

(19)



(11)

EP 1 843 023 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.10.2007 Patentblatt 2007/41

(51) Int Cl.:
F02D 41/12^(2006.01) F02D 41/24^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07104640.3**

(22) Anmeldetag: **22.03.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT 80333 München (DE)**

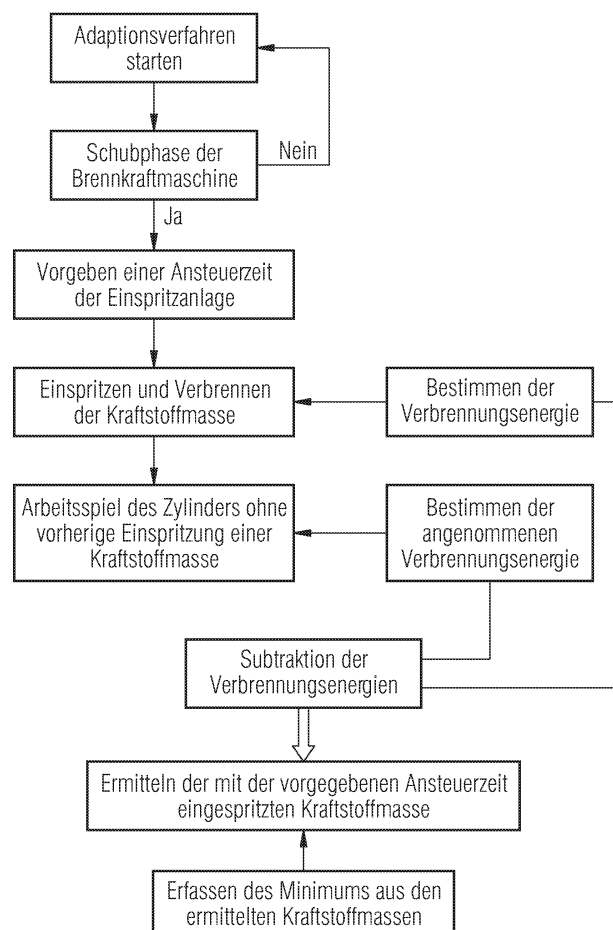
(72) Erfinder:
• **Müller, Karl 30173, Hannover (DE)**
• **Zimmer, Christian 93053, Regensburg (DE)**

(30) Priorität: **05.04.2006 DE 102006015967**

(54) Adaptionsverfahren einer Einspritzanlage einer Brennkraftmaschine

(57) Die vorliegende Erfindung offenbart ein Adaptionsverfahren einer Einspritzanlage einer Brennkraftmaschine. Im Rahmen dieses Adaptionsverfahrens wird zunächst eine Schubphase der Brennkraftmaschine erkannt. Innerhalb dieser Schubphase erfolgt eine geziel-

tere Variation der Ansteuerzeit der Einspritzanlage und eine Erfassung der Verbrennungsenergie der nachfolgenden Verbrennung. Auf dieser Grundlage wird für eine tatsächlich eingespritzte minimale Kraftstoffmenge eine minimale Ansteuerzeit der Einspritzanlage bestimmt.

**EP 1 843 023 A2**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Adaptionsverfahren einer Einspritzanlage einer Brennkraftmaschine.

[0002] Bei der Einspritzung von kleinen Kraftstoffmengen mit Hilfe einer Einspritzdüse oder allgemein einer Einspritzanlage in einen Zylinder der Brennkraftmaschine muss sichergestellt sein, dass bei der nominalen minimalen Ansteuerzeit der Einspritzdüse tatsächlich Kraftstoff eingespritzt wird. Das heißt es muss garantiert sein, dass bei einer einfachen minimalen Ansteuerzeit der Einspritzanlagen die Düsennadel beispielsweise eines Injektors tatsächlich öffnet, so dass Kraftstoff in den Zylinder der Brennkraftmaschine gelangt.

[0003] In bekannten Verfahren wird die Adaption der Kraftstoff-Kleinstmenge an eine entsprechende Ansteuergröße der Einspritzanlage im Leerlauf- und Teillastbereich der Brennkraftmaschine durchgeführt. Zu diesem Zweck werden zusätzlich zu den im Leerlauf- und Teillastbereich erforderlichen Einspritzungen Vor- oder Nacheinspritzungen vorgenommen. Diese Vor- oder Nacheinspritzungen steuert man mit sich ändernden Ansteuergrößen der Einspritzanlage, beispielsweise die Ansteuerzeit, an. Die Ansteuerzeit wird bei diesem Vorgang sukzessiv erhöht, so dass eine minimale Ansteuerzeit erkennbar ist, bei der tatsächlich eine minimale Kraftstoffmenge in den Zylinder eingespritzt wird.

[0004] Um das Vorhandensein und die Größe einer eingespritzten Kraftstoffmenge auswerten zu können, wird ein Messfenster definiert. Dieses Messfenster ist in Abhängigkeit vom Kurbelwellenwinkel der Brennkraftmaschine derart angeordnet, dass es nur die Verbrennung der Adaptionseinspritzung erfasst. Die Verbrennung bzw. die während der Verbrennung frei werdende Energie wird aus den innerhalb des Betriebsfensters gemessenen Körperschallsignalen bestimmt. Derartige Körperschallsignale sind beispielsweise mit Hilfe eines Beschleunigungssensors basierend auf dem piezoelektrischen Prinzip erfassbar. Da die Verbrennung der Adaptionseinspritzung in zeitlicher Nähe zu den normalen Verbrennungen des Leerlauf- und/oder Teillastbetriebs stattfindet, wird das Betriebsfenster der Testeinspritzung durch die Geräusche von Nachbarverbrennungen störend überlagert. Diese störenden Geräusche verfälschen die Auswertung der Verbrennungsenergie und somit die Bestimmung der minimalen Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von der Ansteuerzeit der Einspritzanlage.

[0005] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Adaptionsverfahren einer Einspritzanlage einer Brennkraftmaschine bereitzustellen, mit dem mit höherer Genauigkeit im Vergleich zum Stand der Technik eine minimale Ansteuergröße einer Einspritzanlage für eine eingespritzte minimale Kraftstoffmenge bestimmbar ist.

[0006] Die obige Aufgabe wird durch das Verfahren gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterentwicklungen

der vorliegenden Erfindung gehen aus der folgenden Beschreibung, der Zeichnung und den anhängenden Ansprüchen hervor.

[0007] Die vorliegende Erfindung offenbart ein Adaptionsverfahren einer Einspritzanlage einer Brennkraftmaschine, das die folgenden Schritte aufweist: a) Erkennen einer Schubphase der Brennkraftmaschine, b) Ansteuern der Einspritzanlage gemäß einer vorgegebenen Ansteuergröße zum Einspritzen einer Kraftstoffmenge in einen Zylinder der Brennkraftmaschine während der Schubphase, c) Erfassen einer Verbrennungsenergie der eingespritzten Kraftstoffmenge, aus der eine Größe der Kraftstoffmenge bestimmbar ist, so dass die vorgegebene Ansteuergröße einer minimalen einspritzbaren Kraftstoffmenge zuordenbar ist.

[0008] Die vorliegende Erfindung hat im Vergleich zum Stand der Technik den wesentlichen Vorteil, dass der Einfluss von Störgrößen auf die Bestimmung einer minimalen Ansteuergröße und der entsprechenden minimalen einspritzbaren Kraftstoffmenge im Vergleich zum Stand der Technik wesentlich reduziert wird. Es wird nämlich zunächst eine Schubphase der Brennkraftmaschine ausgewählt, in der der Fahrer weder das Gaspedal betätigt noch die Motorsteuerung irgendeine Einspritzungen ansteuert. Aus diesem Grund finden neben den für das Adaptionsverfahren genutzten Einspritzungen und Verbrennungen keine weiteren Verbrennungen von Kraftstoffmengen statt, die Störgrößen, insbesondere Störgeräusche, generieren können. Auf dieser Grundlage können die durch die Verbrennung der eingespritzten Kraftstoffmenge erzeugten Körperschallsignale einfacher ausgewertet werden, so dass die daraus ermittelte Verbrennungsenergie bzw. Geräuschsignalenergie mit größerer Genauigkeit die Bestimmung der Ansteuergröße der Einspritzanlage für eine minimale einspritzbare Kraftstoffmenge ermöglicht.

[0009] Es ist bevorzugt, die vorgegebene Kraftstoffmenge in den Zylinder der Brennkraftmaschine einzuspritzen und gezielt die Größe der einzuspritzenden Kraftstoffmenge über eine Änderung der Ansteuerzeit der Einspritzanlage zu realisieren.

[0010] Gemäß einer weiteren Alternative wird ein Betriebsfenster in zeitlicher Nähe einer Verbrennung der eingespritzten Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von einem erfassten Kurbelwellenwinkel der Brennkraftmaschine definiert und die Verbrennungsenergie innerhalb des Betriebsfensters auf der Grundlage von Körperschallsignalen, vorzugsweise mit Hilfe eines Beschleunigungssensors, ermittelt.

[0011] Da die im Rahmen des Adaptionsverfahrens eingespritzte Kraftstoffmenge nominal und während der Schubphase der Brennkraftmaschine eingespritzt wird, findet nur diese eine Verbrennung während des Arbeitsspiels des Zylinders der Brennkraftmaschine statt. Daher ist das diese Verbrennung überlappende Betriebsfenster zur definierten Erfassung der durch diese Verbrennung erzeugten Körperschallsignale mit geringerem Aufwand positionierbar. Es finden nämlich in zeitlicher Nähe zu

der oben genannten Verbrennung keine weiteren Verbrennungen im selben oder benachbarten Zylindern statt, die Körperschallsignale generieren könnten, die nicht im Rahmen des Betriebsfensters erfasst werden sollten. Dieser Ablauf des Adaptionverfahrens gemäß der obigen Ausführungsform ermöglicht daher eine Positionierung des Betriebsfensters mit höheren Toleranzen bei gleichzeitig gesteigerter Genauigkeit der Erfassung der Verbrennungsenergie über die Körperschallsignale.

[0012] Gemäß einer weiteren Ausführungsform erfolgt ein Durchführen eines Einspritzzyklus des Zylinders ohne Einspritzen einer Kraftstoffmenge, danach ein Erfassen einer angenommenen Verbrennungsenergie im nachfolgenden Arbeitsspiel des selben Zylinders und ein Subtrahieren der angenommenen Verbrennungsenergie und der Verbrennungsenergie der eingespritzten Kraftstoffmenge eines vorhergehenden Einspritzzyklus und einer entsprechenden Verbrennung, so dass aus dem Ergebnis die Größe der eingespritzten Kraftstoffmenge bestimmbar ist.

[0013] Um die einer bestimmten Ansteuergröße oder Ansteuerzeit zuzuordnende Größe einer Kraftstoffmenge bestimmen zu können, werden Vergleichsmessungen durchgeführt. Im Rahmen dieser Vergleichsmessungen wird die Verbrennungsenergie mit Hilfe von Körperschallsignalen einer zuvor eingespritzten Kraftstoffmenge bestimmt. Nachfolgend werden die Körperschallsignale eines Arbeitsspiels des Zylinders erfasst, ohne dass zuvor eine Kraftstoffmenge eingespritzt worden ist und ohne dass daher während dieses Arbeitsspiels eine Verbrennung stattfindet. Ausgehend von der Differenz dieser beiden Energiewerte lässt sich die Größe der Kraftstoffmenge bestimmen, die mit Hilfe der zuvor vorgegebenen Ansteuerzeit eingespritzt worden ist. Die obige Subtraktion eröffnet die Möglichkeit, auf einfache Weise störende Körperschallsignale zu eliminieren, so dass nur noch die Körperschallsignale bzw.

[0014] Energiewerte in Verbindung mit der tatsächlichen Verbrennung der eingespritzten Kraftstoffmenge ausgewertet werden.

[0015] Die Ausführungsformen werden unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnung näher erläutert. In diesem Zusammenhang zeigt:

Figur 1 ein Flussdiagramm mit einer bevorzugten Ausführungsform des vorliegenden Adaptionverfahrens.

[0016] Beispielgebend für Inhalt und Ablauf des erfindungsgemäßen Adaptionverfahrens ist ein Flussdiagramm einer bevorzugten Ausführungsform in der Figur 1 gezeigt.

[0017] Das Adaptionverfahren wird mit Hilfe einer Motorsteuerung der Brennkraftmaschine gesteuert. Es ist ebenfalls denkbar, eine separate Steuereinheit für das Adaptionverfahren vorzusehen. Mit dem Adaptionverfahren wird sichergestellt, dass bei einer minimalen An-

steuergröße der Brennkraftmaschine, zum Beispiel einer Ansteuerzeit, einer Ansteuerspannung, tatsächlich Kraftstoff in den betreffenden oder zu adaptierenden Zylinder der Brennkraftmaschine eingespritzt wird. Um zu Gunsten dieses Ziels störende Einflüsse auf das Adaptionverfahren zu vermeiden, wird es in einer Schubphase der Brennkraftmaschine durchgeführt. In der Schubphase der Brennkraftmaschine wird durch den Fahrer eines Kraftfahrzeugs kein Drehmoment über das Gaspedal angefordert. Des Weiteren wird auch nicht durch die Motorsteuerung eine Einspritzung von Kraftstoff angefordert, wie es beispielsweise in einer Leerlaufphase der Brennkraftmaschine der Fall wäre. Somit beschreibt die Schubphase der Brennkraftmaschine einen Zeitraum und Betriebsbereich, in dem normalerweise keine Einspritzungen von Kraftstoffmengen in die Zylinder der Brennkraftmaschine durchgeführt werden.

[0018] Wird nach dem Starten des Adaptionverfahrens S1 eine Schubphase S2 erkannt, wird das Adaptionverfahren fortgesetzt. Andernfalls erfolgt ein Anhalten des Adaptionverfahrens und Abwarten, bis eine Schubphase zur Fortsetzung des Adaptionverfahrens erkannt wird.

[0019] Wie oben bereits erwähnt, finden innerhalb der erkannten Schubphase normalerweise keine Einspritzungen statt. Dies wird beispielsweise durch ein in der Motorsteuerung realisiertes Sicherheitskonzept überwacht, das fehlerhafte und ungewollte Einspritzungen von Kraftstoffmengen verhindert. Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gibt das Sicherheitskonzept die durch das Adaptionverfahren auszuführenden Einspritzungen frei, so dass sich Sicherheitskonzept und Adaptionverfahren nicht gegenseitig behindern. Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird eine vom Sicherheitskonzept getrennte Monitoringfunktion genutzt, um diesen speziellen Betrieb von Einspritzanlage und Brennkraftmaschine zu überwachen. Es ist weiterhin denkbar, in Ergänzung zum Sicherheitskonzept eine Plausibilitätsprüfung durchzuführen, die überprüft, ob eine stattfindende Einspritzung für Kleinmengen im Rahmen des Adaptionverfahrens oder eine Fehlfunktion der Einspritzanlage der Brennkraftmaschine vorliegt. In Abhängigkeit vom Ergebnis der Plausibilitätsprüfung wird das Adaptionverfahren fortgesetzt oder bei Feststellung einer Fehlfunktion entsprechend unterbrochen.

[0020] Im weiteren Verlauf des Adaptionverfahrens wird eine Einspritzstrategie angewandt, bei der in einem jeweils ersten Einspritzzyklus eine Ansteuerzeit der Einspritzanlage zur Einspritzung einer Kraftstoffmenge vorgegeben wird (S3) und ein entsprechendes Einspritzen und Zünden stattfindet (S4). Für den nachfolgenden Einspritzzyklus desselben Zylinders der Brennkraftmaschine wird keine Ansteuerzeit vorgegeben, so dass keine Kraftstoffmenge eingespritzt wird und daher keine Verbrennung im nachfolgenden Arbeitsspiel stattfindet (Schritt S5). Die beiden durch das obige Adaptionverfahren jeweils aufeinander folgenden Arbeitsspiele des-

selben Zylinders mit und ohne Verbrennung werden zur späteren Ermittlung der Größe der eingespritzten Kraftstoffmenge herangezogen.

[0021] Während des jeweiligen Arbeitsspiels in Schritt S6 und S7 wird die durch die Verbrennung umgesetzte Energie bestimmt und nachfolgend als Verbrennungsenergie bezeichnet. Für das Arbeitsspiel mit vorhergehender Ansteuerung einer Ansteuerzeit der Einspritzanlage wird der Energiebetrag als "Verbrennungsenergie der eingespritzten Kraftstoffmenge" (S6) bezeichnet. Für das Arbeitsspiel ohne Ansteuerung einer Ansteuerzeit der Einspritzanlage wird der Energiebetrag als "angenommene Verbrennungsenergie" (S7) bezeichnet.

[0022] Für die Bestimmung der Verbrennungsenergie des auszuwertenden Arbeitsspiels werden die Körperschallsignale, beispielsweise mit Hilfe eines piezoelektrischen Beschleunigungs- oder Klopfensors, erfasst. Die Erfassung der Körperschallsignale erstreckt sich bevorzugt nicht über das gesamte Arbeitsspiel. Sie wird in einem bestimmten Betriebsfenster durchgeführt. Das Betriebsfenster ist in Abhängigkeit von einem erfassten Kurbelwellenwinkel der Brennkraftmaschine derart angeordnet und in seiner Größe dimensioniert, dass die Verbrennung der für das Adaptionsverfahren eingespritzten Kraftstoffmenge erfassbar ist. Da in den benachbarten Zylindern der Brennkraftmaschine keine Verbrennungen während des Arbeitsspiels des untersuchten Zylinders stattfinden, werden auch keine Geräuschsignale von Verbrennungen erzeugt, die die Bestimmung der Verbrennungsenergie im zu adaptierenden Zylinder störend beeinflussen.

[0023] Nachdem aus den Körperschallsignalen die Verbrennungsenergie der eingespritzten Kraftstoffmenge und die angenommene Verbrennungsenergie erfasst worden sind, werden diese voneinander abgezogen (S8). Überschreitet die Differenz einen optional definierbaren Schwellenwert, ist zunächst erkennbar, dass aufgrund der vorgegebenen Ansteuerzeit eine Kraftstoffmenge in den Zylinder eingespritzt worden ist. Des Weiteren ist aus der Differenz oder Energiebetrachtung berechenbar, wie groß eine eingespritzte Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von der vorgegebenen Ansteuerzeit war. Durch die obige Differenzbildung werden zunächst die Einflüsse von Störgeräuschen in den erfassten Arbeitsspielen entfernt. Aus dem Differenz-Energiebetrag wird in Schritt S9 dann auf die eingespritzte Kraftstoffmenge oder Kraftstoffmasse rückgeschlossen.

[0024] Um eine minimale Ansteuerzeit für eine minimale eingespritzte Kraftstoffmenge zu ermitteln, wird die Ansteuerzeit schrittweise von Einspritzzyklus zu Einspritzzyklus erhöht. Nachfolgend wird jeweils gemäß obiger Beschreibung die Verbrennungsenergie ausgewertet und die eingespritzte Kraftstoffmenge bestimmt. Aus den bestimmten Kraftstoffmengen ist in Schritt S10 die minimale Kraftstoffmenge ermittelbar, so dass auf dieser Grundlage eine minimale Ansteuerzeit vorgebbar ist, bei der tatsächlich eine minimale Kraftstoffmenge in den Zylinder eingespritzt wird.

[0025] Mit Hilfe des obigen Adaptionsverfahrens erfolgt somit die Bestimmung einer nominalen minimalen Ansteuerzeit der Einspritzanlage der Brennkraftmaschine, bei der tatsächlich eine minimale Kraftstoffmenge in den Zylinder der Brennkraftmaschine eingespritzt wird.

Patentansprüche

1. Adaptionsverfahren einer Einspritzanlage einer Brennkraftmaschine, das die folgenden Schritte aufweist:
 - a. Erkennen einer Schubphase (S2) der Brennkraftmaschine,
 - b. Ansteuern der Einspritzanlage gemäß einer vorgegebenen Ansteuergröße zum Einspritzen einer Kraftstoffmenge in einen Zylinder der Brennkraftmaschine während der Schubphase (S3 und S4),
 - c. Erfassen einer Verbrennungsenergie (S6, S7) der eingespritzten Kraftstoffmenge, aus der eine Größe der Kraftstoffmenge bestimmbar ist, so dass die vorgegebene Ansteuergröße einer minimalen einspritzbaren Kraftstoffmenge zuordenbar ist.
2. Adaptionsverfahren gemäß Anspruch 1, mit dem weiteren Schritt:

Vorgeben der Kraftstoffmenge als nominale Kraftstoffmenge und gezieltes Anpassen ihrer Größe über eine Änderung einer Ansteuerzeit der Einspritzanlage.
3. Adaptionsverfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, mit den weiteren Schritten:

Definieren eines Betriebsfensters in zeitlicher Nähe einer Verbrennung der eingespritzten Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von einem erfassten Kurbelwellenwinkel der Brennkraftmaschine und

Ermitteln der Verbrennungsenergie innerhalb des Betriebsfensters auf der Grundlage von Körperschallsignalen, vorzugsweise mit Hilfe eines Beschleunigungssensors.
4. Adaptionsverfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, mit den weiteren Schritten:

Durchführen eines Einspritzzyklus des Zylinders ohne Einspritzen einer Kraftstoffmenge (S5) und Erfassen einer angenommenen Verbrennungsenergie im nachfolgenden Arbeitsspiel des Zylinders (S7) und

Subtrahieren (S8) der angenommenen Verbrennungsenergie und der Verbrennungsenergie

gie der eingespritzten Kraftstoffmenge, so dass aus dem Ergebnis die Größe der eingespritzten Kraftstoffmenge bestimmbar ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

