

大日本印刷株式会社 納 B列全判8色グラビア輪転機制御装置

Wave 1,120 mm 8 Color Roto Gravure Press Supplied to
Dainippon Printing Co., Ltd.

市川博昭*
Hiroaki Ichikawa

内 容 梗 概

最近の印刷物は、色彩印刷を用いその効果を大ならしめている。この印刷機は、従来のものがB列全版4色、半版8色で印刷速度がB5×16頁30,000部/時であるに比してB列全版8色で印刷速度がB5×16頁42,000部/時と大形高速度化されている。また印刷能率を上げるために自動のり付装置をもつことはもちろんのこと、従来の給紙張力制御と異なり、全無接点器具を用い、サンプル値制御を行い成果を納めたものである。

本文では、本印刷機の操作上の特長をまず述べ、給紙張力制御について理論的考察の概略を述べる。

1. 結 言

消費生活の進展あるいは、マスコミの現代において、印刷物の社会に与える影響は、非常に大なるものがある。単なる活字印刷による意思の伝達も、それを色彩により表現すると、より大きな浸透力があることは衆知のことである。単色印刷機は、すでに輪転機により高速印刷が行われている。色彩印刷は、過去においてもグラビア輪転機が使用されているが、色合わせの困難性などのため、印刷速度を、あまり上げることができなかつた。多色、全版印刷は機械が大となり、それに付随したいくたの問題点が生ずる。今回枚葉を、毎時、15,000部印刷のB列全版グラビア輪転機制御装置を納入したが、これは、8ユニットの8色印刷可能なことはもちろんのこと、ユニットを2分割することによりそれぞれ独立した印刷機として使用できるものである。そして、全速度範囲において、自動紙継を行い、また、給紙張力制御に全無接点式制御を用いたものである。

以下にこの装置について概説する。

2. 一 般 仕 様

本印刷機は、最大8色まで印刷可能であるが、8台の印刷ユニットを2分割し、一方では4～6色、他方では4～2色の印刷を独立して行うことができる。おもな仕様は下記のとおりである。

- (a) 駆動電動機 75 kW 整流子電動機 1台
40 kW 整流子電動機 1台
- (b) 印刷速度 折疊部数 B5×16頁 42,000部/時
枚葉部数 B全 A全 15,000部/時
版胴回転数 17～350 rpm 連続
- (c) 巻取紙寸法 最大幅 1,120 mm
最大径 900 mm

3. 装置の操作ならびに特長

第1図に、印刷機械の配置を示している。図において、Pは印刷ユニットで8ユニットよりなり、おのおのに番号がつけられている。Rは給紙機であり、Fは折機である。RおよびFの添字1は、75 kW電動機側、2は40 kW電動機側にあることを示している。Sは枚葉排紙機で、これは枚葉印刷の時のみ使用するため1台用意されている。

3.1 印刷ユニットの分割

8色印刷を行う場合は、75 kW電動機1台により全版胴を駆動する。このときは、全ユニットを連結しておけばよいので問題はない。

* 日立製作所日立工場

| | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | P ₇ | P ₈ |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 連結運転 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 分割運転 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ● | ● | ● |
| | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ● | ● | ● |
| | ○ | ○ | ○ | ○ | ● | ● | ● | ● |

○ 75 kW 電動機側

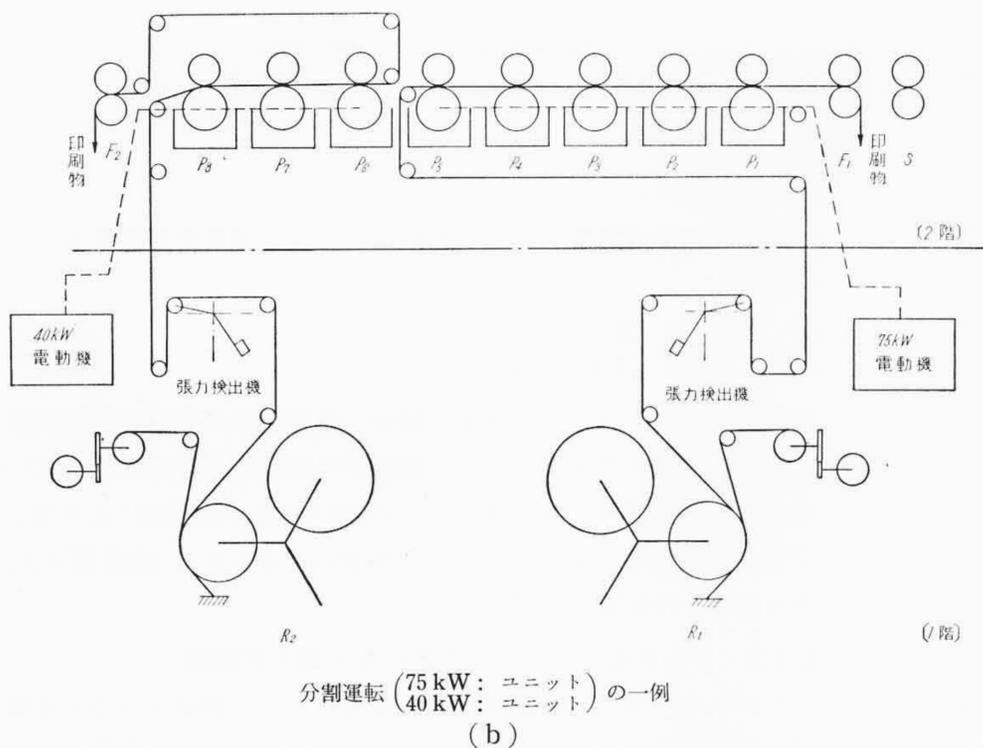
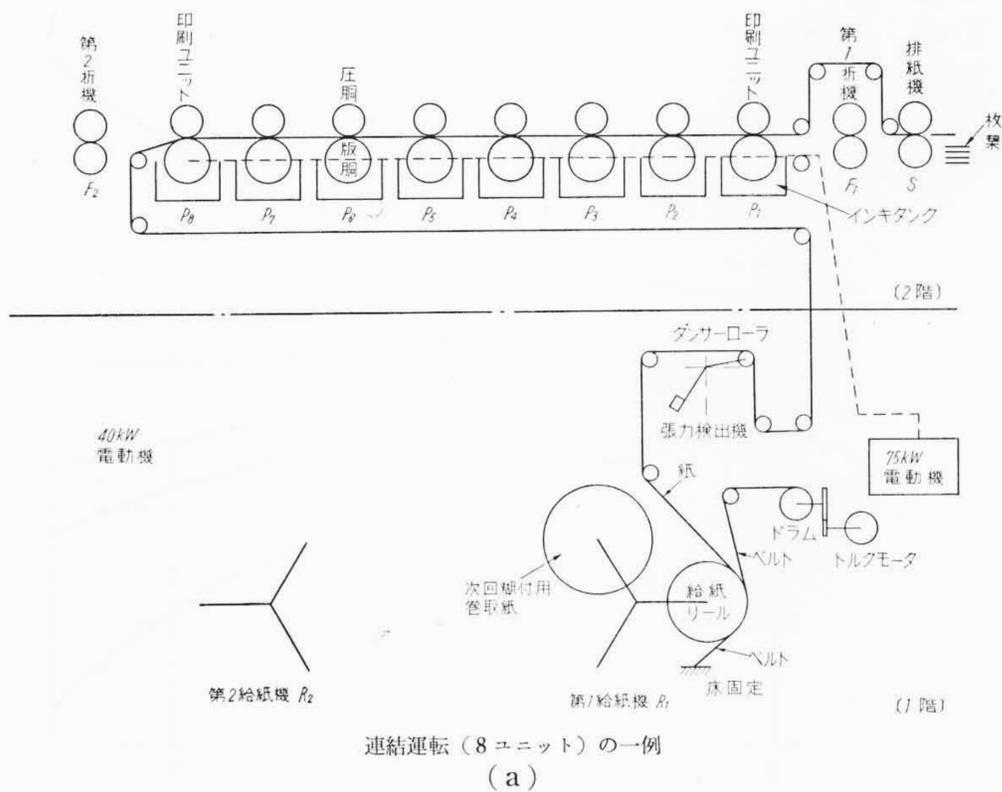
● 40 kW 電動機側

第1表 分割運転におけるユニットの所属系統

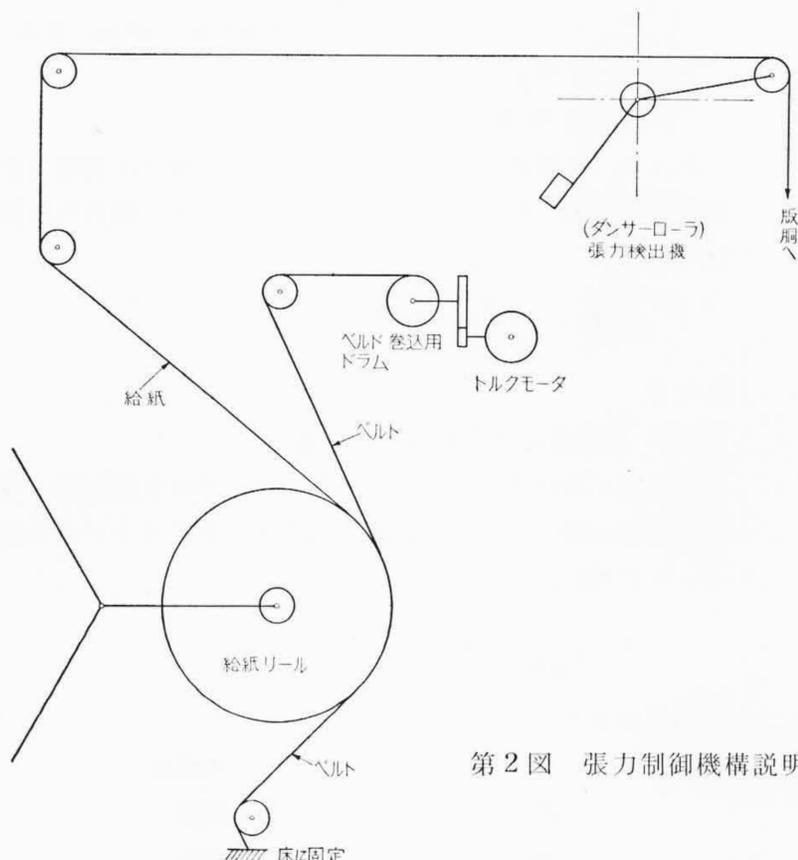
2分割の方法は、第1表に示すとおり種々のケースがある。ユニット5、6は、分割のしかたで、75 kWあるいは40 kWいずれによっても駆動されることになる。この分割は電気的には、模擬母線上のタンブラスイッチを入、切することによりそれに相当するユニットが、75、40 kW電動機のいずれかに駆動されるか、あるいは、全々駆動されないかに別れ、タンブラスイッチにより2分割されたおのおのグループは、それぞれ独立した印刷機として操作される。

3.2 操 作 法

2分割された場合は、各電動機運転用の折機押ボタン箱から運転する。8ユニット連動運転の場合は、F₁、F₂の折機押ボタン箱のうち、都合のよいほうの押ボタン箱から75 kW電動機を操作できる。F₂押ボタン箱では、分割運転のとき、40 kW電動機を操作するのであるが、連動運転ではまったく同じ押ボタンで、75 kW電動機を操作できるようになっている。しかし分割運転の時は、75 kW電動機操作にはなんらの関係もないようにしている。加速減速は、コントロールモータにより、電動機のブラシを移動して行い、加速、減速用の押ボタンを押している間のみ加速あるいは減速を行うことができる。各ユニットの押ボタン箱で、そのユニットの圧胴上昇、下降を操作できるほか、F₁、F₂押ボタン箱からそれぞれの分割ユニット分の圧胴を、あるいは、連動運転中の全圧胴をいっせいに上昇、あるいは下降をさせることができる。版胴取換え以外の停止時においては、圧胴を、紙より数mm離れた程度に上昇させておくほうが次の運転開始に圧胴下降時間が短縮されるので、いっせい上昇の場合は数mm上昇したところで自動的にいったん停止し、さらに上昇を要するときは、ふたたびいっせい上昇の押ボタンを押し、上昇端で自動停止させ、いっせい下降のときは、下降端にて自動的に停止する。



第1図 印刷機器の配置



3.3 非常停止

R_1, R_2, F_1, F_2, S および各ユニット押ボタン箱はもちろんのこと、印刷ユニット、スパン部分に非常停止用のロック付押ボタン開閉器が取付けてあり、これを押すと電動機は停止し、押ボタンをロックすると運転不能状態にする。ユニットスパン部分に取付けた押ボタンは、ユニットの分割の方法で、どちらかのグループに入り、そのグループ内の電動機のみが非常停止することは、一般操作と同様である。印刷途中紙切れなどにより紙がたれるんだ場合は、やはり非常停止をかけ、紙の浪費を防いでいる。しかし、印刷当初においては、色合わせ調整のため、紙のたるみが著しい。そのため、版胴回転数 70 rpm 以下においては紙切れ検出機は動作せず、70 rpm 以上になった場合に自動的に検出機が動作するようになっている。

4. 自動紙継装置

自動紙継装置については、すでに発表されているが⁽¹⁾、巻取紙径が小となって紙継を行うときは、まず次の巻取紙を定位置まで移動させる。各巻取紙リールにはパルス発生機が取付けられており給紙により巻取リール1回転するごとに1個のパルスを連続的に出している。紙継を行うときには、カッターを所定位置まで下降させてのち、紙継用の押ボタン開閉器を押すと、巻取紙1回転するうち、糊の塗布してある位置に溶剤が散布され、自動的に紙継を行い、次の回転で、カッターが働き、古紙を切断する。自動紙継は、印刷全速度域で行うため、パルス発生機は、印刷速度および巻取紙径により7倍の速度変化をする。そのためパルス出力値も約7倍となるが、いかなる速度においても一様に紙継を行うことができる。従来は、紙継を行う場合印刷機を停止あるいは低速にしていたが、この自動紙継装置によりその必要はなく能率が著しく向上し好調な運転を行っている。

5. 給紙張力制御

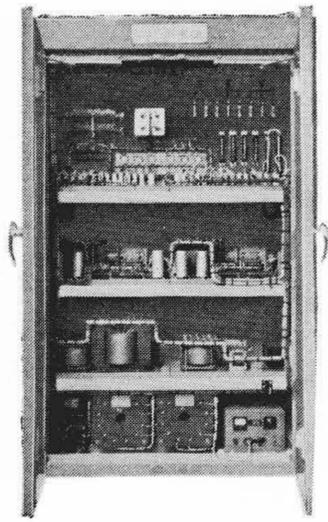
多色印刷においては、その色合わせのために、給紙張力制御が重要な問題となる。給紙張力制御については、一方法が述べられているが⁽¹⁾⁽²⁾、本装置においては、さらに高度な技術をもって給紙張力の無接点式自動制御を行った。この制御系についての詳細は次の機会に譲りその概要を述べる。

5.1 制御系の概要

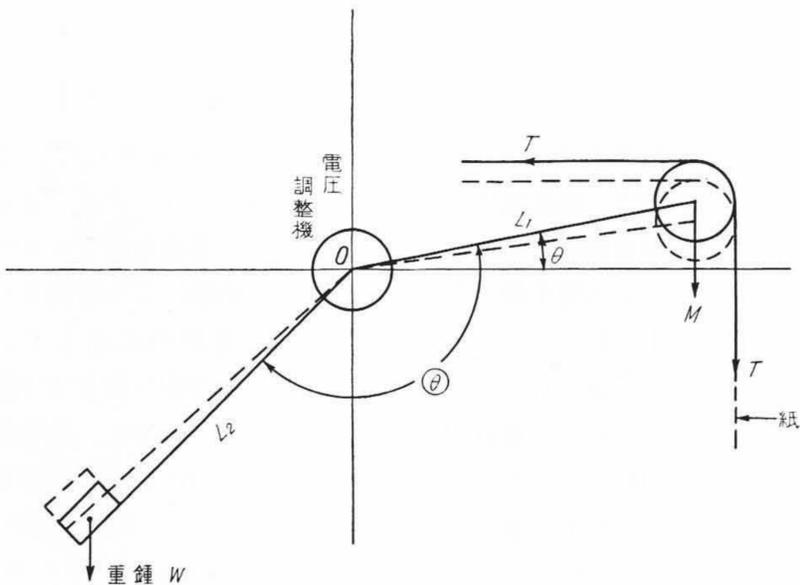
給紙および検出機などの配置は、第2図に示すようになっている。ダンサーローラにより設定張力に対する張力変化を検出し、その信号を用いて、トルクモータの出力トルクを制御する。トルクモータにはベルト巻き込み用ドラムが直結されていて、このベルトが給紙リール面に接触して、一端が床に固定してある。接触角度と、張力により給紙の張力を制御して、ダンサーローラをつり合いの位置に引もどし定張力制御を行っている。

5.2 制御系の特長⁽³⁾

検出機として使用するダンサーローラの運動、トルクモータの出力トルク、ベルト張力を紙張力に変換する部分などは、非線形要素でありまた、機械的時定数も比較的長く、これを線形近似により連続制御を行うのは、非常に困難であると考えられるので、サンプル値制御を行



第3図 張力制御装置



第4図 張力検出機構

っている。

- 張力じょう乱として考えられるものは、
- (i) 電源電圧によるもの（トルクモータ出力トルク）
- (ii) 紙継時における出力トルク最大から最小への切換え
- (iii) 紙継時における、給紙リールの定位置への移動によるもの
- (iv) 給紙リールの偏心など巻取状態の不定に起因する小振動などが考えられる。

これらじょう乱を十分考慮の上、張力制御を行っている。張力制御装置は、すべて、無接点器具を使用しているため、故障および保守、点検の労が省かれている。たとえばサンプルリング周期は、ヒタログ（無接点論理素子）を組み合わせ、0.5~5 sec に任意調整が可能であり、ゲート回路は、磁気増幅器を組合わせてある。検出機および張力指令は誘導電圧調整機を使用し、またトルクモータには誘導電動機を使用し、その入力電圧の調整は、可飽和リアクトルによって行っている。第3図は張力制御装置である。

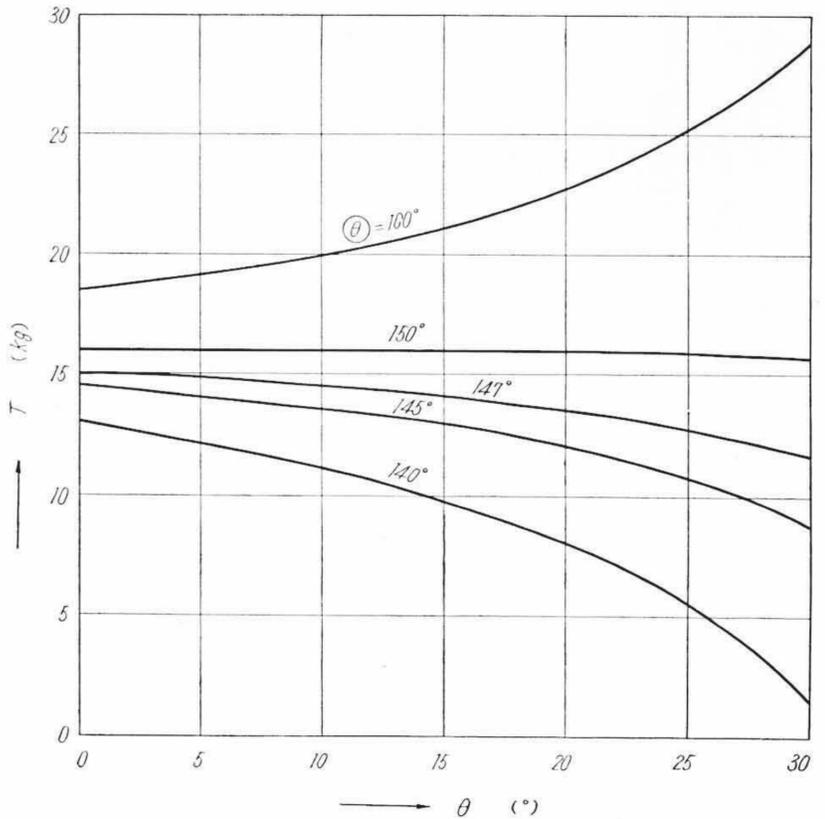
5.3 特殊要素の解析

5.3.1 張力検出機

第4図に示すとおり関係にあつて、紙張力 T は、アーム開き角度 θ および重錘位置 L_2 により設定し、紙張力 T が設定値に等しい時は、常に θ は 10 度となるようにする。張力の設定は θ , L_2 の選び方によりいくとおりも可能であるが、第5図に示すように L_2 を定めると、張力 T につり合うための θ が定まる。検出ゲインは、 θ により著しく異なり、 L_2 , θ のかね合いにより張力 T が最適に設定されることになるため、多少わずらわしく感ずる。

たとえば、張力設定 20 kg

- L_2 0.405 m
- θ 150°



$L_1=0.25$ m $M=12$ kg
 $L_2=0.405$ m $W=20$ kg

第5図 給紙張力とつり合い角の関係

と設定できる。

検出機の伝達関数は、微小角偏位における運動を解析することにより

$$P = \frac{K_1}{1 + T_1 P^2} \left(\frac{\text{rad}}{\text{kg}} \right) \dots \dots \dots (1)$$

と求められる。 T_1 は、普通一般の自動制御系の要素の伝達関数の時速数に比べて大きく、この制御系の制御を困難ならしめている。 K_1 は、検出ゲインであつて、前述のとおり設定法により著しく変化するものである。(1)より察せられるとおり、検出部分は、それ自体、不安定な要素である。

5.3.2 トルクモータのトルクとベルト張力の関係

トルクモータは、減速ギヤを介して、ベルト巻込みドラムを直結しており、ドラムに巻かれたベルトが給紙リールに接触し、他端は床に固定されている。

- 仕様は、ギヤ減速比 $1/10$
- ベルト 0.04 m × 0.100 m × 40 m × 2 本
- ドラム半径 0.09 m
- 慣性能率 0.25 kg-m²

であつて、必要最大張力におけるベルトの伸びは省略できる程度に小なるためこの部分のモータトルクのベルト張力への伝達関数は

$$G(P) = \frac{K_2}{1 + T_2 P^2} \left(\frac{\text{kg}}{\text{kg-m}} \right) \dots \dots \dots (2)$$

となる。

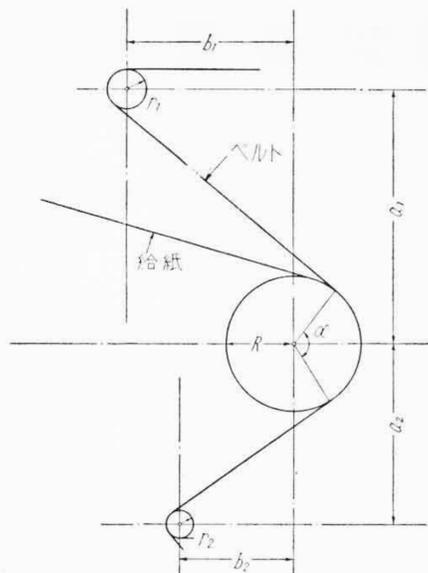
5.3.3 給紙径による紙張力の変化

給紙径が変化すると、それに従つて、ベルト巻付角、すなわち接触面積が変ってくる。給紙張力 T と、トルクモータの出力トルクとの間には

$$T = \left(\frac{\tau}{nR_0} - m \right) \left(e^{\mu\alpha} - 1 \right) \dots \dots \dots (3)$$

の関係がある。

- ここで、 n : ベルト巻込みドラム減速比
- R_0 : ベルト巻込みドラム半径
- m : ベルト、金具などの質量



第 6 図 給紙リールとベルト巻付角

μ : ベルトと紙間の動摩擦係数
 α : 接触角

である。また接触角 α は

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{b_1}{a_1} + \tan^{-1} \frac{b_2}{a_2} + \sin^{-1} \frac{R + r_1}{\sqrt{a_1^2 + b_1^2}} + \sin^{-1} \frac{R + r_2}{\sqrt{a_2^2 + b_2^2}} \dots \dots \dots (4)$$

$$G^*(Z) = \frac{K_2 \frac{1}{(Z^2 + c_3 Z + 1)} \times \left\{ \frac{Z}{a_5(Z-1)} - \frac{Z}{a_6(Z-e^{-T})} + \frac{Z}{a_7(Z^2 + c_4 Z + 1)} \right\}}{1 + K_1 \left\{ \frac{Z}{a_1(Z-1)} - \frac{Z}{a_2(Z-e^{-T})} - \frac{Z}{a_3(Z^2 + c_1 Z + 1)} - \frac{Z}{a_4(Z^2 + c_2 Z + 1)} \right\}} \dots \dots \dots (5)$$

安定性を論ずる場合、パルス伝達関数の極が単位円内に存在するかどうかにより判別することができる⁽⁶⁾。簡単のためパルス伝達関数の、極の所在を確かめることにする。特性方程式は、(6)式となる。

$$Z^5 + aZ^4 + bZ^3 + cZ^2 + dZ + e = 0 \dots \dots \dots (6)$$

(6)式を解き、根を求める。演算結果では、すべての極は、単位円内にあることがわかり、この場合には、系は安定であると判定される。

5.5 張力制御の困難性

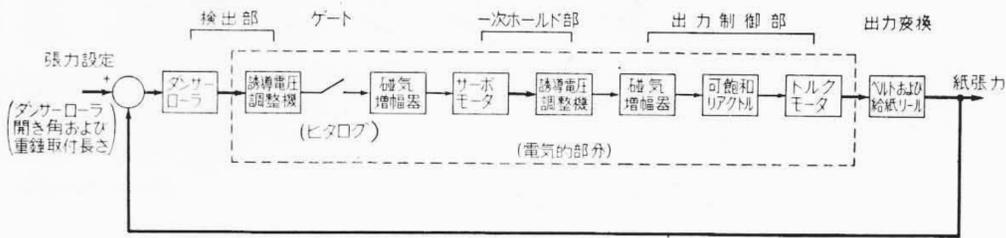
上述のように、張力検出機は、その運動が複雑であり、張力設定もはなはだめんどろなものである。さらに、給紙リールよりの紙は巻ほごされてゆく途中で、リール系の偏心などにより常に微小振動を行っている。

一方、給紙リール系は、刻一刻と小さくなってゆき、接触面積が少なくなってゆく。したがって、紙張力を一定に保つには、給紙径が小となるにつれて、トルクモータ入力電圧を上げてゆかなくてはならないが、給紙径と、トルクモータ入力電圧は、非直線関係にある。

これら要素を含む系を連続制御するのは困難であるため、サンプル値制御を行うと、Z-変換により系の安定を論ずる場合、複雑な計算を行わなくてはならないこととなる。

5.6 操作上の特長

印刷当初においては、低速で色合わせを行う。この時、張力自動制御を行うと、紙が張りすぎて、色合わせが困難なため版胴回転数



第 7 図 簡略ブロック線図

で示される。(第 6 図)

(3)式より明らかなように α すなわち給紙径の変化は、トルクモータの出力と張力の関係に複雑な影響を及ぼすことがわかる。

5.4 制御系の安定性

系のブロック線図を第 7 図に示す。サンプリング制御のホールドはサーボモータにより 1 次ホールドを行っている。サンプリング制御系の解析は普通 Z-変換により行われている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。この系の Z-変換を求めめるために、一応線形近似を行い、また、増幅器など比較的時定数の短いものについては、時定数省略して、計算にて解析を行いやすくし、系一巡のパルス伝達関数を求めた。

次式は、この系のパルス伝達関数である。

70 rpm 以下では、自動制御が行なわれないようになっている。操作閉閉器を「自動」に切換えて、印刷速度を上げ 70 rpm 以上になると、自動制御が行われる。運転停止すると、自動的に、トルクモータ出力が小となるように働き、ベルトを保護することができる。

6. 結 言

従来の印刷機に比較して、印刷紙の大きさ、印刷色数、ならびに印刷速度の大きな印刷機の制御装置であり、8 ユニットを 2 分割して 2 セットの印刷機としても利用できる大形印刷機の制御について述べた。自動のり付装置は、全印刷速度において有効に動作することはもちろんのこと、色彩印刷において、重要な役割を果す。給紙張力制御は、その系の特質からしてもサンプル値制御を行い所定の結果を得た。

終りに、本装置製作に当り種々ご指導いただいた大日本印刷株式会社の関係各位に深甚なる謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 猪嶋：日立評論 36, 955 (昭 29)
- (2) 鎌田：日立評論 別冊 26 (昭 33)
- (3) 特許出願中
- (4) 森：自動制御 6, 264 (昭 34)
- (5) 森：自動制御 6, 322 (昭 34)
- (6) 森：自動制御 1, 5 (昭 29)