



(10) **DE 11 2010 004 295 T5** 2013.01.10

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2011/054570**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2010 004 295.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP2010/063345**
(86) PCT-Anmeldetag: **13.09.2010**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **12.05.2011**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **10.01.2013**

(51) Int Cl.: **G11B 5/584 (2012.01)**
G11B 5/008 (2012.01)

(30) Unionspriorität:
12/613,409 **05.11.2009** **US**

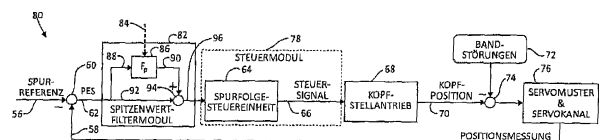
(71) Anmelder:
**International Business Machines Corp., Armonk,
N.Y., US**

(74) Vertreter:
**RICHARDT PATENTANWÄLTE GbR, 65185,
Wiesbaden, DE**

(72) Erfinder:
**PANTAZI, Angeliki, Rueschlikon, CH; Eleftheriou,
Evangelos S., Rüscliikon, CH; JELITTO, Jens,
CH-8803 Rueschlikon, CH; Bui, Nhan Xuan,
Tucson, Ariz., US**

(54) Bezeichnung: **Löschen zeitveränderlicher periodischer Störungen in Servoregelungssystemen**

(57) Zusammenfassung: Das Beseitigen zeitveränderlicher periodischer Störungen in einem Servoregelungssystem wird bereitgestellt. Jeder Koeffizient aus einer Vielzahl von Koeffizienten wird auf der Grundlage einer Schätzung mindestens einer Störfrequenz aktualisiert. Die aktualisierte Vielzahl von Koeffizienten wird an mindestens ein Eingangssignal des Servoregelungssystems veränderndes Spitzenwertfilter bereitgestellt. Das Spitzenwertfilter ist in Anbetracht der aktualisierten Vielzahl von Koeffizienten funktionsmäßig so ausgeführt, dass mindestens 10 eine der zeitveränderlichen periodischen Störungen gelöscht wird.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Computer und insbesondere ein Verfahren, System und Computerprogramm-Produkt zum Löschen zeitveränderlicher periodischer Störungen in Servoregelungssystemen wie in einem Magnetbandlaufwerkssystem in einer Rechenumgebung.

Beschreibung des Stands der Technik

[0002] Magnetbänder stellen ein Mittel zum physischen Speichern von Daten dar, welches archiviert werden kann oder welches in Lagerregalen automatisierter Datenspeicherungsbibliotheken gelagert und auf welches bei Bedarf zugegriffen werden kann. Auf diese Weise gespeicherte Daten zeichnen sich durch Beständigkeit aus, was gestattet, im Speicher oder auf einer Platte eines Host-Systems gespeicherte Kopien der Daten im Wissen, dass eine Kopie auf Magnetband vorhanden ist, zu löschen. Der verfügbare Speicherplatz im Host-System ist relativ teuer, und es ist erwünscht, den Speicherplatz so bald wie möglich freizugeben. Daher werden Daten üblicherweise über einen Zwischenpufferspeicher wie eine Festplatte zum Bandlaufwerk übertragen.

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0003] Viele Bandlaufwerke enthalten ein sogenanntes Spurfolge-Steuerungssystem. Die Funktionsweise von Spurfolge-Steuerungssystemen besteht darin, dass sie den Bandkopf so bewegen, dass der Bandkopf während Schreib-/Lesevorgängen der Mittellinie der Datenspuren so genau wie möglich folgt. Bei der Herstellung wird das Magnetband mit Servostreifen beschrieben. Diese Servostreifen werden verwendet, um ein Positionsfehlersignal (PES, Position Error Signal) herzuleiten, welches dann als Rückkopplungsmechanismus verwendet wird, um den Kopf genau zu positionieren. Das Positionsfehlersignal (PES) ist ein Maß für den Fehler zwischen der Zielspurlage und der Kopfposition in Querrichtung. Der Kopf sollte in der Lage sein, bei Vorliegen von hauptsächlich durch die Querbewegung des Bands (LTM, Lateral Tape Motion) verursachten Störungen den Datenspuren zu folgen.

[0004] Um höhere Spurdichten in Bandlaufwerkssystemen zu erreichen, ist es vorteilhaft, wenn die Querbewegung des Bands (LTM) beträchtlich verringert wird oder wenn die Querbewegung des Bands (LTM) sich so verhält, dass das Spurfolgesystem ihr folgen kann. In gebräuchlichen Laufwerken transportieren üblicherweise mit Flanschen versehene Rollen das Band zwischen den Spulen. Die Flansche begrenzen die Bewegung des Bands, bringen aber eine Ansammlung von Abrieb auf den Flanschen mit sich, welche die Lebensdauer des Bands beeinträchtigt und unerwünschte dynamische Effekte verursacht. Eine Lösung dieses Problems liegt darin, die Flansche zu entfernen. Nach Entfernen der Flansche gibt es keine Beschränkung der Bewegung des Bands, und von der Unrundheit der Maschine und/oder der Archivspulen verursachte Effekte werden ausgeprägter. Diese Effekte tragen zum Positionsfehlersignal (PES) bei und bilden dadurch einen begrenzenden Faktor für die Spurdichte. Die von den Spulen verursachte Querbewegung des Bands (LTM) erscheint auf dem Positionsfehlersignal (PES) in Form periodischer Störungen mit Frequenzen, die sich in Abhängigkeit von den Radien der Spulen ändern. Diese periodischen Störungen werden im Folgenden weiter erläutert.

[0005] Ein leistungsfähiges Spurfolge-Steuerungssystem sollte in der Lage sein, diesen durch die Spulen verursachten Störeffekte zu folgen. Die gegenwärtig verwendeten Regelungsverfahren beruhen jedoch auf PID-, Lead-Lag- oder Schätz-/Regel-Konzepten, wo die Dynamik der Störung in der Entwicklungsphase nicht einbezogen wird. Selbst bei Verwendung von Ansätzen wie dem Prinzip der Internal Model Control (IMC) erfordert die Tatsache, dass die Frequenzen der Störungen veränderlich sind, eine Online-Identifikation, welche die Realisierung eines solchen Systems erschwert.

[0006] Im Licht des Vorerwähnten besteht ein Bedarf an einem leistungsfähigen und wirkungsvollen Mechanismus zum Beseitigen der oben beschriebenen periodischen Störeffekte, der eine Verbesserung gebräuchlicher Verfahren bietet. Entsprechend werden verschiedene Ausführungsformen zum Beseitigen zeitveränderlicher periodischer Störungen in einem Servoregelungssystem mittels einer Prozessoreinheit bereitgestellt. In einer Ausführungsform wird, nur als Beispiel, ein jeder aus einer Vielzahl von Koeffizienten auf der Grundlage einer Schätzung mindestens einer Störfrequenz aktualisiert. Die aktualisierte Vielzahl von Koeffizienten wird an mindestens ein Eingangssignal des Servoregelungssystems veränderndes Spitzenwertfilter bereitgestellt.

Das mindestens eine Spitzenwertfilter ist in Anbetracht der aktualisierten Vielzahl von Koeffizienten funktionsmäßig so ausgeführt, dass mindestens eine der zeitveränderlichen periodischen Störungen gelöscht wird.

[0007] Verwandte Ausführungsformen des Verfahrens, Systems und Computerprogramm-Produkts werden bereitgestellt und bieten weitere Vorteile.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0008] Damit die Vorteile der Erfindung ohne weiteres verstanden werden, erfolgt eine ausführlichere Beschreibung der oben kurz beschriebenen Erfindung anhand spezieller Ausführungsformen, die in den beigegeführten Zeichnungen veranschaulicht werden. Während es sich von selbst versteht, dass diese Zeichnungen nur Ausführungsformen der Erfindung darstellen und deshalb nicht als ihren Umfang begrenzend zu verstehen sind, wird die Erfindung nun unter Verwendung der folgenden beigegeführten Zeichnungen spezieller und ausführlicher beschrieben und erläutert:

[0009] **Fig. 1** ist ein Blockschaltbild eines beispielhaften Magnetbandlaufwerks mit einer Magnetbandkassette, das in der Lage ist, verschiedene Aspekte der vorliegenden Erfindung zu realisieren;

[0010] **Fig. 2** stellt Diagramme und Tabellen dar, die beispielhafte periodische Störungen in der Leistung von LTO-4-formatiertem Band zeigen;

[0011] **Fig. 3A** und **Fig. 3B** stellen Diagramme von LTO-4-formatiertem Band dar, die Bandquerbewegungs-(LTM-)Effekte in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung veranschaulichen;

[0012] **Fig. 4** ist ein Blockschaltbild eines beispielhaften Spurfolge-Steuerungssystems;

[0013] **Fig. 5** ist ein Blockschaltbild eines beispielhaften, ein Spitzenwertfiltermodul zum Bewältigen periodischer Störungen enthaltenden Spurfolge-Steuerungssystems;

[0014] **Fig. 6** ist ein Ablaufdiagramm eines beispielhaften Verfahrens zum Berechnen von Spitzenwertfilterkoeffizienten, die an ein Spurfolge-Steuerungssystem bereitgestellt werden;

[0015] **Fig. 7** ist ein Blockschaltbild eines weiteren beispielhaften Spurfolge-Steuerungssystems, das mit optimaler Linear-Quadratic-Gaussian-(LQG-)Regelung arbeitet; und

[0016] **Fig. 8A** und **Fig. 8B** sind Diagramme beispielhafter Versuchsergebnisse mit einer Standard-Spurfolge-Steuereinheit und weiteren, Aspekte der vorliegenden Erfindung aufweisenden Spurfolge-Steuereinheiten.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0017] Die veranschaulichten Ausführungsformen und der beanspruchte Gegenstand stellen Mechanismen zur Spurfolgesteuerung bereit, die ein Spitzenwertfiltermodul zum Löschen zeitveränderlicher periodischer Komponenten, welche von den Bandspulen oder von weiteren Quellen herrühren können, beinhalten. Über den Nutzen der Spitzenwertfilterfunktionalität hinaus, welche im Folgenden noch ausführlicher beschrieben wird, stellen die veranschaulichten Ausführungsformen und der beanspruchte Gegenstand adaptive Methodiken bereit, die verwendet werden können, um an das Spitzenwertfiltermodul bereitgestellte Koeffizienten in geeigneter Weise zu verändern, um Schwankungen von Störfrequenzen zu berücksichtigen.

[0018] In einer Ausführungsform entstammen die Mechanismen der vorliegenden Erfindung der Idee, dass die Frequenz einer bestimmten periodischen Störung auf dem Radius der Bandspule beruht. In einem Beispiel kann eine Schätzung des Radius der Spule zu einem bestimmten Zeitpunkt, während das Bandlaufwerk läuft, unter Verwendung der LPOS-Position (Position auf dem Band in Längsrichtung) erhalten werden. Mittels dieser Radiusschätzung kann die Frequenz der zeitveränderlichen Störung geschätzt werden. Dann werden unter Verwendung der geschätzten Frequenz die Koeffizienten des Filters angepasst. Eine Beispielmethode, bei welcher Koeffizienten des Filters auf der Grundlage der gewünschten Spitzenwertfrequenz berechnet werden, wird im Folgenden weiter beschrieben.

[0019] Die veranschaulichten Ausführungsformen einer beispielhaften Spurfolgesteuerungs-Architektur bieten eine beträchtliche Verbesserung beim Löschen der periodischen Störeffekte. Überdies bedarf es keiner Online-Identifikation der Störungen. Die Verwendung eines festen Spitzenwertfilters kann den Störeffekt in ei-

nem Frequenzbereich abschwächen. Wenn die zeitveränderliche periodische Störung aber weit entfernt von diesem Bereich liegt, können unerwünschte Effekte auftreten. Die folgenden adaptiven Methodiken dienen dazu, die Möglichkeit dieser unerwünschten Effekte zu berücksichtigen, wie noch weiter beschrieben wird.

[0020] Nun folgt eine Beschreibung der veranschaulichten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung und erster Versuchsergebnisse. Speziell zeigt eine Charakterisierung der Störungen im Spurfolgesystem die Wichtigkeit des Löschens zeitveränderlicher periodischer Störungen. Versuchsergebnisse belegen, dass die Radiusschätzungen sowohl in Vorwärts- als auch in Rückwärtsrichtung der Bandbewegung eine gute Schätzung der im Positionsfehlersignal (PES) beobachteten Spitzenwertfrequenzen liefern. Die veranschaulichten Ausführungsformen und die damit verbundenen Versuchsergebnisse weisen bei Verwendung von Ausführungsformen gemäß der vorliegenden Erfindung eine Verbesserung in der Standardabweichung des Positionsfehlersignals (PES) gegenüber herkömmlichen Ausführungen auf. Außerdem werden weitere Ausführungsformen beschrieben, wo Aspekte der vorliegenden Erfindung bei einer Realisierung eines unter Verwendung von Zustandsraumverfahren entwickelten Spurfolgekompensators angewendet werden.

[0021] In [Fig. 1](#) ist ein Bandlaufwerk **10** dargestellt, mit dem Aspekte der vorliegenden Erfindung realisiert werden können. Das Bandlaufwerk stellt ein Mittel zum Lesen und Schreiben von Daten bezüglich einer Magnetbandkassette **11** dar. Dargestellt sind eine Kassette und ein zugehöriges Bandlaufwerk wie solche, die dem Linear-Tape-Open-(LTO-)Format entsprechen. Ein Beispiel eines Ein-Spulen-Bandlaufwerks ist das auf LTO-Technologie beruhende Magnetbandlaufwerk IBM® 3580 Ultrium®. Ein anderes Beispiel eines Ein-Spulen-Bandlaufwerks ist das Magnetbandlaufwerk IBM® 3590 Magstar® mit der zugehörigen Magnetbandkassette. Ein Beispiel einer Zwei-Spulen-Kassette ist die Magnetbandkassette IBM® 3570 mit dem zugehörigen Laufwerk.

[0022] Wie dem Fachmann klar ist, umfasst eine Magnetbandkassette **11** eine Länge an Magnetband **14**, das auf eine oder zwei Spulen **15**, **16** gewickelt ist. Wie dem Fachmann ferner klar ist, umfasst ein Bandlaufwerk **10** eine oder mehrere Steuereinheiten **18** eines Aufzeichnungssystems zum Ansteuern des Bandlaufwerks gemäß von einem Host-System **20** empfangenen Befehlen, die an einer Schnittstelle **21** empfangen werden. Das Bandlaufwerk kann eine eigenständige Einheit umfassen oder einen Teil einer Bandbibliothek oder ein anderes Teilsystem umfassen. Das Bandlaufwerk **10** kann direkt, durch eine Bibliothek oder über ein Netzwerk mit dem Host-System **20** verbunden sein und die Small Computer Systems Interface (SCSI), die Fibre-Channel-Schnittstelle usw. verwenden.

[0023] Die Magnetbandkassette **11** kann in das Bandlaufwerk **10** eingelegt und vom Bandlaufwerk so geladen werden, dass ein oder mehrere Lese- und/oder Schreibköpfe **23** des Aufzeichnungssystems bezüglich des Magnetbands **14** Daten lesen und/oder schreiben, während das Band durch einen oder mehrere Motoren **25** in Längsrichtung bewegt wird. Das Magnetband umfasst eine Vielzahl paralleler Datenspuren oder Gruppen von Datenspuren. Bei manchen Formaten wie dem oben erörterten LTO-Format sind die Datenspuren in einem hin und her verlaufenden Schlangenlinienmuster aus einzelnen Schleifen angeordnet, wie dem Fachmann bekannt. Wie dem Fachmann ebenfalls bekannt ist, umfasst das Aufzeichnungssystem ein Schleifensteuerungssystem **27**, um elektronisch auf einen anderen Satz von Lese- und/oder Schreibköpfen umzuschalten und/oder die Lese- und/oder Schreibköpfe **23** quer zum Magnetband während eines Suchvorgangs zu bewegen, die Köpfe auf einer gewünschten Schleife oder gewünschten Schleifen zu positionieren und bei manchen Ausführungsformen die gewünschte Schleife oder die gewünschten Schleifen zu verfolgen. Das Schleifensteuerungssystem kann auch die Funktionen der Motoren **25** über Motortreiber **28** steuern, d. h. die Funktionen beider Motoren aufgrund von Befehlen von der Steuereinheit **18**. Die Steuereinheit **18** sorgt außerdem für den Datenfluss und die Formatierung vom Magnetband zu lesender und auf das Magnetband zu schreibender Daten, wobei sie einen Pufferspeicher **30** und einen Aufzeichnungskanal **32** verwendet, wie dem Fachmann bekannt ist.

[0024] Wie oben erörtert, stellt ein Magnetband ein Mittel zum physischen Speichern von Daten dar, welches archiviert werden kann oder welches in Lagerregalen automatisierter Datenspeicherungsbibliotheken gelagert und auf welches bei Bedarf zugegriffen werden kann. Bandlaufwerke arbeiten häufig mit einem Prüflöseprozess, um sicherzugehen, dass die Daten richtig geschrieben werden, wodurch eine Beständigkeit geschaffen wird. Diese Beständigkeit gestattet, im Speicher oder auf einer Platte des Host-Systems **20** gespeicherte Kopien der Daten im Wissen, dass eine fehlerfreie Kopie auf Magnetband vorhanden ist, zu löschen.

[0025] Die veranschaulichten Ausführungsformen berücksichtigen den Gedanken, dass mindestens ein Teil der Querbewegung des Bands (LTM) durch periodische Komponenten verursacht wird. Bandlaufwerkssysteme arbeiten üblicherweise mit mehreren Bandgeschwindigkeiten. Bei manchen Systemen reichen diese Ge-

schwindigkeiten zum Beispiel von 1,64 m/s (als s1 bezeichnet) bis 6,29 m/s (als s6 bezeichnet) für LTD-4-formatierte Laufwerke. Bei mit Flanschen versehenen Antriebssystemen kann beobachtet werden, dass stationäre periodische Störungen Rollenfrequenzen folgen. Bei flanschlosen Antriebssystemen kann ferner beobachtet werden, dass Unrundheitseffekte der mechanischen Komponenten und/oder Archivspulen periodischer Art sind, und diese können sich in Abhängigkeit vom Radius der Spulen verändern.

[0026] **Fig. 2** stellt beispielhafte Diagramme und Tabellen dar, welche die Spurfolge-Leistung bei geschlossenem Regelkreis in LTD-4-formatierten Bandlaufwerken veranschaulichen. Bei dem Diagramm **34** handelt es sich zum Beispiel um ein Diagramm der Leistungsspektraldichte (PSD, Power Spectral Density), aufgetragen in Quadratmikrometern pro Hz über der Frequenz (in Hz). Die Leistungsspektraldichte-(PSD-)Eigenschaften beispielhafter LTD-4-Bandsysteme mit Spulenflanschen sind den Leistungsspektraldichte-(PSD-)Eigenschaften beispielhafter flanschloser LTD-4-Systeme gegenübergestellt wie gezeigt, während eine beispielhafte Rollenfrequenz von 142,2 Hz für 5,36 m/s abgetastet wird. Der eingekreiste Bereich **36** hebt einen beispielhaften Bereich hervor, wo eine periodische Störung zu sehen ist, welche in Diagramm **36** konkreter dargestellt ist, wo ein Spektrogramm des Positionsfehlersignals (PES) als Frequenz über der Zeit aufgetragen ist, wie der Fachmann erkennen wird.

[0027] In Diagramm **34** wiederum sind bei der einfachen und bei der zweifachen abgetasteten Rollenfrequenz weitere Störungsspitzen für das mit Flanschen versehene System zu sehen. Die Tabellen **38** und **40** zeigen die Standardabweichung des Positionsfehlersignals (PES) bei offenem und geschlossenem Regelkreis sowohl für mit Flanschen versehene als auch für flanschlose LTD-4-Systeme, wobei einen Vergleich derselben in Vorwärts- und in Rückwärtsrichtung veranschaulicht wird. Wie zu sehen ist, weist zum Beispiel das flanschlose System zusätzliche Bandquerbewegungs-(LTM-)Effekte bei offenem Regelkreis auf.

[0028] **Fig. 3** stellt zusätzliche beispielhafte Diagramme dar, die Bandquerbewegungs-(LTM-)Effekte für LTD-4-formatierte Laufwerke mit flanschlosen Rollen sowohl in Vorwärts- als auch in Rückwärtsrichtung veranschaulichen. Die Diagramme **42**, **44** und **46** veranschaulichen solche Effekte in Vorwärtsrichtung, und die Diagramme **48**, **50** und **52** veranschaulichen solche Effekte in Rückwärtsrichtung. In den Diagrammen **42** und **48** ist wiederum die Leistungsspektraldichte (PSD) des Laufwerks über der Frequenz aufgetragen, und die eingekreisten Bereiche **44** und **50** heben periodische Störeffekte hervor. Spektrogramme jedes in den Diagrammen **42** und **48** zu sehenden Positionsfehlersignals (PES) werden dann hergeleitet und in Diagrammen **44** und **50** gezeigt.

[0029] In Vorwärtsrichtung (wiederum wie in den Diagrammen **42**, **44** und **46** dargestellt) nimmt der Abwickelspulenradius ab, und dadurch steigt die Spulenfrequenz. In Rückwärtsrichtung (wiederum wie in den Diagrammen **48**, **50** und **52** dargestellt) nimmt der Aufwickelspulenradius ab, und dadurch steigt die Spulenfrequenz.

[0030] Radiussschätzungen können, wie in den Diagrammen **46** beziehungsweise **52** gezeigt, verwendet werden, um Schätzungen von in den Positionsfehlersignalen (PES) beobachteten Spitzen-Spulenfrequenzen zu berechnen, wobei in Diagramm **46** die Linie **47** die Abwickelspulenfrequenz und die Linie **49** die Aufwickelspulenfrequenz darstellt und in Diagramm **52** die Linie **51** die Abwickelspulenfrequenz und die Linie **53** die Aufwickelspulenfrequenz darstellt. In einer Ausführungsform können die folgenden Gleichungen verwendet werden, um solche Schätzungen zu berechnen:

$$F_{sr} = \frac{v_{tape}}{2\pi R_{sr}} \quad (1) \text{ und}$$

$$F_{tur} = \frac{v_{tape}}{2\pi R_{tur}} \quad (2);$$

wobei F_{sr} und F_{tur} die Frequenzen der Abwickelspule beziehungsweise der Aufwickelspule sind, R_{sr} und R_{tur} die Radien der Abwickelspule beziehungsweise der Aufwickelspule sind und v_{tape} die abgetastete Geschwindigkeit des Magnetbands ist.

[0031] **Fig. 4** nun stellt ein Blockschaltbild eines beispielhaften Spurfolge-Steuerungssystems **54** dar. Ein Spurreferenzsignal **56** wird in das System **54** eingegeben. Das Spurreferenzsignal **56** entspricht einer gewünschten Spurlage auf dem Magnetband. Das Spurreferenzsignal **56** wird in einem Knoten **60** von einem Positionsmessungssignal **58** subtrahiert, um ein Positionsfehlersignal (PES) **62** zu erzeugen. Das Positions-

fehlersignal (PES) **62** ist ein Maß für den Fehler zwischen der Zielspurlage auf dem Band und der Position des Bandkopfs. Das Positionsfehlersignal (PES) **62** wird dann an eine Spurfolge-Steuereinheit **64** geliefert.

[0032] Die Steuereinheit **64** liefert dann ein Steuersignal **66** an den für das Positionieren des Bandkopfs zuständigen Kopf-Stellantrieb **68**. Der Kopf-Stellantrieb **68** dient dazu, den Servoleser auf einer gewünschten Querposition des Servomusters zu positionieren, um die Lese-/Schreibkopfelemente in der Mitte der zu lesen/schreibenden Zielspuren zu positionieren. Ein Bandstörungs-(LTM-)Signal **72** wird in einem Knoten **74** von einem Kopfpositionssignal **70** subtrahiert, woraufhin das Ergebnis an Servomuster und Servokanal **76** geliefert wird. Das Bandservomuster und die Servokanal-Ausführung **76** stellen eine Positionsmessung **58** des Kopfs bezüglich des Servomusters bereit und liefern dann die Positionsmessung **58** zurück an den Knoten **60**, wie als Rückkopplungsmechanismus gezeigt.

[0033] **Fig. 5** stellt ein vorgeschlagenes beispielhaftes Spurfolge-Steuerungssystem **80** dar, welches ein Spitzenwertfiltermodul **82** enthält, um gemäß der vorliegenden Erfindung Löschkfunktionalität für im Gesamt-Bandlaufwerkssystem zu beobachtende periodische Bandquerbewegungs-(LTM-)Effekte bereitzustellen. Hier wird wie in **Fig. 4** ein Spurreferenzsignal **56** an den Knoten **60** geliefert, welches vom Positionsmessungssignal **58** subtrahiert wird, um ein Positionsfehlersignal (PES) **62** zu erhalten. Das Positionsfehlersignal (PES) **62** wird dann an das Spitzenwertfiltermodul **82** geliefert. Das Positionsfehlersignal (PES) **62** wird in das Spitzenwertfiltermodul **82** eingegeben und durch ein Signal **88** an einen Spitzenwertfilter **86** geliefert. Eine Anzahl von Spitzenwertfilterkoeffizienten **84** werden berechnet und an den Spitzenwertfilter **86** geliefert, um auf das Signal **88** angewendet zu werden. Das Ausgangssignal **90** des Spitzenwertfilters **86** wird dann an einen Knoten **94** geliefert, wo das Positionsfehlersignal (PES) zum Ausgangssignal **90** addiert wird. Das resultierende Spitzenwertfiltermodul-Ausgangssignal **96** wird dann an ein Steuermodul **78**, welches eine Spurfolge-Steuereinheit **64** enthält, geliefert. Die Steuereinheit **64** verwendet das Ergebnis **96**, um das Steuersignal **66** zu erzeugen, welches dann an den Kopf-Stellantrieb **68** geliefert wird. Auf eine ähnliche Weise wie in **Fig. 4** beschrieben wird eine Differenz aus Kopfposition und Bandquerbewegungs-(LTM-)Information gebildet und an Servomuster und Kontrollkanal **76** geliefert, welche die Positionsmessung **58** dann als Rückkopplungsmechanismus zurück an den Knoten **60** liefern.

[0034] Das Spitzenwertfiltermodul **82** verwendet das Spitzenwertfilter **86**, um eine oder mehrere periodische Komponenten aus dem Bandlaufwerkssystem zu löschen. In einer Ausführungsform beinhaltet dies das Löschen periodischer Komponenten bezüglich der Spulenbewegung. Außerdem können gemäß einer bestimmten Ausführung und wie der Fachmann erkennen wird, andere Schmalbandstörungen entsprechend angegangen und gefiltert werden. Die Filterkoeffizienten **84** können unter Verwendung eines geschätzten Radius zu einer bestimmten Zeit aktualisiert werden, um die zeitveränderlichen Frequenzeffekte der Spule und anderer Systemkomponenten zu berücksichtigen. Die Funktionsweise einer solchen adaptiven Methodik besteht darin, dass sie die Koeffizienten des Spitzenwertfilters **86** in geeigneter Weise verändert, um die Schwankungen der bestimmten Störfrequenz zu berücksichtigen. In einer Ausführungsform kann ein Stromkompensator als Spurfolge-Steuereinheit **64** dienen. Damit die Mechanismen der vorliegenden Erfindung richtig funktionieren, kann eine Verringerung der Verstärkung der Spurfolge-Steuereinheit erforderlich sein, um eine Erhöhung der DC-(Gleichstrom-)Verstärkung durch hinzugefügte elektronische Komponenten zu berücksichtigen. Wiederum kann eine solche Verringerung nach dem Belieben des Fachmanns ausgeführt werden. In einer Ausführungsform kann ein Stromkompensator stattdessen durch ein Zustandsraum-Konzept ersetzt werden, für welches weiter unten ein Beispiel beschrieben wird.

[0035] **Fig. 6** nun stellt ein Ablaufdiagramm eines beispielhaften Verfahrens **100** zur Berechnung von Spitzenwertfilterkoeffizienten dar. Wie der Fachmann erkennen wird, können verschiedene Schritte im Verfahren **100** auf unterschiedliche Weisen realisiert werden, damit sie sich für eine bestimmte Anwendung eignen. Darüber hinaus kann das beschriebene Verfahren durch verschiedene Mittel wie Hardware, Software, Firmware oder eine Kombination derselben, welche die Funktionsweise des Magnetbandlaufwerks bestimmen oder anderweitig diesem zugehörig sind, realisiert werden. Zum Beispiel kann das Verfahren **100** teilweise oder vollständig als Computerprogramm-Produkt realisiert sein, welches ein computerlesbares Speichermedium enthält, in dem computerlesbare Programmcodeteile gespeichert sind. Zu dem computerlesbaren Speichermedium können Plattenlaufwerke, Flash-Speicher, Digital Versatile Disks (DVDs), Compact Disks (CDs) und andere Arten von Speichermedien gehören.

[0036] Das Verfahren **100** beginnt (Schritt **102**) mit der Initialisierung von Spitzenwertfilterkoeffizienten (Schritt **104**). Im darauf folgenden Schritt wartet das Verfahren **100** auf eine neue (zu einem bestimmten Zeitpunkt erhaltene) Spulenradiusschätzung, welche bei der Berechnung verwendet wird (Schritt **106**). Die Radiusschätzung kann für die Abwickelspule oder für die Aufwickelspule erhalten werden, was zum Beispiel davon ab-

hängt, ob das Laufwerk in Vorwärts- oder in Rückwärtsrichtung läuft. In dem in [Fig. 6](#) gezeigten Beispiel für das gebräuchliche Verfahren **100** wird die Radiussschätzung für die Abwickelspule, R_{sr} **108**, erhalten.

[0037] Die Schätzung des Abwickelspulenradius wird in Verbindung mit der Geschwindigkeit des Bands, v_{tape} **112**, verwendet, um die anwendbare Störfrequenz bei der abgetasteten Zeit zu schätzen (Schritt **110**). Hier können die oben angegebenen Gleichungen (1) oder (2) erneut verwendet werden, um die fragliche Störfrequenz, F_{sr} **114**, herzuleiten. Die Sollgeschwindigkeit kann als v_{tape} verwendet werden. Außerdem (und bei manchen Ausführungsformen vielleicht vorzugsweise) kann die geschätzte Geschwindigkeit des Spule-zu-Spule-Systems verwendet werden. Während einer Beschleunigung und/oder Verlangsamung des Magnetbands kann dies eine bessere Schätzung liefern.

[0038] Im nächsten Schritt wird die Störfrequenz **114** in Verbindung mit der Abtastzeit, T_s **116**, verwendet, um die Spitzenwertfilterkoeffizienten zu berechnen (oder je nachdem neu zu berechnen) (Schritt **118**). In einer Ausführungsform wird die Berechnung von Koeffizienten auf der Grundlage einer gewünschten Spitzenwertfrequenz von A. Mamun et al. in „Hard Disk Drive: Mechatronics and Control“, veröffentlicht in der Reihe „Control Engineering“, beschrieben, dessen relevante Teile durch Bezugnahme hierin aufgenommen werden. In weiteren Ausführungsformen kann eine weitere Methodik die Verwendung einer Nachschlagtabelle möglicher Frequenzen und entsprechender Koeffizienten erfordern. In diesem Fall ist es vorteilhaft, wenn der in der Nachschlagtabelle enthaltene Frequenzbereich einem Betriebsbereich des anwendbaren Spulenradius (Abwickelspule oder Aufwickelspule) und der möglichen Bandgeschwindigkeiten entspricht. Im letzten Schritt im Verfahren **100** werden dann die Spitzenwertfilterkoeffizienten **120** an das Spurfolge-Steuerungssystem geliefert, und das Verfahren **100** endet (Schritt **122**).

[0039] In einer anderen Ausführungsform können die vorerwähnten Mechanismen im Fall eines unter Verwendung fortschrittlicher Zustandsraumverfahren entwickelten Spurfolge-Steuerungssystems angewendet werden. Ein solches Verfahren ist die optimale Linear-Quadratic-Gaussian-(LQG-)Regelung. Dieses Verfahren gestattet eine Berücksichtigung der Stellantriebs-Dynamik sowie des Rauschens und der Verzögerungszeiten der Positionsmessung. Ein solches Spurfolge-Steuerungssystem bietet zwei Freiheitsgrade, da sowohl das Positionsfehlersignal (PES) als auch das Ergebnis der Positionsmessung als Eingangssignale in das System eingegeben werden.

[0040] In [Fig. 7](#) nun ist eine solche LQG-Erweiterung als in ein fortschrittliches Spurfolge-Steuerungssystem **124** integriert dargestellt. Hier wie zuvor enthält das System **124** Komponenten wie das Spitzenwertfilter, wobei das Ergebnis **96** des Knotens **94** an ein fortschrittliches Steuermodul **126** geliefert wird. Im Steuermodul **126** wird das Ergebnis **96** des Knotens **94** in die Spurverfolgungs-Steuereinheit **64** eingegeben, und die (als Signal **66** dargestellte) Ausgabe der Steuereinheit **64** wird in einem Knoten **140** zur Ausgabe eines LQG-Regelungsmoduls **130** addiert.

[0041] In das LQG-Regelungsmodul **130** werden ein Positionsmessungssignal **128** sowie das Steuersignal **142** eingegeben, das als Signal **132** an ein Kalman-Filter **134** zurückgeführt wird, dessen Ausgang an ein Stromkompensatormodul **136** geliefert wird. Ein Ausgangssignal **138** des Kompensatormoduls **136** wird dann wie gezeigt an den Knoten **140** geliefert.

[0042] [Fig. 8](#) enthält die Diagramme **150**, **152** und **154**, welche verschiedene sowohl in Vorwärts- als auch in Rückwärtsrichtung an verschiedenen LPOS-Positionen erhaltene Versuchsergebnisse veranschaulichen. Die dargestellten Ergebnisse wurden für einen Versuch unter Verwendung zweier verschiedener Kassetten mit der Geschwindigkeit s_2 für verschiedene Steuerungssysteme, darunter eine Spurfolge-Steuereinheit, eine Spurfolge-Steuereinheit mit Spitzenwertfilterungsfunktionalität und eine fortschrittlichen Spurfolge-Steuereinheit mit optimaler LQG-Regelungsfunktionalität, erhalten. In der dargestellten Ausführungsform wurden die verschiedenen Spitzenwertfilterkoeffizienten ungefähr alle 800 Mikrosekunden aktualisiert. Wie der Fachmann erkennen wird, ist im Diagramm **154** eine verbesserte Störungsunterdrückung bei der Spulenfrequenz zu sehen, und in den Diagrammen **150** und **152** ist in allen Fällen eine verbesserte Standardabweichung des Positionsfehlersignals (PES) zu sehen. In den dargestellten Ergebnissen ist zu erkennen, dass die Verbesserung in Rückwärtsrichtung größer ist als in Vorwärtsrichtung, obwohl dies je nach Ausführung und Art des Systems schwanken kann.

[0043] Wie der Fachmann erkennen wird, können Aspekte der vorliegenden Erfindung als ein System, ein Verfahren oder ein Computerprogramm-Produkt verkörpert sein. Entsprechend können Aspekte der vorliegenden Erfindung die Form einer vollständig auf Hardware beruhenden Ausführungsform, einer vollständig auf Software beruhenden Ausführungsform (darunter Firmware, residente Software, Mikrocode usw.) oder einer

Software- und Hardware-Aspekte, die hierin alle allgemein als „Schaltung“, „Modul“ oder „System“ bezeichnet werden können, kombinierenden Ausführungsform annehmen. Überdies können Aspekte der vorliegenden Erfindung die Form eines Computerprogramm-Produkts annehmen, das in einem oder mehreren computerlesbaren Medien, auf denen computerlesbarer Programmcode enthalten ist, verkörpert ist.

[0044] Jede beliebige Kombination von einem oder mehreren computerlesbaren Medien kann verwendet werden. Bei dem computerlesbaren Medium kann es sich um ein computerlesbares Signalmedium oder ein computerlesbares Speichermedium handeln. Zu einem computerlesbaren Speichermedium können zum Beispiel, ohne darauf beschränkt zu sein, ein elektronisches, magnetisches, optisches, elektromagnetisches, Infrarot- oder Halbleiter-System, eine elektronische, magnetische, optische, elektromagnetische, Infrarot- oder Halbleiter-Vorrichtung oder -Einheit oder irgendeine geeignete Kombination der Vorerwähnten gehören. Zu spezielleren Beispielen (eine nichterschöpfende Liste) des computerlesbaren Speichermediums würde Folgendes zählen: eine elektrische Verbindung mit einer oder mehreren Leitungen, eine tragbare Computerdiskette, eine Festplatte, ein Direktzugriffsspeicher (RAM, Random Access Memory), ein Festwertspeicher (ROM, Read-Only Memory), ein löschbarer programmierbarer Festwertspeicher (EPROM, Erasable Programmable Read-Only Memory, oder Flash-Speicher), ein Lichtwellenleiter, ein tragbarer Compact-Disc-Festwertspeicher (CD-ROM), eine Einheit zur optischen Speicherung, eine Einheit zur magnetischen Speicherung oder irgendeine geeignete Kombination der Vorerwähnten. Im Kontext dieses Dokuments kann ein computerlesbares Speichermedium irgendein materielles Medium sein, das ein Programm zur Verwendung durch oder in Verbindung mit ein bzw. einem Befehlsausführungssystem, eine bzw. einer Befehlsausführungsvorrichtung oder eine bzw. einer Befehlsausführungseinheit enthalten oder speichern kann.

[0045] Auf einem computerlesbaren Medium enthaltener Programmcode kann mittels irgendeines geeigneten Mediums, darunter, aber nicht darauf beschränkt, drahtlos, drahtgebunden, Lichtwellenleiter, HF usw. oder irgendeiner geeigneten Kombination der Vorerwähnten übertragen werden. Computerprogrammcode zum Ausführen von Operationen für Aspekte der vorliegenden Erfindung kann in irgendeiner Kombination einer oder mehrerer Programmiersprachen, darunter objektorientierte Programmiersprachen wie Java, Smalltalk, C++ oder dergleichen und herkömmliche verfahrensorientierte Programmiersprachen wie die Programmiersprache „C“ oder ähnliche Programmiersprachen geschrieben sein. Der Programmcode kann ganz auf dem Computer des Benutzers, teilweise auf dem Computer des Benutzers, als eigenständiges Software-Paket, teilweise auf dem Computer des Benutzers und teilweise auf einem entfernt angeordneten Computer oder ganz auf dem entfernt angeordneten Computer oder Server ausgeführt werden. Im letzteren Szenario kann der entfernt angeordnete Computer über jede Art von Netzwerk, darunter ein lokales Netz (LAN, Local Area Network) oder ein weiträumiges Netz (WAN, Wide Area Network) mit dem Computer des Benutzers verbunden sein oder kann die Verbindung zu einem externen Computer hergestellt sein (zum Beispiel mittels eines Internet-Diensteanbieters über das Internet).

[0046] Aspekte der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden unter Bezugnahme auf Ablaufdiagramme und/oder Blockschaltbilder von Verfahren, Vorrichtungen (Systemen) und Computerprogramm-Produkten gemäß Ausführungsformen der Erfindung beschrieben. Es versteht sich von selbst, dass jeder Block der Ablaufdiagramme und/oder Blockschaltbilder und Kombinationen von Blocks in den Ablaufdiagrammen und/oder Blockschaltbildern durch Computerprogrammbefehle realisiert werden kann. Diese Computerprogrammbefehle können an einen Prozessor eines Universalcomputers, eines Spezialcomputers oder einer anderen programmierbaren Datenverarbeitungsvorrichtung gegeben werden, um eine Maschine zu produzieren, so dass die Befehle, welche über den Prozessor des Computers oder einer anderen programmierbaren Datenverarbeitungsvorrichtung ausgeführt werden, ein Mittel zur Realisierung der im Block oder in den Blocks von Ablaufdiagramm und/oder Blockschaltbildern angegebenen Funktionen/Vorgänge schaffen.

[0047] Diese Computerprogrammbefehle können auch in einem computerlesbaren Medium gespeichert sein, das einen Computer, eine andere programmierbare Datenverarbeitungsvorrichtung oder andere Einheiten anweisen kann, auf eine bestimmte Weise zu funktionieren, so dass die im computerlesbaren Medium gespeicherten Befehle ein Erzeugnis produzieren, das Befehle enthält, welche die bzw. den im Block oder in den Blocks von Ablaufdiagramm und/oder Blockschaltbildern angegebene(n) Funktion/Vorgang ausführen. Die Computerprogrammbefehle können auch auf einen Computer, eine andere programmierbare Datenverarbeitungsvorrichtung oder andere Einheiten geladen werden, um zu veranlassen, dass eine Reihe von Arbeitsschritten auf dem Computer, einer anderen programmierbaren Vorrichtung oder den anderen Einheiten ausgeführt werden, um einen computer-realisierten Prozess zu produzieren, so dass die Befehle, welche auf dem Computer oder einer anderen programmierbaren Vorrichtung ausgeführt werden, Prozesse zum Ausführen der im Block oder in den Blocks von Ablaufdiagramm und/oder Blockschaltbildern angegebenen Funktionen/Vorgänge schaffen.

[0048] Das Ablaufdiagramm und die Blockschaltbilder in den obigen Figuren veranschaulichen Architektur, Funktionalität und Betrieb möglicher Ausführungen von Systemen, Verfahren und Computerprogramm-Produkten gemäß verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. In dieser Hinsicht kann jeder Block im Ablaufdiagramm oder in den Blockschaltbildern ein Codemodul, einen Codeabschnitt oder einen Codeteil darstellen, welches bzw. welcher einen oder mehrere ausführbare Befehle zum Realisieren der angegebenen logischen Verknüpfung(en) enthält. Es sollte auch bemerkt werden, dass bei manchen alternativen Ausführungen die im Block angegebenen Funktionen außerhalb der in den Figuren angegebenen Reihenfolge auftreten können. Zum Beispiel können zwei aufeinanderfolgend gezeigte Blöcke tatsächlich im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt werden oder können die Blöcke manchmal in umgekehrter Reihenfolge ausgeführt werden, je nach erforderlicher Funktionalität. Es wird auch bemerkt werden, dass jeder Block der Blockschaltbilder und/oder des Ablaufdiagramms und Kombinationen von Blöcken in den Blockschaltbildern und/oder im Ablaufdiagramm durch spezielle, auf Hardware beruhende Systeme, welche die angegebenen Funktionen oder Vorgänge ausführen, oder Kombinationen von Spezial-Hardware und Computerbefehlen realisiert werden können.

[0049] Wenn auch eine oder mehrere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eingehend dargestellt wurden, wird der Fachmann erkennen, dass Veränderungen und Anpassungen an diesen Ausführungsformen vorgenommen werden können, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung, wie in den folgenden Ansprüchen dargelegt, abzuweichen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- A. Mamun et al. in „Hard Disk Drive: Mechatronics and Control“ [\[0038\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zum Beseitigen zeitveränderlicher periodischer Störungen in einem Servoregelungssystem, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:
Aktualisieren eines jeden aus einer Vielzahl von Koeffizienten auf der Grundlage mindestens einer Schätzung einer Störfrequenz; und
Bereitstellen der aktualisierten Vielzahl von Koeffizienten an mindestens ein Eingangssignal des Servoregelungssystems veränderndes Spitzenwertfilter, wobei das Spitzenwertfilter in Anbetracht der aktualisierten Vielzahl von Koeffizienten funktionsmäßig so ausgeführt ist, dass mindestens eine der zeitveränderlichen periodischen Störungen gelöscht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner das Initialisieren eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten beinhaltet.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Aktualisieren eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten das Erhalten einer aktuellen Schätzung mindestens eines Magnetbandspulenradius beinhaltet.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das Erhalten der aktuellen Schätzung des mindestens einen Magnetbandspulenradius das Erhalten einer aktuellen Schätzung eines Magnetband-Abwickelspulenradius oder eines Magnetband-Aufwickelspulenradius oder beider Spulenradien beinhaltet.
5. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das Aktualisieren eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten das Schätzen mindestens einer Störfrequenz als Funktion einer geschätzten Magnetbandgeschwindigkeit und der aktuellen Schätzung des mindestens einen Magnetbandspulenradius beinhaltet.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Aktualisieren eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten das Berechnen eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten als Funktion der mindestens einen geschätzten Störfrequenz und einer Abtastzeit beinhaltet.
7. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das Aktualisieren eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten das Schätzen der Störfrequenz auf der Grundlage der aktuellen Schätzung mindestens eines Magnetbandspulenradius mittels einer Nachschlagtabelle beinhaltet, die einen Bereich von Störfrequenzen aufweist, der sowohl einem Betriebsbereich des mindestens einen Magnetbandspulenradius als auch einem Betriebsbereich der Magnetbandgeschwindigkeiten entspricht.
8. Verfahren zum Beseitigen zeitveränderlicher periodischer Störungen in einem Spurfolge-Servoregelungssystem in einem Magnetbandlaufwerk einer Rechenumgebung, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:
Erhalten einer aktuellen Schätzung mindestens eines Magnetbandspulenradius;
Aktualisieren eines jeden aus einer Vielzahl von Koeffizienten auf der Grundlage mindestens einer Schätzung einer Störfrequenz; und
Bereitstellen der aktualisierten Vielzahl von Koeffizienten an mindestens ein Eingangssignal des Spurfolge-Servoregelungssystems veränderndes Spitzenwertfilter, wobei das Spitzenwertfilter in Anbetracht der aktualisierten Vielzahl von Koeffizienten funktionsmäßig so ausgeführt ist, dass mindestens eine der zeitveränderlichen periodischen Störungen gelöscht wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, das ferner das Initialisieren eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten beinhaltet.
10. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Erhalten der aktuellen Schätzung des mindestens einen Magnetbandspulenradius das Erhalten einer aktuellen Schätzung eines Magnetband-Abwickelspulenradius oder eines Magnetband-Aufwickelspulenradius oder beider Spulenradien beinhaltet.
11. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Aktualisieren eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten das Schätzen der Störfrequenz als Funktion einer geschätzten Magnetbandgeschwindigkeit oder einer Soll-Magnetbandgeschwindigkeit oder der aktuellen Schätzung des mindestens einen Magnetbandspulenradius beinhaltet.
12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Aktualisieren eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten das Berechnen eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten als Funktion der mindestens einen geschätzten Störfrequenz und einer Abtastzeit beinhaltet.

13. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Aktualisieren eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten das Schätzen der Störfrequenz auf der Grundlage der aktuellen Schätzung des mindestens einen Magnetbandspulenradius mittels einer Nachschlagtabelle beinhaltet, die einen Bereich von Störfrequenzen aufweist, der sowohl einem Betriebsbereich des mindestens einen Magnetbandspulenradius als auch einem Betriebsbereich der Magnetbandgeschwindigkeiten entspricht.

14. Verfahren nach Anspruch 8, das ferner das Bereitstellen eines Positionsmessungssignals an ein Referenzsignal beinhaltet, um ein Positionsfehlersignal (PES) zu erhalten, wobei das Positionsfehlersignal (PES) an das mindestens eine Spitzenwertfilter bereitgestellt wird, um ein verändertes Positionsfehlersignal (PES) zu erhalten, wobei das veränderte Positionsfehlersignal (PES) an das Spurfolge-Servoregelungssystem bereitgestellt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, das ferner das Bereitstellen des Positionsmessungssignals an ein Linear-Quadratic-Gaussian-(LQG-)Regelungssystem beinhaltet, wobei das LQG-Regelungssystem in das Spurfolge-Servoregelungssystem integriert ist.

16. System zum Beseitigen zeitveränderlicher periodischer Störungen in einem Spurfolge-Servoregelungssystem in einem Magnetbandlaufwerk einer Rechenumgebung, wobei das System Folgendes umfasst: ein Spurverfolgungs-Steuermodul; und ein mit dem Spurverfolgungs-Steuermodul zur Datenübertragung in Verbindung stehendes Filtermodul, wobei das Filtermodul geeignet ist für: das Erhalten einer aktuellen Schätzung mindestens eines Magnetbandspulenradius, das Aktualisieren eines jeden aus einer Vielzahl von Koeffizienten auf der Grundlage mindestens einer Schätzung einer Störfrequenz, und das Verarbeiten der aktualisierten Vielzahl von Koeffizienten durch mindestens ein Eingangssignal des Spurfolge-Servoregelungssystems veränderndes Spitzenwertfilter, wobei das mindestens eine Spitzenwertfilter in Anbetracht der aktualisierten Vielzahl von Koeffizienten funktionsmäßig so ausgeführt ist, dass mindestens eine der zeitveränderlichen periodischen Störungen gelöscht wird.

17. System nach Anspruch 16, wobei das Filtermodul ferner zum Initialisieren eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten geeignet ist.

18. System nach Anspruch 16, wobei das Filtermodul ferner entsprechend dem Erhalten der aktuellen Schätzung des mindestens einen Magnetbandspulenradius zum Erhalten einer aktuellen Schätzung eines Magnetband-Abwickelspulenradius oder eines Magnetband-Aufwickelspulenradius oder beider Spulenradien geeignet ist.

19. System nach Anspruch 16, wobei das Filtermodul ferner entsprechend dem Aktualisieren eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten zum Erhalten der mindestens einen Schätzung der Störfrequenz als Funktion einer geschätzten Magnetbandgeschwindigkeit oder einer Soll-Magnetbandgeschwindigkeit oder der aktuellen Schätzung des mindestens einen Magnetbandspulenradius geeignet ist.

20. System nach Anspruch 19, wobei das Filtermodul ferner entsprechend dem Aktualisieren eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten zum Berechnen eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten als Funktion der mindestens einen Schätzung der Störfrequenz und einer Abtastzeit geeignet ist.

21. System nach Anspruch 16, wobei das Filtermodul ferner entsprechend dem Aktualisieren eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten zum Erhalten der mindestens einen Schätzung der Störfrequenz auf der Grundlage der aktuellen Schätzung des mindestens einen Magnetbandspulenradius mittels einer Nachschlagtabelle, die einen Bereich von Störfrequenzen aufweist, der sowohl einem Betriebsbereich des mindestens einen Magnetbandspulenradius als auch einem Betriebsbereich der Magnetbandgeschwindigkeiten entspricht, geeignet ist.

22. System nach Anspruch 16, wobei das Filtermodul einen Eingang zum Empfangen eines Positionsfehlersignals (PES) und einen ein verändertes Positionsfehlersignal (PES) an das Spurverfolgungs-Steuermodul bereitstellenden Ausgang enthält, wobei das Positionsfehlersignal (PES) aus einer Differenz zwischen dem Eingangssignal und einem Positionsmessungssignal erhalten wird.

23. System nach Anspruch 22, das ein Linear-Quadratic-Gaussian-(LQG-)Regelungssystem mit einem Ausgangssignal enthält, das zu einem Ausgangssignal des Spurverfolgungs-Steuermoduls addiert wird, wobei das

LQG-Regelungssystem mit dem Ziel, das Rauschen des Ausgangssignals des Spurverfolgungs-Steuermoduls zu verringern, zum Verändern des Positionsmessungssignals geeignet ist.

24. Computerprogramm-Produkt zum Beseitigen zeitveränderlicher periodischer Störungen in einem Spurfolge-Servoregelungssystem in einem Magnetbandlaufwerk einer Rechenumgebung mittels einer Verarbeitungseinheit, wobei das Computerprogramm-Produkt ein computerlesbares Speichermedium umfasst, in dem computerlesbare Programmcodeteile gespeichert sind, wobei die computerlesbaren Programmcodeteile beinhalten:

einen ersten ausführbaren Teil zum Erhalten einer aktuellen Schätzung mindestens eines Magnetbandspulenradius;

einen zweiten ausführbaren Teil zum Aktualisieren eines jeden aus einer Vielzahl von Koeffizienten auf der Grundlage mindestens einer Schätzung einer Störfrequenz; und

einen dritten ausführbaren Teil zum Bereitstellen der aktualisierten Vielzahl von Koeffizienten an mindestens ein Eingangssignal des Spurfolge-Servoregelungssystems veränderndes Spitzenwertfilter, wobei das mindestens ein Spitzenwertfilter in Anbetracht der aktualisierten Vielzahl von Koeffizienten funktionsmäßig so ausgeführt ist, dass mindestens eine der zeitveränderlichen periodischen Störungen gelöscht wird.

25. Computerprogramm-Produkt nach Anspruch 24, das ferner einen vierten ausführbaren Teil beinhaltet, um entsprechend dem Erhalten der aktuellen Schätzung des mindestens einen Magnetbandspulenradius eine aktuelle Schätzung eines Magnetband-Abwickelspulenradius oder eines Magnetband-Aufwickelspulenradius oder beider Spulenradien zu erhalten.

26. Computerprogramm-Produkt nach Anspruch 25, das ferner einen fünften ausführbaren Teil beinhaltet, um entsprechend dem Aktualisieren eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten die Schätzung der mindestens einen Störfrequenz als Funktion einer geschätzten Magnetbandgeschwindigkeit oder einer Soll-Magnetbandgeschwindigkeit oder der aktuellen Schätzung des mindestens einen Magnetbandspulenradius zu erhalten.

27. Computerprogramm-Produkt nach Anspruch 24, das ferner einen vierten ausführbaren Teil beinhaltet, um entsprechend dem Aktualisieren eines jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten einen jeden aus der Vielzahl von Koeffizienten als Funktion der Schätzung der Störfrequenz und einer Abtastzeit zu berechnen.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

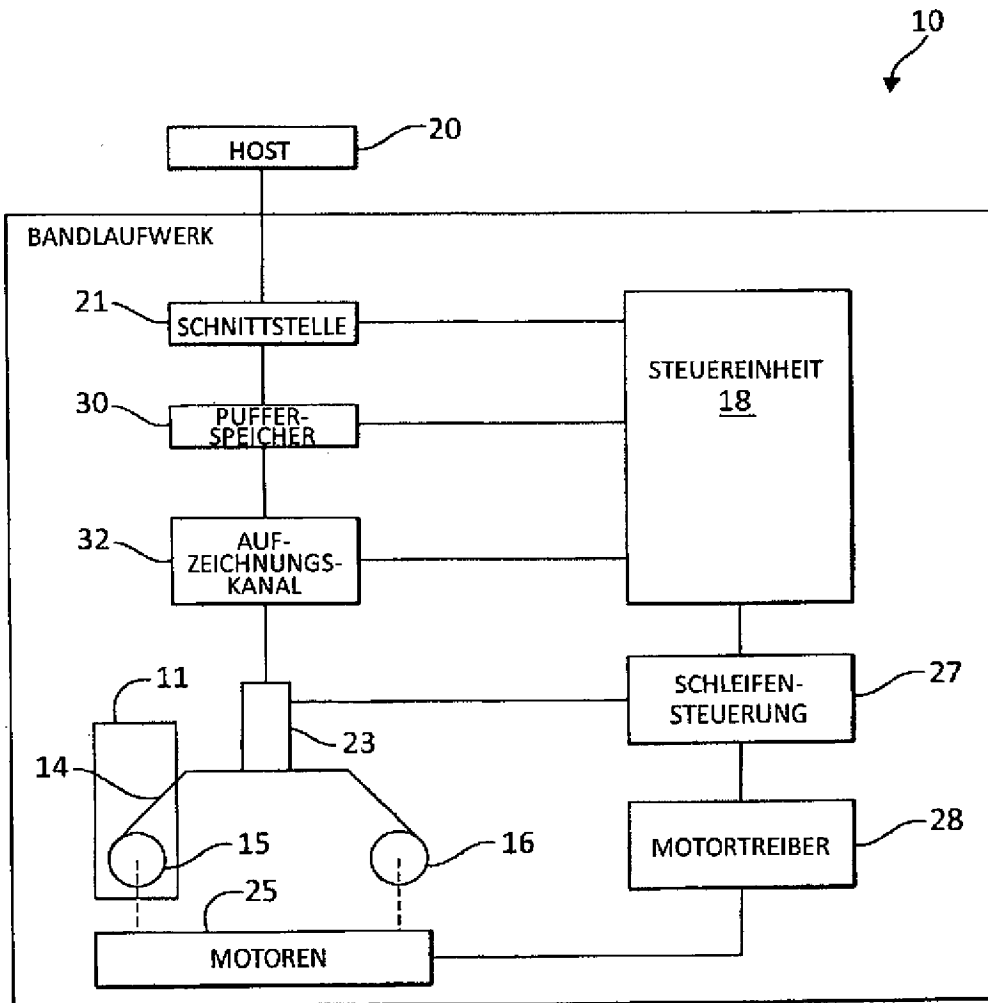


FIG. 1

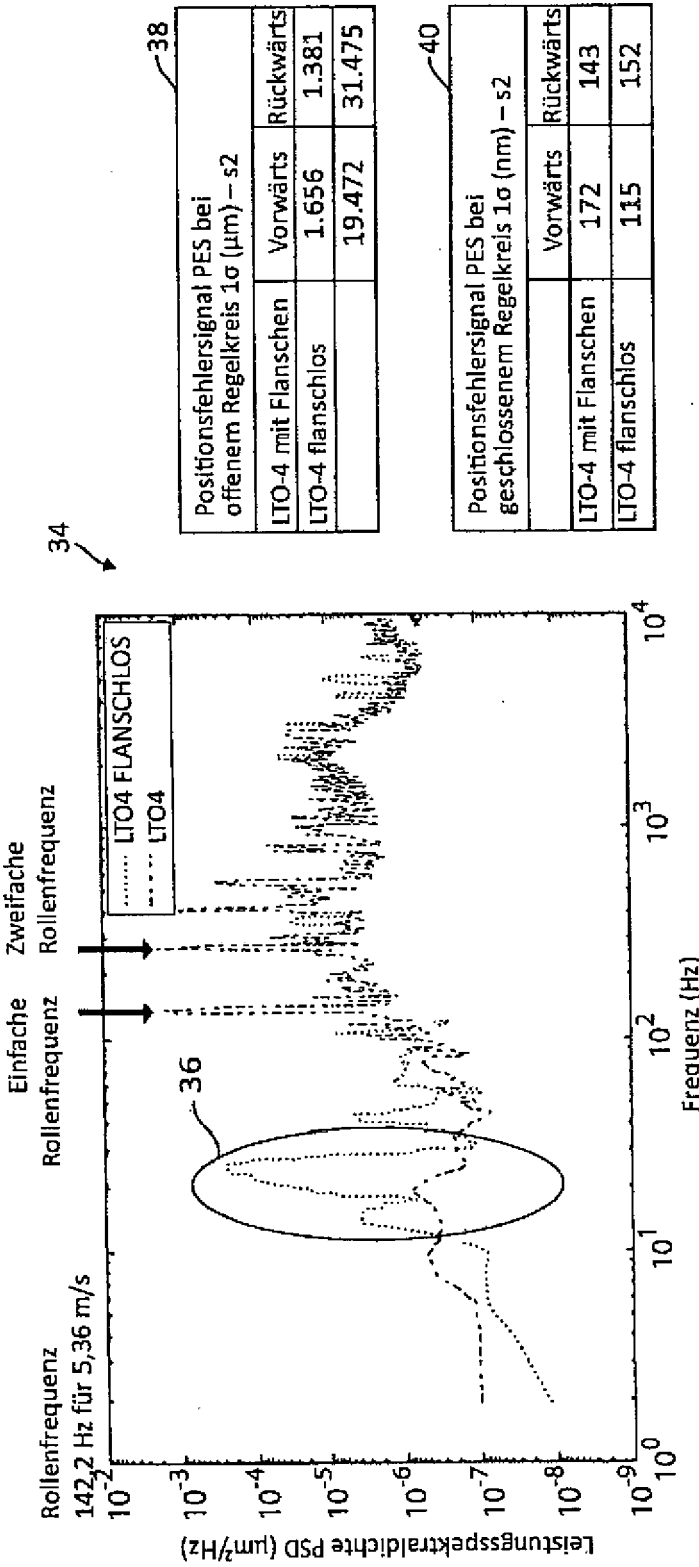


FIG. 2

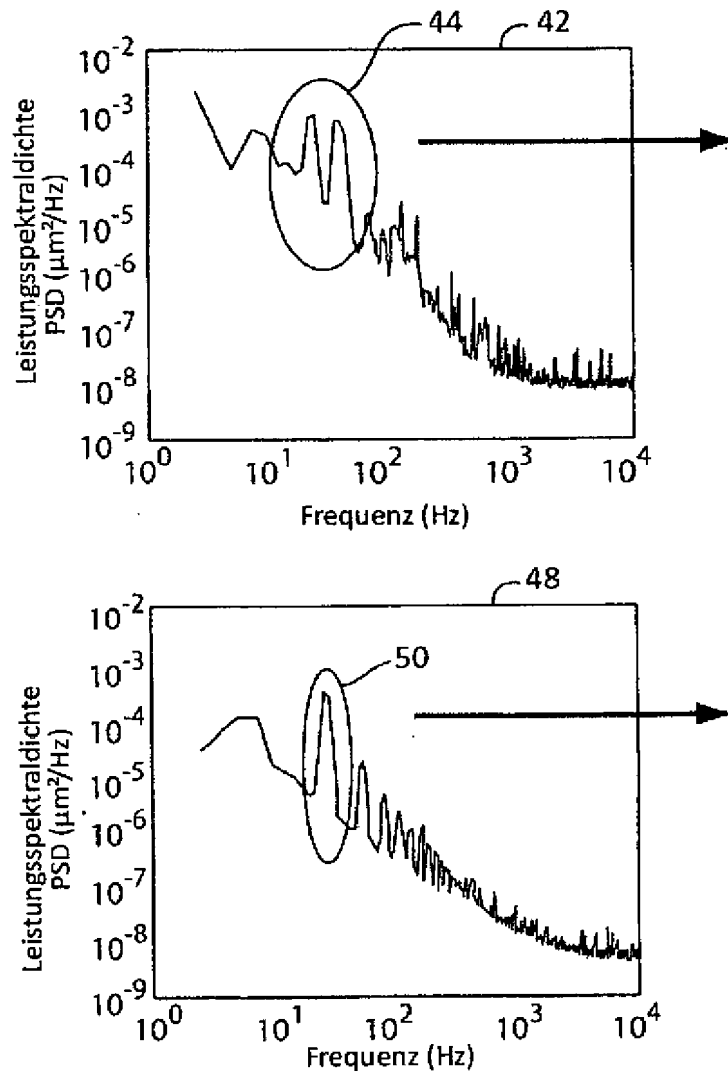


FIG. 3A

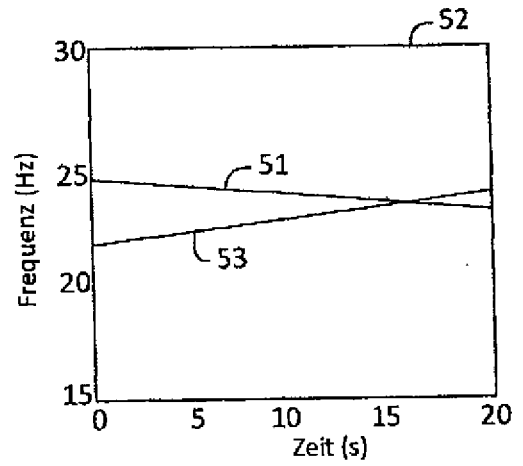
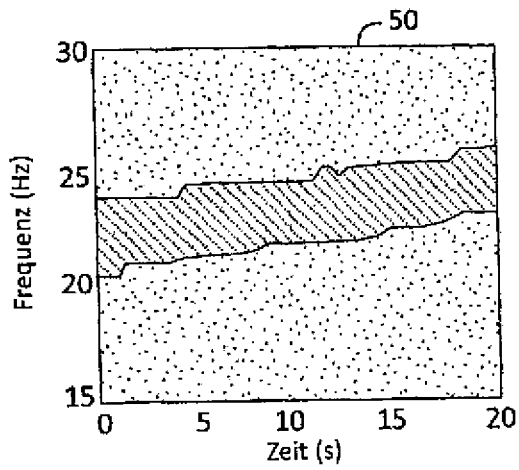
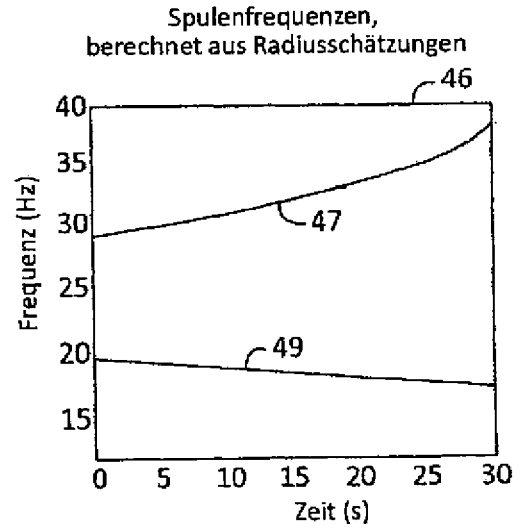
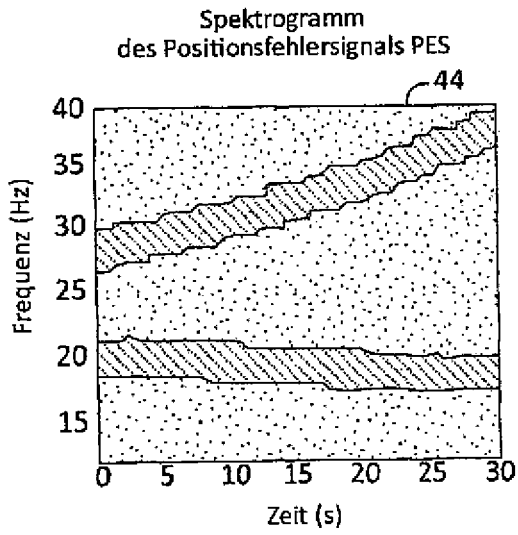


FIG. 3B

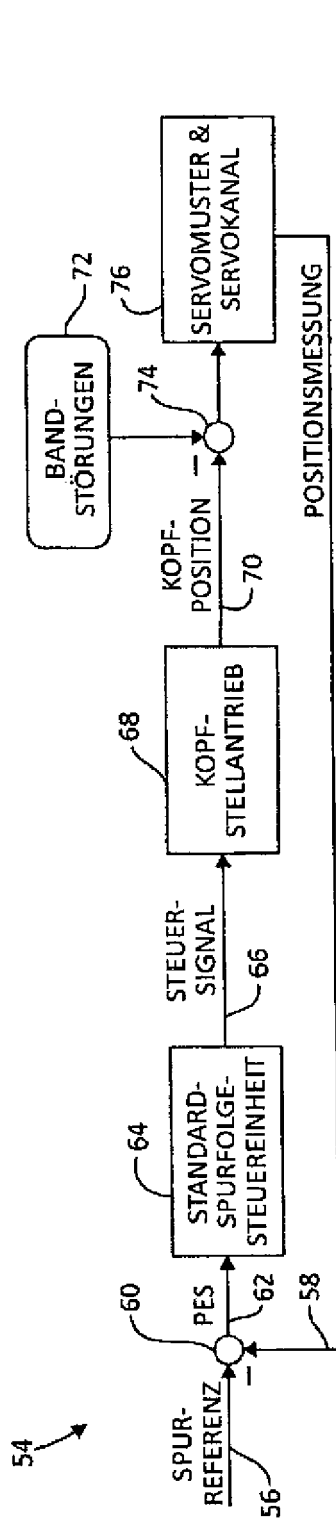


FIG. 4

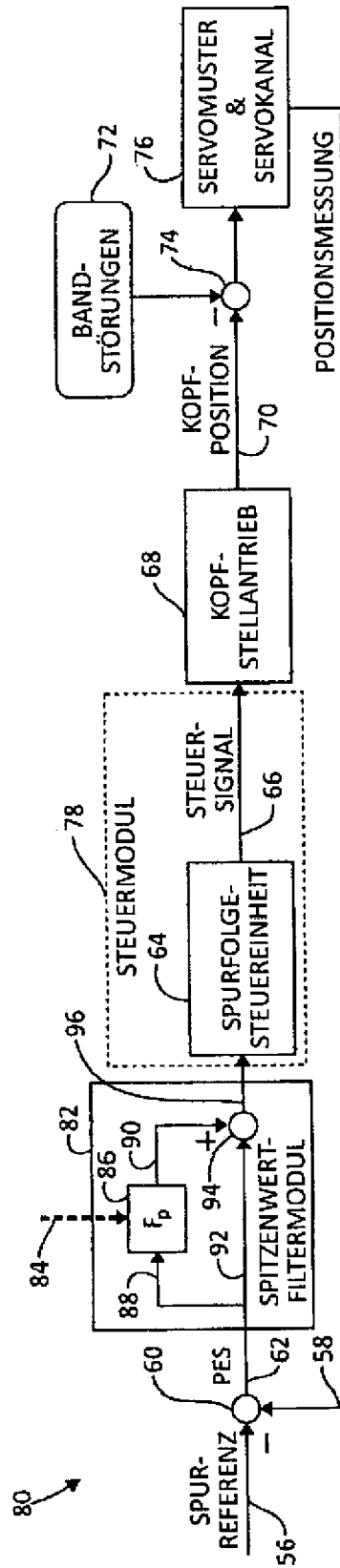


FIG. 5

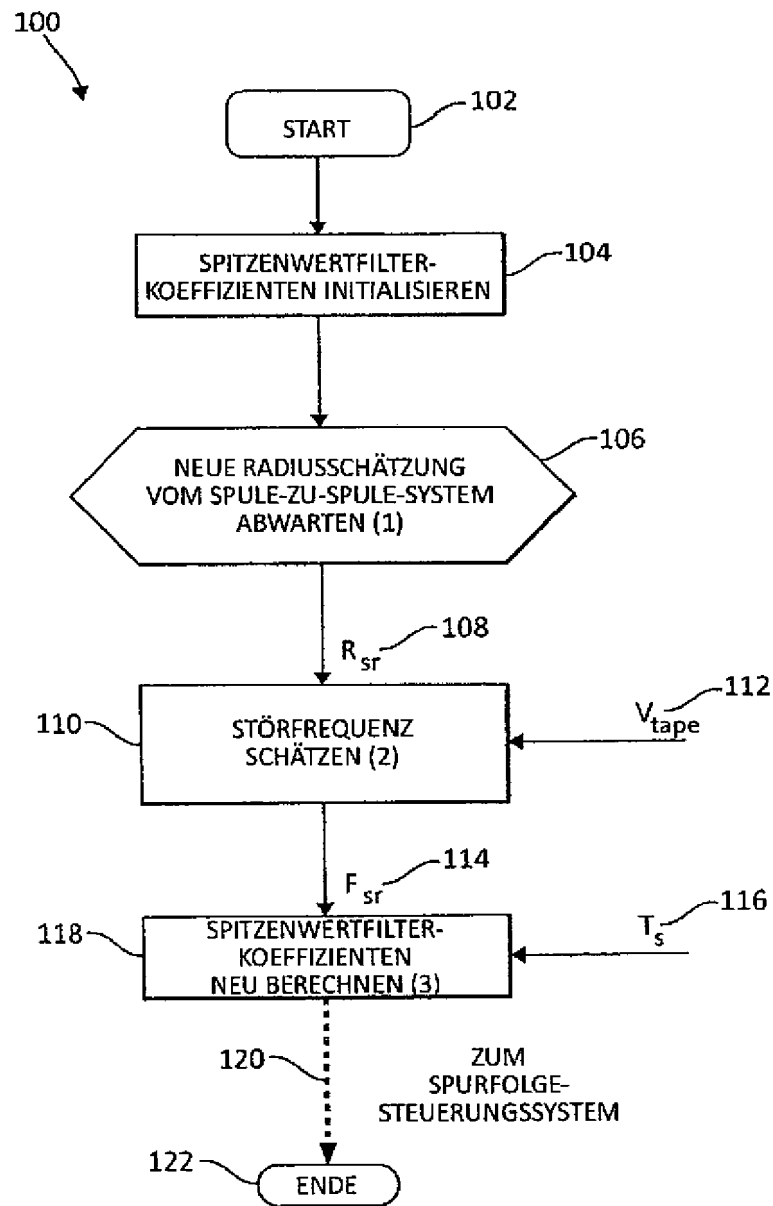


FIG. 6

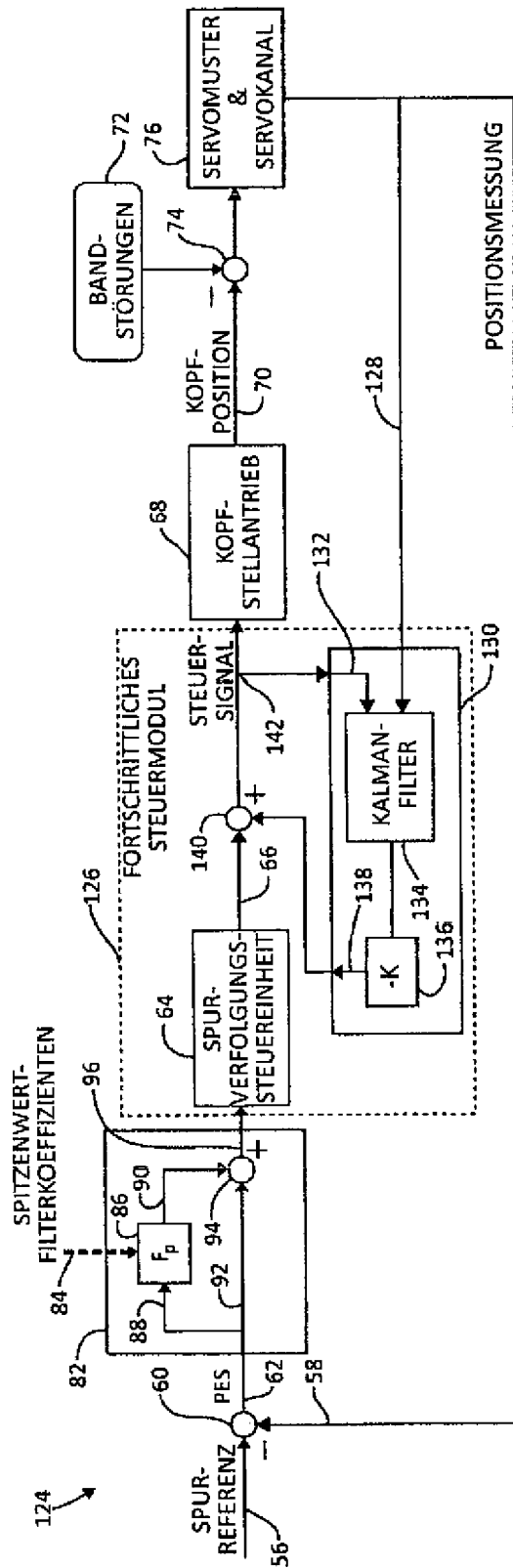


FIG. 7

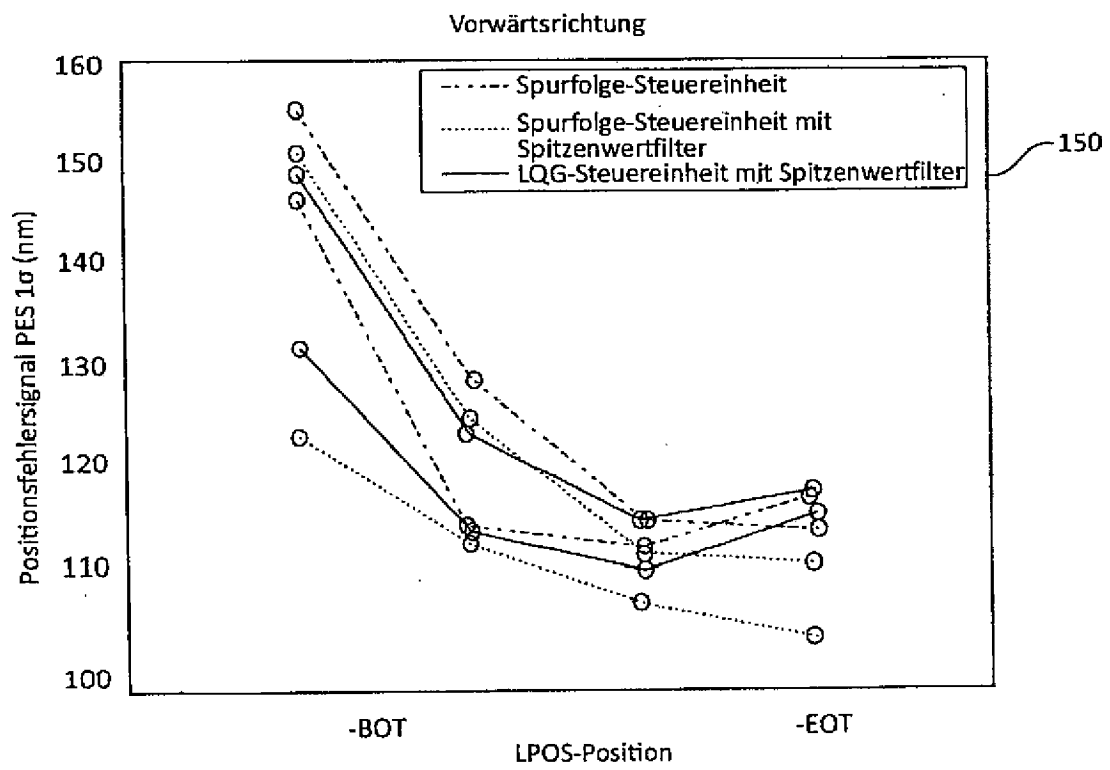


FIG. 8A

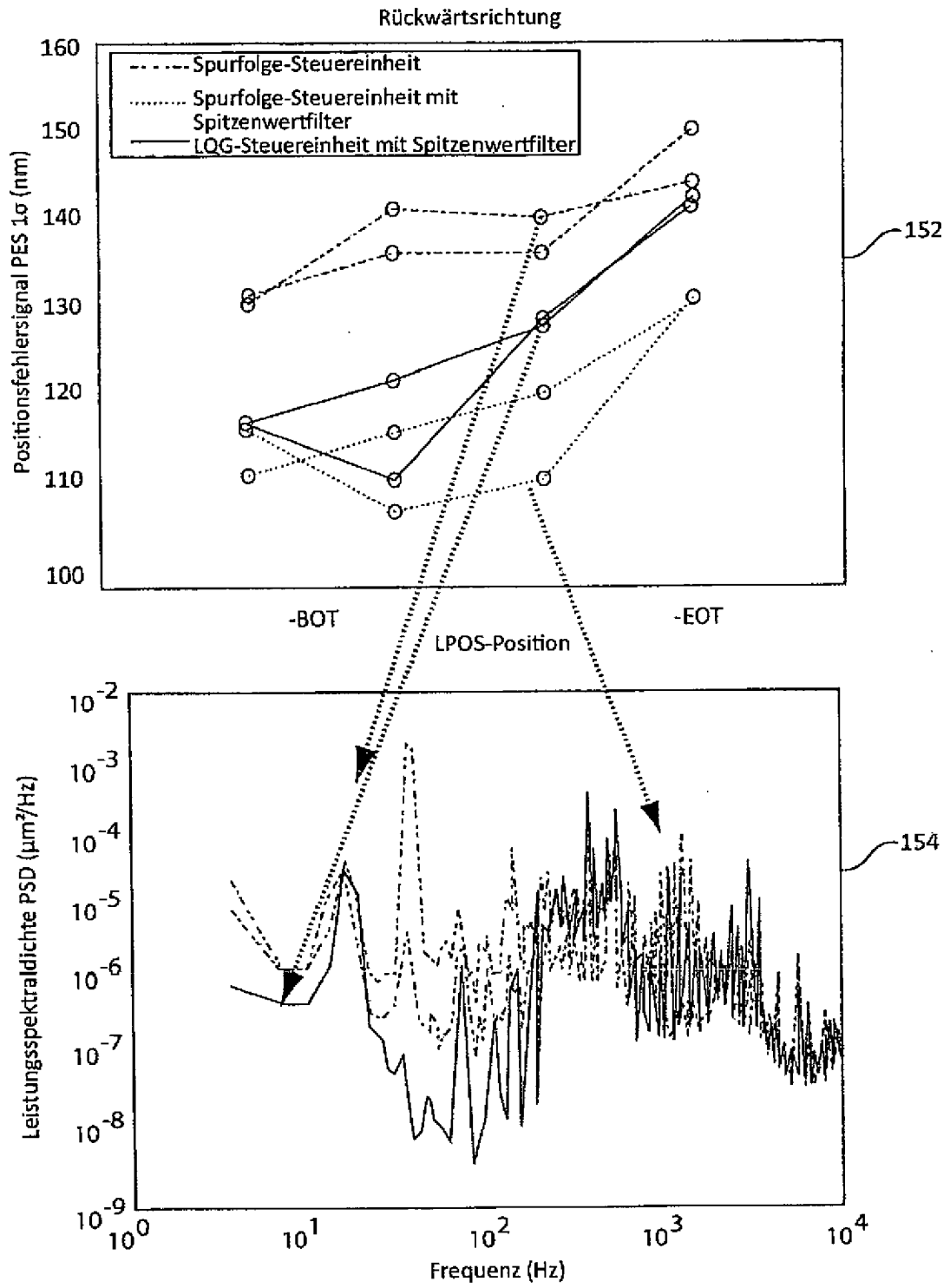


FIG. 8B