

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 656 447 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
20.05.1998 Patentblatt 1998/21

(51) Int Cl.6: **E02F 9/22**

(21) Anmeldenummer: **94117578.8**

(22) Anmeldetag: **08.11.1994**

(54) **Steuerung zur Aufteilung des Förderstromes bei Hydrauliksystemen auf mehrere Verbraucher**

Control system for splitting up the fluid flow in hydraulic systems with a plurality of users

Commande pour la répartition du fluide hydraulique pour systèmes hydrauliques avec plusieurs consommateurs

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR LI SE

(30) Priorität: **03.12.1993 DE 4341244**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.06.1995 Patentblatt 1995/23

(73) Patentinhaber: **O & K ORENSTEIN & KOPPEL AG**
13581 Berlin (DE)

(72) Erfinder: **Leidinger, Gustav**
D-86316 Friedberg (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte**
Meinke, Dabringhaus und Partner
Postfach 10 46 45
44046 Dortmund (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 491 050 **EP-A- 0 596 140**

EP 0 656 447 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 Steuerung zur Aufteilung des durch mindestens eine Pumpe zur Verfügung gestellten Förderstromes bei Hydrauliksystemen auf mehrere Verbraucher nach dem lastdruckunabhängigen Prinzip, insbesondere für Baumaschinen, wie Radlader, Grader oder Bagger, wobei einem jeden einen vorgebbaren Steuerquerschnitt aufweisenden Steuerschieber zumindest ein einen Kolben beinhaltender Kompensator nachgeschaltet ist und jeder dem Kompensator nachgeschaltete Verbraucher einen vorgebbaren Anteil des Förderstromes erhält, indem die Kolben der Kompensatoren durch unterschiedlich auf diese ausgeübte Kräfte die Durchtrittsquerschnitte zu den Verbrauchern mit unterschiedlichen öffnungsdrücken freigeben.

Aus wirtschaftlichen und technischen Gründen ist man vielfach gehalten, Hydraulikanlagen so zu dimensionieren, daß der Förderstrom der Pumpe (bzw. Pumpen) bei gleichzeitiger Einspeisung in zwei oder mehr Verbraucher nicht mehr ausreicht, jedem Verbraucher den auslegungsgemäß gewünschten Förderstrom zuzuführen. Dieser Zustand wird als Unterversorgung der einzelnen Verbraucher (z.B. Zylinder) definiert und ist beispielsweise auch bei der Auslegung von Baumaschinen, insbesondere Radladern, Gradern, Baggern oder dergl., gegeben, bei denen die Wahl der Pumpengröße so erfolgt, daß der Förderstrom die geforderten Verstellzeiten der gleichzeitig betätigten oder betätigbaren Zylinder nicht mehr gewährleisten kann, was sich beispielsweise am Hub- und Kippwerk bei einem Radlader verdeutlichen läßt.

Bei einer derartigen gegebenen Unterversorgung muß nun bei der Auslegung der Hydraulikanlage entschieden werden, in welchem Maße der vorhandene Förderstrom auf die einzelnen Verbraucher aufgeteilt wird. Hydraulikanlagen mit Steuerschiebern nach dem Drosselprinzip sind nicht imstande, einen Förderstrom bei durchgeschalteten Schieberkolben aufzuteilen, da bereits bei einer geringen Druckdifferenz zwischen den Verbrauchern dem niedriger belasteten der gesamte Förderstrom zufließt.

Das lastdruckunabhängige (load sensing) System bietet hingegen die Möglichkeit, den Förderstrom nach gewissen Kriterien auf die einzelnen Verbraucher aufzuteilen. Um bei den bei dem jeweiligen Anwendungsfall gegebenen Verhältnissen den günstigsten Bewegungsablauf der durch die hydraulischen Verbraucher (z.B. Zylinder) betätigten Bauteile, wie z.B. Hubrahmen, Ausleger, usw. zu erhalten, ist es erforderlich, den Förderstrom in einem bestimmten Verhältnis aufzuteilen.

Bekannt sind bisher Lösungen, bei denen je nach Ausführungsform eine von äußeren Bedingungen abhängige oder feste Aufteilung gegeben ist. Dies gilt u.a. für folgende Ausführungsformen:

Druckwaagen, parallel geschaltet im Zulauf zu jedem Steuerkolben (O + P Ölhydraulik und Pneumatik, 35 (1991) Nr. 9, Seiten 717 bis 723 - Regelung hydraulischer Antriebe mit veränderlichem Versorgungsdruck).

Bei Unterversorgung fließt dem Verbraucher mit dem geringeren Druckbedarf bei steigendem Differenzdruck zwischen den Verbrauchern ein zunehmend höherer Anteil des Förderstromes zu. Bei einem 50 %-igen Versorgungsgrad zweier Verbraucher mit gleicher Nenndurchflußmenge erhält der niedriger druckbelastete Verbraucher bereits bei einer dem Druckwaagenregel-druck entsprechenden Druckdifferenz zum höher belasteten Verbraucher den gesamten Förderstrom. Da der Druckwaagenregeldruck in der Größenordnung von 5-20 bar liegt, wird demnach schon bei geringen wechselnden Druckunterschieden der gesamte Förderstrom jeweils einem anderen Verbraucher zufließen.

Prioritätsdruckwaagen, hintereinander geschaltet im Zulauf zu jedem Steuerschieber. Bei gleichzeitiger Betätigung von zwei oder mehr Verbraucher erhält entsprechend der Ausbildung der Druckwaagenkolben der vorbestimmte bevorzugte Verbraucher jeweils die Sollmenge, während der Reststrom den weiteren Verbrauchern angeboten wird. Bei einem 50 %-igen Versorgungsgrad zweier Verbraucher mit gleicher Nenndurchflußmenge erhält daher der bevorzugte Verbraucher den vollen Förderstrom (off highway capability - wheeled loaders der Fa. Vickers).

Lastdruckunabhängige Durchflußverteilung (LUDV) infolge eines jedem Steuerschieber nachgeschalteten Kompensators, dessen bisher bekanntes System im wesentlichen aus Kolben und Feder besteht. Hierbei erhält jeder Verbraucher je nach Grad der Unterversorgung einen anteilig geringeren Förderstrom. Bei einem 50 %-igen Versorgungsgrad erhält bei zwei Verbrauchern demnach jeder 50 % seiner Nennmenge unabhängig davon, ob die Verbraucher auf gleiche oder ungleiche Nenndurchflußmenge ausgelegt sind (Katalog Mannesmann Rexroth - RD 64001/04.92, Seiten 163 bis 166 - load sensing Steuerblock Baureihe M7 mit LUDV in Mischbauart Mono + Sandwich).

Durch die EP-A 491 050 ist eine gattungsbildende hydraulische Steuerung zur Aufteilung des durch eine Pumpe zur Verfügung gestellten Förderstromes bei Hydrauliksystemen auf mehrere Verbraucher nach dem lastdruckunabhängigen Prinzip, insbesondere für Baumaschinen, bekannt. Diese Druckschrift setzt sich ausschließlich mit der Zuführung von Hydraulikmedium zu den einzelnen Verbrauchern in jedem Betriebszustand bei hinreichender Versorgung sämtlicher Verbraucher auseinander. Zur Erlangung dieses Zieles sind im Bereich der einzelnen Kompensatoren jeweils gestufte Kolben vorgesehen, die seitlich verschiedene Druckräume bilden. Mit jedem Kolben wirkt eine Feder zusammen, die jedoch kein Betätigungselement bildet, sondern ausschließlich dafür vorgesehen ist, den Kolben auf seiner Sitzfläche zu halten. Durch unterschiedliche hydraulische Betätigung der jeweiligen Druckräume innerhalb der Kompensatoren werden unterschiedlich große lastdruckunabhängige Querschnitte zu den einzelnen Verbrauchern geschaltet.

Diese aus EP-A 491 050 bekannte hydraulische Steuerung funktioniert nur bei ausreichender Versorgung sämtlicher Verbraucher mit Hydraulikmedium. Aus wirtschaftlichen und technischen Gründen ist man jedoch vielfach gehalten, Hydraulikanlagen so zu dimensionieren, daß der Förderstrom der Pumpe(n) bei gleichzeitiger Einspeisung in zwei oder mehrere Verbraucher nicht mehr ausreicht, jedem einzelnen Verbraucher seinen auslegungsgemäßen Förderstrom zuzuführen. In diesem Zustand der Unterversorgung können die Maßgaben dieser Druckschrift keine Anwendung finden, da die Steuerungsmöglichkeit der Kompensatoren dieser Steuerung nur momentan ist und nur vom Fahrer der Baumaschine durch Betätigung eines Steuerhebels eingeleitet werden kann. Sobald der Steuerhebel jedoch losgelassen wird, wird die entsprechende Steuerung der Kompensatoren wieder rückgängig gemacht. Eine gezielte Steuerung bei Unterversorgung ist somit nicht möglich.

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, eine gattungsgemäße Steuerung so weiterzuentwickeln, daß die Anforderungen an die Arbeitshydraulik, insbesondere von Baumaschinen, dergestalt erfüllt werden, daß bei Unterversorgung automatisch das Verhältnis bei gleichzeitiger Betätigung von zwei oder mehreren Verbrauchern der diesen zufließende Förderstrom anders ist als das Verhältnis der Nenndurchflusssmengen dieser Verbraucher, wobei dieses Verhältnis auch unbeeinflusst von den Last-(Verbraucher-)Drücken sein soll.

Diese Aufgabe wird bei einer Steuerung der eingangs bezeichneten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß jeder Kolben jeweils mit einer Feder als Betätigungselement zusammenwirkt, wobei die Federn jeweils eine unterschiedliche Federkraft aufweisen, derart, daß bei Unterversorgung der Verbraucher durch diese unterschiedlichen Federkräfte der Federn sich die Aufteilung des Förderstromes automatisch in Abhängigkeit vom Maß des durch den jeweiligen Förderstrom der Pumpe sich ergebenden Grades der Unterversorgung gegenüber der Vollversorgung ändert.

Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Steuerung wird unabhängig von der Betätigung durch den Fahrer der Baumaschine automatisch, d.h. zwangsweise, bei Unterversorgung der Förderstrom der einzelnen Verbraucher im Sinne einer Priorität zugunsten eines Verbrauchers aufgeteilt, nämlich desjenigen, der über den Kompensator mit der geringeren Federkraft versorgt wird. Somit läßt sich über die Wahl unterschiedlicher Federkräfte sowie die Dimensionierung der Querschnittsöffnungen der Schieber der Förderstrom in Abhängigkeit vom Maß des durch den jeweiligen Förderstrom der Pumpe sich ergebenden Grades der Unterversorgung im Sinne einer Priorität zwischen zwei oder mehreren Verbrauchern beliebig aufteilen.

Besonders vorteilhaft ist vorgesehen, daß mit dem Grad der Unterversorgung entsprechend der Wahl der Federkräfte der Federn der Grad der Priorität der ein-

zelnen Verbraucher gegenüber den anderen Verbrauchern ansteigt.

Infolge der sich in Abhängigkeit der Betätigung der Steuerschieber ergebenden Prioritäten können vorteilhafterweise sich einander überlagernde Bewegungen durchgeführt werden, die den Bedienkomfort der jeweiligen Maschine erheblich verbessern. Ebenso vorteilhaft wirkt sich die erfindungsgemäße Anordnung aus, falls die Hydraulikanlage so betätigt wird, daß für einen Verbraucher der volle Querschnitt des Steuerschiebers freigegeben wird und für einen oder wahlweise auch mehrere andere Verbraucher der freizugebende Steuerquerschnitt laufend verändert wird. Wird beispielsweise wie bei der Bedienung eines Radladers üblich der Handhebel für das Hubwerk voll durchgezogen, während der Hebel für das Kippwerk je nach den augenblicklichen Erfordernissen der Materialaufnahme betätigt wird, stellt sich der vorab beschriebene Zustand ein.

Bei einem Bagger wäre der vorab beschriebene Vorgang der Bewegungsüberlagerung beispielsweise dann gegeben, wenn gleichzeitig die Zylinder für Ausleger, Stiel und Löffel betätigt würden.

Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung dargestellt und wird wie folgt beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 - Prinzipskizze eines Radladers,

Fig. 2 - Prinzipskizze eines Baggers,

Fig. 3 - Prinzipskizze eines LUDV-Schiebers mit den erfindungsgemäßen Merkmalen,

Fig. 4 - graphische Darstellung der Aufteilung des Förderstromes für einen der Verbraucher gemäß Figur 1.

Figur 5 - graphische Darstellung der Versorgungsgrade von zwei Verbrauchern sowie des Gesamtsystems.

Figur 1 zeigt einen Radlader 1, der im wesentlichen aus folgenden Bauteilen besteht:

einem Vorderwagen 2, einem Hinterwagen 3, die beide über ein Knickgelenk 4 miteinander verbunden sind. Im Bereich des Vorderwagens 2 ist ein Hubgerüst 5 vorgesehen, das an seinem freien Ende eine Ladeschaufel 7 trägt. Das Hubgerüst 5 ist über als Verbraucher ausgebildete Hydraulikzylinder 8 heb- und senkbar, während die Schaufel 7 durch einen weiteren Verbraucher in Form eines Hydraulikzylinders 9 an- und auskippbar ist.

Figur 2 zeigt einen Hydraulikbagger 10, der einen gegenüber einem Unterwagen 11 drehbaren Oberwagen 12 aufweist, wobei am Oberwagen 12 eine aus Ausleger 13 und Stiel 14 bestehende Ausrüstung angelenkt ist. Der Stiel 14 wiederum trägt an seinem freien Ende eine schwenkbare Ladeschaufel 15. Der Ausleger 13 ist über Hydraulikzylinder 16 gegenüber dem Oberwagen

12 bewegbar, während der Stiel 14 mittels eines weiteren Zylinders 17 betätigbar ist. Die Schwenkbewegung der Ladeschaufel 15 gegenüber dem Stiel 14 wird ebenfalls durch einen Hydraulikzylinder 18 herbeigeführt.

Die Verbraucher 8,9 gemäß Figur 1 und die Verbraucher 16-18 gemäß Figur 2 werden jeweils durch eine oder mehrere nicht weiter dargestellte Verstellpumpe (n) versorgt, deren gesamter Förderstrom der Nenn-durchflußmenge lediglich eines der Verbraucher (Figur 1) bzw. etwa zweier Verbraucher (Figur 2) entspricht. Werden gemäß Figur 1 nun beide Verbraucher 8,9 voll beaufschlagt, so reicht der durch die Pumpe zur Verfügung gestellte Förderstrom nicht aus, um beide Verbraucher 8,9 mit dem jeweils geforderten Förderstrom zu versorgen. Die bisher bekannten, aber bei Unterversorgung unbefriedigenden Techniken sind in der Beschreibungseinleitung dargelegt. Das Wesen der Erfindung ist in den Figuren 3 bis 5 angesprochen.

Das in Figur 3 dargestellte, z.B. für einen Radlader 1 gemäß Figur 1, verwendbare Hydrauliksystem beinhaltet eine einzelne mit einem Load-Sensing-Regler 19 ausgerüstete Verstellpumpe 20, die über eine Zuflußleitung 21 mit Steuerschiebern 22,23 in Wirkverbindung steht. Die Steuerschieber 22,23 sind mit je nach Auslegung gleichen oder unterschiedlichen Steuerquerschnitten A_1 und A_2 versehen. Über weitere Leitungen 24,25 ist den Steuerschiebern 22,23 jeweils ein Kompensator 26,27 nachgeschaltet, der in diesem Beispiel in vereinfachter Darstellung einen Kolben 28,29 und eine Feder 30,31 als Betätigungselement beinhaltet. Andere Betätigungselemente, wie z.B. hydraulisch, pneumatisch oder elektromagnetisch betätigbare Stößel, sind ebenfalls ausführbar. Über weitere Leitungen 32,33 stehen die Kompensatoren 26,27 mit den nachgeschalteten Verbrauchern, hier die Hydraulikzylinder 8,9 gemäß Figur 1 dargestellt, in Wirkverbindung. Die Verbraucher 8,9 werden hierbei mit unterschiedlichen Drücken p_1 und p_2 durch die auf sie wirkenden äußeren Kräfte beaufschlagt. Bei einem Radlader 1 oder Bagger 10 sind dies beispielsweise die Hub- und Reiß- bzw. Grabkräfte bei der Materialaufnahme, bei einem Grader können dies die auf die Schar einwirkenden Schnittkräfte sein.

Bei Betätigung der Steuerschieber 22,23 des nach dem lastdruckunabhängigen Prinzip arbeitenden Hydrauliksystems wird erfindungsgemäß der Förderstrom der Verstellpumpe 20 in einem vorgebbaren Verhältnis aufgeteilt, indem die Öffnungsdrücke der Kolben 28,29 durch unterschiedlich gewählte Kräfte der Federn 30,31 verschieden sind.

Zum besseren Verständnis des erfindungsgemäßen Hydrauliksystems sind hier lediglich zwei Verbraucher 8,9 dargestellt, deren Anzahl jedoch auch höher sein kann, wie z.B. bei Baggern oder Gradern. Gleiches gilt auch für die Anzahl der gemeinsam in die Zuflußleitung 21 einspeisenden Pumpen. Der jeweils höchste Verbraucherdruck (in diesem Beispiel p_1) wird über ein Wechselventil 34 über die Leitung 35 dem Regler 19 der

Verstellpumpe 20 gemeldet. Desweiteren wird der höchste Druck p_1 auch über die Leitung 36 auf die Federseite der Kolben 28,29 übertragen. Der Schließdruck des Kolbens 28 setzt sich somit zusammen aus dem höchsten Verbraucherdruck p_1 und dem Druck p_{F1} der von der zugehörigen Feder 30 stammt; der des Kolbens 29 liegt bei p_1 plus p_{F2} , wobei p_{F1} und p_{F2} jenen Drücken auf der Kolbenstirnseite entsprechen, welche der jeweiligen Federkraft das Gleichgewicht halten. Die Verstellpumpe 20 gibt bei normaler Versorgung der Verbraucher 8,9 solange einen Förderstrom mit einem um den load sensing Differenzdruck p_{LS} über dem höchsten Lastdruck p_1 liegenden Druck p_p ab, solange die bei Betätigung der Steuerschieber 22,23 freigegebenen Steuerquerschnitte A_1, A_2 so klein gehalten werden, daß der gesamte Förderstrom kleiner oder höchstens gleich dem maximalen Förderstrom Q_{max} der Verstellpumpe 20 ist. Jeder der Verbraucher 8,9 erhält bis zur Sättigungsgrenze die durch den Querschnitt A_1, A_2 vorgegebene Sollmenge Q_{1S}, Q_{2S} , die sich für den Verbraucher 8 errechnet mit

$$Q_{1S} = k \times A_{1S} \times \sqrt{p_p - (p_1 + p_{F1})}$$

Analog ist der Wert für den Verbraucher 9

$$Q_{2S} = k \times A_{2S} \times \sqrt{p_p - (p_1 + p_{F2})}$$

Im Wert k sind die physikalischen Größen und die Umrechnungsfaktoren der Strömungsgleichung sowie die Strahlkontraktionszahl berücksichtigt. Der sich am jeweiligen Steuerquerschnitt A_1, A_2 einstellende, die Durchflußmenge bestimmende Differenzdruck beträgt daher

$$p_p - (p_1 + p_{F1})$$

bzw.

$$p_p - (p_1 + p_{F2})$$

Weil jedoch bei Sättigung auch für beide Verbraucher gleichermaßen gilt:

$$p_p = p_{LS} + p_1$$

werden die Ölströme zu den Verbrauchern 8,9

$$Q_{1S} = k \times A_{1S} \times \sqrt{p_{LS} - p_{F1}}$$

bzw.

$$Q_{2S} = k \times A_{2S} \times \sqrt{p_{LS} - p_{F2}}$$

Im Sättigungspunkt ist daher der maximale von der Verstellpumpe 20 lieferbare Förderstrom gleich

$$Q_{\max} = Q_{1S} + Q_{2S}$$

Werden nun durch eine weitere Betätigung der Steuerschieber 22,23 die freigegebenen Querschnitte A_1 und A_2 weiter vergrößert, so tritt der Zustand der Unterversorgung ein, da die Verstellpumpe 20 aufgrund ihrer Auslegung nun nicht mehr in der Lage ist, die seitens der Steuerschieber 22,23 angeforderten Förderströme aufzubringen. Der von der Verstellpumpe 20 gelieferte Förderstrom wird mit p_x dann einen Wert aufweisen, der um weniger als p_{LS} über dem höchsten Lastdruck p_1 liegt und daher niedriger als der Pumpendruck p_p bei Sättigung ist. Dies aus dem Grund, weil der von der Verstellpumpe 20 gelieferte maximale Ölstrom Q_{\max} jetzt zum Durchtritt durch die Querschnitte A_1 und A_2 nur ein geringeres Druckgefälle benötigt. Der Förderstrom Q_{\max} teilt sich nun auf nach

$$Q_1 = k \times A_1 \times \sqrt{p_x - p_{F1}}$$

bzw.

$$Q_2 = k \times A_2 \times \sqrt{p_x - p_{F2}}$$

War das Verhältnis der Förderströme bei Sättigung

$$\frac{Q_{2S}}{Q_{1S}} = \frac{k \times A_{2S} \times \sqrt{p_{LS} - p_{F2}}}{k \times A_{1S} \times \sqrt{p_{LS} - p_{F1}}}$$

ist es bei Unterversorgung

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{k \times A_2 \times \sqrt{p_x - p_{F2}}}{k \times A_1 \times \sqrt{p_x - p_{F1}}}$$

d.h. bei Unterversorgung fließt mit Q_2 ein größerer Teil des Ölstroms dem Verbraucher 9 zu, der über den Kompensator 27 mit der geringeren Federkraft und damit mit dem Öffnungsdruck p_{F2} des Kolbens 29 versorgt wird.

Ein Zahlenbeispiel soll die vorstehenden theoretischen Annahmen verdeutlichen. Wird zur Vereinfachung der Rechnung angenommen, daß A_{2S} gleich A_{1S} ist und dieses Verhältnis 1:1 auch bei weiterer Schieberöffnung beibehalten wird, so daß auch A_2 gleich A_1 bleibt, dann gilt bei folgender Auslegung von Pumpenregler 19 und Kompensatoren 28,29 folgendes:

- load sensing Differenzdruck: $p_{LS} = 14$ bar

- Öffnungsdruck durch Federkraft: $p_{F1} = 10$ bar
- Öffnungsdruck durch Federkraft: $p_{F2} = 4$ bar.

Das Aufteilungsverhältnis $Q_{2S}:Q_{1S}$ ergibt sich demzufolge bei Sättigung

$$\frac{Q_{2S}}{Q_{1S}} = \frac{\sqrt{14 - 4}}{\sqrt{14 - 10}} = 1,58$$

Sinkt nun der Versorgungsgrad durch entsprechende weitere Querschnittsfreigabe A_1 und A_2 soweit ab, daß bereits bei einem Überdruck von z.B. $p_x = 11$ bar über dem höchsten Lastdruck p_1 der gesamte Förderstrom den Verbrauchern 8 und 9 zufließen kann, so ergibt sich als Aufteilungsverhältnis

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\sqrt{11 - 4}}{\sqrt{11 - 10}} = 2,64$$

Es fließt also wunschgemäß mit Q_2 ein höherer Anteil des Förderstromes Q_{\max} dem Verbraucher 9 zu.

Man kann nun durch weitere Änderung der Steuerquerschnitte A_1 und A_2 zu einer Stellung gelangen, bei der Vollpriorität für den Verbraucher 9 gegeben ist, d.h. diesem der gesamte Förderstrom Q_{\max} zufließt. Dies ist dann der Fall, wenn der Grad der Unterversorgung so hoch wird, daß der Pumpenüberdruck p_x auf den Wert p_{F1} sinkt, weil dann der Kompensator 26 für den Verbraucher 8 nicht mehr öffnet. Dann gilt

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\sqrt{10 - 4}}{\sqrt{10 - 10}} = \infty$$

Dies ist der Fall bei Q_1 gleich 0 l/min.

Somit läßt sich beispielsweise über die Wahl unterschiedlicher Federkräfte sowie die Dimensionierung der Steuerquerschnitte A_1 , A_2 der Schieber 22,23 der Förderstrom in Abhängigkeit vom Maß des durch den maximalen Förderstrom der Verstellpumpe 20 sich ergebenden Grades der Unterversorgung der Förderstrom im Sinne einer Priorität zugunsten des Verbrauchers 9 gegenüber dem Verbraucher 8 beliebig aufteilen.

Im Vorstehenden wurde dargestellt, wie sich das Aufteilungsverhältnis bei gleichzeitiger Veränderung der Durchtrittsquerschnitte ergibt. Ebenso vorteilhaft wirkt sich die erfindungsgemäße Anordnung aus, fall die Hydraulikanlage so betätigt wird, daß für einen Verbraucher, z.B. 8, der volle Steuerquerschnitt A_1 freigegeben wird und bei dem anderen Verbraucher 9 der freizugebende Steuerquerschnitt A_2 laufend verändert wird. Dies trifft z.B. speziell auf Baumaschinen, insbesondere auf die Betriebsweise eines Radladers, zu, bei dem der Handhebel für den Hubrahmenzylinder 8 voll durchgezogen wird, während der Hebel für den Kippwerkzylinder 9 in Abhängigkeit der augenblicklichen Erfordernis-

se der Materialaufnahme betätigt wird. Analoges gilt für den Betrieb eines Baggers 10, bei dem die Handhebel für den Ausleger 13 und den Stiel 14 voll durchgezogen werden, während der Ladeschaufelzylinder 18 variabel betätigt wird.

Figur 4 zeigt in graphischer Darstellung den Anteil Q_2 des Verbrauchers 9 am gesamten Förderstrom Q_{\max} gemäß Figur 1, unter der Annahme, daß der Steuerquerschnitt A_1 für den Verbraucher 8 in allen Betriebszuständen voll geöffnet ist. Der Figur 4 liegt die Annahme zugrunde, daß der Steuerquerschnitt A_1 , A_2 eines jeden Steuerschiebers 22,23 so ausgelegt ist, daß bei alleiniger Betätigung der maximale Pumpenförderstrom Q_{\max} beim gegebenen load sensing Differenzdruck p_{LS} durchtreten kann. In der Ordinate ist der prozentuale Anteil Q_2 des gedrosselten Verbrauchers 9 am Gesamtförderstrom Q_{\max} aufgetragen, während auf der Abszisse das Verhältnis $A_2/A_{2\max}$ des momentanen öffnungsquerschnittes zum größtmöglichen Steuerquerschnitt des Steuerschiebers 23 dargestellt ist.

Das bestimmte vorgewählte Anteilsverhältnis Q_2/Q_{\max} (wobei sich über die Beziehung $Q_1 = Q_{\max}$ minus Q_2 auch das Aufteilungsverhältnis Q_2/Q_1 errechnen läßt) ergibt sich bei den beiden Schiebern 22,23 im ganz geöffneten Zustand aus der Festlegung von p_{LS} , p_{F1} und p_{F2} . Dieses Verhältnis wird nach den spezifischen Anforderungen der jeweiligen Maschine ausgewählt. In Figur 4 ist das Aufteilungsverhältnis Q_2/Q_{\max} und damit mittelbar auch Q_2/Q_1 mit dem diesen bestimmenden Wert

$$W = \frac{p_{F1} - p_{F2}}{p_{LS} - p_{F1}}$$

als Parameter aufgetragen.

Bei den bekannten Systemen mit lastdruckunabhängiger Durchflußverteilung, abgekürzt als LUDV bezeichnet, d.h. mit zwei gleich starken Federn ($p_{F1} = p_{F2}$) ergibt sich bei 50 %-iger Unterversorgung der Verbraucher 8,9 mit gleich großen Nenndurchflußmengen ergibt sich bei Voraussetzung der Parameter des vorangegangenen Zahlenbeispiels

$$W = \frac{4 - 4}{14 - 4} = 0$$

und damit eine Aufteilung bei maximalem Steuerquerschnitt $A_{2\max}$ von

$$\frac{Q_2}{Q_{\max}} = 0,50 \text{ bzw.}$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = 1,0.$$

Bei lastdruckunabhängigen Systemen erfindungsgemäßer Bauart, d.h. mit zwei unterschiedlich stark ausgebildeten Federn 12,13 und 50 %-iger Unterversorgung der Verbraucher 8,9 mit gleich großen Nenndurchflußmengen errechnet sich beispielsweise

$$W = \frac{10 - 4}{14 - 10} = 1,5$$

Die Aufteilung bei $A_{2\max}$ beträgt jetzt

$$\frac{Q_2}{Q_{\max}} = 0,786 \text{ bzw.}$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{0,786}{(1 - 0,786)} = 3,67$$

Bei zunehmender Vergrößerung von W erhöht sich der Anteil des dem Verbraucher 9 zufließenden Förderstromes Q_2 am Gesamtförderstrom Q_{\max} bis hin zum theoretischen Wert $W = \infty$, so daß rein rechnerisch Vollpriorität gegeben wäre, was bedeutet, daß dem Verbraucher 9 der gesamte Förderstrom Q_{\max} zufließt.

Die zwischen der oberen ($W = \infty$) und der unteren Kurve ($W = 0$) liegenden Kurvenzüge stellen vorgebbare Aufteilungsverhältnisse des Förderstromes Q_{\max} dar, die bei der Auslegung der Baumaschine, je nach angestrebter Funktion, Berücksichtigung finden können.

Mit zunehmender Verringerung des Steuerquerschnittes A_2 unter Beibehaltung des maximalen Steuerquerschnittes A_1 wird sich der Anteil des Ölstromes Q_2 gemäß den dargestellten Kurvenzügen ändern. Diese Verläufe errechnen sich aus der Strömungsgleichung unter Berücksichtigung der Tatsache, daß der Grad der Versorgung, der nach Darstellung der Figur 4 bei beiden Steuerquerschnitten A_1 , A_2 im ganz geöffneten Zustand bei 50 % liegt, bei Verringerung des Steuerquerschnittes A_2 auf höhere Werte ansteigt. Dies deshalb, weil die Sollmenge für den Verbraucher 8 dabei unverändert bleibt, für den Verbraucher 9 hingegen wegen der Verringerung des Steuerquerschnittes A_2 sinkt. Bezogen auf den unverändert bleibenden Pumpenförderstrom Q_{\max} ergibt sich somit ein höherer Versorgungsgrad des Verbrauchers 8, d.h. ein geringeres Maß an Unterversorgung.

Die Versorgungsgrade, jeweils definiert als das Verhältnis des Ist- zum Sollförderstrom, sind für einen angenommenen Pumpenförderstrom von $Q_{\max} = 100 \text{ l/min}$ und dem im Vorstehenden beispielhaft angenommenen Wert von $W = 1,5$ in Abhängigkeit vom Verhältnis des Öffnungsquerschnittes $A_2/A_{2\max}$ des Steuerschiebers 23 in Figur 5 aufgetragen. Der Steuerquerschnitt A_1 des Steuerschiebers 22 ist dabei voll geöffnet.

Für den Versorgungsgrad V_2 des Verbrauchers 9 gilt

$$V_2 = \frac{Q_{2\text{ist}}}{Q_{2\text{soll}}} = \frac{Q_{2\text{ist}}}{(A_2/A_{2\text{max}}) \times 100}$$

sowie für den Versorgungsgrad V_1 des Verbrauchers 8 5

$$V_1 = \frac{Q_{1\text{ist}}}{Q_{1\text{soll}}} = \frac{Q_{1\text{ist}}}{100}$$

Der Gesamtversorgungsgrad V_g des Systems ist definiert mit

$$V_g \frac{Q_{\text{max}}}{Q_{1\text{soll}} + Q_{2\text{soll}}} = \frac{100}{100 + (A_1/A_{2\text{max}}) \times 100} = \frac{1}{1 + A_2/A_{2\text{max}}} \quad 15$$

Mit zunehmendem Öffnen des Steuerquerschnittes A_2 , 20 was einen ansteigenden Grad der Unterversorgung des Gesamtsystems bedeutet, sinkt der Versorgungsgrad V_2 des Verbrauchers 9 weniger ab als der Versorgungsgrad V_1 des Verbrauchers 8, d.h. der Grad der Priorität des Verbrauchers 9 steigt mit dem Grad der Unterversorgung gegenüber dem anderen Verbraucher 8 an. 25

Diese Werte in Figur errechnen sich gemäß folgender Tabelle:

$\frac{A_2}{A_{2\text{max}}}$	Q_2	Q_1	V_2	V_1	V_g
-	l/min	l/min	-	-	-
0,0		100	1,00	1,00	1,00
0,1	9,6	90,4	0,960	0,904	0,909
0,2	18,6	81,4	0,930	0,814	0,833
0,3	27,0	73,0	0,900	0,730	0,769
0,4	35,1	64,9	0,878	0,649	0,714
0,5	42,8	57,2	0,858	0,572	0,667
0,6	50,2	49,8	0,837	0,498	0,625
0,7	57,4	42,6	0,820	0,426	0,588
0,8	64,5	35,5	0,806	0,355	0,556
0,9	71,6	28,4	0,796	0,284	0,526
1,0	78,6	21,4	0,786	0,214	0,500

Patentansprüche

1. Steuerung zur Aufteilung des durch mindestens eine Pumpe zur Verfügung gestellten Förderstromes bei Hydrauliksystemen auf mehrere Verbraucher (8,9) nach dem lastdruckunabhängigen Prinzip, insbesondere für Baumaschinen, wie Radlader (1), Grader oder Bagger, wobei einem jeden einen vorgebbaren Steuerquerschnitt (A_1, A_2) aufweisenden Steuerschieber (22,23) zumindest ein Kolben

(28,29) beinhaltender Kompensator (26,27) nachgeschaltet ist und jeder dem Kompensator (26,27) nachgeschaltete Verbraucher (8,9) einen vorgebbaren Anteil des Förderstromes (Q_{max}) erhält, indem die Kolben (28,29) der Kompensatoren (26,27) durch unterschiedlich auf diese ausgeübte Kräfte die Durchtrittsquerschnitte zu den Verbrauchern (8,9) mit unterschiedlichen Öffnungsdrücken freigeben,

dadurch gekennzeichnet,

daß jeder Kolben (28,29) jeweils mit einer Feder (30,31) als Betätigungselement zusammenwirkt, wobei die Federn (30,31) jeweils eine unterschiedliche Federkraft aufweisen, derart, daß bei Unterversorgung der Verbraucher (8,9) durch diese unterschiedlichen Federkräfte der Federn (30,31) sich die Aufteilung des Förderstromes automatisch in Abhängigkeit vom Maß des durch den jeweiligen Förderstrom der Pumpe (20) sich ergebenden Grades der Unterversorgung gegenüber der Vollversorgung ändert.

2. Steuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Grad der Unterversorgung entsprechend der Wahl der Federkräfte der Federn (30,31) der Grad der Priorität der einzelnen Verbraucher (9) gegenüber den anderen Verbrauchern (8) ansteigt.

3. Steuerung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der jeweilige Kolben (28,29) durch eine Kombination aus mechanischer Feder und pneumatischer bzw. hydraulischer oder elektromagnetischer Betätigung mit Kraft beaufschlagbar ist.

4. Steuerung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufteilungsverhältnis der Kräfte aus mechanischer Feder und pneumatischer bzw. hydraulischer oder elektromagnetischer Betätigung, welche den Gesamtöffnungsdruck bewirken, vorgebar einstellbar ist.

45 Claims

1. Control means for apportioning, between a plurality of consumers (8, 9), the delivery flow made available by at least one pump in hydraulic systems, according to the load-sensing principle, especially for construction machines, such as wheel loaders (1), graders or excavators, wherein at least one compensator (26, 27) having a piston (28, 29) is arranged downstream of a respective control valve (22, 23) having a pre-specifiable control cross-section (A_1, A_2) and each consumer (8, 9) downstream of the compensator (26, 27) receives a pre-specifiable portion of the delivery flow (Q_{max}) by means of

the fact that the pistons (28, 29) of the compensators (26, 27), under the action of different forces exerted thereon, unblock the passage cross-sections to the consumers (8, 9) at different opening pressures,

characterised in that

each piston (28, 29) cooperates with a respective spring (30, 31) as actuating element, with each of the springs (30, 31) having a different spring force, in such a manner that, in the event of the consumers (8, 9) being undersupplied, the apportioning of the delivery flow changes automatically as a result of those different spring forces of the springs (30, 31) depending on the measure of the degree of undersupply resulting from the prevailing delivery flow of the pump (20) compared with the full supply.

2. Control means according to claim 1, characterised in that the degree of priority of the individual consumers (9) over the other consumers (8) increases as the degree of undersupply increases, in accordance with the selected spring forces of the springs (30, 31).
3. Control means according to claim 1 or 2, characterised in that force is arranged to be applied to the piston (28, 29) in question by means of a combination of mechanical spring and pneumatic/hydraulic or electromagnetic actuation.
4. Control means according to claim 3, characterised in that the apportioning ratio of the forces resulting from mechanical spring and pneumatic/hydraulic or electromagnetic actuation, which produce the overall opening pressure, can be set in a pre-specifiable manner.

Revendications

1. Système de commande pour répartir l'écoulement de refoulement, délivré par au moins une pompe, dans des systèmes hydrauliques, entre plusieurs appareils d'utilisation (8, 9) selon le principe d'indépendance vis-à-vis de la pression de charge, notamment pour des engins de chantier, tels que des chargeurs sur roues (1), des niveleuses ou des excavatrices, dans lequel au moins un compensateur (26, 27), qui contient un piston (28, 29), est monté en aval d'un poussoir de commande (22, 23) possédant une section transversale de commande (A_1 , A_2) pouvant être prédéterminée et que chaque appareil d'utilisation (8, 9), branché en amont du compensateur (26, 27) reçoit un pourcentage pouvant être prédéterminé de l'écoulement de refoulement (Q_{max}), par le fait que les pistons (28, 29) des compensateurs (26, 27) libèrent, au moyen de forces

appliquées différemment à ces compensateurs, les sections transversales de passage en direction des appareils d'utilisation (8, 9) ayant différentes pressions d'ouverture, caractérisé en ce

que chaque piston (28, 29) coopère respectivement avec un ressort (30, 31) en tant qu'élément d'actionnement, les ressorts (30, 31) possédant chacun une force élastique différente de sorte que, dans le cas d'une sous-alimentation des appareils d'utilisation (8, 9) la répartition de l'écoulement de refoulement varie automatiquement, sous l'effet de ces forces élastiques différentes des ressorts (30, 31), en fonction de la valeur du degré de sous-alimentation, qui s'établit sous l'effet de l'écoulement respectif de refoulement de la pompe (20) par rapport à l'alimentation complète.

2. Système de commande selon la revendication 1, caractérisé en ce que le degré de la priorité des différents appareils d'utilisation (9) par rapport aux autres appareils d'utilisation (8) augmente avec le degré de sous-alimentation, en fonction du choix des forces élastiques des ressorts (30, 31).
3. Système de commande selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le piston respectif (28, 29) peut être chargé par une force au moyen d'une combinaison formée d'un ressort mécanique et d'un actionnement pneumatique ou hydraulique ou électromagnétique.
4. Système de commande selon la revendication 3, caractérisé en ce que le rapport de répartition des forces produites par le ressort mécanique et un actionnement pneumatique ou hydraulique ou électromagnétique et qui produisent la pression d'ouverture totale, est réglable d'une manière pouvant être prédéterminée.

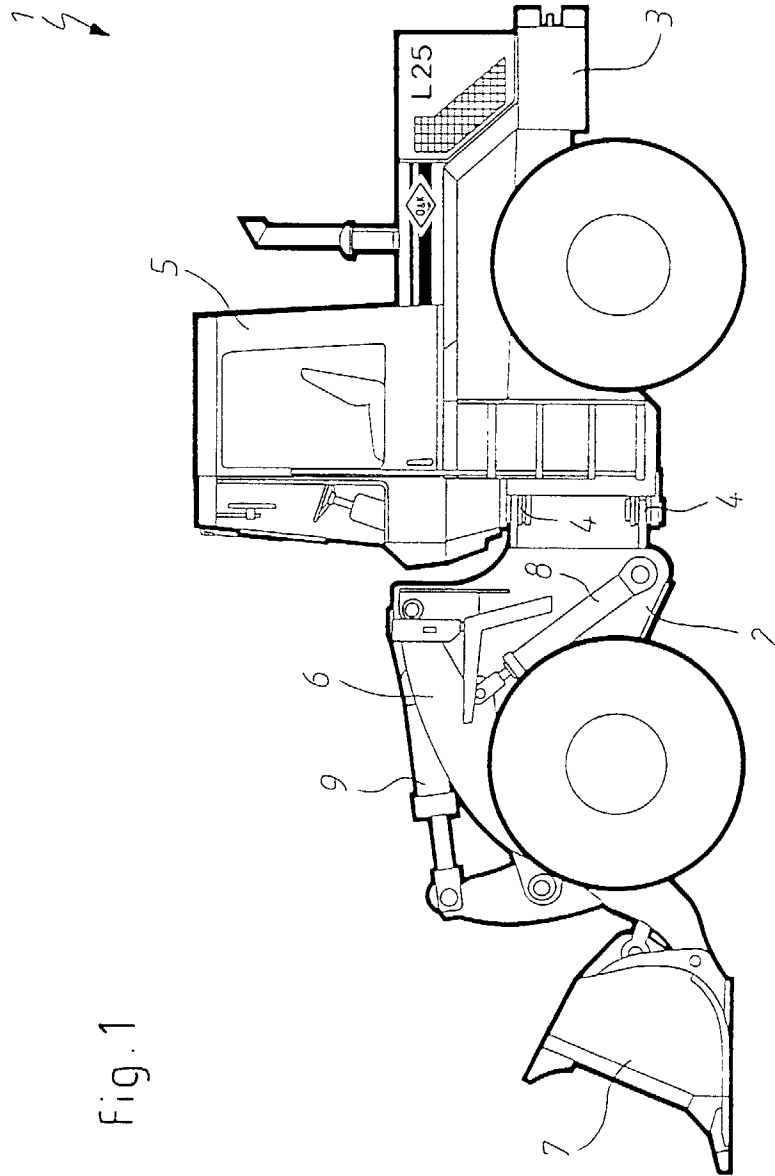


Fig.1

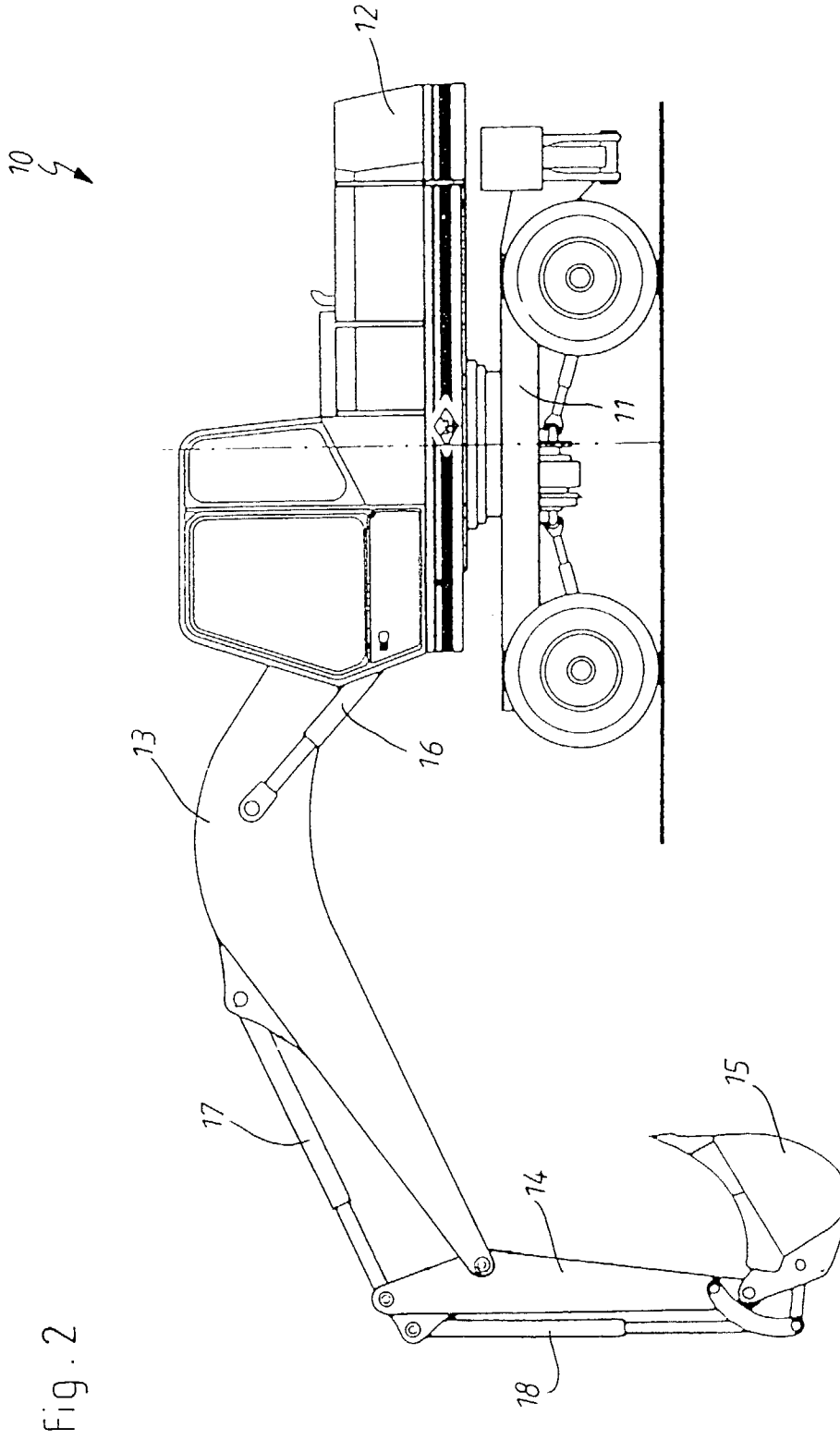


Fig. 2

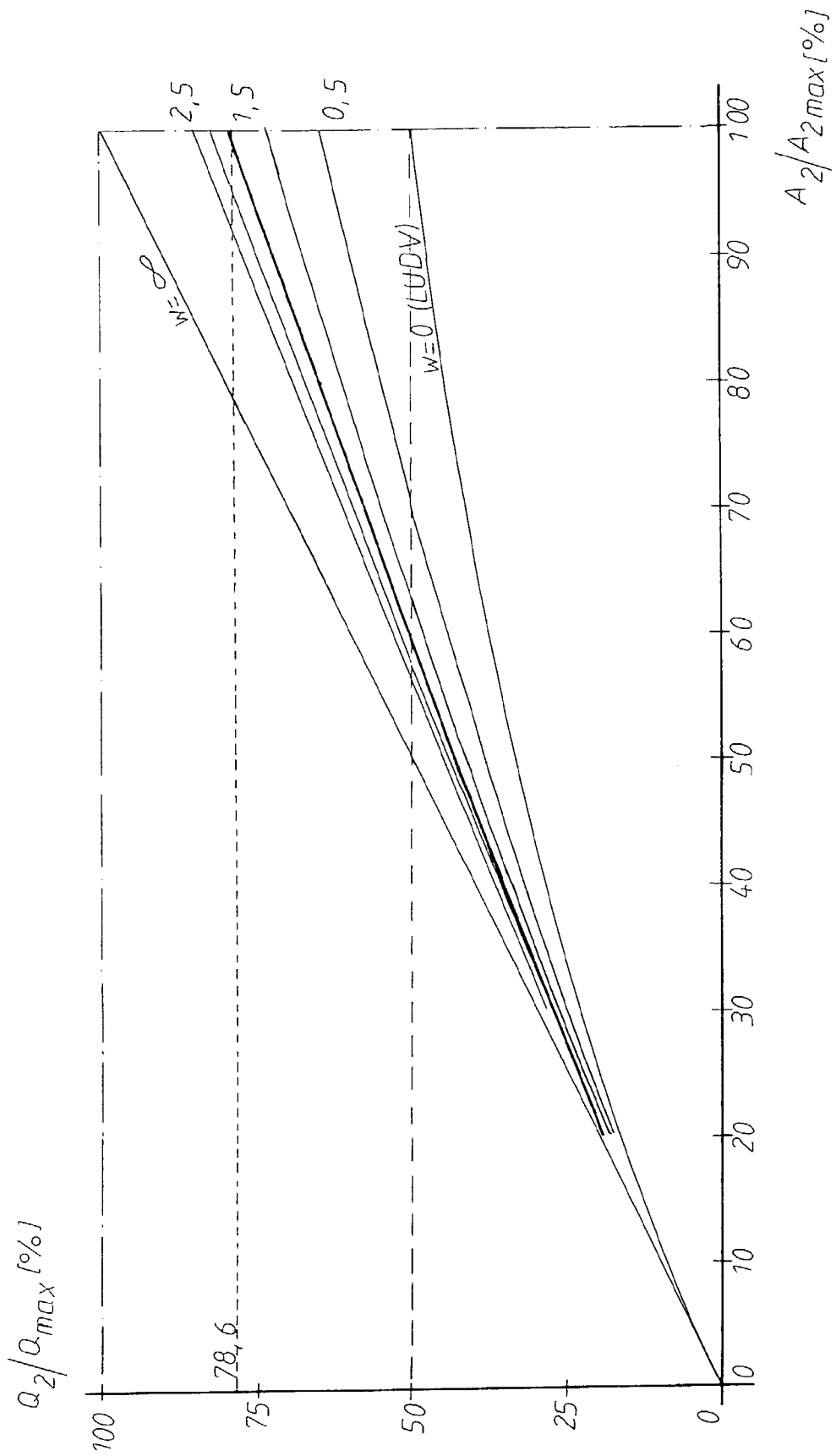


Fig. 4

Fig. 5

