



(11)

EP 2 432 983 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
25.09.2013 Patentblatt 2013/39

(51) Int Cl.:
F02M 63/02 ^(2006.01) **F02M 65/00** ^(2006.01)
F02D 41/22 ^(2006.01) **F02D 41/38** ^(2006.01)
F02D 41/40 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10715832.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/055531

(22) Anmeldetag: **26.04.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/133424 (25.11.2010 Gazette 2010/47)

(54) **FEHLERLOKALISATION IN EINEM KRAFTSTOFF-EINSPRITZSYSTEM**

FAULT LOCALISATION IN A FUEL INJECTION SYSTEM

LOCALISATION DE MALFONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME D'INJECTION DE CARBURANT

(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 MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR**

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

(30) Priorität: **19.05.2009 DE 102009003236**

(72) Erfinder: **BETHMANN, Andreas**
71229 Leonberg (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.03.2012 Patentblatt 2012/13

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 0 899 442 DE-A1- 19 513 158
DE-A1-102004 005 851 DE-B3- 10 303 443
DE-B4- 19 941 329 DE-C1- 19 727 794
US-A1- 2005 005 880

EP 2 432 983 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

[0001] Die Erfindung betrifft ein Fehlerlokalisationsverfahren für ein KraftstoffEinspritzsystem.

[0002] Bisher sind Verfahren bekannt, um während des Fahrbetriebs Fehler in einem Benzin-Einspritzsystem zu diagnostizieren. Dabei werden sogenannte Systemfehlercodes in einem Fehlerspeicher hinterlegt. Diese Systemfehlercodes verweisen jedoch nicht genau auf eine defekte Komponente, vielmehr können mehrere Komponenten für das Auftreten des jeweiligen Fehlercodes ursächlich sein. Daher ist es trotz der abgespeicherten Systemfehlercodes aufwändig, die ursächliche Komponente zu identifizieren, um diese zu ersetzen oder zu reparieren.

[0003] DE 10 2004 005 851 A1 beschreibt einen Test für ein Niederdruck-Kraftstoffeinspritzsystem.

[0004] US 2005/0005880 A1, DE 197 27 794 C1, DE 103 03 443 B3, DE 195 13 158 A1, EP 0 899 442 A2 und DE 199 41 329 B4 offenbaren jeweils Vorrichtungen bzw. Verfahren zum Testen eines Hochdruck-Kraftstoffeinspritzsystems.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren zur Fehlerlokalisierung in einem Einspritzsystem eines Benzinmotors bereitzustellen, das eine genauere und schnellere Fehlerlokalisierung ermöglicht.

[0006] Diese Aufgabe wird von einem Verfahren zur Fehlerlokalisierung nach dem unabhängigen Patentanspruch 1 gelöst. Die abhängigen Patentansprüche beschreiben vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens nach dem unabhängigen Patentanspruch 1.

[0007] Ein erfindungsgemäßes Fehlerlokalisationsverfahren zur Lokalisation von Fehlern in einem Einspritzsystem schließt das Durchführen einer Mehrzahl von Tests, wobei jeder Test ein oder mehrere Merkmale erzeugt, und das Identifizieren eines Fehlers des Einspritzsystems durch Vergleichen der ermittelten Merkmale mit vorgegebenen Merkmalskombinationen ein. Dabei ist jeder Merkmalskombination ein Fehler des Einspritzsystems zugeordnet.

[0008] Dadurch, dass eine Anzahl von Merkmalskombinationen vorgegeben ist, wobei jede Merkmalskombination jeweils einem Fehler des Einspritzsystems zugeordnet ist, und mehrere Merkmale erzeugt und mit den Merkmalskombinationen verglichen werden, ist eine genaue Lokalisation des Fehlers möglich und die Fehleranalyse wird erheblich vereinfacht und beschleunigt.

[0009] In einer Ausführungsform schließt das Verfahren das Messen wenigstens eines Drucks im Einspritzsystem ein und die Merkmale schließen die Abweichung eines gemessenen Drucks von einem vorgegebenen Sollwert ein. Durch das Bestimmen der Abweichung ge-

messener Drücke von vorgegebenen Sollwerten kann ein Fehler im Einspritzsystem besonders effektiv identifiziert werden.

[0010] Erfindungsgemäß schließt das Verfahren einen Niederdrucktest mit den folgende Schritte ein: Einschalten der Niederdruckpumpe bei abgeschalteter Hochdruckpumpe; Messen des von der Niederdruckpumpe erzeugten Drucks über der Zeit; Abschalten der Niederdruckpumpe; Messen des nach dem Abschalten der Niederdruckpumpe abfallenden Drucks über der Zeit.

[0011] Bei einem solchen Niederdrucktest wird der Motor allein mit dem von der Niederdruckpumpe erzeugten Niederdruck betrieben. Der Test kann nur bei einem Benzinmotor, nicht aber bei einem Dieselmotor durchgeführt werden, da bei einem Dieselmotor die Einspritzventile bei Niederdruck nicht öffnen und der Motor daher nicht laufen würde.

[0012] Zu den im Niederdrucktest gemessenen Werten gehört der stationäre Druck im Vollastbetrieb der elektrischen Niederdruckkraftstoffpumpe. Hierbei sollte der gemessene Druck innerhalb der vorgegebenen Toleranz eines Druckreglers oder Druckbegrenzungsventils liegen.

[0013] Neben dem absoluten Druck können während des Niederdrucktests auch Druckdifferenzen (Δ -Drücke) und die Gradienten, d. h., die Steigung, beim Druckaufbau und beim Druckabbau gemessen und ausgewertet werden, um den Einfluss von Systemtoleranzen zu minimieren. Die Messung und Auswertung von Δ -Drücken und Gradienten ermöglicht es, Drosselprobleme im Niederdruckkreis oder Förderprobleme der Kraftstoffpumpe sowie Niederdruckleckagen im Kraftstoffkreis zu erkennen. Dabei hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, die Gradienten durch die Ermittlung von Δ -Drücken und die Messung der Zeit bis zum Erreichen der Δ -Drücke zu berechnen.

[0014] Eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahren beinhaltet einen Hochdrucktest mit den Schritten: Einschalten der Niederdruckpumpe; Betreiben der Hochdruckpumpe mit voller Leistung; Messen des von der Hochdruckpumpe erzeugten Drucks über der Zeit.

[0015] In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird die Hochdruckpumpe abgeschaltet, wenn durch das Öffnen eines im Einspritzsystem vorgesehenen Druckbegrenzungsventils ein Druckabfall auftritt oder wenn ein vorgegebener maximaler Druck erreicht wird.

[0016] Im Normalfall sollte die Pumpe einen Druck bis zur Höhe des Öffnungsdrucks des Druckbegrenzungsventils aufbauen, so dass der Druck mechanisch auf den Öffnungsdruck des Druckbegrenzungsventils begrenzt ist. Der Druck kann mithilfe eines Hochdrucksensors gemessen werden. Um eine Schädigung des Druckbegrenzungsventils zu vermeiden, sollte das Druckbegrenzungsventil nur sehr kurz angesteuert werden, d. h., dass der Vollastbetrieb der Hochdruckkraftstoffpumpe beim Öffnen des Hochdruckventils sofort abgebrochen werden sollte. Dieses Verfahren ist bei Dieselmotoren in die-

ser Form nicht durchführbar, da im Pkw-Bereich bei Dieselmotoren in der Regel kein Druckbegrenzungsventil vorgesehen ist.

[0017] Mögliche Messwerte, die zur Auswertung herangezogen werden, sind der Absolutdruck, bei dem das Druckbegrenzungsventil öffnet, sowie die Anstiegsdauer bzw. der Druckgradient beim Druckaufbau.

[0018] Sobald der Öffnungsdruck des Druckbegrenzungsventils erreicht ist, treten Schwankungen des Drucks auf, da der Druck abfällt, sobald sich das Druckbegrenzungsventil öffnet. Daraufhin schließt sich das Druckbegrenzungsventil wieder, es baut sich erneut ein erhöhter Druck auf, der das Druckbegrenzungsventil wieder öffnet, usw.

[0019] Sollte das Druckbegrenzungsventil nicht öffnen, bevor ein vorgegebener maximaler Druck erreicht wird, wird der Test abgebrochen, um eine Beschädigung des Druckbegrenzungsventils oder anderer Komponenten des Kraftstoffeinspritzsystems zu vermeiden.

[0020] Eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens schließt auch eine Auswertung ein, die folgende Schritte aufweist: Bestimmungen von Abweichungen der gemessenen Drücke von vorgegebenen Soll-Werten; Identifizieren eines Fehlers des Einspritzsystems durch Vergleichen der ermittelten Abweichungen mit vorgegebenen Abweichungsmustern, wobei jedes Abweichungsmuster einem Fehler des Einspritzsystems zugeordnet ist. Durch den Vergleich gemessener Drücke von vorgegebenen Soll-Werten und den Vergleich der Abweichungen mit vorgegebenen Abweichungsmustern können Fehler besonders effektiv bestimmt werden.

[0021] In einer Ausführungsform schließt das Verfahren zusätzlich ein, den zeitlichen Gradienten von wenigstens einem der gemessenen Drücke und seine Abweichung von einem vorgegebenen Soll-Wert zu bestimmen. Die Analyse zeitlicher Gradienten der Drücke ermöglicht eine noch effektivere und zuverlässigere Fehlerlokalisierung.

[0022] In einer vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens wird die Niederdruckpumpe während des Niederdrucktests periodisch angesteuert. Bei einer besonders leistungsstarken Niederdruckpumpe sind die Druckaufbauzeiten insbesondere bei kleinen Einspritzmengen so gering, dass die Druckaufbauzeiten nahe der Abtastrate des Signals des Drucksensors liegen. Bei einem stationären Betrieb der Niederdruckpumpe ist daher keine sinnvolle Ermittlung und Auswertung der Druckgradienten möglich. In diesen Fällen kann eine Gradientenermittlung durch eine gepulste Ansteuerung der Niederdruckpumpe realisiert werden. Dabei wird die Niederdruckpumpe jeweils nur für eine sehr kurze Zeit voll angesteuert und dann für eine gewisse Zeit wieder deaktiviert. Die periodische Ansteuerung der Niederdruckpumpe bewirkt einen verzögerten Druckaufbau.

[0023] Durch die periodische Ansteuerung kann eine Bewertung der Fördermenge der Niederdruckpumpe erfolgen, da die Pumpe immer mit der maximalen Förder-

leistung betrieben wird. Zu beachten ist, dass bei der Auswertung von Absolutdrücken immer die vollen Toleranzen des gesamten Systems berücksichtigt werden müssen. Es ist daher vorteilhaft, eine Relativbetrachtung zu machen, bei der Druckdifferenzen (Δ -Drücke) betrachtet werden, da sich dabei bestimmte Toleranzen im Einspritzsystem gegenseitig so weit aufheben, dass sie vernachlässigt werden können.

[0024] In einer Ausführungsform schließt das Verfahren zusätzlich einen Abstelltest ein, der die folgenden Schritte aufweist: Betreiben des Motors mit einem hohen Druck im Einspritzsystem; Abstellen des Motors; Messen des Druckverlaufs nach dem Abstellen des Motors.

[0025] Messkriterien sind hierbei der erreichte absolute Abstelldruck, sowie der Druckgradient und die Druckdifferenz zum Ausgangswert nach einer bestimmten Abstellzeit.

[0026] In einer weiteren Ausführungsform schließt das Verfahren zusätzlich einen Hochdrucksollwertsprungtest mit den folgenden Schritten ein: Betreiben der Hochdruckpumpe mit geringer Leistung; schlagartiges Erhöhen des Hochdrucks durch kurzzeitiges Betreiben der Hochdruckpumpe mit voller Leistung; Messen des erreichten Enddrucks und des Druckverlaufs; Messen des Abgaslambdas vor und nach der Druckerhöhung.

[0027] Besonders vorteilhaft ist dabei, wenn das Abgaslambda vor und nach der Druckerhöhung ausgewertet wird. Durch die druckabhängige Berechnung des Einspritzdrucks und die starke Nichtlinearität bei der druckabhängigen Korrektur der Einspritzmenge wirkt sich ein Offsetfehler des Sensors bei niedrigen Drücken sehr stark auf die berechnete Einspritzmenge und somit auch auf das sich einstellende Abgaslambda aus. Bei hohen Drücken nahe dem Nenndruck wirkt sich ein gleichgroßer Offset nur sehr gering auf die Berechnung der Einspritzmenge und somit auch nur sehr gering auf die Einspritzzeitberechnung aus. Dadurch wird es möglich, aus einer Lambda-Abweichung bei einem Solldrucksprung auf einen Drucksensorfehler zu schließen. Die Ermittlung des Abgaslambdas kann entweder direkt durch das Messen mit einer externen Lambdasonde ohne Regelung oder alternativ auch über die Bewertung des Reglereingriffs der vorhandenen Lambdaregelung erfolgen.

[0028] In einer Ausführungsform wird der Druck beim Erhöhen des Hochdrucks von einem Wert von beispielsweise weniger als 25 bar auf einen Wert von z.B. mehr als 100 bar erhöht. In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform wird der Druck von einem Wert von 20 bar auf einen Wert von 150 bar erhöht.

[0029] In einer weiteren Ausführungsform schließt das Verfahren zusätzlich einen Vorsteuertest mit den folgenden Schritten ein: Einstellen verschiedener Ansteuerwerte der Hochdruckpumpe; Messen des sich bei jedem Ansteuerwert im Einspritzsystem einstellenden Drucks. Durch die Messung der absoluten Enddrücke bei eingeschwungenem, d.h. stationärem System für jeden Ansteuerwert und/ oder eine Auswertung der Druckdifferenzen (Δ -Druckauswertung) kann die Effektivität und

Zuverlässigkeit des Verfahrens weiter verbessert werden.

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Kraftstoffeinspritzsystems, auf das das erfindungsgemäße Verfahren anwendbar ist.

Figur 2 zeigt beispielhaft in einer Matrixdarstellung die Zuordnung verschiedener Abweichungsmuster zu Fehlern des Einspritzsystems.

[0030] Das in Figur 1 gezeigte Kraftstoffsystem hat einen Kraftstofftank 2 und eine Niederdruckpumpe 4 zur Förderung von Kraftstoff aus dem Kraftstofftank 2 in eine Kraftstoffleitung 5. Am Ausgang der Niederdruckpumpe 4 ist ein Niederdruckbegrenzungsventil 6 angeschlossen, um den Druck in der Kraftstoffleitung 5 auf einen vorgegebenen Wert zu begrenzen. Zusätzlich ist in der Kraftstoffleitung 5 ein Kraftstofffilter 8 vorgesehen, um das Eindringen von Fremdkörpern und Verschmutzungen in den Hochdruckbereich des Einspritzsystems zu verhindern. In der Kraftstoffleitung kann auch ein, in der Figur 1 nicht gezeigter, Niederdrucksensor vorgesehen sein, um den von der Niederdruckpumpe 4 erzeugten Druck zu messen.

[0031] Aus der Kraftstoffleitung 5 wird der Kraftstoff einer Hochdruckpumpe 12 zugeführt. Die Hochdruckpumpe 12 hat ein Mengensteuerventil 10, ein Druckbegrenzungsventil 14, ein Rückschlagventil 16 und einen Kolbenraum 13 mit einem darin beweglich angeordneten Hochdruckkolben 11.

[0032] Je nach Stellung des Mengensteuerventils 10 wird im Kolbenraum 13 durch den Hochdruckkolben 11 der gewünschten hohe Kraftstoff-Einspritzdruck erzeugt.

[0033] Der von dem Hochdruckkolben 11 unter einem hohen Druck gesetzte Kraftstoff wird über ein Rückschlagventil 16, das ein Zurückströmen des Kraftstoffs in den Kolbenraum 13 verhindert, und ein Hochdruck-Rail 18 einer Anzahl von Einspritzventilen 22 zugeführt. Am Hochdruck-Rail 18 ist ein Hochdrucksensor 20 vorgesehen, um den hohen, von der Hochdruckpumpe 12 erzeugten Kraftstoff-Einspritzdruck zu messen.

[0034] Zwischen der Kolbenraum 13 und dem Ausgang des Rückschlagventils 16 ist ein Druckbegrenzungsventil 14 angeschlossen, um den Kraftstoff-Einspritzdruck auf einen vorgegebenen, am Druckbegrenzungsventil 14 einstellbaren, Maximalwert zu begrenzen.

[0035] Figur 2 zeigt beispielhaft eine Matrix zur Zuordnung verschiedener Abweichungsmuster zu verschiedenen, beispielhaft aufgeführten Fehlern des Kraftstoff-Einspritzsystems.

[0036] In der zweiten Spalte der Matrix sind beispielhaft mögliche Fehler des Einspritzsystems aufgetragen. In den folgenden Spalten sind die ermittelten Abweichungen verschiedener, beispielhafter Messwerte von vorgegebenen Soll-Werten aufgetragen. Ein "Plus" zeigt dabei an, dass der Messwert größer als der Soll-Wert ist, ein "Minus" zeigt an, dass der Soll-Wert unterschritten wor-

den ist.

[0037] Die beispielhaften Merkmale M1 bis M8 betreffen Messwerte aus dem Hochdrucktest, die Merkmale M9 bis M14 betreffen Merkmale aus dem Niederdrucktest. Zusätzlich können weitere Merkmale (M15 bis M17) aus zusätzlichen, optionalen Tests berücksichtigt werden. Für den Fachmann ist offensichtlich, dass das erfindungsgemäße Verfahren nicht auf die in der Tabelle gezeigten 17 Merkmale und 9 Fehler begrenzt ist. Vielmehr können je nach Bedarf und der zukünftigen Entwicklung von Testverfahren, die weitere Merkmale hervorbringen oder zusätzliche Fehler identifizieren, Fehler und/oder Merkmale hinzugefügt oder weggelassen werden.

[0038] Jedem Fehler, d. h., jeder Zeile in der Tabelle, ist eine Kombination von Abweichungen der gemessenen Werte von den vorgegebenen Soll-Werten zugeordnet. Diese Zuordnung ist nicht zwingend eindeutig, d. h., dass zwei Fehlern eine gleiche Merkmalskombination, d. h., ein gleiches Abweichungsmuster, zugeordnet sein kann. In einem solchen Fall sind zusätzliche Tests erforderlich, um zwischen den möglichen Fehlern mit gleichem Abweichungsmuster zu unterscheiden.

[0039] So kann bspw. aufgrund der durch den Hochdrucktest erzeugten Merkmale M1 bis M8 nicht zwischen einem großen Hochdruckleck (Zeile 5) und einem mittleren Hochdruckleck (Zeile 6) unterschieden werden. Ist eine solche Unterscheidung gewünscht oder erforderlich, so ist ein zusätzlicher Test erforderlich, der ein weiteres Merkmal, wie beispielsweise das in der Figur 2 gezeigte, beispielhafte Merkmal M16 generiert, das sich für die beiden infrage kommenden Fehler unterscheidet.

[0040] Durch gezielte, definierte Betriebspunkteinstellungen und Systemanregungen durch z.B. Sollwertvorgaben und der Auswertung der Systemreaktionen kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine genaue Diagnose des kompletten Kraftstoffversorgungssystems bei Benzinmotoren ermöglicht werden.

[0041] Da bei den einzustellenden Betriebspunkten keinerlei Rücksicht auf Emissionsgrenzwerte, Gesetzgebung, Fahrverhaltenseinflüsse, Umgebungsbedingungen, Fahrerwünsche, usw. genommen werden muss, ergeben sich deutlich mehr Systemanregungsmöglichkeiten als im normalen Fahrbetrieb. Durch die neue, gesamtheitliche Betrachtung der Auswirkungen auf mehrere verschiedene Systemanregungen (Merkmale) kann man genauer auf den vorliegenden Einzelfehler schließen. Die Auswertung kann beispielsweise über eine Auswertematrix, in der alle Merkmale und Fehler miteinander verknüpft werden, erfolgen.

[0042] Da sich bei Benzinssystemen andere Randbedingungen als bei Dieselmotoren ergeben müssen dabei neue Verfahren verwendet werden:

Bei Benzinmotoren ist es aufgrund des deutlich geringeren Systemdrucks (z.Z. bis max. 200 bar) möglich in allen Betriebspunkten (incl. Leerlauf!) den Nenndruck aufzubauen. Der Test kann anders als

ein Dieseltest bei jeder beliebigen Drehzahl durchgeführt werden. Dies ermöglicht es, dass der Test sinnvollerweise nur bei einer einzigen Drehzahl durchgeführt wird. Insbesondere der Leerlauf eignet sich besonders gut für die Diagnose, da dort die Hochdruckpumpe die geringsten Fördermengen liefert (Die Fördermenge ist direkt proportional zur Motordrehzahl.) und sich somit maximale Reaktionszeiten für die Drucksprünge ergeben. Da die Erfassung der Messsignale im Steuergerät in einem festen Zeitraster erfolgt sind lange Reaktionszeiten besser auswertbar. Es ist eine komplette Durchführung des Tests bei einer festen Drehzahl (vorzugsweise Leerlauf) möglich.

[0043] Bei Benzinmotoren kommt vielfach ein Hochdruckpumpenkonzept mit einem Mengensteuerventil und einer Einkolbenpumpe zum Einsatz. Dies hat zur Folge, dass die Ergebnisse z.T. anders interpretiert werden müssen bzw. dass auch Systemanregungen anders als bei Dieselmotoren ausgeführt werden müssen. Insbesondere die Ansteuerung der Hochdruckpumpe ist durch das Mengensteuerventilkonzept völlig anders.

[0044] Bei Benzinmotoren wird heute nahezu immer im Saughub des Zylinders eingespritzt. Dies bedeutet, dass das Kompressionsvermögen der Zylinder keinen Einfluss auf die Einspritzmenge hat. Zudem können Benzinmotoren auch bei reinem Niederdruck ohne einen Einsatz einer Hochdruckpumpe bei niedrigen Drehzahlen fahren, da die Einspritzventile keinen Mindestdruck benötigen um zu öffnen. Bei Dieselmotoren muss dagegen das Ventil gegen den Kompressionsdruck geöffnet werden, d.h. es muss eine Mindestdruckschwelle überschritten werden. Es ist somit möglich, einen Benzinmotor auch ohne den Einsatz der Hochdruckpumpe zu betreiben. Diesen Effekt kann man insbesondere zur Prüfung des Niederdrucksystems ausnutzen, indem die Hochdruckpumpe gezielt abgeschaltet wird.

[0045] Die Einspritzmenge ist beim Benzinmotor maßgeblich vom Drucksignal des Drucksensors (ohne Einfluss des Kompressionsdrucks, s.o.) abhängig. Außerdem fahren Benzinmotoren heute größtenteils mit einer Lambdaeinstellung auf dem Betriebspunkt $\lambda = 1$. Diese beiden Tatsachen haben zur Folge, dass eine Lambdabewertung einen Rückschluss auf die Genauigkeit und insbesondere den Offset des Drucksensors ermöglicht.

[0046] Der hier vorgestellte Test ist auf das gesamte Kraftstoffsystem bei Benzinmotoren erweitert. Dies bedeutet, dass sowohl das Hoch- wie auch das Niederdrucksystem überprüft und diagnostiziert wird.

[0047] Um eine möglichst genaue Diagnose zu gewährleisten müssen die folgenden Randbedingungen sichergestellt sein:

[0048] Der Motor sollte betriebswarm sein.

[0049] Die Temperatur im Motorraum sollte nicht zu hoch sein. Hier ist es insbesondere sinnvoll, die Motorhaube zu öffnen und auch den Motorlüfter voll anzusteu-

ern, um eine geringere und konstante Temperatur im Kraftstoffsystem zu erreichen. Ist die Temperatur des Kraftstoffraums im Motorraum deutlich höher als die Kraftstofftemperatur im Tank, so werden die Ergebnisse negativ beeinflusst.

[0050] Die Einspritzmenge sollte nicht zu gering sein. Ist die Einspritzmenge zu gering, kann es sein, dass durch die Kleinstmengentoleranz der in Benzinmotoren verwendeten Hochdruckeinspritzventile auch im Nominallfall ohne Fehler eine deutliche Lambdabweichung auftritt. Somit ist die Auswertung der Lambdabweichung bei den Hochdrucksprüngen nicht robust genug für eine Diagnoseauswertung. Um das Problem zu lösen, muss die Motorlast und damit die Kraftstoffmengenanforderung erhöht werden. Dies wird durch eine Lastaufschaltung erreicht. Hierfür eignet sich insbesondere die Einschaltung des Motorlüfters. Weitere Lastaufschaltungsmöglichkeiten sind beispielsweise die Aufschaltung einer Momentenreserve und die Einschaltung der Belüftung inklusive Klimakompressor. Je höher die Motorlast, desto geringer sind die Einspritzventiltoleranzen.

[0051] Bei den Hochdruckprüfungen sollte das Niederdrucksystem auf einen konstanten Vorsteuerwert gefahren werden, um die Einflüsse aus dem Niederdrucksystem möglichst gering zu halten.

[0052] Da die Hochdruckpumpe über die Nockenwelle angetrieben wird, hängt die Druckaufbauzeit direkt von der Drehzahl ab. Um möglichst lange und gut auswertbare Anstiegszeiten zu bekommen (im Steuergerät steht das Drucksignal mit einer bestimmten Abtastrate zur Verfügung), ist es sinnvoll, die Diagnose bei möglichst geringen Drehzahlen auszuführen. Hierfür eignet sich insbesondere der Leerlauf.

Patentansprüche

1. Fehlerlokalisationsverfahren für ein Einspritzsystem eines Verbrennungsmotors, wobei das Einspritzsystem eine Hochdruckpumpe (12) und eine Niederdruckpumpe (4) hat und wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Durchführen einer Mehrzahl von Tests, wobei jeder Test ein oder mehrere Merkmale erzeugt, Identifizieren eines Fehlers des Einspritzsystems durch Vergleichen der erzeugten Merkmale mit vorgegebenen Merkmalskombinationen, wobei jede Merkmalskombination einem Fehler des Einspritzsystems zugeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens einer der Tests ein Niederdrucktest ist, der die folgenden Schritte einschließt:

- A1) Abschalten der Hochdruckpumpe (12), Einschalten der Niederdruckpumpe (4), A2) Messen des von der Niederdruckpumpe (4)

- erzeugten Drucks über der Zeit,
 A3) Abschalten der Niederdruckpumpe (4),
 A4) Messen des abfallenden Drucks über der Zeit,
- und dass wenigstens einer der Tests ein Hochdruckdrucktest ist, der die folgende Schritte einschließt:
- B1) Einschalten der Niederdruckpumpe (4),
 Betreiben der Hochdruckpumpe (12) mit voller Leistung,
 B2) Messen des von der Hochdruckpumpe (12) erzeugten Drucks über der Zeit.
2. Fehlerlokalisationsverfahren nach Anspruch 1, wobei wenigstens einer der Tests das Messen wenigstens eines Drucks im Einspritzsystem einschließt und die Merkmale die Abweichung eines gemessenen Drucks von einem vorgegebenen Sollwert einschließen.
3. Fehlerlokalisationsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Niederdruckpumpe (4) während des Niederdrucktests periodisch angesteuert wird.
4. Fehlerlokalisationsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Hochdrucktest zusätzlich den Schritt einschließt:
- B3) Abschalten der Hochdruckpumpe (12), wenn
- a) ein Druckabfall gemessen wird, oder wenn,
 b) ein vorgegebener maximaler Druck gemessen wird.
5. Fehlerlokalisationsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Verfahren zusätzlich einen Gradiententest mit den folgenden Schritten einschließt:
- Bestimmen des zeitlichen Gradienten von wenigstens einem der gemessenen Drücke,
 - Bestimmen von Abweichungen des/der bestimmten Gradienten von vorgegebenen Sollwerten.
6. Fehlerlokalisationsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Verfahren zusätzlich einen Abstelltest mit den folgenden Schritten einschließt:
- C1) Betreiben des Verbrennungsmotors mit einem hohem Druck im Einspritzsystem,
 C2) Abstellen des Verbrennungsmotors,
 C3) Messen des Druckverlaufs nach dem Ab-
- stellen des Verbrennungsmotors.
7. Fehlerlokalisationsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Kraftstoffsystem eine Hochdruckpumpe (12) hat und wobei das Verfahren zusätzlich einen Hochdrucksollwertsprungtest mit den folgenden Schritten einschließt:
- D1) Betreiben der Hochdruckpumpe (12) mit geringer Leistung
 D2) schlagartiges Erhöhen des Hochdrucks durch kurzzeitiges Betreiben der Hochdruckpumpe (12) mit voller Leistung
 D3) Messen des erreichten Enddrucks und des Druckverlaufs
 D4) Messen des Abgaslambdas vor und nach der Druckerhöhung.
8. Fehlerlokalisationsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Kraftstoffsystem eine Hochdruckpumpe (12) hat und wobei das Verfahren zusätzlich einen Vorsteuertest mit den folgenden Schritten einschließt:
- E1) Einstellen verschiedener Ansteuerwerte der Hochdruckpumpe (12),
 E2) Messen des sich bei jedem Ansteuerwert im Einspritzsystem einstellenden Drucks.
9. Fehlerlokalisationsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei wenigstens einer der Tests zusätzlich einschließt:
- Bestimmen von Differenzen zwischen gemessenen Drücken,
 - Bestimmen der Abweichung der bestimmten Differenzen von vorgegebenen Sollwerten.
10. Fehlerlokalisationsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei wenigstens einer der Tests eine Lastaufschaltung zur Erhöhung der Motorlast einschließt.
11. Fehlerlokalisationsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei wenigstens einer der Tests, Messen des Abgaslambdas vor und nach einer Erhöhung des Einspritzdrucks einschließt.

Claims

1. Fault localisation method for an injection system of an internal combustion engine, wherein the injection system has a high-pressure pump (12) and a low-pressure pump (4) and wherein the method has the following steps:

carrying out a multiplicity of tests, wherein each

test generates one or more features,
 identifying a fault of the injection system by comparing the generated features with predefined feature combinations,
 wherein each feature combination is assigned to a fault of the injection system, **characterized in that** at least one of the tests is a low-pressure test which includes the following steps:

- A1) deactivating the high-pressure pump (12) and activating the low-pressure pump (4),
- A2) measuring the pressure generated by the low-pressure pump (4) over time,
- A3) deactivating the low-pressure pump (4),
- A4) measuring the falling pressure over time,

and **in that** at least one of the tests is a high-pressure test which includes the following steps:

- B1) activating the low-pressure pump (4) and operating the high-pressure pump (12) at full power,
- B2) measuring the pressure generated by the high-pressure pump (12) over time.

2. Fault localisation method according to Claim 1, wherein at least one of the tests includes measuring at least one pressure in the injection system, and the features include the deviation of a measured pressure from a predefined setpoint value.

3. Fault localisation method according to Claim 1 or 2, wherein the low-pressure pump (4) is periodically actuated during the low-pressure test.

4. Fault localisation method according to one of the preceding claims, wherein the high-pressure test additionally includes the step:

- B3) deactivating the high-pressure pump (12) if
 - a) a pressure drop is measured or if
 - b) a predefined maximum pressure is measured.

5. Fault localisation method according to one of the preceding claims, wherein the method additionally includes a gradient test with the following steps:

- determining the gradient of at least one of the measured pressures over time,
- determining deviations of the one or more determined gradients from predefined setpoint values.

6. Fault localisation method according to one of the pre-

ceding claims, wherein the method additionally includes a shut-down test with the following steps:

- C1) operating the internal combustion engine with a high pressure in the injection system,
- C2) shutting down the internal combustion engine,
- C3) measuring the pressure profile after the shut-down of the internal combustion engine.

7. Fault localisation method according to one of the preceding claims, wherein the fuel system has a high-pressure pump (12) and wherein the method additionally includes a high-pressure setpoint step test with the following steps:

- D1) operating the high-pressure pump (12) at low power,
- D2) abruptly increasing the high pressure by briefly operating the high-pressure pump (12) at full power,
- D3) measuring the attained final pressure and the pressure profile,
- D4) measuring the exhaust-gas lambda value before and after the pressure increase.

8. Fault localisation method according to one of the preceding claims, wherein the fuel system has a high-pressure pump (12) and wherein the method additionally includes a pilot control test with the following steps:

- E1) setting different actuation values of the high-pressure pump (12),
- E2) measuring the pressure set in the injection system at each actuation value.

9. Fault localisation method according to one of the preceding claims, wherein at least one of the tests additionally includes:

- determining differences between measured pressures,
- determining the deviation of the determined differences from predefined setpoint values.

10. Fault localisation method according to one of the preceding claims, wherein at least one of the tests includes a load cut-in for increasing the engine load.

11. Fault localisation method according to one of the preceding claims, wherein at least one of the tests includes measuring the exhaust-gas lambda value before and after an increase of the injection pressure.

Revendications

1. Procédé pour la localisation de dysfonctionnements pour un système d'injection d'un moteur à combustion interne, dans lequel le système d'injection possède une pompe haute pression (12) et une pompe basse pression (4), le procédé comprenant les étapes suivantes :

exécution d'une pluralité de tests, où chaque test produit une ou plusieurs caractéristiques, identification d'un dysfonctionnement du système d'injection en comparant les caractéristiques produites avec des combinaisons de caractéristiques prédéfinies, dans lequel chaque combinaison de caractéristiques est attribuée à un dysfonctionnement du système d'injection, **caractérisé en ce qu'**au moins l'un des tests est un test de basse pression, comprenant les étapes suivantes :

A1) Arrêt de la pompe haute pression (12), activation de la pompe basse pression (4),
 A2) Mesure de la pression produite par la pompe basse pression (4) sur la durée,
 A3) Arrêt de la pompe basse pression (4),
 A4) Mesure de la baisse de pression sur la durée,

et **en ce qu'**au moins l'un des tests est un test de haute pression, comprenant les étapes suivantes :

B1) Activation de la pompe basse pression (4), mise en marche de la pompe haute pression (12) à pleine puissance,
 B2) Mesure de la pression produite par la pompe haute pression (12) sur la durée.
2. Procédé pour la localisation de dysfonctionnements selon la revendication 1, dans lequel au moins l'un des tests comprend la mesure d'au moins une pression dans le système d'injection et les caractéristiques comprennent l'écart d'une pression mesurée par rapport à une valeur de consigne prédéfinie.
3. Procédé pour la localisation de dysfonctionnements selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la pompe basse pression (4) est activée périodiquement pendant le test de basse pression.
4. Procédé pour la localisation de dysfonctionnements selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le test de haute pression comprend en outre l'étape suivante :

B3) Arrêt de la pompe haute pression (12) pendant que
- a) une baisse de pression est mesurée, ou pendant que
- b) une pression maximale prédéfinie est mesurée.
5. Procédé pour la localisation de dysfonctionnements selon l'une des revendications précédentes, le procédé comprenant en outre un test de gradient avec les étapes suivantes :

- détermination du gradient temporel d'au moins l'une des pressions mesurées,
 - détermination des écarts du/des gradient(s) déterminé(s) de valeurs de consigne prédéfinies.
6. Procédé pour la localisation de dysfonctionnements selon l'une des revendications précédentes, le procédé comprenant en outre un test de mise à l'arrêt, avec les étapes suivantes :

C1) Activation du moteur à combustion interne avec une haute pression dans le système d'injection,
 C2) Arrêt du moteur à combustion interne,
 C3) Mesure de l'évolution de la pression après l'arrêt du moteur à combustion interne.
7. Procédé pour la localisation de dysfonctionnements selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de carburant possède une pompe haute pression (12), et le procédé comprenant en outre un test de valeur de consigne de haute pression, avec les étapes suivantes :

D1) Activation de la pompe haute pression (12) à faible puissance
 D2) Augmentation soudaine de la haute pression par une brève activation de la pompe haute pression (12) à pleine puissance
 D3) Mesure de la pression finale obtenue et de l'évolution de la pression
 D4) Mesure du lambda gaz d'échappement avant et après l'augmentation de pression.
8. Procédé pour la localisation de dysfonctionnements selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de carburant possède une pompe haute pression (12), et le procédé comprenant en outre un test de précommande avec les étapes suivantes :

E1) Réglage de diverses valeurs d'activation de la pompe haute pression (12),
 E2) Mesure du niveau de pression pour chaque valeur d'activation dans le système d'injection.
9. Procédé pour la localisation de dysfonctionnements

selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins l'un des tests comprend en outre :

- la détermination de différences entre les pressions mesurées, 5
- la détermination de l'écart des différences déterminées par rapport à des valeurs de consigne prédéfinies.

10. Procédé pour la localisation de dysfonctionnements selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins l'un des tests comprend l'affectation d'une charge pour augmenter la charge de moteur. 10

11. Procédé pour la localisation de dysfonctionnements selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins l'un des tests comprend la mesure du lambda gaz d'échappement avant et après une augmentation de la pression d'injection. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

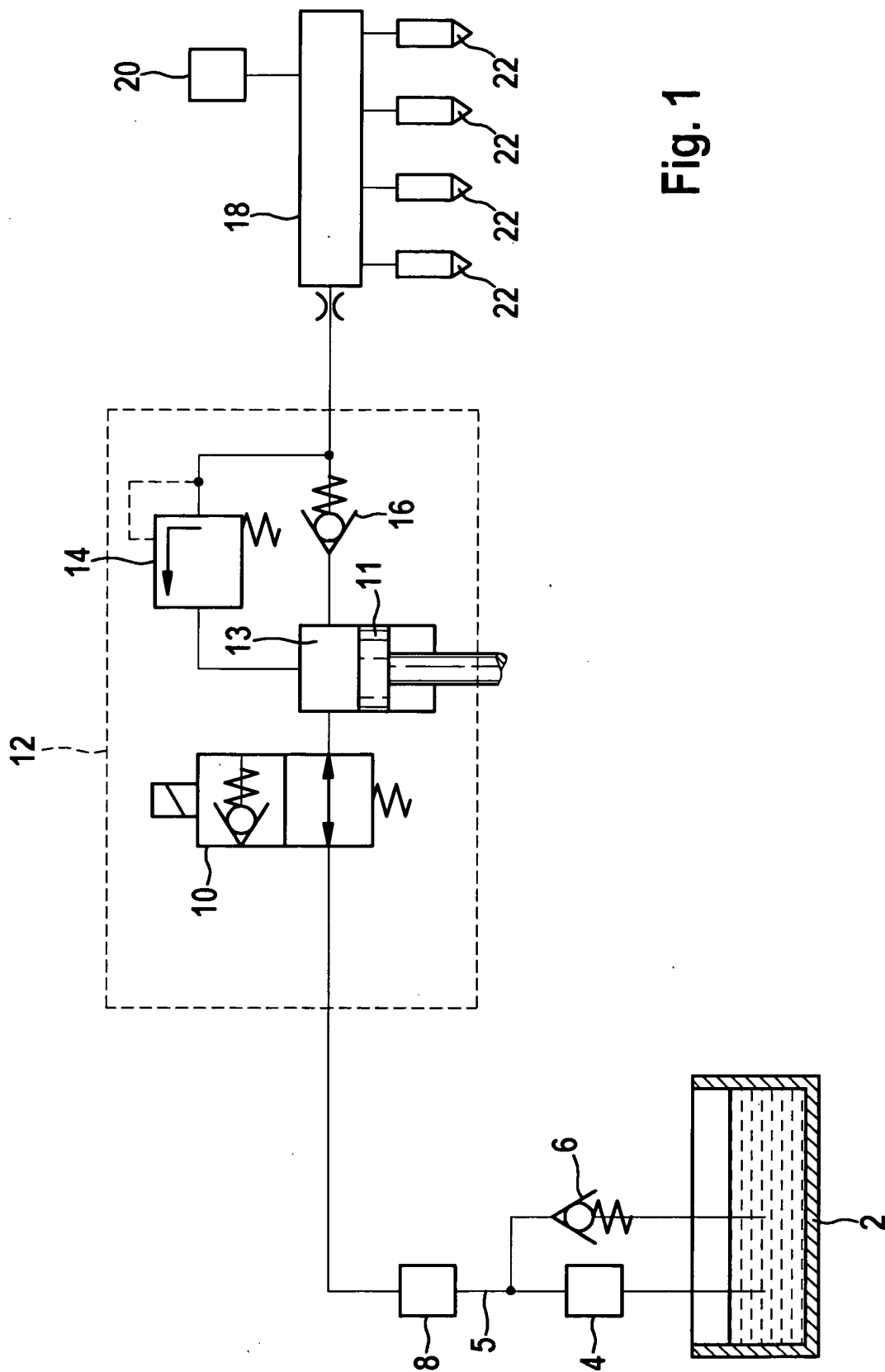


Fig. 1

	Hochdrucktest										Niederdrucktest										...		
	Fehler	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17					
1)	HDS + 10bar		-		+	+		+		+	+	+	+	+									
2)	HDS - 10bar		+		-					-	-	-	-	-	-								
3)	HDS - 2,5bar		+																				
4)	HDS + 2,5bar		-		+							+											
5)	HD - Leck gr.			-	-	-											-						
6)	HD - Leck mi.			-	-	-												+					
7)	HD - Leck kl.			-														+					
8)	HDP - 30%	-						+	+								-						
9)	HDP - 20%	-						+	+														

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 102004005851 A1 **[0003]**
- US 20050005880 A1 **[0004]**
- DE 19727794 C1 **[0004]**
- DE 10303443 B3 **[0004]**
- DE 19513158 A1 **[0004]**
- EP 0899442 A2 **[0004]**
- DE 19941329 B4 **[0004]**