(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PATENTSCHRIFT

(12) Ausschließungspatent

(11) DD 289 832 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) G 05 B 19/18

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD G 05 B / 334 984 8	(22)	29.11.89	(44)	08.05.91

(71) siehe (73)
(72) Keller, Jochen, Dipl.-Ing.; Ebermann, Joachim, Dipl.-Ing.; Schleicher, Siegfried, Dr.-Ing., DE
(73) Forschungszentrum des Werkzeugmaschinenbaues Karl-Marx-Stadt, PSF 1061, O · 9010 Chemnitz, DE

(54) Schaltungsanordnung zur Folgesteuerung an Bahnabschnittsübergängen

(55) Ablaufkoordinierungsschaltung; Vorgabeglied; Interpolator; Sollwertendpunkterkennungsglied; Lageregelkreis; Sollwertglättungsglied; Umschalter; Nachlaufwegdiskriminator; Sollwertvorgabe; Bahnabschnitt

(57) Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Folgesteuerung an Bahnabschnittsübergängen in Bahnsteuerungen bestehend aus Ablaufkoordinierungsschaltung, Vorgabeglied, Interpolator, Sollwertendpunkterkennungsglied und den zu steuernden Achsen zugeordneten Lageregelkreisen mit oder ohne vorgeschaltete Sollwertglättungsglieder. Erfindungsgemäß erfaßt ein Nachlaufwegdiskriminator über einen mehrstufigen, vom Vorgabeglied steuerbaren Umschalter mit zwei Ebenen die Nachlaufwegbilanz des Lageregelkreises einer ausgewählten Achse unter Berücksichtigung der Eingangs-Ausgangs-Lagedifferenz das gegebenenfalls vorhandenen Sollwertglättungsgliedes ab dem Zeitpunkt der Sollwertendpunkterkennung für den aktuellen Bahnabschnitt und prüft, ob die Nachlaufwegbilanz kleiner oder gleich einem vom Vorgabeglied zugeführten achsspezifischen Wert für die im Bahnabschnittsendpunkt zu erreichende Konturgenauigkeit ist. Bei Erfüllung dieser Bedingung wird von der Ablaufkoordinierungsschaltung die Sollwertvorgabe für den nachfolgenden Bahnabschnitt freigegeben. Fig. 1

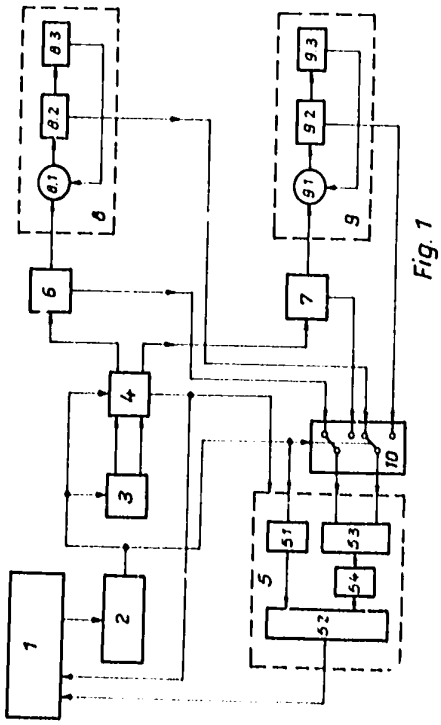

Fig. 1

ISSN 0433-6461

8 Seiten

Patentansprüche:

1. Schaltungsanordnung zur Folgesteuerung an Bahnabschnittsübergängen mit einer Ablaufkoordinierungsschaltung, die bahnabschnittsbezogene Daten einem Vorgabeglied zuführt, welches einen Teil dieser Daten an einen Interpolator weitergibt, der die Soll-Werte für die Bahninkremente bildet und diese auf ein Soll-Wert-Endpunkterkennungsglied leitet, das außerdem Daten vom Vorgabeglied erhält und das über einen Koinzidenzausgang ein Endesignal für die abgeschlossene Soll-Wert-Vorgabe der Bahninkremente des jeweiligen Bahnabschnittes bereitstellt und dem für jede Achse entweder direkt oder über ein achszugeordnetes Soll-Wert-Glättungsglied ein Lageregelkreis nachgeschaltet ist, dessen Lageregler ein Nachlaufwegregister enthält, wobei jedes Soll-Wert-Glättungsglied einen Differenzausgang für die Eingangs-Ausgangs-Lagedifferenz hat, **dadurch gekennzeichnet,** daß ein mehrstufiger Umschalter (10) mit zwei Ebenen vorgesehen ist, von denen jede mehrere Eingänge und einen Ausgang besitzt, wobei jeder Achse eine Schaltstufe pro Ebene zugeordnet ist und die Differenzausgänge vorhandener Soll-Wert-Glättungsglieder (6, 7) mit den zugehörigen Eingängen der ersten Ebene verbunden sind und die Eingänge der zweiten Ebene mit den Nachlaufwegregisterausgängen der Lagerregler (8.2, 9.2) in der gleichen Achsfolge wie in der ersten Ebene belegt sind, daß die beiden Ausgänge des Umschalter (10) auf einen Nachlaufwegdiskriminator (5) geschaltet sind, dessen Aktivierungseingang mit dem Koinzidenzausgang des Soll-Wert-Endpunkterkennungsgliedes (4) verbunden ist und auf den weiterhin der Ausgang des Vorgabegliedes (2) geführt ist, mit welchem auch der Steuereingang des Umschalters (10) belegt ist, und daß der Nachlaufwegdiskriminator (5) ausgangsseitig mit der Ablaufkoordinierungsschaltung (1) in Verbindung steht.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß im Nachlaufwegdiskriminator (5) ein Addierglied (5.3) vorgesehen ist, welches mit den Ausgängen des Umschalters (10) belegt ist und über einen Absolutwertbildner (5.4) auf einen Vergleicher (5.2) geschaltet ist, der die Ausgangsstufe des Nachlaufwegdiskriminators (5) darstellt und auf den weiterhin ein Speicher (5.1) geführt ist, der eingangsseitig mit dem Ausgang des Vorgabegliedes (2) beschaltet ist.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß bei sämtlichen Lageregelkreisen ohne vorgeschaltete Soll-Wert-Glättung die betreffende Ebene des Umschalters (10) und das Addierglied (5.3) entfallen, wobei der verbleibende Ausgang des Umschalters (10) im Nachlaufdiskriminator (5) direkt auf den Absolutwertbildner (5.4) geschaltet ist und die übrige Beschaltung des Nachlaufwegdiskriminators (5) unverändert bleibt.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß bei einzelnen Lageregelkreisen ohne vorgeschaltete Soll-Wert-Glättung die entsprechenden Eingänge der ersten Ebene des Umschalters (10) mit Nullpotential beschaltet sind und die übrige Beschaltung unverändert bleibt.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Das Anwendungsgebiet der Erfindung sind numerische Bahnsteuerungen, die eine Ablaufkoordinierungsschaltung, ein Vorgabeglied, einen Interpolator, ein Soll-Wert-Endpunkterkennungsglied sowie mindestens einen Lageregelkreis mit oder ohne vorgeschalteter Soll-Wert-Glättung enthalten, und für die hohe Anforderung an die Bearbeitungs- und Positioniergenauigkeit gestellt werden. Die Erfindung eignet sich besonders für die Anwendung in numerischen Bahnsteuerungen von Werkzeugmaschinen.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Aus DD 204326 ist eine Schaltungsanordnung zur Endpunkterkennung bei der numerisch gesteuerten Erzeugung von Bahnabschnitten bzw. Bahnen bekannt.
Einem Interpolator, der für lagegeregelte Leit- und Folgeachsstellantriebe getastete Soll-Werte für die Bahninkremente liefert, ist ein Restwert vergleicher nachgeschaltet. Dieser vergleicht die interpolierte Bahnsollkomponente in der Leitachse mit einem in einem Soll-Wert-Endpunkterkennungsglied abgelegten Vorgabewert für den Endpunkt des Bahnabschnittes. Nähert sich der interpolierte Bahnsollpunkt dem Bahnabschnittsendpunkt, so wird die noch zu verfahrende Differenz über wenigstens zwei Tastzyklen hinweg den jeweiligen Stellantrieben zugeführt, um auch an Bahnabschnittsübergängen einen annähernd stetigen Geschwindigkeitsverlauf zu erreichen. Vom Soll-Wert-Endpunkterkennungsglied wird außerdem ein Endesignal gebildet, mit

welchem einer Ablaufkoordinierungsschaltung die abgeschlossene Soll-Wert-Vorgabe der Bahninkremente für den aktuellen Bahnabschnitt gemeldet wird und welches als Fortschaltesignal im darauffolgenden Tastzyklus die neue Soll-Wert-Vorgabe für die Bahninkremente des nachfolgenden Bahnabschnittes startet und/oder eine technologisch bedingte Schalthandlung, z.B. für einen Werkzeugwechsel eingeleitet.
Die Antriebe können bekannterweise, resultierend aus ihren konstruktionsbedingten physikalischen Eigenschaften und ihrer durch Optimierung darauf abgestimmten Dynamik, Soll-Geschwindigkeitsänderungen nicht trägheitsfrei, sondern nur mit zeitlichem Abstand folgen. Aus diesem Grund wird die Soll-Wert-Vorgabe für die Bahninkremente des nachfolgenden Bahnabschnittes bzw. die technologisch bedingte Schalthandlung bereits eingeleitet, bevor istwertseitig der Endpunkt des aktuellen Bahnabschnittes tatsächlich erreicht ist. Deshalb kann es, wenn die Zeit vom sollwertseitigen Ende bis zum istwertseitigen Ende schwankt, zu mehr oder minder großen Bearbeitungsfehlern am Werkstück bzw. zu Kollisionen beim Werkzeugwechsel usw. kommen. Aus den gleichen Gründen können mit dieser bekannten Lösung auch keine Bahnkonturverläufe erzeugt werden, die an allen Bahnabschnittsübergängen und -endpunkten eine hohe Konturgenauigkeit haben müssen.
Es ist bekannt, daß die Bahnfehler auch vom geforderten Bahnkonturverlauf abhängig sind. Je größer bei Bahnabschnittsübergängen die Unstetigkeiten, d.h. die Geschwindigkeits- und Richtungsänderungen sind, um so größer sind die auftretenden Bahnfehler. Diese steigen mit zunehmender Bahngeschwindigkeit noch an. Bei der Bearbeitung von Ecken wird dies besonders deutlich. Bei Pendelbewegungen, wie sie bei der Schleifbearbeitung üblich sindlich, verringert sich mit der Erhöhung der Pendelgeschwindigkeit der Pendelhub.
Es ist allgemein üblich, nach der Meldung des Endesignals für die abgeschlossene Soll-Wert-Vorgabe für einen Bahnabschnitt ein Zeitglied zu aktivieren und erst nach dessen Ablauf mit der Soll-Wert-Vorgabe für den nachfolgenden Bahnabschnitt zu beginnen bzw. die Ausgabe eines Schaltbefehls auszulösen. Dies führt jedoch zu erheblichen Einbußen hinsichtlich der Werkstückbearbeitungszeit, da es schwierig ist, bei den unterschiedlichen Antriebsoptimierungen, Verfahrgeschwindigkeiten, wechselnden Reibungs- und Lastverhältnissen sowie bei den verschiedenartigen mechanischen Gegebenheiten eine minimale Zeit auszuwählen, bei der mit ausreichender Sicherheit die geforderte Bearbeitungsgenauigkeit bzw. die Kollisionsfreiheit garantiert werden kann.
Weiterhin können von außen einwirkende Störungen, wie veränderte Reibungsverhältnisse, die nicht sofort als solche erkannt werden, ein Erreichen des betreffenden Bahnabschnittsendpunktes verzögern oder gar verhindern, was zusätzlich zu Bearbeitungsungenauigkeiten bzw. zu Kollisionen führen kann.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, bei der Werkstückbearbeitung die Konturgenauigkeit an den Bahnabschnittsübergängen bzw. Bahnabschnittsendpunkten entsprechend den technologischen Erfordernissen zu gewährleisten, Verlustzeiten zu vermeiden und einen kollisionsfreien Ablauf bei Schalthandlungen zu sichern.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung zur Folgesteuerung an Bahnabschnittsübergängen zu schaffen, die das Fortschaltesignal zur Freigabe der Soll-Wert-Vorgabe der Bahninkremente für den nachfolgenden Bahnabschnitt und/oder die Einleitung einer technologisch bedingten Schalthandlung in der Maschine dann auslöst, wenn im aktuellen Bahnabschnitt der für die Fortschaltesignalauslösung erforderliche Prozeß- und Steuerzustand tatsächlich erreicht ist.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei einer Schaltungsanordnung zur Folgesteuerung an Bahnabschnittsübergängen, in der eine Ablaufkoordinierungsschaltung bahnabschnittsbezogene Daten einem Vorgabeglied zugeführt, welches einen Teil dieser Daten an einen Interpolator weitergibt, der die Soll-Werte für die Bahninkremente bildet und diese auf ein Soll-Wert-Endpunkterkennungsglied leitet, das außerdem Daten vom Vorgabeglied erhält und das über seinen Koinzidenzausgang ein Endesignal für die abgeschlossene Soll-Wert-Vorgabe für die Bahninkremente des jeweiligen Bahnabschnittes bereitstellt und dem für jede Achse entweder direkt oder über ein achsbezogenes Soll-Wert-Glättungsglied ein Lageregelkreis nachgeschaltet ist, dessen Lageregler ein Nachlaufwegregister enthält, wobei jedes Soll-Wert-Glättungsglied einen Differenzausgang für die Eingangs-Ausgangs-Lagedifferenz hat, dadurch gelöst, daß ein mehrstufiger Umschalter mit zwei Ebenen vorgesehen ist, von denen jede mehrere Eingänge und einen Ausgang hat, wobei jeder Achse eine Schaltstufe pro Ebene zugeordnet ist und die Differenzausgänge vorhandener Soll-Wert-Glättungsglieder mit den zugehörigen Eingängen der ersten Ebene verbunden sind und die Eingänge der zweiten Ebene mit den Nachlaufwegregisterausgängen der Lageregler in der gleichen Achsfolge wie in der ersten Ebene belegt sind, daß die beiden Ausgänge des Umschalters auf einen Nachlaufwegdiskriminator geführt sind, dessen Aktivierungseingang mit dem Koinzidenzausgang des Soll-Wert-Endpunkterkennungsgliedes verbunden ist und auf den weiterhin der Ausgang des Vorgabegliedes geschaltet ist, mit welchem auch der Steuereingang des Umschalters belegt ist und daß der nachlaufwegdiskriminator ausgangsseitig mit der Ablaufkoordinierung in Verbindung steht.
Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, daß im Nachlaufwegdiskriminator ein Addierglied vorgesehen ist, das mit den Ausgängen des Umschalters belegt ist und über einen Absolutwertbildner auf einen Vergleicher geschaltet ist, der die Ausgangsstufe des Nachlaufwegdiskriminators darstellt und auf den weiterhin ein Speicher geführt ist, der eingangsseitig mit dem Ausgang des Vorgabegliedes beschaltet ist.
Wenn alle Lageregelkreise ohne vorgeschaltete Soll-Wert-Glättung arbeiten, entfallen zweckmäßigerweise die betreffende Ebene des Umschalters und im Nachlaufwegdiskriminator das Addierglied, wobei der verbleibende Ausgang des Umschalters im Nachlaufwegdiskriminator direkt auf den Absolutwertbildner geschaltet ist und die übrige Beschaltung des Nachlaufwegdiskriminators unverändert bleibt. Wenn bei mehreren Lageregelkreisen einzelnen davon keine Soll-Wert-Glättung vorgeschaltet ist, so sind die betreffenden Eingänge der ersten Ebene des Umschalters vorteilhafterweise mit Nullpotential beschaltet, wobei die übrige Beschaltung unverändert bleibt.

Der Nachlaufwegdiskriminator erfaßt über den Umschalter die Nachlaufwegbilanz des Lageregelkreises einer ausgewählten Achse unter Berücksichtigung der Eingangs-Ausgangs-Lagedifferenz des gegebenenfalls vorhandenen Soll-Wert-Glättungsgliedes ab dem Zeitpunkt der Soll-Wert-Endpunkterkennung für den aktuellen Bahnabschnitt und prüft, ob die Nachlaufwegbilanz kleiner oder gleich einem vom Vorgabeglied zugeführten Wert für die im Bahnabschnittsendpunkt zu erreichende Konturgenauigkeit ist. Bei Erfüllung dieser Bedingung wird von der Ablaufkoordinierungsschaltung die Soll-Wert-Vorgabe für den nächstfolgenden Bahnabschnitt bzw. eine Maschinenschalthandlung freigegeben. Dies kann ab dem Zeitpunkt der Soll-Wert-Endpunkterkennung erfolgen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird anhand der Schaltungsanordnung nach Fig. 1 und der Diagramme nach Fig. 2a–c näher erläutert.
Eine Ablaufkoordinierungsschaltung 1, die zu einer numerischen Bahnsteuerung, z. B. einer Werkzeugmaschine gehört (nicht dargestellt), ist ausgangsseitig mit einem Vorgabeglied 2 verbunden, welches parallel auf einen Interpolator 3, auf ein Soll-Wert-Endpunkterkennungsglied 4 und in einem Nachlaufwegdiskriminator 5 über einen Speicher 5.1 auf einen ersten Eingang eines Vergleichers 5.2 geschaltet ist. Das Soll-Wert-Endpunkterkennungsglied 4, welches Soll-Werte für die Bahninkremente vom Interpolator 3 erhält, hat einen Koinzidenzausgang und ist mit weiteren achszugeordneten Ausgängen über Soll-Wert-Glättungsglieder 6 und 7 auf Lageregelkreise 8 und 9 der zu steuernden Achsen der Werkzeugmaschine geführt. Diese Lageregelkreise 8, 9 bestehen in bekannter Weise aus einem Differenzbildner 8.1 bzw. 9.1, einem Lageregler 8.2 bzw. 9.2 mit Nachlaufwegregister (nicht dargestellt) sowie einem Stellantrieb 8.3 bzw. 9.3 einschließlich Wegmeßsystem.
Ein mehrstufiger Umschalter 10 mit zwei Ebenen ist mit seinem Steuereingang an das Vorgabeglied 2 angeschlossen und mit seinen beiden Ausgängen im Nachlaufwegdiskriminator 5 über ein Addierglied 5.3 und einen Absolutwertbildner 5.4 auf einen zweiten Eingang des Vergleichers 5.2 geschaltet.
Der Vergleicher 5.2 ist als Ausgangsstufe des Nachlaufwegdiskriminators 5 auf die Ablaufkoordinierungsschaltung 1 rückgeführt. Der Aktivierungseingang des Nachlaufwegdiskriminators 5 ist vom Koinzidenzausgang des Soll-Wert-Endpunkterkennungsgliedes 4 belegt.
Die Eingänge der ersten Ebene des Umschalters 10 sind achsbezogen mit den Differenzausgängen für die Eingangs-Ausgangs-Lagedifferenz der Soll-Wert-Glättungsglieder 6 und 7 beschaltet. An die Eingänge der zweiten Ebene des Umschalters 10 sind ebenfalls achsbezogen die Ausgänge der Nachlaufwegregister der Lageregler 8.2 und 9.2 in der gleichen Achsfolge wie in der ersten Ebene geführt. Die beschriebene Schaltungsanordnung wird getastet betrieben und kann dann vorteilhaft genutzt werden, wenn die Vorgabe der Konturgenauigkeit an den Bahnabschnittsendpunkten bahnbezogen geschieht.
Die Wirkungsweise ist wie folgt:
Eine durch eine Werkzeugmaschine zu verfahrende Bahnkontur setzt sich aus einem oder mehreren Bahnabschnitten zusammen. Bevor durch die Steuerung der Werkzeugmaschine achsbezogen Soll-Werte für die Bahninkremente eines Bahnabschnittes an die Lagestellantriebe ausgegeben werden, müssen die aufbereiteten diesen Bahnabschnitt kennzeichnenden Daten von der Ablaufkoordinierungsschaltung 1 in das Vorgabeglied 2 abgelegt werden.
Das Vorgabeglied 2 verteilt die gespeicherten Daten auf die nachfolgenden Glieder. Dabei werden für einen Bahnabschnitt dem Interpolator 3 die zu interpolierende Kurvenform, die sie kennzeichnenden Parameter und die Soll-Bahngeschwindigkeit, dem Soll-Wert-Endpunkterkennungsglied 4 der Endpunkt des Bahnabschnittes sowie dem Speicher 5.1 des Nachlaufwegdiskriminators 5 ein achsspezifischer Wert übertragen, der achsbezogen die gewünschte Konturgenauigkeit am Bahnabschnittsendpunkt repräsentiert. Ferner wird dem Umschalter 10 die betreffende Achse mitgeteilt. Der Interpolator 3 stellt pro Tastzyklus entsprechend der vorgegebenen Bahnparameter für den aktuellen Bahnabschnitt die Soll-Werte für die Bahninkremente für die an der Bahnerzeugung beteiligten Achsen bereit. Im Soll-Wert-Endpunkterkennungsglied 4 werden die interpolierten Soll-Werte für die Bahninkremente bezüglich des Bahnabschnittsendpunktes überwacht. Bei Annäherung an diesen werden die Soll-Werte für die Bahninkremente so verändert, daß der Bahnabschnittsendpunkt genau erreicht wird. Daraufhin gibt das Soll-Wert-Endprodukterkennungsglied 4 über seinen Koinzidenzausgang ein Endesignal für die abgeschlossene Soll-Wert-Vorgabe für die Bahninkremente des aktuellen Bahnabschnitts an die Ablaufkoordinierungsschaltung 1.
Gleichzeitig aktiviert das Endesignal den Nachlaufwegdiskriminator 5, der ab diesem Zeitpunkt die an seinen Dateneingängen anliegenden Daten erfaßt und verarbeitet, worauf noch näher eingegangen wird. In den Soll-Wert-Glättungsgliedern 6 und 7 werden die sprungförmig vom Interpolator 3 über das Soll-Wert-Endpunkterkennungsglied 4 vorgegebenen Soll-Werte für die Bahninkremente nach einer achsspezifisch einstellbaren Führungsfunktion eingeglättet und dann den Lageregelkreisen 8 und 9 zugeführt. Durch die Einglättung der sprungförmig vorgegebenen Soll-Werte entsteht jeweils eine achsbezogene Lagedifferenz zwischen dem resultierenden Soll-Wert am achsbezogenen Ausgang des Soll-Wert-Endpunkterkennungsgliedes 4 und dem eingeglätteten Soll-Wert, mit dem der Lageregelkreis 8 bzw. 9 beaufschlagt wird. Diese jeweiligen Lagedifferenzen gelangen über die Differenzausgänge der Soll-Wert-Glättungsglieder 6 und 7 auf die Eingänge der ersten Ebene des Umschalters 10.
Den Eingängen der zweiten Ebene des Umschalters 10 wird von den Lagereglern 8.2 und 9.2, die die Nachlaufwegbilanzen zwischen Soll- und Ist-Position für die zugeordneten Achsen verwalten, jeweils ein die Nachlaufwegbilanz repräsentierendes Signal zugeführt.
Mit dem Umschalter 10 können wahlweise die Signale für die Lagedifferenz und Nachlaufwegbilanz des Lageregelkreises 8 oder die betreffenden Signale des Lageregelkreises 9 auf den Nachlaufwegdiskriminator 5 durchgeschaltet werden.
Bei der Steuerung des Umschalters 10 gelten folgende Aspekte: Von der Ablaufsteuerung 1 wird die achsbezogene Wegkomponente der vorgegebenen bahnbezogenen Konturgenauigkeit vorzugsweise für die Achse mit der betragsmäßig größten Komponente entsprechend der zu interpolierenden Kurvenform berechnet und über das Vorgabeglied 2 an den Nachlaufwegdiskriminator 5 vorgegeben. Diese ausgewählte Achse wird ebenfalls über das Vorgabeglied 2 dem Steuereingang des Umschalters 10 zugeführt. Da als Voraussetzung für eine hochgenaue Bahnbearbeitung die an der Bewegung beteiligten Achse hinsichtlich ihrer die Dynamik bestimmenden Parameter des Soll-Wert-Glättungsgliedes 6 bzw. 7 und des Lagereglers 8.2 bzw. 9.2 so eingestellt sind, daß äquivalente geschwindigkeitsproportionale Soll-Ist-Lagedifferenzen entstehen, ist es bei der Vorgabe der bahnbezogenen Konturgenauigkeit ausreichend, zur Bildung des Fortschaltesignales auch bei mehreren Achsen nur einen Nachlaufwegdiskriminator 5 zu verwenden.

Dementsprechend wird der Umschalter 10 gesteuert, so daß die die Konturgenauigkeit repräsentierenden Daten der betreffenden ausgewählten Achse auf den Nachlaufwegdiskriminator 5 geschaltet werden. In Fig. 1 ist dies die vom Lageregelkreis 8 gesteuerte Achse. Die betreffenden Daten für die Eingangs-Ausgangs-Lagedifferenz des Soll-Wert-Glättungsgliedes 6 und für die Nachlaufwegbilanz des Lageregelkreises 8 werden im Nachlaufwegdiskriminator 5 zur achsbezogenen Lageabweichung zwischen dem Soll-Endpunkt des aktuellen Bahnabschnitts und dem absoluten Lage-Ist-Wert aufaddiert. Der Betrag dieser Lageabweichung wird im Vergleicher 5.2 mit dem im Speicher 5.1 abgelegten Wert, der die zu erreichende Konturgenauigkeit am Bahnabschnittsendpunkt repräsentiert, verglichen. Ist diese Lageabweichung kleiner oder gleich der gewünschten Konturgenauigkeit, so wird vom Vergleicher 5.2 ein Signal gebildet, welches in der Ablaufkoordinierungsschaltung 1 als Fortschaltesignal für die Auslösung der Soll-Wert-Vorgabe für die Bahninkremente des nachfolgenden Bahnabschnitts und/oder einer Maschinenschalthandlung dient. Soll die Fortschaltung bereits beim sollwertseitigen Erreichen des Endpunktes des aktuellen Bahnabschnitts erfolgen, dann wird das Endesignal des Soll-Wert-Endpunkterkennungsgliedes 4 in der Ablaufkoordinierungsschaltung 1 als Fortschaltsignal verwendet.
Für den Fall, daß die Soll-Wert-Vorgabe für den nachfolgenden Bahnabschnitt erst ausgelöst werden soll, wenn der Endpunkt in der ausgewählten Bahnkomponente bzw. Achse tatsächlich erreicht ist, erhält der Speicher 5.1 den Wert Null.
Mit Beginn der Soll-Wert-Vorgabe für den nachfolgenden Bahnabschnitt wird das Endesignal des Soll-Wert-Endpunkterkennungsgliedes 4 gelöscht und in dessen Folge der Nachlaufwegdiskriminator 5 deaktiviert.
Der beschriebene Ablauf wiederholt sich entsprechend für den nachfolgenden Bahnabschnitt.
In Fig. 2 a–c sind beispielhaft die Bahngeometrie für drei Bahnabschnitte N 1, N 2 und N 3 in einem x-z-Koordinatensystem und die zugehörige Weg-Zeit-Verläufe für x(t) und z(t) dargestellt.
Anhand dieser Kurvenverläufe sollen nachfolgend die mit der Erfindung erreichbaren Vorteile noch deutlicher gemacht werden.
Kurve A zeigt in allen drei Koordinatensystemen den Bahnverlauf für den Fall, daß jeweils am Bahnabschnittsende das Fortschaltesignal dann erzeugt wird, wenn die Lageregelkreise in der x- und z-Achse exakt auf die Endpunktkoordinaten abgeglichen haben. Dies geschieht am Ende der Bahnabschnitte N 1 (x_1; z_1) zum Zeitpunkt t_{A1}, N 2 (x_2; z_2) zum Zeitpunkt t_{A2} und N 3 (x_3; z_3) zum Zeitpunkt t_{A3}.
Der Bahnverlauf gemäß Kurve C ergibt sich, wenn beim sollwertseitigen Erreichen des Bahnabschnittsendpunktes das Fortschaltesignal gebildet wird und im nachfolgenden Tastzyklus die Soll-Wert-Vorgabe der Bahninkremente für den nachfolgenden Bahnabschnitt beginnt. Dies geschieht für die einzelnen Bahnabschnitte zu den Zeitpunkten t_{C1}, t_{C2} und t_{C3}. Dadurch tritt, wie aus den Weg-Zeit-Diagrammen ersichtlich ist, eine erhebliche Verkürzung der Bearbeitungszeit $\Delta t = t_{A3} = t_{C3}$ ein.
Im x-z-Diagramm wird jedoch deutlich, daß der Bahnverlauf gemäß der Kurve C besonders an den Bahnabschnittsendpunkten sehr stark von der Soll-Bahn (Kurve A) abweicht. Entsprechend der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung können für jeden Bahnabschnitt bahnbezogene Wege $\Delta s 1$, $\Delta s 2$ und $\Delta s 3$ vorgegeben werden. Dieser Weg vor dem jeweiligen Bahnabschnittsendpunkt wird mit verminderter Bahnkonturgenauigkeit durchfahren, da bereits zu den Zeitpunkten t_{B1}, t_{B2} und t_{B3} das Fortschaltesignal für die Soll-Wert-Vorgabe der Bahninkremente des nachfolgenden Bahnabschnitts ausgelöst wird. Ab den Zeitpunkten t_{B1}, t_{B2} und t_{B3} werden für den jeweiligen Bahnabschnitt die bahnbezogenen Soll-Ist-Differenzen bezüglich der vorgegebenen Wege Δs unterschritten. Aus den Bahnverläufen gemäß der Kurve B im x-z-Diagramm, im x-t-Diagramm und im z-t-Diagramm ist erkennbar, daß durch die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung bei geringer, vorgebbarer Verminderung der Genauigkeit der Bahnkontur bereits ein großer Gewinn an Bearbeitungszeit $\Delta t = t_{A3} - t_{B3}$ zu erzielen ist. Dieser Zeitgewinn steigt nur degressiv mit weiterer Verminderung der Genauigkeit an. Die Ursache liegt darin begründet, daß beim Bremsvorgang nach Erreichen der größten Bremsbeschleunigung sowohl diese als auch die Geschwindigkeit stetig gegen Null gehen. Bei geringer sich weiter vermindernder Geschwindigkeit wird ein großer Zeitanteil benötigt, um einen geringen verbleibenden Weg zurückzulegen.
Als Zusatzvorteil wirkt hierbei, daß der vom Bahnabschnittsendpunkt her um den vorgegebenen, bahnbezogenen Weg Δs verkürzte Bahnabschnittsanteil sowohl unabhängig von den generierten, die Dynamik bestimmenden Parametern der Soll-Wert-Glättungsglieder 6, 7 und der Lageregelkreise 8 und 9 für die Achsen x und z als auch von der eingestellten mit Vorschuboverride beaufschlagten Soll-Bahngeschwindigkeit mit unverminderter Bahnkonturgenauigkeit durchfahren wird.

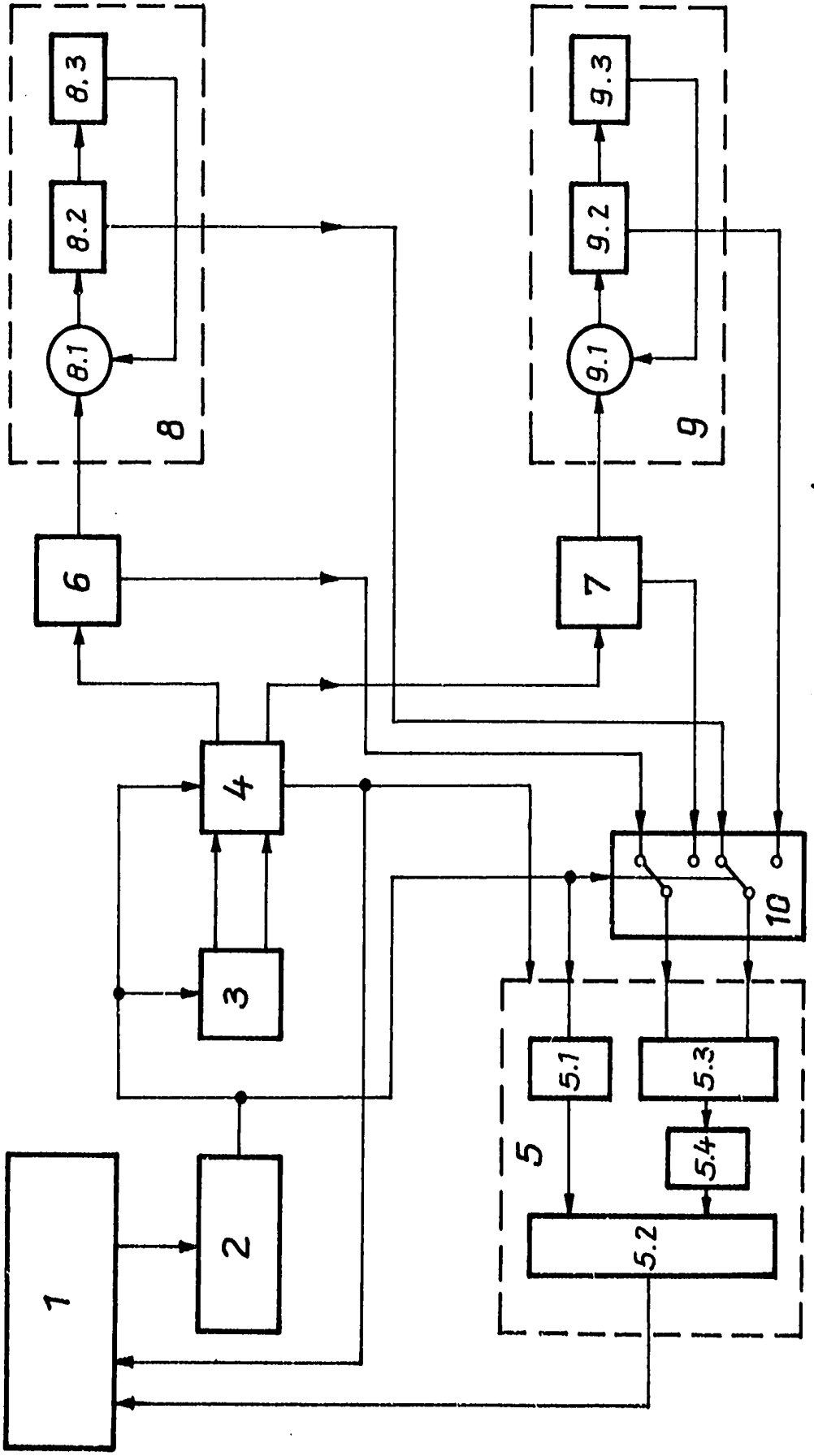

Fig. 1

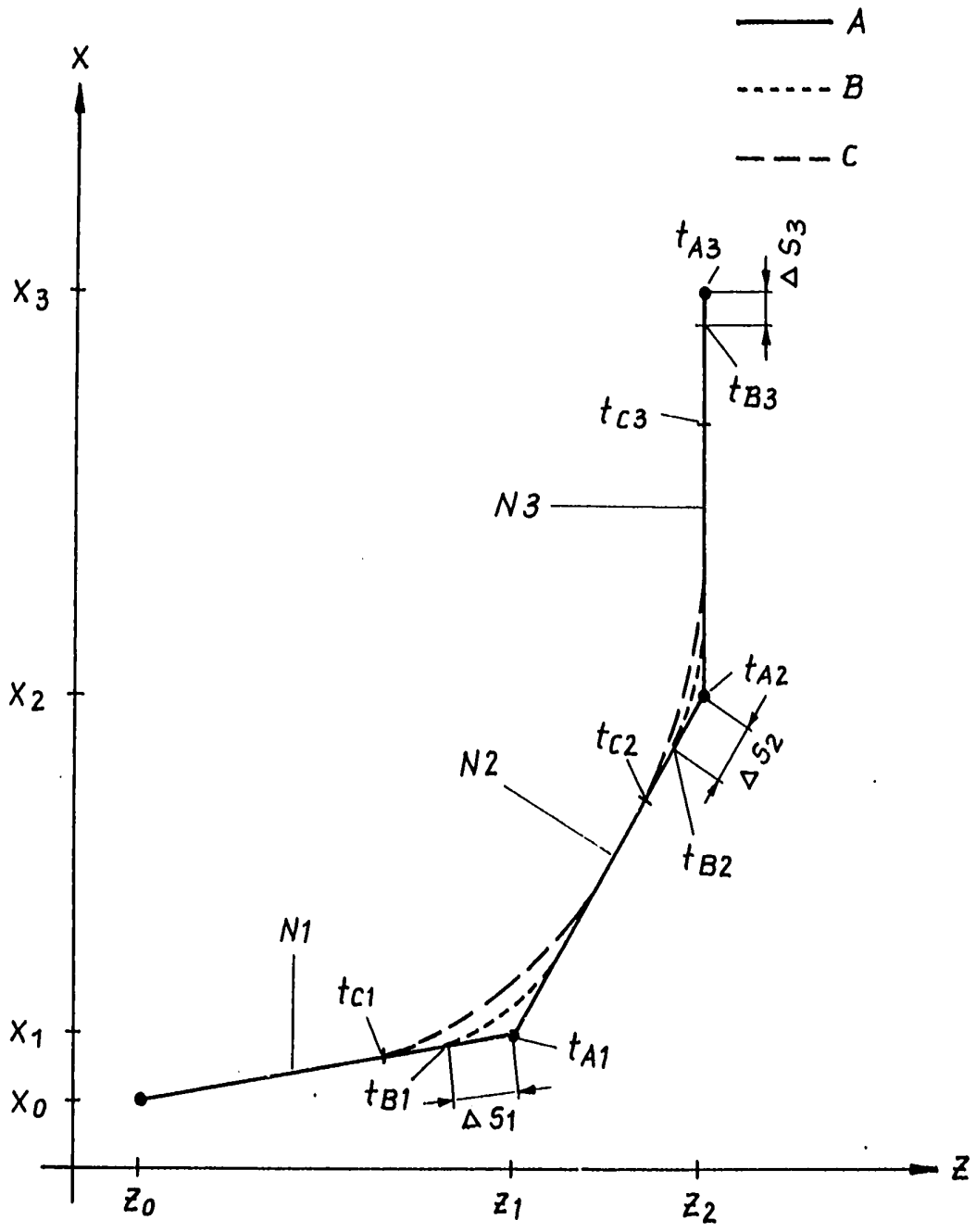
A
B
C
X
X3
X2
X1
X0
Z
Z0
Z1
Z2
tA3
tB3
tC3
N3
tA2
tB2
tC2
N2
N1
tC1
tA1
tB1
Δ S3
Δ S2
Δ S1

Fig. 2a

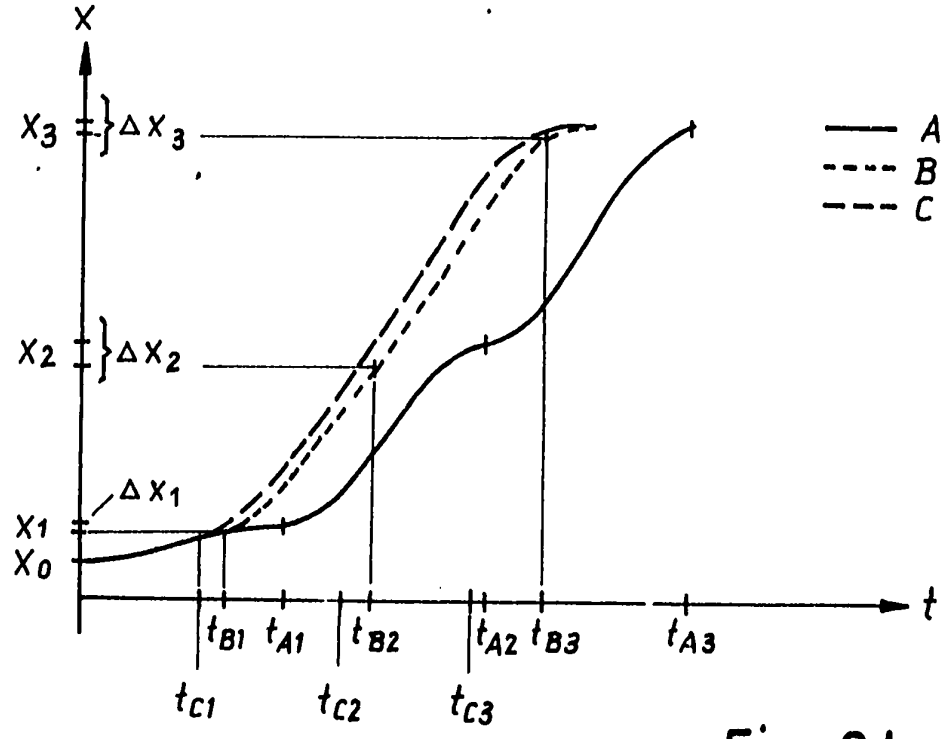
X
X3
ΔX3
X2
ΔX2
ΔX1
X1
X0
t
tB1 tA1 tB2 tA2 tB3 tA3
tC1 tC2 tC3
A
B
C

Fig. 2b

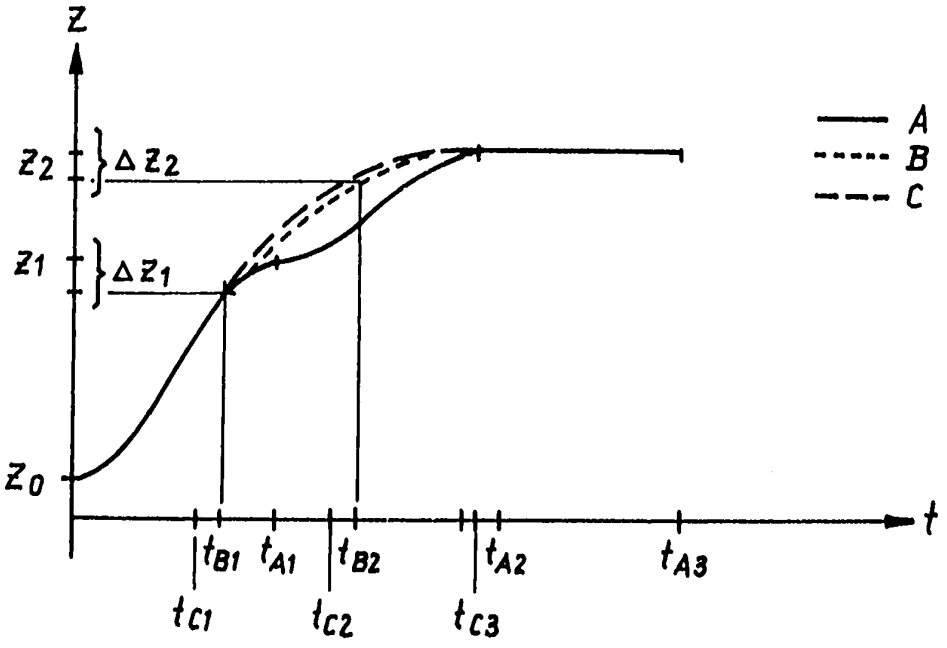
Z
Z2
ΔZ2
Z1
ΔZ1
Z0
t
tB1 tA1 tB2 tA2 tA3
tC1 tC2 tC3
A
B
C

Fig. 2c