



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 925 433 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
16.05.2001 Patentblatt 2001/20

(21) Anmeldenummer: **97928228.2**

(22) Anmeldetag: **18.06.1997**

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

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP97/03166

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 98/10183 (12.03.1998 Gazette 1998/10)

(54) **VERFAHREN ZUR REGELUNG DES KRAFTSTOFF-LUFT-VERHÄLTNISSES EINER
BRENNKRAFTMASCHINE**

AIR/FUEL MIXTURE CONTROL IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

SYSTEME DE REGLAGE DU MELANGE AIR/CARBURANT DANS UN MOTEUR A COMBUSTION
INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **07.09.1996 DE 19636465**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.06.1999 Patentblatt 1999/26

(73) Patentinhaber: **Mannesmann VDO
Aktiengesellschaft
60388 Frankfurt am Main (DE)**

(72) Erfinder: **STAUFENBERG, Ulrich
D-56355 Diethardt (DE)**

(74) Vertreter: **Rassler, Andrea, Dipl.-Phys. et al
Kruppstrasse 105
60388 Frankfurt (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 4 796 425 US-A- 5 134 847

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 165 (M-230), 20.Juli 1983 & JP 58 072647 A (TOYOTA JIDOSHA KOGYO KK), 30.April 1983,**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 133 (M-221), 10.Juni 1983 & JP 58 048755 A (TOYOTA JIDOSHA KOGYO KK), 22.März 1983,**

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).

EP 0 925 433 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses einer Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Zur Erzielung möglichst schadstofffreier Abgase sind Regeleinrichtungen für Brennkraftmaschinen bekannt, bei denen der Sauerstoffgehalt im Abgaskanal gemessen und ausgewertet wird (US-PS-5,134,847, Patent Abstract of Japan 58-048755). Hierzu sind Sauerstoffmeßsonden, sogenannte Lambdasonden bekannt, die z.B. nach dem Prinzip der Ionenleitung durch einen Festelektrolyten infolge einer Sauerstoffpartialdruckdifferenz arbeiten und entsprechend dem im Abgas vorliegenden Sauerstoffpartialdruck ein Spannungssignal abgeben, das beim Übergang vom Sauerstoffmangel zum Sauerstoffüberschuß bzw. andersherum einen Spannungssprung aufweist.

[0003] Das Ausgangssignal der Lambdasonde wird durch einen Regler ausgewertet, welcher wiederum über ein Stellglied das Kraftstoff-Luft-Gemisch einregelt.

[0004] Mit der Regelung des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses wird in erster Linie eine Verminderung schädlicher Anteile der Abgasemission von Brennkraftmaschinen angestrebt.

[0005] Mit Hilfe einer zweiten Lambdasonde, die hinter dem Katalysator angeordnet ist, wird das Signal der ersten Lambdasonde korrigiert, da die Sonde Alterungserscheinungen unterliegt.

[0006] Trotz dieser überlagerten Regelung können die Alterungserscheinungen der ersten Lambdasonde nicht ausreichend korrigiert werden.

[0007] Aus der US-PS-4,796,425 ist ein Verfahren zur Regelung eines Kraftstoff-Luft-Verhältnisses bekannt, bei welchem die Sonden das Kraftstoff-Luft-Verhältnis durch verschiedene Korrekturfaktoren beeinflussen. Dabei erfolgt eine Korrektur in Abhängigkeit der Funktion der Periodendauer des Signals der ersten Lambdasonde.

[0008] Aus der Patent Abstracts of Japan 58-072647 ist eine Regelung bekannt, bei welcher das Ausgangssignal des Reglers gegenüber dem Ausgangssignal der ersten Lambdasonde um eine Haltezeit verzögert ist. Die Haltezeit wird dabei aus dem umgekehrten Verhältnis des Ausgangssignals der ersten Sonde zum Ausgangssignal der zweiten Sonde gewonnen.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, welches eine genaue und anpassungsfähige Regelung ermöglicht, so daß das Kraftstoff-Luft-Verhältnis im Sinne einer Verminderung der Abgasemission weiter verbessert wird.

[0010] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß das zu wichtende Korrektursignal eine Haltezeit ist, durch welche das Ausgangssignal des Reglers zeitversetzt wird.

[0011] Der Vorteil der Erfindung besteht darin, daß

der die erste Lambdasonde enthaltenden Regelstrecke eine Stellgröße überlagert wird, welche von der tatsächlich andauernden Periodendauer des Ausgangssignals der ersten Lambdasonde abhängig ist, d. h. es kann die tatsächliche Störung ausgeregelt werden.

[0012] Vorteilhafterweise wird ein Wichtungsfaktor aus dem Verhältnis der tatsächlich gemessenen Periodendauer der ersten Lambdasonde zur Periodendauer der ersten Lambdasonde im Leerlauf bestimmt.

[0013] In einer Weiterbildung des Verfahrens wird die Haltezeit aus dem Vergleich des tatsächlich gemessenen Ausgangssignals der zweiten Lambdasonde mit einem Referenzwert gewonnen. Die Bildung des Korrektursignals erfolgt dabei bei jedem Umschlag der vor dem Katalysator angeordneten Lambdasonde.

[0014] Aus dem tatsächlich gemessenen Ausgangssignal der zweiten Lambdasonde und dem Referenzwert wird eine Differenz gebildet, welche zum Zeitpunkt des Umschlages der ersten Sauerstoffmeßsonde vorzeichenbezogen aufintegriert wird, wobei der Integratorwert in eine Zeit überführt wird.

[0015] Vorteilhafterweise entspricht der Sollwert annähernd dem Mittelwert des Ausgangssignals der zweiten Lambdasonde beim störungsfreien Betrieb der ersten Lambdasonde.

[0016] Zur Betriebspunkteinstellung wird die aus dem Signal der zweiten Lambdasonde gewonnene Zeit in Abhängigkeit von der Last und der Drehzahl der Brennkraftmaschine korrigiert und der Regelstrecke zugeführt, in dem die Kraftstoffeinspritzung angepaßt wird.

[0017] Die Erfindung läßt zahlreiche Ausführungsbeispiele zu. Eines davon soll anhand der in der Zeichnung dargestellten Figuren näher erläutert werden.

Es zeigt:

[0018]

Fig. 1: schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Regelung des Kraftstoff-Luft-Gemisches für eine Brennkraftmaschine.

Fig. 2: Spannungsverlauf einer Lambdasonde über dem Kraftstoff-Luft-Gemisch (λ -Faktor)

Fig. 3: Regelkreis der hinter dem Katalysator angeordneten Lambdasonde.

Fig. 4: schematischer Signalverlauf der Regelkreise der Lambdasonden vor und hinter dem Katalysator.

[0019] Gemäß Figur 1 besteht die Vorrichtung aus einem Verbrennungsmotor 1 mit einem Katalysator 2. Über ein Saugrohr 3 wird dem Motor 1 Luft zugeführt.

[0020] Der Kraftstoff wird über Einspritzventile 4 in das Saugrohr 3 eingespritzt.

[0021] Zwischen Motor 1 und Katalysator 2 ist eine erste Lambdasonde 5 zur Erfassung des Motorabgases angeordnet. Im Abgaskanal ist hinter dem Katalysator 2 eine weitere Lambdasonde 6 vorgesehen. Die Lambdasonden 5 und 6 messen den jeweiligen Lambdawert des Abgases vor und hinter dem Katalysator 2. Beide von den Lambdasonden 5 und 6 gelieferten Signale werden an einen Regler mit PI-Charakteristik 8 geführt, der gewöhnlich in einem nicht weiter dargestellten Steuergerät im Kraftfahrzeug angeordnet ist.

[0022] Aus diesen Signalen bildet der Regler 8 mit Hilfe von Sollwerten 9 und 13 ein Stellsignal, welches den Einspritzventilen 4 zugeführt wird.

[0023] Dieses Stellsignal führt zu einer Veränderung der Kraftstoffzumessung, welche zusammen mit der angesaugten Luftmasse (Luftmassenmesser 7) einen bestimmten Lambdawert des Abgases zur Folge hat.

[0024] Jede Lambdasonde liefert über dem das jeweilige Kraftstoff-Luft-Gemisch repräsentierenden λ -Faktor einen Signalverlauf, wie er in Figur 2 dargestellt ist. Je nachdem welcher Typ von Lambdasonde für die Regelung verwendet wird, können entweder der Widerstand oder die Spannung über dem λ -Faktor betrachtet werden.

[0025] Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Signalspannung.

[0026] Ist die Sonde aktiv, so weist sie eine Signalspannung auf, welche außerhalb des Bereiches (ULSU, ULSO) liegt. Während des Mager-Ausschlages liefert die Lambdasonde ein minimales Ausgangssignal das unterhalb von ULSU liegt. Während des Fett-Ausschlages wird ein maximales Spannungssignal oberhalb von ULSO in einem Bereich von 600 - 800 mV gemessen. Dieser maximale Wert unterliegt aufgrund von Herstellungstoleranzen und Alterungserscheinungen gewissen Streuungen, die durch einen Sondenkorrekturfaktor korrigiert werden.

[0027] Um nun den Langzeitdrift der Lambdasonde 5 vor dem Katalysator zu kompensieren, ist ein zweiter Regelkreis vorhanden, der die zweite Lambdasonde 6 hinter dem Katalysator 2 enthält und welcher in Figur 3 näher erläutert ist.

[0028] Die Regelstrecke 11 enthält, wie in Figur 1 dargestellt, die Einspritzventile 4, den Motor 1, den Katalysator 2, die Lambdasonde 5 sowie die Lambdasonde 6. Der Regler 8 wertet sowohl den 1. Regelkreis der Lambdasonde 5 (Vergleich mit Sollwert 9) als auch den zweiten Regelkreis der Lambdasonde 6 (Vergleich mit Sollwert 13) aus und erzeugt im Ergebnis das oben beschriebene Stellsignal.

[0029] Die im Abgaskanal hinter dem Katalysator 2 angeordnete Lambdasonde 6 liefert einen Lambdawert in Form einer Signalspannung. Zu Beginn jedes Regelzyklusses wird überprüft, ob die Sonde aktiv ist. Dies geschieht dadurch, daß festgestellt wird, ob sich diese Signalspannung außerhalb eines Spannungsbereiches (ULSU, ULSO) befindet. Ist dies der Fall, wird ein Korrektursignal gebildet, in dem der von der Lambdasonde

6 gemessene Istwert U_{6IST} an einen Summierpunkt 12 mit einem in einem nichtflüchtigen Speicher des Steuergerätes abgespeicherten Sollwertes 13 verglichen wird. Dieser Sollwert U_{6SOLL} wird aus dem von der Lambdasonde 6 gemessenen Mittelwert gebildet, wenn die vor dem Katalysator angeordnete Lambdasonde 5 störungsfrei arbeitet. Ein Signumzähler 14 mit vorgeschaltetem Vergleicher 14a inkrementiert um 1, wenn der Istwert U_{6IST} größer ist als der Sollwert U_{6SOLL} . Er dekrementiert um 1, wenn der Istwert U_{6IST} kleiner als der Sollwert U_{6SOLL} ist. Sind beide Werte gleich, wird der Zählerstand nicht verändert.

[0030] Der Zähler 14 wird bei jedem Umschlag der vor dem Katalysator angeordneten Lambdasonde 5 bearbeitet und ist somit von dieser taktgesteuert.

[0031] An einem ersten Multiplizierpunkt 15 wird der Zählwert mit einer Proportionalitätskonstanten im Wert von (0,5 - einige 100) ms/Sondenumschlag der ersten Lambdasonde multipliziert, wodurch eine absolute Haltezeit TH_{roh} bestimmt wird. Die so gewonnene Haltezeit TH_{roh} wird in einem zweiten Multiplizierpunkt 16 mit einem Wichtungsfaktor WF bewertet, welcher durch Division 17 der tatsächlich gemessenen Periodendauer der ersten Lambdasonde durch eine Konstante bestimmt wird. Die Konstante ist dabei eine Funktion der Periodendauer der ersten Lambdasonde im Leerlauf.

[0032] Im Vergleich zu bisher an dieser Stelle verwendeten Kennfeldern, bei welchen der Wichtungsfaktor maximal Werte von 1 annehmen konnte, wird jetzt die tatsächliche Störung unabhängig von ihrer Größe ausgeglichen, da durch den größeren Faktor eine Art Selbstverstärkung erreicht wird. Die so gewonnene Haltezeit TH wird als Regelgröße dem Regler 8 zur Anpassung der Regelstrecke 11 zugeführt.

[0033] Die Haltezeit TH verzögert den P-Sprung des Reglers 8.

[0034] Zur besseren Veranschaulichung ist der Einfluß dieser Regelung auf die Regelstrecke 11 in Figur 4 dargestellt.

[0035] Dabei ist der λ -Regelfaktor über der Zeit aufgetragen.

[0036] Die mit I bezeichneten Kurven (dunkle Flächen in Figur 4a) zeigen die zeitliche Änderung des λ -Regelfaktors ohne den Einfluß des zweiten Lambdasondenregelkreises, während die mit II bezeichneten Kurven (schraffierte Fläche in Figur 4a) die zeitliche Änderung des Lambdaregelfaktors, unter Einfluß des Regelkreises der hinter dem Katalysator angeordneten Lambdasonde darstellen.

[0037] Diese Darstellung soll keinen geschlossenen Regelkreis verdeutlichen, sondern dient lediglich zur Verdeutlichung der Wirkung der Haltezeit TH auf den ersten Regelkreis.

[0038] Die Haltezeit TH ist vorzeichenbehaftet, wobei positive Zeiten den P-Sprung des Reglers nach einem mager/fett-Sondenumschlag und negative Zeiten den P-Sprung des Reglers nach einem fett/mager-Sondenumschlages der vor dem Katalysator angeordneten

Lambdasonde verzögern.

[0039] In Figur 4b ist weiterhin das digitalisierte Signal angezeigt, welches von der ersten Lambdasonde an den Reglereingang gegeben wird. Aus dem Vergleich der Kurven I und II geht hervor, daß unter Einfluß des zweiten Regelkreises sich die Impulsdauer des Ausgangssignals der ersten Lambdasonde verlängert. Dies hat zur Folge, daß die Gemischanfettung hinter dem Katalysator unter Einwirkung des zweiten λ -Regelkreises kontinuierlich zunimmt (Figur 4c).

[0040] Die Ergebnisse des beschriebenen Verfahrens werden im nichtflüchtigen Speicher des Steuergerätes abgespeichert und finden in den darauffolgenden Regelzyklen Berücksichtigung.

[0041] Wie bereits erwähnt, unterliegt das maximale Spannungssignal einer Lambdasonde gewissen Streuungen die durch einen Sondenkorrekturfaktor korrigiert werden.

[0042] Die Sondenkorrekturfaktoren werden für beide Lambdasonden 5 und 6 unabhängig voneinander nach dem im folgenden beschriebenen Verfahren bestimmt.

[0043] Unter Vollast (d. h. $\lambda < 1$) wird nach einer ersten Einschwingzeit eine erste Meßzeit gestartet, in welcher die maximale Sondenspannung LS_{MAX} aus dem arithmetischen Mittelwert der Meßwerte bestimmt wird.

[0044] Analog wird im Schubetrieb ($\lambda > 1$) in einer zweiten Meßzeit die minimale Sondenspannung LS_{MIN} aus dem arithmetischen Mittelwert der während einer zweiten Meßzeit gewonnenen Meßwerte bestimmt. Die zweite Meßzeit folgt einer zweiten Einschwingzeit. Die erste und die zweite Meßzeit können dabei gleich sein.

[0045] Nach der Ermittlung der maximalen und minimalen Sondenspannung wird einmalig pro Fahrzyklus für jede Sonde getrennt ein Korrekturwert ermittelt.

$$LS_{Kor} = \frac{LS_{MAX} - LS_{MIN}}{LS_{AMAX}}$$

wobei LS_{AMAX} einen Referenzwert darstellt, der in der Steuerelektronik abgespeichert ist.

[0046] Dieser Sondenkorrekturfaktor $LS6_{Kor}$ wird zur Bestimmung des korrigierten Sollwertes $U_{SOLLKor}$ für die hinter dem Katalysator angeordnete Lambdasonde 6 genutzt:

$$LS6_{SOLLKor} = U6_{SOLL} \times LS6_{Kor}$$

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses einer Brennkraftmaschine, wobei das Ausgangssignal einer ersten Lambdasonde, die im Abgaskanal der Brennkraftmaschine vor einem Katalysator angeordnet ist, einem Regler zugeführt wird und der Regler eine Stellgröße für das Kraftstoff-

Luft-Verhältnis abgibt und daß dem Regler ein Korrektursignal zugeführt wird, welches aus dem Ausgangssignal einer zweiten, dem Katalysator nachgeordneten Lambdasonde gewonnen wird, wobei das Korrektursignal in Abhängigkeit von der Periodendauer des Ausgangssignals der ersten Lambdasonde gewichtet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das zu wichtende Korrektursignal eine Haltezeit ist, durch welche das Ausgangssignal des Reglers zeitversetzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Wichtungsfaktor aus dem Verhältnis der tatsächlich gemessenen Periodendauer der ersten Lambdasonde zur Periodendauer der ersten Lambdasonde im Leerlauf bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Haltezeit aus dem Vergleich des tatsächlich gemessenen Ausgangssignals der zweiten Lambdasonde mit einem Referenzwert gewonnen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Haltezeit bei jedem Umschlag der vor dem Katalysator angeordneten ersten Lambdasonde gebildet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß aus dem tatsächlich gemessenen Ausgangssignal der zweiten Lambdasonde und dem Referenzwert eine Differenz gebildet wird, welche zum Zeitpunkt des Umschlagens der ersten Sauerstoffmeßsonde vorzeichenbezogen aufintegriert wird, wobei der Integratorwert in eine Zeit überführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Referenzwert annähernd den Mittelwert des Ausgangssignals der zweiten Lambdasonde bei störungsfreiem Betrieb der ersten Lambdasonde darstellt.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wert des dem Regler zuzuführenden Signals abhängig ist vom Betriebspunkt der Brennkraftmaschine.

Claims

1. Method for regulating the fuel/air ratio of an internal combustion engine, the output signal from the first lambda probe, which is arranged in the exhaust duct of the internal combustion engine upstream of a catalyst, being supplied to a controller, and the controller emitting a manipulated variable for the fuel/air ratio, and there being supplied to the controller

a correcting signal which is obtained from the output signal from a second lambda probe located downstream of the catalyst, the correcting signal being weighted as a function of the period of the output signal from the first lambda probe, characterized in that the correcting signal to be weighted is a holding time, by means of which the output signal from the controller is time-shifted.

2. Method according to Claim 1, characterized in that a weighting factor is determined from the ratio of the actually measured period of the first lambda probe to the period of the first lambda probe during idling.
3. Method according to Claim 1 or 2, characterized in that the holding time is obtained from the comparison of the actually measured output signal from the second lambda probe with a reference value.
4. Method according to Claim 3, characterized in that the holding time is formed during each changeover of the first lambda probe arranged upstream of the catalyst.
5. Method according to Claim 3, characterized in that a difference is formed from the actually measured output signal from the second lambda probe and the reference value, the said difference being integrated in a sign-related manner at the time of changeover of the first oxygen measuring probe, the integrator value being converted into a time.
6. Method according to Claim 5, characterized in that the reference value represents approximately the average value of the output signal from the second lambda probe during fault-free operation of the first lambda probe.
7. Method according to Claim 5 or 6, characterized in that the value of the signal to be supplied to the controller is a function of the operating point of the internal combustion engine.

Revendications

1. Système de régulation du mélange air/carburant dans un moteur à combustion interne, le signal de sortie d'une première sonde lambda qui est disposée dans le tuyau d'échappement du moteur à combustion interne, avant un catalyseur, étant connecté à un régulateur et le régulateur fournissant une valeur de réglage pour le mélange air/carburant et un signal de correction étant fourni au régulateur, ce signal de correction étant obtenu à partir du signal de sortie d'une seconde sonde lambda disposée après le catalyseur, le signal de correction étant pondéré en fonction de la période du signal de sor-

tie de la première sonde lambda, caractérisé en ce que le signal de correction à pondérer est une durée d'arrêt qui décale le signal de sortie du régulateur dans le temps.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un facteur de pondération est défini à partir du rapport entre la période effectivement mesurée de la première sonde lambda et la période de la première sonde lambda en roue libre.
3. Système selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la durée d'arrêt est obtenue à partir de la comparaison entre le signal de sortie effectivement mesuré de la seconde sonde lambda et une valeur de référence.
4. Système selon la revendication 3, caractérisé en ce que la durée d'arrêt est formée à chaque inversion de la première sonde lambda disposée avant le catalyseur.
5. Système selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'une différence est formée à partir du signal de sortie effectivement mesuré de la seconde sonde lambda et de la valeur de référence, cette différence étant intégrée en tenant compte du signe, à l'instant de l'inversion de la première sonde de mesure du gaz carbonique, la valeur de l'intégrateur étant traduite en un temps.
6. Système selon la revendication 5, caractérisé en ce que la valeur de référence représente approximativement la valeur moyenne du signal de sortie de la seconde sonde lambda lors d'un fonctionnement sans perturbation de la première sonde lambda.
7. Système selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que la valeur du signal devant être fourni au régulateur dépend du point de fonctionnement du moteur à combustion interne.

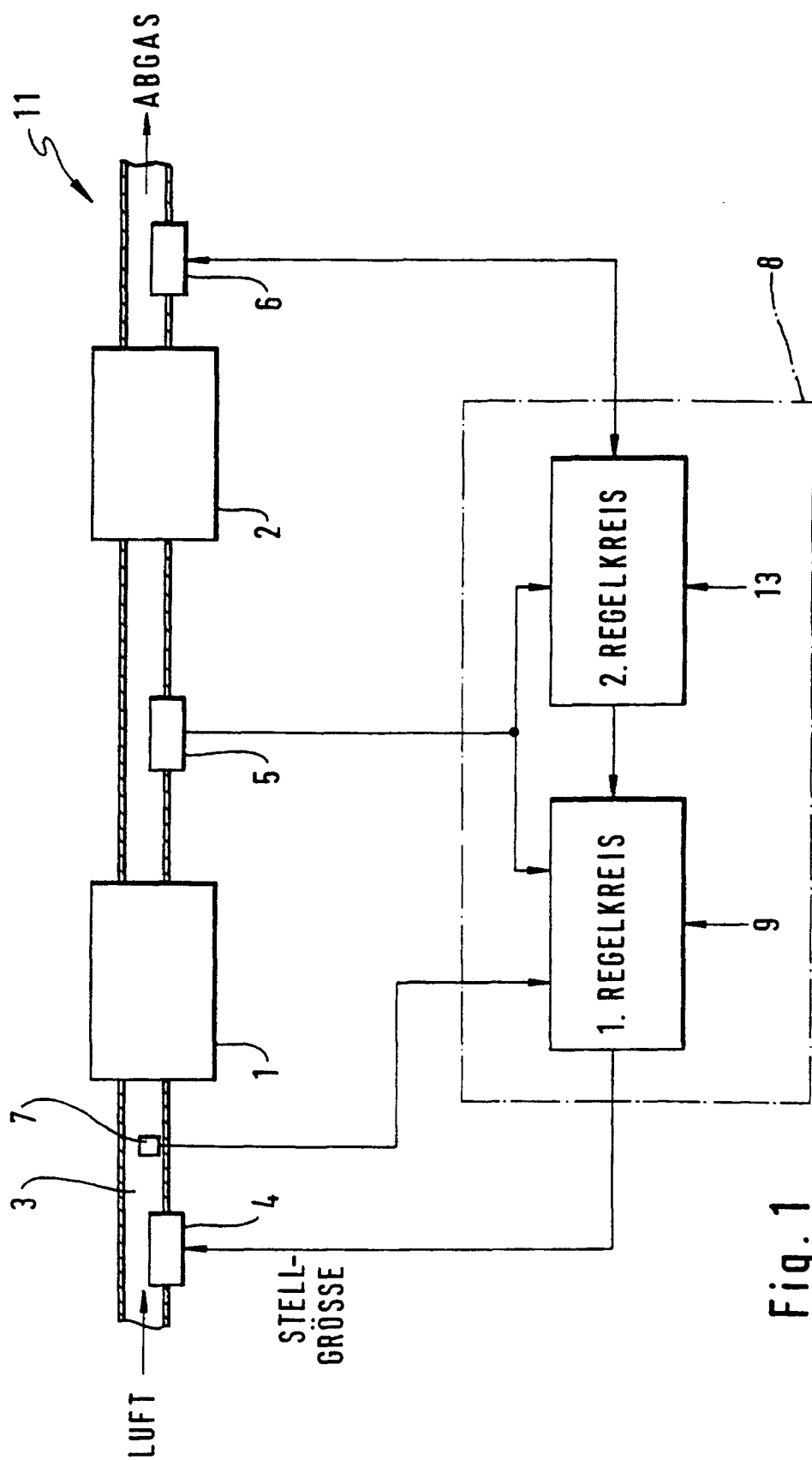


Fig. 1

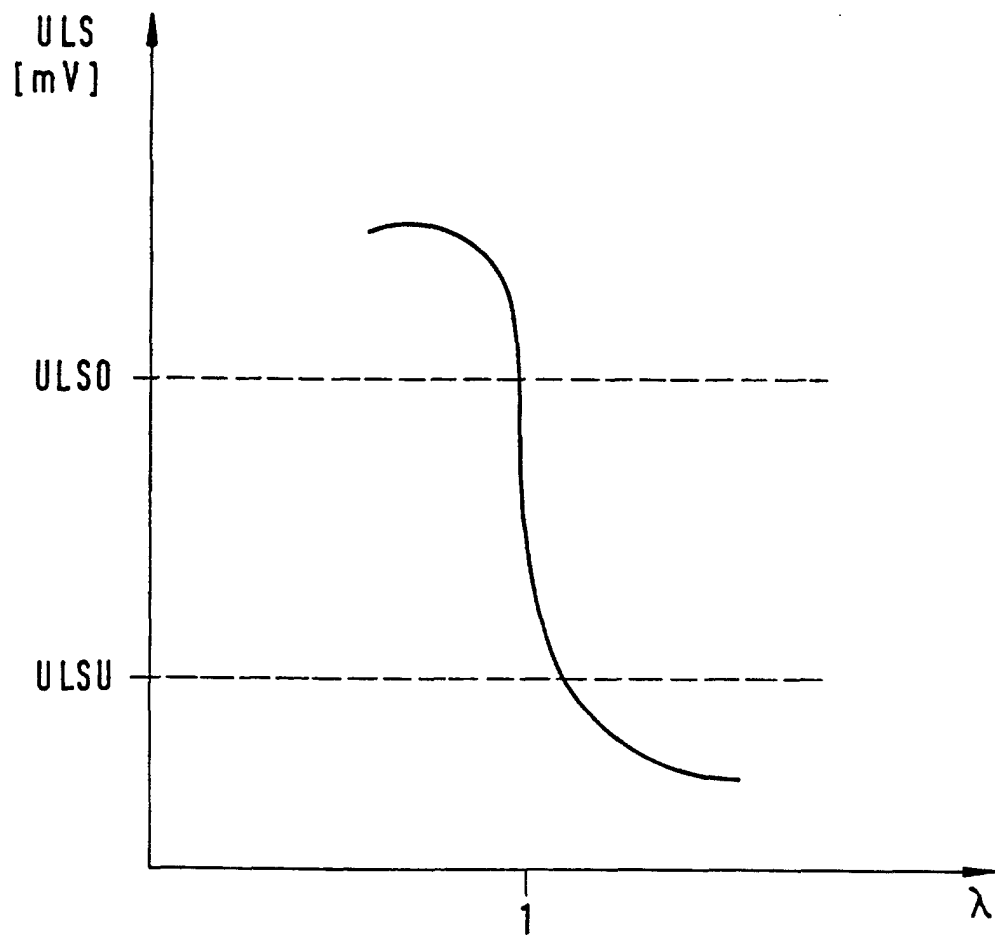


Fig. 2

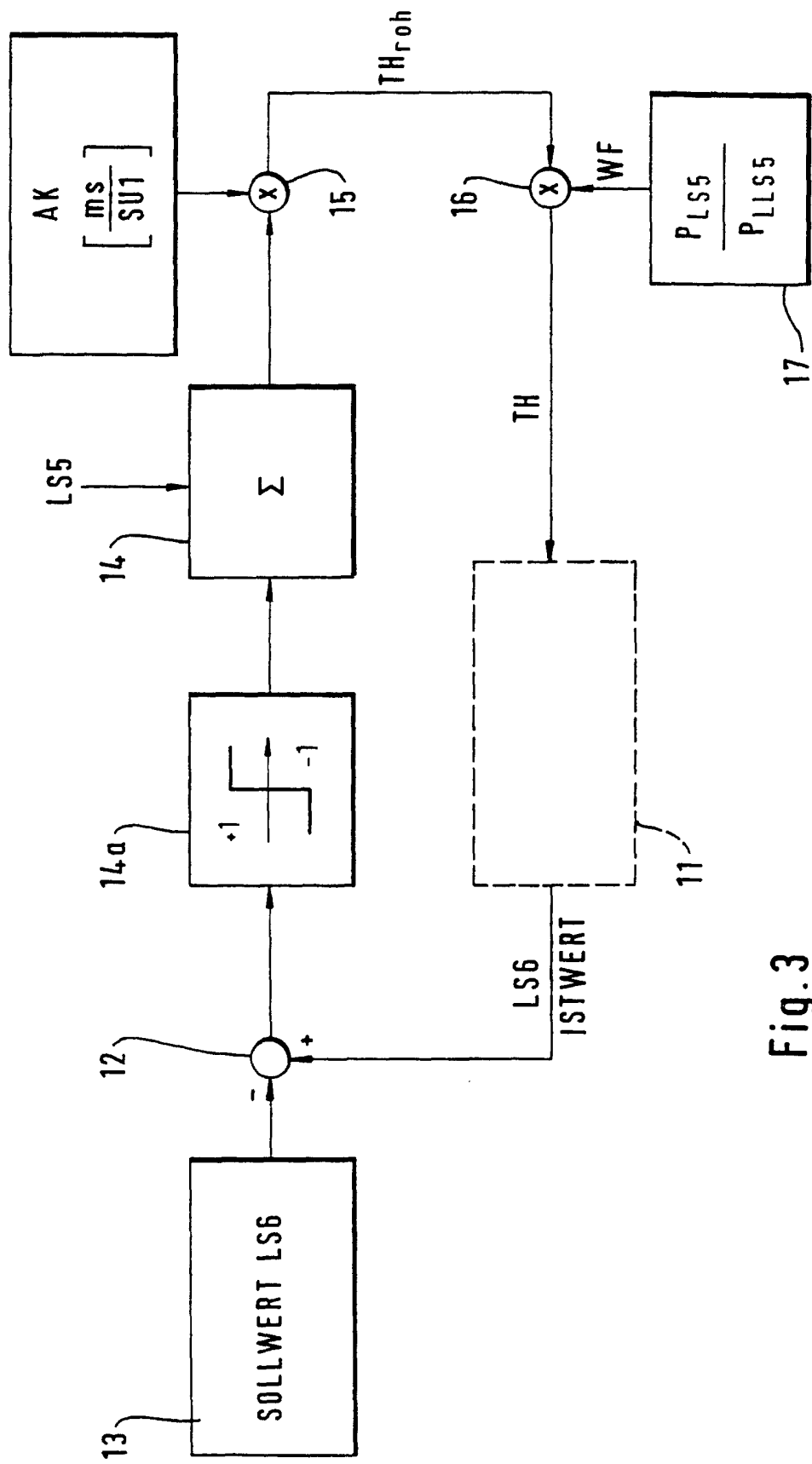


Fig. 3

