

(19)



(11)

EP 1 936 641 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
12.05.2010 Patentblatt 2010/19

(51) Int Cl.:
H01F 7/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07116547.6**

(22) Anmeldetag: **17.09.2007**

(54) **Kaskadenförmig angeordneter Magnetaktor**

Cascade-type magnetic actuator

Acteur magnétique agencé sous forme de cascade

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**

(30) Priorität: **10.11.2006 DE 102006053129**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.06.2008 Patentblatt 2008/26

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder: **Ulm, Juergen
74575 Schrozberg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**DE-B1- 1 414 527 RU-C1- 2 101 597
US-A- 2 934 680 US-A- 4 395 650
US-A- 4 651 118**

EP 1 936 641 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Magnetantriebe, die nach dem Topf-Magnetkreisprinzip arbeiten, erzeugen eine magnetische Kraft $F = -1/2 \mu_0 A_1 H_1^2$, wobei H_1 das magnetische Feld im Luftspalt und A_1 die im Luftspalt wirkende Polfläche ist. Aufgrund des Einsatzgebietes ist jedoch die realisierbare Polfläche beschränkt. Ferner ist mit einer großen zusammenhängenden Polfläche auch eine große Masse und damit Trägheit der bewegenden Teile des Magnetaktors verbunden, so dass eine große Polfläche zudem zu einer unerwünschten Beschränkung in der Betätigungsgeschwindigkeit führen würde.

[0002] In der Druckschrift RU 2 101 597 C1 ist ein elektrisch gesteuerter Elektromagnet zur Betätigung von Ventilen beschrieben, der eine gestapelte Anordnung aufweist. Der sich bewegende Anker weist eine periodische zahnförmige Struktur auf, wobei jeder Zahn eine sich radial erstreckende Fläche hat, die gegenüber einer entsprechenden radialen Teilfläche des umliegenden Elektromagnetkerns angeordnet ist. Der umliegende Magnetkern bildet einen zylindrischen Rückschluss, von dem aus sich Schenkel radial nach innen erstrecken. An diesen Schenkeln sind Teilflächen ausgebildet, welche mit dem Ankern interagieren. Jeweils drei aufeinander folgende Schenkel bilden eine Gruppe, wobei die Spule um den mittleren der drei Schenkel gewickelt ist und diesen so in radialer Richtung, senkrecht zur Längsachse des Ankers magnetisiert. Der entstehende Fluss verteilt sich jeweils zur Hälfte auf die beiden benachbarten Schenkel und wird von den benachbarten Schenkeln über die jeweilige Luftspalte auf den innen liegenden Anker übertragen. Der magnetische Fluss wird wiederum vom Anker über den am mittleren Schenkel liegenden Luftspalt zurück zum mittleren Schenkel geführt. Die Herstellung des umliegenden Elektromagneten, dessen Kern in radialer Richtung nach innen offen ist, gestaltet sich schwierig, da die Bestückung mit der sich in radialer Richtung erstreckenden Spule von dem Innenraum des Kerns aus geschehen muss. Ferner durchläuft der Fluss einer Spule notwendigerweise zwei nacheinander liegende Luftspalte (zum Anker hin und vom Anker zur Spule zurück), wobei dies die erzeugbare Kraft vermindert. Zudem ist die Feldverteilung inhomogen, da der mittlere Schenkel im Vergleich zu den dazu benachbarten Schenkeln den doppelten Fluss führt.

Vorteile der Erfindung

[0003] Mit der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung lässt sich ein für ein elektrisch steuerbares Magnetventil vorgesehener elektrischer Magnetaktor einfacher herstellen. Ferner sieht ein Aspekt der vorliegenden Erfindung vor, dass der von der Spule erzeugte magnetische Fluss statt zwei nur einen Luftspalt durchlaufen muss, wodurch die erzeugbare Kraft deutlich erhöht wird.

Daher lassen sich gegenüber dem Stand der Technik Kosten und Aufwand sparen, wobei gleichzeitig der Bauraum und der benötigte Strom effizienter verwendet werden. Ferner wird durch die kaskadenförmige Ordnung der in axialer Richtung zur Verfügung stehende Bauraum im Injektor genutzt. Ein weiterer Vorteil gegenüber dem Stand der Technik besteht darin, dass die erfindungsgemäße Anordnung ausschließlich scheibenförmige oder sich längs erstreckende kaskadierbare Elemente aufweist, so dass eine schichtweise Montage des Ankergegenstücks, welche die Spulenelemente trägt, möglich ist. Dadurch wird der Herstellungsprozess gegenüber dem Stand der Technik weitgehend vereinfacht.

[0004] Als magnetischer Rückschluss kann eine einfache, das Ankergegenstück umgebende Hülse mit entsprechenden magnetischen Eigenschaften verwendet werden, so dass keine speziellen aus magnetischem Material geformten Teile erforderlich sind. Die entlang des äußeren Umfangs des Ankergegenstücks verlaufenden Windungen der Spulenelemente können durch Rotieren des Ankergegenstücks ohne weiteres aufgebracht werden, wobei in der äußeren Oberfläche des Ankergegenstücks bzw. in einem dort angeordneten Hauptschenkel eine Vertiefung ausgebildet sein kann, die während des Aufwickelns des Spulendrahts zur Ausrichtung der Windungen dient. Gemäß eines Aspekts der Erfindung wird die Rückführungsfläche der Ankerpolschultern nicht nur zur verbesserten magnetischen Führung, sondern wird auch zur mechanischen Führung des innen liegenden Ankers verwendet. Die magnetische Streuung durch einen Ölfilm zwischen Rückführungsfläche und Hauptschenkel, der die mechanische Führung verbessert, ist vernachlässigbar, da die Dicke des Ölfilms um Größenordnungen geringer als die Dicke des Luftspalts ist, welche wiederum durch den zu erzielenden Ventilhub bestimmt wird. Eine solche mechanische Führung ist regelmäßig entlang des gesamten Magnetaktors verteilt, wodurch eine Verkantung verhindert wird und sich eine zusätzliche Stabilität ergibt. Bei entsprechender Dimensionierung ist es möglich, dass äußere Führungsteile weggelassen werden können. Die einzelnen Spulenelemente können so zusammengeschaltet werden, dass sich eine geringe Induktivität ergibt, die wiederum positiven Einfluss auf die erzielbare Steuerungsgeschwindigkeit hat. Ferner ergibt sich eine hohe Redundanz, so dass bei geeigneter Schaltung ein oder mehrere Spulenelemente ausfallen können, ohne dass die Funktion des Magnetaktors wesentlich beeinträchtigt wird.

Zeichnungen

[0005] Anhand der Zeichnungen wird die Erfindung nachstehend näher erläutert.

Es zeigen:

[0006]

- Figur 1 das Prinzip der elektrischen Anregung eines Magnetaktors gemäß dem Stand der Technik.
- Figur 2 eine erste Ausführung des erfindungsgemäßen elektrischen Magnetaktors im Längsschnitt.
- Figur 3 eine zweite Ausführung des erfindungsgemäßen elektrischen Magnetaktors im Längsschnitt.
- Figur 4 den Verlauf des magnetischen Flusses in der ersten Ausführung des erfindungsgemäßen elektrischen Magnetaktors, die in Fig. 2 dargestellt ist.
- Figur 5 den Verlauf des magnetischen Flusses in der zweiten Ausführung des erfindungsgemäßen elektrischen Magnetaktors, die in Fig. 3 dargestellt ist.

[0007] Die Figur 1 zeigt das Erregungsprinzip des Magnetaktors, der in der oben genannten Druckschrift RU 2 101 597 C1 beschrieben ist. Ein Ankergegenstück 2 und ein Anker 4 weisen eine ineinander greifende Zahnstruktur auf, wobei die sich gegenüberliegenden Flächen des Ankers und des Ankergegenstücks durch einen Luftspalt getrennt sind. Die Zähne 3a, 3b und 3c des Ankergegenstücks 2 bilden die Schenkel eines Elektromagneten, dessen Fluss durch eine Spule 8 erzeugt wird. Bei Aktivierung erzeugt die Spule 8 einen radial verlaufenden magnetischen Fluss in dem mittleren Schenkel 3b, der über eine magnetische Verbindung zwischen den Schenkeln auf die benachbarten äußeren Schenkel 3a und 3c aufgeteilt und von diesen geführt wird. Die Teilflüsse gelangen über den jeweiligen Luftspalt zum Anker 4, über den der Fluss wieder zusammengeführt und über einen weiteren Luftspalt zum mittleren Schenkel zurückgeführt wird. Diese Struktur ist mit einer EI-Transformator-Kernstruktur vergleichbar, wobei das Ankergegenstück 2 dem E-Teil und der Anker 4 dem I-Teil entspricht. Die in Figur 1 dargestellte Erregerstruktur nach dem Stand der Technik zeichnet sich vor allem durch die zwei folgenden Eigenschaften aus. Zum einen umgreift die Erregerwicklung einen nach innen ragenden radialen Zahn, der bei einer rotationssymmetrischen Ausführung des Ankergegenstücks einen Ring bildet, der naturgemäß nicht rotationssymmetrisch unterbrechungsfrei mit einer Spule belegt werden kann. Dies führt zu einem inhomogenen Feldverlauf. Zum anderen weisen Teile (Zähne 3a, 3c, Teile des Ankers 4) eine Flussdichte auf, die der Hälfte des in Zahn 3b induzierten Flusses entspricht, wodurch der Sättigungsgrad des magnetischen Materials innerhalb des Magnetaktors stark inhomogen ist.

[0008] Insbesondere der Ort der Erzeugung des magnetischen Flusses und somit die Spulenstruktur unterscheiden sich grundlegend von der Erregerstruktur der Erfindung, wie im Folgenden betrachtet wird.

Ausführungsbeispiele

[0009] Die Figur 2 zeigt eine erste Ausführung des erfindungsgemäßen elektrischen Magnetaktors im Längsschnitt. Der Magnetaktor 10 umfasst ein Ankergegenstück 12, welches Spulenelemente 18 a-d trägt, sowie den sich bewegenden Anker 14. Das Ankergegenstück 12 weist eine periodische Zahnstruktur auf, die in eine periodische Zahnstruktur 14 des Ankers eingreift. Die Zähne des Ankers sind zu den Zähnen des Ankergegenstücks beabstandet. Die Zähne des Ankers 14 und des Ankergegenstücks 12 bilden bei Aktivierung des Aktors, d.h. bei Bestromung der Spule, Magnetpole, die sich über einen Luftspalt L anziehen. Um eine Kraft F_m entlang der Längsachse des Ankers zu erzeugen, sind die Polflächen des Ankergegenstücks, das als Erreger arbeitet, in einer Ebene senkrecht zur Längsachse des Ankers angeordnet. Die radial nach außen ragenden Zähne des Ankers 14 haben den Querschnitt eines rechtwinkligen Dreiecks, wobei eine der Katheten die Polfläche (26 a-d) der Ankerpol-Schultern (22 a-d) bildet.

[0010] Zur Krafterzeugung entlang der Achse des Ankers tragen im Wesentlichen nur die Polflächen 24 a-d der Zahnstruktur des Ankergegenstücks und die Polflächen 26 a-d des Ankers 14 bei. Die Polflächen 24 a-d des Ankergegenstücks 12 werden durch periodisch angeordnete Erregerpol-Schultern 20 a-d ausgebildet, die, durch einen Luftspalt L getrennt, den Ankerpol-Schultern 22 a-d gegenüberliegen, welche die korrespondierenden und paarig angeordneten Polflächen des Ankers ausbilden.

[0011] Die rücklaufenden Flächen der jeweiligen Schultern, die in dem jeweiligen Zahn der entsprechenden Polfläche gegenüberliegen, d.h. die Hypotenuse im Fall des rechtwinkligen Dreiecks, tragen nicht zur Krafterzeugung bei und können daher frei ausgeführt werden. Jedoch ist gemäß eines ersten Aspekts der Erfindung darauf zu achten, dass die rücklaufenden Flächen einen ausreichenden Abstand zum nächstliegenden und insbesondere zu dem entgegengesetzt gepolten Material aufweisen, um zu vermeiden, dass nicht zu vernachlässigende Kraftkomponenten entstehen, die entgegengesetzt zur Kraft F_m wirken. Vorzugsweise sind die rücklaufenden Flächen, die auf der anderen Seite des jeweiligen Zahns gegenüberliegend zu der entsprechenden Polfläche ausgebildet sind, eben und zur Polfläche des Zahns geneigt.

[0012] Die zylindrisch um die Längsachse des Ankers 14 verlaufenden Flächen des Ankergegenstücks 12 sind gemäß der ersten Ausführung ausreichend von dem Anker 14 entfernt, um eine gegenseitige Kraftwirkung zu vermeiden. Alternativ können die Flächen auch gekrümmt oder zur Längsachse geneigt sein.

[0013] Die krafterzeugenden gegenüberliegenden Polflächen 24 a-d und 26 a-d sind über einen Luftspalt L voneinander getrennt, durch den auch der maximale Hub des Ankers vorgegeben ist. Die Polflächen sind vorzugsweise senkrecht zur Längsachse des Ankers 14 und des

Ankergegenstücks 12 radial ausgebildet. Gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung sind auch die Polflächen zur Senkrechten der Längsachse des Ankers geneigt. Die sich jeweils gegenüberliegenden Polflächen sind zueinander komplementär ausgebildet, so dass der Luftspalt zumindest über eine Teilfläche eine konstante Dicke aufweist. Vorzugsweise sind die Polflächen eben ausgestaltet. Alternativ sind die Polflächen gebogen, wobei die Form der Polflächen 26 a-d, die Ankerpol-Schultern 22 a-d komplementär zu der Form der Polflächen 24 a-d der Erregerpol-Schultern 20 a-d ist, um den jeweiligen Luftspalt L zumindest teilweise mit einer Parallelität vorzusehen. Sind gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung die Polflächen nicht senkrecht zur Längsachse, sondern zur radialen Richtung geneigt, so ergibt sich zusätzlich zu einer entlang der Längsachse wirkenden Kraft F_m eine weitere radial wirkende Kraftkomponente, die bei der Dimensionierung und beim Betreiben des Magnetventils berücksichtigt werden muss.

[0014] Das Ankergegenstück 12 umfasst einen zylindrisch verlaufenden Hauptschenkel 16 sowie radial nach innen ragende Zähne 17, die die Erregerpol-Schultern 20 a-d ausbilden. Vorzugsweise ist der Hauptschenkel 16 des Ankergegenstücks 12 einteilig mit den radial nach innen ragenden Zähnen 17 ausgebildet. Alternativ sind die radial nach innen ragenden Zähne 17 kraftschlüssig, beispielsweise mittels Aufschrupfen, mit dem Hauptschenkel 16 verbunden, wobei gleichzeitig eine magnetische Verbindung zwischen den Zähnen 17 und dem Hauptschenkel 16 vorgesehen wird, um den magnetischen Fluss zu den Polflächen 24 a-d zu führen.

[0015] Der magnetische Fluss wird von umfänglich um den Hauptschenkel verlaufenden Spulenelementen 18 a-d erzeugt. Vorzugsweise sind die Spulenelemente 18 a-d in umfänglich verlaufenden Nuten angeordnet. Gemäß einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung weist der zylindrische Hauptschenkel auf seiner Außenfläche umfänglich verlaufende Nuten oder Vertiefungen auf, in denen die Spulenelemente 18 a-d vorgesehen sind und die mit der Außenfläche des Hauptschenkels abschließen. Auf diese Weise bilden die Vertiefungen Wicklungsfenster, die für die Spulenelemente vorgesehen sind. Die Vertiefungen sind entlang der Längsachse zumindest teilweise zwischen zwei benachbarten, nach innen ragenden Zähnen 17 bzw. Schultern 20 a-d ausgebildet. Dadurch werden an diesen Vertiefungen Stellen im Hauptschenkel 16 ausgebildet, an denen dieser eine deutliche geringere Dicke aufweist. Dadurch werden magnetische Engstellen 28 a-c vorgesehen, die den magnetischen Rückschluss auf der Innenseite des Hauptschenkels 16 verringern und somit verhindern, dass wesentliche Anteile des erzeugten magnetischen Flusses zwischen zwei aufeinander folgende Erregerpol-Schultern (20 a-d) verlaufen, ohne den Luftspalt L durchlaufen zu haben. Die magnetische Wirkungsweise wird anhand der Figur 4 näher erläutert. Vorzugsweise sind die Vertiefungen, welche die Wicklungsfenster bilden und die Spulenelemente 18 a-d tragen, ringförmig in sich ge-

schlossen und in einer Ebene senkrecht zur Längsachse des Ankers und des Ankergegenstücks vorgesehen, wobei die Längsachse das Zentrum bildet. Die Wicklungsfenster haben vorzugsweise einen quadratischen, rechteckigen, trapezoiden, kreisabschnittförmigen oder teilellipsoiden Querschnitt.

[0016] Gemäß einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung sind das Gegenstück 12, der Anker 14, die Hauptschenkel 16, die Zähne 17, die Wicklungsfenster, die Spulenelemente 18 a-d, sowie eine den Hauptschenkel 16 umschließende Hülse 19, die zur magnetischen Rückführung vorgesehen ist, symmetrisch zur Längsachse des Ankers ausgebildet. In einer weiteren Ausführung der Erfindung ist mindestens eines dieser Strukturelemente des Magnetaktors 10 symmetrisch zur Längsachse des Ankers 14 ausgebildet.

[0017] Eine Feder, die in Figur 2 nur schematisch dargestellt ist, beaufschlagt den Anker mit einer Gegenkraft F, die entgegengesetzt zur elektromagnetisch erzeugten Kraft F_m wirkt und den Anker in die ursprüngliche Position zurückstellt, wenn die Spule wieder deaktiviert wird. Diese Kraft wird vorzugsweise von einer Feder vorgesehen, die um den Anker oder um den aus dem Aktor 10 führenden Bolzen spiralförmig gewunden ist. Das Ankergegenstück 12 wird zusammen mit der Hülse 19, welche den Hauptschenkel 16 mechanisch und magnetisch umschließt, von einer Halterungsvorrichtung (nicht dargestellt) gehalten, die kraftschlüssig mit der Feder verbunden ist, welche die rückstellende Kraft F erzeugt. Vorzugsweise wird ein Gehäuse vorgesehen, welches die Feder und das Gegenstück 12 inklusive umschließender Hülse 19 umgibt, wobei das Gehäuse eine Öffnung für einen Ankerbolzen aufweist, der einen Teil des Ankers 14 bildet und zur Auskopplung der Kraft F_m eingerichtet ist. In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung ist die Hülse 19 kraftschlüssig mit dem Ankergegenstück verbunden und bildet gleichzeitig ein Gegenlager für die Feder, welche die Kraft F erzeugt. Hierbei sollte die Feder, welche zwischen der als Lager dienenden Hülse 19 und dem Anker 14 vorgesehen ist, nur eine vernachlässigbare magnetische Kopplung zwischen Hülse und Anker vorsehen. Die in Figur 2 nach links über einen Bolzen ausgekoppelte Kraft F_m ist mechanisch mit einem Ventil, vorzugsweise einem Kugelventil, verbunden, das die Einspritzung eines Kraftstoffgemischs in einen Verbrennungsmotor steuert.

[0018] Die Figur 2 ist nicht maßstäblich. Insbesondere sind die Breite des Luftspalts L, die Abmessungen der Wicklungsfenster und der radiale Abstand zwischen den in radialer Richtung liegenden Flächen der Schultern 20a - 20d und dem Anker nicht maßstäblich dargestellt.

[0019] Die Figur 3 zeigt den elektrischen Magnetaktor einer zweiten Ausführung des erfindungsgemäßen Magnetventils im Längsschnitt. Die in Figur 3 dargestellte zweite Ausführung weist Merkmale auf, die entsprechenden Merkmalen der in Figur 2 dargestellten ersten Ausführung ähneln, wobei sich das entsprechende Bezugszeichen in der Figur 3 aus dem jeweiligen Bezugszeichen

der Figur 2 ergibt, indem eine 1 vorangestellt wird.

[0020] Auch die in Figur 3 dargestellte Ausführung zeigt einen sich entlang einer Längsachse erstreckenden Magnetaktor mit einem feststehenden Ankergegenstück 112 und einen dazu in Längsrichtung beweglichen Anker 114, der von dem Ankergegenstück umschlossen ist. Das Ankergegenstück 112 selbst ist mit einer Hülse 119 umschlossen, die als magnetischer Rückschluss dient. Wie auch in der ersten Ausführung umfasst das Ankergegenstück 112 einen Hauptschenkel 116, der zylindrisch ausgestaltet ist, und der Spulenelemente 118 a, b trägt. Von diesem Hauptschenkel 116 aus erstrecken sich Zähne radial nach innen zum Anker, der ebenfalls Zähne aufweist, wobei die Zähne ineinander greifen. Die Zähne des Ankers bilden Ankerpol-Schulter 122 a, b aus, die entsprechenden Erregerpol-Schultern der Zähne des Ankers 114 gegenüberliegen und mit diesem einen gleichmäßigen Luftspalt bilden. Jeweils eine Polfläche 124 a-c der Erregerpol-Schultern 120 a-c liegt einer Polfläche 126 a-c einer entsprechenden Ankerpol-Schulter 122 a-c gegenüber, wodurch Polflächen-Paare gebildet werden. Die Polflächen-Paare bestehen aus einer Polfläche 126 a-c, einer Ankerpol-Schulter und einer korrespondierenden, entsprechenden Polfläche 124 a-c einer Erregerpol-Schulter. Ein Luftspalt L liegt zwischen zwei korrespondierenden Polflächen eines Polflächen-Paars. Wie auch in der ersten Ausgestaltung sind die radial innen liegenden Flächen der Erregerpol-Schultern, welche den Anker ringförmig umgeben, mit einem Abstand zu dem Anker angeordnet, der gewährleistet, dass an den Stellen A, A' und A'' nur eine vernachlässigbare magnetische Kopplung zwischen diesen innen liegenden Erregerpol-Flächen und dem Anker stattfindet.

[0021] Jedoch besteht zwischen den Rückführungsflächen 130 a, b, der Ankerpol-Schulter 122 a, b und den Innenflächen des Hauptschenkels 116 eine starke magnetische Kopplung, da zwischen diesen nur ein dünner parasitärer Luftspalt L_p liegt. Dieser parasitäre Luftspalt L_p ist deutlich geringer als der Luftspalt L zwischen den Polflächen, da die sich am parasitären Luftspalt gegenüber liegenden Flächen nur in Längsrichtung gegeneinander verschieben, wohingegen sich der Luftspalt L bei Betätigung des Magnetaktors vergrößert oder verkleinert. Dementsprechend kann der parasitäre Luftspalt L_p durch einen Schmiermittelfilm, beispielsweise Öl, gebildet werden, der das Gleiten der Rückführungsfläche 130 a, b auf der gegenüberliegenden Fläche 132 a, b des Hauptschenkels ermöglicht. Wie auch die gesamte Figur 3 ist der Luftspalt L_p nicht maßstabsgetreu zum Luftspalt L dargestellt.

[0022] Während in der ersten Ausführung, die in der Figur 2 dargestellt ist, der radial nach außen ragende Zahn des Ankers spitz zuläuft und weder mechanischen noch magnetischen Kontakt zum Hauptschenkel 116 herstellt, ist der radial nach außen ragende Zahn gemäß der zweiten Ausführung mit einer radial zylindrisch umlaufenden Fläche ausgestattet, die als Rückführungsfläche 130 a, b dient. Diese Rückführungsfläche 130 a, b

bildet über den parasitären Luftspalt L_p mit der gegenüberliegenden Fläche 132 a, b des Hauptschenkels 116 nicht nur eine magnetische Verbindung zwischen dem Anker und dem Ankergegenstück, sondern auch eine Gleitfläche, die das Gleiten und Führen des Ankers 114 durch den Hauptschenkel 116 erlaubt. Durch diese mechanische Führung wird der Anker in einer tangentialen Rotation entlang des Umfangs um die Längsachse herum nicht gehindert.

[0023] Im Folgenden werden die Figuren 4 und 5 betrachtet, die den magnetischen Flussverlauf gemäß der ersten Ausführung (Figur 2) und der zweiten Ausführung (Figur 3) darstellen. Aus dem Vergleich der Figuren 4 und 5 ergeben sich die Unterschiede hinsichtlich des Flussverlaufs, welche durch die Rückführungsfläche 130 a, b, 330a-c hervorgerufen werden.

[0024] Zunächst wird die Figur 4 betrachtet, die den Flussverlauf in dem elektrischen Magnetaktor gemäß der ersten Ausführung des erfindungsgemäßen Magnetventils darstellt. Die in Längsrichtung verteilten, in dem Hauptschenkel 216 angeordneten Spulenelemente 218 a-c erzeugen jeweils einen magnetischen Fluss $\Phi_{a,b,c}$. Die Spulenelemente 218 a-c sind zwischen radial nach innen ragenden Zähnen des Ankergegenstücks angeordnet, die die Erregerpol-Schultern formen und die jeweils eine Polfläche 224 a-d bilden. Der Fluss tritt von dem auf der einen Seite eines Spulenelements liegenden Zahn durch die Polfläche 224 b hindurch, durchläuft den Luftspalt L und tritt durch die gegenüberliegende Polfläche 226 b der entsprechenden Ankerpol-Schulter hindurch. Die Ankerpolschulter sowie der in radialer Richtung innen liegende zylindrische Abschnitt des Ankers 215, d.h. ein Längsabschnitt des Ankerbolzens, führt den Fluss zum nächsten Zahn, der auf der anderen Seite des jeweiligen Spulenelements liegt, durchläuft die auf der anderen Seite liegende Ankerpol-Schulter, tritt durch die Polfläche 226 c der Ankerpol-Schulter hindurch, durchläuft den auf der anderen Seite liegenden Luftspalt L und tritt durch die auf der anderen Seite des betrachteten Spulenelementes liegenden Polfläche 224 c der entsprechenden Erregerpol-Schulter wieder in das Ankergegenstück ein. Die um das Ankergegenstück herum vorgesehene Hülse 219 bildet den magnetischen Rückschluss und schließt somit den magnetischen Kreis zu dem auf der einen (ersten) Seite liegenden Zahn.

[0025] Neben dem Spulenelement 216 a-c, das zwischen zwei Zähnen angeordnet ist, ist dort auch im Hauptschenkel eine magnetische Engstelle 228 a-c vorgesehen, die durch eine wesentliche Beeinträchtigung der magnetischen Verbindung zwischen zwei benachbarten Zähnen des Ankergegenstücks verhindert, dass zwei benachbarte Zähne magnetisch direkt miteinander verbunden werden, und so ein magnetischer Kurzschluss ausgebildet wird. Ein derartiger magnetischer Kurzschluss würde dazu führen, dass der magnetische Fluss nicht durch die Polflächen 224, 226 und die Luftspalten L geführt wird, so dass gegenüberliegende Polflächen keine Zugkraft aufeinander ausüben. Die ma-

gnetische Engstelle 228 a-c kann durch eine örtlich begrenzte Verringerung der Querschnittsfläche des Hauptschenkels 116, eine stellenweise verringerte magnetische Permeabilität μ_r , einen Luftspalt oder eine beliebige Kombination dieser Vorkehrungen vorgesehen werden, wobei vorzugsweise die Verringerung des Querschnitts des magnetischen Materials aufgrund der für die Windungsfenster vorgesehenen Vertiefungen bei entsprechender Dimensionierung zur gewünschten magnetischen Engstelle führt. Die einzige magnetische Verbindung zwischen einer Polfläche 226 a-d einer Ankerpol-Schulter und der entsprechenden korrespondierenden Polfläche einer Erregerpol-Schulter 224 a-d verläuft durch den zwischen diesen vorgesehenen Luftspalt L durch die jeweiligen Polflächen 224 a-d und 226 a-d hindurch. Die verringerte Stabilität, die von einer geringen Wandstärke an der elektrischen Magnetstelle herrührt, kann durch entsprechende Befestigung der äußeren Hülse 219 oder durch unmagnetische Stützen ausgeglichen werden. Die erste Ausführung des erfindungsmäßigen Magnetaktors weist ebenfalls derartige magnetische Engstellen auf, die jedoch in der Fig. 3 kein eigenes Bezugszeichen aufweisen.

[0026] Der Flussverlauf eines Spulenelements, beispielsweise 218 b, verläuft durch zwei in Reihe geschaltete Luftspalte, die in der Figur 4 als Luftspalte L dargestellt sind, welche links und rechts von dem Spulenelement 218 b liegen. Aufgrund der kaskadierten Reihenanordnung fließt durch eine Erregerpol-Schulter bzw. Ankerpol-Schulter der Fluss zweier Spulenelemente, die sich in der entsprechenden Schulter addieren. Beispielsweise durch die Polfläche 224c und die betreffende Erregerpol-Schulter 226 c fließt der Fluss Φ_c des Spulenelements 218c sowie der Fluss Φ_b des Spulenelements 218b. Diese Flüsse addieren sich auch in dem Luftspalt L, der zwischen der Polfläche 224c und der Polfläche 226c liegt. Um eine Addition dieser Flüsse zu erreichen und um eine destruktive Überlagerung zu vermeiden, müssen die Spulenelemente derart eingerichtet sein, dass benachbarte Spulenelemente einen gegenläufigen Flusssinn hervorrufen. Dies kann durch geeignete Bestromung, Bewickelung oder Beschaltung erreicht werden. Die Anzahl der Spulenelemente ist nicht auf eine feste Zahl beschränkt, jedoch ist die Anzahl aus diesem Grund vorzugsweise geradzahlig. Vorzugsweise sind alle Spulenelemente 218 a-c gleich groß, sind in gleich großen Wicklungsfenstern angeordnet und haben die gleiche Anzahl an Windungen. Die einzelnen Spulenelemente können parallel und/oder seriell zusammengeschaltet werden, wobei dies auch für Untergruppen zutrifft, die wiederum seriell und/oder parallel zusammengeschaltet werden können. Bei Parallelschaltungen muss ein hoher Strom zugeführt werden, wobei jedoch die Inaktivität entsprechend der Anzahl der Spulenelemente verringert ist, wodurch sich eine höhere Ansprechgeschwindigkeit ergibt. Serielle Schaltungen hingegen können bei gleicher Kraftwirkung mit geringeren Strömen angesteuert werden.

[0027] Die Kraft, die von dem Fluss jedes einzelnen Spulenelements in dem jeweiligen Luftspalt erzeugt wird, addiert sich zur magnetischen Gesamtkraft F_m , so dass eine kaskadierte Anordnung mit einer hohen Anzahl an Spulenelementen, Erregerpol-Schultern und Ankerpol-Schultern eine entsprechende Vervielfachung der Kraft hervorruft. Die insgesamt zu erreichende magnetische Zugkraft F_m ergibt sich daher zu:

$$F = N \cdot \frac{1}{2} \cdot \mu_0 A_L H_L^2,$$

mit:

N: Anzahl der Spulenelemente;
 A_L : Fläche eines Pols eines Polflächen-Paars; und
 H_L : Stärke des Magnetfelds im Luftspalt.

[0028] Für den Fluss Φ gilt der Zusammenhang: $\Phi = AB$, wobei A die Querschnittsfläche und B die magnetische Induktion im Luftspalt ist. Die magnetische Induktion B im Magnetmaterial ist wiederum mit dem Magnetfeld H verknüpft über: $B = \mu_{eff} \cdot H$, wobei μ_{eff} die effektive magnetische Permeabilität ist, die von Materialfaktoren und der Geometrie des magnetischen Materials abhängt. H ist wiederum proportional zum Spulenstrom und von weiteren Spuleneigenschaften.

[0029] Die Figur 5 zeigt den Verlauf des magnetischen Flusses in der zweiten Ausführung des in Fig. 3 dargestellten erfindungsgemäßen Magnetaktors. Während in der ersten Ausführung der magnetische Fluss eines Spulenelements nacheinander durch zwei Luftspalte zweier benachbarter Polflächen-Paare führt, verläuft der Fluss gemäß der in Figur 3 dargestellten zweiten Ausführung der Erfindung nur durch einen Luftspalt und wird über eine Rückführungsfläche 330a-d einen parasitären Luftspalt L_p und eine gegenüberliegende Fläche 332 a-d des Hauptschenkels zurückgeführt. Während der Luftspalt L bei Beginn der Aktivierung des Magnetaktors mindestens so groß wie dessen Hub ist, kann der parasitäre Luftspalt L_p extrem schmal ausgeführt werden, beispielsweise mit einer Dicke, die der Schichtdicke eines Ölfilms entspricht. Vorzugsweise wird, wie in der Figur 5 dargestellt ist, die Rückführungsfläche 330 a-d sowie die gegenüberliegende Fläche des Hauptschenkels 333 a-d mit einem großen Flächeninhalt ausgeführt, so dass eine sehr gute magnetische Verbindung hergestellt werden kann. Der Fluss eines Spulenelements, beispielsweise Φ_c' , wird so über die entsprechende, auf der einen Seite des Spulenelements liegende Erregerpol-Schulter geführt, durchläuft die Polfläche 324 c der Erregerpol-schulter, sowie den Luftspalt L und tritt durch die Polfläche 326 c in die entsprechende gegenüberliegende Ankerpolschulter ein. Diesbezüglich unterscheidet sich die zweite Ausführung nicht von der ersten Ausführung.

[0030] Anstatt jedoch wie gemäß der ersten Ausführung durch den Anker zu dem nächstliegenden, auf der

anderen Seite des Spulenelements angeordneten Zahn geführt zu werden, läuft der Fluss Φ_c' durch den gleichen Ankerzahn radial hindurch und wird über die Rückführungsfläche 330c, den parasitären Luftspalt L_p und der gegenüberliegenden zylinderförmigen Innenfläche des Hauptschenkels in den Hauptschenkel 332c zurückgeführt.

[0031] Um den magnetischen Kreis zu schließen, ist um den Hauptschenkel herum eine Hülse 329 angeordnet, die den Fluss führt, wie es auch in der ersten Ausführung der Fall ist. Wie in der Figur 5 dargestellt ist, muss somit der von einem Spulenelement erzeugte Fluss nur einen weiteren Luftspalt L durchlaufen und wird, statt in Längsrichtung zum nächstliegenden Zahn geführt zu werden, über einen dünnen parasitären Luftspalt L_p radial zurückgeführt. Im Vergleich zur ersten Ausführung ist daher der magnetische Weg verkürzt und führt nur durch einen breiten Luftspalt L , anstatt durch zwei in Reihe liegende breite Luftspalte, die jeweils mindestens eine Dicke aufweisen, die dem Hub des Aktors entspricht.

[0032] Zudem ist der in einer Erreger-Schulter und einem Luftspalt L vorliegende Fluss nur einem Spulenelement zugeordnet, so dass die Flussrichtung der benachbarten Spulenelemente nicht beachtet werden muss, weil in einem Zahn immer nur der Fluss eines Spulenelements vorliegt. Folglich kann, wie in der Figur 5 dargestellt ist, die Flussrichtung eines Spulenelements zu der Flussrichtung des benachbarten Spulenelements entgegengesetzt sein, wie es in der ersten Ausführung der Fall ist. Jedoch kann, im Gegensatz zu der ersten Ausführung, die Flussrichtung der einzelnen Spulenelemente in der zweiten Ausführung frei gewählt werden, beispielsweise können alle Spulenelemente die gleiche Flussrichtung aufweisen, oder es können nur einige Spulenelemente die gleiche Flussrichtung aufweisen, wobei andere Spulenelemente magnetische Flüsse mit entgegengesetzter Flussrichtung erzeugen. In der Figur 5, wie auch in der Figur 4, sind die sich ergebenden Flussrichtungen von dem Wicklungssinn des jeweiligen Spulenelements abhängig, wobei jedoch stattdessen oder in Kombination damit eine geeignete Beschaltung bzw. Bestromung vorgenommen werden kann.

[0033] Wie bereits anhand der Beschreibung der Figur 3 bemerkt wurde, bietet die Rückführungsfläche 330 a-d, der parasitäre Luftspalt L_p und die gegenüberliegende Fläche 332 a-d des Hauptschenkels a-d neben der magnetischen Verbindung auch eine mechanische Führung, wodurch der Magnetaktor in seiner Bewegung zusätzlich stabilisiert wird.

[0034] Wie auch in der ersten Ausführung (Figuren 2 und 4) weist die zweite Ausführung der Erfindung eine magnetische Engstelle auf, die in der Figur 5 mit dem Bezugszeichen 328 a-d dargestellt ist. Wie bereits beschrieben, verhindert diese magnetische Engstelle einen magnetischen Kurzschluss, der den Flussverlauf durch den jeweiligen Luftspalt L zwischen den Polflächen eines Polflächen-Paars (324 - 326) beeinträchtigen oder ver-

hindern würde. Die Engstelle wird vorzugsweise durch die Anordnung des Wicklungsfensters vorgesehen, in dem das entsprechende Spulenelement liegt. Im Allgemeinen wird die magnetische Engstelle innerhalb des Hauptschenkels in Höhe des Arbeitsluftspalts L angeordnet, um unabhängig von der Breite des Luftspalts, der sich bei Betätigung des Magnetaktors verändert, einen Magnetfluss zwischen Erreger-Schulter und Anker-Schulter, der nicht durch den Luftspalt führt, zu verhindern. Die Spulenelemente sind im Allgemeinen so angeordnet, dass sie sich zum einen an die magnetische Engstelle anschließen, um den Rücklauf des magnetischen Flusses wie beschrieben zu kanalisieren. Zum anderen werden die Spulenelemente so angeordnet, dass die nächstliegende Erreger-Schulter leicht durch den Fluss magnetisiert werden kann. Daher weist die magnetische Verbindung zwischen einem Spulenelement und der nächstliegenden Erreger-Schulter einen hohen Querschnitt und eine hohe magnetische Permeabilität auf, wodurch eine gute magnetische Verbindung erreicht wird. Vorteilhafterweise besteht zwischen einem Spulenelement und dem Hauptschenkel zu beiden Seiten des Spulenelements eine gute magnetische Verbindung.

[0035] Der Anker, das Ankergegenstück sowie die zugehörige Hülse 329 werden vorzugsweise aus Materialien mit hoher magnetischer Permeabilität und mit einer hohen Magnetisierbarkeit hergestellt. Ferner sollte das Material geringe Wirbelstrom- und Hystereseverluste aufweisen. Vorteilhafterweise hat der verwendete Werkstoff eine hohe Permeabilität auch bei hohen magnetischen Feldstärken und wird erst bei hohen Flüssen gesättigt. Der Anker einschließlich des kraftübertragenden Ankerbolzens weisen zudem vorzugsweise eine hohe Festigkeit und ein geringes Gewicht auf, um Verformungen bzw. eine hohe Trägheit des Ankers zu vermeiden. Vorzugsweise ist der gesamte Magnetaktor bis auf die Zuleitungen der Spulenelemente dreh-symmetrisch, wobei die Anschlüsse alternativ auch als dreh-symmetrisch angeordnete Ringe vorgesehen werden können. Die Energiezufuhr kann über eine galvanische oder induktive Ankopplung vorgesehen werden.

[0036] Ein erfindungsgemäßes Magnetventil umfasst neben dem in den Figuren 2 - 5 dargestellten erfindungsgemäßen Magnetaktor auch eine Rückstellfeder und ein Ventil zur Kraftstoff Flussteuerung, das mit dem Anker kraftschlüssig verbunden ist, und so von diesem mit der Kraft F_m bzw. F beaufschlagt werden kann.

[0037] In den Figuren 2 - 5 steht ein Kreis mit einem zentrierten Punkt für eine Leitung, die mit einem Strom beaufschlagt ist, dessen technische Stromrichtung aus der Zeichenebene hinausführt, wohingegen ein Kreis mit einem Kreuz einer Leitung entspricht, die mit einem Strom in entgegen gesetzter Flussrichtung beaufschlagt ist. Vorzugsweise werden Kanten der gesamten Vorrichtung abgerundet, um Streuverluste zu verhindern und um die Magnetisierung durch den magnetischen Fluss zu optimieren. Ferner können die Formen des Ankers und des Ankergegenstücks, insbesondere die jeweiligen

Schultern, derart geformt sein, dass das verwendete magnetische Material im wesentlichen homogen gesättigt ist, wobei sich für den Fachmann aus den Figuren 4 und 5 sowie aus der Beschreibung ergibt, welche Formanpassungen hierzu auszuführen sind.

Patentansprüche

1. Magnetaktor (10) für ein elektrisch steuerbares Magnetventil, wobei der Magnetaktor ein Ankergegenstück (12) mit einer periodischen Zahnstruktur und im Inneren einen in diese mit einer periodischen Zahnstruktur eingreifenden Anker (14) umfasst, der sich in diesem längs erstreckt, wobei das Ankergegenstück (12) einen Hauptschenkel (16) mit mehreren in Reihe angeordneten Spulenelementen (18 a-d) aufweist; wobei benachbarte Spulenelemente einen gegenläufigen Flusssinn hervorrufen, sowie mehrere sich zum Anker (14) hin erstreckende Erregerpol-Schultern (20 a-d) aufweist, die von dem Hauptschenkel miteinander magnetisch verbunden werden, und der Anker (14) mehrere sich radial zum Ankergegenstück (12) erstreckende Ankerpol-Schultern (22 a-d) aufweist, auf die die Erregerpol-Schultern (20 a-d) bei Aktivierung der Spulenelemente (18 a-d) über einen Luftspalt (L) wirken, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spulenelemente (18 a-d) den Hauptschenkel (16) umfänglich umgreifen und eine Längsachse aufweisen, die sich parallel zur Längsachse des Hauptschenkels (16) erstreckt, oder dieser Längsachse entspricht.
2. Magnetaktor nach Anspruch 1, wobei die Erregerpol-Schultern (20 a-d) und die Ankerpol-Schultern (22 a-d) Polflächen (24 a-d; 26 a-d) umfassen und jeweils eine Polfläche (24 a-d) einer der Erregerpol-Schultern (20 a-d) einer Polfläche (26 a-d) einer der Ankerpol-Schultern (22 a-d) gegenüberliegt, die zusammen ein Polflächen-Paar bilden, das jeweils einen Luftspalt (L) begrenzt.
3. Magnetaktor nach Anspruch 2, wobei die Erregerpol-Schultern (20 a-d) und die Ankerpol-Schultern (22 a-d) derart zueinander ausgerichtet und über den Hauptschenkel (16) miteinander magnetisch verbunden sind, dass der von einem Spulenelement (18 a-d) bei dessen Aktivierung erzeugte magnetische Fluss zwischen dem Ankergegenstück (12) und dem Anker (14) im wesentlichen über den Luftspalt (L) geführt wird.
4. Magnetaktor nach Anspruch 2, wobei die Ankerpol-Schultern (122 a-d) eine Rückführungsfläche (130 a, b) aufweisen, die parallel zu der Innenfläche (132 a, b) des Hauptschenkels (116), einen parasitären Luftspalt (L_P) bildend, verläuft, wobei der parasitäre Luftspalt (L_P) und die Größe der Innenfläche derart

vorgesehen sind, dass der von einem der Spulenelemente (118 a-d) bei dessen Aktivierung erzeugte magnetische Fluss zwischen dem Ankergegenstück (112) und dem Anker (114) im Wesentlichen über die Rückführungsfläche (130 a, b) und über eines der Polflächen-Paare (124a, 126a; 124b, 126 b) geführt wird.

5. Magnetaktor nach Anspruch 1, wobei zwischen benachbarten Erregerpol-Schultern (20 a -d) in dem Hauptschenkel (16) eine magnetische Engstelle (28 a-c) vorgesehen ist, in der der Hauptschenkel (16) eine magnetische Führung aufweist, die geringer als die magnetische Führung außerhalb der magnetischen Engstelle (28 a-c) ist, und wobei jede magnetische Engstelle (28 a-c) an einem der Spulenelemente (18 a-d) derart angeordnet ist, dass der von dem Spulenelement erzeugte Fluss im Wesentlichen von den Erregerpol-Schultern (20 a-d) geführt wird und nur zu einem geringen Teil von der magnetischen Engstelle (28 a-c) geführt wird.
6. Magnetaktor nach Anspruch 1, wobei Polflächen, die den Erregerpol-Schultern (20 a-d) zugeordnet sind, parallel zu Polflächen sind, die den Ankerpol-Schultern (22 a-d) zugeordnet sind.
7. Magnetaktor nach Anspruch 1, wobei jedes der in Reihe angeordneten Spulenelemente (18 a-d) in einem jeweiligen Wicklungsfenster vorgesehen ist, das sich als umfänglich umlaufende Vertiefung in der Außenfläche des Hauptschenkels (16) erstreckt.
8. Magnetaktor nach Anspruch 1, wobei der Magnetaktor (10) eine Hülse (19) umfasst, die um das Ankergegenstück (12) herum ausgebildet ist und deren Wandstärke und magnetische Eigenschaften dazu geeignet sind, den von den Spulenelementen (18 a-d) bei deren Aktivierung erzeugten Fluss zu führen.
9. Magnetaktor nach Anspruch 1, wobei benachbarte Spulenelemente (18 a-d) angeordnet und/oder geschaltet sind, jeweilige magnetische Flüsse zu erzeugen, die zueinander gegenläufig sind.

Claims

1. Magnetic actuator (10) for an electrically controllable solenoid valve, with the magnetic actuator comprising an armature mating piece (12) with a periodic tooth structure and, in the interior, an armature (14) which engages in the said periodic tooth structure of the armature mating piece by way of a periodic tooth structure and extends longitudinally in the said magnetic actuator, with the armature mating piece (12) having a main limb (16) with a plurality of coil elements (18 a-d) which are arranged in series, with

adjacent coil elements creating an opposing flow direction, and having a plurality of exciter pole shoulders (20 a-d) which extend towards the armature (14) and are magnetically connected to one another by the main limb, and the armature (14) having a plurality of armature pole shoulders (22 a-d) which extend radially to the armature mating piece (12) and on which the exciter pole shoulders (20 a-d) act, across an air gap (L), when the coil elements (18 a-d) are activated, **characterized in that** the coil elements (18 a-d) circumferentially surround the main limb (16) and have a longitudinal axis which extends parallel to the longitudinal axis of the main limb (16) or corresponds to this longitudinal axis.

2. Magnetic actuator according to Claim 1, with the exciter pole shoulders (20 a-d) and the armature pole shoulders (22 a-d) comprising pole surfaces (24 a-d; 26 a-d) and a pole surface (24 a-d) of one of the exciter pole shoulders (20 a-d) being situated opposite a pole surface (26 a-d) of one of the armature pole shoulders (22 a-d) in each case, the said pole surfaces together forming a pole surface pair which delimits an air gap (L) in each case.
3. Magnetic actuator according to Claim 2, with the exciter pole shoulders (20 a-d) and the armature pole shoulders (22 a-d) being oriented in relation to one another and being magnetically connected to one another by means of the main limb (16) in such a way that the magnetic flux which is generated by a coil element (18 a-d) when said coil element is activated is guided between the armature mating piece (12) and the armature (14) substantially across the air gap (L).
4. Magnetic actuator according to Claim 2, with the armature pole shoulders (22 a-d) having a return surface (130 a, b) which runs parallel to the inner surface (132 a, b) of the main limb (116) so as to form a parasitic air gap (L_p), with the parasitic air gap (L_p) and the size of the inner surface being provided in such a way that the magnetic flux which is generated by one of the coil elements (18 a-d) when said coil element is activated is guided between the armature mating piece (112) and the armature (114) substantially by means of the return surface (130 a, b) and by means of one of the pole surface pairs (124 a, 126 a; 124 b, 126 b).
5. Magnetic actuator according to Claim 1, with a magnetic constriction (28 a-c) being provided in the main limb (16) between adjacent exciter pole shoulders (20 a-d), the main limb (16) having a magnetic guide in said magnetic constriction and this magnetic guide being smaller than the magnetic guide outside the magnetic constriction (28 a-c), and with each magnetic constriction (28 a-c) being arranged on one of

the coil elements (18 a-d) in such a way that the flux which is generated by the coil element is guided substantially by the exciter pole shoulders (20 a-d) and only a small portion is guided by the magnetic constriction (28 a-c).

6. Magnetic actuator according to Claim 1, with pole surfaces which are associated with the exciter pole shoulders (20 a-d) being parallel to pole surfaces which are associated with the armature pole shoulders (22 a-d).
7. Magnetic actuator according to Claim 1, with each of the coil elements (18 a-d), which are arranged in series, being provided in a respective winding window which extends as a circumferentially circulating recess in the outer surface of the main limb (16).
8. Magnetic actuator according to Claim 1, with the magnetic actuator (10) comprising a sleeve (19) which is formed around the armature mating piece (12), and the wall thickness and magnetic properties of the said sleeve being suitable for guiding the flux which is generated by the coil elements (18 a-d) when said coil elements are activated.
9. Magnetic actuator according to Claim 1, with adjacent coil elements (18 a-d) being arranged and/or connected to generate respective magnetic fluxes which run in opposite directions to one another.

Revendications

1. Actionneur magnétique (10) pour une électrovanne à commande électrique, l'actionneur magnétique comprenant une contre-pièce d'armature (12) avec une structure dentée périodique et à l'intérieur une armature (14) venant en prise dans celle-ci avec une structure dentée périodique, qui s'étend longitudinalement le long de celle-ci, la contre-pièce d'armature (12) présentant une branche principale (16) avec plusieurs éléments de bobine (18a-d) disposés en rangée, des éléments de bobine adjacents provoquant un sens de flux opposé, et plusieurs épaulements de pôles d'excitation (20a-d) s'étendant vers l'armature (14), lesquels sont connectés magnétiquement les uns aux autres par la branche principale, et l'armature (14) présentant plusieurs épaulements de pôles d'armature (22a-d) s'étendant radialement par rapport à la contre-pièce d'armature (12), sur lesquels agissent les épaulements de pôles d'excitation (20a-d) lors de l'activation des éléments de bobine (18a-d), par le biais d'un entrefer (L), **caractérisé en ce que** les éléments de bobine (18ad) viennent en prise sur la périphérie autour de la branche principale (16) et présentent un axe longitudinal, qui s'étend parallèlement à l'axe longitudinal de la

branche principale (16) ou qui correspond à cet axe longitudinal.

2. Actionneur magnétique selon la revendication 1, dans lequel les épaulements de pôles d'excitation (20a-d) et les épaulements de pôles d'armature (22a-d) comprennent des surfaces de pôles (24a-d ; 26a-d) et une surface de pôle (24a-d) d'un des épaulements de pôles d'excitation (20a-d) est à chaque fois en face d'une surface de pôle (26a-d) d'un des épaulements de pôles d'armature (22a-d), lesquelles forment ensemble une paire de surfaces de pôles, qui limite à chaque fois un entrefer (L). 5
3. Actionneur magnétique selon la revendication 2, dans lequel les épaulements de pôles d'excitation (20a-d) et les épaulements de pôles d'armature (22a-d) sont orientés les uns par rapport aux autres et sont connectés magnétiquement les uns aux autres par le biais de la branche principale (16) de telle sorte que le flux magnétique créé par un élément de bobine (18a-d) lors de son activation soit guidé entre la contre-pièce d'armature (12) et l'armature (14) essentiellement par le biais de l'entrefer (L). 10 20 25
4. Actionneur magnétique selon la revendication 2, dans lequel les épaulements de pôles d'armature (122a-d) présentent une surface de retour (130a,b) qui s'étend parallèlement à la surface interne (132a, b) de la branche principale (116), en formant un entrefer parasite (L_p), l'entrefer parasite (L_p) et la dimension de la surface interne étant prévus de telle sorte que le flux magnétique créé par l'un des éléments de bobine (118a-d) lors de son activation soit guidé entre la contre-pièce d'armature (112) et l'armature (114) essentiellement par le biais de la surface de retour (130a,b) et par le biais de l'une des paires de surfaces de pôles (124a, 126a ; 124b, 126b). 30 35 40
5. Actionneur magnétique selon la revendication 1, dans lequel une zone de rétrécissement magnétique (28a-c) est prévue dans la branche principale (16) entre des épaulements de pôles d'excitation (20a-d) adjacents, dans laquelle la branche principale (16) présente un guide magnétique, qui est plus faible que le guide magnétique en dehors de la zone de rétrécissement magnétique (28a-c), et chaque zone de rétrécissement magnétique (28a-c) étant disposée au niveau de l'un des éléments de bobine (18a-d) de telle sorte que le flux produit par l'élément de bobine soit guidé essentiellement par les épaulements de pôles d'excitation (20a-d) et ne soit guidé que dans une moindre mesure par la zone de rétrécissement magnétique (28a-c). 45 50 55
6. Actionneur magnétique selon la revendication 1,

dans lequel des surfaces de pôles, qui sont associées aux épaulements de pôles d'excitation (20a-d), sont parallèles à des surfaces de pôles qui sont associées aux épaulements de pôles d'armature (22a-d).

7. Actionneur magnétique selon la revendication 1, dans lequel chacun des éléments de bobine (18a-d) disposés en série est prévu dans une fenêtre d'enroulement respective, qui s'étend sous forme de renforcement périphérique circonférentiel dans la surface extérieure de la branche principale (16).
8. Actionneur magnétique selon la revendication 1, dans lequel l'actionneur magnétique (10) comprend une douille (19), qui est réalisée tout autour de la contre-pièce d'armature (12), et dont l'épaisseur de paroi et les propriétés magnétiques sont appropriées pour guider le flux produit par les éléments de bobine (18a-d) lors de leur activation.
9. Actionneur magnétique selon la revendication 1, dans lequel des éléments de bobine adjacents (18a-d) sont disposés et/ou montés pour produire à chaque fois des flux magnétiques qui sont de sens opposés.

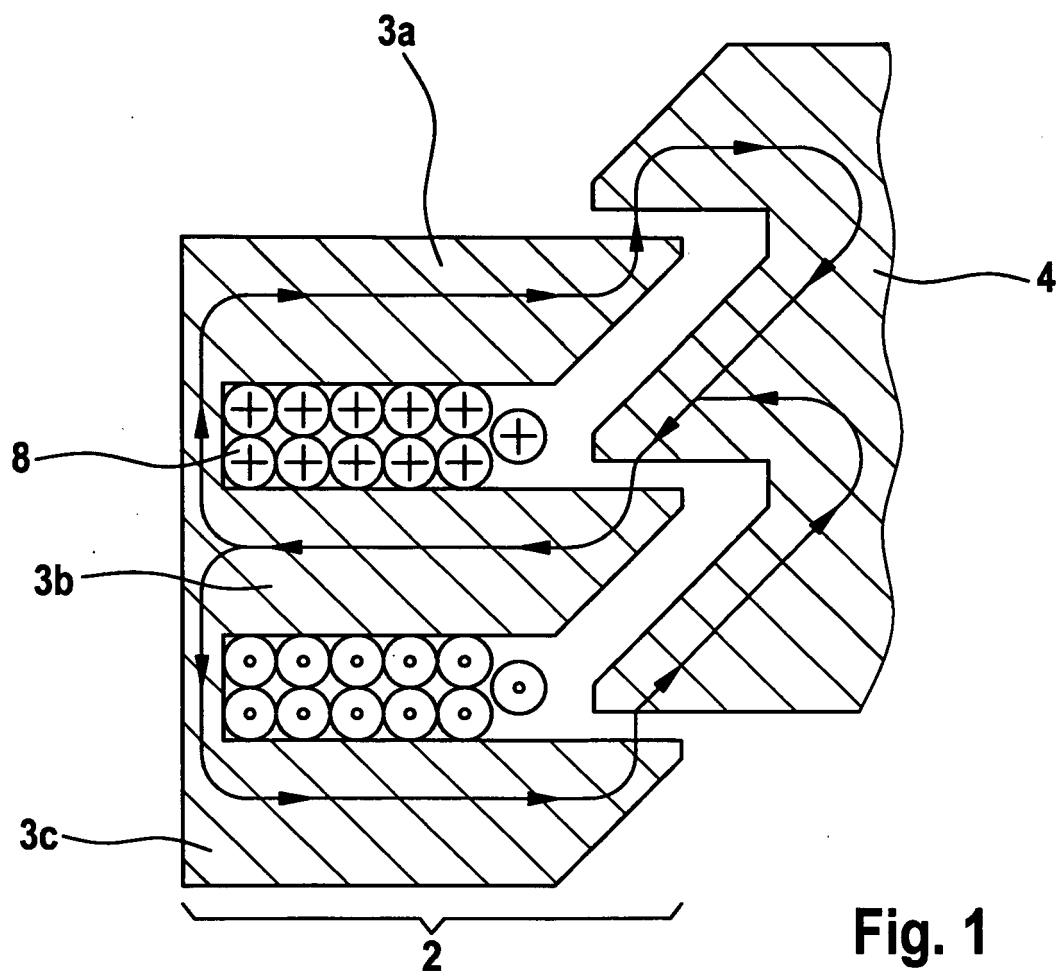


Fig. 1

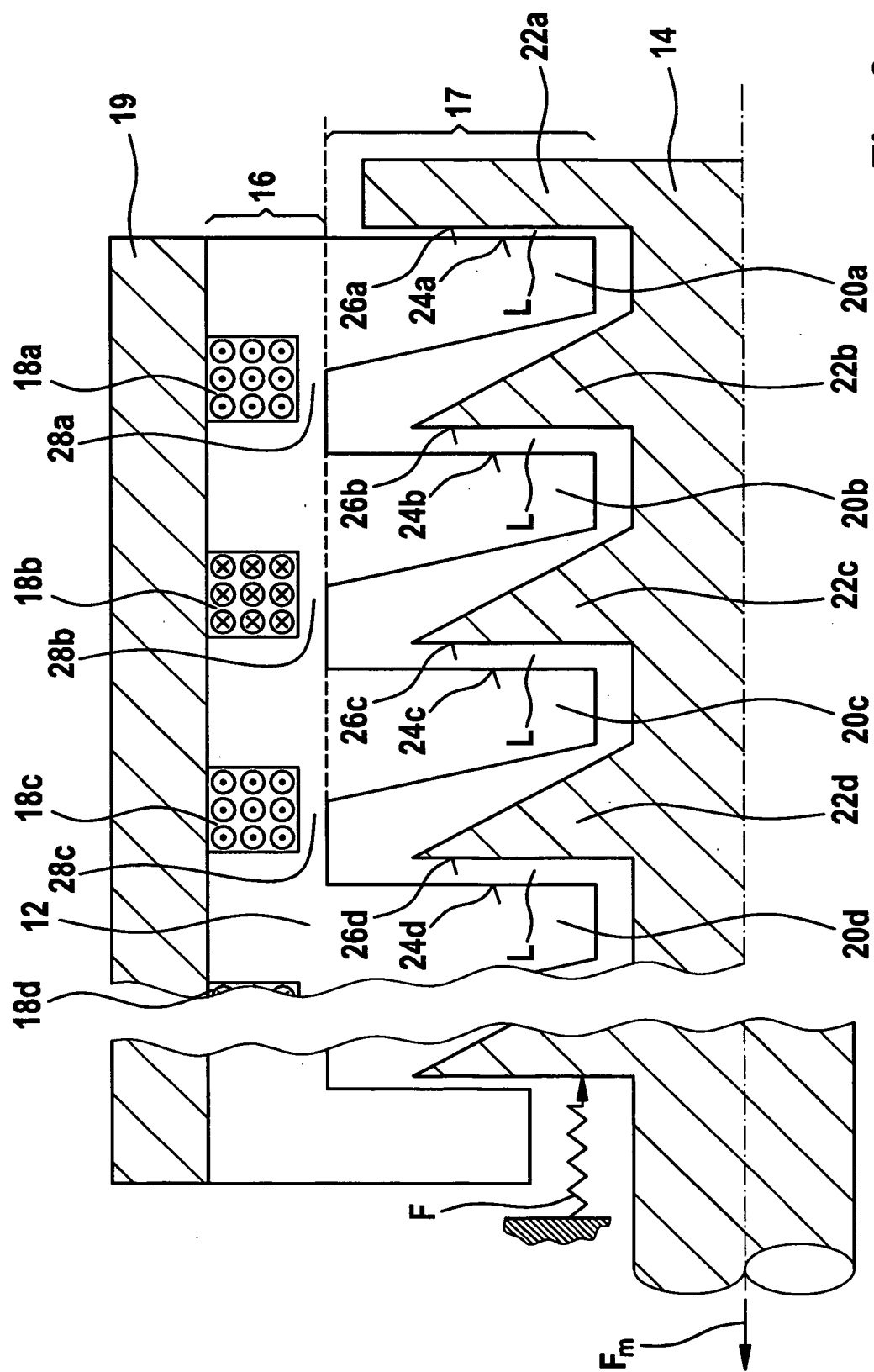


Fig. 2

10

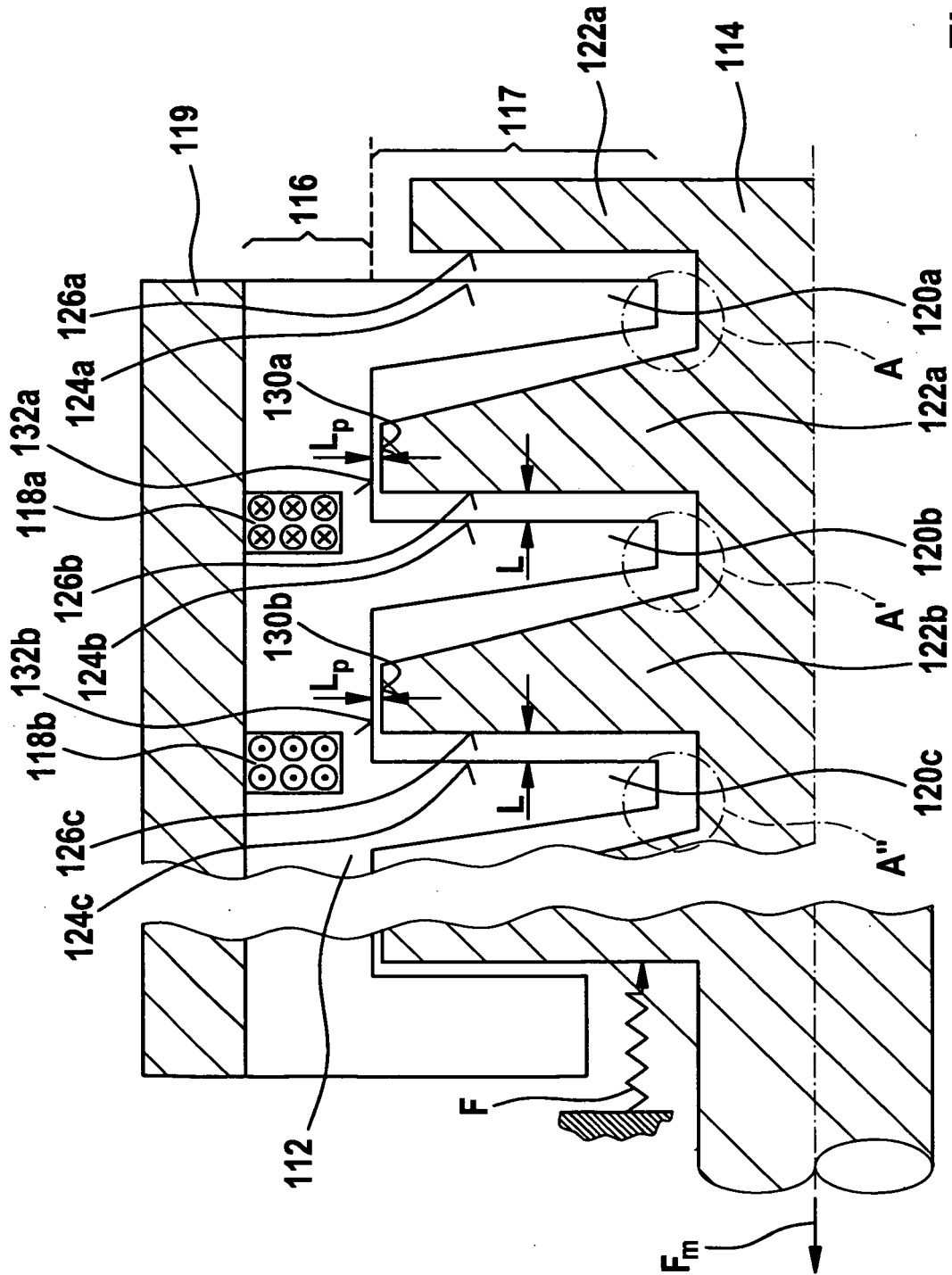


Fig. 3

110

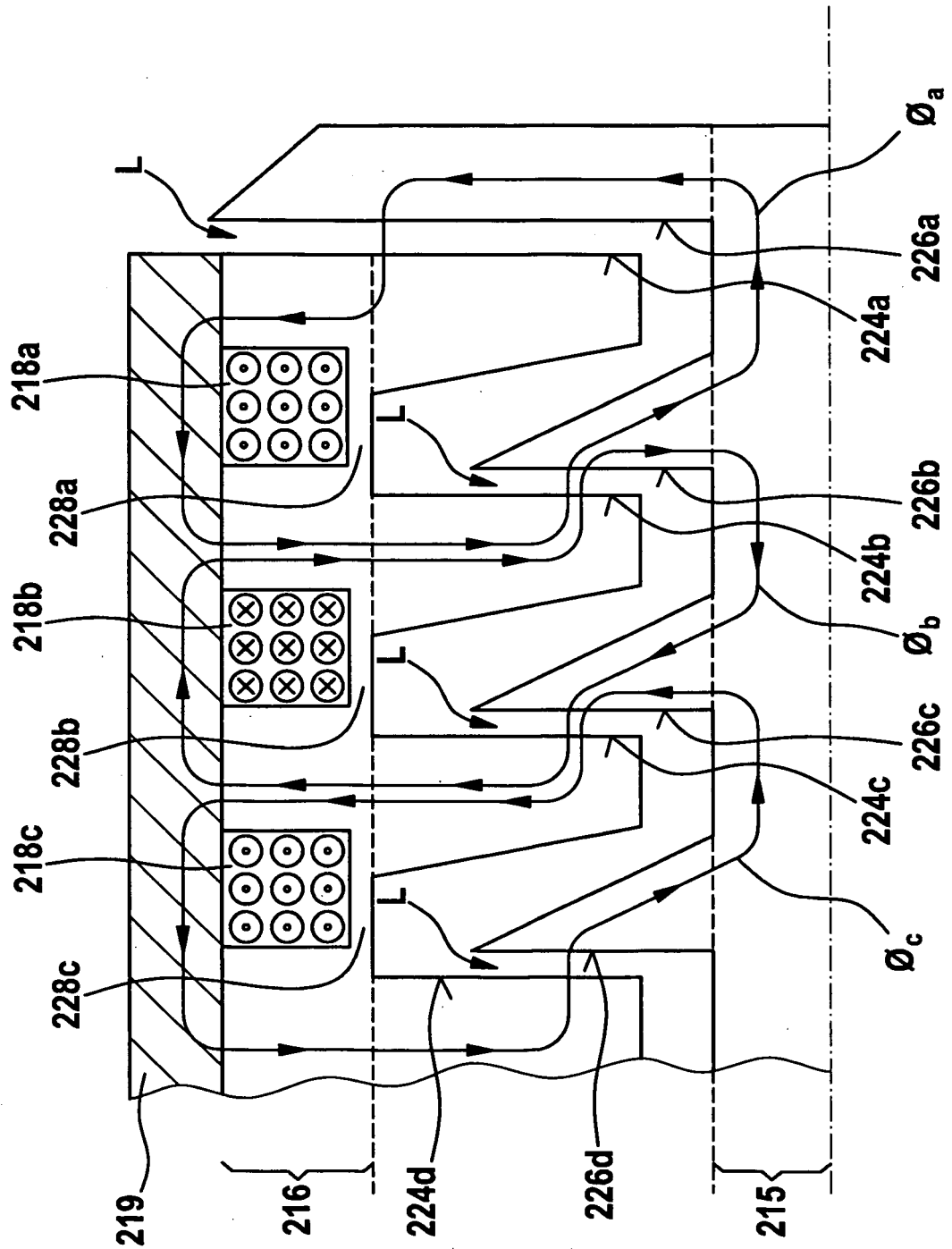


Fig. 4

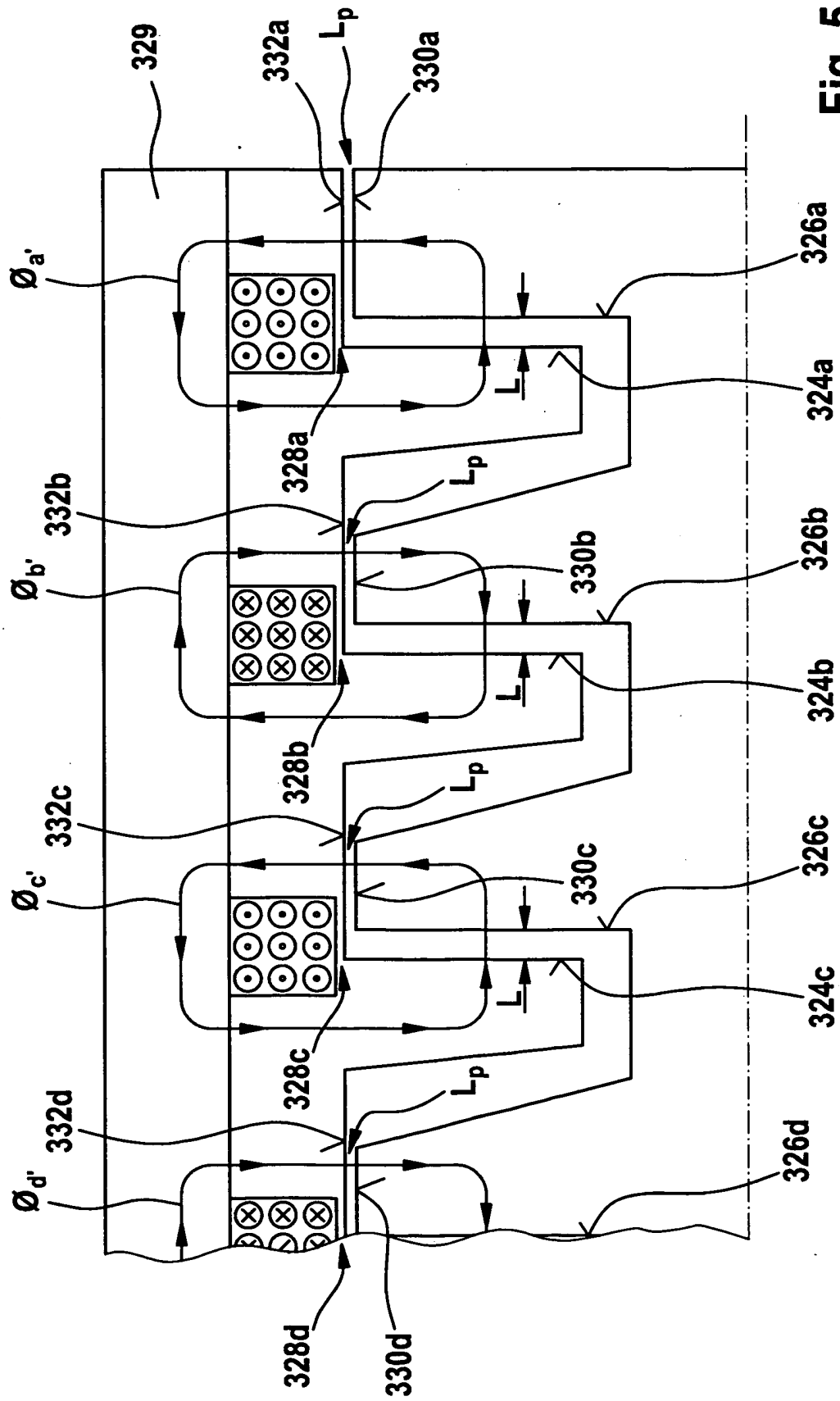


Fig. 5

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- RU 2101597 C1 [0002] [0007]