

(12) Wirtschaftspatent

erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **278 689 A3**4(51) B 23 Q 17/22
G 05 B 19/403

PATENTAMT der DDR

(21) WP B 23 Q / 306 242 4

(22) 24.08.87

(45) 16.05.90

(71) Forschungszentrum des Werkzeugmaschinenbaues Karl-Marx-Stadt, Karl-Marx-Allee 4, Karl-Marx-Stadt, 9010, DD

(72) Brandner, Gerhard, Dr. sc. techn.; Günther, Andreas, Dr.-Ing.; Drews, Dietrich, Dipl.-Ing.; Meyer, Hermann, Dipl.-Ing.; Weigel, Frank, Dipl.-Ing., DD

(54) **Schaltungsanordnung zur Ermittlung der aktuellen Zustellung eines eingelückten Schleifkörpers**

(55) Zahnradwerkstück; Schleifkörper; Teilwälzverfahren; Einflankenschliff; Zustellung; Bezugsgerade; CNC-Steuerung; Speicher; Arithmetikglieder; Konstantwertbildner, Rundtischposition; Variablenminimierung; Echtzeitbetrieb; Anzeige

(57) Die Erfindung bezieht sich auf die Zustellung eines eingelückten Schleifkörpers bezüglich einer Zahnflanke eines mit Einflankenschliff im Teilwälzverfahren zu bearbeitenden Zahnradwerkstücks. Aufbauend auf einer die Wälzbewegung grafisch abbildbaren und als Bezugsgröße dienenden Geraden werden Speicher für überwiegend wälzbewegungsspezifische Daten und Arithmetikglieder für deren Verknüpfung so eingesetzt, daß die aktuelle Zustellung in Richtung der Bettschlittenachse aus nur zwei einmalig berechneten und zwischengespeicherten Konstanten sowie aus der aktuellen Rundtischposition als einziger Variable fortlaufend ermittelt wird und dadurch im Echtzeitbetrieb einer Anzeige für den Bediener zugänglich ist. Das Anwendungsgebiet der Erfindung sind CNC-gesteuerte Zahnflankenschleifmaschinen insbesondere mit elektronischem Getriebe. Fig. 1

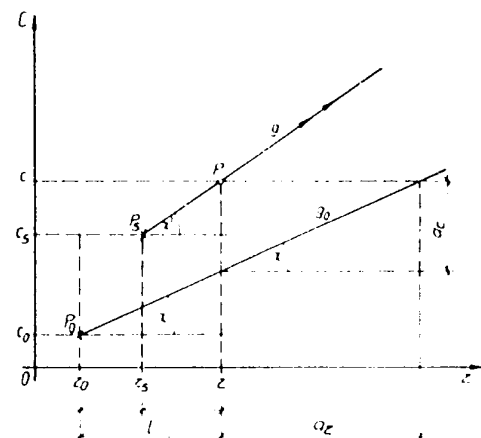


Fig. 1

Patentanspruch:

1. Schaltungsanordnung zur Ermittlung der aktuellen Zustellung eines eingelückten Schleifkörpers in Richtung der Bettschlittenachse Z bezüglich einer Zahnflanke eines in einer numerisch gesteuerten Zahnflankenschleifmaschine zum Einflankenschliff aufgespannten Zahnradwerkstücks zum Zweck einer digitalen Anzeige dieser Zustellung a_z bei einer sukzessiven Näherung an eine optimale Zustellgröße bezüglich einer gleichen Einlückposition für ein anschließes Teilwälzschleifen, wobei eine Bezugsgröße für die Zustellung a_z festgelegt ist, die numerische Steuerung über achszugeordnete Lagemeßwertgeber, über einen Rechner sowie über einen Datenspeicher verfügt und wobei eine Wälzbewegung in einem kartesischen Koordinatensystem mit der Bettschlittenachse Z und der Rundtischachse C grafisch als Wälzgerade abbildbar ist, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein erster Konstantwertbildner (14) für die Verarbeitung abgespeicherter, Eingriffswinkel und Schrägungswinkel beinhaltender Bestimmungsgrößen $\tan \chi$ als Steigung einer Bezugswälzgeraden g_0 , $\tan \chi' \neq \tan \chi$ als Steigung einer aktuellen Wälzgeraden $g \neq g_0$ sowie $\tan \chi_b$ als Quotient mit einem Bezugskreisdurchmesser d_b des Zahnradwerkstücks als Zählerwert und dem Grundkreisdurchmesser d_b des Zahnradwerkstücks als Nennerwert vorgesehen und über einen ersten Anschluß an einem Speicher (4) für $\tan \chi$, über einen zweiten Anschluß an einem Speicher (5) für $\tan \chi'$, über einen dritten Anschluß an einem Speicher (7) für das Datum Eins sowie über einen vierten Anschluß an einem Speicher (6) für $\tan \chi_b$ angeschlossen ist, daß ein zweiter Konstantwertbildner (18) für die Verarbeitung derselben Bestimmungsgrößen unter Einbeziehung eines Bezugspunktes P_0 mit den Achskomponenten z_0 und c_0 auf der Bezugswälzgeraden g_0 sowie eines Startpunktes P_s mit den Achskomponenten z_s und c_s auf der aktuellen Wälzgeraden g vorgesehen und über einen ersten Anschluß an einem Speicher (11) für c_s , über einen zweiten Anschluß am Speicher (5) für $\tan \chi'$, über einen dritten Anschluß an einem Speicher (8) für z_0 , über einen vierten Anschluß an einem Speicher (10) für z_s , über einen fünften Anschluß am Speicher (4) für $\tan \chi$, über einen sechsten Anschluß an einem Speicher (9) für c_0 sowie über einen siebenten Anschluß am Speicher (6) für $\tan \chi_b$ angeschlossen ist und die momentane Zustellgröße aus dem Produkt des vom ersten Konstantwertbildner (14) ausgegebenen ersten Konstantwerts K_1 und der aktuellen Rundtischposition c sowie diesem Produkt hinzuaddierten, vom zweiten Konstantwertbildner (18) ausgegebenen zweiten Konstantwert K_2 bestimmbar ist.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der erste Konstantwertbildner (14) mit der Reihenschaltung eines ersten Dividierglieds (15), eines ersten Subtrahierglieds (16) mit seinem Subtrahendeneingang sowie eines zweiten Dividierglieds (17) mit seinem Zählereingang versehen und über seinen ersten Anschluß mit dem Zählereingang des ersten Dividierglieds (15), über seinen zweiten Anschluß mit dem Nennereingang des ersten Dividierglieds (15), über seinen dritten Anschluß mit dem Minuendeneingang des ersten Subtrahierglieds (16) sowie über seinen vierten Eingang mit dem Nennereingang des zweiten Dividierglieds (17) verbunden ist.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der zweite Konstantwertbildner (18) mit der Reihenschaltung eines dritten Dividierglieds (19), eines zweiten Addierglieds (20) mit seinem ersten Eingang, eines zweiten Subtrahierglieds (21) mit seinem Minuendeneingang, eines zweiten Multiplizierglieds (22) mit seinem ersten Eingang, eines dritten Subtrahierglieds (23) mit seinem Minuendeneingang sowie eines vierten Dividierglieds (24) mit seinem Zählereingang versehen und über seinen ersten Anschluß mit dem Zählereingang des dritten Dividierglieds (19), über seinen zweiten Anschluß mit dem Nennereingang des dritten Dividierglieds (19), über seinen dritten Anschluß mit dem zweiten Eingang des zweiten Addierglieds (20), über seinen vierten Anschluß mit dem Subtrahendeneingang des zweiten Subtrahierglieds (21), über seinen fünften Anschluß mit dem zweiten Eingang des zweiten Multiplizierglieds (22), über seinen sechsten Anschluß mit dem Subtrahendeneingang des dritten Subtrahierglieds (23) sowie über seinen siebenten Anschluß mit dem Nennereingang des vierten Dividierglieds (24) verbunden ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf das Ermitteln der aktuellen Zustellung eines Schleifkörpers ausgehend von einer gleichen Einlückposition eines Zahnradwerkstücks und bezüglich einer Zahnflanke der betreffenden Zahnücke. Ihre Anwendung ist bei numerisch gesteuerten und im Teilwälzverfahren arbeitenden Zahnflankenschleifmaschinen in Verbindung mit einem bevorstehenden Einflankenschliff möglich und zweckmäßig.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Bevor ein Zahnradwerkstück auf einer Zahnflankenschleifmaschine im Einflankenschliff bearbeitet werden kann, ist es nach dem Einlücken erforderlich, eine für alle Zahnücken geeignete Zustellgröße des Schleifkörpers zu finden, weil trotz gleicher Einlückposition desselben in jeder Zahnücke an der betreffenden Zahnflanke ein unterschiedliches Aufmaß vorhanden ist. Diese geeignete Zustellgröße erreicht der Bediener erst im Ergebnis einer sukzessiven Näherung. Zu diesem Zweck führt er im allgemeinen in ausgewählten Zahnücken den Schleifkörper aus einer festgelegten Position heraus, bis derselbe die entsprechende Zahnflanke berührt. In der ersten Zahnücke stellt er die Berührung visuell fest, beispielsweise als Anfunken. Gleichzeitig läuft eine digitale Positionsanzeige mit. Die angezeigte Berührungsposition setzt den Bediener in die Lage, bei den nachfolgenden Zustellbewegungen in weiteren Zahnücken schneller als in der ersten Zahnücke diejenige Zustellgröße zu finden, bei der sich Schleifkörper und Zahnflanke berühren. Dabei verfolgt er ständig die angezeigte aktuelle Zustellung und steuert von Hand den Antrieb für die Zustellrichtung vorzugsweise im Tippbereich. Abhängig von den auftretenden Aufmaßunterschieden schränkt der Bediener die Anzahl der beteiligten Zahnücken mehr oder weniger ein. Der Zeitaufwand für die sukzessive Näherung an eine weitgehend optimale Zustellgröße steht im reziproken Verhältnis zum Zeitaufwand für das nachfolgend selbsttätig ablaufende Teilwälzschleifen. Dem Bediener obliegt es, die Gesamtzeit aus beiden Vorgängen möglichst kurz zu gestalten.

Die zur Anzeige gelangende aktuelle Zustellgröße wird einer geradlinigen Bewegung zugeordnet und einem mit dem Bettschlitten gekoppelten Lagemeßwertgeber entnommen. Die Meßwerte sind auf den Wälzkreis des Zahnradwerkstücks bezogen.

Nachteiligerweise bleibt dabei der Eingriffswinkel unberücksichtigt. Deshalb weist die Meßwertänderung im Vergleich zur Zustelländerung einen bis etwa 6% reichenden Fehler auf.

In noch weit höherem Maße durch Ungenauigkeit erschwert wird die Suche der geeigneten Zustellgröße bei Schrägverzahnung, weil hier der Schrägungswinkel unberücksichtigt bleibt und bei einer Größe bis zu 45° eine bis zu 30% reichende Abweichung bewirkt. Mehr oder weniger kann bisher nur der Bediener diesen Fehlereinfluß berücksichtigen.

Trotz dieser Nachteile ist als letzten Endes erfolgverbürgende Voraussetzung eine durch ein kartesisches Maschinenkoordinatensystem oder Werkstückkoordinatensystem eindeutig definierte konstante Bezugsgröße vorhanden, hier in Form der vorerwähnten Einlückposition mit ihrer Bettschlittenachskomponente. Diese Voraussetzung ist wie auch in anderen gleichgearteten Fällen an eine separate Bewegung in nur einer Achsrichtung gebunden. Bekannte Anzeigeanordnungen, wie beispielsweise die für die Iststellung des Schlittens einer Werkzeugmaschine gemäß DE-OS 2010 178, sind deshalb auch jeweils nur für Positionswerte oder daraus abgeleitete Werte in Richtung jeweils nur einer Achse vorgesehen und beziehen sich dabei auf die jeweils andere Achse oder eine dazu parallel verlaufende Kante oder Linie.

Die genannte Voraussetzung ist bei einer nach dem Teilwälzverfahren arbeitenden Werkzeugmaschine mit elektronischem Getriebe nicht mehr gegeben. Bei einer solchen Maschine wird die Wälzbewegung im Bahnsteuerbetrieb von Bettschlitten und Rundtisch vollzogen und anstelle mechanischer Elemente durch entsprechenden Ausbau der numerischen Steuerung als CNC-Steuerung verwirklicht. Bekannte CNC-Steuerungen sind deshalb zwar für verschiedene Anzeigebetriebsarten ausgelegt, eine Anzeigebetriebsart für Positionswerte, die an die Wälzbewegung gekoppelt sind, wurde in Ermangelung einer vorangegangenen Bestimmung dieser Positionswerte aber bisher noch nicht realisiert.

Aus DE-PS 3033202 ist es weiterhin bereits bekannt, bei der Interpolation einer Werkzeugbahn zwischen einer kartesischen Achse und einer Rundachse die letztere steuerungstechnisch wie die erstere zu behandeln. Darauf aufbauend ist es aus DD 235429 auch schon bekannt, in einem kartesischen Koordinatensystem mit einer Koordinatenachse Z für den Bettschlitten und einer Koordinatenachse C für den Rundtisch einer nach dem Teilwälzverfahren arbeitenden Zahnflankenschleifmaschine die Wälzbewegungen und die Spielauslagenbewegungen von Arbeitszyklen eines Werkstückträgers beim Einflankenschliff eines im Teilwälzverfahren in Bearbeitung befindlichen Zahnrades als ansteigende Geraden grafisch darzustellen. Der Schleifkörper ist dabei in das Zahnrad eingelückt. Der Abstand des eingelückten Schleifkörpers von jeder der beiden benachbarten Zahnflanken ist unbestimmt. Nachteiligerweise läßt sich deshalb an das Einlücken nicht unmittelbar ein sinnvoller und zumindest kollisionsfreier Arbeitszyklus anfügen. Es bedarf vielmehr der Kenntnis dieses Abstandes und damit gleichbedeutend der aktuellen Zustellung relativ zu einer Bezugsgröße.

Ziel der Erfindung

Als Ziel der Erfindung soll erreicht werden, den Fertigungs- und Justageaufwand zu verringern, den subjektiven Einfluß des Bedieners auszuschließen und die Genauigkeit der ermittelten Zustellgrößen zu erhöhen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung zur Ermittlung der aktuellen Zustellung eines eingelückten Schleifkörpers gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs so auszubilden, daß sie für im Teilwälzverfahren arbeitende Zahnflankenschleifmaschinen mit elektronischen Getriebe einsetzbar ist, dabei den von Eingriffswinkeln und Schrägungswinkeln verursachten Fehlereinfluß ausschließt und die Bezugsgröße aus der nach dem beendeten Einlückvorgang erreichten Relativlage des Schleifkörpers herleitet.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein erster Konstantwertbildner für die Verarbeitung abgespeicherter, Eingriffswinkel und Schrägungswinkel beinhaltender Bestimmungsgrößen $\tan \chi$ als Steigung einer Bezugswälzgeraden g_0 , $\tan \chi' \neq \tan \chi$ als Steigung einer aktuellen Wälzgeraden $g \neq g_0$ sowie $\tan \chi_0$ als Quotient mit einem Bezugskreisdurchmesser d_B des Zahnradwerkstücks als Zählerwert und dem Grundkreisdurchmesser d_g des Zahnradwerkstücks als Nennerwert vorgesehen und über einen ersten Anschluß an einem Speicher für $\tan \chi$, über einen zweiten Anschluß an einem Speicher für $\tan \chi'$, über einen dritten Anschluß an einem Speicher für das Datum Eins sowie über einen vierten Anschluß an einem Speicher für $\tan \chi_0$ angeschlossen ist, daß ein zweiter Konstantwertbildner für die Verarbeitung derselben Bestimmungsgrößen unter Einbeziehung eines Bezugspunktes P_0 mit den Achskomponenten z_0 und c_0 auf der Bezugswälzgeraden g_0 sowie eines Startpunktes P_s mit den Achskomponenten z_s und c_s auf der aktuellen Wälzgeraden g vorgesehen und über einen ersten Anschluß an einem Speicher für c_s , über einen zweiten Anschluß am Speicher für $\tan \chi'$, über einen dritten Anschluß an einem Speicher für z_0 , über einen vierten Anschluß an einem Speicher für z_s , über einen fünften Anschluß am Speicher für $\tan \chi$, über einen sechsten Anschluß an einem Speicher für c_0 sowie über einen siebenten Anschluß am Speicher für $\tan \chi_0$ angeschlossen ist und die momentane Zustellgröße aus dem Produkt des vom ersten Konstantwertbildner ausgegebenen ersten Konstantwerts K_1 und der aktuellen Rundtischposition c sowie diesem Produkt hinzuaddierten, vom zweiten Konstantwertbildner ausgegebenen zweiten Konstantwert K_2 bestimmbar ist.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung dieser Lösung besteht darin, daß der erste Konstantwertbildner mit der Reihenschaltung eines ersten Dividierglieds, eines ersten Subtrahierglieds mit seinem Subtrahendeneingang sowie eines zweiten Dividierglieds mit seinem Zählereingang versehen und über seinen ersten Anschluß mit dem Zählereingang des ersten Dividierglieds, über seinen zweiten Anschluß mit dem Nennereingang des ersten Dividierglieds, über seinen dritten Anschluß mit dem Minuendeneingang des ersten Subtrahierglieds sowie über seinen vierten Eingang mit dem Nennereingang des zweiten Dividierglieds verbunden ist.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Lösung besteht darin, daß der zweite Konstantwertbildner mit der Reihenschaltung eines dritten Dividierglieds, eines zweiten Addierglieds mit seinem ersten Eingang, eines zweiten Subtrahierglieds mit seinem Minuendeneingang, eines zweiten Multiplizierglieds mit seinem ersten Eingang, eines dritten Subtrahierglieds mit seinem Minuendeneingang sowie eines vierten Dividierglieds mit seinem Zählereingang versehen und über seinen ersten Anschluß mit dem Zählereingang des dritten Dividierglieds, über seinen zweiten Anschluß mit dem Nennereingang des dritten Dividierglieds, über seinen dritten Anschluß mit dem zweiten Eingang des zweiten Addierglieds, über seinen vierten Anschluß mit dem Subtrahendeneingang des zweiten Subtrahierglieds, über seinen fünften Anschluß mit dem zweiten Eingang des zweiten Multiplizierglieds, über seinen sechsten Anschluß mit dem Subtrahendeneingang des dritten Subtrahierglieds sowie über seinen siebenten Anschluß mit dem Nennereingang des vierten Dividierglieds verbunden ist.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher beschrieben. Dabei zeigen

Fig. 1: eine grafische Darstellung der von der Erfindung umfaßten Vorgänge in einem Werkstückkoordinatensystem mit daran gebundenen geometrischen Beziehungen

Fig. 2: ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung.

In Fig. 1 ist ein kartesisches Koordinatensystem dargestellt, dessen Nullpunkt sich auf ein Zahnradwerkstück beziehen soll, das mittels des Bettschlittens und des Rundtisches einer im Teilwälzverfahren arbeitenden Zahnflankenschleifmaschine gegenüber einem eingelückten Schleifkörper bewegbar ist.

Die Bettschlittenachse Z bildet die Abszisse und die Rundtischachse C die Ordinate des Werkstückkoordinatensystems. Nimmt ein ausgewählter Punkt des Schleifkörpers in einer ersten Zahnücke bei seiner Abbildung im Koordinatensystem die Bezugsposition P_0 mit den Achskomponenten z_0 und c_0 ein, dann bildet sich eine ab hier getätigte Wälzbewegung als Gerade g_0 mit dem Steigungswinkel χ ab.

Für diese Wälzbewegung soll die Zustellgröße Null gelten. Wird der Schleifkörper aus der Bezugsposition P_0 entfernt und in eine Startposition P_s mit den Achskomponenten z_s und c_s gebracht, dann stellt sich eine von dort ausgehende veränderte Wälzbewegung als Gerade g mit dem Steigungswinkel χ' dar. Ein Zustellungszuwachs bildet sich in $\chi' > \chi$ ab, wobei die jeweils aktuell erreichte Zustellung durch den achsparallelen Abstand des auf der Geraden g wandernden Punktes P zum Ausdruck kommt. Die im vorliegenden Fall interessierende aktuelle Zustellung a_z in Richtung der Bettschlittenachse Z ist als Strecke mit der gleichlautenden Bezeichnung abgebildet.

Die Zahnflankenschleifmaschine ist mit einem elektronischen Getriebe versehen. Der Bahnsteuerbetrieb zwischen dem Bettschlitten und dem Rundtisch verläuft CNC-gesteuert.

Gemäß Fig. 2 verfügt die CNC-Steuerung unter anderem über einen Lagemeßwertgeber 1 für den Bettschlitten, einen Lagemeßwertgeber 2 für den Rundtisch, einen Rechner und einen Datenspeicher. Zum Bestimmen der auf den Grundkreis des Zahnradwerkstücks bezogenen aktuellen Zustellung a_{z0} werden ein Rechenwerk 3 des Rechners sowie Teile des Datenspeichers in Gestalt eines Speichers 4 für $\tan \chi$, eines Speichers 5 für $\tan \chi'$, eines Speichers 6 für $\tan \chi_0$ als Quotient mit dem Bezugskreisdurchmesser d_B des Zahnradwerkstücks als Zählerwert und mit dem Grundkreisdurchmesser d_g des Zahnradwerkstücks als Nennerwert, eines Speichers 7 für das Datum Eins, eines Speichers 8 für die Achskomponente z_0 , eines Speichers 9 für die Achskomponente c_0 , eines Speichers 10 für die Achskomponente z_s sowie eines Speichers 11 für die Achskomponente c_s eingesetzt.

Das Rechenwerk 3 enthält in Reihe geschaltet ein erstes Multiplizierglied 12 und ein erstes Addierglied 13 mit seinem ersten Eingang. Ein erster Konstantwertbildner 14 besteht aus der Reihenschaltung eines ersten Dividierglieds 15, eines ersten Subtrahierglieds 16 mit einem Subtrahendeneingang und eines zweiten Dividierglieds 17 mit seinem Zählereingang. Ein zweiter Konstantwertbildner 18 setzt sich aus der Reihenschaltung eines dritten Dividierglieds 19, eines zweiten Addierglieds 20 mit seinem ersten Eingang, eines zweiten Subtrahierglieds 21 mit seinem Minuendeneingang, eines zweiten Multiplizierglieds 22 mit seinem ersten Eingang, eines dritten Subtrahierglieds 23 mit seinem Minuendeneingang sowie eines vierten Dividierglieds mit seinem Zählereingang zusammen.

Der erste Eingang des ersten Multiplizierglieds 12 und damit der Eingang des Rechenwerks 3 ist am Lagemeßwertgeber 2, der zweite Eingang des ersten Multiplizierglieds 12 über einen ersten Zwischenspeicher 25 am Ausgang des ersten Konstantwertbildners 14 und der zweite Eingang des ersten Addierglieds 13 über einen zweiten Zwischenspeicher 26 am Ausgang des zweiten Konstantwertbildners 18 angeschlossen.

Der Speicher 4 ist ausgangsseitig mit dem Zählereingang des ersten Dividierglieds 15 und dadurch mit dem Eingang des ersten Konstantwertbildners 14 sowie mit dem zweiten Eingang des zweiten Multiplizierglieds 22 verbunden. Jeweils ausgangsseitig verbunden ist der Speicher 5 mit dem Nennereingang des ersten Dividierglieds 15 sowie mit dem Nennereingang des dritten Dividierglieds 19, der Speicher 6 mit dem Nennereingang des zweiten Dividierglieds 17 sowie mit dem Nennereingang des vierten Dividierglieds 24, der Speicher 7 mit dem Minuendeneingang des ersten Subtrahierglieds 16, der Speicher 8 mit dem zweiten Eingang des zweiten Addierglieds 20, der Speicher 9 mit dem Subtrahendeneingang des dritten Subtrahierglieds 23, der Speicher 10 mit dem Subtrahendeneingang des zweiten Subtrahierglieds 21 sowie der Speicher 11 mit dem Zählereingang des dritten Dividierglieds 19 und dadurch mit dem Eingang des zweiten Konstantwertbildners 18. Eingangsseitig ist der Speicher 10 am Lagemeßwertgeber 1 angeschlossen, der Speicher 11 am Lagemeßwertgeber 2. Dem Einschreibe-Aktivierungseingang des Speichers 10 wie auch demjenigen des Speichers 11 ist ein Taster 27 vorgeschaltet.

Die Addierglieder 13 und 20, die Subtrahierglieder 16, 21 und 23, die Multiplizierglieder 12 und 22 sowie die Dividierglieder 15, 17, 19 und 24 können durch einen einzigen Mikroprozessor oder durch mehrere Mikroprozessoren realisiert sein.

Die Wirkungsweise der Schaltungsanordnung gemäß Fig. 2 beruht auf der Bestimmung der in Fig. 1 als Strecke a_z dargestellten aktuellen Zustellung a_z aus Streckenabschnitten in der Rundtischachse C sowie auf den Bezug dieser aktuellen Zustellung auf den Grundkreis. Es gilt

$$a_z = \frac{a_c}{\tan \chi} \quad (1)$$

und bezogen auf den Grundkreis

$$a_{zb} = \frac{a_c}{\tan \chi_b} \quad (2)$$

$$\text{mit } \tan \chi_b = \frac{d_B}{d_b} \quad (3)$$

d_B = Bezugskreisdurchmesser des Zahnradwerkstücks

d_b = Grundkreisdurchmesser des Zahnradwerkstücks

$$a_c = c - l \cdot \tan \chi - c_0 \quad (4)$$

$$l = (z - z_s) + (z_s - z_0)$$

$$l = (c - c_s) : \tan \chi' + (z_s - z_0) \quad (5)$$

Durch Einsetzen der Gleichung (5) in Gleichung (4) und dieser so umgeformten Gleichung (4) in Gleichung (2) ergibt sich

$$a_{zb} = [c - \{(c - c_s) : \tan \chi' + (z_s - z_0)\} \cdot \tan \chi - c_0] : \tan \chi_b \quad (6)$$

Durch Umformung der Gleichung (6) erhält man

$$a_{zb} = [c \cdot (1 - \frac{\tan \chi}{\tan \chi'}) + (\frac{c_s}{\tan \chi'} + z_0 - z_s) \cdot \tan \chi - c_0] : \tan \chi_b \quad (7)$$

Gleichung (7) hat den Vorteil, daß sie nur c als einzige Variable enthält. Dadurch lassen sich zwei Konstanten festlegen mit

$$K_1 = (1 - \frac{\tan \chi}{\tan \chi'}) : \tan \chi_b \quad (8)$$

$$K_2 = \left[(\frac{c_s}{\tan \chi'} + z_0 - z_s) \cdot \tan \chi - c_0 \right] : \tan \chi_b \quad (9)$$

Die Konstante K_1 wird im ersten Konstantwertbildner 14 errechnet, wobei erst das zweite Dividierglied 17 den Bezug auf den Grundkreis herstellt. Der zweite Konstantwertbildner 18 errechnet die Konstante K_2 und bezieht sich dabei auf den Grundkreis mittels des vierten Dividierglieds 24.

Das Rechenwerk 3 erfaßt die vom Lagemeßwertgeber 2 ausgegebene aktuelle Rundtischposition c , die im ersten Zwischenspeicher 25 abgelegte Konstante K_1 sowie die im zweiten Zwischenspeicher 26 abgelegte Konstante K_2 und bestimmt die aktuelle Zustellung a_{zb} gemäß der Beziehung

$$a_{zb} = c \cdot K_1 + K_2 \quad (10)$$

Die beschriebene Wirkungsweise schließt eine bestimmte Reihenfolge der in der Schaltungsanordnung ablaufenden Vorgänge ein. Zuerst werden die Speicher 4 und 6 bis 9 mit den entsprechenden Daten gefüllt. Sie ergeben sich überwiegend aus dem gewählten Bezugspunkt P_0 und aus der von ihm ausgehenden Wälzbewegung. Für diese Wälzbewegung wird eine Zustellung von a_{zb} gleich Null vereinbart.

Danach wird die Relativlage zwischen Schleifkörper und Zahnradwerkstück verändert und eine neue Wälzbewegung ausgeführt. Betätigt der Bediener den Taster 27, dann fixiert er den Startpunkt P_s . Die zum Zeitpunkt der Tasterbetätigung vom Lagemeßwertgeber 1 ausgegebene Achskomponente z_s wird im Speicher 10 festgehalten und die vom Lagemeßwertgeber 2 ausgegebene Achskomponente c_s im Speicher 11. Ein nicht dargestelltes Steuerwerk der CNC-Steuerung veranlaßt anschließend die Berechnung der Konstanten K_1 und K_2 sowie deren Zwischenspeicherung. Danach erst wird die vom Startpunkt P_s ausgehende Wälzbewegung entsprechend der Geraden g gestartet.

Das Rechenwerk 3 ermittelt nach Maßgabe der fortlaufend veränderten Lage des Punktes P auf der Geraden g die zugehörige aktuelle Zustellung a_{ab} gemäß Gleichung (10). Da diese Ermittlung auf die zuvor einmalig errechneten Konstanten K_1 und K_2 zurückgreift und nur der Wert c des Lagemeßwertgebers 2 sich fortlaufend ändert, ist dieser Ablauf im Echtzeitbetrieb der CNC-Steuerung durchführbar und die ermittelte aktuelle Zustellung a_{ab} einer sofortigen digitalen Anzeige zugänglich.

Da mit der Geraden g_0 eine feste Bezugsgröße zur Verfügung steht, kann die aktuelle Zustellung a_z trotz ihrer Abhängigkeit von der variablen Bettschlittenposition und von der variablen Rundtischposition auch bei Zahnflankenschleifmaschinen mit elektronischem Getriebe eindeutig ermittelt werden. Die in den Speichern 4 bis 11 abgelegten Daten lassen sich auch bei unterschiedlichen Eingriffswinkeln und Schrägungswinkeln bestimmen, so daß die bisher vom Bediener subjektiv eingebrachte Ungenauigkeit ausbleibt.

Sind die beteiligten Lagemeßwerte anstelle des Werkstückkoordinatensystems auf das Maschinenkoordinatensystem bezogen, dann muß der zwischen beiden gültige Festwert in die Berechnungen einbezogen werden.

Es wird darauf hingewiesen, daß als genannte einzige Variable anstelle der aktuellen Rundtischposition c auch die aktuelle Bettschlittenposition z eingesetzt werden könnte, wobei aber dementsprechend veränderte Anschlußbedingungen gelten würden und beide Konstantwertbildner 14 und 18 verändert aufgebaut sein müßten.

Weiterhin wird darauf aufmerksam gemacht, daß sich die Gerade g_0 als reale Kante eines Werkstücks darstellen läßt. In diesem Fall würde die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung dazu dienen, einen achsparallelen Abstand eines in der Koordinatenebene befindlichen beliebigen Punktes von dieser Kante zu ermitteln.

•

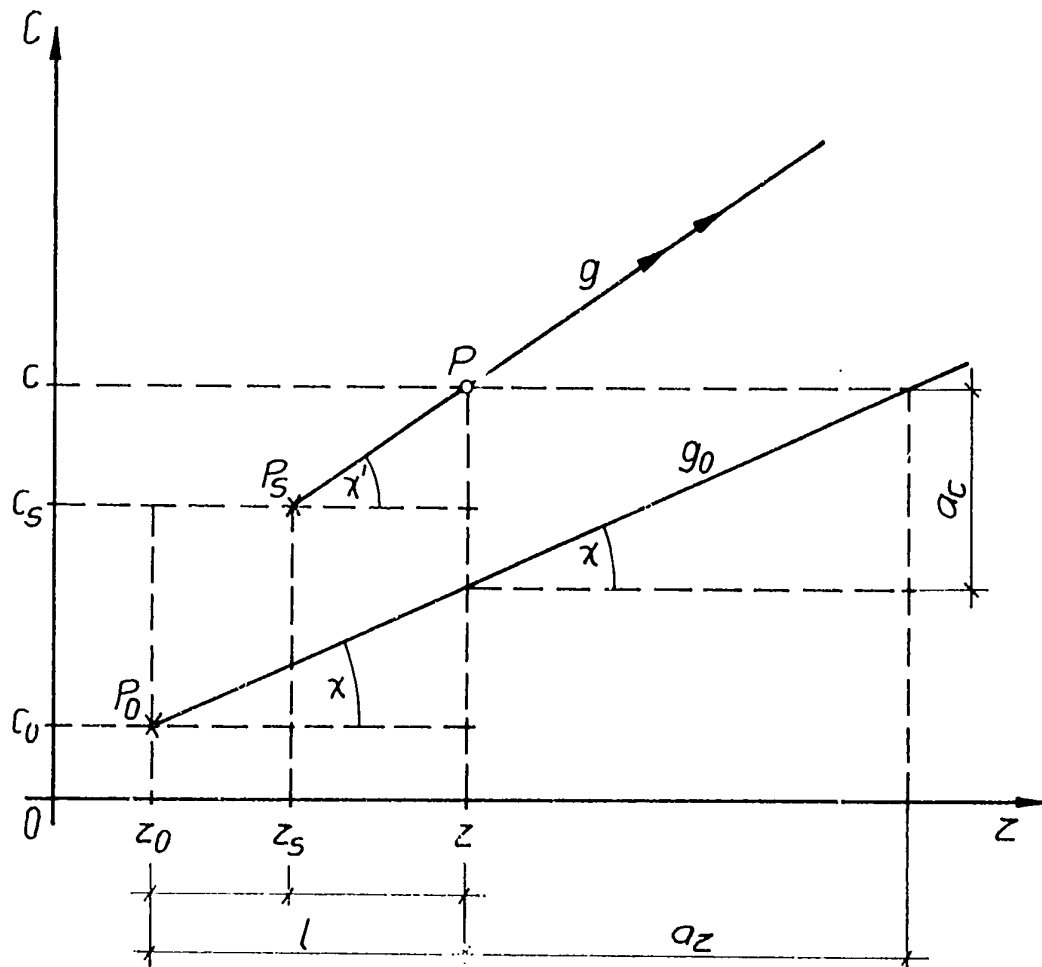


Fig.1

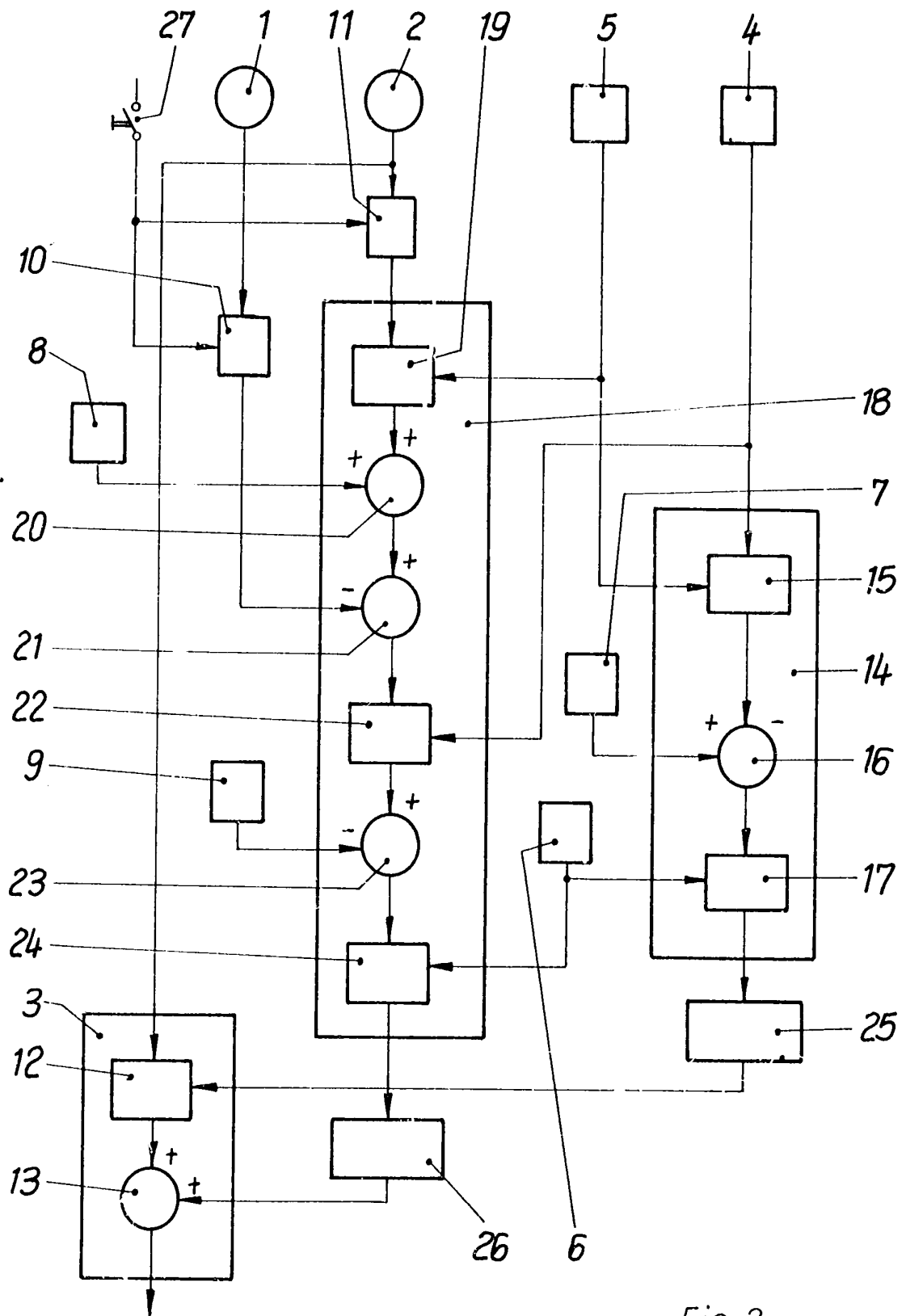


Fig. 2