



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 06 359 T2 2004.09.09**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 153 212 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 06 359.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR00/00320**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 903 774.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/47884**

(86) PCT-Anmeldetag: **10.02.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **17.08.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **14.11.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **05.11.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **09.09.2004**

(51) Int Cl.7: **F02D 41/18**
F02D 21/08

(30) Unionspriorität:
9901724 12.02.1999 FR

(73) Patentinhaber:
Renault S.a.s., Boulogne Billancourt, FR

(74) Vertreter:
**Patent- und Rechtsanwälte Bardehle, Pagenberg,
Dost, Altenburg, Geissler, 81679 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, ES, GB, IT

(72) Erfinder:
ABIDA, Jamil, F-92500 Rueil Malmaison, FR

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG DES ZUGEFÜHRTEN LUFTMASSENSTROMES EINER BRENN-
KRAFTMASCHINE MIT ABGASRÜCKFÜHRUNGSSYSTEM**

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

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung des zugeführten Luftmassenstroms eines Verbrennungsmotors, der mit einem Abgasrückführungssystem in dem Ansaugkrümmer und einem Ventil zum Steuern des Stroms der in den Ansaugkrümmer rückgeführten Abgase ausgestattet ist.

[0002] Heute werden die Verbrennungsmotoren, vor allem vom Typ Diesel, entworfen insbesondere zum Antreiben von Automobilen, häufig mit Abgasrückführungssystemen in dem Ansaugkrümmer des Motors ausgestattet. Man weiß, dass eine derartige Rückführung den Ausstoß von Stickstoffoxiden durch den Motor verringern kann, welche besonders gesundheitsschädliche chemische Substanzen sind. Dagegen kann diese Rückführung die Menge von Rauch in den Abgasen erhöhen, wenn sie nicht korrekt geregelt ist. Dies ist das gleiche wie bei der Menge des in den Motor eingespritzten Brennstoffs.

[0003] Deswegen wird häufig ein elektronischer Rechner mit der Verwaltung des Funktionierens des Motors befasst, insbesondere indem er die Menge der rückzuführenden Abgase und die Menge des einzuspritzenden Brennstoffs berechnet, vor allem abhängig von der Menge der von den Zylindern des Motors eingesaugten Luft.

[0004] Um diese Menge von Luft zu messen, sind Durchfluss- bzw. Strömungsmesser bekannt, z. B. aus einem heißen Draht, die am Eingang des Ansaugkrümmers des Motors angebracht sind, um eine vom Luftstrom abhängige elektrische Spannung zu erzeugen. Ein derartiger Messfühler hat den Nachteil, kostspielig zu sein. Ferner benötigt das von ihm erzeugte Signal Korrekturen, da es perturbiert wird, insbesondere von den rückgeführten Abgasen und durch die Rückkehr von Druckwellen (siehe die Patente JP 10 169499, US 5 339 681, US 5 205 260, WO 97 35106, DE 19 613176, EP 589 517, US 5 635 635).

[0005] Man hat auch vorgeschlagen, ohne einen Durchflussmesser auszukommen und die Menge der angesaugten Luft ausgehend von dem Druck und der Temperatur der Luft in dem Ansaugkrümmer des Motors und der Drehzahl des Motors zu berechnen. Wenn, außer Luft, Abgase in den Ansaugkrümmer des Motors eingespritzt werden, ist dieses Vorgehen offensichtlich nicht mehr möglich.

[0006] Man hat ebenfalls vorgeschlagen, den aufgenommenen Luftstrom mit einem Luftdruck-Messfühler und einem Algorithmus zur Berechnung des Stroms auszuwerten, in mehreren Schritten durch sukzessive Berechnungen. Es hat sich erwiesen, dass ein derartiger Algorithmus schwer zu kalibrieren ist und von der Berechnungszeit her kostspielig ist (siehe die US-Patente Nr. 5 270 935, 5 273 019, 5 293 553 und 5 497 329).

[0007] Eine andere Lösung besteht darin, die in die Zylinder des Motors eingespritzte Brennstoffmenge zu messen und einen eventuellen in die Zylinder eintretenden Luftüberschuss festzustellen, mit Hilfe einer Sauerstoff-Sonde, die in dem Abgasstutzen des Motors angebracht ist. Diese Sonde trägt demnach der Entwicklung des Luftüberschusses mit einer Verzögerung Rechnung, welche die Präzision des in Rechnung gestellten Luftstroms beeinflussen kann, insbesondere beim Beschleunigen und Verlangsamen des Motors.

[0008] Die vorliegende Erfindung hat daher zur Aufgabe, ein Verfahren zur Ermittlung des in einen Verbrennungsmotor eintretenden Luftstroms bereitzustellen, der mit einem Abgasrückführungssystem ausgestattet ist, welches keinen der vorstehenden Nachteile besitzt und welches insbesondere kostengünstiger und präziser verwirklicht werden kann.

[0009] Die vorliegende Erfindung hat auch zum Ziel, ein derartiges Verfahren bereitzustellen, welches insbesondere für einen Dieselmotor bestimmt ist und ferner insbesondere für einen Motor, der mit einer Vorrichtung zur Aufladung mit Luft ausgestattet ist.

[0010] Man löst diese Aufgaben, so wie weitere, die sich aus der Lektüre der folgenden Beschreibung ergeben, mit einem Verfahren zur Ermittlung des in einen Verbrennungsmotor eintretenden Luftstroms, welcher mit einem Abgasrückführungssystem in seinem Ansaugkrümmer und einem Ventil zur Regelung des in den Ansaugkrümmer rückgeführten Abgasstroms ausgestattet ist, wobei das Verfahren darin bedeutsam ist, dass man den Luftstrom (Q_0) bei geschlossenem Steuerventil berechnet, abhängig von der Drehzahl des Motors, von dem Druck in dem Ansaugkrümmer, von der Temperatur der von der Leitung angesaugten Luft und von einer Ausbeute einer Füllung der Zylinder des Motors, und dass man den Luftstrom (Q_{air}) bei geöffnetem Steuerventil ausgehend vom dem Ausdruck

$$Q_{air} = \frac{Q_0 - f_1 f_2}{1 + C_4 \cdot f_2}$$

berechnet, wobei f_1 und f_2 Korrekturfaktoren sind und C_4 ein Kalibrierungsfaktor ist, der abhängig von der Drehzahl des Motors ist, wobei f_1 die Wirkung der Verteilung der Abgase zwischen dem Ansaugkrümmer, einer Turbine und ihrem Entladungskreis auf den Luftstrom quantifiziert.

[0011] Wie im folgenden gesehen wird, erlaubt das Verfahren gemäß der Erfindung einer "Schätz"-Software, ausgehend von einer vereinfachten Modellierung des Motors und seiner Antriebsvorrichtungen, einen präzisen Wert des Luftstroms zu berechnen, mit Hilfe der von Signalen, die von Messfühlern herrühren, die normalerweise mit dem Motor verbunden sind und von zuvor kalibrierten Tabellen.

[0012] Weitere Merkmale und Vorteile des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung werden ersichtlich beim Durchlesen der folgenden Beschreibung und bei Betrachtung der anliegenden Zeichnung, in der die einzige Abbildung schematisch eine Vorrichtung zur Verwirklichung des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0013] In dieser Abbildung wird ersichtlich, dass diese Vorrichtung zunächst einen Verbrennungsmotor umfasst, vorzugsweise, aber nicht ausschließlich, vom Typ Dieselmotor, wobei dieser Motor in drei Blöcken 1, 2 und 3 schematisiert wird, die seinen Ansaugkrümmer, seine Zylinder und seinen Auspuffkrümmer repräsentieren. Dieser Motor ist mit einem Abgasrückführungssystem ausgestattet, welches im wesentlichen durch eine Leitung bzw. ein Rohr 4 zum Rückführen von Teilen der Abgase, die aus dem Auspuffkrümmer austreten, in den Ansaugkrümmer 1, gebildet wird, über ein regelbares Ventil 5, dessen Öffnung von einem Signal U_R gesteuert wird, das von einem Rechner zur Verwaltung des Motors 6 ausgegeben wird (1, 2, 3).

[0014] Wie man in der Einleitung zu der vorliegenden Beschreibung gesehen hat, ist ein derartiger Rechner normalerweise mit dem Motor verbunden, um den Betrieb zu verwalten. Zu diesem Zweck empfängt er Mess-Signale von verschiedenen Fühlern zur Messung von Betriebsparametern des Motors und berechnet Befehle zum Steuern der Antriebsvorrichtungen, wie das Ventil 5 und die Einspritzvorrichtungen (nicht dargestellt) für den Brennstoff in den Zylindern des Motors, deren Öffnungszeit t_i er abhängig von der Brennstoffmenge steuert, Diesel im Fall eines Dieselmotors, die einzuspritzen ist, wobei diese Menge selbst ausgehend von verschiedenen Betriebsparametern des Motors und, eventuell, von verschiedenen Strategien des Motorbetriebs, berechnet wird.

[0015] Hierdurch empfängt der Rechner Signale eines Messfühlers 7 über den in dem Ansaugkrümmer herrschenden Druck P_{col} , eines Messfühlers 8 über den Druck P_{amb} der umgebenden Luft, eines Messfühlers 9 über die Drehzahl N_{mot} des Motors, eines Messfühlers 10 über die Temperatur T_{air} der in den Ansaugkrümmer 1 eintretenden Luft, eines Messfühlers 11 über den Winkel α des Gaspedals, geeignet zum Messen des von dem Fahrer des Fahrzeugs formulierten Bedarfs an Drehmoment, etc., etc... All dies ist dem Fachmann wohlbekannt und verlangt nicht nach einer ausführlicheren Beschreibung.

[0016] In der bevorzugten Ausführung der Vorrichtung zur Verwirklichung des Verfahrens gemäß der Erfindung, umfasst die Vorrichtung außerdem Mittel zur Aufladung des Motors mit Luft. Diese Mittel umfassen klassischerweise eine Turbine 12, welche durch das Zurückhalten eines Teils der heißen Abgase des Motors betrieben wird, wobei diese Turbine einen Luftkompressor 13 antreibt, der den Ansaugkrümmer 1 des Motors versorgt, vorzugsweise über einen Austauscher 14, geeignet um die aus dem Kompressor austretende Luft zu kühlen.

[0017] Die Kraft, die durch die Abgase an die Turbine geliefert wird, kann mit Hilfe eines Entladeventils 15 moduliert werden, welches in einer Leitung 16 neben der Turbine 12 montiert ist.

[0018] Gemäß einer ersten Ausführungsform nimmt das Ventil 15 die Form eines Elektroventils an, dessen Ausmaß der Öffnung über ein Signal U_D gesteuert wird, das von dem Rechner 6 bereitgestellt wird, meistens um den Druck in dem Ansaugkrümmer 1 bei einem vorher bestimmten Wert zu halten, durch einen geschlossenen Regelkreis, welcher das von dem Messfühler 7 für den Druck P_{col} gelieferte Signal bei der Berechnung berücksichtigt.

[0019] Gemäß einer anderen Ausführungsform ist das Ventil 15 passiv und austariert, um sich unter der Wirkung eines vorher bestimmten Drucks, der entweder in dem Ansaugkrümmer oder in dem Auspuffkrümmer herrscht, zu öffnen.

[0020] In allen Fällen erscheint es notwendig, den Druck in dem Ansaugkrümmer und den Luftstrom zu kennen. Eine bekannte Lösung besteht im Installieren eines Luft-Durchflussmessers oberhalb des Kompressors 13 und eines Druck-Messfühlers wie den mit 7 bezeichneten, in dem Ansaugkrümmer 1. Diese Lösung mit zwei Messfühlern ist offensichtlich kostspielig.

[0021] Die vorliegende Erfindung bietet eine ökonomischere Lösung an, indem der Luft-Durchflussmesser weggelassen wird und es ermöglicht wird, den Luftstrom zu berechnen, indem lediglich dem Rechner 6 bekannte Größen, sei es über mit ihm verbundene Messfühler oder über von ihm selbst angestellte Berechnungen, benutzt werden.

[0022] Zu diesem Zweck wird der Rechner 6 ordnungsgemäß mit einer Software zum Schätzen des Luftstroms oder "Schätzer" programmiert, wobei der unten beschriebene Algorithmus ausgeführt wird. Gemäß diesem Algorithmus berechnet der Schätzer zunächst den Luftstrom Q_0 , der von dem Motor angesaugt wird, wenn das Ventil 5 geschlossen ist, d.h. in Abwesenheit einer Rückführung der Abgase. In dieser Situation kann der Strom Q_0 mit Hilfe der folgenden Formel geschätzt werden:

$$Q_0 = \frac{V_{cyl} \cdot N_{mot}}{K} \cdot \rho \cdot C_0 \quad (1)$$

wobei

– V_{cyl} der Hubraum des Motors ist,

$$\rho = \frac{P_{col}}{R_{air} \cdot T_{air}}$$

die Luftdichte ist, wobei R_{air} die Konstante der Luft in dem Gesetz von Mariotte ist,

– C_o die Ausbeute der Füllung der Zylinder des Motors ist, entnommen einer Tabelle mit zwei Einträgen N_{mot} und ρ , gespeichert in dem Rechner **6**,

– K ein Koeffizient ist, der von der Anzahl der Zylinder des Motors abhängt.

Zum Beispiel gilt für einen Motor mit 4 Zylindern $K = 120$.

[0023] Somit, wenn das Steuersignal U_R , das durch den Rechner **6** an das Ventil **5** übermittelt wird, geeignet ist, dieses geschlossen zu halten, zum Beispiel $U_R = 0$, nimmt der in den Motor eintretende Luftstrom, wenn gemäß der vorliegenden Erfindung ausgewertet, den Wert Q_0 an, wie durch die obige Formel (1) gegeben.

[0024] Wenn dagegen der von dem Rechner **6** berechnete Wert von U_R so ist, dass $U_R \neq 0$ ist, was also einer Situation entspricht, in welcher eine Rückführung von Abgasen auftritt, entnimmt der Rechner den Wert Q_{air} des von dem Motor angesaugten Luftstroms der Formel:

$$Q_{air} = \frac{Q_0 - f_1 f_2}{1 + C_4 \cdot f_2} \quad (2)$$

wobei

– f_1, f_2 Korrekturfaktoren sind, die jeweils die Wirkung der in den Abgasen enthaltenen Energie auf den Luftstrom und die Wirkung der Verteilung dieser Gase zwischen dem Ansaugkrümmer **1**, der Turbine **12** und der Entlade-Leitung, auf welcher das Ventil **15** platziert ist, quantifizieren,

– C_4 ein Kalibrierungsfaktor ist, der von der Drehzahl des Motors abhängt.

[0025] Um Q_{air} zu berechnen, muss der Rechner demnach getrennt Q_0, f_1 und f_2 berechnen.

[0026] Q_0 wird gemäß der obigen Formel (1) berechnet, ausgehend von der Drehzahl N_{mot} , dem Druck P_{col} in dem Ansaugkrümmer, der Temperatur T_{air} der Luft am Ausgang des Austauschers **14** und der Tabelle, welche C_o abhängig von der Drehzahl des Motors N_{mot} und ρ angibt.

[0027] Der Korrekturfaktor f_1 wird ausgehend von der folgenden Formel berechnet:

$$f_1 = \frac{k_1 \cdot M_{go} \cdot N_{mot}}{T_{air}} C_1 \quad (3)$$

wobei:

– k_1 ein Koeffizient ist.

– M_{go} die Menge des Brennstoffs ist, berechnet von dem Rechner **6**, die in die Zylinder des Motors einzuspritzen ist,

– C_1 ein Koeffizient ist, der repräsentativ für den Bruchteil der Energie ist, die durch die Verbrennung dieser Menge Brennstoffs freigesetzt wird und sich in von den Abgasen getragene Hitze umwandelt, wobei diese Größe C_1 einer Tabelle mit zwei Einträgen N_{mot} und M_{go} entnommen wird, die in dem Rechner gespeichert ist.

[0028] Der Korrekturfaktor f_2 wird von dem Rechner der folgenden Formel entnommen: wobei:

$$f_2 = \sqrt{\frac{P_{col}}{P_{amb}} \cdot \frac{c_2}{c_3}} \quad (4)$$

– P_{amb} und P_{col} den von den Messfühlern **8** bzw. **7** bereitgestellten Signalen entnommen werden,

– C_2 der Wirkungsquerschnitt des Ventils **5** ist, abhängig von dem Steuersignal U_R dieses Ventils, berechnet von dem Rechner **6**,

– C_3 ein Koeffizient ist, der repräsentativ ist für die Wirkung des Öffnungsgrades des Entladeventils **15**, entnommen einer Tabelle mit zwei Einträgen N_{mot}, P_{col} , die in dem Rechner gespeichert ist.

[0029] Es stellt sich heraus, dass die Modellierung des Luftstroms, wie oben beschrieben, den Eigenschaften des Motors und seiner Antriebsvorrichtungen sehr gut Rechnung trägt und es erlaubt, einen präzisen Schätzwert des Luftstroms zu erhalten, die vorteilhafterweise, vor allem auf der Ebene der Kosten, ein einem Durchflussmesser entnommenes Maß ersetzt, im Einklang mit der Aufgabe der vorliegenden Erfindung.

[0030] Richtig verstanden ist die Erfindung nicht auf die beschriebene und dargestellte Ausführungsart be-

schränkt, die lediglich als Beispiel vorgestellt wurde. Daher könnte die obige Formel 1, die Q_0 für einen Motor von 4 Zylindern angibt, ohne Schwierigkeiten an einen Motor mit einer anderen Anzahl von Zylindern angepasst werden, durch eine passende Division des Hubraums V_{cyl} des Motors.

[0031] Gleichfalls ist, obwohl die Erfindung in der bevorzugten Umgebung eines Dieselmotors mit Abgasrückführungssystem und Aufladung mit Luft beschrieben wurde, die Erfindung auch leicht an einen Motor, der einen anderen Typ von Brennstoff benutzt, beispielsweise Benzin, ob mit Luft aufgeladen oder nicht, anpassbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung des in einen Verbrennungsmotor (1, 2, 3) eintretenden Luftstroms, der mit einem Kreis (4, 5) zur Rückführung der Abgase des Motors in den Ansaugkrümmer (1) des Motors (1, 2, 3) und einem Ventil (5) zum Steuern des Stromes der Abgase, die in den Ansaugkrümmer (1) rückgeführt werden, ausgestattet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass man den Luftstrom (Q_0) bei geschlossenem Ventil (5) berechnet, abhängig von der Drehzahl (N_{mot}) des Motors, von dem Druck (P_{col}) in dem Ansaugkrümmer (1), von der Temperatur (T_{air}) der durch die Leitung (1) angesaugten Luft und von der Ausbeute der Füllung (C_0) der Zylinder, und dass man den Luftstrom (Q_{air}) bei geöffnetem Rückführ-Ventil ausgehend von dem Modell:

$$Q_{air} = \frac{Q_0 - f_1 f_2}{1 + C_4 \cdot f_2}$$

berechnet, wobei f_1 und f_2 Korrekturfaktoren sind und C_4 ein Kalibrierungsfaktor ist, der von der Drehzahl (N_{mot}) des Motors abhängt, wobei f_2 die Wirkung der Verteilung der Abgase zwischen dem Ansaugkrümmer, einer Turbine und ihrem Entladungskreis auf den Luftstrom quantifiziert.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man den Luftstrom (Q_0) bei geschlossenem Ventil (5) mit Hilfe der folgenden Formel berechnet:

$$Q_0 = \frac{V_{cyl} \cdot N_{mot}}{K} \cdot \rho \cdot C_0$$

wobei (V_{cyl}) der Hubraum des Motors, (ρ) die Luftdichte, (C_0) die Ausbeute der Füllung des Motors, der von der Drehzahl (N_{mot}) dieses Motors und von der Luftdichte abhängt, und K ein Koeffizient ist, der von der Anzahl der Zylinder des Motors abhängt.

3. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass man den Korrekturfaktor (f_1) aus der Formel:

$$f_1 = \frac{k_1 \cdot M_{go} \cdot N_{mot}}{T_{air}} C_1$$

bezieht, wobei

- (k_1) ein Koeffizient und (M_{go}) eine Menge von in den Motor einzuspritzenden Brennstoffs ist, berechnet durch einen Rechner (6) zur Verwaltung des Betriebs des Motors (1, 2, 3),
- (C_1) ein Koeffizient ist, der den Bruchteil von Energie repräsentiert, der durch die Verbrennung dieser Menge an Brennstoff freigesetzt wird und sich in von den Abgasen getragene Hitze verwandelt, wobei diese Größe (C_1) einer Tabelle mit zwei Einträgen N_{mot} und M_{go} entnommen ist, die in dem Rechner gespeichert ist.

4. Verfahren gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass man den Korrekturfaktor (f_2) mit Hilfe der folgenden Formel berechnet:

$$f_2 = \sqrt{\frac{P_{col}}{P_{amb}}} \cdot \frac{c_2}{c_3}$$

– (P_{amb}) der Druck der umgebenden Luft ist, wobei

- (c_2) der Wirkungsquerschnitt des Durchlasses des Ventils (5) zum Steuern des Stroms der rückgeführten Abgase ist, abhängig von einem Steuersignal (U_R) des Ventils (5), berechnet durch einen Rechner (6),
- (c_3) ein Koeffizient ist, der einer Tabelle mit zwei Einträgen entnommen ist, welche die Drehzahl des Motors

(N_{mot}) und den Druck in dem Ansaugkrümmer (P_{col}) darstellen.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, angepasst an einen Motor, der mit Mitteln (**12**, **13**, **14**) zur Aufladung mit Luft, umfassend eine Turbine (**12**), die mit einem Bruchteil der Abgase versorgt wird, welcher von einem Entladeventil (**15**) geregelt wird, welches von einem Rechner (**6**) gesteuert wird und neben der Turbine montiert ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Koeffizient (c_3) repräsentativ ist für die Wirkung des Öffnungsgrades des Entladeventils (**15**).

6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, angepasst an einen Motor vom Typ Diesel.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

