



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 42 198 B4 2008.02.07**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 42 198.2**
 (22) Anmeldetag: **29.08.2001**
 (43) Offenlegungstag: **18.07.2002**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **07.02.2008**

(51) Int Cl.⁸: **F01N 11/00 (2006.01)**
F02D 41/38 (2006.01)
F02D 43/04 (2006.01)

Innerhalb von drei 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. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
00-393090 25.12.2000 JP

(73) Patentinhaber:
Mitsubishi Denki K.K., Tokyo, JP

(74) Vertreter:
HOFFMANN & EITL, 81925 München

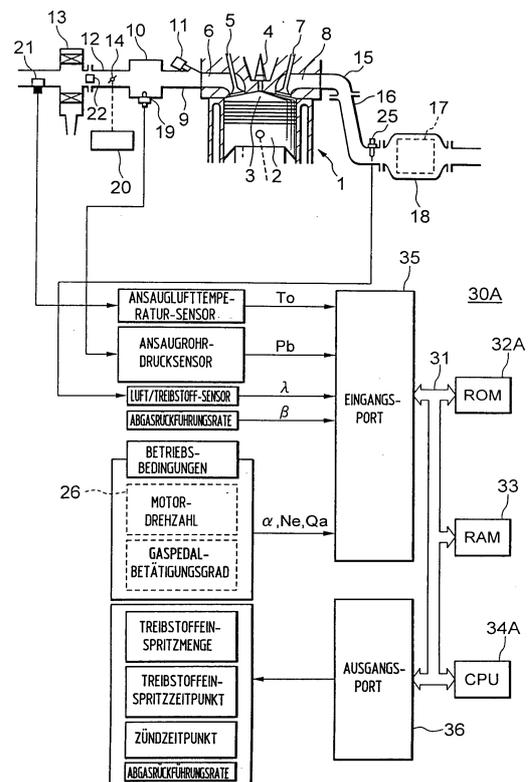
(72) Erfinder:
Kanazawa, Yukiko, Tokio/Tokyo, JP; Katashiba, Hideaki, Tokio/Tokyo, JP; Kawajiri, Kazuhiko, Tokio/Tokyo, JP; Yonezawa, Takashi, Tokio/Tokyo, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE 195 43 219 C2
DE 199 18 875 A1
DE 197 39 751 A1
DE 696 06 439 T2
US 60 12 435 A
US 58 94 725 A
US 56 55 363
US 55 95 060
JP 02-5 86 739 AA

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, umfassend:
 einen Luftflusssensor (22), der in einem Ansaugrohr (9) der Brennkraftmaschine (1) vorgesehen ist, um die Menge an Ansaugluft (Q_a) zu erfassen;
 eine Temperaturdetektor-Einrichtung (21) und Druckdetektoreinrichtung (19) zur Erfassung der Temperatur (T_o) und des Drucks (P_b) der von, der Brennkraftmaschine (1) angesaugten Luft;
 eine Luft/Treibstoff-Verhältnis-Detektoreinrichtung, die im Abgasrohr (15) der Brennkraftmaschine (1) vorgesehen ist, zur Erfassung des Luft/Treibstoff-Verhältnisses (λ) des Abgases;
 eine Abgasrückführungsrate-Detektoreinrichtung zur Erfassung der Abgasrückführungsrate (β) des in die Ansaugluft zurückgeführten Abgases;
 einen NO_x-Reinigungskatalysator (17), der im Abgasrohr (17) der Brennkraftmaschine (1) vorgesehen ist;
 eine NO_x-Betriebs-einrichtung (30A) zur Berechnung einer Menge an NO_x (QNT) im Abgas beruhend auf der Temperatur (T_o) und dem Druck (P) der Ansaugluft, dem Luft/Treibstoff-Verhältnis (λ), der Abgasrückführungsrate (β) dem Verdichtungsverhältnis (ϵ) und der eingespritzten Menge an Treibstoff pro Takt (G_f) und einem Korrekturkoeffizienten (c) welcher abhängig vom Modell der Brennkraftmaschine...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Steuerung bzw. Regelung (im folgenden immer als Steuerung bezeichnet) eines Verbrennungsmotors, welcher einen NO_x-Reinigungskatalysator zur Verringerung von NO_x (Stickoxiden) im Abgas hat. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf eine Vorrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors, die in der Lage ist, innerhalb von kurzen Zeitperioden die Menge an NO_x-Ausstoß präzise abzuschätzen und eine verbesserte Steuerbarkeit zu verwirklichen, ohne Erhöhung der Kosten, welche sich ergeben, wenn ein Speicher mit großer Kapazität verwendet wird.

[0002] Vorrichtungen zur Steuerung von Verbrennungsmotoren dieser Art sind in der Vergangenheit mit Mitteln zur Abschätzung der NO_x-Menge ausgestattet worden, um die Menge an NO_x abzuschätzen, die durch einen NO_x-adsorbierenden Stoff adsorbiert wird, wie z.B. durch das Japanische Patent Nr. 2586739 gelehrt.

[0003] Weiterhin ist ein Luft-Kraftstoffverhältnissteuerungssystem für Brennkraftmaschinen bekannt aus US 5,655,363, bei dem einer Steuereinheit das Luftkraftstoffverhältnis eines Luftkraftstoffgemisches steuert, das einem Motor zugeführt wird in Abhängigkeit von Luftkraftstoffverhältnissensoren. Eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine ist bekannt aus US 5,595,060, bei der in Abhängigkeit des Stickstoffoxidgehaltes der Zündzeitpunkt verzögert wird. Weiterhin ist eine Motorverbrennungssteuerung bekannt aus US 6,012,435, bei der die Kraftstoff-Luftmischung in Abhängigkeit einer Kraftstoffdampfabsorption in einem Mischbehälter gesteuert wird. Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Aufrechterhalten einer Katalysatoreffizienz mittels einer NO_x-Falle ist bekannt aus US 5,894,725, bei der ein Motorsteuerungsrechner den NO_x-Gehalt in einer NO_x-Falle bestimmt auf Basis von Motorbetriebsbedingungen und in dessen Abhängigkeit Betriebsbedingungen einstellt.

[0004] [Fig. 3](#) ist ein Blockdiagramm, das den Aufbau einer konventionellen Vorrichtung zeigt, welche für einen Benzinmotor ausgelegt ist.

[0005] Der Einfachheit halber behandelt die Beschreibung nur einen Zylinder. Man beachte jedoch, dass der gleiche Aufbau auch bei mehreren Zylindern anwendbar ist.

[0006] In [Fig. 3](#) enthält ein Verbrennungsmotor **1** einen Kolben **2**, eine Verbrennungskammer **3**, eine Zündkerze **4**, ein Ansaugventil **5**, eine Ansaugöffnung **6**, ein Abgasventil **7** und eine Abgasöffnung **8**.

[0007] Die Ansaugöffnung **6** ist mit einem Druckausgleichsbehälter **10** über ein entsprechendes Ansaugrohr verbunden, welches mit einem Treibstoff-Einspritzventil **11** ausgerüstet ist, zum Einspritzen von Treibstoff in die Ansaugöffnung **6**.

[0008] Der Druckausgleichsbehälter **10** ist mit einem Luftfilter **13** über einen Ansaugdurchgang **12** verbunden, in welchem ein Drosselventil **14** angeordnet ist. Der Ansaugdurchgang **12** ist ferner mit einem Luftmassensensor (nicht abgebildet) ausgestattet, um die Menge der angesaugten Luft zu erfassen.

[0009] Andererseits ist die Abgasöffnung **8** über einen Abgaskrümmter **15** und ein Abgasrohr **16** mit einem Gehäuse **18** verbunden, in welchem ein NO_x-absorbierendes Mittel **17** enthalten ist.

[0010] Das NO_x-absorbierende Mittel **17** absorbiert NO_x in dem Abgas und arbeitet als NO_x-Reinigungskatalysator.

[0011] Eine elektronische Steuereinheit (ECU; von englisch: electronic control unit) **30** umfasst einen Digitalcomputer, welcher einen ROM **32**, RAM **33**, eine CPU **34**, ein Eingangsport **35** und ein Ausgangsport **36**, welche über einen bidirektionalen Bus **31** miteinander verbunden sind, enthält, sowie A/D-Wandler **37**, **38**, welche auf der Eingangsseite des Eingangsports **35** eingefügt sind, und Betätigungsschaltungen **39**, welche auf der Ausgangsseite des Ausgangsports **36** eingefügt sind.

[0012] Ein Drucksensor **19** ist in dem Druckausgleichsbehälter **10** montiert, um eine Ausgangsspannung zu erzeugen, welche dem Absolutdruck im Druckausgleichsbehälter **10** proportional ist. Eine Ausgangsspannung des Drucksensors **19** wird dem Eingangsport **35** über den A/D-Wandler **37** zugeführt.

[0013] Ein Luft/Treibstoff-Verhältnissensor **25** ist auf dem Abgasrohr **16** montiert. Die Ausgangsspannung des Luft/Treibstoff-Verhältnis-Sensors **25** wird dem Eingangsport **35** über den A/D-Wandler **38** zugeführt.

[0014] Ferner ist ein bekanntes Abgasrückführungsrohr bzw. EGR-Rohr (nicht abgebildet) zwischen dem Abgasrohr **16** und dem Ansaugrohr **9** vorgesehen, um einen Teil des Abgases zurückzuführen. Das Abgasrückführungsrohr ist mit einem Abgasrückführungsventil ausgestattet, um die rückgeführte Abgasmenge einzustellen.

[0015] Ein Leerlaufschalter **20** ist an dem Drosselventil **14** angebracht, um den Leerlaufsöffnungsgrad des Drosselventils **14** zu erfassen. Ein Ausgangssignal des Leerlaufschalters **20** wird dem Eingangsport **35** eingegeben. Auf ähnliche Weise wird ein Ausgangssignal (Motordrehzahl Ne) eines Drehzahlsensors **26** dem Eingangsport **35** zugeführt.

[0016] Der Betrieb der in [Fig. 3](#) gezeigten herkömmlichen Vorrichtung wird unten unter Bezugnahme auf die [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) kurz beschrieben. Der Steuervorgang der konventionellen Vorrichtung wird ausführlich in der oben erwähnten Patentveröffentlichung offenbart und wird im vorliegenden Dokument nicht beschrieben.

[0017] Die CPU **34** in der ECU **30** bildet ein Mittel zur Abschätzung der NOx-Menge, in Zusammenarbeit mit dem ROM **32** und dem RAM **33**, und schätzt die Menge an NOx ab, welche durch das NOx-adsorbierende Mittel **17** adsorbiert wird.

[0018] Es ist schwierig die Menge des im NOx-adsorbierenden Mittel adsorbierten NOx direkt zu erfassen. Daher wird die Menge an NOx in dem aus dem Motor **1** ausgestoßenen Abgas herangezogen, um die Menge an NOx abzuschätzen, die von dem NOx-adsorbierenden Mittel **17** adsorbiert wurde.

[0019] Im Allgemeinen nimmt die Menge an Abgas, welche aus dem Motor **1** pro Zeiteinheit ausgestoßen wird, mit der Motordrehzahl Ne zu.

[0020] Dementsprechend nimmt die Menge an NOx, welche aus dem Motor **1** pro Zeiteinheit ausgestoßen wird, mit der Motordrehzahl Ne zu.

[0021] Ferner, wenn die Motorlast zunimmt (d.h. wenn der Absolutdruck PM im Druckausgleichsbehälter zunimmt), nimmt die Menge an Abgas, welche aus der Verbrennungskammer **3** ausgestoßen wird, zu, und die Verbrennungstemperatur wird erhöht. Während die Motorlast zunimmt (der Absolutdruck PM im Druckausgleichsbehälter **10** zunimmt), nimmt also die Menge an NOx, welche aus dem Motor **1** pro Zeiteinheit ausgestoßen wird, zu.

[0022] [Fig. 4](#) ist ein Schaubild, welches die Menge an NOx darstellt, die aus dem Motor **1** pro Zeiteinheit ausgestoßen wird, wobei die experimentell gefundenen Werte mit dem Absolutdruck PM (Ordinate) im Druckausgleichsbehälter **10** und der Motordrehzahl Ne (Abszisse) in Beziehung gesetzt sind.

[0023] In [Fig. 4](#) stellen die durchgezogenen Kurven gleiche Menge an NOx dar.

[0024] Wie in [Fig. 4](#) gezeigt, nimmt die Menge an NOx, welche aus dem Motor **1** pro Zeiteinheit ausgestoßen wird, mit einer Zunahme des Absolutdrucks PM im Druckausgleichsbehälter **10** und mit einer Zunahme der Motordrehzahl Ne zu.

[0025] Die in [Fig. 4](#) gezeigten Mengen von NOx sind im Voraus im ROM **32** gespeichert worden, in der Form von Zuordnungs- bzw. Tabellendaten N11 bis Nij, welche in [Fig. 5](#) gezeigt sind.

[0026] Die in [Fig. 5](#) gezeigten Kennfeld- oder Zuordnungsdaten variieren abhängig von anderen, unterschiedlichen Betriebsbedingungen. Wenn versucht wird, durch Verwendung des Kennfelds die Menge an NOx korrekt zu bestimmen, ist eine große Speicherkapazität erforderlich, was die Kosten erhöht.

[0027] Gemäß der oben beschriebenen herkömmlichen Vorrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors werden die Daten, welche von dem Mittel zur Abschätzung der NOx-Menge in der ECU verwendet werden, als Zuordnungsdaten bzw. Kennfelddaten N11 bis Nij gespeichert, wie in [Fig. 5](#) gezeigt. Daher müssen die Zuordnungsdaten für jeden Betriebszustand des Motors **1** gebildet werden, und in dem ROM **32** gespeichert werden, was einen großen Arbeits- und Zeitaufwand darstellt, welcher die Kosten erhöht.

[0028] Die vorliegende Erfindung wurde gemacht, um das oben erwähnte Problem zu lösen, und die Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung einer Vorrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors durch Abschätzung der Menge an NOx-Ausstoß innerhalb von kurzen Zeitperioden, unter Wahrung einer hohen Präzision

und bei verbesserter Steuerbarkeit, ohne das Erfordernis große Mengen an Zuordnungsdaten bzw. Kennfelderdaten im ROM zu speichern, und somit ohne die Kosten zu erhöhen.

[0029] Eine Vorrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors nach der vorliegenden Erfindung umfasst: einen Luftstromsensor, der in einem Ansaugrohr des Verbrennungsmotors vorgesehen ist, um die Menge an Ansaugluft zu erfassen; ein Temperaturerfassungsmittel und Druckerfassungsmittel zur Erfassung der Temperatur und des Drucks der vom Verbrennungsmotor angesaugten Luft; ein Luft/Treibstoffverhältnis-Detektormittel, das im Abgasrohr des Verbrennungsmotors vorgesehen ist, um das Luft/Treibstoff-Verhältnis im Abgas zu erfassen; ein Abgasrückführungsrate-Detektormittel zur Erfassung der Abgasrückführungsrate des in die Ansaugluft zurückgeführten Abgases; einen NOx-Reinigungskatalysator, der im Abgasrohr des Verbrennungsmotors vorgesehen ist; ein NOx-Betriebsmittel zur Abschätzung der Menge an NOx im Abgas aus einer theoretischen Formel und einer empirischen Formel, beruhend auf der Menge an Ansaugluft, der Temperatur und des Drucks der Ansaugluft, dem Luft/Treibstoff-Verhältnis und der Abgasrückführungsrate; und ein Steuermittel bzw. eine Steuereinrichtung zur Steuerung des NOx-Reinigungskatalysators und/oder des Verbrennungszustands im Verbrennungsmotor, um die Menge des NOx-Ausstoßes zu verringern.

[0030] In der Vorrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors nach der vorliegenden Erfindung enthalten die theoretische Formel und die empirische Formel vorzugsweise einen Korrekturkoeffizienten, welcher abhängig vom Modell des Verbrennungsmotors und/oder dem Verbrennungsmodus variiert.

[0031] In der Vorrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors nach der vorliegenden Erfindung enthält der Verbrennungsmodus einen geschichteten Verbrennungsmodus und einen homogenen Verbrennungsmodus.

[0032] In der Vorrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors nach der vorliegenden Erfindung schätzt das NOx-Betriebsmittel die Sauerstoffkonzentration, die Stickstoffkonzentration und die Temperatur des Verbrennungsgases in dem Verbrennungsmotor aus der theoretischen Formel und der empirischen Formel, und schätzt die Menge des NOx-Ausstoßes im Abgas auf der Grundlage der Sauerstoffkonzentration, der Stickstoffkonzentration und der Temperatur des Verbrennungsgases.

[0033] In der Vorrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors nach der vorliegenden Erfindung steuert das Steuermittel das Luft/Treibstoff-Verhältnis um den NOx-Reinigungskatalysator zu steuern.

[0034] In der Vorrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors nach der vorliegenden Erfindung steuert das Steuerungsmittel als Verbrennungszustand des Verbrennungsmotors die Treibstoffeinspritzmenge und/oder den Treibstoffeinspritz-Zeitpunkt und/oder den Zündzeitpunkt und/oder die Abgasrückführungsrate des Verbrennungsmotors.

[0035] In der Vorrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors nach der vorliegenden Erfindung kann das Luft/Treibstoffverhältnis-Detektormittel enthalten: einen Luft/Treibstoffverhältnis-Sensor, der im Abgasrohr vorgesehen ist, stromaufwärts vom NOx-Reinigungskatalysator, zur Erzeugung eines Sauerstoffkonzentrations-Erfassungssignals, welches von der Sauerstoffkonzentration im Abgas abhängt; und ein Luft/Treibstoffverhältnis-Betriebsmittel zur Abschätzung des Luft/Treibstoff-Verhältnisses auf der Grundlage des Sauerstoffkonzentrations-Erfassungssignals.

[0036] In der Vorrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors nach der vorliegenden Erfindung kann das Luft/Treibstoffverhältnis-Detektormittel auch ein Luft/Treibstoffverhältnis-Betriebsmittel enthalten zur Abschätzung des Luft/Treibstoff-Verhältnisses aus der Treibstoffeinspritzmenge und aus der Ansaugluftmenge des Verbrennungsmotors.

[0037] Im folgenden werden Ausführungen der vorliegenden Erfindung beschrieben, unter Bezugnahme auf die Zeichnungen, in welchen:

[0038] **Fig. 1** ein Blockdiagramm ist, welches den Aufbau einer ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0039] **Fig. 2** ein Flussdiagramm ist, das den Abschätzungsverarbeitungsbetrieb und den Steuerbetrieb nach der ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0040] **Fig. 3** ein Blockdiagramm ist, das den Aufbau einer herkömmlichen Vorrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors darstellt;

[0041] **Fig. 4** ein Diagramm ist, das die Menge an NO_x darstellt, welche durch einen allgemeinen Verbrennungsmotor pro Zeiteinheit ausgestoßen wird; und

[0042] **Fig. 5** ein Diagramm ist, das Zuordnungsdaten zeigt, welche die Menge an NO_x-Ausstoß darstellen, unter Verwendung einer herkömmlichen Vorrichtung zur Steuerung des Verbrennungsmotors.

ERSTE AUSFÜHRUNG

[0043] Eine erste Ausführung der vorliegenden Erfindung wird nun ausführlich unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben.

[0044] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm, das den Aufbau der ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei die gleichen Abschnitte, wie die oben in **Fig. 3** beschriebenen durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet werden, oder durch Hinzufügung von "A" am Ende der Ziffern, wobei diese Abschnitte aber nicht erneut ausführlich beschrieben werden.

[0045] Zur Vereinfachung des Diagramms werden die A/D-Wandler **37**, **38** und die Betätigungsschaltungen **39** (siehe **Fig. 3**) in der ECU **30A** hier nicht gezeigt.

[0046] In **Fig. 1** ist ein Ansauglufttemperatur-Sensor **21** stromaufwärts vom Luftfilter **13** im Ansaugrohr vorgesehen, um die Temperatur T_o der Ansaugluft zu erfassen.

[0047] Ferner ist ein Luftflusssensor **22** stromabwärts des Luftfilters **13** im Ansaugrohr **9** vorgesehen, um die Flussmenge bzw. Flussgeschwindigkeit Q_a der Ansaugluft zu erfassen.

[0048] Der Drucksensor **19** erfasst den Druck P_b im Ansaugrohr **9** als Druck der Ansaugluft, und arbeitet im wesentlichen als Ansaugluftdruck-Sensor.

[0049] Der Ansaugluftdruck P_b , die Ansauglufttemperatur T_o und die Ansaugluft-Flussmenge Q_a werden zusammen mit dem Luft/Treibstoff-Verhältnis λ aus dem Luft/Treibstoffverhältnis-Sensor **25** dem Eingangsport **35** in der ECU **30A** zugeführt, als Teil der verschiedenen Sensordaten, welche den Betriebszustand des Motors **1** wiedergeben.

[0050] Unter den verschiedenen Sensormitteln befindet sich weiterhin ein Abgasrückführungssensor zur Erfassung der Abgasrückführungsrate aus dem Öffnungsgrad β des Abgasrückführungsventils, welches die Abgasrückführungsmenge in dem Abgasrückführungsrohr (nicht abgebildet) einstellt. Die Abgasrückführungsrate, welche die Menge des in die Ansaugluft zurückgeführten Abgases darstellt, wird dem Eingangsport **35** zugeführt.

[0051] Als weitere Betriebszustände werden nicht nur die Motordrehzahl N_e und der Gaspedal-Betätigungsgrad α dem Eingangsport **35** zugeführt, sondern auch die Ansaugluftmenge Q_a aus dem Luftflusssensor.

[0052] Die CPU **34A** in der ECU **30A** enthält ein NO_x-Betriebsmittel zur Abschätzung der Menge des NO_x-Ausstoßes im Abgas, aus einer theoretischen Formel und einer empirischen Formel (welche später beschrieben werden), auf der Grundlage der Ansaugluftmenge Q_a , der Ansauglufttemperatur T_o , dem Ansaugluftdruck P_b und abhängig von Luft/Treibstoff-Verhältnis λ und der Abgasrückführungsrate (dem Abgasrückführungs-Öffnungsgrad β).

[0053] Die CPU **34A** enthält ein Steuermittel zur Steuerung des NO_x-Reinigungskatalysators **17** und/oder des Verbrennungszustands im Motor **1**, um somit die Menge des NO_x-Ausstoßes zu verringern.

[0054] Hierbei enthalten die theoretische Formel und die empirische Formel einen Korrekturkoeffizienten, der im Voraus in dem ROM **32A** gespeichert wurde, und welcher abhängig von dem Modell des Motors **1** und/oder dem Verbrennungsmodus variiert bzw. sich verändert.

[0055] Die Verbrennungsmodi können einen geschichteten Verbrennungsmodus enthalten, im Fall eines Motors mit Zylinderspritzung, und einen homogenen Verbrennungsmodus bei der normalen stöchiometrischen Betriebssteuerung.

[0056] Das NO_x-Betriebsmittel in der CPU **34A** schätzt die Sauerstoffkonzentration, die Stickstoffkonzentration und die Temperatur des Verbrennungsgases in dem Motor **1** ab, aus der theoretischen Formel und der empirischen Formel, und schätzt die Menge des NO_x-Ausstoßes im Abgas ab, beruhend auf der Sauerstoffkonzentration, der Stickstoffkonzentration und der Temperatur des Verbrennungsgases.

[0057] Das Steuerungsmittel in der CPU **34A** steuert das Luft/Treibstoff-Verhältnis λ , um den NO_x-Reinigungskatalysator **17** zu steuern.

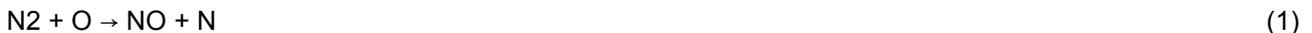
[0058] Das Steuerungsmittel in der CPU **34A** steuert ferner die Treibstoffeinspritzmenge und/oder den Treibstoffeinspritz-Zeitpunkt und/oder den Zündzeitpunkt und/oder die Abgasrückführungsrate des Motors **1**, als Verbrennungszustände des Motors **1**.

[0059] Wie gezeigt, wird das Luft/Treibstoffverhältnis-Detektormittel durch einen Luft/Treibstoffverhältnis-Sensor **25** gebildet, der im Abgasrohr **16** stromaufwärts vom NO_x-Reinigungskatalysator **17** vorgesehen ist, und ein Sauerstoffkonzentrations-Erfassungssignal abhängig von der Sauerstoffkonzentration im Abgas erzeugt, und durch ein Luft/Treibstoffverhältnis-Betriebsmittel in der CPU **34A**, um das Luft/Treibstoff-Verhältnis A/F auf der Grundlage des Sauerstoffkonzentrations-Erfassungssignals abzuschätzen.

[0060] Ferner kann das Luft/Treibstoffverhältnis-Detektormittel durch ein Luft/Treibstoffverhältnis-Betriebsmittel in der CPU **34A** gebildet werden, zur Abschätzung des Luft/Treibstoff-Verhältnisses A/F aus der Treibstoffeinspritzmenge und der Luftansaugmenge Q_a des Motors **1**.

[0061] Als nächstes wird unten der Betrieb zur Abschätzung der Menge des NO_x-Ausstoßes nach der ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung, welche in [Fig. 1](#) gezeigt ist, beschrieben.

[0062] Als erstes umfasst das durch den Motor **1** gebildete NO_x (Stickoxid) hauptsächlich Zeldvich-NO (Stickstoff-Monoxid), wobei der Reaktionsmechanismus durch die folgenden Formeln (1) und (2) ausgedrückt wird



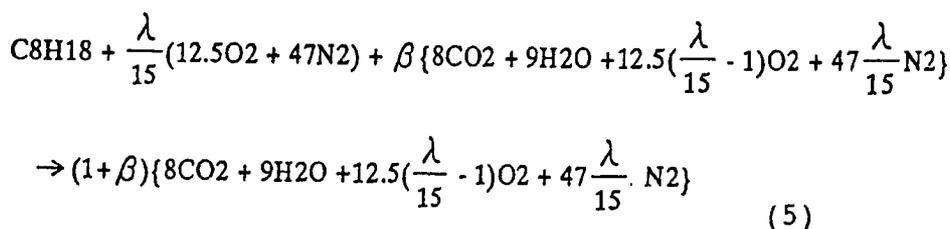
[0063] Die Rate der No-Bildung auf der Grundlage der obigen Formeln (1) und (2) wird durch die folgenden Formeln (3) und (4) ausgedrückt:

$$\frac{d[\text{NO}]}{dt} = k[\text{N}_2][\text{O}_2]^{1/2} \quad (\text{kmol/m}^3\text{s}) \quad (3)$$

$$k = 4.52 \times 10^{15} T^{-1/2} \exp\left(-\frac{69460}{T}\right) \quad (4)$$

[0064] In der Formel (3) sind [NO], [N₂] und [O₂] Konzentrationen von NO, N₂ (Stickstoff) und O₂ (Sauerstoff), und in der Formel (4) ist T eine Temperatur.

[0065] Der Verbrennungsreaktionsmechanismus im Motor **1** wird ausgedrückt durch die folgende Formel (5):



[0066] In der Formel (5) ist β eine Abgasrückführungsrate, und λ ist ein Luft/Treibstoff-Verhältnis.

[0067] Die Konzentrationen [N₂] und [O₂] (kmol/m³) von N₂ und O₂ werden ausgedrückt durch die folgenden Formeln (6) und (7)

$$[N_2] = \frac{47(\lambda/15)(1+\beta) \varepsilon P \times 273/T_0}{22.4(1+\beta)(4.5+59.5(\lambda/15))} = \frac{47(\lambda/15) \varepsilon P \times 273/T_0}{22.4(4.5+59.5(\lambda/15))} \quad (6)$$

$$[O_2] = \frac{12.5((\lambda/15)-1)(1+\beta) \varepsilon P \times 273/T_0}{22.4(1+\beta)(4.5+59.5(\lambda/15))} = \frac{0.558 \times ((\lambda/15)-1) \varepsilon P \times 273/T_0}{(4.5+59.5(\lambda/15))} \quad (7)$$

[0068] In den Formeln (6) und (7) ist ε ein Verdichtungsverhältnis, P (Atmosphären) ist ein Ansaugdruckluft, und T₀ (K) ist eine Ansauglufttemperatur.

[0069] Ferner wird die Stickstoffkonzentration [N₂] ungefähr ausgedrückt durch die folgende Formel (8):

$$[N_2] = \frac{47 \varepsilon P \times 273/T_0}{22.4 \times 64} = \frac{8.95 \varepsilon P}{T_0} \quad (8)$$

[0070] Aus den obigen Formeln (3), (4), (7) und (8) wird die Konzentration [NO] von NO, welche pro Takt (pro Verbrennung) ausgestoßen wird, durch die folgenden Formeln (9) und (10) ausgedrückt:

$$[NO] = \frac{60}{nE} \times 4.52 \times 10^{15} \times T^{-1/2} \exp\left(-\frac{69460}{T}\right) \times \frac{8.95 \varepsilon P}{T_0} \times \left[\frac{0.558 \times ((\lambda/15)-1) \varepsilon P \times 273/T_0}{4.5+59.5(\lambda/15)}\right]^{1/2} \quad (9)$$

$$= \frac{3.0 \times 10^{19}}{nE} T^{-1/2} \exp\left(-\frac{69460}{T}\right) \times \left[\frac{(\lambda/15)-1}{4.5+59.5(\lambda/15)}\right]^{1/2} \varepsilon^{3/2} P^{3/2} T_0^{-3/2} \quad (10)$$

[0071] In den obigen Formeln (9) und (10) ist nE (U/min) eine Motordrehzahl Ne.

[0072] Hierbei, wenn die Menge an eingespritztem Treibstoff pro Takt als G_f (kg) bezeichnet wird, wird die Menge an NO G_{no}(kg), welche durch einen Vierzylindermotor pro Takt ausgestoßen wird, durch die folgenden Formeln (11) und (12) ausgedrückt:

$$G_{no} = \frac{[NO]}{2} (\text{kmol/m}^3) \times M_{NO} (\text{kg/kmol}) \times \text{Menge an Abgas (m}^3)$$

$$= \frac{3.0 \times 10^{19}}{2nE} T^{-1/2} \exp\left(-\frac{69460}{T}\right) \times \left[\frac{(\lambda/15)-1}{4.5+59.5(\lambda/15)}\right]^{1/2} \times \varepsilon^{3/2} \times P^{3/2} \times T_0^{-3/2} \times 30 \times \left\{ \frac{G_f}{114} \times \left(4.5+59.5 \frac{\lambda}{15}\right) \times 22.4 \right\} (\text{kg}) \quad (11)$$

$$= \frac{8.84 \times 10^{19}}{nE} T^{-1/2} \exp\left(-\frac{64900}{T}\right) \times \{((\lambda/15)-1)(4.5+59.5(\lambda/15))\}^{1/2} \times G_f \times \varepsilon^{3/2} \times P^{3/2} \times T_0^{-3/2} \quad (kg) \quad (12)$$

[0073] Ferner wird die Gesamtmenge an NO G_{noT} (kg), welche pro Zeiteinheit ausgestoßen wird, durch die folgenden Formeln (13) und (14) ausgedrückt:

$$G_{noT} = CG_{no} \frac{nE}{60} \quad (13)$$

$$= 14.7 \times 10^{17} \times T^{-1/2} \exp\left(-\frac{64900}{T}\right) \times \{(\lambda/15-1)(4.5+59.5(\lambda/15))\}^{1/2} \\ \times G_f \times \varepsilon^{3/2} \times P^{3/2} \times T_0^{-3/2} \times C \quad (kg/s) \quad (14)$$

[0074] In den Formeln (13) und (14) ist C ein Korrekturkoeffizient.

[0075] Als Temperatur T wird typischerweise eine maximale adiabatische Rahmentemperatur des Falles verwendet, bei dem es keinen Wärmeverlust gibt. Die Flammentemperatur T wird ausgedrückt durch die folgenden Formeln (15) und (17), unter Verwendung einer mittleren spezifischen Wärme bei konstantem Druck Cp, einer Ansauglufttemperatur To und einem polytropischen Index κ:

$$T = \left(\frac{\Delta H}{c_p G} + T_0 \right) \times \varepsilon^{\kappa-1} \quad (15)$$

$$= \left(\frac{10670 \times 0.114}{c_p(1+\beta)\{8 \times 0.044 + 9 \times 0.018 + 12.5(\lambda/15-1) \times 0.032 + 47 \times 0.028(\lambda/15)\}} + T_0 \right) \times \varepsilon^{\kappa-1} \\ (16)$$

$$= \left(\frac{1216}{c_p(1+\beta)(0.114 + 0.916(\lambda/15))} + T_0 \right) \times \varepsilon^{\kappa-1} \quad (17)$$

Cp: mittlere spezifische Wärme bei konstantem Druck (kcal/kg °C)

To: Ansauglufttemperatur (K),

κ: polytropher Index.

[0076] Hierbei wird die mittlere spezifische Wärme bei konstantem Druck Cp durch die folgende Formel (18) ausgedrückt:

$$c_p = 0.518 - 0.219(\lambda/15) + 0.0521(\lambda/15)^2 \quad (18)$$

[0077] Dementsprechend wird die Flammentemperatur T durch die folgenden Formeln (19) und (20) ausgedrückt:

$$T = \left(\frac{1216}{(0.518 - 0.219(\lambda/15) + 0.0521(\lambda/15)^2)(1+\beta)(0.114 + 0.916(\lambda/15))} + T_0 \right) \times \varepsilon^{\kappa-1} \\ = [1216(1-\beta)\{3.305 - 0.5346(\lambda/15)\} + T_0] \times \varepsilon^{\kappa-1} \quad (19) \\ (20)$$

[0078] Wenn die Formel (20) in die Gleichung (14) eingesetzt wird, erhält man die folgende Formel (21):

$$G_{noT} = 6.88 \times 10^{17} \times ([1216(1-\beta)\{3.305 - 0.5346(\lambda/15)\} + T_0] \times \varepsilon^{\kappa-1})^{1/2} \\ \times \exp\left(-\frac{64900}{[1216(1-\beta)\{3.305 - 0.5346(\lambda/15)\} + T_0] \times \varepsilon^{\kappa-1}}\right) \\ \times \{(\lambda/15-1)(4.5+59.5(\lambda/15))\}^{1/2} \times G_f \times \varepsilon^{3/2} \times P^{3/2} \times T_0^{-3/2} \times C \quad (kg/s) \quad (21)$$

[0079] Die Formel (21) kann weiter abgeschätzt werden, wie es durch die folgenden Formeln (22) bis (24)

ausgedrückt wird:

$$G_{noT} = f(\lambda)g(\beta)h(\varepsilon)i(T_0) \times P^{3/2} \times G_f \times C \quad (22)$$

$$= 14.7 \times 10^{17}$$

$$\times (-1.839 \times 10^{-7} + 4.2374 \times 10^{-8} \lambda - 3.9847 \times 10^{-9} \lambda^2 \\ + 1.9701 \times 10^{-10} \lambda^3 - 5.415 \times 10^{-12} \lambda^4 + 7.8535 \times 10^{-14} \lambda^5 - 4.698 \times 10^{-16} \lambda^6)$$

$$\times (1 - 14.27 \beta + 69.16 \beta^2 - 110.97 \beta^3)$$

$$\times (1.693 - 0.004644 T_0 + 7.776 \times 10^{-6} T_0^2)$$

$$\times (-6.26 + 1.98 \varepsilon) \times P^{3/2} \times G_f \times C \quad (23)$$

$$G_{noT} = f(\lambda)g(\beta)h(\varepsilon)i(T_0) \times P^{3/2} \times G_f \times C$$

$$= (-1.839 \times 10^{-7} + 4.2374 \times 10^{-8} \lambda - 3.9847 \times 10^{-9} \lambda^2$$

$$+ 1.9701 \times 10^{-10} \lambda^3 - 5.415 \times 10^{-12} \lambda^4 + 7.8535 \times 10^{-14} \lambda^5 - 4.698 \times 10^{-16} \lambda^6)$$

$$\times (1 - 14.27 \beta + 69.16 \beta^2 - 110.97 \beta^3)$$

$$\times (1.693 - 0.004644 T_0 + 7.776 \times 10^{-6} T_0^2)$$

$$\times (-6.26 + 1.98 \varepsilon) \times P^{3/2} \times G_f \times C_0 \quad (24)$$

[0080] In den Formeln (22) bis (24) sind C und C₀ Korrektorkoeffizienten, welche abhängig von dem Modell des Motors **1** und dem Verbrennungsmodus (geschichtete Verbrennung, homogene Verbrennung) variieren.

[0081] Die Menge an NO_x, welche pro Zeiteinheit ausgestoßen wird, wird auf der Grundlage der Formeln (21), (23) oder (24) berechnet, aus dem somit erfassten Luft/Treibstoff-Verhältnis λ , der Abgasrückführungsrate β , dem Ansaugluftdruck P_b und der Ansauglufttemperatur T_0 , und wird integriert, um die Gesamtmenge an NO_x-Ausstoß QNT abzuschätzen, ausgedrückt durch die folgende Formeln (25) und (26):

$$QNT = \int G_{noT} dt \quad (25)$$

$$= \sum G_{noT} \Delta t \quad (26)$$

[0082] Als nächstes wird die Prozedur zur Verarbeitung von NO_x nach der ersten Ausführung der Erfindung unter Bezugnahme auf das Flussdiagramm der [Fig. 2](#) beschrieben.

[0083] In [Fig. 2](#) werden zunächst die Betriebsbedingungen bzw. Betriebszustände (Gaspedal-Betätigungsgrad α , Abgasrückführungsrate β , Luft/Treibstoff-Verhältnis γ , Motordrehzahl N_e , Ansaugrohrdruck P_b , Ansaugluftmenge Q_a , Ansauglufttemperatur T_0 , usw.) des Motors **1** aus den verschiedenen Sensormitteln erfasst (Schritt S1).

[0084] Dann, abhängig von den Betriebsbedingungen, wird ein Soll Drehmoment T_{q0} eingestellt (Schritt S2), ein Soll-Luft/Treibstoffverhältnis λ_0 wird eingestellt (Schritt S3), und ein Soll-Abgasrückführungsöffnungsgrad β_0 wird eingestellt (Schritt S4).

[0085] Als nächstes werden die Konzentration [NO] an NO_x (NO), die Sauerstoffkonzentration [O₂] und Stickstoffkonzentration [N₂] im Abgas des Motors **1** abgeschätzt, in Übereinstimmung mit den obigen Gleichungen (6) bis (10), und eine maximale adiabatische Flammentemperatur T, bei der Annahme, dass kein Wärmeverlust auftritt, wird als Temperatur des Verbrennungsgases abgeschätzt, in Übereinstimmung mit den Gleichungen (19) und (20) (Schritt S5).

[0086] Danach wird die Menge QNT des NO_x-Ausstoßes im Abgas abgeschätzt, in Übereinstimmung mit den obigen Gleichungen (22) bis (26), auf der Grundlage der Sauerstoffkonzentration [O₂], der Stickstoffkonzentration [N₂] und der Verbrennungsgastemperatur T (Schritt S6), und das Luft/Treibstoff-Verhältnis λ wird gesteuert, und der NO_x-Reinigungskatalysator wird gesteuert, um die Menge des NO_x-Ausstoßes QNT zu reinigen (Schritt S7).

[0087] Durch die Verwendung der theoretischen Formel und der empirischen Formel beruhend auf dem Luft/Treibstoff-Verhältnis λ , der Abgasrückführungsrate β , dem Ansaugluftdruck P_b und Ansauglufttemperatur T_0 aus verschiedenen Sensormitteln, wird es möglich, die Menge der NO_x-Emission QNT innerhalb von kurzen Zeitperioden und mit hohen Präzision zu steuern, ohne Vergrößerung der Speicherkapazität.

[0088] Das bedeutet, dass es keine Notwendigkeit gibt, eine große Datenmenge zu erzeugen, um verschiedenen Betriebsmodi genüge zu tun, und die Einstellung kann bewirkt werden abhängig von dem Verbrennungsmodus (geschichtete Verbrennung, homogene Verbrennung) und unter Verwendung von mehreren Korrekturkoeffizienten (z.B. siehe C in Gleichung 23), entsprechend einer Veränderung im Modell des Motors **1**. Somit kann der Steuervorgang abhängig von einzelnen Motoren **1** leicht durchgeführt werden, und innerhalb von kurzen Zeitperioden.

[0089] Daher wird der NO_x-Reinigungskatalysator **17** wirksam gesteuert, abhängig von der Menge QNT des NO_x-Ausstoßes, welche sehr genau innerhalb von kurzen Zeitperioden abgeschätzt wird, um dadurch die Menge des NO_x-Ausstoßes QNT zu verringern.

[0090] Der NO_x-Reinigungskatalysator **17** wurde oben abhängig von der Menge des NO_x-Ausstoßes QNT gesteuert. Es ist jedoch auch möglich, die Verbrennungsbedingungen-Betriebsgrößen des Motors **1** zu steuern, um die Menge des NO_x-Ausstoßes QNT zu verringern.

[0091] In diesem Fall enthalten die Verbrennungsbedingungen-Betriebsgrößen, welche von der ECU **30** gesteuert werden, die Treibstoffeinspritzmenge, den Treibstoffeinspritz-Zeitpunkt, den Zündzeitpunkt und die in [Fig. 1](#) gezeigte Abgasrückführungsrate.

[0092] Ferner wurde ein Luft/Treibstoff-Verhältnissensor **25**, der im Abgasrohr **15** stromaufwärts vom NO_x-Reinigungskatalysator **17** vorgesehen war, als Luft/Treibstoffverhältnis-Detektormittel verwendet. Der Betrieb kann jedoch auch ausgeführt werden unter Verwendung der Ansaugluftmenge Q_a aus dem Luftflusssensor **22**, der im Ansaugrohr **9** vorgesehen ist, und der durch die ECU **30A** gesteuerten Treibstoffeinspritzmenge.

[0093] In diesem Fall wird das Luft/Treibstoff-Verhältnis λ in der ECU **30A** aus dem Luftflussraten-Erfassungswert Q_a und der Treibstoffeinspritzmenge (Steuergröße der ECU **30A**) abgeschätzt.

[0094] Ferner wurde ein NO_x-adsorbierendes Mittel **17** als NO_x-Reinigungskatalysator verwendet. Es ist jedoch auch möglich jeden anderen NO_x-Reinigungskatalysator zu verwenden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, umfassend:
 einen Luftflusssensor (**22**), der in einem Ansaugrohr (**9**) der Brennkraftmaschine (**1**) vorgesehen ist, um die Menge an Ansaugluft (Q_a) zu erfassen;
 eine Temperaturdetektor-Einrichtung (**21**) und Druckdetektoreinrichtung (**19**) zur Erfassung der Temperatur (T_0) und des Drucks (P_b) der von, der Brennkraftmaschine (**1**) angesaugten Luft;
 eine Luft/Treibstoff-Verhältnis-Detektoreinrichtung, die im Abgasrohr (**15**) der Brennkraftmaschine (**1**) vorgesehen ist, zur Erfassung des Luft/Treibstoff-Verhältnisses (λ) des Abgases;
 eine Abgasrückführungsrate-Detektoreinrichtung zur Erfassung der Abgasrückführungsrate (β) des in die Ansaugluft zurückgeführten Abgase;
 einen NO_x-Reinigungskatalysator (**17**), der im Abgasrohr (**17**) der Brennkraftmaschine (**1**) vorgesehen ist;
 eine NO_x-Betriebs-einrichtung (**30A**) zur Berechnung einer Menge an NO_x (QNT) im Abgas beruhend auf der Temperatur (T_0) und dem Druck (P) der Ansaugluft, dem Luft/Treibstoff-Verhältnis (λ), der Abgasrückführungsrate (β) dem Verdichtungsverhältnis (ϵ) und der eingespritztem Menge an Triebstoff pro Takt (G_f) und einem Korrekturkoeffizienten (c) welcher abhängig vom Modell der Brennkraftmaschine und/oder dem Verbrennungsmodus variiert, und wobei der Verbrennungsmodus einen geschichteten Verbrennungsmodus und einen homogenen Verbrennungsmodus enthält, als:

$$G_{noT} = 6.88 \times 10^{17} \times ([1216(1-\beta)\{3.305-0.5346(\lambda/15)\}+T_0] \times \epsilon^{\kappa-1})^{1/2} \\
\times \exp\left\{-\frac{64900}{[1216(1-\beta)\{3.305-0.5346(\lambda/15)\}+T_0] \times \epsilon^{\kappa-1}}\right\} \\
\times \{(\lambda/15-1)(4.5+59.5(\lambda/15))\}^{1/2} \times G_f \times \epsilon^{3/2} \times P^{3/2} \times T_0^{-3/2} \times C \quad (kg/s)$$

eine Steuereinrichtung (**30A**) zur Steuerung des NO_x-Reinigungskatalysators (**17**) und/oder des Verbrennungszustands in der Brennkraftmaschine (**1**), um die Menge des NO_x-Ausstoßes zu verringern.

2. Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei die Steuereinrichtung das Luft/Treibstoff-Verhältnis steuert, um den NO_x-Reinigungskatalysator (**17**) zu steuern.

3. Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 und 2, wobei die Steuerungseinrichtung als Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine die Treibstoffeinspritzmenge und/oder den Treibstoffeinspritz-Zeitpunkt und/oder den Zündzeitpunkt und/oder die Abgasrückführungsrate der Brennkraftmaschine steuert.

4. Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Luft/Treibstoff-Verhältnis-Detektoreinrichtung enthält:
einen Luft/Treibstoff-Verhältnissensor (**25**), der im Abgasrohr stromaufwärts vom NO_x-Reinigungskatalysator vorgesehen ist, zur Erzeugung eines Sauerstoffkonzentrations-Erfassungssignals abhängig von der Sauerstoffkonzentration im Abgas; und
eine Luft/Treibstoff-Verhältnis-Betriebseinrichtung (**30A**) zur Berechnung des Luft/Treibstoff-Verhältnisses auf der Grundlage des Sauerstoffkonzentrations-Erfassungssignals.

5. Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Luft/Treibstoffverhältnis-Detektoreinrichtung eine Luft/Treibstoffverhältnis-Betriebseinrichtung (**30A**) enthält, um das Luft/Treibstoff-Verhältnis aus der Treibstoffeinspritzmenge und aus der Ansaugluftmenge der Brennkraftmaschine (**1**) zu berechnen.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

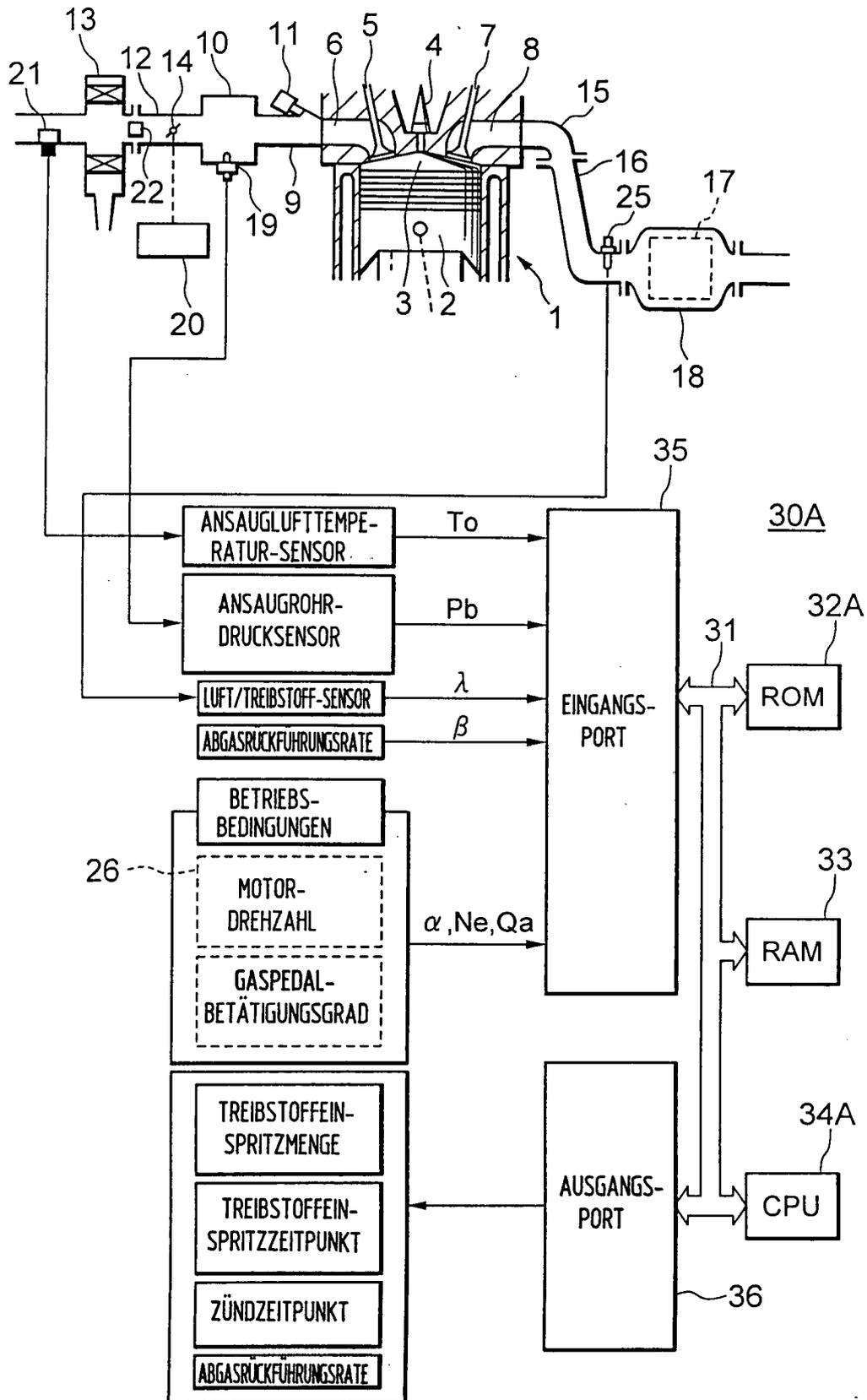


FIG. 2

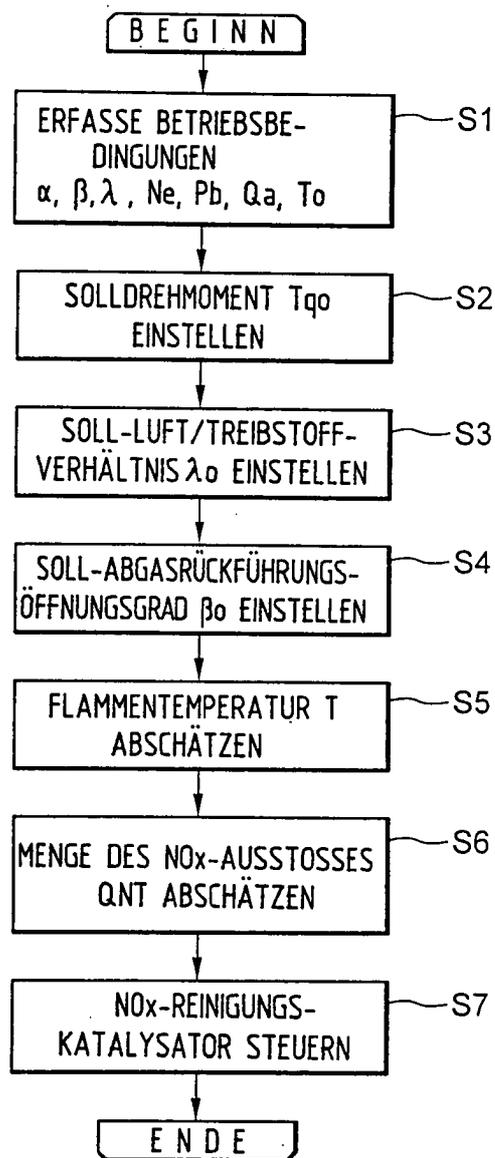


FIG. 3

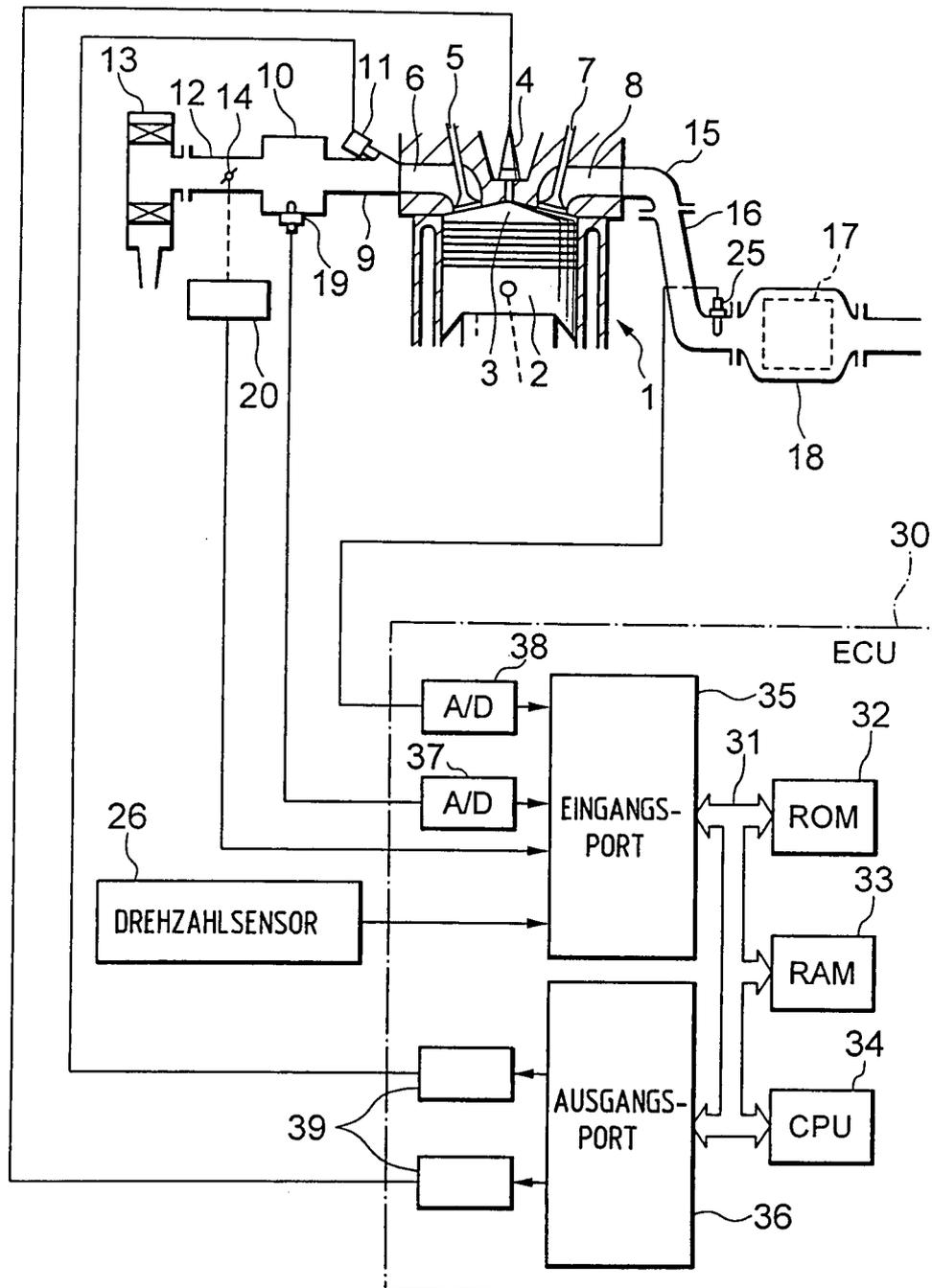


FIG. 4

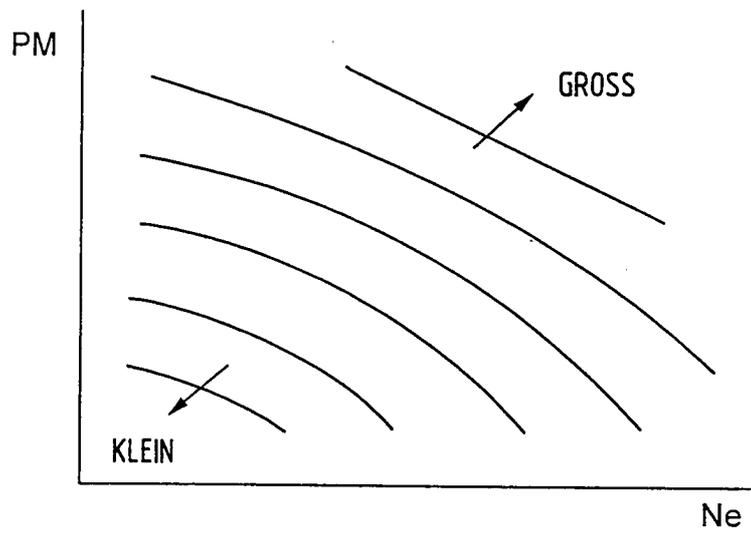


FIG. 5

