

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 405 191 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 90110589.0

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: F01L 9/04

(22) Anmeldetag: 05.06.90

(30) Priorität: 27.06.89 DE 3920978

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
02.01.91 Patentblatt 91/01

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT CH DE ES FR GB IT LI SE

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

(72) Erfinder: Pischinger, Franz, Prof., Dr., techn.  
Im Erkfeld 4  
D-5100 Aachen(DE)  
Erfinder: Kreuter, Peter, Dr.-Ing.  
Josef-Ponten Strasse 38  
D-5100 Aachen(DE)  
Erfinder: Schebitz, Michael, Dipl.-Ing.  
Bismarckstrasse 109  
D-5100 Aachen(DE)  
Erfinder: Scheidt, Martin, Dipl.-Ing.  
Grüner Weg 34  
D-5180 Eschweiler(DE)

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

### (54) Elektromagnetisch arbeitende Stelleinrichtung.

(57) Eine elektromagnetisch arbeitende Stelleinrichtung nach dem Prinzip des Feder-Masse-Schwingers (9, 10, 6, 8) mit je einem Elektromagneten (1, 2) in den Endlagen der Bewegung, insbesondere zur Betätigung von Steuerventilen und zur drosselfreien Laststeuerung in schnelllaufenden Brennkraftmaschinen, wird zur Gewährleistung eines Betriebes der Brennkraftmaschine bei kurzen Steuerzeiten und zur Sicherstellung einer definierten Endlage bei Stilllegung oder Ausfall der Stelleinrichtung mit einem der Schließt-Position der Stelleinrichtung zugeordneten Permanentmagneten (5) ausgestattet. Der der Öffnet-Position des Ventils zugeordnete Magnet (2) ist als reiner Elektromagnet ausgebildet. Weiterhin können die Spulen (3, 4) beider Magnete parallelgeschaltet werden, um damit den Ansteuerungsaufwand und die Zahl der Zuleitungen zu halbieren.

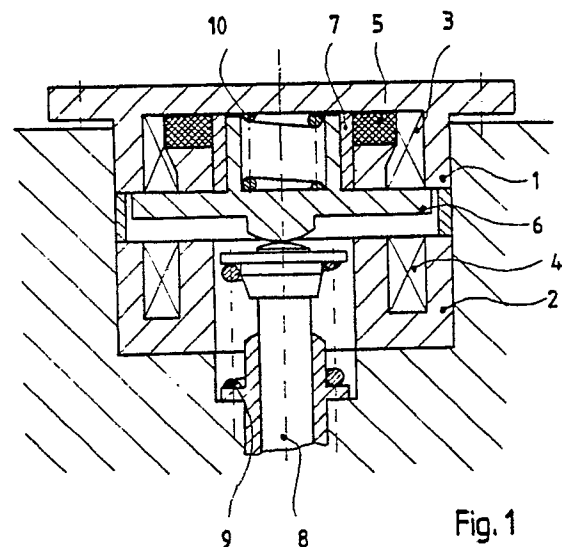


Fig. 1

EP 0 405 191 A1

## ELEKTROMAGNETISCH ARBEITENDE STELLEINRICHTUNG

Die Erfindung bezieht sich auf eine elektromagnetisch arbeitende Stelleinrichtung für oszillierend bewegbare Steuerelemente an Verdrängungsmaschinen, insbesondere für Flachschieber und Hubventile, bestehend aus einem Federsystem und zwei elektrisch arbeitenden Schaltmagneten, im folgenden Arbeitsmagnete genannt, durch die ein das Steuerelement betätigender Anker in zwei gegenüberliegende Schaltpositionen bewegbar ist, wobei der Ort der Gleichgewichtslage des Federsystems zwischen den beiden Schaltpositionen liegt.

Eine derartige Stelleinrichtung ist aus DE-OS 30 24 109 bekannt. Das Steuerelement einer Verdrängungsmaschine wird bei einer Stelleinrichtung dieser Art durch eine Druckfeder in geschlossenem Zustand gehalten. Eine weitere Druckfeder wirkt auf einen mit dem Steuerelement zusammenwirkenden Magnetanker derart, daß die Gleichgewichtslage des Federsystems zwischen den Endlagen der Bewegung des Ankers liegt. Die Endlagen der Ankerbewegung befinden sich jeweils an einem elektrisch betätigten Schaltmagneten, im folgenden Arbeitsmagnet genannt. Zum Schalten dieser Vorrichtung wird jeweils ein Arbeitsmagnet erregt und der andere abgeschaltet. Aufgrund der Kraft der vorgespannten Feder wird der Anker dabei bis zur Gleichgewichtslage beschleunigt und auf seinem weiteren Weg durch die entgegenwirkende Kraft der anderen Feder verzögert. Aufgrund von Reibung kann der Anker die gegenüberliegende Endlage nicht erreichen. Auf dem fehlenden Restweg wird der Anker durch die Zugkraft des entsprechenden Arbeitsmagneten angezogen.

Bei anderen bekannten Anordnungen ist entweder jedem der beiden Arbeitsmagnete ein Permanentmagnet zugeordnet, wie es beispielsweise in DE-OS 35 00 530 beschrieben ist, oder es steht ein gemeinsamer Permanentmagnet für beide Arbeitsmagnete zur Verfügung, wie es in DE-OS 34 02 768 beschrieben ist, um ein Halten des Ankers am jeweiligen Magneten ohne Erregung der Wicklung zu ermöglichen. Das Lösen des Ankers von der Polfläche des Magneten geschieht durch Erregung der Wicklung des jeweiligen Magneten mit einer Polung des Gleichstromes, die eine Schwächung des Magnetfeldes des Permanentmagneten bewirkt.

Mit der in DE-OS 35 00 530 beschriebenen Maßnahme ist gegenüber der aus der DE-OS 30 24 109 bekannten Stelleinrichtung ohne Permanentmagneten eine Energieeinsparung zu erzielen.

Systeme mit einem gemeinsamen Permanentmagneten für beide Arbeitsmagnete sind jedoch aufgrund des höheren Ankergewichtes sowie einer geringeren Axialzugkraft für die geforderte Anwen-

dung als schnelle, kompakte Stelleinrichtungen ungeeignet.

Auch hat sich bei Stelleinrichtungen mit je einem Permanentmagneten pro Arbeitsmagnet gezeigt, daß die für eine Laststeuerung von Brennkraftmaschinen wichtige Zeit zwischen dem Anziehen des Ankers an die Polfläche des Öffnet-Magneten und dem Lösen des Ankers von diesem Magneten bei Verwendung eines Permanentmagneten als Öffnet-Magneten sich nicht kurz genug einstellen läßt. Damit ist eine Einstellung kurzer Steuerzeiten zur Erreichung niedriger Lasten einer Brennkraftmaschine nicht möglich. Auf der Seite des Schließt-Magneten hingegen steht bei 4-Takt-Brennkraftmaschinen eine ausreichend lange Zeitspanne zur Verfügung, so daß dort der Einsatz eines Permanentmagneten sinnvoll ist.

Ein weiterer Nachteil der Anordnung mit je einem Permanentmagneten pro Arbeitsmagnet ist die Möglichkeit zweier gleich wahrscheinlicher Endpositionen des Magnetankers bei Ausfall oder Abschalten der Stelleinrichtung. Dadurch können die Steuerventile beispielsweise von Brennkraftmaschinen entweder in geöffnetem oder in geschlossenem Zustand verbleiben, so daß eine Erkennung durch eine elektronische Steuerung erforderlich ist.

Weiterhin stellt die Energiezufuhr zu der Stelleinrichtung über je zwei Zuleitungen pro Arbeitsmagnet für eine mehrzylindrige Ausführung einer Brennkraftmaschine hohe Anforderungen an eine zuverlässige und kompakte Verlegung und Verbindung der Zuleitungen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Stelleinrichtung insbesondere zum Betrieb einer schnelllaufenden Brennkraftmaschine mit variabel betätigten Steuerelementen zu schaffen, die einen geringeren Energieaufwand benötigt, und die vorzugsweise eine definierte Endlage besitzt, die bei Abschalten oder Ausfall selbsttätig erreicht wird.

Diese Aufgabe wird bei einer Stelleinrichtung der eingangs bezeichneten Art dadurch gelöst, daß sie in der Schließt-Position mit einem Permanentmagneten und einem Elektromagneten versehen ist, während der Öffnet-Magnet nur mit einem Elektromagneten versehen ist.

Um eine größtmögliche Einsparung elektrischer Energie zu erzielen, ist der Permanentmagnet so ausgelegt, daß er ein Anziehen und Halten des Ankers aus der bei der Schwingbewegung erreichten polflächennahen Lage ermöglicht.

Gemäß einer weiteren Ausbildung der Erfindung wird der Permanentmagnet so dimensioniert, daß er nur das Halten des Ankers an den Polflächen des Schließt-Magneten ermöglicht und zum Anziehen des Ankers die Unterstützung durch das

Feld des Elektromagneten benötigt wird.

Eine Verringerung der Anzahl der zu der Stelleinrichtung führenden Kabel wird bei der vorgeschlagenen Anordnung gemäß einer weiteren Ausbildung der Erfindung durch eine Parallelschaltung der beiden Elektromagneten unter Berücksichtigung der elektrischen Polung erreicht.

Für eine Auslegung des Permanentmagneten, die nur das Halten des Ankers an der Polfläche des Magneten ermöglicht, ist bei einem Ausfall oder Abschalten die Möglichkeit gegeben, daß der Anker in die Gleichgewichtslage zwischen den Arbeitsmagneten fällt. Um ausgehend von der Gleichgewichtslage den Anker an einen der Arbeitsmagnete zu bewegen, werden vorzugsweise beide Wicklungen in der Eigenfrequenz des schwingungsfähigen Feder-Masse-Systems erregt.

Für den Einbau eines Permanentmagneten in einen weichmagnetischen Topfmagneten wird gemäß einer weiteren Ausbildung der Erfindung die Position im inneren Magnetschenkel gewählt, da so Beschädigungen vermieden werden können.

Auch kann es zweckmäßig sein, daß die magnetischen Kreise des Permanentmagneten und des der Schließt-Position zugeordneten Elektromagneten ganz oder teilweise getrennt sind.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, daß ein Betrieb der Stelleinrichtung mit kurzen Verweilzeiten am Öffnet-Magneten, d.h. in der geöffneten Position des Steuerventils, ermöglicht wird. Weiterhin besitzt das System bei Ausfall oder Abschalten eine definierte Endposition, und zwar bei Brennkraftmaschinen in der geschlossenen Position des Steuerventils. Weiterhin kann bei entsprechender Auslegung und Schaltung der Elektromagneten die Stelleinheit über zwei gemeinsame Zuleitungen versorgt werden, was eine Halbierung des Aufwandes der elektronischen Ansteuerung bewirkt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnungen näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt im Längsschnitt ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung gemäß der Erfindung mit einem Permanentmagneten im Innenschenkel eines Topfmagneten.

Fig. 2 und 3 zeigen schematisch die Verläufe des Ventilhubes sowie der Stromverläufe der Wicklungen der beiden Elektromagnete bei Betrieb mit getrennten Zuleitungen.

Fig. 4 und 5 zeigen schematisch die Verläufe des Ventilhubes sowie der Stromverläufe der Wicklungen der beiden Elektromagnete bei Betrieb mit gemeinsamen Zuleitungen.

Fig. 6 zeigt schematisch den Verlauf des Ventilhubes sowie die Stromverläufe der Wicklungen der beiden Magnete bei Anschwingen des Systems in seiner Eigenfrequenz.

Fig. 7 zeigt im Längsschnitt eine Ausführungs-

form der Vorrichtung mit teilweise getrennten Magnetkreisen des Permanentmagneten bzw. des Elektromagneten.

Fig. 1 zeigt beispielhaft eine elektromagnetisch arbeitende Stelleinrichtung mit Arbeitsmagneten 1 und 2, Wicklungen 3 und 4 sowie einen Permanentmagneten 5. Ein Anker 6 wird in einer Hülse 7 geführt. Der Permanentmagnet 5 ist bei den hier gestellten hohen Anforderungen an die magnetischen Eigenschaften aus Seltenerd-Kobalt oder Seltenerd-Eisen-Bor-Sintermaterial ausgeführt. Diese Materialien sind sehr spröde und damit leicht zu beschädigen. Der in Figur 1 gezeigte Einbauort zwischen Hülse 7 und Wicklung 3 (mit Vergußmasse ausgefüllt) gewährleistet optimalen Schutz vor Zerstörung.

In der gezeigten Position des Ankers 6 wird dieser durch das Magnetfeld des Permanentmagneten 5 gehalten. Der Schaft 8 der Stelleinrichtung einer Verdrängungsmaschine, beispielsweise ein Ventilschaft, wird in dieser Position durch die Kraft einer Druckfeder 9 in geschlossener Position gehalten. In Figur 2 ist von dieser Ventilstellung ausgehend die Ansteuerung der Wicklungen während eines Hubvorganges dargestellt für den Fall, daß die Auslegung des Permanentmagneten 5 ein Anziehen und Halten des Ankers aus der Bewegung ermöglicht. Der Strom in der Wicklung 3 des Schließt-Magneten 1 schwächt die Feldwirkung des Permanentmagneten 5 auf den Anker 6. Bei einem bestimmten Stromniveau ist im Zeitpunkt  $t_1$  die Kraft einer vorgespannten Druckfeder 10 größer als die Haltekraft des Magneten 1, und Anker 5 und Schaft 8 des Ventils setzen sich in Bewegung. In der Wicklung 4 des Öffnet-Magneten 2 wird der Strom rechtzeitig eingeschaltet, so daß im Zeitpunkt  $t_2$  der Anker an die Polfläche angezogen wird. Nach dem Abschalten des Stromes in der Wicklung 4 setzt sich nach Ablauf einer kurzen Verzugszeit, während der sich das Magnetfeld abbaut bis die Federkraft überwiegt, im Zeitpunkt  $t_3$  der Anker 6 in Bewegung und wird von der Kraftwirkung des Magneten 1 aufgrund des permanentmagnetisch erzeugten Feldes im Zeitpunkt  $t_4$  angezogen und gehalten.

Bei dem in Figur 3 dargestellten Hubvorgang für eine Permanentmagnetauslegung, die ein Anziehen des Ankers 6 nur bei zusätzlicher Unterstützung durch ein von der Wicklung erzeugtes Magnetfeld ermöglicht, ist zusätzlich zu dem oben beschriebenen Ablauf zum Anziehen des Ankers 6 an den Magneten 1 ein Erregen der Wicklung 3 zwischen den Zeitpunkten  $t_3$  und  $t_4$  notwendig. Die Wicklung muß zur Erzeugung eines den Permanentmagneten 5 unterstützenden Feldes gegenüber dem Abwerfvorgang umgepolt werden.

Figur 4 zeigt die bei einer Parallelschaltung der Wicklungen 3 und 4 während eines Hubvorganges

auftretenden Stromverläufe für den Auslegungsfall des Anziehens und Haltens ohne Stromunterstützung durch die Wicklung 3. Dabei richtet sich der Einschaltzeitpunkt des Stromes vor  $t_1$  in beiden Wicklungen nach dem Stromanstieg in Wicklung 3 zum Abwerfen des Ankers 6 am Magneten 1. Die Auslegung der Wicklung 4 wird dabei so gewählt, daß der Strom zum Zeitpunkt  $t_2$  der Annäherung des Ankers an die Polfläche des Magneten 2 ein zum Anziehen des Ankers 6 ausreichendes Niveau erreicht hat. Der schraffiert dargestellte Bereich der Stromkurve ist für die Funktion der Stelleinrichtung nicht erforderlich, jedoch fließt Strom aufgrund der Parallelschaltung der Wicklungen noch bis zum Zeitpunkt  $t_2$ , dem Einfangen des Ankers.

Figur 5 zeigt die bei der Auslegung für Anziehen mit Stromunterstützung durch die Wicklung 3 auftretenden Stromverläufe. Die Auslegung der Wicklungen 3 und 4 wird so gewählt, daß der Strom in Wicklung 3 im Zeitpunkt  $t_1$  ein schnelles Abwerfen des Ankers 6 einleitet und der gleichzeitig eingeschaltete Strom in Wicklung 4 ein zum Zeitpunkt  $t_2$  der Ankerannäherung ausreichendes Niveau zum Anziehen des Ankers 6 aufweist. Während der Rückbewegung des Ankers 6 wird nach dem Zeitpunkt  $t_3$  die Stromrichtung in den Wicklungen umgekehrt. Die schraffiert dargestellten Bereiche unter den Stromverläufen sind für die Funktion der Stelleinrichtung nicht erforderlich, aber durch die Parallelschaltung beider Wicklungen bedingt; die sich dadurch ergebenden Verluste sind bei entsprechender Auslegung der Wicklungen gering.

In Figur 6 ist ausgehend von der Gleichgewichtslage der Anschwingvorgang für eine Stelleinrichtung mit einem Permanentmagneten 5 im Schließt-Magneten 1 gezeigt. Linienzug 20 zeigt den Hub der Stelleinrichtung, beispielsweise des Ventils einer Brennkraftmaschine, während die Linienzüge 21 und 22 den Stromverlauf in dem der Schließt- bzw. der Öffnet-Funktion zugeordneten Elektromagneten zeigt.

Das Einschalten des Stromes in Wicklung 4 bewirkt eine Magnetzugkraft im Magneten 2, der daraufhin den Anker 6 anzieht. Aufgrund der hohen Federkräfte und fehlender kinetischer Energie kann der Anker jedoch nicht bis zum Erreichen der vorgesehenen Endlage angezogen werden, und er schwingt nach Erreichen eines ersten Extremwertes 23 zurück. Die angeregte Schwingbewegung hat die Periodendauer entsprechend der Eigenfrequenz des Feder-Masse-Systems. Anschließend wird der Strom in Spule 4 abgeschaltet und in Spule 3 eingeschaltet, wobei der Strom in Spule 3 so gepolt ist, daß das permanentmagnetische Feld verstärkt wird. Nach mehreren Wiederholungen dieses Vorgangs erreicht der Anker den Magneten 1 bei der Auslenkung 24 und er wird dort gehalten,

bis ein Strom entgegengesetzter Polung in Wicklung 3 das permanentmagnetische Feld schwächt und ein Abwerfen des Ankers 6 bewirkt.

In Figur 7 ist eine Stelleinheit mit einem oberen Arbeitsmagneten 30 dargestellt, dessen permanentmagnetischer Kreis, bestehend aus einem Permanentmagneten 31, einem Polstück 32 sowie einem Mittelschenkel 33, mit dem separaten Kreis des Elektromagneten, bestehend aus Außenschenkel 34, Joch 35 und Wicklung 36, durch den gemeinsamen Mittelschenkel 33 verbunden ist. Der permanentmagnetische Kreis 31, 32, 33 hat zwei Axialluftspalte, über die die Zugkraft auf Anker 37 wirkt. Der elektromagnetische Kreis 33, 34, 35, 36 hat einen Axial- und einen Radialluftspalt 38. Durch Erregung der Wicklung 36 des Arbeitsmagneten 30 kann je nach elektrischer Polung die permanentmagnetisch erregte Flußdichte im Mittelschenkel 33 sowohl verstärkt als auch geschwächt werden, und daher kann sowohl eine Unterstützung des Anziehens des Ankers 37 gegen die Kraft der Feder 39 als auch die Einleitung der Ankerbewegung erfolgen. Bei geöffnetem Magnetkreis, d.h. Anlage des Ankers 37 am unteren Arbeitsmagneten 40, wird durch den kurzen Luftweg im Radialspalt 38 der permanentmagnetische Kreis weniger geschwächt als bei einer Anordnung mit zwei Axialluftspalten nach Figur 1; trotzdem wird, durch Nutzung des Mittelschenkels 33, im angezogenen Zustand eine hohe Haltekraft aufgebracht.

## Ansprüche

1. Elektromagnetisch arbeitende Stelleinrichtung für oszillierend bewegbare Steuerelemente an Verdrängungsmaschinen, insbesondere für Flachschieber und Hubventile, bestehend aus einem Federsystem und zwei elektrisch arbeitenden Schaltmagneten, im folgenden Arbeitsmagnete genannt, durch die ein das Steuerelement betätigender Anker in zwei gegenüberliegende Schaltpositionen bewegbar ist, wobei der Ort der Gleichgewichtslage des Federsystems zwischen den beiden Schaltpositionen liegt, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zu dem der Schließt-Funktion zugeordneten Arbeitsmagneten ein Permanentmagnet angeordnet ist, während der der Öffnet-Funktion zugeordnete Arbeitsmagnet ausschließlich oder überwiegend als Elektromagnet ausgebildet ist.
2. Stelleinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die magnetischen Kreise des Permanentmagneten und des der Schließt-Position zugeordneten Elektromagneten ganz oder teilweise getrennt sind.
3. Stelleinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß unter Berücksichtigung der Polung die Wicklungen beider Arbeitsmagnete

parallel geschaltet sind.

4. Stalleinrichtung nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß die Attraktionskraft des Permanentmagneten so bemessen ist, daß er das Anziehen und Halten des Ankers an die Polflächen des mit dem Permanentmagneten zusammenwirkenden Arbeitsmagneten bei stromloser Wicklung ermöglicht.

5

5. Stalleinrichtung nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß die Attraktionskraft des Permanentmagneten so bemessen ist, daß er das Halten des Ankers an den Polflächen des mit dem Permanentmagneten zusammenwirkenden Arbeitsmagneten bei stromloser Wicklung ermöglicht und das Anziehen des Ankers durch Erregung der Wicklung des Arbeitsmagneten unterstützt wird.

10

15

6. Stalleinrichtung nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß der Permanentmagnet im Innenschenkel eines als Topfmagnet ausgebildeten Arbeitsmagneten untergebracht ist.

20

7. Stalleinrichtung nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklungen der Arbeitsmagnete in einer der Eigenfrequenz des schwingungsfähigen Systems entsprechenden Frequenz erregbar sind.

25

30

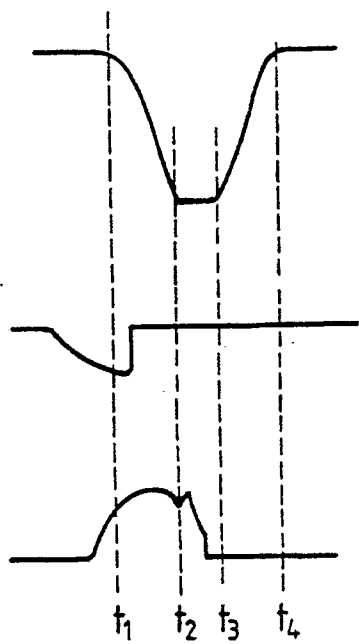
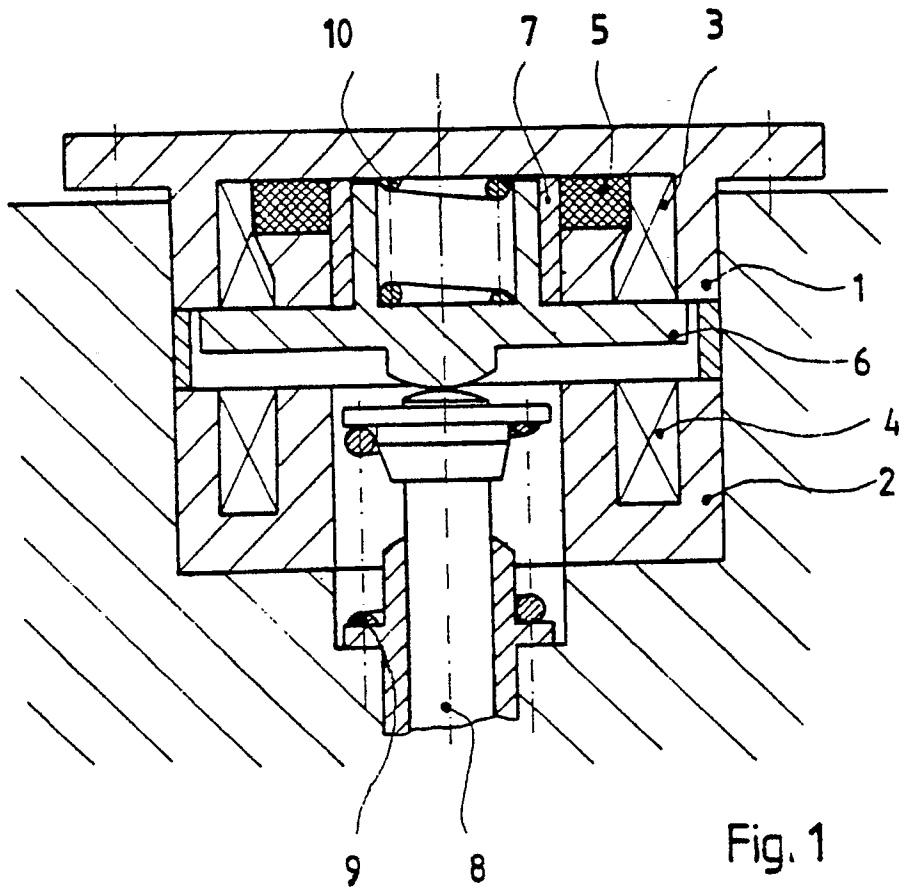
35

40

45

50

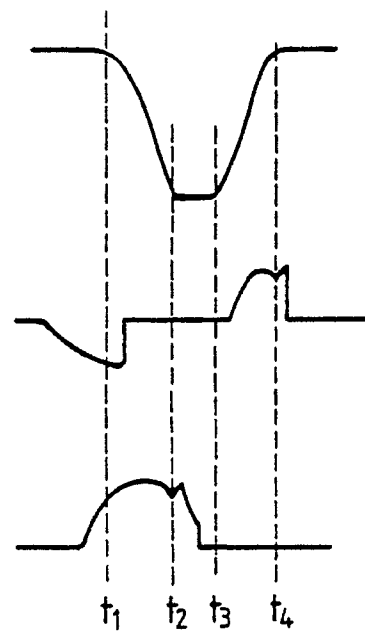
55



Ventilhub:

Strom  
Schließt-Magnet:

Strom  
Öffnet-Magnet:



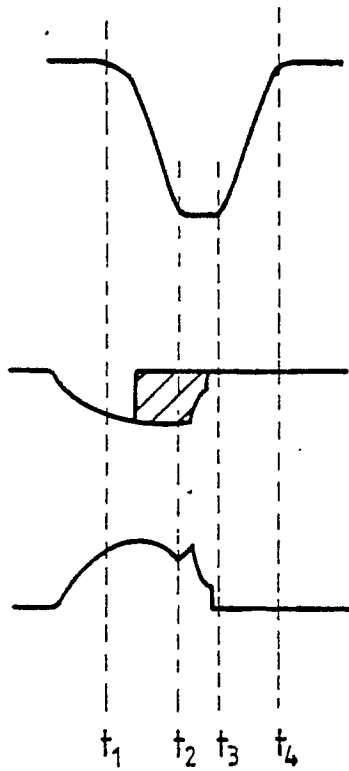


Fig. 4

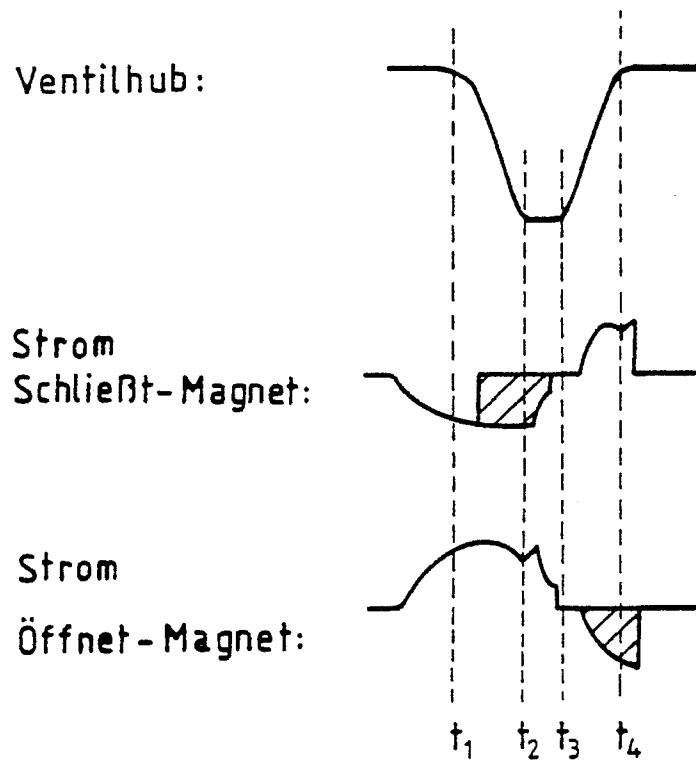


Fig. 5

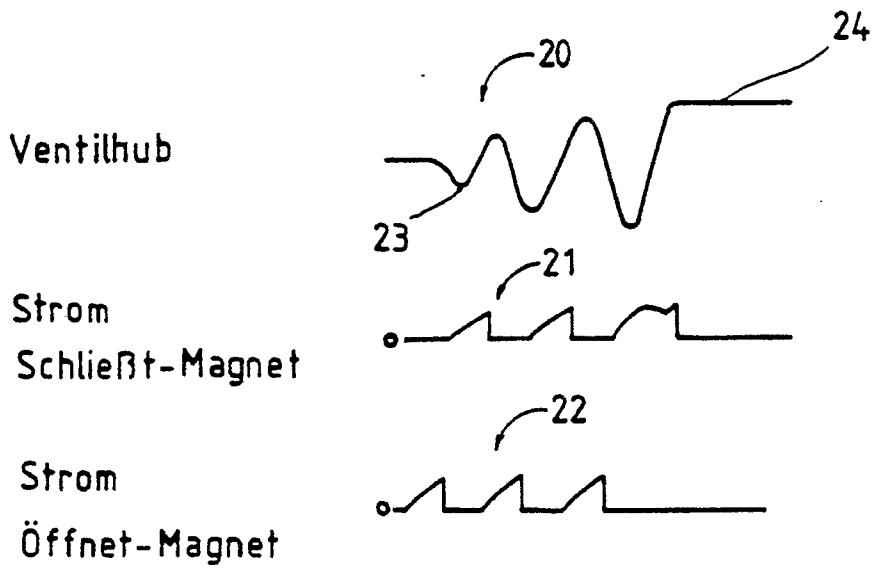


Fig. 6

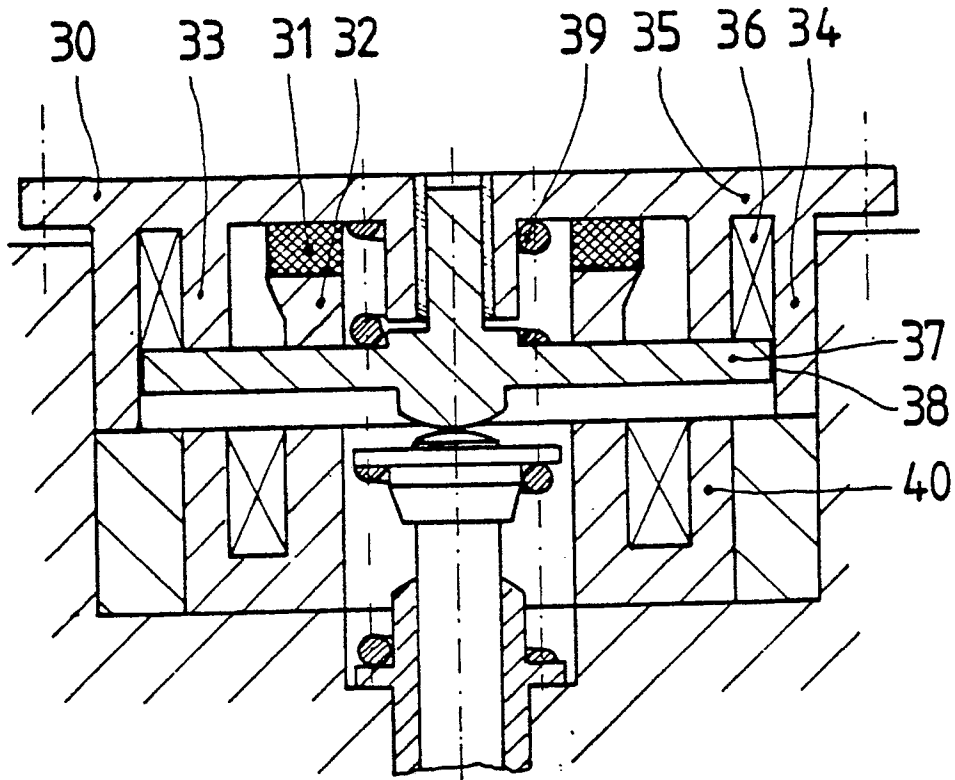


Fig. 7





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 90 11 0589

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	US-A-4779582 (LEQUESNE) * Spalte 4, Zeilen 34 - 63; Figur 3 *	1, 4	F01L9/04
A	US-A-4831973 (RICHESON) * Spalte 3, Zeilen 52 - 68; Figur 1 *	2	
A	EP-A-281192 (MAGNAVOX) * Spalte 7, Zeilen 1 - 23; Figur 5 *	3	
D,A	DE-A-3500530 (BINDER MAGNETE) * Seite 10, Zeile 25 - Seite 11, Zeile 10 * * Seite 13, Zeilen 7 - 23; Figur 1 *	6, 7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			F01L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 05 OKTOBER 1990	Prüfer LEFEBVRE L.J.F.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	