(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 504 981 B1 2013-06-15**

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 353/2007
(22) Anmeldetag: 06.03.2007
(45) Veröffentlicht am: 15.06.2013

(51) Int. Cl. : ***F01L 9/02*** (2006.01)

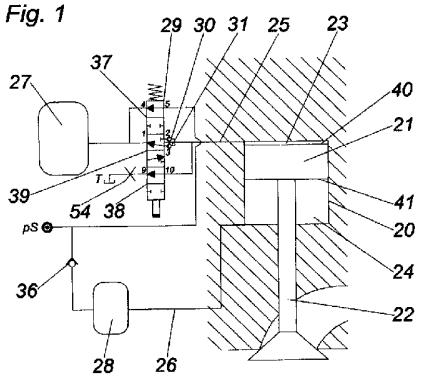
(56) Entgegenhaltungen:
EP 1 403 473 A1
US 2004194744 A1

(73) Patentinhaber:
GE JENBACHER GMBH & CO OHG
6200 JENBACH (AT)

(54) VENTILANTRIEB

(57) Ventilantrieb, insbesondere für Gaswechselventile von Brennkraftmaschinen, mit einem in einem Arbeitszylinder (20) bewegbar gelagerten Betätigungselement (21), insbesondere Kolben, zum Antrieb eines Ventils (22), wobei im Arbeitszylinder (20) auf einer Seite des Betätigungselementes (21) mindestens ein über zumindest eine erste Fluidleitung (25) mit zumindest einem ersten Druckspeicher (27) für Fluid in Verbindung stehendes erstes Arbeitsvolumen (23) vorgesehen ist, wobei ein zumindest zwei Fluidleitungen (25, 26) schaltendes, aktiv betätigbares Steuerventil (29) in der ersten Fluidleitung (25) angeordnet ist, wobei zumindest ein passives Schaltelement (30, 31) zur Steuerung eines Fluiddurchflusses, vorzugsweise Rückschlagventil, zum Steuerventil (29) in Reihe oder parallel geschaltet ist, wobei auf einer dem ersten Arbeitsvolumen (23) entgegengesetzten Seite des Betätigungselementes (21) zumindest ein über zumindest eine zweite Fluidleitung (26) mit zumindest einem zweiten Druckspeicher (28) für Fluid in Verbindung stehendes zweites Arbeitsvolumen (24) im Arbeitszylinder (20) vorgesehen ist, wobei das aktiv betätigbare Steuerventil (29) in der ersten und in der zweiten Fluidleitung (25, 26) angeordnet ist.

Fig. 1



AT 504 981 B1 2013-06-15

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Ventilantrieb, insbesondere für Gaswechselventile von Brennkraftmaschinen, mit einem in einem Arbeitszylinder bewegbar gelagerten Betätigungselement, insbesondere Kolben, zum Antrieb eines Ventils, wobei im Arbeitszylinder auf einer Seite des Betätigungselementes mindestens ein über zumindest eine erste Fluidleitung mit zumindest einem Druckspeicher für Fluid in Verbindung stehendes Arbeitsvolumen vorgesehen ist, wobei ein zumindest zwei Fluidleitungen schaltendes, aktiv betätigbares Steuerventil in der ersten Fluidleitung angeordnet ist sowie insbesondere eine Brennkraftmaschine mit einem solchen Ventilantrieb.

[0002] Gattungsgemäße Ventilantriebe sind zum Beispiel aus der EP 1215369 A2 bekannt. Man spricht auch von vollvariablen Ventilantrieben. Diese beruhen überwiegend auf dem Konzept eines freien Schwingers und verfolgen den Grundgedanken, beim Abbremsen des Ventils oder des Ventilantriebs Energie zurückzugewinnen und in Form von Druck zwischen zu speichern, um diesen Druck für den Antrieb des Ventils bei einem nachfolgenden Hub, insbesondere beim Gegenhub, wieder für die Beschleunigung des Ventils einsetzen zu können. Grundgedanke ist es also, in Form von quasi freien Schwingern besonders energiesparende Ventilantriebe für die Öffnungs- und/oder Schließbewegung eines Ventils zu schaffen.

[0003] Bei den beim Stand der Technik bekannten Systemen ist es notwendig, während eines Öffnungs- und Schließhubzyklus des Ventilantriebs mehrere elektrisch geschaltete bzw. druck- oder weggesteuerte aktiv betätigbare Steuerventile gegebenenfalls mehrfach zu schalten. Dies führt zu sehr aufwändigen Aufbauten.

[0004] In der EP 1 403 473 A1 kann immer nur eine Fluidleitung 46 geschaltet werden. Es ist also nicht vorgesehen, dass ein zumindest zwei Fluidleitungen schaltendes aktiv betätigbares Steuerventil in der ersten Fluidleitung angeordnet ist. Außerdem sind in der EP 1 403 473 A1 lediglich Fluidversorgungsleitungen vorgesehen, welche nicht einer Druckspeicherung, sondern lediglich einer Versorgung mit Fluid dienen. Somit weist die EP 1 403 473 A1 keinen ersten Druckspeicher für Fluid und keinen zweiten Druckspeicher für das Fluid auf.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, die Anzahl der benötigten aktiv betätigbaren Steuerventile und die Anzahl der Schaltvorgänge pro Zyklus zu minimieren.

[0006] Dies wird gemäß der Erfindung mit einem Ventilantrieb gemäß Anspruch 1 erreicht.

[0007] Unter passiven Schaltelementen versteht man dabei insbesondere Schaltelemente die mittels des durch sie hindurchfließenden Fluides geschaltet werden. Sie benötigen keinen zusätzlichen Aktuator, wie dies bei aktiv betätigbaren Steuerventilen zum Schalten vorgesehen ist. Häufig verwendete, passive Schaltelemente sind zum Beispiel Rückschlagventile. Durch die erfindungsgemäße Verwendung von passiven Schaltelementen wird günstiger Weise nur noch ein einziges aktiv betätigbares Steuerventil benötigt. Darüber hinaus ist es auch möglich, dass dieses aktiv betätigbare Steuerventil während eines Öffnungs- und Schließzyklus des zu schaltenden Ventils nur noch einmal zwischen zwei Positionen hin und her verschoben werden muss.

[0008] Die Erfindung sieht vor, dass das Arbeitsvolumen ein erstes Arbeitsvolumen und der Druckspeicher ein erster Druckspeicher ist und auf einer dem ersten Arbeitsvolumen entgegengesetzten Seite des Betätigungselementes zumindest ein über zumindest eine zweite Fluidleitung mit zumindest einem zweiten Druckspeicher für Fluid in Verbindung stehendes zweites Arbeitsvolumen im Arbeitszylinder vorgesehen ist, wobei das aktiv betätigbare Steuerventil in der ersten und/oder in der zweiten Fluidleitung angeordnet ist.

[0009] Besonders einfache, erfindungsgemäße Ausführungsvarianten sehen vor, dass der Ventilantrieb genau ein aktiv betätigbares Steuerventil aufweist. Wie die weiter unten erläuternden Ausführungsbeispiele zeigen, ist es günstig, wenn zumindest, vorzugsweise genau, zwei passive Schaltelemente zur Steuerung eines Fluiddurchflusses zum aktiv betätigbaren Steuerventil in Reihe und/oder parallel geschaltet sind. Im Falle einer Reihenschaltung sind das bzw.

die passive(n) Schaltelement(e) zur Steuerung eines Fluiddurchflusses in der ersten und/oder der zweiten Fluidleitung, vorzugsweise auf der dem jeweiligen Arbeitsvolumen zugewandten Seite des aktiv betätigbaren Steuerventils, angeordnet. Im Falle einer Parallelschaltung kann günstiger Weise vorgesehen sein, dass das bzw. die passiven Schaltelemente, vorzugsweise jeweils in mindestens einer um das aktiv betätigbare Steuerventil herumführenden Bypassleitung der ersten und/oder der zweiten Fluidleitung angeordnet sind. Bei den erfindungsgemäßen Ventilantrieben können die Betätigungselemente hydraulisch und/oder pneumatisch betätigbar sein. Ein genereller Vorteil ist es aber, wenn die Ventilantriebe derart ausgebildet sind, dass vorzugsweise beim Abbremsen, kinetische Energie des Ventilantriebs, vorzugsweise des Ventils, durch Druckaufbau im ersten Druckspeicher und/oder im zweiten Druckspeicher für einen nachfolgenden Hub des Ventils zwischenspeicherbar ist.

[0010] Die bisher beschriebenen Ventilantriebe können besonders gut zum Öffnen und Schließen von Ventilen eingesetzt werden, bei denen beim Öffnungs- wie auch beim Schließhub ungefähr dieselbe Gegenkraft auf das Ventil einwirkt. Dies ist zum Beispiel bei Einlassventilen für Brennkammern von Brennkraftmaschinen der Fall. Anders ist die Lage jedoch zum Beispiel bei Auslassventilen von Brennkammern, bei denen beim Stand der Technik ein erheblicher zusätzlicher Leistungsverbrauch durch die sogenannte Gasgegenkraft im Brennraum entsteht. Diese Gasgegenkraft resultiert aus einem Restdruck, der beim Öffnen des Auslassventils vom vorangegangenen Arbeitszyklus der Brennkammer noch vorhanden ist. Je nach Fahrweise und Öffnungszeitpunkt ist dieser Restdruck unterschiedlich groß. Er kann aber größenordnungsmäßig bis zu 10 bar und mehr ausmachen. Gegen diesen Druck muss das Auslassventil geöffnet werden. Diese Gasgegenkraft ist aber nur beim Öffnungshub und nicht beim Schließhub vorhanden. Hieraus resultiert eine Unsymmetrie, die sich besonders bei den oben genannten energiesparenden Ventilantrieben negativ auswirkt. Um hier eine Verbesserung zu erreichen, sehen besonders bevorzugte, zum Beispiel für die Betätigung von Auslassventilen von Brennkraftmaschinen einsetzbare, Ventilantriebe einen Zusatzaktuator vor, der das Betätigungselement bei dem mehr Kraft benötigenden Hub zumindest Abschnittsweise unterstützt.

[0011] Häufig reicht es dabei aus, wenn der Zusatzaktuator so ausgebildet ist, dass er nur eine Teilstrecke, vorzugsweise am Anfang, des vom Betätigungselement auszuführenden Öffnungs- und Schließhubes auf das Ventil einwirkt. In diesem Zusammenhang kann vorgesehen sein, dass für den Zusatzaktuator ein Anschlag vorgesehen ist, den er erreicht, bevor das Ventil eine seiner Endlagen erreicht. Günstigerweise ist vorgesehen, dass der Zusatzaktuator nicht mit aus einer Brennkammer, vorzugsweise einer Brennkraftmaschine, abgeleitetem Druck als antreibende Kraft betreibbar ist. Dies vermeidet Probleme mit der Entnahme von Verbrennungsgasen aus dem Brennraum, bei der es durch Verkokung zum Versagen von solchen Systemen kommen kann.

[0012] Die zur Unterstützung des Betätigungselementes einsetzbaren Zusatzaktuatoren können in unterschiedlichster Weise ausgeführt werden. Günstige Varianten sehen vor, dass sie hydraulisch und/oder pneumatisch und/oder elektrisch und/oder piezoelektrisch und/oder magnetisch und/oder elektromagnetisch antreibbar sind.

[0013] Weitere Einzelheiten und Merkmale sowie Ausgestaltungsformen der Erfindung werden anhand der nachfolgenden Figuren weiter erläutert. Dabei zeigen:

[0014] Fig. 1 ein erstes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel, insbesondere für Einlassventile von Brennkraftmaschinen, mit in Reihe zum Steuerventil geschalteten passiven Schaltelementen,

[0015] Fig. 2a, b, c Verläufe des Öffnungshubes des Ventils, des Druckverlaufs in den Druckspeichern und der Stellung des Steuerventils sowie seiner Ventilkanten während des Öffnungs- und Schließzyklus,

[0016] Fig. 3 ein zweites erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel, insbesondere für Einlassventile von Brennkraftmaschinen, mit parallel zum Steuerventil geschalteten passiven Schaltelementen,

[0017] Fig. 4 das Ausführungsbeispiel aus Fig. 1 ergänzt durch einen Zusatzaktuator, insbesondere für Gasauslassventile,

[0018] Fig. 5a, b, c zu den Fig. 2a bis c analoge Verläufe des Schließ- und Öffnungshubes des Ventils, des Druckverlaufs in den Druckspeichern und der Bewegung des Steuerventils für das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4,

[0019] Fig. 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel mit Zusatzaktuator basierend auf dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 und

[0020] Fig. 7 und 8 verschiedenen Ausführungsformen von Druckspeichern.

[0021] Bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel sind zwei passive Schaltelemente 30, 31 in Form von Rückschlagventilen zum Steuerventil 29 in Reihe geschaltet. Der dort gezeigte Ventilantrieb dient zur Durchführung des Öffnungs- und Schließhubes des Ventils 22. Dies kann zum Beispiel ein Einlassventil in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine sein. Wie in Fig. 1 ersichtlich, ist der Schaft des Ventils 22 mit dem als Kolben ausgebildeten Betätigungselement 21 des Arbeitszylinders 20 verbunden. Die zwei Druckspeicher 27 und 28 werden mit den beiden Arbeitskammern 23 und 24 des Arbeitszylinders 20 verbunden. Der zweite Druckspeicher 28 ist über die zweite Fluidleitung 26 direkt mit der der zweiten Arbeitskammer 24 auf der Stangenseite des Arbeitszylinders 20 verbunden und wirkt dadurch immer in Richtung des Schließhubes des Ventils 22. Der erste Druckspeicher 27 wird über das Steuerventil 29 und die als Rückschlagventile 30 und 31 ausgeführten passiven Schaltelemente mit der ersten Arbeitskammer 23 verbunden. Die zwei Druckspeicher 27, 28 werden vor dem Öffnungshub des Ventils 22 auf Systemdruck pS gebracht. Dies erfolgt für den zweiten Druckspeicher 28 über das Versorgungs-Rückschlagventil 36 und beim ersten Druckspeicher 27 über die Nachfüllventilkante 37. Damit auch sichergestellt ist, dass das Ventil 22 geschlossen ist, wird das kolbenseitige, erste Arbeitsvolumen 23 über die Ablassventilkante 38 und die Blende bzw. Drossel 54 in den Tank T abgelassen.

[0022] In der Fig. 2a sind der Weg x(t) des Ventils 22 während des Öffnungs- und Schließhubes dargestellt. Fig. 2b zeigt den Verlauf p_{z2} des Druckes im zweiten Druckspeicher 28 sowie den Verlauf p_{z1} des Druckes im ersten Druckspeicher 27. Der Hub des Steuerventils ist zusammen mit den Öffnungsphasen der einzelnen Ventilkanten 37, 38 und 39 über einen Arbeitszyklus in Fig. 2c dargestellt. Die durchgezogene Linie zeigt dabei den Verlauf der Stellung des Steuerventils 29. Die gestrichelte Linie zeigt den Verlauf der Verbindung 1 nach 2, also den Öffnungs- und Schließverlauf der Hauptventilkante 39. Ergänzend ist punktiert der Verlauf der Verbindung 1 nach 3 für die Hauptventilkante 39 dargestellt. Die strichpunktierten Linien zeigen die Öffnungs- und Schließverläufe für die Nachfüllventilkante 37 und die Ablassventilkante 38, also für die Verbindungen 4 nach 5 und 9 nach 10.

[0023] Zum Auslösen der Bewegung wird, wie aus den Fig. 1 und 2a bis c ersichtlich, das Steuerventil 29 umgeschaltet. In dieser Öffnungsbewegung werden die Nachfüllventilkante 37 und die Ablassventilkante 38 und damit die Verbindungen 4 nach 5 und 9 nach 10 geschlossen. Weiters wird die Verbindung 1 nach 3 vom kolbenseitigen ersten Arbeitsvolumen 23 über das Rückschlagventil 31 (zweites passives Schaltelement) zum ersten Druckspeicher 27 bei der Hauptventilkante 39 geschlossen. Nach dem völligen Schließen dieser Verbindung wird die Verbindung 1 nach 2 vom ersten Druckspeicher 27 über das Rückschlagventil 30 (erstes passives Schaltelement) zum kolbenseitigen ersten Arbeitsvolumen 23 von der Hauptventilkante 39 geöffnet. Dabei strömt das Fluid in das erste Arbeitsvolumen 23. Der auf die erste Druckfläche 40 einwirkende Druck beschleunigt das Ventil 22 in Öffnungsrichtung also nach unten, da die zweite Druckfläche 41 des Betätigungselementes 21 kleiner als die erste Druckfläche 40 ist. Bei der Hubbewegung des Ventils 22 steigt der Druck p_{z2} im zweiten Druckspeicher 28. Der Druck p_{z1} im ersten Druckspeicher 27 fällt während dieser Hubbewegung ab. Im Punkt x_{max} der maximalen Öffnung des Ventils 22 will sich die Strömungsrichtung über die Hauptventilkante 39 umkehren. Das erste passive Schaltelement in Form des Rückschlagventils 30 verhindert jedoch einen Rückfluss des Fluids, sodass das Ventil 22 in geöffneter Position verharrt. Die Zeit T_s zum Öffnen und Schließen des Ventils 22 entspricht der Hälfte der Periodendauer eines

freien Schwingers. Damit das System energieeffizient funktioniert, sollte die in Fig. 2c dargestellte Schließbewegung des Steuerventils 29 auf diese Zeit T_s abgestimmt sein. Die Schließbewegung des Steuerventils 29 (siehe Fig. 2c) sollte günstiger Weise etwa doppelt so lang wie T_s sein.

[0024] Der Schließhub des Ventils 22 beginnt erst, wenn das Steuerventil 29 bei der Hauptventilkante 39 die Verbindung 1 nach 2 verschlossen hat und die Verbindung 1 nach 3 wieder öffnet. Dadurch kann das Fluid über das Rückschlagventil 31 aus dem kolbenseitigen ersten Arbeitsvolumen 23 wieder in den ersten Druckspeicher 27 zurückfließen. Aufgrund von dissipativen Effekten erreicht das Ventil 22 nicht mehr seine Ausgangsposition und die fehlende Energie muss dem System wieder zugeführt werden. Dies erfolgt einerseits über das Nachfüllen des ersten Druckspeichers 27 über die Nachfüllventilkante 37 und beim zweiten Druckspeicher 28 über das Versorgungsrückschlagventil 36. Weites wird das kolbenseitige erste Arbeitsvolumen 23 über die Ablassventilkante 38 auf Tank T gelegt. Damit kann garantiert werden, dass das Ventil 22 auch sicher geschlossen wird. Wie oben geschildert, muss das Steuerventil 29 somit während des gesamten Zyklus des Öffnungs- und Schließhubes des Ventils 22 lediglich einmal von der geschlossenen in die in Fig. 2c mit 1 definierte geöffnete Stellung und wieder in die geschlossene Stellung (=0) zurückbewegt werden. Es handelt sich dabei nicht um ein schlagartiges, sondern vielmehr um ein graduelles Öffnen und Schließen der einzelnen Ventilkanten, wie dies aus Fig. 2c hervorgeht. Die Ventilkanten 37, 38 und 39 sind physisch entsprechend auszuführen.

[0025] In Fig. 3 ist ein Realisierungsbeispiel mit zwei parallel geschalteten passiven Schaltelementen 30, 31 - ebenfalls in Form von Rückschlagventilen ausgebildet - dargestellt. Die passiven Schaltelemente 30, 31 sind in Bypassleitung 32, 33, welche um das Steuerventil 29 herumführen, angeordnet, womit die passiven Schaltelemente parallel zum Steuerventil 29 geschaltet sind. Diese Realisierung ähnelt dem vorher ausführlich erklärten System. Die wesentlichen Unterschiede liegen in den genannten parallelen Anordnungen der beiden Rückschlagventile 30 und 31 zum Steuerventil 29 und in der Schaltung der Verbindung zum zweiten Druckspeicher 28 über das Steuerventil 29 (Verbindung 11 und 12). Zum Auslösen des Öffnungshubes wird das Steuerventil 29 umgeschaltet. Bevor die Hauptventilkante 39 geöffnet wird, werden die Nachfüllventilkante 37 (Verbindung 4 nach 5) und die Ablassventilkante 38 (Verbindung 9 nach 10) geschlossen. Sobald sich die Hauptventilkante 39 (Verbindung 1 nach 2) öffnet, beginnt der Öffnungshub des Ventils 22. Wenn der Großteil des Hubes erreicht ist, erreicht die Hauptventilkante ihre Endposition und schließt damit die Verbindung 11 nach 12. Nur ein sehr geringer Teil des Volumenstroms muss damit über das Rückschlagventil 31 fließen. Sobald das Ventil 22 den maximalen Hub erreicht und wieder zurückschwingen will, schließt das Rückschlagventil 31. Das Ventil 22 wird in seiner offenen Stellung gehalten.

[0026] Die Rückbewegung des Ventils 22 wird durch die Schließbewegung des Steuerventils 29 ausgelöst. Sobald die Verbindung 11 nach 12 geöffnet wird, beginnt sich das Ventil 22 in Form des Schließhubes zurückzubewegen. Als nächstes wird die Ventilkante 39 geschlossen und das Fluid fließt über das Rückschlagventil 30. Kurz vor dem Umkehrpunkt öffnet die Nachfüllventilkante 37 (Verbindung 4 nach 5) und die Ablassventilkante 38 (Verbindung 9 nach 10). Mittels der Blende 54 kann die Auftreffgeschwindigkeit am Sitz eingestellt werden.

[0027] Bei der Variante gemäß Fig. 1 wird die Hauptventilkante immer in Reihe zu einem der beiden Rückschlagventile 30 und 31 betrieben, was zu etwas höheren Verlusten und damit zu einer etwas höheren Antriebsleistung führt. Bei der Variante gemäß Fig. 3 verringert sich dieser Verlust, da die Phasen in denen der Volumenstrom über ein Rückschlagventil und eine Ventilkante fließen muss entscheidend reduziert sind.

[0028] In Fig. 3 ist darüber hinaus an der Verbindung zwischen dem zweiten Arbeitsvolumen 24 und der zweiten Fluidleitung 26 eine Endlagendämpfung realisiert. Diese dient dazu, das Ventil 22 abzubremsen, wenn es eine seiner Endlagen, hier insbesondere seine geöffnete Endlage, erreicht. Hierzu ist eine Drossel bzw. Blende 42 vorgesehen, über die das Fluid aus dem zweiten Arbeitsvolumen 24 in die zweite Fluidleitung 26 strömt, wenn das Betätigungselement 21

den Resthub zwischen x_{max} und $x_{maxmech}$ ausführt. Das Rückschlagventil 43 ist für die Rückströmung des Fluids vorgesehen. Diese Art der Endlagendämpfung kann besonders dann vorgesehen sein, wenn der Ventilantrieb für eine unsymmetrische Kraftverteilung bzw. Gasgegenkraft ausgelegt ist. Meist kommt sie nur dann zum Einsatz, wenn zum Beispiel durch eine Fehlzündung im Brennraum der Brennkraftmaschine keine Gasgegenkraft aufgebaut wird, wobei dann das Ventil 22 von der Endlagendämpfung abgefangen werden kann.

[0029] In den Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 4 und 6 ist zum Betätigen des Ventils 22 zusätzlich zum Betätigungselement 21 jeweils auch ein Zusatzaktuator 34 vorgesehen. Dies ist insbesondere bei Brennkraftmaschinen dann günstig, wenn das Ventil 22 gegen einen hohen Gegendruck in der Brennkammer geöffnet werden muss. Dies ist vor allem bei Auslassventilen der Fall. Meist reicht es dabei aus, wenn die Unterstützung des Zusatzaktuators 34 am Beginn der Öffnungsbewegung also nur für einen Teilhub h_P vorgesehen ist. Die zusätzlich beim Auslassventil zur Überwindung der Gasgegenkräfte beim Öffnungshub benötigte Kraft bzw. die damit verrichtete Arbeit geht verloren und kann auch nicht mehr wiedergewonnen werden.

[0030] Da die benötigte Kraft zum Öffnen des Auslassventils 22, gegen den hohen Gegendruck, schon im Bereich der Öffnungs- und Schließkräfte liegt und damit keine untergeordnete Rolle mehr spielt, ist es günstig, den Antrieb für die Hubbewegung und den zum Öffnen gegen die Gaskraft zu separieren.

[0031] Dies ist zum Beispiel in Fig. 4 gezeigt. Der Aufbau entspricht weitgehend dem des Ventilantriebs gemäß Fig. 1. Ein Unterschied ist jedoch, dass ein Zusatzaktuator 34 mit einem Plunger 44 mit begrenztem Hub h_P auf die Ventilstange 45 eine Kraft ausüben kann. Eine Feder 46 sorgt für eine definierte Ausgangsstellung des Plungers 44. Die Versorgung der Plungerkammer 47 erfolgt über eine zusätzliche 3/2-Wegeventilkante 48 am Steuerventil 29. In der Ausgangsstellung ist die Plungerkammer 47 mit Tank T verbunden. Beim Öffnen des Steuerventils 29 wird die Tankverbindung verschlossen und die Plungerkammer 47 mit Hochdruck verbunden (siehe Fig. 5). Der Plunger 44 wirkt damit auf die Aktorik und unterstützt die Öffnungsbewegung des Betätigungselementes 21 und damit des Ventils 22. Die Kraft wirkt jedoch nur so lange, bis der Plunger 44 den Hub h_P verrichtet hat und am Anschlag 35 abgebremst wird. Dann hebt die Ventilstange 45 vom Plunger 44 ab und wird nur mehr vom Arbeitszylinder 20 bzw. Betätigungselement 21 bewegt.

[0032] Beim Rückhub wir die Plungerkammer 47 wieder mit Tank T verbunden und der Plunger 44 wird durch die Feder 46 in seine Ausgangsstellung zurück gedrückt.

[0033] In der vom Auslassventil 22 verschlossenen Brennkammer kann es zu Zündaussetzern kommen. Dabei tritt nur ein viel geringer Gasgegendruck als ohne Zündaussetzer auf. Um den Ventilantrieb vor Schäden zu schützen, wird auch hier eine zusätzliche Endlagendämpfung integriert. Der Aufbau ist ebenfalls in Fig. 4 dargestellt. Wird der maximale Hub x_{max} überschritten, so wird die Zuleitung bzw. Ableitung 49 verschlossen und das Fluid kann nur durch die Blende bzw. Drossel 42 entweichen. Damit steigt der Druck im stangenseitigen zweiten Arbeitsvolumen 24 und bremst das Ventil 22 ab. Um Kavitation beim Rückhub zu verhindern, ist wiederum ein zusätzliches Rückschlagventil 43 integriert.

[0034] In den Fig. 5a, 5b und 5c sind im Wesentlichen die gleichen Diagramme wie in den Fig. 2a, 2b und 2c dargestellt. Zusätzlich sind in Fig. 5c noch die Bewegung der im Steuerventil 29 zusätzlich realisierten 3/2-Wegeventilkante 48 eingezeichnet. Diese dient der Beaufschlagung der Plungerkammer 47 und öffnet und verschließt die Verbindung 7 nach 6 und 6 nach 8.

[0035] Der Zusatzaktuator kann - wie in Fig. 4 gezeigt - hydraulisch realisiert werden. Darüber hinaus bestehen aber auch Möglichkeiten des pneumatischen, elektrischen, piezoelektrischen und/oder magnetischen und/oder elektromagnetischen Antriebs des Zusatzaktuators 34. Solche Antriebe sind an sich bekannt und müssen daher nicht noch einmal im Detail erläutert werden. Wie in Fig. 4 gezeigt, können der Zusatzaktuator 34 wie auch das Betätigungselement 21 hydraulisch und/oder pneumatisch betreibbar und von einer gemeinsamen Systemdruckquelle pS speisbar sein.

[0036] Eine elektrische Realisierung ist hingegen in Fig. 6 gezeigt. Die Betätigung des Betätigungselementes 21 entspricht bei diesem Ausführungsbeispiel dem zu Fig. 3 geschilderten. Demgegenüber neu ist der elektrische Zusatzaktuator 34. Dieser unterstützt das Betätigungselement 21 am Anfang des Öffnungshubes und wird dann z.B. über eine Feder oder elektrisch in seine Ausgangsposition zurückgefahren. Auch in diesem Ausführungsbeispiel ist somit vorgesehen, dass der Zusatzaktuator 34 nur auf einem Teilhub unterstützend eingreift.

[0037] Die in den verschiedenen Ausführungsbeispielen gezeigten Systeme mit Energierückgewinnung durch Zwischenspeicherung können sowohl pneumatisch als auch hydraulisch ausgeführt sein. Bei hydraulischen Schwingern wird vorzugsweise die Kompression des Fluides verwendet. Dabei kann auf zusätzliche externe Speicher verzichtet werden. Der Nachteil dieser Variante ist jedoch, dass die Druckspeicher 27 und 28 einen relativ großen Platzbedarf haben. Ist dies nicht gewünscht, wie z.B. für mobile Antriebe, kann aber auch mit Hilfe von externen Speichern 27 und/oder 28, wie z.B. Gasspeichern, gearbeitet werden, um den Aktuator selbst möglichst klein zu bauen. Günstig ist es dabei, auf Speicher mit hoher Lebensdauer und kompakter Bauweise zurückzugreifen. Konventionelle Membranspeicher erfüllen diese Voraussetzungen oft nicht. In den Fig. 7 und 8 sind zwei Realisierungsmöglichkeiten von Gasspeichern gezeigt, die für den Einsatz gemäß der Erfindung günstig sind. Das Gas 51 wird dabei durch die Membran 52 vom Fluid 53 getrennt. Um die Lebensdauer möglichst hoch anzusetzen, kommen günstigerweise Stahlmembranen zum Einsatz.

[0038] Wie in den Ausführungsbeispielen gezeigt, besteht das Steuerventil 29 aus mehreren Stufen bzw. Ventilkanten. Es schaltet somit zumindest zwei bzw. mehrere Fluidleitungen. Um die Energieeffizienz des Gesamtsystems möglichst hoch anzusetzen, ist vor allem bei der Hauptventilkante 39 auf günstige Nennvolumenströme zu achten. Der Druckverlust bei dieser in der Regel als 3/2-Wegeventil ausgeführten Hauptventilkante sollte möglichst gering gehalten werden. Bei den Zusatzventilkanten 37, 38 und 48 sind Druckverluste nicht so entscheidend. Der Hauptvorteil des mehrstufigen Steuerventils 29 ist es, dass nur ein einziges Ventil bzw. nur ein einziger Schieber benötigt wird. Dies wirkt sich sowohl auf die Kosten als auch auf die Zuverlässigkeit des Systems positiv aus.

[0039] In den gezeigten Ausführungsbeispielen besitzt das Steuerventil 29 eine hydraulische Vorsteuerung, da mit dieser der zeitliche Verlauf des Steuerventils 29 besonders einfach zu realisieren ist.

[0040] Als Rückschlagventile werden günstigerweise besonders schnelle Ausführungsvarianten verwendet, welche einen möglichst geringen Druckverlust verursachen.

[0041] Die oben beschriebenen erfindungsgemäßen Ausführungsvarianten weisen vor allem in Bezug auf Robustheit und einfachen Aufbau einen großen Vorteil auf. Zusätzlich besitzen diese Realisierungsformen ein hohes Energieeinsparungspotential, welches im Bereich von 50 Prozent liegt. Ein weiterer Pluspunkt ist der automatische Ventilspielausgleich. Ein Ventilspielausgleich insbesondere für Großmotoren muss in der Lage sein, mehrere Millimeter - größenordnungsmäßig 4 mm - auszugleichen. Bei diesem System kann man diese Längenänderung in dem kolbenseitigen ersten Arbeitsvolumen 23 des Arbeitszylinders 20 unterbringen. Diese Volumensänderung ist im Vergleich zu den Volumen der Druckspeicher 27 und 28 sehr gering. Dadurch ändern sich auch die Schaltseiten und der Hub des Aktuators nicht merklich. Bei Verwendung eines Zusatzaktuators 34 könnte zusätzlich ein Ventilspielausgleich im Betätigungselement 21 eingebaut sein.

[0042] Auch wenn die erfindungsgemäßen Ventilantriebe sich in den gezeigten Ausführungsbeispielen auf die Anwendung bei Gasein- oder -auslassventilen von Brennkraftmaschinen konzentrieren, so können erfindungsgemäße Ausführungsformen aber auch für große Ventilschieber in der Hydraulik, Kompressorventile oder für Antriebe von Stanzmaschinen u. dgl. genutzt werden, um nur einige Beispiele zu nennen.

Patentansprüche

1. Ventilantrieb, insbesondere für Gaswechselventile von Brennkraftmaschinen, mit einem in einem Arbeitszylinder (20) bewegbar gelagerten Betätigungselement (21), insbesondere Kolben, zum Antrieb eines Ventils (22), wobei im Arbeitszylinder (20) auf einer Seite des Betätigungselementes (21) mindestens ein über zumindest eine erste Fluidleitung (25) mit zumindest einem ersten Druckspeicher (27) für Fluid in Verbindung stehendes erstes Arbeitsvolumen (23) vorgesehen ist, wobei ein zumindest zwei Fluidleitungen (25, 26) schaltendes, aktiv betätigbares Steuerventil (29) in der ersten Fluidleitung (25) angeordnet ist, wobei zumindest ein passives Schaltelement (30, 31) zur Steuerung eines Fluiddurchflusses, vorzugsweise Rückschlagventil, zum Steuerventil (29) in Reihe oder parallel geschaltet ist, wobei auf einer dem ersten Arbeitsvolumen (23) entgegengesetzten Seite des Betätigungselementes (21) zumindest ein über zumindest eine zweite Fluidleitung (26) mit zumindest einem zweiten Druckspeicher (28) für Fluid in Verbindung stehendes zweites Arbeitsvolumen (24) im Arbeitszylinder (20) vorgesehen ist, wobei das aktiv betätigbare Steuerventil (29) in der ersten und in der zweiten Fluidleitung (25, 26) angeordnet ist.

2. Ventilantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ventilantrieb genau ein aktiv betätigbares Steuerventil (29) aufweist.

3. Ventilantrieb nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest, vorzugsweise genau, zwei passive Schaltelemente (30, 31) zur Steuerung eines Fluiddurchflusses zum aktiv betätigbaren Steuerventil (29) in Reihe und/oder parallel geschaltet sind.

4. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Falle einer Reihenschaltung das (die) passive(n) Schaltelement(e) (30, 31) zur Steuerung eines Fluiddurchflusses in der ersten (und/)oder der zweiten Fluidleitung (25, 26), vorzugsweise auf der dem jeweiligen Arbeitsvolumen (23, 24) zugewandten Seite des aktiv betätigbaren Steuerventils (29), angeordnet ist (sind).

5. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Falle einer Parallelschaltung das (die) passive(n) Schaltelement(e) (30, 31) zur Steuerung eines Fluiddurchflusses, vorzugsweise jeweils, in mindestens einer um das aktiv betätigbare Steuerventil (29) herumführenden Bypassleitung (32, 33) der ersten (und/)oder der zweiten Fluidleitung (25, 26) angeordnet ist (sind).

6. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Betätigungselement (21) hydraulisch und/oder pneumatisch betätigbar ist.

7. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass, vorzugsweise beim Abbremsen, kinetische Energie des Ventilantriebs, vorzugsweise des Ventils (22), durch Druckaufbau im ersten Druckspeicher (27) und/oder im zweiten Druckspeicher (28) für einen nachfolgenden Hub des Ventils (22) zwischenspeicherbar ist.

8. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass er eine, vorzugsweise hydraulische und/oder pneumatische, Endlagendämpfung für zumindest einen Bereich vorsieht, in dem das Ventil (22) eine seiner Endlagen erreicht.

9. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Betätigungselement (21) zur Durchführung eines Öffnungshubes und eines Schließhubes des Ventils (22) vorgesehen ist und bei zumindest einem Teil des Öffnungshubes oder des Schließhubes mehr Kraft vom Betätigungselement (21) auf das Ventil (22) aufzubringen ist, als bei dem jeweils anderen Hub, wobei ein Zusatzaktuator (34) vorgesehen ist, der das Betätigungselement (21) bei dem mehr Kraft benötigenden Hub zumindest abschnittsweise unterstützt.

10. Ventilantrieb nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zusatzaktuator (34) nicht mit aus einer Brennkammer, vorzugsweise einer Brennkraftmaschine, abgeleitetem Druck als antreibende Kraft betreibbar ist.

11. Ventilantrieb nach Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zusatzaktuator (34) hydraulisch und/oder pneumatisch und/oder elektrisch und/oder piezo-elektrisch und/oder magnetisch und/oder elektro-magnetisch antreibbar ist.

12. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass sowohl der Zusatzaktuator (34) als auch das Betätigungselement (21) hydraulisch und/oder pneumatisch betreibbar und vorzugsweise von einer gemeinsamen Systemdruckquelle (pS) speisbar sind.

13. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zusatzaktuator (34) das Betätigungselement (21) bei dem mehr Kraft benötigenden Hub während des gesamten Hubes unterstützt.

14. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zusatzaktuator (34) so ausgebildet ist, dass er nur auf einer Teilstrecke (h_p), vorzugsweise am Anfang, des vom Betätigungselement (21) auszuführenden Öffnungs- oder Schließhubes auf das Ventil (22) einwirkt.

15. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zusatzaktuator (34) die Energiezufuhr beendet, bevor das Ventil (22) eine seiner Endlagen erreicht.

16. Ventilantrieb nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass für den Zusatzaktuator (34) ein Anschlag (35) vorgesehen ist, den er erreicht, bevor das Ventil (22) eine seiner Endlagen erreicht.

17. Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ventilantrieb für ein Gasauslassventil oder ein Gaseinlassventil einer Brennkraftmaschine vorgesehen ist.

18. Brennkraftmaschine mit einem Ventilantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 17.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

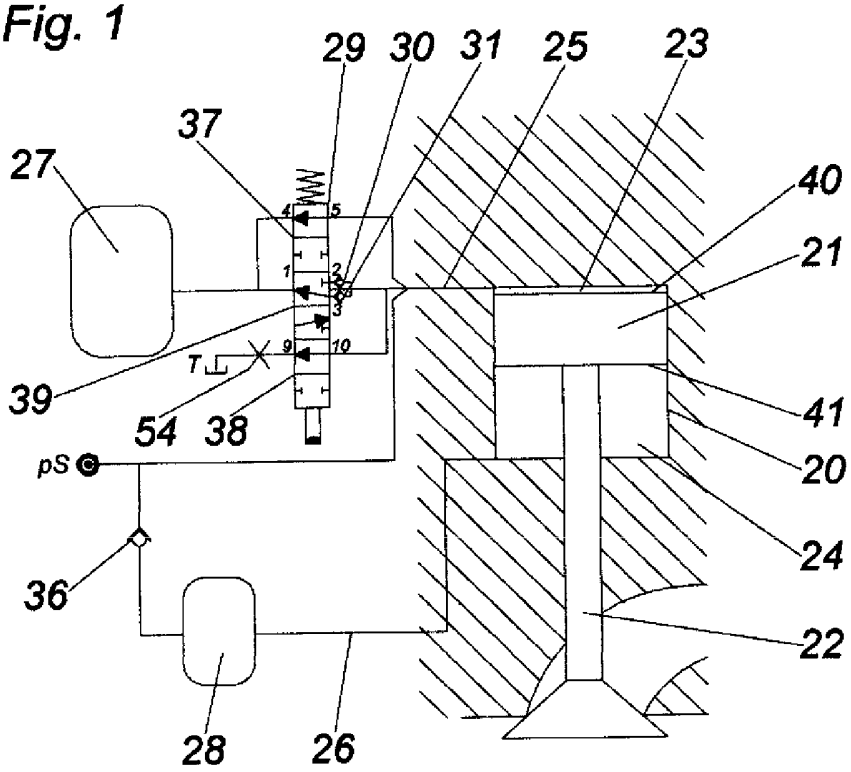
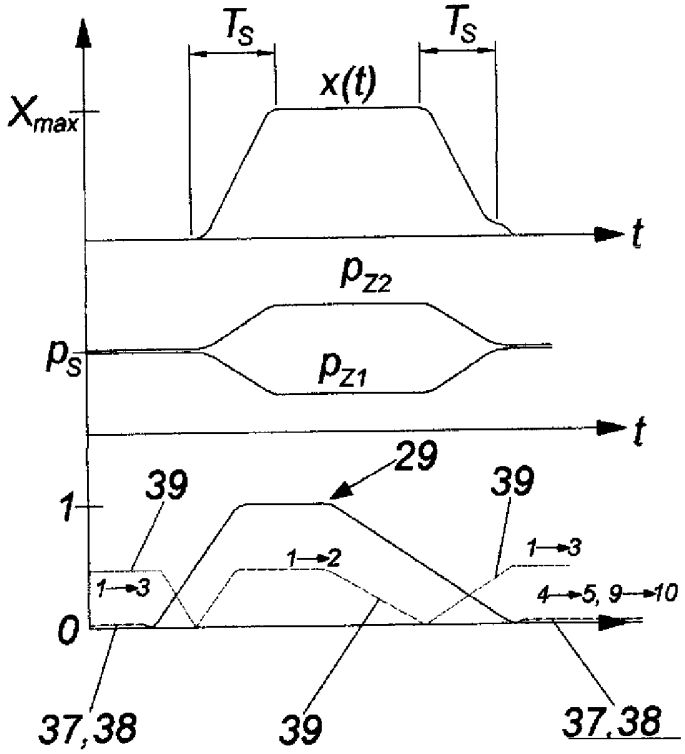


Fig. 2a

Fig. 2b

Fig. 2c



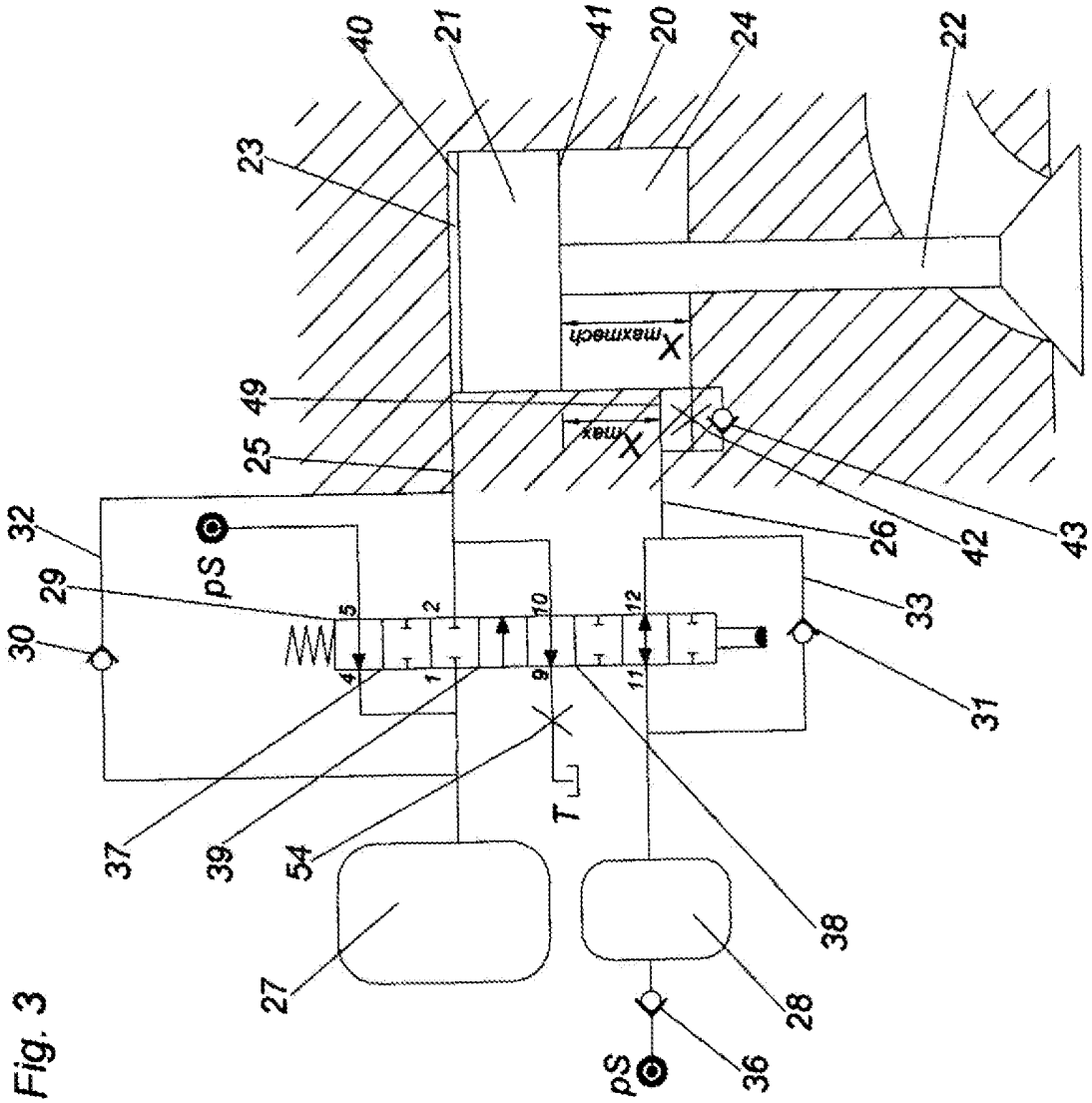

40
21
41
20
24
22
23
49
25
32
29
30
pS
26
42
43
33
31
37
39
54
T
38
27
28
36
pS

Fig. 3

Fig. 4

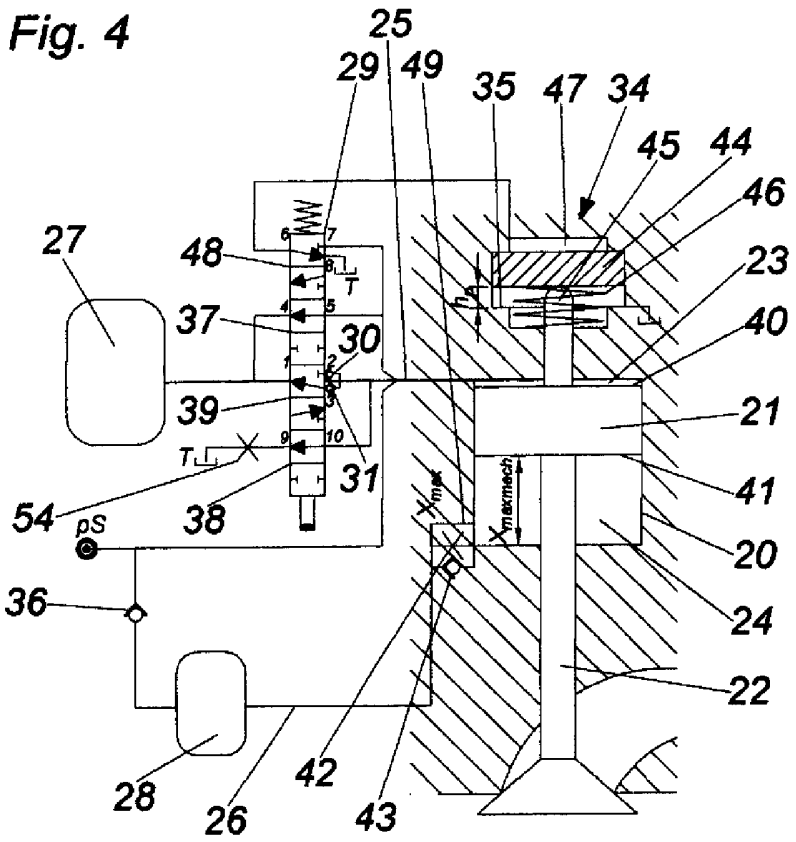


Fig. 5a

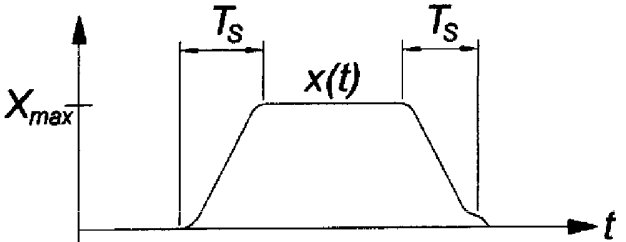


Fig. 5b

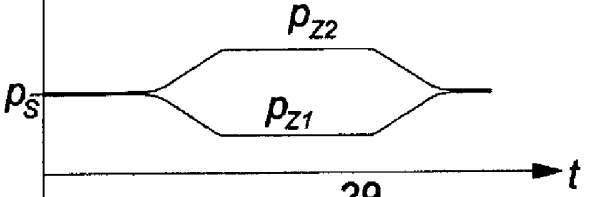


Fig. 5c

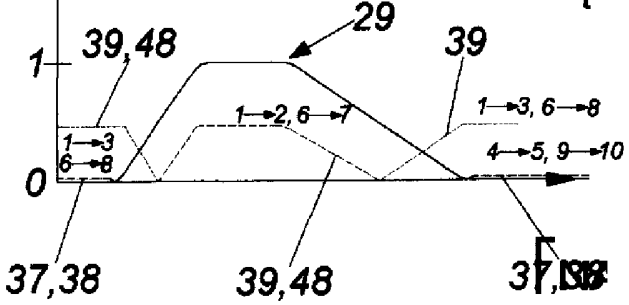


Fig. 6

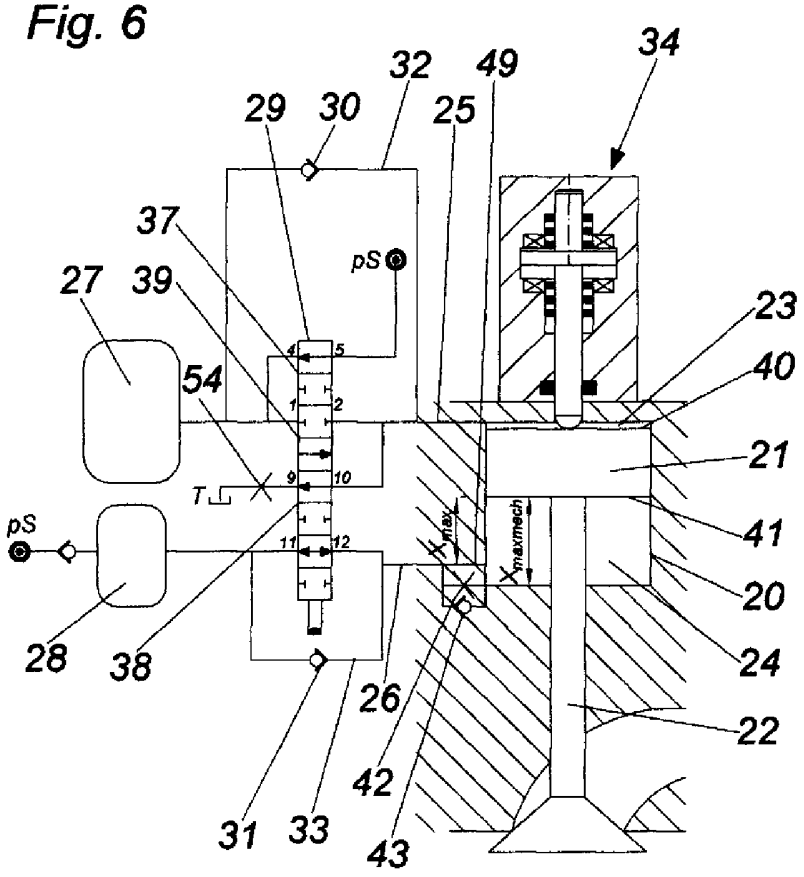


Fig. 7

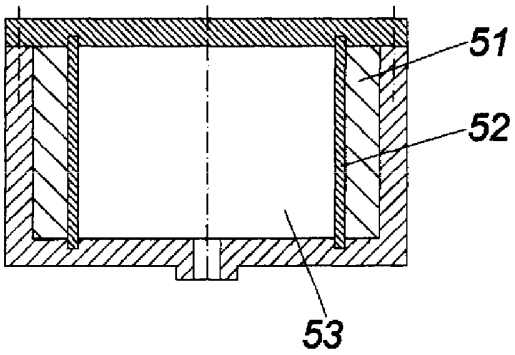


Fig. 8

