

(19)



österreichisches
patentamt

(10)

AT 502 440 A2 2007-03-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer:

A 1613/2006

(51) Int. Cl.⁸: F02D 41/00 (2006.01)

(22) Anmeldetag:

28.09.2006

(43) Veröffentlicht am:

15.03.2007

(73) Patentanmelder:

AVL LIST GMBH
A-8020 GRAZ (AT)

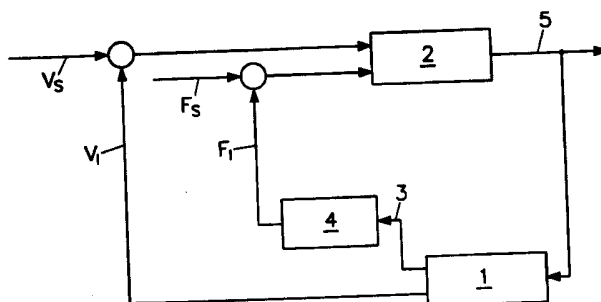
(72) Erfinder:

DANNINGER ALOIS DIPL.ING.
KAPFENBERG (AT)
RODUNER CHRISTIAN DR.
GRAZ (AT)
NEUNTEUFL KLEMENS DIPL.ING.
GRAZ (AT)

(54) **VERFAHREN ZUM REGELN DER KENNWERTE DER VERBRENNUNG BEI EINER BRENNKRAFTMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln der Kennwerte der Verbrennung bei einer Brennkraftmaschine mit zumindest einem Regelpfad.

Um Emissionen und Verbrennungsgeräusch im transienten Fahrbetrieb zu vermindern und den Drehmomentverlauf zu verbessern, ist vorgesehen, dass ein schneller Regelpfad, der bei jeder Einspritzung agieren und messen kann, einen langsamen Regelpfad, der in einem Zeitraster eine wesentlich größere Zeit als der schnelle Regelpfad benötigt, im Stellverhalten berücksichtigt, und dass aus der Größe der Abweichung zwischen den Istwerten und den Sollwerten des langsamen Regelpfades direkt die Auswirkungen auf Kennwerte der Verbrennung und/oder Änderungen zumindest eines Kennwertes des schnellen Regelpfades berechnet werden.



AT 502 440 A2 2007-03-15

010487
~~-7-~~

1 ✓

ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln der Kennwerte der Verbrennung bei einer Brennkraftmaschine mit zumindest einem Regelpfad.

Um Emissionen und Verbrennungsgeräusch im transienten Fahrbetrieb zu vermindern und den Drehmomentverlauf zu verbessern, ist vorgesehen, dass ein schneller Regelpfad, der bei jeder Einspritzung agieren und messen kann, einen langsamen Regelpfad, der in einem Zeitraster eine wesentlich größere Zeit als der schnelle Regelpfad benötigt, im Stellverhalten berücksichtigt, und dass aus der Größe der Abweichung zwischen den Istwerten und den Sollwerten des langsamen Regelpfades direkt die Auswirkungen auf Kennwerte der Verbrennung und/oder Änderungen zumindest eines Kennwertes des schnellen Regelpfades berechnet werden.

< Fig. 1 >

Die Erfindung betrifft Verfahren zum Regeln der Kennwerte der Verbrennung bei einer Brennkraftmaschine mit zumindest einem Regelpfad.

Es ist bekannt, die Verbrennung stationär, das heißt, in einem Betriebspunkt mit einer bestimmten Zylinderfüllung, über zumindest einen Einspritzparameter so zu regeln, dass die Kennwerte für die tatsächliche Verbrennung und die Wunschverbrennung übereinstimmen. Abweichungen in der Füllung werden mit einem Regler im Luftregelpfad ausgeglichen, bis die Ist- und die Sollfüllung übereinstimmen. Die Sollwerte für die Verbrennung im stationären Betrieb werden im Zuge des Kalibrierprozesses bedatet. Dabei wird in einem Betriebspunkt der Sollwert für eine Führungsgröße vorgegeben. Dieser wird in Verbindung mit allen anderen Betriebszuständen bei diesem Betriebspunkt (insbesondere der Füllung) betrachtet. Der stationäre Sollwert für die Füllung wird parallel mit dem Sollwert für die Verbrennung in einem Speicher abgelegt. Dabei werden die Aktuatoren, die die Füllung bestimmen, so eingestellt, dass die Istfüllung gleich der Sollfüllung wird. Basierend auf dem Sollwert für die Verbrennungslage und der Rückmeldung über die tatsächliche Verbrennung werden die Einstellparameter für die Verbrennung so verändert, dass sich die tatsächliche Verbrennung der Sollverbrennung angleicht. Bei den Verstellgrößen handelt es sich typischerweise um Einspritzparameter, wie Einspritzzeitpunkt, Einspritzdruck, Einspritzmenge oder dergleichen. Diese können (abhängig vom Einspritzsystem) zumindest innerhalb eines Verbrennungszyklus verstellt werden. Beim Übergang von einem Betriebspunkt zu einem anderen ist es der Verbrennungsregelung möglich, den neuen Wert für die Verstellgrößen in sehr kurzer Zeit einzustellen. Die Zylinderfüllung hat bezogen auf den Kraftstoff-Regelpfad allerdings eine sehr unterschiedliche Zeitkonstante, was dazu führt, dass transient die Verstellwerte für die Verbrennung im Kraftstoff-Regelpfad nicht zu der aktuellen Füllung passen. Dies führt entweder zu erhöhten Emissionen bei erhöhtem Verbrennungsgeräusch oder zu geringem Motordrehmoment bei gleichzeitig erhöhtem Kraftstoffverbrauch. Diese Wechselwirkungen konnten bisher nur mit sehr hohem Aufwand reduziert werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden, und Emissionen, sowie Verbrennungsgeräusche zu verringern und gleichzeitig den Drehmomentverlauf zu verbessern.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass ein schneller Regelpfad, der bei jeder Einspritzung agieren und messen kann, einen langsamen Regelpfad, der in einem Zeitraster eine wesentlich größere Zeit als der schnelle Regelpfad

benötigt, im Stellverhalten berücksichtigt, und dass aus der Größe der Abweichung zwischen den Istwerten und den Sollwerten des langsam Regelpfades direkt die Auswirkungen auf Kennwerte der Verbrennung und/oder Änderungen zumindest eines Kennwertes des schnellen Regelpfades berechnet werden. Dies ermöglicht es, die tatsächliche Verbrennung in eine Wunschverbrennung überzuführen.

Dabei berücksichtigt ein schneller Regelpfad, der bei jeder Einspritzung agieren und messen kann, einen langsamen Regelpfad, der in einem Zeitraster eine wesentlich größere Zeit benötigt.

Der schnelle Regelpfad ist in der Lage, Istwerte bei jeder Verbrennung zu erfassen, mit den Sollwerten zu vergleichen und entsprechend die Stellwerte zu verändern. Der langsame Regelpfad ist in der Lage, in einem Zeitraster seine Messwerte zu erfassen, mit den Sollwerten zu vergleichen und entsprechend die Stellwerte zu verändern. Das Zeitraster des langsamen Regelpfades ist wesentlich langsamer als die verbrennungszyklusaufgelösten Zeitschritte.

Der schnelle Regelpfad kann beispielsweise ein Einspritzpfad sein, in welchem verbrennungszyklusaufgelöst Einspritzparameter berechnet werden.

Vorzugsweise stellt der Istwert des langsameren Regelpfades einen Kennwert der Zylinderfüllung dar und kann durch die auf Basis eines sensorgestützten physikalischen Modells Inertgasrate im Zylinder vor der Verbrennung gebildet sein.

Aus der Größe der Abweichung zwischen dem Istwert und dem Sollwert der Zylinderfüllung können dabei direkt die Auswirkungen auf die Verbrennungslage und/oder Änderungen zumindest eines Einspritzparameters berechnet werden. Mit dem Wissen des Einflusses der Füllung auf die Verbrennungslage kann somit eine Abweichung zwischen der Istfüllung und der Sollfüllung direkt für die Verbrennungsregelung angewendet werden. Damit lässt sich dynamisch der Einfluss einer Abweichung zwischen Istfüllung und Sollfüllung auf die Verbrennungslage kompensieren.

Der Sollwert für die Verbrennung kann wie bisher durch Bestimmen der Verbrennungslage erfolgen, bei der 50% des Kraftstoffes verbrannt sind (MFB 50). Weiters kann der Istwert der Verbrennungslage durch Verstellen des Einspritzzeitpunktes beeinflusst werden. Zusätzlich kann die Inertgasrate (Inertgasmasse im Verhältnis zur Gesamtmasse) im Zylinder vor jedem Verbrennungsereignis mit einem physikalischen Modell, basierend auf vorhandenen Sensorenwerten, ermittelt werden. In der Größe Inertgasrate sind sowohl der Ladedruck, als auch die Abgasrückführrate (EGR-Rate) und somit der Einfluss von Aufladesystem und EGR- bzw. Drosselklappensteller berücksichtigt. Da sich bei festen Einspritz-

parametern die Verbrennungslage (MFB 50) im Bereich des oberen Totpunktes linear mit der Kenngröße Inertgasrate verändert, kann aus einer Abweichung zwischen Ist- und Sollinertgasrate direkt die Auswirkung auf die Verbrennungslage errechnet werden.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann das dynamische Verhalten der Verbrennungsregelung verbessert und somit der Bedatungsaufwand in Bezug auf die Optimierung von transienten Emissionen, Geräusch, Fahrverhalten und Fahrkomfort bzw. Drehmomentverhalten wesentlich reduziert werden.

Mit Hilfe von Sensoren für Luftmasse, Temperaturen und Drücke ist es möglich, mit einfachen physikalischen Berechnungen jenen Parameter der Füllung zu ermitteln, der einen direkten Einfluss auf die Verbrennung hat. Durch die Identifikation einer solchen Kenngröße ist es möglich, die Abweichung der aktuellen Füllung von der Sollfüllung zu bewerten und damit vorherzusagen, welche Auswirkung diese Abweichung auf die Verbrennung haben wird.

Die Erfindung wird an Hand der Figur näher erläutert.

Der stationäre Sollwert V_s für die Verbrennung wird im Zuge des Kalibrierprozesses bedatet. Dabei wird in einem Betriebspunkt der Sollwert V_s für die Führungsgröße bedatet. Dieser ist in Verbindung mit allen anderen Betriebszuständen bei diesem Betriebspunkt (insbesondere der Füllung) zu sehen. Der stationäre Sollwert F_s für die Füllung wird parallel mit dem Sollwert V_s für die Verbrennung bedatet, dabei werden die Aktuatoren, die die Füllung bestimmen so eingestellt, dass sich der beste mögliche Zustand einstellt. Basierend auf dem Sollwert für die Verbrennung V_s und der Rückmeldung über die tatsächliche Verbrennung V_i auf Basis der Zylinderdrucksensoren werden die Einstellparameter für die Verbrennung so verändert, dass sich die tatsächliche Verbrennung V_i der Sollverbrennung V_s angleicht. Bei den Verstellgrößen handelt es sich typischerweise um Kraftstoffpfadgrößen, und zwar Einspritzparameter 5 wie Einspritzzeitpunkt, Einspritzdruck, Einspritzmenge, oder dergleichen. Diese können (abhängig vom Einspritzsystem) zumindest in einem Verbrennungszyklus verstellt werden.

Beim Übergang von einem Betriebspunkt zu einem anderen ist es der Verbrennungsregelung 2 für die Brennkraftmaschine 1 möglich, den neuen Sollwert V_s , F_s für die Verstellgrößen in sehr kurzer Zeit einzustellen. Die Zylinderfüllung hat allerdings sehr unterschiedliche Zeitkonstanten, was dazu führt, dass kurzfristig die Verstellwerte für die Verbrennung nicht zu der aktuellen Füllung passen. Dies führt zu erhöhten Emissionen, erhöhtem Verbrennungsgeräusch und Nachteilen im Fahrkomfort bzw. Drehmomentver-

halten. Diese Einflüsse können bisher nur mit sehr hohem Aufwand reduziert werden. Mit dem bisherigen System war somit zwar möglich, stationär, das heißt in einem Betriebspunkt mit einer bestimmten Zylinderfüllung die Verbrennung so zu regeln, dass die tatsächliche Verbrennung und die Wunschverbrennung übereinstimmen. Abweichungen in der Füllung werden mit einem Regler im Kraftstoffpfad ausgeglichen, bis die Istfüllung F_I und die Sollfüllung F_S übereinstimmen. Eine rasche dynamische Regelung der Verbrennung war allerdings bisher problematisch.

Diese Nachteile können verringert werden, wenn der Einfluss der Abweichung in der Füllung bei der Regelung der Verbrennung direkt berücksichtigt wird. Mit Hilfe von Sensoren 3 (Luftmasse, Temperaturen und Drücken) ist es möglich, mit einfachen physikalischen Berechnungen 4 die Parameter der Füllung zu ermitteln, die einen direkten Einfluss auf die Verbrennung haben. Durch die Identifikation einer solchen Kenngröße ist es weiters möglich, die Abweichung der aktuellen Füllung F_I von der Sollfüllung F_S zu berechnen und damit vorherzusagen, welche Auswirkung diese Abweichung auf die Verbrennung haben wird. Eine geeignete Berechnung der Füllung ist dafür Voraussetzung.

Durch die Information über die Abweichung der Füllung und dem Wissen, wie sich diese Abweichung auf die Verbrennung auswirkt, kann der Einfluss der Abweichung in der Füllung bei der Regelung der Verbrennung direkt berücksichtigt werden (Influence Equalisation).

Der Sollwert V_S für die Verbrennung kann wie bisher durch Bestimmen der Verbrennungslage erfolgen, bei der 50% des Kraftstoffes verbrannt sind (MFB 50). Weiters kann der Istwert der Verbrennungslage V_I durch Verstellen des Einspritzzeitpunktes beeinflusst werden. Zusätzlich kann die Inertgasrate (Inertgasmasse im Verhältnis zur Gesamtmasse) im Zylinder vor jedem Verbrennungsereignis mit einem physikalischen Modell 4, basierend auf vorhandenen Sensorenwerten von Standardsensoren 3, ermittelt werden. In der Größe Inertgasrate sind sowohl der Ladedruck, als auch die EGR-Rate und somit der Einfluss von Aufladesystem und EGR- bzw. Drosselklappensteller berücksichtigt. Da sich bei festen Einspritzparametern die Verbrennungslage (MFB 50) im Bereich des oberen Totpunktes linear mit der Kenngröße Inertgasrate verändert, kann aus einer Abweichung zwischen Ist- und Sollinertgasrate direkt die Auswirkung auf die Verbrennungslage errechnet werden.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann das dynamische Verhalten der Verbrennungsregelung verbessert und somit der Bedatungsaufwand in Bezug auf die Optimierung von transienten Emissionen, Geräusch, Fahrverhalten und Fahrkomfort wesentlich reduziert werden.

010487
-5



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Regeln der Kennwerte der Verbrennung bei einer Brennkraftmaschine mit zumindest einem Regelpfad, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein schneller Regelpfad, der bei jeder Einspritzung agieren und messen kann, einen langsamen Regelpfad, der in einem Zeitraster eine wesentlich größere Zeit als der schnelle Regelpfad benötigt, im Stellverhalten berücksichtigt, und dass aus der Größe der Abweichung zwischen den Istwerten und den Sollwerten des langsamen Regelpfades direkt die Auswirkungen auf Kennwerte der Verbrennung und/oder Änderungen zumindest eines Kennwertes des schnellen Regelpfades berechnet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Istwert für den schnellen Regelpfad verbrennungszyklusaufgelöst ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Istwert für den schnellen Regelpfad aus einer Zylinderdruckkurve ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Istwert für den schnellen Regelpfad aus einer Ionenstrahlungsmessung ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Istwert für den schnellen Regelpfad aus einer Beschleunigungsmessung ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, die Kennwerte zur Regelung des schnellen Regelpfades aus zumindest einem Istwert für den schnellen Regelpfad ermittelt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Istwert der Verbrennung durch Bestimmen der Verbrennungslage, bei der 50% des Kraftstoffes verbrannt sind, bestimmt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stellwert des schnellen Regelpfades in jedem Verbrennungszyklus verstellt werden kann.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stellwert des schnellen Regelpfades zumindest ein Einspritzparameter ist.

010487
~~-6-~~

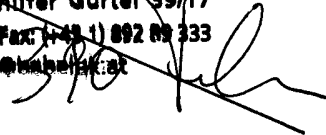
✓

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Istwert des langsamen Regelpfades einen Kennwert der Zylinderfüllung darstellt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Istwert des langsamen Regelpfades die Inertgasrate im Zylinder vor der Verbrennung ist.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Inertgasrate im Zylinder vor der Verbrennung, vorzugsweise mit einem auf Standardsensoren basierenden physikalischen Modell, ermittelt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus der Größe der Abweichung zwischen den Istwerten und den Sollwerten der Zylinderfüllung direkt die Auswirkungen auf die Istwerte des schnellen Regelpfades und/oder Änderungen der Kennwerte des schnellen Regelpfades errechnet werden.

~~2006-09-28-~~

~~Fu/Se-~~

Patentanwalt
Dipl.-Ing. Mag. Michael Babeluk
A-1150 Wien, Mariahilfer Gürtel 39/17
Tel.: (+43 1) 892 89 33-0 Fax: (+43 1) 892 89 333
e-mail: ~~patent@babeluk.at~~



013149 ✓²

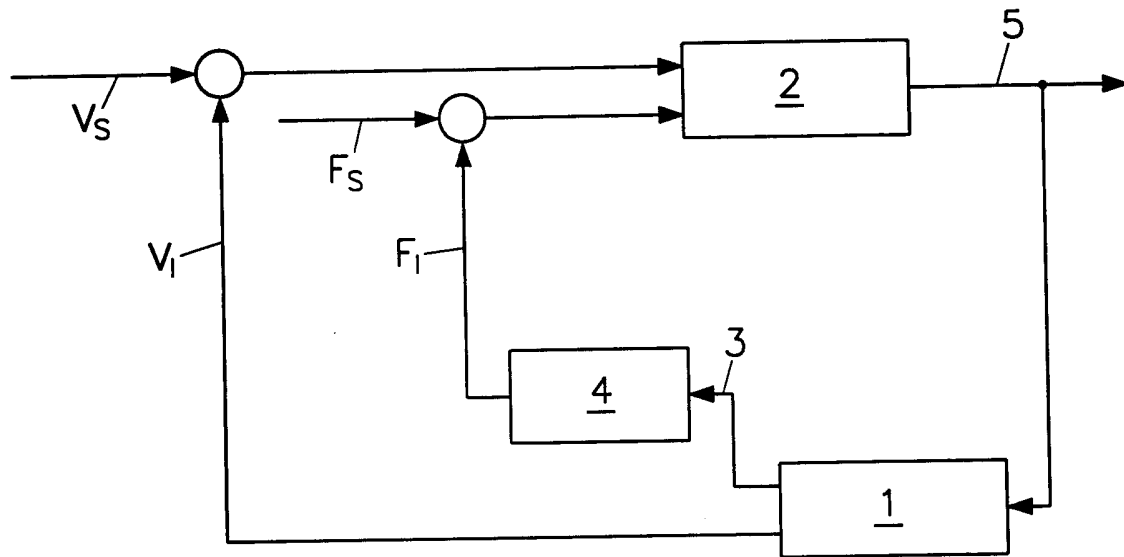


Fig 1