

(19)



(11)

EP 3 086 335 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
26.10.2016 Patentblatt 2016/43

(51) Int Cl.:
H01F 7/122 (2006.01) **H01F 7/123** (2006.01)
H01F 7/124 (2006.01) **H01F 7/18** (2006.01)
H01F 7/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16000598.9**

(22) Anmeldetag: **12.03.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

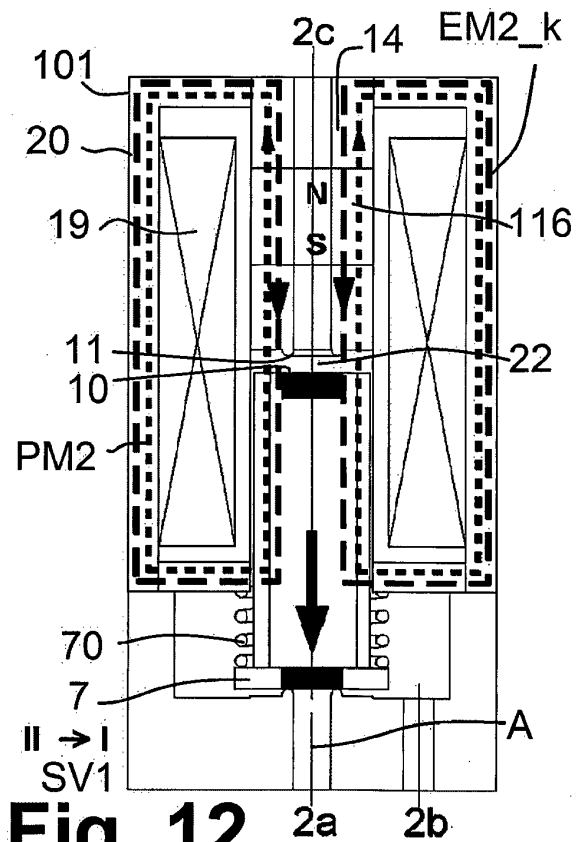
(71) Anmelder: **WABCO GmbH**
30453 Hannover (DE)

(72) Erfinder: **Teichmann, Andreas**
30916 Isernhagen (DE)

(30) Priorität: **25.04.2015 DE 102015005332**

(54) **MAGNETVENTIL-EINRICHTUNG FÜR EIN FLUIDSYSTEM UND VERFAHREN ZUM SCHALTEN EINES MAGNETVENTILS**

(57) Die Erfindung betrifft eine bistabile Magnetventil-Einrichtung für ein Fluidsystem, die aufweist:
einen zwischen einer ersten Ankerstellung (I) und einer zweiten Ankerstellung (II) verstellbaren Anker (7) und durch den Anker (7) verstellbare Ventilmittel (10, 11), die in der ersten und zweiten Ankerstellung (I, II) in verschiedenen Ventil-Stellungen sind,
eine Permanentmagneteneinrichtung (116) zur Ausbildung eines Permanent-magnetfeldes (PM2), das den Anker (7) in der zweiten Ankerstellung (II) hält,
eine Schalt-Elektromagneteneinrichtung (19) zur Ausbildung eines Schalt-Elektromagnetfeldes (EM2) für einen Anker-Schaltvorgang von der ersten Ankerstellung (I) in die zweite Ankerstellung (II),
eine Rückstell-Einrichtung (70) zur Rückstellung des Ankers (7) in einem Rückstell- Schaltvorgang (SV1) in die erste Ankerstellung (I),
eine Schaltungsanordnung zur Ansteuerung der Schalt-Elektromagneteneinrichtung (19) in dem Anker-Schaltvorgang mit einem Schalt-Strom und eine Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Schaltungsanordnung.
Hierbei ist vorgesehen, dass
die Steuereinrichtung die Schaltungsanordnung in dem Rückstell- Schaltvorgang (SV1) derartig ansteuert, dass die Schalt- Elektromagneteneinrichtung (19) mit einem Kompensations-Stroms zur Ausbildung eines zeitlich veränderlichen kompensierenden Elektromagnetfeldes (EM2_k) zur zumindest teilweisen Kompensation des Permanentmagnetfeldes (PM2) bestromt ist.

**Fig. 12****EP 3 086 335 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Magnetventil-Einrichtung mit einem bistabilen Magnetventil für ein Fluidsystem, insbesondere ein Druckluftsystem in einem Fahrzeug, und ein Verfahren zum Schalten eines bistabilen Magnetventils.

[0002] Als bistabiles Magnetventil kann insbesondere ein 3/2-Wegeventil vorgesehen sein, das einen ersten Druckausgang in einer ersten Stellung bzw. ersten Ankerstellung an einen zweiten Druckausgang legt, um eine Druckausgangsleitung zu entlüften bzw. mit Atmosphäre zu verbinden; hierbei ist ein Druckeingang gesperrt. In einer zweiten Stellung wird der Druckeingang mit dem ersten Druckausgang verbunden, z. B. zur pneumatischen Versorgung einer Druckluft-Bremse. Der zweite Druckausgang ist hierbei gesperrt.

[0003] Somit sind durch das Magnetventil zwei Stellungen ausbildbar. Bei einem bistabilen Magnetventil werden beide Stellungen im stromlosen Zustand durch eine Permanentmagnet-Einrichtung sicher gehalten, wobei eine Elektromagneteinrichtung für die Schaltvorgänge vorgesehen ist.

[0004] Die DE 37 30 381 A1 zeigt ein derartiges bistabiles Magnetventil, das in beiden Stellungen eine Dauermagnet-Haltekraft ermöglicht. Hierbei ist ein Anker mit zwei zu seinen axialen Enden hin ausgebildeten Dichtmitteln axial verschiebbar und stößt in seinen beiden Stellungen an einen ersten Endkern oder zweiten Endkern, wobei er in jeder der Stellungen mit seinem jeweiligen Dichtmittel an dem jeweiligen Endkern einen Fluiddurchlass verschließt. Ein Dauermagnet ist vorgesehen, um ein magnetisches Feld über ein äußeres magnetisches Joch und die Endkerne zu dem Anker hin zu schließen. Je nach Ausbildung des Luftspaltes ist ein erstes Permanentmagnetfeld über den ersten Kern oder ein zweites Permanentmagnetfeld über den zweiten Kern stärker oder schwächer als das jeweils andere Permanentmagnetfeld. Zum Umschalten der stabilen Stellungen wird entweder eine erste Spule oder eine zweite Spule bestromt, die jeweils eines der beiden Permanentmagnetfelder soweit verstärkt, dass es trotz der Ausbildung des Luftspaltes die Magnethaltekraft des anderen Permanentmagnetfeldes übersteigt und somit ein Umschalten in die andere stabile Endstellung ermöglicht.

[0005] Zur Ausbildung der Elektromagnetfelder ist jedoch eine hohe Anzahl Amperewindungen erforderlich, so dass großdimensionierte Spulen mit erheblichen Herstellungskosten erforderlich sind und die Schaltgeschwindigkeit begrenzt ist.

[0006] Die US 7,483,254 B1 zeigt eine Steuerschaltung für eine bistabile Permanentmagneteinrichtung, bei der eine Ansteuerung über gepulste Signale, insbesondere mit RC-Gliedern erfolgt.

[0007] Die EP 0 328 194 A1 beschreibt einen bistabilen Ventil-Mechanismus mit einer Federvorspannung, die durch Bestromung überwunden werden kann.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Magnetventil-Einrichtung und ein Verfahren zum Schalten eines bistabilen Magnetventils zu schaffen, die bei geringem Aufwand eine sichere und schnelle Umschaltung zwischen seinen Stellungen ermöglichen.

[0009] Diese Aufgabe wird durch eine Magnetventil-Einrichtung und ein Verfahren zum Schalten bzw. zur Ansteuerung des Magnetventils nach den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Das Verfahren kann insbesondere unter Verwendung der Magnetventil-Einrichtung erfolgen.

[0010] Die Magnetventil-Einrichtung weist hierbei das bistabile Magnetventil, eine Schaltungsanordnung und eine Steuereinrichtung auf.

[0011] Somit erfolgt eine teilweise oder vollständige Kompensation des den Anker haltenden Permanent-Magnetfeldes durch ein kompensierendes Elektromagnetfeld der Elektromagneteinrichtung, die vorzugsweise auch zum Schalten vorgesehen ist. Der zur Kompensation in die Elektromagneteinrichtung eingegebene kompensierende Strom ist vorzugsweise entgegen gesetzt zu dem Strom, der zum Schalten in die Elektromagneteinrichtung eingegeben wird, so dass das schaltende Elektromagnetfeld dem kompensierenden entgegen gesetzt ist.

[0012] Der kompensierende Strom wird hierbei vorzugsweise mit zeitlicher Veränderung eingegeben, insbesondere mit einem zeitlichem Anstieg, z. B. über eine Rampe. Hierbei ist z. B. ein kontinuierlicher Anstieg von Null auf einen maximalen Stromwert möglich. Alternativ oder ergänzend ist auch ein Sprung auf einen mittleren Stromwert möglich, z. B. nach einer ersten Zeitspanne. So kann ein maximaler Stromwert durch Sprünge und/oder einen kontinuierlichen Anstieg, z. B. als zeitliche Rampe, eingestellt werden.

[0013] Erfindungsgemäß wird erkannt, dass durch die kompensierende Bestromung der Rückstell-Schaltvorgang verbessert werden kann. Durch die zumindest teilweise Kompensation wird somit die magnetische Haltekraft des haltenden Permanentmagnetfeldes bereits verringert, und das schaltende Elektromagnetfeld kann bezüglich seiner magnetischen Feldstärke bzw. der Ausbildung an Amperewindungen kleiner dimensioniert werden, um den Schaltvorgang durch Verstärkung des zweiten Permanentmagnetfeldes zu ermöglichen.

[0014] Somit ist ohne apparativen Mehraufwand bzw. mit geringem Schaltungs-Mehraufwand für z. B. eine Brückenschaltung eine zusätzliche Nutzung einer bereits zum Schalten eingesetzten Elektromagneteinrichtung, z. B. Spule, möglich.

[0015] Erfindungsgemäß wird vorzugsweise weiterhin erkannt, dass die ergänzende Ausbildung eines kompensierenden Elektromagnetfeldes je nach Dynamik und Stellung des Ankers auch problematisch sein kann, da die jeweilige

Rückstellkraft begrenzt ist und das zur Kompensation dienende "kompensierende" Elektromagnetfeld aufgrund des fehlenden Luftspaltes zum haltenden Anker schnell groß werden kann. So kann z. B. bei zu schneller oder zu starker Bestromung das kompensierende erste Elektromagnetfeld (bzw. der Elektromagnetfluss) ggf. so groß werden, dass es das Permanent-Magnetfeld nicht nur kompensiert, sondern so stark überkompensiert, dass sich ein Gesamt-Magnetfeld ergibt, dass vom Betrag her größer ist als die Rückstellkraft.

[0016] Um eine derartige Überkompensation und somit einen fehlenden Schaltvorgang zu vermeiden, ist vorzugsweise eine zeitlich veränderliche Bestromung der kompensierenden Elektromagnetanordnung bzw. Spule vorgesehen, insbesondere mit zeitlichem Anstieg innerhalb einer Anstiegszeit. Dies kann z. B. durch eine zeitliche Ansteuerung erfolgen, bei der der Strom nicht sofort auf seinen Maximalwert gefahren wird, sondern über eine Einschalttrampe hochgefahren wird, die eine mechanische Verstellung des Ankers ermöglicht, d. h. z. B. in einem Zeitraum oberhalb von 10 ms, z. B. in einem Zeitraum von 100 ms. Somit kompensiert das Elektromagnetfeld in der Einschalttrampe zunächst das luftspaltlose haltende Permanentmagnetfeld, bis die Rückstellkraft die haltende Kraft überwunden hat und ein Luftspalt zwischen Anker und haltendem Kern gebildet ist, der das haltende Permanentmagnetfeld abschwächt. Somit kann der Anker in gewünschter Weise in die andere Schaltstellung gezogen werden, bevor das erste Permanentmagnetfeld überkompensiert wird.

[0017] Die Rückstell-Einrichtung zur Ausbildung der Rückstellkraft, d.h. zur Rückstellung des Ankers in dessen erste Ankerstellung, kann gemäß einer Ausführungsform eine mechanische Federeinrichtung sein, z. B. eine Schraubenfeder, die somit zwischen ihren Zuständen "gespannt" und "nicht gespannt" geschaltet wird.

[0018] Alternativ hierzu kann die Rückstell-Einrichtung auch wiederum durch eine Elektromagnetanordnung ausgebildet werden. Für einen Schaltvorgang wird somit die Elektromagnetanordnung an der schaltenden Seite, an der der axiale Luftspalt zwischen dem Kern und dem Anker vorgesehen ist, mit einem schaltenden Strom bestromt, um das aufgrund des Luftspaltes geringere Permanentmagnetfeld bzw. den geringeren Permanentfluss zu unterstützen.

[0019] Das erste Elektromagnetfeld und erste Permanentmagnetfeld bilden somit ein erstes Gesamt-Magnetfeld, entsprechend bilden das zweite Elektromagnetfeld und zweite Permanentmagnetfeld somit ein zweites Gesamt-Magnetfeld.

[0020] Bei der Ausführungsform mit zwei Elektromagnetanordnungen ist insbesondere auch eine symmetrische Ausbildung des Magnetventils bezüglich Anker, Permanentmagnet und den beiden Elektromagnetanordnungen möglich, mit einer spezifischen, z. B. unsymmetrischen Ventil-Ausbildung. Hierbei können die Ströme durch die beiden Elektromagnetanordnungen kombiniert angesteuert werden, z. B. als Reihenschaltung oder Parallelschaltung der beiden Elektromagnetanordnungen. Somit können der schaltende Strom der einen Elektromagnetanordnung und der kompensierende Strom der anderen Elektromagnetanordnung zusammen ausgebildet und eingesteuert werden. Somit können die Spulen für jeden Schaltvorgang gemeinsam geschaltet werden, wobei die Stromrichtungen für die jeweiligen Schaltvorgänge entsprechend umgepolt werden, so dass jeweils ein Elektromagnetfeld als kompensierend, d.h. zur Kompensation des stärkeren Permanentmagnetfeldes (bzw. Permanentmagnetflusses) und das andere Magnetfeld schaltend, d.h. für die aktive Schaltung dient.

[0021] Alternativ zu der kombinierten Ansteuerung sind auch separate Ansteuerungen der beiden Elektromagnetanordnungen möglich, wobei z. B. die Highside-Treiberschaltungen für die beiden Elektromagnetanordnungen separat ausgebildet werden können, bei gemeinsamer Lowside-Ansteuerung gegenüber Masse. Bei einer separaten Ansteuerung kann z. B. das kompensierende Elektromagnetfeld durch einen kleineren Strom als das schaltende Elektromagnetfeld ausgebildet werden.

[0022] Vorzugsweise ist bei jeder Elektromagnetanordnung der kompensierende Strom des einen Schaltvorgangs dem durch diese Elektromagnetanordnung in dem anderen Schaltvorgang eingegebenen schaltenden Strom von der Stromrichtung her entgegengesetzt.

[0023] Bei der Ausführungsform mit zwei Elektromagnetanordnungen kann das Magnetventil eine Permanentmagnet-Einrichtung mit radialer Magnetisierung aufweisen. Somit verläuft ein Permanentmagnetfeld in radialer Richtung von dem inneren Anker über den Permanentmagneten und ein äußeres magnetisches Joch, wobei sich zwei Permanentmagnetfelder ausbilden, die von dem Joch entweder an einem axialen Ende über den ersten Kern zu dem Anker, oder an dem anderen Ende über den zweiten Kern zu dem Anker verlaufen, wobei in jeder der beiden Stellungen jeweils ein axialer Luftspalt von dem Anker zu einem der beiden Kerne vorgesehen ist.

[0024] Hierbei wird insbesondere auch erkannt, dass die ergänzende Bestromung des kompensierenden Elektromagnetfeldes grundsätzlich keinen zusätzlichen Hardwareaufwand erfordert, da ohnehin eine Schalteinrichtung, z. B. Schalt-Transistoren, zu seiner Beschaltung vorgesehen sind.

[0025] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der beiliegenden Zeichnungen an einigen Ausführungsformen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein bistabiles Magnetventil gemäß einer Ausführungsform mit zwei Spulen in geschnittener Darstellung;

Fig. 2 eine Darstellung des Verlaufs der Magnetfeldlinien in Fig. 1 ;

- Fig. 3 eine Schaltungsanordnung zur Ansteuerung der Spulen gemäß einer Ausführungsform mit Reihenschaltung beider Spulen;
- Fig. 4 eine Schaltungsanordnung zur Ansteuerung der Spulen gemäß einer Ausführungsform mit Parallelschaltung beider Spulen;
- Fig. 5 ein Zeitdiagramm des Spulenstroms gemäß einer Ausführungsformen mit Rampen-Ansteuerung;
- Fig. 6 ein Zeitdiagramm des Spulenstroms gemäß einer weiteren Ausführungsformen mit Rampen-Ansteuerung;
- Fig. 7 ein Schnittbild des bistabilen Magnetventils gemäß einer Ausführungsform mit zwei Spulen in der ersten Ankerstellung;
- Fig. 8 ein Schnittbild des bistabilen Magnetventils aus Fig. 9 in der zweiten Ankerstellung;
- Fig. 9 ein Schnittbild des bistabilen Magnetventils gemäß einer Ausführungsform mit Feder-Rückstellung in der ersten Ankerstellung;
- Fig. 10 das bistabile Magnetventil aus Fig. 9 bei dem Anker-Schaltvorgang in die zweite Ankerstellung;
- Fig. 11 das bistabile Magnetventil aus Fig. 9 bis 10 in der zweiten Ankerstellung;
- Fig. 12 das bistabile Magnetventil aus Fig. 9 bis 11 bei dem Rückstell-Schaltvorgang in die erste Ankerstellung; und
- Fig. 13 ein Zeitdiagramm des Spulenstroms der Ausführungsform der Fig. 9 bis 12 bei Rampen- Ansteuerung.

[0026] Fig. 1 zeigt ein bistabiles Magnetventil 1, das zum Einsatz in einem Fluidsystem 50, insbesondere einem Druckluftsystem 50 ausgebildet ist, insbesondere als 3/2-Magnetventil mit drei Anschlüssen, vorzugsweise einem Druckeingang 2a, einem ersten Druckausgang 2b und einem zweiten Druckausgang 2c, der z. B. als Entlüftung dienen kann. Somit kann das bistabile Magnetventil 1 in dem Druckluftsystem 50, z. B. dem Druckluftsystem eines Nutzfahrzeuges, dazu dienen, wahlweise gemäß der ersten Ankerstellung I der Fig. 1 an den ersten Druckausgang 2b den zweiten Druckausgang 2c und somit die Entlüftung anzuschließen um die Druckluft-Zuführleitung zu entlüften, oder in der zweiten Ankerstellung II eine an den Druckeingang 2a angeschlossene Druckluft- Zuführleitung 1 an den ersten Druckausgang 2b anzuschließen, wie weiter unten mit Bezug zu Fig. 7 und 8 erläutert wird.

[0027] Hierzu weist das bistabile Magnetventil 1 ein Ankerführungsrohr 6 und einen in dem Ankerführungsrohr 6 in Axialrichtung A längsverstellbar geführten Anker 7 auf. An dem Anker 7 ist eine erste Ventildichtung 8 ausgebildet, die an einem ersten Ventilsitz 9, z. B. zum Verschluss des Druckeingangs 2a, zur Anlage kommt, sowie weiterhin eine zweite Ventildichtung 10, die zur Anlage an einem zweiten Ventilsitz 11 kommt, z. B. zum Verschluss des zweiten Druckausgangs 2c.

[0028] Die Ventildichtungen 8 und 10 sind vorteilhafterweise durch eine Ankerfeder 13 federvorgespannt, zur dichtenden Anlage an ihrem jeweiligen Ventilsitz 9 bzw. 11.

[0029] Der Anker 7 ist magnetisch leitend, d. h. aus ferromagnetischem Material ausgebildet; in Axialrichtung A schließt sich zu einer ersten Seite ein erster Kern 12, in dem gemäß dieser Ausbildung der Druckeingang 2a und der erste Druckausgang 2b ausgebildet sind, sowie zu der anderen, zweiten Seite ein zweiter Kern 14 an, in dem der zweite Druckausgang 2c für die Entlüftung ausgebildet ist.

[0030] Radial außerhalb des Ankerführungsrohrs 6 ist eine Magnet-Einrichtung 15 angeordnet, die eine Permanentmagnet-Einrichtung 16 und eine Gesamt-Elektromagneteinrichtung 17 aufweist, wobei die eine Gesamt- Elektromagneteinrichtung 17 wiederum mit einer ersten Elektromagneteinrichtung bzw. ersten Spule 18 und einer zweiten Elektromagneteinrichtung bzw. zweiten Spule 19 ausgebildet ist. Die gesamte Magnet-Einrichtung 15 ist in einem magnetischen Joch 20, 21 aufgenommen, das durch einen Jochtopf 20 mit Topfboden 20a und zylinderförmiger Topfwand 20b und eine den Jochtopf 20 zu einer axialen Seite hin verschließenden Jochscheibe 21 ausgebildet ist.

[0031] Die beiden Kerne 12 und 14 liegen vorteilhafterweise in radialer Richtung R direkt an der Jochscheibe 21 und dem Jochtopf 20 an, d.h. ohne radialen Luftspalt. Weiterhin liegt der Anker 7 in seinen beiden Ankerstellungen bzw. Stellungen direkt in axialer Richtung A bzw. -A an einem der beiden Kerne 12, 14 an und weist zu dem jeweils anderen Kern 14, 12 einen Luftspalt 22 auf. Somit liegt in der in Fig. 1 gezeigten ersten Stellung I der Anker 7 in axialer Richtung A direkt, d. h. ohne Luftspalt, an dem ersten Kern 12 an, wobei ein axialer Luftspalt 22 zwischen dem Anker 7 und dem zweiten Kern 14 ausgebildet ist; entsprechend liegt der Anker 7 in der hier nicht gezeigten zweiten Stellung II direkt an dem zweiten Kern 14 an, d. h. ebenfalls ohne Luftspalt, wobei dann ein Luftspalt 22 zwischen dem Anker 7 und dem

ersten Kern 12 ausgebildet ist.

[0032] Die Permanentmagnet-Einrichtung 16 ist vorteilhafterweise axial zwischen der ersten Spule 18 und der zweiten Spule 19 angeordnet und radial magnetisiert, d. h. die Magnetisierung und somit die magnetischen Flusslinien des Permanentmagnetfeldes PM verlaufen in radialer Richtung R, z. B. radial nach außen, d. h. senkrecht zur Achse A. In den Figuren ist zum Teil vereinfacht das Magnetfeld durch Linien dargestellt; grundsätzlich ist der durch das Magnetfeld ausgebildete Magnetfluss für die magnetischen Wirkungen relevant.

[0033] Hierbei sind unterschiedliche Ausbildungen der Permanentmagnet-Einrichtung 16 möglich, z. B. durch einzelne Permanentmagnete oder eine Permanentmagnet-Scheibe, die als Ring bzw. Scheibe ausgeführt und hierbei in radialer Richtung magnetisiert ausgebildet ist.

[0034] Da die Permanentmagnet-Einrichtung 16 außerhalb des Ankerführungsrohrs 6 ausgebildet ist, kann sie auch mit breiterer axialer Erstreckung ausgebildet werden, so dass herkömmliche Materialien für Permanentmagnete, z. B. eine Eisenlegierung oder ein keramisches Material, eingesetzt werden; der Einsatz z. B. seltener Erden ist grundsätzlich nicht erforderlich.

[0035] Das gemeinsame Permanentmagnetfeld PM verläuft somit gemäß Fig. 2 in radialer Richtung R durch die Permanentmagnet-Einrichtung 16 und nachfolgend durch das Joch 20, 21, wobei es axial in beide Richtungen, d.h. -A und A verläuft, d.h. entlang der Topfwand 20b als erstes Permanentmagnetfeld PM1 und zweites Permanentmagnetfeld PM2, wobei die Permanentmagnetfelder PM1, PM2 dann an den axialen Enden radial nach unten entlang des Topfbodens 20b sowie der Jochscheibe 21 zu den Kernen 12, 14 verlaufen, und nachfolgend axial, d.h. in Richtung A oder -A, zu dem Anker 7 und wieder zu der Permanentmagnet-Einrichtung 16.

[0036] Die beiden Permanentmagnetfelder PM1, PM2 können somit jeweils z. B. etwa die Form eines Torus aufweisen; das gesamte Permanentmagnetfeld PM bildet somit z. B. einen Doppel-Torus bzw. ist hantelförmig.

[0037] In der ersten Ankerstellung I bzw. Entlüftungsstellung der Fig. 1 liegt der magnetisch leitende Anker 7 an dem ersten Kern 12, so dass hier das erste Permanentmagnetfeld PM1 direkt vom ersten Kern 12 durch den Anker 7, und in dem Anker 7 axialer Richtung wiederum zu der Permanentmagnet-Einrichtung 16 verläuft. Ein Luftspalt ist allenfalls als radialer Luftspalt zwischen dem Anker 7 und der Permanentmagnet-Einrichtung 16 ausgebildet, jedoch nicht als Axialspalt, so dass das erste Permanentmagnetfeld PM1 eine starke magnetische Haltekraft des Ankers 7 am ersten Kern 12 ausbildet. Das durch den zweiten Kern 14 verlaufende zweite Permanentmagnetfeld PM2 verläuft hingegen durch den Luftspalt 22 zu dem Anker 7 und wird durch den Luftspalt 22 deutlich geschwächt. Somit ist die magnetische Haltekraft des ersten Permanentmagnetfeldes PM1 deutlich größer als die anziehende Kraft des zweiten Permanentmagnetfeldes PM2; der Anker 7 wird in der rechten Position, d. h. der Ankerstellung I der Fig. 1, sicher gehalten.

[0038] Da das bistabile Magnetventil 1 grundsätzlich in Axialrichtung A symmetrisch bezüglich der Ausbildung der beiden Kerne 12 und 14 und der Spulen 18 und 19 ist, wird auch die in Fig. 1 nicht gezeigte zweite Ankerstellung II sicher gehalten, da hier ein Luftspalt entsprechend zwischen dem Anker 7 und dem ersten Kern 12 ausgebildet wird, der das erste Permanentmagnetfeld PM1 schwächt, hingegen liegt ein starkes zweites Permanentmagnetfeld PM2 vor.

[0039] Die erste Spule 18 erzeugt ein erstes Elektromagnetfeld EM1; entsprechend erzeugt die zweite Spule 19 ein zweites Elektromagnetfeld EM2, wobei die Elektromagnetfelder EM1 und EM2 mit den Permanentmagnetfeldern PM1, PM2 und miteinander überlagern.

[0040] Das erste Elektromagnetfeld EM1 der ersten Spule 18 ist ebenfalls Torusförmig ausgebildet und verläuft im Wesentlichen entsprechen dem ersten Permanentmagnetfeld PM1, insbesondere bei rotationssymmetrischer Ausbildung des Permanentmagnetfeldes PM1:

das erste Elektromagnetfeld EM1 verläuft zunächst innerhalb der ersten Spule 18, d. h. in Axialrichtung A - je nach Bestromung - von dem ersten Kern 12 in axialer Richtung nach innen oder außen, d. h. z. B. von außen (in Fig. 1 rechts) nach innen zu dem Anker 7, und von dem Anker 7 radial nach außen, d. h. entlang der Permanentmagnet-Einrichtung 16 nach außen, und von dort entlang der Topfwand 20b und dem Topfboden 20a radial nach innen zurück zum ersten Kern 12. Entsprechend verläuft bei Bestromung der zweiten Spule 19 das zweite Elektromagnetfeld EM2 ähnlich dem zweiten Permanentmagnetfeldes PM2, d.h. - je nach Polung - von dem zweiten Kern 14 in axialer Richtung A zu dem Anker 7 hin, oder in Gegenrichtung von dem Anker 7 zu dem zweiten Kern 14 hin, und jeweils in radialer Richtung radial nach außen entlang der Permanentmagnet-Einrichtung 16, der Topfwand 20b in axialer Richtung, und entlang der Jochscheibe 21 radial nach innen.

[0041] In Fig. 1 wird somit das zweite Elektromagnetfeld EM2 wiederum durch den Luftspalt 22 geschwächt, das erste Elektromagnetfeld EM1 hingegen nicht.

[0042] Die Schaltvorgänge SV1 und SV2 des bistabilen Magnetventils 1 zwischen der ersten Ankerstellung I und der zweiten Ankerstellung II erfolgen vorteilhafterweise durch Bestromung jeweils beider Spulen 18 und 19. Für den zweiten Schaltvorgang SV2 von der ersten Ankerstellung I der Fig. 1 ausgehend wird ein erstes Elektromagnetfeld EM1 der ersten Spule 18 aufgebaut, das dem ersten Permanentmagnetfeld PM1 entgegengesetzt ist und dieses insbesondere teilweise kompensiert, so dass die magnetische Haltekraft des Ankers 6 am ersten Kern 12 zumindest verringert wird.

Weiterhin wird die zweite Spule 19 derartig bestromt, dass das zweite Permanentmagnetfeld PM2 durch das zweite Elektromagnetfeld EM2 verstärkt wird, d. h. beide Felder PM2 und EM2 weisen in dieselbe Richtung, so dass trotz des Luftspaltes 22 die auf den Anker 7 wirkende, in Fig. 1 nach links zeigende magnetische Kraft größer wird und den Anker 7 in Fig. 1 nach links verstellt, wodurch der Luftspalt 22 verringert wird und ganz verschwindet, und ein Luftspalt zwischen dem Anker 7 und dem ersten Kern 12 entsteht.

[0043] Somit wirkt jeweils eines der elektromagnetischen Felder EM1 und EM2 kompensierend und das andere schaltend. Für den zweiten Schaltvorgang SV2 von der ersten Ankerstellung I bzw. Entlüftungsstellung der Fig. 1 ausgehend wirkt somit ein durch die erste Spule 18 geleiteter erster Strom I1 kompensierend, d.h. als kompensierender erster Strom I1_k, und ein durch die zweite Spule 19 geleiteter zweiter Strom I2 schaltend, d.h. als schaltender zweiter Strom I2_s. Für den ersten Schaltvorgang SV1 zurück in die erste Ankerstellung I wird entsprechend durch die zweite Spule 19 ein kompensierender zweiter Strom I2_k und durch die erste Spule 18 ein schaltender erster Strom I1_s geleitet.

[0044] Die beiden Spulen 18 und 19 sind über Spulenanschlüsse 61a,b und 62a, b an eine Schaltungsanordnung 30 angeschlossen, die insbesondere eine Endstufe darstellt. Somit wird eine Magnetventil-Einrichtung 5 gebildet, die das bistabile Magnetventil 1, die Schaltungsanordnung 30 und die Steuereinrichtung 40 aufweist.

[0045] Vorteilhafterweise wird hierbei erkannt, dass ein sofortiges und vollständiges Hochfahren des jeweils kompensierenden Stroms, in Fig. 1 somit des ersten Stroms I1_k, dazu führen kann, dass das kompensierende, d.h. in Fig. 1 das erste Elektromagnetfeld EM1 zu stark wird und die Differenz EM1 - PM1 vom Betrag her größer werden kann als das sich positiv überlagernde, jedoch durch den Luftspalt 22 geschwächte, schaltende zweite Gesamtfeld EM2 + PM2.

[0046] Daher wird in beiden Schaltvorgängen zumindest der kompensierend wirkende Strom I1_k oder I2_k jeweils zeitlich verzögert hochgefahren, vorteilhafterweise über eine Rampe. Bei einer Reihenschaltung der beiden Ströme I1, I2 können somit beide Ströme zeitlich verzögert hochgefahren werden. Fig. 3 und 4 zeigen Ausbildungen einer Schaltungsanordnung 30 für derartige Rampensteuerungen.

[0047] Die Spulen 18 und 19 können gemäß Fig. 3 in einer Reihenschaltung geschaltet sein. Somit weist die Schaltungsanordnung 30 gemäß Fig. 3 vier Transistoren, vorzugsweise Schaltungs-MOSFETS Tr1, Tr2, Tr3 und Tr4 auf, die als Endstufen-H-Brücke geschaltet sind, so dass gemäß Fig. 3 über Steuersignale S1, S2, S3, S4 eine Bestromung entweder mit Tr1 = ON, Tr4 = ON und Tr2 = OFF, Tr3 = OFF vorliegt, um die Versorgungsspannung Uv von z. B. 24 V oder 12 V über Tr1, die Reihenschaltung der Spulen 19 und 18, sowie Tr4 auf Masse GND zu führen, oder entsprechend symmetrisch umgekehrt mit Tr1 = OFF, Tr4 = OFF, Tr2 = ON und Tr3 = ON, um die Versorgungsspannung Uv über Tr2 und die Reihenschaltung der Spulen 18 und 19 sowie Tr3 zur Masse GND zu führen.

[0048] Alternativ hierzu ist eine Parallelschaltung nach Fig. 4 vorgesehen.

[0049] Die H-Brücke der Fig. 3 oder 4 ist hierbei zur Ausbildung einer zeitlichen Rampe gemäß Fig. 5 oder 6 geeignet, bei der der Spulenstrom I, d.h. bei der Reihenschaltung der Fig. 3 der gemeinsame Spulenstrom $I1=I2=I$, zum Zeitpunkt t1 eingeschaltet und auf einen maximalen Stromwert I_max hochgefahren wird, den er zu einem Zeitpunkt t2 erreicht. Zu einem nachfolgenden Zeitpunkt t3 kann der gemeinsame Strom I nachfolgend sofort abgeschaltet werden. Ergänzend sind die Amperewindungen AW eingezeichnet, die sich als Produkt des Stroms und der Wicklungszahl ergeben. Die Anfahrschaltdauer $\Delta t1$ zwischen t2 und t1 beträgt z. B. $\Delta t2=50$ bis 70 ms, die Gesamtschaltdauer $\Delta t2$ zwischen t3 und t1 beträgt z. B. $\Delta t2=100$ ms. Das rein mechanische Schalten des Ventils erfolgt je nach Toleranzlage der einzelnen Bauteile im Ventil zwischen den Zeitpunkten t1 und t2.

[0050] Fig. 6 zeigt eine alternative Ansteuerung, bei der zum Zeitpunkt t1 der Strom sofort auf einen mittleren Stromwert I_mid, und nachfolgend mit linearer Rampe bis zum Zeitpunkt t2 auf den Maximalwert I_max gefahren wird, bis er zum Zeitpunkt t3 wieder ausgeschaltet wird. Die Schaltdauern $\Delta t1$ und $\Delta t2$ können ähnliche Werte wie in Fig. 5 annehmen.

[0051] Somit wird zwischen t1 und t2 zunächst ein in der ersten Stellung I der Fig. 1 schwaches erstes Elektromagnetfeld EM1 ausgebildet, das das haltende Permanentmagnetfeld, hier somit das erste Permanentmagnetfeld PM1 ganz oder teilweise kompensiert, jedoch erst zum Zeitpunkt t1 den maximalen Stromwert I_max erreicht. Die Anfahrschaltdauer $\Delta t1$ ist hinreichend, um eine mechanische Verstellung des Ankers 7 weg von der ersten Ankerstellung I zu erreichen; sobald sich ein Luftspalt zwischen dem Anker 7 und dem ersten Kern 12 bildet, ist die Gefahr eines unbeabsichtigten Haltens in der ersten Ankerstellung I bereits deutlich verringert.

[0052] Fig. 7 und Fig. 8 zeigen eine detaillierte Ausbildung eines Magnetventils 1 entsprechend Fig. 1. Die Permanentmagneteinrichtung 16 ist hier zur Veranschaulichung in gegenüber Fig. 1 umgekehrter Polung eingesetzt. Druckluft 25a wird von einer Druckluftversorgung 25, z. B. einem Druckluftspeicher, über eine Druckluft-Zuleitung 23 dem Druckeingang 2a zugeführt, und über den ersten Druckausgang 2b und eine Druck-Ausgangsleitung 26 zu einem Verbraucher 24 geführt. An den zweiten Druckausgang 2c, der als Entlüftung dient, ist ein Druckauslass 27 direkt oder über indirekt eine Leitung angebracht.

[0053] In der ersten Ankerstellung I, d.h. der Entlüftungsstellung der Fig. 7, wird die an dem Druckeingang 2a und der inneren Bohrung 42 des ersten Kerns 12 anliegende Druckluft an dem geschlossenen ersten Ventil, d.h. zwischen dem ersten Ventilsitz 9 und der ersten Ventildichtung 8, blockiert. Druckluft 25a kann von dem Verbraucher 24 über die Druck-Ausgangsleitung 26, den ersten Druckausgang 2b, dann über eine äußere axiale Bohrung 43 des Kerns 12, einen Innenraum 29 des Ankers 7, in dem vorzugsweise auch z. B. die innere Ankerfeder 13 vorgesehen ist, und über den

Axialspalt 22 des offenen zweiten Ventils 10, 11 sowie die Bohrung 14a des zweiten Kerns 14 zum zweiten Druckausgang 2c und somit zu dem Druckauslass 27 zur Entlüftung geführt werden. Das zweite Ventil 10, 11 ist somit offen, da der zweite Ventilsitz 11 von der zweiten Ventildichtung 10 durch den Axialspalt 22 getrennt ist.

[0054] In der zweiten Ankerstellung II, d.h. der Belüftungsstellung der Fig. 8, ist das erste Ventil 8, 9 offen, d.h. der Axialspalt 22 ist zwischen dem ersten Ventilsitz 9 und der ersten Ventildichtung 8 ausgebildet. Entsprechend ist das zweite Ventil 10, 11 geschlossen, indem der zweite Ventilsitz 11 auf der zweiten Ventildichtung 10 aufliegt. Druckluft 25a wird somit von der Druckluftversorgung 25 über die Druckluft-Zuleitung 23, den Druckeingang 2a, die innere Bohrung 42, das offene erste Ventil 8, 9, den Axialspalt 22, die radial äußere Bohrung 43 zu dem ersten Druckausgang 2b und somit zu dem Verbraucher 24 geführt.

[0055] Die Bohrungen 42, 43 im ersten Kern 12 sind vorteilhafterweise ausgebildet, indem der erste Kern 12 mit einem inneren Rohr 12a und einem äußeren Rohr 12b ausgebildet ist, zwischen denen zumindest in einigen Bereichen des Umfangs die äußere axiale Bohrung 43 ausgebildet ist; die innere Bohrung 42 wird durch die zentrale Bohrung des inneren Rohrs 12a gebildet.

[0056] Der Anker 7 wird gemäß der hier gezeigten Ausbildung durch einen ersten Ankerteil 7a und einen zweiten Ankerteil 7b gebildet, die z. B. durch Presspassung zusammen gefügt werden; die Ankerfeder 13 drückt die Ventildichtungen 8 und 10 axial auseinander. Der Anker 7 kann somit mit einem Anker-Innenraum 29 gefügt werden, der wie oben beschrieben als Luftkanal für die Entlüftung dient.

[0057] Fig. 9 bis 12 zeigen eine Ausführungsform mit einem Magnetventil 101 mit Feder-Rückstellung durch eine Feder-Einrichtung 70, die hier als Schraubenfeder zwischen dem Anker 7 und dem Joch, z. B. der Jochscheibe 21, vorgesehen ist. Somit ist die Feder-Einrichtung 70 in der zweiten Ankerstellung II der Fig. 11 gespannt und in der ersten Ankerstellung I der Fig. 9 entspannt.

[0058] In Fig. 9 ist somit das zweite Permanent-Magnetfeld PM2 durch den Luftspalt 22 geschwächt und daher zu gering, um die Federkraft zu überwinden.

[0059] In dem zweiten Schaltvorgang bzw. Anker- Schaltvorgang SV2 der Fig. 10 überlagert sich das schaltende Elektromagnetfeld EM2_s verstärkend bzw. konstruktiv mit dem zweiten Permanent-Magnetfeld PM2, so dass die Federkraft überwunden wird und der Anker 7 nach oben bewegt wird.

[0060] In Fig. 11 wird der Anker 7 in der zweiten Ankerstellung II an dem haltenden Kern 14 (bzw. zweiten Kern oder Halte-Kern) gehalten, da das haltende Permanent-Magnetfeld bzw. zweite Permanent-Magnetfeld PM2 aufgrund des fehlenden Luftspaltes 22 stark genug ist, auch ohne Unterstützung durch das zweite Elektromagnetfeld EM2 den Anker 7 gegen die Federwirkung der Federeinrichtung 70 zu halten.

[0061] In Fig. 12 wird dann das haltende Permanent-Magnetfeld bzw. zweite Permanent-Magnetfeld PM2 durch zumindest teilweise Kompensation durch das kompensierende zweite Elektromagnetfeld EM2_k geschwächt, so dass die Feder-Rückstellkraft der Federeinrichtung 70 die magnetische Haltekraft, die durch den Betrag der Differenz des haltenden zweiten Permanent-Magnetfeldes PM2 und des kompensierenden zweiten Elektromagnetfeldes EM2_k bestimmt wird, übersteigt. Somit erfolgt der Rückstell-Schaltvorgang SV1 bzw. erste Schaltvorgang in die erste Ankerstellung I, wodurch sich wiederum der Luftspalt 22 zwischen dem haltenden Kern bzw. Halte-Kern 14 und dem Anker 7 bildet,

[0062] Fig. 13 zeigt eine Schaltungsanordnung bzw. Endstufe 130, die entsprechend Fig. 3 aufgebaut ist wobei lediglich die Schalt- Elektromagneteneinrichtung bzw. zweite Spule 19 bestromt wird. Hierbei können wiederum die Zeitdiagramme der Fig. 5 oder 6 angesetzt werden.

Bezugszeichenliste (Bestandteil der Beschreibung)

[0063]

1, 101	bistabiles Magnetventil
2a	Druckeingang
2b	erster Druckausgang zu Druckanschlussleitung/-ausgangsleitung
2c	zweiter Druckausgang zu Entlüftung
3, 4	Druckluft-Zuführleitung und Druckluft-Ausgangsleitung
5, 105	bistabile Magnetventil-Einrichtung
6	Ankerführungsrohr
7	Anker
7a	erstes Ankerteil
7b	zweites Ankerteil
8	erste Ventildichtung an Anker 7
9	erster Ventilsitz
10	zweite Ventildichtung an Anker 7
11	zweiter Ventilsitz

	12	erster Kern
	12a	inneres Rohr des ersten Kerns 12
	12b	äußeres Rohr des ersten Kerns 12
	13	innere Ankerfeder in Anker 7 zwischen den Ventildichtungen 8 und 10
5	14	zweiter Kern, Halte-Kern
	15	Magnet-Einrichtung
	16, 116	Permanentmagnet-Einrichtung
	17	Elektromagneteinrichtung
	18	erste Spule
10	19	zweite Spule
	20	Jochtopf
	20a	Topfboden
	20b	Topfwand
	21	Jochscheibe
15	22	Luftspalt
	23	Druckluft-Zuleitung
	24	Verbraucher
	25	Druckluftversorgung
	25a	Druckluft
20	26	Druck-Ausgangsleitung
	27	Druckauslass
	28	Polrohr für radialen Feldlinien-Übergang
	29	Anker-Innenraum
	30, 130	Schaltungsanordnung
25	40	Steuereinrichtung
	42	zentrale Bohrung im ersten Kern 12
	43	äußere Bohrung im ersten Kern 12, zwischen den Rohren 12a, 12b
30	50	Fluidsystem
	61a,b	Spulenanschlüsse der ersten Spule 18 an die Schaltungsanordnung
	62a, b	Spulenanschlüsse der zweiten Spule 19 an die Schaltungsanordnung
35	70	Rückstellfeder
	Tr1, Tr2, Tr3, Tr4	Transistoren der Schaltungsanordnung 30
	Uv	Versorgungsspannung
	GND	Masse
40	A	Achse, Axialrichtung
	R	Radialrichtung
	PM	Gesamt-Magnetfeld
45	PM1	erstes Permanentmagnetfeld
	PM2	zweites Permanentmagnetfeld
	EM1	erstes Elektromagnetfeld, Rückstell- Elektromagnetfeld
	EM2	zweites Elektromagnetfeld, Anker- Elektromagnetfeld
50	EM2_k	zweites kompensierendes Elektromagnetfeld
	EM1_k	erstes kompensierendes Elektromagnetfeld
	N, S	Nordpol, Südpol
	I	Strom bei Reihenschaltung
55	I_s	schaltender Strom
	I_k	kompensierender Strom
	I1	erster Strom durch die erste Spule 18

I1_s schaltender erster Strom
I1_k kompensierender erster Strom

I_mid mittlerer Stromwert
I_max maximaler Stromwert

I2 zweiter Strom durch die zweite Spule 19
I2_s schaltender zweiter Strom
I2_k kompensierender zweiter Strom

S1 erstes Ansteuersignal der Rampensteuerung
S2 zweites Ansteuersignal der Rampensteuerung
S3 drittes Ansteuersignal der Rampensteuerung
S4 viertes Ansteuersignal der Rampensteuerung

SV1 Rückstell- Schaltvorgang, erster Schaltvorgang
SV2 Anker- Schaltvorgang, zweiter Schaltvorgang

Patentansprüche

1. Bistabile Magnetventil-Einrichtung (5, 105) für ein Fluidsystem (50), mit einem Magnetventil (1, 101), einer Schaltungsanordnung (30, 130) und einer Steuereinrichtung (40) zur Ansteuerung der Schaltungsanordnung (30, 130), wobei das Magnetventil (1, 101) aufweist:

einen zwischen einer ersten Ankerstellung (I) und einer zweiten Ankerstellung (II) verstellbaren Anker (7), und durch den Anker (7) verstellbare Ventilmittel (8, 9, 10, 11), die in der ersten und zweiten Ankerstellung (I, II) in verschiedenen Ventil-Stellungen sind,

eine Permanentmagneteneinrichtung (16, 116) zur Ausbildung eines haltenden Permanentmagnetfeldes (PM2), das den Anker (7) in der zweiten Ankerstellung (II) hält,

eine Schalt-Elektromagneteneinrichtung (19) zur Ausbildung eines Schalt-Elektromagnetfeldes (EM2) für einen Anker-Schaltvorgang (SV2) von der ersten Ankerstellung (I) in die zweite Ankerstellung (II), und eine Rückstell-Einrichtung (12, 18; 70) zur Rückstellung des Ankers (7) in einem Rückstell- Schaltvorgang (SV1) in die erste Ankerstellung (I),

wobei die Schaltungsanordnung (30, 130) zur Ansteuerung der Schalt-Elektromagneteneinrichtung (19) in dem Anker-Schaltvorgang (SV2) mit einem Schalt-Strom (I2_S) ausgebildet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuereinrichtung (40) derartig zur Ansteuerung der Schaltungsanordnung (30, 130) ausgebildet ist, dass die Schalt- Elektromagneteneinrichtung (19) in dem Rückstell- Schaltvorgang (SV1) mit einem Kompensations-Stroms (I_k) zur Ausbildung eines kompensierenden Elektromagnetfeldes (EM2_k) zur zumindest teilweisen Kompensation des haltenden Permanentmagnetfeldes (PM2) bestromt ist.

2. Magnetventil-Einrichtung (5, 105) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Stromrichtung des Kompensations- Stroms (I_k) in der Schalt-Elektromagneteneinrichtung (19) entgegen gesetzt zu einer Stromrichtung des Schalt-Stroms (I_S) in der Schalt- Elektromagneteneinrichtung (19) ist.

3. Magnetventil-Einrichtung (5, 105) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kompensations-Strom (I_k) zeitlich veränderlich ist und erst nach einer Anfahr-Zeitspanne (Δ_t1) einen maximalen Stromwert (I_max) aufweist.

4. Magnetventil-Einrichtung (5, 105) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein maximaler Stromwert (I_max) des Kompensations-Stroms (I_k) unterhalb eines Schalt- Stromwertes des Schalt-Stromes (I_S) liegt.

5. Magnetventil-Einrichtung (5, 105) nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kompensations-Strom (I_k) einen zeitlich verzögerten, stetigen und/oder sprunghaften Anstieg auf den maximalen Stromwert (I_max) des Kompensations- Stroms (I_k) aufweist.

6. Magnetventil-Einrichtung (5, 105) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zeitlich verzögerte Anstieg

des Kompensations-Stroms (I_k) mindestens einen stetigen zeitlichen Rampenverlauf (Δt_1) und/oder einen sprunghaftigen Verlauf auf einen mittleren Stromwert (I_{mid}) mit nachfolgendem Anstieg auf den maximalen Stromwert (I_{max}) aufweist.

- 5 7. Magnetventil-Einrichtung (5, 105) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Magnetventil (1, 101) ein magnetisches Joch (20, 21) und einen Halte-Kern (14) zur Anlage des Ankers (7) in der zweiten Ankerstellung (II) aufweist, wobei
in der ersten Ankerstellung (I) ein Luftspalt (22) zwischen dem Anker (7) und dem Halte-Kern (14,) ausgebildet ist, und
das haltende Permanentmagnetfeld (PM2) und das Schalt- Elektromagnetfeld (EM2) über das magnetische Joch
10 (20, 21), den Halte-Kern (14) und den Anker (7) verlaufen.
8. Magnetventil-Einrichtung (5, 105) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Magnetventil (1, 101) als 3/2-Wegeventil mit einem Druckeingang (2a), einem ersten Druckausgang (2b) und einem
15 zweiten Druckausgang (2c) ausgebildet ist,
wobei der erste Druckausgang (2b) in den beiden Ankerstellungen (I, II) jeweils mit entweder dem Druckeingang (2a) oder dem zweiten Druckausgang (2c) verbunden ist und der jeweils andere Anschluss (2c, 2a) gesperrt ist.
9. Magnetventil-Einrichtung (105) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückstell-Einrichtung (70) eine Feder-Einrichtung (70) aufweist zur Ausbildung einer Feder-Rückstellkraft, wobei die
20 Feder-Einrichtung (70) in der zweiten Ankerstellung (II) gespannt ist.
10. Magnetventil-Einrichtung (105) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Permanentmagneteneinrichtung (116) in einer zur Verstellbewegung des Ankers (7) parallelen Axialrichtung (A) magnetisiert ist und radial
25 innerhalb der Schalt-Elektromagneteneinrichtung (19) angeordnet ist.
11. Magnetventil-Einrichtung (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückstell-Einrichtung (12, 18) einen ersten Kern (12) zur Anlage des Ankers (7) in der ersten Ankerstellung (I) und eine erste
30 Elektromagneteneinrichtung (18) aufweist, die in dem Rückstell-Schaltvorgang (SV1) bestromt ist zur Ausbildung eines ersten Elektromagnetfeldes (EM1),
wobei das erste Elektromagnetfeld (EM1) und ein erstes Permanentmagnetfeld (PM1) der Permanentmagneteneinrichtung (16) über das magnetische Joch (20, 21), den ersten Kern (12) und den Anker (7) verlaufen, wobei in der
ersten Ankerstellung (I) das erstes Permanentmagnetfeld (PM1) den Anker (7) an dem ersten Kern (12) hält und
ein Luftspalt (22) zwischen dem Anker (7) und dem Halte-Kern (14) ausgebildet ist,
wobei die Steuereinrichtung (40) derartig zur Ansteuerung der Schaltungsanordnung (30) ausgebildet ist, dass die
35 erste Elektromagneteneinrichtung (18) in dem Anker-Schaltvorgang (SV2) mit einem Kompensations-strom (I_k) zur Ausbildung des zeitlichen ansteigenden kompensierenden Elektromagnetfeldes zur zumindest teilweisen Kompensation des ersten Permanentmagnetfeldes (PM1) bestromt ist.
12. Magnetventil-Einrichtung (5) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Elektromagneteneinrichtungen (18, 19) als Reihenschaltung oder Parallelschaltung geschaltet und in beiden Schaltvorgängen (SV1, SV2)
40 gemeinsam bestrombar sind.
13. Magnetventil-Einrichtung (5) nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Elektromagneteneinrichtungen (18, 19) durch die Steuereinrichtung (40) für den Rückstell- Schaltvorgang (SV1) in einer ersten
45 Richtung und für den Anker-Schaltvorgang (SV2) in einer der ersten Richtung entgegen gesetzten zweiten Richtung bestrombar sind.
14. Magnetventil-Einrichtung (5, 105) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaltungsanordnung (30) aufweist:
50
Highside-Treiber (Tr1, Tr2), z. B. Transistoren, die zwischen einer oberen Versorgungsspannung (U_v) und der mindestens einen Elektromagneteneinrichtung (18, 19) geschaltet sind, und
Lowside-Treiber (Tr3, Tr4), z. B. Transistoren, die zwischen der mindestens einen Elektromagneteneinrichtung (18, 19) und einer unteren Versorgungsspannung, z. B. Masse (GND), geschaltet sind,
55 wobei die Highside-Treiber (Tr1, Tr2) und die Lowside-Treiber (Tr3, Tr4) für die Schaltvorgänge (SV1, SV2) schaltbar, insbesondere alternierend umschaltbar, sind.
15. Verfahren zum Schalten eines bistabilen Magnetventils (1, 101), bei dem in einem Anker-Schaltvorgang (SV2) eine

Schalt- Elektromagneteneinrichtung (19) mit einem Schaltstrom (I_s) bestromt wird zur Ausbildung eines Schalt- Elektromagnetfeldes (EM2), durch das ein Anker (7) von einer ersten Ankerstellung (I) in eine zweite Ankerstellung (II) verstellt wird, wobei Ventilmittel (8, 9, 10, 11) durch den Anker (7) verstellt werden, wobei der Anker (7) durch ein haltendes Permanentmagnetfeld (PM2) einer haltenden Permanentmagneteneinrichtung (16, 116) in der zweiten Ankerstellung (II) gehalten wird, und

in einem Rückstell-Schaltvorgang (SV1) der Anker (7) durch eine Rückstell-Einrichtung (12, 18; 70) in die erste Ankerstellung (I) zurückgestellt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Schalt-Elektromagneteneinrichtung (19) in dem Rückstell- Schaltvorgang (SV1) mit einem Kompensations-Strom (I_K) bestromt wird zur Ausbildung eines kompensierenden Elektromagnetfeldes (EM2_k) zur zumindest teilweisen Kompensation des haltenden Permanentmagnetfeldes (PM2).

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kompensations-Strom (I_k) und der Schaltstrom (I_s) entgegen gesetzt gerichtet sind.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kompensations-Strom (I_K) zeitlich veränderlich und/oder zeitlich ansteigend in die Schalt- Elektromagneteneinrichtung (19) eingesteuert wird und erst nach einer Anfahr-Zeitspanne (Δ_t1) einen maximalen Stromwert (I_{max}) erreicht.

18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anker (7) in der zweiten Ankerstellung (II) an einem Halte-Kern (14) anliegt, durch den das haltende Permanentmagnetfeld (PM2) verläuft, und in dem Rückstell-Schaltvorgang (SV1) der Anker (7) noch vor Erreichen des maximalen Stromwertes (I_{max}) des Kompensations-Stroms (I_k) von dem Halte-Kern (14) weg bewegt ist unter Ausbildung eines Luftspaltes (22) zwischen dem Anker (7) und dem Halte-Kern (14) zur Abschwächung des Permanent-Magnetfeldes (PM2) und des kompensierenden Elektromagnetfeldes.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Rückstell-Schaltvorgang (SV1) der Kompensations- Strom (I_k) mit einem zeitlich verzögerten, stetigen und/oder sprunghaften Anstieg auf den maximalen Stromwert (I_{max}) hochgefahren wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** zeitlich verzögerte Anstieg mindestens einen stetigen Rampenverlauf und/oder einen sprunghaften Verlauf auf einen mittleren Stromwert (I_{mid}) aufweist.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückstell-Einrichtung (12, 18) eine erste Elektromagneteneinrichtung (18) aufweist, wobei in dem Rückstell- Schaltvorgang (SV1) die erste Elektromagneteneinrichtung (18) bestromt wird unter Ausbildung eines ersten Elektromagnetfeldes (EM1), das den Anker (7) in die erste Ankerstellung (I) zieht, wobei der Anker (7) in der ersten Ankerstellung (I) durch ein erstes Permanentmagnetfeld (PM1) gehalten wird, wobei die erste Elektromagneteneinrichtung (18) in dem Anker- Schaltvorgang (SV2) bestromt wird zur Ausbildung eines ersten kompensierenden Elektromagnetfeldes (EM1_k) zur zumindest teilweisen Kompensation des ersten Permanentmagnetfeldes (PM1), vorzugsweise mit entsprechender Bestromung in beiden Schaltvorgängen (SV1, SV2).

22. Verfahren nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** in beiden Schaltvorgängen (SV1, SV2) die beiden Elektromagneteneinrichtungen (18, 19) in Reihe oder parallel geschaltet gemeinsam bestromt werden.

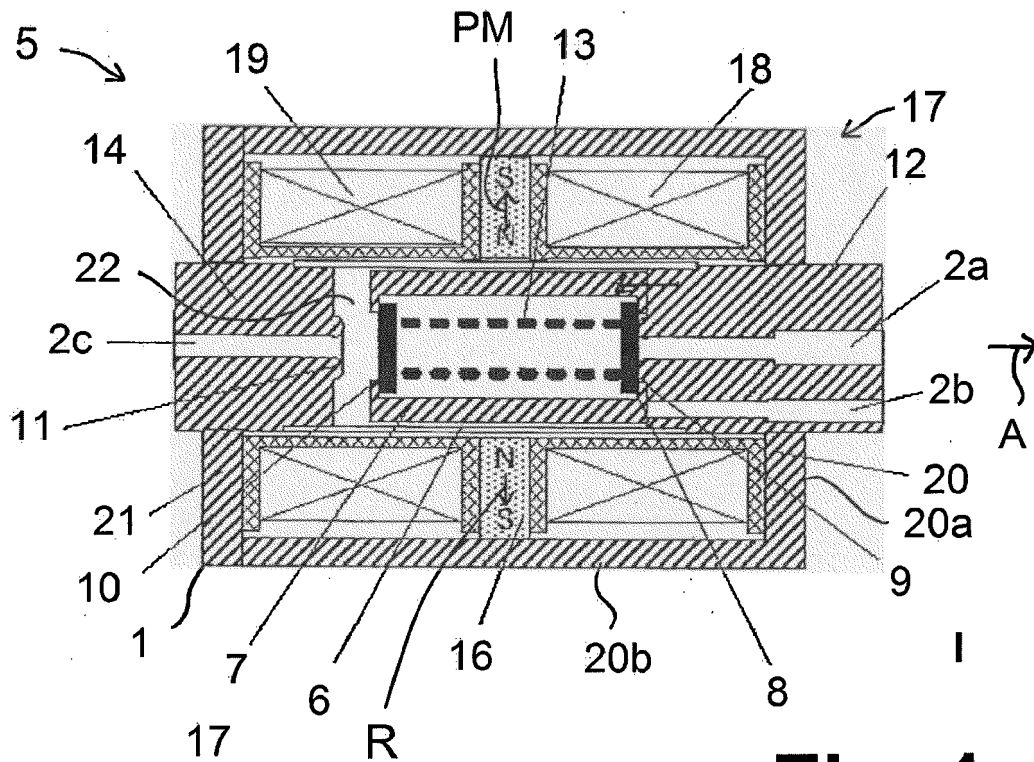


Fig. 1

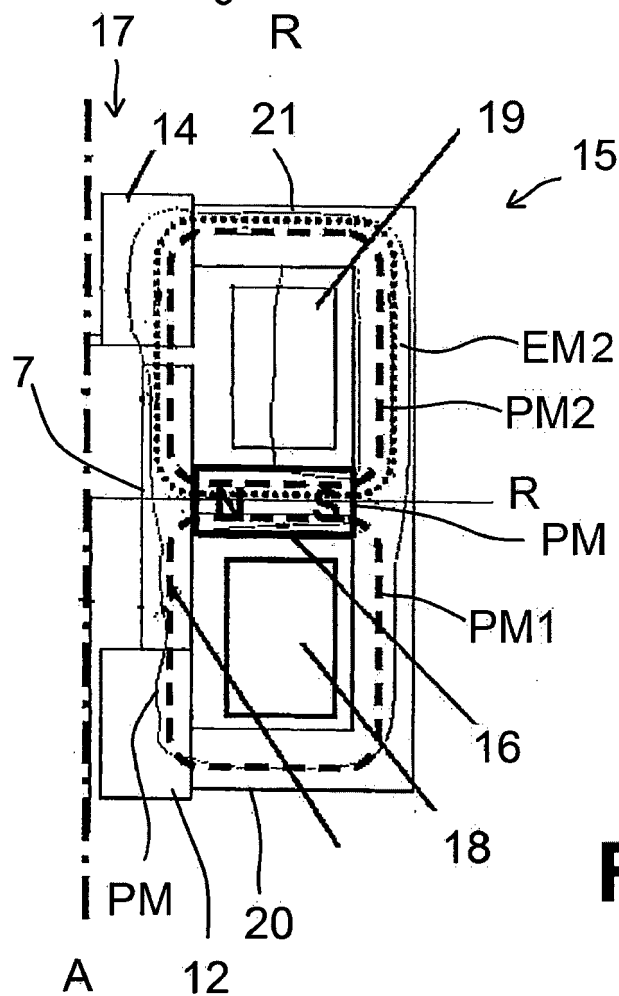


Fig. 2

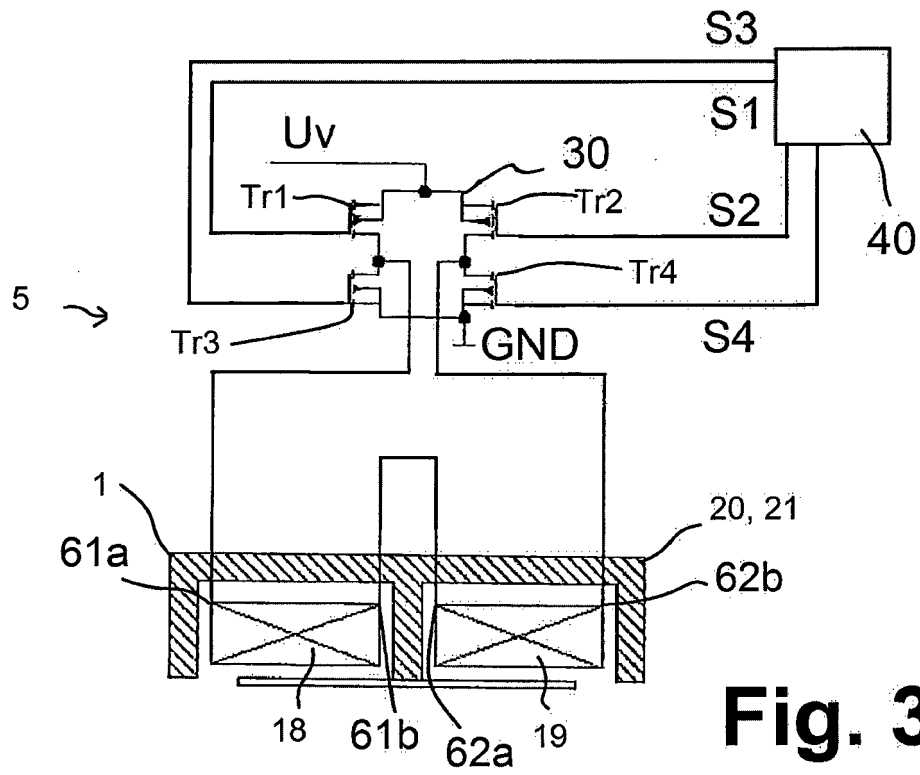


Fig. 3

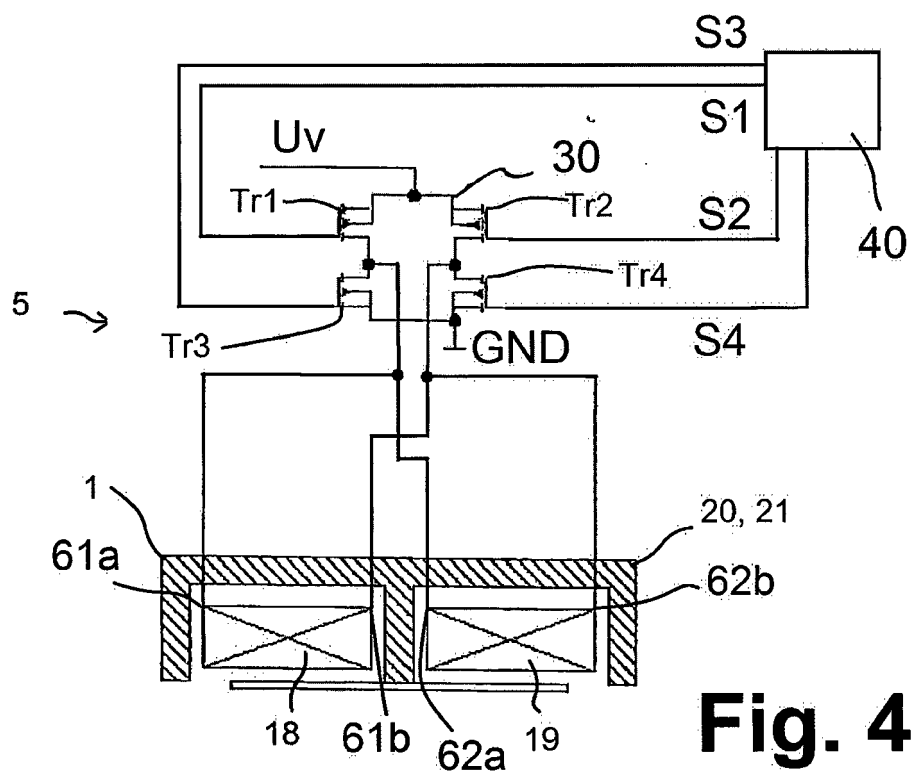


Fig. 4

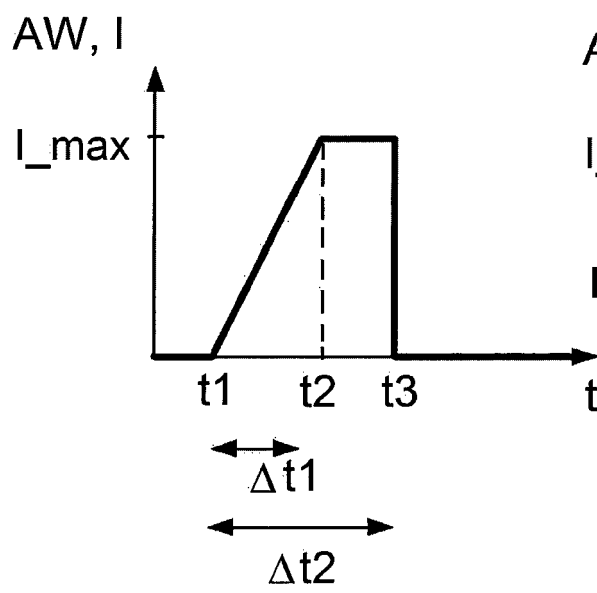


Fig. 5

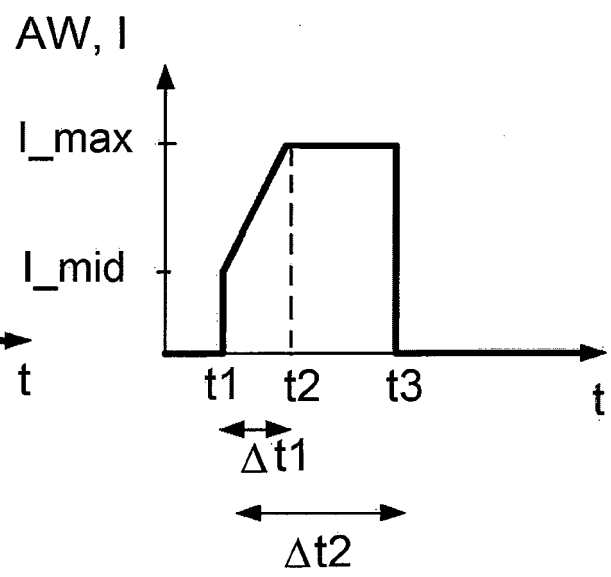


Fig. 6

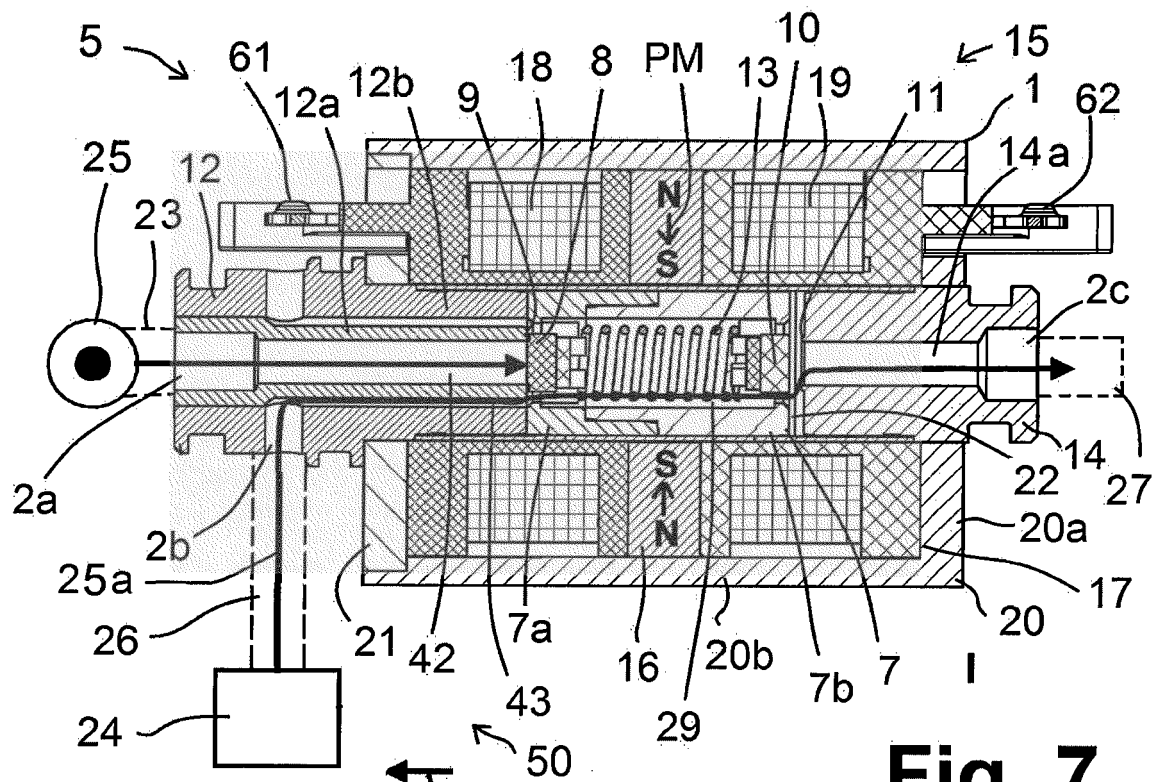


Fig. 7

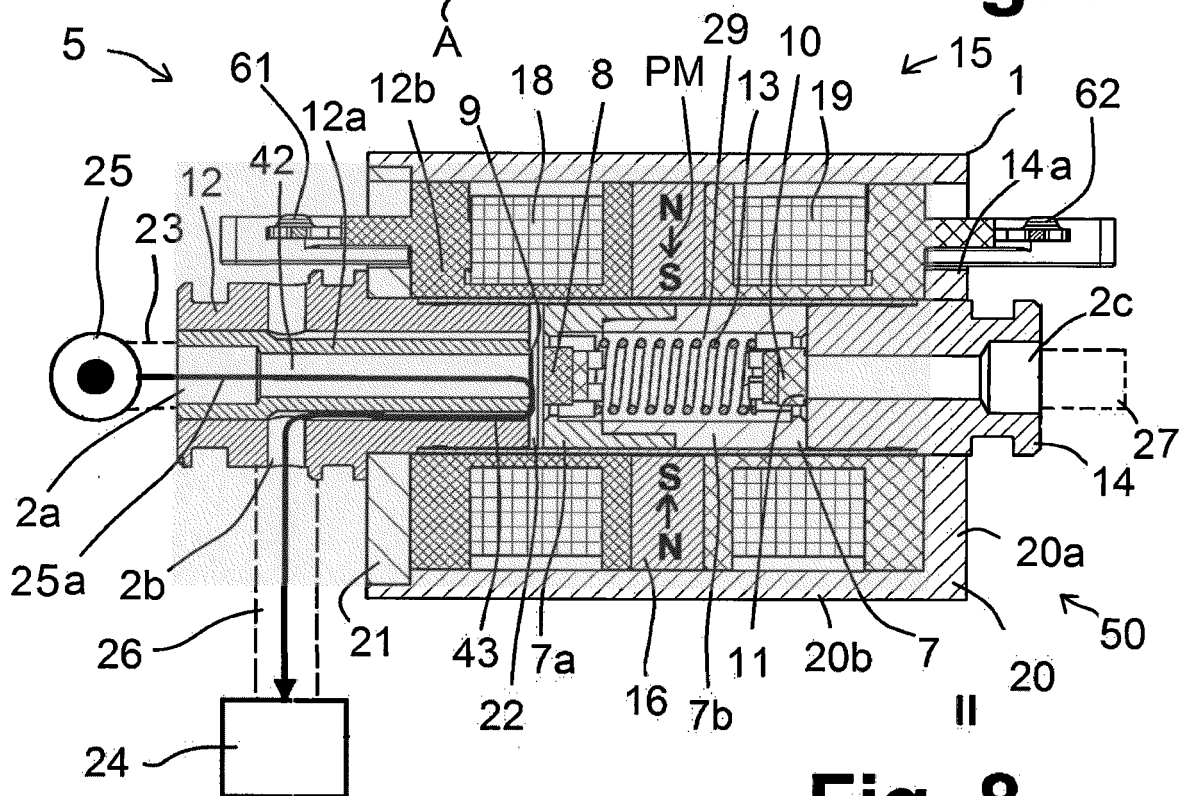


Fig. 8

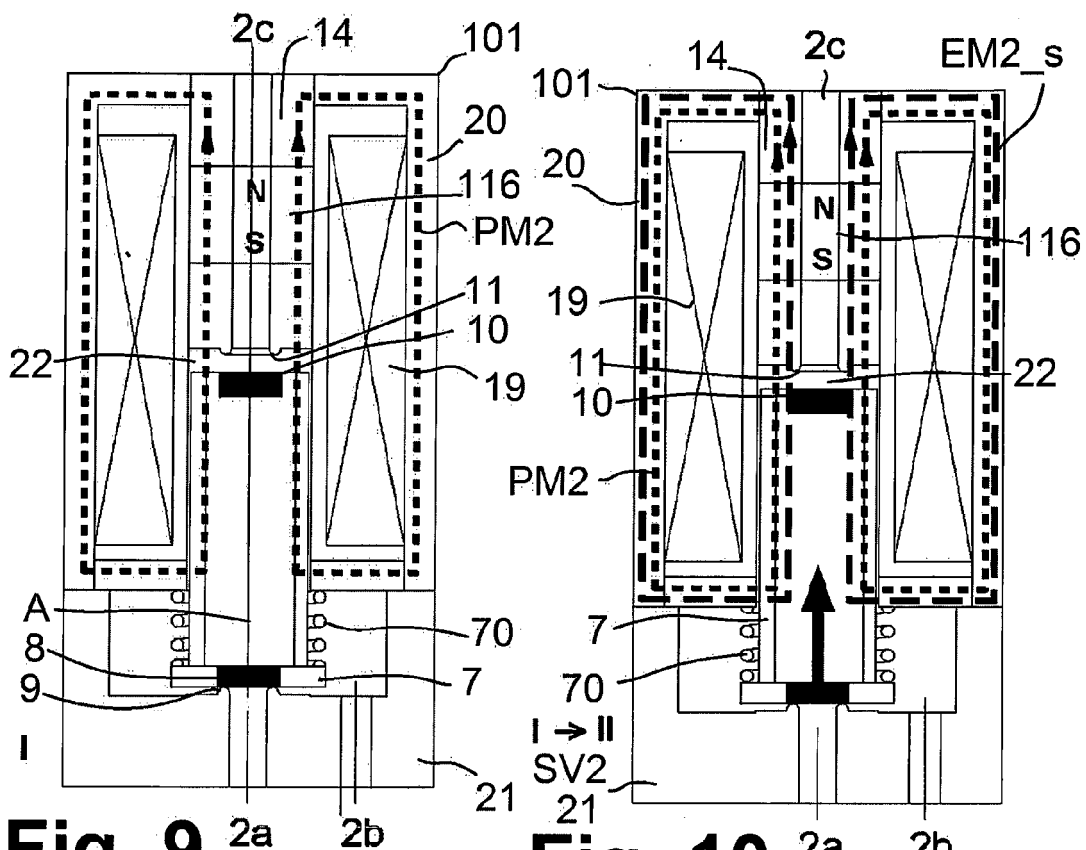


Fig. 9

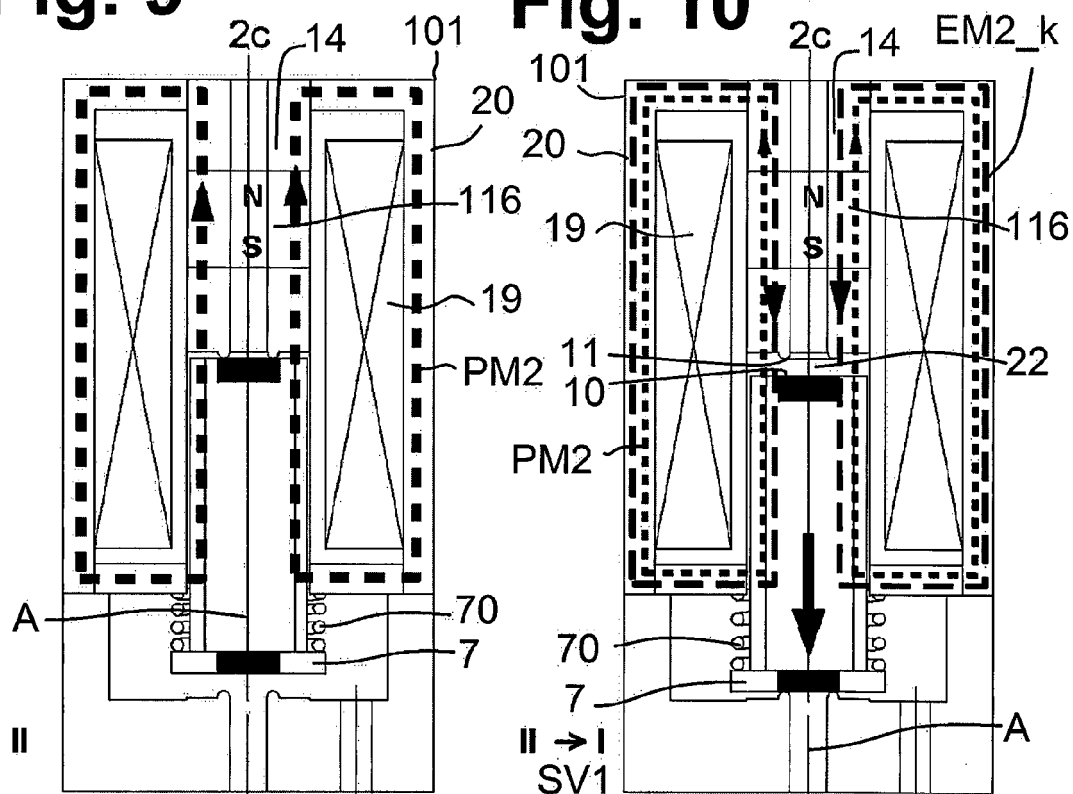


Fig. 11

Fig. 12

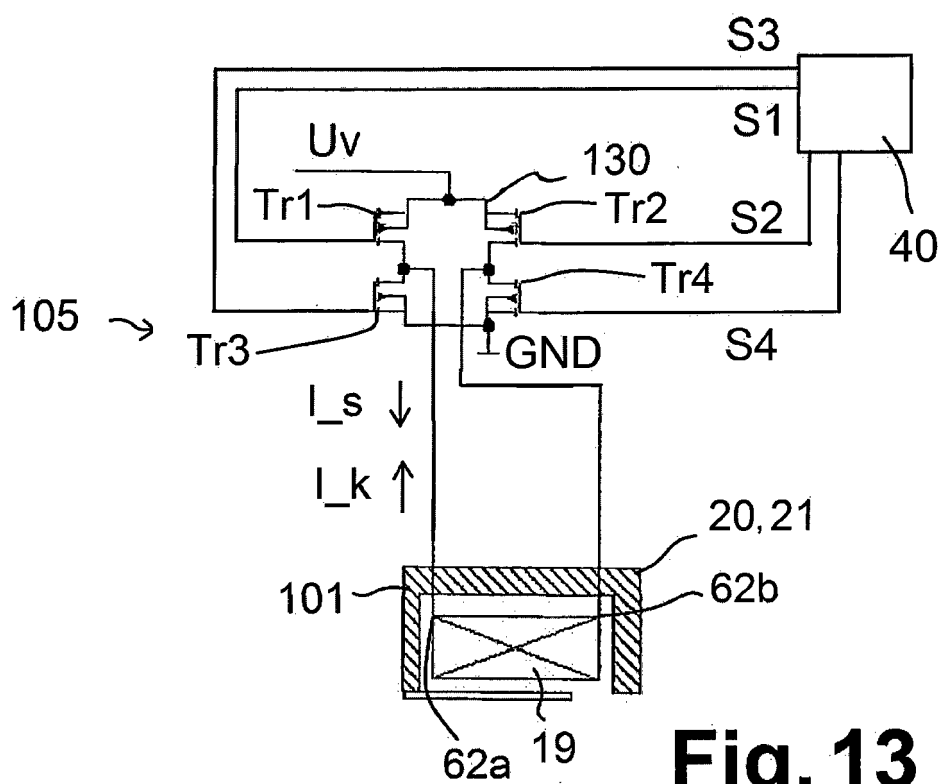


Fig. 13



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 16 00 0598

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 331 426 A2 (DANFOSS AS [DK]) 30. Juli 2003 (2003-07-30)	1-5,7,9,10,15-17,19	INV. H01F7/122 H01F7/123 H01F7/124 H01F7/18 H01F7/16
A	* Zusammenfassung * * Absätze [0014] - [0019], [0023]; Abbildungen 1-5 *	6,8,11-14,18,20-22	
X	DE 26 50 810 A1 (KERNFORSCHUNG GMBH GES FUER) 11. Mai 1978 (1978-05-11)	1,2,11-13,15,16,21,22	
A	* Zusammenfassung * * Seite 1, Zeile 1 - Seite 3, Zeile 13 * * Seite 3, Zeile 20 - Seite 5, Zeile 35; Abbildungen 1,2 *	3-10,14,17-20	
A,D	DE 37 30 381 A1 (KUHNKE GMBH KG H [DE]) 30. März 1989 (1989-03-30) * Zusammenfassung * * Spalte 5, Zeile 1 - Spalte 6, Zeile 57; Abbildungen 1-3 *	1-22	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01F F16K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. September 2016	Prüfer Winkelman, André
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 00 0598

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
 Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-09-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	EP 1331426	A2	30-07-2003	DE 10203013 A1		14-08-2003
				EP 1331426 A2		30-07-2003
15	-----					
	DE 2650810	A1	11-05-1978	KEINE		

	DE 3730381	A1	30-03-1989	KEINE		

20						
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- DE 3730381 A1 [0004]
- US 7483254 B1 [0006]
- EP 0328194 A1 [0007]