



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.09.2015 Patentblatt 2015/36

(51) Int Cl.:
F04B 11/00 (2006.01) **F04B 49/06** (2006.01)
F04C 15/00 (2006.01) **F04C 14/00** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15153042.5**

(22) Anmeldetag: **29.01.2015**

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

(71) Anmelder: **Rausch & Pausch GmbH**
95100 Selb (DE)

(72) Erfinder: **Kemnitz, Rocco**
08606 Bobenneukirchen (DE)

(74) Vertreter: **Klunker . Schmitt-Nilson . Hirsch**
Patentanwälte
Destouchesstraße 68
80796 München (DE)

(30) Priorität: **27.02.2014 DE 102014102591**

(54) **Verfahren zum Fördern von Hydraulikfluid und elektrohydraulische Motor-Pumpen-Einheit dafür**

(57) Eine elektrohydraulische Motor-Pumpen-Einheit umfasst eine unsteret fördernde Verdrängerpumpe (1) zum Fördern von Hydraulikfluid in einem Hydrauliksystem, einen mit der Verdrängerpumpe (1) gekoppelten Elektromotor (2) zum Antreiben der Verdrängerpumpe (1) und eine mit dem Elektromotor (2) gekoppelte elektrische Anstcuereinrichtung (3) zum Steuern des Elektromotors (2). Mittels eines Detektors (5) wird ein Pulsationsparameter erfasst, beispielsweise ein Hydraulikdruck (p_0) im Hydrauliksystem oder ein Antriebsdrehmoment (M_0) des Elektromotors, welcher von einer aufgrund

unsteret Förderung von Hydraulikfluid in dem Hydrauliksystem entstehenden Pulsation herrührt, und mittels eines Modulators als Teil der elektrischen Anstcuereinrichtung (3) wird das Antriebsdrehmoment (M) oder die Drehgeschwindigkeit des Elektromotors (2) zum Antreiben der Verdrängerpumpe (1) auf Basis des erfassten Pulsationsparameters moduliert. Im Ergebnis wird das Antriebsdrehmoment (M) bzw. die Drehgeschwindigkeit des Elektromotors (2) entsprechend der Förderfrequenz der Verdrängerpumpe (1) moduliert.

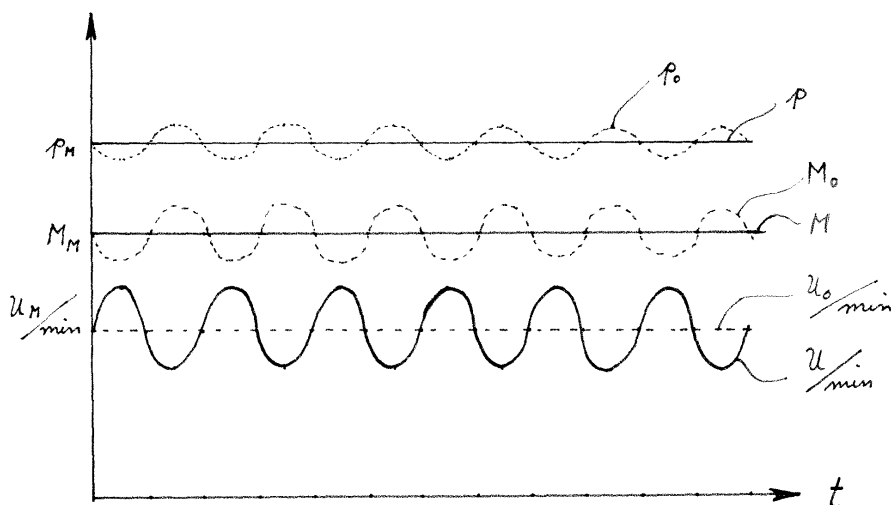


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Fördern von Hydraulikfluid in einem Hydrauliksystem mittels einer elektrisch angetriebenen, un stet fördernden Verdrängerpumpe oder, genauer gesagt, ein Verfahren zum Glätten einer aufgrund der unsteten Förderung entstehenden Pulsation des Hydraulikfluids im Hydrauliksystem. Die Erfindung betrifft desweiteren eine elektrohydraulische Motor-Pumpen-Einheit zur Verwendung in dem erfindungsgemäßen Verfahren.

[0002] Als elektrohydraulische Motor-Pumpen-Einheiten werden Systeme bezeichnet, welche aus einer hydraulischen Verdrängereinheit, einem Elektromotor und einer zugehörigen elektrischen Ansteuereinrichtung bestehen. Solche Motor-Pumpen-Einheiten werden umgangssprachlich häufig als "Power-Pack" bezeichnet. Sie dienen dazu, elektrische Energie in hydraulische Energie umzuwandeln und finden Einsatz in zahlreichen Anwendungsgebieten, wie im Automobilbereich, bei mobilen Arbeitsmaschinen oder auch ganz allgemein im Industriesektor.

[0003] Unterschiedliche hydraulische Verdrängereinheiten, Elektromotoren und elektrische Ansteuerungen für die Elektromotoren sind im Zusammenhang mit solchen Motor-Pumpen-Einheiten bekannt. Dabei kommen verschiedenste Verdrängerprinzipien zum Einsatz, wie beispielsweise Innenzahnrادpumpen, Außenzahnrادpumpen, Kolbenpumpen und dergleichen. Dabei ist allen diesen Verdrängerprinzipien gemein, dass sich die Verdrängerpumpen trotz eines stetigen Antriebs mittels des Elektromotors durch eine unstete Förderung des Hydraulikfluids auszeichnen, was eine mehr oder minder ausgeprägte Pulsation des Drucks in den hydraulischen Anschlüssen zur Folge hat, sowohl auf der Saugseite als auch - insbesondere - auf der Druckseite.

[0004] Die Unstetigkeit der Hydraulikfluidförderung ist dadurch bedingt, dass die Verdrängerpumpen je nach Bauart ein oder mehrere Pumpkammern aufweisen, die sukzessive zunächst Hydraulikfluid von der Saugseite aufnehmen und anschließend auf der Druckseite ausstoßen. So wird zum Beispiel bei Kolbenpumpen mit jedem Kolbenhub ein Druckpuls im Hydrauliksystem generiert. Im Falle von Zahnrادpumpen werden mit jeder Umdrehung des Pumpenrads eine der Anzahl der Pumpenradzähne entsprechende Zahl von Druckpulsen im Hydrauliksystem erzeugt. Die Pulsationsfrequenz hängt somit von der Geschwindigkeit ab, mit der die Verdrängerpumpe betrieben wird, das heißt von ihrer "Förderfrequenz", nämlich von der Häufigkeit pro Zeiteinheit, mit der die Verdrängerpumpe mittels ihrer Pumpkammer oder Pumpkammern Hydraulikfluid aufnimmt bzw. ausstößt. Die Förderfrequenz ist in aller Regel regelmäßig, aber das ist keineswegs zwingend.

[0005] Die in Folge des unsteten Fördervolumens auftretende Druckpulsation im Hydraulikfluid führt zu nachteiligen Erscheinungen im Hydrauliksystem, insbesondere häufig zu störenden Geräuschen infolge von ange-

regten Schwingungen.

[0006] Um zu vermeiden, dass die Druckpulsation in das Hydrauliksystem übertragen wird, werden in bekannten Hydrauliksystemen Sekundärmaßnahmen getroffen und beispielsweise hydraulische Speicher, sogenannte Pulsationsdämpfer, oder auch Blenden in den Leitungen integriert, oder die Leitungen werden zumindest teilweise durch Schläuche mit definierter Nachgiebigkeit, sogenannte Dehnschläuche, gebildet.

[0007] Je nach den jeweiligen Glättungsmaßnahmen entstehen Aufwand und/oder Kosten bei der Auswahl, Abstimmung, Anordnung und/ oder Montage.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Alternative zum Glätten der Druckpulsation in einem Hydrauliksystem anzugeben, welche aufgrund der unsteten Förderung mittels Verdrängerpumpen auftritt. In diesem Zusammenhang ist es eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine dazu geeignete elektrohydraulische Motor-Pumpen-Einheit vorzuschlagen.

[0009] Dementsprechend sieht ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Fördern von Hydraulikfluid in einem Hydrauliksystem mittels einer elektrisch angetriebenen, un stet fördernden Verdrängerpumpe vor, die aufgrund der unsteten Förderung entstehende Pulsation des Hydraulikfluids im Hydrauliksystem dadurch zu glätten, dass das Antriebsdrehmoment oder die Drehgeschwindigkeit des elektrischen Antriebs entsprechend der Förderfrequenz der Verdrängerpumpe geeignet moduliert wird.

[0010] Da die Pulsation im Hydrauliksystem unmittelbar abhängt von der Förderfrequenz der Verdrängerpumpe, kann für die Zwecke dieser Modulation vorteilhaft ein die Pulsation charakterisierender Pulsationsparameter erfasst und genutzt werden, beispielsweise also die Druckpulsation im Hydrauliksystem, und das Antriebsdrehmoment des elektrischen Antriebs zum Antreiben der Verdrängerpumpe kann entsprechend dieses erfassten Pulsationsparameters moduliert werden.

[0011] Denn die von den Pumpkammern der Verdrängerpumpe verursachte Pulsation im Hydrauliksystem erzeugt eine zugeordnete Drehmomentpulsation an der Antriebswelle der Verdrängerpumpe. Über die entsprechende Modulation des Antriebsdrehmoments des elektrischen Antriebs auf Basis des erfassten Pulsationsparameters, also beispielsweise auf Basis der im Hydrauliksystem erfassten Druckpulsation, ist es möglich, die Momentenunstetigkeit an der Antriebswelle der Verdrängerpumpe auszugleichen und somit die Pulsation schon an den hydraulischen Anschlüssen zu glätten, das heißt zu eliminieren oder zumindest zu minimieren.

[0012] Anstatt das Antriebsdrehmoment des elektrischen Antriebs zu modulieren, kann alternativ auch unmittelbar die Drehgeschwindigkeit des elektrischen Antriebs moduliert werden. Denn auch die Modulation des Antriebsmoments führt letztlich zu nichts anderem als einer entsprechenden Änderung, d. h. Modulation, der Drehgeschwindigkeit und daher im Ergebnis jeweils zu einer zeitlichen Modulation der Förderung durch die Ver-

drängerpumpe.

[0013] Wird als Hydraulikparameter die Druckpulsation im Hydrauliksystem herangezogen, so ist es vorteilhaft, den Druck an einem oder mehreren der Hydraulikanschlüsse der Motor-Pumpen-Einheit zum Beispiel mittels eines Drucksensors zu erfassen, vorzugsweise auf der Druckseite. Alternativ kann anstelle des Drucks auch die Pulsation des Volumenstroms erfasst werden, vorzugsweise wieder unmittelbar an einem oder mehreren der Hydraulikanschlüsse der Motor-Pumpen-Einheit, und vorzugsweise wieder auf der Druckseite.

[0014] Der erfasste Pulsationsparameter, sei es die Pulsation des Hydraulikdrucks oder die Pulsation des geförderten Volumenstroms, dient dann als Eingangsgröße für die Ansteuereinrichtung des Elektromotors zur Ausregelung der Pulsation, nachdem der erfasste Pulsationsparameter in ein von der Ansteuereinrichtung verarbeitbares Signal aufgelöst worden ist. Da diese Eingangsgröße über die Ansteuereinrichtung des Elektromotors und über die mittels des Elektromotors angetriebene Verdrängerpumpe wieder auf die Eingangsgröße zurückwirkt, ergibt sich insgesamt ein geregeltes System.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante wird als Pulsationsparameter anstelle der Druckpulsation oder der Volumenstrompulsation eine Pulsation bzw. Schwingung des Antriebsdrehmoments des Elektromotors selbst herangezogen. Denn wie bereits erwähnt, erzeugt die von der un stet fördernden Verdrängerpumpe hervorgerufene Pulsation eine zugeordnete Drehmomentpulsation an der Antriebswelle der Verdrängerpumpe. Durch eine in der elektrischen Ansteuereinrichtung implementierte Schaltung zur Ermittlung des Drehmoments des Elektromotors kann diese Drehmomentpulsation der Antriebswelle erfasst und zur Modulation des Antriebsdrehmoments des Elektromotors zum Antreiben der Verdrängerpumpe herangezogen werden.

[0016] Für die notwendige Modulation des Antriebsdrehmoments auf Basis eines solchen Pulsationsparameters ist eine entsprechend reaktionsschnelle elektrische Ansteuereinrichtung des Elektromotors erforderlich. Für solche extrem schnellen Zykluszeiten in der Elektronik eignen sich zum Beispiel Schaltungen mit sogenannten Field Programmable Gate Arrays (FPGAs). Ferner ist bei der Auswahl des Elektromotors auf ein Modell mit ausreichender Dynamik zu achten.

[0017] Eine für das vorbeschriebene Verfahren geeignete elektrohydraulische Motor-Pumpen-Einheit umfasst dementsprechend eine un stet fördernde Verdrängerpumpe zum Fördern von Hydraulikfluid in einem Hydrauliksystem, einen mit der Verdrängerpumpe gekoppelten Elektromotor zum Antreiben der Verdrängerpumpe und eine mit dem Elektromotor gekoppelte elektrische Ansteuereinrichtung zum Steuern des Elektromotors, wobei die Verdrängerpumpe, der Elektromotor und die Antriebseinrichtung vorzugsweise in einem gemeinsamen Gehäuseblock mit Hydraulikanschlüssen, die zur

Kopplung der Motor-Pumpen-Einheit an ein Hydrauliksystem eingerichtet sind, untergebracht sind. Der Gehäuseblock kann desweiteren vorteilhaft einen Hydraulikfluidtank für das Hydrauliksystem umfassen. In jedem Falle weist die elektrohydraulische Motor-Pumpen-Einheit zusätzlich als Teil der elektrischen Ansteuereinrichtung einen Modulator zum Modulieren des Antriebsdrehmoments des Elektromotors entsprechend der Förderfrequenz der Verdrängerpumpe auf, wobei vorzugsweise desweiteren ein Detektor zum Erfassen eines der vorbeschriebenen Pulsationsparameter vorgesehen und der Modulator eingerichtet ist, das Antriebsdrehmoment des Elektromotors auf Basis des erfassten Pulsationsparameters zu modulieren.

[0018] Das Erfassen eines Pulsationsparameters und Modulieren des Antriebsdrehmoments auf Basis des erfassten Pulsationsparameters, das heißt die Einrichtung eines vollständigen Regelsystems, ist aber keineswegs zwingend, um die Pulsation zu glätten. Eine Glättung wird bereits dann erreicht, wenn die Modulation des Antriebsdrehmoments entsprechend der Förderfrequenz der Verdrängerpumpe aufgrund von Erfahrungswerten fest voreingestellt wird. Zwar hängt die Pulsation auch von Eigenschaften des Hydrauliksystems ab, insbesondere der Elastizität des Hydrauliksystems, so dass ein vollständig geregeltes System unter Berücksichtigung aktueller Pulsationsparameter vorteilhaft ist. Aber eine feste Voreinstellung einer von der Förderfrequenz der Verdrängerpumpe abhängenden Modulation des Antriebsdrehmoments kann bereits zu zufriedenstellenden Ergebnissen führen. Zu Optimierungszwecken ist es auch möglich, diese feste Voreinstellung nachträglich anzupassen oder erst dann einzustellen, wenn die Motor-Pumpen-Einheit an dem Hydrauliksystem, für das es bestimmt ist, angeschlossen ist.

[0019] Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen darin, dass die Druckpulsation an den hydraulischen Anschlüssen minimiert bis nahezu vollständig eliminiert werden kann. Auf sekundäre Maßnahmen zur Pulsationsreduzierung im Hydrauliksystem kann dadurch gegebenenfalls verzichtet werden, so dass beispielsweise Montageaufwand und/ oder Kosten reduziert werden können.

[0020] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand der begleitenden Zeichnungen beschrieben. Darin zeigen:

Figur 1 eine realistische Darstellung einer elektrohydraulischen Motor-Pumpen-Einheit gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung im Maßstab 1:1,

Figur 2 schematisch und idealisiert den zeitlichen Verlauf des Hydraulikdrucks des Antriebsdrehmoments und der Motordrehzahl in einem Hydrauliksystem mit und ohne Pulsationskompensation,

Figur 3 eine realistische Darstellung einer elektrohydraulischen Motor-Pumpen-Einheit gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung im Maßstab 1:1, und

Figur 4 eine realistische Darstellung einer elektrohydraulischen Motor-Pumpen-Einheit mit integriertem Hydrauliktank im Maßstab 1:2.

[0021] Figur 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer elektrohydraulischen Motor-Pumpen-Einheit, bei welchem eine Verdrängerpumpe 1, ein Elektromotor 2 und eine elektrische Ansteuereinrichtung 3 in einem gemeinsamen Gehäuseblock untergebracht sind. Die Verdrängerpumpe 1 besitzt zwei Hydraulikanschlüsse 4 zum Anschließen der Motor-Pumpen-Einheit an die Saugseite und die Druckseite eines Hydrauliksystems. Es können weitere Hydraulikanschlüsse vorgesehen sein.

[0022] Als Verdrängerpumpen kommen unterschiedlichste un stetig fördernde hydraulische Verdrängereinheiten in Betracht, wie beispielsweise die eingangs genannten Innenzahnradpumpen, Außenzahnradpumpen, Kolbenpumpen oder andere Pumpen mit sukzessiv fördernden Pumpkammern. Die Art des Elektromotors ist für die Erfindung im wesentlichen unkritisch. Entscheidend ist, dass das von dem Elektromotor bereitgestellte Antriebsdrehmoment für den Elektromotor 1 oder die Drehgeschwindigkeit des Elektromotors 1 einstellbar sind, denn Antriebsdrehmoment und Drehgeschwindigkeit hängen unmittelbar miteinander zusammen. Zur Einstellung bzw. Modulierung des Antriebsdrehmoments bzw. der Drehgeschwindigkeit des Elektromotors 2 dient die elektrische Steuerungseinrichtung 3.

[0023] Ein Drucksensor 5 ist an der Hydraulikpumpe 1 so angeordnet, dass der Druck am druckseitigen Hydraulikanschluss 4 damit gemessen werden kann. Bei reversierenden Motor-Pumpen-Einheiten kann es zweckmäßig sein, am zweiten Hydraulikanschluss 4 einen weiteren Drucksensor in entsprechender Weise vorzusehen. Über eine Rückführleitung 6 wird das von dem Drucksensor 5 zur Verfügung gestellte Sensorsignal der elektronischen Ansteuereinrichtung 3 zugeführt. Das Sensorsignal wird in der elektronischen Ansteuereinrichtung 3 verarbeitet und dazu verwendet, das Antriebsdrehmoment des Elektromotors entsprechend der Förderfrequenz der Verdrängerpumpe so zu modulieren, dass es möglichst konstant ist. Im Ergebnis führt dies auch dazu, dass die Drehgeschwindigkeit des Elektromotors moduliert wird. Durch geeignete Modulierung des Antriebsdrehmoments bzw. der Drehgeschwindigkeit des Elektromotors lassen sich die Druckverhältnisse im Hydrauliksystem verändern und durch geeignete Veränderung Druckschwankungen ausgleichen. Da der Drucksensor 5 Druckschwankungen unmittelbar am Hydraulikanschluss 4 erfasst und da die am Hydraulikanschluss auftretenden Druckschwankungen im wesentlichen ausschließlich von der un stetigen Förderung des Hydraulikfluids mittels der Verdrängerpumpe herrühren, lassen

sich mit dem beschriebenen Aufbau der Motor-Pumpen-Einheit gemäß Figur 1 Druckpulsationen im Hydrauliksystem durch geeignete Modulierung des Antriebsdrehmoments oder der Drehgeschwindigkeit des Elektromotors glätten.

[0024] Figur 2 zeigt schematisch über der Zeit t den Verlauf des Drucks p im Hydrauliksystem und den Verlauf des Antriebsdrehmoments M an der Antriebswelle des elektrischen Antriebs im Vergleich zum Verlauf der Drehgeschwindigkeit (U/min) des elektrischen Antriebs. Darin sind mit p_0 , M_0 und U_0/min der Verlauf ohne Druckkompensationssteuerung in Strichlinien dargestellt, während der Verlauf mit Kompensationssteuerung jeweils als durchgezogene Linie dargestellt ist. Bei dieser idealisierten Darstellung wird erkennbar, dass bei Betrieb ohne Kompensationssteuerung der Druck p_0 im Hydrauliksystem und das Antriebsdrehmoment des elektrischen Antriebs jeweils um einen Mittelwert p_M bzw. M_M schwanken, während die Motordrehzahl konstant bei einer mittleren Drehzahl U_M/min verharrt. In der Realität schwankt dieser Wert U_M/min zwar tatsächlich auch um den Mittelwert U_M/min , jedoch nur geringfügig, weil der Motor aufgrund der un stetigen Förderung und der dadurch bedingten Volumenstrompulsation abwechselnd gegen geringfügig höhere und niedrigere Drücke im Hydrauliksystem fördert.

[0025] Indem nun das Antriebsdrehmoment M_0 des elektrischen Antriebs entsprechend dem am Hydraulikanschluss 4 gemessenen Hydraulikdruck moduliert wird, wird eine Veränderung der Drehgeschwindigkeit p_0 des Elektromotors erreicht, mit der Folge, dass der zeitliche Verlauf des von der Verdrängerpumpe geförderten Hydraulikfluidvolumens eine entsprechende Änderung erfährt, so dass sich letztlich auch der im Hydrauliksystem und an den Hydraulikanschlüssen 4 anliegende Hydraulikdruck p und das am Elektromotor anliegende Antriebsdrehmoment M entsprechend ändern. Die Modulation des Antriebsdrehmoments des Elektromotors bzw. der Drehgeschwindigkeit des Elektromotors wird dabei so eingestellt, dass die Druckpulsation am Hydraulikanschluss 4 idealerweise vollständig ausgeglichen wird. Das heißt bei idealisierter Betrachtung, dass zu Zeiten, an denen der Druck p_0 im System aufgrund der Druckpulsation sinkt, das Antriebsdrehmoment M bzw. die Drehgeschwindigkeit des Elektromotors so moduliert wird, dass der Elektromotor mehr Volumen pro Zeiteinheit fördert, um den niedrigeren Systemdruck p_0 auf den mittleren Druck p_M zu bringen, und bei einem höheren Systemdruck p_0 entsprechend umgekehrt.

[0026] Figur 3 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer elektrohydraulischen Motor-Pumpen-Einheit. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird ein anderer Pulsationsparameter zur Modulation des Antriebsdrehmoments bzw. der Drehgeschwindigkeit des Elektromotors 2 herangezogen, nämlich anstelle des Hydraulikdrucks p_0 im Hydrauliksystem wird das Antriebsdrehmoment M_0 des Elektromotors 2 als Basis für die Modulation genutzt. Das heißt, es wird mittels einer Auswerteschaltung der elek-

trischen Steuereinrichtung 3 überwacht, inwieweit das Antriebsdrehmoment M_0 des Elektromotors 2 aufgrund der un stetig fördernden Verdrängerpumpe 1 pulsiert, und dieser Pulsationsparameter dient in der elektrischen Ansteuereinrichtung 3 dazu, das Antriebsdrehmoment bzw. die Drehgeschwindigkeit des Elektromotors 2 so zu regeln, dass jegliche Antriebsdrehmomentschwankungen möglichst ausgeglichen werden. Diese technische Lösung ist konstruktiv am wenigsten aufwändig und führt in einfacher Weise zu einer Glättung der Druckpulsation im Hydrauliksystem, weil jegliche Druckpulsation im Hydrauliksystem auf das am Elektromotor 2 anliegende Drehmoment M_0 zurückwirkt.

[0027] Figur 4 zeigt eine Motor-Pumpen-Einheit mit hydraulischer Verdrängereinheit 1, Elektromotor 2 und integriertem Hydrauliktank 7, so wie sie bevorzugt in einem Hydrauliksystem zum Einsatz kommt. Mit 8 sind die Hydraulikleitungen gekennzeichnet. Die elektrische Steuerungseinrichtung 3 ist hier nicht deutlich erkennbar sondern Teil des Elektromotors 2.

[0028] Bei den zuvor beschriebenen Pulsationskompensationsschaltungen ist eine entsprechend schnelle elektrische Ansteuerung des Elektromotors 1 wegen der extrem schnellen Zykluszeiten erforderlich. Dazu eignen sich vorteilhaft Schaltungen mit Field Programmable Gate Arrays (FPGAs), wobei natürlich auch bei der Auswahl des Elektromotors 1 auf ein Modell mit ausreichender Dynamik zu achten ist.

Patentansprüche

1. Elektrohydraulische Motor-Pumpen-Einheit, umfassend eine un stet fördernde Verdrängerpumpe (1), die zum Fördern von Hydraulikfluid in einem Hydrauliksystem eingerichtet ist, einen mit der Verdrängerpumpe (1) gekoppelten Elektromotor (2), der zum Antreiben der Verdrängerpumpe (1) eingerichtet ist, und eine mit dem Elektromotor (2) gekoppelte elektrische Ansteuereinrichtung (3), die zum Steuern des Elektromotors eingerichtet ist, **gekennzeichnet durch** einen Modulator als Teil der elektrischen Ansteuereinrichtung (3), der eingerichtet ist, ein Antriebsdrehmoment (M) oder eine Drehgeschwindigkeit des Elektromotors (2) zum Antreiben der Verdrängerpumpe (1) entsprechend einer Förderfrequenz der Verdrängerpumpe (1) zu modulieren.
2. Motor-Pumpen-Einheit nach Anspruch 1, wobei die Verdrängerpumpe (1), der Elektromotor (2) und die elektrische Ansteuereinrichtung (3) in einem gemeinsamen Gehäuseblock mit Hydraulikanschlüssen (4), die zur Kopplung der Motor-Pumpen-Einheit an ein Hydrauliksystem eingerichtet sind, untergebracht sind, wobei der Gehäuseblock vorzugsweise desweiteren einen Hydraulikfluidtank (7) für Hydraulikfluid umfasst.

3. Motor-Pumpen-Einheit nach Anspruch 1 oder 2, umfassend einen Detektor (5), der eingerichtet ist, einen Pulsationsparameter zu erfassen, welcher von einer aufgrund un steter Förderung von Hydraulikfluid in einem Hydrauliksystem entstehenden Pulsation herrührt, wobei der Modulator eingerichtet ist, das Antriebsdrehmoment oder eine Drehzahl des Elektromotors (2) auf Basis des erfassten Pulsationsparameters zu modulieren.
4. Motor-Pumpen-Einheit nach Anspruch 3, die als Detektor (5) einen Drucksensor umfasst, welcher eingerichtet ist, einen Hydraulikdruck (po) als den Pulsationsparameter zu erfassen.
5. Motor-Pumpen-Einheit nach Anspruch 3 mit Anspruch 2, die als Detektor (5) einen Drucksensor an einem der Hydraulikanschlüsse (4) umfasst, welcher eingerichtet ist, einen an dem Hydraulikanschluss (4) anliegenden Hydraulikdruck (po) als den Pulsationsparameter zu erfassen.
6. Motor-Pumpen-Einheit nach Anspruch 3, die als Detektor eine Auswerteschaltung umfasst, welche eingerichtet ist, das Antriebsdrehmoment (M_0) des Elektromotors (2) als den Pulsationsparameter zu erfassen, wobei die Auswerteschaltung vorzugsweise in der elektrischen Ansteuereinrichtung (3) implementiert ist.
7. Motor-Pumpen-Einheit nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Modulator eine Schaltung mit FPGA (Field Programmable Gate Array) umfasst.
8. Hydrauliksystem, umfassend Hydraulikleitungen (8) und eine an die Hydraulikleitungen (8) angeschlossene Motor-Pumpen-Einheit gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7.
9. Verfahren zum Fördern von Hydraulikfluid in einem Hydrauliksystem mittels einer elektrisch angetriebenen, un stet fördernden Verdrängerpumpe (1), **gekennzeichnet durch** den Schritt des Glättens einer aufgrund der un steten Förderung entstehenden Pulsation des Hydraulikfluids im Hydrauliksystem, indem ein Antriebsdrehmoment (M) oder eine Drehgeschwindigkeit des elektrischen Antriebs (2) entsprechend einer Förderfrequenz der Verdrängerpumpe (1) moduliert wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei beim Schritt des Glättens ein die Pulsation charakterisierender Pulsationsparameter erfasst und das Antriebsdrehmoment (M) oder die Drehzahl des elektrischen Antriebs (2) auf Basis des erfassten Pulsationsparameters moduliert wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das Antriebs-

drehmoment (M) oder die Drehzahl des elektrischen Antriebs (2) auf Basis einer im Hydraulikfluid gemessenen Druckpulsation (p_o) moduliert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das Antriebsdrehmoment des elektrischen Antriebs auf Basis einer am elektrischen Antrieb gemessenen Drehmomentpulsation (M_o) moduliert wird. 5
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei das Modulieren des Antriebsdrehmoments (M) oder der Drehzahl des elektrischen Antriebs über eine Schaltung mit FPGA (Field Programmable Gate Array) erfolgt. 10
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13 unter Verwendung einer Motor-Pumpen-Einheit nach einem der Ansprüche 1 bis 7. 15
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13 in einem Hydrauliksystem nach Anspruch 8. 20

25

30

35

40

45

50

55

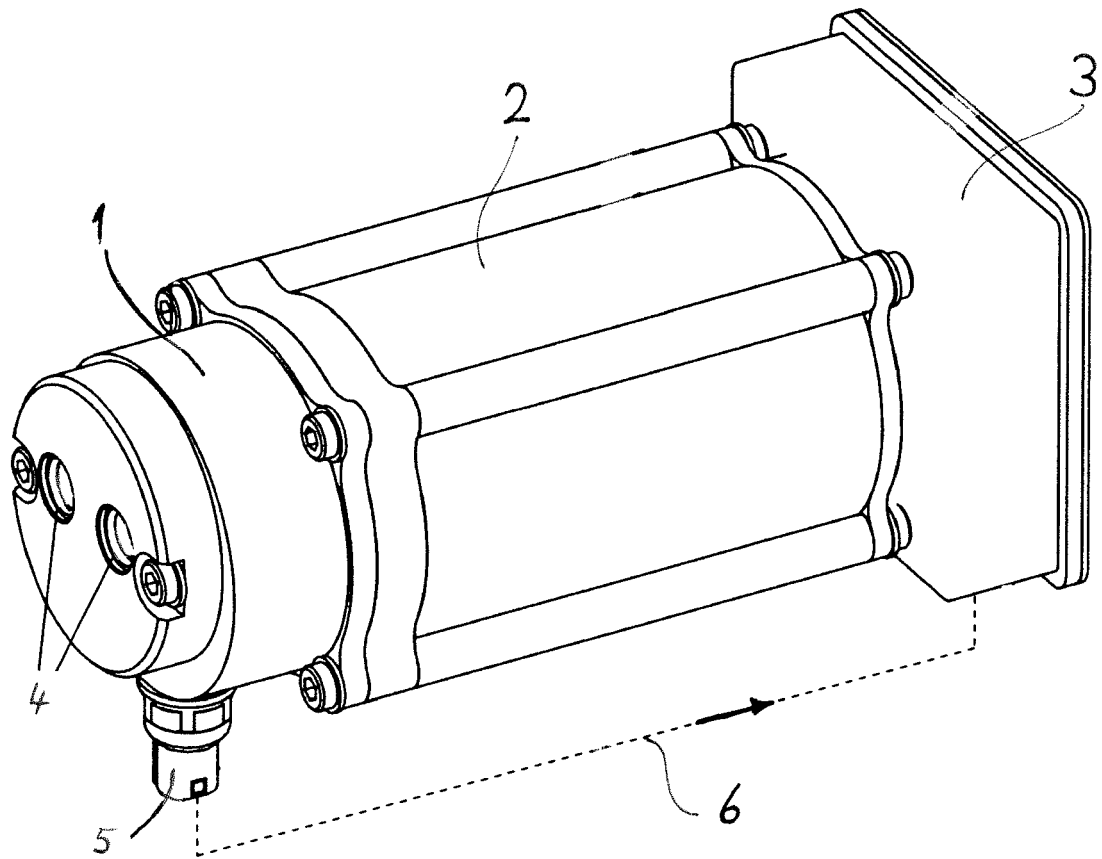


Fig. 1

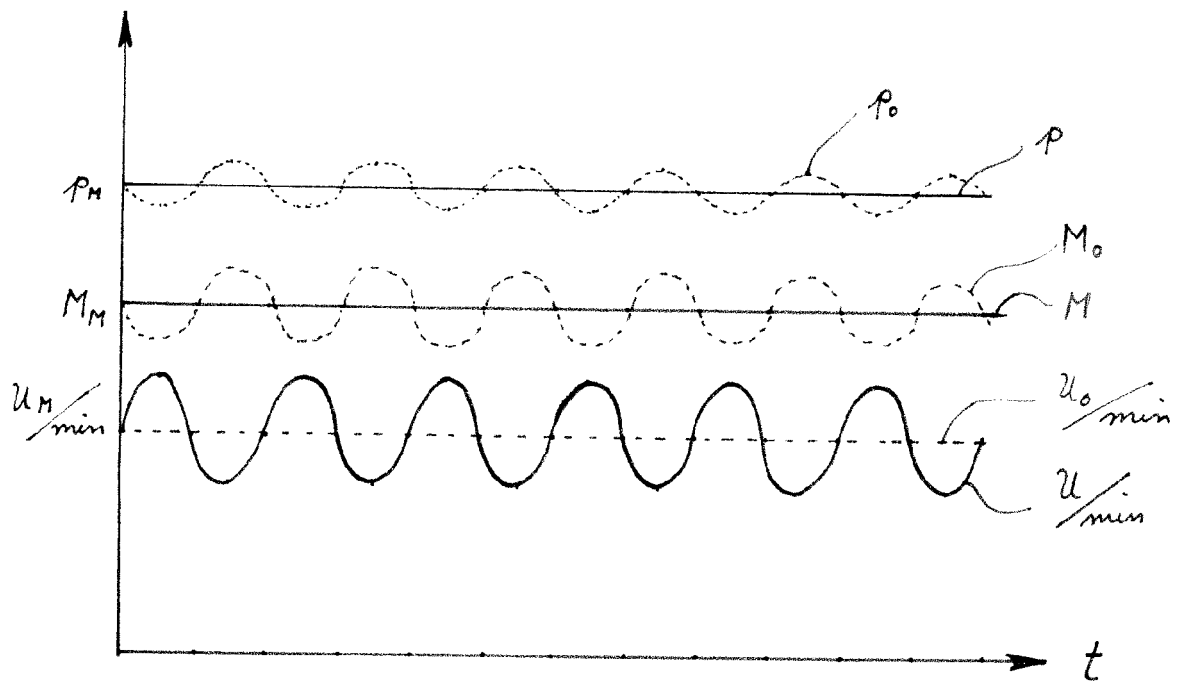


Fig. 2

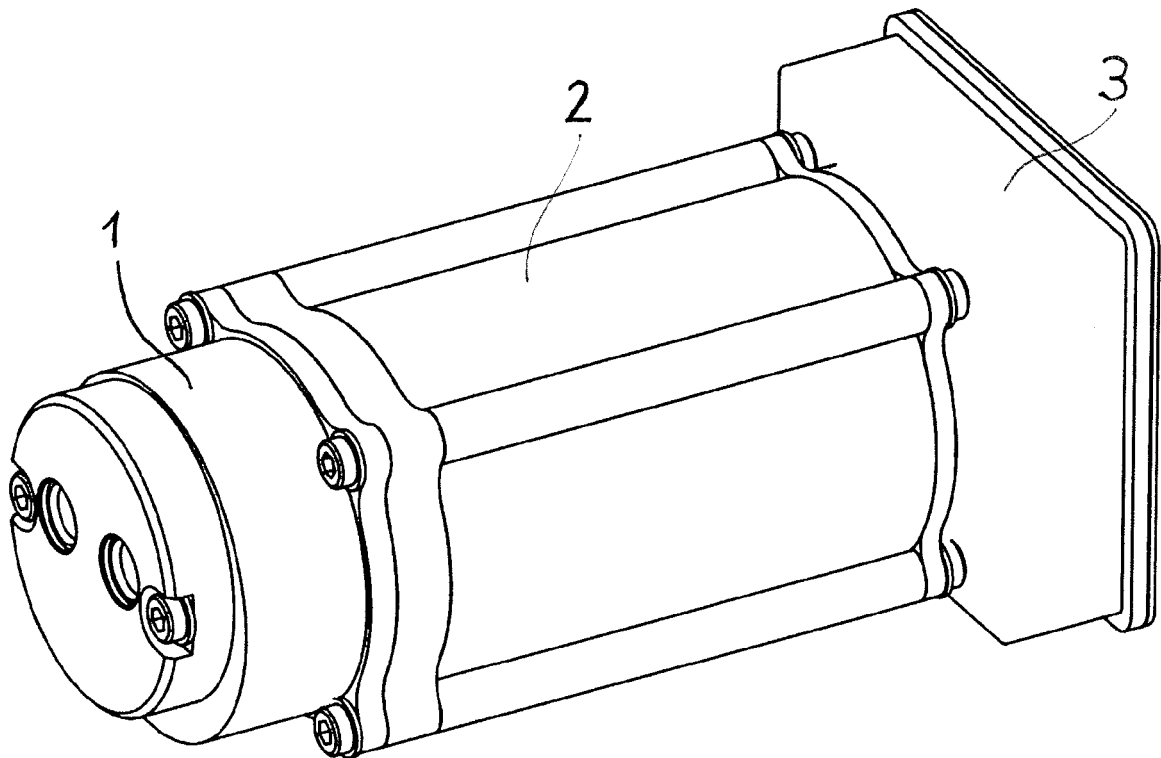


Fig. 3

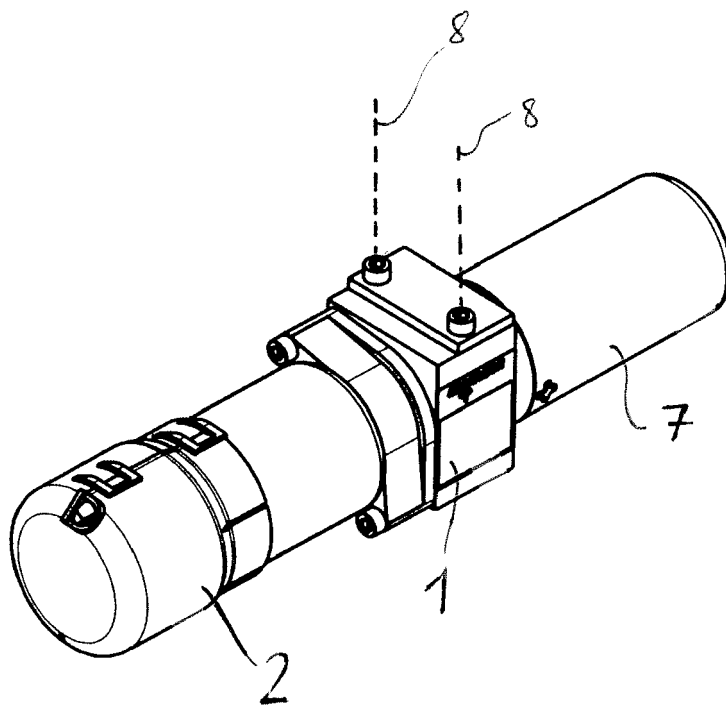


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 15 15 3042

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)
X	DE 196 27 437 A1 (DANFOSS AS [DK]) 22. Januar 1998 (1998-01-22) * Spalte 2, Zeile 47 - Spalte 3, Zeile 13; Abbildung 1 *	1-3, 6-10, 12-15	INV. F04B11/00 F04B49/06 F04C15/00 F04C14/00
X	US 5 915 925 A (NORTH JR HOWARD L [US]) 29. Juni 1999 (1999-06-29) * Anspruch 1; Abbildung 2 *	1-5, 8-11,14, 15	
X	US 2010/143161 A1 (HOGAN TIM P [US] ET AL) 10. Juni 2010 (2010-06-10) * Absatz [0061]; Abbildung 5 *	1-3,6-9, 12,13	
X	DE 10 2009 023278 A1 (MAX STREICHER GMBH & CO KG AA [DE]) 2. Dezember 2010 (2010-12-02) * Absätze [0008], [0012]; Ansprüche 3,12 *	1,2,4,5, 8-11,14, 15	
X	US 2013/280104 A1 (HEIDE ALEXANDER [DE] ET AL) 24. Oktober 2013 (2013-10-24) * Absätze [0031], [0032] *	1,2,8,9, 14,15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04B F04C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 26. Juni 2015	Prüfer Olona Laglera, C
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 : nichtschriftliche 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 03.02 (P04C03)

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

EP 15 15 3042

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

26-06-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19627437 A1	22-01-1998	KEINE	
US 5915925 A	29-06-1999	US 5915925 A	29-06-1999
		US 5971713 A	26-10-1999
		US 6017194 A	25-01-2000
		US 6200101 B1	13-03-2001
US 2010143161 A1	10-06-2010	KEINE	
DE 102009023278 A1	02-12-2010	KEINE	
US 2013280104 A1	24-10-2013	DE 102012007412 A1	17-10-2013
		US 2013280104 A1	24-10-2013
		WO 2013156138 A2	24-10-2013

EPO FORM P0461

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