

Patentschrift

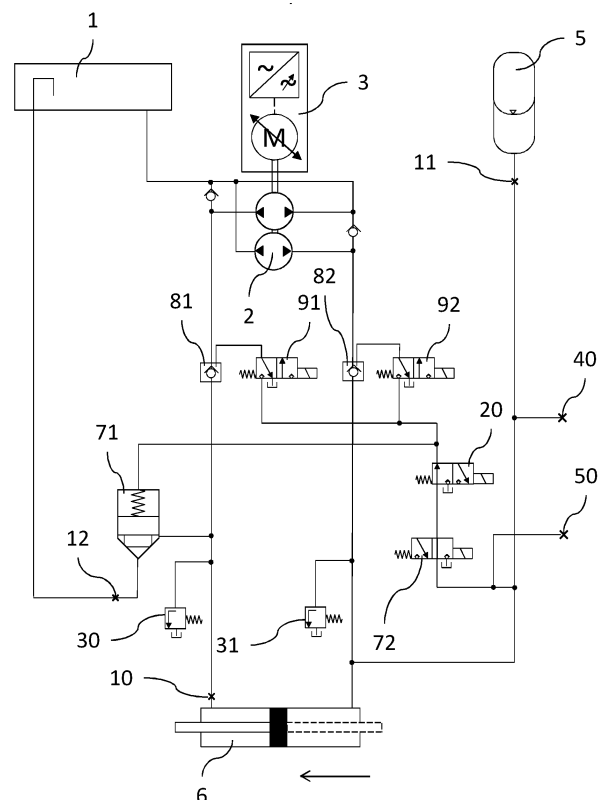
(51) Int Cl.: **F15B 11/08** (2006.01)
F16K 31/124 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	27 13 867	A1
DE	10 2013 212 937	A1
WO	2014/ 183 941	A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Regeln einer hydraulischen Maschine**



(57) Zusammenfassung: Vorrichtung zum Regeln einer hydraulischen Maschine, z.B. einer Turbine, einer Pumpe oder einer Pumpenturbine, unter Verwendung von drehzahlvariabel angetriebenen Konstantpumpen umfassend einer Einrichtung zum Ausführen eines Notschlusses, welche sich durch geringen Energieverbrauch und hohe Effizienz unter Gewährleistung aller betriebs- und sicherheitsrelevanten Anforderungen einer hydraulischen Maschine auszeichnet.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Regeln einer hydraulischen Maschine mit den im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmalen. Eine gattungsgemäße Vorrichtung ist aus der DE 10 2013 212 937 A1 bekannt.

[0002] Konventionelle Vorrichtungen zum Regeln einer hydraulischen Maschine sind aus dem allgemeinen Stand der Technik bekannt. So beschreibt beispielsweise die DE 27 13 867 A1 eine solche Vorrichtung (siehe **Fig. 3**), die eine Druckölquelle, einen hydraulischen Stellmotor (Hydrozylinder) und Regelventile zur Dosierung der Energie zur Verstellung des Hydrozylinders umfasst. In der Regel handelt es sich bei der Druckölquelle um einen Speicher für das unter Überdruck stehende Hydraulikmedium. Der Speicher muss dabei mit Hilfe von Pumpen gefüllt und auf den notwendigen Arbeitsdruck gebracht und gehalten werden.

[0003] Die WO 2014/183 941 A1 offenbart einen hydraulischen Linearantrieb, der auch zum Regeln einer hydraulischen Maschine wie einer Turbine, einer Pumpe oder einer Pumpturbine verwendet werden kann, mit einem drehzahlvariablen Pumpenantrieb, einen Hochdruck- und einem Niederdruckspeicher sowie mittels eines Vorsteuerventils entsperrbaren Rückschlagventilen (vgl. **Fig. 5**).

[0004] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin eine Vorrichtung zum Regeln einer hydraulischen Maschine anzugeben, bei welcher drehzahlvariabel angetriebene hydraulische Konstantpumpen verwendet werden, und welche die Anforderungen bei einer hydraulischen Maschine, z.B. hinsichtlich Stellzeiten, Notschließeeigenschaften - auch bei Versagen der Pumpen, Eignung für große Hydraulikzylinder-Volumina etc., gewährleistet. Im Vergleich mit konventionellen Vorrichtungen zeichnet sich die erfindungsgemäße Lösung durch eine hohe Energieeffizienz, gute Umweltverträglichkeit, Wartungsfreundlichkeit und geringen Anschaffungs- und Betriebskosten aus.

[0005] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Vorrichtung zum Regeln einer hydraulischen Maschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich aus den hiervon abhängigen Unteransprüchen.

[0006] Die erfindungsgemäße Lösung wird nachfolgend anhand von Figuren erläutert. Darin ist im Einzelnen folgendes dargestellt:

Fig. 1 Schematischer Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung

[0007] In der Darstellung der **Fig. 1** ist der Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Regeln einer hydraulischen Maschine in schematisierter Weise gezeigt. Die Vorrichtung umfasst einen Sammel- und Ausgleichsbehälter, welcher mit 1 bezeichnet ist, eine Pumpenanordnung, welche mit 2 bezeichnet ist, einen drehzahlvariablen Pumpenantrieb, welcher mit 3 bezeichnet ist, einen Speicher, welcher mit 5 bezeichnet ist, einen Hydraulikzylinder, welcher mit 6 bezeichnet ist, ein Notschlussventil, welches mit 71 bezeichnet ist, ein Notschlussmagnetventil, welches mit 72 bezeichnet ist, zwei entsperrbare Rückschlagventile, welche mit 81 und 82 bezeichnet sind, zwei Vorsteuerventile, welche mit 91 und 92 bezeichnet sind, drei Drosseln, welche mit 10, 11 und 12 bezeichnet sind, ein optionales Magnetventil, welches mit 20 bezeichnet ist, zwei optionale Druckbegrenzungsventile, welche mit 30 und 31 bezeichnet sind und zwei optionale Anschlüsse, welche mit 40 und 50 bezeichnet sind. Der Pfeil unterhalb des Hydraulikzylinders **6** deutet die Schließrichtung desselben an.

[0008] Bei dem Hydraulikzylinder **6** kann es sich z.B. um den Leitrad- Hydraulikzylinder oder um den Hydraulikzylinder zur Verstellung der Laufradschaufeln einer hydraulischen Maschine handeln. Solche Hydraulikzylinder erfordern zum Betrieb oft große Volumina an Hydraulikflüssigkeit. Der Hydraulikzylinder **6** kann als Gleichgangzylinder ausgefertigt sein, wie in **Fig. 1** durch die gestrichelte zweite Stange angedeutet ist. Der Hydraulikzylinder **6** kann jedoch auch als Differentialzylinder mit unterschiedlichen Volumen für Schließen- und Öffnen-Seite ausgefertigt sein.

[0009] Die Pumpenanordnung **2** umfasst zwei Pumpen mit umkehrbarer Förderrichtung. In **Fig. 1** sind die zwei Pumpen auf einer Welle angeordnet, welche durch den Pumpenantrieb **3** angetrieben wird. Es sind jedoch auch andere konstruktive Ausgestaltungen möglich, z.B. dass die Pumpen mittels eines Getriebes durch den Pumpenantrieb **3** angetrieben werden. Es ist sogar denkbar, dass der Pumpenantrieb **3** jeweils einen Motor und einen Frequenzumrichter für jede der beiden Pumpen umfasst. Die weitere Beschreibung bezieht sich auf die in **Fig. 1** dargestellte Ausführungsform. Dabei ist jeweils ein Anschluss einer Pumpe mit einer Steuerleitung des Hydraulikzylinders verbunden, so dass in einer Drehrichtung der Welle die eine Pumpe Hydraulikflüssigkeit in Richtung des Hydraulikzylinders **6** fördert und die andere Pumpe Hydraulikflüssigkeit vom Hydraulikzylinder **6** aufnimmt. In der anderen Drehrichtung der Welle ist es gerade umgekehrt. So sind in **Fig. 1** der rechte Anschluss der unteren Pumpe (über das entsperrbare Rückschlagventil **82**) mit der Schließen-Seite des Hydraulikzylinders **6** und der linke Anschluss der oberen Pumpe (über das entsperrbare Rückschlagventil **81**) mit der Öffnen-Seite des Hydraulikzylinders **6** verbunden. Die übrigen Anschlüsse der Pumpen sind jeweils direkt mit dem Sammel- und Ausgleichsbehälter

1 verbunden. D.h. in der einen Drehrichtung der Welle pumpt die untere Pumpe Hydraulikflüssigkeit aus dem Sammel- und Ausgleichsbehälter **1** in die Schließen-Seite des Hydraulikzylinders **6** und gleichzeitig pumpt die obere Pumpe Hydraulikflüssigkeit von der Öffnen-Seite des Hydraulikzylinders **6** in den Sammel- und Ausgleichsbehälter **1**. In der anderen Drehrichtung der Welle verlaufen die Volumenströme umgekehrt. Im Falle, dass die Fördervolumina der beiden Pumpen gleich groß sind, bedeutet das, dass letztendlich keine Hydraulikflüssigkeit in den Sammel- und Ausgleichsbehälter **1** fließt bzw. aus ihm entnommen wird (vgl. unten zu Gleichgangzylinder). Im anderen Fall wird nur die Differenzfördermenge der Pumpen in den Sammel- und Ausgleichsbehälter **1** abgegeben bzw. ihm entnommen (vgl. unten zu Differentialzylinder). Dabei ist jeweils vorausgesetzt, dass die Rückschlagventile **81** und **82** entsperrt sind (siehe unten in der Beschreibung der Betriebszustände).

[0010] Falls die verwendeten Pumpen ausgewiesene Druck- und Sauganschlüsse aufweisen, so werden vorzugsweise immer die Druckanschlüsse mit dem Hydraulikzylinder **6** und die Sauganschlüsse mit dem Sammel- und Ausgleichsbehälter **1** verbunden.

[0011] Die Welle der Pumpenanordnung **2** wird von dem drehzahlvariablen Pumpenantrieb **3**, welcher in beiden Drehrichtungen betreibbar ist, angetrieben. Der Pumpenantrieb **3** umfasst in der Regel einen elektrischen Servomotor, der von einem Frequenzumrichter elektrisch gespeist wird.

[0012] Die entsperrbaren Rückschlagventile **81** und **82**, welche in den Verbindungsleitungen des Hydraulikzylinders **6** mit der Pumpenanordnung **2** so angeordnet sind, dass sie im nicht entsperrten Zustand eine Bewegung des Kolbens des Hydraulikzylinders verhindern, sind jeweils mit einem der Vorsteuerventile **91**, **92** verbunden. Diese sind jeweils (über die Ventile **20** und **72**) mit dem Speicher **5** verbunden. Ein Öffnen eines Vorsteuerventils **91**, **92** bewirkt so die Entsperrung des zugehörigen Rückschlagventils **81**, **82**. Das Öffnen der Vorsteuerventile **91**, **92** wird durch den (elektrischen) Regler der hydraulischen Maschine dadurch bewirkt, dass diese erregt werden. Jedes der Vorsteuerventile **91**, **92** kann separat erregt werden.

[0013] Der Speicher **5** ist mit der Schließen-Seite des Hydraulikzylinders **6** verbunden. Das Notschlussventil **71** ist so mit der Öffnen-Seite des Hydraulikzylinders **6** und dem Sammel- und Ausgleichsbehälter **1** verbunden, dass ein Volumenstrom zwischen der Öffnen-Seite des Hydraulikzylinders **6** und dem Sammel- und Ausgleichsbehälter **1** nur möglich ist, wenn das Notschlussventil **71** geöffnet ist. Die Steuerung des Zustands des Notschlussventils **71** erfolgt über das Notschlussmagnetventil **72**, welches sich in einer hydraulischen Leitung zwischen

Notschlussventil **71** und dem Speicher **5** befindet. Das Notschlussmagnetventil **72** befindet sich auch in den Leitungen zwischen den Vorsteuerventilen **91**, **92** und dem Speicher **5**. Das (federbelastete) Notschlussmagnetventil **72** wird im Betrieb immer dauererregt, wodurch das Notschlussventil **71** geschlossen ist und die Vorsteuerventile **91**, **92** durch den Speicher **5** mit Öldruck versorgt werden (d.h. die Rückschlagventile **81**, **82** können in diesem Zustand durch die Vorsteuerventile **91**, **92** entsperrt werden).

[0014] Die Drossel **10**, die auch „Grunddrossel“ genannt wird, befindet sich in der Leitung zwischen der Öffnen-Seite des Hydraulikzylinders **8** und dem Rückschlagventil **81** jedoch noch vor der Abzweigung in dieser Leitung zum Notschlussventil **71**, d.h. in unmittelbarer Nachbarschaft zum Hydraulikzylinder **6**. Die Drossel **11** befindet sich in der Leitung, die den Speicher **5** mit dem restlichen Teil der Vorrichtung verbindet. Die Drossel **12** befindet sich in der Leitung zwischen dem Notschlussventil **71** und dem Sammel- und Ausgleichsbehälter **1**. Dabei ist eine der beiden Drosseln **11** oder **12** als optional zu betrachten (siehe die Ausführungen zur Notschlussfunktion).

[0015] Optional kann die Vorrichtung noch weitere Notschlusssteuerventile umfassen (z.B. ein Überdrehzahlventil etc.). Diese können über den Anschluss **50** angeschlossen werden, welcher sich in derselben hydraulischen Leitung wie das Notschlussmagnetventil **72** befindet.

[0016] Optional können weitere Verbraucher über den Anschluss **40** an den Speicher **5** angeschlossen werden. Der Anschluss **40** befindet sich in der hydraulischen Leitung, welche den Speicher **5** mit der restlichen Vorrichtung verbindet.

[0017] Im Folgenden werden die Wirkweisen der erfindungsgemäßen Vorrichtung in den einzelnen Betriebszuständen der hydraulischen Maschine näher beschrieben und die Vorteile der Vorrichtung erläutert. Hierbei wird als Anfangszustand angenommen, dass der mit der Schließen-Seite des Hydraulikzylinders **6** direkt verbundene Speicher **5** mit einem definierten Druck geladen ist und sich der Hydraulikzylinder **6** in einer beliebigen Zwischenstellung befindet.

Regelbetrieb der hydraulischen Maschine:

[0018] So lange die Position des Hydraulikzylinders **6** gehalten werden soll, befinden sich die vom Regler der hydraulischen Maschine angesteuerten Vorsteuermagnetventile **91**, **92** im entregten Zustand. Dadurch sind die entsperrbaren Rückschlagventile **81**, **82** in den Steuerleitungen zur Öffnen- bzw. Schließen-Seite des Hydraulikzylinders **6** ebenfalls geschlossen und der Zylinder **6** wird leakagefrei in seiner Position gehalten. In diesem Zustand wird der drehzahlvariable Antrieb **3** abgeschaltet, so dass kei-

ne Verlustenergie (Wärme) in das System eingebracht wird. Dadurch kann prinzipiell auf eine Ölkühlung verzichtet werden, was den Vorteil einer deutlich besseren Energieeffizienz bietet.

[0019] Wird nun ein Regelvorgang notwendig (z.B. Sollwertänderung oder die Regelabweichung überschreitet einen bestimmten Wert (Totband)), werden die Vorsteuerventile **91** und **92** über den Regler erregt, was zum Öffnen der entsperrbaren Rückschlagventile führt. Jetzt kann der Hydraulikzylinder direkt über den drehzahlvariablen Pumpenantrieb **3** positioniert werden. Falls der Hydraulikzylinder **6** als Gleichgangzylinder ausgefertigt ist, wird durch die Pumpenanordnung **2** die gleiche Ölmenge saugseitig geschluckt wie druckseitig in den Zylinder eingebracht. In diesem Fall haben die beiden Pumpen der Pumpenanordnung **2** identische Fördervolumina. Falls der Hydraulikzylinder **6** als Differentialzylinder ausgefertigt ist, wird das Fördervolumen-Verhältnis der beiden Pumpen der Pumpenanordnung **2** so genau wie möglich an den Differentialzylinder angepasst. Die während des Verfahrens des Hydraulikzylinders **6** entstehende Differenz-Ölmenge kann über die entsprechenden am Sammel- und Ausgleichsbehälter **1** angeschlossenen Saugleitungen bzw. ein geringes Pendelvolumen am Speicher **5** ausgeglichen werden.

[0020] Das Ölvolumen und somit der Druck im Speicher **5** bleibt weitestgehend konstant und sorgt dafür, dass das ganze System vorgespannt ist. Die permanente Druckvorspannung des Hydraulikzylinders **6** durch den Speicher **5** hat den Vorteil, dass der Hydraulikzylinder **6** immer fest in der definierten Position eingespannt bleibt unabhängig z.B. von einem Wechsel der Krafttrichtung der am Zylinder **6** angreifenden äußeren Kräfte.

[0021] Nach Erreichen der gewünschten Position werden die Vorsteuerventile **91**, **92** entregt, wodurch der Zylinder **6** wieder ohne Aufbringung von Energie in seiner Position gehalten werden kann. Es ist zu erwähnen, dass das Speichervolumen im Vergleich mit konventionellen Systemen nicht mehr zu Regelzwecken verwendet wird, da diese Aufgabe komplett von der Pumpenanordnung **2** übernommen wird. Somit kann das Speichervolumen und so die Speichergröße drastisch reduziert werden. Dieses führt zusätzlich auch zu einem kleineren Sammel- und Ausgleichsbehälter **1**, wodurch insgesamt die Kosten reduziert werden können.

Notschluss:

[0022] Um in einem Fehlerfall ein sicheres Stilllegen der hydraulischen Maschine gewährleisten zu können, ist eine Notschlussfunktion implementiert, die es erlaubt, die Anlage ohne Stromversorgung (oder bei einem Defekt des drehzahlvariablen An-

triebs **3**) herunterzufahren. Im Notschlussfall wird das im Betrieb dauererregte Notschlussmagnetventil **72** entregt, worauf das Notschlussventil **71** öffnet. Somit wird aus dem „quasi-geschlossenen“ hydraulischen Regelkreislauf ein offener Kreislauf. Der Speicher **5** ist mit der Schließen-Seite des Hydraulikzylinders **6** verbunden, wobei die Öffnen-Seite jetzt in den Sammel- und Ausgleichsbehälter **1** abgesteuert wird. Gleichzeitig wird auch der Druck zu den Vorsteuerventilen **91**, **92** entlastet, so dass die entsperrbaren Rückschlagventile **81**, **82** schließen. Somit wird sicher verhindert, dass sich z.B. aufgrund eines Defektes oder einer Leckage in der Pumpenanordnung **2** das Speichervolumen fälschlicherweise hierüber entleeren könnte und somit nicht mehr zum Schließen zur Verfügung stehen würde.

[0023] In diesem offenen Kreislauf liefert der Speicher **5** ein definiertes Volumen innerhalb definierter Druckgrenzen. Daher lässt sich mit Hilfe der Grunddrossel **10** und einer zusätzlich in Reihe geschalteten Drossel **11** oder **12** sicher eine definierte Schließzeit einstellen. Werden tatsächlich zwei zusätzlich in Reihe geschaltete Drosseln **11** und **12** verwendet, so ergibt sich dadurch eine größere Flexibilität und eine größere Robustheit gegenüber z.B. einem Leitungsbruch in der Leitung zwischen der Grunddrossel **10** und dem Schnellschlussventil **71**, da sich die zusätzliche Drosselwirkung auf zwei Drosseln verteilt, von denen nur eine (**12**) durch den Leitungsbruch ausfällt.

[0024] Durch die Grunddrossel **10** entsteht beim Verfahren des Hydraulikzylinders **6** ein Staudruck, gegen den die Pumpenanordnung **2** wirkt, und der daher in gewissen Grenzen gehalten werden muss (einzuhaltende Nenndrücke der Leitungen und Komponenten, Leistung des Pumpenantriebs **3** etc.). Daher ist eine individuelle Auslegung der einzelnen Drosseln **10**, **11**, **12** notwendig. Dabei muss im Vordergrund stehen, dass immer der größtmögliche Anteil der Gesamtdrosselwirkung und damit der Schließzeit über die Grunddrossel **10** realisiert werden muss. Das hat u.a. den Grund, dass durch die Anordnung der Grunddrossel **10** direkt in der Öffnen-Seite des Hydraulikzylinders **6** auch bei z.B. Leitungsbruch der Öffnen-Steuerseite (d.h. der Leitung zwischen Grunddrossel **10** und der Pumpenanordnung **2**) eine Begrenzung der Schließzeit gewährleistet ist.

[0025] Dadurch, dass der Speicher **5** direkt in der Schließen-Seite des Zylinders **6** angeordnet ist, und dort förmlich als „Puffer“ wirkt, würde sogar in dem Fehlerfall, dass der Pumpenantrieb **3** eine höhere als die definierte maximale Drehzahl Richtung Schließen annähme, die Stellzeit über die Grunddrossel **10** begrenzt werden. Es würde sich lediglich der Druck im Speicher **5** durch eine erhöhte Pumpenfördermenge langsam erhöhen.

[0026] Um die Vorrichtung gegen einen unzulässig hohen Druck abzusichern, können optional Druckbegrenzungsventile **30**, **31** jeweils öffnen- und schließen-seitig bzgl. dem Hydraulikzylinder **6** installiert sein. Es ist klar, dass das Druckbegrenzungsventil **31** auch im Speicher **5** integriert sein kann.

Speicherlade-Funktion:

[0027] Der Speicher **5** wird auf seinen Füllgrad bzw. seinen Systemdruck mittels entsprechender Niveau- und Drucksensoren überwacht. Das Ölvolumen und der Druck im Speicher **5** werden im Betrieb unabhängig von der Stellung des Hydraulikzylinders **6** auf einem definierten maximalen Niveau gehalten. Dieses Niveau wird sich im Falle eines verwendeten Gleichgangzylinders (siehe oben), bzw. wenn keine weiteren externen Verbraucher am Speicher **5** über die optionale Anschlussstelle **40** angeschlossen sind, im Betrieb nicht oder nur sehr wenig ändern.

[0028] Um aber auch die Verwendung von Differenzialzylindern sowie externen Verbrauchern zu ermöglichen, kann der Speicher mittels des drehzahlvariablen Antriebs **3** und den elektrisch angesteuerten entsperbaren Rückschlagventilen **81** und **82** unabhängig von der Stellung des Hydraulikzylinders **6** während des Betriebs aufgeladen werden.

[0029] Dazu müssen sich die Vorsteuermagnetventile **91** und **92** in entregtem Zustand befinden, wodurch auch die entsperbaren Rückschlagventile **81** und **82** geschlossen sind. Die Pumpenanordnung **2** wird jetzt so angesteuert, dass diese in Richtung Schließen-Seite des Hydraulikzylinders **6** fördert. Die Position des Zylinders **6** ändert sich dadurch nicht, da das entsperbare Rückschlagventil **81** in der Öffnen-Seite des Hydraulikzylinders **6** geschlossen ist und somit kein Öl aus dem Hydraulikzylinder **6** entweichen kann. In Schließen-Richtung kann das Rückschlagventil **82** aber durchströmt werden, wodurch sich der Druck erhöht und der Speicher **5** „geladen“ wird. Die dafür nötige Differenz-Ölmenge wird von der Pumpenanordnung **2** über eine entsprechende Leitung vom Sammel- und Ausgleichsbehälter **1** angesaugt.

[0030] Sollte während des Ladens ein Regelvorgang notwendig werden, hat dieser Priorität vor dem Ladevorgang. Das ist aus sicherheitstechnischer Sicht kein Problem, da ein entsprechender Schalterpunkt der Niveau- und Drucküberwachung dafür sorgt, dass für einen eventuellen Notschluss immer genügend Volumen bzw. Druck im Speicher vorhanden ist. Durch das Erregen der Vorsteuerventile **91** und **92** und die Ansteuerung des drehzahlvariablen Antriebs **3** ist es sofort wieder möglich Regelbewegungen auszuführen.

[0031] Die Speicher-Laden-Funktion ist während des normalen Betriebs und einem Stillstand der hydraulischen Maschine aktiv. So wird gewährleistet, dass immer die entsprechende Sicherheit für einen eventuellen Notschluss gegeben ist, sowie beim Start der hydraulischen Maschine diese schnellstmöglich verfügbar ist.

Optionale Schnell-Schließen-Funktion:

[0032] Normalerweise wird die Pumpenanordnung **2** bzgl. der Größe, Drehzahl und Leistung der Pumpen so ausgelegt, dass die für den jeweiligen Anwendungsfall geforderten Öffnen- und Schließzeiten des Hydraulikzylinders **6** allein über den Pumpenantrieb **3** verfahren werden können.

[0033] Wenn z.B. große Hydraulikzylinder-Volumina vorhanden sind und im Gegensatz zu den Schließzeiten die Öffnungszeiten deutlich länger sein dürfen, könnten, um die Dimension der Pumpenanordnung **2** und des Pumpenantriebes **3** so klein wie möglich zu halten (Platzverhältnisse, Ersatzteilkosten etc.), diese so ausgelegt werden, dass der Hydraulikzylinder **6** nur mit der minimalen Öffnungszeit verfahren werden kann.

[0034] Um dann eine schnellere Schließzeit (z.B. im Fall eines Wasserkraftreglers bei einem Lastabwurf) zu erreichen, ist optional das Schnell-Schließen-Magnetventil **20** vorgesehen, welches sich in derselben hydraulischen Leitung wie das Notschlussmagnetventil **72** befindet. Durch Beschalten dieses Ventils **20** kann nun das Speichervolumen genutzt werden, um zu schließen. Dabei wird das Schnell-Schließen-Magnetventil **20** erregt, wodurch das Notschlussventil **71** öffnet. Gleichzeitig wird durch die Druckzufuhr zu den Vorsteuerventilen **91** und **92** hydraulisch getrennt, so dass auch die entsperbaren Rückschlagventile **81** und **82** in den Steuerleitungen schließen. Die Pumpenanordnung **2** kann nun während dieses Vorgangs mit maximaler Fördermenge in Richtung Schließen gesteuert werden. Durch die Unterstützung durch die Pumpenanordnung **2** wird das Ölvolumen minimiert, welches aus dem Speicher **5** entnommen wird. Dies hat u.a. die Vorteile, dass der Speicher **5** weniger stark entleert wird und die Schließzeit, die über die Grunddrossel **10** direkt am Hydraulikzylinder **6** definiert wird, aufgrund der kleineren Spanne zwischen Anfangs- und Enddruck im Speicher **5** genauer eingestellt werden kann.

[0035] Um z.B. nach einem Lastabwurf bei einer Wasserturbine die Möglichkeit zu haben, die Maschine wieder zu synchronisieren zu können, wird bei Erreichen einer definierten Öffnung das Schnell-Schließen-Ventil **20** wieder entregt. Gleichzeitig wird die „Fein-Regelung“ jetzt wieder an den drehzahlvariablen Pumpenantrieb **3** übergeben, und die Maschine kann wieder synchronisiert werden.

[0036] Im jetzigen Zustand ist aufgrund des Schließvorgangs und der Tatsache, dass nicht das ganze Volumen über die Pumpenanordnung **2** bereitgestellt werden konnte, der Speicher um einen Betrag, der kleiner ist als das bis zur entsprechenden Hydraulikzylinder-Position notwendige Ölvolumen, entleert worden. Der Druck und das Ölvolumen im Speicher **5** ist dabei immer noch hoch genug, dass ein etwaig notwendiger Notschluss durchgeführt werden könnte. Trotzdem sollte in dieser Situation der Speicher **5** so schnell wie möglich wieder aufgefüllt werden. Da während und nach Abschluss des Synchronisierungsvorgangs und erneutem Auffahren der Turbine auf die entsprechende Zylinderstellung der Regler aktiv ist und dadurch die Pumpenanordnung **2** nicht zum Laden des Speichers **5** genutzt werden darf, kann in diesem Fall folgendermaßen vorgegangen werden:

[0037] Während die Pumpenanordnung **2** den Hydraulikzylinder **6** auf die entsprechende Öffnung auffährt, befinden sich die Vorsteuermagnetventile **91** und **92** im entregten Zustand. Somit kann das öffnen-seitige Rückschlagventil **81** durchströmt werden, das schließen-seitige Rückschlagventil **82** bleibt gesperrt. Dadurch wird das beim Auffahren verdrängte Öl aus dem Hydraulikzylinder **6** direkt zurück in den Speicher **5** gedrückt. Die dafür nötige Ölmenge wird von der Pumpenanordnung **2** über die entsprechende Leitung vom Sammel- und Ausgleichsbehälter **1** angesaugt. Hat der Speicher **5** seinen Nenn-Füllgrad erreicht, werden die entsprechenden Rückschlagventile **81** und **82** geöffnet und der Hydraulikzylinder **6** kann ohne weiteres Füllen des Speichers **5** auf seine Endposition gefahren werden.

Heizen-Funktion:

[0038] Bei Unterschreiten eines definierten Öltemperaturwertes wird die Regelung über die Pumpenanordnung **2** durch das Öffnen der entsperbaren Rückschlagventile **81** und **82** initiiert. Dadurch entsteht Wärme die zum Aufheizen des Systems genutzt wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Regeln einer hydraulischen Maschine umfassend eine Pumpenanordnung (2), einen drehzahlvariablen Pumpenantrieb (3), einen Speicher (5), einen Hydraulikzylinder (6), ein Notschlussventil (71), zwei entsperbare Rückschlagventile (81, 82) und zwei Vorsteuerventile (91, 92) zum Entsperren der Rückschlagventile (81, 82), wobei die Pumpenanordnung (2) zwei Pumpen mit umkehrbarer Förderrichtung umfasst, welche mit dem drehzahlvariablen Pumpenantrieb (3) so verbunden sind, dass die Pumpen in beiden Förderrichtungen durch den Pumpenantrieb (3) angetrieben werden können, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung ferner einen Sammel- und Ausgleichsbehälter

(1), ein Notschlussmagnetventil (72) und wenigstens 2 Drosseln (10, 11, 12) umfasst, wobei ein erster Anschluss der ersten Pumpe mit der Öffnen-Seite und ein erster Anschluss der zweiten Pumpe mit der Schließen-Seite des Hydraulikzylinders (6) verbunden sind, und wobei die verbleibenden Anschlüsse der Pumpen jeweils mit dem Sammel- und Ausgleichsbehälter (1) verbunden sind, so dass in einer Antriebsrichtung des Pumpenantriebs (3) die erste Pumpe Hydraulikflüssigkeit vom Sammel- und Ausgleichsbehälter (1) in Richtung des Hydraulikzylinders (6) und die zweite Pumpe Hydraulikflüssigkeit von Seiten des Hydraulikzylinders (6) in den Sammel- und Ausgleichsbehälter (1) fördern können, und wobei der Sammel- und Ausgleichsbehälter (1) mit der Öffnen-Seite und der Speicher (5) mit der Schließen-Seite des Hydraulikzylinders (6) verbunden sind, und das Notschlussventil (71) in der Leitung zwischen dem Hydraulikzylinder (6) und dem Sammel- und Ausgleichsbehälter (1) angeordnet ist, und sich jeweils ein entsperbares Rückschlagventil (81, 82) in einer der Leitungen von den Pumpen zum Hydraulikzylinder (6) befinden und so ausgerichtet sind, dass in jedem Zustand der Rückschlagventile (81, 82) Hydraulikflüssigkeit in Richtung zum Hydraulikzylinder (6) durchgelassen werden kann, und die Vorrichtung ferner Leitungen umfasst, welche den Speicher (5) jeweils mit den beiden Rückschlagventilen (81, 82) und dem Notschlussventil (71) verbinden, um die Rückschlagventile (81, 82) entsperren und das Notschlussventil (71) schließen zu können, wobei diese Leitungen wenigstens über ein Teilstück eine einzige Leitung bilden, in welchem Teilstück das Notschlussmagnetventil (72) angeordnet ist, um während dem Betrieb der hydraulischen Anlage permanent erregt und in dieser Stellung durchgängig zu sein, und wobei die Vorsteuerventile (91, 92) jeweils in den separat verlaufenden Teilstücken der Leitungen zwischen dem Speicher (5) und den Rückschlagventilen (81, 82) angeordnet und elektrisch ansteuerbar ausgebildet sind, und wobei sich eine Drossel (10) in der Leitung zur Öffnen-Seite des Hydraulikzylinders (6) befindet, um bei jeder Bewegung des Hydraulikzylinders (6) von Hydraulikflüssigkeit durchflossen zu werden, und sich die andere Drossel (11, 12) entweder in der Leitung zwischen dem Sammel- und Ausgleichsbehälter (1) und der Mündung in die Leitung von der Pumpenanordnung (2) zur Öffnen-Seite des Hydraulikzylinders (6) oder in der Leitung zwischen dem Speicher (5) und der Mündung in die Leitung von der Pumpenanordnung (2) zur Schließen-Seite des Hydraulikzylinders (6) befindet.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine weitere Drossel (11, 12) umfasst, welche sich entweder in der Leitung zwischen dem Sammel- und Ausgleichsbehälter (1) und der Mündung in die Leitung von der Pumpenanordnung (2) zur Öffnen-Seite des Hydraulikzylinders (6) oder in der Leitung zwischen dem Speicher (5) und

der Mündung in die Leitung von der Pumpanordnung (2) zur Schließen-Seite des Hydraulikzylinders (6) befindet, so dass sich in jeder dieser beiden Leitungen eine Drossel (11, 12) befindet.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung zwei Druckbegrenzungsventile (30, 31) umfasst, von denen jeweils eines an eine der Leitungen zwischen den entsperbaren Rückschlagventilen (81, 81) und dem Hydraulikzylinder (6) angeschlossen ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung ein elektrisch ansteuerbares Magnetventil (20) umfasst, welches in derselben Leitung angeordnet ist wie das Notschlussmagnetventil (72) und so ausgebildet ist, dass es bei elektrischer Erregung das Notschlussventil (71) öffnen und die Vorsteuerventile (91, 92) vom Speicher (5) entkoppeln kann.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine Anschlussstelle (50) für weitere Notschlussventile umfasst, welche in derselben Leitung angeordnet ist wie das Notschlussmagnetventil (72).

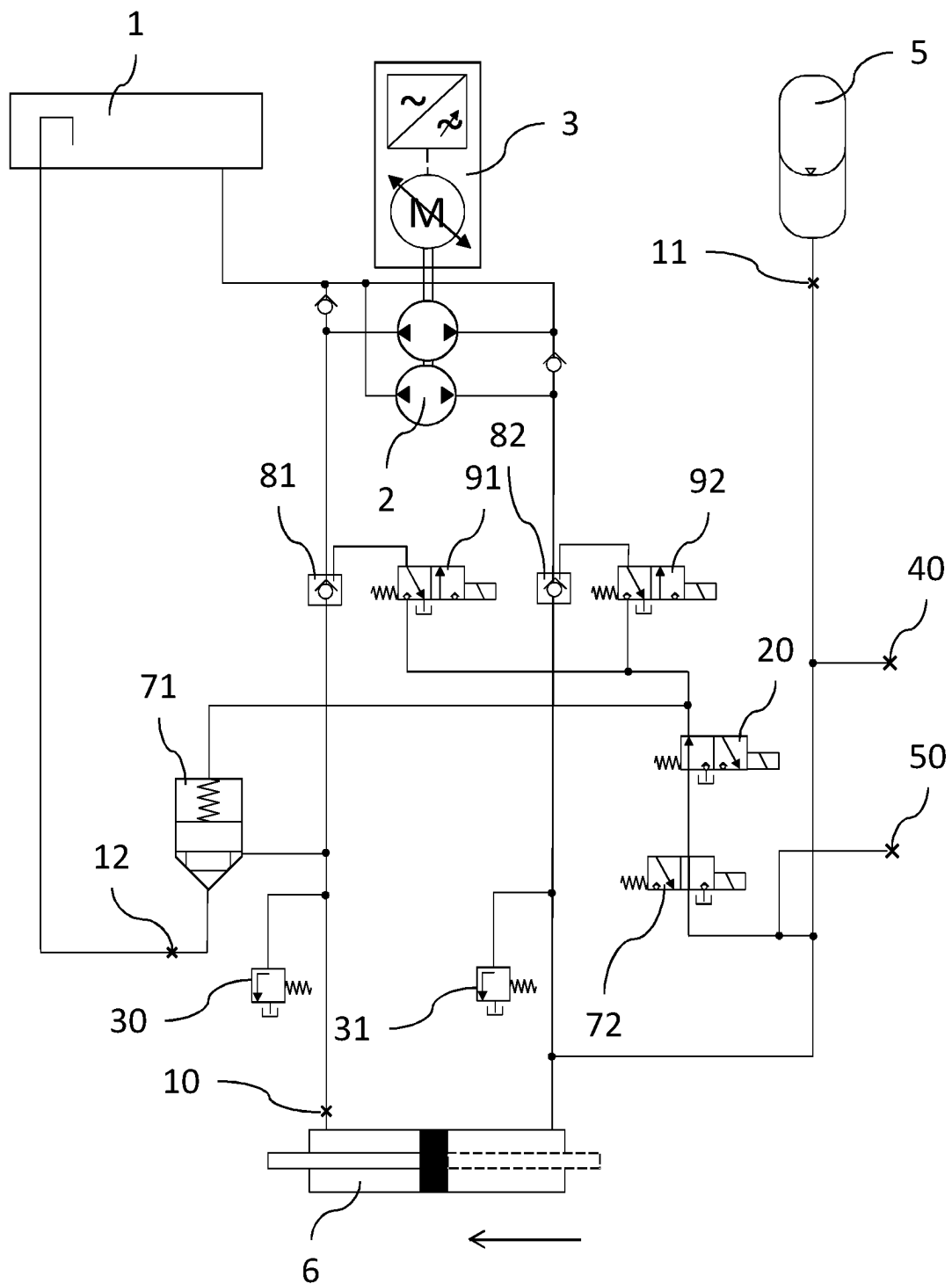
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine Anschlussstelle (40) für weitere Verbraucher von Hydraulikflüssigkeit umfasst, welche in der Leitung vom Speicher (5) zum Hydraulikzylinder (6) angeordnet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hydraulikzylinder (6) als Gleichgangzylinder ausgefertigt ist, und die Pumpen der Pumpenanordnung (2) die gleiche Menge Hydraulikflüssigkeit pro Umdrehung fördern.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hydraulikzylinder (6) als Differentialzylinder ausgefertigt ist, und die Pumpen der Pumpenanordnung (2) unterschiedliche Mengen Hydraulikflüssigkeit pro Umdrehung fördern, wobei das Fördermengenverhältnis an das Volumenverhältnis des Hydraulikzylinders (6) bzgl. Schließen- und Öffnen-Seite angepasst ist.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1