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

(11) **EP 3 243 735 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
10.04.2019 Patentblatt 2019/15

(51) Int Cl.:
B63B 39/00 *(2006.01)* ***B63B 17/00*** *(2006.01)*
B66F 7/20 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **17170046.1**

(22) Anmeldetag: **09.05.2017**

(54) **SEEGANGKOMPENSATIONSEINRICHTUNG**

SWELL COMPENSATION DEVICE

DISPOSITIF COMPENSATOIRE D'ÉTAT DE LA MER

(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

(30) Priorität: **12.05.2016 DE 102016208170**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.11.2017 Patentblatt 2017/46

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
- **Mulder, Evert**
  5626 DN Eindhoven (NL)
- **Kuijpers, Maarten**
  5291 AE Gemonde (NL)
- **van Hoof, Johan**
  5556 XV Valkenswaard (NL)
- **van Lieshout, Mark**
  5625 EJ Eindhoven (NL)

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-B1- 1 993 902
WO-A1-2011/143694
US-A1- 2013 213 288

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 3 243 735 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Seegangkompensationseinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Derartige Seegangkompensationseinrichtungen werden beispielsweise in der Marinetechnik eingesetzt, um eine Last mittels eines Krans von einem Schiff auf einem ortsfesten, beispielsweise am Ufer oder am Meeresboden abgestützten Objekt, wie eine Bohrplattform abzusetzen. In umgekehrter Weise kann ein Kran auch auf der Bohrplattform oder dergleichen angeordnet sein, so dass die Last auf dem Schiff oder einem entsprechenden, vom Seegang beaufschlagten Objekt abzusetzen ist. Eine ähnliche Aufgabenstellung liegt vor, wenn beispielsweise ein Bohrstrang von einer schwimmenden Plattform aus abgesenkt wird und diese durch den Seegang angehoben oder abgesenkt wird.

[0003] Die dabei durch den Seegang verursachten Bewegungen einer Last können über die Seegangkompensationseinrichtung (Heave Compensation Unit) ausgeglichen werden, so dass die Relativposition der Last zu einem Zielniveau (Ablageposition an Land oder auf dem Schiff) trotz Wellengang im Wesentlichen konstant gehalten wird.

[0004] Eine derartige Seegangkompensationseinrichtung ist beispielsweise in der EP 2 414 218 B1 offenbart. Bei dieser bekannten Lösung hat die Einrichtung eine Plattform oder dergleichen, die die zu übernehmende oder abzusetzende Last trägt oder auf der ein Kran oder dergleichen angeordnet ist. Diese Plattform ist über eine Aktivzylinderanordnung auf einem Schiffsdeck abgestützt. Die Schiffsbewegungen aufgrund des Seegangs werden über eine geeignete Sensorik erfasst und an eine Steuereinheit weiter gegeben. Diese steuert dann den Hub der Aktivzylinder so, dass die Plattform in der gewünschten Relativposition gehalten wird.

[0005] In der EP 1 993 902 B1 ist eine gattungsgemäße Seegangkompensationseinrichtung gezeigt, bei der eine die Last aufnehmende Plattform als Stewart-Plattform ausgebildet ist. Eine derartige Anordnung hat sechs schräg zu einander angestellte Aktivzylinder, über die die Plattform in der gewünschten Relativposition gehalten werden kann. Zur Abstützung des Eigengewichtes der Plattform und/oder der darauf angeordneten Last können den Aktivzylindern Passivzylinder zugeordnet sein.

[0006] Eine ähnliche Lösung ist in der EP 1 869 282 B1 gezeigt. Bei dieser Lösung sind jeweils ein hydraulischer Aktivzylinder und ein pneumatisch vorgespannter Passivzylinder als Einheit ausgeführt.

[0007] Der Vorteil derartiger Systeme, bei denen eine Heave Compensation mittels einer Aktivzylinderanordnung erfolgt und die Last durch Passivzylinder abgestützt wird, liegt darin, dass die Aktivzylinder kleiner als bei einer herkömmlichen Lösung gewählt werden können, bei der diese auch die Last abstützen müssen. Für diese kleineren Aktivzylinder können dann auch Pumpen mit geringerem Fördervolumen eingesetzt werden, so dass der vorrichtungstechnische Aufwand für die aktive Abstützung der Plattform verringert ist. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass aufgrund der kleineren Zylinder und damit einher gehenden geringen Druckmittelvolumenströmen die Ausgleichsbewegung mit höherer Dynamik erfolgt.

[0008] Insbesondere bei Seegangkompensationseinrichtungen, bei denen auch schwere Lasten (> 600 Tonnen) aufgenommen werden sollen, besteht ein Problem darin, dass beim Abstützen von unterschiedlichen Lasten auf der Passivseite ein erheblicher Aufwand betrieben werden muss, um die jeweilige passive Abstützung an die Last anzupassen - dies ist sowohl vom Zeitaufwand als auch vom vorrichtungstechnischen Aufwand her gesehen äußerst aufwendig. Bei einigen Lösungen wird dann ein Kompromiss dahingehend eingegangen, dass die Aktivzylinder doch wiederum einen Teil der Last aufnehmen müssen - dies führt zu einer Verschlechterung der Dynamik und ggf. auch zur Notwendigkeit, größere Zylinder mit damit einhergehenden größeren Pumpen, etc. zu verwenden.

[0009] Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Seegangkompensationseinrichtung zu schaffen, die bei geringem vorrichtungstechnischen Aufwand eine einfache Anpassung an unterschiedliche Belastungen ermöglicht.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Seegangkompensationseinrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst.

[0011] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0012] Die erfindungsgemäße Seegangkompensationseinrichtung hat eine Plattform, die von zumindest einem Aktivaktuator bewegbar ist. Dieser ist über eine Steuereinheit ansteuerbar ist, um vom Seegang oder dergleichen verursachte Relativbewegungen der Plattform mit Bezug zu einer Zielposition auszugleichen. Dem Aktivaktuator ist ein Passivsystem mit zumindest einem Aktuator zugeordnet, über den das Gewicht der Plattform und/oder einer auf dieser angeordneten Last getragen wird. Erfindungsgemäß ist die Seegangkompensationseinrichtung mit einer Konsole oder Hebelanordnung ausgeführt, die um eine Gelenkeinrichtung verschwenkbar ist. An der Konsole greift einerseits der schwenkbar gelagerte Passiv-Aktuator an. Andererseits greift die Konsole mittelbar oder unmittelbar an der Plattform an und ist derart ausgebildet, dass sich ein Hebelarm des Passiv-Aktuators mit Bezug zur Gelenkeinrichtung in Abhängigkeit von einer Ausfahr- oder Einfahrbewegung des Aktuators ändert. Unter dem Begriff "Konsole" wird eine Einrichtung verstanden, die es ermöglicht, den Aktuator mit einem veränderlichen Hebel in Wirkverbindung mit der Plattform zu bringen.

[0013] Im Unterschied zu herkömmlichen Lösungen ist die von dem Passiv-Aktuator auf die Plattform aufgebrachte Stützkraft variabel und hängt vorzugsweise indirekt von dem Hub bzw. der Ausfahr- oder Einfahrbe-

wegung des Aktuators und somit auch von dem Schwenkwinkel der Konsole und von der Übersetzungs-/Hebelverhältnissen ab. Diese Konsole ist vorzugsweise so ausgelegt, dass bei unbelasteter Plattform der oben genannte Hebel relativ gering ist - mit anderen Worten gesagt, der Passivaktuator greift mit einem vergleichsweise ungünstigen Übersetzungsverhältnis an der Plattform an. Im Falle einer Last wird entsprechend die Plattform etwas abgesenkt - dies führt zu einem Verschwenken der Konsole und einer damit einhergehenden Vergrößerung des Stützhebels, so dass bei gleichbleibender Krafteinleitung durch den Aktivzylinder aufgrund der günstigeren Übersetzung eine erhöhte Stützkraft auf die Plattform übertragen wird, um die höhere Last zu tragen.

[0014] Das erfindungsgemäße System passt sich so zusagen selbsttätig sehr schnell an unterschiedliche Lasten an - die eingangs erläuterten Nachteile herkömmlicher Systeme sind damit beseitigt.

[0015] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Passiv-Aktuatorim Folgenden nur Aktuator genannt - ein Zylinder, vorzugsweise ein Hydraulikzylinder, der mittels eines Gasspeichers zumindest in Stützrichtung vorgespannt ist. Dieser Gasspeicher wirkt dann als pneumatische Feder.

[0016] Als Gas wird vorzugsweise Stickstoff verwendet.

[0017] Eine Variante der Erfindung sieht vor, dass der Aktuator, die Gelenkeinrichtung und eine die Plattform tragende Stützeinrichtung im Abstand zueinander an der Konsole angreifen, wobei die Angriffsbereiche etwa ein Dreieck aufspannen und somit versetzt zu einander angeordnet sind.

[0018] Bei der Verwendung eines Gasspeichers kann die üblicher Weise vorhandene nicht lineare Abhängigkeit des Volumens des Gases vom einwirkenden Druck durch eine geeignete Mechanik ausgeglichen werden, die dafür sorgt, dass die p-V-Abhängigkeit (Gas-Kurve) im Betriebsbereich etwa linear ist.

[0019] Diese Mechanik kann beispielsweise eine Lenkeranordnung sein, die die Stützeinrichtung trägt und die an der Konsole und an der Gelenkeinrichtung abgestützt ist. Diese Lenkeranordnung kann beispielsweise einen Lenker aufweisen, der an der Konsole gelagert ist. Ein zweiter Lenker kann dann an der Gelenkeinrichtung gelagert sein und über ein Kniegelenk mit dem ersten Lenker verbunden sein. Die Stützeinrichtung ist dann im Bereich des Kniegelenkes abgestützt.

[0020] Die Stabilität der Einrichtung ist verbessert, wenn zwei derartiger Lenkeranordnungen parallel zu einander vorgesehen sind.

[0021] Wie bereits erläutert, wird die Kinematik dieser Lenkeranordnung so gewählt, dass die nicht lineare p-V-Abhängigkeit des Gases (Gas-Kurve) in etwa kompensiert ist.

[0022] Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel greifen an der Plattform drei Aktivaktuatoren an, denen dann jeweils ein erfindungsgemäßes Passivsystem zugeordnet ist.

[0023] Der Aufbau ist besonders kompakt, wenn die Passiv-Aktuatoren, vorzugsweise drei Passiv-Aktuatoren an einem zentralen Stützblock abgestützt sind.

[0024] Die Aktivaktuatoren können mit den Passiv-Aktuatoren derart in Wirkverbindung stehen, dass die Stellbewegung der Aktivaktuatoren durch das Passivsystem unterstützt wird. So kann beispielsweise ein Aktivzylinder an der schwenkbaren Konsole gehalten sein, so dass die Schwenkbewegung der Konsole die Stellbewegung unterstützt. Alternativ kann die Schwenkbewegung der Konsole genutzt werden, um einen als Motor ausgeführten Aktivaktuator zusätzlich in Stellrichtung anzutreiben. Bei einem elektrischen Antrieb können die DC-Bus-Elemente der elektrischen Antriebe gekoppelt werden.

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

- Figur 1 eine 3D-Darstellung eines Modells eines ersten Ausführungsbeispiels einer Seegangkompensationseinrichtung,
- Figur 2 eine Prinzipskizze eines Passivsystems für eine Seegangkompensationseinrichtung,
- Figur 3 eine detailreichere Darstellung eines Passivsystems gemäß Figur 2,
- Figur 4 eine Prinzipdarstellung eines Passivsystems der Seegangkompensationseinrichtung aus Figur 1,
- Figur 5 eine detailreichere Darstellung eines Passivsystems gemäß Figur 4 und
- Figur 6 die Seegangkompensationseinrichtung gemäß Figur 1 in einem Zustand, in dem sie mit einer hohen Last beaufschlagt ist.

[0026] In Figur 1 ist eine dreidimensionale Prinzipdarstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Seegangkompensationseinrichtung (Heave Compensation Unit) 1 - im Folgenden Unit 1 genannt - dargestellt. Wie eingangs erläutert, wird diese beispielsweise auf dem Deck eines Schiffes angeordnet und dient dazu, aufgrund von Wellengang verursachte Relativbewegungen des Schiffes mit Bezug zu einer ortsfesten Position (Zielposition) auszugleichen. Die Unit 1 hat eine Plattform 2, auf der eine Last abgesetzt oder von der eine derartige Last übernommen werden soll. Prinzipiell ist es auch möglich, auf dieser Plattform 2 einen Kran oder dergleichen anzuordnen, über den Lasten von einem ortsfesten System, beispielsweise einer Bohrplattform übernommen und dann auf dem Schiff abgesetzt werden sollen.

[0027] Das Schiffsdeck ist in der Darstellung gemäß Figur 1 mit dem Bezugszeichen 4 versehen. Die Abstützung der Plattform 2 auf dem Schiffsdeck 4 erfolgt zum einen über ein Aktivsystem mit einer Vielzahl von Aktivaktuatoren. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel werden drei Aktivaktuatoren 6, 8, 10 verwendet, die in Figur 1 lediglich strichpunktiert angedeutet sind. Bei dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Plattform 2 im weitesten Sinn dreieckförmig ausgebildet, wobei

dann die Aktivaktuatoren 6, 8, 10 in den Eckbereichen angreifen. Eine derartige Lösung ist in der eingangs genannten EP 2 414 218 B1 offenbart. Die Ansteuerung der Aktivaktuatoren 6, 8, 10 erfolgt über eine angedeutete Steuereinheit 12, die über die dargestellten Signalleitungen Stellsignale an die Aktivaktuatoren 6, 8, 10 abgibt, um die Plattform 2 in der vorbestimmten Relativposition zu halten und dabei den Seegang zu kompensieren. Dieser wird über eine geeignete Sensorik 14 erfasst und von der Steuereinheit 12 verarbeitet.

[0028] Zur Abstützung des Gewichts der Plattform 2 und der darauf angeordneten Last ist des Weiteren ein Passivsystem 16 vorgesehen. Die Aktivaktuatoren 6, 8, 10 dienen dann im Wesentlichen nur noch dazu, die Plattform 2 zur Kompensation des Seegangs zu bewegen - das Eigengewicht der Plattform 2 und der darauf angeordneten Last wird über das Passivsystem 16 gestützt. Die Aktivaktuatoren 6, 8, 10 können beispielsweise Hydrozylinder, Hydromotoren oder elektrische Antriebe aufweisen. Dabei ist jedem dieser Aktivaktuatoren 6, 8, 10 eine Passivaktuator-Anordnung 18, 20, 22 des Passivsystems 16 zugeordnet.

[0029] Figur 2 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer Passivaktuator-Anordnung 18, 20, 22 für ein Passivsystem 16 zur passiven Abstützung des Eigengewichts einer Plattform 2 oder darauf angeordneter Lasten.

[0030] Die in Figur 2 dargestellte Passivaktuator-Anordnung 18 hat einen Hydrozylinder 24, der - beispielsweise über einen Gasspeicher 26 - in Ausfahrrichtung vorgespannt ist. Der Hydrozylinder 24 kann beispielsweise als Differentialzylinder ausgebildet sein, wobei ein Ringraum an einen Hydrospeicher oder dergleichen angeschlossen sein kann, so dass bei einer Stellbewegung des Hydrozylinders 24 das Druckmittel aus dem sich verkleinernden Druckraum in Richtung zum angeschlossenen Hydrospeicher verdrängt und Druckmittel aus einem anderen, beispielsweise vom Gasspeicher 26 beaufschlagten, Hydrospeicher in den sich vergrößernden Druckraum nachströmt.

[0031] Prinzipiell kann auch auf den Gasspeicher 26 verzichtet werden, so dass der in Ausfahrrichtung wirksame Druckraum auf andere Weise vorgespannt werden muss. Der Hydrozylinder 24 ist gemäß der Darstellung in Figur 2 schwenkbar an einem deckseitigen Zylindergelenk A gelagert. Eine Kolbenstange 28 des Hydrozylinders 24 oder ein sonstiges Stellelement des Aktuators greift an einer Konsole 30 an, die um eine weitere am Schiffsdeck 4 abgestützte Gelenkeinrichtung C verschwenkbar gelagert ist. Die Kolbenstange 28 ist in der Darstellung gemäß Figur 2 mit der Konsole 30 über ein Gelenk H verbunden.

[0032] An einem von der Gelenkeinrichtung C und dem Gelenk H entfernten und versetzt dazu angeordneten Endabschnitt der Konsole 30 greift eine Stützeinrichtung 32 an, die beispielsweise als starre Stützstrebe ausgebildet ist. Diese Stützeinrichtung 32 ist ihrerseits über ein Gelenk G an der Konsole 30 angelenkt. Die Stützeinrichtung 32 greift über ein Gelenk E an der Plattform 2 an und stützt diese somit gegenüber dem Schiffsdeck 4 ab. Zur Querstabilisierung der Plattform 2 während der Ausgleichsbewegung und auch im stationären Zustand ist - wie aus der EP 2 414 218 B1 bekannt - eine Querstrebe 35 angeordnet, die einerseits an der Plattform 2 angreift und andererseits gelenkig über ein Stützgelenk D an dem Schiffsdeck 4 gelagert ist. Dementsprechend sind die Gelenke D, A und C schiffsdeckseitig angeordnet.

[0033] Wie in Figur 2 dargestellt, sind die Gelenkeinrichtung C und die beiden mit H und mit G bezeichneten Gelenke in etwa dreieckförmig zu einander angeordnet - die Konsole 30 hat dann eine entsprechende Geometrie, wobei die Außenkonturen selbstverständlich verrundet oder in sonstiger Weise ausgebildet sein können.

[0034] Je nach Hub des Kolbens schwenkt die Konsole 30 um die Gelenkeinrichtung C herum, wobei auch der Hydrozylinder 24 um das Zylindergelenk A schwenkt. Dabei bewegt sich das Gelenk H entlang einer Bewegungsbahn 34, die sich zwischen den Endpositionen J und K erstreckt.

[0035] In Figur 2 dargestellt ist die Stellung der Konsole 30 bei nahezu vollständig eingefahrenem Hydrozylinder 24 - diese Position wird bei maximaler Last eingenommen. Wie eingangs erläutert, kann diese Last im 3- bis 4-stelligen Tonnenbereich liegen. In dieser Endposition (Maximallast) ist der Hebel L, mit dem der Hydrozylinder 24 an der um die Gelenkeinrichtung C drehbaren Konsole 30 angreift, maximal. Die Stellkraft des Hydrozylinders 24 wird somit entsprechend dieses großen Hebels L auf die Konsole 30 und damit auch auf die Stützeinrichtung 32 übertragen, so dass die Plattform 2 mit vergleichsweise großer Kraft abgestützt ist.

[0036] Wird nun die Plattform 2 gegenüber dem in Figur 2 dargestellten Zustand entlastet, so muss das Passivsystem 16 nur noch das Eigengewicht der Plattform 2 tragen - bei herkömmlichen Lösungen musste dann die Vorspannung des Hydrozylinders 24, beispielsweise der Gasdruck im Gasspeicher 26, angepasst werden, um eine Überkompensation zu vermeiden. Dieser Gasdruck muss dann wiederum aufwendig bei Beaufschlagung mit einer Last erhöht werden - wie eingangs erläutert, ist diese Anpassung zeit- und kostenintensiv.

[0037] Beim dargestellten Ausführungsbeispiel ist dies nicht erforderlich, da der Hydrozylinder 24 bei entlasteter Plattform 2 die Konsole 30 um die Gelenkeinrichtung C verschwenkt und somit das Ende der Kolbenstange 28 und entsprechend das Gelenk H sich entlang der Bewegungsbahn 34 zum Endpunkt K hin bewegt. In diesem Bereich ist ein deutlich geringerer Hebel l wirksam. Der Hydrozylinder 24 schwenkt bei der Verschwenkung der Konsole 30 um sein Zylindergelenk A. Die aus der Vorspannung resultierende Kraft des Hydrozylinders 24 wird mit einem sehr kleinen Hebel l auf die Konsole 30 und damit die Stützeinrichtung 32 übertragen. Dies führt dazu, dass die Stützkraft wesentlich geringer als bei eingefahrenem Hydrozylinder (Position J) ist. Die resultierende Stützkraft wird somit ohne Änderung der Vorspannung des Hydrozylinders 24 selbsttätig an die tatsächli-

chen Lastverhältnisse angepasst.

[0038] Die Geometrie der Konsole 30 und die der Verschwenkung des Hydrozylinders 24 sind so ausgelegt, dass sich die erforderlichen Hebelverhältnisse einstellen, um das Eigengewicht der Plattform 2 im Minimalfall und die maximal vorgesehen Last (beispielsweise > 1000 Tonnen) passiv abstützen zu können, ohne dass die Aktivaktuatoren einen nennenswerten Beitrag leisten.

[0039] Figur 3 zeigt nochmals in einer etwas realistischeren Darstellung den Grundaufbau des erfindungsgemäßen Passivsystems 16, wobei lediglich zwei Passivaktuator-Anordnungen 18, 20 dargestellt sind, über die die Plattform 2 passiv abgestützt ist. Auf dieser soll mittels eines nicht vom Wellengang beeinflussten Krans, von dem lediglich der Kranhaken dargestellt ist, eine Last 36 übernommen oder abgelegt werden. In Figur 3 rechts ist das Detail X dargestellt, das die Passivaktuator-Anordnung 18 zeigt. Dementsprechend ist die Plattform 2 über die Stützeinrichtung 32 abgestützt, die über das Gelenk E an der Plattform 2 und das Gelenk G an der Konsole 30 angreift. Letztere ist - wie erläutert - um die am Schiffsdeck 4 abgestützte Gelenkeinrichtung C schwenkbar. An der Konsole 30 greift des Weiteren über das Gelenk H die Kolbenstange 28 des Hydrozylinders 24 an, der seinerseits über das Zylindergelenk A (siehe Figur 3 links) schwenkbar am Schiffsdeck 4 gelagert ist. In der Darstellung gemäß Figur 3 wirkt eine Last 36 mit dem Maximalgewicht auf die Plattform 2, so dass entsprechend der maximale Hebel L wirksam ist, um die Kraft des Hydrozylinders 24 auf die Plattform 2 zu übertragen.

[0040] Erfindungsgemäß wird somit die Kraft eines Passivaktuators, beispielsweise eines Hydrozylinders über ein Hebelsystem auf die Plattform 2 übertragen, wobei der wirksame Hebel bei hoher Last größer als im unbelasteten Zustand ist.

[0041] Figur 4 zeigt eine Variante, bei der die Vorspannung des Hydrozylinders 24 über den Gasspeicher 26 erfolgt. Dieser ist mit Stickstoff gefüllt. Dieser Gasspeicher 26 wirkt somit als Gasfeder, so dass sich der Druck in Abhängigkeit von der Last ändert. Aufgrund der Kompressibilität von Gasen ist die Gas-Kennlinie, d.h. die Druck-Volumen-Kennlinie nicht linear, so dass Druckänderungen nicht proportional zu den Volumenänderungen sind. Derartige Abweichungen der "Gas-Kurve" werden beim dargestellten Ausführungsbeispiel über eine Lenkeranordnung 38 kompensiert, die mechanisch zwischen der Stützeinrichtung 32 und der Konsole 30 angeordnet ist. Diese Lenkeranordnung 38 hat einen ersten Lenker 40, der über das Gelenk G an der Konsole 30 angelenkt ist. Ein zweiter Lenker 42 ist einerseits über ein Lenkergelenk B am Schiffsdeck 4 schwenkbar gelagert und andererseits über ein Kniegelenk F mit dem ersten Lenker 40 verbunden. Im Bereich dieses Kniegelenkes F ist auch die Stützeinrichtung 32 schwenkbar angelenkt. Diese greift - wie beim zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel - über das Gelenk E an der Plattform 2 an. Die Abstützung in Querrichtung erfolgt wiederum über eine Querstrebe 35.

[0042] Die Kinematik der Lenkeranordnung 38, beispielsweise die Länge der Lenker 40, 42 ist so gewählt, dass die aus der Charakteristik der Gas-Kurve resultierenden Abweichungen von der Ideallinie kompensiert werden. Im Übrigen entspricht das in Figur 4 dargestellte Ausführungsbeispiel demjenigen aus den Figuren 2 und 3, so dass weitere Erläuterungen unter Verweis auf die vorstehenden Ausführungen entbehrlich sind.

[0043] Figur 5 zeigt eine etwas detailreichere Darstellung des in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiels der Passivaktuator-Anordnung 18 (20, 22). Wie vorstehend ausgeführt, wird die Plattform 2 über die jeweiligen Stützeinrichtung 32 abgestützt, die über das Gelenk E an der Plattform 2 angelenkt ist. Die strebenförmige Stützeinrichtung 32 ist ihrerseits über das Kniegelenk F mit der Lenkeranordnung 38 verbunden. Dabei ist das Kniegelenk F so ausgebildet, dass es die beiden Lenker 40, 42 gelenkig verbindet und des Weiteren auch ein Schwenken der Stützeinrichtung 32 zumindest in der Zeichenebene gemäß Figur 5 zulässt. Der erste Lenker 40 ist über das Gelenk G an der Konsole 30 angelenkt. Der zweite Lenker 42 ist am Lenkergelenk B gelagert. Die Kolbenstange 28 des Hydrozylinders 24 oder der sonstige Aktuator greift über das Gelenk H an der Konsole 30 an. Wie erläutert, ist der Hydrozylinder 24 über den Gasspeicher 26 auf einen vorbestimmten Druck vorgespannt. Der kolbenstangenseitige Druckraum des Hydrozylinders 24 ist - wie bereits eingangs erläutert - mit einem Hydrospeicher 44 verbunden. Insofern entspricht das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 5 demjenigen aus Figur 4, so dass weitere Erläuterungen entbehrlich sind.

[0044] Bei dem in Figur 5 dargestellten Ausführungsbeispiel kann bei Lastspitzen, beispielsweise beim Ausgleich einer durch den Wellengang verursachten Absenkbewegung des Schiffes die Funktion der Aktivaktuatoren 6, 8, 10 durch das Passivsystem 16 unterstützt werden. Wie erläutert, können als Aktivaktuatoren 6, 8, 10 Elektromotoren, Hydromotoren oder Hydrozylinder oder dergleichen verwendet werden.

[0045] In Figur 5 rechts ist beispielhaft ein als Hydrozylinder ausgeführter Aktivaktuator 6 dargestellt, dessen Kolbenstange 46 am Gelenk H angreift und somit mit der Konsole 30 verbunden ist. Die Betätigung dieses Aktivaktuators 6 erfolgt - wie in Figur 5 rechts angedeutet - über eine über Null verstellbare Hydropumpe 48, die über einen Motor 50 angetrieben ist, um den Aktivaktuator 6 (Hydrozylinder) in Abhängigkeit vom Stellsignal der Steuereinheit 12 ein- oder auszufahren. Das die maximale Leistung des aktiven Systems erfordernde Ausfahren des Aktivaktuators 6 beim Absenken des Schiffs (Heave) wird dabei durch das Passivsystem 16 unterstützt, da die Konsole 30 dann ebenfalls in Richtung Vergrößerung des Hebelarms L schwenkt.

[0046] In Figur 5 links ist eine alternative Variante gezeigt. Bei dieser Variante sind die Aktivaktuatoren 6 durch Hydromotoren 52 ausgebildet, die Stellelemente, beispielsweise Spindeln oder dergleichen, antreiben, um

die Plattform 2 in der gewünschten Relativposition zu halten. Der Antrieb der Hydromotoren 52 erfolgt wie bei der zuvor beschriebenen Variante über eine über Null verschwenkbare Pumpe 48 und einen von der Steuereinheit 12 angesteuerten elektrischen Antrieb 50. Bei der in Figur 5 links dargestellten Variante ist der Hydromotor 52 zusätzlich über ein Ritzel 54 antreibbar, das mit einer Außenverzahnung 56 der Konsole 30 kämmt, so dass bei einer Verschwenkung der Konsole 30 um die Gelenkeinrichtung C über das Ritzel 54 der Hydromotor 52 zusätzlich angetrieben wird, so dass dieser durch das Passivsystem 16 in seiner Funktion unterstützt wird, um große Lastwechsel mit hoher Dynamik ausgleichen zu können.

[0047] Mit derartigen Lösungen kann die Funktion zumindest eines Aktivaktuators durch das Passivsystem unterstützt werden, so dass die dort "eingesparte" Energie zum Verstellen der anderen Aktivaktuatoren genutzt werden kann. Prinzipiell können natürlich auch alle Aktivaktuatoren durch das Passivsystem in der vorbeschriebenen Weise unterstützt werden.

[0048] Das in Figur 1 dargestellte Ausführungsbeispiel ist mit einem Passivsystem 16 gemäß Figur 4 ausgeführt, wobei dies in seiner Funktionsstellung dargestellt ist, die es bei unbelasteter Plattform 2 einnimmt.

[0049] Gemäß der Darstellung in Figur 1 ist die Gelenkeinrichtung C über Gelenkwangen 58 am Schiffsdeck 4 abgestützt. Die einseitig verrundete Konsole 30 ist zwischen diesen beiden Gelenkwangen 58 gelagert. Die Lenkeranordnung 38 ist einerseits über das Lenkergelenk B an den Gelenkwangen 58 und andererseits über das Gelenk G an der Konsole 30 angelenkt. Die Lenker 40, 42 sind über das Kniegelenk F mit einander verbunden. Wie in Figur 1 erkennbar, sind zwei derartiger Lenkeranordnungen 38, 38' als 4-Lenkeranordnung parallel zu einander vorgesehen, so dass das Kniegelenk F die beiden Lenkeranordnungen 38, 38' verbindet. In diesem Verbindungsbereich ist dann die als Stützstrebe ausgeführte Stützeinrichtung 32 abgestützt, die ihrerseits über das Gelenk E an der Plattform 2 angreift. Die Querabstützung erfolgt jeweils über eine Querstrebe 35, die einerseits über ein Strebengelenk J an der Plattform 2 angelenkt ist und andererseits über das Stützgelenk D am Schiffsdeck 4 abgestützt ist. Die Hydrozylinder 24 der Passivaktuator-Anordnungen 18, 20, 22 sind beim dargestellten Ausführungsbeispiel über das Zylindergelenk A an einen deckseitigen Stützblock 60 abgestützt, an dem auch die anderen Hydrozylinder 24 der anderen Passivaktuatoranordnungen 18, 20, 22 abgestützt sind. Dieser Stützblock 60 befindet sich gemäß der Darstellung in Figur 1 in etwa mittig unterhalb der im weitesten Sinn dreieckförmigen Plattform 2.

[0050] In der Darstellung gemäß Figur 1 sind die Hydrozylinder 24 jeweils ausgefahren, so dass der minimale Hebel l wirksam ist - dementsprechend ist kein Gewicht auf der Plattform 2 angeordnet.

[0051] Figur 6 zeigt den Zustand, in dem die maximale Last 36 auf die Plattform 2 wirkt. Wie vorstehend ausgeführt, fahren die durch den Gasspeicher 26 vorgespannten Hydrozylinder 24 ein, so dass die Konsolen 30 aus der in Figur 1 dargestellten Schwenkposition nach innen, hin zum Stützblock 60 schwenken und entsprechend der maximale Hebel L (siehe Figur 2) wirksam ist, um die Last 36 abzustützen - die Plattform 2 nimmt dabei ihre in Figur 6 dargestellte untere Position ein. In der Darstellung gemäß den Figuren 1 und 6 sind des Weiteren noch die als Hydrozylinder ausgebildeten Aktivaktuatoren 6, 8, 10 angedeutet, die einerseits über Gelenke (mit Bezugszeichen versehen sind in Figur 6 nur die Gelenke K, L) an der Plattform 2 angreifen und andererseits, beispielsweise am Gelenk H, an der jeweiligen Konsole 30 abgestützt sind.

[0052] Offenbart ist eine Seegangkompensationseinrichtung mit einem Aktivsystem und einem Passivsystem. Bei dem Passivsystem sind Aktuatoren über eine Gelenkeinrichtung mit einer eine Last tragenden Plattform verbunden. Über diese Gelenkeinrichtung kann der wirksame Hebel, mit dem die Aktuatoren die Plattform passiv abstützen, in Abhängigkeit vom Lastzustand verändert werden.

Bezugszeichenliste

[0053]

1	Seegangkompensationseinrichtung (Unit)
2	Plattform
4	Schiffsdeck
6	Aktivaktuator
8	Aktivaktuator
10	Aktivaktuator
12	Steuereinheit
14	Sensorik
16	Passivsystem
18	Passivaktuator-Anordnung
20	Passivaktuator-Anordnung
22	Passivaktuator-Anordnung
24	Hydrozylinder
26	Gasspeicher
28	Kolbenstange
30	Konsole
32	Stützeinrichtung
34	Bewegungsbahn
35	Querstrebe
36	Last
38	Lenkeranordnung
40	erster Lenker
42	zweiter Lenker
44	Hydrospeicher
46	Kolbenstange
48	Pumpe
50	Motor
52	Hydromotor
54	Ritzel
56	Außenverzahnung
58	Gelenkwange

60 Stützblock

Patentansprüche

1. Seegangkompensationseinrichtung mit einer Plattform (2), die von zumindest einem Aktivaktuator (6, 8, 10) bewegbar ist, der über eine Steuereinheit (12) ansteuerbar ist, um vom Seegang oder dergleichen verursachte Relativbewegungen der Plattform (2) mit Bezug zu einer Zielposition auszugleichen, wobei den Aktivaktuatoren (6, 8, 10) ein Passivsystem (16) mit zumindest einem Aktuator zugeordnet ist, über den das Gewicht der Plattform (2) und/oder einer auf dieser angeordneten Last (36) zumindest teilweise abgestützt ist, **gekennzeichnet durch** eine um eine Gelenkeinrichtung (C) verschwenkbare Konsole (30), an der einerseits der schwenkbar gelagerte Aktuator angreift und die andererseits mittelbar oder unmittelbar an der Plattform (2) angreift, und derart ausgebildet ist, dass sich ein Hebelarm (L, l) des Aktuators mit Bezug zur Gelenkeinrichtung (C) in Abhängigkeit von einer Ausfahr- oder Einfahrbewegung des Aktuators ändert.

2. Seegangkompensationseinrichtung nach Patentanspruch 1, wobei der Aktuator ein Hydrozylinder (24) ist, der vorzugsweise mittels eines Gasspeichers (26) vorgespannt ist.

3. Seegangkompensationseinrichtung nach Patentanspruch 2, wobei der Gasspeicher (26) mit Stickstoff gefüllt ist.

4. Seegangkompensationseinrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei der Aktuator, die Gelenkeinrichtung (C) und eine die Plattform (2) stützende Stützeinrichtung (32) im Abstand und versetzt zu einander angreifen, wobei diese Angriffsbereiche der Komponenten etwa ein Dreieck ausbilden.

5. Seegangkompensationseinrichtung nach Patentanspruch 4, wobei die Stützeinrichtung (32) ihrerseits über eine Lenkeranordnung (38) an der Konsole (30) und der Gelenkeinrichtung (C) abgestützt ist.

6. Seegangkompensationseinrichtung nach Patentanspruch 5, wobei die Lenkeranordnung (38) einen ersten Lenker (40) hat, der an der Konsole (30) gelagert ist und einen zweiten Lenker (42) aufweist, der im Bereich der Gelenkeinrichtung (C) oder decksseitig gelagert ist und der über ein Kniegelenk (F) mit dem ersten Lenker (40) verbunden ist, wobei die Stützeinrichtung (32) im Bereich des Kniegelenkes (F) abgestützt ist.

7. Seegangkompensationseinrichtung nach Patentanspruch 5 oder 6, mit zwei parallelen Lenkeranordnungen (38, 38').

8. Seegangkompensationseinrichtung nach einem der Patentansprüche 5 bis 7, wobei ein Übersetzungsverhältnis der Lenkeranordnung (38, 38') so gewählt ist, dass eine Druck-/Volumenabhängigkeit des Speichermediums des Gasspeichers (26) in etwa kompensiert ist.

9. Seegangkompensationseinrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei Passivaktuator-Anordnungen (18, 20, 22) des Passivsystems (16) jeweils mit einer Querstrebe (35) ausgeführt sind, die vorzugsweise in etwa quer zur Stützrichtung oder in etwa quer zur Stellrichtung des Aktivaktuators (6, 8, 10) an der Plattform (2) angreift.

10. Seegangkompensationseinrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, mit zumindest drei Aktivaktuatoren (6, 8, 10), denen jeweils ein Passivsystem (16) zugeordnet ist.

11. Seegangkompensationseinrichtung nach Patentanspruch 10, wobei Hydrozylinder (24) der Passivsysteme (16) an einem zentralen Stützblock (60) abgestützt sind.

12. Seegangkompensationseinrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei das Passivsystem (16) und der zugeordnete Aktivaktuator (6, 8, 10) derart in Wirkverbindung stehen, dass das Passivsystem (16) die Funktion der Aktivaktuatoren (6, 8, 10) direkt unterstützt.

Claims

1. Swell compensation device with a platform (2) which is movable by at least one active actuator (6, 8, 10) which is activatable via a control unit (12) in order to compensate for relative movements of the platform (2) caused by the swell or the like with respect to a target position, wherein the active actuators (6, 8, 10) are assigned a passive system (16) having at least one actuator via which the weight of the platform (2) and/or of a load (36) arranged on the latter is at least partially supported, **characterized by** a bracket (30) which is pivotable about an articulation device (C) and on which the pivotably mounted actuator acts and which indirectly or directly acts on the platform (2) and is designed in such a manner that a lever arm (L, l) of the actuator changes with respect to the articulation device (C) depending on an extension or retraction movement of the actuator.

2. Swell compensation device according to Patent Claim 1, wherein the actuator is a hydraulic cylinder

(24) which is preferably prestressed by means of a gas accumulator (26).

3. Swell compensation device according to Patent Claim 2, wherein the gas accumulator (26) is filled with nitrogen.

4. Swell compensation device according to one of the preceding patent claims, wherein the actuator, the articulation device (C) and a supporting device (32) supporting the platform (2) act at a distance from and offset with respect to one another, wherein said regions of actuation of the components approximately form a triangle.

5. Swell compensation device according to Patent Claim 4, wherein the supporting device (32) for its part is supported on the bracket (30) and the articulation device (C) via a link arrangement (38).

6. Swell compensation device according to Patent Claims 5, wherein the link arrangement (38) has a first link (40) which is mounted on the bracket (30), and has a second link (42) which is mounted in the region of the articulation device (C) or on the deck side and which is connected to the first link (40) via a toggle joint (F), the supporting device (32) being supported in the region of the toggle joint (F).

7. Swell compensation device according to Patent Claim 5 or 6, with two parallel link arrangements (38, 38').

8. Swell compensation device according to one of Patent Claim 5 to 7, wherein a transmission ratio of the link arrangement (38, 38') is selected in such a manner that a pressure/volume dependency of the storage medium of the gas accumulator (26) is approximately compensated for.

9. Swell compensation device according to one of the preceding patent claims, wherein passive actuator arrangements (18, 20, 22) of the passive system (16) are each formed with a transverse strut (35) which acts on the platform (2) preferably approximately transversely with respect to the supporting device or approximately transversely with respect to the actuating direction of the active actuator (6, 8, 10) .

10. Swell compensation device according to one of the preceding patent claims, with at least three active actuators (6, 8, 10) which are each assigned a passive system (16).

11. Swell compensation device according to Patent Claim 10, wherein hydraulic cylinders (24) of the passive systems (16) are supported on a central supporting block (60).

12. Swell compensation device according to one of the preceding patent claims, wherein the passive system (16) and the assigned active actuator (6, 8, 10) are operatively connected in such a manner that the passive system (16) directly supports the operation of the active actuators (6, 8, 10).

Revendications

1. Dispositif compensatoire d'état de la mer avec une plate-forme (2), qui est déplaçable par au moins un actionneur actif (6, 8, 10), qui peut être commandé par une unité de commande (12), afin de compenser des mouvements relatifs de la plate-forme (2) causés par l'état de la mer ou analogues par rapport à une position visée, dans lequel un système passif (16) avec au moins un actionneur est associé aux actionneurs actifs (6, 8, 10), par lequel le poids de la plate-forme (2) et/ou d'une charge (36) disposée sur celle-ci est au moins partiellement supporté, **caractérisé par** une console (30) pouvant pivoter autour d'un dispositif articulé (C), sur laquelle d'une part l'actionneur monté de façon pivotante agit et qui agit d'autre part indirectement ou directement sur la plate-forme (2), et qui est configurée de telle manière qu'un bras de levier (L, l) de l'actionneur par rapport au dispositif articulé (C) se modifie en fonction d'un mouvement de sortie ou de rentrée de l'actionneur.

2. Dispositif compensatoire d'état de la mer selon la revendication 1, dans lequel l'actionneur est un cylindre hydraulique (24), qui est précontraint de préférence au moyen d'un réservoir de gaz (26).

3. Dispositif compensatoire d'état de la mer selon la revendication 2, dans lequel le réservoir de gaz (26) est rempli d'azote.

4. Dispositif compensatoire d'état de la mer selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'actionneur, le dispositif articulé (C) et un dispositif de soutien (32) soutenant la plate-forme (2) agissent à distance et en décalage l'un par rapport à l'autre, dans lequel ces zones d'action des composants forment environ un triangle.

5. Dispositif compensatoire d'état de la mer selon la revendication 4, dans lequel le dispositif de soutien (32) est à son tour soutenu par un agencement de bielles (38) sur la console (30) et le dispositif articulé (C).

6. Dispositif compensatoire d'état de la mer selon la revendication 5, dans lequel l'agencement de bielles (38) comporte une première bielle (40), qui est montée sur la console (30) et présente une seconde bielle (42), qui est montée dans la région du dispositif ar-

ticulé (C) ou du côté du pont et qui est reliée à la première bielle (40) par une rotule (F), dans lequel le dispositif de soutien (32) est soutenu dans la région de la rotule (F).

7. Dispositif compensatoire d'état de la mer selon la revendication 5 ou 6, avec deux agencements de bielles parallèles (38, 38').

8. Dispositif compensatoire d'état de la mer selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans lequel un rapport de transmission de l'agencement de bielles (38, 38') est choisi de telle manière qu'une dépendance de pression/volume du milieu stocké du réservoir de gaz (26) soit sensiblement compensée.

9. Dispositif compensatoire d'état de la mer selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel des agencements d'actionneur passif (18, 20, 22) du système passif (16) sont réalisés respectivement avec une entretoise transversale (35), qui agit sur la plate-forme (2) de préférence environ transversalement à la direction de soutien ou environ transversalement à la direction de réglage de l'actionneur actif (6, 8, 10).

10. Dispositif compensatoire d'état de la mer selon l'une quelconque des revendications précédentes, avec au moins trois actionneurs actifs (6, 8, 10), auxquels un système passif (16) est respectivement associé.

11. Dispositif compensatoire d'état de la mer selon la revendication 10, dans lequel des cylindres hydrauliques (24) des systèmes passifs (16) sont soutenus sur un bloc de support central (60).

12. Dispositif compensatoire d'état de la mer selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le système passif (16) et l'actionneur actif associé (6, 8, 10) sont en liaison active, de telle manière que le système passif (16) soutienne directement le fonctionnement des actionneurs actifs (6, 8, 10).

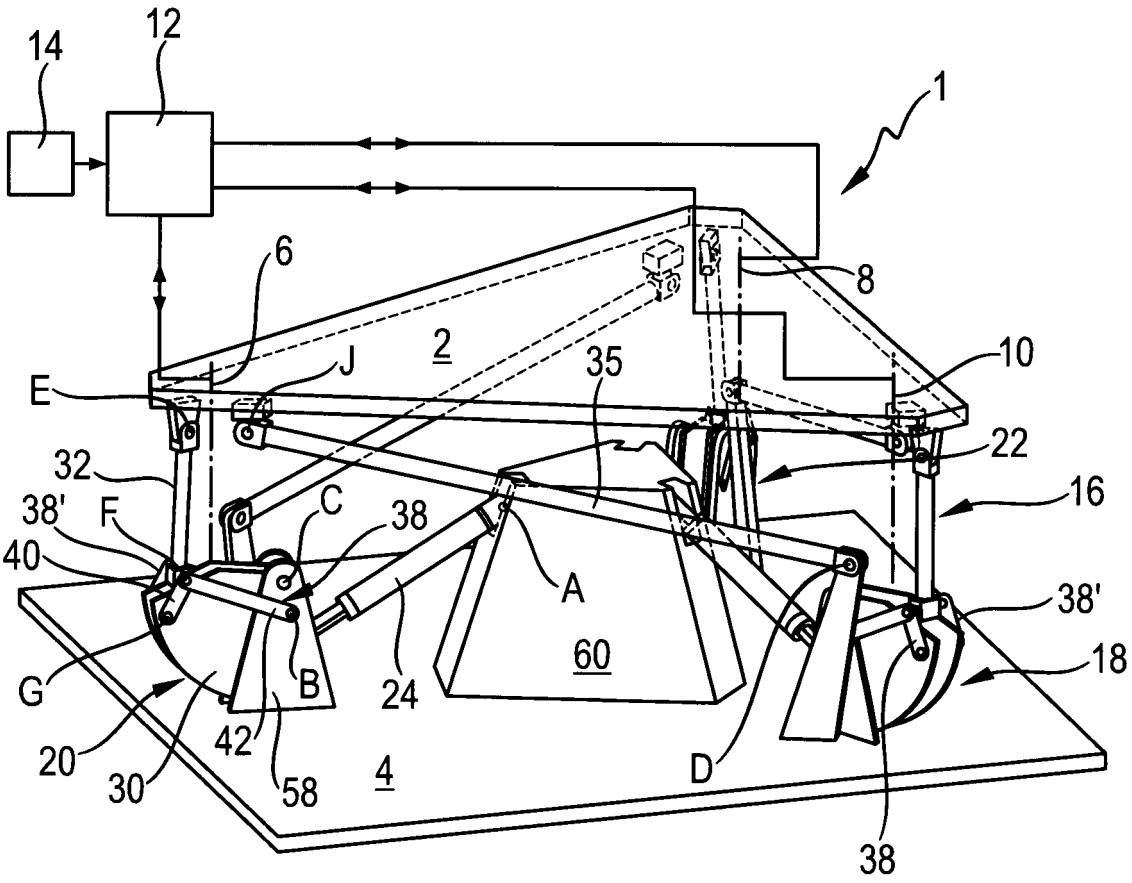

14
12
1
6
8
2
J
35
10
E
22
32
16
38'
F
C
38
40
A
38'
60
18
G
B
24
20
42
30
58
4
D
38

Fig. 1

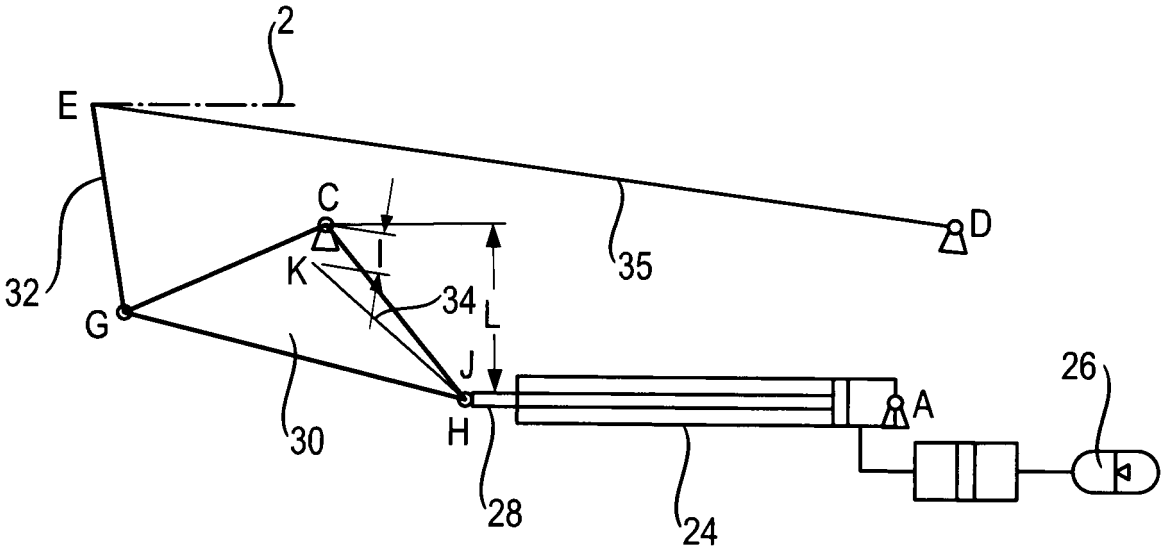

2
E
C
D
I
35
32
K
34
L
G
J
26
A
30
H
28
24

Fig. 2

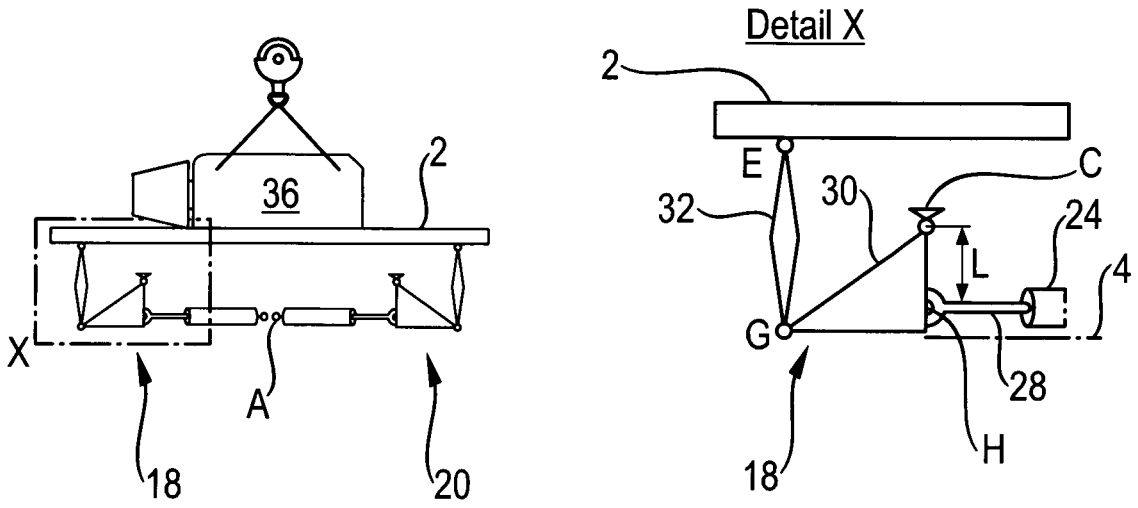

36
2
X
A
18
20
Detail X
2
E
C
32
30
24
L
4
G
28
18
H

Fig. 3

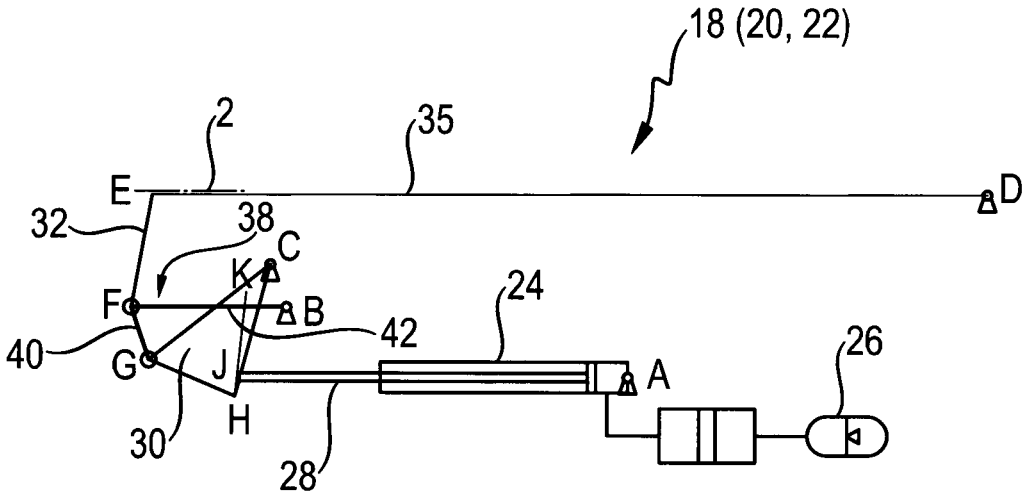

18 (20, 22)
2
35
E
D
32
38
C
K
F
B
24
42
40
G
J
A
26
30
H
28

Fig. 4

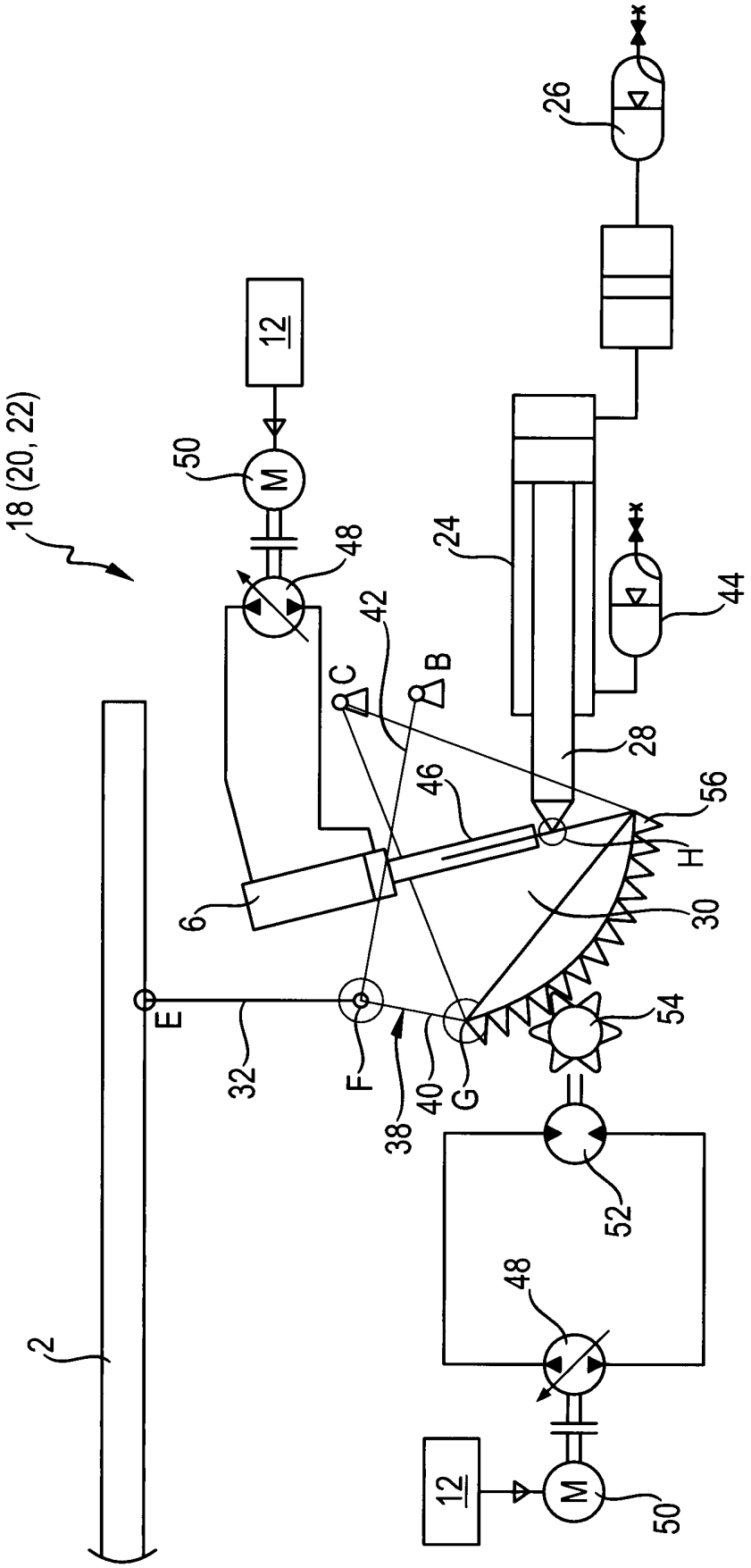

18 (20, 22)
2
12
50
M
48
42
C
B
24
26
44
28
46
56
H
6
30
E
32
F
38
40
G
54
52
48
12
50
M

Fig. 5

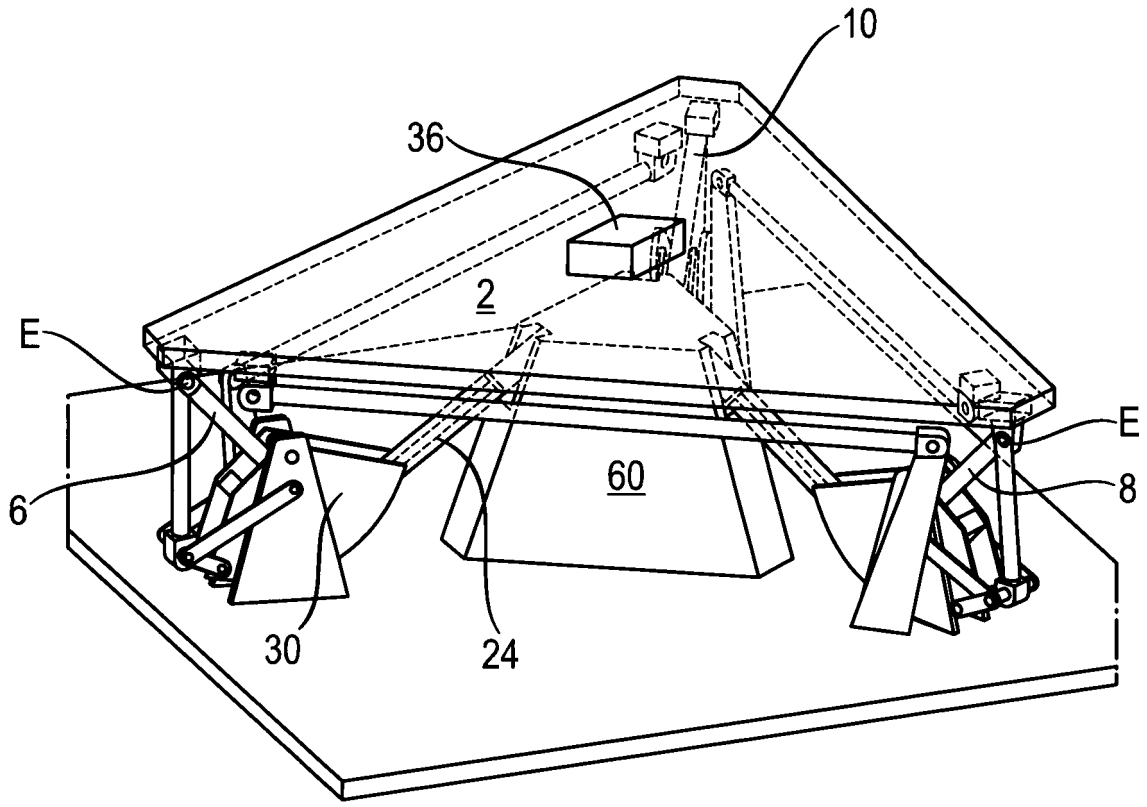


Fig. 6

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 2414218 B1 **[0004] [0027] [0032]**
- EP 1993902 B1 **[0005]**
- EP 1869282 B1 **[0006]**