



(11) **EP 1 375 859 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
18.07.2007 Patentblatt 2007/29

(51) Int Cl.:
F02B 33/42^(2006.01) F04F 11/02^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03405381.9**

(22) Anmeldetag: **27.05.2003**

(54) **Verfahren zur Regelung einer Verbrennungsmaschine mit einer Gasdynamischen Druckwellenmaschine**

Method for controlling an internal combustion engine with a gas-dynamic pressure-wave machine

Procédé de contrôle d'un moteur à combustion interne avec une machine à ondes de pression à dynamique des gaz

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH CZ DE LI SK

(30) Priorität: **28.06.2002 EP 02405544**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.01.2004 Patentblatt 2004/01

(73) Patentinhaber: **Swissauto Engineering S.A.**
1037 Etagnières sur Lausanne (CH)

(72) Erfinder:
• **Wenger, Urs**
4900 Langenthal (CH)
• **Martin, Roger**
5504 Othmarsingen (CH)

(74) Vertreter: **Eisele, Otten, Roth & Dobler**
Karlstrasse 8
88212 Ravensburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-99/11913 US-A- 4 563 997
US-A- 5 839 416

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1996, Nr. 03, 29. März 1996 (1996-03-29) & JP 07 310556 A (MAZDA MOTOR CORP), 28. November 1995 (1995-11-28)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 017, Nr. 612 (M-1509), 11. November 1993 (1993-11-11) & JP 05 187247 A (MAZDA MOTOR CORP), 27. Juli 1993 (1993-07-27)**

EP 1 375 859 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 vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Regelung einer Verbrennungsmaschine mit einer gasdynamischen Druckwellenmaschine gemäss Oberbegriff von Patentanspruch 1. Eine gasdynamische Druckwellenmaschine, die bestimmt ist, einer Verbrennungsmaschine Ladeluft zuzuführen, ist aus der WO 99/11913 des gleichen Anmelders bekannt. Insbesondere werden darin ein verdrehbares Luftgehäuse offenbart, um die Öffnungen einer der beiden Hochdruckkanäle in Bezug auf die anderen Öffnungen des anderen Hochdruckkanals auszurichten, um eine Prozessabstimmung über den ganzen Kennfeldbereich der Verbrennungsmaschine zu erzielen sowie eine variable Breiterestellung des Hochdruck-Abgaskanals und weitere Merkmale.

[0002] Des Weiteren ist aus der Veröffentlichung "Modeling and Model-based Control of Supercharged SI-Engines" vom Labor für Verbrennungsmaschinen der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich bekannt, bestimmte Messungen an einer gasdynamischen Druckwellenmaschine vorzunehmen, die auf oben angegebener Patentanmeldung beruht.

[0003] Man kann das Fahrverhalten zunächst grob in zwei Stufen einteilen, d.h. die Beschleunigungs- und Bremsstufe sowie die Konstantstufe. Bei der ersten Stufe unterscheidet man zwischen zwei Phasen, einem positiven Lastsprung beim Gasgeben sowie einen negativen Lastsprung beim Abbremsen, bzw. Gaswegnehmen. Die zweite Stufe kann man in drei Phasen unterteilen, Teillastphase, Leerlaufphase und konstante Vollastphase.

[0004] Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere den positiven Lastsprung beim Gasgeben sowie den negativen Lastsprung beim Gaswegnehmen bzw. Abbremsen mit anschliessendem Teillastverhalten.

[0005] Versuche haben ergeben, dass zur Luftseite der gasdynamischen Druckwellenmaschine durchdringende Abgase wegen falschen Drehzahlen, falscher Gehäuserotation, geschlossener Drosselklappe, zu stark geschlossener oder hängen bleibender Breiterestellung des Hochdruck-Abgaskanals oder variablem Gastaschenszufluss oder falsch eingestellter Wirkungsgradsteigerung durch Verwendung einer Bypassleitung zwischen dem Frischluft- und Abgasteil, der Druckwellenlader beschädigt werden kann, beispielsweise die Lagerung des Rotors durch Streifen an den Gehäusen oder durch hohe Abgasrezirkulation und/oder zu niedrigem Ladedruck und/oder zu hoher Ladelufttemperatur der Motorbetrieb gestört wird.

[0006] Aus diesen Studien ergibt sich, dass in Bezug auf die oben angegebenen Phasen eine gewisse Ordnung bezüglich der Regelung der einzelnen Vorgänge von Vorteil ist, und es ist daraus folgend die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die oben angegebenen Störungen oder Beschädigungen der gasdynamischen Druckwellenmaschine zu vermeiden und eine höhere Leistung und einen niedrigeren Verbrauch zu erzielen. Die Aufga-

be wird mit dem Verfahren zur Regelung gemäss Patentanspruch 1 gelöst.

[0007] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Zeichnungen von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die technischen Details der Verbrennungsmaschine und der gasdynamischen Druckwellenmaschine sind ausführlich in den WO 99 /11913 und WO 99/11915 des gleichen Anmelders beschrieben und es wird ausdrücklich darauf Bezug genommen. Insbesondere werden auf die Merkmale mit der Verdrehung des Gehäuses, insbesondere Luftgehäuses, der gasdynamischen Druckwellenmaschine zwecks Abstimmung der beiden Hochdruck-Abgaskanäle, auf die Verbindungsleitung zwischen dem Hochdruck-Ladeluftkanal und dem Hochdruck-Abgaskanal und auf die variable Verbreiterung des Hochdruck-Abgaskanals oder den variablen Gastaschenszufluss Bezug genommen.

Figur 1 zeigt schematisch und teilweise im Schnitt ein Ausführungsbeispiel einer gasdynamischen Druckwellenmaschine,

Figur 2 zeigt in perspektivischer Sicht die gasdynamische Druckwellenmaschine gemäss Figur 1, und die

Figuren 3, 3A zeigen schematisch ein Detail eines abgewickelten zylindrischen Schnittes durch die Zellen eines Rotors einer Druckwellenmaschine mit variabler Verbreiterung des Hochdruck-Abgaskanals.

[0008] In den Figuren 1 und 2 ist eine gasdynamische Druckwellenmaschine dargestellt, an der eine Vielzahl von Verbesserungen durchgeführt worden sind, um insgesamt den Wirkungsgrad wesentlich zu erhöhen. Die Druckwellenmaschine 30 ist über den Hochdruck-Abgaskanal 31 und den Hochdruck-Ladeluftkanal 32 mit der schematisch dargestellten Verbrennungsmaschine 33 verbunden. Im Gasgehäuse 34 befindet sich ferner der Niederdruck-Abgaskanal 35, und es ist aus dieser Figur ersichtlich, dass die beiden Kanäle, d. h. der Hochdruck-Abgaskanal und der Niederdruck-Abgaskanal, im Gasgehäuse rotorseitig als sektorförmige Öffnungen 36A und 37A mit je einer Öffnungskante 36 bzw. 37 münden, siehe auch die Figuren 5 und 6. Man erkennt ferner den Rotor 40 mit seinen Zellen 41, wobei der Rotor in einem Mantel 42 angeordnet ist und beispielsweise durch einen Riemenantrieb 43 angetrieben wird.

[0009] Es wird zunächst angestrebt, die Ausrichtung der Öffnungskanten des Hochdruck-Abgaskanals bezüglich der Öffnungskanten des Hochdruck-Ladeluftkanals derart abzustimmen, dass die sogenannte Primärwelle, die beim Öffnen des Hochdruck-Abgaskanals zur unter tieferem Druck stehenden Rotorzelle entsteht, genau abgestimmt ist, derart, dass sie beim Öffnen des

Hochdruck-Ladeluftkanals zur Rotorzelle auf der Luftseite eintrifft. Es wurde früher versucht, diese Optimierung damit zu erreichen, dass an den Gehäusen verdrehbare Scheiben mit Oeffnungen angebracht wurden, um die beiden Hochdruckströme zu beeinflussen.

[0010] Bei der vorliegenden Ausführung werden die Öffnungskanten des Hochdruck-Ladeluftkanals 32, d. h. die in die Rotorzellen mündenden Oeffnungen, verstellt, indem entweder das Luftgehäuse bezüglich dem ortsfesten Rotor und Gasgehäuse oder nur der Hochdruck-Ladeluftkanal verdreht wird. Daraus resultiert, dass die Öffnungskanten der beiden Hochdruck-Kanäle bei jedem Kennfeldpunkt des Verbrennungsmotors immer so zueinander verstellt werden können, dass die Primärwelle die oben genannte Bedingung erfüllen kann. Die Verdrehung des Gehäuses kann zum Beispiel 0 - 25° betragen.

[0011] Durch eine direkte Frischluftzuführung in den Abgaskanal kann eine grosse Leistungssteigerung erzielt werden. Man erkennt in den Figuren 1 und 2 die Verbindungsleitung 46, die vom Hochdruck-Ladeluftkanal in den Hochdruck-Abgaskanal führt. Dadurch werden die positiven Druckstösse im Hochdruck-Ladeluftkanal auf den Hochdruck-Abgaskanal übertragen. Die Verbindungsleitung enthält ein Rückschlagventil 47, das gegebenenfalls mit einer elektronischen Regelung versehen ist. Dabei wirkt das Rückschlagventil als Regelung in dem Sinne, dass nur Druckstösse übertragen werden, deren energetisches Niveau höher liegt als der momentane Druck im Hochdruck-Abgaskanal. Damit werden vor allem die negativen Druckpulse, d. h. der Zustand des Quasi-Unterdruckes im Hochdruck-Abgaskanal angehoben, und das gesamte Druckniveau wird sowohl innerhalb des Hochdruck-Abgaskanals als auch des Hochdruck-Ladeluftkanals durch die Glättung der negativen Druckpulse angehoben. Dadurch kann das Druckniveau im Rotor vor dem Öffnen des Hochdruck-Abgaskanals deutlich angehoben werden, und die von dort eintreffenden Pulsationen werden gedämpft. Ausserdem verringert diese Massnahme die Einstromverluste des heissen Abgases in den Rotor, da der ganze Prozess gedämpft wird.

[0012] Eine weitere Verbesserung kann erzielt werden, falls die Abzweigung, die in Figur 1 oder 2 irgendwo zwischen der Hochdruck-Ladeluftkanal-Kante und dem Motoreinlass angeordnet ist, direkt nach der Öffnungskante des Hochdruck-Ladeluftkanals angeordnet wird. Diese bevorzugte Variante ist der Übersichtlichkeit halber in Figur 1 nicht eingezeichnet.

[0013] Wie bereits erwähnt wurde, ist die Druckwellenmaschine nach Stand der Technik stark füllungsabhängig. Zusätzlich zur Reduzierung der Druckpulsationen, wie oben beschrieben, erlaubt das Vorsehen einer Verbindungsleitung die Rückführung von Ladeluft auf die Hochdruck-Abgasseite der Druckwellenmaschine, dadurch eine Erhöhung des Massendurchsatzes der Maschine und somit eine Erhöhung des Füllgrades, was sich in einer deutlichen Drucksteigerung bemerkbar macht.

Eine zusätzliche Regelung der rückgeführten Frischluft-Hochdruckmenge mittels einem geregelten Rückschlagventil kann somit zur Ladedruckregelung im allgemeinen und beim Otto-Motor zusätzlich zur Leistungsregelung verwendet werden. Das heisst mit anderen Worten, dass die Druckwellenmaschine zur Verbesserung des Kompressionswirkungsgrades bei höheren Motordurchsätzen etwas grösser dimensioniert werden kann, ohne bei tieferen Motordurchsätzen an Ladedruck zu verlieren.

[0014] Dies kann beispielsweise auch dadurch geschehen, dass der Querschnitt des Verbindungskanals mittels einer geeigneten, bekannten Vorrichtung geregelt wird, wobei entweder das geregelte Rückschlagventil oder eine zusätzliche Querschnittsregelung eingesetzt werden kann. Dies ist besonders wirksam im unteren bis mittleren Drehzahl-, Temperatur- und Lastbereich des Verbrennungsmotors. Das heisst, das System zur Leistungserhöhung mittels Verbindungsleitung ist ein Hilfsmittel, um bei eventuell zu tiefem erreichbaren Ladedruck bei tiefen Motordrehzahlen, von 1'000 - 3'000 RPM, eine starke Anhebung des Ladedrucks durch Ausnutzung der Abgaspulsationen und der positiven Druckdifferenz über die Druckwellenmaschine zu erreichen.

[0015] Die Verwendung einer Verbindungsleitung zwischen dem Frischluft- und Abgasteil bewirkt eine erhebliche Wirkungsgradsteigerung bei sonst vorbekannten Druckwellenmaschinen, ist aber besonders wirksam in Verbindung mit den vorgenannten und beschriebenen Massnahmen zur Verbesserung des Wirkungsgrades. Diese Leistungserhöhung sollte über die Motorsteuerung mit einem Stellglied mit einer Offen-Zu-Funktion bewirkt werden können.

[0016] Die Figuren 3 und 3A beziehen sich auf einen anderen Aspekt der Druckwellenmaschine, auf die Beeinflussung des Hochdruck-Abgasstromes. In den Figuren 3, 3A ist eine Beeinflussung des Hochdruck-Abgaskanals, bzw. seine Verbreiterung, schematisch dargestellt. Darin ist der abgewickelte Rotor 40 mit den Zellen 41 dargestellt und eine Aussparung 48 im Gasgehäuse 34 vorgesehen, die durch einen Schieber 49 verändert werden kann, wie dies durch den Pfeil 50 angedeutet ist. In Figur 3A ist der Schieber 49 ganz in Pfeilrichtung eingerückt, so dass der Hochdruck-Abgaskanal verbreitert ist, ohne dass ein Steg entstanden ist. Durch eine geeignete und für einen Fachmann berechenbare Steuerung kann der Schieber derart verschoben werden, dass der Hochdruck-Kanal so verbreitert wird, bis der Druck darin so weit abgesunken ist, dass der durch den Druckwellenprozess erzeugte Ladedruck auf das gewünschte Niveau absinkt.

[0017] Analog dazu, falls nicht die Verbreiterung des Hochdruck-Abgaskanals gewählt wird, kann in an sich bekannter Weise, wenn auch weniger wirkungsvoll, da ein Steg verbleibt, der Gastaschenzufluss variiert werden.

[0018] Wie in der Einleitung erwähnt, sind eine Anzahl Fehlerquellen bekannt, die den Betrieb der Verbrennungsmaschine stören oder die gasdynamische Druck-

wellenmaschine beschädigen können. Aus diesem Grund ist eine bestimmte Reihenfolge bei der Regelung eines Druckwellenladers in jeden Kennfeldbereich der Verbrennungsmaschine sinnvoll.

[0019] Das heisst, für jeden Kennfeldpunkt könnte eine Positionierung sowie eine Reihenfolge der Betätigung der vorhandenen Stellglieder beschrieben werden. Da dies jedoch eine endlose Reihe ergibt, werden insgesamt zwei Einstellmöglichkeiten ausgewählt: Bei Leistungserhöhung der Verbrennungsmaschine, einfach ausgedrückt beim Gasgeben, und beim Wegnehmen des Gases oder Bremsen.

[0020] Im Nachfolgenden wird ein Beispiel einer Regelung bei einem positiven Lastsprung, d.h. beim Gasgeben, angegeben, wobei die Drosselklappe des Verbrennungsmotors oder die Regelstange beim Dieselmotor abhängig vom Fahrerwunsch nach mehr Leistung über einen Kabelzug oder ein E-Gas geöffnet, bzw. die Regelstange verschoben wird.

1. Die Spülluftklappe 59, siehe Figur 1, im Ansaugkanal vor der Druckwellenmaschine muss beim Beginn des Lastsprungs mit geeigneten Mitteln, beispielsweise E-Steller oder Kabelzug, sofort so weit wie möglich geöffnet werden, damit der erhöhte Luftdurchsatz durch die Druckwellenmaschine gewährleistet werden kann.

2. Die Drehzahl und die Verdrehung des Gehäuses, insbesondere des Luftgehäuses 39, der Druckwellenmaschine müssen mit geeigneten Mitteln auf die im Kennfeld abgespeicherte optimale Position relativ zum Kennfeldpunkt der Verbrennungsmaschine bewegt werden.

3. Der Schieber der variablen Breiterestellung des Hochdruck-Abgaskanals oder des variablen Gastaschenuflusses muss auf die im Kennfeld abgespeicherte Position gestellt werden bzw. auf den aus dem Motorkennfeld benötigten Ladedruck eingeregelt werden.

4. Das Ventil der Verbindungsleitung 46 zwischen dem Hochdruck-Ladeluftkanal und dem Hochdruck-Abgaskanal kann bei nicht Erreichen des gewünschten Ladedruckes zusätzlich geöffnet werden, vorteilhafterweise nur zwischen $N_{\text{mot}} = 1'000 - 3'000 \text{ U/Min.}$

5. Die variable Breiterestellung des Hochdruck-Abgaskanals oder der variable Gastaschenufluss wird daraufhin die Funktion der Druckregelung gemäss Fahrerwunsch übernehmen.

[0021] Dabei ist zu beachten, dass das Rückschlagventil der Verbindungsleitung erst geöffnet werden darf, wenn alle anderen Parameter und Stellglieder nach dem positiven Lastsprung, wegen der Anforderung eines möglichst hohen Ladedruckes, bereits in der optimalen

Position sind. Dieses ist erforderlich, da mit dem Leistungserhöhungssystem der Hochdruckprozess auf Kosten des Spülprozesses verstärkt wird.

[0022] Bei der Regelung der Druckwellenmaschine bei einem negativen Lastsprung, d.h. beim Gaswegnehmen, mit anschliessendem Teillastverhalten, sollte folgende Reihenfolge beachtet werden:

1. Bei negativem Lastsprung mit einer Anforderung eines tieferen Ladedruckes muss die Verbindungsleitung sofort und als erstes wieder geschlossen werden. Das Ventil der Verbindungsleitung muss garantiert geschlossen sein.

2. Bei der Verdrehung des Gehäuses und Einstellen der Drehzahl der Druckwellenmaschine sollten diese Werte eine optimale Position aus den im Motorversuch aufgenommenen und im Kennfeld abgespeicherten Werten aufweisen.

3. Die Spülluftklappe 59 der Druckwellenmaschine sollte möglichst weit geschlossen werden, jedoch nur soweit, dass die Rotorspülung nicht zusammenbricht. Dies erfordert Sensoren bei der A-Sonde und Messung der Abgastemperatur nach der Druckwellenmaschine.

4. Der Schieber der variablen Breiterestellung des Hochdruck-Abgaskanals oder des variablen Gastaschenuflusses sollte möglichst weit geöffnet sein, so dass die Druckdifferenz zwischen Hochdruckladeluft und Hochdruckabgas möglichst gering ist.

[0023] Versuche haben ergeben, dass das Einhalten der oben beschriebenen Reihenfolge bei der Regelung der Druckwellenmaschine eine optimale Leistung bei niedrigem Verbrauch erzielt werden kann.

[0024] Wie bereits erwähnt, könnte für jeden Kennfeldpunkt eine Positionierung sowie eine Reihenfolge der Betätigung der vorhandenen Stellglieder beschrieben werden. Da dies jedoch endlos ist, ist es zweckmässig, vom Grundsatz der optimalen Positionierung nach Kennfeld und der Nachregelung mit z.B. PID-Reglern auszugehen.

[0025] Die Gehäuseverdrehung, die Drehzahl und die Stellung des Schiebers der Breiterestellung des Hochdruck-Abgaskanals oder des variablen Gastaschenuflusses können je nach Anforderung variieren und in unterschiedlichen Einstellungen ähnliche Ergebnisse bringen. Gute Ergebnisse können dadurch erzielt werden, dass bei der Einstellung der Druckwellenmaschine die Leistung der Verbrennungsmaschine bzw. ihr Drehmoment optimiert wird.

[0026] Wie in der Einleitung vermerkt, wird in dieser Anmeldung insbesondere auf die Regelung der Schritte bei einem positiven und einem negativen Lastsprung beschrieben, doch ist es selbstverständlich, auch die übrigen drei erwähnten Phasen bei konstantem Fahren zu

optimieren, indem auch dort eine bestimmte Reihenfolge der Regelung vorgenommen wird. Diese Regelung auch der übrigen drei Teilphasen wird dann mit den übrigen Regelungsschritten mit vorgeschriebener Reihenfolge kombiniert.

[0027] Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht auf das beschriebene System Verbrennungsmaschine-Druckwellenmaschine beschränkt. In seiner Grundform hat das Verfahren für alle Systeme Verbrennungsmaschine-Druckwellenmaschine Gültigkeit. Seine volle Wirksamkeit entfaltet es mit allen Optionen. Auch gilt dieses Verfahren sowohl für Otto- als auch für Dieselmotoren, mit und ohne Katalysatoren und mit oder ohne Zusatzheizungen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer Verbrennungsmaschine mit einer gasdynamischen Druckwellenmaschine, wobei die gasdynamische Druckwellenmaschine ein drehbares Gehäuse, um die Prozessabstimmung über den ganzen Kennfeldbereich der Verbrennungsmaschine abzustimmen, und eine variable Breiterestellung des Hochdruck-Abgaskanals oder einen variablen Gastaschenufluss aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** in jedem Kennfeldbereich eine bestimmte Reihenfolge der Regelung eingehalten wird, wobei bei einem positiven Lastsprung

die Drehzahl und das Gehäuse der gasdynamischen Druckwellenmaschine mit geeigneten Mitteln auf die im Kennfeld abgespeicherte optimale Position eingestellt werden, die variable Breiterestellung des Hochdruck-Abgaskanals oder der variable Gastaschenufluss auf den aus dem Motorkennfeld benötigten Ladedruck eingeregelt wird; und

bei negativem Lastsprung

die Drehzahl und das Gehäuse der gasdynamischen Druckwellenmaschine mit geeigneten Mitteln auf die im Motorkennfeld abgespeicherte optimale Position eingestellt werden und die variable Breiterestellung des Hochdruck-Abgaskanals oder der variable Gastaschenufluss möglichst weit geöffnet wird, um die Druckdifferenz von Hochdruckladeluft zu Hochdruckabgas möglichst gering zu halten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Beginn des positiven Lastsprungs, wobei das Regelteil der Verbrennungsmaschine abhängig vom Fahrerwunsch nach mehr Leistung verschoben wird, als Erstes eine Spülluftklappe im Ansaugkanal der gasdynamischen Druckwellenmaschine so weit als möglich geöffnet wird.

lenmaschine so weit als möglich geöffnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem positiven Lastsprung und Nicht-Erreichen des gewünschten Ladedrucks zusätzlich eine Verbindungsleitung zwischen dem Hochdruck-Ladeluftkanal und dem Hochdruck-Abgaskanal geöffnet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnung in einem Bereich von $N_{\text{mot}} = 1000 - 3000$ U/Min erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnung der Verbindungsleitung erst erfolgt, wenn alle anderen Parameter und Stellglieder nach dem positiven Lastsprung bereits in der optimalen Stellung sind.
6. Verfahren nach Anspruch 1 bei negativem Lastsprung, **dadurch gekennzeichnet, dass** gewährleistet ist, dass eine zwischen dem Hochdruck-Ladeluftkanal und dem Hochdruck-Abgaskanal bestehende Verbindungsleitung mit Sicherheit geschlossen ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Ventil in der Verbindungsleitung über die Steuerung der Verbrennungsmaschine mit einem Stellglied betätigt wird.
8. Verfahren nach Ansprüchen 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Beginn des negativen Lastsprungs die Spülluftklappe möglichst weit geschlossen wird, ohne dass jedoch die Rotorspülung zusammenbricht.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das drehbare Gehäuse der gasdynamischen Druckwellenmaschine das Luftgehäuse ist.

Claims

1. Method for controlling an internal combustion engine with a gas-dynamic pressure-wave machine, wherein the gas-dynamic pressure-wave machine comprises a rotatable housing, in order to adjust the process over the entire characteristic range of the internal combustion engine, and a variable width adjustment of the high-pressure exhaust duct or a variable gas pocket inflow, **characterised in that** in each characteristic range a specific sequence of control is maintained, wherein with a positive pressure surge the speed and the housing of the gas-dynamic pressure-wave machine are adjusted by suitably

ble means to the optimal position stored in the characteristic,
the variable width adjustment of the high-pressure exhaust duct or the variable gas-pocket inflow is adjusted to the charging pressure required by the engine characteristic; and

with a negative pressure surge

the speed and the housing of the gas-dynamic pressure-wave machine are adjusted by suitable means to the optimal position stored in the engine characteristic and
the variable width adjustment of the high-pressure exhaust duct or the variable gas pocket inflow is opened as far as possible in order to keep the pressure difference from high pressure charging air to high pressure exhaust as low as possible.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** at the beginning of the positive load surge, when the control element of the internal combustion engine is displaced as desired by the driver after more power, firstly a scavenging air flap in the suction port of the gas-dynamic pressure-wave machine is opened as far as possible.
3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** with a positive pressure surge and if the desired charging pressure is not achieved a connection line is also opened between the high-pressure charging air duct and the high-pressure exhaust duct.
4. Method according to claim 3, **characterised in that** the opening is performed within a range of $N_{\text{mot}} = 1,000 - 3,000$ rpm.
5. Method according to claim 3 or 4, **characterised in that** the connection line is opened only when all of the other parameters and regulating elements are already in an optimal position after the positive pressure surge.
6. Method according to claim 1 with a negative pressure surge, **characterised in that** it is ensured that a connection line between the high-pressure-charging air duct and the high-pressure exhaust duct is securely closed.
7. Method according to claim 6, **characterised in that** a valve is actuated in the connection line via the automatic control of the internal combustion engine by an actuating element.
8. Method according to claim 6 or 7, **characterised in that** at the beginning of the negative pressure surge the scavenging air flap is closed as far as possible

without the rotor scavenging breaking down.

9. Method according to one of claims 1 to 8, **characterised in that** the rotatable housing of the gas-dynamic pressure-wave machine is the air housing.

Revendications

1. Procédé de régulation d'un moteur à combustion interne avec une machine à ondes de pression à dynamique des gaz, dans lequel la machine à ondes de pression à dynamique des gaz présente un carter rotatif pour adapter l'équilibrage des processus à l'ensemble des champs de caractéristiques du moteur à combustion interne, ainsi qu'un réglage de largeur variable du canal de gaz d'échappement à haute pression ou un flux variable de poches de gaz, **caractérisé en ce que**
dans chaque champ de caractéristiques, on respecte une séquence de commande définie, et
 - dans le cas d'un saut de charge positif, on ajuste à l'aide de moyens appropriés, la vitesse de rotation et le carter de la machine à ondes de pression à dynamique des gaz sur la position optimale enregistrée dans le champ de caractéristiques, on règle la largeur variable du canal de gaz d'échappement à haute pression ou le flu variable de poches de gaz sur la pression de suralimentation nécessaire à partir du champ de caractéristiques du moteur ; et
 - dans le cas d'un saut de charge négatif, on ajuste à l'aide de moyens appropriés, la vitesse de rotation et le carter de la machine à ondes de pression à dynamique des gaz sur la position optimale enregistrée dans le champ de caractéristiques du moteur, et on ouvre le plus grand possible le réglage de largeur variable du canal de gaz d'échappement à haute pression ou le flu variable de poches de gaz pour maintenir une pression différentielle la plus faible possible entre l'air de suralimentation à haute pression et le gaz d'échappement à haute pression.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**
au début d'un saut de charge positif, pour lequel on déplace l'élément de régulation du moteur à combustion interne en fonction du conducteur qui souhaite une puissance plus importante, on ouvre tout d'abord un volet d'air de alayage le plus grand possible dans le canal d'admission de la machine à ondes de pression à dynamique des gaz.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,

caractérisé en ce que

dans le cas où le saut de charge est positif et où la pression de charge souhaitée n'est pas atteinte, on ouvre en plus une conduite de raccordement entre le canal d'air de suralimentation à haute pression et le canal de gaz d'échappement à haute pression. 5

4. Procédé selon la revendication 3,
caractérisé en ce que
l'ouverture est effectuée dans une plage de $N_{\text{mot}} = 1000$ à 3 000 tr/min. 10
5. Procédé selon la revendication 3 ou 4,
caractérisé en ce que
on n'ouvre la conduite de raccordement que lorsque tous les autres paramètres et actionneurs sont déjà dans la position optimale après le saut de charge positif. 15
6. Procédé selon la revendication 1 en cas de saut de charge négatif,
caractérisé en ce qu'
on s'assure qu'une conduite de raccordement située entre le canal d'air de suralimentation à haute pression et le canal de gaz d'échappement à haute pression est fermée en toute sécurité. 20
25
7. Procédé selon la revendication 6,
caractérisé en ce qu'
une soupape dans la conduite de raccordement est actionnée par la commande du moteur à combustion interne à l'aide d'un actionneur. 30
8. Procédé selon les revendications 6 ou 7,
caractérisé en ce que
au début du saut de charge négatif, on ferme le plus possible le volet d'air de alayage sans interrompre toutefois le alayage du rotor. 35
9. Procédé selon une des revendications 1 à 8,
caractérisé en ce que
le carter rotatif de la machine à ondes de pression à dynamique des gaz est le carter d'admission d'air. 40

45

50

55

FIG. 1

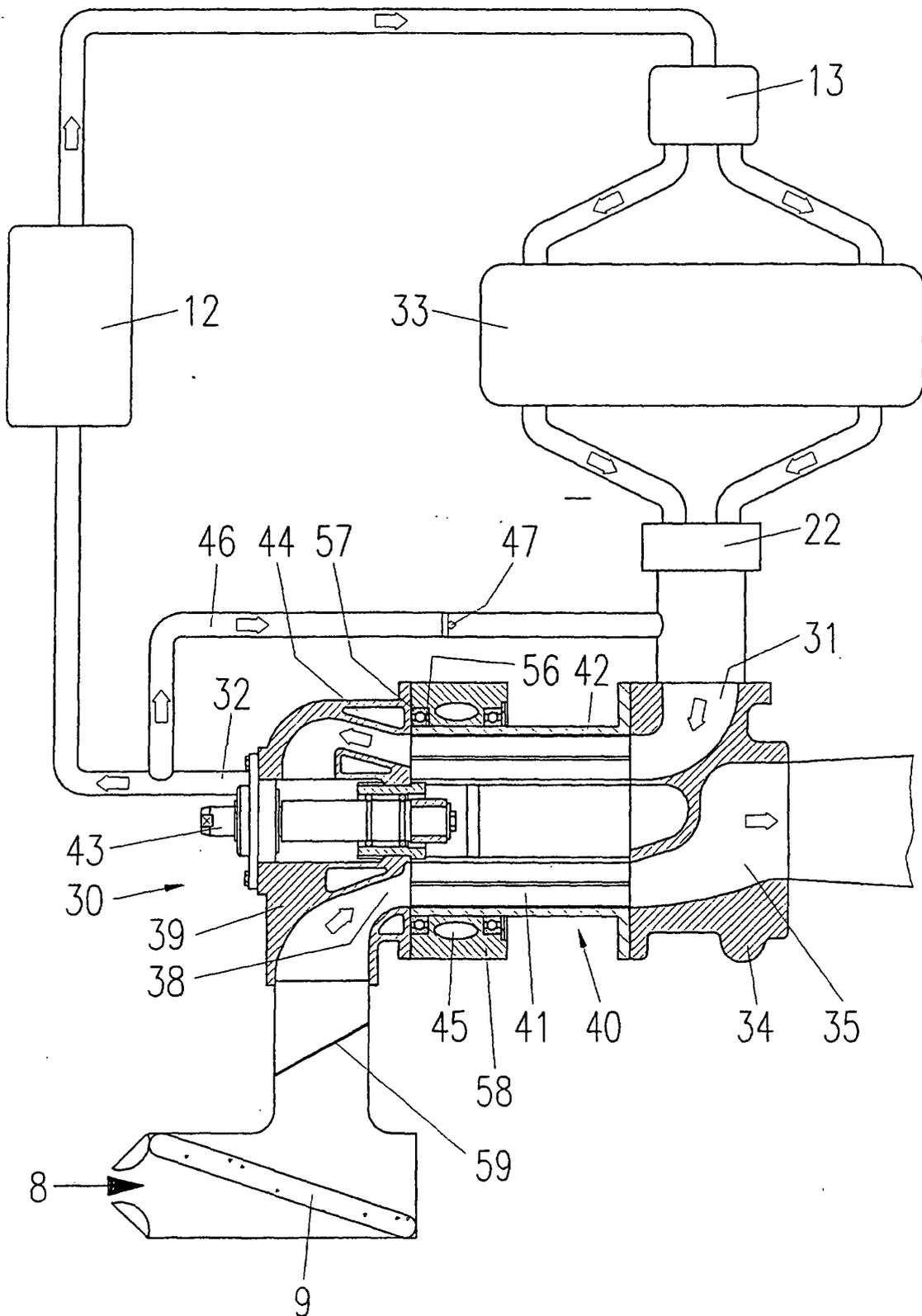


FIG. 2

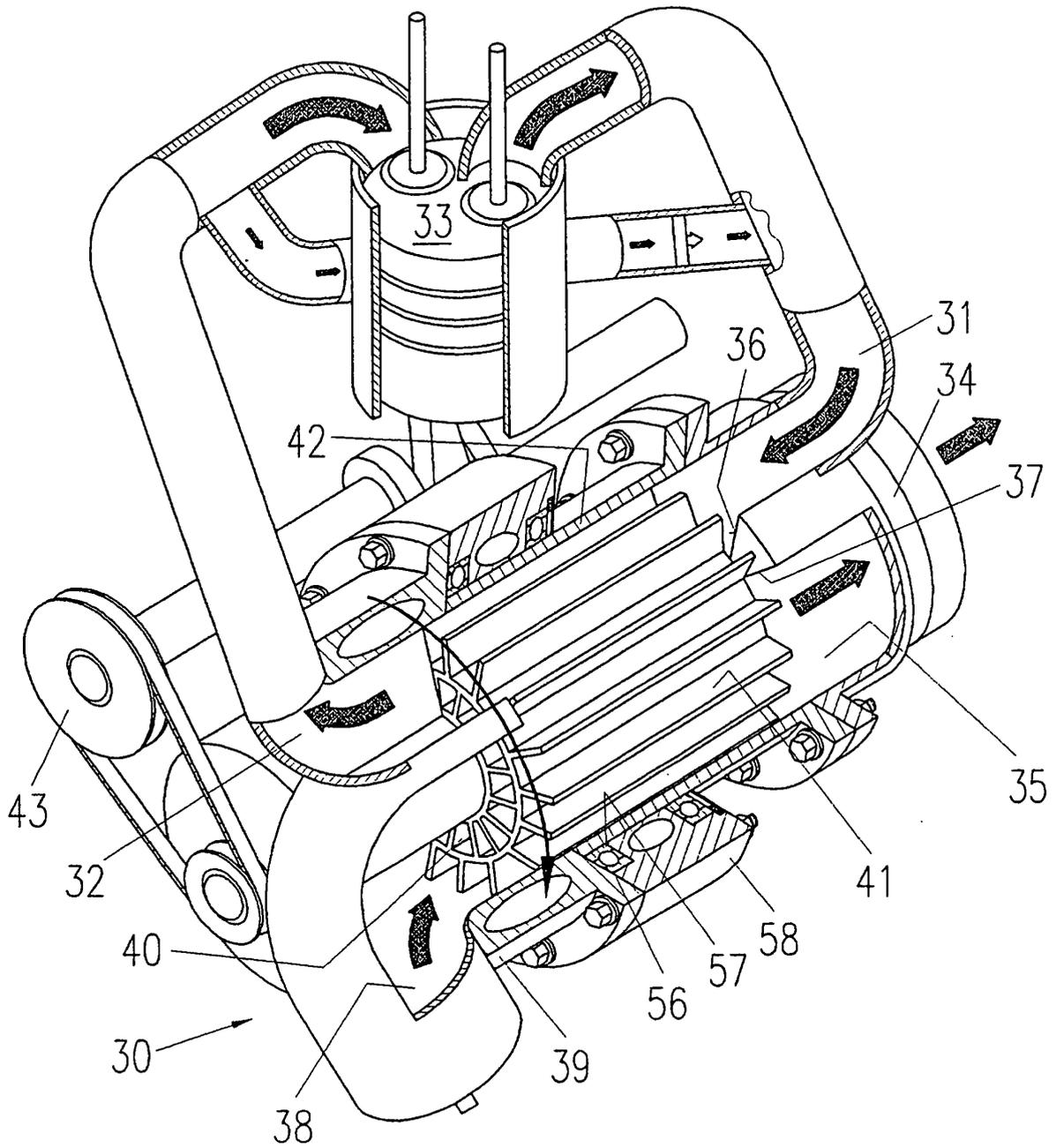


FIG. 3

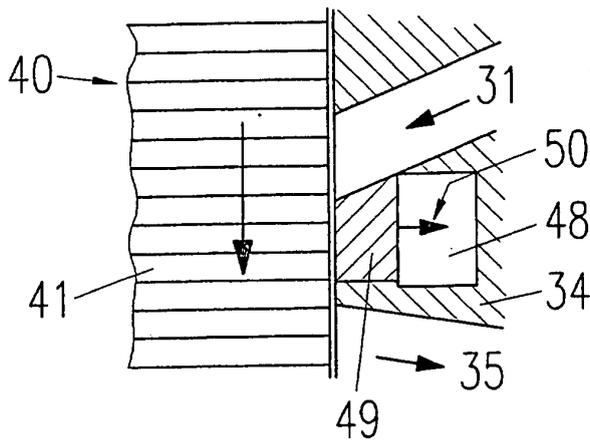
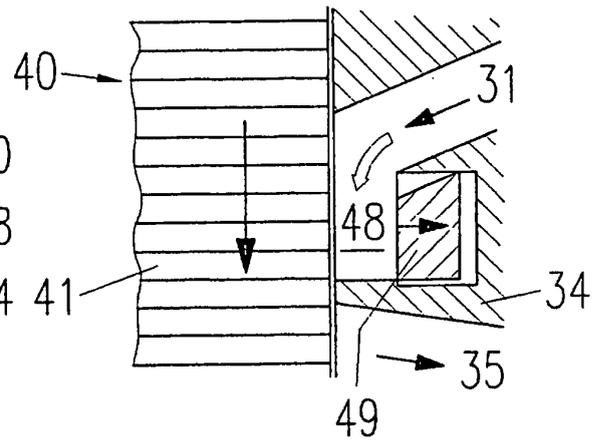


FIG. 3A



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

- WO 9911913 A [0001] [0007]
- WO 9911915 A [0007]