(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 37 043 T2** 2007.06.21

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 302 648 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 37 043.7**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 000 710.8**
(96) Europäischer Anmeldetag: **20.06.1997**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **16.04.2003**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **29.11.2006**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **21.06.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***F02D 41/14*** (2006.01)
F02D 41/22 (2006.01)
G01N 27/419 (2006.01)
G01N 27/406 (2006.01)
F02D 41/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

16121896	**21.06.1996**	**JP**
13902197	**28.05.1997**	**JP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT, SE

(73) Patentinhaber:
NGK Insulators, Ltd., Nagoya, Aichi, JP

(74) Vertreter:
LEINWEBER & ZIMMERMANN, 80331 München

(72) Erfinder:
Kato, Nobuhide, Ama-gun, Aichi-prefecture, 497, JP; Kurachi, Hiroshi c/o NGK Insulators Ltd., Nagoya City, 467-8530, JP

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Steuerung des Abgassystems eines Motors**

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

Hintergrund und Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung eines Motor-Abgassystems, welches einen Sauerstoffsensor, einen Dreiwegekatalysator und einen Stickoxidsensor verwendet, und im Besonderen ein Verfahren zur Regelung eines Motor-Abgassystems, welches die Abgasmenge des Stickoxids (hiernach als NO_x bezeichnet) präzise regelt und ferner die Leistungsabnahme eines Dreiwegekatalysators problemlos detektiert.

[0002] Das herkömmliche Verfahren zur Regelung eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses und zur Entfernung schädlicher Substanzen, wie etwa NO_x, Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoff, in Abgasen der Verbrennungskraftmaschine eines Fahrzeugs sieht die Verwendung eines Sauerstoffsensors und eines Dreiwegekatalysators vor. Aufgrund der Streuung der Charakteristika des Sauerstoffsensors und der Änderungen im Laufe der Zeit der Charakteristika des Sensors selbst, änderte sich der Sollwert, so dass die Größe eines Dreiwegekatalysators und die Menge an darauf befindlichem Edelmetall sicherheitshalber etwas höher gewählt wurden, um den Ausstoß an schädlichen Substanzen einen vorbestimmten Wert nicht übersteigen zu lassen. Als Alternative dazu ist das Verfahren zur Korrektur der Streuung des Sollwerts durch Platzieren eines Sauerstoffsensors stromabwärts eines Katalysators zu nennen.

[0003] Sogar bei all diesen Verfahren bestehen jedoch auch Nachteile, so weicht das Luft-Kraftstoff-Verhältnis vom Installationswert ab, plötzlich wird eine große Menge an NO_x, Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoff (HC) oder Ähnlichem ausgestoßen und der Regulierungswert für Abgase neigt dazu, unter transienten Betriebsbedingungen, wie etwa Beschleunigung oder Abbremsung, überschritten zu werden. Was die Verfahren zur Detektion der Leistungsabnahme eines Katalysators anbelangt, so wurde ein Verfahren zur Detektion der Leistungsabnahme verwendet, welches eine Veränderung im der Sauerstoffadsorptionskapazität eines Katalysators in Übereinstimmung mit der Amplitude oder der Reaktionszeit des Ausgangssignals eines Sauerstoffsensors unter Verwendung des stromabwärts des Katalysators angeordneten Sauerstoffsensors detektiert, und ein Verfahren zur Detektion der Menge an nicht in Reaktion eingetretenen Komponenten in Übereinstimmung mit einem die Verbrennung begleitenden Temperaturanstieg unter Verwendung eines Temperatursensors mit dem Katalysator dargelegt. Diese Verfahren dienten jedoch nur indirekt zur Detektion der Leistungsabnahme eines Katalysators und wiesen demgemäß eine geringe Genauigkeit auf.

[0004] Ferner ist ein Stickoxidsensor bekannt, der in der europäischen Patentveröffentlichung 0678740A1 beschrieben ist. Dieser Sensor weist eine niedrigere Reaktionsgeschwindigkeit als ein herkömmlicher Konzentrationszellen-Sauerstoffsensor und es ist schwierig, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines Dreiwege-Katalysatorsystems nur durch diesen Sensor direkt zu regeln.

[0005] Außerdem offenbart die japanische Patentveröffentlichung Nr. 4-65224 ein System zur Regelung eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses mithilfe eines Sauerstoffsensors, der an der Vorderseite eines Katalysators angebracht ist. Dieses System überwacht unter Verwendung eines NO_x-Sensors und eines CO-Sensors gleichzeitig die NO_x- und CO-Konzentrationen. Der Widerstandswert des NO_x-Sensors ändert sich unter Verwendung eines Halbleiters, beispielsweise SnO_2, in Übereinstimmung mit den NO_x-Konzentrationen und der Widerstandswert des CO-Sensors ändert sich in ähnlicher Weise unter Verwendung von SnO_2 in Übereinstimmung mit den CO-Konzentrationen. Sowohl der NO_x-Sensor und der CO-Sensor werden stromabwärts des Katalysators bereitgestellt. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis wird in einer reichen Richtung korrigiert, wenn die NO_x-Konzentration größer als ein vorbestimmter Wert ist, da die NO_x-Konzentration ansteigt, wenn die Leistung des Sauerstoffsensors abnimmt. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis wird in einer mageren Richtung korrigiert, wenn die CO-Konzentration über einen vorbestimmten Wert steigt, da die CO- oder HC-Konzentrationen ansteigen, wenn die Leistung des Sauerstoffsensors abnimmt. Dementsprechend kann die NO_x-, CO- oder HC-Konzentration minimiert werden, sogar wenn sich der Sauerstoffssensor verschlechtert.

[0006] In diesem System wird das Luft-Kraftstoff-Verhältnis jedoch keiner Korrektur unterzogen, wenn die NO_x-, CO- oder HC-Konzentration gleich oder weniger als einen vorbestimmten Wert beträgt, um einen Anstieg an schädlichen Gaskomponenten aufgrund der Leistungsabnahme eines Sauerstoffsensors zu regeln, wobei der Sollwert für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis große Schwankungen im Fenster eines Dreiwegekatalysators aufweist, obwohl die schädliche Gaskomponente unter einem Regulierungswert liegt. Außerdem ist ein Nachteil, dass ein Sensor zur Messung der NO_x-Komponente auf einer mageren Seite und ein weiterer Sensor zur Messung der CO- oder HC-Komponente auf einer reichen Seite benötigt werden (zusätzlich zu einem Sauerstoffsensor und zwei benötigten Gassensoren), da es nicht offensichtlich ist, ob die Leistung eines Sauerstoff-

sensors zur mageren oder zur reichen Seite hin abnimmt. Daher weist dieses System beträchtliche Probleme, wie etwa den Bedarf an zwei Gassensoren und die Korrekturregelungsfunktion für zwei Sensoren, Streuung schädlicher Komponenten und übermäßige Kosten, auf Außerdem weist dieses System noch den weiteren Nachteil auf, nämlich dass die Leistungsabnahme eines Katalysators nicht detektiert werden kann.

[0007] Das US-Patent Nr. 5.426.934 offenbart ein Motorüberwachungssystem, das eine Vielzahl an Sensoren zur Detektion verschiedener Motorbetriebsbedingungen verwendet und ein Verfahren zur Detektion der Leistungsabnahme eines Dreiwegekatalysators, der das Ausgangssignal eines stromabwärts des Katalysators befindlichen NO_x-Sensors verwendet. Im Besonderen im US-Patent Nr. 5.426.934 wird ein Verfahren zur Regelung eines Motorabgassystems beschrieben, umfassend die folgenden Schritte:
Detektieren des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des vom Motor abgegebenen Abgases und demgemäße Regelung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses;
Leiten des Abgases zu einem Dreiwegekatalysator;
Detektieren von Stickoxid mithilfe eines Stickoxidsensors, der stromabwärts vom Dreiwegekatalysator bereitgestellt ist; und
Detektieren der Leistungsabnahme des Dreiwegekatalysators auf der Grundlage des Ausgangssignals des Stickoxidsensors.

Zusammenfassung der Erfindung

[0008] Die Ziele der vorliegenden Erfindung sind die Bereitstellung eines Verfahrens zur Regelung eines Motorabgassystems, welches in der Lage ist, die Streuung des Ausstoßes schädlicher Komponenten mithilfe eines einfachen Systems zu verringern, den plötzlichen Ausstoß von CO oder HC auch unter transienten Betriebsbedingungen einzuschränken, die Größe und die Kosten eines Dreiwegekatalysators zu verringern und weiters eine Leistungsabnahme eines Dreiwegekatalysators präzise zu detektieren.

[0009] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Regelung eines Motorabgassystems, wie in Anspruch 1 dargelegt, bereitgestellt.

[0010] Bevorzugterweise umfasst der Stickoxidsensor Hauptpumpmittel mit einer elektrochemischen Pumpzelle, umfassend ein Substrat aus sauerstoffionenleitenden Festelektrolyten, eine innere Pumpelektrode und eine äußere Pumpelektrode, die auf inneren bzw. äußeren Oberfläche des Substrats ausgebildet sind, wobei das Hauptpumpmittel den Sauerstoff, der in dem von einem Außenraum eingeführten Messgas enthalten ist, durch Pumpbearbeitung auf der Grundlage einer zwischen der inneren Pumpelektrode und der äußeren Pumpelektrode angelegten Steuerspannung behandelt, und weiters ein elektrisches Signalumwandlungsmittel zur Erzeugung eines elektrischen Signals, welches der Menge an im Messgas enthaltenen Sauerstoff, der durch die Dekomposition oder die Reduktion von NO_x gebildet wurde, nach der Pumpbearbeitung durch das Hauptpumpmittel entspricht, worin eine Seite davon über ein Paar aus Detektionselektroden verfügt, das auf der Seite ausgebildet ist, an der das Messgas, welches durch das Hauptpumpmittel pumpbearbeitet wurde, eingebracht wird.

[0011] Im Besonderen ein Stickoxidsensor mit den folgenden Bestandteilen wird gewünscht:

(a) ein erster Innenraum, der mit einem vorhandenen Außenraum in Kommunikation steht, in dem Messgas vorliegt;

(b) ein erstes diffusionsgesteuertes Mittel zum Leiten des eine Messkomponente enthaltenden Messgases vom vorhandenen Raum, in dem Messgas vorliegt, bei einem vorbestimmten Diffusionswiderstand zum ersten Innenraum;

(c) ein erstes Sauerstoffpumpenmittel zur Durchführung des Sauerstoffpumpens des ersten Innenraums durch elektrisches Aufladen zwischen einem Elektrodenpaar mithilfe einer ersten elektrochemischen Zelle, umfassend einen ersten sauerstoffionenleitenden Festelektrolyten und ein Elektrodenpaar, das dazu in Kontakt stehend zur Verfügung steht, sowie zur Regelung des Sauerstoffpartialdrucks in der Atmosphäre des ersten Innenraums auf einen vorbestimmten niedrigen Wert, so dass NO im Wesentlichen nicht abgebaut werden kann;

(d) ein zweiter Innenraum, der mit dem ersten Innenraum in Kommunikation steht;

(e) ein zweites diffusionsreguliertes Mittel zum Abpumpen des hauptsächlich mittels Dekomposition von NO_x durch elektrisches Aufladen zwischen einem Elektrodenpaar erzeugten Sauerstoffs, wobei eine zweite elektrochemische Zelle, umfassend einen zweiten sauerstoffionenleitenden Festelektrolyten und einen damit in Kontakt stehenden Elektronenpaar, verwendet wird, oder zum Abpumpen des durch NO_x-Reduktion aufgrund einer stark reduktiven Atmosphäre erzeugten Sauerstoffs, wobei diese auf der Oberfläche einer Elektrode ausgebildet wird, die im zweiten Innenraum durch elektrisches Aufladen der Elektrode durch eine

zweite elektrochemische Zelle der freiliegenden Elektrode und einer anderen Elektrode freigelegt wird; und
(h) ein Stromdetektionsmittel zur Detektion eines Pumpstroms, der durch den Pumpvorgang der zweiten elektrochemischen Zelle fließt.
Nebenbei bemerkt, können die oben erwähnten Punkte (g) und (h) durch die unten stehenden Punkte (g) und (h) ersetzt werden, so dass der zuvor erwähnte Stickoxidsensor gebildet werden kann.
(g) ein Sauerstoffkonzentration-Detektionsmittel, das eine elektromotorische Kraft gemäß einem Partialdruck von Sauerstoff erzeugt, der wiederum hauptsächlich durch NO_x-Dekomposition erzeugt wird, was auf eine Differenz eines Sauerstoffpartialdrucks zwischen den Oberflächen eines Elektrodenpaars zurückzuführen ist, wobei eine zweite elektrochemische Zelle, umfassend einen zweiten sauerstoffionenleitenqden Festelektrolyten und ein mit dem zweiten sauerstoffionenleitenden Festelektrolyten in Kontakt stehendes Elektrodenpaar, verwendet wird.
(h) ein Spannungsdetektionsmittel zur Detektion einer im Sauerstoffkonzentration-Detektionsmittel erzeugten elektromotorischen Kraft.

[0012] Oder es wird ein Stickoxidsensor mit folgenden Bestandteilen gewünscht:
(a) ein erster Innenraum, der mit einem vorhandenen Außenraum kommuniziert, in dem Messgas vorliegt;
(b) ein diffusionsreguliertes Mittel zum Leiten des eine Messkomponente enthaltenden Messgases vom vorhandenen Außenraum, in dem Messgas vorliegt, bei einem vorbestimmten Diffusionswiderstand zum ersten Innenraum;
(c) ein Sauerstoffpumpenmittel zur Durchführung des Sauerstoffpumpens des ersten Innenraums durch elektrisches Aufladen zwischen einem Elektrodenpaar mithilfe einer ersten elektrochemischen Zelle, umfassend einen ersten sauerstoffionenleitenden Festelektrolyten und ein Elektrodenpaar, das dazu in Kontakt stehend zur Verfügung steht, zur Regelung des Sauerstoffpartialdrucks in der Atmosphäre des Innenraums auf einen vorbestimmten niedrigen Wert, so dass die Dekomposition von NO im Wesentlichen nicht durchgeführt werden kann;
(d) ein Oxid-Halbleiter, dessen Widerstand sich durch das im Innenraum vorhandene Stickoxid ändert; und
(e) ein Widerstandsdetektionsmittel zum Messen eines Widerstandswerts des Oxid-Halbleiters.

[0013] In der vorliegenden Erfindung wird daher die Funktion des Reinigens schädlicher Komponenten durch magere und reiche, alternierende Abläufe auf einen Wert im Bereich des stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses mithilfe eines herkömmlichen Sauerstoffsensors und einem Dreiwegekatalysator so verwendet, dass es die im Abgas enthaltene NO_x-Menge detektiert, nach dem Hindurchströmen desselbigen durch den Dreiwegekatalysator, wobei der Sollwert des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses präzise durch die Rückkopplung des Ausgangssignals desselbigen angepasst wird und daher die Regelung des NO_x-Werts auf einen vorbestimmten Wert erfolgt.

[0014] Nebenbei erwähnt, detektiert ein Verfahren der vorliegenden Erfindung den Grad der Leistungsabnahme eines Dreiwegekatalysators und/oder eines Oxidsensor in Übereinstimmung mit dem Ausmaß der oben erwähnten Feinabstimmung. Ferner misst das Verfahren einen Pumpstromwert, der zur Entfernung störender Komponenten, also von Sauerstoffgasen und Brenngasen, z. B. HC, beim Messen von NO_x mit einem Stickoxidsensor benötigt wird, damit ein vorbestimmter Sauerstoffpartialdruck erzielt werden kann, also die verbleibende Sauerstoffkonzentration nach der Reaktion des Sauerstoffs mit dem brennbaren Abgaskomponenten, wie etwa HC, wodurch der Grad der Leistungsabnahme eines Dreiwegekatalysators und/oder Sauerstoffsensors detektiert wird.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0015] Fig. 1 ist eine erklärende Ansicht eines Beispiels eines Abgassystems, das das Verfahren gemäß vorliegender Erfindung verwendet.

[0016] Fig. 2 ist ein Blockdiagramm eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Regelkreis-Abschnitts von Fig. 1.

[0017] Fig. 3 ist eine Schaltungsdarstellung eines Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Regelkreis-Abschnitts von Fig. 1.

[0018] Fig. 4 ist ein Graph, der die Ausstoßmenge an NOx und Kohlenwasserstoff in Abgas nach dem Hindurchgehen durch einen Dreiwegekatalysator im Fall des Einsatzes einer Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Regelung durch einen herkömmlichen Sauerstoffsensor allein zeigt.

[0019] Fig. 5 ist ein Graph, der die Ausstoßmenge an NOx und Kohlenwasserstoff in Abgas nach dem Hindurchgehen durch einen Dreiwegekatalysator im Fall der Durchführung einer Korrektur unter Bezugnahme auf

einen NOx-Sensor in einer Ausführungsform zeigt, die das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet;

[0020] Fig. 6 ist ein Blockdiagramm eines Beispiels einer Überlagerung des Ausgangssignals eines NOx-Sensors über ein Ausgangssignal eines Sauerstoffsensors.

[0021] Fig. 7 ist ein Blockdiagramm eines Beispiels zur Hinzufügung eines Ausgangssignals eines NOx-Sensors zu einem Kraftstoffeinspritzungs-Regelkreis.

[0022] Fig. 8 ist ein Diagramm, das ein Regulierungssignal der Kraftstoffeinspritzungsmenge zeigt.

[0023] Fig. 9 ist ein Graph, der die Anfangs- und Nach-Dauerlauf-Reinigungsraten-Charakteristik eines Dreiwegekatalysators darstellt.

[0024] Fig. 10 ist ein Graph, der die Korrelation zwischen der korrigierten Spannung und der HC-Konzentration unter Laufbedingungen mit konstanter Geschwindigkeit, bewertet unter Einsatz eines neuen Dreiwegekatalysators und von fünf Dauerlaufniveau-Dreiwegekatalysatoren, zeigt.

[0025] Fig. 11 ist ein Graph, der die Korrelation zwischen der korrigierten Spannung und der HC-Ausstoßmenge im FTP-Laufmodus, bewertet unter Einsatz eines neuen Dreiwegekatalysators und von fünf Dauerlaufniveau-Dreiwegekatalysatoren, zeigt.

[0026] Fig. 12 ist eine erklärende Ansicht der Grundeinstellung eines NOx-Sensors, der im Verfahren der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden kann.

[0027] Fig. 13 ist ein Graph, der die Korrelation zwischen einem Wert von Pumpstrom in einer ersten elektrochemischen Zelle und der HC-Konzentration unter Laufbedingungen mit konstanter Geschwindigkeit, bewertet unter Einsatz eines neuen Dreiwegekatalysators und von fünf Dauerlaufniveau-Dreiwegekatalysatoren, zeigt.

[0028] Fig. 14 ist ein Graph, der die Korrelation zwischen einem Wert von Pumpstrom in einer ersten elektrochemischen Zelle und der HC-Ausstoßmenge im FTP-Laufmodus, bewertet unter Einsatz eines neuen Dreiwegekatalysators und von fünf Dauerlaufniveau-Dreiwegekatalysatoren, zeigt.

Bevorzugte Ausführungsform der Erfindung

[0029] Hiernach wird ein Verfahren zur Regelung eines Motor-Abgassystems gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben. Ein spezifisches Beispiel eines Verfahrens zur Korrektur eines Sollwerts des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses in Übereinstimmung mit einem Ausgangssignal eines NOx-Sensors und dessen Vorteile werden im Detail erläutert.

[0030] Fig. 1 ist eine erklärende Ansicht, die ein Beispiel eines Abgassystems zeigt, welches ein Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet. Fig. 2 ist ein anschauliches Blockdiagramm, das den Abschnitt des Regelkreis des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses von Fig. 1 abbildet und Fig. 3 ist eine Schaltungsdarstellung eines Abschnitts des Regelkreises des Luft-Kraftstoff-Verhältnis von Fig. 1.

[0031] In Fig. 1 wird ein Dreiwegekatalysator **40** am Abgassystem eines Motors **30** zur Verfügung gestellt, während ein Sauerstoffsensor **71** und ein Stickoxidsensor **70** stromaufwärts bzw. -abwärts des Dreiwegekatalysators bereitgestellt werden. In diesem Motorabgassystem wird das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des vom Motor **30** abgegebenen Abgases mit dem Sauerstoffsensor **71** detektiert und wird auf einen Wert im Bereich des stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses durch ein geschlossenes Regelsystem unter Verwendung eines resultierenden Signals geregelt. Dieses Abgas wird zu einem Dreiwegekatalysator **40** geleitet, wobei schädliche Komponenten, wie etwa Stickoxid (NO_x), Kohlenwasserstoff (HC) und Kohlemonoxid (CO), entfernt werden.

[0032] Hier stehen als Sauerstoffsensor **71** ein Sensor, der eine Sauerstoffkonzentrationszelle umfasst, bei der als Festelektrolyt ein Zirkondioxid-Porzellan verwendet wird, ein Sensor vom Mehrbereichstyp zum Bestimmen eines Diffusionsbegrenzungsstroms durch eine Sauerstoffpumpe, ein Sensor, der auf eine Änderung im Widerstand eines Oxidhalbleiters wie Titandioxid Bezug nimmt, oder dergleichen zur Verfügung. Als NOx-Sensor **70** stehen ein Sensor mit einer Sauerstoffpumpe unter Verwendung des Zirkondioxid-Porzellans, wie beispielsweise in der europäischen Patentveröffentlichung Nr. 0678740A1 beschrieben, als Festelektrolyt, ein

Sensor, der eine Änderung der in einer elektrochemischen Zelle erzeugten elektromotorischen Kraft bei Regelung einer Sauerstoffkonzentration durch Kombinieren einer Sauerstoffpumpe und einer elektrochemischen Zelle misst, ein Sensor unter Bezugnahme auf eine Änderung im Widerstand eines Oxidhalbleiters, ein Sensor zum Messen einer Änderung im Widerstand eines Oxidhalbleiters unter Regelung der Sauerstoffkonzentration, der eine Kombination aus einer Sauerstoffpumpe und einem Oxid-Halbleiter umfasst, oder dergleichen zur Verfügung.

[0033] Was einen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Regelkreis-Abschnitt **50** und einen Regelungsabschnitt **60** für die Kraftstoffeinspritzmenge betrifft, wird ein Beispiel dafür unter Bezugnahme auf die Fig. 2 und Fig. 3 beschrieben.

[0034] Wie in den Fig. 2 und Fig. 3 gezeigt, wird ein 0–5 V-Ausgangssignal des NO_x-Sensors (ein Sensorsignal wird so bearbeitet, dass sich für eine NOx-Konzentration von 0–2.000 ppm eine Ausgangsgröße von 0–5 V ergibt) mithilfe eines Vergleichsverstärkers **51**, der eine Vergleichsspannungskorrekturschaltung umfasst, mit einer Vergleichsspannung (0,25 V) **53** verglichen, die 100 ppm entspricht, und der Vergleichsspannung (0,4 V) eines Komparators (Vergleichsverstärker) **52** in einem Sauerstoffsensor **71** überlagert. Dabei steigt die Vergleichsspannung im Wesentlichen an, wenn die NOx-Konzentration größer als 100 ppm ist, vom Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Regelkreis-Abschnitt **50** wird ein Ausgangssignal in einem mageren Zustand des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses ausgegeben und zum Kraftstoffeinspritzzeit-Regelkreis **61** eines Regelungsabschnitts **60** für die Kraftstoff-Einspritzmenge übertragen, so dass sich der Sollwert für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis in ansteigender Richtung für Kraftstoff bewegt, der von einer Kraftstoffeinspritzung **62** in eine Kraftmaschine **30** eingespritzt wird, das heißt in abnehmender Richtung für NO_x.

[0035] Durch Einsatz dieser Korrekturregelung wird die NO_x-Konzentration immer auf einen Wert nahe 100 ppm reguliert, wodurch eine Massenerzeugung von NO_x während der Beschleunigung unter FTP-Laufbedingung (Federal Test Procedure) ausgeschaltet und die Streuung der Ausstoßmenge an NO_x, HC und CO aufgrund einer Streuung in der Charakteristik eines Sauerstoffsensors verringert wird.

[0036] Die Fig. 4 und Fig. 5 sind Graphen der Ausstoßmenge von NO_x und Kohlenwasserstoff im Abgas nach dem Hindurchgehen durch einen Dreiwegekatalysator für den Fall des Einsatzes einer Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Regelung durch einen herkömmlichen Sauerstoffsensor allein bzw. für den Fall der Durchführung einer Korrektur durch einen NO_x-Sensor gemäß des Verfahrens der vorliegenden Erfindung.

[0037] Im Fall der Verwendung der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Regelung durch einen herkömmlichen Sauerstoffsensor allein, wie in Fig. 4 gezeigt, führt die Streuung in der Charakteristik eines Sauerstoffsensors und die Streuung in der Reinigungscharakteristik eines Katalysators zu einer großen Streuung in der Ausstoßmenge an NO_x und Kohlenwasserstoff, und weiters erhöht sich diese Streuung aufgrund einer Veränderung im Zeitverlauf während der Verwendung. Um dem Abgas-Regulierungswert unter Bedingungen großer Streuung gerecht zu werden, war es notwendig, einen Katalysator großer Größe oder einen Katalysator mit einer großen Menge an Edelmetall zu verwenden.

[0038] Im Gegensatz dazu kann in einem Fall, wo eine Korrektur durch einen NO_x-Sensor gemäß des Verfahrens der vorliegenden Erfindung vorgenommen wird, da die Konzentration an ausgestoßenem NO_x unabhängig von der Charakteristik eines Sauerstoffsensors und der Reinigungscharakteristik eines Katalysators reguliert werden kann, wie in Fig. 5 gezeigt, die NO_x-Ausstoßmenge präzise auf einen vorbestimmten Wert reguliert werden. Daher ist es nur notwendig, den Katalysator auf eine erforderliche Mindestgröße festzulegen, und weiters können, da der Sollwert für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis präzise wird, auch die Ausstoßmengen an HC und CO verringert werden.

[0039] Als Alternative dazu erfolgt, als Korrekturverfahren des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses in Übereinstimmung mit einem Ausgangssignal eines NO_x-Sensors, die Überlagerung eines Ausgangssignals des NO_x-Sensors **70** über ein Ausgangssignal des Sauerstoffsensors **71**, wobei die Polarität in einer Sensorsignal-Korrekturschaltung **72** umgekehrt wird, der und dieses Korrektursignal mit einer Vergleichsspannung (0,4V) **54** in einem Komparator **73**, wie in Fig. 6 zu sehen, verglichen werden kann. Dadurch wird, wenn die NO_x-Konzentration mehr als 100 ppm beträgt, das Ausgangssignal des Sauerstoffsensors im Wesentlichen niedriger und ein Ausgangssignal wird zur Kraftstoffeinspritzzeit in einem mageren Zustand des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses zu einem Regelkreis **61** übermittelt, so dass sich der Sollwert für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis in aufsteigender Richtung des durch ein Kraftstoffeinspritzung **62** eingespritzten Kraftstoffs in einen Motor **30** bewegt, also in der absteigenden Richtung von NO_x.

[0040] Ferner kann, wie in Fig. 7 abgebildet, als Alternative dazu ein Verfahren verwendet werden, welches die Schritte des Vergleichens eines Ausgangssignals des Sauerstoffsensors **71** mit der Vergleichsspannung (0,4V) **54** durch einen Komparator, des Übermittelns des resultierenden Signals zu einem Kraftstoffeinspritzzeit-Regelkreis **61** und weiters des Hinzufügens eines Ausgangssignals eines NO_x-Sensors **70** zu einem Regelkreis **61** zur Kraftstoffeinspritzzeit umfasst, um das Mengenzunahmeverhältnis, das Mengenabnahmeverhältnis, den Sprungwert, etc. eines Regelsignals der Kraftstoffeinspritzmenge, wie in Fig. 8 zu sehen, anzupassen.

[0041] Nebenbei erwähnt, ist angesichts der Gasregulierungsmessungen das Ersetzen der NO_x-Konzentrationsinformationen von einem NO_x-Sensor, der Gasflussrateninformationen und den Umlaufgeschwindigkeitsinformationen durch NO_x-Abgasmengeninformationen (g/Meile) und das Korrigieren des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses vorzuziehen.

[0042] Als Nächstes werden eine Ausführungsform des Verfahrens zur Detektion der Leistungsabnahme eines Dreiwegekatalysators und/oder Oxidsensors durch Bezugnahme auf das Ausmaß der Korrektur des Sollwerts des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines Sauerstoffsensors in Übereinstimmung mit einem Ausgangssignal eines NO_x-Sensors gemäß der vorliegenden Erfindung und deren Vorteile beschrieben.

[0043] Fig. 9 ist ein Graph, der die Anfangs- und die Nach-Dauerlauf-Reinigungsraten-Charakteristika eines Dreiwegekatalysators zeigt. ηNO_x1 ist eine Reinigung, die erforderlich ist, um die NOx-Konzentration unter einer vorbestimmten Laufbedingung auf 100 ppm einzustellen. Wenn es zu einer Leistungsabnahme eines Dreiwegekatalysators im Zeitverlauf kommt, verringern sich die Reinigungsraten für NO_x und HC gemeinsam. Um die NOx-Konzentration auch nach dem Dauerlauf auf 100 ppm zu halten, bewegt sich der Sollwert für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis von Punkt A zu Punkt B, und als Ergebnis verringert sich die Reinigungsrate für HC von ηHC1 auf ηHC2. So kann die Differenz der Korrektursignale A–B als Maß eingesetzt werden, um den Grad der Leistungsabnahme eines Dreiwegekatalysators darzustellen, und beispielsweise korrelieren eine Änderung im Ausmaß der Korrektursignale und der Ausstoßmenge an HC unter der Laufbedingung einer vorbestimmten konstanten Geschwindigkeit. Die Ausstoßmenge an HC wird aus dieser Korrelation berechnet, und die Beurteilung der Leistungsabnahme kann durchgeführt werden.

[0044] Die Fig. 10 und Fig. 11 zeigen die Beziehungen zwischen einer Änderung der Korrekturspannung und der HC-Konzentration unter der Laufbedingung konstanter Geschwindigkeit sowie der HC-Ausstoßmenge im FTP-Laufmodus, gemessen unter Einsatz eines neuen Dreiwegekatalysators und 5 Dauerlaufniveaus von Dreiwegekatalysatoren, wobei bei beiden eine gute Korrelation festgestellt wurde.

[0045] Als Nächstes werden ein spezifisches Beispiel für ein Verfahren zum Detektieren der Leistungsabnahme eines Dreiwegekatalysators und/oder eines Sauerstoffsensors unter Bezugnahme auf einen Pumpstrom der ersten elektrochemischen Pumpzelle in einem NO_x-Sensor und seine Vorteile beschrieben.

[0046] Es kann ein NO_x-Sensor mit einem Schema verwendet werden, das die Basiskonfiguration von Fig. 9 zeigt. In Fig. 12 besteht eine erste elektrochemische Pumpzelle **4** aus einer Trennwand **1**, einer inneren Pumpelektrode **2** und einer äußeren Pumpelektrode **3** wie Platin. Die Elektroden **2** und **3** sind an beiden Oberflächen einer Trennwand **1** vorgesehen, die aus sauerstoffionleitendem Festelektrolyt wie Zirkondioxid-Porzellan besteht. Zwischen der inneren Pumpelektrode **2** und der äußeren Pumpelektrode **3** der ersten elektrochemischen Pumpzelle **4** ist eine elektrische Schaltung **16** vorgesehen, wobei Hauptpumpmittel **17** so angeordnet ist, dass eine Steuerspannung von einer Spannungsquelle **8** angelegt wird. Bei dieser Konfiguration wird das Messgas vom Messraum **6** über einen ersten diffusionsregulierten Durchgang **5** in einen ersten Innenraum **7** eingeführt. Durch eine Steuerspannung, die von der Spannungsquelle **8** zwischen der inneren Pumpelektrode **2** und der äußeren Pumpelektrode **3** angelegt wird, wird der Sauerstoff-Partialdruck im ersten Innenraum **7** auf einen vorbestimmten, vorzugsweise niedrigen Wert geregelt, der den Abbau von NO nicht zulässt.

[0047] Die Atmosphäre in einem Innenraum **7** mit diesem Sauerstoff-Partialdruck wird über einen zweiten diffusionsregulierten Durchgang **9** in einen zweiten Innenraum **10** eingeführt. Im zweiten Innenraum **10** ist eine elektrische Schaltung **19** zwischen einer Detektionselektrode **11** und einer Bezugselektrode **12** vorgesehen, die auf beiden Oberflächen der Trennwand **1** angeordnet sind, wobei alle gemeinsam das elektrische Signalumwandlungsmittel **18** bilden. Außerdem ist auf der Detektionselektrode **11** ein Katalysator **14** zur Beschleunigung des Abbaus von NO_x vorgesehen.

[0048] Dann wird NO_x in der Atmosphäre, die über den zweiten diffusionsregulierten Durchgang **9** in den zweiten Innenraum **10** eingeführt wird, entweder durch einen Katalysator **14** oder unter einem niedrigen Sauer-

stoff-Partialdruck abgebaut, und zu diesem Zeitpunkt wird der erzeugte Sauerstoff aus dem zweiten Innenraum **10** heraus zum Raum **6'**, wo Vergleichsgas vorliegt, gepumpt, indem eine zweite elektrochemische Pumpzelle **13** unter gasdiffusionsregulierten Bedingungen verwendet wird, und die NO_x-Menge im Messgas wird unter Bezugnahme auf einen Wert von Strom gemessen, der durch die zweite elektrochemische Pumpzelle **13** fließt. Im Übrigen muss die zweite elektrochemische Pumpzelle **13** nur die NOx-Konzentration detektieren, und ersetzt Detektoren anderer Schemata, z.B. Oxidhalbleiter, deren Widerstand sich mit unterschiedlichen NO_x-Konzentrationen ändert.

[0049] Wie bereits beschrieben, stellt das Bewegungsausmaß eines Sollwerts für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis, das erhalten wird, wenn die NO_x-Konzentration nach dem Hindurchgehen durch einen Dreiwegekatalysator auf einen vorbestimmten Wert reguliert wird, den Grad der Leistungsabnahme des Katalysators oder eines Sauerstoffsensors dar. Dem gemäß kann, wenn dieses Bewegungsausmaß während der Überwachung einen vorbestimmten Wert erreicht, geurteilt werden, dass der Katalysator eine Leistungsabnahme erlitten hat.

[0050] Bei einem NO_x-Sensor des Schemas von Fig. 12 ist der Wert des Stroms der ersten elektrochemischen Pumpzelle (erster Pumpstromwert) ein Wert, der der verbliebenen Sauerstoffkonzentration entspricht, nachdem Sauerstoff im Messgas mit brennbaren Gasen wie HC umgesetzt wurde. Wenn dieser Wert von einem vorbestimmten Bereich abweicht, übersteigt ein Wert an HC im Abgas, nachdem das Gas durch einen Dreiwegekatalysator hindurchgegangen ist, immer einen vorbestimmten Bereich. Das heißt, bei einem anfänglichen Dreiwegekatalysator wird das Luft-Kraftstoff-Verhältnis am Punkt A geregelt (zur mageren Seite vom stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Punkt), wie in Fig. 9 gezeigt, und die Sauerstoffkonzentration im Abgas ist hoch und die Menge an brennbaren Gasen wie HC ist gering. Folglich wird der erste Pumpstromwert, der die verbliebene Sauerstoffkonzentration nach der Umsetzung von Sauerstoff mit brennbaren Gasen wie HC darstellt, groß. Wenn sich der Sollwert als Ergebnis der Leistungsabnahme im Zeitverlauf eines Dreiwegekatalysators in eine reiche Richtung bewegt (Punkt B von Fig. 9), verringert sich die Sauerstoffkonzentration im Abgas, während die Menge an brennbaren Gasen wie HC zunimmt. Da er der verbliebenen Sauerstoffkonzentration nach der Umsetzung von Sauerstoff mit brennbaren Gasen wie HC entspricht, verringert sich der erste Pumpstrom stark aufgrund der additiven Wirkung einer Änderung an Sauerstoff und einer Änderung an brennbaren Gasen wie HC.

[0051] Im Übrigen kann ein Stromwert für die Beurteilung der Leistungsabnahme als absoluter Wert oder Breite an Änderungen dargestellt werden. Die Fig. 13 und Fig. 14 zeigen die Korrelation eines Pumpstromwerts für eine erste elektrochemische Zelle, d.h. die überschüssige Sauerstoffmenge bei der HC-Konzentration unter der Laufbedingung konstanter Geschwindigkeit und der HC-Ausstoßmenge im FTP-Laufmodus, gemessen unter Einsatz eines neuen Dreiwegekatalysators und 5 Dauerlaufniveaus von Dreiwegekatalysatoren, wobei in beiden Fällen eine gute Korrelation vorliegt.

(Beispiel)

[0052] An einem Kraftfahrzeug mit einem Dreiwegekatalysator mit 1 l Volumen, der an einem 4-Zylinder-Benzinmotor mit 2 l Hubraum angebracht war, wurden 5 verschiedene Sauerstoffsensoren mit der Charakteristik A–E und ein NO_x-Sensor von Fig. 12 montiert, wie in Fig. 1 gezeigt, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis wurde in den Schaltungen der Fig. 2 und Fig. 3 korrigiert, und die im Abgas enthaltenen Mengen an NOx und HC wurden unter Bedingungen des FTP-Fahrmodus gemessen.

[0053] Gemäß den in Tabelle 1 gezeigten Ergebnissen erfüllen, auch wenn die Charakteristik der Sauerstoffsensoren variiert, sowohl NO_x als auch HC bei allen 5 Typen von Sauerstoffsensoren die Normwerte für schadstoffarme Fahrzeuge (LEV) der Kraftfahrzeug-Abgas-Bestimmungen im US-Bundesstaat Kalifornien, $NO_x \leq$ 0,20 g/Meile und HC ≤ 0,075 g/Meile, wenn eine Korrektur für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis gemäß einem NO_x-Sensor vorgenommen wurde. Im Gegensatz dazu erfüllten die Sensoren D und E die Normwerte nicht, wenn keine Korrektur vorgenommen wurde.

[0054] Weiters wurden bei diesem Kraftfahrzeug Sauerstoffsensoren, ein Dreiwegekatalysator und ein NOx-Sensor gleichzeitig 50 kmile-Haltbarkeitstests unterzogen. Wie in Tabelle 2 gezeigt, machten die erhaltenen Ergebnisse deutlich, dass alle Sauerstoffsensoren die LEV-Normwerte nach Dauerlauf erreichten, dass $NO_x \leq$ 0,20 g/Meile und HC ≤ 0,075 g/Meile, auch wenn die Charakteristik von Sauerstoffsensoren oder eines Katalysators sich verschlechtert. Im Gegensatz dazu erreichte keiner der Sauerstoffsensoren die Normwerte, wenn keine Korrektur vorgenommen wurde.

Tabelle 1

Sauerstoff-sensor	mit Korrekturregelung		ohne Korrekturregelung	
	NO_x (g/Meile)	HC (g/Meile)	NO_x (g/Meile)	HC (g/Meile)
A	0,16	0,04	0,18	0,04
B	0,17	0,04	0,15	0,05
C	0,16	0,05	0,13	0,06
D	0,16	0,05	0,10	0,08
E	0,17	0,04	0,08	0,12

Tabelle 2

Sauerstoff-sensor	mit Korrekturregelung		ohne Korrekturregelung	
	NO_x (g/Meile)	HC (g/Meile)	NO_x (g/Meile)	HC (g/Meile)
A	0,18	0,06	0,23	0,04
B	0,17	0,07	0,21	0,06
C	0,18	0,05	0,17	0,08
D	0,16	0,06	0,13	0,09
E	0,17	0,05	0,11	0,10

[0055] Wie aus der obigen Beschreibung deutlich wird, können durch das Verfahren zur Regelung eines Abgassystems für Kraftmaschinen gemäß vorliegender Erfindung die schädlichen Komponenten im Kraftmaschinen-Abgas über einen langen Zeitraum auf eine niedrige Konzentration reguliert werden, und die Leistungsabnahme eines Dreiwegekatalysators und von Sauerstoffsensoren in einem Abgas-Reinigungssystem kann mit Sicherheit detektiert werden, was für die Industrie sehr nützlich ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung des Abgassystems eines Motors, umfassend die folgenden Schritte:
das Detektieren des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des von einer Verbrennungskraftmaschine (**30**) ausgestoßenen Abgases durch einen Sauerstoffsensor (**71**);
das Regeln des Abgases auf einen Wert im Bereich des stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses durch ein geschlossenes Regelsystem unter Verwendung des Ausgangssignals des Sauerstoffsensors (**71**), um einen Regelwert des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des Motors zu erzeugen; und
das Leiten des Abgases zu einem Dreiwegekatalysator (**40**) zur Behandlung von Stickoxid, Kohlenwasserstoff und Kohlenmonoxid;
das Detektieren von Stickoxid mithilfe eines Stickoxidsensors (**70**), der stromabwärts des Dreiwegekatalysators (**40**) bereitgestellt ist;
das Regeln der Stickoxidkonzentration auf einen vorbestimmten Wert durch Anwendung einer Korrektur auf den Regelwert für das Luft-Kraftstoffverhältnis gemäß dem Ausgangssignal des Stickoxidsensors;
gemäß dem Ausmaß der Korrektur für den Regelwert des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses, wobei die Leistungsabnahme des Dreiwegekatalysators und/oder des Sauerstoffsensors detektiert wird.

2. Verfahren zur Regelung eines wie in Anspruch 1 dargelegten Motorabgassystems, worin der Stickoxidsensor (**70**) ein Hauptpumpmittel (**4**) mit einer elektrochemischen Pumpzelle umfasst, welche ein aus einem sauerstoffionenleitenden Festelektrolyten bestehendes Substrat (**1**), eine innere Pumpelektrode (**2**) und eine äußere Pumpelektrode (**3**), die an der inneren bzw. der äußeren Oberfläche des Substrats ausgebildet sind, umfasst, wobei das Hauptpumpmittel den Sauerstoff, der in dem von einem Außenraum eingeführten Messgas enthalten ist, durch Pumpbearbeitung auf der Grundlage einer zwischen der inneren Pumpelektrode (**2**) und

der äußeren Pumpelektrode (**3**) angelegten Steuerspannung behandelt, und weiters ein elektrisches Signalumwandlungsmittel (**18**) zur Erzeugung eines elektrischen Signals umfasst, welches der Menge an im Messgas enthaltenen Sauerstoff, der durch die Dekomposition oder die Reduktion von NO_x gebildet wurde, nach der Pumpbearbeitung durch das Hauptpumpmittel (**4**) entspricht, worin eine Seite davon über ein Paar aus Detektionselektroden (**11**, **12**) verfügt, die auf der Seite ausgebildet ist, an der das Messgas, welches durch das Hauptpumpmittel (**4**) pumpbearbeitet wurde, eingebracht wird.

3. Verfahren zur Regelung von Abgassystemen von Motoren nach Anspruch 2, worin die Leistungsabnahme eines Dreiwegekatalysators (**40**) und/oder Sauerstoffsensors (**71**) gemäß einem Wert oder einer Änderung des Pumpstromwertes, der zum Pumpen von Sauerstoff in der elektrochemischen Pumpzelle des Stickoxidsensors (**70**) benötigt wird, detektiert wird.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

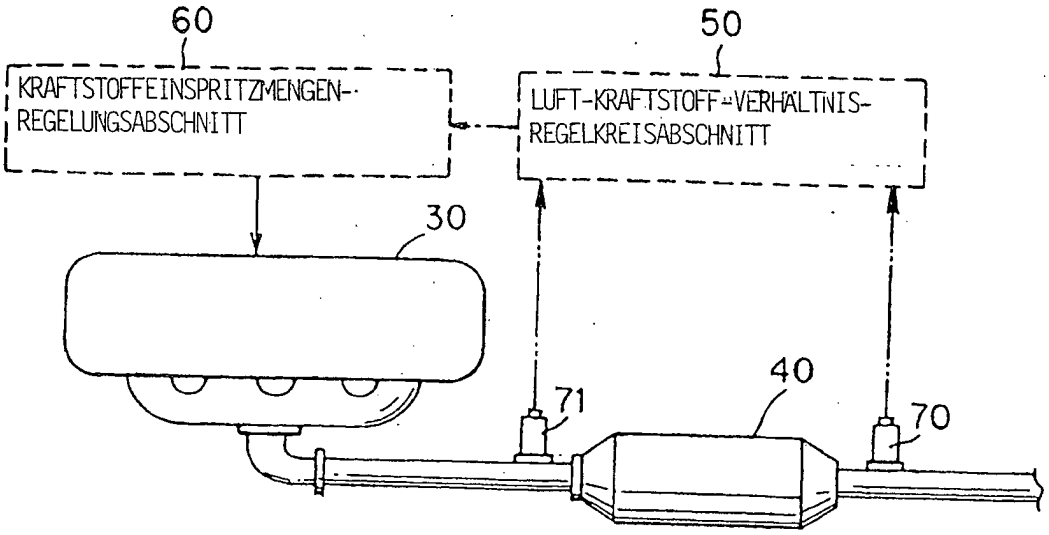


FIG.2

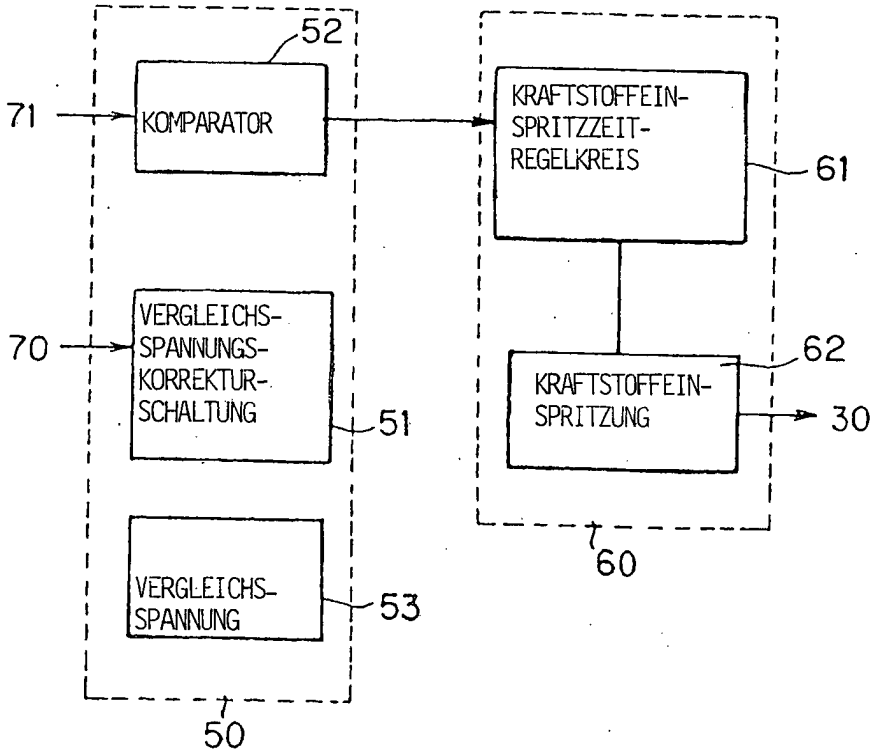


FIG.3

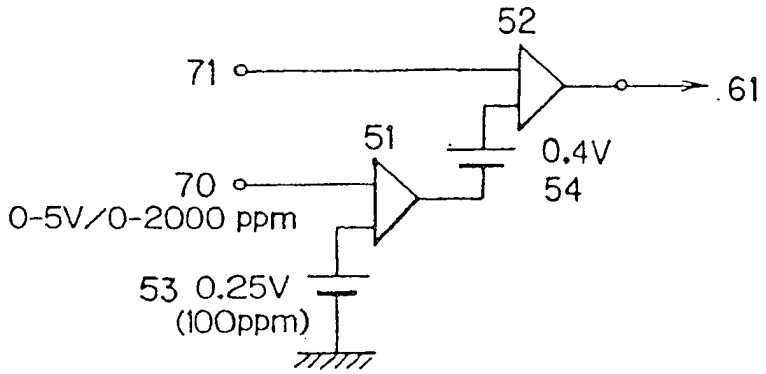

52
71
61
51
0.4V
54
70
0-5V/0-2000 ppm
53 0.25V
(100ppm)

FIG.4

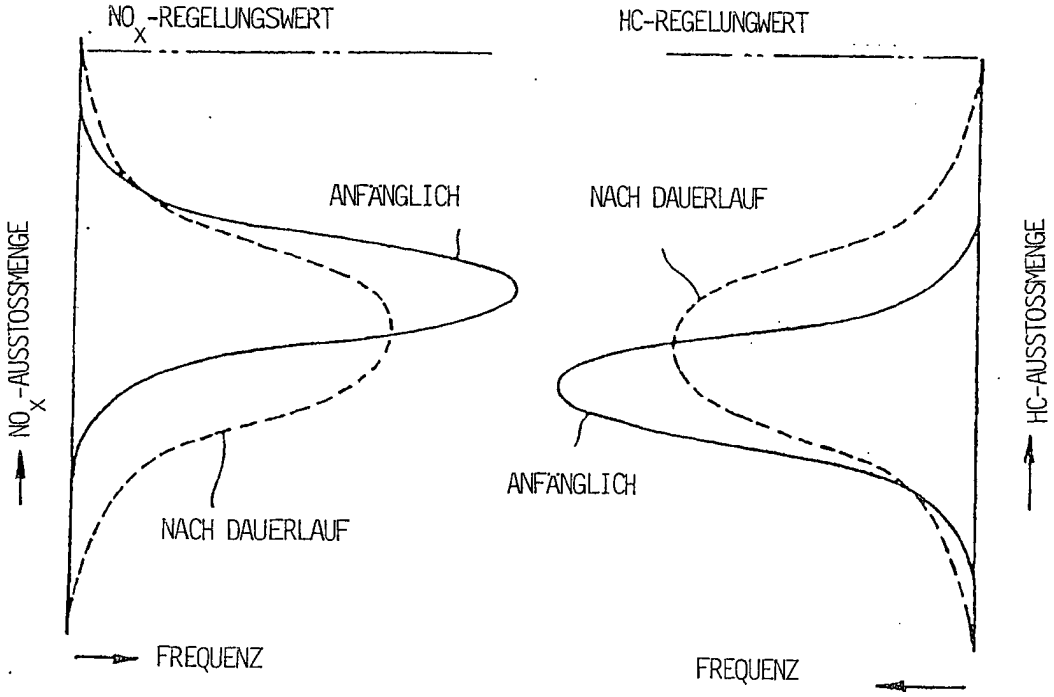

NOx-REGELUNGSWERT
HC-REGELUNGWERT
ANFÄNGLICH
NACH DAUERLAUF
NACH DAUERLAUF
ANFÄNGLICH
NOx-AUSSTOSSMENGE
HC-AUSSTOSSMENGE
FREQUENZ
FREQUENZ

FIG.5

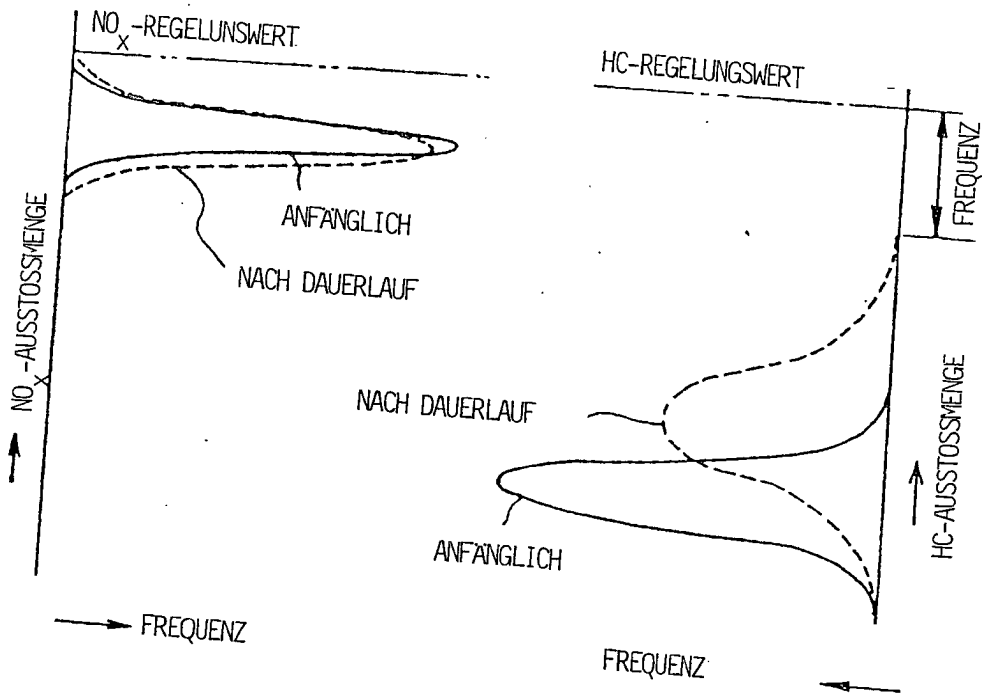

NOx-REGELUNSWERT
HC-REGELUNGSWERT
FREQUENZ
ANFANGLICH
NACH DAUERLAUF
NOx-AUSSTOSSMENGE
NACH DAUERLAUF
ANFANGLICH
HC-AUSSTOSSMENGE
FREQUENZ
FREQUENZ

FIG.6

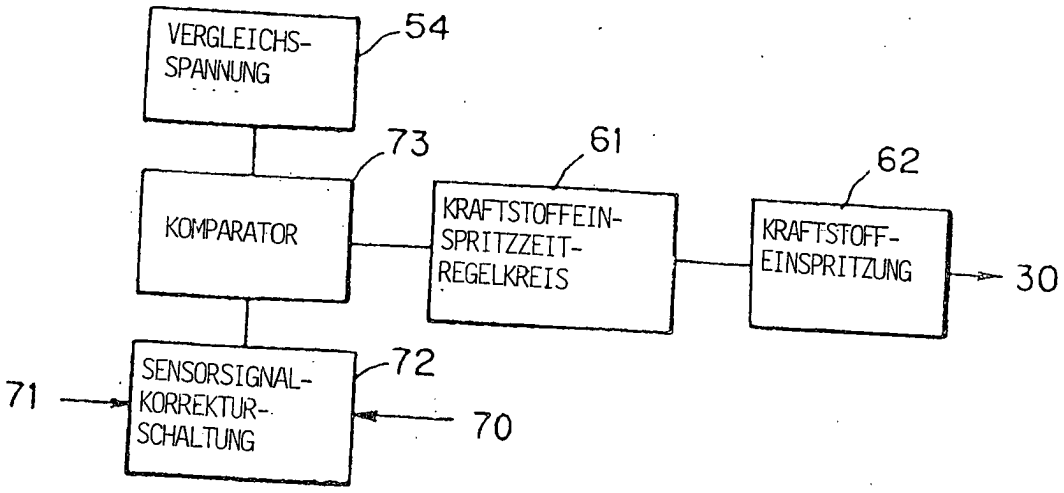

VERGLEICHS-SPANNUNG
54
73
61
62
KOMPARATOR
KRAFTSTOFFEIN-SPRITZZEIT-REGELKREIS
KRAFTSTOFF-EINSPRITZUNG
30
71
SENSORSIGNAL-KORREKTUR-SCHALTUNG
72
70

FIG.7

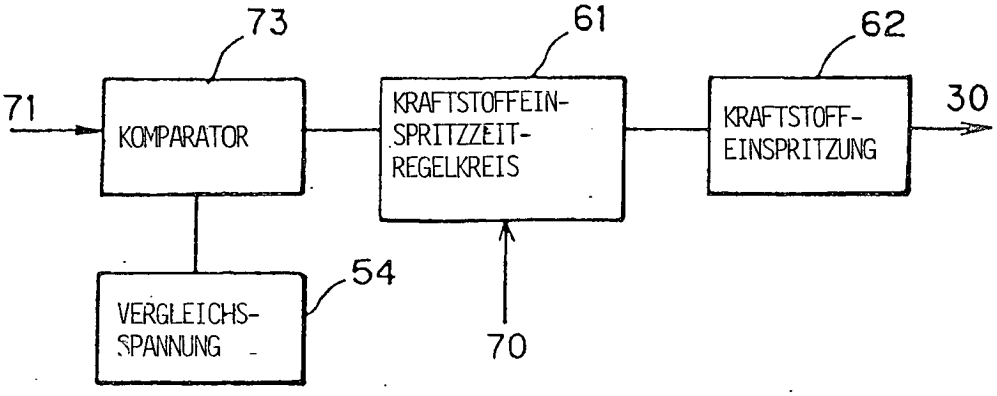


FIG.8

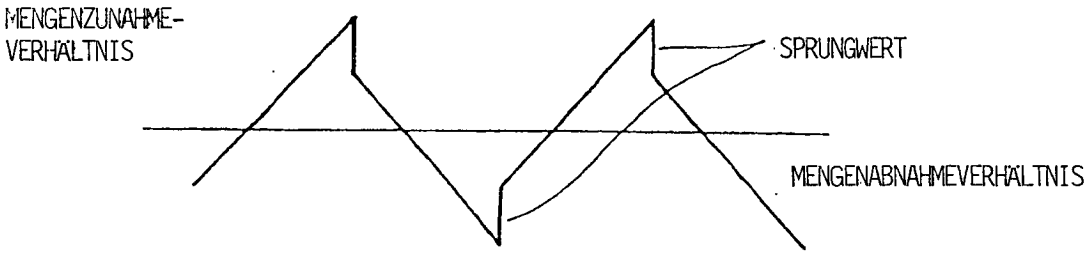


FIG.9

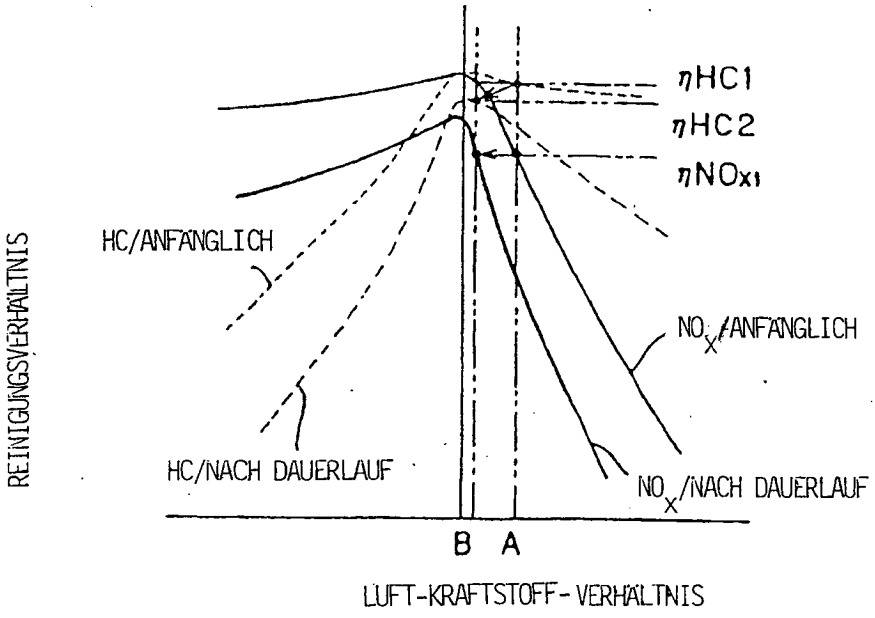


FIG.10

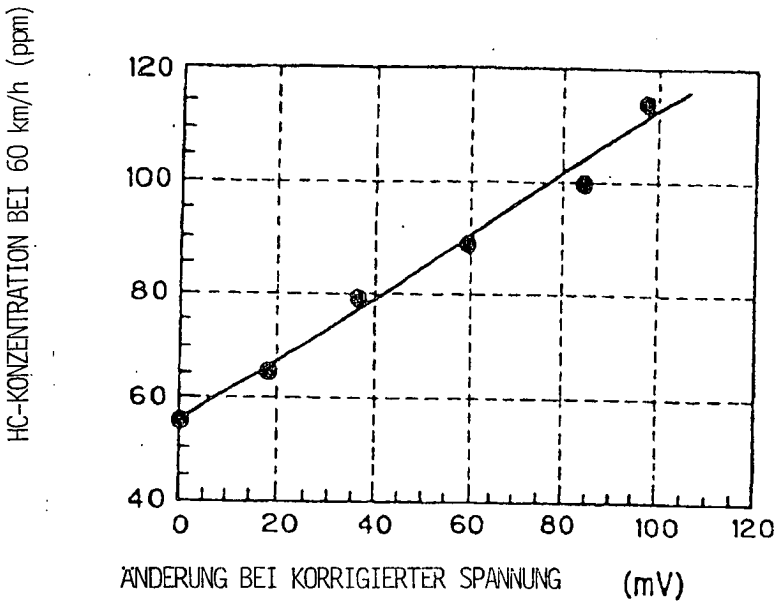

HC-KONZENTRATION BEI 60 km/h (ppm)
120
100
80
60
40
0
20
40
60
80
100
120
ÄNDERUNG BEI KORRIGIERTER SPANNUNG
(mV)

FIG.11

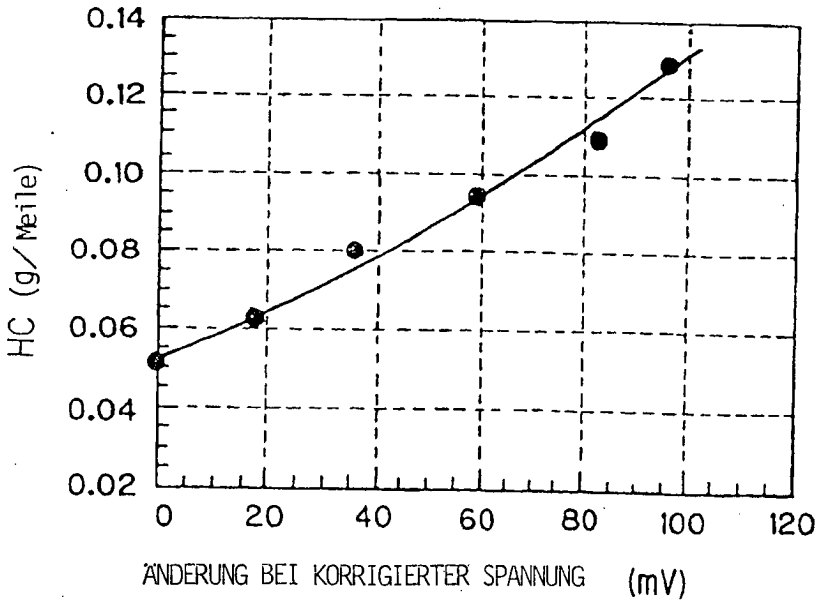

HC (g/Meile)
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0
20
40
60
80
100
120
ÄNDERUNG BEI KORRIGIERTER SPANNUNG
(mV)

FIG. 12

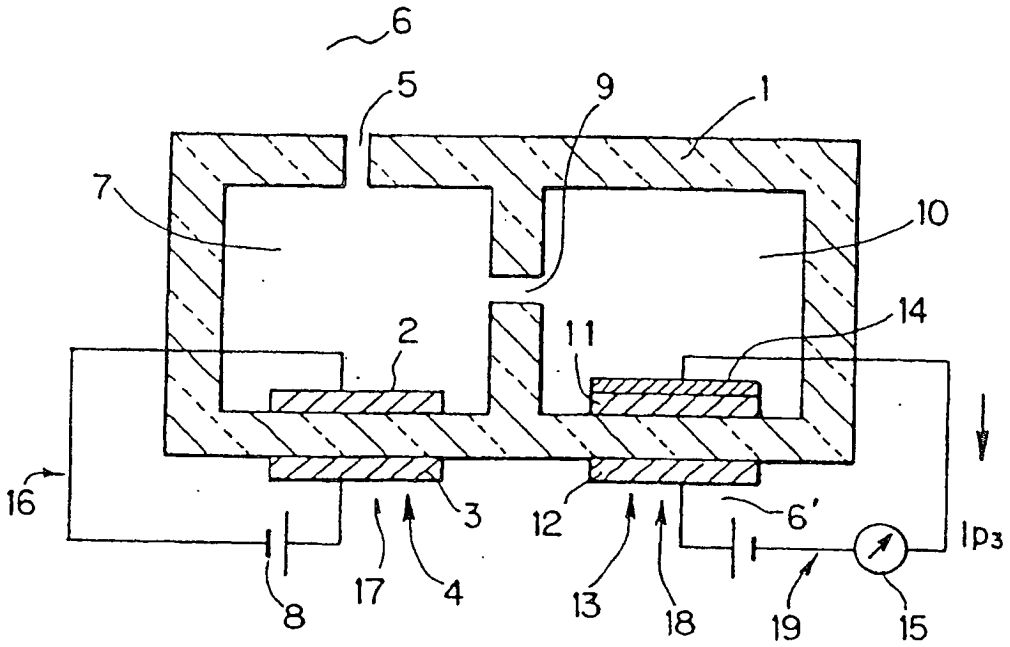

6
5
9
1
7
10
2
11
14
16
3
12
6'
Ip3
8
17
4
13
18
19
15

FIG. 13

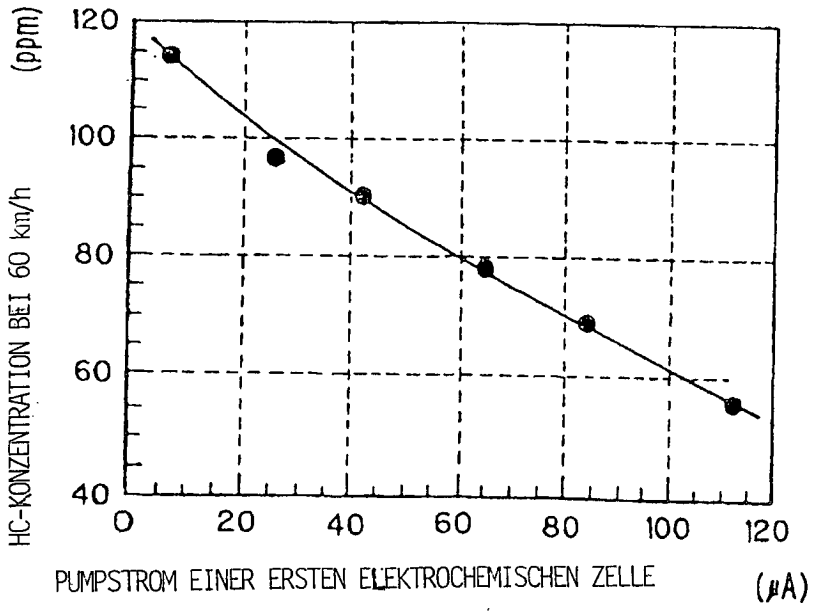
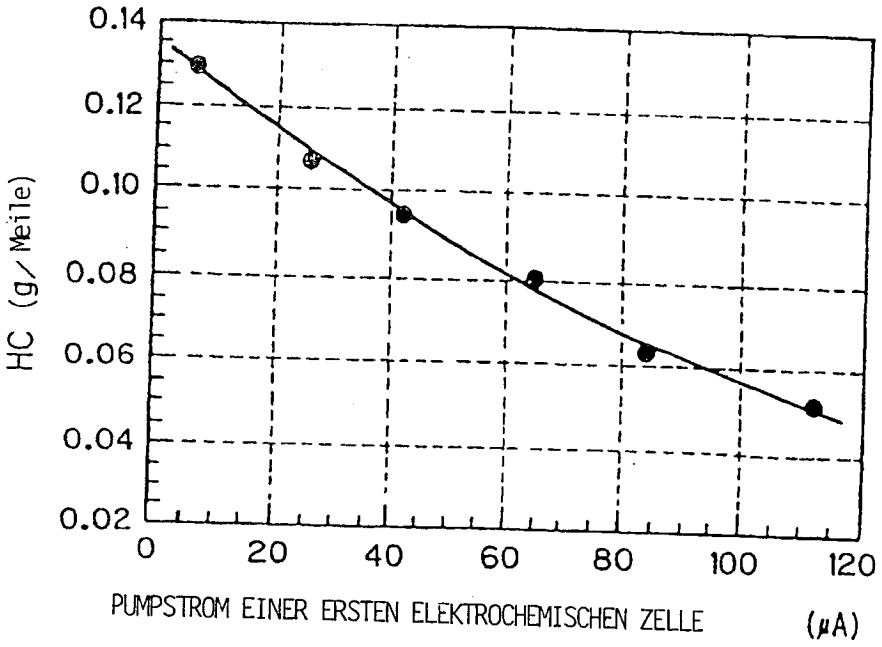

HC-KONZENTRATION BEI 60 km/h (ppm)
120
100
80
60
40
0
20
40
60
80
100
120
PUMPSTROM EINER ERSTEN ELEKTROCHEMISCHEN ZELLE
(μA)

FIG.14


0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
HC (g/Meile)
0
20
40
60
80
100
120
PUMPSTROM EINER ERSTEN ELEKTROCHEMISCHEN ZELLE
(μA)