



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 933 201 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
24.09.2003 Patentblatt 2003/39

(51) Int Cl.7: **B41F 13/00**, B41F 13/004,
B41F 13/02, B65H 23/188

(21) Anmeldenummer: **98101727.0**

(22) Anmeldetag: **02.02.1998**

(54) **Verfahren zur Regelung des Antriebes einer Papierbahn einer Druckmaschine**

Drive control method for a paper web of a printing machine

Procédé pour réguler l'entraînement d'une bande de papier d'une machine à imprimer

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FI FR GB IT LI NL SE

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.08.1999 Patentblatt 1999/31

(73) Patentinhaber: **ABB Schweiz AG**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder: **Flamm, Heinz**
5612 Villmergen (CH)

(74) Vertreter: **ABB Patent Attorneys**
c/o ABB Schweiz AG
Brown Boveri Strasse 6
5400 Baden (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 355 442 **DE-A- 3 519 840**
US-A- 5 269 222 **US-A- 5 524 805**

EP 0 933 201 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Drucktechnik. Sie geht aus von einem Verfahren zur Regelung des Antriebes für den Transport einer Papierbahn einer Druckmaschine gemäss dem Oberbegriff des ersten Anspruchs.

Stand der Technik

[0002] Die Erfindung wird insbesondere mit Vorteil für wellenlose Rotationsdruckmaschinen eingesetzt. Eine wellenlose Rotationsdruckmaschine mit paarweise zu Zylindergruppen zusammengefassten Gummituch- und Platten- bzw. Formzylindern wird in der DE 43 44 896 A1 beschrieben. Ein Verfahren zum Betrieb eines Antriebssystem das insbesondere für wellenlose Rotationsdruckmaschinen geeignet ist, beschreibt die DE 196 26 287 A1. Nach diesem Verfahren ist die Drehmomentenregelung mit einer Geschwindigkeitsregelung (Drehzahlregelung) oder Positionsregelung (Winkellageregelungen) der angetriebenen Achsen überlagert. Hierbei werden zur Regelung der einzelnen Antriebe für Druckzylinder und Falzapparate bei den für Rotationsdruckmaschinen gestellten hohen Anforderungen nach winkelsynchronem Gleichlauf bevorzugt Positionsregelungen eingesetzt.

[0003] Ein wesentlicher Vorteil von einzeln angetriebenen Rotationsdruckmaschinen ist, dass diese Maschinen in der Lage sind, einen Produktwechsel bei laufender Maschine durchzuführen. Solche Produktwechsel beinhalten das An- und Abstellen von Druckstellen sowie Papiersortenwechsel bei laufender Maschine, was zu erheblichen und unzulässigen Änderungen der Papierbahnspannungen führen kann.

[0004] Beim Betrieb von derart geregelten Antriebsgruppen - und insbesondere dann, wenn auch Produktwechsel bei laufender Maschine durchgeführt werden oder wenn Papiersortenwechsel innerhalb einer laufenden Produktion vorkommen - kommt es zu unerwünschten Nebenerscheinungen wie zu stark schwankenden Bahnspannungen und als Folge davon z.B. zu Papierriessen.

[0005] Die DE-A-35 19 840 offenbart ein Verfahren zur Steuerung eines Elektromotors an einer Offsetdruckmaschine. Der Motor wird in einem Normalbetrieb mit einer konstanten Drehzahl, entsprechend einem vorgegebenen Drehzahlsollwert, betrieben. In Ausnahmesituationen, falls eine bestimmte Motortemperatur oder ein bestimmtes Antriebsmoment überschritten werden, oder falls eine Netzspannung absinkt, wird der Drehzahlsollwert verringert.

[0006] Die EP-A-0 355 442 zeigt ein Verfahren zur Reduzierung der Drehmomentbeanspruchung eines Antriebs. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich das Lastmoment, bei konstanter Geschwindigkeit, zyklisch

ändert. Dem wird entgegengewirkt, indem in einer Intialisierungsphase das Lastmoment (evtl. für verschiedene Geschwindigkeiten) während einer Periode gemessen und in Abhängigkeit der Position gespeichert wird. Im Betrieb wird dieser gespeicherte Wert periodisch vom Momentensollwert des Antriebs subtrahiert. Dadurch stellt sich eine um einen Mittelwert periodisch variierende Geschwindigkeit ein, bei der dann das Lastmoment annähernd konstant bleibt.

[0007] Die konventionellen Verfahren zur Regelung des Antriebes für den Transport einer Papierbahn kennen hauptsächlich zwei Betriebsarten: Die Antriebe werden entweder auf konstante Drehzahl oder auf konstante Bahnspannung geregelt. Diese Verfahren haben in der einen oder andern Form den Nachteil, dass:

- sich der Papierzug zwischen dem Einzugswerk und dem Druckwerk beim Anfahren der Maschine nur sehr langsam aufbaut.
- die Bahnspannung im Normalbetrieb relativ stark schwankt.
- die Bahnspannung bei Änderung der Papiersorte oder des Produktionslaufes extrem stark schwankt, was auf die schlagartig veränderte Papierbahnlängen bei Druckanstellung bzw. Druckabstellung der Druckwerke zurückzuführen ist. Dies gilt sowohl für Bahnführungen über mehrere Drucktürme als auch für solche innerhalb eines Druckturmes, eines Wendeturmes oder des Falzapparates.
- die Bahnspannung bei Nothalt der Maschine nicht eingehalten wird.

[0008] Alle diese Nachteile sind darauf zurückzuführen, dass

- sich einerseits die Papiereigenschaften der laufenden Bahn ändern und bei konstanter Drehzahlregelung zwangsläufig häufige und grosse Regelausgleichvorgänge durchzuführen sind und
- andererseits die Maschine hinsichtlich Regeldynamik solche Regelabweichungen nicht in der gewünschten Zeit auszugleichen vermag und zudem zu einem Schwingungsverhalten neigt.

45 Darstellung der Erfindung

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren zur Regelung des Antriebs der Papierbahn einer Druckmaschine anzugeben, bei welchem die Bahnspannung in allen möglichen Betriebsarten der Rotationsdruckmaschine, mit oder ohne Wechsel der Papiersorte oder des Inhalts des gedruckten Produktes bei laufender Maschine keine nennenswerten Schwankungen aufweist und Abweichungen rasch ausgeglichen werden. Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des ersten Anspruchs gelöst.

[0010] Kern der Erfindung ist es, dass die Regelung der Antriebe der Papierbahn z.B. in den Vorspannwerke

oder den Wendetürmen einer Rotationsdruckmaschine sowohl Drehzahl als auch Bahnspannung flexibel berücksichtigt. Damit wird eine deutlich bessere Papierführung mit kontrollierter Bahnspannung sowohl im statischen wie auch im dynamischen Betrieb ermöglicht. Im einfachsten Fall wird dies durch Einstellungen des Drehzahlreglers erreicht, so dass dieser eine deutliche Abhängigkeit des Antriebsmomentes von der Abweichung zwischen Soll- und Istzahl zeigt. Diese Reglerabweichung wird im Leitsollwert berücksichtigt und damit ein passender Arbeitspunkt eingestellt. Bei produktionsbedingter Variation der Maschinenkonfiguration verschiebt sich der aktuelle Arbeitspunkt entlang einer Kurve (Belastungskurve), wobei sowohl der Drehzahlwert als auch das Antriebsmoment verändert werden. Die Steigung dieser Kurve ist ein Mass für den Einfluss der Laständerung auf Drehzahl und Moment. Sie wird vorzugsweise so gewählt, dass das Antriebsmoment und damit die Bahnspannung innerhalb der Betriebsgrenzen gehalten werden. Der Leitsollwert bestimmt weitgehend das statische und dynamische Führungsverhalten.

[0011] Es kann zwischen vorgesteuertem und geregelter Betrieb unterschieden werden. Im einfacheren Fall des vorgesteuerten Betriebes (open loop) werden bekannte Einflussgrößen des zu kontrollierenden Prozesses berücksichtigt. In einem ersten Schritt werden damit der stationäre Betriebsfall als auch beschleunigungsabhängige Größen voreingestellt. Im optionalen geregelten Betrieb (closed loop) wird beispielsweise die Bahnspannung gemessen; sie wirkt über einen Regelalgorithmus auf den Leitsollwert. Damit ist eine Ausregelung von Restfehlern gewährleistet.

[0012] Im Vergleich zum Betrieb nach dem Stand der Technik ergeben sich markante Vorteile:

- Im vorgesteuerten Betrieb wird bereits eine hohe statische Genauigkeit der Bahnspannung erreicht, die eine geringe Sensibilität auf Störgrößen aufweist.
- Da die oben beschriebene Belastungskurve Teil des Drehzahlreglers ist, weist das Verhalten eine extrem hohe Dynamik auf. Damit sind charakteristische Reaktionszeiten von unter 1 Millisekunde möglich. Dieses ist bedeutend rascher als bei konventioneller Bahnspannungsregelung.
- Weiters führt die Belastungskurve zu einer Dämpfung von mechanischen Schwingungen. Diese Eigenschaft ist vor allem bei mechanischen Anregungen, wie sie bei Änderung der Papiersorte oder des Produktionslaufes auftreten, wichtig.

[0013] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den entsprechenden abhängigen Ansprüchen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0014] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Eine schematische Darstellung der Rotationsdruckmaschine mit den die Bahnspannung beeinflussenden Elementen

Fig 2 Eine schematische Darstellung des Reglers für das elektrische Vorspannwerk einer Rotationsdruckmaschine

Fig. 3 Ein Diagramm zur Darstellung der Abhängigkeiten zwischen Bahnspannung und Drehzahl bei unterschiedlichen Papiersorten bzw. Produktionsläufen

[0015] Die in den Zeichnungen verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezugszeichenliste zusammengefasst aufgelistet. Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0016] **Figur 1** zeigt eine schematische Darstellung der Rotationsdruckmaschine mit den die Bahnspannung beeinflussenden Elementen. Als Papierführung bzw. Papierbahn wird die Bahn bezeichnet, die das zu bedruckende Papier vom Rollenwechsel (1) über die Pendelwalze (2) und das elektrische Vorspannwerk (3), über eine beliebige Kombination von Druckwerken im Druckturm (5) bzw. in mehreren Drucktürmen, über Wendeturm (6), Sammelwalze (7), Trichtereinlaufwalze (8) bis hin zum Falzapparat (9) durchläuft. Die Bahnspannung der Papierbahn wird am elektrischen Vorspannwerk (3) über den Antrieb (M) und den Regler (4) eingestellt. Dabei dürfen vorgegebene Grenzwerte nicht über- oder unterschritten werden. Wird nun eine Papiersorte bei laufender Maschine am Rollenwechsler (1) gewechselt, ändert die Bahnspannung aufgrund der geänderten Papiereigenschaften schlagartig (Fall 1). Ist der Druckturm mit einzeln angetriebenen Druckwerken bzw. Druckbrücken ausgerüstet, können Änderung des Produktionslaufes bei laufender Maschine durchgeführt werden. Solche Produktwechsel beinhalten das Anstellen bzw. Abstellen der für die beiden Produktionsläufe benötigten Druckwerke. Die Papierbahn liegt bei diesem Vorgang zeitweise und teilweise frei. Als Folge davon variiert die Bahnspannung der Papierbahn erheblich (Fall 2). Beide Fälle sind Anlass für die vorliegende Erfindung, um die Bahnspannungsänderungen innert kürzester Zeit auszugleichen und innerhalb der zulässigen Grenzwerte zu halten.

[0017] Im folgenden wird das erfindungsgemässe Verfahren anhand der Antriebsregelung eines Vor-

spannwerkes erläutert. Selbstverständlich kann das Verfahren aber überall dort eingesetzt werden, wo die Papierbahn angetrieben werden muss, d.h. insbesondere auch in den Wendetürmen.

[0018] **Figur 2** stellt eine Regeleinrichtung für das elektrische Vorspannwerk (3) dar, die für das erfindungsgemässe Verfahren geeignet ist. Im Sollwertgeber (10) wird der Leitsollwert gebildet. Als Leitsollwert kommt je nach Anwendung des Regelverfahrens eine Drehzahl oder eine Position in Frage. Im Sollwertgeber (10) wird in dem geregelten Ausführungsbeispiel nach **Figur 2** eine Differenz zwischen dem Leitsollwert und dem Bahnspannungswert (13), der im Vorspannwerk (3) an der Papierbahn gemessen wird, gebildet. Diese Grösse dient dem nachgeschalteten Antriebsregler (11) als Führungsgrösse. Im unregulierten Fall wird direkt der Leitsollwert als Führungsgrösse weitergegeben. Der Antriebsregler (11) weist ein sogenanntes Droopverhalten auf, d.h. er ermöglicht die erfindungsgemässe lastabhängige Drehzahlablenkung bzw. -erhöhung. Im Regler (11) wird ein Antriebswert gemessen - im Normalfall eine Position oder eine Drehzahl-, mit der Führungsgrösse verglichen und daraus eine resultierende Regelabweichung gebildet. Die Stellgrösse wird dem nicht dargestellten Stromrichter des Motors derart zugeführt, dass der Motor wie gewünscht angesteuert wird.

[0019] Das erfindungsgemässe Verhalten des Reglers (11) wird im folgenden mit Hilfe der **Figur 3** näher anhand der verschiedenen Betriebsfälle und der erfindungsgemässen Bahnspannungs-Drehzahl-Kennlinien -Kennlinien erläutert. Die Abszissenachse zeigt die Maschinendrehzahl (v), die üblicherweise in Zylinderumdrehungen pro Stunde angegeben wird. In der Ordinateachse ist die Papierspannung (F) eingetragen. Diese wird üblicherweise auf die jeweilige Papierbreite bezogen und in daN/m angegeben. Als Droop wird die Eigenschaft der Vorrichtung (11) bezeichnet, mit der eine lastabhängige Absenkung bzw. Anhebung des Drehzahlsollwertes bewirkt wird.

[0020] Ausgangspunkt im Diagramm ist die Produktionsdrehzahl (v_P). Ein konventionelles lage- oder geschwindigkeitsgeregeltes Vorspannwerk wird mit einer Nacheilung ($p1$) betrieben, woraus sich dessen Belastungskurve (F_{A1}) ergibt. Andererseits nimmt die Papierspaimung der Papiersorte 1 bzw. von Produktionslauf 1 bei steigender Nacheilung ($p1$) des Vorspannwerkes zu. Die Bahnspannung verläuft daher gemäss (F_{P1}). Am Schnittpunkt (A) der beiden Kurven befindet sich der resultierende Arbeitspunkt. Bei Änderung der Papiersorte oder des Produktionslaufes kann die Kennlinie ändern. Bei einem Wechsel der Kennlinie von (F_{P1}) nach (F_{P2}) wechselt der Arbeitspunkt von (A) nach (B). Bei einer Drehzahlregelung nach Massgabe der Belastungskurve F_{A1} wird die Drehzahl V_A auch bei Lastmomentänderungen konstant gehalten. Daraus resultiert eine unzulässige Änderung der Papierspannung um den Betrag $dF_1 = F_A - F_B$.

[0021] Dieser unzulässige Betriebszustand wird mit dem erfindungsgemässen Verfahren durch die Belastungskurve (F_{A2}) vermieden. Die Nacheilung des Leitsollwertes ($p2$) ist hier deutlich grösser. Ausgehend von der Papiersorte 1 bzw. von Produktionslauf 1 stellt sich wiederum der Arbeitspunkt (A) mit Drehzahl (v_A) und Papierspannung (F_A) ein. Ein Wechsel der Papiersorte bzw. des Produktionslaufes zur Kennlinie (F_{P2}) führt jetzt zum neuen Arbeitspunkt (C). Dieser beinhaltet sowohl eine geänderte Papierspannung (F_C) als auch eine geänderte Geschwindigkeit (v_C). Der Antrieb reagiert also mit beiden Zustandsgrössen (v und F) auf die Änderung der Prozessgrössen. Es wird nicht nur die Bahnspannung F (bzw. das Antriebsmoment) nachgeführt, sondern die Drehzahl wird ebenfalls nach Massgabe der Laständerung angehoben oder abgesenkt. Die Beziehung zwischen Drehzahländerung und Laständerung kann linear oder auch nichtlinear sein. Die resultierende Papierspannungsänderung ($dF2$) ist durch den Einfluss des erfindungsgemässen Verfahrens deutlich geringer, oder sie kann sogar praktisch ganz vermieden werden. Dies geht zwar zu Lasten der Drehzahl (v), was aber keinen Einfluss auf die Produktqualität hat.

[0022] Das erfindungsgemässe Regelungsverfahren wurde vorstehend anhand des Vorspannwerkes erläutert. Es kann jedoch überall dort eingesetzt, wo eine Papierbahn in einer Druckmaschine angetrieben werden muss, d.h. insbesondere auch in den Wendetürmen. Der Vorteil des erfindungsgemässen Verfahrens liegt speziell darin, dass bei Belastungsänderungen im Betrieb keine unzulässigen Bahnspannungsänderungen auftreten, die die Papierbahn beim Transport überbeanspruchen.

35 Bezugszeichenliste

[0023]

1	Rollenwechsler
40 2	Pendelwalze
3	Elektrisches Vorspannwerk
4	Regler für Vorspannwerk
5	Druckturm bzw. Drucktürme mit einzeln angetriebenen Druckwerken bzw. Druckbrücken
45 6	Wendeturm
7	Sammelwalze
8	Trichtereinlaufwalze
9	Falzapparat
10	Leitsollwertgeber
50 11	Antriebsregler mit Droopverhalten
12	Antriebswert
13	Bahnspannungswert
M	Antriebsmotor
F	Bahnspannung der Papierbahn
55 v	Maschinendrehzahl
F_{A1}	Belastungskurve ohne Droop
F_{A2}	Belastungskurve mit Droop
P_{P1}	Kennlinie der Papiersorte 1 bzw. Produktions-

	lauf 1	
F _{P2}	Kennlinie der Papiersorte 2 bzw. Produktionslauf 2	
F _A	Bahnspannung im Arbeitspunkt A	
F _B	Bahnspannung im Arbeitspunkt B	5
F _C	Bahnspannung im Arbeitspunkt C	
dF1	Bahnspannungsabweichung ohne Droop	
dF2	Bahnspannungsabweichung mit Droop	
V _A	Drehzahl im Arbeitspunkt A	
v _C	Drehzahl im Arbeitspunkt C	10
v _P	Produktionsdrehzahl	
p1	Nacheilung des Antriebs zur Produktionsgeschwindigkeit ohne Droop	
p2	Nacheilung des Antriebs zur Produktionsgeschwindigkeit mit Droop	15
A	Vorgegebener Arbeitspunkt bei Kennlinie F _{p1}	
B	Resultierender Arbeitspunkt bei Wechsel von F _{p1} zu F _{p2} ohne Droop	
C	Resultierender Arbeitspunkt bei Wechsel von F _{p1} zu F _{p2} mit Droop	20

Patentansprüche

1. Verfahren für die Regelung des Antriebes für den Transport einer Papierbahn einer Druckmaschine, wobei der Antrieb im Betrieb mit einer bestimmten Drehzahl v rotiert und ein Antriebsdrehmoment bzw. eine Bahnspannung erzeugt, wobei die Drehzahl v in Abhängigkeit eines aktuell auftretenden Lastdrehmoments nach Massgabe einer Belastungskennlinie abgesenkt oder angehoben wird, so dass der Antrieb gleichzeitig die Zielgrößen Drehzahl und Antriebsmoment bzw. Bahnspannung einstellt, und wobei ein Leitsollwert, insbesondere in Form eines Drehzahl- oder Positionssollwertes, nach Massgabe der Belastungskennlinie kompensiert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei jeder derartigen Arbeitspunktverschiebung sowohl der Drehzahlwert als auch das Antriebsmoment verändert werden. 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abhängigkeit zwischen Änderung des Lastdrehmoments und der Absenkung oder Anhebung der Drehzahl linear ist. 45
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abhängigkeit zwischen Änderung des Lastdrehmoments und der Absenkung oder Anhebung der Drehzahl nichtlinear ist. 50
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abhängigkeit zwischen Änderung des Lastdrehmoments und der Absenkung oder Anhebung der Drehzahl eine Abhängigkeit von der Zeit ist. 55

Claims

1. Method of controlling the drive for transporting a paper web in a printing machine, the drive, when operating, rotating at a specific speed v and producing a drive torque or a web tension, the speed v being lowered or raised as a function of a load torque occurring at the time and in accordance with a loading characteristic, so that the drive simultaneously sets the target variables of speed and drive torque or web tension, and a reference desired value, in particular in the form of a speed or position desired value, being compensated for in accordance with the loading characteristic **characterized in that** in the case of such a shift in operating point, both the actual speed value and the drive torque are changed. 5
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the dependent relationship between the change in load torque and the lowering or raising of the speed is linear. 10
3. Method according to Claim 1, **characterized in that** the dependent relationship between the change in load torque and the lowering or raising of the speed is nonlinear. 15
4. Method according to Claim 1, **characterized in that** the dependent relationship between the change in load torque and the lowering or raising of the speed is a function of time. 20

Revendications

1. Procédé pour la régulation de l'entraînement du transport d'une bande de papier dans une machine d'impression, l'entraînement tournant en fonctionnement à une vitesse de rotation v définie et créant un couple de rotation d'entraînement ou une tension dans la bande, la vitesse de rotation v étant abaissée ou relevée suivant une ligne caractéristique de charge en fonction d'un couple de rotation de charge qui apparaît effectivement, de telle sorte que l'entraînement règle simultanément les valeurs cible vitesse de rotation et couple d'entraînement ou tension dans la bande, une valeur de consigne, qui présente en particulier la forme d'une valeur de consigne de vitesse ou de position, étant compensée en fonction de la ligne caractéristique de charge, **caractérisé en ce que** pour chacun de ces déplacements du point de travail, tant la valeur effective de la vitesse de rotation que le couple de rotation sont modifiés. 35
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la dépendance entre la modification du couple de rotation de charge et la diminution ou le re-

lèvement de la vitesse de rotation est linéaire.

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la dépendance entre la modification du couple de rotation de charge et la diminution ou le relèvement de la vitesse de rotation est non linéaire. 5
4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la dépendance entre la modification du couple de rotation de charge et la diminution ou le relèvement de la vitesse de rotation est une dépendance vis-à-vis du temps. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

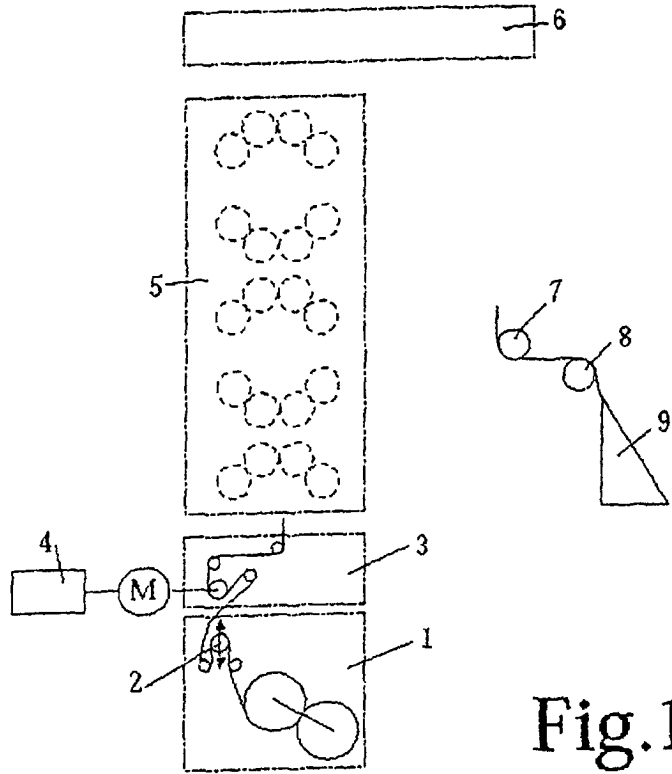


Fig. 1

Fig. 2

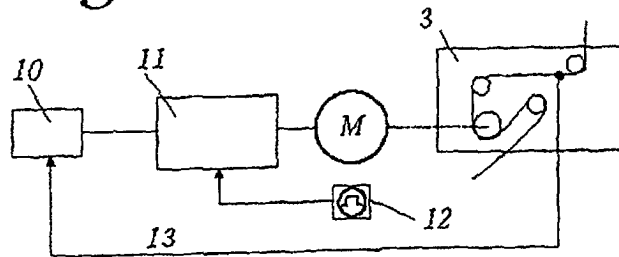


Fig.3

