



DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

PATENT SCHRIFT 141 473

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(11)	141 473	(44)	07.05.80	Int. Cl. ³	3 (51) B 23 F 5/00
(21)	WP B 23 F / 210 891	(22)	08.02.79		

(71) siehe (72)

(72) Schleicher, Siegfried, Dipl.-Ing., DD

(73) siehe (72)

(74) Lothar Schilbach, VEB Werkzeugmaschinenkombinat „Fritz Heckert“, Forschungszentrum des Werkzeugmaschinenbaues Karl-Marx-Stadt, 9010 Karl-Marx-Stadt, Karl-Marx-Allee 4

(54) Verfahren zur Steuerung eines Folgeweges in Abhängigkeit eines Leitweges

(57) Verfahren zur Steuerung eines Folgeweges in Abhängigkeit eines Leitweges bei vorgegebenem Übersetzungsfaktor zwischen Leit- und Folgeantrieb, unter Verwendung eines zyklisch aus dem Zuwachs des Leitwegwertes und dem Übersetzungsfaktor ermittelten Zuwachs des Folgewegsollwertes, bevorzugt für voneinander abhängige, von separaten Antrieben erzeugte Werkzeug-/Werkstückbewegungen an Werkzeugmaschinen, insbesondere Wälzfräsmaschinen. Der Folgeweg soll mit höherer Genauigkeit und geringerem Aufwand für beliebige Übersetzungsverhältnisse gebildet werden. Trotz beliebig großer Leitwege und deren wechselnder Bewegungsrichtung oder Stillstand sollen keine in Abhängigkeit des zurückgelegten Leitweges aufsummierenden Folgewegfehler entstehen. Eine hohe Wegauflösung soll die Arbeitsgeschwindigkeit des Werkzeuges nicht begrenzen. Dies wird erreicht durch Abarbeitung der Leit- und Folgewege als einander zugeordnete Intervallstrecken, die wertmäßig paarweise für Korrekturzwecke gespeichert sind und denen je ein gerundeter Übersetzungsfaktor zugeordnet ist. Aus dem zyklisch ermittelten Leitwegzuwachs und dem gerundeten Übersetzungsfaktor werden gerundete relative Folgewegwerte gebildet, aus denen unter Einbeziehung eines Korrekturschrittes bei Überschreitung der Intervallstreckengrenzen ein Folgewegzuwachs ermittelt und dem Folgeantrieb aufgeschaltet wird.

Titel der Erfindung

Verfahren zur Steuerung eines Folgeweges in Abhängigkeit eines Leitweges

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Folgeweges in Abhängigkeit eines Leitweges bei vorgegebenem Übersetzungsfaktor zwischen Leit- und Folgeantrieb, unter Verwendung eines zyklisch aus dem Zuwachs des Leitwegwertes und dem Übersetzungsfaktor ermittelten Zuwachses des Folgewegsollwertes, bevorzugt für voneinander abhängige, von separaten Antrieben erzeugte Werkzeug-/Werkstückbewegungen an Werkzeugmaschinen, insbesondere Wälzfräsmaschinen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es sind Steuerungsverfahren wie auch Steuerungseinrichtungen zur Erzeugung eines Folgewegsollwertes in Abhängigkeit eines Leitwegwertes bei vorgegebenem Folgewegzuwachsverhältnis bekannt. Diesen Einrichtungen liegt allen die Forderung zugrunde, separate Antriebsmotoren für Leit- und Folgeantrieb einzusetzen und das gewünschte Übersetzungsverhältnis zwischen Leit- und Folgeantrieb über eine elektronische Schaltung so herzustellen, daß ein Zwanglauf beider Antriebe auch bei deren Belastung gewährleistet ist.

Diese Verfahren bzw. Einrichtungen erzeugen in rein inkrementaler Arbeitsweise aus dem zurückgelegten Leitweg einen entsprechenden Folgewegsollwertzuwachs, in dem die Weginkremente des Leitweges von einem inkrementalen Geber erfaßt und in die elektronische Schaltung eingegeben werden.

Die eine Art der elektronischen Schaltung benutzt zur Erzeugung des Folgewegsollwertes Teiler. Der Nachteil dieser Methode besteht darin, daß nicht alle Folgewegzuwachsverhältnisse realisiert werden können. Werden in dieser elektronischen Schaltung Teiler und Vervielfacher eingesetzt, dann können alle Folgewegzuwachsverhältnisse mit genügend hoher Genauigkeit bei entsprechend hohem Aufwand realisiert werden. (DE-PS 1 438 932).

Bei hohen Meßauflösungen der Leitachse, hohen Arbeitsgeschwindigkeiten (hohen Verstellgeschwindigkeiten der Leitachse) und Folgewegzuwachsverhältnissen, welche nur durch relativ große ganze Zahlen darstellbar sind, ergeben sich nicht realisierbar hohe Arbeitsgeschwindigkeiten für die Teiler bzw. Vervielfacher.

Deshalb muß bei Anwendung elektronischer Schaltungen dieser Art entweder auf die hohen Meßauflösungen oder auf große Verstellgeschwindigkeiten verzichtet werden. Besteht außerdem die Forderung, daß Leit- und Folgeantrieb auch bei Richtungsumkehr in dem vorgegebenen Abhängigkeitsverhältnis arbeiten, ist der doppelte Aufwand der elektronischen Schaltung erforderlich.

Eine andere Art der Bildung des Folgewegzuwachses auf elektronischem Weg (DD-PS 90 919) arbeitet so, daß pro einlaufenden Leitweginkrement der zugehörige Folgewegzuwachs, der zahlenmäßig gleich dem Folgewegzuwachsverhältnis ist, aufaddiert wird und die vollen Inkremente als Wegzuwachs an den Folgeachs Antrieb weitergegeben werden, während der gebrochene

Rest beim nächsten einlaufenden Leitweginkrement zum nächsten Folgewegzuwachs hinzu addiert wird.

Bei jeder Addition entsteht ein Folgewegfehler, der um so kleiner wird, je größer die Stellenzahl des Folgewegzuwachsverhältnisses nach dem Komma gewählt wird, also je kleiner der Rundungsfehler ist. Dieser Rundungsfehler addiert sich mit jedem einlaufenden Leitwegimpuls auf, so daß bei Aufrechterhaltung des Zwanglaufes zwischen Folgeantrieb und Leitantrieb über längere Zeiträume, wie dies beispielsweise beim Wälzfräsen von Zahnrädern der Fall ist, schnell nicht mehr zulässige Wegfehler entstehen. Aus diesem Grunde macht sich bei diesem Verfahren der Regelung von Folgeantrieben in bestimmten Zeitabständen trotz einer hohen internen Stellenzahl eine Nullung zwischen Leitachse (Werkzeugachse) und Folgeachse (Werkstückachse) erforderlich. Durch die Nullung werden Leit- und Folgeachsen wieder in eine definierte Ausgangsstellung zueinander gebracht.

Die Nachteile dieses Verfahrens liegen darin, daß ein systematischer Folgewegfehler durch Zahlenrundung entsteht, der sich vor allem bei der Anwendung dieses Verfahrens für das Wälzfräsen von Zahnrädern als Flankenrichtungsfehler und in geringerem Maße als Teilungsfehler der Verzahnung auswirkt. Durch die für Berechnungsvorgänge objektiv erforderliche Zahlenrundung wird auch das Folgewegzuwachsverhältnis nach einer bestimmten vorgegebenen Stellenzahl nach dem Komma abgebrochen und damit gerundet. Je feiner nun die Meßauflösung der Leitachse zur Realisierung einer geforderten Winkelweggenauigkeit und Stetigkeit der Folgebewegung getrieben wird, um so größer steigt andererseits der Folgewegfehler an, weil für eine gleichgroße zu verfahrenende Folgewegstrecke eine größere Anzahl von Berechnungsvorgängen ausgeführt werden muß, und bei jedem Berechnungsvorgang der Rundungsfehler erneut eingeht.

Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß zur Einhaltung der zulässigen Flankenrichtungsfehler das Folgewegzuwachsverhältnis mit einer entsprechend hohen Stellenzahl, d.h. mit einer entsprechend hohen Genauigkeit, vorgegeben und damit eine aufwendige Addition im Echtzeitbetrieb realisiert werden muß. Die Additionsfrequenz ändert sich dabei mit der Arbeitsgeschwindigkeit (Geschwindigkeit des Leit- und Folgeantriebes), so daß hohe Arbeitsgeschwindigkeiten hohe Additionsfrequenzen erfordern. Um die nachteiligen Änderungen der Additionsfrequenzen zu vermeiden und eine konstante Additionsfrequenz zu erhalten, ist wiederum eine aufwendige Anpassung der Meßauflösung der Leitachse an die Werkzeugdrehzahl (Drehzahl des Wälzfräasers beim Verzahnen im Wälzverfahren) notwendig.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung hat den Zweck, den Folgeweg in Abhängigkeit des Leitweges mit höherer Genauigkeit auch bei großen Geschwindigkeiten des Leit- bzw. Folgeantriebes zu steuern und dabei den schaltungstechnischen Aufwand weiter zu reduzieren.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Steuerung eines Folgeweges in Abhängigkeit eines Leitweges bei vorgegebenen Übersetzungsfaktor zwischen Leit- und Folgeantrieb, unter Verwendung eines zyklisch aus dem Zuwachs des Leitwegwertes und dem Übersetzungsfaktor ermittelten Zuwachs des Folgewegsollwertes, bevorzugt für voneinander abhängige, von separaten Antrieben erzeugte Werkzeug-/Werkstückbewegungen an Werkzeugmaschinen, insbesondere Wälzfräsmaschinen, zu schaffen, welches trotz beliebig großer Leitwege, auch bei deren beliebig häufig wechselnder Bewegungsrichtung, bei der Bildung des Folgeweges keine sich in Abhängigkeit des zurückgelegten Leitweges aufsummierenden Folgewegfehler entstehen läßt und beliebige Meßauflösungen unabhängig von der Geschwindigkeit des Leitantriebes realisierbar sind.

Weiterhin soll eine konstante Taktzeit, wie sie für Steuersysteme mit Rechnerkern und induktive Wegmeßeinrichtungen (z.B. Inductosyn) am zweckmäßigsten ist, möglich sein. Desweiteren sollen die Stellenzahlen klein gehalten werden, damit kein großer Schaltungs- und Rechenaufwand entsteht.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß der Leit- und Folgeweg in einander zugeordnete Intervallstrecken eingeteilt werden, diese Intervallstrecken wertmäßig fortfolgend gespeichert werden und für die Leit- und Folgewegintervallstrecken der zugehörige Übersetzungsfaktor gerundet ermittelt und zugeordnet gespeichert wird; der zurückgelegte Leitweg summiert und bei Intervallgrenzenüberschreitung des Leitweges dieser mittels des für die überschrittene Leitwegintervallstrecke gespeicherten Wertes auf einen neuen relativen Leitwegwert gebracht wird und der Folgewegswert als Zuwachs pro Zyklus aus dem mittels neuen relativen Leitwegwert und gerundeten Übersetzungsfaktor gebildeten neuen Folgewegwert und gespeicherten alten Folgewegwert einerseits und den zugeordnet gespeicherten Werten der Folgewegintervallstrecken beim Überfahren deren Intervallgrenzen andererseits ermittelt und dem Folgeantrieb aufgeschaltet wird, so daß der Leit- und Folgeweg als einander zugeordnete Intervallstrecken abgearbeitet werden.

Vorzugsweise entsteht der relative Leitwegwert bei Leitwegintervallüberschreitung und zunehmendem Leitweg durch Vermindern des aufsummierten Leitsollwegwertes um den zugeordnet gespeicherten Wert der Leitwegintervallstrecke und bei Leitwegintervallüberschreitung, und abnehmendem Leitweg durch Erhöhen des aufsummierten Leitsollwegwertes um den zugeordnet gespeicherten Wert der Leitwegintervallstrecke. Weiterhin wird der gerundete Folgewegwert pro Zyklus zwischengespeichert, und die Abweichung von im vorhergehenden Zyklus zwischengespeicherten Folgewegwert als Folgewegzuwachswert dem Folge-

antrieb aufgeschaltet. Bei Erreichen der Grenze einer Leitwegintervallstrecke wird der zugeordnet gespeicherte Wert der Folgewegintervallstrecke abgerufen und bei zunehmendem Leitweg dem ermittelten gerundeten Folgewegwert und bei abnehmendem Leitweg dem im vorhergehenden Zyklus zwischengespeicherten gerundeten Folgewegwert vor Bildung der Abweichung hinzugefügt.

Das Starten eines Zyklus sollte vorzugsweise nach Zurücklegen einer vorgegebenen Anzahl von Leitweginkrementen oder nach Ablauf einer vorgegebenen Taktzeit erfolgen.

Werden in einem Zyklus mehrere Leit- bzw. Folgewegintervallstrecken zurückgelegt, wird der seit dem vorhergehenden Zyklus zurückgelegte Leitweg um den Gesamtwert der dabei durchlaufenen Leitwegintervallstrecken verändert und der zugehörige Gesamtwert der dabei durchlaufenen Folgewegintervallstrecken zur Bildung des gerundeten Folgewegsollwertes herangezogen.

Eine weitere vorzugsweise Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß jeweils nur die ganzen Inkremente des Zuwachses des Folgewegsollwertes dem Folgeantrieb aufgeschaltet werden und das gebrochene Inkrement des Zuwachses des Folgewegsollwertes im nächstfolgenden Zyklus dem Folgewegsollwert vor Abspaltung der ganzen Inkremente hinzugefügt wird.

Vorteilhafterweise wird nur der einer vollen Umdrehung der Leitachse entsprechende Leitweg in Leitwegintervallstrecken unterteilt und bei jeder weiteren Umdrehung der Leitachse werden die gleichen Leitwegintervallstrecken und diesen zugeordneten gleichen Folgewegintervallstrecken wiederholt verwendet.

Als günstig hat sich erwiesen, die Leitwegintervallstrecken

untereinander gleichgroß zu bilden und zu speichern oder die Leitwegintervallstrecken durch n-fache Halbierung des Leitweges einer vollen Umdrehung der Leitachse zu bilden und zu speichern.

Ebenso wie bei den Leitwegintervallstrecken ist es vorteilhaft, auch die Folgewegintervallstrecken untereinander gleichgroß oder durch n-fache Halbierung des einer vollen Umdrehung der Leitachse zugeordneten Folgeweges zu bilden und abzuspeichern.

Es besteht eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens zur Kombination mehrerer Vorteile darin, daß die Leitwegintervallstrecken einer vollen Umdrehung der Leitachse unterschiedlich groß, aber jede auf eine ganze Anzahl von Inkrementen gebracht und gespeichert werden. In analoger Weise können auch die Folgewegintervallstrecken des einer vollen Umdrehung der Leitachse zugeordneten Folgeweges unterschiedlich groß, aber jede auf eine ganze Anzahl von Inkrementen gebracht und gespeichert werden.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird an Hand eines Ausführungsbeispielles an einer nach dem Wälzverfahren arbeitenden Maschine zum Verzahnen von Zahnrädern beschrieben. Der Werkzeugantrieb ist als Leitantrieb mit einem inkrementalen Weggeber ausgerüstet, der den zurückgelegten Leitweg in kleine Teilstücke (Weginkremente) zerlegt. Der Werkstückträger ist mit einem Antrieb verbunden, der von einem Lageregelkreis angesteuert wird. Dieser Lageregelkreis summiert die ihm in Form von Weginkrementen als Zuwachswerte vorgegebenen Wegstrecken. Bei Ausführung der Bewegung werden diese summierten Weginkremente um die ausgeführten Weginkremente vermindert, wobei die Anzahl der noch abzuarbeitenden Weginkremente zur Geschwindigkeitssollwertbildung des Werkstückantriebes herangezogen werden.

Die Einteilung des Leit- und Folgeweges in einander zugeordnete Intervallstrecken wird vorgenommen, in dem eine volle Umdrehung der Leitachse in Intervallstrecken mit jeweils ganzer Anzahl von Inkrementen aufgeteilt wird, wobei die Intervallstrecken zur Erfüllung der vorgenannten Bedingungen durchaus unterschiedlich groß sein können. In gleicher Weise werden die Intervallstrecken des Folgeweges festgelegt, die ebenfalls für eine volle Umdrehung der Leitachse unter Berücksichtigung des Übersetzungsfaktors auf eine ganze Anzahl von Inkrementen gebracht werden, so daß diese gegebenenfalls unterschiedlich groß sind.

Jeder Intervallstrecke des Leitweges ist danach eine Intervallstrecke des Folgeweges zugeordnet und wird so gespeichert, wobei außerdem zu jedem so entstandenen Paar Leit- und Folgewegintervallstrecke der Übersetzungsfaktor als gerundeter Wert ermittelt und zugeordnet gespeichert wird.

Für das jeweilige Intervall N ergeben sich folgende Zuordnungen:

Intervall N	- 3	- 2	- 1	1	2	3	4
Wert der Leitwegintervallstrecke	20	21	21	20	21	21	20
Wert der Folgewegintervallstrecke	62	62	62	61	62	62	62
Übersetzungsfaktor, gerundet	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02

Für den allgemeinen Zwanglauffall zwischen Folge- und Leittrieb, wenn z.B. unterschiedliche Folgewege beim Durchfahren gleicher Leitwege zu realisieren sind (Fräsen von Extruderschnecken mit progressiver Steigung) können sich folgende Zuordnungen ergeben:

Intervall N	- 4	- 3	- 2	- 1	1	2	3	4	5	6
Wert der Leitweg- intervallstrecke	21	20	21	29	29	29	29	39	39	39
Wert der Folge- wegintervallstrecke	62	62	62	80	80	80	80	101	100	101
Übersetzungsfaktor, gerundet	3,02	3,02	3,02	2,76	2,76	2,76	2,76	2,578	2,578	2,578

Ergeben dagegen eine oder mehrere der zu speichernden Größen des Leit- und Folgeweges bzw. des Übersetzungsfaktors konstante vom Intervall N unabhängige Größen, was in den meisten praktischen Anwendungsfällen gegeben ist, vereinfacht sich der entsprechende Speicherblock, da jeweils nur ein Wert zu speichern ist, der für alle Intervalle gilt.

Eine übergeordnete Ablaufsteuerung liefert pro Tastzyklus nacheinander Aufruftaktsignale für die einzelnen Unterfunktionen. Der Leitantrieb bewegt sich mit der von der Ablaufsteuerung vorgegebenen Geschwindigkeit (Drehzahl). Die vom inkrementalen Weggeber abgegebenen Signale werden pro Tastperiode zu einem laufenden Leitwegwert summiert und mit dem zugehörig gespeicherten Wert der Leitwegintervallstrecke verglichen. Bei Überschreitung des Wertes der Leitwegintervallstrecke wird der aufsummierte Leitwegwert für den Fall der Vorwärtsbewegung der Leitachse (zunehmender Leitweg) um den gespeicherten Wert der Leitwegintervallstrecke auf einen neuen relativen Leitwegwert vermindert. Außerdem werden die Intervalle N mitgezählt, d.h. bei Überschreitung des Wertes der Leitwegintervallstrecke wird auf das nächste Intervall weitergeschaltet und damit die für dieses Intervall zugehörig gespeicherten Werte der Leitwegintervallstrecke, der Folgewegintervallstrecke und des Übersetzungsfaktors abrufbereit angesteuert. Für den Fall der Rückwärtsbewegungsrichtung der Leitachse (abnehmender Leitweg) wird der aufsummierte Leitwegwert um den zugehörig gespeicherten Wert der Leit-

wegintervallstrecke auf einen neuen relativen Leitwegwert erhöht. Die Summierung der ermittelten Leitwegzuwachswerte zu einem laufenden relativen Leitwegwert wird im neuen Intervall fortgesetzt und wird in der gleichen Weise bei jeder Intervallgrenzenüberschreitung zu einem neuen relativen Leitwegwertes aktualisiert.

Aus dem relativen Leitwegwert wird nun durch Multiplikation mit dem zugeordnet abgespeicherten Übersetzungsfaktor, der zur schnelleren und einfacheren Multiplikation ab- bzw. aufgerundet ist, ein gerundeter Folgewegsollwert gebildet. Dieser gerundete und damit fehlerbehaftete Folgewegsollwert steht aber nur innerhalb einer Tastperiode als fehlerbehafteter Wert am Folgeantrieb an.

Der gerundete Folgewegsollwert wird jeweils bis zur nächsten Tastperiode zwischengespeichert und bei in der aktuellen Tastperiode liegenden Überschreitungen von Leitwegintervallstrecken um den für diese Leitwegintervallstrecke zugeordnet ermittelten und abgespeicherten Wert der Folgewegintervallstrecke verändert, d.h. bei Vorwärtsbewegungsrichtung der Leitachse wird der gespeicherte Wert der Folgewegintervallstrecke dem gerade ermittelten gerundeten Folgewegwert hinzugefügt und bei Rückwärtsbewegungsrichtung der Leitachse wird der gespeicherte Wert der Folgewegintervallstrecke dem zur vorhergehenden Tastperiode zwischengespeicherten gerundeten Folgewegwert hinzugefügt. Von dem für die aktuelle Tastperiode so gebildeten Folgewegsollwert wird pro Tastzyklus die Abweichung von dem in der vorhergehenden Tastperiode erreichten gerundeten zwischengespeicherten Folgewegsollwert ermittelt und dem Folgeantrieb als Folgewegzuwachswert aufgeschaltet.

Durch diese Verfahrensweise sind innerhalb einer Tastperiode nur sehr einfache Rechenoperationen mit geringer Stellenzahl für die Bildung des Folgewegsollwertes aus dem Leitwegwert erforderlich, die deshalb in kürzester Zeit ausführbar sind.

Der gebildete gerundete Folgewegsollwert kann innerhalb eines Intervalls zu keinen sich aufsummierenden Positionsfehlern des Folgeantriebes führen, weil durch die Differenzbildung der vorhergehende Positionsfehler jeweils eliminiert wird und nur der Rundungsfehler des aktuellen relativen Folgesollwertes verbleibt, der wiederum durch die Differenzbildung in Verbindung mit den zugehörigen extern ermittelten und gespeicherten Wert der Folgewegintervallstrecke eliminiert wird. Der absolut genaue Folgewegsollwert wäre immer dann vorhanden, wenn der Tastzeitpunkt mit dem Erreichen der Intervallstreckengrenze zeitlich zusammenfallen würde, weil dann an jeder Intervallstreckengrenze der bis dahin aus dem gebildeten gerundeten Folgewegsollwert resultierende Folgesollwertfehler vollständig eliminiert wäre. Diese Verfahrensweise der zugeordneten Abarbeitung von Intervallstreckenwerten des Leitweges wie auch des Folgeweges hat den bisher nicht erreichten Vorzug, unabhängig von dem Gesamtverfahrweg nur kleine Zahlenwerte (geringe Bitanzahl) verarbeiten zu müssen, wobei ein Zwangslauf über eine beliebig lange Zeit fehlerfrei aufrechterhalten wird.

Die zudem noch gerundeten Zahlenwerte ergeben für die Verarbeitung weitere Vereinfachungen der Speicher- und Recheneinheiten und damit auch äußerst kurze Verarbeitungszeiten. Desweiteren ist es möglich, sowohl mit einer konstanten Tastzeit als auch mit einer von der Geschwindigkeit abhängigen Tastzeit zu arbeiten.

Durch die konstante Tastzeit wird es möglich, hohe Arbeitsgeschwindigkeiten bei hoher Meßauflösung zu realisieren. Durch die Aufteilung des Leit- und Folgeweges ausgehend von einer vollen Umdrehung der Leitachse brauchen nur die Werte der Intervallstrecken für den einen Winkelweg von 360° entsprechenden Streckenabschnitt gebildet und gespeichert zu werden. Die Aufteilung dieses Streckenabschnittes in gleichgroße Intervallstrecken ist dabei anzustreben, um nur einen Wert für alle Leitwegintervallstrecken, einen zugeordneten

Wert für alle Folgewegintervallstrecken und einen zugeordneten Wert für den Übersetzungsfaktor speichern zu müssen.

Arbeitet die Steuereinrichtung mit einer dualen Zahlendarstellung, so ist es vorteilhaft, die Leit- und Folgeintervallstreckengröße durch n-fache Halbierung aus der einen vollen Leitachsumdrehung entsprechenden ganzzahligen Leitachs- und Folgeachsinkrementzahl zu bilden. Die Leitachsintervallstreckengröße und die Folgeachsintervallstreckengröße sind dann stets durch eine Zahl mit geringer Stellenzahl nach dem Komma fehlerfrei darstellbar.

Das Steuerverfahren erlaubt es auch die einer vollen Leitachsumdrehung entsprechende ganzzahlige Leitachs- und Folgeachsinkrementzahl in unterschiedlich große zugeordnete Intervallstrecken aufzuteilen, die alle ganzzahlig sind und deren Summen die Ausgangswerte wieder ergeben.

Dadurch vermindert sich die interne Stellenzahl der Steuereinrichtung. Es entsteht jedoch für das zugeordnete Speichern und Abfragen zusätzlicher Aufwand.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt auch ohne Sondermaßnahmen die Betriebsarten "Einzelteilen" und "Einlehren", welche für Wälzfräsmaschinen gefordert werden, zu realisieren.

Fehlerkorrekturen lassen sich in den Steuerungsablauf ebenfalls einfach einfügen. Für das Herstellen von Schrägverzahnungen im Wälzverfahren wird die erforderliche Zusatzbewegung in analoger Verfahrensweise von der Vorschubachse abgeleitet und als weiterer Folgewegzuwachsbeitrag dem Folgeantrieb mit aufgeschaltet.

Bei Synchronisation von Leit- und Folgeachse müssen diese in eine zueinander definierte Ausgangslage gebracht werden. Hierzu wird mit der Ablaufsteuerung die Folgeachse (Werkstücktisch) in die vom Meßsystem angegebene definierte Lage

(Referenzpunkt) gebracht, wobei die Steuereinrichtung genullt ist und nicht getastet wird. Danach wird der Leitachsenantrieb in Bewegung gesetzt. Wird die definierte Lage der Leitachse (Referenzpunkt) erstmals überschritten, meldet das Meßsystem dies der Ablaufsteuerung, welche daraufhin die Steuereinrichtung zu takten beginnt. Die von der Meßeinrichtung in der ersten Tastperiode (erste Tastung nach Beginn der Taktung der Steuereinrichtung) abgegebene und aufsummierte Leitwegänderung entspricht dem bis dahin von dem Referenzpunkt der Leitachse aus zurückgelegten Weg. Verfahrensgemäß erfolgt nun die Ansteuerung des Folgeantriebes, so daß der Folgeantrieb sich zu bewegen beginnt. Solange die Steuereinrichtung von der Ablaufsteuerung getaktet wird, ist keine Neusynchronisation erforderlich, auch dann nicht, wenn der Leitantrieb zwischendurch gestanden hat.

Nach einer Synchronisation können beliebig viele Werkstücke ohne Neusynchronisation gefertigt werden.

Beim "Einlehren" werden die Folgeachse und die Leitachse ebenfalls in eine zueinander definierte Lage gebracht. Diese definierte Lage ist dann erreicht, wenn das Werkzeug (Fräser) mittig in der Zahnücke des vorgearbeiteten Zahnrades steht. Das Einlehren macht sich bei getrennter Vor- und Fertigbearbeitung oder nach einem Werkzeugwechsel (Werkzeugnachschliff) erforderlich.

Das Vorgehen beim Einlehren kann unterschiedlich sein, wesentlich dabei ist nur, daß der Folgeachse über die Eingabe zusätzlich zu verfahrenende Sollweganteile vorgegeben werden können.

Das Einlehren kann beispielsweise wie folgt durchgeführt werden:

Die Steuereinrichtung wird für die entsprechende Steueraufgabe im Einrichtebetrieb vorbereitet. Danach wird die Leitachse stillgesetzt, das Werkzeug an die neue Eingriffsstelle positioniert und radial zugestellt. Vom Bediener ist nun entsprechend der Abweichung von der Mitte über die Eingabe und Ablaufsteuerung die Folgeachse zu korrigieren. Korrektur und radiale Zustellung wechseln nun solange einander ab, bis das Werkzeug mittig bis auf die volle Tiefe zugestellt ist. Nun kann die Leitachse eingeschaltet und das Arbeiten fortgesetzt werden.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Steuerung eines Folgeweges in Abhängigkeit eines Leitweges bei vorgegebenem Übersetzungsfaktor zwischen Leit- und Folgeantrieb, unter Verwendung eines zyklisch aus dem Zuwachs des Leitwegwertes und dem Übersetzungsfaktor ermittelten Zuwachs des Folgewegsollwertes, bevorzugt für voneinander abhängige, von separaten Antrieben erzeugte Werkzeug-/Werkstückbewegungen an Werkzeugmaschinen, insbesondere Wälzfräsmaschinen, dadurch gekennzeichnet, daß der Leit- und Folgeweg in einander zugeordnete Intervallstrecken eingeteilt werden; diese Intervallstrecken wertmäßig fortfolgend gespeichert werden und für die Leit- und Folgewegintervallstrecken der zugehörige Übersetzungsfaktor gerundet ermittelt und zugeordnet gespeichert wird; der zurückgelegte Leitweg summiert und bei Intervallüberschreitung des Leitweges dieser mittels des für die Überschrittene Leitwegintervallstrecke gespeicherten Wertes auf einen neuen relativen Leitwegwert gebracht wird und der Folgewegsollwert als Zuwachs pro Zyklus aus dem mittels relativen Leitwegwert und gerundetem Übersetzungsfaktor gebildeten neuen Folgewegwert und gespeicherten altem Folgewegwert einerseits und den zugeordnet gespeicherten Werten der Folgewegintervallstrecken beim Überfahren deren Intervallgrenzen andererseits ermittelt und dem Folgeantrieb aufgeschaltet wird, so daß der Leit- und Folgeweg als einander zugeordnete Intervallstrecken abgearbeitet werden.
2. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß der relative Leitwegwert bei Leitwegintervallüberschreitung und zunehmendem Leitweg durch Vermindern des aufsummierten Leitsollwegwertes um den zugeordnet gespeicherten Wert der Leitwegintervallstrecke und bei Leit-

wegintervallüberschreitung und abnehmenden Leitweg durch Erhöhen des aufsummierten Leitsollwegwertes um den zugeordnet gespeicherten Wert der Leitwegintervallstrecke entsteht und der gerundete Folgewegwert pro Zyklus zwischengespeichert und die Abweichung von dem im vorhergehenden Zyklus zwischengespeicherten Folgewegwert als Folgewegzuwachswert dem Folgeantrieb aufgeschaltet wird, wobei bei Erreichen der Grenze einer Leitwegintervallstrecke der zugeordnet gespeicherte Wert der Folgewegintervallstrecke abgerufen und bei zunehmendem Leitweg dem ermittelten gerundeten Folgewegwert und bei abnehmendem Leitweg dem im vorhergehenden Zyklus zwischengespeicherten gerundeten Folgewegwert vor Bildung der Abweichung hinzugefügt wird.

3. Verfahren nach Punkt 1 und 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß nach Zurücklegen einer vorgegebenen Anzahl von Leitweginkrementen jeweils ein Zyklus gestartet wird.
4. Verfahren nach Punkt 1 und 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß nach Ablauf einer vorgegebenen Taktzeit jeweils ein Zyklus gestartet wird.
5. Verfahren nach Punkt 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß wenn in einem Zyklus mehrere Leit- bzw. Folgewegintervallstrecken zurückgelegt werden, der seit dem vorhergehenden Zyklus zurückgelegte Leitweg um den Gesamtwert der dabei durchlaufenen Leitwegintervallstrecken verändert wird und der zugehörige Gesamtwert der dabei durchlaufenen Folgewegintervallstrecken zur Bildung des gerundeten Folgewegsollwertes herangezogen wird.
6. Verfahren nach Punkt 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß jeweils nur die ganzen Inkremente des Zuwachses des

Folgewegsollwertes dem Folgeantrieb aufgeschaltet werden und das gebrochene Inkrement des Zuwachses des Folgewegsollwertes im nächstfolgenden Zyklus dem Folgewegsollwert vor Abspaltung der ganzen Inkremente hinzugefügt wird.

7. Verfahren nach Punkt 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß nur der einer vollen Umdrehung der Leitachse entsprechende Leitweg in Leitwegintervallstrecken unterteilt wird und bei jeder weiteren Umdrehung der Leitachse die gleichen Leitwegintervallstrecken und diesen zugeordnete gleichen Folgewegintervallstrecken wiederholt verwendet werden.
8. Verfahren nach Punkt 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Leitwegintervallstrecken untereinander gleichgroß gebildet und gespeichert werden.
9. Verfahren nach Punkt 1 bis 8, bei dualer Zahlendarstellung,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Leitwegintervallstrecken durch n-fache Halbierung des Leitweges einer vollen Umdrehung der Leitachse gebildet und gespeichert werden.
10. Verfahren nach Punkt 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Folgewegintervallstrecken untereinander gleichgroß gebildet und gespeichert werden.
11. Verfahren nach Punkt 1 bis 9, bei dualer Zahlendarstellung,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Folgewegintervallstrecken durch n-fache Halbierung des einer vollen Umdrehung der Leitachse zugeordneten Folgeweges gebildet und gespeichert werden.

12. Verfahren nach Punkt 1 bis 7, 10 und 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Leitwegintervallstrecken einer vollen Umdrehung der
Leitachse unterschiedlich groß, aber jede auf eine ganze
Anzahl von Inkrementen gebracht und gespeichert werden.
13. Verfahren nach Punkt 1 bis 9 und 12,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Folgewegintervallstrecken des einer vollen Umdrehung
der Leitachse zugeordneten Folgeweges unterschiedlich groß,
aber jede auf eine ganze Anzahl von Inkrementen gebracht
und gespeichert werden.