

(19)



(10)

AT 514115 A1 2014-10-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50241/2013
 (22) Anmeldetag: 09.04.2013
 (43) Veröffentlicht am: 15.10.2014

(51) Int. Cl.: **F15B 21/08** (2006.01)
E04G 21/04 (2006.01)
B25J 9/06 (2006.01)
B66F 9/22 (2006.01)

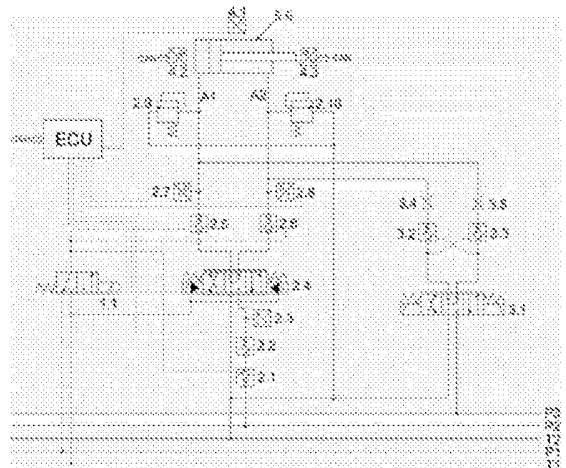
(56) Entgegenhaltungen:
 EP 0190703 A1
 WO 2012041076 A1
 US 5860233 A
 US 3741337 A
 US 6282893 B1

(71) Patentanmelder:
 TTControl GmbH
 1040 Wien (AT)

(74) Vertreter:
 PATENTANWALTSSKANZLEI MATSCHNIG &
 FORSTHUBER OG
 WIEN

(54) Elektrohydraulischer Steuerkreis

(57) Elektrohydraulischer Steuerkreis zum Ansteuern eines hydraulisch betätigten Stellorgans (5.6), mittels dessen ein Segment (5.3) eines Manipulators, insbesondere eines Großmanipulators für Autobetonpumpen, hinsichtlich seiner Orientierung verstellbar ist, wobei ein elektrisch angesteuertes erstes Ventil (2.4), welches mit hydraulischen Arbeitsleitungen des Stellorgans (5.6) zu dessen Ansteuerung verbunden ist, sowie in den Arbeitsleitungen des Stellorgans (5.6) vorgesehenen leakagefreie Sperrventile (2.5, 2.6), die an dem Stellorgan (5.6) oder dem diesem Stellorgan (5.6) zugeordneten Segment (5.3) angeordnet und für den Normalbetrieb des Stellorgans (5.6) entsperrbar sind, wobei das Entsperren der Sperrventile (2.5, 2.6) durch eine von dem ersten Ventil (2.4) und den Sperrventilen (2.5, 2.6) gesonderte elektronische Steuereinrichtung (ECU) gesteuert wird.



ZUSAMMENFASSUNG

Elektrohydraulischer Steuerkreis zum Ansteuern eines hydraulisch betätigten Stellorgans (5.6), mittels dessen ein Segment (5.3) eines Manipulators, insbesondere eines Großmanipulators für Autobetonpumpen, hinsichtlich seiner Orientierung verstellbar ist, wobei ein elektrisch angesteuertes erstes Ventil (2.4), welches mit hydraulischen Arbeitsleitungen des Stellorgans (5.6) zu dessen Ansteuerung verbunden ist, sowie in den Arbeitsleitungen des Stellorgans (5.6) vorgesehenen leakagefreie Sperrventile (2.5, 2.6), die an dem Stellorgan (5.6) oder dem diesem Stellorgan (5.6) zugeordneten Segment (5.3) angeordnet und für den Normalbetrieb des Stellorgans (5.6) entsperrbar sind, wobei das Entsperrern der Sperrventile (2.5, 2.6) durch eine von dem ersten Ventil (2.4) und den Sperrventilen (2.5, 2.6) gesonderte elektronische Steuereinrichtung (ECU) gesteuert wird.

Fig. 3

ELEKTROHYDRAULISCHER STEUERKREIS

Die Erfindung betrifft einen elektrohydraulischen Steuerkreis zum Ansteuern eines hydraulisch betätigten Stellorgans, mittels dessen ein Segment eines Manipulators, insbesondere eines Großmanipulators für Autobetonpumpen, hinsichtlich seiner Orientierung verstellbar ist.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Regelsystem zum Steuern der Orientierung eines Segments eines Manipulators, insbesondere eines Großmanipulators für Autobetonpumpen, wobei das Segment über ein Gelenk mit einer Basis oder einem Vorgängersegment des Manipulators verbunden ist und an dem Gelenk gegenüber der Basis bzw. dem Vorgängersegment um zumindest eine Drehachse mittels zumindest eines Stellorgans, vorzugsweise hydraulischen Stellorgans, schwenkbar ist.

Derzeit eingesetzte elektrohydraulische Steuerkreise bzw. damit in Zusammenhang stehende Regelsysteme, wie diese beispielsweise zum Ansteuern von mehrgliedrigen Großmanipulatoren für Autobetonpumpen verwendet werden, verfügen im Allgemeinen über einen zentralen Steuerblock, wobei einzelnen Segmente einzeln angesteuert werden können. Hierzu sind den Segmenten hydraulische Stellorgane zugeordnet, welche wahlweise elektrohydraulisch mittels Pilotventilen oder manuell über Handhebel bedient werden können. Die hydraulischen Stellorgane sind in der Regel als Hydraulikzylinder ausgeführt, wobei die Auslenkung eines im Zylinder aufgenommenen Kolbens mit der Auslenkung eines zugeordneten Segments korreliert. Zur Dämpfung von elastischen Schwingungen werden in den derzeit eingesetzten Systemen Algorithmen verwendet, gemäß welchen die Druckdifferenz des Kammerndruckes des jeweiligen Zylinders auf das dem Zylinder zugehörige Steuerventil rückführt wird. Um einen durch die Rückführung bedingten Drift der Segmente zu verhindern und eine Lastenregelung zu ermöglichen, werden bekannte Systeme häufig mit geodätischen Winkel- bzw. Neigungssensoren ausgerüstet.

Die eingangs beschriebenen elektrohydraulischen Steuerkreise bzw. damit in Zusammenhang stehende Regelsysteme weisen zahlreiche Nachteile auf, die wie folgt erörtert werden. Der Einsatz eines zentralen Steuerblocks erfordert beträchtliche Leitungslängen, z.B. bis zu 70m, zwischen den Hydraulikzylindern und den sie steuernden Ventilen. Lange Leitungen

verschlechtern allerdings das Ansprechverhalten des elektrohydraulischen Steuerkreises aufgrund von Verzögerungen, erhöhen die Anfälligkeit für Leitungsbrüche, schränken den an den Segmenten verfügbaren Raum ein und erhöhen die Kosten des elektrohydraulischen Steuerkreises. Weiters müssen zur Vermeidung eines ungewollten Absinkens eines Segmentes häufig Senkbremsventile eingesetzt werden, welche nur bei einem entsprechenden Druck in den zugehörigen hydraulischen Zuleitungen (und damit betätigtem Steuerventil) öffnen. Da jeder Öffnungsvorgang mit einer zeitlichen Dauer behaftet ist, führen diese zu einer zusätzlichen Verzögerung und einer weiteren Verschlechterung des Ansprechverhaltens. Die bei einer aktiven Regelung zu erwartenden häufigen Wechsel der Fahrtrichtung bewirken ein unablässiges Öffnen und Schließen der Senkbremsventile. Insbesondere ein bei langsamen Fahrgeschwindigkeiten undefinierter Öffnungszustand der beteiligten Ventile induziert elastische Schwingungen der Segmente. Da die Druckversorgung des elektrohydraulischen Steuerkreises kein Konstantdrucksystem darstellt und der Versorgungsdruck das Ansprechverhalten beeinflusst, können zusätzliche Verzögerungen aufgrund der Höhe des Versorgungsdruckes auftreten. Elektrohydraulischen Steuerkreise, die ausschließlich in Hardware umgesetzt sind, sind nicht flexibel einsetzbar und können nicht an den jeweiligen Betrieb angepasst werden.

Aufgrund dieser Schwächen sind die derzeit eingesetzten elektrohydraulischen Steuerkreise bzw. damit in Zusammenhang stehende Regelsysteme für die Umsetzung von hochdynamischen Regelungsstrategien nicht geeignet. Das durch die beschriebenen Effekte verzögerte Ansprechverhalten wirkt sich insbesondere bei kleinen Fahrgeschwindigkeiten negativ auf die Steuerung der Segmente aus.

Die Druckschrift EP 1 882 795 B1 zeigt einen Großmanipulator, insbesondere für Betonpumpen mit einem auf einem Gestell angeordneten, vorzugsweise um eine vertikale Drehachse drehbaren Mastbock, mit einem aus mindestens drei Mastarmen zusammengesetzten Knickmast. Zur Bestimmung einer von den mechanischen Schwingungen eines betreffenden Mastarms abgeleiteten zeitabhängigen Messgröße sind Drucksensoren vorgesehen, wobei an einem bodenseitigen und an einem stangenseitigen Ende eines Kolbens je ein Drucksensor angebracht ist und die Druckdifferenz das entsprechende zeitabhängige Messsignal liefert.

Die verwendeten Systeme, welche typischerweise zur aktiven Dämpfung von elastischen Schwingungen eingesetzt werden, haben folgende Nachteile: Darin eingesetzte Drucksenso-

ren messen nicht direkt die dynamischen Zustände des Segments. Schwingungen, die auf (beispielsweise aufgrund einer Haftreibung) feststehende Hydraulikzylinder wirken, können so nicht festgestellt werden. Des Weiteren können nicht berücksichtigte dynamische Effekte, welche z.B. durch eine nichtideale Druckversorgung verursacht werden, einen direkten Einfluss auf rückzuführende Messsignale haben und reduzieren damit die Leistungsfähigkeit des elektrohydraulischen Steuerkreises bzw. des zugehörigen Regelsystems.

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, einen elektrohydraulischen Steuerkreis zum Ansteuern eines hydraulisch betätigten Stellorgans bzw. ein Regelsystem zu schaffen, mit dem die oben genannten Nachteile des Standes der Technik beseitigt.

In einem ersten Aspekt der Erfindung wird diese Aufgabe mit einem erfindungsgemäßen elektrohydraulischen Steuerkreis der eingangs genannten Art gelöst, bei welchem ein elektrisch angesteuertes erstes Ventil, welches mit hydraulischen Arbeitsleitungen des Stellorgans zu dessen Ansteuerung verbunden ist, sowie in den Arbeitsleitungen des Stellorgans vorgesehenen Sperrventile, die an dem Stellorgan oder dem diesem Stellorgan zugeordneten Segment angeordnet und für den Normalbetrieb des Stellorgans entsperrbar sind, wobei das Entsperrn der Sperrventile durch eine von dem ersten Ventil und den Sperrventilen gesonderte elektronische Steuereinrichtung angesteuert wird.

Dank dieser erfindungsgemäßen Lösung ist es möglich, die eingangs angeführten Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen und einen elektrohydraulischen Steuerkreis zu schaffen, der sicher und robust ist, eine hohe Zuverlässigkeit aufweist und effizient an den jeweiligen Einsatz angepasst sowie flexibel eingesetzt werden kann. Besonders günstig ist es hierbei, wenn die Sperrventile leakagefrei sind. Der Einsatz einer elektronischen Steuereinrichtung erlaubt die Verwendung von Software, wodurch die Erfindung besonders flexibel einsetzbar ist und rasch an gegebene Erfordernisse angepasst werden kann. Des Weiteren erlaubt die elektronische Steuereinrichtung eine einfache Steuerung/Regelung der Verfahrensgeschwindigkeit sowie der Stellkraft des Stellorgans. Generell sind die Begriffe „Ansteuern“, „Steuern“ und „Regeln“ im Zuge dieser Anmeldung nicht als einschränkend aufzufassen, sofern dies nicht explizit angegeben ist. So kann eine Steuerung durch Rückkopplung von Signalen auch zur Regelung verwendet werden, eine Regelung Steueraufgaben übernehmen und unter dem Begriff „Ansteuern“ sowohl ein Regeln als auch ein Steuern verstanden werden.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist das erste Ventil an dem Stellorgan oder dem Stellorgan zugeordneten Segment angeordnet. Hierdurch werden die Leitungslängen der Arbeitsleitungen zwischen dem Stellorgan und dem ersten Ventil auf ein Minimum reduziert. Dies verbessert das Ansprechverhalten des elektrohydraulischen Steuerkreises, senkt die Anfälligkeit für Leitungsbrüche, reduziert die Anzahl der (Arbeits-)Leistungen, die entlang eines Segments oder mehreren Segmenten geführt werden, erhöht somit den an dem Segment/den Segmenten verfügbaren Raum und senkt die Kosten des elektrohydraulischen Steuerkreises.

Um einen besonders kompakten und robusten Aufbau des Steuerkreises zu realisieren, kann es vorgesehen sein, dass die Steuereinrichtung als eine für das Segment dedizierte elektronische Einrichtung ausgebildet ist, die vorzugsweise an dem Stellorgan oder an dem Stellorgan zugeordneten Segment angeordnet ist. Alternativ dazu könnte die elektronische Einrichtung ebenso an einem dem Segment zugeordneten Stellorgan oder in dessen unmittelbarer Nähe angebracht sein.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass die Arbeitsleitungen des Stellorgans mit Drucksensoren ausgestattet sind, deren Signale der Steuereinrichtung zur Überwachung der am Stellorgan wirkenden Kräfte und/oder Momente und/oder Belastung zugeführt sind. Die Überwachung der am Stellorgan wirkenden Kräfte und/oder Momente und/oder Belastung erlaubt die Implementierung zahlreicher Hilfsfunktionen. So kann der Steuerkreis beispielsweise eine an dem Stellorgan wirkende Stellgröße (insbesondere einen Zustand bzw. eine Stellung des elektrisch angesteuerten ersten Ventils) unmittelbar dem Betrieb und/oder einer Last angepasst werden. Beispielfhaft seien hier Maßnahmen zum Erreichen einer konstanten Verfahrensgeschwindigkeit eines Segments („Servokompensation“) oder auch diverse Fail-Safe-Funktionen (z.B. die automatische Erkennung von Überdruck und das Einleiten sicherheitsrelevanter Maßnahmen) erwähnt.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Steuerkreis, welcher von einer Druckversorgung versorgt ist weiterentwickelt, indem ein Drucksensor zur Überwachung der Druckversorgung vorgesehen ist, zum Erzeugen eines Signals, das der Steuereinrichtung zur Anpassung der Ansteuerung des ersten Ventils an durch den Drucksensor erfasste Druckschwankungen zugeführt ist. Dies ermöglicht eine Anpassung der Druckversorgung an den Betrieb und/oder die Last.

Eine einfache und doch besonders zweckmäßige Ausgestaltung der Erfindung ist gegeben, indem das erste Ventil als proportional wirkendes Ventil, insbesondere als Proportionalventil ausgeführt ist. Das erste Ventil kann als sogenanntes „Stetigventil“ ausgeführt sein, welches nicht diskret geschaltet wird, sondern einen stetigen Übergang von Schaltstellungen zulässt. Damit ist ein Volumenstrom eines Fluids einstellbar.

Die Entsperrung der Sperrventile kann direkt oder indirekt erfolgen. So kann in einer günstigen Variante der Erfindung vorgesehen sein, dass die Steuereinrichtung ein Schaltventil ansteuert, welches hydraulische Entsperrleitungen der Sperrventile versorgt. In einer alternativen Variante steuert die Steuereinrichtung die Entsperrung der Sperrventile über elektromagnetische Betätigung an. Dies erlaubt den Verzicht auf zusätzliche hydraulische Bauteile/Leitungen.

Um die Anzahl der elektrischen Steuereinrichtungen zu minimieren und eine einfache Zugänglichkeit derselben zu ermöglichen, kann es vorteilhaft sein, eine zentrale elektronische Steuereinrichtung, die zum Steuern mehrerer Steuerkreise einer Vielzahl von Segmenten eines Manipulators ausgelegt ist, vorzusehen.

Die elektronische Steuereinrichtung/en ermöglicht eine flexible und effiziente Berücksichtigung von zusätzlichen Parametern, die zur Verbesserung der Performance des Steuerkreises beitragen können. In einer Weiterbildung des Steuerkreises können daher dem Stellorgan Sensormittel zugeordnet sein, die den Betriebszustand des Stellorgans und/oder die räumliche Orientierung des zugeordneten Segments erfassen und entsprechende Messsignale erzeugen, welche an eine dem Segment und/oder dem Manipulator zugeordnete Orientierungssteuer/regeleinrichtung geführt sind.

Um die Betriebssicherheit des Steuerkreises weiter zu erhöhen, kann ein Notkreis vorgesehen sein. Zweckmäßigerweise weist dieser in einer vorteilhaften Ausgestaltung einen zu dem ersten Ventil parallel geschalteten hydraulischen Notkreis auf. Außerdem kann der Notkreis bevorzugt zumindest ein steuerbares Schaltventil, welches an dem Stellorgan oder dem Stellorgan zugeordneten Segment angeordnet ist und vorzugsweise über eine eigene Druckversorgungsleitung versorgt ist, sowie gegenseitig verkoppelte Ventile zum Erreichen einer Lasthaltefunktion bzw. einer Senkbremsfunktion aufweist.

In einer günstigen Weiterbildung des Steuerkreises weist der Notkreis zusätzlich Drosseln auf, die vorzugsweise jeweils in Serie mit je einem der Ventile des Notkreises geschaltet sind.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung, in welcher zumindest das erste Ventil durch eine Druckversorgung über eine Zulaufleitung versorgt ist, kann in der Zulaufleitung ein für den Normalbetrieb entsperbares Sperrventil angeordnet sein, dessen Entsperrung durch die elektronische Steuereinrichtung gesteuert wird. Dies ermöglicht eine Trennung der dem entsperbaren Sperrventil nachgeordneten Bauteile/Leitungen von der Druckversorgung, sodass beispielsweise eine Abschaltung der Druckversorgung bei einem Fehlerfall der Bauteile/Leitungen (z.B. Leitungsbruch) nicht zwingend erforderlich ist. Somit können andere an die Druckversorgung angeschlossene Bauteile/Leitungen weiterhin versorgt werden.

Um die Betriebssicherheit des Steuerkreises weiter zu erhöhen, kann es vorgesehen sein, dass die Arbeitsleitungen des Stellorgans durch ein erstes Druckversorgungs- und Rücklaufsystem versorgt sind, während ein von dem ersten System unabhängiges zweites Druckversorgungs- und Rücklaufsystem zur Versorgung von Steuerleitungen des Steuerkreises vorgesehen ist.

Die Erfindung gemäß dem ersten Aspekt betrifft des Weiteren einen Manipulator, insbesondere Großmanipulator für Autobetonpumpen, welcher zumindest ein Segment, vorzugsweise zwei oder mehr Segmente, umfasst und auf einer vorzugsweise um eine vertikale Drehachse drehbaren Basis angeordnet ist, wobei das Segment bzw. ein erstes der Segmente mit der Basis sowie die Segmente miteinander jeweils über ein Gelenk verbunden sind, an dem das betreffende Segment gegenüber der Basis bzw. zueinander um festgelegte Drehachsen mittels zumindest eines hydraulisch betätigten Stellorgans schwenkbar sind, mit einem elektrohydraulischen Steuerkreis zum Steuern des Stellorgans bzw. zumindest eines der Stellorgane, wie vorangehend diskutiert.

In einem zweiten Aspekt der Erfindung wird die oben gestellte Aufgabe mit einem erfindungsgemäßen Regelsystem der eingangs genannten Art gelöst, bei welchem das Regelsystem zumindest Folgendes umfasst:

- einen ersten Sensor, welcher an einem an dem Gelenk angebundenen Segment angeordnet ist und ein einer Deformation des Segments entsprechendes erstes Messsignal – als „Deformationssignal“ bezeichnet – liefert,
- einen zweiten Sensor, welcher ein der räumlichen Orientierung des an dem Gelenk angebundenen Segments entsprechendes zweites Messsignal – als „Orientierungssignal“ bezeichnet – liefert, und
- zumindest ein dem Gelenk zugeordnetes Stellorgan;

und dazu eingerichtet ist, das Deformationssignal und das Orientierungssignal als Eingangsgrößen zu verarbeiten und aus diesen unter Berücksichtigung einer Sollorientierung des dem Gelenk zugeordneten Segments ein Stellsignal zu bestimmen, welches dem zugeordneten Stellorgan zugeführt ist.

Dank dieser erfindungsgemäßen Lösung ist es möglich, Schwingungen in den Segmenten deutlich zu reduzieren und Segmente dynamisch und exakt zu positionieren bzw. zu orientieren. Das Regelsystem kann dabei vorzugsweise in einer in weiterer Folge beschriebenen elektronischen Steuereinrichtung abgebildet sein, die die Messsignale erfasst und effizient und rasch verarbeitet und die Stellsignale ausgibt. Dies ermöglicht einen digitalen Aufbau des Regelsystems, welches dadurch rasch und effizient parametriert und vielseitig eingesetzt werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform kann es vorgesehen sein, dass der zweite Sensor einen ein- oder mehr-achsigen Drehratensensor in Kombination mit einem zwei- oder dreiachsigen Beschleunigungssensor umfasst, deren Messsignale zur Bestimmung des Orientierungssignals verarbeitet werden. Bevorzugt wird ein dreiachsiger Drehratensensor in Kombination mit einem dreiachsigen Beschleunigungssensor verwendet. Dieser Sensoraufbau erlaubt eine besonders exakte Bestimmung des Orientierungssignals.

In einer Weiterbildung der Erfindung kann zur Verarbeitung der Signale ein Beobachter, insbesondere ein erweitertes Kalman-Filter, verwendet werden. Damit kann die Qualität der Signale zusätzlich gesteigert werden.

Um eine besonders kompakte und robuste Ausgestaltung der Erfindung zu ermöglichen, kann es vorgesehen sein, dass der zweite Sensor einen Inertialsensor, vorzugsweise eine inertielle Messeinheit (IMU), umfasst.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung kann ein Magnetfeldsensor zur Bestimmung eines dritten Winkels der Orientierung des Segments verwendet werden, wodurch die Qualität des gemessenen Orientierungssignals weiter gesteigert werden kann.

Um eine möglichst effiziente, genaue und robuste Messung des Deformationssignals zu ermöglichen, ist es in einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass der erste Sensor einen Dehnungssensor, beispielsweise einen Dehnmessstreifen, umfasst.

Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn der erste Sensor an dem Segment an einer von dem dem Gelenk zugeordneten Stellorgan gesonderten Position angeordnet ist. Der erste Sensor kann an dem Körper des Segments angeordnet sein.

Des weiteren betrifft die Erfindung gemäß dem zweiten Aspekt einen Manipulator, insbesondere Großmanipulator für Autobetonpumpen, welcher zumindest ein Segment, vorzugsweise zwei oder mehr Segmente, umfasst und auf einer vorzugsweise um eine vertikale Drehachse drehbaren Basis angeordnet ist, wobei das Segment bzw. ein erstes der Segmente mit der Basis sowie die Segmente miteinander jeweils über ein Gelenk verbunden sind, an dem das betreffende Segment gegenüber der Basis bzw. zueinander um festgelegte Drehachsen mittels zumindest eines vorzugsweise hydraulischen Stellorgans schwenkbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einem der Gelenke ein Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche zugeordnet ist. Die eingangs beschriebene Problematik im Hinblick auf Schwingungen von Großmanipulatoren ist ein besonders geeignetes Einsatzgebiet des Regelsystems, welches eine deutliche Verbesserung der Einsatzfähigkeit von Großmanipulatoren ermöglicht.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Regelsystems können besonders umfangreich genutzt werden, wenn einer Vielzahl der Gelenke des Manipulators, insbesondere jedem der Gelenke, jeweils ein Regelsystem zugeordnet ist.

Der zweite Aspekt der Erfindung kann auch in Form eines Verfahrens zum Steuern der Orientierung eines Segments eines Manipulators, insbesondere eines Großmanipulators für Autobetonpumpen genutzt werden, wobei das Segment über ein Gelenk mit einer Basis oder einem Vorgängersegment des Manipulators verbunden ist, wobei das Segment an dem

Gelenk gegenüber der Basis bzw. dem Vorgängersegment um zumindest eine Drehachse mittels zumindest eines vorzugsweise hydraulischen Stellorgans schwenkbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass

- in einem ersten Sensor, welcher an einem an dem Gelenk angebundenen Segment angeordnet ist, ein einer Deformation des Segments entsprechendes erstes Messsignal – als „Deformationssignal“ bezeichnet – gewonnen wird, und
- in einem zweiten Sensor ein der räumlichen Orientierung des an dem Gelenk angebundenen Segments entsprechendes zweites Messsignal – als „Orientierungssignal“ bezeichnet – gewonnen wird,
- unter Verwendung des Deformationssignals und des Orientierungssignals als Eingangsgrößen unter Berücksichtigung einer Sollorientierung des dem Gelenk zugeordneten Segments ein Stellsignal bestimmt wird,
- das Stellsignal einem dem Gelenk zugeordneten Stellorgan zugeführt wird.

Dieses Verfahren ist vielseitig einsetzbar und besonders geeignet, die Orientierung von Segmenten eines Manipulators zu steuern (sowie zu regeln).

Die Erfindung samt weiteren Ausgestaltungen und Vorteilen ist im Folgenden an Hand mehrerer beispielhafter, nicht einschränkender Ausführungsformen näher erläutert, die in den Figuren veranschaulicht sind. Hierbei zeigt

Fig. 1 eine Seitenansicht eines Transportfahrzeuges mit einem Großmanipulator in einem Transportzustand,

Fig. 2 eine Seitenansicht des Transportfahrzeuges gemäß Fig. 1 mit dem Großmanipulator in einem Betriebszustand,

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektrohydraulischen Steuerkreises,

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektrohydraulischen Steuerkreises,

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Regelsystems und

Fig. 6 eine Seitenansicht auf einen Ausschnitt eines Auslegers des Großmanipulator gemäß Fig. 1.

In Fig. 1 ist ein Transportfahrzeug 5.1 in einer Seitenansicht dargestellt, welches einen Großmanipulator 5.2 aufweist, wobei der Großmanipulator 5.2 mehrere Segmente 5.3 aufweist. Fig. 1 zeigt eine Mehrzahl an Segmenten 5.3, wobei zur einfacheren Lesbarkeit in der Darstellung nur ein erstes Segment 5.3 mit Bezugszeichen versehen ist. Die weiteren Segmente 5.3 können im Wesentlichen gleichartig aufgebaut sein, jedoch ist jedes weitere Segment 5.3 mit einem Vorgängersegment 5.3 verbunden. Das erste Segment 5.3 ist darin mit einer Basis 5.4 über ein Gelenk 5.5 verbunden, wobei die Basis 5.4 z.B. als um eine fahrzeugfeste Hochachse drehbares Drehwerk ausgeführt ist. Alternativ dazu könnte die Basis 5.4 allerdings auch auf beliebige andere Art und Weise ausgestaltet sein – wesentlich ist, dass das erste Segment 5.3 über ein Gelenk 5.5 mit der Basis 5.4 verbunden ist.

Zwischen der Basis 5.4 und dem ersten Segment 5.3 ist ein erstes Stellorgan 5.6 angeordnet, das vorzugsweise als Hydraulikzylinder ausgebildet ist; selbstverständlich kann das Stellorgan 5.6 auch in anderer Weise ausgeführt sein, z.B. als Hydraulikmotor. Das erste Stellorgan 5.6 ist dazu eingerichtet, das erste Segment 5.3 zu verschwenken. Die Verschwenkposition wird durch den konstruktiven Aufbau des ersten Segments 5.3, der Basis 5.4 sowie des Gelenks 5.5 und durch eine Auslenkung des Stellorgans 5.6 festgelegt. Um das erste Segment 5.3 zu verschwenken, wird vorzugsweise ein mit dem ersten Segment 5.3 und innerhalb des Hydraulikzylinders angeordneter Kolben mithilfe von auf den Hydraulikzylinder wirkenden Druckdifferenzen verschoben. Das erste Segment 5.3 ist in der gezeigten Ausführungsform mit weiteren Segmenten 5.3 gelenkig verbunden, wobei jeweils ein Stellorgan 5.6 zwischen dem Vorgängersegment und dem Nachfolgesegment angeordnet ist, wobei das Stellorgan 5.6 in der zuvor beschriebenen Art und Weise ein Verschwenken der einzelnen Segmente 5.3 zueinander ermöglicht.

Im Rahmen dieser Offenbarung wird unter dem Begriff „Manipulator“ eine Arbeitseinrichtung wie z.B. ein Arm, ein Ausleger, ein Hubwerk, ein Hubgerüst oder ein Mast verstanden, die zum Ansteuern der Position und/oder einer Orientierung mindestens eines mittels mindestens einem Stellorgan 5.6 bewegbaren Segments 5.3 geeignet ist, wobei die Position und/oder Orientierung relativ zu einem Vorgängersegment 5.3 oder der Basis 5.4 erfolgt.

Fig. 2 zeigt das Transportfahrzeug 5.1 mit dem Großmanipulator 5.2 in einem beispielhaften Betriebszustand. Die einzelnen Segmente 5.3 sind darin dergestalt verschwenkt, dass diese gemeinsam eine Art Brücke bilden, die dazu geeignet ist, einen Massetransport über die Verbindung der einzelnen Segmente 5.3 hin zu einer von dem Transportfahrzeug 5.1 abgelegenen Stelle zu ermöglichen. Dieses Erfordernis ist insbesondere bei Großmanipulatoren für Autobetonpumpen gegeben, bei welchen flüssiger Beton über weite Strecken gepumpt werden soll, wie folgend genauer ausgeführt wird.

Entlang der Segmente 5.3 ist zu diesem Zwecke eine (nicht gezeigte) Betonleitung, z.B. ein Förderrohr geführt, die an ihrem Ende einen Auslass 5.7 aufweist, der beispielsweise als herabhängender Endschlauch ausgeführt ist und der anhand der Ausrichtung der Segmente 5.3 gezielt an eine gewünschte Stelle/Position herangeführt werden kann. Aufgrund der großen Entfernungen, die hierbei mittels des Großmanipulators 5.2 und darin angesteuerter Stellorgane 5.6 überbrückt werden, der Elastizität und der Deformation der die Brücke bildenden Bauteile, Änderungen des Druckes in der Betonleitung, äußerer Umwelteinflüsse wie beispielsweise der Einwirkung von Windstößen und dergleichen kommt es zu Schwingungen einschließlich Auf- und Abbewegungen des Großmanipulators 5.2, insbesondere der einzelnen Segmente 5.3 und/oder der Betonleitung, wodurch die Einsatzfähigkeit des Großmanipulators 5.2 eingeschränkt werden kann und/oder im schlimmsten Fall eine Gefährdung der beteiligten Personen gegeben sein kann. Des Weiteren gilt es bei Großmanipulatoren 5.2 Sicherheitsmaßnahmen vorzusehen, die ein ungewolltes Absenken einzelner Segmente 5.3, wie dies beispielsweise durch einen Leitungsbruch einer Hydraulikleitung eines Hydraulikzylinders verursacht sein könnte, zu verhindern.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektrohydraulischen Steuerkreises, wie dieser insbesondere für die Anwendung bei obig beschriebenen Großmanipulatoren 5.2 verwendet werden kann. Zur einfacheren Lesbarkeit wurden die Bezugszeichen der vorangegangenen Figuren weiter verwendet und entsprechen, sofern nicht anders definiert, den vorangegangenen Elementen. Das bedeutet allerdings nicht, dass der elektrohydraulische Steuerkreis auf die in den vorangegangenen Figuren gezeigte Ausführungsform eingeschränkt zu betrachten ist. Darin ist ein elektrisch angesteuertes erstes Ventil 2.4 erkennbar, mit welchem ein Stellorgan 5.6, insbesondere der Hydraulikzylinder verfahren werden kann, indem dieses dem Stellorgan 5.6 zugeordnete Arbeitsleitungen A1, A2 mit einer Druckdifferenz beaufschlagt. Hierfür werden die Arbeits-

leitungen wahlweise jeweils mit einem ersten Druckversorgungssystem P2 oder einem ersten Rücklaufsystem T2 verbunden. Das erste Ventil 2.4 kann beispielsweise als elektromechanisch angesteuertes 4/3-Proportionalwegeventil ausgeführt sein. Die Ansteuerung des ersten Ventils 2.4 kann beispielsweise direkt mit Proportionalmagneten oder hydraulisch über vorgesteuerte Pilotventile durch eine elektronische Steuereinrichtung ECU (electronic control unit) erfolgen. Die elektronische Steuereinrichtung ECU überwacht den Zustand des Systems, ermöglicht die Implementierung komplexer Algorithmen, bietet eine Schnittstelle zur Kommunikation nach außen über ein Bus-System (beispielsweise CAN) sowie die Möglichkeit eine Vielzahl an Sensoren mit dieser zu verbinden. Ein Schaltventil 1.1, welches beispielsweise als elektromechanisch aktuiertes 3/2-Schaltventil ausgeführt ist, fungiert als zentrales Freigabeventil (auf diese Funktion wird im Folgenden noch näher eingegangen) und wird von der elektronischen Steuereinrichtung ECU angesteuert. Bei Bestromung des Schaltventils 1.1 durch die elektronische Steuereinrichtung ECU schaltet das Schaltventil 1.1 den einem zweiten Druckversorgungssystem P1 zugeordneten Steuerdruck auf die Sperrventile 2.1, 2.5 und 2.6, wodurch diese (zeitgleich) geöffnet werden und ermöglichen, dass ein dem Druckversorgungssystem P2 zugeordneter Versorgungsdruck abhängig von der Stellung/vom Zustand des ersten Ventils 2.4 auf eine Arbeitsleitung eines dem ersten Ventil 2.4 zugeordneten Stellorgans 5.6, insbesondere eines Hydraulikzylinders, beaufschlagt wird. Die Sperrventile 2.1, 2.5 und 2.6 sind vorzugsweise als entsperrbare Rückschlagventile ausgeführt. Die entsperrbaren Rückschlagventile verfügen vorzugsweise über eine Rückstellfeder, wodurch bei Nichtbestromung von dem dem Schaltventil 1.1 zugeordneten Elektromagneten ein definierter Zustand hergestellt wird, indem ein einem zweiten Rücklaufsystem T1 zugeordneter (niedriger) Tankdruck auf die Sperrventile 2.1, 2.5 und 2.6 aufgeschaltet wird.

Die Sperrventile 2.5 und 2.6 erfüllen eine Lasthaltefunktion, wenn sich der Steuerkreis in einem inaktiven Zustand befindet. Das Sperrventil 2.1 hat ebenfalls eine Sicherheitsfunktion, insbesondere verhindert es ein Aufdrücken der Sperrventile 2.5 oder 2.6 (durch den Versorgungsdruck) im Falle eines klemmenden Kolbens im ersten Ventil 2.4 außerhalb der Mittelage. Ein weiteres Sperrventil 2.2, das als Rückschlagventil ausgebildet ist, dient als mechanische Absicherung des Steuerkreises gegenüber einem Bruch in einer dem ersten Druckversorgungssystem P2 zugeordneten Versorgungsleitung. Dem Stellorgan 5.6 sind zwei Druckbegrenzungsventile 2.9 und 2.10 vorgeschaltet, die das Stellorgan 5.6, insbesondere den Hydraulikzylinder vor Beschädigung durch zu hohe Kammerdrücke schützen und so als

Überlastventile dienen. Darüber hinaus sind Drucksensoren 2.3, 2.7 und 2.8 vorgesehen, welche den Versorgungsdruck im aktiven Zustand des Steuerkreises und die Drücke messen, mit welchen das Stellorgan 5.6 (insbesondere die beiden Kammerdrücke/Arbeitsdrücke des Hydraulikzylinders) beaufschlagt wird. Der Steuerkreis weist in der gezeigten Ausführungsform weiters einen optionalen und besonders vorteilhaften zu dem ersten Ventil 2.4 parallel geschalteten hydraulischen Notkreis (Notbedienungsweig) auf, welcher aus Verfügbarkeitsgründen über eine separates dritte Druckversorgungsleitung P3 mit Öl versorgt. Der Notkreis ermöglicht ein Verfahren des Zylinders bei Ausfall der dem ersten Ventil 2.4 zugeordneten (oder vor- bzw. nachgeschalteten) Bauteile. Der Notkreis beinhaltet ein steuerbares Schaltventil 3.1, welches beispielsweise als elektromechanisch angesteuertes 4/3-Schaltventil 3.1 zur Steuerung der Fahrtrichtung vorgesehen ist, sowie zwei gegenseitig verkoppelte Ventile 3.2 und 3.3, welche vorzugsweise als Senkbremsventile in klassischer Verschaltung ausgeführt sind. Mithilfe nachgeschalteter Drosseln 3.4 und 3.5 kann die Fahrgeschwindigkeit begrenzt werden.

Der Steuerkreis weist des Weiteren einen ersten Sensor bzw. ein erstes Sensormittel 4.1 auf, welches an einem Segment 5.3 angeordnet ist und ein einer Deformation des Segments 5.3 entsprechendes erstes Messsignal – als „Deformationssignal“ bezeichnet – liefert. Zusätzlich ist ein zweiter Sensor bzw. ein zweites Sensormittel 4.2 vorgesehen, welches ein der räumlichen Orientierung des Segments 5.3 entsprechendes zweites Messsignal – als „Orientierungssignal“ bezeichnet – liefert. Darüber hinaus kann ein weiteres Sensormittel 4.3 vorgesehen sein, dass ebenfalls zur Feststellung der Orientierung heran gezogen wird. Die Sensormittel 4.1, 4.2 und 4.3 können beispielsweise über Bussysteme (z.B. CAN) an die elektronische Steuereinrichtung ECU angebunden sein.

Die elektronische Steuereinrichtung ECU überwacht den Zustand und das Verhalten des Steuerkreises bzw. eines zugehörigen Regelsystems mittels der zur Verfügung stehenden Sensoren. Wenn die elektronische Steuereinrichtung ECU ein Fehlverhalten erkennt, schaltet sie den Steuerkreis bzw. das Regelsystem eigenständig in einen sicheren Zustand.

Die Ansteuerung der elektronischen Steuereinrichtung ECU erfolgt über ein BUS-System (z.B. CAN), über welches Steuerungsbefehle und Sollwerte übertragen werden können, die beispielsweise über eine Benutzerschnittstelle (z.B. mit Joystick, Hebeln usw.) von einem Benutzer vorgegeben werden können. Des Weiteren können Statusinformationen des Steu-

erkreises bzw. des Regelsystems an übergeordnete Steuerungsgeräte übermittelt werden. Die für eine gewünschte Verfahrgeschwindigkeit notwendige Stellung des ersten Ventils 2.4 kann mittels Software anhand gemessener Druckverhältnisse ermittelt werden. Aufgrund der eingesetzten Sensoren kann der erforderliche Versorgungsdruck durch eine lokale elektronische Steuerungseinrichtung ECU an eine übergeordnete elektronische Steuerungseinrichtung ECU, welche beispielsweise eine Hydraulikpumpe steuert, über ein BUS-System übermittelt werden.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektrohydraulischen Steuerkreises. Darin ist die Anzahl der für die Lasthaltefunktion zuständigen Ventile (2.5, 2.6, 3.2 und 3.3) dadurch verringert, dass das Freigabeventil 1.1 durch ein 6/2-Wegschaltventil 2.11 als Selektor ersetzt wurde. Die Ansteuerung des Notkreises erfolgt über zwei Schaltventile 3.1a und 3.1b. In Fig. 4 ist die elektronische Steuerungseinrichtung ECU nicht explizit dargestellt, allerdings als gleichartig wie in Fig. 3 angebunden zu betrachten.

In Fig. 5 ist eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Regelsystems erkennbar, welches vorzugsweise, aber nicht zwingenderweise auf den zuvor beschriebenen Steuerkreis aufsetzen kann, und zur besseren Verständlichkeit in weiterer Folge aufbauend auf diesen Steuerkreis beschrieben wird (im Hinblick auf die Bezugszeichen gilt das bereits zuvor Gesagte).

Ein dem Regelsystem zugeordneter Regelalgorithmus läuft auf der elektronischen Steuereinrichtung ECU ab, der zur Steuerung der Verfahrgeschwindigkeit des Zylinders eingerichtet ist, womit diese als eine Stellgröße des Regelsystems aufgenommen werden kann. Eine lokale Rückkopplung eines dynamischen Anteils eines ein Deformationssignal liefernden ersten Sensors 4.1, der insbesondere als Dehnmessstreifen ausgeführt ist, kann zur Dämpfung der gesamten Auslegerstruktur (bestehend aus einer Aneinanderreihung von Segmenten AL (die einen Ausleger bilden, entsprechend den Segmenten 5.3 – es kann aber auch nur ein einziges Segment AL vorgesehen sein) verwendet werden. Um einen stationären Anteil des Deformationssignals, dessen Rückkopplung keinen Dämpfungseffekt erzielt, zu eliminieren, werden geeignete Hochpassfilter verwendet. Die Gelenkstellungen der Gelenke 5.5 bzw. die Auslenkung zumindest eines Steuerorgans 5.6 (und somit die Ausrichtung der Segmente 5.3) kann somit insbesondere beim Auftreten elastischer Schwingungen durch das

Regelsystem aktiv beeinflusst werden. Bei einem Pumpbetrieb beispielsweise einer Autobetonpumpe könnte ein Eingriff des Regelsystems zu einer Driftbewegung der Segmente 5.3 und damit zu einer Abweichung von einer gewünschten Sollposition führen. Um eine stationäre Position dauerhaft einhalten zu können, sind daher zusätzliche Sensoren 4.2 und 4.3 vorgesehen, welche ein Orientierungssignal liefern und einen Rückschluss auf die Position einzelner Segmente 5.3 ermöglichen. Ein daraus resultierendes Regelgesetz ist in Fig. 5 erkennbar, in welches eine Rückkopplung eines lokalen Deformationssignals $\varepsilon_{DMS}(t)$ (welches z.B. durch einen lokal an einem Segment 5.3 angeordneten Sensor 4.2 oder 4.3 geliefert wird), einer gemessenen Auslenkung $s_z(t)$ und einem gewünschten Sollwert $s_z^d(t)$ eines Stellorgans 5.6 (insbesondere die Kolbenposition eines Hydraulikzylinders) vorsieht und wie folgt lautet:

$$u^c(t) = k_1 \varepsilon_{DMS}(t) - k_2 (s_z(t) - s_z^d(t))$$

$u^c(t)$ bezeichnet dabei die vom Regelgesetz ermittelte Stellgröße bzw. eine gewünschte Verfahrensgeschwindigkeit des Stellorgans 5.6. Das lokale Deformationssignals $\varepsilon_{DMS}(t)$ repräsentiert den dynamischen Anteil des gemessenen Deformationssignals (insbesondere einer Balkenkrümmung eines Segments 5.3), welches durch einen Hochpassfilter HP von einem stationären Anteil $\varepsilon_{DMS,stat}$ getrennt wird. Die Faktoren k_1 und k_2 sind Verstärkungsfaktoren und dienen zur Parametrierung des Regelsystems. Für positive Verstärkungsfaktoren $k_1, k_2 > 0$ weist das Regelsystem ein asymptotisch stabiles Verhalten auf. Anstelle der Regelung der Auslenkung des Stellorgans 5.6 könnte ebenso die Auslenkung eines Gelenks 5.5 geregelt werden.

Die Eingangsgröße eines Stellorgans 5.6 ist durch das Signal $s_v(t)$ dargestellt, welches beispielsweise die Kolbenposition eines Steuerventils beschreibt. Die elektronische Steuereinrichtung ECU kann jene Ventilstellung/en ermitteln, welche eine gewünschten Verfahrensgeschwindigkeit $u(t)$ eines Stellorgans 5.6 (also die Änderungsrate einer Auslenkung) bewirken (Geschwindigkeitssteuerung GS). Das Signal $u^d(t)$ entspricht einer von einem Benutzer vorgegebenen gewünschten Verfahrensgeschwindigkeit.

Um eine dynamisch anspruchsvolle Positionsregelung zu ermöglichen werden vorzugsweise Inertialsensoren in Form von IMUs bekannter Art an einzelnen Segmenten 5.3 angeordnet,

die der Ermittlung der Stellung des Gelenks 5.5 und/oder der Auslenkung des Stellorgans 5.6 und/oder der Orientierung eines Segments 5.3 dienen können. Es kann auch jedem Segment 5.3 ein Inertialsensor zugeordnet sein. Ein solcher Inertialsensor besteht beispielsweise aus einem dreiaxigen Drehratensensor in Kombination mit einem dreiaxigen Beschleunigungssensor. Zusätzlich dazu kann auch ein Erdmagnetfeldsensor vorgesehen sein, der eine von der Vertikalen abweichende, feststehende Richtung im Raum bestimmen kann. Da translatorische Bewegungen nur einen sehr geringen Einfluss auf Drehratensensoren haben, können deren Messungen herangezogen werden, um eine Verfälschung (Abweichungen von den realen Werten) eines aus Beschleunigungswerten ermittelten Neigungswinkels zu erkennen und zu korrigieren. Der Neigungswinkel wird durch Integration der gemessenen Drehrate ermittelt und mittels der Messungen der Beschleunigungssensoren stationär abgeglichen. Damit wird bei dynamischen (raschen) Bewegungen der Sensoren der Messfehler minimiert. Zur Umsetzung wird z.B. ein Beobachter der Form

$$\begin{aligned}\dot{\hat{\psi}}(t) &= -\hat{b}(t) + \dot{\psi}_{DRS}(t) + \hat{k}_1(\psi_{BS}(t) - \hat{\psi}(t)) \\ \dot{\hat{b}}(t) &= \hat{k}_2(\psi_{BS}(t) - \hat{\psi}(t))\end{aligned}$$

verwendet. Dabei bezeichnet $\hat{\psi}(t)$ den geschätzten Neigungswinkel, $\dot{\psi}_{DRS}(t)$ die gemessene Drehrate in der entsprechenden Achse und $\psi_{BS}(t)$ den mittels der Beschleunigungssensoren ermittelten Neigungswinkel. Durch den Schätzwert $\hat{b}(t)$ wird der Offset bzw. Bias des Drehratensensors kompensiert. Mit den beiden Parametern $\hat{k}_1$ und $\hat{k}_2$ wird die Dynamik des Beobachters beeinflusst. Werden mit $\hat{\psi}_n(t)$ und $\hat{\psi}_v(t)$ die geschätzten Neigungswinkel eines Segments 5.3 nach und vor einem dem Segment 5.3 zugeordneten Gelenk 5.5 bezeichnet, kann durch die Bildung der Differenz ein Gelenkwinkel $\varphi(t)$ ermittelt werden,

$$\varphi(t) = \hat{\psi}_n(t) - \hat{\psi}_v(t).$$

Bei Kenntnis der Geometrie einer dem Gelenk 5.5 zugeordneten Gelenkskonstruktion kann der Zusammenhang zwischen der Auslenkung $s_z(t)$ des Stellorgans 5.6 und dem Gelenkwinkel $\varphi(t)$ durch eine Funktion

$$s_z(t) = f(\varphi(t))$$

dargestellt werden. Die Auslenkung $s_z(t)$ kann auf diese Weise analytisch oder alternativ dazu durch Messung ermittelt werden.

Durch die direkte Applikation von zumindest einem ersten Sensor 4.1 an einem Segment 5.3 wird eine qualitativ bessere Messung von elastischen Schwingungen möglich. So kann selbst bei Auftreten von Haftreibung im Stellorgan 5.6 eine dynamische Bewegung eines Segments 5.3 erfasst werden, im Gegensatz zu Messanordnungen basierend auf Drucksensoren. Des Weiteren wird die Messung systematisch von Störeffekten, welche im hydraulischen System verursacht werden, entkoppelt.

Durch das beschriebene Verfahren zur Messung der Gelenkwinkel $\varphi(t)$ bzw. der Auslenkung $s_z(t)$ eines Stellorgans 5.6 kann der systematische Messfehler gegenüber bekannten Anordnungen signifikant reduziert werden. Dies ermöglicht eine Umsetzung einer Positionsregelung mit wesentlich höherer Güte. Die Vorteile einer kompakten und robusten Bauweise sind bei Inertialsensoren gegeben, welche im Zuge des erfindungsgemäßen Regelsystems bevorzugt eingesetzt werden.

Die Verwendung von Inertialsensoren bietet indessen noch weitere Vorteile. Zur Dämpfung eines Segments 5.3 können alternativ zur Rückkopplung des mit Dehnmessstreifen gemessenen Deformationssignals (beispielsweise eine Balkenkrümmung eines Segments 5.3) Beschleunigungswerte gemessen werden, da diese ebenso die auftretenden Kräfte an einzelnen Punkten eines Segments 5.3 repräsentieren. Durch die dreidimensionale Ausführung der Inertialsensoren kann damit mit den Sensoren neben der Dämpfung der Schwingungen sowie der Positionsregelung in der vertikalen Ebene ebenfalls eine Dämpfung der Schwingungen in der horizontalen Ebene erreicht werden, indem die gemessene horizontale Beschleunigung auf das Stellglied des Drehwerks rückgekoppelt wird. Falls der Inertialsensor zusätzlich mit einem Erdmagnetfeldsensor ausgestattet ist, so kann damit des Weiteren eine Überwachung und damit auch eine Regelung eines Drehwerkswinkels realisiert werden. Durch diese Multifunktionalität der Inertialsensoren können vielfältige Regelungs- und Steuerungsfunktionen daher mit insgesamt weniger Komponenten erfüllt werden, was zu einer Steigerung der Verfügbarkeit des Regelsystems führt.

Abschließend sei in Bezug auf Fig. 5 festgehalten, dass das Stellorgan 5.6 ebenso als „Aktor“ bezeichnet werden könnte und zumindest ein Segment 5.3 einen sogenannten „Ausleger“ bildet.

Eine bevorzugte Anordnung von Sensoren 4.2 und 4.3 an einem Masten (bzw. an Segmenten 5.3) ist in Fig. 6 dargestellt, welche eine Seitenansicht auf einen Ausschnitt eines Auslegers des Großmanipulator gemäß Fig. 1 zeigt. Die Sensoren 4.2 und 4.3 sind vorzugsweise als Inertialsensoren ausgeführt. Alternativ dazu kann auch lediglich ein Sensor 4.3 vorgesehen sein. Das Vorsehen beider Sensoren 4.2 und 4.3, die je vor bzw. nach dem Gelenk 5.5 angeordnet sind, erhöht allerdings die Redundanz der Messsignale zur Bestimmung der Orientierung des Segments 5.3, wodurch die Fehlertoleranz des Regelsystem erhöht werden kann bzw. Messfehler erkannt und/oder korrigiert werden können. Des Weiteren ist der erste Sensor 4.1 erkennbar, der vorzugsweise als Dehnmessstreifen ausgeführt ist und in einem Bereich des Segments 5.3 platziert wird, in welchem ein relevantes Deformationssignal den Maximalwert annimmt. Dieser Bereich liegt häufig in den ersten 20 % der Längserstreckung des jeweiligen Segments 5.3.

Die Erfindung kann auf vielfältig eingesetzt werden und ist nicht auf die gezeigten Ausführungsformen beschränkt. So können beispielsweise die Anzahl der Segmente variiert und/oder die Stellorgane 5.6 pneumatisch oder elektrisch ausgeführt werden. Die Erfindung ist nicht auf Großmanipulatoren beschränkt sondern kann in zahlreichen anderen Bereichen angewendet werden. Wesentlich sind die der Erfindung zugrunde liegenden Gedanken, welche in Anbetracht dieser Lehre durch einen Fachmann in mannigfaltiger Weise ausführbar sind und trotzdem als solche aufrechterhalten bleiben.

Bezugszeichenliste

(nicht Teil der Anmeldung)

1.1	Schaltventil
2.1	Sperrventil
2.2	Sperrventil
2.3	Drucksensor
2.4	erstes Ventil
2.5, 2.6	Sperrventile
2.7, 2.8	Drucksensoren
3.1	steuerbares Schaltventil
3.1a, 3.1b	Schaltventile
3.2, 3.3	verkoppelte Ventile
3.4, 3.5	Drosseln
4.1, 4.2, 4.3	erster Sensor bzw. erstes Sensormittel, zweiter Sensor bzw. zweites Sensormittel, Sensormittel
5.1	Transportfahrzeug
5.2	Großraummanipulator
5.3	Segment
5.4	Basis
5.5	Gelenk
5.6	Stellorgan
5.7	Auslass
AK	Stellorgan
AL	Ausleger
GS	Geschwindigkeitssteuerung
HP	Hochpassfilter
P2, T2	Druckversorgung
P2, T2	Erstes Druckversorgungs- und Rücklaufsystem
P1, T1	zweites Druckversorgungs- und Rücklaufsystem
P3	Druckversorgungsleitung
ECU	elektronische Steuereinrichtung

$u^c(t)$	Stellgröße
$\varepsilon_{DMS}(t)$	Deformationssignal
$\varepsilon_{DMS,stat}$	stationärer Anteil des Deformationssignals
k_1, k_2	Verstärkungsfaktoren
$\varphi(t)$	Gelenkwinkel
$\hat{\psi}(t)$	geschätzter Neigungswinkel
$\dot{\psi}_{DRS}(t)$	gemessene Drehrate
$\psi_{BS}(t)$	mittels Beschleunigungssensoren ermittelter Neigungswinkel
$s_z(t)$	gemessene Auslenkung
$s_z^d(t)$	Sollwert der Auslenkung
$u^d(t)$	vom Benutzer vorgegeben Verfahrensgeschwindigkeit
$\hat{b}(t)$	Schätzwert

ANSPRÜCHE

1. Elektrohydraulischer Steuerkreis zum Ansteuern eines hydraulisch betätigten Stellorgans (5.6), mittels dessen ein Segment (5.3) eines Manipulators, insbesondere eines Großmanipulators für Autobetonpumpen, hinsichtlich seiner Orientierung verstellbar ist, gekennzeichnet durch
ein elektrisch angesteuertes erstes Ventil (2.4), welches mit hydraulischen Arbeitsleitungen des Stellorgans (5.6) zu dessen Ansteuerung verbunden ist, sowie
in den Arbeitsleitungen des Stellorgans (5.6) vorgesehenen Sperrventile (2.5, 2.6), die an dem Stellorgan (5.6) oder dem diesem Stellorgan (5.6) zugeordneten Segment (5.3) angeordnet und für den Normalbetrieb des Stellorgans (5.6) entsperrrbar sind, wobei das Entsperren der Sperrventile (2.5, 2.6) durch eine von dem ersten Ventil (2.4) und den Sperrventilen (2.5, 2.6) gesonderte elektronische Steuereinrichtung (ECU) angesteuert wird.
2. Steuerkreis nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Ventil (2.4) an dem Stellorgan (5.6) oder dem Stellorgan (5.6) zugeordneten Segment (5.3) angeordnet ist.
3. Steuerkreis nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (ECU) als eine für das Segment (5.3) dedizierte elektronische Einrichtung ausgebildet ist, die vorzugsweise an dem Stellorgan (5.6) oder an dem Stellorgan (5.5) zugeordneten Segment (5.3) angeordnet ist.
4. Steuerkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Arbeitsleitungen des Stellorgans (5.6) mit Drucksensoren (2.7, 2.8) ausgestattet sind, deren Signale der Steuereinrichtung zur Überwachung der am Stellorgan (5.6) wirkenden Kräfte und/oder Momente und/oder Belastung zugeführt sind.
5. Steuerkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welcher von einer Druckversorgung (P2, T2) versorgt ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein Drucksensor (2.3) zur Überwachung der Druckversorgung (P2, T2) vorgesehen ist, zum Erzeugen eines Signals, das der Steuereinrichtung (ECU) zur Anpassung der Ansteuerung des ersten Ventils (2.4) an durch den Drucksensor (2.3) erfasste Druckschwankungen zugeführt ist.

6. Steuerkreis nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Ventil (2.4) als proportional wirkendes Ventil, insbesondere als Proportionalventil ausgeführt ist.
7. Steuerkreis nach einem Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (ECU) ein Schaltventil (1.1) ansteuert, welches hydraulische Entsperrleitungen der Sperrventile (2.5, 2.6) versorgt.
8. Steuerkreis nach einem Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung die Entsperrung der Sperrventile (2.5, 2.6) über elektromagnetische Betätigung ansteuert.
9. Steuerkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine zentrale elektronische Steuereinrichtung, die zum Steuern mehrerer Steuerkreise einer Vielzahl von Segmenten (5.3) eines Manipulators ausgelegt ist.
10. Steuerkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch dem Stellorgan (5.6) zugeordnete Sensormittel (4.1, 4.2, 4.3), die den Betriebszustand des Stellorgans (5.6) und/oder die räumliche Orientierung des zugeordneten Segments (5.3) erfassen und entsprechende Messsignale erzeugen, welche an eine dem Segment (5.3) und/oder dem Manipulator zugeordnete Orientierungssteuer/regeleinrichtung geführt sind.
11. Steuerkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen zu dem ersten Ventil (2.4) parallel geschalteten hydraulischen Notkreis, wobei der Notkreis bevorzugt zumindest ein steuerbares Schaltventil (3.1), welches an dem Stellorgan (5.6) oder dem Stellorgan (5.6) zugeordneten Segment (5.3) angeordnet ist und vorzugsweise über eine eigene Druckversorgungsleitung (P3) versorgt ist, sowie gegenseitig verkoppelte Ventile (3.2, 3.3) zum Erreichen einer Lasthaltefunktion aufweist.
12. Steuerkreis nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Notkreis zusätzlich Drosseln (3.4, 3.5) aufweist, die vorzugsweise jeweils in Serie mit je einem der Ventile (3.2, 3.3) des Notkreises geschaltet sind.
13. Steuerkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest das erste Ventil (2.4) durch eine Druckversorgung (P2) über eine Zulaufleitung versorgt ist, dadurch

gekennzeichnet, dass in der Zulaufleitung ein für den Normalbetrieb entsperresbares Sperrventil (2.1) angeordnet ist, dessen Entsperrung durch die elektronische Steuereinrichtung (ECU) gesteuert wird.

14. Steuerkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Arbeitsleitungen des Stellorgans (5.6) durch ein erstes Druckversorgungs- und Rücklaufsystem (P2, T2) versorgt sind, dadurch gekennzeichnet, dass ein von dem ersten System (P2, T2) unabhängiges zweites Druckversorgungs- und Rücklaufsystem (P1, T1) zur Versorgung von Steuerleitungen des Steuerkreises vorgesehen ist.

15. Manipulator, insbesondere Großmanipulator für Autobetonpumpen, welcher zumindest ein Segment (5.3), vorzugsweise zwei oder mehr Segmente (5.3), umfasst und auf einer vorzugsweise um eine vertikale Drehachse drehbaren Basis angeordnet ist, wobei das Segment (5.3) bzw. ein erstes der Segmente (5.3) mit der Basis sowie die Segmente (5.3) miteinander jeweils über ein Gelenk verbunden sind, an dem das betreffende Segment (5.3) gegenüber der Basis bzw. zueinander um festgelegte Drehachsen mittels zumindest eines hydraulisch betätigten Stellorgans (5.6) schwenkbar sind, gekennzeichnet durch einen elektrohydraulischen Steuerkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Steuern des Stellorgans (5.6) bzw. zumindest eines der Stellorgane (5.6).

1/4

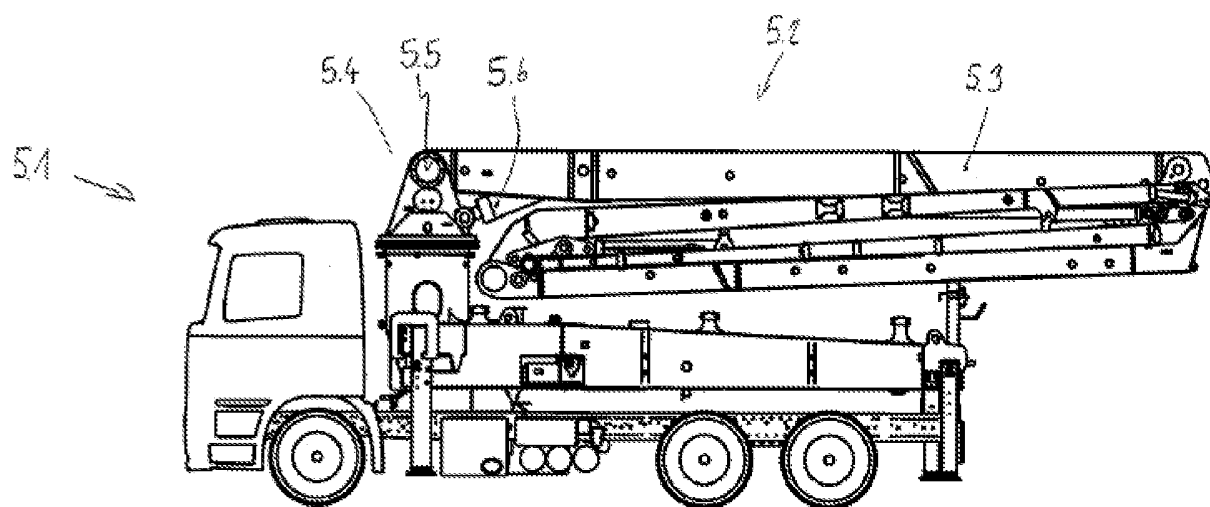


Fig. 1

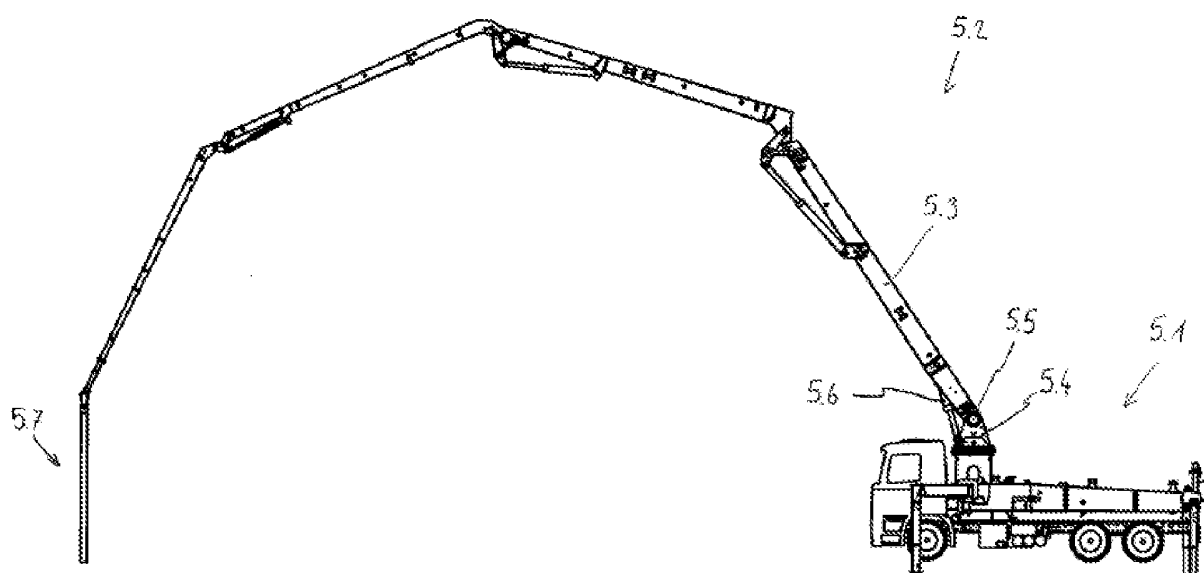


Fig. 2

2/4

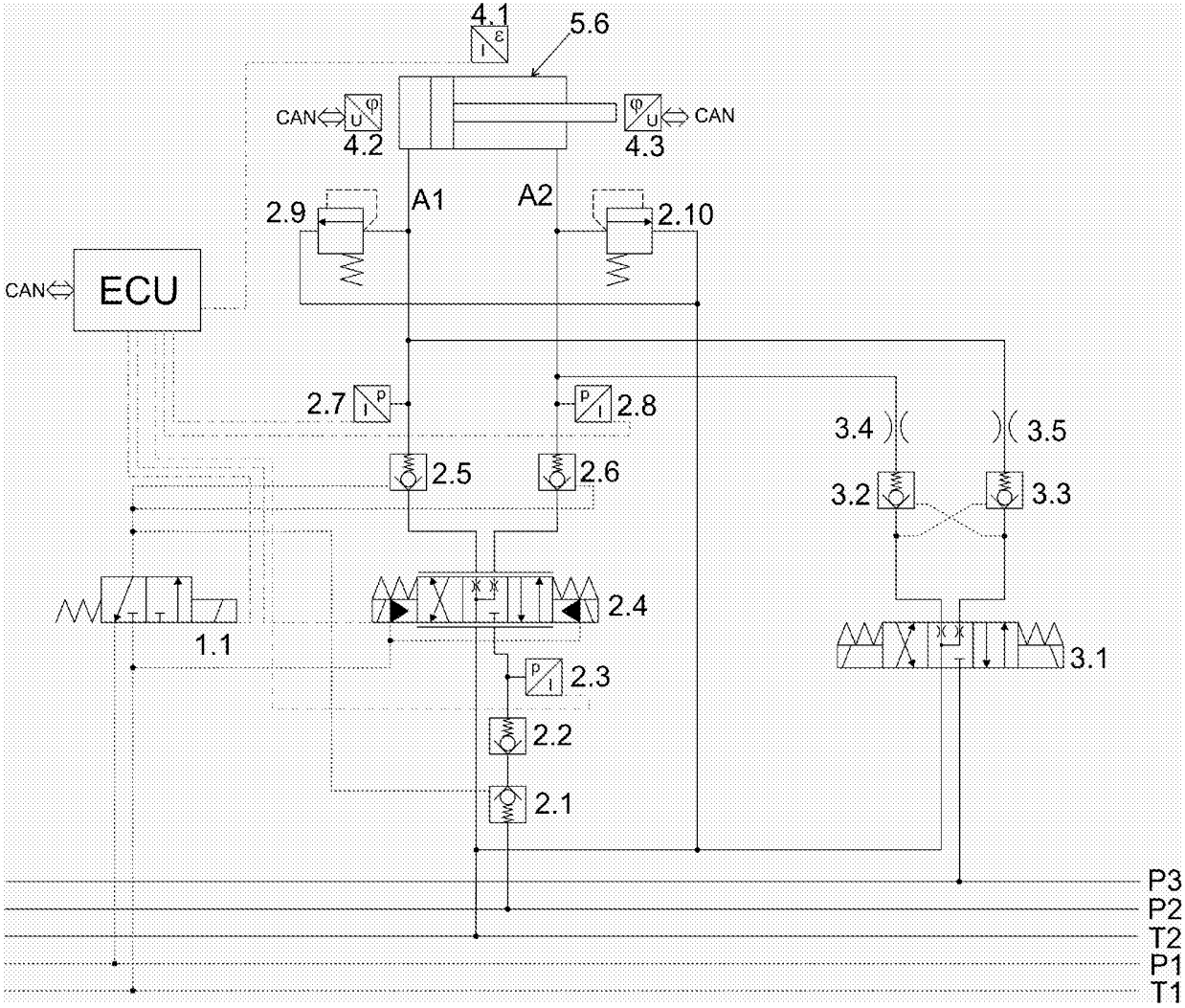


Fig. 3

3/4

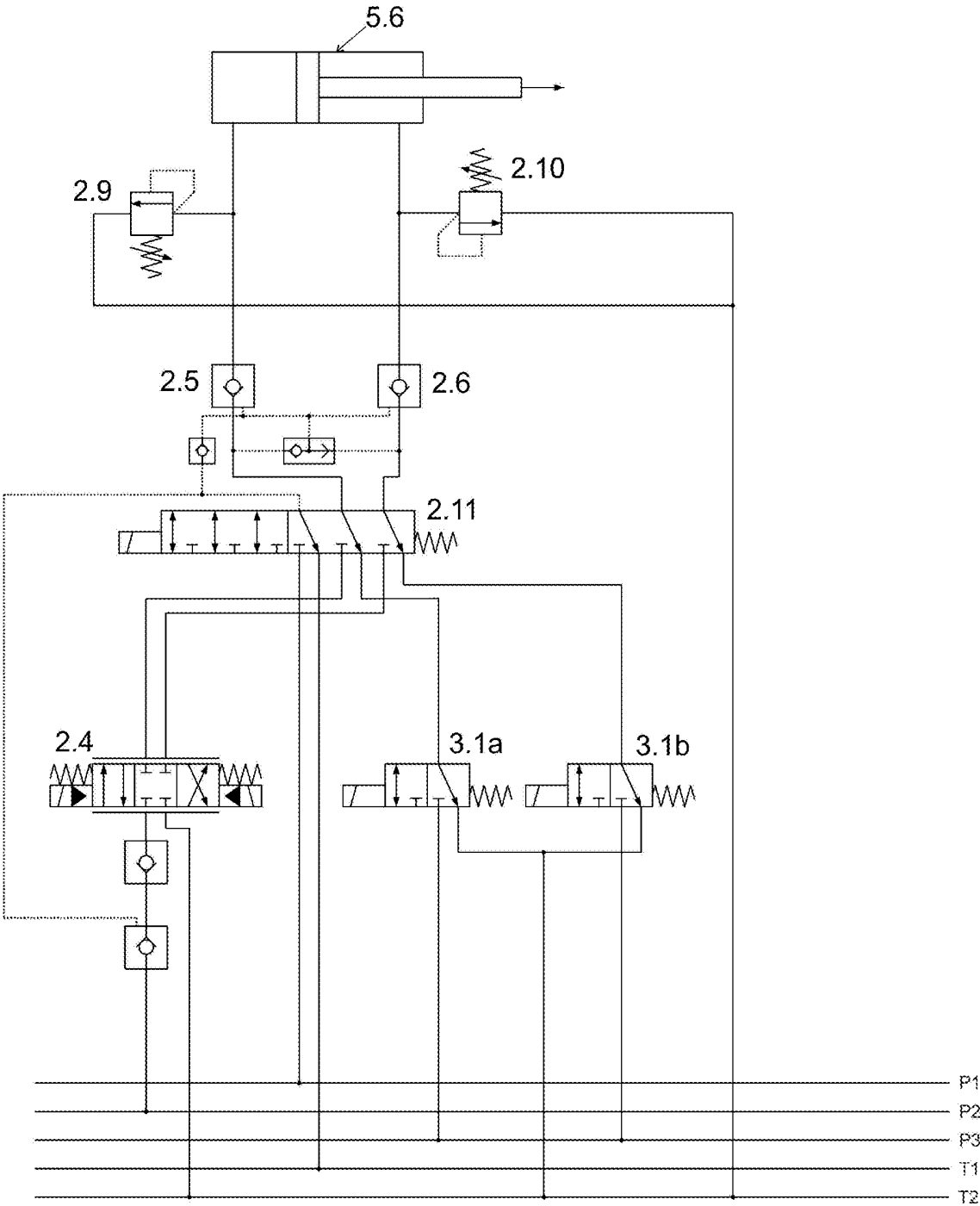


Fig. 4

4/4

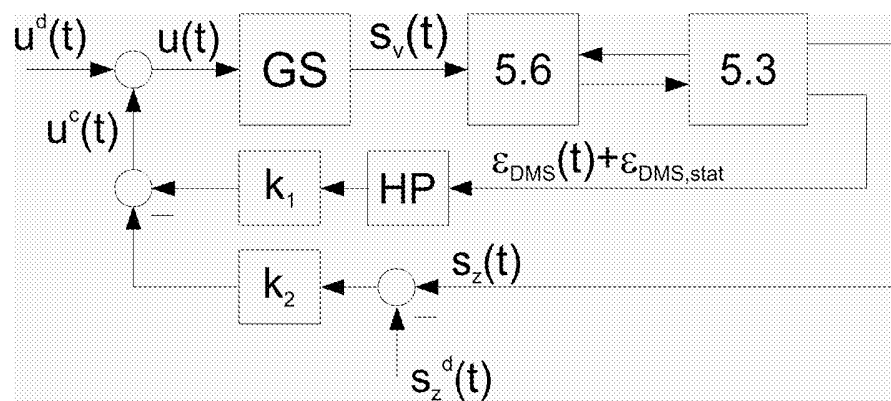


Fig. 5

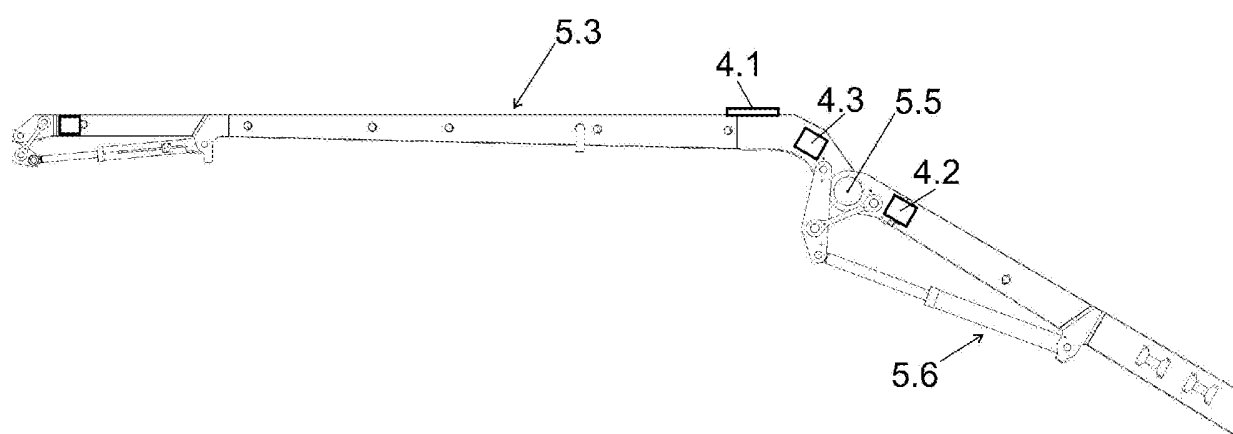


Fig. 6

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

F15B 21/08 (2006.01); **E04G 21/04** (2006.01); **B25J 9/06** (2006.01); **B66F 9/22** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

F15B 21/08 (2013.01); **E04G 21/0418** (2013.01); **B25J 9/06** (2013.01); **B66F 9/22** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

F15B, E04G, B25J, B66F

Konsultierte Online-Datenbank:

EPDOC, WPI

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **09.04.2013** eingereichten Ansprüchen **1-15** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y	EP 0190703 A1 (HITACHI) 13. August 1986 (13.08.1986) Zusammenfassung, Fig. 1	1-4, 6-8, 10, 15
Y	WO 2012041076 A1 (BEIQI FOTON MOTOR) 05. April 2012 (05.04.2012) Zusammenfassung, Fig. 2	1-4, 6-8, 10, 15
A	US 5860233 A (ROUBINET) 19. Jänner 1999 (19.01.1999) Zusammenfassung, Fig. 1	1, 15
A	US 3741337 A (VISINSKY) 26. Juni 1973 (26.06.1973) Zusammenfassung, Fig. 1	1, 15
A	US 6282893 B1 (PORTER et al.) 04. September 2001 (04.09.2001) Zusammenfassung, Fig. 1	1

Datum der Beendigung der Recherche:
27.02.2014

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

KUTZENBERGER Thomas

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand 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.

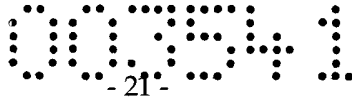
- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**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.

PATENTANSPRÜCHE

1. Elektrohydraulischer Steuerkreis zum Ansteuern eines hydraulisch betätigten Stellorgans (5.6), mittels dessen ein Segment (5.3) eines Manipulators, insbesondere eines Großmanipulators für Autobetonpumpen, hinsichtlich seiner Orientierung verstellbar ist, wobei ein elektrisch angesteuertes erstes Ventil (2.4), welches mit hydraulischen Arbeitsleitungen des Stellorgans (5.6) zu dessen Ansteuerung verbunden ist, sowie in den Arbeitsleitungen des Stellorgans (5.6) vorgesehenen Sperrventile (2.5, 2.6), die an dem Stellorgan (5.6) oder dem diesem Stellorgan (5.6) zugeordneten Segment (5.3) angeordnet und für den Normalbetrieb des Stellorgans (5.6) entsperrbar sind, wobei das Entsperrern der Sperrventile (2.5, 2.6) durch eine von dem ersten Ventil (2.4) und den Sperrventilen (2.5, 2.6) gesonderte elektronische Steuereinrichtung (ECU) ansteuerbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest das erste Ventil (2.4) durch eine Druckversorgung (P2) über eine Zulaufleitung versorgt ist, dadurch gekennzeichnet, dass in der Zulaufleitung ein für den Normalbetrieb entsperrbares Sperrventil (2.1) angeordnet ist, dessen Entsperrung durch die elektronische Steuereinrichtung (ECU) ansteuerbar ist.
2. Steuerkreis nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Ventil (2.4) an dem Stellorgan (5.6) oder dem Stellorgan (5.6) zugeordneten Segment (5.3) angeordnet ist.
3. Steuerkreis nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (ECU) als eine für das Segment (5.3) dedizierte elektronische Einrichtung ausgebildet ist, die vorzugsweise an dem Stellorgan (5.6) oder an dem Stellorgan (5.5) zugeordneten Segment (5.3) angeordnet ist.
4. Steuerkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Arbeitsleitungen des Stellorgans (5.6) mit Drucksensoren (2.7, 2.8) ausgestattet sind, deren Signale der Steuereinrichtung zur Überwachung der am Stellorgan (5.6) wirkenden Kräfte und/oder Momente und/oder Belastung zugeführt sind.
5. Steuerkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welcher von einer Druckversorgung (P2, T2) versorgt ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein Drucksensor (2.3) zur Über-

wachung der Druckversorgung (P2, T2) vorgesehen ist, zum Erzeugen eines Signals, das der Steuereinrichtung (ECU) zur Anpassung der Ansteuerung des ersten Ventils (2.4) an durch den Drucksensor (2.3) erfasste Druckschwankungen zugeführt ist.

6. Steuerkreis nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Ventil (2.4) als proportional wirkendes Ventil, insbesondere als Proportionalventil ausgeführt ist.
7. Steuerkreis nach einem Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (ECU) ein Schaltventil (1.1) ansteuert, welches hydraulische Entsperrleitungen der Sperrventile (2.5, 2.6) versorgt.
8. Steuerkreis nach einem Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung die Entsperrung der Sperrventile (2.5, 2.6) über elektromagnetische Betätigung ansteuert.
9. Steuerkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine zentrale elektronische Steuereinrichtung, die zum Steuern mehrerer Steuerkreise einer Vielzahl von Segmenten (5.3) eines Manipulators ausgelegt ist.
10. Steuerkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch dem Stellorgan (5.6) zugeordnete Sensormittel (4.1, 4.2, 4.3), die den Betriebszustand des Stellorgans (5.6) und/oder die räumliche Orientierung des zugeordneten Segments (5.3) erfassen und entsprechende Messsignale erzeugen, welche an eine dem Segment (5.3) und/oder dem Manipulator zugeordnete Orientierungssteuer/regeleinrichtung geführt sind.
11. Steuerkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen zu dem ersten Ventil (2.4) parallel geschalteten hydraulischen Notkreis, wobei der Notkreis bevorzugt zumindest ein steuerbares Schaltventil (3.1), welches an dem Stellorgan (5.6) oder dem Stellorgan (5.6) zugeordneten Segment (5.3) angeordnet ist und vorzugsweise über eine eigene Druckversorgungsleitung (P3) versorgt ist, sowie gegenseitig verkoppelte Ventile (3.2, 3.3) zum Erreichen einer Lasthaltefunktion aufweist.



12. Steuerkreis nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Notkreis zusätzlich Drosseln (3.4, 3.5) aufweist, die vorzugsweise jeweils in Serie mit je einem der Ventile (3.2, 3.3) des Notkreises geschaltet sind.

13. Steuerkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Arbeitsleitungen des Stellorgans (5.6) durch ein erstes Druckversorgungs- und Rücklaufsystem (P2, T2) versorgt sind, dadurch gekennzeichnet, dass ein von dem ersten System (P2, T2) unabhängiges zweites Druckversorgungs- und Rücklaufsystem (P1, T1) zur Versorgung von Steuerleitungen des Steuerkreises vorgesehen ist.

14. Manipulator, insbesondere Großmanipulator für Autobetonpumpen, welcher zumindest ein Segment (5.3), vorzugsweise zwei oder mehr Segmente (5.3), umfasst und auf einer vorzugsweise um eine vertikale Drehachse drehbaren Basis angeordnet ist, wobei das Segment (5.3) bzw. ein erstes der Segmente (5.3) mit der Basis sowie die Segmente (5.3) miteinander jeweils über ein Gelenk verbunden sind, an dem das betreffende Segment (5.3) gegenüber der Basis bzw. zueinander um festgelegte Drehachsen mittels zumindest eines hydraulisch betätigten Stellorgans (5.6) schwenkbar sind, gekennzeichnet durch einen elektrohydraulischen Steuerkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Steuern des Stellorgans (5.6) bzw. zumindest eines der Stellorgane (5.6).