



(10) **DE 10 2014 014 588 A1** 2016.04.07

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 014 588.3**

(22) Anmeldetag: **01.10.2014**

(43) Offenlegungstag: **07.04.2016**

(51) Int Cl.: **F16K 31/04 (2006.01)**

F16K 37/00 (2006.01)

F16D 7/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH, 88161
Lindenberg, DE**

(74) Vertreter:

**Lorenz Seidler Gossel Rechtsanwälte
Patentanwälte Partnerschaft mbB, 80538
München, DE**

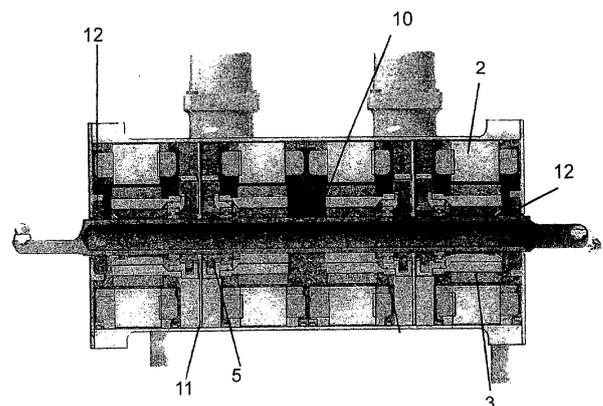
(72) Erfinder:

**Ried, Georg, Dipl.-Ing. (grad.), 88175 Scheidegg,
DE; Petretti, Albert, Dipl.-Ing., 88161 Lindenberg,
DE; Kegel, Philipp, 88178 Heimenkirch, DE;
Schilling, Christian, Dipl.-Ing., 88167 Maierhöfen,
DE; Koros, Michael, Dipl.-Ing. (FH), 88161
Lindenberg, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Redundanter modularer Schwenkwinkelmotor**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Motoranordnung zur Ansteuerung von Vorsteuerventilen, mit wenigstens drei Motoren mit wenigstens je einem Stator und wenigstens je einem Rotor, wobei die Motoren an einer gemeinsamen Drehwelle vorgesehen sind, wobei jeder Motor über je wenigstens eine mechanische Kupplung mit der Drehwelle gekuppelt ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen redundanten modularen Schwenkwinkelmotor, der als eine Motoranordnung mit wenigstens drei Motoren ausgeführt ist.

[0002] Gattungsgemäße Schwenkwinkelmotoren mit entsprechenden Ausbrech-Kupplungen dienen zur Ansteuerung von hydraulischen Vorsteuerventilen und stellen somit das Herzstück sogenannter „Direct Drive“ Ventile dar. Derartige Direct Drive Ventile steuern die Position eines oder mehrerer hydraulischer Steuerschieber direkt, d. h. ohne hydraulische Verstärkung, durch geregelten elektrischen Strom. Gemäß dem Stand der Technik ist dabei für derartige Anwendungen eine fixe, unveränderbare Anzahl von Motoren auf einer Achse vorgesehen und miteinander gekoppelt. Die konstruktive Auslegung des Gesamtmotors bzw. der ganzen Motoranordnung ist dabei getrieben und bestimmt vom gewählten Redundanzkonzept und für dieses bzw. für dessen genaue Anzahl an Motoren jeweils individuell konzipiert und optimiert. Es ist nicht ohne Weiteres möglich, ein gewähltes Redundanzkonzept hinsichtlich der Anzahl der Motoren zu variieren. Darüber hinaus gibt es bisher keine Lösungen für die individuelle Positionsmessung der Motorelemente bzw. der einzelnen Motoren, und somit keine Möglichkeit der elektronischen Überwachung der Freigängigkeit und kontrollierten Bewegung einzelner Motor-Stator-Paare.

[0003] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine verbesserte Motoranordnung zur Ansteuerung von Vorsteuerventilen bereitzustellen, die flexibler hinsichtlich der Anzahl verwendeter Motoren variiert werden kann und bei der eine vereinfachte individuelle Positionsmessung der Motoren möglich ist.

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Motoranordnung zur Ansteuerung von Vorsteuerventilen mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, mit wenigstens drei Motoren, mit wenigstens je einem Stator und wenigstens je einem Rotor, wobei die Motoren an einer gemeinsamen Drehwelle vorgesehen sind, wobei jeder Motor über je wenigstens eine mechanische Kupplung mit der Drehwelle gekuppelt ist.

[0005] Hierdurch wird eine modulare, kaskadierbare Anordnung von Motoren bereitgestellt, bei denen es sich um identische Motoren handeln kann, die auf einer gemeinsamen Welle redundant anbringbar sind und dabei ohne weitergehende konstruktive Änderungen der Anordnung in unterschiedlichen Anzahlen bereitstellbar sind. Die Anzahl der Motoren ist dabei zunächst beliebig von drei aufwärts. Bevorzugt können aber Ausführungen mit dreifacher, vierfacher oder sechsfacher Redundanz der Motoren sein. Die redundanten Motorelemente, die aus je wenigstens

einem Stator und wenigstens einem Rotor bestehen, können dabei hintereinander in Axialrichtung auf einer gemeinsamen Drehwelle angebracht sein.

[0006] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist denkbar, dass an jedem Motor wenigstens je ein elektrischer Positionssensor vorgesehen ist.

[0007] Mit Hilfe des Positionssensors ist es vorteilhaft möglich, den aktuellen Auslenkungswinkel des zugeordneten Motors bzw. Motorelements zu messen. Dieser Sensor kann sowohl zur genauen Regelung der Winkelposition als auch zur Überwachung der Bewegung des Motor bzw. des Motorelements dienen.

[0008] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel ist denkbar, dass die Kupplung wenigstens einen Kupplungsaußenteil, wenigstens ein Kupplungsinnteil und wenigstens eine Bügelfeder umfasst, wobei die Bügelfeder, Kupplungsaußenteil und Kupplungsinnteil in Normalbetrieb des entsprechenden Motors miteinander kuppelt und im Fehlerbetrieb voneinander entkuppelt.

[0009] Die Verbindung zwischen Rotor und Drehwelle ist somit vorteilhafterweise nicht starr, sondern über die mechanische Kupplung realisiert. Dadurch kann im Falle eines Verklemmens von Stator und zugeordnetem Rotor, welches einem Fehlerbetrieb des entsprechenden Motors entspricht, die Drehwelle unter Aufbringung einer definierten Ausbrechkraft weiterbewegt werden. Mit dem Begriff Normalbetrieb des Motors ist dabei der Betrieb gemeint, bei welchem kein Verklemmen bzw. Klemmfall zwischen Stator und Rotor vorliegt. Somit können bei redundanter Anordnung von mindestens drei Motoren bzw. Motorelementen einzelne, klemmende Rotorsegmente durch die anderen, nicht klemmenden Motoren im Sinne einer Mehrheitsentscheidung überdrückt werden.

[0010] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel ist denkbar, dass der Rotor mit dem Kupplungsaußenteil insbesondere mittels Stiften und mittels wenigstens eines Rings gekoppelt ist. Hierdurch wird eine vorteilhaft einfache Kupplung der genannten Bauteile ermöglicht.

[0011] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel ist denkbar, dass zwischen wenigstens zwei Motoren zwei Kupplungen vorgesehen sind. Eine Kupplung kann dabei dem jeweils benachbarten Motor zugeordnet sein, wobei Kupplungen und Motoren in axialer Richtung voneinander beabstandet sein können. Motoren und Kupplungen können sich dabei im Wesentlichen parallel von der Drehwelle weg radial nach außen erstrecken. Die radiale Erstreckung der Gesamtanordnung wird hierbei vorteilhaft gering gehalten.

[0012] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel ist denkbar, dass zwischen wenigstens zwei Kupplungen Trennscheiben vorgesehen sind. Dadurch ist eine mechanische Trennung zwischen den Kupplungen hergestellt, welche ein vorteilhaft störungsarmes, getrenntes Funktionieren der Kupplungen ermöglicht.

[0013] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel ist denkbar, dass gleiche Kupplungen und/oder gleiche Motoren vorgesehen sind, oder dass gleiche Kupplungen und/oder gleiche Motoren in axialer Richtung versetzt voneinander an der gemeinsamen Drehwelle vorgesehen sind.

[0014] Vorteilhaft ist so die kostengünstige Mehrfachnutzung gleicher Komponenten möglich, welche darüber hinaus in unterschiedlicher Anzahl und dabei ohne wesentliche konstruktive Änderungen der Gesamtanordnung verwendet werden können. Somit kann mit der gleichen Grundkonstruktion eine größere Bandbreite von Motoranordnungen mit unterschiedlichen Anzahlen an Motoren bereitgestellt werden.

[0015] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel ist denkbar, dass gleiche Positionssensoren vorgesehen sind, und/oder dass die Positionssensoren innerhalb eines Gehäuses der Motoranordnung vorgesehen sind, und/oder dass die Positionssensoren mit dem Kupplungsaußenteil gekoppelt sind, und/oder dass die Positionssensoren Differentialtransformatoren sind.

[0016] Das Integrieren der Positionssensoren in dem Gehäuse und das Verbinden der Sensoren mit den Kupplungsaußenteilen bedingt eine vorteilhaft geringere Masse der Anordnung mit entsprechend verringerter Trägheit der bewegten Teile des Motors. Das maximal benötigte Drehmoment kann so niedrig gehalten werden, wodurch auch die Motordimensionen klein gehalten werden können. Auch das Bereitstellen der Sensoren einer ansonsten notwendigen Entstörungsvorrichtung ist nicht notwendig, da im Falle der Störung bzw. des Verklemmens eines Sensors die Kupplung ein weiteres Bewegen der Drehwelle ermöglicht.

[0017] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel ist denkbar, dass die Drehwelle über Duallager gelagert ist.

[0018] Im Falle eines Defekts einer Lagerfläche oder eines oder mehrerer Wälzkörper kann der zweite, unbeschädigte Teil des Duallagers weiterhin ein weiteres Bewegen der Drehwelle mit niedrigem Reibwiderstand gewährleisten.

[0019] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden anhand der Figuren aufgezeigt. Dabei zeigen:

[0020] Fig. 1: Querschnitt einer erfindungsgemäßen Motoranordnung;

[0021] Fig. 2: Ansichten einer mechanischen Kupplung;

[0022] Fig. 3: Detailansicht eines Positionssensors; und

[0023] Fig. 4: Funktionales Blockbild einer erfindungsgemäßen Motoranordnung mit vierfacher Redundanz.

[0024] Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Motoranordnung zur Ansteuerung von in Fig. 4 gezeigten Vorsteuerventilen **20**. Das vorliegende Ausführungsbeispiel umfasst vier Motoren **1** mit je einem Stator **2** und je einem Rotor **3**. Die Motoren **1** sind an einer gemeinsamen Drehwelle **10** vorgesehen, wobei jeder Motor **1** über eine mechanische Kupplung **5** mit der Drehwelle **10** gekuppelt ist.

[0025] Motoren **1** und Kupplungen **5** können im Wesentlichen hohlzylinderförmig oder ringförmig ausgestaltete Bauteile sein. Dabei kann in deren Mitte je eine Durchführung für die Drehwelle **10** vorgesehen sein. Die Drehwelle **10** kann so das zentrale Bauteil der Anordnung sein, um welches herum weitere Komponenten der Anordnung gruppiert sind.

[0026] Zwischen den Kupplungen **5** können ferner Trennscheiben **11** vorgesehen sein, die eine mechanische Trennung der Kupplungen **5** bewirken. Die Trennscheiben **11** können dabei lochscheibenförmig bzw. hohlzylinderförmig ausgebildet sein. Im gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 2 sind insgesamt zwei Trennscheiben **11** vorgesehen. Es ist auch denkbar, die Trennscheiben nicht jeweils zwischen zwei Kupplungen **5** sondern jeweils zwischen einer Kupplung **5** und einem ihr nicht zugeordneten Motor **1** anzuordnen.

[0027] Jeder Stator **2** der Motoren **1** hat wenigstens eine Kontaktfläche, über die er beispielsweise über einen radial außen liegenden Bereich des Stators **2** mit dem Gehäuse der Motoranordnung in Kontakt ist. Hierdurch wird ein guter Wärmeaustausch zwischen den Komponenten ermöglicht, wodurch die Motortemperatur in einem gewünschten Bereich während des Betriebs gehalten werden kann. Wie Fig. 1 zu entnehmen ist, ist die Drehwelle **10** an ihren axial außen gelegenen Lagerbereichen über insgesamt wenigstens zwei Duallager **12** am Gehäuse der Motoranordnung gelagert. Das Gehäuse der Motoranordnung kann dabei als ein Metallgehäuse ausgeführt sein. Die Duallager **12** können dabei wenigstens zwei

konzentrisch angeordnete Wälzbereiche umfassen. Dadurch ist sichergestellt, dass bei einem Defekt in einem der Wälzbereiche der andere Wälzbereich ein reibungsarmes Weiterdrehen der Drehwelle **10** ermöglicht.

[0028] Fig. 2 zeigt zwei perspektivische Ansichten der Kupplung **5**. Hierbei ist zu erkennen, dass innerhalb des Kupplungsaußenteils **6** ein Kupplungsinneinteil **7** vorgesehen ist. Kupplungsaußenteil **6** und Kupplungsinneinteil **7** sind mittels Bügelfeder **8** miteinander lösbar verbunden. Das Kupplungsaußenteil **6** ist mit einem Motor **1** verbunden und das Kupplungsinneinteil **7** ist mit der Drehwelle **10** verbunden. Die Kupplungsinneinteile **7** der Kupplungen **5** können mittels paralleler Stifte mit der Drehwelle **10** gekoppelt sein. Hierfür können an den Kupplungsinneinteilen **7** und an der Drehwelle **10** entsprechende Nuten vorgesehen sein, wobei die Stifte zumindest teilweise in den Nuten lagerbar sind. Der Rotor **3** kann mit dem Kupplungsaußenteil **6** mittels eines Rings befestigt sein und ein Drehmoment durch einen parallelen Stift übertragen.

[0029] Jeder der Rotoren **3** ist über eine eigene Kupplung **5** mit der Drehwelle **10** verbunden. Im Falle einer Störung bzw. einer Blockierung zwischen einem Rotor **3** und seinem Stator **2** ermöglicht die Kupplung **5** eine weitere Bewegung bzw. Drehung der Drehwelle **10**.

[0030] Sobald das Drehmoment, welches zwischen Kupplungsaußenteil **6** und Kupplungsinneinteil **7** übertragen wird, einen normalen Betriebswert übersteigt, gibt die Bügelfeder **8** nach und ermöglicht ein relatives Drehbewegen zwischen Kupplungsaußenteil **6** und Kupplungsinneinteil **7**.

[0031] Die Bügelfeder **8** kann dabei als C-förmiges Bauteil ausgeformt sein, dass mittels seiner Endabschnitte ein lösbares Verbinden von Kupplungsaußenteil **6** und Kupplungsinneinteil **7** ermöglicht. Ein mittlerer Bogenabschnitt der Bügelfeder **8** kann dabei entsprechend seiner Elastizität eine Rückstellende und fixierende Kraft auf Kupplungsaußenteil **6** und Kupplungsinneinteil **7** ausüben, wodurch beide Bauteile in gewissen Grenzen miteinander gekoppelt werden.

[0032] Kupplungsaußenteil **6** und Kupplungsinneinteil **7** können als Bauteile ausgestaltet sein, die in wesentlichen Teilen wenigstens je eine Ringstruktur umfassen. Das Kupplungsaußenteil **6** kann ferner einen Gabelabschnitt umfassen, in welchem das Kupplungsinneinteil **7** zumindest teilweise lagerbar ist. Weiterhin sind an Kupplungsaußenteil **6** und Kupplungsinneinteil **7** Anschläge denkbar, mittels derer eine Relativbewegung zwischen Kupplungsaußenteil **6** und Kupplungsinneinteil **7** begrenzt ist. Das Kupplungsaußenteil **6** kann des Weiteren einen Verbindungsab-

schnitt umfassen, über den das Kupplungsaußenteil **6** mit einem Positionssensor **4** koppelbar ist.

[0033] Fig. 3 zeigt eine detaillierte Ansicht eines Positionssensors **4**, welcher mit dem Kupplungsaußenteil **6** einer Kupplung **5** gekoppelt ist. Positionssensoren **4** können dabei jeweils an jedem Kupplungsaußenteil **6** aller in der Anordnung vorgesehenen Kupplungen **5** vorgesehen sein.

[0034] Der Positionssensor **4** ist hierbei über den Verbindungsabschnitt mit dem Kupplungsaußenteil **6** gekoppelt. Wie zu erkennen ist, kann der Positionssensor **4** einen beschränkten Winkelbereich der Motorbewegung des Motors **1** erfassen. Es sind alternativ oder zusätzlich auch Ausführungsformen denkbar, bei denen auch ein vollständige Umdrehungen des Motors **1** erfassender Positionssensor **4** vorgesehen sein kann.

[0035] Fig. 4 zeigt ein funktionelles Blockbild einer erfindungsgemäßen Motoranordnung mit vierfacher Redundanz, d. h. mit vier Motoren **1**. Ein beispielhaft dargestelltes Vorsteuerventil **20** wird hierbei parallel von vier Motoren **1**, welche über vier Kupplungen **5** mit dem Vorsteuerventil **20** gekoppelt sind, angesteuert. An jedem der Motoren **1** ist dabei wenigstens ein Positionssensor **4** vorgesehen. Kommt es zu einer Blockade eines der Motoren **1** und/oder der Positionssensoren **4**, so können diese mittels der ihnen zugeordneten Kupplung **5** von dem Vorsteuerventil **20** entkoppelt werden. Das Vorsteuerventil **20** kann weiterhin mit den drei nicht entkoppelten Motoren **1** betrieben werden.

[0036] Bei dem gezeigten Vorsteuerventil **20** handelt es sich im Ausführungsbeispiel der Fig. 4 um ein 4/3-Wegeventil. Die vorliegende Anmeldung ist jedoch nicht auf ein solches beschränkt. Vielmehr können alle denkbaren Wegeventile mit der erfindungsgemäßen Motoranordnung angesteuert werden.

Patentansprüche

1. Motoranordnung zur Ansteuerung von Vorsteuerventilen (**20**), mit wenigstens drei Motoren (**1**) mit wenigstens je einem Stator (**2**) und wenigstens je einem Rotor (**3**), wobei die Motoren (**1**) an einer gemeinsamen Drehwelle (**10**) vorgesehen sind, wobei jeder Motor (**1**) über je wenigstens eine mechanische Kupplung (**5**) mit der Drehwelle (**10**) gekoppelt ist.
2. Motoranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass an jedem Motor (**1**) wenigstens je ein elektrischer Positionssensor (**4**) vorgesehen ist.
3. Motoranordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kupplung (**5**) wenigstens ein Kupplungsaußenteil (**6**), wenigstens ein

Kupplungsinnenteil (7) und wenigstens eine Bügelfeder (8) umfasst, wobei die Bügelfeder (8) Kupplungsaußenteil (6) und Kupplungsinnenteil (7) im Normalbetrieb des entsprechenden Motors (1) miteinander kuppelt und im Fehlerbetriebe voneinander entkuppelt.

4. Motoranordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rotor (3) mit dem Kupplungsaußenteil (6) insbesondere mittels Stiften und mittels wenigstens eines Rings gekoppelt ist.

5. Motoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen wenigstens zwei Motoren (1) zwei Kupplungen (5) vorgesehen sind.

6. Motoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen wenigstens zwei Kupplungen (5) Trennscheiben (11) vorgesehen sind

7. Motoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass gleiche Kupplungen (5) und/oder gleiche Motoren (1) vorgesehen sind, oder dass gleiche Kupplungen (5) und/oder gleiche Motoren (1) in axialer Richtung versetzt voneinander an der gemeinsamen Drehwelle (10) vorgesehen sind.

8. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass gleichen Positionssensoren (4) vorgesehen sind, und/oder dass die Positionssensoren (4) innerhalb eines Gehäuses der Motoranordnung vorgesehen sind, und/oder dass die Positionssensoren (4) mit dem Kupplungsaußenteil gekoppelt sind, und/oder dass die Positionssensoren (4) Differentialtransformatoren sind.

9. Motoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drehwelle (10) über Duallager (12) gelagert ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

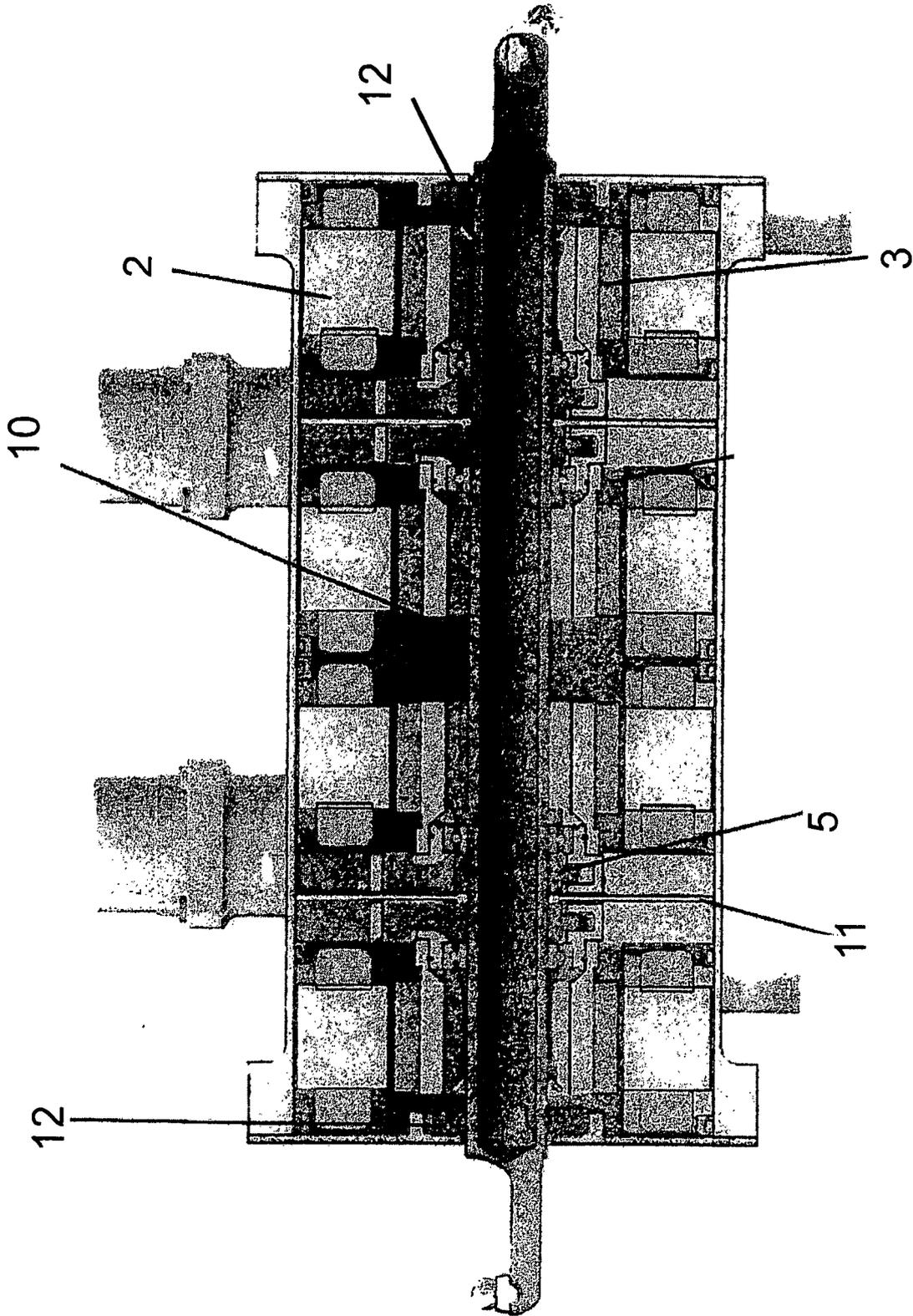


Fig. 2

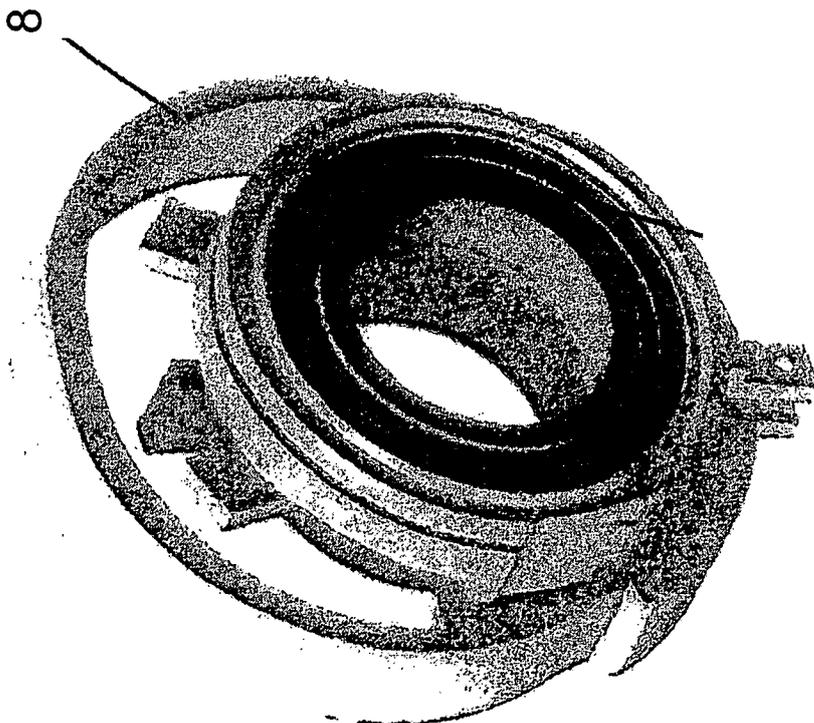
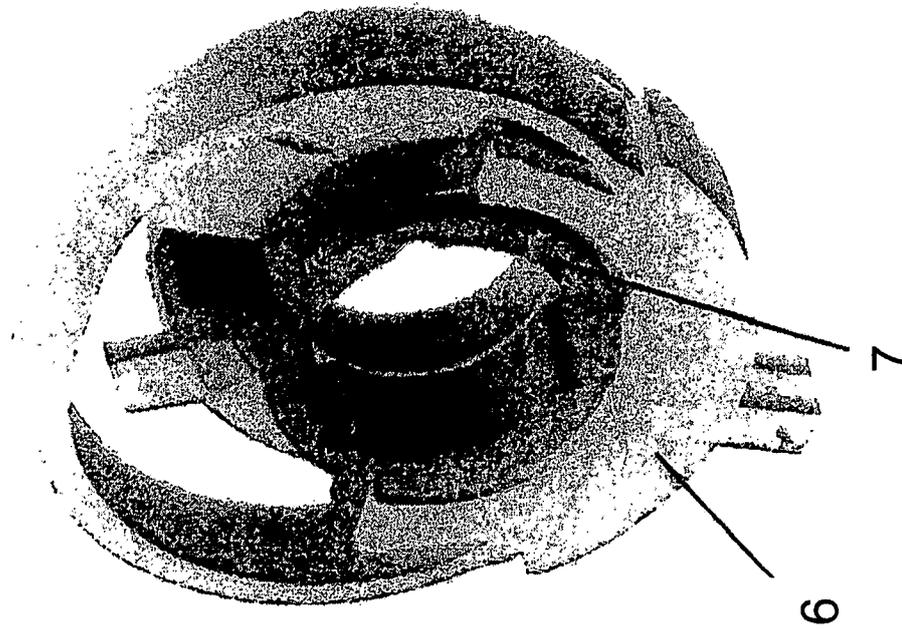


Fig. 3

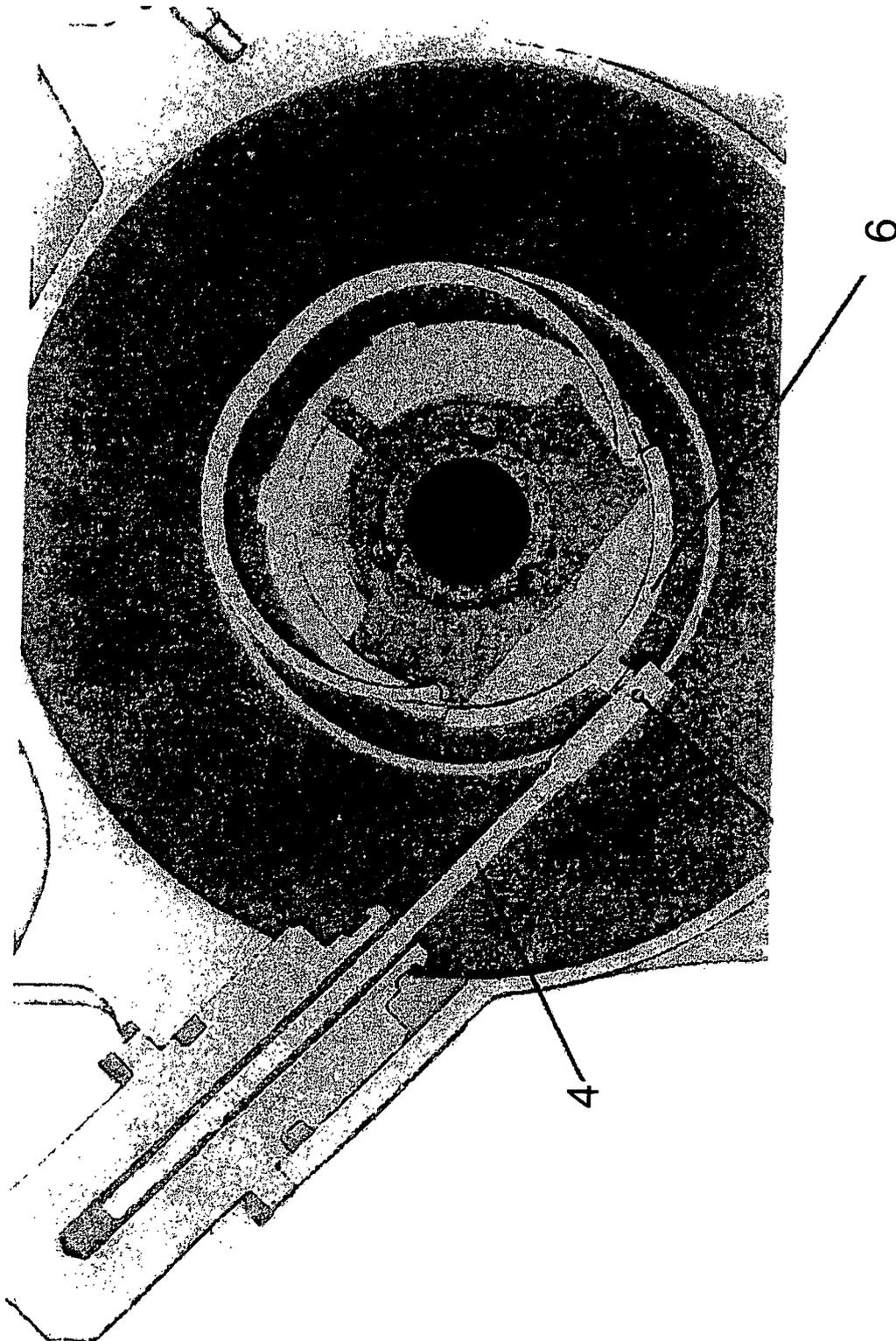


Fig. 4

