

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 775 536 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

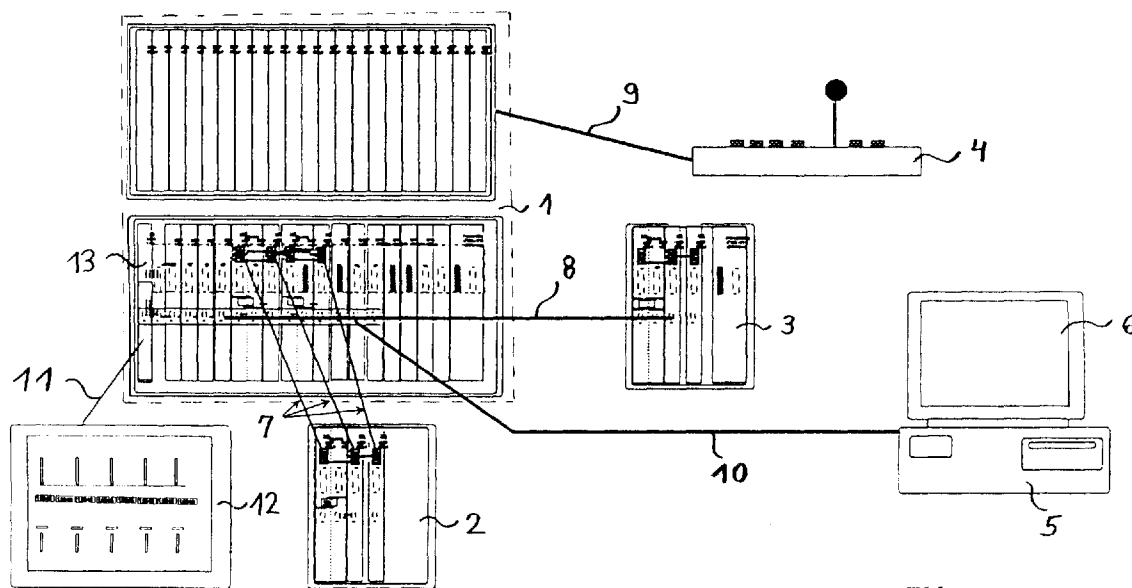
28.05.1997 Patentblatt 1997/22(51) Int Cl.⁶: **B21B 37/00**(21) Anmeldenummer: **96402515.9**(22) Anmeldetag: **22.11.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

BE CH DE FR GB LI NL(72) Erfinder: **Rey Mas, Louis****14055 Berlin (DE)**(30) Priorität: **25.11.1995 DE 19545262**(74) Vertreter: **Müller, Joachim, Dipl.-Ing. et al****Alcatel Alsthom****Intellectual Property Department,****Postfach 30 09 29****70449 Stuttgart (DE)**(71) Anmelder: **ALCATEL ALSTHOM COMPAGNIE****GENERALE D'ELECTRICITE****75008 Paris (FR)****(54) Einrichtung zum Betrieb einer mehrgerüstigen Walzstraße**

(57) Es soll eine Einrichtung zum Betrieb einer mehrgerüstigen Walzstraße angegeben werden, mit der der Aufwand und die Zeit für die Projektierung, Prüfung und Inbetriebnahme einschließlich der Optimierungsphase sowie für ein erneutes Anwalzen der Walzstraße deutlich verringert wird und gleichzeitig eine gefahrlose Schulung des Betriebspersonals während des Betriebes sowie eine leichte und sichere Funktionserweiterung ohne Beschädigung der Walzstraße möglich ist.

Dazu ist die gesamte Walzstraße in den technologischen Zusammenhängen der einzelnen Gerüste in einem einzigen physikalischen Simulations-Modell (2) gegliedert nachgebildet. Das Simulations-Modell (2) ist mit einer zentralen Regelungsvorrichtung (1) verbunden, die für die gesamte Regelung der Walzstraße allein zum Einsatz kommt und die wahlweise einzelne Funktionen innerhalb jedes Gerüsts oder einzelner Gerüste entweder über Stellglieder der Walzstraße oder in entsprechenden Gliedern des Simulations-Modells (2) steuert.

*Fig. 1***EP 0 775 536 A2**

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zum Betrieb einer mehrgerüstigen Walzstraße. Die Einrichtung kann dabei sowohl in einer Kaltwalzstraße als auch in anderen Walzwerken, z.B. in einem Warmwalzwerk eingesetzt werden.

Die Inbetriebnahme- und Optimierungsphase, aber auch der Betrieb nach einer Modernisierung bei einem Wiederanwalzen einer mehrgerüstigen Walzstraße bereitet Schwierigkeiten. Zum einen stellen die einzelnen Gerüste Stellglieder mit eigener walztechnologischer Intelligenz, d.h. eigenständiger Regelung (bei lediglich übergeordneter Sollwertgebung) dar, die sich auch in getrennter Zuordnung von Regelungs- und Steuer-Hardware zu den einzelnen Gerüsten dokumentiert, so daß das Zusammenspiel der einzelnen Gerüste und deren Bedienungspersonal bis zum Erreichen eines optimalen Walzvorgangs ein gehöriges Maß an Zeit und Aufwand erfordert. Zum anderen gefährdet die Testphase infolge von noch nicht festgelegten Betriebsparametern die Anlage.

Es ist deshalb sinnvoll, Regelungsvorgänge vorab an Modellen zu testen.

Dazu sind bisher lediglich generell mechanische Teilmodelle entwickelt worden. Mechanische Modelle sind sehr kostenintensiv und können auch nicht ohne weiteres zu einer die gesamte Walzstraße umfassenden Modellanlage zusammengeschaltet werden. Das Vervielfachen von Hardwaremodellen, z.B. für eine 5- oder 6-gerüstige Tandemstraße ist auch sehr teuer. Daher werden zur Zeit alle technologischen Regelungen dezentral gebaut (also in mehreren verschiedenen Elektronikschränken) und von mehreren Personen getestet und in Betrieb genommen. Dies verlangt eine sehr straffe Koordination der Tätigkeit der beteiligten Personen.

Darüber hinaus sind zumeist die Ersteller der mechanischen Modelle und die Anwender nicht die gleiche Person. Sie gehören in der Regel auch zu verschiedenen Firmen. Es ist aber sehr wichtig, daß der Regelungsspezialist seinen eigenen Simulator (Stellglied) mathematisch und physikalisch kennt, damit er seine Regelungen optimal einstellt. Dies ist zur Zeit oft nicht gewährleistet.

Soweit Softwaremodelle (in mathematischer Beschreibung von Einzelelementen einer Walzstraße) bisher angewendet wurden, sind sie für den Walzwerkspraktiker in schwer zu verstehenden Programmiersprachen (z.B. Assembler o.ä.) erstellt worden. Diese Modellprogramme laufen außerdem meistens auf speziellen Rechnern und sind daher nicht kompatibel mit den üblichen Anwenderprozessoren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zum Betrieb einer mehrgerüstigen Walzstraße anzugeben, mit der der Aufwand und die Zeit für die Einzelfunktionstests und für die Inbetriebnahme einschließlich der Optimierungsphase sowie für ein erneu-

tes Anwalzen, z.B. nach Modernisierungen an der Walzstraße, deutlich verringert wird und gleichzeitig eine gefahrlose Schulung des Betreiberpersonals während des Betriebes sowie eine leichte und sichere Funktionserweiterung ohne Beschädigung von Elementen der Walzstraße möglich ist.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die im Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst.

Damit ist vorteilhafterweise eine kompakte Bauweise von sonst umfangreichen Anlagenteilen möglich. So kann sich der Aufwand um ca. 30 % reduzieren. Die Personalkosten in der Softwareerstellung und Implementierung sowie die Hardwarekosten werden ebenfalls um etwa die Hälfte verringert. Infolge des Einsatzes des einfachen, als physikalische Nachbildung der walzwerkstechnologischen Zusammenhänge konzipierten Simulations-Modells in Verbindung mit der zentralen Regelungsvorrichtung können alle Funktionen im geschlossenen Regelkreis mit allen Stellgliedern und durch Simulation der Mechanik auf dynamisches Verhalten mit wenig Personal, d.h. in der Regel von einem einzigen Spezialisten, projektiert und optimiert werden. Gleichzeitig wird eine schnelle und sichere Projektierung und Inbetriebnahme der Walzstraße durch ständige begleitende Tests mit dem Simulations-Modell erreicht. Es ergibt sich somit eine leichte und effektive Schulung des Personals sowohl herstellereits als auch betreiberseitig. Eine sichere Funktionserweiterung der Walzstraße ist durch eine Primärprüfung anhand des Simulations-Modells jederzeit durchführbar. Eine Optimierung der Visualisierung für den Anlagenbediener (Walzer) durch wiederholte Walzsimulation während der Testphase kann erreicht werden. Vorab-Vorfürungen der Walzstraße in weitgehend simuliertem Betrieb sind jederzeit möglich. Die zentrale Regelungsvorrichtung ist gleichzeitig die Zentrale für alle relevanten technologischen Meßgrößen. Damit lassen sich wichtige Meßwerte und Zustände in Echtzeit erfassen und auswerten. Diese Erfassung (über einen PC) ist um ein Vielfaches kostengünstiger und zeitechter als mittels der bisher verwendeten Systeme. Beim Wiederanwalzen einer modernisierten Walzstraße wird die Walzmannschaft an dem Simulations-Modell geschult, so daß in der Lernphase, trotz möglicher Fehlbedienung, keine mechanischen Schäden verursacht werden. Dadurch ist die Lernphase beim Betreiberpersonal sehr kurz und effektiv. Walzmotoren, Walzspaltsysteme und Arbeitswalzenbiegungen sind als Stellglieder ohne eigene technologische Intelligenz ausgebildet. Damit wird von einer Stelle, nämlich nur von der zentralen Regelungsvorrichtung, die gesamte Walztechnologie geregelt und beeinflusst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Einrichtung nach der Erfindung sind in den Ansprüchen 2 bis 14 angegeben.

Die Erfindung soll im folgenden anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine Anordnung von Geräten für eine Simulation mit dem Simulations-Modell und der zentralen walztechnologischen Regelungsvorrichtung, Fig. 2 das Prinzipschaltbild einer Anbindung des Simulations-Modells an die walztechnologischen Regelungen, Fig. 3 das Prinzipschaltbild eines Grundmodells zur Antriebsregelung innerhalb des Simulations-Modells und Fig. 4 das Prinzipschaltbild für ein Bandverlaufmodell innerhalb des Simulations-Modells.

In Fig. 1 ist eine zentrale Regelungsvorrichtung 1 für eine mehrgerüstige Walzstraße (z.B. eine 4-gerüstige Tandemstraße) in prinzipieller Andeutung von Elektronik-Regelungsmagazinen dargestellt. In einer solchen zentralen Regelungsvorrichtung 1 sind folgende Regelungen und Funktionen zusammengefaßt:

- Alle Dickenregelfunktionen für die einzelnen Gerüste mit einzelnen Dickenvorsteuerungen und Monitorregelungen.
- Walzkraftabhängige Walzgutzugsollwertadaption.
- Automatische Setupadaption (Setuptoptimierung).
- Automatische Speicherung von verwendeten Sollwerten für einen Stichplanspeicher und walzgutlängenabhängige Erfassung von Meßwerten für einen Prozeßrechner.
- Walzkraftabhängige Biege-Sollwertvorgabe für Arbeitswalzenbiegung.
- Fließend umschaltbare Walzgutzugregelungen über Walzspalt und über Walzgeschwindigkeit.
- Walzgutverfolgung für die Ein- und Ausfädelphase des Walzguts.
- Einfädel- und Ausfädeltechnologie mit automatischer Walzgutzugaufbau- und Walzgutzugabbauregelung; automatische Walzkraftentlastung.
- Halbautomatische Lastverteilung in den Gerüsten mit automatischer Anpassung der entsprechenden Dickenollwerte.
- Erfassung und Aufbereitung von Meßwerten für eine graphische Auswertung.
- Serieller Datenaustausch mit Dickenmeßgeräten.
- Bildung von Zusatzwerten für die Stellglieder einer Anstellungsregelung, einer Geschwindigkeitsregelung der Walzmotoren und einer Arbeitswalzenbiegung.

Ferner wird in der zentralen Regelungsvorrichtung 1 eine Erfassung und eine vorbereitende Visualisierung aller walztechnologischen Meßwerte und Walzzustände mit einem nach walztechnologischen Bedürfnissen aufgebauten Visualisierungsbild vorbereitet und über eine Übertragungsleitung 11 von einem Karten-PC 13 an einen Anzeigemonitor 12 übertragen.

Ferner ist bei der zentralen Regelungsvorrichtung 1 über eine weitere Verbindungsleitung 8 ein serieller Datenaustausch mit einem Walzprogrammrechner 3 (z.

B. einen Stichplanspeicher oder ein mathematisches Walzmodell) vorgesehen.

Zusätzlich erfolgt von der zentralen Regelungsvorrichtung 1 eine serielle oder parallele Kommunikation mit einem Simulations-Modell 2 über Link-Leitungen 7.

Außerdem läuft von der zentralen Regelungsvorrichtung 1 eine Verbindungsleitung 10 zu einem einen Bildschirm 6 und einen (nicht näher dargestellten) Drucker aufweisenden PC 5 zur Auswertung bzw. Aufzeichnung von Prozeßvariablen und -signalen.

Schließlich ist die zentrale Regelungsvorrichtung 1 über eine Verbindungsleitung 9 mit einem zentralen Test-Steuer-Pult 4 verbunden.

Das Simulations-Modell 2 umfaßt als Nachbildungen mehrere oder sämtliche folgende Glieder, die walztechnologisch entsprechend der Reihenfolge der Gerüste innerhalb der Walzstraße miteinander verbunden sind und an die zentrale Regelungsvorrichtung 1 ihre Istwerte in Realzeitverhalten abgeben:

- Stromrichtergespeiste Walzmotoren mit ihrer Drehzahlregelung und ihrem Stromreglerverhalten sowie mit zusätzlicher Verformung- und Bandzugbelastung unter Berücksichtigung gegenseitiger Lastbeeinflussung über das Walzgut.
- Walzkraftmodelle der Gerüste mit Einflüssen von Walzspalt, Walzgeschwindigkeit, Rück- und Vorzug und Vorverformung.
- Positionsregelungen der Anstellung und der Walzspaltregelung der Gerüste.
- Zugistwertbestimmung des Walzguts mit einer Materialflußverrechnung und Geschwindigkeitseinfluß.
- Walzgutlaufzeitnachbildung und -auswirkung auf Motorbelastung, Walzspalt und Zugistwerte des Walzguts.
- Leitsollwertgeber mit einer Funktion "konstante Walzgutanfangs- und Walzgutendgeschwindigkeit".
- Arbeitswalzenbiegung.
- Handkorrekturen auf die Walzgeschwindigkeit.

Die jeweilige Anzahl der vorgenannten Glieder ist dabei durch die entsprechenden Elemente der zu betreibenden Walzstraße vorgegeben.

Die lauffähigen Simulatorprogramme der einzelnen Glieder des Simulations-Modells liefern folgende Meßwerte: Bandzüge, Walzkräfte, Walzgeschwindigkeiten, Leitsollwert, Biegeistwerte, Dickenabweichungen, Motorströme (im die Motoren speisenden Stromrichter) und Ventilströme der hydraulischen Anstellungsregelung. Damit die Modelle dem Simulations-Modell 2 die obengenannten Signale liefern können, brauchen sie u.a. folgende Werte und Signale: Banddicke vor dem ersten Walzgerüst, Walzspaltposition der einzelnen Gerüste (Setup-Wert). Positionszusatzwerte für die Seiten A und B der Walzen, Geschwindigkeitszusatzwerte für die einzelnen Gerüste, Biegesollwerte für

die Walzen der einzelnen Gerüste, Walzgutverfolgungssignale für die Position des Walzguts beim Eintritt in den bzw. beim Austritt aus dem jeweiligen Walzspalt sowie ein Signal, daß der Leitsollwert größer als Null ist ($LSW > 0$), nämlich, daß die Anlage in Betrieb ist. Alle diese Signale und Daten werden über die Linkverbindungen 7 zwischen dem Simulations-Modell 2 und der zentralen Regeleinrichtung 1 ausgetauscht.

Fig. 2 zeigt die prinzipielle Anbindung einer im Simulations-Modell 2 nachgebildeten Walzstraße, hier am Beispiel einer Tandemstraße mit vier Gerüsten G1 bis G4, an die zentrale Regelungsvorrichtung 1 und die Verbindungen zum Karten-PC 13 mit dem Anzeigemonitor 12.

Das Simulations-Modell 2 umfaßt Walzspalt-Modelle für die Gerüste G1 bis hier z.B. G4. Diese Modelle geben entsprechende Istwerte XFW1 bis XFW4 der Walzkraft an die zentrale Regelungsvorrichtung 1 ab und dort speziell an eine Materialflußverfolgung MFV, an Walzkraftregelungen FW-Reg für die Gerüste G1 bis G4, an Sollwertgeber W-Bieg für die Walzenbiegungen der Gerüste G1 bis G4 und an die Dickenregelungen DR1 und DR4 für die Gerüste G1 und G4. Zu diesem Zweck erhalten die Walzspalt-Modelle entsprechende Istwerte XWSP1 bis XWSP4 von Modellen einer Anstellungsregelung. Die Walzspalt-Modelle für die Gerüste G1 bis G4 liefern außerdem Walzspaltistwerte XS1 bis XS4 an Modelle für Bandzugistwerte XFZ1/2 und XFZ3/4 zwischen den Gerüsten G1 und G2 bzw. G3 und G4. Diese Bandzugistwerte XFZ1/2 und XFZ3/4 gehen in die zentrale Regelungsvorrichtung 1 und zwar an die Materialflußverfolgung MFV und an die Bandzugregelungen FZ-Reg für die Bandzüge zwischen den Gerüsten G1 und G2, G2 und G3 sowie G3 und G4.

Das Simulations-Modell 2 umfaßt ferner Modelle der Walzmotoren für die Walzen in den Gerüsten G1 bis G4. Diese Modelle für die Walzmotoren erhalten von einem Modell LSW den übergeordneten Leitsollwert XLSW. Außerdem werden ihnen von den Bandzugregelungen FZ-Reg Stellbefehle Delta V1 bis Delta V4 für Drehzahlabweichungen der Walzmotoren sowie die Bandzugistwerte XFZ1/2 und XFZ3/4 von den Modellen für die Bandzugistwerte für die Bandzüge zwischen den Gerüsten G1 und G2 bzw. G3 und G4 zugeführt. Die Modelle für die Walzmotoren liefern entsprechende Drehzahlwerte XV1 bis XV4 der Walzmotoren der Gerüste G1 bis G4 an die Modelle für die Bandzugistwerte und an die Materialflußverfolgung MFV sowie Drehzahlwerte XV1 und XV4 der Motoren der Gerüste G1 und G4 an ein Modell von Dickenabweichungen am Gerüst G1 und am Gerüst G4.

Das Modell der Dickenabweichungen am Gerüst G1 und am Gerüst G4 gibt die aus den Istwerten der Motordrehzahlen XV1 und XV4 ermittelten Dickenabweichungen Delta H1 und Delta H4 an die Dickenregelungen DR1 und DR4 innerhalb der zentralen Regelungsvorrichtung 1.

In der zentralen Regelungsvorrichtung 1 beeinflus-

sen die Dickenregelungen DR1 und DR4 mit Signalen Delta WS1 und Delta WS4 entsprechend der Abweichung des Walzspalts an den Gerüsten G1 und G4 und die Bandzugregelungen FZ-Reg eine SW (Sollwert)-Anstellung für die Walzspalte der einzelnen Gerüste G1 bis G4, die Walzspalt-Zusatzsollwerte Delta WS1 bis Delta WS4 entsprechend den Abweichungen der Walzspalte an den Gerüsten G1 bis G4 an die Modelle der Walzmotoren abgibt.

Die Materialflußverfolgung MFV steuert innerhalb der zentralen Regelungsvorrichtung 1 die Bandzugregelungen FZ-Reg, die SW (Sollwert)-Anstellung für die Walzspalte, die Dickenregelungen DR1 und DR4 für die Gerüste G1 und G4, die Walzkraftregelung FW-Reg sowie die Sollwertgeber W-Bieg, die Walzen-Biegesollwerte WBieg1 bis WBieg4 für die Gerüste G1 bis G4 an Modelle für die Biegeregelung innerhalb des Simulations-Modells 2 liefern. Daraus ermitteln diese Modelle für die Biegeregelung die Istwerte XBieg1 bis XBieg4 der Walzenbiegungen an den einzelnen Gerüsten G1 bis G4.

Sowohl die Walzspaltmodelle, die Bandzugistwertmodelle, das Leitsollwertmodell, die Modelle für die Dickenabweichungen an den Gerüsten G1 und G4 als auch die Modelle der Biegeregelung geben - wie in Fig. 2 gezeigt - die durch sie ermittelten Simulationsgrößen an den Karten-PC 13, durch den diese auf dem Anzeigemonitor 12 visualisierbar sind. Gleiches geschieht mit den Ausgangsgrößen der einzelnen Glieder der zentralen Regelungseinrichtung 1, nämlich der Materialflußverfolgung MFV, den Bandzugregelungen FZ-Reg, den mit SW-Anstellung bezeichneten Sollwertgebern für die Walzspaltanstellungen, die Dickenregelungen an den Gerüsten G1 und G4, den Sollwertgebern W-Bieg für die Walzenbiegungen und den Walzkraftregelungen FW-Reg (die die Walzkraftsollwerte WFW1 bis WFW4 für die einzelnen Gerüste G1 bis G4 abgeben).

Von dem physikalischen Simulations-Modell, bei dem eher die tendentielle Richtigkeit der erzeugten Signale und die dynamischen Zusammenhänge und nicht so sehr die metallurgisch exakte Berechnung im Vordergrund stehen, können einzelne Glieder ausgeblendet werden, um bestimmte Sonderfälle zu simulieren. Anstelle der ausgeblendeten Glieder des Simulations-Modells 2 ist es möglich, entsprechende in der Walzstraße erfaßte Istwerte, nämlich reale Meßgrößen zu verwenden. So kann damit z.B. in einer Schulungsphase für das Betreiberpersonal der Walzstraße ein allmählicher Übergang vom simulierten zum tatsächlichen Betrieb erreicht werden.

In Fig. 3 ist der prinzipielle Aufbau einer Modell-Nachbildung eines über einen Stromrichter gespeisten Walzmotors mit seiner Antriebsregelung (Drehzahlregelung mit unterlagerter Ankerstromregelung) innerhalb des Simulations-Modells 2 gezeigt. Der Walzmotor verhält sich wie ein Integrator. In Fig. 3 stellt deshalb ein Integrator 23 den nachzubildenden Walzmotor dar. Die Ausgangsvariable des Integrators 23 ist der Drehzahl

des Walzmotors oder auch der Walzgeschwindigkeit proportional. Die positive Eingangsvariable des Integrators 23 entspricht dem Ankerstrom (elektrische Arbeit), der von dem Stromrichter an den Walzmotor geliefert wird. Das negative Eingangssignal des Integrators 23 entspricht der mechanischen Arbeit, die der Walzmotor verrichten muß, um die Geschwindigkeit halten zu können. Wenn beide Eingangssignale am Integrator 23 gleich groß sind, entspricht dieses dem Zustand "Summe aller Drehmomente gleich Null", und der Motor dreht mit konstanter Geschwindigkeit weiter. Wenn beide Eingangssignale nicht gleich groß sind, bedeutet das, daß ein resultierendes Drehmoment vorhanden ist, das heißt der Walzmotor wird beschleunigt oder verzögert. Die Hochlaufzeit des Integrators 23 entspricht der Hochlaufzeit des Walzmotors.

Das in Fig. 3 gezeigte VZ1-Glied 22 bildet das Verhalten einer Stromrichterbrücke mit einem den Ankerstrom regelnden Stromregler nach. Mit K ist dabei die einstellbare Stromrichterverstärkung und mit T1 die Verzögerungszeit der Regelstrecke (z.B. durch einen vorhandenen Transformator, die Motorinduktivität und das Verhalten des Ankerstromreglers des Walzmotors) bezeichnet.

Ein dem Drehzahlregler eines realen Motors entsprechender PI-Regler 21, dem die Regelabweichung zwischen einem vorgegebenen Drehzahlsollwert WV und dem am Ausgang des Integrators 23 anstehenden Drehzahlwert XV zugeführt ist, steht hier gleichzeitig als Erzeuger von Walz- und Beschleunigungsstrom. Eine getrennte Beschleunigungsaufschaltung ist nicht vorgesehen, kann jedoch ohne weiteres eingebaut werden. Dafür muß das Leitsollwertgeber-Modell (siehe Fig. 2) ein Beschleunigungssignal entsprechend den Walzdaten liefern. Die Proportional- und Integral-Parameter des PI-Reglers 21 entsprechen den Größen der Drehzahlregler in den Antriebsregelungen innerhalb der Walzstraße.

Ein Motorbelastungsmodell, das in Fig. 3 die negativ auf den Integrator 23 aufgeschaltete Größe D liefert, berücksichtigt, daß der Walzmotor durch die Walzgutverformungs- und Walzgutzugmomente belastet ist. Das Verformungsmoment ist proportional zum Verformungsvolumen (Eingangsdicke minus Ausgangsdicke mal Bandbreite) und zur entstandenen Walzkraft. Der Walzmotor wird vom Rückzug des Walzguts belastet und durch Vorzug des Walzguts entlastet. Die Differenz der beiden Züge wirkt als Walzgutzugmoment auf die Motorwelle. Die drei Größen Verformung, Rückzug und Vorzug müssen additiv steilheitsbegrenzt zum Motormodell hinzugefügt werden. Die Zuschaltung der Belastungsmodelle auf den negativen Eingang des Integrators 23 muß über ein Signal der verwendeten Walzgutverfolgung stattfinden. Die Belastung selbst muß zuerst die Walzgutverformung ohne Rückzug enthalten. Diese Verformung berechnet sich aus der Dickendifferenz zwischen ein- und auslaufender Walzgutdicke (Walzgutquerschnitt). Der einlaufende Walzgutquerschnitt eines

Gerüsts ist der auslaufende Querschnitt des davorliegenden Gerüsts. Der einlaufende Querschnitt muß zu einem Walzgutsegment gehören. Eine Walzgutsegmentverfolgung muß daher die Walzgutquerschnitte speichern und walzgeschwindigkeitsabhängig transportieren (Walzgutsegmentmodell). Der Walzkraftanstieg bzw. die Belastung hat eine Steilheit, die durch ein Steilheitsbegrenzungselement simuliert werden kann. Sollte die Reibung der Stützwalzen zusätzlich noch nachgebildet werden, müßte ein Differenzglied den Walzkraftanstieg erfassen und das Ausgangssignal dieses Gliedes additiv noch zusätzlich eingegeben werden.

Der Walzgutzug zwischen zwei Gerüsten ist das Integral der augenblicklichen Materialflußdifferenz, die in einem Walzspalt entsteht. Damit zwischen zwei Walzgerüsten ein Walzgutzug entstehen kann, muß mindestens einmal das eine Walzgerüst mehr Materialmenge verlangt haben, als das davorliegende Gerüst geliefert hat. Es gilt, daß der Wert aus

$$\frac{\int (V_a - V_e) dt}{(H_e - H_a)}$$

mit H_e = Eingangsdicke, H_a = Ausgangsdicke, V_e = Einlaufgeschwindigkeit, V_a = Auslaufgeschwindigkeit des Walzguts, direkt proportional zum Walzgutzug ist. Da aber das einlaufende Walzgut neu gestreckt werden muß, wird der erzeugende Walzgutzug vom einlaufenden Walzgut wieder entspannt. Das gesamte Verhalten entspricht in erster Näherung einer Kombination eines Integrators mit einem "Entladevorgang", der sich walzgeschwindigkeitsabhängig verhält. Als (hier nicht gezeigtes) Rechenmodell für eine Walzgutzugnachbildung kann ein Summierer verwendet werden, der zunächst die augenblickliche Massenflußdifferenz im Walzspalt berechnet. Nachträglich wird diese Massenflußdifferenz durch ein VZ1-Glied behandelt. Das VZ1-Glied beinhaltet die Kombination einer integralen und einer proportionalen Funktion, die genau der benötigten Nachbildungsfunktion entspricht. Zusätzlich wird für die Verstärkung (Entladecharakteristik) die Walzgeschwindigkeit, die absolute Verformung und für die Anstiegszeit die Walzgutdicke verwendet.

Um eine reale Beeinflussung der Verformung im Walzspalt und die zugehörige Auswirkung im nächsten Gerüst nachbilden zu können, werden die gewalzten Walzgutabschnitte dickenmäßig zweckmäßig für ein in Fig. 4 gezeigtes Walzgutverlaufsmodell in zwei Schieberegister 25, 26 eingegeben (A: Walzgutdicke Antriebsseite, B: Walzgutdicke Bedienungsseite). Die Genauigkeit der Abbildung hängt von der Anzahl der verwendeten Speicher in den Schieberegistern 25, 26 ab. Die Taktfrequenz für die jeweiligen Schieberegister wird aus den Walzgeschwindigkeiten abgeleitet. Z.B.: es wird die Anstellung des Gerüsts G1 verfahren, und es entsteht eine entsprechende Walzgutdicke im Walzspalt des Gerüsts G1, die mit einer bestimmten Walz-

gutgeschwindigkeit VS in Richtung des Gerüsts G2 wandert. Der Abstand zwischen den Gerüsten G1 und G2 sei m. Die Durchlaufzeit bei maximaler Walzgeschwindigkeit VS ist dann

$$t_1 = m : VS_{\max}.$$

Wenn die Schieberegister 25, 26 z.B. 22 Register besitzen, muß die gespeicherte Walzgutdicke in der Zeit t1 die Strecke m zurückgelegt haben bzw. durch alle 22 Register getaktet worden sein (A': Banddicke Antriebsseite nach Gerüstabstand, B': Banddicke Bedienungsseite nach Gerüstabstand). Das heißt bei einer maximalen Walzgeschwindigkeit VSmax muß in der Zeit t1: 22 der gespeicherte Wert von einem Register zum anderen getaktet werden. Der entsprechende Zeittakt wird durch einen Integrator 24, dem die entsprechende Walzgeschwindigkeit VS vorgegeben wird und dessen Zeitkonstante mit Tn einstellbar ist, gewährleistet. Mit a ist in Fig. 4 ein Initialisierungssignal für die Schieberegister 25, 26 bezeichnet.

Ein (hier nicht gezeigtes) Walzspaltmodell stellt das Verhältnis zwischen Walzspaltgröße und Walzkraft dar. Die Walzkraft ist das Ergebnis einer absoluten und einer relativen Verformung des Walzguts, das einen Verformungswiderstand aufweist. Dieser Widerstand sinkt mit der Zunahme des Rückzuges und des Vorzuges und ist walzgeschwindigkeitsabhängig. Beim Anstechen der Walzgutspitze im Walzspalt entsteht ein Walzkraftanstieg. Der Walzkraftanstieg bei einer Walzspaltregelung unterscheidet sich von einer klassischen Anstellungsregelung. Die klassische Anstellung bildet den Walzspalt aus Verstellung der Anstellposition und Auf Federn des Gerüsts. Die Walzspaltregelung erfaßt den Abstand der Arbeitswalzenzapfen und hält ihn konstant. Damit ist das Elastizitätsmodul kompensiert und braucht von der Walzgutzug- oder Dickenregelung nicht nachgeregelt zu werden.

Bei einem Modell einer Anstellungsregelung kann die Anstellung eine elektromotorische, eine hydraulische Anstellungsregelung oder eine direkte Walzspaltregelung zur Voraussetzung haben. Jedes dieser Stellglieder verhält sich anders. Z.B. behält eine elektromotorische Anstellung bei Anstechen die Position und der Walzspalt ändert sich nur durch das Elastizitätsmodul des Gerüsts. Eine hydraulische Regelung geht beim Anstich kurzzeitig auseinander und regelt wieder auf die alte Position, bleibt jedoch um die elastische Dehnung auseinander. Eine Walzspaltregelung geht beim Anstich auseinander und regelt theoretisch auf die gleiche Anstichöffnung unabhängig vom Elastizitätsmodul. Diese Abhängigkeiten müssen in den Modellen entsprechend den jeweiligen realen Gegebenheiten der Walzstraße eingebaut werden.

Selbstverständlich ist der zuvor beschriebene Betrieb einer mehrgerüstigen Walzstraße auch bei einer eingerüstigen Walzstraße durchführbar.

Patentansprüche

1. Einrichtung zum Betrieb einer mehrgerüstigen Walzstraße,

dadurch gekennzeichnet,

- daß die gesamte Walzstraße in den technologischen Zusammenhängen der einzelnen Gerüste in einem einzigen physikalischen Simulations-Modell gegliedert nachgebildet ist und
- daß das Simulations-Modell mit einer zentralen Regelungsvorrichtung verbindbar ist, die für die gesamte technologische Regelung der Walzstraße allein zum Einsatz kommt und die wahlweise einzelne Funktionen innerhalb jedes Gerüsts oder einzelner Gerüste entweder über Stellglieder der Walzstraße oder in entsprechenden Gliedern des Simulations-Modells steuert.

2. Einrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß dem Simulations-Modell Sollwerte für die Eingangsdicke des Walzguts in die Walzstraße, die Walzspaltpositionen der einzelnen Gerüste, Geschwindigkeitswerte der Walzen der einzelnen Gerüste, Biegekräfte der Walzen der einzelnen Gerüste sowie Walzgutverfolgungssignale für den Eintritt des Walzguts in bzw. den Austritt des Walzguts aus dem jeweiligen Walzspalt zur Verfügung stehen.

3. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß das Simulations-Modell Istwerte für den Zug des Walzguts, die Walzkräfte, die Walzgeschwindigkeiten, die Biegekräfte der Walzen, der Dickenabweichungen des Walzguts und der Ströme der Antriebe der einzelnen Gerüste abgibt.

4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß einzelne Glieder des Simulations-Modells ausblendbar sind.

5. Einrichtung nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

daß ausgeblendete Glieder des Simulations-Modells durch Einblendung entsprechender Istwerte (reale Meßgrößen) aus der Walzstraße ersetzt sind.

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet,

daß das Simulations-Modell als Nachbildungen mehrere oder sämtliche folgende Glieder umfaßt, die walztechnologisch miteinander verbunden sind und an die zentrale Regelvorrichtung ihre Ist-

werte in Realzeitverhalten abgeben:

- Stromrichtergespeiste Walzmotoren mit ihrer Drehzahlregelung und ihrem Stromreglerverhalten sowie mit zusätzlicher Verformung- und Bandzugbelastung unter Berücksichtigung gegenseitiger Lastbeeinflussung über das Walzgut. 5
- Walzkraftmodelle der Gerüste mit Einflüssen von Walzspalt, Walzgeschwindigkeit, Rück- und Vorzug und Vorverformung. 10
- Positionsregelungen der Anstellung und der Walzspaltregelung der Gerüste.
- Zugistwertbestimmung des Walzguts mit einer Materialflußverrechnung und Geschwindigkeitseinfluß. 15
- Walzgutlaufzeitnachbildung und -auswirkung auf Motorbelastung, Walzspalt und Zugistwert des Walzguts. Leitsollwertgeber mit einer Funktion "konstante Walzgutanfangs- und Walzgutendgeschwindigkeit". 20
- Arbeitswalzenbiegung.
- Handkorrekturen auf die Walzgeschwindigkeit.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, 25

dadurch gekennzeichnet,

daß im Simulations-Modell jeder Motor der Walzstraße durch ein integrierendes, zwei Eingänge aufweisendes Glied nachgebildet ist, dessen einer Eingang ein dem elektrischen Drehmoment entsprechendes positiv bewertetes Signal und der andere Eingang ein dem mechanischen Gegendrehmoment entsprechendes, negativ bewertetes Signal aufnimmt und dessen Ausgang ein der Drehzahl des Motors entsprechendes Signal abgibt. 30 35

8. Einrichtung nach Anspruch 7, 40

dadurch gekennzeichnet,

daß bei der Aufschaltung des dem mechanischen Gegendrehmoment entsprechenden Signals das dem Verformungsvolumen des Walzguts proportionale Verformungsmoment und das Zugmoment des Walzguts steilheitsbegrenzt berücksichtigt sind. 45

9. Einrichtung nach Anspruch 8, 50

dadurch gekennzeichnet,

daß bei der Bildung des Verformungsmoments eine einer Walzspaltregelung oder einer Anstellungsregelung der Walzen entsprechende Größe aufgeschaltet ist.

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, 55

dadurch gekennzeichnet,

daß das Verformungsvolumen im Zuge einer Walzgutsegmentverfolgung durch die Walzstraße für die einzelnen Gerüste zur Verfügung gestellt wird.

11. Einrichtung nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Walzgutsegmentverfolgung durch ein Schieberegister gebildet ist, dessen Taktfrequenz aus der Walzgutgeschwindigkeit abgeleitet ist.

12. Einrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Walzgutzugnachbildung durch ein die augenblickliche Massenflußdifferenz im Walzspalt ermittelndes Summierglied mit nachgeschaltetem Verzögerungsglied erster Ordnung gebildet ist.

13. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12,

dadurch gekennzeichnet,

daß im Simulations-Modell eine auf einen Stromrichter wirkende, aus einer Drehzahlregelung mit unterlagerter Ankerstromregelung aufgebaute Regelung bei der Speisung der einzelnen Motoren der Walzstraße durch ein PI-Regelglied mit einem nachgeschalteten Verzögerungsglied erster Ordnung nachgebildet ist, wobei das Verzögerungsglied eine Verstärkung entsprechend dem Stromrichterverstärkungsfaktor und eine Verzögerungszeit entsprechend der Verzögerungszeit der nachgebildeten Regelstrecke aufweist.

14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13,

dadurch gekennzeichnet,

daß die zentrale Regelvorrichtung mehrere oder sämtliche folgende Regelungen und Funktionen umfaßt:

- Alle Dickenregelfunktionen für die einzelnen Gerüste mit einzelnen Dickenvorsteuerungen und Monitorregelungen.
- Walzkraftabhängige Walzgutzugsollwertadaptation.
- Automatische Setupadaption (Setuptoptimierung).
- Automatische Speicherung von verwendeten Sollwerten für einen Stichplanspeicher und walzgutlängenabhängige Erfassung von Meßwerten für einen Prozeßrechner.
- Biegeregelung (wenn Planmessung vorhanden) und Sollwertvorgabe für Arbeitswalzenbiegung mit Walzkraftadaption.
- Fließend umschaltbare Walzgutzugregelungen über Walzspalt und über Walzgeschwindigkeit.
- Walzgutverfolgung für die Ein- und Ausfädelphase.
- Einfädel- und Ausfädeltechnologie mit automatischer Walzgutzugaufbau- und Walzgutzugabbauregelung; automatische Walzkraftentlastung.
- Halbautomatische Lastverteilung in den Gerüsten mit automatischer Anpassung der entsprechenden Dickensollwerte.

- Erfassung und Visualisierung aller walztechnologischen Meßwerte und Walzzustände mit einem nach walztechnologischen Bedürfnissen aufgebauten Visualisierungsbild.
- Erfassung und Aufbereitung von Meßwerten für eine graphische Auswertung. 5
- Serieller Datenaustausch mit einem Walzprogrammrechner (Stichplanspeicher und mathematisches Walzmodell).
- Serieller Datenaustausch mit Dickenmeßgeräten. 10
- Serielle oder parallele Kommunikation mit dem Simulations-Modell.
- Bildung von Zusatzwerten für die Stellglieder einer Anstellungsregelung, einer Geschwindigkeitsregelung der Walzmotoren und einer Arbeitswalzenbiegung. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

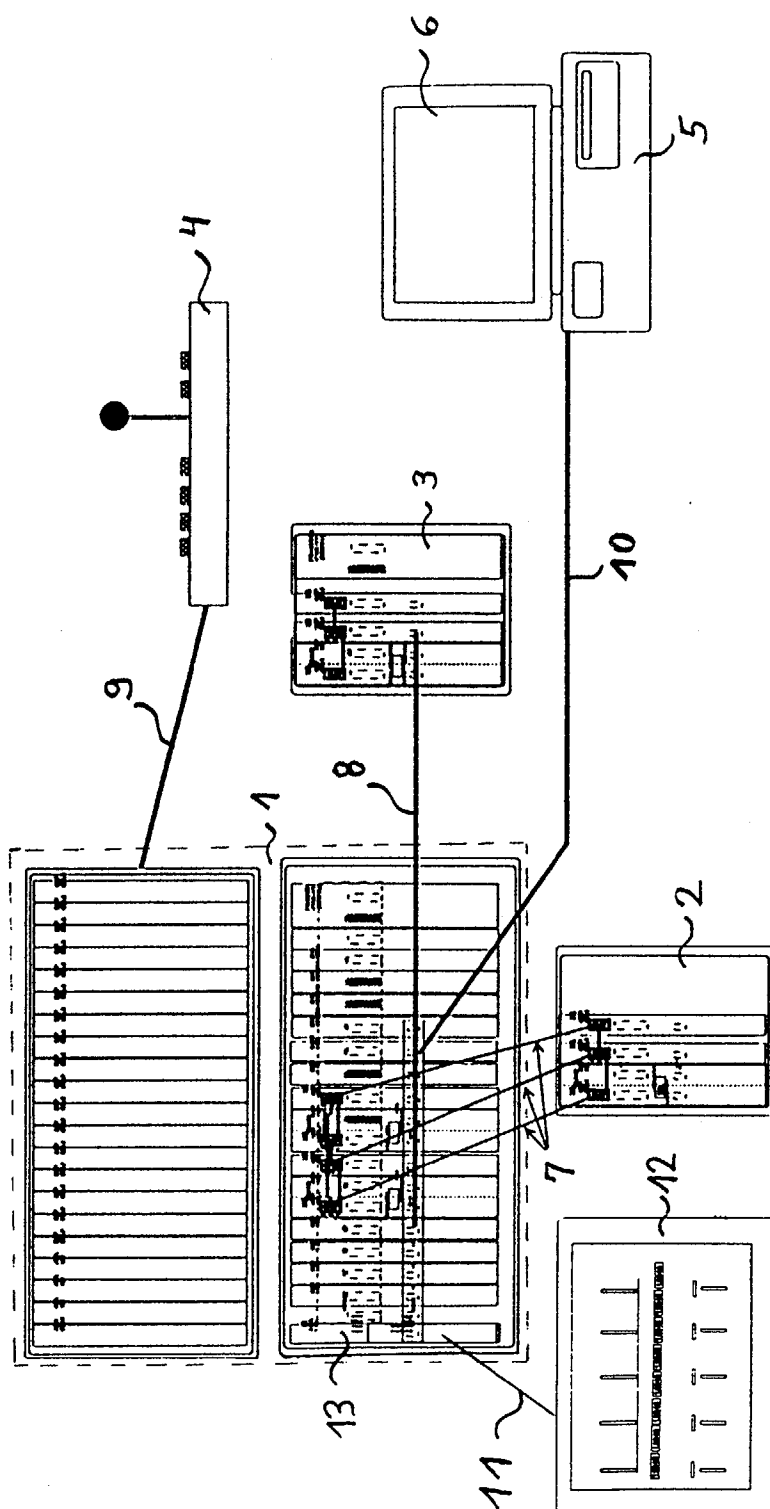


Fig. 1

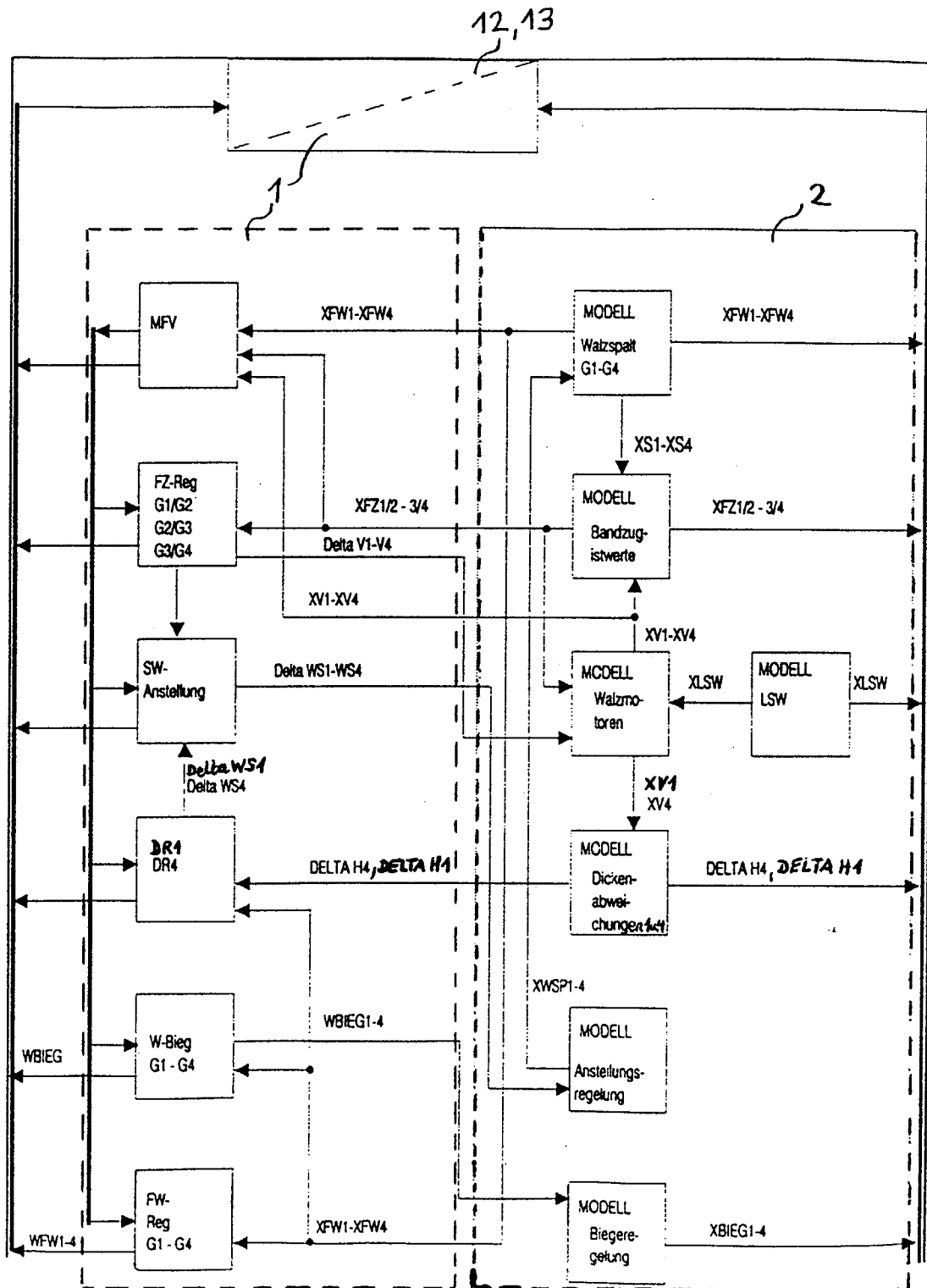


Fig. 2

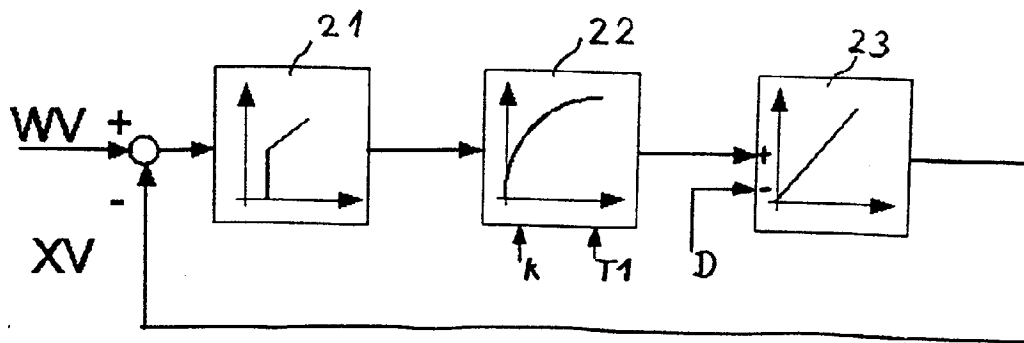


Fig.3

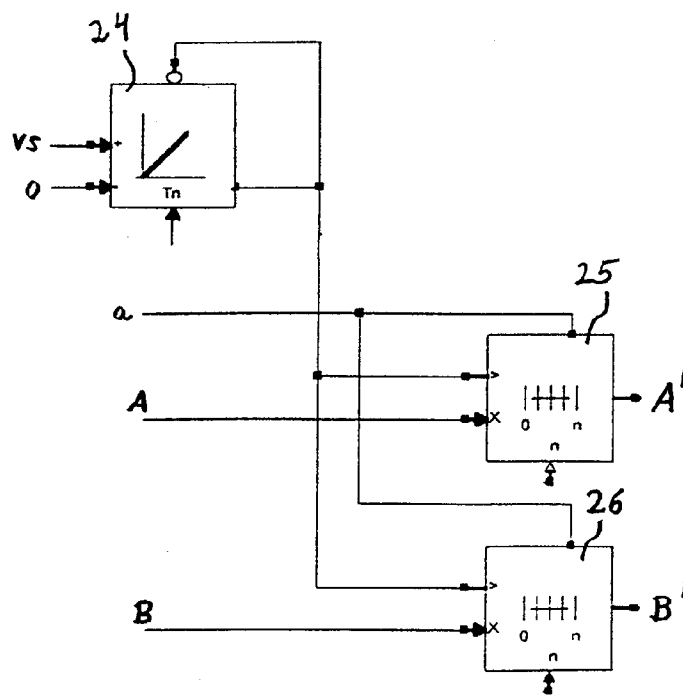


Fig.4