



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 000 566.9**
(22) Anmeldetag: **17.01.2015**
(43) Offenlegungstag: **21.07.2016**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **30.06.2022**

(51) Int Cl.: **B60G 13/16** (2006.01)
B60G 13/02 (2006.01)
B60G 13/14 (2006.01)
F16F 15/12 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**AUDI AG, 85045 Ingolstadt, DE; Karlsruher Institut
für Technologie, 76131 Karlsruhe, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE	10 2013 015 702	B3
DE	10 2011 101 350	A1

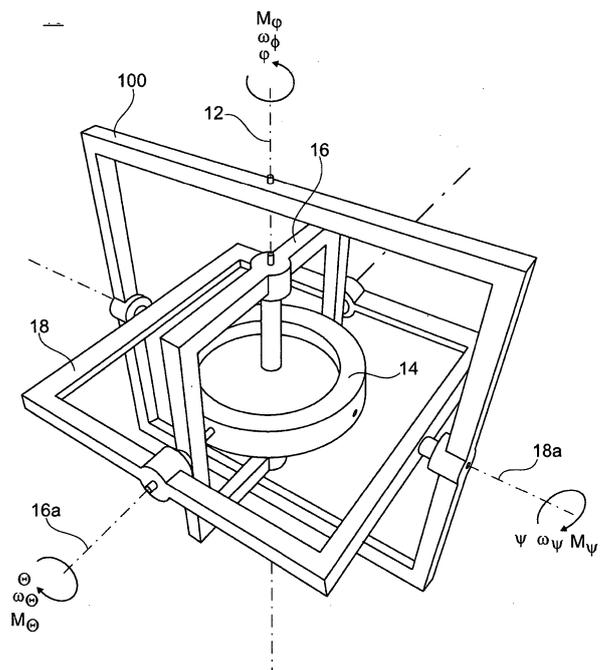
(72) Erfinder:
Scheurich, Bastian, 74206 Bad Wimpfen, DE;
**Koch, Tilo, Dr., 85055 Ingolstadt, DE; Gauterin,
Frank, Prof. Dr., 76829 Landau, DE; Frey, Michael,
Dr., 76275 Ettlingen, DE**

(54) Bezeichnung: **Rotationsdämpfer für ein Kraftfahrzeug**

(57) Hauptanspruch: Rotationsdämpfer für ein Kraftfahrzeug, umfassend

- eine über einen Antrieb angetriebene, mit einer Winkelgeschwindigkeit (ω_ψ) um eine Drehachse (12) rotierende Schwungmasse (14), die über ein erstes Lagerelement (16) und ein zweites Lagerelement (18) kardanisches am Kraftfahrzeugaufbau (100) gelagert ist, wobei die Schwungmasse (14) um einen Drehwinkel (ψ) drehbar am ersten Lagerelement (16) gelagert ist und das erste Lagerelement (16) um eine orthogonal zur Drehachse (12) der Schwungmasse (14) ausgerichtete erste Achse (16a) um einen ersten Drehwinkel (θ) drehbar am zweiten Lagerelement (18) gelagert ist und das zweite Lagerelement (18) um eine orthogonal zur ersten Achse (16a) ausgerichtete zweite Achse (18a) um einen zweiten Drehwinkel (ψ) drehbar am Kraftfahrzeugaufbau (100) gelagert ist, sowie

- eine Reglereinheit zur Regelung eines Wellenantriebs, dadurch gekennzeichnet, dass das am Kraftfahrzeugaufbau (100) drehbar gelagerte zweite Lagerelement (18) über eine Antriebswelle mit dem Wellenantrieb in Wirkverbindung steht, wobei das am zweiten Lagerelement (18) drehbar gelagerte erste Lagerelement (16) mit einem Radträger derart in Wirkverbindung steht, dass eine Ein-/Ausfederbewegung des Radträgers eine Drehung des ersten Lagerelements (16) um den ersten Drehwinkel (θ) bewirkt, wobei die Reglereinheit über den Wellenantrieb die Winkelgeschwindigkeit (ω_ψ) und/oder das Drehmoment (M_ψ) der Antriebswelle in Abhängigkeit des ersten Drehwinkels (θ) und/oder des ersten Drehmoments (M_θ) regelt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Rotationsdämpfer für ein Kraftfahrzeug gemäß der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 angegebenen Art.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Konzepte von Rotationsdämpfern zur Aufbauschwingungsdämpfung eines Kraftfahrzeugs bekannt. So offenbart die DE 10 2011 101 350 A1 einen Rotationsdämpfer für ein Kraftfahrzeug, umfassend wenigstens ein Dämpferelement zum Dämpfen der Relativbewegung zwischen einer radaufhängungsseitig angeordneten ersten Masse und einer fahrzeugkaroserieseitig angeordneten zweiten Masse. Hierbei weist das Dämpferelement wenigstens ein drehbares Dämpferteil auf, welches über ein mit diesem mechanisch bewegungsgekoppeltes, durch die Massenbewegung bewegbares Hebelelement in eine Drehbewegung versetzbar ist, wobei in die mechanische Bewegungskopplung zwischen Hebelelement und drehbarem Dämpferteil wenigstens ein Federdämpfungselement integriert ist.

[0003] Ein gattungsgemäßer, sämtliche Merkmale des Oberbegriffs des Patentanspruches 1 aufweisender Rotationsdämpfer für ein Kraftfahrzeug ist in der DE 10 2013 015 702 B3 offenbart.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Rotationsdämpfer für ein Kraftfahrzeug zur Verfügung zu stellen, bei dem der Dämpfungseffekt auf eine kardanisch am Kraftfahrzeugaufbau gelagerte, gyroskopisch wirkende Schwungmasse zurückzuführen ist.

[0005] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

[0006] Die Unteransprüche bilden vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

[0007] Der erfindungsgemäße Rotationsdämpfer für ein Kraftfahrzeug umfasst eine über einen Antrieb angetriebene, mit der Winkelgeschwindigkeit ω_φ um eine Drehachse rotierende Schwungmasse, die über ein erstes Lagerelement und ein zweites Lagerelement kardanisch am Kraftfahrzeugaufbau gelagert ist. Hierzu ist die Schwungmasse um den Drehwinkel φ drehbar am ersten Lagerelement gelagert und das erste Lagerelement ist um eine orthogonal zur Drehachse der Schwungmasse ausgerichtete erste Achse um einen ersten Drehwinkel θ drehbar am zweiten Lagerelement gelagert und das zweite Lagerelement ist um eine orthogonal zur ersten Achse ausgerichtete zweite Achse um einen zweiten Drehwinkel ψ drehbar am Kraftfahrzeugaufbau gelagert. Weiterhin weist das erste Lagerelement Mittel auf, über die das erste Lagerelement derart mit

einem Radträger verbindbar ist, dass eine Ein-/Ausfederbewegung des Radträgers eine Drehung des ersten Lagerelements um den ersten Drehwinkel θ bewirkt. Zudem umfasst der Rotationsdämpfer einen Wellenantrieb, der über eine Antriebswelle mit dem zweiten Lagerelement in Wirkverbindung steht und eine Reglereinheit zur Regelung des Wellenantriebs, wobei die Reglereinheit über den Wellenantrieb die Winkelgeschwindigkeit ω_ψ und/oder das Drehmoment M_ψ der Antriebswelle in Abhängigkeit des ersten Drehwinkels θ und/oder des Drehmoments M_θ regelt.

[0008] Die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Rotationsdämpfers zeichnet sich dadurch aus, dass der Effekt der Drehrträgeit verwendet wird, um Kräfte ins Fahrwerk einzuleiten. Diese Kräfte können die Funktion eines herkömmlichen Dämpferelements ersetzen und erweitern.

[0009] Nachfolgend eine kurze Erläuterung des Funktionsprinzips:

Im Anfangszustand rotiert die Schwungmasse mit der Winkelgeschwindigkeit ω_φ um ihre Drehachse. Wenn an der ersten Achse des ersten Lagerelements ein Drehmoment M_θ wirksam wird, entsteht aufgrund der Präzession ein Drehmoment M_ψ um die zweite Achse. Die Momente führen zu einer Winkelgeschwindigkeit des ersten bzw. zweiten Lagerelements. Ein Drehmoment M_θ führt folglich zu einer Winkelgeschwindigkeit ω_θ des ersten Lagerelements. Diese Verdrehung verändert die Richtung des Winkelgeschwindigkeitsvektors ω_φ der Schwungmasse. Auf eine solche Störung reagiert die rotierende Schwungmasse mit dem angesprochenen Präzessionsmoment M_ψ . Da aber die Winkelgeschwindigkeit ω_ψ konstruktionsbedingt ebenfalls den Winkelgeschwindigkeitsvektor ω_φ der Schwungmasse verändert, besteht ein direkter Einfluss aller drei Achsen. Das Einbringen von Energie in eine Achse zeigt eine Veränderung der Energie der beiden anderen Achsen.

[0010] Wird das erste Lagerelement als Eingang betrachtet, so sind M_θ und ω_θ gleichgerichtet. An der zweiten Achse des zweiten Lagerelements kann diese Energie wieder entnommen werden, dabei sind M_ψ und ω_ψ entgegengesetzt orientiert. Der umgekehrte Fall ist ebenso möglich. Gleichgerichtete Beträge von M_ψ und ω_ψ führen zu ungleich gerichteten Beträgen von M_θ und ω_θ . Wird nicht die gesamte Energie des Drehmoments M_ψ entnommen, so wird aufgrund des Rückkopplungseffekts die Winkelgeschwindigkeit ω_φ der Schwungmasse steigen. Die überschüssige Energie wird in Form kinetischer Energie in der Drehbewegung der Schwungmasse gespeichert. Das Übersetzungsver-

hältnis der einzelnen Momente wird dabei durch die Drehträge der Schwungmasse bestimmt.

[0011] Ist nun das erste Lagererelement derart mit einem Radträger verbunden, so dass eine Ein-/Ausfederbewegung des Radträgers ein Drehmoment M_{Θ} und eine Winkelgeschwindigkeit ω_{Θ} des ersten Lagererelement um die erste Achse bewirken, entsteht eine Relativbewegung des zweiten Lagererelements um die zweite Achse. Wird zur Winkelgeschwindigkeit ω_{Ψ} des zweiten Lagererelements ein Gegenmoment M_{Ψ} aufgebracht, so wird die Relativbewegung des zweiten Lagererelements um die zweite Achse gedämpft. Dies führt wiederum zum Dämpfen der Winkelgeschwindigkeit ω_{Θ} des ersten Lagererelements um die erste Achse. Je nach Größe des Betrages des Gegenmoments M_{Ψ} fällt die Dämpfung stärker oder schwächer aus.

[0012] Wird im Gegensatz dazu ein der Winkelgeschwindigkeit ω_{Ψ} gleichgerichtetes Moment M_{Ψ} aufgebracht, führt dies zu einer Unterstützung der Ein-/Ausfederbewegung. D.h. der Rotationsdämpfer kann auch als Aktuator verwendet werden, um aktiv Vertikalkräften am Radträger zu stellen und somit Funktionen eines aktiven Fahrwerks zu übernehmen.

[0013] Vorzugsweise ist der Antrieb der Schwungmasse und/oder der Wellenantrieb der Antriebswelle als ein Elektromotor ausgebildet. Dies hat den Vorteil, dass im Generatorbetrieb die Möglichkeit der Energieerzeugung gegeben ist, so dass unter Umständen eine Zurückspeisung von Energie ins Bordnetz ermöglicht ist.

[0014] Gemäß einer weiteren vorteilhafter Ausführungsform der Erfindung steht das erste Lagererelement derart mit dem Radträger in Wirkverbindung, dass bei einer Ein-/Ausfederbewegung des Radträgers für den ersten Drehwinkel θ die Bedingung $-\pi/2 < \theta < +\pi/2$ stets erfüllt ist.

[0015] Hierdurch ist gewährleistet, dass ein Moment M_{θ} sehr lange aufrecht erhalten werden kann, so dass das System zur Wankstabilisierung, Heben und Senken von Rädern und des Aufbaus und weiteren denkbaren aktiven Fahrwerksregelungen verwendet werden kann.

[0016] Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit dem in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel.

[0017] In der Zeichnung bedeutet:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Rotationsdämpfers.

[0018] **Fig. 1** zeigt einen insgesamt mit der Bezugsziffer 10 bezeichneten Rotationsdämpfer für ein Kraftfahrzeug in einer schematischen Darstellung.

[0019] Der Rotationsdämpfer 10 umfasst eine um eine Drehachse 12 mit der Winkelgeschwindigkeit ω_{Φ} rotierende Schwungmasse 14, die über ein erstes Lagererelement 16 und ein zweites Lagererelement 18 kardanisches gelagert ist.

[0020] Hierbei ist die Schwungmasse 14 um den Drehwinkel ϕ drehbar am ersten Lagererelement 16 gelagert und das erste Lagererelement 16 ist um eine orthogonal zur Drehachse 12 der Schwungmasse 14 ausgerichteten ersten Achse 16a um einen ersten Drehwinkel θ drehbar am zweiten Lagererelement 18 gelagert und das zweite Lagererelement 18 ist um eine orthogonal zur ersten Achse 16a ausgerichteten zweiten Achse 18a um einen zweiten Drehwinkel ψ drehbar am Kraftfahrzeugaufbau 100 gelagert.

[0021] Nicht dargestellt in der schematischen Darstellung gemäß **Fig. 1** ist ein Antrieb der Schwungmasse 14, ein mit dem zweiten Lagererelement 18 über eine Antriebswelle in Wirkverbindung stehender Wellenantrieb sowie die Anbindung des ersten Lagererelements 16 an einen Radträger. Auf eine Darstellung der Regelungseinrichtung, über den der Wellenantrieb und damit die Winkelgeschwindigkeit ω_{Ψ} und/oder das Drehmoment M_{Ψ} der Antriebswelle in Abhängigkeit des ersten Drehwinkels θ und/oder des ersten Drehmoments M_{θ} regelbar ist, wurde ebenfalls verzichtet.

[0022] Der schematisch dargestellte Rotationsdämpfer 10 verwendet den Effekt der Drehträge, um an geeigneter Stelle Kräfte in Fahrwerk einzuleiten. Diese Kräfte sollen die Funktion eines herkömmlichen Dämpfererelements ersetzen und erweitern.

Nachfolgend eine kurze Erläuterung des Funktionsprinzips:

[0023] Im Anfangszustand rotiert die Schwungmasse 14 mit der Winkelgeschwindigkeit ω_{Φ} um ihre Drehachse 12. Wenn an der ersten Achse 16a des ersten Lagererelements 16 ein Drehmoment M_{Θ} wirksam wird, entsteht aufgrund der Präzession ein Drehmoment M_{Ψ} um die zweite Achse 18a. Die Momente führen zu einer Winkelgeschwindigkeit ω_{Θ} bzw. ω_{Ψ} des ersten bzw. zweiten Lagererelements 16, 18. Ein Drehmoment M_{Θ} führt folglich zu einer Winkelgeschwindigkeit ω_{Θ} des ersten Lagererelements 16. Diese Verdrehung verändert die Richtung des Winkelgeschwindigkeitsvektors ω_{Φ} der Schwungmasse 14. Auf eine solche Störung reagiert die rotierende Schwungmasse 14 mit dem angesprochenen Präzessionsmoment M_{Ψ} . Da aber die Winkelgeschwindigkeit ω_{Ψ} konstruktionsbedingt ebenfalls den Winkelgeschwindigkeitsvektor ω_{Φ} der Schwungmasse

14 verändert, besteht ein direkter Einfluss aller drei Achsen. Das Einbringen von Energie in eine Achse zeigt eine Veränderung der Energie der beiden anderen Achsen.

[0024] Wird das erste Lagerelement 16 als Eingang betrachtet, so sind M_{\ominus} und ω_{\ominus} gleichgerichtet. An der zweiten Achse 18a des zweiten Lagerelements 18 kann diese Energie wieder entnommen werden, dabei sind M_{ψ} und ω_{ψ} entgegengesetzt orientiert. Der umgekehrte Fall ist ebenso möglich. Gleichgerichtete Beträge von M_{ψ} und ω_{ψ} führen zu ungleich gerichteten Beträgen von M_{\ominus} und ω_{\ominus} . Wird nicht die gesamte Energie des Drehmoments M_{ψ} entnommen, so wird aufgrund des Rückkopplungseffekts die Winkelgeschwindigkeit ω_{ϕ} der Schwungmasse 14 steigen. Die überschüssige Energie wird in Form kinetischer Energie in der Drehbewegung der Schwungmasse 14 gespeichert. Das Übersetzungsverhältnis der einzelnen Momente wird dabei durch die Drehträgheiten der Schwungmasse bestimmt.

[0025] Ist nun das erste Lagerelement 16 derart mit einem Radträger verbunden, so dass eine Ein-/Ausfederbewegung des Radträgers ein Drehmoment M_{\ominus} und eine Winkelgeschwindigkeit ω_{\ominus} des ersten Lagerelement 16 um die erste Achse 16a bewirken, entsteht eine Relativbewegung des zweiten Lagerelements 18 um die zweite Achse 18a. Wird zur Winkelgeschwindigkeit ω_{ψ} des zweiten Lagerelements über den Wellenmotor ein Gegenmoment M_{ψ} aufgebracht, so wird die Relativbewegung des zweiten Lagerelements 18 um die zweite Achse 18a gedämpft. Dies führt wiederum zum Dämpfen der Winkelgeschwindigkeit ω_{\ominus} des ersten Lagerelements 16 um die erste Achse 16a. Je nach Größe des Betrages des Gegenmoments M_{ψ} fällt die Dämpfung stärker oder schwächer aus.

[0026] Wird im Gegensatz dazu vom Wellenmotor ein der Winkelgeschwindigkeit ω_{ψ} gleichgerichtetes Moment M_{ψ} aufgebracht, führt dies zu einer Unterstützung der Ein-/Ausfederbewegung. D.h. der Rotationsdämpfer kann auch als Aktuator verwendet werden, um aktiv Vertikalkräften am Radträger zu stellen und somit Funktionen eines aktiven Fahrwerks zu übernehmen.

Patentansprüche

1. Rotationsdämpfer für ein Kraftfahrzeug, umfassend
- eine über einen Antrieb angetriebene, mit einer Winkelgeschwindigkeit (ω_{ϕ}) um eine Drehachse (12) rotierende Schwungmasse (14), die über ein erstes Lagerelement (16) und ein zweites Lagerelement (18) kardanisch am Kraftfahrzeugaufbau (100) gelagert ist, wobei die Schwungmasse (14) um einen Drehwinkel (ϕ) drehbar am ersten Lagerelement (16) gelagert ist und das erste Lagerelement

(16) um eine orthogonal zur Drehachse (12) der Schwungmasse (14) ausgerichtete erste Achse (16a) um einen ersten Drehwinkel (θ) drehbar am zweiten Lagerelement (18) gelagert ist und das zweite Lagerelement (18) um eine orthogonal zur ersten Achse (16a) ausgerichtete zweite Achse (18a) um einen zweiten Drehwinkel (ψ) drehbar am Kraftfahrzeugaufbau (100) gelagert ist, sowie
- eine Reglereinheit zur Regelung eines Wellenantriebs, **dadurch gekennzeichnet**, dass das am Kraftfahrzeugaufbau (100) drehbar gelagerte zweite Lagerelement (18) über eine Antriebswelle mit dem Wellenantrieb in Wirkverbindung steht, wobei das am zweiten Lagerelement (18) drehbar gelagerte erste Lagerelement (16) mit einem Radträger derart in Wirkverbindung steht, dass eine Ein-/Ausfederbewegung des Radträgers eine Drehung des ersten Lagerelements (16) um den ersten Drehwinkel (θ) bewirkt, wobei die Reglereinheit über den Wellenantrieb die Winkelgeschwindigkeit (ω_{ψ}) und/oder das Drehmoment (M_{ψ}) der Antriebswelle in Abhängigkeit des ersten Drehwinkels (θ) und/oder des ersten Drehmoments (M_{θ}) regelt.

2. Rotationsdämpfer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Antrieb der Schwungmasse (14) und/oder der Wellenantrieb der Antriebswelle als Elektromotor ausgebildet sind.

3. Rotationsdämpfer nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Lagerelement (16) derart mit dem Radträger verbunden ist, dass bei einer Ein-/Ausfederbewegung des Radträgers für den ersten Drehwinkel (θ) stets gilt: $-\pi/2 < \theta < +\pi/2$.

4. Rotationsdämpfer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Leistungsfluss an der Antriebswelle von dem Wellenmotor positiv oder negativ ist.

5. Rotationsdämpfer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Leistungsfluss an der Drehachse (12) von dem Antrieb positiv oder negativ ist.

6. Rotationsdämpfer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Leistungsfluss an der ersten Achse (16a) von der Anbindung des Radträgers positiv oder negativ ist.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

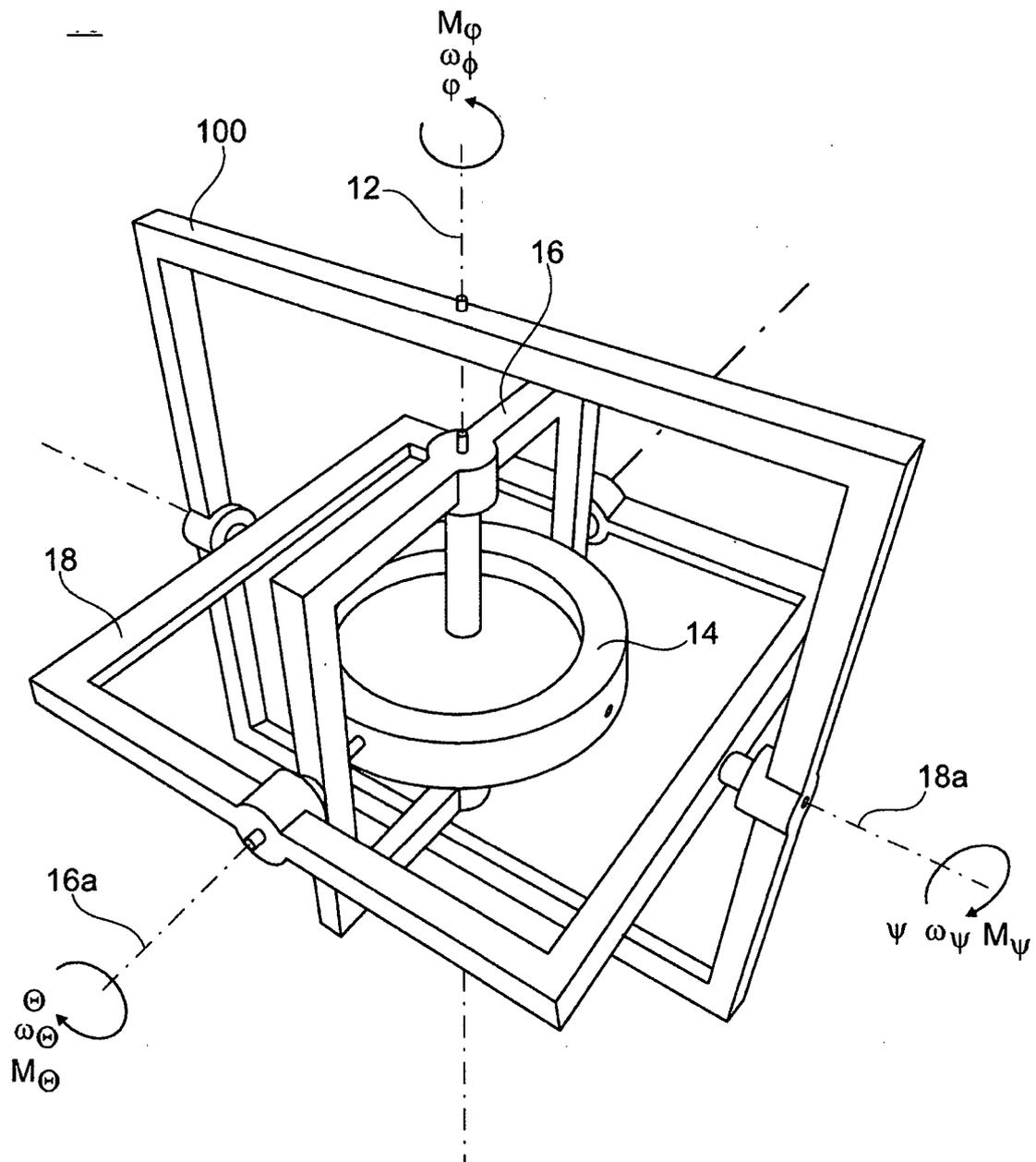


Fig. 1