

(19)



(11)

EP 2 644 903 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
13.11.2019 Patentblatt 2019/46

(51) Int Cl.:
F15B 11/00^(2006.01) F15B 11/042^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13001388.1**

(22) Anmeldetag: **18.03.2013**

(54) **Verfahren und hydraulische Steueranordnung zur Ansteuerung eines Verbrauchers**

Method and hydraulic control device for controlling a consumer

Procédé et dispositif de commande hydraulique pour la commande d'un consommateur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **27.03.2012 DE 102012006219**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.10.2013 Patentblatt 2013/40

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:
• **Stamm, Edgar
97854 Steinfeld-Hausen (DE)**
• **Foersterling, Heino
97816 Lohr am Main (DE)**

• **Linjama, Matti
37420 Tampere (FI)**
• **Siivonen, Lauri
33720 Tampere (FI)**
• **Huova, Mikko
33720 Tampere (FI)**

(74) Vertreter: **Wiesmann, Stephan
Bosch Rexroth AG
DC/IPR
Zum Eisengießer 1
97816 Lohr am Main (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**WO-A1-2007/028863 DE-A1- 3 709 211
US-A1- 2002 026 869**

EP 2 644 903 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ansteuerung eines Verbrauchers mit zwei Druckkammern und eine hydraulische Steueranordnung zur Ansteuerung eines derartigen Verbrauchers.

[0002] Üblicherweise werden stetig verstellbare hydraulische Ventileinrichtungen zur Steuerung von Druckmittelvolumenströmen eingesetzt. Dabei werden proportional verstellbare Ventile verwendet, deren Ventilglied hydraulisch oder elektrisch stetig verstellbar ausgeführt ist, um einen Öffnungsquerschnitt für den Druckmittelvolumenstrom einzustellen. Bei elektrisch verstellbaren Proportionalregelventilen kann eine Pulsweitenmodulation (PWM) benutzt werden, um den Strom am Betätigungsmagneten einzustellen. Die Frequenz der Pulsweitenmodulation ist dabei höher als eine maximale Schaltfrequenz des Ventils eingestellt. Die PWM-Pulse werden in einer Spule des Betätigungsmagneten zu einem Durchschnittswert geglättet. Der Ventilschieber ist über eine Feder entgegen der Wirkrichtung des Betätigungsmagneten beaufschlagt. Die sich bei der Verstellung einstellende Federkraft entspricht einer Kraft, bei der die Feder und damit der Ventilschieber einen den Strom entsprechenden Weg zurücklegen. Die Feder ist so ausgelegt, dass sie bei einer maximalen Bestromung in eine Stellung verstellt werden kann, die der maximalen Öffnungsstellung des Ventilschiebers entspricht.

[0003] In den letzten Jahren hat sich die sogenannte Digitalhydraulik etabliert, bei der anstelle von Proportionalregelventilen Schaltventile verwendet werden, die durch Pulse, beispielsweise nach Art einer PWM angesteuert werden.

[0004] Unter dem Begriff Schaltventil soll insbesondere ein Ventil verstanden werden, das ein bewegliches Ventilglied aufweist, das mittels einer Feder in Richtung einer Grundstellung (beispielsweise geschlossen) vorgespannt ist und in eine Schaltstellung (Offen) verstellbar ist. Diese Schaltstellung wird durch Bestromen eines Betätigungsmagneten eingenommen. Dabei wird vorausgesetzt, dass die das Ventilglied in Richtung der Grundstellung vorspannende Feder im Vergleich zur Kraft des Betätigungsmagneten bei Nennbestromung sehr gering ist, so dass nur eine vergleichsweise kurze Zeit (bei schnellen Schaltventilen 2ms) erforderlich ist, um nach Anlegen des Stroms an den Betätigungsmagneten das Schaltventil in die Schaltstellung durchzuschalten. Durch die Wahl der Pulsfrequenz und der Pulsdauer kann über ein derartiges Schaltventil, ähnlich wie bei einem proportional verstellbaren Ventil ein Druckmittelvolumenstrom eingestellt werden.

[0005] Grundsätzlich sind binär codierte Parallelarchitekturen Puls-Code-Modulation (PCM) und Puls-Weiten-Modulation (PWM) mit einzelnen Schaltventilen zu unterscheiden, die sich aber auch kombinieren lassen. Über eine Verschaltung mehrerer derartiger Schaltventile lässt sich ein Volumenstrom beeinflussen, um ein hydraulisches Stellglied, beispielsweise einen Hydrozylinder

der zu regeln oder zu steuern.

[0006] Bei digital hydraulischen Achssteuern können Einheiten bestehend aus mehreren derartigen Schaltventilen (digitale Volumenstromeinheiten (DFCU)) realisiert werden, wobei diese Schaltventile parallel zueinander angeordnet sind. Idealerweise verdoppelt sich die Einzeldurchflussmenge dabei jeweils von einem Ventil zum nächsten. Der maximal erzielbare Durchfluss durch eine solche DFCU ergibt sich dann aus der Summe der Einzeldurchflüsse. Die Auflösung des Volumenstroms durch eine derartige DFCU ist durch die Anzahl der Schaltventile vorgegeben. Eine Erhöhung der Auflösung ist durch Einsatz weiterer Schaltventile in einer DFCU oder durch pulsweitenmodulierte Ansteuerung realisierbar, wobei auch eine ballistische PWM-Ansteuerung der Schaltventile möglich ist.

[0007] In der US 5 355 772 A ist eine gattungsgemäße hydraulische Steueranordnung zur Ansteuerung eines Hydrozylinders dargestellt, bei dem ein kolbenstangen-seitiger Ringraum des Hydrozylinders mit einem vorgegebenen Druck, beispielsweise einem Pumpendruck beaufschlagt ist, während der andere, bodenseitige Druckraum über eine Schaltventilanordnung mit der Pumpe oder einer Druckmittelsenke (Tank) verbindbar ist. Die gewünschte Zylinderposition wird eingestellt, in dem dem bodenseitigen Druckraum über die Schaltventilanordnung ein Druckmittelvolumenstrom zugeführt oder aus diesem bodenseitigen Druckraum ein Druckmittelvolumenstrom abgelassen wird, wobei die Verstellung dann jeweils gegen den Druck im Ringraum erfolgt.

[0008] Auch die Druckschriften US 2002 002 68 69 A1 und WO 2007 028 863 A1 zeigen jeweils ein gattungsgemäßes Verfahren und eine gattungsgemäße Steueranordnung zur Ansteuerung eines Verbrauchers.

[0009] Nachteilig bei dieser Lösung ist, dass die Volumenstromauflösung der Steueranordnung sehr beschränkt ist, wobei eine Geschwindigkeitsauflösung und Positioniergenauigkeit sowie eine Druckregelgenauigkeit eines nachgeordneten hydraulischen Stellgliedes von dieser Volumenstromauflösung abhängig ist und somit ebenfalls Beschränkungen unterliegt.

[0010] Dem gegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Ansteuerung eines Verbrauchers mit zwei Druckkammern und eine hydraulische Steueranordnung zu schaffen, durch die eine Positioniergenauigkeit eines Verbrauchers, insbesondere die Feinsteuerung verbessert ist.

[0011] Diese Aufgabe wird im Hinblick auf das Verfahren durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 und im Hinblick auf die hydraulische Steueranordnung durch die Merkmale des nebengeordneten Patentanspruchs 9 gelöst.

[0012] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren dient zur Ansteuerung eines Verbrauchers mit zwei Druckräumen, von denen einer zumindest über eine Schaltventilanordnung absperrbar oder mit einer Druckmittelquelle oder

mit einer Druckmittelsenke verbindbar ist. Gemäß dem Verfahren wird zunächst ein Druckmittelvolumen bestimmt, das dem einen Druckraum zuzuführen oder aus diesem abzuführen ist, um einen vorbestimmten Soll-Kammerdruck in einem der Druckräume, vorzugsweise in dem anderen, vorzugsweise abgesperrten Druckraum, einzustellen, oder um eine vorbestimmte Soll-Verbraucherposition, beispielsweise eine Kolbenposition eines Zylinders, einzustellen. In Abhängigkeit von diesem ermittelten Druckmittelvolumen wird dann die Schaltventilanordnung derart angesteuert, dass das vorbestimmte Druckmittelvolumen dem einen Druckraum zugeführt oder von diesem Druckraum abgeführt wird.

[0014] Der sich dabei einstellende Ist-Kammerdruck oder die Ist-Verbraucherposition wird daraufhin mit dem entsprechenden vorbestimmten Sollwert verglichen und ggf. werden die beiden vorgenannten Schritte wiederholt, bis der Sollzustand vorliegt.

[0015] Im Unterschied zum Stand der Technik wird somit über die Schaltventilanordnung kein Druckmittelvolumenstrom zu den jeweiligen Druckräumen eingestellt sondern es wird ein vorbestimmtes Druckmittelvolumen in einen der Druckräume zudosiert oder aus diesem abgelassen. Die Bewegung des Verbrauchers erfolgt dann entsprechend einer Kompression oder Dekompression des Druckmittels im anderen, vorzugsweise abgesperrten Druckraum.

[0016] Die Kompressibilität des Druckmittels wird somit ausgenutzt, um eine Feinsteuerung durchzuführen. Es wird im Unterschied zum Stand der Technik kein Volumenstrom sondern ein Volumen geregelt, wobei die Einschaltdauer der Schaltventile im Vorfeld bestimmt wird.

[0017] Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel ist jedem Druckraum eine Schaltventilanordnung zugeordnet.

[0018] Bei einer Variante der Erfindung kann die Öffnungsdauer der Schaltventile verändert werden, um das Druckmittelvolumen zu- oder abzuführen.

[0019] Während der Druckmittelzufuhr oder -abfuhr zu bzw. von einem Druckraum wird der jeweils andere Druckraum vorzugsweise abgesperrt, so dass die Kompressibilität des Druckmittels im jeweils abgesperrten Druckraum ausgenutzt wird, um kleinste Positionierschritte eines Verbrauchers zu realisieren.

[0020] Erfindungsgemäß wird es bevorzugt, wenn jedem Druckraum zumindest ein Einlass- und ein Auslass-Schaltventil zugeordnet ist. Ist dabei der Druckraum mit dem kleineren Druckmittelvolumen gesperrt und der andere Druckraum mit dem größeren Volumen über die Ventilanordnung mit der Druckmittelquelle oder der Druckmittelsenke verbunden, ergibt sich für ein bestimmtes, zu- oder abgeführtes Druckmittelvolumen eine kleinere Änderung des Soll-Kammerdrucks oder der Soll-Verbraucherposition, als im umgekehrten Fall, wenn der Druckraum mit dem größeren Volumen gesperrt und das Druckmittelvolumen dem Druckraum kleineren Volumens zugeführt oder von diesem abgeführt wird. Auf die

erstgenannte Weise wird die höhere Kompressibilität im Druckraum mit dem größeren Volumen zur Feineinstellung genutzt. Ist hingegen der Druckraum mit dem kleineren Volumen über die Ventilanordnung mit der Druckmittelquelle oder der Druckmittelsenke verbunden und der andere Druckraum mit dem größeren Volumen gesperrt, kann die geringere Kompressibilität im Druckraum mit dem kleineren Volumen dazu genutzt werden, eine Änderung des Soll-Kammerdrucks oder der Soll-Verbraucherposition mit nur wenig Druckmittelvolumen zu erzielen.

[0021] Für den Fall, dass die beiden Druckräume durch einen Kolben getrennt sind, ist die Größe der Änderung des Soll-Kammerdrucks oder der Soll-Kolbenposition in Abhängigkeit des Druckmittelvolumens, und somit die Feinfühligkeit, zusätzlich über eine am Kolben wirkende äußere Kraft, insbesondere eine Federkraft beeinflussbar.

Bei einer alternativen Lösung kann auch wechselweise ein Einlassventil der einen Kammer und ein Auslassventil der anderen Kammer zeitlich versetzt angesteuert werden, um die Verbraucherposition zu regeln.

[0022] Dabei kann die Ansteuerung der Schaltventile nach einer Pulskombination erfolgen, die aus einer vorgesehenen oder in einem Datenspeicher abgelegten Tabelle von Pulskombinationen mit unterschiedlicher Pulsdauer ausgewählt wird.

[0023] Erfindungsgemäß wird es bevorzugt, wenn die Öffnungsdauer der Schaltventile unter der Durchschaltzeit für das jeweilige Schaltventil liegt - d. h., es liegt eine ballistische Ansteuerung vor.

[0024] Bei der erfindungsgemäßen hydraulischen Steueranordnung zur Ansteuerung eines Verbrauchers mit zwei Druckkammern ist vorgesehen, dass zumindest einer dieser Druckkammern jeweils ein als Schaltventil ausgebildetes Einlass- und Auslassventil zugeordnet ist, über das die Druckkammer mit einer Druckmittelquelle oder einer Druckmittelsenke verbindbar ist. Die Steueranordnung hat des Weiteren eine Steuereinheit zum Ansteuern des Einlass- und Auslassventils derart, dass ein Kammerdruck dieses einen oder des anderen Druckraums oder eine Verbraucherposition durch Kompression oder Dekompression des Druckmittels in dem anderen Druckraum durch Zufuhr oder Abfuhr eines Druckmittelvolumens über das dem einen Druckraum zugeordnete Einlass- oder Auslassventil einstellbar ist. Die erfindungsgemäße Steuereinheit ist so ausgelegt, dass die Schaltventilanordnungen im Sinne der vordiskutierten Verfahrensansprüche ansteuerbar sind.

[0025] Wie bereits erwähnt, wird es bevorzugt, wenn jedem der Druckräume ein Einlass- und ein Auslassventil zugeordnet ist. In diesem Fall kann beispielsweise zur Einstellung des Kammerdrucks und/oder der Verbraucherposition das Einlassventil des einen Druckraums und das Auslassventil des anderen Druckraums wechselweise oder einander überlappend angesteuert werden.

[0026] Alternativ können auch die einem Druckraum

zugeordneten Einlass- und Auslassventile wechselweise oder überlappend angesteuert werden, während der andere Druckraum durch die zugeordneten Einlass- und Auslassventile abgesperrt ist, so dass die Kompressibilität des Druckmittels in diesem Druckraum zur Verstellung ausgenutzt wird.

[0027] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Schaltschema einer erfindungsgemäßen hydraulischen Steueranordnung zur Ansteuerung eines Verbrauchers mit zwei Druckkammern;

Figur 2 ein Diagramm zur Verdeutlichung des Schaltstatus eines Schaltventils der Steueranordnung gemäß Figur 1 und

Figur 3 eine Variante der Steueranordnung gemäß Figur 1.

[0028] Eine in Figur 1 angedeutete digitalhydraulische Steueranordnung 1 dient zur Druckmittelversorgung eines Verbrauchers, im vorliegenden Fall eines Hydrozylinders 2. Dessen Kolben 4 unterteilt den Hydrozylinder 2 in einen bodenseitigen Druckraum 6 und einen kolbenseitigen Ringraum 8, die über die Steueranordnung 1 mit einer Pumpe P oder einem Tank T verbindbar sind, um die Kolbenposition oder eine Kolbengeschwindigkeit oder einen Kammerdruck einzustellen.

[0029] Wie eingangs erläutert, besteht eine erfindungsgemäße digitalhydraulische Steueranordnung 1 aus einer Vielzahl von sogenannten digitalen Volumenstromeinheiten (DFCU) die beim dargestellten Ausführungsbeispiel durch jeweils ein Schaltventil 10, 12, 14 und 16 gebildet sind. Dabei sind die Schaltventile 10, 12 dem Druckraum 6 und die Schaltventile 14, 16 dem Ringraum 8 zugeordnet. Der Druckanschluss der Pumpe P ist über jeweils eine Arbeitsleitung 18, 20 mit dem jeweiligen Druckraum 6 bzw. dem Ringraum 8 verbunden. Die beiden Schaltventile 12, 14 sind im Druckmittelströmungspfad zwischen der Pumpe P und dem jeweiligen Druckraum 6, 8 angeordnet. Über die beiden anderen Schaltventile 10, 16 kann die jeweilige Arbeitsleitung 18, 20 mit dem Tank T verbunden werden, so dass Druckmittel aus dem zugeordneten Druckraum 6 bzw. dem Ringraum 8 abströmen kann. Die beiden Schaltventile 12, 14 sind somit Einlassventile, während die beiden anderen Schaltventile 10, 16 Auslassventile darstellen.

[0030] In Figur 1 sind die beiden Druckanschlüsse des Hydrozylinders 2 mit dem Bezugszeichen A, B bezeichnet, dem entsprechend steuern die beiden Einlassventile 12, 14 die Druckmittelverbindung von der Pumpe P zum Anschluss A bzw. von der Pumpe P zum Anschluss B, während die beiden Auslassventile 10, 16 die Druckmittelverbindung vom Anschluss A zum Tank T bzw. vom Arbeitsanschluss B zum Tank T steuern. Die Schaltventile sind jeweils über die eingangs genannte schwache

Feder 22, 24, 26, 28 in Richtung einer Schließposition vorgespannt und können über jeweils einen Betätigungsmagneten 30, 32, 34, 36 in Richtung einer Durchflussstellung verstellt werden. Über diese Schaltventile 10, 12, 14, 16 lassen sich somit unabhängig voneinander die jeweiligen Volumenstrompfade von der Pumpe P zu den Druckräumen 6, 8 bzw. von diesen zum Tank T hin steuern. Aufgrund dieser aufgelösten Steuerkanten ist eine exakte Feinsteuerung ermöglicht.

[0031] Erfindungsgemäß erfolgt die Ansteuerung der Ventiltglieder der Schaltventile 10, 12, 14, 16 nach einer Pulsweitenmodulation (PWM), wobei vorzugsweise eine ballistische PWM verwendet wird. In diesem Modus wird das jeweilige Schaltventil nicht komplett durchgeschaltet, sondern der jeweilige Betätigungsmagnet 30, 32, 34, 36 wird kurzzeitig derart bestromt, dass mit der eingebrachten Energie das Ventiltglied nur einen Teilhub ausführt und entsprechend seiner ballistischen Wurfbahn wieder in die Schließstellung zurückkehrt. Dem entsprechend hat der ballistische Ansteuerimpuls eine PWM-Grundfrequenz, die unterhalb der maximalen Schaltfrequenz des jeweiligen Schaltventils liegt. In anderen Worten: Eine Zeitdauer des ballistischen Ansteuerimpulses ist kürzer als eine minimale Schaltzeit des jeweiligen Schaltventils 10, 12, 14, 16.

[0032] Die Druckmittelversorgung des Hydrozylinders 2 über die gezeigte Steueranordnung erfolgt nach dem sogenannten MeterInn-MeterOut-(MIMO)-Verfahren, wobei es prinzipiell zwei Möglichkeiten gibt. Beiden Möglichkeiten gemeinsam ist, dass das dem Hydrozylinder 2 zu- oder abgeführte Druckmittelvolumen, welches nötig ist, um einen gewünschten Kammerdruck oder eine Zylinderposition zu erreichen, bekannt ist oder in Abhängigkeit von den aktuellen Drücken und Positionen annähernd bestimmt werden kann. Die Einschaltdauer der Schaltventile 10, 12, 14, 16 richtet sich dann nach dem zur Einstellung der Zylinderposition benötigten Druckmittelvolumen. Dabei können die Schaltventile 10, 12, 14, 16 für kleinste benötigte Druckmittelvolumina im genannten ballistischen Modus betrieben werden. Für größere Druckmittelvolumina kann eine Ansteuerung auch nach der "normalen" PWM oder auf andere Weise erfolgen. So weisen beispielsweise die DFCUs, wie sie im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 gezeigt sind, mehr als ein vorbeschriebenes Schaltventil auf. Die Schaltventile jeder DFCU können alternativ oder ergänzend zur "normalen" PWM im Puls Code Mode betrieben werden.

[0033] Die Bestromung der Betätigungsmagneten 30, 32, 34, 36 erfolgt über eine Steuereinheit 40, die über Signalleitungen 42, 44, 46, 48 mit den Betätigungsmagneten 30, 32, 34, 36 verbunden ist, um diese zu Bestromen oder Stromlos zu schalten.

[0034] Beim erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel erfolgt dieses Zudosieren bzw. Ablassen von Druckmittel über die Öffnungsdauer der Schaltventile 10, 12, 14, 16, wobei über diese ein Druckraum abgesperrt wird, während dem anderen Druckraum Druckmittelvolumen zugeführt oder aus diesem Druckmittelvolumen abgelas-

sen wird. D. h., der Kolben 4 stützt sich dann sozusagen auf dem abgesperrten Ölvolumen ab, wobei sich der Druck in diesem Druckraum in Abhängigkeit vom zugeführten oder abgeführten Volumen ändert. Die Bewegung des Kolbens 4 erfolgt dem entsprechend gemäß der Kompression oder Dekompression des Druckmittels im abgesperrten Druckraum. Dies resultiert in einer sehr fein steuerbaren Bewegung des Kolbens 4.

[0035] Dabei besteht zum Einen die Möglichkeit, ein Einlassventil auf der einen Seite des hydraulischen Verbrauchers und ein Auslassventil auf der anderen Seite des hydraulischen Verbrauchers zu verwenden. So können beispielsweise bei der Schaltung gemäß Figur 1 die Schaltventile 14 und 10 angesteuert werden, während die beiden anderen Schaltventile 12, 16 in ihrer Sperrstellung verbleiben. Die beiden die Druckmittelverbindung von P→B und von A→T steuernden Schaltventile 10, 14 können dabei zeitlich versetzt zueinander angesteuert werden. Prinzipiell ist es auch möglich, dass die Druckmittelverbindung zum Tank steuernde Schaltventil gar nicht anzusteuern.

[0036] Die zweite, hier bevorzugte Möglichkeit besteht darin, die einem Druckraum zugeordneten Einlass- und Auslassventile anzusteuern. Im konkreten Fall soll dem Ringraum 8 ein Druckmittelvolumen zugeführt oder aus diesem abgelassen werden, so dass entsprechend, wie in Figur 1 angedeutet die Schaltventile 14, 16 angesteuert werden, während die beiden dem Druckraum 6 zugeordneten Schaltventile 10, 12 unbestromt und somit in ihrer Schließstellung verbleiben. Die Ansteuerimpulse sind in Figur 1 mit u_P und u_T symbolhaft eingezeichnet. Es sei angenommen, dass diese Ansteuerung nach dem ballistischen Modus erfolgt. Dabei wird es bevorzugt, wenn die Druckmittelzufuhr oder -abfuhr zum bzw. von dem Druckraum mit dem aktuell größeren Druckmittelvolumen erfolgt, da dieses stärker komprimiert werden kann und somit eine feinfühlige Fluiddosierung möglich ist. Bei dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt dem entsprechend die Druckmittelvolumenzufuhr oder -abfuhr zum bzw. vom Ringraum 8, der aktuell ein größeres Druckmittelvolumen als der Druckraum 6 aufweist.

[0037] Für diese gewählte Ventilschaltkombination erzeugt beispielsweise ein Algorithmus anhand vorgegebener Parameter Öffnungspulse unterschiedlicher Zeitdauer und daraus Puls kombinationen zur Ansteuerung der beiden Schaltventile 14, 16. Alternativ können die Puls kombinationen auch manuell vorgegeben werden.

[0038] Zusätzlich zu den Kombinationen ist für die ausgewählten Schaltventile ein zeitlicher Versatz der Öffnungspulse denkbar, d. h., die Ventile werden nicht synchron geschaltet.

[0039] Die Erzeugung der Puls kombination sei im Folgenden beispielhaft genauer beschrieben.

[0040] Die Puls länge t_{puls} kann dabei als Vielfaches einer Zeiteinheit t_1 vorgegeben werden. Diese Zeiteinheit t_1 entspricht im Allgemeinen der Abtastzeit der Steuereinheit 40. Dabei sollte die Zeit t_1 kleiner als die Schaltzeit

t_{schalt} (= Zeit zum vollständigen Öffnen) der Ventile sein. Es sei angenommen, dass die Zeiteinheit $t_1 = t_{schalt} / 5$. Gibt man nunmehr als Vielfaches z. B. [0 4 6] vor, so ergeben sich die möglichen Puls kombinationen gemäß der unten eingefügten Tabelle 1.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Puls kombination	Puls länge	
	Ventil P-B	Ventil B-T
1	$4 \cdot t_1$	0
2	$6 \cdot t_1$	0
3	0	$4 \cdot t_1$
4	$4 \cdot t_1$	$4 \cdot t_1$
5	$6 \cdot t_1$	$4 \cdot t_1$
6	0	$6 \cdot t_1$
7	$4 \cdot t_1$	$6 \cdot t_1$
8	$6 \cdot t_1$	$6 \cdot t_1$

[0041] Für diese unterschiedlichen Puls kombinationen wird das Volumen errechnet, welches diese jeweilige Kombination voraussichtlich erzeugen wird. Anschließend wird diejenige Puls kombination ausgewählt, deren errechnetes Volumen dem benötigten Fluidvolumen V_{ref} entspricht, das dem Hydrozylinder 2 zugeführt oder aus diesem abgelassen wird, um die gewünschte Zylinderposition einzustellen. Diese auf diese Weise ermittelte Puls kombination wird dann über die Steuereinheit 40 an die Betätigungsmagneten 14, 16 abgegeben.

[0042] In der Abbildung gemäß Figur 2 ist beispielhaft der Schaltstatus eines Ventils bei einer Puls länge $t_{puls} = 6t_1$ dargestellt.

[0043] Wie bereits erläutert, können dabei sowohl das Einlassventil als auch das Auslassventil versetzt zueinander angesteuert werden. Prinzipiell ist es auch möglich, nur eines der beiden Ventile 14, 16 anzusteuern. Prinzipiell ist es auch möglich zur Einstellung der vorbestimmten Zylinderposition oder Verfahrensgeschwindigkeit des Zylinders in der zuvor beschriebenen Weise beiden Druckräumen 6, 8 Druckmittel zuzuführen oder aus diesem abzulassen.

[0044] Bei dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel ist jede DFCU nur mit einem Schaltventil 10, 12, 14, 16 ausgeführt, die gemäß der oben erläuterten Strategie angesteuert werden. Figur 3 zeigt eine Variante, bei der jede DFCU aus einer Vielzahl von parallel geschalteten Schaltventilen besteht, wobei sich die Einzeldurchflussmenge jedes einzelnen Schaltventils zum nächsten Schaltventil einer DFCU idealerweise verdoppelt. Der maximal erzielbare Durchfluss, der über eine derartige DFCU steuerbar ist, ergibt sich dann aus der Summe der Einzeldurchflüsse der einzelnen Schaltventile. Die Auflösung des Volumenstroms durch eine DFCU ist dann beschränkt auf $2^n - 1$ Stufen. Bei z. B. fünf Ventilen ist somit die Auflösung des Volumenstroms auf $2^5 - 1 = 31$ beschränkt. Eine Erhöhung der Auflösung ist möglich durch Einsatz weiterer Schaltventile oder durch die pulsweiten-

modulierte Ansteuerung (bis hin zur ballistischen Ansteuerung) einzelner Schaltventile.

[0045] Beim erfindungsgemäßen Verfahren, bei dem es ja im Prinzip um die Feinpositionierung des Zylinders 2 geht, werden entsprechend die "kleinsten" Schaltventile 10, 12, 14, 16 jeder DFCU zur Ansteuerung verwendet. Im Prinzip ist es möglich, nach Art einer herkömmlichen Steuerung den Zylinder in den Bereich einer vorbestimmten Position mit vergleichsweise großer Geschwindigkeit zu bewegen und dann die Feinpositionierung gemäß dem vorbeschriebenen Verfahren unter Ausnützung der Kompressibilität eines abgesperrten Fluidvolumens durchzuführen.

[0046] Offenbart sind ein Verfahren zur Ansteuerung eines Verbrauchers mit zwei Druckkammern und eine digitalhydraulische Steueranordnung zur Ansteuerung eines Verbrauchers, wobei zur Ansteuerung des Verbrauchers einem Druckraum ein vorbestimmtes Druckmittelvolumen zuführbar oder von diesem ablassbar ist.

Bezugszeichenliste

[0047]

- 1 Steueranordnung
- 2 Hydrozylinder
- 4 Kolben
- 6 Druckraum
- 8 Ringraum
- 10 Schaltventil
- 12 Schaltventil
- 14 Schaltventil
- 16 Schaltventil
- 18 Arbeitsleitung
- 20 Arbeitsleitung
- 22 Feder
- 24 Feder
- 26 Feder
- 28 Feder
- 30 Betätigungsmagnet
- 32 Betätigungsmagnet
- 34 Betätigungsmagnet
- 36 Betätigungsmagnet
- 40 Steuereinheit
- 42 Signalleitung
- 44 Signalleitung
- 48 Signalleitung

Patentansprüche

1. Verfahren zur digitalhydraulischen Ansteuerung eines Verbrauchers mit zwei Druckräumen (6, 8), von denen zumindest einer über eine Schaltventilanordnung absperrbar, mit einer Druckmittelquelle oder mit einer Druckmittelsenke verbindbar ist, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritten:

- a) Bestimmen eines dem einen Druckraum (6, 8) zuzuführenden oder aus diesem abzuführenden Druckmittelvolumens, um einen vorbestimmten Soll-Kammerdruck oder eine vorbestimmte Soll-Verbraucher-Position, beispielsweise eine Kolbenposition eines Hydrozylinders (2) einzustellen;
- b) Ansteuern der Schaltventilanordnung derart, dass dem erstgenannten Druckraum (6, 8) das vorbestimmte Druckmittelvolumen zugeführt oder aus diesem abgeführt wird;
- c) Überprüfen des Ist-Drucks oder der Ist-Verbraucherposition und ggf. Wiederholen der Schritte a), b) bis der Sollzustand vorliegt.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, wobei jedem Druckraum (6, 8) eine Schaltventilanordnung zugeordnet ist.

3. Verfahren nach Patentanspruch 1 oder 2, wobei die Öffnungsdauer der jeweiligen Schaltventilanordnung verändert wird, um ein gewünschtes Druckmittelvolumen zu- oder abzuführen.

4. Verfahren nach Patentanspruch 3, wobei jeweils ein Druckraum (6, 8) abgesperrt ist, während das Druckmittelvolumen zum anderen Druckraum (6, 8) zugeführt oder aus diesem abgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei der Druckraum (6) mit dem kleineren Druckmittelvolumen gesperrt und der andere Druckraum mit dem größeren Druckmittelvolumen (8) über die Ventilanordnung mit der Druckmittelquelle oder der Druckmittelsenke verbunden wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei jedem Druckraum (6, 8) ein Einlassventil (12, 14) und ein Auslassventil (10, 16) zugeordnet ist und wobei ein Einlassventil (12, 14) eines Druckraums (6, 8) und ein Auslassventil (10, 16) des anderen Druckraums (6, 8) wechselweise oder überlappend angesteuert wird, um den Soll-Zustand einzustellen.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei die Ansteuerung der Schaltventile (10, 12, 14, 16) nach einer Pulskombination erfolgt, die aus einer Tabelle von Pulskombinationen mit unterschiedlicher Pulsdauer ausgewählt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei die Öffnungsdauer der Schaltventile unter der Durchschaltzeit für das jeweilige Schaltventil (10, 12, 14, 16) liegt.

9. Digitalhydraulische Steueranordnung zur Ansteuerung eines Verbrauchers mit einem zwei Druckräu-

me (6, 8) aufweisenden Verbraucher, wobei zumindest einem Druckraum ein jeweils als Schaltventil ausgebildetes Einlass- (12, 14) und Auslassventil (10, 16) der Steueranordnung (1) zugeordnet ist, über die dieser eine Druckraum absperrbar, mit einer Druckmittelquelle oder einer Druckmittelsenke verbindbar ist, und mit einer Steuereinheit (40), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit (40) zum Ansteuern des Einlassventils (12, 14) und des Auslassventils (10, 16) gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 derart ausgelegt ist, dass ein Kammerdruck in diesem einen oder in dem anderen Druckraum oder eine Soll-Verbraucherposition durch Kompression oder Dekompression des Druckmittels in diesem anderen Druckraum durch Druckzufuhr oder Ablassen eines Druckmittelvolumens mittels des dem einen Druckraum zugeordneten Einlassventils (12, 14) und Auslassventils (10, 16) einstellbar ist.

10. Steueranordnung nach Patentanspruch 9, wobei jedem Druckraum (6, 8) ein Einlassventil und ein Auslassventil zugeordnet ist.

Claims

1. Method for the digital hydraulic control of a consumer with two pressure chambers (6, 8), of which at least one can be shut off via a switching valve arrangement, connected to a pressure medium source or connected to a pressure medium sink, **characterized by** the following steps:

- a) determining a pressure medium volume to be supplied to a pressure chamber (6, 8) or removed from the latter, in order to set a predetermined target chamber pressure or a predetermined target consumer position, for example a piston position of a hydraulic cylinder (2);
- b) controlling the switching valve arrangement in such a way that the predetermined pressure medium volume is supplied to the first-named pressure chamber (6, 8) or removed from the latter;
- c) checking the actual pressure or the actual consumer position and, if appropriate, repeating steps a) and b) until the target state is present.

2. Method according to Patent Claim 1, wherein each pressure chamber (6, 8) is assigned a switching valve arrangement.
3. Method according to Patent Claim 1 or 2, wherein the opening period of the respective switching valve arrangement is changed in order to supply or remove a desired pressure medium volume.

4. Method according to Patent Claim 3, wherein a respective pressure chamber (6, 8) is shut off while the pressure medium volume is supplied to the other pressure chamber (6, 8) or removed from the latter.

5. Method according to one of the preceding patent claims, wherein the pressure chamber (6) having the smaller pressure medium volume is shut off and the other pressure chamber, having the greater pressure medium volume (8), is connected to the pressure medium source or the pressure medium sink via the valve arrangement.

6. Method according to one of the preceding patent claims, wherein each pressure chamber (6, 8) is assigned an inlet valve (12, 14) and an outlet valve (10, 16), and wherein an inlet valve (12, 14) of a pressure chamber (6, 8) and an outlet valve (10, 16) of the other pressure chamber (6, 8) are controlled alternately or in an overlapping manner in order to set the target state.

7. Method according to one of the preceding patent claims, wherein the control of the switching valves (10, 12, 14, 16) is carried out in accordance with a pulse combination, which is selected from a table of pulse combinations having different pulse periods.

8. Method according to one of the preceding patent claims, wherein the opening period of the switching valves lies below the switching time for the respective switching valve (10, 12, 14, 16).

9. Digital hydraulic control arrangement for controlling a consumer having a consumer with two pressure chambers (6, 8), at least one pressure chamber being assigned an inlet (12, 14) and outlet valve (10, 16) of the control arrangement (1), each formed as a switching valve, via which one pressure chamber of the pressure chambers can be shut off, connected to a pressure medium source or connected to a pressure medium sink, and having a control unit (40), **characterized in that** the control unit (40) is designed to control the inlet valve (12, 14) and the outlet valve (10, 16) according to a method according to one of Claims 1 to 8 in such a way that a chamber pressure in this one or in the other pressure chamber or a target consumer position can be set by compression or decompression of the pressure medium in this other pressure chamber as a result of supplying pressure or removing a pressure medium volume by means of the inlet valve (12, 14) and outlet valve (10, 16) assigned to the first pressure chamber.

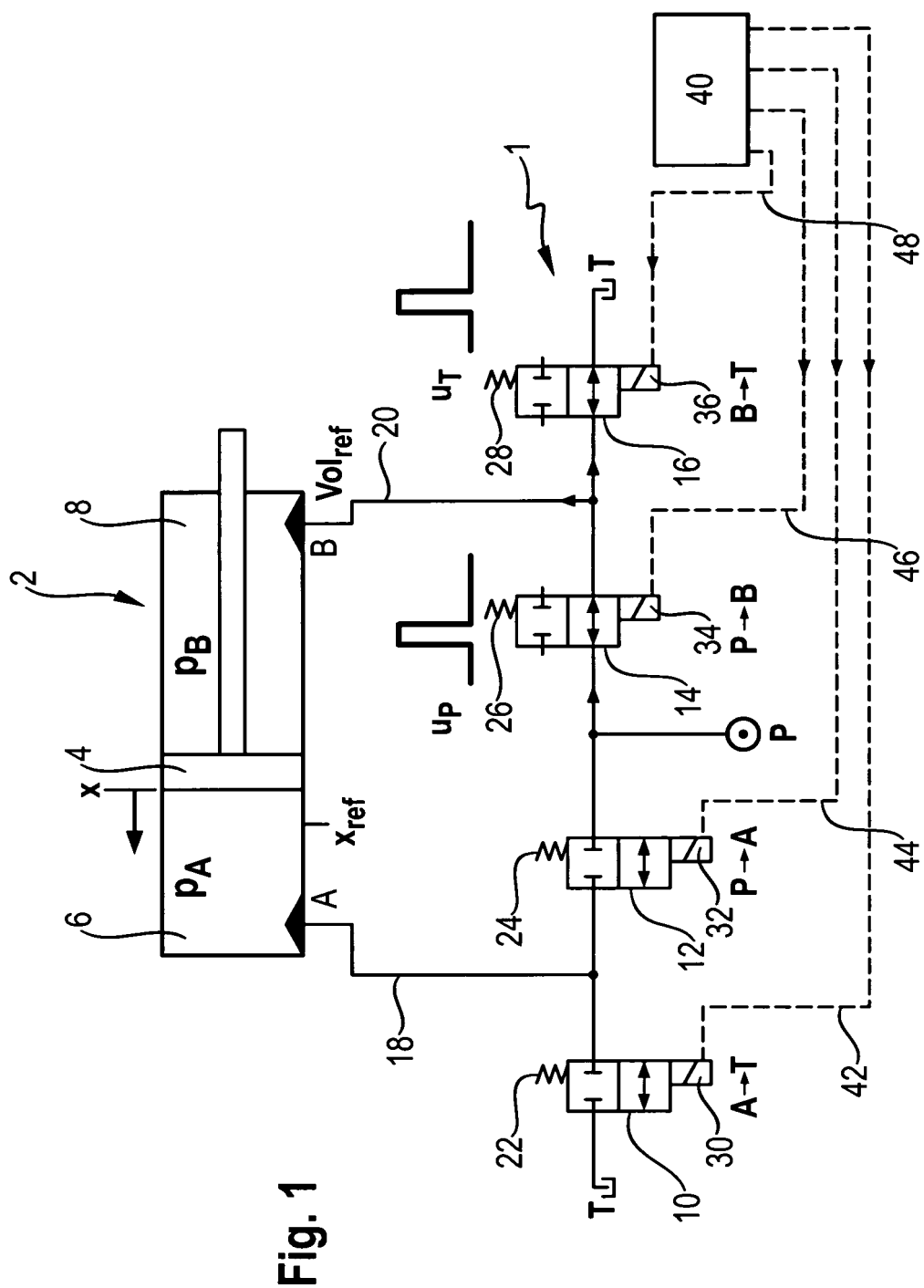
10. Control arrangement according to Patent Claim 9, wherein each pressure chamber (6, 8) is assigned an inlet valve and an outlet valve.

Revendications

1. Procédé de commande numérique-hydraulique d'un consommateur comprenant deux chambres de pression (6, 8), dont au moins l'une peut être fermée par l'intermédiaire d'un dispositif de soupapes de commutation et peut être reliée à une source de fluide sous pression ou à un puits de fluide sous pression, **caractérisé par** les étapes suivantes :
 - a) déterminer un volume de fluide sous pression à délivrer à une chambre de pression (6, 8) ou à évacuer de celle-ci afin de régler une pression de chambre de consigne prédéterminée ou une position de consigne prédéterminée du consommateur, par exemple une position du piston d'un cylindre hydraulique (2) ;
 - b) commander le dispositif de soupapes de commutation de manière à ce que le volume de fluide sous pression prédéterminé soit délivré à ladite chambre de pression (6, 8) mentionnée en premier lieu ou soit évacué de celle-ci ;
 - c) vérifier la pression réelle ou de la position réelle du consommateur et, si nécessaire, répéter les étapes a), b) jusqu'à ce que l'état de consigne soit obtenu.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel un dispositif de soupapes de commutation est associé à chaque chambre de pression (6, 8).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le temps d'ouverture du dispositif de soupapes de commutation respectif est modifié afin de délivrer ou d'évacuer un volume de fluide sous pression souhaité.
4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel une chambre de pression (6, 8) est bloquée pendant que le volume de fluide sous pression est délivré à l'autre chambre de pression (6, 8) ou est évacué de celle-ci.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la chambre de pression (6) présentant le plus petit volume de fluide sous pression est bloquée et l'autre chambre de pression présentant le plus grand volume de fluide sous pression (8) est reliée à la source ou au puits de fluide sous pression par l'intermédiaire du dispositif de soupapes.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une soupape d'entrée (12, 14) et une soupape de sortie (10, 16) sont associées à chaque chambre de pression (6, 8), et dans lequel une soupape d'entrée (12, 14) d'une chambre de pression (6, 8) et une soupape de sortie (10, 16) de l'autre chambre de pression (6, 8) sont commandées de manière alternée ou simultanée afin de régler l'état

de consigne.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la commande des soupapes de commutation (10, 12, 14, 16) s'effectue conformément à une combinaison d'impulsions qui est sélectionnée dans une table de combinaisons d'impulsions ayant des durées d'impulsions différentes.
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la durée d'ouverture des soupapes de commutation est inférieure au temps de commutation à l'état passant de la soupape de commutation (10, 12, 14, 16) respective.
9. Dispositif de commande numérique-hydraulique destiné à commander un consommateur, comprenant un consommateur comportant deux chambres de pression (6, 8), dans lequel au moins une chambre de pression est associée à une soupape d'entrée (12, 14) et à une soupape de sortie (10, 16) du dispositif de commande (1), dont chacune est réalisée sous la forme d'une soupape de commutation, par l'intermédiaire de laquelle ladite une chambre de pression peut être bloquée et qui peut être reliée à une source ou à un puits de fluide sous pression, et comportant une unité de commande (40), **caractérisé en ce que**, pour commander la soupape d'entrée (12, 14) et la soupape de sortie (10, 16) conformément à un procédé selon l'une des revendications 1 à 8, l'unité de commande (40) est conçue de manière à ce que la pression de chambre régnant dans ladite chambre de pression ou dans l'autre chambre de pression ou une position de consigne d'un consommateur puisse être réglée par compression ou décompression du fluide sous pression dans ladite autre chambre de pression en délivrant ou en évacuant un volume de fluide sous pression au moyen de la soupape d'entrée (12, 14) et de la soupape de sortie (10, 16) associées à ladite une chambre de pression.
10. Dispositif de commande selon la revendication 9, dans lequel une soupape d'entrée et une soupape de sortie sont associées à chaque chambre de pression (6, 8).



Schaltstatus

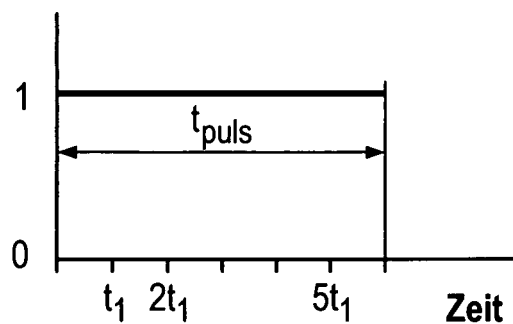


Fig. 2

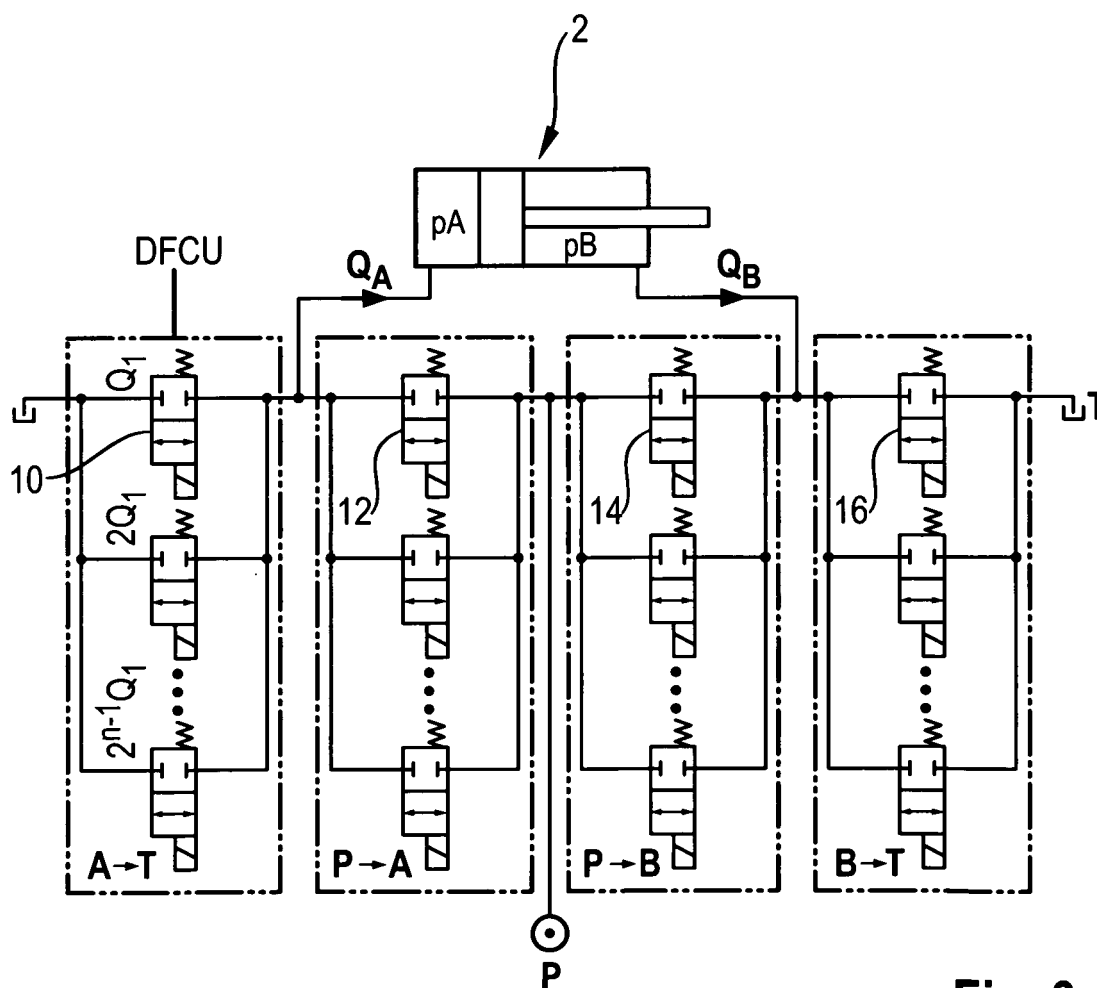


Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 5355772 A [0007]
- US 20020026869 A1 [0008]
- WO 2007028863 A1 [0008]