



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 336 742 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**20.12.2006 Patentblatt 2006/51**

(51) Int Cl.:  
**F02D 41/14<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **03002339.4**

(22) Anmeldetag: **03.02.2003**

### (54) Verfahren zur Zwangsanregung bei einer Lambdaregelung

Method for stimulating a lambda control loop

Méthode pour stimuler une boucle de régulation lambda

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB IT**

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

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

(73) Patentinhaber: **SIEMENS  
AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A1- 4 344 892**                      **DE-A1- 19 844 994**  
**US-A- 5 325 664**

**EP 1 336 742 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 zur Zwangs- anregung 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 be- kannten 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 pe- riodische Zwangs- anregung mit vorgegebener Frequenz und Amplitude überlagert. Ein Modell des Lambdarege- lungskreises bildet dessen Streckenverhalten ab, wobei einer der Modellparameter die Sensorverzögerungszeit darstellt. Aus den Amplitudenverstärkungen, die sich für Modell und System bei der Zwangs- anregung ergeben, werden die Modellwerte, insbesondere der Modellwert für die Sensorverzögerungszeit adaptiert. Die Lambda- sonde 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 Sensorverzögerungs- zeit eine Störung der Lambdasonde erkannt wird. Auf diese Weise kann kontinuierlich die Funktionsweise der Lambdasonde in dem Lambdareglungskreis überprüft werden.

**[0003]** Neben dem vorstehenden spezifischen Einsatz der Zwangs- anregung kann diese vorrangig zur Steige- rung des Wirkungsgrades eines Dreiwegekatalysators eingesetzt werden, wie beispielsweise in DE 43 44 892 C2 beschrieben. Hierbei wird für die lineare Lambdare- gelung der stöchiometrische Sollwert für die Luftzahl mit einer Zwangs- anregung beaufschlagt. Die Abweichung von dem stöchiometrischen Sollwert besitzen abwech- selnd eine Mager- und Fettverschiebung. Bei der Mager- verschiebung wird der Sauerstoffspeicher des Katalysa- tors gefüllt, es wird O<sub>2</sub> eingelagert, während bei der Fett- verschiebung der Katalysator wieder geleert wird. Dieser Füll- und Leervorgang ist abhängig von der Sollwertver- schiebung (Amplitude der Zwangs- anregung) und der Dauer der Verschiebung. Es ist bekannt, die Zwangs- anregung in einem zeitbasierten Ansatz mit gleicher Am- plitude und gleicher Dauer für Fett- und Mageranregung durchzuführen.

**[0004]** Als nachteilig an der bisherigen rein last- und drehzahlabhängigen Zwangs- anregung, 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 Edelmetallbeladung.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Zwangs- anregung einer Lambdasonde in einer Brennkraftmaschine bereitzustellen, das sich nicht nachteilig auf die Abgasemission auswirkt und über weite Betriebsbereiche eine gute Abgaskonvertierung sicher-

stellt.

**[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 Zwangs- anregung abhängig von einer Betriebstemperatur der Brennkraft- maschine. Dieser Lösung der erfindungsgemäßen Auf- gabe liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die bekannte Zwangs- anregung für einige Betriebszustände zu einer schlechten Konvertierung der Abgase führt. Indem Am- plitude und Frequenz der Zwangs- anregung an die Be- triebstemperatur angepasst sind, werden erfindungsge- mäß auch im Niedriglast- und Leerlaufbereich sowie nach einem Kaltstart erhöhte Abgasemissionswerte ver- mieden. Bevorzugt hängen die Werte für Amplitude und/ oder Frequenz der Zwangs- anregung von der Betrieb- temperatur des Kühlwassers ab. Bisher ist es üblich, dass die Amplitude und Frequenz der Zwangs- anregung sich auf eine Kühlwassertemperatur von 85°C beziehen. Weicht die Temperatur des Kühlwassers hiervon ab, er- geben sich deutlich andere Konvertierungsraten für den Katalysator und mithin ein anderes Verhalten des ge- schlossenen Lambdaregelkreises. Um eine wirkungsvol- le Zwangs- anregung in dem Lambdaregelkreis durchzu- führen, ohne eine zusätzliche Erhöhung der Abgasemis- sion 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 Zylin- derkopfs und/oder der Öltemperatur für die Zwangs- anregung bestimmt werden. Bevorzugt werden neben der Betriebstemperatur auch die Luftmasse und die Dreh- zahl vorbestimmter Temperaturwerte berücksichtigt.

**[0009]** Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfin- dungsgemäßen Zwangs- anregung wird anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 schematische Ansicht einer Brennkraftmaschi- ne mit Abgassystem,

Fig. 2 Verlauf einer Zwangs- anregung nach dem Stand der Technik,

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Zwangs- anregung und

Fig. 4 Berechnung von Frequenz und Amplitudensoll- werten.

**[0010]** Das erfindungsgemäße Verfahren zur Zwangs- anregung wird nachfolgend anhand von Figur 1 näher erläutert. Eine schematisch dargestellte Brennkraftma- schine 10 saugt über einen Ansaugtrakt 12 in Pfeilrich- tung Luft an. Die aus der Brennkraftmaschine 10 ausget- retene Luft wird über einen Abgastrakt 14 in einen Drei- wegekatalysator 16 geleitet. Stromaufwärts von dem Ka- talysator 16 ist eine erste Sauerstoffsonde 18 vorgege-

hen, 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 Halbwelle 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 NOx-Durchbrüchen zu verringern. Die erfindungsgemäße Zwangsanzugung besitzt eine magere Halbwelle 40, mit einer Dauer  $t_{\text{mager}}$  42 und eine Amplitude  $A_{\text{mager}}$  44.

**[0015]** An die magere Halbwelle 40 schließt sich eine fette Halbwelle 46 an. Die fette Halbwelle 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 gleiche Abgaszu-

sammensetzung) 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.

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.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werte für Amplitude und/oder Frequenz der Zwangsanregung zusätzlich anhängig von der Betriebstemperatur des Öls bestimmt werden.
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.
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.

#### Claims

1. Method for the forced stimulation of a lambda control loop in an internal combustion engine, which method has the following method steps:
  - a lambda setpoint value is superposed with a forced stimulation having at least one frequency and one amplitude which possesses a lean and a rich section,
  - the values for amplitude and/or frequency of the forced stimulation are determined as a function of an operating temperature of the internal combustion engine.
2. Method according to claim 1, **characterised in that** the values for amplitude and/or frequency of the forced stimulation are determined as a function of the operating temperature of the coolant.
3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the values for amplitude and/or frequency of the forced stimulation are additionally determined as a

function of the operating temperature of the cylinder head.

4. Method according to one of the claims 1 to 3, **characterised in that** the values for amplitude and/or frequency of the forced stimulation are additionally determined as a function of the operating temperature of the oil.
5. Method according to one of the claims 1 to 4, **characterised in that** the values for amplitude and/or frequency of the forced stimulation are determined as a function of the air mass and the speed at predetermined temperatures.
6. Method according to claim 5, **characterised in that** a first performance characteristic (52) for a first temperature determines first setpoint values for frequency and amplitude as a function of load and speed and a second performance characteristic (54) for a second temperature determines second setpoint values for frequency and amplitude as a function of load and speed and a comparator device (56) interpolates or extrapolates the setpoint value for the present operating temperature as a function of the operating temperature (58).

#### Revendications

1. Procédé pour l'excitation forcée d'une régulation lambda dans un moteur à combustion interne, qui comprend les étapes de procédé suivantes :
  - à une valeur de consigne de lambda, on superpose une excitation forcée possédant au moins une fréquence et une amplitude et qui possède un segment pauvre et un segment riche,
  - les valeurs pour l'amplitude et/ou la fréquence de l'excitation forcée sont déterminées en fonction d'une température de fonctionnement du moteur à combustion interne.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les valeurs pour l'amplitude et/ou la fréquence de l'excitation forcée sont déterminées en fonction de la température de fonctionnement de l'eau de refroidissement.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les valeurs pour l'amplitude et/ou la fréquence de l'excitation forcée sont déterminées en outre en fonction de la température de fonctionnement de la culasse.
4. Procédé selon une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les valeurs pour l'amplitude et/ou

la fréquence de l'excitation forcée sont déterminées en outre en fonction de la température de fonctionnement de l'huile.

5. Procédé selon une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les valeurs pour l'amplitude et/ou la fréquence de l'excitation forcée sont déterminées en fonction de la masse d'air et de la vitesse de rotation à des températures prédéterminées. 5
- 10
6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'**un premier diagramme (52) détermine des premières valeurs de consigne pour la fréquence et l'amplitude, en fonction de la charge et de la vitesse de rotation pour une première température, et un deuxième diagramme (54) détermine des deuxième valeurs de consigne pour la fréquence et l'amplitude, en fonction de la charge et de la vitesse de rotation pour une deuxième température, et un dispositif comparateur (56) interpole ou extrapole les valeurs de consigne en fonction de la température de fonctionnement (58) pour la température de fonctionnement présente. 15
- 20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

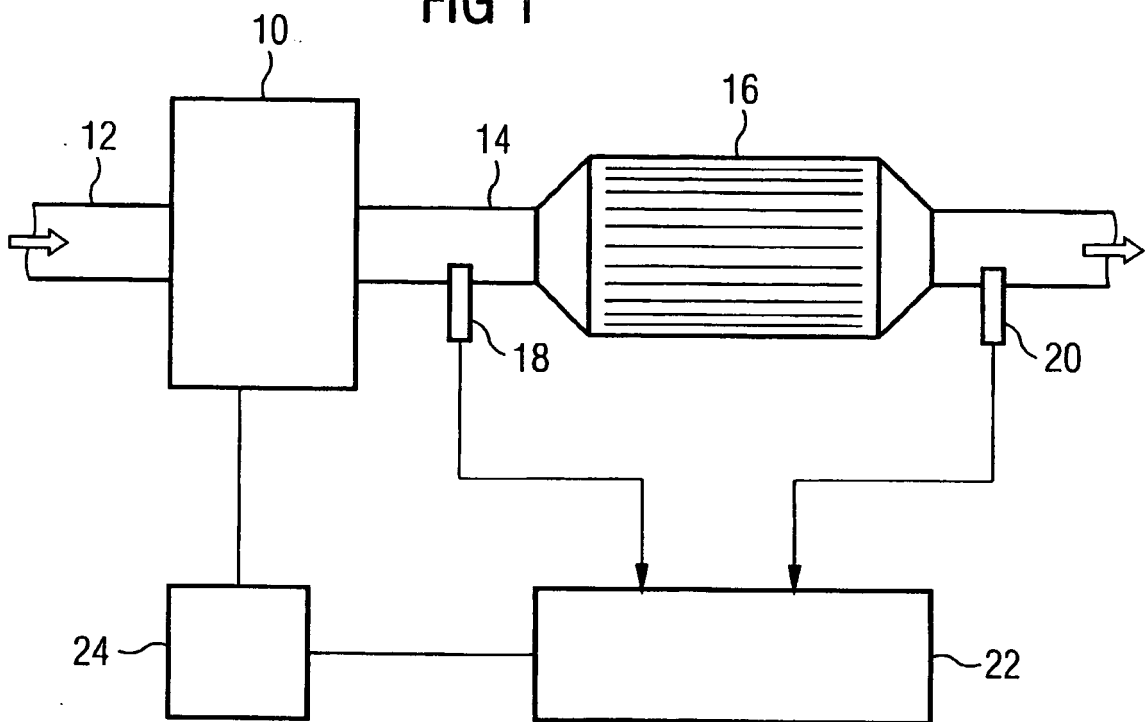


FIG 2

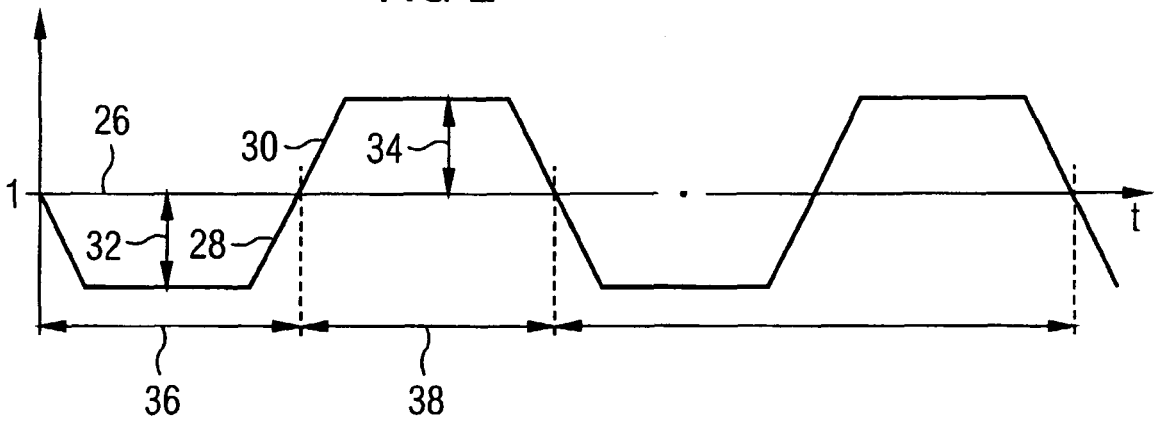


FIG 3

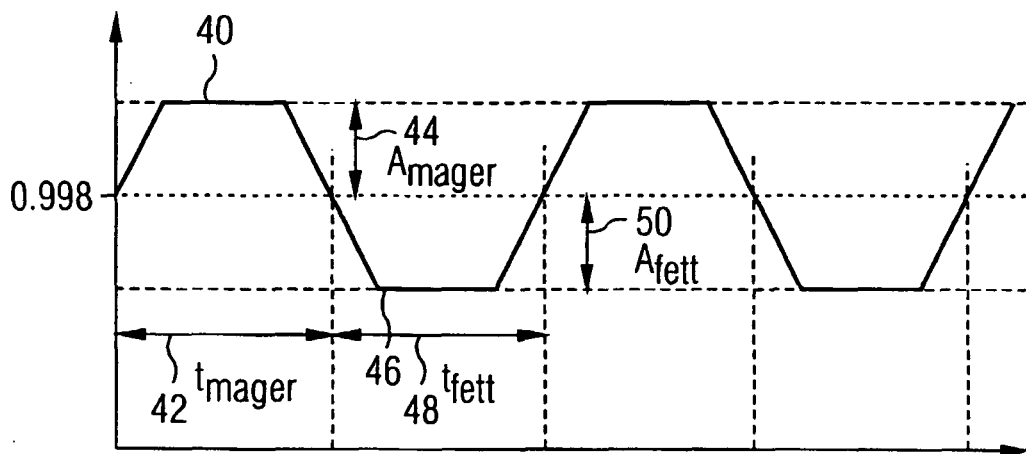


FIG 4

