

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Anmeldenummer:	GM 50010/2015	(51) Int. Cl.:	F15B 11/042	(2006.01)
(22) Anmeldetag:	03.02.2015		F15B 11/00	(2006.01)
(24) Beginn der Schutzdauer:	15.01.2016		F15B 19/00	(2006.01)
(45) Veröffentlicht am:	15.03.2016		G01M 3/28	(2006.01)

(30) Priorität:
12.02.2014 DE 102014202558.3 beansprucht.

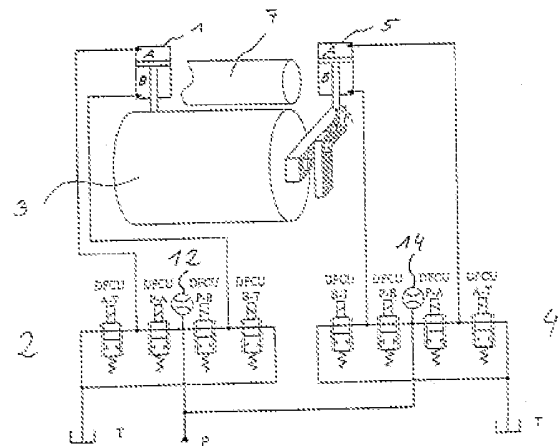
(73) Gebrauchsmusterinhaber:
VALMET TECHNOLOGIES INC.
02150 Espoo (FI)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 2650548 A2
DE 102008041399 A1
GB 2326698 A
DE 1600509 B1
WO 2007028863 A1
DE 102010002703 A1

(72) Erfinder:
HOPPONEN Ville
04600 Mäntsälä (FI)
LAHDENSUU Lari
04300 Tuusula (FI)

(54) **DIGITALHYDRAULISCHER DRUCKREGLER UND ÜBERPRÜFUNGSVERFAHREN EINES DIGITALHYDRAULISCHEN DRUCKREGLERS**

(57) Digitalhydraulischer Druckregler (2, 4) mit mindestens einer digital steuerbare Ventile aufweisenden Ventilbank (A-T, P-A, P-B, B-T) und einer Fehlfunktionsbestimmungseinrichtung mit einem Volumenstrommessgerät (12, 14). Ein Überprüfungsverfahren zur Bestimmung einer Fehlfunktion des Druckreglers (2, 4) weist folgende Schritte auf: Schließen sämtlicher Ventile der Ventilbank (A-T, P-A, P-B, B-T), Beaufschlagen des digitalhydraulischen Druckreglers (2, 4) mit einem Zufuhrdruck, Messen eines Volumenstroms an dem digitalhydraulischen Druckregler (2, 4) mit Hilfe des Volumenstrommessgeräts (12, 14), Bestimmen, dass eine Fehlfunktion in Form eines teilweise oder vollständig geöffneten Ventils vorliegt, wenn eine Strömung vorhanden ist.



DIGITALHYDRAULISCHER DRUCKREGLER UND ÜBERPRÜFUNGSVERFAHREN EINES DIGITALHYDRAULISCHEN DRUCKREGLERS

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen digitalhydraulischen Druckregler und ein Überprüfungsverfahren eines digitalhydraulischen Druckreglers.

[0002] In Papiermaschinen wird verbreitet Arbeitsfluid (beispielsweise Hydrauliköl, Luft, Wasser, unterschiedliche Gase oder Emulsionen bzw. Gemische dieser Fluide) als Betätigungs- und Steuerungsmittel eingesetzt; insbesondere werden Stellglieder hydraulisch angetrieben, mit denen große Kräfte mit hoher Genauigkeit eingestellt und ausgeübt werden können.

[0003] In der Regel wird ein Arbeitsfluid verwendet, das von einer Pumpe unter Druck gesetzt wird. Die Einleitung des unter Druck stehenden Arbeitsfluids in ein hydraulisches Stellglied, wie beispielsweise einen Fluidzylinder oder einen Fluidmotor (beispielsweise Hydraulikmotor) wird vor allem in jüngerer Zeit mittels digital gesteuerter Ventile, die einen Druckregler bilden, gesteuert.

[0004] Die Arbeitsweise eines digitalen Druckreglers ist beispielsweise in der Zeitschrift "Fluid", Nr. 7-8, 2008, Seiten 12-13 genauer beschrieben und wird nachfolgend nochmals sehr kurz zusammengefasst dargestellt:

[0005] Ein digital gesteuerter Druckregler besteht im einfachen Fall aus einer Reihe parallel geschalteter, digital gesteuerter Ventile, die lediglich eine AUF/ZU- Funktion besitzen, und im Ruhezustand (ZU-Zustand) dicht sind. Es sind also einfache Ein-Aus-Schaltventile, die einen Durchfluss zulassen oder unterbrechen und in dieser Anmeldung durchgängig als Ventile bezeichnet werden können. Die Ventile sind alle mit einer gemeinsamen Zuführleitung einerseits und mit einer gemeinsamen Ausgangsleitung andererseits verbunden. Die Ventile selbst können herkömmliche Solenoidventile, d. h. Ventile mit elektromagnetischem Antrieb sein. Natürlich können auch andere Antriebsformen gewählt werden.

[0006] Diese Ventile können unterschiedliche Durchflüsse haben, beispielsweise durch Anschluss oder Einbau von Drosselementen. Bevorzugt stehen die Ventile in einem Reihenverhältnis von 1:2:4:8 ... zueinander, wobei sich die Länge der Reihe gemäß der Zahl der Ventile bestimmt.

[0007] Durch Öffnen und Schließen einzelner Ventile bzw. Ventilkombinationen, die auf der Basis von mathematischen Modellen von einem Rechner bestimmt und ausgewählt werden, kann nun eine sehr rasche und präzise Druckeinstellung in der Ausgangsleitung bzw. in dem daran angeschlossenen Stellglied erreicht werden. Dies wird erreicht, indem die analoge Regelkurve eines herkömmlichen proportionalen Steuerventils durch eine digital erstellte (angenäherte) Regelkurve ersetzt wird. Diese Kurve kann wegen des Wegfalls von Nichtlinearitäten und/oder Hysterese des analogen Proportionalventils eine stufenförmig angenäherte Gerade sein, die es erlaubt, einen Regelpunkt schnell und (nahezu) überschwingungsfrei anzufahren.

[0008] Ein weiterer Vorteil der digitalhydraulischen Regelung liegt darin, dass die Ventile entweder offen oder geschlossen sind, d.h. zum Halten eines Solldrucks in einem geschlossenen (und unveränderten) System sind die Ventile einfach geschlossen und es gibt keine inneren Leckageströme. Damit besteht ein deutlicher Unterschied zum herkömmlichen Proportionalventil, das stets von einem Hydraulikölstrom durchflossen ist. Dies kostet ständig Energie für die Hydraulikpumpen, z.B. in der Papiermaschine.

[0009] Somit ist zu erkennen, dass es der Einsatz von digitalhydraulischen Druckreglern gestattet, die Hydraulikpumpen weniger oft oder kürzer zu betreiben, wodurch Energie gespart werden kann. Außerdem sind Änderungen des Druckniveaus innerhalb von extrem kurzen Zeiträumen möglich.

[0010] Einem in Fig. 1 beispielhaft dargestellten, digitalhydraulischen Stellglied sind vier Ventile zugeordnet, die jeweils eine gleiche Anzahl von Ventilen und/oder Drosseln aufweisen.

Eine schematische Darstellung eines solchen Hydrauliksystems, das beispielsweise an einer Papiermaschine eingesetzt werden kann, ist der Fig. 1 zu entnehmen. Die Ventilbänke werden auch als digitale Strömungssteuerungseinheit bezeichnet und sind daher in der Fig. 1 mit der Abkürzung DFCU versehen.

[0011] Das Hydrauliksystem der Fig. 1 besteht aus einem mittels zwei Stellgliedern 1, 5 verschiebbaren Zylinder 3, der gegen einen fest angeordneten Zylinder 7 zu führen ist. Die Stellglieder 1, 5 weisen eine erste Kammer A und eine zweite Kammer B auf. Wird der Druck in der jeweiligen Kammer A im Verhältnis zu dem Druck in der jeweiligen Kammer B erhöht, kommt es zu einer Zustellbewegung des beweglichen Zylinders 3 gegen den festen Zylinder 7. Im Gegensatz dazu kommt es zu einer Zurückstellbewegung, wenn der Druck in der jeweiligen Kammer B erhöht wird. Jedem Stellglied 1, 5 ist dabei ein digitalhydraulischer Regler 2, 4 zugeordnet, die jeweils den gleichen Aufbau aufweisen.

[0012] Um die Zustellbewegung zu erreichen, werden die Ventile der Ventilbänke P-A in den beiden digitalhydraulischen Reglern 2, 4 so geschaltet, dass eine Verbindung zwischen einer Pumpe P zur Erzeugung eines hydraulischen Drucks in einem Arbeitsfluid und der Kammer A in den Stellgliedern 1, 5 hergestellt ist. Gleichzeitig werden die Ventile der Ventilbänke B-T in den digitalhydraulischen Reglern geschaltet, um für das Hydraulikfluid eine Verbindung zwischen den jeweiligen Kammern B und einem Tank T herzustellen. Durch das Schalten der Ventile entsteht ein bestimmter Durchfluss für das Hydraulikfluid.

[0013] Für eine Zurückstellbewegung werden dementsprechend die Ventilbänke P-B und A-T in den beiden digitalhydraulischen Reglern 2, 4 so geschaltet, dass eine Verbindung zwischen der Pumpe P und der Kammer B in den Stellgliedern hergestellt ist.

[0014] Obwohl dies in der Fig. 1 nicht dargestellt ist, kann eine Ventilbank auch zwischen der ersten Kammer A und der zweiten Kammer B vorgesehen sein, um diese beiden Kammern A und B direkt miteinander zu verbinden.

[0015] Um jedoch einen Druck in einem Fluidsystem mit digital gesteuerten Ventilen präzise einstellen zu können, müssen die Durchflussraten der Ventile bekannt sein, d.h., das System muss kalibriert werden.

[0016] Dazu offenbart die Druckschrift DE 10 2010 042 780 A1 ein Fluidsystem einer Maschine zur Herstellung einer Faserstoffbahn mit digital gesteuerten Ventilen, in dem ein Kalibrierungswert der Ventile bestimmt werden kann. Außerdem ist ein entsprechendes Kalibrierungswertbestimmungsverfahren offenbart.

[0017] Aus der Druckschrift WO 2010/136071 A1 ist ein Verfahren zum Steuern eines digitalen hydraulischen Steuergeräts bekannt. Im Zuge einer Testsequenz erfolgt eine Kalibrierung individueller Ventile durch abwechselndes Öffnen von zwei der Ventile, von denen eines eine Zuführleitung mit einer Ausgabelitung verbindet und von denen das andere die Ausgabelitung mit einer Ablassleitung verbindet, und durch Berechnen und Festsetzen von Kalibrierwerten für die individuellen Ventile entsprechend erfasster Fluss- und Druckwerte in dem Steuergerät, und/oder einer Bedingungsüberwachung, in der jedes der Ventile sequenziell geschaltet wird und in der eine Ventilöffnungsbedingung des individuellen Ventils von den erfassten Fluss- und Druckwerten als Antwort auf das Ventilschalten gefolgert wird.

[0018] Im Übrigen ist es möglich, zu erkennen, dass Ventile fehlerhaft sind, wenn diese in geschlossenem Zustand stecken. Diese Erkennung erfolgt aufgrund der abweichenden Druckwerte, d.h., es wird ein Unterschied zwischen Soll- und Istdruck erfasst und damit das in geschlossenem Zustand steckende, fehlerhafte Ventil exakt ermittelt.

[0019] Falls jedoch ein Ventil in einem teilweise oder vollständig geöffneten Zustand stecken bleibt, ist allerdings eine Erkennung dieses Fehlers gemäß dem bekannten Erkennungsverfahren nicht möglich. Dies kann zu folgenden Problemen führen:

[0020] - In geöffneter oder teilweise geöffneter Stellung steckende Ventile werden nicht erkannt;

[0021] - in geöffneter oder teilweise geöffneter Stellung steckende Ventile stören den voranstehend beschriebenen Erkennungsvorgang, da diese Ventile den vorliegenden Druck in dem System verfälschen;

[0022] - die vorgesehene Funktion des digitalhydraulischen Hydrauliksystems kann unter Umständen erreicht werden, falls die Menge des durch die in geöffneter oder teilweise geöffneter Stellung stecken gebliebene Ventile strömenden Fluids vergleichsweise hoch ist.

[0023] Es ist die Aufgabe der Erfindung, einen digitalhydraulischen Druckregler und ein Überprüfungsverfahren eines digitalhydraulischen Druckreglers zu schaffen, mit dem erkannt werden kann, dass fehlerhafte, in teilgeöffnetem oder vollständig geöffnetem Zustand befindliche Ventile vorhanden sind.

[0024] Die Aufgabe der Erfindung wird durch einen digitalhydraulischen Druckregler nach Anspruch 1 bzw. ein Überprüfungsverfahren nach Anspruch 5 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen werden gemäß den abhängigen Ansprüchen ausgeführt.

[0025] Ein digitalhydraulischer Druckregler gemäß der Erfindung hat mindestens eine digital steuerbare Ventile aufweisenden Ventilbank und eine Fehlfunktionsbestimmungseinrichtung mit einem Strömungsmesser. Die Fehlfunktionsbestimmungseinrichtung ist dabei ausgelegt, zu bestimmen, dass eine Fehlfunktion in Form eines teilweise oder vollständig geöffneten Ventils (im Folgenden auch als fehlerhaft schließendes Ventil bezeichnet) vorliegt, wenn bei Beaufschlagung des Fluidsystems mit einem Zufuhrdruck eine Anweisung zum Schließen sämtlicher Ventile der Ventilbank ausgegeben wurde, und eine durch den Strömungsmesser gemessene Strömung des Fluids in dem Fluidsystem vorhanden ist.

[0026] Dazu wird eine Anweisung ausgegeben, sämtliche Ventile der Ventilbank zu schließen. Außerdem wird das Hydrauliksystem mit Druck beaufschlagt. Da die Ventile in geschlossenem Zustand jegliche Strömung im Bereich der Ventilbank verhindern, kann sofort ein fehlerhaft schließendes Ventil festgestellt werden, wenn dennoch eine Strömung des Hydraulikfluids erfasst wird.

[0027] Vorteilhaft kann die Fehlfunktionsbestimmungseinrichtung eine Berechnungseinrichtung aufweisen, die ausgehend von der gemessenen Strömung einen charakteristischen Strömungskoeffizienten berechnet.

[0028] Bei entsprechender vorangegangener Kalibrierung, kann ausgehend von der erfassten Strömung der durch das fehlerhaft schließende Ventil herrührende Druckanstieg bestimmt werden. Somit kann durch entsprechende Ansteuerung der verbleibenden Ventile unter Umständen sogar ein Ausgleich des unbeabsichtigten Druckanstiegs vorgenommen werden.

[0029] Vorteilhaft kann die Fehlfunktionsbestimmungseinrichtung ein Ventil oder mehrere Ventile mit Fehlfunktion außerdem durch Vergleich des charakteristischen Strömungskoeffizienten mit bekannten Strömungskoeffizienten der einzelnen Ventile der Ventilbank mit den zu schließenden Ventilen identifizieren.

[0030] Da die jeweiligen Strömungskoeffizienten der einzelnen Ventile der Ventilbank bekannt sind, kann bei Abweichung des charakteristischen Strömungskoeffizienten ein fehlerhaft schließendes Ventil sofort erkannt werden.

[0031] Vorteilhaft kann im Fall von einer Mehrzahl von Ventilbänken zur Fehlfunktionsbestimmung eine Anweisung ausgestellt werden, sämtliche Ventile von einer Ventilbank zu schließen und das Fluidsystem mit dem Zufuhrdruck zu beaufschlagen, während sämtliche Ventile der übrigen Ventilbänke geöffnet verbleiben. Dies bedeutet, dass eine Ventilbank nach der anderen auf fehlerhaft schließende Ventile überprüft wird.

[0032] Ein erfindungsgemäßes Überprüfungsverfahren eines digitalhydraulischen Druckreglers mit mindestens einer digital steuerbare Ventile aufweisenden Ventilbank weist folgende Schritte auf:

[0033] - Schließen sämtlicher Ventile der Ventilbank,

[0034] - Beaufschlagen des digitalhydraulischen Druckreglers mit einem Zufuhrdruck,

[0035] - Messen einer Strömung an dem digitalhydraulischen Druckregler, Bestimmen, dass eine Fehlfunktion in Form eines teilweise oder vollständig geöffneten Ventils vorliegt, wenn eine Strömung vorhanden ist.

[0036] Vorteilhaft kann zusätzlich ausgehend von der vorhandenen Strömung ein charakteristischer Strömungskoeffizient berechnet werden.

[0037] Außerdem können vorteilhaft ein Ventil oder mehrere Ventile mit Fehlfunktion durch Vergleichen des charakteristischen Strömungskoeffizienten mit bekannten Strömungskoeffizienten der einzelnen Ventile der Ventilbank mit den zu schließenden Ventilen identifiziert werden.

[0038] Falls eine Mehrzahl von Ventilbänken vorhanden ist, können diese die einzeln nacheinander überprüft werden, indem sämtliche Ventile der zu überprüfenden Ventilbank geschlossen werden, während sämtliche Ventile der übrigen Ventilbänke offen verbleiben, und der digitalhydraulische Druckregler mit dem Zufuhrdruck beaufschlagt wird.

[0039] Vorteilhaft kann gemäß dem Überprüfungsverfahren jedes einzelne Ventil der zu überprüfenden Ventilbank nacheinander geöffnet und wieder geschlossen werden. Dabei kann ein fehlerhaftes Ventil festgestellt werden, wenn ein Unterschied zwischen dem charakteristischen Strömungskoeffizienten vor dem Öffnen des Ventils und dem charakteristischen Strömungskoeffizienten bei offenem Ventil kleiner als der bekannte Strömungskoeffizient des geöffneten Ventils ist.

[0040] Ausgehend von dem charakteristischen Strömungskoeffizienten ist unter Umständen nur eine bedingte Aussage möglich, welches einzelne Ventil genau die Fehlfunktion eines teilweise oder vollständig geöffneten Ventils aufweist. Im Zuge der voranstehend erwähnten Kalibrierung wird für jedes einzelne Ventil im offenen Zustand ein charakteristischer Strömungskoeffizient des Ventils ermittelt.

[0041] Wird im Zuge der Überprüfung ein fehlerfreies Ventil geöffnet, ändert (erhöht) sich der Druck in dem Hydrauliksystem entsprechend, d.h., der charakteristische Strömungskoeffizient der Strömung in dem Hydrauliksystem erhöht sich um den charakteristischen Strömungskoeffizienten des gerade überprüften Ventils. Erfolgt die Änderung allerdings nicht in der erwarteten Höhe, kann festgestellt werden, dass es sich bei dem gerade überprüften Ventil um ein steckendes Ventil handelt. Falls überhaupt keine Änderung des charakteristischen Strömungskoeffizienten eintritt, handelt es sich bei dem überprüften Ventil um ein in vollständig geöffnetem Zustand steckendes Ventil.

[0042] Das erfindungsgemäße Überprüfungsverfahren kann mit einem Verfahren zur Überprüfung auf fehlerhaft geschlossene Ventile kombiniert werden. Dies ermöglicht vorteilhaft, nicht nur fehlerhaft schließende Ventile zu identifizieren, sondern auch solche Ventile, die in geschlossenem Zustand stecken geblieben sind und sich nicht mehr öffnen lassen.

[0043] Die Fig. 1 zeigt beispielhaft ein Hydrauliksystem, an dem eine Ausführungsform der Erfindung beschrieben wird.

[0044] Da das in Fig. 1 dargestellte Hydrauliksystem bereits in der Einleitung beschrieben wurde, wird an dieser Stelle eine Wiederholung vermieden.

[0045] Zur Überprüfung auf fehlerhaft schließende Ventile, wird das Hydrauliksystem mittels der Pumpe P mit einem Zufuhrdruck beaufschlagt und eine Weisung ausgegeben, sämtliche Ventile von einer der vier Ventilbänke A-T, P-A, P-B, B-T eines der beiden digitalhydraulischen Regler 2, 4 zu schließen.

[0046] In dem beschriebenen Beispiel werden als erstes sämtliche Ventile der Ventilbank A-T des digitalhydraulischen Reglers 2 aufgrund einer entsprechend ausgegebenen Weisung geschlossen. Falls kein Fehler eines der Ventile der Ventilbank A-T vorliegt, d.h., sämtliche Ventile der Ventilbank A-T tatsächlich vollständig geschlossen sind, kann kein Hydraulikfluid mehr aus

der Kammer A in den Tank T strömen. Demzufolge ist auch jegliche Strömung über die vollständig geöffnete Ventilbank P-A in die Kammer A unterbunden. Der Begriff „vollständig geöffnete Ventilbank“ ist dabei so zu verstehen, dass sämtliche Ventile der Ventilbank vollständig geöffnet sind.

[0047] Außerdem kann auch kein Hydraulikfluid durch die vollständig geöffnete Ventilbank P-B in die Kammer B zugeführt werden, da deren Volumen mangels Abfluss aus der Kammer A nicht vergrößert werden kann. Ebenfalls ist ein Ausströmen des Hydraulikfluids aus der Kammer B durch die vollständig geöffnete Ventilbank B-T nicht möglich.

[0048] Somit kann im Bereich des digitalhydraulischen Reglers 2 eine Strömung nur dann auftreten, wenn eines oder mehrere der Ventile der überprüften Ventilbank (A-T) nicht vollständig geschlossen ist, sondern in vollständig oder teilweise geöffneter Stellung steckt. Sollte dies der Fall sein, erfasst ein an dem digitalhydraulischen Regler 2 vorgesehenes Volumenstrommessgerät 12 eine Strömung. Das in der Fig. 1 mittels Symbol dargestellte Volumenstrommessgerät 12 entspricht einem erfindungsgemäßen Strömungsmesser. Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass als Strömungsmesser beliebige geeignete Strömungsmesser zum Einsatz kommen können, wie z.B. elektromagnetische Strömungsmesser, Ultraschall-Durchflussmesser oder akustische Strömungsmesser.

[0049] Wenn durch das Volumenstrommessgerät 12 keine Strömung erfasst wird, erfolgt eine Bestimmung, dass die Ventilbank A-T fehlerfrei ist. Danach erfolgt die Überprüfung der nächsten Ventilbank P-A in gleicher Weise.

[0050] Wenn durch das Volumenstrommessgerät 12 eine Strömung erfasst wird, wird dann ausgehend von der erfassten Strömung ein charakteristischer Strömungskoeffizient berechnet. Ein Vergleich dieses charakteristischen Strömungskoeffizienten mit vorab ermittelten Strömungskoeffizienten der einzelnen Ventile der Ventilbank 2 ermöglicht eine genaue Bestimmung der Größenordnung des Druckverlusts durch das (die) fehlerhafte(n) nicht vollständig schließende(n) Ventil(e).

[0051] Dies ermöglicht die Bestimmung, ob eines der Ventile in vollständig geöffnetem Zustand oder in teilweise geöffnetem Zustand steckt. Außerdem können entsprechenden Gegenmaßnahmen wie z.B. eine Erhöhung des Systemdrucks entsprechend dem Druckverlust durch das (die) fehlerhafte(n) Ventil(e) oder einen Austausch der betroffenen Ventils bzw. der betroffenen Ventilbank eingeleitet werden. Außerdem ist es vorteilhaft möglich, das Ergebnis der Überprüfung zusätzlich zu einer Überprüfung auf in geschlossenem Zustand steckende Ventile zu berücksichtigen.

[0052] Da das Volumenstrommessgerät 12 an dem digitalhydraulischen Regler 2 vorgesehen ist, ist es lediglich in der Lage, eine im Bereich des digitalhydraulischen Reglers 2 vorhandene Strömung zu erfassen, falls diese im Fall eines nicht schließenden Ventils der überprüften Ventilbank AT auftritt. Somit ist es unerheblich, ob die Ventile der Ventilbänke des in der Fig. 1 dargestellten zweiten digitalhydraulischen Reglers 4 offen oder geschlossen sind, da eine in diesem digitalhydraulischen Regler 4 allenfalls auftretende Strömung von dem Volumenstrommessgerät 12 an dem digitalhydraulischen Regler 2 nicht erfasst werden kann.

[0053] Nach der Überprüfung der Ventilbank A-T erfolgt nacheinander in gleicher Weise die Überprüfung der restlichen Ventilbänke P-A, P-B und B-T.

[0054] In einem Hydrauliksystem mit mehreren digitalhydraulischen Reglern 2, 4, wie dem in der Fig. 1 dargestellten kann die Überprüfung der einzelnen Ventilbänke in jedem digitalhydraulischen Regler 2, 4, sogar zeitgleich durchgeführt werden, da in jedem digitalhydraulischen Regler 2, 4 ein Volumenstrommessgerät 12, 14 vorgesehen ist.

[0055] Die Erfindung ermöglicht somit vorteilhaft eine automatische Erfassung eines Fehlers in Form eines nicht schließenden Ventils. Durch Kombination der Erfindung mit einem Verfahren zur Überprüfung auf in geschlossenem Zustand steckende Ventile, können sämtliche mögliche Fehlfunktionen eines digitalhydraulischen Ventils erfasst werden. Diese können ein Stecken in

geschlossenem, in teilweise geöffnetem oder in vollständig geöffnetem Zustand sein.

[0056] In einem digitalhydraulischen System wie z.B. dem in Fig. 1 dargestellten erfolgen die Regelung der Bewegung des Zylinders 3 ausgehend von Messergebnissen von Linearsensoren und die Regelung des Drucks in einer Kammer A, B des Zylinders 1, 5 ausgehend von Messergebnissen von Drucksensoren die an den Kammerwänden in dem Zylinder 1, 5 vorgesehen sind. Beispielsweise dienen die Linearsensoren zur genauen Bestimmung der Position des Kolbens in dem Stellglied 1, 5. Sie können aber auch an anderer geeigneter Stelle vorgesehen sein, solange als Ergebnis die Position des Zylinders 3 ermittelt wird.

[0057] Vorteilhaft ist es aber möglich, wenn es zu einem Versagen eines der Drucksensoren kommt, den Kammerdruck ausgehend von dem Messergebnis eines der Linearsensoren zu berechnen. Deshalb kann in einem Fall, in dem ein Drucksensor versagt, die Regelung des Kammerdrucks alternativ über den Linearsensor erfolgen, ohne dass es erforderlich ist, das System sofort abzuschalten, um den Drucksensor zu ersetzen.

[0058] Ebenfalls ist es möglich, bei Ausfall eines Linearsensors, der zur genauen Feststellung der Kolbenposition dient, die Kolbenposition ausgehend von einem Messergebnis des Drucksensors in der Kammer A, B des Zylinders 1, 5 zu berechnen.

[0059] Um das voranstehend beschriebene Ersetzen des Linearsensors durch einen Drucksensor bzw. umgekehrt zu ermöglichen, ist ein mathematisches Modell bereitgestellt, mit dem es möglich ist, ausgehend von einer durch den Linearsensor ausgegebenen Position des Kolbens den Druck in jeder der Kammern A, B zu berechnen. Außerdem ist es mit dem mathematischen Modell möglich, ausgehend von einem durch den Drucksensor in der Kammer A, B gemessenen Druckwert die Kolbenposition zu berechnen.

[0060] Somit kann trotz Versagens eines Drucksensors in dem Hydrauliksystem, durch Verwendung eines Linearsensors unter hinzu Ziehen des mathematischen Modells der Druck des Hydraulikfluids in den Kammern A, B mit hinreichender Genauigkeit bestimmt werden. Ebenso ist es möglich, bei Versagen eines Linearsensors, durch Verwendung eines Drucksensors unter hinzu Ziehen des mathematischen Modells die Kolbenposition und damit eine Bewegung des Zylinders 3 hinreichend genau bestimmt werden.

[0061] Die Erfindung wurde anhand eines Ausführungsbeispiels auf Basis der Fig. 1 beschrieben, ist aber nicht in einer durch das Ausführungsbeispiel beschränkten Weise auszulegen, sondern lediglich durch den Bereich der anhängenden Ansprüche definiert.

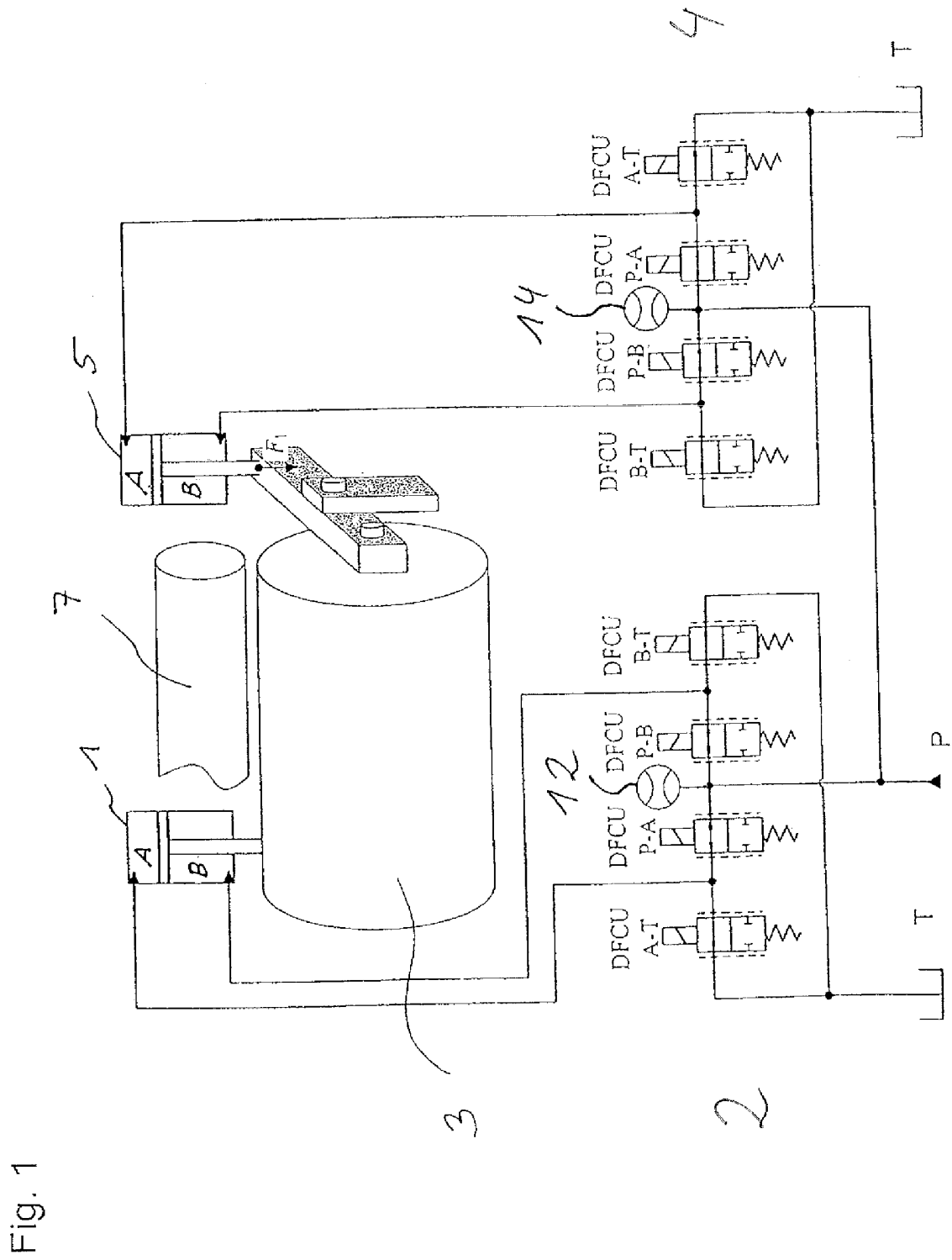
[0062] Insbesondere sei darauf hingewiesen, dass die Anzahl der digitalhydraulischen Regler keinesfalls beschränkt ist. Ebenfalls ist die Anzahl der Ventilbänke in einem digitalhydraulischen Regler nicht auf vier beschränkt. Beispielsweise könnte das Ausführungsbeispiel gemäß Figur noch durch eine Ventilbank A-B erweitert werden, die einer direkten Verbindung der beiden Kammern A und B zugeordnet ist. Eine derartige Ventilbank A-B kann dann im Zuge einer Überprüfung des digitalhydraulischen Reglers überprüft werden, wie vorangehend beschrieben wurde. Auch die Anzahl der Ventile pro Ventilbank ist beliebig wählbar.

Ansprüche

1. Digitalhydraulischer Druckregler (2, 4) mit mindestens einer digital steuerbare Ventile aufweisenden Ventilbank (A-T, P-A, P-B, B-T), und einer Fehlfunktionsbestimmungseinrichtung mit einem Volumenstrommessgerät (12, 14), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fehlfunktionsbestimmungseinrichtung ausgelegt ist, zu bestimmen, dass eine Fehlfunktion in Form eines teilweise oder vollständig geöffneten Ventils vorliegt, wenn bei Beaufschlagung des Fluidsystems mit einem Zufuhrdruck eine Anweisung zum Schließen sämtlicher Ventile der Ventilbank (A-T, P-A, P-B, B-T) ausgegeben wurde, und eine durch das Volumenstrommessgerät (12, 14) gemessene Strömung des Fluids in dem Fluidsystem vorhanden ist.
2. Digitalhydraulischer Druckregler (2, 4) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fehlfunktionsbestimmungseinrichtung eine Berechnungseinrichtung aufweist, die ausgehend von dem gemessenen Volumenstrom einen charakteristischen Strömungskoeffizienten, wie beispielsweise einen Druckverlust, berechnet.
3. Digitalhydraulischer Druckregler nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fehlfunktionsbestimmungseinrichtung durch Vergleich des charakteristischen Strömungskoeffizienten mit bekannten Strömungskoeffizienten der einzelnen Ventile der Ventilbank (A-T, P-A, P-B, B-T) ein Ventil oder mehrere Ventile mit Fehlfunktion identifiziert.
4. Digitalhydraulischer Druckregler (2, 4) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der digitalhydraulische Druckregler (2, 4) eine Mehrzahl von Ventilbänken (A-T, P-A, P-B, B-T) aufweist, und wobei zur Fehlfunktionsbestimmung eine Anweisung ausgestellt wird, sämtliche Ventile einer Ventilbank (A-T) zu schließen und das Fluidsystem mit dem Zufuhrdruck zu beaufschlagen, während sämtliche Ventile der übrigen Ventilbänke (P-A, P-B, B-T) geöffnet verbleiben.
5. Überprüfungsverfahren eines digitalhydraulischen Druckreglers (2, 4) mit mindestens einer digital steuerbare Ventile aufweisenden Ventilbank (A-T, P-A, P-B, B-T), **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren folgende Schritte aufweist:
 - Schließen sämtlicher Ventile der Ventilbank (A-T, P-A, P-B, B-T),
 - Beaufschlagen des digitalhydraulischen Druckreglers (2, 4) mit einem Zufuhrdruck,
 - Messen eines Volumenstroms an dem digitalhydraulischen Druckregler (2, 4),
 - Bestimmen, dass eine Fehlfunktion in Form eines teilweise oder vollständig geöffneten Ventils vorliegt, wenn eine Strömung vorhanden ist.
6. Überprüfungsverfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich ausgehend von dem gemessenen Volumenstrom ein charakteristischer Strömungskoeffizient, wie beispielsweise ein Druckverlust, berechnet wird.
7. Überprüfungsverfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Ventil oder mehrere Ventile mit Fehlfunktion durch Vergleichen des charakteristischen Strömungskoeffizienten mit bekannten Strömungskoeffizienten der einzelnen Ventile der Ventilbank (A-T, P-A, P-B, B-T) identifiziert werden.
8. Überprüfungsverfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Mehrzahl von Ventilbänken (A-T, P-A, P-B, B-T) vorhanden ist, die einzeln nacheinander überprüft werden, indem sämtliche Ventile der zu überprüfenden Ventilbank (A-T) geschlossen werden, während sämtliche Ventile der übrigen Ventilbänke (P-A, P-B, B-T) offen verbleiben, und der digitalhydraulische Druckregler (2, 4) mit dem Zufuhrdruck beaufschlagt wird.

9. Überprüfungsverfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedes einzelne Ventil der zu überprüfenden Ventilbank (A-T) nacheinander geöffnet und wieder geschlossen wird, und ein fehlerhaftes Ventil festgestellt wird, wenn der Betrag der Differenz zwischen dem charakteristischen Strömungskoeffizienten vor dem Öffnen des Ventils und dem charakteristischen Strömungskoeffizienten bei offenem Ventil kleiner als der bekannte Strömungskoeffizient des geöffneten Ventils ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen



Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: F15B 11/042 (2006.01); F15B 11/00 (2006.01); F15B 19/00 (2006.01); G01M 3/28 (2006.01)
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC: F15B 11/0426 (2013.01); F15B 11/006 (2013.01); F15B 19/005 (2013.01); G01M 3/2876 (2013.01); F15B 2211/40592 (2013.01); F15B 2211/411 (2013.01); F15B 2211/8636 (2013.01); F15B 2211/855 (2013.01)
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): F15B, G01M
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, FULLTEXT

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 29.05.2015 eingereichten Ansprüchen 1-9 erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	EP 2650548 A2 (ROBERT BOSCH GMBH) 16. Oktober 2013 (16.10.2013) Fig. 1, Absätze [0038]-[0041]	1-9
A	DE 102008041399 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN) 25. Februar 2010 (25.02.2010) Fig. 1, Absätze [0022]-[0024], Tabellen 1-3	1-9
A	GB 2326698 A (PLANER PRODUCTS LTD) 30. Dezember 1998 (30.12.1998) Fig.2, Zusammenfassung, Seite 8 Zeile 14 - Seite 9 Zeile 13	1-3, 5-7
A	DE 1600509 B1 (R. LÜDI AG) 22. Oktober 1970 (22.10.1970) Fig., Spalte 3 Zeilen 8-65	1-3, 5-7
A	WO 2007028863 A1 (SIIIVONEN, LINJAMA) 15. März 2007 (15.03.2007) Fig. 8b, Seite 6 Zeilen 22-27, Seiten 18-23, Anspruch 15	1-9
A	DE 102010002703 A1 (METSO) 15. September 2011 (15.09.2011) Fig. 1, 2	1

Datum der Beendigung der Recherche: 02.09.2015	Seite 1 von 1	Prüfer(in): EHRENDORFER Kurt
---	---------------	---------------------------------

¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.	A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „ älteres Recht “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.
---	---