



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 471 884 A1**

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: **90116279.2**

Int. Cl.⁵: **F15B 13/043**

Anmeldetag: **24.08.90**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.02.92 Patentblatt 92/09

Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

Anmelder: **MOOG GmbH**
Hanns-Klemm-Strasse 28
W-7030 Böblingen(DE)

Erfinder: **Handte, Herbert**
Schillerstrasse 27
W-7024 Filderstadt(DE)

Vertreter: **Patentanwälte Grünecker,**
Kinkeldey, Stockmair & Partner
Maximilianstrasse 58
W-8000 München 22(DE)

Elektrohydraulisches Servoventil.

Die Erfindung betrifft ein elektrohydraulisches Servoventil, mit einem proportionalen Zusammenhang zwischen dem elektrischen Stellsignal und der Auslenkung des Steuerkolbens des Servoventils, wobei das Servoventil einen Zylinder und einen darin gelagerten Steuerkolben aufweist, und der Steuerkolben auf seinen beiden Stirnseiten in druckbeaufschlagbaren Steuerkammern liegt, um den Kolben bei einem Druckunterschied in diesen beiden Steuerkammern aus seiner neutralen Stellung auszulenken, wobei der Zylinder einen mittigen Druckeinlaßkanal und zwei in axialer Richtung versetzt angeordnete Druckauslaßkanäle aufweist, die durch den Steuerkolben verschlossen sind, wenn er sich in seiner neutralen Lage befindet und bei ausgelenktem Steuerkolben teilweise bis ganz geöffnet werden, um einen von der Lage des Steuerkolbens abhängigen Durchlaßquerschnitt zwischen einem der Druckauslaßkanäle und dem Druckeinlaßkanal freizugeben, wobei der Druckunterschied in den Steuerkammern durch das elektrische Stellsignal erzeugt wird, und zeichnet sich dadurch aus, daß der Steuerkolben derart dimensioniert ist, daß er den einen oder den anderen Druckauslaßkanal erst bei einer vorgegebenen axialen Auslenkung (x) aus seiner neutralen Stellung zu öffnen beginnt (positive Überdeckung), und daß zum Ausgleich der durch die positive Überdeckung entstandenen Nichtlinearität zwischen dem elektrischen Steuersignal und der Auslenkung des Steuerkolbens eine elektrische Kompensationsschaltung vorgesehen ist und daß die beiden Steuerräume über einen Bypasskanal miteinander zum Druck-

ausgleich über ein in dem Kanal liegendes elektrisch zu betätigendes Ventil verbindbar sind, und daß dieses Ventil derart ausgebildet ist, daß es im stromlosen Zustand öffnet.

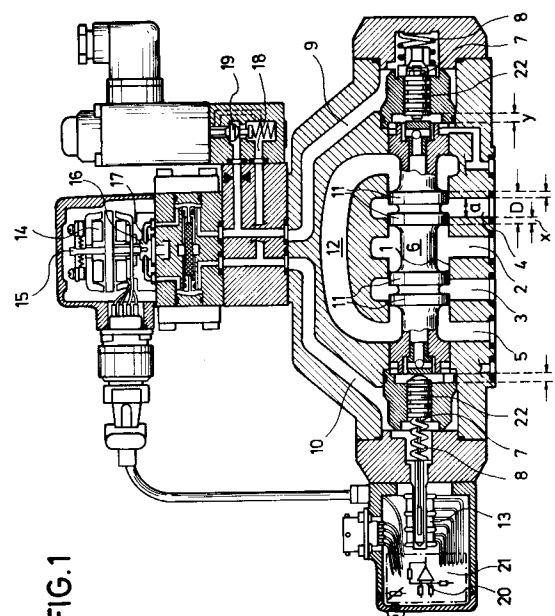


FIG.1

Die Erfindung bezieht sich auf ein elektrohydraulisches Proportional- oder Servoventil nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Regelkreise werden von Maschinenherstellern zunehmend zur Steigerung von Produktqualität und des Automatisierungsgrades eingesetzt. Eine typische Anwendung ist der elektrohydraulische Lageregelkreis.

Eine wichtige Funktion hat dabei das Proportionalventil. Es muß ein elektrisches Signal schnell und genau in einen entsprechenden Durchfluß oder Druck umwandeln. Insbesondere ist es bei diesen Anwendungen wichtig, die Regelgröße in engen Toleranzen zu halten. Deshalb ist eine streng lineare Kennlinie zwischen dem elektrischen Steuersignal und dem Durchfluß zu fordern.

Die Entwicklung der Proportionalventile ist dadurch gekennzeichnet, daß konstruktive Verbesserungen zum Ziel hatten, den sogenannten Totbandbereich der Ventilkennlinie zu minimieren. Dabei trat zwangsweise die Problematik auf, daß bei Ventilen, bei denen der Totbandbereich zugunsten der Linearität gering gehalten wurde, Leckströme aufgrund der mechanischen Fertigungstoleranzen auftreten.

Genaue Linearität und Sicherheit in der neutralen Stellung sind in Servoventilen wegen der angesprochenen Leckströme nicht vereinbar. Die geforderte Sicherheit kann nur mit zusätzlichen Mitteln realisiert werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein lineares Servoventil der eingangs genannten Art anzugeben, bei dem trotz guter Linearität ein Stillstand des Verbrauchers in der Ruhestellung gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird, gemäß vorliegender Erfindung durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Die vorliegende Erfindung nutzt die Erkenntnis, daß es nicht so wichtig ist, das Ventil selbst von seinem mechanischen Aufbau linear zu gestalten, sondern daß ein lineares Ventil auch dadurch erreicht werden kann, daß man bewußt ein nichtlineares Ventil wählt, das mit einer elektrischen Schaltung wieder linear gemacht wird.

Ventile mit einem mechanischen Überdeckungskbereich gewährleisten einen sicheren Stillstand des unter Last stehenden Verbrauchers, da sie auch bei den üblichen Fertigungstoleranzen den Druckauslaßkanal zuverlässig von dem Druckeinlaßkanal trennen, wenn sich der Steuerkolben in der neutralen Stellung befindet.

Dadurch erhält das Ventil aber eine nicht lineare Charakteristik. Durch die elektrische Kompensationsschaltung wird die Linearität wieder vollständig erreicht, ohne aber den angesprochenen Sicherheitsvorteil aufgeben zu müssen.

Mit dem zusätzlichen Bypasskanal und dem darin gelagerten Elektroventil wird weiterhin sicher-

gestellt, daß das Servoventil sehr schnell, beispielsweise bei Stromausfall sofort in seine Ruhestellung übergeht, in der die Last absolut stillsteht.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer in der Zeichnung dargestellten Ausführungsform erläutert.

Fig. 1 zeigt ein Schnittbild eines Proportionalventils zweistufiger Bauart;

Fig. 2 zeigt eine bevorzugte Ausführung der Kompensationsschaltung.

Fig. 3 zeigt den Zusammenhang zwischen Ausgangs- und Eingangsspannung der Kompensationsschaltung.

Das Proportionalventil weist einen Zylinder 1 mit einem mittigen Druckeinlaßkanal 2, zwei in axialer Richtung versetzt angeordnete Druckauslaßkanäle 3 und 4 sowie einen Rückführkanal 5, der mit dem Versorgungstank verbunden ist, auf.

In dem Zylinder 1 ist zwischen zwei Treiberkolben 22 ein Steuerkolben 6 gelagert. Die Stirnflächen 7 der Treiberkolben 22 können über die Steuererräume 9 und 10 mit einem Steuerdruck in axialer Richtung beaufschlagt werden. An dem Steuerkolben sind jeweils über den beiden Druckauslaßkanälen 3 bzw. 4 ein Paar Kolbenringe 11 ausgebildet. Der Steuerkolben besitzt zwischen den Kolbenringen 11 ringförmige Ausnehmungen, damit die hydraulische Flüssigkeit den Kolben besser umfließen kann. In den gegenüber stehenden Abschnitten der Zylinderwand sind entsprechende (ringförmige) Kammern ausgebildet. Der Druck auf die Kolbenringe 11 wirkt daher auf den gesamten Umfang der Kolbenfläche. Die beiden Druckauslaßkanäle 3, 4 besitzen einen Durchmesser a , welcher der Dicke der ringförmigen Kammern entspreche. Die beiden Kolbenringe 11 besitzen einen Anstand in axialer Richtung voneinander derart, daß die Gesamtdicke D der beiden Kolbenringe größer ist als die Dicke der ringförmigen Kammern (a) bzw. der Durchmesser der Druckauslaßöffnungen 3 bzw. 4 an der Zylinderwandinnenseite. Die Hälfte der Differenz zwischen der Gesamtdicke D und der Dicke der ringförmigen Kammern bzw. dem Durchmesser der Druckauslaßkanäle (a) soll die positive Überdeckung x definieren. Die maximale Auslenkung des Steuerkolbens 6 aus der Ruhestellung soll mit y bezeichnet werden.

Die druckfreien Außenräume des Zylinders 1 stehen über eine Ausgleichsleitung 12 und dem gemeinsamen Rückführkanal (5) miteinander in Verbindung.

Der Steuerkolben 6 ist in axialer Richtung über zwei Federn 8, die ebenfalls auf die Stirnflächen 7 der Treiberkolben 22 wirken, in der Nullstellung mittig zentriert im Ventilgehäuse gelagert. Mit dem Steuerkolben 6 ist in axialer Verlängerung ein elektrischer Lageaufnehmer 13 verbunden, der über einen aus dem Stand der Technik bekannten elek-

trischen Lageregelkreis 20 auf einen Torquemotor 14 rückgekoppelt ist. Lageregelkreis und Kompensationsschaltung 21 gemäß der Erfindung befinden sich in einem elektrisch isolierten Teil des Ventilgehäuses. Der Anker 15 des Torquemotors 14 wirkt direkt auf die Prallplatte 16 einer Düse 17-Prallplatte 16-Systems.

Die Steuerräume 9 und 10 weisen einen Bypasskanal 18 und ein in diesem Kanal liegendes elektrisch zu betätigendes Ventil 19 auf, um bei geöffnetem Ventil miteinander verbunden zu werden.

In Fig. 2 ist eine bevorzugte Ausführungsform der Kompensationsschaltung dargestellt. Die Schaltung besteht aus einem invertierenden Verstärker mit einem Eingangswiderstand R und einer Rückkopplungsschaltung, bestehend aus drei Rückkopplungszweigen, die auf den negativen Eingang des Operationsverstärkers rückwirken. Einer dieser Rückkopplungszweige besteht lediglich aus einem einstellbaren ohmschen Widerstand R_3 , die beiden anderen jeweils aus der Serienschaltung einer einstellbaren Spannungsquelle U_1 bzw. U_2 , einer Diode D_1 und D_2 und einem einstellbaren Widerstand R_1 bzw. R_2 . Die Dioden D_1 bzw. D_2 sind in bezug auf die Polaritäten der Spannungsquellen U_1 bzw. U_2 in Sperrichtung geschaltet.

Nimmt man ideale Bauteile an, so gelten folgende Zusammenhänge zwischen Ausgangs (U_A)- und Eingangsspannung (U_E):

$$U_A = - U_E \cdot R_3/R \text{ für } U_1 < U_A < U_2$$

$$U_A = - U_E \cdot R_1/R \text{ für } U_A < U_1 \text{ und } R_3 \gg R_1$$

$$U_A = - U_E \cdot R_2/R \text{ für } U_A > U_2 \text{ und } R_3 \gg R_2$$

In Fig. 3 ist der Zusammenhang zwischen dem Eingangs- und dem Ausgangssignal graphisch dargestellt. Der Graph ist abschnittsweise durch die oben angegebenen Gleichungen definiert.

Die Steigungen der geraden Abschnitte werden durch die Verhältnisse der Rückkopplungswiderstände R_1 , R_2 , und R_3 zum Eingangswiderstand R bestimmt. Je geringer das Verhältnis, desto flacher verläuft der jeweilige Geradenabschnitt.

Maßgebend für die Lage der Knickpunkte der Nichtlinearität sind die variablen Spannungsquellen U_1 und U_2 . Ein Erhöhen bzw. Erniedrigen der Spannung verschiebt den jeweiligen Knickpunkt in Richtung der positiven bzw. negativen Y-Achse des Diagramms in Fig. 3. Der Rückführkanal mit dem Widerstand R_3 , der immer wirksam ist, wird in Abhängigkeit vom Ausgangssignal in der oben angegebenen Weise parallel entweder zum Widerstand R_1 oder R_2 geschaltet.

Bereits ein sehr kleines positives Signal am Eingang der Kompensationsschaltung erzeugt an dessen Ausgang ein Signal der Amplitude U_1 . Die-

ses Signal verschiebt den Steuerkolben um die Auslenkung (x) aus seiner Ruhelage heraus. Dadurch beginnt sich der Druckauslaßkanal 4 bei einer weiteren Erhöhung des Eingangssignals sofort zu öffnen. Von diesem Knickpunkt an besteht ein linearer Zusammenhang zwischen dem elektrischen Stellsignal und dem Durchfluß durch das Ventil.

Der gleiche Vorgang geschieht in umgekehrter Weise für ein negatives Signal am Eingang der Kompensationsschaltung und dem Druckauslaßkanal 3. Dabei entsprechen sich die Knickpunkte der elektrischen Nichtlinearität (Fig. 3) und die durch die positive Überdeckung entstandene nichtlineare Ventilkennlinie. Das bedeutet aber praktisch nichts anderes als ein lineares Verhalten des Ventils nach außen hin. Der Totbandbereich wird quasi "übersprungen", ohne den Durchfluß durch das Ventil abzusperren. Damit zeigt das Ventil nach außen hin über den gesamten Arbeitsbereich lineares Verhalten.

Öffnet sich bei einer Unterbrechung der Stromzufuhr das im Bypasskanal 18 liegende Ventil 19, werden die Steuerkammern 9, 10 hydraulisch kurzgeschlossen. Dadurch gleicht sich ein bestehender Druckunterschied in den Steuerkammern sofort aus und die Rückstellfedern 8 verschieben den Steuerkolben 6 in den Bereich positiver Überdeckung. Hier ist der absolute sichere Stillstand des Verbrauchers gewährleistet, da keine Leckströme im Überdeckungsbereich auftreten können. Damit wird dem Sicherheitsbedürfnis Rechnung getragen.

Patentansprüche

1. Elektrohydraulisches Servoventil, mit einem proportionalen Zusammenhang zwischen dem elektrischen Stellsignal und der Auslenkung des Steuerkolbens (6) des Servoventils, wobei das Servoventil einen Zylinder (1) und einen darin gelagerten Steuerkolben (6) aufweist, und der Steuerkolben auf seinen beiden Stirnseiten (7) in druckbeaufschlagbaren Steuerkammern (9, 10) liegt, um den Kolben (6) bei einem Druckunterschied in diesen beiden Steuerkammern (9, 10) aus seiner neutralen Stellung auszulenken, wobei der Zylinder einen mittigen Druckeinlaßkanal (2) und zwei in axialer Richtung versetzt angeordnete Druckauslaßkanäle (3, 4) aufweist, die durch den Steuerkolben (6) verschlossen sind, wenn er sich in seiner neutralen Lage befindet und bei ausgelenktem Steuerkolben (6) teilweise bis ganz geöffnet werden, um einen von der Lage des Steuerkolbens abhängigen Durchlaßquerschnitt zwischen einem der Druckauslaßkanäle (3, 4) und dem Druckeinlaßkanal (2) freizugeben, wobei der Druckunterschied in den Steuerkammern

(9, 10) durch das elektrische Stellsignal erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Steuerkolben (6) derart dimensioniert ist, daß er den einen oder den anderen Druckauslaßkanal (3, 4) erst bei einer vorgegebenen axialen Auslenkung (x) aus seiner neutralen Stellung zu öffnen beginnt (positive Überdeckung), und daß zum Ausgleich der durch die positive Überdeckung entstandenen Nichtlinearität zwischen dem elektrischen Steuersignal und der Auslenkung des Steuerkolbens (6) eine elektrische Kompensationsschaltung (21) vorgesehen ist und daß die beiden Steuerräume (9, 10) über einen Bypasskanal (18) miteinander zum Druckausgleich über ein in dem Kanal liegendes elektrisch zu betätigendes Ventil (19) verbindbar sind, und daß das Ventil (19) derart ausgebildet ist, daß es im stromlosen Zustand öffnet.

5

10

15

20

2. Servoventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die vorgegebene axiale Auslenkung (x) vorzugsweise 10% des maximalen Stellweges (y) beträgt.

25

3. Servoventil nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die elektrische Kompensationsschaltung (21) in das Ventilgehäuse integriert ist.

30

4. Servoventil nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die elektrische Kompensationsschaltung (21) wenigstens einen Operationsverstärker aufweist, daß der Operationsverstärker mit einer Rückkopplungsschaltung versehen ist, die ihm eine Nichtlinearität verleiht, die die durch die positive Überdeckung entstandene Nichtlinearität ausgleicht.

35

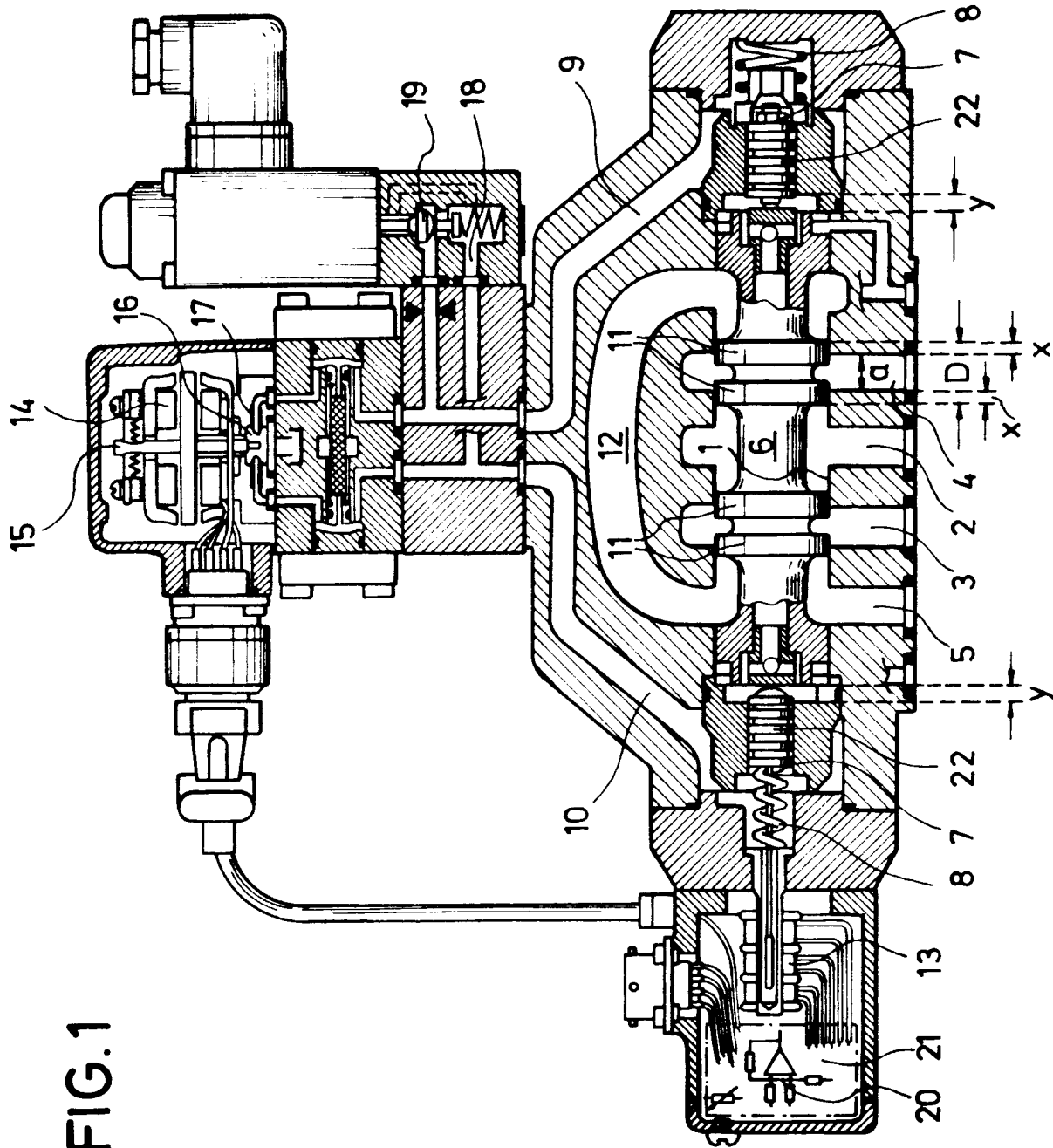
40

45

50

55

FIG.1



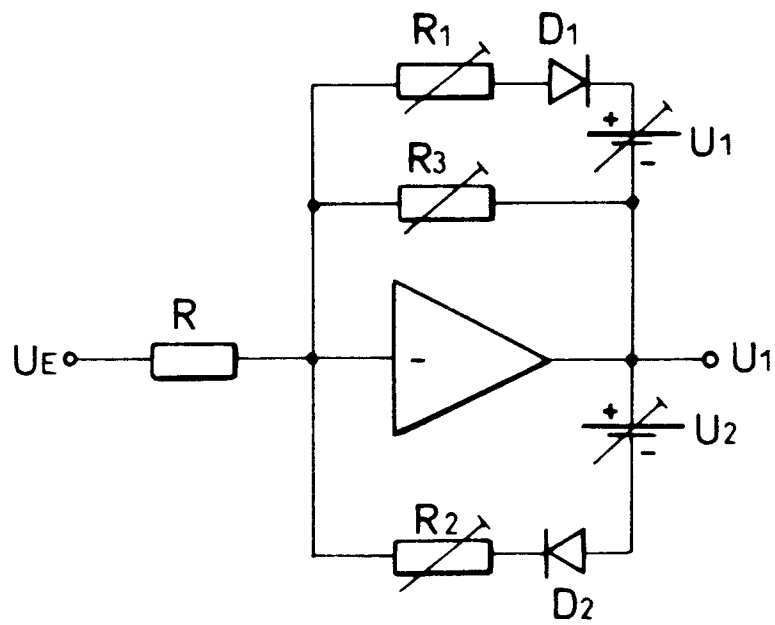


FIG. 2

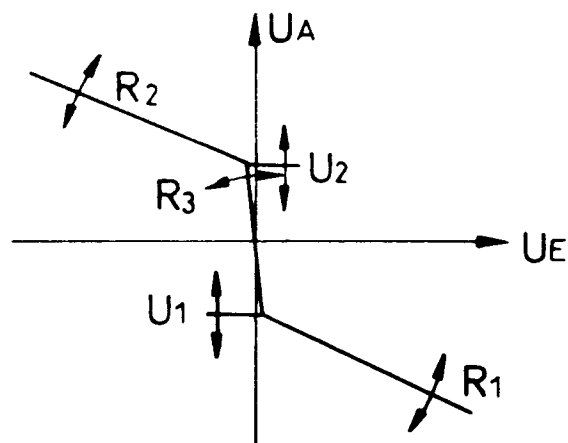


FIG. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 90 11 6279

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
Y	FR-A-2 439 920 (BOSCH) * das ganze Dokument * - - -	1-4	F 15 B 13/043
Y	ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE. vol. 128, no. 7, April 1986, DUSSELDORF DE Seiten 235 - 238; von gerd scheffel: "stetige richtungssteuerung" * Seite 238; Figur 13 * - - -	1-4.	
A	OLHYDRAULIK UND PNEUMATIK. vol. 33, no. 10, Oktober 1989, MAINZ DE Seiten 786 - 789; berthold klug: "neue stetigventile zum steuern und regeln von plastverarbeitungs-maschinen" * Seite 787 * - - -	1-4.	
A	EP-A-0 376 023 (BOSCH) - - - - -		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			F 15 B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 15 Februar 91	Prüfer KNOPS J.
<div>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</div> <div>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</div>			