



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 987 406 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.03.2000 Patentblatt 2000/12

(51) Int. Cl.⁷: **F01L 9/04**

(21) Anmeldenummer: **99117396.4**

(22) Anmeldetag: **04.09.1999**

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

(30) Priorität: **19.09.1998 DE 19843073**

(71) Anmelder: **DaimlerChrysler AG
70567 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder: **Kirschbaum, Frank
70327 Stuttgart (DE)**

(74) Vertreter:
**Maute, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing.
DaimlerChrysler AG,
FTP/H,
Postfach 35 35
74025 Heilbronn (DE)**

(54) **Verfahren zum Betreiben eines elektromagnetischen Aktuators zur Betätigung eines Gaswechselventils**

(57) Bei bekannten elektromagnetischen Aktuatoren mit jeweils auf einen Anker wirkenden Elektromagneten können betriebsbedingte Schwankungen von Systemparametern zu einer Fehlfunktion sowie zu einem erhöhten Verschleiß des Aktuators führen. Das neue Verfahren soll einen sicheren Dauerbetrieb ermöglichen.

Erfindungsgemäß wird mittels eines Beschleunigungssensors der Beschleunigungsverlauf des Gaswechselventils erfaßt und die Energiezufuhr zu dem den Anker fangenden Elektromagneten in Abhängigkeit des Beschleunigungsverlaufs des Gaswechselventils gesteuert. Auf diese Weise lassen sich durch Störgrößen bedingte Verluste an kinetischer Energie kompensieren, so daß der Anker auf den ihn fangenden Elektromagneten mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit auftrifft.

Betätigung von Gaswechselventilen in Brennkraftmaschinen.

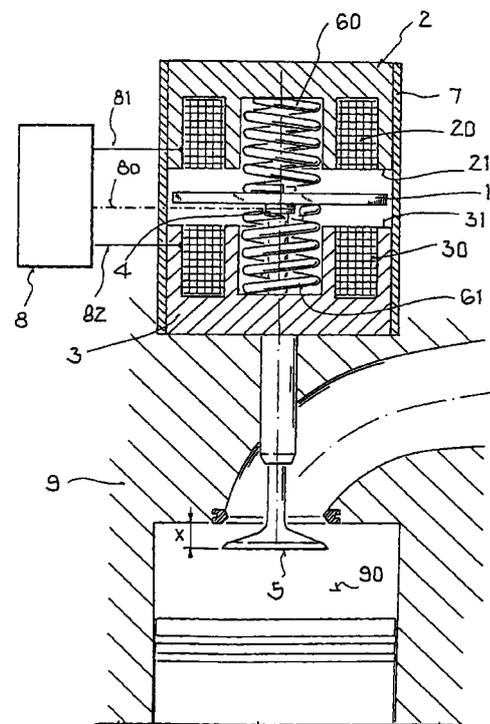


FIG. 1

FIG. 1

EP 0 987 406 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Ein derartiges Verfahren ist beispielsweise aus der EP 0 717 172 A1 bekannt. Bei dem bekannten Verfahren wird ein Gaswechselventil einer Brennkraftmaschine mittels eines elektromagnetischen Aktuators betätigt. Dieser weist zwei einander gegenüberliegende Elektromagnete auf, zwischen denen ein mit dem Gaswechselventil in Wirkverbindung stehender Anker durch wechselweises Bestromen der Elektromagnete hin- und herbewegt wird. Der Aktuator wird dabei nach Maßgabe der mittels eines Wegesensors ermittelten momentanen Position des Gaswechselventils derart angesteuert, daß ein Auftreffen des Gaswechselventils auf einen Kolben der Brennkraftmaschine vermieden wird.

[0003] Als nachteilig erweist sich hierbei, daß Störgrößen, insbesondere Schwankungen betriebsbedingter Systemparameter wie z. B. der Reibung, der Temperatur und des Drucks in den Brennkammern der Brennkraftmaschine aber auch Viskositätsänderungen des Schmiermittels und Verschmutzung des Aktuators oder Gaswechselventils, zu einer Fehlfunktion des Aktuators sowie zu einem erhöhten Verschleiß im Aktuator führen können. Ein sicherer Dauerbetrieb des Aktuators ist damit nicht gewährleistet.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 anzugeben, das eine hohe Lebensdauer des Aktuators und des Gaswechselventils sowie einen sicheren Dauerbetrieb gewährleistet.

[0005] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0006] Erfindungsgemäß wird der Beschleunigungsverlauf des Gaswechselventils mittels eines Beschleunigungssensors - dieser kann am Gaswechselventil oder an einem mit dem Gaswechselventil mitbewegten Teil des Aktuators, beispielsweise am Anker, angebracht sein - erfaßt und die Energiezufuhr zu dem den Anker fangenden Elektromagneten in Abhängigkeit dieses Beschleunigungsverlaufs gesteuert.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren weist folgende Vorteile auf:

- Der Beschleunigungsverlauf des Gaswechselventils ist ein Maß der auf den Anker und das Gaswechselventil wirkenden Kraft und läßt sich daher bestens zur Regelung der Dynamik des Ankers und des Gaswechselventils einsetzen.
- Aus dem Beschleunigungsverlauf des Gaswechselventils läßt sich auf einfache Weise durch einmalige bzw. zweimalige Integration über die Zeit der Verlauf der Geschwindigkeit bzw. der Position des Gaswechselventils ermitteln und zur Regelung der

Auftreffgeschwindigkeit des Ankers auf den ihn fangenden Elektromagneten oder des Gaswechselventils in einen Ventilsitz einsetzen. Aufgrund der durch die Integration erzielten Filterwirkung werden hierbei etwaige den Werten des Beschleunigungsverlaufs überlagerte Rauschbeiträge unterdrückt.

- Durch Integration des Beschleunigungsverlaufs über den Weg, über den das Gaswechselventil bewegt wird, oder über die Zeit erhält man eine von Störgrößen abhängige Regelgröße, aus der sich der Energiebedarf des Aktuators zur Kompensation der Störgrößen ermitteln läßt. Somit wird ein störungsfreier Betrieb auch dann gewährleistet, wenn die Störgrößen, insbesondere Energieverluste durch Reibung oder durch mechanische Arbeit, die gegen einen zum Zeitpunkt des Öffnens des Gaswechselventils in der Brennkammer einer Brennkraftmaschine herrschenden Brennrauminnendruck geleistet werden muß, während des Betriebs schwanken.
- Durch die Regelung der Auftreffgeschwindigkeit des Ankers auf den jeweiligen ihn fangenden Elektromagneten wird der Verschleiß im Aktuator sowie die durch diesen bewirkte Geräuschentwicklung minimiert. Gleichzeitig wird der Energieverbrauch des Aktuators minimiert, da dem jeweiligen Elektromagneten nur das für den sicheren Betrieb erforderliche Maß an Energie zugeführt wird.

[0008] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 ein durch einen elektromagnetischen Aktuator betätigtes Gaswechselventil mit einer Regeleinheit zur Ansteuerung des Aktuators,

Figur 2 ein Diagramm mit dem Verlauf der Beschleunigung (Fig. 2a), der Geschwindigkeit (Fig. 2b) und der Position (Fig. 2c) des Gaswechselventils für den ungestörten Betrieb.

[0009] Gemäß Figur 1 umfaßt der Aktuator einen Anker 1, der in Wirkverbindung mit einem Stößel eines mit dem Anker 1 mitbewegten Gaswechselventils 5 steht, einen als Schließmagnet wirkenden Elektromagneten 2 sowie einen als Öffnungsmagnet wirkenden weiteren Elektromagneten 3, der vom Schließmagnet 2 in Richtung der Stößel-Längsachse beabstandet angeordnet ist. Die Elektromagnete 2, 3 sind mittels eines Gehäuseteils 7 miteinander verbunden und an einem die Brennkammer 90 einer Brennkraftmaschine 9 abdeckenden Zylinderkopfteil angebracht; sie weisen jeweils eine Erregerspule 20 bzw. 30 und einander

gegenüberliegende Polflächen 21 bzw. 31 auf, zwischen denen der Anker 1 durch abwechselnde Bestromung der beiden Elektromagnete 2, 3, d. h. der Erregerspulen 20 bzw. 30, hin- und herbewegt wird. Zwei gegensinnig wirkende Ventildfedern 60, 61 bewirken, daß der Anker 1 im stromlosen Zustand der Erregerspulen 20, 30 in einer Gleichgewichtslage etwa in der Mitte zwischen den Polflächen 21, 31 der Elektromagnete 2, 3 festgehalten wird. Die Elektromagnete 2, 3 werden über Steuerleitungen 81, 82 durch eine Regeleinheit 8 angesteuert, welche ferner über eine als strichpunktierte Linie angedeutete Signalleitung 80 mit einem Beschleunigungssensor 4 verbunden ist, von dem sie Informationen über den Beschleunigungsverlauf des Gaswechselventils 5 als Meßwerte erhält. Die Regeleinheit 8 umfaßt eine Aufbereitungseinheit zur Verarbeitung der erfaßten Meßwerte, eine der Aufbereitungseinheit nachgeschaltete Stelleinrichtung zur Generierung von Stellgrößen und eine Endstufe zur Ansteuerung der Elektromagnete 2, 3 nach Maßgabe der Stellgrößen. Die Regeleinheit 8 und der Beschleunigungssensor 4, der im vorliegenden Ausführungsbeispiel am Gaswechselventil 5 angebracht ist, jedoch auch an jedem anderen mit dem Gaswechselventil 5 mitbewegten Teil des Aktuators, beispielsweise am Anker 1, angebracht sein kann, bilden zusammen einen Regelkreis zur Regelung der Auftreffgeschwindigkeit des Ankers 1 auf den ihn fangenden Elektromagneten 2 bzw. 3.

[0010] Zum Starten des Aktuators wird einer der Elektromagnete 2, 3 durch Anlegen einer Erregerspannung an die entsprechende Erregerspule 20 bzw. 30 bestromt, d. h. eingeschaltet, oder es wird eine Anschwingroutine initiiert, durch die der Anker 1 zunächst durch wechselweises Bestromen der Elektromagnete 2, 3 in Schwingung versetzt wird, um nach einer Einschwingzeit auf die Polfläche 21 des Schließmagneten 2 oder die Polfläche 31 des Öffnungsmagneten 3 aufzutreffen.

[0011] Sei geschlossenem Gaswechselventil 5 liegt der Anker 1 an der Polfläche 21 des Schließmagneten 2 an und er wird solange in dieser Position festgehalten, solange der Schließmagnet 2 bestromt wird. Um das Gaswechselventil 5 zu öffnen, wird der Schließmagnet 2 abgeschaltet und anschließend der Öffnungsmagnet 3 eingeschaltet. Gemäß Figur 2a, die den von der Zeit t abhängigen Beschleunigungsverlauf a des Gaswechselventils 5 und somit den Verlauf der auf den Anker 1 und das Gaswechselventil 5 wirkenden Kräfte zeigt, erfolgt dies zum Zeitpunkt t_0 . Das Gaswechselventil 5 wird daraufhin durch die sich in Öffnungsrichtung entspannende Ventildfeder 60 auf einen maximalen Wert beschleunigt, um anschließend zum Zeitpunkt t_1 auf den Wert 0 abzufallen. Zu diesem Zeitpunkt befindet sich das Gaswechselventil 5 in seiner Gleichgewichtslage, in der die auf den Anker 1 wirkenden Federkräfte der Ventildfedern 60, 61 gleich groß sind und in der die Geschwindigkeit v des Gaswechselventils 5 gemäß

Figur 2b ihren maximalen Wert annimmt. Aufgrund seiner hohen kinetischen Energie wird das Gaswechselventil 5 über die Gleichgewichtslage hinaus beschleunigt, von der in Schließrichtung wirkenden Ventildfeder 61 jedoch abgebremst, so daß der Anker 1 zum Zeitpunkt t_2 mit einer geringen Geschwindigkeit v auf die Polfläche 31 des Öffnungsmagneten 3 auftrifft und dort bis zur Abschaltung des Öffnungsmagneten 3 festgehalten wird. Durch die Bestromung des den Anker 1 fangenden Öffnungsmagneten 3 wird dem Anker 1 während seines Fluges soviel kinetische Energie zugeführt, daß er die Polfläche 31 des Öffnungsmagneten 3 trotz etwaiger Reibungsverluste erreicht.

[0012] Zum erneuten Schließen des Gaswechselventils 5 wird der Öffnungsmagnet 3 ausgeschaltet und der Schließmagnet 2 anschließend wieder eingeschaltet. Hierdurch wird der Anker 1 zur Polfläche 21 des Schließmagneten 2 bewegt und dort festgehalten.

[0013] Um zu verhindern, daß der Anker 1 bei einer Änderung von Betriebsparametern - insbesondere beim Auftreten oder Schwanken von Störgrößen wie z. B. Energieverlusten durch Reibung oder durch mechanische Arbeit, die ggf. gegen einen zum Zeitpunkt t_0 des Öffnens des Gaswechselventils 5 in der Brennkammer 90 herrschenden Brennrauminnendruck geleistet werden muß - mit zu großer Geschwindigkeit v auf die jeweilige Polfläche 21 bzw. 31 auftrifft oder diese gar nicht erreicht, ist es erforderlich, die Energiezufuhr zu dem jeweiligen den Anker 1 fangenden Elektromagneten 2 bzw. 3 zu regeln. Dies wird dadurch erreicht, daß der von der Zeit t abhängige Beschleunigungsverlauf a des Gaswechselventils 5 mit dem Beschleunigungssensor 4 erfaßt wird und daß die Energiezufuhr zu dem den Anker 1 fangenden Elektromagneten 2 bzw. 3 durch die Regeleinheit 8 in Abhängigkeit des Beschleunigungsverlaufs a gesteuert wird.

[0014] Hierzu wird in einer ersten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Regeleinheit 8 aus dem Beschleunigungsverlauf a durch Integration über die Zeit t der in Figur 2b gezeigte zeitabhängige Verlauf der Geschwindigkeit v des Gaswechselventils 5 ermittelt, aus dem Geschwindigkeitsverlauf v durch nochmalige Integration über die Zeit t der in Figur 2c gezeigte zeitabhängige Verlauf der Position x des Gaswechselventils 5 ermittelt und daraus der Beschleunigungsverlauf a als Funktion der Position x bestimmt. Aus diesem von der Position x abhängigen Beschleunigungsverlauf a wird durch Integration über den vom Gaswechselventil 5 zurückgelegten Weg, d. h. über die Position x , eine Regelgröße gebildet, die einen von der Position x abhängigen Verlauf aufweist und die proportional zur kinetischen Energie des Gaswechselventils 5 ist. Diese Regelgröße wird durch Steuerung der Energiezufuhr zu dem den Anker 1 fangenden Elektromagneten 2 bzw. 3 auf einen Sollwert geregelt, der durch eine von der Position x des Gaswechselventils 5 abhängige vordefinierte Sollwertkennlinie vorgegeben ist, d. h. der Verlauf der Regelgröße wird dem Verlauf der Soll-

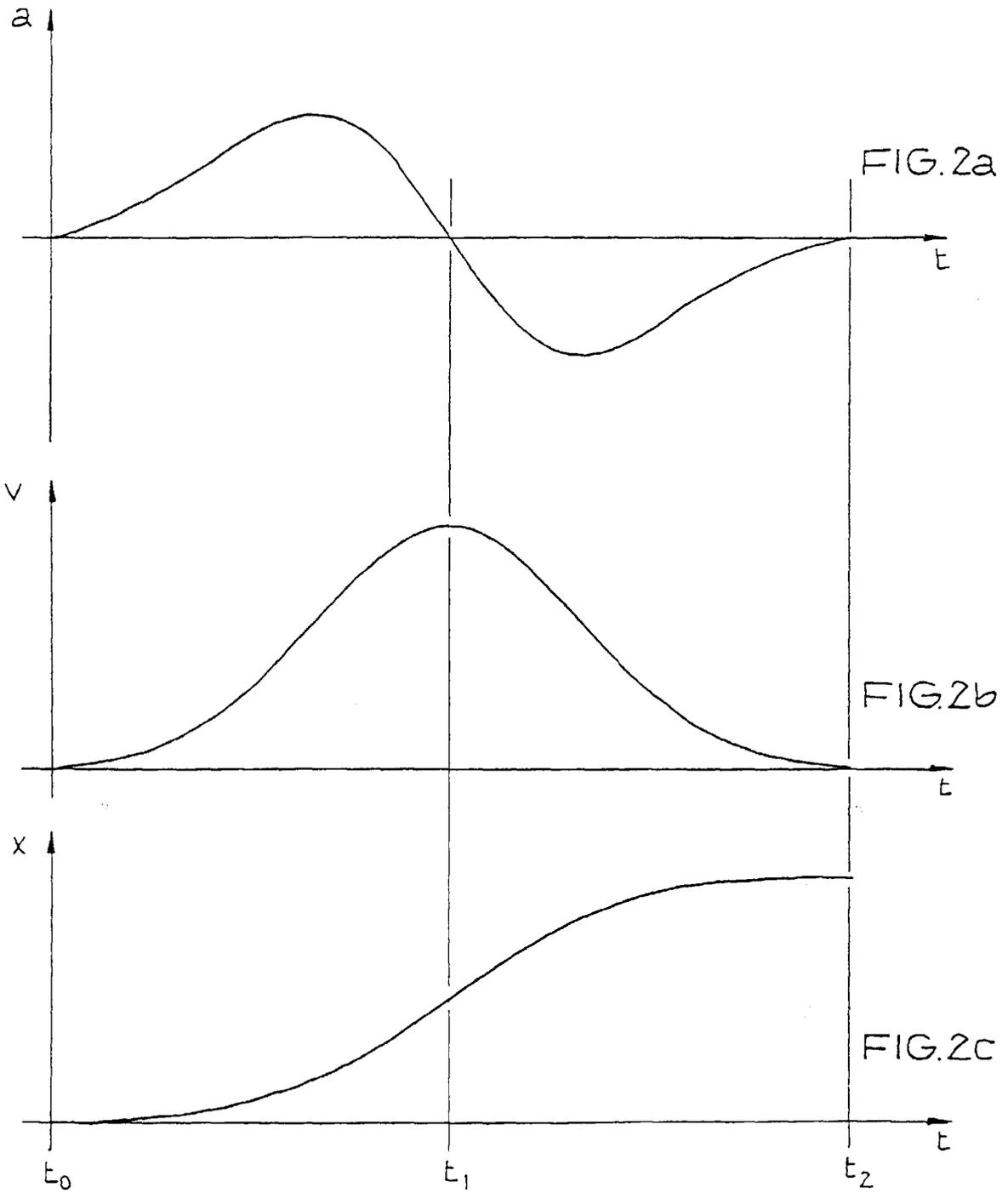
wertkennlinie nachgeregelt. Die Regelgröße wird hierzu mit dem Sollwert verglichen und der jeweilige Elektromagnet 2 bzw. 3 nach Maßgabe der Differenz zwischen der Regelgröße und dem Sollwert angesteuert. Die Sollwertkennlinie stellt dabei diejenige Kennlinie dar, die man für den Verlauf der Regelgröße dann erhält, wenn der Anker 1 mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit v von etwa 0,3 m/s auf den ihn fangenden Elektromagneten 2 bzw. 3 auftrifft und keine Störungen auf den Anker 1 oder das Gaswechselventil 5 wirken. Die Differenz zwischen der Regelgröße und dem Sollwert ist daher ein Maß für den durch Störgrößen bewirkten Verlust an kinetischer Energie, so daß durch die Regelung der Regelgröße dem Anker 1 soviel kinetische Energie zugeführt wird, daß dieser Verlust an kinetischer Energie kompensiert wird, d. h. der Anker 1 erhält vom jeweils bestromten Elektromagneten 2 bzw. 3 soviel kinetische Energie, daß er von diesem sicher gefangen wird, auf dessen Polfläche 21 bzw. 31 jedoch nicht mit einer größeren Geschwindigkeit v als der vorgegebenen Geschwindigkeit auftrifft.

[0015] In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Regelgröße in der Regeleinheit 8 durch Integration des Beschleunigungsverlaufs a des Gaswechselventils 5 über die Zeit t generiert. Der Verlauf der Regelgröße ist daher eine Funktion der Zeit t und wird, wie im Falle der ersten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens, einer vorgegebenen, nunmehr zeitabhängigen, Sollwertkennlinie nachgeregelt, welche wie im o. g. Fall diejenige Kennlinie darstellt, die man für den Verlauf der Regelgröße dann erhält, wenn der Anker 1 mit der vorgegebenen Geschwindigkeit v auf den ihn fangenden Elektromagneten 2 bzw. 3 auftrifft und keine Störungen auf den Anker 1 oder das Gaswechselventil 5 wirken. Auch durch diese Art der Regelung der Regelgröße wird gewährleistet, daß dem den Anker 1 fangenden Elektromagneten 2 bzw. 3 soviel Energie zugeführt wird, daß der Anker 1 vom jeweiligen Elektromagneten 2 bzw. 3 sicher gefangen wird und auf diesen nicht mit einer zu hohen Geschwindigkeit v auftrifft.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines elektromagnetischen Aktuators zur Betätigung eines Gaswechselventils (5), bei dem der Aktuator mit zwei einander gegenüberliegenden Elektromagneten (2, 3) über einen Anker (1) gegen die Kraft mindestens einer Ventiltfeder (60, 61) auf das Gaswechselventil (5) wirkt, dadurch gekennzeichnet, daß der Beschleunigungsverlauf (a) des Gaswechselventils (5) mittels eines Beschleunigungssensors (4) erfaßt wird und daß die Energiezufuhr zu dem den Anker fangenden Elektromagneten (2, 3) in Abhängigkeit des Beschleunigungsverlaufs (a) des Gaswechselventils (5) gesteuert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Position (x) des Gaswechselventils (5) aus dem Beschleunigungsverlauf (a) des Gaswechselventils (5) ermittelt wird, daß durch Integration des Beschleunigungsverlaufs (a) des Gaswechselventils (5) über den vom Gaswechselventil (5) zurückgelegten Weg eine Regelgröße gebildet wird und daß der Verlauf der Regelgröße durch Steuerung der Energiezufuhr zu dem den Anker (1) fangenden Elektromagneten (2, 3) einer vordefinierten Sollwertkennlinie nachgeregelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch Integration des Beschleunigungsverlaufs (a) des Gaswechselventils (5) über die Zeit eine zeitabhängige Regelgröße gebildet wird und daß der Verlauf der Regelgröße durch Steuerung der Energiezufuhr zu dem den Anker (1) fangenden Elektromagneten (2, 3) einer vordefinierten Sollwertkennlinie nachgeregelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollwertkennlinie derart vordefiniert wird, daß der Anker (1) bei einem der Sollwertkennlinie folgenden Verlauf der Regelgröße mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit auf den ihn fangenden Elektromagneten (2, 3) auftrifft.
5. Verwendung des Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche zur Betätigung von Gaswechselventilen (5) in Brennkraftmaschinen.





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 99 11 7396

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	DE 197 35 375 C (SIEMENS AG) 2. Juli 1998 (1998-07-02) * das ganze Dokument *	1	F01L9/04
A,P	EP 0 916 815 A (FUJI JUKOGYO KK) 19. Mai 1999 (1999-05-19) * Absätze '0022!-'0030!; Abbildung 2 *	1	
A	"ELECTROMAGNETIC EUGINE VALVE ACTUATOR WITH LOW SEATING VELOCITY" RESEARCH DISCLOSURE, GB, INDUSTRIAL OPPORTUNITIES LTD. HAVANT, Nr. 352, Seite 518 XP000395246 ISSN: 0374-4353	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F01L F02D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	28. Dezember 1999	Klinger, T	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P4/C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 99 11 7396

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28-12-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19735375 C	02-07-1998	FR 2767375 A	19-02-1999
EP 916815 A	19-05-1999	JP 11148328 A	02-06-1999

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82