



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

## PATENTSCHRIFT

(19) DD (11) 219 605 A1

4(51) G 05 B 11/36

## AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 05 B / 257 041 0

(22) 24.11.83

(44) 06.03.85

(71) Technische Hochschule, 9010 Karl-Marx-Stadt, PSF 964, DD

(72) Kühnel, Andreas, Dipl.-Ing.; Noack, Karsten, Dipl.-Ing.; Rauch, Manfred, Doz. Dr. sc. techn., DD

## (54) Anordnung zur Erzeugung eines nichtlinearen Reglerverhaltens

(57) Die Anordnung zur Erzeugung eines nichtlinearen Reglerverhaltens ist zur Regelung vorwiegend solcher Systeme, deren Parameter annähernd konstant sind oder zwischen definierten Bereichen wechseln, anwendbar und dient einer Realisierung eines gezielt nichtlinearen Reglerverhaltens mit geringem Aufwand und hoher Genauigkeit. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß an einer Stelle des Regelkreises eine spezielle Baugruppe, deren Ausgangswert in Abhängigkeit von der Größenordnung ihres Eingangswertes von je einem Inhalt eines Speichers bestimmt wird, eingefügt wird. Der Einfluß variierender Parameterwerte kann hierbei durch Anwendung eines Matrixspeichers oder eines zusätzlichen, regelbaren Übertragungsgliedes ausgeglichen werden. Für den Fall einer digitalen Erfassung der Soll-Ist-Wert-Differenz ist eine besonders einfache Variante der Erfindung realisierbar, indem der Speicher durch eine Gruppe analoger Spannungsteiler, die direkt an einzelne Stellenausgänge angekoppelt sind, gebildet wird und eine Auswahl-schaltung diejenige Potentiometerspannung, die der höchstwertigen aktiven Bitstelle entspricht, auswählt. Die Erfindung kann auch zum Ausgleich auftretender Nichtlinearitäten im Regelkreis angewendet werden.

## Anordnung zur Erzeugung eines nichtlinearen Reglerverhaltens

### Anwendungsgebiet der Erfindung

Das Anwendungsgebiet der Erfindung umfaßt Regelkreise mit P-D-Struktur und bezieht sich vorwiegend auf solche Regelkreise, bei denen die Parameter des zu regelnden Systems annähernd konstant sind oder zwischen definierten Bereichen wechseln. Besonders geeignet ist die Erfindung bei Anwendung schaltender oder stark übersteuernder Stellsignalerzeugung. Weiterhin ergeben sich Anwendungsmöglichkeiten insbesondere auf dem Gebiet der Positionier- oder Transporteinrichtungen aber auch für andere zu regelnde Systeme, z.B. Temperaturregelungen.

### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Aus der Regelungstechnik sind zahlreiche, vorwiegend auf der Basis von integrierten Operationsverstärkern arbeitende Funktionsgeneratoren und Übertragungsglieder bekannt. Desweiteren ist der Einsatz einfacher nichtlinearer Bauelemente, z.B. Dioden, bekannt.

Jedoch können all diese nur in sehr begrenztem Maße wahlweise vorgegebene Nichtlinearitäten nachbilden und sind auf rein analoge Regelkreise beschränkt.

Eine für digitale Regelkreise anwendbare Lösung zeigt DE-2205935. Hier wird ein völlig wahlweises Reglerverhalten dadurch realisiert, daß verschiedene Signale zur Adressierung

eines Matrixspeichers, aus dessen Inhalten direkt die Stellgröße abgeleitet wird, herangezogen werden. Der Nachteil dieser Lösung besteht darin, daß bei, wie im allgemeinen üblich, mindestens zwei Zustandssignalen der Speicher, um alle auftretenden Kombinationen zu erfassen, eine sehr große Kapazität aufweisen muß. Daraus wird ersichtlich, daß bisher, um vorgegebene Nichtlinearitäten nachzubilden, zur Erzielung einer hohen Genauigkeit ein hoher schaltungstechnischer Aufwand getrieben werden mußte.

#### 10 Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist es, ein wahlweise nichtlineares Reglerverhalten hoher Genauigkeit mit möglichst geringem Aufwand zu realisieren.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

- 15 Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine Anordnung zu schaffen, mit der ein wahlweise nichtlineares Reglerverhalten, das einfach variierbar sein soll, erzeugt werden kann. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß in einem aus einer Einrichtung zur Erzeugung eines ersten Zustandssignals, zu der eine Einrichtung zur Erzeugung eines zweiten Zustandssignals parallel angeordnet ist, denen eine Einrichtung zur Erzeugung eines Stellsignals und das zuregelnde System, nachgeordnet ist, bestehenden Regelkreis, zwischen der Einrichtung zur Erzeugung des ersten Zustandssignals und der Einrichtung zur Erzeugung des Stellsignals eine gezielte Nichtlinearität durch den Einsatz einer einen Speicher beinhaltende Baugruppe, deren Ausgangswert in Abhängigkeit von der Größenordnung der Soll-Ist-Wert-Differenz oder ihrer ersten zeitlichen Ableitung aus einem der Inhalte eines Speichers, der analog oder digital realisiert sein kann, resultiert und zusammen mit den anderen Zustandssignalen der Einrichtung zur Erzeugung der Stellgröße zugeführt wird, erzielt wird, angeordnet ist.
- 20
- 25
- 30

5 Bei zwischen definierten Bereichen wechselnden Parametern  
(z.B. Lastwechsel bei Transporteinrichtungen) und sich da-  
raus ergebender wechselnder gezielter Nichtlinearität des  
Regelkreises kann der Speicher als Matrixspeicher ausgeführt  
5 sein, dem weitere Signale (z.B. ein diskretisiertes Lastmeß-  
signal) an weitere Adresseingänge zugeführt werden können.  
Eine weitere Möglichkeit der Anwendung auf variierende Para-  
meterwerte besteht in einem parameterabhängigen (adaptiven)  
Übertragungsglied als Bestandteil der das Stellsignal erzeu-  
10 genden Einrichtung.

Bei symmetrischem, d.h. vorzeichenunabhängigem Verhalten des  
zu regelnden Systems läßt sich die Anordnung besonders zweck-  
mäßig derart anwenden, daß die den Speicher beinhaltende Bau-  
gruppe nur eine betragsmäßige Abarbeitung seiner Eingangswerte  
15 durchführt, womit eine weitere Reduzierung der notwendigen  
Speicherplätze auf die Hälfte der sonst notwendigen Anzahl er-  
möglichst wird. Vorzeicheninformationen können dann direkt der  
Einrichtung zur Erzeugung des Stellsignals, die dann zusätz-  
lich ein steuerbares Übertragungsglied enthält, zugeführt wer-  
20 den. Eine zweckmäßige Realisierung der den Speicher beinhal-  
tenden Baugruppe besteht darin, daß der Speicher aus einer An-  
ordnung analoger Spannungsteiler besteht, die an digitale  
Stellenausgänge derart angekoppelt sind, daß über den Spannungs-  
teilern, deren zugehörige Stellenausgänge einen aktiven Pegel  
25 aufweisen, Spannungen abfallen und diejenige der an diesen  
Spannungsteilern abgegriffenen Potentiometerspannungen, deren  
Spannungsteiler der digitalen Bitstelle größten Stellenwertes  
nachgeschaltet ist, mittels einer Auswahlhaltung, vorzugs-  
weise aus Dioden bestehend, den Spannungspegel am Speicher-  
30 ausgang bestimmt, wobei einige der Spannungsteiler zusätzlich  
an ein digitales Netzwerk, das digitalen Stellenausgängen  
nachgeschaltet ist, angekoppelt sein können.

Soll der Speicher Ausgangswerte liefern, die mit betrags-  
mäßig größer werdenden Eingangswerten betragsmäßig kleiner  
35 werden, so ist eine Umkehrung der Schaltungsanordnung derart  
möglich, daß die Spannungsteiler an Stellenausgänge ange-

koppelt sind, die die Soll-Ist-Wert-Differenz betragsmäßig digital komplementär repräsentieren, daß die ODER-Schaltung in den Stellenausgängen nachgeschalteten digitalen Netzwerk durch eine UND-Schaltung ersetzt wird, die Spannungsteiler und der Ausgang des Speichers gegen die Betriebsspannung anstelle des Massepotentials abgeschlossen werden und alle Dioden umgepolt werden.

Vorteil der Erfindung ist, daß ein wahlweise gezielt nicht-lineares Reglerverhalten mit hoher Geschwindigkeit und zumindest bereichsweiser hoher Genauigkeit mit einfachsten schaltungstechnischen Mitteln erzielt werden kann.

#### Ausführungsbeispiel

Fig.1: Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung

Fig.2: Schaltungstechnische Realisierung des Speichers

Die Erfindung soll an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

Einer Einrichtung P zur Ermittlung eines ersten digitalen Zustandssignals x, das den Betrag der Soll-Ist-Wert-Differenz verkörpert, ist der Speicher Sp gemäß Fig. 2 derart nachgeschaltet, daß zwischen den digitalen Stellenausgängen SA niedrigeren Stellenwertes sowie zwischen dem Ausgang eines als ODER-Schaltung ausgeführten Netzwerkes NW, das die höheren der Stellenausgänge SA logisch zusammenfaßt, und dem Massepotential E analoge Spannungsteiler Spt, die einen Analogspeicher darstellen, geschaltet ist. Die Potentiometerspannungen der Spannungsteiler Spt sind derart über eine Auswahl-schaltung AW an den Speicherausgang A, welcher über einen Widerstand mit dem Massepotential E verbunden ist, angekoppelt, daß die analoge Spannung des Speicherausgangs A aus dem größten sich an einem der Spannungsteiler Spt einstellenden Pegel resultiert. Die Potentiometerspannungen sind so dimensioniert, daß die Spannungsteiler Spt, die höherwertigen Stellenausgängen SA nachgeschaltet sind, jeweils höhere Spannungspegel aufweisen. Da nur diejenigen der Spannungsteiler Spt, die an Stellenausgänge SA, die einen High-Pegel aufweisen, ange-

koppelt sind, eine vom Massepotential  $E$  verschiedene Potentiometerspannung erzeugen, bestimmt somit der Spannungswert, der dem höchsten der auf High-Pegel stehenden Stellenausgänge SA entspricht, den Pegel am Speicherausgang A. Die Übertragungsfunktion der den Speicher Sp enthaltenden Baugruppe stellt demnach eine mit größeren Eingangswerten ansteigende Treppenfunktion dar, die im Bereich kleiner Eingangswerte, also bei betragsmäßig kleinen Soll-Ist-Wert-Differenzen, eine genauere, bessere Approximation der gewünschten resultierenden gezielten Nichtlinearität ermöglicht.

Der Ausgangswert  $f(x)$  der den Speicher Sp beinhaltenden Baugruppe wird gemäß Fig. 1 in einer Einrichtung St zur Erzeugung des Stellsignals StS mit einem in einer speziellen Einrichtung D erzeugten zweiten Zustandssignal  $x$ , das eine nicht notwendig lineare Funktion des betragsmäßigen Wertes der ersten zeitlichen Ableitung der Soll-Ist-Wert-Differenz ist, sowie mit weiteren Zustandssignalen  $vzx$  und  $vzx$ , die die Vorzeichen der Soll-Ist-Wert-Differenz und ihrer ersten zeitlichen Ableitung verkörpern, verarbeitet und daraus das Stellsignal StS abgeleitet, das dem zu regelnden System Pr zugeführt wird. Soll die zu erzielende nichtlineare Übertragungsfunktion der den Speicher Sp beinhaltenden Baugruppe bei betragsmäßig kleiner werdenden Eingangswerten betragsmäßig größer werdende Ausgangswerte liefern, ist eine Umkehrung der Schaltungsanordnung zur Realisierung der den Speicher Sp beinhaltenden Baugruppe möglich, indem die Spannungsteiler Spt an solche Stellenausgänge SA angekoppelt sind, die den Betrag der Soll-Ist-Wert-Differenz digital komplementär repräsentieren, indem anstelle der Oder-Schaltung eine UND-Schaltung eingesetzt wird, indem weiterhin die Spannungsteiler Spt und der Widerstand, der an den Speicherausgang A angekoppelt ist, an das Betriebspotential der Digitalschaltung gelegt werden und ferner alle Dioden der Auswahl-schaltung AW umgepolt werden.

Eine Anwendung auf variable Parameter oder Einflüsse ist durch Anwendung eines Matrixspeichers derart möglich, daß dem

digitalen Schaltungsteil mehrere der oben beschriebenen Schaltungsanordnungen parallel nachgeschaltet sind und die einzelnen Speicherausgänge A dieser Schaltungen einer durch ein von einer Einrichtung H erzeugtes weiteres Zustandssignal I, das die wechselnden Parameter charakterisiert, gesteuerten Umschalteneinrichtung zugeführt werden. Eine andere Anwendung auf variable Parameter oder Einflüsse ist durch ein dem Ausgang der den Speicher beinhaltenden Baugruppe nachgeschaltetes steuerbares Übertragungsglied Ü möglich. Der wesentliche Vorteil der Anordnung besteht darin, ein auf den Charakter und die speziellen Parameterwerte des zu regelnden Systems  $P_r$  abgestimmtes, gezielt nichtlineares Reglerverhalten mit hoher Genauigkeit und äußerst geringem Aufwand zu ermöglichen.

15 Ferner besteht hiermit die Möglichkeit, unbeabsichtigte, nichtlineare Übertragungsfunktionen von Elementen des Regelkreises auszugleichen. Somit kann zum Beispiel das die erste zeitliche Ableitung der Soll-Ist-Wert-Differenz repräsentierende Signal  $x$  über ein einfachstes nichtlineares oder sogar reziprok arbeitendes Meßsystem gewonnen werden, ohne daß das gewünschte Reglerverhalten beeinflusst wird.

20 Ein weiterer Vorteil der im speziellen Ausführungsbeispiel dargestellten Variante besteht darin, daß die Anordnung in der Lage ist, die gestellten Forderungen in extrem schnellen Vorgängen zu erfüllen.

25

Erfindungsanspruch

1. Anordnung zur Realisierung eines nichtlinearen Reglerverhaltens bestehend aus einer Einrichtung (P) zur Erzeugung eines ersten Zustandssignales ( $x$ ), das zumindest den Absolutbetrag der Soll-Ist-Wert-Differenz repräsentiert,  
5 einer Einrichtung (D) zur Erzeugung eines zweiten Zustandssignals ( $\dot{x}$ ), das zumindest den Absolutbetrag der ersten zeitlichen Ableitung der Soll-Ist-Wert-Differenz repräsentiert, wobei durch diese Einrichtungen ggf. die Vorzeicheninformationen zu diesen beiden Zustandssignalen  
10 als weitere Zustandssignale ( $vzx$ ) und ( $v\dot{x}$ ) mit erzeugt werden, sowie mit einer Einrichtung (St) zur Erzeugung eines Stellsignals (StS) und dem zuregelnden System (Pr) gekennzeichnet dadurch, daß sie zusätzlich eine einen  
15 Speicher beinhaltende Baugruppe (Sp) aufweist, die zwischen der Einrichtung (P) zur Erzeugung des ersten Zustandssignales ( $x$ ) und der Einrichtung (St) zur Erzeugung eines Stellsignals (StS) so angeordnet ist, daß entsprechend der Größenordnung des ersten ( $x$ ) oder zweiten ( $\dot{x}$ ) Zustandssignals je ein Speicherinhalt ausgegeben und zusammen mit  
20 den anderen der Zustandssignale der Einrichtung (St) zur Erzeugung des Stellsignals (StS) zugeführt wird.
2. Anordnung nach Punkt 1 gekennzeichnet dadurch, daß sie zusätzlich eine Einrichtung (H) zur Erzeugung eines weiteren  
25 Zustandssignals (I) aufweist, das Informationen über Parameterwerte und/oder über äußere Einflüsse trägt, die dem zu regelnden System (Pr) nachgeordnet ist und ausgangseitig mit dem Speicher (Sp) und/oder mit der Einrichtung (St) zur Erzeugung eines Stellsignals (StS) verbunden ist.
3. Anordnung nach Punkt 1 oder 2 gekennzeichnet dadurch, daß  
30 die Einrichtungen zur Erzeugung der Zustandssignale derart angeordnet sind, daß die Zustandssignale ( $vzx$ ), ( $v\dot{x}$ ) und/oder (I) dem Speicher (Sp), welcher dann ein Matrixspeicher ist, und/oder der Einrichtung (St) zur Erzeugung des Stellsignals (StS), welche dann zumindest ein durch diese (s)  
35 Signal(e) den Einfluß eines der zugeführten Signale steuern- des Übertragungsglied (Ü) aufweist, zugeführt werden.

4. Anordnung nach Punkt 1, 2 oder 3 gekennzeichnet dadurch,  
daß der Speicher (Sp) durch eine Anordnung analoger  
Spannungsteiler (Spt) realisiert ist, die zwischen digi-  
talen Stellenausgängen (SA) und einem gemeinsamen Spannungs-  
5     pegel angeordnet und deren Potentiometerspannungsklemmen  
mit einer Auswahlhaltung (AW), vorzugsweise aus Dioden  
bestehend, verbunden sind.
5. Anordnung nach Punkt 1, 2, 3 oder 4 gekennzeichnet dadurch,  
daß zumindest einer der Spannungsteiler (Spt) an den Aus-  
10    gang eines digitalen Netzwerkes (NW), das digitalen Stellen-  
ausgängen (SA) nachgeschaltet ist, angekoppelt ist.
6. Anordnung nach Punkt 1, 2 oder 3 gekennzeichnet dadurch,  
daß die Einrichtung (St) zur Erzeugung des Stellsignals  
(StS) einen Mikrorechner enthält.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

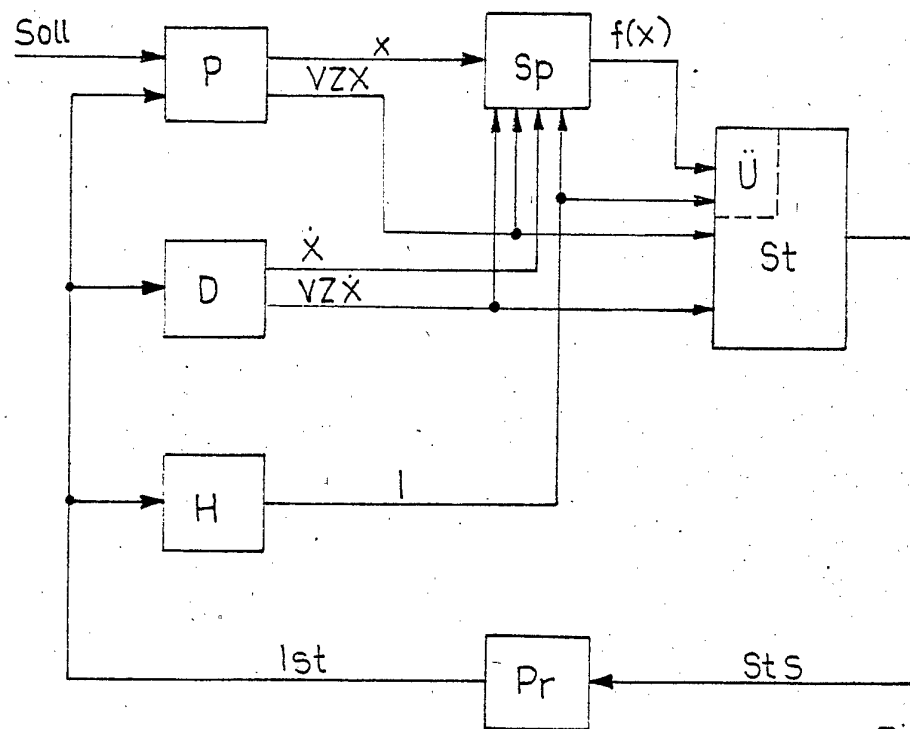


Fig. 1

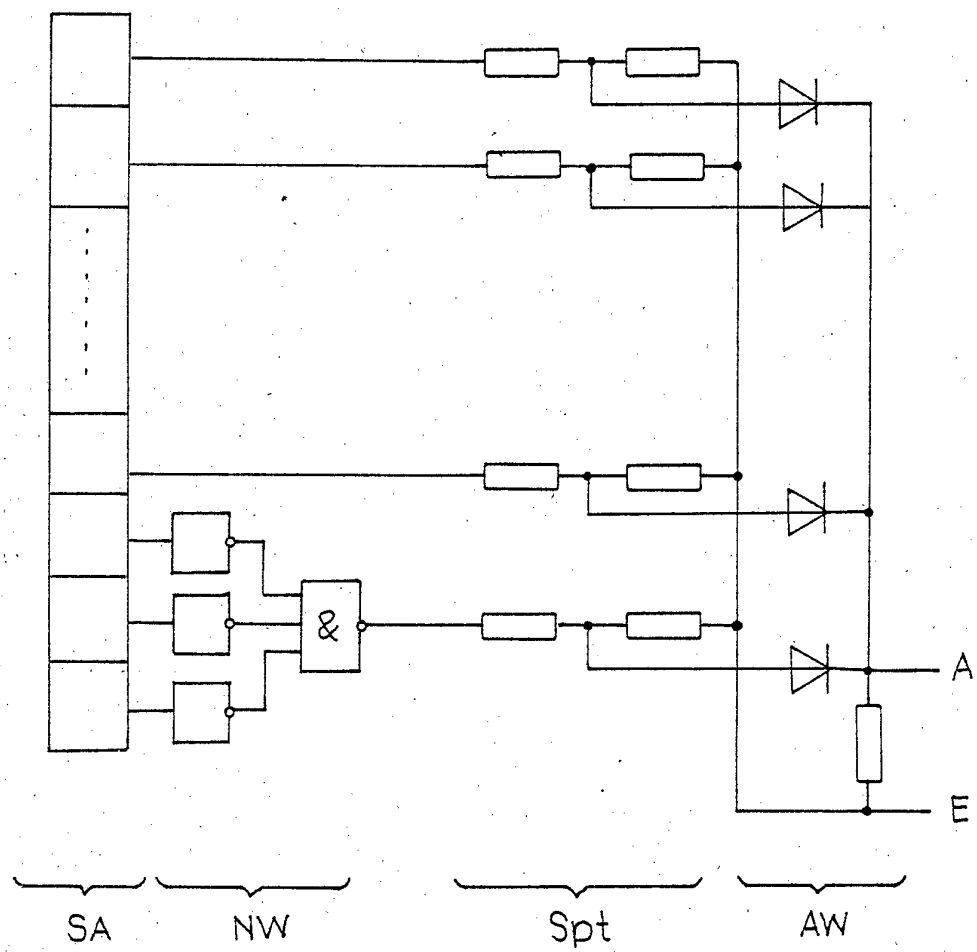


Fig. 2