

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Oktober 2019 (24.10.2019)



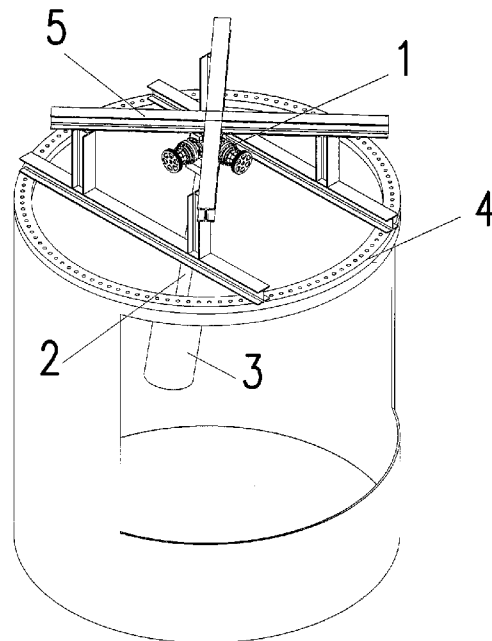
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/201471 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: *F16F 15/03* (2006.01) *F16F 7/10* (2006.01)
- (74) **Anwalt: BENZ, Jürgen**; Heumann, Rechts- und Patentanwälte, Spessarting 63, 64287 Darmstadt (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/000124
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (22) Internationales Anmeldedatum: 17. April 2019 (17.04.2019)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 18000373.3 18. April 2018 (18.04.2018) EP
- (71) **Anmelder: FM ENERGIE GMBH & CO.KG** [DE/DE]; Im Rosengarten 16, 64646 Heppenheim (DE).
- (72) **Erfinder: MITSCH, Franz**; Im Rosengarten 16, 64646 Heppenheim (DE).
- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,

(54) **Title:** DAMPING CARDANIC SUSPENSION FOR PENDULUM DAMPERS

(54) **Bezeichnung:** DÄMPFENDE KARDANAUFHÄNGUNG FÜR PENDELTIILGER

Fig. 2



(57) **Abstract:** The invention relates to a new type of independently damping pendulum suspension for pendulum dampers for use in tall slender constructions and technical installations, more particularly wind turbines. The invention relates more particularly to a Cardan joint equipped with damping elements and mounted at the other end opposite the pendulum mass, which Cardan joint is able, despite the small motions there, to sufficiently damp the oscillations of the pendulum produced by disturbing frequencies.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine neuartige selbstständig dämpfende Pendelaufhängung für Pendeltiilger für den Einsatz in hohen schlanken Bauwerken und technischen Anlagen, insbesondere Windkraftanlagen. Die Erfindung betrifft insbesondere ein mit Dämpfungselementen ausgestattetes, am anderen Ende gegenüber der Pendelmasse angebrachtes Kardangelenke, welches in der



WO 2019/201471 A1

SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Dämpfende Kardanaufhängung für Pendeltilger

Gegenstand der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine neuartige selbstständig dämpfende Pendelaufhängung für Pendeltilger für den Einsatz in hohen schlanken Bauwerken und technischen Anlagen, insbesondere Windkraftanlagen.

Die Erfindung betrifft insbesondere ein mit Dämpfungselementen ausgestattetes, am anderen Ende gegenüber der Pendelmasse angebrachtes Kardangelenk mit zwei über Kreuz verbundenen Wellen, welches in der Lage ist, trotz der an dieser Stelle vorliegenden geringen Beweglichkeit die durch Störfrequenzen erzeugten Schwingungen des Pendels hinreichend zu dämpfen.

Hintergrund und Aufgabe der Erfindung

Hohe und schlanke Gebäude und Anlagen unterliegen besonderen Schwingungsverhältnissen, welche durch technische Maßnahmen beachtet werden müssen, damit keine Schäden oder vorzeitige Ermüdungsprozesse eintreten. Dies gilt insbesondere für Windkraftanlagen, die aufgrund ihrer rasanten technischen Weiterentwicklung in den letzten Jahren vermehrt auch in extremeren Gegenden (z.B. Offshore) und Höhen eingesetzt werden, und zudem immer höhere Türme aufweisen, um die dort besseren Windverhältnisse auszunutzen. Solche Windkraftanlagen müssen den an ihnen durch Wind, Wellen, Wetter und Betrieb auftretenden Kräften Stand halten, welche die Anlagen an unterschiedlichen Stellen verschieden stark belasten. Insbesondere Schwingungskräfte können den Betrieb und die Sicherheit der Anlagen gefährden.

Nicht nur im Betrieb, sondern auch bei der Errichtung der Windkraftanlage oder eines hohen Turmes treten durch Wind oder andere Kräfte Schwingungen auf, die die Konstruktion gefährden können, vor allem deswegen, weil im Bau befindliche Anlagen noch nicht optimal auf solche Störschwingungen angepasst sind.

Bei der Errichtung von Windkraftanlagen wird zuerst der Turm segmentweise errichtet. Anschließend wird die Gondel mit Rotor montiert. Die Situation ohne Gondel (Turmstummel alleine) ist bezüglich Resonanzanregung kritisch zu sehen, da in diesem Zustand größere Schwingamplituden entstehen können, als dies mit Gondel der Fall ist. Schwingungstilger für derartige Zwecke werden hierbei immer auf das Ende des obersten Turmsegmentes gesetzt und dort verschraubt. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis der Turm komplett errichtet ist und die Gondel aufgesetzt werden kann. Die Eigenfrequenz der Anlage sinkt

dabei mit steigendem Montagefortschritt. Die Tilgerfrequenz muss somit in einem breiten Bereich (ca. Faktor 2) in einfacher Weise anpassbar sein und befindet sich generell auf einem höheren Niveau im Vergleich zur fertig errichteten Anlage.

Es ist also notwendig die in diesen Anlagen auftretenden Schwingungen durch technische
5 Maßnahmen gezielt und wirksam zu dämpfen. Dies geschieht mit Schwingungstilgern oder Schwingungsdämpfern unterschiedlicher Konstruktion entsprechend der diversen unterschiedlichen Einsatzfelder.

Die meisten Störkräfte wirken sich auch auf den Turm der Anlage aus, welcher in der Regel mit einer niedrigen Eigenfrequenz meist $< 1\text{ Hz}$ zum Schwingen angeregt wird. Aus diesem
10 Grund werden im Stand der Technik oft Pendeltilger zur Schwingungsdämpfung eingesetzt, welche meist im Turm aufgehängt werden.

Pendeltilger für Windkraftanlagen sind im Stand der Technik bekannt.

So wird in der EP 1008747 (B1) ein Pendeltilger beschrieben, welcher ein elastisches Dämpfungselement in der Gelenklagerung des Pendels aufweist. Diese technische Lösung
15 ist besonders platzsparend, hat aber den Nachteil, dass für die Bewegungen im Gelenk, die zur Dämpfung führen, nur kleine Wege zur Verfügung stehen, so dass der Dämpfungseffekt oft nicht ausreichend ist, und zusätzliche Dämpfung innerhalb des Turms am Pendel vorgenommen werden müssen.

Die WO 2009/068599 beschreibt einen Pendeltilger, bei dem die Schwingungen der
20 Pendelmasse durch Reibungsdämpfung mittels diverser Platten gedämpft werden. Der Einfluss auf die Frequenz durch die Temperatur ist bei Reibeelementen vernachlässigbar.

Ähnliche Schwierigkeiten ergeben sich beim Einsatz von Fluiddämpfern. Hier gibt es einen Temperatureinfluss, der jedoch durch unsere Kompensation weitestgehend verhindert wird. Das stets vorhandene Platzproblem ist bei allen Tilgern gleich

25 Dem zu begegnen, wurden Magnet- bzw. Wirbelstromdämpfer in Verbindung mit Pendeltilgern vorgeschlagen. Bei konventionellen Magnetdämpfern erfolgt die Dämpfung durch Anziehung oder Abstoßung entgegengesetzt- oder gleichgepolter Magnete, die aneinander vorbeibewegt werden. Wirbelstromdämpfer basieren funktionell darauf, dass in einem elektrischen Leiter, der sich durch ein sich änderndes Magnetfelds bewegt, ein Strom
30 induziert wird. Die resultierenden Wirbelströme bilden wiederum Magnetfelder die dem ursprünglichen Magnetfeld entgegenwirken und die Bewegung des Leiters bremst. Erhöht sich die Geschwindigkeit mit welcher sich der Leiter im Magnetfeld bewegt, wird der

Wirbelstrom im Leiter erhöht, was zu einem stärkeren Magnetfeld führt, wodurch die Bewegung weiter und verstärkt gebremst wird.

Magnet- bzw. Wirbelstromdämpfer sind als solche im Stand der Technik bekannt.

So wird in der DE 37 41 578 A1 eine Vibrationsdämpfungsvorrichtung für

5 Präzisionsmaschinen beschrieben, welche auf der Bewegung einer Platte zwischen dem Nord- und Südpol eines Magnetfeldes beruht.

Die US 2007/0131504 beschreibt einen planen Vibrationsdämpfer, bei dem eine Transversalpendelvorrichtung in dem Feld von plan angeordneten Magnetfeldern bewegt wird.

10 In der EP 2 696 072 wird eine Schwingungstilgeranordnung für Windkraftanlagen mit einem Massenpendel und einem plattenförmigen Magnet- und Leiterelement beschrieben, wobei zwischen den Elementen eine Gleitanordnung, insbesondere eine Gleitschicht, eingebracht ist, die eine kompakte Bauweise des Tilgers mit nur geringer Temperaturabhängigkeit sicherstellen soll.. Das Massenpendel wird dabei im Schwingungsfall in vorzugsweise zwei
15 Schwingungsvorrichtungen geführt, wobei es zu einer Bewegung der Leiterplatte gegenüber der Magnetplatte am unteren Ende des Massenpendels kommt.

Die genannten Magnetdämpfer weisen den Nachteil auf, dass sie sehr richtungsabhängig sind und nicht axial verdreht werden können. Überdies können mit ihnen oft nicht
20 ausreichend hohe Dämpfungsdichten von oft über $1000 \text{ kNs} / (\text{m} \times \text{m}^3)$ erreicht werden, welche aber bei Einsatz von Windkraftanlagen, insbesondere von Windkraftanlagen mit Türmen von 100m Höhe und darüber, durchaus benötigt werden.

Die WO 2016/023628 beschreibt einen Wirbelstrom-Schwingungstilger, der diese hohen Dämpfungsdichten erreichen und überschreiten kann und überdies richtungsunabhängig ist. Der Dämpfer besteht im Wesentlichen aus einem Zylinderrohr, welches eine
25 Magnetanordnung aufweist, sowie einem im Inneren geführten und beweglichen Leiterrohr.

Alle bekannten Magnet- bzw. Wirbelstromdämpfer haben die Eigenschaft, dass die Gegenkraft, die das Wirbelstromfeld erzeugt und der Bewegung der Masse entgegengesetzt ist, von der Geschwindigkeit der Bewegung abhängig ist. Da aber in hohen Türmen wie bei
30 Windkraftanlagen oder auch in hohen Bauwerken oft langsame Bewegungen durch die Erregerfrequenz generiert werden (Wind, Erdbeben etc.), entsteht das Problem, dass die erzeugte Kraft des Wirbelstromfeldes nicht ausreicht, um eine ausreichenden Dämpfung bei speziell langsamen Bewegungen zu erzielen. Gleiches gilt, wenn die Amplituden der Schwingung gering sind.

Man kann sich damit helfen, dass man die Magnetdichte beispielsweise durch eine erhöhte

Anzahl von Magnetelementen generell oder pro Fläche erhöht. Dies erhöht aber nicht nur die Kosten sondern auch den benötigten Platzbedarf, der speziell in den Türmen von Windkraftanlagen oft nicht vorhanden ist. Zudem ergibt sich durch diese Maßnahme eine Verringerung der Temperaturunabhängigkeit, da deutlich mehr Wärme auf engem Raum durch die erhöhte Schwingungsenergie entsteht.

Es bestand somit die Aufgabe, Magnetdämpfer für die Dämpfung von Eigenfrequenzen von unter 10 Hz, insbesondere unter 5 Hz, insbesondere unter 0.5 Hz, vorzugsweise zwischen 0.1 und 0.5 Hz für die erste Turmfrequenz und 1-2 Hz für die zweite Turmfrequenz in hohen und schlanken Bauwerken und technischen Anlagen, insbesondere in Windkraftanlagen, zur Verfügung zu stellen, welche die beschriebenen Nachteile, insbesondere die eher geringe Dämpfung bei Zuständen mit niedriger Bewegungsenergie verbunden mit geringem Platzbedarf, nicht weiter aufweisen.

Die Aufgabe wurde durch Bereitstellung der unten und in Ansprüchen spezifizierte selbständig dämpfende Pendelaufhängungen sowie von Pendeltilgern, die solche dämpfenden Aufhängungen aufweisen, gelöst.

Zusammenfassung der Erfindung

Die Aufgabe wurde insbesondere dadurch gelöst, dass die an sich lineare Bewegung der schwingenden Masse eines Pendeltilgers mittels Pendelaufhängung, welche ein Kreuz- bzw. Kardangelenke sowie an jeder Welle des Gelenkes mindestens ein Wirbelstrom-Rotationsbauteil aufweist, in eine Rotationsbewegung überführt wird, wodurch die erzielbare Rotationsgeschwindigkeit nicht nur durch die Wahl und Größe des besagten, vorzugsweise rotationssymmetrischen Rotationsbauteils, sondern auch durch Vorschalten mindestens eines Übersetzungsgetriebes zwischen Kreuzgelenk (Kardangelenke) und Wirbelstrom-Rotationsbauteil um ein Vielfaches der Lineargeschwindigkeit der bewegten Masse gesteigert werden kann.

Falls gewünscht kann zusätzlich eine Rotationsmasse in die Pendelaufhängung bzw. in das Rotationsbauteil integriert werden, wodurch ein variabler und adaptiver Einfluss auf die Eigenfrequenz des zu dämpfenden Schwingungssystems, beispielsweise einer Windkraftanlage, genommen werden kann.

Wenn die Leiterelemente gegenüber den Magnetelementen des Wirbelstrom-Rotationsbauteils relativ zueinander durch Rotation bewegt werden, kann ein hoher von der Drehzahl abhängiger Dämpfungseffekt erzeugt werden. Wie bereits erwähnt, ist die

Geschwindigkeit der rotierenden Bewegung maßgebend für den zu erzielenden Dämpfungseffekt bei dem hier angewandten Wirbelstrom-Prinzip.

Erfindungsgemäß kann somit, je nach Konstruktion, eine etwa 4 – 400 fache Geschwindigkeit der rotierenden Leiterelemente gegenüber den feststehenden Magnetelementen (oder
5 umgekehrt) und damit ein entsprechendes Vielfaches der Dämpfungskraft erreicht werden im Vergleich zu den bekannten Wirbelstromdämpfern.

Damit hohe Geschwindigkeiten in der Pendelaufhängung, welche im Gegensatz zur Tilgermasse am anderen Ende des Pendels, nur geringe Bewegungen bzw. kleine
10 Bewegungswege durch die Erregerschwingung erfährt, erreicht werden können, ist erfindungsgemäß zwischen Kreuzgelenk und Wirbelstrom-Rotationsbauteil mindestens ein Übersetzungsgetriebe mit einem Übersetzungsverhältnis zwischen etwa 5:1 und 500: 1, insbesondere zwischen 10:1 und 200:1, vorzugsweise zwischen 10:1 und 100:1, vorgesehen.

Gegenstand der Erfindung ist somit eine dämpfende Pendelaufhängung (1) für Pendeltilger in
15 einem Schwingungssystem, welche ein Kardan- oder Kreuzgelenk (1) mit zwei über Kreuz verbundenen Wellen (1.3), und eine Haltevorrichtung (1.7) zur Aufnahme und Halterung einer Pendelstange mit Pendelmasse, umfasst, wobei jede der beiden Wellen (1.3) des Kardangelenkes (1.1) mindestens ein Übersetzungsgetriebe (1.2) bzw. eine Bremsvorrichtung (18) bzw. eine Hebelvorrichtung (25)(26) und eine Wirbelstrom erzeugende
20 rotierende Dämpfungseinheit (1.4) aufweist, welche auf der schnellrotierenden Getriebeausgangsseite bzw. der Seite der Vorrichtungen (18)(25)(26) angebracht ist. Vorzugsweise weist jede der beiden Wellen des Kardangelenkes erfindungsgemäß ein Getriebe auf einer Seite einer Welle auf. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst die erfindungsgemäße Pendelaufhängung zwei Getriebeeinheiten mit vorzugsweise
25 einem Übersetzungsverhältnis zwischen 5:1 und 500:1 sowie jeweils eine Dämpfungseinheit, wobei die eine Getriebe-Dämpfungseinheiten auf einer Seite einer Welle und die andere Getriebe-Dämpfungseinheit auf einer Seite der anderen Welle des Kreuzgelenkes angeordnet ist. In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind beide (gegenüberliegende) Enden einer Welle des Kreuzgelenkes mit jeweils einer Getriebe-
30 Dämpfungseinheit ausgestattet, also beispielsweise mit insgesamt vier Getriebe-Dämpfungseinheiten. Das erfindungsgemäß eingesetzte Kardangelenk ist vorzugsweise an jeder der beiden Wellen (1.3) mit einem Wirbelstrom-Dämpfungselement (1.4) sowie einem Übersetzungsgetriebe (1.2) oder ggf. mit einer Bremsvorrichtung (18) oder einer Hebelvorrichtung (25)(26) ausgestattet. Üblicherweise sind die Wellen des Kardangelenkes
35 an ihren freien Enden mit im Stand der Technik bekannten Wälz-, Gleit-, oder

Elastomerlagern, beispielsweise in Form von zylindrischen oder konischen Elastomerbuchsen, ausgestattet.

Die mit Wirbelstrom betriebene Dämpfungseinheit (1.4) umfasst eine vorzugsweise rotationssymmetrische Leiterscheibe (1.4.3) sowie eine mit Permanentmagneten oder
5 Elektromagneten versehene ebenfalls vorzugsweise rotationssymmetrische Scheibe (1.4.2) aus beispielsweise Stahl, Keramik oder Kunststoff. Beide Scheiben sind dabei gegenüber angeordnet und durch einen Luftspalt voneinander getrennt, und bewegen sich, ausgelöst durch eine Pendelbewegung, relativ zueinander um die Welle (1.3), wodurch ein Wirbelstrom erzeugt wird, welcher eine Kraft erzeugt, die der Pendel bewegendes Kraft entgegengesetzt
10 ist, so dass es zu einer Dämpfung bzw. Abbremsung der Pendelbewegung kommt.

In einer anderen Ausführungsform der Erfindung weist die Wirbelstrom-Dämpfungseinheit (1.4) zusätzlich eine Rotationsmasse auf, wie dies in der WO 2019/029839 beschrieben ist. Eine ggf. variabel einstellbare Rotationsmasse (1.4.1) ist dabei an der jeweils rotierende
15 Scheibe (1.4.3) oder (1.4.2) angebracht. Dadurch und zusätzlich durch Verwendung von Scheiben mit unterschiedlichem Durchmesser zur Erhöhung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Bereiche der Scheiben mit den Magneten kann Einfluss auf die Eigenfrequenz des Schwingungssystem genommen werden, bzw. das Schwingungssystem auf die schwingungstechnischen Gegebenheiten adaptiert werden.

Gegenstand der Erfindung sind somit auch entsprechende Pendeltilger, welcher mindestens
20 eine erfindungsgemäße Pendelaufhängung aufweisen.

Dies kann sowohl ein klassischer Pendeltilger mit einer Pendelstange (2) und einer Pendelmasse (3) sein, bei dem die Pendelaufhängung (1) am der Pendelmasse gegenüberliegenden Ende der Pendelstange (2) angebracht ist, es kann aber auch ein
25 Transversal-Pendeltilger sein, der mindestens eine erfindungsgemäße Pendelaufhängung direkt an der Pendelmasse oder an mit der Masse gelenkig verbundenen Lenkerstangen, aufweist. Dazu ist ein zweites Kardan- oder Kugel-Gelenk (8) an der dämpfenden Pendelstange erforderlich

Die erfindungsgemäße Pendelaufhängung sowie mit ihr ausgestattete Pendeltilger können als ggf. adaptive, in ihrer Frequenz einstellbare Schwingungsdämpfer in insbesondere hohen
30 und schlanken Anlagen, Maschinen und Bauwerken, insbesondere Windkraftanlagen eingesetzt und betrieben werden.

Bei Windkraftanlagen könne die erfindungsgemäßen Pendeltilger im Turm, vorzugsweise im

mittleren bis oberen Bereich, und /oder in der Gondel und / oder alternativ unterhalb derselben, oder ggf. auch unterhalb einer Helikopterplattform einer Windkraftanlage

Gegenstand der Erfindung sind somit Windkraftanlagen und ähnlich hohen Anlagen oder Gebäude mit vergleichbaren Schwingungscharakteristika, welche die oben und unten
5 beschriebenen Pendelaufhängungen, bzw. Pendeltilger aufweisen.

In Windkraftanlagen kann mithilfe der erfindungsgemäßen Pendelaufhängung, bzw. des erfindungsgemäßen Pendeltilgers insbesondere eine Dämpfung der 1. Turmeigenfrequenz zwischen etwa 0.1 Hz und etwa 0,5 Hz sowie der 2. Turmeigenfrequenz zwischen etwa 0.5 Hz und 1.5-2Hz erreicht werden.

10 Genauere Beschreibung der Erfindung und der Ausführungsformen

Die Leiterscheibe (1.4.3) des Dämpfungsbauteils (1.4) besteht aus einem Material, welches den elektrischen Strom gut leitet, wie beispielsweise Aluminium oder Kupfer oder entsprechende Legierungen davon. Die Leiterscheibe kann aber auch erfindungsgemäß in Form einer Platte, eines Bandes, eines Ringes oder von einzelnen Teilen, die auf einer
15 Trägerplatte, einem Trägerband oder einem Trägerring (jeweils 1.4.4) angeordnet sind, vorliegen.

Die Magnetelemente (1.4.2) des Dämpfungsbauteils (1.4) werden vorzugsweise von Magnetringen oder aus praktikablen Gründen einzelnen Stabmagneten gebildet, die auf einer Trägerplatte, einem Trägerrad, einem Trägerband oder einem Trägerring (jeweils 1.4.1)
20 angeordnet sind. Benachbarte Magnetelemente werden vorzugsweise so platziert, dass sich Nord- und Südpol gegenüberliegen.

Es ist auch möglich entsprechende Elektromagnetelemente einzusetzen, welche den Vorteil haben, dass die Feldstärke regelbar ist, und ggf. sogar ausgeschaltet werden kann, womit eine adaptive Dämpfung ermöglicht werden kann.

25 In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Leiterscheibe rotierend und die Magnetscheibe fest gelagert. Die Leiterscheibe bzw. die Trägerscheibe (1.4.4) für die Leiterelemente (1.4.3) wird dabei von der schnell drehenden Getriebeausgangsseite (1.4.5) angetrieben, während die Magnetscheibe, bzw. die Trägerscheibe (1.4.1) für die Magnetanordnung (1.4.2) mit dem festen Teil des Getriebes oder der Pendelaufhängung verbunden ist.

30 Die Leiterscheibe oder -platte, oder Trägerscheibe/platte für Leiterelemente, besteht vorzugsweise aus Aluminium oder Kupfer oder Legierungen davon.

In einer alternativen Ausführungsform wird die Magnetscheibe bzw. die Trägerscheibe (1.4.1) mit den darauf angebrachten Magneten (1.4.2) durch die schnell drehende Getriebeausgangsseite (1.4.5) angetrieben, und die Leiterscheibe bzw. die Trägerscheibe (1.4.4) für den Leiter (1.4.3) ist fest mit Getriebe oder anderer Teile der Pendelaufhängung verbunden.

Das jeweils rotierende Element (mindestens eines für jede Welle (1.3) des Kardangelenkes trägt also entweder die Leiterfunktion oder die Magnetfunktion der Wirbelstrom-Dämpfungsanordnung (1.4). Ihm gegenüber ist stets das feststehendes Element angeordnet, wobei beiden Elemente bzw. Scheiben durch einem im Wesentlichen gleichbleibenden kleinen Luftspalt von etwa 1 – 5 mm voneinander getrennt sind.

Das durch die lineare Bewegung der Pendleinrichtung, bestehend aus Pendelstange (2) und Pendelmasse (3), wird so die rotierende Schiebe gegenüber der feststehenden Scheibe relativ bewegt, wodurch ein Wirbelstrom mit einem Magnetfeld induziert wird, welches der Drehung entgegenwirkt und zu einer Dämpfung letztlich der schwingenden Masse (3) und somit des Schwingungssystems führt.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die Magnetelemente in einem bestimmten variablen Radius zum Drehpunkt auf der Seitenfläche der Scheibe oder des Rades (des rotierenden oder feststehenden Elementes) angebracht, und vorzugsweise radial angeordnet. Die Magnetelemente können dabei auch in mehreren Reihen mit unterschiedlichem Radius angeordnet sein. Der Wert des Radius bestimmt dabei die Geschwindigkeit mit der sich die Magnetanordnung gegenüber dem Leiterelement bewegt, und damit auch den Dämpfungseffekt. Die Größe, bzw. der Durchmesser der Scheiben und die Anordnung der Magnet- und Leiterelemente auf diesen, bestimmt somit die für den Wirbelstromeffekt maßgebliche Umdrehungsgeschwindigkeit.

Der Wirbelstrom-Dämpfungseffekt kann ferner durch Einsatz ferromagnetischer Elemente beispielsweise eine Eisen- bzw. Stahlscheibe verstärkt werden, welche in Kontakt mit der Leiterscheibe bzw. deren Elemente (1.4.3)(1.4.4) stehen.

Damit durch das erfindungsgemäße Prinzip eine gute Dämpfung erreicht werden kann, muss die Geschwindigkeit der Scheiben auf den Wellen des Kreuzgelenkes möglichst hoch sein, obwohl die Bewegung und die Wege in einem Gelenk eines Pendels naturgemäß gering sind. Dies kann nur durch Einsatz eines entsprechendes Getriebes erreicht werden, welches zwischen der jeweiligen Welle des Kardangelenkes und dem Wirbelstrom-Dämpfungselement

(1.4) so angeordnet ist, dass die schnelldrehende Ausgangsseite des Getriebes mit der besagten Dämpfungseinheit verbunden ist.

Geeignete Übersetzungsgetriebe weisen ein Übersetzungsverhältnis zwischen etwa 5:1 und 500:1 oder 10:1 und 200:1, vorzugsweise zwischen 10:1 und 100:1 auf.

- 5 Bei einem Verhältnis von beispielsweise 100:1 in einem beispielsweise 3-stufigen Getriebe lässt sich so mit relativ wenig Magneten in der Dämpfungseinheit (1.4) aufgrund des letztlich wirksamen erzielten großen Weges und der erreichten hohen Geschwindigkeit eine Dämpfung realisieren, die ausreicht um selbst größere Anlagen hinreichend gut zu dämpfen.

- 10 Für ein Pendel mit einer Länge von beispielsweise 2 m und einem Radius der rotierende Scheibe von beispielsweise 0,2 m und einem Getriebe-Übersetzungsverhältnis von z.B. 100:1 ergibt sich ein Vergrößerungsfaktor von $2 / 0,2 * 100 = 10$.

- 15 Dies bedeutet für dieses Beispiel, dass nur etwa 10% der Dämpfungskraft aufgebracht werden müssen, welche im Falle eines direkt an der Pendelmasse angebrachten magnetischen Lineardämpfers notwendig wären. Umgekehrt würde dies bedeuten, dass mittels der erfindungsgemäßen Pendelaufhängung nur etwa 10% der Magnete benötigt
würden, die man bei einem magnetischen Lineardämpfers an der Pendelmasse braucht, um eine gleiche Dämpfungswirkung bei sonst gleichen Verhältnissen zu erreichen. Da die Magnete in der Regel aus seltenen Werkstoffen bestehen, ist das ein sehr wichtiger wirtschaftlicher Faktor.

- 20 Fig. 1 zeigt einen Pendeltilger, welcher in einem schlanken Gebäude oder im Turm (4) z.B. einer Windkraftanlage mittels einer Tragekonstruktion (5) montiert ist. Der Pendeltilger besteht aus einer Pendelmasse (3), die an einer Pendelstange (2) befestigt ist. Die Pendelstange ist an der erfindungsgemäßen Pendelaufhängung (1) mit dem Kardangelenk (1.1) und Wirbelstrom-Dämpfungsbauteilen (1.4) beweglich befestigt und kann
25 aufgrund des verwendeten Kardan- bzw. Kreuzgelenkes in allen Richtungen der horizontalen Ebene bewegt werden. Die Pendelaufhängung ist wiederum fest mit einer Tragekonstruktion (5) verbunden. Sie kann aber alternativ auch einfach direkt mit der Anlage, bzw. dem Gebäude oder dem Turm verbunden sein. Das Kardangelenk ist an jeder Welle (1.3) mit einem Wirbelstrom-Dämpfungselement (1.4) sowie einem Übersetzungsgetriebe (1.2)
30 ausgestattet.

Fig. 2: zeigt den gleichen Pendeltilger, wie in Figur 1 dargestellt, jedoch nunmehr perspektivisch.

Fig. 3: zeigt eine perspektivische Sicht der erfindungsgemäßen Pendelaufhängung (1), welche an der Tragekonstruktion (5) befestigt ist. Die Pendelaufhängung umfasst das Kardangelenk (1.1) sowie insgesamt zwei Übersetzungsgetrieben (1.2) und den beiden Wellen des Kreuzgelenkes. Die Pendelstange (2) am unteren Ende der Aufhängung (1.7) ist nur teilweise abgebildet. Die beiden Dämpfungselemente (1.4) auf den Wellen sind mit Rotationsmassen (1.4.7) versehen, die aber optional sind, und ggf. wenn keine zusätzliche Frequenzeinstellung erwünscht oder notwendig ist, weggelassen werden können.

Fig. 4 zeigt die Pendelaufhängung von Fig. 3 jedoch in der Draufsicht. Man sieht hier zusätzlich, dass die Wellen des Kardangelenkes an ihren freien Enden nach den Stand der Technik gelagert sind (1.5). Diese Lager können Wälz-, Gleit-, oder Elastomerlager sein, beispielsweise elastische Buchsenlager.

Fig. 5: zeigt im Detail die Anordnung des Getriebes (1.2) und der Wirbelstrom-Dämpfungseinrichtung (1.4) in perspektivischer Sicht. Der langsam rotierende Getriebeeingang (1.4.6) des Getriebes (1.2) ist mit der Aufhängung (1.7) verbunden (nicht dargestellt). Ausgangsseitig ist der schnell rotierende Teil des Getriebe (1.4.5) mit dem Dämpfungselement (1.4) verbunden und zwar direkt mit der mitrotierenden Leiterscheibe, die aus der Trägerscheibe (1.4.4) und dem eigentlichen Leiterelement (1.4.4) besteht. Am Gehäuse des Getriebes ist die nicht rotierende Trägerscheibe (1.4.1) angebracht, auf der die Magnetanordnung (1.4.2), hier aus einzelnen radial ausgerichteten Magneten, angebracht ist. Die Trägerscheibe (1.4.1) weist hier auf der Rückseite rotationssymmetrische Massenscheiben (1.4.7) auf. Diese Ausführungsform mit den zusätzlichen Massenscheiben ist, wie bereits gesagt, optional und erfindungsgemäß nicht zwingend erforderlich.

Fig. 6: zeigt einen erfindungsgemäßen Pendeltilger in der Seitenansicht. Neben der Tragekonstruktion (5) ist zusätzlich zur Fig. 1, 2 noch eine Haltevorrichtung (1.6)(1.7) für das Kardangelenk (1.1) abgebildet.

Fig. 7: zeigt einen als Transversal-Tilger konstruierten Pendeltilger mit einer erfindungsgemäßen Pendelaufhängung (1). Die Pendelmasse (7) bewegt sich horizontal und ist mittels mehrerer Lenkerstangen (6) mit der Tragekonstruktion oder dem Gebäude verbunden sowie über ein weiteres Gelenk (8) mit der erfindungsgemäßen Pendelaufhängung (1).

Fig. 8 a,b: zeigt den Einbau eines erfindungsgemäßen Pendeltilgers mit einer erfindungsgemäßen Pendelaufhängung unterhalb der Gondel (a) einer Windkraftanlage und alternativ innerhalb der Gondel (b).

Fig. 9: zeigt einen Pendeltilger mit erfindungsgemäßem Kardangelenk mit und ohne Getriebe sowie mit Scheibenbremsen:

9.1 zeigt den Tilger ohne Getriebe mit Scheibenbremse (18), wobei diese direkt an

das Kardangelenک angebunden ist.

9.2 zeigt den Tilger (Draufsicht) ohne Getriebe mit Scheibenbremsen (18) und mit zylindrischen Elastomerbuchsen (19) bzw. konischen Elastomerbuchsen (19.1)

9.3 zeigt den Tilger von Fig. 9.2, jedoch mit gegenüberliegend der kühlbaren Scheibenbremse (20) liegendem Kühlbehälter mit Kühlflüssigkeit (21)(22).

9.4 zeigt einen Tilger mit Getriebe (und Wirbelstromdämpfer) mit zusätzlicher Scheibenbremse (18).

Fig. 10: zeigt das Kardangelenک als Bestandteil der erfindungsgemäßen Pendelaufhängung in einer Ausführungsform, welche Elastomerbuchsen (19)(19.1) und Drehmomentstützen (23)(23.1 Innenhebel) (23.2 Außenhebel) (23.3 elastischer Anschlag) und Drehmomentstützen mit Leerlaufwinkel (24) (24.1: Innenhebel), (24.2 Außenhebel) (24.3 elastischer Anschlag) (24.4 freier Bewegungswinkel) aufweist.

Fig. 11: zeigt einen Schnitt durch eine Elastomerlagerung mit kegeligen Elastomerelementen (19.1).

Fig. 12 zeigt einen Schnitt durch die Elastomerlagerung mit zylindrischen Elastomerelementen (19).

Fig. 13 zeigt einen Pendeltilger mit erfindungsgemäßer Kardanaufhängung ohne Getriebe, welche an den freien Enden mindestens eine, vorzugsweise jeweils eine Hebelvorrichtung in Form von zwei Zeigern (25)(26) aufweist. Diese Zeiger bewirken einen größeren Hebel und damit eine größere Übersetzung. Dabei steht der erste Zeiger (25) fest, während sich ein zweiter Zeiger (26) mit dem Pendelwinkel verdreht und somit eine größere Relativbewegung ermöglicht. Die Form der Zeiger kann beliebig sein, sollte jedoch keine Beschränkung bei der Bewegung verursachen. Die Länge der Zeiger kann je nach Platzverhältnissen auch so lang wie zum Beispiel die Pendelstange ausgeführt werden. Der feststehende und der bewegliche Zeiger können nach dem Wirbelstrom System arbeiten (Magnete auf dem ersten und Leiterelemente auf dem zweiten Zeiger) oder auch durch mechanische Bremsen (Reibung) bedämpft oder auch festgesetzt werden.

Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Pendelaufhängung mit Kardangelenک können zahlreiche unterschiedliche Pendeltilger für Windkraftanlagen und andere hohe schlanke Gebäude ausgerüstet werden.

Tilger mit Bremse und mit bzw. ohne Getriebe:

Da man mit der Scheibenbremse eine höhere Bremskraft als mit Wirbelstrom erzielen kann, ist die Drehzahlerhöhung bei der kardanischen Tilger Anbindung nicht zwingend nötig. D. h. für diese Ausführung mit Scheibenbremse ist kein Getriebe erforderlich.

Zur Erreichung noch höhere Dämpfungskräfte mit verhältnismäßig kleinen Bremskräften ist

es auch möglich ein Getriebe mit Bremsvorrichtungen, wie Scheibenbremsen zu kombinieren. Bei solchen Systemen kann die Dämpfung über Wirbelstrom erreicht werden und die Scheibenbremse dient nur zur partiellen Verstärkung der Dämpfer. Weiterhin ist es möglich den Tilger mit der Bremse zum Beispiel für Wartungsarbeiten zu fixieren.

- 5 Ebenso ist es möglich, Tilger mit hydraulischer Dämpfung: zusätzlich oder sogar alternativ zu den beschriebenen Wirbelstrom-Dämpfungselementen einzusetzen, beispielsweise durch hydraulische Torsionsdämpfer-Elemente einzusetzen.

In zwei Richtungen unterschiedliche Dämpfung und Eigenfrequenz:

- 10 Es ist auch möglich, die Getriebe am erfindungsgemäßen Kardan-/Kreuzgelenk mit unterschiedlicher Dämpfung und unterschiedlicher Übersetzung auszuführen. Damit können Bauwerke in unterschiedlichen Richtungen unterschiedlich stark bedämpft werden. Durch das Anbringen unterschiedlicher Rotationsmassen und / oder unterschiedlichen Übersetzungen ist es auch möglich zwei Frequenzen in zwei verschiedene Richtungen mit einer gemeinsamen Masse zu tilgen.

- 15 Ausführung mit Elastomerlagern: Wie beschrieben, sind die beiden Wellen des Kardangelenks am freien Ende mittels üblicher Wälz- oder Gleitlager gelagert. Da insbesondere Wälzlager einem Verschleiß unterliegen, können statt den Wälzlagern aber auch Elastomerbuchsen (19) (Pos 19) auch in konischer Form (19.1) zusammen mit den erfindungsgemäßen Kardangelenk-Aufhängungen verwendet werden. Für größere Torsions-
- 20 Winkel, können gegebenenfalls mehrstufigen Lager-Elemente verwendet werden, die für große Rotationswinkel geeignet sind. Bei der Ausführung mit Elastomerlagern ist die langsam drehende Getriebe-Eingangsseite fest mit den Wellen des Kardangelenkes (1.3) verbunden. Um die Drehbewegung übertragen zu können, wird das Getriebegehäuse über eine Drehmomentstütze (23) fixiert. Idealerweise überträgt die Drehmomentstütze nur das
- 25 umlaufende Drehmoment und ist in den restlichen Raumachsen möglichst lastfrei gelagert. In der Regel wird die Drehmomentstütze formschlüssig eingebaut, sodass der gesamte Bewegungswinkel des Tilgers in die Getrieberotation versetzt wird. Um einen Impulseffekt zu erreichen, kann die Drehmomentstütze einen freien Winkel, ohne Dämpfung zulassen. Dazu ist in der Drehmomentstütze mit Leerlaufwinkel (24) ein Freiraum zwischen dem Innenhebel
- 30 24.1 und der Außengabel 24.2 vorhanden (Fig. 10), so dass die Drehmomentstütze nach einem definierten Winkel, welche eine definierten Tilger Amplitude entspricht, anschlägt. Bei der Variante mit vier Getrieben ist es möglich beide Anschlagssysteme zu kombinieren. Dabei wird ein Getriebepaar bereits bei kleinen Winkeln, begrenzt durch die Drehmomentstütze (23) aktiv, während das zweite Getriebepaar im Rahmen des Freiraums

größerem Winkel in der Drehmomentstütze mit Leerlaufwinkel, Pos 24 erst bei stärkeren Schwingungen eingreift.

Lüfterflügel und Wasserkühlung: Da bei dieser Ausführungsform sehr viel Energie auf kleinem Raum vernichtet wird, ist es vorteilhaft, dass die leicht heiß laufenden Leiterscheiben durch die Getriebeübersetzung eine relativ hohe Drehzahl erreichen und somit eine gute Kühlung ermöglicht wird. Um die Kühlung weiter zu verbessern ist es möglich zusätzliche Lüfter Flügel an der Rotationsscheibe anzubringen.

Bei den langsam drehenden Ausführungen ohne Getriebe oder bei großen

Dämpfungsleistungen und Ausführungen mit Getriebe ist dies nicht immer ausreichend, so

10 dass Zusatzkühlungen erforderlich sind. Das ist prinzipiell auch durch Einbau von aktiven Gebläsen möglich. Weiterhin können zusätzliche Scheiben, welche mit Wasser durchströmt sind und mit der gekühlten Bremsscheibe (20) verbunden sind, die Kühlung übernehmen. Bei diesem System kann auch der Einbau von passiven Wasserkühlern eingesetzt werden. Bei den entsprechenden Wirbelstromdämpfern ist es auch möglich, die Leiterscheibe hohl
15 auszuführen, so dass auch hier eine Flüssigkeitskühlung der rotierenden Scheibe möglich werden kann.

Generell ist es weiterhin möglich, dass alle in der WO 2019/029839 genannten Details in Bezug auf die dort beschriebene Wirbelstrom-Dämpfungseinheit auch bei der hier vorgestellten erfindungsgemäßen Kardangelenk-Aufhängung eingesetzt werden kann.

20 Dies sind im Einzelnen:

- Verstärkung der Tilger Wirkung durch ein ferromagnetisches Element (wie dargelegt in Fig. 4 der WO 2019/029839);
- radiale Magnetanordnung (wie dargelegt in Fig. 5; 1.4.2 der WO 2019/029839);
- 25 • spezielle Anordnung der Magnete (wie dargelegt in Fig. 6 der WO 2019/029839);
- adaptive Fliehkraft-Bremswirkung (wie dargelegt in Fig. 9 der WO 2019/029839)
- 30 • adaptive Dämpfung durch Fliehkraftregler (wie dargelegt in Fig. 10 der WO 2019/029839)
- mehr Scheibenausführung (wie dargelegt in Fig. 11 der WO 2019/029839)
- Temperaturkompensation (wie dargelegt in Fig. 19 und Fig. 20 der WO 2019/029839)

Patentansprüche:

1. Dämpfende Pendelaufhängung (1) für Pendeltilger in einem Schwingungssystem, umfassend eine Kardangelenk (1) mit zwei über Kreuz verbundenen Wellen (1.3), und eine Haltevorrichtung (1.7) zur Aufnahme und Halterung einer Pendelstange mit Pendelmasse, dadurch gekennzeichnet, dass jede der beiden Wellen (1.3) des Kardangelenkes (1.1) (i) mindestens ein Übersetzungsgetriebe (1.2) oder eine Bremsvorrichtung (18) oder eine Hebelvorrichtung (25)(26) und (ii) mindestens ein rotierendes und dabei Wirbelstrom erzeugendes Dämpfungselement (1.4) aufweist, wobei das Dämpfungselement (1.4) jeweils auf der schnell-rotierenden Getriebeausgangsseite (1.2) oder auf der Seite der Brems- oder Hebelvorrichtung (18)(25)(26) angebracht ist.
2. Pendelaufhängung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass nur an einem Ende jeder Welle (1.3) des Kardangelenkes (1) jeweils eine Einheit aus mindestens einem Übersetzungsgetriebe (1.2) oder eine Brems- oder Hebelvorrichtung (18)(25)(26) und mindestens einem Dämpfungselement (1.4) verbaut ist.
3. Pendelaufhängung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass an beiden Enden jeder Welle (1.3) des Kardangelenkes (1) jeweils eine Einheit aus mindestens einem Übersetzungsgetriebe (1.2) oder eine Brems- oder Hebelvorrichtung (18)(25)(26) und mindestens einem Dämpfungselement (1.4) verbaut ist.
4. Pendelaufhängung nach einem der Ansprüche 1 – 3, dadurch gekennzeichnet dass das Wirbelstrom-Dämpfungselement (1.4) eine Leiterscheibe (1.4.3)(1.4.4) und eine mit Permanentmagneten oder Elektromagneten (1.4.2) versehene Scheibe (1.4.1) (1.4.4) umfasst, wobei beide Scheiben gegenüber angeordnet durch einen Luftspalt voneinander getrennt sind, und - ausgelöst durch eine Pendelbewegung - eine Scheibe relativ zu andern Scheibe um die jeweilige Welle (1.3) rotiert, wodurch ein die Pendelbewegung dämpfender Wirbelstrom erzeugt wird.
5. Pendelaufhängung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Dämpfungselemente (1.4) eine Rotationsmasse (1.4.7) aufweist, welche an der jeweils rotierende Scheibe (1.4.1) oder (1.4.4) angebracht ist.
6. Pendelaufhängung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotationsmasse (1.4.7) variabel einstellbar ist, so dass dadurch Einfluss auf die Eigenfrequenz des Schwingungssystem genommen werden kann.

7. Pendelaufhängung nach einem der Ansprüche 1 – 6, dadurch gekennzeichnet, dass das rotierende Dämpfungselement (1.4) rotationssymmetrisch ist und einen variablen Durchmesser hat, so dass dadurch Einfluss auf die Dämpfung des Schwingungssystem genommen werden kann.
- 5 8. Pendelaufhängung nach einem der Ansprüche 1 – 7, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich mindestens ein hydraulisches und / oder elastisches Torsionsdämpfungselement im Bereich des Kardangelenkes vorgesehen ist.
9. Pendelaufhängung nach einem der Ansprüche 1 – 8, dadurch gekennzeichnet, dass sie zwei oder mehr Übersetzungsgetriebe (1.2) mit unterschiedlicher Übersetzung und / oder
10 unterschiedlicher Dämpfung entsprechend der unterschiedlichen Richtungen, in denen Dämpfung erreicht werden soll, aufweisen.
10. Pendeltiger umfassend mindestens eine dämpfende Pendelaufhängung nach einem der Ansprüche 1 – 9 , sowie mindestens eine Pendelstange (2) oder Lenkerstange (6) und eine Pendelmasse (3) (7).
- 15 11. Pendeltiger nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Pendelaufhängung (1) am der Pendelmasse (3) gegenüberliegenden Ende der Pendelstange (2) angebracht ist.
12. Pendeltiger nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass er als Transversal-Pendeltiger ausgelegt ist, und die Pendelmasse (7) an gelenkigen Lenkerstangen (6) angebracht und geführt ist.
- 20 13. Pendeltiger nach einem der Ansprüche 10 – 12, dadurch gekennzeichnet, dass er im Turm, in oder unter der Gondel, oder unterhalb der Helikopterplattform einer Windkraftanlage angebracht ist.
14. Pendeltiger nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet dass er im Turm einer Windkraftanlage zur Dämpfung der 1. und/ oder 2. Turmeigenfrequenz angebracht ist.
- 25 15. Windkraftanlage, umfassend einen Turm sowie eine Gondel mit Rotor und Rotorblättern, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Pendelaufhängung oder einen Pendeltiger nach einem der Ansprüche 1 – 16 aufweist.

Fig. 1

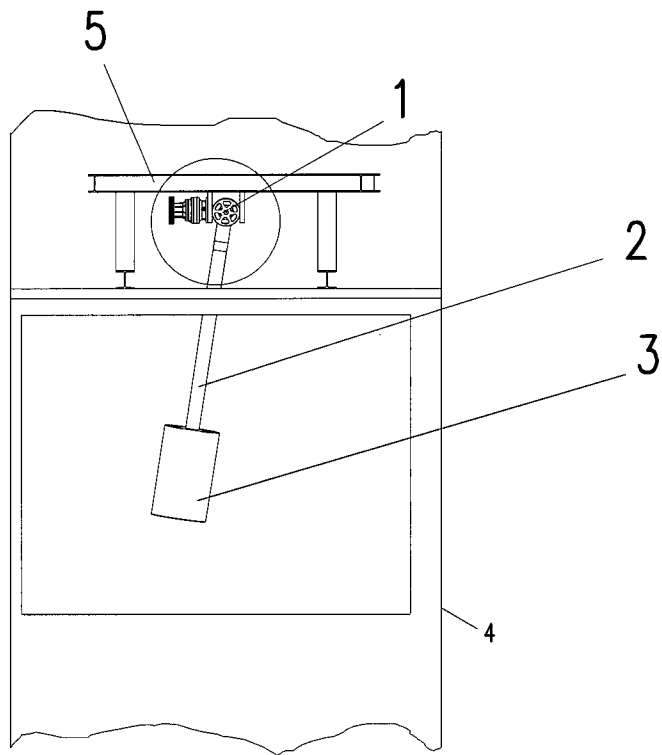


Fig. 2

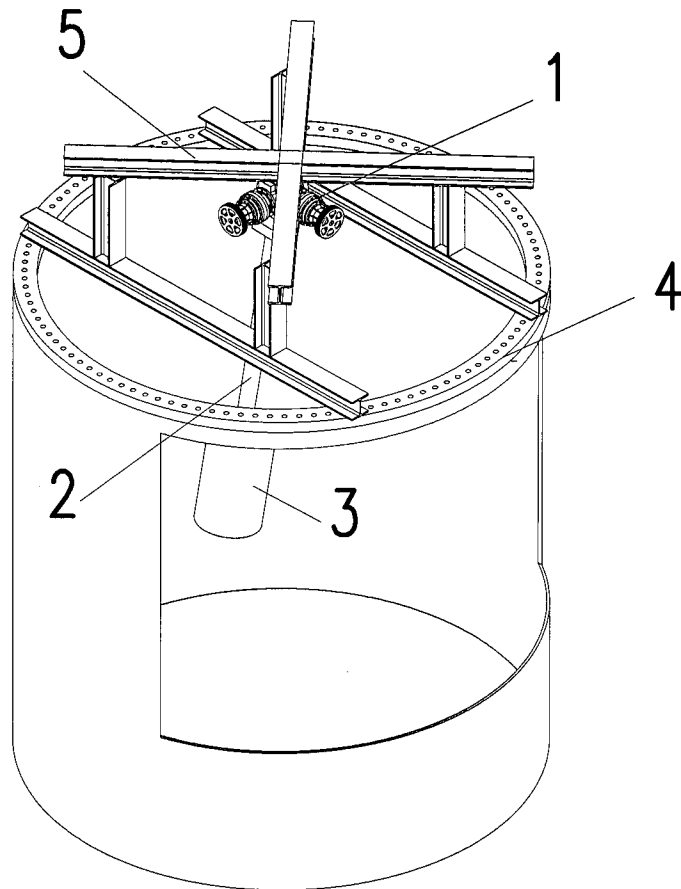


Fig. 3

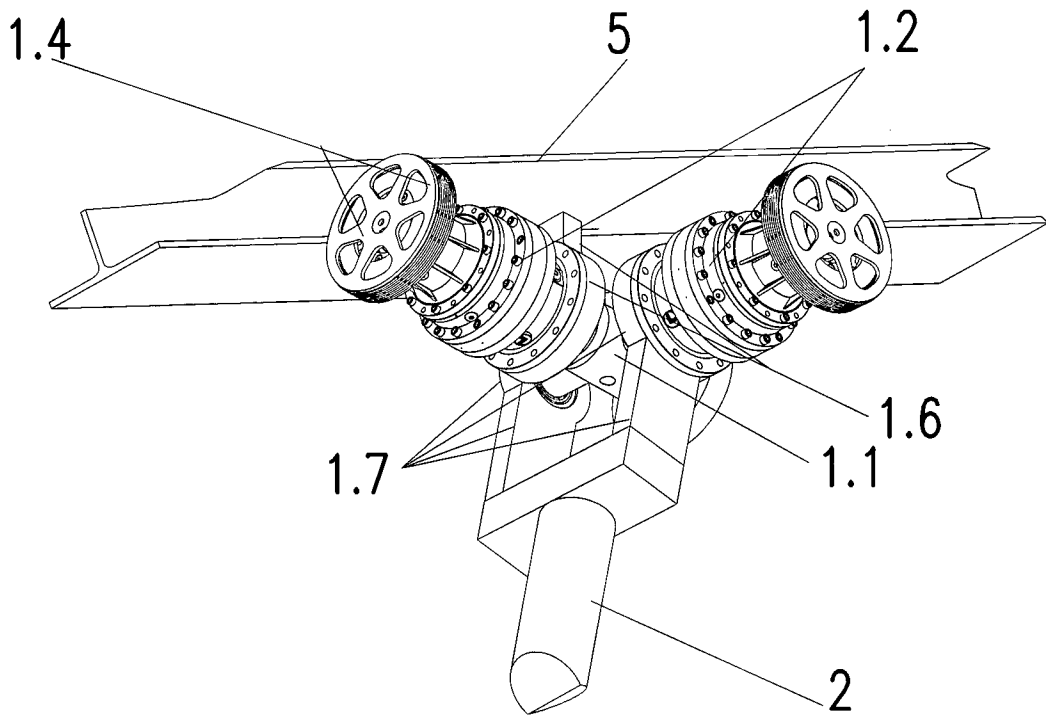


Fig. 4

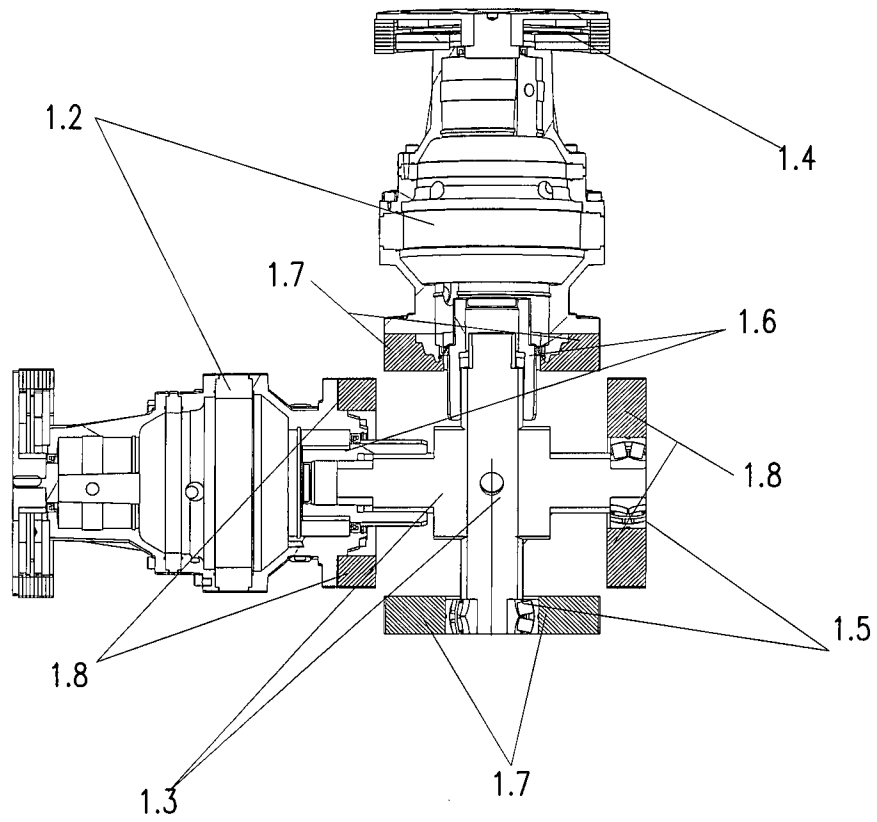


Fig. 5

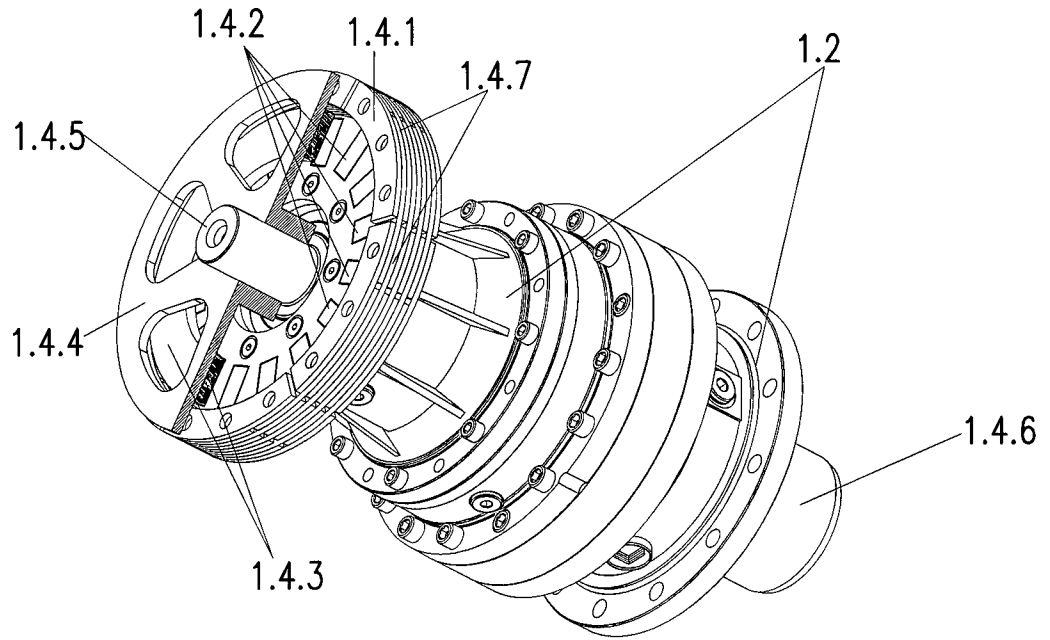


Fig. 6

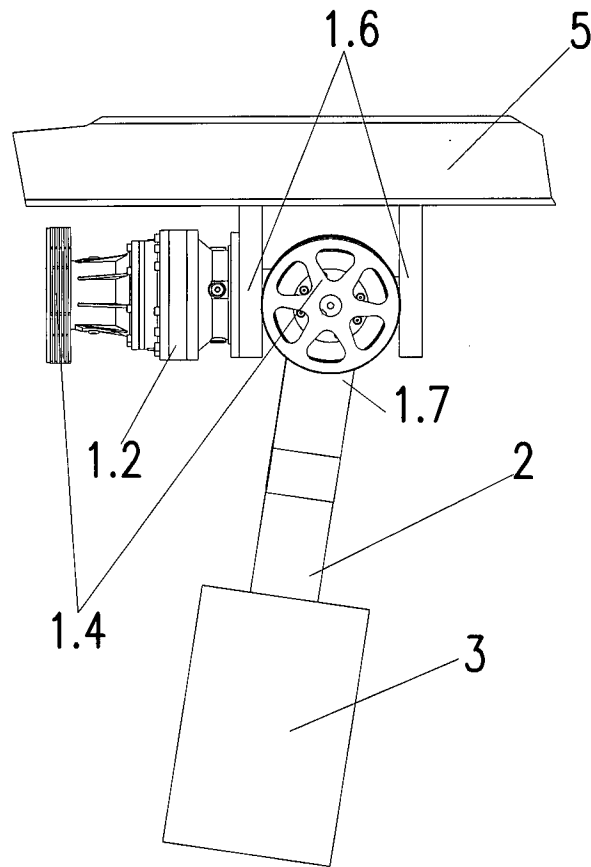


Fig. 7

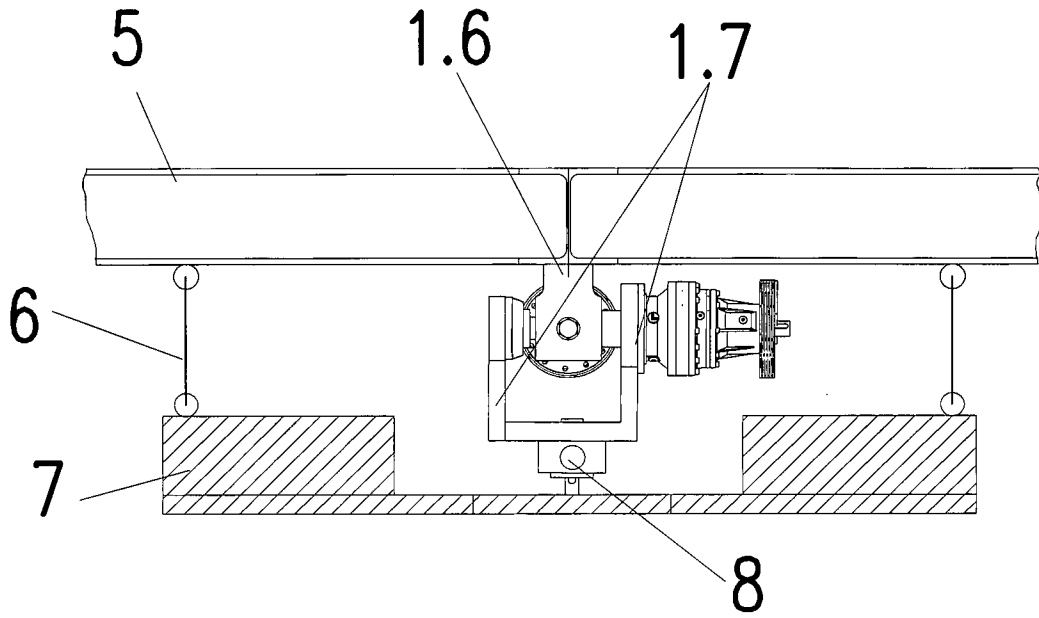


Fig. 8

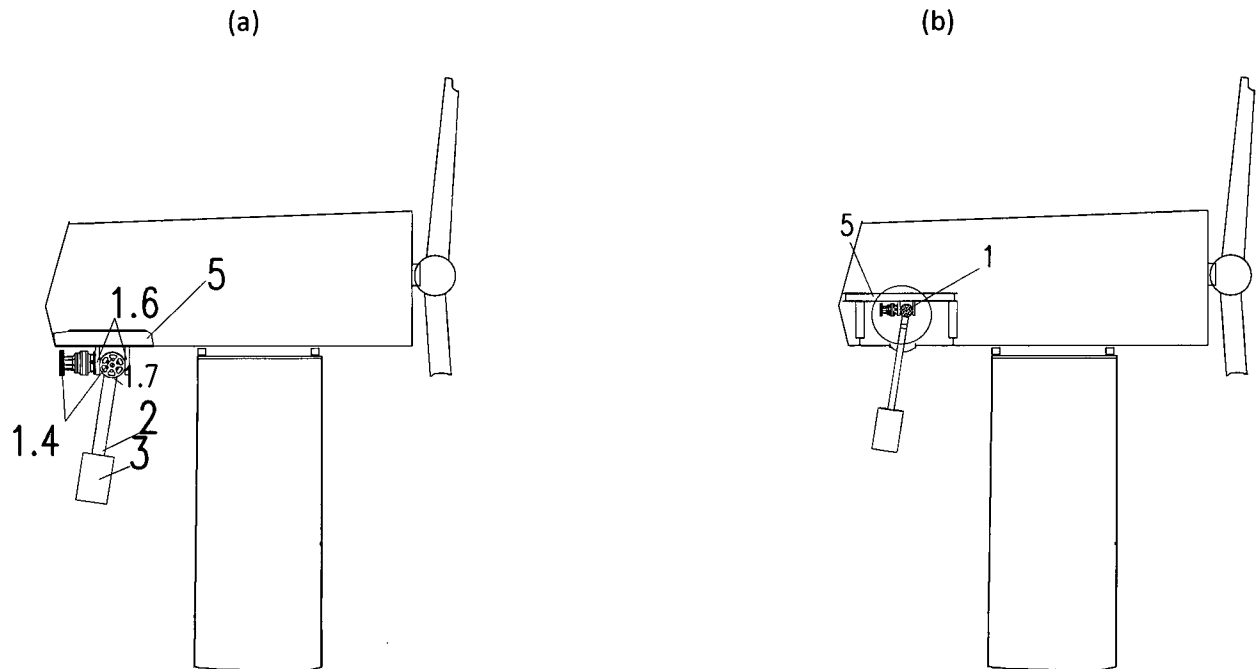


Fig. 9.3

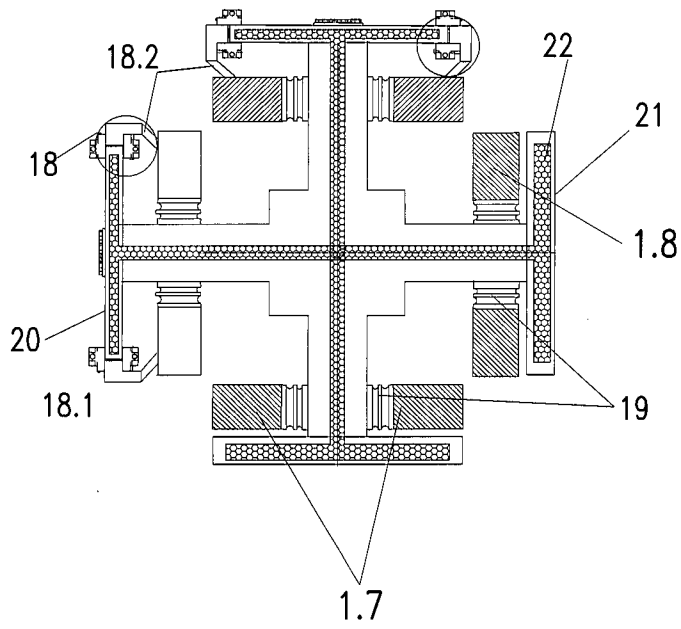


Fig. 9.4

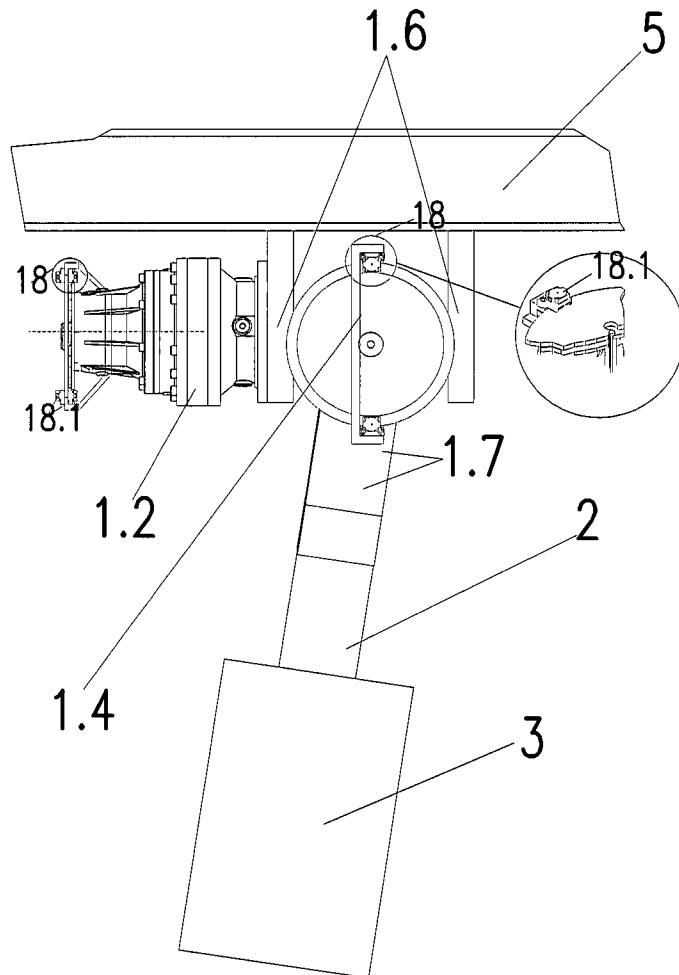


Fig. 10

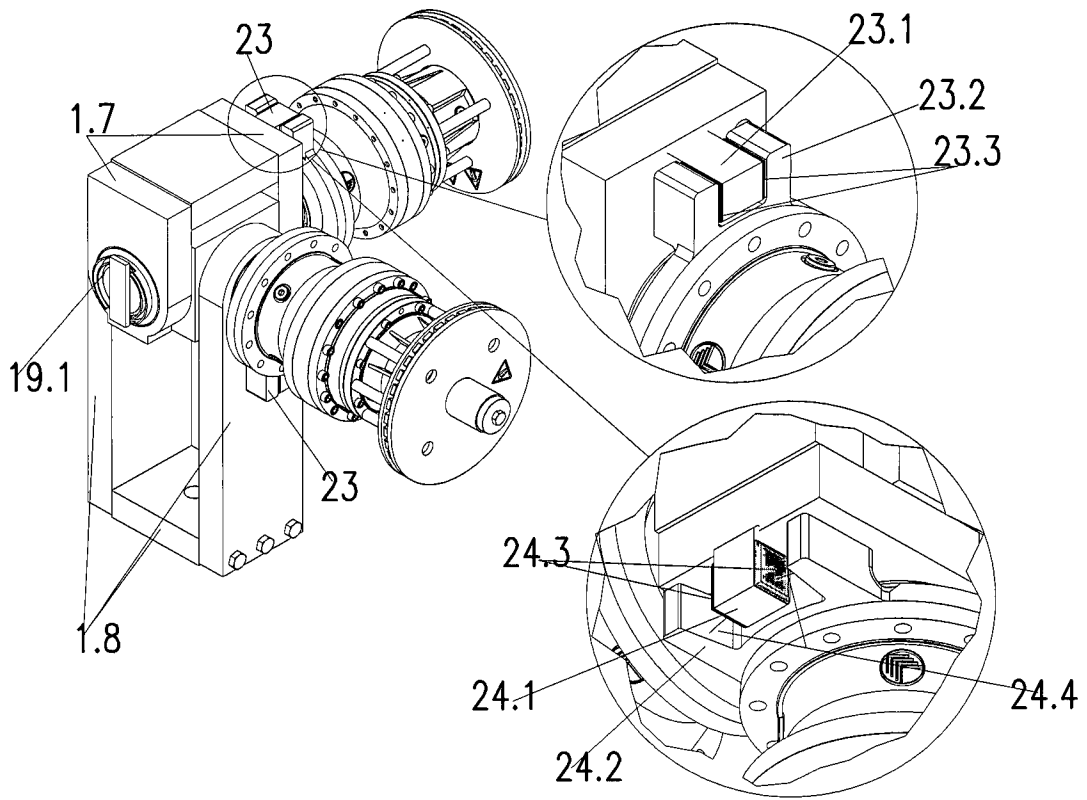


Fig. 11

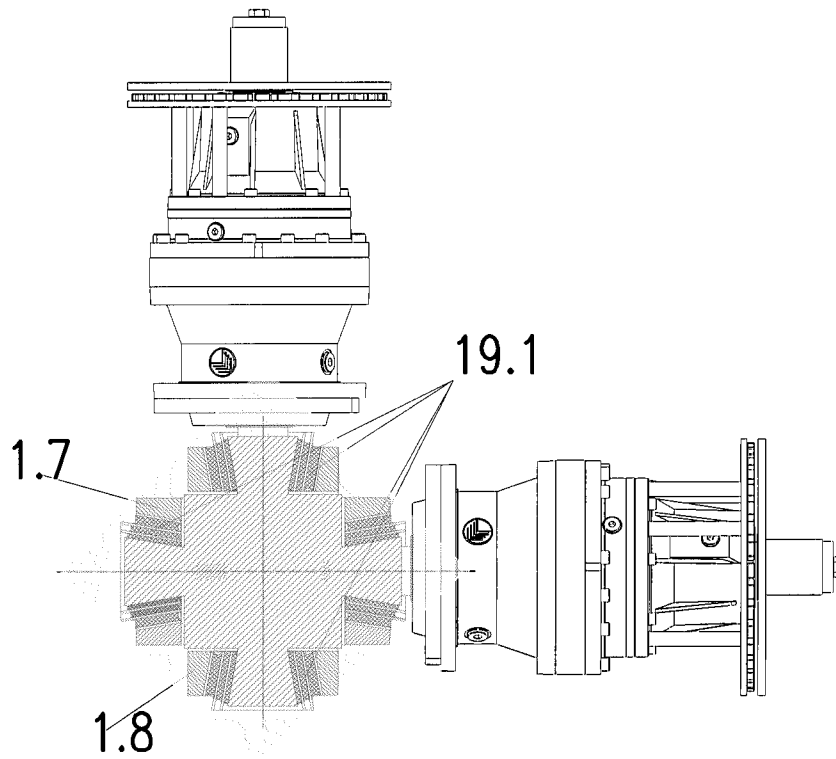


Fig. 12

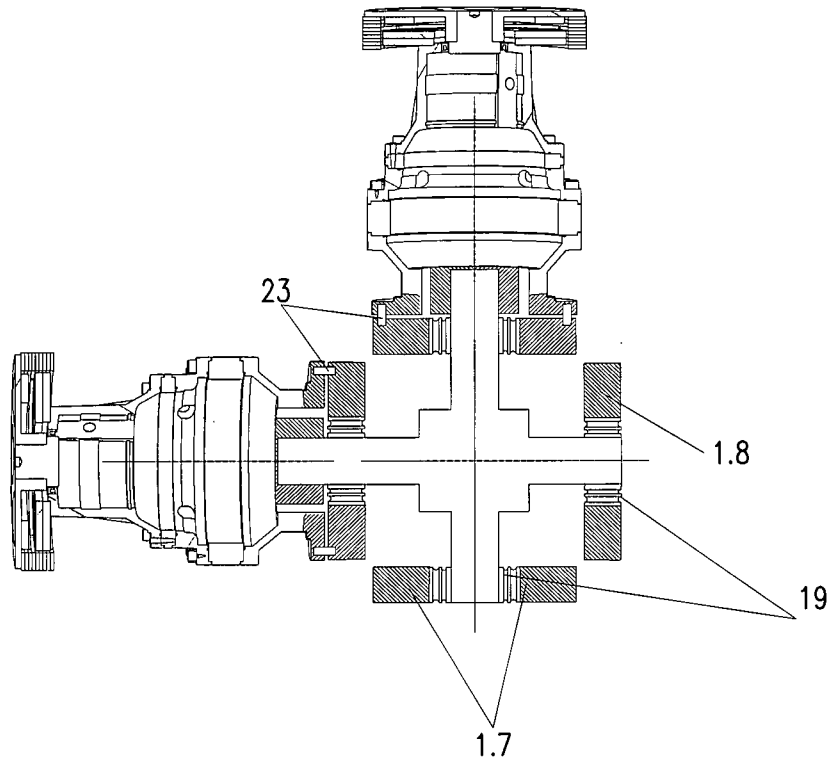
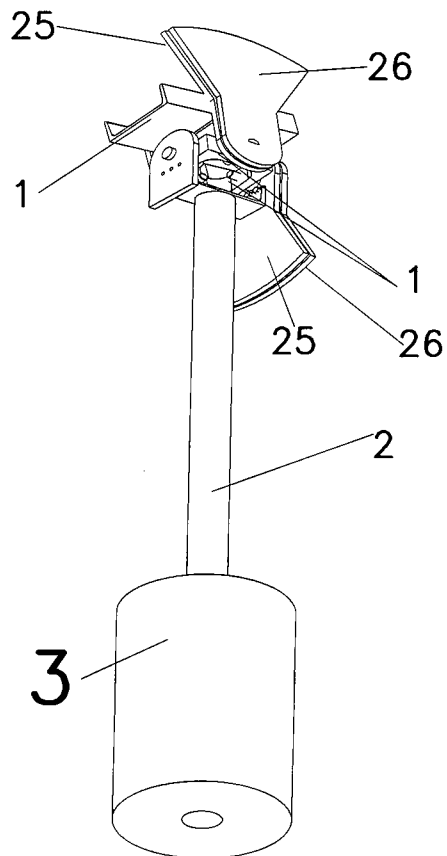


Fig. 13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/000124

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>F16F 15/03</i> (2006.01)i; <i>F16F 7/10</i> (2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F16F Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2012121694 A1 (MOOG INC [US]; KIENHOLZ DAVID A [US]; JAHN BERNARD R [US]) 13 September 2012 (2012-09-13) the whole document	1-15
A	EP 2730799 A1 (WÖLFEL BERATENDE INGENIEURE GMBH & CO KG [DE]) 14 May 2014 (2014-05-14) the whole document	1-15
A	EP 2730709 A1 (WÖLFEL BERATENDE INGENIEURE GMBH & CO KG [DE]) 14 May 2014 (2014-05-14) the whole document	1-15
A	US 2012063915 A1 (KAWABATA MINORU [JP] ET AL) 15 March 2012 (2012-03-15) the whole document	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 24 July 2019		Date of mailing of the international search report 31 July 2019
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Werth, Jochen Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/000124

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2012121694	A1	13 September 2012	EP 2681463 A1	08 January 2014
				JP 2014511466 A	15 May 2014
				US 2013326969 A1	12 December 2013
				WO 2012121694 A1	13 September 2012
<hr/>					
EP	2730799	A1	14 May 2014	NONE	
<hr/>					
EP	2730709	A1	14 May 2014	NONE	
<hr/>					
US	2012063915	A1	15 March 2012	AU 2010291891 A1	19 July 2012
				CA 2735345 A1	27 June 2012
				CN 102713278 A	03 October 2012
				JP 5594696 B2	24 September 2014
				JP WO2012090259 A1	05 June 2014
				KR 20120111911 A	11 October 2012
				US 2012063915 A1	15 March 2012
				WO 2012090259 A1	05 July 2012
<hr/>					

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F16F15/03 F16F7/10
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F16F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2012/121694 A1 (MOOG INC [US]; KIENHOLZ DAVID A [US]; JAHN BERNARD R [US]) 13. September 2012 (2012-09-13) das ganze Dokument	1-15
A	EP 2 730 799 A1 (WÖLFEL BERATENDE INGENIEURE GMBH & CO KG [DE]) 14. Mai 2014 (2014-05-14) das ganze Dokument	1-15
A	EP 2 730 709 A1 (WÖLFEL BERATENDE INGENIEURE GMBH & CO KG [DE]) 14. Mai 2014 (2014-05-14) das ganze Dokument	1-15
A	US 2012/063915 A1 (KAWABATA MINORU [JP] ET AL) 15. März 2012 (2012-03-15) das ganze Dokument	1-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Juli 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

31/07/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Werth, Jochen

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/000124

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2012121694 A1	13-09-2012	EP 2681463 A1	08-01-2014
		JP 2014511466 A	15-05-2014
		US 2013326969 A1	12-12-2013
		WO 2012121694 A1	13-09-2012

EP 2730799 A1	14-05-2014	KEINE	

EP 2730709 A1	14-05-2014	KEINE	

US 2012063915 A1	15-03-2012	AU 2010291891 A1	19-07-2012
		CA 2735345 A1	27-06-2012
		CN 102713278 A	03-10-2012
		JP 5594696 B2	24-09-2014
		JP WO2012090259 A1	05-06-2014
		KR 20120111911 A	11-10-2012
		US 2012063915 A1	15-03-2012
		WO 2012090259 A1	05-07-2012
