

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 897/2005

(22) Anmeldetag: 2005-05-25

(43) Veröffentlicht am: 2008-06-15

(51) Int. Cl.⁸: **H02P 23/00** (2006.01)

H02P 25/08 (2006.01)

G05B 19/416 (2006.01)

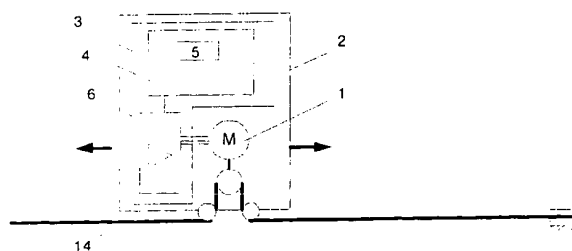
(56) Entgegenhaltungen:
DE 19851003A1 EP 0661543A1

(73) Patentanmelder:
WITTMANN KUNSTSTOFFGERÄTE
GMBH
A-1220 WIEN (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR POSITIONS- UND/ODER GESCHWINDIGKEITSREGELUNG EINES LINEAREN ANTRIEBES**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Positions- und/oder Geschwindigkeitsregelung eines linearen Antriebes, insbesondere eines Servoantriebes für einen Linearroboter. Eine elektrische Maschine wird über einen Umrichter (3) mit einer Steuereinheit (4) gespeist und die Motorposition, insbesondere sensorlos oder über einen Lagesensor (7), bestimmt. Dieses Motorpositionssignal und ein, über ein in der Steuereinheit (4) vorgesehenes, am bewegten Teil des Linearantriebes angeordnetes, Accelerometer (5) erzeugtes, Beschleunigungssignal werden mathematisch zu einem Geschwindigkeitssignal verrechnet. Dieses Geschwindigkeitssignal wird zur Regelung des Antriebes herangezogen. Das Accelerometer (5) ist als ein Micro Electro-Mechanical System (MEMS) ausgeführt und in der mitbewegten Steuereinheit (4) integriert.

Fig. 2



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Positions- und/oder Geschwindigkeitsregelung eines linearen Antriebes, insbesondere eines Servoantriebes für einen Linearroboter, wobei eine elektrische Maschine über einen Umrichter mit einer Steuereinheit angespeist wird und die Motorposition, insbesondere sensorlos oder über einen Lagesensor, bestimmt wird. Ferner betrifft die Erfindung auch eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens.

Ein bekannter Servoantrieb besteht aus einem elektrischen Motor, welcher mechanisch mit einem Positionsmeßsystem gekoppelt ist. Der Servoumrichter mit seiner Endstufe versorgt über ein Kabel den Motor mit Energie. Die Information des Positionssensors wird mit einem Kabel an den Servoverstärker zurückgeführt. Diese Maßnahme wird Positionsfeedback genannt. Die gemessene Position wird zur Geschwindigkeit differenziert. Der Drehzahlregler ist an eine hohe Güte des Positionssignals angewiesen, da ein Mess- bzw. Quantisierungsrauschen im Positionssignal durch die Differentiation verstärkt wirkt. Der Lageregler verarbeitet direkt das Positionssignal und die Positionsvorgabe. Eine hochdynamische Regelung eines Servoantriebs erfordert also eine Positionserfassung mit hoher Auflösung, die einer wirtschaftlichen Lösung entgegensteht, weil sie teuer ist.

Bei höchsten Anforderungen an die Regelungsgüte können die Nachteile der Differentiation eliminiert werden, indem zusätzlich ein Beschleunigungssensor eingesetzt wird. Die gemessene Position und die Beschleunigung werden in einem so genannten Beobachter zu einem Geschwindigkeitssignal mit einem wesentlich geringeren Rauschen verrechnet, wie beispielsweise in Hiller, B.; Lehner W-D.: Verbesserung der Regelgüte durch Ferraris-Sensoren. Antriebstechnik 40, 2001, Nr. 4, aufgezeigt ist. Der Nachteil dieser Lösungen sind die hohen zusätzlichen Kosten für den Beschleunigungssensor und die Verkabelung.

Eine weitere Einrichtung zur Gewinnung eines dynamisch hochwertigen, teilweise synthetisierten Signals für die Beschleunigung des Läufers eines Antriebes ist aus der DE 198 51 003 A1 bekannt.

Wirtschaftlichere Lösungen lassen sich theoretisch erzielen, wenn ein kostengünstiger Sensor mit einer geringen Auflösung zum Einsatz kommt. Alternativ kann auf die Positionsmessung ganz verzichtet werden, wenn ein sensorloses Verfahren zu Positionsbestimmung zum Einsatz kommt, wie beispielsweise aus der EP 0 539 401 B bekannt ist. Der Nachteil beider Lösungen ist eine geringe Güte der Regelung, die in der Applikation als Linearroboter nicht akzeptabel ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das einerseits die obigen Nachteile vermeidet und mit dem andererseits die Güte der Regelung qualitativ erhöht wird.

Die Aufgabe wird durch die Erfindung gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass dieses Motorpositionssignal und ein, über ein in der Steuereinheit vorgesehenes, am bewegten Teil des Linearantriebes angeordnetes, Accelerometer erzeugtes, Beschleunigungssignal mathematisch zu einem Geschwindigkeitssignal verrechnet werden und dass dieses Geschwindigkeitssignal zur Regelung des Antriebes herangezogen wird. Mit der Erfindung ist es erstmals möglich zur Regelung eines Linearantriebes eine wirtschaftliche Erfassung der Rotorposition zu erreichen, die auch eine ausgezeichnete Antriebsdynamik aufweist. Durch das Beschleunigungssignal, erzeugt von einem am mitbewegten Teil angeordneten Accelerometer, werden die Nachteile einer nieder auflösenden Positionserfassung kompensiert.

Ferner ist es für die Güte bzw. Qualität der Regelung von Vorteil, dass durch den Beobachter die Differentiation des Motorpositionssignals entfällt. Es wird nämlich durch das Accelerometer das bei nieder auflösenden Lagemesssystemen relativ ungenaue Lagemesssignal zu einem gut brauchbaren Geschwindigkeitssignal aufgewertet.

Nach einem besonderen Merkmal der Erfindung erfolgt die sensorlose Bestimmung der Motorposition aus den, in der Steuereinheit verfügbaren, Messgrößen Strom und Spannung und das Motorpositionssignal und das Beschleunigungssignal werden in einem Beobachter verrechnet und zur Regelung des Antriebes herangezogen. Vorteilhaft ist, dass, unabhängig von der Art und Weise der Erfassung der Motorposition, das Beschleunigungssignal zur Positions- und/oder Geschwindigkeitsregelung herangezogen werden kann.

Gemäß einem alternativen, besonderen Merkmal der Erfindung wird die Motorposition über einen Lagesensor gemessen und dieses Motorpositionssignal wird mit dem Beschleunigungssignal in einem Beobachter verrechnet und zur Regelung des Antriebes herangezogen. Wie bereits oben erwähnt, ist es möglich, auch bei dieser Art der Motorpositionserfassung das Beschleunigungssignal zur Positions- und/oder Geschwindigkeitsregelung heranzuziehen.

Aufgabe der Erfindung ist es auch eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des oben aufgezeigten Verfahrens zu schaffen.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass die aus mindestens einem Lageregler und einem nachgeschalteten Drehzahlregler bestehende Steuereinheit mit dem Accelerometer am bewegten Teil des Linearantriebes, insbesondere am Schlitten, vorgesehen ist, dass die Motorpositions-Erfassung sensorlos über die in der Steuereinheit verfügbaren Messgrößen Strom und Spannung oder über einen Lagesensor erfolgt und dass einerseits die Motorpositions-Erfassung und andererseits das Accelerometer mit einem Beobachter und der Ausgang des Beobachters mit dem Eingang des Drehzahlreglers verbunden sind. Mit dieser erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ist es erstmals möglich, mit kostengünstigen Bauteilen, wie das Accelerometer eines ist, eine optimale, wirtschaftliche Regelung für Antriebe, insbesondere Linearantriebe, durchzuführen. Mit der erfindungsgemäß aufgezeigten Schaltungsanordnung wird also erreicht, dass die Antriebselektronik am bewegten Teil des Antriebes mitbewegt wird und der Beschleunigungssensor, der Accelerometer, als ein MEMS-Bauteil direkt im Antriebsregler integriert ist. Dadurch ist eine außerordentlich kostengünstige Ausführung gegeben, da die Kosten der derzeit sehr aufwendigen Erfassung der Rotorposition mit einem hoch auflösenden Positionsmesssystem deutlich gesenkt werden können, ohne auf die optimale Antriebsdynamik verzichten zu müssen.

Nach einem besonderen Merkmal der Erfindung ist das Accelerometer als ein Micro Electro-Mechanical System (MEMS) ausgeführt und in der mitbewegten Steuereinheit integriert. Derartige MEMS besitzen äußerlich die Gestalt kleiner elektronischer Bauteile und werden in riesigen Mengen produziert, wodurch ihre Anschaffungskosten sehr niedrig sind.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist das Accelerometer als ein mehrachsiges Micro Electro-Mechanical System (MEMS) ausgeführt. Besonders vorteilhaft kann auch der Einsatz von mehrachsigen Accelerometern sein, besonders wenn die Steuereinheit für die Steuerung von mehreren Achsen verantwortlich ist.

Nach einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung sind der Umrichter und die Steuereinheit mit dem Accelerometer als Einheit ausgebildet und sind am bewegten Teil des Linearantriebes, insbesondere am Schlitten, vorgesehen. Dadurch wird eine äußerst kompakte Lösung erzielt.

Die Erfindung wird an Hand von Ausführungsbeispielen, die in den Zeichnungen dargestellt sind, näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 schematisch einen Linearantrieb

Fig. 2 schematisch den Linearantrieb mit am bewegten Teil angeordnetem Accelerometer

Fig. 3 ein Schaltbild einer Regelung mit einem Positionssensor und

Fig. 4 ein Schaltbild einer Regelung mit sensorloser Motorpositionserfassung.

Einführend sei festgehalten, dass in der beschriebenen Ausführungsform gleiche Teile bzw. Zustände mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile bzw. Zustände mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Weiters können auch Einzelmerkmale aus dem gezeigten Ausführungsbeispiel für sich eigenständige, erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

Gemäß der Fig. 1 treibt ein Motor 1 einen Schlitten 2 eines Linearroboters an. Ein Umrichter 3, vorzugsweise ein Servoumrichter, wird in der Nähe des Motors 1 montiert und wird mit dem Schlitten 2 mitbewegt. Der Motor 2 treibt beispielsweise über einen Zahnriemen 14 den Schlitten 2. Der Umrichter 3 ist zusammen mit dem Motor 1 am Schlitten 2 montiert.

Gemäß der Fig. 2 wird der Motor 1, der insbesondere als permanenterregte Synchronmaschine ausgeführt ist, über den Umrichter 3 mit einer Steuereinheit 4 angespeist und die Motorposition, insbesondere sensorlos oder über einen Lagesensor, bestimmt. Der dezentrale Aufbau mit einer mitbewegten Antriebselektronik erlaubt es, die Steuereinheit 4 des Servoverstärkers um einen integrierten Accelerometer 5 zu ergänzen, der beispielsweise als ein Micro Electro-Mechanical System (MEMS) ausgeprägt und als Komponente auf der Leiterplatte der Steuereinheit bestückt ist.

Der Umrichter 3, gegebenenfalls eine Leistungsstufe 6, und die Steuereinheit 4 mit dem Accelerometer 5 sind als Einheit ausgebildet und am bewegten Teil des Linearantriebes, insbesondere am Schlitten 2, vorgesehen.

Natürlich kann es vorteilhaft sein, einen mehrachsigen Accelerometer 5 einzusetzen, besonders wenn die Steuereinheit 4 für die Steuerung von mehreren Achsen verantwortlich ist.

Gemäß der Fig. 3 ist am Motor 1 ein Lagesensor 7 vorgesehen. Der Motor 1 wird über die Leistungsstufe 6 angespeist. Die, am bewegten Teil des Antriebes angeordnete, Antriebselektronik besteht aus einem Lageregler 8, einem nachgeschalteten Drehzahlregler 9 und einem Stromregler 10. Der Stromregler 10 ist mit der Leistungsstufe 6 verbunden.

Das vom Lagesensor 7 erzeugte Motorpositionssignal und ein, über das in der Steuereinheit 4 vorgesehenes, am bewegten Teil des Linearantriebes angeordnetes, Accelerometer 5 erzeugtes, Beschleunigungssignal werden mathematisch zu einem Geschwindigkeitssignal in einem Beobachter 11 verrechnet. Dieses Geschwindigkeitssignal wird dann in Folge zur Regelung des Antriebes herangezogen.

Gemäß der Fig. 4 erfolgt eine sensorlose Bestimmung der Motorposition. Die Motorposition wird aus den, aus der Steuereinheit 4 verfügbaren, Messgrößen Strom und Spannung in einem Verknüpfungsglied, der Motorpositions-Erfassung 12, über einen Algorithmus bestimmt. Dieses Motorpositionssignal und das Beschleunigungssignal des Accelerometers 5 werden im Beobachter 11 verrechnet und zur Regelung des Antriebes herangezogen.

Wie ja an sich bekannt, wird in dem Beobachter 11 ein mathematisches, modellgestütztes Verfahren verwendet, welches aus dem Signal des Accelerometers 5 und der errechneten Motorposition das Geschwindigkeitssignal generiert.

Die oben erwähnten Vorteile werden mit dem Verfahren und der aufgezeigten Schaltungsanordnung also dadurch erreicht, dass die Antriebselektronik am bewegten Teil des Antriebes mitbewegt wird und der Beschleunigungssensor, der Accelerometer 5, als ein MEMS-Bauteil direkt im Antriebsregler integriert ist.

Abschließend sei der Ordnung halber darauf hingewiesen, dass in der Zeichnung einzelne Bauteile und Baugruppen zum besseren Verständnis der Erfindung unpropotional und maßstäblich verzerrt dargestellt sind.

5

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Positions- und/oder Geschwindigkeitsregelung eines linearen Antriebes, insbesondere eines Servoantriebes für einen Linearroboter, wobei eine elektrische Maschine über einen Umrichter mit einer Steuereinheit angespeist wird und die Motorposition, insbesondere sensorlos oder über einen Lagesensor, bestimmt wird, *dadurch gekennzeichnet*, dass dieses Motorpositionssignal und ein, über ein in der Steuereinheit (4) vorgesehenes, am bewegten Teil des Linearantriebes angeordnetes, Accelerometer (5) erzeugtes, Beschleunigungssignal mathematisch zu einem Geschwindigkeitssignal verrechnet werden und dass dieses Geschwindigkeitssignal zur Regelung des Antriebes herangezogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass die sensorlose Bestimmung der Motorposition aus den, in der Steuereinheit (4) verfügbaren, Messgrößen Strom und Spannung erfolgt und das Motorpositionssignal und das Beschleunigungssignal in einem Beobachter (11) verrechnet und zur Regelung des Antriebes herangezogen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Motorposition über einen Lagesensor (7) gemessen wird und dieses Motorpositionssignal mit dem Beschleunigungssignal in einem Beobachter (11) verrechnet und zur Regelung des Antriebes herangezogen wird.
4. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass die aus mindestens einem Lageregler (8) und einem nachgeschalteten Drehzahlregler (9) bestehende Steuereinheit (4) mit dem Accelerometer (5) am bewegten Teil des Linearantriebes, insbesondere am Schlitten (2), vorgesehen ist, dass die Motorpositions-Erfassung sensorlos über die in der Steuereinheit (4) verfügbaren Messgrößen Strom und Spannung oder über einen Lagesensor (7) erfolgt und dass einerseits die Motorpositions-Erfassung (12) und andererseits das Accelerometer (5) mit einem Beobachter (11) und der Ausgang des Beobachters (11) mit dem Eingang des Drehzahlreglers (9) verbunden sind.
5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Accelerometer (5) als ein Micro Electro-Mechanical System (MEMS) ausgeführt ist und in der mitbewegten Steuereinheit (4) integriert ist.
6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3 oder 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Accelerometer (5) als ein mehrachsiges Micro Electro-Mechanical System (MEMS) ausgeführt ist.
7. Schaltungsanordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 4 bis 6, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Umrichter (3) und die Steuereinheit (4) mit dem Accelerometer (5) als Einheit ausgebildet sind und am bewegten Teil des Linearantriebes, insbesondere am Schlitten (2), vorgesehen sind.

50

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

55



Fig. 1

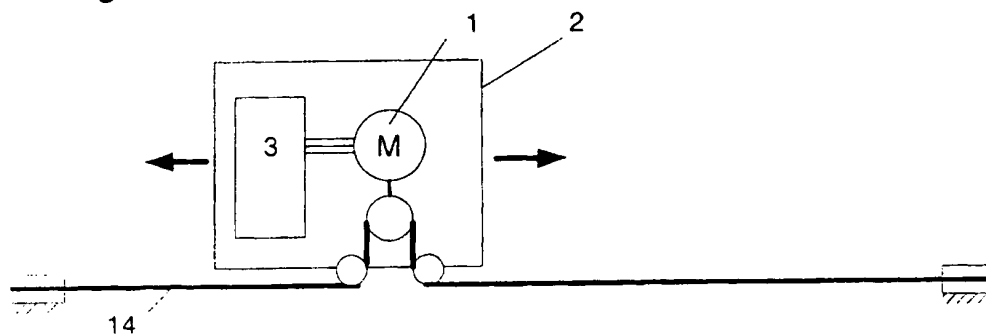
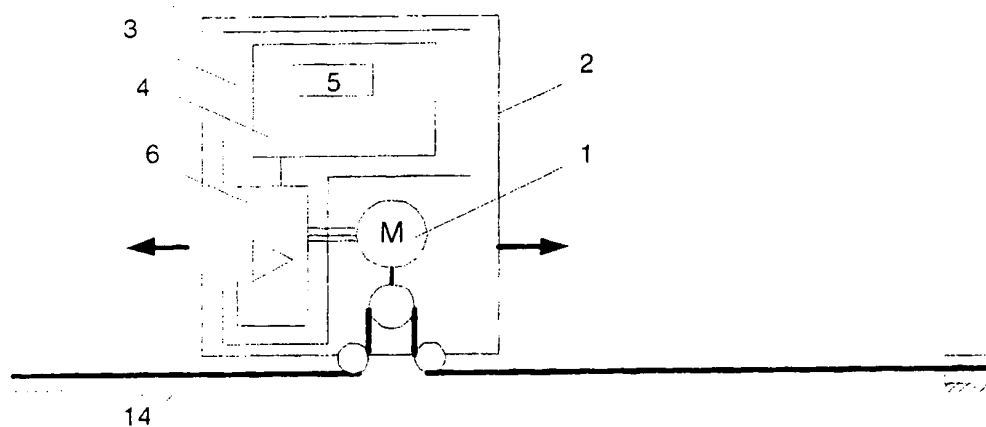


Fig. 2



The diagram shows a control system with a dashed feedback loop. The forward path consists of blocks 8, 9, 10, and 6 in series. The output of block 6 is connected to a motor (M) and a reference (R). The feedback path includes blocks 5 and 11 in series, which feed back into the summing junction before block 8. There is also a direct feedback path from the output of block 6 back to the same summing junction. The dashed line encloses the blocks 8, 9, 10, 11, and 5.

The diagram shows a control system with the following components and connections:

- Input:** An external input signal enters a summing junction.
- Block 8:** The output of the first summing junction passes through block 8.
- Block 9:** The output of block 8 passes through block 9.
- Block 10:** The output of block 9 passes through block 10.
- Block 6:** The output of block 10 passes through block 6.
- Motor (M):** The output of block 6 is the system output, represented by a motor symbol labeled 'M'.
- Disturbance Path:**
 - A disturbance input enters a second summing junction.
 - The output of block 10 is fed back to this second summing junction with a negative sign.
 - The output of the second summing junction passes through block 11.
 - Block 11 is fed back to the first summing junction with a negative sign.
 - Block 11 also feeds into block 5.
 - Block 5 feeds into block 12.
 - Block 12 has two outputs: one feeds back to the second summing junction with a negative sign, and the other feeds back to the first summing junction with a negative sign.