

(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
19. Dezember 2019 (19.12.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/238276 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01R 31/34 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/053916

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. Februar 2019 (18.02.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 209 723.2
15. Juni 2018 (15.06.2018) DE

(71) Anmelder: **KRONES AG** [DE/DE]; Böhmerwaldstrasse 5, 93073 Neutraubling (DE).

(72) Erfinder: **KIENDL, Thomas**; Böhmerwaldstr. 5, 93073 Neutraubling (DE). **DAVIDSON, Hartmut**; Böhmerwaldstr. 5, 93073 Neutraubling (DE). **ELSPERGER, Stefan**; Böhmerwaldstr. 5, 93073 Neutraubling (DE).

(74) Anwalt: **GRÜNECKER PATENT- UND RECHTSANWÄLTE PARTG MBB**; Leopoldstrasse 4, 80802 München (DE).

(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.

(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, 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,

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR MONITORING THE WEAR OF A LONG-STATOR LINEAR MOTOR SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR VERSCHLEISSÜBERWACHUNG EINES LANGSTATOR-LINEARMOTOR-SYSTEMS

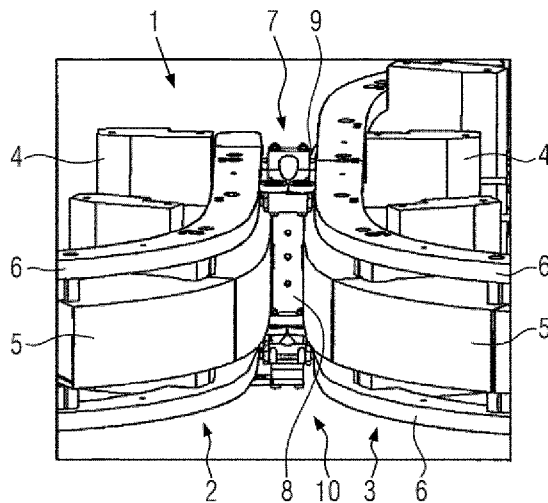


FIG. 1

(57) Abstract: A description is given of a method and an apparatus for monitoring the wear of a long-stator linear motor system comprising at least one motor phase winding with stators and at least one transport vehicle electromagnetically driven thereby. As a result of the fact that a force exerted electromagnetically and/or mechanically on the motor phase winding by the transport vehicle transversely to the transport direction of the latter, or a differential force exerted in this manner on two opposite motor phase windings by the transport vehicle is measured using sensors, changes in the forces acting between the motor phase winding and the vehicle, which are caused by dimensional tolerances and/or wear, can be detected in order to prevent a points malfunction.

(57) Zusammenfassung: Beschrieben werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verschleißüberwachung eines Langstator-Linearmotor-Systems umfassend wenigstens einen Motorstrang mit Statoren und wenigstens ein elektromagnetisch davon angetriebenes Transportfahrzeug. Dadurch, dass eine vom Transportfahrzeug quer zu dessen Transportrichtung elektromagnetisch und/oder mechanisch auf den Motorstrang ausgeübte Kraft oder eine vom Transportfahrzeug auf zwei gegenüberliegende Motorstränge derart ausgeübte Differenzkraft sensorisch gemessen wird, können durch Maßtoleranzen und/oder Verschleiß bedingte Veränderungen der zwischen Motorstrang und Fahrzeug wirkenden Kräfte erkannt werden, um einer Weichenfehlfunktion vorzubeugen.



WO 2019/238276 A1

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)*

Verfahren und Vorrichtung zur Verschleißüberwachung eines Langstator-Linearmotor-Systems

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verschleißüberwachung eines Langstator-Linearmotor-Systems gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1 und 7.

Transportsysteme mit Langstator-Linearmotoren und davon individuell angetriebenen Transportfahrzeugen (Shuttles) sowie dynamische Magnetweichen zur Verteilung der Transportfahrzeuge auf unterschiedliche Transportbahnen sind im Prinzip beispielsweise aus der DE 10 2013 218 389 bekannt.

Die Funktion der Magnetweichen beruht dabei auf dem Prinzip, dass Stromfluss durch die seitlich angeordneten Statoren im Weichenbereich eine in Querrichtung auf das jeweilige Fahrzeug / Shuttle wirkende Anziehungskraft bzw. eine abstoßende Kraft erzeugt und/oder eine anziehende Normalkraft reduziert. Diese kann gezielt verändert werden, um einzelne Fahrzeuge / Shuttles in die jeweils zugordnete Transportbahn zu leiten.

Für eine zuverlässige Weichenfunktion sind möglichst gleichmäßige Querkräfte, insbesondere Normalkräfte, wie beispielsweise durch Reluktanz erforderlich. Die Normalkräfte hängen von verschiedenen Parametern ab, wie der Breite des magnetischen Luftspalts und der Magnetisierung der magnetischen Reaktionselemente auf dem jeweiligen Transportfahrzeug.

Bedingt durch Herstellungstoleranzen und betriebsbedingten Verschleiß der Fahrzeuglaufrollen können sich unterschiedliche Luftspaltmaße auf beiden Seiten des antriebstechnisch symmetrisch aufgebauten Fahrzeugs / Shuttles ergeben. Problematisch ist dabei, dass symmetrische Spaltmaße für eine sichere Weichenfunktion von entscheidender Bedeutung sind. Asymmetrien von wenigen Zehntelmillimetern können bereits zu unkontrollierten Querkräften bzw. Normalkräften führen, die höher sind als die Stellkräfte der Weichen. Dies führt dann zu einer Fehlfunktion der Weiche. Auch der motorische Betrieb mit einseitig angebrachten Motorsegmenten wird verändert, da der Luftspalt die Motoreigenschaften, wie beispielsweise Kraftfaktor und Gegen-EMK beeinflusst.

Es besteht daher Bedarf für eine vorausschauende Verschleißüberwachung weichenfähiger Langstator-Linearmotor-Systeme insbesondere zur Vorbeugung von Weichenfehlfunktionen aber auch im normalen motorischen Betrieb. Anders gesagt sollen fehlerhafte

Fahrzeuge / Shuttles, insbesondere solche mit verschlissenen Laufrollen, möglichst rechtzeitig erkannt und ersetzt bzw. repariert werden.

Die gestellte Aufgabe wird mit einem Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Demnach dient dieses der Verschleißüberwachung eines Langstator-Linearmotor-Systems umfassend wenigstens einen Motorstrang mit Statoren und wenigstens ein davon elektromagnetisch angetriebenes Transportfahrzeug. Erfindungsgemäß wird eine vom Transportfahrzeug quer zu dessen Transportrichtung elektromagnetisch und/oder mechanisch auf den Motorstrang ausgeübte Kraft oder eine vom Transportfahrzeug derart auf zwei gegenüberliegende Motorstränge ausgeübte Differenzkraft sensorisch gemessen.

Die Überwachung ist kontinuierlich im laufenden Betrieb bzw. Produktstrom möglich. Beispielsweise kann während des Betriebs eine Normalkraft zwischen Transportfahrzeug und Motorstrang mittels Kraftsensor fortlaufend gemessen und ausgewertet werden. Dies kann sowohl einseitig erfolgen, wobei dann die absolute Normalkraft gemessen wird, als auch beidseitig, wobei dann eine Differenz-Normalkraft ermittelt wird. Anschließend können die gemessenen Kräfte auf kritische Werte überprüft werden.

Mit der Zeit einseitig zunehmende Querkraften deuten auf einen Verschleiß der Laufrollen des Transportfahrzeugs hin. Somit lässt sich eine drohende Fehlfunktion insbesondere aufgrund zu geringen Abstands des Transportfahrzeugs von einem Motorstrang vorhersagen.

Vorzugsweise ist die Kraft / Differenzkraft eine vom Transportfahrzeug elektromagnetisch auf einen Stator des Motorstrangs ausgeübte Querkraft, insbesondere eine Normalkraft. Dies lässt einen direkten Rückschluss über die Spaltweite zwischen Stator und magnetischem Reaktionselement des Transportfahrzeugs zu.

Vorzugsweise ist die Kraft eine vom Transportfahrzeug mechanisch auf eine Führungsschiene des Motorstrangs ausgeübte Querkraft, insbesondere eine Normalkraft. Die Querkraft wird dann von den Laufrollen des Transportfahrzeugs auf die Führungsschiene übertragen und lässt ebenso einen zuverlässigen Rückschluss über die Spaltweite zwischen Stator und magnetischem Reaktionselement des Transportfahrzeugs zu.

Vorzugsweise repräsentiert die gemessene Kraft / Differenzkraft einen Istwert und wird als solcher mit einem zulässigen Maximalwert verglichen. Dies ermöglicht eine laufende Abschätzung über die Wahrscheinlichkeit einer drohenden Fehlfunktion, gegebenenfalls auch eine Trendanalyse über die Wahrscheinlichkeit.

Vorzugsweise ist der zulässige Maximalwert kleiner als eine Mindestquerstellkraft einer am Langstator-Linearmotor-System ausgebildeten Weiche für das Transportfahrzeug. Damit lässt sich eine drohende Fehlfunktion der Weiche vorhersagen mit dem Ziel, fehlerhafte Transportfahrzeuge rechtzeitig zu ersetzen und/oder zu reparieren. Vorzugsweise wird maschinell überprüft, ob die gemessene Kraft / Differenzkraft in einem zwischen einem zulässigen Maximalwert und einem zulässigen Minimalwert definierten zulässigen Arbeitsbereich des Motorensystems liegt. Beispielsweise vergleicht eine dem Langstator-Motorsystem zugeordnete Recheneinheit wenigstens einen gemessenen Istwert mit einem dem zulässigen Arbeitsbereich entsprechend vorgegebenen Sollwertbereich.

Anders gesagt soll die gemessene Kraft / Differenzkraft für den ordnungsgemäßen Betrieb des Langstator-Motorsystems einen zulässigen Messwert ergeben, der zwischen einer vorher festgelegten oberen und unteren Grenze liegt. Dies ermöglicht einen dauerhaft ordnungsgemäßen Betrieb des Motorensystems auch ohne Weiche.

Vorzugsweise ist die gemessene Kraft / Differenzkraft ein Maß für die Breite eines Abstands, insbesondere Spalts, zwischen einem Stator des Motorstrangs im Bereich der Kraftmessung und einem magnetischen Reaktionselement des Transportfahrzeugs. Damit ist ein Rückschluss über den Verschleiß der Laufrollen möglich.

Die gestellte Aufgabe wird ebenso mit einer Vorrichtung gemäß Anspruch 7 gelöst. Demnach dient diese zur Verschleißüberwachung eines Langstator-Linearmotor-Systems und umfasst wenigstens einen Motorstrang mit Statoren und wenigstens ein von diesem elektromagnetisch angetriebenen Transportfahrzeug. Erfindungsgemäß umfasst die Vorrichtung ferner eine insbesondere am Motorstrang befestigte Messeinrichtung zur Messung einer vom Transportfahrzeug quer zu dessen Transportrichtung auf den Motorstrang ausgeübten Kraft. Es werden dieselben Vorteile erzielt wie mit dem erfindungsgemäßen Verfahren.

Vorzugsweise umfasst der Motorstrang einen Rahmen und wenigstens einen daran gelagerten Stator, und die Messeinrichtung umfasst wenigstens eine Kraftmessdose, die zwischen dem Stator und dem Rahmen zur Messung einer auf den Stator wirkenden elektromagnetischen Anziehungskraft angeordnet ist. Dies ermöglicht eine einfache Kraftmessung durch Auseinanderziehen der Kraftmessdose zwischen Stator und Rahmen oder dergleichen.

Vorzugsweise umfasst der Motorstrang einen Rahmen und eine daran gelagerte Führungsschiene, das Transportfahrzeug umfasst daran seitlich entlanglaufende Laufrollen, und die Messeinrichtung umfasst wenigstens eine Kraftmessdose, die zwischen der Führungsschiene und dem Rahmen zur Messung einer auf die Führungsschiene wirkenden Andruckkraft angeordnet ist. Dies ermöglicht unterschiedliche Kraftmessungen durch Zusammendrücken, Auseinanderziehen oder Verschieben von Befestigungselementen der Kraftmessdose zwischen Führungsschiene und Rahmen.

Vorzugsweise umfasst die Messeinrichtung wenigstens eine zwischen einem Rahmen des Motorstrangs und einem Stator und/oder zwischen dem Rahmen und einer seitlichen Führungsschiene für das Transportfahrzeug kraftschlüssig eingesetzte Kraftmessdose. Kraftmessdosen sind zuverlässig und wirtschaftlich für eine dauerhafte Überwachung im Produktionsbetrieb.

Vorzugsweise sind zwei Motorstränge mit einer Messeinrichtung zu beiden Seiten des Transportfahrzeugs ausgebildet, um eine vom Transportfahrzeug quer zu seiner Transportrichtung auf die Motorstränge ausgeübten Differenzkraft zu messen. Dies ist besonders aufschlussreich für eine Überwachung der Eingangsbereiche von Weichen.

Vorzugsweise liegt der Motorstrang im Eingangsbereich zu einer Weiche des Langstator-Linearmotor-Systems. In diesem Bereich befinden sich beidseitig vom Transportfahrzeug Motorstränge, deren ausgeübte Querkraft entscheidend für die korrekte Schaltfunktion der Weiche ist. Somit lässt sich die Funktionstüchtigkeit der Weiche zuverlässig abschätzen.

Vorzugsweise ist die Messeinrichtung in einem geradlinigen Abschnitt des Motorstrangs angeordnet. Dort treten im Idealfall symmetrische Querkräfte zu beiden Seiten des Transportfahrzeugs auf, und somit eine Differenz-Normalkraft im Idealfall gleich null. Eine Überwachung ist dort besonders einfach und aufschlussreich.

Vorzugsweise ist die Messeinrichtung zur Messung einer seitlichen Normalkraft ausgebildet. Dies vereinfacht eine zuverlässige Abschätzung der Spaltweite und Vorhersage der Weichenfunktion durch Vergleich mit der zugehörigen Stellkraft.

Vorzugsweise umfasst die Vorrichtung ferner eine Recheneinheit zum Vergleich eines mit der Messeinrichtung gemessenen Istwerts mit einem Sollwert oder Sollwertbereich, insbesondere mit einem zulässigen Maximalwert, einer quer zur Transportrichtung auf den Motorstrang wirkenden Kraft und/oder einer auf einander gegenüberliegende Motorstränge wirkenden Differenzkraft. Dadurch sind vielfältige Auswertungen sowohl hinsichtlich des Istzustands als auch darauf basierende Trendanalysen möglich.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind zeichnerisch dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 einen Blick in eine Weiche des Langstator-Linearmotor-Systems;

Fig. 2 eine Draufsicht auf den Eingangsbereich der Weiche;

Fig. 3 einen schematischen Querschnitt durch ein Langstator-Linearmotor-System zur Verdeutlichung der zugrundeliegenden Problemstellung.

Fig. 4 einen schematischen Querschnitt durch eine erste Ausführungsform der Messeinrichtung;

Fig. 5 einen schematischen Querschnitt durch eine zweite Ausführungsform der Messeinrichtung;

Fig. 6 einen schematischen Querschnitt durch eine dritte Ausführungsform der Messeinrichtung; und

Fig. 7 einen schematischen Schnitt durch die dritte Ausführungsform von oben gesehen.

Die Fig. 1 und 2 zeigen einen Abschnitt eines Langstator-Linearmotor-Systems 1 mit einander gegenüberliegenden Motorsträngen 2, 3, die jeweils einen Rahmen 4 und daran befestigte elektromagnetische Statoren 5 sowie seitliche Führungsschienen 6 für ein Transportfahrzeug 7 (Shuttle) umfassen. Das Transportfahrzeug 7 umfasst mit den Statoren 5 wechselwirkende magnetische Reaktionselemente 8 sowie an den Führungsschie-

nen 6 entlanglaufende Laufrollen 9. Diese Komponenten von Langstator-Linearmotor-Systemen 1 dienen zum Transport von Behältern oder dergleichen Produktkomponenten in Abfüllanlagen, sind an sich bekannt und daher im Folgenden nicht weiter erläutert.

In den Fig. 1 und 2 ist ferner eine Weiche 10 zu erkennen, hinter der sich die Transportbahn für das Transportfahrzeug 7 entweder entlang des einen Motorstrangs 2 oder des anderen Motorstrangs 3 fortsetzt. Bei geeignetem Stromfluss durch die Statoren 5 des jeweils aktivierten Motorstrangs 2 oder 3 wird das Transportfahrzeug 7 so fest seitlich angezogen, dass es auch nach der Weiche 10 weiterhin an dem aktivierten Motorstrang 2, 3 entlanggeführt wird. Auch dies ist an sich bekannt.

Wie die Fig. 3 im Prinzip verdeutlicht, wirkt je nach Weite eines zwischen Stator 5 und magnetischem Reaktionselement 8 jeweils wirksamen Luftspalts 11 eine anziehende Kraft 12, 13 zwischen Transportfahrzeug 7 und jeweiligem Motorstrang 2, 3. Je weiter der Luftspalt 11, desto kleiner die Kraft 12, 13 und umgekehrt. Die einander entgegengesetzten Kräfte 12, 13 können absolut gemessen werden und resultieren in einer daraus berechenbaren Differenzkraft 14.

Die Kräfte 12, 13, 14 sind Querkräfte und insbesondere Normalkräfte bezogen auf die Transportrichtung 7a des Transportfahrzeugs 7.

Die Ausführungsform gemäß Fig. 4 umfasst eine Messeinrichtung 15 mit einer ersten Kraftmessdose 16 zur Messung der Kraft 12 und/oder mit einer zweiten Kraftmessdose 17 zur Messung der entgegengesetzten Kraft 13. Die Kraftmessdosen 16, 17 sind jeweils am Rahmen 4 und am Stator 5, insbesondere dazwischenliegend, des zugeordneten Motorstrangs 2, 3 befestigt. Die Kraftmessdosen 16, 17 messen dann Zugkräfte zwischen den Rahmen 4 und den Statoren 5. Anders gesagt ist der Stator 5 dann vorzugsweise mittels der Kraftmessdosen 16, 17 am Rahmen 4 befestigt.

Die Messeinrichtung 15 detektiert vorzugsweise die Differenzkraft 14 die auf die Motorstränge 2,3 wirkt. Diese Variante der Messung ist im Parallelfahrbereich vor der Weiche 10 und/oder innerhalb eines speziellen Überwachungssegments mit beiderseits geradlinigen Motorsträngen 2, 3 möglich. Eine einseitige Messung der Kraft 12, 13 ist auch an einem freistehenden bzw. einseitigen Segment des Langstator-Linearmotor-Systems 1 möglich.

Die Ausführungsform gemäß Fig. 5 dient der Messung einer Kraft 22, 23, mit der die Laufrollen 9 gegen die zugeordnete Führungsschiene 6 drückt. Die Kraft 22, 23 wirkt in Normalkraftrichtung 24 zwischen dem Transportfahrzeug 7 und dem jeweiligen Motorstrang 2, 3.

Hierzu ist eine Messeinrichtung 25 mit einer ersten Kraftmessdose 26 zur Messung der Kraft 22 und/oder mit einer zweiten Kraftmessdose 27 zur Messung der entgegengesetzten Kraft 23 vorhanden. Die Kraftmessdosen 26, 27 sind jeweils am Rahmen 4 und an der Führungsschiene 6, insbesondere dazwischenliegend, des zugeordneten Motorstrangs 2, 3 befestigt und messen beispielsweise eine Schubkraft bzw. Andruckkraft zwischen Rahmen 4 und Führungsschiene 6. Darunter ist zu verstehen, dass eine Normalkraft auf die Führungsschiene 6 gemessen wird, die so gerichtet ist, als ob die Führungsschiene 6 weggeschoben würde.

Die Messeinrichtung 25 detektiert dann vorzugsweise die direkt in Normalkraftrichtung 24 auf die jeweilige Führungsschiene 6 einwirkende Kraft 22 oder 23. Eine Differenzmessung ist dann nicht erforderlich. Diese Variante der Messung ist im Parallelfahrbereich vor der Weiche 10 und/oder innerhalb eines speziellen Überwachungssegments mit beiderseits geradlinigen Motorsträngen 2, 3 möglich. Eine einseitige Messung der Kraft 22, 23 ist auch an einem freistehenden Segment des Langstator-Linearmotor-Systems 1 möglich.

Aus den gemessenen Kräften 12, 13, 14, 22, 23 lässt sich auf einen fortschreitenden und/oder kritischen Verschleiß der Laufrollen 9 oder auf anderweitige Abweichungen vom Sollzustand des Langstator-Linearmotor-Systems 1 schließen.

Die Erfindung erlaubt somit eine unmittelbare Darstellung der aktuellen Kraftsituation zwischen Transportfahrzeugen 7 und Motorsträngen 2, 3, was für eine zuverlässige Vorhersage von Weichenfunktionen ausgehend von deren auslösenden Stellkräften entscheidend ist.

Folglich ermöglicht die vorliegende Erfindung eine erhöhte Prozesssicherheit der Weichen 10 und eine Reduzierung spontan auftretender Fehlerzustände des Transportsystems insgesamt. Transportfahrzeuge 7 und/oder einzelne Bauteile, insbesondere deren Laufrollen 9, können bedarfsgerecht und damit auf wirtschaftliche Weise ausgewechselt werden.

Funktionskritische Transportfahrzeuge 7 können erkannt und anschließend manuell ausgetauscht werden. Möglich ist auch eine automatisierte Variante, bei der funktionskritische Transportfahrzeuge 7 mittels Weiche ausgeschleust und überholte oder neue Transportfahrzeuge 7 als Ersatz eingeschleust werden.

Weitere, nicht erfindungsgemäße Möglichkeiten der Verschleißüberwachung sind nachfolgend beschrieben.

Als Indiz für einen Rollenverschleiß können beispielsweise Schwingungen gemessen werden, die das Transportfahrzeug auf die Führungsschienen überträgt. Denkbar ist hierbei auch eine einseitige Variante. Es sind dann beispielsweise Schwingungssensoren (nicht dargestellt) an den Führungsschienen angebracht. Da Rollenverschleiß am Transportfahrzeug die Führungsschienen zu definierten Schwingungen anregt, können diese von den Schwingungssensoren aufgenommen werden. Mit einer digitalen Auswertung der Schwingungen bezüglich Frequenzbereich und Amplitude kann der Verschleiß der Rollen somit überwacht werden.

Möglich ist ebenso eine Messung des Rollenverschleißes, auf deren Grundlage man auf eine geänderte Kraftsituation zwischen den Transportfahrzeugen und Motorsträngen schließen kann.

Alternativ ist auch eine direkte Messung des Luftspalts zwischen Stator und magnetischem Reaktionselement des Fahrzeugs als Maß für die resultierende Normalkraft denkbar, beispielsweise mittels einer Laufwegmessung mit Ultraschall, Laserlicht oder dergleichen.

In Kombination mit wenigstens einer voranstehend beschriebenen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung oder auch für sich allein genommen ist ein weiteres Überwachungsverfahren zur Verschleißkontrolle eines Langstator-Linearmotor-Systems anwendbar, das auf einer Messung induzierter Spannungen beruht.

Ein solches Verfahren dient zur Verschleißüberwachung eines Langstator-Linearmotor-Systems mit wenigstens einem Motorstrang mit Statoren und wenigstens einem elektromagnetisch davon angetriebenen Transportfahrzeug.

Ferner wird eine von dem sich bewegenden Transportfahrzeug mittels daran ausgebildeter magnetischer Reaktionselemente in wenigstens einer Spulenwicklung der Statoren induzierte Spannung gemessen.

Die Höhe dieser Spannung ist abhängig von der Weite des zwischen Stator und magnetischem Reaktionselement jeweils wirksamen Luftspalts. Je weiter der Luftspalt, desto kleiner die derart gemessene Spannung und umgekehrt.

Aus der gemessenen Spannung lässt sich unter Berücksichtigung anderer, die gemessene Spannung beeinflussender Parameter, wie insbesondere der Relativgeschwindigkeit der Reaktionselemente bezüglich der Statoren und/oder der magnetischen Feldstärke der Reaktionselemente, auf die Weite des Luftspalts schließen.

Das Unterschreiten einer vorgegebenen Mindestweite und/oder ein bestimmter zeitlicher Verlauf einer zunehmenden Verengung des Luftspalts können dann als Beurteilungskriterium für einen Verschleiß des Langstator-Linearmotor-Systems verwendet werden.

Die induzierte Spannung kann durch die Motorelektronik des Langstator-Linearmotor-Systems gemessen und ausgewertet werden.

Die Geschwindigkeit des Transportfahrzeugs kann durch separate Positionserkennung beispielsweise von einem unabhängigen Sensorsystem erfasst werden. Im Normalfall werden die intern verbauten Positionssensoren für die Positionserkennung verwendet. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, die Geschwindigkeit als beeinflussende Größe der Spannungsmessung zu kompensieren und nur die für die Verschleißüberwachung relevanten Parameter zu detektieren.

Die gemessene Spannung bzw. eine daraus berechenbare Größe der Normalkraft kann anschließend mit kritischen Werten verglichen werden.

Eine entsprechende Vorrichtung zur Verschleißüberwachung eines Langstator-Linearmotor-Systems umfasst einen Motorstrang mit Statoren und wenigstens einem von diesem elektromagnetisch angetriebenen Transportfahrzeug. Ferner ist eine Messeinrichtung zur Messung einer von dem sich bewegenden Transportfahrzeug mittels daran ausgebildeter magnetischer Reaktionselemente in wenigstens einer Spulenwicklung der Statoren induzierten Spannung vorhanden.

Die Vorrichtung umfasst dann beispielsweise eine Recheneinheit zur Auswertung der gemessenen Spannungen wie oben bezüglich des Verfahrens beschrieben ist.

Die Fig. 6 und 7 zeigen einen schematisch einen Abschnitt des Langstator-Linearmotor-Systems 1 mit einer dritten Ausführungsform einer Messeinrichtung zur Verschleißüberwachung der Laufrollen auf Grundlage der oben genannten Spannungsmessung.

Die einander gegenüberliegenden Motorstränge 2, 3, sind an einem (nicht dargestellten) Rahmen befestigt und umfassen die elektromagnetischen Statoren 5 sowie die seitlichen Führungsschienen 6 für Transportfahrzeuge 7 (Shuttles). Die Transportfahrzeuge 7 umfassen jeweils mit den Statoren 5 wechselwirkende magnetische Reaktionselemente 8, vorzugsweise Permanentmagnete, sowie an den Führungsschienen 6 entlanglaufende Laufrollen 9, wie bereits für die anderen Ausführungsformen beschrieben wurde.

Die Statoren 5 umfassen in prinzipiell bekannter Weise eine Vielzahl in Transportrichtung 7a aneinander gereihter elektromagnetischer Spulen 31. Ferner ist im Bereich der Statoren 5 eine Vielzahl in Transportrichtung 7a aneinander gereihter Positionssensoren 32 vorhanden. Zur sukzessiven Messung einer in einzelnen Spulen 31 induzierten elektrischen Spannung 33 und/oder eines demzufolge fließenden elektrischen Stroms 34 ist ferner eine Messeinrichtung 35 vorhanden, die lediglich schematisch angedeutet ist.

Damit lässt sich eine Verschleißüberwachung des Langstator-Linearmotor-Systems 1 beispielsweise wie folgt durchführen.

Die magnetischen Reaktionselemente 8 (Permanentmagnete) des Transportfahrzeugs 7 induzieren abhängig von der aktuellen Geschwindigkeit des jeweiligen Transportfahrzeugs 7 eine Spannung 33 in den einzelnen Spulen 31.

Die Höhe der so induzierten Spannung 33 ist unter anderem abhängig von Stärke der Reaktionselemente 8 (Permanentmagnete), der Geschwindigkeit des Transportfahrzeugs 7 und vom Luftspalt 11 zwischen jeweiliger Spule 31 und Transportfahrzeug 7.

Die Spulen 31 können hierbei gleichzeitig zum Antrieb des Transportfahrzeugs 7 verwendet werden.

An den Kontakten der Spulen 31 kann induzierte Spannung 33 und/oder induzierter Strom 34 gemessen werden.

Durch Auslesen der Positionssensoren 32 kann die aktuelle Position und Geschwindigkeit des Transportfahrzeugs 7 ermittelt werden.

Aus derartiger Positions- und/oder Geschwindigkeitsinformation und dem Steuerverhalten der dem Stator zugeordneten Steuerelektronik kann eine nominell induzierte Spannung für unterschiedlich weite Luftspalte 11 berechnet werden.

Für die Berechnung der nominell induzierten Spannung können prinzipiell bekannte Verfahren verwendet werden, wie sie beispielsweise für Umrichter angewendet werden.

Durch Vergleich berechneter und gemessener Spannungen 33 kann dann die Weite des tatsächlich vorhandenen Luftspalts 11 bestimmt werden.

Hierfür gegebenenfalls nötige Information zu elektromagnetischen Eigenschaften des Langstator-Linearmotor-Systems 1, wie beispielsweise der Stärke der der Reaktionselemente 8 (Permanentmagnete), ist anhand üblicher Gerätedaten verfügbar.

Möglich ist sowohl ein Verfahren zur absoluten induktiven Vermessung des Luftspalts 11 als auch ein Verfahren, dass die relative Veränderung der Weite des Luftspalts 11 ausgehend von einem Startwert überwacht.

Alternativ oder ergänzend zu den voranstehend beschriebenen Verfahren sind auch vorgegebene Testzyklen mit definiert reduzierten Weichenstellkräften denkbar. Das Langstator-Linearmotor-System führt dann nach jedem Einschalten der Anlage oder in regelmäßigen Abständen automatisiert einen Testlauf ohne Produkt und unter definierten Bedingungen durch. Hierbei erfolgt eine Weichenauslösung mit reduzierten Weichenstellkräften, wobei kritische Transportfahrzeuge durch Fehlauflösung erkannt und manuell getauscht oder automatisiert ausgeschleust werden können.

Ansprüche

1. Verfahren zur Verschleißüberwachung eines Langstator-Linearmotor-Systems (1) mit wenigstens einem Motorstrang (2, 3) mit Statoren (5) und wenigstens einem elektromagnetisch davon angetriebenen Transportfahrzeug (7), **dadurch gekennzeichnet, dass** eine vom Transportfahrzeug (7) quer zu dessen Transportrichtung (7a) elektromagnetisch und/oder mechanisch auf den Motorstrang (2, 3) ausgeübte Kraft (12,13, 22, 23) oder eine vom Transportfahrzeug (7) auf zwei gegenüberliegende Motorstränge (2, 3) derart ausgeübte Differenzkraft (14) sensorisch gemessen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Kraft (12, 13) / Differenzkraft (14) eine vom Transportfahrzeug (7) elektromagnetisch auf einen Stator (5) des Motorstrangs (2, 3) ausgeübte Querkraft, insbesondere Normalkraft, ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Kraft (22, 23) eine vom Transportfahrzeug (7) mechanisch auf eine Führungsschiene (6) des Motorstrangs (2, 3) ausgeübte Querkraft, insbesondere Ist-Normalkraft ist.
4. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei die gemessene Kraft (12, 13, 22, 23) / Differenzkraft (14) mit einem zulässigen Maximalwert verglichen wird.
5. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei der zulässige Maximalwert kleiner ist als eine Mindestquerstellkraft einer am Langstator-Linearmotor-System (1) ausgebildeten Weiche (10) für das Transportfahrzeug (7).
6. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei überprüft wird, ob die gemessene Kraft (12, 13, 22, 23) / Differenzkraft (14) in einem zwischen einem zulässigen Maximalwert und einem zulässigen Minimalwert definierten zulässigen Arbeitsbereich des Langstator-Linearmotor-Systems (1) liegt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche, wobei die gemessene Kraft (12, 13, 22, 23) / Differenzkraft (14) ein Maß ist für die Breite eines Abstands, insbesondere Spalts (11), zwischen einem Stator (5) des Motorstrangs (2, 3) im Bereich der Kraftmessung und einem magnetischen Reaktionselement (8) des Transportfahrzeugs (8).
8. Vorrichtung zur Verschleißüberwachung eines Langstator-Linearmotor-Systems (1), mit wenigstens einem Motorstrang (2, 3) mit Statoren (5) und wenigstens einem von diesem elektromagnetisch angetriebenen Transportfahrzeug (7), **gekennzeichnet durch**

eine am Motorstrang (2, 3) befestigte Messeinrichtung (15, 25) zur Messung einer vom Transportfahrzeug (7) quer zu dessen Transportrichtung (7a) auf den Motorstrang (2, 3) ausgeübten Kraft (12, 13, 14, 22, 23).

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei der Motorstrang (2, 3) einen Rahmen (4) und wenigstens einen daran gelagerten Stator (5) umfasst, wobei die Messeinrichtung (15) wenigstens eine Kraftmessdose (16, 17) umfasst, die am Stator (5) und am Rahmen (4) zur Messung einer auf den Stator (5) wirkenden elektromagnetischen Anziehungskraft angeordnet ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, wobei der Motorstrang (2, 3) einen Rahmen (4) und eine daran gelagerte Führungsschiene (6) umfasst und das Transportfahrzeug (7) daran seitlich entlanglaufende Laufrollen (9) umfasst, und wobei die Messeinrichtung (25) wenigstens eine Kraftmessdose (26, 27) umfasst, die zwischen der Führungsschiene (6) und dem Rahmen (4) zur Messung einer auf die Führungsschiene (6) wirkenden Andruckkraft angeordnet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei die Messeinrichtung (15, 25) wenigstens eine zwischen einem Rahmen (4) des Motorstrangs (2, 3) und einem Stator (5) und/oder zwischen dem Rahmen (4) und einer seitlichen Führungsschiene (6) für das Transportfahrzeug (7) kraftschlüssig eingesetzte Kraftmessdose (16, 17, 26, 27) umfasst.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei zwei Motorstränge (2, 3) mit einer Messeinrichtung (15, 25) beidseitig des Transportfahrzeugs (7) zur Messung von zwei vom Transportfahrzeug (7) quer zu seiner Transportrichtung (7a) auf die Motorstränge (2, 3) entgegengesetzt ausgeübten Kräften (12, 13, 22, 23) oder einer daraus resultierenden Differenzkraft (14) ausgebildet sind.

13. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorigen Ansprüche 8 bis 12, wobei der Motorstrang (2, 3) im Eingangsbereich zu einer Weiche (10) des Langstator-Linearmotor-Systems (1) liegt.

14. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 13, wobei die Mess-einrichtung (15, 25) in einem geradlinigen Abschnitt des Motorstrangs (2, 3) angeordnet ist.

15. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorigen Ansprüche, wobei die Messeinrichtung (15, 25) zur Messung einer seitlichen Normalkraft ausgebildet ist.

16. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorigen Ansprüche, ferner mit einer Recheneinheit zum Vergleich eines mit der Messeinrichtung (15, 25) gemessenen Istwerts mit einem Sollwertbereich, insbesondere mit einem zulässigen Maximalwert, einer quer zur Transportrichtung (7a) auf den Motorstrang (2, 3) wirkenden Kraft (12, 13, 22, 23) / einer auf die Motorstränge (2, 3) wirkenden Differenzkraft (14).

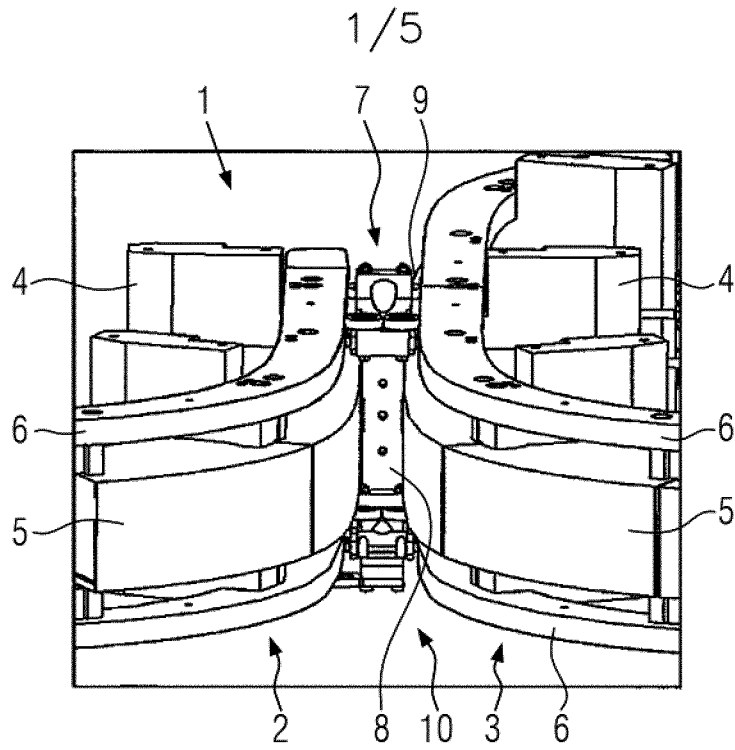


FIG. 1

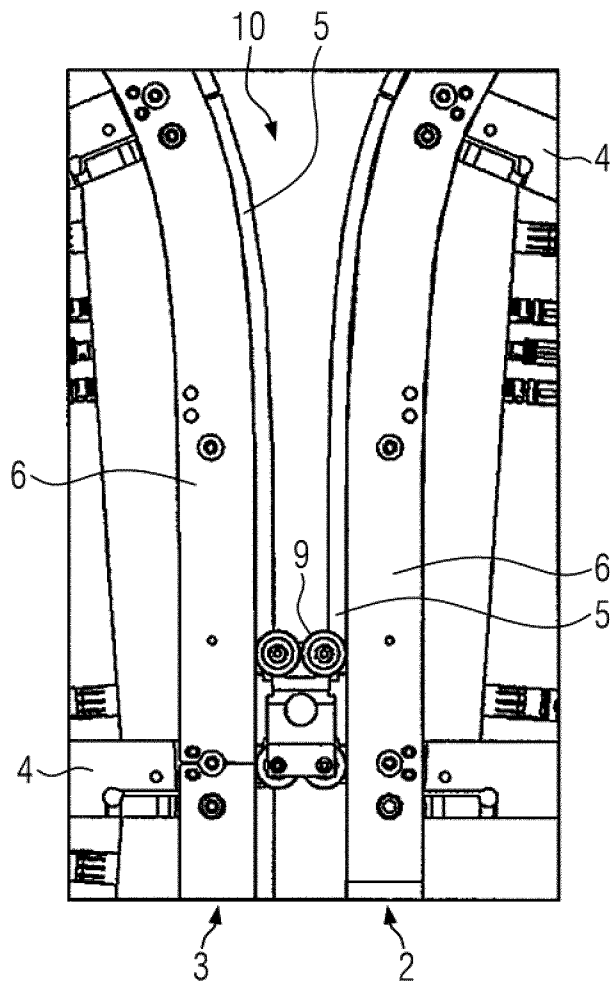


FIG. 2

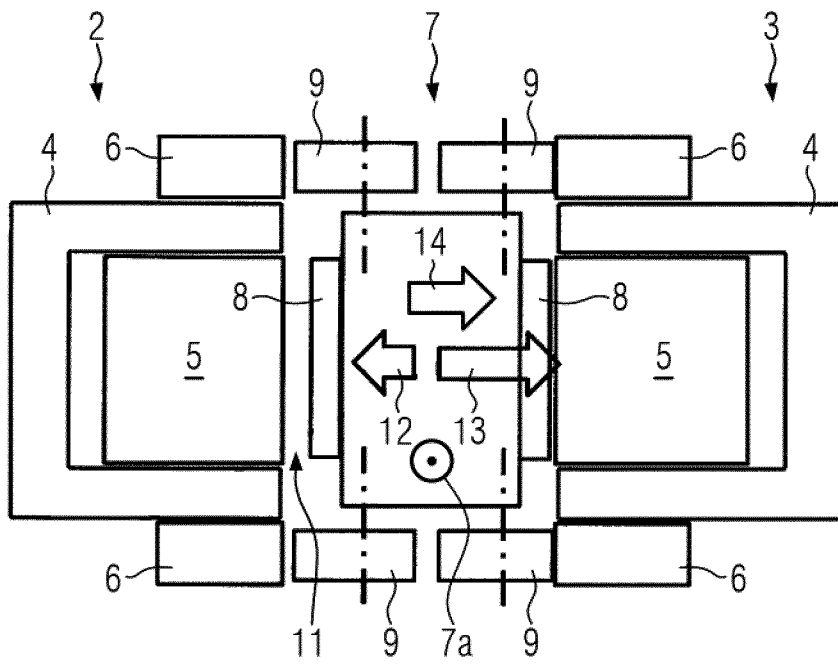


FIG. 3

3/5

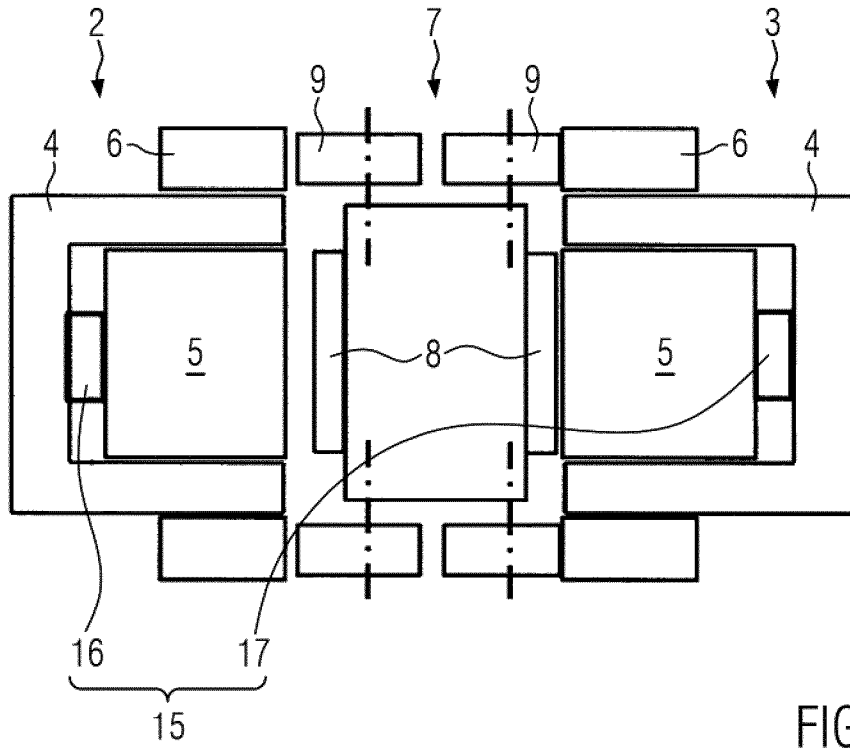


FIG. 4

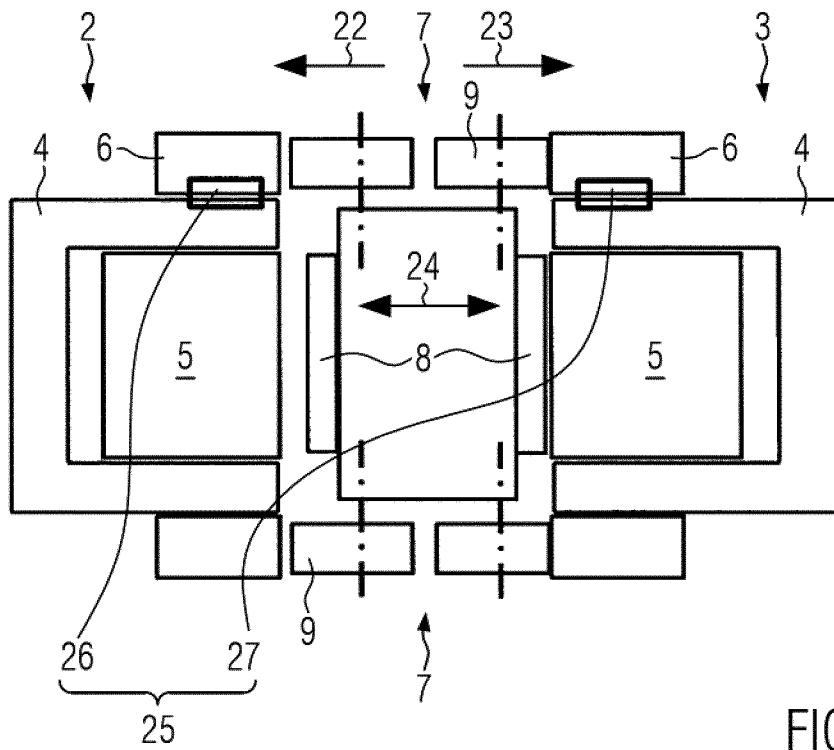


FIG. 5

4/5

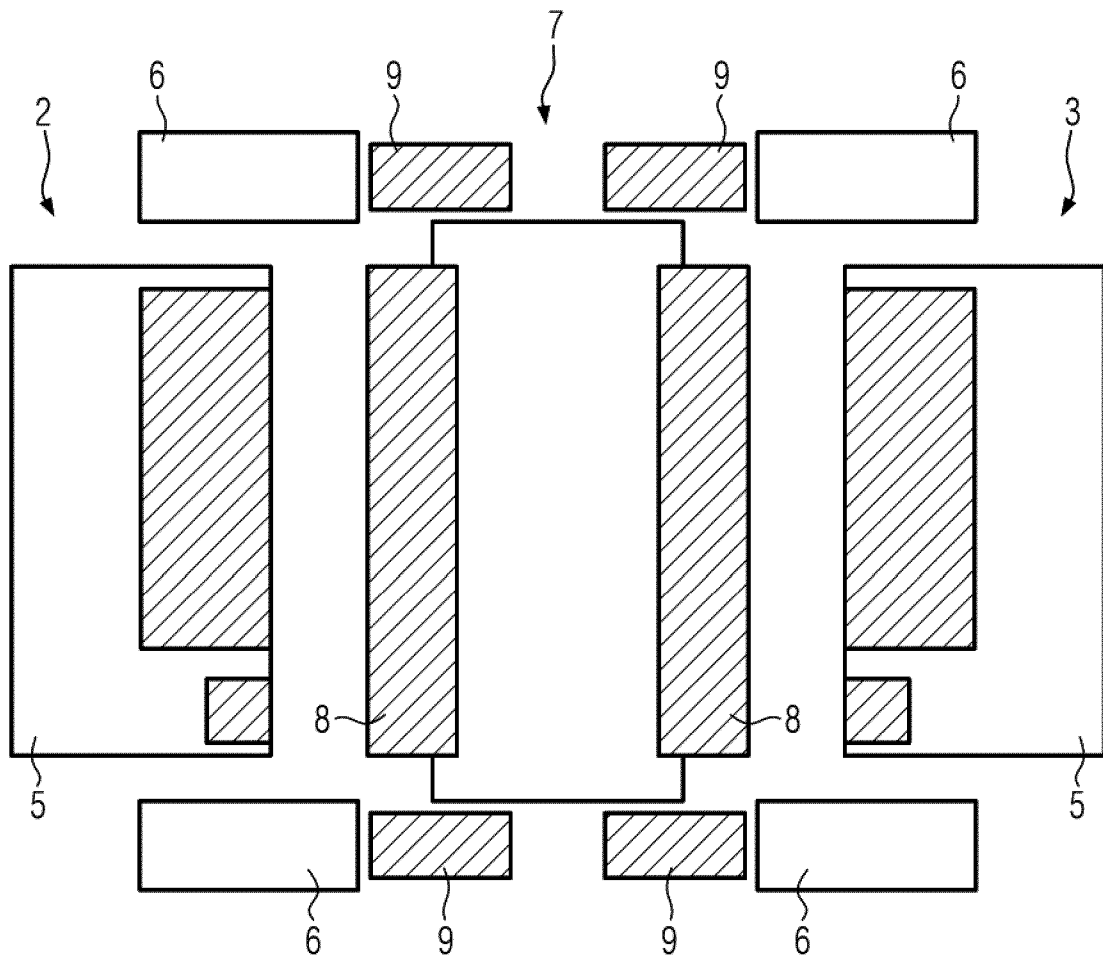


FIG. 6

5/5

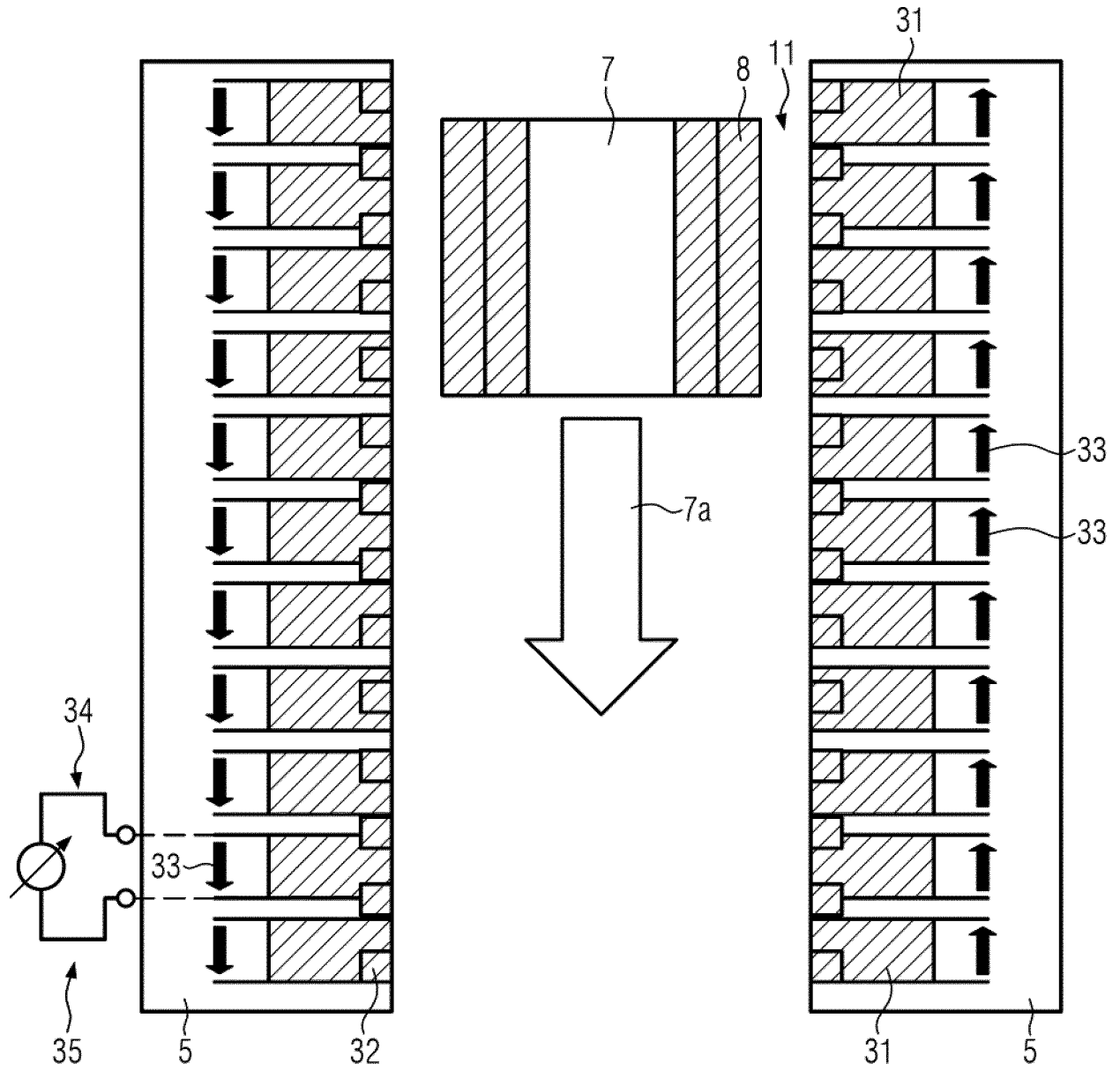


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/053916

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01R 31/34 (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) G01R; H02K; B65G; B60L 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	JP S64440 A (HITACHI LTD) 05 January 1989 (1989-01-05) the whole document	1-16
X	US 2017346380 A1 (WEBER ANDREAS [AT] ET AL) 30 November 2017 (2017-11-30) paragraph [0063]	1-16
X	JP H0454403 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 21 February 1992 (1992-02-21) the whole document	1-16
<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 09 April 2019		Date of mailing of the international search report 18 April 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 Dogueri, Ali Kerem Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/053916

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	S64440	A	05 January 1989	NONE	
US	2017346380	A1	30 November 2017	AT 518734 A1	15 December 2017
				CA 2968931 A1	30 November 2017
				CN 107453679 A	08 December 2017
				EP 3251985 A1	06 December 2017
				US 2017346380 A1	30 November 2017
JP	H0454403	A	21 February 1992	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01R31/34
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01R H02K B65G B60L

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	JP S64 440 A (HITACHI LTD) 5. Januar 1989 (1989-01-05) das ganze Dokument -----	1-16
X	US 2017/346380 A1 (WEBER ANDREAS [AT] ET AL) 30. November 2017 (2017-11-30) Absatz [0063] -----	1-16
X	JP H04 54403 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 21. Februar 1992 (1992-02-21) das ganze Dokument -----	1-16



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

9. April 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/04/2019

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

Dogueri, Ali Kerem

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/053916

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP S64440	A	05-01-1989 KEINE	
US 2017346380	A1	30-11-2017	
		AT 518734 A1	15-12-2017
		CA 2968931 A1	30-11-2017
		CN 107453679 A	08-12-2017
		EP 3251985 A1	06-12-2017
		US 2017346380 A1	30-11-2017
JP H0454403	A	21-02-1992 KEINE	