(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 174 017 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
19.03.2014 Patentblatt 2014/12

(21) Anmeldenummer: **08759349.7**

(22) Anmeldetag: **27.06.2008**

(51) Int Cl.:
F15B 19/00 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/005260

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/007019 (15.01.2009 Gazette 2009/03)

(54) **EINMESSVERFAHREN UND EINMESSVORRICHTUNG**

MEASURING METHOD AND MEASURING DEVICE

PROCÉDÉ DE MESURE ET DISPOSITIF DE MESURE

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

(30) Priorität: **07.07.2007 DE 102007031793**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.04.2010 Patentblatt 2010/15

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70469 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
- **KACZOROWSKI, Michael**
  97816 Lohr am Main (DE)
- **MEYER, Peter**
  97840 Hafenlohr (DE)
- **BAUMEISTER, Klaus**
  97072 Würzburg (DE)

(74) Vertreter: **Thürer, Andreas**
Bosch Rexroth AG
BR/IPR
Zum Eisengiesser 1
D-97816 Lohr am Main (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 4 326 452
DE-A1- 19 806 544
US-B1- 6 282 891

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

EP 2 174 017 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Einmessverfahren zur Bestimmung eines Kennfelds einer Steuerelektronik bzw. Regelelektronik eines hydraulischen Antriebs gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Einmessvorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 12.

[0002] Hydraulische Antriebe werden seit geraumer Zeit mit Steuerelektroniken oder Regelelektroniken ausgestattet, um die in der industriellen Antriebstechnik geforderte Genauigkeit, hohe Ansprechgeschwindigkeiten und die Einhaltung von vorgegebenen Bahnkurven zu gewährleisten. Es ist wünschenswert, verschiedene hydraulische Antriebe mit möglichst einer standardisierten Steuer- oder Regelelektronik ausstatten zur können. Aufgrund einer Vielzahl variierender mechanischer Parameter der verschiedenen Ventile und Ventiltypen, der hydraulischen Verbraucher, und nicht zuletzt der installieren Druckmittelquelle und des Druckmittelleitungssystems, besitzt aber nahezu jedes elektro-hydraulische System sein eigenes Steuer- bzw. Regelverhalten. Daher besitzen übliche Steuerelektroniken oder Regelelektroniken eine Vielzahl einstellbarer Parameter, um das Steuer- bzw. Regelverhalten des hydraulischen Systems möglichst optimal an die mechanischen Gegebenheiten anzupassen. Bei einer hydraulischen Steuerkette - typischerweise ein Proportionalventil mit einem hachgeschalteten hydraulischen Verbraucher - ist das Ansteuersignal des Proportionalventils meist ein Maß für die Geschwindigkeit des hydraulischen Verbrauchers. Die Geschwindigkeit steht jedoch normalerweise in einem nicht-linearen Zusammenhang zu dem Ansteuersignal des Proportionalventils. Dies ist hauptsächlich durch die Gestaltung der Steuerquerschnitte am Ventil, dem nichtlinearen fluiddynamischen Zusammenhang zwischen Öffnungsquerschnitt und Durchflussmenge, sowie durch Überdeckungen in der Nullstellung des Ventils und durch die Flächenasymmetrie hydraulischer Verbraucher - z.B. Differentialzylinder - hinsichtlich der Bewegungsrichtung bedingt.

[0003] Das nicht-lineare Verhalten der hydraulischen Steuerkette wird mittels Kennfeldem in der Steuerelektronik oder Regelelektronik soweit möglich ausgeglichen. Vereinfacht gesagt, ist im Kennfeld eine inverse Kennlinie der hydraulischen Steuerkette abgelegt. Indem das Stellsignal für die hydraulische Steuerkette über das Kennfeld modifiziert wird, um ein Ansteuersignal für das Proportionalventil zu erhalten, erzielt man über weite Bereiche des Stellsignals einen konstanten Signal-Geschwindigkeits-Zusammenhang - im Folgenden auch Verstärkung genannt - der Kette aus Kennfeld, Proportionalventil und hydraulischer Verbraucher.

[0004] Aufgrund der Vielzahl der mechanischen Parameter der Ventile und hydraulischen Verbraucher, muss für jede Kombination aus Proportionalventil und hydraulischem Verbraucher eine eigene Kennlinie vermessen und ein eigenes Kennfeld berechnet werden. Es gibt Versuche dieses möglichst automatisiert durchzuführen.

[0005] In der DE 198 06 544 B4 wird für ein elektrohydraulisches System aus einer Steuerelektronik, einem Proportionalventil und einem Differentialzylinder ein Verfahren beschrieben, um eine Geschwindigkeits-Strom-Kennlinie der hydraulischen Steuerkette zu erhalten. Dabei wird für eine bestimmte Zeit ein bestimmter Ansteuerstrom an das Ventil geschaltet. Aus der in der bestimmten Zeit zurückgelegten Strecke des Zylinders wird dessen Geschwindigkeit bestimmt. Dieses Verfahren wird mit verschiedenen Werten für den Ansteuerstrom wiederholt, um Stützpunkte der Kennlinie zu erhalten. Ein Mikrokontroller der Steuerelektronik modifiziert mittels dieser gemessenen Kennlinie die Arbeitskennlinie für die Ansteuerung des Proportionalventils.

[0006] Nachteilig an diesem Konzept ist die zeitaufwendige Erfassung der einzelnen Geschwindigkeitswerte über separate Messungen. Es erfolgt zu Beginn jeder Messung eine starke Beschleunigung und am Ende der Messung ein starkes Abbremsen. Die Beschleunigung und das Abbremsen sollten nicht innerhalb der Messstrecke liegen, um das Messergebnis nicht zu verfälschen: Es ist eine separate Beschleunigungs- und Bremsstrecke einzuplanen. Der Zylinder muss vor einer Messung ggf. in eine geeignete Position gefahren werden, um genügend freie Strecke zur Verfügung zu haben. Dies erhöht den Zeitaufwand zusätzlich. Durch die abrupten Beschleunigungs- und Bremsvorgänge wird das elektro-hydraulische System mechanisch stark belastet. Es können Schwingungen auftreten, die die Belastung noch erhöhen und das Messergebnis verfälschen.

[0007] Die US 6,282,891 B1 beschreibt eine elektrohydraulische Steuerung für eine mobile Arbeitsmaschine. Zum Einmessen von Kennfeldern ist ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem Proportionalventile mit verschiedenen elektrischen Strömen C beaufschlagt werden. Dabei wird eine Positionsmessung an den über die jeweiligen Proportionalventile versorgten hydraulischen Zylinder vorgenommen. Aus der Positionskurve wird eine Fluidmenge Q errechnet, welche dem elektrischen Ansteuerstrom zugeordnet ist. Im Kennfeld wird einem Stromwert C der anteilige Wert Q% der Fluidmenge bei maximalen Ansteuerstrom zugeordnet. Es wird vorgeschlagen, eine Zeitverzögerung bei der Ventilansteuerung dadurch auszugleichen, dass ein nachfolgender, bei höherem Strom aufgenommener Q-Messwert mit dem eigentlichen Q-Messwert gemittelt wird.

[0008] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Bestimmung eines Kennfelds - insbesondere zur Verwendung bei einem hydraulischen Antrieb - zu vereinfachen.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Einmessverfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Einmessvorrichtung gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 9 gelöst.

[0010] Das erfindungsgemäße Einmessverfahren zur Bestimmung eines Kennfelds einer Steuerelektronik

bzw. Regelelektronik eines hydraulischen Antriebs, bei dem ein hydraulischer Verbraucher mittels eines Stellglieds ansteuerbar ist, bei dem das Kennfeld eine Zuordnung von Stellsignalwerten zu Ansteuersignalwerten für das Stellglied angibt, und bei dem eine Position des hydraulischen Verbrauchers mittels eines Positionssensors erfassbar ist, umfasst die folgenden Schritte: Es wird eine Ansteuersignalvorgabekurve erzeugt, welche in einem Vorgabezeitraum ein vorgegebenes Ansteuersignalintervall im Wesentlichen stetig durchläuft. Weiter wird die Ansteuersignalvorgabekurve und die Geschwindigkeitskurve des hydraulischen Verbrauchers in dem Vorgabezeitraum aufgezeichnet. Die Geschwindigkeitskurve wird mit Hilfe von erfassten Positionswerten des hydraulischen Verbrauchers bestimmt. Das Kennfeld wird anhand der aufgezeichneten Ansteuersignalvorgabekurve und der aufgezeichneten Geschwindigkeitskurve berechnet.

[0011] Dieses Verfahren erlaubt es, eine Vielzahl - wenn nicht sogar alle - der für die Berechnung des Kennfeldes benötigten Daten innerhalb eines zusammenhängenden vorgegebenen Erfassungszeitraums aufzuzeichnen. Da die Ansteuersignalvorgabekurve im Erfassungszeitraum ein Intervall durchläuft, stehen im Erfassungszeitraum eine große Zahl eng beieinander liegender Messpunkte sowohl für das Ansteuersignal als auch für die Geschwindigkeit des Verbrauchers zur Verfügung. Anstatt für jeden Ansteuersignalwert eine eigene Geschwindigkeitsmessprozedur durchzuführen, kann die Geschwindigkeitskurve und die Ansteuersignalvorgabekurve gemäß der vorliegenden Erfindung in einem kontinuierlichen Vorgang aufgezeichnet werden. Die Geschwindigkeit des Verbrauchers liegt ggf. in der Steuer- oder Regelelektronik ohnehin in Form eines Ableitungssignals der Position des Verbrauchers vor. Andernfalls lässt sie sich mit wenig Aufwand aus den Positionswerten berechnen. Mit der aufgezeichneten Geschwindigkeitskurve und der aufgezeichneten Ansteuersignalvorgabekurve liegen die zur Erzeugung des Kennfelds unmittelbar benötigten Daten bereits vor. Die Berechnung des Kennfelds aus diesen Daten gestaltet sich sehr einfach.

[0012] Zur Verbesserung der erzielten Genauigkeit kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ohne weiteres auf statistische Methoden, beispielsweise eine Mittelwertbildung, zurückgegriffen werden. Der im Wesentlichen stetige Verlauf der Ansteuersignalvorgabekurve erlaubt es, den Messvorgang mit maßvollen Beschleunigungswerten und einer geringen mechanischen Belastung des hydraulischen Antriebs durchzuführen.

[0013] Da der Einmessvorgang mit wenig Aufwand durchführbar ist, kann er in regelmäßigen oder unregelmäßigen Abständen wiederholt werden, um z.B. eine Alterung des hydraulischen Antriebs auszugleichen. Aus der Veränderung des Kennfelds kann ggf. auf den Verschleiß-Zustand des hydraulischen Antriebs geschlossen werden. Diese Information kann im Rahmen eines Condition Monitoring verwendet werden.

[0014] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist eine Einmessvorrichtung zur Bestimmung eines Kennfelds einer Steuerelektronik bzw. Regelelektronik eines hydraulischen Antriebs mittels eines Einmessverfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 vorgesehen, welche die Steuerelektronik bzw. Regelelektronik umfasst. Die Steuerelektronik bzw. Regelelektronik ist so eingerichtet, dass zumindest die folgenden Schritte des Einmessverfahrens durch die Steuerelektronik bzw. Regelelektronik ausführbar sind: Aufzeichnen der Ansteuersignalvorgabekurve in dem Vorgabezeitraum, Erfassen von Positionswerten des hydraulischen Verbrauchers in dem Vorgabezeitraum, und Aufzeichnen der Geschwindigkeitskurve des hydraulischen Verbrauchers in dem Vorgabezeitraum mit Hilfe der erfassten Positionswerte.

[0015] Auf diese Weise kann der Einmessvorgang weitestgehend automatisiert durchgeführt werden. Der Aufwand und die Anforderungen an zusätzliche Hardware sind sehr gering, da wichtige Schritte des Einmessverfahrens bereits durch die ohnehin vorhandene Steuerelektronik bzw. Regelelektronik unter Verwendung deren üblichen Eingangs- und Ausgangsschnittstellen - z.B. der Ventilansteuerausgang, der Sollwerteingang, der Eingang für den Positionssensor - durchgeführt werden. Die Berechnung der Kennlinie kann z.B. anhand der aufgezeichneten Werte auf einem handelsüblichen Computer erfolgen.

[0016] Bei der vorliegenden Erfindung wird die Ansteuersignalvorgabekurve durch Zuführen einer Positionsvorgabekurve an die Regelelektronik erzeugt. Dadurch wird eine ohnehin vorhandene Eingangsschnittstelle der Regelelektronik verwendet. Außerdem ist die Position des hydraulischen Verbrauchers stets durch die Positionsvorgabekurve bestimmt, d.h. die tatsächliche Position wird über die Regelelektronik der Vorgabeposition nachgeführt. Das Verhalten des hydraulischen Verbrauchers während der Aufzeichnung von Messwerten ist vorhersehbar. Es wird keinerlei zusätzliche Überwachung der Position des Verbrauchers während des Aufzeichnungsvorgangs benötigt. Dadurch kann der Einmessvorgang auf einfache und besonders sichere Weise auch an einer betriebsfertig installierten hydraulischen Anlage durchgeführt werden. Auch für mobile hydraulische Arbeitsmaschinen ist die einfache Vorhersehbarkeit der Verbraucherpositionskurve eine bedeutende Erleichterung zur Gewährleistung der Sicherheit während des Einmessvorgangs.

[0017] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Ansteuersignalvorgabekurve im Vorgabezeitraum ein Ansteuersignalintervall aufwärts und abwärts durchläuft und bezüglich eines in diesem Ansteuersignalintervall durchschrittenen Extrempunkt im Wesentlichen symmetrisch ist. Mittels den so aufgezeichneten Kurven des Ansteuersignals und der Verbrauchergeschwindigkeit lassen sich durch Mittelwertbildung Beschleunigungseffekte im Ansteuersignal herausmitteln, so dass bei der Kennlinienberechnung eine genaue Zuordnung eines Ansteuersignalwerts zu einem Geschwindigkeitswert er-

folgen kann. Vorzugsweise wird zu einem Geschwindigkeitswert ein Ansteuersignalmittelwert aus zwei dem Geschwindigkeitswert jeweils zugeordneten Werten aus einem ansteigenden und einem abfallenden Bereich der Ansteuersignalkurve gebildet und für die Berechnung des Kennfelds verwendet. Alternativ kann jedoch auch zu einem Ansteuersignalwert ein Geschwindigkeitsmittelwert aus zwei dem Ansteuersignalwert jeweils zugeordneten Werten aus einem ansteigenden und einem abfallenden Bereich der Geschwindigkeitskurve gebildet und für die Berechnung des Kennfelds verwendet werden.

[0018] Auf besonders einfache Weise wird die Ansteuersignalvorgabekurve und/oder die Positionsvorgabekurve gemäß einer periodischen Grundfunktion erzeugt. Vorzugsweise durchläuft die Ansteuersignalvorgabekurve und/oder die Positionsvorgabekurve in dem Vorgabezeitraum wenigstens eine, vorzugsweise aber zwei oder mehr Perioden der Grundfunktion. Geeignete Grundfunktionen sind z.B. die Kreisfunktionen, insbesondere Sinus und Kosinus. Unter Verwendung der Kreisfunktionen lassen sich kontinuierliche, sprungfreie Verläufe der Ansteuersignalvorgabekurve, der Geschwindigkeitskurve des Verbrauchers und der auf den Verbraucher wirkenden Beschleunigung erzielen.

[0019] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0020] Eine weitere bevorzugten Ausbildung der vorliegenden Erfindung sieht vor, dass die Anzahl erfasster Datenwerte der Ansteuersignalvorgabekurve und/oder der Geschwindigkeitskurve in einem Bereich eines geringen Betätigungsgrads des Stellglieds größer ist als in einem Bereich eines stärkeren Betätigungsgrads des Stellglieds. Auf diese Weise lässt sich die Genauigkeit des Kennfelds im Überdeckungsbereich des Ventils steigern. Außerdem lässt sich die Anzahl der aufgezeichneten Messwerte verringern und damit der Rechenaufwand und Speicherbedarf für die Bestimmung des Kennfelds verringern.

[0021] Eine bereits vorhandene Steuerelektronik bzw. Regelelektronik - insbesondere wenn diese einen Mikrokontroller besitzt - benötigt nur eine geringe Anpassung um das Einmessverfahren durchzuführen, wenn neben der Steuerelektronik bzw. Regelelektronik eine Rechenvorrichtung vorhanden ist, die dazu eingerichtet ist, den Schritt des Berechnens des Kennfelds anhand der Ansteuersignalvorgabekurve und der Geschwindigkeitskurve auszuführen. In diesen Fällen reicht die in der Steuerelektronik bzw. Regelelektronik vorhandene Rechenkapazität oder Speicherkapazität üblicherweise aus, um zumindest die Erzeugung der Ansteuersignalvorgabekurve und das Aufzeichnen der Ansteuersignalvorgabekurve und der Geschwindigkeitskurve durchzuführen. Die Rechenvorrichtung benötigt neben einer Schnittstelle zur Steuerelektronik bzw. Regelelektronik keinerlei weitere Schnittstelle mit dem hydraulischen Antrieb und kann daher als marktüblicher Büro PC oder Industrie PC ausgebildet sein.

[0022] Der Einmessvorgang kann noch besser automatisch abgearbeitet werden und gestaltet sich für den Bediener einfacher, wenn die Steuerelektronik bzw. Regelelektronik dazu eingerichtet ist, den Schritt des Berechnens des Kennfelds anhand der Ansteuersignalvorgabekurve und der Geschwindigkeitskurve auszuführen, vorzugsweise ebenfalls den Schritt des Erzeugens der Ansteuersignalvorgabekurve. Dies erlaubt beim Einmessvorgang zudem den Verzicht auf externe vom Bediener bereitzustellende Hardware. Zudem kann der Einmessvorgang z.B. auch vollautomatisch ohne Überwachung oder Unterstützung eines Bedieners in regelmäßigen oder unregelmäßigen Abständen durch den hydraulischen Antrieb bzw. seine Steuerung selbst durchgeführt werden. Erfolgt die Berechnung auf dem Mikrokontroller der Regelelektronik bzw. Steuerelektronik so konzentrieren sich die erfassten Datenwerte vorzugsweise auf den Bereich eines geringen Betätigungsgrads des Stellglieds. Dadurch kann die Berechnung auch bei geringer Speicherkapazität und Rechenkapazität zügig durchgeführt werden. Der wichtige Bereich nahe der Überdeckung des Stellglieds wird dennoch genau erfasst.

[0023] Eine besonders platzsparende und hoch integrierte Bauform eines hydraulischen Antriebs wird erzielt, wenn die Steuerelektronik bzw. Regelelektronik auf dem Gehäuse des Stellglieds des hydraulischen Antriebs angeordnet ist. Zusammen mit der Fähigkeit zur automatischen Ermittlung des Kennfelds kann ein hydraulischer Antrieb als vollständige, kompakte und vor allem selbstkonfigurierende Baueinheit zur Verfügung gestellt werden.

[0024] Nachfolgend werden die vorliegende Erfindung und deren Vorteile unter Bezugnahme auf das in den Figuren dargestellte Ausführungsbeispiel näher erläutert.

[0025] Es zeigen:

Fig. 1 ein einfaches Schaltbild eines hydraulischen Antriebs, auf dem das erfindungsgemäße Einmessverfahren durchführbar ist, mit einer Regelelektronik, einem durch die Regelelektronik angesteuerten Proportionalventil und einen hydraulischen Verbraucher,

Fig. 2 die Grundzüge eines Ablaufschemas für das erfindungsgemäße Einmessverfahren, und

Fig. 3 einen zeitlichen Verlauf einer Positionskurve des hydraulischen Verbrauchers, einer Ansteuersignalvorgabekurve und einer Geschwindigkeitskurve des hydraulischen Verbrauchers.

[0026] In der Figur 1 ist ein elektrohydraulischer Antrieb 1 dargestellt, der eine geregelte hydraulische Achse 3 sowie eine Druckmittelversorgung 5 und Druckmittelrückführung umfasst. Die hydraulische Achse 3 besitzt als ihre wesentlichen Komponenten eine Regelelektronik

7, ein Propörtionalventit 9 üblicher Bauart - z.B. ein Ventil vom Typ 4WRSE der Firma Bosch Rexroth AG - und einen Hydrozylinder 11. Die Position der Kolbenstange des Hydrozylinders 11 wird über einen Positionssensor 12 erfasst und an die Regelelektronik 7 zurückgemeldet.

[0027] Neben dem Eingang 14 für den Messwert des Positionssensors 12 verfügt die Regelelektronik 7 über einen Sollwerteingang 16 und über eine Schnittstelle 18 zur Anbindung einer zusätzlichen Einmesshardware. Dabei handelt es sich im beschriebenen Ausführungsbeispiel um einen Industrie PC 20.

[0028] In der Regelelektronik 7 sind der Sensoreingang 14 und der Sollwerteingang 16 auf ein Additionsglied 22 geführt. Des weiteren kann dem Additionsglied 22 das Signal eines internen Sollwertgenerators 24 zugeführt sein. Das vom Additionsglied 22 erhaltene Regeldifferenzsignal wird einer Regelstufe 26 zugeführt. Die Regelstufe 26 enthält eines oder mehrere von an sich bekannte Regelgliedern, z.B. einen P-Regler, einen PID-Regler oder einen PDT1-Regler. Das von der Regelstufe 26 erhaltene Stellsignal wird durch ein weiteres Additionsglied 30 geführt und dabei im Rahmen einer Zustandsrückführung mit einem Geschwindigkeitssignal aus einem Ableitungsglied 28 modifiziert. Das so modifizierte Stellsignal 32 ist einem Kennlinienglied 34 zugeführt. Durch das Kennlinienglied 34 wird Signalwerten des Stellsignals 32 ein jeweiliger Signalwert als Ansteuersignal 36 für das Proportionalventil 9 zugeordnet. Das Kennlinienglied 34 ist für den Normalbetrieb so eingestellt, dass die Gesamtverstärkung der Kette aus dem Kennlinienglied 34, dem Proportionalventil 9 und dem Hydrozylinder 11 möglichst unabhängig von der Amplitude des Stellsignals 32 ist.

[0029] Die Regelelektronik 7 ist durch einen Mikrokontroller implementiert. Neben den zuvor beschriebenen Reglerkomponenten besitzt dieser eine Ablaufsteuerung zur Ausführung von Programmen (nicht dargestellt) und einen Datenspeicher 40. In dem Datenspeicher 40 können Signalwerte des Ansteuersignals 36 und Signalwerte eines Geschwindigkeitssignals des Hydrozylinders 12 - in diesem Beispiel das Ausgangssignal des Ableitungsglieds 28 - aufgezeichnet werden. Der Datenspeicher 40 kann vom Industrie PC 20 über die Schnittstelle 18 ausgelesen werden. Der Mikrokontroller lässt es weiterhin zu, eine im Kennlinienglied 34 abgelegte Zuordnungskennlinie neu zu beschreiben. Dies erfolgt ebenfalls über die Schnittstelle 18 mit vom Industrie PC 20 eingespielten Daten. Gegebenenfalls kann ein vorgegebenes intern erzeugtes Ansteuersigrial 38 an das Proportionalventil 9 ausgegeben werden.

[0030] Die Figur 2 zeigt ein Ablaufdiagramm für ein Einmessverfahren, welches zur Ausführung auf dem elektrohydraulischen Antrieb 1 vorgesehen ist. In der Figur 3 sind zugehörige Signalkurven dargestellt.

[0031] Das Einmessverfahren wird durch einen Bediener des Antriebs 1 oder automatisch, z.B. als Teil eines Initialisierungsablaufes gestartet. Im Kennlinienglied 34 ist zunächst eine vorläufige Zuordnungskennlinie gespeichert, z.B. eine lineare Stellsignal - Ansteuersignal Zuordnung.

[0032] In einem ersten Schritt s1 wird ein Ansteuersignal 36 (durchgezogene Kurve 50 in Figur 3) erzeugt. Die Erzeugung des Ansteuersignals 36 erfolgt dadurch, dass durch den Signalgenerator 24 eine Sinus-Signalkurve erzeugt wird, welche dem Additionsglied 22 als intern vorgegebenes Sollwertsignal 25 zugeführt ist. Der Hydrozylinder 11 unterliegt dabei einer Positionsregelung. Nach dem Starten des Signalgenerators folgt der Hydrozylinder 11 der Positionsvorgabe durch das Sollwertsignal 25 des Signalgenerators 24. Ein Positions- oder Geschwindigkeitssprung, der ggf. beim Starten des Signalgenerators in der Regelschleife auftritt, ist nach einer kurzen Einregelphase abgebaut. Die Positionskurve des Hydrozylinders 11 ist die gestrichelte Linie 52 in Figur 3. Das mit Hilfe des Rückkopplungsmechanismus der Regelschleife - aus den Komponenten 7, 9, 11 und 12 gebildet - erzeugte Ansteuersignal 36 durchläuft mit einer Phasenverschiebung zum zyklischen Sollwertsignal bzw. der Positionskurve 52 des Hydrozylinders 11 die ebenfalls zyklische Funktionskurve 50. Durch die zeitliche Ableitung der Positionskurve 52 erhält man die strichpunktierte Geschwindigkeitskurve 54. Die Geschwindigkeitskurve 54 wird dabei gleitend durch das Ableitungsglied 28 aus den Positionsmesswerten des Sensors 12 ermittelt.

[0033] In einem nächsten Schritt s2 werden Werte der Ansteuersignalkurve 50 im Speicher 40 aufgezeichnet. Ein einem weiteren Schritt s3 werden Werte der Geschwindigkeitskurve 54 im Speicher 40 aufgezeichnet. Das Aufzeichnen einzelner Ansteuersignalwerte und Geschwindigkeitswerte erfolgt dabei möglichst zeitgleich. Das Zeitintervall, in dem die Aufzeichnung durchgeführt wird, beginnt nach der zuvor beschriebenen Einregelphase. Die Aufzeichnung der Ansteuersignalwerte und Geschwindigkeitswerte wird für mindestens eine Periode der Ansteuersignalkurve 50 durchgeführt. Üblicherweise werden jedoch mehrere Perioden der Ansteuersignalkurve 50 und der Geschwindigkeitskurve 54 aufgezeichnet.

[0034] Nach einer vorbestimmten Aufzeichnungsdauer oder Periodenzahl der aufgezeichneten Kurven wird die Aufzeichnung beendet und in einem Schritt s4 eine neue Zuordnungskennlinie des Kennfeldes 34 berechnet. Im beschriebenen Ausführungsbeispiel werden die aufgezeichneten Kurven dazu aus dem Speicher 40 über die Schnittstelle 18 auf den Industrie PC 20 übertragen. Auf dem Industrie PC 20 erfolgt aus den aufgezeichneten Kurven die Berechnung der Zuordnungskennlinie. Die berechnete Zuordnungskennlinie wird über die Schnittstelle 18 an das Kennfeld 34 als neue Zuordnungskennlinie übertragen und ersetzt die vorläufige Zuordnungskennlinie.

[0035] Die Berechnung der Zuordnungskennlinie des Kennfelds 34 erfolgt nach der Maßgabe, dass ein möglichst linearen Zusammenhang zwischen dem Stellsignal 32 und der tatsächlichen Geschwindigkeit des Zylinders 11 erhalten wird.

[0036] In dem hydrautischen System aus dem Proportionalventil 9 und dem Hydrozylinder 11 folgt die Geschwindigkeit des Hydrozylinders 11 nahezu unmittelbar einem Ansteuersignalwert des Proportionalventils 9. Daher kann durch einen Vergleich der Ansteuersignalkurve 50 und der Geschwindigkeitskurve 54 zu gleichen Zeitpunkten eine Zuordnung zwischen einem Ansteuersignalwert und einem Geschwindigkeitswert auf einfache Weise ermittelt werden.

[0037] Ein gewisses Vorteilen der Geschwindigkeitskurve 54 bei Abbremsvorgängen bzw. ein Nacheilen bei Beschleunigungsvorgängen ist durch die Massenträgheit des Zylinders, ggf. durch die Massenträgheit einer Last und durch die Ölfeder bedingt. Außerdem kommen in der Abweichung der beiden Kurven 54 und 50 voneinander die nichtlineare Ansteuersignal - Öffnungsquerschnitt Relation des Proportionalventils 9 und die ggf. unsymmetrische Flächengestaltung des Hydrozylinders 11 zum Ausdruck.

[0038] Betrachtet man das Ansteuersignal, so enthält dieses bei einer Erhöhung der Geschwindigkeit und auch bei einer Erniedrigung der Geschwindigkeit Signalanteile, die auf die Beschleunigungsvorgänge zurückgehen. Diese beschleunigungsbedingten Signalanteile besitzen eine zu den Extrempunkten der Ansteuersignalkurve 50 bzw. der weitgehend phasengleichen Geschwindigkeitskurve 54 ungerade Symmetrie.

[0039] Durch Bildung eines Mittelwerts zweier Ansteuersignalwerte bei gleicher Verbrauchergeschwindigkeit, jedoch bei unterschiedlichem Vorzeichen der Beschleunigung, können Beschleunigungseffekte bei der Berechnung des Kennfelds unterdrückt werden. Die benötigten Ansteuersignalwerte werden dem ansteigenden Abschnitt und dem fallenden Abschnitt einer halben Periode der Ansteuersignalkurve entnommen. Bei dieser Art der Berechnung kann eine hohe Genauigkeit in der Zuordnung von einer Verbrauchergeschwindigkeit zu einem Ansteuersignalwert erreicht werden.

[0040] Alternativ kann die Mittelung auch über zwei Geschwindigkeitswerte erfolgen, die bei gleichem Ansteuersignalwert, aber unterschiedlichem Vorzeichen der Beschleunigung erfasst sind. Diese Art der Berechnung ist einfacher, weil das zur Verfügung stehende Intervall von Ansteuersignalwerten vorab festgelegt ist. Daher ist diese Berechnungsmethode eher für Systeme mit geringer Rechen- und Speicherkapazität geeignet.

[0041] Die nichtlineare Ansteuersignal - Öffnungsquerschnitt Relation des Proportionalventils 9 und die ggf. unsymmetrische Flächengestaltung des Hydrozylinders 11 fließen dagegen auch bei der beschriebenen Mittelwertbildung in die Berechnung des Kennfelds ein, da diese Effekte einen Anteil der Geschwindigkeitskurve mit bezüglich der Extrempunkte gerader Symmetrie bilden. Die Berücksichtigung der nichtlineare Ansteuersignal - Öffnungsquerschnitt Relation des Proportionalventils 9 und die ggf. unsymmetrische Flächengestaltung des Hydrozylinders 11 ist für die Kennfeldberechnung ausdrücklich erwünscht, um mittels des Kennfelds einen möglichst linearen Zusammenhang zwischen dem Stellsignal 32 und der tatsächlichen Geschwindigkeit des Zylinders 11 zu gewährleisten.

[0042] Wenn zur Berechnung der Zuordnungskennlinie aufgezeichnete Signalwerte aus mehreren Perioden der Ansteuersignalkurve 50 und der Geschwindigkeitskurve 54 vorhanden sind können einem bestimmten Ansteuersignalwert mehrere Messwerte für die Verbrauchergeschwindigkeit zugeordnet werden. Durch die Mittelwertbildung über mehr als 2 Messwerte, z.B. 4, 6 oder 8 Werte lässt sich die Genauigkeit erhöhen. Weiterhin bietet es sich an, Ansteuersignalkurven und.zugehörige Geschwindigkeitskurven für mehrere unterschiedliche Frequenzen des Sollwertsignals 25 aufzuzeichnen. Dadurch können unterschiedliche Amplitudenintervalle für die Ansteuersignalkurve 50 und die Geschwindigkeitskurve 54 des hydraulischen Verbrauchers vermessen werden. Insbesondere erlaubt ein niederfrequentes Sollwertsignal 25 das genaue Vermessen des hydraulischen Systems bei geringen Ansteuersignalamplituden und kleinen Verbrauchergeschwindigkeiten, also nahe des Überdeckungsbereichs des Proportionalventils 9. Der Einfluss von Beschleunigungseffekten ist bei Verwendung eines niederfrequenten Sollwertsignals 25 minimal. Zufriedenstellende Berechnungsergebnisse erhält man z.B. bei Aufzeichnung von jeweils mindestens 2 Signalperioden der Ansteuersignalkurve 50 und der Geschwindigkeitskurve 54 für 3 verschiedene Frequenzen des Sollwertsignals 25, wobei sich die höchste Frequenz an der technisch maximal erzielbaren Geschwindigkeit des Hydrozylinders 11 orientiert.

[0043] Im Folgenden werden weitere Varianten des Ausführungsbeispiels beschrieben, die durch die vorliegende Erfindung umfasst sind.

[0044] Der hydraulische Verbraucher kann unter Anderem ein linear bewegbarer Hydrozylinder oder ein hydraulischer Rotationsmotor sein. Abhängig von der Art des hydraulischen Verbrauchers kommt ein entsprechender Positionssensor zum Einsatz, d.h. ein linearer Wegsensor oder ein Drehwinkelsensor.

[0045] Das Einmessverfahren lässt sich unabhängig von der verwendeten Regelstufe 26 bzw. unabhängig von dem im Normalbetrieb verwendeten Regelkonzept durchführen. Während des Einmessverfahrens muss lediglich ein Positionssignal vorliegen. Für die zuvor beschriebene Erzeugung des Ansteuersignals 36 muss ein Positionsregelkreis für den hydraulischen Verbraucher geschlossen sein. Im Normalbetrieb selbst kann der hydraulische Verbraucher auch im Rahmen einer offenen Steuerkette angesteuert werden. Weiterhin können auch kaskadierte Regelungen - z.B. ein unterlagerter Geschwindigkeitsregler-, eine Zustandsrückführung und Geschwindigkeits- oder Beschleunigungsvorsteuermechanismen verwendet werden. Die Regelung kann sich auch auf die durch den hydraulischen Verbraucher aufgebrachte Kraft beziehen. Dabei wird vorzugsweise die Druckdifferenz über den Verbraucher als Maß für die Kraft gemessen.

[0046] Das Ansteuersignal 36 braucht nicht innerhalb einer Regelschleife erzeugt werden. Das Ansteuersignal 36 kann z.B. intern nach einer Vorgabe, z.B. einem Sinus-Signal, erzeugt werden und als internes Ansteuersignal 38 eingespeist werden. Die Aufzeichnung der Ansteuersignalvorgabekurve gemäß den Patentansprüchen erschöpft sich dann in der Übernahme vorhandener numerischer Signalvorgabewerte des Ansteuersignal 38 von einem Signalgenerator. Weiter ist es bei dieser Art der Erzeugung des Ansteuersignals 36 nicht notwendig eine Positionsregelschleife zu schließen. Das Einmessverfahren kann auch mit einer offenen Steuerkette durchgeführt werden. Lediglich die Erfassung von Positionswerten des hydraulischen Verbrauchers zur Erstellung einer Geschwindigkeitskurve muss gewährleistet sein. Allerdings sollte die Position des Verbrauchers überwacht werden, um die Einhaltung eines gewissen Positionsintervalls zu gewährleisten. Bei einem Rotationsantrieb, bei dem als Verbraucher ein hydraulischer Rotationsmotor zum Einsatz kommt entfällt ggf. diese Notwendigkeit.

[0047] Das Stellglied gemäß den Patentansprüchen kann unter Anderem ein Proportionalventil, ein getaktetes Schaltventil, das Volumenstellelement einer Verstellpumpe oder das Volumenstellelement eines hydraulischen Rotationsmotors sein.

Bezugszeichenliste

[0048]

1	Elektrohydraulischer Antrieb
3	Hydraulische Achse
5	Druckmittelversorgung
7	Regelelektronik
9	Proportionalventil
11	Hydrozylinder
12	Positionssensor
14	Sensoreingang
16	Sollwerteingang
18	Schnittstelle
20	Industrie PC
22	Additionsglied
24	Sollwertgenerator
25	Sollwertsignal
26	Regelstufe
28	Ableitungsglied
30	Additionsglied
32	Stellsignal
34	Kennlinienglied
36	Ansteuersignal
38	Ansteuersignal
40	Datenspeicher
50	Ansteuersignalkurve
52	Positionskurve
54	Geschwindigkeitskurve

Patentansprüche

1. Einmessverfahren zur Bestimmung eines Kennfelds einer Steuerelektronik bzw. Regelelektronik eines hydraulischen Antriebs, bei dem ein hydraulischer Verbraucher mittels eines Stellglieds ansteuerbar ist, bei dem das Kennfeld eine Zuordnung von Stellsignalwerten zu Ansteuersignalwerten für das Stellglied angibt, und bei dem eine Position des hydraulischen Verbrauchers mittels eines Positionssensors erfassbar ist, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:

   Erzeugen einer Ansteuersignalvorgabekurve, welche in einem Vorgabezeitraum ein vorgegebenes Ansteuersignalintervall im Wesentlichen stetig durchläuft,
   Aufzeichnen der Ansteuersignalvorgabekurve in dem Vorgabezeitraum,
   Erfassen von Positionswerten des hydraulischen Verbrauchers in dem Vorgabezeitraum,
   Aufzeichnen einer Geschwindigkeitskurve des hydraulischen Verbrauchers in dem Vorgabezeitraum mit Hilfe der erfassten Positionswerte, und
   Berechnen des Kennfelds anhand der aufgezeichneten Ansteuersignalvorgabekurve und der aufgezeichneten Geschwindigkeitskurve des hydraulischen Verbrauchers,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   die Ansteuersignalvorgabekurve **durch** Zuführen einer Positionsvorgabekurve an die Regelelektronik erzeugt wird,
   dass die Ansteuersignalvorgabekurve im Vorgabezeitraum ein Ansteuersignalintervall aufwärts und abwärts durchläuft und bezüglich eines in diesem Ansteuersignalintervall durchschrittenen Extrempunkt im Wesentlichen symmetrisch ist, und dass
   die Positionsvorgabekurve gemäß einer periodischen Grundfunktion erzeugt wird.

2. Einmessverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ansteuersignalvorgabekurve und die Positionsvorgabekurve in dem Vorgabezeitraum wenigstens eine, vorzugsweise zwei oder mehr Perioden der Grundfunktion durchläuft.

3. Einmessverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundfunktion eine Kreisfunktion ist.

4. Einmessverfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ansteuersignalwerte für das Stellglied jeweils ein Maß für die Geschwindigkeit des hydraulischen Verbrauchers sind.

5. Einmessverfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Geschwindigkeitskurve durch numerische Differentiation der erfassten Positionswerte erhalten wird.

6. Einmessverfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzahl erfasster Datenwerte der Ansteuersignalvorgabekurve und/oder der Geschwindigkeitskurve in einem Bereich eines geringen Betätigungsgrads des Stellglieds größer ist als in einem Bereich eines stärkeren Betätigungsgrads des Stellglieds.

7. Einmessverfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zu einem Geschwindigkeitswert ein Ansteuersignalmittelwert aus zwei dem Geschwindigkeitswert jeweils zugeordneten Werten aus einem ansteigenden und einem abfallenden Bereich der Ansteuersignalkurve gebildet und für die Berechnung des Kennfelds verwendet wird.

8. Einmessverfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zu einem Ansteuersignalwert ein Geschwindigkeitsmittelwert aus zwei dem Ansteuersignalwert jeweils zugeordneten Werten aus einem ansteigenden und einem abfallenden Bereich der Geschwindigkeitskurve gebildet und für die Berechnung des Kennfelds verwendet wird.

9. Einmessvorrichtung zur Bestimmung eines Kennfelds einer Steuerelektronik bzw. Regelelektronik eines hydraulischen Antriebs mittels eines Einmessverfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, welche die Steuerelektronik bzw. Regelelektronik umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerelektronik bzw. Regelelektronik so eingerichtet ist, dass zumindest die folgenden Schritte des besagten Einmessverfahrens durch die Steuerelektronik bzw. Regelelektronik ausführbar sind:

   Aufzeichnen der Ansteuersignalvorgabekurve in dem Vorgabezeitraum,
   Erfassen von Positionswerten des hydraulischen Verbrauchers in dem Vorgabezeitraum,
   Aufzeichnen der Geschwindigkeitskurve des hydraulischen Verbrauchers in dem Vorgabezeitraum mit Hilfe der erfassten Positionswerte, und
   Erzeugen der Ansteuersignalvorgabekurve durch Erzeugen einer Positionsvorgabekurve.

10. Einmessvorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** neben der Steuerelektronik bzw. Regelelektronik eine Rechenvorrichtung vorhanden ist, die dazu eingerichtet ist, den Schritt des Berechnens des Kennfelds anhand der Ansteuersignalvorgabekurve und der Geschwindigkeitskurve auszuführen.

11. Einmessvorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerelektronik bzw. Regelelektronik dazu eingerichtet ist, den Schritt des Berechnens des Kennfelds anhand der Ansteuersignalvorgabekurve und der Geschwindigkeitskurve auszuführen.

12. Einmessvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerelektronik bzw. Regelelektronik auf dem Gehäuse des Stellglieds des hydraulischen Antriebs angeordnet ist.

Claims

1. Measuring method for determining a family of characteristics of open-loop control electronics or closed-loop control electronics of a hydraulic drive, in which a hydraulic load can be driven using an actuator, in which the family of characteristics indicates an assignment of actuating signal values to drive signal values for the actuator, and in which a position of the hydraulic load can be detected using a position sensor, **characterized by** the following steps of:

   generating a drive signal predefined curve which substantially continuously passes through a predefined drive signal interval in a predefined time period,
   recording the drive signal predefined curve in the predefined time period,
   recording position values for the hydraulic load in the predefined time period,
   recording a speed curve of the hydraulic load in the predefined time period with the aid of the recorded position values, and
   calculating the family of characteristics using the recorded drive signal predefined curve and the recorded speed curve of the hydraulic load,
   characterized in that
   the drive signal predefined curve is generated by supplying a position predefined curve to the closed-loop control electronics,
   in that the drive signal predefined curve runs up and down through a drive signal interval in the predefined time period and is substantially symmetrical with respect to a bend point which is passed through in this drive signal interval, and
   in that
   the position predefined curve is generated according to a periodic basic function.

2. Measuring method according to Claim 1, **character-**

ized in that the drive signal predefined curve and the position predefined curve pass through at least one, preferably two or more periods of the basic function in the predefined time period.

3. Measuring method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the basic function is a circular function.

4. Measuring method according to at least one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the drive signal values for the actuator are each a measure of the speed of the hydraulic load.

5. Measuring method according to at least one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the speed curve is obtained by numerically differentiating the recorded position values.

6. Measuring method according to at least one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the number of recorded data values of the drive signal predefined curve and/or of the speed curve is greater in an area of a low degree of actuation of the actuator than in an area of a greater degree of actuation of the actuator.

7. Measuring method according to at least one of Claims 1 to 6, **characterized in that**, for a speed value, a drive signal average value is formed from two values from a rising area and a falling area of the drive signal curve, which are each assigned to the speed value, and is used to calculate the family of characteristics.

8. Measuring method according to at least one of Claims 1 to 7, **characterized in that**, for a drive signal value, a speed average value is formed from two values from a rising area and a falling area of the speed curve, which are each assigned to the drive signal value, and is used to calculate the family of characteristics.

9. Measuring device for determining a family of characteristics of open-loop control electronics or closed-loop control electronics of a hydraulic drive using a measuring method according to one of Claims 1 to 8, which device comprises the open-loop control electronics or closed-loop control electronics, **characterized in that** the open-loop control electronics or the closed-loop control electronics are set up in such a manner that at least the following steps of said measuring method can be carried out by the open-loop control electronics or closed-loop control electronics:

recording the drive signal predefined curve in the predefined time period,
recording position values for the hydraulic load in the predefined time period,
recording the speed curve of the hydraulic load in the predefined time period with the aid of the recorded position values, and
generating the drive signal predefined curve by generating a position predefined curve.

10. Measuring device according to Claim 9, **characterized in that**, in addition to the open-loop control electronics or closed-loop control electronics, there is a computing device which is set up to carry out the step of calculating the family of characteristics using the drive signal predefined curve and the speed curve.

11. Measuring device according to Claim 9, **characterized in that** the open-loop control electronics or closed-loop control electronics are set up to carry out the step of calculating the family of characteristics using the drive signal predefined curve and the speed curve.

12. Measuring device according to one of Claims 9 to 11, **characterized in that** the open-loop control electronics or closed-loop control electronics are arranged on the housing of the actuator of the hydraulic drive.

Revendications

1. Procédé de mesurage pour déterminer un diagramme caractéristique d'une électronique de commande ou d'une électronique de régulation d'un mécanisme d'entraînement hydraulique, avec lequel une charge hydraulique peut être commandée au moyen d'un actionneur, avec lequel le diagramme caractéristique indique une association de valeurs de signal de réglage à des valeurs de signal de commande pour l'actionneur, et avec lequel une position de la charge hydraulique peut être détectée au moyen d'un détecteur de position, **caractérisé par** les étapes suivantes :

génération d'une courbe de consigne de signal de commande, qui traverse pour l'essentiel en continu un intervalle de signal de commande prédéfini dans une période de consigne,
enregistrement de la courbe de consigne de signal de commande dans la période de consigne,
détection de valeurs de position de la charge hydraulique dans la période de consigne,
enregistrement d'une courbe de vitesse de la charge hydraulique dans la période de consigne à l'aide des valeurs de position détectées, et
calcul du diagramme caractéristique à l'aide de la courbe de consigne de signal de commande

enregistrée et de la courbe de vitesse enregistrée de la charge hydraulique,
caractérisé en ce que
la courbe de consigne de signal de commande est générée en acheminant une courbe de consigne de position à l'électronique de régulation, que la courbe de consigne de signal de commande, pendant la période de consigne, traverse un intervalle de signal de commande vers le haut et vers le bas et est pour l'essentiel symétrique par rapport à un point extrême franchi dans cet intervalle de signal de commande, et
en ce que
la courbe de consigne de position est générée conformément à une fonction fondamentale périodique.

2. Procédé de mesurage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la courbe de consigne de signal de commande et la courbe de consigne de position traversent dans la période de consigne au moins une, de préférence deux ou plus, période de la fonction fondamentale.

3. Procédé de mesurage selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la fonction fondamentale est une fonction circulaire.

4. Procédé de mesurage selon au moins l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les valeurs de signal de commande pour l'actionneur sont respectivement une mesure pour la vitesse de la charge hydraulique.

5. Procédé de mesurage selon au moins l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la courbe de vitesse est obtenue par différentiation numérique des valeurs de position détectées.

6. Procédé de mesurage selon au moins l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le nombre de valeurs de données détectées de la courbe de consigne de signal de commande et/ou de la courbe de vitesse dans une plage de faible degré d'actionnement de l'actionneur est plus grand que dans une plage de degré d'actionnement plus important de l'actionneur.

7. Procédé de mesurage selon au moins l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** pour une valeur de la vitesse est formée une valeur moyenne de signal de commande à partir de deux valeurs respectivement associées à la valeur de la vitesse d'une zone montante et d'une zone descendante de la courbe de signal de commande et celle-ci est utilisée pour le calcul du diagramme caractéristique.

8. Procédé de mesurage selon au moins l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** pour une valeur de signal de commande est formée une valeur moyenne de la vitesse à partir de deux valeurs respectivement associées à la valeur de signal de commande d'une zone montante et d'une zone descendante de la courbe de vitesse et celle-ci est utilisée pour le calcul du diagramme caractéristique.

9. Dispositif de mesurage pour déterminer un diagramme caractéristique d'une électronique de commande ou d'une électronique de régulation d'un mécanisme d'entraînement hydraulique au moyen d'un procédé de mesurage selon l'une des revendications 1 à 8, lequel inclut l'électronique de commande ou l'électronique de régulation, **caractérisé en ce que** l'électronique de commande ou l'électronique de régulation est configurée de telle sorte qu'au moins les étapes suivantes dudit procédé de mesurage peuvent être exécutées par l'électronique de commande ou l'électronique de régulation :

enregistrement de la courbe de consigne de signal de commande dans la période de consigne,
détection de valeurs de position de la charge hydraulique dans la période de consigne,
enregistrement de la courbe de vitesse de la charge hydraulique dans la période de consigne à l'aide des valeurs de position détectées, et
génération de la courbe de consigne de signal de commande par génération d'une courbe de consigne de position.

10. Dispositif de mesurage selon la revendication 9, **caractérisé en ce qu'**un dispositif de calcul est présent en plus de l'électronique de commande ou l'électronique de régulation, lequel est configuré pour exécuter l'étape de calcul du diagramme caractéristique à l'aide de la courbe de consigne de signal de commande et de la courbe de vitesse.

11. Dispositif de mesurage selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'électronique de commande ou l'électronique de régulation est configurée pour exécuter l'étape de calcul du diagramme caractéristique à l'aide de la courbe de consigne de signal de commande et de la courbe de vitesse.

12. Dispositif de mesurage selon l'une des revendications 9 à 11, **caractérisé en ce que** l'électronique de commande ou l'électronique de régulation est disposée sur le boîtier de l'actionneur du mécanisme d'entraînement hydraulique.

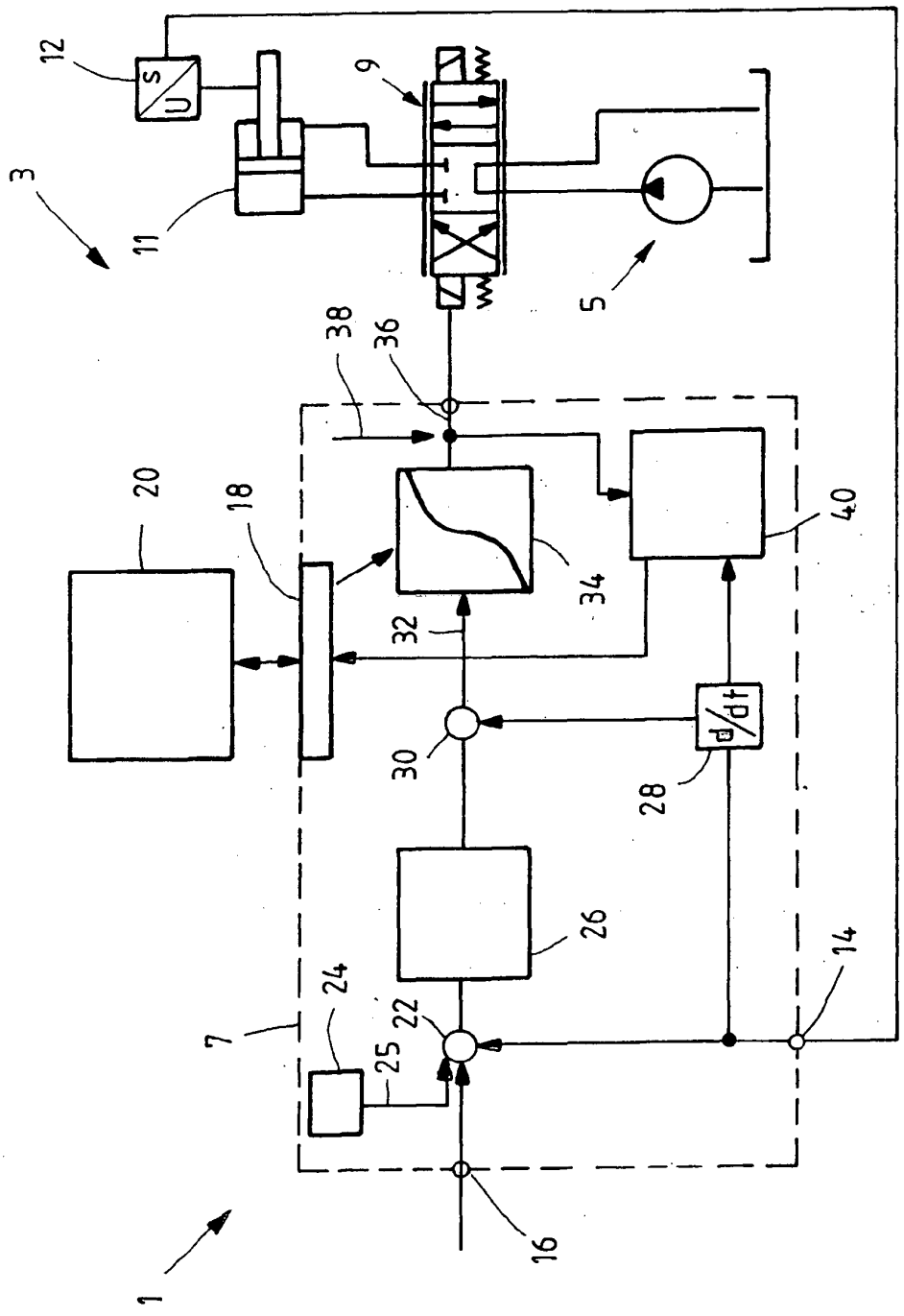


FIG.1

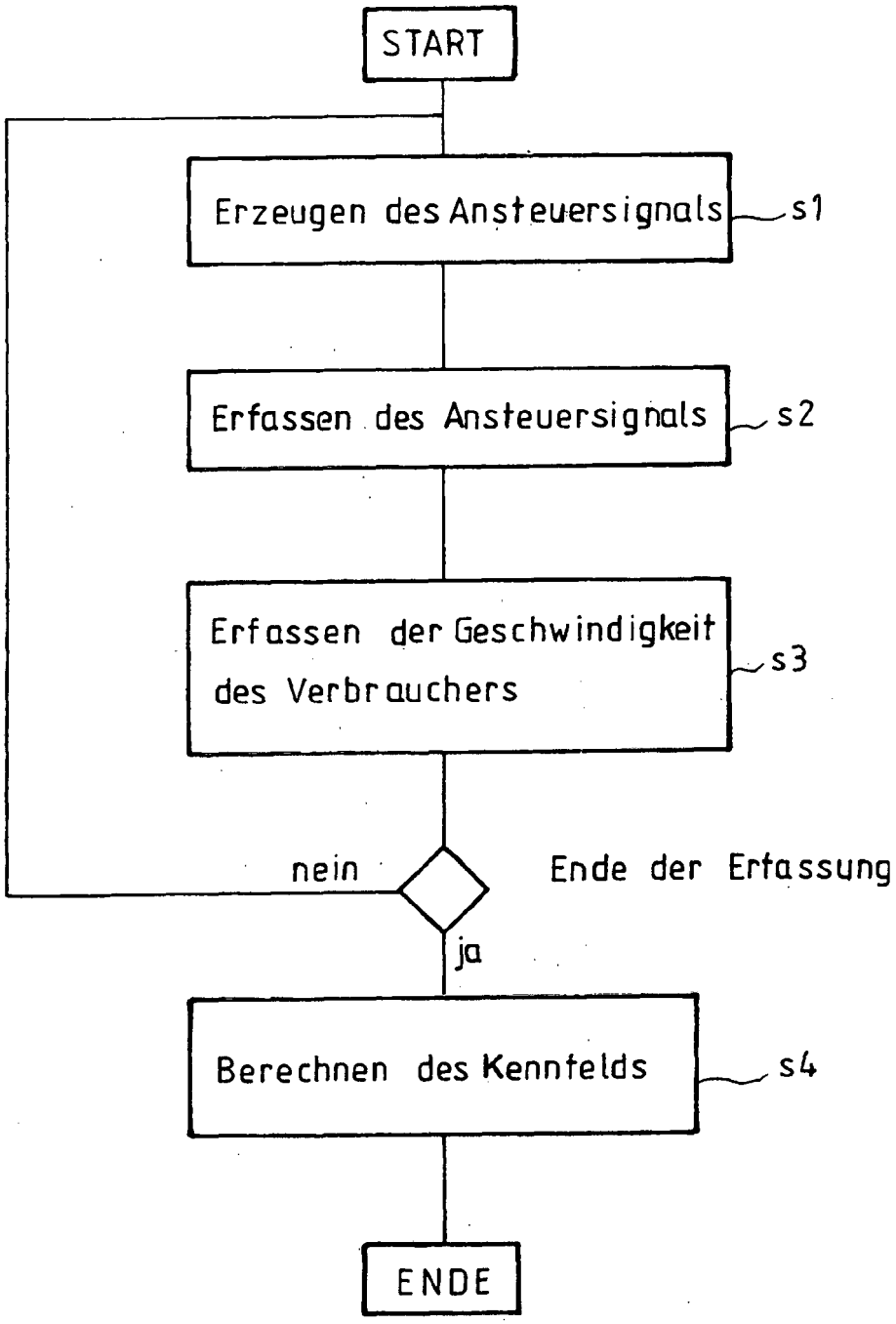

START
Erzeugen des Ansteuersignals
s1
Erfassen des Ansteuersignals
s2
Erfassen der Geschwindigkeit des Verbrauchers
s3
nein
Ende der Erfassung
ja
Berechnen des Kennfelds
s4
ENDE

FIG. 2

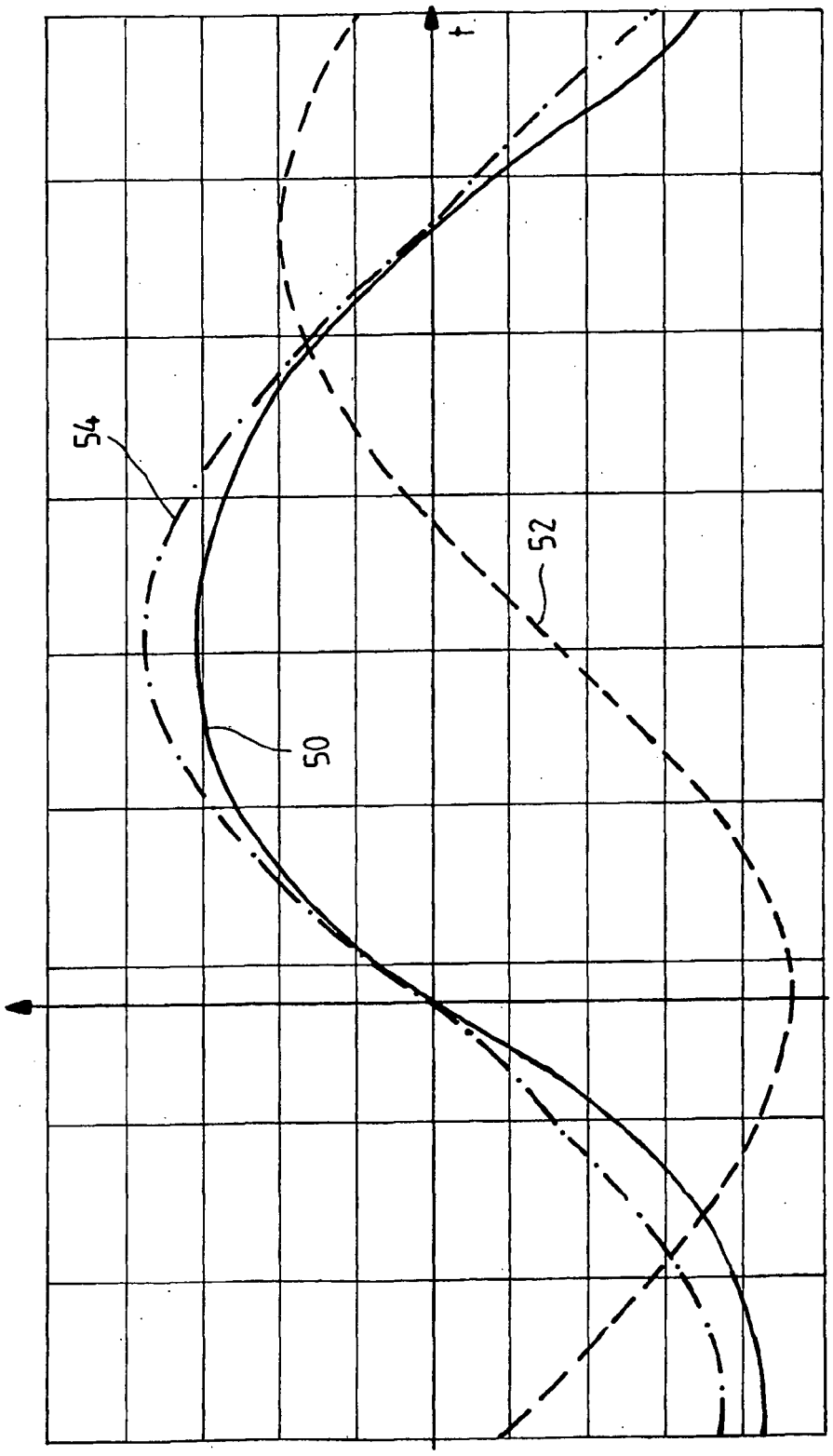


FIG.3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19806544 B4 **[0005]**
- US 6282891 B1 **[0007]**