

(19)



(11)

EP 2 142 785 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
23.11.2016 Patentblatt 2016/47

(51) Int Cl.:
F02D 41/38 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08735672.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/053907

(22) Anmeldetag: **02.04.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/132005 (06.11.2008 Gazette 2008/45)

(54) **VERFAHREN UND STEUERGERÄT ZUR STEUERUNG DER EINSPRITZUNG BEI EINER BRENNKRAFTMASCHINE**

METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING INJECTION IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE COMMANDE D'INJECTION D'UN MOTEUR À COMBUSTION INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **26.04.2007 DE 102007019640**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.01.2010 Patentblatt 2010/02

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **SCHMIDT, Norbert**
22083 Hamburg (DE)
• **WALTHER, Jochen**
70188 Stuttgart (DE)
• **SCHEID, Erik**
70195 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 916 831 DE-A1- 10 012 024
DE-A1- 19 857 971 US-A1- 2001 032 619
US-A1- 2005 081 825

EP 2 142 785 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

- 5 **[0001]** Aufgrund steigender Anforderungen seitens der Emissionsgesetzgebung zum Beispiel in Europa und den USA wird es bei Common Rail-Kraftstoffeinspritzsystemen zunehmend wichtiger, eine hohe Genauigkeit der eingespritzten Kraftstoffmenge zu erreichen. Andererseits werden stetig wachsende Anforderungen an den maximalen Raildruck künftiger CR-Systeme gestellt.
- 10 **[0002]** Um dem Wunsch nach hohen Raildrücken gerecht werden zu können, müssen die Leckageverluste verringert werden. Dies kann unter Anderem durch eine Verkürzung der Förderphase erreicht werden. Die verkürzten Förderphasen führen insbesondere bei hohen Drehzahlen zu hohen Förderströmen und damit zu steilen Druckgradienten im Rail, was die exakte Zumessung der gewünschten Einspritzmenge erschwert.
- 15 **[0003]** Um die gewünschte Einspritzmenge für jeden Injektor möglichst genau zu realisieren, wird kurz vor der Ansteuerung der Injektoren der Druck im Rail mittels eines Drucksensors gemessen und mit diesem Druckwert die Ansteuerdauer aus einem Kennfeld - dem sogenannten Durchfluss-Ansteuerdauer-Kennfeld - ermittelt.
- 20 **[0004]** Durch verschiedene zur Rauschreduzierung erforderliche Tiefpassfilter im Drucksensor und im Steuergerät steht das reale Raildrucksignal im Steuergerät mit einer zeitlichen Verzögerung an. Zusätzlich muss die Auslesung des Druckes bereits im dynamischen Interrupt vor der eigentlichen Bestromung des Injektors erfolgen, um im Steuergerät noch ausreichend Zeit zur Berechnung der erforderlichen Ansteuerdauer vorzuhalten. In Summe ergibt sich damit eine zeitliche Verzögerung Δt zwischen der Messung des Druckwerts und der Verfügbarkeit dieses Druckwerts im Steuergerät, wo es zur Ermittlung der Ansteuerdauer des Injektors genutzt werden kann.
- 25 **[0005]** In manchen Betriebspunkten mit hoher Drehzahl und somit steilen Raildruckgradienten ergeben sich durch die oben genannte Verzögerung Δt Druckunterschiede von bis zu 80bar zwischen dem im Steuergerät verwendeten gemessenen Raildruck und dem tatsächlich zum Zeitpunkt der Einspritzung anliegenden Raildruck. Da die Einspritzmenge unter anderem von dem am Rail anstehenden Druck abhängt, führt diese Druckabweichung zu signifikanten Einspritzmengenfehlern.
- 30 **[0006]** Aus der DE 198 57 971 A1 ist ein Verfahren bekannt bei dem durch eine lineare Interpolation der Druckwert zum Zeitpunkt des Einspritzbeginns ermittelt wird. Diese Verfahren ist jedoch nur bedingt einsetzbar, wenn die Druckgradienten sehr steil sind und überdies noch starken Schwankungen unterliegen.
- Offenbarung der Erfindung
- [0007]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren bereitzustellen, das eine genauere Dosierung der Einspritzmenge ermöglicht und das möglichst kostengünstig realisierbar ist.
- 35 **[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Verfahren zum Betreiben eines Kraftstoff-Einspritzsystems für Brennkraftmaschinen mit einer Hochdruckpumpe, mit einem Common-Rail, mit einem Drucksensor, mit mindestens einem Einspritzventil, und mit einem Steuergerät zur Ansteuerung der Einspritzventile, wobei ein erster Raildruck $p_{\text{Rail-1}}$ des Common-Rails für jede Einspritzung zu einem ersten Zeitpunkt erfasst und ausgewertet wird, wobei der erste Zeitpunkt um ein Zeitintervall ΔT vor der Einspritzung des Injektors liegt, dadurch gelöst, dass zu einem zweiten Zeitpunkt ein zweiter Raildruck $p_{\text{Rail-2}}$ des Common-Rails für jede Einspritzung erfasst wird, dass der zweite Zeitpunkt später als der erste Zeitpunkt liegt und dass der zum ersten Zeitpunkt für die Einspritzung j erfasste erste Raildruck $p_{\text{Rail-1}}$ (j) in Abhängigkeit des zum zweiten Zeitpunkt t_2 ($j-r$) einer zeitlich früheren Einspritzung ($j-r$) erfassten zweiten Raildrucks $p_{\text{Rail-2}}$ ($j-r$) korrigiert wird.
- 40 **[0009]** Das erfindungsgemäße Verfahren macht sich die Tatsache zunutze, dass der Fehler, der sich aus der zeitlichen Verzögerung zwischen der Erfassung des ersten Raildrucks $p_{\text{Rail-1}}$ zum ersten Zeitpunkt t_1 und des zweiten Raildrucks $p_{\text{Rail-2}}$ zum ersten Zeitpunkt t_2 eine gewisse Regelmäßigkeit aufweist. Dadurch ist es möglich, diesen systematischen Fehler, der aus in der Vergangenheit liegenden Einspritzungen $j-r$ relativ genau bekannt ist, zur Korrektur des ersten Raildrucks $p_{\text{Rail-1}}$ bei der nächsten Einspritzung j zu verwenden. Dadurch kann der Fehler bezüglich des Raildrucks deutlich reduziert werden und infolgedessen die Einspritzmenge genauer dosiert werden. Zusätzliche Hardware ist nicht erforderlich.
- 50 **[0010]** Ein weiterer wichtiger Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass keine zusätzliche Hardware benötigt wird, da lediglich eine zusätzliche Druckmessung durch den ohnehin vorhandenen Drucksensor vorgenommen werden muss. Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich somit auch bei bereits in Serie befindlichen Kraftstoff-Einspritzsystemen durch ein Software-Update realisieren.
- 55 **[0011]** In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass zur Korrektur des ersten Raildrucks zum ersten Zeitpunkt t_1 , der Einspritzung j , auch der erste Raildruck $p_{\text{Rail-1}}$ ($j-r$) einer zeitlich früheren Einspritzung $j-r$ herangezogen wird. Dadurch kann die Korrektur des Raildrucks weiter verbessert und die Genauigkeit der eingespritzten Kraftstoffmenge weiter verbessert werden.

[0012] Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die Korrektur des ersten Raildrucks $p_{\text{Rail-1}}$ gemäß der in Anspruch 3 dargestellten Gleichung erfolgt.

[0013] Zur Erläuterung dieser Gleichung werden folgende Begriffe eingeführt:

Unter einem Arbeitsspiel wird bei einer nach dem Viertaktverfahren arbeitenden Brennkraftmaschine zwei Umdrehungen der Kurbelwelle, entsprechend 720° Kurbelwellenwinkel verstanden. Innerhalb eines solchen Arbeitsspiels durchläuft jeder der m Zylinder der Brennkraftmaschine alle vier Takte (Ansaugen, Verdichten, Arbeiten und Auschieben) eines 4-Takt-Motors. Danach wiederholt sich der Ablauf in dem nächsten Arbeitsspiel, so dass die Vorgänge innerhalb einer Brennkraftmaschine periodisch bezüglich eines Arbeitsspiels sind. Der Laufindex j wird benutzt, um die m Zylinder der Brennkraftmaschine zu nummerieren.

[0014] Im Sinne der Erfindung bedeutet die Einspritzung j , dass in den Zylinder mit der Nummer j Kraftstoff eingespritzt wird. Innerhalb eines Arbeitsspiels wird in jeden der m Zylinder der Brennkraftmaschine einmal Kraftstoff eingespritzt, wobei im Zusammenhang mit der Erfindung nicht zwischen Haupteinspritzung, Voreinspritzung und einer Nacheinspritzung unterschieden wird, da das erfindungsgemäße Verfahren bei einer Haupteinspritzung und/oder einer Voreinspritzung und/oder einer Nacheinspritzung angewandt werden kann.

[0015] Da die Kraftstoff-Hochdruckpumpe starr mit der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine gekoppelt ist, folgen auch die Förderhübe der Kraftstoff-Hochdruckpumpe einer gewissen Periodizität, wobei die Periodizität der Förderhübe bevorzugt in der Regel ganze Vielfache der Arbeitsspiele sind. Die Zahl der Förderhübe innerhalb eines Arbeitsspiels hängt von der Zahl der Pumpenelemente der Kraftstoff-Hochdruckpumpe und dem Übersetzungsverhältnis zwischen Kraftstoff-Hochdruckpumpe und Kurbelwelle der Brennkraftmaschine ab. In aller Regel ist die Zahl der Förderhübe innerhalb eines Arbeitsspiels eine ganze Zahl ist. So kann beispielsweise bei einer 4-Zylinder-Brennkraftmaschine vorgesehen sein, dass innerhalb eines Arbeitsspiels zwei Förderhübe von der Kraftstoff-Hochdruckpumpe ausgeführt werden.

[0016] Wenn nun also beispielsweise bei einer 4-Zylinder-Brennkraftmaschine innerhalb eines Arbeitsspiels vier Einspritzungen und zwei Förderhübe der Kraftstoff-Hochdruckpumpe stattfinden, entfällt auf jede zweite Einspritzung ein Förderhub. Dies bedeutet auch, dass zwei Einspritzungen $j-2$ vor der aktuellen Einspritzung j sehr ähnliche Druckverhältnisse im Rail geherrscht haben. Diesen Effekt macht sich das erfindungsgemäße Verfahren zunutze, um den aktuellen Einspritzdruck $p_{\text{Rail-1}}$ der nächsten Einspritzung j zu korrigieren. Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es möglich, die durch fehlerhafte Druckwerte verursachte Einspritzmengenfehler deutlich zu verringern.

[0017] Im vorgestellten Beispiel ist der Versatz zwischen der aktuellen Einspritzung j und der vergleichbaren früheren Einspritzung gleich 2. Dieser Versatz wird im Folgenden mit dem Buchstaben r bezeichnet.

[0018] Im Zusammenhang mit der Gleichung gemäß Anspruch 3 gilt also für das oben beschriebene Beispiel einer 4-Zylinder-Brennkraftmaschine $r = 2$.

[0019] Zu beachten ist hierbei, dass lediglich im Fall eines Reihenzyindersystems mit einspritzsynchrone Förderung und ausreichenden Gleichfördereigenschaften der Pumpe auf den in der Zündfolge vorausliegenden Zylinder zurückgegriffen werden kann. Im Fall von nicht einspritzsynchrone Übersetzungsverhältnissen und/oder beim Einsatz von V-Systemen weicht der Raildruckverlauf im Umfeld der Einspritzung zwischen den einzelnen Zylindern ab. Es muss daher systemabhängig, in der Zündfolge um einem oder mehrere Zylinder, entsprechend dem Versatz r , in die Vergangenheit zurückgegangen werden, um den aus den bei der Einspritzung $j-r$ in den Zylinder $j-r$ bekannten ersten Raildruck $p_{\text{Rail-1}}(j-r)$ und zweiten Raildruck $p_{\text{Rail-2}}(j-r)$ zur Korrektur des aktuell verfügbaren ersten Raildrucks $p_{\text{Rail-1}}(j)$ einsetzen zu können. In der nachfolgenden Tabelle ist für die gängigen Motorkonzepte und Übersetzungsverhältnisse zwischen Brennkraftmaschine und Kraftstoffhochdruckpumpe der Versatz r angegeben.

Tabelle 1: Verzug r in Abhängigkeit der Förderhübe pro Arbeitsspiel bei verschiedenen Motorenbauarten.

Motor	Förderhübe pro Arbeitsspiel	Versatz r	Bemerkung
Reihe, $m = 4$	4	1	
Reihe, $m = 5$	5	1	
Reihe, $m = 6$	6	1	
V, $m = 6$	6	2	Regelmäßige Zündwechsel zwischen den Zylinderbänken führt zu gleichen Druckbildern bei Einspritzungen auf einer Bank.
V, $m = 8$	8	8	Unregelmäßige Zündwechsel führen erst nach einem komplettem Arbeitsspiel zur Wiederholung des Druckbildes

(fortgesetzt)

Motor	Förderhübe pro Arbeitsspiel	Versatz r	Bemerkung
Reihe, M = 4	2	2	

[0020] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass zur Korrektur des ersten Raildrucks $p_{\text{Rail-1}}$ (j) der Einspritzung j der zweite Raildruck $p_{\text{Rail-2}}$ und/oder der gemessene erste Raildruck $p_{\text{Rail-1}}$ des Zylinders j - r herangezogen wird, wobei bei den Zylindern j und j - r ähnliche Druckverhältnisse unmittelbar vor und/oder während der Einspritzung herrschen.

[0021] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird ebenfalls gelöst durch ein Steuergerät, welches nach einem der erfindungsgemäßen Verfahren arbeitet.

[0022] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen entnehmbar. Alle in der Zeichnung, deren Beschreibung und in den Patentansprüchen genannten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0023] Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Common-Rail-Kraftstoff-Einspritzsystems und

Figur 2 den Druckverlauf innerhalb eines Arbeitsspiels bei einer Vierzylinder-Brennkraftmaschine mit zwei Förderhüben je Arbeitsspiel.

Ausführungsformen der Erfindung

[0024] In Fig. 1 wird ein Kraftstoffeinspritzsystem für Brennkraftmaschinen schematisch dargestellt, anhand dessen das erfindungsgemäße Verfahren nachfolgend erläutert wird.

[0025] Mit 100 sind Injektoren bezeichnet, über die der Kraftstoff den einzelnen Brennräumen der nicht dargestellten Brennkraftmaschine zugemessen wird. Jeder Injektor 100 ist einem Zylinder der nicht dargestellten Brennkraftmaschine zugeordnet. In dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 sind drei Injektoren 100-1 bis 100-4 einer 4-Zylinder-Brennkraftmaschine dargestellt. Bei einer anderen Zylinderzahl m der Brennkraftmaschine ändert sich die Zahl der Injektoren 100-1 bis 100-m entsprechend.

[0026] Die Injektoren werden von einem Druckspeicher, nachfolgend als "Common-Rail" bezeichnet, 200 mit Kraftstoff beaufschlagt. Das Common-Rail 200 steht über eine Hochdruckleitung 210 mit einer Hochdruckpumpe 220 in Verbindung. Die Hochdruckpumpe 220 wiederum steht über eine Niederdruckleitung 240 mit einer Niederdruckpumpe 250, die meist als elektrische Kraftstoffpumpe ausgeführt wird, in Verbindung. Die Niederdruckpumpe 250 ist vorzugsweise in einem Kraftstofftank 255 angeordnet.

[0027] An dem Druckspeicher 200 ist ein Drucksensor 205 angeordnet. Zwischen der Niederdruckpumpe 250 und der Hochdruckpumpe 220 ist ein Mengensteuerventil 230 angeordnet. Alternativ kann das Mengensteuerventil 230 auch zwischen der Hochdruckpumpe 220 und dem Common-Rail 200 angeordnet sein (nicht dargestellt). Das Mengensteuerventil 230 und die Injektoren 100 werden von einer Endstufe 160 mit Spannung beaufschlagt. Die Endstufe 160 ist vorzugsweise in ein Steuergerät 260 integriert, welches die Ausgangssignale des Drucksensors 205 und verschiedener anderer Sensoren 270 verarbeitet.

[0028] Das Kraftstoffeinspritzsystem arbeitet nun wie folgt: Die Niederdruckpumpe 250 fördert den Kraftstoff, der sich im Tank 255 befindet, über die Niederdruckleitung 240 zur Hochdruckpumpe 220. Diese verdichtet den Kraftstoff und fördert ihn über die Hochdruckleitung 210 in den Druckspeicher. Durch Ansteuern des Injektors 100-j kann der Beginn und das Ende der Einspritzung j von Kraftstoff in den j-ten Zylinder gesteuert werden. Diese Steuerung erfolgt abhängig von den mit den Sensoren 270 erfassten Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine.

[0029] Mittels des Drucksensors 205 wird der im Druckspeicher 200 herrschende Kraftstoffdruck p_{rail} (t) erfasst und vorzugsweise in dem Steuergerät 260 ausgewertet.

[0030] Das Mengensteuerventil 230 wird in Abhängigkeit des gemessenen Druckwertes p_{rail} so angesteuert, dass sich der Drucksollwert p_{Soll} im Common-Rail 200 einstellt. Mittels des Mengensteuerventils 230 kann die von der Hochdruckpumpe 220 geförderte Kraftstoffmenge gesteuert und damit der Druckaufbau im Druckspeicher 200 gesteuert werden. Hierzu ist es erforderlich, dass das Mengensteuerventil 230 zu einem bestimmten ersten Zeitpunkt angesteuert

und die Ansteuerung zu einem zweiten Zeitpunkt zurückgenommen wird. Um eine genaue Drucksteuerung zu erzielen, ist es erforderlich, dass das Mengensteuerventil 230 zum exakt vorberechneten Zeitpunkt öffnet und/oder schließt. Dabei ist es von Vorteil, wenn die Verzögerungszeit zwischen der Ansteuerung des Mengensteuerventils 230 und der tatsächlichen Reaktion, d. h. dem Öffnen und/oder Schließen des Mengensteuerventils 230, möglichst klein ist.

[0031] Bei einer bedarfsgerechten Drucksteuerung fördert die Hochdruckpumpe 220 die Kraftstoffmasse, die für die Aufrechterhaltung oder eine gewünschte Änderung des Druckes p_{Rail} im Druckspeicher 200 notwendig ist.

[0032] In Figur 2 ist der Verlauf des Raildrucks p_{Rail} über mehr als ein Arbeitsspiel, entsprechend einem Kurbelwellenwinkel von 720° , in Diagrammform dargestellt. Der durch eine Linie 280 dargestellte Raildruck $p_{\text{Rail}}(t)$ folgt einem periodischen Muster. Innerhalb eines Arbeitsspiels, entsprechend einem Kurbelwellenwinkel von 0° bis 720° , finden zwei Förderhübe statt. Diese Förderhübe sind an den Maxima des Raildrucks $p_{\text{Rail}}(t)$ bei 180° und 540° Kurbelwellenwinkel zu erkennen.

[0033] Die beiden Förderhübe liegen unmittelbar vor den Einspritzungen in den Zylindern 2 und 4 der Brennkraftmaschine. Die Einspritzungen j der insgesamt vier Zylinder der Brennkraftmaschine sind durch nummerierte Marker $j = 1$, $j = 2$, $j = 3$ und $j = 4$ gekennzeichnet. Während der Einspritzung der Zylinder 1 und 3, entsprechend den Markern $j = 1$ und $j = 3$ findet keine Förderung der Kraftstoff-Hochdruckpumpe statt.

[0034] Da durch die Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum die im Common-Rail 200 befindliche Kraftstoffmenge verringert wird, sinkt der Druck p_{Rail} im Common-Rail 200 während der Einspritzungen 1 und 3 ab. Auch dies ist anhand der ersten Linie 280 deutlich zu erkennen.

[0035] Da, wie bereits erwähnt, von der Erfassung des Raildrucks p_{Rail} bis zur Einspritzung eine gewisse Zeitverzögerung unvermeidbar ist, muss das Steuergerät, welches beispielsweise die Einspritzdauer für die Einspritzung $j = 1$ von Kraftstoff in den ersten Zylinder bei einem Kurbelwellenwinkel von 0° berechnet, auf einen zum Zeitpunkt t_1 ($j = 1$) gemessenen ersten Raildruck $p_{\text{Rail-1}}$ ($j = 1$) zurückgreifen. Da zwischen dem Zeitpunkt t_1 ($j = 1$) und der ersten Einspritzung $j = 1$ bei einem Kurbelwellenwinkel von 0° keine Förderung von Kraftstoff durch die Kraftstoff-Hochdruckpumpe erfolgt, bleibt der Raildruck p_{Rail} innerhalb dieses Zeitintervalls ΔT nahezu konstant.

[0036] Anders verhält es sich bei der Einspritzung $j = 2$ in den zweiten Zylinder, dargestellt durch den Marker $j = 2$. Auch hier ist wieder das Zeitintervall ΔT eingetragen. Bei dieser Einspritzung ändert sich aufgrund der Förderung durch die Kraftstoff-Hochdruckpumpe der Druck p_{Rail} in dem Zeitintervall ΔT , welches zum Zeitpunkte ($j = 2$) beginnt und mit der Einspritzung bei einem Kurbelwellenwinkel von 180° endet, erheblich. Wenn nun, wie bei herkömmlichen Verfahren zum Steuern der Einspritzmenge einer Brennkraftmaschine üblich, nur der erste Raildruck $p_{\text{Rail-1}}$ ($j = 2$) zum Zeitpunkte ($j = 2$) für die zweite Einspritzung $j = 2$ herangezogen wird, um die Einspritzdauer zu bestimmen, wird die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge größer als gewünscht sein, da zum Beginn der zweiten Einspritzung $j = 2$ der tatsächlich herrschende Druck p_{Rail} im Common-Rail 200 deutlich höher als der der Ermittlung der Ansteuerdauer zugrunde gelegte Druck $p_{\text{Rail-1}}$ ist. In dem in Figur 2 dargestellt Diagramm beträgt der Druckunterschied bei der zweiten Einspritzung $j = 2$ zwischen dem zweiten Raildruck $p_{\text{Rail-2}}$ und dem ersten Raildruck $p_{\text{Rail-1}}$ etwa 80 bar!

[0037] Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, vor jeder Einspritzung j noch zu einem zweiten Zeitpunkt t_2 (j) den Raildruck zu erfassen. Dieser zweite Zeitpunkt t_2 (j) liegt unmittelbar vor Beginn oder gleichzeitig mit der Einspritzung. Die Druckdifferenz zwischen zweitem Raildruck $p_{\text{Rail-2}}$ und dem ersten Raildruck $p_{\text{Rail-1}}$ beträgt im vorliegenden Fall etwa 80 bar. Dieser systematische "Fehler" wiederholt sich, wie aus Figur 2 ersichtlich ist, bei der vierten Einspritzung $j = 4$, die durch den Marker $j = 4$ gekennzeichnet ist und bei einem Kurbelwellenwinkel von 540° stattfindet, in nahezu identischer Weise.

[0038] Diese Periodizität macht sich das erfindungsgemäße Verfahren zunutze, indem der vor der vierten Einspritzung $j = 4$ zum Zeitpunkt t_1 ($j = 4$) gemessene erste Raildruck $p_{\text{Rail-1}}$ ($j = 4$) durch den für die zweite Einspritzung $j = 2$ ermittelte Druckdifferenz ($p_{\text{Rail-2}}$ ($j = 2$) - $p_{\text{Rail-1}}$ ($j = 2$)) korrigiert wird. Dadurch ist es möglich, die auf einen fehlerhaften Druckwert zurückzuführenden Fehler bei der Einspritzmenge deutlich zu verringern.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Kraftstoffeinspritzsystems für Brennkraftmaschinen mit einer Hochdruckpumpe (220), mit einem Common-Rail (200), mit einem Drucksensor (205), mit mindestens einem Einspritzventil (100-j, mit $j = 1$ bis m) und mit einem Steuergerät (160) zur Ansteuerung der Einspritzventile (100), wobei ein erster Raildruck ($p_{\text{Rail-1}}$ (j)) des Common-Rails (200) für eine Einspritzung (j) zu einem ersten Zeitpunkt t_1 (j) erfasst und ausgewertet wird, wobei der erste Zeitpunkt (t_1 (j)) um ein Zeitintervall (ΔT) vor der Einspritzung (j) des Injektors (100-j) liegt, **dadurch gekennzeichnet, dass** zu einem zweiten Zeitpunkt (t_2 (j)) ein zweiter Raildruck ($p_{\text{Rail-2}}$ (t_2 (j)) des Common-Rails (200) für jede Einspritzung (j) erfasst wird, dass der zweite Zeitpunkt (t_2 (j)) später als der erste Zeitpunkt (t_1 (j)) liegt, und dass der zum ersten Zeitpunkt (t_1 (j)) für die Einspritzung (j) erfasste erste Raildruck ($p_{\text{Rail-1}}$ (j)) in Abhängigkeit des zum zweiten Zeitpunkt (t_2 ($j - r$)) einer zeitlich früheren Einspritzung ($j - r$) erfassten zweiten Raildrucks ($p_{\text{Rail-2}}$ (t_2 ($j - r$)) korrigiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Korrektur des ersten Raildrucks ($p_{\text{Rail-1}}(t_1(j))$) auch der erste Raildruck ($p_{\text{Rail-1}}(t_1(j-r))$) einer zeitlich früheren Einspritzung (j-r) herangezogen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrektur des ersten Raildrucks ($p_{\text{Rail-1}}(t_1(j))$) gemäß folgender Gleichung erfolgt:

$$p_{\text{Rail-1, kor}}(t_1(j)) = p_{\text{Rail-1}}(t_1(j)) + [p_{\text{Rail-2}}(t_2(j-r)) - p_{\text{Rail-1}}(t_1(j-r))]$$

Mit:

$p_{\text{Rail-1, kor}}(t_1(j))$: Korrigierter erster Raildruck der Einspritzung j
 $p_{\text{Rail-1}}(t_1(j))$: gemessener erster Raildruck der Einspritzung j
 $p_{\text{Rail-2}}(t_2(j-r))$: gemessener zweiter Raildruck einer zeitlich vor der Einspritzung j liegenden Einspritzung j-r
 $p_{\text{Rail-1}}(t_1(j-r))$: gemessener erster Raildruck einer zeitlich vor der Einspritzung j liegenden Einspritzung j-r
j: Laufindex (j = 1 bis m, wobei m der Zahl der Zylinder der Brennkraftmaschine entspricht)
r: $r \leq j$, Versatz

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zeitintervall (ΔT) größer oder gleich einer Zeitverzögerung zwischen Signalerfassung und Ermittlung einer Einspritzdauer und einem Einspritzbeginn ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zeitintervall (ΔT) größer oder gleich einer Dauer eines interrupts und einem Einspritzbeginn ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Korrektur des ersten Raildrucks $p_{\text{Rail-1}}(t_1(j))$ der Einspritzung j der zweite Raildruck $p_{\text{Rail-2}}(t_2(j-r))$ und/oder der gemessene erste Raildruck $p_{\text{Rail-1}}(t_1(j-r))$ eines Zylinders (j-r) herangezogen wird, und dass bei den Zylindern j-r und j ähnliche Druckverhältnisse unmittelbar vor und/oder während der Einspritzung herrschen.
7. Computerprogramm, **dadurch gekennzeichnet, dass** es alle Schritte eines Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6 ausführt, wenn es abgearbeitet wird.
8. Steuergerät für eine Brennkraftmaschine, **dadurch gekennzeichnet, dass** es alle Schritte eines Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6 ausführt, wenn es in Betrieb ist.

Claims

1. Method for operating a fuel injection system for internal combustion engines having a high-pressure pump (220), having a common rail (200), having a pressure sensor (205), having at least one injection valve (100-j, where j = 1 to m) and having a control unit (160) for actuating the injection valves (100), wherein a first rail pressure ($p_{\text{Rail-1}}(j)$) of the common rail (200) is measured and evaluated for an injection (j) at a first time $t_1(j)$, wherein the first time ($t_1(j)$) is before the injection (j) of the injector (100-j) by a time interval (ΔT), **characterized in that** at a second time ($t_2(j)$) a second rail pressure ($p_{\text{Rail-2}}(t_2(j))$) of the common rail (200) is measured for each injection (j), **in that** the second time ($t_2(j)$) is later than the first time ($t_1(j)$), and **in that** the rail pressure ($p_{\text{Rail-1}}(j)$) which is measured at the first time ($t_1(j)$) for the injection (j) is corrected as a function of the second rail pressure ($p_{\text{Rail-2}}(t_2(j-r))$) which is measured at the second time ($t_2(j-r)$) of a chronologically earlier injection (j-r).
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the first rail pressure ($p_{\text{Rail-1}}(t_1(j-r))$) of a chronologically earlier injection (j-r) is also used to correct the first rail pressure ($p_{\text{Rail-1}}(t_1(j))$).
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the correction of the first rail pressure ($p_{\text{Rail-1}}(t_1(j))$) is carried out according to the following equation:

$$p_{\text{Rail-1, corr}}(t_1(j)) = p_{\text{Rail-1}}(t_1(j)) + [p_{\text{Rail-2}}(t_2(j-r)) - p_{\text{Rail-1}}(t_1(j-r))]$$

where:

- 5
- $p_{\text{Rail-1, corr}}(t_1(j))$: corrected first rail pressure of the injection j
 $p_{\text{Rail-1}}(t_1(j))$: measured first rail pressure of the injection j
 10 $p_{\text{Rail-2}}(t_2(j-r))$: measured second rail pressure of an injection j-r which occurs chronologically before the injection j
 $p_{\text{Rail-1}}(t_1(j-r))$: measured first rail pressure of an injection j-r which occurs chronologically before the injection j
 j: running index (j = 1 to m, wherein m corresponds to the number of cylinders of the internal combustion engine)
 15 r: $r \leq j$, offset

4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the time interval (ΔT) is longer than or equal to a delay between measurement of a signal and determination of an injection duration and a start of injection.
- 20 5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the time interval (ΔT) is longer than or equal to a duration of an interrupt and a start of injection.
6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the second rail pressure $p_{\text{Rail-2}}(t_2, j-r)$ and/or the measured first rail pressure $p_{\text{Rail-1}}(t_1(j-r))$ of a cylinder (j-r) is used to correct the first rail pressure $p_{\text{Rail-1}}(t_1(j))$ of the injection j, and **in that** similar pressure conditions are present at the cylinders j-r and j directly before and/or during the injection.
- 25 7. Computer program, **characterized in that** it executes all the steps of a method according to one or more of Claims 1 to 6 when it is run.
- 30 8. Control unit for an internal combustion engine, **characterized in that** it executes all the steps of a method according to one or more of Claims 1 to 6 when it is in operation.

35 Revendications

1. Procédé de commande d'un système d'injection de carburant pour moteur à combustion interne comportant une pompe à haute pression (220), un rail commun (200), un capteur de pression (205), au moins une soupape d'injection (100-j, avec j=1 à m) et un appareil de commande (160) destiné à commander les soupapes d'injection (100), dans lequel une première pression de rail ($p_{\text{Rail-1}}(j)$ du rail commun (200) destinée à une injection (j) à un premier instant $t_1(j)$ est détectée et évaluée, dans lequel le premier instant ($t_1(j)$) se situe à un intervalle de temps (ΔT) avant l'injection (j) de l'injecteur (100-j), **caractérisé en ce qu'**à un deuxième instant ($t_2(j)$), une deuxième pression de rail ($p_{\text{Rail-2}}(t_2(j))$) du rail commun (200) est détectée pour chaque injection (j), **en ce que** le deuxième instant ($t_2(j)$) est ultérieur au premier instant ($t_1(j)$), et **en ce que** la première pression de rail ($p_{\text{Rail-1}}(j)$) détectée au premier instant ($t_1(j)$) pour l'injection est corrigée en fonction de la deuxième pression de rail ($p_{\text{Rail-2}}(t_2(j-r))$) détectée au deuxième instant ($t_2(j-r)$) d'une injection (j-r) antérieure.
- 40 2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, pour corriger la première pression de rail ($p_{\text{Rail-1}}(t_1(j))$), la première pression de rail ($p_{\text{Rail-1}}(t_1(j-r))$) d'une injection (j-r) antérieure est également prise en compte.
- 50 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la correction de la première pression de rail ($p_{\text{Rail-1}}(t_1(j))$) est effectuée conformément à l'équation suivante :

$$p_{\text{Rail-1, korr}}(t_1(j)) = p_{\text{Rail-1}}(t_1(j)) + [p_{\text{Rail-2}}(t_2(j-r)) - p_{\text{Rail-1}}(t_1(j-r))]$$

où :

$p_{\text{Rail-1, korr}}(t_1(j))$: première pression de rail corrigée de l'injection j ,
 $p_{\text{Rail-1}}(t_1(j))$: première pression de rail mesurée de l'injection j ,
 $p_{\text{Rail-2}}(t_2(j-r))$: deuxième pression de rail mesurée d'une injection $j-r$ se situant avant l'injection j ,
 $p_{\text{Rail-1}}(t_1(j-r))$: première pression de rail mesurée d'une injection $j-r$ se situant avant l'injection j ,
 j : indice ($j=1$ à m , où m correspond au nombre des cylindres du moteur à combustion interne),
 r : $r \leq j$, décalage.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'intervalle de temps (ΔT) est supérieur ou égal à un retard temporel entre une détection de signal et la détermination d'une durée d'injection et d'un début d'injection.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'intervalle de temps (ΔT) est supérieur ou égal à la durée d'une interruption et d'un début d'injection.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, pour corriger la première pression de rail $p_{\text{Rail-1}}(t_1(j))$ de l'injection j , la deuxième pression de rail $p_{\text{Rail-2}}(t_2, j-r)$ et/ou la première pression de rail mesurée $p_{\text{Rail-1}}(t_1(j-r))$ d'un cylindre ($j-r$) est prise en compte et **en ce qu'il** règne dans les cylindres $j-r$ et j rapports de pression semblables immédiatement avant et/ou pendant l'injection.
7. Programme d'ordinateur, **caractérisé en ce qu'il** met en oeuvre toutes les étapes d'un procédé selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 6 lorsqu'il est exécuté.
8. Appareil de commande destiné à un moteur à combustion interne, **caractérisé en ce qu'il** met en oeuvre toutes les étapes d'un procédé selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 6 lorsqu'il est en fonctionnement.

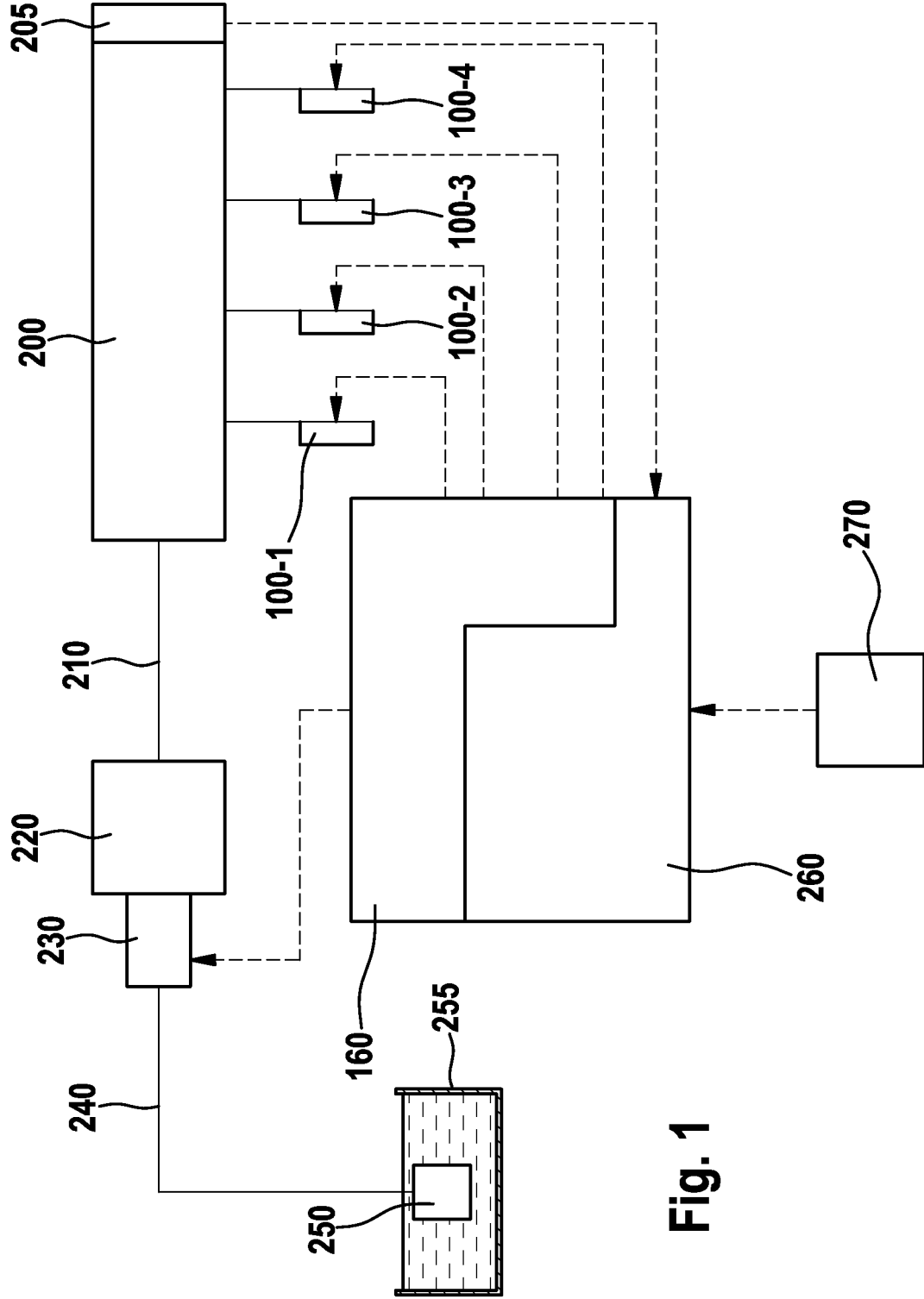


Fig. 1

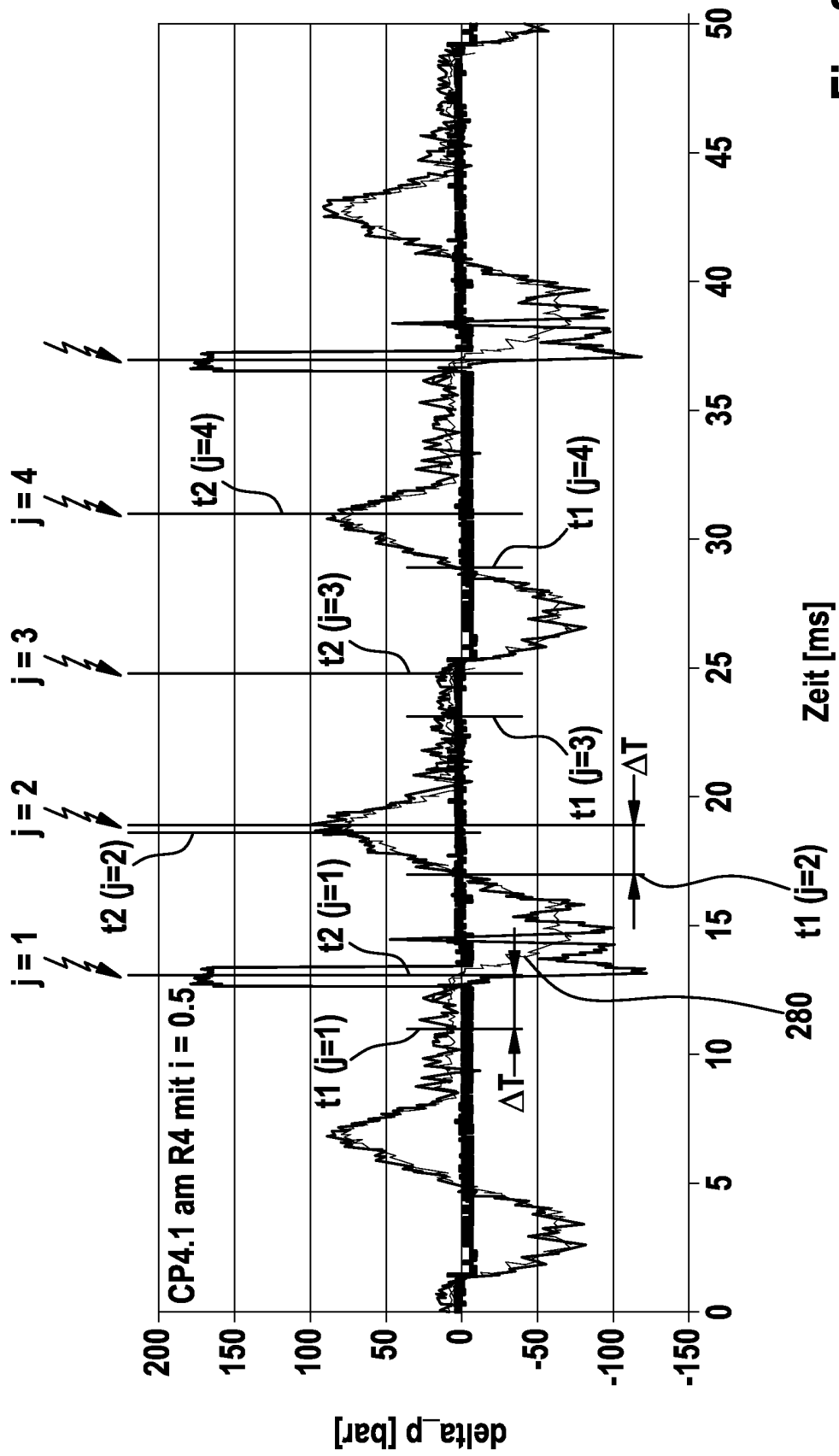


Fig. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19857971 A1 [0006]