



REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: **AT 409 693 B**

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 348/2001
(22) Anmeldetag: 05.03.2001
(42) Beginn der Patentdauer: 15.02.2002
(45) Ausgabetag: 25.10.2002

(51) Int. Cl.⁷: **H02P 6/04**
B66F 9/24, 23/16

(56) Entgegenhaltungen:
DE 2819256A1 US 4928051A JP 5294215A
EP 734993A1

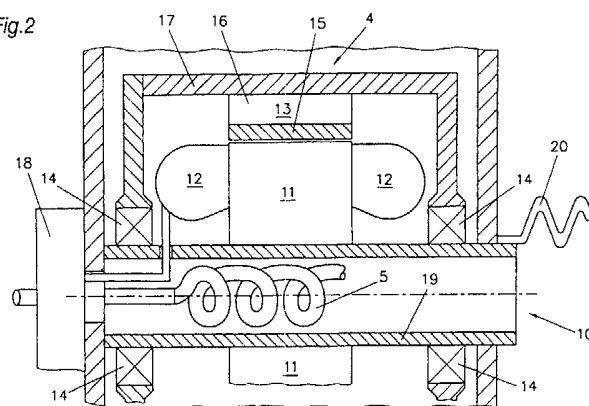
(73) Patentinhaber:
SCHRÖDL MANFRED DIPL.ING. DR.
A-7223 SIEGGRABEN, BURGENLAND (AT).
(72) Erfinder:
SCHRÖDL MANFRED DIPL.ING. DR.
SIEGGRABEN, BURGENLAND (AT).

(54) ELEKTRISCHER ANTRIEB

AT 409 693 B

(57) Die Erfindung betrifft einen elektrischer Antrieb für mindestens zwei Bewegungselemente (10), die zueinander eine, vorzugsweise translatorische, Bewegung ausführen. Jedes Bewegungselement (10) ist mit einer elektrischen linear oder rotorisch wirkenden Maschine (4) versehen. Eine Weitergabe der Relativbewegung zwischen Stator (11) und Rotor (13) der elektrischen Maschine (4) erfolgt über eine mechanische Funktionseinheit zum nächsten Bewegungselement (10) als Relativbewegung zwischen benachbarten Bewegungselementen (10), so daß die Bewegung des letzten Bewegungselementes (10) gegenüber dem ersten Bewegungselement (10) aus der vektoriellen Summe der Teilbewegungen der einzelnen Bewegungselemente (10) besteht. Die elektrischen Maschinen (4) für die Bewegungselemente (10) sind über mindestens einen Umrichter (3) gespeist. Mindestens zwei Bewegungselemente (10) sind als teleskopartig ineinander verschiebbare Rohre (19) ausgeführt, wobei die elektrischen Maschinen (4) im Innenteil des Rohres (19) angeordnet sind und als Außenläufer ausgeführt sind.

Fig.2



Die Erfindung betrifft einen elektrischen Antrieb für mindestens zwei Bewegungselemente, die zueinander eine, vorzugsweise translatorische, Bewegung ausführen.

Es ist an sich bekannt, derartige Bewegungen über mechanische, pneumatische oder hydraulische Energien, beispielsweise aus einem Hydraulikzylinder, durchzuführen. Diese Art des Antriebes haben sich insbesondere bei Kranantriebssystemen, wie sie bei Ladekränen üblicher Bauart verwendet werden, durchgesetzt. Ein Nachteil dieser Antriebe besteht darin, daß durch die Verwendung von Hydrauliköl Probleme mit der Dichtheit, der Entsorgung und damit eine chemische Umweltgefährdung gegeben sind.

Es ist aber auch aus der DE 28 19 256 A1 eine Verstelleinrichtung samt Steuerung bekannt, die für einen als Zusatzgerät an einen Lastkraftwagen-Ladekran montierbaren Korb zur Aufnahme von Personen Verwendung findet. Neben hydraulischen Antrieben wird auch eine Variante eines elektromechanischen Antriebs für den Korb vorgeschlagen. Dieser elektromechanische Antrieb besteht aus einem Elektromotor, welcher Hilfsmittel zum Eingriff in eine Zahnstange oder eine Spindel antreibt. Nachteilig dabei ist, daß zwei parallele Energiesysteme nebeneinander existieren.

Ferner ist aus der US 4 928 051 A ein Elektromotor bekannt, welcher als Schrittmotor oder als Synchronmotor mit variabler Geschwindigkeit oder als Induktionsmotor mit variabler Geschwindigkeit betrieben werden kann. Dieser Motor arbeitet mit einem Rotor und einem Stator, welche beide mit polyphasigen Windungen bestückt sind.

Weiters ist aus der JP 5 294 215 A ein Stützfuß für einen Lastkraftwagen bekannt. Dieser ist teleskopierbar und wird über einen Elektromotor, welcher ein Ritzel antreibt, welches in eine flexible Gewindestange eingreift, ein- und ausgefahren.

Aus der EP 734 993 ist ein Drehantrieb für den Ausleger eines Drehkranes bekannt. Dieser Drehantrieb setzt sich im wesentlichen aus einem Elektromotor mit einer Steuer- und Regeleinrichtung zusammen. Ziel dieser Anordnung ist es, eine möglichst gleichförmige Drehbewegung mit wählbarer Drehgeschwindigkeit des Auslegers zu ermöglichen.

Sämtliche bekannte Systeme haben den Nachteil, daß sie nicht mehrere robuste Elektromotoren zur Erzeugung kombinierbarer Bewegungsabläufe verwenden.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen elektrischen Antrieb der eingangs genannten Art zu schaffen, der einerseits die Nachteile der oben aufgezeigten Systeme vermeidet und der andererseits einen guten Wirkungsgrad sowie eine raschere und präzisere Reaktionsmöglichkeit, bei einer wirtschaftlichen Machbarkeit, aufweist.

Die Aufgabe wird durch die Erfindung gelöst.

Der erfindungsgemäße elektrische Antrieb ist dadurch gekennzeichnet, daß jedes Bewegungselement mit einer elektrischen linear oder rotorisch wirkenden Maschine versehen ist, daß eine Weitergabe der Relativbewegung zwischen Stator und Rotor der elektrischen Maschine über eine mechanische Funktionseinheit zum nächsten Bewegungselement als Relativbewegung zwischen benachbarten Bewegungselementen erfolgt, so daß die Bewegung des letzten Bewegungselementes gegenüber dem ersten Bewegungselement aus der vektoriellen Summe der Teilbewegungen der einzelnen Bewegungselemente besteht. Mit der Erfindung ist es erstmals möglich, unter Verwendung von möglichst vielen bewährten Elementen, insbesondere Kranelementen, einen Antrieb herzustellen, der eine selektive Leistungszufuhr, beispielsweise eine Drehmomenten-, Drehzahl und/oder Lageregelung, aufweist. Ein derartiger Antrieb mit einer zitierten Regelung ist insbesondere für Teleskopantriebe geeignet. Vorteilhaft dabei ist auch, daß intelligente Funktionen, wie beispielsweise Statistik, Informationen für den Betreiber oder dergleichen, realisierbar sind.

Der Kern der Erfindung liegt darin, Energie aus beispielsweise einem Hydromotor oder durch Auskopplung aus dem Verbrennungsmotor mittels eines Drehstromgenerators in elektrische Energie umzuformen oder von einer elektrischen Energiequelle zu beziehen und diese an die Antriebsmotoren weiterzugeben, wo sie in eine vorzugsweise translatorische Bewegung umgeformt wird.

Nach einem besonderen Merkmal der Erfindung ist die elektrisch linear oder rotorisch wirkende Maschine eine synchron laufende Mehrphasenmaschine. Insbesondere wird man als Generator eine Drehstrommaschine, vorzugsweise eine Asynchron- oder Permanentmagnet-Synchronmaschine einsetzen. Damit ist auch gewährleistet, daß ein System ohne schleifende Kontakte zur Anwendung kommt.

Gemäß einem weiteren besonderen Merkmal der Erfindung sind die elektrischen Maschinen für die Bewegungselemente über mindestens einen Umrichter gespeist. Die Gleichspannung, die

über einen Gleichrichter aus der Generatorspannung oder von der elektrischen Energiequelle zur Verfügung gestellt und gegebenenfalls angepaßt wird, wird in eine neue Drehspannung umgeformt, die beliebige Frequenz und Amplitude haben kann. Diese neugewonnene Drehspannung wird dann selektiv den Antriebsmaschinen zugeführt. Eine optimale Steuerung der Maschinen ist die Folge.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist mindestens ein Umrichter mit mindestens zwei Motoren über elektrische Selektionsmodule selektiv energiemäßig verbunden. Da verschiedene Antriebsmotoren gleichzeitig im Einsatz sein können, wird über leistungselektronische Stellglieder, wie über entsprechende Umrichter, in verschiedene Motoren durch Multiplexbetrieb mittels einer Selektionselektronik Energie eingespeist. Damit ergibt sich die Zahl der nötigen Umrichter und Leistungs-Multiplexer im System. Eine immense Einsparung von Komponenten ist dadurch gegeben.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung gibt die mechanische Funktionseinheit die Maschinenbewegung schlupfarm, vorzugsweise schlupffrei, weiter. Dadurch ist eine genaue Positionierung der Bewegungselemente, über die elektronische Steuerung bzw. Regelung gewährleistet. Vorzugsweise ist die mechanische Funktionseinheit mit einem Selbsthemm- oder Blockiermechanismus ausgestattet.

Nach einer besonderen Weiterbildung der Erfindung ist mindestens eine der den mechanischen Zustand beschreibenden Größen, wie beispielsweise Position, Drehzahl, Beschleunigung, Kraft, Drehmoment, Leistung, eines beliebigen, vorzugsweise des letzten, Bewegungselementes aus elektrischen Größen der elektrischen Maschinen bestimmbar. Wie bereits erwähnt, können über die elektrische bzw. elektronische Ausführung des Antriebes intelligente Funktionen realisiert werden. So können spezielle Steuermodalitäten, wie beispielsweise mechanische Rotorpositionsbestimmung aus mathematischen Echtzeitmodellen unter Verwendung einfach bestimmbarer elektrischer Größen, wie Ströme oder Spannungen, einfach und betriebssicher durchgeführt werden.

Gemäß einem besonderen Merkmal der Erfindung sind mindestens zwei Bewegungselemente als teleskopförmig ineinander verschiebbare Rohre ausgeführt, wobei die elektrischen Maschinen im Innenteil des Rohres angeordnet sind und als Außenläufer ausgeführt sind. Insbesondere bei der Ausstattung von Kompaktkränen erweist sich diese Ausführung des Antriebes als äußerst vorteilhaft. Durch die konstruktive Ausgestaltung des mechanischen Teleskopantriebes ist ein Funktionsteil, beispielsweise ein Getriebe, mit dem äußeren Teil des Motormoduls verbunden. Die Außenläuferlösung bietet aber auch die Vorteile, daß keine Ausleitung des Momentes von der Welle auf den Außendurchmesser nötig ist. Ferner ist es bekannt, daß die Drehmomentenausbeute der elektrischen Maschine vom Radius des Luftspaltes abhängt, der beim Außenläufer wesentlich größer ist als beim Innenläufer.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind die innen angeordneten Statoren der elektrischen Maschinen mit einer Bohrung versehen, in der mindestens ein Energie und/oder gegebenenfalls Informationen führendes Kabel angeordnet ist. Dies ist eine Ausführung der prinzipiellen Machbarkeit einer schleiferlosen Energieführung, wie sie bei Ladekränen wünschenswert ist. Grundgedanke ist, in einer seriellen Verbindung zwischen den Motoren die Energie an alle Motoren zu führen, wobei eine lokale Selektionselektronik in der Nähe jedes Motors den Energietransport zum jeweiligen Motor auswählt oder sperrt. Damit kann auf eine Parallelführung von der Motoranzahl gleichen mehrphasigen Energiekabeln verzichtet und eine große Systemvereinfachung bewerkstelligt werden. Die Kabelführung ist im Innenrohr des Außenläufermotors realisiert. Dadurch ist die Energieführung mechanisch optimal geschützt und es tritt auch keine Gefährdung oder Störung der Umgebung die Spannungen oder EMV auf.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist die elektrische Energie von dem Energie führenden Kabel selektiv durch über einen Informationseingang schaltbare elektrische bzw. elektronische Elemente an die Statorwicklung der Maschine des betreffenden Bewegungselementes abzweigbar. Durch diese Ausgestaltung in Zusammenhang mit dem innen angeordneten Kabel ergibt sich vorteilhafterweise eine schleiferlose Energieübertragung. Ferner kann auch ein modularer Aufbau gewählt werden, der einen völligen Berührungsschutz des spannungsführenden Systems bietet. Auch in Hinblick auf die elektromagnetische Verträglichkeit ist eine unempfindliche Anordnung durch eine Vollmetallkapselung gegeben.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Information, vorzugsweise zur Steuerung der Selektionselemente, auf dem Energie führenden Kabel transportierbar. Es liegt auf der Hand, daß dadurch eigene Kabel eingespart werden, wodurch auch die Herstellkosten in einem wirtschaftlichen Bereich liegen.

Gemäß einem besonderen Merkmal der Erfindung ist bzw. sind das Kabel bzw. die Kabel wendelförmig angeordnet und besteht bzw. bestehen aus Teilabschnitten und ist bzw. sind jeweils einem Bewegungselement zuordenbar, wobei die Teilabschnitte elektrisch verbunden sind und diese Verbindungen vorzugsweise im Bereich des Eintrittes in den Rohrbereich im innen angeordneten Stator des jeweiligen Bewegungselementes vorgesehen und dort mechanisch an das betreffende Bewegungselement angebunden sind, wobei das Wendelstück im kraftmäßig entlasteten Zustand in der Bohrung des Stators zumindest weitgehend unterbringbar ist und unter Einwirkung eines mechanischen Zuges mit dem relativ zum betreffenden Bewegungselement beweglichen Ende den zugeordneten Bohrungsbereich verläßt. Damit ist gewährleistet, daß die Energie und Information auch bei einer Auseinanderbewegung benachbarter Bewegungselemente zum nächsten Bewegungselement weitergeleitet wird.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung befindet sich zur mechanischen Führung der Teilwendeln im Innenbereich der Teilwendeln eine, vorzugsweise teleskopförmige, ausziehbare, Führung, deren beide Enden an benachbarten Bewegungselementen mechanisch befestigt sind. Dadurch ist eine sichere und störungsfreie Übertragung der elektrischen Energie gewährleistet. Das Durchhängen des Kabels im ausgezogenen Zustand wird dadurch verhindert.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist an das aus den Energie führenden Kabeln gebildete Energieleitungssystem mindestens ein weiterer elektrischer Energiewandler selektiv angekoppelt, wobei beispielsweise am letzten Bewegungselement ein beliebiges elektrisches System wie eine Lampe, Pumpe, Roboter, Werkzeug, Winde o. dgl. vorgesehen ist. Vorteilhafterweise können mit einer derartigen Ausgestaltung Arbeitsgeräte, Zusatzgeräte oder weitere Systeme angespeist werden, ohne weitere Leitungen oder Kabel zu verlegen.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung besteht das Energieleitungssystem zum elektrischen Energietransport aus mindestens zwei unabhängig betreibbaren Teilsystemen, mechanisch vorzugsweise in einem gemeinsamen mehradrigen Kabel, so daß mindestens zwei unabhängig steuerbare elektrische Energieverbraucher, vorzugsweise elektrische Maschinen von Bewegungselementen, gleichzeitig betreibbar sind. Auch diese Ausführungsvariante bringt eine einfache und sichere Energieführung und ist außerdem platzsparend. Sie ermöglicht ein gleichzeitiges Betreiben von mindestens zwei unabhängigen Energieverbrauchern. Dadurch kann beispielsweise die Ablöse eines Bewegungselementes durch ein anderes bei kontinuierlichem Bewegungsablauf durchgeführt werden.

Gemäß einem besonderen Merkmal der Erfindung sind die elektrischen Maschinen entsprechend der Energierichtung sowohl als Motoren als auch als Generatoren betreibbar. Dadurch kann Energie in den Zwischenkreis zurückgeliefert werden, beispielsweise wenn der Antrieb eine absenkende Bewegung steuert. Der Stromfluß im Bereich des beteiligten Zwischenkreiskondensator kehrt sich um, so daß der Zwischenkreiskondensator geladen wird. Der eleganteste Fall tritt auf, wenn beispielsweise ein Antrieb Leistung rückliefert und ein anderer Leistung verbraucht. Dann wird automatisch der Leistungsfluß von einem in den anderen Antrieb durch geeignete Steuerung der Umrichter umgeleitet. Dies ist ein Vorteil eines gemeinsamen Zwischenkreises.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist die generatorische Energie über den Weg des Umrichters in elektrische Energieverbraucher umleitbar. Dadurch ist auch im Betrieb eine Energieeinsparung möglich.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird die generatorische Energie zumindest teilweise in einer Statorwicklung von mindestens einer über den Umrichter verbundenen elektrischen Maschine durch entsprechende Ansteuerung in Wärme umgewandelt. Es ist auch denkbar, für kurze Zeit bei Anfall von generatorischer Energie aus dem Kran die im Moment nicht verwendeten Motoren als Bremswiderstand zu verwenden, indem die zugehörigen Umrichter Strom, der nicht drehmomentbildend sein sollte, in die Statorwicklungen der erwähnten Motoren leiten.

Nach einem weiteren besonderen Merkmal der Erfindung bewegt zur Positionsinitialisierung mindestens eines Bewegungselementes die dem Bewegungselement zugeordnete elektrische Maschine das Bewegungselement gegen einen Nullpositionsdetektor, vorzugsweise einen mecha-

nischen Anschlag.

Dadurch kann beispielsweise in der Initialisierungsphase ein Einfahren der einzelnen Antriebe gegen einen Anschlag mit Drehmomenterkennung erfolgen, worauf eine Abschaltung und Nullpositionsdefinition durchgeführt wird.

5 Gemäß einem weiteren besonderen Merkmal der Erfindung ist mindestens eine elektrische Maschine mit einem mechanisch sensorlosen Verfahren betreibbar. Die Antriebsaufgabe erfordert eine hochdynamische Motorregelung mit hohem Anzugsmoment. Dies ist durch das Konzept der sogenannten feldorientierten Regelung, auch als Vektorregelung bezeichnet, der Drehstrommaschine möglich. Normalerweise ist für diese Regelaufgabe ein Lagesensor auf der Motorwelle
10 nötig. Der Anmelder hat zu diesem Zweck das sogenannte INFORM-Verfahren entwickelt, das eine sensorlose Regelung bis zum Stillstand ermöglicht (Vgl. Zeitschrift Elektrotechnik & Informationstechnik, Vorwort sowie Artikel "Sensorlose Drehzahl- und Lageregelung von Permanentmagnetmaschinen auf Basis des INFORM-Verfahrens").

Nach einem besonderen Merkmal der Erfindung ist dieser elektrische Antrieb in ein Auslegerantriebssystem eines elektrisch betriebenen Kranes integriert. Für eine derartige Anwendung hat sich der erfindungsgemäß aufgezeigte Antrieb hervorragend geeignet.

Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung bildet dieser erfindungsgemäße Antrieb ein Antriebssystem eines elektrisch betriebenen Manipulationssystems wie Roboter, Positioniersystem, Bahnsteuerungssystem u.dgl. Auch bei derartigen Anwendungsfällen hat der Antrieb äußerst gute
20 Ergebnisse erzielt.

Die Erfindung wird an Hand von Ausführungsbeispielen, die in der Zeichnung dargestellt sind, näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 die Basisstruktur der Schaltungsanordnung eines elektrischen Antriebes,
25 Fig. 2 einen Schnitt durch eine elektrische Maschine,
Fig. 3 und 4 einen Schnitt bzw. eine Seitenansicht der Energiekabelführung,
Fig. 5 einen Schnitt durch die Führung von teleskopartig aneinandergesetzten Bewegungselementen und

Fig. 6 eine Struktur der Motor- und Umrichterkomponenten eines elektrischen Antriebes für
30 einen Ladekran.

Einführend sei festgehalten, daß in dem beschriebenen Ausführungsbeispiel gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen sind, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der
35 Beschreibung gewählten Lageangaben wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebenen so wie dargestellten Figuren bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiters können auch Einzelmerkmale aus dem gezeigten Ausführungsbeispiel für sich eigenständige, erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

Gemäß der Fig. 1 wird der Grundgedanke, mechanische rotatorische Energie, über die Drehbewegung - angedeutet mit dem Pfeil 1 - beispielsweise aus einem Hydromotor oder durch Auskopplung aus dem Verbrennungsmotor mittels eines Generators 2, insbesondere eines Drehstromgenerators, in elektrische Energie umzuformen und diese über einen Umrichter 3 an die elektrischen Maschinen 4, also an die Antriebsmotoren, weiterzugeben, wo sie in eine translatorische Bewegung umgeformt wird. Als Anwendungsbeispiel kann ein Ladekran eines Lastkraftwagens in
45 Betracht kommen.

Der Generator 2, vorzugsweise als Drehstrommaschine, insbesondere als Asynchronmaschine oder Permanentmagnet-Synchronmaschine gebaut, erzeugt Drehspannung, die über einen Gleichrichter in Gleichspannung umgeformt wird.

Diese Gleichspannung wird in einem Wechselrichter in eine neue Drehspannung umgeformt, die beliebige Frequenz und Amplitude haben kann. Gleichrichter und Wechselrichter bilden vorzugsweise den Umrichter 3. Diese neu gewonnene Drehspannung wird dann selektiv den Maschinen 4 zugeführt.
50

Die geometrisch optimale Anordnung aus der Sicht der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) besteht in einer möglichst nahen Anordnung von Generator 2, Umrichter 3 und dem Teleskopsystem, idealerweise in einem am Teleskopsystem EMV-dicht angeordneten Block. Voraus-
55

setzung kann ein hydraulisches Antriebssystem sein, das die Generator-Antriebsenergie zum Block transportieren kann. Alternativ kann der Generator 2 vom Umrichter 3 geometrisch getrennt sein. So kann beispielsweise der Generator 2 am Motorblock und der Umrichter 3 am Kransystem vorgesehen sein.

Als weitere Variante kann das aus den Modulen Gleichrichter und Wechselrichter bestehende Umrichtersystem geometrisch auf verschiedene Arten angeordnet sein.

Variante a): Gleichrichter am Generator 2, Wechselrichter am Kran, Übertragung der elektrischen Energie von Generator 2 zum Kran als Gleichspannung.

Variante b): Gleich- und Wechselrichter am Kran, Übertragung der elektrischen Energie vom Generator 2 zum Kran als Wechselspannung.

Variante c): Gleich- und Wechselrichter am Generator 2: Diese Variante ist aber voraussichtlich nicht zu empfehlen, da der EMV-Aufwand durch notwendige Schirmmaßnahmen der Energieübertragung zum Kran aufwendig sein kann.

Die verwendeten Ausführungen sind auch von der Antriebsdrehzahl des Generators 2 abhängig. Ist die Drehzahl etwa konstant, beispielsweise durch einen drehzahlregelmäßigten Hydromotor, so kann der Gleichrichter als einfache Diodenbrücke ausgeführt werden. Schwankt die Drehzahl aber in einem weitem Bereich, beispielsweise die Drehzahl ist an eine Brennkraftmaschine gekoppelt, die ihrerseits drehzahlmäßig während des Kranbetriebs stark schwanken kann, so ist für einen optimalen Kranbetrieb ein steuerbarer Gleichrichter nötig. Ferner sind auch Varianten als Hoch- oder Tiefsetzer möglich.

Auch das Spannungsniveau des elektrischen Systems bedarf einiger Überlegungen. Betreffend die Bauteil- und Leitungsauslegung ist ein Niveau von 350 oder 600 V zu bevorzugen. Der Vorteil dieser Spannungsniveaus sind die verfügbaren Leistungsbaulemente, beispielsweise IGBT-Transistoren, aus der Industrie, die mit 230V- bzw. 400V-Netzen arbeiten bzw. der Elektrotraktion, die 600 V und 750 V Gleichspannungsnetze bei Nahverkehrsbahnen verwenden. Vorteilhaft für die Bauteilauslegung ist die hohe Verfügbarkeit, die geringen Stückkosten und die hohe Zuverlässigkeit. Das Kranteleskopmaterial sollte nach Möglichkeit einen metallischen EMV-dichten Schirm, also einen Faraday-Käfig, bilden, wodurch das Umrichterspannungsniveau und die scharf geschalteten Flanken der Wechselrichter-Ausgangsspannung keine EMV-Störungen außerhalb des Teleskopanordnung bilden und überschaubare Sicherheitsmaßnahmen nach sich ziehen. 42 V - Systeme, wie sie in zukünftigen Kraftfahrzeugen eingesetzt werden, sind ebenfalls einsetzbar, haben aber hohe Ströme von etwa 500 A bei 20 kW Systemen zur Folge.

Ein großer Vorteil des elektrischen Antriebes für ein Kranantriebssystem ist die Möglichkeit, eine kostengünstige selektive Motoransteuerung zu realisieren. Die einfachste Ausführung ist eine Parallelführung von Energiekabel und Informationsleitungen.

Die Variante, daß jeder Maschine 4 ein eigener Umrichter 3 zugeordnet wird, scheidet wahrscheinlich aus Kostengründen aus.

Praxisnahe ist die Variante, daß an den Generator 2 ein einziger Umrichter 3 angeschlossen wird, dessen elektrischer Ausgang über ein Energiekabel 5 an jede Maschine 4 parallel geführt ist. Jedem Maschineneingang ist vor Ort ein Schalter 6 vorgeschaltet, der aus einem Halbleiterschalter wie einem TRIAC oder einem mechanischen Schalter wie einem Relais, bestehen kann. Diese Schalter 6 werden über eine Adressdekodierschaltung 7 angesteuert. Dabei wird jeder Maschine 4, also jedem Antriebsmotor, eine Adresse zugeordnet. Die Informationskabel 8 werden von der Umrichtersteuerung 9 mit Maschinen-Adressinformation parallel mit dem Energiekabel 5 zu den Maschinen 4 geführt und dadurch jeweils nur eine Maschine 4 ausgewählt. Diese Strategie ist möglich, weil im Kranbetrieb gleichzeitig nur ein Motor in Betrieb ist. Diese Selektionselektronik ist wesentlich billiger als einzelne Umrichter 3.

Die Maschinen 4 für den Antrieb der Teleskope eines Ladekranes sollen folgende Eigenschaften aufweisen:

- hohes Start- und Dauermoment
- höchstens einminütige hohe Überlastbarkeit
- Möglichkeit zum sensorlosen Betrieb
- Möglichkeit zur laufenden Rotorpositionserfassung einschließlich Wegschätzung
- Hoher Wirkungsgrad
- Geringes Bauvolumen bzw. hohe Drehmomententwicklung pro Volumen

- Wartungsfreiheit
- Geringe Kosten

Diese Bedingungen erfüllt am optimalsten eine Permanentmagnet-Synchronmaschine. Es können aber grundsätzlich auch Gleichstrom-, Asynchron- oder elektrisch erregte Synchron-Maschinen eingesetzt werden.

Dieses Antriebskonzept erfordert eine hochdynamische Maschinenregelung mit hohem Anzugsmoment. Dies ist durch die sogenannte feldorientierten Regelung, also einer Vektorregelung, der Drehstrommaschine möglich. Normalerweise ist für diese Regelaufgabe ein Lagesensor auf der Motorwelle nötig. Wie bereits in der Beschreibungseinleitung erwähnt, ist aber eine sensorlose Regelung bis zum Stillstand möglich und auch bekannt.

Ein großer Vorteil dieses elektrischen Antriebskonzeptes ist die Möglichkeit der Erfassung der Kranspitzenposition. Für diesen Zweck wird die absolute Rotorposition einer jeden Maschine 4 mathematisch erfaßt. Gemeinsam mit dem sehr schlupffarmen bzw. schlupffreien Getriebe wird die Kranspitzenposition mit guter Genauigkeit auf mathematischem Wege ermittelt. Dabei wird ein selbsthemmendes Getriebe in jedem Teleskopmodul vorausgesetzt, was aufgrund der nicht angesteuerten drehmomentlosen Motoren jedenfalls nötig ist. Als "Nullpositionserkennung" wird dabei der Zustand "Alle Teleskopmotoren voll eingefahren" verwendet. Dabei wird bei jedem Rückfahren des Krans der Zustand "Teleskop des momentan aktiven Motors eingefahren" festgestellt, vorzugsweise durch Rückfahrt gegen einen Anschlag mit definiertem Drehmoment. Dies ist möglich, weil das Maschinenregelkonzept den Anstieg des Motordrehmoments bei Berührung des Anschlages innerhalb ca. einer Millisekunde erkennt und einen hochdynamischen Momentenabwurf innerhalb weniger Millisekunden ermöglicht. Von dieser Nullposition aus wird dann der Kranweg mitgerechnet. Bei jedem Einfahren eines Teleskopteils wird dessen Nullposition exakt durch Fahrt gegen den Anschlag mit definiertem Moment erneut festgestellt, so daß sich kein aufintegrierter Fehler ergibt.

Gemäß der Fig. 2 ist die elektrische Maschine im Schnitt dargestellt. Durch die mögliche konstruktive Gestaltung eines mechanischen Teleskopantriebes für einen Ladekran rotiert ein Funktionsblock als Innenteil eines Getriebes. Daraus folgt, daß der äußerste Teil des Motormoduls rotiert. Damit bietet sich eine Außenläuferlösung aus mehreren Gründen an:

- Erstens erspart der Außenläufer gegenüber dem Innenläufer die konstruktive Ausleitung des Moments von der Welle auf den Außendurchmesser.
- Zweitens hängt die Drehmomentausbeute der elektrischen Maschine 4 vom Radius des Luftspaltes ab, welcher beim Außenläufer wesentlich größer als beim Innenläufer ist.

Die elektrische Maschine 4 ist auf einem Bewegungselement 10 derart angeordnet, daß der Stator 11 mit der Statorwicklung 12 am Außenumfang des Rohres 19 vorgesehen ist. Der Rotor 13 der elektrischen Maschine 4 ist über Lager 14 ebenfalls am Rohr 19 drehbar befestigt.

Die Energieweiterleitung erfolgt im stillstehenden Rohr 19 des Bewegungselementes 10, wie noch später näher beschrieben wird. Der Rotor 13 bzw. der Außenläufer trägt an die Magnete 15 nach außen anschließend das Rückschlussjoch 16 und darüber ein rotierendes, auf der Hohlwelle gelagertes Gehäuse 17, das an seiner Außenseite das hochuntersetzende Getriebe trägt. Der Stator 11 ist klassisch genutet aufgebaut, wobei die Energiezufuhr zu der Statorwicklung 12 über eine durch die Hohlwelle verlaufende Verbindung von der Adressauswahlelektronik 18 an der Teleskopstirnseite erfolgt. Die Adressauswahlelektronik 18, als Elektronikmodul, an der Stirnseite dekodiert die Teleskopadresse und schaltet, beispielsweise über Triac, die Energiezufuhr gegebenenfalls an die Maschine 4 weiter.

Das Rohr 19 in der Teleskopachse kann mit dem nächsten über ein dehnbares Zwischenstück 20 verbunden sein, so daß für die Kabelführung eine rohrförmige Führung variabler Länge entsteht. Das Energiekabel 5 ist an jedem Teleskopeingang mit dem Elektronikmodul verbunden.

Gemäß der Fig. 3 und 4 wird die Führung des Energiekabels 5 näher aufgezeigt. Für einen zuverlässigen Betrieb ist ein schleiferloses Energietransportsystem zwischen dem Umrichter 3 und den Maschinen 4 wichtig. Es wird ein dehnbares Energiekabel 5 verwendet, das aus dehnbaren, beispielsweise spiralig, aufgebauten Kabelementen 21 besteht, wobei jedes Kabelement 21 einem Bewegungselement 10, also einem Teleskopteil oder Führungselement 22, zugeordnet ist. Am Beginn des Teleskopteils beim Abzweigpunkt ist jedes Kabelement 21 in der Adressenauswahlelektronik 18 befestigt, wobei die Adressenauswahlelektronik 18 am Führungsrohr vorgesehen

ist. Das Datentransportsystem zur Selektion der Maschinen 4 ist vorzugsweise im gleichen Kabel integriert.

Die schleiferlose Energieführung für alle Maschinen 4 besteht in einer seriellen Verbindung zwischen den Maschinen 4, wobei eine lokale Adressenauswahlelektronik 18 in der Nähe jeder Maschine 4 den Energietransport zur jeweiligen Maschine 4 auswählt oder sperrt. Damit kann auf eine Parallelführung von der Maschinenanzahl gleichen mehrphasigen Energiekabeln 5 verzichtet und eine große Systemvereinfachung bewerkstelligt werden.

Die Kabelführung ist derart realisiert, daß die innen angeordneten Statoren 11 mit einer Bohrung versehen sind, in der das Rohr 19 des Außenläufermotors eingesetzt ist. Als Beispiel wird ein Durchmesser von 150 mm angenommen. Das Energiekabel 5 ist wendelförmig ausgeführt. Aufgrund des größeren Wendeldurchmessers kann ein dickeres Kabel ausgeführt werden. Es wird deshalb ein Kabeldurchmesser von 15 mm unterstellt. Nimmt man eine Länge des Maschinenelements von 250 mm an, so können in einem Rohrstück von 250 mm Länge ca. 14 Kabelwindungen realisiert werden. Eine Windungslänge beträgt ca. $135 \times 3,14 \text{ mm} = \text{ca. } 420 \text{ mm}$, so daß bei 14 Windungen eine Brutto-Kabellänge von 6 Metern untergebracht werden kann. Unterstellt man eine zulässige Wendelverlängerung durch Anlegen von Zugkraft von 50 % der Wendellänge, also 210 mm axialer Auszug, so kann dadurch bei 14 Windungen eine axiale Wendelgesamtlänge von 3 Metern erreicht werden, was der Größenordnung eines Teleskopelements entspricht. Durch den axialen Zug wird die Wendel in ihrem Durchmesser entsprechend ca. $\cos(30^\circ)$, also ca. auf 87 % ihres ursprünglichen Durchmessers ohne axialen Zug verjüngt. Die innere Wendelführung ist also auf einen maximalen Außendurchmesser von 87 % des inneren Wendeldurchmessers (also $120 \text{ mm} \times 0,87 = 104 \text{ mm}$) auszulegen. Im Zustand des maximalen Zuges würde also die Wendel diesen Durchmesser an der Wendelinnenseite gerade berühren.

Der Vorteil eines relativ großen Durchmessers des Innenrohres ist darin zu sehen, daß ein dickeres Kabel verwendet werden kann. Weiters ist die Teleskopführung bei Bedarf mit einem hohlen Innenteil des letzten Elements auszuführen, in dem ein Seil, ein Kabel etc. in der Rotationsachse geführt werden könnte. Außerdem besteht in der motorseitigen Rohr-Stirnseite mehr Platz zur Unterbringung der Selektionselektronik, die dann nicht mehr im Maschinenraum realisiert werden bräuchte und so zusätzliches Einsparpotential für die axiale Antriebslänge bringt.

Es ist auch als Variante denkbar, das Energiekabel 5 quasi endlos durch nur eine Führung, die in ihrer Krümmung im Wesentlichen dem natürlichen Wendelverlauf entspricht, durch alle Motorelemente zu führen und nahe jeder Führung einen Parallelabzweig auf die Selektionselektronik auszuführen. Die Adressenauswahlelektronik 18 ist stirnseitig im Rohrquerschnitt angeordnet, vorausgesetzt es ist genügend Querschnitt vorhanden.

Fig. 5 zeigt einen Schnitt durch die Führung von teleskopartig aneinandergefügtten Führungselemente 22. Wenn die Führungselemente 22 teleskopartig ausgefahren werden, verläßt das wendelförmige Energiekabel 5 unter Entstehung von Zugkräften den Rohrbereich, wobei das Kabel über die ganze Länge weitgehend gleichmäßig gestreckt wird. Gleichzeitig wird das innere Teleskop in die Länge gezogen und dient in der Folge als Abstützung und Führung des Kabels auf seiner Innenseite. Das Teleskop besteht z.B. aus 12 konzentrischen Rohren, die ineinander auf einem Schiebesitz laufen. Damit kann im Falle des Vollauszugs eine Länge von ca. 2.5 Metern pro Teleskopauszug realisiert werden. Wie in der Fig. 5 dargestellt, sind die Enden der einzelnen Segmente auf der Außenseite, wo möglicherweise das Kabel berührt, abgeschrägt auszuführen, um ein Aufgleiten des Kabels beim Zusammenschieben sicherzustellen und Scheuervorgänge zu verhindern. Die axiale Gleitlagerung gegenüber dem folgenden äußeren Rohr kann mit einem kurzen abgestuften Gleitbereich (linkes Rohrende) ausgeführt werden, der gleichzeitig als Anschlag gegen eine Rückfahrsperr (z.B. Seegerring) dienen kann. Im Innenbereich dieses Gleitbereichs kann ein Seegerring als Anschlag für den nächsten innenliegenden Rohrteil ausgeführt sein. Die Gleitlagerung gegenüber dem nächstfolgenden Innenteil erfolgt an der Gegenseite unterhalb des abgeschrägten Rohrendes und wirkt gemeinsam mit dem äußeren Lager des nächstfolgenden Innenteils als Anschlag für die Vorwärtsbewegung.

Das äußerste Rohr ist mit dem eigenen Motormodulgehäuse verbunden, das innerste Element (Rohr oder Vollzylinder) mit dem Motormodulgehäuse des nächstfolgenden Teleskopelements. Damit ergibt sich eine durchgängige Führung mit der Option einer durchgängigen kanalförmigen Bohrung.

Die Vorteile der inneren Anordnung des Kabels wie hier vorgeschlagen, sind

- schleiferlose Energieübertragung
- modularer Aufbau
- völliger Berührungsschutz des spannungsführenden Systems
- EMV-unempfindliche Anordnung durch Vollmetallkapselung.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß in den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen einzelne Teile unproportional vergrößert bzw. schematisch dargestellt sind, um das Verständnis der erfindungsgemäßen Lösung zu verbessern. Des weiteren können auch einzelne Teile der zuvor beschriebenen Merkmalskombination des Ausführungsbeispiels in Verbindung mit anderen Einzelmerkmalen eigenständige, erfindungsgemäße Lösungen bilden.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Elektrischer Antrieb für mindestens zwei Bewegungselemente, die zueinander eine, vorzugsweise translatorische, Bewegung ausführen, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Bewegungselement (10) mit einer elektrischen linear oder rotorisch wirkenden Maschine (4) versehen ist, daß eine Weitergabe der Relativbewegung zwischen Stator (11) und Rotor (13) der elektrischen Maschine (4) über eine mechanische Funktionseinheit zum nächsten Bewegungselement (10) als Relativbewegung zwischen benachbarten Bewegungselementen (10) erfolgt, so daß die Bewegung des letzten Bewegungselementes (10) gegenüber dem ersten Bewegungselement (10) aus der vektoriellen Summe der Teilbewegungen der einzelnen Bewegungselemente (10) besteht.
2. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch linear oder rotorisch wirkende Maschine (4) eine synchron laufende Mehrphasenmaschine ist.
3. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen Maschinen (4) für die Bewegungselemente (10) über mindestens einen Umrichter (3) gespeist sind.
4. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Umrichter (3) mit mindestens zwei Motoren über elektrische Selektionsmodule selektiv energiemäßig verbunden ist.
5. Elektrischer Antrieb nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die mechanische Funktionseinheit die Maschinenbewegung schlupfarm, vorzugsweise schlupffrei, weitergibt.
6. Elektrischer Antrieb nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der den mechanischen Zustand beschreibenden Größen, wie beispielsweise Position, Drehzahl, Beschleunigung, Kraft, Drehmoment, Leistung, eines beliebigen, vorzugsweise des letzten, Bewegungselementes (10) aus elektrischen Größen der elektrischen Maschinen (4) bestimmbar ist.
7. Elektrischer Antrieb nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Bewegungselemente (10) als teleskopförmig ineinander verschiebbare Rohre (19) ausgeführt sind, wobei die elektrischen Maschinen (4) im Innenteil des Rohres (19) angeordnet sind und als Außenläufer ausgeführt sind.
8. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die innen angeordneten Statoren (11) der elektrischen Maschinen (4) mit einer Bohrung versehen sind, in der mindestens ein Energie und/oder gegebenenfalls Informationen führendes Kabel (5) angeordnet ist.
9. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Energie von dem Energie führenden Kabel (5) selektiv durch über einen Informationseingang schaltbare elektrische bzw. elektronische Elemente an die Statorwicklung (12) der Maschine (4) des betreffenden Bewegungselementes (10) abzweigbar ist.
10. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Information, vorzugsweise zur Steuerung der Selektionselemente, auf dem Energie führenden Kabel (5) transportierbar ist.
11. Elektrischer Antrieb nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß das Kabel (5) bzw. die Kabel wendelförmig angeordnet ist bzw. sind und aus Teilabschnitten (21) besteht bzw. bestehen und jeweils einem Bewegungselement (10) zuordenbar ist bzw. sind, wobei die Teilabschnitte (21) elektrisch verbunden sind und diese Verbindungen vorzugsweise im Bereich des Eintrittes in den Rohrbereich im innen angeordneten Stator (11) des jeweiligen Bewegungselementes (10) vorgesehen sind und dort mechanisch an das betreffende Bewegungselement (10) angebunden sind, wobei das Wendelstück im kraftmäßig entlasteten Zustand in der Bohrung des Stators (11) zumindest weitgehend unterbringbar ist und unter Einwirkung eines mechanischen Zuges mit dem relativ zum betreffenden Bewegungselement (10) beweglichen Ende den zugeordneten Bohrbereich verläßt.

12. Elektrischer Antrieb nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß zur mechanischen Führung der Teilwendeln im Innenbereich der Teilwendeln eine, vorzugsweise teleskopförmige, ausziehbare, Führung befindet, deren beide Enden an benachbarten Bewegungselementen (21) mechanisch befestigt sind.
13. Elektrischer Antrieb nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß an das aus den Energie führenden Kabeln (5) gebildete Energieleitungssystem mindestens ein weiterer elektrischer Energiewandler selektiv angekoppelt ist, wobei beispielsweise am letzten Bewegungselement (10) ein beliebiges elektrisches System wie eine Lampe, Pumpe, Roboter, Werkzeug, Winde o. dgl. vorgesehen ist.
14. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Energieleitungssystem zum elektrischen Energietransport aus mindestens zwei unabhängig betreibbaren, mechanisch vorzugsweise in einem gemeinsamen mehradrigen Kabel (5) besteht, so daß mindestens zwei unabhängig steuerbare elektrische Energieverbraucher, vorzugsweise elektrische Maschinen (4) von Bewegungselementen (10), gleichzeitig betreibbar sind.
15. Elektrischer Antrieb nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen Maschinen (4) entsprechend der Energierichtung sowohl als Motoren als auch als Generatoren betreibbar sind.
16. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die generatorische Energie über den Weg des Umrichters (3) in elektrische Energieverbraucher umleitbar ist.
17. Elektrischer Antrieb nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die generatorische Energie zumindest teilweise in einer Statorwicklung (12) von mindestens einer über den Umrichter (3) verbundenen elektrischen Maschine (4) durch entsprechende Ansteuerung in Wärme umgewandelt wird.
18. Elektrischer Antrieb nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß zur Positions-Initialisierung mindestens eines Bewegungselementes (10) die dem Bewegungselement (10) zugeordnete elektrische Maschine (4) das Bewegungselement (10) gegen einen Nullpositionsdetektor, vorzugsweise einen mechanischen Anschlag, bewegt.
19. Elektrischer Antrieb nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine elektrische Maschine (4) mit einem mechanisch sensorlosen Verfahren betreibbar ist.
20. Elektrischer Antrieb nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß dieser in ein Ausleger-Antriebssystem eines elektrisch betriebenen Kranes integriert ist.
21. Elektrischer Antrieb nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß dieser ein Antriebssystem eines elektrisch betriebenen Manipulationssystems wie Roboter, Positioniersystem, Bahnsteuerungssystem u.dgl. bildet.

HIEZU 5 BLATT ZEICHNUNGEN

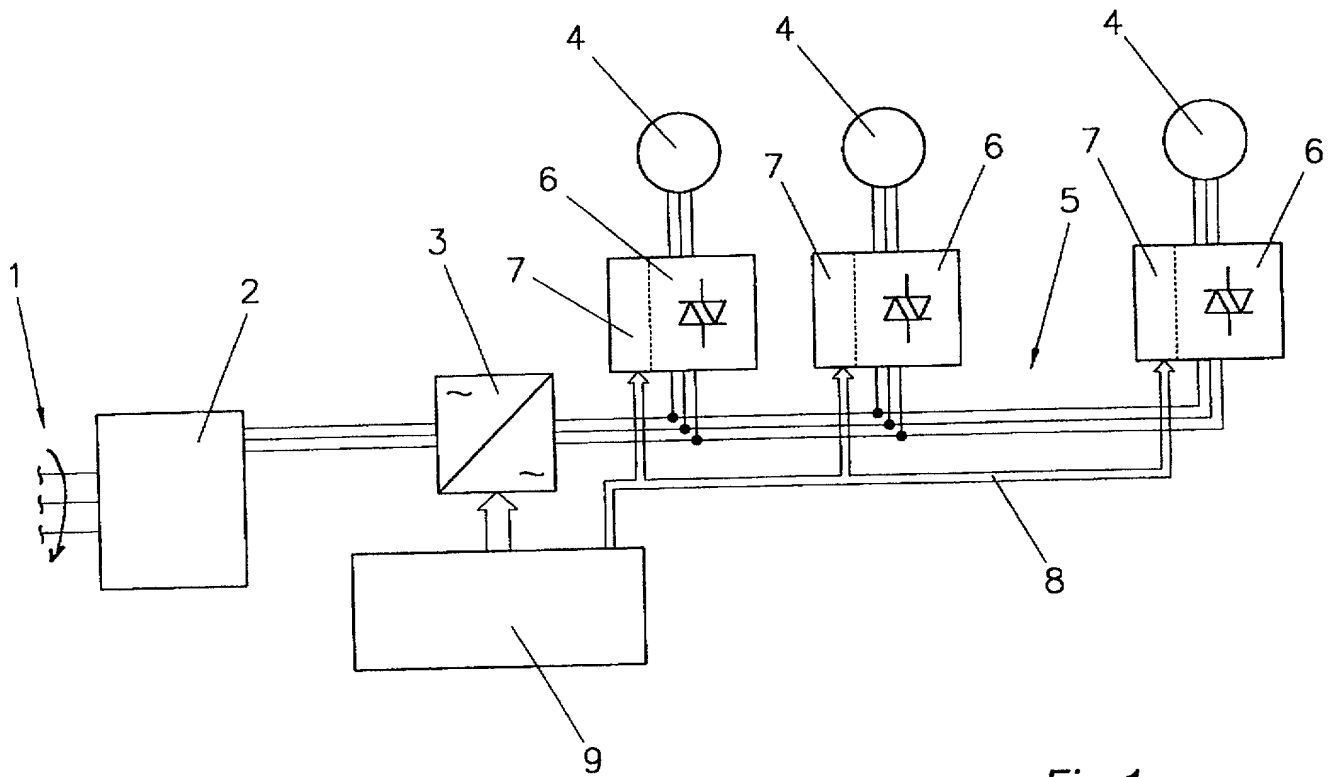
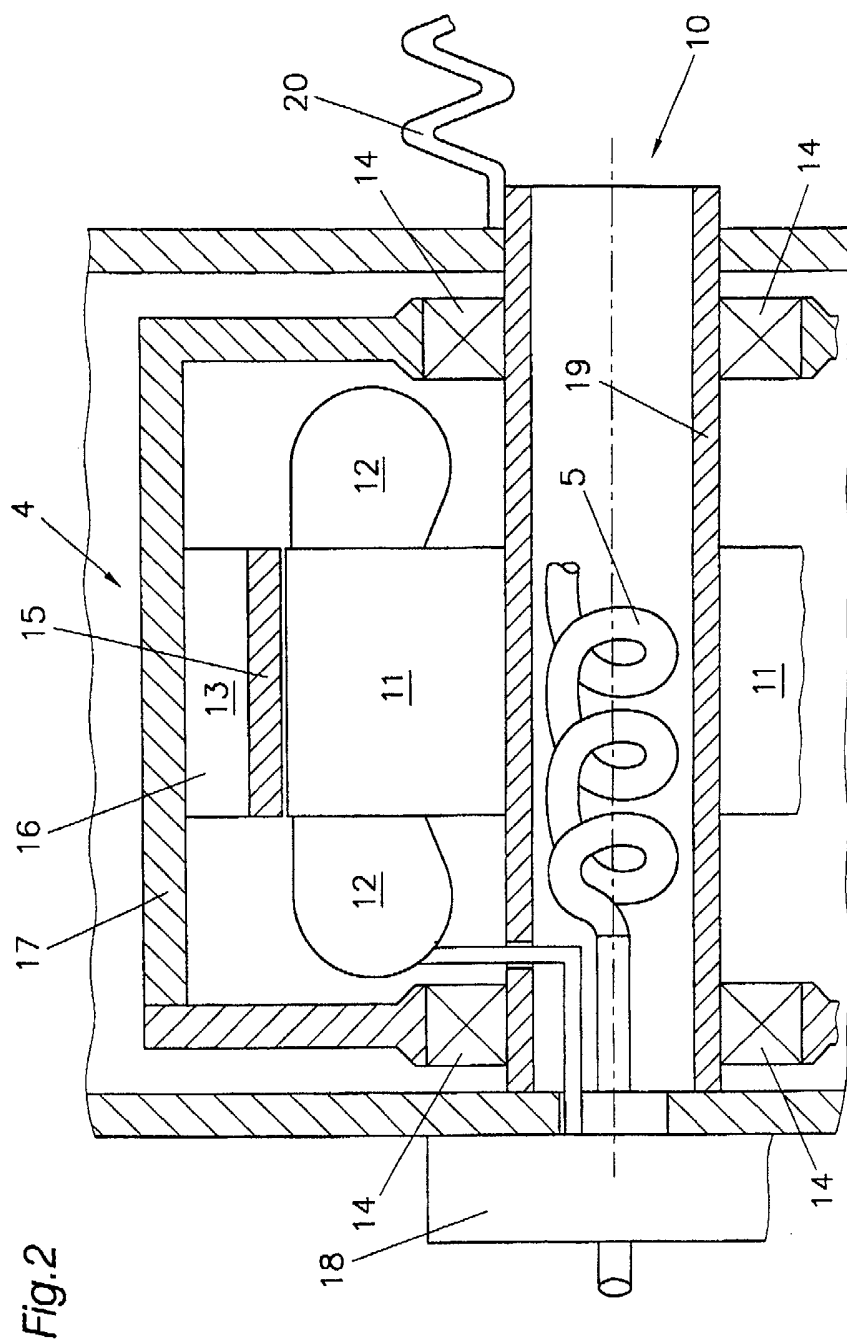


Fig.1



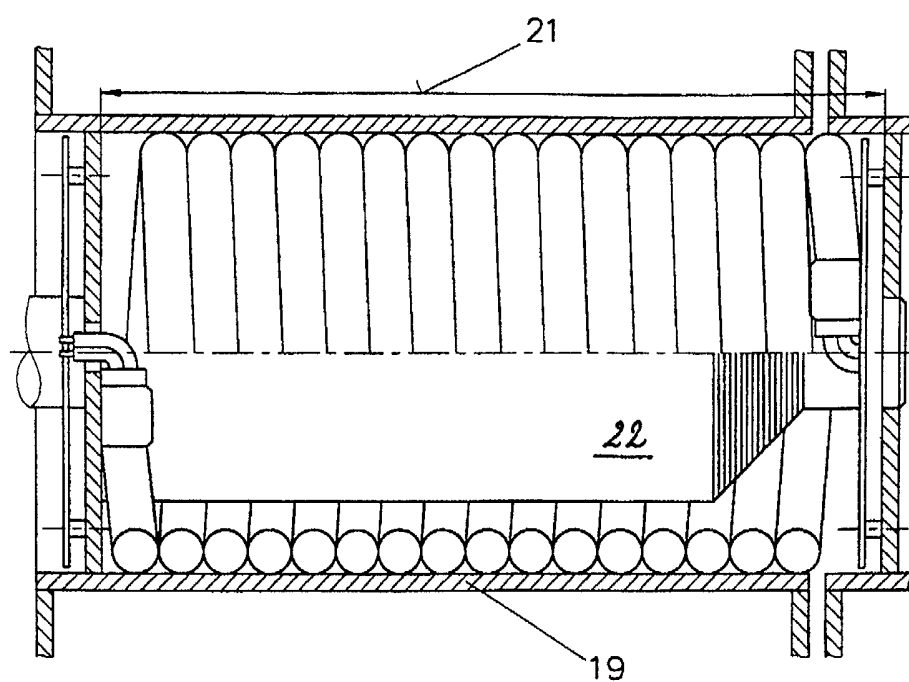


Fig. 3

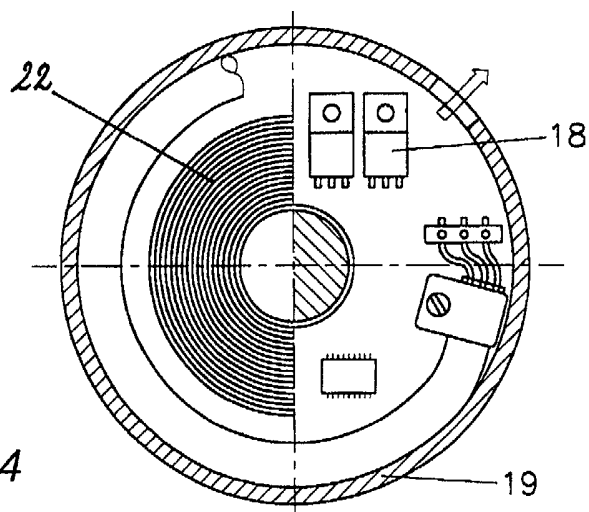


Fig. 4

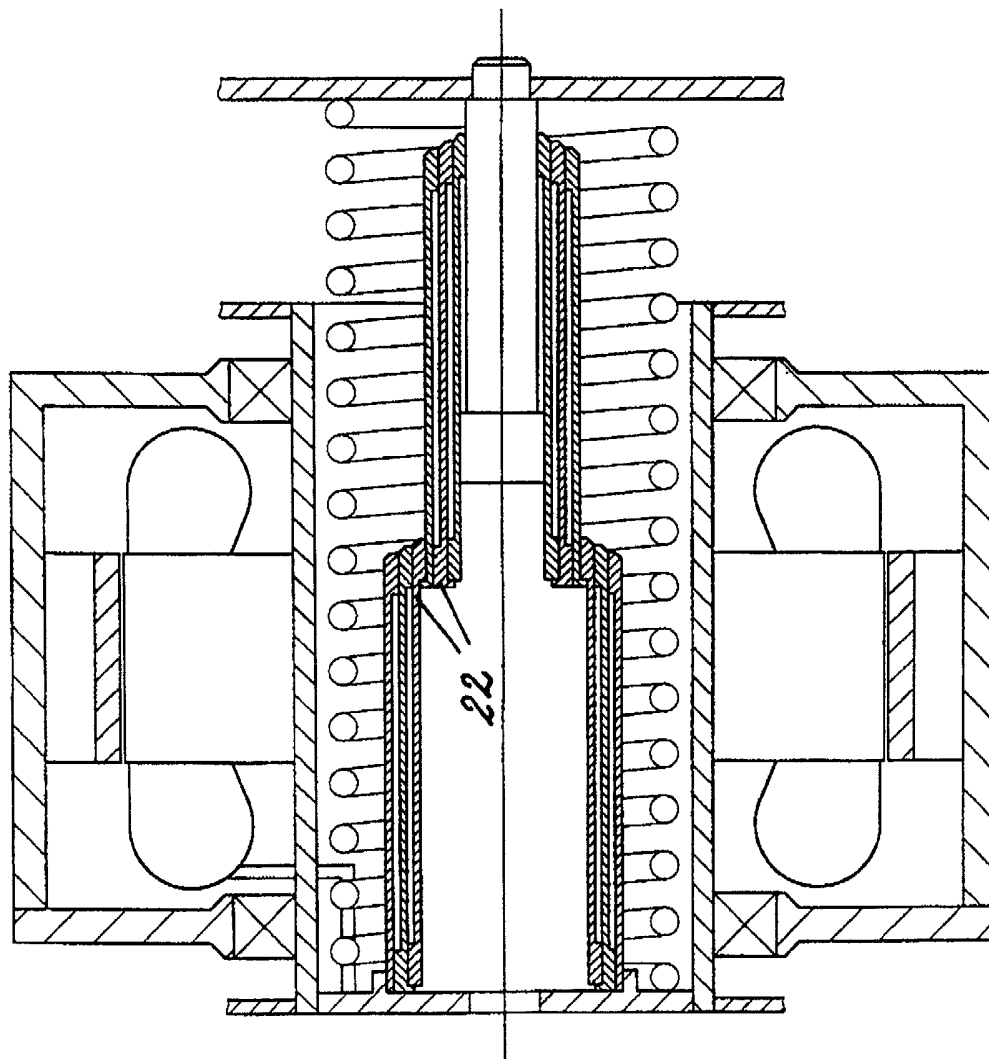


Fig. 5

