

(19)



(11)

**EP 3 752 675 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**19.07.2023 Patentblatt 2023/29**

(21) Anmeldenummer: **19701584.5**

(22) Anmeldetag: **14.01.2019**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**E01B 27/20<sup>(2006.01)</sup>**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**E01B 27/20**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2019/050767**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2019/158288 (22.08.2019 Gazette 2019/34)**

(54) **MASCHINE ZUM STABILISIEREN EINES GLEISES**

MACHINE FOR STABILIZING A TRACK

MACHINE POUR LA STABILISATION D'UNE VOIE FERRÉE

(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: **13.02.2018 AT 362018**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**23.12.2020 Patentblatt 2020/52**

(73) Patentinhaber: **Plasser & Theurer Export von  
Bahnbaumaschinen GmbH  
1010 Wien (AT)**

(72) Erfinder:

- **WOLLANEK, Samuel**  
**4320 Pregarten (AT)**
- **MATZINGER, Nikolaus**  
**4181 Oberneukirchen (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-2008/009314 CN-A- 106 592 349  
FR-A- 1 347 335**

**EP 3 752 675 B1**

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).

## Beschreibung

### Gebiet der Technik

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Maschine zum Stabilisieren eines Gleises, mit einem auf Schienenfahrwerken abgestützten Maschinenrahmen und einem höhenverstellbaren, durch Aggregatrollen auf Schienen des Gleises abrollbaren Stabilisationsaggregat, das einen Schwingungserreger mit rotierenden Unwuchtmassen zur Erzeugung einer dynamisch in einer Gleisebene normal zu einer Gleislängsrichtung wirkenden Schlagkraft sowie einen Höhenantrieb zur Erzeugung einer auf das Gleis wirksamen Auflast umfasst. Zudem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Maschine.

### Stand der Technik

**[0002]** Maschinen zum Stabilisieren eines Gleises sind aus dem Stand der Technik bereits mehrfach bekannt. Bei einem sogenannten dynamischen Gleisstabilisator werden zwischen zwei Schienenfahrwerken befindliche Stabilisationsaggregate über eine Höhenverstellung auf ein zu stabilisierendes Gleis abgesenkt und mit einer vertikalen Auflast beaufschlagt. Über Aggregatrollen und an Außenseiten der Schienenköpfe anliegenden Zangenrollen wird unter kontinuierlicher Vorfahrt eine Querschwingung der Stabilisationsaggregate auf das Gleis übertragen.

**[0003]** Eine solche Maschine ist beispielsweise aus der WO 2008/009314 A1 bekannt. Dabei umfasst das Stabilisationsaggregat verstellbare Unwuchtmassen, um bedarfsweise die Schlagkraft rasch auf einen reduzierten Wert oder auf null zu reduzieren (z.B. bei Brücken oder Tunnels) und sofort nach Erreichen eines zu stabilisierenden Gleisabschnitts auf den ursprünglichen Wert anzuheben.

**[0004]** Ein Nachteil ist hier der komplexe Aufbau der sich in Bewegung befindlichen Teile. Zudem ist eine gezielte Einstellung der benötigten Schlagkraft steuerungstechnisch aufwändig. Ein anderes Stabilisationsaggregat ist aus der FR 1347335 A bekannt. Dabei sind querschwingende Erreger zueinander phasenverschoben antreibbar, um die Schwingungswirkung auf das Gleis zu variieren. Die CN 106592349 A offenbart ein Stabilisationsaggregat mit einem verstellbaren Schwingungserreger. Dieser Schwingungserreger umfasst rotierbare Unwuchtmassen, deren Phasenlage zueinander veränderbar ist. Auf diese Weise ist die Schlagkraft des Schwingungserregers einstellbar.

### Zusammenfassung der Erfindung

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für eine Maschine der eingangs genannten Art eine Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik anzugeben. Eine weitere Aufgabe besteht darin, ein Verfahren zum

Betreiben einer solchen Maschine darzulegen.

**[0006]** Erfindungsgemäß werden diese Aufgaben gelöst durch eine Maschine gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren gemäß Anspruch 10. Abhängige Ansprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung an.

**[0007]** Die Erfindung sieht vor, dass der Schwingungserreger zumindest vier mit variabel einstellbaren Phasenverschiebungen antreibbare Unwuchtmassen aufweist. Durch die variabel einstellbare Phasenverschiebung ist die auf das Gleis einwirkende Schlagkraft gezielt veränderbar. Abhängig von der Anordnung der Unwuchtmassen verändert eine geänderte Phasenverschiebung sowohl die Richtung als auch die Stärke der Schlagkraft.

**[0008]** Dabei bilden jeweils eine linksdrehende Unwuchtmasse und eine rechtsdrehende Unwuchtmasse ein Unwuchtmassepaar, wobei zumindest eine Unwuchtmasse dieses jeweiligen Unwuchtmassepaares mit einer gegenüber einer Ausgangsstellung variabel einstellbaren ersten Phasenverschiebung antreibbar ist. Die Unwuchtmassen bewegen sich gegeneinander, sodass sich ihre Fliehkräfte in einer Richtung gegenseitig aufheben und somit eine nicht gewünschte Richtungskomponente der Schlagkraft getilgt wird.

**[0009]** In einer vorteilhaften Ausprägung ist jeder Unwuchtmasse ein Winkelgeber zugeordnet. Durch den jeweiligen Winkelgeber sind die Positionen der Unwuchtmassen immer genau bekannt. Dadurch kann mittels einer Steuerungseinrichtung eine vorgegebene Phasenverschiebung eingestellt werden. Dies ist besonders bei mechanischen Antrieben wie beispielsweise Hydraulikmotoren sinnvoll.

**[0010]** Zudem ist es günstig, wenn die jeweilige Unwuchtmasse mit einer in Gleislängsrichtung ausgerichteten Rotationsachse am Stabilisationsaggregat angeordnet ist. Diese Ausrichtung eignet sich besonders für den Einsatz in einem Stabilisationsaggregat, da die resultierende Schlagkraft normal zur Gleislängsrichtung auf das zu stabilisierende Gleis wirkt. Auf diese Weise ist eine optimale Energieeinbringung in das Gleis gegeben.

**[0011]** Des Weiteren ist es von Vorteil, wenn jeder Unwuchtmasse ein eigener Antrieb zugeordnet ist. Ein eigener Antrieb für jede Unwuchtmasse bietet eine konstruktiv einfache Lösung, um jede Unwuchtmasse gezielt mit einer eigenen Drehwinkelstellung ansteuern zu können.

**[0012]** Eine vereinfachte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass jeweils zwei Unwuchtmassen ein gemeinsamer Antrieb zugeordnet ist. Diese Lösung eignet sich besonders für kompakte Stabilisationsaggregate, wobei die Phasenverschiebung beispielsweise mittels einer variablen Kuppelung eingestellt wird.

**[0013]** Für die Einstellung der variablen Phasenverschiebung ist es besonders günstig, wenn der jeweilige Antrieb als elektrischer Antrieb ausgebildet ist. Beispielsweise eignen sich bürstenlose Elektromotoren oder Torque-Motoren hier besonders gut für die Ansteuerung in einer Winkelschleife zum Erreichen der gewünschten

Phasenverschiebung.

**[0014]** In einer Ausprägung der Erfindung ist vorgesehen, dass die elektrischen Antriebe mittels einer gemeinsamen Steuerungseinrichtung angesteuert sind. Dadurch sind die einzelnen Antriebe optimal aufeinander abstimmbare und präzise ansteuerbar. Während eines Arbeitseinsatzes kann auf vorab in der Steuerungseinrichtung abgelegte Daten zurückgegriffen werden, um die elektrischen Antriebe und eine Phasenverschiebung automatisiert auf örtliche Gegebenheiten und einen Ist-Zustand des Gleises anzupassen.

**[0015]** In einer anderen Ausprägung der Erfindung kann es vorteilhaft sein, wenn der jeweilige Antrieb als hydraulischer Antrieb ausgebildet ist. Dadurch können die Antriebe in ein bereits bestehendes Hydrauliksystem der Maschine miteingebunden werden.

**[0016]** In einer vorteilhaften Ausprägung ist dem jeweiligen Antrieb eine Verstellvorrichtung für eine variable Phasenverschiebung zugeordnet. Besonders für mechanische Antriebe eignet sich die Verstellvorrichtung, um eine exakte Phasenverschiebung einzustellen. Dadurch wird die jeweilige Unwuchtmasse auf einfache Weise gegenüber dem Antrieb im benötigten Winkel verdreht. Auch beim Antreiben zweier Unwuchtmassen mit einem gemeinsamen Antrieb ist die Verstellvorrichtung für die Einstellung der Phasenverschiebung einsetzbar.

**[0017]** Erfindungsgemäß ist des Weiteren vorgesehen, dass der Schwingungserreger zumindest vier rotierbare Unwuchtmassen aufweist, von denen jeweils zwei Unwuchtmassen rechtsdrehend und zwei Unwuchtmassen linksdrehend antreibbar sind. Durch eine gezielte Anordnung von mindestens vier Unwuchtmassen ist eine exakte und schnelle Schlagkraftverstellung bis hin zu einer vollständigen Tilgung möglich.

**[0018]** Zudem sind die beiden linksdrehenden Unwuchtmassen zueinander mit einer variabel einstellbaren zweiten Phasenverschiebung antreibbar und die beiden rechtsdrehenden Unwuchtmassen sind zueinander mit einer variabel einstellbaren zweiten Phasenverschiebung antreibbar. Auf diese Weise ist die aus allen Unwuchtmassen resultierende Schlagkraft in optimaler Weise gegenüber der Gleisebene einstellbar, um die Stabilisation des Gleises präzise an örtliche Gegebenheiten anzupassen.

**[0019]** Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben einer Maschine sieht vor, dass das Stabilisationsaggregat über den Höhenantrieb auf das Gleis abgesetzt und mit einer Auflast beaufschlagt wird und dass zumindest vier rotierbare Unwuchtmassen zueinander mit variabel einstellbaren Phasenverschiebungen angetrieben werden. Dadurch wird eine an die örtlichen Gegebenheiten präzise anpassbare Gleisstabilisation mit einer veränderbaren Schlagkraft gewährleistet.

**[0020]** Dabei werden bei einem Unwuchtmassenspaar eine Unwuchtmasse linksdrehend und eine Unwuchtmasse rechtsdrehend angetrieben, wobei zumindest eine dieser Unwuchtmassen mit einer gegenüber einer Ausgangstellung variabel einstellbaren ersten Phasen-

verschiebung angetrieben wird. Mit der sich dabei ändernden Richtung der Schlagkraft kann bei Bedarf das Einsinken des Gleises während des Stabilisierens verstärkt werden.

**[0021]** Zudem werden beim erfindungsgemäßen Verfahren zwei linksdrehende Unwuchtmassen zueinander mit einer variabel einstellbaren zweiten Phasenverschiebung angetrieben und zwei rechtsdrehende Unwuchtmassen zueinander mit einer variabel einstellbaren zweiten Phasenverschiebung angetrieben. Dies gewährleistet eine schnelle und exakte Schlagkraftverstellung in der bevorzugten Wirkrichtung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0022]** Die Erfindung wird nachfolgend in beispielhafter Weise unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1      Seitenansicht einer Maschine zum Stabilisieren eines Gleises
- Fig. 2      Detailansicht eines Stabilisationsaggregats
- Fig. 3      Antriebskonzept mit zwei Motoren
- Fig. 4      Antriebskonzept mit vier Motoren
- Fig. 5      Verstelleinrichtung für variable Phasenverschiebung
- Fig. 6      Schwingungserreger mit Hohlwelle
- Fig. 7      gleichdrehende Unwuchtmassen mit Schwingungstilgung
- Fig. 8      gleichdrehende Unwuchtmassen mit reduzierter Schlagkraft
- Fig. 9      gleichdrehende Unwuchtmassen mit maximaler Schlagkraft
- Fig. 10     gegenläufige Unwuchtmassen mit maximaler Schlagkraft in eine Richtung
- Fig. 11     gegenläufige Unwuchtmassen mit reduzierter Schlagkraft
- Fig. 12     vier Unwuchtmassen mit vollständiger Tilgung der Schlagkraft
- Fig. 13     vier Unwuchtmassen mit maximaler Schlagkraft in x-Richtung
- Fig. 14     vier Unwuchtmassen mit vollständiger Tilgung der Schlagkraft
- Fig. 15     vier Unwuchtmassen mit maximaler Schlagkraft in y-Richtung
- Fig. 16     vier Unwuchtmassen mit verschiedenen Einstellungen der Phasenverschiebungen

Beschreibung der Ausführungsformen

**[0023]** Fig. 1 zeigt eine Maschine 1 zum Stabilisieren eines auf Schotter 2 ruhenden Gleises 3, welche einen durch Schienenfahrwerke 4 auf Schienen 5 abgestützten Maschinenrahmen 6 umfasst. Zwischen den beiden endseitig positionierten Schienenfahrwerken 4 sind zwei Stabilisationsaggregate 7 in Gleislängsrichtung 8 hintereinander angeordnet. Diese sind jeweils durch Höhenantriebe 9 höhenverstellbar mit dem Maschinenrahmen

6 verbunden.

**[0024]** Mit Hilfe von auf den Schienen 5 abrollbaren Aggregatrollen 10 kann jedes Stabilisationsaggregat 7 formschlüssig mit dem Gleis 3 in Eingriff gebracht werden, um dieses mit einer gewünschten Schwingungsfrequenz in Schwingung zu versetzen. Die Aggregatrollen 10 umfassen für jede Schiene 5 zwei Spurkranzrollen, die an der Innenseite der Schiene 5 abrollen, und eine Zangenrolle, die im Betrieb von außen mittels eines Zangenmechanismus 33 gegen die Schiene 5 gedrückt ist. Durch die Höhenantriebe 9 wird eine statische vertikale Auflast auf das Gleis 3 aufgebracht.

**[0025]** Angesteuert werden die Stabilisationsaggregate 7 mittels einer gemeinsamen Steuerungseinrichtung 31. Im Stabilisationsaggregat 7 angeordnete Antriebe 19 sind an eine gemeinsame Versorgungseinrichtung 32 angeschlossen. Bei elektrischen Antrieben 19 ist das zum Beispiel eine Motor-Generator-Einheit mit einem elektrischen Speicher. Auch eine Oberleitung ist zur Versorgung elektrischer Antriebe nutzbar, wenn die Maschine 1 Stromabnehmer und entsprechende Umrichter aufweist. Bei hydraulischen Antrieben 19 ist die Versorgungseinrichtung 32 sinnvollerweise in ein Hydrauliksystem der Maschine 1 integriert.

**[0026]** In Fig. 2 ist eines der zwei Stabilisationsaggregate 7 im Detail dargestellt. Innerhalb eines Gehäuses 11 ist ein Schwingungserreger 12 angeordnet, welcher vier Rotationswellen 13 mit darauf angeordneten Unwuchtmassen 14 umfasst. Auf zwei Rotationsachsen 15 sind jeweils zwei Rotationswellen 13 angeordnet. Auf jeder Rotationswelle 13 ist eine Unwuchtmasse 14 angeordnet. Jede Rotationswelle 13 ist beidseitig neben der Unwuchtmasse 14 im Gehäuse 11 über Wälzlager 16 drehbar gelagert.

**[0027]** An einem aus dem Gehäuse 11 ragenden Ende der jeweiligen Rotationswelle 13 ist eine Verzahnung 17 eingefräst, auf welcher ein Rotor 18 eines als Torque-Motors ausgebildeten Antriebs 19 formschlüssig mit der zugehörigen Rotationswelle 13 verbunden ist. Um den Rotor 18 des jeweiligen Torque-Motors ist ein Stator 20 angeordnet, welcher über ein Motorengehäuse 21 mit dem Gehäuse 11 des Schwingungserregers 12 verbunden ist. Außerhalb des Motorengehäuses 21 sind Kühlrippen 22 angeordnet. Dadurch kann eine im Betrieb entstehende Wärme zuverlässig abgeführt werden.

**[0028]** An einem unteren Ende ist das Stabilisationsaggregat 7 mit einem Stabilisationsaggregatrahmen 23 verbunden, um eine Schwingung auf die Aggregat-/Zangenrollen 10 und somit auf das Gleis 3 zuverlässig zu übertragen. Die in Fig. 2 dargestellten Unwuchtmassen 14 sind unabhängig voneinander antreibbar mit frei vorgebbaren Phasenverschiebungen zwischen den einzelnen Unwuchtmassen 14. Eine Verwendung von vier baugleichen Antrieben 19, Rotationswellen 13 und Unwuchtmassen 14 führt in einem Wartungs- oder Schadensfall zu einer erleichterten Austauschbarkeit und Ersatzteilversorgung. Für den Einsatz einer Maschine 1 mit zwei Stabilisationsaggregaten 7 ergibt sich ebenfalls ein Vor-

teil aus den baugleichen Ausführungen beider Stabilisationsaggregate 7. Zudem ist keine Kraftübertragung zwischen den beiden Stabilisationsaggregaten 7 notwendig.

**[0029]** Fig. 3 zeigt schematisch eine vereinfachte Variante des Schwingungserregers 12. Antreibbar sind beide Unwuchtmassen 14 mit einer vorgegebenen Drehzahl, welche die auf das Gleis 3 übertragene Schwingungsfrequenz bestimmt. In Ausnahmefällen kann es sinnvoll sein, dass beide Unwuchtmassen 14 mit unterschiedlichen Drehzahlen antreibbar sind, um eine fortlaufende Schlagkraftänderung herbeizuführen. Ansonsten rotieren alle Unwuchtmassen 14 mit derselben Drehzahl. Eine Schlagkraftänderung wird dabei lediglich durch Phasenverschiebungen  $\Delta\varphi_1$ ,  $\Delta\varphi_2$  erreicht, indem also eine Unwuchtmasse 14 der anderen vorausseilt.

**[0030]** Um die Phasenverschiebungen  $\Delta\varphi_1$ ,  $\Delta\varphi_2$  besser erläutern zu können, sind die vier Unwuchtmassen 14 nebeneinander dargestellt und mit den Buchstaben A, B, C und D bezeichnet. Jeweils zwei Unwuchtmassen A, B bzw. C, D bilden ein Unwuchtmassepaar 34, das mittels eines gemeinsamen Antriebs 19 angetrieben ist. Die Drehrichtungen 30 der beiden Unwuchtmassen A, B bzw. C, D sind dabei entgegengesetzt. Im dargestellten Beispiel sind die Unwuchtmassen A und C linksdrehend und die Unwuchtmassen B und D rechtsdrehend antreibbar. Wie im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 gezeigt, können jeweils zwei Unwuchtmassen A, C bzw. B, D auf einer gemeinsamen Rotationsachse 15 angeordnet sein.

**[0031]** Um zwischen den Unwuchtmassen A, B bzw. C, D eines Unwuchtmassepaares 34 einen Drehrichtungswechsel zu erreichen, ist jeweils ein Wendegetriebe 24 angeordnet. In einer anderen, nicht dargestellten Variante sind die beiden gleichdrehenden Unwuchtmassen A, C bzw. B, D mittels eines gemeinsamen Antriebs 19 antreibbar. Dann ist kein Wendegetriebe 24 erforderlich. Für die Einstellung einer Phasenverschiebung zwischen den mittels eines gemeinsamen Antriebs 19 angetriebenen Unwuchtmassen 14 ist eine Verstellvorrichtung 25 angeordnet (Fig. 5). Dabei ist bei den mit entgegengesetzten Drehrichtungen antreibbaren Unwuchtmassen 14 gegenüber einer Ausgangsstellung eine erste Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_1$  einstellbar. Bei den gleichdrehenden Unwuchtmassen 14 ist eine zweite Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_2$  einstellbar.

**[0032]** In Fig. 4 ist bezugnehmend auf Fig. 2 der Schwingungserreger 12 mit einem eigenen Antrieb 19 pro Unwuchtmasse 14 schematisch dargestellt. Wie im Beispiel gemäß Fig. 3 sind die Unwuchtmassen A und C linksdrehend und die Unwuchtmassen B und D rechtsdrehend antreibbar. Zur Einstellung der Phasenverschiebungen  $\Delta\varphi_1$ ,  $\Delta\varphi_2$  ist jeder Antrieb 19 drehwinkelabhängig ansteuerbar oder zwischen jedem Antrieb 19 und der zugehörigen Unwuchtmasse 14 ist eine Verstellvorrichtung 25 angeordnet.

**[0033]** Fig. 5 zeigt zum Beispiel eine mechanische Verstellvorrichtung 25 für eine Verdrehung der Rotationswelle 13 der Unwuchtmasse 14 gegenüber einer Antriebswelle 26 des Antriebes 19. Hierzu ist die Rotations-

welle 13 innerhalb einer mit der Antriebswelle 26 längsverschiebbar verbundenen Hülse 27 geführt. Wie eine Spindel weist die Rotationswelle 13 zumindest eine helixartig verlaufende Nut 28 auf, in welcher sich ein innen-seitiges Gegenstück der Hülse 27 im Eingriff befindet.

**[0034]** Die Hülse 27 und die Rotationswelle 13 sind drehbar gelagert über einen Hydraulikzylinder 29 miteinander verbunden. Wird mittels des Hydraulikzylinders 29 eine Längsverschiebung der Hülse 27 gegenüber der Rotationswelle 13 herbeigeführt, verdreht sich die Rotationswelle 13 samt Unwuchtmasse 14 im gewünschten Winkel gegenüber der Antriebswelle 26. Durch eine Verdrehung der Rotationswelle 13 gegenüber der Antriebswelle 26 wird gegenüber einer anderen Unwuchtmasse 14 eine Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_1$ ,  $\Delta\varphi_2$  erreicht.

**[0035]** Die mechanische Verstellvorrichtung 25 eignet sich besonders in Kombination mit gleichförmig angetriebenen Hydraulikmotoren. Hier kommt günstigerweise ein Winkelgeber 35 zum Einsatz, um eine Rückmeldung über die Winkelstellung der jeweiligen Antriebswelle 26 bzw. Rotationswelle 13 zu erhalten. Auch bei einer vereinfachten Lösung wie in Fig. 3 ist die Anordnung einer Verstellvorrichtung 25 zwischen den mit einem gemeinsamen Antrieb 19 versehenen Unwuchtmassen 14 sinnvoll, um eine Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_1$ ,  $\Delta\varphi_2$  zwischen den beiden Unwuchtmassen 14 zu erreichen.

**[0036]** Beim Schwingungserreger 12 in Fig. 6 rotieren zwei Unwuchtmassen 14 um eine gemeinsame Rotationsachse 15. Dabei ist eine Rotationswellen 13 mit einer äußeren Unwuchtmasse 14 als Hohlwelle ausgebildet. Innerhalb der Hohlwelle ist ein freies Ende der anderen Rotationswelle 13 mit einer inneren Unwuchtmasse 14 gelagert. Die Rotationswellen 13 sind über weitere Wälzlager 16 in einem Gehäuse 11 gelagert und mittels eigener Antriebe 19 angetrieben. Die Fliehkräfte der rotierenden Unwuchtmassen 14 wirken dabei in einer gemeinsamen Ebene, sodass keine eventuell störenden Kippmomente auftreten. Diese Lagerungsvariante eignet sich insbesondere für einen Schwingungserreger 12 mit nur zwei Unwuchtmassen 14.

**[0037]** In den Figuren 7 bis 9 ist die Wirkung einer variablen zweiten Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_2$  anhand zweier gleichdrehender Unwuchtmassen 14 erläutert. Links sind die Stellungen der Unwuchtmassen 14 zueinander dargestellt. Dabei sind die Rotationsachsen 15 in Gleislängsrichtung 8 ausgerichtet und verlaufen somit parallel zu einer z-Achse eines in Fig. 1 eingezeichneten rechtsdrehenden kartesischen Koordinatensystems x, y, z. Diagramme zeigen Richtungskomponenten  $F_x$ ,  $F_y$  einer resultierenden Schlagkraft  $F_s$  über einem gemeinsamen Phasenwinkel  $\varphi$ . Darunter sind für mehrere Phasenwinkel  $\varphi$  Schlagkraftvektoren im mit der Maschine 1 mitbewegten Koordinatensystem x, y, z dargestellt. Wenn in einer Ausgangsstellung gemäß Fig. 7 die zweite Unwuchtmasse 14 gegenüber der ersten Unwuchtmasse 14 um  $180^\circ$  phasenverschoben ist, sind die Fliehkräfte getilgt. Die resultierenden Richtungskomponenten  $F_y$ ,  $F_x$  der Schlagkraft  $F_s$  sind gleich null.

**[0038]** Gegenüber der Ausgangsstellung ist in Fig. 8 für die zweite Unwuchtmasse 14 eine zweite Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_2$  von  $60^\circ$  in Drehrichtung eingestellt, sodass die zweite Unwuchtmasse 14 der ersten Unwuchtmasse 14 insgesamt um  $240^\circ$  vorläuft. Daraus ergibt sich eine drehende Schlagkraft  $F_s$  mit einem gleichbleibenden Betrag. Die maximale Schlagkraft  $F_s$  wird erreicht, wenn gegenüber der Ausgangsstellung für die zweite Unwuchtmasse 14 eine zweite Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_2$  von  $180^\circ$  in Drehrichtung eingestellt wird. Dann rotieren beide Unwuchtmassen 14 synchron, sodass sich die Fliehkräfte addieren (Fig. 9).

**[0039]** Entsprechende Abbildungen sind in den Figuren 10 und 11 für zwei gegenläufig angetriebene Unwuchtmasse 14 dargestellt. In einer Ausgangsstellung ist die Schlagkraftkomponente  $F_y$  in y-Richtung getilgt und in x-Richtung tritt die größte Schlagkraft ( $F_s$ ) auf (Fig. 10). Eine Änderung der Schlagkraft  $F_s$  tritt ein, wenn gegenüber der Ausgangsstellung für eine Unwuchtmasse 14 eine erste Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_1$  eingestellt wird. In Fig. 11 beträgt die erste Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_1$  der zweiten Unwuchtmasse 14 zum Beispiel  $60^\circ$  in Drehrichtung. Dann verringert sich die Schlagkraft  $F_s$ . Die Wirkrichtung der Schlagkraft  $F_s$  weist dabei gegenüber der x-Achse einen Neigungswinkel auf, welcher der halben ersten Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_1$  entspricht. Eine maximale Schlagkraft  $F_s$  parallel zur y-Achse ergibt sich somit bei einer ersten Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_1$  von  $180^\circ$ .

**[0040]** In den Figuren 12 bis 16 sind verschiedene Phasenverschiebungen  $\Delta\varphi_1$ ,  $\Delta\varphi_2$  bei vier Unwuchtmassen A, B, C und D gemäß den Figuren 3 und 4 dargestellt. Jede der Figuren 12 bis 15 zeigt links eine erste Ausgangsstellung zweier Unwuchtmassensepaare 34 mit jeweils gegenläufig rotierenden Unwuchtmassen A, B bzw. C, D (Phasenwinkel  $\varphi = 0$ ). Daneben (Fig. 12, 13) bzw. darunter (Fig. 14, 15) sind Verläufe der Schlagkräfte  $F_{AB}$ ,  $F_{CD}$  der Unwuchtmassensepaare 34 und der sich insgesamt ergebenden Schlagkraft  $F_s$  über einem gemeinsamen Phasenwinkel  $\varphi$  dargestellt. Des Weiteren sind die Stellungen der Unwuchtmassen 14 bei einem Phasenwinkel  $\varphi$  von  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  und  $270^\circ$  dargestellt.

**[0041]** Anhand der Figuren 12 und 13 wird eine Schlagkraftverstellung in Richtung der x-Achse, das heißt in der Gleisebene normal zur Gleislängsrichtung 8, erläutert. Dabei sind die Unwuchtmassen A, B bzw. C, D jedes Unwuchtmassenpaares 34 zueinander um  $180^\circ$  phasenverschoben. Infolge der gegengleichen Drehrichtungen 30 sind die Fliehkräfte in Richtung der y-Achse getilgt und die y-Komponente der Schlagkraft  $F_s$  ist gleich null. In Fig. 12 sind zudem die jeweils mit gleicher Drehrichtung antreibbaren Unwuchtmassen A, C bzw. B, D zueinander um  $180^\circ$  phasenverschoben. Damit ergibt sich für die insgesamt resultierende Schlagkraft  $F_s$  auch eine getilgte x-Komponente. In dieser Ausgangsstellung wirkt somit trotz rotierender Unwuchtmassen 14 keine Schlagkraft  $F_s$  auf das Gleis 3.

**[0042]** Für eine maximale Schlagkraft  $F_s$  in x-Richtung ist die eingestellte zweite Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_2$

gleich  $180^\circ$  (Fig. 7). Hier laufen die mit gleicher Drehrichtung antreibbaren Unwuchtmassen A, C bzw. B, D synchron, sodass sich die Fliehkräfte in x-Richtung addieren. Mit der variabel einstellbaren zweiten Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_2$  im Bereich von  $0^\circ$  bis  $180^\circ$  ist die resultierende Schlagkraft  $F_s$  in Richtung der x-Achse von null bis maximal exakt einstellbar.

**[0043]** Die Einstellung der Schlagkraft  $F_s$  in Richtung der y-Achse wird anhand der Figuren 14 und 15 erläutert. Zunächst ist in jedem Unwuchtmassepaar 34 eine Unwuchtmasse B bzw. D gegenüber der Ausgangsstellung in Fig. 12 phasenverschoben. Konkret wird bei beiden Unwuchtmassepaaren 34 eine erste Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_1$  gleich  $180^\circ$  eingestellt, sodass weiterhin eine vollständige Tilgung der resultierenden Schlagkraft  $F_s$  vorliegt (Fig. 14). Um eine maximale Schlagkraft  $F_s$  in Richtung der y-Achse zu erreichen, wird gegenüber dieser neuen Ausgangsstellung eine zweite Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_2$  gleich  $180^\circ$  eingestellt (Fig. 15).

**[0044]** Fig. 16 zeigt für vier Unwuchtmassen A, B, C, D fünf verschiedene Schlagkräfteeinstellungen mit der jeweils resultierenden Schlagkraft  $F_s$ . Von links nach rechts sind vier Stellungen der jeweiligen Schlagkräfteeinstellung dargestellt, nämlich bei den Phasenwinkel  $\varphi$  gleich  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  und  $270^\circ$ . Durch eine veränderte Vorgabe der ersten Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_1$  und der zweiten Phasenverschiebung  $\Delta\varphi_2$  mittels der gemeinsamen Steuerungseinrichtung 31 wird die benötigte Schlagkraft  $F_s$  schnell und präzise eingestellt. Dabei umfasst die Steuerungseinrichtung 31 eine Recheneinheit, um in Abhängigkeit einer örtlichen Gleisbeschaffenheit die optimale Schlagkraft  $F_s$  einzustellen. Der Steuerungseinrichtung 31 sind für diesen Optimierungsvorgang entsprechende Sensorsignale von an der Maschine 1 angeordneten Sensoren oder vorab ermittelte Gleisdaten zugeführt.

## Patentansprüche

1. Maschine (1) zum Stabilisieren eines Gleises (3), mit einem auf Schienenfahrwerken (4) abgestützten Maschinenrahmen (6) und einem höhenverstellbaren, durch Aggregatrollen (10) auf Schienen (5) des Gleises (3) abrollbaren Stabilisationsaggregat (7), das einen Schwingungserreger (12) mit rotierenden Unwuchtmassen (14) zur Erzeugung einer dynamisch in einer Gleisebene normal zu einer Gleislängsrichtung (8) wirkenden Schlagkraft ( $F_s$ ) sowie einen Höhenantrieb (9) zur Erzeugung einer auf das Gleis (3) wirksamen Auflast umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwingungserreger (12) zumindest vier rotierbare Unwuchtmassen (14) aufweist, von denen jeweils zwei Unwuchtmassen (14) rechtsdrehend und zwei Unwuchtmassen (14) linksdrehend antreibbar sind, dass die rechtsdrehenden und die linksdrehenden Unwuchtmassen (14), jeweils ein Unwuchtmassepaar (34) bildend, mit einer

gegenüber einer Ausgangsstellung variabel einstellbaren ersten Phasenverschiebung ( $\Delta\varphi_1$ ) antreibbar sind, dass die beiden linksdrehenden Unwuchtmassen (14) zueinander mit einer variabel einstellbaren zweiten Phasenverschiebung ( $\Delta\varphi_2$ ) antreibbar sind und dass die beiden rechtsdrehenden Unwuchtmassen (14) zueinander mit einer variabel einstellbaren zweiten Phasenverschiebung ( $\Delta\varphi_2$ ) antreibbar sind.

2. Maschine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Unwuchtmasse (14) ein Winkelgeber (35) zugeordnet ist.
3. Maschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweilige Unwuchtmasse (14) mit einer in Gleislängsrichtung (8) ausgerichteten Rotationsachse (15) am Stabilisationsaggregat (7) angeordnet ist.
4. Maschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Unwuchtmasse (14) ein eigener Antrieb (19) zugeordnet ist.
5. Maschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Unwuchtmassen (14) ein gemeinsamer Antrieb (19) zugeordnet ist.
6. Maschine (1) nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der jeweilige Antrieb (19) als elektrischer Antrieb ausgebildet ist.
7. Maschine (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrischen Antriebe mittels einer gemeinsamen Steuerungseinrichtung (31) angesteuert sind.
8. Maschine (1) nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der jeweilige Antrieb (19) als hydraulischer Antrieb ausgebildet ist.
9. Maschine (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem jeweiligen Antrieb (19) eine Verstellvorrichtung (25) für eine variable Phasenverschiebung ( $\Delta\varphi_1$ ,  $\Delta\varphi_2$ ) zugeordnet ist.
10. Verfahren zum Betreiben einer Maschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stabilisationsaggregat (7) über den Höhenantrieb (9) auf das Gleis (3) abgesetzt und mit einer Auflast beaufschlagt wird, dass zumindest vier rotierbare Unwuchtmassen (14) in der Weise zueinander mit variabel einstellbaren Phasenverschiebungen ( $\Delta\varphi_1$ ,  $\Delta\varphi_2$ ) angetrieben werden, dass zwei rechtsdrehende Unwuchtmassen (14) und zwei linksdrehende Unwuchtmassen (14), jeweils ein Unwuchtmassepaar (34) bildend, mit einer gegenüber

einer Ausgangsstellung variabel einstellbaren ersten Phasenverschiebung angetrieben werden und dass die zwei linksdrehende Unwuchtmassen (14) zueinander mit einer variabel einstellbaren zweiten Phasenverschiebung ( $\Delta\varphi_2$ ) angetrieben werden und die zwei rechtsdrehende Unwuchtmassen (14) zueinander mit einer variabel einstellbaren zweiten Phasenverschiebung ( $\Delta\varphi_2$ ) angetrieben werden.

## Claims

1. A machine (1) for stabilizing a track (3), including a machine frame (6) supported on on-track undercarriages (4) and a vertically adjustable stabilizing unit (7) designed to roll on rails (5) of the track (3) by means of unit rollers (10), the stabilizing unit comprising a vibration exciter (12) with rotating imbalance masses (14) for generating an impact force (Fs) acting dynamically in a track plane perpendicularly to a track longitudinal direction (8) and a vertical drive (9) for generating a vertical load acting on the track (3), **characterized in that** the vibration exciter (12) comprises at least four rotatable imbalance masses (14) of which two imbalance masses (14) in each case are driveable right-turning and two imbalance masses (14) are driveable left-turning, that the right-turning imbalance masses (14) and the left-turning imbalance masses (14) each forming an imbalance mass pair (34) are driveable applying a first phase shift ( $\Delta\varphi_1$ ) which is variably adjustable with respect to an initial position, that the two left-turning imbalance masses (14) are driveable with a variably adjustable second phase shift ( $\Delta\varphi_2$ ) to one another, and that the two right-turning imbalance masses (14) are driveable with a variably adjustable second phase shift ( $\Delta\varphi_2$ ) to one another.
2. A machine (1) according to on claim 1, **characterized in that** an angle sensor (35) is associated with each imbalance mass (14).
3. A machine (1) according to claim 1 or 3, **characterized in that** the respective imbalance mass (14) is arranged on the stabilizing unit (7) with a rotation axis (15) being aligned in the track longitudinal direction (8).
4. A machine (1) according to one of claims 1 to 3, **characterized in that** a separate drive (19) is associated with each imbalance mass (14).
5. A machine (1) according to one of claims 1 to 3, **characterized in that** a common drive (19) is associated with two imbalance masses (14).
6. A machine (1) according to one of claims 4 or 5, **characterized in that** the respective drive (19) is

designed as an electric drive.

7. A machine (1) according to claim 6, **characterized in that** the electric drives are controlled by means of a common control device (31).
8. A machine (1) according to one of claims 4 or 5, **characterized in that** the respective drive (19) is designed as a hydraulic drive.
9. A machine (1) according to one of claims 4 to 8, **characterized in that** an adjustment device (25) for a variable phase shift ( $\Delta\varphi_1$ ,  $\Delta\varphi_2$ ) is associated with the respective drive (19).
10. A method of operating a machine (1) according to one of claims 1 to 9, **characterized in that** the stabilizing unit (7) is set down on the track (3) via the vertical drive (9) and actuated with a vertical load, and that at least four rotatable imbalance masses (14) are driven applying variably adjustable phase shifts ( $\Delta\varphi_1$ ,  $\Delta\varphi_2$ ) to one another in this way, that two right-turning imbalance masses (14) and two left-turning imbalance masses (14) each forming an imbalance mass pair (34) are driven applying a first phase shift ( $\Delta\varphi_1$ ) which is variably adjustable with respect to an initial position and that the two left-turning imbalance masses (14) are driven applying a variably adjustable second phase shift ( $\Delta\varphi_2$ ) to one another and the two right-turning imbalance masses (14) are driven applying a variably adjustable second phase shift ( $\Delta\varphi_2$ ) to one another.

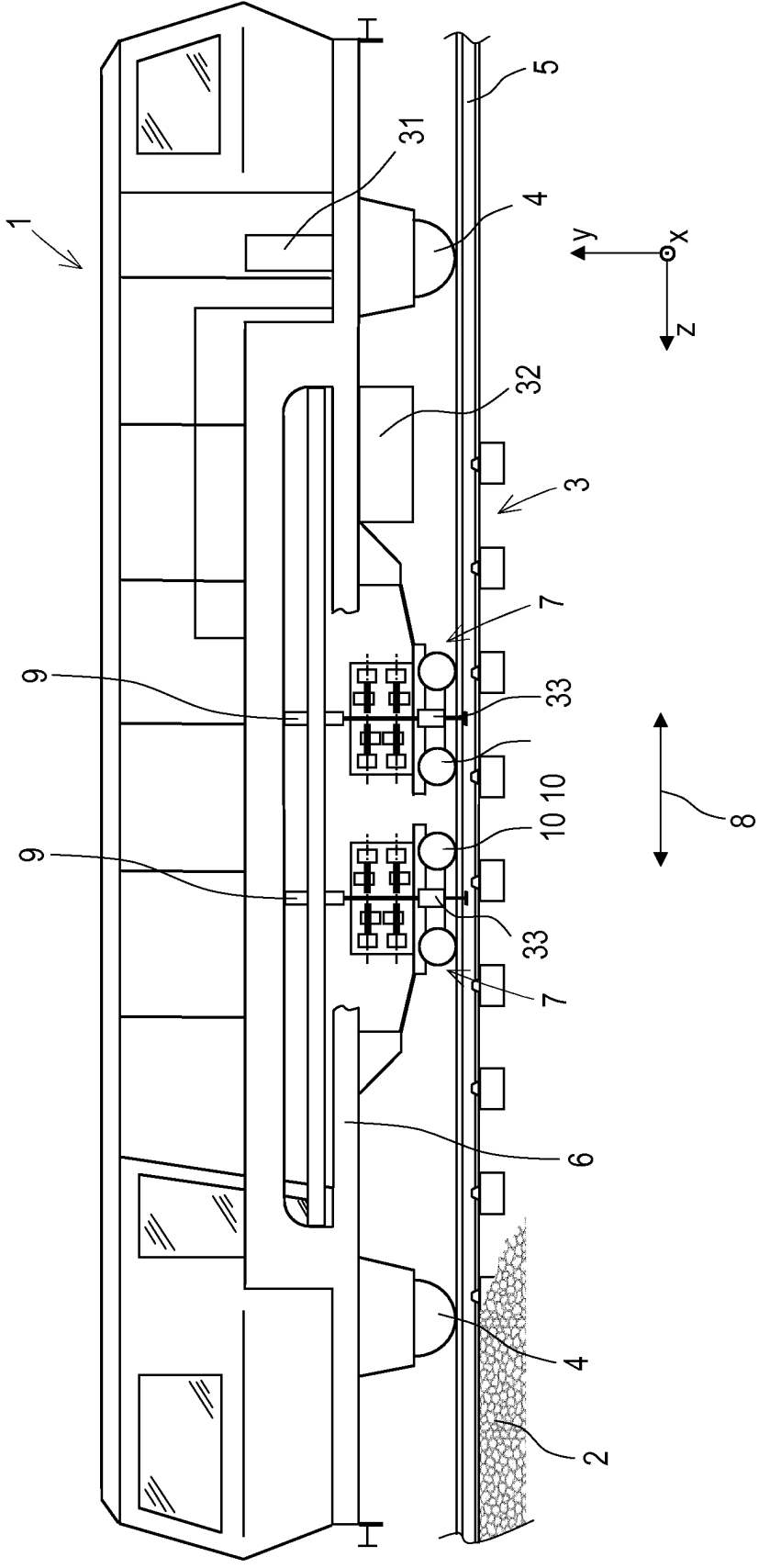
## Revendications

1. Machine (1) de stabilisation d'une voie ferrée (3), avec un châssis de machine (6) appuyé sur des mécanismes de roulement ferroviaires (4) et un module de stabilisation réglable en hauteur (7), pouvant partir en dérive sur des rails (5) de la voie ferrée (3) par des rouleaux de module (10), lequel comprend un excitateur de vibrations (12) avec des masses de balourd rotatives (14) pour la génération d'une force de percussion (Fs) agissant dynamiquement dans un plan de voie perpendiculaire à une direction longitudinale de voie (8) ainsi qu'un entraînement en hauteur (9) pour la génération d'une charge efficace sur la voie ferrée (3), **caractérisée en ce que** l'excitateur de vibrations (12) présente au moins quatre masses de balourd rotatives (14) parmi lesquelles à chaque fois deux masses de balourd (14) peuvent être entraînées en rotation droite et deux masses de balourd (14) peuvent être entraînées en rotation gauche, que les masses de balourd à rotation droite et à rotation gauche (14), formant à chaque fois une paire de masses de balourd (34), peuvent être entraînées avec un premier déphasage ( $\Delta\varphi_1$ ) réglable

- de manière variable par rapport à une position de départ, que les deux masses de balourd à rotation gauche (14) peuvent être entraînées l'une par rapport à l'autre avec un second déphasage ( $\Delta\varphi_2$ ) réglable de manière variable et que les deux masses de balourd à rotation droite (14) peuvent être entraînées l'une par rapport à l'autre avec un second déphasage ( $\Delta\varphi_2$ ) réglable de manière variable. 5
2. Machine (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'un** capteur angulaire (35) est associé à chaque masse de balourd (14). 10
3. Machine (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** la masse de balourd respective (14) est disposée avec un axe de rotation (15) orienté dans la direction longitudinale de voie (8) sur le module de stabilisation (7). 15
4. Machine (1) selon une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce qu'un** propre entraînement (19) est associé à chaque masse de balourd (14). 20
5. Machine (1) selon une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce qu'un** propre entraînement (19) est associé à deux masses de balourd (14). 25
6. Machine (1) selon une des revendications 4 ou 5, **caractérisée en ce que** l'entraînement respectif (19) est réalisé en tant qu'entraînement électrique. 30
7. Machine (1) selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** les entraînements électriques sont commandés au moyen d'un dispositif de commande commun (31). 35
8. Machine (1) selon une des revendications 4 ou 5, **caractérisée en ce que** l'entraînement respectif (19) est réalisé en tant qu'entraînement hydraulique. 40
9. Machine (1) selon une des revendications 4 à 8, **caractérisée en ce qu'un** dispositif de déplacement (25) pour un déphasage variable ( $\Delta\varphi_1$ ,  $\Delta\varphi_2$ ) est associé à l'entraînement respectif (19). 45
10. Procédé d'exploitation d'une machine (1) selon une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** le module de stabilisation (7) est posé sur la voie ferrée (3) par le biais de l'entraînement en hauteur (9) et sollicité avec une charge, qu'au moins quatre masses de balourd rotatives (14) sont entraînées l'une par rapport à l'autre avec des déphasages ( $\Delta\varphi_1$ ,  $\Delta\varphi_2$ ) réglables de manière variable de telle sorte que deux masses de balourd à rotation droite (14) et deux masses de balourd à rotation gauche (14), formant à chaque fois une paire de masses de balourd (34), sont entraînées avec un premier déphasage réglable de manière variable par rapport à une position de départ 50
- et que les deux masses de balourd à rotation gauche (14) sont entraînées l'une par rapport à l'autre avec un second déphasage ( $\Delta\varphi_2$ ) réglable de manière variable, et que les deux masses de balourd à rotation droite (14) sont entraînées l'une par rapport à l'autre avec un second déphasage ( $\Delta\varphi_2$ ) réglable de manière variable. 55



Fig. 1



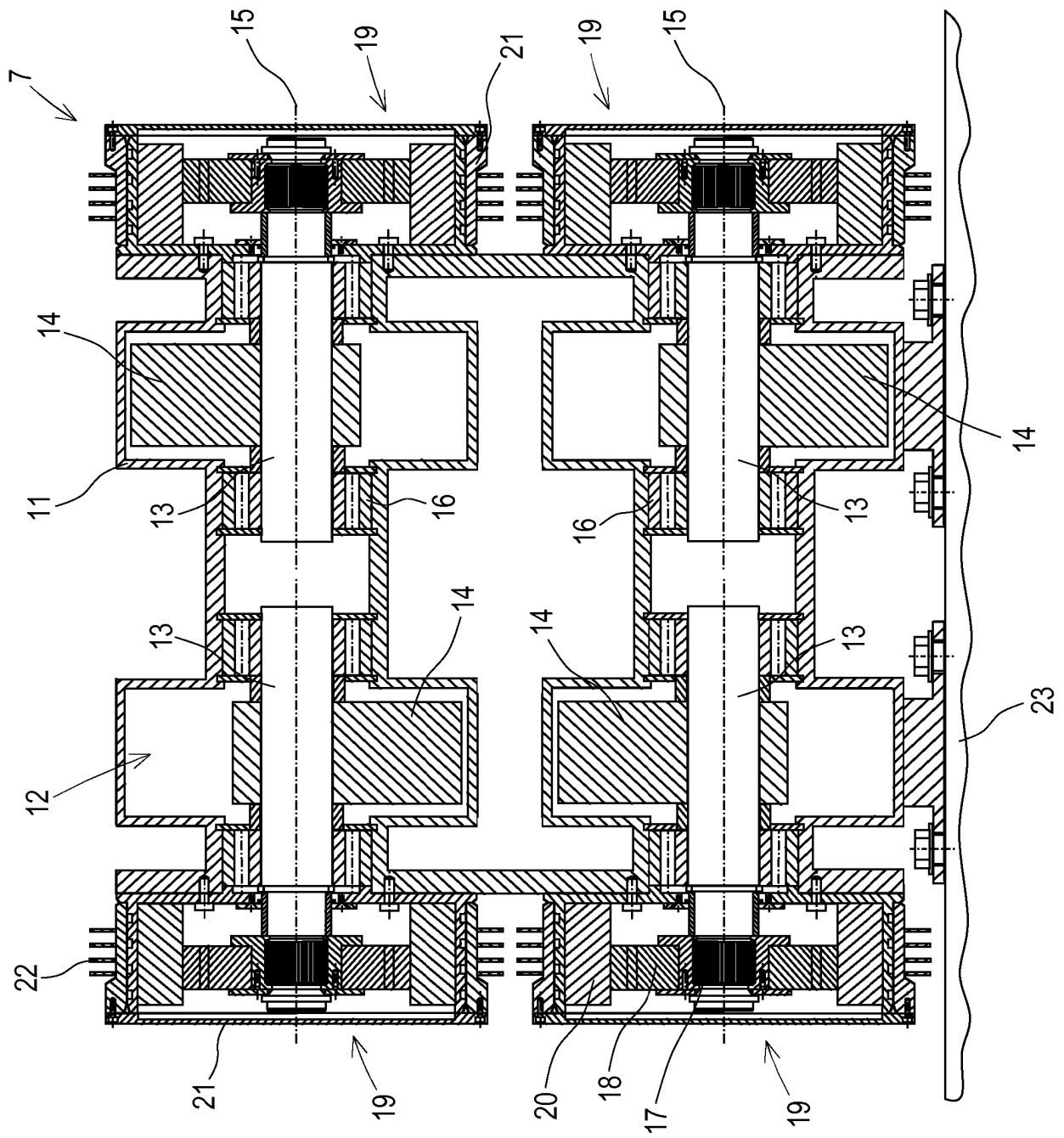


Fig. 2

Fig. 5

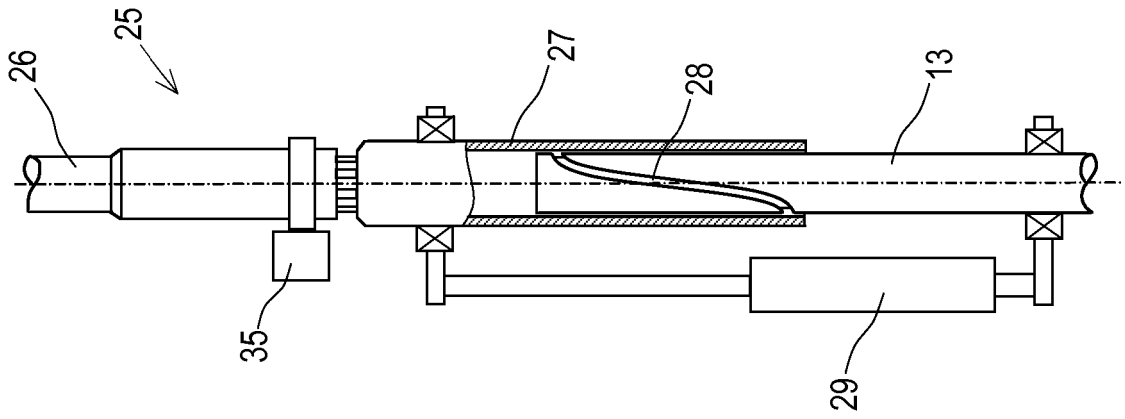


Fig. 4

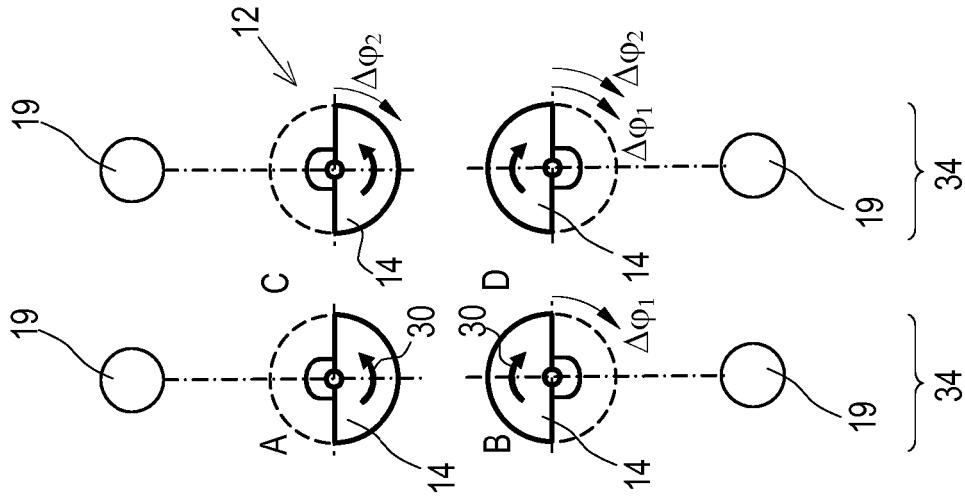


Fig. 3

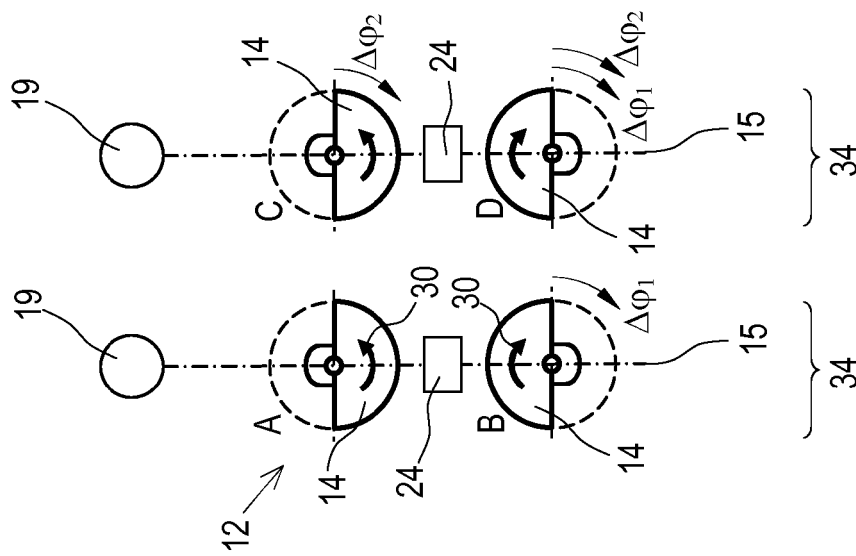


Fig. 6

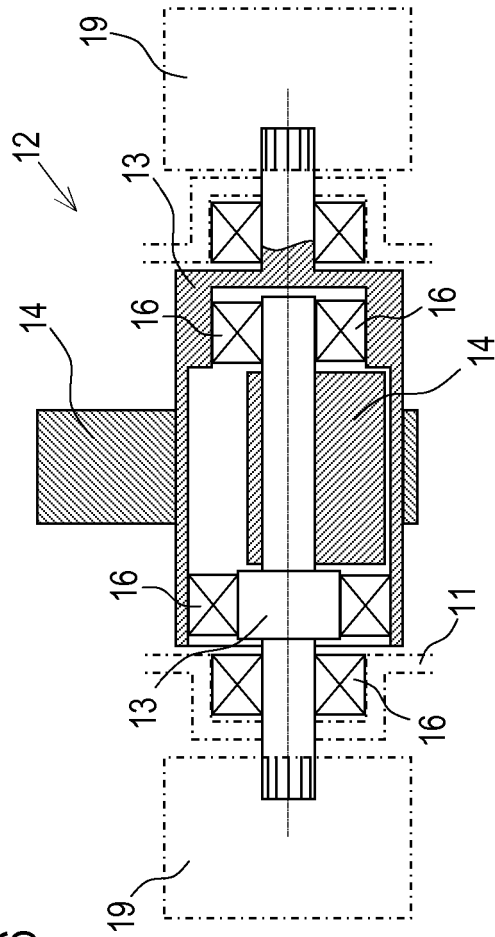
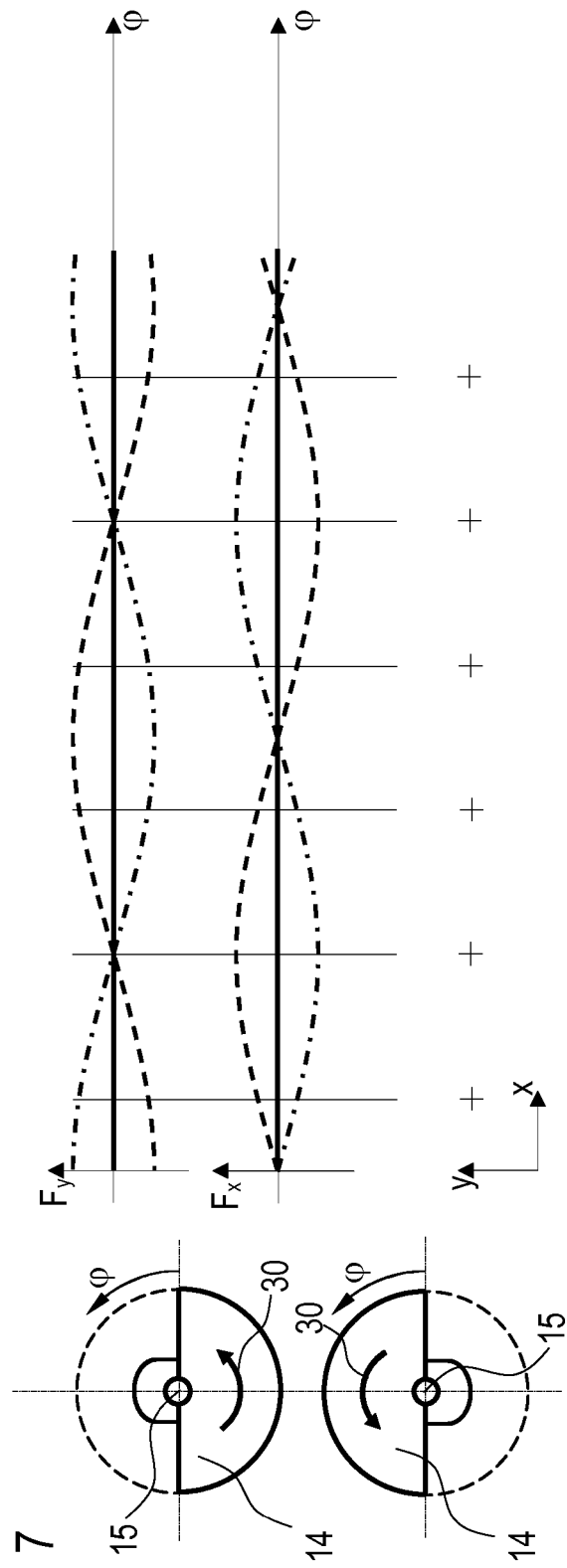
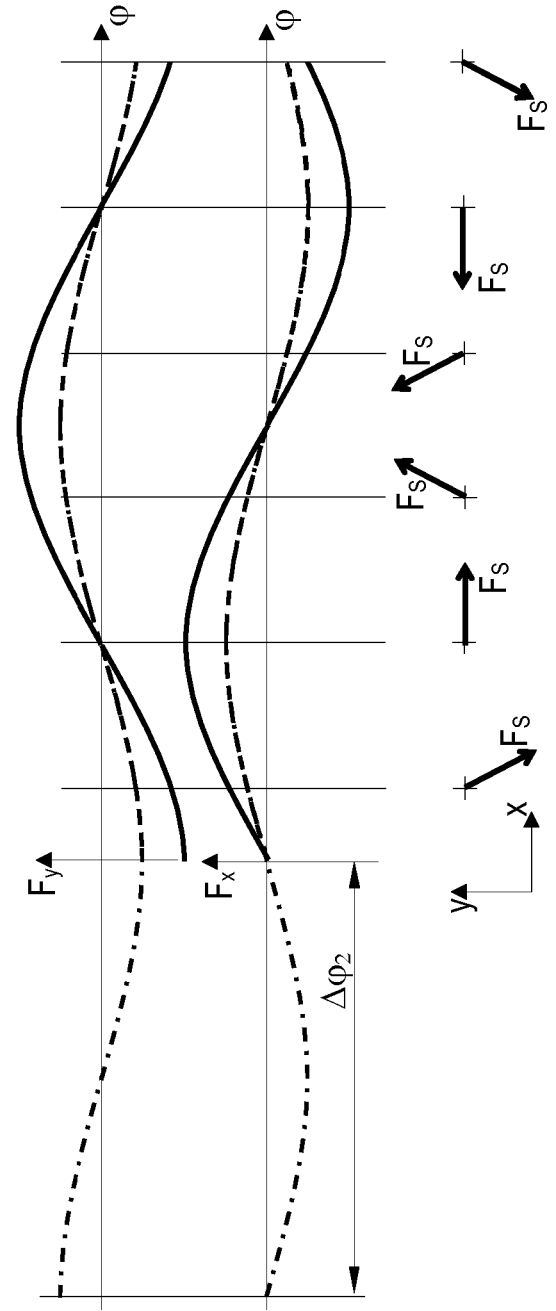
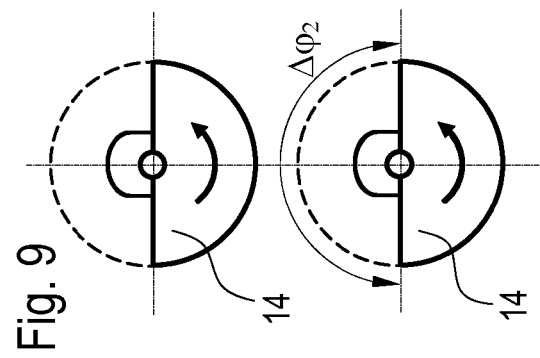
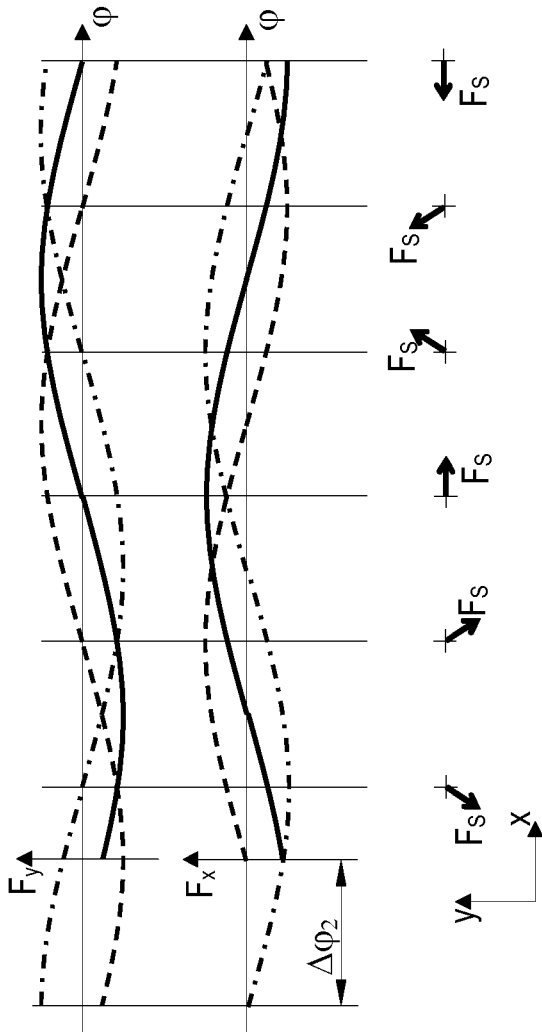
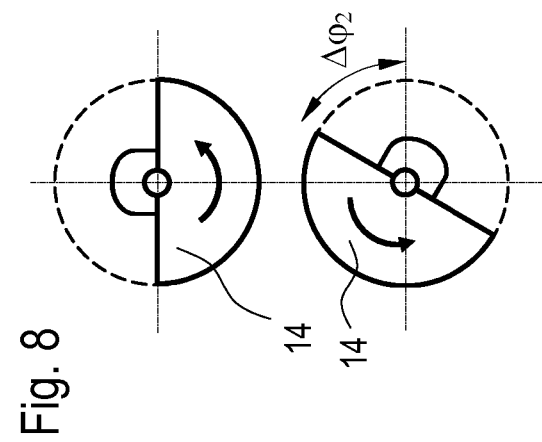


Fig. 7





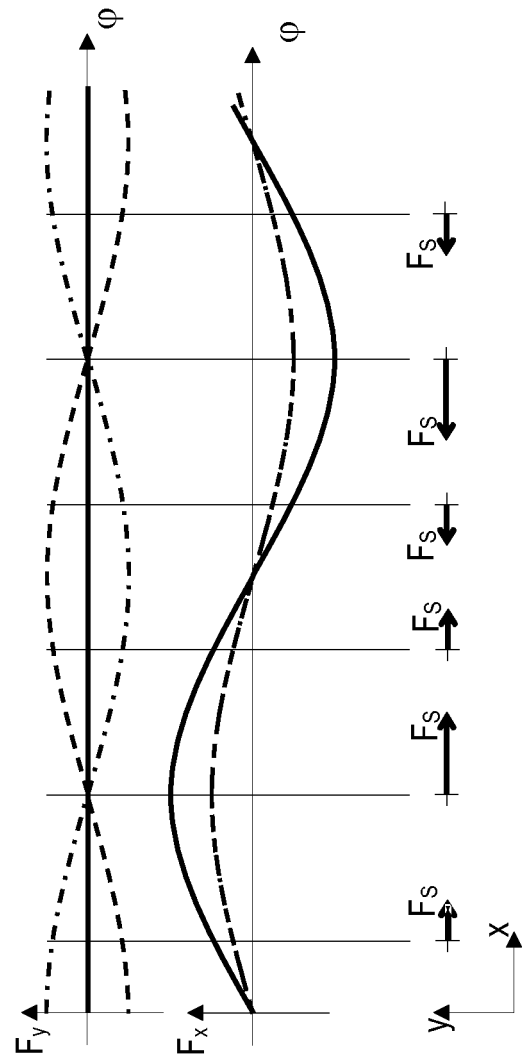


Fig. 10

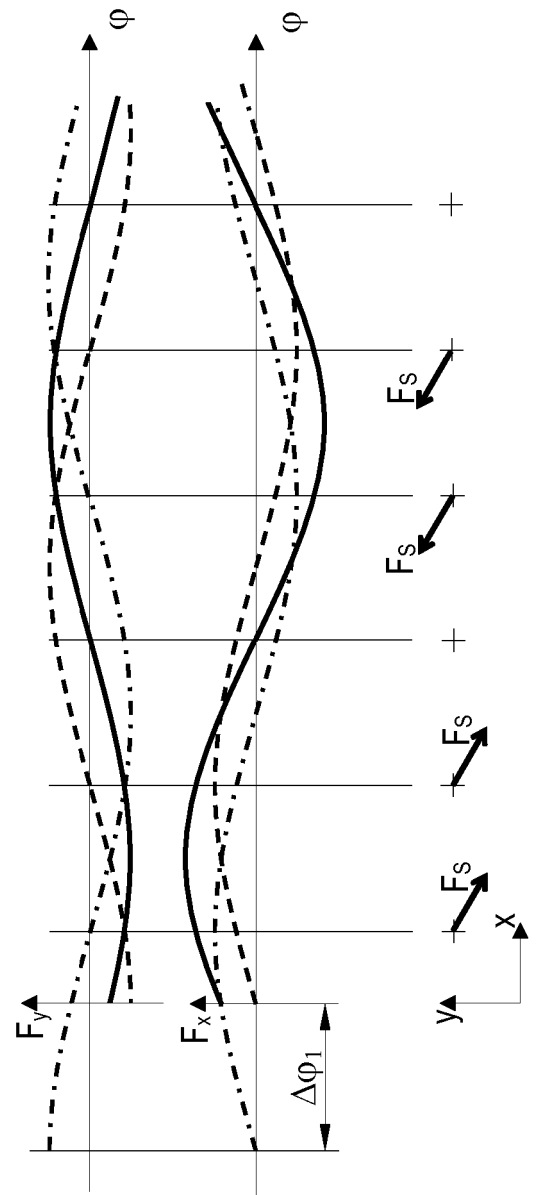
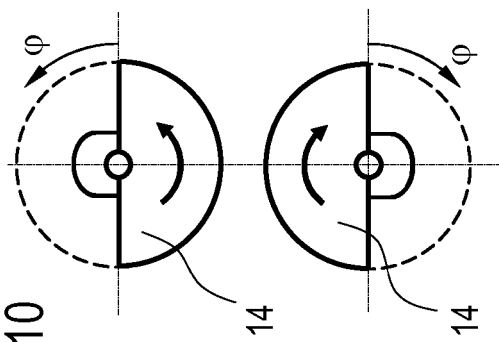


Fig. 11

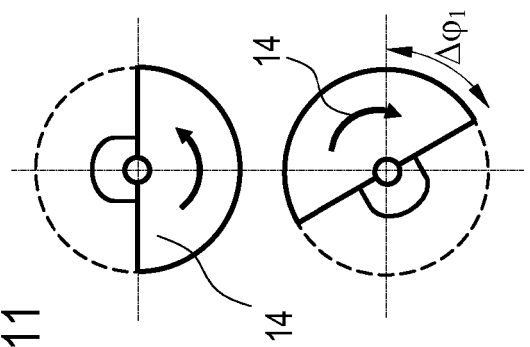


Fig. 12

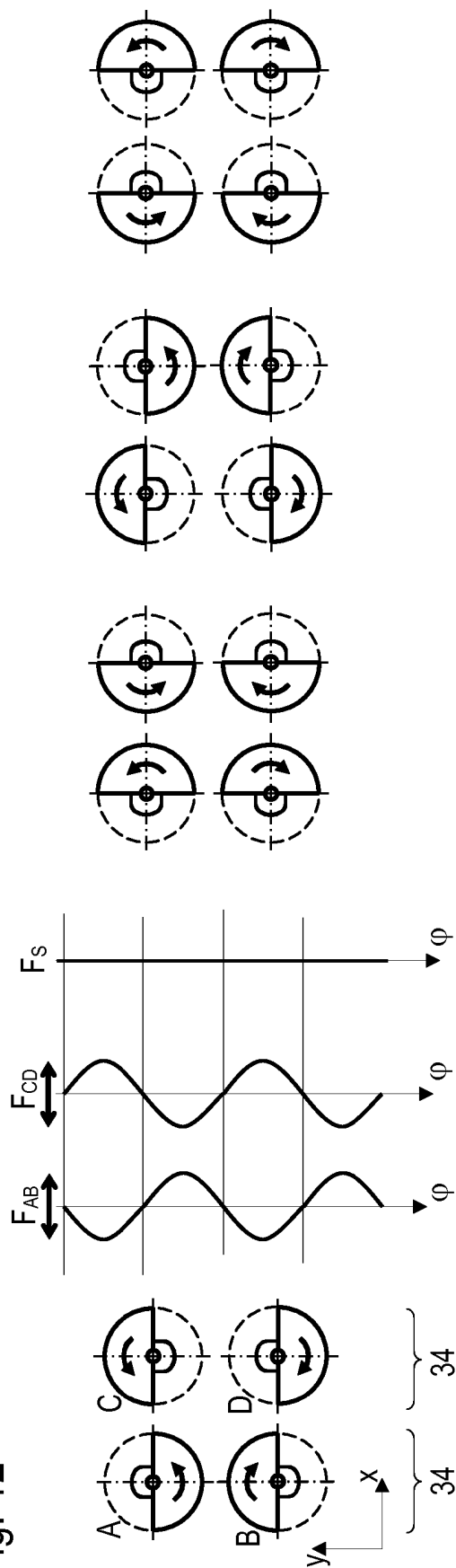
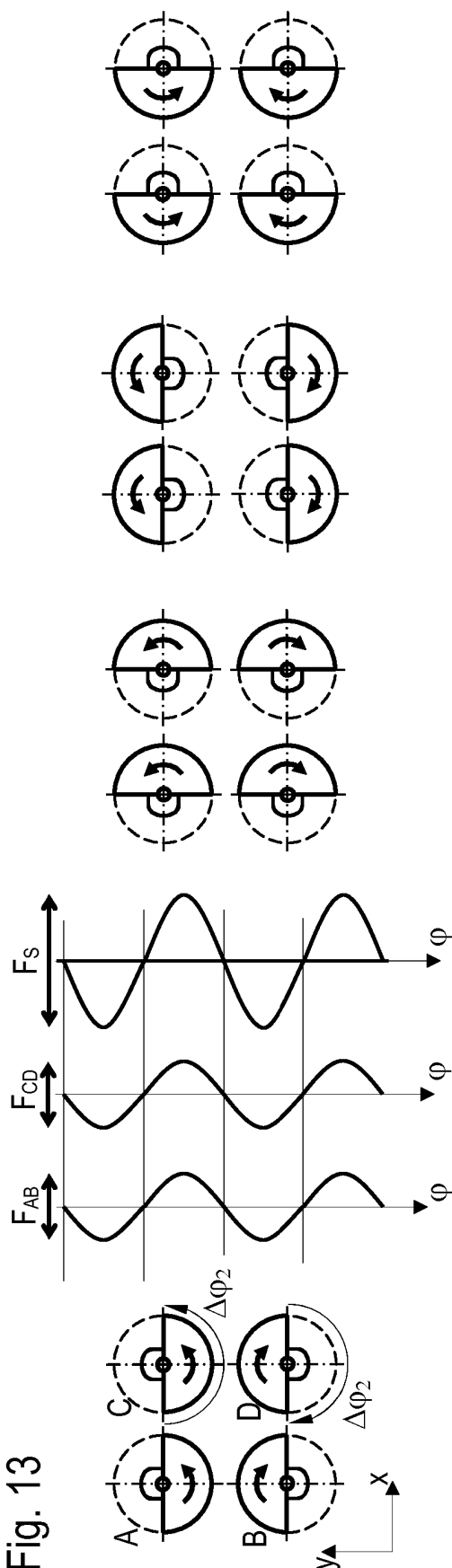


Fig. 13



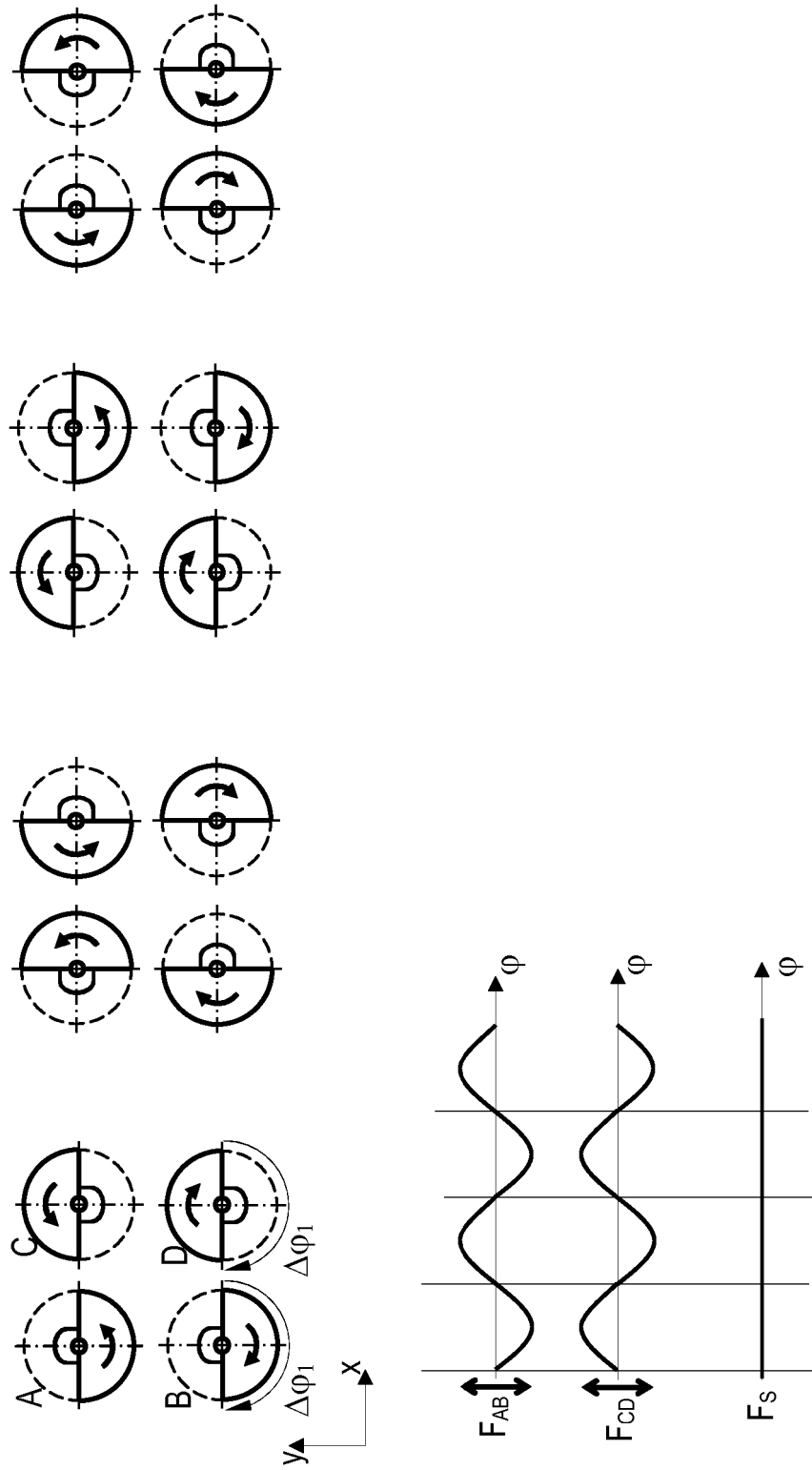


Fig. 14



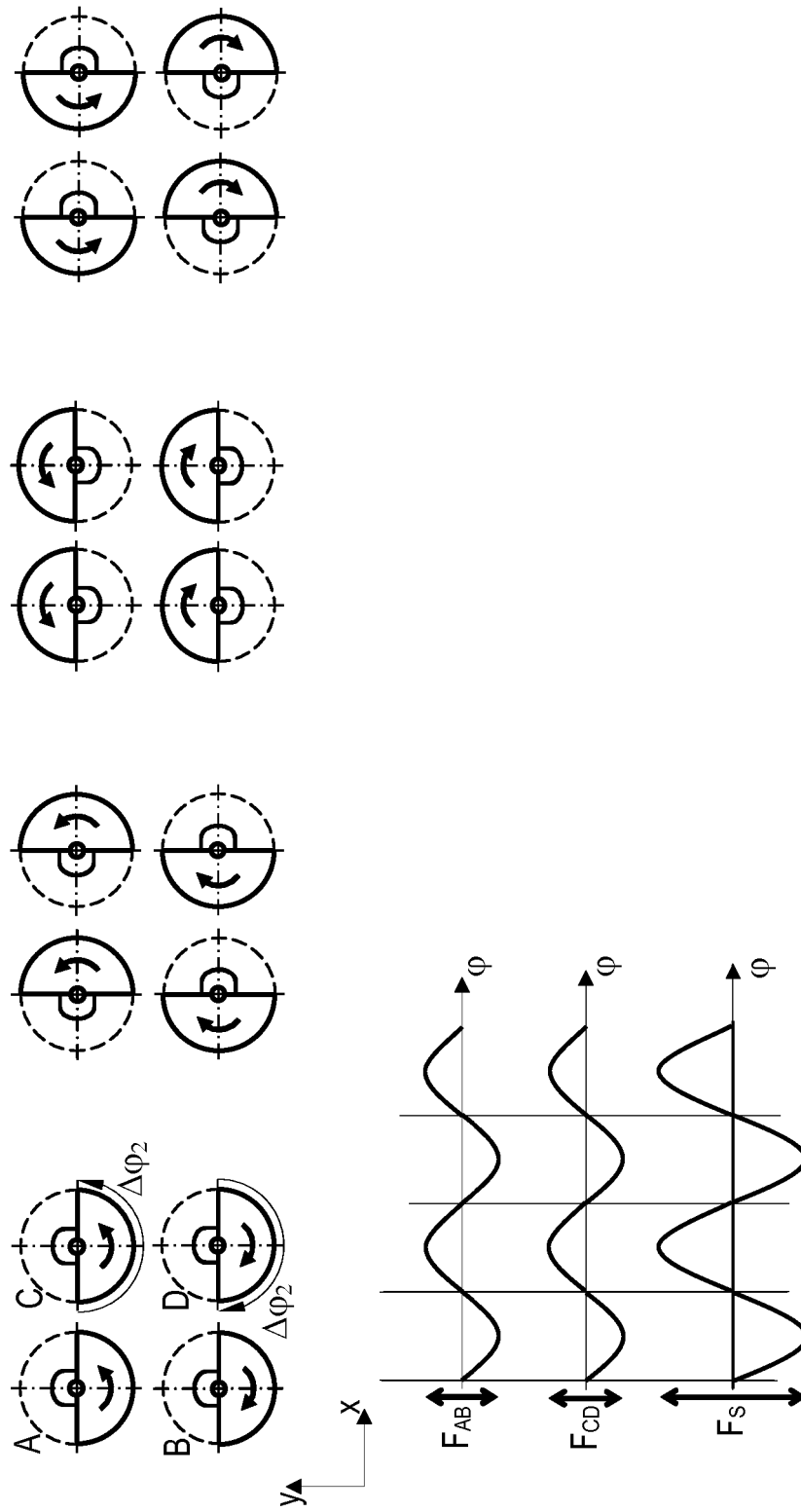
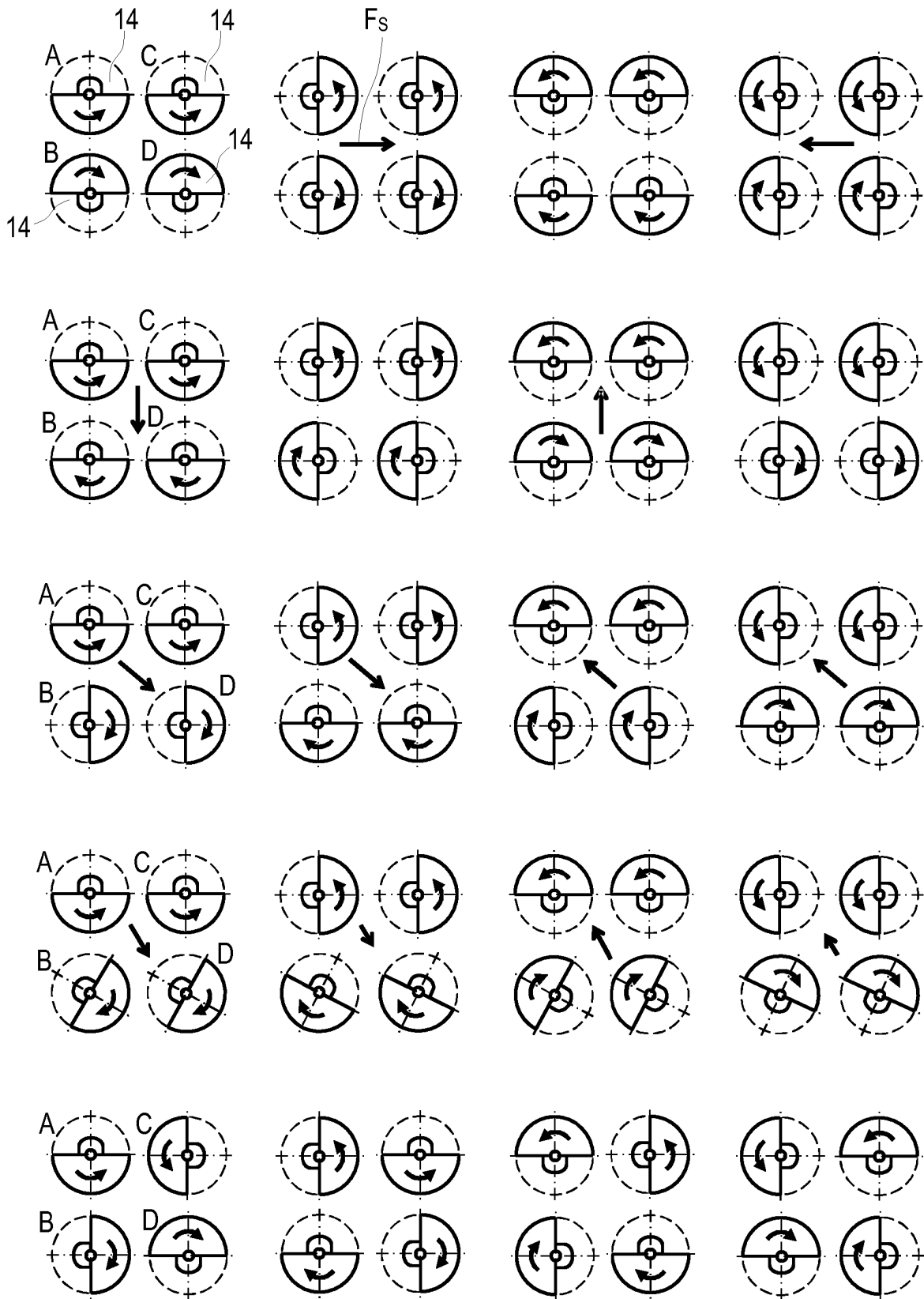


Fig. 15

Fig. 16



**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**

- WO 2008009314 A1 [0003]
- FR 1347335 A [0004]
- CN 106592349 A [0004]