



12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **90112572.4**

51 Int. Cl.⁵: **H01F 7/18**

22 Anmeldetag: **02.07.90**

30 Priorität: **15.07.89 DE 3923477**

71 Anmelder: **FEV Motorentechnik GmbH & Co.
 KG KG
 Neuenhofstrasse 181
 D-5100 Aachen(DE)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.01.91 Patentblatt 91/04

72 Erfinder: **Schmitz, Günter, Dr.-Ing.
 Veneterstrasse 23
 D-5100 Aachen(DE)**
 Erfinder: **Schrey, Ekkehard, Dr.-Ing.
 Kurfürstenstrasse 25
 D-5100 Aachen(DE)**
 Erfinder: **Uitenbroek, Paul, Dipl.-Ing.
 Jülicher Strasse 69
 D-5100 Aachen(DE)**

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT SE

74 Vertreter: **Fischer, Friedrich B., Dr.-Ing.
 Saarstrasse 71
 D-5000 Köln 50 (Rodenkirchen)(DE)**

54 **Verfahren zur Steuerung der Ankerbewegung von Schaltmagneten.**

57 Bei einem Verfahren zur Steuerung der Ankerbewegung eines Schaltmagneten, insbesondere von Elektromagneten für Stellglieder von Brennkraftmaschinen, soll der Energie- und der Materialbedarf erheblich herabgesetzt werden. Dies wird dadurch erreicht, daß der Spulenstrom des Elektromagneten vor dem erwarteten Auftreffen des Magnetankers auf der Polfläche linear geregelt wird. Vorzugsweise erfolgt dabei das Auftreffen des Magnetankers auf der Polfläche des Elektromagneten während der linearen Regelung.

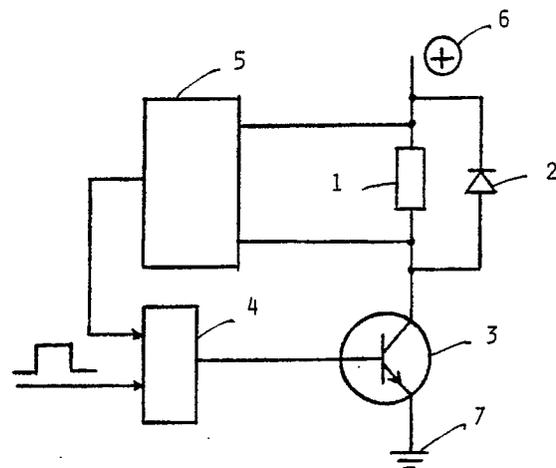


Fig. 1

VERFAHREN ZUR STEUERUNG DER ANKERBEWEGUNG VON SCHALTMAGNETEN

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Steuerung der Ankerbewegung von Schaltmagneten, insbesondere von Elektromagneten für Stellglieder von Brennkraftmaschinen.

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.

Die Erfindung bezweckt daher, bei Schaltmagnetenanordnungen der beschriebenen Art den Energieverbrauch bzw. den Stromverbrauch herabzusetzen und dementsprechend auch eine Materialersparnis zu erreichen.

Zu diesem Zweck ist gemäß der Erfindung vorgesehen, daß der Spulenstrom des Elektromagneten vor dem erwarteten Auftreffen des Magnetankers auf der Polfläche linear geregelt wird.

Dabei ist es zweckmäßig, daß das Auftreffen des Magnetankers auf der Polfläche des Elektromagneten während der linearen Regelung erfolgt.

Besondere Vorteile sind erreichbar, wenn der Spulenstrom des Elektromagneten vor und/oder nach dem Auftreffen des Magnetankers auf der Polfläche des Elektromagneten durch eine Zwei-

punktregelung (Taktung) bestimmt wird.

Nach einem weiteren vorteilhaften Merkmal ist vorgesehen, daß der Spulenstrom des Elektromagneten nach dem Einschalten zunächst ungeregelt bis zum Wert I_0 ansteigt und anschließend eine Zweipunktregelung (Taktung) erfolgt.

Auch kann es zweckmäßig sein, daß der Spulenstrom des Elektromagneten nach dem Einschalten zunächst ungeregelt bis zum Wert I_0 ansteigt und anschließend eine Linearregelung erfolgt.

Der Elektromagnet kann dabei zur Feststellung des Auftreffens des Magnetankers auf der Polfläche mit einem konstanten Strom beaufschlagt werden, und der Auftreffzeitpunkt wird dann als Änderung der Spannung über der Magnetspule festgestellt.

Gemäß einem weiteren vorteilhaften Merkmal kann der Spulenstrom nach Ablauf einer vorgegebenen Zeit nach dem Auftreffen des Magnetankers auf der Polfläche wieder durch eine Zweipunktregelung (Taktung) bestimmt werden.

Auch kann es Vorteile bieten, daß eine Umschaltung auf die Bestimmung des Spulenstromes durch Zweipunktregelung (Taktung) durch die Feststellung des Auftreffens des Magnetankers auf der Polfläche ausgelöst wird.

Weiterhin kann es zweckmäßig sein, daß anstelle von Elektromagneten mit Weicheisenkern zusätzlich oder ausschließlich Elektromagnete mit Ankern und/oder Kernen aus permanentmagnetischem Material verwendet werden.

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 angelegter Freilaufzweig parallel geschaltet ist, einerseits mit einer Spannungsquelle 6 und andererseits mit einer durch einen Transistor 3 angelegten 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 ungeregelt auf den Wert I_0 an, da die Endstufenansteuerung 4 dafür sorgt, daß der Strom

in dem Zeitraum von A bis B voll durchgeschaltet wird.

Nach Erreichen des Wertes I₀ wird der Strom in dem Zeitraum von B bis C zwischen den Werten I₁ und I₂ 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 I₃ 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.

10 Ansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Ankerbewegung eines Schaltmagneten, insbesondere von Elektromagneten für Stellglieder von Brennkraftmaschinen, dadurch gekennzeichnet, daß der Spulenstrom des Elektromagneten vor dem erwarteten Auftreffen des Magnetankers auf der Polfläche linear geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Auftreffen des Magnetankers auf der Polfläche des Elektromagneten während der linearen Regelung erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Spulenstrom des Elektromagneten vor und/oder nach dem Auftreffen des Magnetankers auf der Polfläche des Elektromagneten durch eine Zweipunktregelung (Taktung) bestimmt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß der Anstieg des Spulenstroms des Elektromagneten auf einen maximalen Wert I₀ begrenzt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß der Spulenstrom des Elektromagneten nach dem Einschalten zunächst unreguliert bis zum Wert I₀ ansteigt und anschließend eine Zweipunktregelung (Taktung) erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß der Spulenstrom des Elektromagneten nach dem Einschalten zunächst unreguliert bis zum Wert I₀ ansteigt und anschließend eine Linearregelung erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromagnet zur Feststellung des Auftreffens des Magnetankers auf der Polfläche mit einem konstanten Strom beaufschlagt wird und der Auftreffzeitpunkt als Änderung der Spannung über der Magnetspule festgestellt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, daß der Spulenstrom des Elektromagneten nach Ablauf einer vorgegebenen Zeit nach dem Auftreffen des Magnetankers auf der Polfläche wieder durch eine Zweipunktregelung (Taktung) bestimmt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Umschaltung auf

die Bestimmung des Spulenstromes des Elektromagneten durch Zweipunktregelung (Taktung) durch die Feststellung des Auftreffens des Magnetankers auf der Polfläche ausgelöst wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-9, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle von Elektromagneten mit Weicheisenkern zusätzlich oder ausschließlich Elektromagnete mit Ankern und/oder Kernen aus permanentmagnetischem Material verwendet werden.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

4

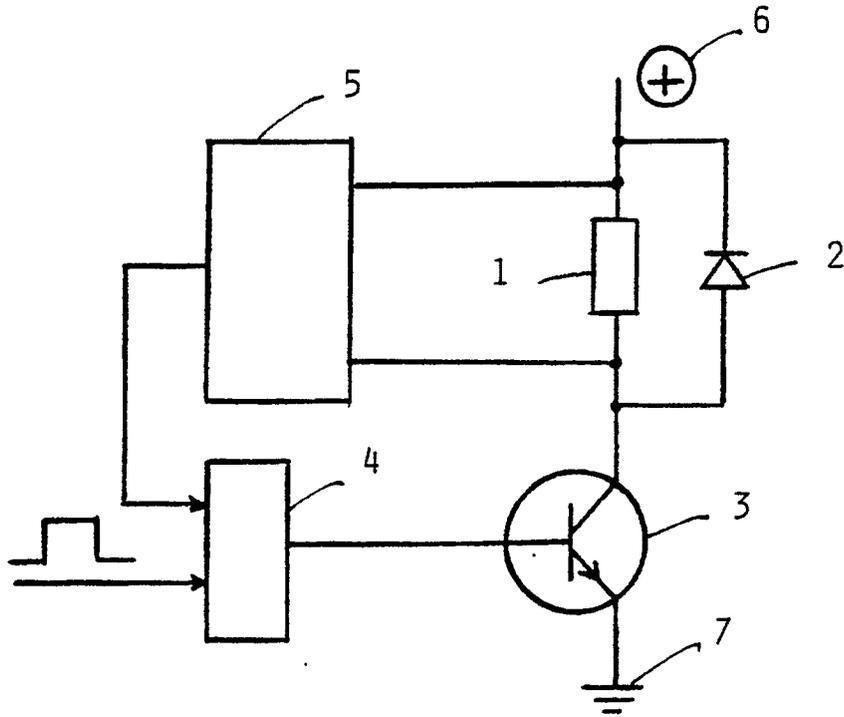


Fig. 1

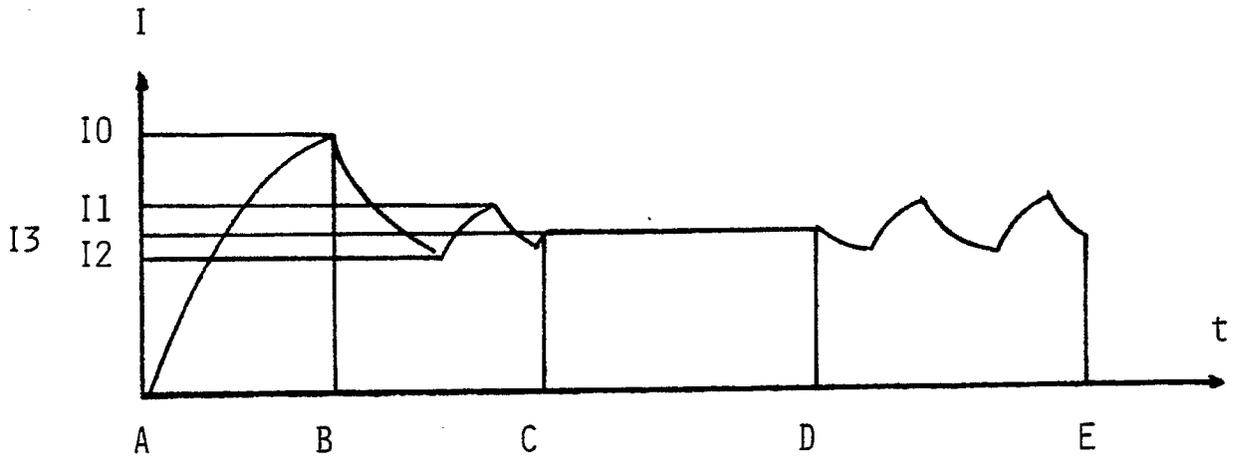


Fig. 2