



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 29 689 A1** 2004.01.22

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 29 689.8**
(22) Anmeldetag: **27.06.2002**
(43) Offenlegungstag: **22.01.2004**

(51) Int Cl.7: **G01B 7/02**
H02K 41/035

(71) Anmelder:
Universität Stuttgart, 70174 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
**Gundelsweiler, Bernd, Dipl.Ing., 71116 Gärtringen,
DE; Schinköthe, Wolfgang, Prof. Dr.-Ing., 70437
Stuttgart, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu
ziehende Druckschriften:

DE 199 06 638 C1
DE 197 48 647 C2
DE 196 05 413 A1
=DE 297 05 315 U1
EP 11 50 416 A1
EP 04 57 389 B1

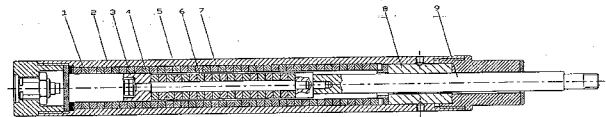
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren mit alternierender Anordnung von Permanent-Magneten und Flussführungsteilen**

(57) Zusammenfassung: Aufgabe des erfindungsgemäßen Verfahrens zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren mit alternierender Anordnung von Permanentmagneten (6) und Flussführung (5) nach Figur 1 ist es, einerseits sehr kostengünstige Motorbauformen einer integrierten Wegmessung zugänglich zu machen und andererseits auch die Messgenauigkeit wesentlich zu verbessern.

Dazu wird ein Verfahren zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren über eine Impedanzmessung an kompletten Motorsträngen vorgestellt, wobei aus diesen Impedanzmesswerten dann wegproportionale Signale abgeleitet werden. Die Impedanzmessung kann an einem kompletten nicht zur Schubkraftherzeugung bestromten Strang oder auch in einer Bestromungs- bzw. Messpause in einem zur Schubkraftherzeugung bestromten Strang erfolgen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren mit alternierender Anordnung von Permanentmagneten und Flussführungsteilen. Gleichstromlinearmotoren nutzen die Kraftwirkung auf bewegte elektrische Ladungen in einem vorzugsweise permanenterregten Magnetfeld. Das Magnetfeld kann dabei prinzipiell nicht nur durch einen Permanentmagneten, sondern auch von mehreren, in alternierender Anordnung, erzeugt werden. Dabei wird das Feld durch jeweils angepasste Flussführungsteile so geführt, dass Feldabschnitte verschiedener Polarität im Luftspalt alternierend aneinander folgen (Wechselpolausführung). Zur Nutzung der zwischen den beiden Hauptkomponenten des Motors, den Permanentmagneten und den Spulensystemen, wirkenden Kräfte zur linearen Bewegung ist eine der beiden Komponenten (z. B. das Spulensystem) ortsfest. Die andere Komponente (im Beispielfall die Permanentmagnete) stellen dann den bewegten Abtrieb der Anordnung dar. Dabei kann der hier mit Permanentmagneten bezeichnete Teil durchaus zusätzliche Eisenteile zur Flussführung beinhalten.

Stand der Technik

[0002] Gleichstromlinearmotoren besitzen üblicherweise keine internen Maßverkörperungen zur Wegsignalableitung und erfordern deshalb im Allgemeinen ein zusätzliches separates Messsystem zur Weg- und gegebenenfalls auch Geschwindigkeitserfassung. Bekannt sind dabei an den Motor angekoppelte externe Messsysteme oder in den Gesamtaufbau mechanisch integrierte interne Messsysteme, die jedoch generell von der Antriebswicklung unabhängige separate Bauteile, beispielsweise Messspulen, nutzen (z. B. in Kallenbach, E.; Bögelsack, G.: *Gerätetechnische Antriebe*. Carl Hansen Verlag, München, Wien 1991, Seiten 07 ff. und 249 ff.).

[0003] In jüngster Zeit werden jedoch vermehrt Anstrengungen unternommen, einerseits Gleichstromlinearmotoren durch einen speziellen konstruktiven Aufbau interne sensorische Eigenschaften einzuprägen und andererseits diese internen sensorischen Eigenschaften dann in Form einer integrierten Wegsignalerfassung zu nutzen. Manche Motoren besitzen jedoch infolge ihres konstruktiven Aufbaus von vornherein schon interne sensorische Eigenschaften, die jedoch bisher nicht zur Wegerfassung heran gezogen wurden.

[0004] Zur Ermöglichung einer solchen Lageerfassung in linearen Gleichstrommotoren ohne zusätzliche Messsysteme wurde deshalb beispielsweise bereits in EP 457 389 vorgeschlagen, verschiedene Teilspulen eines solchen Motors über eine Kurzschlusswicklung, die sich auf dem anderen spulenlosen, passiven Motorteil befindet, elektromagnetisch zu koppeln und in eine der Teilspulen zusätzlich zum Stellsignal ein Messsignal einzukoppeln. Dadurch wird in mindestens einer anderen Teilspule, die nicht vom Messsignal durchflossen wird, eine transformatorische, von der Lage des passiven Motorteils abhängige Einkopplung erzielt, die als Messsignal für die Läuferstellung nutzbar ist. Nachteil dieser Lösung ist einerseits die Notwendigkeit einer Kurzschlusswicklung auf dem passiven Motorteil, aber vielmehr noch andererseits die Tatsache, dass der aktive Motorteil (Stator mit Spulensystem) keine eigene transformatorische Kopplung in Form einer Kurzschlusswicklung oder eines elektrisch leitfähigen magnetischen Rückschlusses tragen darf. Damit wird die erzielbare Motorkraft und das Einsatzpotential des Motors sehr stark beeinträchtigt.

[0005] Ein im Gebrauchsmuster Nr. 297 05 315.9 beschriebenes Verfahren zur Wegmessung eines Gleichstromlinearmotors über die duale Nutzung der Teilspulen als Antriebswicklung und Messwicklung durch die zusätzliche Beaufschlagung mit einer Messwechselspannung nutzt die Verschiebung von eisenbehafteten Komponenten oder von Permanentmagneten mit einer relativen Permeabilität deutlich größer eins (z. B. AlNiCo-Magnete) in einem zweiteiligen Spulensystem, das aus zwei symmetrischen Teilspulen bzw. einer Spule mit Mittelanzapfung besteht. Diese eisenbehafteten Komponenten, in vorliegendem Fall als Läufer ausgeführt, müssen dabei in Bewegungsrichtung mindestens so lang sein, wie eine der Teilspulen. Neben dem Nachteil der Verwendung einer zusätzlichen Messwechselspannung und demzufolge der Eingrenzung auf analoge Leistungsendstufen zur Ansteuerung sind die nutzbaren Motorbauformen stark eingegrenzt, da stets Magnetmaterialien mit deutlich größerer relativer Permeabilität als eins zum Einsatz kommen müssen. Dies schränkt die Auswahl auf die weniger stabilen AlNiCo-Magnetwerkstoffe ein und verbietet den Einsatz moderner hochkoerzitiver und hochenergetischer Werkstoffe.

[0006] In DE 197 48 647 wird ein Teil der Nachteile o. g. Gebrauchsmusters beseitigt, in dem die integrierte Wegmessung mit pulsweitenmodulierter Ansteuerung durch das erfindungsgemäße Vorgehen ermöglicht wird. Die Einschränkungen in der Bauform der zum Einsatz kommenden Motoren bleiben jedoch bestehen.

[0007] Die Messverfahren und -anordnungen im Gebrauchsmuster 297 05 315.9 und in DE 197 48 647 waren zunächst für einsträngige Motoren mit Mittelanzapfung bzw. aus zwei identischen Teilspulen bestehenden Motoren vorgesehen. Zwischenzeitlich wurden diese Messverfahren auch auf mehrsträngige Gleichstromlinearmotoren erweitert. Beispielsweise werden in der Dissertation Hartramph (Hartramph, R.: „Integrierte Wegmessung in feinwerktechnischen elektrodynamischen Lineardirektantrieben“, Universität Stuttgart, 2001) Lösungsansätze beschrieben, die die integrierte Wegmessung in mehrsträngigen Gleichstromlinearmotoren er-

lauben, wobei die mehrsträngigen Linearmotoren dann in ihrem konstruktiven Aufbau in ähnlicher Form auszugestalten sind.

[0008] So ist z. B. über die gesamte Läuferlänge, in den genannten Beispielen vorzugsweise der permanentmagnetische Teil, ein durchgehender innerer Eisenrückschluss erforderlich, der letztendlich in zwei Teilsträngen eines Spulensystems, die aus einem Strang mit Mittelabzapfung entstehen, detektiert wird. Um trotzdem einen geeigneten alternierenden Feldverlauf im Luftspalt zu erzielen, sind radial magnetisierte Magnetringe oder Magnetsegmente in wechselnder Polarisation auf diesem zentralen inneren Eisenrückschluss (eisenbehafteten Kern) angeordnet. Die Dauermagnete müssen dann nicht mehr aus hochpermeablem Material bestehen, da der innere durchgehende Eisenkern über die gesamte aktive Baulänge des Läufers reicht.

[0009] Auch diese Bauformen weisen Nachteile auf. So sind radial magnetisierte Ringmagnete aus hochenergetischen hochkoerzitiven Magnetmaterial kaum herstellbar und Magnetsegmente zur Vermeidung von Ringen aus derartigen Materialien sehr teuer. Auch die Montage ist sehr aufwendig.

[0010] In EP 1150416 wird eine Umkehrung der feststehenden und bewegten Komponenten empfohlen. Hier werden die Permanentmagnete mit einem durchgehenden Rückschluss, der in diesem Fall als äußeres Rohr ausgebildet ist, radial nach außen versetzt und die Wicklungen, das Spulensystem, radial innen angeordnet. Dadurch entsteht ein Außenläufermotor, der im Prinzip jedoch nach dem gleichen Grundgedanken realisiert werden muss.

[0011] Ein durchgehender äußerer Rückfluss dient dem Schließen des alternierenden magnetischen Kreises. Darin anliegende radial magnetisierte Permanentmagnete oder eine Vielzahl von Segmentmagneten über den Umfang verteilt und in axialer Richtung mit alternierender Polarität aneinander gereiht, erzeugen das für die Schubkraft erforderliche Magnetfeld. Dabei wird im vorliegenden Fall zur Wegmessung die durch den Außenläufer entstehende Sättigung im zentral innerhalb der Spulen angeordneten Eisenkern ausgenutzt.

Aufgabenstellung

[0012] Alle vorgenannten Verfahren nutzen außerdem stets eine Induktivitätsmessung zur Gewinnung eines Wegmesssignals. Dies bewirkt jedoch unter Umständen erhebliche Messfehler, da auch der ohmsche Anteil des komplexen Gesamtwiderstandes wegabhängig ist. Aufgabe des erfindungsgemäßen Verfahrens zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren mit alternierender Anordnung von Permanentmagneten und Flussführungen ist es deshalb, einerseits weitere Motorbauformen, die in ihrem Aufbau wesentlich kostengünstiger und montagefreundlicher sind, der integrierten Wegmessung zugänglich zu machen und andererseits auch die Messgenauigkeit wesentlich zu verbessern.

[0013] Dazu wird das Verfahren zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren gemäß Patentanspruch 1 über Impedanzmessungen an kompletten Motorsträngen realisiert und diese Messwerte werden dann als wegproportionales Signal genutzt bzw. in ein solches umgeformt. Nach den Patentansprüchen 2 und 3 können diese Impedanzmessungen vorteilhafter Weise in einem nicht zur Schubkraft erzeugung bestromten Strang oder auch in einer Bestromungs- bzw. Messpause in dem zur Schubkraft erzeugung bestromten Strang erfolgen.

[0014] Nach den Patentansprüchen 4 und 5 wird eine wesentliche Verstärkung der Impedanzänderung erreicht, wenn durch Wahl entsprechender Teilungsabstände in allen denjenigen Einzelspulen jeden Stranges, die Dauermagnet- und Flussführungsscheiben bzw. -ringe des anderen Teilsystems umfassen oder von diesen umfasst werden, ein Materialwechsel des umfassten bzw. umfassenden Materials zwischen Permanentmagnet und Flussführung bei der Bewegung erfolgt, sich wegen der unterschiedlichen Permeabilitäten der beiden Materialien Änderungen der Impedanzen der Einzelspulen und somit der Impedanzen der jeweiligen Stränge zeigen und diese in allen umfassten Einzelspulen eines Stranges dann gleichzeitig gleichartige Änderungen darstellen.

[0015] Nach Patentanspruch 6 besteht eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung darin, dass nacheinander oder gleichzeitig in zwei Strängen verfahrensgemäße Wegsignalerfassungen vorgenommen werden und aus der Phasenverschiebung beider Signale eine Richtungsinformation nach bekannten Verfahren der Technik abgeleitet wird.

[0016] Nach Patentanspruch 7 stellt das Messsignal dieser Impedanzmessungen wegen der fortlaufenden alternierend angeordneten Dauermagnet- und Flussführungsscheiben bzw. -ringe zunächst einen wiederkehrenden, inkrementalen Messwert für die Wegposition dar. Eine eindeutige absolute Wegerfassung ermöglicht im Zusammenhang damit eine Ausgestaltung nach Patentanspruch 8 dadurch, dass neben der relativ genauen inkrementalen Lagemessung eine zusätzliche, unter Umständen weniger genaue analoge Lagerfassung über eine Impedanzmessung erfolgt. Dazu müssen am Motor an dem mit Permanentmagneten beaufschlagten Motorteil zusätzliche asymmetrische Eisenteile in axialer Verlängerung der Permanentmagnete und Polschuhe angeordnet sein, die letztlich unabhängig von dem inkrementalen Signal detektiert werden, so dass dem inkrementalen Messsignal eine absolute Änderung über die gesamte Läuferposition hinweg überlagert wird. Vorteilhafter Weise koppelt man das Signal der integrierten Wegmessung nach Patentanspruch 9 in eine elektroni-

sche Regelschaltung ein, die das gemessene Wegsignal mit einem vorgegebenen Wegsollwert vergleicht und aus der Differenz der beiden Signale die Eingangsgröße für einen Positions- oder Bahnregler liefert, der wiederum die Antriebssignale so steuert, dass die Läuferposition auf den Positionssollwert oder die Bewegung auf eine Soll-Fahrkurve ausgeregelt wird.

[0017] Für das vorgestellten Messverfahren eignen sich sehr einfach aufgebaute Gleichstromlinearmotoren, die aus einem ersten Teilsystem mit zu einer ein- oder mehrsträngigen Wicklung verschalteten Einzelspulen und einem zweiten Teilsystem mit axial alternierend angeordneten Dauermagnet- und Flussführungsscheiben bzw. -ringen bestehen, wobei jedes Teilsystem den feststehenden Stator oder den beweglichen Läufer bilden kann. Ein Beispiel dafür stellen Motoren nach **Fig. 1** mit innen liegendem Läufer aus alternierend aneinander gereihten, zylinderförmigen Dauermagneten und Eisenteilen (Scheiben aus Dauermagnet- bzw. Eisenwerkstoffen) und außen liegenden, ein- oder mehrsträngigen Spulensystemen dar.

[0018] Diese Anordnungen können gleichermaßen mit bewegten Spulensystemen als Außenläufer realisiert werden oder durch Umkehrung der radialen Anordnung in Form einer im Inneren auf einem Eisenkern befindlichen Wicklung und eines außen angeordneten Magnetsystems mit axial aneinander gereihten Magnetringen und Polschuhringen aus Eisenwerkstoffen aufgebaut sein. Letztere Motoren sind beispielsweise bekannt aus Stölting, H. D.; Kallenbach, E.: Handbuch elektrische Kleinantriebe, Bild 4.217 im Abschnitt 4.

[0019] Zur Ermöglichung einer integrierten Wegsignalerfassung in derartig einfach aufgebauten und kostengünstigen Motoren müssen lediglich die Abmessungen der Magnetlängen und Polschuh- bzw. Eisenlängen in axialer Richtung so gewählt werden, dass eine Magnetbreite bzw. eine Polschuhbreite jeweils der axialen Ausbreitung eines Spulensegmentes entspricht. Zur Schubkraftenerzeugung ist dann ohnehin eine entsprechende Strangzahl (im vorliegenden Beispiel zwei Stränge) erforderlich, so dass die jeweils von radial aus dem Polschuhen austretenden Feldern durchsetzten Spulensegmente zur Kraftwirkung benutzt werden.

Ausführungsbeispiel

[0020] Ein Ausführungsbeispiel zu dem Verfahren zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren mit alternierender Anordnung von Permanentmagneten und Flussführungsteilen und dafür geeigneten Motoren ist in den Zeichnungen dargestellt und wird nachfolgend näher beschrieben.

[0021] Es stellen dar:

[0022] **Fig. 1** eine Schnittdarstellung des Prinzipaufbaus einer Ausführungsform eines für die Anwendung des Messverfahrens geeigneten Gleichstromlinearmotors, speziell mit bewegtem, innen angeordnetem Magnetsystem,

[0023] **Fig. 2** den prinzipiellen Permeabilitätsverlauf im Läufer des Motors (Ausschnitt mit zwei Permanentmagneten und einem Flussführungsring),

[0024] **Fig. 3** den prinzipiellen Verlauf des komplexen Spulengesamtwiderstandes in Form des Scheinwiderstandes (Betrag der Impedanz) in den Motorsträngen in Abhängigkeit der Läuferposition (gemessen an einem realen Motor),

[0025] **Fig. 4** den prinzipiellen Verlauf des ohmschen Anteils des Spulengesamtwiderstandes in Form des Realteils der Impedanz in den Motorsträngen in Abhängigkeit der Läuferposition (gemessen an einem realen Motor),

[0026] **Fig. 5** ein Blockschaltbild einer Ansteuerung eines Gleichstromlinearmotors mit integrierter Wegmessung in Form einer Impedanzmessung in beiden Motorsträngen,

[0027] **Fig. 6** eine Prinzipskizze einer Wechselstrommessbrücke zur Impedanzmessung nach bekannten Verfahren der Technik.

[0028] Ein für die Anwendung des Messverfahrens geeigneter Gleichstromlinearmotor nach **Fig. 1** besteht beispielsweise aus einem zweisträngigen feststehenden Spulensystem und einem beweglichen permanentmagnetisch erregten Läufer. Das Spulensystem (**4**) ist von einem weichmagnetischen Rückschluss (**2**) umschlossen und optional auf einer Trägerhülse (**1**) fixiert, die gleichzeitig als Gleitpartner zum beweglichen Läufer dient. Das Spulensystem ist beispielhaft zweisträngig ausgeführt, wobei die Länge einer einzelnen Teilspule der Länge eines Magnet- bzw. Flussführungsrings entspricht. Der bewegliche Läufer ist mittels der Lagereinheiten (**3**) und (**8**) geführt. Das Magnetsystem besteht beispielsweise aus hochwertigen NdFeB-Magnetringen (**6**) und inneren weichmagnetischen Flussführungsringen bzw. -scheiben (**5**). Das gesamte System wird wechselpolig auf einer Edelstahlstange (**7**) gestapelt und fixiert. Der Bewegungsabgriff erfolgt durch die Ankoppelstange (**9**) des Läufers, die auch aus magnetisierbarem Eisen sein kann.

[0029] Das Wegmessverfahren basiert auf einer Verschiebung verschieden permeabler Materialien, die positionsabhängig die Größe der Impedanz eines Stranges bestimmen (Magnete mit geringer Permeabilität im Wechsel mit Flussführungsringen hoher Permeabilität). Mittels einer Impedanzmessung der Einzelstränge ist ein wegproportionales Spannungssignal ableitbar. In **Fig. 2** ist der Permeabilitätsverlauf eines Läuferausschnittes dargestellt, der zwei Permanentmagnete und einen weichmagnetischen Flussführungsring enthält.

[0030] Den Signalverlauf des komplexen Gesamtwiderstandes in Form des Scheinwiderstandes (Betrag der

Impedanz) in den Motorsträngen in Abhängigkeit der Läuferposition bei einer getrennten Auswertung der Einzelstränge **1** und **2** zeigt **Fig. 3**. Aus dem Kurvenverlauf wird durch das alternierende Signalverhalten der Wechsel der Materialien verschiedener Permeabilität deutlich. Die dadurch hervorgerufenen Impedanzänderungen zeigen einen inkremental wiederkehrenden Verlauf mit jeweils nahezu linearen Abschnitten des komplexen Gesamtwiderstandes in Abhängigkeit von der Relativposition zwischen Läufer und Ständer.

[0031] Den Signalverlauf des ohmschen Anteils des Spulengesamtwiderstandes in Form des Realteils der Impedanz in den Motorsträngen in Abhängigkeit der Läuferposition bei ebenfalls getrennter Auswertung der Einzelstränge **1** und **2** zeigt **Fig. 4**. Der Kurvenverlauf zeigt gleichfalls ein alternierendes Signalverhalten beim Wechsel der Materialien verschiedener Permeabilität. Dies zeigt die Notwendigkeit der Nutzung der Impedanzmessung zur Erzeugung eines Wegmesssignals, da durch eine reine Induktivitätsmessung Information verloren gehen und damit nur eine weniger genaue Erfassung des Weges möglich ist.

[0032] Beim Ausfahren des Läufers wird zusätzlich auch die Ankoppelstange (**9**) des Läufers aus dem Spulensystem ausgefahren. Durch optionale Wahl eines weichmagnetischen Materials für diese Ankoppelstange wird hier zusätzlich ebenfalls hochpermeables Material in Abhängigkeit der Läuferposition im Spulensystem verschoben. Dadurch ist der inkrementalen Impedanzänderung eine absolute Änderung überlagert und es kann neben einer inkrementalen Positionsbestimmung über die verteilten Flussführungsscheiben zusätzlich eine absolute Positionsbestimmung vorgenommen werden. Dazu ist die gleiche Auswerteschaltung, wie für die inkrementale Wegsignalerfassung nutzbar, da wie in **Fig. 3** bzw. **4** erkennbar, dem inkrementalen Signal ein linearer Anstieg über den gesamten Motorhub überlagert ist.

[0033] **Fig. 5** zeigt ein Blockschaltbild einer Ansteuerung eines Gleichstromlinearmotors mit integrierter Wegmessung in Form einer Impedanzmessung in beiden Motorsträngen. Die Spulenstränge des Motors sind durch R-L-Glieder symbolisiert, deren Impedanzverhalten beim Verfahren des Läufers nach einer Signalverstärkung und Konditionierung mit einer Impedanzmessung ausgewertet wird. Die erhaltenen Messsignale werden über einen A-D-Wandler dem Mikroprozessor bereitgestellt, der die aktuellen Weginformationen mit den vorgegebenen Sollwerten vergleicht und die Vollbrücken des Leistungsstellgliedes entsprechend ansteuert.

[0034] Die Impedanzmessung wird dabei nach bekannten Verfahren der Technik durchgeführt. Die Messsignalverarbeitung erfolgt prinzipiell beispielsweise mittels Wechselstrommessbrücken nach Maxwell und Wien. **Fig. 6** zeigt eine Prinzipskizze einer Wechselstrommessbrücke zur Impedanzmessung.

[0035] Berechnungsvorschriften:

$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_2} \quad (1)$$

$$L_x = R_1 \cdot R_4 \cdot C_2 \quad (2)$$

[0036] Die einzelnen Widerstandsanteile (Real- und Imaginärteil) der Antriebsstränge können zur Impedanz zusammengefasst werden.

[0037]

$$X_L = \omega \cdot L \text{ Blindwiderstand} \quad (3)$$

$$X_R = R_x \text{ Wirkwiderstand} \quad (4)$$

$$\vec{Z} = X_L + X_R \text{ Impedanz (Scheinwiderstand)} \quad (5)$$

$$|Z| = \sqrt{(X_L^2 + X_R^2)} \quad \text{Betrag} \quad (6)$$

[0038] Der Verlauf des ermittelten Impedanzkennwerte bei der Verfahrensbewegung kann dann zur Generierung der erforderlichen Positionssignale beispielsweise in einem Mikrorechner herangezogen werden. Dazu wird die Potenzialdifferenz der Messbrücke über einen A-D-Wandler in den Mikroprozessor eingelesen und in den innerhalb eines Inkrementes nahezu proportionalen Weg umgerechnet. Durch den Vergleich mit den vorgegebenen Positionssollwerten kann über einen Regler das Leistungsstellglied mit der entsprechenden PWM an-

gesteuert werden.

[0039] Die Impedanzmessung kann an einem kompletten nicht zur Schubkraftherzeugung bestromten Strang oder auch in einer Bestromungs- bzw. Messpause in einem zur Schubkraftherzeugung bestromten Strang erfolgen. Werden nacheinander oder gleichzeitig in zwei Strängen verfahrensgemäße Wegsignalerfassungen vorgenommen, lassen sich nach bekannten Verfahren der Technik aus der Phasenverschiebung beider Signale Richtungsinformationen ableiten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren, die aus einem ersten Teilsystem mit zu einer ein- oder mehrsträngigen Wicklung verschalteten Einzelspulen und einem zweiten Teilsystem mit axial alternierend angeordneten Dauermagnet- und Flussführungsscheiben bzw. -ringen bestehen, von denen jedes Teilsystem den feststehenden Stator oder den beweglichen Läufer bilden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass Impedanzmessungen an kompletten Motorsträngen erfolgen und diese Messwerte als wegproportionales Signal genutzt werden.

2. Verfahren zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Impedanzmessungen eines kompletten Motorstranges in einem nicht zur Schubkraftherzeugung bestromten Strang erfolgen und diese Messwerte als wegproportionales Signal genutzt werden.

3. Verfahren zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Impedanzmessungen eines kompletten Motorstranges in einer Bestromungs- bzw. Messpause in dem zur Schubkraftherzeugung bestromten Strang erfolgen und diese Messwerte als wegproportionales Signal genutzt werden.

4. Verfahren zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren nach mindestens einem der vorgenannten Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in denjenigen Einzelspulen jeden Stranges, die Dauermagnet- und Flussführungsscheiben bzw. -ringe des anderen Teilsystems umfassen, ein Materialwechsel des umfassten Materials zwischen Permanentmagnet und Flussführung bei der Bewegung erfolgt und sich wegen der unterschiedlichen Permeabilität der beiden Materialien Änderungen der Impedanzen der Einzelspulen und somit der Impedanzen der jeweiligen Stränge zeigen, wobei bei entsprechend gewählten Teilungsabständen stets in allen umfassten Einzelspulen eines Stranges gleichzeitig eine gleichartige Änderung stattfinden kann und dadurch eine Verstärkung der Impedanzänderung herbeigeführt wird.

5. Verfahren zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren nach mindestens einem der vorgenannten Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass um diejenigen Einzelspulen jeden Stranges, die von Dauermagnet- und Flussführungsscheiben bzw. -ringe des anderen Teilsystems umfasst werden, ein Materialwechsel des umfassten Materials zwischen Permanentmagnet und Flussführung bei der Bewegung erfolgt und sich wegen der unterschiedlichen Permeabilität der beiden Materialien Änderungen der Impedanzen der Einzelspulen und somit der Impedanzen der jeweiligen Stränge zeigen, wobei bei entsprechend gewählten Teilungsabständen stets in allen umfassten Einzelspulen eines Stranges gleichzeitig eine gleichartige Änderung stattfinden kann und dadurch eine Verstärkung der Impedanzänderung herbeigeführt wird.

6. Verfahren zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren nach mindestens einem der vorgenannten Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nacheinander oder gleichzeitig in zwei Strängen verfahrensgemäße Wegsignalerfassungen vorgenommen werden und aus der Phasenverschiebung beider Signale eine Richtungsinformation nach bekannten Verfahren der Technik abgeleitet wird.

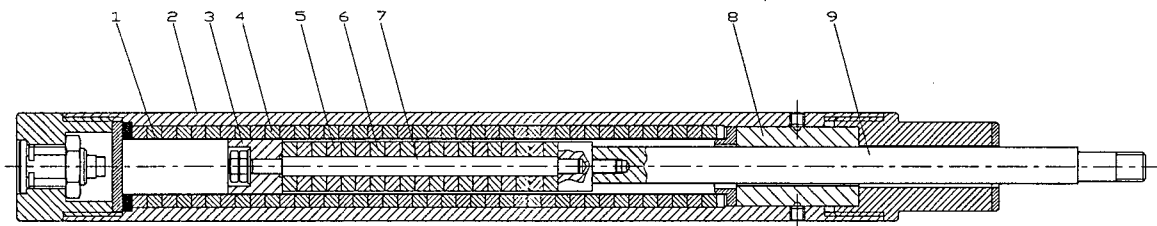
7. Verfahren zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren nach mindestens einem der vorgenannten Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass diese Impedanzmessungen an kompletten Motorsträngen wegen der fortlaufenden alternierend angeordneten Dauermagnet- und Flussführungsscheiben bzw. -ringen wiederkehrende inkrementale Messwerte für die Wegposition darstellen.

8. Verfahren zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren nach mindestens einem der vorgenannten Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass neben der relativ genauen inkrementalen Lage-messung eine zusätzliche, unter Umständen weniger genaue analoge Lageerfassung über eine Impedanzmessung erfolgt, in dem an dem mit Permanentmagneten beaufschlagten Motorteil zusätzliche asymmetrisch angeordnete Eisenteile in axialer Verlängerung der Permanentmagnete und Polschuhe detektiert werden, so dass dem inkrementalen Messsignal eine absolute Änderung über die gesamte Läuferposition hinweg überlagert wird.

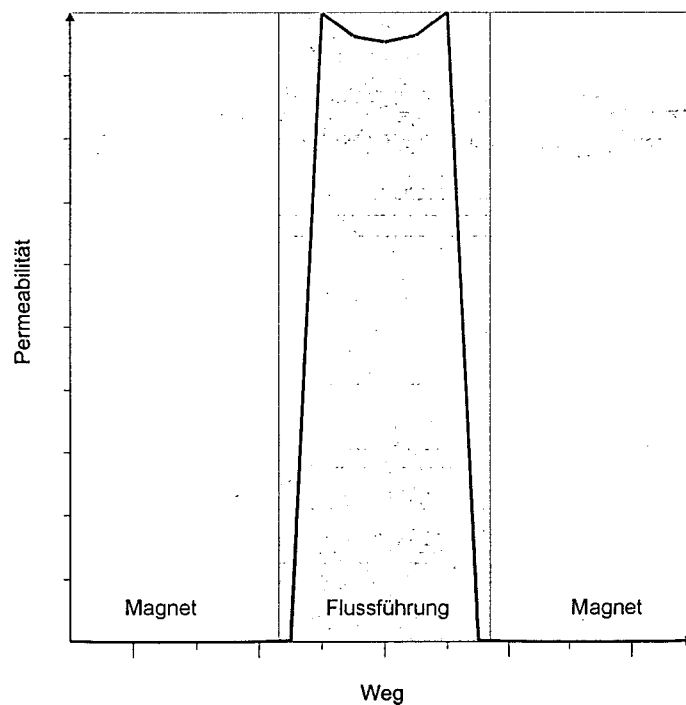
9. Verfahren zur integrierten Wegmessung in Gleichstromlinearmotoren nach mindestens einem der vorgenannten Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gesamtsystem eine elektronische Regelschaltung umfasst, welche das gemessene Wegsignal mit einem vorgegebenen Wegsollwert vergleicht und aus der Differenz der beiden Signale die Einganggröße für einen Positions- oder Bahnregler liefert, der wiederum die Antriebssignale so steuert, dass die Läuferposition auf den Positionssollwert oder die Bewegung auf eine Soll-Fahrkurve ausgeregelt wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

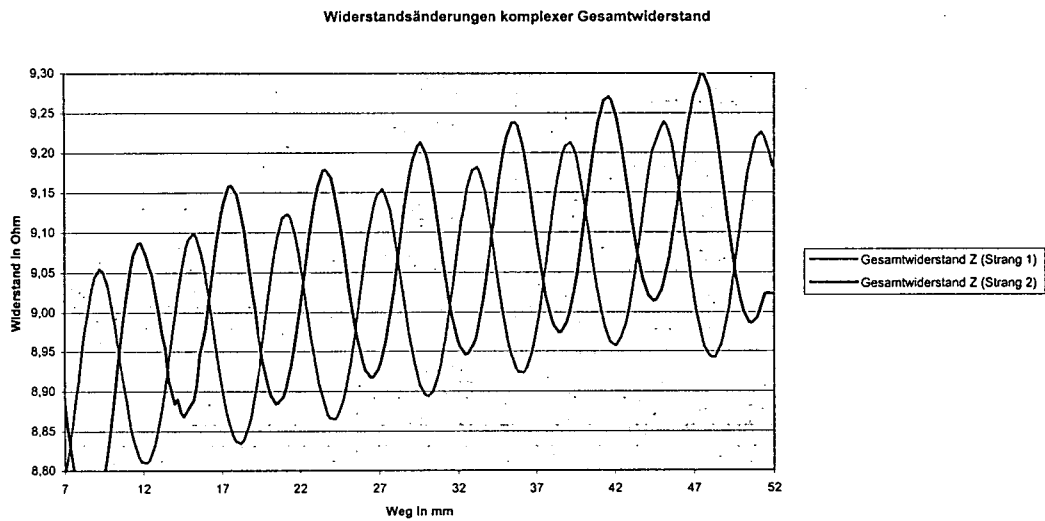
Zeichnungen



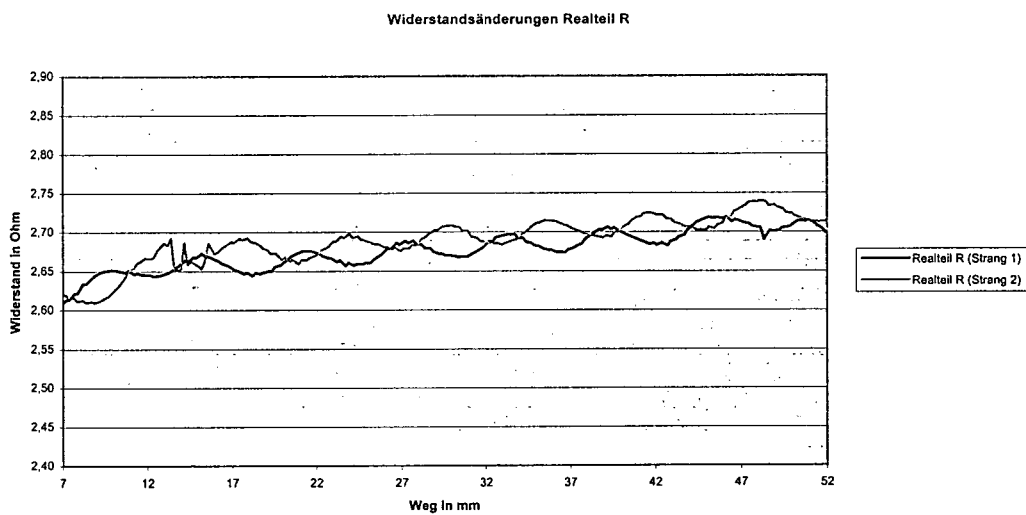
Figur 1: Schnittdarstellung des Prinzipaufbaus einer Ausführungsform eines für die Anwendung des Messverfahrens geeigneten Gleichstromlinearmotors, speziell mit bewegtem, innen angeordnetem Magnetsystem,



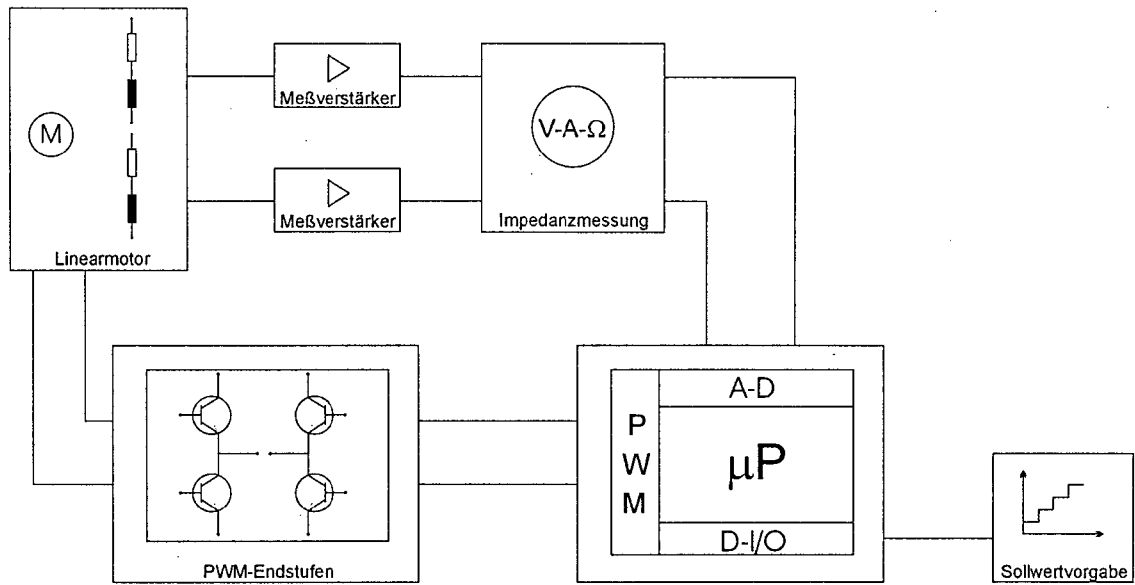
Figur 2: Prinzipieller Permeabilitätsverlauf im Läufer des Motors (Ausschnitt mit zwei Permanentmagneten und einem Flussführungsring),



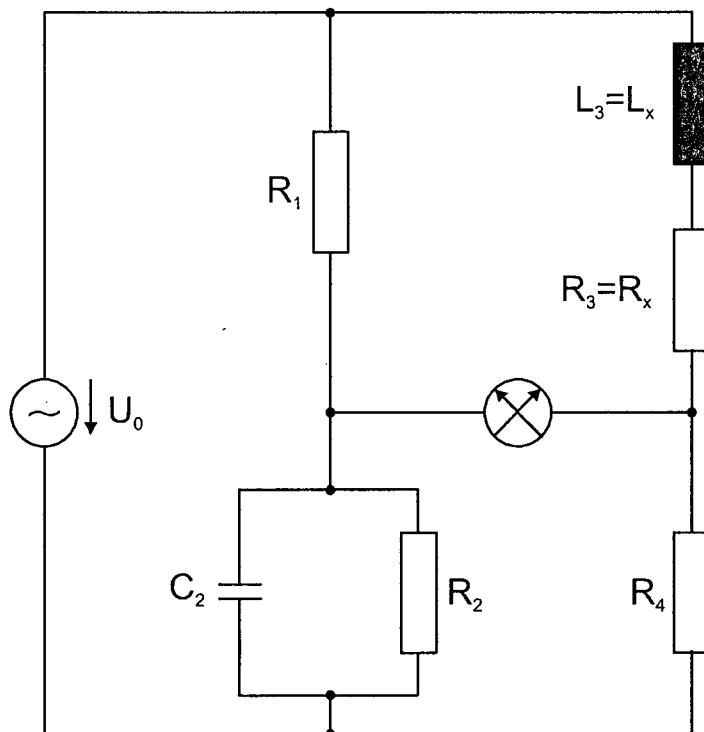
Figur 3: Prinzipieller Verlauf des komplexen Spulengesamtwiderstandes in Form des Scheinwiderstandes (Betrag der Impedanz) in den Motorsträngen in Abhängigkeit der Läuferposition (gemessen an einem realen Motor)



Figur 4: Prinzipiellen Verlauf des ohmschen Anteils des Spulengesamtwiderstandes in Form des Realteils der Impedanz in den Motorsträngen in Abhängigkeit der Läuferposition (gemessen an einem realen Motor),



Figur 5: Blockschaltbild einer Ansteuerung eines Gleichstromlinearmotors mit integrierter Wegmessung in Form einer Impedanzmessung in beiden Motorsträngen,



Figur 6: Prinzipskizze einer Wechselstrommessbrücke zur Impedanzmessung nach bekannten Verfahren der Technik.