

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 408 963 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**27.03.1996 Patentblatt 1996/13**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **H01F 7/18**

(21) Anmeldenummer: **90112572.4**

(22) Anmeldetag: **02.07.1990**

**(54) Verfahren zur Steuerung der Ankerbewegung von Schaltmagneten**

Method for controlling the armature movement of switching magnets

Procédé pour commander le mouvement de l'armature d'aimants de commutation

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB IT SE**

(30) Priorität: **15.07.1989 DE 3923477**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**23.01.1991 Patentblatt 1991/04**

(73) Patentinhaber: **FEV Motorentechnik GmbH & Co. KG**  
**D-52078 Aachen (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Schmitz, Günter, Dr.-Ing.**  
**D-5100 Aachen (DE)**

• **Schrey, Ekkehard, Dr.-Ing.**  
**D-5100 Aachen (DE)**  
• **Uitenbroek, Paul, Dipl.-Ing.**  
**D-5100 Aachen (DE)**

(74) Vertreter: **Langmaack, Jürgen, Dipl.-Ing. et al**  
**Patentanwälte**  
**Maxton . Maxton . Langmaack**  
**Postfach 51 08 06**  
**D-50944 Köln (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 017 710**                      **EP-A- 0 205 807**  
**EP-A- 0 225 444**                      **EP-A- 0 229 880**  
**EP-A- 0 264 706**                      **EP-A- 0 310 383**  
**WO-A-90/07188**                      **US-A- 4 679 116**

**EP 0 408 963 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Steuerung der Ankerbewegung von Schaltmagneten, insbesondere von Elektromagneten für Stellglieder von Brennkraftmaschinen entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei Verdrängungsmaschinen ist eine anpassungsfähige Steuerung zum Ein- und Ausströmen des Arbeitsmediums erforderlich, um den Arbeitsprozeß nach den jeweilig erforderlichen Gesichtspunkten optimal beeinflussen zu können. Der Ablauf der Steuerung hat dabei großen Einfluß auf verschiedene Parameter, beispielsweise die Zustände des Arbeitsmediums vor, im und nach dem Arbeitsraum, die Arbeitsfrequenz und die Vorgänge im Arbeitsraum. Die Notwendigkeit einer anpassungsfähigen Steuerung ist insbesondere bei Brennkraftmaschinen gegeben, da sie bei sehr unterschiedlichen Betriebszuständen instationär arbeiten und eine entsprechend variable Zwangssteuerung der Gaswechselventile vorteilhaft ist.

Zur Steuerung der Gaswechselventile in Brennkraftmaschinen wurden bisher im wesentlichen Nockenwellen verwendet. Eine variable Steuerung ist hier nur mit sehr hohem technischen Aufwand möglich. Daneben sind elektromagnetische Steuerungen von Gaswechselventilen an Brennkraftmaschinen bekannt geworden, bei denen die Schließkraft auf das Gaswechselventil von einer Feder aufgebracht wird, während die Öffnungskräfte von einem entsprechend angesteuerten Elektromagneten erzeugt werden, wie es beispielsweise in DE-OS 20 63 158 beschrieben ist.

Bei elektromagnetischen Steuerungen dieser Art ist ein wesentliches Problem, die erforderlichen hohen elektromagnetischen Kräfte aufzubringen, die erforderlich sind für die Betätigung des mit dem Stellglied verbundenen Ankers. Dies führt zu einem verhältnismäßig hohen Energieverbrauch und auch zu einem unerwünschten Materialaufwand.

Aus der US-A-4679116 und der zum Stande der Technik gehörenden, jedoch nachveröffentlichten WO-90/07188 ist ein Verfahren der eingangs bezeichneten Art bekannt, bei dem zunächst mit einem hohen Strom die Ankerbewegung eingeleitet wird und dann noch vor dem Auftreffen des Ankers auf die Polfläche der Strom abgesenkt und linear während der gesamten Haltezeit konstant gehalten und zwar in einer Stärke, die über der an sich erforderlichen Stromstärke zum Halten des Magnetankers liegt. Hierdurch läßt sich der Energieverbrauch geringfügig reduzieren. Gemäß WO-90/07188 wird das Auftreffen des Ankers durch die bei Beendigung der Ankerbewegung auftretende Spannungsänderung festgestellt.

Aus der EP-A-0 229 880 ist ferner ein Verfahren der eingangs bezeichneten Art bekannt, bei dem der Spulenstrom zur Einleitung der Ankerbewegung ungerichtet hochgeführt wird und zwar nur so weit, bis durch eine Änderung im Spannungsverlauf das Auftreffen des An-

kers festgestellt wird. Danach wird der Strom zurückgenommen und während der Haltezeit zwischen einem oberen und unteren Wert getaktet, wobei sich dann kurz vor dem Abschaltzeitpunkt eine Konstantstromphase anschließt. Dieses Verfahren hat den Nachteil, daß die Höhe des Einschaltstromes nur so lange hochgeführt wird, bis das Auftreffen des Magnetankers auf der Polfläche detektiert ist, so daß die Beschleunigung des Magnetankers hierdurch begrenzt ist. Zeitliche Verschiebungen des Auftreffzeitpunktes des Magnetankers auf der Polfläche, die fertigungsbedingt sein können oder aber durch Betriebseinflüsse, wie Temperaturschwankungen oder Schwankungen in der Spannungsversorgung bewirkt werden, können nur durch eine komplizierte Rechenschaltung ausgeglichen werden, über die der Einschaltzeitpunkt des Spulenstromes entsprechend vor- oder zurückverlegt wird. Korrekturen während des Schaltvorganges selbst sind nicht möglich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei Schaltmagnetanordnungen der beschriebenen Art neben einer Herabsetzung des Energieverbrauchs bzw. des Stromverbrauchs und der damit verbundenen Möglichkeiten, eine Materialersparnis zu erzielen, auch den Zeitpunkt des Auftreffens des Magnetankers auf der Polfläche zuverlässig zu erkennen.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung mit den im Anspruch 1 angegebenen Verfahrensschritten erreicht.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Ansprüchen 2, 3 und 4 angegeben.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine Schaltung zur Durchführung des Verfahrens.

Fig. 2 zeigt den Stromverlauf in Abhängigkeit von der Zeit während einer Schaltperiode.

Wie Fig. 1 zeigt, ist eine Magnetspule 1 eines Schaltmagneten, der ein durch eine Diode 2 angedeuteter Freilaufzweig parallel geschaltet ist, einerseits mit einer Spannungsquelle 6 und andererseits mit einer durch einen Transistor 3 angedeuteten Endstufe verbunden. Mit der Magnetspule 1 ist auch eine Schaltung 5 verbunden, welche das Auftreffen des Magnetankers auf der Polfläche des Elektromagneten detektiert. Die Schaltung 5 ist ihrerseits mit einer Endstufenansteuerung 4 verbunden, welche beispielsweise eine Ansteuerung der Spule bewirken kann, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist.

Wie Fig. 2 zeigt, steigt der Strom in der Spule des Elektromagneten nach dem Einschalten zunächst ungerichtet auf den Wert I<sub>0</sub> an, da die Endstufenansteuerung 4 dafür sorgt, daß der Strom in dem Zeitraum von A bis B voll durchgeschaltet wird.

Nach Erreichen des Wertes I<sub>0</sub> wird der Strom in dem Zeitraum von B bis C zwischen den Werten I<sub>1</sub> und I<sub>2</sub> getaktet. In dem vorgegebenen Zeitpunkt C, der vor dem Auftreffen des Magnetankers auf der Polfläche liegt, erfolgt eine Umschaltung auf Linearregelung, bei der der Strom den Wert I<sub>3</sub> hat. In der Zeit der Linearregelung

von C bis D ist die Schaltung 5 aktiviert um das Auftreffen des Magnetankers auf die Polfläche in der angegebenen Weise zu detektieren.

Anschließend kann im Zeitpunkt D, der der Zeitpunkt des Auftreffens sein kann, wieder bis E auf Taktung umgeschaltet werden. Auch ist es möglich, daß die Umschaltung nach Ablauf einer vorgegebenen Zeit nach dem Auftreffen erfolgt. Im Zeitpunkt E wird bis zu einer weiteren Arbeitsperiode abgeschaltet.

Die Erfindung bietet besondere Vorteile beim Ansteuern von Elektromagneten, insbesondere für Stellglieder an Brennkraftmaschinen, bei denen der Zeitpunkt des Ankerauftreffens detektiert werden soll, um Einflüsse der Fertigung, Temperatur, Versorgungsspannung o. dgl. ausgleichen zu können.

Üblicherweise geschieht die Detektierung des Ankerauftreffens durch Auswertung des Stromeinbruchs, der bei Annähern des Ankers an den Magneten auftritt. Dazu ist es jedoch erforderlich, daß der Strom im wesentlichen nur durch Induktivität, Spulenwiderstand und Versorgungsspannung bestimmt wird. Der Strom, steigt dann jedoch möglicherweise auf Werte, die für den Betrieb des Stellgliedes eigentlich nicht notwendig sind.

Diese unnötig hohen Ströme und damit Energieverbräuche werden erfindungsgemäß dadurch umgangen, daß der Strom auf eine Höhe I0 begrenzt wird und über eine energiesparende 2-Punktregelung (Taktung und Freilauf) geregelt wird. Da eine genaue Detektion des Ankerauftreffzeitpunktes während der Taktpause äußerst schwierig ist, wird in dem Zeitbereich des Ankerauftreffens eine Linearstromphase eingefügt. Während dieser Zeit ist eine Erkennung des genauen Auftreffzeitpunktes durch Auswertung der elektrischen Spannung über der Magnetspule möglich. Nach Detektion des Auftreffens kann wieder auf eine energieoptimale 2-Punkt-Regelung umgeschaltet werden.

Der wesentliche Vorteil ist eine besonders energiesparende Steuerung, wobei eine Versorgungsspannungskompensation ebenso wie eine Temperaturkompensation nicht erforderlich ist.

Wie bereits erwähnt wurde, ist die Anwendung der Erfindung nicht auf Elektromagnete mit Weicheisenkern beschränkt, da auch der Einsatz von Elektromagneten mit Ankern und/oder Kernen aus permanentmagnetischem Material Vorteile bieten kann.

Bei Verwendung von permanentmagnetischen Ankern und/oder Kernen erfolgt das Ablösen des Ankers von der Polfläche durch Aufprägen eines kurzen Gegenstromes. Zum Unterstützen des Anzugsvorganges muß der Permanentmagnet im allgemeinen zusätzlich magnetisiert werden; dies erfolgt in gleicher Weise wie bei Magneten mit Weicheisenkern.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Ankerbewegung eines elektrischen Schaltmagneten mit einem Elektroma-

gneten, der nach einem Einschalten der Stromversorgung magnetisiert wird, und einem relativ zu einer Polfläche des Elektromagneten bewegbaren Magnetanker, wobei der Spulenstrom I zu einem durch eine Steuereinrichtung von außen vorgegebenen Einschaltzeitpunkt A eingeschaltet und zunächst unregelt bis zu einem Maximalwert I0 ansteigt und danach auf einen niedrigen Wert I2 zurückgenommen wird zum Halten des Magnetankers, und nach Auftreffen des Magnetankers eine Umschaltung des Spulenstroms auf eine taktweise Regelung zwischen einem oberen Wert I1 und einem unteren Wert I2 während der Haltezeit des Magnetankers erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß der Strom vor dem zu erwartenden Auftreffzeitpunkt des Magnetankers auf die Polfläche konstant gehalten und der Auftreffzeitpunkt als Änderung der Spannung über der Spule (1) des Elektromagneten festgestellt wird, und daß durch die als Spannungsänderung erfolgende Erkennung des Auftreffzeitpunktes die Umschaltung des Spulenstroms auf die taktweise Regelung zwischen dem oberen Wert I1 und einem unteren Wert I2 während der Haltezeit des Magnetankers erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Zeitraum (B-C) nach dem Erreichen des Maximalwertes I0 und vor dem Zeitraum (C-D), während dessen der Spulenstrom auf einem niedrigeren Wert I3 bis zum Auftreffen des Magnetankers konstant gehalten wird, der Spulenstrom durch eine taktweise Regelung zwischen einem oberen Wert I1 und einem unteren Wert I2 bestimmt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Umschaltung zur Bestimmung des Spulenstroms durch eine taktweise Regelung zwischen einem oberen Wert I1 und einem unteren Wert I2 nach Ablauf einer vorgegebenen Zeit nach dem während der Konstantstromphase festgestellten Auftreffen des Magnetankers auf der Polfläche ausgelöst wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle eines Elektromagneten mit Weicheisenkern ein Elektromagnet mit Anker und/oder Kern aus permanent magnetischem Material verwendet wird.

### Claims

1. A method for controlling the armature travel of an electric switching magnet with an electromagnet, which is magnetised after switching on the current supply, and with a magnet armature which is movable relative to a polar surface of the electromagnet,

in which the coil current I is switched on at a connection moment A, given from the exterior by a control device, and firstly rises unregulated up to a maximum value I<sub>0</sub> and thereafter is taken back to a low value I<sub>2</sub> to hold the magnet armature, and after striking of the magnet armature a switchover of the coil current takes place to a timed regulating between an upper value I<sub>1</sub> and a lower value I<sub>2</sub> during the holding time of the magnet armature, characterised in that the current is kept constant before the moment, to be expected, of striking of the magnet armature onto the polar surface and the moment of striking is established as a change to the voltage over the coil (1) of the electromagnet, and that through the recognition of the moment of striking taking place as a voltage change, the switchover of the coil current to the timed regulating between the upper value I<sub>1</sub> and a lower value I<sub>2</sub> takes place during the holding time of the magnet armature.

2. A method according to Claim 1, characterised in that in a period (B-C) after reaching the maximum value I<sub>0</sub> and before the period (C-D), during which the coil current is kept constant at a lower value I<sub>3</sub> until the striking of the magnet armature, the coil current is determined by a timed regulating between an upper value I<sub>1</sub> and a lower value I<sub>2</sub>.
3. A method according to one of Claims 1 or 2, characterised in that a switchover is triggered to determine the coil current by a timed regulating between an upper value I<sub>1</sub> and a lower value I<sub>2</sub> after a given time has elapsed after the striking of the magnet armature on the polar surface which is established during the constant current phase.
4. A method according to one of Claims 1 to 3, characterised in that instead of an electromagnet with a soft iron core an electromagnet with an armature and/or core of permanently magnetic material is used.

#### Revendications

1. Procédé pour commander le déplacement de l'armature d'un aimant de commutation électrique comprenant un électroaimant qui est magnétisé après un branchement d'une alimentation en courant et une armature d'aimant qui peut être déplacée par rapport à une surface polaire de l'électroaimant, cependant que le courant I dans la bobine est établi à un instant de mise en marche A qui est prédéterminé depuis l'extérieur par un dispositif de commande, qu'il augmente tout d'abord jusqu'à une valeur maximale I<sub>0</sub> sans être régulé, qu'il est ensuite ramené à une valeur basse I<sub>2</sub> pour la retenue de l'armature de l'aimant, et qu'après la venue en con-

tact de l'armature de l'aimant, et pendant la durée de retenue de l'armature de l'aimant, a lieu une commutation du courant dans la bobine pour passer à une régulation par plus ou moins entre une valeur supérieure I<sub>1</sub> et une valeur inférieure I<sub>2</sub>, caractérisé par le fait que le courant est maintenu constant avant l'instant où l'on peut s'attendre à la venue en contact de l'armature de l'aimant avec la surface polaire, et que l'instant de la venue en contact est détecté sous la forme d'une modification de la tension aux bornes de la bobine (1) de l'électroaimant, et par le fait que la commutation du courant dans la bobine pour passer à la régulation par plus ou moins entre la valeur supérieure I<sub>1</sub> et une valeur inférieure I<sub>2</sub> pendant la durée de retenue de l'armature de l'aimant est réalisée au moyen de la détection de l'instant de la venue en contact, détection qui a lieu sous la forme d'une modification de la tension.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le courant dans la bobine est déterminé par une régulation par plus ou moins entre une valeur supérieure I<sub>1</sub> et une valeur inférieure I<sub>2</sub> dans un intervalle de temps (B-C) qui est situé après que la valeur maximale I<sub>0</sub> a été atteinte et avant l'intervalle de temps (C-D) pendant lequel le courant dans la bobine est maintenu constant et égal à une valeur plus faible I<sub>3</sub> jusqu'à la venue en contact de l'armature de l'aimant.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait qu'une commutation destinée à déterminer le courant dans la bobine est déclenchée par une régulation par plus ou moins entre une valeur supérieure I<sub>1</sub> et une valeur inférieure I<sub>2</sub> après qu'une durée prédéterminée s'est écoulée à la suite de la venue en contact de l'armature de l'aimant avec la surface polaire, venue en contact qui est déterminée pendant la phase où le courant est constant.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait qu'à la place d'un électroaimant à noyau en fer doux, on utilise un électroaimant dont l'armature et/ou le noyau est constitué par un matériau à magnétisation permanente.

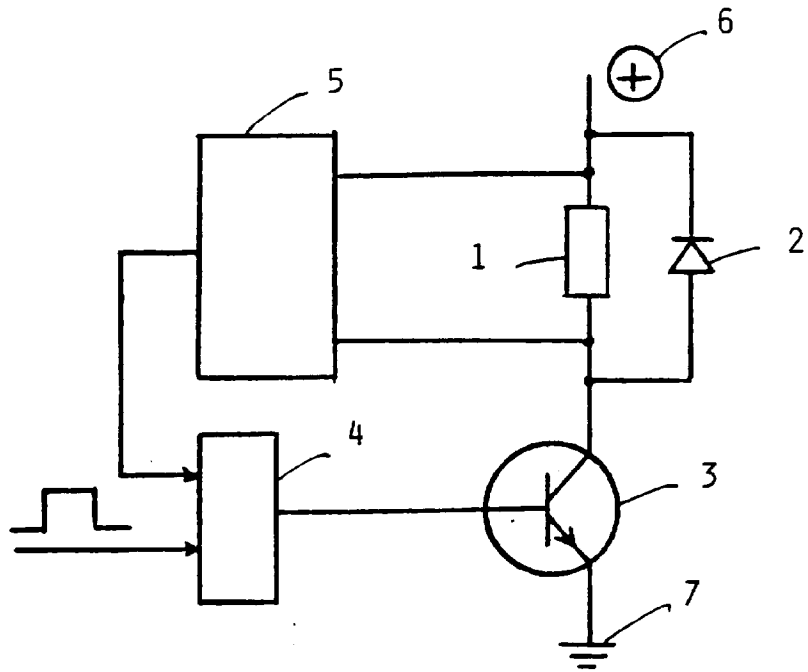


Fig. 1

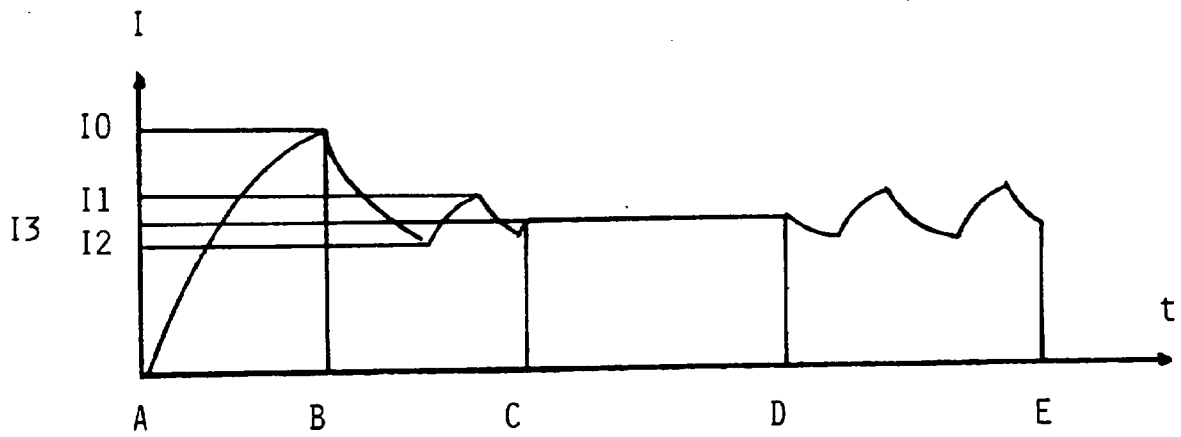


Fig. 2