

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 304 482 A2

(12)

### EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
23.04.2003 Patentblatt 2003/17

(51) Int Cl.7: F04B 49/00

(21) Anmeldenummer: 02016036.2

(22) Anmeldetag: 18.07.2002

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: **Schniederjan, Reinhold**  
89233 Neu-Ulm (DE)

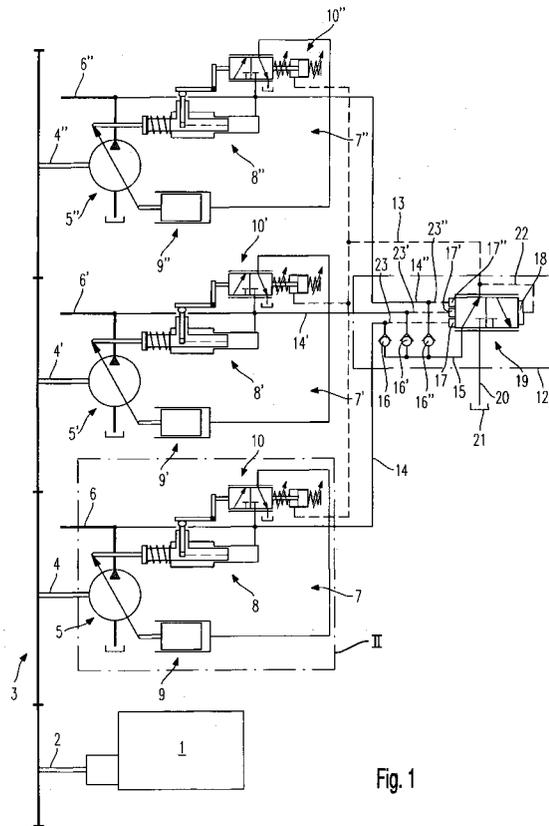
(74) Vertreter: **Körfer, Thomas, Dipl.-Phys. et al**  
**Mitscherlich & Partner,**  
**Patent- und Rechtsanwälte,**  
**Sonnenstrasse 33**  
**80331 München (DE)**

(30) Priorität: 18.10.2001 DE 10151401

(71) Anmelder: **BRUENINGHAUS HYDROMATIK**  
**GMBH**  
89275 Elchingen (DE)

#### (54) Summenleistungsregler und Druckmittler

(57) Die Erfindung betrifft einen Summenleistungsregler für mehrere hydrostatische Kolbenmaschinen (5, 5', 5'') und einen Druckmittler zum Erzeugen eines gemeinsamen Regelparameters, wobei die Fördervolumen der hydrostatischen Kolbenmaschinen (5, 5', 5'') mittels Verstellvorrichtungen (8, 9, 8', 9', 8'', 9'') einstellbar ist und die hydrostatischen Kolbenmaschinen (5, 5', 5'') ein Druckmittel in Arbeitsleitungen (6, 6', 6'') fördern. Die Verstellvorrichtungen (8, 9, 8', 9', 8'', 9'') werden durch eine Hyperbelregelvorrichtung (7, 7', 7'') geregelt und der Arbeitsdruck der hydrostatischen Kolbenmaschinen (5, 5', 5'') einem Druckmittler (12) zugeführt. Für jede Verstellvorrichtung (8, 9, 8', 9', 8'', 9'') der hydrostatischen Kolbenmaschinen (5, 5', 5'') ist eine separate Hyperbelregelvorrichtung (7, 7', 7'') vorgesehen, die einen Regelkolben (41, 41', 41'') und einen Meßkolben (11, 11', 11'') umfaßt, wobei der Meßkolben (11, 11', 11'') durch eine Axialkraft vorbelastet ist, welche auf den Regelkolben (41, 41', 41'') übertragbar ist, und der eine Kraft entgegengerichtet ist, die durch einen von dem Druckmittler (12) gemittelten Druck an einer Meßkolbenfläche (37, 37', 37'') erzeugt wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Summenleistungsregler zur Regelung der Summenleistung mehrerer hydrostatischer Kolbenmaschinen sowie einen Druckmittler zur Erzeugung eines mittleren Drucks für die Leistungsregelung.

**[0002]** Leistungsregler zum Regeln von Förderleistungen mehrerer hydrostatischer Kolbenmaschinen, welche durch eine gemeinsame Antriebsquelle angetrieben werden, sind bekannt. Zum Beispiel ist in der DE 33 23 278 C2 eine Vorrichtung offenbart, bei der insgesamt drei Hydropumpen von einer gemeinsamen Antriebsmaschine angetrieben werden. Die Pumpen fördern ein Druckmittel in jeweils eine zugeordnete Arbeitsleitung. Zumindest zwei der Hydropumpen sind verstellbar ausgeführt, wobei die Stellvorrichtungen der beiden Hydropumpen gemeinsam über einen sogenannten Hyperbelregler regelbar sind. Zur Betätigung der Stellvorrichtung der beiden Hydropumpen wird ein Stellkolben, der zwei gegenüberliegende Kolbenflächen aufweist, auf einer Seite mit einem aus den beiden Arbeitsleitungen der zu verstellenden Hydropumpen gemittelten Druck bedrückt. Diese erste Kolbenfläche ist mit der ihr gegenüberliegenden zweiten Kolbenfläche über einen Kanal sowie ein darin angeordnetes Regelventil verbunden. In Abhängigkeit von der Position des Regelventils wird der Druck auf die zweite Kolbenfläche zwischen dem gemittelten Arbeitsdruck als maximalem und dem Tankdruck als minimalem Druck geregelt. Die Position des Regelventils ist von dem gemittelten Druck der Arbeitsleitungen sowie der Position des Stellkolbens abhängig. Dabei wird durch die Position des Stellkolbens der Schwenkwinkel und damit das Fördervolumen der verstellbaren Hydropumpen berücksichtigt. Die von der dritten Hydropumpe aufgenommene Leistung wird dadurch berücksichtigt, daß der von der dritten Pumpe erzeugte Druck in der Arbeitsleitung über ein Hebelwerk auf das Regelventil übertragen wird und somit dessen Position beeinflusst.

**[0003]** Ein Druckmittler, der zum Erzeugen des gemittelten Arbeitsleistungsdrucks verwendet wird, ist zum Beispiel aus der DE 34 07 827 C2 bekannt. Der Druckmittler umfaßt einen Stufenkolben, welcher in einem Ventilgehäuse axial verschiebbar angeordnet ist. Er weist zwei gleichsinnig orientierte Stufenkolbenflächen auf, welche jeweils mit den Arbeitsleitungen der zu verstellenden Kolbenmaschinen verbunden sind. Die radial äußeren Begrenzungen der Stufenkolbenflächen bilden mit dem Ventilgehäuse jeweils eine variable Drossel aus. Die beiden Drosseln sind in Abhängigkeit von der Position des Stufenkolbens gemeinsam variabel. Die Ausgangsseite der Drosseln ist über eine gemeinsame Zuleitung mit einer entgegen den Stufenkolbenflächen orientierten Summenkolbenfläche verbunden. Dabei verfügt jede Drossel über ein ihr zugeordnetes ausgangsseitig angeordnetes Rückschlagventil, welches in Richtung der Summenkolbenfläche öffnet. Die Sum-

menkolbenfläche wird dadurch nur durch den jeweils größeren Druck der Arbeitsleitungen mit Druckmittel versorgt.

**[0004]** Die beschriebene Vorrichtung zum Regeln der Summenleistung von mehreren hydrostatischen Kolbenmaschinen hat den Nachteil, daß zur Berücksichtigung einer dritten hydrostatischen Kolbenmaschine eine komplizierte Abstimmung des Hebelwerks erforderlich ist, um deren Leistung zu berücksichtigen. Weiterhin nachteilig ist, daß die beiden Verstellpumpen nur gemeinsam verstellbar sind. Die vorgeschlagene Anordnung eignet sich daher nur für den Betrieb zweier identischer Hydropumpen in Verbindung mit einer dritten Hydropumpe, welche bei der Regelung der Förderleistung unberücksichtigt ist.

**[0005]** Der verwendete Druckmittler hat zudem den Nachteil, daß die Flächen der Stufenkolben gleichzeitig als variable Drosseln ausgebildet sind. Dies führt beim Betrieb des Druckmittlers dazu, daß die Stufenkolbenflächen von dem strömenden Medium bedrückt werden. Durch das direkte Nachfördern eines sich ändernden Volumens bei einer Stellbewegung des Stellkolbens können dabei große Volumenströme in dem Druckmittler auftreten. Die Stellgenauigkeit des Druckmittlers wird damit verringert.

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Summenleistungsregelung und einen Druckmittler einfacher Bauart für mehrere hydrostatische Kolbenmaschinen zu schaffen, welche bzw. welcher über einen gemeinsamen Regelparameter verfügt und den Betrieb von Hydropumpen verschiedener Leistungen ermöglicht.

**[0007]** Die Aufgabe wird durch den erfindungsgemäßen Summenleistungsregler nach Anspruch 1 bzw. den Druckmittler nach Anspruch 8 gelöst.

**[0008]** Der erfindungsgemäße Summenleistungsregler hat den Vorteil, daß für jede Kolbenmaschine eine individuelle Stellvorrichtung vorgesehen ist. Gleichzeitig wird als Regelparameter eine gemeinsame Größe verwendet, die auf die Regelcharakteristik der Kolbenmaschinen gemeinsam einwirkt. Damit wird die Leistung der jeweils anderen Kolbenmaschinen, die von derselben primären Antriebsmaschine angetrieben werden, berücksichtigt.

**[0009]** Die eigentliche Stellenergie wird der jeweiligen Kolbenmaschine über die Arbeitsleitung selbst entnommen. Durch den Druckmittler sind daher nur kleine Volumenströme nötig. Dieser kleine Volumenstrom beeinflusst durch die getrennte Anordnung von dem Stufenkolbenflächen und den Steuerkanten die Regelgenauigkeit des Druckmittlers nicht.

**[0010]** Weiterhin ist die Variabilität durch den zusätzlich am Hyperbelregler angeordneten Meßkolben vergrößert. Ab einem Schwellwert für den gemittelten Druck, der für alle Kolbenmaschinen gleich oder unterschiedlich sein kann, ist der Einfluß einer zweiten Feder ausgeschaltet, wodurch eine zweite eventuell andere Regelcharakteristik abrufbar ist. Eine Abstimmung des

Summenleistungsreglers ist somit auch für Kolbenmaschinen mit unterschiedlichen Maximalleistungen möglich.

**[0011]** Ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Summenleistungsreglers sowie eines dafür vorgesehenen Druckmittlers ist in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen hydraulischen Schaltplan für eine Summenleistungsregelung an drei hydrostatischen Kolbenmaschinen;

Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung im Ausschnitt II der Fig. 1; und

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Summenleistungsreglers.

**[0012]** In Fig. 1 ist ein hydraulischer Schaltplan einer erfindungsgemäßen Summenleistungsregelvorrichtung gezeigt, bei der eine Antriebsmaschine 1 über eine Abtriebswelle 2 und ein Vorgelege 3 mit drei hydrostatischen Kolbenmaschinen 5, 5' und 5'' verbunden ist. Bei Erläuterungen bezüglich der hydrostatischen Kolbenmaschinen 5, 5' und 5'' gleichwirkenden Bauteile wird zur leichteren Verständlichkeit auf eine Nennung der einfach gestrichenen bzw. zweifach gestrichenen Bezugszeichen verzichtet.

**[0013]** Das von der Antriebsmaschine 1 angetriebene Vorgelege 3 ist mittels einer Abtriebswelle 4 mit der hydrostatischen Kolbenmaschine 5 verbunden. Die hydrostatische Kolbenmaschine 5 ist in ihrem Fördervolumen einstellbar ausgeführt. Von der hydrostatischen Kolbenmaschine 5 wird ein geeignetes Druckmittel in eine Arbeitsleitung 6 gefördert. Die weiteren, ebenfalls verstellbaren hydrostatischen Kolbenmaschinen 5' und 5'' fördern in jeweils eine separate Arbeitsleitung 6' bzw. 6''.

**[0014]** Die Verstellung des Fördervolumens der hydrostatischen Kolbenmaschine 5 wird durch einen Hyperbelregler 7 geregelt, welcher nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 2 näher erläutert wird und der im wesentlichen eine Verstellvorrichtung 8, eine Rückstellvorrichtung 9 sowie ein Regelventil 10 und eine Meßkolben 11 umfaßt.

**[0015]** Als gemeinsamer Regelparameter wird allen drei Hyperbelreglern 7, 7' und 7'' ein von einem Druckmittler 12 gemittelter Druck zugeführt. Der von dem Druckmittler 12 gemittelte Druck wird in einer Ausgangsdruckleitung 13 zur Verfügung gestellt. Im einfachsten Fall ist der gemittelte Ausgangsdruck ein aus den in den Arbeitsleitungen 6, 6' und 6'' herrschenden Arbeitsdrücke gebildeter arithmetischer Mittelwert. Über Arbeitsdruckverbindungsleitungen 14, 14' und 14'' sind die Arbeitsleitungen 6, 6' und 6'' mit dem Druckmittler 12 verbunden. Die Arbeitsdruckverbindungsleitungen 14, 14' und 14'' münden in eine Verbindungsleitung

15, wobei in jeder Arbeitsdruckverbindungsleitung 14, 14' und 14'' ein Rückschlagventil 16, 16' und 16'' angeordnet ist, welches in Richtung der Verbindungsleitung 15 öffnet. In der Verbindungsleitung 15 herrscht damit der jeweils höchste verfügbare Druck der Arbeitsleitungen 6, 6' und 6''.

**[0016]** Der in der Ausgangsdruckleitung 13 herrschende Druck wird von einem 3/2-Wegeventil 19 so eingestellt, daß die Summe der auf Meßflächen 17, 17' und 17'' wirkenden Kräfte gleichgroß der auf die entgegengesetzt gerichtete Summenfläche 18 wirkende Kraft ist. Die Summenfläche 18 wird hierzu über eine Rückkopplungsleitung 22 mit der Ausgangsdruckleitung 13 verbunden. Die Meßflächen 17, 17' und 17'' werden entsprechend über Meßdruckleitungen 23, 23' und 23'' mit den entsprechenden Arbeitsdruckverbindungsleitungen 14, 14' und 14'' verbunden.

**[0017]** Das 3/2 Wegeventil 19 ist zwischen zwei Endpositionen beliebig einstellbar, wobei sich die Position des 3/2-Wegeventils in Abhängigkeit von der resultierenden Kraft an den Meßflächen 17, 17' und 17'' sowie der entgegengerichteten Summenfläche 18 einstellt. In einer ersten Endposition verbindet das 3/2-Wegeventil die Verbindungsleitung 15 mit der Ausgangsdruckleitung 13. In der zweiten Endposition wird die Ausgangsdruckleitung 13 über eine Rücklaufleitung 20 mit einem Tankvolumen 21 verbunden, so daß der in der Ausgangsdruckleitung 13 herrschende Druck gegenüber dem Tankvolumen 21 entspannt wird. Das 3/2 Wegeventil 19 kann jede beliebige Zwischenposition einnehmen.

**[0018]** Das Zusammenwirken zwischen dem Ausgangsdruck, welcher in der Ausgangsdruckleitung 13 durch den Druckmittler 12 erzeugt wird, und den Hyperbelreglern 7 wird nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 2 erläutert.

**[0019]** Das Regeln der hydrostatischen Kolbenmaschine 5 erfolgt mittels der Verstellvorrichtung 8, welche die hydrostatische Kolbenmaschine 5 in Richtung großer Schwenkwinkel und damit großen Fördervolumens  $V_{\max}$  verstellt. In Richtung kleinen Fördervolumens  $V_{\min}$  ist die hydrostatische Kolbenmaschine 5 durch die Rückstellvorrichtung 9 verstellbar.

**[0020]** Die Verstellvorrichtung 8 weist einen Stellkolben 25 mit einer Stellkolbenfläche 25a auf, die in einem Stelldruckraum 26 über eine Stelldruckleitung 27 aus der Arbeitsleitung 6 bedrückbar ist. Bei Erhöhung des Drucks in dem Stelldruckraum 26 wird der Stellkolben 25 entgegen der Kraft einer Rückstellfeder 28 axial verschoben. Dabei wird die hydrostatische Kolbenmaschine 5 in Richtung größerer Schwenkwinkel angesteuert. Im rechten Winkel zu der Bewegungsrichtung des Stellkolbens 25 ist in dem Stellkolben 25 ein bezüglich seiner Längsachse verschieblich gelagerter Rückkopplungsstößel 29 angeordnet, wobei über einen Stelldruckkanal aus dem Stelldruckraum 26 eine Stirnfläche 31 des Rückkopplungsstößels 29 bedrückt wird. Die von der Stirnfläche 31 abgewandte Seite des Rückkopplungs-

stößels 29 befindet sich in Anlage mit einem L-förmig ausgeführten Umlenkhebel 32, der in einem Drehpunkt D drehbar gelagert ist und der einen ersten Schenkel 32a und einen zweiten Schenkel 32b aufweist. Durch den auf die Stirnfläche 31 wirkenden Druck, der identisch mit dem in dem Stelldruckraum 26 herrschenden Druck ist, wirkt auf das Regelventil 10 eine Kraft, die proportional zu der Kraft des Rückkopplungsstößels 29 auf den Umlenkhebel 32 sowie dem Abstand zwischen deren Angriffspunkt A und dem Drehpunkt D ist.

**[0021]** Der über den Umlenkhebel 32 erzeugten Kraft auf das Regelventil 10 ist eine Gegenkraft entgegengerichtet, welche sich aus der Kraft einer ersten Druckfeder 34 sowie einer Kraft einer zweiten Druckfeder 35 zusammensetzt. Dabei wirkt die zweite Druckfeder 35 auf den Meßkolben 11, wobei mittels einer Meßkolbenstange 36 axiale Kräfte ausschließlich in Schubrichtung auf das Regelventil 10 übertragbar sind. Zum Einstellen des Hyperbelreglers 7 sind die erste Druckfeder 34, die unmittelbar auf das Regelventil wirkt, und die zweite Druckfeder 35 in ihrer Vorspannung einstellbar ausgeführt.

**[0022]** Der Meßkolben 11 wird in einen Meßzylinder 33 geführt, der über die Zuführleitung 24 mit der Ausgangsdruckleitung 13 verbunden ist. Der in dem Meßzylinder 33 herrschende Druck, der dem gemittelten Druck der drei Arbeitsleitungen 6, 6' und 6" entspricht, wirkt somit auf eine Meßkolbenfläche 36 und reduziert die auf das Regelventil 10 wirkende Axialkraft der zweiten Druckfeder 35.

**[0023]** Das Regelventil 10 arbeitet in Abhängigkeit von der Kraft des Umlenkhebels 32 und der entgegengesetzten, resultierenden Kraft zwischen zwei Endpositionen. In einer ersten Endposition verbindet das Regelventil 10 die Stelldruckleitung 27 mit einer Rückstellverbindungsleitung 38, welche in den Rückstelldruckraum 39 mündet. Mit dem in dem Rückstelldruckraum 39 herrschenden Druck wird die Fläche 40a eines Rückstellkolbens 40 bedrückt. In der zweiten Endposition wird von dem Regelventil 10 eine Verbindung zwischen der Rückstellverbindungsleitung 38 und dem Tankvolumen 21 hergestellt.

**[0024]** Das Regelventil 10 regelt das Verhältnis der in dem Stelldruckraum 26 sowie dem Rückstelldruckraum 29 wirkenden Drücke in Abhängigkeit von der Leistung der Kolbenmaschine 5. Durch den Umlenkhebel 32 wird dabei auf das Regelventil 10 eine den beiden Druckfedern 34 und 35 entgegengerichtete Regelkraft erzeugt, die der Leistung proportional ist. Erhöht sich beispielsweise in der Arbeitsleitung 6 der durch die hydrostatische Kolbenmaschine 5 erzeugte Druck, so wird über die Stelldruckleitung 27 und den Stelldruckkanal 30 an der Stirnfläche 31 des Rückkopplungsstößels 29 ebenfalls eine erhöhte Kraft wirksam, welche im Angriffspunkt A wirkt und damit das Regelventil 10 in Richtung seiner ersten Endposition verstellt. Durch die Verstellung des Regelventils 10 in Richtung seiner ersten Endposition wird die Stelldruckleitung 27 zunehmend mit

der Rückstellverbindungsleitung 38 verbunden. Der somit erhöhte Druck in dem Rückstelldruckraum 39 bedrückt die Fläche 40a des Rückstellkolbens 40 und der Schwenkwinkel der hydrostatischen Kolbenmaschine 5 wird verringert. Dabei wird gleichzeitig der Stellkolben 25 in axialer Richtung so verschoben, daß der Abstand zwischen dem Angriffspunkt A und dem Drehpunkt D verringert wird. Die Verschiebung des Stellkolbens 25 in Richtung kleinerer Schwenkwinkel erfolgt so weit, bis sich an dem Regelventil 10 ein neues Kräftegleichgewicht eingestellt hat.

**[0025]** Durch die Beaufschlagung der Meßkolbenfläche 37 mit dem aus den Arbeitsleitungen 6, 6' und 6" gemittelten Arbeitsdruck ist der Einfluß der zweiten Druckfeder 35 stufenlos zu verringern. Überschreitet der gemittelte Druck einen gewissen Schwellwert, so hebt die Meßkolbenstange 36 vollständig von dem Regelventil 10 ab und die durch den Umlenkhebel 32. an dem Regelventil 10 erzeugte Regelkraft ist nur noch der ersten Druckfeder 34 entgegengerichtet. Durch die Verringerung der Federkraft, welche der Regelkraft entgegenwirkt, wird das Druckverhältnis in dem Stelldruckraum 26 sowie dem Rückstelldruckraum 39 so verändert, daß die hydrostatische Kolbenmaschine 5 in Richtung kleineren Schwenkwinkels verstellt wird.

**[0026]** Eine konstruktive Umsetzung des Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Summenleistungsreglers sowie des Druckmittlers ist in Fig. 3 schematisch dargestellt.

**[0027]** Das Regelventil 10 weist einen Regelkolben 41 auf, der in Abhängigkeit von der auf ihn wirkenden resultierenden Kraft aus der einerseits angreifenden Regelkraft sowie der Summe der entgegengesetzt angreifenden Kraft der ersten Druckfeder 34 und der durch ihn auf die Meßkolbenfläche 37 wirkenden verminderten Kraft der zweiten Druckfeder 35 axial verschieblich ist. Durch Verringerung der radialen Ausdehnung des Regelkolbens 41 sind an dem Regelkolben 41 eine erste Steuerkante 42 und eine zweite Steuerkante 43 ausgebildet. Die beiden Steuerkanten 42 und 43 bilden zusammen mit dem nicht dargestellten Ventilgehäuse zwei gemeinsam variable Drosseln aus. Durch Öffnung der durch die erste Steuerkante 42 ausgebildeten Drossel wird dabei die Stelldruckleitung 27 zunehmend mit der Rückstellverbindungsleitung 38 verbunden. Entsprechend wird die Verbindung zwischen der Rückstellverbindungsleitung 38 und dem Tank 21 durch eine Verringerung des Querschnitts der zweiten Drossel der Steuerkante 43 geschlossen. Ist die hydrostatische Kolbenmaschine 5 durch Bedrücken des Rückstelldruckraums 39 auf ihren minimalen Schwenkwinkel eingestellt, so wird der Rückstelldruckraum 39 über eine in dem Rückstellkolben 40 angeordnete Entlastungsleitung 44 mit dem Tank 21 verbunden.

**[0028]** Im dargestellten Ausführungsbeispiel weist der Druckmittler 12 einen zweiteiligen Stufenkolben 45, 46 auf, der einen ersten Stufenkolbenteil 45 und einen zweiten Stufenkolbenteil 46 umfaßt. Die beiden Stufen-

kolbenteile 45 und 46 sind in einem Ventilkörper 70 verschieblich angeordnet. An dem ersten Stufenkolbenteil 45 ist eine erste Meßfläche 17, eine zweite Meßfläche 17' und eine dritte Meßfläche 17'' angeordnet. Im einfachsten Fall, bei dem eine Bildung des arithmetisch gemittelten Drucks aus den drei Eingangsdrücken erzeugt werden soll, sind die drei Meßflächen 17, 17' und 17'' gleich groß. Die drei Meßflächen 17, 17' und 17'' sind als Stirnflächen der Querschnittsänderungen des ersten Stufenkolbenteils 45 ausgebildet und gleichsinnig orientiert.

**[0029]** Die drei vor den Meßflächen 17, 17' und 17'' ausgebildeten Volumina zwischen dem ersten Stufenkolbenteil 45 und dem Ventilkörper 70 werden über jeweils eine Meßdruckleitung 23, 23' und 23'' und über die entsprechenden Arbeitsdruckleitungen 14, 14' und 14'' mit dem entsprechenden Druck der Arbeitsleitungen 6, 6' und 6'' bedrückt. Die Arbeitsdruckleitungen 14 und 14' sind mit zwei Eingängen eines ersten Wechselventils 47 verbunden. Die Ausgangsleitung 49 des Wechselventils 47 ist mit einem Eingang eines zweiten Wechselventils 48 verbunden, dessen zweiter Eingang mit der Arbeitsdruckleitung 14'' verbunden ist. Der Ausgang des zweiten Wechselventils 48 ist mit der Verbindungsleitung 15 verbunden.

**[0030]** An dem zweiten Stufenkolbenteil 46 sind durch radiale Verjüngungen eine erste Steuerkante 50 sowie eine zweite Steuerkante 51 angeordnet. Die erste und zweite Steuerkante 50 und 51 bildet mit dem Ventilkörper 70 zwei gemeinsam variable Drosselstellen aus. Über die durch die erste Steuerkante 50 erzeugte Drossel ist eine Verbindung zwischen der Verbindungsleitung 15 und der Ausgangsdruckleitung 13 herstellbar. Durch die zweite Steuerkante 51 und die damit ausgebildete variable Drossel ist die Ausgangsdruckleitung 13 mit dem Tank 21 verbindbar. Das von der Summenkolbenfläche 18 und dem Ventilkörper 70 eingeschlossene Volumen 71 wird über die Rückkopplungsleitung 22 mit der Ausgangsdruckleitung 13 verbunden. Durch die an den Meßflächen 17, 17' und 17'' sowie der entgegengesetzt orientierten Summenfläche 18 erzeugten Kräfte werden der erste Stufenkolbenteil 45 und der zweite Stufenkolbenteil 46 an einer Kontaktfläche 52 in Anlage gehalten. Die Position der somit gemeinsam verschieblichen Stufenkolbenteile 45 und 46 wird dabei so eingeregelt, daß sich die beiden Stufenkolbenteile 45 und 46 im Kräftegleichgewicht befinden. Ein um die Kontaktfläche 52 ausgebildeter Raum 72 in dem Ventilkörper 70 ist über eine weitere Entlastungsleitung 60 mit dem Tank 21 verbunden.

**[0031]** Durch den beschriebenen Druckmittler 12 und die damit verbundene Summenleistungsregelung ist es einfach möglich, auch hydrostatische Kolbenmaschinen 5, 5' und 5'' mit einem gemeinsamen Regelparameter zu betreiben, wenn die hydrostatischen Kolbenmaschinen 5, 5' und 5'' unterschiedliche Nennleistungen aufweisen. Die Einstellung der Leistungsanteile der hydrostatischen Kolbenmaschinen 5, 5' und 5'' erfolgt da-

bei vorzugsweise so, daß die Kraft, welche durch die erste Druckfeder 34 und die zweite Druckfeder 35 auf den Regelkolben 41 des Regelventils 10 erzeugt wird, 100% der Leistung der zugeordneten hydrostatischen Kolbenmaschine 5, 5' oder 5'' entspricht. Ist der durch den Druckmittler 12 gemittelte Druck in der Ausgangsdruckleitung 13 so groß, daß der Meßkolben 11 von dem Regelkolben 41 abhebt, so weist die hydrostatische Kolbenmaschine 5 eine Leistungsregelung auf, welche ausschließlich durch die erste Druckfeder 34 bestimmt ist.

**[0032]** Damit wird durch Einstellen der ersten Druckfedern 34, 34' und 34'' eine individuelle Abstimmung der Regelcharakteristik auf den Typ und die Leistung der entsprechenden hydrostatischen Kolbenmaschinen 5, 5' und 5'' ermöglicht. Weiterhin ist über die Auslegung der Meßkolbenfläche 37, 37' und 37'' der Regelbeginn eines jeden Hyperbelreglers 7, 7' und 7'' einstellbar. Besonders im Zusammenhang mit der Größe der einzelnen Meßkolbenflächen 37, 37' und 37'' zusammen mit einer von dem arithmetischen Mittel abweichenden Mittelung der Drücke in den Arbeitsleitungen 6, 6' und 6'' durch Verwendung unterschiedlich großer Meßflächen 17, 17' und 17'' kann der Einfluß einer einzelnen hydrostatischen Kolbenmaschine 5, 5' oder 5'' übergewichtet werden.

**[0033]** Die Verwendung eines geteilten Stufenkolbens 45, 46 mit einem ersten Stufenkolbenteil 45 und einem zweiten Stufenkolbenteil 46 erleichtert die Herstellung des erfindungsgemäßen Druckmittlers 12 erheblich. Verspannungen wie sie durch die Bearbeitung eines einteiligen Stufenkolbens während des Betriebs entstehen könnten, werden somit vermieden und die Regelung arbeitet dementsprechend exakter. Der erfindungsgemäße Summenleistungsregler ist auch für den Einsatz in Systemen mit mehr als drei hydrostatischen Kolbenmaschinen geeignet.

## 40 Patentansprüche

1. Summenleistungsregler für mehrere hydrostatische Kolbenmaschinen (5, 5', 5''), deren Fördervolumen mittels Verstellvorrichtungen (8, 9, 8', 9', 8'', 9'') einstellbar ist und die ein Druckmittel in Arbeitsleitungen (6, 6', 6'') fördern, wobei die Verstellvorrichtungen (8, 9, 8', 9', 8'', 9'') durch eine Hyperbelregelvorrichtung (7, 7', 7'') regelbar sind und der Arbeitsdruck der hydrostatischen Kolbenmaschinen (5, 5', 5'') einem Druckmittler (12) zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet,** **daß** für jede Verstellvorrichtung (8, 9, 8', 9', 8'', 9'') der hydrostatischen Kolbenmaschinen (5, 5', 5'') eine separate Hyperbelregelvorrichtung (7, 7', 7'') vorgesehen ist, der einen Regelkolben (41, 41', 41'') und einen Meßkolben (11, 11', 11'') umfaßt, wobei der Meßkolben (11, 11', 11'') durch eine Axialkraft vorbelastet ist, welche auf den Regelkolben (41,

- 41', 41") übertragbar ist, und der eine Kraft entgegen gerichtet ist, die durch einen von dem Druckmittler (12) gemittelten Druck an einer Meßkolbenfläche (37, 37', 37") erzeugt wird.
2. Summenleistungsregler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Erzeugung der Axialkraft auf den Meßkolben (11, 11', 11") eine Druckfeder (35, 35', 35") vorgesehen ist.
  3. Summenleistungsregler nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Meßkolbenflächen (37, 37', 37") der Meßkolben (11, 11', 11") identisch sind.
  4. Summenleistungsregler nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Meßkolbenflächen (37, 37', 37") der Meßkolben (11, 11', 11") unterschiedlich sind.
  5. Summenleistungsregler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Summe aller in Richtung der Axialkraft an dem Regelkolben (41, 41', 41") angreifenden Kräfte bei druckloser Meßkolbenfläche (37, 37', 37") gleich groß ist der in entgegengesetzter Richtung bei Nennleistung der hydrostatischen Kolbenmaschine (5, 5', 5") an dem Regelkolben (41, 41', 41") angreifenden Kraft.
  6. Summenleistungsregler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Hyperbelregelvorrichtung (7, 7', 7") einen Umlenkhebel (32, 32', 32") umfaßt, auf den ein Drehmoment wirkt, das proportional zu dem Förder volumen der hydrostatischen Kolbenmaschine (5, 5', 5") und proportional zu dem Druck in der Arbeitsleitung (6, 6', 6") ist, wobei der Umlenkhebel (32, 32', 32") eine dem Drehmoment entsprechende Kraft auf den Regelkolben (41, 41', 41") überträgt.
  7. Summenleistungsregler nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Umlenkhebel (32, 32', 32") in einen Drehpunkt (D, D', D") drehbar gelagert ist und auf einen ersten Schenkel (32a, 32a', 32a") des Umlenkhebels (32, 32', 32") in einem Angriffspunkt (A, A', A") eine Kraft wirkt, die proportional zu dem in der Arbeitsleitung (6, 6', 6") herrschenden Druck ist und daß der Abstand des Angriffspunkts (A, A', A") von dem Drehpunkt (D, D', D") proportional zu dem eingestellten Schwenkwinkel der hydrostatischen Kolbenmaschine (5, 5', 5") ist und ein zweiter (32b, 32b', 32b") Schenkel des Umlenkhebels (32, 32', 32") die dem resultierenden Drehmoment entsprechende Kraft auf den Regelkolben (41, 41', 41") überträgt.
  8. Druckmittler zur Bereitstellung eines aus zumindest zwei Eingangsdrücken gemittelten Ausgangsdrucks, mit einem in einem Ventilkörper (70) in axialer Richtung verschieblich angeordneten Stufenkolben (45, 46), dessen zumindest zwei gleichsinnig angeordneten Meßflächen (17, 17', 17") mit jeweils einem Eingangsdruck beaufschlagbar sind und einer gegensinnig zu den Meßflächen (17, 17', 17") angeordneten Summenkolbenfläche (18), welche mit einem Ausgangsdruck beaufschlagt ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** an dem Stufenkolben (45, 46) eine erste Steuerkante (50) ausgebildet ist, welche abhängig von der axialen Position des Stufenkolbens (45, 46) in dem Ventilkörper (70) eine erste variable Drossel ausbildet, wobei eine Eingangsseite der variablen Drossel mit dem jeweils höchsten Eingangsdruck des Druckmittlers (12) beaufschlagt wird und ausgangsseitig die Summenkolbenfläche (18) des Druckmittlers (12) mit dem Ausgangsdruck beaufschlagt ist.
  9. Druckmittler nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** an dem Stufenkolben (45, 46) eine zweite Steuerkante (51) ausgebildet ist, welche eine zweite, gegensinnig zu der ersten Drossel arbeitende, mit dieser gemeinsam variable Drossel ausbildet, welche zwischen der Ausgangsdruckleitung (13) und einen Tank (21) angeordnet ist.
  10. Druckmittler nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stufenkolben einen ersten Stufenkolbenteil (45) und einen zweiten Stufenkolbenteil (46) aufweist.
  11. Druckmittler nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die mit den Eingangsdrücken beaufschlagten Meßflächen (17, 17', 17") in dem ersten Stufenkolbenteil (45) angeordnet sind und die Summenkolbenfläche (18) an dem zweiten Stufenkolbenteil (46) angeordnet ist.
  12. Druckmittler nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste und die zweite variable Drossel an demselben Stufenkolbenteil (46) angeordnet sind.

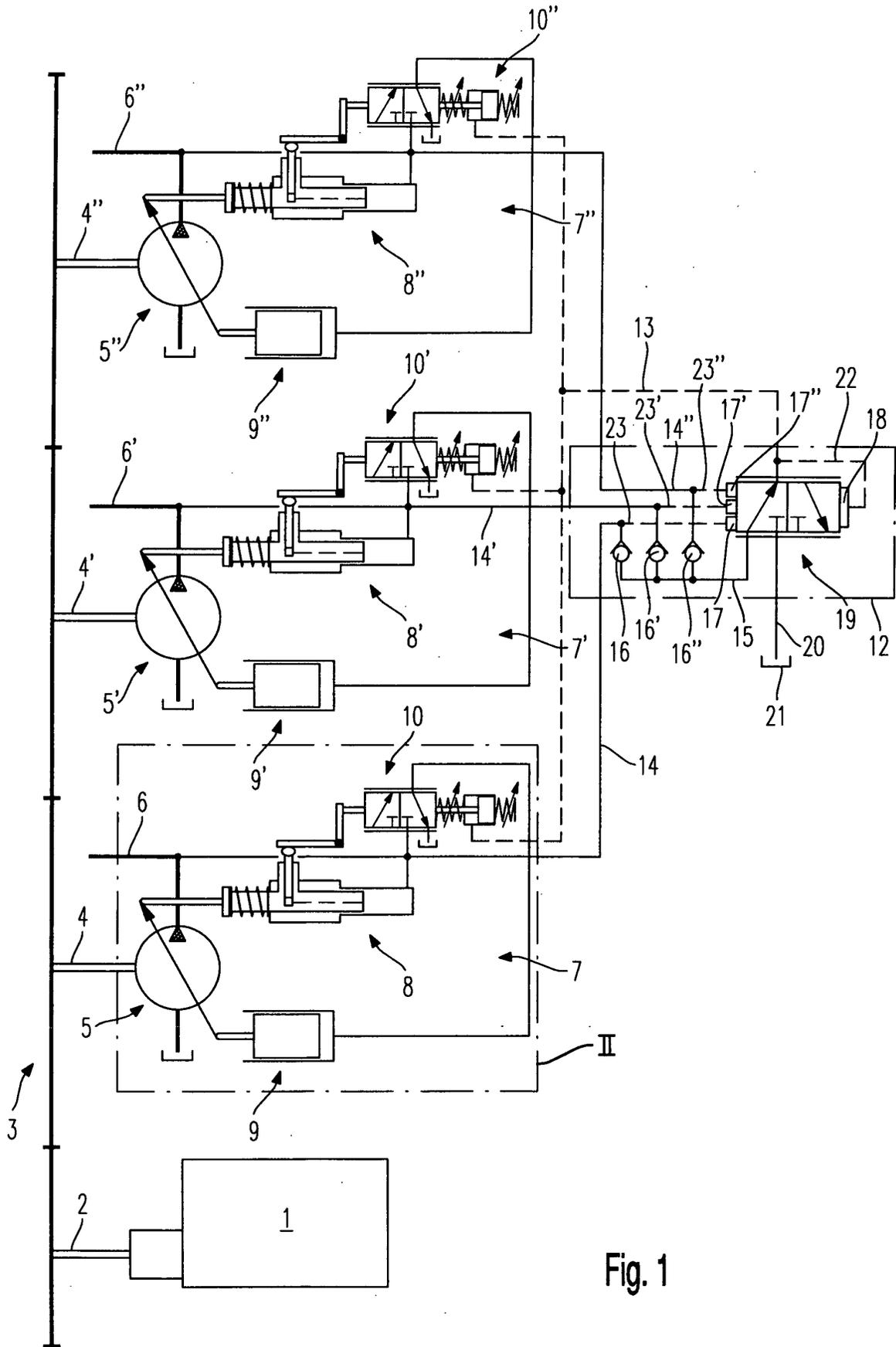


Fig. 1

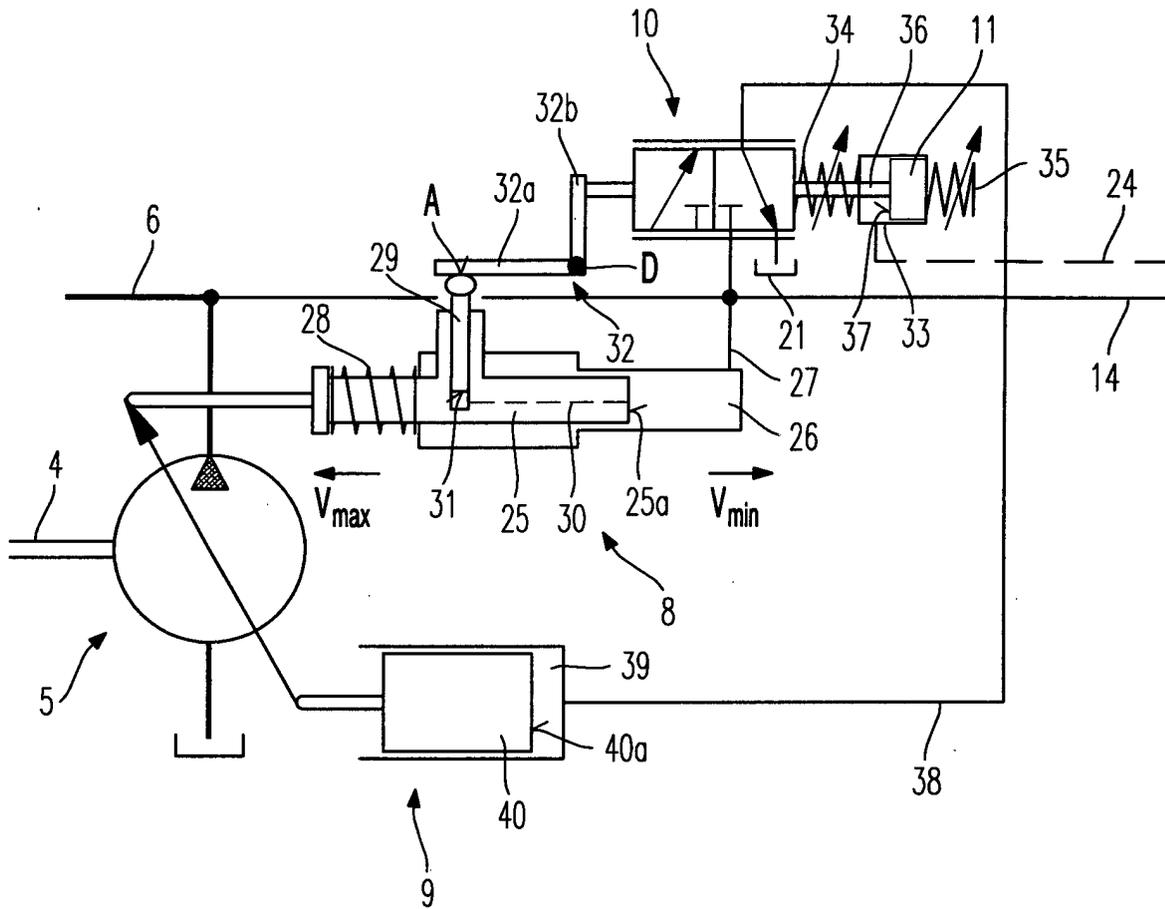


Fig. 2

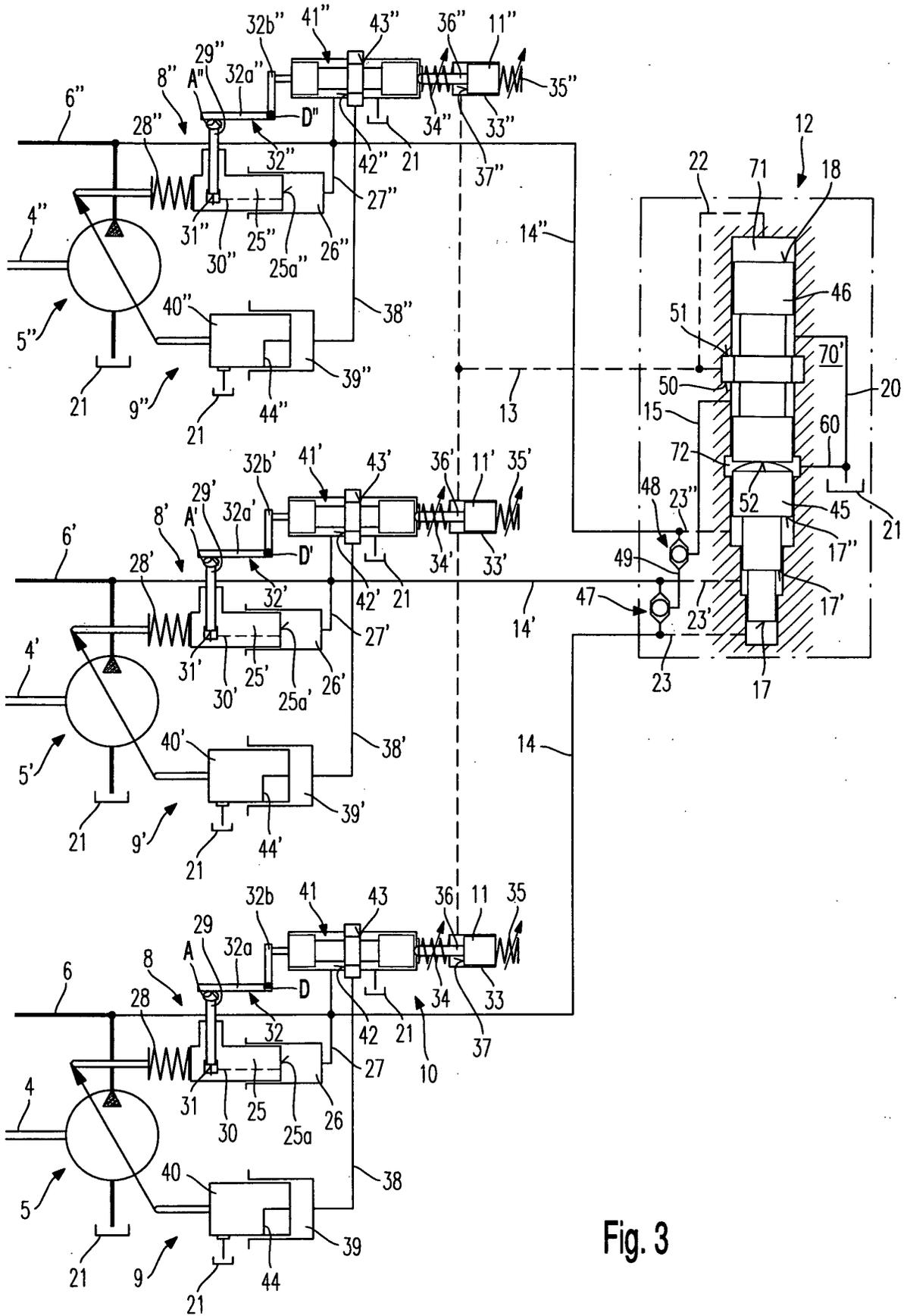


Fig. 3