



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 29 338 T2** 2005.06.09

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 296 058 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 29 338.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 028 497.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **18.12.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.03.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **26.05.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **09.06.2005**

(51) Int Cl.7: **F02P 5/152**
F02D 41/14

(30) Unionspriorität:

33978496 **19.12.1996** **JP**

(73) Patentinhaber:

Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP

(74) Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

Mashiki, Zenichiro, Toyota-shi, Aichi-ken, JP

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Unterdrücken von Drehmomentschwankungen für Brennkraftmaschine mit Magergemischverbrennung**

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

TECHNISCHER BEREICH

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Verringern von Drehmomentschwankungen eines Motors mit Verbrennung eines mageren Gemisches.

EINSCHLÄGIGE TECHNIK

[0002] In einem gattungsgemäßen Motor wird Kraftstoff von einem Kraftstoffeinspritzventil in einen Einlasskanal eingespritzt, um ein homogenes Gemisch aus Kraftstoff und Luft zum zugehörigen Brennraum zu fördern. Ein Ansaugkanal wird durch eine Drosselklappe geöffnet und geschlossen, welche durch die Bedienung eines Gaspedals betätigt wird. Die Öffnung der Drosselklappe passt die Ansaugluftmenge an (und schließlich die Menge des homogenen Gemisches aus Luft und Kraftstoff), die an den Brennraum des Motors zugeführt wird. Dies steuert die Motorleistung.

[0003] Wenn jedoch eine Homogenladungsverbrennung ausgeführt wird, wird durch die Drosselwirkung der Drosselklappe Vakuum erzeugt. Dies erhöht den Energieverlust auf Grund von Pumpen, das sich ergibt, wenn das Gemisch vom Einlasskanal in den Brennraum gezogen wird. Um zu versuchen dieses Problem zu lösen, wurde Schichtladungsverbrennung vorgeschlagen. Bei der Schichtladungsverbrennung wird die Drosselklappe weit geöffnet und Kraftstoff wird direkt in jeden Brennraum zugeführt. Dies erzeugt ein Gemisch, das ein relativ niedriges Luft-Kraftstoff-Verhältnis in der Umgebung der Zündkerze hat. Infolgedessen ist der Kraftstoff leichter zu entzünden.

[0004] "Verbrennung eines mageren Gemisches" beinhaltet "Schichtladungsverbrennung". "Verbrennung eines mageren Gemisches" beinhaltet nicht nur "Schichtladungsverbrennung", sondern auch "homogene Verbrennung eines mageren Gemisches", welche die Verbrennungsausbreitung mit weniger Kraftstoff verbessert, indem ein Wirbel oder dergleichen in dem Luft-Kraftstoff-Gemisch während der Homogenladungsverbrennung ausgebildet wird. "Schichtladungsverbrennung" und "Verbrennung eines mageren Gemisches" verringern beide die Menge an Kraftstoff, die an den Brennraum zugeführt wird.

[0005] In einem Motor, der die vorstehend genannte "Verbrennung eines mageren Gemisches" ausführt, kann unnormale Verbrennung aufgrund von Selbstentzündung von Kraftstoff, Klopfen, auftreten. Um Klopfen zu unterdrücken, wird die Zündzeitsteuerung verzögert. Verzögerung der Zündzeitsteuerung verringert jedoch die Kraftstoffverbrennungsgeschwindigkeit, was die Verbrennung verschlechtert und die

Drehmoment(Leistung)-Schwankungen des Motors erhöht.

[0006] Zum Beispiel offenbart die japanische ungeprüfte Patentveröffentlichung Nr. Hei 4-187851 eine Vorrichtung, die entwickelt wurde, um diesen Nachteil zu überwinden. Diese Vorrichtung erhöht die Menge der Kraftstoffeinspritzung entsprechend dem Betrag der Verzögerung, wenn die Einspritzzeitsteuerung verzögert wird. Der erhöhte Betrag der Kraftstoffeinspritzung unterdrückt die Verschlechterung der Verbrennung und verringert eine Erhöhung von Drehmomentschwankungen.

[0007] Wenn die Kraftstoffeinspritzmenge erhöht wird, erhöht die offenbarte Vorrichtung jedoch die Wahrscheinlichkeit von Klopfen. Um Klopfen zu unterdrücken sollte deshalb die Zündzeitsteuerung weiter verzögert werden. Dies kann zu einer Überverzögerung der Zündzeitsteuerung führen, was eine Fehlzündung verursachen kann. Eine solche Fehlzündung würde die Drehmomentschwankungen weiter erhöhen.

[0008] Dokument US 5 577 476 offenbart eine Zündzeitsteuerungsvorrichtung für einen Motor, welche die Zündzeitsteuerung entsprechend dem Vorhandensein oder der Abwesenheit von Abgasen korrigiert, die durch eine Abgasrückführungsvorrichtung in eine Brennkammer rückzuführen sind. Eine Steuereinheit errechnet eine Ausgangszündzeitsteuerung entsprechend dem Betriebszustand des Motors und korrigiert den errechneten Wert vorgezogengerichtet durch einen vorherbestimmten Wert entsprechend der Abgasrückführungsmenge. Des Weiteren korrigiert die Steuereinheit den Kompensationswert der Zündzeitsteuerung durch einen vorherbestimmten Wert verzögerungsgerichtet auf die Zeitsteuerung nahe der Grenze, über die hinaus Klopfen beginnt.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0009] Dementsprechend ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Drehmomentschwankungsverringervorrichtung und ein Verfahren für einen Verbrennungsmotor mit Verbrennung eines mageren Gemisches bereitzustellen, das Drehmomentschwankungen verringern kann ohne einen Fehlbetrieb zu erhöhen, der mit einer verzögerten Zündzeitsteuerung verbunden ist.

[0010] Um die vorstehenden Aufgaben zu lösen, stellt die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zur Verringerung von Drehmomentschwankungen eines Verbrennungsmotors bereit, der eine Magergemischverbrennung durchführt. Die Vorrichtung weist folgende Elemente auf: Einen Abgasrückführungsmechanismus zum Rückführen eines Gases von einem Abgaskanal in einen Ansaugkanal des Motors, wobei der Mechanismus einen Abgasrückführungs kanal

hat, um den Abgaskanal des Motors mit dem Ansaugkanal zu verbinden, ein Ventil, das in dem Abgasrückführungskanal angeordnet ist und einen Aktuator zum Öffnen und Schließen des Ventils; einen Zustandsmeßgeber zum Erfassen eines Laufzustands des Motors; einen Rückführungscomputer zum Errechnen einer Abgasrückführungsmenge basierend auf dem erfassten Laufzustand, und zum Steuern des Aktuators basierend auf der Abgasrückführungsmenge; eine Zündvorrichtung zum Zünden des Kraftstoffs, der in die Brennräume des Motors zugeführt wird; ein Klopfsensor zum Erfassen von Klopfen in dem Motor; eine Zündzeitpunktsteuerungseinrichtung zum Errechnen eines Verzögerungsbetrags der Zündzeitpunktsteuerung basierend auf einem Ergebnis der Klopferrmittlung durch den Klopfsensor und zum Steuern der Zündvorrichtung, um die Zündzeitpunktsteuerung um den Verzögerungsbetrag zu verzögern, um Klopfen zu unterdrücken; eine Kompensationssteuerung zum Verringern der Abgasrückführungsmenge gemäß dem errechneten Verzögerungsbetrag.

[0011] Die vorliegende Erfindung stellt ein Verfahren zur Verringerung von Drehmomentschwankungen eines Verbrennungsmotors mit Verbrennung eines mageren Gemisches bereit, dabei weist das Verfahren folgende Schritte auf:

Ermitteln eines Laufzustands des Motors; Errechnen einer Zielmenge der Abgasrückführung basierend auf dem erfassten Laufzustand; Steuern der Abgasrückführungsmenge basierend auf der Zielmenge; Erfassen, ob Klopfen in dem Motor aufgetreten ist; Errechnen eines Verzögerungsbetrags zum Verzögern der Zündzeitpunktsteuerung des Motors basierend auf dem Ergebnis des Klopferrfassungsschrittes; Verzögern der Zündzeitpunktsteuerung um den Verzögerungsbetrag; Verringern der Abgasrückführungsmenge gemäß dem Verzögerungsbetrag.

[0012] Andere Aspekte und Vorteile der Erfindung werden ersichtlich aus der folgenden Beschreibung zusammen mit den beigefügten Zeichnungen, die beispielhaft die Prinzipien der Erfindung veranschaulichen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0013] Die Erfindung zusammen mit der Aufgaben und Vorteilen kann am Besten verstanden werden, indem auf die folgende Beschreibung der gegenwärtig bevorzugten Ausführungsbeispiele zusammen mit den beigefügten Zeichnungen verwiesen wird.

[0014] [Fig. 1](#) ist ein schematisches Strukturdiagramm, das eine Motordrehmomentschwankungsverringerungsvorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel veranschaulicht;

[0015] [Fig. 2](#) ist eine schematische Querschnitts-

darstellung, die einen Zylinder von einem Motor zeigt;

[0016] [Fig. 3](#) ist ein Flussdiagramm, das eine "Rückkopplungskompensationskoeffizientenerrechnungsroutine" veranschaulicht, die von der ECU ausgeführt wird;

[0017] [Fig. 4\(a\)](#) ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen einer Drehmomentschwankung und einem Rückkopplungsbetrag darstellt;

[0018] [Fig. 4\(b\)](#) ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Drehmomentschwankung und dem Rückkopplungsbetrag darstellt;

[0019] [Fig. 5](#) ist ein Flussdiagramm, das eine "Abgasrückführungsmengenkompensationssteuer-routine" darstellt, die durch die ECU ausgeführt wird; und

[0020] [Fig. 6](#) ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen einem Betrag der Verzögerung der Zündzeitsteuerung und dem Betrag der Kompensation der Abgasrückführung darstellt.

BESCHREIBUNG VON BESONDEREN AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

Erstes Ausführungsbeispiel

[0021] Eine Drehmomentschwankungsverringerungsvorrichtung für einen Verbrennungsmotor mit Verbrennung eines mageren Gemisches gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen ausdrücklich beschrieben.

[0022] Wie in [Fig. 1](#) dargestellt, ist ein Motor **1** mit vier Zylindern **1a** ausgestattet. Der Aufbau der Brennkammer jedes Zylinders **1a** ist in [Fig. 2](#) dargestellt. Der Motor **1** hat einen Zylinderblock **2**, der Kolben aufnimmt. Die Kolben werden in den Zylindern **1a** des Zylinderblocks **2** hin und her bewegt. Ein Zylinderkopf **4** ist oben an dem Zylinderblock **2** angeordnet. Ein Brennraum **5** ist zwischen einem Kolben und einem Zylinderkopf **4** abgegrenzt. Vier Ventile sind für jeden Zylinder **1a** bereitgestellt. Die vier Ventile haben ein erstes Einlassventil **6a**, ein zweites Einlassventil **6b** und zwei Auslassventile **8**. Das erste Einlassventil **6a** reguliert einen ersten Einlasskanal **7a** während das zweite Einlassventil **6b** einen zweiten Einlasskanal **7b** reguliert. Jedes Auslassventil **8** ist in einem Auslasskanal **9** angeordnet.

[0023] Wie in [Fig. 2](#) dargestellt, ist der erste Einlasskanal **7a** ein spiralförmiger Kanal, der sich in einer spiralförmigen Art und Weise erstreckt. Der zweite Einlasskanal **7b** erstreckt sich in einer im Wesentlichen geraden Art und Weise. Zündkerzen **10** sind in der Mitte des Zylinderkopfs **4** so angeordnet, dass sie

auf den Brennraum **5** gerichtet sind. Hochspannung wird an jede Zündkerze **10** von einer Zündvorrichtung über einen Verteiler (nicht dargestellt) angelegt. Die Zündzeitsteuerung der Zündkerzen **10** wird durch die Ausgabezeitsteuerung der Hochspannung, die von der Zündvorrichtung **12** übermittelt wird, bestimmt. Ein Kraftstoffeinspritzventil **11** ist in der Nähe der Innenwand des Zylinderkopfs **4** angeordnet und zwar in der Umgebung von jeder Gruppe erster und zweiter Einlassventile **6a**, **6b** jedes Brennraums **5**. Das Kraftstoffeinspritzventil **11** spritzt Kraftstoff direkt in den zugehörigen Brennraum **5** des Zylinders **1a** ein.

[0024] In diesem Ausführungsbeispiel spritzt jedes Einlassventil **11** Kraftstoff direkt in den zugehörigen Zylinder **1a** ein, wenn entweder Schichtladungsverbrennung oder Homogenladungsverbrennung ausgeführt wird. Wenn Schichtladungsverbrennung ausgeführt wird, spritzt das Ventil **11** Kraftstoff in der Endphase von jedem Verdichtungsakt in den Brennraum **5** ein. Der eingespritzte Kraftstoff wird in einer konzentrierten Art und Weise um die Zündkerze **10** zugeführt und wird verbrannt. Während der Schichtladungsverbrennung ist eine Drosselklappe **23**, die nachfolgend beschrieben wird, relativ geöffnet. Wenn andererseits Homogenladungsverbrennung ausgeführt wird, spritzt das Ventil **11** Kraftstoff während dem Ansaugtakt der zugehörigen Kolben in den Brennraum **5** ein. Der eingespritzte Kraftstoff wird mit Luft vermischt, die in den Brennraum **5** von den Einlasskanälen **7a**, **7b** eingeführt wird und verbrannt.

[0025] Wie in [Fig. 1](#) dargestellt, ist der erste und zweite Einlasskanal **7a**, **7b** von jedem Zylinder **1a** verbunden mit einem Ausgleichsbehälter **16** und zwar durch einen ersten Ansaugkanal **15a** und einen zweiten Ansaugkanal **15b**, die in einem Ansaugkrümmer **15** definiert sind. Ein Wirbel-Steuerventil **17** ist in jedem zweiten Ansaugkanal **15b** angeordnet. Die Wirbel-Steuerventile **17** sind zum Beispiel mit einem Schrittmotor (oder einem Gleichstrommotor) **19** durch eine gemeinsame Welle **18** verbunden. Der Schrittmotor **19** wird durch Signale gesteuert, die von einer elektronischen Steuereinheit (ECU) **30**, die später erklärt wird, übermittelt werden. Der Schrittmotor **19** kann durch einen Aktuatorelement ersetzt werden, das durch einen Vakuumdruck im Einlasskanal **7a**, **7b** gesteuert wird.

[0026] Der Ausgleichsbehälter **16** ist mit einem Luftreiniger **21** über ein Ansaugrohr **20** verbunden. Eine Drosselklappe **23**, die durch einen Schrittmotor (oder Gleichstrommotor) **22** geöffnet und geschlossen wird, ist in dem Ansaugrohr **20** angeordnet. Die ECU **30** sendet Signale, um den Schrittmotor **22** zum Öffnen und Schließen der Drosselklappe **23** anzutreiben. Die Drosselklappe **23** passt die Menge von Ansaugluft an, die durch das Ansaugrohr **20** hindurchströmt und in den Brennraum **5** eintritt. In diesem Ausführungsbeispiel bilden das Ansaugrohr **20**, der

Ausgleichsbehälter **16**, der erste Ansaugkanal **15a** und der zweite Ansaugkanal **15b** einen Ansaugpfad. Ein Drosselsensor **25** ist in der Umgebung der Drosselklappe **23** angeordnet, um den Öffnungswinkel (Drosselwinkel TA) von der Klappe **23** zu ermitteln.

[0027] Die Auslasskanäle **9** von jedem Zylinder **1a** sind an einen Abgaskrümmer **14** angeschlossen. Nach der Verbrennung wird das Abgas durch einen Abgaskrümmer **14** an ein Abgasrohr (nicht dargestellt) geführt.

[0028] Der Motor **1** ist mit einem herkömmlichen Abgasrückführungs(EGR)-Mechanismus **51** versehen, der einen EGR-Kanal **52** und ein EGR-Ventil **53** hat, das in dem EGR-Kanal **52** angeordnet ist. Der EGR-Kanal **52** verbindet einen Teil des Ansaugrohrs **20** an einer stromabwärtigen Seite der Drosselklappe **23** mit einem Abgasrohr, das mit dem Abgaskrümmer **14** verbunden ist. Das EGR-Ventil **53** hat einen Ventilsitz, einen Ventilkörper (keiner von beiden ist dargestellt) und einen Schrittmotor **54**. Der Öffnungsbereich von dem EGR-Ventil **53** wird verändert, indem der Schrittmotor **54** dazu veranlasst wird, den Ventilkörper bezüglich des Ventilsitzes schrittweise zu versetzen. Wenn das EGR-Ventil **53** öffnet, tritt etwas von dem Abgas, welches in das Abgasrohr eingeleitet wurde, in den EGR-Kanal **52** ein. Das Gas wird dann in das Ansaugrohr **20** über das EGR-Ventil **53** eingeblasen. Mit anderen Worten, etwas von dem Abgas wird durch den EGR-Mechanismus **51** rückgeführt und zum Luft-Kraftstoff-Gemisch zurückgebracht. Das EGR-Ventil **53** steuert die Rückführmenge des Abgases.

[0029] Die ECU **30** ist ein Digitalcomputer, der versehen ist mit einem Schreib-/Lese-Speicher (RAM) **32**, einem Festwertspeicher (ROM) **33**, einer zentralen Recheneinheit (CPU) **34**, die ein Mikroprozessor ist, einem Eingabeanschluss **35** und einem Ausgabeanschluss **36**. Ein bidirektionaler Bus **31** verbindet den RAM **32**, den ROM **33**, die CPU **34**, den Eingabeanschluss **35** und den Ausgabeanschluss **36** miteinander.

[0030] Ein Gaspedal **24** ist mit einem Pedalwinkelsensor **26A** verbunden. Der Pedalwinkelsensor **26A** erzeugt Spannung proportional zu einem Grad des Niederdrückens des Gaspedals **24**. Dies ermöglicht es den Gaspedalniederdrückbetrag zu ermitteln. Die Spannung, die durch den Pedalwinkelsensor **26A** erzeugt wird, wird in die CPU **34** über einen Analog-zu-Digital(A/D)-Wandler **37** und den Eingabeanschluss **35** eingegeben. Das Gaspedal **24** ist auch mit einem Vollverschlussschalter **26B** versehen, der ermittelt, ob das Gaspedal **24** überhaupt nicht gedrückt wird. Der Verschlussschalter **26B** gibt eine Eins als Vollverschlusssignal aus, wenn das Gaspedal **24** überhaupt nicht gedrückt wird und gibt eine Null aus, wenn das Gaspedal **24** gedrückt wird. Die

Ausgabespannung des Verschlusschalters **26B** wird in die CPU **34** über den Eingabeanschluss **35** eingegeben.

[0031] Ein oberer Todpunkt-Sensor **27** erzeugt einen Ausgabeimpuls, wenn zum Beispiel der Kolben in dem ersten Zylinder **1a** die obere Todpunktposition erreicht. Der Ausgabeimpuls wird über den Eingabeanschluss **35** an die CPU **34** zugeführt. Ein Kurbelwinkelsensor **28** erzeugt jedes Mal einen Ausgabeimpuls, wenn eine Kurbelwelle des Motors **1** beispielsweise um einen Kurbelwinkel CA von 30 Grad gedreht wird. Der Ausgabeimpuls, der von dem Kurbelwinkelsensor **28** ausgesendet wird, wird über den Eingabeanschluss **35** an die CPU **34** gesendet. Die CPU **34** liest die Ausgabeimpulse des oberen Todpunkt-Sensors **27** und des Kurbelwinkelsensors **28**, um die die Motorgeschwindigkeit NE zu errechnen.

[0032] Der Drehwinkel der Welle **18** wird durch einen Wirbel-Steuerventilsensor **29** ermittelt, um den Öffnungsbereich des Wirbel-Steuerventils **17** zu messen. Die Signalausgabe des Wirbel-Steuerventilsensors **29** wird über einen A/D-Wandler **37** und den Eingabeanschluss **35** an die CPU **34** gesendet. Der Drosselsensor **25** ermittelt den Drosselwinkel TA. Diese Signalausgabe des Drosselsensors **25** wird an die CPU **34** über einen A/D-Wandler **37** und den Eingabeanschluss **35** gesendet.

[0033] Ein Ansaugdrucksensor **61** ist bereitgestellt, um den Druck in dem Ausgleichbehälter **16** (Ansaugdruck PIM) zu ermitteln. Ein Kühlmitteltemperatursensor **62** ist vorgesehen, um die Temperatur des Motorkühlmittels (Kühlmitteltemperatur THW) zu ermitteln. Diese Sensoren, **61**, **62** geben Signale, die auf ermittelten Werten basieren, über entsprechende A/D-Wandler **37** und den Eingabeanschluss **35** an die CPU **34** aus.

[0034] Der Zylinderblock **2** ist mit einem Klopfsensor **63** versehen, der die Schwingung ermittelt, die Klopfen beinhaltet, welches durch den Motor **1** erzeugt wird und ein Klopfsignal KCS entsprechend der Frequenz und des Schwingungspiegels ausgibt.

[0035] Die Sensoren **25–29**, **61–63** und der Schalter **26B** dienen als Vorrichtungen zum Ermitteln des Betriebszustands des Motors **1**.

[0036] Der Ausgabeanschluss **36** ist durch Ansteuerschaltkreise **38** verbunden mit den Kraftstoffeinspritzventilen **11**, den Schrittmotoren **19**, **22**, der Zündkerze **10** (Zündvorrichtung **12**) und dem EGR-Ventil **53** (dem Schrittmotor **54**). Die ECU **30** steuert optimal die Kraftstoffeinspritzventile **11**, die Schrittmotoren **19**, **22**, **54** und die Zündvorrichtung **12** mit Steuerprogrammen, die in dem ROM **33** gespeichert sind, basierend auf Signalen, die von den Sensoren **25–29**, **61–63** und dem Schalter **26B** gesendet

werden.

[0037] Ein Programm in Verbindung mit verschiedenen Steuerungen wird nun mit Bezug auf die [Fig. 3](#), [Fig. 4\(a\)](#) und [Fig. 4\(b\)](#) erklärt.

[0038] Um die Menge an Kraftstoffeinspritzung durch Regulierung des Kraftstoffeinspritzventils **11** nach der Drehmomentschwankung zu steuern, führt die ECU **30** eine Routine aus, die in [Fig. 3](#) veranschaulicht ist, und zwar mit einem Interrupt für jeden vorherbestimmten Kurbelwinkel.

[0039] Als erstes errechnet in Schritt **101** die ECU **30** eine Drehmomentschwankung dlnism. Die ECU **30** errechnet eine Veränderung in der Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle (eine Änderung der Motorgeschwindigkeit) als die Drehmomentschwankung dlnism basierend auf dem Ausgabesignal des Kurbelwinkelsensors **28**, das zu jedem vorherbestimmten Kurbelwinkel (30° CA) ausgesendet wird.

[0040] Als nächstes errechnet die ECU **30** in Schritt **102** eine Solldrehmomentschwankung Tdlnism basierend auf vorherbestimmten Funktionsdaten. Diese Funktionsdaten wurden vorher ermittelt, indem eine Grundkraftstoffeinspritzmenge QALL, die Motorgeschwindigkeit NE und die Solldrehmomentschwankung Tdlnism als Parameter verwendet wurden. Die Grundkraftstoffeinspritzmenge QALL wird im Voraus in einer separaten Routine basierend auf dem Gaspedalwinkel ACCP und der Motorgeschwindigkeit NE errechnet. Die Solldrehmomentschwankung Tdlnism ist eine Drehmomentschwankung, die unter dem vorherrschenden Betriebszustand des Motors **1** zulässig ist. Mit einer gegebenen Motorgeschwindigkeit NE und einer gegebenen Motorbelastung wird zum Beispiel die Solldrehmomentschwankung Tdlnism ermittelt und zwar entsprechend dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis A/F. Während das Luft-Kraftstoff-Verhältnis A/F ansteigt (da das Gemisch aus Kraftstoff und Luft magerer ist) steigt die Solldrehmomentschwankung Tdlnism an.

[0041] In Schritt **103** errechnet die ECU **30** einen Rückkopplungsbetrag C(j), der die Kraftstoffeinspritzmenge beeinflusst und zwar basierend auf den Drehmomentschwankungen dlnism und der Solldrehmomentschwankung Tdlnism. Genauer wählt die ECU **30** eine Rückkopplungsbetragsfunktion aus verschiedenen möglichen Rückkopplungsbetragsfunktionen basierend auf der Solldrehmomentschwankung Tdlnism aus. Zwei Graphen solcher Funktionen sind in [Fig. 4\(a\)](#) und [Fig. 4\(b\)](#) gegeben. Die horizontalen Achsen zeigen den Unterschied zwischen der Drehmomentschwankung dlnism und der Solldrehmomentschwankung Tdlnism (dlnism – Tdlnism) und die vertikalen Achsen zeigen C(j). Jede der horizontalen Achsen beinhaltet acht Bereiche L4, L3, L2, L1, H1, H2, H3, H4.

[0042] In [Fig. 4\(a\)](#) hat jeder der Bereiche L4–L1 und H1–H4 eine maximale Breite, während jeder der Bereiche L4–L1 und H1–H4 des Graphen aus [Fig. 4\(b\)](#) eine minimale Breite hat. Eine Anzahl anderer ähnlicher Funktionen, die zwischen diesen zwei Extremen sind, werden auch angewendet. Mit anderen Worten werden weitere Funktionsgraphen angewendet, die Bereiche L4–L1 und H1–H4 haben, die in der Breite zwischen denen aus [Fig. 4\(a\)](#) und [Fig. 4\(b\)](#) liegen, so dass die Breite ihrer Bereiche L4–L1 und H1–H4 sich schrittweise zwischen denen, die in [Fig. 4\(b\)](#) und denen die in [Fig. 4\(a\)](#) dargestellt sind, erhöhen. Wenn die errechnete Solldrehmomentschwankung T_{dlnism} hoch ist oder nahe des maximal erwarteten Werts ist, wählt die ECU **30** die Funktion aus, die durch den Graph aus [Fig. 4\(a\)](#) vertreten ist. Für Werte der Solldrehmomentschwankung T_{dlnism} , die zwischen dem Maximal- und Minimalwert liegen, wählt die ECU **30** proportional einen der nicht veranschaulichten Funktionen aus, die zwischen den veranschaulichten Extremen liegen.

[0043] In diesem Ausführungsbeispiel steigt der Rückkopplungsbetrag $C(j)$ in umgekehrter Reihenfolge für die Bereiche L1–L4 und der Reihenfolge für die Bereiche H1–H4. Die ECU **30** errechnet den Rückkopplungsbetrag $C(j)$ entsprechend der Differenz der Drehmomentschwankung $dlnism$ und der Solldrehmomentschwankung T_{dlnism} . Wenn die Differenz zwischen der Drehmomentschwankung $dlnism$ und der Solldrehmomentschwankung T_{dlnism} in einem der Bereiche L4–L1 liegt, nimmt der Rückkopplungsbetrag $C(j)$ zum Regulieren der Kraftstoffeinspritzmenge einen negativen Wert an. Optional kann der Rückkopplungsbetrag $C(j)$ in den Bereichen L4–L1 überall Null sein. Wenn die Drehmomentschwankung $dlnism$ in einem der Bereiche H1–H4 liegt, nimmt der Rückkopplungsbetrag $C(j)$ einen positiven Wert an.

[0044] Im nachfolgenden Schritt **104** ermittelt die ECU **30**, ob ein Zündzeitsteuerungsverzögerungsbetrag $aknksm$ kleiner ist als ein vorliegender Referenzwert (der Grenzwert des Zündzeitsteuerungsverzögerungsbetrags) C_0 . Mit anderen Worten ermittelt die ECU **30**, ob die Zündzeitsteuerung überverzögert ist. Ein positives Ergebnis in Schritt **104** kennzeichnet eine Überverzögerung.

[0045] Der Zündzeitsteuerungsverzögerungsbetrag $aknksm$ wird in einer separaten Routine errechnet und zwar entsprechend dem Pegel, der Frequenz und dergleichen des Klopfens, das durch den Klopf-sensor **63** ermittelt wird. Genauer, je mehr Klopfen auftritt, desto negativer ist der Zündzeitsteuerungsverzögerungswert $aknksm$. Mit anderen Worten ist ein großer Absolutwert von $aknksm$ stellvertretend für eine große Zeitsteuerungsverzögerung. Wenn kein Klopfen auftritt, wird der Zündzeitsteuerungsverzögerungsbetrag $aknksm$ auf Null gesetzt. Der auf diese Weise gesetzte Zündzeitsteuerungsverzö-

gerungsbetrag $aknksm$, wird bei der Errechnung der Zündzeitsteuerung T verwendet. Genauer, um die Zündzeitsteuerung T zu ermitteln, errechnet die ECU **30** eine Basiszeitsteuerung T_0 basierend auf dem gesetzten Grundkraftstoffeinspritzbetrag $QALL$ und der Motorgeschwindigkeit NE und addiert den Zündzeitsteuerungsverzögerungsbetrag $aknksm$ zu dieser Basiszeitsteuerung T_0 .

[0046] Wenn der Zündzeitsteuerungsverzögerungsbetrag $aknksm$ kleiner ist als der Bezugswert C_0 , fährt die ECU **30** zu Schritt **105** fort. In diesem Schritt **105** setzt die ECU **30** den Rückkopplungsbetrag $C(j)$ für den Bereich H1 auf Null wie durch die Pfeile in [Fig. 4\(a\)](#) und [Fig. 4\(b\)](#) gekennzeichnet. Wenn der Zündzeitsteuerungsverzögerungsbetrag $aknksm$ gleich oder größer ist als der Bezugswert C_0 in Schritt **104**, fährt die ECU **30** zu Schritt **106** fort.

[0047] In Schritt **106**, der von Schritt **104** oder **105** erreicht wird, errechnet die ECU **30** einen Rückkopplungskompensationskoeffizienten FAF , der zur Kraftstoffeinspritzmenge zugehörig ist, basierend auf dem errechneten Rückkopplungsbetrag $C(j)$ für die Kraftstoffeinspritzmenge. Das heißt, die ECU **30** addiert den Rückkopplungsbetrag $C(j)$ zu einem vorhergehenden Rückkopplungskompensationskoeffizienten FAF_{i-1} , um einen neuen Rückkopplungskompensationskoeffizienten FAF zu erhalten.

[0048] Dann schließt die ECU **30** vorübergehend die nachfolgende Berechnung ab. Der aktuell errechnete Rückkopplungskompensationskoeffizient FAF wird zusammen mit der Grundkraftstoffeinspritzmenge $QALL$ bei der Berechnung der Endkraftstoffeinspritzmenge in einer Kraftstoffeinspritzsteuerprogrammroutine verwendet.

[0049] Der Betrieb der Drehmomentschwankungsverringerungsvorrichtung gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird nachfolgend beschrieben.

[0050] Im vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel wird die Grundkraftstoffeinspritzmenge $QALL$ in einer separaten Routine auf Basis des Gaspedalwinkels $ACCP$ und der Motorgeschwindigkeit NE berechnet. In der Routine aus [Fig. 3](#) kompensiert die ECU **30** die Kraftstoffeinspritzmenge, um die tatsächliche Drehmomentschwankung $dlnism$ hin zur Solldrehmomentschwankung T_{dlnism} zu lenken. Im Besonderen wird die Menge an Kraftstoff erhöht, um die Drehmomentschwankung $dlnism$ zu verringern.

[0051] Wenn Klopfen auftritt, wird um das Klopfen zu verringern der Einspritzzeitsteuerungsverzögerungsbetrag $aknksm$, der in einer separaten Programmroutine berechnet wird, verringert, um das Klopfen zu verringern. Das heißt die Einspritzzeitsteuerung wird verzögert. Wenn der Einspritzzeitsteuerungsverzögerungsbetrag $aknksm$ kleiner ist

als der Bezugswert C_0 oder wenn die Einspritzzeitsteuerungsverzögerung bis zu einem gewissen Grad erhöht wird, wird der Rückkopplungsbetrag $C(j)$ für den Bereich H1, der in den Fig. 4A und 4B dargestellt ist, von einem positiven Wert auf Null zurückgesetzt, wie durch die Pfeile in Fig. 4(a) und Fig. 4(b) gekennzeichnet. Wenn die Drehmomentschwankung $dlnism$ groß genug ist, um im Bereich H1 zu liegen, begrenzt diese Einstellung ein weiteres Ansteigen des Grundkraftstoffeinspritzbetrags QALL. Diese Begrenzung der Kraftstoffhöhung verhindert, dass die Verbrennungsgeschwindigkeit ansteigt und verhindert das Klopfen aufgrund von übermäßigem Anstieg der Kraftstoffeinspritzmenge auftritt.

[0052] In diesem Ausführungsbeispiel wird der Unterdrückung von Klopfen eine höhere Priorität eingeräumt als der Verringerung der Drehmomentschwankung $dlnism$ und zwar durch die Begrenzung der Erhöhung in der Kraftstoffeinspritzmenge. Dies verhindert, dass die Kraftstoffeinspritzmenge ansteigt, um die Drehmomentschwankung $dlnism$ zu verringern und verhindert folglich einen ungewünschten Anstieg der Zündzeitsteuerungsverzögerung. Das heißt Überverzögerung wird verhindert. Dies verhindert Fehlzündungen aufgrund von Zeitsteuerungsüberverzögerung. Dies verhindert das sich wiederholende Problem, das sich aus der wiederholten Unterdrückung von Klopfen und der Verringerung der Drehmomentschwankung $dlnism$ ergibt, welches im Stand der Technik beschrieben ist.

Zweites Ausführungsbeispiel

[0053] Nun wird ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

[0054] Um eine wiederholte Beschreibung zu vermeiden, wurden den Bauteilen, welche die gleichen, wie die entsprechenden Bauteile des ersten Ausführungsbeispiels sind, gleiche Bezugszeichen gegeben.

[0055] Wenn gemäß diesem Ausführungsbeispiel der Zündzeitsteuerungsverzögerungsbetrag $aknksm$ erhöht wird, um Klopfen zu unterdrücken, wird die Menge der Abgasrückführung entsprechend der Motorgeschwindigkeit NE kompensiert. Die ECU 30 führt eine Routine aus, die durch das Flussdiagramm aus Fig. 5 dargestellt ist und zwar mit einem Interrupt für jeden vorherbestimmten Kurbelwinkel, um die Kompensation auszuführen.

[0056] Als erstes errechnet die ECU 30 in Schritt 201 die Motorgeschwindigkeit NE aus dem Ausgabesignal des Kurbelwinkelsensors 28 oder dergleichen. Dann ermittelt die ECU 30, dass die Motorgeschwindigkeit NE größer ist als der gegenwärtige Referenzwert NE_0 . Wenn diese festgestellt wird, fährt die ECU 30 zu Schritt 202 fort.

[0057] In Schritt 202 ermittelt die ECU 30 basierend auf dem Ausgabesignal des Klopfensensors 63, ob Klopfen auftritt. Wenn Klopfen auftritt, fährt die ECU 30 zu Schritt 204 fort.

[0058] In Schritt 204 liest die ECU 30 den Zündzeitsteuerungsverzögerungsbetrag $aknksm$ ein, der separat in einer Routine errechnet wurde, die ähnlich der ist, die in Ausführungsbeispiel 1 beschrieben wurde. Dann errechnet die ECU 30 einen EGR-Kompensationsbetrag $dEGR$ basierend auf dem Zündzeitsteuerungsverzögerungsbetrag $aknksm$. In Fig. 6 ist der EGR-Kompensationsbetrag $dEGR$ dargestellt. Mit anderen Worten entsprechen höhere Absolutwerte des Verzögerungsbetrags (größere Zeitverzögerungen) größeren EGR-Kompensationswerten.

[0059] Wenn in Schritt 202 kein Klopfen ermittelt wird, fährt die ECU 30 zu Schritt 204 fort, um den EGR-Kompensationsbetrag $dEGR$ auf Null zu setzen. Wenn die Motorgeschwindigkeit NE im vorhergehenden Schritt 201 gleich oder kleiner ist als der Referenzwert NE_0 , fährt die ECU 30 zu Schritt 203 fort, um den EGR-Kompensationsbetrag $dEGR$ wie in Schritt 205 auf Null zu setzen.

[0060] In Schritt 206, der von Schritt 203, 204 oder 205 erreicht wird, subtrahiert die ECU 30 den EGR-Kompensationsbetrag $dEGR$ von einem Basis-EGR-Betrag EGR_0 und erhält einen EGR-Betrag $EGRF$. Der Basis-EGR-Betrag EGR_0 wird basierend auf dem Gaspedalwinkel ACCP oder dergleichen in einer separaten Routine errechnet. Dann schließt die ECU 30 vorübergehend die nachfolgende Berechnung ab.

[0061] Bei dieser Routine, wird wie aus dem Vorstehenden ersichtlich, der Basis-EGR-Betrag EGR_0 um den EGR-Kompensationsbetrag $dEGR$ verringert.

[0062] Der Betrieb für die Drehmomentschwankungsverringervorrichtung gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird nachfolgend beschrieben.

[0063] Zeitweise verringert die Rückführung von Abgasen zur Ansaugluft die Motorgeschwindigkeit und unterdrückt Klopfen. Wenn die Motorgeschwindigkeit NE hoch ist und die Temperatur der Abgase höher ist als ein bestimmtes Niveau, steigert jedoch die Rückführung der Abgase zur Ansaugluft die Ansaugtemperatur. Der Anstieg der Ansaugtemperatur steigert die Verbrennungsgeschwindigkeit. Während die Verbrennungsgeschwindigkeit ansteigt, verschlimmert sich Klopfen.

[0064] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wenn und nur wenn die Motorgeschwindigkeit NE einen vorherbestimmten Wert NE_0 übersteigt und wenn Klopfen auftritt, wird der EGR-Kompensationsbetrag $dEGR$ auf einem positiven Wert eingestellt und zwar

basierend auf dem Zündzeitsteuerungsverzögerungsbetrag $\Delta t_{\text{Zündzeitsteuerung}}$, der separat berechnet wurde. Der EGR-Betrag Δt_{EGR} wird deshalb um den EGR-Kompensationsbetrag $\Delta t_{\text{EGR-Kompensation}}$ verringert. Die Verringerung des EGR-Betrags Δt_{EGR} unterdrückt Klopfen.

[0065] Im Allgemeinen werden während der EGR-Betrag Δt_{EGR} verringert wird, ungewünschte Abgasemissionen erhöht. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird jedoch die Verringerung des EGR-Betrags Δt_{EGR} durch den EGR-Kompensationsbetrag $\Delta t_{\text{EGR-Kompensation}}$ nur ausgeführt, wenn Klopfen bei hohen Motorgeschwindigkeiten auftritt und der EGR-Kompensationsbetrag $\Delta t_{\text{EGR-Kompensation}}$ wird basierend auf dem Zündzeitsteuerungsverzögerungsbetrag $\Delta t_{\text{Zündzeitsteuerung}}$ entsprechend dem Grad des Klopfens eingestellt. Auf diese Art und Weise wird eine Verringerung des EGR-Betrags Δt_{EGR} entsprechend des Grads an Klopfen minimiert. Dies verhindert, dass der EGR-Betrag Δt_{EGR} mehr als notwendig verringert wird, so dass sich unerwünschte Abgasemissionen nicht mehr erhöhen als notwendig.

[0066] Da des Weiteren Klopfen durch die Verringerung des EGR-Betrags Δt_{EGR} bei hohen Motorgeschwindigkeiten unterdrückt wird, wird der Zündzeitsteuerungsverzögerungsbetrag $\Delta t_{\text{Zündzeitsteuerung}}$ nicht mehr als notwendig erhöht. Dies verhindert die Erhöhung der Drehmomentschwankung und die Verzögerung der Zündzeitsteuerung. Des Weiteren wird das sich wiederholende Problem, das durch die wiederholte Unterdrückung von Klopfen und durch die Verringerung von Drehmomentschwankungen verursacht wird, verhindert.

[0067] Es sollte jenen, die mit dem Stand der Technik vertraut sind, ersichtlich sein, dass die Erfindung in vielen anderen spezifischen Arten ausgeführt werden kann. Insbesondere versteht sich, dass die Erfindung in auf die folgenden Arten ausgeführt werden kann:

- (a) Anstatt der Verwendung der Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle oder der Veränderung der Motorgeschwindigkeit n kann die Drehmomentschwankung ΔM auch basierend auf anderen Parametern errechnet werden, welche die Drehmomentschwankungen des Motors anzeigen, sowie zum Beispiel eine Schwankung des Verbrennungsdrucks.
- (b) In Schritt **201** aus [Fig. 5](#), können andere Parameter als die Motorgeschwindigkeit n verwendet werden, wie zum Beispiel der Gaspedalwinkel und die Kraftstoffeinspritzmenge, so lange sie eine Veränderung der Temperatur der Abgase anzeigen.
- (c) Obwohl die elektronisch steuerbare Drosselklappe **23** in dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen verwendet wird, kann eine mechanische Drosselklappe, die mit dem Gaspe-

dal **24** verbunden ist, anstattdessen verwendet werden.

(d) Die Kraftstoffeinspritzmenge und der EGR-Betrag können beide kompensiert werden.

(e) Gemäß dem ersten und zweiten Ausführungsbeispiel kann die vorliegende Erfindung in einem Zylindereinspritzmotor **1** angewendet werden. Jedoch kann die vorliegende Erfindung in jedem Motortyp angewendet werden, solange der Motor in der Lage ist, die Verbrennung eines mageren Gemisches auszuführen. Zum Beispiel kann die vorliegende Erfindung in einem Motor angewendet werden, in dem Kraftstoff gegen die Rückseiten der Einspritzventile **6a**, **6b** zum Ausführen von Schichtladungsverbrennung eingespritzt wird, angewendet werden. Des Weiteren ist in dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel das Kraftstoffeinspritzventil **11** in der Umgebung der Einlassventile **6a**, **6b** vorgesehen. Jedoch kann das Ventil **11** an jeder Position angeordnet werden, solange das Ventil **11** Kraftstoff direkt in den Brennraum **5** einspritzen kann.

(f) Der Motor **1** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel hat spiralförmige Einlasskanäle **7a**, **7b**, die einen Wirbel der Ansaugluft erzeugen. Jedoch ist ein Wirbel nicht erforderlich. Deshalb kann das Wirbel-Steuerventil **17** und der Schrittmotor **19** weggelassen werden.

(g) Das erste und zweite Ausführungsbeispiel werden in einem Benzinmotor **1** angewendet. Jedoch kann die vorliegende Erfindung auch in einem Dieselmotor angewendet werden.

[0068] Daher sind die vorliegenden Ausführungsbeispiele und -formen als veranschaulichend und nicht als begrenzend zu verstehen und die Erfindung ist nicht auf die hierbei gegebenen Details begrenzt, sondern kann innerhalb des Rahmens der beigefügten Ansprüche modifiziert werden.

[0069] Eine Vorrichtung zum Verringern von Drehmomentschwankungen eines Verbrennungsmotors (**1**) mit Verbrennung eines mageren Gemisches. Eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung (**11**) führt Kraftstoff an Brennräume des Motors (**1**) zu. Eine Zündvorrichtung (**10**, **12**) zündet den in die Brennräume zugeführten Kraftstoff. Ein Klopfsensor erfasst Klopfen in dem Motor (**1**). Eine elektronische Steuereinheit (ECU) (**30**) errechnet einen Verzögerungsbetrag der Zündzeitsteuerung basierend auf dem Ergebnis der Klopf erfassung durch den Klopfsensor und steuert die Zündvorrichtung (**12**), um die Zündzeitsteuerung um den Verzögerungsbetrag zum Unterdrücken von Klopfen zu verzögern. Die ECU (**30**) erfasst auch Drehmomentschwankungen des Motors (**1**). Die ECU (**30**) erhöht eine Menge an von der Einspritzvorrichtung (**11**) eingespritztem Kraftstoff um eine Anstiegsmenge, um die Drehmomentschwankungen zu verringern, wenn die erfassten Drehmomentschwankungen größer als ein Zielwert sind. Die ECU (**30**) be-

grenzt die Anstiegsmenge wenn die Zündzeitsteuerung um mehr als einen vorherbestimmten Verzögerungsbetrag verzögert wird.

Patentansprüche

1. Eine Vorrichtung zum Verringern von Drehmomentenschwankungen eines Verbrennungsmotors (1) mit Verbrennung eines mageren Gemisches, der folgende Elemente aufweist:

einen Abgasrückführungsmechanismus (51) zum Rückführen eines Gases von einem Abgaskanal (14) in einen Ansaugkanal (15a, 15b) des Motors (1), wobei der Mechanismus (51) einen Abgasrückführungskanal (52) hat, um den Abgaskanal (14) des Motors (1) mit dem Ansaugkanal (15a, 15b) zu verbinden, ein Ventil (53), das in dem Abgasrückführungskanal (52) angeordnet ist und einen Aktuator (54) zum Öffnen und Schließen des Ventils (53);

einen Zustandsmeßgeber (25, 26A, 61) zum Erfassen eines Laufzustands des Motors (1);

einen Rückführungscomputer (30) zum Errechnen einer Abgasrückführungsmenge basierend auf dem erfassten Laufzustand, und zum Steuern des Aktuators (54) basierend auf der Abgasrückführungsmenge; eine Zündvorrichtung (10, 12) zum Zünden des Kraftstoffs, der in die Brennräume des Motors (1) zugeführt wird;

ein Klopfsensor (63) zum Erfassen von Klopfen in dem Motor (1); und

eine Zündzeitpunktsteuerungseinrichtung (30) zum Errechnen eines Verzögerungsbetrags der Zündzeitpunktsteuerung basierend auf einem Ergebnis der Klopfermittlung durch den Klopfsensor (63) und zum Steuern der Zündvorrichtung (10, 12), um die Zündzeitpunktsteuerung um den Verzögerungsbetrag zu verzögern, um Klopfen zu unterdrücken; dabei ist die Vorrichtung

gekennzeichnet, durch

eine Kompensationssteuerung (30) zum Verringern der Abgasrückführungsmenge gemäß dem errechneten Verzögerungsbetrag.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei der Zustandsmeßgeber (25, 26A, 61) einen Sensor hat, um eine Anzahl an Umdrehungen des Motors (1) zu erfassen und die Kompensationssteuerung (30) die Abgasrückführungsmenge kompensiert, wenn die Anzahl an Umdrehungen des Motors (1) einen vorherbestimmten Referenzwert übersteigt.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei die Kompensationssteuerung (30) eine Abgasrückführungsmenge mehr verringert, als die Zündzeitsteuerung verzögert wird.

4. Verfahren zum Verringern der Drehmomentenschwankung eines Verbrennungsmotors (1) mit Verbrennung eines mageren Gemisches, das folgende Verfahrensschritte aufweist:

Ermitteln eines Laufzustands des Motors (1);

Errechnen einer Zielmenge der Abgasrückführung basierend auf dem erfassten Laufzustand;

Steuern der Abgasrückführungsmenge basierend auf der Zielmenge;

Erfassen, ob Klopfen in dem Motor (1) aufgetreten ist;

Errechnen eines Verzögerungsbetrags zum Verzögern der Zündzeitpunktsteuerung des Motors (1) basierend auf dem Ergebnis des Klopfersfassungsschrittes; und

Verzögern der Zündzeitpunktsteuerung um den Verzögerungsbetrag; dabei ist das Verfahren gekennzeichnet durch

Verringern der Abgasrückführungsmenge gemäß dem Verzögerungsbetrag.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, das des Weiteren folgenden Verfahrensschritt aufweist:

Erfassen der Anzahl an Umdrehungen des Motors (1) pro Zeiteinheit, wobei der Schritt des Verringerns der Abgasrückführungsmenge ausgeführt wird, wenn die Anzahl an Umdrehungen des Motors (1) pro Zeiteinheit einen vorherbestimmten Referenzwert übersteigt.

6. Verfahren gemäß Anspruch 5, wobei der Verfahrensschritt des Verringerns der Abgasrückführungsmenge den Schritt aufweist, dass die Abgasrückführungsmenge mehr verringert wird als die Zündzeitsteuerung verzögert wird.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

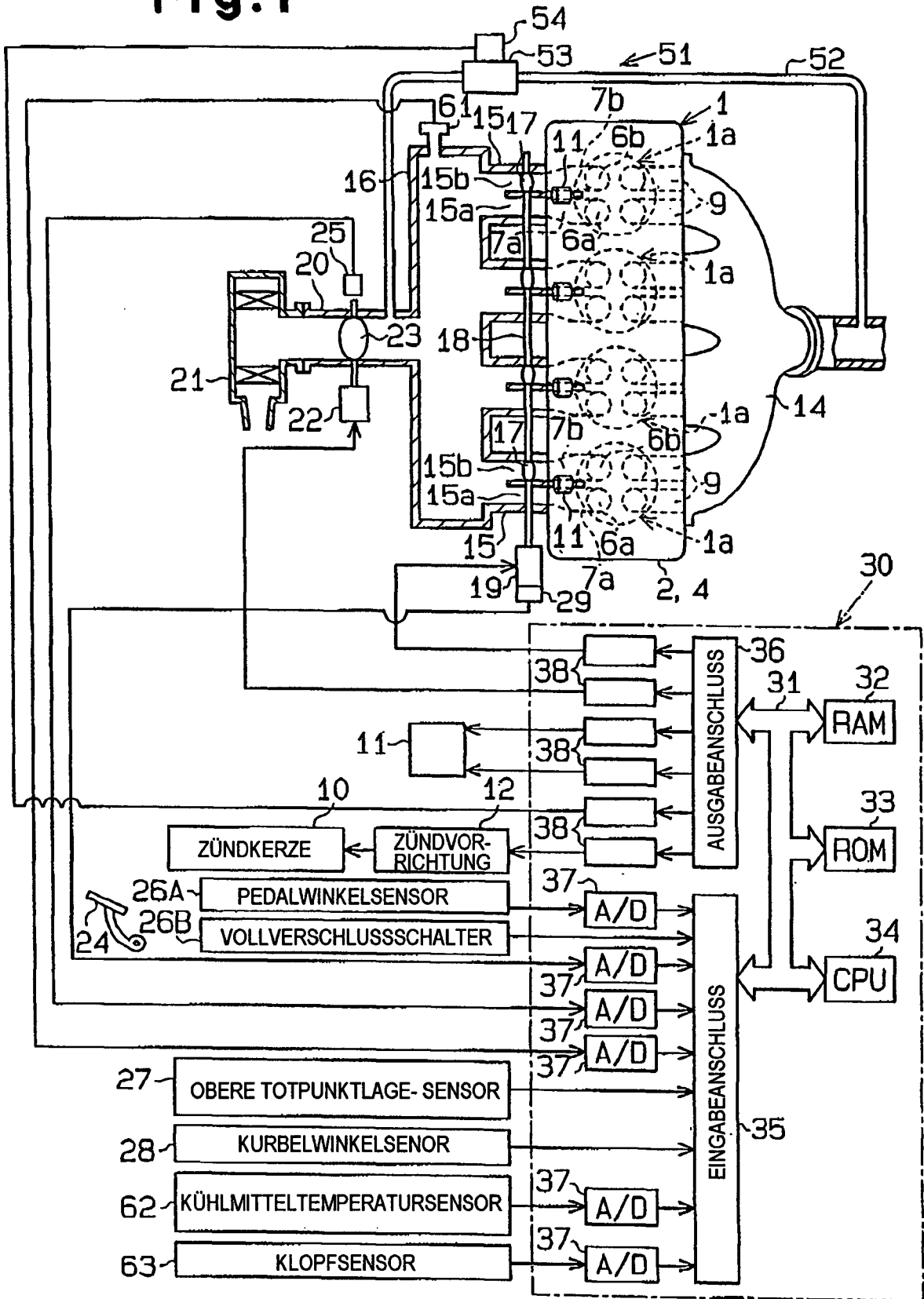


Fig.2

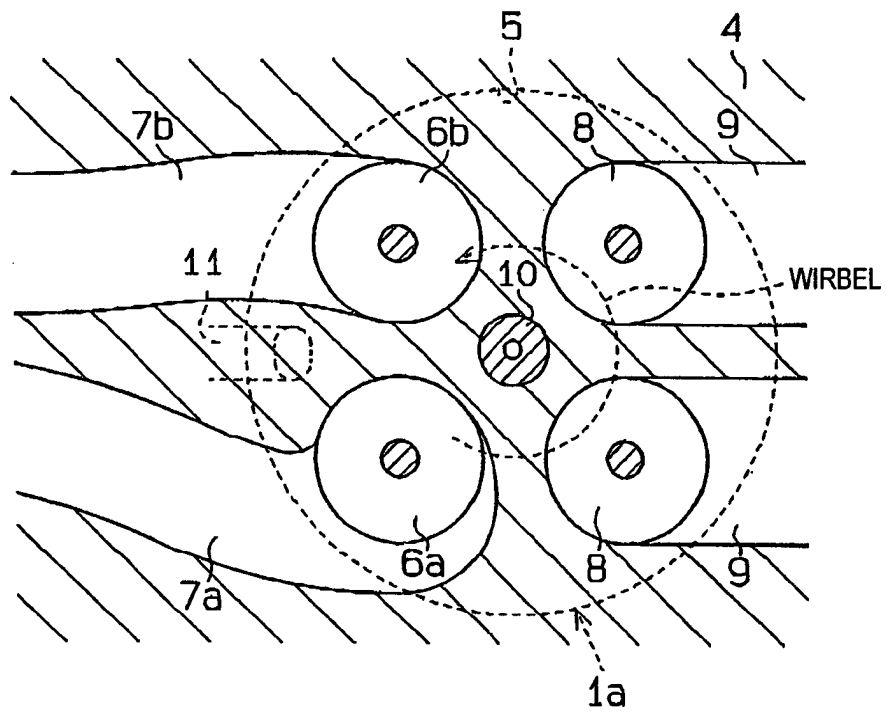


Fig. 3

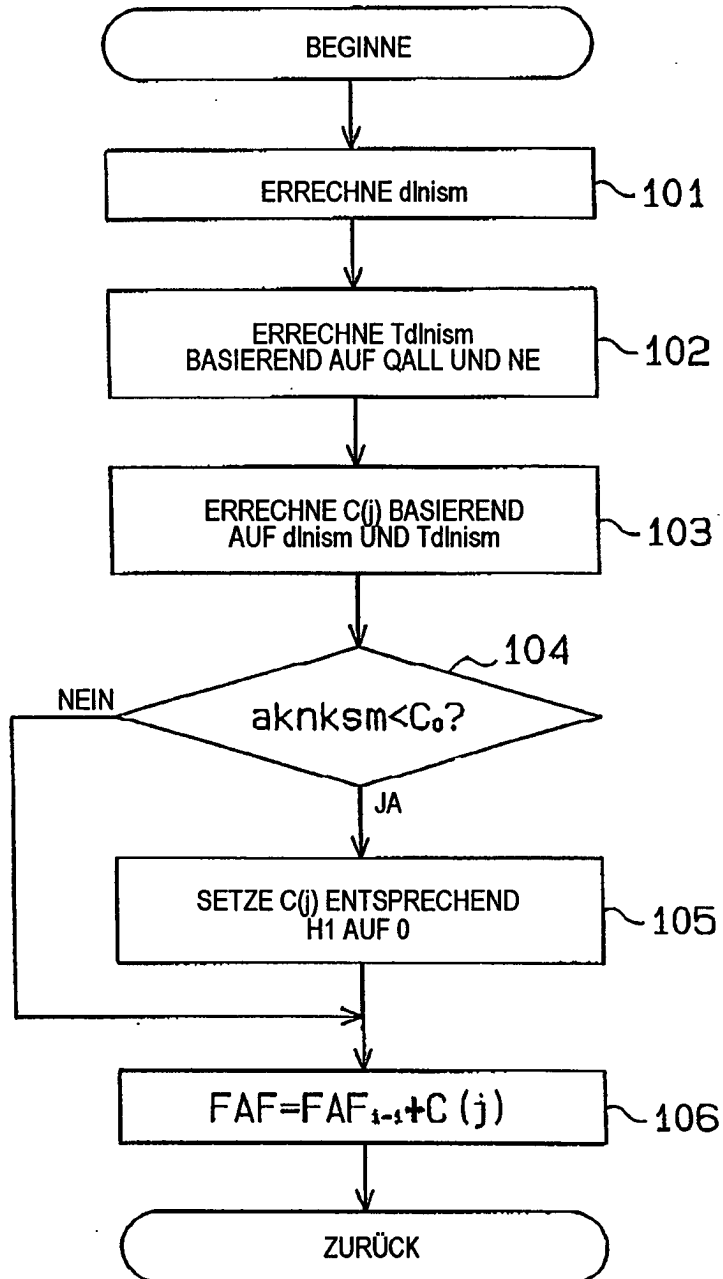


Fig. 4 (a)

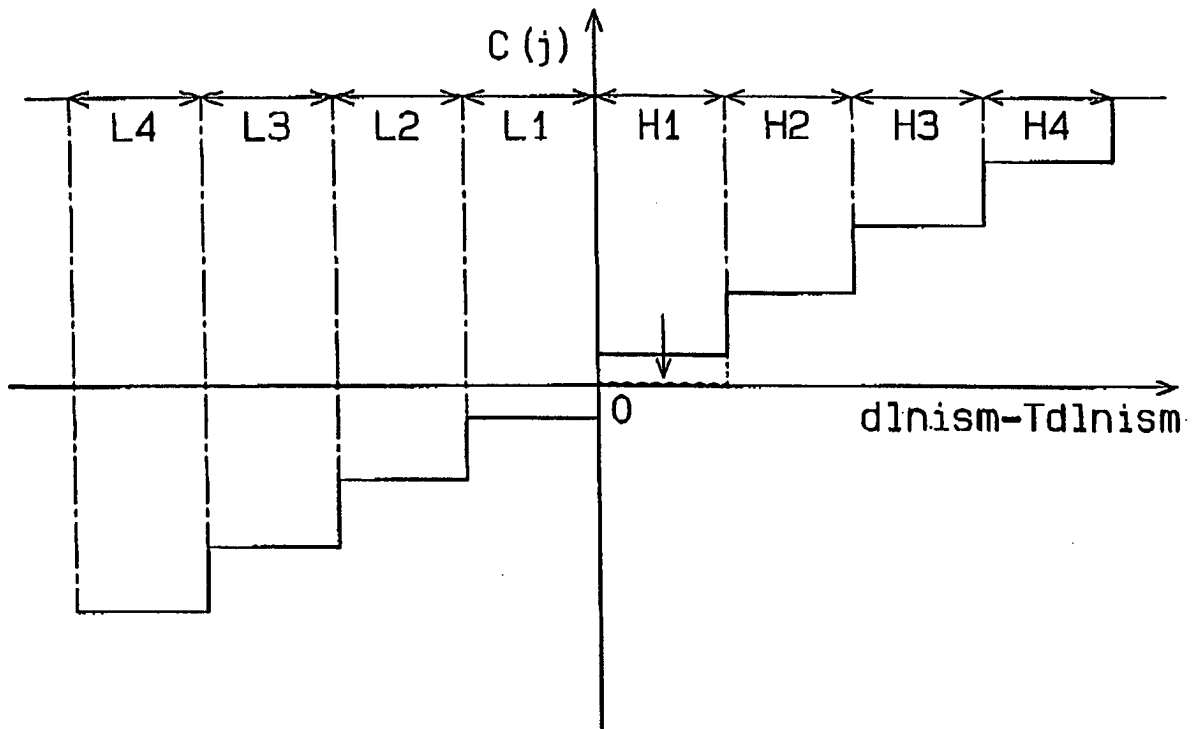


Fig. 4 (b)

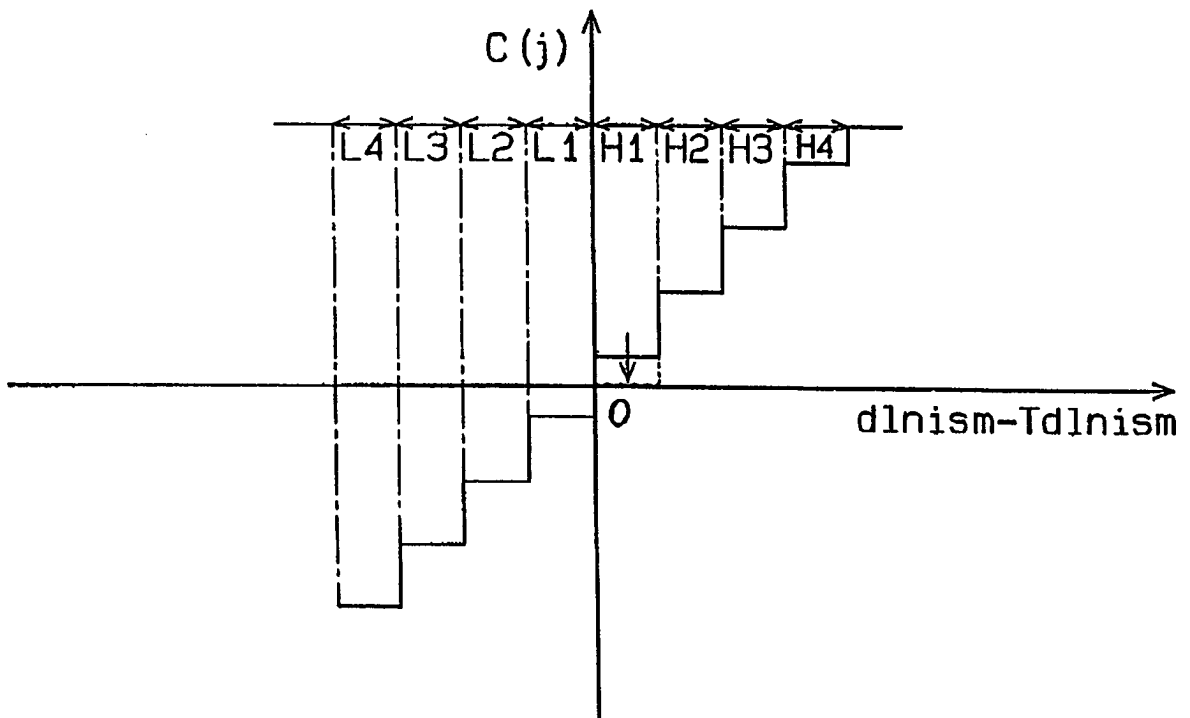


Fig.5

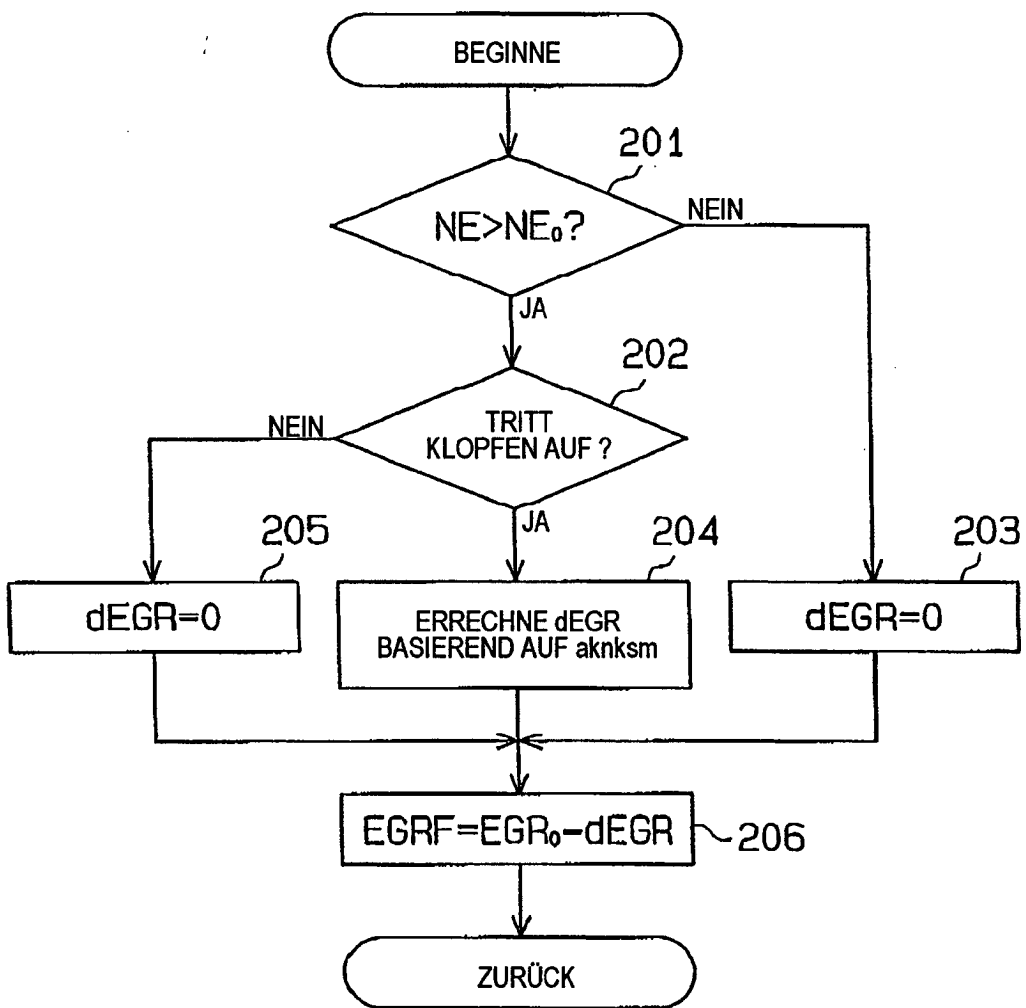


Fig. 6

