



(11)

EP 1 336 728 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
21.03.2012 Patentblatt 2012/12

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

(21) Anmeldenummer: **02020196.8**

(22) Anmeldetag: **10.09.2002**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Regelung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses eines Verbrennungsprozesses**

Method and device for regulating the air/fuel ratio of an internal combustion engine

Procédé et dispositif pour régler le rapport air-carburant d'un moteur à combustion

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR IT SE

(30) Priorität: **13.02.2002 DE 10205817**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.08.2003 Patentblatt 2003/34

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Schnaibel, Eberhard**
71282 Hemmingen (DE)
• **Wehmeier, Kersen**
71638 Ludwigsburg (DE)

- **Hirschmann, Klaus**
71701 Schwieberdingen (DE)
- **Hotzel, Richard**
70469 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-01/61165 DE-A1- 4 001 616
US-A- 5 491 975

- **"A METHOD FOR ESTIMATING AND CONTROLLING THE OXIDATION STATE OF A CATALYTIC CONVERTER" RESEARCH DISCLOSURE, MASON PUBLICATIONS, HAMPSHIRE, GB, Nr. 409, Mai 1998 (1998-05), Seite 549, XP000824684 ISSN: 0374-4353**

EP 1 336 728 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses eines Verbrennungsprozesses, der abwechselnd mit Luftüberschuß und Luftmangel betrieben wird, mit wenigstens einem Katalysatorvolumen im Abgas des Verbrennungsprozesses, das bei Sauerstoffüberschuß im Abgas Sauerstoff speichert und diesen bei Sauerstoffmangel abgibt, bei welchem Verfahren die bei Luftüberschuß erfolgenden Sauerstoffeinträge in das Katalysatorvolumen und die bei Luftmangel erfolgenden Sauerstoffausträge aus dem Katalysatorvolumen bestimmt werden und bei dem das Kraftstoff/Luftverhältnis so geregelt wird, daß die Summe der in einem vorbestimmten Intervall bestimmten Sauerstoffeinträge und Sauerstoffausträge einen vorbestimmten Wert annimmt. Die Erfindung betrifft weiter eine elektronische Steuereinrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Ein solches Verfahren und eine solche Vorrichtung sind aus der DE 40 01 616 C2 und der WO 01/61165 A1 bekannt.

[0002] Im allgemeinen betrifft die Erfindung die Regelung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses bzw. des Luftverhältnisses Lambda eines Verbrennungsprozesses. Lambda gibt bekanntlich das Verhältnis der tatsächlich bei dem Verbrennungsprozeß beteiligten Luftmenge zu derjenigen Luftmenge an, die für eine stöchiometrische Verbrennung einer bestimmten Kraftstoffmenge benötigt wird. Abgase von Verbrennungsprozessen werden häufig durch einen Katalysator geführt, um Abgasbestandteile wie Stickoxide (NO_x), unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC) und Kohlenmonoxid (CO) in Stickstoff, Wasser und Kohlendioxid zu konvertieren. Zum Beispiel werden Dreiwegekatalysatoren zur Abgasreinigung bei Kraftfahrzeugen verwendet.

[0003] Ein optimaler Wirkungsgrad der Konvertierung, der bei definierten Einträgen von NO_x, HC und CO in den Katalysator durch ein Minimum von NO_x, HC und CO hinter dem Katalysator charakterisiert ist, erfordert eine möglichst präzise Einstellung eines gewünschten Kraftstoff/Luftverhältnisses für den Verbrennungsprozeß. Dies kann auch die möglichst präzise Einstellung eines gewünschten zeitlichen Verhaltens einschließen, beispielsweise eine periodische Schwankung von Lambda um einen mittleren Sollwert.

[0004] Bezüglich der optimierten Konvertierung von Katalysatoranlagen in Kraftfahrzeugen sind verschiedene Ansätze bekannt, die mit einer Abgassonde hinter einem Katalysator dessen schadstoffoptimalen Betrieb gewährleisten. Dabei werden in erster Linie Nernstsonden verwendet. Unter einer Nernstsonde wird hier der bekannte sauerstoffempfindliche Abgassensor verstanden, dessen Kennlinie über der Gemischzusammensetzung im thermodynamischen Gleichgewicht im Bereich der stöchiometrischen Gemischzusammensetzung einen steilen Übergang zwischen einem niedrigen (ca. 100

mV) und einem hohen (ca 900 mV) Signalpegel aufweist.

[0005] Hierbei sind Verfahren bekannt, die unter dem Oberbegriff Zweipunktregelung zusammengefasst werden können. Dabei umfaßt der Begriff der Zweipunktregelung eine Regelung, bei der ein Istwert des Sonden-signals, das einer Ist-Sauerstoffkonzentration im Abgas und damit einem bestimmten Lambda-Istwert entspricht, mit einem Sollwert verglichen wird und bei dem je nach Vorzeichen der Abweichung eine Anfettung oder eine Abmagerung des Kraftstoff/Luftverhältnisses erzeugt wird. Diese Regelung zeichnet sich dadurch aus, daß gewissermaßen nur das Vorzeichen, nicht aber der Betrag der Abweichung durch einen Regelalgorithmus verarbeitet wird.

[0006] Begrifflich werden Zweipunktregelungen sowohl in Bezug auf Zweipunktsonden vor einem Katalysator und hinter einem Katalysator angewandt. Diese Verfahren haben gemeinsam, dass sie auf den genannten steilen Übergang des Sonden-signals mit einer sprungartigen Änderung der Stellgröße, beispielsweise einer Einspritzimpulsbreite reagieren. Der sprungartigen Verstellung folgt eine näherungsweise stetige Veränderung der Stellgröße, deren zeitlicher Verlauf einer Rampe (linear) entspricht. Der Lambdawert der optimalen Schadstoffkonvertierung im Katalysator entspricht nicht genau dem Lambdawert der steilen Änderung des Nernstsonden-signals. Um dennoch mit der Nernstsonde den optimalen Lambdawert für den Katalysator einstellen zu können, kann eine je nach Richtung des Vorzeichenwechsels unterschiedliche und damit unsymmetrische Sprunghöhe, eine auf einen Sprung folgende und bezüglich der Sprungrichtung unsymmetrische Rampe oder eine vorbestimmte Verzögerungszeit zwischen einer Sonden-signaländerung und einer Stellgrößenänderung verwendet werden. Dadurch wird der Mittelwert des zeitlichen Verlauf der Stellgröße so verschoben, dass der Katalysator in seinem optimalen Arbeitspunkt betrieben wird. Dieser liegt zumeist leicht auf der fetten Seite, da hiermit insbesondere ein Sicherheitsabstand zu der mit Blick auf unerwünschte NO_x-Emissionen kritischeren mageren Seite vermieden wird. Diese Art der Zweipunktregelung erfolgt häufig auf der Basis des Signals einer vor dem Katalysator angeordneten Abgassonde. Die bei einer Sprung-Rampe-Regelung auftretende Schwingung im Sauerstoffgehalt des Abgases wird durch den Katalysator, sofern dieser funktionsfähig ist, ausgegittelt. Diese Mittelung ergibt sich dadurch, daß der Katalysator während der Halbwelle der Schwingung mit Sauerstoffüberschuß den Sauerstoffüberschuß aus dem Abgas speichert und den gespeicherten Sauerstoff in der Halbwelle der Schwingung mit Sauerstoffmangel wieder an das Abgas abgibt. Eine hinter dem (ausreichend großen) Katalysator angeordnete Abgassonde registriert in diesem Fall den Mittelwert der Schwingung. Da der vorgeschaltete Katalysator die hintere Sonde vor übermäßigen Temperaturschwankungen schützt und außerdem die Einstellung des thermodynamischen Gleichgewichts der Abgasbestandteile fördert, ist das Signal der hinteren

Sonde weniger durch Temperatureinflüsse und Querempfindlichkeiten der Abgassonde beeinflusst. Dabei versteht man unter einer Querempfindlichkeit eine unerwünschte Verschiebung der Sondenkennlinie über dem Sauerstoffgehalt des Abgases in Anwesenheit von anderen Abgasbestandteilen. Die hintere Sonde mißt daher genauer und kann gewissermaßen zur Führung der vorderen Sonde eingesetzt werden. Wenn beispielsweise die vordere Sonde aufgrund einer Kennlinienverschiebung auf einen nicht korrekten Sollwert regelt, wird dies über das Signal der hinteren Abgassonde erkannt und der Sollwert für den Regelkreis der vorderen Sonde wird entsprechend korrigiert.

[0007] Weiterhin sind sogenannte stetige Verfahren bekannt. Diese nutzen nicht die steile Änderung des Nernstsondensignals, sondern beispielsweise den vergleichsweise linearen Verlauf des Pumpstroms über dem Lambdawert bei einer Breitbandsonde. Diese Verfahren nutzen nicht nur das Vorzeichen, sondern auch den Betrag der Abweichung eines Istwertes von einem Sollwert. Auch hier ist darauf zu achten, dass der Katalysator mit leicht fettem Gemisch betrieben wird. Da bei diesen Verfahren kleinere Sondersignaländerungen verwertet werden, wirken sich Querempfindlichkeiten, Temperaturempfindlichkeiten und alterungsspezifische Verschiebungen von Schadstoffabhängigkeiten vergleichsweise stark aus.

[0008] Eine weitere Verfahrensgruppe basiert auf einer optimierten Befüllstrategie des Katalysator. Die Verfahren dieser Gruppe bilanzieren die eingetragenen Komponenten und versuchen eine Fehlbilanz auszugleichen bevor sie an der hinter einem gewissen Katalysatorvolumen angeordneten Sonde zu messen ist. Die Nernstsonde wird hier ebenfalls in Ihrem Fett-Ast betrieben und gleicht nur noch einen falschen Bilanznullpunkt aus. Die oben genannte DE 40 01 616 A1 zeigt ein solches Verfahren zur Regelung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses eines Verbrennungsprozesses, der abwechselnd mit Luftüberschuß und Luftmangel betrieben wird. Ein Katalysatorvolumen im Abgas des Verbrennungsprozesses speichert bei Sauerstoffüberschuß im Abgas den Sauerstoff und gibt diesen bei Sauerstoffmangel wieder ab. Bei diesem bekannten Verfahren werden die bei Luftüberschuß erfolgenden Sauerstoffeinträge in das Katalysatorvolumen und die bei Luftmangel erfolgenden Sauerstoffausträge aus dem Katalysatorvolumen mit Hilfe einer vor dem Katalysator angeordneten Nernstsonde bestimmt und das Kraftstoff/Luftverhältnis wird so geregelt, daß die Summe der in einem vorbestimmten Intervall bestimmten Sauerstoffeinträge und Sauerstoffausträge einen vorbestimmten Wert annimmt.

[0009] Es hat sich gezeigt, daß die künftigen gesetzgeberischen Anforderungen, beispielsweise die SULEV-Forderungen (Super Ultra Low Emission Vehicle) aus den USA weitere Verbesserungen der bekannten Regelstrategien mit Blick auf einen optimierten Katalysatorbetrieb in Verbindung mit einer weiter gesteigerten Robustheit und Regelgeschwindigkeit erfordern.

[0010] Diese Forderung wird auf der Basis des aus der DE 40 01 616 bekannten Verfahrens dadurch erfüllt, daß der Verbrennungsprozeß jeweils mindestens solange mit Sauerstoffüberschuß oder Sauerstoffmangel betrieben wird, bis dieser an einer sauerstoffempfindlichen Nernstsonde hinter dem Katalysatorvolumen auftritt. In Abwandlung des bekannten Verfahrens ist bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung keine Abgassonde vor dem Katalysator erforderlich. Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel wird vor dem Katalysator anstelle der Nernstsonde nach dem Stand der Technik eine Breitbandsonde verwendet.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht den geforderten optimierten Katalysatorbetrieb und verbessert dabei die oben genannten Verfahren hinsichtlich Robustheit und Regelgeschwindigkeit entscheidend in Arbeitspunkten, in denen die obigen Verfahren keine ausreichende Robustheit aufweisen bzw. in denen diese Verfahren durch Querempfindlichkeiten beeinträchtigt werden. Diese Verbesserung ergibt sich dadurch, daß die Erfindung Teilaspekte der oben dargestellten Verfahren enthält und diese um Anteile ergänzt, die eine wesentliche Steigerung der Robustheit bewirken.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt die Zweipunktcharakteristik einer Nernstsonde hinter dem Katalysator in Verbindung mit einer Bilanzierung, d.h. einer Berücksichtigung von auf den Katalysator bezogenen Sauerstoffeinträgen und Sauerstoffausträgen.

[0013] Aufgrund der Massenerhaltung müssen diese Einträge und Austräge bei der erfindungsgemäßen Gemischsteuerung gleich sein. Würde dieses Verfahren in seiner einfachsten Form angewandt und vernachlässigt man Nichtlinearitäten, so würde sich hinter einem der Sprungsonde anschließenden Katalysatorvolumen eine Sprungsondenspannung von 450mV einstellen (Aufgrund von Unsymmetrien kann sich hier auch eine von 450mV abweichende Spannung einstellen). Dieses entspricht aber nach gängiger Meinung nicht einem optimierten Katalysatorbetrieb.

[0014] Um den optimierten Betrieb zu gewährleisten wird dem regelnden Teil ein steuernder Teil angeschlossen. Dieser Teil basiert auf einem Bilanzoptimum für den Katalysatorbetrieb. Aufgrund der notwendigen Bilanzoptimierung der regelnden Phase, wird eine bezüglich Bilanznullpunkt notwendige Zusatzmenge ermittelt. Bezogen auf den Bilanznullpunkt wird an die Flanken Fett-Mager bzw. Mager-Fett der Sprungsonde ein gesteuerter Anteil Fett bzw. Mager angehängt. Dieser Anteil ist so zu bemessen, dass sich hinter einem Gesamtkatalysatorsystem ein Schadstoffoptimum einstellt.

[0015] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht daher vor, daß der Wechsel zwischen Sauerstoffüberschuß und Sauerstoffmangel beim Betrieb des Verbrennungsmotors so gesteuert wird, daß die Differenz der bei Luftüberschuß erfolgenden Sauerstoffeinträge in das Katalysatorvolumen und der bei Luftmangel erfolgenden Sauerstoffausträge aus dem Katalysatorvolumen einen vorbestimmten Wert annimmt.

[0016] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, daß zur Bestimmung der bei Luftüberschuß erfolgenden Sauerstoffeinträge in das Katalysatorvolumen und der bei Luftmangel erfolgenden Sauerstoffausträge aus dem Katalysatorvolumen eine Größe benutzt wird, die den Kraftstoffzufluß zum Verbrennungsmotor wenigstens mitbestimmt.

[0017] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die genannte Größe auf der Basis einer aus Meßgrößen errechneten Ansaugluftmenge und auf der Basis einer zu dieser Ansaugluftmenge zugemessenen Kraftstoffmenge gebildet.

[0018] Nach einer alternativen bevorzugten Ausführungsform wird die genannte Größe in Abhängigkeit von dem Signal einer vor dem Katalysatorvolumen angeordneten Abgassonde gebildet.

[0019] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, daß die genannte Größe eine Eingangsgröße für einen zweiten Regelkreis ist, in dem das Kraftstoff/Luftverhältnis mit einer im Vergleich zum ersten Regelkreis kleineren Zeitkonstante geregelt wird.

[0020] Eine weitere Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, daß die Bildung der genannten Größe verändert wird, wenn die Sauerstoffeinträge und Sauerstoffausträge voneinander abweichen.

[0021] Gemäß einer Weiterbildung dieser Ausführungsform erfolgt die Veränderung so, daß die genannte Abweichung kleiner wird.

[0022] Nach einer bevorzugten Ausführungsform dieser Weiterbildung wird die Veränderung als Funktion des Integrals der genannten Abweichung gebildet.

[0023] Nach einer weiteren Ausführungsform wird das Kraftstoff/Luftverhältnis durch einen überlagerten Regelkreis vorgegeben.

[0024] Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, daß die Werte der bestimmten Sauerstoffeinträge und Sauerstoffausträge genutzt werden, um einen realen Nullwert zwischen Sauerstoffüberschuß und Sauerstoffmangel zu bestimmen.

[0025] In einer weiteren Ausführungsform kann die Erfindung auch als Verfahren zur Regelung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses eines Verbrennungsprozesses mit einer Lambdasonde hinter einem Teilkatalysatorvolumen verstanden werden, bei dem die Lambdasonde anzeigt, wenn der Grad der Befüllung des Teilkatalysatorvolumens mit Sauerstoff einen ersten vorbestimmten Wert überschreitet oder einen zweiten vorbestimmten Wert unterschreitet. Bei Unterschreiten des zweiten vorbestimmten Wertes wird das Kraftstoff/Luftverhältnis im Mittel definiert magerer (kraftstoffärmer) eingestellt. Bei daraus resultierendem Überschreiten des zweiten vorbestimmten Wertes wird entsprechend im Mittel definiert angefettet. Dabei ergibt sich eine für den Betriebspunkt des Verbrennungsprozesses und den Katalysator charakteristische Frequenz der Abmagerungen und Anfettungen. Bei einem Verbrennungsmotor wird ein Betriebspunkt beispielsweise durch einen bestimmten Wert der Brennraumfüllung bei einer bestimmten Drehzahl definiert. Im

weiteren wird der Sauerstoffeintrag und der Sauerstoffaustrag bilanziert. Die Kraftstoffzumessung erfolgt so, daß sich als Bilanz der Sauerstoffeinträge und der Sauerstoffausträge im Mittel über eine Periode (ein Sauerstoffeintrag und ein Sauerstoffaustrag) ein vorbestimmter Wert, vorzugsweise der Wert Null ergibt, was einem definierten mittleren Lambdawert entspricht. Durch eine definierte Verzögerung des Wechsels zwischen im Mittel fettem und magerem Kraftstoff/Luft-Gemisch läßt sich ein beliebiger mittlerer Lambdawert einstellen, da jede Verzögerung gewissermaßen einen zusätzlichen Eintrag von Sauerstoff (bei verzögertem Wechsel zu fettem Gemisch) oder Austrag von Sauerstoff (bei verzögertem Wechsel zu magerem Gemisch) bewirkt. Die definierte Verzögerung erfolgt bevorzugt so, daß der resultierende Zusatzeintrag oder Zusatzaustrag bezogen auf eine Periode einem vorbestimmten Wert entspricht. Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Steuereinrichtung, vorzugsweise eine elektronische Steuereinrichtung zur Durchführung wenigstens einer der oben angegebenen Verfahren, Weiterbildungen und Ausführungsformen.

[0026] Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung mit Bezug auf die Figuren erläutert.

[0027] Fig. 1 zeigt die Struktur eines ersten technischen Umfeldes, in der die Erfindung ihre Wirkung entfaltet.

[0028] Fig. 2 offenbart ein auf diese Struktur bezogenes Ausführungsbeispiel der Erfindung in der Form einer Funktionsblockdarstellung.

[0029] Die Fig. 3 und 4 zeigen Signalverläufe zur Veranschaulichung der Wirkung des genannten Ausführungsbeispiels.

[0030] Fig. 5 zeigt die Struktur eines zweiten technischen Umfeldes für die Anwendung der Erfindung.

[0031] Fig. 6 offenbart ein darauf bezogenes Ausführungsbeispiel der Erfindung in Funktionsblockdarstellung.

[0032] Fig. 7 offenbart die Struktur eines zur Erfüllung der o.a. SULEV-Forderungen bevorzugten technischen Umfeldes der Erfindung.

[0033] Fig. 8 zeigt ein entsprechendes Ausführungsbeispiel der Erfindung in Funktionsblockdarstellung.

[0034] Die Figuren 9 bis 13 stellen zeitliche Verläufe von Signalen zur Verdeutlichung der Wirkung der Erfindung im Rahmen des bevorzugten technischen Umfeldes dar.

Beschreibung

[0035] Die Ziffer 10 in der Figur 1 bezeichnet einen Verbrennungsmotor, der ein Gemisch aus Kraftstoff und Luft in einem Verbrennungsprozess verbrennt. Die Menge oder Masse der zum Verbrennungsprozess strömenden Luft wird durch einen Luftmengenmesser 14 erfasst. Das Signal des Luftmengenmessers 14 wird einer elektronischen Steuereinrichtung 18 zugeführt. Die elektronische Steuereinrichtung 18 berechnet daraus und gegebenenfalls aus weiteren Betriebskenngrößen des Ver-

brennungsprozesses ein Kraftstoffzumesssignal, mit dem ein Kraftstoffzumessmittel 16 angesteuert wird. In der Darstellung der Figur 1 ist das Kraftstoffzumessmittel 16, beispielsweise ein Einspritzventil oder eine Anordnung von Einspritzventilen, in einem Saugrohr 12 des Verbrennungsmotors angeordnet. In diesem Fall findet die Gemischbildung, das heißt die Vermischung von angesaugter Luft und zugemessenem Kraftstoff im Saugrohr statt. Alternativ kann die Gemischbildung aber auch direkt in den Brennräumen des Verbrennungsmotors stattfinden, wie es vom Dieselmotor und vom Ottomotor mit Benzindirekteinspritzung bekannt ist. Die Abgase des Verbrennungsprozesses im Verbrennungsmotor werden durch ein Abgasrohr 20 zu einem Katalysatorvolumen 22 geleitet. Eine vor dem Katalysatorvolumen 22 angeordnete Abgassonde 24 erfasst vorzugsweise die Sauerstoffkonzentration im Abgas zwischen dem Verbrennungsprozess und dem Katalysatorvolumen 22. Im weiteren wird die Abgassonde 24 auch als Vorkatsonde 24 bezeichnet. Eine weitere Abgassonde ist hinter dem Katalysatorvolumen 22 angeordnet. Diese Abgassonde ist vorzugsweise eine sogenannte Nernstsonde 26, während die Vorkatsonde 24 vorzugsweise als Breitbandsonde realisiert ist. Ein Ausführungsbeispiel einer Nernstsonde 26 ist dem Kraftfahrtechnischen Taschenbuch, 22. Auflage, VDI-Verlag Düsseldorf, ISBN 3-18-419122-2 (Automotive Handbook 4th Edition, SAE Society of Automotive Engineers, USA, ISBN 1-56091-918-3, auf der Seite 491 (491) offenbart. Auf der folgenden Seite 492 (492) des gleichen Buches ist auch eine Breitbandsonde als Ausführungsbeispiel der Vorkatsonde 24 offenbart. Die Breitbandsonde 24 weist einen Messspalt auf, der über eine Gaseinlassöffnung mit dem Abgas verbunden ist. Der Messspalt ist weiter mit einer elektrochemischen Pumpzelle versehen, mit der Sauerstoff aus dem Messspalt heraus oder in den Messspalt hinein gepumpt werden kann. Eine elektronische Schaltung regelt die an der Pumpzelle anliegende Spannung so, dass die Zusammensetzung des Gases im Messspalt konstant bei $\lambda=1$ liegt. Der dazu notwendige Pumpstrom I_{svk} liefert ein Maß für den Sauerstoffgehalt des Abgases. Mit anderen Worten: die Breitbandsonde liefert ein Stromsignal $I_{\text{Sonde-Vor-Kat}}$. Die Nernstsonde 26 liefert dagegen ein Spannungssignal $U_{\text{Sonde-Hinter-Kat}}$. Die Signale der beiden Abgassonden 24 und 26 werden ebenfalls der elektronischen Steuereinrichtung 18 zugeführt und beeinflussen ergänzend die Kraftstoffzumessung. Der Verbrennungsmotor 10 stellt gewissermaßen eine Regelstrecke als Bestandteil eines ersten Regelkreises aus Verbrennungsmotor 10, Abgassonde 24, elektronischer Steuereinrichtung 18 und Kraftstoffzumesseinrichtung 16 dar. Ein Sauerstoffmangel im Abgas wird von der Abgassonde 24 registriert und führt durch eine entsprechende Verarbeitung durch einen Regelalgorithmus in der elektronischen Steuereinrichtung 18 zu einer Vergrößerung der Einspritzimpulsbreite, mit der das Kraftstoffzumessmittel 16 angesteuert wird. Diesem Regelkreis ist ein weiterer Regelkreis überlagert,

der auf dem Signal der Nernstsonde 26 basiert. Das erfindungsgemäße Zusammenwirken der beiden Regelkreise wird im Folgenden mit Blick auf die Struktur der Figur 2 erläutert. Die gestrichelte Linie 27 in der Figur 2 trennt die mit der Ziffer 18 bezeichnete Funktionsstruktur der erfindungsgemäßen elektronischen Steuereinrichtung von den übrigen Bestandteilen der Struktur der Figur 1, insbesondere von dem Verbrennungsmotor 10, der Vorkatsonde 24, dem Katalysatorvolumen 22 und der Nernstsonde 26. Die Ziffer 28 bezeichnet ein Kennfeld, das beispielsweise von Eingangsgrößen wie der gemessenen Luftmenge und der Drehzahl des Verbrennungsmotors adressiert wird und das eine Basisimpulsbreite t_{Basis} als Ausgangswert für die Kraftstoffzumessung liefert. Dieser Ausgangswert wird in der Regelverknüpfung 30 mit einem Regelfaktor f_r aus einem ersten Regler 34 verknüpft. Das Resultat dieser Verknüpfung bestimmt als Einspritzimpulsbreite t_i die Kraftstoffmenge, die dem Verbrennungsprozess in dem Verbrennungsmotor 10 zugeführt wird. Aus dem Verbrennungsprozess resultiert eine bestimmte Sauerstoffkonzentration im Abgas, die sich im Signal U_{shk} der Nernstsonde 26 abbildet. Dieses Signal U_{shk} der Nernstsonde 26 wird einem Zweipunktregler 36 zugeführt. Dieser Zweipunktregler 36 stellt einen echten Zweipunktregler im klassischen Sinne dar, bei dem die Stellgröße nur jeweils einem von zwei Werten entsprechen kann. Im Fall des Reglers 36 wird das Signal U_{shk} der Abgassonde 26 mit einem Schwellenwert von beispielsweise 450 Millivolt verglichen. Wenn hinter dem Katalysator 22 Sauerstoffüberschuss vorliegt, besitzt das Signal U_{shk} eine Größenordnung von circa 100 Millivolt. In diesem Fall fetzt der Zweipunktregler 36 an, indem er beispielsweise einen Faktor 1,02 ausgibt, mit dem die im ersten Regler gebildete Stellgröße multiplikativ vergrößert wird, was letztlich zu einer Vergrößerung der Einspritzimpulsbreite und damit zu einer Anfattung des Gemisches führt. Liegt dagegen hinter dem Katalysatorvolumen 22 Sauerstoffmangel vor, so besitzt das Signal U_{shk} eine Größenordnung von circa 900 Millivolt und der Zweipunktregler 36 magert entsprechend ab, indem er beispielsweise einen Faktor 0,98 ausgibt. Dieser Faktor 0,98 verkleinert im ersten Regler 34 die Stellgröße f_r , was letztlich zu einer Verkürzung der Einspritzimpulsbreiten t_i und damit zu einer Abmagerung führt. Die Nernstsonde 26 bildet damit in Verbindung mit dem Zweipunktregler 36 und der übrigen Regelstrecke (34, 30, 10, 24, 22) einen zweiten Regelkreis. Dieser zweite Regelkreis sorgt dafür, dass das Katalysatorvolumen 22 mit einem im Mittel mageren Gemisch befüllt wird, wenn die Sonde hinter dem Katalysatorvolumen 22 Sauerstoffmangel anzeigt. Dieses magere Gemisch sorgt dafür, dass die Nernstsonde 26 hinter dem Katalysatorvolumen 22 irgendwann Sauerstoffüberschuss anzeigt. Wenn dies passiert, wird das Katalysatorvolumen 22 anschließend mit einem im Mittel fetten Gemisch (Sauerstoffmangel = Reduktionsmitteleintrag) befüllt und das Signal der Nernstsonde 26 springt irgendwann wieder nach 900 Millivolt.

[0036] Somit befüllt und entleert der Zweipunktregelalgorithmus das Katalysatorvolumen 22 immer wieder. Da der Sauerstoffspeicher nur die Menge an Sauerstoff abgeben kann, die er vorher gespeichert hat, müssen die realen Sauerstoffüberschuß- und Sauerstoffmangel-Mengen gleich sein. Mit anderen Worten: Der in Sauerstoffüberschussphasen in das Katalysatorvolumen 22 eingetragene Sauerstoff entspricht in seiner Menge dem im Sauerstoffmangel aus dem Katalysatorvolumen 22 ausgetragenen Sauerstoff. Erfindungsgemäß werden diese beiden per Definition gleichen Mengen messtechnisch erfasst und zur Korrektur des ersten Regelkreises verwendet. Zu diesem Zweck weist die Figur 2 die Struktur 38, 40, 42, 44, 46 und 32 auf. Dabei bezeichnet die Ziffer 38 einen Triggersignalpfad, mit dem ein Signalintegrator 40 auf Null gesetzt und ausgelöst wird. Dem Signalintegrator 40 wird parallel zu dem Triggersignal 38 das Signal Isvk der Vorkatsonde 24, beziehungsweise ein korrigiertes Signal Isvk_korr der Vorkatsonde 24 zugeführt. Dieser Signalintegrator ist so beschaltet und ausgelegt, dass er nur den Sauerstoffüberschussanteil des Signals Isvk integriert. Die Integration wird ausgelöst, wenn der Zweipunktregler 36 ein abmagerndes Signal ausgibt und sie wird gestoppt, wenn der Zweipunktregler 36 auf anfattendes Gemisch umschaltet. Der Endwert des Sauerstoffspeicherintegrators 40 liefert damit ein Maß für die Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators (Oxygen Storage Capacity OSC). Analog berechnet der Integrator 42 in Sauerstoffmangelphasen eine negative Sauerstoffmangel einen Sauerstoffaustrag -OSC.

[0037] In der Differenzverknüpfung 44 werden die Ausgangssignale der Integratoren 40 und 42 voneinander subtrahiert. Da sie physikalisch per Definition gleich sein müssen, zeigt ein von null abweichendes Ergebnis der Differenzverknüpfung 44 gewissermaßen einen Berechnungsfehler an. Im Rahmen dieser Erfindung geht man davon aus, dass ein solcher Berechnungsfehler auf einer Kennlinienverschiebung des Signals Isvk der Vorkatsonde 24 beruht. Eine Kennlinienverschiebung hat zur Folge, beispielsweise schon fettes Gemisch signalisiert, obwohl real noch mageres Gemisch vorliegt. Als Folge wird der Wert des MINUS_OSC-Integrators 42 größer sein als der Wert des OSC-Integrators 40. Die Differenz beider Werte wird einem Integrator 46 zugeführt, dessen Ausgangssignal über eine Offsetkorrekturverknüpfung 32 das Signal Isvk der Vorkatsonde 24 korrigiert. Dadurch wird gewissermaßen die verschobene Kennlinie ausgeglichen, so dass die Werte des OSC-Integrators 40 und des MINUS_OSC-Integrators 42 nach eingeschwungener Korrektur wieder gleich sind. Diese Zusammenhänge werden durch die Figur 3 in Verbindung mit der Figur 4 weiter verdeutlicht. Die Ziffer 52 in der Figur 3 bezeichnet einen ersten Zeitbereich, in dem die Offsetkorrektur noch nicht eingeschwungen ist. Dagegen bezeichnet die Ziffer 54 in der Figur 3 einen zweiten Zeitbereich, in dem die Offsetkorrektur eingeschwungen ist. Insgesamt zeigt die Figur 3 den zeitlichen Verlauf des Signals Isvk über Zeit t. Die gestrichelte Linie 48

markiert den (falschen) Mess-Nullwert der Vorkatsonde 24. Der Nullwert, das heißt der Wert, der Sauerstoffüberschuß vom Sauerstoffmangel trennt, ist von grundlegender Bedeutung für die Bildung der genannten OSC- und MINUS_OSC-Mengen. Dieser "Nullwert" zwischen Sauerstoffüberschuß und Sauerstoffmangel wird von einer Sonde vor dem Katalysator geliefert oder es wird ein gespeicherter Wert verwendet, beispielsweise eine Einspritzzeit, bei der man stöchiometrische Gemischzusammensetzung annimmt. Dieser Nullwert kann aber fehlerhaft sein. Erfindungsgemäß werden die Sauerstoffüberschuß- respektive Sauerstoffmangel-Mengen bezogen auf diesen - möglicherweise fehlerbehafteten Nullwert bestimmt. Die relative Abweichung von dem angenommenen Nullwert ist bekannt. Mit der gemessenen Luftmenge läßt sich daraus der Absolutwert für den Sauerstoffeintrag bzw. Sauerstoffaustrag bestimmen. Da der Sauerstoffspeicher nur die Menge an Sauerstoff abgeben kann, die er vorher gespeichert hat, müssen die realen Sauerstoffüberschuß- und Sauerstoffmangel-Mengen gleich sein. Wenn die berechneten Mengen nicht gleich sind, kann dies nur daran liegen, daß der angenommene Nullwert nicht dem realen Nullwert entspricht, so daß bspw. bei der Berechnung ein realer Eintrag als Austrag gewertet wurde. Anschließend wird der angenommene Nullwert verändert und zwar in die Richtung der größeren Menge. Das heißt, wenn bei der vorherigen Berechnung die Sauerstoffüberschußmenge größer war als die Sauerstoffmangelmenge, wird der Nullwert in Richtung Sauerstoffüberschuß verschoben. Ausgehend von diesem neuen Nullwert wird wieder mit gleichen Beträgen angefüllt und abgemagert. Diese Vorgehensweise wird solange wiederholt, bis die genannten berechneten Mengen gleich sind. Der zugehörige Nullwert entspricht dem realen Nullwert. Mit anderen Worten: Die Werte der bestimmten Sauerstoffeinträge und Sauerstoffausträge werden genutzt, um einen realen Nullwert zwischen Sauerstoffüberschuß und Sauerstoffmangel zu bestimmen.

Damit kann entweder eine vordere Sonde oder ein vorgesteuerter Nullwert korrigiert werden. Dieses Vorgehen wird unter fortlaufendem Bezug auf die Fig. 3 weiter erläutert. Die gestrichelte Linie 50 bezeichnet den realen Nullwert. Bei der Breitbandsonde entspricht der niedrige Signalpegel fettem Gemisch, also Sauerstoffmangel, und der hohe Signalpegel entspricht magerem Gemisch, also Sauerstoffüberschuss. Die schraffierte Fläche 64 stellt das Integral einer Sauerstoffüberschussperiode über dem realen Nullwert 50 dar. Die schraffierte Fläche 66 stellt entsprechend das Integral einer Sauerstoffmangelperiode über dem realen Nullwert 50 dar. Beide Flächen sind gleich, weil die Umschaltung zwischen fettem und magerem Gemisch durch die genau messende Nernstsonde 26 hinter dem Katalysatorvolumen 22 vorgenommen wird. Die schraffierte Fläche 68 entspricht dem Integral über dem (falschen) Messnullwert der Abgassonde 24 während einer Sauerstoffüberschussperiode und die Fläche 70 entspricht dem Integral eines Sau-

erstoffmangels über dem falschen Messnullwert während einer Sauerstoffmangelperiode. Die Flächen 68 und 70 werden messtechnisch jeweils durch die Integratoren 40 und 42 erfasst. Es ist deutlich ersichtlich, dass im nicht eingeschwungenen Zustand der OSC-Wert (68) stark vom MINUS_OSCWert (70) abweicht. Der zweite Zeitbereich (54) zeigt dagegen den eingeschwungenen Zustand. Als Ergebnis der Integration im Block 46 und des Eingriffs in der Offsetkorrekturverknüpfung 32 ist das Signal Isvk so nach unten verschoben, dass die Messnulllinie 48 mit der realen Nulllinie 50 zusammenfällt. Das Signal im zweiten Zeitbereich 54 spiegelt damit den Verlauf des korrigierten Signals Isvk_korr wieder. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, sind in diesem Fall die OSC-Mengen (72) und MINUS_OSCMengen (74) gleich. In der Figur 4 ist das zum Signalverlauf der Figur 3 korrespondierende Signal Ushk der Nernstsonde 26 dargestellt. Das Signal Isvk gibt gewissermaßen die Sauerstoffkonzentration vor dem Katalysator an und das Signal Ushk gibt gewissermaßen die Sauerstoffkonzentration hinter dem Katalysator an. Aus dem Vergleich der Figur 3 und Figur 4 wird ersichtlich, dass vor dem Katalysator solange Sauerstoffüberschuss (mageres Gemisch) erzeugt wird, wie die hintere Abgassonde 26 Sauerstoffmangel registriert. Umgekehrt wird vor dem Katalysator solange Sauerstoffmangel (fettes Gemisch) erzeugt, wie die hinter dem Katalysator angeordnete Abgassonde 26 mageres Gemisch signalisiert. Die hintere Abgassonde misst prinzipbedingt den Übergang von fettem zu magerem Gemisch und umgekehrt sehr genau, da sie dort den steilen Signalpegelwechsel zwischen 900 und 100 Millivolt aufweist. Sie misst weiter deshalb sehr genau, weil der vorgeschaltete Katalysator 22 die Abgassonde 26 vor größeren Temperaturschwankungen schützt und außerdem die Abgasbestandteile ins thermodynamische Gleichgewicht bringt.

[0038] Mit anderen Worten: Es handelt sich um ein bilanzierendes Gesamtsystem, welches sich auf den Sprung der Lambda-Sonde hinter einem Teilkatalysatorvolumen stützt bzw. kalibriert. Bezüglich der Zweipunktregelung wird aufgrund von Symmetriegedanken als auch Robustheitsaspekten nach Ablauf einer Periode (möglich auch nach Halbperiode) bewertet welche O₂-Menge in den Katalysator ein- und ausgetragen wurde. Aufgrund der Bilanz müssen diese Flächen gleich sein. Falls sich ein Ungleichgewicht ergibt, wird der Offset (der Sondenkennlinie) vor Katalysator so verstellt, dass die Bilanz wieder erfüllt ist. Falls es aufgrund von Gaslaufzeiten zu einer verzögerten Systemreaktion aufgrund des Sprung der Sonde kommt, kann dieser Anteil ebenfalls in der Bilanzierung berücksichtigt werden. Ergibt sich bei diesem Verfahren ein sprungförmig auftretender Fehler, der größer als die Amplitude Schwankung der Sauerstoffkonzentration ist, so wird die Regelung nicht mehr arbeiten können. Daher wird nach einem Maximumkriterium entschieden, dass eine kritischen Zeit überschritten ist und darauf der Offset solange verstellt, bis es wieder zu einem SONDENSprung kommt.

[0039] Die Figur 5 zeigt eine Abwandlung der Struktur der Figur 1. Im Unterschied zu Figur 1 ist bei der Struktur der Figur 5 keine Vorkatsonde 24 vorgesehen. Die Struktur der Figur 6 offenbart ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ohne Vorkatsonde 24. Wieder bestimmen die Einspritzimpulsbreiten t_i die Kraftstoffmenge, die dem Verbrennungsmotor 10 passend zu der gemessenen Luftmenge zugemessen wird. Die hinter dem Katalysatorvolumen 22 angeordnete Nernstsonde 26 liefert wieder das Spannungssignal Ushk an den Zweipunktregler 36. Der Zweipunktregler 36 moduliert durch eine multiplikative Verknüpfung 30 von einem Vorsteuerkennfeld 28 gelieferte Basisimpulsbreiten t_{basis} . Er verlängert diese Basisimpulsbreiten beispielsweise dadurch, indem er bei magerem Gemisch hinter dem Katalysatorvolumen 22 einen anfattenden Faktor 1,02 ausgibt. Analog magert er bei Sauerstoffmangel hinter dem Katalysatorvolumen 22 durch Ausgabe eines Faktors 0,98 ab. Die Einspritzimpulsbreiten t_i werden auch einer Differenzverknüpfung 58 zugeführt, der zusätzlich Vergleichsimpulsbreiten t_{i_L1} zugeführt werden. Die t_{i_L1} Werte stellen gewissermaßen angenommene Nullwerte in dem Sinne dar, dass bei $t_i > t_{i_L1}$ fettes Gemisch und bei $t_{i_L1} > t_i$ mageres Gemisch angenommen wird. Analog zur Erläuterung der Figur 2 liefert auch hier der Integrator 40 ein Maß für die Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysatorvolumens und der Integrator 42 liefert ein Maß für die Reduktionsmittelspeicherfähigkeit des Katalysators. Auch hier wird die Differenz beider Werte in der Differenzverknüpfung 44 gebildet und im Integrator 46 integriert. Der Integratorausgang wirkt über die Offsetkorrekturverknüpfung 32 auf die Einspritzzeiten ein. Die Wirkungsweise der Struktur nach den Figuren 5 und 6 entspricht damit weitgehend der Wirkungsweise der Strukturen nach den Figuren 1 und 2. Die Figur 3 lässt sich auch auf die Struktur der Figur 5 und Figur 6 lesen. Dazu ist in der Figur 3 lediglich der Wert Isvk durch die Einspritzzeit t_i zu ersetzen. Die Nulllinie 48 entspricht im Fall der Figur 6 dann einem Wert t_{i_L1} . Wenn dieser Wert t_{i_L1} nicht den wirklichen Lambda-Wert liefert, ergeben sich die im ersten Zeitbereich 52 der Figur 3 dargestellten Verhältnisse. Durch das Einschwingen der Korrektur ergeben sich dann die im zweiten Zeitbereich 54 dargestellten Verhältnisse. Mit anderen Worten: durch die Offsetkorrektur werden die Einspritzzeiten t_i gleichmäßig soweit verkürzt, dass sich die gewünschte symmetrische Schwingung um den realen Lambda = 1-Wert ergibt. Die Struktur der Figuren 5 und 6 besitzt gegenüber der Struktur der Figur 1 und Figur 2 den großen Vorteil, dass eine Vorkatsonde 24 eingespart werden kann.

[0040] Die Struktur der Figuren 7 und 8 stellt ein derzeit bevorzugtes Ausführungsbeispiel dar. Dieses Ausführungsbeispiel unterscheidet sich vom Gegenstand der Figuren 1 und 2 durch ein Hauptkatalysatorvolumen 60 hinter der Nernstsonde 26 und durch eine weitere Nernstsonde 62 hinter dem Hauptkatalysatorvolumen 60. Grundsätzlich hat das Hauptkatalysatorvolumen 60 die Funktion, die zwangsläufig bei diesem Regelkonzept

auftretende Schwingung im Sauerstoffgehalt des Abgases hinter dem Teilkatalysatorvolumen 22 auszugleichen. Da für einen optimalen Katalysatorbetrieb ein im Mittel leicht fetter Betrieb gewünscht wird, muss die bisher beschriebene Struktur noch um eine Komponente erweitert werden, die diese gewünschte Fettverschiebung oder, in anderen Fällen, gegebenenfalls eine gewünschte Magerverschiebung, liefert. Dazu dient im Rahmen dieses bevorzugten Ausführungsbeispiels die weitere Nernstsonde 62. Deren Signal UsnHK (U-sonde nach Haupt-Kat) wirkt auf ein Verzögerungszeitglied 63 ein, das Signalübergänge im Ausgang des Zweipunktreglers 36 verzögert an den ersten Regler 34 weitergibt. Dadurch ergibt sich das in den Figuren 9 bis 13 dargestellte gewünschte Signalverhalten. Die Figuren 9 und 10 zeigen die bereits bisher erläuterten Signale Ushk und Isvk im eingeschwungenen Zustand. Die Figur 11 zeigt den Verlauf des Signals Ushk im Rahmen dieses Ausführungsbeispiels. Aus der Figur 12 ist ersichtlich, dass ein Wechsel von mager nach fett im Signal Ushk erst zeitverzögert um eine Verzögerungszeitspanne t_v an den Regler 34 weitergegeben wird, was sich im zeitlichen Verlauf des Isvk-Signals zeigt. Die schraffierten Flächen 76 repräsentieren damit einen gewünschten zusätzlichen MINUS_OSCEintrag in die Katalysatorvolumina, wodurch sich im Endeffekt das in der Figur 13 gezeigte, relativ gleichmäßig im fetten Bereich oberhalb von 450 Millivolt verlaufende Signal der weiteren Nernstsonde 62 zeigt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses eines Verbrennungsprozesses, der abwechselnd mit Luftüberschuß und Luftmangel betrieben wird, und mit wenigstens einem Katalysatorvolumen im Abgas des Verbrennungsprozesses, das bei Sauerstoffüberschuß im Abgas Sauerstoff speichert und diesen bei Sauerstoffmangel abgibt bei welchem Verfahren die bei Luftüberschuß erfolgenden Sauerstoffeinträge in das Katalysatorvolumen und die bei Luftmangel erfolgenden Sauerstoffausträge aus dem Katalysatorvolumen bestimmt werden und bei dem das Kraftstoff/Luftverhältnis in einem ersten Regelkreis so eingestellt wird, dass die Summe der in einem vorbestimmten Intervall bestimmten Sauerstoffeinträge und Sauerstoffausträge einen vorbestimmten Wert annimmt, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbrennungsprozeß jeweils mindestens solange im Mittel mit Sauerstoffüberschuß oder Sauerstoffmangel betrieben wird, bis dieser an einer sauerstoffempfindlichen Nernstsonde hinter dem Katalysatorvolumen auftritt wobei die Nernstsonde in Verbindung mit einem Zweipunktreger und der übrigen Regelstrecke einen zweiten Regelkreis darstellt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich das vorbestimmte Intervall über eine Periode erstreckt, in der der Verbrennungsprozeß einmal in Mittel mit Sauerstoffüberschuß und einmal im Mittel mit Sauerstoffmangel betrieben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wechsel zwischen Sauerstoffüberschuß und Sauerstoffmangel beim Betrieb des Verbrennungsmotors so gesteuert wird, dass die Differenz der bei Luftüberschuß erfolgenden Sauerstoffeinträge in das Katalysatorvolumen und der bei Luftmangel erfolgenden Sauerstoffausträge aus dem Katalysatorvolumen einen vorbestimmten Wert annimmt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bestimmung der bei Luftüberschuß erfolgenden Sauerstoffeinträge in das Katalysatorvolumen und der bei Luftmangel erfolgenden Sauerstoffausträge aus dem Katalysatorvolumen eine Größe benutzt wird, die den Kraftstoffzufluß zum Verbrennungsmotor wenigstens mitbestimmt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die genannte Größe auf der Basis einer aus Meßgrößen errechneten Ansaugluftmenge und auf der Basis einer zu dieser Ansaugluftmenge zugemessenen Kraftstoffmenge gebildet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die genannte Größe in Abhängigkeit des Signals einer vor dem Katalysator angeordneten Abgassonde gebildet wird, die im weiteren als Vorkatsonde bezeichnet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die genannte Größe eine Eingangsgröße für einen zweiten Regelkreis ist, in dem das Kraftstoff/Luftverhältnis mit einer im Vergleich zum ersten Regelkreis kleineren Zeitkonstante geregelt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bildung der genannten Größe verändert wird, wenn die Sauerstoffeinträge und Sauerstoffausträge voneinander abweichen.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Veränderung so erfolgt, dass die genannte Abweichung kleiner wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Veränderung als Funktion des Integrals der genannten Abweichung gebildet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Kraftstoff/Luftverhältnis durch einen überlagerten Regelkreis (24, 18, 16, 10) vorgegeben wird.
12. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, das die Werte der bestimmten Sauerstoffeinträge und Sauerstoffausträge genutzt werden, um einen realen Nullwert zwischen Sauerstoffüberschuß und Sauerstoffmangel zu bestimmen.
13. Steuereinrichtung mit Mitteln zur Durchführung wenigstens eines der Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 10.

Claims

1. Method for regulating the fuel/air ratio of a combustion process which is operated alternately with an excess of air and a deficiency of air, and having at least one catalytic converter volume in the exhaust gas of the combustion process, which catalytic converter stores oxygen when there is an excess of oxygen in the exhaust gas and releases oxygen when there is a deficiency of oxygen, in which method the oxygen admissions into the catalytic converter volume occurring when there is an excess of air and the oxygen discharges from the catalytic converter volume occurring when there is a deficiency of air are determined, and in which method the fuel/air ratio is adjusted in a first regulating loop such that the sum of the oxygen admissions and oxygen discharges determined in a predetermined interval assumes a predetermined value, **characterized in that** the combustion process is operated in each case on average with an excess of oxygen or a deficiency of oxygen at least until said excess of oxygen or deficiency of oxygen arises at an oxygen-sensitive Nernst cell downstream of the catalytic converter volume, wherein the Nernst cell forms a second regulating circuit in conjunction with a two-position regulator and the rest of the regulating path.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the predetermined interval extends over a period in which the combustion process is operated once on average with an excess of oxygen and once on average with a deficiency of oxygen.
3. Method according to Claim 1, **characterized in that** the change between an excess of oxygen and a deficiency of oxygen during the operation of the internal combustion engine is controlled such that the difference between the oxygen admissions into the catalytic converter volume occurring when there is an excess of air and the oxygen discharges from the

catalytic converter volume occurring when there is a deficiency of air assumes a predetermined value.

4. Method according to Claim 1, 2 or 3, **characterized in that**, to determine the oxygen admissions into the catalytic converter volume occurring when there is an excess of air and the oxygen discharges from the catalytic converter volume occurring when there is a deficiency of air, a parameter is used which at least co-determines the inflow of fuel to the internal combustion engine.
5. Method according to Claim 4, **characterized in that** the stated parameter is formed on the basis of an intake air quantity calculated from measurement values, and on the basis of a fuel quantity metered to said intake air quantity.
6. Method according to Claim 4, **characterized in that** the stated parameter is formed as a function of the signal of an exhaust-gas probe arranged upstream of the catalytic converter, which will be referred to hereinafter as pre-cat probe.
7. Method according to Claim 6, **characterized in that** the stated parameter is an input parameter for a second regulating loop in which the fuel/air ratio is regulated with a smaller time constant than the first regulating circuit.
8. Method according to one of Claims 5 to 7, **characterized in that** the formation of the stated parameter is varied if the oxygen admissions and oxygen discharges deviate from one another.
9. Method according to Claim 8, **characterized in that** the variation takes place such that the stated deviation becomes smaller.
10. Method according to Claim 9, **characterized in that** the variation is formed as a function of the integral of the stated deviation.
11. Method according to Claim 1, **characterized in that** the fuel/air ratio is predefined by a superposed regulating circuit (24, 18, 16, 10).
12. Method according to Claim 3 or 4, **characterized in that** the values of the determined oxygen admissions and oxygen discharges are utilized to determine a real zero value between an excess of oxygen and a deficiency of oxygen.
13. Control device having means for carrying out at least one of the methods according to Claims 1 to 10.

Revendications

1. Procédé de régulation du rapport air/carburant d'un processus de combustion, qui fonctionne en alternance avec un excès d'air et un manque d'air, et avec au moins un volume de catalyseur dans le gaz d'échappement du processus de combustion qui, en cas d'excès d'oxygène dans le gaz d'échappement accumule l'oxygène, et le libère en cas de manque d'oxygène, dans lequel procédé les apports en oxygène dans le volume du catalyseur se produisant en cas d'excès d'air et les émissions d'oxygène hors du volume du catalyseur se produisant en cas de manque d'air sont déterminés et dans lequel le rapport air/carburant est ajusté dans un premier circuit de régulation de telle sorte que la somme des apports en oxygène et des émissions d'oxygène déterminés dans un intervalle prédéterminé ait une valeur prédéterminée,
caractérisé en ce que le processus de combustion fonctionne à chaque fois en moyenne avec un excès d'oxygène ou un manque d'oxygène jusqu'à ce que celui-ci parvienne au niveau d'une sonde de Nernst sensible à l'oxygène derrière le volume du catalyseur, la sonde de Nernst constituant, en association avec un régulateur à deux points et la section de régulation restante, un deuxième circuit de régulation.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'intervalle prédéterminé s'étend sur une période dans laquelle le processus de combustion fonctionne une fois en moyenne avec un excès d'oxygène et une fois en moyenne avec un manque d'oxygène.
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'alternance entre l'excès d'oxygène et le manque d'oxygène lors du fonctionnement du moteur à combustion interne est commandée de telle sorte que la différence des apports en oxygène se produisant en cas d'excès d'oxygène dans le volume du catalyseur et des émissions d'oxygène se produisant en cas de manque d'oxygène hors du volume du catalyseur prenne une valeur prédéterminée.
4. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3, **caractérisé en ce que** pour déterminer les apports en oxygène se produisant en cas d'excès d'oxygène dans le volume du catalyseur et les émissions d'oxygène se produisant en cas de manque d'oxygène hors du volume du catalyseur, on utilise une grandeur qui définit au moins en même temps l'afflux de carburant au moteur à combustion interne.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** ladite grandeur est créée sur la base d'une quantité d'air d'admission calculée à partir de gran-
6. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** ladite grandeur est créée en fonction du signal d'une sonde de gaz d'échappement disposée avant le catalyseur, laquelle est désignée ci-après sous le terme de sonde précat.
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** ladite grandeur est une grandeur d'entrée pour un deuxième circuit de régulation, dans lequel le rapport air/carburant est régulé avec une constante de temps plus petite par rapport au premier circuit de régulation.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce que** la création de ladite grandeur est modifiée lorsque les apports en oxygène et les émissions d'oxygène diffèrent.
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la modification a lieu de telle sorte que ladite différence soit réduite.
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la modification est réalisée en tant que fonction de l'intégrale de ladite différence.
11. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le rapport air/carburant est prédéfini par un circuit de régulation superposé (24, 18, 16, 10).
12. Procédé selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé en ce que** les valeurs des apports d'oxygène et des émissions d'oxygène déterminés sont utilisées pour définir une valeur nulle réelle entre l'excès d'oxygène et le manque d'oxygène.
13. Dispositif de commande comprenant des moyens pour mettre en oeuvre au moins l'un des procédés selon les revendications 1 à 10.

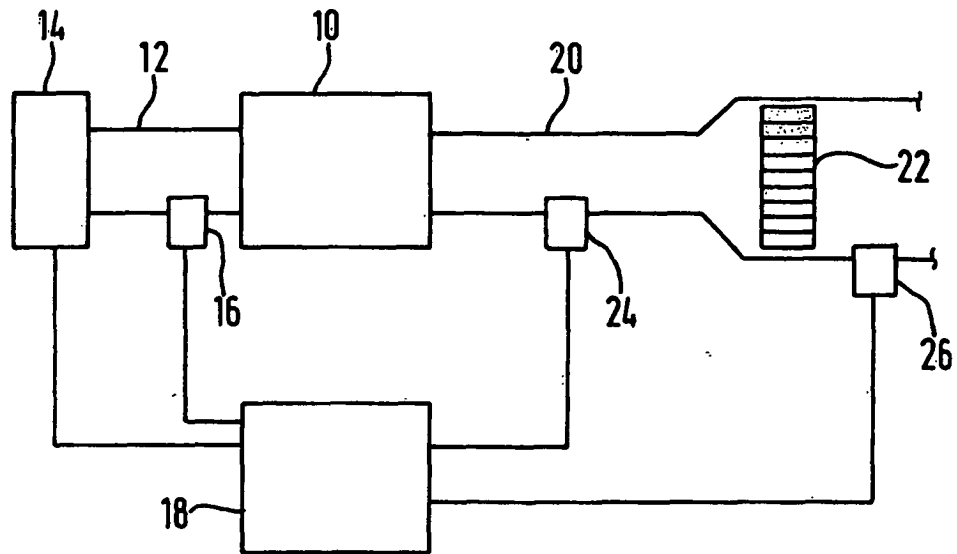


FIG. 1

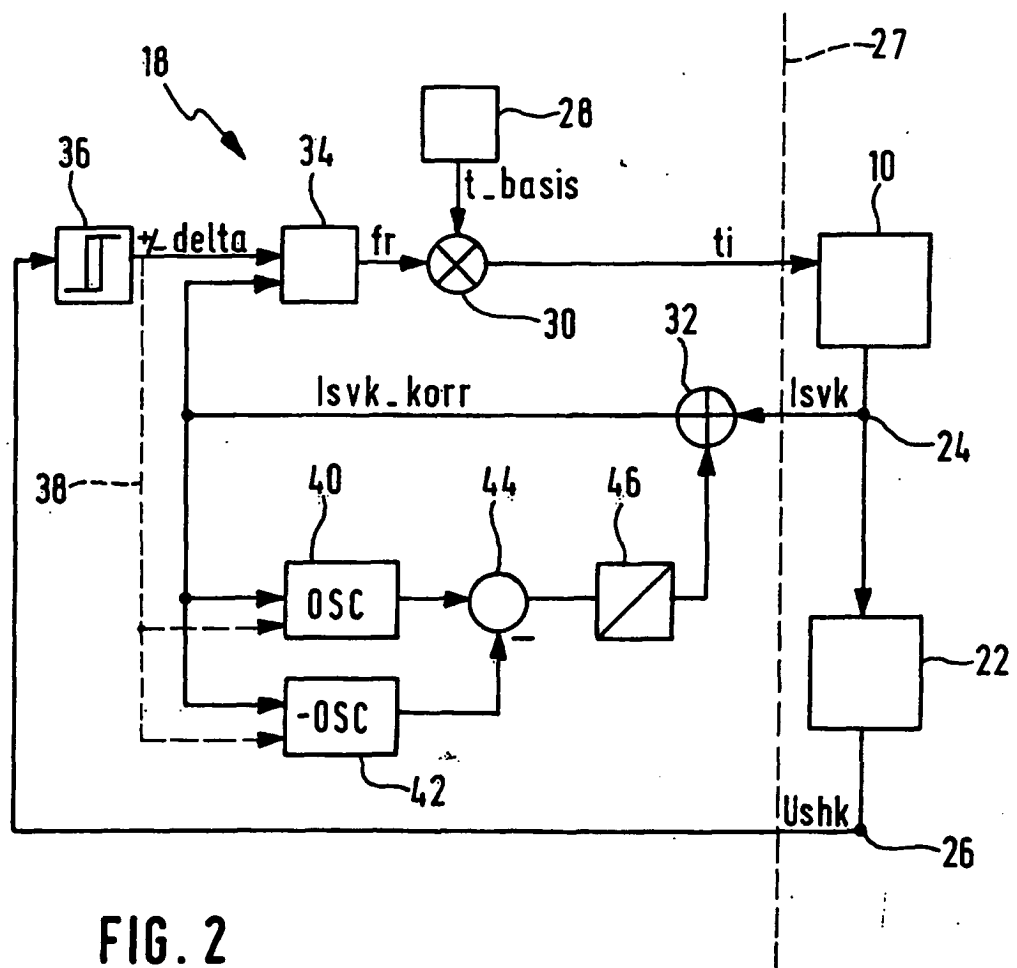
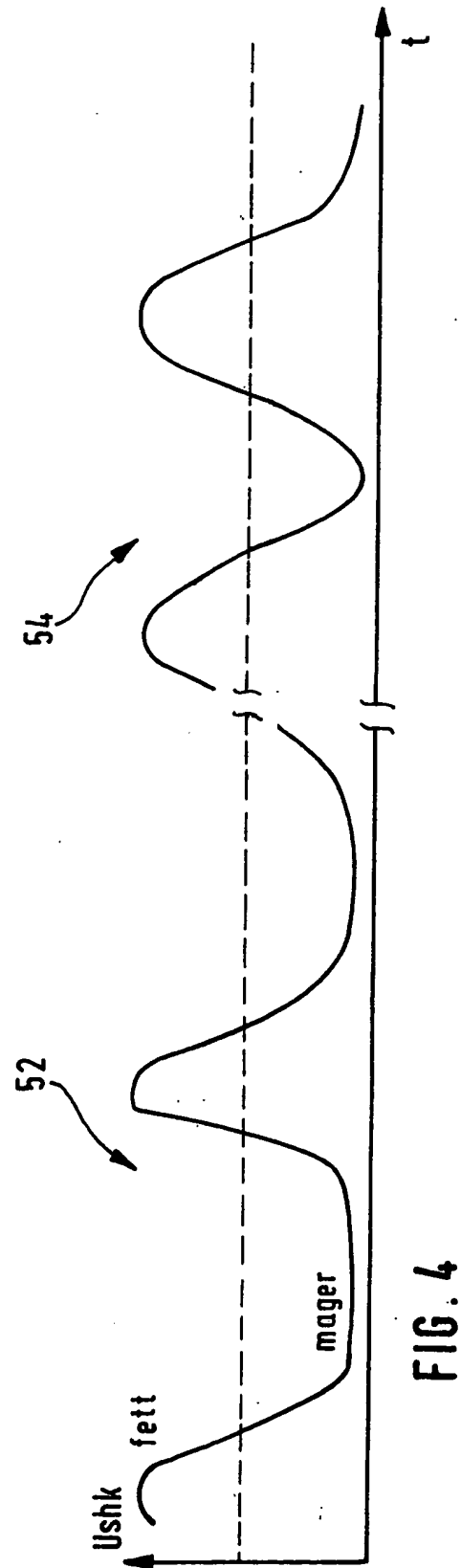
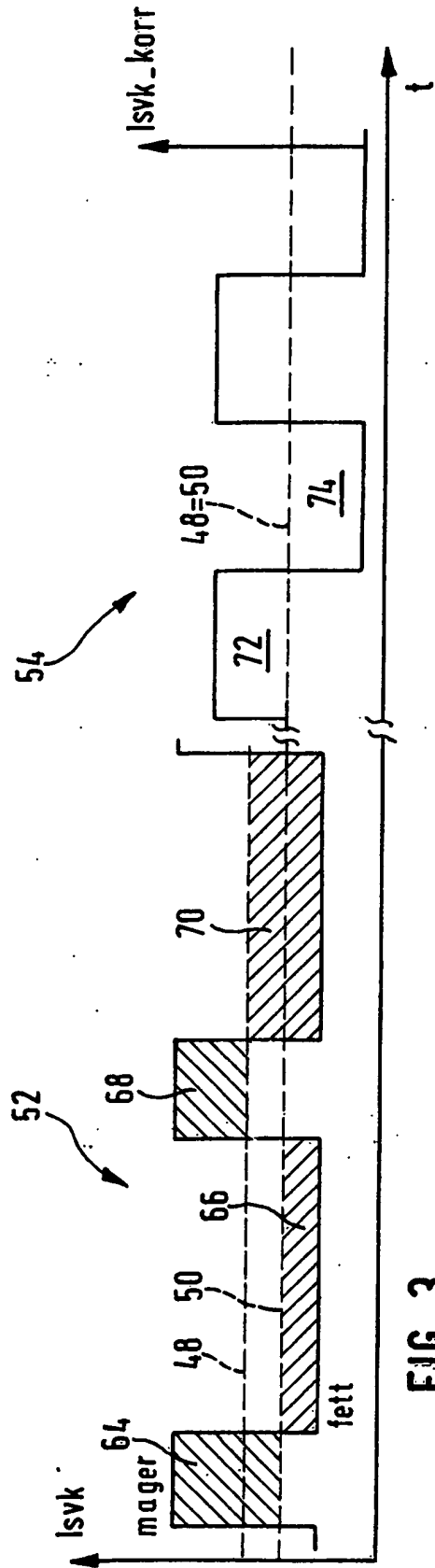


FIG. 2



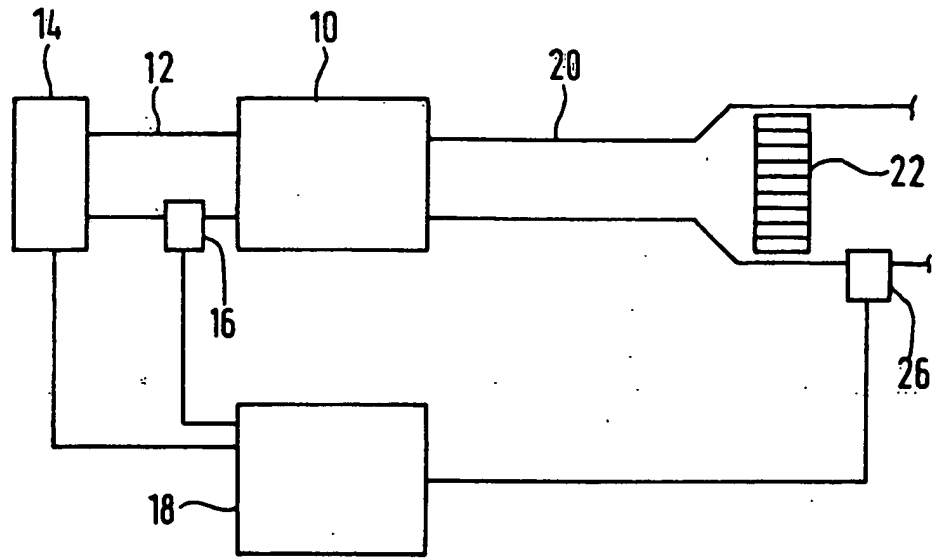


FIG. 5

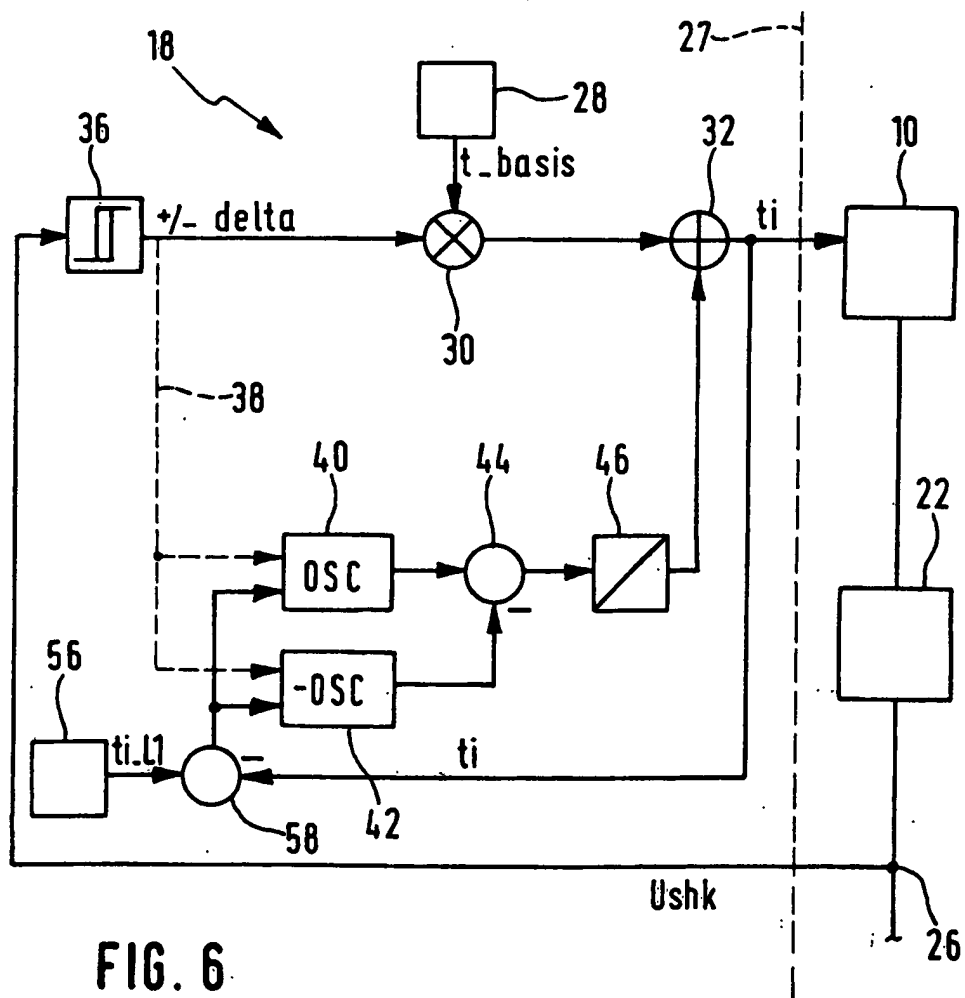


FIG. 6

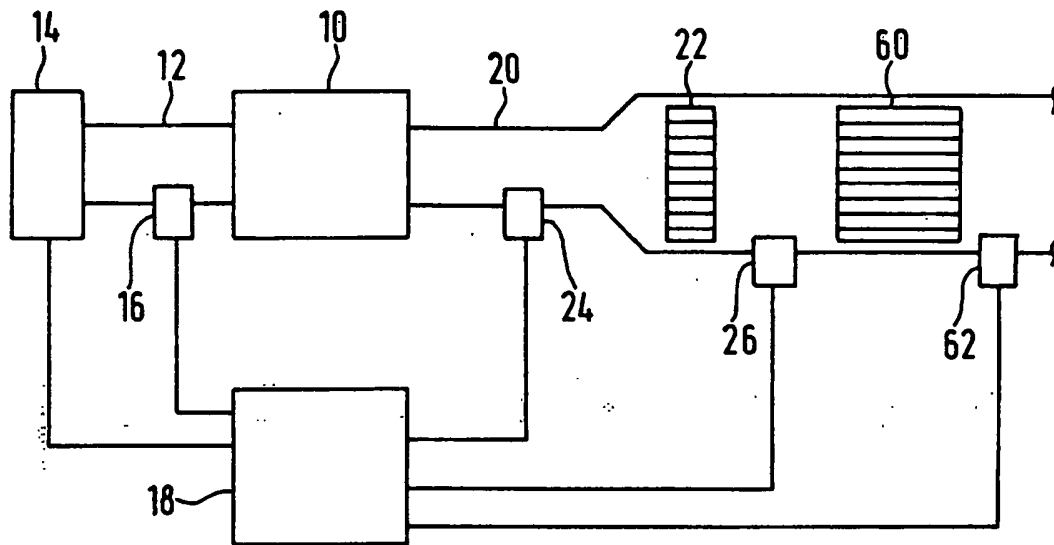


FIG. 7

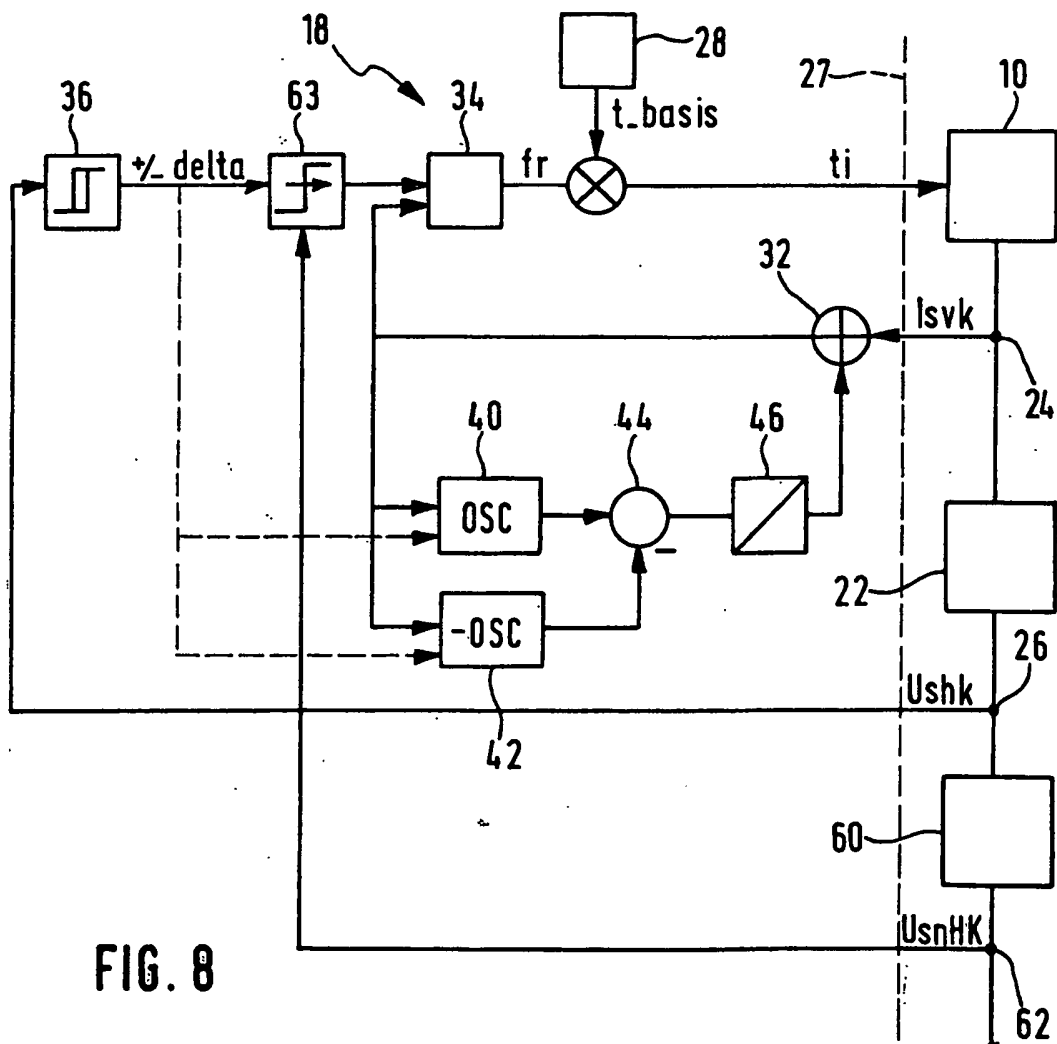
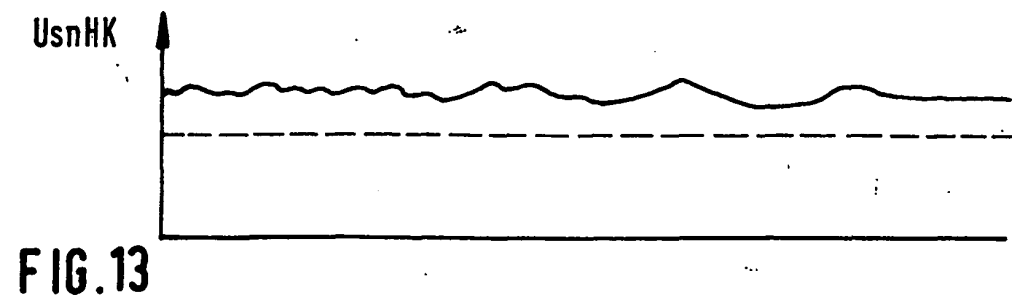
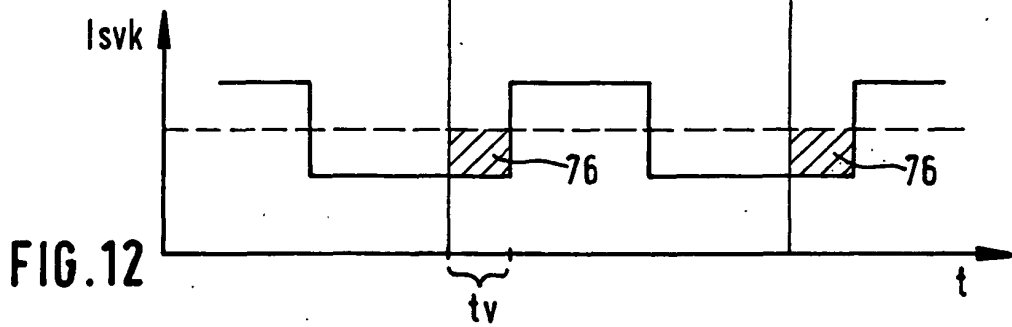
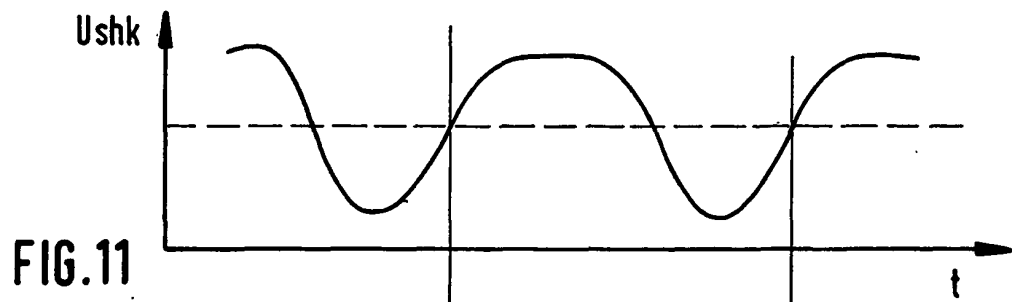
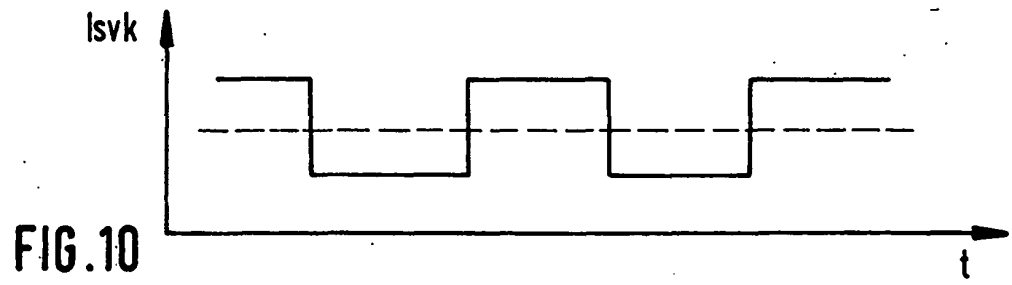
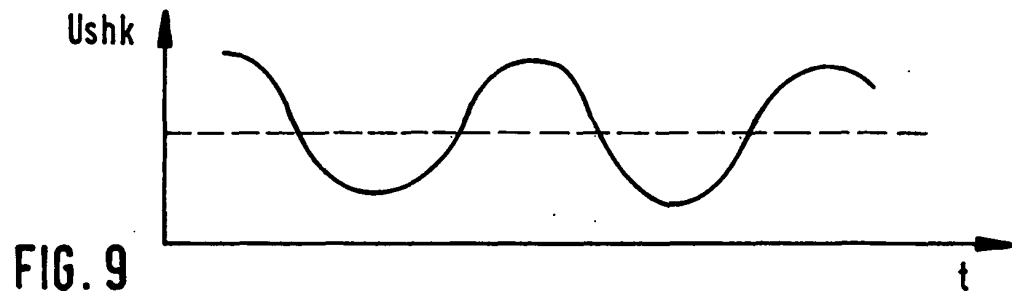


FIG. 8



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 4001616 C2 [0001]
- WO 0161165 A1 [0001]
- DE 4001616 A1 [0008]
- DE 4001616 [0010]