

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 188 222 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
02.05.2003 Patentblatt 2003/18

(51) Int Cl.7: **H02K 41/02**, H01F 7/16,
H01H 3/28, H01H 33/66

(21) Anmeldenummer: **00947808.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE00/01981

(22) Anmeldetag: **20.06.2000**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 00/079672 (28.12.2000 Gazette 2000/52)

(54) **MAGNETISCHER LINEARANTRIEB**

MAGNETIC LINEAR DRIVE

ORGANE D'ENTRAÎNEMENT LINEAIRE MAGNETIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI SE

(30) Priorität: **22.06.1999 DE 19929572**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.03.2002 Patentblatt 2002/12

(73) Patentinhaber: **SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:

- **MASCHER, Karl**
D-13503 Berlin (DE)
- **SCHULER, Klaus**
D-13589 Berlin (DE)
- **ARNDT, Andreas**
D-31191 Algermissen (DE)

- **WISKEN, Holger, Gerhard**
D-29378 Wittingen (DE)
- **CANDERS, Wolf, Rüdiger**
D-37520 Osterode/Harz (DE)
- **MAY, Hardo**
D-38124 Braunschweig (DE)
- **WEH, Herbert**
D-38116 Braunschweig (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 127 692 DE-U- 7 432 801
GB-A- 829 782 NL-C- 1 006 087
US-A- 5 394 131

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 682 (M-1729), 22. Dezember 1994 (1994-12-22) & JP 06 270673 A (KASAI KOGYO CO LTD;OTHERS: 01), 27. September 1994 (1994-09-27)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 188 222 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen magnetischen Linearantrieb, insbesondere für einen elektrischen Schalter, mit einer mit einem Strom beaufschlagbaren Spule, in deren Innerem durch den Strom in einer Axialrichtung ein magnetischer Fluß erzeugbar ist, mit einem Anker, der ausschließlich senkrecht zu der Axialrichtung beweglich ist und der einen magnetisch aktiven Teil aufweist, dessen Bewegungsbahn durch einen Luftspalt innerhalb eines die Spule durchsetzenden Kernes hindurch oder an einer Stirnseite des Kernes vorbeiführt, wobei der magnetisch aktive Teil unmagnetisiert ist oder derart magnetisiert ist, daß der magnetische Fluß innerhalb des magnetisch aktiven Teils parallel oder antiparallel zu der Axialrichtung verläuft (siehe GB-A- 829 782).

[0002] Aus der US-Patentschrift 4,817,494 ist ein magnetischer Linearantrieb zum Beschleunigen eines Projektils bekannt.

[0003] Aus der US-Patentschrift 5,719,451 ist ebenfalls ein magnetischer Linearantrieb bekannt, dort beispielsweise zur Anwendung in Flüssigkeitspumpen. Den dort dargestellten Linearantrieben ist gemeinsam, dass eine Magnetspule einen Anker in Axialrichtung der Spule beschleunigt.

[0004] Ein derartiger magnetischer Linearantrieb ist beispielsweise auch aus der GB 10 68 610 bekannt. Bei dem dort beschriebenen Antrieb handelt es sich um einen Antrieb für ein Ventil, bei dem mittels der Bewegung eines Ankers ein Flüssigkeitskanal abgesperrt oder geöffnet wird.

[0005] Der Anker weist dort einen Permanentmagneten auf, dessen magnetischer Fluß in seinem Inneren in der Bewegungsrichtung des Ankers und senkrecht zu der Axialrichtung ausgerichtet ist.

[0006] In seinen Endstellungen fährt der Anker jeweils gegen mechanische Anschläge derart, daß jeweils ein Pol des Dauermagneten mit dem Anschlag in Berührung kommt und daß durch die magnetische Wirkung des Dauermagneten dieser an dem Anschlag gehalten wird.

[0007] Wird die Spule mit einem Strom beaufschlagt, so muß die magnetische Wirkung des Stroms zunächst die Haltekraft des Permanentmagneten am Anschlag überwinden. Dies äußert sich in einer Verzögerung der Ankerbeschleunigung. Außerdem wird der Anker bei seiner Bewegung zu einer Endstellung hin erst unmittelbar vor Erreichen des Anschlages zum Anschlag gezogen, da der zwischen dem Pol des Permanentmagneten und der Anschlagsfläche befindliche Luftspalt erst zum Ende der Bewegung hin genügend verkleinert ist.

[0008] Demgegenüber liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen magnetischen Linearantrieb der eingangs genannten Art zu schaffen, der eine unverzögerte Beschleunigung des Ankers bei geringem konstruktivem Aufwand und geringem Steuerungsaufwand erreicht.

[0009] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der magnetisch aktive Teil in zwei Endpositionen dauerhaft positionierbar und durch Einwirkung eines Stromes von einer ersten Endposition in eine zweite Endposition überführbar ist.

[0010] Wird die Spule mit einem Strom beaufschlagt, so wird in ihrem Inneren in der Axialrichtung ein magnetischer Fluß erzeugt, der innerhalb des Kernes verläuft und im Bereich des Luftspaltes aus dem Kern austritt. Ein magnetisch aktiver Teil eines Ankers, der beispielsweise ferromagnetisch unmagnetisiert oder magnetisiert, insbesondere dauermagnetisiert in einer Richtung antiparallel zu der Richtung des magnetischen Flusses der Spule ist, wird zum Spuleninneren hin beschleunigt. Ein Magnet, dessen innerer magnetischer Fluß parallel zum Fluß der Spule ausgerichtet ist, wird aus dem Inneren der Spule heraus abgestoßen. Dieser Effekt wird zum Antrieb des Ankers ausgenutzt.

[0011] Insbesondere dann, wenn der magnetisch aktive Teil ferromagnetisch oder als Dauermagnet in antiparalleler Richtung zu der Axialrichtung magnetisiert ist, kann der magnetische Linearantrieb vorteilhaft als Schalterantrieb für einen elektrischen Schalter, beispielsweise einen Hochspannungsleistungsschalter oder einen Vakuumschalter, verwendet werden.

[0012] Befindet sich der Anker in einer Endposition seiner Bewegungsbahn derart, daß beim Einschalten des Spulenstromes der magnetische Fluß der Spule zu einem geringen Anteil durch den magnetisch aktiven Teil hindurchtritt, so führt dies dazu, daß der Anker zur Spulenmitte hin beschleunigt wird, bis ein maximaler Teil des magnetischen Flusses der Spule durch den magnetisch aktiven Teil hindurchtritt. Während der Bewegung des Ankers wird der Stromfluß durch die Spule mittels einer Steuereinrichtung unterbrochen, so daß der Anker aufgrund seiner dynamischen Energie und der dynamischen Energie der angetriebenen Massen sich über die Spule hinaus weiter bewegt, ohne daß der magnetische Fluß der Spule durch die Einwirkung auf den magnetisch aktiven Teil den Anker abbremsen kann.

[0013] Auf diese Weise ist eine optimale Beschleunigung des Ankers zu Beginn der Bewegung gewährleistet.

[0014] Ein gewünschtes Beschleunigungsprofil des Ankers kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß der Luftspalt zwischen dem Kern und der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils entlang der Bewegungsbahn unterschiedlich breit ausgebildet wird. Je geringer der Luftspalt in einem bestimmten Bereich entlang der Bewegungsbahn ist, desto größer ist die Kraftwirkung auf den Anker in diesem Bereich.

[0015] Mit dem Anker ist beispielsweise eine Antriebsstange eines elektrischen Schalters verbunden, die ihrerseits einen Schaltkontakt einer Unterbrechereinheit antreibt.

[0016] Mechanische Anschläge können im Bereich der Schaltstange oder im Bereich des Linearantriebs selbst realisiert sein.

[0017] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß der magnetisch aktive Teil magnetisiert ist und daß in wenigstens einer Endposition des magnetisch aktiven Teils dieser wenigstens teilweise derart im Bereich eines außerhalb der Spule angeordneten Jochkörpers angeordnet ist, daß der aus dem magnetisch aktiven Teil aus- oder in diesen eintretende magnetische Fluß wenigstens zum Teil unmittelbar durch eine dem magnetisch aktiven Teil zugewandte Begrenzungsfläche des Jochkörpers hindurchtritt.

[0018] Die Begrenzungsfläche ist vorteilhaft im wesentlichen senkrecht zu der Axialrichtung ausgerichtet.

[0019] Für den Fall, daß der magnetisch aktive Teil magnetisiert, beispielsweise als Elektromagnet, oder dauermagnetisiert ist, hat der magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils die Tendenz, einen Luftspalt zu einem benachbart angeordneten Jochkörper möglichst zu verringern.

[0020] Im Endbereich der Bewegungsbahn des Ankers ist wenigstens ein Jochkörper angeordnet, in den der magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils wenigstens auf einem Teil der Länge des magnetisch aktiven Teils eintreten kann.

[0021] Auf den Anker findet somit eine Kraftwirkung statt, die bestrebt ist, eine möglichst große Überlappung zwischen dem magnetisch aktiven Teil und dem Jochkörper zu erzeugen derart, daß möglichst der gesamte magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils in den Jochkörper durch eine möglichst senkrecht zu der Axialrichtung angeordnete Begrenzungsfläche eintreten kann. Die Kraftwirkung in Richtung der Bewegungsbahn des Ankers ist im wesentlichen unabhängig davon, wie weit der magnetisch aktive Teil und der Jochkörper überlappen.

[0022] Hierdurch ist eine von der Stellung des Ankers im Endbereich der Bewegung im wesentlichen unabhängige Haltekraft realisiert, die den Anker in einer seiner Endpositionen hält.

[0023] Eine derartige Anordnung kann vorteilhaft für beide Endpositionen des magnetisch aktiven Teils bzw. des Ankers realisiert sein.

[0024] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß der Spule bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils eine zweite Spule gegenüberliegt, die mit einem 6

[0025] Strom in demselben Richtungssinn wie die erste Spule beaufschlagbar ist.

[0026] Durch zwei in der dargestellten Weise kombinierte Spulen ist ein entsprechend größerer magnetischer Fluß erzeugbar, was zu einer größeren potentiellen Beschleunigung des Ankers führt.

[0027] Außerdem kann vorgesehen sein, daß die erste und die zweite Spule in Bewegungsrichtung des Ankers gegeneinander versetzt sind.

[0028] Durch einen derartigen Versatz der Spulen in Bewegungsrichtung des Ankers gegeneinander kann ein bestimmtes Beschleunigungsprofil entlang der Bewegungsbahn erreicht werden.

[0029] Es kann auch vorgesehen sein, daß jede der Spulen für jeweils eine der Bewegungsrichtungen des Ankers genutzt wird.

[0030] Außerdem kann vorteilhaft vorgesehen sein, daß zwei Jochkörper vorgesehen sind, die einander bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils gegenüberliegen und die zwischen sich Luftspalte bilden, die wenigstens teilweise von der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils durchsetzt sind.

[0031] Durch einen weiteren Jochkörper, der dem ersten Jochkörper bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils gegenüberliegt, wird der magnetische Kreis sowohl für den Fluß durch die Spule als auch für den Fluß des magnetisch aktiven Teils in jeder der Endpositionen geschlossen, so daß jeweils eine große Kraftwirkung sowohl für die Beschleunigung als auch für die Haltekraft in den Endpositionen erreicht wird. 7

[0032] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, in der Steuerungseinrichtung mehrere aufladbare und fallweise gemeinsam oder alternativ mit der Spule verbindbare Ladekondensatoren vorgesehen sind.

[0033] Die verschiedenen Ladekondensatoren können für unterschiedliche Schaltfälle (beispielsweise unterschiedliche Belastungsfälle eines anzutreibenden Leistungsschalters) oder unterschiedlich für eine Ein- und Ausschaltung genutzt werden.

[0034] Die Erfindung bezieht sich außerdem auf ein Verfahren zum Betrieb eines magnetischen Linearantriebs, bei dem vorgesehen ist, daß die Spule zum Antrieb des Ankers in verschiedene Richtungen jeweils mit einem Strom gleicher Richtung beaufschlagt wird.

[0035] Gleich in welcher Endposition sich der Anker bzw. der magnetisch aktive Teil befindet, wird er bei Erzeugung eines magnetischen Flusses im Inneren der Spule zum Spuleninneren hin beschleunigt. Wird der Strom durch die Spule rechtzeitig unterbrochen, so bewegt sich der Anker bis zu der jeweils anderen Endposition. Dies vereinfacht die Ansteuerung der Spule beträchtlich.

[0036] Das erfindungsgemäße Verfahren kann vorteilhaft dadurch ausgestaltet werden, daß die Beaufschlagung mit einem Strom beendet wird, bevor das magnetisch aktive Teil seine Endposition erreicht hat.

[0037] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, daß der Stromfluß durch die Spule unterbrochen wird, sobald aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs die Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

[0038] Da die Spule eine elektrische Induktivität sowie einen ohmschen Widerstand darstellt und im Normalfall durch eine Kapazität gespeist wird, ergibt sich ein elektrischer Schwingkreis in der Ansteuerung des Linearantriebs. Dies führt zur Entstehung einer elektrischen Schwingung, so daß die an der Spule anliegende Speisespannung irgendwann ihr Vorzeichen umkehrt.

[0039] Dies würde eine Umkehrung des magnetischen Flusses bedeuten, was eine Umkehrung der ma-

netischen Kraftwirkung auf den magnetisch aktiven Teil bedeuten würde, die ungewollt ist. Daher wird vorteilhaft die Speisespannung überwacht und der Stromfluß durch die Spule unterbrochen, sobald die Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

[0040] Es kann auch vorteilhaft vorgesehen sein, daß der Stromfluß zu einem Ladekondensator umgeleitet wird, sobald die Speisespannung aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs ihr Vorzeichen umkehrt.

[0041] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels in einer Zeichnung gezeigt und anschließend beschrieben.

[0042] Dabei zeigt

Figur 1 schematisch im Querschnitt den magnetischen Linearantrieb,
Figur 2 eine Ansteuerungsschaltung für die Spule des Linearantriebs und
Figur 3 schematisch die Energieversorgung für den Linearantrieb.

[0043] In der Figur 1 ist ein magnetischer Linearantrieb dargestellt, mit einem Anker 1, der aus einem Stab 2 aus glasfaserverstärktem Kunststoff und einem magnetisch aktiven Teil 3 aus einem dauermagnetischem Werkstoff besteht und an den an einem Ende eine Schaltstange 4 angekoppelt ist, die nur schematisch dargestellt und mit einem antreibbaren Schaltkontakt 5 der Unterbrechereinheit eines Hochspannungsleistungsschalters verbunden ist. Der Linearantrieb erzeugt Bewegungen in Richtung des Doppelpfeiles 6.

[0044] Der Anker 1 bewegt sich in dem Luftspalt 7 zwischen einem ersten Jochkörper 8 und einem zweiten Jochkörper 9, die einander bezüglich der Bewegungsbahn des Ankers 1 spiegelbildlich gegenüberliegen.

[0045] Jeder der Jochkörper weist eine ringförmige Ausnehmung auf, in die jeweils eine Spule 10, 11 eingebracht ist. Die Spulen 10, 11 sind jeweils mit elektrischen Anschlüssen versehen und mittels einer Steuereinrichtung mit einem Strom beaufschlagbar.

[0046] Wird wenigstens eine der Spulen 10, 11 mit einem Strom beaufschlagt, so ist beispielsweise die Stromrichtung derart, daß im oberen Teil der Spule 10 der Strom in die Zeichenebene hineinläuft und im unteren Teil der Spule der Strom aus der Zeichenebene heraustritt wie durch den Punkt 12 veranschaulicht wird.

[0047] Hierdurch wird ein magnetischer Fluß in der Axialrichtung 34 erzeugt, der durch die Pfeile 13 dargestellt ist und der durch einen ersten Kern 14 des ersten Jochkörpers 8 innerhalb der Spule 10 und durch einen zweiten Kern 15 des zweiten Jochkörpers 9 innerhalb der Spule 11 hindurchtritt.

[0048] In der dargestellten Endposition des Ankers, in der dieser in nicht dargestellter Weise an einem mechanischen Anschlag ruht, tritt bereits ein Teil 16 des magnetischen Flusses 13 der Spulen 10, 11 durch einen Randbereich des magnetisch aktiven Teils 3 des Ankers

hindurch.

[0049] Der übrige Teil des magnetischen Flusses 13 der Spulen 10, 11 muß den breiten Luftspalt zwischen den Kernen 14, 15 überwinden, der durch den GFK-Körper des Ankers 1 nicht überbrückt wird.

[0050] Demgemäß hat der magnetische Fluß die Tendenz, den magnetisch aktiven Teil 3 in der Darstellung nach unten zu beschleunigen, so daß der magnetische Fluß 13 der Spulen 10, 11 auf einer möglichst großen Länge des magnetisch aktiven Teils 3 durch diesen hindurchtritt und antiparallel zu dem im Inneren des magnetisch aktiven Teils 3 herrschenden magnetischen Fluß 17 verläuft.

[0051] Wenn der magnetisch aktive Teil 3 etwa in der Mitte der Spulen 10, 11 angekommen ist, wird der Stromfluß durch die Spulen 10, 11 unterbrochen, um ein Abbremsen des magnetischen Teils beim Austritt aus dem Fluß 13 der Spulen 10, 11 zu verhindern.

[0052] Der Anker bewegt sich aufgrund der dynamischen Energie weiter, bis daß eine zweite, gestrichelt dargestellte Endposition 36 des magnetisch aktiven Teils 3 erreicht ist.

[0053] In dem Bewegungsbereich vor Erreichen der Endposition hat der magnetische Fluß 17 innerhalb des magnetisch aktiven Teils 3 das Bestreben, über einen möglichst geringen Luftspalt in einen der Jochkörper 8, 9 ein und aus diesem wieder auszutreten.

[0054] Die auf den Anker in seinen Endpositionen wirkenden Haltekräfte werden anhand der in der Figur 1 dargestellten oberen Endposition beschrieben.

[0055] Wenn der Stromfluß durch die Spulen 10, 11 unterbrochen ist, entfällt der magnetische Fluß 13.

[0056] Ein Teil des magnetischen Flusses 17 im Inneren des magnetisch aktiven Teils 3 kann unmittelbar in den Jochkörper 8 durch die Begrenzungsfläche 35 eintreten, wobei der Fluß über den zweiten Jochkörper 9 unter Zwischenschaltung der unvermeidbaren Luftspalte geschlossen wird, so daß von dort der magnetische Fluß wieder in den magnetisch aktiven Teil 3 eintreten kann.

[0057] Die Teile 18 des magnetischen Flusses in dem magnetisch aktiven Teil 3, die in Höhe einer Spulenwicklung 10, 11 liegen, müssen einen breiten Luftspalt überwinden, um in einen Jochkörper 8 einzutreten. Daher besteht in der dargestellten Konstellation das Bestreben, den magnetisch aktiven Teil 3 weiter nach oben zu bewegen, um eine möglichst große Überlappung der Länge des magnetisch aktiven Teils 3 mit dem Teil des Jochkörpers 8 oberhalb der Spule 10 zu erreichen.

[0058] Die magnetische Kraftwirkung auf den Anker 1 ist hierbei weitgehend unabhängig davon, wie weit der magnetisch aktive Teil 3 mit dem Teil des Jochkörpers 8 oberhalb der Spule 10 bereits überlappt. Daher ist die Haltekraft auf den Anker in der Endposition weitgehend unabhängig von mechanischen Toleranzen.

[0059] Entsprechendes gilt für die andere, gestrichelt dargestellte Endposition des Ankers.

[0060] In der Figur 1 ist außerdem dargestellt, daß

beide Jochkörper 8, 9 im Bereich der Kerne 14, 15 entlang der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils derart profiliert sind, daß der Luftspalt zwischen dem Anker 3 und den Jochkörpern 8, 9 nach oben hin breiter wird. Dies bedeutet, daß die Kraftwirkung auf den magnetisch aktiven Teil 3 während dessen Bewegungen nach oben abnimmt. Auf diese Weise kann beim Ausschalten der Unterbrechereinheit zum Anfang der Bewegung eine hohe Beschleunigung und zu deren Ende hin eine schwächer werdende Beschleunigung erreicht werden. Außerdem ist denkbar, daß beispielsweise die zweite Spule 11 gegenüber der ersten Spule 10 nach unten entlang der Bewegungsbahn des Ankers 1 versetzt ist, so daß bei einem Ausschaltvorgang, d. h. einer Bewegung des Ankers 1 von unten nach oben, zunächst die zweite Spule 11 die Hauptlast der Beschleunigung tragen würde und später die erste Spule 10.

[0061] Auch hierdurch läßt sich eine bestimmt Profilierung der Beschleunigung erreichen.

[0062] In der Figur 2 ist eine Ansteuerschaltung gezeigt, mit einem Ladekondensator 19, der über einen ersten IGBT (insulatedgate bipolar Transistor) 20 und einen zweiten IGBT 21 mit der Spule 22 innerhalb des magnetischen Linearantriebs verbindbar ist. Mit 23 ist der ohmsche Widerstand der Spule 22 und ihrer Zuleitungen symbolisch bezeichnet.

[0063] Werden die IGBT's 20, 21 durchgeschaltet, so fließt ein Strom durch die Spule 22 in Richtung des mit 24 bezeichneten Pfeiles. Dieser fließt durch den ersten IGBT 20 und weiter entlang der Pfeile 25, 26, 27.

[0064] Entlädt sich der Kondensator 19, so sinkt die Spannung an der Spule 22 und es wird dort eine Gegenspannung induziert, die bestrebt ist, die Stromstärke des Stromes 24 aufrecht zu erhalten. Die Gegenspannung an der Spule 22 ist der Speisespannung entgegengesetzt, so daß sich ein Spannungsulldurchgang ergibt. Zu diesem Zeitpunkt werden die IGBT's 21, 22 ausgeschaltet, d. h. sie sperren den Strom.

[0065] Der durch die Spannung innerhalb der Spule 22 induzierte Strom fließt über die Dioden 28, 29 in Richtung des Pfeiles 30 zu dem Kondensator 19 zurück und lädt diesen teilweise wieder auf. Dadurch wird Energie beim Betrieb des Linearantriebs gespart, was insbesondere dann von Bedeutung ist, wenn ein mit diesem angetriebener Hochspannungsschalter im Notbetrieb mittels Batterien betrieben werden muß.

[0066] Die Figur 3 zeigt schematisch die Energieversorgung eines Linearantriebs über drei unterschiedliche Ansteuerungseinheiten 31, 32, 33, von denen jede einen eigenen Ladekondensator aufweist, wobei die Ladekondensatoren unterschiedliche Kapazitäten haben können. Hierdurch wird für unterschiedliche Schaltfälle jeweils eine unterschiedliche Energiemenge in Form von in den Ladekondensatoren gespeicherter elektrischer Feldenergie zur Verfügung gestellt.

[0067] Die unterschiedlichen Ansteuerungen 31, 32, 33 können auch für schnell aufeinander folgende Aus-Ein-Aus-Schaltungen genutzt werden

Patentansprüche

1. Magnetischer Linearantrieb, insbesondere für einen elektrischen Schalter, mit einer mit einem Strom beaufschlagbaren Spule (10,11), in deren Innerem durch den Strom in einer Axialrichtung (34) ein magnetischer Fluß (13) erzeugbar ist, mit einem Anker (1), der ausschließlich senkrecht zu der Axialrichtung (34) beweglich ist und der einen magnetisch aktiven Teil (3) aufweist, dessen Bewegungsbahn durch einen Luftspalt (7) innerhalb einer die Spule (10,11) durchsetzenden Kernes (14,15) hindurch oder an einer Stirnseite des Kernes (14,15) vorbeiführt, wobei der magnetisch aktive Teil (3) unmagnetisiert ist oder derart magnetisiert ist, daß der magnetische Fluß (17) innerhalb des magnetisch aktiven Teils (3) parallel oder antiparallel zu der Axialrichtung (34) verläuft,
dadurch gekennzeichnet, dass
der magnetisch aktive Teil in zwei Endpositionen dauerhaft positionierbar und durch Einwirkung eines Stromes von einer ersten Endposition in eine zweite Endposition überführbar ist.
2. Magnetischer Linearantrieb nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der magnetisch aktive Teil (3) magnetisiert ist und daß in wenigstens einer Endposition des magnetisch aktiven Teils (3) dieser wenigstens teilweise derart im Bereich eines außerhalb der Spule angeordneten Jochkörpers (8,9) angeordnet ist, daß der aus dem magnetisch aktiven Teil (3) aus- oder in diesen eintretende magnetische Fluß (17) wenigstens zum Teil unmittelbar durch eine dem magnetisch aktiven Teil zugewandte Begrenzungsfläche (35) des Jochkörpers hindurchtritt.
3. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Spule (10) bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils (3) eine zweite Spule (11) gegenüberliegt, die mit der ersten Spule (10) mit einem Strom in demselben Richtungssinn wie die erste Spule (10) beaufschlagbar ist.
4. Magnetischer Linearantrieb nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
die erste und die zweite Spule (10,11) in Bewegungsrichtung des Ankers (1) gegeneinander versetzt sind.
5. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
zwei Jochkörper (8,9) vorgesehen sind, die einander bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch

aktiven Teils (3) gegenüberliegen und die zwischen sich Luftspalte (7) bilden, die wenigstens teilweise von der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils (3) durchsetzt sind.

6. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 5 mit einer Steuerungseinrichtung, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Steuerungseinrichtung (31,32,33) mehrere aufladbare und fallweise gemeinsam oder alternativ mit einer Spule verbindbare Ladekondensatoren (19) vorgesehen sind.

7. Verfahren zum Betrieb eines magnetischen Linearantriebs nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spule (10,11) zum Antrieb des Ankers (1) in verschiedene Richtungen jeweils mit einem Strom gleicher Richtung beaufschlagt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beaufschlagung mit einem Strom beendet wird, bevor das magnetisch aktive Teil (3) seine Endposition erreicht hat.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stromfluß durch die Spule (10,11) unterbrochen wird, sobald aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs die Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

10. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stromfluß zu einem Ladekondensator (19) umgeleitet wird, sobald die Speisespannung aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs ihr Vorzeichen umkehrt.

11. Verfahren zum Betrieb eines magnetischen Linearantriebs nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zuerst ein Strom in der Spule (10,11) erzeugt wird, dessen resultierender magnetischer Fluss in der Spule (10,11) antiparallel zu einer Magnetisierung des magnetisch aktiven Teils (3) gerichtet ist, sofern dieses magnetisiert ist, und dass, nachdem das magnetisch aktive Teil (3) auf seiner Bewegungsbahn den Ort der größten Magnetfeldstärke der Spule (10,11) erreicht hat, die Stromrichtung durch die Spule (10,11) umgekehrt wird.

Claims

1. Magnetic linear drive, in particular for an electrical switch, having a coil (10, 11) through which a current

can be passed and in whose interior the current can produce a magnetic flux (13) in an axial direction (34), having an armature (1) which can move only at right angles to the axial direction (34) and which has a magnetically active part (3) whose movement path passes through an airgap (7) within a core (14, 15) which passes through the coil (10, 11), or passes one end face of the core (14, 15), with the magnetically active part (3) being demagnetized or magnetized in such a manner that the magnetic flux (17) runs parallel to the axial direction (34), or parallel to it but in the opposite direction, within the magnetically active part (3),

characterized in that

the magnetically active part can be positioned permanently in two limit positions, and can be moved from a first limit position to a second limit position by the influence of a current.

2. Magnetic linear drive according to Claim 1,

characterized in that

the magnetically active part (3) is magnetized, and in that, in at least one limit position of the magnetically active part (3), this part (3) is arranged at least partially in the region of a yoke body (8) which is arranged outside the coil, such that the magnetic flux (17) emerging from the magnetically active part (3), or entering it, passes at least partially directly through a boundary surface (35) of the yoke body facing the magnetically active part.

3. Magnetic linear drive according to one of Claims 1 or 2,

characterized in that

a second coil (11) is located opposite the coil (10) with respect to the movement path of the magnetically active part (3) and, together with the first coil (10), a current can be passed through it in the same direction sense as the first coil (10).

4. Magnetic linear drive according to Claim 1, 2 or 3, **characterized in that**

the first coil (10) and the second coil (11) are offset with respect to one another in the movement direction of the armature (1).

5. Magnetic linear drive according to one of Claims 1 to 4,

characterized in that

two yoke bodies (8, 9) are provided, which are opposite one another with respect to the movement path of the magnetically active part (3) and form airgaps (7) between them, through which at least part of the movement path of the magnetically active part (3) passes.

6. Magnetic linear drive according to one of Claims 1 to 5 having a control device,

characterized in that

a number of energy-storage capacitors (19), which can be charged and can be connected jointly or alternatively to a coil on a case-by-case basis, are provided in the control device (31, 32, 33).

7. Method for operating a magnetic linear drive according to Claim 1,

characterized in that

the coil (10, 11) in each case has a current passed through it in the same direction in order to drive the armature (1) in different directions.

8. Method according to Claim 7,

characterized in that

the passing of a current is ended before the magnetically active part (3) has reached its limit position.

9. Method according to Claim 8,

characterized in that

the current flow through the coil (10, 11) is interrupted as soon as the supply voltage changes its mathematical sign owing to an electrical oscillation process.

10. Method according to Claim 8,

characterized in that

the current flow is diverted to an energy-storage capacitor (19) as soon as the supply voltage changes its mathematical sign owing to an electrical oscillation process.

11. Method for operating a magnetic linear drive according to Claim 1,

characterized in that

first of all, a current is produced in the coil (10, 11), whose resultant magnetic flux in the coil (10, 11) is parallel to, but in the opposite direction to, any magnetization of the magnetically active part (3), provided this is magnetized, and **in that**, once the magnetically active part (3) has reached the location of the greatest magnetic field strength of the coil (10, 11) on its movement path, the current direction through the coil (10, 11) is reversed.

Revendications

1. Dispositif d'entraînement linéaire magnétique, notamment pour un commutateur électrique, comprenant une bobine (10, 11) qui peut être alimentée en un courant et à l'intérieur de laquelle peut être produit par le courant dans une direction (34) axiale un flux (13) magnétique, une armature (1) qui est mobile exclusivement perpendiculairement à la direction (34) axiale et qui a une partie (3) active magnétiquement dont le trajet de déplacement passe dans

un entrefer (7) à l'intérieur d'un noyau (14, 15) passant dans la bobine (10, 11) ou passe devant une face frontale du noyau (14, 15), la partie (3) active magnétiquement étant démagnétisée ou étant magnétisée de façon à ce que le flux (17) magnétique s'étende à l'intérieur de la partie (3) active magnétiquement parallèlement ou antiparallèlement à la direction (34) axiale,

caractérisé en ce que la partie active magnétiquement peut être mise en position permanente en deux positions d'extrémité et peut passer par l'action d'un courant d'une première position d'extrémité à une deuxième position d'extrémité.

2. Dispositif d'entraînement linéaire magnétique suivant la revendication 1,

caractérisé en ce que la partie (3) active magnétiquement est magnétisée, et **en ce que** dans au moins l'une des positions d'extrémité de la partie (3) active magnétiquement, celle-ci est disposée au moins en partie dans la zone d'une culasse (8, 9) disposée à l'extérieur de la bobine, de façon à ce que la partie (3) active magnétiquement sorte ou entre dans ce flux (17) magnétique entrant au moins en partie directement par une surface (35) de démarcation de la culasse qui est tournée vers la partie active magnétiquement.

3. Dispositif d'entraînement linéaire magnétique suivant l'une des revendications 1 ou 2,

caractérisé en ce qu'à la bobine (10) est opposé en ce qui concerne le trajet de déplacement de la partie (3) active magnétiquement une deuxième bobine (11) qui peut être alimentée avec la première bobine (10) en un courant ayant le même sens que la première bobine (10).

4. Dispositif d'entraînement linéaire magnétique suivant la revendication 1, 2 ou 3,

caractérisé en ce que la première et la deuxième bobine (10, 11) sont décalées l'une par rapport à l'autre dans la direction du déplacement de l'armature (1).

5. Dispositif d'entraînement linéaire magnétique suivant l'une des revendications 1 à 4,

caractérisé en ce qu'il est prévu deux culasses (8, 9) qui sont opposées l'une à l'autre en ce qui concerne le trajet de déplacement de la partie (3) active magnétiquement et qui forment entre elles des entrefers (7) qui sont traversés au moins en partie par le trajet de déplacement de la partie (3) active magnétiquement.

6. Dispositif d'entraînement linéaire magnétique suivant l'une des revendications 1 à 5 ayant un dispositif de commande,

caractérisé en ce qu'il est prévu dans le dis-

positif (31, 32, 33) de commande plusieurs condensateurs (19) de charge pouvant être chargés et pouvant être reliés cas par cas en commun ou en alternance à une bobine.

5

7. Procédé pour faire fonctionner un dispositif d'entraînement linéaire magnétique suivant la revendication 1,

caractérisé en ce que l'on alimente la bobine (10, 11) pour l'entraînement de l'armature (1) dans des directions différentes, respectivement en un courant de même sens. 10

8. Procédé suivant la revendication 7,

caractérisé en ce que l'on met fin à l'alimentation en un courant avant que la partie (3) active magnétiquement ait atteint sa position d'extrémité. 15

9. Procédé suivant la revendication 8,

caractérisé en ce qu'on interrompt le flux de courant dans la bobine (10, 11) dès que, en raison d'un processus électrique d'oscillation, la tension d'alimentation change de sens. 20

10. Procédé suivant la revendication 8,

caractérisé en ce que l'on dévie le flux de courant vers un condensateur (19) de charge dès que la tension d'alimentation change son sens en raison d'un processus électrique d'oscillation. 25

30

11. Procédé pour faire fonctionner un dispositif d'entraînement linéaire magnétique suivant la revendication 1,

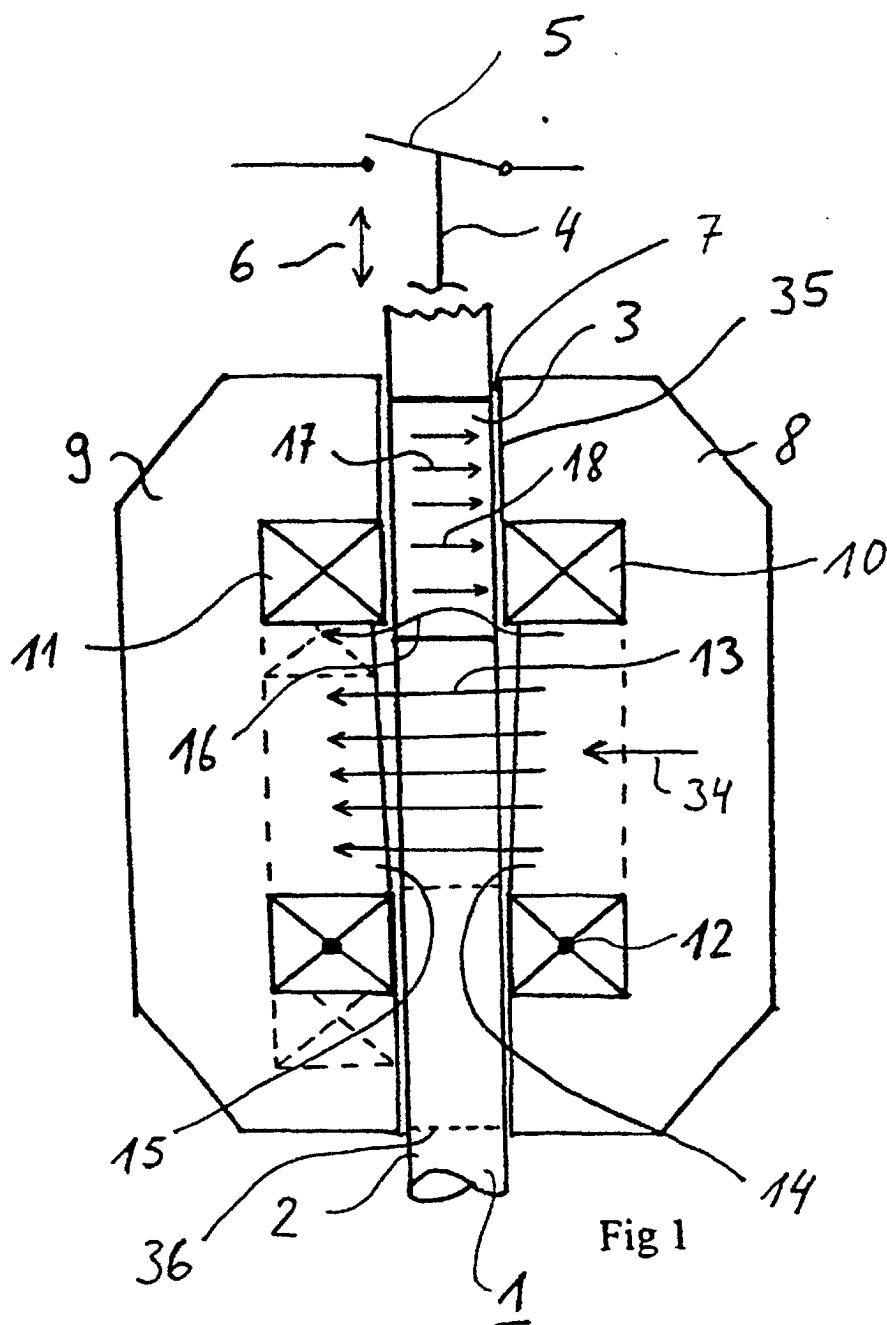
caractérisé en ce qu'on produit d'abord un courant dans la bobine (10, 11) dont le flux magnétique résultant dans la bobine (10, 11) est dirigé antiparallèlement à une magnétisation de la partie (3) active magnétiquement pour autant que celle-ci est magnétisée, et **en ce qu'**après que la partie (3) active magnétiquement a atteint sur son trajet de déplacement l'emplacement où l'intensité du champ magnétique de la bobine (10, 11) est la plus grande, on inverse le sens du courant dans la bobine (10, 11). 35

40

45

50

55



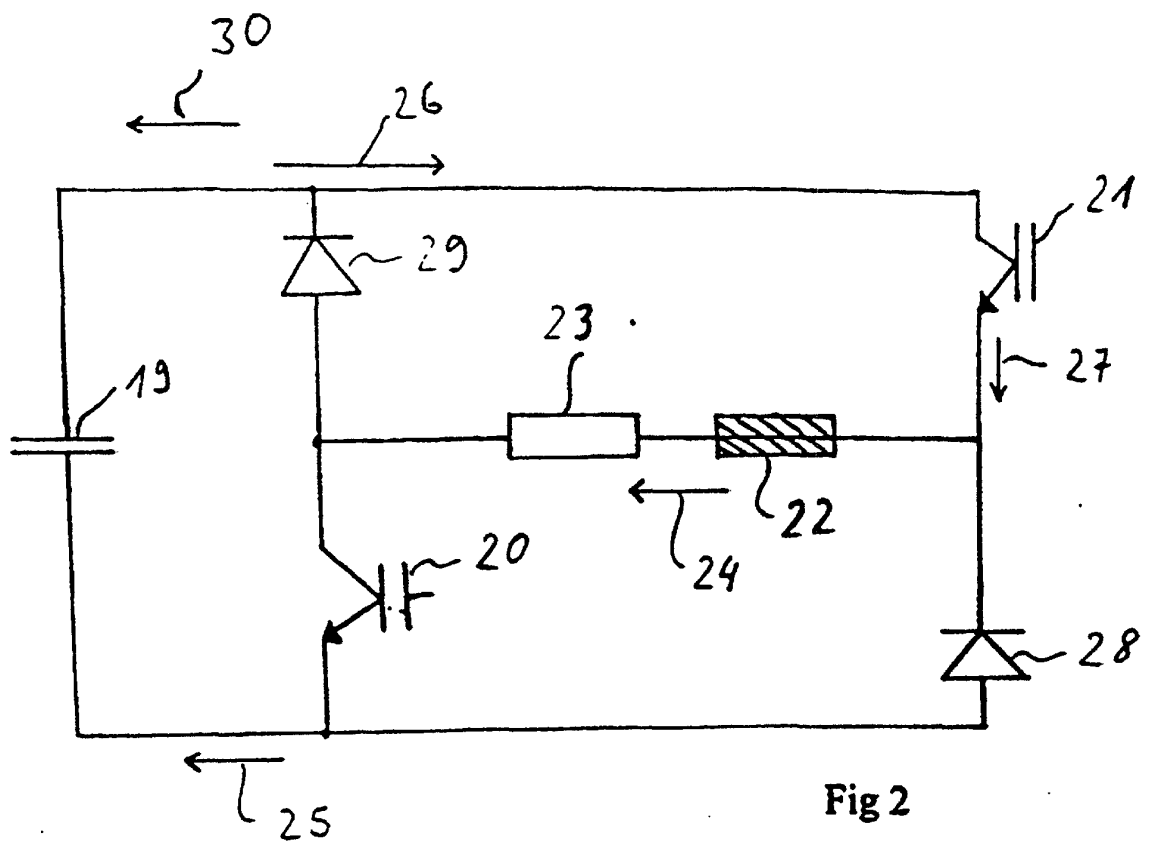


Fig 2

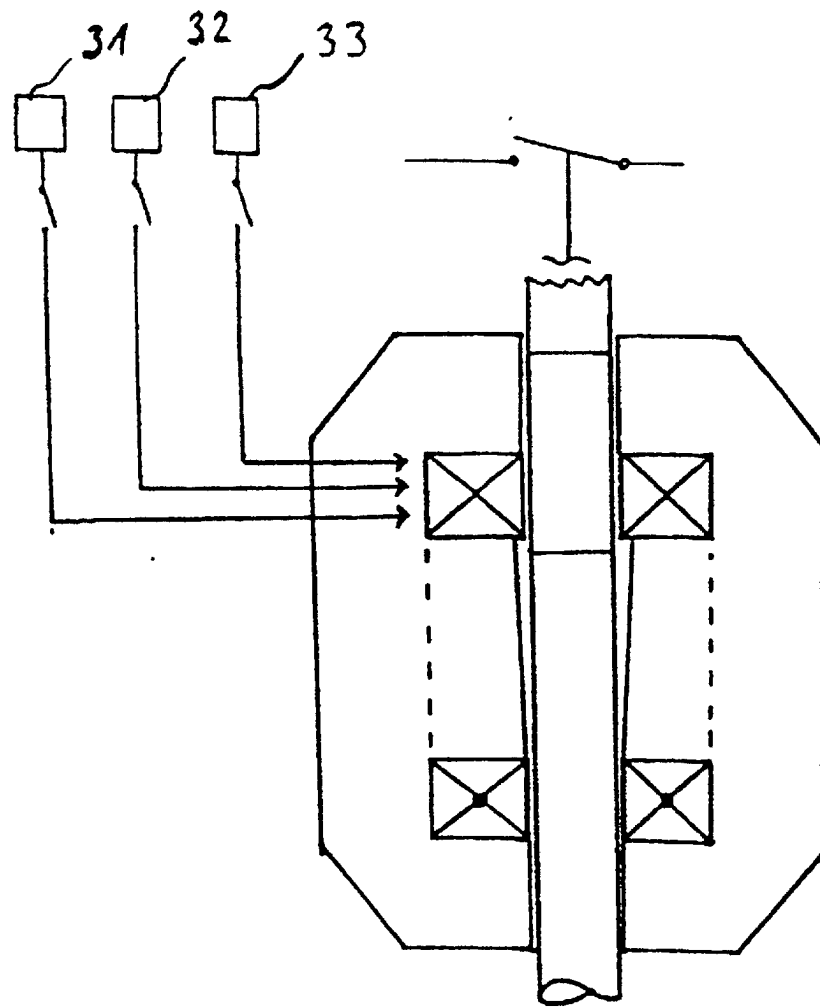


Fig 3