



## AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP G 05 B / 265 325 3

(22) 17.07.84

(45) 03.08.88  
(44) 15.01.86

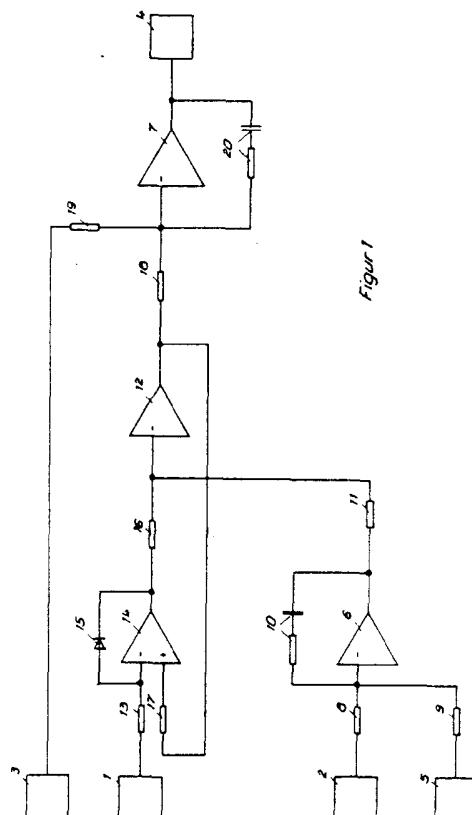
(71) VEB ERFURT electronic „Friedrich Engels“, Paul-Schäfer-Straße, Erfurt, 5010, DD

(72) Kuhn, Johann, Dipl.-Ing., DD

(54) Schaltungsanordnung zum stoßfreien Umschalten der Sollwerte in einem Hydraulikkreis mit Druck- und Fördermengenregelung

(55) Fördermengen-, Geschwindigkeits- und Druckregelung von Spritzgießmaschinen, servoventilgesteuerte Axialkolbenpumpe, Fördermengensollwertgeber, Fördermengensollwertgeber, Druckistwertgeber, Drucksollwertgeber

(57) Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zum stoßfreien Umschalten der Sollwerte in einem mit einer servoventilgesteuerten Axialkolbenpumpe betriebenen Hydraulikkreis, z. B. des Hydraulikkreises einer Spritzgießmaschine, mit Druck- und Fördermengenregelung. Ziel der Erfindung ist es, den Schaltungsaufwand zu senken und die Funktionssicherheit bei Vermeidung von Regelschwingungen zu erhöhen. Der Ausgang eines als Druckregler arbeitenden Operationsverstärkers wird mit dem Fördermengensollwert derart verknüpft, daß ein begrenzter Sollwert für den Fördermengenregler gebildet wird. Der Fördermengenregler beeinflußt eine servoventilgesteuerte Axialkolbenpumpe. Vorzugsweise kann die Schaltungsanordnung zur Regelung des Hydraulikkreises von Spritzgießmaschinen eingesetzt werden. Fig. 1



Figur 1

## Patentanspruch:

1. Schaltungsanordnung zum stoßfreien Umschalten der Sollwerte in einem Hydraulikkreis mit Druck- und Fördermengenregelung, bei der der Hydraulikkreis mit einer servoventilgesteuerten Axialkolbenpumpe betrieben wird, der Ausgang eines Fördermengenwertgebers über einen Summationswiderstand mit dem invertierenden Eingang eines Fördermengenreglers verbunden ist und der Ausgang des Fördermengenreglers mit dem Eingang der servoventilgesteuerten Axialkolbenpumpe verbunden ist, gekennzeichnet dadurch, daß der Ausgang des Druckreglers (6) über einen ersten Summationswiderstand (11) an den invertierenden Eingang eines Summationsverstärkers (12) angeschlossen ist, daß der Ausgang des Fördermengenwertgebers (1) mit dem invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers (14) verbunden ist, dessen Ausgang über einen zweiten Summationswiderstand (16) mit dem invertierenden Eingang des Summationsverstärkers (12) verknüpft ist und daß der Ausgang des Summationsverstärkers (12) über einen Summationswiderstand (17) mit dem nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers (14) und andererseits über einen vierten Summationswiderstand (18) mit dem invertierenden Eingang des Fördermengenreglers (7) verbunden ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Begrenzung von Druck und Fördermenge eines Hydraulikregelkreises, der mit einer Axialkolbenpumpe ausgestattet ist. Vorzugsweise wird die Erfindung zum Betreiben von Spritzgießmaschinen angewendet.

## Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Bei Spritzgießmaschinen dient die Regelung von Fördermenge, Geschwindigkeit und Druck zur Sicherung einiger qualitätsbestimmender Parameter, wie Einspritzgeschwindigkeit, Zuhaltedruck, Staudruck und Nachdruck. Die Sollwerte für Fördermenge und Druck werden entsprechend den technologischen Erfordernissen des Spritzgießprozesses weg- und zeitabhängig von einer speicherprogrammierbaren Steuerung an den entsprechenden Ausgängen vorgegeben. Im Spritzgießzyklus sind zwei grundsätzliche Betriebsverhalten zu unterscheiden. Bei geschlossener Form dient die Druck-/ Fördermengenregelung zur Einhaltung von Spritzdruck, Einspritzgeschwindigkeit, Zuhaltekräften und Nachdruck. Während der Bewegungsphasen des Spritzgießprozesses, wie Öffnen oder Schließen der Form, Betätigen des Auswerfers usw. realisiert die Druck-/Fördermengenregelung eine Geschwindigkeitsregelung. Eine servoventilgesteuerte Axialkolbenpumpe versorgt die hydraulische Anlage der Spritzgießmaschine mit der jeweils benötigten Menge Hydraulikflüssigkeit. Bei einem Bewegungsvorgang der Spritzgießmaschine stehen an den Sollwertgebern für Druck und Fördermenge bestimmte Werte an. Es ist aus dem DD-WP 155 791 eine hydraulische Schaltung für Spritzgießmaschinen mit Schneckenplastizierung bekannt, die zur abwechselnden Realisierung eines Staudruckes beim Plastizieren und einer Volumenstromdosierung beim Einspritzen dient. Ein durch den Arbeitsdruck eines Hydromotors für den Antrieb einer Plastizerschnecke gesteuertes 4/2-Wegeventil ist im Bypass zur Zulaufleitung des Einspritzzyinders angeordnet. Seine Verbraucherleitungen sind mit einem Staudruckventil verbunden. Die Ablaufleitung des Staudruckventils führt direkt zum Flüssigkeitsbehälter. In der Ablaufleitung des 2-Wege-Strombegrenzungsventils befindet sich ein Rückschlagventil und im Bypass zur Steuerleitung vom Hydromotor zum 4/2-Wegeventil ist eine Blende vorgesehen. Der Druckstromerzeuger liefert in dieser Anordnung einen kontinuierlichen Druck bzw. eine kontinuierliche Fördermenge der Hydraulikflüssigkeit. Nicht benötigte Hydraulikflüssigkeit wird durch die Bypassleitung ungenutzt in den Flüssigkeitsbehälter abgeleitet. Damit entsteht hier ein Energieverlust. Des Weiteren ist die hydraulische Anordnung unflexibel und zur technologisch erforderlichen weg- und zeitabhängigen Druckverlaufsgestaltung in der Hydraulikanlage ungeeignet.

Aus der DE-OS 2402798 ist ein Steuergerät zur Steuerung des Druckes in der Gießform einer Spritzgießmaschine bekannt geworden, bei dem ein Druckaufnehmer in der Spritzgießform, eine den Haltedruck integrierende Schaltung, eine Bezugswertquelle für den Drucksollwert, eine Vergleicherschaltung zum Vergleich des Drucksollwertes mit dem integrierten Druckistwert vorgesehen sind. Es wird ein Formdruck-Fehlersignal erzeugt und gespeichert, das im nächsten Maschinenzzyklus zur Modulation des Druckes einer hydraulischen Druckquelle verwendet wird um die Druckabweichung zu vermindern. Die Einschaltung der Druckregelung erfolgt über einen Positionslese- und Ziffernanzeigemechanismus wegabhängig. Der Einspritzzyklus wird mit dem nahezu vollen Pumpendruck ausgeführt. Ebenso sind für die anderen Bewegungsvorgänge, wie Öffnen der Form keine Mittel zur Begrenzung des Arbeitsdruckes bzw. der Fahrgeschwindigkeit vorgesehen. Aus den hohen mechanischen Belastungen beim Öffnen und Schließen der Form resultieren Druckstöße und mechanische Schwingungen. Weiterhin muß das Überdruckventil so dimensioniert sein, daß es zu keinen Zerstörungen der Mechanik kommt. Damit besteht die Gefahr, daß die Pumpe im Fehlerfall überlastet wird. Als weiterer Nachteil ist anzusehen, daß in jedem Werkzeug ein oder mehrere Drucksensoren angeordnet werden müssen.

In dem DD-WP 133479 ist eine Schaltungsanordnung zur Begrenzung der Sollwertvorgabe für einen Hydraulikregelkreis vorgesehen, die dazu dient, die Hydraulikpumpe vor Überlastung zu schützen. Dazu wird, um die positive Ausgangsspannung des Operationsverstärkers nicht bis zum Maximalwert steigen zu lassen, diese Spannung durch eine aus Transistoren, Dioden und einem Widerstand aufgebaute Schaltungsanordnung annähernd auf dem Wert der Sollwertspannung festgehalten und mit dessen Änderungen mitgeführt, solange keine druckabhängige Begrenzung wirksam ist.

Die Reduzierung der Pumpenleistung bei Erreichen des für die Pumpe gefährdenden Druck-Fördermengenprodukts erfolgt ungeregelt, damit ergibt sich eine relativ große Lastabhängigkeit. Aus den unkontrollierbaren Druckänderungen im Bereich der Leistungsbegrenzung ergeben sich Qualitätsminderungen an den Spritzlingen und Funktionsunsicherheiten im Bewegungsablauf der Spritzgießmaschine.

Eine Fördermengen-Druckregelung gemäß Fig. 2 ist bekannt geworden, bei der ein Fördermengenregler FM auf die Verstelleinheit einer regelbaren Hydraulikpumpe 4 wirkt. Ein Druckregler 6 ist dem Fördermengenregler 7 überlagert und bildet den Sollwert für den Fördermengenregler 7 überlagert und bildet den Sollwert für den Fördermengenregler 7. Die Regler sind aus Operationsverstärkern aufgebaut und proportional/integral rückgekoppelt. Am Eingang des Fördermengenreglers 7 ist der aus einem Fördermengenistwertgeber 3 entstammende Fördermengenistwert und ein einstellbarer druckproportionaler Korrekturwert vom Druckistwertgeber 5 angeschlossen. An dem Istwerteingang des Druckreglers 6 ist ein Druckistwertgeber angeschlossen. Der Sollwerteingang ist mit einem analogen Ausgang einer Steuerung als Drucksollwertgeber 2 verbunden. Im Stromweg zwischen dem Druckregler 6 und dem Fördermengenregler 7 befindet sich eine aufwendige Potentiometerschaltung PS. Der Drucksollwertgeber wird entsprechend der technologischen Erfordernisse des Spritzgießprozesses weg- und zeitabhängig mit dem entsprechenden Drucksollwert beaufschlagt. Da der Fördermengenregler 7 seinen Sollwert vom Druckregler 6 liefert bekommt, wird bei Bewegungsvorgängen der Fördermengenregler 7 in kurzer Zeit sehr stark angesteuert. Folge davon ist die starke Beschleunigung der Fördermenge und damit der bewegten Teile z.B. Werkzeugträgerplatte, Auswerfer usw. Mit Beendigung der Bewegung baut sich schlagartig ein hoher Druck auf, der über den Druckregler 6 den Fördermengenregler 7 zurücksteuert. Dabei kommt es zu mechanischen und reglerbedingten Schwingungen. Zur Vermeidung stärkster Belastungen und Instabilitäten ist die Potentiometerschaltung 24 in der Verbindungsleitung zwischen Druckregler 6 und Fördermengenregler 7 vorgesehen. Die Einstellung der Potentiometerschaltung 24 erfolgt empirisch und erhöht die Stabilität nur unzureichend. Weiterhin ist nachteilig an dieser Schaltungsanordnung, daß eine programmierbare Vorgabe der Fördermenge und damit der Geschwindigkeit der bewegten Teile der Spritzgießmaschine nur lastabhängig realisierbar ist.

### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die Funktionssicherheit der Regelung von Druck und Fördermenge eines mit einer Axialkolbenpumpe betriebenen Hydraulikkreises mit geringem Schaltungsaufwand zu erhöhen.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Schaltungsanordnung zu schaffen, die ein stoßfreies Umschalten bei großen sprungförmigen Sollwertänderungen und bei Sollwertänderungen, die den Übergang von Fördermengen- auf Druckregelung bewirken, garantiert.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß der Ausgang eines Druckreglers über einen ersten Summationswiderstand an den invertierenden Eingang eines Summationsverstärkers angeschlossen ist. Der Ausgang eines Fördermengensollwertgebers ist mit dem invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers und dessen Ausgang über einen zweiten Summationswiderstand mit dem invertierenden Eingang des Summationsverstärkers verknüpft. Der Ausgang des Summationsverstärkers ist einerseits über einen dritten Summationswiderstand an den nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers und andererseits über einen vierten Summationswiderstand an den invertierenden Eingang des Fördermengenreglers angeschlossen.

Die Fördermengenregelung realisiert die Geschwindigkeitsregelung einer Spritzgießmaschine, z. B. beim Einspritzvorgang, beim Öffnen der Form usw. Baut sich ein bestimmter Druck im Hydraulikkreis auf, z. B. bei geschlossener Form, wird die Fördermengenregelung durch die Druckregelung abgelöst. Dieser Übergang vollzieht sich bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ohne Regelsprünge. Die Druck- bzw. Fördermengensollwerte stellen dabei die Begrenzungswerte dar.

### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In den dazugehörigen Zeichnungen zeigen

Fig. 1: die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung und  
Fig. 2: eine Schaltungsanordnung zum Stand der Technik.

Fig. 1 zeigt die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung in ihrer Grundausführung. Der Fördermengensollwertgeber 1 und der Drucksollwertgeber 2 sind vorzugsweise als analoge Spannungsausgänge einer programmierbaren Steuerung ausgeführt, die entsprechend eines Programms weg- und zeitabhängig gesetzt werden. Der Fördermengenistwertgeber 3 kann als Weg-/Spannungswandler an der Verstelleinrichtung der servoventilgesteuerten Axialkolbenpumpe 4 ausgeführt sein. Als Druckistwertgeber 5 kommt ein Druck/Spannungswandler zum Einsatz. Als Druckregler 6, Fördermengenregler 7 und Summationsverstärker 12 werden Operationsverstärker verwendet.

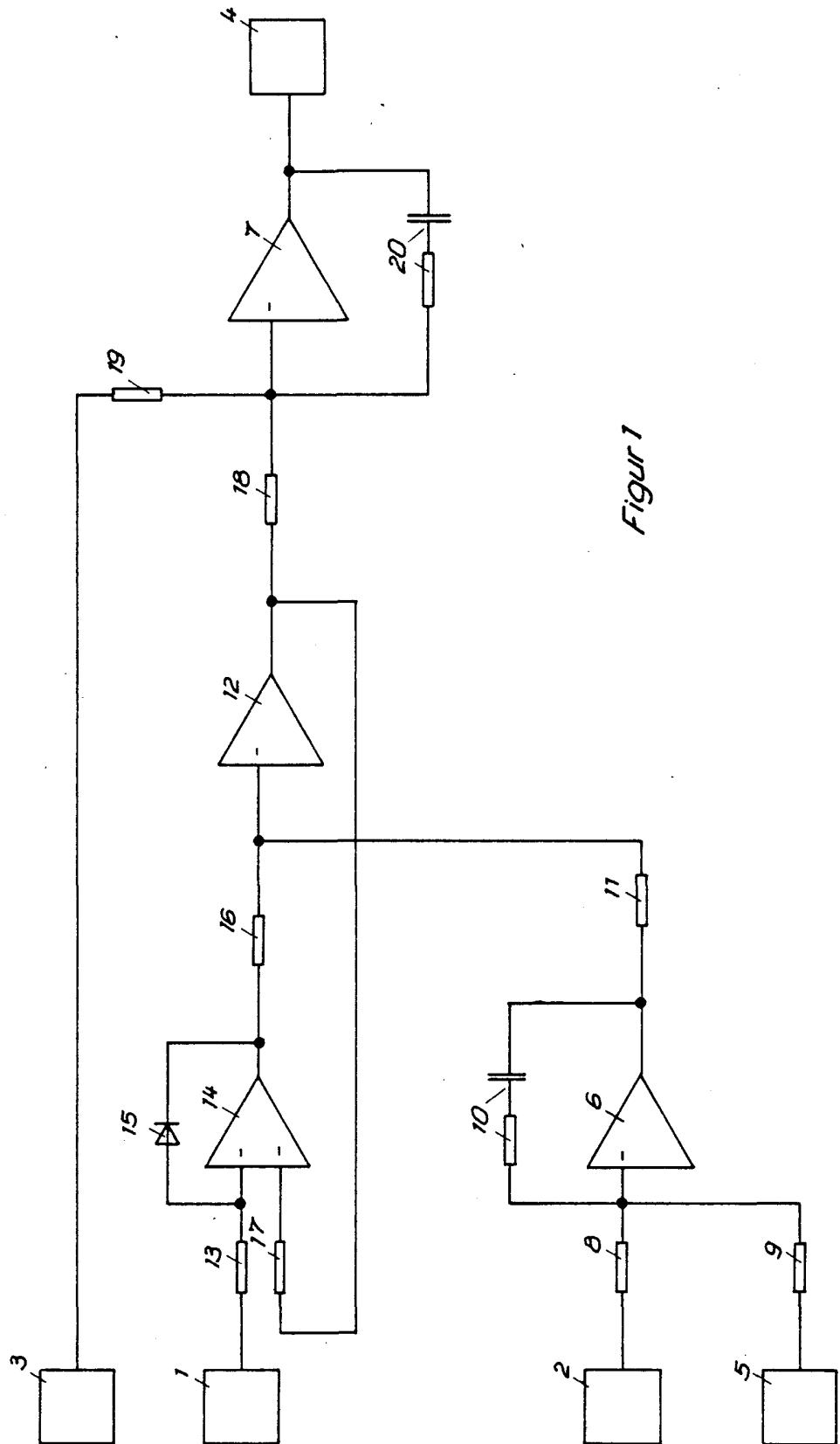
Der Drucksollwert und der Druckistwert werden über die Summationswiderstände 8 und 9 dem invertierenden Eingang des Druckreglers 6 zugeführt. Dessen Ausgangssignal wird über die proportional/integrale Rückkopplung 10 auf den Eingang rückgekoppelt und über den Summationswiderstand 11 an den invertierenden Eingang des Summationsverstärkers 12 gelegt. Der Fördermengensollwert wird über den Summationswiderstand 13 dem invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers 14 zugeführt.

Die Schutzdiode 15 verhindert die Auswertung von fehlerhaften Sollwertvorgaben falscher Polarität, die die servoventilgesteuerte Axialkolbenpumpe 4 in die Stellung „Saugen“ bringen würde, was zu einer unerlaubten Betriebsweise führen könnte. Das Ausgangssignal des Operationsverstärkers 14 wird über den Summationswiderstand 16 am invertierenden

Eingang des Summationsverstärkers 12 mit dem Ausgangssignal des Druckreglers 6 verknüpft. Das Ausgangssignal des Summationsverstärkers 12 ist der erfindungsgemäß begrenzte Sollwert, der über den Summationswiderstand 18 an den invertierenden Eingang des Fördermengenreglers 7 angeschlossen und über den Summationswiderstand 17 an den nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers 14 rückgekoppelt ist.

Diesem Eingang wird weiterhin über den Summationswiderstand 19 der Fördermengenistwert zugeführt. Der Fördermengenregler 7 ist über die proportional/integrale Rückkopplung 20 rückgekoppelt. Mit dem Ausgangssignal des Fördermengenreglers 7 wird die servoventilgesteuerte Axialkolbenpumpe 4 gestellt.

Der Druckregler 6 steuert über die proportional/integrale Rückkopplung 10 seinen Ausgang hoch. Am Operationsverstärker 14 liegt der Fördermengensollwert an. Über den Summationsverstärker 12 und die Rückführung über den Widerstand 17 wird in Zusammenwirken mit dem Fördermengenistwert das Ansteuersignal für den Fördermengenregler 7 gebildet. Dieser steuert die Verstelleinheit der servoventilgesteuerten Axialkolbenpumpe 4 an. Die Schaltungsanordnung begrenzt die Wirksamkeit der Druckregelung auf den vom Fördermengensollwert vorgegebenen Wert. Mit der Vorgabe des Fördermengenwertes wird problemlos eine Geschwindigkeitsregelung erreicht. Jede Geschwindigkeit kann entsprechend den mechanischen und verfahrensspezifischen Erfordernissen vgewählt und geregelt werden. Ist die Form geschlossen, baut sich der Druck im Hydraulikkreislauf auf. Der Druckregler 6 übernimmt die Ansteuerung der servoventilgesteuerten Axialkolbenpumpe 4. Jede beliebige Kombination von Fördermengen-Sollwert und Drucksollwert entsprechend der technologischen und Qualitätserfordernisse kann gewählt werden. Sowohl die Druckregelung als auch die Fördermengenregelung befinden sich ständig in unmittelbarem Eingriff in den Hydraulikkreis. Die Übergänge von Fördermengen- bzw. Geschwindigkeitsregelung auf Druckregelung und umgekehrt vollziehen sich ohne Regelsprünge.



Figur 2

