



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 016 787 A1** 2008.10.09

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 016 787.5**

(22) Anmeldetag: **05.04.2007**

(43) Offenlegungstag: **09.10.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H01F 7/08** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Schultz, Wolfgang E., Dipl.-Ing., 87700
Memmingen, DE**

(72) Erfinder:

**Hasel, Claus Peter, 87700 Memmingen, DE;
Schultz, Albert W., 87700 Memmingen, DE**

(74) Vertreter:

**Patent- und Rechtsanwälte Pfister & Pfister, 87700
Memmingen**

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

DE 197 39 840 A1

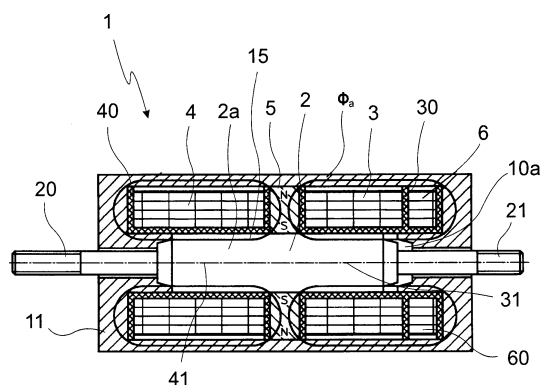
DE 195 44 207 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

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

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung der Ankerlage in einem Elektromagneten**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Ankerlage in einem Elektromagneten, wobei die von der Ankerposition abhängige Magnetflußverteilung für die Positionsbestimmung genutzt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Ankerlage in einem Elektromagneten. Die Erfindung betrifft auch einen Elektromagneten, welcher aus einer Erregerspule und einem zur Erregerspule beweglichen Anker besteht.

[0002] Im Stand der Technik sind Betätigungsmagneten zum Beispiel im Anlagenbau bekannt, die als insbesondere bistabile Magneten zwischen zwei definierten Zuständen hin und her zu schalten haben. Der Elektromagnet weist dazu eine oder auch zwei Erregerspulen auf, die wahlweise mit einem kurzen Stromimpuls beaufschlagt werden, durch welchen dann der im Elektromagneten beweglich gelagerte Anker seine Position im Elektromagneten in gewünschter Weise ändert.

[0003] Es ist dann oftmals zu kontrollieren, ob der Anker auch die tatsächlich erwünschte Position im Elektromagneten erreicht hat. Die Stellung des Ankers im Elektromagneten ist also abzufragen. Aufgrund dieser Information wird dann entschieden, ob der Anker die gewünschte Position erreicht hat oder aber eine Fehlfunktion vorliegt, aufgrund derer dann zum Beispiel nachfolgende, weitere Arbeitsschritte nicht erfolgen können.

[0004] Um die Position des Ankers zu erkennen, ist es im Stand der Technik bekannt, zum Beispiel die Hubbewegung der mit dem Anker verbundenen Ankerstange zu sensieren. Hierzu sind zum Beispiel Näherungsschalter oder auch Hallsensoren bekannt. Auch ist es bekannt, sogenannte LVDT (linear variable Differentialtransformer oder auch Differentialtransformator genannt) einzusetzen.

[0005] Nachteilig bei dieser Ausgestaltung ist, daß die Endlage des Ankers nur mittelbar durch die Lage der Ankerstange bestimmt wird. Des Weiteren ist es nachteilig, daß ein separater Sensor mit entsprechendem Aufwand und auch Bauvolumen an dem Elektromagneten anzuordnen ist.

[0006] Ausgehend von diesem Stand der Technik hat es sich die Erfindung zur Aufgabe gemacht, den Stand der Technik dahingehend zu verbessern, eine möglichst zuverlässige Erkennung der Ankerlage mit geringstem zusätzlichen Aufwand zu erreichen.

[0007] Gelöst wird die erfindungsgemäße Aufgabe in mehrerlei Weise. Zunächst schlägt die Erfindung ein Verfahren zur Bestimmung der Ankerlage in einem Elektromagneten vor, wobei die von der Ankerposition abhängige Magnetflußverteilung für die Positionsbestimmung genutzt wird.

[0008] Ein Elektromagnet weist mehrere magnetisch wirksame Elemente auf. Insbesondere weist ein

Magnet auch Elemente auf, die auch ohne daß die Erregerspule mit einem entsprechenden Stromimpuls beaufschlagt ist, eine gewisse Magnetisierung besitzen, die zu einer charakteristischen Magnetflußverteilung, insbesondere in Abhängigkeit der Ankerposition führt. Hierbei ist insbesondere zu nennen, daß der Anker eine gewisse Magnetisierung aufweist und nicht zwingenderweise zum Beispiel als Permanentmagnet ausgebildet sein muß.

[0009] Die Erfindung macht sich nun das Induktionsgesetz

$$U_{\text{ind}} = -d\Phi/dt \quad (I.)$$

zu Nutze, wobei Φ den magnetischen Fluß kennzeichnet.

[0010] Die Erfindung nützt die Änderung der magnetischen Flußverteilung in dem Elektromagneten, wenn der Anker von einer ersten in eine zweite Position umschaltet. Diese zeitliche Änderung der Magnetflußverteilung führt zu einem Spannungssignal entsprechend dem bekannten Induktionsgesetz, nach welchem in der Umrandung einer Fläche eine Spannung induziert wird, wenn sich der magnetische Fluß durch diese Fläche mit der Zeit ändert.

[0011] Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung ist, daß bereits eine einfache Wicklung, zum Beispiel eine Meßwicklung ausreicht, um die induzierte Spannung aufzunehmen um so ein Kriterium zur Auswertung der Ankerposition zu erhalten. Es wird kein zusätzlicher Sensor benötigt, die Anordnung kann so gewählt werden, daß direkt, unmittelbar die Ankerlage überwacht wird. Da ein zusätzlicher Sensor vermieden wird, ist die Anordnung äußerst günstig. Die Erfindung kann auch derart realisiert werden, daß kein zusätzlicher Platzbedarf resultiert, also ein entsprechend ausgestatteter erfindungsgemäßer Elektromagnet nicht größer baut, als im Stand der Technik.

[0012] Anstelle einer Meßwicklung ist natürlich gleichwohl auch der Einsatz eines Sensors erfindungsgemäß möglich. Der Sensor ist dabei so angeordnet, um die sich ändernde Magnetflußverteilung im Magnetkern aufzunehmen.

[0013] In einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird vorgeschlagen, daß durch einen elektrischen Impuls in der Erregerspule des Elektromagneten die Lage des Ankers geändert wird. Durch den elektrischen Impuls wird der Anker von der ersten in die zweite Position oder umgekehrt geschaltet beziehungsweise bewegt. Abhängig von der jeweiligen Ankerposition ändern sich auch die magnetischen Kreise, die Magnetflußverteilung ändert sich mit der Zeit, was zu einem auswertbaren Spannungssignal führt.

[0014] Geschickterweise wird vorgesehen, daß sich aufgrund der Bewegung des Ankers die Magnetflußverteilung im Elektromagneten verändert, welche in einer Meßwicklung eine Spannung induziert. Die in der Meßwicklung induzierte Spannung wird dann für Auswertungszwecke weiter verwendet. Es ist zu beachten, daß die Erfindung natürlich auf die Verwendung einer entsprechenden Meßwicklung nicht beschränkt ist. Es können natürlich auch entsprechende Sensoren verwendet werden, die die Änderung der Magnetflußverteilung in dem Elektromagnet, aufgrund der Änderung der Ankerposition, sensieren.

[0015] In einer bevorzugten Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß die in der Meßwicklung des Elektromagnet induzierte Spannung über einen Zeitraum integriert wird. Dieses Integral ist proportional zur Flußänderung, die wiederum eine Funktion der Ankerposition beziehungsweise der Lageänderung der Ankerposition ist. Wird das Integrationsintervall kurz vor dem Schaltvorgang gestartet und nach erfolgter Schaltung, also Änderung des Ankers von der ersten in die zweite Stellung, ausgewertet, so ist die Bestimmung der Position weitgehend unabhängig von Störgrößen. Eine solche Anordnung ist also verhältnismäßig störunanfällig und daher auch zuverlässig. Dabei beschränkt sich die Erfindung nicht nur auf einen Anker, der zwischen zwei Endlagen hin- und herschaltet, die Lage des Ankers ist auch in beliebigen Zwischenstellungen bestimmbar und auch diese Positionen können mit dem vorgenannten Prinzip ermittelt werden.

[0016] Erfindungsgemäß wird vorgesehen, daß der Startpunkt der Integration kurz vor dem Einschalten des elektrischen Impulses liegt, um das Integrieren von entsprechenden Störfaktoren, die nicht zu dem gewünschten Effekt gehören, zu verringern oder zu vermeiden.

[0017] Der Endpunkt der Integration wird geschickterweise ausreichend nach dem Abschalten des elektrischen Impulses gelegt. Durch diese Anordnung wird erreicht, daß der Einfluß durch die elektrische Erregung beim Impulsbetrieb durch das Meßprinzip eliminiert wird. Das Einschalten der Erregerspule führt zu einer entsprechenden Spannung mit einem Abklingverhalten, das Abschalten des Erregestromes führt zu einem dem Einschaltimpuls entgegengerichteten Spannungsimpuls mit gleichem Abklingverhalten. Geschickterweise wird der zeitliche Endpunkt der Integration ausreichend hinter das Abschalten des elektrischen Impulses gelegt, um auch das vollständige Abklingen der durch den ausgeschalteten Strom verursachten induzierten Spannung sicherzustellen. Natürlich ist der Endpunkt der Integration nicht so weit, daß diese wieder den nächsten Startpunkt der nächstfolgenden Schaltbewegung überdeckt.

[0018] Erfindungsgemäß wird vorgesehen, daß die Lage des Ankers vor dem Startpunkt bekannt ist. Durch eine solche Kalibrierung ist eine zuverlässige Bestimmung der Ankerlage im Betrieb möglich.

[0019] Des Weiteren sieht die Erfindung vor, daß in einer Vergleichseinheit der Wert des Integrales mit hinterlegten Integralwert-Ankerpositions-Paaren verglichen wird und so die Ankerposition bestimmt wird. Aufgrund von entsprechend durchgeführten Meßreihen sind empirische Daten bekannt, die einen Zusammenhang herstellen zwischen der Position des Ankers und dem über einen Zeitintervall aufintegrierten Spannungssignal, welches ein Maß für die erfolgreiche Flußänderung ist, gemäß dem Zusammenhang

$$(II.) \quad \delta\Phi = \int_{t_1}^{t_2} U dt$$

[0020] Als Ergebnis erhält man dann von der Vergleichseinheit eine Information über die tatsächliche Lage des Ankers, aufgrund der dann entschieden werden kann, ob ein nachfolgender Verfahrensschritt (zum Beispiel wenn die Stellung des Magneten in einer größeren Anlage wichtig ist) erfolgen kann oder nicht.

[0021] Neben einer Auswertung des Spannungssignales im Rahmen eines Integrales ist es aber auch möglich, daß die in eine Meßwicklung induzierte Spannung mit einer Zeitinformation als Zeit-Spannung-Paare, insbesondere kontinuierlich in einem Speicher abgelegt wird. Durch eine solche Vorgehensweise wird letztendlich der graphische Verlauf der induzierten Spannung über die Zeit aufgenommen und in dem Speicher abgelegt. Ein Integrator wird bei einer solchen Variante nicht eingesetzt. In einer Vergleichseinheit wird dann die Reihe der gemessenen Zeit-Spannungs-Paare mit hinterlegten Zeit-Spannungs-Reihen für entsprechende Ankerpositionen verglichen und so die Ankerposition bestimmt. Auch hier sind aus empirischen Versuchen verschiedene, den Ankerpositionen entsprechende Zeit-Spannungsreihen bekannt und im Verfahren hinterlegt. Die Vergleichseinheit verwendet nun die soeben aufgenommene Reihe der gemessenen Zeit-Spannungs-Paare mit jenen dort hinterlegten Zeit-Spannungs-Reihen. Die "historische" Zeit-Spannungs-Reihe mit der größten Übereinstimmung mit der soeben Gemessenen, ergibt den Rückschluß auf die tatsächliche Ankerposition, die als Ausgangsinformation an der Vergleichseinheit zur Verfügung gestellt wird.

[0022] Die Erfindung stellt also nicht nur auf einen Integrator zur Bestimmung der tatsächlichen Stellung des Ankers ab, sondern umfaßt alternativ auch eine "graphische" Auswertung der Zeit-Spannungs-Reihen. Es ist klar, daß die einzelnen Zeitinkremente

möglichst kurz sind, um ein aussagefähiges Bild zum Spannungsverlauf über die Zeit zu erhalten. Das Ganze bemißt sich natürlich an der Länge des Erregerimpulses (typischerweise wenige ms bis einige s), welcher für die Bewegung des Ankers verantwortlich ist.

[0023] Es ist klar, daß eine möglichst hohe Anzahl von Zeit-Spannungs-Paaren die Genauigkeit der Auswertung, sei es im Rahmen der Integration oder sei es im Rahmen des graphischen Vergleiches, erheblich erleichtert und verbessert.

[0024] In einer erfindungsgemäßen Variante ist vorgesehen, daß für die Magnetflußverteilung in dem Elektromagnet ein Magnet, insbesondere ein Permanentmagnet oder eine stromdurchflossene Spule vorgesehen ist. Der Einsatz eines Permanentmagneten hat den Vorteil, daß hierdurch ohne zusätzliche Energie eine Magnetflußverteilung in dem Magneten zur Verfügung gestellt werden kann. Der Magnet ist im Elektromagneten entweder ortsfest oder zum Beispiel auf dem Anker beweglich angeordnet. Der Magnet, insbesondere wenn er als stromdurchflossene Spule realisiert ist, hat selbstverständlich nicht die Aufgabe einer Erregerspule, sondern regt im System eine gewisse Magnetflußverteilung an, deren Änderung aufgrund der geänderten Ankerstellung zu betrachten ist. Natürlich ist es möglich auch andere Magneten im Sinne der Erfindung einzusetzen. Hierbei können zum Beispiel auch Elektropermanentmagneten und dergleichen dienen.

[0025] Wie bereits beschrieben umfaßt die Erfindung nicht nur ein Verfahren zur Bestimmung der Ankerlage in einem Elektromagneten, sondern beansprucht auch einen Elektromagneten, welcher aus einer Erregerspule besteht und einen zur Erregerspule bewegten Anker besitzt. Dabei weist der Elektromagnet erfindungsgemäß eine Meßwicklung auf, wobei in der Meßwicklung, aufgrund der Änderung der Ankerposition bedingten Änderung der Magnetflußverteilung, eine Spannung induziert wird. Es ergeben sich hier die gleichen Vorteile wie auch bei dem erfindungsgemäßen Verfahren.

[0026] Üblicherweise ist der Aufbau des Elektromagneten derart, daß die Erregerspule zumindest teilweise von einem Kern umgeben ist. Der Kern hat die Aufgabe zum einen den Anker beziehungsweise die Ankerstange zu führen, oder aber auch das durch die Erregerspule erzeugte Magnetfeld zu führen. Des Weiteren stellt der Kern auch eine Begrenzungsfläche des Luftspaltes mit dem Anker dar. Die Anzugsbewegung erfolgt hierbei über diesen Luftspalt.

[0027] Üblicherweise ist der Kern topfartig ausgebildet. Rückseitig wird in den Kern der Anker beziehungsweise eine oder mehrere Erregerspulen eingesetzt. Es ist auch möglich, daß ein Teil des Kernes in

das Spuleninnere der Erregerspule einsteht, wodurch die Spule leichter zu montieren ist.

[0028] Die Erfindung ist in gleicher Weise aber auch bei Elektromagneten einsetzbar, die als Bügelmagneten ausgebildet sind, das heißt, bei welchen im Inneren des Elektromagneten eine Bügelanordnung vorgesehen ist, um die Spule/n zu halten. Eine solche Variante wird als Bügelmagnet bezeichnet.

[0029] Der Kern ist einseitig, insbesondere rückseitig offen und wird durch ein Joch verschlossen. Das Joch wird dabei zum Beispiel auf den Kern aufgesetzt, verklebt, verschweißt oder verstemmt.

[0030] Auch das Joch hat Führungsaufgaben. Zum Beispiel dient das Joch für eine Führung des von den Spulen ausgehenden Magnetfeldes. Das Joch übernimmt aber auch Führungsaufgaben für den Anker. Sowohl bei einseitig wie auch bei zweiseitig wirkenden, erfindungsgemäßen Elektromagneten ist vorgesehen, daß das Joch auch eine Bohrung aufweist, die zur Aufnahme und/oder Führung einer Ankerstange dient.

[0031] Günstigerweise ist vorgesehen, daß durch die Magnetflußverteilung in dem Elektromagnet ein Magnet, insbesondere ein Permanentmagnet oder eine stromdurchflossene Spule vorgesehen ist. Als Magnet im Sinne der Erfindung werden auch magnetisierbare Materialien angesehen, auf den Einsatz eines permanenten Magneten mit permanenter Magnetisierung kommt es nicht zwingend an.

[0032] Des Weiteren sieht eine erfindungsgemäße Variante vor, daß der Elektromagnet zwei nebeneinander angeordnete Erregerspulen aufweist. Eine solche Anordnung wird zum Beispiel dann gewählt, wenn eine erste Spule für eine Anzugsbewegung des Ankers und die zweite Spule für die Abfallbewegung des Ankers verwendet wird. Je nach gewünschter Richtung des Ankers wird dabei der Stromimpuls durch die eine oder andere Spule geschickt.

[0033] Alternativ hierzu ist es möglich, daß die Anzugs- beziehungsweise Abwurfbewegung des Ankers mit einer Erregerspule erfolgt, bei welcher dann die Stromrichtung des Stromimpulses entsprechend umgekehrt wird.

[0034] Die Erfindung sieht vor, daß die Meßwicklung als separate Meßspule ausgebildet ist. Auf einer Meßspule sind natürlich eine Mehrzahl von Meßwicklungen realisierbar, wodurch sich die Meßbarkeit entsprechend verbessert, da das Spannungssignal abhängig ist von der Windungszahl.

[0035] Konstruktiv günstig ist es, wenn die Erregerspule und die Meßspule einen gemeinsamen Spulenkörper aufweisen. Der Spulenkörper, der zum Bei-

spiel als Haspel oder Doppelhaspel ausgebildet ist, trägt in geeigneter Weise sowohl die Erregerspule wie auch die Meßspule.

[0036] Zu beachten ist, daß sich die Erfindung nicht darauf festlegt, daß der Elektromagnet zwei Erregerspulen besitzt, es ist natürlich auch möglich, daß die Erfindung mit einer Erregerspule auskommt und die Meßspule den gleichen Spulenkörper wie die Erregerspule teilt.

[0037] Zur Realisierung einer solchen erfindungsgemäßen Variante wird dabei vorgesehen, daß die Erregerspule und die Meßspule auf dem gemeinsamen Spulenkörper nebeneinander angeordnet sind. Nebeneinander angeordnet bedeutet hierbei, daß bezüglich der Spulenachse die Erregerspule in einem ersten axialen Abschnitt und die Meßspule in einem zweiten, vom ersten beabstandeten axialen Abschnitt angeordnet ist.

[0038] Des Weiteren ist in einer erfindungsgemäßen Variante aber auch vorgesehen, daß die Meßspule auf die Erregerspule aufgewickelt ist oder umgekehrt, also die Erregerspule auf die Meßspule aufgewickelt ist. In diesem Fall befindet sich die Erregerspule und die Meßspule bezüglich der Spulenachse an der gleichen Position, im gleichen Abschnitt oder überdecken (zumindest teilweise) identische Bereiche.

[0039] In einer bevorzugten Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß der Elektromagnet zwei Erregerspulen besitzt und die nicht zur Bewegung des Anker eingesetzte Erregerspule als Meßspule beziehungsweise als Meßwicklung dient. Durch die geschickte Ausgestaltung bei dieser erfindungsgemäßen Variante, wird keine Spule "umsonst" eingebaut, ein zusätzlicher Platzverbrauch findet nicht statt. Die gesteuerte Bewegung des Ankers ist durch die beiden Erregerspulen gleichwohl möglich, wobei in solchen Konstruktionen in der Regel immer nur eine Erregerspule mit einem Stromimpuls beaufschlagt wird und die andere Erregerspule (für die entgegengesetzte Richtung) stromlos ist. Schaltungstechnisch wird dann diese Spule als Meßspule beziehungsweise als Meßwicklung verwendet und somit ein doppelter Nutzen an dieser Spule realisiert.

[0040] Erfindungsgemäß ist dabei vorgesehen, daß die beiden Erregerspulen entweder einen gemeinsamen Spulenkörper besitzen oder aber jede Erregerspule einen eigenen Spulenkörper.

[0041] In einer erfindungsgemäßen Weiterentwicklung ist vorgesehen, daß der Magnet zwischen den beiden Erregerspulen oder zwischen der Erregerspule oder der Meßspule angeordnet ist. Bevorzugterweise wird für den Magneten eine möglichst zentrale Stellung in dem Elektromagneten angestrebt, wobei

sich der Platz zwischen den beiden Erregerspulen beziehungsweise Erregerspule und Meßspule idealerweise anbietet. Dabei wird günstigerweise der so wieso konstruktiv vorgesehene Abstand zwischen den beiden Erregerspulen ausgenutzt und hierzu keine zusätzliche Baulänge verschwendet. Die zentrale, mittige Anordnung bewirkt nicht den symmetrischen Aufbau des Elektromagneten.

[0042] Bevorzugterweise ist die Erfindung durch eine bistabile Ausführung des Elektromagneten gekennzeichnet. Eine bistabile Ausführung ist zum Beispiel eine Realisierung des Elektromagneten derart, daß dieser zwei bevorzugte Stellungen kennt. Die Erfindung ist hierauf aber nicht festgelegt. Es ist grundsätzlich aber auch möglich, das erfindungsgemäße Prinzip beziehungsweise das erfindungsgemäße Verfahren auch bei einem Proportionalmagneten, also einem Magneten, dessen Ankerstellung von der Stärke des Magnetfeldes abhängt, einzusetzen. In einem solchen Anwendungsfall ist natürlich das durch die Erregerspule erzeugte Magnetfeld und die damit verbundene Magnetfeldflußänderung auswertungstechnisch zu berücksichtigen beziehungsweise zu eliminieren.

[0043] Geschickterweise wird des Weiteren in einer erfindungsgemäßen Alternative vorgesehen, daß die erste Erregerspule zwischen der zweiten Erregerspule und der Meßspule angeordnet ist. Bei dieser Variante befindet sich die Meßspule verhältnismäßig am Rand, bei einer anderen Variante ist die Meßspule zwischen den beiden Erregerspulen, also eher mittig angeordnet. Die Anordnung der Meßspule am Rand hat den Vorteil, daß aufgrund der unter Umständen erheblichen Magnetflußänderungen ein großes Spannungssignal meßbar ist. Aufgrund der einseitigen Anordnung der Meßspule wird der Lagewechsel des Ankers zu einer erheblichen Änderung der Magnetflußverteilung führen, wodurch eine solche Anordnung idealerweise für die Positionsbestimmung genutzt wird. Die Anordnung derart, daß die Meßspule zwischen den beiden Erregerspulen angeordnet ist, bricht den symmetrischen Aufbau des entsprechenden Elektromagneten nicht und unterstützt einen symmetrischen Kennlinienverlauf eines so ausgestatteten Elektromagneten.

[0044] Für die Anordnung des Magneten sind verschiedene Varianten denkbar. Zunächst ist es zum Beispiel möglich, daß der Magnet im Joch angeordnet ist. Es ist auch möglich, daß der Magnet im Kern oder im oder auf dem Anker angeordnet ist. Die Erfindung unterscheidet daher sowohl Anordnungen, bei denen der Magnet bezüglich des Elektromagneten feststehend (Lösung Joch beziehungsweise Kern) oder beweglich (Lösung Anker) ist. Natürlich ist es möglich, daß der Magnet zum Beispiel auch auf der Ankerstange, die baulich mit dem Anker verbunden ist, vorgesehen ist. Auch eine solche Lösung gehört

zur Erfindung. Der Begriff "Anker" umfaßt daher auch automatisch eine Ankerstange.

[0045] Die Anordnung des Magneten im Joch hat den Vorteil, daß das Joch, welches als separates Bauteil am Ende den Kern verschließt, mit dem Magneten ausgestattet werden kann, dem Joch wird eine zusätzliche Aufgabe zugeordnet. Dabei wird geschickterweise, bezogen auf die Spulenachse der Erregerspule eine radiale Polfolge des Magneten am Joch vorgesehen. Eine solche Anordnung der Polfolge entspricht dem Magnetfeldlinienverlauf im Elektromagnet, da das Joch außerhalb der Erregerspule angeordnet. Dies wird insbesondere in der dazugehörigen Zeichnung nochmals verdeutlicht.

[0046] Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, daß der Magnet sowohl im Joch als auch im Kern, zum Beispiel auf dem dem Joch abgewandten anderen Ende des Elektromagneten angeordnet ist. Es ist auch möglich, insbesondere wie dies in den verschiedenen Ausführungsbeispielen nach der Zeichnung gezeigt ist, daß der Magnet zwischen den beiden Erregerspulen beziehungsweise zwischen der Erregerspule und der Meßspule angeordnet ist. Auch ist es möglich, daß der Magnet beweglich auf dem Anker angeordnet ist. Bezüglich der Polanordnung ist die Erfindung ebenfalls sehr flexibel. Es besteht die Variante, daß der Magnet bezüglich der Spulenachse der Erregerspule radial oder auch achsial orientiert ist. Diese Anordnung trifft sowohl für den Magneten zu, welcher zwischen den beiden Erregerspulen beziehungsweise zwischen der Erregerspule und der Meßspule angeordnet ist, wie auch für die Lösung, bei welcher der Magnet im bzw. am Joch oder im/am Kern angeordnet ist.

[0047] Insbesondere die Anordnung mit einer achsialen Orientierung der Magneten bezüglich der Spulenachse hat eine deutliche höhere Empfindlichkeit und daher Genauigkeit der Positionsbestimmung ergeben. Auch erlaubt eine solche Anordnung allgemein (nicht nur in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren) eine exaktere Positionierung. Eine solche Ausgestaltung eignet sich dabei auch für andere Ausführungen von Elektromagneten.

[0048] Gegebenenfalls ist auch vorgesehen, daß der Anker das Joch durchdringt und der Magnet am Joch ringartig angeordnet ist. In diesem Ausführungsbeispiel hat das Joch auch zusätzlich die Aufgabe, den Anker gegebenenfalls aufzunehmen oder zu führen.

[0049] Bei einer anderen Variante ist ein, bezogen auf die Spulenachse der Erregerspule axiale Polfolge des Magneten im oder am Anker vorgesehen. Auch so ist die Anordnung des Magneten entsprechend deren übrigen Magnetfeldlinienverteilung im Elektromagneten gewählt und behindert die Bewegung des

Ankers nicht. Durch den Einsatz des Magneten wird im Elektromagneten eine grundsätzliche Magnetflußverteilung eingepreßt, die den Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens beziehungsweise der Erfindung erleichtert.

[0050] Des Weiteren wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß der zwischen den beiden Erregerspulen oder der zwischen Erregerspule und Meßspule angeordnete Magnet eine bezüglich der Achse der Erregerspule radiale Polanordnung aufweist. Eine solche Ausgestaltung nimmt die in dem Elektromagneten durch die Erregerspule eingepreßte Magnetfeldlinienrichtung idealerweise auf und behindert diese nicht.

[0051] Geschickterweise wird eine ringartige Ausgestaltung des Magneten zwischen den beiden Erregerspulen oder zwischen der Erregerspule und der Meßspule vorgesehen. Durch eine solche Ausgestaltung wird die bezüglich der Achse der Erregerspule radialsymmetrische Anordnung des Elektromagneten nicht gebrochen und der zur Verfügung stehende Platz optimal genutzt.

[0052] Des Weiteren umfaßt die Erfindung auch ein Meßsystem zur Bestimmung der Ankerlage, insbesondere unter Verwendung eines vorbeschriebenen Verfahrens, wobei das Meßsystem aus einem Elektromagneten wie beschrieben und einer Vergleichseinheit besteht. Mit Hilfe der Vergleichseinheit werden die von der Meßwicklung abgreifbaren Spannungssignale, zum Beispiel in Abhängigkeit der Zeit, mit entsprechenden Vorlagen verglichen oder aber der von einem Integrator gelieferte Wert des Spannungs-Zeit-Integrals ausgewertet, wie dies im Zusammenhang mit dem Verfahren bereits erläutert wurde.

[0053] In diesem Zusammenhang wird insbesondere darauf hingewiesen, daß alle im Bezug auf den Elektromagneten beziehungsweise dem Meßsystem beschriebenen Merkmale und Eigenschaften aber auch Verfahrensweisen sinngemäß auch bezüglich der Formulierung des erfindungsgemäßen Verfahrens übertragbar und im Sinne der Erfindung einsetzbar und als mitoffenbart gelten. Gleiches gilt auch in umgekehrter Richtung, das bedeutet, nur im Bezug auf das Verfahren genannte bauliche, also vorrichtungsgemäße Merkmale können auch im Rahmen der Ansprüche für den Elektromagneten beziehungsweise dem Meßsystem berücksichtigt und beansprucht werden und zählen ebenfalls zur Erfindung und zur Offenbarung.

[0054] Die Erfindung begehrt Schutz für jedwede Kombination der Merkmale dieser Anmeldung. Dies bedeutet, daß auch Schutz begehrt wird für eine Merkmalskombination, die anders oder weiter gefaßt ist als die momentane Anspruchsformulierung. Ins-

besondere wird vorbehalten, daß für solche Gegenstände eine eigenständige Anmeldung abgeteilt werden kann, bei welcher dann die Merkmalskombination im Rahmen dieser Offenbarung frei gewählt werden kann, ohne dabei auf die Formulierung der Ansprüche beschränkt zu sein. Insbesondere wird vorbehalten, daß Gegenstände zum selbstständigen Schutz abgeteilt werden, die nur Teile des unabhängigen Anspruches sowie Merkmale von abhängigen Ansprüchen umfaßt. Auch solche Lösungen sind eigenständige Erfindungen.

[0055] Die Erfindung ist in der Zeichnung schematisch dargestellt. Es zeigen:

[0056] [Fig. 1a](#), [Fig. 1b](#) in einer Schnittdarstellung den erfindungsgemäßen Elektromagneten in zwei verschiedenen Stellungen;

[0057] [Fig. 2](#) den zeitlichen Verlauf des Stromflusses durch die Erregerspule und das aufgenommene Spannungssignal in Abhängigkeit der Zeit nach der Erfindung;

[0058] [Fig. 3a](#), [Fig. 3b](#) jeweils in einem Blockschaltbild zwei verschiedene Vorgehensweisen des erfindungsgemäßen Verfahrens;

[0059] [Fig. 4](#) bis [Fig. 12](#) jeweils in einer vertikalen Schnittdarstellung verschiedene Varianten des erfindungsgemäßen Elektromagneten.

[0060] In [Fig. 1a](#), [Fig. 1b](#) ist der erfindungsgemäße Elektromagnet in zwei verschiedenen Stellungen schematisch in einer vertikalen Schnittdarstellung gezeigt.

[0061] Der Aufbau des hier gezeigten Elektromagneten ist im Wesentlichen symmetrisch zu einer senkrechten Mittelebene des Elektromagneten.

[0062] Der Elektromagnet **1** besitzt zwei Erregerspulen **3**, **4**, die beabstandet nebeneinander angeordnet sind. Die Spulenachsen sind mit **31** und **41** gekennzeichnet und befinden sich auf einer gemeinsamen Geraden.

[0063] Die erste Erregerspule **3** befindet sich in dieser Anordnung in der rechten Hälfte des Elektromagneten **1**, die zweite Erregerspule **4** befindet sich links. Beide Erregerspulen tragen mindestens eine Wicklung eines stromdurchfließbaren Drahtes. Die Erregerspulen weisen hierzu jeweils Spulenkörper **30**, **40**, die haspelartig ausgebildet sind, auf

[0064] Die Spulen **3**, **4** sind in einem Kern **11** gehalten. Der Kern **11** ist zum Beispiel als Kunststoffumspritzgehäuse ausgebildet, er kann aber auch aus Metall beziehungsweise magnetisch leitendem Metall gebildet sein.

[0065] Das Spuleninnere ist hohl und bildet den Aufnahmebereich für den Anker **2**, der parallel zur Spulenachse **31**, **41** beweglich gelagert ist. Der Ankerraum **15** ist dabei mit einem größeren Innendurchmesser ausgestattet als der Durchmesser des Ankers **2** und er ist auch länger als der Anker **2**.

[0066] Um zu erreichen, daß die Schaltcharakteristik des erfindungsgemäßen Elektromagneten in beide Richtungen, also nach rechts wie nach links, gleich ist, ist günstigerweise der Aufbau der beiden Erregerspulen möglichst identisch, das heißt, sie besitzen die gleiche Windungszahl und auch die gleiche Spulenlänge. Natürlich kann von dieser Symmetrie auch abgewichen werden, wie das zum Beispiel in [Fig. 1a](#), [Fig. 1b](#) bei der rechten Erregerspule **3** angeordnet ist, bei welcher sich an der Außenseite die Meßwicklung **6**, insbesondere auf der Meßspule **60** anschließt.

[0067] Zwischen den beiden Erregerspulen **3**, **4** ist ein Magnet **5** vorgesehen. Der Magnet **5** ist ringartig ausgebildet und umschließt somit den Ankerraum **15**. Die Polanordnung an dem Magnet **5** ist hier bezüglich der Polachsen **31**, **41** radial, das bedeutet, dem Ankerraum zugewandt ist der Südpol, dem Ankerraum abgewandt der Nordpol vorgesehen. Auch eine umgekehrte Polanordnung ist möglich. In der (nicht gezeigten) Mittelstellung des Ankers würde sich eine symmetrische Magnetfeldlinienverteilung, ausgehend von dem Magneten **5**, in dem Elektromagneten ergeben. Allerdings ist eine Mittelstellung des Ankers **2** nicht die normale Schaltstellung, die Schaltstellung wird durch die jeweiligen Endlagen des Ankerraumes definiert.

[0068] In [Fig. 1a](#) ist hierzu gezeigt, daß der Anker **2** und damit auch die Ankerstangen **20** beziehungsweise **21** nach links versetzt sind, und sich am rechten Ende des Ankers **2** ein Luftspalt **10a** ergibt. Dies wird dadurch erreicht, daß die Wicklung auf der zweiten Erregerspule **4** mit einem Stromimpuls beaufschlagt wird, aufgrund dessen sich kurzzeitig ein Magnetfeld ausbildet, welches eine hohe Magnetfeldliniendichte im Spuleninneren besitzt, wobei die Magnetfeldlinien ringartig geschlossen sind und sich zumindest teilweise auf der Außenseite der Spule befinden. Durch das sich aufbauende Magnetfeld, ausgehend von der linken Erregerspule **4**, wird der Anker **2** in die linke Stellung, die Ankerposition **2a** gezogen und der anfänglich vorgesehene Luftspalt verschlossen.

[0069] Der Anker **2** ist aus entsprechend magnetischen beziehungsweise magnetisierbaren Material geschaffen und beeinflußt natürlich die Magnetfeldlinienverteilung beziehungsweise die Magnetflußverteilung im Elektromagneten. Die Magnetflußverteilung wird anfänglich zum Beispiel durch den Magneten **5** beeinflusst, auf dessen Anwesenheit kommt es aber nicht zwingend an. Der Magnet **5** kann dabei

auch noch weitere Aufgaben haben, nämlich zum Beispiel den Anker **2** in einer gewissen Ankerposition **2a** zu halten beziehungsweise zu stabilisieren.

[0070] Wesentlich ist aber, daß sich die Magnetflußverteilung Φ , ausgehend von einer ersten (nicht gezeigten) Lage, in die in der [Fig. 1a](#) gezeigte Lage verändert zu einer Magnetflußverteilung Φ_a und diese Magnetflußverteilung in der Meßwicklung **6** eine auswertbare Spannung induziert.

[0071] Auch das Umschalten des Elektromagneten, wie es zum Beispiel in [Fig. 1b](#) angedeutet ist, führt ebenfalls zu einer signifikanten Änderung der Magnetflußverteilung Φ_b . In diesem Fall wird die rechte erste Erregerspule **3** mit einem kurzen Stromimpuls beaufschlagt und es bildet sich ein Magnetfeld wie vorher beschrieben aus, welches bewirkt, daß der Anker **2** nach rechts versetzt wird, um den Luftspalt **10a** auf der rechten Seite zu verschließen. Es bildet sich dann der Luftspalt **10b** auf der linken Seite. Der Anker gelangt in die Ankerposition **2b**, also etwas nach rechts versetzt. Die rechte Ankerstange **21** steht weiter hervor, die linke Ankerstange **20** steht weniger weit heraus wie nach [Fig. 1a](#). Die magnetischen Eigenschaften, insbesondere die Magnetflußverteilung hat sich wiederum verändert von der ersten Magnetflußverteilung Φ_a nach [Fig. 1a](#) zur Magnetflußverteilung Φ_b nach [Fig. 1b](#). Auch diese Änderung der Magnetflußverteilung führt zu einem Spannungssignal in der Meßwicklung **6** beziehungsweise der Meßspule **60** gemäß Gleichung I.

[0072] [Fig. 2](#) zeigt den typischen Strom- beziehungsweise Spannungsverlauf über der Zeit für einen erfindungsgemäßen Elektromagneten.

[0073] Im unteren Teil der Grafik ist über der Zeitachse t die Stromstärke des durch die Erregerspule fließenden Stromes aufgezeigt. Während des Zeitintervalles δt wird dabei ein entsprechender Strom in die Erregerspule eingeprägt, welcher zu einer entsprechenden Bewegung des Ankers **2** in dem Elektromagneten führt.

[0074] Oberhalb der Zeit-Stromstärke-Grafik ist eine Zeit-Spannungs-Grafik angegeben, wobei die Spannung das Maß der zeitlichen Flußänderung entsprechend (I.) ist und ein Maß für die Änderung der Magnetflußverteilung darstellt. Aufgrund des formelmäßigen Zusammenhanges führt eine positive Flanke des Erregerstromes zu einer negativen Spitze bei der induzierten Spannung. Es folgt dann ein exponentielles Ansteigen auf 0 V , welches dann durch ein zweites Spannungstal überlagert wird, dessen Tiefe größer ist als die erste Spitze aufgrund des eingeschalteten Erregerstromes. Dieses zweite Spannungssignal rührt her von der Bewegung des Ankers aus seiner ersten Lage (zum Beispiel der Lage **2a** nach [Fig. 1a](#)) in die zweite Ankerlage **2b** (nach

[Fig. 1b](#)). Somit verändert sich auch die Magnetflußverteilung in dem Elektromagneten entsprechend. Dieses zweite Spannungssignal, das Spannungstal, ist ein charakteristisches Signal für die von der Ankerposition abhängige Magnetflußverteilung in dem Elektromagneten.

[0075] Das Spannungssignal nach dem Spannungstal klingt danach wiederum exponentiell aus. Mit Abschalten des Erregerstromes kommt es aufgrund der negativen Charakteristik des Stromstärke-Zeitverlaufes zu einer positiven Spannungsspitze, bei der induzierten Spannung im oberen Teil der Grafik. Auch hiernach kommt wieder ein exponentielles Ausklingen.

[0076] Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, daß die in eine Meßwicklung des Elektromagneten induzierte Spannung über einen Zeitraum integriert wird. Gemäß dem vorgangmäßigen Zusammenhang nach Gleichung (II.) ergibt sich damit ein Integralwert, der proportional ist zur Flußänderung.

[0077] Soweit in dieser Anmeldung von einem Integralwert gesprochen wird, wird damit natürlich der magnetische Fluß verstanden.

[0078] Geschickterweise erstreckt sich das Integral über die Zeit und die Grenzen t_1 als Startpunkt bis zum Endpunkt t_2 . Dabei liegt der Startpunkt t_1 kurz vor dem Einschaltzeitpunkt des Erregerstromes. Das Ende des Integrales, der Endpunkt t_2 liegt hingegen mit ausreichendem Abstand nach dem Ausschalten des Erregerstromes nach der Zeitspanne δt und umfaßt insbesondere das exponentielle Abklingen der induzierten Spannung, welche als Reaktion auf die fallende Stromflanke induziert und aufgenommen wird. Wird das Integrationsintervall kurz vor dem Schaltvorgang gestartet und nach erfolgter Schaltung ausgewertet, ist die Bestimmung der Position weitgehend unabhängig von Störgrößen.

[0079] Für das Auswerten des Signales werden in [Fig. 3a](#) beziehungsweise [Fig. 3b](#) nach der Erfindung zwei verschiedene Varianten vorgeschlagen.

[0080] Nach [Fig. 3a](#) ist dem Elektromagneten, insbesondere der Meßspule ein Integrator nachgeschaltet, der in bekannter Weise, zum Beispiel als Tiefpaß oder einem ähnlichen Bauelement realisiert ist.

[0081] Im Ergebnis resultiert nach dem Integrator ein spezieller Wert für das Integral, der Integralwert, welcher der magnetischen Flußänderung physikalisch entspricht.

[0082] Dieser Integralwert wird in eine Vergleichseinheit eingegeben und dort verglichen mit empirisch erfaßten Werten, bei welchen in einer speziellen Stellung s des Ankers im Elektromagneten eine entspre-

chenden Magnetflußänderung Φ zugeordnet ist. Ist nun der Wert der magnetischen Flußänderung bekannt, kann hierdurch durch Rückschluß auf die Position des Ankers **s** nach der Schaltung geschlossen werden, es resultiert die Stellung **s** des Ankers, weil natürlich die anfängliche Position des Ankers **2** bekannt sein sollte. Natürlich kann an Stelle einer empirischen Tabelle auch eine Funktion ausgewertet werden.

[0083] Nach der Variante nach [Fig. 3b](#) kommt kein Integrator zum Einsatz, vielmehr werden Zeit-Spannungs-Werte paarweise in großer Anzahl fortlaufend in einen Speicher geschrieben, wobei die Spannungswerte von der Meßwicklung **6** stammen.

[0084] Wiederum wird diese Information in einer Vergleichseinheit mit bereits erfaßten Daten verglichen, wobei die erfaßten Daten zusätzlich eine Positionsinformation **s** besitzen, die eine Zuordnung zu den jeweiligen Meßreihen erlaubt. Nach Vergleich dieser beiden Meßreihen, der soeben aufgenommenen mit der hinterlegten Meßreihe, ergibt sich ein Ergebnis für die Position **s** des Ankers.

[0085] Der Index **x** bringt zum Ausdruck, daß in der Datenbank eine Vielzahl von Wertereihen bezogen auf die verschiedenen Lagen des Ankers vorgehalten sind, die zum Vergleich in der Vergleichseinheit herangezogen werden.

[0086] Günstigerweise ist der erfindungsgemäße Elektromagnet mit einem Permanentmagneten als Magneten ausgestaltet. Das Umschalten des Ankers **2** von der einen Stellung **2a** in die andere Stellung **2b** erfolgt durch einen kurzen elektrischen Impuls mit den Erregerspulen. Die Erfindung ist als Einfach-, Umkehr- oder Doppelhubmagnet mit mechanischer Mittelstellung realisierbar. Die Bestimmung der Ankerposition erfolgt dabei jeweils im stromlosen Zustand, wobei vor Beginn der Messung (insbesondere bei der Integration der induzierten Spannung), die Position des Ankers bekannt ist.

[0087] In den [Fig. 4](#) bis [Fig. 11](#) sind nunmehr noch verschiedene Varianten der Erfindung schematisch gezeigt.

[0088] In [Fig. 4](#) ist eine geschickte Ausgestaltung der Erfindung gezeigt, bei welcher keine zusätzliche Meßwicklung verwendet wird, sondern die gerade nicht eingesetzte Erregerspule **3, 4** als Messwicklung **6'** bzw. **6''** dient.

[0089] Wird zum Beispiel die linke Erregerspule **3**, die erste Erregerspule, benutzt, das heißt diese mit einem entsprechenden Stromimpuls beaufschlagt (der Anker **2** bewegt sich nach links), so dient die rechte Spule als Messwicklung **6''**. Wird die rechte Erregerspule **4** mit Strom beaufschlagt, so erfolgt

eine Bewegung des Ankers **2** nach rechts. Die sich ändernde Magnetflussanordnung wird durch die linke Spule, die jetzt als Messwicklung **6** beziehungsweise Messspule **60** dient, gemessen.

[0090] Die Anordnung in [Fig. 4](#) ist so gewählt, dass die beiden Erregerspulen **3, 4** beziehungsweise Spulenkörper **30, 40** durch den längenartig ausgebildeten Magneten **5** beabstandet sind.

[0091] Die beiden Erregerspulen **3, 4** sind dabei identisch aufgebaut. Sie weisen gleiche Höhe, gleichen Umfang und auch gleiche Windungszahl auf. Hieraus resultieren symmetrische Eigenschaften für die Bewegung des Ankers nach links und nach rechts. Auch der innere Aufbau des Elektromagneten ist symmetrisch und daher gleich, das heißt der Kern **11** steht beidseitig ein wenig in die Spulen ein. Links und rechts erstreckt sich an dem Anker **2** jeweils eine Ankerstange **20, 21**, die den Kern durch eine Bohrung durchdringt und nach außen führt.

[0092] Die erfindungsgemäße Variante nach [Fig. 7](#) verfolgt einen ähnlichen Ansatz, das heißt auch hier ist eine Ausführung ohne zusätzliche Messspule realisiert. Die Messung erfolgt wieder über die Spule, die gerade nicht mit Strom beaufschlagt wird. Augenscheinlich ist die Ausgestaltung nach [Fig. 7](#) nicht symmetrisch wie die Variante nach [Fig. 4](#). Die Anordnung ist so gewählt, dass eine Anzugsbewegung des Ankers nach links über die linke Erregerspule **3** erfolgt. In diesem Fall dient die rechte Spule als Messwicklung beziehungsweise Messspule **6''**, die Abstoßbewegung erfolgt dann durch die rechte Spule **4**, die linke Spule dient dann als Messspule beziehungsweise Messwicklung **6'**.

[0093] Auch bei dieser Variante nach [Fig. 7](#) ist ein Magnet **5** vorgesehen, der in diesem Fall im Joch **13** des Elektromagneten integriert ist beziehungsweise das Joch **13** ist als Magnet **5** ausgebildet oder trägt einen Magnet **5**. Das Joch **13** schließt dabei den topartigen Kern **11** ab. Die topartige Ausgestaltung des Kernes **11** erlaubt eine leichte Montage der Erregerspulen **3, 4** sowie des Ankers **2**. Dabei wird das Joch **13** in bekannter Weise mit dem Kern **11** verbunden. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel besitzt der Kern **11** einen domartigen Teil **12**, der in das Innere der linken Erregerspule **3** einsteht und diesen radial wie auch axial führt. Die beiden Erregerspulen **3, 4** teilen sich einen gemeinsamen Spulenkörper **30**. Eine konzentrische Bohrung **14** durchdringt das domartige Teil **12** und nimmt die Ankerstange **20** auf beziehungsweise bietet dieser auch gegebenenfalls eine Führung. Diese Ausgestaltung findet sich bei allen gezeigten Ausführungsbeispielen des erfindungsgemäßen Elektromagneten.

[0094] Die Variante nach [Fig. 7](#) hat auch den Vorteil, dass bei einer Schaltbewegung des Ankers eine

verhältnismäßig große Magnetflussänderung festgestellt wird, da zum einen der Magnet **5**, der ja Quelle der Magnetflussanordnung ist, nicht symmetrisch beziehungsweise zentral angeordnet ist, sondern sich seitlich am rechten Ende befindet, nämlich im Joch **13**, welches einen Elektromagneten abschließt und die Messwicklung bei der Bewegung nach rechts in der linken Messwicklung **6'** realisiert ist und somit einen großen Abstand von dem Magneten **5** besitzt. Es erfolgt dann eine signifikante Magnetflussänderung, die zu einem gut auswertbaren Signal führt. Die große Windungsanzahl der Erregerspule unterstützt natürlich die Messwerterfassung. Der Vorteil dieser Doppelbenutzung, wie in [Fig. 4](#) beziehungsweise **7** beschrieben, ist, dass alle Elemente bei jedem Schaltvorgang eingesetzt werden. Es resultiert insbesondere eine verhältnismäßig leichte, platzsparende Realisierung der Erfindung.

[0095] Das Joch **13** erstreckt sich in [Fig. 7](#) im Wesentlichen rechtwinklig zur Spulenachse **31**. Die Polanordnung des Magneten **5** ist auf dem Joch **13** ebenfalls radial, ähnlich wie bei [Fig. 4](#) oder [Fig. 1a](#), [Fig. 1b](#), wobei der Südpol zur Spulenachse **31** hin und der Nordpol zur Spulenachse **31** weg orientiert ist.

[0096] In [Fig. 5](#) ist das Schaltprinzip, welches in [Fig. 1a](#), [Fig. 1b](#) bereits erläutert wurde, nochmals gezeigt. Es ist eine zusätzliche Messspule **60** vorgesehen, die sich an der zweiten Erregerspule **4** rechts anschließt. Die Magnetsteuerung erfolgt dabei getrennt über die Erregerspule **3** beziehungsweise Erregerspule **4**.

[0097] [Fig. 6](#) zeigt eine einfache Variante eines bistabilen Einfach-Hub-Magneten. Die hier gezeigte Variante besitzt nur eine Erregerspule **3**, in der sich auf der linken Seite die Messwicklung **6**, hier auf einem gemeinsamen Spulenkörper **30**, anschließt. Die Ausgestaltung der Messspule **60** ist deutlich kleiner wie die Ausgestaltung der Erregerspule **3**. Der Magnet **5** befindet sich bei dieser Variante ebenfalls im Joch **13**. Die Magnetsteuerung erfolgt über die Spule **3**, wodurch die Anzug- beziehungsweise Abwurfbewegung des Ankers **2** (die Bewegung nach links oder nach rechts) durch eine Umkehrung des Stromimpulses durch die Erregerspule **3** erreicht wird.

[0098] In [Fig. 8](#) ist ebenfalls ein nicht symmetrischer Aufbau des erfindungsgemäßen Elektromagneten gezeigt. Die hier gezeigte Variante entspricht der in [Fig. 6](#) beziehungsweise **7** gezeigten. Der Magnet **5** befindet sich wiederum im Joch **13**. Links neben dem Joch **13** schließt sich die zweite Erregerspule **4** an, in der sich links daneben die erste Erregerspule **3** und nochmals weiter links die Messwicklung **6** anschließt. Sowohl die Messwicklung **6** beziehungsweise die Messspule **60** wie auch die erste und zweite Erregerspule **3**, **4** teilen sich einen gemeinsamen Spulenkörper

30. Die Herstellung eines solchen Elektromagneten wird natürlich durch die geringe Anzahl von Einzelteilen, welche auf dem gemeinsamen Spulenkörper **30** aufgebaut sind, erleichtert. Die erste Erregerspule **3** ist etwas geringer dimensioniert, da diese nur den Anzug, also die Bewegung des Ankers **2** nach links, zu leisten hat und den Luftspalt **10** zu überwinden hat. Hingegen ist die zweite Erregerspule **4** etwas größer dimensioniert, da diese den Abwurf, also die Bewegung des Ankers **2** nach rechts, zu leisten hat und insbesondere die Adhäsionskräfte zur Bildung des Luftspaltes **10** zu überwinden hat.

[0099] [Fig. 9](#) zeigt einen Aufbau des erfindungsgemäßen Elektromagneten, der dem nach [Fig. 6](#) weitgehend entspricht.

[0100] In [Fig. 10](#) wird anstelle des sonst feststehenden Magneten **5** der Magnet **5** auf dem Anker **2** angeordnet. Somit ist der Magnet **5** im Elektromagnet beweglich. Es ist dabei möglich, dass der gesamte Anker **2** als Magnet ausgebildet ist oder aber nur eine Magnetscheibe auf dem ansonsten unmagnetisierten Anker **2** angeordnet ist. Die Polanordnung ist bezüglich der Spulenachse **31** axial gewählt. Der gezeigte Elektromagnet besitzt nur eine Erregerspule **3**. Ähnlich wie in [Fig. 6](#) wird die Abwurfbewegung durch einen umgekehrten Stromimpuls durch die Spule **3** erreicht.

[0101] In [Fig. 11](#) ist ebenfalls ein bezüglich der Bewegung des Ankers **2** feststehender Magnet **5** gezeigt. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel befindet sich der Magnet **5** in dem domartigen Teil **12** des Kernes **11** und schließt sich in unmittelbarer Nähe zu dem Luftspalt **10** an. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Magnet **5** auch sehr nahe zur Messwicklung **6** beziehungsweise Messspule **60** orientiert. Der Magnet **5** ist ebenfalls ringartig ausgebildet und umschließt die den Kern durchdringende, die Ankerstange **20** aufnehmende Bohrung **14**. Die Polfolge auf dem Magneten **5** ist wiederum axial bezogen auf die Spulenachse **31**.

[0102] Die in den verschiedenen Ausführungsbeispielen gezeigten Anordnungen der Messwicklung ist immer so gewählt, dass die Messwicklung, ähnlich wie die Wicklung der Erregerspulen den Anker **2** umfassen. Hierauf ist die Erfindung aber in keinsten Weise festgelegt. Zur Erfindung gehört auch eine Lösung, bei welcher die Messwicklung im Elektromagneten beliebig angeordnet ist, zum Beispiel als schleifenartige Messwicklung längsverlaufend im Kern **11**. Dabei müssen die Messwicklungen auch nicht zwingend an einer Stelle, das heißt mit einer gemeinsamen Achse ausgestattet sein. Es ist auch möglich, die Messwicklungen schleifenartig versetzt zueinander am Elektromagneten im Sinne der Erfindung anzuordnen.

[0103] Des Weiteren ist zu beachten, dass die in den Ausführungsbeispielen gezeigten verschiedenen Varianten natürlich untereinander beliebig kombinierbar sind. So ist zum Beispiel die Variante der Magnetausgestaltung nach [Fig. 10](#) oder [Fig. 11](#) mit der speziellen Ausgestaltung der Spulenordnung nach [Fig. 6](#), [Fig. 7](#) oder [Fig. 8](#) beliebig verbindbar. All diese Varianten gehören zur Erfindung.

[0104] In [Fig. 12](#) ist eine weitere Variante des erfindungsgemäßen Elektromagneten gezeigt. Der prinzipielle Aufbau des hier gezeigten Elektromagneten entspricht dem in [Fig. 1a](#), [Fig. 1b](#) gezeigten Ausführungsbeispiel, weswegen hier nur die Veränderungen gegenüber dieser Variante beschrieben sind.

[0105] Im Gegensatz zu der Variante nach [Fig. 1a](#), [Fig. 1b](#), in welcher eine radiale Magnetisierung des Magneten **5** vorgesehen ist, zeigt die Variante nach [Fig. 12](#) eine achsiale Anordnung der Magnetpole. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel befindet sich zwischen den beiden Erregerspulen **3**, **4** der Elektromagnet **5**, der in diesem speziellen Beispiel auch aus mehreren Teilelementen besteht.

[0106] Der Kern **11** ist im Schnitt gesehen E-artig ausgebildet und besitzt einen mittleren Steg **16**. Dieser mittlere Steg **16** ist ringartig ausgebildet und einstückig in dem Kern **11** integriert. Dieser mittlere Steg **16** bildet den N-Pol des Magneten **5**. Links und rechts von dem mittleren Steg, gegebenenfalls durch eine unmagnetisierbare Ringscheibe **50**, **50'** beabstandet, befinden sich die bevorzugt symmetrisch angeordneten Teilmagneten **51**, **52**. In Richtung der Spulenachse **41** bildet sich somit eine achsiale Polfolge S-N-S aus. Die Magnetfeldlinien verlaufen über einen längeren Bereich im Inneren des Elektromagneten **1**. Natürlich ist alternativ auch eine andere Polfolge, zum Beispiel N-S-N oder N-S-N-S-N und so weiter, nach der Erfindung vorgesehen.

[0107] Die jetzt mit der Anmeldung und später eingereichten Ansprüche sind Versuche zur Formulierung ohne Präjudiz für die Erzielung weitergehenden Schutzes.

[0108] Sollte sich hier bei näherer Prüfung, insbesondere auch des einschlägigen Standes der Technik, ergeben, daß das eine oder andere Merkmal für das Ziel der Erfindung zwar günstig, nicht aber entscheidend wichtig ist, so wird selbstverständlich schon jetzt eine Formulierung angestrebt, die ein solches Merkmal, insbesondere im Hauptanspruch, nicht mehr aufweist.

[0109] Es ist weiter zu beachten, daß die in den verschiedenen Ausführungsformen beschriebenen und in den Figuren gezeigten Ausgestaltungen und Varianten der Erfindung beliebig untereinander kombinierbar sind. Dabei sind einzelne oder mehrere Merk-

male beliebig gegeneinander austauschbar. Diese Merkmalskombinationen sind ebenso mit offenbart.

[0110] Die in den abhängigen Ansprüchen angeführten Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin. Jedoch sind diese nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmale der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen.

[0111] Merkmale, die bislang nur in der Beschreibung offenbart wurden, können im Laufe des Verfahrens als von erfindungswesentlicher Bedeutung, zum Beispiel zur Abgrenzung vom Stand der Technik beansprucht werden.

[0112] Merkmale, die nur in der Beschreibung offenbart wurden, oder auch Einzelmerkmale aus Ansprüchen, die eine Mehrzahl von Merkmalen umfassen, können jederzeit zur Abgrenzung vom Stande der Technik in den ersten Anspruch übernommen werden, und zwar auch dann, wenn solche Merkmale im Zusammenhang mit anderen Merkmalen erwähnt wurden beziehungsweise im Zusammenhang mit anderen Merkmalen besonders günstige Ergebnisse erreichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Ankerlage in einem Elektromagneten, wobei die von der Ankerposition abhängige Magnetflußverteilung für die Positionsbestimmung genutzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch einen elektrischen Impuls in einer Erregerspule des Elektromagneten die Lage des Ankers geändert wird.

3. Verfahren nach einem oder beiden der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich aufgrund der Bewegung des Ankers die Magnetflußverteilung im Elektromagneten verändert, welche in einer Meßwicklung eine Spannung induziert oder in einem Sensor ein auswertbares Signal erzeugt.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die in einer Meßwicklung des Elektromagneten induzierte Spannung über einen Zeitraum integriert wird.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Startpunkt (t_1) der Integration kurz vor dem Einschalten des elektrischen Impulses liegt.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Endpunkt (t_2) der Integration ausreichend nach dem Abschalten des elektrischen Impulses liegt.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage des Ankers vor dem Startpunkt bekannt ist.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einer Vergleichseinheit der Wert des Integralles mit hinterlegten Integralwert-Ankerpositions-Paaren verglichen wird und so die Ankerposition (s) bestimmt wird.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die in einer Meßwicklung induzierte Spannung mit einer Zeitinformation als Zeit-Spannung-Paare insbesondere kontinuierlich in einem Speicher abgelegt wird.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einer Vergleichseinheit die Reihe der gemessenen Zeit-Spannungs-Paare mit hinterlegten Zeit-Spannungs-Reihen für entsprechende Ankerpositionen verglichen wird und so die Ankerposition bestimmt wird.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Magnetflußverteilung in dem Elektromagnet ein Magnet, insbesondere ein Permanentmagnet oder eine stromdurchflossene Spule vorgesehen ist.

12. Elektromagnet, bestehend aus einer Erregerspule und einem zur Erregerspule (3) beweglichen Anker (2), wobei der Elektromagnet (1) eine Meßwicklung (6) aufweist und in der Meßwicklung (6), aufgrund der Änderung der Ankerposition (2a, 2b) bedingten Änderung der Magnetflußverteilung Φ_a , Φ_b , eine Spannung (U) induziert wird.

13. Elektromagnet nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Erregerspule (3) zumindest teilweise von einem Kern (11) umgeben ist.

14. Elektromagnet nach einem oder beiden der vorhergehenden Ansprüche 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern (11) topfartig ausgebildet ist und/oder ein Teil (12) des Kerns (11) in das Spuleninnere der Erregerspule (3, 4) einsteht.

15. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 14, dadurch

gekennzeichnet, dass der Elektromagnet als Bügelmagnet ausgebildet ist.

16. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern (11) einseitig offen und durch ein Joch (13) verschließbar ist.

17. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass für die Magnetflußverteilung in dem Elektromagnet (1) ein Magnet (5), insbesondere ein Permanentmagnet oder eine stromdurchflossene Spule vorgesehen ist.

18. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromagnet (1) zwei nebeneinander angeordnete Erregerspulen (3, 4) aufweist.

19. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Meßwicklung (6) als separate Meßspule (60) ausgebildet ist.

20. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Erregerspule (3) und die Meßspule (60) einen gemeinsamen Spulenkörper (30) aufweisen.

21. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Erregerspule (3) und die Meßspule (60) auf dem gemeinsamen Spulenkörper (30) nebeneinander angeordnet sind.

22. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromagnet (1) zwei Erregerspulen (3, 4) besitzt und die nicht zur Bewegung des Ankers (2) eingesetzte Erregerspule (3, 4) als Meßspule beziehungsweise als Meßwicklung (6', 6'') dient.

23. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Erregerspulen (3, 4) einen gemeinsamen Spulenkörper (30) aufweisen.

24. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet (5) zwischen den beiden Erregerspulen (3, 4) oder zwischen der Erregerspule (3) und der Meßspule (60) angeordnet ist.

25. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der zwischen den beiden Erre-

gerspulen (3, 4) oder der zwischen der Erregerspule (3) und der Meßspule (60) angeordnete Magnet (5) eine bezüglich der Spulenachse (31) der Erregerspule (3) radiale Polanordnung aufweist.

26. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass der zwischen den beiden Erregerspulen (3, 4) oder der zwischen der Erregerspule (3) und der Meßspule (60) angeordnete Magnet (5) eine bezüglich der Spulenachse (31) der Erregerspule (3) achsiale Polanordnung aufweist.

27. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 26, gekennzeichnet durch eine ringartige Ausgestaltung des Magneten (5) zwischen den beiden Erregerspulen (3, 4) oder zwischen der Erregerspule (3) und der Meßspule (60).

28. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet aus mindestens zwei, bevorzugt symmetrisch angeordneten, zueinander beabstandeten Teilmagneten (51, 52) besteht.

29. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 28, gekennzeichnet durch eine bistabile Ausführung des Elektromagneten (1).

30. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzugs- und Abwurfbewegung des Ankers (2) mit einer Erregerspule (3) durch Umkehrung der Stromrichtung erfolgt.

31. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Erregerspule (3) zwischen der zweiten Erregerspule (4) und der Meßspule (60) angeordnet ist.

32. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Meßspule (60) zwischen den beiden Erregerspulen (3, 4) angeordnet ist.

33. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet (5) im Joch (13) oder im Kern angeordnet ist.

34. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 33, gekennzeichnet durch eine, bezogen auf die Spulenachse (31) der Erregerspule (3) radiale Polfolge des Magneten (5) am Joch (13) oder im Kern.

35. Elektromagnet nach einem oder mehreren

der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 34, gekennzeichnet durch eine, bezogen auf die Spulenachse (31) der Erregerspule (3) achsiale Polfolge des Magneten (5) am Joch (13) oder im Kern.

36. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass der Anker (2) das Joch (13) durchdringt und der Magnet (5) am Joch (13) ringartig angeordnet ist.

37. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet (5) im Kern (11) angeordnet ist.

38. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet (5) im oder auf dem Anker (2) angeordnet ist.

39. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 38, gekennzeichnet durch eine, bezogen auf die Spulenachse (31) der Erregerspule (30) axiale Polfolge des Magneten (5) im/am Anker (2).

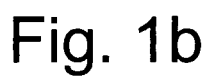
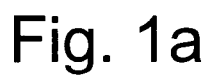
40. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern (11) eine Bohrung (14) zur Aufnahme beziehungsweise Führung einer mit dem Anker (2) verbundenen Ankerstange (20) aufweist.

41. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet (15) die Bohrung (14) ringartig umgibt.

42. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 41, gekennzeichnet durch eine zur Bohrung (14) axialen Polfolge des Magneten (5) am Kern (11).

43. Meßsystem zur Bestimmung der Ankerlage, insbesondere unter Verwendung eines Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 11, bestehend aus einem Elektromagneten nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 42 und einer Vergleichseinheit.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen



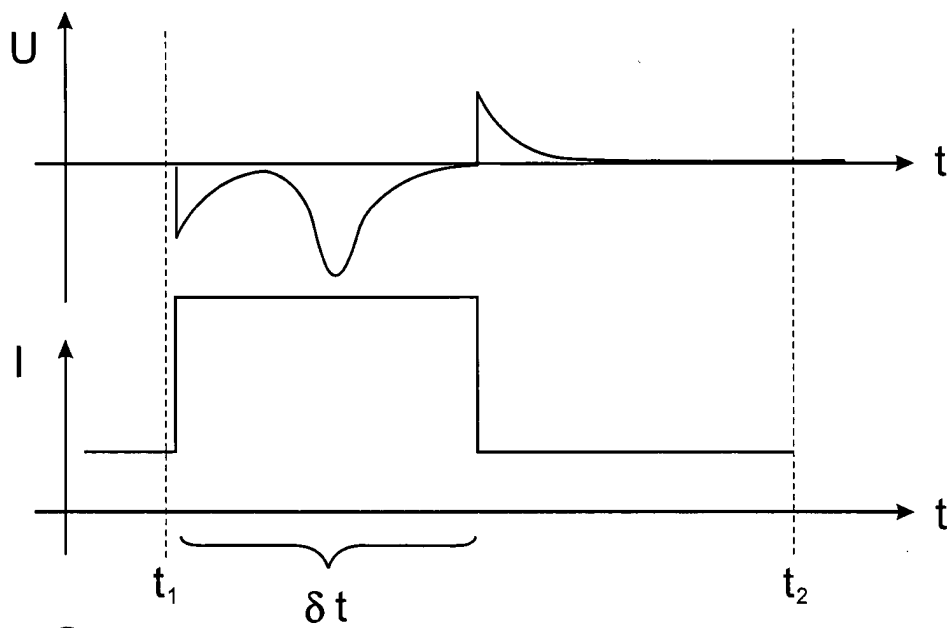


Fig. 2

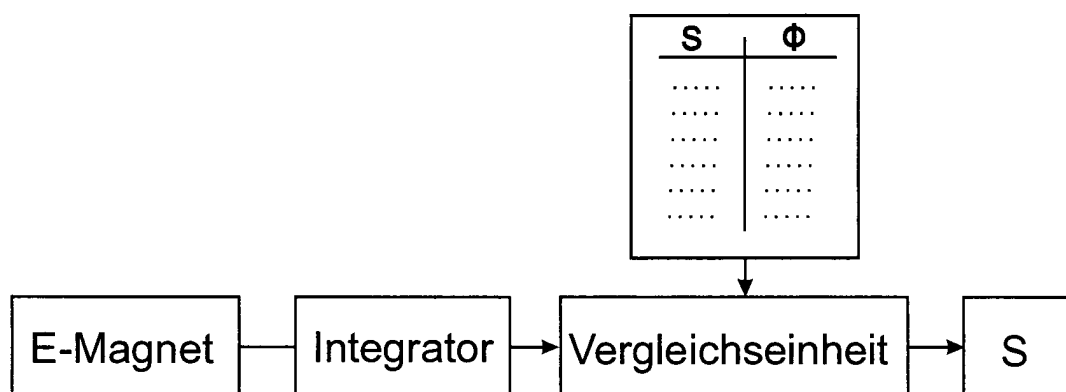


Fig. 3a

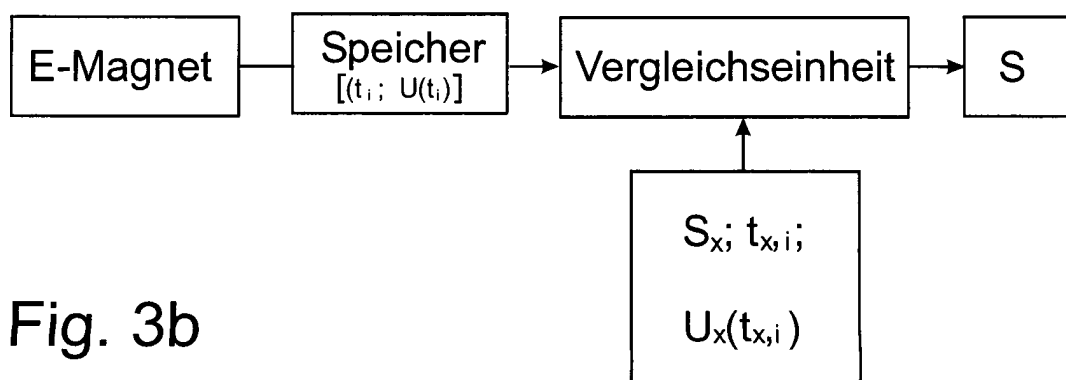


Fig. 3b

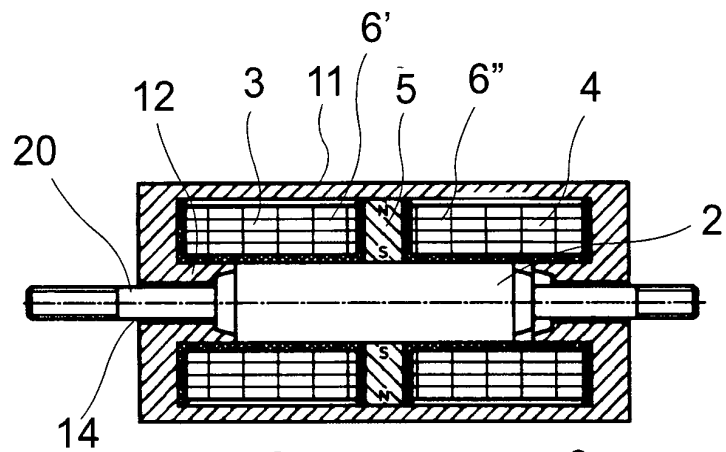


Fig. 4

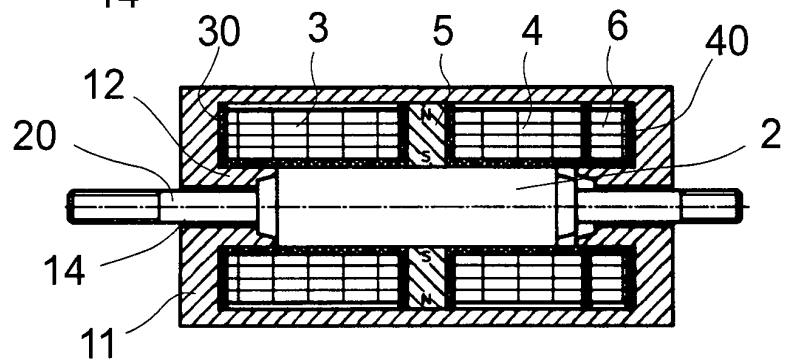


Fig. 5

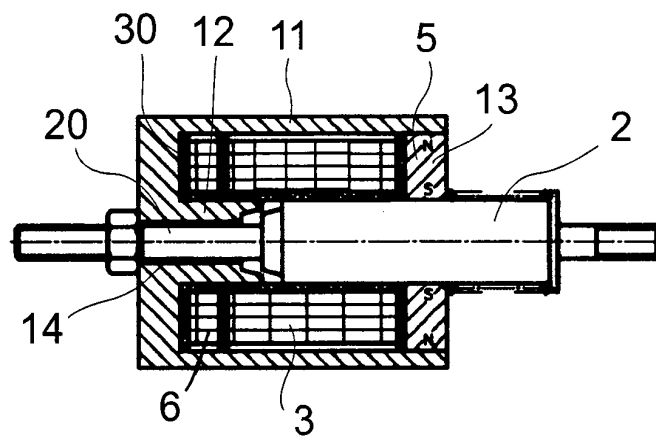


Fig. 6

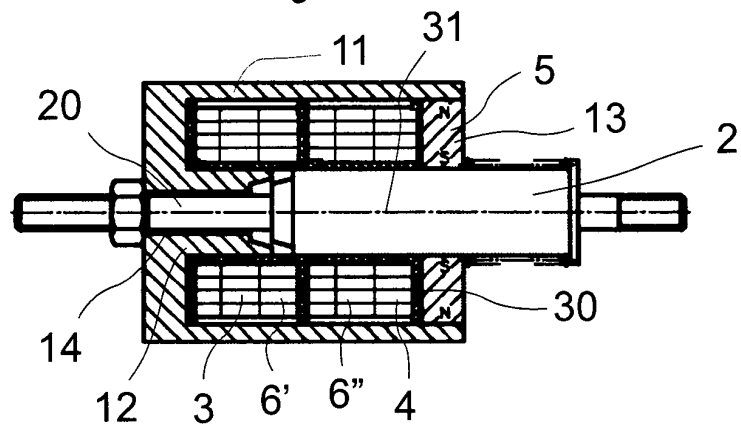


Fig. 7

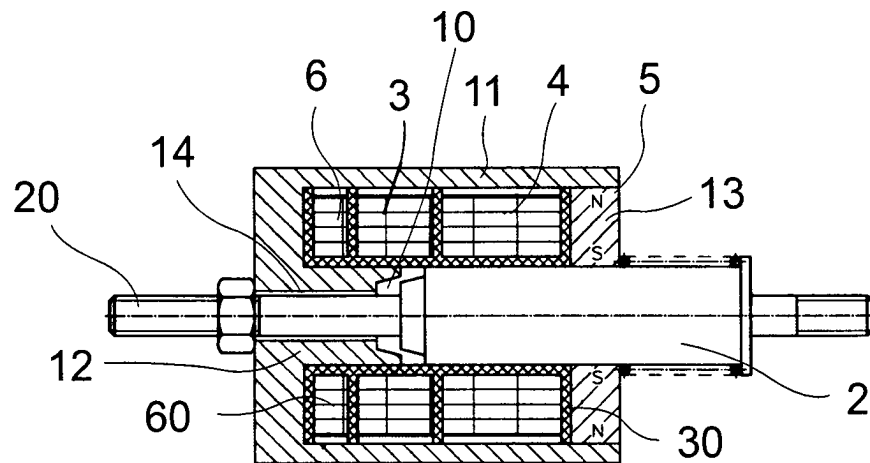


Fig. 8

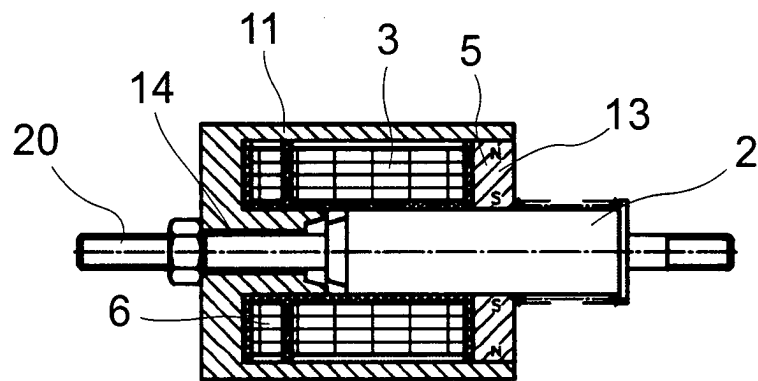


Fig. 9

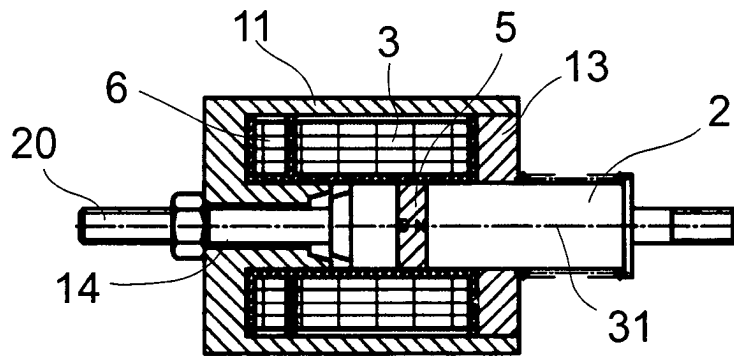


Fig. 10

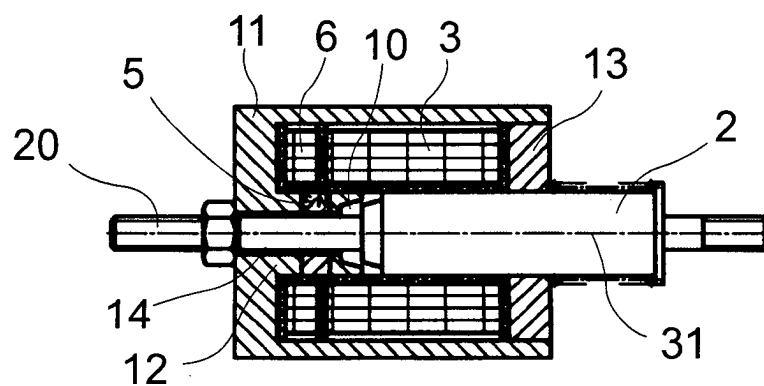


Fig. 11

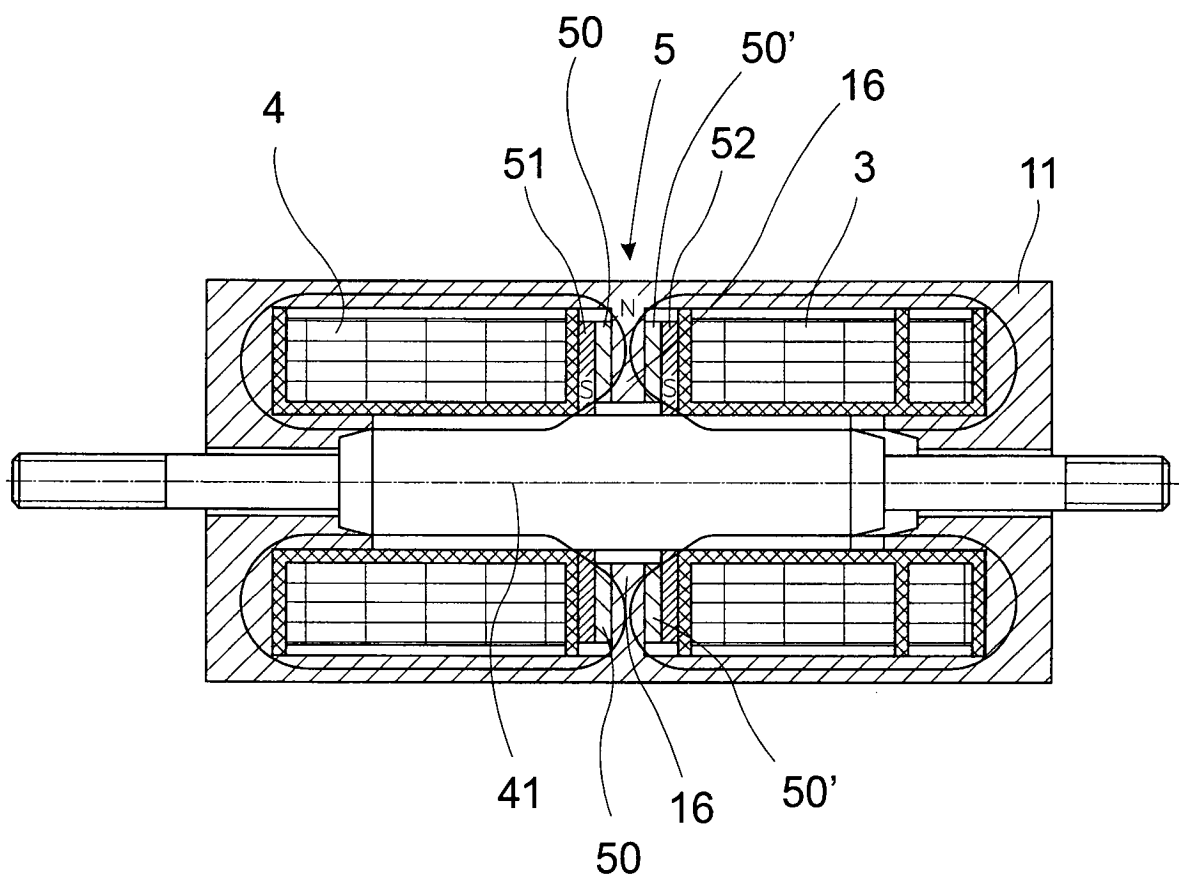


Fig. 12