

(51) Int Cl.:
F04B 49/00 (2006.01)

(22) Anmeldetag: **21.07.2020**

(72) Erfinder:

- **Wang, Ximing**
89233 Neu-Ulm (DE)
- **An, Minha**
89264 Weissenhorn (DE)
- **Tetik, Salih**
89278 Nersingen (DE)
- **Brand, Michael**
89075 Ulm (DE)
- **Muehlbauer, Florian**
89231 Neu-Ulm (DE)

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

ein, bei der die Schrägscheibe keine Bewegung ausführt. Zum Steuern des Pilotventils ist vorgesehen, dass die Steuerung eine Stellgröße ausgibt. Die Stellgröße wird dabei ausgangsseitig der Steuerung mit einer Vorsteuergröße für den Neutralstrom verknüpft und adaptiert, um den Neutralstrom vorzusteuern.

[illegible]

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft eine hydraulische Druckmittelversorgungsanordnung für einen hydraulischen Kreis, beispielsweise für mobile Arbeitsmaschinen, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren für eine hydraulische Druckmittelversorgungsanordnung.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Aus dem Dokument RD 30630/04.13 der Firma Rexroth, ist ein Druck- und Förderstrom-Regelsystem bekannt. Dieses dient zur elektrohydraulischen Regelung eines Schwenkwinkels, eines Drucks und einer Leistung einer Axialkolben-Verstellpumpe. Das Regelsystem hat eine Axialkolben-Verstellpumpe mit einem elektrisch angesteuerten Proportionalventil. Über dieses kann ein Stellkolben angesteuert werden. Dieser dient zum Verstellen einer Schrägscheibe der Verstellpumpe. Für den Stellkolben ist ein Wegaufnehmer vorgesehen, über den anhand des Verschiebewegs des Stellkolbens ein Schwenkwinkel der Schrägscheibe bestimmbar ist. Alternativ zum Wegaufnehmer kann auch ein Schwenkwinkel der Schrägscheibe an der Schwenkachse über einen Hall-Sensor abgegriffen werden. Aus dem Schwenkwinkel der Schrägscheibe wiederum kann der Volumenstrom der Verstellpumpe ermittelt werden. Die Verstellpumpe wird über einen Motor angetrieben. Wird die Verstellpumpe nicht angetrieben, und ist das Stellsystem drucklos, dann schwenkt die Verstellpumpe durch eine Federkraft einer Feder auf ein maximales Fördervolumen. Im angetriebenen Zustand der Verstellpumpe und bei stromlosem Pilotventil und verschlossenem Pumpenausgang schwenkt die Verstellpumpe dagegen auf einen Nullhubdruck. Ein Gleichgewicht zwischen Pumpendruck am Stellkolben und Federkraft der Feder stellt sich bei etwa 4 bis 8 bar ein. Die Grundeinstellung wird üblicherweise bei spannungsloser Regelektronik eingenommen. Eine Steuerung für das Pilotventil weist als Eingangsgröße einen Soll-Druck, einen Soll-Schwenkwinkel und optional einen Soll-Leistungswert auf. Ein Ist-Druck ausgangsseitig der Verstellpumpe wird durch einen Drucksensor erfasst. Wie vorstehend erläutert, wird ein Ist-Schwenkwinkel über den Wegaufnehmer ermittelt. Die aufgenommenen Ist-Werte werden in einem Verstärker verarbeitet und mit den vorgegebenen Sollwerten verglichen. Ein Minimalwertbildner sorgt dann dafür, dass automatisch nur der dem gewünschten Arbeitspunkt zugeordnete Regler aktiv ist. Ein Ausgangssignal des Minimalwertbildners ist dann ein Sollwert für einen Proportionalmagneten am Pilotventil. Zum Steuern des Pilotventils wird ein Verschiebeweg eines Ventilschiebers des Pilotventils über einen Wegaufnehmer erfasst und der Steuerung gemeldet. In dem Dokument RD 30242/03.10 der Firma Rexroth ist eine externe Ansteu-

erelektronik für die beschriebene Verstellung der Axialkolben-Verstellmaschine offenbart. Des Weiteren ist in dem Dokument RD 92 088/08.04 der Firma Rexroth ein elektro-hydraulisches Regelsystem offenbart.

[0003] Aus der EP 1 460 505 A2 ist eine ablösende Regelung eines Drucks und eines Förderstroms offenbart. Hierbei ist eine verschwenkbare hydraulische Axialkolben-Verstellmaschine vorgesehen, die über eine Triebwelle mit einer weiteren Hydromaschine verbunden ist. Des Weiteren ist ein Regelkreis für ein Antriebsdrehmoment der Verstellmaschine vorgesehen. Dem Regelkreis wird ein Ist-Antriebsdrehmoment und ein Soll-Antriebsdrehmoment zugeführt, woraus eine Stellgröße für eine Stelleinrichtung der Verstellmaschine ermittelt wird. Das Soll-Antriebsdrehmoment wiederum ist eine Ausgangsgröße eines Minimalwertbildners. Dieser wählt hierbei eine Ausgangsgröße einer Druckregelung und einer Volumenstromregelung aus. Als Ist-Volumenstrom ist hierbei der Volumenstrom der mit der Verstellmaschine verbundenen Hydromaschine vorgesehen. Des Weiteren ist als Ist-Druck ein Hochdruck dieser Hydromaschine vorgesehen.

[0004] Des Weiteren ist in den Dokumenten EP 2 851 565 B1, US 4 801 247, US 5 182 908, EP 034 9092 B1, US 5267441, US 5967756 und US 5170625 jeweils eine Hydromaschine mit einem Schwenkwinkelsensor und einem Drucksensor offenbart.

[0005] Es kann der Druck, der Volumenstrom und die Leistung gesteuert werden.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine hydraulische Druckmittelversorgungsanordnung zu schaffen, die auf einfache Weise regelbar ist und/oder bei der Schwingungen im Betrieb vermindert oder sogar verhindert sind. Des Weiteren liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein einfaches Verfahren für die hydraulische Druckmittelversorgungsanordnung zu schaffen, das zu einer Verbesserung des Stellverhaltens führt.

[0007] Die Aufgabe hinsichtlich der Druckmittelversorgungsanordnung wird gelöst gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 und hinsichtlich der Verfahrens gemäß den Merkmalen des Anspruchs 7.

[0008] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0009] Erfindungsgemäß ist eine hydraulische Druckmittelversorgungsanordnung für einen offenen hydraulischen Kreis vorgesehen, die insbesondere für mobile Arbeitsmaschinen eingesetzt ist. Die Druckmittelversorgungsanordnung kann eine Hydromaschine aufweisen, deren Fördervolumen oder Hubvolumen über einen Verstellmechanismus verstellbar ist. Beispielsweise handelt es sich bei der Hydromaschine um eine Axialkolbenmaschine mit einer Schwenkwiege oder verstellbaren Schrägscheibe oder um eine Axialkolbenmaschine in Schrägachsenbauart. Der Verstellmechanismus hat vor-

zugsweise einen Stellzylinder mit einem Stellkolben zum Verstellen des Fördervolumens oder Hubvolumens der Hydromaschine. Des Weiteren hat der Verstellmechanismus vorzugsweise ein elektrisch proportional ansteuerbares Pilotventil. Über dieses kann ein Zufluss und/oder ein Abfluss in einen vom Stellkolben begrenzten Stellraum des Stellzylinders steuerbar sein. Dies dient zum Ansteuern des Stellkolbens, indem dieser mit Druckmittel beaufschlagbar ist. Des Weiteren kann die Druckmittelversorgungsanordnung eine elektronische Steuerung für das Pilotventil aufweisen. Diese hat vorzugsweise einen Regler mit einer Ausgangsgröße in Form einer Stellgröße für das Pilotventil, insbesondere für einen Aktor des Pilotventils. Es kann vorgesehen sein, dass der Ventilschieber des Pilotventils bei einem bestimmten Neutralstrom, insbesondere für seinen Aktor, oder bei einem bestimmten Ansteuersignal eine mittlere Stellung einnimmt. Bei der mittleren Stellung ist vorteilhafter Weise vorgesehen, dass der Stellkolben keine Bewegung ausführt, womit ein stationärer Zustand der Hydromaschine oder der Druckmittelversorgungsanordnung vorliegen kann. Mit anderen Worten ist bei dem Pilotventil vorgesehen, dass bei einem bestimmten Ansteuersignal oder Neutralstrom der Ventilschieber eine mittlere Stellung einnimmt, bei der der damit angesteuerte Stellkolben der Hydromaschine keine Bewegung ausführt. Vorzugsweise ist ausgangsseitig oder am Ausgang des Reglers eine Vorsteuergröße für den Neutralstrom mit der Stellgröße verknüpft. Dies dient zur Vorsteuerung des Neutralstroms. Mit anderen Worten ist ausgangsseitig des Reglers eine Vorsteuergröße für den Neutralstrom mit der Stellgröße des Reglers verknüpft, um die Stellgröße für das Pilotventil einzustellen.

[0010] Diese Lösung hat den Vorteil, dass der Regler nur das "Netto-Signal" für die Verstellung des Schwenkwinkels oder Fördervolumens für die Hydromaschine ausgeben muss. Ein Ansteuersignal bzw. der Neutralstrom für die Mittelstellung des Ventilschiebers ist vorgegeben und somit muss der Regelausgang keine Veränderung durchmachen, ohne dass sich eine Auswirkung auf die Regelstrecke ergibt. Es hat sich auch gezeigt, dass hierdurch ein Schwingungsverhalten der Druckmittelversorgungsanordnung deutlich verbessert ist. Im Regelbetrieb treten keine oder vergleichsweise geringe Schwingungen bei der Druckmittelversorgungsanordnung auf. Eine exakte Vorsteuerung des Neutralstroms ist des Weiteren vorteilhaft, um eine geforderte Dynamik der Druckmittelversorgungsanordnung zu erreichen.

[0011] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Steuerung für die Vorsteuergröße ein Regelglied hat, das anhand eines Kennfelds die Vorsteuergröße ermittelt. Dies hat den Vorteil, dass beispielsweise die Vorsteuergröße dann abhängig von einem Betriebszustand der Druckmittelversorgungsanordnung über das Kennfeld ermittelt werden kann. Es ist dann denkbar, dass als Eingangsgröße für das Regelglied zumindest eine Zustandsgröße oder Ist-Größe der

Druckmittelversorgungsanordnung vorgesehen ist.

[0012] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Kennfeld und/oder die Vorsteuergröße adaptierbar oder korrigierbar ist. Dies ist äußerst vorteilhaft, da sich Stellungen des Ventilschiebers, beispielsweise die mittlere Stellung, des Pilotventils ändern können bei einer gleichen Bestromung, insbesondere über die Einsatzdauer nach einer Inbetriebnahme der Druckmittelversorgungsanordnung. Die Änderung ist üblicherweise abhängig von verschiedenen Parametern, unter anderem auch alters- und verschleißbedingt. Durch die Adaption kann der Neutralstrom an sich ändernde Bedingungen angepasst werden. So ist beispielsweise denkbar, dass der Neutralstrom bei Inbetriebnahme der Druckmittelversorgung zunächst eingemessen wird und dann bei Bedarf adaptiert oder korrigiert werden kann. Mit anderen Worten ist die Adaption des Kennfelds und/oder der Vorsteuergröße vorteilhaft, da der Neutralstrom abhängig vom Betriebszustand der Druckmittelversorgungsanordnung (Ist-Ausgangsdruck, Ist-Temperatur, Ist-Drehzahl) variiert und streuungsbehaftet ist, insbesondere durch Alterung und Fertigungstoleranzen des Ventilschiebers des Pilotventils, des Magneten und der Feder.

[0013] Als Kennfeld ist beispielsweise ein eindimensionales oder mehrdimensionales Kennfeld vorgesehen. Beispielsweise kann das Kennfeld als Neutralstromkurve ausgebildet sein. Als Dimension/en für das Kennfeld ist denkbar ein Ist-Ausgangsdruck und/oder eine Ist-Drehzahl und/oder einen Ist-Schwenkwinkel der Hydromaschine und/oder eine Ist-Temperatur eines Druckmittels der Hydromaschine vorzusehen. Ist beispielsweise als Dimension der Ist-Ausgangsdruck vorgesehen, so kann dann abhängig von diesem Druck der Neutralstrom aus dem Kennfeld entnommen werden.

[0014] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist denkbar, dass der Regler zum Regeln einer Ist-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit oder zum Regeln einer Ist-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit der Hydromaschine vorgesehen ist. Als Eingangsgröße kann die Ist-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit oder Ist-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit, insbesondere als Ableitung des Ist-Fördervolumens oder des Ist-Schwenkwinkels, und eine Soll-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit oder Soll-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit der Hydromaschine vorgesehen sein. Als Ausgangsgröße kann die Stellgröße für das Pilotventil dienen. Mit der Vorsteuergröße kann der Regler, der die Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit oder Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit regelt, am Ausgang den Neutralstrom vorsteuern, damit der Regler nur das Netto-Signal für die Verstellung des Schwenkwinkels oder Fördervolumens der Hydromaschine ausgeben muss.

[0015] Der Regler für die Ist-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit oder Ist-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit der Hydromaschine ist beispielsweise als PI-Regler ausgebildet. Würde keine Adaption des Kennfelds erfolgen, so würde eine Abweichung des Kennfelds

oder Neutralstromkennfeldes zum tatsächlichen Neutralstrom durch den I-Anteil im Regler oder im inneren Schwenkwinkelregelkreis ausgeglichen werden. Allerdings führt ein derartig aufgezogener I-Anteil zu Überschwängern in der Regelung. Somit kann vorteilhafter Weise durch die Adaption eine genaue Vorsteuerung des Neutralstroms bei möglichst kleinem I-Anteil erfolgen, was zu einer äußerst vorteilhaften dynamischen Reaktion der Hydromaschine und zu wenig Überschwängern führt. Der Grund ist, dass der I-Anteil nicht mehr passend ist, wenn sich der Betriebspunkt verändert, also beispielsweise der Ist-Schwenkwinkel oder der Ist-Ausgangsdruck, und damit ein Totweg/Totzeit im Reglerausgang entstehen würde, bis der I-Anteil angepasst ist.

[0016] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren für eine hydraulische Druckmittelversorgungsanordnung gemäß einem oder mehreren der vorhergehenden Aspekte vorgesehen, wobei das Verfahren folgenden Schritt aufweist:

- Verknüpfung der Vorsteuergröße für den Neutralstrom mit der Stellgröße, um den Neutralstrom vorzusteuern.

[0017] In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens können folgende Schritte vorgesehen sein:

- Ermittlung eines stationären Betriebszustands oder eines Arbeitspunktes oder eines Ist-Zustands der Druckmittelversorgungsanordnung über die Steuerung.
- Adaption der Vorsteuergröße und/oder des Kennfelds auf Basis des stationären Betriebszustands. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Adaption der Vorsteuergröße und/oder des Kennfelds auf Basis der Stellgröße erfolgt, die von der Steuerung beim stationären Betriebszustand ausgegeben wird.

[0018] Diese Lösung hat den Vorteil, dass eine automatische Aktualisierung oder Adaption des Kennfelds für den Neutralstrom ermöglicht ist. Somit kann, falls ein PI-Regler eingesetzt ist, der I-Anteil klein gehalten werden und das Regelverhalten der Hydromaschine verbessert werden. Es können dann alle Streuungen und Toleranzen automatisch ausgeglichen werden.

[0019] Vorzugsweise erfolgt die Adaption der Vorsteuergröße und/oder des Kennfelds derart, dass bei dem stationären Betriebszustand die Stellgröße in einer mittleren Stellung des Ventilschiebers des Pilotventils null ist oder im Wesentlichen null.

[0020] In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass, falls die Stellgröße beim stationären Betriebszustand von null abweicht und somit als Fehlerwert zum Neutralstrom dazu gesteuert wird, die Stellgröße als Fehlerwert mit der Vorsteuergröße und/oder dem Kennfeld verrechnet wird. Somit kann auf einfache Weise die Vorsteuergröße und/oder das Kenn-

feld adaptiert werden, indem die Stellgröße beim stationären Betriebszustand als Fehlerwert angesehen wird. Als Verrechnung ist beispielsweise eine Subtraktion der Stellgröße als Fehlerwert von der Vorsteuergröße und/oder dem Kennfeld vorgesehen. Beispielsweise kann die Stellgröße als Fehlerwert von einem Stützpunkt des Kennfelds, insbesondere in Form der Neutralstromkurve, abgezogen werden. Als Stützpunkt wird beispielsweise derjenige Punkt des Kennfelds ausgewählt, der den geringsten Abstand zum stationären Betriebszustand aufweist. Denkbar wäre auch, die am nächsten liegenden Stützpunkte abhängig von ihrem Abstand vom Betriebszustand gewichtet zu berücksichtigen.

[0021] Mit anderen Worten kann vorgesehen sein, dass zunächst eine Detektion des Pumpenzustands oder des Hydromaschinenzustands erfolgt. Es kann ein stationärer Arbeitspunkt ermittelt werden und dann dessen Position im Kennfeld. Im Anschluss erfolgt dann die Ermittlung eines Neutralstroms aus dem nominellen Kennfeld oder bisher geltenden Kennfeld. Im Anschluss kann dann ein neues Kennfeld oder ein neuer Wert in die Vorsteuerung übernommen werden. Somit kann zunächst eine Bewertung des Maschinenstatus vorgesehen sein, indem eine Ermittlung von Arbeitspunkten oder stationären Punkten erfolgt. Im Anschluss kann dann eine Zuordnung des Arbeitspunktes oder der Arbeitspunkte zu einem Stützpunkt oder zu mehreren Stützpunkten im Kennfeld vorgesehen sein. Beim Prozess der Werteveränderung des Kennfelds wird zunächst das Kennfeld aktualisiert und dann ein neues Kennfeld ausgegeben.

[0022] Es ist denkbar, die Adaption des Kennfelds und/oder des Vorsteuerwerts regelmäßig und/oder kontinuierlich zu wiederholen. Insbesondere erfolgt die Adaption dann, wenn ein stationärer Betriebszustand vorliegt, beispielsweise, wenn der Ist-Schwenkwinkel und Ist-Ausgangsdruck der Hydromaschine konstant ist. Zur Adaption der Neutralstromkurve bzw. des Kennfelds kann ein stationärer Betriebszustand identifiziert werden, bei dem die Ableitung des Schwenkwinkels null oder kleiner als ein definierter Wert ist. Der dann vom Regler oder vom PI-Regelglied als Fehler zum Neutralstrom dazu gesteuerte Signalanteil wird dann als Fehler von der Neutralstromkurve oder vom Kennfeld abgezogen. Insbesondere wird der Fehler von dem Stützpunkt der Neutralstromkurve abgezogen, der dem stationären Betriebszustand entspricht. Es kann hierdurch das Kennfeld beispielsweise verschoben werden.

[0023] Eine Adaption einer Kennlinie ist beispielsweise in der DE 10 2014 225 147 offenbart. Darin wird eine Kennlinie einer Pumpe adaptiert, die einen hydromechanischen EP-Regler hat. Ein bestimmtes Ventilansteuersignal hat dann einen bestimmten Schwenkwinkel zur Folge. Dies kann in einem elektronischen Steuergerät mittels einer Kennlinie vorgesteuert werden. Diese Kennlinie wird hier beim laufenden Betrieb immer wieder adaptiert.

[0024] Offenbart ist eine hydraulische Druckmittelversorgungsanordnung mit einer Hydromaschine, die eine

verstellbare Schrägscheibe aufweist. Ein Winkel der Schrägscheibe ist über ein Pilotventil verstellbar. Das Pilotventil ist über eine Steuerung ansteuerbar. Wird das Pilotventil mit einem Neutralstrom angesteuert, so nimmt ein Ventilschieber des Pilotventils eine mittlere Stellung ein, bei der die Schrägscheibe keine Bewegung ausführt. Zum Steuern des Pilotventils ist vorgesehen, dass die Steuerung eine Stellgröße ausgibt. Die Stellgröße wird dabei ausgangsseitig der Steuerung mit einer Vorsteuergröße für den Neutralstrom verknüpft und adaptiert, um den Neutralstrom vorzusteuern.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0025] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 in einer schematischen Darstellung eine hydraulische Druckmittelversorgungsanordnung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 in einer schematischen Darstellung eine Steuerung für die Druckmittelversorgungsanordnung aus Fig. 1,

Fig. 3 in einer schematischen Darstellung eine Steuerung für die Druckmittelversorgungsanordnung aus Fig. 1 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel,

Fig. 4 in einer schematischen Darstellung eine Adaption eines Kennfelds für einen Neutralstrom,

Fig. 5 ein Ablaufdiagramm für ein Verfahren für die hydraulische Druckmittelversorgungsanordnung gemäß einem Ausführungsbeispiel und

Fig. 6 schematisch ein Kennfeld für einen Neutralstrom, wobei auf der Abszisse ein Ist-Ausgangsdruck einer Hydromaschine und auf der Ordinate der Neutralstrom vorgesehen ist.

[0026] Gemäß Fig. 1 ist eine hydraulische Druckmittelversorgungsanordnung 1 gezeigt, die eine Hydromaschine in Form einer Axialkolbenmaschine 2 aufweist. Diese weist eine Schwenkwiege zum Verstellen eines Fördervolumens auf. Die Axialkolbenmaschine 2 ist sowohl als Pumpe als auch als Motor einsetzbar. Angetrieben wird die Axialkolbenmaschine 2 über eine Antriebseinheit 4, bei der es sich beispielsweise um einen Verbrennungsmotor, wie beispielsweise ein Dieselaggregat, oder um einen Elektromotor handeln kann. Über eine Triebwelle 6 ist die Axialkolbenmaschine 2 mit der Antriebseinheit 4 verbunden. Eine Drehzahl 8 der Triebwelle 6 kann über nicht dargestellte Mittel, beispielsweise über einen Drehzahlsensor, abgegriffen werden und einer Steuerung der Druckmittelversorgungsanordnung 1 zugeführt werden. Für die Axialkolbenmaschine 2 ist ein Verstellmechanismus 12 vorgesehen. Dieser hat ein Pilotventil 14. Dessen Ventilschieber ist elektrisch proportional über einen Aktor 16 ansteuerbar. Hierfür wird dem Aktor 16 eine Stellgröße 18 von einer Steuerung 20 zugeführt. Der Ventilschieber des Pilotventils 14 in Rich-

tung einer Grundstellung mit einer Federkraft einer Ventiltfeder 22 beaufschlagt. Die Federkraft wirkt dabei entgegen der Aktorkraft des Aktors 16.

[0027] Die Axialkolbenmaschine 2 ist ausgangsseitig mit einer Druckleitung 24 verbunden, die wiederum mit einem Hauptsteuerventil 26 oder Ventilblock verbunden ist. Über dieses kann die Druckmittelversorgung zwischen der Axialkolbenmaschine 2 und einem oder mehreren Verbrauchern gesteuert werden. Von der Druckleitung 24 zweigt eine Steuerleitung 28 ab, die an einen Druckanschluss P des Pilotventils 14 angeschlossen ist. Die Steuerleitung 28 ist beispielsweise in einem Gehäuse der Axialkolbenmaschine 2 ausgebildet. Des Weiteren weist das Pilotventil 14 einen Tankanschluss T auf, der über eine Tankleitung 30 mit einem Tank verbunden ist. Außerdem hat das Pilotventil 14 einen Arbeitsanschluss A, der mit einem Stellraum 32 eines Stellzylinders 34 verbunden ist. Der Stellraum 32 wird dabei von einem Stellkolben 36 des Stellzylinders begrenzt. Über den Stellkolben 36 kann dann eine Schrägscheibe der Axialkolbenmaschine 2 verstellt werden. Ein Verschiebeweg des Stellkolbens 36 wird über einen Wegaufnehmer 38 erfasst. Alternativ oder zusätzlich wird ein Schwenkwinkel der Schwenkwiege der Axialkolbenmaschine 2 über einen rotatorischen, magnetischen Sensor von einer Schwenkachse der Schwenkwiege abgegriffen. Über den erfassten Weg kann dann das Ist-Fördervolumen oder das Ist-Verdrängungsvolumen der Axialkolbenmaschine 2 ermittelt werden. Das Ist-Fördervolumen 40 wird dann der Steuerung 20 gemeldet. In der Grundstellung des Ventilschiebers des Pilotventils 14 ist der Druckanschluss P mit dem Arbeitsanschluss A verbunden und der Tankanschluss T abgesperrt. Bei Beaufschlagung des Ventilschiebers mit der Aktorkraft des Aktors 16 wird der Ventilschiebers ausgehend von seiner Grundstellung in Richtung von Schaltstellungen bewegt, bei denen der Druckanschluss P gesperrt und der Arbeitsanschluss A mit dem Tankanschluss T verbunden ist. Somit wird in der Grundstellung des Ventilschiebers des Pilotventils 14 der Stellkolben 36 mit Druckmittel aus der Druckleitung 24 beaufschlagt. Des Weiteren ist bei dem Verstellmechanismus 12 ein Zylinder 42 vorgesehen. Dieser hat einen Stellkolben 44, der an der Schrägscheibe der Axialkolbenmaschine 2 angreift. Der Stellkolben 44 begrenzt einen Stellraum 46, der mit der Druckleitung 24 verbunden ist. Über Druckmittel des Stellraums 46 und über die Federkraft einer Feder 48 wird der Stellkolben 44 derart beaufschlagt, dass dieser die Schrägscheibe in Richtung einer Vergrößerung des Fördervolumens belastet.

[0028] Des Weiteren ist ein Drucksensor 50 vorgesehen, über den der Druck in der Druckleitung 24 abgegriffen und der Steuerung 20 gemeldet wird, wobei es sich bei dem Druck um einen Ist-Ausgangsdruck 52 handelt. Außerdem ist ein Drucksensor 54 vorgesehen, der den höchsten Ist-Lastdruck (Ist-LS-Druck) 56 erfasst, der der Steuerung 20 übermittelt wird.

[0029] Eine Steuerung 57 ist über ein CAN Interface

58 mit der Steuerung 20 verbunden, um insbesondere die Ist-Drehzahl und einen oder mehrere Regelsollwert/e, wie beispielsweise den Soll-Ausgangsdruck, das Soll-Fördervolumen oder den Soll-Schwenkwinkel, Soll-Leistung oder das Soll-Drehmoment, an die Steuerung 20 zu übermitteln. Denkbar ist auch, die Ist-Drehzahl 8 direkt der Steuerung 20 zuzuführen.

[0030] Im Einsatz der Druckmittelversorgungsanordnung 1 wird über das Pilotventil 14 und den Stellkolben 36 die Position der Schrägscheibe der Axialkolbenmaschine 2 gesteuert. Ein geförderter Volumenstrom der Axialkolbenmaschine 2 ist proportional zur Stellung der Schrägscheibe. Der durch die Feder 48 vorgespannte Verstellkolben 44 oder Gegenkolben wird ständig mit dem Ist-Ausgangsdruck oder Pumpendruck beaufschlagt. Bei nichtdrehender Axialkolbenmaschine 2 und drucklosem Verstellmechanismus 12 wird die Schrägscheibe durch die Feder 48 in einer Position +100 Prozent gehalten. Bei angetriebener Axialkolbenmaschine 2 und stromlosem Aktor 16 des Pilotventils 14 schwenkt die Schrägscheibe auf einen Nullhubdruck, da der Stellkolben 36 mit Druckmittel der Druckleitung 24 beaufschlagt ist. Ein Gleichgewicht zwischen einem Ist-Ausgangsdruck am Stellkolben 36 und der Federkraft der Feder 48 stellt sich bei einem vorbestimmten Druck oder Druckbereich ein, beispielsweise zwischen 8 bis 12 bar. Dieser Nullhubbetrieb wird beispielsweise bei einer spannungslosen Elektronik oder Steuerung 20 eingenommen. Die Ansteuerung des Pilotventils 14 erfolgt über die Steuerung 20, bei der es sich beispielsweise um vorzugsweise eine digitale Elektronik, alternativ um eine analoge Elektronik, handelt. Die Steuerung 20 verarbeitet die benötigten Regelsignale, was untenstehend näher erläutert ist.

[0031] Fig. 2 zeigt schematisch eine Funktionsweise der Steuerung 20. Diese hat einen ersten Regelkreis 60 und einen zweiten Regelkreis 62. Der erste Regelkreis 60 weist einen Regler 64 für einen Schwenkwinkel der Schrägscheibe der Axialkolbenmaschine 2 aus Fig. 1, einen Regler 66 für den Ausgangsdruck der Axialkolbenmaschine 2 und einen Regler 68 für ein Drehmoment der Axialkolbenmaschine 2 auf. Der Regler 64 hat als Eingangsgrößen ein Soll-Fördervolumen 70 und das Ist-Fördervolumen 40. Als Ausgangsgröße ist eine Stellgröße 72 vorgesehen. Der Regler 66 weist als Eingangsgrößen einen Soll-Ausgangsdruck 74 und den Ist-Ausgangsdruck 52 auf. Als Ausgangsgröße ist eine Stellgröße 75 vorgesehen. Der Regler 68 weist als Eingangsgrößen eine Ist-Drehmoment 76 oder ein Soll-Drehmoment auf. Als weitere Eingangsgröße ist das Ist-Drehmoment vorgesehen, das wiederum beispielsweise anhand eines Kennfelds über die Ist-Drehzahl 8 und/oder über den Ist-Ausgangsdruck und/oder über den Ist-Schwenkwinkel oder Ist-Fördervolumen ermittelbar ist. Als Ausgangsgröße für den Regler 68 ist eine Stellgröße 78 vorgesehen. Bei dem jeweiligen Regler 64 bis 68 werden die Eingangsgrößen jeweils einem Regelglied in Form eines PID-Reglers zugeführt.

[0032] Die Stellgrößen 72, 75 und 78 werden einem Minimalwertbildner 80 zugeführt. Dieser sorgt dafür, dass automatisch nur der dem gewünschten Arbeitspunkt zugeordnete Regler 72, 75 oder 78 aktiv ist. Hierbei wird dann entweder der Ausgangsdruck, das Drehmoment oder das Fördervolumen exakt ausgeglichen, wobei die jeweils beiden anderen Größen unterhalb eines vorgegebenen Sollwertes liegen. Ein Ausgangssignal des Minimalwertbildners 80 ist dann ein Sollwert in Form einer Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit oder Soll-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit 82 oder Soll-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit. Diese ist dann eine Eingangsgröße für den zweiten unterlagerten Regelkreis 62. Eine weitere Eingangsgröße des zweiten Regelkreises 62 ist die Ableitung des Ist-Fördervolumens 40, womit es sich dann um eine Ist-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit 84 handelt. Die Eingangsgrößen 82 und 84 für den zweiten Regelkreis 62 werden dann einem Regelglied in Form eines PID-Glieds 86 zugeführt. Dieses gibt dann die Stellgröße 18 für das Pilotventil 14 aus Fig. 1 aus.

[0033] Gemäß Fig. 3 ist eine weitere Ausführungsform für die Steuerung 20 aus Fig. 1 gezeigt. Diese hat einen Regler 88 für das Fördervolumen der Axialkolbenmaschine 2, s. auch Fig. 1. Des Weiteren ist ein Regler 90 für den Ausgangsdruck der Axialkolbenmaschine 2 und ein Regler 92 für das Drehmoment der Axialkolbenmaschine 2 vorgesehen. Dies ist ein Teil eines ersten Regelkreises 94. Des Weiteren ist ein dem ersten Regelkreis unterlagertes zweiter Regelkreis 96 für die Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit oder Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit der Axialkolbenmaschine 2 vorgesehen.

[0034] Der Regler 88 weist ein Regelglied 98 in Form eines P-Glieds auf. Als Eingangsgrößen sind das Soll-Fördervolumen 70 und das Ist-Fördervolumen 40 vorgesehen. Das Ist-Fördervolumen 40 wird mit dem Regelglied 98 über einen Filter in Form eines PT1-Filters zugeführt. Ausgangsseitig des Reglers 88 ist die Stellgröße 72 als Ausgangsgröße vorgesehen, die dem Minimalwertbildner 80 zugeführt wird.

[0035] Der Regler 90 weist als Eingangsgrößen den Ist-Ausgangsdruck 52, den Ist-LS-Druck 56, eine Soll-Druckdifferenz 100 und einen Soll-Druckgradienten 102 auf. Der Ist-LS-Druck 56 und die Soll-Druckdifferenz 100 werden über ein Summierglied 104 zu einem Soll-Ausgangsdruck verknüpft. Der Soll-Ausgangsdruck wird dann einem Regelglied 106 in Form eines invertierten PT1-Glieds zugeführt, das einen voraussichtlichen Signalverlauf abschätzt. Der Soll-Ausgangsdruck wird dann weiter einem Regelglied 108 zugeführt, das als weitere Eingangsgröße den Soll-Druckgradienten 102 aufweist. Der Soll-Druckgradient 102 gibt dann den maximal möglichen Gradienten vor, der vorgesehen sein soll. Über das Regelglied 108 wird dann der Soll-Ausgangsdruck von dem vorgegebenen Soll-Druckgradienten 102 derart beeinflusst, dass mit dem Soll-Druckgradienten 102 die Dynamik der Druckmittelversorgungsanordnung 1 aus

Fig. 1 steuerbar ist. Beispielsweise kann die Beeinflussung derart sein, dass, je höher der Soll-Druckgradient 102 ist, desto schneller kann die Schrägscheibe der Axialkolbenmaschine 2 verstellt werden. Umgekehrt gilt dann, je kleiner der Soll-Druckgradient ist, desto langsamer wird die Schrägscheibe der Axialkolbenmaschine 2 verstellt. Nach dem Regelglied 108 wird dann der Soll-Ausgangsdruck einem Regelglied 110 in Form eines PID-Glieds zugeführt. Als weitere Eingangsgröße für das Regelglied 110 ist dann der Ist-Ausgangsdruck 52 vorgesehen. Als Ausgangsgröße des Regelglieds 110 ergibt sich die Stellgröße 75, die dem Minimalwertbildner 80 zugeführt wird.

[0036] Der Ist-LS-Druck 56 des Reglers 90 wird vor dem Summierglied 104 einem Filter 112 zugeführt, bei dem es sich um einen variablen PT1-Filter handelt. Das Gleiche gilt für den Ist-Ausgangsdruck, der vor dem Regelglied 110 ebenfalls einem Filter 114 in Form eines variablen PT1-Filters zugeführt wird. Die Filter 112 und 114 haben variable, insbesondere druckabhängige, Filterkoeffizienten.

[0037] Der Regler 92 hat als Eingangsgrößen die Ist-Drehzahl 8, das Ist-Fördervolumen 40, den Ist-Ausgangsdruck 52 und ein Soll-Drehmoment 116. Die Eingangsgrößen werden einem Regelglied 118 in Form eines P-Glieds zugeführt. Als Ausgangsgröße für das Regelglied 118 ist die Stellgröße 78 vorgesehen, die dem Minimalwertbildner 80 zugeführt ist. Nach dem Regelglied 118 ist für die Stellgröße 78 ein Regelglied 120 vorgesehen, bei dem es sich wie bei dem Regelglied 106 um einen invertierten PT1-Filter handelt. Des Weiteren wird die Ist-Drehzahl, das Ist-Fördervolumen 40 und der Ist-Ausgangsdruck 8 vor Zuführung zum Regelglied 118 einem Regelglied 122 zugeführt. Dieses dient zur Berechnung eines Ist-Drehmoments 124 basierend auf der Ist-Drehzahl 8, auf dem Ist-Fördervolumen 40 und dem Ist-Ausgangsdruck 8. Die Berechnung erfolgt anhand eines Kennfelds des Regelglieds 122. Das Kennfeld ist abhängig von dem Ist-Ausgangsdruck 52, der dem Regelglied 122 zugeführt wird. Des Weiteren wird dem Regelglied 122 das Ist-Fördervolumen 40 zugeführt. Das Kennfeld kann dann alternativ oder zusätzlich vom Ist-Fördervolumen 40 abhängen. Mit anderen Worten wird das Ist-Drehmoment 124 aus der Ist-Drehzahl 8 und aus dem Ist-Ausgangsdruck 52 und/oder aus dem Ist-Fördervolumen 40 gebildet. Das Ist-Drehmoment 124 wird dann im Anschluss einem Filter 126 in Form eines PT1-Glieds zugeführt, bevor es zum Regelglied 118 gelangt.

[0038] Des Weiteren wird das Ist-Fördervolumen 40, bevor es dem Regelglied 98 zugeführt wird, einem Filter 99 in Form eines PT1-Glieds zugeführt.

[0039] Der Minimalwertbildner 80 bildet aus den Stellgrößen 72, 75 und 78 die Soll-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit 82 oder Soll-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit. Diese wird einem Regelglied 128 zugeführt. Mit diesem kann die Dynamik der Druckmittelversorgungsanordnung 1 beeinflusst werden. Hierfür ist als weitere Eingangsgröße für das Regelglied 128 eine

Soll-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit 130 oder Soll-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit vorgesehen, die verstellbar ist. Beispielsweise ist mit der Soll-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit 130 oder Soll-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit, die aus dem Minimalwertbildner 80 ausgegebene Soll-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit 82 oder Soll-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit limitierbar und/oder derart beeinflussbar, dass, je höher die Größe 130 ist, desto schneller kann die Schrägscheibe der Axialkolbenmaschine 2 verschwenkt werden und umgekehrt. Somit kann die Dynamik der Druckmittelversorgungsanordnung 1 durch Verstellen der Soll-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit 130 und/oder durch Verstellen des Soll-Druckgradienten 102 beeinflusst werden. Beispielsweise kann hierdurch die Druckmittelversorgungsanordnung 1 an unterschiedliche Arbeitsmaschinen und/oder an unterschiedliche Einsatzbedingungen und/oder an unterschiedliche Einsatzzwecke auf einfache und kostengünstige Weise angepasst werden.

[0040] Nach dem Regelglied 128 wird die Soll-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit 132 oder Soll-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit dem zweiten Regelkreis 96 als Eingangsgröße zugeführt. Dieser hat ein Regelglied 134 in Form eines PI-Glieds. Als weitere Eingangsgröße für das Regelglied 134 ist die Ist-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit 84 oder Ist-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit vorgesehen. Diese basiert auf dem Ist-Fördervolumen 40, das in einem Regelglied 136 abgeleitet wird. Danach wird die Ableitung, also die Ist-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit, einem Filter 138 in Form eines PT1-Filters zugeführt. Anschließend ist ein Regelglied 140 in Form eines invertierten PT1-Filters vorgesehen, bevor die Ist-Größe 84 dem Regelglied 134 zugeführt ist. Das Regelglied 134 des zweiten Regelkreises 96 weist als Ausgangsgröße die Stellgröße 18 für das Pilotventil 14 aus Fig. 1 auf. Diese wird einem Summierglied 142 zugeführt. Als weitere Eingangsgröße für das Summierglied 142 ist ein Vorsteuerwert 144 vorgesehen. Bei diesem handelt es sich um eine Ausgangsgröße eines Regelglieds 150, das als Eingangsgröße den Ist-Ausgangsdruck 52 aufweist. Basierend auf dem Ist-Ausgangsdruck 52 wird dann der Vorsteuerwert 144 ermittelt. Das Summierglied 142 verknüpft dann die Stellgröße 18 und den Vorsteuerwert 144, womit ein Neutralstrom im stationären Betriebszustand des Pilotventils vorgesteuert ist. Es erfolgt damit eine druckabhängige Vorgabe eines Neutralsignalwertes für das Pilotventil 14 aus Fig. 1. Dies hat den Vorteil, dass die Steuerung 20 hinsichtlich dieser Steuerungsaufgabe entlastet wird. Als Ausgangsgröße des Summierglieds 142 ist dann eine endgültige Stellgröße 146 für das Pilotventil 14 vorgesehen.

[0041] Im Regelglied 150 kann der Vorsteuerwert 144 vorzugsweise modellbasiert unter Berücksichtigung von Strömungskräften beim Pilotventil 14 und/oder einem Magnetcharakteristikum des Aktors 16 und/oder einer Steuerkantencharakteristik des Ventilschiebers des Pi-

lotventils 14 und/oder einer Federsteifigkeit der Ventilfeder 22 ermittelt sein.

[0042] Fig. 4 zeigt schematisch ein Regelglied 168. Dieses kann alternativ zu dem Regelglied 150 aus Fig. 3 für den zweiten Regelkreis 96 vorgesehen sein. Als Ausgangsgröße ist der Vorsteuerwert oder die Vorsteuergröße 144 vorgesehen. Über einen Schalter 170 ist das Regelglied 168 aktivierbar und deaktivierbar. Das Regelglied 168 hat einen Eingangsblock 172, einen Kennfeldblock 174 und einen Ausgangsblock 176. Als Eingangsgröße für den Eingangsblock 172 kann ein Soll-Strom 178 (siehe 146 Fig. 3) bei Bedarf vorgesehen sein. Des Weiteren kann als Eingangsgröße ein Soll-Ausgangsdruck 180 (siehe 74 Fig. 2) vorgesehen sein. Dieser wird beispielsweise entsprechend den Ausführungen gemäß Fig. 3 ermittelt oder der Soll-Ausgangsdruck wird zusätzlich zum Regelglied 110, s. Fig. 3, dem Eingangsblock 172 zugeführt. Als weitere Eingangsgröße für den Eingangsblock 172 ist der Ist-Ausgangsdruck 52, s. auch Fig. 3, vorgesehen. Alternativ ist denkbar, den gefilterten Ist-Ausgangsdruck nach dem Filter 114 als Eingangsgröße zu verwenden. Als weitere Eingangsgröße kann das Soll-Fördervolumen 70 oder der Soll-Schwenkwinkel vorgesehen sein. Des Weiteren ist denkbar, als Eingangsgröße das Ist-Fördervolumen 40 oder den Ist-Schwenkwinkel zu verwenden. Außerdem kann die Ist-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit 84 oder Ist-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit als Eingangsgröße vorgesehen sein. Die Temperatur 154 ist ebenfalls als Eingangsgröße verwendbar. Anhand einer oder mehrerer der Eingangsgrößen, insbesondere anhand der Temperatur 154 und/oder anhand des Ist-Ausgangsdrucks 52 und/oder anhand des Ist-Fördervolumens 40 wird im Kennfeldblock 174 der stationäre Betriebszustand identifiziert, bei dem die Ist-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit 84 oder Ist-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit Null ist. Im Kennfeldblock 174 ist des Weiteren ein aktuelles Kennfeld und/oder ein initiales Kennfeld abgelegt. Es wird ermittelt, ob der stationäre Betriebszustand oder Arbeitspunkt auf dem Kennfeld liegt. Liegt der Arbeitspunkt nicht auf dem Kennfeld, so wird ein Punkt auf dem Kennfeld gewählt, der dem Arbeitspunkt am Nächsten kommt, wobei es sich bei diesem Punkt dann um einen Stützpunkt handelt. Liegt der Arbeitspunkt auf dem Kennfeld, dann ist der Arbeitspunkt der Stützpunkt. Ist der Arbeitspunkt vom Kennfeld beabstandet, dann wird das Kennfeld entsprechend aktualisiert, so dass der Arbeitspunkt wieder auf dem Kennfeld liegt. Anhand des aktualisierten Kennfelds wird beim Ausgangsblock 176 der Vorsteuerwert 144 ermittelt.

[0043] Gemäß Fig. 5 kann die Adaption derart erfolgen, dass in einem Schritt 182, wie oben erläutert, der stationäre Betriebszustand der Druckmittelversorgungsanordnung über die Steuerung 20, s. Fig. 3, ermittelt wird. Die Ermittlung erfolgt dabei derart, dass die Ist-Fördervolumen-Verstellgeschwindigkeit 84 oder Ist-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit Null ist. Der in diesem Fall vom Regelglied 134 als Fehler zum Neutralstrom

144 oder Vorsteuerwert 144 dazu gesteuerte Signalanteil wird dann als Fehler von dem Kennfeld oder der Neutralstromkurve abgezogen in Schritt 184. Der Abzug erfolgt hierbei von dem Stützpunkt der Neutralstromkurve, also demjenigen Punkt, der dem stationären Betriebszustand entspricht oder diesem am Nächsten liegt. Das Kennfeld kann eindimensional sein, beispielsweise ein Ist-Ausgangsdruck-Neutralstrom-Kennfeld. Denkbar ist auch ein mehrdimensionales Kennfeld vorgesehen, beispielsweise mit dem Ist-Ausgangsdruck, der Ist-Temperatur und der Ist-Drehzahl.

[0044] Fig. 6 zeigt beispielhaft ein Kennfeld in Form einer Neutralstromkurve 186. Der Neutralstrom I ist dabei abhängig vom Ist-Ausgangsdruck p. Der Neutralstrom I steigt hierbei bei steigendem Ist-Ausgangsdruck p und umgekehrt. Denkbar wäre auch, dass der Neutralstrom I bei einem steigenden Ist-Ausgangsdruck p sinkt und umgekehrt.

Patentansprüche

1. Hydraulische Druckmittelversorgungsanordnung für einen offenen hydraulischen Kreis, mit einer Hydromaschine (2), mit einem Verstellmechanismus (12), der einen Stellzylinder (34) mit einem Stellkolben (36) zum Verstellen des Fördervolumens der Hydromaschine (2) aufweist und der ein elektrisch proportional ansteuerbares Pilotventil (14) aufweist, wobei über das Pilotventil (14) ein Zufluss und/oder ein Abfluss in einem vom Stellkolben (36) begrenzten Steuererraum (32) des Stellzylinders (34) steuerbar ist, um den Stellkolben (36) zum Ansteuern mit Druckmittel zu beaufschlagen, und wobei eine elektronische Steuerung (20) für das Pilotventil (14) vorgesehen ist, die einen Regler (60, 62; 94, 96) mit einer Ausgangsgröße in Form einer Stellgröße (146) für das Pilotventil (14) hat, wobei ein Ventilschieber des Pilotventils (14) bei einem bestimmten Neutralstrom eine Stellung einnimmt, bei der vorgesehen ist, dass der Stellkolben (36) keine Bewegung ausführt, **dadurch gekennzeichnet, dass** ausgangsseitig des Reglers (60, 62; 94, 96) eine Vorsteuergröße (144) für den Neutralstrom mit der Stellgröße (146) des Reglers (60, 62; 94, 96) verknüpft ist, um die Stellgröße (146) für das Pilotventil (14) einzustellen.
2. Druckmittelversorgungsanordnung nach Anspruch 1, wobei die Steuerung (20) für die Vorsteuergröße (144) ein Regelglied (150, 168) hat, das anhand eines Kennfelds die Vorsteuergröße (144) ermittelt.
3. Druckmittelversorgungsanordnung nach Anspruch 2, wobei als Eingangsgröße für das Regelglied (150, 168) zumindest eine Betriebsgröße (40, 52, 70, 84, 154, 178, 180) der Druckmittelversorgungsanordnung (1) vorgesehen ist.

4. Druckmittelversorgungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Kennfeld und/oder die Vorsteuergröße (144) adaptierbar ist.
5. Druckmittelversorgungsanordnung nach Anspruch 3 oder 4, wobei als Betriebsgröße ein Ist-Ausgangsdruck der Hydromaschine (2) und/oder eine Ist-Drehzahl (8) der Hydromaschine (2) und/oder eine Ist-Temperatur (154) eines Druckmittels und/oder ein Ist-Fördervolumen (40) der Hydromaschine (2) vorgesehen ist.
6. Druckmittelversorgungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Regler (134) zum Regeln einer Ist-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit (84) der Hydromaschine (2) vorgesehen ist, der als Eingangsgröße eine Ist-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit (84) und eine Soll-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit (132) der Hydromaschine (2) aufweist und der als Ausgangsgröße die Stellgröße (18) des Reglers (60, 62; 94, 96) für das Pilotventil (14) aufweist.
7. Verfahren für eine hydraulische Druckmittelversorgungsanordnung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche mit dem Schritt:
- Verknüpfung der Vorsteuergröße (144) für den Neutralstrom mit der Stellgröße (18) des Reglers (60, 62; 94, 96), um die Stellgröße (146) für das Pilotventil (14) einzustellen.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei folgende Schritte vorgesehen sind:
- Ermittlung eines stationären Betriebszustands der Druckmittelversorgungsanordnung über die Steuerung (20),
 - Adaption der Vorsteuergröße (144) und/oder des Kennfelds auf Basis des stationären Betriebszustands.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Adaption der Vorsteuergröße (144) und/oder des Kennfelds derart erfolgt, dass beim stationären Betriebszustand die Stellgröße (18) des Reglers (60, 62; 94, 96) in einer mittleren Stellung des Ventilschiebers des Pilotventils (14) Null ist.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, wobei bei dem stationären Betriebszustand die Ist-Schwenkwinkel-Verstellgeschwindigkeit (84) der Hydromaschine (2) Null ist.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei, falls die Stellgröße (18) des Reglers (60, 62; 94, 96) beim stationären Betriebszustand von null abweicht und somit als Fehlerwert zum Neutralstrom dazu gesteuert wird, die Stellgröße (18) als Fehlerwert mit der Vorsteuergröße (144) und/oder mit dem Kennfeld derart verrechnet wird, dass hierdurch die Vorsteuergröße (144) und/oder das Kennfeld adaptiert oder aktualisiert wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei als Verrechnung eine Subtraktion der Stellgröße als Fehlerwert von der Vorsteuergröße (144) und/oder dem Kennfeld vorgesehen ist.

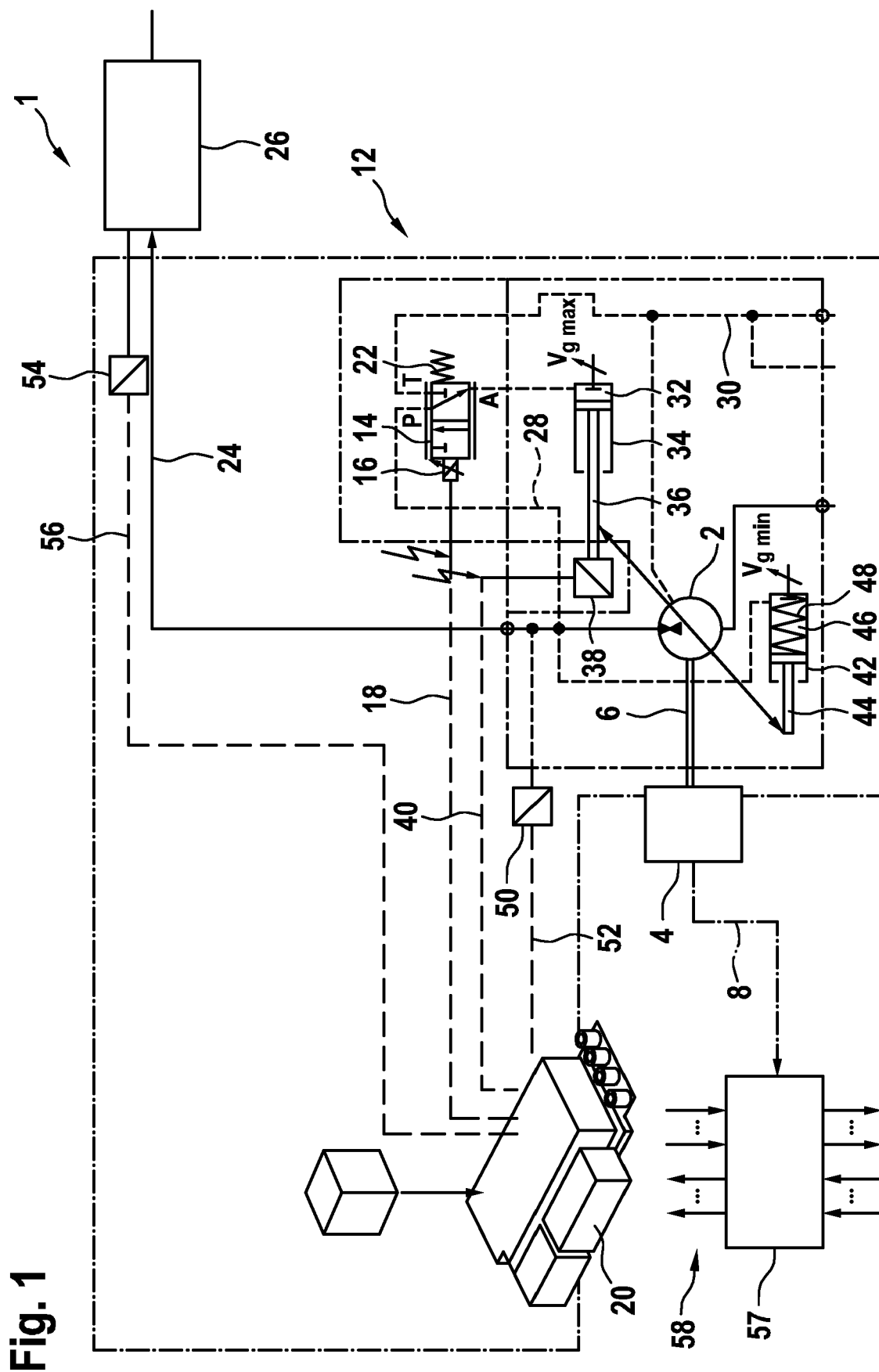


Fig. 2

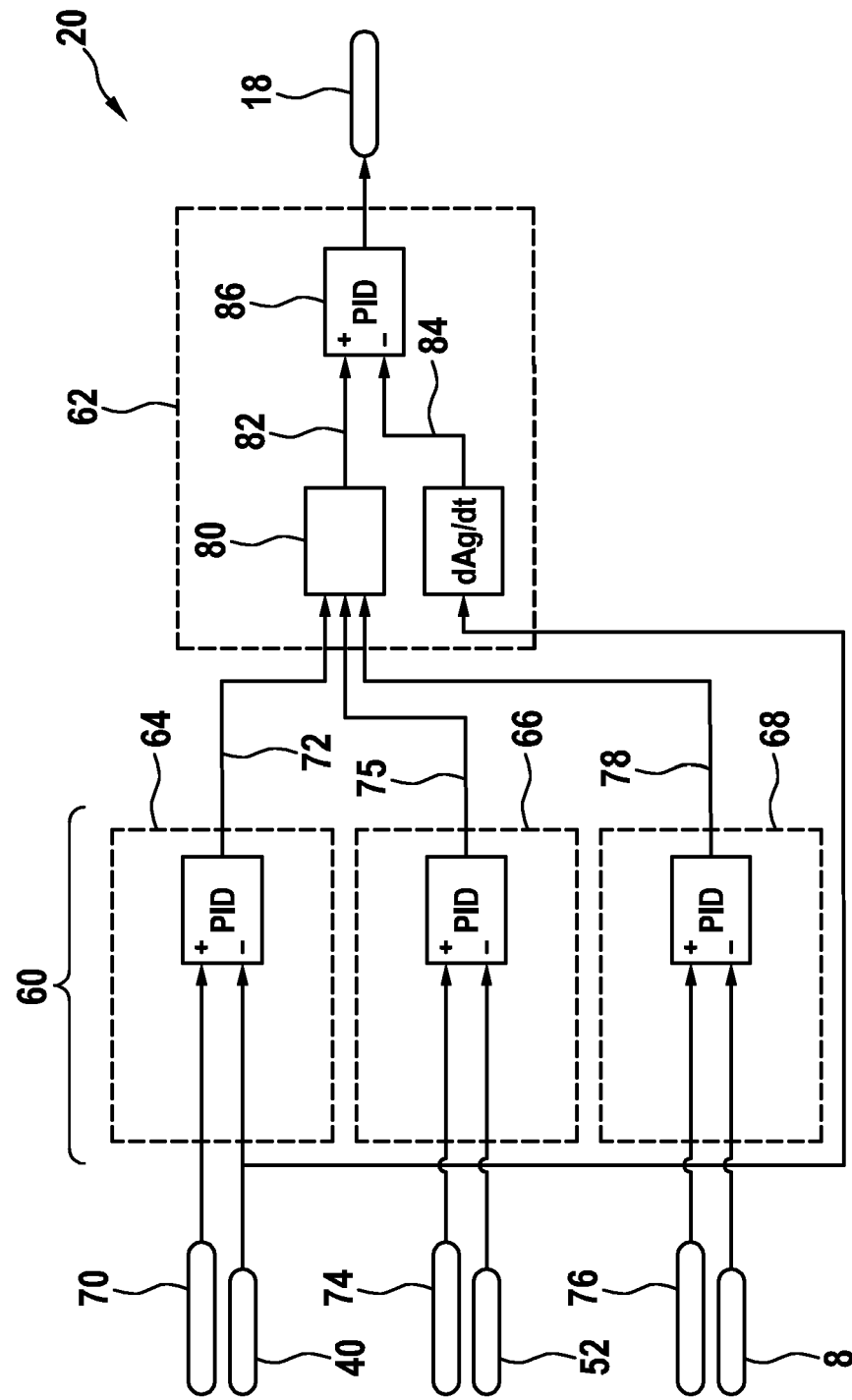


Fig. 3

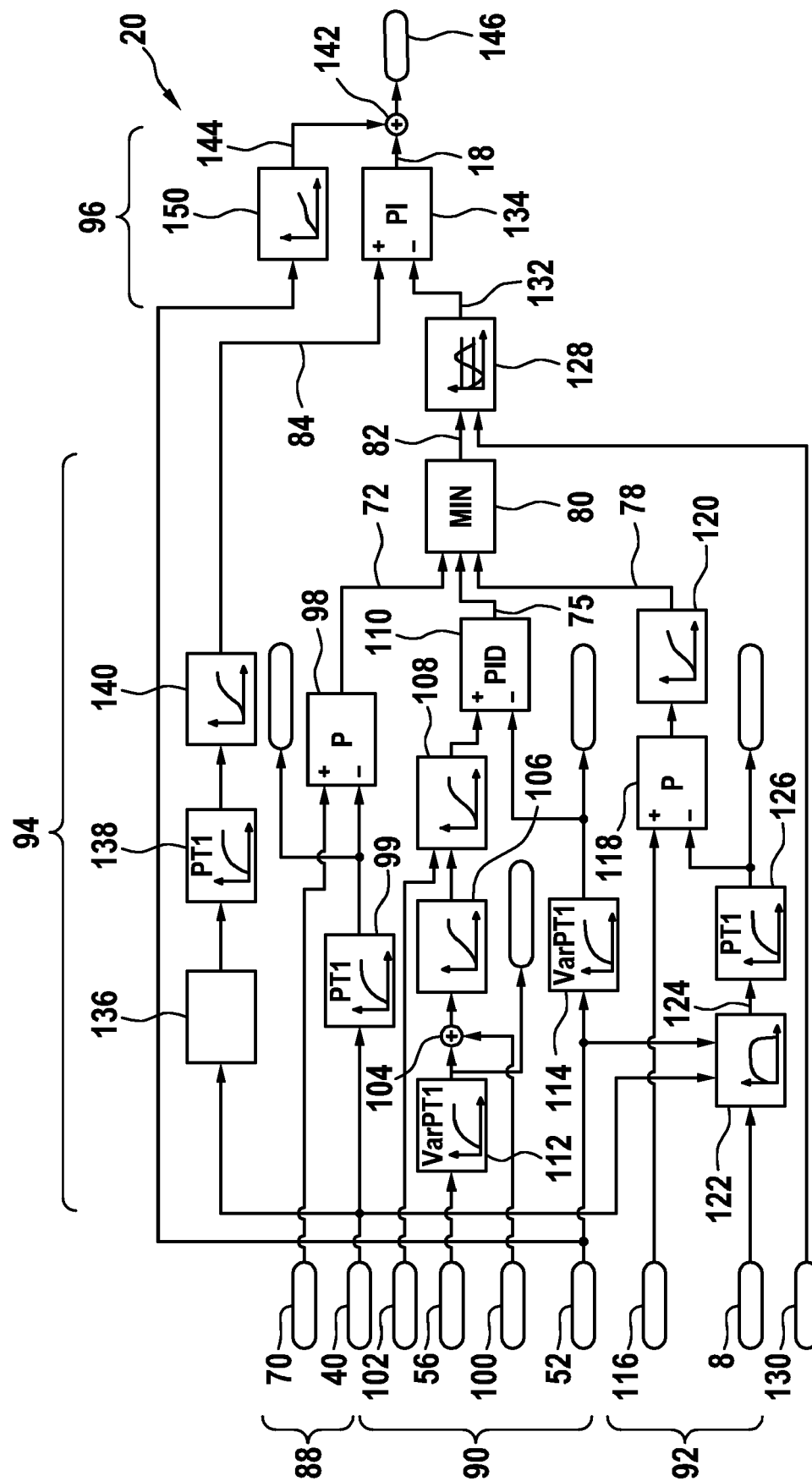


Fig. 4

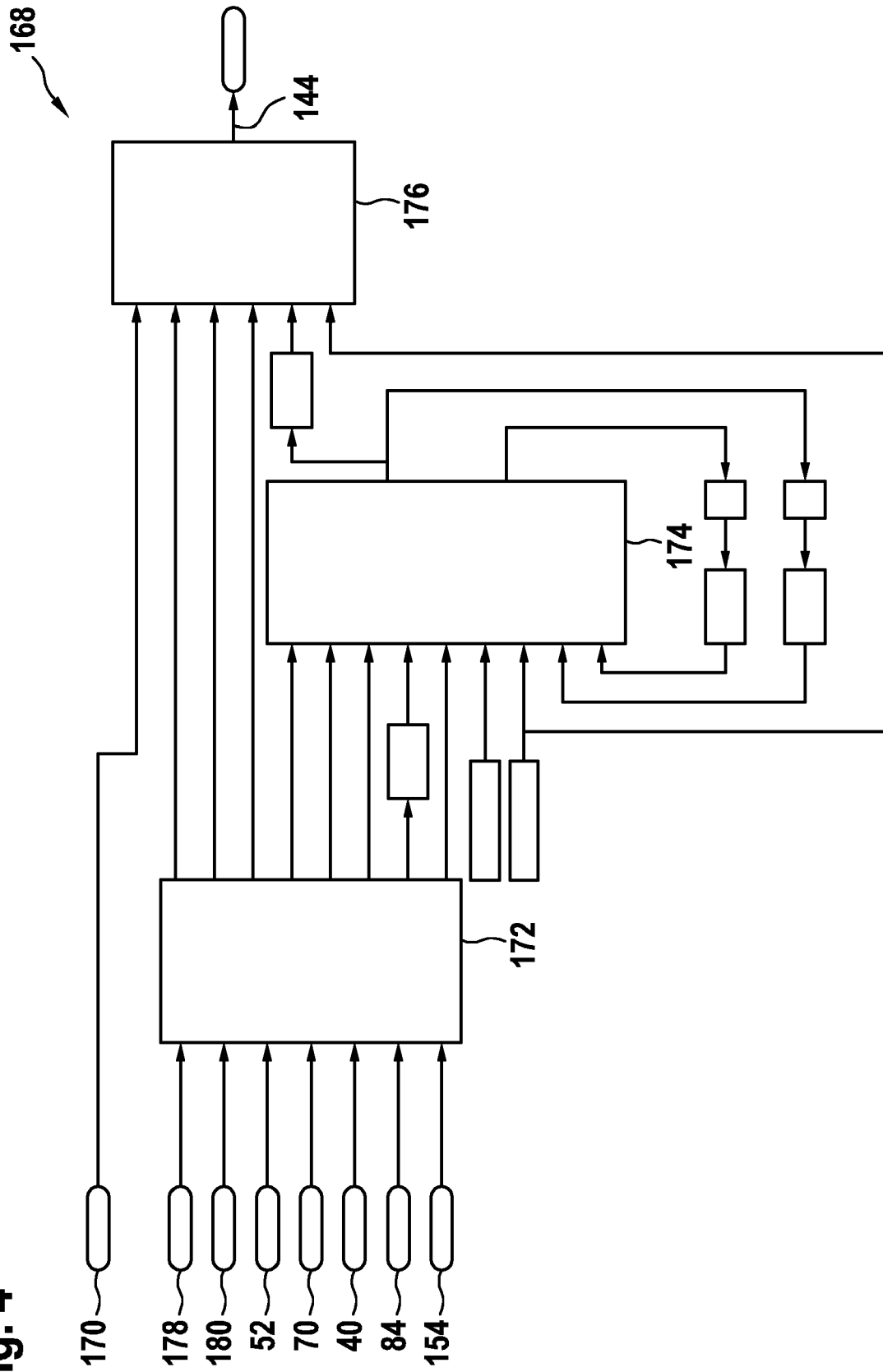


Fig. 5

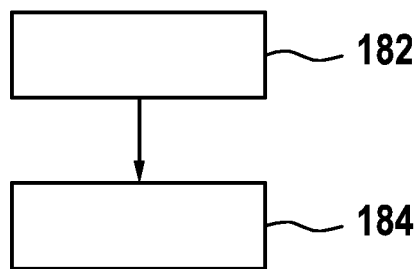
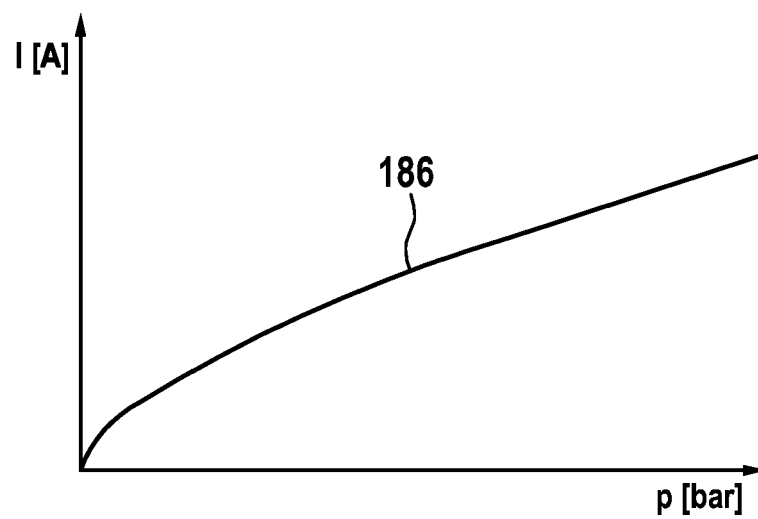


Fig. 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 18 6948

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 10 2016 222139 A1 (BOSCH GMBH ROBERT) 17. Mai 2018 (2018-05-17) * Absätze [0013] - [0015]; Abbildungen 1,3 *	1-12	INV. F04B49/00
A	DE 10 2017 000761 A1 (HYDAC DRIVE CENTER GMBH [DE]) 2. August 2018 (2018-08-02) * Absatz [0007] *	1	
A	DE 10 2013 221625 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 30. April 2015 (2015-04-30) * Absätze [0024] - [0026]; Abbildung 1 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 8. Oktober 2020	Prüfer Ziegler, Hans-Jürgen
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 18 6948

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08-10-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102016222139 A1	17-05-2018	CN 108071568 A	25-05-2018
			DE 102016222139 A1	17-05-2018
15			US 2018135605 A1	17-05-2018
	-----		-----	
	DE 102017000761 A1	02-08-2018	KEINE	
	-----		-----	
	DE 102013221625 A1	30-04-2015	KEINE	
20	-----		-----	
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- EP 1460505 A2 [0003]
- EP 2851565 B1 [0004]
- US 4801247 A [0004]
- US 5182908 A [0004]
- EP 0349092 B1 [0004]
- US 5267441 A [0004]
- US 5967756 A [0004]
- US 5170625 A [0004]
- DE 102014225147 [0023]