



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.09.2015 Patentblatt 2015/39

(21) Anmeldenummer: **14161072.5**

(22) Anmeldetag: **21.03.2014**

(51) Int Cl.:
F04B 1/04 (2006.01) **F04B 1/047** (2006.01)
F04B 1/053 (2006.01) **F04B 1/06** (2006.01)
F03C 1/36 (2006.01) **F03C 1/34** (2006.01)
F03C 1/40 (2006.01) **F03C 1/047** (2006.01)
F03C 1/053 (2006.01)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL 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 RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **MOOG GmbH**
71034 Böblingen (DE)

(72) Erfinder:
• **Becher, Dirk**
71154 Nufringen (DE)

• **Kentschke, Tino**
71263 Weil der Stadt (DE)
• **Helbig, Achim**
70184 Stuttgart (DE)

(74) Vertreter: **Wittmann, Ernst-Ulrich et al**
Fleuchaus & Gallo Partnerschaft mbB
Patent- und Rechtsanwälte
Steinerstrasse 15/A
81369 München (DE)

(54) **Hydrostatische Radialkolbenmaschine mit drei hydraulischen Anschlüssen und Steuerfenstern zur Ansteuerung eines Differentialzylinders**

(57) Die Erfindung betrifft eine hydrostatische Radialkolbenmaschine, insbesondere eine hydrostatische Radialkolbenmaschine zur Ansteuerung eines Differentialzylinders. Erfindungsgemäß weist die hydrostatische Maschine in Radialkolbenbauweise einen Steuerzapfen in einem Gehäuse auf, wobei die hydrostatische Maschine drei hydraulische Arbeitsanschlüsse aufweist. Der erste Arbeitsanschluss kann mit der Kolbenseite eines

Differentialzylinders verbunden sein, während der zweite Arbeitsanschluss mit der Stangenseite des Differentialzylinders verbunden sein kann. Der dritte Arbeitsanschluss schließlich ist mit einem Tank verbindbar. Durch diese Anordnung ist der Differentialzylinder mit Hilfe einer einzigen hydrostatischen Maschine direkt betreibbar, wobei auf die Zwischenschaltung von Proportional- oder Regelventilen verzichtet werden kann.

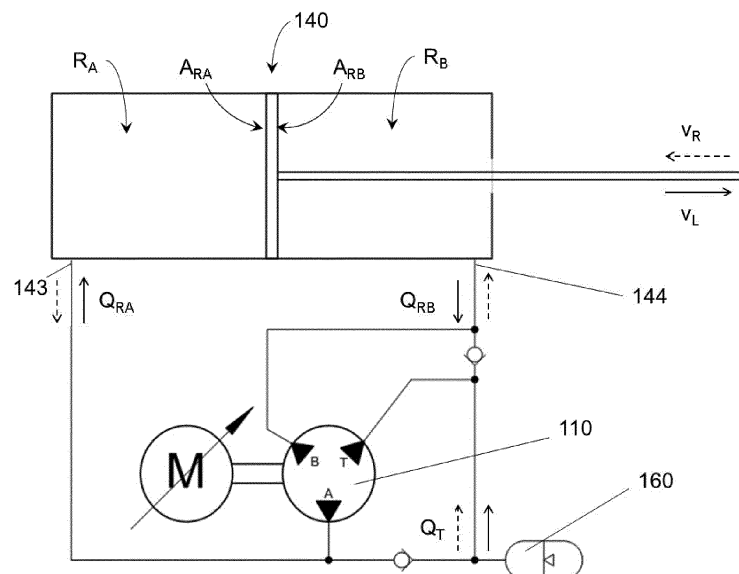


Fig. 5

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine hydrostatische Radialkolbenmaschine, insbesondere eine hydrostatische Radialkolbenmaschine zur Ansteuerung eines Differentialzylinders.

[0002] Gattungsgemäße hydrostatische Radialkolbenmaschinen werden in vielen Arten von industriellen Anwendungen verwendet. So finden sich gattungsgemäße hydrostatische Radialkolbenmaschinen in Maschinen für Spritz- und Druckgussverfahren, Anlagen der Umformtechnik wie z.B. Pressen, Walzanlagen sowie im allgemeinen hydraulischen Aggregatebau.

[0003] In einer gattungsgemäßen Radialkolbenmaschine wird das Antriebsmoment von der Welle auf einen Zylinderstern, der auf einem Steuerzapfen gelagert ist, übertragen. Radial im Zylinderstern angeordnete Kolben stützen sich über Gleitschuhe in einem Hubring ab. Die Gleitschuhe können dabei in geeigneter Weise hydrostatisch entlastet sein. Kolben und Gleitschuh sind über ein Gelenk miteinander verbunden und durch einen Ring gefesselt. Die Gleitschuhe werden durch zwei übergreifende Ringe im Hubring geführt und im Betrieb durch Fliehkraft und Öldruck an den Hubring gedrückt. Bei Rotation des Zylindersterns führen die Kolben infolge der exzentrischen Lage des Hubringes eine Hubbewegung aus, die dem doppelten Wert der Exzentrizität entspricht. Die Exzentrizität kann durch zwei im Pumpengehäuse gegenüberliegende Stellkolben verändert werden. Der Ölstrom wird über Kanäle in Gehäuse und Steuerzapfen zu- und abgeführt. Gesteuert wird dies mittels Saug- und Druckfenstern im Steuerzapfen. Durch einen Regler kann dabei die Hubringlage (Fördermenge) beziehungsweise der Systemdruck kontrolliert werden. Soll ein Differentialzylinder über eine hydrostatische Radialkolbenmaschine angetrieben werden, werden üblicherweise Proportional- oder Regelventile zwischengeschaltet. Differentialzylinder weisen zwei Arbeitsräume mit jeweils einem Arbeitsanschluss auf, wobei ein erster Arbeitsanschluss zu dem Arbeitsraum auf der Kolbenseite und ein zweiter Arbeitsanschluss zu dem Arbeitsraum auf der Stangenseite des Differentialzylinders führen. Über die Ventile kann der von der hydrostatischen Radialkolbenmaschine zur Verfügung gestellte Volumenstrom des Hydraulikfluids dem jeweiligen Arbeitsanschluss und damit dem jeweiligen Arbeitsraum zugeführt werden.

[0004] Eine Möglichkeit, einen Differentialzylinder über eine hydrostatische Radialkolbenmaschine ohne die Zwischenschaltung von Proportional- oder Regelventilen anzutreiben, besteht darin, die unterschiedlichen Fahrtrichtungen der Kolbenstange über zwei hydrostatische Verdrängereinheiten zu betreiben. Die Verdrängereinheiten können dabei auf einer Antriebswelle vorgesehen werden, wobei die Antriebswelle in der Regel mit einem Elektromotor verbunden ist, welcher typischerweise mit veränderlicher Drehzahl und Drehrichtung betrieben wird. Eine andere Ausprägung besteht darin, dass die Drehzahl des Elektromotors konstant ist und auf der Antriebswelle zwei Verdrängereinheiten mit variablem Fördervolumen betrieben werden. Dies beinhaltet aber den Nachteil, dass zwei Verdrängereinheiten benötigt werden und damit hohe Kosten entstehen. Darüber hinaus besteht der Nachteil, dass eine solche Einheit speziell in axialer Dimension groß baut und entsprechenden Bauraum benötigt, selbst, wenn die zwei hydrostatischen Verdrängereinheiten auf einer Antriebswelle vorgesehen sind.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung anzugeben, mit der ein Differentialzylinder mit Hilfe einer einzigen hydrostatischen Maschine direkt, insbesondere ohne Zwischenschaltung von Proportional- oder Regelventilen, betreibbar ist, wobei die Vorrichtung kostengünstig realisierbar sein soll und nur einen geringen Bauraum beansprucht. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, einen hydraulischen Aktuator als entsprechendes System anzugeben.

[0006] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine hydrostatische Maschine mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen 2 - 12. Weiterhin wird die Aufgabe mit durch einen hydraulischen Aktuator gemäß Anspruch 14 gelöst. Eine vorteilhafte Ausführung des hydraulischen Aktuators ergibt sich aus Anspruch 15. Erfindungsgemäß weist die hydrostatische Maschine in Radialkolbenbauweise eine Verdrängereinheit auf, wobei die Verdrängereinheit von einem Antriebsmotor angetrieben wird und wobei die hydrostatische Maschine weiterhin ein Gehäuse aufweist, in dem ein Steuerzapfen angeordnet ist, wobei die hydrostatische Maschine mindestens drei hydraulische Arbeitsanschlüsse aufweist. Der erste Arbeitsanschluss kann mit dem Arbeitsanschluss der Kolbenseite eines Differentialzylinders verbunden sein, während der zweite Arbeitsanschluss mit dem Arbeitsanschluss der Stangenseite des Differentialzylinders verbunden sein kann. Der dritte Arbeitsanschluss schließlich ist mit einem Tank verbindbar. Durch diese Anordnung ist der Differentialzylinder mit Hilfe einer einzigen hydrostatischen Maschine direkt betreibbar, wobei auf die Zwischenschaltung von Proportional- oder Regelventilen verzichtet werden kann. Die Vorrichtung ist kostengünstig realisierbar und nimmt nur geringen Bauraum in Anspruch. Der Antriebsmotor kann dabei insbesondere ein Elektromotor sein.

[0007] Eine vorteilhafte Ausführungsform der hydrostatischen Maschine ist dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerzapfen ein erstes arbeitsseitiges Steuerfenster, das mit einem ersten Arbeitsanschluss A verbunden ist, ein zweites arbeitsseitiges Steuerfenster, welches mit einem zweiten Arbeitsanschluss B verbunden ist, und ein drittes Steuerfenster, das mit einem dritten Arbeitsanschluss T verbunden ist, aufweist. Neben den arbeitsseitigen, das heißt druckseitigen Steuerfenstern weist der Steuerzapfen saugseitige Steuerfenster auf. Dabei kann der Steuerzapfen Umsteuerkerben an allen Steuerfenstern aufweisen.

[0008] Es hat sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, wenn das zweite arbeitsseitige Steuerfenster einen klei-

neren Querschnitt als das erste arbeitsseitige Steuerfenster aufweist. Durch diese Anordnung lässt sich die Asymmetrie der wirksamen Kolbenflächen des Differentialzylinders ausgleichen.

[0009] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist das dritte arbeitsseitige Steuerfenster ebenfalls einen kleineren Querschnitt als das erste arbeitsseitige Steuerfenster auf, wodurch nur ein Teil des aus oder in die Kolbenseite

5 geförderten Hydraulikfluids in den Tank abgeführt beziehungsweise aus diesem nachgesogen werden kann.
[0010] Es hat sich weiterhin als vorteilhaft herausgestellt, wenn das dritte arbeitsseitige Steuerfenster mit einem vorgespannten Tank verbunden ist. Damit ist die hydrostatische Maschine auch in einem geschlossenen Hydrauliksystem einfach einsetzbar.

[0011] Zur Vermeidung unerwünschter Betriebszustände während des Ein- und Ausfahrens der Kolbenstange des
10 Differentialzylinders kann das Verhältnis des ersten und zweiten arbeitsseitigen Steuerfensters auf das Flächenverhältnis der wirksamen Flächen des Kolbens von Kolbenseite und Stangenseite des Differentialzylinders abgestimmt sein. Dabei kann das Flächenverhältnis der wirksamen Flächen des Kolbens von Kolbenseite und Stangenseite des Differentialzylinders über eine entsprechende Gestaltung der Steuerfenster in den Steuerzapfen eingeprägt sein.

[0012] Das Flächenverhältnis der wirksamen Flächen des Kolbens von Kolbenseite und Stangenseite des Differential-
15 alzylinders entspricht dem Verhältnis der Arbeitsraumvolumina von Kolbenseite und Stangenseite des Differentialzylinders. Dabei kann eine Volumenstrombilanz an der Verdrängereinheit aufgestellt werden, bei der der Volumenstrom an dem Arbeitsanschluss zum kolbenseitigen Arbeitsraum des Differentialzylinders gleich der Summe der Volumenströme zum stangenseitigen Arbeitsraum des Differentialzylinders und zum Tank ist. Gleichzeitig entspricht der Volumenstrom in einen Arbeitsraum des Differentialzylinders dem Produkt der Kolbenstangengeschwindigkeit des Differentialzylinders mit der jeweiligen wirksamen Kolbenfläche des Differentialzylinders. Somit lassen sich die Einzelvolumenströme an den
20 Arbeitsanschlüssen der Verdrängereinheit berechnen, wobei diese Volumenströme denen in die jeweiligen Arbeitsräume des Differentialzylinders beziehungsweise in den Tank entsprechen.

[0013] Der Volumenstrom am Arbeitsanschluss zu dem kolbenseitigen Arbeitsraum des Differentialzylinders entspricht
25 der Drehzahl der Verdrängereinheit multipliziert mit dem in der Verdrängereinheit am ersten arbeitsseitigen Steuerfenster geometrisch eingepprägten Volumen und somit dem Produkt aus Drehzahl der Verdrängereinheit mit dem Quadrat des Hubkolbendurchmessers, der Exzentrizität, der Anzahl der Hubkolben und der Hälfte der Kreiszahl π als Konstante.

[0014] Der Volumenstrom am Arbeitsanschluss zu dem stangenseitigen Arbeitsraum des Differentialzylinders ent-
spricht der Drehzahl der Verdrängereinheit multipliziert mit dem in der Verdrängereinheit am zweiten arbeitsseitigen
30 Steuerfenster geometrisch eingepprägten Volumen und somit dem Produkt aus Drehzahl der Verdrängereinheit mit dem Quadrat des Hubkolbendurchmessers, der Exzentrizität, der Anzahl der Hubkolben und der Hälfte der Kreiszahl π als Konstante dividiert durch das Verhältnis der wirksamen Kolbenflächen des Differentialzylinders, also dem Produkt aus Drehzahl der Verdrängereinheit und dem Volumenstrom am Arbeitsanschluss zu dem kolbenseitigen Arbeitsraum des Differentialzylinders, dividiert durch das Verhältnis der wirksamen Kolbenflächen des Differentialzylinders.

[0015] Der Volumenstrom am Arbeitsanschluss zum Tank entspricht der Drehzahl der Verdrängereinheit multipliziert
35 mit dem Volumen des kolbenseitigen Arbeitsraums des Differentialzylinders und der Differenz aus 1 und dem Kehrwert des Verhältnisses der wirksamen Kolbenflächen des Differentialzylinders.

[0016] Ein- und Auslaufrichtung der Kolbenstange in beziehungsweise aus dem Differentialzylinder werden über die
Drehrichtung des Motors gesteuert. Beispielsweise entspricht der Linkslauf des Motors dem Ausfahren der Kolbenstange, während der Rechtslauf des Motors dem Einfahren entspricht.

[0017] Es hat sich weiterhin als vorteilhaft herausgestellt, wenn der Steuerzapfen fest mit dem Gehäuse verbunden ist.

[0018] Darüber hinaus weist das Gehäuse in einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ebenfalls drei Arbeitsan-
schlüsse auf, die die Verbindung zu den beiden Arbeitsanschlüssen des Differentialzylinders und zum Tank herstellen.

[0019] In einer weitere vorteilhaften Ausführungsform wird das zweite Steuerfenster Port B durch zwei Teilsteuerfenster
Port B1 und Port B2 gebildet, wobei die Teilsteuerfenster mit dem Arbeitsanschluss B verbunden sind und in Umfang-
45 richtung des Steuerzapfens gesehen das dritte Steuerfenster zwischen den Teilsteuerfenstern Port B1 und Port B2 liegt. In einer alternativen Ausführungsform wird das dritte Steuerfenster Port T durch zwei Teilsteuerfenster Port T1 und Port T2 gebildet, wobei die Teilsteuerfenster mit dem Arbeitsanschluss T verbunden sind und in Umfangrichtung des Steuerzapfens gesehen das zweite Steuerfenster Port B zwischen den Teilsteuerfenstern Port T1 und Port T2 liegt.

[0020] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform verfügt die hydrostatische Maschine über einen zusätzlichen
50 hydraulischen Anschluss, über den anfallendes Lecköl abführbar ist.

[0021] Bei der hydrostatischen Maschine kann es sich um eine Konstantpumpe handeln, bei der das Verdrängungs-
volumen konstant ist. Alternativ kann die hydrostatische Maschine auch über eine Verstellvorrichtung verfügen, über
die ihr Verdrängungsvolumen einstellbar ist.

Ein erfindungsgemäßer hydraulischer Aktuator zur Ansteuerung eines Differentialzylinders weist den Differentialzylinder
55 selbst, einen Tank und eine erfindungsgemäße hydrostatischen Maschine auf. Der erste Arbeitsanschluss A der hydrostatischen Maschine ist mit dem Arbeitsanschluss der Kolbenseite des Differentialzylinders, der zweite Arbeitsanschluss B der hydrostatischen Maschine mit dem Arbeitsanschluss der Stangenseite des Differentialzylinders verbunden, während der dritte Arbeitsanschluss T der hydrostatischen Maschine mit dem Tank verbunden ist.

[0022] In einer vorteilhaften Ausführungsform des hydraulischen Aktuators verfügt der Tank über ein Rückschlagventil, über das er mit dem ersten Arbeitsanschluss A der hydrostatischen Maschine und/oder dem zweiten Arbeitsanschluss B der hydrostatischen Maschine verbunden ist.

[0023] Weitere Vorteile, Besonderheiten und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Darstellung bevorzugter Ausführungsbeispiele anhand der Abbildungen.

[0024] Von den Abbildungen zeigt:

Fig. 1 Radialkolbenpumpe (Stand der Technik)

Fig. 2 Prinzipskizze eines Differentialzylinders mit zwei hydrostatischen Verdrängereinheiten (Stand der Technik)

Fig. 3 Steuerzapfen in dreidimensionaler Ansicht aus einer ersten Perspektive

Fig. 4 Steuerzapfen in dreidimensionaler Ansicht aus einer zweiten Perspektive

Fig. 5 Prinzipschaltbild einer erfindungsgemäßen hydrostatischen Radialkolbenmaschine mit Ansteuerung eines Differentialzylinders

[0025] Fig. 1 zeigt eine Verdrängereinheit 110 in Form einer Radialkolbenpumpe in einer Schnittdarstellung, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt ist. Das Antriebsmoment wird von einer Welle über eine Kupplung querkraftfrei auf den Zylinderstern 111, der auf dem Steuerzapfen 120 gelagert ist, übertragen. Die radial im Zylinderstern 111 angeordneten Hubkolben 112 stützen sich über hydrostatisch entlastete Gleitschuhe 113 im Hubring 114 ab. Hubkolben 112 und Gleitschuh 113 sind über ein Kugelgelenk miteinander verbunden und durch einen Ring gefesselt. Die Gleitschuhe werden durch zwei übergreifende Ringe 115 im Hubring 114 geführt und im Betrieb durch Fliehkraft und Öldruck an den Hubring 114 gedrückt. Bei Rotation des Zylindersterns 111 führen die Hubkolben 112 infolge der exzentrischen Lage des Hubringes 114 eine Hubbewegung aus, die dem doppelten Wert der Exzentrizität entspricht. Die Exzentrizität wird durch zwei im Pumpengehäuse 130 gegenüberliegende Stellkolben 116 verändert. Der Ölstrom wird über Kanäle in Gehäuse 130 und Steuerzapfen 120 zu- und abgeführt. Gesteuert wird dies mittels Saug- und Druckfenstern (Ports) im Steuerzapfen 120. Ein Regler 117 kontrolliert dabei die Hubringlage und damit die Fördermenge beziehungsweise den Systemdruck.

[0026] Fig. 2 zeigt eine Prinzipskizze eines Differentialzylinders 140 aus dem Stand der Technik, der über zwei hydrostatische Verdrängereinheiten 110 angetrieben wird. Bei den beiden hydrostatische Verdrängereinheiten 110 handelt es sich um Verstellpumpen, die auf einer Motorwelle angeordnet sind, die von einem Motor M angetrieben wird. Der Motor M kann ein Elektromotor sein, die Verwendung von anderen Motoren, wie beispielsweise Verbrennungsmotoren ist aber ebenso möglich. Der Differentialzylinder 140 weist einen kolbenseitigen Arbeitsraum R_A und einen stangenseitigen Arbeitsraum R_B auf, die über einen Arbeitsanschluss 143 auf der Kolbenseite des Differentialzylinders beziehungsweise einen Arbeitsanschluss 144 auf der Stangenseite des Differentialzylinders mit Hydraulikfluid beaufschlagbar sind. In der gezeigten Ausführungsform ist zum Ausgleich des Hydraulikvolumens bei Bewegung des Differentialzylinders 140 eine zweite Verdrängereinheit 110 vorgesehen, die je nach Bewegungsrichtung des Differentialzylinder 140 Hydraulikfluid aus einem Tank 160 in den Arbeitsraum R_A fördern oder aus dem Arbeitsraum R_A in den Tank 160 abpumpen kann.

[0027] Fig. 3 zeigt einen Steuerzapfen 120 in dreidimensionaler Ansicht aus einer ersten Perspektive. Aus dieser Perspektive ist das erste Steuerfenster Port A sichtbar. Das erste Steuerfenster Port A ist über eine innerhalb des Steuerzapfens 120 verlaufende Bohrung mit einem ersten Anschlussfenster 121 verbunden. Über das erste Anschlussfenster 121 ist das erste Steuerfenster Port A mit dem Arbeitsanschluss A der hydrostatischen Maschine 100 verbunden.

[0028] Fig. 4 zeigt den Steuerzapfen 120 in dreidimensionaler Ansicht aus einer zweiten Perspektive, die um circa 180° um die Rotationsachse gegenüber der Ansicht aus Fig. 3 verdreht ist, in der das zweite Steuerfenster Port B und das dritte Steuerfenster Port T sichtbar sind. Das zweite Steuerfenster Port B ist über eine innerhalb des Steuerzapfens 120 verlaufende Bohrung mit einem zweiten Anschlussfenster 122 verbunden. Über das zweite Anschlussfenster ist das zweite Steuerfenster Port B mit dem Arbeitsanschluss B der hydrostatischen Maschine 100 verbunden. Das dritte Steuerfenster Port T ist über eine innerhalb des Steuerzapfens 120 verlaufende Bohrung mit einem dritten Anschlussfenster 123 verbunden. Über das dritte Anschlussfenster 123 ist das dritte Steuerfenster Port T mit dem Arbeitsanschluss T der hydrostatischen Maschine 100 verbunden.

[0029] Das erste Steuerfenster Port A ist mit der Kolbenseite R_A des Differentialzylinders 140 verbunden, während das zweite Steuerfenster Port B mit der Stangenseite R_B des Differentialzylinders 140 verbunden ist. Das dritte Steuerfenster Port T ist mit einem Tank 160 verbunden. Durch diese Anordnung ist der Differentialzylinder 140 mit Hilfe einer einzigen hydrostatischen Maschine 100 direkt betreibbar, ohne dass Proportional- oder Regelventilen zwischengeschaltet werden müssten.

[0030] Das zweite Steuerfenster Port B weist einen kleineren Querschnitt als das erste Steuerfenster Port A auf. Dabei entspricht das Verhältnis zwischen erstem Steuerfenster Port A und zweitem Steuerfenster Port B dem Verhältnis der wirksamen Kolbenflächen im kolbenseitigen Arbeitsraum R_A und im stangenseitigen Arbeitsraum R_B des Differentialzylinders 140. Durch diese Anordnung lässt sich die Asymmetrie der wirksamen Kolbenflächen des Differentialzylinders

ausgleichen.

[0031] Das dritte Steuerfenster Port T weist ebenfalls einen kleineren Querschnitt als das erste Steuerfenster Port A auf, wodurch nur ein Teil des aus oder in die Kolbenseite geförderten Hydraulikfluids in den Tank abgeführt beziehungsweise aus dem Tank nachgesogen werden kann.

[0032] Neben den arbeitsseitigen, das heißt druckseitigen Steuerfenstern weist der Steuerzapfen saugseitige Steuerfenster auf. Dabei kann der Steuerzapfen Umsteuerkerben an allen Steuerfenstern aufweisen.

[0033] Das Flächenverhältnis Φ der wirksamen Flächen A_{RA} und A_{RB} des Kolbens von Kolbenseite R_A und Stangenseite R_B des Differentialzylinders 140 ist über eine nierenförmige Gestaltung der Steuerfenster Port A, Port B, Port T in den Steuerzapfen 120 eingeprägt.

[0034] Fig. 5 zeigt ein Prinzipschaltbild einer erfindungsgemäßen hydrostatischen Radialkolbenmaschine 100 mit Ansteuerung eines Differentialzylinders 140. Die hydrostatische Radialkolbenmaschine weist einen drehrichtungs- und drehzahlvariablen Motor M und eine von ihm angetriebene Radialkolbenpumpe 110 auf. Der Differentialzylinder 140 weist einen Kolben mit einer Kolbenstange sowie die entsprechenden Arbeitsräume R_A , R_B auf. Die wirksame Kolbenfläche A_{RB} auf der Stangenseite R_B ist durch die Kolbenstange gegenüber der wirksamen Kolbenfläche A_{RA} auf der Kolbenseite R_A verkleinert. Die Arbeitsräume R_A und R_B sind über Arbeitsanschlüsse 143, 144 mit den Arbeitsanschlüssen A, B der Radialkolbenpumpe 110 so verbunden, dass bei linkslaufendem Motor M die Kolbenstange ausfährt, während der rechtslaufendem Motor die Kolbenstange in den Differentialzylinder 140 einfährt, wobei die Einfahrrichtung durch einen gestrichelten Pfeil und die Ausfahrrichtung durch einen durchgezogenen Pfeil angedeutet ist. Die Pfeile an den Arbeitsleitungen bezeichnen die Volumenströme Q_A in beziehungsweise aus dem kolbenseitigen Arbeitsraum R_A des Differentialzylinders 140, Q_B in beziehungsweise aus dem stangenseitigen Arbeitsraum R_B des Differentialzylinders 140 und aus dem Tank Q_T . Dabei bezeichnen die durchgezogenen Pfeile die Strömungsrichtung des Hydraulikfluids für die Ausfahrbewegung der Kolbenstange aus dem Differentialzylinder 140, während die gestrichelten Pfeile die Strömungsrichtung des Hydraulikfluids für die Einfahrbewegung der Kolbenstange des Differentialzylinders 140 bezeichnen. Die Kolbenstange fährt mit der Geschwindigkeit v_L aus dem Differentialzylinder 140 aus beziehungsweise mit der Geschwindigkeit v_R in den Differentialzylinder 140 ein.

[0035] Das Flächenverhältnis Φ der wirksamen Flächen A_{RA} , A_{RB} des Kolbens von Kolbenseite R_A und Stangenseite R_B des Differentialzylinders 140 entspricht dem Verhältnis der Arbeitsraumvolumina V_A , V_B von Kolbenseite R_A und Stangenseite R_B des Differentialzylinders 140: $\Phi = A_{RA} / A_{RB} = V_A / V_B$. Dabei kann eine Volumenstrombilanz an der Verdrängereinheit 110 aufgestellt werden, bei der der Volumenstrom Q_A an dem Arbeitsanschluss A zum kolbenseitigen Arbeitsraum R_A des Differentialzylinders 140 gleich der Summe der Volumenströme Q_B , Q_T zum stangenseitigen Arbeitsraum R_B des Differentialzylinders 140 und zum vorgespannten Tank 160 ist. Gleichzeitig entspricht der Volumenstrom Q_{RA} , Q_{RB} in einen Arbeitsraum R_A , R_B des Differentialzylinders 140 dem Produkt der Kolbenstangengeschwindigkeit v des Differentialzylinders 140 mit der jeweiligen wirksamen Kolbenfläche A_{RA} , A_{RB} des Differentialzylinders 140: $Q_A = Q_B + Q_T = v \cdot A_{RA} = v \cdot A_{RB} + Q_T$. Somit lassen sich die Einzelvolumenströme Q_A , Q_B , Q_T an den Arbeitsanschlüssen A, B, T der Radialkolbenpumpe 110 berechnen, wobei diese Volumenströme Q_A , Q_B , Q_T denen in die jeweiligen Arbeitsräume R_A , R_B des Differentialzylinders beziehungsweise in den Tank 160 entsprechen.

[0036] Der Volumenstrom Q_A am Arbeitsanschluss A zu dem kolbenseitigen Arbeitsraum R_A des Differentialzylinders 140 entspricht der Drehzahl n der Radialkolbenpumpe 110 multipliziert mit dem in der Verdrängereinheit am ersten arbeitsseitigen Steuerfenster Port A geometrisch eingepprägten Volumen V_A und somit dem Produkt aus Drehzahl n der Radialkolbenpumpe 110 mit dem Quadrat des Hubkolbendurchmessers D , der Exzentrizität e , der Anzahl der Hubkolben z und der Hälfte der Kreiszahl π als Konstante:

$$Q_A = n \cdot V_A = n \cdot \pi/2 \cdot D^2 \cdot e \cdot z.$$

[0037] Der Volumenstrom Q_B am Arbeitsanschluss B zu dem stangenseitigen Arbeitsraum R_B des Differentialzylinders 140 entspricht der Drehzahl n der Radialkolbenpumpe 110 multipliziert mit in der Verdrängereinheit am zweiten arbeitsseitigen Steuerfenster Port B geometrisch eingepprägten Volumen V_B und somit dem Produkt aus Drehzahl n der Radialkolbenpumpe 110 mit dem Quadrat des Hubkolbendurchmessers D , der Exzentrizität e , der Anzahl z der Hubkolben und der Hälfte der Kreiszahl π als Konstante dividiert durch das Verhältnis der wirksamen Kolbenflächen A_{RA} , A_{RB} des Differentialzylinders 140, also dem Produkt aus Drehzahl n der Radialkolbenpumpe 110 und dem Volumenstrom Q_{RA} am Arbeitsanschluss 143 zu dem kolbenseitigen Arbeitsraum R_A des Differentialzylinders 140, dividiert durch das Verhältnis Φ der wirksamen Kolbenflächen A_{RA} , A_{RB} des Differentialzylinders 140:

$$Q_B = n \cdot V_B = n \cdot \pi/2 \cdot D^2 \cdot e \cdot z / \Phi = n \cdot V_A / \Phi.$$

[0038] Der Volumenstrom QT am Arbeitsanschluss T zum Tank 160 entspricht der Drehzahl n der Radialkolbenpumpe 110 multipliziert mit dem Volumen VA des kolbenseitigen Arbeitsraums RA des Differentialzylinders 140 und der Differenz aus 1 und dem Kehrwert des Verhältnisses Φ der wirksamen Kolbenflächen A_{RA} , A_{RB} des Differentialzylinders 140:

$$QT = n * VA * (1 - 1 / \Phi).$$

[0039] In dem in Fig. 5 dargestellten Beispiel beträgt das Fördervolumen der Radialkolbenpumpe bei einem Flächenverhältnis Φ von der wirksamen Fläche A_{RA} der Kolbenseite R_A zu der wirksamen Fläche A_{RB} der Stangenseite R_B von 1,5 : 1 am Arbeitsanschluss A 18 cm³, am Arbeitsanschluss B 12 cm³ und am Arbeitsanschluss T 6cm³ je Umdrehung betragen.

[0040] Fertigungstechnisch haben sich insbesondere Flächenverhältnisse Φ im Bereich von 1,4 : 1 bis 3,5 : 1 als vorteilhaft erwiesen.

[0041] Die hier gezeigten Ausführungsformen stellen nur Beispiele für die vorliegende Erfindung dar und dürfen daher nicht einschränkend verstanden werden. Alternative durch den Fachmann in Erwägung gezogene Ausführungsformen sind gleichermaßen vom Schutzbereich der vorliegenden Erfindung umfasst.

Bezugszeichenliste:

[0042]

100	Hydrostatische Maschine
110	Verdrängereinheit
111	Zylinderstern
112	Hubkolben
113	Gleitschuhe
114	Hubring
115	Ring
116	Stellkolben
117	Regler
120	Steuerzapfen
121	erstes Anschlussfenster
122	zweites Anschlussfenster
123	drittes Anschlussfenster
130	Gehäuse
140	Differentialzylinder
143	Arbeitsanschluss der Kolbenseite des Differentialzylinders
144	Arbeitsanschluss der Stangenseite des Differentialzylinders
160	Tank
A	Arbeitsanschluss der Verdrängereinheit zum kolbenseitigen Arbeitsraum des Differentialzylinders
A_{RA}	kolbenseitige Kolbenfläche
A_{RB}	stangenseitige Kolbenfläche
B	Arbeitsanschluss der Verdrängereinheit zum stangenseitigen Arbeitsraum des Differentialzylinders
D	Durchmesser eines Hubkolbens
e	Exzentrizität
T	Arbeitsanschluss der Verdrängereinheit zum Tank
M	Motor
n	Drehzahl der Verdrängereinheit
Port A	erstes Steuerfenster
Port B	zweites Steuerfenster
Port B1	erstes Teilsteuerfenster des zweite Steuerfensters
Port B2	zweites Teilsteuerfenster des zweite Steuerfensters
Port T	drittes Steuerfenster
Port T1	erstes Teilsteuerfenster des dritten Steuerfensters
Port T2	zweites Teilsteuerfenster des dritten Steuerfensters
Q_{RA}	Volumenstrom in den kolbenseitigen Arbeitsraum des Differentialzylinders
Q_{RB}	Volumenstrom in den stangenseitigen Arbeitsraum des Differentialzylinders

	Q_T	Volumenstrom aus dem Tank
	R_A	Arbeitsraum Kolbenseite des Differentialzylinders, Kolbenseite
	R_B	Arbeitsraum Stangenseite des Differentialzylinders, Stangenseite
	T	Tank
5	v	Geschwindigkeit der Kolbenstange des Differentialzylinders
	v_L	Geschwindigkeit der Kolbenstange des Differentialzylinders bei Linkslauf des Motors
	v_R	Geschwindigkeit der Kolbenstange des Differentialzylinders bei Rechtslauf des Motors
	V_A	In der Verdrängereinheit am ersten arbeitsseitigen Steuerfenster Port A geometrisch eingepprägtes Volumen
	V_B	In der Verdrängereinheit am zweiten arbeitsseitigen Steuerfenster Port B geometrisch eingepprägtes Volumen
10	z	Hubkolbenzahl
	Φ	Verhältnis der wirksamen Kolbenflächen des Differentialzylinders
	π	Kreiszahl

15 Patentansprüche

1. Hydrostatische Maschine (100) in Radialkolbenbauweise mit einer Verdrängereinheit (110), wobei die Verdrängereinheit (110) von einem Antriebsmotor (M) angetrieben wird und ein Gehäuse (130) aufweist, in dem ein Steuerzapfen (120) angeordnet ist,
20 **dadurch gekennzeichnet,**
dass die hydrostatische Maschine (100) mindestens drei hydraulische Arbeitsanschlüsse aufweist.
2. Hydrostatische Maschine (100) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
25 **dass** der Steuerzapfen (120) ein erstes Steuerfenster (Port A), das mit einem ersten Arbeitsanschluss (A) verbunden ist, ein zweites Steuerfenster (Port B), welches mit einem zweiten Arbeitsanschluss (B) verbunden ist, und ein drittes Steuerfenster (Port T), das mit dritten Arbeitsanschluss (T) verbunden ist, aufweist.
3. Hydrostatische Maschine (100) nach einem der vorherigen Ansprüche,
30 **dadurch gekennzeichnet,**
dass das zweite Steuerfenster (Port B) einen kleineren Querschnitt als das erste Steuerfenster (Port A) aufweist.
4. Hydrostatische Maschine (100) nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
35 **dass** das dritte Steuerfenster (Port T) einen kleineren Querschnitt als das erste Steuerfenster (Port A) aufweist.
5. Hydrostatische Maschine (100) nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
40 **dass** das dritte Steuerfenster (Port T) mit einem vorgespannten Tank (T) verbunden ist
6. Hydrostatische Maschine (100) nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
45 **dass** das Verhältnis des ersten und zweiten Steuerfensters (Port A, Port B) auf das Flächenverhältnis der wirksamen Flächen des Kolbens (143) von Kolbenseite (R_A) und Stangenseite (R_B) des Differentialzylinders (140) abgestimmt ist.
7. Hydrostatische Maschine (100) nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
50 **dass** der Steuerzapfen (120) fest mit dem Gehäuse (130) verbunden ist.
8. Hydrostatische Maschine (100) nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
55 **dass** das zweite Steuerfenster (Port B) durch zwei Teilsteuerfenster (Port B1, Port B2) gebildet wird, wobei die Teilsteuerfenster mit dem Arbeitsanschluss (B) verbunden sind und in Umfangsrichtung des Steuerzapfens (120) gesehen das dritte Steuerfenster (Port T) zwischen den Teilsteuerfenstern (Port B1, Port B2) liegt.
9. Hydrostatische Maschine (100) nach einem der Ansprüche 1 - 7,
dadurch gekennzeichnet,

dass das dritte Steuerfenster (Port T) durch zwei Teilsteuerfenster (Port T1, Port T2) gebildet wird, wobei die Teilsteuerfenster mit dem Arbeitsanschluss (T) verbunden sind und in Umfangsrichtung des Steuerzapfens (120) gesehen das zweite Steuerfenster (Port B) zwischen den Teilsteuerfenstern (Port T1, Port T2) liegt.

- 5 10. Hydrostatische Maschine (100) nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die hydrostatische Maschine (100) einen zusätzlichen hydraulischen Anschluss aufweist, über den anfallendes Lecköl abführbar ist.
- 10 11. Hydrostatische Maschine (100) nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Verdrängungsvolumen der hydrostatischen Maschine (100) konstant ist.
- 15 12. Hydrostatische Maschine (100) nach einem der Ansprüche 1 - 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die hydrostatische Maschine (100) über eine Verstellvorrichtung verfügt, über die das Verdrängungsvolumen einstellbar ist.
- 20 13. Hydraulischer Aktuator zur Ansteuerung eines Differentialzylinders (140), aufweisend den Differentialzylinder (140), einen Tank (160) und eine hydrostatischen Maschine (100) nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der erste Arbeitsanschluss (A) der hydrostatischen Maschine (100) mit dem Arbeitsanschluss (143) der Kolbenseite des Differentialzylinders (140), der zweite Arbeitsanschluss (B) der hydrostatischen Maschine (100) mit dem Arbeitsanschluss (144) der Stangenseite des Differentialzylinders (140) und der dritte Arbeitsanschluss (T) der hydrostatischen Maschine (100) mit dem Tank (160) verbunden ist.
- 25 14. Hydraulischer Aktuator nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Tank (160) über ein Rückschlagventil verfügt, über das er mit dem ersten Arbeitsanschluss (A) der hydrostatischen Maschine (100) und/oder dem zweiten Arbeitsanschluss (B) der hydrostatischen Maschine (100) verbunden ist.
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

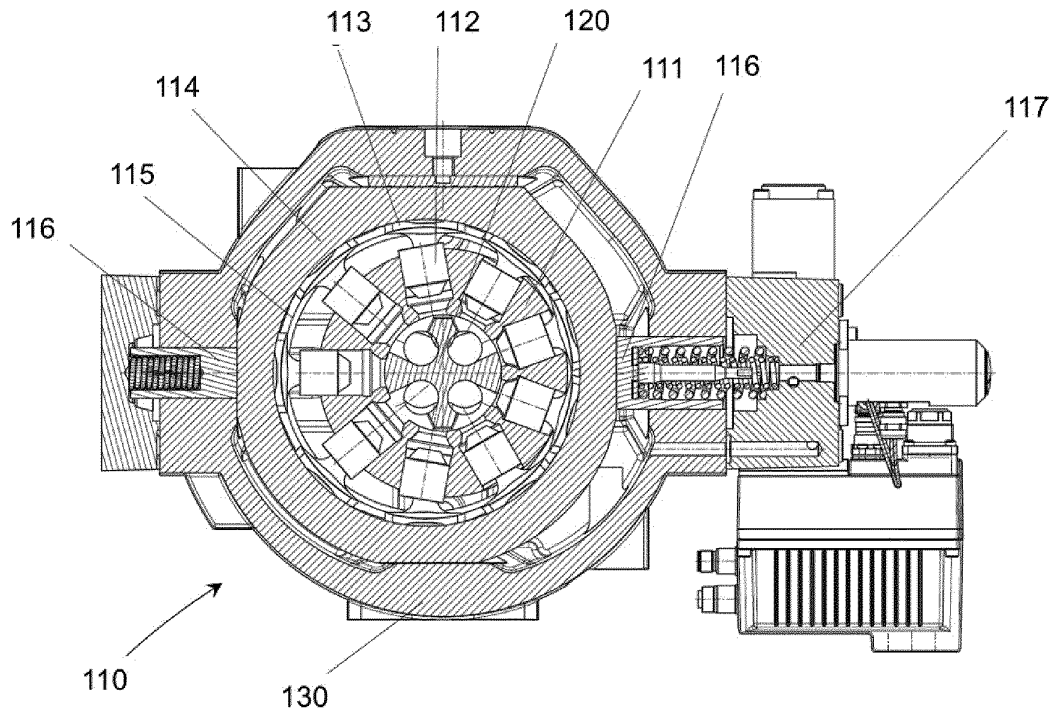


Fig. 1

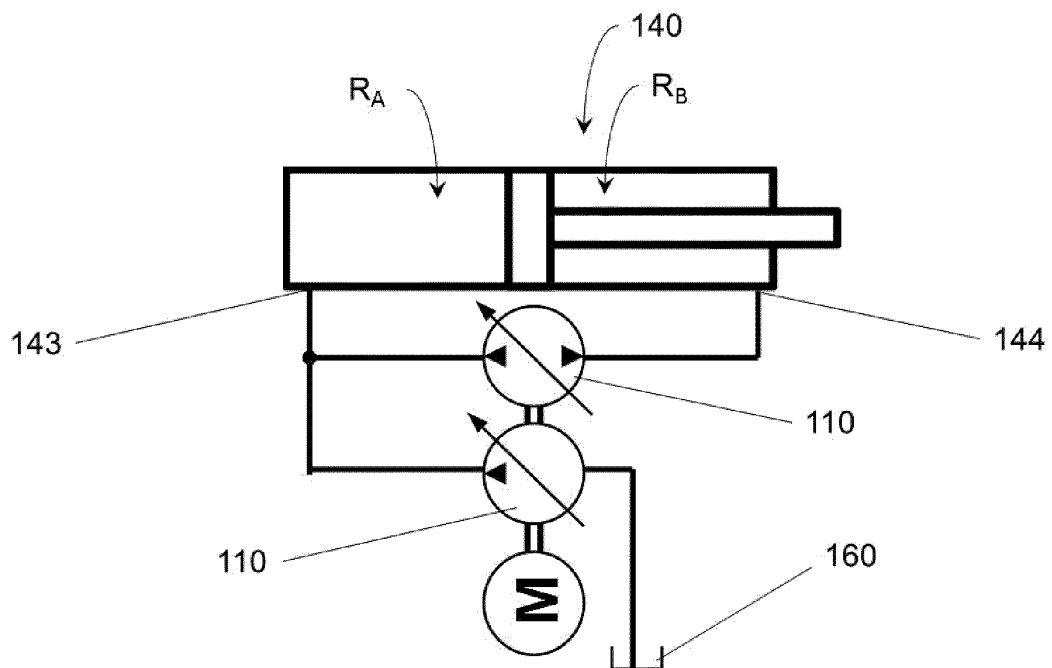


Fig. 2

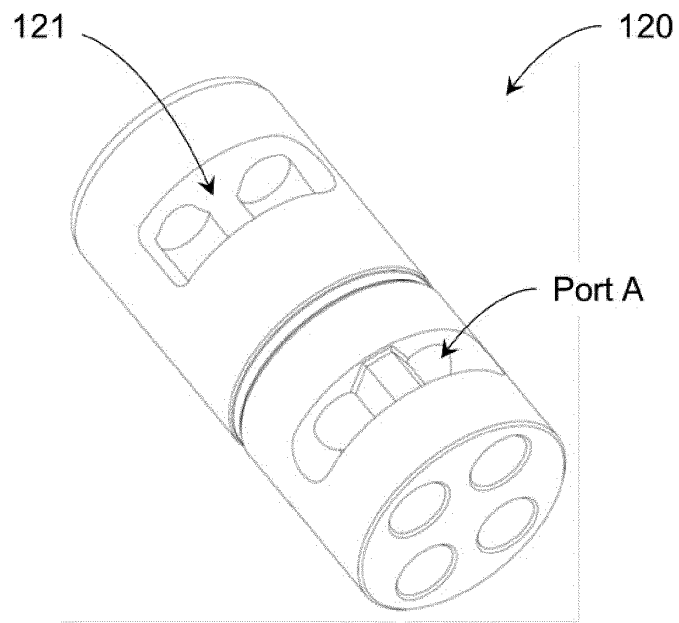


Fig. 3

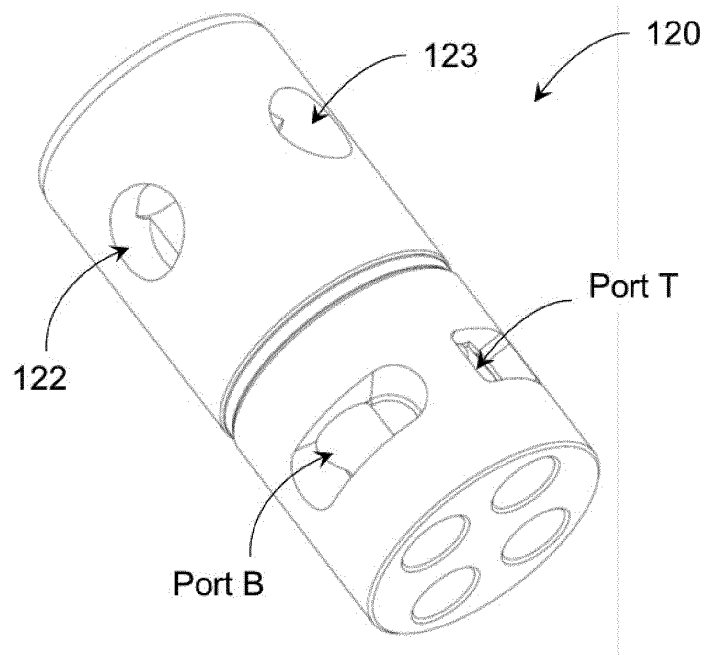


Fig. 4

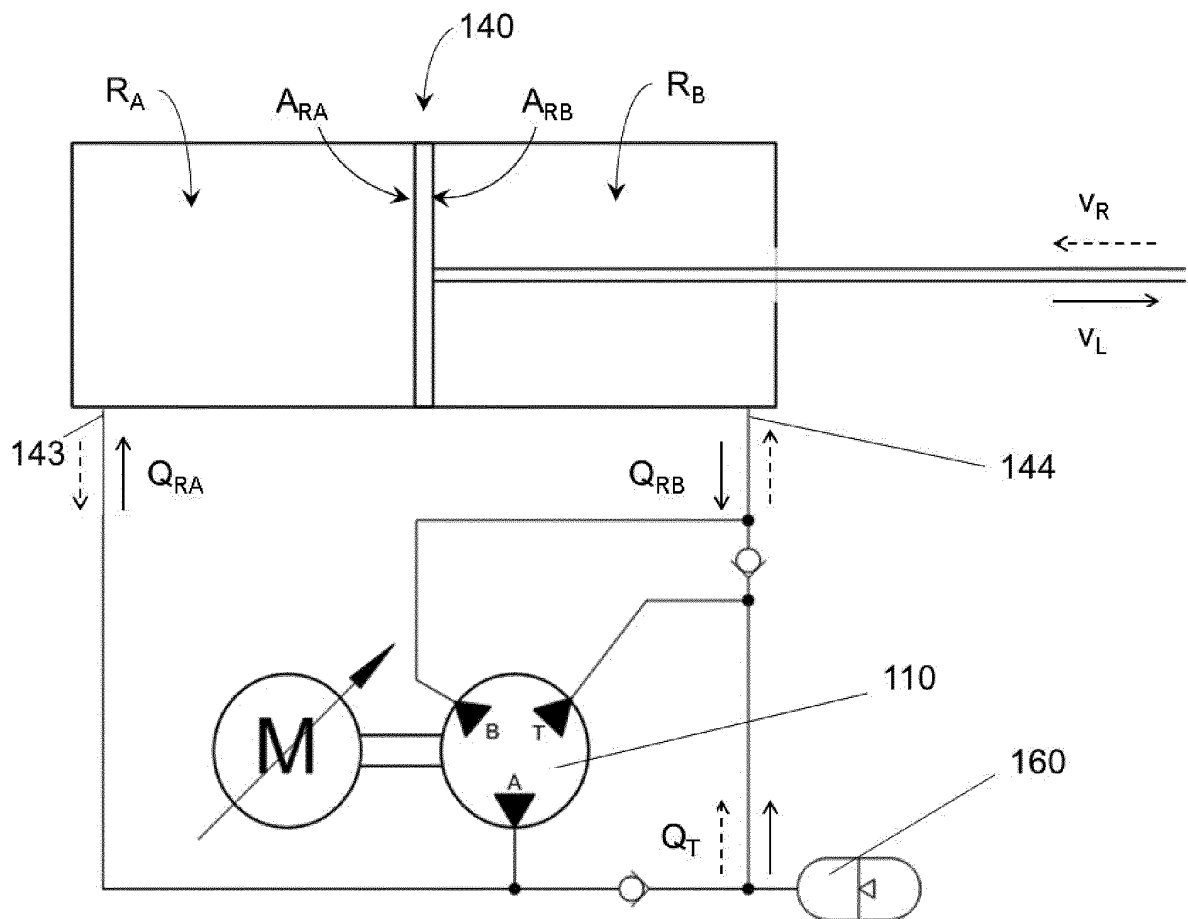


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 16 1072

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 3 082 696 A (KNUT HENRICHSEN) 26. März 1963 (1963-03-26) * Spalte 1, Zeile 12 - Spalte 8, Zeile 20; Abbildungen 1,2,5,3, * -----	1-14	INV. F04B1/04 F04B1/047 F04B1/053 F04B1/06
X	US 4 137 826 A (KITA YASUO) 6. Februar 1979 (1979-02-06) * Seite 1, Zeile 59 - Seite 8, Zeile 39; Abbildungen 1-4 * -----	1-14	F03C1/36 F03C1/34 F03C1/40 F03C1/047 F03C1/053
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F03C F04B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 27. November 2014	Prüfer Jurado Orenes, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

 1
EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

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

EP 14 16 1072

5

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

27-11-2014

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3082696	A	26-03-1963	KEINE
US 4137826	A	06-02-1979	KEINE

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

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