



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**20.08.2003 Patentblatt 2003/34**

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

(21) Anmeldenummer: **03002339.4**

(22) Anmeldetag: **03.02.2003**

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

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)**

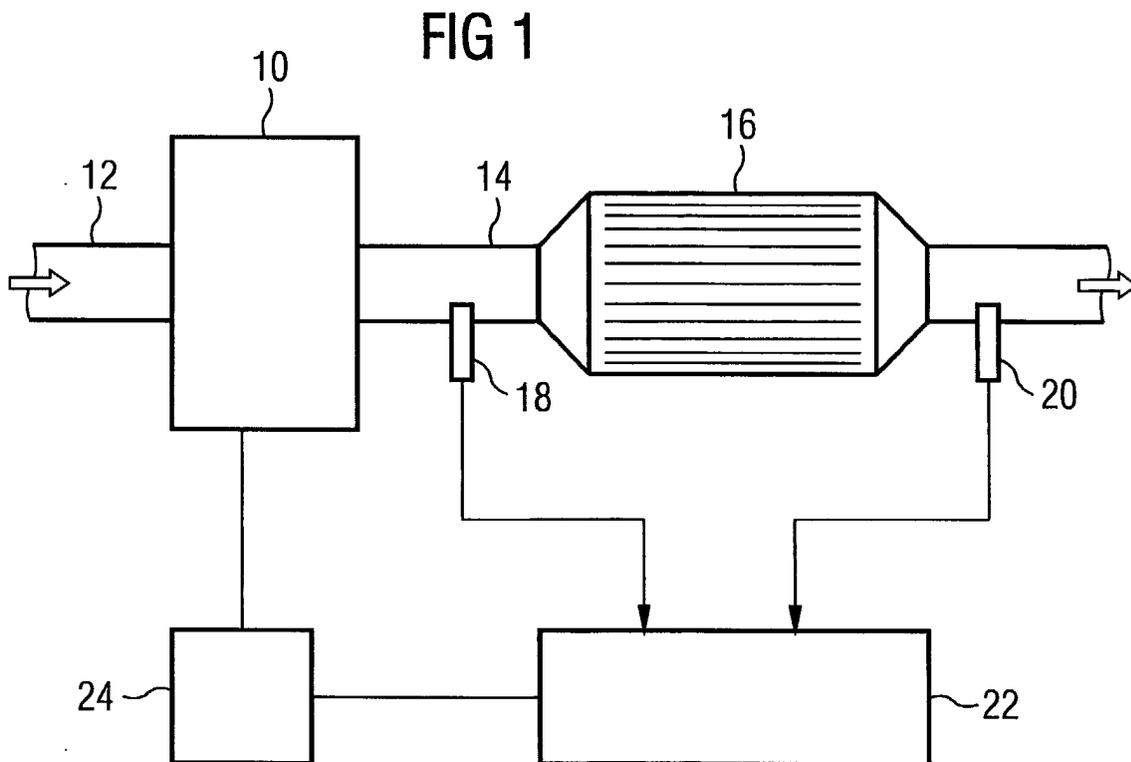
(72) Erfinder:  
• **Ellmer, Dietmar  
93057 Regensburg (DE)**  
• **Lauer, Thorsten  
93059 Regensburg (DE)**

(30) Priorität: **18.02.2002 DE 10206675**

(54) **Verfahren zur Zwangsanzugung bei einer Lambdaregelung**

(57) Verfahren zur Zwangsanzugung bei einer Lambdaregelung für eine Brennkraftmaschine, bei der

Frequenz und Zwangsanzugung abhängig von einer Betriebstemperatur der Brennkraftmaschine bestimmt werden, um erhöhte Abgasemissionen zu vermeiden.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zwangsanzregung einer Lambdaregelung, mit dem ein Fehler bei einer Lambdasonde erkannt wird.

**[0002]** Aus DE 198 44 994 A1 ist ein Verfahren zur Diagnose einer Lambdasonde bekannt. Bei dem bekannten Verfahren wird eine stromaufwärts eines Katalysators angeordnete Lambdasonde diagnostiziert. Die zu diagnostizierende Lambdasonde besitzt eine in ihrem Ausgangssignal stetige Charakteristik. Zur Diagnose der Lambdasonde wird zu einem Lambda-Sollwert eine periodische Zwangsanzregung mit vorgegebener Frequenz und Amplitude überlagert. Ein Modell des Lambdaregelungskreises bildet dessen Streckenverhalten ab, wobei einer der Modellparameter die Sensorverzögerungszeit darstellt. Aus den Amplitudenverstärkungen, die sich für Modell und System bei der Zwangsanzregung ergeben, werden die Modellwerte, insbesondere der Modellwert für die Sensorverzögerungszeit adaptiert. Die Lambdasonde wird hierbei als defekt erkannt, wenn der Wert für die Änderung des Modellparameters einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet. Dies bedeutet, dass bei einer zu starken Adaption der Sensorverzögerungszeit eine Störung der Lambdasonde erkannt wird. Auf diese Weise kann kontinuierlich die Funktionsweise der Lambdasonde in dem Lambdaregelungskreis überprüft werden.

**[0003]** Neben dem vorstehenden spezifischen Einsatz der Zwangsanzregung kann diese vorrangig zur Steigerung des Wirkungsgrades eines Dreiwegekatalysators eingesetzt werden, wie beispielsweise in DE 43 44 892 C2 beschrieben. Hierbei wird für die lineare Lambdaregelung der stöchiometrische Sollwert für die Luftzahl mit einer Zwangsanzregung beaufschlagt. Die Abweichung von dem stöchiometrischen Sollwert besitzen abwechselnd eine Mager- und Fettverschiebung. Bei der Magerverschiebung wird der Sauerstoffspeicher des Katalysators gefüllt, es wird O<sub>2</sub> eingelagert, während bei der Fettverschiebung der Katalysator wieder geleert wird. Dieser Füll- und Leervorgang ist abhängig von der Sollwertverschiebung (Amplitude der Zwangsanzregung) und der Dauer der Verschiebung. Es ist bekannt, die Zwangsanzregung in einem zeitbasierten Ansatz mit gleicher Amplitude und gleicher Dauer für Fett- und Mageranzregung durchzuführen.

**[0004]** Als nachteilig an der bisherigen rein last- und drehzahlabhängigen Zwangsanzregung, auch als forced stimulation bezeichnet, hat sich herausgestellt, dass durch die Änderung der Lambda-Sollwerte es zu einer erhöhten Abgasemission kommt, dies insbesondere bei Katalysatoren, die über längere Zeit benutzt worden sind, oder bei Katalysatoren mit geringer Edelmetallbelastung.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Zwangsanzregung einer Lambdasonde in einer Brennkraftmaschine bereitzustellen, das sich nicht nachteilig auf die Abgasemission auswirkt und

über weite Betriebsbereiche eine gute Abgaskonvertierung sicherstellt.

**[0006]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen aus Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen bilden den Gegenstand der Unteransprüche.

**[0007]** Gemäß Anspruch 1 erfolgt die Auswahl der Werte für Amplitude und Frequenz der Zwangsanzregung abhängig von einer Betriebstemperatur der Brennkraftmaschine. Dieser Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die bekannte Zwangsanzregung für einige Betriebszustände zu einer schlechten Konvertierung der Abgase führt. Indem Amplitude und Frequenz der Zwangsanzregung an die Betriebstemperatur angepasst sind, werden erfindungsgemäß auch im Niedriglast- und Leerlaufbereich sowie nach einem Kaltstart erhöhte Abgasemissionswerte vermieden. Bevorzugt hängen die Werte für Amplitude und/oder Frequenz der Zwangsanzregung von der Betriebstemperatur des Kühlwassers ab. Bisher ist es üblich, dass die Amplitude und Frequenz der Zwangsanzregung sich auf eine Kühlwassertemperatur von 85°C beziehen. Weicht die Temperatur des Kühlwassers hiervon ab, ergeben sich deutlich andere Konvertierungsraten für den Katalysator und mithin ein anderes Verhalten des geschlossenen Lambdaregelkreises. Um eine wirkungsvolle Zwangsanzregung in dem Lambdaregelkreis durchzuführen, ohne eine zusätzliche Erhöhung der Abgasemission zu erzielen, werden Frequenz und Amplitude an den geänderten Lambdaregelkreis angepasst.

**[0008]** Die Werte für Amplitude und/oder Frequenz können auch abhängig von der Temperatur des Zylinderkopfs und/oder der Öltemperatur für die Zwangsanzregung bestimmt werden. Bevorzugt werden neben der Betriebstemperatur auch die Luftmasse und die Drehzahl vorbestimmter Temperaturwerte berücksichtigt.

**[0009]** Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Zwangsanzregung wird anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 schematische Ansicht einer Brennkraftmaschine mit Abgassystem,

Fig. 2 Verlauf einer Zwangsanzregung nach dem Stand der Technik,

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Zwangsanzregung und

Fig. 4 Berechnung von Frequenz und Amplitudensollwerten.

**[0010]** Das erfindungsgemäße Verfahren zur Zwangsanzregung wird nachfolgend anhand von Figur 1 näher erläutert. Eine schematisch dargestellte Brennkraftmaschine 10 saugt über einen Ansaugtrakt 12 in Pfeilrichtung Luft an. Die aus der Brennkraftmaschine

10 ausgetretene Luft wird über einen Abgastrakt 14 in einen Dreiwegekatalysator 16 geleitet. Stromaufwärts von dem Katalysator 16 ist eine erste Sauerstoffsonde 18 vorgesehen, deren Ausgangssignal stetig von der Luftzahl Lambda in dem Abgasstrom abhängt. Die Sauerstoffsensoren werden auch als Lambdasonden bezeichnet. Stromabwärts von dem Katalysator 16 ist eine zweite Lambdasonde 20 angeordnet, die den Katalysatorwirkungsgrad überprüft und als eine lineare Sonde oder eine sogenannte Sprungsonde ausgebildet sein kann.

[0011] Die Signale der Lambdasonden 18 und 20 werden an eine Lambdaregelungseinrichtung 22 weitergeleitet, die aus den beiden gelieferten Signalen auf den Wirkungsgrad des Katalysators 16 und damit auf die Konvertierung der Abgase schließt.

[0012] Die Lambdaregelungseinrichtung bestimmt einen Lambda-Sollwert als Stellgröße und gibt diesen an die Motorsteuerung 24 weiter. Ferner kann die Lambdaregelungseinrichtung ein Modell für das Verhalten der Regelungsstrecke besitzen. Das Modell beinhaltet, als einen Modellparameter die Sensorverzögerungszeit. Wie aus DE 195 16 239 C2 bekannt, hat die Übertragungsfunktion der Lambdaregelstrecke ein Verhalten wie das Hintereinanderschalten zweier Verzögerungsglieder erster Ordnung und einem Totzeitglied. Um eine möglichst geringe Änderung der Abgasemission bei der Zwangsanzugung zu erhalten, werden Frequenz und Amplitude abhängig von Drehzahl und Last sowie der Betriebstemperatur der Brennkraftmaschine festgelegt.

[0013] In Fig. 2 ist der Lambda-Sollwert über die Zeit dargestellt. Der Lambda-Sollwert schwankt bei der bekannten Zwangsanzugung um den Mittelwert 26, bei dem stöchiometrische Verbrennung erfolgt. Die Zwangsanzugung kann in einen fetten Teil 28 und einen mageren Teil 30 unterteilt werden. Die Amplituden 32 und 34 der jeweiligen Anregung sind gleich groß. Ebenso besitzen die magere und die fette Halbwellen 28 bzw. 30 die gleiche Dauer 36 bzw. 38.

[0014] Fig. 3 zeigt beispielhaft die Lambda-Sollwerte bei der erfindungsgemäßen Zwangsanzugung. Der Lambda-Sollwert ist hierbei zu 0,998 vorgegeben, um die Gefahr von NO<sub>x</sub>-Durchbrüchen zu verringern. Die erfindungsgemäße Zwangsanzugung besitzt eine magere Halbwellen 40, mit einer Dauer  $t_{\text{mager}}$  42 und eine Amplitude  $A_{\text{mager}}$  44.

[0015] An die magere Halbwellen 40 schließt sich eine fette Halbwellen 46 an. Die fette Halbwellen 46 besitzt eine Dauer  $t_{\text{fett}}$  48 und eine Amplitude  $A_{\text{fett}}$  50. Bei der erfindungsgemäßen Zwangsanzugung können die vier die Zwangsanzugung charakterisierenden Parameter:  $t_{\text{mager}}$ ,  $A_{\text{mager}}$ ,  $t_{\text{fett}}$ ,  $A_{\text{fett}}$  unabhängig voneinander gewählt werden.

[0016] Die Bestimmung der Parameter wird an einem Blockschaltbild zu Fig. 4 verdeutlicht. Ein erstes Kennfeld 52 bestimmt abhängig von Drehzahl und Last die Werte für eine erste Frequenz und eine erste Amplitude. Die Frequenz ist als inverse Periodendauer definiert,

wobei die Periodendauer der Zeitabschnitt einer definierten Abgaspaketfolge von mageren und fetten Abgaspaketen ist, die sich bei stationären Betriebsbedingungen (d.h. bei gleicher Abgasmenge pro Zeit und gleicher Abgaszusammensetzung) regelmäßig wiederholt. Unter Mager-/Fett-Amplitude werden die Lambdawerte von einzelnen Abgaspaketen der Abgaspaketfolge verstanden. Das Kennfeld 52 bestimmt Frequenz und Amplitude für eine erste Temperatur  $T_1$ . Das Kennfeld 54 bestimmt abhängig von Drehzahl und Last die Werte für eine zweite Frequenz und eine zweite Amplitude. Die Tupel aus Frequenz und Amplitude werden an eine Berechnungseinheit 56 weitergeleitet. Die Berechnungseinheit 56 bestimmt abhängig von dem Istwert 58 für die Betriebstemperatur durch eine lineare oder eine nicht lineare Interpolation das Tupel von Sollwerten für Frequenz und Amplitude 60.

[0017] Die in Fig. 4 gezeigte Berechnungsweise kann ebenfalls durch ein dreidimensionales Kennfeld ersetzt werden.

[0018] Besondere Vorzüge zeigt das erfindungsgemäße Verfahren der betriebstemperaturabhängigen Zwangsanzugung auch im Zusammenhang bei einem sogenannten elektronischen Thermomanagement, bei dem die Betriebstemperatur des Motors mit dem Ziel eines geringen Kraftstoffverbrauchs und guter Abgaswerte gezielt variiert wird. Die Wirkungsweise des Thermomanagements wird durch eine gezielte Anpassung der Zwangsanzugung an die Betriebstemperatur unterstützt.

[0019] Der Grenzwert, mit dem die Änderung des Modellparameters gewählt wird, hängt in einer bevorzugten Ausgestaltung ebenfalls von der Betriebstemperatur ab. Zusätzlich kann der Grenzwert von der Drehzahl und der Last der Brennkraftmaschine abhängen.

[0020] Für die Zwangsanzugung können eine Rechteckschwingung oder eine sinusförmige Schwingung eingesetzt werden. Ebenfalls ist es möglich eine Zwangsanzugung mit einer sägezahnförmigen Schwingung oder einem anderem Anregungsmuster vorzusehen. Die sägezahnförmige Schwingung ist durch Amplitude, Frequenz und Anstiegszeit gekennzeichnet. Auch die Anstiegszeit kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren abhängig von der Betriebstemperatur gewählt werden.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Zwangsanzugung einer Lambdaregelung bei einer Brennkraftmaschine, das die folgenden Verfahrensschritte aufweist:

- zu einem Lambda-Sollwert wird eine Zwangsanzugung mit mindestens einer Frequenz und einer Amplitude überlagert, die einen mageren und einen fetten Abschnitt besitzt,
- die Werte für Amplitude und/oder Frequenz der Zwangsanzugung werden abhängig von einer

Betriebstemperatur der Brennkraftmaschine bestimmt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werte für Amplitude und/oder Frequenz der Zwangsanregung abhängig von der Betriebstemperatur des Kühlwassers bestimmt werden. 5
  
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werte für Amplitude und/oder Frequenz der Zwangsanregung zusätzlich abhängig von der Betriebstemperatur des Zylinderkopfes bestimmt werden. 10
  
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werte für Amplitude und/oder Frequenz der Zwangsanregung zusätzlich abhängig von der Betriebstemperatur des Öls bestimmt werden. 15 20
  
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werte für Amplitude und/oder Frequenz der Zwangsanregung abhängig von der Luftmasse und der Drehzahl bei vorbestimmten Temperaturen bestimmt werden. 25
  
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein erstes Kennfeld (52) für eine erste Temperatur abhängig von Last und Drehzahl erste Sollwerte für Frequenz und Amplitude bestimmt und ein zweites Kennfeld (54) für eine zweite Temperatur abhängig von Last und Drehzahl zweite Sollwerte für Frequenz und Amplitude bestimmt und eine Vergleichseinrichtung (56) abhängig von der Betriebstemperatur (58) den Sollwerte für die vorliegende Betriebstemperatur interpoliert oder extrapoliert. 30 35

40

45

50

55

FIG 1

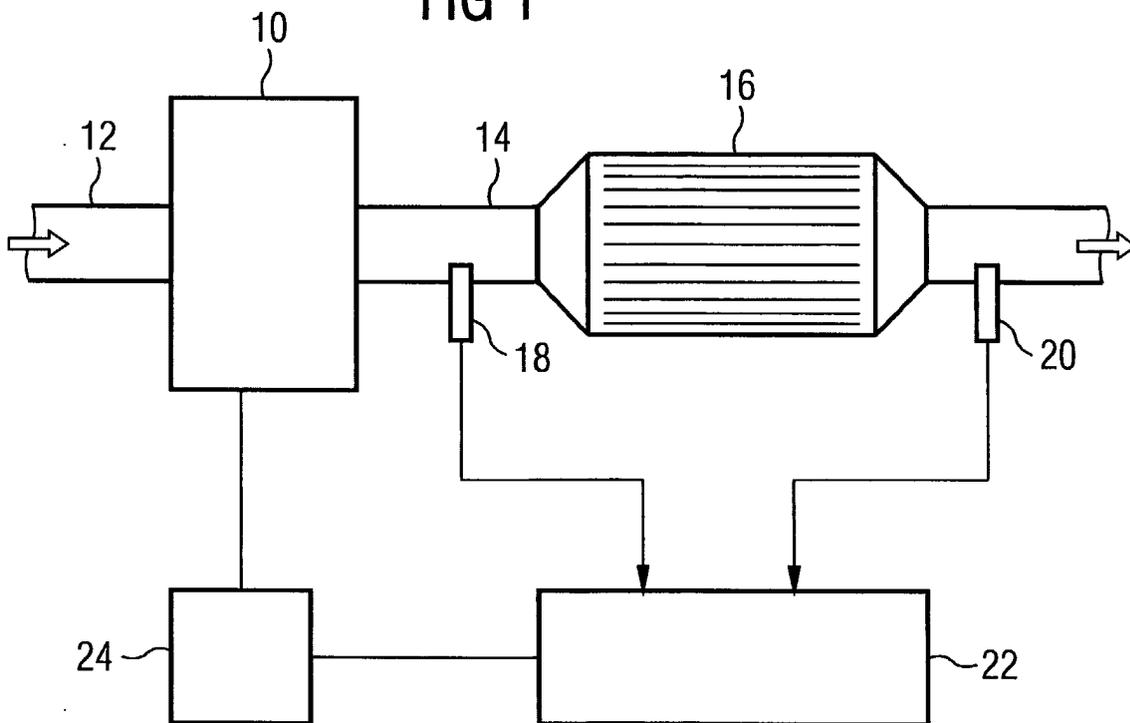


FIG 2

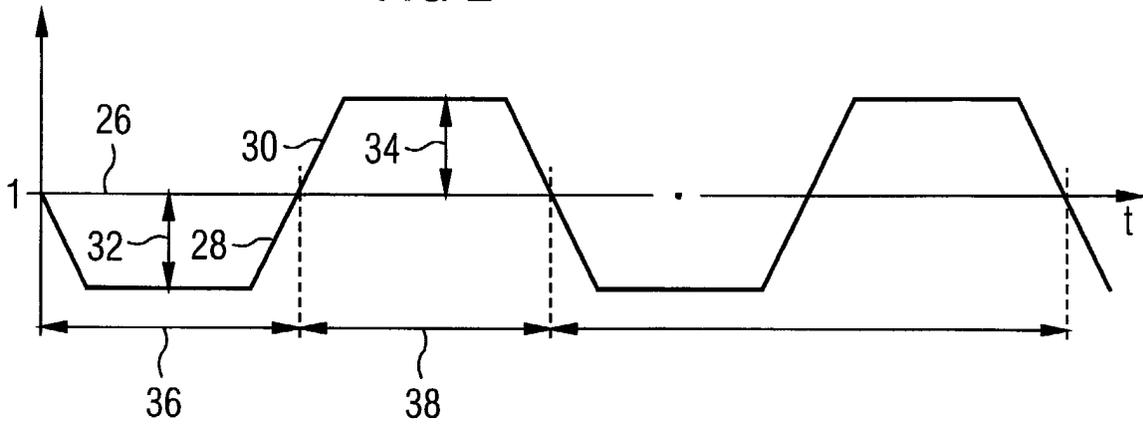


FIG 3

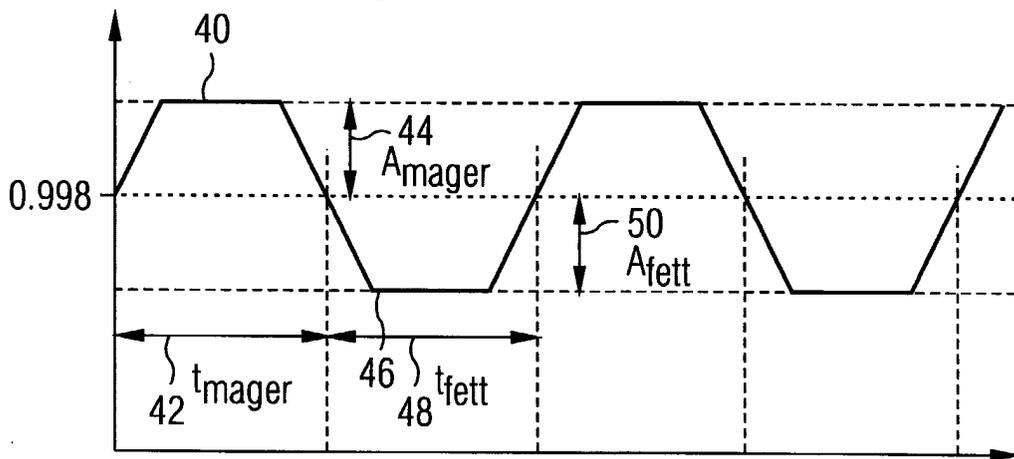


FIG 4

