

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 80102079.3

51 Int. Cl.³: B 65 H 25/22

22 Anmeldetag: 17.04.80

30 Priorität: 03.05.79 DE 2917868

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.11.80 Patentblatt 80.23

84 Benannte Vertragsstaaten:
CH FR GB IT LI SE

71 Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT Berlin
und München
Postfach 22 02 61
D-8000 München 22(DE)

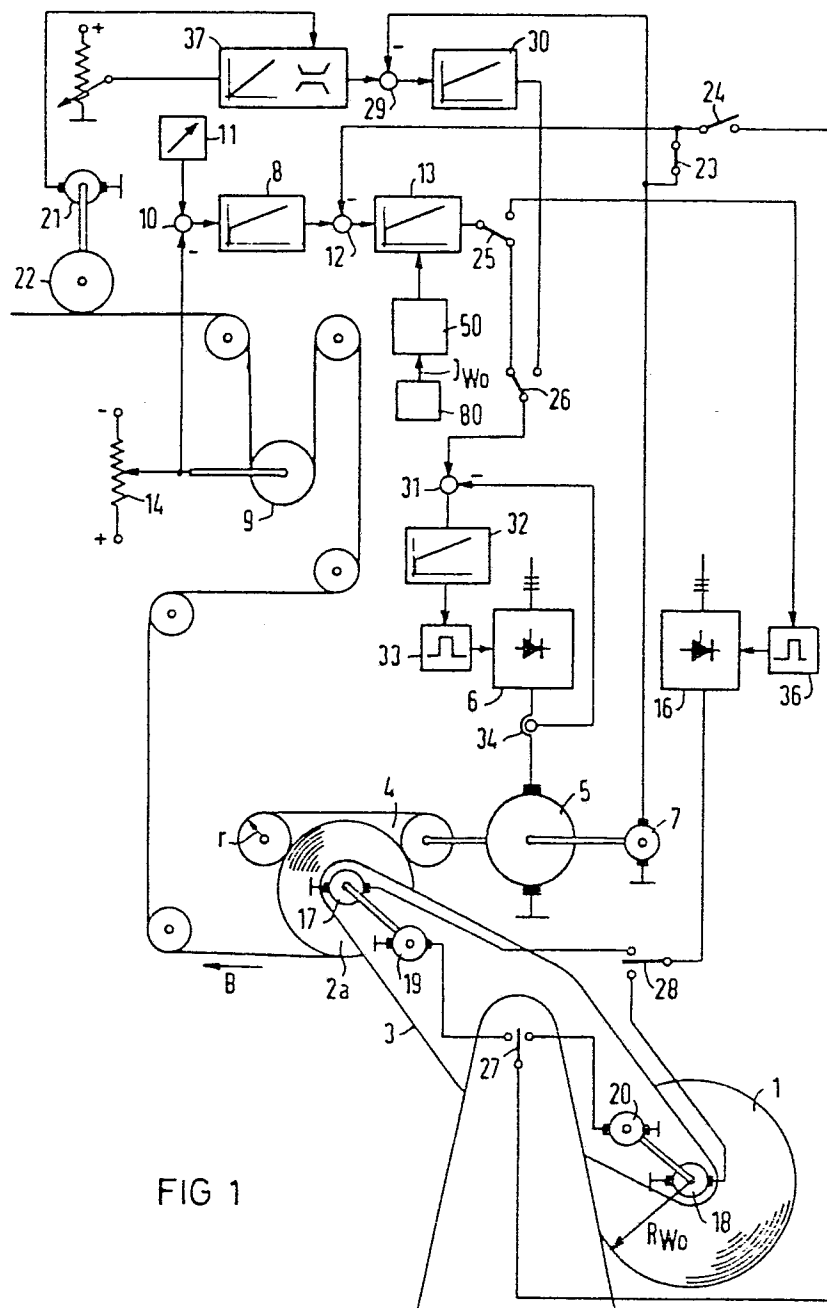
72 Erfinder: Rubruck, Manfred
An den Eichen 90
D-8521 Igelsdorf(DE)

54 **Regelanordnung für einen Rollenträger.**

57 Die Erfindung bezieht sich auf eine Regelanordnung für einen Rollenträger (3), bei der die Drehzahlregelung von einem Rechner (50; 70) fortlaufend unter Berücksichtigung des Trägheitsmoments (J_w) des Wickels (2) optimiert wird. Erfindungsgemäß ermittelt der Rechner (50, 70) die optimierte Reglerverstärkung des Drehzahlreglers (13; 69, 77) aus einem während des Hochlaufs der neuen Rolle (1) bestimmten Anfangswert (J_{w0}) des Trägheitsmoments und dem momentanen Radius (r) des Wickels (2).

EP 0 018 555 A1

./...



SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 79 P 3071 EUR

Regelanordnung für einen Rollenträger

Die Erfindung bezieht sich auf eine Regelanordnung für einen Rollenträger, die aus der DE-OS 27 32 644
5 bekannt ist. Dort ist eine Regelanordnung für einen Rollenträger beschrieben, bei dem von einer drehbar gelagerten Rolle eine Bahn mit vorgegebener Bahnspannung abgewickelt wird, wobei der Rolle eine elektromotorische Antriebs- oder Bremseinrichtung mit einem
10 Drehzahlregler und einem Rechner zugeordnet ist, der optimierte Regelparameter für den Drehzahlregler fortlaufend aus den Streckenparametern ermittelt.

Regelanordnungen für Rollenträger mit fest eingestellten
15 Regelparametern des Drehzahlreglers arbeiten unbefriedigend, da sich während eines Abwickelvorganges die Zeitkonstante der Strecke in weiten Grenzen verändert. Die Veränderung der Zeitkonstante wird verursacht durch die starke Abnahme des Trägheitsmoments des Wickels
20 mit abnehmendem Durchmesser. In der DE-OS 27 32 644 ist eine ständige Ermittlung optimierter Regelparameter in Abhängigkeit von den sich verändernden Streckenparametern vorgesehen. Das momentane Trägheitsmoment wird vom Rechner aus Eingabegrößen für die Bahnbreite
25 und die spezifische Materialdichte, sowie aus dem momentanen Radius des Wickels ermittelt. Die Bahnbreite konnte auch von einer mechanischen Meßvorrichtung ermittelt werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde,
die Regelanordnung für einen Rollenträger nach der DE-OS
27 32 644 so weiterzubilden, daß eine Eingabe bzw.
Erfassung der spezifischen Dichte des Bahnmaterials
5 und der Bahnbreite nicht mehr erforderlich ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß
der Rechner die optimierte Reglerverstärkung und/oder
die optimierte Nachstellzeit des Drehzahlreglers aus
10 einem während des Hochlaufs der neuen Rolle bestimmten
Anfangswert des Trägheitsmoments und dem momentanen
Radius des Wickels ermittelt.

Bei der erfindungsgemäßen Regelanordnung werden keine
15 Eingabevorrichtungen oder Meßvorrichtungen für die
spezifische Materialdichte und die Bahnbreite mehr
benötigt. Die Ermittlung der optimierten Reglerparameter
erfolgt vollkommen selbsttätig aus den sich verändernden
Streckenparametern. Neben einer Verringerung des
20 konstruktiven Aufwandes ist damit insbesondere auch
eine größere Sicherheit gegen eine Fehlbedienung ge-
geben.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung
25 bei einem Rollenträger mit einem Gurtantrieb ist eine
Schaltungsanordnung vorgesehen, die den Anfangswert des
Trägheitsmoments des Wickels aus Meßwerten für die
synchrone Drehzahl, für die Zeit bis zum Erreichen der
synchrone Drehzahl, für das Antriebsmoment der Antriebs-
30 maschine und für den Anfangswert des Wickelradius, sowie
aus vorgegebenen Werten für das Trägheitsmoment des
Antriebs und den Radius der Antriebsrollen des Gurtan-
triebs ermittelt.

Bei einem Rollenträger mit einem Direktantrieb ist nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung eine Schaltungsanordnung vorgesehen, die den Anfangswert des Trägheitsmoments des Wickels aus
5 Meßwerten für die synchrone Drehzahl, für die Zeit bis zum Erreichen der synchronen Drehzahl, für das Antriebsmoment der Antriebsmaschine sowie aus einem vorgegebenen Wert für das Trägheitsmoment des Antriebs ermittelt.

10

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den beigefügten Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher erläutert. Es zeigen:

15 FIG 1 einen Rollenträger mit einem Gurtantrieb in der normalen Abwickelposition,

FIG 2 den Rollenträger mit Gurtantrieb in einer Zwischenposition beim Einschwenken in die Klebe-

20

FIG 3 den Rollenträger mit Gurtantrieb in der Klebe-

FIG 4 eine schematische Darstellung einer Meßanordnung
25 zur Erfassung des Anfangswertes und des Momentanwertes des Wickelradius,

FIG 5 eine Schaltungsanordnung zur Ermittlung des Anfangswertes des Trägheitsmoments eines Wickels unter
30 einem Gurtantrieb,

FIG 6 einen Rollenträger mit einem Direktantrieb
in der Klebposition,

FIG 7 eine Schaltungsanordnung zur Ermittlung des
5 Anfangswertes des Trägheitsmoments eines Wickels bei
einem Direktantrieb,

FIG 8 ein Ausführungsbeispiel eines Reglers mit
optimisierbarer Reglerverstärkung.

10

Die FIG 1 bis 3 zeigen einen zweiarmigen Rollenträger 3
mit einem Gurtantrieb 4, der aus seiner normalen
Abwickelposition (FIG 1) von einem nicht dargestellten
Schwenkantrieb über eine Zwischenposition (FIG 2) in
15 die Klebposition (FIG 3) geschwenkt werden kann. Der-
artige Rollenträger sind zweiarmig oder auch dreiarmig
ausgeführt. Am einen Arm des Rollenträgers 3 ist die
ablaufende Rolle (Wickel 2) drehbar gelagert. Die
ablaufende Rolle ist jeweils mit der Bezugsziffer 2
20 gekennzeichnet, wobei die einzelnen Stadien des Wickels
während des Abwickelvorganges mit 2a, 2b, 2c verdeut-
licht sind. Vom Wickel 2 wird eine Bahn B in Pfeil-
richtung abgezogen, beispielsweise eine Papierbahn,
die über nicht näher bezeichnete Umlenkrollen einer
25 ebenfalls nicht dargestellten Zuggruppe zugeführt wird.
Am anderen Arm des Rollenträgers 3 ist bereits die neue
Rolle 1 eingeachst.

In der Darstellung der FIG 1 läuft die ablaufende
30 Rolle 2a in der Abwickelposition des Rollenträgers 3
unter dem Gurtantrieb 4. Dem Gurtantrieb 4 ist ein
elektromotorischer Antrieb mit einer elektrischen
Maschine 5 zugeordnet, die von einem Stromrichter 6
gespeist wird. Der Stromrichter 6 wird von einem

Steuersatz 33 mit Zündimpulsen angesteuert, dessen
Steuerspannung von einem Stromregler 32 gebildet wird,
dem ein Vergleichsglied 31 eingangsseitig vorgeschaltet
ist. Die elektrische Maschine 5 ist mit einem Tacho-
5 generator 7 zur Erzeugung einer dem Drehzahl-Istwert
proportionalen Tachospaltung gekuppelt.

Die Bahn B soll mit einer gleichbleibenden Bahnspannung
in die nachfolgende Verarbeitungsmaschine einlaufen,
10 beispielsweise in eine Druckmaschine. Die Regelung der
Bahnspannung erfolgt über den Gurtantrieb 4. Der Gurt-
antrieb 4 wird von einer Regeleinrichtung mit einem
Lageregler 8, einem Drehzahlregler 13 und dem unter-
lagerten Stromregler 32 in Abhängigkeit von der Lage einer
15 Tänzerwalze geregelt, beispielsweise derart, daß die
Tänzerwalze 9 in der Mitte ihres Stellbereiches bleibt.
Die Tänzerwalze 9 ist gewichtsbelastet oder erhält eine
pneumatische Vorspannung. Ein Istwert für die Lage der
Tänzerwalze 9 wird an einem schematisch dargestellten
20 Potentiometer 14 abgegriffen und in einem Vergleicher 10
mit einem Lagesollwert von einer Einstellvorrichtung 11
verglichen. Die Lagedifferenz steuert den Lageregler 8
aus, dessen Ausgangsspannung den Drehzahl-Sollwert für
den Drehzahlregler 13 bildet. Der Drehzahl-Sollwert
25 wird in einem weiteren Vergleicher 12 mit der Tacho-
spannung des Tachogenerators 7 als Drehzahl-Istwert
verglichen, die über den geschlossenen Schaltkontakt 23
auf den Vergleicher 12 geschaltet ist. Die im Verglei-
cher 12 gebildete Regeldifferenz steuert den Drehzahl-
30 regler 13 aus, dessen Ausgangssignal über die sich in
der gezeichneten Stellung befindlichen Schaltkontakte
von Umschaltern 25 und 26 dem Vergleicher 31 als Strom-
sollwert zugeführt wird. Im Vergleicher 31 wird der
Stromsollwert mit dem von einem Strommeßwandler 34



erfaßten Stromistwert verglichen und dem Stromregler 32 als Regeldifferenz zugeführt. Die Ausgangsspannung des Stromreglers 32 bildet die Steuerspannung für den Steuersatz 33 des Stromrichters 6. Somit bestimmt die Ausgangsspannung des Drehzahlreglers 13 die Drehzahl der Maschine 5 und über den Gurtantrieb 4 die Drehzahl des Wickels 2a.

Die Problematik bei einer derartigen Drehzahlregelung liegt in den erheblichen Änderungen der Eigenschaften der Regelstrecke während des Abwickelvorganges. Während des Abwickelvorganges kann beispielsweise der Durchmesser des Wickels von 1m auf 0,1m abnehmen. Außerdem können abhängig vom Produktionsprogramm Bahnen mit unterschiedlicher Breite in einem Bereich von etwa 1:4 verwendet werden. Auch das spezifische Gewicht des verwendeten Bahnmaterials kann unterschiedlich sein. Demnach kann sich auch die Masse des Wickels in einem sehr weiten Bereich verändern. Die Masse des Wickels hat jedoch einen wesentlichen Anteil am gesamten Trägheitsmoment der Regelstrecke. Durch die genannten Parameter kann sich das Trägheitsmoment des Wickels in einem Bereich größer als 1:1000 verändern. Bei einer Drehzahlregelung werden die Regelparameter des Drehzahlreglers 13 üblicherweise so eingestellt, daß im gesamten Regelbereich die Stabilitätsbedingungen erfüllt sind. Mit derartigen fest eingestellten Regelparametern kann die Drehzahlregelung jedoch nicht im gesamten Regelbereich optimal arbeiten, da sich die Streckenparameter aufgrund der großen Unterschiede im Trägheitsmoment des Wickels in einem sehr weiten Bereich verändern. Es werden daher von einer Recheneinrichtung 50 optimierte Regelparameter für den Drehzahlregler 13 fortlaufend aus den Streckenparametern ermittelt und der Drehzahlregler entsprechend eingestellt.

Bei den folgenden Erläuterungen werden die nachstehend aufgeführten Größen verwendet:

- a.....Optimierungsfaktor für die Reglerverstärkung
- 5 A.....wickelspezifischer Summand nach Gl.(10)
- d.....Index für einen Direktantrieb
- g.....Index für einen Gurtantrieb
- I_aAnkerstrom
- J.....auf den Antrieb bezogenes Trägheitsmoment
- 10 (J_o = Anfangswert)
- J_MTrägheitsmoment des Antriebs
- J_WTrägheitsmoment des Wickels (J_{wo} = Anfangswert)
- k_aKonstanter Faktor nach Gl.(3)
- 15 k_dspezifischer Faktor bei einem Direktantrieb
nach Gl.(16d)
- k_gspezifischer Faktor bei einem Gurtantrieb nach
Gl.(11g)
- 20 n_ssynchrone Drehzahl, n_nNenndrehzahl
- M_kkonstantes Antriebsmoment
- r.....Radius der Antriebsrollen des Gurtantriebes
- R_WRadius des Wickels (R_{wo} = Anfangswert)
- 25 T_INachstellzeit des Reglers
- T_SZeitkonstante der Strecke (T_{so} = Anfangswert)
- T_{so}Anfangswert von T_S
- 30 T_uVerzugszeit der Strecke
- t_sZeit bis zum Erreichen von n_s
- V_KKreisverstärkung
- V_RReglerverstärkung
- V_SStreckenverstärkung

Für die günstigste Einstellung von Regelvorgängen sind zahlreiche Optimierungsvorschriften bekannt, die beispielsweise beschrieben sind in Winfried Oppelt

"Kleines Handbuch technischer Regelvorgänge" 3. Auflage

5 1960, Seite 418 bis 433, insbesondere Seite 427. Bei der günstigsten Einstellung eines Regelkreises ist zu unterscheiden, ob er für die Ausregelung von Störgrößen oder für die Änderung der Führungsgröße optimiert werden soll, denn ein Regelvorgang ist verschieden ein-
10 zustellen, je nachdem ob er eine Störung möglichst rasch ausgleichen soll oder ob er eine Änderung der Führungsgröße möglichst getreu folgen soll. Weiterhin ist zu unterscheiden, ob ein aperiodischer Regelvorgang mit kürzester Dauer gefordert wird, oder ob eine
15 gewisse Überschwingung zugelassen wird, beispielsweise 20% Überschwingung bei kleinster Schwingungsdauer. Schließlich ist auch zu berücksichtigen, ob es sich bei dem verwendeten Regler um einen P-Regler, einen PI-Regler oder einen PID-Regler handelt.

20

Die nachfolgenden Erläuterungen werden beispielhaft gegeben für einen PI-Regler, der eine Störung möglichst rasch ausgleichen soll, wobei 20% Überschwingung bei kleinster Schwingungsdauer zugelassen sein sollen. Es
25 werden die Optimierungsfaktoren von Chien, Hrones, Reswick (a.a.O. S. 427) verwendet.

Für die optimierte Kreisverstärkung gilt allgemein die Optimierungsbedingung (1):

30

$$V_K = a \cdot \frac{T_S}{T_u} \quad (1)$$

wobei der Optimierungsfaktor a für das gewünschte Regelverhalten zu 0,7 gewählt werden kann.

Die Verzugszeit T_u der Strecke ist im wesentlichen die
 5 Summe der Ankerzeitkonstante der Maschine 5 und der Totzeit des Stromrichters 6. Diese Zeiten sind vom Trägheitsmoment des Wickels unabhängig. Die Verzugszeit T_u kann in dieser Betrachtung näherungsweise als konstant angesehen werden.

10

Die Kreisverstärkung V_K des Regelkreises ist das Produkt aus der Reglerverstärkung V_R und der Streckenverstärkung V_S . Die Streckenverstärkung V_S ist das Produkt aller Einzelverstärkungen, beispielsweise der
 15 Verstärkungen der Meßgeber, der unterlagerten Regler, des Stromrichters und des Antriebs. Die Streckenverstärkung V_S ist näherungsweise unabhängig vom Trägheitsmoment des Wickels und kann daher ebenfalls als konstant angesehen werden. Die Kreisverstärkung V_K ist
 20 das Produkt aus der Reglerverstärkung V_R und der Streckenverstärkung V_S nach Gl.(2):

$$V_K = V_R \cdot V_S \quad (2)$$

25

Setzt man in Gl.(2) das Optimierungskriterium (1) für die Kreisverstärkung ein, so erhält man Gl.(2.1) für die optimierte Reglerverstärkung V_R :

30

$$V_R = \frac{a}{T_u \cdot V_S} \cdot T_S \quad (2.1)$$

Man erkennt aus Gl.(2.1), daß die optimierte Regler-
verstärkung V_R unmittelbar proportional ist zur Zeit-
konstante T_S der Regelstrecke, da der Optimierungs-
faktor a , die Verzugszeit T_u der Strecke und die
5 Streckenverstärkung V_S näherungsweise konstant sind.
Führt man einen konstanten Faktor k_a nach Gl.(3) ein:

$$k_a = \frac{a}{T_u \cdot V_S} \quad (3)$$

10

so nimmt die Gl.(2.1) die Form (2.2) an:

$$V_R = k_a \cdot T_S \quad (2.2)$$

15

Das Problem besteht nun darin, daß zur laufenden Er-
mittlung der optimierten Reglerverstärkung V_R die
sich laufend ändernde Zeitkonstante T_S der Strecke
benötigt wird. Da die Veränderung der Zeitkonstante T_S
20 der Strecke im wesentlichen von der Veränderung des
Trägheitsmoments J_W des Wickels bestimmt wird, erfolgt
erfindungsgemäß eine laufende Ermittlung des Trägheits-
moments J_W des Wickels aus einem Anfangswert J_{W0} und dem
jeweiligen Wickelradius R_W . Gesucht wird somit die
25 Funktion (4):

$$T_S = f(J_{W0}, R_W) \quad (4)$$

Zur Bestimmung der Parameter der Regelstrecke, die im
30 wesentlichen die elektrische Maschine 5 mit dem Wickel
als fest angekuppelter Last enthält, kann die Zeit
herangezogen werden, die der Antrieb benötigt, um eine
neue Rolle mit einem konstanten Moment aus dem Still-
stand auf eine bestimmte Drehzahl zu beschleunigen.

Unter der Annahme eines weitgehend linearen Hochlaufs einer neuen Rolle bei einem vorgegebenen konstanten Antriebsmoment M_K , vorzugsweise dem Nennmoment, aus dem Stillstand auf eine vorgegebene Drehzahl n_s gilt
 5 für die Zeit t_s , die bis zum Erreichen der vorgegebenen Drehzahl n_s benötigt wird, die Gl.(5):

$$t_s = \frac{2\pi \cdot n_s}{M_K} \cdot J_O \quad (5)$$

10

Die Gl.(5) kann nach dem Anfangswert J_O des auf den Antrieb bezogenen gesamten Trägheitsmoments umgeformt werden zu Gl.(5.1):

$$J_O = \frac{t_s \cdot M_K}{2\pi \cdot n_s} \quad (5.1)$$

20

Für einen von einem Gurtantrieb (Index g) angetriebenen Wickel gilt Gl.(6g)

$$J_O = J_M + \left(\frac{R_{WO}}{r} \right)^2 \cdot J_{WO} \quad (6g)$$

Für den Anfangswert J_{WO} des Trägheitsmoments des
 25 Wickels kann die Gl.(6g) zur Gl.(6.1g) umgeformt werden:

$$J_{WO} = (J_O - J_M) \cdot \left(\frac{r}{R_{WO}} \right)^2 \quad (6.1g)$$

Setzt man Gl. (5.1) in Gl. (6.1g) ein, so erhält man
Gl. (6.2g):

$$J_{W0} = \left(\frac{t_s \cdot M_K}{2\pi \cdot n_s} - J_M \right) \cdot \left(\frac{r}{R_{W0}} \right)^2 \quad (6.2g)$$

5

- Der Anfangswert J_{W0} des Trägheitsmoments des Wickels läßt sich somit berechnen, wenn man die Werte auf der rechten Seite der Gl. (6.2) kennt. Bevor auf die Er-
- 10 mittlung dieser Werte und damit auf die Ermittlung des Anfangswertes des Trägheitsmoments des Wickels im einzelnen eingegangen wird, wird zunächst der Ablauf eines Rollenwechsels anhand der FIG 2 und 3 erläutert:
- 15 Sobald der Durchmesser des Wickels einen bestimmten Wert unterschreitet, wird in der Darstellung der FIG 2 der Gurtantrieb 4 vom Wickel 2b abgehoben. Der Arm des Rollenträgers 3 wird geschwenkt. Die Regelung der Bahnspannung der ablaufenden Bahn B erfolgt jetzt über
- 20 elektrische Bremseinrichtungen, beispielsweise über die schematisch dargestellten Induktionsbremsen 17 bzw. 18. Die Induktionsbremsen 17 bzw. 18 sind mit den Rollenachsen und mit Tachogeneratoren 19 bzw. 20 gekuppelt. Durch die Stellung der Schaltkontakte der
- 25 Umschalter 27 bzw. 28 wird festgelegt, daß die dem Wickel zugeordnete Induktionsbremse 17 zusammen mit dem zugehörigen Tachogenerator 19 wirksam wird, wenn der Gurtantrieb 4 vom Wickel 2b abgehoben wird. In der normalen Abwickelposition sind die Induktionsbremsen 17
- 30 bzw. 18 nicht wirksam. Daher befinden sich in der Darstellung der FIG 1 die Schaltkontakte der Umschalter 27 und 28 in einer Mittelstellung, so daß keine der beiden Induktionsbremsen 17, 18 wirksam ist und die Tacho-

spannungen der Tachogeneratoren 19, 20 nicht weiterverarbeitet werden. Zum besseren Verständnis sind in FIG 2 und FIG 3 die Umschalter 22 und 28 derart vereinfacht dargestellt, daß die Verbindungen zur jeweils nicht
5 wirksamen Induktionsbremse und zum Tachogenerator weggelassen sind.

FIG 2 zeigt den Rollenträger in einer Zwischenposition während des gegen den Uhrzeigersinn erfolgenden Schwenk-
10 vorganges aus der in FIG 1 dargestellten Abrollposition in die in FIG 3 dargestellte Klebposition. Der Gurtantrieb 4 wurde abgehoben und gleichzeitig wurden die Schaltkontakte der Schalteinrichtungen in die dargestellten Schaltstellungen umgesteuert. Die Drehzahl-
15 regelung des Wickels 2b erfolgt nicht mehr über den Gurtantrieb, sondern über die Induktionsbremse 17. Der Lageistwert von der Tänzerwalze 9 wird am Potentiometer 14 abgegriffen und im Vergleicher 10 mit dem Lagesollwert von der Einstellvorrichtung 11 verglichen. Die
20 Ausgangsspannung des Lagereglers 8 bildet den Drehzahl-Sollwert, der im weiteren Vergleicher 12 mit einem Drehzahl-Istwert verglichen wird. Dieser Drehzahl-Istwert wird in dieser Position des Rollenträgers über den geschlossenen Schaltkontakt 24 vom Tachogenerator 19
25 geliefert, der mit dem Wickel 2b gekuppelt ist. Die Ausgangsspannung des Drehzahlreglers 13 wird über den Schaltkontakt des Umschalters 25 und über ein Anpaßglied
als Steuerspannung dem Steuersatz 36 eines weiteren Stromrichters 16 zugeführt. Der Stromrichter 16 ist
30 das Stellglied für die Induktionsbremse 17, die auf den Wickel 2b wirkt.

FIG 3 zeigt den Rollenträger 3 in der Klebposition, in der die neue Rolle 1 an die ablaufende Bahn B

fliegend angeklebt wird. Dieser Vorgang ist im einzelnen beispielsweise beschrieben in der DE-OS 26 19 236. Der Wickel 2c ist bis auf den Restrollendurchmesser abgelaufen. Die Induktionsbremse 17 ist weiterhin im Eingriff. Die neue Rolle 1 befindet sich unter dem Gurtantrieb 4. Der Gurtantrieb 4 wird auf die neue Rolle 1 abgesenkt.

Damit die neue Rolle 1 fliegend an die Bahn B angeklebt werden kann, muß zunächst die Umfangsgeschwindigkeit der neuen Rolle 1 mit der Bahngeschwindigkeit übereinstimmen. Um diese Übereinstimmung herzustellen, sind ein Drehzahlregler 30 und ein vorgeschalteter Hochlaufgeber 37 vorgesehen. Der Hochlaufgeber 37, der beispielsweise als Integrator mit einem nachgeschalteten Begrenzungsglied ausgebildet sein kann, führt den Sollwert für den Drehzahlregler 30 nach einer fest vorgegebenen Rampenfunktion bis zur synchronen Drehzahl n_s , bei der die Umfangsgeschwindigkeit der neuen Rolle mit der Bahngeschwindigkeit übereinstimmt. Die Steigung der Rampenfunktion wird so gewählt, daß die Maschine 5 in dieser Hochlaufphase annähernd mit konstantem Ankerstrom betrieben wird. Zur Bildung einer der synchronen Drehzahl n_s entsprechenden Tachospaltung ist ein Tachogenerator 21 vorgesehen, der über ein Reibrad 22 von der ablaufenden Bahn B angetrieben wird. Die Tachospaltung des Tachogenerators 21 ist somit ein Maß für die Bahngeschwindigkeit. Die erforderliche synchrone Drehzahl n_s steht hierzu in einem festen Verhältnis, da die Umfangsgeschwindigkeit der neuen Rolle der Geschwindigkeit des Gurtbandes des Gurtantriebes 4 entspricht, die wiederum über die Drehzahl der Arbeitsmaschine 5 und das Übersetzungsverhältnis des Gurtantriebes bekannt ist.

Die Ausgangsspannung des Hochlaufgebers 37 wird mit der Tachospannung des Tachogenerators 7 in einem Vergleichler 29 verglichen. Die Regeldifferenz steuert den Drehzahlregler 30 aus. Die Ausgangsspannung des Drehzahlreglers 30 wird über den Umschalter 26 als Sollwert für den unterlagerten Stromregler 32 verwendet. Die neue Rolle wird somit über die Drehzahlregelung mit dem Drehzahlregler 30 und dem unterlagerten Stromregler 32 bis auf die synchrone Drehzahl n_s beschleunigt, wobei der Hochlaufgeber 37 für einen gleichmäßigen Hochlauf mit weitgehend konstantem Ankerstrom und damit auch weitgehend konstantem Antriebsmoment sorgt.

Wenn die Umfangsgeschwindigkeit der neuen Rolle 1 mit der Bahngeschwindigkeit der ablaufenden Bahn B übereinstimmt, erfolgt der Klebevorgang durch Andrücken der ablaufenden Bahn B an die mit einer Klebefahne 15 versehene neue Rolle 1 durch eine Bürstenwalze 40. Hinter der Klebestelle wird die von der alten Rolle ablaufende Bahn von einem Schlagmesser 41 durchgeschnitten. Unmittelbar nach dem Klebevorgang übernimmt wiederum der Gurtantrieb die Drehzahlregelung der neuen Rolle. Hierzu ist im allgemeinen zunächst ein Abbremsen der neuen Rolle erforderlich. Der Gurtantrieb mit der elektrischen Maschine 5 und dem Stromrichter 6 ist daher als 4-Quadrantenantrieb ausgeführt, vorzugsweise mit einem Stromrichter in kreisstromfreier Gegenparallelschaltung. Der Übergang der Steuerung des Gurtantriebes von der Beschleunigung der neuen Rolle auf die Synchrondrehzahl n_s , bei der die Umfangsgeschwindigkeit der neuen Rolle 1 mit der Bahngeschwindigkeit der ablaufenden Rolle B übereinstimmt, auf die Drehzahlregelung im Hinblick auf eine gleichbleibende Bahnspannung, erfolgt dadurch, daß die Schaltkontakte der Schaltein-

richtungen wiederum in die Lage umgesteuert werden, die in der FIG 1 dargestellt ist. Die Restrolle 2c wird nun von der Achse des Rollenträgers abgezogen und es wird auf diese Achse eine neue Rolle eingeschoben.

5

Der Hochlauf der neuen Rolle 1 wird dazu benutzt, um die zur Lösung der Gl. (6.2) erforderlichen Werte zu ermitteln. Zunächst wird die Ermittlung des Wickelradius anhand von FIG 4 beschrieben:

10

FIG 4 zeigt schematisch die meßtechnische Ermittlung des Radius der neuen Rolle 1 und des Radius der ablaufenden Rolle 2. Die Position des Rollenträgers entspricht der FIG 3. Es sind lediglich diejenigen Elemente dargestellt, die zur Erfassung der Radien erforderlich sind. Auf einer auf dem Wickelkern bzw. der Achse des Wickels 2 befestigten Scheibe ist eine Markierung 51 angebracht, die von einer Sonde 52 erkannt wird. Die Sonde 52 erzeugt bei jeder Umdrehung des Wickels 2
20 einen Impuls beim Vorbeilauf der Markierung 51.

Die Bahn B triebt über ein Reibrad 53 einen digitalen Impulsgeber 54 an, dessen Impulsscheibe eine größere Anzahl von Markierungen trägt, die von einer weiteren
25 Sonde 55 abgetastet werden. Die Sonde 55 erzeugt somit bei einer bestimmten Bahnlänge eine vorgegebene Anzahl von Impulsen. Die Impulse der Sonde 55 werden von einer Zähleinrichtung 60 gezählt. Die Zähleinrichtung wird durch einen ersten Impuls der Sonde 52 freigegeben und
30 zählt die Impulse der Sonde 55 solange, bis ein zweiter Impuls der Sonde 52 eintrifft. Die Anzahl der Impulse der Sonde 55 zwischen zwei aufeinanderfolgenden Impulsen der Sonde 52 ist ein Maß für die bei einer Umdrehung des Wickels 2 abgezogenen Bahnlänge und damit auch ein

Maß für den Radius R_w des Wickels 2.

Auf einer am Wickelkern oder der Achse der neuen Rolle 1 befestigten Scheibe ist eine weitere Markierung 56 angebracht, die von einer weiteren Sonde 57 erkannt wird. Unter der Voraussetzung, daß die Bahngeschwindigkeit der ablaufenden Bahn B mit der Umfangsgeschwindigkeit der neuen Rolle übereinstimmt, kann in einer weiteren Zähleinrichtung 61 der Radius R_{w0} der neuen Rolle 1 dadurch bestimmt werden, daß die Anzahl der Impulse der Sonde 55 zwischen zwei Impulsen der Sonde 57 gezählt werden. Die Bestimmung des Radius R_{w0} erfolgt somit dadurch, daß bei Erreichen des Synchronlaufes am Ende des Hochfahrens der neuen Rolle 1 ein Schalter 58 durch einen entsprechenden Befehl geschlossen wird. Die Zähleinrichtung 61 zählt nunmehr die Impulse der Sonde 55 während einer Umdrehung der neuen Rolle 1. Die Anzahl der Impulse der Sonde 55 ist unmittelbar ein Maß für den Radius R_{w0} der neuen Rolle 1.

20

In Gl. (6.2g) wird weiterhin der Radius r der Antriebsrollen des Gurtantriebes benötigt. Dieser Radius ist bekannt und kann fest vorgegeben werden.

25 Weiterhin wird die Synchrondrehzahl n_s benötigt, bei der die Geschwindigkeit der ablaufenden Bahn B übereinstimmt mit der Umfangsgeschwindigkeit der neuen Rolle 1. Die Synchrondrehzahl n_s kann aus der vom Tachogenerator 7 erfaßten Drehzahl der Maschine 5 unter Berücksichtigung des Übersetzungsverhältnisses r/R_{w0} oder
30 unmittelbar aus der Tachospannung des Tachogenerators 20 ermittelt werden.

Weiterhin wird die Zeit t_s erfaßt, die der Antrieb benötigt, um die neue Rolle mit einem fest vorgegebenen Moment aus dem Stillstand auf die Synchrondrehzahl n_s hochzufahren.

5

Zur Festlegung des vorgegebenen Antriebsmoments kann die Maschine 5 grundsätzlich auf konstantes Moment geregelt werden. Für den vorliegenden Fall ist es jedoch ausreichend, wenn das Moment der Maschine 5 als unmittelbar proportional zum Ankerstrom angesehen wird. Es ist dann eine Regelung auf konstanten Ankerstrom ohne weiteres dadurch möglich, daß der Hochlaufgeber 37 entsprechend ausgelegt wird.

- 15 Das Trägheitsmoment J_M des Antriebs ist bekannt und kann als konstant angenommen werden. Es kann bei der Inbetriebnahme ermittelt werden.

Die Ermittlung des Anfangswertes J_{W0} des Trägheitsmoments des Wickels wird somit wie folgt vorgenommen:

Der Gurtantrieb 4 wird auf die neue Rolle 1 abgesenkt. Der Antrieb 5 wird eingeschaltet und mit konstantem Strom, vorzugsweise Nennstrom, bis zum Erreichen der Synchrondrehzahl n_s hochgefahren. Sobald die Synchrondrehzahl n_s erreicht ist, wird diese bestimmt und die benötigte Zeit t_s gemessen. Jetzt wird auch der Radius R_{W0} der neuen Rolle 1 bestimmt. Bekannt ist weiterhin der vorgegebene Wert des Ankerstromes I_a , das Trägheitsmoment J_M der Maschine und der Radius r der Antriebsrollen des Gurtantriebes. Hieraus läßt sich nach Gl. (6.2g) unmittelbar der Anfangswert J_{W0} des Trägheitsmoments des Wickels unter einem Gurtantrieb berechnen.

FIG 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung 80 zur Ermittlung des Anfangswertes J_{W0} des Wickels unter einem Gurtantrieb. Die Schaltungsanordnung 80 enthält einen Integrator 81, der zu Beginn des Hochlaufs der neuen Rolle über einen Schalter 82 an ein Potentiometer 83 angeschlossen wird. Der von einer Kommandostufe 92 betätigte Schalter 82 wird wieder geöffnet, wenn die Rolle die synchrone Drehzahl erreicht hat. Dies läßt sich aus einer Überwachung der Regeldifferenz ermitteln, die den Drehzahlregler 30 aussteuert. Der Integrator 81 integriert somit eine konstante Eingangsspannung solange bis die synchrone Drehzahl erreicht wird. Die Ausgangsspannung des Integrators 81 ist somit ein Maß für die Hochlaufzeit t_s .

Dem Integrator 81 ist ein Divisionsglied 84 nachgeschaltet, dessen Dividendeneingang mit dem Ausgang des Integrators 81 und dessen Divisoreingang mit dem Tachogenerator 7 verbunden ist. Der Ausgang des Divisionsgliedes 84 ist mit dem einen Eingang eines Multipliziergliedes 85 verbunden, dessen zweiter Eingang mit einer den Ankerstrom I_a der Maschine abbildenden Spannung verbunden ist. Der Ankerstrom ist ein Maß für das Antriebsmoment der Maschine. Zur Berücksichtigung der Proportionalitätsfaktoren wird die Meßspannung für den Ankerstrom über ein Potentiometer 86 geführt. Die Ausgangsspannung des Multipliziergliedes 85 wird in einem Vergleichsglied 87 mit einer Spannung verglichen, die auf einen dem Trägheitsmoment J_M der Maschine entsprechenden Wert eingestellt ist, beispielsweise an einem weiteren Potentiometer 88. Die Ausgangsspannung des Vergleichsgliedes 87 wird dem einen Eingang eines Multiplizierers 89 zugeführt, dessen anderer Eingang mit einer Spannung beaufschlagt ist, die

dem Wert $(R_{w0}/d)^2$ entspricht. Diese Spannung kann beispielsweise an einem Potentiometer 90 abgegriffen werden, das an einer von der Zähleinrichtung 61 bestimmten Spannung liegt bzw. dessen Abgriff von der Zähleinrichtung 61 verändert werden kann. Die Ausgangsspannung des Multiplizierers⁸⁹ ist ein Maß für den gesuchten Anfangswert J_{w0} des Trägheitsmoments eines Wickels unter einem Gurtantrieb. Sie wird über einen Schalter 91 dem Rechner 50 zugeführt. Der Schalter 91 wird von der Kommandostufe 92 geschlossen, sobald die synchrone Drehzahl erreicht ist, und unmittelbar nach der Übernahme des Anfangswertes J_{w0} des Trägheitsmoments des Wickels wieder geöffnet.

Zunächst wird der Anfangswert T_{s0} der Zeitkonstante der Strecke benötigt. Unter der getroffenen Voraussetzung eines linearen Hochlaufs ergibt sich T_{s0} nach Gl.(7):

$$T_{s0} = \frac{n_i}{n_s} \cdot t_s \quad (7)$$

Hieraus folgt der Anfangswert V_{Ro} der optimierten Reglerverstärkung nach Gl.(2.3) aus der Beziehung (2.2) zu:

$$V_{Ro} = k_a \cdot T_{s0} \quad (2.3)$$

Die sich mit abnehmendem Wickelradius R_W laufend
verändernde Zeitkonstante T_S der Strecke läßt sich
über die Beziehung (8) ermitteln:

$$\frac{T_S}{T_{So}} = \frac{J}{J_O} \quad (8)$$

Für das momentane Trägheitsmoment J gilt als Gl.(6.3g)
die in allgemeiner Form dargestellte Gl.(6g):

$$J = J_M + \left(\frac{r}{R_W} \right)^2 \cdot J_W \quad (6.3g)$$

Löst man die Beziehung (8) nach T_S auf und setzt
Gl.(6.3g) ein, so erhält man Gl.(8.1g) für einen
Wickel mit Gurtantrieb:

$$T_{Sg} = \frac{T_{So}}{J_O} \cdot J = T_{So} \cdot \frac{J_M}{J_O} + T_{So} \cdot \left(\frac{r}{R_W} \right)^2 \cdot \frac{J_W}{J_O} \quad (8.1g)$$

Da für das momentane Trägheitsmoment J_W des Wickels
die Beziehung (9) gilt:

$$\frac{J_W}{J_{Wo}} = \left(\frac{R_W}{R_{Wo}} \right)^4 \quad (9)$$

nimmt die Gl.(8.1g) die Form (8.2g) an:

$$T_{Sg} = T_{So} \cdot \frac{J_M}{J_O} + T_{So} \cdot \frac{J_{Wo}}{J_O} \cdot \frac{r^2}{R_{Wo}^2} \cdot R_W^2 \quad (8.2g)$$

Die Gleichung (8.2g) ist die gesuchte Funktion (4)
für einen Wickel mit Gurtantrieb.

Führt man einen wickelspezifischen Summanden

5

$$A = T_{So} \cdot \frac{J_M}{J_O} \quad (10)$$

und einen bei einem Gurtantrieb spezifischen Faktor k_g

10

$$k_g = \frac{T_{So} \cdot J_{Wo}}{J_O \cdot r^2 \cdot R_{Wo}^2} \quad (11g)$$

ein, so nimmt die Gl. (8.2g) die Form (8.3g) an:

15

$$T_S = A + k_g \cdot R_W^2 \quad (8.3g)$$

Für die optimierte Reglerverstärkung V_{Rg} eines Drehzahl-
reglers für einen Wickel mit Gurtantrieb gilt dann
Gl. (2.4g):

20

$$V_{Rg} = k_a (A + k_g \cdot R_W^2) \quad (2.4g)$$

25

Die Gl. (2.4g) wird von der Recheneinrichtung 50 laufend
berechnet und dem Drehzahlregler 13 wird die optimierte
Reglerverstärkung vorgegeben.

30 Bezüglich der Nachstellzeit T_I eines PI-Reglers gilt
für eine gute Ausregelung von Störgrößen bei 20% Über-
schwingung die Optimierungsbedingung (12):

$$T_I = 2,3 \cdot T_u \quad (12)$$

Da - wie bereits erwähnt - die Verzugszeit T_u der Strecke als konstant angesehen werden kann, kann für ein derartiges Regelverhalten die Nachstellzeit T_I des Drehzahlreglers fest eingestellt werden.

5

Wird dagegen ein gutes Führungsverhalten eines PI-Reglers gefordert, so gilt bei einer zulässigen 20% Überschwingung bei kleinster Schwingungsdauer die Optimierungsbedingung (13):

10

$$T_I = T_S \quad (13)$$

Falls ein derartiges Regelverhalten gewünscht wird, kann somit die optimierte Nachstellzeit T_I des Drehzahlreglers 13 aus der Gl.(12) fortlaufend ermittelt werden.

FIG 6 zeigt einen zweiarmigen Rollenträger 3 mit Direktantrieb in der Klebeposition vergleichbar mit der Darstellung der FIG 3. Die ablaufende Rolle 2c wird unmittelbar von einer elektrischen Maschine 63 angetrieben, bzw. abgebremst. Die Drehzahl der Maschine 63 und damit die Drehzahl der ablaufenden Rolle 2c wird von einem Tachogenerator 64 erfaßt. Die Maschine 63 wird von einem Stromrichter 65 gespeist, der als Vierquadrantensteller ausgebildet ist. Die Regelung der Drehzahl der Maschine 63 wird von einem Drehzahlregler 69 durchgeführt, dem ein Stromregler 67 unterlagert ist. Zur Erzielung einer gleichbleibenden Bahnspannung ist wiederum eine Lageregelung mit einer Tänzerwalze 9 zur Gewinnung eines Lageistwertes, einer Einstellvorrichtung 11 zur Einstellung eines Lagesollwertes, ein Vergleicher 10 zur Bildung der Lagedifferenz aus Lagesollwert und Lageistwert und ein Lageregler 8 vorgesehen. Die Ausgangs-

spannung des Lagereglers 8 bildet den Sollwert für den Drehzahlregler 69, dessen Istwert vom Tachogenerator 64 geliefert wird. Die Reglerverstärkung und die Nachstellzeit des Drehzahlreglers 69 werden von einer
5 Recheneinrichtung 70 eingestellt, die später erläutert wird. Das Ausgangssignal des Drehzahlreglers 69 ist der Sollwert für den unterlagerten Stromregler 67, der in einem Vergleicher 68 mit dem Stromistwert verglichen wird. Die Ausgangsspannung des unterlagerten Strom-
10 reglers 67 steuert den Zündwinkel der Zündimpulse eines Steuersatzes 66.

Der neuen Rolle 1 ist ein gleichartig aufgebauter Direktantrieb zugeordnet. Sein Aufbau wird zusammen mit seiner
15 Funktion bei der Beschleunigung der neuen Rolle auf die synchrone Drehzahl n_s beschrieben. Die elektrische Maschine 71 zum Antrieb der neuen Rolle wird von einem Stromrichter 73 gespeist, der ebenfalls als Vierquadrantensteller ausgebildet ist. Dem Stromrichter 73
20 ist ein Drehzahlregler 77 mit einem unterlagerten Stromregler 75 zugeordnet. Während des Beschleunigungsvorganges der neuen Rolle 1 ist wiederum der Hochlaufgeber 37 wirksam, der den Sollwert für den Drehzahlregler 77 nach einer vorgegebenen Rampenfunktion bis
25 zum Erreichen der synchronen Drehzahl hochfährt. Das Ausgangssignal des Hochlaufgebers 37 wird mit dem von einem Tachogenerator 72 abgegriffenen Drehzahl-Istwert in einem Vergleicher 78 verglichen. Die Drehzahl-
differenz steuert den Drehzahlregler 77 aus. Die Aus-
30 gangsspannung des Drehzahlreglers 77 bildet den Sollwert für den unterlagerten Stromregler 75 und wird mit dem Stromistwert in einem Vergleicher 76 verglichen.

Die Regeldifferenz steuert den Stromregler 75 aus. Die Ausgangsspannung des Stromreglers 75 ist die Steuerungsspannung für den Steuersatz 74 zur Erzeugung der Zündimpulse für den Stromrichter 73.

5

Ein Rollenwechsel wird bei einem derartigen Rollenträger mit Direktantrieb in analoger Weise durchgeführt wie bei einem Rollenträger mit Gurtantrieb. Da jedoch beide Rollen mit einem Direktantrieb ausgerüstet sind, sind
10 keine Induktionsbremsen erforderlich und der Ablauf eines Rollenwechsels gestaltet sich etwas einfacher. Zunächst läuft in der normalen Abrollposition analog zu FIG 1 die Bahn von der alten Rolle ab. Die Bahnspannung wird dabei über den Direktantrieb 63 nach
15 Maßgabe des Lagereglers 8, des Drehzahlreglers 69 und des unterlagerten Stromreglers 67 geregelt. Die Regelparameter des Drehzahlreglers 69 werden von Recheneinrichtung 70 fortlaufend ermittelt. Unmittelbar vor dem Klebevorgang schwenkt der Rollenträger in die in
20 FIG 6 dargestellte Klebeposition. Die Beeinflussung der ablaufenden Rolle 2c durch den Direktantrieb 63 bleibt weiterhin im Eingriff. Gleichzeitig wird die neue Rolle 1 auf die synchrone Drehzahl in der beschriebenen Weise beschleunigt. Dabei werden die-
25 jenigen Daten ermittelt, die zur Berechnung des Anfangswertes des Trägheitsmoments der neuen Rolle und des Anfangswertes ihres Radius erforderlich sind. Unmittelbar vor dem Klebekommando wird die Vorgabe von optimierten Reglerparametern durch die Recheneinrichtung 70 an den Drehzahlregler 69 beendet. Die
30 Recheneinrichtung 70 übernimmt die beim Hochlauf der neuen Rolle ermittelten Daten und berechnet über den Anfangswert des Trägheitsmoments der neuen Rolle und

den Anfangswert von deren Radius die optimierten Reglerparameter für die sich an den Klebevorgang anschließende Drehzahlregelung der neuen Rolle 1. Mit dem Klebekommando wird der Hochlaufgeber 37 abgeschaltet und
 5 stattdessen wird das Ausgangssignal des Lagereglers 8 auf den Vergleichspunkt 78 des Drehzahlreglers 77 geschaltet. Gleichzeitig werden dem Drehzahlregler 77 die Anfangswerte der optimierten Reglerparameter durch die Recheneinrichtung 70 eingegeben. Die Recheneinrichtung 70
 10 ermittelt daran anschließend fortlaufend die optimierten Reglerparameter aus der Abnahme des Radius des Wickels. Der Antrieb 63 wird abgeschaltet, die Restrolle entfernt und eine neue Rolle eingeschoben. Der Antrieb 63 ist bis zum nächsten Klebevorgang stillgesetzt.

15

Für die erforderlichen Berechnungen gelten die Gl.(1) bis (3) für die Regleroptimierung in gleicher Weise:

$$V_K = a \cdot \frac{T_S}{T_u} \quad (1)$$

20

$$V_K = V_R \cdot V_S \quad (2)$$

25

$$V_R = \frac{a}{T_u \cdot V_S} \cdot T_S \quad (2.1)$$

$$k_a = \frac{a}{T_u \cdot V_S} \quad (3)$$

30

$$V_R = k_a \cdot T_S \quad (2.2)$$

Für die Hochlaufzeit t_s bei einem weitgehend linearen Hochlauf gilt ebenfalls die Gl (5):

$$t_s = \frac{2 \pi \cdot n_s}{M_k} \cdot J_o \quad (5)$$

5

die wiederum zu Gl.(5.1) umgeformt werden kann:

$$J_o = \frac{t_s \cdot M_k}{2 \pi \cdot n_s} \quad (5.1)$$

10

Für einen von einem Direktantrieb (Index d) angetriebenen Wickel gilt jedoch anstelle von Gl.(6g) die

15 Gl.(14d):

$$J_o = J_M + J_{wo} \quad (14d)$$

20 Für den Anfangswert J_{wo} des Trägheitsmoments des Wickels kann die Gl.(5.1) in die Gl.(14d) eingesetzt werden. Man erhält dann Gl.(14.1d):

$$J_{wo} = \frac{t_s \cdot M_k}{2 \pi \cdot n_s} - J_M \quad (14.1d)$$

25

Der Anfangswert des Trägheitsmoments des Wickels läßt sich somit nach Gl.(14.1d) berechnen, wenn man die
30 synchrone Drehzahl n_s , die Hochlaufzeit t_s bis zum Erreichen der synchronen Drehzahl, das Antriebsmoment M_k der Maschine bzw. den hierzu proportionalen Ankerstrom, sowie das Trägheitsmoment J_M der Maschine kennt. Diese Größen werden in der gleichen Weise ermittelt wie be-
35 reits beschrieben.

Für den Anfangswert T_{So} der Zeitkonstante der Strecke gilt wiederum die Gl. (7)

$$T_{So} = \frac{n}{n_s} \cdot t_s \quad (7)$$

5

Hieraus folgt der Anfangswert V_{Ro} der optimierten Reglerverstärkung nach Gl. (2.3):

$$V_{Ro} = k_a \cdot T_{So} \quad (2.3)$$

10

Für den Momentanwert der Zeitkonstante T_S der Strecke gilt wiederum Gl. (8):

15

$$\frac{T_S}{T_{So}} = \frac{J}{J_o} \quad (8)$$

20 Für den Momentanwert J des gesamten auf den Antrieb bezogenen Trägheitsmoments gilt bei einem Direktantrieb die Gl. (14d) in der allgemeinen Form (14.2d):

$$J = J_M + J_W \quad (14.2d)$$

25

Löst man die Beziehung (8) wiederum nach T_S auf und setzt Gl. (14.2d) ein, so erhält man die Gl. (15d)

$$30 \quad T_S = \frac{T_{So}}{J_o} \cdot J = T_{So} \cdot \frac{J_M}{J_o} + \frac{T_{So}}{J_o} \cdot J_W \quad (15d)$$

Mit Gl. (9)

$$\frac{J_W}{J_{W0}} = \left(\frac{R_W}{R_{W0}} \right)^4 \quad (9)$$

5

nimmt Gl. (15d) die Form (15.1d) an:

$$T_{Sd} = \frac{T_{So} \cdot J_M}{J_O} + \frac{T_{So} \cdot J_{W0}}{J_O \cdot R_{W0}} \cdot R_W^2 \quad (15.1d)$$

10

Führt man wiederum den wickelspezifischen Summanden A nach Gl. (10)

$$A = \frac{T_{So} \cdot J_M}{J_O} \quad (10)$$

15

und einen für einen Direktantrieb spezifischen Faktor k_d nach Gl. (16d) ein:

$$k_d = \frac{T_{So} \cdot J_{W0}}{J_O \cdot R_{W0}^4} \quad (16d)$$

20

so nimmt die Gl. (15.1) die Form (15.2) an:

$$T_{Sd} = A + k_d \cdot R_W^4 \quad (15.2d)$$

Für die optimierte Reglerverstärkung V_{Rd} eines Drehzahlreglers bei einem Wickel mit Direktantrieb gilt dann Gl. (25d)

$$V_{Rd} = k_a (A + k_d \cdot R_W^4) \quad (2.5d)$$

FIG 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung 100 zur Ermittlung des Anfangswertes J_{W0} des Wickels bei einem Direktantrieb. Die Schaltungsanordnung 100 enthält einen Integrator 96, der zu Beginn des Hochlaufs der neuen Rolle über einen Schalter 94 an ein Potentiometer 93 angeschlossen wird. Der von einer Kommandostufe 103 betätigte Schalter 94 wird wieder geöffnet, wenn die Rolle die synchrone Drehzahl n_s erreicht hat. Der Integrator 96 integriert somit eine konstante Eingangsspannung solange, bis die synchrone Drehzahl erreicht wird. Die Ausgangsspannung des Integrators 96 ist ein Maß für die Hochlaufzeit t_s .

Dem Integrator 96 ist ein Divisionsglied 97 nachgeschaltet, dessen Dividendeneingang mit dem Ausgang des Integrators 96 und dessen Divisoreingang mit dem Tachogenerator 72 verbunden ist, der in der Darstellung der FIG 6 dem Direktantrieb 71 für die neue Rolle 1 zugeordnet ist. Beim nächsten Rollenwechsel wird der Divisoreingang des Divisionsgliedes 97 mit dem anderen Tachogenerator 64 verbunden. Der Ausgang des Divisionsgliedes 97 ist mit dem einen Eingang eines Multipliziergliedes 98 verbunden, dessen zweiter Eingang mit dem Strommeßwandler 79 zur Erfassung des Ankerstromes des Direktantriebs 71 der neuen Rolle 1 verbunden ist. Beim nächsten Rollenwechsel wird dieser Eingang des Multipliziergliedes 98 mit dem Strommeßwandler 104 des anderen Direktantriebes verbunden. Der Ankerstrom der jeweils die neue Rolle 1 beschleunigenden Maschine ist wiederum ein Maß für das Antriebsmoment. Zur Berücksichtigung der Proportionalitätsfaktoren wird die Meßspannung für den Ankerstrom über ein Potentiometer 105 geführt. Die Ausgangsspannung des Multipliziergliedes 98

wird in einem Vergleichsglied 99 mit einer Spannung verglichen, die auf einen dem Trägheitsmoment J_M der Maschine entsprechenden Wert eingestellt ist, beispielsweise an einem weiteren Potentiometer 102. Die Ausgangsspannung des Vergleichsgliedes 99 ist ein Maß für den gewünschten Anfangswert J_{W0} des Trägheitsmoments des Wickels bei einem Direktantrieb. Sie wird über einen Schalter 101 dem Rechner 70 zugeführt. Der Schalter 101 wird von der Kommandostufe 103 geschlossen, sobald die synchrone Drehzahl erreicht ist und unmittelbar nach der Übernahme des Anfangswertes des Trägheitsmoments in den Rechner 70 wieder geöffnet.

FIG 8 zeigt das Zusammenwirken eines Drehzahlreglers mit einstellbarer Reglerverstärkung mit einem Rechner und mit den Schaltungsanordnungen zur Ermittlung des Anfangswertes des Trägheitsmoments des Wickels, des Anfangswertes des Wickelradius und des aktuellen Wickelradius. Die Bezugszeichen beziehen sich auf die Anwendung bei einem Rollenträger mit Gurtantrieb gemäß den Figuren 1 bis 5. In Klammern sind jeweils die Bezugszeichen für die Anwendung bei einem Rollenträger mit Direktantrieb gemäß den Figuren 6, 7 angegeben. Der Drehzahlregler 13 enthält einen Operationsverstärker, dessen Rückführung mit der Serienschaltung eines Kondensators und eines ohmschen Widerstandes beschaltet ist. Der invertierende Eingang des Operationsverstärkers wird über einen Eingangswiderstand und ein Multiplizierglied 106 mit der Regeldifferenz beaufschlagt. Die Nachstellzeit des Reglers, die als Produkt aus dem Widerstandswert des Eingangswiderstandes im invertierenden Eingang und der Kapazität des Kondensators in der Rückführung definiert ist, bleibt konstant, da sich voraussetzungsgemäß die

Zeitkonstante der Strecke nicht ändert. Die Regler-
verstärkung ist der Quotient aus dem Widerstandswert
des Widerstandes in der Rückführung und des Eingangs-
widerstandes. Diese durch die Reglerbeschaltung vorge-
5 gegebene Verstärkung ist veränderbar um einen Faktor V ,
der dem Multiplizierglied 106 an dessen zweiten Eingang
zugeführt wird.

Der Faktor V wird als entsprechende Spannung vom Rechner
10 50 geliefert. Der Rechner 50 berechnet fortlaufend die
Gl. (2.4g) zur Ermittlung der optimierten Reglerver-
stärkung. Der Rechner 50 benötigt hierzu den Anfangs-
wert J_{W0} des Trägheitsmoments des Wickels, der ihm von
der Schaltungsanordnung 80 nach FIG 5 am Ende des Be-
15 schleunigungsvorganges der neuen Rolle eingegeben wird.
Der Rechner 50 benötigt weiterhin den Anfangswert R_{W0}
und den laufenden Wert R_W des Wickelradius. Diese Werte
werden ihm in der zu FIG 4 beschriebenen Weise zugeführt.

20 Bei einem Rollenträger mit Direktantrieb wird die
optimierte Reglerverstärkung laufend von einem Rechner 70
nach Gl. (2.5d) ermittelt. Der hierzu benötigte Anfangs-
wert J_{W0} des Trägheitsmoments des Wickels wird von der
Schaltungsanordnung 100 gemäß FIG 7 am Ende der Be-
25 schleunigung der neuen Rolle eingegeben. Der momentane
Wickelradius R_W wird in bekannter Weise ermittelt, bei-
spielsweise wie in FIG 4 dargestellt ist. Der Anfangs-
wert des Wickelradius wird in diesem Falle nicht be-
nötigt.

30

Außer der in FIG 8 dargestellten Möglichkeit zur Ver-
änderung der effektiven Reglerverstärkung sind auch
andere aus der Regelungstechnik bekannte Wege möglich.

Für den Fall, daß auch die Nachstellzeit des Reglers optimiert werden soll, kann ein Kondensator mit veränderbarer Kapazität in die Rückführung des Drehzahlreglers eingeschaltet werden. Beispielsweise ist es
5 möglich, einen motorisch angetriebenen Drehkondensator zu verwenden, der vom Rechner gesteuert wird.

5 Patentansprüche

8 Figuren

Patentansprüche

1. Regelanordnung für einen Rollenträger (3), bei dem von einer drehbar gelagerten Rolle (2) eine Bahn (B) mit vorgegebener Bahnspannung abgewickelt wird, wobei der Rolle eine elektromotorische Antriebs- oder Bremsrichtung (5,17) mit einem Drehzahlregler (13; 69, 77) und einem Rechner (50; 70) zugeordnet ist, der optimierte Regelparameter für den Drehzahlregler (13; 69, 77) fortlaufend aus den Streckenparametern ermittelt, d a -
 d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der
 10 Rechner (50; 70) die optimierte Reglerverstärkung und/oder die optimierte Nachstellzeit des Drehzahlreglers (13; 69, 77) aus einem während des Hochlaufs der neuen Rolle (1) bestimmten Anfangswert (J_{wo}) des Trägheitsmoments und dem momentanen Radius des Wickels (2) ermittelt.

15

2. Regelanordnung nach Anspruch 1 für einen Rollenträger mit einem Gurtantrieb, g e k e n n z e i c h n e t durch eine Schaltungsanordnung (80), die den Anfangswert des Trägheitsmoments des Wickels aus Meßwerten
 20 für die synchrone Drehzahl (n_s), für die Zeit (t_s) bis zum Erreichen der synchronen Drehzahl, für das Antriebsmoment der Antriebsmaschine und für den Anfangswert des Wickelradius, sowie aus vorgegebenen Werten für das Trägheitsmoment des Antriebs und den Radius der Antriebs-
 25 rollen des Gurtantriebes (4) ermittelt.

3. Regelanordnung nach Anspruch 2, g e k e n n z e i c h n e t durch eine Schaltungsanordnung (80) mit folgenden Merkmalen:

30 a) ein Integrator (81) zur Ermittlung einer der Hochlaufzeit (t_s) proportionalen Spannung, der während

der Beschleunigung der neuen Rolle (1) bis zum Erreichen der synchronen Drehzahl (n_s) an eine konstante Eingangsspannung (Potentiometer 83) angeschlossen wird,

- 5 b) ein Divisionsglied (84), dessen Eingänge von der Ausgangsspannung des Integrators (81) und von der Tachospannung eines Tachogenerators (7) zur Erfassung der synchronen Drehzahl (n_s) der neuen Rolle (1) beaufschlagt sind,
- 10 c) ein Multiplizierglied (85), dessen Eingänge von der Ausgangsspannung des Divisionsgliedes (84) und von einer dem Antriebsmoment der Maschine proportionalen Spannung (Ankerstrom I_a) beaufschlagt sind,
- 15 d) ein Vergleichsglied (87), das die Differenz der Ausgangsspannung des Multipliziergliedes (85) und einer dem Trägheitsmoment der Maschine (J_M) proportionalen Spannung bildet,
- 20 e) ein weiterer Multiplizierer (89) zur Bildung eines dem Anfangswert (I_{W0}) des Trägheitsmoments des Wickels proportionalen Spannung, dessen Eingänge mit der Ausgangsspannung des Vergleichsgliedes (87) und mit einer Spannung beaufschlagt sind, die dem quadrierten Wert des Verhältnisses des Radius (r) der Antriebsrollen des Gurtantriebs (4) und dem Anfangswert (R_{W0}) des Wickelradius entspricht (FIG 5).
- 25 f) ein weiterer Multiplizierer (90) zur Bildung eines dem Anfangswert (I_{W0}) des Trägheitsmoments des Wickels proportionalen Spannung, dessen Eingänge mit der Ausgangsspannung des Vergleichsgliedes (87) und mit einer Spannung beaufschlagt sind, die dem quadrierten Wert des Verhältnisses des Radius (r) der Antriebsrollen des Gurtantriebs (4) und dem Anfangswert (R_{W0}) des Wickelradius entspricht (FIG 5).
- 30 4. Regelanordnung für einen Rollenträger mit einem Direktantrieb, g e k e n n z e i c h n e t durch eine Schaltungsanordnung (100), die den Anfangswert des Trägheitsmoments des Wickels aus Meßwerten für die synchrone Drehzahl (n_s) für die Zeit (t_s) bis zum Erreichen der synchronen Drehzahl für das Antriebsmoment der Antriebsmaschine sowie aus einem vorgegebenen Wert für das Trägheitsmoment des Antriebs
- 35 ermittelt.

5. Regelanordnung nach Anspruch 4, g e k e n n -
z e i c h n e t durch eine Schaltungsanordnung (100)
mit folgenden Merkmalen:

- 5 a) ein Integrator (96) zur Bildung einer der Hochlaufzeit (t_s) proportionalen Spannung, der während der Beschleunigung der neuen Rolle (1) bis zum Erreichen der synchronen Drehzahl an eine konstante Eingangsspannung (Potentiometer 93) angeschlossen wird,
- 10 b) ein Divisionsglied (97), dessen Eingänge von der Ausgangsspannung des Integrators (96) und von der Tachospannung eines Tachogenerators (72 bzw. 64) zur Erfassung der synchronen Drehzahl (n_s) der neuen Rolle (1) beaufschlagt sind,
- 15 c) ein Multiplizierglied (98), dessen Eingänge mit der Ausgangsspannung des Divisionsgliedes (97) und mit einer dem Antriebsmoment der Maschine proportionalen Spannung (Ankerstrom I_a) beaufschlagt sind,
- 20 d) ein Vergleichsglied (99) zur Bildung einer dem Anfangswert des Trägheitsmoments (I_{W0}) des Wickels proportionalen Spannung aus der Differenz der Ausgangsspannung des Multipliziergliedes (98) und einer dem Trägheitsmoment (J_M) der Maschine proportionalen Spannung (FIG 7).

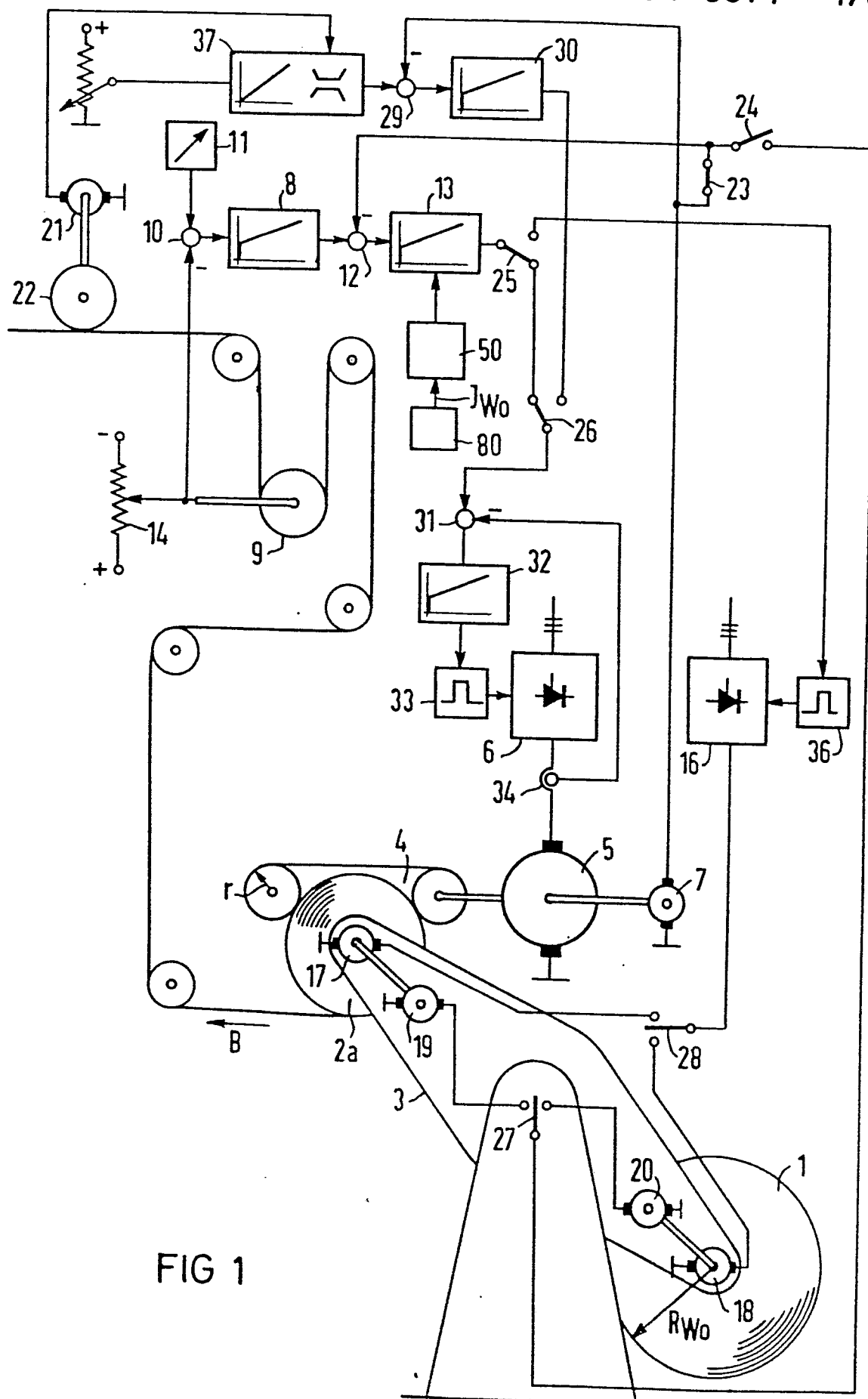


FIG 1

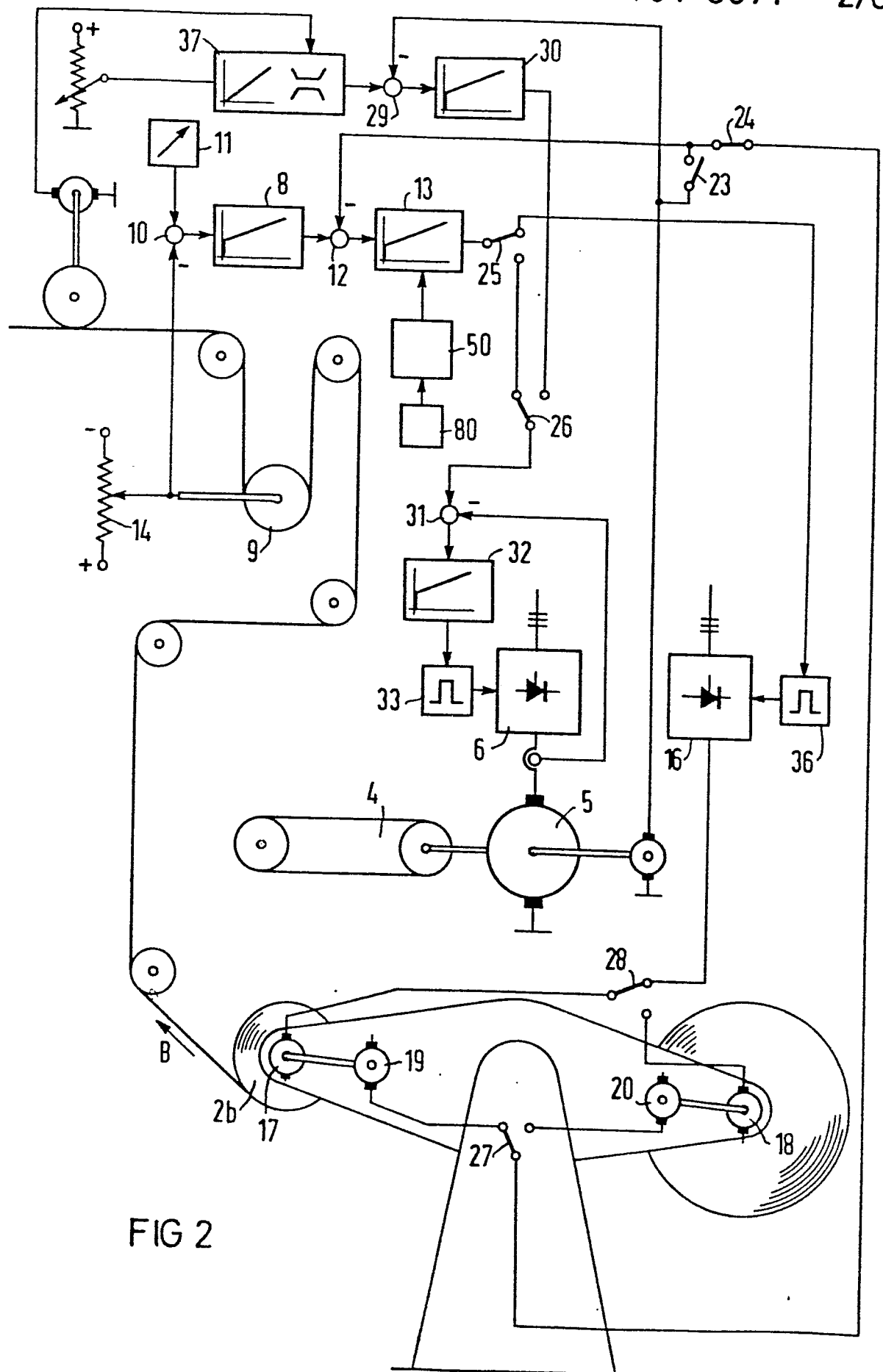
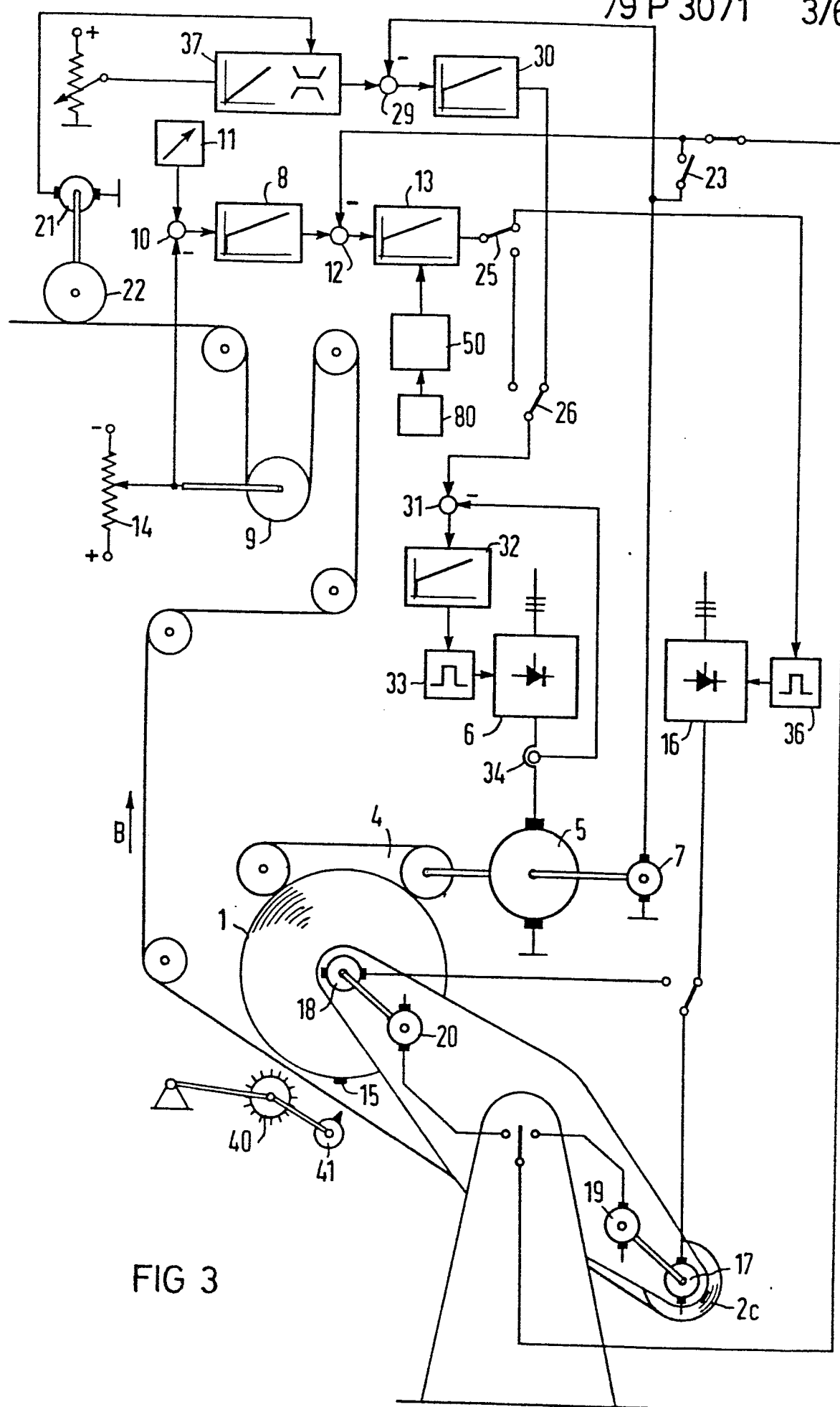


FIG 2

79 P 3071 3/6



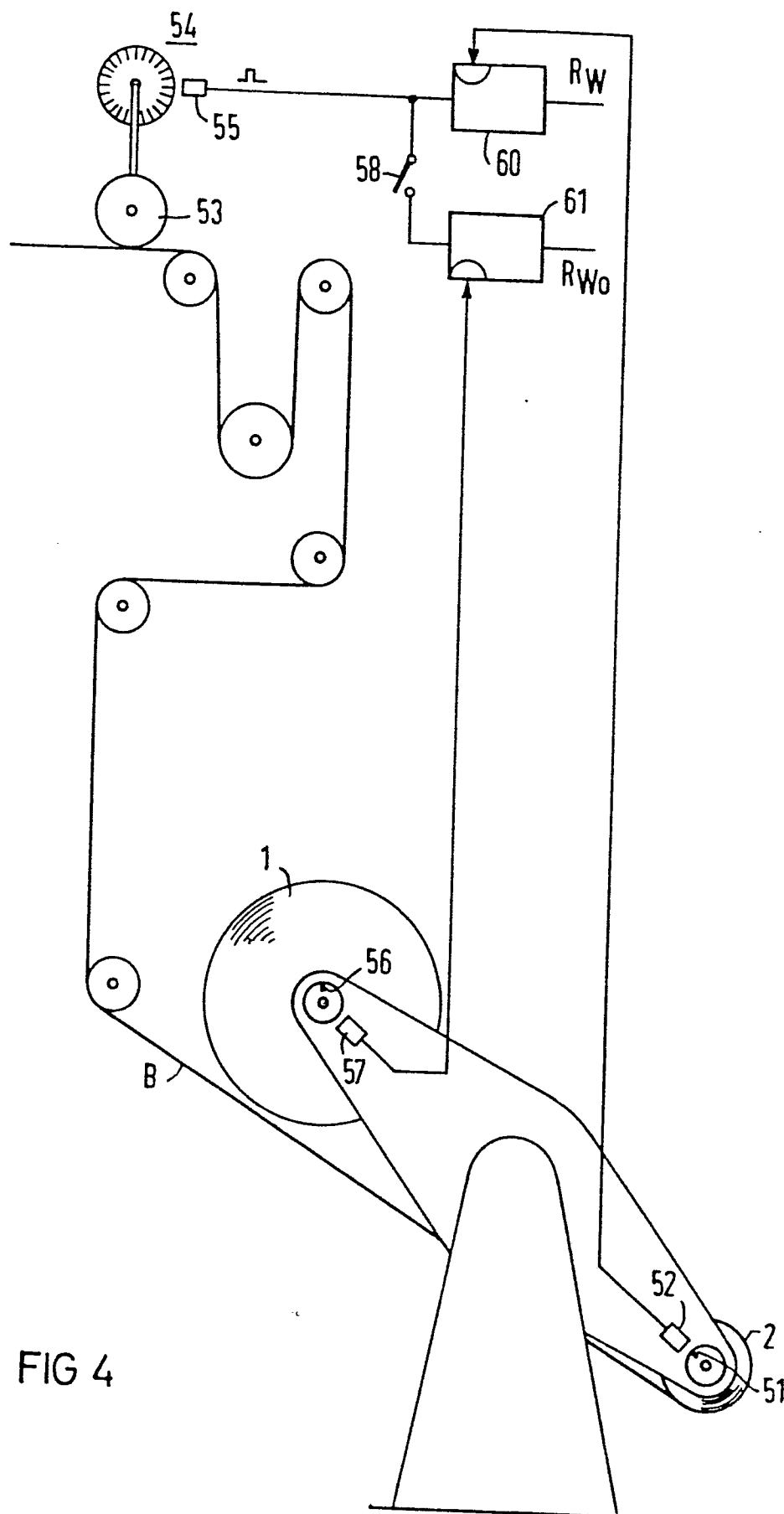
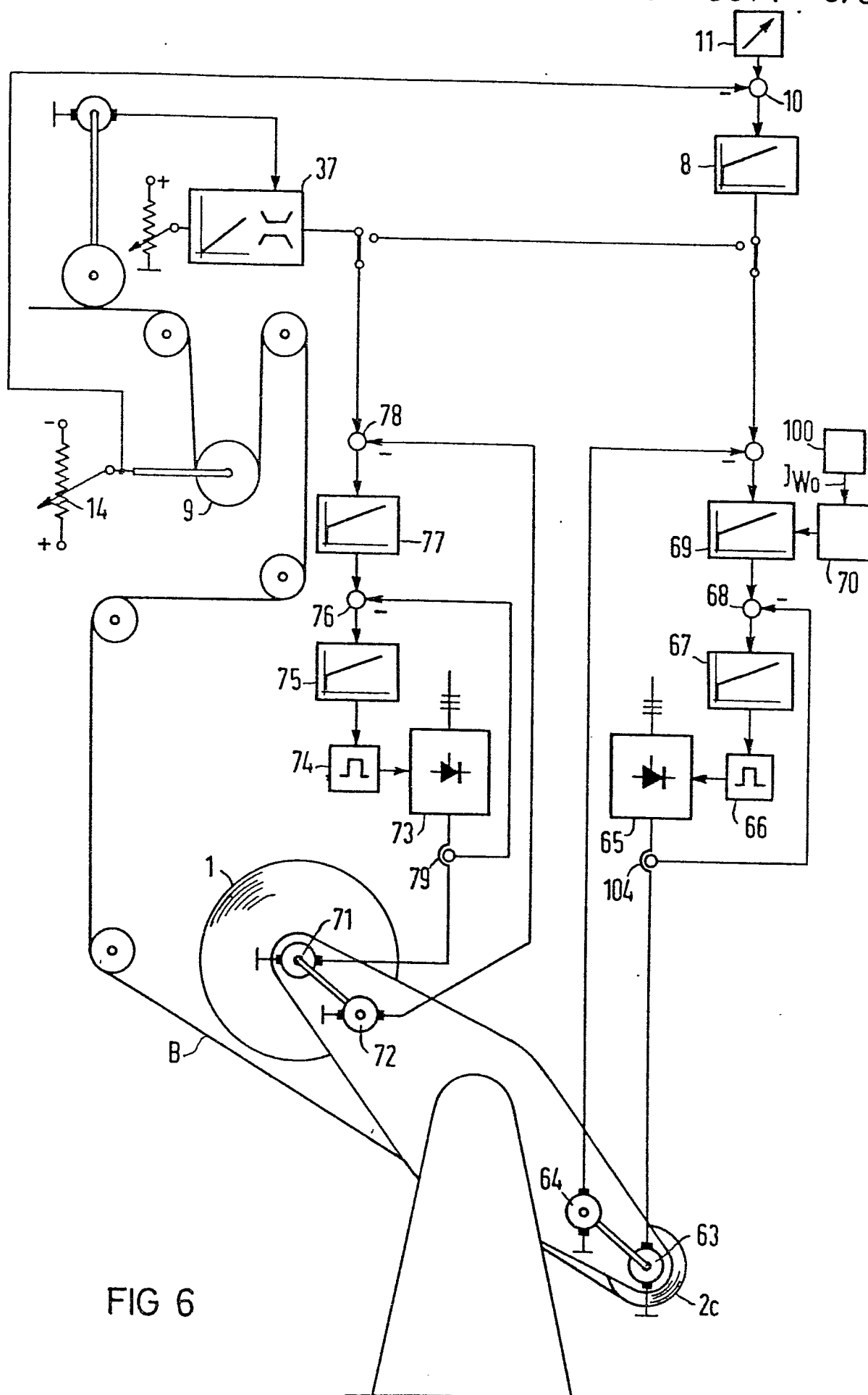


FIG 4



79 P 3071 6/6

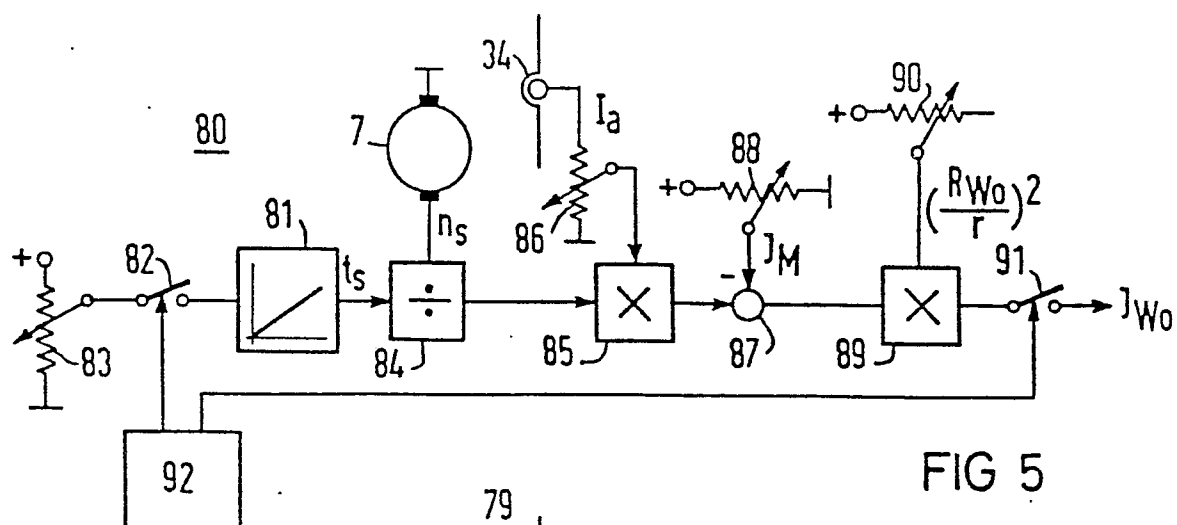


FIG 5

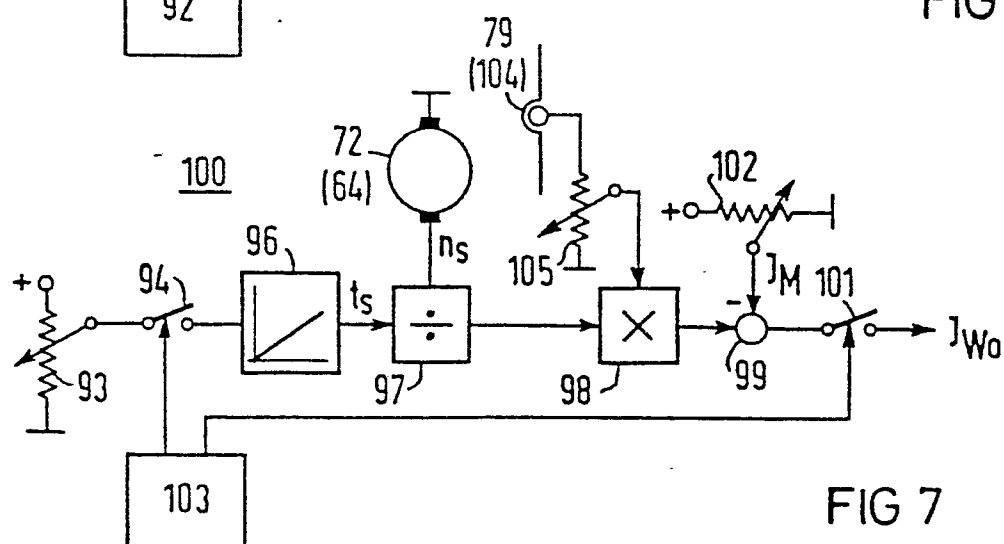


FIG 7

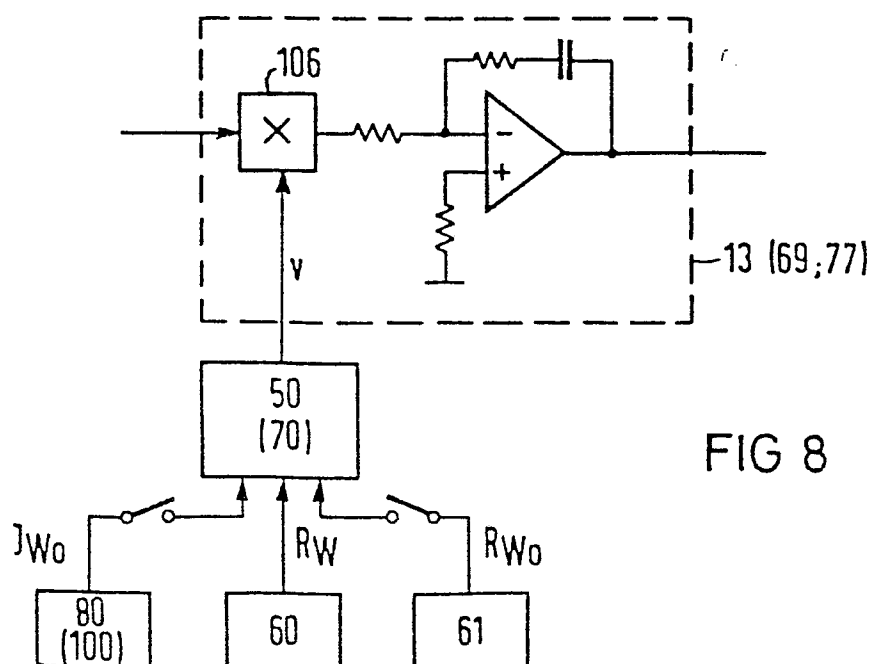


FIG 8



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 80 10 2079

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. ³)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
DA	<u>DE - A - 2 732 644 (SIEMENS)</u> * Gesamtes Dokument * -----	1	B 65 H 25/22
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. ³)
			B 65 H
			KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE
			X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument & Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
☒ Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 22-07-1980	Prüfer MEULEMANS