



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 59 601 A1 2004.07.08

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 59 601.8

(22) Anmeldetag: 19.12.2002

(43) Offenlegungstag: 08.07.2004

(51) Int Cl.7: H02K 41/02

(71) Anmelder:

Schinköthe, Wolfgang, Prof. Dr.-Ing., 70437  
 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

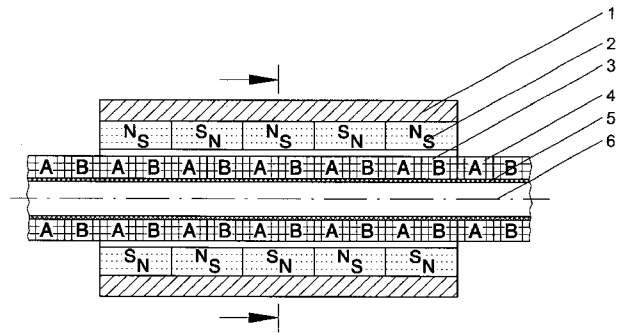
Schinköthe, Wolfgang, Prof. Dr.-Ing., 70437  
 Stuttgart, DE; Gundelsweiler, Bernd, Dipl.-Ing.,  
 78087 Mönchweiler, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Hochdynamischer Linearmotor

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen hochdynamischen Linearmotor, der aus einem ersten Teilsystem mit einer mehrsträngigen Wicklung als Stator und einem zweiten Teilsystem mit einem bewegten Magnetsystem als Läufer besteht. Derartige Motoren werden beispielsweise als Gleichstrommotoren oder Synchronmotoren genutzt. Das Magnetfeld wird dabei durch eine Permanentmagnetanordnung im Läufer erzeugt und wirkt mit dem feststehenden Stator und den darin befindlichen Wicklungen zusammen.

Die hohe Dynamik des Linearmotors wird erreicht durch das Fehlen eines magnetischen Rückschlusses im Stator, so dass Dämpfungen durch Ummagnetisierungsverluste entfallen, sowie durch eine innere Kühlung des Stators mit einem Kühlmedium. Dadurch ist eine wesentlich größere Stromdichte im Stator möglich und die Schubkraft kann massiv erhöht werden. Beides führt zu einem hochdynamischen Antrieb ohne Ummagnetisierungsverluste.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen hochdynamischen Linearmotor, der aus einem ersten Teilsystem mit einer mehrsträngigen Wicklung als Stator und einem zweiten Teilsystem mit einem bewegten Magnetsystem als Läufer besteht. Derartige Motoren werden beispielsweise als Gleichstrommotoren oder Synchronmotoren genutzt. Das Magnetfeld wird dabei durch eine Permanentmagnetanordnung im Läufer erzeugt und wirkt mit dem feststehenden Stator und den darin befindlichen Wicklungen zusammen. Die zwischen permanent erregten Magnetsystemen und der mehrsträngigen Wicklung entstehenden Schubkräfte werden zur Realisierung einer linearen Bewegung des Läufers genutzt.

[0002] Üblicherweise sollen derartige Motoren eine möglichst hohe Dynamik aufweisen, möglichst schnell Geschwindigkeitsänderungen vornehmen können und dabei hohe Endgeschwindigkeiten erreichen. Dazu wird zunächst ein möglichst massearmer Läufer realisiert. Für kurze Hübe kommt dabei eine bewegte Spule in Betracht, die jedoch eine bewegliche Stromzufuhr erfordert. Bei extrem hohen Geschwindigkeiten und schnellen Geschwindigkeitsänderungen wirkt diese mitbewegte Stromzuführung jedoch äußerst störend und vermindert zudem die Lebensdauer des Motors.

[0003] Vorteilhafterweise geht man dann zu einem bewegten Magnetsystem über. Damit entfallen bewegte Stromzuführungen, da der Stator gestellfest angeordnet ist. Bei mehrsträngigem Aufbau kann das Wicklungssystem auch elektronisch kommutiert werden kann. Derartige Antriebe werden in vielfältiger Form in der Literatur vorgeschlagen (z. B. in Stölting, H.-D.; Kallenbach, E.: Handbuch elektrischer Kleinantriebe, 2. Auflage. Carl Hanser-Verlag München, Wien, 2002).

[0004] Zur Erzeugung möglichst hoher magnetischer Flussdichten im Luftspalt bzw. in den Statorwicklungen werden in derartigen Motoren weitgehend geschlossene magnetische Kreise aufgebaut, bei denen ausgehend vom bewegten Magnetsystem des Läufers der magnetische Kreis über die im Luftspalt befindliche Statorwicklung und einen Rückschluss im Stator geschlossen ist. Der Rückschluss besteht dann aus magnetisch leitfähigem Material. Dies sichert vergleichsweise hohe Schubkräfte auf den Läufer. Nachteilig ist jedoch, dass der Läufer durch seine Bewegung eine ständige Ummagnetisierung bzw. eine sich ständig ändernde Magnetisierung in den feststehenden Rückschlusssteilen des Stators bewirkt, da sich die Feldstärke und -richtung des Magnetfeldes im Rückschluss bei Bewegung ständig ändert. Diese Ummagnetisierungen durchlaufen Hystereseschleifen und führen letztlich zu Verlusten, die sich in Form einer Bedämpfung der Bewegung auswirken.

[0005] Hochwertige Materialien für den Rückschluss ermöglichen zwar eine Eingrenzung der Hys-

tereseschleife, sind jedoch extrem kostenintensiv. Eine vollständige Vermeidung der Ummagnetisierungsverluste ist auch mit hochwertigen Materialien nicht möglich. Somit können bisherige Bauformen die angesprochenen Probleme nicht zu Frieden stellend lösen. Dies stört insbesondere bei hochdynamischen Antrieben mit hoher Endgeschwindigkeit und hohen Geschwindigkeitsgradienten.

## Aufgabenstellung

[0006] Aufgabe des erfindungsgemäßen hochdynamischen Linearmotors ist es deshalb, die Nachteile vorhandener Motoren, insbesondere deren Ummagnetisierungsverluste zu vermeiden und gleichzeitig trotz der dabei reduzierten Schubkräfte eine extrem hohe Dynamik zu ermöglichen.

[0007] Dazu wird ein hochdynamischer Linearmotor gemäß Patentanspruch 1 vorgeschlagen, der im Stator keinen magnetischen Rückschluss besitzt, somit Dämpfungen durch Ummagnetisierungsverluste beseitigt und so die Voraussetzung für eine hohe Dynamik schafft. Nach Patentanspruch 2 enthält der Stator dieses Motors Luftspulen, die auf einem inneren nichtmagnetischen Rohr gewickelt sein können.

[0008] Nach Patentanspruch 3 ist es vorteilhaft, das innere nichtmagnetische Rohr des Stators mit einem Kühlmedium zu durchströmen. Dadurch ist eine wesentlich größere Stromdichte im Stator möglich und die Schubkraft kann massiv erhöht werden. Dies führt zu einem hochdynamischen Antrieb ohne Ummagnetisierungsverluste.

[0009] Der Läufer des Motors besteht aus einem bewegten Magnetsystem mit nach Patentanspruch 4 in axialer Richtung alternierend polarisierten Magneten. Nach den Patentansprüchen 5 und 6 können die Luftspulen auch außen mit einem nichtmagnetischen Rohr überzogen sein, das auch als Gleitführung genutzt werden kann.

[0010] Das innere nichtmagnetische Rohr des Stators kann dabei nach Patentanspruch 7 nicht nur glatt ausgeführt werden, sondern auch einen Wickelkörper für die mehrsträngige Statorwicklung bilden, beispielsweise durch Realisierung einzelner Kammern je Teilschule.

[0011] Schließlich kann ein solcher Motor nach Patentanspruch 8 durch eine entsprechende Führung, ein Messsystem und eine Regelelektronik zu einem kompletten Positioniersystem erweitert werden. Eine breite Palette von Anwendungen steht dem Motor dann offen.

[0012] Nach Patentanspruch 9 sind derartige Bauformen nicht nur auf rotationssymmetrische Anordnungen begrenzt. Stator und Rotor weisen dann beispielsweise rechteckförmige Querschnitte auf. Statt der nichtmagnetischen Rohre müssen entsprechende nichtmagnetische Profile mit beispielsweise rechteckigen Querschnitten genutzt werden.

[0013] Die Kombination aus fehlender Dämpfung und gleichzeitig massiv erhöhter Strombelastbarkeit

durch Einführung einer Kühlung lässt einen extrem dynamischen Antrieb entstehen.

[0014] Ein Ausführungsbeispiel zu dem beschriebenen hochdynamischen Linearmotor ist in den Zeichnungen dargestellt und wird nachfolgend näher beschrieben.

[0015] Es stellen dar:

[0016] **Fig. 1** einen Längsschnitt des Prinzipaufbaus des hochdynamischen Linearmotors,

[0017] **Fig. 2** einen Querschnitt des hochdynamischen Linearmotors.

[0018] Ein den Patentansprüchen entsprechender hochdynamischer Linearmotor besteht beispielsweise nach **Fig. 1** aus einem Läufermagnetsystem, das einen Rückschluss **1** nebst in axialer Richtung alternierend polarisierten Magneten **2** enthält und einem zugehörigen Stator, der im vorliegenden Fall aus einer zweisträngigen Wicklung **3** und **4** bzw. A und B, einem inneren Rohr **5** und einer Durchflussöffnung **6** für ein Kühlmedium besteht.

[0019] Die axiale Baulänge des Läufers sowie die Zahl der Magnetringe oder Magnetschalen sind entsprechend der benötigten Schubkraft zu dimensionieren. Der Rückschluss **1** ist so auszulegen, dass er möglichst dünn und nahezu gesättigt ist. Die axiale Ausdehnung des Stators wird entsprechend dem benötigten Hub gewählt.

[0020] Der magnetische Kreis schließt sich von einem Magnetring bzw. von den zu einem Ring geformten Magnetschalen in axialer Richtung über den Rückschluss des Läufers zunächst zum nächsten Ring bzw. den nächsten Schalen, dann über die Statorwicklungen in den Luftspalten und schließlich über den Raum, der vom Kühlmedium durchflossen werden kann. Ein Rückschluss der Statorwicklungen im Inneren ist nicht vorgesehen. Die Hülse **5**, die auch Wickelkörper mit entsprechenden Kammern für die Stränge **3** und **4** sein kann, ist aus nichtmagnetisierbarem Material.

[0021] Durch diese Feldführung entsteht zwar eine verringerte Schubkraft, Ummagnetisierungsverluste im Rückschluss entfallen jedoch völlig. Gleichzeitig erlaubt eine Kühlung im Inneren eine wesentliche Erhöhung der Stromdichte in den Wicklungen. Somit entsteht ein hochdynamischer Antrieb.

[0022] In **Fig. 1** könnte das Wicklungssystem auch durch einen zweiten nichtmagnetisierbaren Ring außen abgeschlossen sein, der dann gleichzeitig als Gleitführung genutzt wird.

[0023] **Fig. 2** zeigt den Motor im Querschnitt. Deutlich zu erkennen ist der Freiraum im Inneren, durch den ein Kühlmedium fließen kann. Dies könnte vorzugsweise Wasser aber auch Luft sein.

### Patentansprüche

1. Hochdynamischer Linearmotor, der aus einem ersten Teilsystem mit einer mehrsträngigen Wicklung als Stator und einem zweiten Teilsystem mit einem bewegten Magnetsystem als Läufer besteht, **da-**

**durch gekennzeichnet**, dass der Stator keinen magnetischen Rückschluss besitzt, somit Dämpfungen durch Ummagnetisierungsverluste entfallen und dadurch eine sehr hohe Dynamik erreicht wird.

2. Hochdynamischer Linearmotor nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator durch Luftspulen auf einem inneren nichtmagnetischen Rohr gebildet wird.

3. Hochdynamischer Linearmotor nach den Patentansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass das innere nichtmagnetische Rohr des Stators von einem Medium zur Kühlung durchströmt wird.

4. Hochdynamischer Linearmotor nach mindestens einem der vorgenannten Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Läufer eine in axialer Richtung alternierend polarisierte Magnetanordnung aufweist.

5. Hochdynamischer Linearmotor nach mindestens einem der vorgenannten Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftspulen des Stators außen mit einem nichtmagnetischen Rohr überzogen sind.

6. Hochdynamischer Linearmotor nach mindestens einem der vorgenannten Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein außen die Luftspulen überdeckendes nichtmagnetisches Rohr auch als Gleitführung genutzt werden kann.

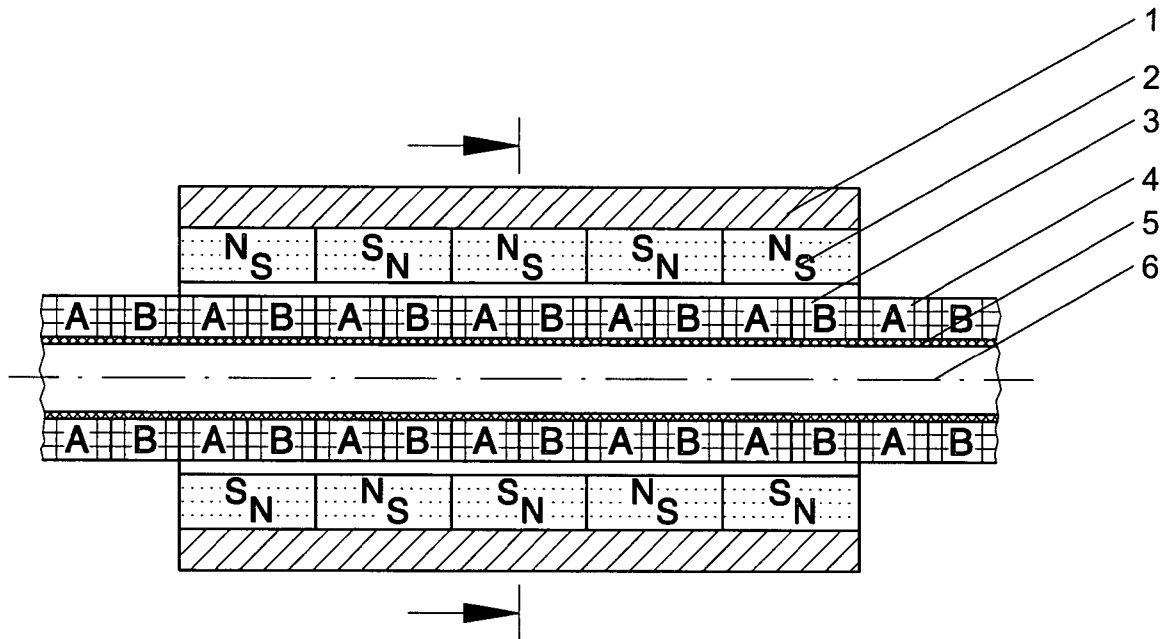
7. Hochdynamischer Linearmotor nach mindestens einem der vorgenannten Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das innere nichtmagnetische Rohr nicht glatt ist, sondern einen Wickelkörper für die mehrsträngige Statorwicklung bildet, beispielsweise durch Realisierung einzelner Kammern je Teilschule.

8. Hochdynamischer Linearmotor nach mindestens einem der vorgenannten Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Motor durch eine Führung, ein Messsystem und eine Regelektronik zu einem Positioniersystem komplettiert wird.

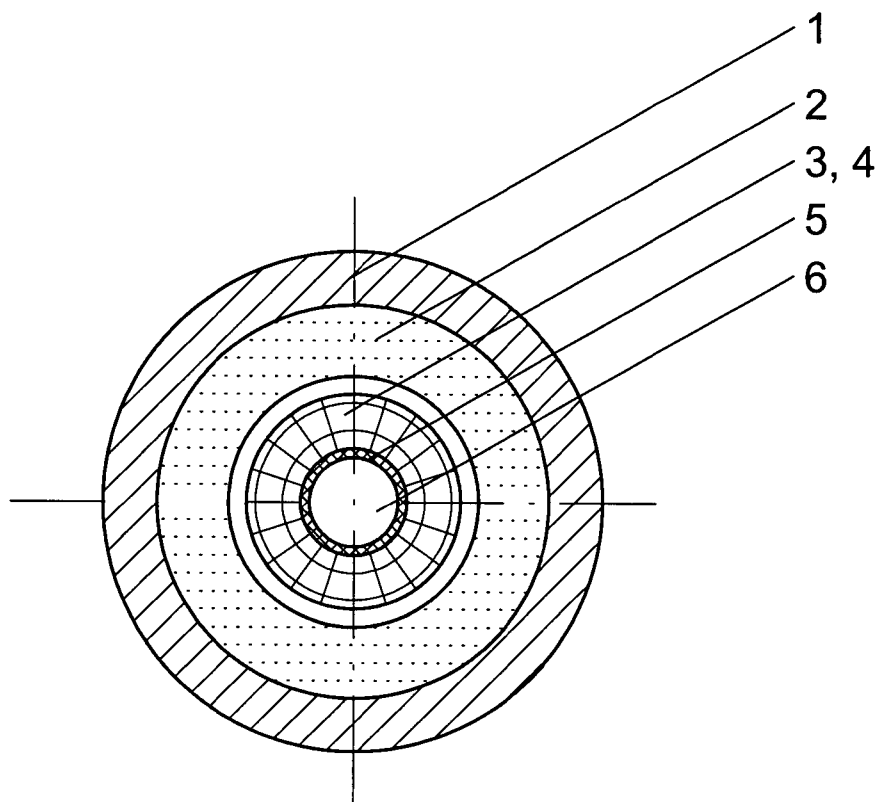
9. Hochdynamischer Linearmotor nach mindestens einem der vorgenannten Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Stator und Rotor nicht rotationssymmetrisch aufgebaut sind, sondern beispielsweise rechteckförmige Querschnitte aufweisen und statt Rohren entsprechende Profile zur Anwendung kommen.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Zeichnungen



Figur 1: Längsschnitt des Prinzipaufbaus des erfindungsgemäßen hochdynamischen Linear-  
motors



Figur 2: Querschnitt des erfindungsgemäßen hochdynamischen Linearmotors