

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP B 23 F / 314 994 5

(22) 22.04.88

(44) 27.09.89

(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.; Uhlich, Stefan, Dipl.-Ing., DD

(54) Schaltungsanordnung zum Bestimmen einer Zielposition für das Zustellen eines Zahnradwerkstücks

(55) Zahnradwerkstück, Schleifkörper, Einlücken, Zahnpaarungsgeometrie, Testwälzbahn, Bezugswälzbahn, Bezugsposition, Zielposition, Zustellbewegung, Positionswertbildner, Zahnflankenschleifmaschine

(57) Die Erfindung bezieht sich auf das Zustellen eines Zahnradwerkstücks relativ zu einem eingelückten Schleifkörper. An beiden Zahnflanken liegen unterschiedliche Zahnpaarungsgeometrien vor, die im Hinblick auf eine verbesserte Genauigkeit des späteren Fertigschliffs berücksichtigt werden sollen. Zu diesem Zweck wird ausgehend von einer ohne schädigende Flankenberührung gefundenen Testwälzbahn entsprechend der Rechtsflanke beziehungsweise Linksflanke und der Wälzbahn entsprechend der jeweils anderen Flanke eine Bezugswälzbahn festgelegt. Ein Positionswertbildner bestimmt eine auf der Bezugswälzbahn befindliche endgültige Bezugsposition hinsichtlich einer auf der Testwälzbahn befindlichen vorläufigen Bezugsposition in der gleichen Bettschlittenendlage. Die endgültige Bezugsposition trägt den Charakter einer Zielposition. Das Anwendungsgebiet der Erfindung sind Zahnflankenschleifmaschinen mit elektronisch gesteuerter Wälzbewegung. Fig. 1

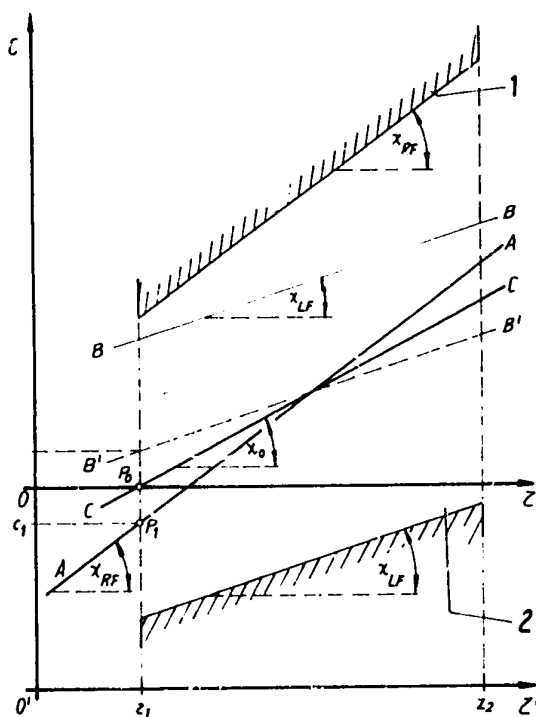


Fig. 1

Patentanspruch:

1. Schaltungsanordnung zum Bestimmen einer Zielposition für das Zustellen eines Zahnradwerkstückes relativ zu einem eingelückten Schleifkörper auf einer nach dem Teilwälzverfahren arbeitenden CNC-gesteuerten Zahnflankenschleifmaschine mit elektronischem Getriebe, mit einem Basisdatenspeicher für eine erste Bettschlittenendlage z_1 , einem Basisdatenspeicher für eine zweite Bettschlittenendlage z_2 , einem Basisdatenspeicher für die Steigung $\tan \chi_{RF}$ einer ersten Geraden als Abbildung einer ersten Wälzbahn entsprechend der Zahnpaarungsgeometrie der vereinbarten Rechtsflanke und mit einem Basisdatenspeicher für die Steigung $\tan \chi_{LF}$ ungleich $\tan \chi_{RF}$ einer zweiten Geraden als Abbildung einer zweiten Wälzbahn entsprechend der Zahnpaarungsgeometrie der Linksflanke, unter Verwendung einer auf der ersten oder zweiten Wälzbahn sowie in der ersten oder zweiten Bettschlittenendlage befindlichen vorläufigen Bezugsposition, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Positionswertbildner (3) zur Ermittlung der Rundtischachskomponente c_0 der Zielposition P_0 gemäß der Beziehung

$$c_0 = (z_2 - z_1) \cdot \frac{\tan \chi_{RF} - \tan \chi_{LF}}{4}$$

vorgesehen, zu diesem Zweck aus einem ersten Subtrahierglied (4), einem zweiten Subtrahierglied (5) sowie einem Arithmetikglied (6) mit einem über seinen ersten Eingang dem ersten Subtrahierglied (4) nachgeschalteten Multiplizierglied (7) sowie einem Dividierglied (8) aufgebaut, mit dem Subtrahendeneingang des ersten Subtrahierglieds (4) am Basisdatenspeicher (9) für die erste Bettschlittenendlage, mit dem Minuendeneingang des ersten Subtrahierglieds (4) am Basisdatenspeicher (10) für die zweite Bettschlittenendlage, mit dem Minuendeneingang des zweiten Subtrahierglieds (5) am Basisdatenspeicher (11) für die Steigung $\tan \chi_{RF}$, mit dem Subtrahendeneingang des zweiten Subtrahierglieds (5) am Basisdatenspeicher (12) für die Steigung $\tan \chi_{LF}$ sowie mit dem Nennereingang des Dividierglieds (8) an einem Speicher (13) für das Datum Vier angeschlossen ist, wobei entweder das Multiplizierglied (7) mit seinem zweiten Eingang dem zweiten Subtrahierglied (5) und das Dividierglied (8) mit seinem Zählereingang dem Multiplizierglied (7) nachgeschaltet oder das Dividierglied (8) mit seinem Zählereingang dem zweiten Subtrahierglied (5) und das Multiplizierglied (7) mit seinem zweiten Eingang dem Dividierglied (8) nachgeschaltet ist.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Positionswertbildner (3) wenigstens ein Mikroprozessor ist.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf das Zustellen eines Zahnradwerkstückes relativ zu einem eingelückten Schleifkörper auf einer nach dem Teilwälzverfahren arbeitenden und für Einflankenschliff vorgesehenen Zahnflankenschleifmaschine. Die nach dem Einlücken erreichte Winkellage des Rundtisches befindet sich dabei innerhalb eines Winkelbereichs, in dem eine Wälzbewegung entsprechend unterschiedlicher Zahnpaarungsgeometrien der Rechtsflanke und Linksflanke zu keiner Flankenberührung führt. Die Anwendung der Erfindung ist bei einer Zahnflankenschleifmaschine möglich, die mit einer rechnergestützten numerischen Bahnsteuereinrichtung ausgerüstet ist und darin ein elektronisches Getriebe für die Wälzbewegungen aufweist.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Das Einlücken eines Schleifkörpers in eine Zahnflücke eines Zahnradwerkstücks schließt neben einer Radialbewegung des Schleifkörpers ein, daß das Zahnradwerkstück in eine Lage gebracht wird, in der Wälzbewegungen, wie sie bei der späteren Flankenbearbeitung vorzunehmen sind, keine Flankenberührungen ergeben. Zu diesem Zweck führt der Bediener vorzugsweise in einer gewählten und variierten Winkellage des Rundtisches Testwälzbewegungen durch. Eine berührungsfreie Testwälzbahn kann aber nur dann als Bezugswälzbahn in Zuordnung zu einem geeigneten Koordinatensystem verwendet werden, wenn für beide Zahnflanken die gleiche Zahnpaarungsgeometrie vorliegt. Das betrifft aber nur in Näherung zu. Tatsächlich sind mehr oder weniger große Abweichungen der Eingriffswinkel an den Schleifflächen des Schleifkörpers für die Rechtsflanke und für die Linksflanke vorhanden und beeinträchtigen die Fertigungsgenauigkeit. Beim Zahnflankenschleifen kann das entscheidend sein. Um diesen Abweichungen zu begegnen, führt der Bediener die Testwälzbewegungen entsprechend der Zahnpaarungsgeometrien beider Zahnflanken aus und sichert das Ausbleiben von schädigenden Zahnflankenberührungen.

durch Zwischenschalten einer anderen Bewegung, beispielsweise einer Zustellbewegung in Richtung der Rundtischachse. Die Länge dieser Zustellbewegung ist nachteiligerweise dem subjektiven Verhalten des Bedieners ebenso überlassen wie die Festlegung einer Bezugswälzbahn innerhalb des von den berührungsfreien Testwälzbewegungen begrenzten Zulässigkeitsbereichs.

Aus DD 235 429 ist es bekannt, bei einer nach dem Teilwälzverfahren arbeitenden und für Einflankenschliff vorgesehenen Zahnflankenschleifmaschine die vor einer Teilbewegung zur nächsten Zahnücke ablaufende Bewegungsfolge eines Zahnradwerkstücks relativ zu einem eingelückten Schleifkörper innerhalb zweier Bettschlittenendlagen auszuführen und dabei die Spielauslagenbewegungen von der einen Zahnflanke zur gegenüberliegenden Zahnflanke entlang dieser Bettschlittenendlagen vorzunehmen. Eine Abbildung der Bewegungsfolge in einem kartesischen Koordinatensystem mit der Bettschlittenachse und der Rundtischachse weist die für die Rechtsflanke und für die Linksflanke zuständige Wälzbahn jeweils als Gerade aus. Unterschiedliche Steigungen dieser Geraden bedeuten, daß unterschiedliche Durchmesser der Erzeugungswälzkreise und somit voneinander abweichende Zahnpaarungsgeometrien vorliegen.

In der DÖR-Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen WP B 23 O/30P 242.4 wurde weiterhin bereits vorgeschlagen, die bei der Ermittlung der aktuellen Zustellung eines eingelückten Schleifkörpers relativ zu einem Zahnradwerkstück von einer Schaltungsanordnung ausgeführten Berechnungen auf geometrische Beziehungen des Teilwälzschleifens zu stützen. Dabei ist die aktuelle Zustellung als die in Richtung der Bettschlittenachse vorhandene Entfernung einer Position einer Wälzbahn von einer angenommenen Bezugswälzbahn beschrieben. Wälzbahn und Bezugswälzbahn sind als Wälzgerade beziehungsweise Bezugsgerade mit voneinander abweichender Steigung abgebildet. Die im Ergebnis der Berechnungen entstehenden Daten können nur deshalb ermittelt werden, weil die Bezugswälzbahn in ein Koordinatensystem eingeordnet wird. Zu diesem Zweck ist eine auf der Bezugsgeraden liegende Bezugsposition mit einem definierten Abstand zum Koordinatennullpunkt vereinbart. Dieser Abstand entspricht einer Koordinatentransformation und wird als gesondertes Datum behandelt. Zu den Basisdaten für die Berechnungen gehören die Steigung der Bezugsgeraden, die davon abweichende Steigung der Wälzgeraden sowie die Achskomponenten der Bezugsposition.

Die Lösung vermittelt keinen Hinweis, in welcher Weise die Zustellung in einer Zahnücke zu gestalten wäre, um bei voneinander abweichender Zahnpaarungsgeometrie der Rechtsflanke und Linksflanke nach dem späteren Fertigschliff die Zahnflanken in verbesserter Genauigkeit zu erhalten.

Ziel der Erfindung

Als Ziel der Erfindung soll eine Erhöhung der Genauigkeit des Fertigschliffs in Anpassung an vorgelagerte Vorgänge erreicht werden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung zum Bestimmen einer Zielposition für das Zustellen eines Zahnradwerkstücks gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs so auszubilden, daß die Zielposition als in einer Bettschlittenendlage befindliche endgültige Bezugsposition für Positioniervorgänge in der Zahnücke verwendbar ist. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein Positionswertbildner zur Ermittlung der Rundtischachskomponente c_0 der Zielposition P_0 gemäß der Beziehung

$$c_0 = (z_2 - z_1) \cdot \frac{\tan \alpha_{RF} - \tan \alpha_{LF}}{4}$$

vorgesehen, zu diesem Zweck aus einem ersten Subtrahierglied, einem zweiten Subtrahierglied sowie einem Arithmetikglied mit einem über seinen ersten Eingang dem ersten Subtrahierglied nachgeschalteten Multiplizierglied sowie einem Dividiernglied aufgebaut, mit dem Subtrahendeneingang des ersten Subtrahierglieds am Basisdatenspeicher für die erste Bettschlittenendlage, mit dem Minuendeneingang des ersten Subtrahierglieds am Basisdatenspeicher für die zweite Bettschlittenendlage, mit dem Minuendeneingang des zweiten Subtrahierglieds am Basisdatenspeicher für die Steigung $\tan \alpha_{RF}$, mit dem Subtrahendeneingang des zweiten Subtrahierglieds am Basisdatenspeicher für die Steigung $\tan \alpha_{LF}$ sowie mit dem Nennereingang des Dividiernglieds an einem Speicher für das Datum Vier angeschlossen ist, wobei entweder das Multiplizierglied mit seinem zweiten Eingang dem zweiten Subtrahierglied und das Dividiernglied mit seinem Zählereingang dem Multiplizierglied nachgeschaltet oder das Dividiernglied mit seinem Zählereingang dem zweiten Subtrahierglied und das Multiplizierglied mit seinem zweiten Eingang dem Dividiernglied nachgeschaltet ist.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Schaltungsanordnung besteht darin, daß der Positionswertbildner wenigstens ein Mikroprozessor ist.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1: eine grafische Darstellung der im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ablaufenden Vorgänge,

Fig. 2: ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung in einer ersten Modifikation,

Fig. 3: ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung in einer zweiten Modifikation.

In Figur 1 ist ein kartesisches Koordinatensystem dargestellt, auf dessen vorläufigen Nullpunkt O' sich ein Zahnradwerkstück bezieht, das mittels des Bettschlittens und des Rundtisches einer im Teilwälzverfahren arbeitenden Zahnflankenschleifmaschine relativ zu einem eingelückten Schleifkörper bewegbar ist.

Eine vorläufige Bettschlittenachse Z' bildet die Abszisse und die Rundtischachse C die Ordinate des vorläufigen Werkstückkoordinatensystems. In ihm sind die Rechtsflanke 1 und die Linksflanke 2 einer Zahnücke als Geraden abgebildet. Diese Geraden bezeichnen die Wälzbahnen, wie sie von der Zahnpaarungsgeometrie an der jeweiligen Zahnflanke bestimmt und durch die Steigung $\tan \chi$ der Geraden abgebildet sind. An der Rechtsflanke 1 und an der Linksflanke 2 liegen unterschiedliche Zahnpaarungsgeometrien vor, wobei $\tan \chi_{RF} > \tan \chi_{LF}$ gelten soll.

Dem Bediener ist anhand unterschiedlicher Eingriffswinkel bekannt, daß voneinander abweichende Zahnpaarungsgeometrien vorliegen. Deshalb bewegt er den eingelückten Schleifkörper auf Testwälzbahnen, die diesen Zahnpaarungsgeometrien entsprechen. Dabei dreht er den Rundtisch bis in eine solche Lage, daß sich Schleifkörper und Zahnflanken nicht berühren. Eine entsprechend der Rechtsflanke 1 ausgeführte erste Testwälzbewegung sei durch die Geraden A-A abgebildet, eine entsprechend der Linksflanke ausgeführte zweite Testwälzbewegung durch die Geraden B-B. Die Geraden A-A mit ihrer Steigung $\tan \chi_{RF}$ und die Gerade B-B mit ihrer Steigung $\tan \chi_{LF} < \tan \chi_{RF}$ ermöglichen es, eine Gerade C-C mit einer mittleren Steigung $\tan \chi_0$ zu bestimmen gemäß der Beziehung

$$\tan \chi_0 = \frac{\tan \chi_{RF} + \tan \chi_{LF}}{2} \quad (1)$$

Die mittlere Steigung $\tan \chi_0$ läßt sich deutlicher ausweisen, wenn man die Gerade B-B in einer hierzu parallele Lage $B'-B'$ verlegt, in der sie die Gerade A-A in der Mitte zwischen beiden Bettschlittenendlagen z_1 und z_2 schneidet. Eine Wälzbahn entsprechend der Geraden C-C berührt mit Sicherheit weder die Rechtsflanke 1 noch die Linksflanke 2. Deshalb wird die Gerade C-C als Bezugsgerade verwendet.

In der ersten Bettschlittenendlage z_1 erreicht die erste Testwälzbewegung eine vorläufige Bezugsposition P_1 mit der Rundtischachskomponente c_1 , deren Größe meßbar und in der Regel ungleich Null ist. Von ihr aus läßt sich mit einer Zustellbewegung eine Zielposition in der ersten Bettschlittenendlage z_1 erreichen, die auf der Geraden C-C liegt. Es wird festgelegt, daß diese Zielposition die endgültige Bezugsposition P_0 für alle nachfolgend in der Zahnücke ablaufenden Positioniervorgänge sein soll. Die für derartige Positioniervorgänge erforderlichen Berechnungen lassen sich reduzieren, wenn die Rundtischachskomponente c_0 der Bezugsposition P_0 in der Größe Null vereinbart und damit die vorläufige Bettschlittenachse Z' sowie der vorläufige Koordinatennullpunkt O' durch eine endgültige Bettschlittenachse Z sowie einen endgültigen Koordinatennullpunkt O ersetzt wird.

Gemäß Figur 2 ist ein Positionswertbildner 3 vorgesehen, der ausgehend von der erreichten Rundtischachskomponente c_1 der vorläufigen Bezugsposition P_1 die Rundtischachskomponente c_0 der endgültigen Bezugsposition P_0 bestimmt. Der Positionswertbildner 3 besteht aus einem ersten Subtrahierglied 4, einem zweiten Subtrahierglied 5 und einem Arithmetikglied 6 mit einem Multiplizierglied 7 und einem Dividierglied 8. Das Multiplizierglied 7 ist über seinen ersten Eingang dem ersten Subtrahierglied 4 und über seinen zweiten Eingang dem zweiten Subtrahierglied 5 nachgeschaltet sowie ausgangsseitig mit dem Zählereingang des Dividierglieds 8 verbunden. An einem Basisdatenspeicher 9 für die erste Bettschlittenendlage z_1 ist der Subtrahendeneingang und an einem Basisdatenspeicher 10 für die zweite Bettschlittenendlage z_2 der Minuendeneingang des ersten Subtrahierglieds 4 angeschlossen. Dem zweiten Subtrahierglied 5 ist am Minuendeneingang ein Basisdatenspeicher 11 für die Steigung $\tan \chi_{RF}$ und am Subtrahendeneingang ein Basisdatenspeicher 12 für die Steigung $\tan \chi_{LF}$ vorgeschaltet. Ein Speicher 13 enthält das Datum Vier. An ihm ist der Nennereingang des Dividierglieds 8 angeschlossen. Der Positionswertbildner 3 bestimmt die Rundtischachskomponente c_0 der endgültigen Bezugsposition P_0 gemäß der Beziehung

$$c_0 = (z_2 - z_1) \cdot \frac{\tan \chi_{RF} - \tan \chi_{LF}}{4} \quad (2)$$

als Ausgangssignal des Arithmetikglieds 6, das hier mit dem Ausgangssignal des Dividierglieds 8 identisch ist, und leitet es über eine Speichereinrichtung 14 an einen Rundtischantrieb 15. Die Speichereinrichtung 14 ist außerdem am Basisdatenspeicher 9 für die erste Bettschlittenendlage z_1 angeschlossen und ausgangsseitig mit einem Bettschlittenantrieb 16 verbunden.

Bei der in Figur 3 gezeigten Modifikation des Arithmetikglieds 6 ist der Zählereingang des Dividierglieds 8 dem zweiten Subtrahierglied 5 und der zweite Eingang des Multiplizierglieds 7 dem Dividierglied 8 nachgeschaltet. Das Ausgangssignal des Arithmetikglieds 6 ist hier mit dem Ausgangssignal des Multiplizierglieds 7 identisch.

Die Lage der endgültigen Bezugsposition P_0 hinsichtlich der Lage der vorläufigen Bezugsposition P_1 wird von einem Richtungsentscheid für die Zustellbewegung abhängig gemacht, der im vorliegenden Beispiel $c_0 > c_1$ festlegt, weil für P_1 die Gerade mit der größeren Steigung $\tan \chi_{RF}$ ausgewählt wurde.

Der Richtungsentscheid würde hingegen $c_0 < c_1$ festlegen, wenn P_1 auf der Geraden mit der kleineren Steigung $\tan \chi_{LF}$ gelegen hätte.

Da die Zahnflankenschleifmaschine mit einer rechnergestützten numerischen Bahnsteuereinrichtung versehen ist, kann der Positionswertbildner 3 ein Mikroprozessor oder mehrere Mikroprozessoren sein.

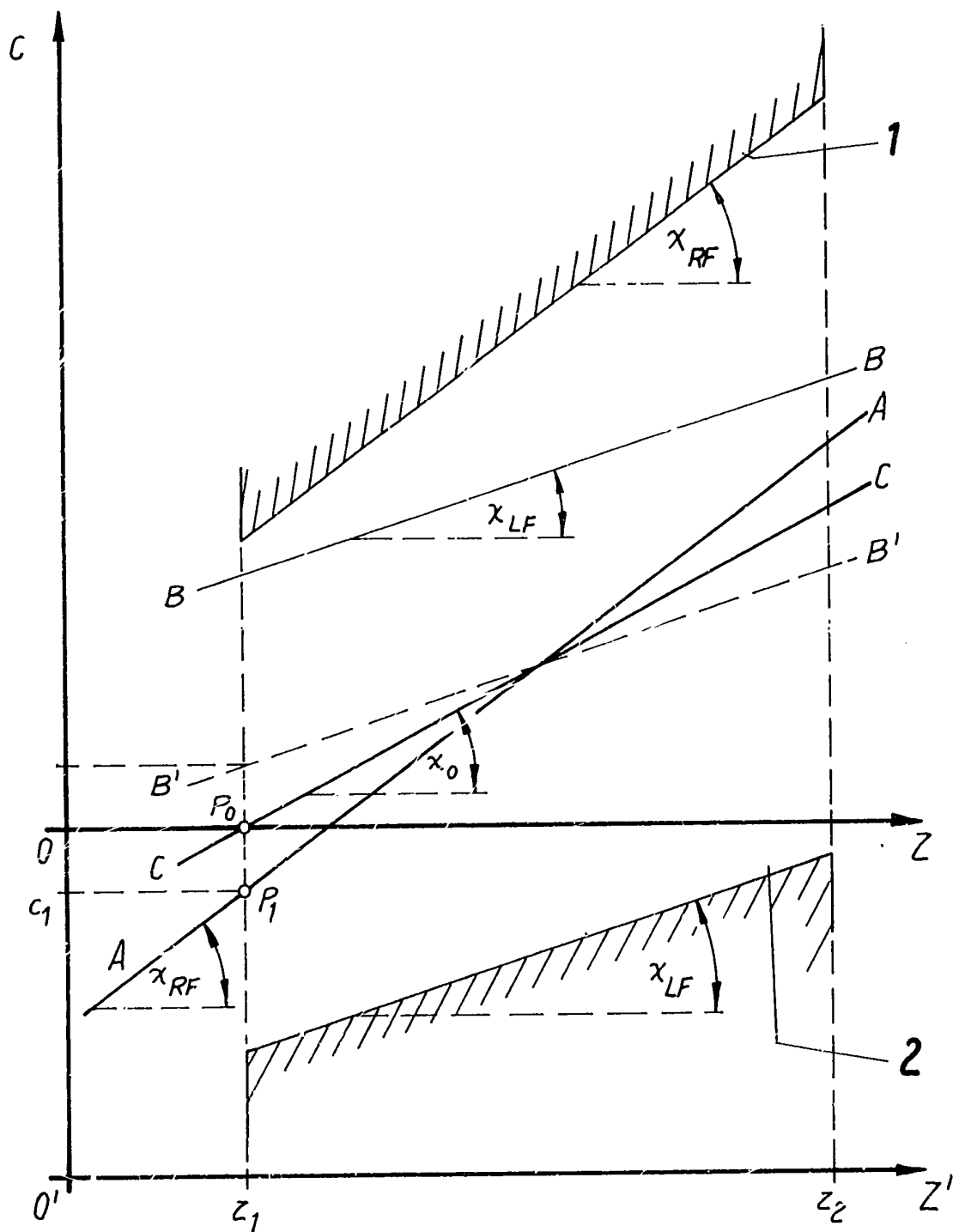


Fig. 1

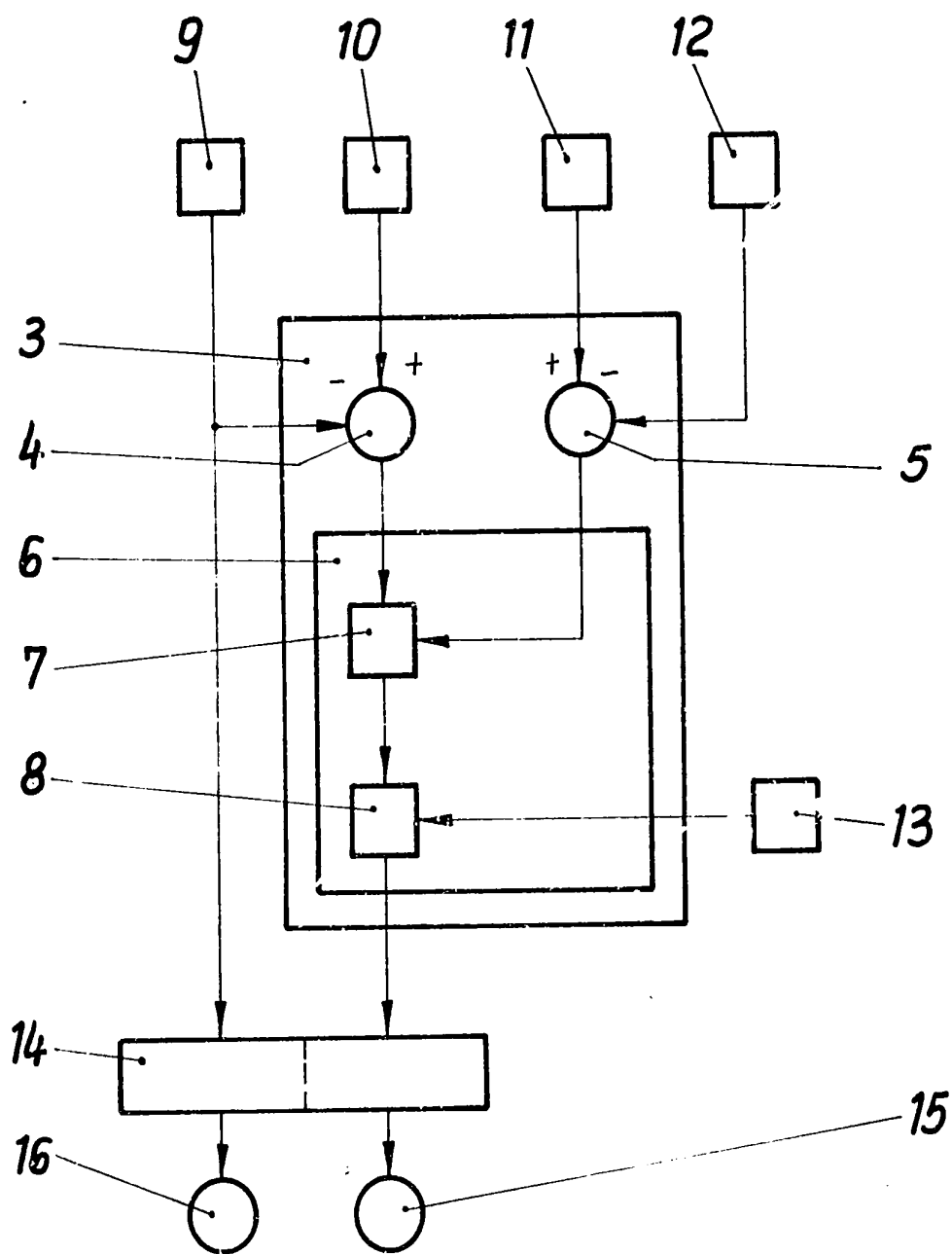


Fig. 2

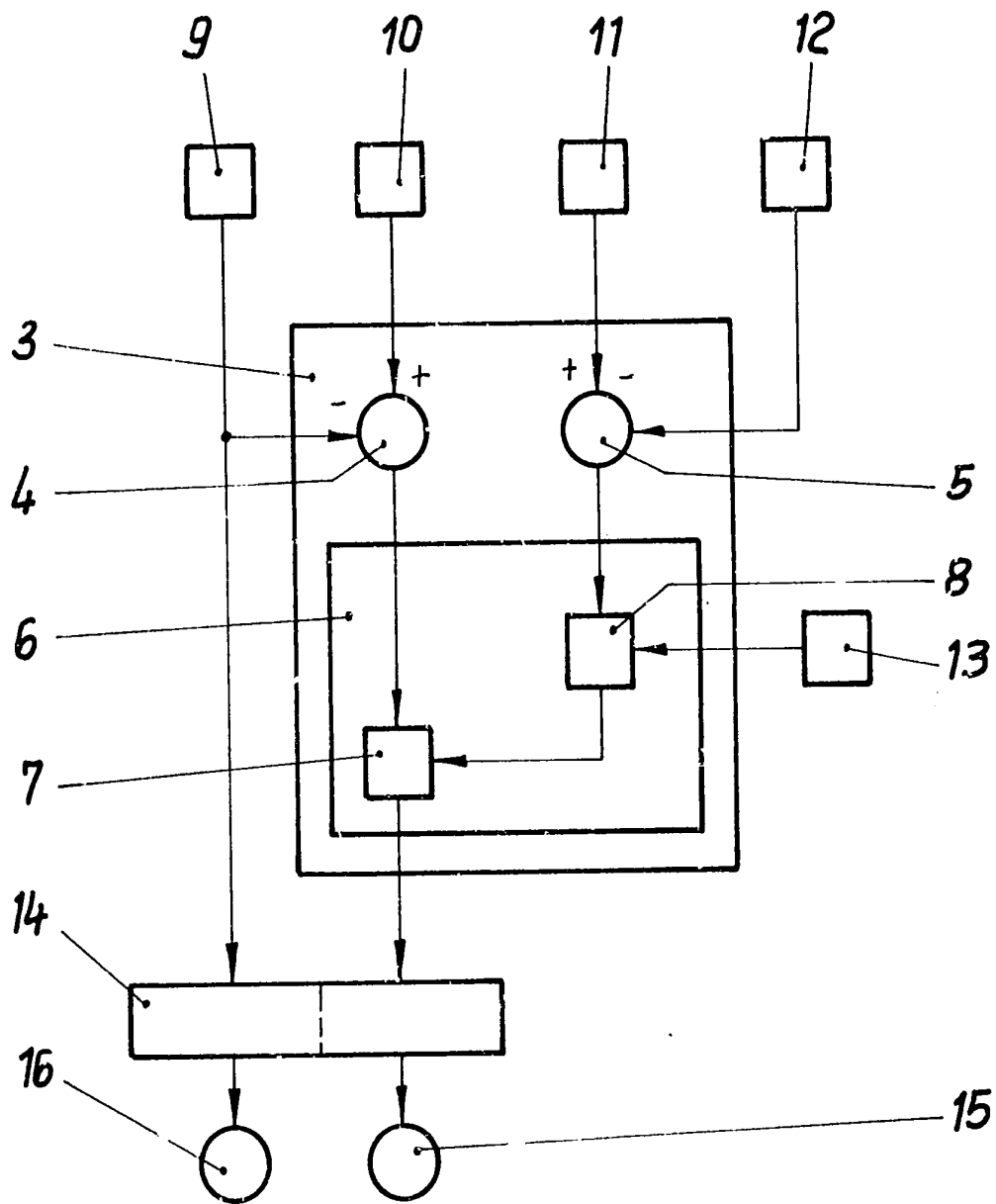


Fig. 3