

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 507 079 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
07.06.2006 Patentblatt 2006/23

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

(21) Anmeldenummer: **04103442.2**

(22) Anmeldetag: **20.07.2004**

(54) **Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mittels Adaption der Gemischvorsteuerung**

Method for operating an internal combustion engine by adaption of mixture pilot control

Procédé de fonctionnement d'un moteur à combustion interne par adaption du command pilote du mélange

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **13.08.2003 DE 10337228**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.02.2005 Patentblatt 2005/07

(73) Patentinhaber: **Volkswagen AG
38436 Wolfsburg (DE)**

(72) Erfinder:
• **Bruhn, Sven
38518, Gifhorn (DE)**
• **Schultalbers, Matthias
38536, Meinersen/Ahnsen (DE)**

- **Kirstein, Oliver
38102, Braunschweig (DE)**
- **Lang, Axel
38304, Wolfenbüttel (DE)**
- **Rabba, Heiko
38102, Braunschweig (DE)**

(74) Vertreter: **Kandlbinder, Markus Christian et al
Zeitler - Volpert - Kandlbinder
Patentanwälte
Herrnstrasse 44
80539 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 143 131 DE-A1- 3 341 015
DE-A1- 10 043 072 DE-A1- 10 043 256
DE-C1- 19 856 367

EP 1 507 079 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere Dieselmotor oder Ottomotor, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, mit einer Abgasnachbehandlungsanlage mit wenigstens einem Vorkatalysator und wenigstens einem dem Vorkatalysator nachgeordneten Hauptkatalysator, wobei mittels einer Lambdaeigeldung aus einer Differenz zwischen einem Lambda-Sollwert und einem nach dem Vorkatalysator gemessenen Lambda-Istwert ein Regeleingriff für die Gemischsteuerung errechnet wird, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Verbrennungsmotoren mit Abgassystemen, welche zumindest einen motornahen Vorkatalysator und zumindest einen stromab des Vorkatalysators angeordneten Hauptkatalysator aufweisen, bekannt. Zur Kontrolle der Abgaszusammensetzung ist üblicherweise stromauf des Vorkatalysators eine Lambdasonde und stromab des Hauptkatalysators eine weitere Lambdasonde oder ein NO_x-Sensor mit Sauerstoffmeßvorrichtung angeordnet.

[0003] Üblicherweise ist vor dem Vorkatalysator eine Breitband-Lambdasonde und hinter dem Hauptkatalysator eine Sprungantwort-Lambdasonde angeordnet. Mit einer derartigen Sondenkonfiguration ist eine Gemischkontrolle und -regelung derart möglich, daß über die vordere Sonde eine Abweichung der Ist-Gemischzusammensetzung von einer Soll-Gemischzusammensetzung detektiert wird und die erkannte Abweichung in einen Regeleingriff einer Gemischvorsteuerung umgerechnet wird. Die vordere Sonde ist dabei vergleichsweise nahe an dem Verbrennungsmotor angeordnet, so daß Abweichungen von der Soll-Gemischzusammensetzung schnell erkannt und ausgeregelt werden können.

[0004] Für eine Feinregelung wird das Signal der stromab des Hauptkatalysators angeordneten weiteren Lambdasonde bzw. NO_x-Sensors mit Sauerstoffmeßvorrichtung herangezogen. Insbesondere erfolgt eine genaue Kalibrierung des Lambda=1 Punktes der vorderen Sonde durch das Signal der hinteren Sonde im Betrieb mit Lambda=1. Die Regelabweichung zum Erzielen eines Soll-Lambdawertes wird in die Regelung der Gemischabweichung über die vordere Sonde mit eingerechnet.

[0005] Zusätzlich sind Kraftstoffgemischadaptionenverfahren bekannt, welche einen geeigneten, meist stationären Betriebszustand detektieren, um in diesem eine Adaptionenroutine zu starten. Adaptionenroutinen bestehen meist aus langsamen Reglern (I-Regler), welche der normalen inneren Lambdaeigeldung auf LSU-Basis (schneller Kreis) überlagert sind. Der Wert des I-Anteils des überlagerten Adaptionenreglers entspricht dabei dem gelernten systematischen Gemischvorsteuerfehler. Dieser wird arbeitspunktabhängig dauerhaft gespeichert und ermöglicht der Motorsteuerung in zukünftigen Fahrzyklen eine genauere, arbeitspunktabhängige Gemischvorsteuerung. Die Regelung wird dadurch bei Durchfah-

ren verschiedener Arbeitspunkte entlastet und die Emissionen dementsprechend verringert. Der systematische Fehler der Gemischvorsteuerung wird dabei über eine Integration von Lambdaabweichungen bei ausgewählten Betriebszuständen erfaßt und die Kennfelder der Gemischvorsteuerung für die Kraftstoffmenge werden durch Korrekturfaktoren oder geänderte Kennfeldwerte adaptiert. Diese Adaption kann jedoch nur langsam vorgenommen werden, da sonst im Augenblick der Adaption plötzlich zwei Mechanismen, nämlich die Kennfeldkorrektur der Gemischvorsteuerung und die Lambdaeigeldung, den gleichen Fehler ausgleichen wollen, was zu einer Überkorrektur und instabilen Zuständen führt.

[0006] Diese herkömmlichen Kraftstoffgemischadaptionenverfahren haben jedoch den Nachteil, daß das Prinzip der überlagerten Regelung aus Stabilitätsgründen einen relativ langsamen Adaptionenregler erzwingt. Damit ergeben sich lange Adaptioneinschwingzeiten. Da eine Adaption nur in quasistationären Arbeitspunkten präzise und ausreichend lange durchgeführt werden kann, ergibt sich bei der oben beschriebenen Adaptionstechnik entweder eine geringe Adaptionen Güte oder in typischen Abgastestzyklen (MVEG- oder FTP-Zyklus) ein seltenes Ausadaptieren der Gemischvorsteuerung. Die beschriebenen Restriktionen bzw. Nachteile verschärfen sich noch zusätzlich bei Fahrzeugkonzepten mit prinzipbedingt langsamer innerer Lambdaeigeldung, wie beispielsweise bei Verlegung der Vorkatsonde an eine Position hinter dem Vorkatalysator. Da die Korrektur nur allmählich über die Integration der Abweichungen erfolgt, werden für die Adaption relativ lange stationäre Betriebsphasen des Verbrennungsmotors benötigt. Entsprechend selten kann die Adaption durchgeführt werden.

[0007] Aus der DE 198 56 367 C1 ist ein Verfahren zur Reinigung des Abgases einer Brennkraftmaschine mit einem lambdageregelten Drei-Wege-Katalysator und einer Trimmregelung bekannt. Es wird der bei der Rohsignalaufbereitung der Lambdasonde mit stetiger Kennliniencharakteristik entstehende Meßsignalfehler bestimmt und zur gegensinnigen Veränderung des Stellwertes der Trimmregelung verwendet, da die Trimmregelung auch einen bei der Rohsignalaufbereitung entstehenden, lambdasondenunabhängigen Fehler adaptiv ausgleicht.

[0008] Aus der DE 100 29 633 A1 ist eine mehrflutige Abgasanlage eines Mehrzylindermotors und ein Verfahren zur Regelung eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses bekannt. Die mehrflutige Abgasanlage umfaßt wenigstens zwei Abgasstränge, in die jeweils ein oder mehrere Zylinder münden. Jeder Abgasstrang weist einen separaten Vorkatalysator und je eine Lambdasonde stromabwärts des Vorkatalysators auf. Nur ein Abgasstrang weist auch stromauf der Vorkatalysators eine Lambdasonde auf. Mittels dieses vollbestückten Abgasstranges wird ein Kennfeld ermittelt, welches mit Hilfe der Unterschiede zwischen den Nachkat-Lambdawerten bei definierten Betriebszuständen für die einzelnen Abgasstränge modifiziert wird.

[0009] Die Adaption der Gemischvorsteuerung wird auch zur Diagnose des Kraftstoffversorgungssystems verwendet, um beispielsweise Leckluftquellen oder fehlerhafte Kraftstoffeinspritzventile zu erkennen. Im Prinzip können hier alle Fehler im Kraftstoff- und im Luftpfad erkannt werden.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der o.g. Art bzgl. einer Genauigkeit bei der Adaption von systematischen Fehlern der Gemischvorsteuerung zu verbessern sowie eine Adaptionsgeschwindigkeit zu beschleunigen.

[0011] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der o.g. Art mit den in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0012] Dazu ist es erfindungsgemäß vorgesehen, daß am Ende eines über eine gewisse Zeitspanne stationären Betriebszustandes der Brennkraftmaschine ein I-Anteil der Lambdaregelung als Adaptionswert einer Gemischvorsteuerung für diesen Betriebszustand abgespeichert, sofort für diesen Betriebszustand als Adaptionswert für die Gemischvorsteuerung verwendet und der I-Anteil der Lambdaregelung auf null gesetzt wird.

[0013] Dies hat den Vorteil, daß eine schnelle und genaue Adaption von beispielsweise durch Bauteilstreuung verursachte, systematische Gemischvorsteuerfehler erzielt wird, welche ebenso schnell arbeitet wie die Lambdaregelung selbst, ohne daß sich dabei eine Stabilität der Lambdaregelung verschlechtert. Es wird für die Adaption der Gemischvorsteuerung ein Momentanwert ermittelt und übertragen, wodurch die Anforderungen an den Motorbetriebszustand während der Adaption erheblich geringer sind und die Adaption entsprechend häufiger durchgeführt werden kann.

[0014] Beispielsweise ist der Adaptionswert ein additiver und/oder multiplikativer Adaptionswert für die Gemischvorsteuerung.

[0015] Zur weiteren Beschleunigung der Adaptionsgeschwindigkeit wird ein Lambdawert nach dem Vorkatalysator mittels eines Katalysatormodells aus einer Motordrehzahl, einem Wert für die relative Luftfüllung eines Brennraumes der Brennkraftmaschine und einem Wert für den Abgasmassenstrom berechnet und daraus ein Lambdaoffset bestimmt.

[0016] In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung für mehrflutige Abgasnachbehandlungsanlagen wird bei einem Abgassystem mit zwei oder mehr Abgasbänken mit jeweiligem Vorkatalysator sowie jeweiliger Lambdasonde nach dem Vorkatalysator, wobei lediglich eine Abgasbank eine Lambdasonde vor dem Vorkatalysator aufweist, der Adaptionswert der Gemischvorsteuerung für jede Abgasbank separat bestimmt und abgespeichert. Dies hat den Vorteil, daß für die Ausregelung von motorbankspezifischen Abweichungen, wie beispielsweise Teiletoleranzen, Verschleiß und Unterschiede in der Motorgeometrie, ein Verfahren zur Verfügung steht, welches keine motorbankindividuelle Lambdason-

de vor dem Vorkatalysator benötigt.

[0017] Zweckmäßigerweise werden für die Abgasbank mit Lambdasonde vor dem Vorkatalysator betriebszustandabhängige Adaptionswerte für die Gemischvorsteuerung aufgrund von einer Differenz zwischen einem Lambda-Sollwert und einem vor dem Vorkatalysator gemessenen Lambda-Istwert zum Ausgleich von alle Abgasbänken gemeinsam beeinflussenden, dynamischen Variablen, insbesondere Saugrohrdruck, Motordrehzahl und/oder Kraftstoffart, durchgeführt und auf die anderen Abgasbänke übertragen.

[0018] Zur noch weiteren Annäherung der Signalqualität an einen vor dem Vorkatalysator von Abgasbänken ohne Lambdasonde vor dem Vorkatalysator real gemessene Lambdawerte wird aus einem Lambda-Istwert vor dem Vorkatalysator der Abgasbank mit Lambdasonde vor dem Vorkatalysator, einer Differenz zwischen einem Lambda-Sollwert und einem vor dem Vorkatalysator gemessenen Lambda-Istwert der Abgasbank mit Lambdasonde vor dem Vorkatalysator sowie einer Sondenspannung der Lambdasonde nach dem Vorkatalysator einer Abgasbank ohne Lambdasonde vor dem Vorkatalysator für diese Abgasbank ohne Lambdasonde vor dem Vorkatalysator ein Ersatzwert für den Lambdawert vor dem Vorkatalysator erzeugt.

[0019] In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird bei einem Abgassystem mit zwei oder mehr Abgasbänken mit jeweiligem Vorkatalysator sowie jeweiliger Lambdasonde nach dem Vorkatalysator, wobei lediglich eine Abgasbank eine Lambdasonde vor dem Vorkatalysator aufweist, ein additiver Adaptionswert für die Gemischvorsteuerung für eine Abgasbank bestimmt und abgespeichert sowie auf die anderen Abgasbänke übertragen. Zweckmäßigerweise wird der additive Adaptionswert auf der Abgasbank mit der Lambdasonde vor dem Vorkatalysator bestimmt.

[0020] In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird bei einem Abgassystem mit zwei oder mehr Abgasbänken mit jeweiligem Vorkatalysator sowie jeweiliger Lambdasonde nach dem Vorkatalysator, wobei lediglich eine Abgasbank eine Lambdasonde vor dem Vorkatalysator aufweist, ein multiplikativer Adaptionswert für die Gemischvorsteuerung für jede Abgasbank individuell bestimmt und abgespeichert.

[0021] Weitere Merkmale, Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, sowie aus der nachstehenden Beschreibung der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen. Diese zeigen in

Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer inneren Struktur einer bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen, modellgestützten Gemischadaption,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer zweiflutigen Abgasnachbehandlungsanlage und

Fig. 3 ein schematisches Blockschaltbild einer bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Struktur eines Gemischaufbereitungskonzeptes für die zweiflutige Abgasnachbehandlungsanlage gemäß Fig. 2.

[0022] Fig. 1 veranschaulicht eine innere Struktur einer bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Adaption einer Gemischvorsteuerung für eine Brennkraftmaschine mit einem Vorkatalysator und einem stromab des Vorkatalysators angeordneten Hauptkatalysator. In einem Block 10 wird eine Einschaltbedingung für die Adaption geprüft. Hierzu erhält der Block 10 als Eingangswerte eine SONDENSspannung hinter dem Vorkatalysator u_{SondeHK} 12 und einen Wert für die Luftmasse m_{Luft} 14. Die SONDENSspannung hinter dem Vorkatalysator u_{SondeHK} 12 wird einem Block 16 "Filter" zugeführt. Ein Ausgang des Blockes 16 "Filter" wird einem Block 18 "Gradient" zugeführt. Ein Ausgang des Blockes 18 "Gradient" wird einem Block 20 "Settle-Check" zugeführt. Der Wert für die Luftmasse m_{Luft} 14 wird einem Block 22 "Integrator" zugeführt und ein Ausgang des Blockes 22 "Integrator" wird ebenfalls dem Block 20 "Settle-Check" zugeführt. Im Block 20 "Settle-Check" wird aus den Eingangswerten aus dem Block 18 "Gradient" und dem Block 22 "Integrator" geprüft, ob ein momentaner Betriebszustand der Brennkraftmaschine vorbestimmte Kriterien beispielsweise bzgl. eines stationären/statischen Betriebes erfüllt, so daß dieser Betriebszustand als quasistatisch betrachtet werden kann und für eine Adaption geeignet ist. Ist dies der Fall, dann gibt der Block 20 "Settle-Check" ein Freigabebit $B_{\text{adapstart}}$ 24 an einen Block 26 "Flash-Adaption" aus. Das Freigabebit $B_{\text{adapstart}}$ 24 startet die Adaption in Block 26 "Flash-Adaption", wobei ein I-Anteil eines Lambda-reglers in einem einzigen Rechenschritt in eine arbeitspunktabhängige Adaptionmatrix übertragen und dann zu Null gesetzt wird. Mit anderen Worten wird der momentane Wert des I-Anteils des Lambda-reglers als dem momentanen Betriebszustand zugeordneter Adaptionwert für eine Gemischvorsteuerung gespeichert. Dieser Wert wird dann für diesen Betriebszustand als Adaptionwert für die Gemischvorsteuerung verwendet. Das Freigabebit $B_{\text{adapstart}}$ 24 triggert ferner den Reset des I-Anteils in dem Lambda-regler, d.h. der I-Anteil wird auf Null gesetzt. Der Block 26 "Flash-Adaption" erhält ferner als Eingangswerte eine relative Luftfüllung des Brennraumes $rel_Füllung$ 28, eine Motordrehzahl n_{Motor} 30, einen Eingriff des Lambda-reglers (Faktor) f_{Regler} 32 sowie einen multiplikativen Eingriff der Adaption der Gemischvorsteuerung f_{Adapt} 34. Der Block 26 "Flash-Adaption" berechnet in einem Block 36 einen Adaptionfaktor und speichert diesen in Block 38 ab. Als Ausgangswert gibt der Block 26 "Flash-Adaption" einen Wert für den multiplikativen Eingriff der Adaption der Gemischvorsteuerung f_{Adapt} 34 ab.

[0023] Optional ist zusätzlich ein Block 40 "Katalysatormodell" vorgesehen. Dieser Block 40 "Katalysatormo-

dell" erhält als Eingangswerte die Motordrehzahl n_{Motor} 30, die relative Luftfüllung des Brennraumes $rel_Füllung$ 28 sowie einen Abgasmassenstrom ms_{Abgas} 42. Hieraus wird in Block 40 "Katalysatormodell" mittels eines expliziten Katalysatormodells zur beobachtergestützten Lambdaoffsetbestimmung ein Lambdawert nach dem Vorkatalysator berechnet. Der Ausgang 44 von Block 40 "Katalysatormodell" wird zusätzlich als Eingangswert dem Block 20 "Settle-Check" sowie dem Block 26 "Flash-Adaption" zugeführt.

[0024] Im Ergebnis wird eine schnelle Lambdaadaption durch einen kraftstoffmengenneutralen Umkopiervorgang in quasistationären Zuständen erzielt, wobei der I-Anteil des Lambda-reglers in einem geeigneten Betriebszustand in einem einzigen Rechenschritt in eine arbeitspunktabhängige Adaptionmatrix übertragen und dann zu Null gesetzt wird. Dies wird hierin als "Flash-Adaption" bezeichnet. Für die eigentliche Adaption wird nur das zeitliche Ende des quasistationären Zustandes genutzt. Durch ein modelliertes Nachkatlambda mittels explizitem Katalysatormodell zur beobachtergestützten Lambdaoffsetbestimmung wird die Adaptiongeschwindigkeit beschleunigt. Das Katalysatormodell ermöglicht auch die Nutzung von lediglich kurzzeitig stationären Betriebszuständen der Brennkraftmaschine zur Lambdaadaption. Durch die Kombination von einem neuronalem Identifikator mit einer Datenbasis typischer Ausgangslambdawerte in speziellen Fahrsituationen ist ein Lambdaoffset schon bei für die Adaption wenig restriktiv ausgewählten Betriebszuständen mit guter Genauigkeit bestimmbar.

[0025] Die erfindungsgemäße, modellgestützte Adaptionstrategie ist häufiger aktiv, reagiert schneller auf wechselnde Betriebsbedingungen und entlastet aufgrund genauerer Vorsteuerwerte für die Gemischvorsteuerung die Lambda-regelung.

[0026] Die erfindungsgemäße "Flash-Adaption" ermittelt einen Fehler in der Kraftstoffzumessung, beispielsweise aufgrund von Bauteiltoleranzen oder Alterungsprozessen, in extrem kurzer Zeit und erkennt diesen als systematischen Fehler (Momentaufnahme der Lambda-Abweichung). Der Adaptionwert wird in den Adaptionsspeicher kopiert und mittels des Resets des I-Anteils der Lambda-regelung (auf Null setzen) wird der Lambda-regelung mitgeteilt, daß dieser Fehler bei der Zumessung des Kraftstoffes bereits über die Adaption bei der Gemischvorsteuerung berücksichtigt ist und die Lambda-regelung dementsprechend diesen Fehler nicht selbst ausgleichen muß und soll. Dies verhindert ein Überspringen der Regelung bei einer Aufnahme der Korrektur (Adaption) durch den Adaptionsspeicher während gleichzeitig auch die Lambda-regelung noch versucht, den selben Fehler auszugleichen, da die Lambda-regelung noch Abgaswerte von vor der Adaption mißt. Besonders vorteilhaft ist, daß ein Momentwert (I-Anteil der Lambda-regelung) ermittelt und übertragen wird, wodurch die Anforderungen an den Motorbetriebszustand, während dem eine Adaption möglich ist, erheblich geringer sind, als bei herkömmlicher Adaption mit der Lambda-regelung über-

lagertem Regler mit langsamen Integrator. Dadurch kann die Adaption entsprechend häufiger durchgeführt werden. Selbst wenn die erste Flash-Adaption nur ungenau sein sollte, wird die Genauigkeit innerhalb kurzer Zeit durch häufige Messungen verbessert.

[0027] Fig. 2 veranschaulicht schematisch ein zweiflutiges Abgasanlagensystem für eine Brennkraftmaschine 50 mit mehreren Zylinder, wobei entsprechende Abgasauslässe von einigen Zylindern in eine erste Abgasbank 52 und entsprechende Abgasauslässe der übrigen Zylinder in eine zweite Abgasbank 54 münden. Jede Abgasbank 52, 54 weist jeweils einen Vorkatalysator 56 und 58 sowie jeweils eine dem Vorkatalysator 56 und 58 nachgeordnete Lambdasonde LSF 60 und 62 auf. Die erste Abgasbank 52 weist zusätzlich eine Lambdasonde LSU 64 vor dem Vorkatalysator 56 auf, wohingegen eine derartige Lambdasonde LSU vor dem Vorkatalysator 58 bei der zweiten Abgasbank 54 nicht vorgesehen ist. Die beiden Abgasbänke 52 und 54 münden zu einem gemeinsamen Abgasstrang 66 zusammen. Im gemeinsamen Abgasstrang 66 ist in Strömungsrichtung gesehen ein Temperatursensor 68, ein Hauptkatalysator 70 und ein NO_x-Sensor 72 angeordnet. Die Brennkraftmaschine 50 weist ferner einen Frischluftpfad 74 mit Drosselklappe 76 und Saugrohrdrucksensor 78 auf.

[0028] Die Lambdasonde LSU 64 vor dem Vorkatalysator 56 der ersten Abgasbank 52 dient in erster Linie zum Ausregeln von sich dynamisch ändernden Größen mit entsprechendem Einfluß auf die Gemischvorsteuerung, wie beispielsweise Saugrohrdruck, Motordrehzahl, Kraftstoffart usw., welche sich auf alle Abgasbänke 52, 54 gleichermaßen auswirken. Daher ist es ausreichend, diese Einflüsse und Korrekturen der dynamischen Größen nur für die erste Abgasbank 52 zu bestimmen und auf die zweite Abgasbank 54 zu übertragen. Aus diesem Grund entfällt die Lambdasonde LSU vor dem Vorkatalysator 58 der zweiten Abgasbank 54. Für den Ausgleich bzw. die Korrektur von motorbankspezifischen Größen, welche entsprechenden Einfluß auf die Gemischvorsteuerung haben, wird die erfindungsgemäße Adaptionsregelung gemäß Flash-Adaption ausgeführt, die auch ohne Lambdasonde LSU vor dem Vorkatalysator auskommt. Dadurch kann diese Adaption für beide Abgasbänke 52, 54 individuell durchgeführt werden.

[0029] Für das zweiflutige Abgasanlagensystem gemäß Fig. 2 wird eine kontinuierliche Lambdaregelung auf das Lambda nach den Vorkatalysatoren 56, 58 durchgeführt, d.h. es erfolgt eine Lambdamessung nach den Vorkatalysatoren 56, 58 mittels der Lambdasonden LSF 60 und 62. Dadurch wird ein Beginn der Lambdaregelung bereits bei betriebsbereiter LSF-Sonde 60, 62 ermöglicht und es muß nicht auf eine später erreichte, vorbestimmte Hinterkattemperatur bei Sensor 68 gewartet werden. Die schnelle Lambdaadaption erfolgt durch die oben beschriebene Flash-Adaption separat für jede Abgasbank. Ausgewählte Einflußgrößen zur dynamisch verbesserten Kraftstoffmengen-Vorsteuerung werden lediglich für die erste Abgasbank 52 bestimmt und auf die zweite Ab-

gasbank 54 gespiegelt. Um ein Lambdaersatzsignal für die zweite Abgasbank 54 zu erzeugen, werden symmetrisch verwendbare Signalkomponenten der ersten Abgasbank 52 verwendet. Die Signalqualität nähert sich dadurch einem real gemessenen Lambdawert an.

[0030] Eine Strukturübersicht der Gemischaufbereitung für das zweiflutige Abgasanlagensystem gemäß Fig. 2 ist schematisch in Fig. 3 dargestellt. Zur übersichtlichen Darstellung ist lediglich für den Zweig der zweiten Abgasbank 54 eine Gemischkoordination dargestellt. Ein Block 80 repräsentiert eine Lambdareglerfunktion mit einer Reglervariante LR_Bank_1 82 für die erste Abgasbank 52 und einer Reglervariante LR_Bank_2 84 für die zweite Abgasbank 54. Die Lambdareglerfunktion 80 erhält als Eingangswerte einen Lambda-Sollwert Lambda_soll 86 und einen auf der ersten Abgasbank 52 vor dem Vorkatalysator 56 gemessenen Lambda-Istwert Lambda_ist_b1 88. Ausgewählte Kraftstoffbeiträge aus der Reglervariante LR_Bank_1 82 für die erste Abgasbank 52 werden einem Funktionszusatz MIRR_B1_B2 in einem Block 90 zugeführt. Dieser Block 90 spiegelt diese Kraftstoffbeiträge von der Regelung der ersten Abgasbank 52 LR_Bank_1 82 auf die Regelung der zweiten Abgasbank 54 LR_Bank_2 84, wie mit Pfeil 92 angedeutet. Die Lambdareglerfunktion 80 gibt dann einen Regelfaktor Regelfaktor_b2 94 für die zweite Abgasbank 54 an eine Gemischkoordination %GKO_B2 96 für die zweite Abgasbank 54 aus. Diese wirkt auf den der zweiten Abgasbank 54 zugeordneten Motorteil Motor_B2 98 und dementsprechend auf den Vorkatalysator 58 der zweiten Abgasbank 54. Eine SONDENSspannung 112 der Lambdasonde LSF 62 nach dem Vorkatalysator 58 der zweiten Abgasbank 54 (LSF_2) wird einer Adaptionfunktion in einem Block 100 zugeführt. Diese Adaptionfunktion 100 beinhaltet eine Adaptionsvariante für die erste Abgasbank 52 ADAP_Bank_1 102 sowie eine Adaptionsvariante für die zweite Abgasbank 54 ADAP_Bank_2 104. Ausgewählte Kraftstoffbeiträge aus der Adaptionsvariante für die erste Abgasbank 52 ADAP_Bank_1 102 werden dem Funktionszusatz MIRR_B1_B2 im Block 90 zugeführt. Dieser Block 90 spiegelt diese Kraftstoffbeiträge von der Adaptionsvariante für die erste Abgasbank 52 ADAP_Bank_1 102 auf die Adaptionsvariante für die zweite Abgasbank 54 ADAP_Bank_2 104, wie mit Pfeil 106 angedeutet. Die Adaptionfunktion 100 gibt dann einen Adaptionseingriff Adaptionseingriff_b2 108 für die zweite Abgasbank 54 an die Gemischkoordination %GKO_B2 96 für die zweite Abgasbank 54 aus, mit entsprechenden Auswirkungen auf Motor_B2 98 und den Vorkatalysator 58 der zweiten Abgasbank 54.

[0031] Zusätzlich ist in einem Block 110 eine Funktion zum Generieren eines Lambdaersatzwertes vor dem Vorkatalysator 58 der zweiten Abgasbank 54 für die zweite Abgasbank 54 und zur SONDENSspannungskorrektur vorgesehen. Dieser Block 110 erhält als Eingangswerte die SONDENSspannung 112 der Lambdasonde LSF 62 der zweiten Abgasbank 54, eine Lambdadiferenz Lambda_differenz_b1 114 der ersten Abgasbank 52 und den

Lambda-Istwert $\Lambda_{\text{ist_b1}}$ 88 vor dem Vorkatalysator 56 der ersten Abgasbank 52. Der Block 110 gibt dann einen berechneten Lambda-Istwert $\Lambda_{\text{ist_b2}}$ 116 vor dem Vorkatalysator 58 der zweiten Abgasbank 54 aus.

[0032] Mit dem anhand von Fig. 3 erläuterten Konzept werden Symmetrieeigenschaften der beiden Abgasbänke 52, 54 zur Gemischvorsteuerung ausgenutzt und wird die neuartige Flash-Adaption in Block 100 eingesetzt.

[0033] Die Gemischadaption ist in mehrere Teile unterteilt. So gibt es je einen Adaptionswert für einen additiven Fehler, einen multiplikativen Fehler und evtl. noch für einen temperaturabhängigen Fehler. Bei einer einflutigen Abgasanlage wird mit einer Lambdasonde u.a. die Gemischabweichung für alle Zylinder bestimmt. Im Falle einer zwei- oder mehrflutigen Abgasanlage wird häufig auch die Sensorik mehrfach ausgeführt, d.h. jede Abgasbank weist in Strömungsrichtung gesehen einen Vorkatalysator, eine Lambdasonde vor dem Vorkatalysator und eine Lambdasonde nach dem Vorkatalysator auf. Bei einem solchen Konzept gibt es für jeden Adaptionswert der Gemischadaption eine der Anzahl der Abgasbänke entsprechende Anzahl von Faktoren. Es hat sich als Erfahrungswert herausgestellt, daß additive Fehler der Gemischvorsteuerung, beispielsweise verursacht durch Leckluft im Saugrohr, auf alle Abgasbänke gleichermaßen wirken und daß multiplikative Fehler der Gemischvorsteuerung hauptsächlich auf Toleranzen bzw. Ungenauigkeiten im Kraftstoffpfad beruhen, d.h. auf jede Abgasbank separat wirken. Außerdem wird angenommen, daß sich die Luftströmung des einen gemeinsamen Luftpfades auf alle Zylinder gleichmäßig verteilt.

[0034] Unter diesen Voraussetzungen wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, den additiven Adaptionswert für die Gemischvorsteuerung, welche den additiven Fehler der Gemischvorsteuerung korrigiert, nur auf einer Abgasbank zu messen bzw. zu berechnen und auf die anderen Abgasbänke zu spiegeln. Vorzugsweise wird auf derjenigen Abgasbank der additive Adaptionswert für die Gemischvorsteuerung gebildet, welche unmittelbar nach Motoraustritt eine Lambdasonde vor dem Vorkatalysator aufweist. Dies vereinfacht die Adaption der Gemischvorsteuerung für mehrflutige Abgasnachbehandlungsanlagen, da nur noch der multiplikative Adaptionswert für die Gemischvorsteuerung, welche den multiplikativen Fehler der Gemischvorsteuerung korrigiert, für jede Abgasbank separat bestimmt werden muß. Abgasbankspezifische Abweichungen auf der/den Abgasbank/Abgasbänken, insbesondere für den multiplikativen Adaptionsbereich, werden über eine stetige Lambdaeilegung nach Vorkatalysator auf Basis eines binären oder stetigen Lambdasignals ausgeglichen. Hierdurch kann bei dem Konzept mit mehrflutiger Abgasnachbehandlungsanlage auf die Lambdasonden vor dem Vorkatalysatoren bei allen Abgasbänken bis auf eine Abgasbank verzichtet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere Dieselmotor oder Ottomotor, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, mit einer Abgasnachbehandlungsanlage mit wenigstens einem Vorkatalysator und wenigstens einem dem Vorkatalysator nachgeordneten Hauptkatalysator, wobei mittels einer Lambdaeilegung aus einer Differenz zwischen einem Lambda-Sollwert und einem nach dem Vorkatalysator gemessenen Lambda-Istwert ein Regelleingriff für die Gemischsteuerung errechnet wird, **dadurch gekennzeichnet**, **daß** am Ende eines über eine gewisse Zeitspanne stationären Betriebszustandes der Brennkraftmaschine ein I-Anteil der Lambdaeilegung als Adaptionswert einer Gemischvorsteuerung für diesen Betriebszustand abgespeichert, sofort für diesen Betriebszustand als Adaptionswert für die Gemischvorsteuerung verwendet und der I-Anteil der Lambdaeilegung auf null gesetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **daß** der Adaptionswert ein additiver und/oder multiplikativer Adaptionswert für die Gemischvorsteuerung ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, **daß** ein Lambdawert nach dem Vorkatalysator mittels eines Katalysatormodells berechnet und daraus ein Lambdaoffset bestimmt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, **daß** dem Katalysatormodell als Eingangswert eine Motordrehzahl, ein Wert für die relative Luftfüllung eines Brennraumes der Brennkraftmaschine und ein Wert für den Abgasmassenstrom zugeführt wird.
5. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **daß** bei einem Abgassystem mit zwei oder mehr Abgasbänken mit jeweiligem Vorkatalysator sowie jeweiliger Lambdasonde nach dem Vorkatalysator, wobei lediglich eine Abgasbank eine Lambdasonde vor dem Vorkatalysator aufweist, der Adaptionswert der Gemischvorsteuerung für jede Abgasbank separat bestimmt und abgespeichert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, **daß** für die Abgasbank mit Lambdasonde vor dem Vorkatalysator betriebszustandsabhängige Adaptionswerte für die Gemischvorsteuerung aufgrund von einer Differenz zwischen einem Lambda-Sollwert und einem vor dem Vorkatalysator gemessenen Lambda-Istwert zum Ausgleich von alle Abgasbänken gemeinsam beeinflussenden, dynamischen Variablen, insbesondere Saugrohrdruck, Mo-

tordrehzahl und/oder Kraftstoffart, durchgeführt und auf die anderen Abgasbänke übertragen werden.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** aus einem Lambda-Istwert vor dem Vorkatalysator der Abgasbank mit Lambdasonde vor dem Vorkatalysator, einer Differenz zwischen einem Lambda-Sollwert und einem vor dem Vorkatalysator gemessenen Lambda-Istwert der Abgasbank mit Lambdasonde vor dem Vorkatalysator sowie einer Sondenspannung der Lambdasonde nach dem Vorkatalysator einer Abgasbank ohne Lambdasonde vor dem Vorkatalysator für diese Abgasbank ohne Lambdasonde vor dem Vorkatalysator ein Ersatzwert für den Lambdawert vor dem Vorkatalysator erzeugt wird. 5
8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei einem Abgassystem mit zwei oder mehr Abgasbänken mit jeweiligem Vorkatalysator sowie jeweiliger Lambdasonde nach dem Vorkatalysator, wobei lediglich eine Abgasbank eine Lambdasonde vor dem Vorkatalysator aufweist, ein additiver Adaptionswert für die Gemischvorsteuerung für eine Abgasbank bestimmt und abgespeichert wird auf die anderen Abgasbänke übertragen wird. 10 20 25
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** der additive Adaptionswert auf der Abgasbank mit der Lambdasonde vor dem Vorkatalysator bestimmt wird. 30
10. Verfahren nach Anspruch 1, 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei einem Abgassystem mit zwei oder mehr Abgasbänken mit jeweiligem Vorkatalysator sowie jeweiliger Lambdasonde nach dem Vorkatalysator, wobei lediglich eine Abgasbank eine Lambdasonde vor dem Vorkatalysator aufweist, ein multiplikativer Adaptionswert für die Gemischvorsteuerung für jede Abgasbank individuell bestimmt und abgespeichert wird. 35 40

Claims

1. Method for operating an internal combustion engine, in particular a diesel engine or a petrol engine, in particular of a motor vehicle, having an exhaust-gas aftertreatment system with at least one primary catalytic converter and at least one main catalytic converter arranged downstream of the primary catalytic converter, a control action for the mixture control being calculated, by means of lambda control, from a difference between a nominal lambda value and an actual lambda value measured downstream of the primary catalytic converter, **characterized in that**, at the end of an internal combustion engine 45 50 55

operating state which has been steady for a certain period of time, an I-component for the lambda control is stored as an adaptation value for mixture pilot control for said operating state, and is used immediately as an adaptation value for the mixture pilot control for said operating state, and the I-component for the lambda control is set to zero.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the adaptation value is an additive and/or multiplicative adaptation value for the mixture pilot control. 10
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** a lambda value downstream of the primary catalytic converter is calculated by means of a catalytic converter model, and a lambda offset is determined from said lambda value. 15
4. Method according to Claim 3, **characterized in that** an engine speed, a value for the relative air charge of a combustion chamber of the internal combustion engine and a value for the exhaust gas mass flow rate are supplied as input values to the catalytic converter model. 20
5. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** in an exhaust system having two or more exhaust banks, each with a primary catalytic converter and a lambda sensor downstream of the primary catalytic converter, with only one exhaust bank having a lambda sensor upstream of the primary catalytic converter, the adaptation value for the mixture pilot control is determined and stored separately for each exhaust bank. 25 30 35
6. Method according to Claim 5, **characterized in that** for the exhaust bank having a lambda sensor upstream of the primary catalytic converter, operating-state-dependent adaptation values for the mixture pilot control are, on account of a difference between a nominal lambda value and an actual lambda value measured upstream of the primary catalytic converter, implemented and transmitted to the other exhaust banks in order to compensate for dynamic variables which have a common influence on all the exhaust banks, in particular intake pipe pressure, engine speed and/or fuel type. 40 45
7. Method according to Claim 5 or 6, **characterized in that** for an exhaust bank without a lambda sensor upstream of the primary catalytic converter, a substitute value for the lambda value upstream of the primary catalytic converter is generated from an actual lambda value upstream of the primary catalytic converter in the exhaust bank with a lambda sensor upstream of the primary catalytic converter, a difference between a nominal lambda value and an actual lambda value measured upstream of the primary cat- 50 55

alytic converter in the exhaust bank with a lambda sensor upstream of the primary catalytic converter, and a sensor voltage of the lambda sensor downstream of the primary catalytic converter in said exhaust bank without a lambda sensor upstream of the primary catalytic converter.

8. Method according to Claim 1, **characterized in that** in an exhaust system having two or more exhaust banks, each with a primary catalytic converter and a lambda sensor downstream of the primary catalytic converter, with only one exhaust bank having a lambda sensor upstream of the primary catalytic converter, an additive adaptation value for the mixture pilot control is determined and stored for one exhaust bank and is transmitted to the other exhaust banks.
9. Method according to Claim 8, **characterized in that** the additive adaptation value is determined for the exhaust bank with the lambda sensor upstream of the primary catalytic converter.
10. Method according to Claim 1, 8 or 9, **characterized in that** in an exhaust system having two or more exhaust banks, each with a primary catalytic converter and a lambda sensor downstream of the primary catalytic converter, with only one exhaust bank having a lambda sensor upstream of the primary catalytic converter, a multiplicative adaptation value for the mixture pilot control is determined and stored individually for each exhaust bank.

Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner un moteur à combustion interne, notamment un moteur diesel ou un moteur à allumage commandé, notamment d'un véhicule automobile, comprenant un équipement de post-traitement des gaz d'échappement avec au moins un pré-catalyseur et au moins un catalyseur principal disposé après le pré-catalyseur, une intervention du régulateur pour la commande du mélange étant calculée au moyen d'une régulation lambda à partir d'une différence entre une valeur lambda de consigne et une valeur lambda réelle mesurée après le pré-catalyseur, **caractérisé en ce qu'à la fin d'une phase de fonctionnement du moteur à combustion interne stationnaire pendant une période donnée, une proportion I de la régulation lambda est enregistrée en tant que valeur d'adaptation d'une commande pilote de mélange pour cette phase de fonctionnement, utilisée immédiatement pendant cette phase de fonctionnement en tant que valeur d'adaptation pour la commande pilote de mélange et la proportion I de la régulation lambda est mise à zéro.**
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en**

ce que la valeur d'adaptation est une valeur d'adaptation additive et/ou multiplicative pour la commande pilote de mélange.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'une** valeur lambda est calculée après le pré-catalyseur au moyen d'un modèle de catalyseur et un offset lambda est déterminé à partir de celle-ci.
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'une** vitesse de rotation du moteur, une valeur du volume d'air relatif remplissant une chambre de combustion du moteur à combustion interne et une valeur du débit massique de gaz d'échappement sont acheminées au modèle de catalyseur comme valeurs d'entrée.
5. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** dans le cas d'un système de gaz d'échappement comprenant deux bancs de gaz d'échappement ou plus ayant chacun un pré-catalyseur ainsi que la sonde lambda correspondante après le pré-catalyseur, un seul banc de gaz d'échappement présentant une sonde lambda avant le pré-catalyseur, la valeur d'adaptation de la commande pilote de mélange est déterminée et enregistrée séparément pour chaque banc de gaz d'échappement.
6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** pour le banc de gaz d'échappement muni d'une sonde lambda avant le pré-catalyseur, des valeurs d'adaptation pour la commande pilote du mélange sont effectuées en fonction de la phase de fonctionnement sur la base d'une différence entre une valeur lambda de consigne et une valeur lambda réelle mesurée avant le pré-catalyseur en vue de compenser les variables dynamiques qui influencent communément tous les bancs de gaz d'échappement, notamment la pression dans le tube d'admission, la vitesse de rotation du moteur et/ou le type de carburant, puis transmises aux autres bancs de gaz d'échappement.
7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé en ce qu'une** valeur de remplacement pour la valeur lambda avant le pré-catalyseur est générée à partir d'une valeur lambda réelle avant le pré-catalyseur du banc de gaz d'échappement muni d'une sonde lambda avant le pré-catalyseur, d'une différence entre une valeur lambda de consigne et une valeur lambda réelle mesurée avant le pré-catalyseur du banc de gaz d'échappement muni d'une sonde lambda avant le pré-catalyseur et d'une tension de sonde de la sonde lambda après le pré-catalyseur d'un banc de gaz d'échappement sans sonde lambda avant le pré-catalyseur pour ce banc de gaz d'échappement sans sonde lambda avant le pré-catalyseur.

8. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** dans le cas d'un système de gaz d'échappement comprenant deux bancs de gaz d'échappement ou plus ayant chacun un pré-catalyseur ainsi que la sonde lambda correspondante après le pré-catalyseur, un seul banc de gaz d'échappement présentant une sonde lambda avant le pré-catalyseur, une valeur d'adaptation additive pour la commande pilote du mélange est déterminée et enregistrée pour un banc de gaz d'échappement et transmise aux autres bancs de gaz d'échappement. 5 10
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la valeur d'adaptation additive est déterminée sur le banc de gaz d'échappement avec la sonde lambda avant le pré-catalyseur. 15
10. Procédé selon la revendication 1, 8 ou 9, **caractérisé en ce que** dans le cas d'un système de gaz d'échappement comprenant deux bancs de gaz d'échappement ou plus ayant chacun un pré-catalyseur ainsi que la sonde lambda correspondante après le pré-catalyseur, un seul banc de gaz d'échappement présentant une sonde lambda avant le pré-catalyseur, une valeur d'adaptation multiplicative pour la commande pilote du mélange est déterminée et enregistrée individuellement pour chaque banc de gaz d'échappement. 20 25

30

35

40

45

50

55

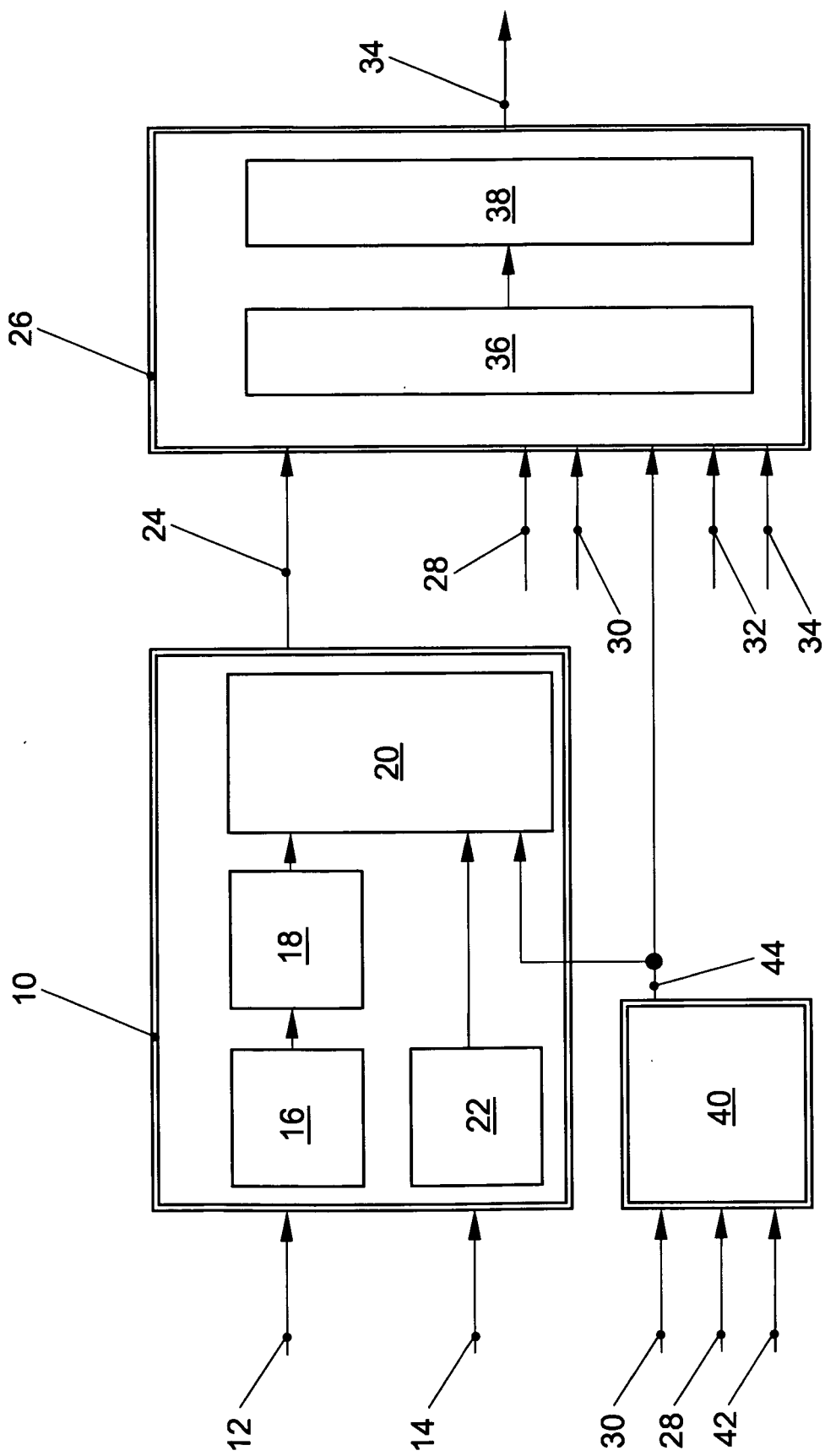


FIG. 1

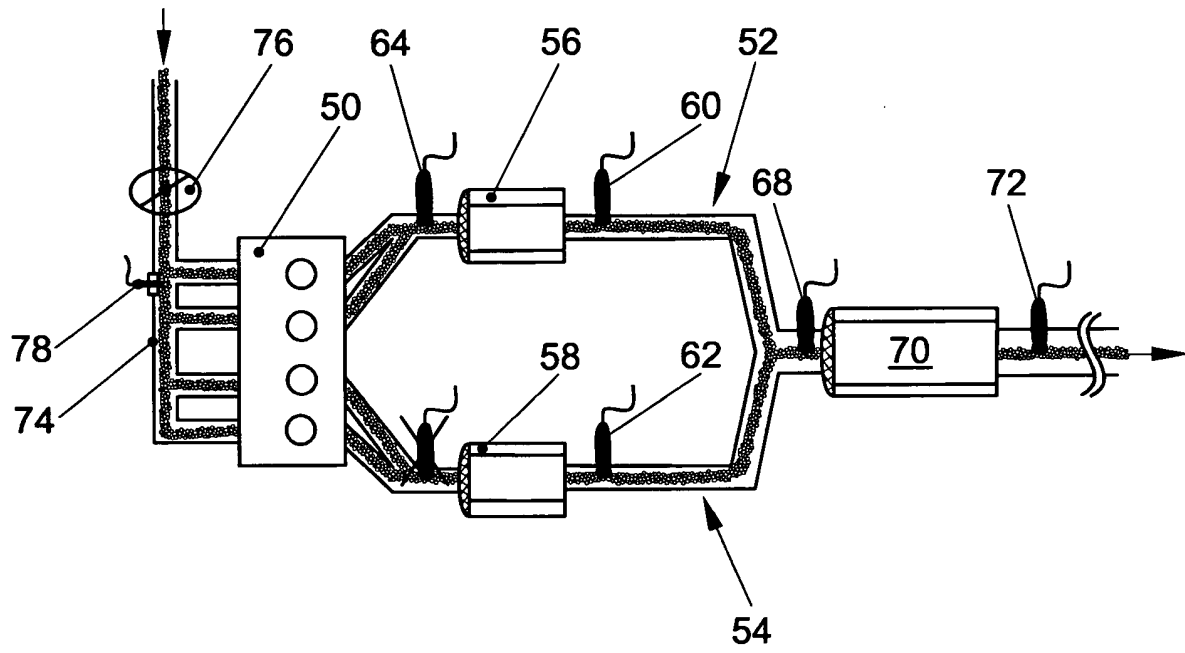


FIG. 2

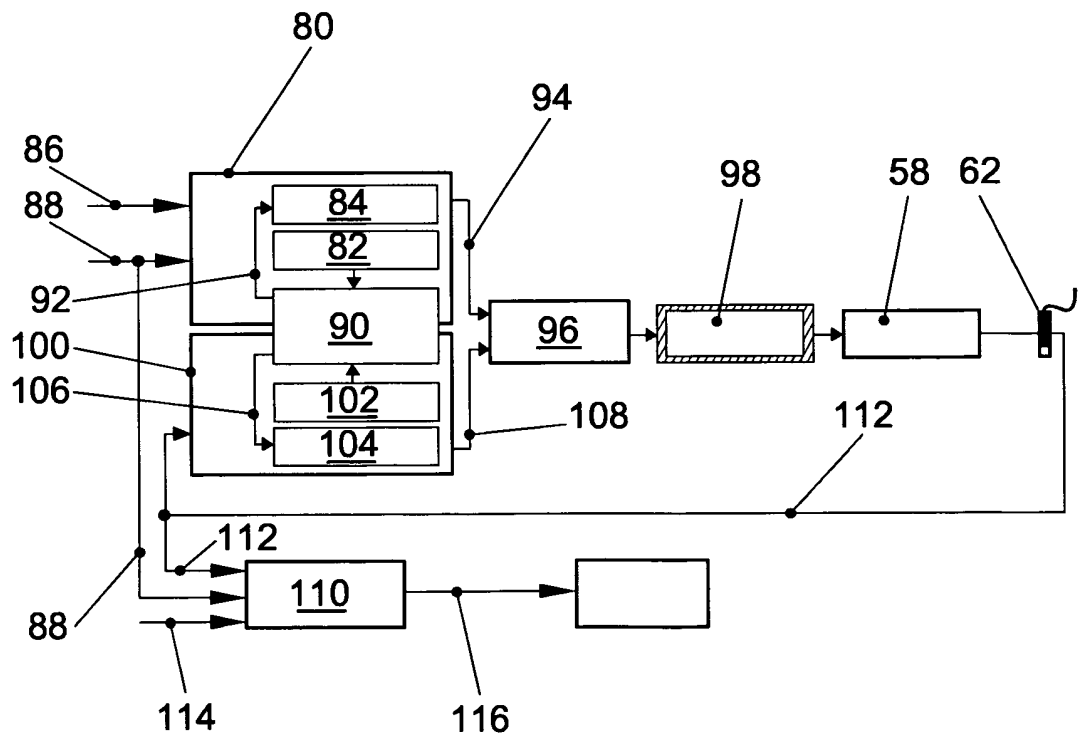


FIG. 3