

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 528 103 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den
Einspruch:

28.06.2000 Patentblatt 2000/26

(51) Int. Cl.⁷: **F15B 13/043**, F15B 13/16

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:

11.10.1995 Patentblatt 1995/41

(21) Anmeldenummer: **92104566.2**

(22) Anmeldetag: **17.03.1992**

(54) **Elektrohydraulische Stelleinheit**

Electrohydraulic actuator

Dispositif de commande électro-hydraulique

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE FR GB IT SE

(30) Priorität: **20.07.1991 DE 4124140**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

24.02.1993 Patentblatt 1993/08

(73) Patentinhaber:

GfT

Gesellschaft für Hydraulik-Technologie GbR
45141 Essen (DE)

(72) Erfinder:

• **Tolksdorf, Detlef**

45141 Essen (DE)

• **Pidde, Gerd**

44879 Bochum (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

DE-A- 2 830 332

DE-A- 3 527 026

FR-A- 2 508 565

US-A- 3 783 901

• **Prospect Nr. 625 D 1.80 der Firma MOOG GmbH**
mit der Titel: "Servoverstellgeräte für
Verstellpumpen und Verstellmotoren"

EP 0 528 103 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektro-hydraulische Stelleinheit, insbesondere zur Steuerung von Baumaschinen, gemäß gattungsbildendem Teil des ersten Patentanspruches.

[0002] Durch die DE-A 35 27 026 ist eine elektro-hydraulische Stelleinheit bekannt, die ein verschiebbares kolbenartiges Teil, insbesondere einen Steuerschieber aufweist, an dessen beiden Stirnseiten je eine Steuerkammer angeordnet ist, die über Steuermittels zwecks Verschieben des Teiles mit Druckmittel beaufschlagbar bzw. entlastbar ist. Das Steuermittel ist ein jeder Steuerkammer zugeordnetes, elektro-magnetisch betätigbares Steuerventil, das über eine mechanische Rückführung auf das Steuerventil einwirkt. Die mechanische Rückführung ist hierbei als Feder ausgebildet, die sich jeweils an den einander zugewandten Stirnseiten von verschiebbarem Teil und Steuerventil abstützt. Für den kolbenartigen Teil sind weitere Zentrierfedern vorgesehen. Durch diese Stelleinheit soll eine Rückführung zur Lageregelung des verschiebbaren Teiles erzielt werden, wobei die Einstellung besonders genau sein soll. Die Steuerventile sind hierbei als 3/2-Wegeventile ausgebildet.

[0003] Nachteilig ist an dieser Stelleinheit festzustellen, daß aufgrund der Wechselwirkung von Magnetkraft und Federkraft am Ventil ein Druck eingestellt wird (nach dem Stromteilerprinzip), der über die Fläche des verschiebbaren Teiles als Verstellkraft wirkt. Daraus folgt, daß bei konstanter proportionaler Magnetkraft der Steuerdruck nur noch in Abhängigkeit der Kolbenschieberstellung eingestellt wird, d.h. es gibt bei einer Schieberstellung nur genau einen Einstellwert. Da aber die auftretenden Störgrößen, welche den Kolbenschieber verstellen in großer Bandbreite auftreten, muß bei konstanter Magnetkraft auch der Steuerdruck in großer Bandbreite einstellbar sein, um den Kolben lagegerecht positionieren zu können. Darüber hinaus weist diese Stelleinheit einen schlechten Wirkungsgrad auf, da der Steuerölvolumenstrombedarf hoch ist aufgrund der Stromteilerfunktion zur Steuerdruckerzeugung, Ferner ist ein hoher Steuerdruckbedarf vonnöten, da der Hauptkolben gegen eine Feder verstellt wird. Infolge des ständig anstehendes Druckes ist mit hohen Leistungsverlusten durch das umlaufende Öl zu rechnen.

[0004] Der DE-C 28 35 771 ist ein Cartridge-Ventil zu entnehmen, mit einer Einrichtung zu dessen Ansteuerung mittels eines hydraulischen Folgesystems, bestehend aus einem Cartridge-Element zur Regelung eines Ventil-Hauptstromanschlusses durchströmenden hydraulischen Volumenstromes, mit einer Zulaufdrossel zwischen dem angeströmten Hauptstromanschluß und der Steuerseite des Cartridge-Elementes und mit einem über ein Gestänge mit einer verstellbaren Ablaufdrossel zusammenwirkenden Vorsteuerkolben eines Vorsteuerventils sowie mit einem Steuerventil zum Betätigen des Vorsteuerkolbens. Das Steuerventil bildet hierbei eine

selbständige Regeleinrichtung zum Verbinden des angeströmten Hauptstromanschlusses mit der Ober- oder Unterseite des Vorsteuerkolbens mit einer Rücklaufleitung, die den Vorsteuerkolben proportional zu einem Steuersignal bewegt, wobei die Regeleinrichtung mit einem Anschluß über eine Rohrleitung mit der Ober- oder Unterseite des Vorsteuerkolbens und mit einem weiteren Anschluß über eine Rohrleitung mit der anderen Seite des Vorsteuerkolbens verbunden ist. Nachteilig an dieser Ausführung ist festzustellen, daß lediglich zwei Stellungen durch dieses Cartridge-Ventil herbeiführbar sind und eine von Störgrößen unabhängige Positionierung des Hauptkolbens innerhalb des Gehäuses nicht realisierbar ist.

[0005] Durch die DE-A 28 30 332 ist eine elektro-hydraulische Ventileinheit, gem oberbegriff des Anspruches 1 bekannt mit einem Proportional-Servoventil, einem mit diesem gekuppelten Richtungssteuerventil zum Steuern eines Arbeitszylinders und mit einem, elektro-mechanischen Wandler zum Erzeugen einer von dem elektrischen Eingangssignal linear abhängigen Kraft zum Verstellen des Servoventils bekannt, wobei das Richtungssteuerventil eine Ventilschnecke aufweist, die eine neutrale Stellung, eine erste Arbeitsstellung zum Verbinden einer Fluiddruckquelle mit einer Kammer des Arbeitszylinders und eine zweite Arbeitsstellung zum Verbinden dieser Kammer mit dem Sumpf umfaßt. Die Ventilschnecke des Richtungssteuerventils ist über eine Feder mit der Ventilschnecke des Servoventils gekoppelt. Auf der anderen Seite der Ventilschnecke des Servoventils ist eine zweite Feder angeordnet und wirkt der ersten Feder entgegen. Die Federkonstante der zweiten Feder ist größer als die der ersten, wobei die zweite Feder so angeordnet ist, daß im stromlosen Zustand des elektro-mechanischen Wandlers die Ventilschnecke des Servoventils in ihrer Neutralstellung ist. Die Federkonstante der zweiten Feder kann hierbei um den Faktor 5-12 größer sein als die Federkonstante der ersten Feder. Mit anderen Worten, für jedes eine Kraftänderung bewirkende Verschiebungsincrement der einen Druckfeder beträgt die Änderung der anderen Druckfeder das 5- bis 12-fache der ersten Druckfeder. Die Kraftänderung des Magnetkerns bezüglich der Veränderung der Lage desselben ist immer kleiner, als die kombinierten Federkonstanten der Druckfedern, so daß sich der Magnet, wenn er erregt wird, nicht in seine maximale Stellung bewegen kann. Zum Einsatz gelangen eine Vielzahl von unterschiedliche Federkonstanten aufweisenden Federn, so daß eine von Störgrößen einzelner oder aller Federn unabhängige Positionierung des Hauptkolbens innerhalb des Gehäuses nicht realisiert werden kann.

[0006] In einem Firmenprospekt der Firma Moog GmbH mit der Veröffentlichungsnummer 625 D 1.80 sind Servoverstellgeräte für Verstellpumpen und Verstellmotoren beschrieben. Bild 1 auf Seite 4 zeigt das Servoverstellgerät in seinem Ausgangszustand bei Steuerstrom null. Prallplatte und Anker befinden sich in

ihrer Mittellage. Ein kleiner Teil des Steueröls fließt dauernd über die Blenden zu den Düsen. Bei Mittellage der Prallplatte ist der Druckstrom vor den Düsen 1 und 2 und somit auch auf die Stirnfläche des Steuerkolbens gleich. Er befindet sich ebenfalls in seiner Mittellage, wo eine negative Überdeckung der Steuerkanten für eine Verbindung der Stellkolbenseiten untereinander und zum Tank sorgt. Eine Rückstellfeder bewegt den Stellkolben und damit die Verstellpumpe in die vom Pumpenhersteller eingestellte Null-Lage. Dabei ist für eine stabile Null-Lage von Bedeutung, daß beim Aussteuern der Null-Lage erst die Vorspannung der Rückstellfedern überwunden werden muß. Der Zulauf des Steueröls erfolgt über eine Blende, mit deren Durchflußquerschnitt die Verstellgeschwindigkeit beeinflusst werden kann. Anstelle der Blende im Steuerölzulauf können alternativ Blenden im Zulauf zum Stellkolben eingebaut werden. Zum Einsatz gelangen hierbei eine Vielzahl von Federn, die wiederum Störgrößen darstellen, die auch durch Verwendung von Elektromagneten keinen geschlossenen Lageregelkreis bilden können, der auch bei auftretenden Störgrößen eine hohe Einstellgenauigkeit bzw. Reproduzierbarkeit von Position und Geschwindigkeit der zu steuernden Bauteile aufrecht erhalten kann.

[0007] Ziel des Erfindungsgegenstandes ist die Weiterbildung der gattungsgemäßen elektrohydraulischen Stelleinheit dahingehend, daß ein geschlossener Lageregelkreis gebildet wird, der auch bei auftretenden Störgrößen, wie Strömungskräften, Druckänderungen und dgl. bei hoher Einstellgenauigkeit bzw. Reproduzierbarkeit von Position und Geschwindigkeit der zu steuernden Bauteile aufrecht erhalten werden kann.

[0008] Dieses Ziel wird erfindungsgemäß durch die im Kennzeichen des ersten Patentanspruches angeführten Merkmale erreicht.

[0009] Vorteilhafte Weiterbildungen des Erfindungsgegenstandes sind den gegenständlichen Unteransprüchen zu entnehmen.

[0010] Gegenüber dem Stand der Technik werden durch den Erfindungsgegenstand folgende Vorteile erzielt:

- hohe Stellgenauigkeit von Hydrauliksystemen bei robuster, unempfindlicher Ausführung des Regelkreises,
- Optimierung des Energiehaushaltes,
- Verwendung geringerer Anzahl von Steuermitteln,
- kein Ölumlau im ausgeregelten Zustand,
- störgrößenunabhängige Positioniergenauigkeit des Hauptkolbens
- Erhöhung der Feinsteuerbarkeit.

[0011] Der Einsatzbereich des Erfindungsgegenstandes betrifft im wesentlichen die Ansteuerung von Hydro-Zylindern und Hydro-Motoren im stationären Industriebereich, wobei ein bevorzugtes Anwendungsgebiet durch den mobilen Baumaschinenbereich gebil-

det wird.

[0012] Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung dargestellt und wird wie folgt beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 - Blockschaltbild

Figur 2 - Prinzipskizze der Anordnung bzw. Verknüpfung der erfindungsgemäßen Stelleinheit.

[0013] In Figur 1 ist anhand eines Blockschaltbildes der geschlossene Regelkreis dargestellt. Die eingefügten Buchstaben werden nachstehend aufgelistet:

s	= Weg des Hauptkolbens
A	= Additionsstelle Magnet + Feder
$F_{Stör}$	= Störkräfte auf den Hauptkolben
F_{St}	= Stellkräfte
p_{St}	= Steuerdruck
F	= Kraftdifferenz am Steuerkolben
F_R	= Kraft der Regelfeder
F_I	= Kraft des Proportionalmagneten

[0014] Die Funktion des Lageregelkreises stellt sich wie folgt dar: der Sollwert wird über den Wandler I/F_I auf die Additionsstelle A in physikalischer Form der Kraft F_I geführt und wird mit der Kraft F_R des Wandlers s/F_R verrechnet. Ergibt sich aus dieser Rechnung eine Regeldifferenz, so wird über den Wandler F/p_{St} und den Wandler p_{St}/F_{St} der Kolben verstellt, so daß dieser einen Weg s zurücklegt, bis der Wandler s/F_R eine Kraft eingestellt hat, welche die gleiche absolute Größe besitzt, wie die des Wandlers I/F_I , was aufgrund der verschiedenen Vorzeichen der Kräfte F_I und F_R als Ergebnis die Kraft $F = 0$ ergibt und somit der Kolben lagegeregelt positioniert ist.

[0015] Wirken Kräfte $F_{Stör}$ auf den Kolben ein, so legt dieser den Weg s zurück und verändert über den Wandler s/F_R die Werte an der Additionsstelle A in der Form, daß über die Wandler F/p_{St} und p_{St}/F_{St} eine Kraft erzeugt wird, welche der Kraft $F_{Stör}$ in gleicher absoluter Größe entgegenwirkt, bis der Kolben wieder positioniert ist.

[0016] Anhand des Blockschaltbildes wird klar, daß unabhängig von den Störgrößen ($F_{Stör}$) der Stellweg des Kolbens lagegeregelt nachgeführt werden kann.

[0017] Figur 2 zeigt als Prinzipskizze die erfindungsgemäße elektro-hydraulische Stelleinheit, die im wesentlichen folgende Bauteile beinhaltet:

einen innerhalb eines Gehäuses 1 in Längsrichtung bewegbaren Hauptkolben 2, ein Vorsteuerventil 3 samt Kolben 4, Elektro-Magnete 5,6 sowie eine Spiralfeder 7 (kann auch eine andersgeartete Feder sein) als Weg-Kraft-Wandler. Das Vorsteuerventil 3 ist ein wegeproportionales 4/3-Ventil. Durch die elektronische Ansteuerung beispielsweise des Magneten 6 öffnet das Ventil 3 die Verbindung P nach A und B nach T. Hierbei bewegt der Kolben 4 sich in Richtung des Hauptkolbens 2 und

das Steueröl fließt in die Steuerkammer 8 und bewegt den Hauptkolben 2 in Richtung des Kolbens 4. Der Hauptkolben 2 ist über die als Druckfeder ausgebildete Spiralfeder 7 mit dem Kolben 4 des Vorsteuerventils 3 verbunden, dergestalt, daß sie an den einander zuge-
 wandten Stirnseiten 9,10 der beiden Kolben 2,4 befestigt ist. Der Hauptkolben 2 wird solange verstellt, bis sich die Druckfeder 7 aufgrund ihrer Kennlinie so eingestellt hat, daß die Federkraft der Druckfeder 7 und die magnetische Kraft des Magneten 6 im Gleichgewicht befinden. Dies bedeutet, daß der Hauptkolben 2 über die Druckfeder 7 den Kolben 4 des Vorsteuerventils 3 schließt. Jede positive oder negative Positionsabweichung des Hauptkolbens 2 bedingt ein Kräfteungleichgewicht zwischen Druckfeder 7 und elektronischer Magnetkraft, so daß der Kolben 4 in Regelstellung geht, bis der Hauptkolben 2 wieder positioniert ist.

[0018] Der gleiche Vorgang funktioniert in umgekehrter Weise, indem der Elektro-Magnet 5 betätigt wird und die Verbindung P nach B sowie A nach T hergestellt wird, was zu einer Druckerhöhung in der Steuerkammer 11 mit entsprechender Verschiebung des Hauptkolbens 2 führt.

Patentansprüche

1. Elektro-hydraulische Stelleinheit, insbesondere zur Steuerung von Baumaschinen, mit einem verschiebbaren Hauptkolben, an dessen Stirnseiten Steuerkammern vorgesehen sind, die über elektromagnetisch betätigbare Steuermittel mit Druckmittel beaufschlagbar bzw. entlastbar sind, wobei durch ein einziges mittels zweier Elektro-Magnete (5,6) betätigbares Steuermittel (3) in Form eines Vorsteuer-Wegeventils (3), das mit dem Hauptkolben (2) in Reihe angeordnet ist sowie mindestens einen Weg-Kraft-Wandler (7), der in Wirkverbindung mit dem Hauptkolben (2) und einem Kolben (4) des Vorsteuer-Wegeventils (3) steht, durch Betätigen eines der Elektro-Magnete (5 oder 6) über das Vorsteuer-Wegeventil (3) Steueröl in die zugehörige Steuerkammer (8 oder 9) fließt dadurch gekennzeichnet, daß das Vorsteuer-Wegeventil (3) ein Wegeproportionales Ventil ist, und daß der Weg-Kraft-Wandler (7) mit den einander zuge-
 wandten Stirnseiten (9, 10) des Hauptkolbens (2) sowie des Kolbens (4) des Vorsteuer-Wegeventils (3) verbunden ist, wobei der Hauptkolben (2) in die entsprechende Richtung (s) und der Kolben (4) des Vorsteuer-Wegeventils (3) über den Weg-Kraft-Wandler (7) durch den Hauptkolben (2) solange bewegt werden, bis die Federkraft des mit den Kolben (2, 4) verbundenen Weg-Kraft-Wandlers (7) und die magnetische Kraft im Gleichgewicht sind, und wobei ein geschlossener Lageregelkreis, unabhängig von Störgrößen, dadurch gebildet wird, daß bei jeder Positionsabweichung des Hauptkolbens (2) ein Kräfteungleichgewicht zwischen der

Federkraft des mit den Kolben (2, 4) verbundenen Weg-Kraft-Wandlers (7) und der elektrischen Magnetkraft sich einstellt, wobei der Kolben (4) in Regelstellung geht, bis der Hauptkolben (4) störgrößenunabhängig wieder positioniert ist.

2. Elektrohydraulische Stelleinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der mit den Kolben (2, 4) verbundene Weg-Kraft-Wandler (7) als Spiralfeder ausgebildet ist.
3. Elektrohydraulische Stelleinheit nach Anspruch 2 **dadurch gekennzeichnet, daß** die Spiralfeder (7) eine Druckfeder ist.
4. Elektrohydraulische Stelleinheit nach Anspruch 2 **dadurch gekennzeichnet, daß** die Spiralfeder (7) eine kombinierte Zug-Druck-Feder ist.
5. Elektrohydraulische Stelleinheit nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der mit den Kolben (2, 4) verbundene Weg-Kraft-Wandler (7) als Tellerfeder ausgebildet ist.

Claims

1. Electro-hydraulic actuator, especially for controlling construction machinery, having a displaceable main piston, on the end faces of which are provided control chambers, which can be acted upon with and relieved of pressure medium by electromagnetically controllable control means, wherein there is provided a single control means (3) controllable by means of two electromagnets (5, 6), which control means is in the form of a multi-way relay valve (3) that is arranged in series with the main piston (2), and at least one travel/force converter (7) which is in operative connection with the main piston (2) and a piston (4) of the multi-way relay valve (3), wherein by actuating one of the electromagnets (5 or 6) by way of the multi-way relay valve (3) control oil flows into the associated control chamber (8 or 11), characterised in that the multi-way relay valve (3) is a travel-proportional valve and the travel/force converter (7) is connected to the end faces (9, 10) of the main piston (2) and of the piston (4) of the multi-way relay valve (3), which end faces face one another, wherein the main piston (2) is moved in the appropriate direction (s) and the piston (4) of the multi-way relay valve (3) is moved by the main piston (2) by way of the travel/force converter (7) until the spring force of the travel/force converter (7), which is connected to the pistons (2, 4), and the magnetic force are in equilibrium, and wherein a closed position control loop, independent of disturbances, is formed by the fact that in the event of any departure in the position of the main piston (2) a disequilibrium of forces arises between the spring

force of the travel/force converter (7), which is connected to the pistons (2, 4), and the electromagnetic force, the piston (4) moving to the control position until the main piston (2) has been repositioned independently of disturbances.

5

2. Electrohydraulic actuator according to claim 1, characterised in that the travel/force converter (7) connected to the pistons (2, 4) is in the form of a helical spring.

10

3. Electrohydraulic actuator according to claim 2, characterised in that the helical spring (7) is a compression spring.

15

4. Electrohydraulic actuator according to claim 2, characterised in that the helical spring (7) is a combined tension/compression spring.

5. Electrohydraulic actuator according to claim 2, characterised in that the travel/force converter (7) connected to the pistons (2, 4) is in the form of a disk spring.

20

Revendications

25

1. Dispositif de commande électro-hydraulique, destiné en particulier au réglage d'engins de chantier, comportant un piston principal mobile, sur les côtés frontaux duquel sont prévues des chambres de réglage qui peuvent être soumises à ou libérées d'une charge à l'aide de moyens à air comprimé, par l'intermédiaire de moyens de réglage actionnés électro-magnétiquement, un seul moyen de réglage (3), pouvant être actionné à l'aide de deux électroaimants (5, 6), sous la forme d'une soupape-pilote (3) qui est agencée en série avec le piston principal (2), ainsi que par au moins un convertisseur déplacement-force (7) qui est en liaison active avec le piston principal (2) et le piston (4) de la soupape-pilote (3), la mise en action d'un des électroaimants (5 ou 6) par l'intermédiaire de la soupape-pilote (3) faisant couler de l'huile de réglage dans la chambre de réglage (8 ou 11) associée, caractérisé en ce que la soupape-pilote (3) est un distributeur proportionnel, en ce que le convertisseur déplacement-force (7) est relié aux côtés frontaux (9, 10), tournés l'un vers l'autre, du piston principal (2) ainsi que du piston (4) de la soupape-pilote (3) et, le piston principal (2), dans la direction correspondante (s) et le piston (4) de la soupape-pilote (3), par l'intermédiaire du convertisseur déplacement-force (7), grâce au piston principal (2), étant déplacés aussi longtemps que l'élasticité du convertisseur déplacement-force (7) et la force magnétique sont en équilibre, une régulation en boucle fermée étant formée indépendamment des perturbations de telle sorte que, pour chaque écart de position du piston

30

35

40

45

50

55

principal (2) s'établit un déséquilibre de forces, entre l'élasticité du convertisseur déplacement-force (7) relié aux pistons (2, 4) et la force électromagnétique de l'aimant, le piston (4) allant dans la position de réglage jusqu'à ce que le piston principal (2) soit de nouveau positionné indépendamment des perturbations.

2. Dispositif de commande électro-hydraulique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le convertisseur déplacement-force (7) relié aux pistons (2, 4) est formé comme un ressort spiral.

3. Dispositif de commande électro-hydraulique selon la revendication 2, caractérisé en ce que le ressort spiral (7) est un ressort de pression.

4. Dispositif de commande électro-hydraulique selon la revendication 2, caractérisé en ce que le ressort spiral (7) est un ressort combiné de pression/de traction.

5. Dispositif de commande électro-hydraulique selon la revendication 2, caractérisé en ce que le convertisseur déplacement-force (7) relié aux pistons (2, 4) est formé comme un ressort à disques.

Fig. 1

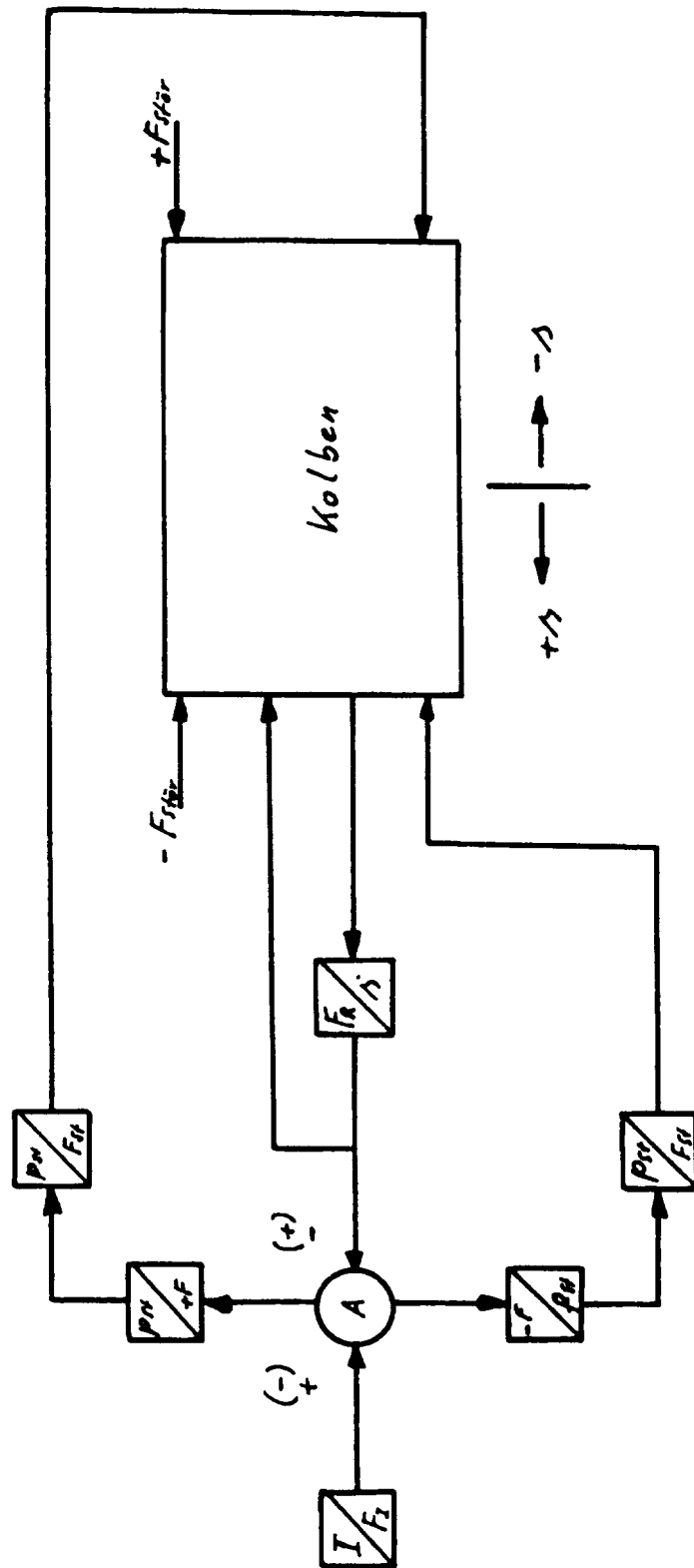


Fig. 2

