

(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
6. Oktober 2011 (06.10.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/120769 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F04B 35/04 (2006.01) H02K 29/12 (2006.01)
F04B 49/06 (2006.01) H02K 41/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/053500

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. März 2011 (09.03.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 003 625.0 1. April 2010 (01.04.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): BSH BOSCH UND SIEMENS HAUSGERÄTE GMBH [DE/DE]; Carl-Wery-Str. 34, 81739 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KLEIN, Hans-Wilhelm [DE/DE]; Florian-Geyer-Str. 87, 97076 Würzburg (DE). WEIDNER, Eberhard [DE/DE]; Schanzenstr. 38, 90478 Nürnberg (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: BSH BOSCH UND SIEMENS HAUSGERÄTE GMBH; 83 01 01, 81701 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LINEAR MOTOR FOR A LINEAR COMPRESSOR

(54) Bezeichnung : LINEARMOTOR FÜR EINEN LINEARVERDICHTER

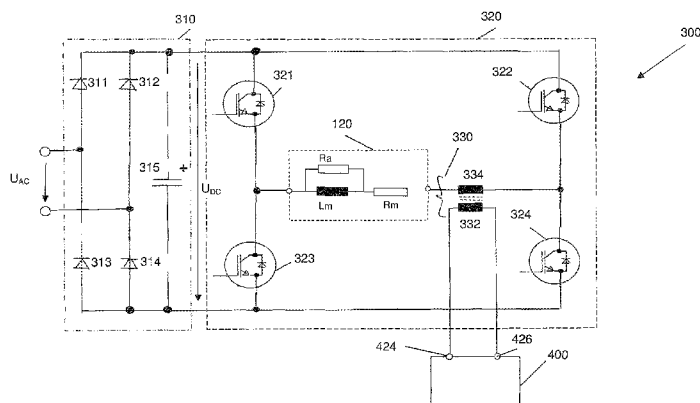


Fig. 3

(57) Abstract: A linear motor for a linear compressor comprises a motor coil (120) for generating a magnetic field, an armature which can be deflected linearly in a deflection direction by the field generated by the motor coil (120), and a sensor arrangement for detecting the position of the armature in the deflection direction, wherein the sensor arrangement has a coupling transformer (330), the secondary side (334) of which is electrically connected to the motor winding (120), wherein the sensor arrangement, in order to detect the position of the armature, is designed to apply an excitation voltage to the primary side (332) of the coupling transformer (330) in order to excite the motor coil (120). Instead of the coupling transformer (330), the sensor arrangement may have at least one measurement coil which is provided in the region of a dead center of the armature in order to output a signal containing information regarding the position of the armature in the deflection direction.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2011/120769 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Ein Linearmotor für einen Linearverdichter umfasst eine Motorwicklung (120) zur Erzeugung eines magnetischen Feldes, einen Anker, der durch das von der Motorwicklung (120) erzeugte Feld in einer Auslenkungsrichtung linear auslenkbar ist, und eine Sensoranordnung zur Erfassung der Position des Ankers in Auslenkungsrichtung, wobei die Sensoranordnung einen Koppeltransformator (330) aufweist, dessen Sekundärseite (334) mit der Motorwicklung (120) elektrisch verbunden ist, wobei die Sensoranordnung ausgebildet ist, zur Erfassung der Position des Ankers an die Primärseite (332) des Koppeltransformators (330) eine Anregungsspannung zum Anregen der Motorwicklung (120) anzulegen. Anstelle des Koppeltransformators (330) kann die Sensoranordnung mindestens eine Messspule aufweisen, die im Bereich eines Totpunkts des Ankers vorgesehen ist, um ein Signal auszugeben, welches eine Information über die Position des Ankers in Auslenkungsrichtung enthält.

5

Linearmotor für einen Linearverdichter

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Linearmotor für einen Linearverdichter.

Typische Linearverdichter weisen eine Laufbuchse auf, in der ein Kolben hin und her bewegbar ist. Der Kolben begrenzt zu einer Seite hin einen Zylinderraum, in welchen über ein Einlassventil in einer Ventilplatte Gas eingelassen werden kann. Bei einem Kompressionshub des Kolbens wird das in den Zylinderraum eingelassene Gas verdichtet und über ein Auslassventil in der Ventilplatte ausgestoßen. Der Kolben wird dabei über eine Kolbenstange von einem Linearmotor angetrieben, der die ihm zugeführte elektrische Energie in eine lineare, oszillierende Bewegung umsetzt. Gegenüber Kolbenverdichtern mit einem rotatorischen Antrieb, z.B. über eine von einem Drehmotor angetriebene Pleuelstange, haben Linearverdichter den Vorteil, dass der Kolbenhub verändert werden kann und somit ein höherer Wirkungsgrad erreicht werden kann. Derartige Linearverdichter werden im Haushaltsbereich für Kühl- und Gefriergeräte und dergleichen eingesetzt.

20

Die Regelung des Kolbenhubs in der Laufbuchse kann über eine Erfassung der aktuellen Position des Kolbens erfolgen. Dabei hat die Regelung des Kolbenhubs so zu erfolgen, dass der Kolben auf der Hochdruckseite nicht auf die mechanische Begrenzung gefahren wird, da er durch ein solches Anschlagen beschädigt werden kann. Des Weiteren kann ein verbesserter Wirkungsgrad erreicht werden, wenn die Hublänge dem momentanen Betriebszustand angepasst wird. Hierzu ist jedoch eine Messung des Kolbenposition im sowohl im oberen als auch im unteren Totpunkt erforderlich.

25

Die WO 2004/025120 schlägt als Sensor einen induktiven Sensor vor, welcher in einer Durchgangsbohrung in der Ventilplatte vorgesehen ist und der somit die Annäherung des Kolbens an die Ventilplatte erfasst. Allerdings ist mit dieser Anordnung lediglich eine Erfassung der Kolbenposition im oberen Totpunkt möglich. Ferner bringt die Anordnung des Sensors in der Ventilplatte Probleme hinsichtlich der zuverlässigen Abdichtung des Zylinderraums mit sich.

35

Aus der DE297 95 315U1 und der DE 197 48 647C2 ist ein Gleichstromlinearmotor mit integriertem Wegmesssystem bekannt, bei dem die durch Läuferverschiebungen hervor-

5 gerufenen Induktivitätsänderungen zur Positionserfassung ausgewertet werden. Hierzu werden die an zwei Teilspulen des Motorantriebs anliegenden Spannungen ausgewertet, was zum einen eine aufwändige Spulenwicklung und zum anderen eine aufwändige Auswerteschaltung erfordert. Dieses Verfahren ist ferner bei einem Betrieb an einem ungeregelten Zwischenkreis ungeeignet. Ferner erfordert die Temperaturabhängigkeit des Wicklungswiderstandes eine aufwändige Kompensation.

Es ist folglich eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Linearmotor für einen Linearverdichter bereitzustellen, bei dem die Position des Kolbens mit wenig Aufwand erfasst werden kann, und der insbesondere eine einfache Abdichtung des Zylinderraums ermöglicht.

Vorzugsweise wird der Linearverdichter in einem Kältegerät zur Verdichtung des Kältemittels eingesetzt. Unter einem Kältegerät wird insbesondere ein Haushaltskältegerät verstanden, also ein Kältegerät das zur Haushaltsführung in Haushalten oder eventuell auch im Gastronomiebereich eingesetzt wird, und insbesondere dazu dient Lebensmittel und/oder Getränke in haushaltsüblichen Mengen bei bestimmten Temperaturen zu lagern, wie beispielsweise ein Kühlschrank, ein Gefrierschrank, eine Kühlgefrierkombination, eine Gefriertruhe oder ein Weinlagerschrank.

25 Gemäß einer Ausgestaltung umfasst ein Linearmotor für einen Linearverdichter eine Motorwicklung zur Erzeugung eines magnetischen Feldes, einen Anker, der durch das von der Motorwicklung erzeugte Feld in einer Auslenkungsrichtung linear auslenkbar ist, und eine Sensoranordnung zur Erfassung der Position des Ankers in Auslenkungsrichtung, wobei die Sensoranordnung einen Koppeltransformator aufweist, dessen Sekundärseite mit der Motorwicklung elektrisch verbunden ist, wobei die Sensoranordnung ausgebildet ist, zur Erfassung der Position des Ankers an die Primärseite des Koppeltransformators eine Anregungsspannung zum Anregen der Motorwicklung anzulegen.

Somit kann die Position des Kolbens des Linearverdichters auf einfache Weise über eine Erfassung der Ankerposition bestimmt werden. Dabei ist keine Sensoranordnung im Zylinderraum notwendig, so dass der Zylinderraum in einfacher Weise abgedichtet werden kann, ohne dass Zuleitungen zu darin angeordneten Sensoren oder dergleichen vorgesehen werden müssen.

5

Dabei kann die Anregungsspannung zur Erzeugung von Wirbelstromverlusten, welche von der Position des Ankers abhängen, vorgesehen sein. Eine von diesen Wirbelstromverlusten abhängige Messgröße kann einer Auswerteschaltung zugeführt und von dieser ausgewertet werden.

10

Die Sensoranordnung kann auch derart ausgebildet sein, die Frequenz der Anregungsspannung oder einer ansprechend auf die Anregungsspannung resultierenden Messspannung an der Primärseite des Koppeltransformators zu erfassen. Bei diesem Messprinzip kann beispielsweise die Induktivität der Motorwicklung von der Position des Ankers abhängen. Falls die Anregungsspannung beispielsweise durch einen LC-Schwingkreis bereitgestellt wird, dessen Induktivität von der Sensoranordnung gebildet wird, dann führt eine Änderung der Ankerposition zu einer Änderung der Frequenz der Anregungsspannung, welche von einer nachgeschalteten Auswertespannung ausgewertet werden kann.

15

Die Sensoranordnung kann ferner eine Oszillatorschaltung aufweisen, durch welche eine oszillierende Anregungsspannung an der Primärseite des Koppeltransformators bereitstellbar ist. Die Frequenz dieser Anregungsspannung beträgt vorteilhafterweise ein Mehrfaches der Frequenz der Betriebsspannung des Linearmotors.

20

Die Primärseite des Koppeltransformators kann als Teil eines Reihenschwingkreises ausgebildet sein. Bei geeigneter Einstellung der Resonanzfrequenz des Reihenschwingkreises kann dieser als Sperrfilter dienen, der die auf die Primärseite übertragenen Spannungsanteile der Linearmotorversorgung nicht durchlässt.

25

Ferner kann der Anker so ausgebildet sein, dass eine Dimension des Ankers, insbesondere eine Breite des Ankers, entlang der Auslenkungsrichtung des Ankers variiert. Hierdurch entsteht eine positionsabhängige Modulation der Wirbelstromverluste, so dass die Positionsempfindlichkeit der Sensoranordnung verbessert werden kann. Beispielsweise kann sich der Anker zumindest an einem seiner Enden in Auslenkungsrichtung, insbesondere stufenweise, verjüngen.

30

Es ist auch möglich, dass die Sensoranordnung anstelle des Koppeltransformators mindestens eine Messspule aufweist, die im Bereich eines Totpunkts des Ankers vorgesehen

5 sind, um ein Signal auszugeben, welches eine Information über die Position des Ankers in Auslenkungsrichtung enthält. Auch in diesem Falle ist keine Sensoranordnung im Zylinder-
raum notwendig, so dass sich die oben angegebenen Vorteile ergeben. Die Messspule
kann dabei um den Totpunkt des Ankers vorgesehen sein, oder nahe dem Totpunkt, z.B.
weniger als ein Fünftel oder ein Zehntel des Ankerhubs in Auslenkungsrichtung vom Tot-
10 punkt entfernt.

Dabei kann die Sensoranordnung mindestens zwei Messspulen aufweist, welche jeweils
an einem oberen und einem unteren Totpunkt des Ankers vorgesehen sind. Somit wird
eine Positionserfassung sowohl am oberen als auch am unteren Totpunkt des Ankers
15 möglich.

Die zwei oder mehr Messspulen können in einer Reihenschaltung miteinander elektrisch
verbunden sein. Somit kann die Auswertung des von den Messspulen ausgegebenen
Sensorsignals mit einer einzigen Auswerteschaltung durchgeführt werden.

20 Der Linearmotor kann ferner eine Flußführungshülse aufweisen, welche die Motorwick-
lung und den Anker umgibt, wobei die Messspule in die Flussführungshülse eingebettet
ist. Dies ermöglicht eine platzsparende Anordnung der Messspule im Linearmotor.

25 Der Anker kann an mindestens einem seiner Enden ein Material mit größerer Leitfähigkeit
als in einem mittigen Bereich des Ankers aufweisen. Beispielsweise kann an beiden En-
den des Ankers ein Aluminiumring vorgesehen sein. Somit werden größere Wirbelstrom-
verluste erzeugt, wenn die Aluminiumringe in das von den Senserspulen gebildete Mag-
netfeld bewegt werden, so dass eine höhere Sensorempfindlichkeit erreicht wird.

30 Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Be-
schreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren.
Dabei zeigen

35 Fig. 1 eine schematische Querschnittsansicht eines Linearmotors zum Antrieb des Kol-
bens eines Linearverdichters;

Fig. 2 eine angeschnittene perspektivische Ansicht des Linearmotors;

- 5 Fig. 3 ein Ersatzschaltbild einer Schaltung zum Ansteuern des Linearmotors sowie einer
Sensoranordnung zum Erfassen der Position des Ankers;
Fig. 4 ein Blockschaltbild einer Ansteuer- und Auswerteschaltung des Linearverdichters;
Fig. 5 eine schematische Querschnittsansicht eines Linearverdichters mit einem Linear-
motor gemäß einer weiteren Ausgestaltung;
10 Fig. 6 ein Ersatzschaltbild einer möglichen Verschaltung der Motorwicklung und der Sen-
sorspulen; und
Fig. 7 eine weitere Ausgestaltung einer Ansteuerschaltung für den Linearmotor.

Falls nichts anderes angegeben ist, bezeichnen gleiche Bezugszeichen in den Figuren
15 gleiche oder funktionsgleiche Elemente.

Fig. 1 zeigt eine schematische Querschnittsansicht eines Linearmotors 100 zum Antrieb
des Kolbens eines Linearverdichters. Fig. 2 zeigt eine angeschnittene perspektivische
Ansicht des Linearmotors 100. Der Linearmotor 100 umfasst zwei E-förmige Joche 110,
20 zwei Motorwicklungen 120 und einen Anker 130.

Die E-förmigen Joche 110 dienen als Stator des Linearmotors 100 und sind beispielswei-
se aus Paketen aus sogenanntem Dynamo-Blech gefertigt. Die Joche 110 weisen jeweils
drei Arme 112, 114 und 116 auf, die sich paarweise gegenüber liegen. Die einander zu-
25 gewandten Enden der Arme 112, 114 und 116 bilden jeweils Polschuhe 118, die einen
Luftspalt begrenzen. Um die mittleren Arme 114 ist jeweils eine der Motorwicklungen 120
gewickelt, die als Erregerwicklungen dienen. Die Motorwicklungen 120 können mit einem
Strom beaufschlagt werden, wobei die Stromrichtung in den beiden Motorwicklungen 120
so festgelegt ist, dass die beiden einander gegenüberliegenden Polschuhe 118 der mittlere-
30 ren Arme 114 ungleichnamige Magnetpole bilden. Dabei können die Motorwicklungen 120
parallel geschaltet sein. Die Polschuhe 118 der äußeren Arme 112 und 116 bilden zum
jeweils benachbarten mittleren Arm 114 ungleichnamige Magnetpole.

Im durch die Polschuhe 118 gebildeten Luftspalt ist der Anker 130 angeordnet. Der Anker
35 130 ist mittels zweier nicht dargestellten Federn derart beweglich gelagert, dass er in
Pfeilrichtung, welche die Auslenkungsrichtung darstellt, also in Längsrichtung im durch die
Polschuhe 118 gebildeten Luftspalt. Der Anker umfasst einen Schlitten 132 und einen
vierpoligen Permanentmagneten 134. Der vierpolige Permanentmagnet kann beispiels-

5 weise in eine im Schlitten 132 vorgesehene Tasche eingeklebt sein. Alternativ dazu ist es auch möglich zwei zweipolige Permanentmagneten vorzusehen, welche in entsprechende Taschen des Schlittens 132 eingeklebt sind. Der Permanentmagnet 134 reagiert auf das magnetische Wechselfeld, das durch den Stromfluss durch die Motorwicklungen 120 verursacht wird, und die entstehende Kraftwirkung wird in eine oszillierende Bewegung des
10 Ankers 130 in Hubrichtung umgesetzt. Der Schlitten 132 ist aus einem sehr leitfähigen Material, wie z.B. Aluminium gefertigt.

Mit dem Schlitten 132 fest verbunden ist eine Seite einer Kolbenstange 140. Die andere Seite der Kolbenstange 140 ist fest mit einem Kolben verbunden, welcher einen nicht dargestellten Zylinderraum eines Linearverdichters begrenzt. Durch die Oszillation des Ankers 130 wird somit das Volumen des Zylinderraums des Linearverdichters verändert und
15 im Zylinderraum vorhandenes Gas kann komprimiert werden.

Fig. 3 zeigt ein Ersatzschaltbild einer Schaltung 300 zum Ansteuern des Linearmotors 100 sowie einer Sensoranordnung zum Erfassen der Position des Ankers 100. Die Schaltung 300 zum Ansteuern des Linearmotors 100 umfasst einen Gleichspannungszwischenkreis 310 sowie eine H-Brückenschaltung 320.
20

Der Gleichspannungszwischenkreis 310 umfasst vier Gleichrichterioden 311, 312, 313 und 314 sowie einen Glättungskondensator 315. Die vier Gleichrichterioden 311, 312, 313 und 314 richten eine Wechselspannung U_{AC} gleich, welche beispielsweise durch eine Netzspannung gegeben sein kann. Der Glättungskondensator 315 glättet die Spannung am Ausgang der Diodenschaltung, so dass an den beiden Enden des Glättungskondensators 315 eine Gleichspannung U_{DC} anliegt, welche der H-Brückenschaltung 320 zugeführt wird.
30

Die H-Brückenschaltung 320 umfasst vier Halbleiterschalter 321, 322, 323 und 324. Die Halbleiterschalter 321, 322, 323 und 324 weisen jeweils einen Transistor auf, zu dem jeweils eine Freilaufdiode parallel geschaltet ist. Die Transistoren können beispielsweise als
35 IGBTs oder Power-MOSFets ausgeführt sein und sind jeweils mit einer nicht näher dargestellten Steuerung ansteuerbar. Auf der Brücke der H-Brückenschaltung 320 sind die Motorwicklungen 120 des Linearmotors 100 angeordnet, welche beispielsweise hintereinander geschaltet werden können. Die H-Brückenschaltung 320 wird zur Anpassung der Zwi-

5 schenkreisspannung an die Betriebsspannung des Linearmotors 100 mit Pulsweitenmodulation betrieben. In einer ersten Phase der Pulsweitenmodulation werden die Halbleiterschalter 321 und 324 durchgeschaltet, so dass Strom durch diese Halbleiterschalter 321 und 324 sowie in einer ersten Richtung durch den dazwischen angeordneten Linearmotor 100 fließt. In einer folgenden Freilaufphase werden die Halbleiterschalter 321 und 324
10 gesperrt. Die Induktivität der Motorwicklungen hält den fließenden Strom aufrecht, welcher über die parallel zu den Transistoren der Halbleiterschalter 322 und 323 angeordneten Dioden fließen kann. Als nächstes folgt eine zweite Phase, in welcher die Halbleiterschalter 322 und 323 durchgeschaltet, so dass Strom durch diese Halbleiterschalter 322 und 322 sowie in einer der ersten Richtung entgegengesetzten zweiten Richtung durch den
15 dazwischen angeordneten Linearmotor 100 fließt. Es folgt eine weitere Freilaufphase, in welcher der Freilaufstrom durch die parallel zu den Transistoren der Halbleiterschalter 321 und 324 angeordneten Dioden fließt. Danach beginnt der Zyklus von vorne. Durch Einstellung der Länge der ersten und zweiten Phase kann der Hub des Ankers 130 eingestellt werden.

20 Ein Koppeltransformator 330 ist in Reihe mit der Motorwicklung 120 des Linearmotors 100 und ebenfalls auf der Brücke der H-Brückenschaltung 320 angeordnet. Genauer gesagt ist die Sekundärseite 334 des Koppeltransformators 330 in Reihe mit mindestens einer der Motorwicklungen 120 angeordnet. Die Primärseite 332 des Koppeltransformators 330
25 ist mit einer Ansteuer- und Auswerteschaltung 400 verbunden.

Fig. 4 zeigt ein Blockschaltbild der Ansteuer- und Auswerteschaltung 400. Die Ansteuer- und Auswerteschaltung 400 umfasst eine Oszillatorschaltung 410, eine Spannungsteilerschaltung 420, eine Filterschaltung 430, eine Auswerteschaltung 440 und einen Mikrokontroller 450.
30

Die Oszillatorschaltung 410 stellt eine hochfrequente Anregungsspannung U_s bereit, die, nach Teilung mit der Spannungsteilerschaltung 420, über den Koppeltransformator 330 in den Linearmotorkreis gespeist wird. Die Anregungsspannung U_s ist beispielsweise eine
35 Sinusspannung konstanter Amplitude mit einer Frequenz, die ein Mehrfaches, z.B. ein 10-faches oder 100-faches oder mehr, der maximalen Frequenz der PWM-Spannung beträgt, mit welcher der Linearmotor 100 betrieben wird. Somit wird der die Bewegung des Linearmotors von der eingespeisten Anregungsspannung U_s nicht oder nur vernachlässigbar

beeinflusst. Der Spannungsteiler 420 umfasst einen ohmschen Spannungsteilerwiderstand 422 sowie zwei Anschlüsse 424 und 426. Der Spannungsteilerwiderstand 422 ist auf seiner einen Seite mit dem Ausgang der Oszillatorschaltung 410 und auf seiner anderen Seite mit dem Eingang der Filterschaltung 430 verbunden. Der Anschluss 424 ist mit dem Knoten verbunden, der den Spannungsteilerwiderstand 422 mit der Filterschaltung 430 verbindet. Der Anschluss 426 ist mit Masse bzw. mit einem Bezugspotential verbunden. Die Primärseite 332 des Kopplungstransformators 330 ist mit den beiden Anschlüssen 424 und 426 verbunden. Die Anregungsspannung U_s führt somit zu einer Anregung der Motorwicklung 120, welche der Anregung durch die PWM-Modulation des Linearmotors 120 überlagert ist.

Ferner wird die am Anschluss 424 anliegende Spannung U_m abgegriffen und der Filterschaltung 430 zugeführt. Diese Spannung U_m enthält eine Information über die Position des Ankers 130. Dies wird im Folgenden näher erläutert:

Die mit dem Koppeltransformator 330 verbundene Motorwicklung 120 hat, wie in Fig. 3 schematisch dargestellt, eine Induktivität L_m und einen ohmschen Spulenwiderstand R_m . In der in Fig. 1 dargestellten Situation läuft, aufgrund der Anregung der Motorwicklung 120, der magnetische Fluss vom Polschuh 118 des mittleren Arms 114 über den Luftspalt zu beiden Seiten durch den Permanentmagneten 134, von dort wieder über den Luftspalt zu den seitlichen Armen 112 und 116 und über die Jochbasis zurück in den mittleren Arm 114. Der Permanentmagnet 134 weist einen nur geringen magnetischen Widerstand auf, so dass der magnetische Fluss im Wesentlichen ungehindert bzw. nur durch den Luftspalt gehindert fließt. Wird nun der Anker 130 zu einer Seite hin, z.B. nach links, ausgelenkt, dann ist gegenüber den Armen 116 nicht mehr der Permanentmagnet 134 sondern nunmehr der Schlitten 132 angeordnet. Da der Schlitten 132 aus einem Material mit großem elektrischen Leitwert und niedriger relativer Permeabilität, wie z.B. Aluminium, besteht, entstehen darin Wirbelströme, wenn er in das von der Spule erzeugte Magnetfeld gebracht wird, wodurch in Wärme umgesetzte Leistung verbraucht wird. Die von der Primärseite eingespeiste Anregespannung regt mit anderen Worten in der Motorwicklung 120 ein Wechsel-Magnetfeld an, welches in dem elektrischen Leiter des Schlittens 132 Wirbelströme erzeugt. In diesem Zustand wirkt der Anker 130 also wie ein zugeschalteter Verbraucher, dessen Verbraucherleistung größer wird, je mehr der Schlitten 132 in das

- 5 Magnetfeld eindringt. Dies wird im Ersatzschaltbild durch den Ersatzwiderstand R_a parallel zur Induktivität L_m modelliert, welcher aufgrund der Wirbelstromverluste ansteigt.

Die Filterschaltung 430 kann beispielsweise ein kapazitives Element umfassen, welches zusammen mit der Primärseite 332 des Koppeltransformators 330 einen Reihenschwingkreis ausbildet. Wenn nun aufgrund der Wirbelstromverluste der Ersatzwiderstand R_a ansteigt, dann wirkt sich dies als Änderung der Güte auf die Schwingamplitude und die Resonanzfrequenz des Schwingkreises aus. Die elektronische Auswerteschaltung 440 erfasst mindestens eine dieser beiden Größen und erzeugt als Ausgangssignal ein positionabhängiges Gleichspannungssignal U_x , welches eine Information über die Position des Ankers 130 im Linearmotor 100 enthält, und beispielsweise proportional zur Änderung des Ersatzwiderstandes R_a ist. Gleichzeitig wirkt der Reihenschwingkreis als Sperrfilter gegenüber der niedrigeren PWM-Frequenz der Motorversorgung. Die Auswerteschaltung 440 kann beispielsweise einen Verstärker und ein Schaltungsteil zur Spitzenwertgleichrichtung mit Glättung aufweisen. Das Sensorsignal U_x wird einem Analog-Digitalwandler 455 des Mikrokontrollers 450 zugeführt, welcher das Sensorsignal U_x in ein digitales Signal umwandelt. In Abhängigkeit von diesem Sensorsignal U_x regelt der Mikrokontroller 450 die Energiezufuhr zu dem Linearmotor 100. Durch eine geeignete Regelung kann einerseits sichergestellt werden, dass der Kolben nicht gegen seine Anschläge stößt, und andererseits, dass ein den Betriebsbedingungen entsprechender optimaler Wirkungsgrad eingestellt wird.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung kann der Schlitten 132 entlang der Auslenkungsrichtung des Ankers unterschiedliche Dicken aufweisen. Somit variiert die Breite des Luftspalts zwischen den Polschuhen und dem Anker entlang der Auslenkungsrichtung des Ankers. Mit dieser Ausgestaltung ändert sich die Breite des Luftspalts im durch Anker, Joch und Motorwicklung gebildeten magnetischen Kreis in Abhängigkeit von der Position des Ankers. Beispielsweise kann sich der Schlitten 132 an einem oder beiden seiner Enden z.B. stufenweise verjüngen. In diesem Falle hängt die Breite des Luftspalts zwischen Schlitten 132 und Joch 110 von der Position des Ankers 130 ab, und die Breite des Luftspalts nimmt bei zunehmender Annäherung des Ankers 130 an seinen Totpunkt zu. Dies wirkt sich auf die Größe der Wirbelstromverluste aus, so dass eine positionsabhängige Modulation der Wirbelstromverluste entsteht. Somit kann die Positionsempfindlichkeit der

- 5 Sensoranordnung verbessert werden. Es ist dabei vorteilhaft, wenn die Änderung der Breite des Luftspalts über den Auslenkungsweg des Ankers 130 möglichst groß ist.

Bei der oben beschriebenen Anordnung ist es vorteilhaft, wenn die Verbindung zwischen Kolben und Anker 130 über die Kolbenstange 140 möglichst starr ist, da aus der Position
10 des Ankers 130 auf die Position des Kolbens im Zylinderraum geschlossen werden soll. Bei einer starren Verbindung tritt keine Positionsverfälschung beispielsweise durch ein Durchbiegen der Kolbenstange 140 auf.

Es kann ferner eine Kompensation von Temperaturänderungen auf den Wicklungswiderstand der Motorwicklung 120 vorgenommen werden. Der Einfluss von Temperaturänderungen auf den Wicklungswiderstand ist um einen Faktor von ca. 4 größer als der Einfluss von Temperaturänderungen auf die Induktivität der Motorwicklung 120. Durch eine Temperaturmessung und anschließende rechnerische Korrektur mit dem Mikrokontroller oder dergleichen kann der Einfluss der Temperatur auf das Messergebnis kompensiert werden.

20 Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn der Einfluss aufgrund magnetischer Sättigung auf das Messergebnis möglichst gering ist. Magnetische Sättigung hat eine Vergrößerung der magnetischen Streuung bzw. Koppelung zur Folge. Diese verändert die Induktivität des Linearmotors 100, was sich auch auf die Wirbelstromverluste und somit aufs Messergebnis auswirkt. Es ist daher vorteilhaft, den Linearmotor nicht in magnetischer Sättigung
25 zu betreiben. Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn auf der Ständerseite möglichst geringe Wirbelstromverluste auftreten. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass Dynamobleche mit geringer Dicke verwendet werden.

30 Mit der oben beschriebenen Anordnung werden in ihrer Größe positionsabhängige Wirbelstromverluste im Magnetkreis erfasst und ausgewertet. Alternativ dazu ist es auch möglich, zur Bereitstellung der Anregungsspannung einen LC-Oszillator zu verwenden, dessen Induktivität von der Sensoranordnung mit dem Koppeltransformator gebildet wird. Diese Induktivität ändert sich in Abhängigkeit von der Induktivität der sekundärseitig vorgesehenen Motorwicklung 120, und somit in Abhängigkeit von der Position des Ankers
35 130 im Linearmotor 100, was zu einer Änderung der Frequenz der Anregungsspannung führt. Diese Frequenzänderung kann von der nachgeschalteten Auswerteschaltung 440

- 5 ausgewertet werden, welche in diesem Falle ein Signal ausgibt, welches in seiner Amplitude proportional zur Induktivität oder zur Induktivitätsänderung ist.

Bei der Messung verursachen die Spannungsabfälle an den Halbleiterschaltern 321 bis 324 eine Verfälschung des Messwertes. Diese Verfälschung kann rechnerisch durch den
10 Mikrokontroller 450 korrigiert werden.

Fig. 5 zeigt eine schematische Querschnittsansicht eines Linearverdichters 500 mit einem Linearmotor 540 gemäß einer weiteren Ausgestaltung. Der Linearverdichter 500 weist einen Verdichterabschnitt 520 und einen Linearmotor 540 auf. Der Verdichterabschnitt
15 520 umfasst eine Laufbuchse 522 und einen in der Laufbuchse 522 oszillierenden Kolben 524. Die Laufbuchse 522 ist zu einer Seite von einer Ventilplatte 526 abgeschlossen, in welcher ein Einlass- und ein Auslassventil vorgesehen sind, welche nicht näher dargestellt sind. Der Laufbuchse 522, der Kolben 524 und die Ventilplatte 526 definieren einen Zylinderraum 528, in welchen Kühlmittel durch das Einlassventil eingeführt und mit dem
20 Kolben 524 komprimiert werden kann. In der Ruhelage 530 befindet sich der Kolben 524 in der Mitte des Verdichterabschnitts 520. Der Zylinderraum 528 entspricht einem Kompressionsbereich 532, in welchen sich der Kolben 524 bei einem Kompressionshub bewegt. Im Expansionshub bewegt sich der Kolben 524 in einen Expansionsbereich 534.

25 Der Linearmotor 540 umfasst einen Anker 542, der über eine Kolbenstange 544 mit dem Kolben 524 starr verbunden ist. Der Anker 542 kann beispielsweise als zylindrischer zweipoliger Permanentmagnet ausgebildet sein. Um den Anker 542 ist eine als Ringwicklung ausgebildete Motorwicklung 546 angeordnet. Die Motorwicklung 546 kann sich im Wesentlichen über die gesamte Länge des Linearmotors 540 erstrecken oder lediglich in einem mittleren Bereich einer Laufbuchse 548 vorgesehen sein. Die Motorwicklung 546
30 umgebend ist eine Flußführungshülse 550 vorgesehen, welche zur Führung des von der Motorwicklung 546 erzeugten magnetischen Flusses dient. Die Flußführungshülse 550 und die Laufbuchse 522 sind in einem zylindrischen Gehäuse 560 aufgenommen.

35 Im Betrieb wird die Motorwicklung 546 mit einem Wechselstrom beaufschlagt. Abhängig von der Flußrichtung des durch die Motorwicklung 546 fließenden Stroms wird ein Magnetfeld erzeugt, auf das der magnetische Anker 542 reagiert und somit in Auslenkungsrichtung, also nach links oder nach rechts in Fig. 5, ausgelenkt wird.

5

Zur Erfassung der Position des Ankers 542 im Linearmotor 540 ist im Bereich des oberen Totpunkts des Ankers 542 eine Sensorspule 570 und im Bereich des unteren Totpunkts des Ankers 542 eine Sensorspule 572 angeordnet. Die Sensorspulen 570 und 572 sind als Ringwicklungen ausgebildet und umgeben den Laufweg des Ankers 542. Dabei können die Sensorspulen 570 und 572 beispielsweise in in der Flußführungshülse 550 vorgesehenen Rillen eingebettet sein. Die Sensorspulen 570 und 572 werden mit einer Wechselspannung gespeist und erzeugen ein Magnetfeld. Wird nun der Anker 542 in das von einer der Sensorspulen 570 und 572 erzeugte Magnetfeld bewegt, dann werden im Anker 542 Wirbelströme erzeugt, welche zu Wirbelstromverlusten führen, die in der oben beschriebenen Weise erfasst werden können, also beispielsweise mittelbar indem die Änderung eines durch die Wirbelstromverluste beeinflussten Ersatzwiderstandes erfasst wird.

Der Anker 542 kann an seinen beiden Enden ein Material aufweisen, welches eine größere elektrische Leitfähigkeit hat als der durch den Permanentmagneten gebildeten mittleren Abschnitt. Beispielsweise können an beiden Enden des Ankers 542 Aluminiumringe 543 vorgesehen sein. Somit werden größere Wirbelstromverluste erzeugt, wenn die Aluminiumringe 543 in das von den Sensorspulen 570 und 572 gebildete Magnetfeld bewegt werden, so dass eine höhere Sensorempfindlichkeit erreicht wird. Zur Erzielung einer hohen Sensorempfindlichkeit ist es weiterhin vorteilhaft, wenn die Wandstärke der Flußführungshülse 550 kleiner als der Durchmesser des Ankers 542 ist. Alternativ zu einer Positionserfassung mittels der Erfassung der Wirbelströme ist es auch möglich, aus der Änderung der Induktivität der Sensorspulen 570 und 572 wenn der Anker 542 sich den Sensorspulen 570 und 572 nähert auf die Position des Ankers 542 zu schließen.

Wie auch bei dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel ist bei der in Fig. 5 dargestellten Ausgestaltung vorteilhaft, dass im Bereich des Zylinderraums 528 keine Sensoren zur Positionserfassung vorgesehen sind. Vielmehr wird mit Hilfe der Sensorspulen 570 und 572 die Position des Ankers 542 im Linearmotor 540 erfasst. Weil der Kolben 524 über die Kolbenstange 544 starr mit dem Anker 542 verbunden ist, kann aus der Position des Ankers 542 unmittelbar auf die Position des Kolbens 524 in der Laubuchse 522 geschlossen werden. Da im Zylinderraum keine Sensoren vorgesehen ist, ist die Abdichtung des Zylinderraums einfacher als das beispielsweise der Fall ist, wenn ein induktiver Sensor in der Ventilplatte 526 vorgesehen ist. Ferner ist bei dieser Ausgestaltung vorteilhaft,

5 dass der Messkreis von der Ansteuerung des Linearmotors galvanisch entkoppelt ist. Störungen des Messsignals können somit vermieden werden. Durch geschickte Anordnung der Messspulen kann eine hohe Empfindlichkeit erreicht werden.

Fig. 6 zeigt ein Ersatzschaltbild einer möglichen Anordnung 600 der Motorwicklung 546
10 und der Sensorspulen 570 und 572. Wie in Fig. 6 dargestellt, kann die Motorwicklung 546 über zwei Anschlüsse 580 und 582 mit einer Ansteuerschaltung, beispielsweise der in Fig. 3 gezeigten H-Brückenschaltung 320, verbunden sein. Ferner können die Sensorspulen 570 und 572 in Reihe miteinander elektrisch verbunden sein, wobei ein Ende der Sensorspule 572 mit einem Anschluss 584 und ein Ende der Sensorspule 570 mit einem An-
15 schluss 586 verbunden ist. Bei dieser Anordnung ist nur eine einzige Auswerteschaltung zur Auswertung des von den Sensorspulen 570 und 572 ausgegebenen Signals notwendig. Beide Sensorspulen 570 und 572 wirken in der oben beschriebenen Weise mit dem Anker 542 zusammen, wenn dieser in das von einer der Sensorspulen 570 und 572 erzeugte Magnetfeld bewegt wird. Ist der Linearmotor 540 genau symmetrisch ausgelegt,
20 dann kann anhand des an den Anschlüssen 584 und 586 abgreifbaren Signals noch nicht erfasst werden, ob sich der Anker 542 seinem oberen oder seinem unteren Totpunkt nähert, allerdings kann dies durch Vergleich mit der Polarität des der Motorwicklung 546 zugeführten Stroms erfasst werden. Alternativ dazu ist es auch möglich, beispielsweise durch entsprechende Gestaltung der Aluminiumringe 543, den Linearmotor 540 derart
25 asymmetrisch zu gestalten, dass anhand des an den Anschlüssen 584 und 586 anliegenden Signals erfasst werden kann, ob sich der Anker 542 seinem oberen oder seinem unteren Totpunkt nähert.

Fig. 7 zeigt eine weitere Ausgestaltung einer Ansteuerschaltung für den Linearmotor 100,
30 520. In dieser Ausgestaltung ist der Linearmotor 100, 520 auf einer Seite mit einem bidirektionalen, nicht abschaltbaren Halbleiterschalter, z.B. einem Triac 700, und auf der andere Seite mit einem ersten Versorgungsanschluss 710 verbunden. Die andere Seite des Triacs 700 ist mit einem zweiten Versorgungsanschluss 720 verbunden. An den Versorgungsanschlüssen 710 und 720 liegt eine Versorgungsspannung U_{AC} an. Ein Steueran-
35 schluss des Triacs 700 ist mit einer Motorsteuerung verbunden, und der Triac 700 kann durch Aufschalten eines Steuersignals auf diesen Steueranschluss durchgeschaltet werden. Mit dieser Ausgestaltung kann der Linearmotor 100, 520 also ohne einen Zwischenkreis direkt an einer Netzspannung U_{AC} betrieben werden. Der Linearmotor 100, 520 wird

- 5 somit im Phasenanschnittsbetrieb geregelt, wobei die Motorspannung durch Einstellen
des Phasenanschnitt-Winkels geregelt werden kann. Die Positionserfassung erfolgt dabei
wie oben beschrieben. Vorteilhaft bei dieser Ausgestaltung ist, dass sie wenig aufwändig
ist und mit nur einem Halbleiterschalter realisiert werden kann. Nachteilhaft ist jedoch,
dass der Triac 700 nach seinem Durchschalten bis zum nächsten Nulldurchgang der An-
10 regungsspannung nicht abgeschaltet werden kann, die Schaltung also weniger flexibel ist
als die H-Brückenschaltung 320 in Fig. 3.

5

Bezugszeichenliste:

	100	Linearmotor
	110	Joche
	112, 114, 116	Arme
10	118	Polschuhe
	120	Motorwicklungen
	130	Anker
	140	Kolbenstange
	300	Schaltung zum Ansteuern des Linearmotors
15	310	Gleichspannungszwischenkreis
	311, 312, 313, 314	Gleichrichterioden
	315	Glättungskondensator
	320	H-Brückenschaltung
	321, 322, 323, 324	Halbleiterschalter
20	330	Koppeltransformator
	332	Primärseite
	334	Sekundärseite
	400	Ansteuer- und Auswerteschaltung
	410	Oszillatorschaltung
25	420	Spannungsteilerschaltung
	422	Spannungsteilerwiderstand
	424, 426	Anschlüsse
	430	Filterschaltung
	440	Auswerteschaltung
30	450	Mikrokontroller
	455	Analog-Digitalwandler
	500	Linearverdichter
	520	Verdichterabschnitt
	522	Laufbuchse
35	524	Kolben
	526	Ventilplatte
	528	Zylinderraum
	530	Ruhelage

- 5 532 Kompressionsbereich
- 534 Expansionsbereich
- 540 Linearmotor
- 542 Anker
- 544 Kolbenstange
- 10 546 Motorwicklung
- 548 Laufbuchse
- 550 Flußführungshülse
- 560 zylindrisches Gehäuse
- 570, 572 Sensorspulen
- 15 600 Anordnung von Motorwicklung und Sensorspulen
- 700 Triac
- 710, 720 Versorgungsanschlüsse

5

Patentansprüche

1. Linearmotor für einen Linearverdichter, aufweisend:
eine Motorwicklung (120) zur Erzeugung eines magnetischen Feldes; und
einen Anker (130), der durch das von der Motorwicklung (120) erzeugte Feld in ei-
10 ner Auslenkungsrichtung linear auslenkbar ist;
gekennzeichnet durch eine Sensoranordnung zur Erfassung der Position des
Ankers (130) in Auslenkungsrichtung, wobei die Sensoranordnung einen Koppel-
transformator (330) aufweist, dessen Sekundärseite (334) mit der Motorwicklung
(120) elektrisch verbunden ist, wobei die Sensoranordnung ausgebildet ist, zur Er-
15 fassung der Position des Ankers (130) an die Primärseite (332) des Koppeltrans-
formators (330) eine Anregungsspannung zum Anregen der Motorwicklung (120)
anzulegen.
2. Linearmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anregungsspan-
20 nung zur Erzeugung von Wirbelstromverlusten, welche von der Position des An-
kers (130) abhängen, vorgesehen ist.
3. Linearmotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensor-
anordnung ausgebildet ist, die Frequenz der Anregungsspannung oder einer an-
25 sprechend auf die Anregungsspannung resultierenden Messspannung an der Pri-
märseite (332) des Koppeltransformators (330) zu erfassen.
4. Linearmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeich-
net, dass die Sensoranordnung ferner eine Oszillatorschaltung (410) aufweist,
30 durch welche eine oszillierende Anregungsspannung an der Primärseite (332) des
Koppeltransformators (330) bereitstellbar ist.
5. Linearmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeich-
net, dass eine Dimension des Ankers (130), insbesondere eine Breite des Ankers
35 (130), entlang der Auslenkungsrichtung des Ankers (130) variiert.

- 5 6. Linearmotor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Anker (130) zumindest an einem seiner Enden in Auslenkungsrichtung verjüngt, insbesondere stufenweise verjüngt.
- 10 7. Linearmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnung anstelle des Koppeltransformators (330) mindestens eine Messspule (570, 572) aufweist, die im Bereich eines Totpunkts des Ankers (542) vorgesehen ist, um ein Signal auszugeben, welches eine Information über die Position des Ankers (542) in Auslenkungsrichtung enthält.
- 15 8. Linearmotor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnung mindestens zwei Messspulen (570, 572) aufweist, welche jeweils an einem oberen und einem unteren Totpunkt des Ankers (542) vorgesehen sind.
- 20 9. Linearmotor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Messspulen (570, 572) in einer Reihenschaltung miteinander elektrisch verbunden sind.
- 25 10. Linearmotor nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Anker (542) an mindestens einem seiner Enden ein Material mit größerer Leitfähigkeit als in einem mittigen Bereich des Ankers (542) aufweist.
11. Linearverdichter gekennzeichnet durch einen Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

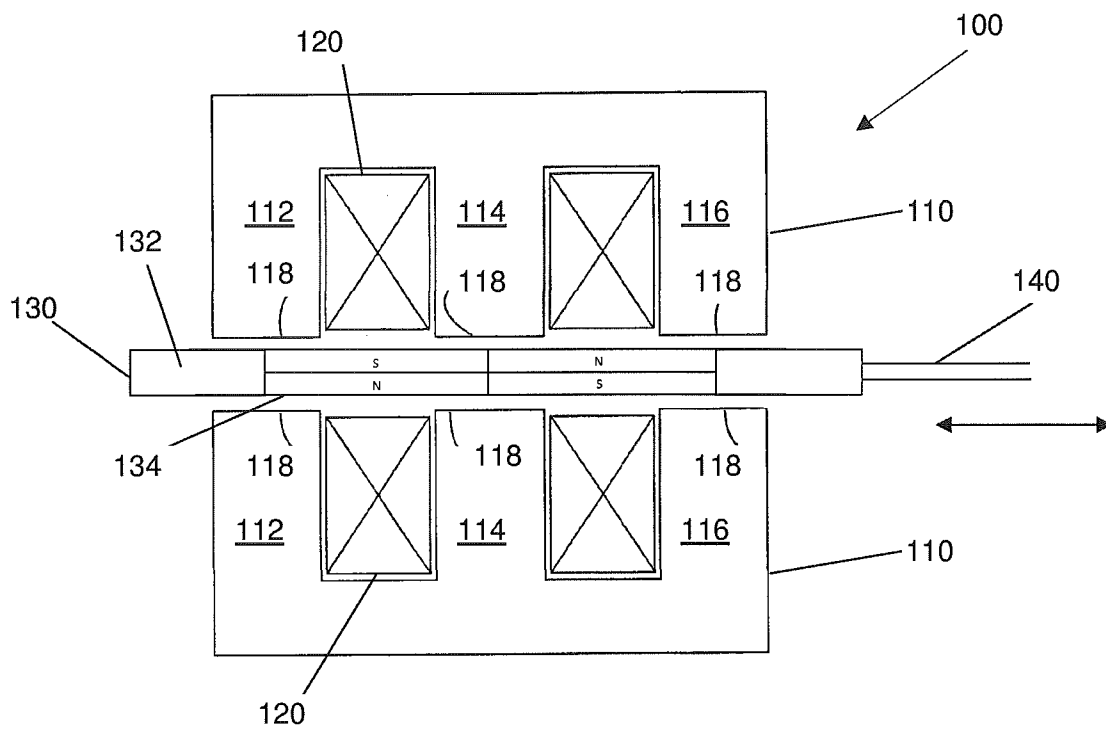


Fig. 1

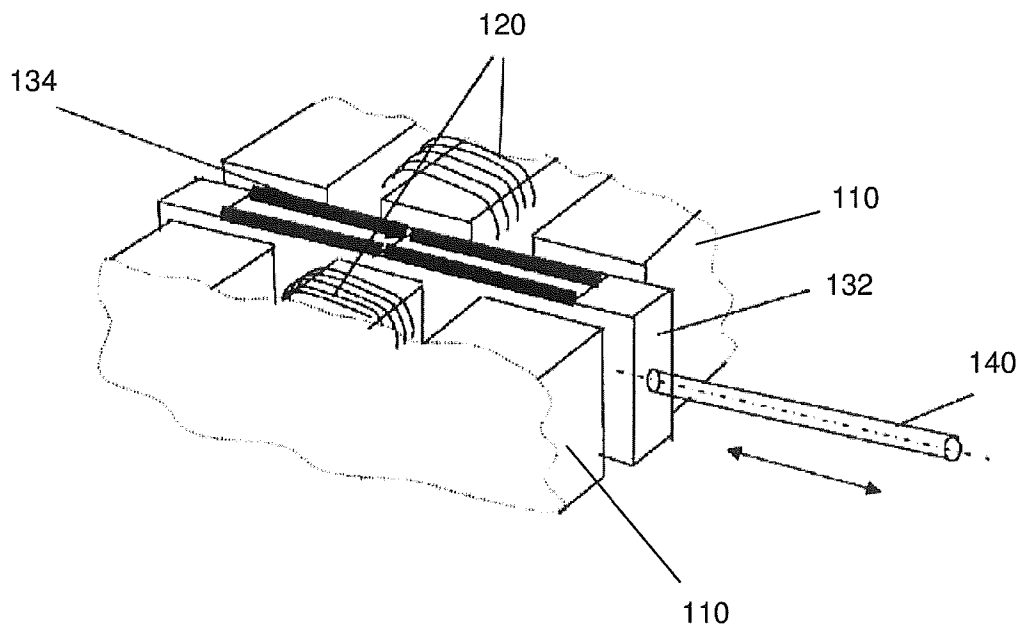


Fig. 2

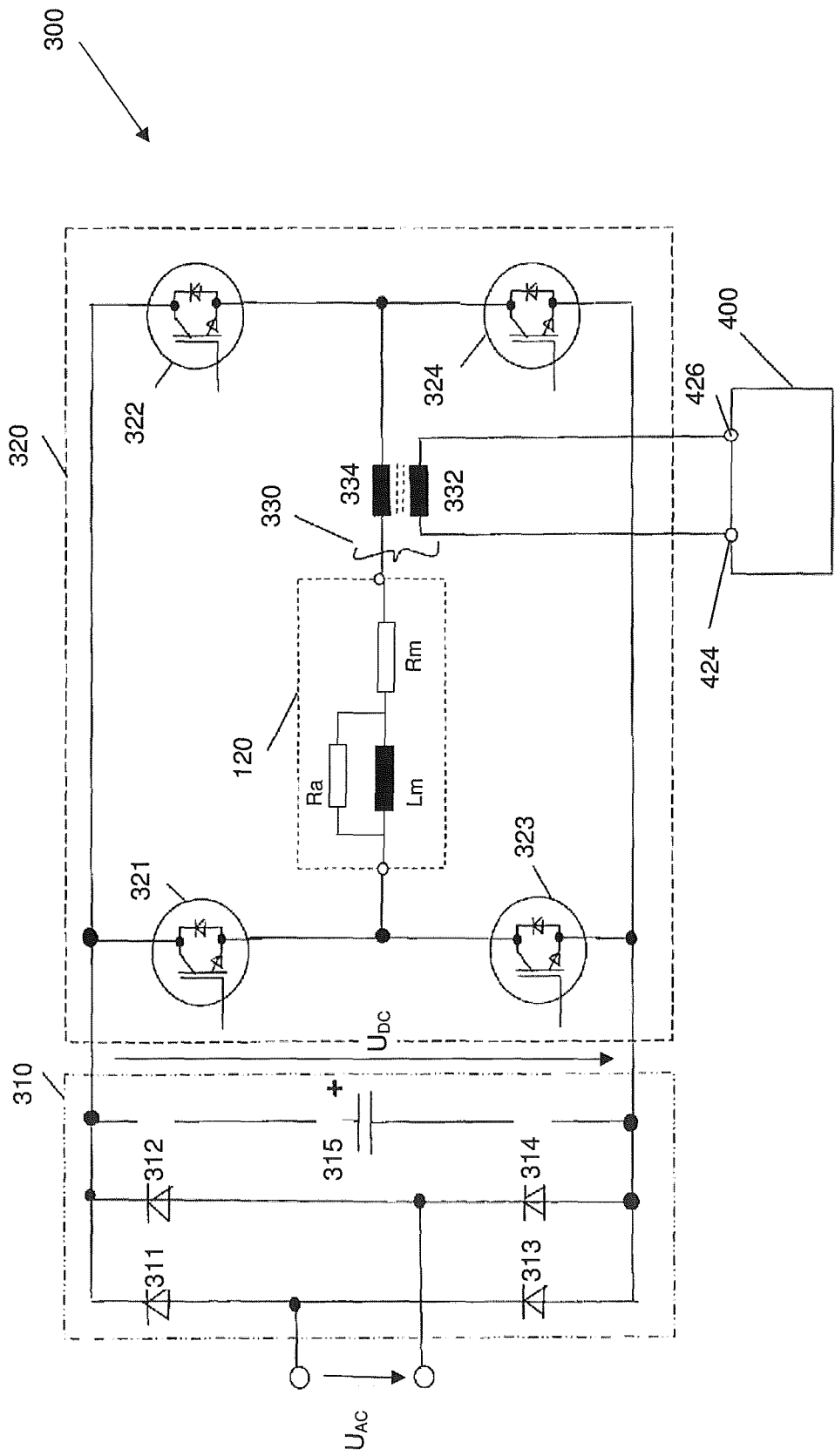


Fig. 3

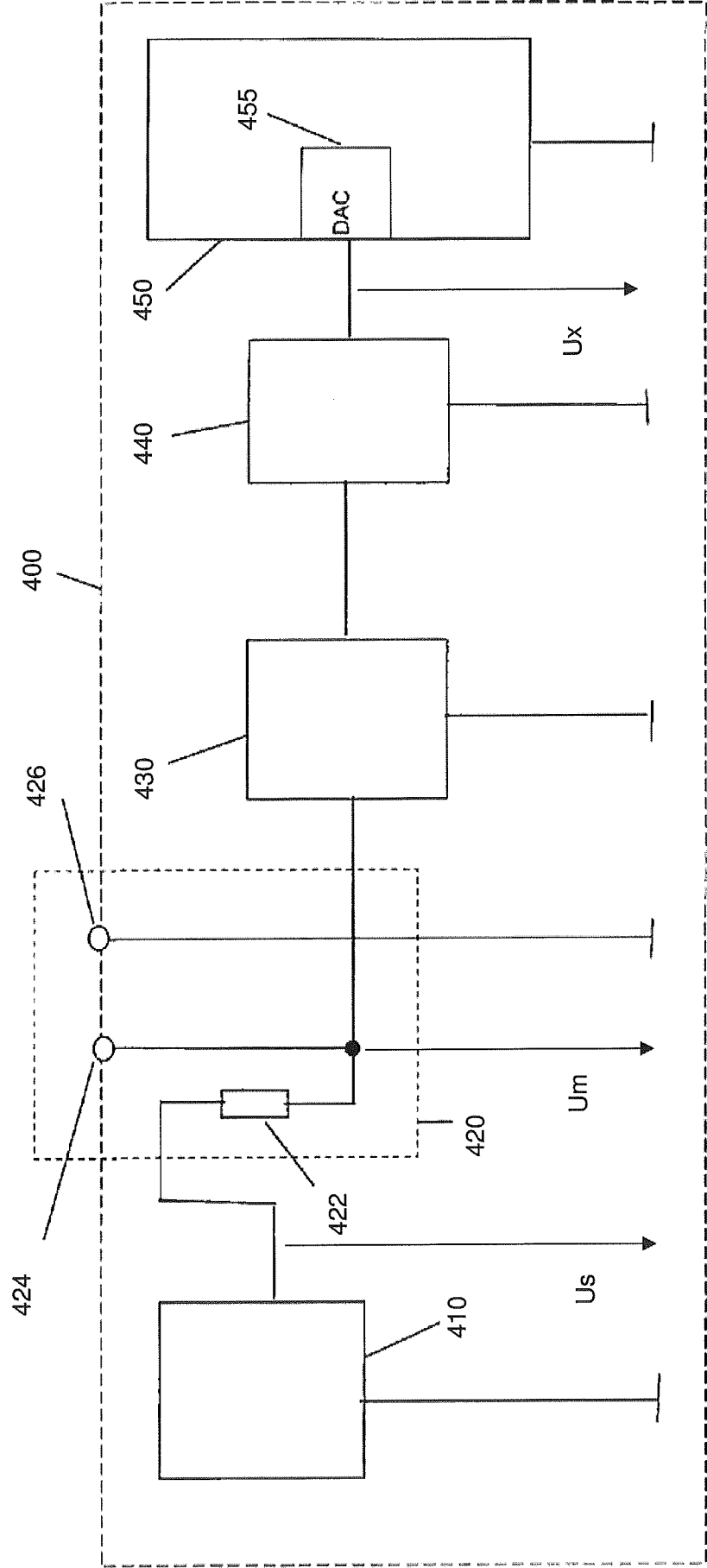


Fig. 4

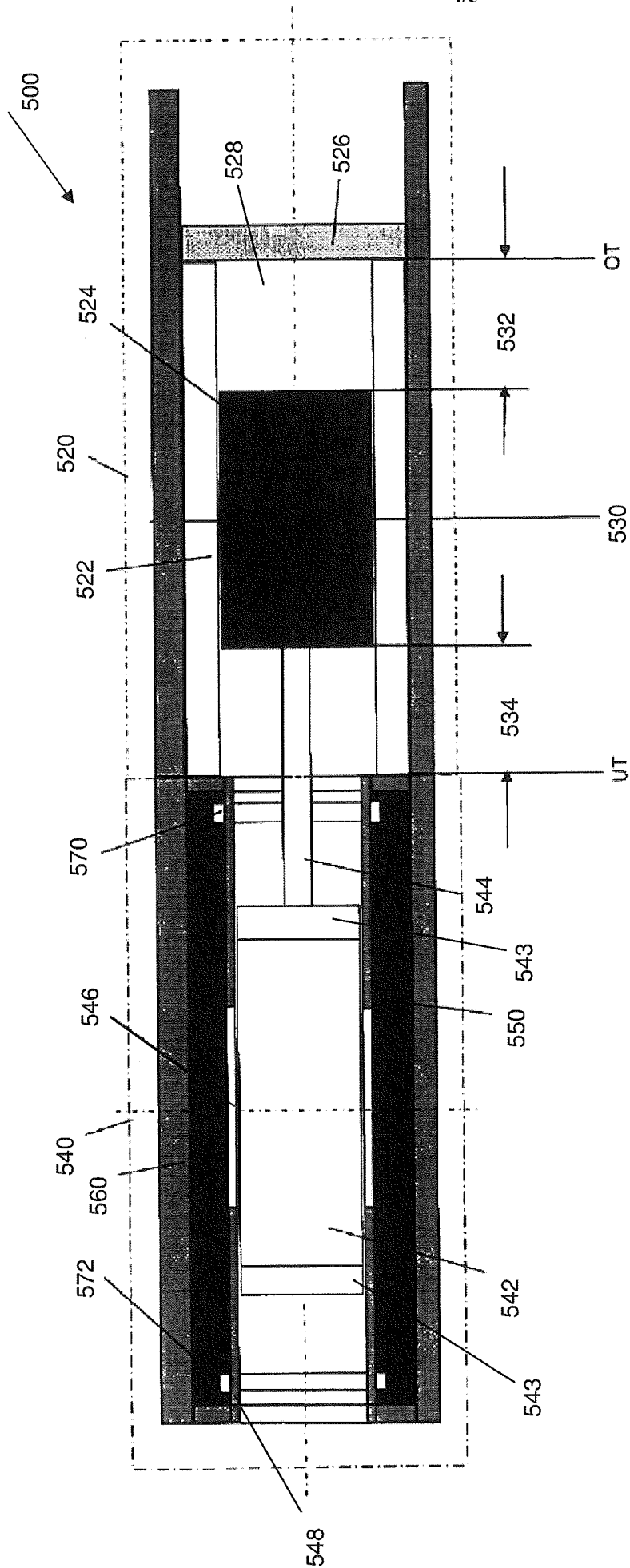


Fig. 5

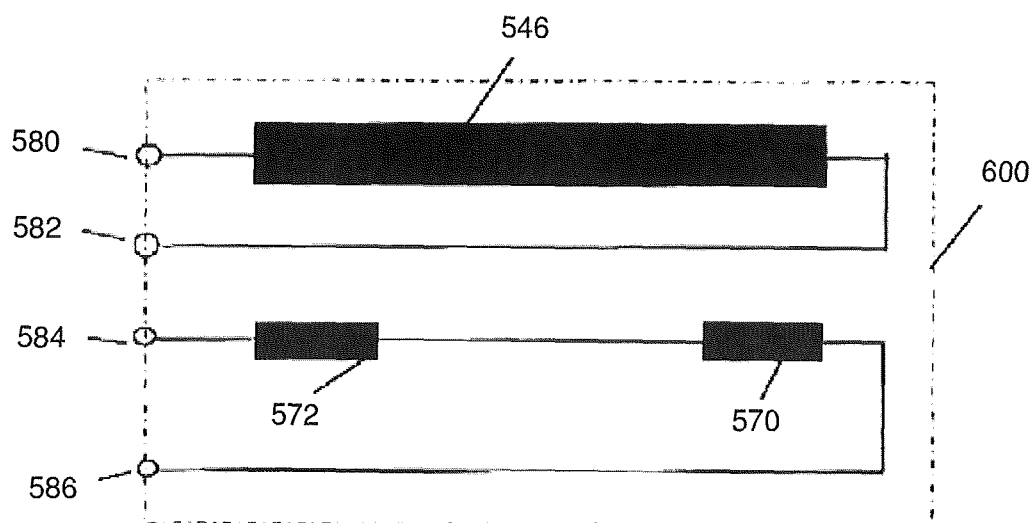


Fig. 6

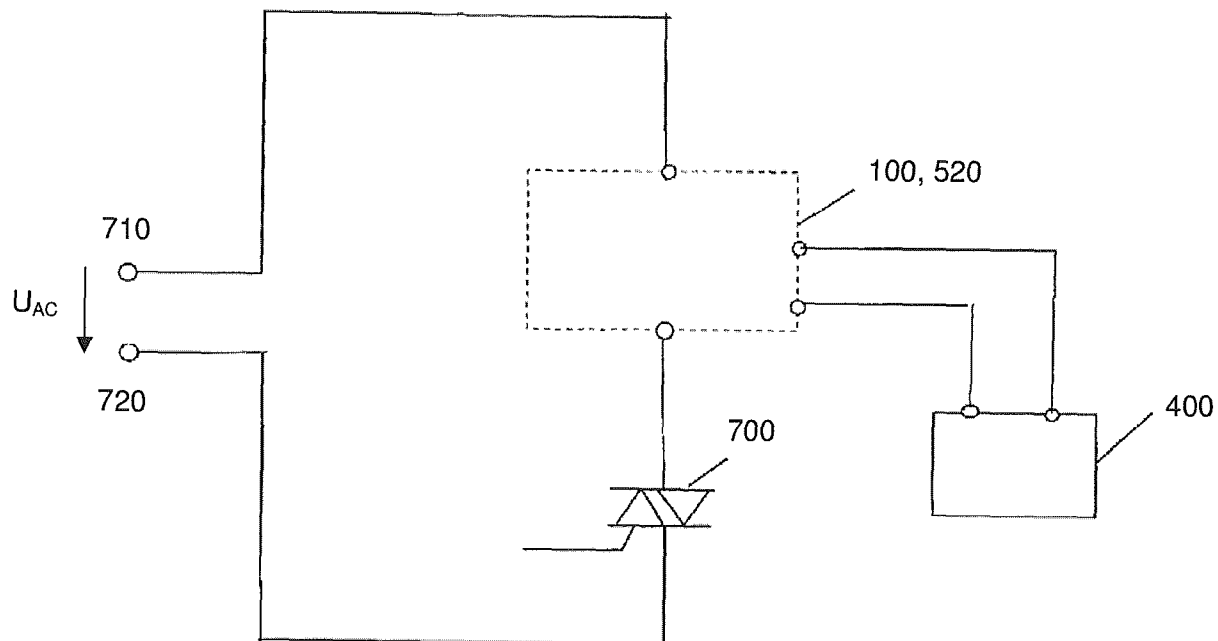


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2011/053500

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see extra sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/053500

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F04B35/04 F04B49/06 H02K29/12 H02K41/02 ADD.		
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) H02K B60G F04B		
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 practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 399 952 A (VAN ALEM ANTONIUS M [NL] ET AL) 21 March 1995 (1995-03-21)	1-6
Y	column 1, line 6 - column 5, line 43; claims 1,2,3,6,8,9; figures 1A-3 -----	11
X	US 5 698 910 A (BRYANT ROBERT COOPER [US] ET AL) 16 December 1997 (1997-12-16)	1-6
Y	column 1, line 55 - column 4, line 37; claims 1-16; figures 1-7 -----	11
Y	EP 0 909 896 A2 (MATSUSHITA REFRIGERATION [JP]) 21 April 1999 (1999-04-21) paragraphs [0136] - [0153]; figure 11 -----	11
A	US 5 342 176 A (REDLICH ROBERT W [US]) 30 August 1994 (1994-08-30) column 2, line 66 - column 6, line 23; figures 1-5 ----- -/-	1-6,11
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "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) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "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 "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 "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. "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
25 July 2011	04/08/2011	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Jurado Orenes, A	

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-6, 11

A linear motor for a linear compressor, comprising:

a motor coil for generating a magnetic field;

and

an armature which can be linearly deflected in a deflection direction by the field generated by the motor coil;

a sensor arrangement for detecting the position of the armature in the deflection direction, wherein the sensor arrangement has a coupling transformer, the secondary side of which is electrically connected to the motor winding, wherein the sensor arrangement, in order to detect the position of the armature, is designed to apply an excitation voltage to the primary side of the coupling transformer in order to excite the motor coil.

2. Claims 7-10

A linear motor for a linear compressor, comprising:

a motor coil for generating a magnetic field;

and

an armature which can be linearly deflected in a deflection direction by the field generated by the motor coil;

a sensor arrangement for detecting the position of the armature in the deflection direction, which comprises at least one measuring coil provided in the region of the dead centre of the armature, in order to emit a signal that contains an information regarding the position of the armature in the deflection direction.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/053500

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/112001 A1 (BAHNEN RUDOLF [DE] ET AL) 26 May 2005 (2005-05-26)	7-10
Y	paragraphs [0018] - [0023], [0034]; figures 1,7 -----	11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/053500

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5399952	A	21-03-1995	DE 69111889 D1 14-09-1995
		DE 69111889 T2 18-04-1996	
		EP 0457389 A1 21-11-1991	
		JP 3075770 B2 14-08-2000	
		JP 4229069 A 18-08-1992	
		NL 9001126 A 02-12-1991	
US 5698910	A	16-12-1997	NONE
EP 0909896	A2	21-04-1999	CN 1525065 A 01-09-2004
		CN 1214413 A 21-04-1999	
		DE 69817116 D1 18-09-2003	
		DE 69817116 T2 17-06-2004	
		DE 69830935 D1 25-08-2005	
		DE 69830935 T2 20-04-2006	
		EP 1344934 A2 17-09-2003	
		EP 1524434 A1 20-04-2005	
		EP 1524435 A2 20-04-2005	
		ES 2205389 T3 01-05-2004	
		SG 76566 A1 21-11-2000	
		TW 411380 B 11-11-2000	
		US 6203292 B1 20-03-2001	
US 5342176	A	30-08-1994	AT 153739 T 15-06-1997
		AU 676805 B2 20-03-1997	
		AU 2719395 A 21-09-1995	
		AU 6396894 A 24-10-1994	
		DE 69403468 D1 03-07-1997	
		DE 69403468 T2 18-09-1997	
		EP 0693160 A1 24-01-1996	
		JP 3413658 B2 03-06-2003	
		JP 8508558 T 10-09-1996	
		NZ 263331 A 25-06-1996	
		WO 9423204 A1 13-10-1994	
		US 5496153 A 05-03-1996	
US 2005112001	A1	26-05-2005	NONE

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☒ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- ☐ Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- ☒ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F04B35/04 F04B49/06 H02K29/12 H02K41/02
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H02K B60G F04B

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 399 952 A (VAN ALEM ANTONIUS M [NL] ET AL) 21. März 1995 (1995-03-21)	1-6
Y	Spalte 1, Zeile 6 - Spalte 5, Zeile 43; Ansprüche 1,2,3,6,8,9; Abbildungen 1A-3	11

X	US 5 698 910 A (BRYANT ROBERT COOPER [US] ET AL) 16. Dezember 1997 (1997-12-16)	1-6
Y	Spalte 1, Zeile 55 - Spalte 4, Zeile 37; Ansprüche 1-16; Abbildungen 1-7	11

Y	EP 0 909 896 A2 (MATSUSHITA REFRIGERATION [JP]) 21. April 1999 (1999-04-21) Absätze [0136] - [0153]; Abbildung 11	11

A	US 5 342 176 A (REDLICH ROBERT W [US]) 30. August 1994 (1994-08-30) Spalte 2, Zeile 66 - Spalte 6, Zeile 23; Abbildungen 1-5	1-6,11

	-/-	

☒ 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" älteres Dokument, 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 anderen 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

25. Juli 2011

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/08/2011

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

Jurado Orenes, A

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2005/112001 A1 (BAHNEN RUDOLF [DE] ET AL) 26. Mai 2005 (2005-05-26)	7-10
Y	Absätze [0018] - [0023], [0034]; Abbildungen 1,7 -----	11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/053500

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5399952	A	21-03-1995	DE	69111889 D1	14-09-1995
			DE	69111889 T2	18-04-1996
			EP	0457389 A1	21-11-1991
			JP	3075770 B2	14-08-2000
			JP	4229069 A	18-08-1992
			NL	9001126 A	02-12-1991

US 5698910	A	16-12-1997	KEINE		

EP 0909896	A2	21-04-1999	CN	1525065 A	01-09-2004
			CN	1214413 A	21-04-1999
			DE	69817116 D1	18-09-2003
			DE	69817116 T2	17-06-2004
			DE	69830935 D1	25-08-2005
			DE	69830935 T2	20-04-2006
			EP	1344934 A2	17-09-2003
			EP	1524434 A1	20-04-2005
			EP	1524435 A2	20-04-2005
			ES	2205389 T3	01-05-2004
			SG	76566 A1	21-11-2000
			TW	411380 B	11-11-2000
			US	6203292 B1	20-03-2001

US 5342176	A	30-08-1994	AT	153739 T	15-06-1997
			AU	676805 B2	20-03-1997
			AU	2719395 A	21-09-1995
			AU	6396894 A	24-10-1994
			DE	69403468 D1	03-07-1997
			DE	69403468 T2	18-09-1997
			EP	0693160 A1	24-01-1996
			JP	3413658 B2	03-06-2003
			JP	8508558 T	10-09-1996
			NZ	263331 A	25-06-1996
			WO	9423204 A1	13-10-1994
			US	5496153 A	05-03-1996

US 2005112001	A1	26-05-2005	KEINE		

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-6, 11

Linearmotor für einen Linearverdichter, aufweisend:
eine Motorwicklung zur Erzeugung eines magnetischen Feldes;
und
einen Anker, der durch das von der Motorwicklung erzeugte Feld in einer Auslenkungsrichtung linear auslenkbar ist;
eine Sensoranordnung zur Erfassung der Position des Ankers in Auslenkungsrichtung, wobei die Sensoranordnung einen Koppeltransformator aufweist, dessen Sekundärseite mit der Motorwicklung elektrisch verbunden ist, wobei die Sensoranordnung ausgebildet ist, zur Erfassung der Position des Ankers an die Primärseite des Koppeltransformators eine Anregungsspannung zum Anregen der Motorwicklung anzulegen.

2. Ansprüche: 7-10

Linearmotor für einen Linearverdichter, aufweisend:
eine Motorwicklung zur Erzeugung eines magnetischen Feldes;
und
einen Anker, der durch das von der Motorwicklung erzeugte Feld in einer Auslenkungsrichtung linear auslenkbar ist;
eine Sensoranordnung zur Erfassung der Position des Ankers in Auslenkungsrichtung, die mindestens eine Messspule aufweist, die im Bereich eines Totpunkts des Ankers vorgesehen ist, um ein Signal auszugeben, welches eine Information über die Position des Ankers in Auslenkungsrichtung enthält.
