(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 812 693 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.10.2009 Patentblatt 2009/41

(21) Anmeldenummer: **05803031.3**

(22) Anmeldetag: **19.10.2005**

(51) Int Cl.:
F01L 9/04 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2005/011246

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2006/050795 (18.05.2006 Gazette 2006/20)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR REGELUNG DES HUBVERLAUFES EINES AUSLASSGASWECHSELVENTILS EINER BRENNKRAFTMASCHINE**

DEVICE AND METHOD FOR CONTROLLING THE LIFT OF AN OUTLET GAS EXCHANGE VALVE OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

DISPOSITIF ET PROCEDE POUR REGULER LA LEVEE D'UNE SOUPAPE D'ECHANGE GAZEUX D'ECHAPPEMENT D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

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

(30) Priorität: **12.11.2004 DE 102004054775**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.08.2007 Patentblatt 2007/31

(73) Patentinhaber: **Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft**
80809 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Dr. SEETHALER, Rudolf**
  V1V 1P1 Kelowna, B.C. (CA)
- **LAMPRECHT, Martin**
  84453 Mühldorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 10 252 991
US-A- 5 598 814
US-A- 5 873 335

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 812 693 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Regelung des Hubverlaufes eines Auslass-Gaswechselventils einer Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche.

[0002] Bei herkömmlichen Verbrennungsmotoren wird die Nockenwelle mechanisch über eine Steuerkette oder einen Steuerriemen von der Kurbelwelle angetrieben. Zur Steigerung der Motorleistung und zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs bringt es erhebliche Vorteile, die Ventile der einzelnen Zylinder individuell anzusteuern. Dies ist durch einen sogenannten vollvariablen (veränderbare Steuerzeiten und veränderbarer Ventilhub), beispieisweise einen sogenannten elektromagnetischen Ventiltrieb möglich. Bei einem vollvariablen Ventiltrieb ist jedem Ventil bzw. jeder "Ventilgruppe" eines Zylinders eine "Aktuatoreinheit" zugeordnet. Derzeit werden unterschiedliche Grundtypen von Aktuatoreinheiten erforscht. Bei einem Grundtyp (sogenannte Hubaktuatoren) sind einem Ventil oder einer Ventilgruppe ein Öffnungs- und ein Schließmagnet zugeordnet. Durch Bestromen der Magneten können die Ventile axial verschoben, d.h. geöffnet bzw. geschlossen werden.
Bei dem anderen Grundtyp (sogenannter Drehaktuator) ist eine Steuerwelle mit einem Nocken vorgesehen, wobei die Steuerwelle durch einen Elektromotor hin und her schwenkbar ist.

[0003] Ferner ist aus der DE 101 40 461 A1 eine Drehaktuatorvorrichtung zur Hubsteuerung eines Gaswechselventils beschrieben. Die Hubsteuerung erfolgt hier über einen kennfeldgesteuerten Elektromotor, an dessen Rotor eine Welle mit einem drehfest verbundenen Steuernocken angeordnet ist. Beim Betrieb der Brennkraftmaschine schwenkt, bzw. pendelt der Motor hin und her und der Steuernocken drückt über einen Schwenkhebel periodisch das Gaswechselventil in seine Öffnungsstellung. Geschlossen wird das Gaswechselventil durch die Federkraft einer Ventilfeder. Damit der Elektromotor nicht die gesamte Federkraft der Ventilfeder beim Öffnen des Gaswechselventils überwinden muss, ist an die Welle eine zusätzliche Feder angebracht. Die Kräfte von Ventilfeder und zusätzlicher Feder sind dergestalt, dass beim periodischen Betrieb der Drehaktuatorvorrichtung entsprechend der Stellung des Gaswechselventils die kinetische Energie entweder in der Ventilfeder oder in der zusätzlichen Feder gespeichert ist. Durch diese Maßnahme wird der Strombedarf beim Betrieb der Drehaktuatorvorrichtung reduziert. Nachteilig bei der beschriebenen Drehaktuatorvorrichtung ist der hohe Strombedarf bei niedrigen Drehzahlen.

[0004] Eine ähnliche Vorrichtung ist in der US-A-5,873,335 beschrieben. Hierbei wirkt ein von einem Elektromotor angetriebener Steuernocken üblicher Bauart einerseits mit dem von einer Schließfeder belasteten Tellerventil zusammen und steht andererseits mit einem orthogonal zum Tellerventil angeordneten, über eine Öffnungsfeder federbelasteten Stößel in Verbindung.

[0005] Eine Weiterbildung einer Drehaktuatorvorrichtung gemäß der DE 101 40 461 A1 ist in der DE 102 52 991 A1 beschrieben. Die bestehende Drehaktuatorvorrichtung wird hier durch ein zweites Betätigungselement (zweiter Steuernocken) in gegenläufiger Drehrichtung mit einem geringeren Hub gegenüber dem Hauptnocken erweitert. Dieses zweite Betätigungselement öffnet das Ventil nicht komplett und wird nur für kleine Hübe im Bereich niedriger Motordrehzahlen verwendet. Bei niedrigen Drehzahlen der Brennkraftmaschine wird die Drehaktuatorvorrichtung derart bestromt, dass die Welle nur in Richtung des zweiten Betätigungselementes schwenkt, während bei hohen Drehzahlen ausschließlich in Richtung des ersten Betätigungselementes geschwenkt wird. Durch den geringen Hub verbraucht die Drehaktuatorvorrichtung bei niedrigen Drehzahlen in vorteilhafter Weise weniger Strom.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Regelung des Hubverlaufes eines Auslass-Gaswechselventils zu schaffen, die eine Verbesserung hinsichtlich des elektrischen Energieverbrauchs einer Aktuatorvorrichtung gewährleistet. Insbesondere soll durch den Gegenstand der Erfindung auch sichergestellt werden, dass in jedem Betriebszustand der Öffnungsvorgang des Auslassventils in dem gewünschten Ausmaß erfolgt. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Gemäß der Erfindung sind mindestens zwei Sollbahnen zur Regelung der Geschwindigkeit des Rotors eines ein Auslass-Gaswechselventil antreibenden Elektromotors vorgesehen. Dabei unterscheiden sich die Sollbahnen dadurch, dass sie aufgrund ihrer Ausgestaltung und der damit verbundenen Beschleunigung des Rotors während des Ventil-Öffnungsvorgangs unterschiedlich hohe kinetische Energien erzeugen und über das mit dem Rotor verbundene Betätigungselement auf das Auslass-Gaswechselventil übertragen.

[0007] So ist mindestens eine erste Sollbahn zur Erzeugung und Übertragung einer geringeren kinetischen Energie vorgesehen, wobei die Sollbahn dann Anwendung findet, wenn beispielsweise aufgrund einer kleineren aktuellen Last bzw. Lastanforderung (Last innerhalb eines vorbestimmten Lastbereiches geringerer Last) ein kleinerer Gasgegendruck in der Brennkammer vorherrscht. Ferner ist mindestens eine zweite Sollbahn vorgesehen, die die Erzeugung und Übertragung einer im Vergleich zur kinetischen Energie der ersten Sollbahn vergrößerte kinetische Energie erzeugt und überträgt. Diese findet dann Anwendung, wenn bei einer größeren aktuellen Last oder Lastanforderung (für eine vorliegende Last innerhalb eines vorbestimmten Lastbereiches höherer Last), die Öffnung des Auslass-Gaswechselventils aufgrund des größeren Gasgegendruckes in der Brennkammer bei Steuerung des Rotors anhand der ersten Sollbahn nicht mehr mit Sicherheit gewährleistet werden kann, weil der Elektromotor nicht ausreichend Energie zur Verfügung stellen kann. In diesem Fall wird

der dem Elektromotor fehlende Energieanteil durch Erzeugung eines zusätzlichen kinetischen Energieanteils ausgeglichen. Der kinetische Energieanteil wird erzeugt, indem anhand einer zweiten Sollbahn die Rotorwinkelgeschwindigkeit - zumindest in der Wegphase bis zum Scheitelpunkt des Hubverlaufes des Auslass-Gaswechselventils (insbesondere einen vorbestimmten Zeitraum vor dem Beginn der Ventilbewegung, also während der sogenannten Freilaufphase des Betätigungselements) - während des Öffnungsvorgangs im Vergleich zur Rotorwinkelgeschwindigkeit (in der gleichen Wegphase bzw. in dem gleichen Zeitraum) bei Regelung gemäß der ersten Sollbahn erhöht wird. Hierfür ist bei der zweiten Sollbahn entweder von Beginn des Wegverlaufes (des Rotors) an (und damit eine definierte Zeit vor Beginn der eigentlichen Ventilbewegung) oder von einem vorbestimmten Zeitpunkt oder einer bestimmten Wegstrecke (des Rotors) an (ebenfalls eine definierte Zeit vor Beginn der eigentlichen Ventilbewegung) die Geschwindigkeitsvorgabe für den Rotor im Vergleich zur Geschwindigkeitsvorgabe gemäß der ersten Sollbahn derart erhöht, dass in der Freilaufphase des Rotors eine im Vergleich zur ersten Sollbahn vergrößerte kinetische Energie erzeugt wird.

[0008] Herkömmliche Drehaktuatorvorrichtungen mit einem Elektromotor als Antriebseinheit für Gaswechselventile kompensieren auftretende Störkräfte generell zu dem Zeitpunkt, zu dem sie auftreten. Sollten Störkräfte in Form von Gasgegendrücken ausgeglichen werden, sind hierfür in der Regel Elektromotoren höherer Leistung erforderlich. Durch den Gegenstand der Erfindung können im Vergleich zum Stand der Technik in Leistung (und somit im Energieverbrauch) und Baugröße verkleinerte Elektromotoren verwendet werden.

[0009] Bevorzugt findet die Erfindung ihre Anwendung bei Drehaktuatorsystemen mit einem elektrischen Nokkenantrieb, bei denen der das Auslass-Gaswechselventil antreibende und über den Rotor des Elektromotors angetriebene Nockenantrieb einen Freilaufabschnitt aufweist. Der Freilaufabschnitt gewährleistet, dass der Rotor ausgehend von der Schließposition des Auslass-Gaswechselventils, in der der Rotor mit dem kleinsten Hub - insbesondere dem durch den Nockengrundkreis vorgegebenen Nullhub - auf das Auslass-Gaswechselventil wirkt, sich für einen definierten Anlaufwegabschnitt bzw. Freilaufabschnitt auf dem Nockengrundkreis bewegt. Über den gesamten Weg des Anlaufwegabschnittes kann das Nockenbetätigungselement mit geringstem Energieeinsatz durch den Elektromotor beschleunigt und so kinetische Energie für die Übertragung auf das Auslass-Gaswechselventil erzeugt werden.

[0010] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1: die schematische Darstellung einer Drehaktuatorvorrichtung für den Antrieb eines Gaswechselventils einer nicht dargestellten Brennkraftmaschine, und

Figur 2a, 2b: die Sollvorgabe eines Geschwindigkeitsverlaufes für den Rotor eines Elektromotors zur Betätigung eines Auslass-Gaswechselventils sowie den hierzu korrespondierenden sich einstellenden Rotorwinkel.

[0011] Figur 1 zeigt die schematische Darstellung einer Drehaktuatorvorrichtung für den Antrieb eines Auslass-Gaswechselventils 2 (im Folgenden Gaswechselventil genannt) einer nicht dargestellten Brennkraftmaschine. Die wesentlichen Bestandteile dieser Vorrichtung sind ein, insbesondere als Servomotor ausgebildeter Elektromotor 4 (Antriebseinrichtung), eine von diesem angetriebene, vorzugsweise zwei Nocken 6a, 6b unterschiedlichen Hubs aufweisende Nockenwelle 6 (Betätigungselement), ein mit der Nockenwelle 6 einerseits und mit dem Gaswechselventil 2 andererseits in Wirkverbindung stehender Schlepphebel 8 (Übertragungselement) zur Bewegungsübertragung der durch die Nocken 6a, 6b vorgegebenen Hubhöhe auf das Gaswechselventil 2 sowie ein, das Gaswechselventil 2 in Schließrichtung mit einer Federkraft beaufschlagendes und als Schließfeder ausgebildetes erstes Energiespeichermittel 10 und ein, über die Nockenwelle 6 und den Schlepphebel 8 das Gaswechselventil 2 mit einer Öffnungskraft beaufschlagendes und als Öffnungsfeder ausgebildetes zweites Energiespeichermittel 12. Für die genaue Wirkungsweise und mechanische Ausgestaltung der Drehaktuatorvorrichtung wird auf die DE 102 52 991 A1 verwiesen.

[0012] Um einen energiearmen Betrieb des Elektromotors 4, der über die Nockenwelle 6 das vorhandene Gaswechselventil 2 antreibt, zu gewährleisten, wird neben der optimalen Auslegung der einander entgegenwirkenden Federn (Schließfeder 10, Öffnungsfeder 12) und der idealen Positionierung von Dreh- und Anlenkpunkten in der Geometrie der Vorrichtung selbst, der Elektromotor 4 über eine Regeleinrichtung 20 gemäß einer Sollbahn, die das ideale Ausschwingverhalten des Feder-Masse-FederSystems abbildet geregelt. Insbesondere erfolgt diese Regelung durch Regelung des Rotorverlaufes des, das mindestens eine Betätigungselement 6, 6a, 6b antreibenden Elektromotors 4. Der ideale Wegverlauf des Rotors, der als Teil des Schwingungssystems mitschwingt, wird analog zum idealen Schwingungsverlauf des Gesamtsystems rechnerisch ermittelt und bildet die Sollbahn zur Regelung des Elektromotors 4. Zur Überwachung der Istposition des Rotors ist ein nicht dargestellter Wegsensor vorhanden, der ein Sensorsignal S an die Regeleinrichtung 20 oder eine andere Steuereinrichtung übermittelt. Der Elektromotor 4 wird derart durch die Regeleinrichtung 20 angesteuert, dass das zumindest eine Gaswechselventil 2 von einer ersten Ventilendlage E1, die beispielsweise der geschlossenen Ventilposition entspricht, in eine zweite Ventilendlage E2, E2', die beispielsweise einer teilweise (E2': Teilhub) oder maximal geöffneten (E2: Vollhub) Ventilposition entspricht,

überführt wird und umgekehrt. Bei der Regelung des Elektromotors 4 wird der Rotor und damit das mit dem Rotor wirkverbundene Betätigungselement 6, 6a, 6b in seiner Position entsprechend gesteuert, so dass der Rotor bzw. das Betätigungselement 6, 6a, 6b analog zur Schließposition E1 des Gaswechselventils 2 eine Position im Wegebereich des Nockengrundkreises, z.B. im Wegebereich zwischen R1 und R1' einnehmen wird und analog zur zweiten Endlage E2, E2' eine Position im Wegebereich des Nockens 6a, 6b, z.B. im Wegebereich zwischen R2 und R2' einnehmen wird. Das System ist idealerweise so ausgelegt, dass das Betätigungselement 6, 6a, 6b bei Ausschluss (gezielter Nichtberücksichtigung) der Umgebungseinflüsse (insbesondere Reibung und Gasgegendruck) den Weg zwischen zwei Endpositionen R1 - R2 (Vollhub) oder R1' - R2' (Teilhub) ohne Einspeisung zusätzlicher Energie, also ohne aktiven Antrieb durch die Antriebseinrichtung 4, zurücklegt und somit nur bei den in der Praxis auftretenden Umgebungseinflüssen unterstützend eingreift. Das System ist vorzugsweise derart ausgebildet, dass es in den Maximalendlagen R1, R2 des Rotors (Schwingungsendlagen bei maximalem Schwingungshub) sich jeweils in einer momentenneutralen Position befindet, in der sich die auftretenden Kräfte in einem Kräftegleichgewicht befinden und in der der Rotor ohne Aufbringung einer zusätzlichen Haltekraft gehalten ist.

[0013] Im Besonderen ist in der ersten momentenneutralen Position R1 (in Figur 1 dargestellt) das Gaswechselventil 2 geschlossen und somit die Schließfeder 10 unter Beibehaltung einer Rest-Vorspannung maximal entspannt, während die Öffnungsfeder 12 maximal vorgespannt ist. Die Kraft der vorgespannten Öffnungsfeder 12 wird über ein ortsfestes Abstützelement 6c der Nokkenwelle 6 auf diese übertragen und ist in der Position R1 genau durch den Mittelpunkt der Nockenwelle 6 gerichtet und somit quasi neutralisiert. Auch die aufgrund der Rest-Vorspannung vorhandene Kraft der Schließfeder 10 wird in der beschriebenen Position neutralisiert, da diese über den Schlepphebel 8 ebenfalls in den Mittelpunkt der Nockenwelle 6 gerichtet ist.

[0014] In der nicht dargestellten zweiten momentenneutralen Position R2 wäre das Gaswechselventil 2 mit seinem Maximalhub gemäß dem Hauptnocken 6b geöffnet und die um das Gaswechselventil 2 herum angeordnete Schließfeder 10 maximal vorgespannt, während die Öffnungsfeder 12 unter Beibehaltung einer Rest-Vorspannung maximal entspannt wäre. Die Anordnung der einzelnen Komponenten ist derart gewählt, dass wiederum die Kraft des maximal vorgespannten Federmittels (jetzt: Schließfeder 10) und des maximal entspannten Federmittels (jetzt: Öffnungsfeder 12) jeweils genau durch dem Mittelpunkt der Nockenwelle 6 gerichtet und somit in dieser Position quasi neutralisiert sind.

[0015] Eine dritte, ebenfalls nicht dargestellte, momentenneutrale Position R0 ist dann vorhanden, wenn das System einen sogenannten abgefallen Zustand einnimmt, in dem die Nockenwelle 6 eine Position zwischen den beiden ersten momentenneutralen Positionen R1, R2 einnimmt. Aus der abgefallenen Position kann das System lediglich mittels hohem Energieaufwand wieder herausgebracht werden, in dem beispielsweise durch ein Anschwingen oder Hochschwingen der Rotors die Nokkenwelle 6 wieder in eine der beiden ersten momentenneutralen Positionen R1, R2 überführt wird oder die Nokkenwelle 6 zumindest bis zu einem Teilhub angeschwungen wird, bei dem ein regulärer Betrieb der Drehaktuatorvorrichtung wieder möglich ist.

[0016] Analog zu den beschriebenen drei momentenneutralen Positionen R0, R1, R2 für den Betrieb der Vorrichtung mittels dem Hauptnocken 6b können weitere Positionen (nicht dargestellt) für den Minimalhubbetrieb bei Betätigung des zweiten Nocken 6a vorhanden sein. Für diese weiteren momentenneutralen Positionen gilt das gleiche, wie für die zuvor beschrieben momentenneutralen Positionen R0, R1, R2.

[0017] Bei dem berechneten idealen Ausschwingverhalten schwingt der Rotor also von einer Endposition E1, E1' in die andere Endposition E2, E2' allein aufgrund der in den Energiespeichermitteln 10, 12 gespeicherten Kräfte ohne Einspeisung einer zusätzlichen Energie, etwa durch den Elektromotor 4.

[0018] In dem Fall, dass der Rotor im Teilhubbereich von einer ersten Endlage R1' zu einer korrespondierenden zweiten Endlage R2' schwingt (insbesondere bei hohen Drehzahlen der Brennkraftmaschine), wäre das ideale Ausschwingverhalten somit das eines Perpetuum mobile (unendliche gleichbleibende Schwingung).

[0019] Für den Fall, dass der Rotor im Vollhubbereich von einer ersten Endlage R1 zu einer korrespondierenden zweiten Endlage R2 schwingt (insbesondere bei niedrigen Drehzahlen der Brennkraftmaschine), wäre er jeweils in den Endlagen R1, R2 in einer momentenneutralen Position gehalten und müsste aus dieser Position jeweils durch Einbringung einer Anstoßenergie (Motorimpuls) wieder veranlasst werden die nächste Schwingung in die andere Endlage vorzunehmen.

[0020] Dadurch, dass die Sollbahnen für Vollhub und für Teilhub dem Ausschwingverhalten der Drehaktuatorvorrichtung ohne Reibungsverluste und ohne Gasgegendrücke entsprechen wird gewährleistet, dass die Regeleinrichtung 20 den Elektromotor 4 ausschließlich zum Ausgleich der in der Praxis stets vorhandenen Reibungsverluste und der auftretenden Gasgegendrücke ansteuert. Da Reibungsverluste hauptsächlich bei hohen Rotordrehzahlen auftreten, muss der Elektromotor 4 bei hohen Drehzahlen die größte Leistung abgeben. Da dies mit dem energieoptimalen Betriebspunkt des Elektromotors 4 zusammenfällt, kann durch die Regelung anhand idealisierter Sollbahnen des zu betreibenden Aktuatorsystems ein energiesparsamer Betrieb des selben gewährleistet werden.

[0021] In Figur 2a ist die Sollvorgabe eines Geschwindigkeitsverlaufes für den Rotor eines Elektromotors 4 zur Betätigung eines Auslass-Gaswechselventils 2 schematisch dargestellt. Die fett

dargestellte Sollbahn SB1 ist eine Sollbahn zur Regelung der Rotorgeschwindigkeit anhand der geregelt werden soll, wenn lediglich niedrigere Gasgegendrücke innerhalb der Brennkammer während des Öffnungsvorgangs des Auslass-Gaswechselventils 2 vorhanden oder zu erwarten sind. Die zweite, nicht fett dargestellte Sollbahn SB2 ist eine Sollbahn für den Fall, dass erhöhte Gasgegendrücke in der Brennkammer vorhanden oder zu erwarten sind, so dass diese Sollbahn eine erhöhte Geschwindigkeitsvorgabe für den Rotor, insbesondere im Wegbereich kurz vor Beginn der tatsächlichen Ventilöffnungsbewegung des Auslass-Gaswechselventils 2, vorgibt. Die Rotorgeschwindigkeit wird dabei derart erhöht, dass mittels der zweiten Sollbahn SB2 eine im Vergleich erhöhte kinetische Energie $E_{kin_beschleunigt}$ erzeugt und auf das Auslass-Gaswechselventil 2 übertragen werden kann. Hierfür kann die Geschwindigkeitsvorgabe anhand der zweiten Sollbahn SB2 entweder über den gesamten Wegbereich des Rotors und zu jedem Zeitpunkt - im Vergleich zur ersten Sollbahn - erhöht sein, oder nur über einzelne Teile des Wegbereiches erhöht werden. Insbesondere in einem definierten Zeitraum $\Delta t_{beschleunigt}$ vor dem Beginn der Ventil-Öffnungsbewegung (im Punkt VÖ) wird die Rotorgeschwindigkeit gezielt erhöht. Sowohl der Zeitraum $\Delta t_{beschleunigt}$ als auch die Höhe der Beschleunigung werden vorzugsweise in Abhängigkeit von der jeweils vorliegenden Lastanforderung vorgegeben. Um vorgegebene Steuerzeiten einzuhalten ist dann die Geschwindigkeit des Rotors in der Startphase des Rotors dementsprechend geringer als bei der Sollbahn für eine geringere oder eine mittlere Lastanforderung. Erfindungswesentlich ist lediglich, dass die Geschwindigkeitserhöhung eine Erhöhung der kinetischen Energie zur Folge hat, die gewährleistet, dass zu jedem Betriebszeitpunkt auftretende Gasgegendrücke beim Öffnungsvorgang des Auslass-Gaswechselventils 2 überwunden werden können.
Bevorzugt sind eine Vielzahl von Sollbahnen zur Regelung der Rotorgeschwindigkeit vorhanden, wobei jeder Sollbahn ein vorbestimmter Lastbereich bzw. ein vorbestimmter Gasgegendruckbereich zugeordnet ist. Ferner können zusätzliche Sollbahnen durch Interpolation in einem Bereich zwischen zwei benachbarten hinterlegten Sollbahnen erzeugt werden.

[0022] Figur 2b zeigt jeweils den sich aufgrund der Regelung der Rotorwinkelgeschwindigkeit einstellenden Rotorwinkel des Elektromotors 4. Dabei ist der gestrichelt dargestellte Kurvenabschnitt der Rotorwinkelverlauf aufgrund der erhöhten Rotorwinkelgeschwindigkeit. Demnach führt die erhöhte Rotorwinkelgeschwindigkeit analog unmittelbar zu einem erhöhten Rotorwinkel. Der frühzeitig erhöhte Rotorwinkel führt aufgrund des vorstehend beschriebenen Freilaufabschnittes nicht zu einem unmittelbaren Abtrieb des Gaswechselventils 2, sondern ermöglicht auf erfindungsgemäße Weise den Aufbau einer zusätzlichen kinetischen Energie $E_{kin_beschleunigt}$ (durch Beschleunigung der während des Freilaufs bewegten Massen, wie Rotormasse und Masse des Betätigungselements) zur Unterstützung des Elektromotors 4 während des Öffnungsvorgangs des Auslass-Gaswechselventils 2.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Regelung des Hubverlaufes eines Auslass-Gaswechselventils (2) einer Brennkraftmaschine, umfassend

   - einen steuerbaren Elektromotor (4) mit einem Betätigungselement (6, 6a, 6b) zur Betätigung des Auslass-Gaswechselventils (2),
   - eine Regeleinrichtung (20) zur Ansteuerung des Elektromotors (4),
   - und zwei in entgegengesetzte Antriebsrichtungen auf das Auslass-Gaswechselventil (2) wirkende Energiespeichermittel (10, 12),

   wobei die Regeleinrichtung (20) den Elektromotor (4) gemäß einer hinterlegten Sollbahn (SB1; SB2) ansteuert, anhand der das Auslass-Gaswechselventil (2) durch Hin- und Herschwenken des Rotors des Elektromotors (4) von einer ersten Endlage (E1) in eine zweite Endlage (E2; E2') überführt wird und umgekehrt,
   dadurch gekennzeichnet, dass

   - für die Ansteuerung des Elektromotors (4) mindestens zwei unterschiedliche Sollbahnen (SB1, SB2) zur Regelung der Geschwindigkeit des Rotors des Elektromotors (4) vorhanden sind,

   wobei bei Regelung anhand der einen Sollbahn (SB1; SB2) während des Ventil-Öffnungsvorgangs eine niedrigere kinetische Energie auf das Auslass-Gaswechselventil (2) übertragen wird als bei Regelung anhand der anderen Sollbahn (SB2; SB1).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Sollbahnen (SB1, SB2) vorhanden sind, die der gleichen Anzahl unterschiedlicher Lastanforderungsbereiche zugeordnet sind.

3. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinheit (20) oder eine andere Steuereinheit derart ausgebildet ist, dass mindestens eine weitere, vorzugsweise eine Mehrzahl von weiteren Sollbahn(en) (SBn) im Regelbereich zwischen zwei benachbarten hinterlegten Sollbahnen (SB1, SB2) durch Interpolation erzeugbar ist.

4. Verfahren zur Regelung des Hubverlaufes eines Auslass-Gaswechselventils (2) einer Brennkraftmaschine,

- wobei der Rotor eines für den Antrieb eines Auslass-Gaswechselventils (2) bestimmten Elektromotors (4) gemäß einer hinterlegten Sollbahn (SB1; SB2) als Sollvorgabe für die Rotorgeschwindigkeit ansteuert wird
- und wobei für die Ansteuerung des Elektromotors (4) mindestens zwei Sollbahnen (SB1, SB2) zur Regelung der Geschwindigkeit des Elektromotorrotors (4) vorhanden sind, wobei bei Regelung anhand der einen Sollbahn (SB1) sich eine niedrigere Rotormaximalgeschwindigkeit (vmax_SB1) einstellt als bei Regelung anhand der anderen Sollbahn (SB2).

Claims

1. A device for controlling the lift course of an outlet gas exchange valve (2) of an internal combustion engine, comprising

- a controllable electric motor (4) with an actuating element (6, 6a, 6b) to actuate the outlet gas exchange valve (2),
- a control mechanism (20) for activating the electric motor (4),
- and two energy storage means (10, 12) acting in opposed drive directions on the outlet gas exchange valve (2), wherein the control mechanism (20) activates the electric motor (4) according to a stored desired operation as a function of time (SB1; SB2), with the aid of which the outlet gas exchange valve (2) is transferred from a first end position (E1) to a second end position (E2; E2') and vice versa by pivoting the rotor of the electric motor (4) back and forth,

characterised in that

- at least two different desired operations as a function of time (SB1, SB2) to control the speed of the rotor of the electric motor (4) are present for the activation of the electric motor (4), a lower kinetic energy being transferred to the outlet gas exchange valve (2) during control with the aid of one desired operation as a function of time (SB1; SB2) during the valve opening process than during control with the aid of the other desired operation as a function of time (SB2; SB1).

2. A device according to claim 1, **characterised in that** the at least two desired operations as a function of time (SB1, SB2) are present, which are allocated to the same number of different load requirement areas.

3. A device according to any one or more of the preceding claims, **characterised in that** the control unit (20) or another control unit is configured in such a way that at least one further operation as a function of time, preferably a plurality of further desired operations as a function of time (SBn), can be generated in the control region between two adjacent stored desired operations as a function of time (SB1, SB2) by interpolation.

4. A method for controlling the lift course of an outlet gas exchange valve (2) of an internal combustion engine,

- wherein the rotor of an electric motor (4) intended to drive an outlet gas exchange valve (2) is activated according to a stored desired operation as a function of time (SB1; SB2) as the desired input for the rotor speed
- and wherein at least two desired operations as a function of time (SB1, SB2) to control the speed of the electric motor (4) are present for the activation of the electric motor (4), a lower maximum rotor speed (vmax_SB1) being adjusted during control with the aid of one desired operation as a function of time (SB1) than during control with the aid of the other desired operation as a function of time (SB2).

Revendications

1. Dispositif pour réguler la levée d'une soupape d'échange de gaz d'échappement (2) d'un moteur à combustion interne comprenant :

- un moteur électrique commandé (4) muni d'un élément d'actionnement (6, 6a, 6b) pour actionner la soupape d'échange de gaz d'échappement (2),
- une installation de régulation (20) pour commander le moteur électrique (4), et
- deux moyens d'accumulation d'énergie (10, 12) agissant dans des directions opposées sur la soupape d'échange de gaz d'échappement (2),

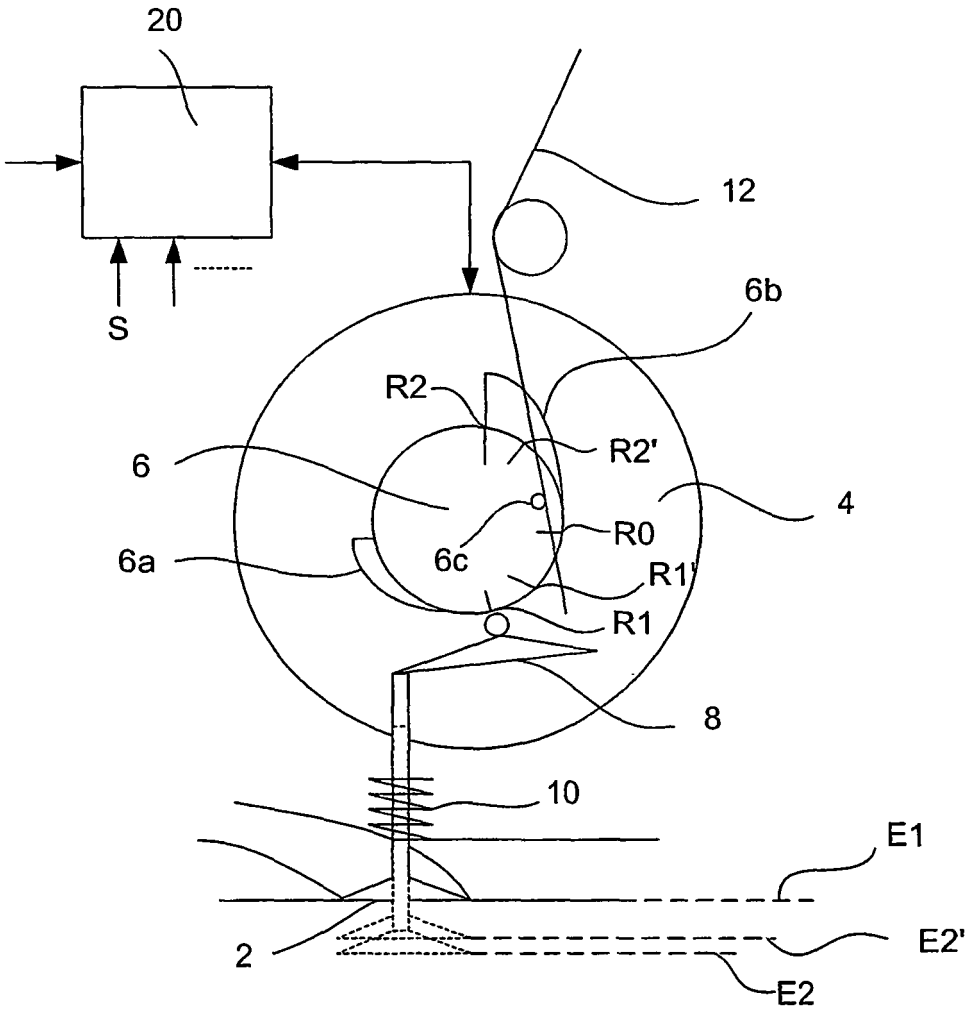
l'installation de régulation (20) commande le moteur électrique (4) selon un chemin de consigne (SB1 ; SB2) enregistré, à l'aide duquel la soupape d'échange de gaz de sortie (2) effectue un basculement dans le sens de l'aller et dans le sens du retour du rotor du moteur électrique (4) entre une première position de fin de course (E1) et une seconde position de fin de course (E2 ; E2') et inversement,
caractérisé en ce que

- au moins deux chemins de consigne différents (SB1 ; SB2) sont prévus pour la régulation de la vitesse du rotor du moteur électrique (4), et
- la régulation par un chemin de consigne (SB1 ; SB2) au cours de la phase d'ouverture de la soupape, transmet une énergie cinétique plus faible à la soupape d'échange de gaz (2), que la régulation à l'aide de l'autre chemin de consigne (SB2 ; SB1).

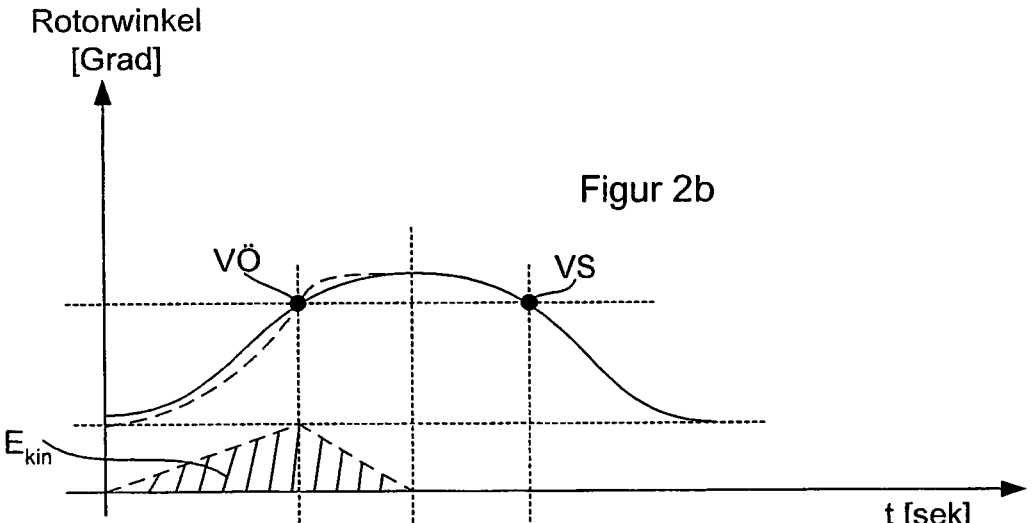
2. Dispositif selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'
il comporte au moins deux chemins de consigne (SB1 ; SB2) auxquels sont associés les mêmes nombres de zones différentes de demande de charge.

3. Dispositif selon les revendications précédentes,
caractérisé en ce que
l'unité de régulation (20) ou une autre unité de régulation sont réalisées pour qu'au moins un autre chemin de consigne (SBn) et de préférence plusieurs autres chemins de consigne soient générés par interpolation dans la zone de régulation entre deux chemins de consigne voisins (SB 1 ; SB2) enregistrés.

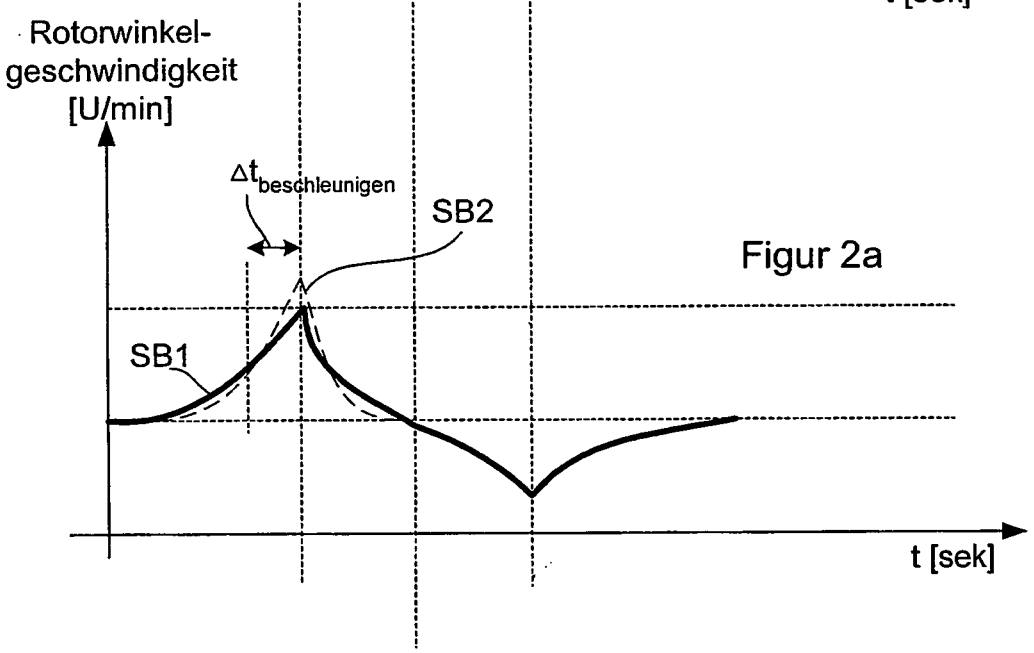
4. Procédé de régulation de la levée d'une soupape d'échange de gaz d'échappement (2) d'un moteur à combustion interne,
selon lequel
le rotor d'un moteur électrique (4) destiné à assurer l'entraînement d'une soupape d'échange de gaz de sortie (2), est commandé selon un chemin de consigne enregistré (SB1 ; SB2) comme prédéfinition nécessaire de la vitesse du rotor, et
pour la commande du moteur électrique (4), au moins deux chemins de consigne (SB1 ; SB2) régulent la vitesse du moteur électrique (4), et la régulation à l'aide d'un chemin de consigne (SB1) règle une vitesse maximale de rotation plus faible (vmax_ SB1) que la régulation à l'aide de l'autre chemin de consigne (SB2).



Figur 1



Figur 2b



Figur 2a

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10140461 A1 **[0003] [0005]**
- US 5873335 A **[0004]**
- DE 10252991 A1 **[0005] [0011]**