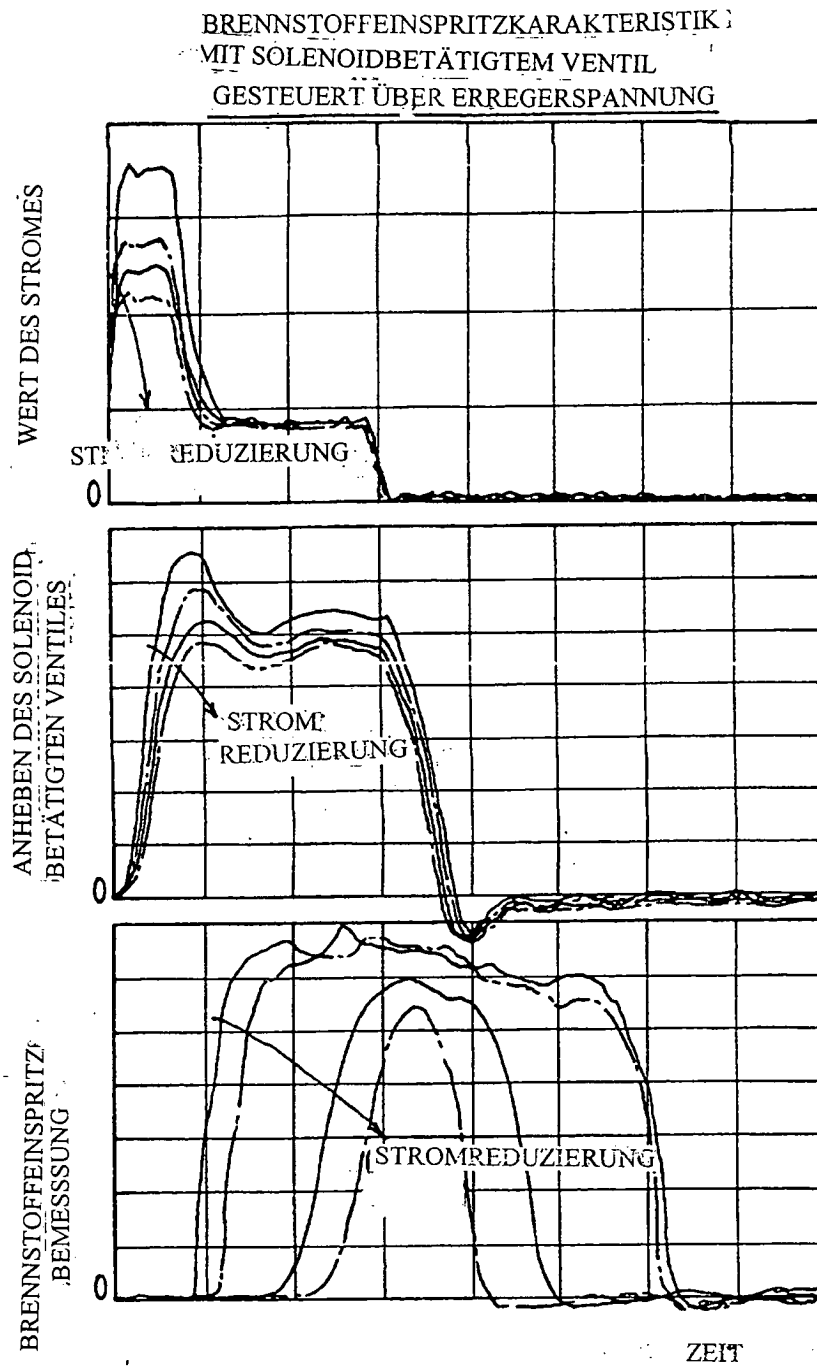


FIG. 11

BRENNSTOFFEINSPRITZKARAKTERISTKA
BEI PIEZOELEKTRISCHEM ELEMENT

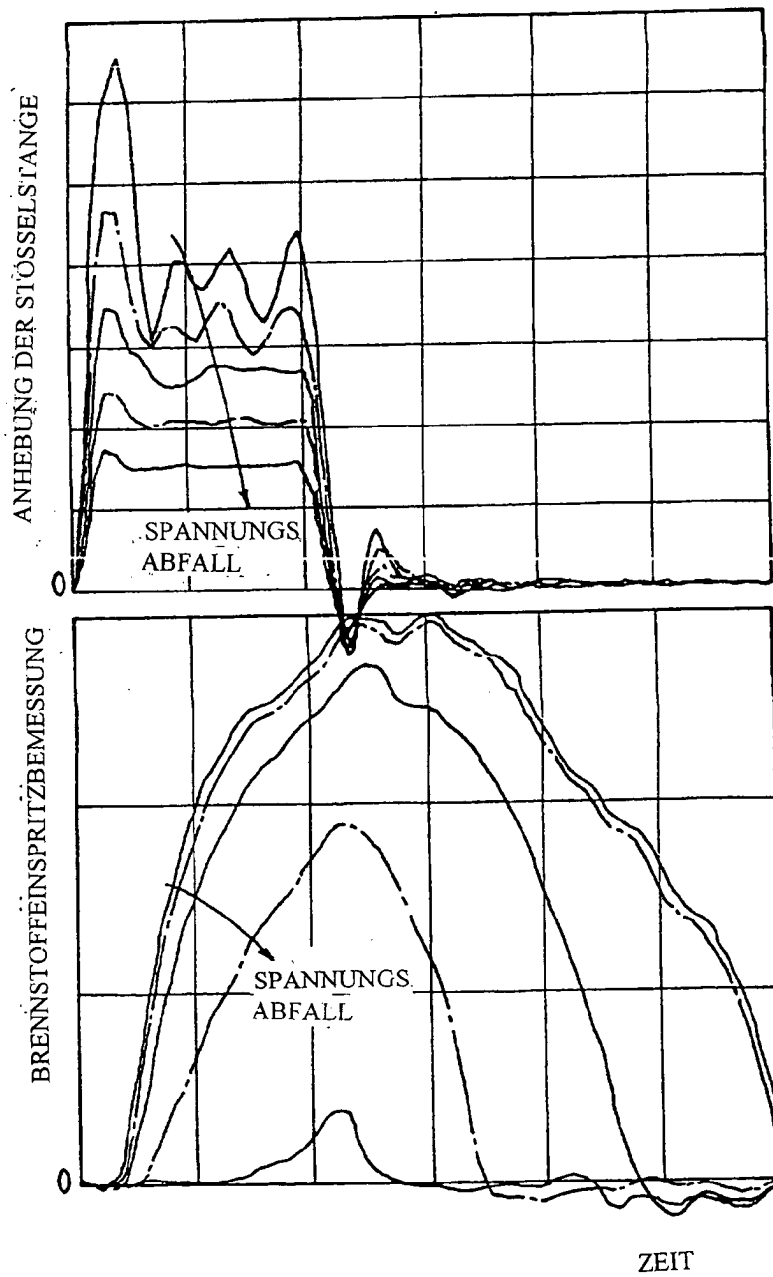


FIG. 12

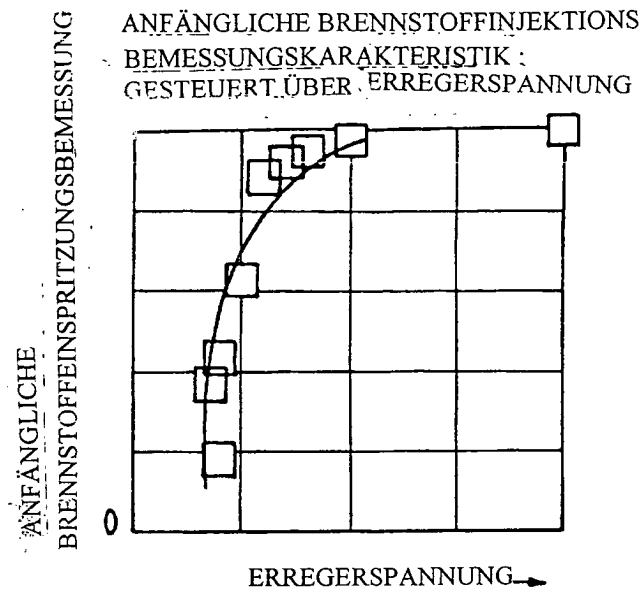


FIG. 13

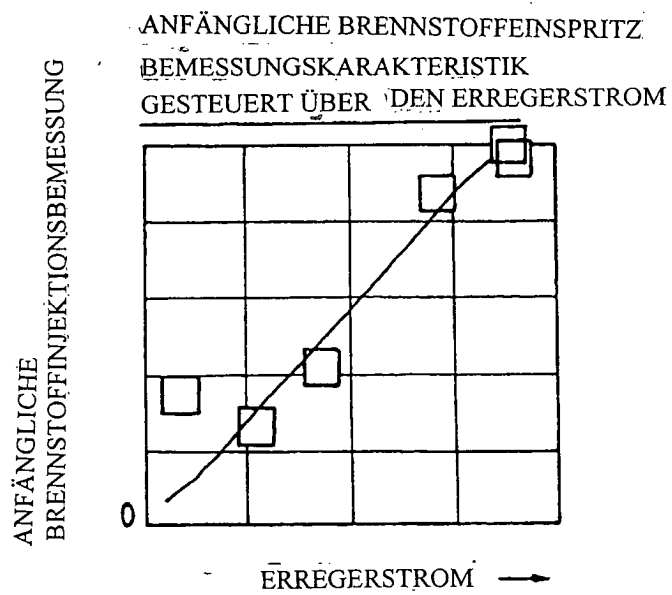


FIG. 14

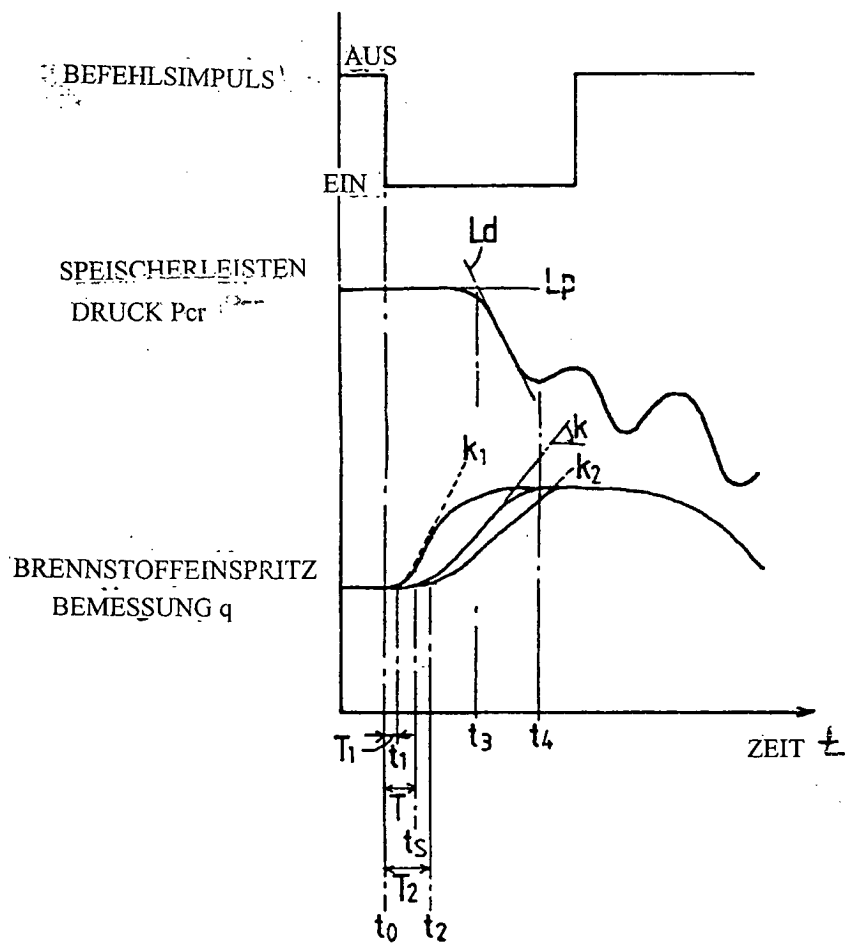


FIG. 15

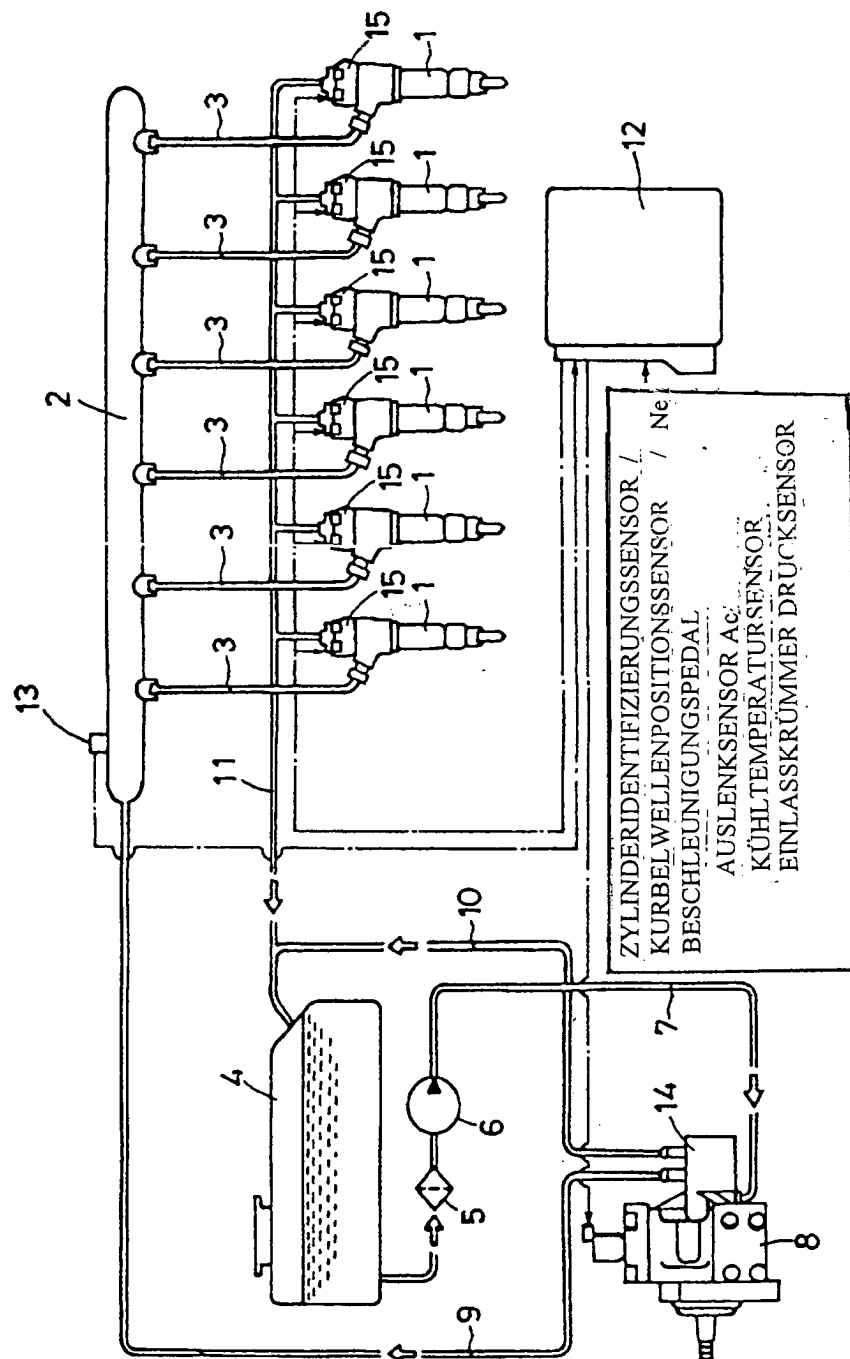


FIG. 16

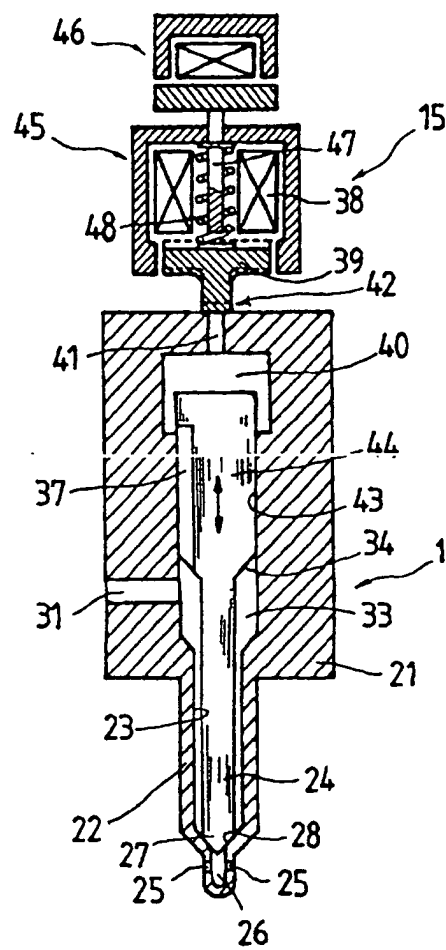


FIG. 17

