

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 968 367 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

21.11.2001 Patentblatt 2001/47

(51) Int Cl.7: **F02M 55/02**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP98/01596

(21) Anmeldenummer: **98919115.0**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 98/42978 (01.10.1998 Gazette 1998/39)

(22) Anmeldetag: **19.03.1998**

(54) **KRAFTSTOFFEINSPRITZSYSTEM FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINE**

FUEL-INJECTION SYSTEM FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

SYSTEME D'INJECTION DE CARBURANT POUR UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT CH DE FR GB IT LI

• **SCHMIDT, Günther**

D-88074 Meckenbeuren (DE)

(30) Priorität: **22.03.1997 DE 19712135**

(74) Vertreter: **Winter, Josef**

MTU Motoren- und Turbinen-Union

Friedrichshafen GmbH

Patentabteilung ZJXP

88040 Friedrichshafen (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

05.01.2000 Patentblatt 2000/01

(73) Patentinhaber: **MTU MOTOREN- UND
TURBINEN-UNION FRIEDRICHSHAFEN GMBH**
88040 Friedrichshafen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

DE-A- 4 341 543

DE-A- 4 344 190

US-A- 5 265 793

(72) Erfinder:

• **MATTHIES, Jörg**

D-88718 Daisendorf (DE)

EP 0 968 367 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kraftstoffeinspritzsystem für eine Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Bei Brennkraftmaschinen, insbesondere bei großvolumigen Dieselmotoren finden zunehmend Kraftstoffeinspritzsysteme Verwendung, bei welchen Kraftstoff von einem Kraftstoffvorrat mittels einer Hochdruckpumpe über eine Hochdruckleitung in einen Hochdruckspeicher geliefert wird. Von dem als ölelastischer Speicher wirkenden Hochdruckspeicher wird der Kraftstoff über weitere Hochdruckleitungen an Kraftstoffinjektoren geliefert, welche während Einspritzvorgängen den Kraftstoff in die Brennräume der Brennkraftmaschine einspritzen. Der Hochdruckspeicher wurde bisher überwiegend in Form einer sogenannten Common-Rail-Schiene vorgesehen, bei welcher es sich um ein rohrförmiges langgestrecktes Element handelt, von welcher die einzelnen Kraftstoffinjektoren versorgenden Hochdruckleitungen abzweigen. Weiterhin sind Kraftstoffeinspritzsysteme bekannt, bei denen zusätzlich oder anstelle eines solchen gemeinsamen Hochdruckspeichers in Form einer Common-Rail-Schiene für jeden Kraftstoffinjektor separat vorgesehene Hochdruckspeicher als Einzelspeicher vorgesehen sind.

[0003] Kraftstoffeinspritzsysteme, bei denen zusätzlich zu einem gemeinsamen Hochdruckspeicher jeweils ein für jeden Kraftstoffinjektor separat vorgesehener Einzelspeicher vorhanden ist, sind aus der DE 43 41 543 A1 und der DE 43 41 546 A1 bekannt. Bei dem aus der ersteren Druckschrift bekannten Kraftstoffeinspritzsystem ist in der von dem gemeinsamen Hochdruckspeicher zu dem für jeden Kraftstoffinjektor separat vorgesehenen Hochdruckspeicher führenden Hochdruckleitung eine Parallelschaltung aus einem in der Kraftstofförderrichtung durchgängigen Rückschlagventil und einer Drossel vorgesehen, wodurch ein unkontrolliertes Rückströmen von Kraftstoff aus dem separaten Hochdruckspeicher in den gemeinsamen Hochdruckspeicher und eine Beeinflussung des Druckes in den separaten Druckspeicherräumen der anderen Kraftstoffinjektoren vermieden werden soll, während das Rückschlagventil ein rasches Nachfüllen der separaten Hochdruckspeicher aus dem gemeinsamen Hochdruckspeicher ermöglichen soll. Derartige Maßnahmen zur Vermeidung gegenseitiger Beeinflussung des Druckes in den separaten Hochdruckspeichern sind bei dem aus der zweitgenannten Druckschrift bekannten Kraftstoffeinspritzsystem nicht vorgesehen.

[0004] Weiterhin ist aus der DE 43 44 190 A1 ein Kraftstoffeinspritzsystem bekannt, bei dem jeweils für jeden Kraftstoffinjektor separat vorgesehene Hochdruckspeicher über Hochdruckleitungen mittels einer Hochdruckpumpe aus einem Kraftstoffvorrat unter hohem Druck stehender Kraftstoff zugeführt wird. In jede einen Kraftstoffinjektor mit dem zugeordneten Hochdruckspeicher verbindende Hochdruckleitung ist ein

Sperrventil geschaltet, welches dazu dient, die während eines Druckintervalls, das durch den mit dem Einspritzvorgang oder aber im Leckagefall auftretenden Druckabfall charakterisiert ist, hindurchfließende Kraftstoffmenge zu begrenzen. Maßnahmen, durch welche eine gegenseitige Beeinflussung des Druckes in den einzelnen Hochdruckspeichern vermieden werden sollen, sind jedoch nicht angegeben.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung ist es ein verbessertes Kraftstoffeinspritzsystem für eine Brennkraftmaschine anzugeben.

[0006] Gemäß der Erfindung wird ein Kraftstoffeinspritzsystem für eine Brennkraftmaschine, insbesondere einen Dieselmotor geschaffen, das eine Anzahl von Kraftstoffinjektoren zum Einspritzen von Kraftstoff in die Brennräume der Brennkraftmaschine und eine die Kraftstoffinjektoren über eine gemeinsame Zulaufleitung und zu den einzelnen Kraftstoffinjektoren führende Hochdruckleitungen mit Kraftstoff versorgende Hochdruckpumpe enthält. In den zu den Kraftstoffinjektoren führenden Hochdruckleitungen sind jeweils ein bestimmtes Kraftstoffspeichervolumen aufweisende Hochdruckspeicher vorgesehen. Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, daß das Kraftstoffspeichervolumen jedes der Hochdruckspeicher zwischen 80 und 300 mal, vorzugsweise zwischen 120 und 200 mal die maximale Einspritzmenge pro Einspritzvorgang beträgt, und daß der Durchmesser D_2 der von der gemeinsamen Zulaufleitung zu den Hochdruckspeichern führenden Hochdruckleitungen so bemessen ist, daß die Hochdruckleitungen auf den durchströmenden Kraftstoff eine Drosselwirkung ausüben, derart, daß die Spritzmengendifferenz der Kraftstoffinjektoren untereinander ein Minimum annimmt.

[0007] Die Erfindung beruht im wesentlichen auf der Erkenntnis, daß eine Variation des Durchmessers D_2 der von der gemeinsamen Zulaufleitung zu den Hochdruckspeichern führenden Hochdruckleitungen bereits innerhalb eines relativ kleinen Bereichs zu einer signifikanten Veränderung der Spritzmengendifferenz der einzelnen Kraftstoffinjektoren führt und im Bereich des optimalen Durchmessers ein ausgeprägtes Minimum aufweist. Unter Verwendung dieses Minimums kann das Kraftstoffeinspritzsystem so ausgelegt werden, daß die Spritzmengendifferenz minimal ist und gleichmäßige Zünddrücke von Zylinder zu Zylinder erreicht werden. Das Minimum der Spritzmengendifferenz bedeutet, daß der gegenseitige Einfluß der einzelnen Druckspeicherräume ebenfalls ein Minimum aufweist.

[0008] Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzsystems ist es, daß die einzelnen Hochdruckspeicher versorgenden Hochdruckleitungen einen geringen Durchmesser aufweisen können und damit leicht zu biegen und zu montieren sind. Ein weiterer Vorteil ist es, daß zur Minimierung der gegenseitigen Beeinflussung der einzelnen Hochdruckspeicher keine zusätzlichen Elemente wie etwa Rückschlagventile erforderlich sind. Ventile besitzen z. B.

aufgrund der Massenträgheit der bewegten Bauteile ein verzögertes Ansprechverhalten, so daß die Ausbreitung von Druckstörungen und die gegenseitige Einflußnahme der Injektoren damit nicht verhindert werden kann. Da beim erfindungsgemäßen Einspritzsystem die die einzelnen Hochdruckspeicher versorgenden Hochdruckleitungen auf den durchströmenden Kraftstoff eine Drosselwirkung ausüben, besteht weiterhin ein Selbstschutz der Brennkraftmaschine gegen Überdrehzahl, weil im Falle des Auftretens einer solchen die Hochdruckspeicher nicht mehr vollständig gefüllt werden.

[0009] Vorzugsweise ist es vorgesehen, daß der Durchmesser D_2 der von der gemeinsamen Zulaufleitung zu den Hochdruckspeichern führenden Hochdruckleitungen die folgende Bedingung erfüllt:

$$D_2 \approx ((4 \times (V_E + V_L)) / (cg_2 \times \pi \times T_{ASP}))^{1/2}$$

wobei

V_E das maximale Einspritzvolumen pro Einspritzvorgang,
 V_L eine ggf. am Kraftstoffinjektor anfallende Steuer- und Leckagemenge pro Einspritzvorgang,
 cg_2 einen Normwert für die Kraftstoffgeschwindigkeit in der Leitung,
 T_{ASP} die Zeitdauer für ein Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine

bedeuten, wobei die Werte für V_E , V_L und T_{ASP} durch die Auslegung der Brennkraftmaschine gegeben sind und cg_2 zwischen 5 und 50 m/s betragen soll. Bei langen, dünnen Leitungen liegt der Wert für cg_2 zwischen 5 und 25 m/s, und bevorzugt zwischen 7 und 9 m/s. Bei kurzen Leitungen oder drosselartigen Übergängen liegt der Wert für cg_2 zwischen 10 und 50 m/s, bevorzugt zwischen 35 und 45 m/s. Hiermit kann der optimale Wert für den Durchmesser D_2 bereits bei der Auslegung der Brennkraftmaschine rechnerisch bestimmt werden. Vorteilhaft jedoch ist es, durch Variation des Durchmessers D_2 um den so erhaltenen Wert herum in praktischen Versuchen den Wert für den Durchmesser D_2 der Hochdruckleitungen zu bestimmen, bei dem die Spritzmengendifferenz der Kraftstoffinjektoren tatsächlich minimal ist, wie oben erläutert.

[0010] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist es vorgesehen, den Durchmesser D_4 der von den Hochdruckspeichern zu den Kraftstoffinjektoren führenden Hochdruckleitungen mindestens so groß zu bestimmen, daß die Geschwindigkeit cg_4 des Kraftstoffs in diesen Hochdruckleitungen während des Einspritzvorgangs nicht größer als 30 m/s ist, vorzugsweise nicht größer als 25 m/s ist.

[0011] Vorzugsweise ist es vorgesehen, daß der Durchmesser D_4 der von den Hochdruckspeichern zu den Kraftstoffinjektoren führenden Hochdruckleitungen die folgende Bedingung erfüllt:

$$D_4 \geq ((4 \times V_E) / (cg_4 \times \pi \times SD))^{1/2}$$

wobei

V_E das maximale Einspritzvolumen pro Einspritzvorgang,
 cg_4 die zulässige Maximalgeschwindigkeit des Kraftstoffs in der Hochdruckleitung 4, und
 SD die Dauer des Einspritzvorgangs ist.

[0012] Gemäß einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist es vorgesehen, daß für die Durchmesser D_1 der gemeinsamen Zulaufleitung und D_2 der von der gemeinsamen Zulaufleitung zu den Hochdruckspeichern führenden Hochdruckleitungen gilt:

$$D_1 \geq n_R^{1/2} \times D_2$$

wobei n_R die Anzahl der an die gemeinsame Zulaufleitung 1 angeschlossenen Kraftstoffinjektoren 5 ist.

[0013] Vorteilhafterweise ist es vorgesehen, daß die Längen der von der gemeinsamen Zulaufleitung zu den Hochdruckspeichern führenden Hochdruckleitungen gleich sind. Hierdurch soll sichergestellt werden, daß die gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Hochdruckspeicher für alle Kraftstoffinjektoren gleich ist.

[0014] Von besonderem Vorteil ist es, den Durchmesser und die Länge der gemeinsamen Zulaufleitung und der von der gemeinsamen Zulaufleitung zu den Hochdruckspeichern führenden Hochdruckleitungen so aufeinander abzustimmen, daß der dynamische Strömungswiderstand der Zuleitungen für alle Kraftstoffinjektoren gleich ist. Durch Berücksichtigung von Durchmesser und Länge der gemeinsamen Zulaufleitung bei der Bestimmung des Strömungswiderstands in den Zuleitungen wird erreicht, daß für die Versorgung aller Kraftstoffinjektoren gleiche Verhältnisse herrschen.

[0015] Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein schematisiertes Blockschaltbild eines Kraftstoffeinspritzsystems gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

Figur 2 ein Diagramm, welches die Abhängigkeit der Spritzmengendifferenz der einzelnen Kraftstoffinjektoren untereinander vom Durchmesser der die den einzelnen Kraftstoffinjektoren zugeordneten Hochdruckspeicher versorgenden Hochdruckleitungen wiedergibt.

[0016] Das in Figur 1 gezeigte Kraftstoffeinspritzsystem enthält eine Anzahl von Kraftstoffinjektoren 5 zum Einspritzen von Kraftstoff in die Brennräume einer

Brennkraftmaschine, insbesondere eines Dieselmotors. Die Kraftstoffinjektoren 5 werden mittels einer in der Figur 1 nicht eigens gezeigten Steuereinheit so gesteuert, daß eine optimal auf Drehzahl und Belastungszustand der Brennkraftmaschine abgestimmte Kraftstoffmenge in die Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzt wird. Von einem ebenfalls in Figur 1 nicht eigens dargestellten Kraftstoffvorrat wird mittels einer oder mehrerer Hochdruckpumpen 6 der Kraftstoff zunächst einer gemeinsamen Zulaufleitung 1 zugeführt, von welcher zur Versorgung der einzelnen Kraftstoffinjektoren 5 dienende Hochdruckleitungen 2,4 abzweigen. Bei dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel sind zwei Zulaufleitungen 1 vorgesehen, welche jeweils vier Kraftstoffinjektoren 5 gemeinsam versorgen, wie es bei einem 8V-Dieselmotor der Fall ist.

[0017] In den zu den Kraftstoffinjektoren 5 führenden Hochdruckleitungen 2,4 sind Hochdruckspeicher 3 vorgesehen, jeweils einer für jeden Kraftstoffinjektor 5. Der von der gemeinsamen Zulaufleitung 1 zu dem Hochdruckspeicher 3 führende Teil der Hochdruckleitung ist mit dem Bezugszeichen 2 bezeichnet, wogegen der von dem Hochdruckspeicher 3 zu dem Kraftstoffinjektor 5 führende Teil der Hochdruckleitung das Bezugszeichen 4 trägt.

[0018] Die Hochdruckspeicher 3 wirken als ölelastische Speicher, in deren Kraftstoffspeichervolumen unter dem von der Hochdruckpumpe 6 gelieferten Hochdruck beaufschlagter Kraftstoff zur Zuführung zu den Kraftstoffinjektoren 5 vorgehalten wird. Das Kraftstoffspeichervolumen eines jeden der Hochdruckspeicher 3 beträgt zwischen 80 und 300 mal, vorzugsweise zwischen 120 und 200 mal die maximale Menge des bei jedem Einspritzvorgang von einem Kraftstoffinjektor 5 in den zugeordneten Brennraum der Brennkraftmaschine einzuspritzenden Kraftstoffs.

[0019] Der Durchmesser D_2 des von der gemeinsamen Zulaufleitung 1 zu dem Hochdruckspeicher 3 führenden Teils 2 der Hochdruckleitung ist so bemessen, daß die Spritzmengendifferenz der Kraftstoffinjektoren 5 untereinander bei Nenndrehzahl der Brennkraftmaschine ein Minimum annimmt.

[0020] Das in Figur 2 dargestellte Diagramm zeigt die maximale Spritzmengendifferenz der einzelnen Kraftstoffinjektoren untereinander, also die Spritzmengendifferenz von Zylinder zu Zylinder der Brennkraftmaschine. Bei den durchgeführten Versuchen und Berechnungen wurde der Durchmesser D_2 der von der gemeinsamen Zulaufleitung 1 zu den Hochdruckspeichern 3 führenden Hochdruckleitungen 2 zwischen 1,0 und 5,0 mm variiert, im Bereich von 1,0 bis 3,5 mm in Schritten von 0,5 mm und dann in einem weiteren Schritt von 1,5 mm. Wie zu sehen ist, weist die Spritzmengendifferenz im Bereich von 1,5 bis 2,5 mm mit Werten zwischen 0,25 bis 0,35% ein Minimum auf, dessen Schwerpunkt bei einem Durchmesser D_2 von 2,0 mm liegt, dort jedoch ein lokales Maximum zeigt, auf welches hier jedoch nicht näher eingegangen werden soll. Es ist ersichtlich,

daß bei Durchmessern von 1,5, 2,0 und 2,5 mm minimale Werte der Spritzmengendifferenz gegenüber Durchmessern von 1,0 und 3,0 mm erreicht wird. Versuche mit unterschiedlichen Drehzahlen und Belastungszuständen, wie sie beim Betrieb der Brennkraftmaschine am häufigsten auftreten, zeigen, welcher Durchmesser D_2 schließlich am geeignetsten ist.

[0021] Der optimale Durchmesser D_2 der von der gemeinsamen Zulaufleitung 1 zu den Hochdruckspeichern 3 führenden Hochdruckleitungen 2 läßt sich rechnerisch durch die folgende Bedingung darstellen:

$$D_2 \approx ((4 \times (V_E + V_L)) / (cg_2 \times \pi \times T_{ASP}))^{1/2}$$

wobei

V_E das maximale Einspritzvolumen pro Einspritzvorgang,
 V_L eine ggf. am Kraftstoffinjektor anfallende Steuer- und Leckagemenge pro Einspritzvorgang,
 cg_2 einen Normwert für die Kraftstoffgeschwindigkeit in der Leitung,
 T_{ASP} die Zeitdauer für ein Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine

bedeuten, wobei die Werte für V_E , V_L und T_{ASP} durch die Auslegung der Brennkraftmaschine gegeben sind und cg_2 zwischen 5 und 50 m/s betragen soll. Bei langen, dünnen Leitungen beträgt der Wert für cg_2 zwischen 5 und 25 m/s und vorzugsweise zwischen 7 und 9 m/s. Bei sehr kurzen, im Extremfall drosselartige Übergänge darstellenden Hochdruckleitungen 2 oder bei Hochdruckleitungen 2 mit drosselartigen Einschnürungen ist für cg_2 im Bereich der Engstellen ein Wert zwischen 10 und 50 m/s, vorzugsweise zwischen 35 und 45 m/s anzunehmen.

[0022] Der signifikante Einfluß des Durchmessers D_2 der Hochdruckleitungen 2 auf die Spritzmengendifferenz der einzelnen Kraftstoffinjektoren untereinander läßt sich durch eine starke Bedämpfung der beim Öffnen und Schließen der Kraftstoffinjektoren 5 in den Hochdruckleitungen auftretenden rücklaufenden Druckwellen erklären, durch die eine gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Hochdruckspeicher 3 und damit der von diesen an die Kraftstoffinjektoren 5 abgegebenen Kraftstoffmengen ohne zusätzliche Maßnahmen wie Rückschlagventile oder Drosseln sehr gering gehalten werden kann.

[0023] Der Durchmesser D_4 der von den Hochdruckspeichern 3 zu den Kraftstoffinjektoren 5 führenden Hochdruckleitungen 4 sollte so groß sein, daß die Geschwindigkeit cg_4 des Kraftstoffs in diesen Hochdruckleitungen während des Einspritzvorgangs nicht größer als 30 m/s, vorzugsweise nicht größer als 25 m/s ist, um zu große Druckverluste zu vermeiden. Rechnerisch bedeutet das, daß der Durchmesser D_4 der von den Hochdruckspeichern 3 zu den Kraftstoffinjektoren 5 führen-

den Hochdruckleitungen 4 die folgende Bedingung erfüllt:

$$D_4 \geq ((4 \times V_E) / (c_{g4} \times \pi \times SD))^{1/2}$$

wobei

V_E das maximale Einspritzvolumen pro Einspritzvorgang,
 c_{g4} die zulässige Maximalgeschwindigkeit des Kraftstoffs in der Hochdruckleitung 4, und
 SD die Dauer des Einspritzvorgangs ist.

[0024] Im Gegensatz zu Kraftstoffeinspritzsystemen mit einem gemeinsamen Hochdruckspeicher in Form einer Common-Rail-Schiene dient bei dem erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzsystem die gemeinsame Zulaufleitung 1 nicht als Druckspeicher sondern lediglich zur Befüllung der in den von der gemeinsamen Zulaufleitung 1 zu den Kraftstoffinjektoren 5 führenden Hochdruckleitungen 2,4 vorgesehenen separaten Hochdruckspeicher 3. Für den Durchmesser D_1 der gemeinsamen Zulaufleitung 1 und den Durchmesser D_2 der von dieser zu den Hochdruckspeichern 3 führenden Hochdruckleitungen 2 gilt:

$$D_1 \geq n_R^{1/2} \times D_2$$

wobei n_R die Anzahl der an die gemeinsame Zulaufleitung 1 angeschlossenen Kraftstoffinjektoren 5 ist.

[0025] Ein wesentliches Ziel der Erfindung ist es, die gegenseitige Beeinflussung des Druckes in den einzelnen Hochdruckspeichern 3 ohne Verwendung zusätzlicher massebehafteter und somit träge reagierender Bauteile so gering wie möglich zu halten und eine minimale Differenz der Einspritzmengen der Kraftstoffinjektoren 5 untereinander zu erhalten. Hierzu ist es erforderlich, daß für die einzelnen Kraftstoffinjektoren 5 im wesentlichen gleiche Bedingungen in Bezug auf deren Versorgung mit unter Hochdruck stehendem Kraftstoff gelten. Neben einer identischen Auslegung der Hochdruckspeicher 3 wird dies dadurch erreicht, daß die Längen der von der gemeinsamen Zulaufleitung 1 zu den Hochdruckspeichern 3 führenden Hochdruckleitungen, wie auch der von den Hochdruckspeichern 3 zu den Kraftstoffinjektoren 5 führenden Hochdruckleitungen 4 gleich sind. Geht man einen Schritt weiter, und berücksichtigt auch die strömungsdynamischen Verhältnisse in der gemeinsamen Zulaufleitung 1, so sind Durchmesser und Länge der gemeinsamen Zulaufleitung 1 und der von der gemeinsamen Zulaufleitung 1 zu den Hochdruckspeichern 3 führenden Hochdruckleitungen 2 so aufeinander abgestimmt, daß der Strömungswiderstand der Hochdruckleitungen 2 und der zugeordneten Teile der gemeinsamen Zulaufleitung 1 für alle Kraftstoffinjektoren 5 gleich ist.

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzsystem für eine Brennkraftmaschine, insbesondere einen Dieselmotor, das eine Anzahl von Kraftstoffinjektoren (5) zum Einspritzen von Kraftstoff in die Brennräume der Brennkraftmaschine und eine die Kraftstoffinjektoren (5) über eine gemeinsame Zulaufleitung (1) und zu den einzelnen Kraftstoffinjektoren (5) führende Hochdruckleitungen (2,4) mit Kraftstoff versorgende Hochdruckpumpe (6), sowie jeweils in den zu den Kraftstoffinjektoren (5) führenden Hochdruckleitungen (2,4) vorgesehene, ein bestimmtes Kraftstoffspeichervolumen aufweisende Hochdruckspeicher (3) enthält. **dadurch gekennzeichnet, daß** das Kraftstoffspeichervolumen jedes der Hochdruckspeicher (3) zwischen 80 und 300 mal, vorzugsweise zwischen 120 und 200 mal die maximale Einspritzmenge pro Einspritzvorgang beträgt, und daß der Durchmesser D_2 der von der gemeinsamen Zulaufleitung (1) zu den Hochdruckspeichern (3) führenden Hochdruckleitungen (2) so bemessen ist, daß die Hochdruckleitungen (2) auf den durchströmenden Kraftstoff eine Drosselwirkung ausüben, derart, daß die Spritzmengendifferenz der Kraftstoffinjektoren (5) untereinander ein Minimum annimmt.

2. Kraftstoffeinspritzsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Durchmesser D_2 der von der gemeinsamen Zulaufleitung (1) zu den Hochdruckspeichern (3) führenden Hochdruckleitungen (2) die folgende Bedingung erfüllt:

$$D_2 \approx ((4 \times (V_E + V_L)) / (c_{g2} \times \pi \times T_{ASP}))^{1/2}$$

wobei

V_E das maximale Einspritzvolumen pro Einspritzvorgang,
 V_L eine ggf. am Kraftstoffinjektor anfallende Steuer- und Leckagemenge pro Einspritzvorgang,
 c_{g2} einen Normwert für die Kraftstoffgeschwindigkeit in der Leitung,
 T_{ASP} die Zeitdauer für ein Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine

bedeuten, wobei die Werte für V_E , V_L und T_{ASP} durch die Auslegung der Brennkraftmaschine gegeben sind und c_{g2} zwischen 5 und 50 m/s betragen soll.

3. Kraftstoffeinspritzsystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** c_{g2} bei langen, dünnen Leitungen zwischen 5 und 25 m/s, vorzugsweise zwischen 7 und 9 m/s beträgt.

4. Kraftstoffeinspritzsystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei sehr kurzen, im Extremfall drosselartige Übergänge zwischen der Zulaufleitung (1) und den Hochdruckspeichern (3) darstellenden Hochdruckleitungen (2) oder bei Hochdruckleitungen (2) mit drosselartigen Einschnürungen der Wert für cg_2 im Bereich der Engstellen zwischen 10 und 50 m/s, vorzugsweise zwischen 35 und 45 m/s liegt.

5. Kraftstoffeinspritzsystem nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Durchmesser D_4 der von den Hochdruckspeichern (3) zu den Kraftstoffinjektoren (5) führenden Hochdruckleitungen (4) mindestens so groß ist, daß die Geschwindigkeit cg_4 des Kraftstoffs in diesen Hochdruckleitungen (4) während des Einspritzvorgangs nicht größer als 30 m/s ist, vorzugsweise nicht größer als 25 m/s ist.

6. Kraftstoffeinspritzsystem nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Durchmesser D_4 der von den Hochdruckspeichern (3) zu den Kraftstoffinjektoren (5) führenden Hochdruckleitungen (4) die folgende Bedingung erfüllt:

$$D_4 \geq ((4 \times V_E) / (cg_4 \times \pi \times SD))^{1/2}$$

wobei

V_E das maximale Einspritzvolumen pro Einspritzvorgang,

cg_4 die zulässige Maximalgeschwindigkeit des Kraftstoffs in der Hochdruckleitung (4), und

SD die Dauer des Einspritzvorgangs ist.

7. Kraftstoffeinspritzsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** für die Durchmesser D_1 der gemeinsamen Zulaufleitung (1) und D_2 der von der gemeinsamen Zulaufleitung (1) zu den Hochdruckspeichern (3) führenden Hochdruckleitungen (2) gilt:

$$D_1 \geq n_R^{1/2} \times D_2$$

wobei n_R die Anzahl der an die gemeinsame Zulaufleitung (1) angeschlossenen Kraftstoffinjektoren (5) ist.

8. Kraftstoffeinspritzsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Längen von der gemeinsamen Zulaufleitung (1) zu den Hochdruckspeichern (3) führenden Hochdruckleitungen (2) gleich sind.

9. Kraftstoffeinspritzsystem nach einem der Ansprü-

che 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** Durchmesser und Länge der Zulaufleitung (1) und der von der gemeinsamen Zulaufleitung (1) zu den Hochdruckspeichern (3) führenden Hochdruckleitungen (2) so aufeinander abgestimmt sind, daß der dynamische Strömungswiderstand der Zulaufleitungen für alle Kraftstoffinjektoren (5) gleich ist.

10 Claims

1. Fuel injection system for an internal combustion engine, in particular a diesel engine, which contains a number of fuel injectors (5) for the injection of fuel into the combustion spaces of the internal combustion engine and a high-pressure pump (6) supplying fuel to the fuel injectors (5) via a common inflow line (1) and high-pressure lines (2, 4) leading to the individual fuel injectors (5), and also high-pressure accumulators (3) which are provided in each case in the high-pressure lines (2, 4) leading to the fuel injectors (5) and have a specific fuel storage volume, **characterized in that** the fuel storage volume of each of the high-pressure accumulators (3) is between 80 and 300 times, preferably between 120 and 200 times, the maximum injection quantity per injection operation, and **in that** the diameter D_2 of the high-pressure lines (2) leading from the common inflow line (1) to the high-pressure accumulators (3) is dimensioned such that the high-pressure lines (2) exert on the fuel flowing through a throttle action such that the difference in injection quantity among the fuel injectors (5) assumes a minimum.

2. Fuel injection system according to Claim 1, **characterized in that** the diameter D_2 of the high-pressure lines (2) leading from the common inflow line (1) to the high-pressure accumulators (3) satisfies the condition:

$$D_2 = ((4 \times (V_E + V_L)) / (cg_2 \times \pi \times T_{ASP}))^{1/2},$$

V_E being the maximum injection volume per injection operation,

V_L being a control and leakage quantity per injection operation which possibly occurs at the fuel injector,

Cg_2 being a standard value for the fuel velocity in the line,

T_{ASP} being the duration of a work cycle of the internal combustion engine,

the values for V_E , V_L and T_{ASP} being determined by the design of the internal combustion engine, and cg_2 being intended to be between 5 and 50 m/s.

3. Fuel injection system according to Claim 1 or 2,

characterized in that, in the case of long thin lines, cg_2 is between 5 and 25 m/s, preferably between 7 and 9 m/s.

4. Fuel injection system according to Claim 1 or 2, **characterized in that**, in the case of very short high-pressure lines (2) which in an extreme case constitute throttle-like transitions between the inflow line (1) and the high pressure accumulators (3) or in the case of high-pressure lines (2) with throttle-like contractions, the value for cg_2 in the region of the narrow points is between 10 and 50 m/s, preferably between 35 and 45 m/s.

5. Fuel injection system according to Claim 1, 2, 3 or 4, **characterized in that** the diameter D_4 of the high-pressure lines (4) leading from the high-pressure accumulators (3) to the fuel injectors (5) is at least such that the velocity cg_4 of the fuel in these high-pressure lines (4) during the injection operation is no higher than 30 m/s, preferably no higher than 25 m/s.

6. Fuel injection system according to Claim 5, **characterized in that** the diameter D_4 of the high-pressure lines (4) leading from the high-pressure accumulators (3) to the fuel injectors (5) satisfies the following condition:

$$D_4 \geq ((4 \times V_E) / (cg_4 \times \pi \times SD))^{1/2},$$

V_E being the maximum injection volume per injection operation,

Cg_4 being the permissible maximum velocity of the fuel in the high-pressure line (4), and

SD being the duration of the injection operation.

7. Fuel injection system according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the following applies to the diameters D_1 of the common inflow line (1) and D_2 of the high-pressure lines (2) leading from the common inflow line (1) to the high-pressure accumulators (3):

$$D_1 \geq n_R^{1/2} \times D_2,$$

n_R being the number of fuel injectors (5) connected to the common inflow line (1).

8. Fuel injection system according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the lengths of high-pressure lines (2) leading from the common inflow line (1) to the high-pressure accumulator (3) are identical.

9. Fuel injection system according to one of Claims 1

to 8, **characterized in that** the diameter and length of the inflow line (1) and of the high-pressure lines (2) leading from the common inflow line (1) to the high-pressure accumulators (3) are co-ordinated with one another in such a way that the dynamic flow resistance of the inflow lines is identical for all the fuel injectors (5).

10 Revendications

1. Système d'injection de carburant pour un moteur à combustion interne, en particulier un moteur diesel, qui contient une pluralité d'injecteurs de carburant (5) pour injecter du carburant dans les chambres de combustion du moteur à combustion interne, et une pompe à haute pression (6) alimentant en carburant les injecteurs de carburant (5) par l'intermédiaire d'un conduit d'amenée commun (1) et de conduits à haute pression (2, 4) conduisant aux injecteurs de carburant (5) individuels, ainsi qu'un réservoir à haute pression (3) présentant un volume défini de réserve de carburant, prévu dans chacun des conduits à haute pression (2, 4) conduisant vers les injecteurs de carburant (5), **caractérisé en ce que** le volume de réserve de carburant de chacun des réservoirs à haute pression (3) vaut entre 80 et 300 fois, de préférence entre 120 et 200 fois la quantité maximale injectée par opération d'injection, et **en ce que** le diamètre D_2 des conduits à haute pression (2) conduisant du conduit d'amenée commun (1) aux réservoirs à haute pression (3) est dimensionné de telle sorte que les conduits à haute pression (2) exercent sur le carburant en écoulement un effet d'étranglement de telle sorte que la différence entre les quantités injectées par les injecteurs de carburant (5) soit minimale.

2. Système d'injection de carburant selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le diamètre D_2 des conduits à haute pression (2) conduisant du conduit d'amenée commun (1) aux réservoirs à haute pression (3) remplit la condition suivante :

$$D_2 \approx ((4 \times (V_E + V_L) / (cg_2 \times \pi \times T_{ASP}))^{1/2}$$

dans laquelle

V_E représente le volume maximum injecté par opération d'injection,

V_L représente une éventuelle quantité de commande ou de fuite sur l'injecteur de carburant lors de chaque opération d'injection,

cg_2 représente une valeur normalisée de la vitesse du carburant dans le conduit,

T_{ASP} représente la durée d'un jeu de travail du moteur à combustion interne,

les valeurs de V_E , V_L et T_{ASP} étant données par la conception du moteur à combustion interne et cg_2 devant valoir entre 5 et 50 m/s.

3. Système d'injection de carburant selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** pour de minces conduits allongés, cg_2 vaut entre 5 et 25 m/s, de préférence entre 7 et 9 m/s. 5
4. Système d'injection de carburant selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** pour de très courtes transitions, dans le cas extrême de type d'étranglement, entre le conduit d'amenée (1) et les conduits à haute pression (2) représentant les réservoirs à haute pression (3), ou pour des conduits à haute pression (2) présentant des rétrécissements en forme d'étranglement, la valeur de cg_2 dans la région des emplacements étroits est comprise entre 10 et 50 m/s, de préférence entre 35 et 45 m/s. 10 15 20
5. Système d'injection de carburant selon la revendication 1, 2, 3 ou 4, **caractérisé en ce que** le diamètre D_4 des conduits à haute pression (4) conduisant des réservoirs à haute pression (3) aux injecteurs de carburant (5) est au moins assez grand pour que la vitesse cg_4 du carburant dans ces conduits à haute pression (4) pendant l'opération d'injection ne soit pas supérieure à 30 m/s et de préférence ne soit pas supérieure à 25 m/s. 25 30
6. Système d'injection le carburant selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le diamètre D_4 des conduits à haute pression (4) conduisant des réservoirs à haute pression (3) aux injecteurs de carburant (5) remplit la condition suivante : 35

$$D_4 \geq ((4 \times V_E)/cg_4 \times \pi \times SD)^{1/2}$$

40

dans laquelle

V_E représente le volume maximum d'injection par opération d'injection,

cg_4 représente seule la vitesse maximale admissible du carburant dans le conduit à haute pression (4), et 45

SD représente la durée de l'opération d'injection. 50

7. Système d'injection de carburant selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** pour le diamètre D_1 du conduit d'amenée commun (1) et D_2 des conduits à haute pression (2) conduisant du conduit d'amenée commun (1) aux réservoirs à haute pression (3), on a : 55

$$D_1 \geq n_R^{1/2} \times D_2$$

dans laquelle n_R est le nombre des injecteurs de carburant (5) raccordés au conduit d'amenée commun (1).

8. Système d'injection de carburant selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les conduits à haute pression (2) conduisant du conduit d'amenée commun (1) aux réservoirs à haute pression (3) présentent tous la même longueur.
9. Système d'injection de carburant selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le diamètre et la longueur du conduit d'amenée (1) et des conduits à haute pression (2) conduisant du conduit d'amenée commun (1) aux réservoirs à haute pression (3) sont accordés les uns aux autres de telle sorte que la résistance dynamique à l'écoulement des conduits d'amenée soit identique pour tous les injecteurs de carburant (5).

Fig. 1

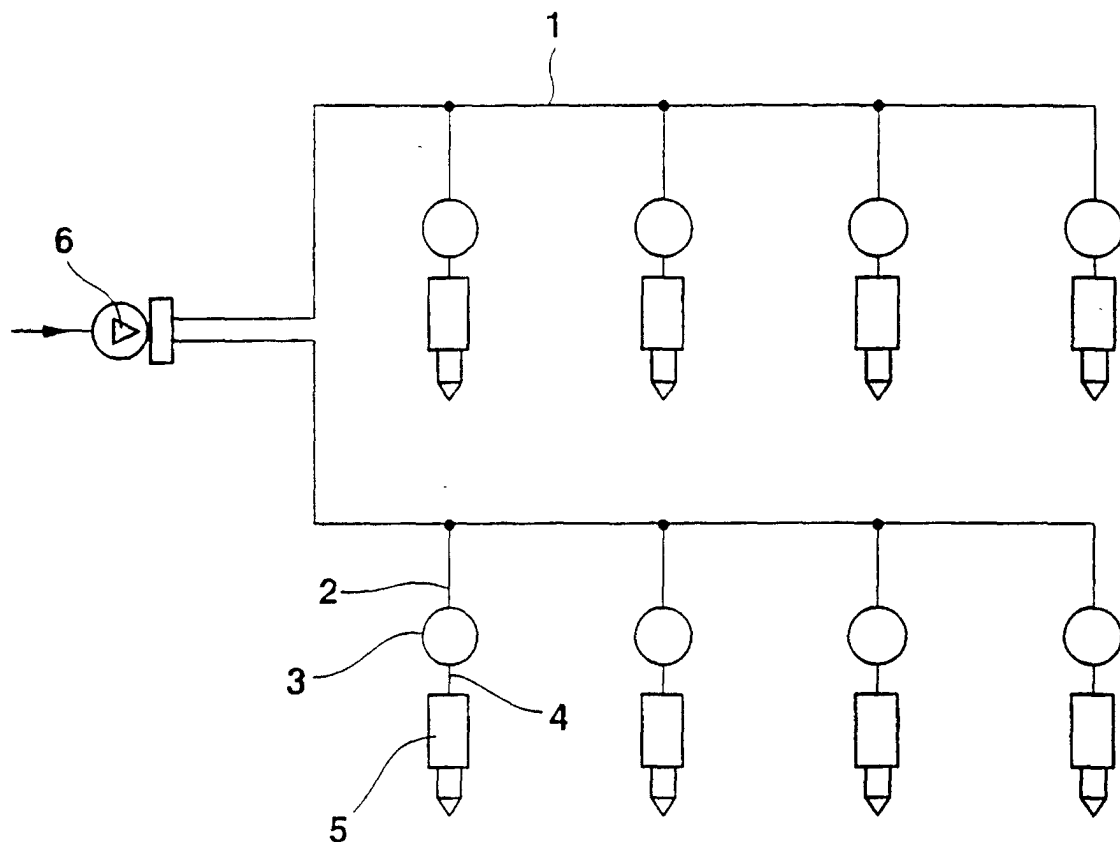


Fig. 2

Maximale Spritzmengendifferenz von Zyl. zu Zyl.

