



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.06.2010 Patentblatt 2010/25

(51) Int Cl.:
F04B 1/20 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09014052.6**

(22) Anmeldetag: **10.11.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(72) Erfinder: **Rudik, Ruslan, Dr.**
72160 Horb (DE)

(74) Vertreter: **Beder, Jens et al**
Mitscherlich & Partner
Patent- und Rechtsanwälte
Postfach 33 06 09
80066 München (DE)

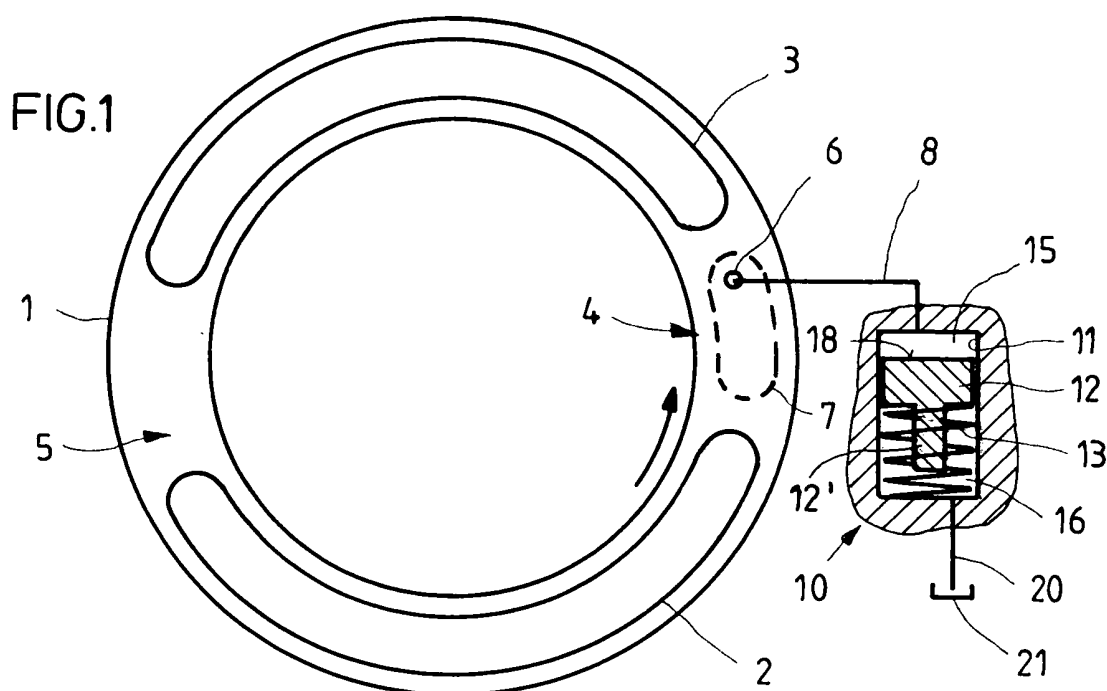
(30) Priorität: **16.12.2008 DE 102008062483**

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(54) **Axialkolbenmaschine mit Pulsationsminderung**

(57) Die erfindungsgemäße Axialkolbenmaschine weist eine Steuerplatte (1) und eine Zylindertrommel auf. Die Steuerplatte (1) weist eine erste und zweite Steueröffnung (2) und (3) auf zwischen denen sich jeweils ein Umsteuerbereich (4) und (5) befindet. Die Zylindertrommel ist bezüglich der Steuerplatte (1) drehbar und weist mindestens einen Zylinderraum auf, der unter Drehung der Zylindertrommel über eine Zylinderöffnung (7) abwechselnd mit der ersten und zweiten Steueröffnung (2)

und (3) verbunden ist. Zusätzlich weist die Axialkolbenmaschine ein Speicherelement (10) auf, das mit einem Umsteuerbereich (5) verbunden ist. Das Speicherelement (10) ist als Zylinder mit einem bewegbaren Kolben (12) ausgebildet, wobei auf der von der Zylinderöffnung (7) abgewandten Seite des Kolbens nur die Federkraft oder nur die Federkraft plus eine Druckkraft wirkt. Die Druckkraft entsteht dabei nur durch den Druck der Hochdruckseite 3 auf eine reduzierte Querschnittsfläche des Kolbens 12.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Axialkolbenmaschine mit reduzierter Druckpulsation.

[0002] Axialkolbenpumpen saugen bei einer Drehbewegung einer Zylindertrommel eine Hydraulikflüssigkeit, meist Öl, aus einer Niederdrucköffnung einer Steuerplatte in Zylinder und pressen bei einer weiteren Drehung der Zylindertrommel die Hydraulikflüssigkeit in eine Hochdrucköffnung der Steuerplatte. Jeder Zylinderkolben führt bei einer kompletten Drehung der Zylindertrommel eine Hubbewegung aus. Durch die ungleichmäßige kinematische Bewegung der Kolben entsteht ein ungleichmäßiger Auslassdruck am Zylinderausgang. Zudem wird vor dem Eintritt einer Verbindung mit dem Hochdruckbereich oft dessen Druck in dem Zylinder nicht erreicht. Es kommt dort beim Eintritt zu einer schlagartigen Druckerhöhung.

[0003] Die Überlagerung der Druckpulsation aller Zylinder in der Zylindertrommel führen zu einer Druckpulsation in der Hochdruck führenden Arbeitsleitung. Diese Druckpulsationen regen Körperschwingungen des Gehäuses und der an der Arbeitsleitung angeschlossenen Systeme an und erzeugen so ein hohes Maß an Körperschall.

[0004] Im Betrieb der Pumpe muss nach dem Umsteuern in die Hochdrucksteueröffnung in jedem einzelnen Zylinderraum zunächst der Betriebsdruck am Pumpenausgang erreicht werden, bevor der Kolben zu Volumenstromförderung beiträgt. Dazu muss das Ölvolumen im Zylinderraum über einen entsprechenden Umsteuerbereich komprimiert werden. Während der Kompression liefert der Zylinder keinen Volumenstrom an die Hochdruckseite. Bei größeren Druckunterschieden zwischen der Niederdruck- und der Hochdrucksteueröffnung ist oft der Umsteuerbereich nicht ausreichend, um den Druck in dem Zylinderraum auf das Betriebsdruck- oder Hochdruckniveau zu komprimieren. Wird der Kolbenraum nach dem Durchfahren des Umsteuerbereichs mit der Hochdruckseite verbunden, treten aufgrund des anstehenden Druckunterschieds Volumenströme auf, die zu Vibrationen und Geräuscentwicklungen führen.

[0005] Zur Minderung der Pulsation werden oft entweder Vorsteuerschlitze bzw. Dämpfungsbohrungen in dem Umsteuerbereich der Steuerplatte angebracht oder der Druck in den Zylinderräumen mittels Speicherelementen im Umsteuerbereich auf den Betriebsdruck angehoben. Die Verwendung von Vorsteuerschlitzen oder Dämpfungsbohrungen hat jedoch den Nachteil, dass der Volumenstrom für die Druckangleichung direkt der Hochdruckseite entnommen wird. Damit können zwar größere Druckstöße vermieden werden, die Möglichkeiten zur Minderung der Druckpulsation sind jedoch stark eingeschränkt.

[0006] Durch ein Speicherelement wird der Volumenstrom zur Druckangleichung dagegen nicht direkt der Hochdruckseite entnommen, sondern aus dem Speicherelement. Dadurch kann der Druck in dem Zylinder-

raum angepasst werden, ohne den Druck in der Hochdruck führenden Steueröffnung zu reduzieren. Der Volumenstrom zum Aufladen des Speicherelements hingegen kann über eine Drossel oder sonstige konstruktive Auslegungen über längere Zeit verzögert werden.

[0007] Ein solches Speicherelement ist in der deutschen Patentschrift DE 197 06 116 C2 offenbart. Das Speicherelement ist dabei über eine Bohrung in dem Umsteuerbereich der Steuerplatte mit den über den Umsteuerbereich rotierenden Zylinderöffnungen verbunden. Als Speicher werden entweder hydropneumatische oder Speicher mit einem elastischen Element, welches vorzugsweise aus Kunststoff besteht, verwendet.

[0008] Nachteilig an den aufgeführten hydropneumatischen Speicherelementen ist, dass vor allem die nachgiebige Umwandlung oder das Membranmaterial Alterungsprozessen unterworfen sind und eine dauerhafte Lösung nur mit einem höheren technischen Aufwand möglich ist. Darüber hinaus nehmen diese Speicherelemente aufgrund der erforderlichen Unterteilung in Öl- und Gasvolumen immer noch einen relativ großen Bauraum in Anspruch. Ein ölgefüllter Raum mit einem nachgiebigen Element muss ein sehr elastisches nachgiebiges Element aufweisen. Im Stand der Technik gibt es jedoch noch keine Erfahrungen mit solchen Kunststoffen mit einer guten Ölbeständigkeit und einer von der Temperatur unabhängigen Kompressibilität.

[0009] Neben den Methoden des Stands der Technik zur Vorkompression des Zylinderraums, z.B. durch eine gedrosselte Verbindung mit der Hochdruckseite, offenbart die amerikanische Patentschrift US 3,199,461 eine Methode zur Dekompression des Zylinderraums für den Fall eines zu hohen Drucks in dem Zylinderraum. Als Dekompressionseinrichtung wird ein Feder-vorgespannter Kolben genutzt, der von der Zylinderöffnung abgewandten Seite mit dem Betriebsdruck der Hochdruckseite beaufschlagt ist. Die Dekompressionseinrichtung ist über den Umsteuerbereich und der Zylinderöffnung mit dem Zylinderraum verbunden. Herrscht im Zylinderraum ein überhöhter Druck, d.h. größer als der Betriebsdruck plus das Druckäquivalent der Feder, verschiebt die in den Dekompressor fließende Hydraulikflüssigkeit die Kolbenposition bis der Druck in dem Zylinderraum dem des Betriebsdrucks plus das Druckäquivalent der Feder entspricht. Durch diese Anordnung lässt sich jedoch die Hydraulikflüssigkeit in dem Zylinderraum nicht vorkomprimieren, da die Dekompressionseinrichtung immer auf der Kolbenrückseite mit der Kraft der Feder und des Betriebsdrucks beaufschlagt wird. Bei einer Dekompression des Zylinderraums wird genau so viel Druckmittel hinter dem Kolben über die Verbindung zurück in die Hochdruck führende Steueröffnung gedrückt, wie aus dem Zylinderraum entnommen wurde. Die Dekompressionseinrichtung funktioniert also ähnlich wie ein Vorsteuerschlitze oder eine gedrosselte Verbindung, der oder die vor dem Verbinden des Zylinderraums mit der Hochdruck führenden Steueröffnung einen Druckausgleich mit der Steueröffnung erzielt. Eine vorteilhafte Speicherwirkung tritt

nicht auf.

[0010] Die Aufgabe ist es, eine Axialkolbenmaschine mit einer Einrichtung zur Vorkompression zu schaffen, welche die Probleme des Stands der Technik beseitigt. Das Speicherelement soll vor allem platzsparend, lang-

[0011] Die Aufgabe ist erfindungsgemäß durch eine Axialkolbenmaschine mit einer Steuerplatte und einer Zylindertrommel mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die Steuerplatte weist eine erste und zweite Steueröffnung auf, zwischen denen sich jeweils ein Umsteuerbereich befindet. Die Zylindertrommel ist bezüglich der Steuerplatte drehbar und weist mindestens einen Zylinderraum auf, der unter Drehung der Zylindertrommel über eine Zylinderöffnung abwechselnd mit der ersten und zweiten Steueröffnung verbunden ist. Zusätzlich weist die Axialkolbenmaschine ein Speicherelement auf, das mit dem Umsteuerbereich verbunden ist. Das Speicherelement ist als Zylinder mit einem bewegbaren Kolben zur Begrenzung eines veränderbaren Speichervolumens ausgebildet, wobei auf der von der Zylinderöffnung abgewandten Seite des Kolbens nur die Federkraft oder nur die Federkraft plus eine hydraulische Kraft wirkt. Die hydraulische Kraft entsteht dabei nur durch den Druck der Hochdruckseite auf eine reduzierte Quer-

[0012] Der Vorteil eines solchen mechanischen Speicherelements ist die geringe Einbaugröße und die lange Haltbarkeit.

[0013] Die Unteransprüche betreffen weitere vorteilhafte Weiterführungen der Axialkolbenmaschine.

[0014] Es ist vorteilhaft, die Zylinderöffnung in einem ersten Rotationszustand mit dem veränderbaren Speichervolumen und in einem zweiten Rotationszustand mit dem veränderbaren Speichervolumen und der Hochdruck führenden Steueröffnung zu verbinden. So kann in einem ersten Rotationszustand das Druckmittel in dem Zylinderraum durch die Verbindung mit dem gefüllten Speicherelement vorkomprimiert werden. Das durch die Vorkomprimierung zumindest teilweise entleerte Speicherelement wird in einem zweiten Rotationszustand durch die dann erzeugte Verbindung mit der Hochdruck führenden Steueröffnung wieder mit Hydraulikflüssigkeit aufgeladen.

[0015] Es ist besonders vorteilhaft, dass, wenn der Kolben nur durch eine Federkraft beaufschlagt ist, der durch die Speicherkolbenrückseite abgetrennte Speicherrückraum druckentlastet ist, z.B. durch eine Verbindungsleitung zu einem Tankvolumen. Dadurch herrscht im Speicherrückraum immer der gleiche Druck, der Tankdruck, und die durch den Atmosphärendruck erzeugte Kraft im Speicherrückraum bleibt konstant.

[0016] Zur Begrenzung der Hubbewegung des Kolbens ist vorzugsweise an dem Kolben ein Anschlag vorgesehen.

[0017] Für den zweiten Fall, wenn der Kolben zusätzlich durch eine hydraulische Kraft beaufschlagt ist, ist es

vorteilhaft, dass der durch die Speicherkolbenrückseite abgetrennte Speicherrückraum eine Aufnahmeausnehmung mit reduzierter Querschnittsfläche aufweist, welche durch die Aufnahme eines Anschlags des Speicherkolbens einen zweiten, abgedichteten Rückraum abschließt. Wird dieser zweite Rückraum mit der Hochdruck führenden Steueröffnung verbunden, so kann eine Feder geringerer Kraft eingesetzt werden und die verlorene Hydraulikflüssigkeit in der Steueröffnung beim Aufladen des Speicherelements über diese Verbindung teilweise wieder zurückgegeben werden. Weist diese Verbindung weiterhin eine Drossel auf, wird das Speicherelement nur langsam aufgeladen und ein plötzlicher Druckabfall durch den Aufladevorgang wird vermieden. Damit wird eine besonders gute Pulsationsminderung erreicht.

[0018] Zusätzlich ist es vorteilhaft, dass die Federkraft aus einem Federpaket mit einer langen und einer kurzen Feder besteht. Dadurch wird der ausgefahrene Kolben nur noch mit der Kraft der langen, schwächeren Feder beaufschlagt und der Kolben schlägt weicher an.

[0019] Die Vorspannung der kürzeren Feder kann dabei bei einer weiteren vorteilhaften Ausführung einstellbar sein. Dadurch lässt sich die Vorkomprimierung des Zylinderraums an den jeweiligen Betriebszustand anpassen.

[0020] Die Erfindung wird nachstehend anhand schematischer Darstellungen an einem Ausführungsbeispiel und Ausführungsformen beispielhaft näher erläutert. Übereinstimmende Bauteile sind dabei mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels der Steuerplatte und des Speicherelements der erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine in einem ersten Rotationszustand;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels der Steuerplatte und des Speicherelements der erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine in einem zweiten Rotationszustand;

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels der Steuerplatte und des Speicherelements der erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine; und

Fig. 4 eine vereinfachte Darstellung einer Axialkolbenmaschine zur Erläuterung von deren Funktion.

[0021] Bevor eine konkrete Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine erläutert wird, soll zunächst deren prinzipieller Aufbau anhand der Fig. 4 erläutert werden.

[0022] Die Axialkolbenmaschine 40 umfasst eine Triebwelle 41, über die eine drehfest mit der Triebwelle

41 verbundene Zylindertrommel 42 innerhalb des Gehäuses der Axialkolbenmaschine 40 gedreht werden kann. In der Zylindertrommel 42 sind über einen Umfang verteilt mehrere sich in Längsrichtung erstreckende Zylinderbohrungen 44 ausgebildet. In den Zylinderbohrungen 44 sind jeweils Kolben 45 längsverschieblich angeordnet. Die Kolben 45 stützen sich an einer nicht dargestellten Schrägscheibe ab und führen somit bei einer Drehung der Triebwelle 41 und damit der Zylindertrommel 42 eine Hubbewegung in dem jeweiligen Zylinderraum aus. Auf der von der Schrägscheibe abgewandten Seite sind die Zylinderbohrungen 44 zur Stirnseite der Zylindertrommel 42 hin über jeweils eine Öffnung 7 offen. Die Öffnungen 7 stehen mit einem ersten oder einem zweiten Arbeitskanal 46, 47 bei einer Drehung der Zylindertrommel 42 wechselweise in Kontakt.

[0023] Die Arbeitskanäle 46 und 47 sind in einem ein Gehäuse der Axialkolbenmaschine 40 verschließenden Steuerdeckel 48 ausgebildet. Zwischen dem Steuerdeckel 48 und der Zylindertrommel 42 ist eine Steuerplatte 1 angeordnet, die über Steueröffnungen 2, 3 verfügt, die sich in nachfolgend noch gezeigter Weise entlang der durch die Öffnungen 7 beschriebenen Kreisbahn erstrecken.

[0024] Die Steuerplatte 1 hat eine ebene Seite, mit der sie an dem Steuerdeckel 48 dichtend anliegt. Die davon abgewandte Seite steht mit einer Stirnfläche der Zylindertrommel 42 gleitend dichtend in Kontakt. Die Stirnfläche der Zylindertrommel 42 und die Geometrie der dieser Stirnfläche zugewandten Seite der Steuerplatte 1 sind hierzu korrespondierend zueinander ausgeführt.

[0025] Fig. 1 und 2 zeigen die Steuerplatte 1, auch Steuerspiegel genannt, eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine. In den beschriebenen Ausführungsbeispielen werden speziell Axialkolbenpumpen beschrieben. Die Steuerplatte 1 zeigt die erste Steueröffnung 2 und die zweite Steueröffnung 3, die mit einer Niederdruck- bzw. einer Hochdruckarbeitsleitung über den Steuerdeckel 48 verbunden sind.

[0026] Auf der Steuerplatte 1 ist die dargestellte Zylindertrommel 42 drehbar bezüglich der Steuerplatte 1 abgestützt. Das Volumen der Zylinderräume wird durch die in den Zylinderbohrungen 44 bewegbaren Kolben 45 variiert. Fig. 1 und 2 zeigen zwei Rotationspositionen einer exemplarischen Zylinderöffnung 7 bei einer Drehung der Zylindertrommel 42.

[0027] In einer Axialkolbenpumpe 40 saugt ein Kolben 45, dessen Zylinderraum über eine Zylinderöffnung 7 mit der ersten Steueröffnung 2 der Niederdruckseite in Verbindung steht, bei einer Drehung der Zylindertrommel 42 über z.B. die erste Steueröffnung 2 Hydraulikflüssigkeit in den sich vergrößernden Zylinderraum. Die Drehrichtung ist in Fig. 1 und 2 durch einen Pfeil markiert. Bei einer weiteren Drehung überstreicht die Zylinderöffnung 7 den ersten Umsteuerbereich 4, in dem er den maximalen Hub, d.h. das maximale Zylinderraumvolumen, erreicht. Nach Erreichen des maximalen Hubs bewegt sich

der Kolben 45 wieder in entgegen gesetzter Richtung und komprimiert das enthaltene Hydrauliköl bis zur ersten Verbindung der Zylinderöffnung 7 mit der zweiten, Hochdruck führenden Steueröffnung 3. In Fig. 1 ist im Umsteuerbereich 4 gestrichelt die Position der Zylinderöffnung 7 beim Komprimieren des Hydrauliköls gezeigt.

[0028] Bei einer weiteren Rotation der Zylindertrommel 42 entsteht eine Verbindung mit der zweiten Steueröffnung 2 und das komprimierte Hydrauliköl wird aus dem sich durch den Hub des Kolbens 45 verkleinernden Zylindervolumen in die zweite Steueröffnung 3 gedrückt. Diese ist mit einer nicht gezeigten Arbeitsleitung verbunden. Das unter Hochdruck stehende Hydrauliköl wird über die Arbeitsleitung zum Antreiben eines Motors oder sonstigen hydraulischen Verbrauchers genutzt. Nach dem Beenden der vollständigen Rotation der Zylindertrommel 42 saugt der Kolben 45 wieder Hydrauliköl in den Zylinderraum, welches von dem Verbraucher zurückkommt oder aus einem separaten Hydrauliköltank 21 stammt, über die erste Steueröffnung 2 ein und der Prozess beginnt von Neuem.

[0029] Bei geringen Schrägscheibenwinkeln, d.h. bei geringen Kolbenhüben, und/oder bei einem großen Druckunterschied zwischen der ersten und zweiten Steueröffnung 2, 3 und/oder bei in Drehrichtung kurzen Umsteuerbereichen 4 genügt die Länge des ersten Umsteuerbereichs 4 nicht, um das Hydrauliköl in der Zylinderbohrung 44 auf den Betriebsdruck in der zweiten Steueröffnung 3 zu komprimieren. Deshalb wird der Umsteuerbereich 4 erfindungsgemäß über eine Bohrung 6 in der Steuerplatte 1 und über eine Hydraulikleitung 8 mit einem hydromechanischen Speicherelement 10 verbunden. Die Bohrung 6 wird dabei so angebracht, dass die Zylinderöffnung 7 in keinem Rotationszustand gleichzeitig mit der ersten Niederdruck führenden Steueröffnung 2 und mit dem Speicherelement 10 verbunden ist. Gleichzeitig ist die Bohrung 6 so angebracht, dass sie in einem ersten Rotationszustand eines Zylinderraums 44 nur die Zylinderbohrung 44 mit dem Speicherelement 10 verbindet und dass sie in einem zweiten Rotationszustand über die Zylinderöffnung 7 auch mit der zweiten Steueröffnung 3 verbunden ist, wie es in Fig. 2 dargestellt ist. Der erste Rotationszustand sollte dabei so lange andauern, wie es nötig ist, das benötigte Hydrauliköl des Speicherelements 10 in den Zylinderraum zu entleeren. Dies kann durch die gezeigte nierenförmige Geometrie der Öffnung 7 erreicht werden.

[0030] Das Speicherelement 10 ist in dem ersten Ausführungsbeispiel aus Fig. 1 und 2 durch einen in einer vorzugsweise zylindrischen Gehäuseausnehmung 11 angeordneten, bewegbaren Kolben 12 in zwei Kammern 15 und 16 getrennt. Die erste Kammer 15 wird durch die Wände der Gehäuseausnehmung 11 und die Fläche 18 des bewegbaren Kolbens 12 begrenzt und steht über die gegenüber dem Kolben 12 in die erste Kammer 15 mündende Verbindungsleitung 8 mit dem Umsteuerbereich 4 in Verbindung. Die erste Kammer 15 bildet das Speichervolumen. Die zweite Kammer 16, die sogenannte

Federkammer, weist eine Feder 13 auf, die den Kolben 12 gegen den in der ersten Kammer 15 wirkenden Druck vorspannt. Die Federkammer ist gegenüber dem Speichervolumen getrennt und über die Leitung 20 mit dem Tankvolumen oder Pumpengehäuse 21 verbunden, d.h. die Federkammer ist druckentlastet. Dadurch herrscht unabhängig vom Speichervolumen und vom Speicherdruck des Speicherelements 10 immer ein konstanter Druck der Atmosphäre oder Pumpengehäusedruck im Federraum 16. Die Kapazität des Speicherelements 10 kann durch die Federsteifigkeit, die Kolbenfläche 18 und den Kolbenhub konstruktiv festgelegt werden. Aufgrund der sehr kompakten Bauweise kann ein solches Speicherelement 10 z.B. in eine Anschlussplatte bzw. den Steuerdeckel 48 oder auch eine Ventilzwischenplatte integriert werden.

[0031] Der Kolben 12 in dem Speicherelement 10 weist einen natürlichen ersten Anschlag durch die Gehäuseausnehmung 11 des Speicherelements 10 bei minimalen Speichervolumen und einen zweiten Anschlag des Kolbens 12 bei maximalem Speichervolumen auf. Der zweite Anschlag kann z.B. durch eine radiale Stufe des Gehäuses im Bereich des Federraums gebildet werden. Alternativ kann, wie in Fig. 1 und 2 gezeigt, der Anschlag auch durch eine am Kolben 12 in den Federraum gerichteten Fortsatz 12' bestimmter Länge realisiert sein, wobei der Fortsatz bei maximalem Speichervolumen an der Gehäuseausnehmung 11 anschlägt.

[0032] Vorzugsweise wird anstatt einer Feder 13 ein Federpaket mit einer kurzen und einer längeren Feder als den Kolben 12 vorspannendes Element des Speicherelements 10 verwendet. Dadurch wirkt kurz vor dem Erreichen des ersten Anschlags an der Gehäuseausnehmung 11 nur noch die lange, schwächere Feder und der Anschlag geht weicher vonstatten. Es tritt ein geringerer Verschleiß auf, das Speicherelement 10 hält wesentlich länger und es können günstigere Materialien für den Kolben 12 verwendet werden. Zusätzlich ist es vorteilhaft, die Länge der kürzeren Feder, z.B. durch eine Schraube, verstellbar zu realisieren. Somit kann die Steifigkeit des Federpakets 13 und somit die Kompressibilität des Speicherelements 10 an die jeweiligen Betriebszustände angepasst werden.

[0033] Kurz nach der Trennung der Zylinderöffnung 7 von der ersten Steueröffnung 2, tritt die Zylinderöffnung 7 in Kontakt mit der Bohrung 6 und befindet sich in dem oben definierten ersten Rotationszustand Fig. 1. Kurz vor dem ersten Rotationszustand herrscht im Speicherraum 15 des Speicherelements 10 der Betriebsdruck der zweiten Steueröffnung 3. Wird nun im ersten Rotationszustand die Zylinderbohrung 44 über die Zylinderöffnung 7, die Bohrung 6 und die Verbindungsleitung 8 mit dem Speicherraum 15 verbunden, kommt es zu einem Druckausgleich zwischen dem Speicherraum 15 und dem Zylinderraum. Aufgrund des Druckabfalls im Speichervolumen kommt es zu einem Kräfteungleichgewicht zwischen der Federkraft der Feder 13 und der Druckkraft auf die druckwirksame Fläche 18 und es wird solange

Druckmittel aus der ersten Kammer 15 in den Zylinderraum 44 gedrückt, bis sich ein Druckgleichgewicht einstellt. Es ist vorteilhaft, die Federkraft so einzustellen, dass diese nahezu der Druckkraft des Betriebsdrucks in der zweiten Steueröffnung 3 auf die Fläche 18 entspricht. Somit sorgt die Feder 13 für eine Vorkomprimierung des Druckmittels in dem Zylinderraum auf etwa den Betriebsdruck in der zweiten Steueröffnung 3.

[0034] Dem Fachmann ist klar, dass das Gesamtvolumen aus Speichervolumen und Zylinderraum 44 gleichzeitig durch den Zylinderkolbenhub und das Kräfteungleichgewicht am Federvorgespannten Kolben 12 verkleinert wird. Die Kompressibilität des Speicherelements 10 muss an Betriebsbedingungen, d.h. den Betriebsdruck in der zweiten Steueröffnung 3, angepasst werden. Wie bereits beschrieben, kann die Kompressibilität des Speicherelements 10 durch eine Verstellung der Vorspannung der kleineren Feder des Federpakets 13 eingestellt werden. Die Größenordnung des benötigten Speicherraumvolumens wird durch die fehlende Komprimierung durch den Zylinderkolbenhub im Umsteuerbereich 4 festgelegt.

[0035] Kurz vor dem zweiten Rotationszustand der Zylindertrommel 42 (Fig. 2), d.h. kurz vor der Verbindung der Zylinderöffnung 7 mit der zweiten Steueröffnung 3, herrscht in dem Zylinderraum der durch die Feder 13 bzw. das maximal zur Verfügung stehende Speichervolumen festgelegte Druck, der optimaler Weise nahezu dem Betriebsdruck in der zweiten Steueröffnung 3 entspricht. Entsteht nun die Verbindung der Zylinderbohrung 44 über die Zylinderöffnung 7 mit der zweiten Steueröffnung 3, wie es in Fig. 2 dargestellt ist, so kommt es nicht mehr zu einem größeren Druckeinbruch in der zweiten Steueröffnung 3. Druckpulsationen ausgehend von der zweiten Steueröffnung 3 und sich ausbreitend in der Arbeitsleitung werden so vermieden. Das Hydrauliköl des Zylinderraums kann bei konstantem Druck bei Rotation der Zylindertrommel 42 über die zweite Steueröffnung 3 in die Arbeitsleitung gepumpt werden.

[0036] In dem zweiten Rotationszustand wird über die Steueröffnung 7, die Bohrung 6 und die Verbindungsleitung 8 auch der Speicherraum 15 mit der zweiten Steueröffnung 3 verbunden. Da die Federkraft der Feder 13 einem Druckäquivalent unterhalb des Betriebsdrucks der zweiten Steueröffnung 3 entspricht, wird in dem zweiten Rotationszustand der Zylindertrommel 42 die erste Kammer 15 mit Hydrauliköl gefüllt, da die Druckkraft im Speichervolumen 15 größer ist als die Federkraft auf den Kolben 12 an dessen Rückseite. Der Speicherraum 15 wird vorzugsweise solange befüllt, bis ein maximales Speichervolumen erreicht ist, d.h. der zweite Anschlag des Kolbens 12 erreicht ist, oder der Druck in der ersten Kammer 15 dem Druck der Hochdruckseite angeglichen ist, oder die Verbindung des Speicherraums 15 mit der zweiten Steueröffnung 3 durch Weiterrotation der Zylindertrommel 42 beendet wird. So wird das Speicherelement 10 wieder befüllt, um den nächsten Zylinder 45 in der Zylindertrommel 42, der über den Umsteuerbereich 4

streichen wird, vorzukomprimieren.

[0037] Fig. 3 stellt ein zweites Ausführungsbeispiel des Speicherelements 30 der erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine 40 dar. Gleiche Elemente der Axialkolbenmaschine 40 werden mit den entsprechenden Referenzzeichen aus Fig. 1 und 2 bezeichnet und werden nicht noch einmal beschrieben.

[0038] Das Speicherelement 30 ist weiterhin durch den Kolben 12 in eine erste Kammer 15 und eine druckentlastete zweite Kammer 16' aufgeteilt. Die Gehäuseausnehmung 11 weist gegenüber der Mündung der Verbindung 8 mittig eine weitere zylindrische Aufnahmeausnehmung 33 mit einer im Vergleich zu der Gehäuseausnehmung 11 im Bereich der ersten Kammer 15 und der zweiten Kammer 16' reduzierten Querschnittsfläche auf. Die Aufnahmeausnehmung 33 nimmt den Fortsatz 12' auf und bildet eine in der Aufnahmeausnehmung 33 durch die Stirnfläche 19 des Fortsatzes abgegrenzte dritte Kammer 17 aus. Der Fortsatz 12' ist gedichtet in der Aufnahmeausnehmung 33 gleitend geführt, so dass die weiterhin druckentlastete Federkammer gegenüber der dritten Kammer 17 abgetrennt ist und in der Federkammer nur Atmosphärendruck oder Pumpengehäusedruck wirkt. Die Stirnfläche 19 entspricht der Querschnittsfläche der Aufnahmeausnehmung 33.

[0039] Die dritte Kammer 17 ist über eine Verbindungsleitung 31 mit der zweiten Hochdruck führenden Steueröffnung 3 verbunden. Dadurch herrscht in der dritten Kammer 17 der Betriebsdruck der zweiten Steueröffnung 3 und die Feder 13 oder das entsprechende Federpaket kann um so viel weicher und kürzer ausgeführt sein, dass die Federkraft um die Druckkraft des Betriebsdrucks auf die druckwirksame Fläche 19 reduziert wird. Dies hat den Vorteil, dass die Baulänge des Speicherelements 30 weiter verkürzt werden kann. Zusätzlich ergibt sich der Vorteil, dass sich die Beaufschlagung des Kolbens 12 mit einer Vorspannkraft in dem Speicherelement 30 proportional zu dem Betriebsdruck einstellt. Wichtig ist dabei, dass die druckwirksame Fläche 19 in der dritten Kammer 17 gegenüber der druckwirksamen Fläche 18 reduziert ist, um weiterhin ein Aufladen des Speicherelements 30 im zweiten Rotationszustand eines jeden Zylinders zu garantieren.

[0040] Diese Ausführung hat auch den Vorteil, dass bereits vor dem zweiten Rotationszustand, d.h. vor der Verbindung der Zylinderbohrung 44 mit der zweiten Steueröffnung 3, ein geringer Volumenstrom aus der zweiten Steueröffnung 3 in die dritte Kammer 17 fließt. Somit wird der Druck in der zweiten Steueröffnung 3 in Vorbereitung auf die Verbindung mit dem etwas niedriger bedrückten Zylinderraum geringfügig und vor allem langsam reduziert. Dadurch werden selbst die kleinen noch auftretenden plötzlichen Druckänderungen teilweise ausgeglichen. In dem zweiten Rotationszustand der Zylindertrommel 42 wird die entnommene Hydraulikflüssigkeit aus der zweiten Steueröffnung 3 zum Füllen des Speichervolumens in geringem Maße mit dem aus der dritten Kammer 17 zurückfließenden Hydrauliköl volumen aus-

geglichen. Auch dadurch wird selbst der geringe plötzliche Druckabfall in der zweiten Steueröffnung 3 durch das Auffüllen des Speicherelements 30 noch reduziert.

[0041] Vorzugsweise wird an der Verbindungsleitung 31 zwischen der dritten Kammer 17 und der zweiten Steueröffnung 3 eine Drossel 32 angebracht. Durch diese Drossel 32 werden die Volumenströme aus der zweiten Steueröffnung 3 in die Speicherkammer 15 verlangsamt, da das Hydrauliköl nur langsam aus der dritten Kammer 17 in die zweite Steueröffnung 3 zurückfließen kann. Der Kolbenhub in dem Speicherelement 30 wird ebenfalls verlangsamt.

[0042] Gewichtskräfte und Reibungskräfte in dem Speicherelement 10 bzw. 30 können gegenüber den wirkenden Kräften der Feder 13 und den herrschenden Druckkräften vernachlässigt werden. Kräfte durch den Normaldruck, wie sie z.B. im Federraum auf den Kolben 12 wirken, werden in der Anmeldung nicht explizit erwähnt.

[0043] Die Ausführungsbeispiele wurden für eine Axialkolbenpumpe beschrieben, sind aber nicht beschränkt auf diese, sondern können auch in allgemeinen verstellbaren hydrostatischen Maschinen eingesetzt werden, indem das Speicherelement 10 oder 30 nur im Pumpenbetrieb verbunden wird.

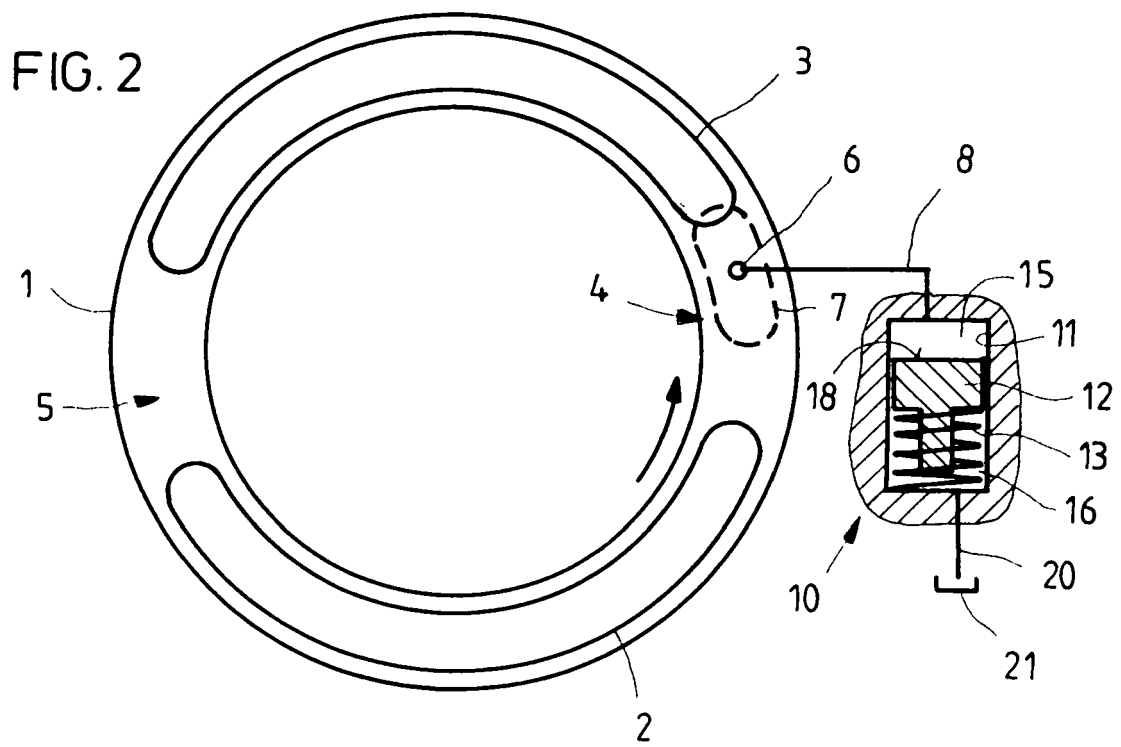
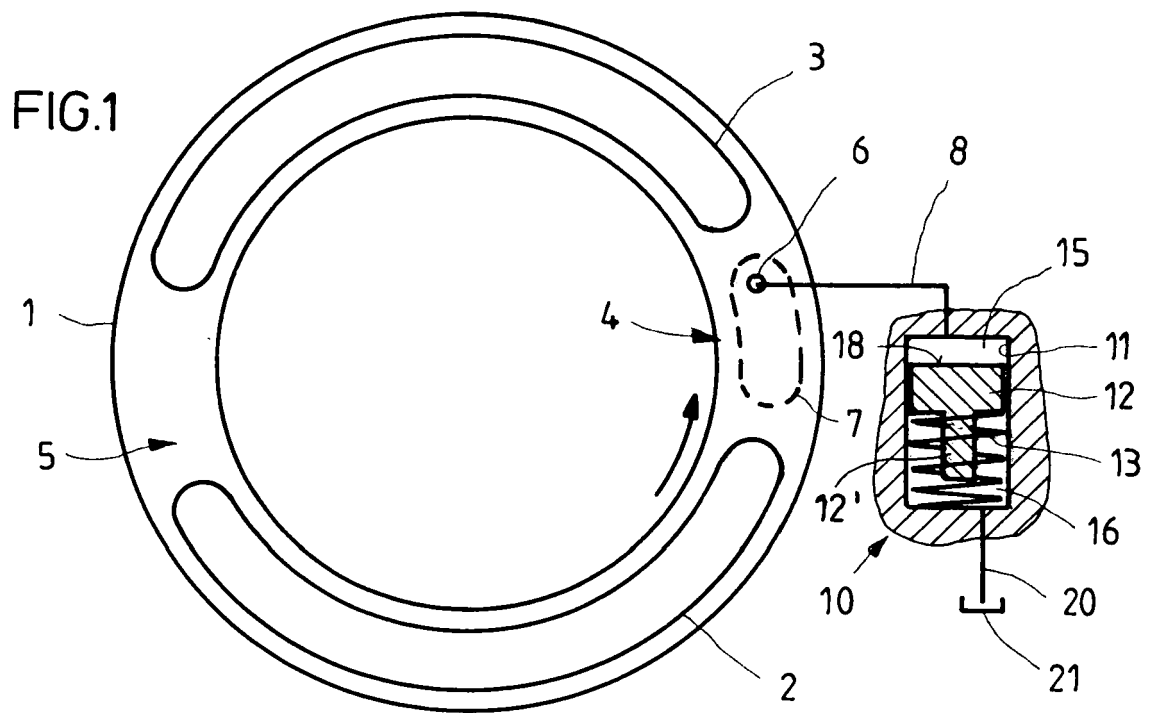
[0044] Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte Ausführungsbeispiel beschränkt. Vielmehr sind auch einzelne Merkmale der erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine in vorteilhafter Weise kombinierbar.

Patentansprüche

1. Axialkolbenmaschine aufweisend eine Steuerplatte (1), die eine erste Steueröffnung (2), eine zweite Steueröffnung (3) und jeweils einen zwischen den beiden Steueröffnungen (2, 3) angebrachten ersten und zweiten Umsteuerbereich (4, 5) aufweist, eine bezüglich der Steuerplatte (1) drehbar angeordnete Zylindertrommel (42) mit mindestens einer Zylinderbohrung (44), die über eine Zylinderöffnung (7) bei Rotation der Zylindertrommel (42) abwechselnd mit der ersten und zweiten Steueröffnung (2, 3) verbunden ist, und ein im Volumen veränderbares Speicherelement (10, 30), das mit einem der Umsteuerbereiche (4, 5) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Speicherelement (10, 30) ein durch einen federbeaufschlagten Kolben (12) veränderbares Speichervolumen (15) aufweist und eine Kolbenrückseite entweder nur durch eine Federkraft oder durch eine Federkraft und eine hydraulische Kraft beaufschlagt ist, wobei die hydraulische Kraft durch einen wirkenden Druck der Hochdruck führenden Steueröffnung (3) auf eine reduzierte Querschnittsfläche (19) erzeugt ist.

2. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 1,

- dadurch gekennzeichnet,**
dass die Zylinderöffnungen (7) in einem ersten Rotationszustand mit dem veränderbaren Speichervolumen (15) und in einem zweiten Rotationszustand mit dem veränderbaren Speichervolumen (15) und der Hochdruck führenden Steueröffnung (3) verbunden ist. 5
3. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, 10
dass in dem ersten Rotationszustand die auf die Speicherkolbenrückseite wirkenden Kräfte größer als die auf die Speicherkolbenvorderseite (18) wirkenden Kräfte sind. 15
4. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass in dem zweiten Rotationszustand die auf die Speicherkolbenrückseite wirkenden Kräfte kleiner als die auf die Speicherkolbenvorderseite (18) wirkenden Kräfte sind. 20
5. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, 25
dass auf der Kolbenrückseite des Kolbens (12) einen Anschlag zur Begrenzung einer Hubbewegung ausgebildet ist.
6. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, 30
dadurch gekennzeichnet,
dass eine auf der Kolbenrückseite ausgebildete Federkammer (16, 16') druckentlastet ist. 35
7. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass zusätzlich zu der Federkammer (16') eine Aufnahmeausnehmung (33) mit gegenüber der Querschnittsfläche des Kolbens reduzierter Querschnittsfläche ausgebildet ist, in welcher der an dem Kolben (12) ausgebildete Fortsatz als Anschlag dichtend geführt ist, wodurch eine dritte abgedichtete Kammer (17) ausgebildet ist. 40 45
8. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die dritte Kammer (17) über eine Verbindung (31) mit der Hochdruck führenden Steueröffnung (3) verbunden ist. 50
9. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Verbindung (31) zwischen der dritten Kammer (17) und der Hochdruck führenden Steueröffnung (3) eine Drossel (32) aufweist. 55
10. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1
- bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Federkraft aus einem Federpaket (13) mit einer langen und einer kurzen Feder besteht.
11. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Vorspannung der kürzeren Feder einstellbar ist.



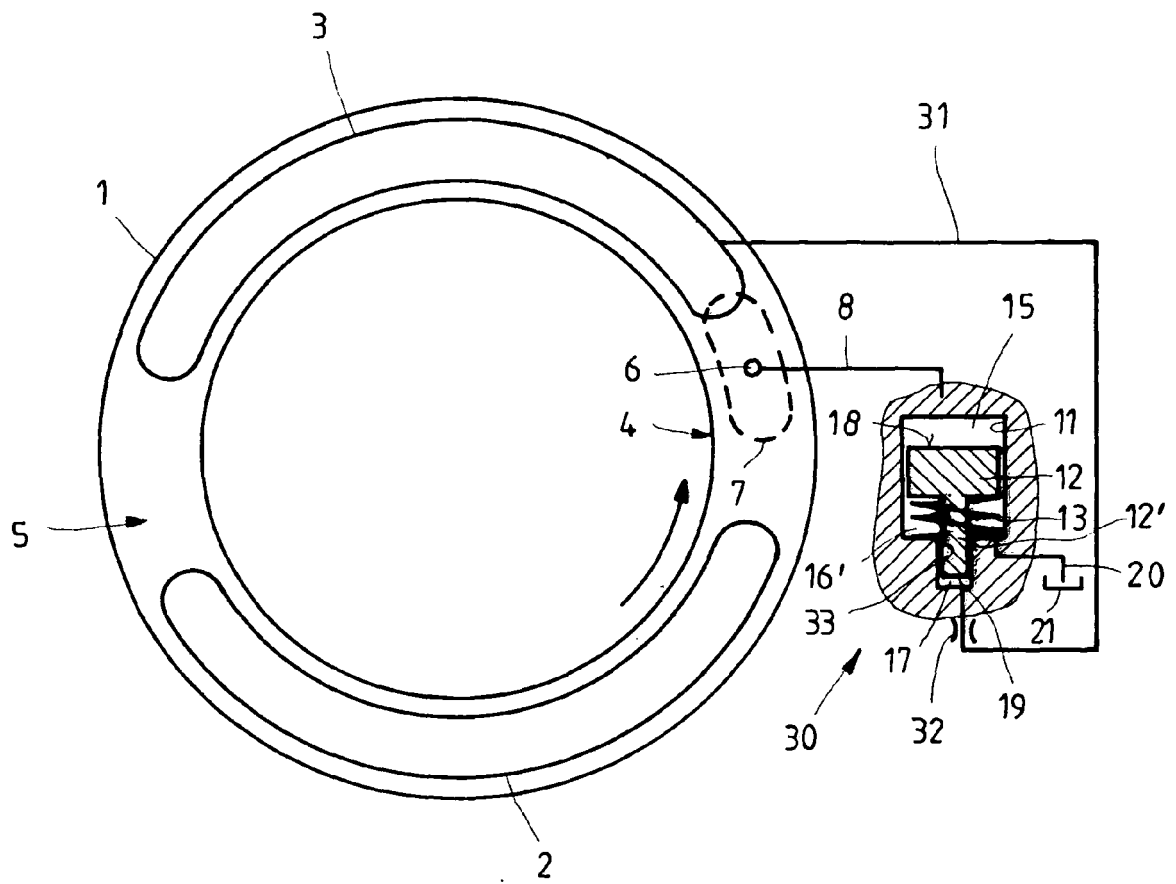
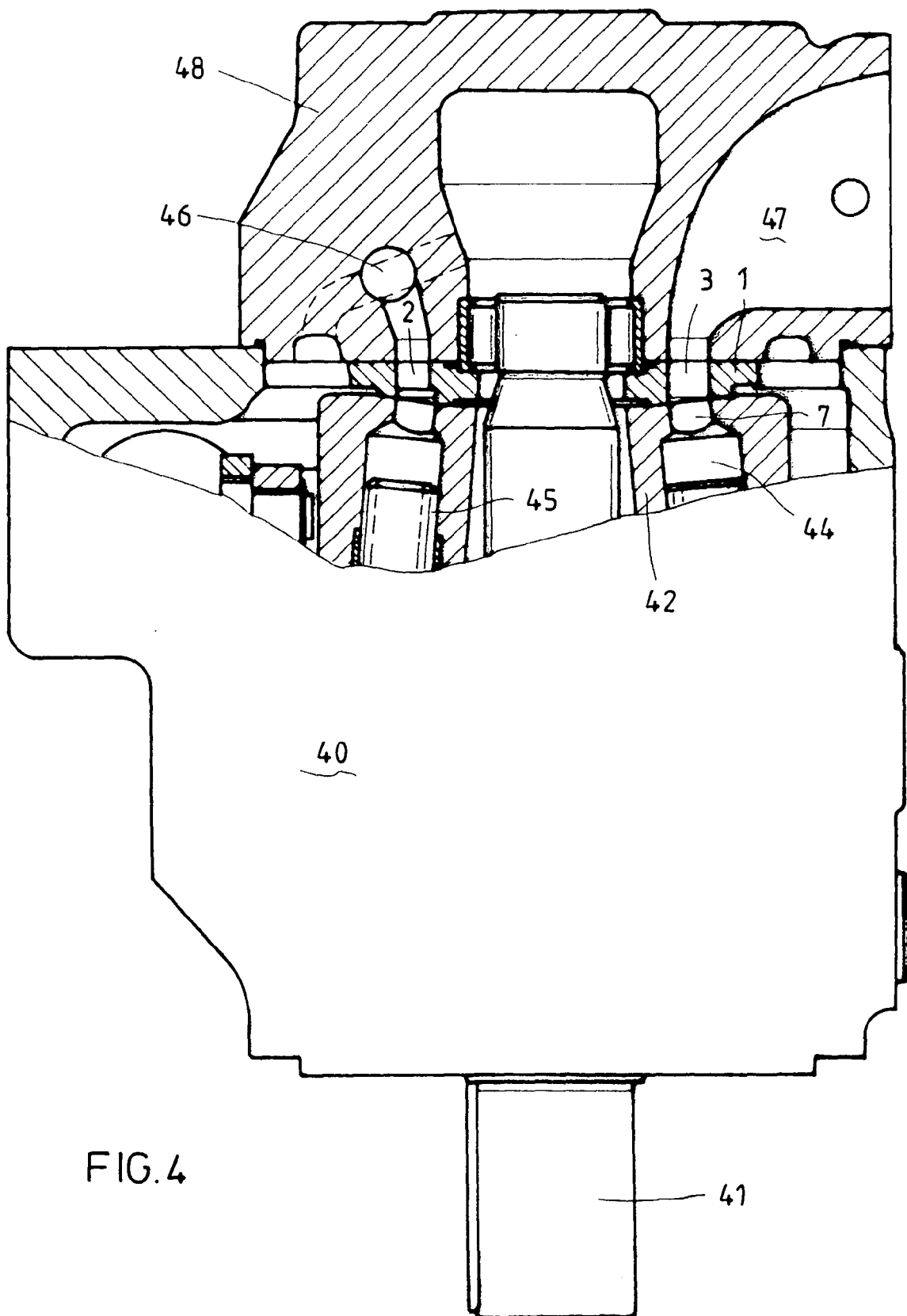


FIG.3



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 19706116 C2 [0007]
- US 3199461 A [0009]