



DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK  
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

# PATENTESCHRIFT 138 449

Wirtschaftspatent

Beschränkt gemäß § 6 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

Patentbibliothek  
des AfEP

Int. Cl. 3

(11) 138 449 (45) 27.08.80 3 (51) G 05 D 3/00  
(21) WP G 05 D / 207 379 (22) 21.08.78  
(44)<sup>1</sup> 31.10.79

- 
- (71) siehe (72)
- (72) Schleicher, Siegfried, Dipl.-Ing.; Keller, Jochen, Dipl.-Ing.; Uhlemann, Bernd, DD
- (73) siehe (72)
- (74) Dipl.-Ing. Stefan Uhlich, Forschungszentrum des Werkzeugmaschinenbaus Karl-Marx-Stadt im VEB Werkzeugmaschinenkombinat „Fritz Heckert“, 9010 Karl-Marx-Stadt, Karl-Marx-Allee 4
- 
- (54) Lageregelkreis für überschwingfreies und zeitsparendes Positionieren
- 

10 Seiten

<sup>1)</sup> Ausgekettet der Patentschrift für das gemäß § 6 Absatz 1 AndG zum PatG erteilte Patent

138 449 27.08.80

AfEP 651

Ag 141/45-89

- 1- 207379

**Titel der Erfindung**

**Lageregelkreis für überschwingfreies und zeitsparendes Positionieren**

**Anwendungsgebiet der Erfindung**

Das Anwendungsgebiet der Erfindung sind Lageregelkreise, die zum Zweck des überschwingfreien und zugleich in geringer Zeit ablaufenden numerischen Positionierens mit einer Zusatzschaltung versehen sind. Diese Zusatzschaltung nimmt Einfluß auf den Verlauf der Ausgangsgeschwindigkeit des Lageregelkreises sowohl während des Hochlaufens als auch während des Bremsens.

**Charakteristik der bekannten technischen Lösungen**

Lageregelkreise mit einer Zusatzschaltung, die ein zeitsparendes numerisches Positionieren ohne Überschwingen in der Zielposition realisieren, sind bereits bekannt. Man erreicht die kurze Positionierzeit und das überschwingfreie Einfahren des bewegten Teils in die programmierte Zielposition durch entsprechende Beeinflussung des Geschwindigkeitsverlaufs während der Beschleunigungs- und

der Verzögerungsphase des Positionierungsvorgangs. Der Geschwindigkeitsverlauf wird durch Maßnahmen, die direkt oder indirekt auf den Geschwindigkeitsverstärkungsfaktor Einfluß nehmen, während der genannten Phasen verändert.

In diesem Zusammenhang ist aus DE-AS 1 109 249 bekannt, bei einem Lageregelkreis mit unterlagertem Drehzahlregelkreis und diesem wiederum unterlagertem Stromregelkreis der in Abhängigkeit von der Lageabweichung gestalteten Sollgeschwindigkeit einen parabelförmigen Verlauf zu geben. Dieser Verlauf wird mit Hilfe von Dioden, Widerständen und Schwellwertgliedern durch einen Polygonzug angenähert.

Aus DE-AS 2 201 924 ist auch bekannt, einen parabolischen Zusammenhang zwischen der Lageabweichung und der Positioniersollgeschwindigkeit durch ein Rechenglied zu realisieren, wobei die parabelförmige Beziehung durch den Verlauf der statischen Kennlinie von Bauelementen hergestellt wird. Weiterhin ist aus DE-AS 2 304 888 bekannt, bei großer Lageabweichung eine parabelförmige Verstärkungskennlinie zu realisieren und bei kleiner Lageabweichung, die sich bei fortschreitendem Positionierungsvorgang einstellt, auf eine gerade Verstärkungskennlinie umzuschalten. Letztere verwirklicht eine konstante Verstärkung unabhängig von der Lageabweichung.

Allen vorgenannten Lösungen haftet der Nachteil an, daß eine Beeinflussung der Geschwindigkeitskreisverstärkung in Abhängigkeit von der aktuellen Lageabweichung erfolgt. Dieser Nachteil äußert sich zum einen in einer stoßartigen hohen Anfahrbeschleunigung. Diese ist bei verschiedenen Maschinen, beispielsweise Werkzeugmaschinen, wegen der damit verbundenen Schwingungsanregung und hohen mechanischen Beanspruchung der Übertragungselemente unerwünscht. Nachteilig ist aber zum anderen auch der hohe Geräteaufwand für die Realisierung einer parabolischen Abhängigkeit, wie

sie zwischen dem Geschwindigkeitsverlauf und der Lageabweichung vorgesehen ist.

Aus DE-AS 2 310 443 ist weiterhin bereits bekannt, die Kreisverstärkung in Abhängigkeit sowohl von der Lageabweichung als auch vom Quadrat der Drehzahl zu beeinflussen. Trotz des erhöhten Schaltungsaufwandes treten die vorstehend beschriebenen Nachteile unverändert auf.

#### Ziel der Erfindung

Als Ziel der Erfindung soll erreicht werden, daß die Gefahr der Anregung mechanischer Schwingungen bei schnellen und überschwingfreien Positionierungsvorgängen herabgesetzt, dabei hohe Geschwindigkeitskreisverstärkungen im Arbeitsvorschubbereich ermöglicht und der dabei verwendete Geräteaufwand vermindert wird.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Die in der Charakteristik der bekannten technischen Lösungen beschriebenen Mängel haben ihre Ursache darin, daß die Beeinflussung des Geschwindigkeitsverlaufs ohne Berücksichtigung des Beschleunigungsverlaufs in ausschließlicher oder überwiegender Abhängigkeit von der Lageabweichung erfolgt.

Um diese Ursache zu beseitigen, liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Lageregelkreis für überschwingfreies und zeitsparendes numerisches Positionieren mit einem Subtrahierer, der die Wegdifferenz zwischen Lagesollwert und Lageistwert bildet, einem Stellglied und einer Zusatzschaltung, die auf den Geschwindigkeitsverlauf des zu positionierenden Teils während des Hochlaufens und während des Bremsens Einfluß nimmt, zu schaffen, bei dem mit einfachen Mitteln der Geschwindigkeitsverstärkungsfaktor im Hinblick auf die Vermeidung unstetiger Beschleunigungen variabel gestaltet ist.

Erfindungsgemäß wird das dadurch erreicht, daß ein mit seinem ersten Eingang an den Ausgang des Subtrahierers und mit seinem zweiten Eingang an den Ausgang einer Arithmetikeinheit angeschlossener sowie ausgangsseitig mit dem Stellglied verbundener Produktbildner vorgesehen ist und die Arithmetikeinheit über einen ersten und über einen zweiten Eingang getrennt jeweils mit einem der beiden Eingänge oder mit dem Ausgang des Subtrahierers sowie außerdem mit einer Konstantenignalquelle verbunden ist. In einer vorteilhaften Ausgestaltung weist die Arithmetikeinheit für den Fall, daß sie über ihren ersten Eingang von der Wegdifferenz und über ihren zweiten Eingang vom Lagesollwert beaufschlagt ist, an ihrem ersten und zweiten Eingang je ein Differenzierglied mit je einem nachgeschalteten Absolutwertbildner, einen mit seinen beiden Eingängen getrennt an den Ausgang je eines der Absolutwertbildner angeschlossenen Addierer, einen dem Addierer nachgeschalteten Verstärker und ein mit seinem Subtrahendeneingang an den Verstärker angeschlossenes Subtraktionsglied auf, mit dessen Minuendeneingang die Konstantenignalquelle verbunden ist.

Der Produktbildner, die Arithmetikeinheit, die Konstantenignalquelle und deren Anordnung im Lageregelkreis bewirken, daß während eines Positionierungsvorgangs der Geschwindigkeitsverstärkungsfaktor so verändert wird, daß Unstetigkeiten in der Beschleunigung abgebaut werden.

#### Ausführungsbeispiel

Die Figur zeigt die erfundungsgemäße Schaltungsanordnung. Dabei ist im Vorwärtszweig eines Lageregelkreises zwischen einem Subtrahierer 1 und dem Istwertausgang des Lageregelkreises ein Produktbildner 2 und ein demselben nachgeschaltetes Stellglied 3 angeordnet. Das Stellglied 3 setzt sich aus einem Motor 4 und aus einem Getriebe 5 zusammen.

Der Rückwärtszweig des Lageregelkreises enthält ein Lagemäßglied 6, dessen Ausgang auf den Istwerteingang des Subtrahierers 1 geführt ist.

An den Sollwerteingang des Subtrahierers 1 ist ein erstes Differenzierglied 7, an den Ausgang des Subtrahierers 1 ein zweites Differenzierglied 8 angeschlossen. Dem Differenzierglied 7 ist ein erster Absolutwertbildner 9 und dem Differenzierglied 8 ein zweiter Absolutwertbildner 10 nachgeschaltet. Die Ausgänge beider Absolutwertbildner 9 und 10 führen auf getrennte Eingänge eines Addierers 11, dem ausgangsseitig ein Verstärker 12 folgt.

Ein Subtraktionsglied 13 ist über seinen Subtrahendeneingang mit dem Ausgang des Verstärkers 12 verbunden, während sein Minuendeneingang an eine Konstantenquelle 14 angeschlossen ist. Ausgangsseitig führt das Subtraktionsglied 13 auf einen separaten Eingang des Produktbildners 2.

Die Differenzierglieder 7 und 8, die Absolutwertbildner 9 und 10, der Addierer 11, der Verstärker 12 und das Subtraktionsglied 13 sind Bestandteile einer Arithmetikeinheit 15.

Die Wirkungsweise der Schaltungsanordnung ist wie folgt:

Der Lagesollwert  $s_{Soll}$  wird dem Sollwerteingang, der vom Lagemeßglied 6 ausgegebene Lageistwert  $s_{ist}$  hingegen dem Istwerteingang des Subtrahierers 1 zugeführt. Aus beiden Eingangsgrößen bildet der Subtrahierer 1 die Wegdifferenz  $\Delta s$ . Diese Wegdifferenz  $\Delta s$  wird im Produktbildner 2 mit einem Geschwindigkeitsverstärkungsfaktor  $k_v$  multipliziert, so daß die dem Stellglied 3 zugeführte Wegdifferenz verändert wird und den Wert  $\Delta s' = k_v \cdot \Delta s$  annimmt.

Der Motor 4 erzeugt nach Maßgabe der Wegdifferenz  $\Delta s'$  über das Getriebe 5 eine translatorische oder rotatorische Bewegung, als deren Ergebnis am Istwertausgang des Lageregel-

kreises die aktuellen Lageistwerte zustande kommen. Das erste Differenzierglied 7 bildet ein Ausgangssignal, das der zeitlichen Änderung des Lagesollwertes  $s_{soll}$  entspricht, demzufolge bei Vorgabe eines neuen Sollwertes zunächst einen hohen Wert annimmt und danach bis auf den Wert Null zurückgeht. Das zweite Differenzierglied 8 bildet hingegen ein Ausgangssignal, deren Größe der zeitlichen Änderung der Wegdifferenz entspricht. Die Absolutwertbildner 9 und 10 stellen die Unabhängigkeit der Ausgangssignale beider Differenzierglieder 7 und 8 vom Vorzeichen her. Im Addierer 11 werden die beiden so behandelten Signale zusammengefaßt und ihre Summe wird im nachfolgenden Verstärker 12 mit dem Verstärkungsfaktor  $k_1$  beaufschlagt.

Das Subtraktionsglied 13 vermindert eine von der Konstanten Signalquelle 14 ausgegebene konstante Ausgangsgröße  $k_{max}$  um die vom Verstärker 12 ausgegebene variable Größe.

Die konstante Ausgangsgröße  $k_{max}$  ist die von der Stabilität bestimmte maximale Kreisverstärkung. Die Differenz zwischen der konstanten Ausgangsgröße  $k_{max}$  und der vom Verstärker 12 ausgegebenen Größe ergibt den bereits genannten Geschwindigkeitsverstärkungsfaktor  $k_v$ , mit dem der Produktbildner 2 beaufschlagt wird. Der Geschwindigkeitsverstärkungsfaktor  $k_v$  beträgt somit

$$k_v = k_{max} - k_1 \cdot \left( \left| \frac{ds_{soll}}{dt} \right| + \left| \frac{d(s_{soll} - s_{ist})}{dt} \right| \right)$$

Von dynamischen Parametern des Lageregelkreises selbst beeinflußt wirkt der Geschwindigkeitsverstärkungsfaktor  $k_v$  wiederum auf den dynamischen Parameter Wegdifferenz des Lageregelkreises zurück. Auf diese Weise beeinflußt der Geschwindigkeitsverstärkungsfaktor  $k_v$  das Drehzahl-, Beschleunigungs- und Verzögerungsverhalten des Motors 4 während eines Positionierungsvorgangs. Dabei wird bewirkt, daß bei sprung- und rampenförmigen Lagesollwertänderungen sehr

schnelle Geschwindigkeitsänderungen schon im Geschwindigkeitssollwert des Drehzahlregelkreises abgebaut und somit hohe stoß- und sprungförmige Beanspruchungen im gesamten Antriebsteil vermieden werden. Die damit erreichten stetigeren Istgeschwindigkeitsänderungen während eines Positionierungsvorganges führen zu einer geringeren Schwingungsanregung der Werkzeugmaschine in der Positionierphase und zu geringeren Bauteilbeanspruchungen.

In Verbindung mit diesen Eigenschaften wird bei geringer Geschwindigkeit eine hohe Geschwindigkeitsverstärkung einstellbar, die für kleine Bahnfehler im Bahnsteuerbetrieb notwendig ist.

Wird der getrennte Anschluß beider Differenzierglieder 7 und 8 nicht am Sollwerteingang und am Ausgang des Subtrahierers 1 vorgenommen, sondern anstelle dieses Sollwerteingangs oder dieses Ausgangs der Istwerteingang des Subtrahierers 1 verwendet, so wird eine zusätzliche arithmetische Operation notwendig, mit der die beschriebene Beaufschlagung des Addierers 11 sichergestellt bleibt.

Erfindungsanspruch:

1. Lageregelkreis für überschwingfreies und zeitsparendes numerisches Positionieren mit einem Subtrahierer, der die Wegdifferenz zwischen Lagesollwert und Lageistwert bildet, einem Stellglied und einer Zusatzzschaltung, die auf den Geschwindigkeitsverlauf des zu positionierenden Teils während des Hochlaufens und während des Bremsens Einfluß nimmt,  
gekennzeichnet dadurch,  
daß ein mit seinem ersten Eingang an den Ausgang des Subtrahierers (1) und mit seinem zweiten Eingang an den Ausgang einer Arithmetikeinheit (15) angeschlossener sowie ausgangsseitig mit dem Stellglied (3) verbundener Produktbildner (2) vorgesehen ist und die Arithmetikeinheit (15) über einen ersten und über einen zweiten Eingang getrennt jeweils mit einem der beiden Eingänge oder mit dem Ausgang des Subtrahierers (1) sowie außerdem mit einer Konstantsignalquelle (14) verbunden ist.
2. Lageregelkreis nach Punkt 1, wobei die Arithmetikeinheit über ihren ersten Eingang von der Wegdifferenz und über ihren zweiten Eingang vom Lagesollwert beaufschlagt ist,  
gekennzeichnet dadurch,  
daß die Arithmetikeinheit (15) an ihrem ersten und zweiten Eingang je ein Differenzierglied (7; 8) mit je einem nachgeschalteten Absolutwertbildner (9; 10), einen mit seinen beiden Eingängen getrennt an den Ausgang je eines der Absolutwertbildner (9; 10) angeschlossenen Addierer (11), einen dem Addierer (11) nachgeschalteten Verstärker (12) und ein mit seinem Subtrahendeneingang an den Verstärker (12) angeschlossenes Subtraktionsglied (13) aufweist, mit dessen Minuendeneingang die Konstantsignalquelle (14) verbunden ist.

