



(10) **DE 10 2004 017 868 B4** 2017.04.06

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2004 017 868.2**
(22) Anmeldetag: **13.04.2004**
(43) Offenlegungstag: **11.11.2004**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **06.04.2017**

(51) Int Cl.: **F02D 41/14 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
03-109109 14.04.2003 JP

(72) Erfinder:
Ikemoto, Noriaki, Kariya, Aichi, JP

(73) Patentinhaber:
DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

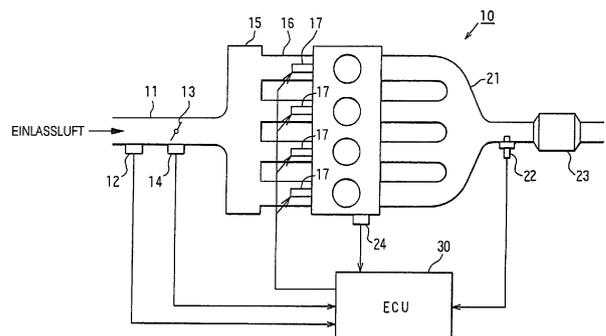
DE	37 13 533	A1
US	5 524 598	A
JP	2 717 744	B2
JP	S59- 101 562	A
JP	H08- 338 285	A

(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

(54) Bezeichnung: **System zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine**

(57) Hauptanspruch: System zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders einer Brennkraftmaschine (10), in der mehrere Abgasdurchgänge, die mit den zugehörigen Zylindern verbunden sind, miteinander an einem Abgassammelabschnitt (21) vereinigt sind und ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (22) an dem Abgassammelabschnitt (21) angeordnet ist, zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders basierend auf einem Sensorerfassungssignal von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (22), wobei das System:
eine Einrichtung zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses an dem Abgassammelabschnitt (21) durch Empfangen des Sensorerfassungssignals von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (22);
eine Einrichtung zum Berechnen einer Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt (21) basierend auf einer Gasdurchflussratenhistorie jedes Zylinders;
eine Einrichtung zum Berechnen einer Kraftstoffmenge an dem Abgassammelabschnitt (21) von dem berechneten Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt (21) und ebenso der Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt (21) als eine hierzu entsprechende Menge an verbrannten Kraftstoff;
eine Einrichtung zum Erstellen eines Beobachters, der eine Kraftstoffmenge jedes Zylinders als eine Variable durch ein Modell verwendet, in dem die Kraftstoffmenge an dem Abgassammelabschnitt (21) mit der Kraftstoffmenge jedes Zylinders in Zusammenhang steht, und zum Abschätzen der Kraftstoffmenge jedes Zylinders aus dem Ergebnis einer Beobachtung durch den Beobachter; und

eine Einrichtung zum Berechnen eines Luft-Durchfluss-Verhältnisses jedes Zylinders aus der somit abgeschätzten Kraftstoffmenge jedes Zylinders hat.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein System zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine und insbesondere auf eine Technik, wodurch unter Verwendung eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors, der in einem Abgassammelabschnitt einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine eingebaut ist, ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders geeignet basierend auf einem Sensorerfassungssignal von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor berechnet wird.

[0002] Im Allgemeinen erfasst ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Steuersystem ein Abgas-Kraftstoff-Verhältnis einer Brennkraftmaschine und steuert die Kraftstoffeinspritzmenge, um ein Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu erhalten. In einem Fall, in dem diese Art Steuersystem für eine Mehrzylinder-Brennkraftmaschine verwendet wird, wird jedoch die Einlassluftmenge zwischen den Zylindern abhängig von Anordnungen des Einlasskrümmers, einem Einlassventilbetrieb oder dergleichen schwanken. Auch in einem Fall eines MPI(Mehrpunkteinspritzungs)-Systems, wodurch Zylinder jeweils mit einem Kraftstoffeinspritzventil versehen sind, so dass Kraftstoff einzeln in jeden Zylinder eingespritzt wird, wird die eingespritzte Kraftstoffmenge zwischen den Zylindern durch inhärente Unterschiede von Kraftstoffinjektoren schwanken. Diese Abweichungen zwischen den Zylindern sind für die Genauigkeit des Steuerns der Kraftstoffeinspritzmenge nachteilig. Ein Beispiel für Gegenmaßnahmen für dieses Problem ist in JP 08-338 285 A offenbart, gemäß dem, wenn ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis durch einen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor erfasst ist, ein bestimmter Zylinder entsprechend dem Abgas, für den das Luft-Kraftstoff-Verhältnis gegenwärtig zu erfassen ist, identifiziert wird, so dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis für jeden identifizierten Zylinder zu jeder Zeit einzeln geregelt wird.

[0003] Zusätzlich wird gemäß der JP S59-101 562 A das Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines Abgassammelabschnitts durch die Verwendung eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors erfasst und die Kraftstoffmenge, die zu den entsprechenden Zylindern zugeführt ist, wird durch Berücksichtigen der Zeitverzögerung, die durch das Abgas von dem entsprechenden Zylinder verursacht wird, um den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor zu erreichen, korrigiert.

[0004] Mit den wie vorstehend offenbarten Technologien werden, da Abgase von den verschiedenen Zylindern miteinander an dem Abgassammelabschnitt vermischt werden, Abweichungen zwischen den Zylindern nicht ausreichend eliminiert und somit gibt es einen Bedarf für eine weitere Verbesserung hinsichtlich dieses Aspekts. Die Technologie, die in JP S59-101 562 A offenbart ist, ist insbesondere für den Fall wirksam, in dem das Abgas Schichten in die Richtung der Leitungen ausbildet. Es ist wahr, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis für jeden Zylinder durch Anordnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors an jeder Zweigleitung des Abgaskrümmers mit einem hohen Genauigkeitsgrad erhalten werden kann; dies erfordert jedoch die gleiche Zahl an Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensoren wie die Zahl der Zylinder, was in einer Kostensteigerung resultiert.

[0005] In US 5 524 598 A wird ein Verfahren zur Erfassung und Steuerung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses in einer Brennkraftmaschine beschrieben. Ziel ist unter anderem, auf Basis einer Lambdamessung in einem Abgassammelabschnitt das Luft-/Kraftstoffverhältnis in den einzelnen Zylindern zu bestimmen. Hierzu ist ein Modell vorgesehen, bei dem aus einer Historie der Luft-/Kraftstoffverhältnisse in den einzelnen Zylindern der Lambdawert am Abgassammelabschnitt berechnet wird. Die Angleichung des Modells erfolgt über einen Kalman-Beobachter auf Basis des modellierten und des gemessenen Lambdawerts im Abgassammelabschnitt.

[0006] In DE 37 13 533 A1 wird eine Steuerung für das Kraftstoff-Luft-Mischverhältnis für einen Motor beschrieben. Ziel ist es, Nachlaufeffekte und Regelschwingungen infolge einer Transportzeitverzögerung des Abgases zur Lambdasonde zu vermeiden. Hierzu ist vorgesehen, eine Luftdurchflussmenge zu erfassen und den Lambdawert am Abgassammelabschnitt in Abhängigkeit der Luftdurchflussmenge zu bestimmen.

[0007] JP 02-717 744 A offenbart eine Technologie, wodurch das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an einem Abgassammelabschnitt als ein Gemisch von Luft-Kraftstoff-Verhältnissen von mehreren Zylindern modelliert wird und ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders wird mittels eines Beobachters hinsichtlich des inneren Zustands als das Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders erfasst. Da das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Gemischs von Abgas von den Zylindern ist, ist es jedoch nicht möglich, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes einzelnen Zylinders genau zu erfassen, wenn die Abgasmenge geändert wird oder wenn es eine Abweichung in der Abgasmenge zwischen den Zylindern gibt.

[0008] Angesichts der wie vorstehend dargelegten Nachteile ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein System zu schaffen, das ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine mit einem hohen Genauigkeitsgrad berechnen kann und somit die Genauigkeit einer Kraftstoffeinspritz-

steuerung, die unter Verwenden des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines einzelnen Zylinders ausgeführt wird, verbessern kann.

[0009] In einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sind mehrere Abgasdurchgänge, die mit zugehörigen Zylindern verbunden sind, miteinander an einem Abgassammelabschnitt vereinigt und ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor ist an diesem Abgassammelabschnitt angeordnet. Der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor erfasst ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis in dem Zustand, in dem Abgase von den Zylindern miteinander vermischt sind. In dieser Hinsicht ist eine genaue Berechnung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses von jedem der Zylinder (Luft-Kraftstoff-Verhältnisse von einzelnen Zylindern) zum genauen Steuern der Kraftstoffeinspritzmenge für jeden Zylinder ohne Überschuss oder Fehler erforderlich. Da angenommen wird, dass ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgassammelabschnitts, das von einem Sensorerfassungssignal von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor erhalten wird, durch das Gemisch von Abgasen in dem Abgassystem beeinflusst wird, schlägt die vorliegende Erfindung eine Technik vor, die eine genaue Berechnung eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines einzelnen Zylinders durch Berücksichtigen der Wirkungen auf Grund des Gemischs von Abgasen ermöglicht. Insbesondere erfolgt eine derartige Berücksichtigung der Wirkungen auf Grund des Gemischs von Abgasen durch Reflektieren der Gasdurchflussratenhistorie von jedem der Zylinder.

[0010] Insbesondere wird gemäß einem Aspekt der Erfindung das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgassammelabschnitts unter Verwendung eines Sensorerfassungssignals von einem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor berechnet, während gleichzeitig die Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt basierend auf der Gasdurchflussratenhistorie jedes Zylinders berechnet wird. Ferner wird auf der Basis des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses an dem Abgassammelabschnitt und der somit erhaltenen Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt die Kraftstoffmenge an dem Abgassammelabschnitt als die Menge an verbrannten Kraftstoff entsprechend dieser Werte berechnet. Ferner wird ein Beobachter, der eine Zylinderkraftstoffmenge eines einzelnen Zylinders als eine Variable verwendet, durch ein Modell erstellt, in dem die Kraftstoffmenge an dem Sammelabschnitt mit der Kraftstoffmenge eines einzelnen Zylinders verbunden wird, so dass die Kraftstoffmenge eines einzelnen Zylinders aus dem Ergebnis der Beobachtung des Beobachters abgeschätzt wird. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines einzelnen Zylinders wird dann unter Verwenden der somit abgeschätzten Kraftstoffmenge eines einzelnen Zylinders berechnet. In einem Kraftstoffeinspritzsteuersystem wird die Kraftstoffeinspritzmenge für jeden der Zylinder durch Verwenden des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines einzelnen Zylinders, das zu jeder Zeit erhalten wird, geregelt. Ein Beobachter berechnet eine Variable, die durch ein Modell definiert ist.

[0011] Gemäß dem vorstehend beschriebenen Aufbau wird die Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt basierend auf der Gasdurchflussratenhistorie jedes Zylinders berechnet, so dass die somit erhaltene Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt ordnungsgemäß Abweichungen zwischen den Zylindern reflektiert. Dementsprechend ist es möglich, die Kraftstoffmenge an dem Sammelabschnitt zu berechnen, die Wirkungen des Gemischs von Abgasen in dem Abgaskreis ordnungsgemäß zu reflektieren und daher die Genauigkeit der Kraftstoffmenge eines einzelnen Zylinders, die durch den Beobachter abgeschätzt ist, zu verbessern. Als ein Ergebnis kann ein genaues Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines einzelnen Zylinders erhalten werden, sogar wenn die Einlassluftmenge von Zylinder zu Zylinder verschieden ist. Auf diese Weise ist es möglich, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines einzelnen Zylinders genau zu berechnen und daher die Genauigkeit der Kraftstoffeinspritzsteuerung zu verbessern, die unter Verwenden der Luft-Kraftstoff-Verhältnisse einzelner Zylinder ausgeführt wird. Es ist anzumerken, dass die Gasdurchflussrate eines einzelnen Zylinders die Einlassluftmenge eines einzelnen Zylinders, die in jeden der Zylinder eingeführt wird, ebenso wie die Abgasmenge, die von jedem der Zylinder abgegeben wird, einschließt.

[0012] Das Modell, in dem die Kraftstoffmenge an dem Sammelabschnitt mit der Kraftstoffmenge des einzelnen Zylinders verknüpft wird, kann gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ein Modell sein, in dem die Kraftstoffmenge an dem Sammelabschnitt als ein gewichteter Durchschnitt einer Kraftstoffmengenhistorie jedes Zylinders in Zusammenhang steht.

[0013] Gemäß noch einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die Zylinderkraftstoffmenge eines einzelnen Zylinders durch einen Beobachter der Bauart mit Kalman-Filter abgeschätzt. Der Beobachter der Bauart mit Kalman-Filter handhabt einen Schätzwert statistisch, so dass Fehler absorbiert werden können. Daher ist es möglich, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einzelnen Zylinders genauer zu erhalten.

[0014] Gemäß noch einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die Abgasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt unter Verwenden eines Modells berechnet, in dem die Gasdurchflussrate jedes Zylinders mit der Gasdurchflussrate des Abgassammelabschnitts in Zusammenhang steht. Somit ist es möglich, die Gasdurch-

flussrate an dem Abgassammelabschnitt zu berechnen, und Abweichungen in der Gasdurchflussrate (Abgasmenge oder Einlassluftmenge) von Zylinder zu Zylinder ordnungsgemäß zu reflektieren.

[0015] Gemäß noch einem weiteren Aspekt der Erfindung kann in dem System zum Berechnen des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des unmittelbar vorstehenden Aspekts die Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt unter Verwenden eines Modells berechnet werden, in dem der gewichtete Durchschnitt der Gasdurchflussratenhistorie jedes Zylinders als die Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt in Zusammenhang steht.

[0016] Gemäß noch einem weiterem Aspekt der Erfindung setzt das System ferner eine Filtereinrichtung zum Kompensieren der Phasenverzögerung des Sensorerfassungssignals ein, das durch den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor gesendet wird, so dass die Kraftstoffmenge an dem Sammelabschnitt basierend auf dem Ausgang von der Filtereinrichtung und der Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt berechnet wird. Insbesondere sendet der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor einen Ausgang (Sensorerfassungssignal) mit einer Zeitverzögerung nach Empfangen eines Eingangs (d. h. ein Ist-Luft-Kraftstoff-Verhältnis) und daher wird die Wellenform des Ausgangs im Ansprechen auf die Änderung des Eingangs gerundet. Wenn die Phasenverzögerung des Sensorerfassungssignals durch die Filtereinrichtung kompensiert wird, kann ein wahrer Eingang ohne Zeitverzögerung erhalten werden und daher kann die Genauigkeit des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines einzelnen Zylinders verbessert werden. Abweichungen durch inhärente Unterschiede oder Änderungen mit der Zeit können ebenso absorbiert werden. Die Filtereinrichtung kann durch einen Kalman-Filter gebildet sein, so dass das Ist-Luft-Kraftstoff-Verhältnis richtig abgeschätzt werden kann.

[0017] Ferner wird gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung, der auf der Prämisse basiert, dass, wenn Abgase von den Zylindern an dem Abgassammelabschnitt vereinigt werden, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt durch einen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor erfasst wird und ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einzelnen Zylinders wird basierend auf einem Sensorerfassungssignal von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor berechnet. Insbesondere wird das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt basierend auf dem Sensorerfassungssignal und der Gasdurchflussratenhistorie jedes Zylinders berechnet. Ferner ist ein Beobachter unter Verwendung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines einzelnen Zylinders als eine Variable durch ein Modell erstellt, in dem das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt mit dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einzelnen Zylinders in Zusammenhang steht, so dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einzelnen Zylinders basierend auf dem Ergebnis der Beobachtung durch den Beobachter abgeschätzt wird. In dem Kraftstoffeinspritzsystem, das auf diese Weise gebildet ist, wird die Kraftstoffeinspritzmenge für jeden der Zylinder unter Verwenden des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines einzelnen Zylinders, das zu jeder Zeit erhalten wird, geregelt.

[0018] Gemäß der Ausbildung des unmittelbar vorhergehenden Aspekts kann, da das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt berechnet wird, indem es die Abgasdurchflussratenhistorie jedes Zylinders reflektiert, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt erhalten werden, während Abweichungen in der Abgasdurchflussrate zwischen den Zylindern berücksichtigt werden. Daher kann die Genauigkeit des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines einzelnen Zylinders, das durch den Beobachter abgeschätzt wird, verbessert werden und der Berechnungsfehler kann minimiert werden, sogar wenn jeder Zylinder eine unterschiedliche Einlassluftmenge hat. Als das Ergebnis ist es möglich, ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines einzelnen Zylinders mit hoher Präzision zu berechnen und somit die Genauigkeit der Kraftstoffeinspritzsteuerung zu verbessern, die unter Verwenden dieses Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines einzelnen Zylinders ausgeführt wird.

[0019] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt unter Verwenden eines Sensormodells zum Kompensieren der Phasenverzögerung eines Sensorerfassungssignals kompensiert, das durch den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor ausgegeben wird. Insbesondere sendet der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor einen Ausgang (Sensorerfassungssignal) mit einer Zeitverzögerung nach Empfang eines Eingangs aus (d. h. ein Ist-Luft-Kraftstoff-Verhältnis) und daher wird die Wellenform des Ausgangs im Ansprechen auf die Änderung eines Eingangs abgerundet. Wenn die Phasenverzögerung des Sensorerfassungssignals durch das Sensormodell kompensiert wird, kann ein wahrer Eingang ohne Zeitverzögerung erhalten werden und daher kann die Genauigkeit des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines einzelnen Zylinders verbessert werden. Abweichungen durch inhärente Unterschiede oder Änderungen mit der Zeit können ebenso absorbiert werden. Das Sensormodell kann z. B. durch einen Kalman-Filter ausgebildet sein, so dass das Ist-Luft-Kraftstoff-Verhältnis richtig abgeschätzt werden kann.

[0020] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung tendiert in einem Fall einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine, die ein Einlasssteuersystem hat, das die Einlassluftmenge für jeden der Zylinder steuern kann, die Einlassluftmenge dazu, zwischen den Zylindern zu schwanken. Gemäß der Erfindung kann jedoch ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines einzelnen Zylinders sogar in einem derartigen Fall genau berechnet werden. Ein Beispiel des bekannten Einlasssteuersystems ist ein Einsetzen eines einstellbaren Ventilmechanismus, der so erstellt ist, dass die Bedingungen zum Öffnen/Schließen des Einlassventils (z. B. eine Ventilhubhöhe und eine Öffnungs-/Schließzeitgebung) auf einer kontinuierlichen Basis variabel eingestellt werden können.

[0021] Weitere Anwendungsgebiete der vorliegenden Erfindung sind aus der detaillierten Beschreibung ersichtlich, die nachstehend erfolgt.

[0022] Die vorliegende Erfindung wird aus der detaillierten Beschreibung und den begleitenden Zeichnungen besser verstanden, wobei:

[0023] Fig. 1 ein Schaubild eines Überblicks eines Motorsteuersystems gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist;

[0024] Fig. 2 ein Blockschaubild des Überblicks eines Systems zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes einzelnen Zylinders ist;

[0025] Fig. 3 ein Blockschaubild eines Sensorphasenverzögerungs-Kompensationsfilters ist;

[0026] Fig. 4 ein Blockschaubild eines Beobachters der Bauart mit Kalman-Filter ist; und

[0027] Fig. 5 ein Schaubild des Aufbaus eines einstellbaren Ventilmechanismus ist.

[0028] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist ein Motorsteuersystem für einen 4-Zylinder-Benzinmotor konstruiert, der eine Bauart einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine ist. Dieses Steuersystem steuert die Kraftstofffeinspritzmenge, eine Zündzeitgebung und dergleichen prinzipiell mittels seiner elektronischen Steuereinheit (nachstehend als „ECU“ bezeichnet). Zunächst ist der Überblick des Motorsteuersystems gemäß dem Ausführungsbeispiel bezugnehmend auf Fig. 1 beschrieben.

[0029] In dem Motor **10**, der in Fig. 1 gezeigt ist, ist ein Luftdurchflussmesser **12** an einem stromaufwärtigen Teil einer Einlassleitung **11** zum Erfassen einer Einlassluftmenge vorgesehen. Ein Drosselventil **13**, dessen Öffnung entsprechend einem Durchdrückungsgrad eines Gaspedals (nicht gezeigt) eingestellt wird, und ein Drosselöffnungssensor **14** zum Erfassen der Drosselöffnung sind stromabwärtig des Luftdurchflussmessers **12** vorgesehen. Ferner ist ein Ausgleichsbehälter **15**, der stromabwärtig des Drosselventils **13** vorgesehen ist, mit einem Einlasskrümmer **16** zum Einführen von Luft zu den Zylindern des Motors **10** verbunden. In dem Einlasskrümmer **16** ist ein elektromagnetisch angetriebenes Kraftstoffeinspritzventil **17** in der Nähe eines Einlassanschlusses jedes Zylinders zum Einspritzen und Zuführen von Kraftstoff zu dem Zylinder montiert. Einlassluft und Kraftstoff, der von dem Kraftstoffeinspritzventil **17** eingespritzt wird, werden an dem Einlassanschluss von jedem der Zylinder vermischt, um ein Luft-Kraftstoff-Gemisch auszubilden, und, da das Einlassventil (nicht gezeigt) geöffnet ist, wird das Luft-Kraftstoff-Gemisch in die Zylinderverbrennungskammer zur Verbrennung eingeführt.

[0030] Das Luft-Kraftstoff-Gemisch, das zur Verbrennung in dem Motor **10** verwendet worden ist, wird als Abgas über einen Abgaskrümmer **21** abgegeben, wenn ein Abgasventil (nicht gezeigt) geöffnet ist. Der Sammelabschnitt des Abgaskrümmer **21** (nachstehend als „Abgassammelabschnitt“ bezeichnet) ist mit einem A/F-Sensor **22** zum Erfassen des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines Luft-Kraftstoff-Gemischs in Bezug auf das Abgas vorgesehen. Ein Katalysator **23**, wie beispielsweise ein Dreiwege-Katalysator, ist stromabwärtig des A/F-Sensors **22** zum Abführen von CO, HC, NO_x oder dergleichen von dem Abgas vorgesehen. Der A/F-Sensor **22** dient als ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor und erfasst ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis in einem breiten Bereich linear. Ferner ist der Motor **10** mit einem Kurbelwinkelsensor **24** zum Erfassen einer Drehposition des Motors **10** bei jedem vorgegebenen Kurbelwinkel vorgesehen.

[0031] Ausgänge von verschiedenen Sensoren einschließlich dem Luftdurchflussmesser **12**, dem Drosselöffnungssensor **14**, dem A/F-Sensor **22** und dem Kurbelwinkelsensor **24**, wie vorstehend beschrieben ist, werden durch eine ECU **30** empfangen, die eine Steuerung des Motors ausführt. Die ECU **30** ist prinzipiell aus einem Mikrocomputer bestehend, der aus einer CPU, ROM, RAM und dergleichen aufgebaut ist, und führt verschiedene Steuerprogramme aus, die in der ROM zum Ausführen verschiedener Motorsteuervorgänge ent-

sprechend verschiedenen Betriebszuständen des Motors gespeichert sind, die zum Zeitpunkt der Steuerung erfasst werden. In der Kraftstoffeinspritzsteuerung wird z. B. das Luft-Kraftstoff-Verhältnis basierend auf einem Sensorsignal (Sensorerfassungssignal) erfasst, das durch den A/F-Sensor **22** gegeben wird, und die Kraftstoffeinspritzmenge wird für jeden der Zylinder in Übereinstimmung mit einem Unterschied zwischen einem erfassten Luft-Kraftstoff-Verhältnis und einem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis geregelt.

[0032] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird insbesondere ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders unter Verwendung der Technik zum Beobachten des Zustands eines dynamischen Modells entsprechend der modernen Steuertheorie berechnet, so dass die Kraftstoffeinspritzsteuerung durch Verwenden des somit erhaltenen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses ausgeführt wird. Einzelheiten dieses Verfahrens sind nachstehend beschrieben.

[0033] Es ist erforderlich, ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes einzelnen Zylinders genau zu berechnen, um die Kraftstoffeinspritzmenge jedes einzelnen Zylinders ohne Überschuss oder Fehler zu steuern. In dieser Hinsicht ist ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt, das von einem Sensorsignal von dem A/F-Sensor **22** erhalten wird, möglicherweise durch das Gemisch eines Abgases in dem Abgaskreislauf beeinflusst. Das vorliegende Ausführungsbeispiel schlägt daher eine Technik zum genauen Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders durch Berücksichtigen der möglichen Wirkungen des Abgasgemischs vor.

[0034] Insbesondere wird ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt basierend auf einem Sensorsignal von dem A/F-Sensor **22** und einer Gasdurchflussratenhistorie für jeden einzelnen Zylinder berechnet, während ein Beobachter, der ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders als eine Variable verwendet, in einem Modell erstellt ist, in dem ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt mit einem Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders in Zusammenhang steht, so dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders aus dem Ergebnis der Beobachtung durch den Beobachter abgeschätzt wird. Hier entspricht die Gasdurchflussrate einer Abgasmenge oder einer Einlassluftmenge. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis ist ein Massenverhältnis zwischen einer Luftmenge und einer Kraftstoffmenge (Luftmenge/Kraftstoffmenge). Da eine Kraftstoffmenge somit durch Multiplizieren einer Luftmenge mit der inversen Zahl eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses erhalten werden kann, ist es möglich, anstelle des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses an dem Abgassammelabschnitt eine Menge an verbrannten Kraftstoff entsprechend hierzu als ein Parameter zu verwenden, so dass die Kraftstoffmenge für jeden Zylinder basierend auf der verbrannten Kraftstoffmenge erhalten wird.

[0035] Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, das die Übersicht eines Systems zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders zeigt. In der Praxis ist dieses Berechnungssystem durch die ECU **30** realisiert. Wie in Fig. 2 gezeigt ist, wird ein Erfassungssignal von dem A/F-Sensor **22** durch einen A/D-Wandler **31** digital umgewandelt und dann wird ein Hochfrequenzgeräusch davon durch einen LPF **32** (Tiefpassfilter) beseitigt, der geeignet ausgelegt ist. Danach wird eine Phasenverzögerung des A/F-Sensors **22** durch einen Sensorphasenverzögerungs-Kompensationsfilter **33** kompensiert. Der LPF **32** kann beispielsweise ein Haupt-FIR-Filter sein. Ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt (nachstehend als „Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Sammelabschnitt“ bezeichnet) wird basierend auf dem Ausgang des Sensorphasenverzögerungs-Kompensationsfilters **33** erhalten. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Sensorphasenverzögerungs-Kompensationsfilter **33**, der als eine Filtereinrichtung (Sensormodell) dient, durch einen Kalman-Filter verwirklicht. Wie in Fig. 3 gezeigt ist, kann ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Sammelabschnitt ohne Sensorphasenverzögerung (entsprechend einem Ist-Luft-Kraftstoff-Verhältnis) durch Verwenden des Kalman-Filters erhalten werden. Hier ist ein Beobachter, der das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Sammelabschnitt als eine Variable verwendet, durch ein Modell erstellt, in dem ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Sammelabschnitt mit einem Sensorsignal in Zusammenhang steht und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Sammelabschnitt kann mit hoher Präzision basierend auf dem Ergebnis einer Beobachtung durch diesen Beobachter abgeschätzt werden.

[0036] Die Gasdurchflussrate für jeden einzelnen Zylinder (nachstehend als „Gasmenge eines einzelnen Zylinders“ bezeichnet) wird durch ein Gasmengenberechnungsteil eines einzelnen Zylinders entsprechend dem Betriebszustand des Motors berechnet. Insbesondere wird eine Gasmenge des einzelnen Zylinders unter Verwendung einer Motordrehzahl und einem Lastkennfeld berechnet, in dem eine gegenwärtige Motordrehzahl und eine gegenwärtige Motorlast als Parameter verwendet werden. Die Motordrehzahl und das Lastkennfeld werden nach vorhergehenden Untersuchungen der Abweichungen von Zylinder zu Zylinder in der Einlassluftmenge oder dergleichen festgesetzt. Die Motorlast wird beispielsweise basierend auf dem Verhältnis einer Einlassluftladeeffizienz für jeden Zylinder und einer Motordrehzahl erhalten.

[0037] Ein Abgassystemmodell-Berechnungsteil **35** berechnet eine Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt (nachstehend als „Gasmenge an dem Sammelabschnitt“ bezeichnet) unter Verwenden eines Modells, in dem ein gewichteter Durchschnitt der Historie einer Gasmenge des einzelnen Zylinders als die Gasmenge an dem Sammelabschnitt in Zusammenhang steht. Hier berechnet das Abgassystemmodell-Berechnungsteil **35** eine Gasmenge an dem Sammelabschnitt unter Verwendung der nachstehenden Gleichungen, in denen „ev“ eine Gasmenge an dem Sammelabschnitt bezeichnet, „v“ eine Gasmenge des einzelnen Zylinders bezeichnet und „C“ eine Ausgangsmatrix bezeichnet.

[Gleichungsgruppe 1]

$$\begin{aligned} ev(k) &= CV \\ C &= [c_1 \ c_2 \ c_3 \ c_4] \\ V &= [v(k-4) \ v(k-3) \ v(k-2) \ v(k-1)]^T \end{aligned}$$

[0038] Die Kraftstoffmenge an dem Abgassammelabschnitt (nachstehend als „Kraftstoffmenge an dem Sammelabschnitt“ bezeichnet) wird durch Multiplizieren des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses an dem Sammelabschnitt mit der Gasmenge an dem Sammelabschnitt berechnet. In der Praxis wird jedoch die Kraftstoffmenge an dem Sammelabschnitt durch Multiplizieren der Gasmenge an dem Sammelabschnitt mit der inversen Zahl des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses an dem Sammelabschnitt erhalten.

[0039] Ferner ist ein Beobachter der Bauart mit Kalman-Filter **36** durch ein Modell erstellt, in dem die Kraftstoffmenge an dem Sammelabschnitt mit der Kraftstoffmenge des einzelnen Zylinders in Zusammenhang steht, unter Verwenden der Kraftstoffmenge des einzelnen Zylinders als eine Variable erstellt, so dass die Kraftstoffmenge des einzelnen Zylinders aus dem Ergebnis einer Beobachtung des Beobachters **36** abgeschätzt wird. Hier wird beispielsweise ein Modell, in dem die Kraftstoffmenge an dem Sammelabschnitt als ein gewichteter Durchschnitt der Kraftstoffmengenhistorie für jeden einzelnen Zylinder in Zusammenhang steht, als das Modell verwendet, in dem die Kraftstoffmenge an dem Sammelabschnitt mit der Kraftstoffmenge des einzelnen Zylinders in Zusammenhang steht. **Fig. 4** ist ein Blockschaubild des Beobachters der Bauart mit Kalman-Filter **36**.

[0040] Der Beobachter der Bauart mit Kalman-Filter **36** berechnet die Kraftstoffmenge des einzelnen Zylinders unter Verwenden der nachstehenden Gleichungen, in denen „X“ (X mit einem Hut) eine Kraftstoffmenge des einzelnen Zylinders als ein abgeschätzter Wert ist, „Y“ eine Kraftstoffmenge an dem Sammelabschnitt bezeichnet, „A“ eine Systemmatrix bezeichnet, „C“ eine Ausgangsmatrix bezeichnet und „K“ ein Kalman-Gitter bezeichnet. Die Darstellung von $X(k+1|k)$ bedeutet, dass ein abgeschätzter Wert zum Zeitpunkt $k+1$ aus einem abgeschätzten Wert zum Zeitpunkt „k“ erhalten wird.

[Gleichungsgruppe 2]

$$X(k+1|k) = AX(k|k-1) + K(Y(k) - CAX(k|k-1))$$

$$X = [x_t \ x_{t-1} \ x_{t-2} \ x_{t-3}]^T$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C = [c_1 \ c_2 \ c_3 \ c_4]$$

$$X(k) = [f(k-4) \ f(k-3) \ f(k-2) \ f(k-1)]^T$$

[0041] Durch Auflösen nach $f(k-1)$ kann die Menge an verbranntem Kraftstoff für einen Zylinder entsprechend der Berechnung, die der gegenwärtigen vorhergeht, erhalten werden. Dann wird die Gasmenge eines einzelnen Zylinders durch die Kraftstoffmenge eines einzelnen Zylinders (abgeschätzter Wert) geteilt, um ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines einzelnen Zylinders zu erhalten. Die ECU **30** regelt die Kraftstoffeinspritzmenge für jeden der Zylinder in Übereinstimmung mit dem Unterschied zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines einzelnen Zylinders und dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis.

[0042] Gemäß dem Ausführungsbeispiel, das vorstehend im Detail beschrieben ist, können die nachstehenden ausgeprägten Wirkungen erhalten werden. Da das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Sammelabschnitt berechnet wird, indem die Historie der Gasmenge eines einzelnen Zylinders reflektiert wird, reflektiert das somit erhaltene Luft-Kraftstoff-Verhältnis Abweichungen in der Gasdurchflussrate von Zylinder zu Zylinder gut. Dementsprechend ist die Abschätzgenauigkeit des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders verbessert, was es möglich macht, ein genaues Schätzergebnis zu erhalten, sogar wenn unterschiedliche Zylinder unterschiedliche Einlassluftmengen haben. Abweichungen von Zylinder zu Zylinder in der Gasdurchflussrate treten während einem Übergangszeitraum auf, wenn der Betriebszustand des Motors **10** geändert wird oder wenn eine Einlasspulsation in einer Einlassleitung erzeugt wird, aber derartige Abweichungen können geeignet gehandhabt werden. Als das Ergebnis kann das Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders mit hoher Genauigkeit berechnet werden und somit ist die Genauigkeit zum Steuern der Kraftstoffeinspritzung unter Verwendung dieses Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines einzelnen Zylinders verbessert.

[0043] Da der Beobachter aus dem Beobachter der Bauart mit Kalman-Filter **36** gebildet ist, wird ein Schätzwert statistisch gehandhabt und somit kann ein Schätzfehler gedämpft werden. Daher ist es möglich, ein korrekteres Luft-Kraftstoff-Verhältnis für jeden der Zylinder zu erhalten. Da das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Sammelabschnitt durch Verwenden des Sensorphasenverzögerungs-Kompensationsfilters **33** erhalten wird, der durch einen Kalman-Filter gebildet ist, ist es möglich, ein wirkliches Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Sammelabschnitt ohne Zeitverzögerung zu erhalten und daher die Genauigkeit des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes einzelnen Zylinders zu verbessern. Abweichungen durch inhärente Unterschiede oder Änderungen mit der Zeit können auch gedämpft werden.

[0044] Es wird angemerkt, dass die vorliegende Erfindung nicht auf das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt ist und beispielsweise wie nachstehend ausgeführt werden kann. In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel wird ein Modell, in dem die Kraftstoffmenge an dem Sammelabschnitt als ein gewichteter Durchschnitt mit der Gasmengenhistorie jedes einzelnen Zylinders in Zusammenhang steht, als das Modell verwendet, in dem die Kraftstoffmenge an dem Sammelabschnitt mit der Kraftstoffmenge des einzelnen Zylinders in Zusammenhang steht. Die Erfindung ist jedoch nicht auf dieses beschränkt und kann anderweitig gebildet sein. Ferner ist, obwohl ein Modell, in dem der gewichtete Durchschnitt der Historie der Gasmenge des einzelnen Zylinders mit der Gasmenge an dem Sammelabschnitt in Zusammenhang steht, zum Berechnen der Gasmenge an dem Sammelabschnitt verwendet wird, die Erfindung nicht auf dieses beschränkt und kann anderweitig aufgebaut sein.

[0045] In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel wird die Gasmenge des einzelnen Zylinders durch Verwenden einer Motordrehzahl und eines Lastkennfelds berechnet. Dieser Aufbau kann jedoch modifiziert sein. Eine Formel kann beispielsweise im Voraus festgelegt sein, so dass die Gasmenge des einzelnen Zylinders jederzeit berechnet wird oder die Gasmenge des einzelnen Zylinders kann getrennt durch einen Sensor erfasst werden, der in dem Einlass- oder Abgasdurchgang jedes Zylinders angeordnet ist.

[0046] Wenn die vorliegende Erfindung auf eine Brennkraftmaschine angewandt wird, die ein Einlasssteuersystem hat, das die Einlassluftmenge für jeden der Zylinder steuern kann, können besonders bemerkenswerte Wirkungen erhalten werden. Ein einstellbarer Ventilmechanismus kann beispielsweise so erstellt sein, dass die Bedingungen von Öffnen/Schließen des Einlassventils (z. B. Ventilhubhöhe und Öffnungs-/Schließzeitgebung) variabel auf einer kontinuierlichen Basis eingestellt werden können. Diese Bedingungen des Öffnens/Schließens des Ventils werden geeignet entsprechend dem Öffnen des Gases, dem Betriebszustand des Motors oder dergleichen eingestellt und die Einlassluftmenge wird hierdurch eingestellt. In diesem Fall tendiert die Einlassluftmenge dazu, zwischen den Zylindern zu schwanken. Gemäß der vorliegenden Erfindung kann jedoch das Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders, wie vorstehend beschrieben ist, sogar in einem derartigen Fall genau berechnet werden. Ein Aufbau des Einstellventilmechanismus ist nachstehend kurz unter Bezugnahme auf **Fig. 5** beschrieben.

[0047] In **Fig. 5** schwingt ein Schwingarm **51**, um ein Einlassventil **50**, bei Betrachtung von **Fig. 5**, aufwärts und abwärts zu bewegen, und ein Verbindungsarm **53** ist über dem Schwingarm **51** vorgesehen, um mit dem äußeren Umfang einer Rolle **52** zu kontaktieren. Der Verbindungsarm **53** ist durch eine Steuerwelle **55** gelagert, die integral einen exzentrischen Nocken **56** hat und, bei Betrachtung der Zeichnung, in die linke und in die rechte Richtung im Ansprechen auf eine Drehung einer Nockenwelle **57** oszilliert. In diesem Aufbau oszilliert, wenn die Nockenwelle **57** dreht, der Verbindungsarm **53** der Umfangsgestalt (Nockenprofil) des Nockens **58** folgend in die linke und rechte Richtung und der Schwingarm **51** wird gegen ein Druckteil **53a** entlang der oszillierenden Bewegung des Verbindungsarms **53** gedrückt. Der Schwingarm **51** wird hierdurch auf und ab oszilliert und das Einlassventil **21** wird mit der Oszillation des Schwingarms **51** zu der offenen Position gehoben.

[0048] Die Steuerwelle **55** ist so konstruiert, dass eine Drehung um einen kleinen Winkel hierauf durch einen Schrittmotor oder dergleichen aufgebracht wird. Wenn eine Drehung auf die Steuerwelle **55** aufgebracht wird, wird der exzentrische Nocken **56** integral hiermit gedreht und der Lagerpunkt des Schwingarms **53** wird nach und nach gehoben. Dies ändert das Ausmaß des Drückens des Schwingarms **51** und daher die Ventilhubhöhe. Durch winziges Steuern der Drehwinkelposition der Steuerwelle **55** können die Bedingungen zum Öffnen und Schließen des Einlassventils **21** kontinuierlich eingestellt werden.

[0049] Die vorliegende Erfindung ist auf jegliche Bauart von Mehrzylinder-Brennkraftmaschinen anwendbar, in der mehrere Abgasdurchgänge von mehreren Zylindern miteinander vereinigt sind. In dem Fall eines 6-Zylinder-Motors, in dem zwei Abgaskreisläufe für zwei Gruppen von Zylindern vorgesehen sind, die aus drei Zylindern bestehen, kann beispielsweise ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor an dem Sammelabschnitt jedes Abgaskreislaufs angeordnet sein und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders kann für jeden der Abgaskreisläufe, wie vorstehend beschrieben ist, berechnet werden.

[0050] Eine ECU berechnet das Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders basierend auf einem Sensorsignal von einem A/F-Sensor, der an dem Sammelabschnitt (**21**) des Abgaskrümmers angeordnet ist, und regelt die Kraftstoffeinspritzmenge jedes Zylinders durch Verwenden des erhaltenen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines einzelnen Zylinders. Eine Kraftstoffmenge an dem Sammelabschnitt (**21**) wird aus dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt (**21**) basierend auf dem A/F-Sensorsignal berechnet und die Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt (**21**) wird unter Verwenden der Gasdurchflussratenhistorie jedes Zylinders berechnet. Ein Beobachter, der die Kraftstoffmenge eines einzelnen Zylinders als eine Variable verwendet, ist durch ein Modell erstellt, in dem die Kraftstoffmenge an dem Sammelabschnitt (**21**) mit der Kraftstoffmenge eines einzelnen Zylinders in Zusammenhang steht, so dass die Kraftstoffmenge eines einzelnen Zylinders aus dem Ergebnis der Beobachtung durch den Beobachter abgeschätzt wird. Jedes Luft-Kraftstoff-Verhältnis der Zylinder wird aus der geschätzten Kraftstoffmenge eines einzelnen Zylinders berechnet.

Patentansprüche

1. System zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders einer Brennkraftmaschine (**10**), in der mehrere Abgasdurchgänge, die mit den zugehörigen Zylindern verbunden sind, miteinander an einem Abgassammelabschnitt (**21**) vereinigt sind und ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (**22**) an dem Abgassammelabschnitt (**21**) angeordnet ist, zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders basierend auf einem Sensorerfassungssignal von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (**22**), wobei das System:

- eine Einrichtung zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses an dem Abgassammelabschnitt (**21**) durch Empfangen des Sensorerfassungssignals von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor (**22**);
- eine Einrichtung zum Berechnen einer Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt (**21**) basierend auf einer Gasdurchflussratenhistorie jedes Zylinders;
- eine Einrichtung zum Berechnen einer Kraftstoffmenge an dem Abgassammelabschnitt (**21**) von dem berechneten Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt (**21**) und ebenso der Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt (**21**) als eine hierzu entsprechende Menge an verbrannten Kraftstoff;
- eine Einrichtung zum Erstellen eines Beobachters, der eine Kraftstoffmenge jedes Zylinders als eine Variable durch ein Modell verwendet, in dem die Kraftstoffmenge an dem Abgassammelabschnitt (**21**) mit der Kraftstoffmenge jedes Zylinders in Zusammenhang steht, und zum Abschätzen der Kraftstoffmenge jedes Zylinders aus dem Ergebnis einer Beobachtung durch den Beobachter; und
- eine Einrichtung zum Berechnen eines Luft-Durchfluss-Verhältnisses jedes Zylinders aus der somit abgeschätzten Kraftstoffmenge jedes Zylinders hat.

2. System zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders einer Brennkraftmaschine (**10**) nach Anspruch 1, wobei das Modell, in dem die Kraftstoffmenge an dem Abgassammelabschnitt (**21**) mit der Kraftstoffmenge jedes Zylinders in Zusammenhang steht, ein Modell ist, in dem die Kraftstoffmenge an dem Abgassammelabschnitt (**21**) als ein gewichteter Durchschnitt einer Kraftstoffmengenhistorie jedes Zylinders in Zusammenhang steht.

3. System zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders einer Brennkraftmaschine (**10**) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Kraftstoffmenge jedes Zylinders durch einen Beobachter der Bauart mit Kalman-Filter abgeschätzt wird.

4. System zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders einer Brennkraftmaschine (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt (**21**) durch

Verwenden eines Modells berechnet wird, in dem eine Gasdurchflussrate für jeden Zylinder mit der Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt **(21)** in Zusammenhang steht.

5. System zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders einer Brennkraftmaschine **(10)** nach Anspruch 4, wobei die Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt **(21)** durch Verwenden eines Modells berechnet wird, in dem ein gewichteter Durchschnitt der Gasdurchflussratenhistorie jedes Zylinders als die Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt **(21)** in Zusammenhang steht.

6. System zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders einer Brennkraftmaschine **(10)** nach einem der Ansprüche 1 bis 5, ferner mit:
einer Einrichtung zum Kompensieren einer Phasenverzögerung des Sensorerfassungssignals, das von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor **(22)** gesendet wird, um die Kraftstoffmenge an dem Abgassammelabschnitt **(21)** basierend auf einem Ausgang der Kompensationseinrichtung und der Gasdurchflussrate an dem Abgassammelabschnitt **(21)** zu berechnen.

7. System zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders einer Brennkraftmaschine **(10)**, in dem Abgase von zugehörigen Zylindern an einem Abgassammelabschnitt **(21)** vereinigt werden, ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt **(21)** durch einen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor **(22)** erfasst wird und ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders basierend auf einem Sensorerfassungssignal von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor **(22)** berechnet wird, wobei das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt **(21)** basierend auf dem Sensorerfassungssignal und einer Gasdurchflussratenhistorie jedes Zylinders berechnet wird, und ein Beobachter, der das Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders als eine Variable verwendet, durch ein Modell erstellt ist, in dem das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt **(21)** mit dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders in Zusammenhang steht, um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedes Zylinders basierend auf dem Ergebnis einer Beobachtung durch den Beobachter abzuschätzen.

8. System zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders einer Brennkraftmaschine **(10)** nach Anspruch 7, wobei das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem Abgassammelabschnitt **(21)** durch Verwenden eines Sensormodells zum Kompensieren einer Phasenverzögerung des Sensorerfassungssignals berechnet wird, das durch den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor **(22)** ausgegeben wird.

9. System zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders einer Brennkraftmaschine **(10)** nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das System auf eine Mehrzylinder-Brennkraftmaschine **(10)** angewandt ist, das ein Einlasssteuersystem verwendet, das zur Steuerung einer Einlassluftmenge jedes Zylinders fähig ist.

10. System zum Berechnen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das System auf ein Kraftstoffeinspritzsteuersystem einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine **(10)** angewandt ist, um die Kraftstoffeinspritzmenge jedes Zylinders durch Verwenden des erhaltenen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes Zylinders zu regeln.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

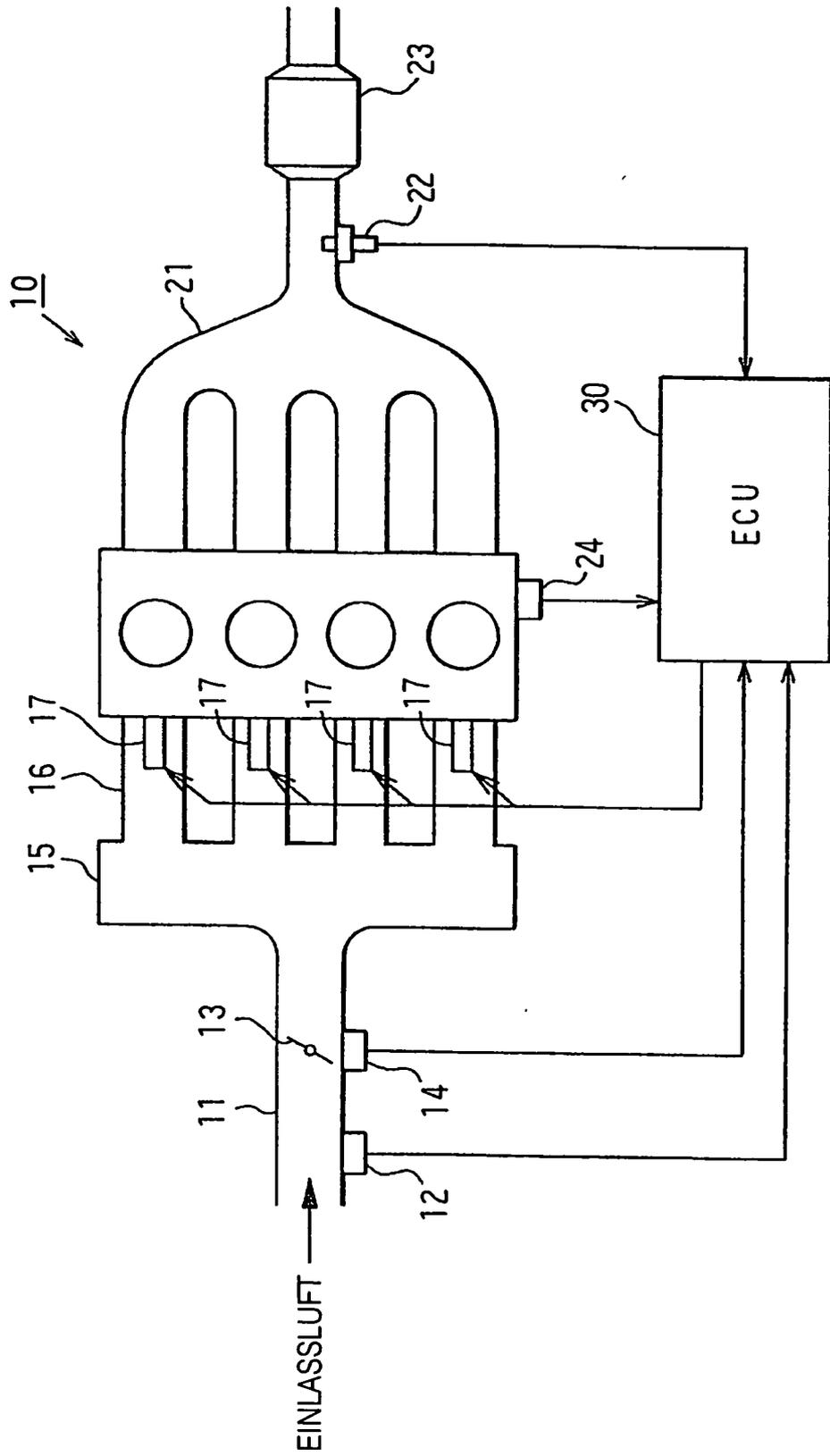


FIG. 2

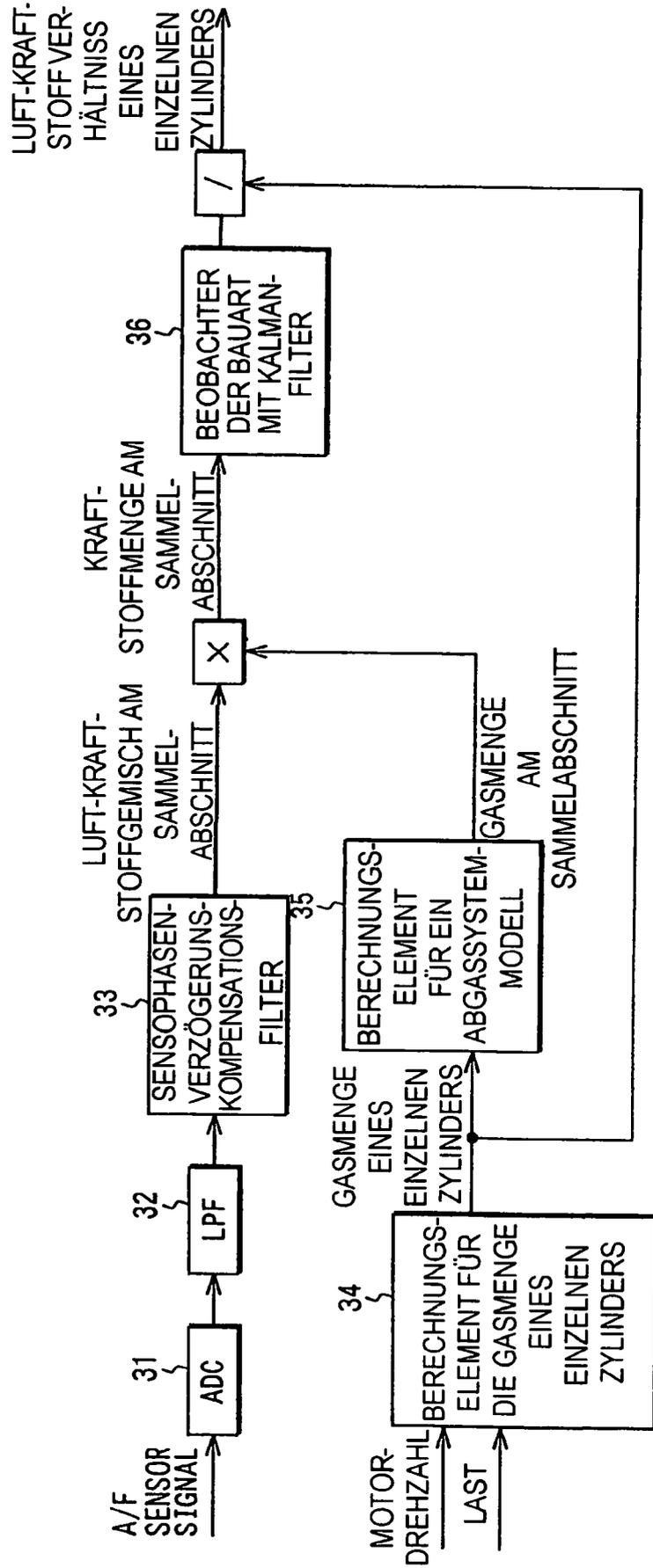


FIG. 3

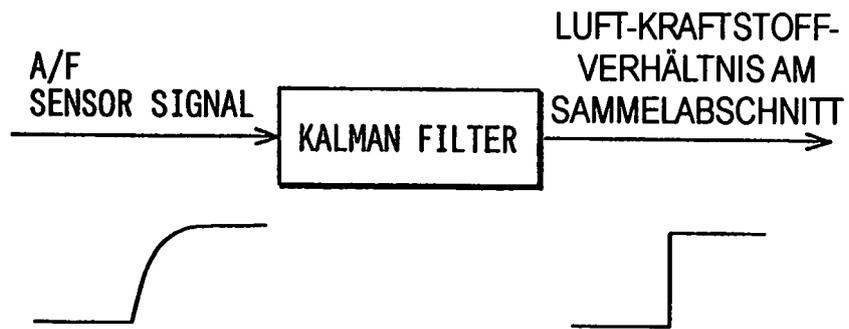


FIG. 4

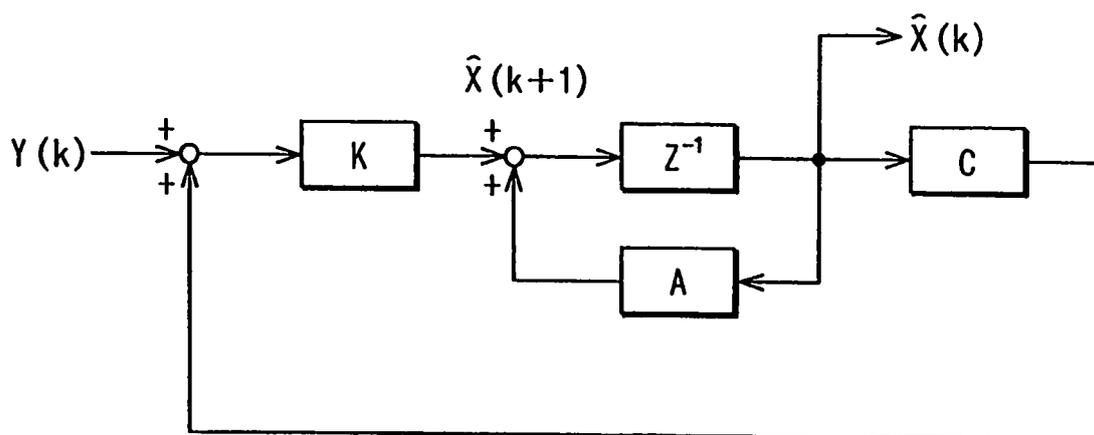


FIG. 5

