

(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
20. Oktober 2011 (20.10.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/127939 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 1/18 (2006.01) H02K 41/03 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/002259

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. April 2010 (13.04.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **FESTO AG & CO. KG** [DE/DE]; Rüter Strasse 82, 73734 Esslingen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **CLAUSS, Christin** [DE/DE]; Robert-Leicht-Str. 128, 70569 Stuttgart (DE). **DIENER, Ulrich** [DE/DE]; Brinzingerweg 10, 73732 Esslingen (DE). **GÜCKEL, Jürgen** [DE/DE]; Dahlienweg 3, 70794 Filderstadt (DE). **WELK, Christian** [DE/DE]; Jahnstr. 19, 89257 Illertissen (DE).

(74) Anwalt: **KOCHER, Mark**; Magenbauer & Kollegen, Ploching Strasse 109, 73730 Esslingen (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, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

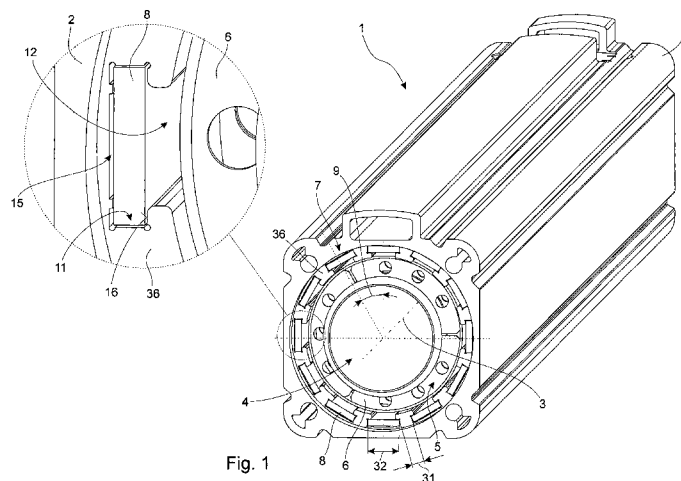
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTROMAGNETIC LINEAR DIRECT DRIVE

(54) Bezeichnung : ELEKTROMAGNETISCHER LINEARDIREKTANTRIEB



(57) Abstract: The invention relates to an electromagnetic linear direct drive, comprising a drive housing (2), through which a recess (4) passes along a travel axis (3), in which recess at least one electrically conductive annular coil (5) is arranged, which is designed to provide a magnetic field when provided with electrical energy, and comprising a slider (18), which is supported in an annular-coil recess (36) along the travel axis (3) so as to be linearly movable relative to the annular coil (5) and which has magnetic means (20), which are designed to interact with the magnetic field that can be provided by the annular coil (5) in order to apply an adjusting force to the slider (18), wherein a return arrangement (7) is arranged on an outer circumference of the annular coil (5), the return arrangement being formed by a plurality of return rods (8) oriented along the travel axis (3) and made of a magnetically conductive material. According to the invention, the return rods (8) are arranged at a radial distance from the at least one annular coil (5) in the drive housing (2).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2011/127939 A1



Die Erfindung betrifft einen elektromagnetischer Lineardirektantrieb mit einem Antriebsgehäuse (2), das längs einer Hubachse (3) von einer Ausnehmung (4) durchsetzt ist, in der wenigstens eine elektrisch leitende Ringspule (5) angeordnet ist, die zur Bereitstellung eines Magnetfelds bei Beaufschlagung mit elektrischer Energie ausgebildet ist und mit einem Läufer (18), der in einer Ringspulen­ausnehmung (36) längs der Hubachse (3) linearbeweglich zur Ringspule (5) gelagert ist und die Magnetmittel (20) aufweist, die für eine Wechselwirkung mit dem von der Ringspule (5) bereitstellbaren Magnetfeld zur Aufbringung einer Stellkraft auf den Läufer (18) ausgebildet sind, wobei an einem Außenumfang der Ringspule (5) eine Rückschlussanordnung (7) angeordnet ist, die aus mehreren längs der Hubachse (3) ausgerichteten Rückschlussstäben (8), die aus einem magnetisch leitenden Material hergestellt sind, gebildet ist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Rückschlussstäbe (8) in radialer Richtung beabstandet von der wenigstens einen Ringspule (5) in dem Antriebsgehäuse (2) angeordnet sind.

Elektromagnetischer Lineardirektantrieb

Die Erfindung betrifft einen elektromagnetischen Lineardirektantrieb mit einem Antriebsgehäuse, das längs einer Hubachse von einer Ausnehmung durchsetzt ist, in der wenigstens eine elektrisch leitende Ringspule angeordnet ist, die zur
5 Bereitstellung eines Magnetfelds bei Beaufschlagung mit elektrischer Energie ausgebildet ist, und mit einem Läufer, der in einer Ringspulenausnehmung längs der Hubachse linearbeweglich zur Spule gelagert ist und der Magnetmittel aufweist, die für eine Wechselwirkung mit dem von der Ringspule
10 bereitstellbaren Magnetfeld zur Aufbringung einer Stellkraft auf den Läufer ausgebildet sind, wobei an einem Außenumfang der Ringspule eine Rückschlussanordnung angeordnet ist, die aus mehreren längs der Hubachse ausgerichteten Rückschlussstäben, die aus einem magnetisch leitenden Material hergestellt
15 sind, gebildet ist. Zudem betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines entsprechend ausgebildeten elektromagnetischen Lineardirektantriebs.

Aus der US 7,378,765 B2 ist ein zylinderartiger Linearmotor bekannt. Der Linearmotor umfasst einen Stator mit einer Spulen-
20 lenanordnung, die aus einer Vielzahl von ringförmigen Spulen aufgebaut ist und die einen zylindrischen Raum begrenzt. Ferner umfasst der Linearmotor einen Rückschluss aus magnetischem Material, der an der Außenseite der Spulenordnung angebracht ist, sowie einen Läufer, der eine Lagerstange und

BESTÄTIGUNGSKOPIE

5 daran angebrachte Permanentmagnete umfasst. Der Rückschluss wird von mehreren an der Außenumfangsfläche der Spulenordnung angebrachten ferromagnetischen Leisten gebildet, die sich in Hubrichtung des Läufers erstrecken. Die Spulenordnung und die zirkular um die Spulenordnung angeordneten und an der Spulenordnung befestigten ferromagnetischen Leisten sind in einem Antriebsgehäuse aufgenommen, das zu diesem Zweck von einer längs der Hubachse erstreckten Ausnehmung durchsetzt ist.

10 Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Lineardirektantrieb bereitzustellen, der eine vereinfachte Aufbauweise aufweist.

Diese Aufgabe wird für einen Lineardirektantrieb der eingangs genannten Art mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Hierbei ist vorgesehen, dass die Rückschlussstäbe in radialer Richtung beabstandet von der wenigstens einen Ringspule in dem Antriebsgehäuse angeordnet sind. Hierdurch wird eine Auftrennung oder mechanische Entkopplung zwischen der einen oder den mehreren für den Lineardirektantrieb vorgesehenen Ringspulen und den die eine Ringspule oder die mehreren Ringspulen umgebenden Rückschlussstäben ermöglicht. Daraus resultiert insbesondere eine einfachere und präzisere Montage der Rückschlussstäbe im Antriebsgehäuse. Zudem können dadurch die Anforderungen an die Geometrie der Außenumfangsfläche der wenigstens einen Ringspule, die üblicherweise aus einer Vielzahl von Drahtwindungen gewickelt ist, deutlich reduziert werden, da diese Umfangsfläche im Gegensatz zum bekannten Linearantrieb nicht für eine korrekte Ausrichtung der Rückschlussstäbe benötigt wird.

30 Zweckmäßig ist es, wenn die Rückschlussstäbe punktsymmetrisch zu einer Mittelachse der Ausnehmung im Antriebsgehäuse, vor-

zugsweise in einheitlicher Winkelteilung, angeordnet sind. Eine wesentliche Aufgabe der Rückschlussstäbe besteht darin, die vom Läufer ausgehenden Magnetfelder sowie die bei Beaufschlagung der Ringspulen mit elektrischer Energie auftretenden Magnetfelder zumindest weitestgehend im Inneren des Lineardirektantriebs zu halten, so dass an der Außenoberfläche des Antriebsgehäuses keine oder nur geringe Magnetkräfte auftreten. Um dies zu gewährleisten und gleichzeitig während des Betriebs des Lineardirektantriebs unerwünschte Querkräfte auf den Läufer, die senkrecht zur Hubachse in radialer Richtung ausgerichtet sind, zu vermeiden, ist es vorteilhaft, wenn die aus den Rückschlussstäben gebildete Rückschlusseinrichtung punktsymmetrisch, insbesondere punktsymmetrisch zur Hubachse, aufgebaut ist. Dies ist insbesondere bei Rückschlussstäben von Bedeutung, die einen unrunder, beispielsweise rechteckigen, Querschnitt aufweisen. Bei einer punktsymmetrischen Anordnung sind die größten Oberflächen der beispielsweise rechteckig profilierten Rückschlussstäbe mit der jeweiligen Flächennormale jeweils parallel zu einer Radialrichtung der Ausnehmung im Antriebsgehäuse ausgerichtet. Bevorzugt sind die Rückschlussstäbe in einheitlicher Winkelteilung um die Mittelachse der Ausnehmung angeordnet. Besonders bevorzugt weisen die Rückschlussstäbe alle den gleichen Querschnitt auf.

Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Rückschlussstäbe in radialer Richtung nach innen am Antriebsgehäuse abgestützt sind, insbesondere formschlüssig im Antriebsgehäuse aufgenommen sind. Durch die Abstützung der Rückschlussstäbe in radialer Richtung nach innen wird die vorteilhafte symmetrische Anordnung der Rückschlussstäbe gegenüber den Ringspulen unterstützt. Zudem kann bei geeigneter Auslegung der Abstützung für die Rückschlussstäbe eine uner-

wünschte Deformation der Rückschlussstäbe, die sich als Reaktion auf Magnetkräfte, die während des Betriebs des Lineardirektantriebs auftreten, vermindert oder verhindert werden. Hierdurch werden unerwünschte Kräfte auf den Läufer reduziert oder vollständig vermieden. Vorteilhaft ist es, wenn die Rückschlussstäbe, insbesondere bezogen auf die Radialrichtung nach innen, formschlüssig im Antriebsgehäuse aufgenommen sind, dies gewährleistet eine exakte und definierte Positionierung der Rückschlussstäbe gegenüber den Ringspulen und dem Läufer.

Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Ausnehmung im Antriebsgehäuse hinterschnittene Bereiche zur Aufnahme der Rückschlussstäbe umfasst. Die hinterschnittenen Bereiche sind derart angeordnet, dass die Rückschlussstäbe in radialer Richtung nach innen am Antriebsgehäuse aufliegen können und somit flächig abgestützt werden, um bei den auftretenden Magnetkräften eine zuverlässige Abstützung zu erfahren.

Vorzugsweise sind in der Ausnehmung im Antriebsgehäuse in radialer Richtung nach innen ragende, insbesondere einstückig am Antriebsgehäuse angeformte, Radialstege ausgebildet, die Schächte zur Aufnahme der Rückschlussstäbe begrenzen und die in einem radial innenliegenden Bereich in Umfangsrichtung erstreckte, vorzugsweise schneidenförmig ausgebildete, Auflageflächen umfassen, die zur formschlüssigen Anlage der Rückschlussstäbe ausgebildet sind. Die Radialstege gewährleisten einerseits eine gleichmäßige Beabstandung der Rückschlussstäbe in Umfangsrichtung. Andererseits stellen die Radialstege mit den im Wesentlichen in Umfangsrichtung erstreckten Auflageflächen die definierte Anlage der Rückschlussstäbe in radialer Richtung nach innen sicher. Vorzugsweise sind die Auflageflächen zumindest bereichsweise schneidenförmig ausgebil-

det, wobei sich die Schneidenspitzen vorzugsweise in radialer Richtung nach außen erstrecken. Hierdurch wird eine statisch bestimmte Auflage der Rückschlussstäbe im Antriebsgehäuse begünstigt.

5 Vorteilhaft ist es, wenn zwischen dem Antriebsgehäuse und den Rückschlussstäben eine elektrisch isolierende Schicht ausgebildet ist. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn das Antriebsgehäuse aus einem elektrisch leitenden Material, insbesondere Aluminium, hergestellt ist. Während des Betriebs
10 des Lineardirektantriebs werden von der wenigstens einen Ringspule Magnetfelder erzeugt, um den Läufer anzutreiben. Diese Magnetfelder rufen in den Rückschlussstäben Wirbelströme hervor. Wenn die Wirbelströme von den Rückschlussstäben über das Antriebsgehäuse abfließen können, beeinträchtigt
15 dies den Wirkungsgrad des Lineardirektantriebs. Durch die Isolation zwischen Antriebsgehäuse und Rückschlussstäben bleiben die jeweils in den Rückschlussstäben hervorgerufenen Wirbelströme lokal isoliert, wodurch ein möglichst geringer Einfluss auf den Wirkungsgrad des Lineardirektantriebs ge-
20 währleistet ist.

Bevorzugt ist die elektrisch isolierte Schicht als Beschichtung, insbesondere als kathodische Tauchlackierung, auf die Rückschlussstäbe aufgebracht. Durch eine Beschichtung, die vorzugsweise aus einer gestaltlosen Masse auf die Oberfläche
25 der Rückschlussstäbe aufgebracht wird, kann die gewünschte Isolierung in einfacher und kostengünstiger Weise hergestellt werden. Beispielsweise kann vorgesehen werden, die Rückschlussstäbe aus einem langgestreckten Bandmaterial herzustellen. Das Bandmaterial wird in einem fortlaufenden Tauch-
30 prozess mit einer kathodischen Tauchlackierung versehen. Nach dem Aushärten der Lackierung wird das Bandmaterial in entsprechende Abschnitte geschnitten. Die nicht isolierten

Stirnseiten des Bandmaterials sind dann derart in dem Antriebsgehäuse anzubringen, dass sie nicht in elektrischem Kontakt mit dem Antriebsgehäuse stehen. Alternativ werden die Rückschlussstäbe erst nach der mechanischen Bearbeitung beschichtet, wodurch eine einfachere Montage in das Antriebsgehäuse sichergestellt ist.

Vorteilhaft ist es, wenn in einem Ringspaltabschnitt zwischen der Ringspule und einem zugeordneten Rückschlussstab eine Sensoreinrichtung angeordnet ist. Hierdurch wird der Bauraum innerhalb des Antriebsgehäuses besonders vorteilhaft ausgenutzt, da der durch die Beabstandung von Ringspule und Rückschlussstab gebildete Ringspaltabschnitt in einer Art Doppelfunktion für die Integration von Sensoren, beispielsweise Temperatursensoren, Wegmesssensoren, elektrischen oder magnetischen Feldsensoren, etc. ausgenutzt wird. Ergänzend können auch Ansteuerschaltungen für die Sensoreinrichtungen, die elektrische und/oder elektronische Bauelemente umfassen und die beispielsweise auf starren oder flexiblen Leiterplatten angeordnet sind, platzsparend in den Ringspalt eingebracht werden.

Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass ein Ringspaltabschnitt zwischen der Ringspule und einem zugeordneten Rückschlussstab und/oder ein Ringspaltabschnitt zwischen dem Rückschlussstab und dem Antriebsgehäuse zumindest nahezu vollständig mit einer, vorzugsweise aushärtbaren, Vergußmasse ausgefüllt ist. Die Vergußmasse kann dazu vorgesehen sein, die Rückschlussstäbe in der Ausnehmung des Antriebsgehäuses festzulegen, damit diese während des Betriebs der Lineardirektantrieb keine Freiheitsgrade der Bewegung aufweisen. Die Vergußmasse kann ergänzend oder alternativ für eine thermische Kopplung zwischen Ringspule und Rückschlussstab und/oder zwischen Rückschlussstab und Antriebsgehäuse

vorgesehen sein, um eine vorteilhafte Wärmeabfuhr von den während des Betriebs des Lineardirektantriebs mit elektrischer Energie beaufschlagten Ringspulen über die Rückschlussstäbe und das Antriebsgehäuse in die Umgebung zu gewährleisten. Bevorzugt ist die Vergußmasse derart ausgewählt, dass sie eine hohe Wärmeleitfähigkeit, insbesondere nahe der Wärmeleitfähigkeit von Metallen, aufweist. Besonders bevorzugt ist die Vergußmasse elektrisch isolierend ausgebildet.

Zweckmäßig ist es, wenn benachbart angeordnete Ringspulen jeweils auf separat ausgebildeten Spulenkörpern aufgewickelt sind. Hierdurch kann in einfacher Weise eine Anpassung der üblicherweise durch mehrere Ringspulen gebildeten Spulenanordnung an die gewünschte Baulänge des Lineardirektantriebs vorgenommen werden. Die vorgefertigten Ringspulen können in der Art eines Baukastensystems zusammengefügt werden und entsprechend der gewünschten elektrischen Verschaltung miteinander verknüpft werden.

Zweckmäßig ist es, wenn der Spulenkörper wenigstens ein Kuppelungsmittel, insbesondere einen Stecker und/oder Steckbuchse, für eine Festlegung an einem benachbarten Spulenkörper umfasst. Hierdurch können die Spulenkörper in einfacher Weise aneinandergesteckt werden, wodurch eine mechanische Vorfixierung gewährleistet ist. Hierzu können die Spulenkörper an axialen Stirnflächen mit Steckern und/oder Steckbuchsen versehen sein, die zum Eingriff in bzw. zur Aufnahme von benachbarten Spulenkörpern vorgesehen sind. Hierdurch lässt sich rasch die für den jeweils zu montierenden Lineardirektantrieb jeweils notwendige Spulenanordnung zusammenstecken.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Spulenkörper wenigstens einen in radialer Richtung erstreckten Stützring zur axialen Abstützung der

Ringspule umfasst, der wenigstens eine in Richtung der Hubachse ausgerichtete, den Stützring durchsetzende Ausnehmung aufweist. Vorzugsweise ist der Spulenkörper mit zwei voneinander beabstandeten Stützringen ausgerüstet, die in der Art einer Kabeltrommel angeordnet sind. Hierdurch wird der Wickelvorgang für die Ringspule erleichtert, zudem wird die Ringspule durch die Stützringe mechanisch stabilisiert und gegenüber einer benachbarten Ringspule zuverlässig elektrisch isoliert. Um eine möglichst vollständige Durchdringung der Spulenkörper mit Vergußmasse während der Herstellung des Lineardirektantriebs zu gewährleisten, sind die Stützringe mit Ausnehmungen versehen, die ein Durchfließen der Vergußmasse erleichtern. Bevorzugt weisen die Stützringe in einem radial außen liegenden Bereich Einkerbungen oder Ausklinkungen auf, die die Führung von Anschlussdrähten und Spulenabzapfungen längs der Hubachse über benachbarte Spulen hinweg erleichtern.

Vorteilhaft ist es, wenn eine Ausdehnung der Rückschlussstäbe in Umfangsrichtung der Ringspule größer als ein Abstand zwischen benachbart angeordneten Rückschlussstäben ausgebildet ist. Hierdurch wird ein vorteilhafter Kompromiss zwischen der Abschirmwirkung, die durch die Rückschlussstäbe für das Magnetfeld gegenüber einer Umgebung des Lineardirektantriebs hervorgerufen wird, und den durch die Rückschlussstäbe während des Betriebs des Lineardirektantriebs auftretenden Rückkopplungseffekten, insbesondere Wirbelströmen und Ummagnetisierungsverlusten, die sich auf den Wirkungsgrad des Lineardirektantriebs auswirken, erzielt. Eine besonders vorteilhafte Wirkung der Rückschlussanordnung lässt sich dann erzielen, wenn die Ausdehnung der Rückschlussstäbe in Umfangsrichtung mehr als doppelt so groß wie der Abstand zwischen den benachbarten Rückschlussstäben ist.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Antriebsgehäuse aus einem nichtferromagnetischen Material, insbesondere Aluminium, vorzugsweise als Strangpreßteil, hergestellt ist. Durch die Verwendung eines nichtferromagnetischen Materials, insbesondere eines metallischen Materials, lässt sich ein sehr stabiles Antriebsgehäuse bei kompakter Bauform realisieren. Vorzugsweise ist das Antriebsgehäuse aus Aluminium hergestellt, das eine kostengünstige Herstellung mit vorteilhaften mechanischen Eigenschaften ermöglicht. Besonders bevorzugt ist das Antriebsgehäuse als Aluminiumstrangpreßteil mit konstanter Querschnittsprofilierung ausgebildet.

Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch ein Verfahren zur Herstellung eines elektromagnetischen Lineardirektantriebs gelöst. Dabei weist der Lineardirektantrieb die Merkmale des Oberbegriffs des Anspruchs 1 auf. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst die Schritte: Einschieben der Rückschlussstäbe in hinterschnitten ausgebildete Bereiche der Ausnehmung im Antriebsgehäuse, Einschieben der wenigstens einer Ringspule in die Ausnehmung im Antriebsgehäuse, Einsetzen von Magnetmitteln, insbesondere einer Permanentmagnetanordnung in die Ringspulenausnehmung, Einbringen einer gestaltlosen Vergussmasse in Ringspaltabschnitte zwischen der wenigstens einer Ringspule und den Rückschlussstäben und/oder zwischen den Rückschlussstäben und dem Antriebsgehäuse, Aushärten der Vergussmasse. Das Ziel des Verfahrens besteht darin, in wenigen Arbeitsschritten eine zuverlässige Festlegung der Rückschlussstäbe sowie gegebenenfalls eine vorteilhafte thermische Kopplung zwischen den Ringspulen, den Rückschlussstäben und dem Antriebsgehäuse zu erreichen. Zu diesem Zweck werden zunächst die Rückschlussstäbe in die entsprechend ausgebildeten, hinterschnittenen Bereiche der Ausnehmung im Antriebsge-

häuse eingeschoben. Durch die hinterschnittene Ausführung dieser Bereiche kann eine zumindest vorläufige Festlegung der Rückschlussstäbe, insbesondere in radialer Richtung nach innen erreicht werden. Anschließend wird die wenigstens eine Ringspule, üblicherweise mehrere Ringspulen, in die Ausnehmung in Antriebsgehäuse eingeschoben: Für den Fall, dass mehrere Ringspulen vorgesehen sind, können die benachbart angeordneten Ringspulen durch entsprechend ausgebildete Spulenkörper bereits miteinander gekoppelt sein. Dadurch wird die Montage der Spulenordnung in die Ausnehmung des Antriebsgehäuses erleichtert. In einem nachfolgenden Schritt werden Magnetmittel in die Ringspulenausnehmung eingebracht. Bei diesen Magnetmitteln kann es sich entweder um eine Permanentmagnetanordnung oder eine Ringspulenordnung handeln, die bei Beaufschlagung mit elektrischer Energie ein Magnetfeld abgibt. Alternativ kann eine Beaufschlagung der wenigstens einer Ringspule mit elektrischer Energie vorgesehen werden, um Magnetkräfte auf die Rückschlussstäbe einwirken zu lassen. Der Zweck der Bereitstellung von Magnetkräften, insbesondere durch die Magnetmittel, besteht darin, die während des Betriebs des Lineardirektantriebs auftretenden Magnetkräfte während des nachfolgenden Vergusschritts möglichst wirklichkeitsnah zu simulieren. Dadurch ist sichergestellt, dass die Rückschlussstäbe in einer Position vergossen werden, die im Wesentlichen dem Betriebszustand entspricht. Hierdurch wird vermieden, dass während des Betriebs des Lineardirektantriebs unerwünschte Magnetkraft-Rückwirkungen vom Läufer und/oder den Ringspulen auf die Rückschlussstäbe und in Folge dessen unerwünschte Relativbewegungen zwischen den Rückschlussstäben und dem Antriebsgehäuse stattfinden. Vielmehr werden die Rückschlussstäbe durch die Magnetmittel in eine vorgespannte Stellung gebracht, aus der sie durch die im Betrieb auftretenden Magnetkräfte nicht oder nur in geringfügigem Maße aus-

gelenkt werden. Anschließend wird eine gestaltlose Vergußmasse, beispielsweise eine Kunstharzmasse, insbesondere eine mit Partikeln gefüllte Kunstharzmasse, in die Ringspaltabschnitte zwischen der wenigstens einen Ringspule und den Rückschlussstäben und/oder zwischen die Rückschlussstäbe und das Antriebsgehäuse eingebracht. Der Zweck der Vergußmasse liegt einerseits in der Festlegung der Rückschlussstäbe im Antriebsgehäuse. Andererseits kann bei geeigneter Füllung der Vergußmasse, beispielsweise mit Partikeln aus thermisch gut leitfähigem Material, das vorzugsweise elektrisch isolierend ist eine vorteilhafte thermische Kopplung zwischen den Ringspulen und dem Antriebsgehäuse erreicht werden. Hierdurch wird im Betrieb des Lineardirektantriebs eine vorteilhafte Wärmeabfuhr von den mit elektrischer Energie beaufschlagten und durch ohmsche Widerstände sowie Magnetisierungsverluste erwärmten Ringspulen gewährleistet. In einem abschließenden Arbeitsschritt wird die Vergußmasse ausgehärtet, dies kann beispielsweise bei einer zweikomponentig ausgebildeten Vergußmasse durch Zeitablauf und/oder Wärmezufuhr erreicht werden. Bei einer einkomponentig ausgebildeten Vergußmasse kann beispielsweise eine Aktivierung des Aushärtungsvorgangs mit ultraviolettem Licht oder anderen hochenergetischen Strahlen erreicht werden.

Bei einer abweichenden Ausführungsform des Verfahrens, das ebenfalls die Merkmale gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 15 umfasst, ist vorgesehen, dass die Rückschlussstäbe in die hinterschnitten ausgebildeten Bereiche der Ausnehmung im Antriebsgehäuse eingeschoben werden und in einen nachfolgenden Bearbeitungsschritt durch plastische Deformation der die hinterschnitten ausgebildeten Bereiche der Ausnehmung begrenzenden Radialstege kraftschlüssig und/oder formschlüssig im Antriebsgehäuse festgelegt werden. Hierdurch wird eine beson-

ders zuverlässige Festlegung der Rückschlussstäbe erreicht, was insbesondere bei harten Einsatzbedingungen für den Lineardirektantrieb von Interesse ist. Anschließend wird die Ringspule bzw. die Ringspulenordnung in die Ausnehmung im Antriebsgehäuse eingeschoben und eine gestaltlose Vergußmasse in Ringspaltabschnitte zwischen der Ringspule und den Rückschlussstäben und/oder zwischen die Rückschlussstäbe und das Antriebsgehäuse eingebracht und ausgehärtet. Eine Festlegung der Rückschlussstäbe kann beispielsweise durch plastische Deformation der Radialstege erreicht werden.

Eine vorteilhafte Ausführungsform eines Lineardirektantriebs ist in der Zeichnung dargestellt. Hierbei zeigt:

- Figur 1 eine perspektivische Darstellung eines teilmontierten Lineardirektantriebs mit einer Detailvergrößerung,
- Figur 2 eine teilweise geschnittene Darstellung eines vollständig montierten Lineardirektantriebs,
- Figur 3 eine perspektivische Darstellung des Antriebsgehäuses mit einer Detailvergrößerung und
- Figur 4 eine perspektivische Darstellung eines Spulenkörpers für die Ringspule.

Der in der Figur 1 dargestellte Lineardirektantrieb 1 umfasst ein Antriebsgehäuse 2, das beispielsweise als Aluminiumstrangpressteil hergestellt ist und das längs einer Hubachse 3 vorzugsweise einen zumindest im Wesentlichen konstanten Querschnitt aufweist. Jeweils endseitig ist das Antriebsgehäuse 2 mit einer zylindrischen Ausdrehung versehen, in die ein in der Figur 2 näher dargestellter, beispielsweise ring-

förmig ausgebildeter Abschlussdeckel aufgenommen werden kann. An einer Oberseite des Antriebsgehäuses 2 ist eine nicht näher bezeichnete Einfräsung vorgesehen, die beispielsweise zur exakten Positionierung des Lineardirektantriebs 1 gegenüber nicht näher dargestellten Maschinenkomponenten dienen kann.

Das Antriebsgehäuse 2 weist in einer nicht eingezeichneten Querschnittsebene, deren Flächennormale parallel zur Hubachse 3 ausgerichtet ist, eine im Wesentlichen zylindrische Ausnehmung 4 auf, in der mehrere längs der Hubachse 3 aneinander gereihte Ringspulen 5 aufgenommen werden können. Die Ringspulen 5 sind exemplarisch in nicht dargestellter Weise aus einer Vielzahl von vorzugsweise kreisförmigen Windungen eines langgestreckten metallischen Materials, beispielsweise eines Kupferlackdrahts hergestellt. Die Ringspulen 5 können beispielsweise in vorgebarbarer Teilung, exemplarisch jede dritte Spule, elektrisch miteinander gekoppelt angeordnet sein.

In dem Antriebsgehäuse 2 ist zudem eine Rückschlussanordnung 7 vorgesehen, deren Aufgabe darin besteht, die während des Betriebs des Lineardirektantriebs 1 auftretenden Magnetfelder, die durch elektrische Beaufschlagung der Ringspulen 5 hervorgerufen werden, und die der Aufbringung von Stellkräften auf den Läufer dienen, zumindest teilweise nach außen abzuschirmen, damit diese Magnetfelder außerhalb des Antriebsgehäuses 2 keine unerwünschten Störeinflüsse hervorbringen.

Vorliegend ist die Rückschlussanordnung 7 aus einer Vielzahl von beispielsweise leistenartig, insbesondere geradlinig, ausgebildeten Rückschlussstäben 8 gebildet, die in dem Antriebsgehäuse 2 aufgenommen und durch nicht näher dargestellte Vergussmittel festgelegt sind.

Die Rückschlussstäbe 8 sind beispielsweise aus einem metallischen Material mit ferromagnetischen Eigenschaften, insbesondere Stahl, hergestellt. Hierdurch sind die Rückschlussstäbe 8 geeignet, die von den Ringspulen 5 erzeugten Magnetfelder und die Magnetfelder des Läufers in radialer Richtung nach außen zu bedämpfen. Exemplarisch sind nicht näher bezeichnete längste Körperkanten der Rückschlussstäbe 8 parallel zur Hubachse 3 ausgerichtet.

Vorzugsweise sind die Rückschlussstäbe 8, insbesondere an allen Außenoberflächen, mit einer nicht näher dargestellten Isolationsschicht versehen, die einen elektrischen Kontakt mit dem, beispielsweise aus Metall, insbesondere aus Aluminium hergestellten, Antriebsgehäuse 2 verhindert. Diese Beschichtung kann beispielsweise durch Eintauchen der Rückschlussstäbe 8 in ein Lackbad, insbesondere im Zuge einer kathodischen Tauchlackierung, oder exemplarisch durch Aufsprühen oder anderweitiges Aufbringen einer gestaltlosen und aushärtbaren Masse auf die Oberfläche der Rückschlussstäbe 8 hergestellt werden. Wie der Detaildarstellung in der Figur 1 entnommen werden kann, weisen die Rückschlussstäbe 8 in der normal zur Hubachse 3 erstreckten, nicht dargestellten Querschnittsebene exemplarisch einen rechteckigen Querschnitt auf. Hierdurch können die Rückschlussstäbe 8 in kostengünstiger Weise aus einem Bandmaterial, insbesondere einem Stahlband mit rechteckigem Querschnitt, durch entsprechendes Ablängen und anschließendes Beschichten mit der Isolationsschicht hergestellt werden. Andere Querschnitte für die Rückschlussstäbe 8 sind ebenfalls möglich, insbesondere wenn eine noch kompaktere Anordnung der Rückschlussanordnung 7 im Antriebsgehäuse 2 erreicht werden soll.

Die Rückschlussstäbe 8 sind vorzugsweise punktsymmetrisch zur Hubachse 3 angeordnet, wobei benachbarte Rückschlussstäbe 8

jeweils in einem konstanten Teilungswinkel θ zueinander angeordnet sind. Dabei sind die nicht näher dargestellten Flächennormalen der jeweils größten Oberflächen der Rückschlussstäbe 8 jeweils parallel zu einer Radialrichtung auf die Huhachse 3 ausgerichtet.

Wie aus der Detaildarstellung der Figur 1 und der entsprechenden Detaildarstellung der Figur 3 entnommen werden kann, sind in der im Wesentlichen zylindrischen Ausnehmung 4 im Antriebsgehäuse 2 radial nach innen erstreckte, vorzugsweise einstückig mit dem Antriebsgehäuse 2 ausgebildete, Radialstege 10 angeordnet. Die Radialstege 10 weisen in einem radial innenliegenden Bereich einen als Quererstreckung in Umfangsrichtung ausgebildeten Verbreiterungsbereich auf und bilden damit in radialer Richtung nach innen hinterschnittene Bereiche 11. In diese hinterschnittenen Bereiche 11 werden, wie dies der Figur 1 zu entnehmen ist, die Rückschlussstäbe 8 eingeschoben und sind dort bezogen auf die radiale Richtung nach innen formschlüssig festgelegt.

Wie der Detaildarstellung gemäß der Figur 1 weiterhin entnommen werden kann, sind zwischen der Ringspule 5 und den Rückschlussstäben 8 jeweils im Wesentlichen ringabschnittsförmig ausgebildete erste Ringspalte 12 ausgebildet. Diese ersten Ringspalte 12 sind exemplarisch mit einer nicht näher dargestellten Vergußmasse gefüllt. Desweiteren sind zwischen den Rückschlussstäben 8 und dem Antriebsgehäuse 2 zweite Ringspalte 15 ausgebildet, die ebenfalls mit nicht dargestellter Vergußmasse gefüllt sein können.

Für die kostengünstige Herstellung des Lineardirektantriebs 1 ist es vorteilhaft, wenn die Rückschlussstäbe 8 in radialer Richtung beabstandet zu den Ringspulen 5 angeordnet sind, da sich hierdurch eine getrennte Montage der Rückschlussstäbe 8

und der Ringspulen 5 in das Antriebsgehäuse 2 verwirklichen lässt. Bedingt durch die Profilierung der Ausnehmung 4 im Antriebsgehäuse 2 nehmen die Rückschlussstäbe 8 gegenüber den Ringspulen 5 sowohl in radialer Richtung als auch in Umfangsrichtung eine eindeutig bestimmte Stellung ein. Vorzugsweise ist über die gesamte Länge der jeweiligen Rückschlussstäbe 8 und über den Umfang der Ringspulen 5 jeweils der gleiche Abstand zwischen den Ringspulen 5 und den Rückschlussstäben 8 gewährleistet. Hierdurch werden unerwünschte Querkräfte vermieden.

Die unerwünschten Querkräfte quer zur Hubachse 3 treten neben den erwünschten Längskräften längs der Hubachse 3 grundsätzlich durch die Wechselwirkung der von den Ringspulen 5 bei elektrischer Beaufschlagung abgegebenen Magnetfeldern mit dem in der Figur 2 näher dargestellten Läufer 18 auf. Sofern der Läufer 18 exakt zentrisch in den Ringspulen 5 und in der Rückschlussanordnung 7 angeordnet ist, heben sich die auftretenden Querkräfte auf. Sofern jedoch keine exakte zentrische Anordnung des Läufers 18 gegenüber den Ringspulen 5 sowie gegenüber den Rückschlussstäben 8 gewährleistet werden kann, wird der Läufer 18 aufgrund der asymmetrisch wirkenden Querkräfte in eine radiale Richtung nach außen gezogen, wodurch die nicht näher dargestellte Lagerung für den Läufer 18 belastet und die Reibkräfte für die Bewegung des Läufers 18 erhöht werden.

Der Läufer 18 umfasst eine längs der Hubachse 3 erstreckte Tragstange 19, auf der mehrere jeweils in axialer Richtung magnetisierte, aus einem permanentmagnetischen Material hergestellte Ringmagnete 20 angeordnet sind. Dabei sind benachbarte Ringmagnete 20 derart angeordnet, dass die jeweiligen axialen Magnetfelder gegensinnig zueinander verlaufen. Beispielsweise liegt ein Nordpol eines ersten Ringmagnets 20 ei-

nem Südpol eines zweiten Ringmagnets 20 gegenüber. Zwischen den Ringmagneten 20 sind auch als Polschuhe bezeichnete, vorzugsweise aus ferromagnetischem Material hergestellte Distanzscheiben 21 angeordnet.

5 Endseitig sind an der Tragstange 19 jeweils ringförmige Abschlusskörper 22 angeordnet, die die Aufgabe haben, die Ringmagnete 20 an der Tragstange 19 ortsfest festzulegen. Zudem weisen die Abschlusskörper 22 jeweils eine umlaufende Nut 23 auf, in der ein Gleitring 24 angeordnet ist. Der Gleitring 24
10 stützt sich jeweils in radialer Richtung nach außen an einer in der Ringspulenausnehmung eingebrachten Gleithülse 25 ab, die die Aufgabe hat, über die gesamte Länge des Lineardirektantriebs 1 eine gleichförmige Gleitfläche für den Läufer 18 zu schaffen. Diese Gleithülse 25 kann beispielsweise aus einem dünnwandigen Kunststoffmaterial mit niedrigem Reibungskoeffizienten oder aus Edelstahl hergestellt sein.
15

Aus der Schnittdarstellung gemäß der Figur 2 ist auch die aufgereichte Anordnung der Ringspulen 5 zu erkennen. Dabei sind beispielsweise jeweils durch zwei Ringspulen 5 voneinander
20 der beabstandete Ringspulen 5 elektrisch miteinander gekoppelt. Somit sind exemplarisch insgesamt drei elektrisch getrennt voneinander ansteuerbare Ringspulengruppen in dem Lineardirektantrieb 1 angeordnet. Diese können von einer nicht näher dargestellten elektronischen Ansteuerung gemäß der Bewegungsanforderung für den Läufer 18 angesteuert werden.
25

Aus der Detaildarstellung der Figur 3 ist erkennbar, dass die Radialstege 10 in der Querschnittsebene normal zur Hubachse 3 jeweils einen im Wesentlichen T-förmigen Querschnitt aufweisen, wobei Seitenflächen 28 benachbarter Radialstege 10 jeweils parallel zueinander ausgerichtet sind. Eine zwischen
30 den Radialstegen 10 ausgebildete Innenoberfläche 29 der Aus-

nehmung 4 weist mehrere ebene und zueinander parallele Abschnitte auf, die normal zu einer Radialrichtung der Ausnehmung 4 ausgerichtet sind. Beispielhaft sind an der Innenoberfläche 29 zwei parallele und voneinander beabstandete Auflagestege 30 ausgebildet, die eine definierte Auflage der Rückschlussstäbe 8 in radialer Richtung nach außen ermöglichen.

Gegenüberliegend zu den Auflagestegen 30 ist in radialer Richtung nach innen an den Radialstegen 10 jeweils eine Auflagefläche 16 ausgebildet, die parallel zur Innenoberfläche 29 ausgerichtet ist und die für die formschlüssige Anlage der Rückschlussstäbe 8 in radialer Richtung nach innen dient. Bei der dargestellten Ausführungsform sind die Radialstege 10 in gleicher Winkelteilung zur Hubachse 3 angeordnet und somit dem Teilungswinkel 9 um die Hubachse 3 verteilt. Der Teilungswinkel 9 und die Erstreckung der Radialstege 10 in Umfangsrichtung sind derart gewählt, dass ein Abstand 31 zwischen benachbarten Rückschlussstäben 8 weniger als 50 Prozent der Querschnittserstreckung 32 der Rückschlussstäbe 8 in Umfangsrichtung beträgt.

Der in der Figur 4 dargestellte Spulenkörper 33 ist in der Art einer Kabeltrommel ausgebildet und weist einen zylinderhülsenförmigen Grundring 38 und jeweils endseitig am Grundring 38 in radialer Richtung abragende Stützringe 34 auf. Während ein erster Stützring 34 bündig mit der dem Betrachter der Figur 4 abgewandten stirnseitigen Ende des Grundrings 38 abschließt, ist der zweite Stützring 34 in axialer Richtung gegenüber der dem Betrachter zugewandten Stirnfläche des Grundrings 38 zurückversetzt. Hierdurch wird ein Ringbund 35 gebildet, der als Steckkupplungselement dient und in einer nicht sichtbaren ringförmigen Ausnehmung eines benachbarten Spulenkörpers 33 eingesteckt werden kann. Somit wird eine Zentrierung benachbarter Spulenkörper 33 erreicht. In dem

Stützring 34 sind exemplarisch drei Drahtkerben 37 angebracht, die vom radialen außenliegenden Umfangsbereich in radialer Richtung nach innen verlaufen und die zur Durchführung von nicht dargestellten Spulendrähten in Richtung der Hubachse dienen. Desweiteren sind im Stützring 34 im Wesentlichen gleich verteilt angeordnete Durchtrittsöffnungen 40 ausgebildet, deren Mittelachsen vorzugsweise parallel zur Hubachse 3 verlaufen und die für ein vollständiges Fluten des nicht durch den in Figur 4 nicht dargestellten Spulendraht ausgefüllten Zwischenraums zwischen den Stützringen 34 mit Vergußmasse vorgesehen sind.

Eine Festlegung der Rückschlussstäbe 8 in dem Antriebsgehäuse 2 kann mit unterschiedlichen Verfahrensweisen erreicht werden. Bei einer ersten Verfahrensweise ist es vorgesehen, die Rückschlussstäbe 8 in die hinterschnittenen Bereiche 11 der Ausnehmung im Antriebsgehäuse 2 einzuschieben, anschließend die aus mehreren aneinandergereihten Ringspulen gebildete Spulenanordnung in die Ausnehmung 4 des Antriebsgehäuses 2 einzuschieben und hinsichtlich der Längserstreckung des Antriebsgehäuses korrekt zu positionieren. Anschließend werden Magnetkräfte, entweder durch separate Magnetmittel oder durch Strombeaufschlagung der Ringspulen 5, aufgebracht, die die im Betrieb des Lineardirektantriebs auftretenden Magnetkräfte auf die Rückschlussstäbe 8 simulieren. Hierdurch werden die Rückschlussstäbe 8 in flächige Anlage mit den Auflagenflächen 16 der Radialstege 10 gebracht. Anschließend findet die Einbringung einer gestaltlosen Vergußmasse in die Ringspalte 12, 15 statt, wobei die Vergußmasse auch durch die Durchtrittsöffnungen 40 der Spulenkörper 33 hindurchtritt und somit auch die Ringspulen vollständig umgibt. Hierdurch wird eine vorteilhafte thermische Kopplung und eine mechanische Festlegung der Ringspulen im Antriebsgehäuse 2 erreicht.

In einer zweiten Verfahrensweise ist vorgesehen, zunächst die Rückschlussstäbe 8 in die hinterschnittenen Bereiche 11 einzuschieben und anschließend durch plastische Deformation der in Umfangsrichtung erstreckten Abschnitte der Radialstege 10 eine kraft- und/oder formschlüssige Festlegung der

5 Rückschlussstäbe 8 zu erreichen. In einem anschließenden Arbeitsschritt werden dann die Ringspulen 5 in die Ausnehmung 4 des Antriebsgehäuses 2 eingeschoben und anschließend findet ein Verguss von Ringspulen 5, Rückschlussstäben 8 und An-

10 triebsgehäuse 2 statt.

Ansprüche

1. Elektromagnetischer Lineardirektantrieb mit einem Antriebsgehäuse (2), das längs einer Hubachse (3) von einer Ausnehmung (4) durchsetzt ist, in der wenigstens eine elektrisch leitende Ringspule (5) angeordnet ist, die zur Bereitstellung eines Magnetfelds bei Beaufschlagung mit elektrischer Energie ausgebildet ist und mit einem Läufer (18), der in einer Ringspulenausnehmung (36) längs der Hubachse (3) linearbeweglich zur Ringspule (5) gelagert ist und der Magnetmittel (20) aufweist, die für eine Wechselwirkung mit dem von der Ringspule (5) bereitstellbaren Magnetfeld zur Aufbringung einer Stellkraft auf den Läufer (18) ausgebildet sind, wobei an einem Außenumfang der Ringspule (5) eine Rückschlussanordnung (7) angeordnet ist, die aus mehreren längs der Hubachse (3) ausgerichteten Rückschlussstäben (8), die aus einem magnetisch leitenden Material hergestellt sind, gebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückschlussstäbe (8) in radialer Richtung beabstandet von der wenigstens einen Ringspule (5) in dem Antriebsgehäuse (2) angeordnet sind.

2. Elektromagnetischer Lineardirektantrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückschlussstäbe (8) punktsymmetrisch), vorzugsweise in einheitlicher Winkelteilung (9), zu einer Mittelachse (3) der Ausnehmung (4) im Antriebsgehäuse (2) angeordnet sind.

3. Elektromagnetischer Lineardirektantrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückschlussstäbe (8) in radialer Richtung nach innen am Antriebsgehäuse (2) abgestützt sind, insbesondere formschlüssig im Antriebsgehäuse (2) aufgenommen sind.

4. Elektromagnetischer Lineardirektantrieb nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausnehmung (4) im Antriebsgehäuse (2) hinterschnittene Bereiche (11) zur Aufnahme der Rückschlussstäbe (8) umfasst.

5. Elektromagnetischer Lineardirektantrieb nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der Ausnehmung (4) im Antriebsgehäuse (2) in radialer Richtung nach innen ragende Radialstege (10) ausgebildet sind, die Schächte zur Aufnahme der Rückschlussstäbe (8) begrenzen und die in einem radial innenliegenden Bereich in Umfangsrichtung erstreckte, vorzugsweise schneidenförmig ausgebildete, Auflageflächen (16) umfassen, die zur formschlüssigen Auflage der Rückschlussstäbe (8) ausgebildet sind.

6. Elektromagnetischer Lineardirektantrieb nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Antriebsgehäuse (2) und den Rückschlussstäben (8) eine elektrisch isolierende Schicht ausgebildet ist.

7. Elektromagnetischer Lineardirektantrieb nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch isolierende Schicht als Beschichtung, insbesondere als kathodische Tauchlackierung, auf die Rückschlussstäbe (8) aufgebracht ist.

8. Elektromagnetischer Lineardirektantrieb nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Ringspaltabschnitt (12) zwischen der Ringspule (5) und

einem zugeordneten Rückschlussstab (8) eine Sensoreinrichtung angeordnet ist.

9. Elektromagnetischer Lineardirektantrieb nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ringspaltabschnitt (12) zwischen der Ringspule (5) und einem zugeordneten Rückschlussstab (8) und/oder ein Ringspaltabschnitt (15) zwischen dem Rückschlussstab (8) und dem Antriebsgehäuse (2) zumindest nahezu vollständig mit einer, vorzugsweise aushärtbaren, Vergußmasse ausgefüllt ist.

10. Elektromagnetischer Lineardirektantrieb nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass benachbart angeordnete Ringspulen (5) jeweils auf separat ausgebildeten Spulenkörpern (33) aufgewickelt sind.

11. Elektromagnetischer Lineardirektantrieb nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Spulenkörper (33) wenigstens ein Kupplungsmittel (35), insbesondere einen Stecker und/oder eine Steckbuchse, für eine Festlegung an einem benachbarten Spulenkörper (33) umfasst.

12. Elektromagnetischer Lineardirektantrieb nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Spulenkörper (33) wenigstens einen in radialer Richtung erstreckten Stützring (34) zur axialen Abstützung der Ringspule (5) umfasst, der wenigstens eine in Richtung der Hubachse (3) ausgerichtete, den Stützring (34) durchsetzende Ausnehmung (37, 40) aufweist.

13. Elektromagnetischer Lineardirektantrieb nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ausdehnung (32) der Rückschlussstäbe (8) in Umfangsrichtung

der Ringspule (5) größer als ein Abstand (31) zwischen benachbart angeordneten Rückschlussstäben (8) ausgebildet ist.

14. Elektromagnetischer Lineardirektantrieb nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Antriebsgehäuse (2) aus einem nicht ferromagnetischen Material, insbesondere Aluminium, vorzugsweise als Strangpreßteil, hergestellt ist.

15. Verfahren zur Herstellung eines elektromagnetischen Lineardirektantriebs (1) mit einem Antriebsgehäuse (2), das längs einer Hubachse (3) von einer Ausnehmung (4) durchsetzt ist, in der wenigstens eine elektrisch leitende Ringspule (5) angeordnet ist, die zur Bereitstellung eines Magnetfelds bei Beaufschlagung mit elektrischer Energie ausgebildet ist, und mit einem Läufer (18), der in einer Ringspulenausnehmung (36) längs der Hubachse (3) linear beweglich gegenüber der Ringspule (5) gelagert ist und der Magnetmittel (20) aufweist, die für eine Wechselwirkung mit dem von der Ringspule (5) bereitstellbaren Magnetfeld zur Aufbringung einer Stellkraft auf den Läufer (18) ausgebildet sind, wobei an einem Außenumfang der Ringspule (5) eine Rückschlussanordnung (7) angeordnet ist, die aus mehreren längs der Hubachse (3) ausgerichteten Rückschlussstäben (8), die aus einem magnetisch leitenden Material hergestellt sind, gebildet ist, gekennzeichnet durch die Schritte: Einschieben der Rückschlussstäbe (8) in hinter-schnitten ausgebildete Bereiche (11) der Ausnehmung (4) im Antriebsgehäuse (2), Einschieben der wenigstens einen Ringspule (5) in die Ausnehmung (4) im Antriebsgehäuse (2), Einsetzen von Magnetmitteln (20), insbesondere einer Permanentmagnetanordnung, in die Ringspulenausnehmung (36), Einbringen einer gestaltlosen Vergußmasse in Ringspaltabschnitte (12, 15) zwischen der Ringspule (5) und den Rückschlussstäben (8)

und/oder zwischen die Rückschlussstäbe (8) und das Antriebsgehäuse (2), Aushärten der Vergußmasse.

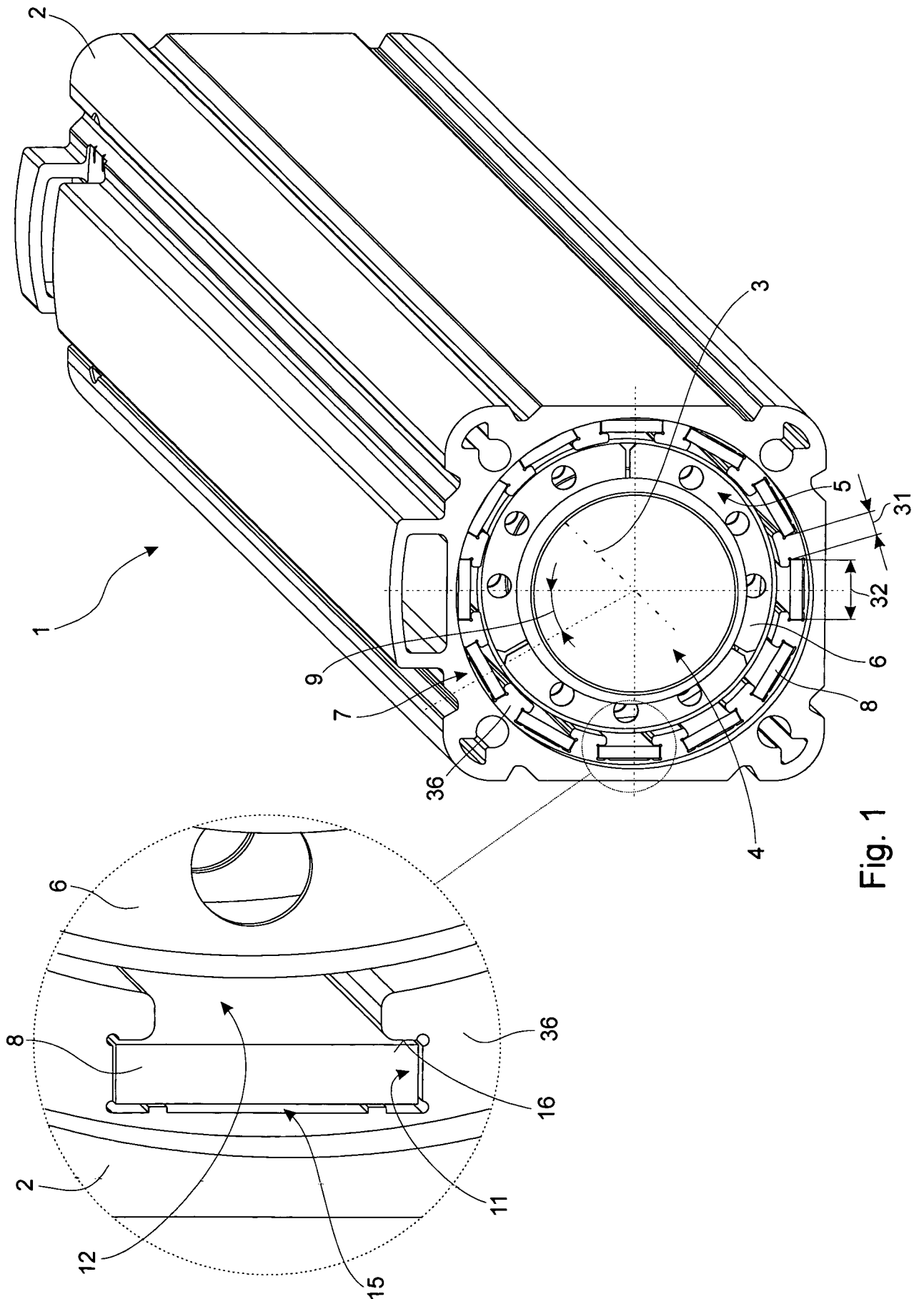


Fig. 1

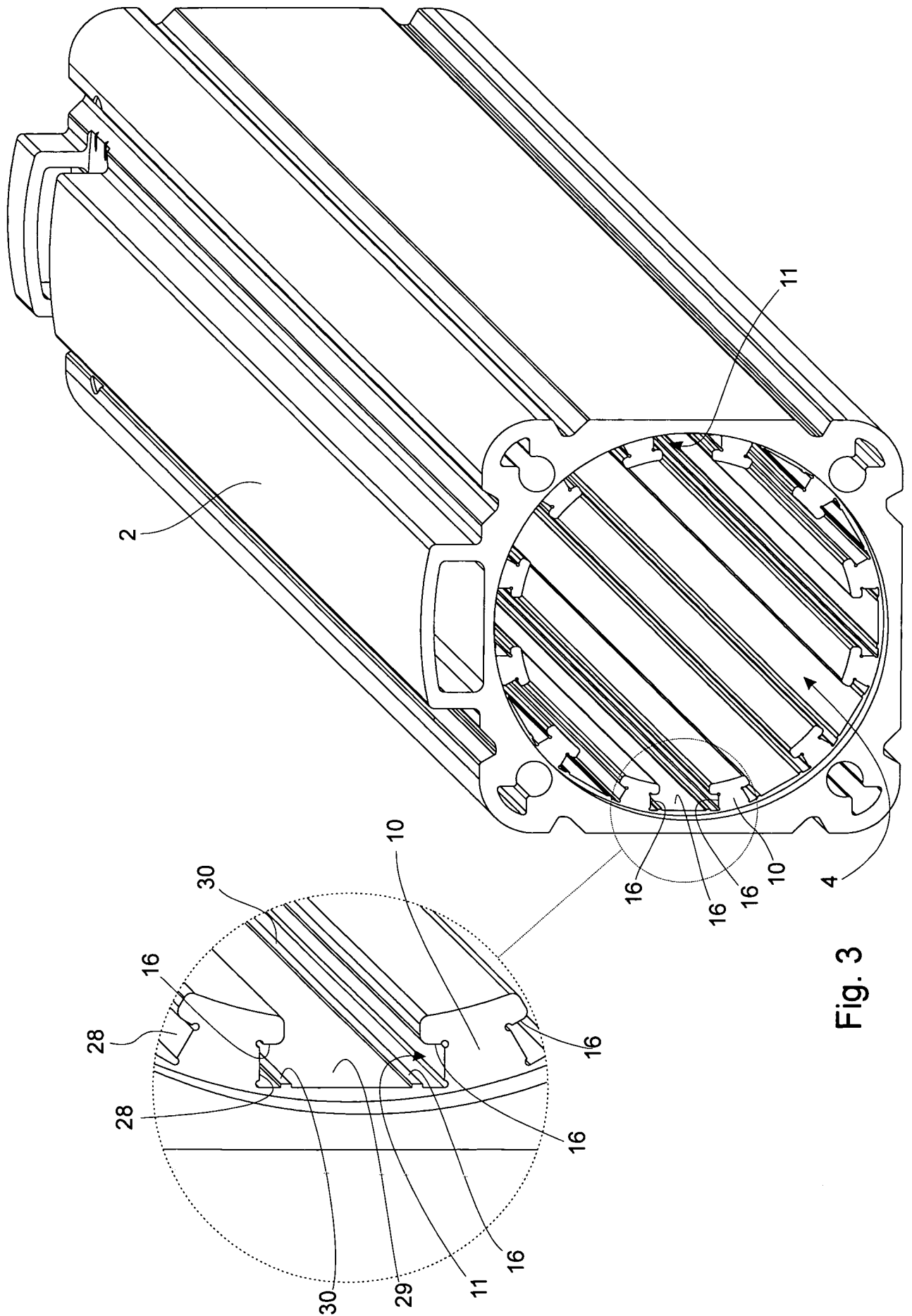


Fig. 3

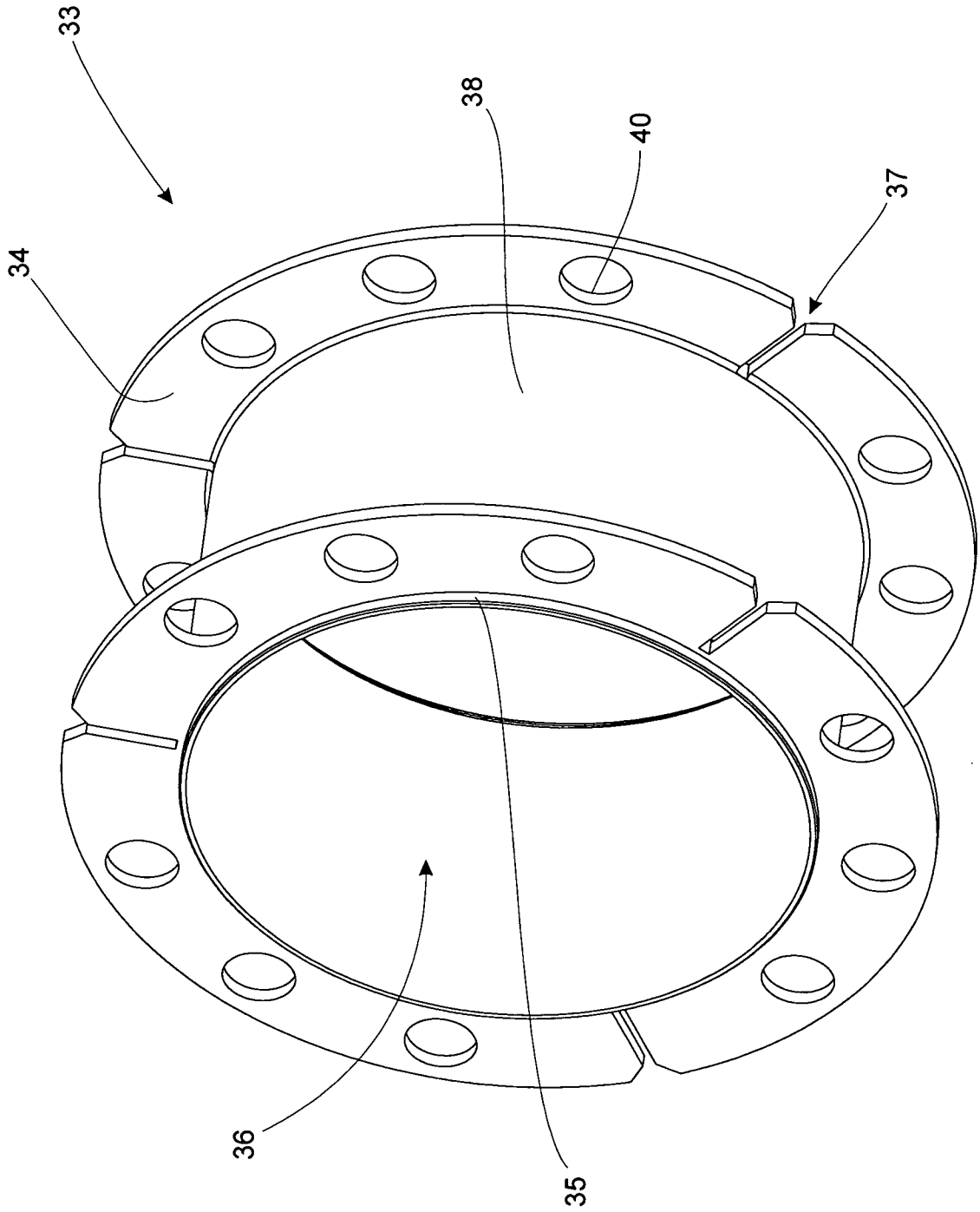


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/002259

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H02K1/18 H02K41/03
 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
 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 Y A	DE 21 09 241 A1 (JEUMONT SCHNEIDER) 16 September 1971 (1971-09-16) page 5, line 30 - page 7, line 9	1-3,6,7, 9,13 8,10-12, 14 4,5,15
Y	----- US 2006/028072 A1 (IWASA TAKAO [JP] ET AL) 9 February 2006 (2006-02-09) cited in the application paragraph [0050]	8,14
A	----- EP 1 404 012 A2 (FESTO AG & CO [DE]) 31 March 2004 (2004-03-31) abstract	1-9, 13-15
A	----- DE 42 17 357 A1 (OSWALD ELEKTROMOTOREN GMBH [DE]) 2 December 1993 (1993-12-02) abstract	1-9, 13-15
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document 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 27 May 2011	Date of mailing of the international search report 16/06/2011
--	--

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 Frapporti, Marc
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/002259

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 59 136081 A (YATSUGI MASANOBU) 4 August 1984 (1984-08-04) abstract	10,11
Y	----- WO 2009/025162 A1 (YASKAWA DENKI SEISAKUSHO KK [JP]; HOSHI TOSHIYUKI; YAMADA TAKAHISA; NA) 26 February 2009 (2009-02-26) paragraph [0016] - paragraph [0017]	12
A	----- US 3 852 627 A (DAVIS M) 3 December 1974 (1974-12-03) abstract	1-15
A	----- WO 02/065615 A2 (TRI TECH [US]; PULFORD ROBERT JR [US]) 22 August 2002 (2002-08-22) abstract	1-15

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 additional 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.

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

1. Claims 1-9, 13-15

A yoke arrangement in a linear direct drive.

2. Claims 10-12

A stator coil arrangement in a linear direct drive.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2010/002259

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 2109241	A1	16-09-1971	BE 763360 A1 16-07-1971 LU 62663 A1 18-08-1971 NL 7102673 A 07-09-1971
US 2006028072	A1	09-02-2006	US 2008246351 A1 09-10-2008 US 2008185982 A1 07-08-2008 US 2008246352 A1 09-10-2008
EP 1404012	A2	31-03-2004	DE 10244261 A1 01-04-2004 US 2004075518 A1 22-04-2004
DE 4217357	A1	02-12-1993	NONE
JP 59136081	A	04-08-1984	NONE
WO 2009025162	A1	26-02-2009	NONE
US 3852627	A	03-12-1974	NONE
WO 02065615	A2	22-08-2002	AU 2002247171 A1 28-08-2002 CA 2438229 A1 22-08-2002 EP 1366555 A2 03-12-2003 JP 2004521589 T 15-07-2004 TW 552766 B 11-09-2003

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/002259

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H02K1/18 H02K41/03
 ADD.
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTER GEBIETE
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H02K

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 Y A	DE 21 09 241 A1 (JEUMONT SCHNEIDER) 16. September 1971 (1971-09-16) Seite 5, Zeile 30 - Seite 7, Zeile 9	1-3,6,7, 9,13 8,10-12, 14 4,5,15
Y	----- US 2006/028072 A1 (IWASA TAKAO [JP] ET AL) 9. Februar 2006 (2006-02-09) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0050]	8,14
A	----- EP 1 404 012 A2 (FESTO AG & CO [DE]) 31. März 2004 (2004-03-31) Zusammenfassung	1-9, 13-15
A	----- DE 42 17 357 A1 (OSWALD ELEKTROMOTOREN GMBH [DE]) 2. Dezember 1993 (1993-12-02) Zusammenfassung	1-9, 13-15
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

"E" 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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
27. Mai 2011	16/06/2011

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 Frapporti, Marc
--	--

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	JP 59 136081 A (YATSUGI MASANOBU) 4. August 1984 (1984-08-04) Zusammenfassung -----	10,11
Y	WO 2009/025162 A1 (YASKAWA DENKI SEISAKUSHO KK [JP]; HOSHI TOSHIYUKI; YAMADA TAKAHISA; NA) 26. Februar 2009 (2009-02-26) Absatz [0016] - Absatz [0017] -----	12
A	US 3 852 627 A (DAVIS M) 3. Dezember 1974 (1974-12-03) Zusammenfassung -----	1-15
A	WO 02/065615 A2 (TRI TECH [US]; PULFORD ROBERT JR [US]) 22. August 2002 (2002-08-22) Zusammenfassung -----	1-15

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.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

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

1. Ansprüche: 1-9, 13-15

Rückschlussanordnung eines Lineardirektantriebs

2. Ansprüche: 10-12

Statorspulenanordnung eines Lineardirektantriebs

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/002259

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 2109241	A1	16-09-1971	BE 763360 A1 16-07-1971
			LU 62663 A1 18-08-1971
			NL 7102673 A 07-09-1971

US 2006028072	A1	09-02-2006	US 2008246351 A1 09-10-2008
			US 2008185982 A1 07-08-2008
			US 2008246352 A1 09-10-2008

EP 1404012	A2	31-03-2004	DE 10244261 A1 01-04-2004
			US 2004075518 A1 22-04-2004

DE 4217357	A1	02-12-1993	KEINE

JP 59136081	A	04-08-1984	KEINE

WO 2009025162	A1	26-02-2009	KEINE

US 3852627	A	03-12-1974	KEINE

WO 02065615	A2	22-08-2002	AU 2002247171 A1 28-08-2002
			CA 2438229 A1 22-08-2002
			EP 1366555 A2 03-12-2003
			JP 2004521589 T 15-07-2004
			TW 552766 B 11-09-2003
