



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 000 534 A1** 2009.09.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 000 534.7**

(22) Anmeldetag: **06.03.2008**

(43) Offenlegungstag: **10.09.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H01F 7/122** (2006.01)

(71) Anmelder:

ZF Friedrichshafen AG, 88046 Friedrichshafen, DE

(72) Erfinder:

Puth, Thomas, 88046 Friedrichshafen, DE; Pantke, Michael, 88046 Friedrichshafen, DE; Keller, Reiner, 78351 Bodman-Ludwigshafen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	34 02 768	C2
DE	44 00 433	C2
DE	34 00 264	A1
GB	20 52 886	A
GB	21 04 730	A

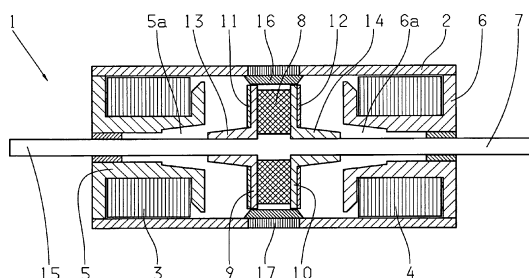
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Elektromagnetische Stellvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine elektromagnetische Stellvorrichtung (1) mit einem längsbeweglichen, in drei Raststellungen arretierbaren Stellglied (15) sowie zwei Spulen (3, 4), durch welche das Stellglied (15) in eine erste oder eine zweite Raststellung, die Endlagen, schaltbar ist.

Es wird vorgeschlagen, dass das Stellglied (15) eine Stellstange (7) und einen darauf angeordneten Permanentmagneten (8) umfasst und in der dritten Raststellung durch den Permanentmagneten (8) magnetisch arretierbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektromagnetische Stellvorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Elektromagnetische Stellvorrichtungen, auch Aktoren oder Aktuatoren, Stellmotore oder Hubmagnete genannt, sind in der Regelungstechnik bekannt. Beispielsweise dienen sie dem Antrieb oder der Verstellung von Ventilen oder Klappen zur Durchflussregelung von gasförmigen oder flüssigen Medien. Die meisten elektromagnetischen Aktuatoren sind bistabil, d. h. sie weisen nur zwei stabile Stellungen auf, z. B. auf oder zu.

[0003] Durch die DE 103 10 448 A1 wurde ein bistabiler Aktuator bekannt, welcher zwei Spulen und einen als Permanentmagneten ausgebildeten, auf einer Ankerstange angeordneten Anker aufweist. Der Permanentmagnet weist eine in Verschieberichtung des Ankers ausgerichtete Polarität auf und wird von den Spulen entweder in der einen oder in der anderen Endlage gehalten. Die Spulenanordnung bildet dabei einen Zweipol, wodurch der Permanentmagnet von einer Spule angezogen und gleichzeitig von der anderen Spule abgestoßen wird und umgekehrt. Dadurch wird die Schaltzeit verkürzt.

[0004] Durch die DE 102 07 828 A1 wurde ein bistabiler elektromagnetischer Hubmagnet mit einem Permanentmagneten bekannt, dessen Polarität radial, d. h. quer zur Bewegungsrichtung des Ankers ausgerichtet ist.

[0005] Neben den bistabilen sind auch tristabile Aktuatoren bekannt: Durch die DE 1 892 313 U wurde ein Elektrohubmagnet mit drei Raststellungen, zwei äußeren Endlagen und einer Mittelstellung, bekannt. Der Elektrohubmagnet weist insgesamt vier Spulen, zwei stationäre Permanentmagnete, zwei äußere Gehäuse-Gegenpole, zwei innere Gehäuse-Gegenpole sowie zwei auf einer Stößelstange längs beweglich angeordnete Anker auf. Eine Endlage wird jeweils durch Bestromung einer äußeren Spule erreicht, indem der Anker von der bestromten Spule angezogen wird. Die Mittelstellung der Stößelstange wird dagegen durch die permanentmagnetisch gehaltenen Anker erreicht, indem diese beiderseits an den inneren Gehäuse-Gegenpolen (Trennwand) anliegen. Nachteilig bei dem bekannten Elektrohubmagnet sind die Vielzahl der Teile, z. B. vier Spulen, zwei Permanentmagnete und zwei Anker sowie das damit verbundene Mehrgewicht.

[0006] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine elektromagnetische Stellvorrichtung der eingangs genannten Art mit geringem konstruktiven Aufwand und einer verminderten Zahl von Einzelteilen kostengünstig herzustellen.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das Stellglied eine Stellstange und einen darauf angeordneten Permanentmagneten umfasst und dass das Stellglied in seiner dritten Raststellung durch den magnetischen Fluss des Permanentmagneten arretierbar ist. Damit wird der Vorteil einer stromlosen Mittelstellung bei geringem Teileaufwand erreicht.

[0008] In vorteilhafter Ausgestaltung sind die beiden Spulen jeweils an den Enden eines Polrohres, d. h. eines Rohres aus magnetischem Werkstoff angeordnet und weisen jeweils ein Joch, vorzugsweise aus einem ferromagnetischen Werkstoff auf. Damit wird der Magnetfluss über Joch und Polrohr geleitet, sodass je nach Bestromung der Spule eine unterschiedliche Polarität ausgebildet werden kann.

[0009] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung ist die Stellstange coaxial zum Polrohr angeordnet und innerhalb von Öffnungen der Joche gleitend gelagert. Dem Permanentmagneten ist ein vorzugsweise ringförmig ausgebildeter Haltepol zugeordnet, welcher bevorzugt innerhalb des Polrohres und etwa in der Mitte zwischen den beiden Spulen angeordnet ist. Der Haltepol ist aus einem magnetischen Werkstoff hergestellt und wird – bei der dritten Raststellung, d. h. der Mittelstellung des Ankers – vom Magnetfluss des Permanentmagneten durchflutet. Durch den Magnetschluss zwischen Haltepol und Permanentmagnet ergibt sich eine magnetische Arretierung des Stellgliedes bei stromlosen Spulen.

[0010] Zur Verstärkung des Magnetflusses des Permanentmagneten können auf dessen Stirnseiten Flussbleche angeordnet sein. Vorteilhaft ist es auch, wenn auf den Flussblechen zusätzlich Antiklebscheiben angeordnet sind, welche ein Anhaften des Permanentmagneten am Spulenjoch verhindern.

[0011] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung sind auf den Stirnseiten des Permanentmagneten vorzugsweise konisch ausgebildete Tauchanker vorgesehen, welche in entsprechende Öffnungen im Spulenjoch eintauchen. Damit wird die magnetische Anziehungskraft der Spulen auf das Stellglied erhöht.

[0012] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung ist die Polarität des Permanentmagneten in Verschieberichtung des Stellgliedes und der Stellstange ausgerichtet. Dadurch wird auf einer Stirnseite ein Nordpol und auf der entgegengesetzten Stirnseite des Permanentmagneten ein Südpol gebildet. Je nach Bestromung der Spulen können somit eine Anziehungskraft und/oder eine abstoßende Kraft auf den Permanentmagneten ausgeübt werden, sodass dieser in die eine oder andere Endlage verschoben wird.

[0013] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung kann

im Bereich des Haltepol eine weitere Spule, eine so genannte Mittelspule, angeordnet sein, welche bei entsprechender Bestromung die arretierende Wirkung des Permanentmagneten in seiner Mittelstellung aufhebt und damit eine schnellere Verstellung des Stellgliedes in die eine oder andere Endlage erlaubt. Damit wird die Dynamik des Aktuators verbessert.

[0014] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen

[0015] [Fig. 1](#) eine erfindungsgemäße elektromagnetische Stellvorrichtung im Schnitt,

[0016] [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung des Magnetflusses beim Schalten in die Mittelstellung und

[0017] [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung des Magnetflusses beim Schalten in die Endlagen.

[0018] [Fig. 1](#) zeigt eine elektromagnetische Stellvorrichtung **1**, auch elektrodynamischer Aktuator oder Aktor genannt. Der Aktuator **1** weist ein zylindrisches, magnetisches Polrohr **2** auf, in welchem an dessen Enden zwei Spulen **3**, **4** mit jeweils einem Joch **5**, **6** angeordnet sind. Die Spulen **3**, **4** sind an eine nicht dargestellte Stromversorgung angeschlossen und können in unterschiedlichen Stromrichtungen bestromt werden, sodass entgegengesetzte Polaritäten ausgebildet werden können. Koaxial zum Polrohr ist eine Stellstange **7**, auch Ankerstange genannt, angeordnet und in den beiden Jochs **5**, **6** gleitend und längsverschiebbar gelagert. Etwa in der Mitte der Stellstange **7** ist ein scheibenförmig ausgebildeter Permanentmagnet **8** angeordnet und fest mit der Stellstange verbunden. Auf den Stirnseiten des Permanentmagneten **8** sind Flussleitbleche **9**, **10** angeordnet, welche den Permanentmagnetfluss verstärken. Auf der Außenseite der Flussleitbleche **9**, **10** sind jeweils Antiklebscheiben **11**, **12** oder eine die Haftung an den Jochen **5**, **6** verhindernde Beschichtung angeordnet. Ferner sind jeweils stirnseitig am Permanentmagneten **8** und auf der Ankerstange **7** konisch ausgebildete Tauchanker **13**, **14** angeordnet und befestigt. Die Stell- oder Ankerstange **7**, der Permanentmagnet **8** in Verbindung mit den Flussleitblechen **9**, **10**, den Antiklebscheiben **11**, **12** und den Tauchankern **13**, **14** bilden das Stellglied **15** der Stellvorrichtung bzw. des Aktuators **1**. In der Zeichnung ist das Stellglied **15** in seiner Mittelstellung, d. h. in der Mitte zwischen den beiden Spulen **3**, **4** dargestellt. Koaxial zum Permanentmagneten **8** ist innerhalb des Polrohres **2** ein ringförmiger Haltepol **16** angeordnet, welcher den Umfang des Permanentmagneten **8** umschließt. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, weist der ringförmige Haltepol **16** einen geringeren Innendurchmesser als das Polrohr **2** auf, d. h. der Haltepol

16 bildet eine radiale Verengung des Polrohres **2**. Der Permanentmagnet **8** bildet über die Flussleitbleche **9**, **10** mit dem aus einem magnetischen Werkstoff bestehenden Haltepol **16** einen Magnetschluss, d. h. der Permanentmagnet **8** und mit ihm die Stellstange **7** werden in der dargestellten Position durch die magnetischen Kräfte des Permanentmagneten **8** gehalten. Der Permanentmagnet **8** weist eine in Richtung der Ankerstange **7** ausgebildete Polarität auf, d. h. an seiner einen Stirnseite befindet sich ein Nordpol und an der anderen Stirnseite ein Südpol. Radial außerhalb des Haltepol **16** ist eine weitere Spule, eine so genannte Mittelspule **17**, angeordnet, deren Funktion darin besteht, bei Bestromung ein Magnetfeld zu erzeugen, welches das magnetische Feld des Permanentmagneten **8** kompensiert. Dadurch wird die Arretierwirkung durch magnetischen Schluss aufgehoben oder zumindest vermindert, sodass das Stellglied **15** aus der Mittelstellung leichter und schneller in die eine oder andere Endlage verstellt werden kann. Dies erhöht die Dynamik der Stellvorrichtung **1**. Die Verstellung des Permanentmagneten **8** bzw. des Stellgliedes **15** aus der dargestellten Mittelstellung erfolgt durch Bestromung einer oder beider Spulen **3**, **4**, sodass entweder eine Anziehungskraft auf den Permanentmagneten oder eine Abstoßungskraft der einen Spule und eine Abstoßungskraft der anderen Spule auf den Permanentmagneten wirken. Beim Anschlag des Permanentmagneten **8** auf das Joch **5** oder **6** taucht der jeweilige Tauchanker **13** oder **14** in eine entsprechende, ebenfalls konisch ausgebildete Öffnung **5a** oder **6a** des Jochs **5** oder **6** ein. Dadurch wird die magnetische Anziehungs- oder Abstoßungskraft erhöht. Die Antiklebscheiben **11**, **12** verhindern ein Festkleben des Permanentmagneten **8** in einer der beiden Endlagen. In der dargestellten Mittelstellung sind die beiden Spulen **3**, **4** stromlos. Der dargestellte Aktuator **1** weist somit drei Raststellungen auf, nämlich zwei Endlagen und eine Mittellage, und ist damit tristabil. In den beiden Endlagen hält der Permanentmagnet **8** das Stellglied **15** magnetisch am Joch **5** oder **6** fest und stellt damit zwei stabile Endlagen her, wobei die Spulen **3**, **4** stromlos sind.

[0019] [Fig. 2](#) zeigt eine schematische Darstellung des Magnetflusses der beiden Spulen **3**, **4** aus [Fig. 1](#) und des auf der Ankerstange **7** angeordneten Permanentmagneten **8**. Der Magnetfluss und seine Richtung ist bei den Spulen **3**, **4** durch mit Pfeilen gekennzeichnete ovale Linienzüge **3a**, **3b**, **4a**, **4b** gekennzeichnet. Die Stromrichtung in den beiden Spulen **3**, **4** ist durch die Symbole Punkt (·) und Kreuz (X) dargestellt. Der Magnetfluss des Permanentmagneten **8**, der einen Nordpol N und einen Südpol S aufweist, ist durch den Linienzug **8a** gekennzeichnet. Die Darstellung der Bestromung und des Magnetflusses entspricht dem Schaltvorgang, bei welchem der Permanentmagnet **8** in seine Mittelstellung (vgl. [Fig. 1](#)) bewegt wird. Wie die Stromsymbole zeigen, sind beide Spulen **3**, **4** in derselben Richtung vom Strom durch-

flossen, d. h. sie bilden gleiche Magnetfelder **3a**, **3b**, **4a**, **4b** aus. Dadurch bildet die Spule **3** auf der dem Permanentmagneten **8** zugewandten Seite einen Südpol und die Spule **4** auf der dem Permanentmagneten **8** zugewandten Seite einen Nordpol aus mit der Folge, dass auf den Nordpol N und den Südpol S des Permanentmagneten **8** jeweils abstoßende Kräfte F einwirken. Der Permanentmagnet **8** wird somit in seine Mittelstellung zwischen den beiden Spulen **3**, **4** verschoben. Dort wird er durch den Haltepol **16** (vgl. [Fig. 1](#)) – wie oben beschrieben – magnetisch arretiert. Nachdem der Permanentmagnet **8** seine stabile Mittelstellung erreicht hat, werden die Spulen **3**, **4** stromlos geschaltet.

9	Flussleitblech
10	Flussleitblech
11	Antiklebscheibe
12	Antiklebscheibe
13	Tauchanker
14	Tauchanker
15	Stellglied
16	Haltepol
17	Mittelspule
N	Nordpol
S	Südpol
F	Magnetkraft
F1	Schubkraft
F2	Zugkraft

[0020] [Fig. 3](#) zeigt eine schematische Darstellung der Spulen **3**, **4** bei einem Schaltvorgang, durch welchen der Permanentmagnet **8** bzw. das Stellglied **15** (vgl. [Fig. 1](#)) in eine Endlage bewegt wird. Bei diesem Schaltvorgang sind die Spulen **3**, **4** in entgegengesetzten Richtungen vom Strom durchflossen, wobei die untere Spule **3** wie die Spule **3** in [Fig. 2](#) geschaltet ist. Daher ist der Magnetfluss ebenfalls mit **3a**, **3b** bezeichnet. Die obere Spule **4** dagegen weist einen gegenüber der Darstellung in [Fig. 2](#) entgegengesetzten Magnetfluss, dargestellt durch die ovalen Linienzüge **4c**, **4d**, auf. Demzufolge werden auf den dem Permanentmagneten **8** zugewandten Seiten der Spulen **3**, **4** jeweils Südpole ausgebildet mit der Folge, dass auf den Südpol S des Permanentmagneten **8** eine Schubkraft $F1$ und auf den Nordpol N eine Zugkraft $F2$ wirkt. Damit wirken beide Spulen **3**, **4** bei der Verschiebung des Stellgliedes **15** ([Fig. 1](#)) zusammen in die gleiche Richtung, sodass sich kürzere Schaltzeiten und eine verbesserte Dynamik ergeben. Wie oben zu [Fig. 1](#) erwähnt, hält sich der Permanentmagnet **8** am Spulenjoch **5** oder **6** durch seine Permanentmagnetkräfte, sodass die Spulen **3**, **4** nach Erreichen der stabilen Endlagen stromlos geschaltet werden können.

Bezugszeichenliste

1	elektrodynamischer Aktuator
2	Polrohr
3	Spule
3a	Magnetfluss
3b	Magnetfluss
4	Spule
4a	Magnetfluss
4b	Magnetfluss
4c	Magnetfluss
4d	Magnetfluss
5	Joch
5a	Öffnung
6	Joch
6a	Öffnung
7	Stellstange
8	Permanentmagnet
8a	Magnetfluss

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 10310448 A1 [\[0003\]](#)
- DE 10207828 A1 [\[0004\]](#)
- DE 1892313 U [\[0005\]](#)

Patentansprüche

1. Elektromagnetische Stellvorrichtung (1) mit einem längsbeweglichen, in drei Raststellungen arretierbaren Stellglied (15) sowie zwei Spulen (3, 4), durch welche das Stellglied (15) in eine erste oder eine zweite Raststellung, die Endlagen, schaltbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Stellglied (15) eine Stellstange (7) und einen darauf angeordneten Permanentmagneten (8) umfasst und in der dritten Raststellung durch den Permanentmagneten (8) magnetisch arretierbar ist.

2. Stellvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulen (3, 4) endseitig in einem Polrohr (2) angeordnet sind.

3. Stellvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellstange (7) koaxial zum Polrohr (2) angeordnet ist.

4. Stellvorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet (8) – in axialer Richtung gesehen – zwischen den Spulen (3, 4) angeordnet ist.

5. Stellvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Spulen (3, 4) ein Haltepol (16) angeordnet ist.

6. Stellvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltepol (16) ringförmig ausgebildet ist und mit dem Permanentmagneten (8) in der dritten Raststellung einen geschlossenen Magnetkreis bildet.

7. Stellvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet (8) eine axial ausgerichtete Polarität (N, S) aufweist.

8. Stellvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf den Stirnseiten des Permanentmagneten (8) Flussleitbleche (9, 10) angeordnet sind.

9. Stellvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass auf den Flussleitblechen (9, 10) Antiklebsmittel, insbesondere Antiklebscheiben (11, 12) angeordnet sind.

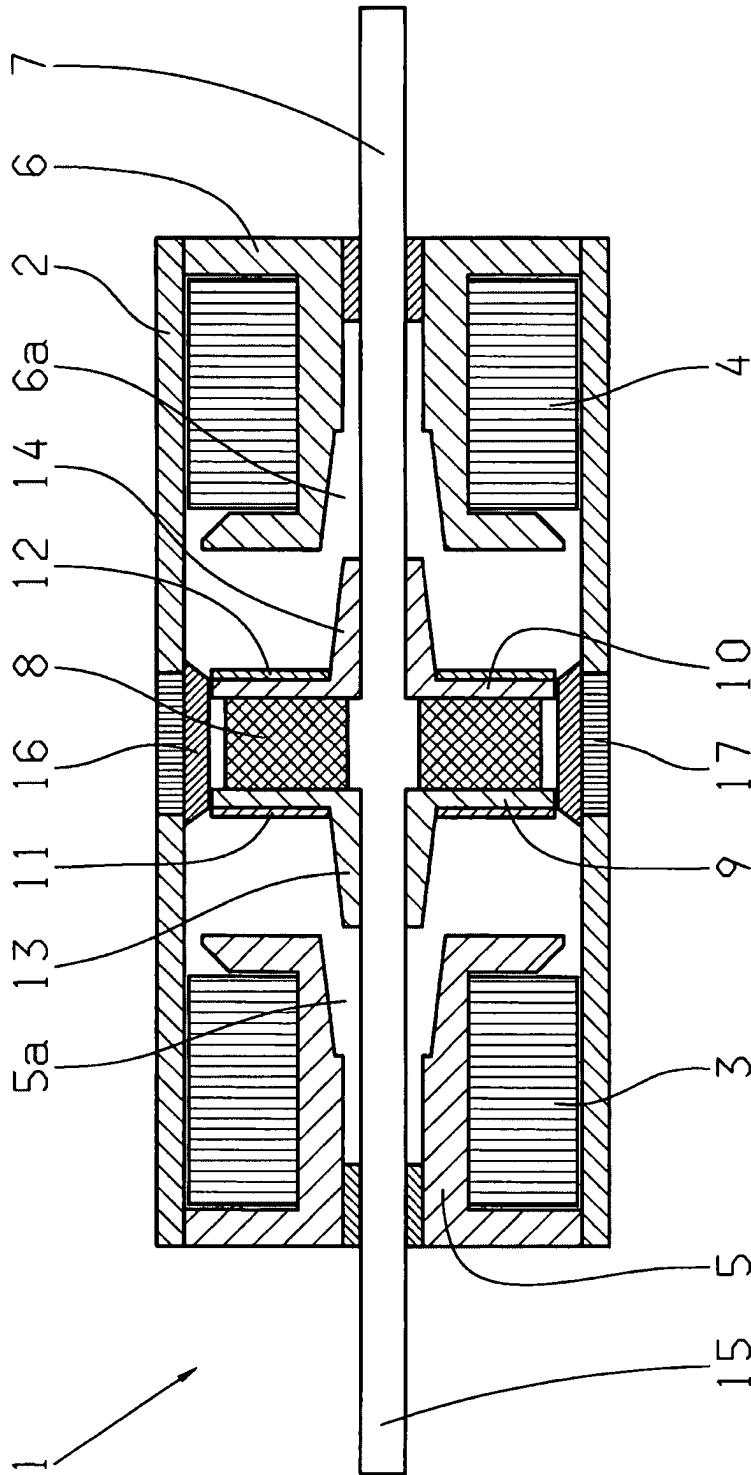
10. Stellvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulen (3, 4) jeweils ein Joch (5, 6) mit einer koaxialen Öffnung (5a, 6a) aufweisen.

11. Stellvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Stellstange (7) beiderseits des Permanentmagneten (8) Tauchanker (13,

14) angeordnet sind, welche in die Öffnungen (5a, 6a) eintauchbar sind.

12. Stellvorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich des Haltepols (16) eine weitere Spule, eine Mittelspule (17), angeordnet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



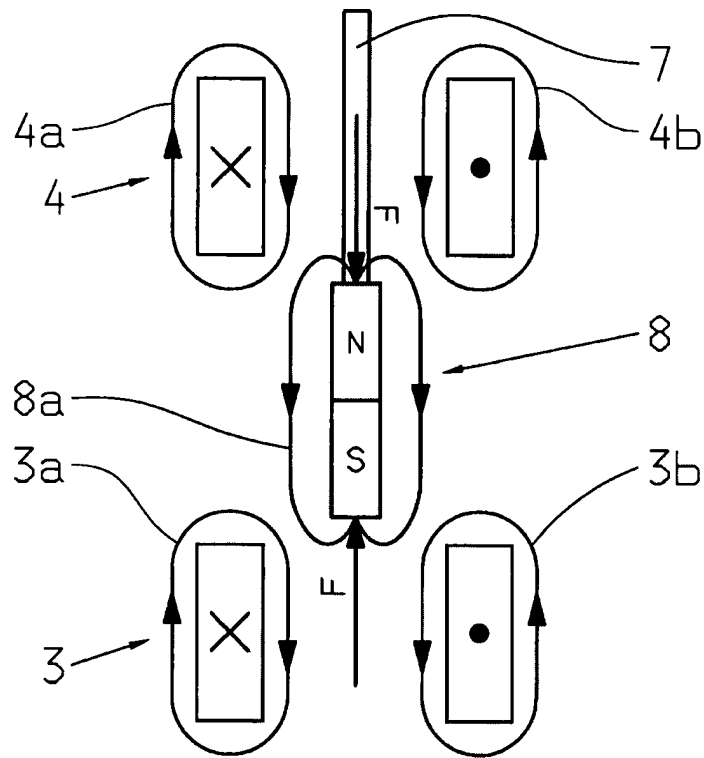


Fig. 2

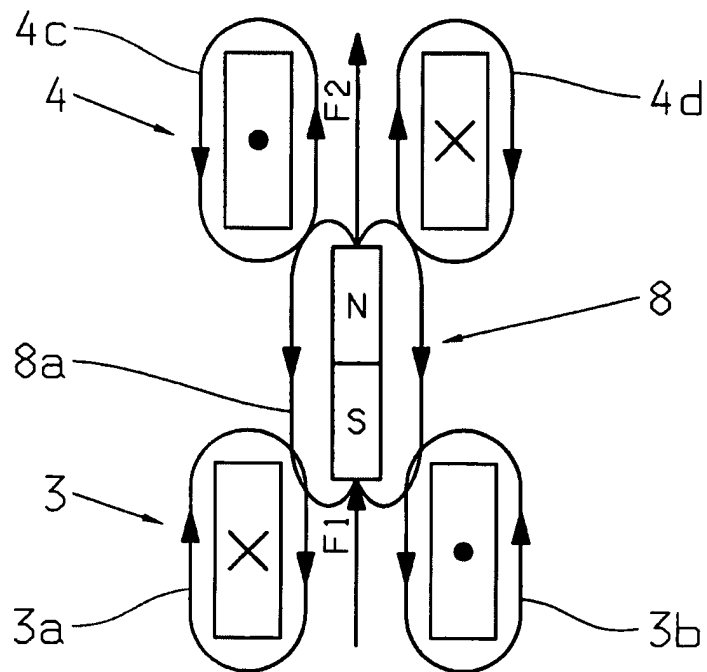


Fig. 3