



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
09.02.2005 Patentblatt 2005/06

(51) Int Cl.7: **B65H 23/188**

(21) Anmeldenummer: **04018321.2**

(22) Anmeldetag: **04.08.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK

(30) Priorität: **06.08.2003 DE 10335887**

(71) Anmelder: **MAN Roland Druckmaschinen AG**
63012 Offenbach (DE)

(72) Erfinder:
• **Brandenburg, Günther, Prof. Dr.**
82194 Gröbenzell (DE)

• **Klemm, Andreas**
86825 Bad Wörishofen (DE)
• **Geissenberger, Stefan**
86167 Augsburg (DE)

(74) Vertreter: **Zacharias, Frank L.**
Man Roland Druckmaschinen AG,
Intellectual Property (IP),
Postfach 100096
86135 Augsburg (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Regelung der Bahnzugkraft und des Schnittregisters einer Rollenrotationsdruckmaschine**

(57) Um das Schnittregister einer Bahn in einer Rollenrotationsdruckmaschine und im regelungstechnischen Sinne entkoppelt davon die Bahnzugkraft in einem Bahnabschnitt mit geringem Aufwand zu regeln, werden eine bestimmte Bildinformation oder Messmarken der bedruckten Bahn mittels mindestens eines Sensors (5; 6) und die Bahnzugkraft (F) mittels mindestens eines weiteren Sensors (8) erfasst werden, wobei aus der Bildinformation eine für die Abweichung der Lage des Druckbildes gegenüber seiner Sollage bezogen auf den Ort und Zeitpunkt des Schnittes, d.h. insbesondere Teil- und Gesamt-Schnittregisterfehler, ermittelt und damit als Istwerte zur Verfügung stehen und einer Regelungseinrichtung (2) zugeführt werden, mittels der der Schnittregisterfehler und die Bahnzugkraft entkoppelt voneinander beeinflusst werden.

Zusätzlich betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung der Verfahren zum Regeln des Schnittregisters.

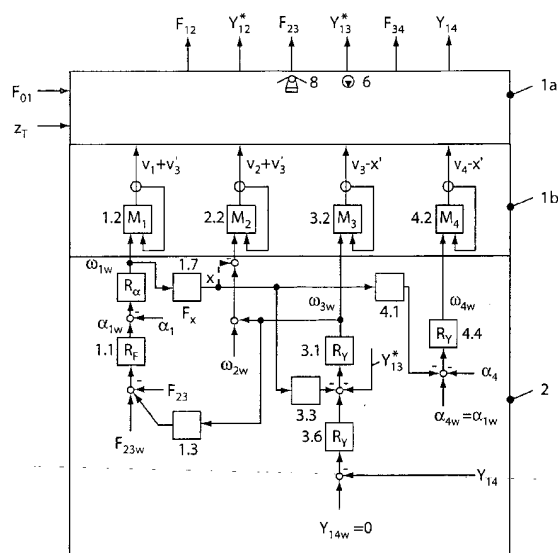


Fig.9

Patent 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung der Bahnzugkraft und des Schnittregisters einer Rollenrotationsdruckmaschine.

[0002] Bei Rollenrotationsdruckmaschinen ist es bekannt, als Stellglied für die Schnittregisterregelung eine in Linearführungen verfahrbare Stellwalze einzusetzen, mit der die Papierweglänge zwischen zwei Zueinheiten verändert und damit der Registerfehler korrigiert wird. Derartige Registerwalzen sind beispielsweise in der DE 85 01 065 U1 gezeigt. Die Verstellung erfolgt im Allgemeinen mittels eines elektrischen Schrittmotors. Derartige Vorrichtungen sind mit einem verhältnismäßig großen mechanischen und elektrischen Aufwand behaftet.

[0003] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein genaues Verfahren zur Regelung des Schnittregisters und der Bahnzugkraft zu schaffen.

[0004] Die Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0005] Bedeutungsvoll ist, dass es nun möglich ist, das Schnittregister (Gesamt-Schnittregisterfehler und/oder Teil-Schnittregisterfehler) und die Bahnzugkraft in einem gleichen oder in unterschiedlichen Abschnitten der Druckmaschine gleichzeitig und im regelungstechnischen Sinne entkoppelt voneinander zu regeln, wobei beide Größen unabhängig voneinander vorgegeben werden.

[0006] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Regelung des Schnittregisters wird die Laufzeit der Bahnbildpunkte bei einem konstanten Bahnweg verstellt, während nach dem Stand der Technik eine Bahnlängenänderung bei konstanter Bahngeschwindigkeit vorgenommen wird. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Regelung der Bahnzugkraft wird die Voreilung (Geschwindigkeit) einer nicht druckenden Klemmstelle verändert, wobei beide Eingriffe durch Entkopplungsmaßnahmen eine stabile Gesamtregelung gewährleisten. Dies war bisher beim Stand der Technik nicht möglich.

[0007] Bedeutungsvoll ist, dass zum Regeln des Schnittregisters eine bestimmte Bildinformation oder Messmarken der bedruckten Bahn mittels mindestens eines Sensors und die Bahnzugkraft mittels mindestens eines weiteren Sensors erfasst und einer Regeleinrichtung zugeführt werden. Der zu regelnde Teil-Schnittregisterfehler Y_{1i}^* werden an oder vor einer Klemmstelle i und die zu regelnde Bahnzugkraft $F_{k-1,k}$ bzw. $F_{i-1,i}$ an oder vor einer anderen Klemmstelle k oder der gleichen Klemmstelle i , wobei die Klemmstellen nicht druckend sind und jeweils vor dem Messerzylinder (Klemmstelle 4) liegen, gemessen und diese Regelgrößen - die Bahnzugkraft $F_{k-1,k}$ bzw. $F_{i-1,i}$ und der Teil-Schnittregisterfehler Y_{1i}^* - durch geeignete Stellgrößen $v_{i-1,i}$, v_i , $v_{k-1,k}$, v_k und zugeordnete Regler im regelungstechnischen Sinne entkoppelt voneinander gemäß entsprechender Sollwerte Y_{1iw}^* , $F_{k-1,k,w}$, $F_{i-1,i,w}$ eingestellt werden, so

dass die Bahnzugkraft ihren Sollwert annimmt, der in einem vorgeschriebenen Bereich liegt, und der Teil-Schnittregisterfehler auf den Sollwert, beispielsweise den Wert Null, korrigiert wird.

[0008] Bevorzugt wird für die Ermittlung der Regelgrößen von Sensoren ausgegangen, es können aber auch Modelle diese Sensoren teilweise oder völlig ersetzen, d.h. die Größen werden in äquivalenter Weise mit Hilfe von mathematischen oder empirischen Modellen geschätzt

[0009] Die Stellgröße für das Schnittregister ist die Voreilung einer nicht druckenden Klemmstelle und die Stellgröße für die Bahnzugkraft ist die Voreilung bzw. Lage der Druckeinheiten, wobei beide Regelungen durch entsprechende Regelkreise realisiert werden, denen die normalen Antriebsregelungen aus Strom-, Drehzahl- und/oder Winkelregelung unterlagert werden. Alternativ ist die Stellgröße für das Schnittregister die Geschwindigkeit v_k einer Klemmstelle k und die Stellgröße für die Bahnzugkraft die Geschwindigkeit v_i einer Klemmstelle i , wobei bei Änderung der Geschwindigkeit v_i dieser Klemmstelle die Kraft $F_{i,i+1}$ im nachfolgenden Bahnabschnitt nicht selbstkompensierend sein darf. Dies ist der Fall, wenn in den vorlaufenden Bahnabschnitten ein Feuchte- und/oder Wärmeeintrag auf die Bahn erfolgt. Insbesondere kann hierfür die Voreilung einer Kühleinheit in einer Rollendruckmaschine verwendet werden. Als Stellgröße für die Bahnzugkraft kann auch die von der Tänzerwalzenkraft auf die Bahn ausgeübte Kraft gewählt werden, wobei diese aus dem Druck des zugehörigen Pneumatikzylinders ermittelt, einem Bahnzugkraftregler zugeführt und mit dem Kraftsollwert verglichen wird, wobei die Ausgangsgröße des Reglers entweder unmittelbar die Stellgröße für den Pneumatikzylinder oder der Sollwert F_{01w} ist, falls ein unterlagerter Regelkreis für die Eingangs-Bahnzugkraft F_{01} vorhanden ist. Durch diese Kraftanpassung wird immer dafür gesorgt, dass die infolge der Ausregelung einer Störung schnell aufgetretene Kraftänderung zur Registerfehlerkorrektur gegenüber dieser Ausregelung verhältnismäßig langsam abgebaut wird.

[0010] Bedeutungsvoll ist, dass nur alle vor der den Registerfehler steuernden Klemmstelle, z.B. der Wendeeinheit, liegenden Klemmstellen entkoppelnde Voreilungs-Zusatzsollwerte erhalten (Rückwärtsentkopplung) und dass diese Entkopplung für den stabilen Betrieb zwingend ist und/oder dass außerdem auch alle nach der den Registerfehler steuernden Klemmstelle, z.B. der Wendeeinheit, liegenden Klemmstellen entkoppelnde Voreilungs-Zusatzsollwerte erhalten.

[0011] Wichtig ist, dass zur Teilentkopplung in Rückwärtsrichtung die Vorgabe des entkoppelnden Voreilungs-Zusatzsollwertes für die Klemmstelle 2 in Form eines Zusatz-Drehzahlsollwertes durchgeführt wird und für die Klemmstelle 1 in Form eines entsprechenden Zugkraft-Zusatzsollwertes am Eingang des Zugkraftreglers über eine entsprechend modifizierte Übertragungsfunktion des geschlossenen Zugkraftregelkreises

oder die Vorgabe des entkoppelnden Voreilungs-Zusatzsollwertes für die Klemmstelle 1 in Form eines entsprechenden Drehzahl-Zusatzsollwertes über Symmetrierfilter durchgeführt wird. Außerdem kann zur Entkopplung in Vorwärtsrichtung über eine Übertragungsfunktion F_x eine Vorsteuerung der Klemmstelle 3 mittels eines entsprechenden Register-Zusatzsollwertes am Eingang des Registerreglers mit Hilfe einer weiteren Übertragungsfunktion oder über ein Symmetrierfilter an den unterlagerten Drehzahlregelkreis dieses Registerregelkreises erfolgen.

[0012] Hervorzuheben ist, dass die Zuordnung von Regelgrößen und Stellgrößen einschließlich aller für diese Konstellation notwendigen entsprechenden Entkopplungs- und Vorsteuermaßnahmen vertauscht werden kann.

[0013] Von Vorteil ist, dass der Schnittregisterfehler unmittelbar vor dem Messerzylinder gemessen und durch einen Registerregler geregelt werden kann, der dem Registerregler der Klemmstelle 3 überlagert wird.

[0014] Die erfindungsgemäße Lösung erfordert kein zusätzliches mechanisches Bahnführungselement. Zur Schnittregisterkorrektur werden vorhandene, nicht druckende Zugeinheiten verwendet, wie z. B. die Kühleinheit, Zugwalzen im Falzaufbau, die Trichterwalze oder weitere im Bahnverlauf zwischen letztem Druckwerk und Messerzylinder liegende Zugeinheiten, die vorzugsweise mittels drehzahlvariablen Einzelantrieben angetrieben sind.

[0015] Die in die Schnittregisterregelstrecke eingehenden Parameter sind weitgehend unabhängig von den Eigenschaften der Rotationsdruckmaschine. Weiterhin lässt sich die Schnittregistergenauigkeit durch das neue Verfahren wesentlich erhöhen.

[0016] Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung der Verfahren zum Regeln des Schnittregisters, deren Klemmstellen 1 bis 4 mit Antriebsmotoren mit zugeordneter Strom-, Drehzahl- und gegebenenfalls Winkelregelung unabhängig voneinander antreibbar sind und bei der das Schnittregister und/oder damit verbundene weitere Registerabweichungen Y_{13}^* , Y_{11}^* , Y_{ik}^* an oder vor einem Messerzylinder und/oder an oder vor einer oder mehreren diesem Messerzylinder (Klemmstelle 4) vorgeordneten Klemmstellen i, k, 1 bis 3 über eine bestimmte Bildinformation oder Messmarken der bedruckten Bahn mittels mindestens eines Sensors erfassbar sind und die Bahnzugkraft mittels mindestens eines weiteren Sensors erfassbar ist und diese von den Sensoren ermittelten Daten zur Beeinflussung des Schnittregisterfehlers Y_{14} einer Regel- und/oder Steuerungseinrichtung zur Veränderung von Winkellagen oder Umfangsgeschwindigkeiten v_1 bis v_3 , v_i , v_k der jeweiligen Klemmstelle K_i , K_k , K_1 bis K_3 zuführbar sind.

[0017] Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen in Verbindung mit der Beschreibung.

[0018] Die Erfindung soll nachfolgend an einigen Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In den

Zeichnungen zeigt schematisch:

- Fig. 1a: Klemmstellen-Schema einer Rotationsdruckmaschine mit geregelten Antrieben,
- 5 Fig. 1 b: Mechanisches System mit geregelten Antrieben,
- Fig. 2: Anordnung zum Regeln des Schnittregisters und der Bahnzugkraft,
- Fig. 3: vollständige Entkopplung der Regelgrößen auf mechanischer Ebene,
- 10 Fig. 4: Teilentkopplung der Regelgrößen auf elektronischer Ebene mittels Zusatzsollwertes für die Bahnzugkraft (Fall a),
- Fig. 5: Teilentkopplung der Regelgrößen auf elektronischer Ebene mittels Symmetrierfiltern (Fall b),
- 15 Fig. 6: vollständige Entkopplung der Regelgrößen auf elektronischer Ebene mit Hilfe von Zusatz-Sollwerten für Bahnzugkraft und Registerfehler (Fall a),
- 20 Fig. 7: vollständige Entkopplung der Regelgrößen auf elektronischer Ebene mit Hilfe von Symmetrierfiltern (Fall b),
- Fig. 8: vollständige Entkopplung der Regelgrößen auf mechanischer Ebene,
- 25 Fig. 9: Regelung des Schnittregisterfehlers mit unterlagerten, vollständig entkoppelten Regelkreisen (nach Fall a),
- Fig. 10: Anordnung zum Regeln des Schnittregisters mittels der Voreilung einer Klemmstelle und der Bahnzugkraft mittels der Voreilung der Kühleinheit,
- 30 Fig. 11: vollständige Entkopplung der Regelgrößen auf mechanischer Ebene nach Fig. 10 und
- 35 Fig. 12: vollständige Entkopplung der Regelgrößen auf elektronischer Ebene nach Fig. 11.

[0019] Die folgende Funktionsbeschreibung wird an einem Vierwalzensystem nach Fig. 1 a vorgenommen. Es wird darauf hingewiesen, dass bei der realen Druckmaschine an die Stelle einer Klemmstelle 1 (K_1) des Vierwalzensystems beliebig viele Druckeinheiten, also z.B. vier Druckeinheiten einer Rollenoffset-Illustrationsdruckmaschine oder Zeitungsdruckmaschine oder einer anderen Art von Rotationsdruckmaschinen, treten können. Das im Folgenden am Beispiel einer Illustrationsdruckmaschine beschriebene Prinzip der Register- und Bahnzugkraft-Regelung durch zwei voneinander entkoppelte Regelkreise ist auf alle Rotationsdruckmaschinen sinngemäß zu übertragen.

Regelung des Registerfehlers an einer nicht druckenden Klemmstelle vor dem Messerzylinder

1. Funktionserläuterung am Vierwalzensystem

[0020] Das Vierwalzensystem von Fig. 1 a ist eine vereinfachte Form einer Rotationsdruckmaschine, ins-

besondere eine Rollenoffsetdruckmaschine. In einer nach der Abwicklungseinrichtung, Klemmstelle 0 (K_0), folgenden Klemmstelle 1 (K_1) sind alle Druckeinheiten zusammengefasst. Zwischen Klemmstelle 0 (K_0) und 1 (K_1) liegt eine Tänzerwalze oder ein Zugkraftregelkreis zur Vorgabe der Bahnzugkraft F_{01} als abgekürzte Darstellung der Einrichtung zur Einstellung der Bahnzugkräfte nach der Abwickleinrichtung (K_0) und im Einzugswerk. Klemmstelle 2 (K_2) steht in Falle einer Illustrations-Druckmaschine für die Kühleinheit, dazwischen liegt gegebenenfalls ein Trockner T, Klemmstelle 3 (K_3) steht für die Wendeeinheit und Klemmstelle 4 (K_4) für die Falzeinheit mit dem schnittbestimmenden Messerzylinder. Die Größen v_i sind die Umfangsgeschwindigkeiten der Klemmstellen K_i , die durch das Verhalten umschlungener Walzen mit Coulomb'scher Reibung angenähert seien. Bei Rotationsdruckmaschinen wird statt des Begriffes "Geschwindigkeit" der Begriff "Voreilung" verwendet. Die Voreilung $W_{i,i-1}$ einer Klemmstelle i (K_i) gegenüber einer Klemmstelle $i-1$ (K_{i-1}) ist gegeben durch den Ausdruck

$$W_{i,i-1} = \frac{v_i - v_{i-1}}{v_{i-1}}$$

[0021] Im folgenden Text werden "Geschwindigkeit" und "Voreilung" synonym verwendet. Die Bahnkraft in einem Abschnitt $i-1$, i wird als $F_{i-1,i}$ bezeichnet. In z_T sind die Änderungen des Elastizitäts-Moduls und des Querschnitts der einlaufenden Bahn zusammengefasst. Der Registerfehler Y_{14} am Messerzylinder sei als Gesamt-Schnittregisterfehler oder kurz als Schnittregisterfehler bezeichnet. Ein davor aufgelaufener Registerfehler Y_{1i} , gemessen an einer nicht druckenden Klemmstelle i , wird Teil-Schnittregisterfehler, kurz Teilregisterfehler genannt.

[0022] Das System 1 von Fig. 1 a wird als mechanische Regelstrecke (Block 1a in Fig. 1 b) mit zugehörigen Stellgliedern (geregelter Antriebe in Block 1 b in Fig. 1 b) aufgefasst. Die zwei Regelgrößen sind der Teil-Schnittregisterfehler Y_{13}^* als Ersatzgröße für den Gesamt-Schnittregisterfehler Y_{14} und die Bahnzugkraft F_{23} . Stellgrößen sind die Voreilung der Klemmstelle 3 (K_3) und die Voreilung bzw. Lage der Klemmstelle 1. Durch entsprechende Regelkreise sollen diese Größen gemäß eingestellter Sollwerte unabhängig voneinander vorgebar sein. Der Teil-Registerfehler Y_{13}^* ist die Abweichung eines festen Bildbezugspunktes, z.B. der Bildkante, an der Klemmstelle 3 (K_3) gegenüber der Lage dieses Punktes an der Klemmstelle 1 (K_1), bezogen auf seine korrekte Lage. Der Schnittregisterfehler Y_{14} ist der Fehler der Schnittkante an der Klemmstelle 4 (K_4) zum Schnittzeitpunkt gegenüber ihrer Lage an der Klemmstelle 1 (K_1), bezogen auf ihre korrekte Lage.

[0023] Die Stellglieder bilden die geregelten Antriebsmotoren M_1 bis M_4 . Die in Fig. 1 a und Fig. 1 b dargestellten Eingangsgrößen x_{iw} stehen für die Winkelge-

schwindigkeits- (Drehzahl-) oder Winkelsollwerte der geregelten Antriebe M_1 bis M_4 .

[0024] Der dem System über den Eingang der Klemmstelle 1 (K_1) zugeführte instationäre oder stationäre Massenstrom, gemessen in kg s^{-1} , wird durch die Umfangsgeschwindigkeit v_1 , der Klemmstelle 1 (K_1) und die Dehnung ε_{01} bestimmt. Im Falle Hooke'schen Materials ist die Kraft F_{01} der Dehnung ε_{01} proportional. Die Kraft F_{01} wird durch die Anpresskraft einer Tänzer- oder Pendelwalze an die durchlaufende Bahn oder durch einen Zugkraftregelkreis eingestellt, die - dem Lagesollwert bzw. Kraftsollwert entsprechend - unmittelbar oder mittelbar über eine weitere Einrichtung zur Einstellung der Bahnzugkraft - die Umfangsgeschwindigkeit der Klemmstelle 0 (Abwickleinrichtung) steuern. Nur die Umfangsgeschwindigkeit der Abwickleinrichtung ist in der Lage, den in das System eingeleiteten Massenstrom stationär zu ändern. Im Folgenden wird angenommen, dass Änderungen von F_{01} oder von v_1 infolge der dadurch bewirkten Änderung der Umfangsgeschwindigkeit der Abwickleinrichtung den instationären wie stationären Massenstrom in den ihnen folgenden Bahnabschnitten verändern. Die Umfangsgeschwindigkeiten der übrigen Klemmstellen können - Hooke'sches Material vorausgesetzt - den Massenstrom nicht stationär ändern. Die Umfangsgeschwindigkeiten werden im Folgenden kurz Geschwindigkeiten genannt.

2. Registerregelkreis

[0025] Der Teil-Registerfehler Y_{13}^* wird, wie Fig. 2 zeigt, mit dem Registerregler 3.1 mit Hilfe der Geschwindigkeit v_3 der Klemmstelle 3 (K_3) - beispielsweise einer Wendeeinheit - auf den vorgegebenen Sollwert Y_{13w}^* , beispielsweise $Y_{13w}^* = 0$, geregelt. Diesem Registerregelkreis ist der Drehzahlregelkreis 3.2 des der Klemmstelle 3 (K_3) zugeordneten Antriebsmotors M_3 unterlagert. Die sehr kleine Ersatzzeitkonstante des dem Drehzahlregelkreis unterlagerten Stromregelkreises ist vernachlässigbar.

3. Zugkraftregelkreis

[0026] Nachdem die Registerregelung über die Voreilung der Klemmstelle 3 (K_3) mit einer Änderung der Bahnzugkraft F_{23} verbunden ist, ist nicht auszuschließen, dass große Störungen zu kleine oder zu große Bahnspannungen verursachen, die zum Bahnriss führen können. Die Bahnzugkraft F_{23} muss daher begrenzt werden. Dazu wird sie mit Hilfe eines Zugkraftsensors 8 - beispielsweise als Messwalze ausgeführt - gemessen, dem Vergleichspunkt eines Zugkraftreglers 1.1 zugeführt und mit dem Sollwert F_{23w} verglichen (siehe Fig. 2). Der Zugkraftregler 1.1 sorgt für die Einhaltung der

gewünschten Bahnzugkraft F_{23} und ermöglicht gleichzeitig ihre papiersortenabhängige Vorgabe durch den Maschinenbediener, der in die Voreilungseinstellung der Klemmstelle 3 (K_3) nicht mehr eingreifen muss. Der Zugkraftregler 1.1 gibt den Winkelsollwert α_{1w} für die virtuelle Leitwelle, also den gemeinsamen Sollwert für die Winkelregelkreise aller Druckeinheiten und des Messerzylinders (K_4) vor. Jeder Winkelregelkreis besteht aus einem Winkelregler, dem unterlagerten Drehzahlregelkreis einschließlich Stromregelkreis (zusammengefasst in dem Block 1.2).

4. Kopplungen zwischen den Regelgrößen

[0027] Die beiden Regelgrößen, nämlich der Teil-Registerfehler Y_{13}^* und die Zugkraft F_{23} , sind durch die Struktur der Regelstrecke abhängig voneinander, d.h. miteinander verkoppelt. Wird z.B. eine Sollwertänderung F_{23w} vorgenommen, so ist der Eingriff des Zugkraftreglers 1.1 mit einer Lageänderung der Druckeinheiten verbunden und ruft einen Teil-Registerfehler Y_{13}^* hervor. Der Registerregelkreis (Regler 3.1) versucht nun, diesen Fehler Y_{13}^* durch eine Geschwindigkeitsänderung v_3 wieder auf den Sollwert Y_{13}^* , beispielsweise Wert 0, zurückzuführen, wodurch aber die Kraft F_{23} geändert wird, somit wieder der Zugkraftregelkreis anspricht, usw. Damit kann das gesamte System instabil werden (vgl. Fig. 2).

5. Prinzip der Entkopplung

[0028] Das Prinzip der Entkopplung wird an Fig. 3 erläutert. Ohne jede Entkopplungsmaßnahme hängt der Teil-Registerfehler Y_{13}^* wie auch die Zugkraft F_{23} von beiden Stellgrößen, nämlich den Geschwindigkeitsänderungen v_1 und v_3 ab. Das Ziel besteht darin, Y_{13}^* allein von v_3 und F_{23} allein von v_1 abhängig zu machen.

5.1 Entkopplungsverfahren I (Teilentkopplung)

[0029] Die erste Maßnahme besteht darin, die Geschwindigkeit v_3 zu v_2 zu addieren, also jede Bewegung der Klemmstelle 3 (K_3) auch der Klemmstelle 2 (K_2) mitzuteilen. Dadurch wird erreicht, dass die Korrektur von Y_{13}^* mit Hilfe von v_3 nicht mehr zu einer Änderung von F_{23} führt, also Y_{13}^* nicht mehr von F_{23} abhängt. Aber v_3 beeinflusst nun auch F_{12} . Die zweite Maßnahme besteht daher darin, die Geschwindigkeit v_3 auch zu v_1 zu addieren. Dadurch wird die Rückwirkung von v_3 auf F_{12} unterbunden. Die Klemmstellen 1 (K_1) und 2 (K_2) führen also dieselbe Bewegung wie die Klemmstelle 3 (K_3) aus. Damit wird F_{23} nur noch von v_1 beeinflusst. Das Verfahren arbeitet mit dieser Teilentkopplung bereits stabil.

5.2 Entkopplungsverfahren II (vollständige Entkopplung)

[0030] Der Teil-Registerfehler Y_{13}^* ist beim Entkopp-

lungsverfahren I außer von v_3 , seiner gewünschten Steuergröße, immer noch von v_1 abhängig. Diese Abhängigkeit wird dadurch getilgt, dass v_1 über die berechenbare Übertragungsfunktion F_x geführt und deren Ausgangssignal x von v_3 subtrahiert wird. Diese Vorsteuerung wird auch bei v_4 vorgenommen und kann wahlweise auch bei v_2 erfolgen (gestrichelt dargestellt in Fig. 3). Jetzt ist Y_{13}^* allein von v_3 abhängig. Damit ist das oben formulierte Regelziel erreicht. Auch dieses Verfahren arbeitet in der beschriebenen Form stabil.

6. Realisierung der Entkopplung

[0031] Die vier in Fig. 3 beschriebenen Signal-Additionen und -Subtraktionen sind auf der mechanischen Seite der Anlage gezeichnet worden. Sie müssen in der realen Anlage innerhalb der Regelungen, also auf elektronischer Ebene, realisiert werden, da sie in die Mechanik nicht eingeführt werden können.

6.1 Entkopplungsverfahren I

[0032] Die Addition von v_3 mit v_2 erfolgt in Form eines Winkelgeschwindigkeits-Zusatzsollwertes am Eingang des Drehzahlregelkreises 2.2, wie Fig. 4 zeigt. Die Addition von v_3 zu v_1 wird in einem Fall a) in Form eines Zusatzsollwertes am Eingang des Zugkraftreglers 1.1 realisiert. Dazu ist die Übertragungsfunktion 1.3 des reziproken geschlossenen Zugkraftregelkreises notwendig. Die Addition kann aber auch in einem Fall b) zum Sollwert ω_{1w} addiert werden, wie Fig. 5 zeigt. In diesem Fall sind zwei Symmetrierfilter 1.4 und 1.5, vgl. [Bra 96], vorzusehen, die verhindern, dass der Winkelregler 1.6 und der Zugkraftregler 1.1 auf dieses Vorsteuersignal in kompensierender Weise reagieren. Das Vorsteuersignal wird auf Grund dieser Maßnahme nicht als Störung interpretiert.

6.2 Entkopplungsverfahren II

[0033] Das Ausgangssignal x der Übertragungsfunktion F_x (Block 1.7 in Fig. 6) wird in einem Fall a) als Zusatzsollwert am Eingang des Registerreglers 3.1 realisiert. Dazu ist die Übertragungsfunktion 3.3 notwendig. Das Ausgangssignal x der Übertragungsfunktion F_x wird außerdem über den Anpassungsblock 4.1 vom Winkelsollwert α_{4w} subtrahiert. In einem Fall b) nach Fig. 7 wird die Aufschaltung an den Eingängen der Blöcke 3.2 und 4.2 vorgenommen. In diesem Falle sind die Symmetrierfilter 3.4 und 4.3 notwendig.

7. Vertauschen der Stellgrößen

[0034] Wurde bei der oben erläuterten Regelung die Zugkraft F_{23} durch die Voreilung bzw. Geschwindigkeit v_1 der Klemmstelle 1 (K_1) und der Teil-Registerfehler Y_{13}^* durch die Geschwindigkeit v_3 der Klemmstelle 3 (K_3) geregelt, so kann dies auch spiegelbildlich ver-

tauscht erfolgen: Die Zugkraft F_{23} wird durch die Geschwindigkeit v_3 der Klemmstelle 3 (K_3) und der Registerfehler durch die Voreilung bzw. den Winkel von Klemmstelle 1 (K_1) geregelt. Bei Teilkopplung lassen sich die Übertragungsfunktionen F_{x1} und F_{x2} berechnen (vgl. Fig. 8). Es ergibt sich für die Übertragungsfunktion F_{x1} ein Integralglied 1.8 und für die Übertragungsfunktion F_{x2} ein DT1-Glied (Differenzier-Verzögerungs-Glied erster Ordnung) 3.5. Für die Inbetriebnahme macht ein offener Integrator 1.8 Schwierigkeiten, da die Integrationszeitkonstante oft wegen der nicht genügend genau bekannten Streckendaten nur näherungsweise berechenbar ist und die Regelungen instabil werden. Daher wird der Integrator 1.8 durch ein PT1-Glied (Proportional-Verzögerungs-Glied erster Ordnung) ersetzt:

$$\frac{1}{T_I s} \approx \frac{1}{1 + T_I s}$$

[0035] In dieser Gleichung ist T_I die Integrationszeitkonstante. Das DT1-Glied in der Übertragungsfunktion F_{x2} kann wegen Oberschwingungen in den Messsignalen evtl. ungünstig sein. Daher wird diese Regelungsvariante nur in besonderen Fällen von Wert sein. Die Vorwärtsentkopplung wird mit Hilfe des Blockes 1.9 ähnlich wie in Fig. 3 vorgenommen, womit eine vollständige Entkopplung resultiert.

[0036] Die beschriebene Zweigrößen-Regelstrecke kann alternativ auch nach der Methode der sog. vollständigen Reihentkopplung [Föl 88] entkoppelt werden. Auch dabei sind zwei Entkopplungsverfahren, wie oben dargestellt, möglich, und die Entkopplung ergibt sich in ähnlicher Weise.

8. Varianten

[0037] Als Stellgrößen für die Bahnzugkraft in einem Bahnabschnitt kommt sowohl die Klemmstelle 1 (Druckeinheiten) als auch die Bahnzugkraft F_{01} in Frage, beide wegen ihrer Eigenschaft, den in das System eingeleiteten instationären und stationären Massenstrom dadurch zu verändern, dass sie unmittelbar oder über weitere vorgeschaltete Einrichtungen zur Bahnkrafteinstellung die Umfangsgeschwindigkeit des Abwicklers verändern.

[0038] Im Falle der Kraft F_{01} wird die Anpresskraft der Tänzer- oder Pendelwalze z.B. als Stellgröße für die Bahnzugkraft $F_{i-1,i}$ im gewünschten Abschnitt i-1,i gewählt. Dabei wird die Anpresskraft $2F_{01}$ der Tänzerwalze nachgestellt, z.B. über den Druck im - hier nicht näher-dargestellten - zugehörigen Pneumatik-Zylinder über einen entsprechenden Druckregelkreis. Das Tänzer- oder Pendelwalzensystem ist für den notwendigen Datenaustausch mit Kommunikationsschnittstellen auszurüsten.

[0039] Im Falle der Klemmstelle 1 (Druckeinheiten)

wird die Geschwindigkeit v_1 der Druckeinheiten verändert, wobei diese Änderung auch dem Lagesollwert des Messerzylinders (K_4) und eventuell weiterer Klemmstellen mitgeteilt wird.

9. Selbstkompensation einer Kraft

[0040] Wird für die Regelung einer Kraft $F_{i,i+1}$ die Geschwindigkeit einer der angrenzenden Klemmstellen i oder i,i+1 (K_i oder $K_{i,i+1}$) gewählt, so ist die Eigenschaft der sog. Selbstkompensation der Kraft $F_{i,i+1}$ zu beachten. Im Falle einer Änderung von v_{i+1} ändert sich die Kraft $F_{i,i+1}$ bleibend, ist also durch v_{i+1} vollständig steuerbar. Im Falle einer Änderung von v_i hingegen ändert sich die Kraft $F_{i,i+1}$ im Falle vom rein elastischem Bahnmateriale (Hook'schem Materiale) nur vorübergehend, d. h. nicht bleibend. Daher ist die Kraft $F_{i,i+1}$ durch v_i nicht vollständig steuerbar. Um dennoch auch v_i als Stellgröße verwenden zu können, darf eine solche Eigenschaft der Selbstkompensation nicht vorliegen. Bei Eintrag von Farbe und/oder Feuchtigkeit beim Bedruckvorgang und/oder bei Eintrag von Wärme, z.B. mittels eines Trockners in einem der Abschnitte vor der Klemmstelle i (K_i), geht die Eigenschaft der Selbstkompensation verloren, und auch $F_{i,i+1}$ ändert sich bleibend. In diesem Fall ist auch v_i als Stellgröße in einem Zugkraftregelkreis verwendbar.

[0041] Ist der Klemmstelle 2 (K_2), beispielsweise im Falle einer Illustrationsdruckmaschine, ein Trockner T vorgeschaltet, so kann die Geschwindigkeit v_2 als Stellgröße für die Kraft $F_{i-1,i}$ in einem Zugkraftregelkreis (Regler 2.1) verwendet werden, wobei dieser der Antriebsregelung 2.2 überlagert wird. Der Zügrkraftregelkreis arbeitet dann beispielsweise mit einem Registerregelkreis (Regler i.3) für Y_{1j} in entkoppelter Form zusammen. Alternativ könnte beispielsweise die Kraft F_{23} geregelt werden.

[0042] Durch die Wahl einer Geschwindigkeit v_i als Stellgröße für die Regelung der Bahnzugkraft $F_{i-1,i}$ wird diese Kraft bleibend verändert, alle folgenden Bahnzugkräfte nur vorübergehend, falls $F_{i,i+1}$ selbstkompensierend ist. Durch die Wahl einer Geschwindigkeit v_{i-1} als Stellgröße für die Regelung der Bahnzugkraft $F_{i-1,i}$ werden diese und alle folgenden Kräfte bleibend verändert, falls $F_{i-1,i}$, wie oben beschrieben, nicht selbstkompensierend ist.

[0043] Es ist zu beachten, dass es möglich wäre, die Kraft $F_{i-1,i}$ dadurch bleibend zu verändern, dass mit der Geschwindigkeit v_{i-1} die Kraft $F_{i-2,i-1}$ geändert und v_i mitgeführt würde, so dass $v_i = v_{i-1}$ wäre. Dann steht jedoch v_i nicht mehr als unabhängige Stellgröße für Y_{1j} zur Verfügung. Die Verfügbarkeit zweier unabhängiger Stellgrößen ist aber ausschlaggebend für die entkoppelte Vorgabe der beiden Regelgrößen, also $F_{i-1,i}$ und Y_{1j} .

[0044] Als Stellgröße für die Bahnzugkraft kann statt der Klemmstelle 1 (Druckeinheiten) auch eine andere Klemmstelle gewählt werden.

[0045] Eine erste Möglichkeit besteht darin, die An-

presskraft der Tänzerwalze als Stellgröße für die Bahnzugkraft im gewünschten Abschnitt, beispielsweise die Bahnzugkraft F_{23} im gewünschten Abschnitt 2-3, zu wählen. Dabei wird die Anpresskraft $2F_{01}$ (vgl. Fig. 1a) der - nicht näher dargestellten - Tänzerwalze nachgestellt, z.B. über den Druck im zugehörigen Pneumatik-Zylinder über einen entsprechenden Druckregelkreis. Das Tänzerwalzensystem ist für den notwendigen Datenaustausch mit Kommunikationsschnittstellen auszurüsten. An die Stelle der Tänzerwalze kann auch ein Bahnzugkraftregelkreis treten.

[0046] Eine zweite Möglichkeit besteht darin, die Geschwindigkeit einer Klemmstelle zu nutzen, die bestimmte Voraussetzungen erfüllen muss, wie sie im Folgenden erklärt sind. Bei Änderung der Geschwindigkeit v_i einer Klemmstelle i (K_i), die zwischen zwei Klemmstellen K_{i-1} und K_{i+1} liegt, deren Geschwindigkeiten v_{i-1} und v_{i+1} konstant sind, ändert sich die Kraft $F_{i-1,i}$ bleibend, dagegen die Kraft $F_{i,i+1}$ nur vorübergehend, d.h. nicht bleibend. Diese Eigenschaft wird als Selbstkompensation der Kraft $F_{i,i+1}$ bezeichnet und liegt bei rein elastischem Bahnmateriale vor. Unter diesen Bedingungen ist die Kraft $F_{i,i+1}$ nicht vollständig steuerbar. Bei Eintrag von Farbe und/oder Feuchtigkeit beim Bedruckvorgang und/oder bei Eintrag von Wärme, z.B. mittels eines vor der Klemmstelle i (K_i) liegenden Trockners, geht die Eigenschaft der Selbstkompensation verloren, und auch $F_{i,i+1}$ ändert sich bleibend. Die Geschwindigkeit v_i der Klemmstelle i (K_i) kann unter dieser Voraussetzung als Stellgröße für die Einstellung einer Bahnzugkraft dienen. Ist z.B. nach Fig. 1a der Klemmstelle 2 (K_2) im Falle einer Illustrationsdruckmaschine ein Trockner vorgeschaltet, so kann F_{23} durch einen Zugkraftregelkreis mit Hilfe von v_2 geregelt werden und arbeitet dann, wie oben beschrieben, mit dem Registerregelkreis für Y_{13}^* in entkoppelter Form zusammen.

Regelung des Registerfehlers am Messerzylinder

[0047] Die kombinierte Schnittregister-Bahnzugkraftregelung einer Rollen-Rotationsdruckmaschine nach obiger Beschreibung, wie sie z.B. in Fig. 6 dargestellt ist, ist in der Lage, einerseits den Teil-Registerfehler Y_{13}^* gemäß dem vorgegebenen Sollwert Y_{13w}^* , beispielsweise $Y_{13w}^* = 0$, und davon entkoppelt die Bahnzugkraft F_{23} gemäß dem Sollwert F_{23w} dynamisch schnell zu kontrollieren. Alle, z.B. durch einen Rollenwechsel verursachten, einlaufenden Störungen werden dadurch bereits weit vor dem Messerzylinder erkannt und können an diesem Ort ausgeregelt werden. Der Fehler am Ort des Schnittes wird dadurch zwar klein gehalten, aber im weiteren Laufe der Bahn - meistens in Form von mehreren Teilbahnen - bis zum Ort des Schnittes treten weitere Störquellen auf, die einen Schnittregisterfehler verursachen. Daher wird der Schnittregisterfehler, im Vier-

walzensystem als Y_{14} bezeichnet, durch einen weiteren Sensor 5 unmittelbar vor dem Messerzylinder K_4 gemessen und einem weiteren Registerregler 3.6 zugeführt, wie Fig. 9 für den Fall a) der vollständigen Entkopplung zeigt. Dieser liefert nun den Sollwert Y_{13w}^* , der sich infolge der Vorgabe Y_{14w} im allgemeinen ändern wird. Der jetzt unterlagerte Regelkreis für Y_{13}^* sorgt dafür, dass der Regler 4.5 für Y_{14} im wesentlichen nur die nach der Klemmstelle 3 auftretenden Störungen ausregeln muss. Der überlagerte Registerregelkreis ist in der Lage, mit allen unter Punkt 1 beschriebenen Regelungsvarianten zusammenarbeiten.

Der Fall des mehrbahnigen Betriebes wird in der parallelen Patentanmeldung PB04640 beschrieben.

[0048] In der parallelen Patentanmeldung PB04637 wird die Regelung des Teil-Schnittregisterfehlers mittels Voreilung einer nicht druckenden Klemmstelle offenbart. Weiterhin wird in dieser parallelen Patentanmeldung PB04637 die Aufschaltung des am Messerzylinder gemessenen Gesamt-Registerfehlers auf den Regelkreis für diesen Teil-Schnittregisterfehler offenbart. Außerdem wird die Regelung der Lage bzw. Geschwindigkeit eines Messerzylinders zur Korrektur des Gesamt-Registerfehlers in der PB04637 offenbart.

[0049] An die Stelle der im Abschnitt "Regelung des Registerfehlers an einer nicht druckenden Klemmstelle vor dem Messerzylinder" unter Punkt 3 Zugkraftregelkreis beschriebenen Zugkraftregelung mit Hilfe der Druckeinheiten kann die Winkelgeschwindigkeit der Kühleinheit treten, wie nachfolgend beschrieben wird.

Zugkraftregelkreis

[0050] Nachdem die Registerregelung über die Voreilung der Klemmstelle 3 (K_3) mit einer Änderung der Bahnzugkraft F_{23} verbunden ist, ist nicht auszuschließen, dass große Störungen zu kleine oder zu große Bahnspannungen verursachen, die zum Bahnriss führen können. Die Bahnzugkraft F_{23} muss daher begrenzt werden. Dazu wird sie mit Hilfe eines Zugkraftsensors 8 - beispielsweise als Messwalze ausgeführt - gemessen, dem Vergleichspunkt eines Zugkraftreglers 2.1 zugeführt und mit dem Sollwert F_{23w} verglichen (siehe Fig. 10). Der Zugkraftregler 2.1 sorgt für die Einhaltung der gewünschten Bahnzugkraft F_{23} und ermöglicht gleichzeitig ihre papiersortenabhängige Vorgabe durch den Maschinenbediener, der in die Voreilungseinstellung der Klemmstelle 3 (K_3) nicht mehr eingreifen muss. Der Zugkraftregler 2.1 gibt den Winkelgeschwindigkeitssollwert ω_{2w} , also die Voreilung der Kühleinheit vor.

[0051] Die Verwendung der Voreilung der Kühleinheit als Stellgröße für die Kraft F_{23} ist dadurch möglich, dass bei Verstellung der Winkelgeschwindigkeit ω_2 die Kraft F_{23} nicht selbstkompensierend ist. Dies ist auf die Änderung der Papiereigenschaften infolge des Eintrags

von Feuchte und Wärme durch die Druckeinheiten und die Trockenstrecke zurückzuführen

Kopplungen zwischen den Regelgrößen

[0052] Die beiden Regelgrößen, nämlich der Teil-Schnittregisterfehler Y_{13}^* und die Zugkraft F_{23} , sind durch die Struktur der Regelstrecke abhängig voneinander, d.h. miteinander verkoppelt. Wird z.B. eine Sollwertänderung F_{23w} vorgenommen, so ruft der Eingriff des Zugkraftreglers 2.1 einen Teil-Schnittregisterfehler Y_{13}^* hervor. Der Registerregelkreis (Regler 3.1) versucht nun, diesen Fehler Y_{13}^* durch eine Geschwindigkeitsänderung v_3 wieder auf den Sollwert $Y_{13,w}^*$, beispielsweise den Wert 0, zurückzuführen, wodurch aber die Kraft F_{23} geändert wird, somit wieder der Zugkraftregelkreis anspricht, usw. (vgl. Fig. 10). Damit kann das gesamte System instabil werden.

Entkopplung

[0053] Infolge der durch Feuchte- und Wärmeeintrag geänderten Papiereigenschaften ist bei Änderung der Winkelgeschwindigkeit ω_2 die Änderung der Bahnzugkraft F_{12} so klein, dass ihre Auswirkung auf die in Transportrichtung folgenden Bahnabschnitte vernachlässigbar ist. Mit dieser Vernachlässigung lassen sich einfache Entkopplungsalgorithmen herleiten. Eine Entkopplung auf der mechanischen Ebene, gekennzeichnet durch den Block 2.8 in Vorwärtsrichtung und den Block 3.8 in Rückwärtsrichtung, ist in Fig. 11 dargestellt. Die Blöcke 2.7 und 3.7 stellen die Ersatzübertragungsfunktionen der geschlossenen Drehzahlregelkreise der Klemmstellen 2 (K2) und 3 (K3) dar. Da eine solche Entkopplung auf der mechanischen Ebene nicht möglich ist, erfolgt diese auf der Ebene der elektronischen Antriebsregelungen, wie Fig. 12 durch die Blöcke 2.9 und 3.9 angedeutet ist. Das Ziel besteht darin, Y_{13}^* allein von v_3 und F_{23} allein von v_1 abhängig zu machen.

Der Zugkraftregler 2.1 und der Registerregler 3.1 können beispielsweise als PI-Regler ausgelegt werden. Dann ist gewährleistet, dass beide Regelkreise dynamisch weitgehend unbeeinflusst voneinander arbeiten und die vorgegebenen Sollwerte für die Kraft F_{23} und den Registerfehler Y_{13}^* ohne stationären Fehler angenommen werden.

[0054] Die oben beschriebenen Maßnahmen zur Schnittregisterregelung sollen sich nicht nur auf die Anwendung bei Offset-Rollenrotationsdruckmaschinen beziehen, sondern können bei allen anderen Druckverfahren, Bedruckstoffen und Druckmaschinen in äquivalenter Weise angewandt werden, insbesondere bei Tief-

druck, Siebdruck, Flexodruck, Textildruck, Foliendruck, Metalldruck, Etikettendruckmaschinen, Textildruckmaschinen, Foliendruckmaschinen, Illustrations- und Zeitungsdruckmaschinen usw.

5

Bezugszeichenliste

[0055]

- | | | |
|----|----------------|--|
| 10 | 1 | Mechanische Regelstrecke mit geregelten Antrieben |
| | 1 a | Mechanisches System (Regelstrecke) |
| | 1 b | Geregelte Antriebe |
| | 1.1 | Zugkraftregler |
| 15 | 1.2 | Antriebsmotor mit Drehzahlregelkreis/Winkelregelkreis einschließlich Stromregelkreis |
| | 1.3 | Übertragungsfunktion (Zusatzsollwert für Bahnzugkraft) |
| | 1.4 | Symmetrierfilter |
| 20 | 1.5 | Symmetrierfilter |
| | 1.6 | Winkelregler |
| | 1.7 | Übertragungsfunktion (Entkopplung) |
| | 1.8 | Integralglied |
| | 1.9 | Übertragungsfunktion (Entkopplung) |
| 25 | 2 | Regeleinrichtung |
| | 2.2 | Antriebsmotor mit Stromregelkreis |
| | 2.7 | Ersatzfunktion des geschlossenen Drehzahlregelkreises |
| | 2.8 | Algorithmus für Vorwärtsentkopplung |
| 30 | 2.9 | Algorithmus für Vorwärtsentkopplung |
| | 3 | |
| | 3.1 | Registerregler |
| | 3.2 | Antriebsmotor mit Stromregelkreis |
| | 3.3 | Übertragungsfunktion (Entkopplung) |
| 35 | 3.4 | Symmetrierfilter |
| | 3.5 | DT1-Glied |
| | 3.6 | Schnittregister-Regler |
| | 3.7 | Ersatzfunktion des geschlossenen Drehzahlregelkreises |
| 40 | 3.8 | Algorithmus für Rückwärtsentkopplung |
| | 3.9 | Algorithmus für Rückwärtsentkopplung |
| | 4 | |
| | 4.1 | Übertragungsfunktion (Entkopplung) |
| 45 | 4.2 | Antriebsmotor mit Drehzahlregelkreis/Winkelregelkreis einschließlich Stromregelkreis |
| | 4.3 | Symmetrierfilter |
| | 4.4 | Winkelregler |
| | 5 | Sensor für Schnittregisterfehler |
| 50 | 6 | Sensor für Registerfehler |
| | 8 | Sensor für Bahnzugkraft |
| | K ₀ | Klemmstelle 0 |
| | K ₁ | Klemmstelle 1 |
| 55 | K ₂ | Klemmstelle 2 |
| | K ₃ | Klemmstelle 3 |
| | K ₄ | Klemmstelle 4 |
| | K _i | Klemmstelle i |

K_k Klemmstelle k

F_{ij}	Bahnzugkraft im Abschnitt i-j	
F_{01}	Eingangsbahnzugkraft	
F_{01W}	Bahnzugkraft-Sollwert	5
F_{23}	Bahnzugkraft zwischen K2 und K3	
F_{34}	Bahnzugkraft zwischen K3 und K4	
F_{23W}	Bahnzugkraft-Sollwert	
X_{iw}	Eingangsgröße	
V	Bahngeschwindigkeit	10
V_i	Umfangsgeschwindigkeit der Klemmstelle i	
ω_i	Winkelgeschwindigkeit / Drehzahl der Klemmstelle i	
ω_{iw}	Winkelgeschwindigkeits-Sollwert	
α_i	Winkel der Klemmstelle i	15
α_{iw}	Winkelsollwert / Lagesollwert der Klemmstelle i	
Y_{13}^*	Teil-(Schnitt-)Registerfehler zwischen K1 und K3	
Y_{13W}^*	Register-Sollwert	20
Y_{14}	(Gesamt-)Schnittregisterfehler	
Y_{14W}	Sollwert	
R_p	Druckregler	
R_F	Zugkraftregler	
R_Y	Registerregler	25
T	Trockner	
M_i	Antriebsmotor für Klemmstelle i mit zugehöriger Regelung	
p	Druck des Pneumatikzylinders	
Z_T	Änderungen des Querschnitts und des E-Moduls	30
i_{2W}	Sollwert des drehmomentbildenden Stroms für Antrieb 2	
i_{3W}	Sollwert des drehmomentbildenden Stroms für Antrieb 3	35

Literatur

- [0056] [Föl 88] Föllinger, O.: Regelungstechnik. Heidelberg: Hüthig-Verlag 1988
- [0057] [Bra 96] Brandenburg, G.; Papiernik, W.: Feedforward and feedback strategies applying the principle of input balancing for minimal errors in CNC machine tools. Proc. 4th Int. Workshop on Advanced Motion Control, AMC '96-MIE, Vol. 2, pp. 612-618

Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln des Schnittregisters einer Rotationsdruckmaschine, bei der zum Regeln des Schnittregisters eine bestimmte Bildinformation oder Messmarken der bedruckten Bahn mittels mindestens eines Sensors (5; 6) und die Bahnzugkraft (F) mittels mindestens eines weiteren Sensors (8) erfasst werden, wobei aus der Bildinformation eine für die Abweichung der Lage des Druckbildes gegenüber seiner Solllage bezogen auf den Ort und

Zeitpunkt des Schnittes, d.h. insbesondere Teil- und Gesamt-Schnittregisterfehler, ermittelt werden und damit als Istwerte zur Verfügung stehen und einer Regeleinrichtung (2) zugeführt werden, mittels der der Schnittregisterfehler und die Bahnzugkraft entkoppelt voneinander beeinflusst werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein zu regelnder Teil-Schnittregisterfehler (Y_{1i}^*) an oder vor einer Klemmstelle (K_i) und mindestens eine zu regelnde Bahnzugkraft ($F_{k-1,k}$) bzw. ($F_{i-1,i}$) an oder vor einer anderen Klemmstelle (K_k) oder der gleichen Klemmstelle (K_i) gemessen werden, wobei die Klemmstellen (K_i, K_k) nicht druckend sind und jeweils vor dem Messerzylinder (K_4) liegen, und dass diese Regelgrößen - die Bahnzugkraft ($F_{k-1,k}$ bzw. ($F_{i-1,i}$) und der Schnittregisterfehler (Y_{1i}^*) - durch Stellgrößen ($v_{i-1,i}, v_i, v_{k-1,k}, v_k, F_{01}$) und zugeordnete Regler (1.1; 3.1) auf gewünschte Sollwerte ($Y_{1iw}^*, F_{k-1,k,w}, F_{i-1,i,w}$) eingestellt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stellgröße für das Schnittregister die Voreilung einer nicht druckenden Klemmstelle ist und die Stellgröße für die Bahnzugkraft die Voreilung bzw. Lage der Druckeinheiten, wobei beide Regelungen durch entsprechende Regelkreise realisiert werden, denen die normalen Antriebsregelungen aus Strom-, Drehzahl- und/oder Winkelregelung unterlagert werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Stellgröße die den stationären und instationären in das System eingeleiteten Massenstrom bestimmende Umfangsgeschwindigkeit der Abwickleinrichtung verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umfangsgeschwindigkeit mittels mindestens eines Messwertes für eine Bahnzugkraft, Bahnspannung oder Bahndehnung beeinflusst wird, insbesondere durch die Lage einer mit der Kraft F_{01} auf die Bahn wirkenden Tänzer- oder Pendelwalze, oder mittels eines die Kraft F_{01} regelnden Bahnzugkraftregelkreises.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stellgröße für den Teil-Registerfehler (Y_{1k}^*) die Geschwindigkeit (v_k) einer Klemmstelle (K_k) und die Stellgröße für die Bahnzugkraft ($F_{i-1,i}$) in einem davor liegenden Bahnabschnitt die Geschwindigkeit (v_i) einer davor liegenden Klemmstelle ($K_i, i < k - 1$) ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stellgröße für den Teil-Registerfehler (Y_{1k}^*) die Geschwindigkeit (v_k) einer Klemmstelle (K_k) und die Stellgröße für die Bahnzugkraft ($F_{k-1,k}$) in dem selben Bahnabschnitt die Geschwindigkeit (v_i) einer davor liegenden Klemmstelle (K_i , $i < k-1$) ist, wobei bei Änderung der Geschwindigkeit (v_i) dieser Klemmstelle die Kraft ($F_{i,i+1}$) im nachfolgenden Bahnabschnitt nicht selbstkompensierend sein darf.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stellgröße für den Teil-Registerfehler (Y_{1k}^*) die Geschwindigkeit (v_k) einer Klemmstelle (K_k) und die Stellgröße für die Bahnzugkraft ($F_{k-1,k}$) in dem selben Bahnabschnitt insbesondere die Geschwindigkeit (v_{k-1}) der davor liegenden Klemmstelle (K_{k-1}) ist, wobei bei Änderung der Geschwindigkeit (v_{k-1}) dieser Klemmstelle die Kraft ($F_{k-1,k}$), nicht selbstkompensierend sein darf.
9. Verfahren nach Anspruch 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stellgröße für den Teil-Registerfehler Y_{1k}^* die Geschwindigkeit (v_k) einer Klemmstelle (K_k) und die Stellgröße für die Bahnzugkraft ($F_{m-1,m}$) in einem danach liegenden Bahnabschnitt die Geschwindigkeit (v_m) einer Klemmstelle (K_m , $m \geq k+1$) ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor der den Registerfehler steuernden Klemmstelle, z.B. der Wendeeinheit, liegenden Klemmstellen entkoppelnde Voreilungs-Zusatzsollwerte erhalten (Rückwärtsentkopplung) und dass diese Entkopplung für den stabilen Betrieb zwingend ist und/oder dass außerdem auch alle nach der den Registerfehler steuernden Klemmstelle, z.B. der Wendeeinheit, liegenden Klemmstellen entkoppelnde Voreilungs-Zusatzsollwerte erhalten (Vorwärtsentkopplung).
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Teilentkopplung in Rückwärtsrichtung die Vorgabe des entkoppelnden Voreilungs-Zusatzsollwertes für die Klemmstelle 2 in Form eines Zusatz-Drehzahlsollwertes durchgeführt wird und für die Klemmstelle 1 in Form eines entsprechenden Zugkraft-Zusatzsollwertes am Eingang des Zugkraftreglers über eine entsprechend modifizierte Übertragungsfunktion des geschlossenen Zugkraftregelkreises oder die Vorgabe des entkoppelnden Voreilungs-Zusatzsollwertes für die Klemmstelle 1 in Form eines entsprechenden Drehzahl-Zusatzsollwertes über Symmetrierfilter durchgeführt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Entkopplung in Vorwärtsrichtung mit dem Ausgangssignal (x) einer Übertragungsfunktion F_x (1.7) eine Vorsteuerung der Klemmstelle 3 (K_3) entweder mittels eines entsprechenden Register-Zusatzsollwertes am Eingang des Registerreglers mit Hilfe einer weiteren Übertragungsfunktion (3.3) oder unter Verwendung eines Symmetrierfilters (3.4) an den unterlagerten Drehzahlregelkreis dieses Registerregelkreises erfolgt.
13. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Klemmstelle 4 (K_4) der Klemmstelle 1 (K_1) nachgeführt wird, wobei das Ausgangssignal (x) der Übertragungsfunktion F_x (1.7) mit Hilfe einer Übertragungsfunktion (4.1) als Zusatz-Winkelsollwert auf den Winkelregler (4.4) der Klemmstelle 4 (K_4) geführt wird oder die Nachführung unter Verwendung eines Symmetrierfilters (4.3) als Drehzahl-Zusatzsollwert am unterlagerten Drehzahlregelkreis (4.2) der Klemmstelle 4 (K_4) erfolgt.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuordnung von Regelgrößen und Stellgrößen einschließlich aller für diese Konstellation notwendigen entsprechenden Entkopplungs- und Vorsteuermaßnahmen vertauscht wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schnittregisterfehler unmittelbar vor dem Messerzylinder gemessen und durch einen Registerregler geregelt wird, der dem Registerregler der Klemmstelle 3 (K_3) überlagert wird.
16. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bahnzugkraft ihren Sollwert annimmt, der in einem vorgeschriebenen Bereich liegt und der Schnittregisterfehler auf seinen Sollwert, insbesondere auf den Wert Null, korrigiert wird.
17. Verfahren zur Regelung des Schnittregisterfehlers einer Rotationsdruckmaschine, wobei mindestens eine Bahnzugkraft ($F_{k-1,k}$) bzw. ($F_{i-1,i}$), mindestens ein Teil-Schnittregisterfehler (Y_{1i}^* , Y_{1k}^*) und der Gesamt-Schnittregisterfehler (Y_{14}^*) Regelgrößen sind und diese durch geeignete Stellgrößen, nämlich Geschwindigkeiten und/oder Winkellagen von nicht

- druckenden und/oder druckenden Klemmstellen ($v_{i-1,i}$, v_i , $v_{k-1,k}$, v_k , v_1 , v_4), mit Hilfe von Regelkreisen mittels zugeordneter Regler (1.1; 3.1) entkoppelt voneinander anhand entsprechender Sollwerte ($Y_{1i,w}^*$, $Y_{1k,w}^*$, $F_{k-1,k,w}$, $F_{i-1,i,w}$) eingestellt werden, so dass jede der Regelgrößen, also mindestens eine Bahnzugkraft und mindestens ein Teil-Schnittregisterfehler oder der Gesamt-Schnittregisterfehler, ihren Sollwert annimmt, der in einem vorgeschriebenen Bereich liegt, wobei der Teil-Schnittregisterfehler und/oder der Gesamt-Schnittregisterfehler beispielsweise auf den Wert Null korrigiert wird.
18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Teil-Schnittregisterfehler (Y_{13}^*) und der Gesamt-Schnittregisterfehler (Y_{14}) durch Sensoren (5, 6), die eine bestimmte Bildinformation oder Messmarken der bedruckten Bahn auswerten mittels mindestens eines Sensors (5; 6) und die Bahnzugkräfte ($F_{k-1,k,w}$, $F_{i-1,i,w}$) mittels mindestens eines weiteren Sensors (8) erfasst und einer Regeleinrichtung (2) zugeführt werden.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stellgröße für das Schnittregister (Y_{13}^*) die Voreilung (Winkelgeschwindigkeit ω_{3w}) einer nicht druckenden Klemmstelle ist, insbesondere die Voreilung der Wendeeinheit (K3), und die Stellgröße für die Bahnzugkraft in einem davor liegenden oder in demselben Bahnabschnitt die Voreilung (Winkelgeschwindigkeit ω_{2w}) der Kühleinheit (K2) ist, wobei beide Regelungen durch entsprechende Regelkreise realisiert werden, denen die normalen Antriebsregelungen aus Strom-, Drehzahl- und/oder Winkelregelung (2.2; 2.7; 3.2; 3.7) unterlagert werden (Fig. 10 bis Fig. 12).
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entkopplung mit Hilfe von analytisch berechenbaren Übertragungsfunktionen (2.8; 3.8) nach einem mathematischen Modell der Druckmaschine erfolgt.
21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die plastische Deformation der Papierbahn bei Änderung der Voreilung (ω_{2w}) des Kühlwerkes (K2) genutzt wird, wobei insbesondere einfache Entkopplungsalgorithmen (2.8; 3.8) herleitbar sind.
22. Verfahren nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die für die mechanische Ebene berechneten, einfachen Entkopplungsalgorithmen (2.8; 3.8) auf der elektronischen Ebene (2.9; 3.9) der geregelten elektrischen Antriebe realisiert werden.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** Entkopplungsalgorithmen, in denen offenen Integratoren mit der Integrationszeitkonstante (7) auftreten, durch Verzögerungsglieder erster Ordnung mit der Zeitkonstante (7) ersetzt werden, wobei eine leichte Inbetriebnahme ermöglicht wird.
24. Verfahren nach Ansprüchen 1 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** die durch die Regelstrecke verkoppelten Regelgrößen, also der geregelte Teil-Schnittregisterfehler (Y_{13}^*) und die geregelte Kraft (F_{23}) durch die Entkopplungsalgorithmen (2.9; 3.9) und die Algorithmen der Regler (2.1; 3.1) ihre vorgegebenen Sollwerte ohne bleibenden Regelfehler annehmen.
25. Verfahren nach Ansprüchen 1 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regelkreis für die Bahnzugkraft (F_{23}) mit einer Begrenzung des Winkelgeschwindigkeitssollwertes (ω_{2w}) derart ausgestattet ist, dass die Kraft vor der den Registerfehler regelnden Klemmstelle (K2) in einstellbaren, vorgeschriebenen Grenzen gehalten wird.
26. Verfahren nach Ansprüchen 1 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regelkreis für den Registerfehler (Y_{13}^*) mit einer Begrenzung des Winkelgeschwindigkeitssollwertes (ω_{3w}) derart ausgestattet ist, dass die Voreilung der Klemmstelle (K3) in einstellbaren, vorgeschriebenen Grenzen gehalten wird.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuordnung von Regelgrößen und Stellgrößen einschließlich aller für diese Konstellation notwendigen entsprechenden Entkopplungs- und Vorsteuermaßnahmen vertauscht wird.
28. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gesamt-Schnittregisterfehler (Y_{14}) unmittelbar vor dem Messerzylinder gemessen und durch einen Registerregler (3.6) geregelt wird, der dem Registerregler der Klemmstelle 3 (K_3) überlagert wird.
29. Vorrichtung zum Regeln des Schnittregisters, insbesondere nach Anspruch 1 bis 28, an einer Rotationsdruckmaschine, deren Klemmstellen (K_1 bis K_4) mit Antriebsmotoren mit zugeordneter Strom-, Drehzahl- und gegebenenfalls Winkelregelung unabhängig voneinander antreibbar sind und bei der das Schnittregister (Y_{14}) und/oder damit verbundene weitere Teil-Registerabweichungen (Y_{13}^* , Y_{1i}^* ,

Y_{ik}^*) an oder vor einem Messerzylinder (K_4) und/
 oder an oder vor einer oder mehreren diesem Mes-
 serzylinder (K_4) vorgeordneten Klemmstellen (K_i ,
 K_K , K_1 bis K_3) über eine bestimmte Bildinformation 5
 oder Messmarken der bedruckten Bahn mittels min-
 destens eines Sensors (5; 6) erfassbar sind, die
 Bahnzugkraft (F) mittels mindestens eines weiteren
 Sensors (8) erfassbar ist und diese von den Senso- 10
 ren (5; 6; 8) erfassten Registerabweichungen (Y_{13}^* ,
 Y_{1i}^* , Y_{ik}^*) und Bahnzugkräfte (F_{jk}) zur Beeinflussung
 des Schnittregisterfehlers (Y_{14}) einer Regel- und/
 oder Steuerungseinrichtung (2) zur Veränderung 15
 von Winkellagen oder Umfangsgeschwindigkeiten
 (v_1 , bis v_3 , v_i , v_K) der jeweiligen Klemmstelle (K_1
 bis K_3 , K_i , K_K) zuführbar sind, wobei die Bahnzug-
 kraft (F_{jk}) in einem Bahnabschnitt (j-k) und der Re- 20
 gisterfehler (Y_{1k}^*) in einem anderen oder demsel-
 ben Bahnabschnitt unabhängig voneinander durch
 entsprechende Sollwerte (F_{jkw} , Y_{1kw}^*) einstellbar 25
 sind, wozu eine Mensch-Maschine-Schnittstelle,
 insbesondere ein Leitstand, mit entsprechender Vi-
 sualisierung vorgesehen ist.

30. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekenn- 30**
zeichnet, dass ein Abwickleinrichtung (K0) mit-
 tels Tänzerwalzen oder Bahnzugkraftregelkreisen
 derart steuerbar ist, dass mit Hilfe der Umfangsge-
 schwindigkeit (v_1) der Klemmstelle (K_1) oder mit Hil- 35
 fe der Bahnzugkraft (F_{01}) der instationäre und sta-
 tionäre, in das System eingeleitete Massenstrom
 veränderbar ist.

31. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, **dadurch 40**
gekennzeichnet, dass die Sensoren (5; 6; 8) und
 zugehörige Auswerteeinrichtungen bei Nennges-
 chwindigkeit der Druckmaschine die Information
 über den oder die Registerfehler (Y_{14} ; Y_{13}^* ; Y_{1i}^* ; Y_{ik}^*)
 und die Bahnzugkraft ($F_{k-1,k}$ bzw. $F_{i-1,i}$) in minimaler 45
 Zeit zur Verfügung stellen und mit Schnittstellen
 ausgeführt sind, welche die Registerfehler (Y_{14} ;
 Y_{13}^* ; Y_{1i}^* ; Y_{ik}^*) und Bahnzugkräfte ($F_{k-1,k}$ bzw. $F_{i-1,i}$)
 über Feldbusse, Ethernet oder anderer Kommuni- 50
 kationsbusse oder Kommunikationsschnittstellen
 übertragen.

32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 21,
dadurch gekennzeichnet, dass die Regel- und/ 55
 oder Steuerungseinrichtung (2) als Zentralrechner,
 vorzugsweise im Leitstand, oder als eingebetteter
 Rechner, vorzugsweise in einem Steuer- oder Reg-

lerschrank, oder funktionell dezentralisiert in den je-
 weiligen Umrichtergeräten realisiert ist und alle In-
 formationen (Istwerte, Sollwerte, Regelalgorithmen)
 in Echtzeit verarbeitbar sind.

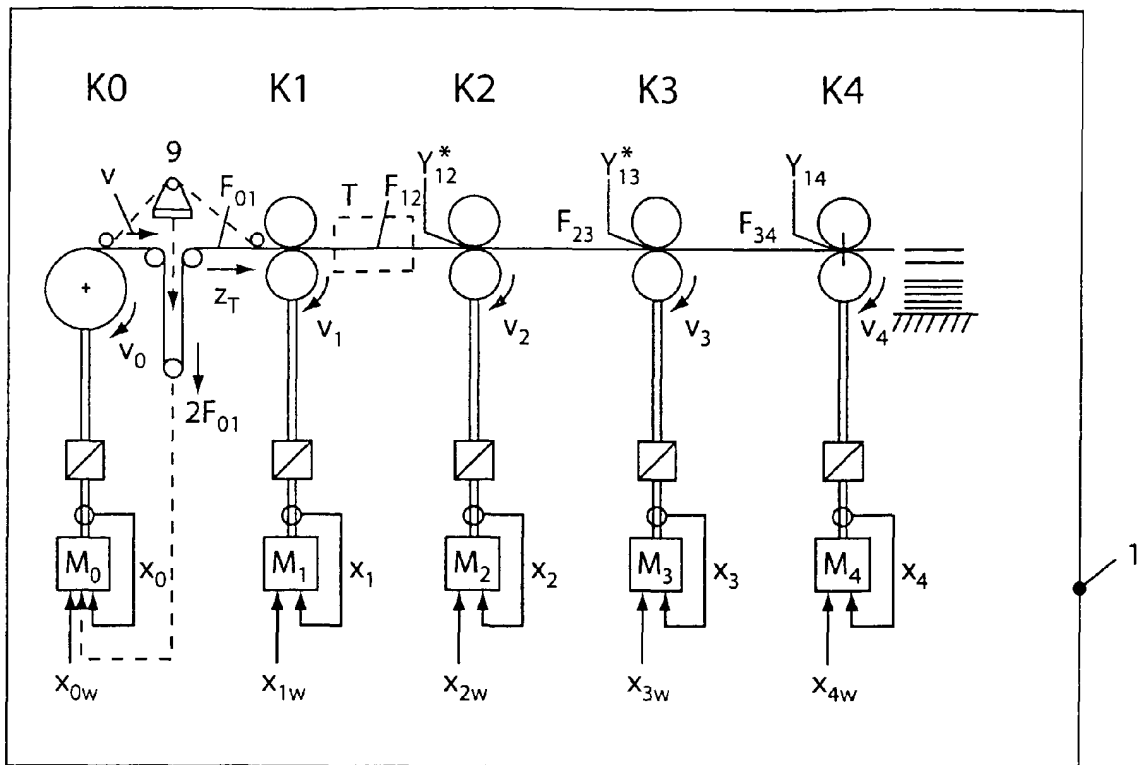


Fig. 1a

Patent 2

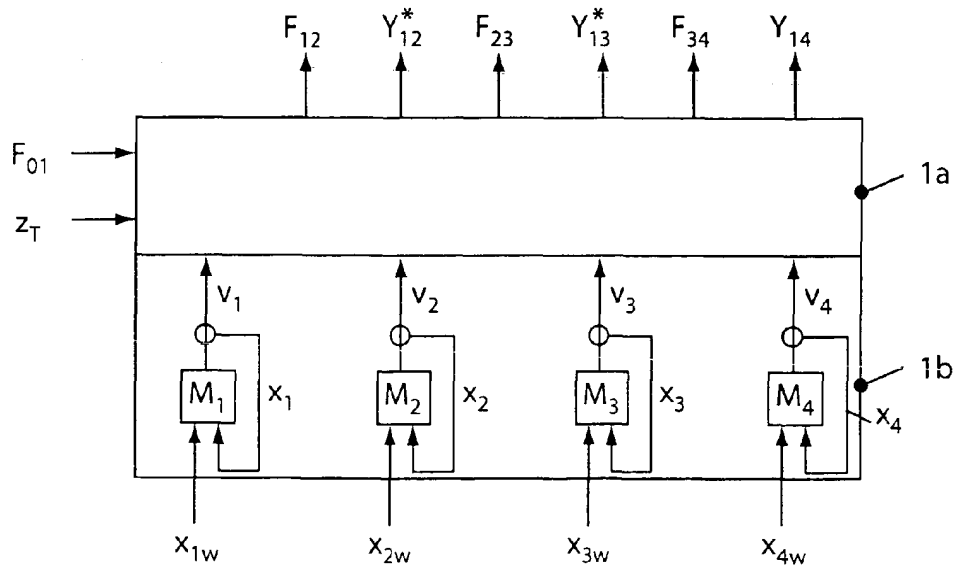


Fig. 1b

Patent 2

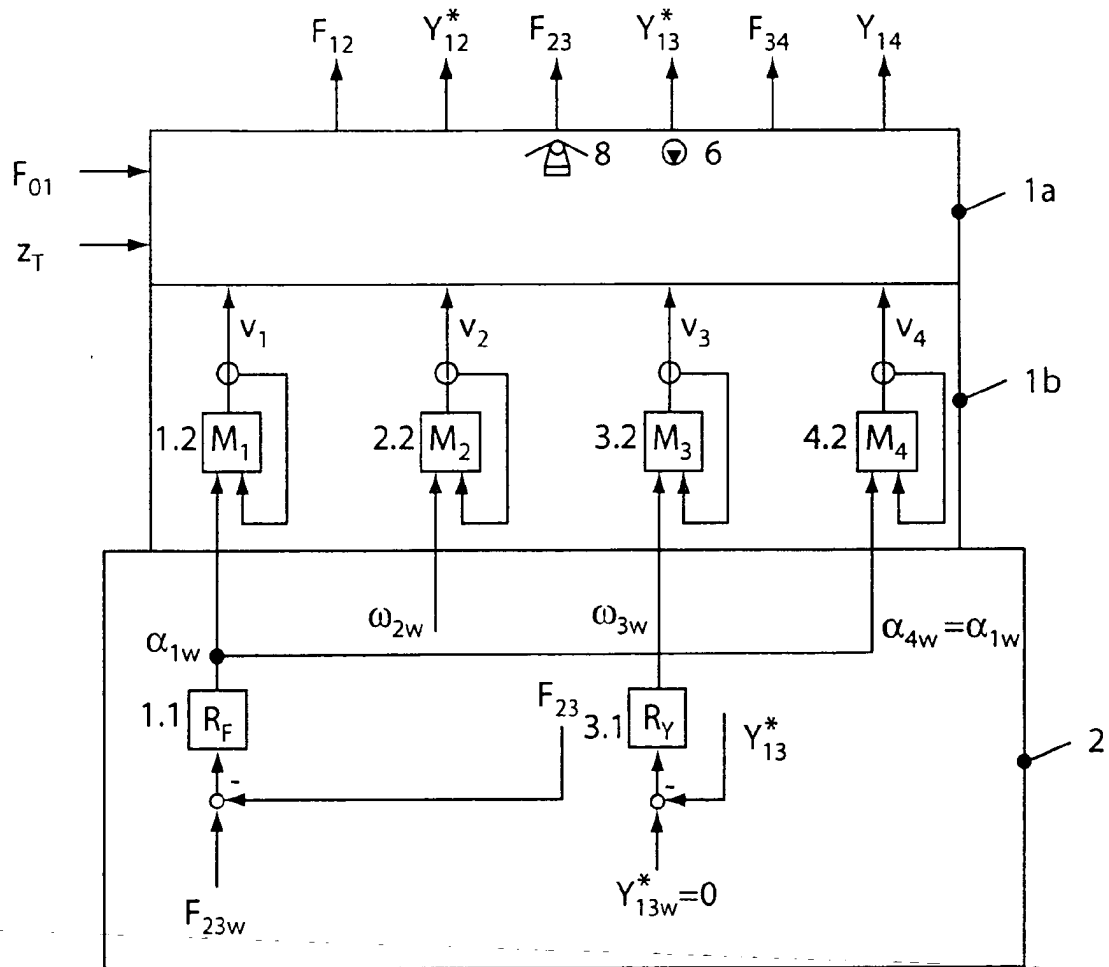


Fig. 2

Patent 2

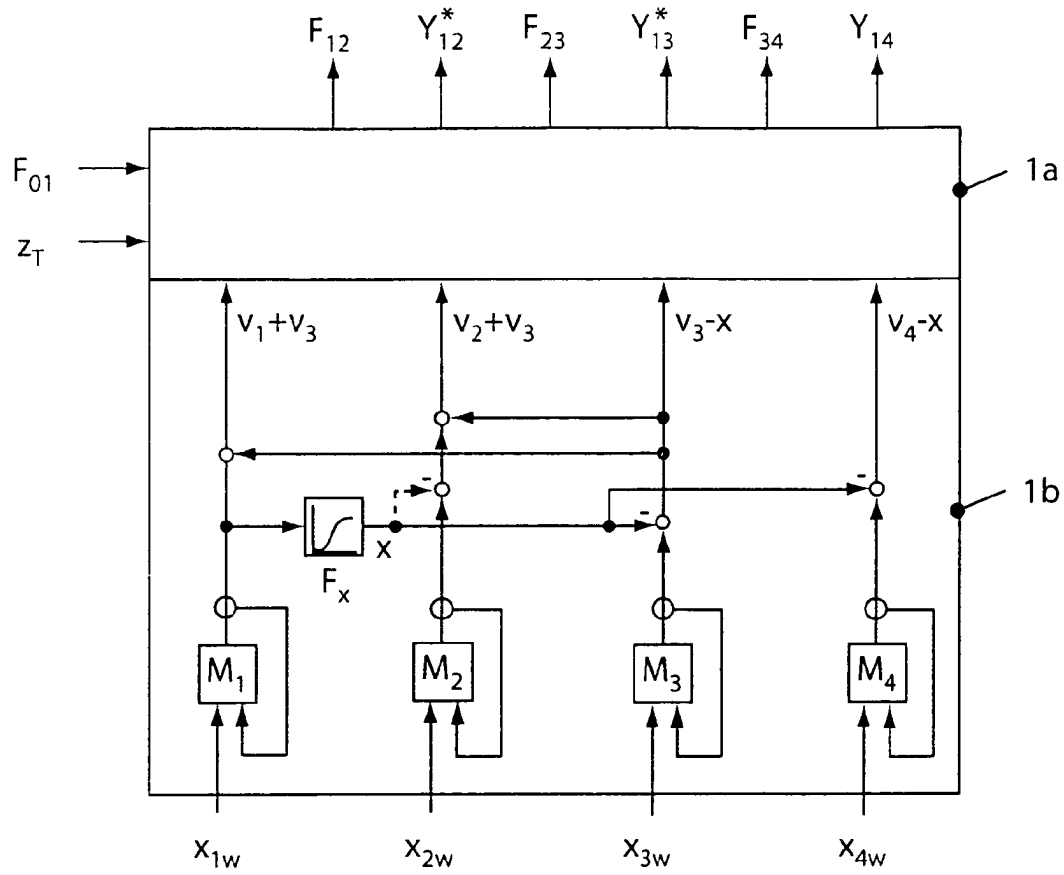


Fig. 3

Patent 2

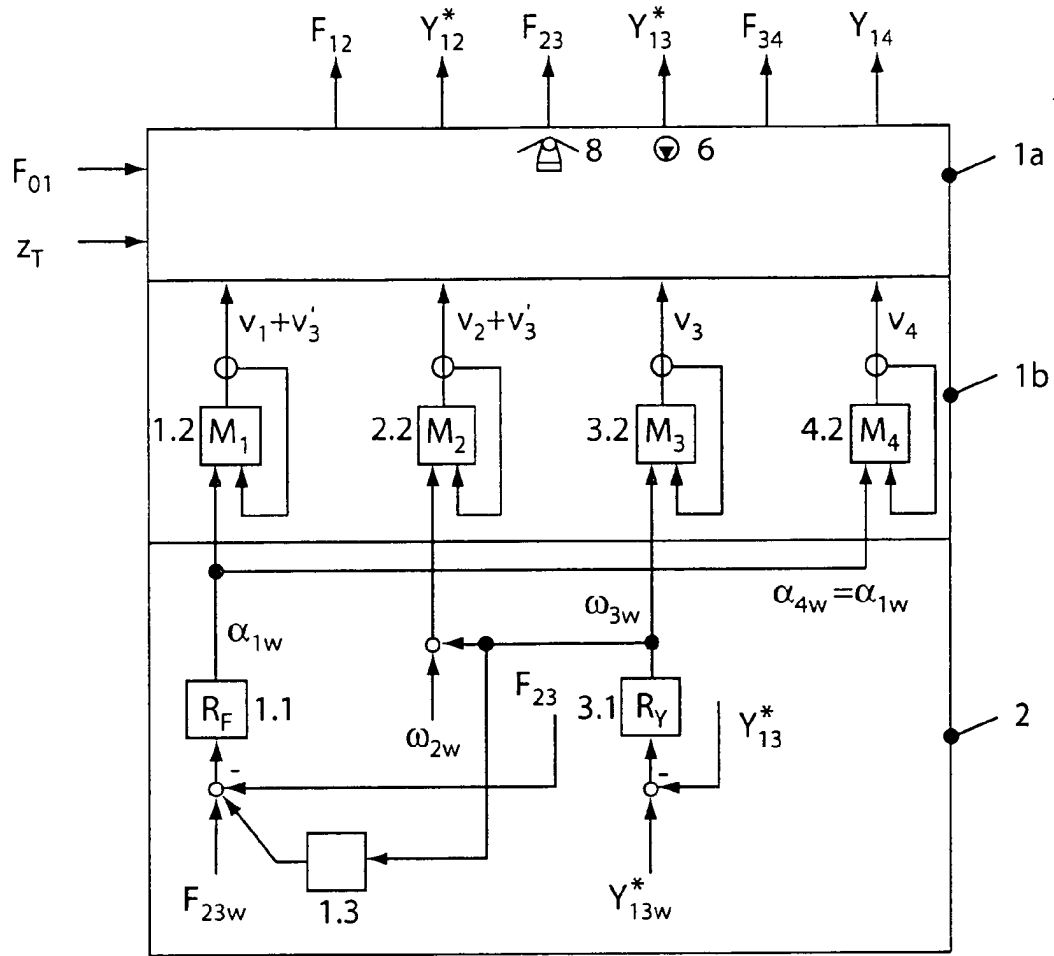


Fig. 4

Patent 2

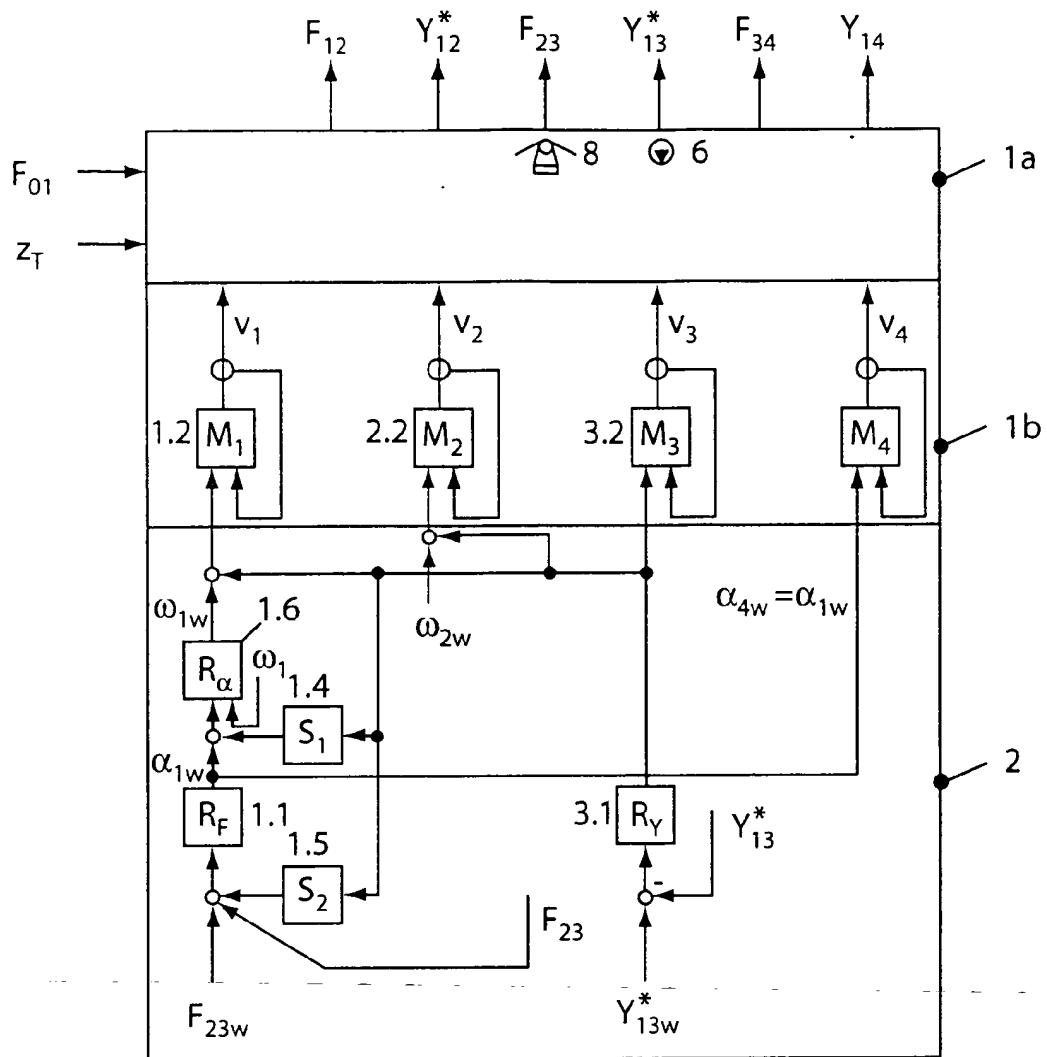


Fig. 5

Patent 2

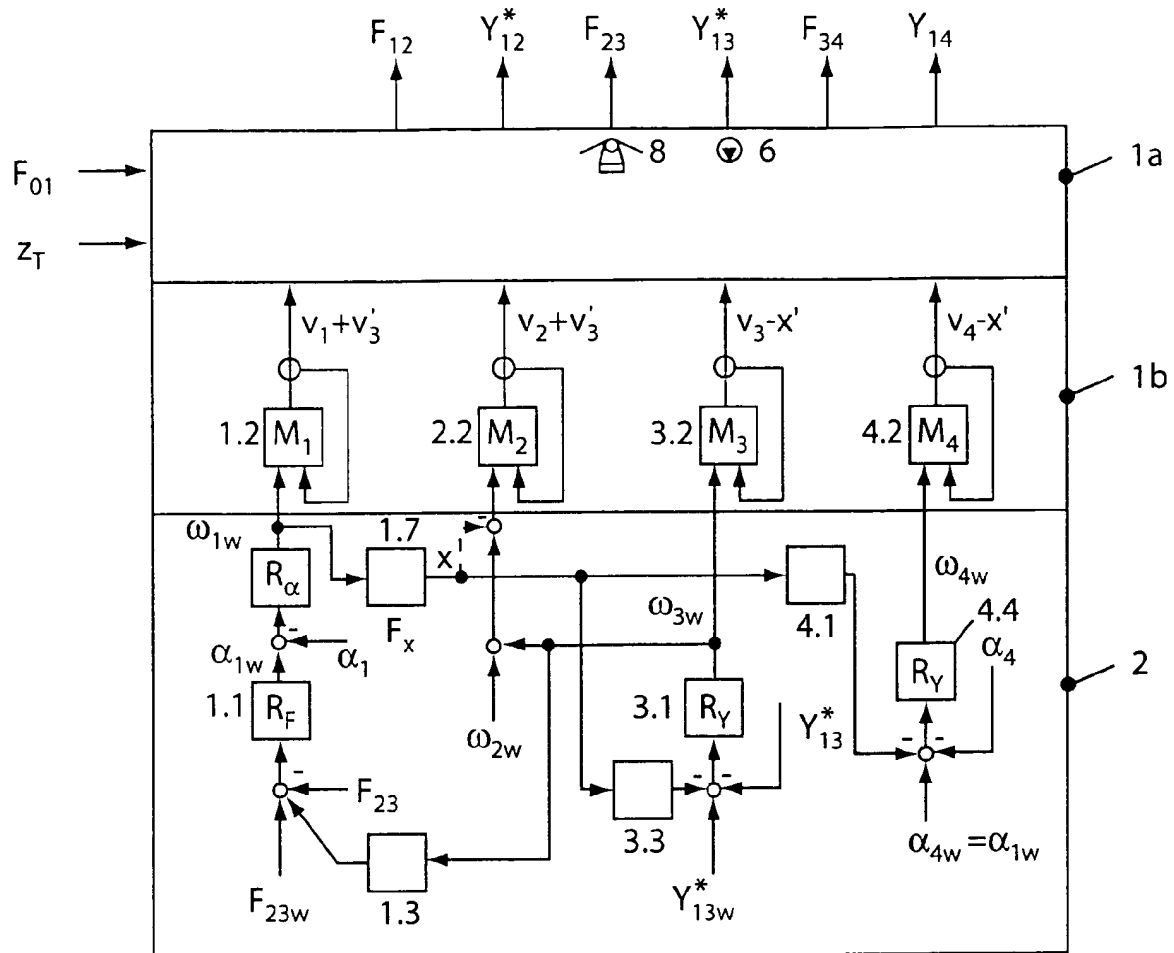


Fig. 6

Patent 2

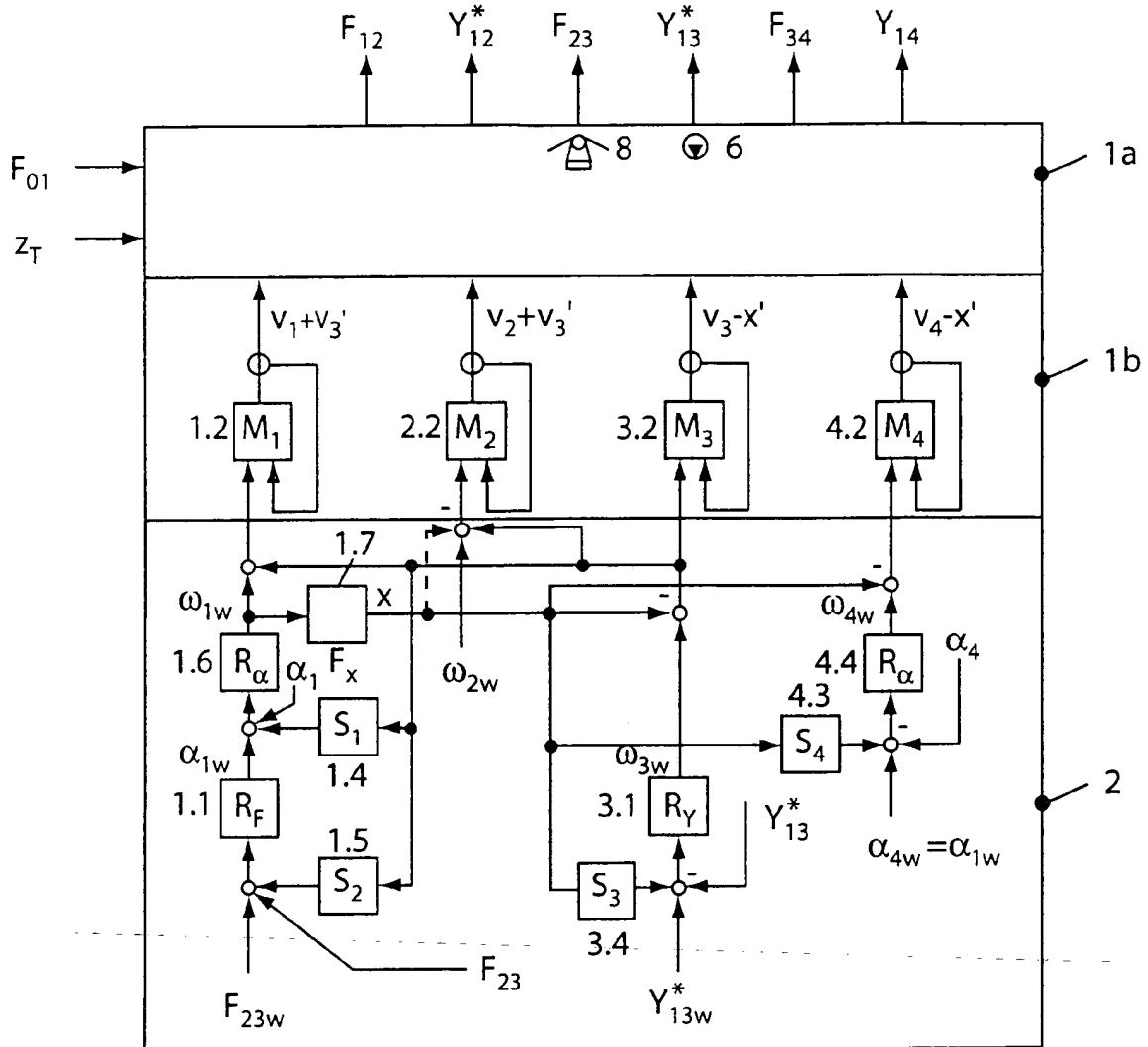


Fig. 7

Patent 2

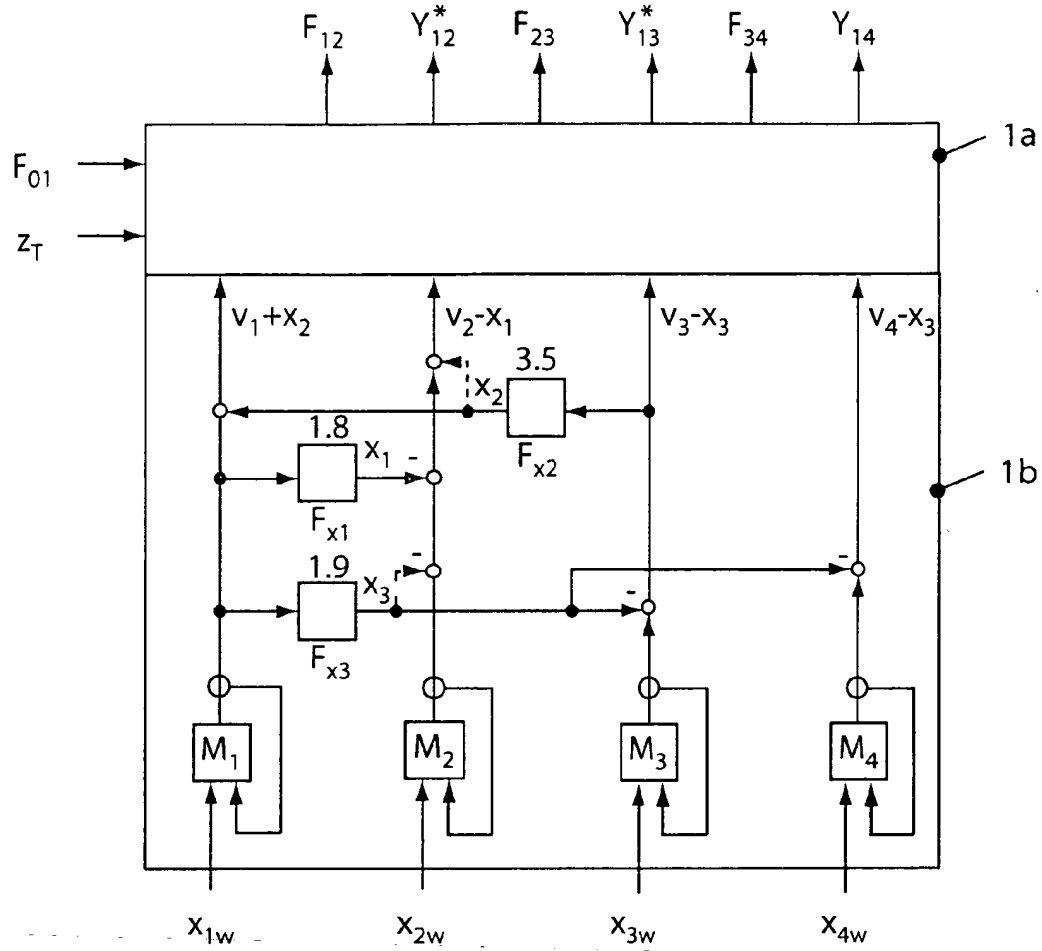


Fig. 8

Patent 2

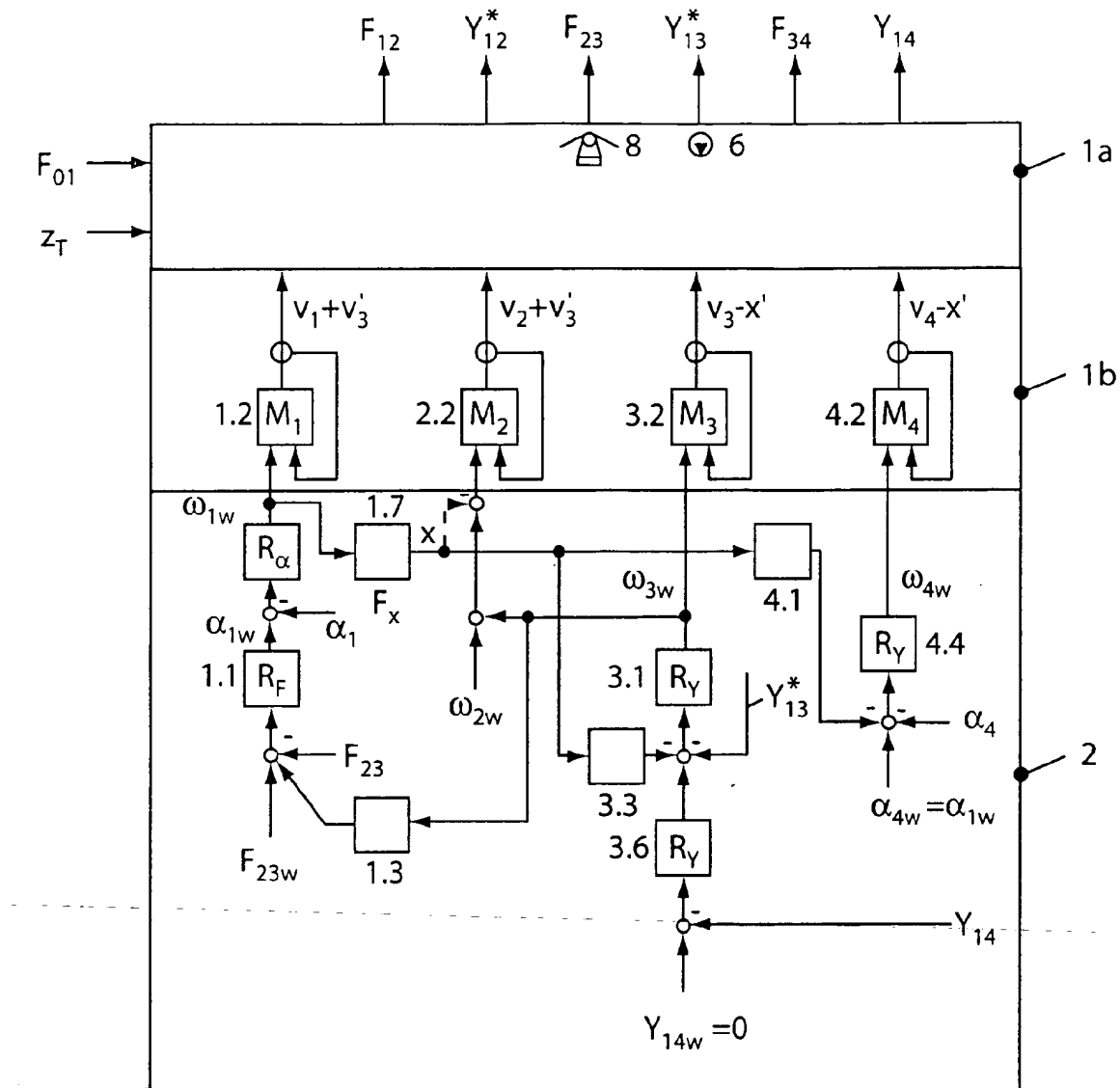


Fig.9

Patent 2

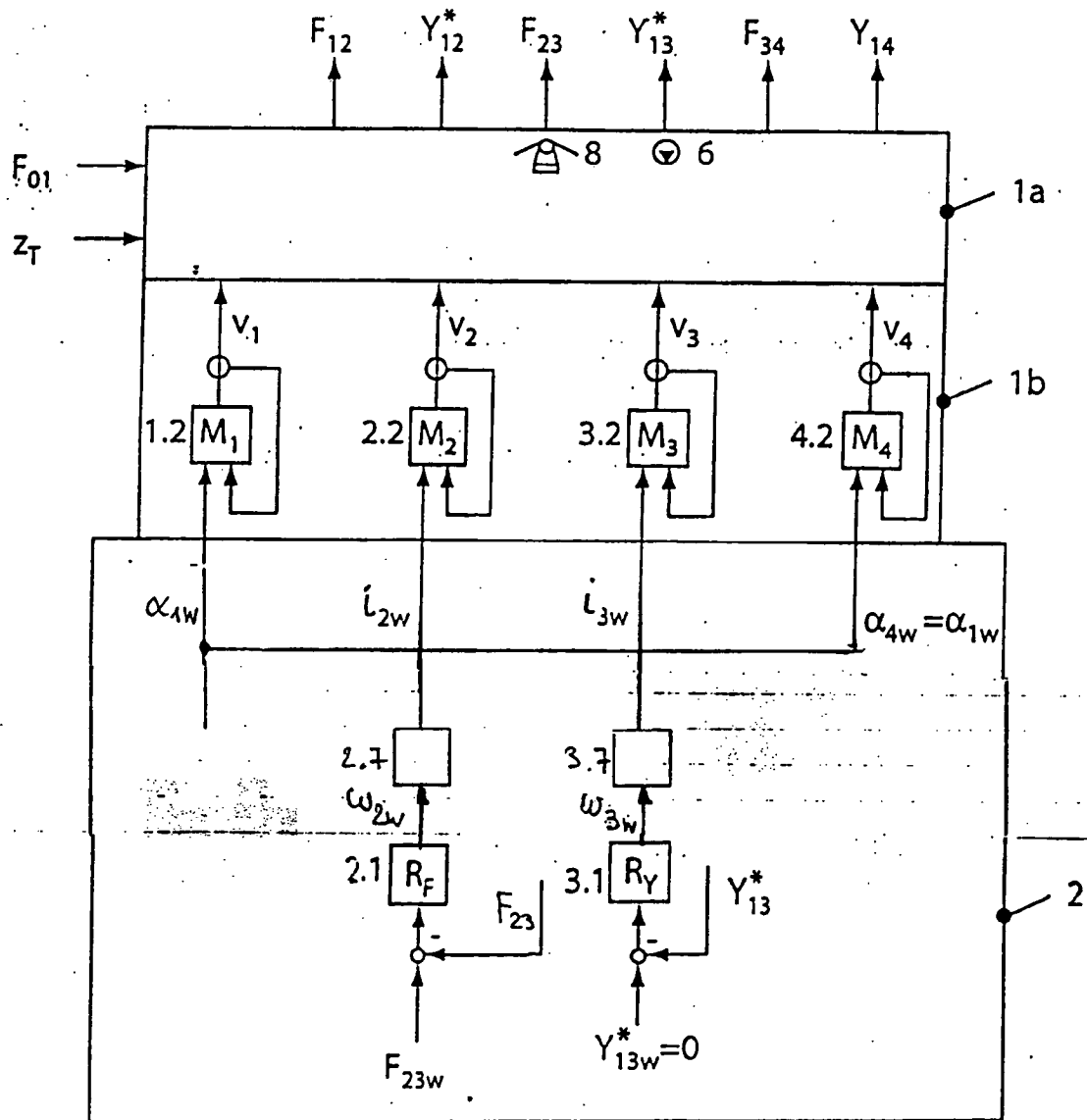


Fig. 10

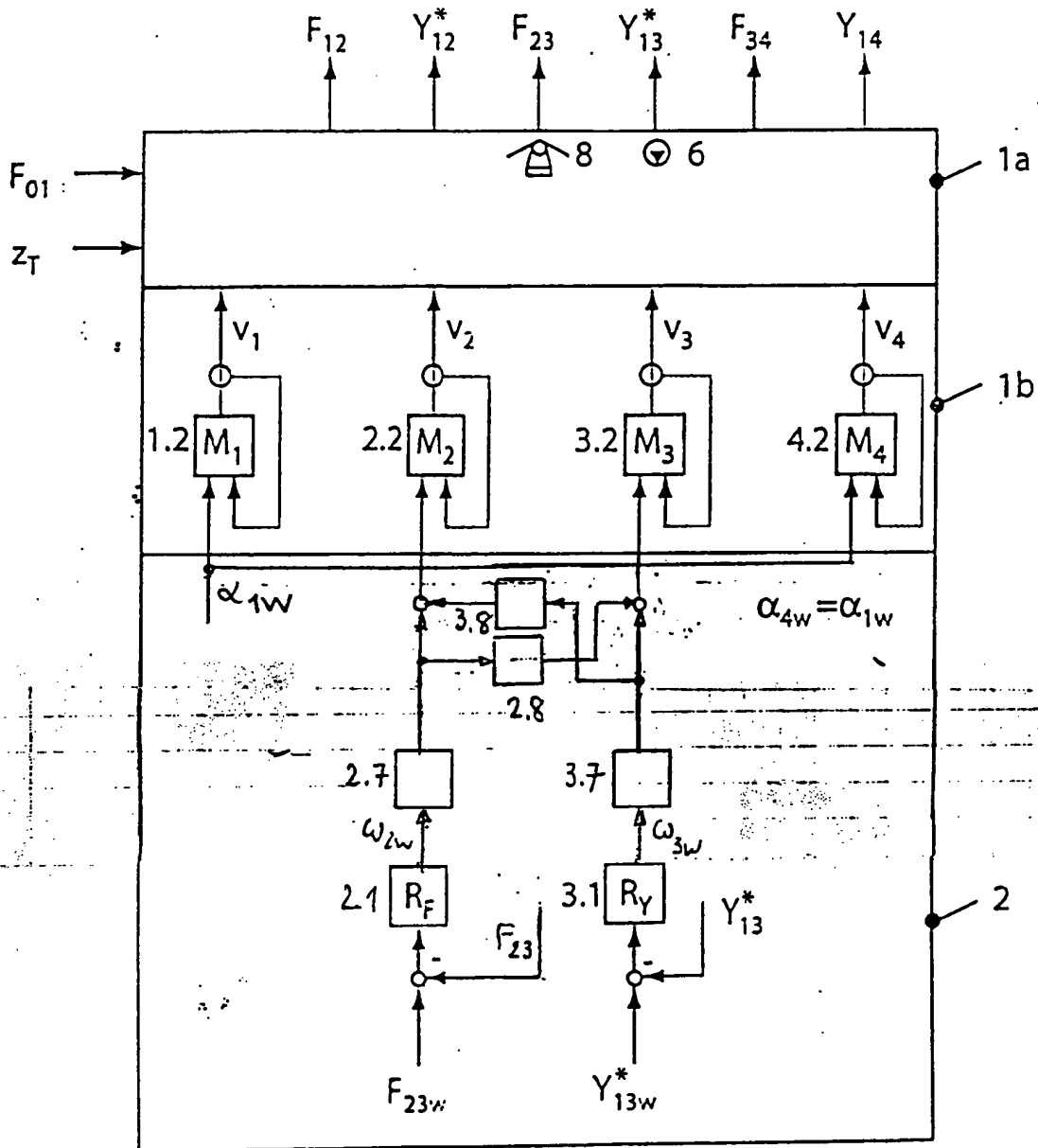


Fig. 11

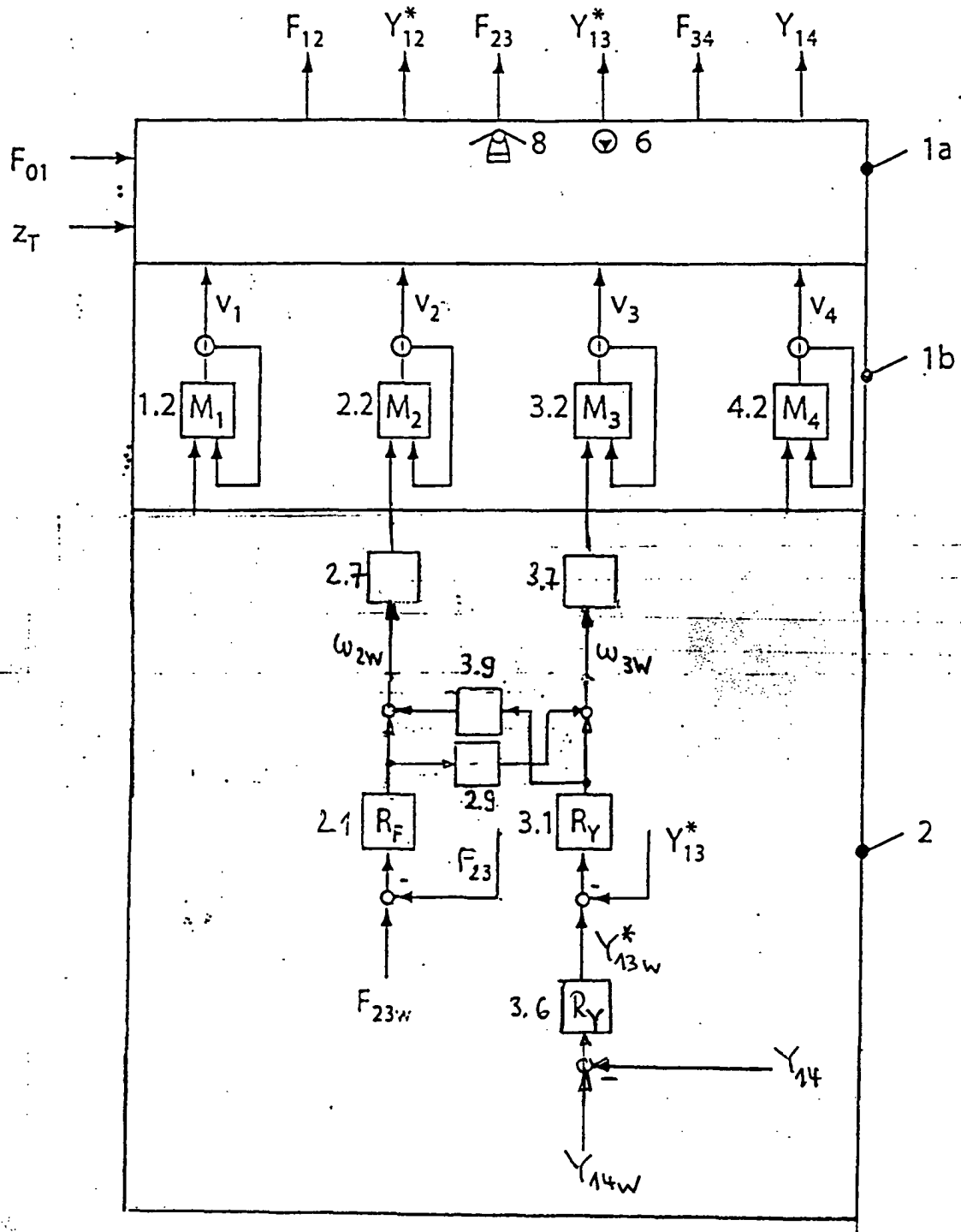


Fig. 12