



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 003 926 T2** 2007.05.03

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 611 045 B1**

(51) Int Cl.⁸: **B66C 13/06** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 003 926.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FI2004/000188**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 724 302.7**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/087555**

(86) PCT-Anmeldetag: **30.03.2004**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **14.10.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.01.2006**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **27.12.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.05.2007**

(30) Unionspriorität:
20030485 01.04.2003 FI

(73) Patentinhaber:
KCI Konecranes Plc, Hyvinkää, FI

(74) Vertreter:
Zipse Habersack Kritzenberger, 80639 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, TR**

(72) Erfinder:
SORSA, Timo, FI-05400 Jokela, FI

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR STEUERUNG DES HEBEGESCHIRRS IN EINEM KRAN**

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

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**Hintergrund der Erfindung**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung des Schaukelns und Schwingens eines Hebegeschirrs bei einem Kran und der daran befestigten Last, wobei der Kran umfasst: eine Laufkatze, Hebeantriebe, die mit Hebetrommeln ausgestattet sind, die an der Laufkatze angeordnet sind, Hebeseile, die an den Hebetrommeln angeordnet sind und an denen das Hebegeschirr von der Laufkatze aus aufgehängt ist und die über Umlenkrollen, die an dem Hebegeschirr angeordnet sind, zur Laufkatze hin zurück geführt sind, wobei das Schaukeln und Schwingen durch eine Steuereinrichtung gesteuert sind, die umfasst: vier Hilfsantriebe, die mit Seiltrommeln ausgestattet sind und Motoren und eine Motorsteuereinrichtung aufweisen, die an der Laufkatze angeordnet sind, Hilfsseile, die an den Seiltrommeln der Hilfsantriebe angeordnet sind, Umlenkrollen für die Hilfsseile, die an dem Hebegeschirr angeordnet sind, über welche Umlenkrollen die Hilfsseile, die von den Seiltrommeln der Hilfsantriebe schräg laufen, zu Räumen hin geführt werden, die in den Hebetrommeln für die Hilfsseile angeordnet sind, und bei welchem Verfahren die Kräfte der Hilfsseile, die an dem Hebegeschirr ausgeübt werden, durch Bewegen der Hilfsseile unter Verwendung der Hilfsantriebe mit Hilfe von Drehmomentinstruktionen gesteuert werden, die auf der Grundlage der Seilkräfte der Hilfsseile und Umlaufgeschwindigkeitsdaten der Hilfsantriebe unter Verwendung einer logischen Schaltung erhalten werden, der die Schaffung und Aufrechterhaltung der gewünschten Seilkräfte gestattet und die Umlaufbewegung und den Widerstand des Schwingens der Motoren in den Hilfsantriebe steuert.

[0002] Die oben angegebene Einrichtung ist aus dem Dokument WO-22/22 488 bekannt. Diese Anordnung macht es möglich, dass die Winkel der Hilfsseile zu den Hebetrommeln unabhängig von der Höhe, in der sich das Hebeelement mit seiner Last zu einer gegebenen Zeit befindet, im Wesentlichen dieselben bleiben.

[0003] Das Verfahren der Erfindung ist aus dem FI-Patent 101 466 bekannt, in dem das Verfahren in Verbindung mit einem Kran angegeben ist, der sich mit Hilfe von Gummireifen bewegt und dessen Hebehöhen und Hebegeschwindigkeit mäßig sind.

[0004] Das Verfahren gemäß FI-Patent 101466 verringert die unerwünschten Bewegungen der Last bei dessen ursprünglichen Anwendungen in geeigneter Weise. Dann wiederum bei beispielsweise Kaikränen, die sich auf Schienen bewegen, die in dem FI-Patent 108 788 dargestellt sind, deren Hubhöhen und Bewegungsgeschwindigkeit erheblich größer bzw. höher sind, erfordern die diagonale Geometrie

der Hilfsseile und speziell Situationen, bei denen sich die Hebeseile, die in besonderer Weise an Hebetrommeln aufgewickelt sind, von einer Lage zur anderen bewegen, sehr schnelle Geschwindigkeitsänderungen der Hilfsantriebe. Die in dem FI-Patent 101466 dargestellte logische Steuerschaltung ist für einen solchen Zwecken nicht schnell genug.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0005] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, das oben angegebene Problem zu lösen. Diese Aufgabe wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gelöst, das hauptsächlich dadurch gekennzeichnet ist, dass die Drehmomentinstruktion der Motorsteuereinrichtung in jedem Hilfsantrieb antriebspezifisch als Summe aus einem statischen Ausdruck und einem dynamischen Ausdruck gebildet ist.

[0006] Vorzugsweise wird dies so durchgeführt, dass die Instruktion zu dem statischen Drehmoment auf der Grundlage des Referenzwertes der Seilkraft in dem Hilfsantrieb, der Messdaten der Seilkraft und der Umlaufgeschwindigkeit des Hilfsantriebs berechnet wird, und die Instruktionen zu dem dynamischen Drehmoment, d.h. der dynamische Optimalsteuerungswertausdruck, aus der Änderung berechnet wird, die bei der berechneten Umlaufgeschwindigkeit des Hilfsantriebs auftritt.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt die Eliminierung der groben und ruckartigen Korrekturbewegungen des Hebegeschirrs und der Last bei Kränen, die für hohe Geschwindigkeiten und Hebehöhen gebaut sind, die die Verwendung des aus dem FI-Patent 101 466 bekannten Verfahrens als solches unmöglich gemacht haben

[0008] Die Einzelheiten der Erfindung und ihre Vorteile werden in der nachfolgenden Detailbeschreibung der Erfindung beschrieben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0009] Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren detaillierter anhand einer Krananordnung, bei der das Verfahren erfolgreich Anwendung finden kann, unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen erläutert, in denen zeigen:

[0010] [Fig. 1](#) eine vereinfachte schematische Darstellung einer Krananordnung bei Betrachtung aus der Fahrtrichtung der Laufkatze;

[0011] [Fig. 2](#) eine Seitenansicht der in [Fig. 1](#) dargestellten Anordnung;

[0012] [Fig. 3](#) in einer Ansicht von oben auf die in [Fig. 1](#) dargestellte Anordnung;

[0013] [Fig. 4](#) vergrößerte Hilfsseilräume;

[0014] [Fig. 5](#) eine schematische Darstellung zur Ausstattung der vorbekannten logischen Steuerung mit einer erfindungsgemäßen Optimalwertsteuerung, und

[0015] [Fig. 6](#) eine schematische Darstellung zur Berechnung der auf der Grundlage des in einem Hilfsantrieb realisierten Drehmoments basierenden Seilkraft.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0016] Die in den Zeichnungen dargestellte Krananordnung, die beispielsweise aus dem FI-Patent 108 788 bekannt ist, weist zwei Hebeantriebe **2** mit Hebetrommeln **3** auf, die an einer Kranlaufkatze **1** angeordnet sind. Diese Elemente sind an der Laufkatze **1** derart angeordnet, dass ihre Längsachsen auf derselben Linie A liegen. Zwei Hebeseile **4** sind parallel an der Hebetrommel **3** der beiden Hebeantriebe **2** so angeordnet, dass Rillen **5** und **6**, die für die Seile an der Oberfläche der Hebetrommel **3** vorgesehen sind, in ihrer Richtung entgegengesetzt sind. Ein Hebegerischir **7** zur Befestigung einer anzuhebenden Last (nicht dargestellt) ist an den Hebeseilen **4** aufgehängt. Das Hebegerischir ist mit Umlenkrollen **8** für die Hebeseile **4** ausgestattet, über die die Hebeseile **4** zur Laufkatze **1** hin zurück geführt sind. Die Umlenkrollen **8** sind am Hebegerischir **7** im Wesentlichen direkt unter den in Längsrichtung liegenden Mittelpunkt der Hebeantriebe **3** angeordnet, wodurch die Stellung der Hebeseile im Wesentlichen in vertikaler Richtung trotz der unterschiedlichen Hebehöhen symmetrisch bleibt. Die Hebeseile **4** sind zur Laufkatze **1** hin über zusätzliche Umlenkrollen **9** geführt und am Kran über mögliche Überlastschutzeinrichtungen (nicht dargestellt) befestigt.

[0017] Die Einrichtung weist auch vier Hilfsantriebe **10**, die an der Laufkatze **1** angeordnet sind, zur Steuerung des Schwankens und Schwingens des Hebegerischirs **7** und der daran befestigten Last auf. Vorzugsweise sind die Hilfsantriebe **10** in einem Rechteck so angeordnet (obwohl eine asymmetrische Anordnung ebenfalls möglich ist), dass in jeder Ecke des Rechtecks ein Hilfsantrieb **10** angeordnet ist. Eine Seiltrommel **11** jedes Hilfsantriebs **10** ist mit einem Hilfsseil **12** ausgestattet, das schräg zu den Umlenkrollen **13** hin, die am Hebegerischir **7** angeordnet sind, und über diese zurück zu den Hebetrommeln **3** und in Räumen **14** läuft, die vorzugsweise für diese an den Hebetrommeln **3** ausgebildet und für diese vorgesehen sind. Die Umlenkrollen **13** sind ebenfalls vorzugsweise in einem Rechteck so angeordnet, dass in jeder Ecke des Vierecks eine Umlenkrolle **13** angeordnet ist. Es ist notwendig, die Hilfsseile **12** schräg anzuordnen, damit die zur Verhinderung oder Verminderung des Schwankens und des Schwingens

erforderlichen vertikalen Kräfte auf das Hebegerischir **7** und die Last mittels der Hilfsantriebe **12** und der Hilfsseile ausgeübt werden können. Folglich können die Hebeseile **4** auch vollständig vertikal angeordnet sein. Die Steuerung dieses Schwankens und Schwingens wird nachfolgend beschrieben.

[0018] Die Hilfsseile **12** sind vorzugsweise mit mindestens einen Satz zusätzlicher Umlenkrollen **15** ausgestattet, die an der Laufkatze **1** angeordnet sind, über welche Umlenkrollen die Hilfsseile **12**, die vom Hebegerischir **7** und vom ersten Satz der Umlenkrollen **13** aus ankommen, zu Hilfsseilräumen **15** der Hebetrommeln **3** geführt werden. Daher weist jedes Hilfsseil **12** einen ortsfesten Punkt an der Laufkatze **1** relativ zu dieser und unabhängig von der Hebehöhe auf, wodurch die Bewegung der Hilfsseile **12** mit Bezug auf die Trommel an der Seite der Laufkatze **1** vermieden wird. Des Weiteren sind die Räume **14** für die Hilfsseile an den Enden der Hebetrommeln **3** innerhalb eines deutlich schmalen Bereichs vorgesehen, beispielsweise mit Hilfe von Flanschen **16**, sodass die Hilfsseile **12** in einer Vielzahl von Lagen aufgewickelt werden können, in welchem Fall der Winkel der Hilfsseile **12** bezogen auf die Hebetrommel **3** bei jeder Hebehöhe fast konstant bleibt und die Hebetrommel **3** erheblich kürzer als früher ausgebildet ist.

[0019] Ferner sind zwischen den zusätzlichen Umlenkrollen **15** und den Hebetrommeln **3** Umlenkrollen **17** angeordnet, über die die Hilfsseile **12** laufen, jedoch die denen diese hauptsächlich dazu, einen ungehinderten Lauf für die Hilfsseile **12** zu gewährleisten.

[0020] Gemäß dem FI-Patent 101 466 können die Hilfsantriebe **10** beispielsweise identische, mechanisch unabhängige Systeme sein, deren Steuerung vollständig elektrisch durchgeführt und auch der Grundlage von Wiedergaben des Hilfsseils **12**, der Umlaufgeschwindigkeit der Seiltrommel **11**, d.h. des Hilfsantriebs **10**, und ähnlicher Variabler bestimmt wird. Eine ausreichende Länge des Hilfsseils **12** ist stets auf der Seiltrommel **11** gespeichert, und dadurch wird der durch unterschiedliche Geometrien der Hilfsseile **12** und der Hebeseile **4** verursachte Ausgleich automatisch gelöst. Mittels einer spezifischen logischen Steuerung, die jeden Hilfsantrieb **10** steuert, werden die an jedem Hilfsseil **12** ausgeübten Kräfte auf der Grundlage der oben angegebenen Variablen in einer solchen Weise gesteuert, dass das Hebegerischir **7** und die daran aufgehängte Last nicht schaukeln oder schwingen können. Es ist nicht notwendig, die Hilfsantriebe **10** vollständig symmetrisch anzuordnen, da die oben angegebene logische Steuerung in der Lage ist, die Asymmetrie zu berücksichtigen, wenn sie vorab bekannt ist.

[0021] Unter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) werden die Bewegungen des Hebegerischirs **7** und der daran be-

festigten Last erfindungsgemäß wie nachfolgend angegeben gesteuert.

[0022] Eine Instruktion T_{stat} für ein statisches Drehmoment wird antriebspezifisch für jeden Hilfsantrieb **10** mittels einer separat angeordneten logischen Rückkopplungssteuerschaltung C berechnet, die sich beispielsweise auf eine aus dem FI-Patent 101 466 bekannte Schaltung beziehen kann, die eine Kraftsteuereinrichtung und einer Geschwindigkeitssteuereinrichtung aufweist und in der die Instruktion T_{stat} für ein statisches Drehmoment auf der Grundlage des Referenzwertes F_{ref} der Seilkraft in jedem Hilfsantrieb **10**, der Messdaten der Seilkraft F_{rope} und der Umlaufgeschwindigkeit n des Hilfsantriebs **10** berechnet wird. Die Seilkraft F_{rope} eine Information darstellen, die mittels eines geeigneten Wiegesensors gemessen wird, oder die Seilkraft kann aus dem tatsächlichen Wert des Drehmoments berechnet werden, das durch die Motorsteuereinrichtung (beispielsweise einen Frequenzwandler) in dem Hilfsantrieb **10** bestimmt wird, wie unten dargestellt wird. Die Umlaufgeschwindigkeit n zeigt ihrerseits, die die Last aus ihrer Gleichgewichtsstellung schaukelt. Das Einstellen des Referenzwertes F_{ref} der Seilkraft wird im Detail in dem oben angegebenen Patent beschrieben und daher in diesem Zusammenhang nicht detaillierter beschrieben.

[0023] Zu dieser Instruktion T_{stat} für ein statisches Drehmoment, die in einer zuvor bekannten Weise erhalten wird, wird die antriebspezifische Instruktion $T_{\text{dyn,calc}}$ für ein dynamisches Drehmoment gemäß der Erfindung hingefügt, d.h. ein dynamischer Optimalwertsteuerungsausdruck, der unter Verwendung einer dynamischen Optimalwertsteuerungsschaltung D aus der Änderung der berechneten Umlaufgeschwindigkeit n_{calc} jedes Hilfsantriebs **10** berechnet wird. Die antriebspezifische Instruktion T_{control} für ein Drehmoment, mittels der die Steuerung des Hebegeris **7** und der daran befestigten Last durchgeführt werden kann und die für die Motorsteuereinrichtung in jedem Hilfsantrieb **10** vorgesehen ist, ist die Summe der Instruktion T_{stat} für ein statisches Drehmoment und der Instruktion $T_{\text{dyn,calc}}$ für ein dynamisches Drehmoment.

[0024] Der dynamische Optimalwertsteuerungsausdruck $T_{\text{dyn,calc}}$ wird vorzugsweise mit der folgenden Formel berechnet:

$$T_{\text{dyn,calc}} = b \times J \times d/dt(n_{\text{calc}}),$$

wobei

b ein Maßstabsfaktor von Einheiten ist,

J ein Trägheitsmassenparameter des Hilfsantriebs **10** ist und

$d/dt(n_{\text{calc}})$ die Änderung der berechneten Geschwindigkeit des Hilfsantriebs **10** (gleichzeitig die gewünschte Geschwindigkeitsänderung, insbesondere wenn eine Lage gewechselt wird) ist.

[0025] Die positive Wirkung der Optimalwertsteuerung zur Steuerung des Hebegeris **7** und der Last findet zusätzlich zu der Änderung der Lagen der Hilfsseile **12** statt, die auch dargestellt ist, wenn die Hebebewegung beschleunigt oder verzögert wird und wenn sich das Hebegeris **7** und die Last in einer hohen Stellung befinden (bei der alle Seile kurz sind), wodurch die Hilfsantriebe **10** ihre Geschwindigkeit ebenfalls schnell ändern müssen.

[0026] Die Kraft, die die Last jedes Hilfsseils **10** anhebt, wird für das Wiegen der Last benötigt. Da das zusätzliche dynamische Drehmoment $T_{\text{dyn,calc}}$, das durch die dynamische Optimalwertsteuerung geliefert wird, manchmal hoch ist, um die Trägheitsmassen des Hilfsantriebs **10** zu beschleunigen, liefert die statische Umwandlung aus den Drehmomentdaten T_{act} , die durch die Motorsteuereinrichtung für die Seilkraft F_{rope} geliefert wird, eine inkorrekte Information über die Seilkraft.

[0027] Dieses Problem kann in Übereinstimmung mit der in [Fig. 6](#) dargestellten Formel in einer solchen Weise gelöst werden, dass dann, wenn die Seilkraft F_{rope} des Hilfsseils **10** berechnet wird, das erhaltene dynamische Drehmoment $T_{\text{dyn,act}}$, das für die Beschleunigung der Schwungräder benötigt wird, von dem durch die Motorsteuereinrichtung berechneten Motordrehmoment T_{act} abgezogen, wodurch das erhaltene statische Drehmoment $T_{\text{dyn,act}}$, das die Seilkraft F_{rope} dargestellt, aufrechterhalten bleibt.

[0028] Die Seilkraft F_{rope} kann somit mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$F_{\text{rope}} = k \times (T_{\text{act}} - b \times J \times d/dt(n_{\text{act}}),$$

wobei

b ein Maßstabsfaktor von Einheiten ist,

n_{act} die gemessene Umlaufgeschwindigkeit des Hilfsantriebs **10** ist (oder $d/dt(n_{\text{act}})$ die gemessene Beschleunigung für den Hilfsantrieb ist),

J ein Trägheitsmassenparameter des Hilfsantriebs **10** ist,

k ein konstanter Umwandlungsfaktor ist,

T_{act} der Datenwert des erhaltenen Drehmoments des Hilfsantriebs **10** ist.

[0029] Die erhaltene Seilkraft F_{rope} muss auch in eine vertikale und in eine horizontale Kraftkomponente aufgeteilt werden, um der vertikalen Komponente, die die Bestimmung der Last beeinflusst, Rechnung zu tragen.

[0030] Die Beschreibung der obigen Erfindung dient nur dazu, das erfindungsgemäße Verfahren mittels einer bevorzugten Ausführungsform darzustellen. Ein Fachmann ist jedoch in der Lage, das Verfahren in einem weiteren Sinn innerhalb des Umfangs der beigefügten Ansprüche anzuwenden. Daher kann

das gleiche Verfahren bei dem in dem FI-Patent 101 466 dargestellten Kran verwendet werden, obwohl bei diesem die Last in geeigneter Weise mittels des vorbekannten Verfahrens gesteuert wird. Zur Realisierung der Details des Verfahrens, die innerhalb des Umfangs der Erfindung liegen, der in den Ansprüchen definiert ist, gibt es zahlreiche praktische Alternativen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung des Schaukelns und Schwingens eines Hebegerisss bei einem Kran und der daran befestigten Last, wobei der Kran umfasst:

eine Laufkatze (1),
Hebeantriebe (2), die mit Hebetrommeln (3) ausgestattet sind, die an der Laufkatze (1) angeordnet sind, Hebeseile (4), die an den Hebetrommeln (3) angeordnet sind und an denen das Hebegerisss (7) von der Laufkatze (1) aus aufgehängt ist und die über Umlenkrollen (8), die am Hebegerisss angeordnet sind, zur Laufkatze zurückgeführt sind, wobei das Schaukeln und Schwingen durch eine Steuereinrichtung gesteuert ist, die umfasst: vier Hilfsantriebe (10), die mit Seiltrommeln (11) ausgestattet sind und Motoren und Motorsteuereinrichtungen aufweisen, die an der Laufkatze (1) angeordnet sind,

Hilfsseile (12), die an den Seiltrommeln (11) der Hilfsantriebe (10) angeordnet sind, Umlenkrollen (13) für die Hilfsseile, die an dem Hebegerisss (7) angeordnet sind, über welche Umlenkrollen die Hilfsseile (12), die von den Seiltrommeln (11) der Hilfsantriebe (10) schräg laufen, zu Räumen (14) hin geführt werden, die in den Hebetrommeln (2) für die Hilfsseile angeordnet sind,

und bei welchem Verfahren die Kräfte der Hilfsseile (12), die an dem Hebegerisss (7) ausgeübt werden, durch Bewegen der Hilfsseile unter Verwendung der Hilfsantriebe (10) mit Hilfe von Drehmomentinstruktionen (T_{control}) gesteuert werden, die auf der Grundlage der Seilkräfte (F_{rope}) der Hilfsseile und Umlaufgeschwindigkeitsdaten (n) der Hilfsantriebe unter Verwendung einer logischen Schaltung (C) erhalten werden, die das Zurverfügungstellen und Aufrechterhalten der gewünschten Seilkräfte gestattet und die Umlaufbewegung und den Widerstand des Schwingens der Motoren in den Hilfsantrieben steuert,

dadurch gekennzeichnet, dass die Drehmomentinstruktion (T_{control}) der Motorsteuereinrichtungen in jedem Hilfsantrieb (10) antriebspezifisch als Summe aus einem statischen Ausdruck (T_{stat}) und einem dynamischen Ausdruck ($T_{\text{dyn,calc}}$) der Seilkraft gebildet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die statische Drehmomentinstruktion (T_{stat}) auf der Grundlage eines Referenzwertes (F_{ref}) der Seilkraft in dem Hilfsantrieb (10), der Messdaten

der Seilkraft (F_{rope}) und der Umlaufgeschwindigkeit (n) des Hilfsantriebs (10) berechnet wird und die dynamische Drehmomentinstruktion ($T_{\text{dyn,calc}}$), die den dynamischen Optimalwertsteuerausdruck darstellt, aus der Änderung berechnet wird, die bei der berechneten Umlaufgeschwindigkeit (n_{calc}) jedes Hilfsantriebs auftritt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der dynamische Optimalwertsteuerausdruck ($T_{\text{dyn,calc}}$) mit der folgenden Formel berechnet wird:

$$T_{\text{dyn,calc}} = b \times J \times d/dt(n_{\text{calc}}),$$

wobei

b ein Maßstabsfaktor von Einheiten ist,

J ein Trägheitsmassenparameter des Hilfsantriebs (10) ist und

$d/dt(n_{\text{calc}})$ die Änderung der berechneten Geschwindigkeit des Hilfsantriebs (10) ist, die die gewünschte Geschwindigkeitsänderung darstellt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dann, wenn die Seilkraft jedes Hilfsseiles (12) berechnet wird, das dynamische Drehmoment ($T_{\text{dyn,act}}$), das für die Beschleunigung der Schwungradmasse benötigt wird, von dem Motordrehmoment (T_{control}) abgezogen wird, das durch die Motorsteuereinrichtungen berechnet wird, in welchem Fall das statische Drehmoment ($T_{\text{stat,act}}$), das die Seilkraft (F_{rope}) repräsentiert, aufrechterhalten wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Seilkraft (F_{rope}) mit der folgenden Formel berechnet wird:

$$F_{\text{rope}} = k \times (T_{\text{act}} - b \times J \times d/dt(n_{\text{act}}),$$

wobei

b ein Maßstabsfaktor von Einheiten ist,

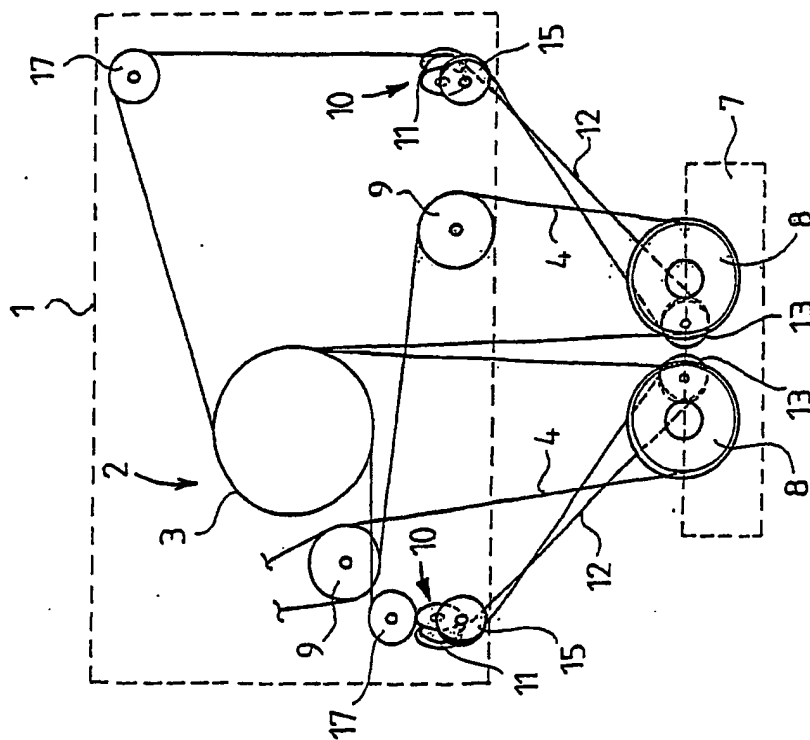
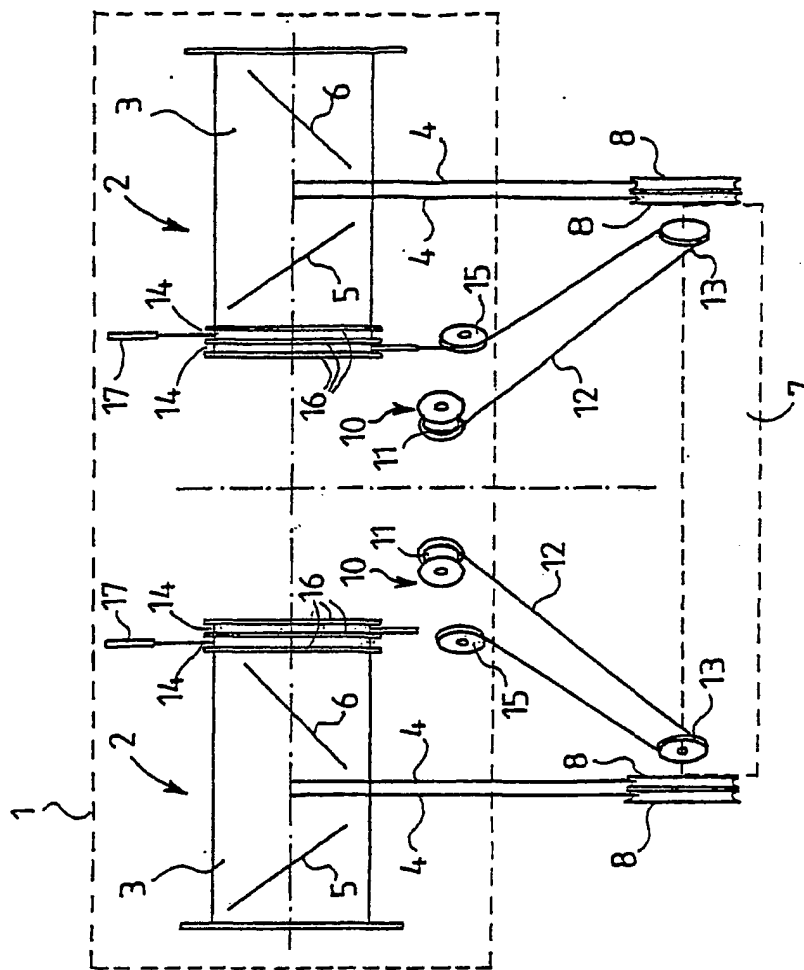
n_{act} die gemessene Umlaufgeschwindigkeit des Hilfsantriebs (10) ist und $d/dt(n_{\text{act}})$ die gemessene Beschleunigung des Hilfsantriebs ist,

J ein Trägheitsmassenparameter des Hilfsantriebs (10) ist,

k ein konstanter Umwandlungsfaktor ist,

T_{act} der Datenwert des implementierten Drehmoments des Hilfsantriebs (10) ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen



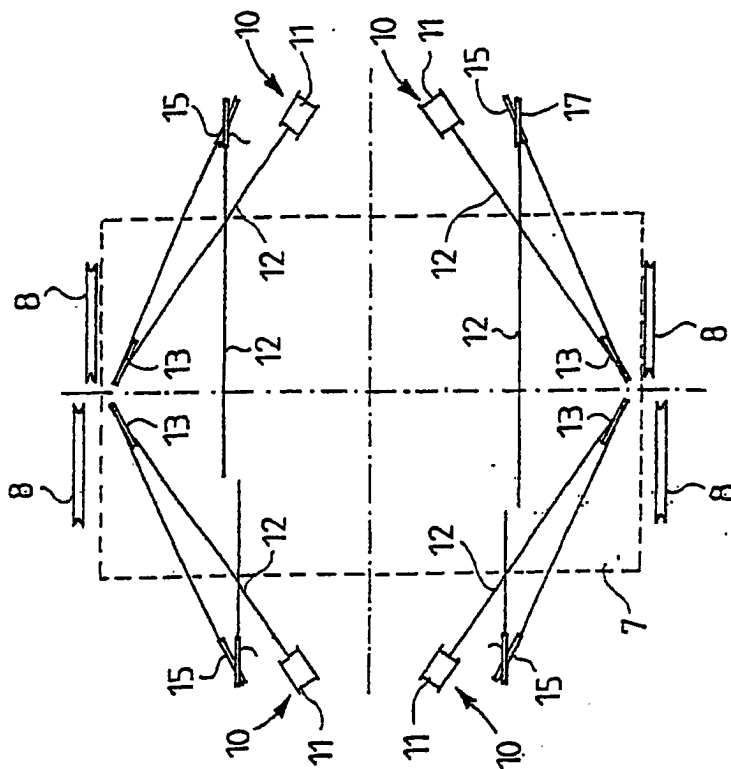


FIG. 3

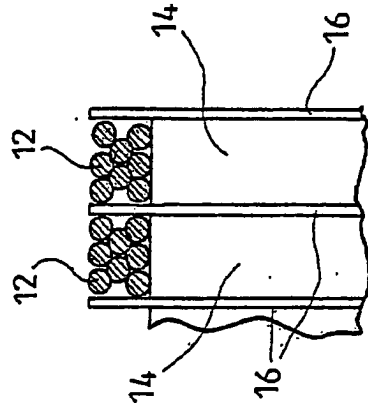


FIG. 4

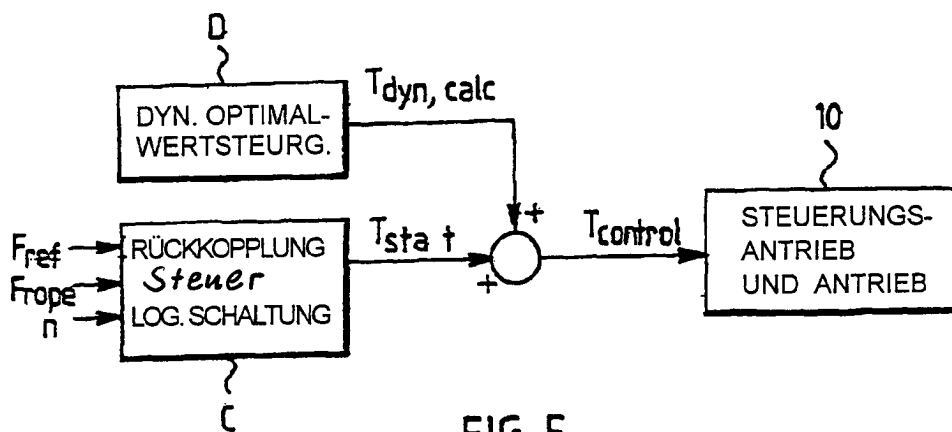


FIG. 5

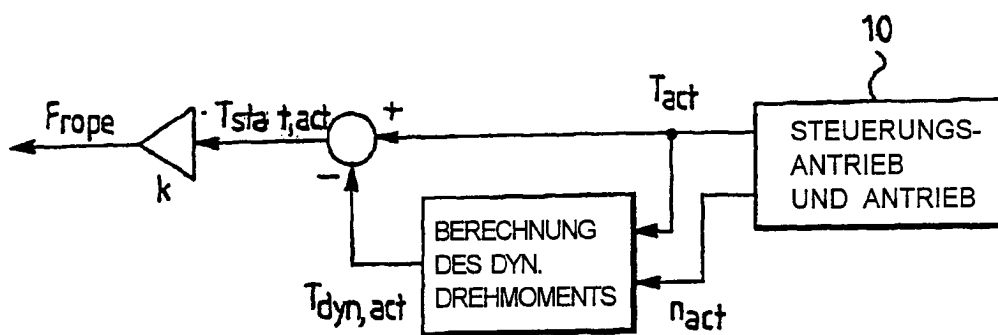


FIG. 6