



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 990 802 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
05.04.2000 Patentblatt 2000/14

(51) Int. Cl.⁷: **F15B 11/05**, F15B 11/044,
F15B 21/08

(21) Anmeldenummer: **99114323.1**

(22) Anmeldetag: **21.07.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **30.09.1998 DE 19844795**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH
70442 Stuttgart (DE)**

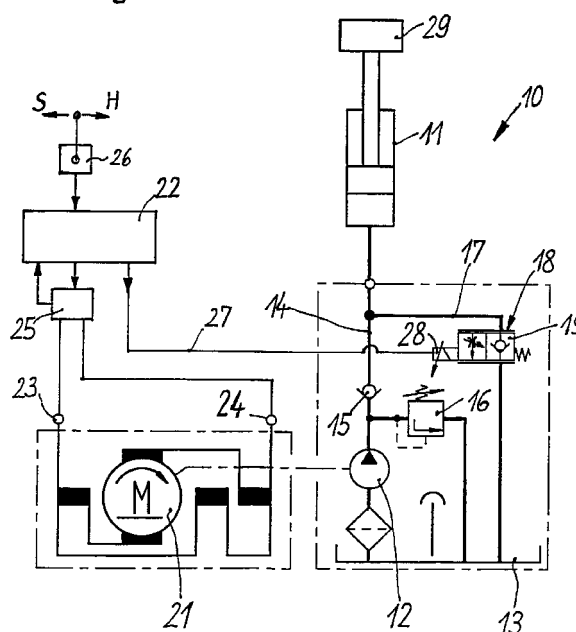
(72) Erfinder:

- **Arnold, Winfried**
71665 Vaihingen (DE)
- **Steudel, Wolfgang**
74321 Bietigheim-Bissingen (DE)
- **Lueues, Holger**
74321 Bietigheim-Bissingen (DE)
- **Zorn, Alexander**
75391 Gechingen (DE)

(54) **Elektrohydraulische Einrichtung zur Geschwindigkeitssteuerung eines hydraulischen Hubzylinders**

(57) Es wird eine elektrohydraulische Einrichtung (10, 40) zur Geschwindigkeitssteuerung eines hydraulischen Hubzylinders (11) vorgeschlagen, der beim Heben von einer Konstantpumpe (12) über ein Rückschlagventil (15) mit Druckmittel beaufschlagbar ist, wobei ein Teil des hydraulischen Volumenstroms von der Konstantpumpe (12) über ein in eine Bypaßleitung (17) geschaltetes Proportionaldrosselventil (18) zum Tank (13) abführbar ist. Die beim Senken abgeschaltete Konstantpumpe (12) ist nur beim Heben eingeschaltet und wird dabei mit konstanter Drehzahl von einem Gleichstrommotor (21) angetrieben, dessen elektrischer Motorstrom von einem Stromsensor (25) gemessen wird. Diese Meßgröße Motorstrom ist proportional zum Druck im Hubzylinder (11) und ermöglicht eine elektronisch lastkompensierte Steuerung des Hubzylinders (11), die auch beim Senken weitgehend wirksam ist.

Fig.1



EP 0 990 802 A2

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einer elektrohydraulischen Einrichtung zur Geschwindigkeitssteuerung eines hydraulischen Hubzylinders nach der im Oberbegriff des Anspruchs 1 näher angegebenen Gattung.

[0002] Es ist schon eine solche elektrohydraulische Einrichtung zur Geschwindigkeitssteuerung eines hydraulischen Hubzylinders aus der DE 41 40 409 A1 bekannt, mit der eine lastdruckunabhängige Steuerung beim Heben und Senken des Hubzylinders möglich ist. Dabei wird das Senken bei abgeschalteter Konstantpumpe mit einem Proportionaldrosselventil durchgeführt, dessen elektrische Ansteuersignale in einer elektronischen Steuereinrichtung erzeugt und korrigiert werden. Zu diesem Zweck sind in der elektronischen Steuereinrichtung Durchflußkennlinien des Proportionaldrosselventils gespeichert und ein elektrohydraulischer Drucksensor liefert lastabhängige Signale an das elektronische Steuergerät. Obwohl eine derartige elektronische Lastkompensation eine Reihe von Vorteilen aufweist, ist diese Einrichtung in mancher Hinsicht nicht optimal. So werden hier zwei Proportionalventile verwendet, von denen eines als Proportionaldrosselventil und das andere als Proportionaldruckventil ausgebildet sind; ferner ist eine verstellbare Meßblende für die Hebenfunktion vorgesehen. Der Ventilaufwand ist deshalb insgesamt gesehen relativ hoch. Außerdem wird ein elektrohydraulischer Drucksensor für das lastabhängige Signal verwendet, der ebenfalls ein relativ aufwendiges und teures Bauelement darstellt.

[0003] Ferner ist aus der DE 196 31 804 A1 eine elektrohydraulische Einrichtung zur Geschwindigkeitssteuerung eines hydraulischen Hubzylinders bekannt, bei der eine reversierbare Konstantpumpe über ein Rückschlagventil einen Hubzylinder beaufschlagt, wobei ein Teil der Förderung der Konstantpumpe wenigstens zeitweise über eine Verstelldrossel in einer Bypassleitung zum Tank zurückgeführt wird. Von Nachteil hier ist, daß die Konstantpumpe von einem Asynchronmotor angetrieben wird, dessen Drehzahl über einen Frequenzumrichter veränderbar ist, wobei zur Energieversorgung ein Drehstromnetz erforderlich ist. Eine elektronische Steuerung steuert dabei die Verstelldrossel anfangs vollkommen auf und mit zunehmender Drehzahl der Konstantpumpe wird deren Durchflußquerschnitt zugesteuert; dies hat den Nachteil, daß in dem Bereich der Steuerung mit Teilförderung zum Tank keine lastdruckkompensierte Steuerung möglich ist. Zudem baut die Einrichtung relativ aufwendig und teuer und arbeitet nicht als Regelkreis.

Vorteile der Erfindung

[0004] Die erfindungsgemäße elektrohydraulische Einrichtung zur Geschwindigkeitssteuerung eines

hydraulischen Hubzylinders mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil, daß sie eine lastdruckkompensierte Geschwindigkeitssteuerung eines Hubzylinders ermöglicht, wobei ein Proportionaldrosselventil in Sitzventilbauart im Verbund mit einer Elektropumpe arbeitet und über einen Sollwertsteller die Geschwindigkeit des Hubzylinders vorgebar ist, wobei die Einrichtung mit relativ geringem Aufwand baut und energiesparend arbeitet. Dabei läßt sich die lastdruckkompensierte proportionale Geschwindigkeitssteuerung sowohl für Heben als auch für Senken mit nur einem einzigen Proportionaldrosselventil erreichen. Weiterhin läßt sich durch die Steuerung und die Messung der Stromaufnahme der Elektropumpe entsprechend der Wunschgeschwindigkeit des Hubzylinders eine Energieeinsparung erzielen. Dabei ist der Einsatz eines nicht lastkompensierten Proportionaldrosselventils möglich, das jedoch zusammen mit der Elektronik eine lastkompensierte Steuerung erlaubt. Die Lastkompensation erfolgt dabei in der elektronischen Steuereinrichtung über die Software. Auch bei der Funktion Senken kann bei abgeschalteter Konstantpumpe der Lastdruck erkannt und für einen lastkorrigierten Senkenvorgang genutzt werden.

[0005] Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 angegebenen elektrohydraulischen Einrichtung zur Geschwindigkeitssteuerung möglich. Äußerst einfache, kostengünstige und vorteilhafte Lösungen ergeben sich, wenn als Stromsensor ein einfacher Meßwiderstand verwendet wird und wenn der Elektromotor als einfacher Gleichstrommotor ausgeführt ist. Ferner ist es besonders günstig, wenn gemäß Anspruch 5 in der elektrischen Steuereinrichtung die Leistung des Elektromotors überwacht wird und damit ein Überlastschutz ausgeführt wird. Auf einfache Weise kann dabei ein Abschalten des Elektromotors über sein zugeordnetes Relais durch die Software in der elektronischen Steuereinrichtung vorgenommen werden. Auf diese Weise wird ein sonst übliches hydraulisches Druckbegrenzungsventil eingespart. Weiterhin ist es günstig, wenn die elektrohydraulische Einrichtung zur Geschwindigkeitssteuerung eines hydraulischen Hubzylinders nach einem der Verfahren nach Anspruch 10 bis 13 betrieben wird. Eine besonders optimale Lastkompensation läßt sich dabei nach Anspruch 11 erreichen, wenn vor einem Senkenvorgang bei einem kurzen Meßhub in Richtung Heben ein genaues Lastsignal ermittelt wird. Besonders zweckmäßig ist es, wenn dabei gemäß Anspruch 12 während des Meßhubs zusätzlich das Proportionaldrosselventil gesteuert wird, um die Größe des Meßhubes möglichst gering zu halten. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den übrigen Ansprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung.

Zeichnung

[0006] Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der elektrohydraulischen Einrichtung zur Geschwindigkeitssteuerung eines hydraulischen Hubzylinders in stark vereinfachter Darstellung und

Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Einrichtung mit einer gegenüber Figur 1 mehr im Detail dargestellten elektrischen Steuereinrichtung.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0007] Die Figur 1 zeigt eine elektrohydraulische Einrichtung 10 zur Geschwindigkeitssteuerung eines hydraulischen Hubzylinders 11, der hier als einfachwirkender Arbeitszylinder ausgebildet ist, wie er in Hubwerken zum Heben und Senken von Lasten, insbesondere in Staplern, verwendet wird. Die Einrichtung 10 weist eine hydraulische Konstantpumpe 12 auf, die Druckmittel aus einem Tank 13 ansaugt und deren Druckseite über eine Arbeitsleitung 14 mit dem Hubzylinder 11 verbunden ist. In die Arbeitsleitung 14 ist ein die Last am Hubzylinder 11 absicherndes Rückschlagventil 15 geschaltet. Ferner ist die Druckseite der Konstantpumpe 12 über ein Druckbegrenzungsventil 16 hydraulisch abgesichert. Von der Arbeitsleitung 14 im Bereich zwischen Rückschlagventil 15 und Hubzylinder 11 zweigt eine Bypassleitung 17 ab, die über ein Proportionaldrosselventil 18 zum Tank 13 geführt ist. Das Proportionaldrosselventil 18 ist zum sicheren Absperren des Hubzylinders 11 in Sitzventilbauart ausgeführt und sichert in einer federzentrierten Ausgangsstellung 19 die Last am Hubzylinder 11 ab.

[0008] Die Konstantpumpe 12 wird mechanisch von einem Elektromotor 21 angetrieben, der hier als einfacher Gleichstrommotor ausgeführt ist. Der Elektromotor 21 wird von einer elektrischen Steuereinrichtung 22 angesteuert, wobei in die elektrische Verbindung zu dessen beiden Anschlußklemmen 23 und 24 ein Stromsensor 25 geschaltet ist. Dieser Stromsensor 25 ist in einfachster Weise als Meßwiderstand ausgeführt, wobei die von ihm ermittelte Meßgröße, nämlich der zum Elektromotor 21 fließende Strom, an die elektrische Steuereinrichtung 22 zurückgemeldet wird. Die elektrische Steuereinrichtung 22 steht ferner mit einem Sollwertsteller 26 in Verbindung, mit dem ein Sollwert für die Geschwindigkeit des Hubzylinders 11 bei seinem Heben und Senken vorgebar ist. Ferner werden in der elektrischen Steuereinrichtung 22 die Ansteuersignale in Form von elektrischen Strömen für das Proportionaldrosselventil 18 erzeugt und korrigiert, weshalb die Steuereinrichtung 22 über eine elektrische Steuerleitung 27 mit dem Magnetantrieb 28 des Proportional-

drosselventils 18 in Verbindung steht. In der elektrischen Steuereinrichtung 22 sind die Funktionen der Energieversorgung, eines Reglers, eines Rechners sowie eines elektronischen Speichers integriert, wobei die Steuereinrichtung in an sich bekannter Weise in Mikroprozessortechnik ausgeführt werden kann.

[0009] Die Wirkungsweise der elektrohydraulischen Einrichtung 10 wird in vereinfachter Form wie folgt erläutert:

[0010] Wird die elektrohydraulische Einrichtung 10 nicht betätigt, so befindet sich der Hebel des Sollwertstellers 26 in seiner Mittelstellung und die elektrische Steuereinrichtung 22 erhält kein Signal. Der Elektromotor 21 ist abgeschaltet und die Konstantpumpe 12 steht still. Die Last 29 am Hubzylinder 11 wird gehalten, da der Hubzylinder 11 von dem Rückschlagventil 15 in der Arbeitsleitung 14 und andererseits vom Sitzventil im Proportionaldrosselventil 18 in der Bypassleitung 17 sicher hydraulisch abgesperrt wird. Beim Halten der Last 29 wird somit keine Energie verbraucht.

[0011] Bei einem Heben der Last 29 am Hubzylinder 11 wird der Sollwertsteller 26 in Richtung Heben ausgelenkt und gibt dazu entsprechende Signale an die elektrische Steuereinrichtung 22. Dadurch schaltet die Steuereinrichtung 22 den Elektromotor 21 ein, wodurch die mit ihm fest gekoppelte Konstantpumpe 12 einen Volumenstrom fördert. Dieser Volumenstrom wird über das Rückschlagventil 15 in Richtung Hubzylinder 11 gedrückt und die Last 29 angehoben. Der Elektromotor 21, der als Gleichstrommotor ausgeführt ist, durchläuft nach dem Einschalten eine kurze Hochlaufphase und arbeitet anschließend dann mit konstanter Drehzahl, so daß auch die Konstantpumpe 12 einen konstanten Volumenstrom erzeugt. Der Elektromotor 21 hat abgesehen von der Hochlaufphase oder seiner Auslaufphase eine Stromaufnahme, deren Verlauf primär vom Lastdruck im Hubzylinder 11 abhängt. Es gilt somit der Zusammenhang, daß die Größe des elektrischen Stroms für den Antrieb des Elektromotors 21 proportional ist zum hydraulischen Lastdruck im Hubzylinder 11. Die Größe des elektrischen Stroms zum Elektromotor 21 wird aber vom Stromsensor 25 gemessen, der in einfachster Weise als Meßwiderstand ausgeführt werden kann. Der Istwert des gemessenen Stroms wird vom Stromsensor 25 an die elektrische Steuereinrichtung 22 zurückgeführt, so daß diese eine lastabhängige Größe erhält.

[0012] Bei vorliegender Einrichtung 10 gilt der Zusammenhang, daß sich die Hebengeschwindigkeit der Last 29 ergibt aus einem Produkt aus einer Konstanten des Hubzylinders 11 mit dem Volumenstrom Heben, wobei diese Hubgeschwindigkeit der Last 29 zugleich eine Funktion des Motorstroms im Stromsensor 25 darstellt. Es kann deshalb in der elektrischen Steuereinrichtung 22 der vom Stromsensor 25 gemessene Stromwert mit dem Hebensignal des Sollwertstellers 26 verglichen werden und entsprechend der Differenz aus diesen Signalen von der Steuereinrichtung 22 das Proportio-

naldrosselventil 18 zeitverzögert aufgesteuert werden, wobei ein Teil des von der Konstantpumpe 12 geförderten Volumenstroms in den Tank zurückfließt. Infolge der hydraulischen Verschaltung der Einrichtung 10 ergibt sich die Größe des in den Hubzylinder 11 hineinfließenden Volumenstroms Heben als Differenz aus dem Volumenstrom der Konstantpumpe 12 minus dem Volumenstrom, der über das Proportionaldrosselventil 18 zum Tank 13 abströmt. Da der Volumenstrom der Konstantpumpe 12 infolge der konstanten Drehzahl des Elektromotors 21 aber konstant ist und der Volumenstrom über das Drosselventil 18 steuerbar ist, ist auch die Größe des Volumenstromes Heben zum Hubzylinder 11 steuerbar. Die Größe des Volumenstroms über das Drosselventil 18 wird von der elektronischen Steuereinrichtung 22 so beeinflusst, daß der vom Sollwertsteller 26 vorgegebene Hebensollwert proportional ist zur Geschwindigkeit der Last 29 im Hubzylinder 11. Hierbei gilt der Zusammenhang, daß die Hubgeschwindigkeit im Hubzylinder 11 proportional - allerdings im umgekehrten Sinn - ist zum Volumenstrom über das Drosselventil 18 und zudem proportional ist zu dem eingestellten Geschwindigkeitssollwert am Sollwertsteller 26. Von der elektrischen Steuereinrichtung 22 wird dabei sichergestellt, daß der geförderte Volumenstrom der Konstantpumpe 12 stets größer ist als der über das Drosselventil 18 zum Tank abgeführte Volumenstrom.

[0013] Bei der Ermittlung der Ansteuersignale in der elektrischen Steuereinrichtung 22 zum Betätigen des Proportionaldrosselventils 18 wird von der Überlegung ausgegangen, daß die in den elektrischen Gleichstrommotor 21 hineingesteckte elektrische Energie im wesentlichen gleich ist der von der Konstantpumpe 12 erzeugten hydraulischen Energie. Die an den Anschlußklemmen 23, 24 des Elektromotors 21 anliegende Versorgungsspannung liegt in der elektrischen Steuereinrichtung 22 vor. Der zum Elektromotor 21 fließende Strom wird vom Stromsensor 25 gemessen und diese Meßgröße der elektrischen Steuereinrichtung 22 zur Verfügung gestellt. Aus den verfügbaren Werten für Strom und Spannung am Elektromotor 21 kann die elektrische Steuereinrichtung 22 die elektrische Leistung des Elektromotors 21 ermitteln. Diese elektrische Leistung wird in eine hydraulische Leistung umgesetzt, die sich aus dem von der Konstantpumpe geförderten Volumenstrom und dem jeweiligen Lastdruck im Hubzylinder 11 ermitteln läßt. Da der Elektromotor 21 nach dem Einschalten mit gleichbleibender, an sich bekannter Drehzahl läuft, ist auch die Größe des Volumenstroms der Konstantpumpe 12 konstant und vorbekannt. Da die Größe des abfließenden Volumenstroms über das Proportionalventil 18 zum Tank 13 von der elektrischen Steuereinrichtung 22 steuerbar ist, ist auch der verbleibende Volumenstrom Heben zum Hubzylinder 11 ermittelbar. Da bei vorliegender Einrichtung 10 der hydraulische Lastdruck im Hubzylinder 11 proportional ist zu dem vom Stromsensor 25 ermittelten Stromwert, kann auch diese Größe in der elektrischen

Steuereinheit 22 berücksichtigt werden. Mit dem Proportionaldrosselventil 18 steht zur Steuerung des Volumenstroms ein Ventil zur Verfügung, das für sich allein nicht lastdruckkompensiert ist. Andererseits stellt der Stromsensor 25 mit seiner Meßgröße Hebenstrom ein Signal für die elektrische Steuereinrichtung 22 zur Verfügung, das bei vorliegender Einrichtung 10 proportional ist zum hydraulischen Lastdruck im Hubzylinder 11. Ferner sind in der elektrischen Steuereinrichtung 22 druckabhängige Kennlinien des Proportionaldrosselventils 18 gespeichert. Mit ihnen kann die elektrische Steuereinrichtung 22 die Ansteuersignale für das Proportionaldrosselventil 18 so korrigieren, daß insgesamt eine elektronische Lastkompensation möglich ist. Bei vorliegender elektrohydraulischer Einrichtung 10 entsteht somit eine Regelschleife mit einem vom Sollwertsteller 26 vorgegebenen Geschwindigkeitssollwert, mit der vom Stromsensor 25 ermittelten Meßgröße Hebenstrom und mit der elektrischen Spannung am Elektromotor 21 als Istwerte für die Motorleistung und das Drehmoment sowie mit dem Proportionaldrosselventil 18 als Stellglied für die Hebegeschwindigkeit. Mit dem Sollwertsteller 26 kann somit in lastdruckkompensierter und proportionaler Weise die Hebegeschwindigkeit der Last 29 am Hubzylinder 11 gesteuert werden.

[0014] Zum Senken der Last 29 am Hubzylinder 11 wird der Sollwertsteller 26 in Richtung Senken ausgeleitet. Über die elektrische Steuereinrichtung 22 sind dabei der Elektromotor 21 und die Konstantpumpe 12 abgeschaltet. Der bei einem vorangehenden Hebenvorgang gemessene Stromwert vom Stromsensor 25 ist in der Steuereinrichtung 22 gespeichert, wobei dies dem zuletzt gemessenen Lastdruckwert entspricht. Proportional zur Stellung des Sollwertstellers 26 wird nun das Proportionaldrosselventil 18 aufgesteuert, wobei die elektrische Steuereinrichtung 22 über eine geeignete steuerbare Stromquelle verfügt. Entsprechend dem aufgesteuerten Durchflußquerschnitt im Proportionaldrosselventil 18 wird das Öl abhängig vom Lastdruck im Hubzylinder 11 zum Tank 13 zurückgepreßt, wobei lediglich die Gewichtskraft der Last 29 wirksam ist. Auch für den Senkenvorgang sind in der elektrischen Steuereinrichtung 22 Durchflußkennlinien für unterschiedliche Drücke des Proportionaldrosselventils 18 gespeichert, so daß auch hier unter Berücksichtigung des beim Heben zuletzt gespeicherten Stromwerts des Stromsensors 25 ein im wesentlichen lastkompensiertes Senken der Last 29 am Hubzylinder 11 möglich ist. Dabei kann es auch zweckmäßig sein, beim Hebenvorgang aus der mittleren Stromaufnahme am Stromsensor 25 den Korrekturfaktor für Senken zu errechnen und zu speichern.

[0015] Da bei der elektrohydraulischen Einrichtung 10 der Elektromotor 21 nur in Betriebszustand Heben arbeitet, während das Senken bei stillstehendem Elektromotor 21 durch die Gewichtskraft der Last 29 über das Proportionaldrosselventil 18 erfolgt, stellt der Stromsensor 25 auch keine momentane Meßgröße für

den Strom und damit den Lastdruck zur Verfügung. In manchen Fällen kann es nun vorkommen, daß die elektronische Lastkompensation beim Senken mit dem gespeicherten Stromwert keine ausreichende Genauigkeit ergibt, da die Last 29 beim Senken stark von der Last beim vorausgegangenen Heben abweicht, wie dies zum Beispiel beim Absetzen, Aufnehmen oder Wechseln von Paletten der Fall ist. Um auch in diesem Fall ein genaueres Lastsignal zu erhalten, wird ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem die elektrische Steuereinrichtung 22 bei jedem Betätigen des Sollwertstellers 26 in Richtung Senken zunächst den Elektromotor 21 einschaltet, um eine sehr kurze Hubbewegung zu bewirken. Bei diesem kurzen Meßhub kann, nach der Einschaltstromspitze, der Motorstrom von dem Stromsensor 25 gemessen werden. Die elektronische Steuereinrichtung 22 setzt dieses Signal vom Stromsensor 25 um und kann damit ein noch genaueres lastkompensiertes Senken durchführen. Die Zeitdauer dieser vorgeschalteten Hubbewegung, also des Meßhubes, vor dem eigentlichen Senken müsste so ausgelegt werden, daß in jedem Fall eine stationäre Geschwindigkeit erreicht wird, um einen genauen Meßwert des Stromes zu erhalten.

[0016] Um bei dem aufgezeigten Verfahren mit der vorgeschalteten Hubbewegung dafür zu sorgen, daß ein noch geringerer und gedämpfter Meßhub erzeugt wird, wird weiterhin vorgeschlagen, mit dem Einschalten des Elektromotors 21 das Ventilglied des Proportionaldrosselventils 18 einen definierten, geringen Weg öffnen zu lassen. Dadurch wird ein Teil der Fördermenge beim Meßhub in den Tank geleitet und somit der Meßhub selbst verringert. Auch die Stromaufnahme ist kleiner, steht aber wiederum in Zusammenhang mit der Last 29 und dem an sich bekannten Schieberweg im Proportionaldrosselventil 18 und liefert somit ein verwertbares Signal, um ein genaueres, lastdruckkompensiertes Senken zu steuern. Mit den aufgezeigten Verfahren lassen sich somit durch den zusätzlichen Meßhub genauere lastabhängige Stromsignale generieren und somit die Qualität der Lastdruckkompensation beim Senken verbessern.

[0017] Die Figur 2 zeigt eine zweite elektrohydraulische Einrichtung 40 zur Geschwindigkeitssteuerung eines hydraulischen Hubzylinders 11, die sich von der Einrichtung 10 nach Figur 1 vor allem dadurch unterscheidet, daß der Aufbau der elektrischen/elektronischen Steuereinrichtung 22 näher dargestellt ist. Im übrigen sind gleiche Bauelemente wie in Figur 1 mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0018] Die zweite Einrichtung 40 weist als Stromsensor einen einfachen Meßwiderstand 25 auf, der in die Stromzuführung zum Elektromotor 21 geschaltet ist. Die elektrische Energie wird an einem Versorgungsanschluß 41 mit einer Batteriespannung zugeführt. Zum Zu- und Abschalten des Elektromotors 21 ist noch stromaufwärts vom Meßwiderstand 25 ein Relais 42 in die Stromzuführung geschaltet. Die Größe des elektri-

schen Stroms über dem Meßwiderstand 25 wird abgegriffen und einem Strom-Spannungs-Wandler 43 zugeführt, dessen Ausgangssignal von einem Filter 44 geglättet wird und dessen Ausgangsgröße an einem ersten Eingang 45 eines ersten Rechners 46 anliegt. Ferner wird dem ersten Rechner 46 an einem zweiten Eingang 47 die am Elektromotor 21 anliegende Motorspannung zugeführt. An einem dritten Eingang 48 des ersten Rechners 46 liegt die Batteriespannung vom Versorgungsanschluß 41 an. In dem ersten Rechner 46 findet nun eine Leistungsberechnung mit den eingegebenen Größen Strom und Spannung statt, wobei auch die Charakteristik des Elektromotors 21 korrigiert wird. Insbesondere wird auch dessen Anlauf- und Auslaufverhalten berücksichtigt, so daß am Ausgang 51 des ersten Rechners 46 ein im wesentlichen linearisierter Istwert der Leistung ausgegeben wird. Dieses Leistungssignal am Ausgang 51 wird nun in einem Summenpunkt 52 mit einem Sollwertsignal des Sollwertstellers 46 verglichen und das daraus gebildete Differenzsignal einem zweiten Rechner 53 eingegeben, der für die Hebenfunktion zur Anpassung einen Korrekturwert errechnet, und mit diesem ein erstes Rechenglied 54 im elektrischen Hebenpfad der Steuereinrichtung 22 ansteuert. Das vom Sollwertsteller 26 vorgegebene Hebensignal ist nicht nur ein Maß für die geforderte Leistung, sondern infolge der hier vorliegenden Zusammenhänge auch zugleich ein Maß für die Geschwindigkeit der Last 29 im Hubzylinder 11. Dieses Hebensignal wird nun im ersten Rechenglied 54 in Abhängigkeit von dem im zweiten Rechner 53 ermittelten Korrekturwert korrigiert und über einen Hebenschalter 55 zu einem elektrischen Stromregler 56 geführt, der mit einem dazu proportionalen Signal den Magnetantrieb 28 am Proportionaldrosselventil 18 ansteuert. Der Stromregler 56 wird zu diesem Zweck vom Versorgungsanschluß 41 her mit der Batteriespannung beaufschlagt. Dabei sind in dem ersten Rechenglied 54 dem Proportionaldrosselventil 18 zugeordnete Kennlinien 57 für unterschiedliche Drücke gespeichert, mit deren Hilfe das Ansteuersignal für das Proportionaldrosselventil 18 so korrigiert wird, daß insgesamt eine elektronische Lastkompensation beim Heben der Last 29 steuerbar ist. Beim Verstellen des Sollwertstellers 26 in Richtung Heben wird dessen Sollwertsignal zugleich einem ersten Schwellwertschalter 58 zugeführt, der eine Freigabe der Hebenfunktion steuert und dessen Ausgangssignal das Relais 42 zum Einschalten des Elektromotors 21 steuert. Da ein Druckaufbau in der Hydraulik nach dem Einschalten des Elektromotors 21 mit Hilfe des Relais 42 eine begrenzte Zeit in Anspruch nimmt, wird die am zweiten Eingang 47 des ersten Rechners 46 anliegende Motorspannung auch einem Verzögerungsglied 59 zugeführt, das den Hebenschalter 55 steuert. Auf diese Weise wird eine durch das Relais 42 bedingte Verzögerung im hydraulischen Druckaufbau korrigiert und das Proportionaldrosselventil 18 verzögert angesteuert, so daß kein unbeabsichtig-

ter Druckabfall entstehen kann.

[0019] Für die Funktion Senken wird der Sollwertsteller 26 in entgegengesetzter Richtung verstellt und dieses Sollwertsignal in entsprechender Weise wie im Hebenpfad einem zweiten Rechenglied 61 zugeführt, in dem eine Berechnung und Korrektur des Senkenstroms zum Ansteuern des Proportionaldrosselventil 18 stattfindet. Auch hier wird das Ausgangssignal des zweiten Rechenglieds 61 über einen Senkenschalter 62 zum elektrischen Stromregler 56 geführt, wobei der Senkenschalter 62 von einem zweiten Schwellwertschalter 63 angesteuert wird, der in entsprechender Weise für die Freigabe der Senkenfunktion maßgebend ist. Da beim Senken der Elektromotor 21 abgeschaltet ist, wird das Leistungssignal am Ausgang 51 des ersten Rechners 46 einem dritten Rechner 64 zugeführt, der in Anpassung der Senkenkorrektur einen entsprechenden Korrekturwert errechnet und mit diesem das zweite Rechenglied 61 ansteuert. Dabei wird der dritte Rechner 64 von einem Abtasthalteglied 65 mit einem Speichersignal angesteuert, wobei das Abtasthalteglied 65 von dem ersten Schwellwertschalter 58 aktivierbar ist. Auf diese Weise wird eine übliche Sample- and Hold-Schaltung realisiert, so daß der beim Abschalten der Hebenfunktion zuletzt vorhandene Lastwert gespeichert und für die anschließende Senkenkorrektur benutzt werden kann.

[0020] Darüberhinaus wird das am Ausgang 51 des ersten Rechners 46 verfügbare Leistungssignal einem Überlastschalter 66 zugeführt, der auf das Ausgangssignal des ersten Schwellwertschalters 58 einwirken kann und somit über das Relais 42 ein Abschalten des Elektromotors 21 ermöglicht. Auf diese Weise läßt sich ein Überlastschutz bei der zweiten Einrichtung 40 realisieren, so daß auf ein zusätzliches hydraulisches Druckbegrenzungsventil zur Absicherung der Konstantpumpe verzichtet werden kann.

[0021] Die Wirkungsweise der zweiten Einrichtung 40 gleicht weitgehend derjenigen der ersten Einrichtung 10. Bei der zweiten Einrichtung 40 wird nun das Ein- und Ausschalten des Elektromotors 21 über ein Relais 42 gesteuert, da die Motorströme beträchtliche Größen annehmen können. In vorteilhafter und einfacher Weise wird dabei der durch das Schalten des Relais 42 verursachte, verzögerte hydraulische Druckaufbau dadurch berücksichtigt, daß ein auf den Hebenpfad 54, 55 einwirkendes Verzögerungsglied 59 für eine entsprechende Verzögerung in der Ansteuerung des Proportionaldrosselventil 18 sorgt, so daß kein Druckabfall im Hubzylinder 11 entstehen kann. Zudem läßt sich mit Hilfe des Relais 42 und eines Überlastschalters 66 auf einfache Weise ein Überlastungsschutz aufbauen. Im übrigen ist bei der zweiten Einrichtung 40 in gleicher Weise wie bei der ersten Einrichtung 10 nach Figur 1 eine proportionale und lastkompensierte Steuerung der Last 29 im Hubzylinder 11 möglich, wobei die Geschwindigkeit der Last 29 proportional ist zur Größe der Sollwertsignale am Sollwertsteller 26.

[0022] Die Mittel für die Verfahren mit zusätzlichem Meßhub sind bei der elektrischen Steuereinrichtung 22 in Figur 2 nicht näher angegeben; sie können aber jederzeit auch in der zweiten Einrichtung 40 ergänzt werden.

[0023] Selbstverständlich sind Änderungen an den gezeigten Ausführungsformen möglich, ohne vom Gedanken der Erfindung abzuweichen.

10 Patentansprüche

1. Elektrohydraulische Einrichtung zur Geschwindigkeitssteuerung eines hydraulischen Hubzylinders, der beim Heben von einer Konstantpumpe über eine Arbeitsleitung mit einem den Hubzylinder absichernden Rückschlagventil mit Druckmittel beaufschlagbar ist und der wenigstens beim Senken über ein Proportionaldrosselventil in Sitzventilbauart zum Tank entlastbar ist, wobei das Proportionaldrosselventil und ein die Konstantpumpe antreibender Elektromotor von einer elektrischen Steuereinrichtung ansteuerbar sind, die mit einem Sollwertsteller zur Vorgabe des Geschwindigkeitsollwertes in Verbindung steht und daß Mittel vorgesehen sind, die ein lastdruckunabhängiges Heben und Senken des Hubzylinders ermöglichen, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (10, 40) ein einziges Proportionalventil (18) aufweist, das in eine vom Hubzylinder (11) zum Tank (13) geführte Bypaßleitung (17) geschaltet ist und daß die Mittel einen den elektrischen Strom zum Elektromotor (21) messenden Stromsensor (25) aufweisen, dessen vom Lastdruck im Hubzylinder (11) abhängige Signale von der elektrischen Steuereinrichtung (22) für die Ansteuerung des Proportionalventils (18) verarbeitet werden, um eine lastdruckkompensierte Steuerung des Hubzylinders (11) zu ermöglichen.
2. Elektrohydraulische Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Stromsensor ein einfacher Meßwiderstand (25) ist, der in die elektrische Zuleitung zum Elektromotor (21) geschaltet ist.
3. Elektrohydraulische Einrichtung nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Elektromotor ein Gleichstrommotor (21) verwendet wird.
4. Elektrohydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein von der elektrischen Steuereinrichtung (22) ansteuerbares Relais (42) angeordnet ist, mit dem die Stromversorgung des Elektromotors (21) ein- und ausschaltbar ist.
5. Elektrohydraulische Einrichtung nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Steuereinrichtung (22) aus den Signalen des Stromsensors (25) und der Betriebsspannung am Elektromotor (21) dessen Belastung ermittelt und bei dessen Überlastung mittels eines Überlast-Schalters (66) das Relais (42) betätigt.

6. Elektrohydraulische Einrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrische Steuergerät (22) ein auf den Hebenpfad (54, 55) einwirkendes Verzögerungsglied (59) aufweist, das die Ansteuerung des Proportionaldrosselventils (18) so weit verzögert, daß der mit dem Schalten des Relais (42) verbundene, verzögerte Aufbau des hydraulischen Drucks kompensiert wird. 10
7. Elektrohydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Bypaßleitung (17) stromabwärts von dem den Hubzylinder (11) absichernden Rückschlagventil (15) von der Arbeitsleitung (14) abzweigt. 20
8. Elektrohydraulische Einrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Steuereinrichtung (22) aus den gemessenen Signalen für Strom und Spannung am Elektromotor (21) einen Istwert für die Leistung bzw. die Hubgeschwindigkeit der Last (29) ermittelt, der mit einem entsprechenden Sollwert vom Sollwertsteller (26) verglichen wird und daß das daraus gebildete Differenzsignal für die Korrektur des Hebenstromes zur Ansteuerung des Proportionalventils (18) verwendet wird. 25
9. Elektrohydraulische Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Steuereinrichtung (22) für die Ermittlung von Hebenstrom und Senkenstrom jeweils gesonderte Rechenglieder (54, 61) aufweist, in denen insbesondere dem Proportionaldrosselventil (18) zugeordnete Druckkennlinien (57) abgespeichert sind. 30
10. Elektrohydraulische Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Steuereinrichtung (22) ein Abtasthalteglied (65, 64) aufweist, das ein lastabhängiges Signal aus dem Hebenvorgang speichert und für die Korrektur des Senkenstromes zum Ansteuern des Proportionaldrosselventils (18) zur Verfügung stellt. 35
11. Verfahren zur Geschwindigkeitssteuerung eines hydraulischen Hubzylinders mit einer elektrohydraulischen Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Konstantpumpe (12) von dem Elektromotor (21) mit konstanter Drehzahl angetrieben wird und beim 40

Heben des Hubzylinders (11) ein Teil des von der Konstantpumpe geförderten Volumenstroms vom Proportionaldrosselventil (18) zum Tank (13) abführbar ist, während beim Senken die Konstantpumpe (12) abgeschaltet ist und der vom Hubzylinder (11) zum Tank (13) abfließende Druckmittelstrom von dem Proportionaldrosselventil (18) steuerbar ist, wobei die elektrische Steuereinrichtung (22) in beiden Fällen das Proportionaldrosselventil (18) derart steuert, daß eine Lastdruckkompensation erfolgt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Beginn eines Senkenvorganges des Hubzylinders (11) ein kurzer Meßhub in Richtung Heben durchgeführt wird und daß hierbei ein vom Stromsensor (25) ermitteltes, lastabhängiges Signal für die Korrektur des Ansteuersignals am Proportionaldrosselventil (18) beim Senkenvorgang verwendet wird. 45
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verringerung der Größe des Meßhubes das Proportionaldrosselventil (18) während des Meßhubes gleichzeitig in Öffnungsrichtung betätigt wird. 50
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Proportionaldrosselventil (18) während des Meßhubes gleichzeitig mit dem Einschalten des Elektromotors (21) betätigt und sein Steuerglied einen definierten, geringen Öffnungshub ausführt. 55

Fig.1

