

(51) Int. Cl.

(73) Patentinhaber:

(72) Erfinder:

Fig. 1

Beschreibung

HUBKOLBENVERDICHTER MIT FÖRDERMENGENREGELUNG

[0001] Die Erfindung betrifft einen Hubkolbenverdichter mit Fördermengenregelung, mit einem an zumindest einem der selbsttätigen Saugventile angeordneten, elektromagnetisch im Arbeitstakt betätigbaren Abhebegreifer zum periodisch gesteuerten Offenhalten des entsprechenden Saugventils über einen bestimmten Kurbelwinkelbereich.

[0002] Zur Fördermengenregelung von bevorzugt mit konstanter Drehzahl laufenden Hubkolbenverdichtern wird oft auf die sogenannte Rückströmregelung zurückgegriffen, bei der zumindest ein Saugventil je Zylinder über einen bestimmten Bereich des Verdichtungshubes offengehalten wird. Die Druckkräfte bzw. Strömungskräfte des über das offengehaltene Saugventil rückgeschobenen Gases können das Schließorgan des jeweiligen Saugventils erst nach Überwindung eines gewissen Teiles des Kolbenhubes schließen, da dieses Schließorgan von der anderen Seite her mit einer entsprechend der gewünschten Fördermengenreduzierung eingestellten Gegenkraft beaufschlagt wird. Je größer diese Gegenkraft ist, desto später schließt das jeweilige Saugventil im Verdichtungshub, womit die Fördermenge sinkt. Da bei zu groß eingestellter konstanter Gegenkraft das Saugventil irgendwann überhaupt nicht mehr schließt, muss der Regelbereich bei dieser Art der Verdichterregelung nach unten hin begrenzt werden, um einen zwischenzeitlichen Leerlauf des Verdichters mit allen damit verbundenen Problemen zu vermeiden. Bei diesen Fördermengenregelungen sind Ausführungen bekannt, bei denen die Belastungseinrichtung für das offenzuhaltende Saugventil einfach hydraulisch oder pneumatisch vorgespannt ist, wobei durch Variation des entsprechenden Vorspanndruckes Einfluss auf die Fördermenge genommen werden kann.

[0003] Weiters ist beispielsweise aus EP 694 693 A1 eine Rückströmregelung für Hubkolbenverdichter bekannt, bei denen ein hydraulischer Steuerzylinder, der über ein Steuerorgan periodisch im Hubtakt mit Druckmedium beaufschlagbar und entlastbar ist, in Hubrichtung auf das Schließorgan des offen zu haltenden Saugventils einwirkt. Die hydraulisch aufgebrachte Abhebekraft wird damit an einem bestimmten Kurbelwinkel schlagartig reduziert, womit ein sicheres und rasches Schließen des Saugventils eingeleitet wird. Beispielsweise aus EP 1 400 692 A1 sind ähnliche Fördermengenregelungen auch mit pneumatischer Betätigung bekannt, was den Vorteil hat, dass der Betätigungsdruck unmittelbar vom Hubkolbenverdichter selbst abgeleitet werden kann. Aufgrund der relativ hohen Kompressibilität des komprimierten Gases müssen allerdings genau zu definierende Bedingungen für die zu entlüftenden Volumina und Entlüftungszeiten eingehalten werden.

[0004] Bereits sehr lange sind weiters auch Hubkolbenverdichter mit einer elektromagnetisch betriebenen Rückströmregelung der eingangs genannten Art bekannt. So beispielsweise aus der DE 1 251 121 A oder der DE 849 739 B und ähnlichen teilweise bereits auf die 30er Jahre des vorigen Jahrhunderts zurückgehenden Schriften, bei denen ein am Dichtelement des Saugventils angreifender Abhebegreifer über einen Elektromagneten bewegt wird, dessen periodische Erregung beispielsweise durch einen Kollektor erfolgt, der sich synchron mit der Kurbelwelle des Verdichters dreht. Der besondere Verlauf der notwendigen Betätigungskraft zum Offenhalten des Saugventils während des Rückschiebens des Sauggases erfordert eine hohe Kraft vom Magnetaktor, was bei gleichzeitiger Forderung nach geringer Wärmeentwicklung eher große Magneten bedingt. Gleichzeitig soll der Magnet aber eine hohe Dynamik aufweisen, um schnell öffnen und schließen zu können, was von großen Elektromagneten eher nicht zu erfüllen ist, da die gespeicherte Energie und die Aufwände, um Strom aufzubauen oder abzubauen bei großen Magneten deutlich größer sind. Speziell bei Anordnungen der eingangs genannten Art kann es durch Wärmedehnungen und Verschleiß zu einer Verschiebung des notwendigen Arbeitshubbereiches des Magnetaktors kommen. Da Elektromagnete einen sehr eingeschränkten sinnvollen Wirkbereich von wenigen Millimetern Hubhöhe aufweisen, müsste man, um auch bei einer Verschiebung des Arbeitshubbereiches noch entsprechend große Betätigungskräfte aufbringen zu können, ebenfalls auf entsprechend vergrößerte Magnete

setzen, was die Betätigungsdynamik weiter herabsetzt. All das stand bisher einer elektromagnetischen Rückströmregelung der eingangs genannten Art speziell dann entgegen, wenn höhere Verdichterdrehzahlen erforderlich sind und die Umstände des Einsatzes separate Kühlungen im Bereich von notwendigerweise großen Magnetaktoren nicht erlauben.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Anordnung der eingangs genannten Art so zu verbessern, dass die erwähnten Nachteile des diesbezüglichen Standes der Technik vermieden werden und dass insbesondere auch mit kleinen Elektromagneten als Aktor der Betätigungseinrichtung des Abhebegreifers die erforderliche hohe Betätigungsdynamik bei geringer Verlustwärme bereitgestellt werden kann.

[0006] Diese Aufgabe wird gemäß der vorliegenden Erfindung dadurch gelöst, dass die elektromagnetische Betätigungseinrichtung in an sich bekannter Weise einen separaten Stellantrieb aufweist, und dass der Stellantrieb zur bedarfsweisen Verschiebung des in seiner Größe unverändert bleibenden Arbeitshubbereiches des verwendeten Magnetaktors relativ zu seinem Angriff am Saugventil in den für den verwendeten Elektromagneten optimalen Arbeitsbereich dient. Um den Magnetaktor für die kontrollierte Bewegung des Abhebegreifers über den für die Fördermengenregelung erforderlichen Hubbereich optimal nutzen zu können, wird dieser also mit einem separaten Stellantrieb kombiniert, der vergleichsweise langsam arbeiten kann, da er lediglich dazu dient, den eigentlichen Regelungs-Aktor immer in dem für den Elektromagneten optimalen Arbeitsbereich zu betreiben. Damit wird es nun einfach möglich, allen Anforderungen im Hinblick auf Kraft, Dynamik und Energieaufwand gerecht zu werden und den eigentlichen Magnetaktor der elektromagnetischen Betätigungseinrichtung des Abhebegreifers um zumindest einen Faktor 2 kleiner auszuführen. Dies führt zu einer nahezu doppelt hohen Dynamik der Regelung bei relativ geringer Verlustleistung. Die hohe Dynamik erlaubt in äußerst vorteilhafter Weise eine aktive Kontrolle der Öffnungs- und Schließbewegung der Abhebeeinrichtung während des Hubes des Magnetaktors. Die Verlustleistungen können um etwa 50 - 70 % gegenüber einem einfachen, größer ausgeführten Magnetaktor reduziert werden, da die verschobenen Energiemengen nun deutlich geringer sind, was sogar die Verwendung einer derartigen Fördermengenregelung ohne externe Kühlung der Magnetaktoren erlaubt und somit viele neue Anwendungen derartiger Regelungen erst erschließt, bei denen externe Kühlungen nicht möglich oder nicht zulässig sind.

[0007] Ein separater Stellantrieb ist bei elektromagnetisch betätigten Kompressorventilen an sich bereits aus DE 684 110 C bekannt, dient dort aber nicht zur Einstellung des Arbeitshubbereiches des verwendeten Magnetaktors, sondern zur Veränderung des zulässigen größten Ventilhubes, der bei der elektromagnetischen Steuerung vorkommen kann. Abhängig von den Betriebsverhältnissen des Kompressors wird gemäß dieser Schrift also lediglich die maximal mögliche Öffnung des Ventils verstellt.

[0008] In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wirkt der Stellantrieb auf den Magnetaktor samt davon betätigtem Abhebegreifer ein und verstellt bedarfsweise deren gemeinsame Position relativ zum Saugventil. Damit wird also die gesamte Abhebeeinrichtung relativ zum Dichtelement des entsprechenden Saugventils verstellt, was eine einfache Justierung des Arbeitshubbereiches des Magnetaktors relativ zu seinem Angriff am Saugventil ermöglicht.

[0009] Nach einer anderen bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann der Stellantrieb aber auch eine Längenverstelleinheit für eine zwischen Magnetaktor und Abhebegreifer eingeschaltete Übertragungsstange aufweisen, womit nicht die gesamte Abhebeeinrichtung relativ zum Saugventil verstellt zu werden braucht und die Justierung des Arbeitshubbereiches des Magnetaktors lediglich über eine Längung bzw. Kürzung der Übertragungsstange erfolgt.

[0010] Der Stellantrieb kann bei beiden genannten Varianten einen elektromotorisch betätigbaren Gewindespindel aufweisen, wobei dieser wie erwähnt nur relativ langsam arbeiten muss und damit auch mit kleinen Antriebskräften auskommt.

[0011] Der Stellantrieb kann gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung auch indirekt, vorzugsweise über Hebel, schiefe Rampen oder dergleichen, auf die Verstellung des Arbeits-

hubbereiches des Magnetaktors einwirken, was auf einfache Weise konstruktive Anpassungen an die jeweiligen Gegebenheiten ermöglicht und beispielsweise auch weitere Miniaturisierungen oder bedarfsweise auch voneinander unabhängige Verstellungen vom Anfangs- und Endpunkt des Hubes erlaubt.

[0012] In besonders bevorzugter weiterer Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Betätigungseinrichtung des Abhebegreifers zusätzliche Federelemente und/oder Fluiddämpfer aufweist, was bei entsprechender Abstimmung bzw. Auslegung eine zusätzliche Entlastung des Magnetaktors ergibt.

[0013] Die Bestromung des Magnetaktors kann in weiters bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung in Abhängigkeit von der aktuell am Saugventil angreifenden Rückströmkraft geregelt sein. Während des Offenhaltens des Saugventils hängt das Niveau der Rückströmkraft von der aktuellen Kolbengeschwindigkeit des Verdichters ab, die beispielsweise über einen Kurbelwinkelsensor bekannt oder ermittelbar ist. Die Bestromung des Magnetaktors zur Erzeugung der notwendigen Offenhaltekraft kann damit entsprechend angepasst werden, was die gesamte Leistungsaufnahme und damit auch die Verlustwärme weiter reduziert.

[0014] Die Erfindung wird im Folgenden noch anhand der in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

[0015] Fig. 1 zeigt dabei einen Schnitt durch den Bereich eines Saugventils eines erfindungsgemäßen Hubkolbenverdichters mit Fördermengenregelung und

[0016] Fig. 2 eine alternative Ausführung in gleicher Darstellung.

[0017] Gemäß Fig. 1 weist ein nicht weiter dargestellter Hubkolbenverdichter einen an einem selbsttätigen Saugventil 1 des Verdichters angeordneten Abhebegreifer 2 auf, der mittels einer elektromagnetischen Betätigungseinrichtung 3 zwei ringförmige Dichtelemente 4 des Saugventils 1 über einen steuerbaren Teil des Arbeitstaktes des Verdichters offenhält. Die Betätigungseinrichtung 3 weist zu diesem Zweck als Antrieb einen Magnetaktor 5 auf, dessen Magnetspule 6 mit einer Ankerplatte 7 zusammenwirkt, die am oberen Ende einer Übertragungsstange 8 angebracht ist. Die Übertragungsstange 8 wiederum ist in ihrem unteren Bereich mit dem Abhebegreifer 2 verbunden und in Längsrichtung an einer symbolisch dargestellten Führung 9 geführt.

[0018] Die elektromagnetische Betätigungseinrichtung 3 weist weiters einen separaten Stellantrieb 10 auf, der hier beispielsweise über einen elektromotorisch betätigbaren Gewindespindeltrieb 11 und eine verschiebbare schiefe Rampe 12 auf die effektive Länge der zwischen Magnetaktor 5 und Abhebegreifer 2 eingeschalteten Übertragungsstange 8 einwirkt. Auf diese Weise ist also die periodische elektromagnetische Betätigung des Abhebegreifers 2 im Arbeitstakt des Hubkolbenverdichters entkoppelt von der über den Stellantrieb 10 erfolgenden Einstellung des Arbeitshubbereiches des Magnetaktors 5.

[0019] An der Oberseite der Ankerplatte 7 ist ein oberer Anschlag 13 für die beispielsweise über eine hier nicht dargestellte Feder oder dergleichen bei nicht aktivierter Betätigungseinrichtung 3 festgelegte eingefahrene Stellung des Abhebegreifers 2 dargestellt, sowie ein Federelement 14 und ein Fluiddämpfer 15, die auch unabhängig voneinander verwendet werden können und bei entsprechender Auslegung und Abstimmung eine Entlastung der elektromagnetischen Betätigungseinrichtung 3 ermöglichen.

[0020] Sobald der Magnetaktor 5 der Betätigungseinrichtung 3 über die elektrische Ansteuerungseinrichtung 16 bestromt und damit die Ankerplatte 7 (entgegen einer nicht dargestellten Befederung) angezogen wird, bewegt sich der Abhebegreifer 2 in der Darstellung nach unten und wirkt damit auf die ansonsten freie Beweglichkeit der Dichtelemente 4 ein. Diese können damit entgegen der sonst rein über die Druckverhältnisse vor und hinter dem Saugventil 1 erfolgende automatische Betätigung über einen steuerbaren Teil des Verdichtungshubes des Hubkolbenverdichters offengehalten werden, was in bekannter Weise eine Regelung der Fördermenge eines mit konstanter Drehzahl laufenden Verdichters über die sogenannte Rückströmregelung erlaubt. Über ein in Fig. 1 nur angedeutetes Schaltungselement 20 in der Ansteuerungseinrichtung

16 kann dabei auch eine Anpassung der Offenhaltekraft der Betätigungseinrichtung 3 an die beispielsweise über einen Kurbelwinkelsensor 21 ermittelte, jeweils wirksame Rückströmkraft durch Regelung der Bestromung erfolgen, was unnötige Verlustwärme zu reduzieren hilft.

[0021] Bei der Ausführung nach Fig. 2 ist abweichend zu Fig. 1 nun die Übertragungsstange 8 zwischen Ankerplatte 7 und Abhebegreifer 2 durchgehend und in der Länge nicht veränderlich. Zur Einstellung des Arbeitshubbereiches des Magnetaktors 5 wirkt hier der Stellantrieb 10 über ein Gehäuse 17 bzw. einen Gehäuseflansch 18 gemeinsam auf den Magnetaktor 5 samt davon betätigtem Abhebegreifer 2 ein, womit deren gemeinsame Position relativ zum Saugventil 2 bedarfsweise verstellt werden kann. Alle weiteren wesentlichen Ausführungsdetails entsprechen Fig. 1 - zur Beschreibung der entsprechenden Merkmale und Funktionen wird deshalb hier nur auf Fig. 1 verwiesen.

Patentansprüche

1. Hubkolbenverdichter mit Fördermengenregelung, mit einem an zumindest einem der selbsttätigen Saugventile (1) angeordneten, elektromagnetisch im Arbeitstakt betätigbaren Abhebegreifer (2) zum periodisch gesteuerten Offenhalten des entsprechenden Saugventils (1) über einen bestimmten Kurbelwinkelbereich, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektromagnetische Betätigungseinrichtung (3) in an sich bekannter Weise einen separaten Stellantrieb (10) aufweist, und dass der Stellantrieb (10) zur bedarfsweisen Verschiebung des in seiner Größe unverändert bleibenden Arbeitshubbereiches des verwendeten Magnetaktors (5) relativ zu seinem Angriff am Saugventil (1) in den für den verwendeten Elektromagneten optimalen Arbeitsbereich dient.
2. Hubkolbenverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stellantrieb (10) auf den Magnetaktor (5) samt davon betätigtem Abhebegreifer (2) einwirkt und bedarfsweise deren gemeinsame Position relativ zum Saugventil (1) verstellt (Fig. 2).
3. Hubkolbenverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stellantrieb (10) eine Längenverstelleinheit für eine zwischen Magnetaktor (5) und Abhebegreifer (2) eingeschaltete Übertragungsstange (8) aufweist (Fig. 1).
4. Hubkolbenverdichter nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stellantrieb (10) einen elektromotorisch betätigbaren Gewindespindelantrieb (11) aufweist.
5. Hubkolbenverdichter nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stellantrieb (10) indirekt, vorzugsweise über Hebel, schiefe Rampen (12) oder dergleichen, auf die Verstellung des Arbeitshubbereiches des Magnetaktors (5) einwirkt.
6. Hubkolbenverdichter nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Betätigungseinrichtung (3) des Abhebegreifers (2) zusätzliche Federelemente (14) und/oder Fluiddämpfer (15) aufweist.
7. Hubkolbenverdichter, nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bestromung des Magnetaktors (5) in Abhängigkeit von der aktuell am Saugventil (1) angreifenden Rückströmkraft geregelt ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

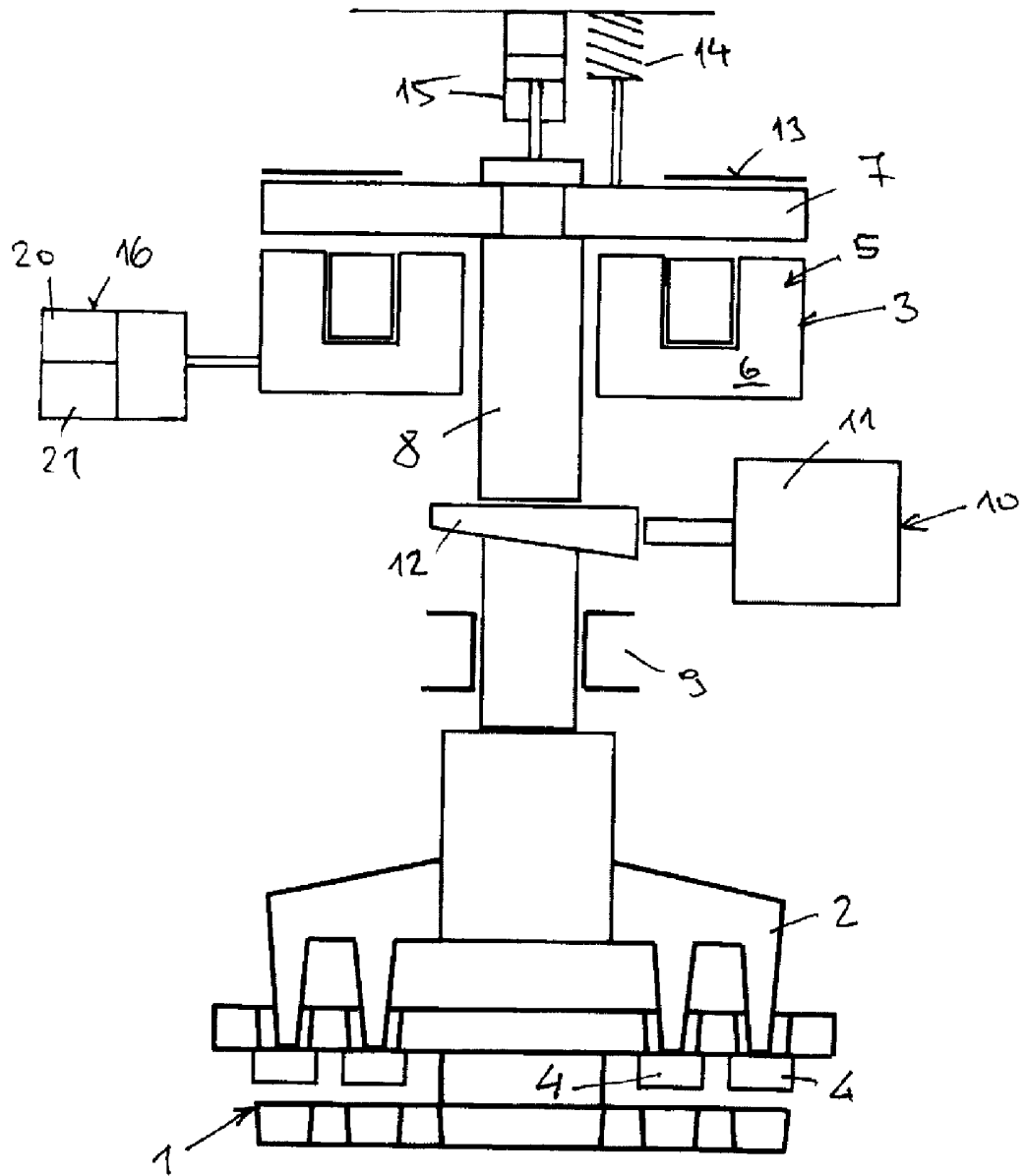


Fig. 1

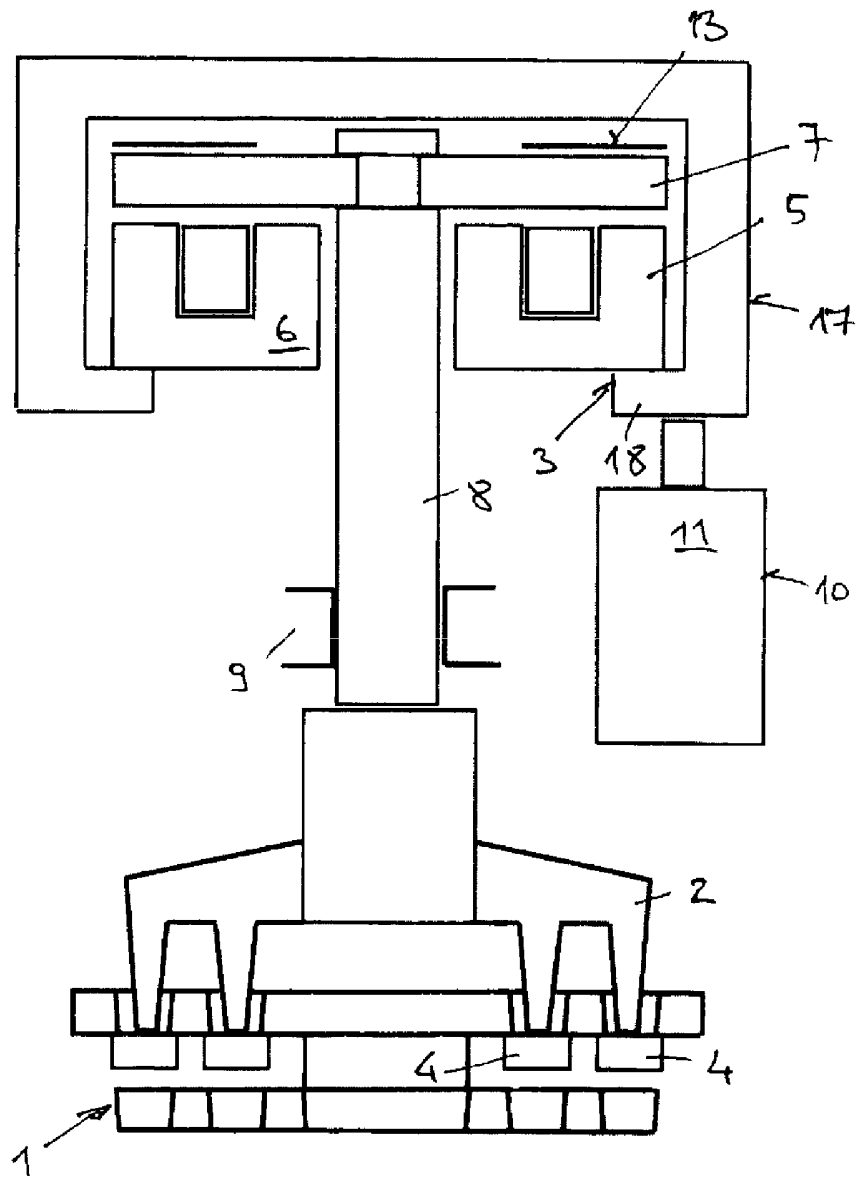


Fig. 2