



(19) Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer : **0 471 166 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift :  
**18.05.94 Patentblatt 94/20**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup> : **F04B 49/08**

(21) Anmeldenummer : **91109890.3**

(22) Anmeldetag : **17.06.91**

(54) **Regelvorrichtung zur Regelung der Fördervolumeneinstellung mehrerer hydrostatischer Pumpen.**

(30) Priorität : **13.08.90 DE 4025638**

(73) Patentinhaber : **BRUENINGHAUS HYDRAULIK GmbH  
An den Kelterwiesen 14  
D-72160 Horb (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :  
**19.02.92 Patentblatt 92/08**

(72) Erfinder : **Krebs, Clemens  
Sofienstrasse 2  
W-7400 Tübingen (DE)**

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung :  
**18.05.94 Patentblatt 94/20**

(74) Vertreter : **Körber, Wolfhart, Dr.rer.nat. et al  
Patentanwälte Mitscherlich & Partner  
Postfach 33 06 09  
D-80066 München (DE)**

(84) Benannte Vertragsstaaten :  
**DE FR GB IT SE**

(56) Entgegenhaltungen :  
**EP-A- 0 078 861  
EP-A- 0 284 988  
FR-A- 2 211 054  
GB-A- 2 042 219**

**EP 0 471 166 B1**

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Regelvorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 zur Regelung der Fördervolumeneinstellung mehrerer in Parallelschaltung an einen gemeinsamen Verbraucher angeschlossenen hydrostatischen Pumpen.

Aus der DE-PS 37 11 049 ist eine derartige Regelvorrichtung bekannt, die je eine den einzelnen Pumpen zugeordnete Meß- und Steuereinheit mit einem Druckbegrenzungsventil, einem Wegaufnehmer und einer mit einer Drosselstelle versehene Leitung umfaßt. Letztere verbindet den Eingang des Druckbegrenzungsventils mit einer an die Arbeitsdruckleitung der jeweiligen Pumpe angeschlossenen Leitung und führt zu einem Federraum des als 3/2-Wegeventil ausgebildeten Vorsteuerventils. Eine Feder im Federraum erzeugt den Gegendruck, dem der in den Arbeitsdruckleitungen und in der Verbraucherleitung herrschende Arbeitsdruck entgegensteht. Der Wegaufnehmer besteht aus einer an der Kolbenstange des Verstellkolbens des Verstellzyinders ausgebildeten Schrägläche und einem Abtaststift, der durch eine Feder, über die er auf den Schieber des Druckbegrenzungsventils wirkt, in Anlage an die Schrägläche gehalten ist. Das Druckbegrenzungsventil ist unter Erzeugung eines entsprechend hohen Drucks im Federraum geschlossen, wenn die zugeordnete Pumpe auf Null-Fördervolumen eingestellt ist. Es spricht mit zunehmendem Ausschwenken der Pumpe entsprechend der Bewegung der Schrägläche unter Reduzierung dieses Drucks im Federraum vermehrt an. Die sich aus dem im Federraum anstehenden Druck und dem entgegenwirkenden Arbeitsdruck ergebende Druckdifferenz am Vorsteuerventil stellt den Steuerdruck dar.

Durch den im Federraum des Vorsteuerventils anstehenden Druck nimmt die dem Gegendruck als Sollwert der Regelgröße entgegenwirkende Druckdifferenz mit abnehmendem Fördervolumen der Pumpe zu. Es ergibt sich demzufolge eine mit abnehmendem Fördervolumen der Pumpe ansteigende p-Q-Reglerkennlinie, die von dem konstanten Gegendruck entsprechenden Sollwert um die sogenannte bleibende Sollwert-Abweichung abweicht. Derartig druckgeregelte Pumpen weisen ein sogenanntes Proportionalverhalten und infolgedessen u.a. den Vorteil auf, daß sie bei gleicher Einstellung des Gegendrucks ungeachtet unterschiedlicher Ausgangsstellungen auf gleiche Fördervolumeneinstellung, d.h. im Fall von beispielsweise Axialkolbenmaschinen auf gleichen Schwenkwinkel, eingeregt werden; vorausgesetzt, daß ihre Verstelleinrichtungen gleiche Verstellcharakteristik aufweisen. Jedoch können trotz gleicher Fördervolumeneinstellung die von den einzelnen Pumpen tatsächlich geförderten Förderströme unterschiedlich sein, und zwar aufgrund von Störseinflüssen, wie z.B. unterschiedliche Pumpendrehzahlen, unterschiedliche bauliche Toleranzen, unterschiedliche Reibung und Eigenstellkräfte, auch voneinander abweichende Verstellcharakteristika der Verstelleinrichtungen usw. Ein weiterer Nachteil der bekannten Regelvorrichtung ist auch der hohe konstruktive Aufwand für die Meß- und Steuereinheiten zur Erzeugung des Drucks im Federraum des Vorsteuerventils.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Regelvorrichtung der eingangs genannten Art unter Verringerung des konstruktiven Aufwands so weiterzubilden, daß eine Regelung der einzelnen Pumpen ungeachtet von Störseinflüssen auf gleiche tatsächlich geförderte Förderströme möglich ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

Im Unterschied zum Stand der Technik wird statt der Fördervolumeneinstellung jeder Verstellpumpe (Schwenkwinkel im Fall von Axialkolbenpumpen) erfindungsgemäß der tatsächlich von jeder Verstellpumpe geförderte Förderstrom mittels der jeweils zugeordneten Drossel erfaßt, deren Druckverlust funktionell mit dem Systemdruck hinter der Drossel zum Steuerdruck vereinigt wird. Dieser Steuerdruck beaufschlagt das der jeweiligen Verstellpumpe zugeordnete Vorsteuerventil in Richtung Regelstellung.

Da der jeweils erforderliche Systemdruck bei beispielsweise zu geringem Förderstrom einer der Verstellpumpen durch entsprechende Vergrößerung des Förderstroms der jeweils anderen, parallelgeschalteten Verstellpumpen selbsttätig aufrechterhalten wird, ist seine konstruktive Berücksichtigung bei der Beaufschlagung des Vorsteuerventils nicht erforderlich. Somit ist der Steuerdruck stellvertretend für die an der jeweiligen Drossel anstehende Druckdifferenz ein Maß für den von der zugeordneten Verstellpumpe tatsächlich geförderten Förderstrom, so daß die baulich als Druckregelung ausgebildete Regelung funktionell eine Förderstromregelung ist.

Da über den gesamten Betriebsbereich die Druckverluste an den Drosseln mit abnehmendem Förderstrom abnehmen und damit der Systemdruck gegenüber dem Steuerdruck wächst, ergibt sich ebenfalls eine für sämtliche Verstellpumpen ansteigende p-Q-Kennlinie und damit eine Regelung mit proportionalem Verhalten.

Unterschiede zwischen den von den einzelnen Verstellpumpen tatsächlich geförderten Förderströmen werden durch die Drosselverluste bzw. stellvertretend für diese durch die Steuerdrücke erfaßt und mittels dieser Drücke durch Korrektur der Fördervolumeneinstellung der Verstellpumpen bis zur Erzielung jeweils gleicher Förderströme ausgeglichen. Auf diese Weise können sogar Verstellpumpen unterschiedlicher Größe so be-

trieben werden, daß sie jeweils gleiche Förderströme in die gemeinsame Verbraucherleitung fördern. Die zur Erzielung dieser Vorteile erfundungsgemäß eingesetzten Drosseln weisen einen gegenüber der im Stand der Technik verwendeten Meß- und Steuereinheiten vernachlässigbaren konstruktiven Aufwand auf.

5 Der Gegendruck kann als Federdruck und/oder als hydraulischer Gegendruck vorliegen und gegebenenfalls verstellbar sein.

Vorzugsweise ist ein Fernsteuerventil zum Steuern des hydraulischen Gegendrucks vorgesehen, das sämtlichen Vorsteuerventilen gemeinsam ist. Auf diese Weise ist es möglich, sämtliche Vorsteuerventile mit dem gleichen Gegendruck zu beaufschlagen, um dadurch höchste Genauigkeit der Korrektur der Fördervolumeneinstellung zur Erzielung jeweils gleicher Fördermengen zu erreichen.

10 Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist das Fernsteuerventil als Druckbegrenzungsventil ausgebildet, welches an einen Gegendruck-Steuerraum sowie über eine Drosselstelle an die Steuerdruckleitung jedes Vorsteuerventils angeschlossen ist. Abgesehen von dem Vorteil der Erzielung höchster Genauigkeit der Fördervolumeneinstellung besteht die Möglichkeit, die p-Q-Kennlinie für die Gesamtheit der parallelgeschalteten Verstellpumpen durch Veränderung des Ansprechverhaltens (Federdruck und Federcharakteristik) des Druckbegrenzungsventils in beliebiger Weise zu verschieben oder gar in ihrer Form zu verändern. Für die einzelnen Verstellpumpen kann diese Verschiebung oder Formänderung durch Verstellung des Gegendrucks am jeweiligen Vorsteuerventil bzw. durch Änderung der Drosselcharakteristik und des Durchflußquerschnittes der jeweiligen Drossel erzielt werden.

15 20 Das Fernsteuerventil kann unter Erzielung der gleichen Vorteile auch als ein in der Verbraucherleitung angeordnetes Drosselelement ausgebildet sein, vorzugsweise in Form eines Verstelldrosselventils, hinter welchem eine Abzweigleitung zum Gegendruck-Steuerraum jedes Vorsteuerventils führt. Mit diesem Fernsteuerventil ist die erfundungsgemäße Regelvorrichtung nicht nur funktionell, sondern auch baulich förderstromgeregelt.

25 Nachstehend ist die Erfindung anhand dreier bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen

- Fig. 1 einen Schaltplan einer Regelvorrichtung gemäß dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit direkter Druckregelung (bauliche Betrachtungsweise),
- Fig. 2 einen Schaltplan einer Regelvorrichtung gemäß dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit ferngesteuerter Druckregelung (bauliche Betrachtungsweise),
- Fig. 3 einen Schaltplan einer Regelvorrichtung gemäß dem dritten bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit Förderstromregelung (bauliche Betrachtungsweise) und
- Fig. 4 ein p-Q-Diagramm.

30 35 Fig. 1 zeigt zwei oder mehr hydrostatische Verstellpumpen 1, 2 mit einer Stromrichtung, die in Parallelschaltung über je eine Arbeitsdruckleitung 3, 4 und je eine Saugleitung 5, 6 an eine gemeinsame Verbraucherleitung 7 bzw. an den Tank 10 angeschlossen sind. Die Verbraucherleitung 7 führt zu wenigstens einem Verbraucher (nicht gezeigt). Beide Verstellpumpen 1, 2 werden über je eine Antriebswelle 8, 9 von einem gemeinsamen oder je einem Antriebsmotor (nicht dargestellt) angetrieben und führen über je eine an den Tank 10 angeschlossene Leckölleitung 11, 12 ihr Lecköl ab. Die Saugleitungen 5, 6 können beispielsweise im Fall eines im geschlossenen Kreislauf arbeitenden hydrostatischen Getriebes anstelle des Anschlusses an den Tank 10 an eine gemeinsame, zum Verbraucher führende Rückleitung angeschlossen sein.

40 45 Den Verstellpumpen 1, 2 ist je eine Verstelleinrichtung in Form eines hydraulischen Verstellzylinders 13, 14 zur Verstellung ihrer Fördervolumina zugeordnet. In jedem Verstellzylinder 13, 14 ist ein Verstellkolben 15 verschiebbar angeordnet und über eine Kolbenstange 16 mit dem Stellteil 17 der jeweiligen Verstellpumpe 1, 2 verbunden. In jedem Verstellzylinder 13, 14 begrenzt der Verstellkolben 15 mit seiner (kleineren) Kolbenringfläche einen linken Zylinderraum 18 und mit seiner (größeren) Kolbenfläche einen rechten Zylinderraum 19. In jedem Zylinderraum 18, 19 ist ein verstellbarer Anschlag 20 zur Hubbegrenzung des Verstellkolbens 15 angeordnet. Eine Druckfeder 21 im linken Zylinderraum 18 beaufschlägt den Verstellkolben 15 im Sinne einer Verkleinerung des rechten Zylinderraums 19 und damit im Sinne eines Ausschwenkens der Verstellpumpe 1, 2 auf größeres Fördervolumen. Die Zylinderräume 18, 19 sind über je einen Anschluß stelldruckbeaufschlagbar.

50 55 Die Regelung der Stelldruckbeaufschlagung jedes Verstellzylinders 13, 14 erfolgt über je ein Vorsteuerventil 22, 23 in Form eines stetig verstellbaren 3/2-Wege-Schieberventils mit einem Anschluß an eine erste Stelldruckzweigleitung 24 und an eine zweite Stelldruckzweigleitung 25. Letztere Leitung führt zum rechten Zylinderraum 19 des zugeordneten Verstellzylinders 13 bzw. 14 und ist außerdem über eine Drosselstrecke 26 aufweisende Verbindungsleitung 27 mit einer vom Vorsteuerventil 22 bzw. 23 zum Tank 10 führende Tankanschlußleitung 28 verbunden.

Die erste Stelldruckzweigleitung 24 führt zu einer Steuerdruckleitung 29, die an einer Abzweigung 30 von der zugeordneten Arbeitsdruckleitung 3 bzw. 4 abzweigt. Über diese Steuerdruckleitung 29 wird der Schieber

des Vorsteuerventils 22 bzw 23 gegen den Gegendruck  $p_G$  einer in einem Federraum angeordneten Feder 31 in Richtung Regelstellung beaufschlagt. Von der Steuerdruckleitung 29 führt ein Stelldruckleitungsabschnitt 32 zum Anschluß des linken Zylinderraums 18 des zugeordneten Verstellzylinders 13 bzw. 14. Jedes Vorsteuerventil 22, 23 stellt baulich einen direktgeregelten Druckregler dar. Jeder Federraum ist zur Entlastung mit der Tankanschlußleitung verbunden.

In der Arbeitsdruckleitung 3, 4 jeder Verstellpumpe 1, 2 ist zwischen der Abzweigung 30 und der Verbraucherleitung 7 je eine Konstantdrossel 33, 34 angeordnet, die zusammen mit dem zugeordneten Vorsteuerventil 22 bzw. 23 eine Druckreglereinheit darstellt. Die Gesamtheit sämtlicher Druckreglereinheiten bildet die erfundungsgemäße Regelvorrichtung mit folgender Funktion:

Die durch den Antriebsmotor angetriebenen Verstellpumpen 1, 2 erzeugen Förderströme  $Q_i$ , die durch die Arbeitsdruckleitungen 3, 4 in die Verbraucherleitung 7 strömen und sich dort zu einem mit einem Systemdruck  $P_{Q_{ges}}$  beladenen Gesamtförderstrom  $Q_{ges}$  vereinigen. Dabei baut sich am Ausgang jeder Verstellpumpe 1, 2, d.h. vor der jeweiligen Konstantdrossel 33 bzw. 34, ein gegenüber dem Druck hinter der Drossel, d.h. gegenüber dem Systemdruck  $P_{Q_{ges}}$ , um den Druckverlust  $\Delta p$  an dieser Drossel höherer Pumpendruck  $p_{Qi}$  auf, der als Steuerdruck über die zugeordnete Steuerdruckleitung 29 das jeweilige Vorsteuerventil 22 bzw. 23 beaufschlagt.

Solange die hydraulische Kraft dieses Pumpendrucks  $p_{Qi}$  kleiner als die Federkraft des eingestellten Gegendrucks  $P_G$  (Sollwert der Regelgröße) ist, befindet sich das Vorsteuerventil 22 bzw. 23 in der in Fig. 1 gezeigten Ruhestellung, in der der rechte Zylinderraum 19 des Verstellzylinders 13 bzw. 14 an die zum Tank 10 führende Tankanschlußleitung 28 angeschlossen und der Verstellkolben 15 durch die Feder 21 und den im linken Zylinderraum 18 anstehenden Arbeitsdruck bis zum Anschlag 20 im rechten Zylinderraum 19 verschoben und damit die Verstellpumpe 1 bzw. 2 auf maximales Fördervolumen ausgeschwenkt ist.

Sobald die hydraulische Kraft des Pumpendrucks  $P_{Qi}$  die Federkraft übersteigt, verschiebt sie den Schieber des Vorsteuerventils 22 bzw. 23 nach rechts in die Regelstellung, in der der Pumpendruck als Stelldruck die größere Kolbenfläche im rechten Zylinderraum 19 des Verstellzylinders 13 bzw. 14 beaufschlagt und den Verstellkolben 15 unter Zurückschwenken der Verstellpumpe 1 bzw. 2 solange nach links verschiebt, bis Kraftgleichgewicht am Vorsteuerventil 22 bzw. 23 herrscht. Die von den zurückgeschwenkten Verstellpumpen 1, 2 erzeugten Förderströme  $Q_i$  ergeben in der Verbraucherleitung 7 den vom Verbraucher benötigten, mit dem Systemdruck  $P_{Q_{ges}}$  beladenen Gesamtförderstrom  $Q_{ges}$ .

Dabei baut sich am Ausgang jeder Verstellpumpe 1, 2 ein maximaler Pumpendruck  $P_{Qi}$  auf, der um die von der jeweiligen Konstantdrossel 33 bzw. 34 erzeugte Druckdifferenz  $\Delta p$  größer als der Systemdruck  $P_{Q_{ges}}$  ist und dem eingestellten Gegendruck  $p_G$  oder Sollwert der Regelgröße entspricht. Beide Verstellpumpen 1, 2 werden während des Betriebs ständig auf diesen Sollwert des Pumpendrucks  $p_{Qi}$  und damit den entsprechenden Systemdruck  $P_{Q_{ges}}$  eingeregelt. Die zugeordneten Kennlinien sind im p-Q-Diagramm nach Fig. 4 dargestellt. Während die Pumpendruck-Kennlinie  $p_{Qi}$  parallel zur x-Achse verläuft, ist die Systemdruck-Kennlinie  $P_{Q_{ges}}$  eine mit abnehmender Fördervolumeneinstellung der Verstellpumpen 1, 2 und damit abnehmender Druckdifferenz  $\Delta p$  an den Konstantdrosseln 33, 34 ansteigende Gerade, die die Pumpendruck-Kennlinie  $p_{Qi}$  bei Null-Fördervolumen schneidet. Die an jedem Betriebspunkt auftretende Ordinatendifferenz zwischen beiden Kennlinien stellt die jeweilige Druckdifferenz  $\Delta p$  dar. Es zeigt sich, daß der in der jeweiligen Steuerdruckleitung 29 herrschende Pumpen- bzw. Steuerdruck  $p_{Qi}$  bei mathematischer Betrachtungsweise aus zwei Komponenten, nämlich dem Systemdruck  $P_{Q_{ges}}$  und der Druckdifferenz  $\Delta p$  zusammengesetzt ist.

Aufgrund der Verwendung von Konstantdrosseln 33, 34 mit jeweils gleicher Drosselcharakteristik und Einstellung der Gegendrücke  $p_G$  an beiden Vorsteuerventilen 22, 23 auf den jeweils gleichen Wert, sind beide Verstellpumpen 1, 2 auf jeweils gleiches Fördervolumen eingestellt und fördern im Idealfall jeweils den gleichen Förderstrom; sie folgen somit der gleichen Kennlinie  $p_{Qi}$  bzw.  $P_{Q_{ges}}$ . In der Praxis nahezu unvermeidbare Abweichungen vom Idealfall werden mit der erfundungsgemäßen Regelvorrichtung in folgender Weise korrigiert.

Unterschiedliche Förderströme infolge beispielsweise voneinander abweichender Fördervolumeneinstellungen der Verstellpumpen 1, 2 erzeugen an den Konstantdrosseln 33, 34 unterschiedliche Druckdifferenzen  $\Delta p$ . Da der Systemdruck  $P_{Q_{ges}}$  in der Verbraucherleitung 7 für beide Verstellpumpen 1, 2 der gleiche ist, entstehen an den Ausgängen beider Verstellpumpen 1, 2 unterschiedliche Pumpendrücke  $P_{Qi}$ , die als Steuerdrücke über die Steuerdruckleitungen 29 die Vorsteuerventile 22, 23 beaufschlagen. Infolgedessen wird die Verstellpumpe mit größerem Förderstrom und damit größerem Pumpendruck  $p_{Qi}$  bzw. größerer Druckdifferenz  $\Delta p_1$  in Richtung kleineres Fördervolumen zurückgeschwenkt und die Verstellpumpe mit geringerem Förderstrom und damit geringerem Pumpendruck  $p_{Qi}$  bzw. kleinerer Druckdifferenz  $\Delta p_2$  in Richtung maximales Fördervolumen ausgeschwenkt, bis die von beiden Verstellpumpen 1, 2 jeweils erzeugten Förderströme und damit die sich einstellenden Pumpendrücke  $p_{Qi}$  bzw. Druckdifferenzen  $\Delta p$  ohne Veränderung des Gesamtförderstroms und des Systemdrucks  $P_{Q_{ges}}$  gleich sind.

Die in Fig. 2 dargestellte Regelvorrichtung ist mit einer ferngesteuerten Druckregelung (bauliche Betrachtungsweise) versehen, ansonsten jedoch identisch mit der Regelvorrichtung nach Fig. 1.

Die ferngesteuerte Druckregelung umfaßt ein Fernsteuerventil in Form eines Druckbegrenzungsventils 35, das über eine Fernsteuerleitung 36 und je eine davon abzweigende Fernsteuerzweigleitung 37 an den Federraum jedes Vorsteuerventils 22 bzw. 23 und über eine weiterführende Leitung 38 mit einer Drosselstelle 39 an die zum selben Vorsteuerventil 22 bzw. 23 führende Steuerdruckleitung 29 angeschlossen ist.

Bei angetriebenen Verstellpumpen 1, 2 pflanzt sich bei geschlossenem Druckbegrenzungsventil 35 der Pumpendruck  $p_{Qi}$  am Ausgang jeder Verstellpumpe 1, 2 bis in die jeweils zugeordnete Fernsteuerzweigleitung 37 sowie die Fernsteuerleitung 36 fort und steht als im Federraum des jeweiligen Vorsteuerventils 22 bzw. 23 an. Hier bildet er gemeinsam mit dem eingestellten Federdruck den Gegendruck  $p_G$  und hebt die Wirkung des Pumpendrucks  $p_{Qi}$  auf das jeweilige Vorsteuerventil 22 bzw. 23 auf. Infolgedessen bleiben beide Vorsteuerventile 22, 23 unter der alleinigen Wirkung des Federdrucks solange in der Ruhestellung, bis der Pumpendruck  $p_{Qi}$  am Ausgang einer oder beider Verstellpumpen 1 bzw. 2 das Druckbegrenzungsventil 35 bei Überschreiten eines an ihm eingestellten Maximalwerts öffnet und den Durchfluß zum Tank 10 freigibt. Die dabei an der der jeweiligen Verstellpumpe 1 bzw. 2 zugeordneten Drosselstelle 39 entstehende Druckdifferenz verschiebt den Schieber des jeweils zugeordneten Vorsteuerventils 22 bzw. 23 gegen den Federdruck nach rechts in die Regelstellung, wobei die jeweilige Verstellpumpe 1 bzw. 2 in bereits beschriebener Weise solange zurückgeswenkt wird, bis Kraftgleichgewicht am jeweiligen Vorsteuerventil 22 bzw. 23 herrscht. Die Regelung beider Verstellpumpen 1, 2 auf jeweils gleichen Förderstrom erfolgt in gleicher Weise wie mit der direktgesteuerten Druckregelung nach Fig. 1, nämlich mittels des Steuerdrucks  $p_{Qi}$  und der mit abnehmender Fördervolumeneinstellung ansteigenden Systemdruck-Kennlinie.

Die in Fig. 3 dargestellte Regelvorrichtung ist mit einer Förderstromregelung (bauliche Betrachtungsweise) versehen, ansonsten jedoch identisch mit der Regelvorrichtung nach Fig. 1.

Die Förderstromregelung umfaßt ein in der Verbraucherleitung 7 angeordnetes Fernsteuerventil in Form eines Verstelldrosselventils 40 und eine Abzweigleitung 41, die in Strömungsrichtung hinter dem Verstelldrosselventil 40 abzweigt und über Stichleitungen 42 zum Federraum jedes Vorsteuerventils 22, 23 führt.

Im Betrieb wird jedes Vorsteuerventil 22, 23 von den in der zugeordneten Steuerdruckleitung 29 herrschenden Pumpendruck  $P_{Qi}$  in Richtung Regelstellung und von dem Federdruck  $P_G$  als Summe des Federdrucks und des Systemdrucks  $P_{Qges}$  in der Abzweigleitung 41 sowie der zugeordneten Stichleitung 42 in Richtung Ruhestellung beaufschlagt. Auf diese Weise wirkt an jedem Vorsteuerventil 22, 23 der von der jeweils zugeordneten Konstantdrossel 33 bzw. 34 in Abhängigkeit vom Förderstrom  $Q_i$  der zugeordneten Verstellpumpe 1 bzw. 2 und von dem Verstelldrosselventil 40 in Abhängigkeit von dem Gesamtförderstrom  $P_{Qges}$  insgesamt erzeugte Druckverlust als Druckdifferenz  $\Delta p$  gegen den Federdruck. Da diese Druckdifferenz  $\Delta p$  mit abnehmendem Fördervolumen geringer wird, ergibt sich eine Förderstromregelung mit einer Systemdruck-Kennlinie  $P_{Qges}$ , die ebenfalls wie die Druckregelungen nach Fig. 1 und 2 proportionales Verhalten zeigt und die Regelung der Verstellpumpen 1, 2 auf gleiche Förderströme ermöglicht. Durch Verstellen des Verstelldrosselventils 40 wird erreicht, daß die Vorsteuerventile 22, 23 bei einem größeren oder kleineren Gesamtförderstrom  $Q_{ges}$  ihre Regelstellung einnehmen, d.h. der Federdruck  $p_G$  als Sollwert der Regelgröße wird für sämtliche Vorsteuerventile 22, 23 in gleichem Maße verändert und somit die Systemdruck-Kennlinie  $P_{Qges}$  verschoben. Eine Veränderung der Drosselcharakteristik bzw. der Durchflußkennlinie des Verstelldrosselventils 40 bewirkt eine Formänderung der Systemdruck-Kennlinie  $P_{Qges}$ .

#### 45 Patentansprüche

1. Regelvorrichtung zur Regelung der Fördervolumeneinstellung mehrerer hydrostatischer Verstellpumpen (1,2), die über je eine Arbeitsdruckleitung (3,4) in Parallelschaltung an eine zu wenigstens einem gemeinsamen Verbraucher führende Verbraucherleitung (7) angeschlossen und mit je einer stelldruckbeaufschlagbaren Verstelleinrichtung (13,14) zum Verstellen ihres Fördervolumens verbunden sind, mit je einem jeder Verstelleinrichtung zugeordneten Vorsteuerventil (22, 23), das einerseits von einem dem Druck in der Arbeitsdruckleitung (3, 4) der jeweiligen Verstellpumpe (1, 2) entsprechenden und deren Fördervolumeneinstellung berücksichtigenden Steuerdruck ( $P_{Qi}$ ) in Richtung einer Regelstellung und andererseits von einem Federdruck ( $P_G$ ) beaufschlagt ist, wobei in der Regelstellung die Stelldruckbeaufschlagung der Verstelleinrichtung in Richtung einer Verringerung des Fördervolumens der zugeordneten Verstellpumpe erfolgt,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Steuerdruck ( $P_{Qi}$ ) vor einer Drossel (33, 34) in der Arbeitsdruckleitung (3, 4) der jeweiligen Verstellpumpe (1, 2) abgenommen wird und über eine Steuerdruckleitung (29) das zugeordnete Vorsteuerventil (22, 23) ansteuert.

ventil (22 bzw. 23) in Richtung Regelstellung beaufschlagt.

2. Regelvorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch **gekennzeichnet**,  
daß jede Drossel als Konstantdrossel (33, 34) ausgebildet ist.
3. Regelvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch **gekennzeichnet**,  
daß der Gegendruck ( $p_G$ ) der Druck einer Feder (31) und/oder ein je einen Gegendruck-Steuerraum der Vorsteuerventile (22, 23) beaufschlagender hydraulischer Gegendruck ist.
4. Regelvorrichtung nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch **gekennzeichnet**,  
daß der Gegendruck ( $p_G$ ) verstellbar ist.
5. Regelvorrichtung nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**gekennzeichnet** durch ein  
sämtlichen Vorsteuerventilen (22, 23) gemeinsames Fernsteuerventil (35, 40) zum Steuern des hydraulischen Gegendrucks.
6. Regelvorrichtung nach Anspruch 5,  
dadurch **gekennzeichnet**,  
daß das Fernsteuerventil als Druckbegrenzungsventil (35) ausgebildet und an den Gegendruck-Steuerraum sowie über eine Drosselstelle (39) an die Steuerdruckleitung (29) jedes Vorsteuerventils (22, 23) angeschlossen ist.
7. Regelvorrichtung nach Anspruch 5 oder 6,  
dadurch **gekennzeichnet**,  
daß das Fernsteuerventil als ein in der Verbraucherleitung (7) angeordnetes Drosselement (40) ausgebildet ist, hinter welchem eine Abzweigleitung (41) zum Gegendruck-Steuerraum jedes Vorsteuerventils (22, 23) führt.
8. Regelvorrichtung nach Anspruch 7,  
dadurch **gekennzeichnet**,  
daß das Drosselement als Verstelldrosselventil (40) ausgebildet ist.

### Claims

1. A control system for regulating the displacement setting of a plurality of variable-displacement hydrostatic pumps (1, 2) that are connected in parallel, each via a working pressure line (3, 4), to a consumer line (7) leading to at least one common consumer, and are each connected to a respective adjusting means (13, 14) that can be subjected to an adjusting pressure to adjust their displacement, each of the adjusting means having associated with it a pilot valve (22, 23) which, on the one hand, is acted on towards a control position by a control pressure ( $P_{QI}$ ) corresponding to the pressure in the working pressure line (3, 4) of the respective pump (1, 2) and taking account of the displacement setting of the pump, and, on the other hand, by a counter-pressure ( $p_G$ ), whereby in the control position the setting pressure action on the adjusting means takes place in a direction towards a reduction of the displacement of the associated pump, characterised in that  
the control pressure ( $P_{QI}$ ) is taken off before a throttle (33, 34) in the working pressure line (3, 4) of the respective pump (1, 2) and acts on the associated pilot valve (22 or 23) via a control pressure line (29) towards the control position.
2. A control system according to claim 1,  
characterised in that  
each of the throttles is in the form of a constant throttle (33, 34).
3. A control system according to claim 1 or 2,  
characterised in that

the counter-pressure ( $P_G$ ) is the pressure of a spring (31) and/or a hydraulic counter-pressure acting on a counter-pressure control chamber of the respective pilot valve (22, 23).

- 5. 4. A control system according to at least one of the preceding claims,  
characterised in that  
the counter-pressure ( $P_G$ ) is adjustable.
- 10. 5. A control system according to at least one of the preceding claims,  
characterised by a remote control valve (35, 40) common to all the pilot valves (22, 23), for controlling  
the hydraulic counter-pressure.
- 15. 6. A control system according to claim 5,  
characterised in that  
the remote control valve is in the form of a pressure-limiting valve (35) connected to the counter-pressure  
control chamber and via a throttle (39) to the control pressure line (29) of each of the pilot valves (22,  
23).
- 20. 7. A control system according to claim 5 or 6,  
characterised in that  
the remote control valve is in the form of a throttle element (40) arranged in the consumer line (7), and  
behind the throttle element a branch line (41) leads to the counter-pressure control chamber of each of  
the pilot valves (22, 23).
- 25. 8. A control system according to claim 7,  
characterised in that  
the throttle element is in the form of an adjustable throttle valve (40).

### Revendications

- 30. 1. Dispositif de régulation du réglage du volume de refoulement de plusieurs pompes hydrostatiques réglables (1, 2) qui sont raccordées en parallèle, chacune par une conduite de pression du travail (3, 4), à une conduite d'utilisateur (7) allant à au moins un utilisateur commun et avec un dispositif de réglage (13, 14) sollicité par une pression de réglage pour le réglage de son volume de refoulement, chacune avec une vanne pilote (22, 23) associée à chaque dispositif de réglage, qui est sollicitée d'une part par une pression de commande ( $P_{Qi}$ ) correspondant à la pression dans la conduite de pression de travail (3, 4) de la pompe réglable (1, 2) respective en tenant compte du réglage du volume de refoulement de cette pompe, en direction d'une position de régulation, et d'autre part par une contre-pression ( $P_G$ ), dans lequel, dans la position de régulation, la sollicitation du dispositif de réglage par la pression de réglage a lieu dans le sens d'une diminution du volume de refoulement de la pompe réglable associée,  
**caractérisé** en ce que la pression de commande ( $P_{Qi}$ ) est prélevée en amont d'un étranglement (33, 34) dans la conduite de pression de travail (3, 4) de la pompe réglable (1, 2) respective et sollicite, par l'intermédiaire d'une conduite de pression de commande (29), la vanne pilote (22 ou 23) associée, en direction de la position de régulation.
- 45. 2. Dispositif de régulation selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque étranglement est un étranglement constant (33, 34).
- 50. 3. Dispositif de régulation selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la contre-pression ( $P_G$ ) est la pression d'un ressort (31) et/ou une contre-pression hydraulique sollicitant une chambre de commande à contre-pression de la vanne-pilote (22, 23) respective.
- 55. 4. Dispositif de régulation selon au moins une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la contre-pression ( $P_G$ ) est réglable.
- 5. Dispositif de régulation selon au moins une des revendications précédentes, caractérisé par une vanne (35, 40) de commande à distance, commune à toutes les vannes pilotes (22, 23), pour commander la contre-pression hydraulique.

6. Dispositif de régulation selon la revendication 5, caractérisé en ce que la vanne de commande à distance est sous la forme d'une vanne (35) limitant la pression et est raccordée à la chambre de commande à contre-pression ainsi que, par l'intermédiaire d'un étranglement (39), à la conduite de pression de commande (29) de chaque vanne pilote (22,23).
- 5
7. Dispositif de régulation selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que la vanne de commande à distance est sous la forme d'un élément à étranglement (40) disposé dans la conduite d'utilisateur (7), en aval duquel une conduite dérivée (41) va à la chambre de commande à contre-pression de chaque vanne pilote (22, 23).
- 10
8. Dispositif de régulation selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'élément à étranglement est une vanne à étranglement réglable (40).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

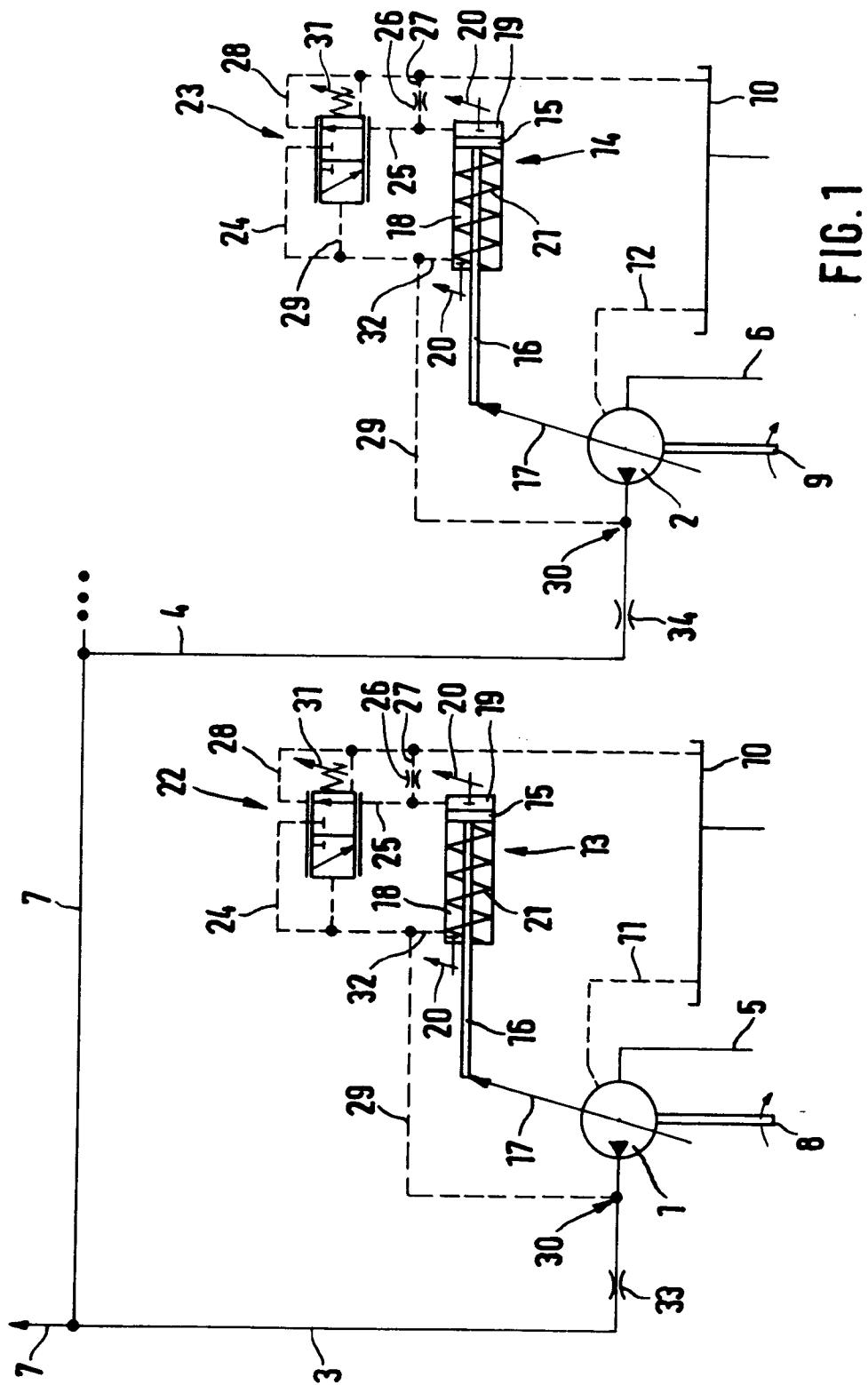
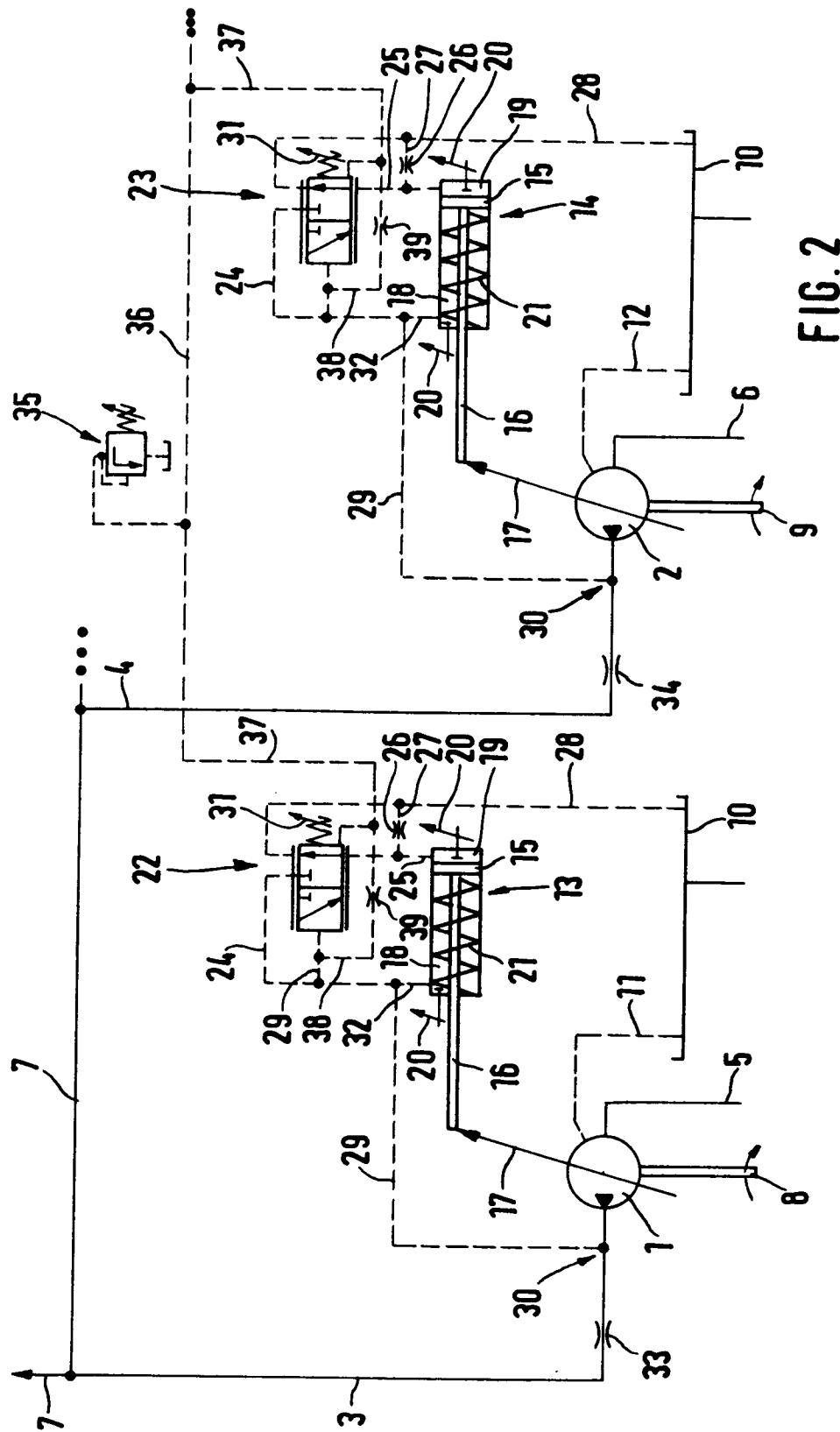
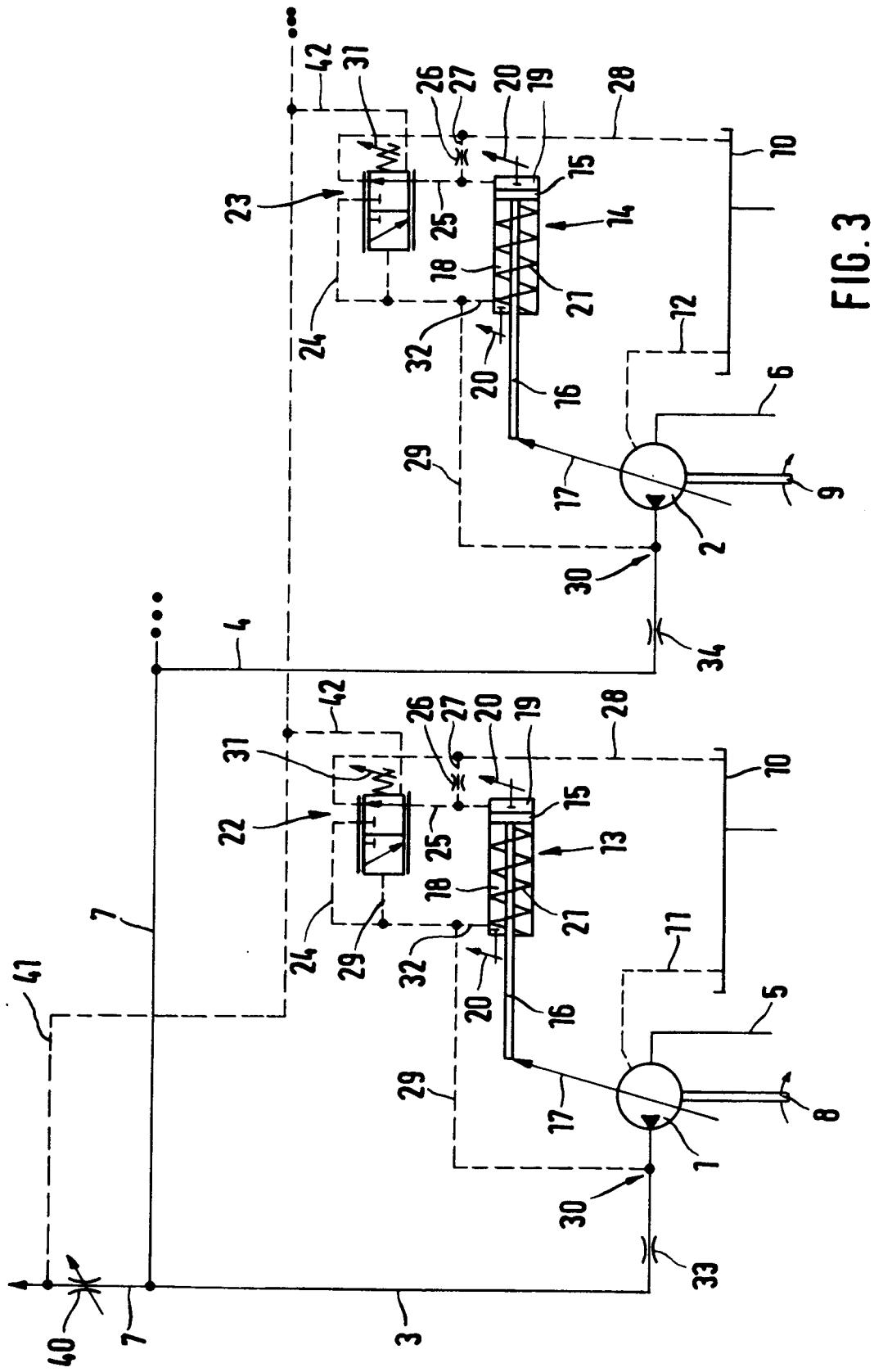


FIG.





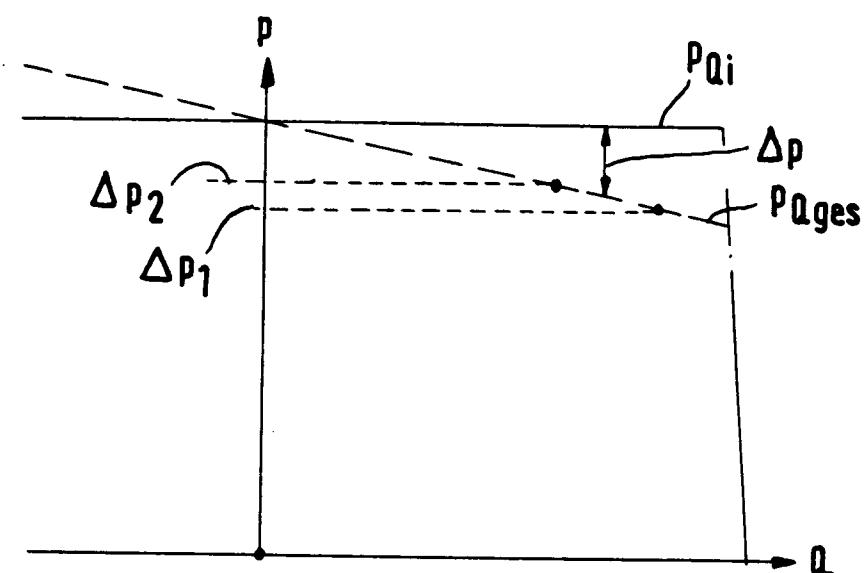


FIG.4