

## 抄紙機用電気設備

西 政 隆\* 岩 城 秀 夫\*\*

## Electric Equipment for Paper Machines

By Masataka Nishi and Hideo Iwaki  
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

## Abstract

Accelerated by the growing demands on papers in postwar days, the paper making mills are on their way to unprecedented growth in scale. In keeping with the trend almost in a competition, large paper manufacturing companies are installing the high speed, large output paper mills in the sectional drive system. In this type of mills, the paper delivery speed and the draw should be maintained accurately at the specified rating, under any fluctuating conditions of operation, such as the change in load, voltage and frequency. For that reason, Hitachi has devised to use HTD, a rotating amplifier, for the feed back control of each section motor, so that in the regular condition as well as in the transient condition after load change the speed may be kept constant.

In the static speed control by means of the rotating amplifier, it is theoretically impossible to make the setting error zero, therefore the differential gear is combined for the purpose of the astatic speed control, thereby eliminating an accumulation of setting error which might necessitate the readjustment of draw in the end. In the meantime, the combination of the static and astatic speed control system comprises so delicate a problem that it tends to require the endorsement by rich experimental data and accurate theoretical analysis as is done by Hitachi with the aid of electronic analogue computer. Hitachi, Ltd. has also taken special considerations born of experience in the design of the differential gear and the draw adjusting device which is needed to adapt the machine for the variation of paper quality to be worked upon.

## 〔I〕 緒 言

最近、我国における製紙工業は需要の激増にともない、その生産量が年々いちじるしく増大してきた。このため旧設備の改造、あるいは新設備の増設等が活発に行われているが、その規模がますます大きくなるとともに、性能も飛躍的に向上して、生産の合理化、能率化が行われている。

最近日立製作所は単一電動機方式の抄紙機およびセクショナルドライブ方式の抄紙機用電気品を多数製作し、

\* \*\* 日立製作所日立工場

従来の設備に比し、運転の容易、紙切れなど事故の大幅減少、生産能率の向上などにより紙の生産増大に寄与するところ大なるものがあつた。第1表(次頁参照)に最近日立製作所で製作した抄紙機用電気品の一覧表を示す。

本論では抄紙機用電気設備の概要と日立製作所の方式の特長についてのべる。

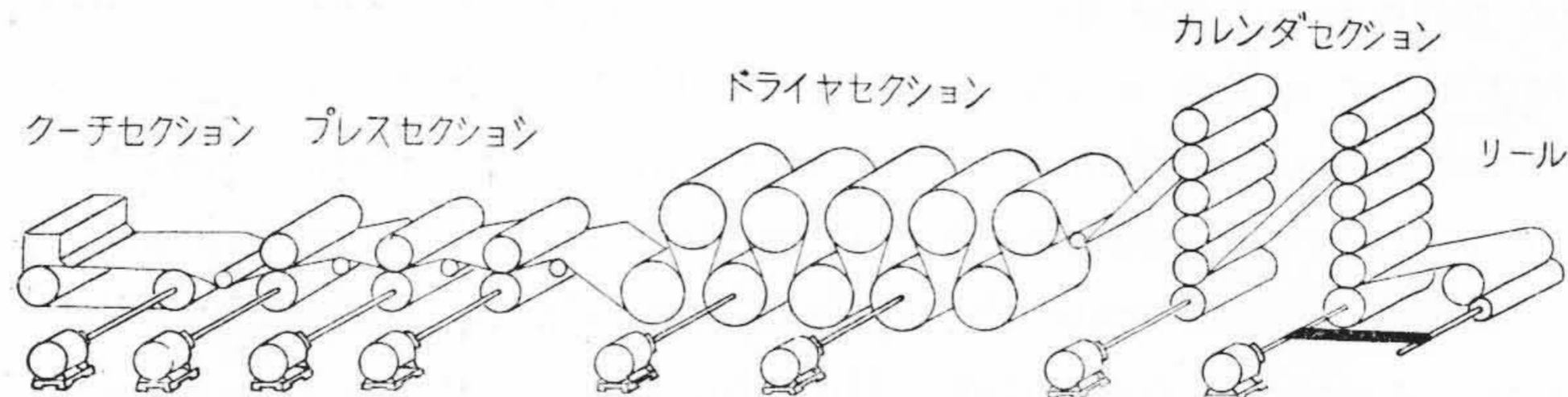
## 〔II〕 抄紙機の概要

抄紙機は第1図(次頁参照)に示すようにクーチ、プレス、ドライヤ、カレンダ、リールの各セクションよりなつている。フロウ・ボックスより流出した製紙原液は

第1表 日立製作所の納入した抄紙機用電気設備一覧表

Table 1. List of Electrical Equipment of Paper Making Machine Supplied by Hitachi, Ltd.

		セクショナルドライプ方式			
納 先		十条製紙伏木工場	十条製紙釧路工場	東北パルプ石巻工場	十条製紙小倉工場
紙	幅	165 吋	142 吋	142 吋	142 吋
抄	紙 速 度	500 呎/分—1,000 呎/分	750 呎/分—1,000 呎/分	200 呎/分—1,000 呎/分	400 呎/分—1,500 呎/分
セ ク シ ヨ ン 電 動 機	ク	110 HP 440 V 900 rpm	110 HP 440 V 900 rpm	90 HP 440 V 900 rpm	180 HP 440 V 900 rpm
	チ	40 HP 440 V 900 rpm	40 HP 440 V 900 rpm	35 HP 440 V 900 rpm	60 HP 440 V 900 rpm
	No. 1 プレ	40 HP 440 V 900 rpm	40 HP 440 V 900 rpm	35 HP 440 V 900 rpm	60 HP 440 V 900 rpm
	No. 2 プレ	40 HP 440 V 900 rpm	40 HP 440 V 900 rpm	35 HP 440 V 900 rpm	60 HP 440 V 900 rpm
	No. 3 プレ	40 HP 440 V 900 rpm	40 HP 440 V 900 rpm	35 HP 440 V 900 rpm	60 HP 440 V 900 rpm
	ス ムーザ プレ	—	—	35 HP 440 V 900 rpm	30 HP 440 V 900 rpm
	No. 1 ドライ	110 HP 440 V 900 rpm	110 HP 440 V 900 rpm	90 HP 440 V 900 rpm	—
	No. 2 ドライ	110 HP 440 V 900 rpm	110 HP 440 V 900 rpm	90 HP 440 V 900 rpm	150 HP 440 V 900 rpm
機	No. 3 ドライ	—	—	90 HP 440 V 900 rpm	150 HP 440 V 900 rpm
	No. 1 カレン	110 HP 440 V 900 rpm	110 HP 440 V 900 rpm	90 HP 440 V 900 rpm	—
	No. 2 カレン	110 HP 440 V 900 rpm	—	90 HP 440 V 900 rpm	180 HP 440 V 900 rpm
発 電 機	500 kW 440 V	500 kW 440 V	500 kW 440 V	550 kW 440 V	
起 動 用 発 電 機	定 電 圧 起 動	定 電 圧 起 動	75 kW 440 V	150 kW 440 V	
		集 団 運 転 方 式			
納 先		丸 住 製 紙	東 海 パ ル プ	神 崎 製 紙	紀 州 製 紙 (製 作 中)
抄	紙 速 度	200 呎/分—600 呎/分	300 呎/分—800 呎/分	200 呎/分—800 呎/分	150 呎/分—600 呎/分
電	動 機	150 kW 440 V 900 rpm	280 HP 440 V 850 rpm	600 HP 440 V 400 rpm	120 HP 220 V 1,000 rpm
発	電 機	175 kW 440 V	230 kW 440 V	500 kW 440 V	110 kW 220 V

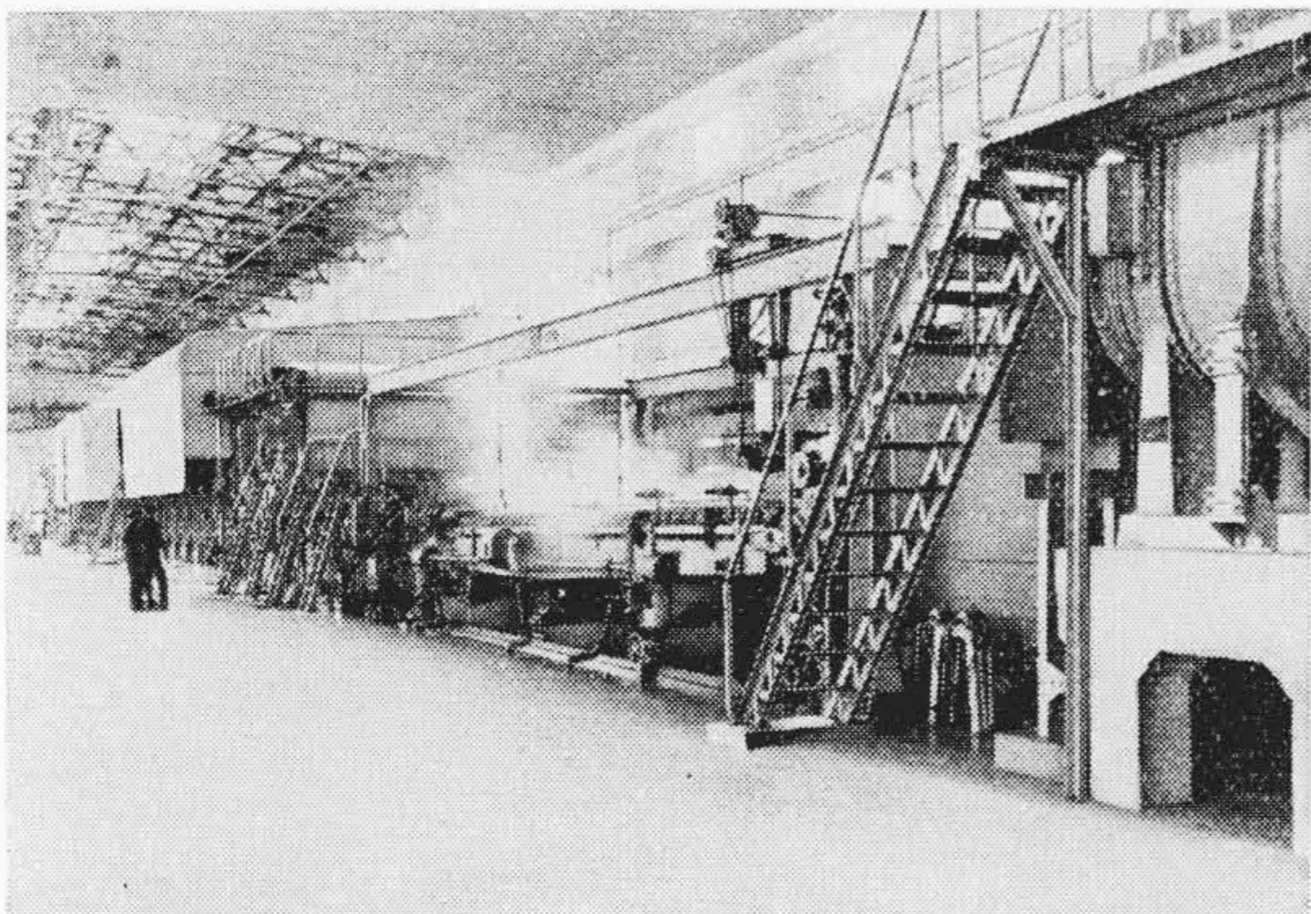


第1図 抄紙機概要図  
Fig.1. Outline Feature of Paper Making Machine

クーチセクションと称するブレストロールと下段クーチロールとの間に張られた 65 メッシュぐらいの金網の上に乗って運ばれる。その金網には進行方向と直角な横振動を与えると同時に繊維と水分とを分離するため、サクシオンボックスおよびクーチロールから真空ポンプによって水分を吸収する。ついでクーチロールにより挟み絞られた紙料は毛布に乗って、二、三のプレスロールを通過する。石で作られた上ロールとゴムで被覆された鋳鋼製下ロールとの間で紙料は圧縮され含水量は一層減ずる。第2図はクーチセクション側より見た抄紙機の外観である。ついでドライヤで紙はカンバスに乗り、内部より蒸気で熱せられた乾燥用円筒の周りを第1図のように進行して十分乾燥される。最後に紙はカレンダと称する鏡の

ようにみがかれた冷鋼ロールの間を通過して光沢を与えられ、リールにより所定の軸心にまきとられる。第3図はリール側より見た抄紙機の外観である。

抄紙機ではこのような工程の進行とともに紙の長さは幾分増大し、各セクションの紙速度はこれに応じ順次変化させる必要がある。これらのセクション間の速度差の比率はドロウ (draw) と呼ばれ、その値は製造する紙の種類、すなわち厚、薄、繊維の粗密、および工程によって幾分異なる。しかし一度所定値に調整されたドロウがなんらかの原因で運転中変動するようなことがあると、「紙切れ」、「しわ」など事故の原因となるため、その値は各セクションの負荷変動などにかかわらず厳密に一定に保持されなければならない。すなわち抄紙機では受電電源



第2図 クーチ側よりみた抄紙機の外觀  
Fig.2. General View of Paper Making Machine Viewed from the Couch Part

電圧、周波数の変動、抄紙機負荷の変動など抄紙速度に変化を与える原因の生じた場合においても全体の抄速を一定に保つことの他に、各セクション間のドロはこれを任意に調整できることが必要で、しかも一度整定した値は上にのべたようないかなる擾乱に対してもこれを厳密に一定に保持することが必要である。受電電源の変動以外に抄紙機の原因とされる抄紙機自体の擾乱としてはつぎのものがあげられる。

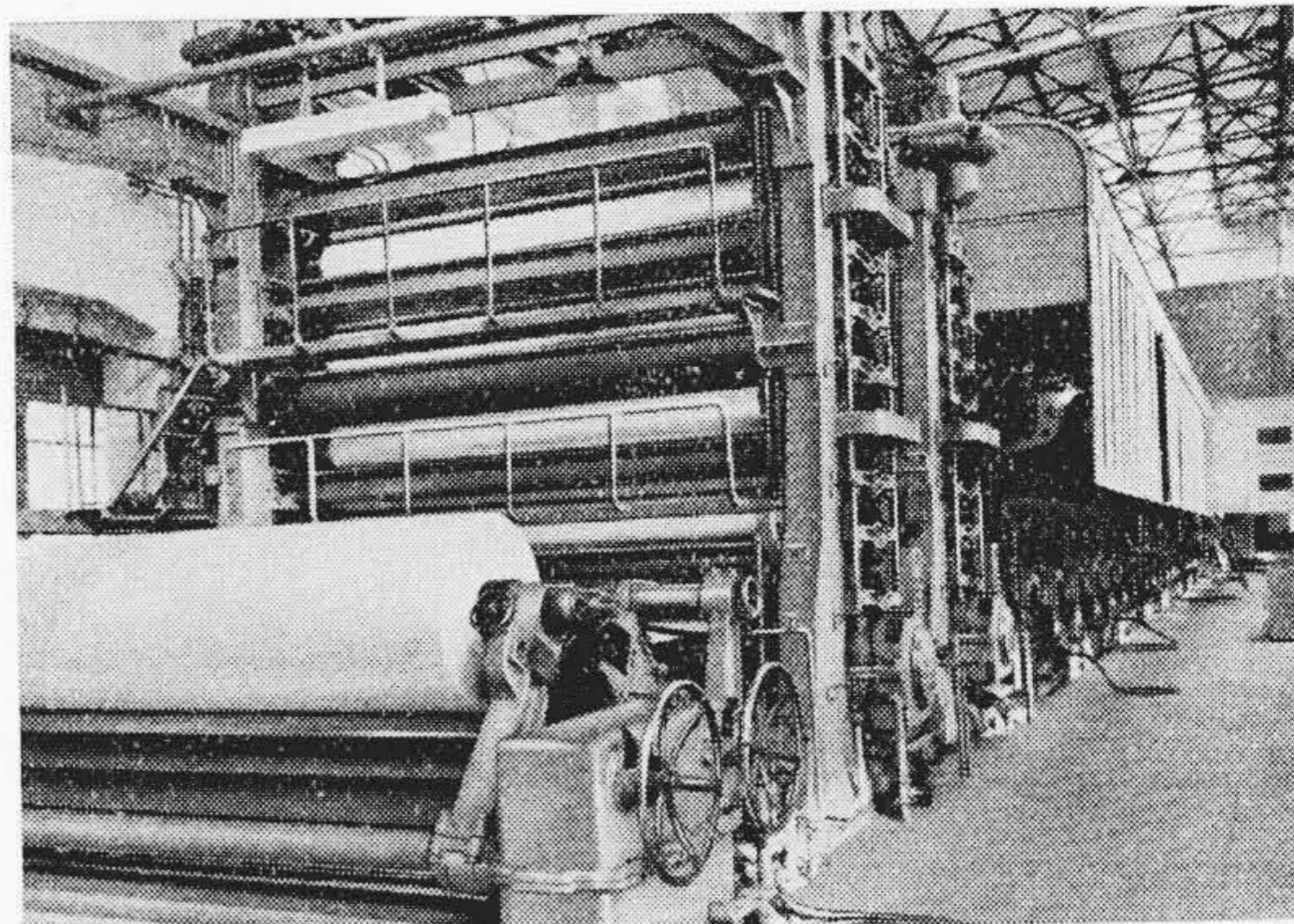
- (a) クーチのサクションボックスとクーチロールの真空度の変動
- (b) クーチワイヤの異常横振動
- (c) フロウボックスよりの紙料の流出の不均一
- (d) プレスの圧縮の変化とプレスロールの真空度の変化
- (e) ドライヤの乾燥ロール内の復水の異常状態
- (f) ドライヤのカンバスロールとドライヤロール軸受部分の摩擦変化
- (g) ドライヤの温度変化
- (h) ドライヤ・カレンダにおけるドクター、ブレードの圧力変化
- (i) カレンダの摩擦の変化

これらの擾乱は各セクション間のドロに変化を与え、「紙切れ」、「しわ」などの原因となるものである。

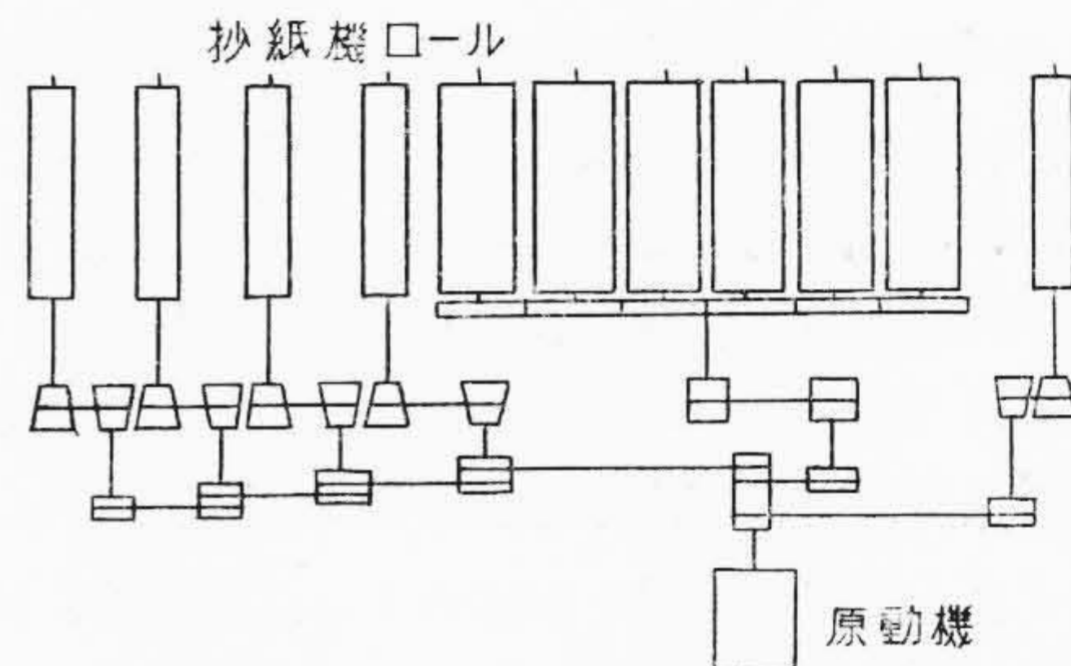
### 〔III〕 抄紙機運転方式の歴史的変遷

従来抄紙機の運転方式としては、全セクションを一箇の電動機で駆動する単一電動機方式と、差動歯車のみを使用した各箇電動機方式が用いられてきた。

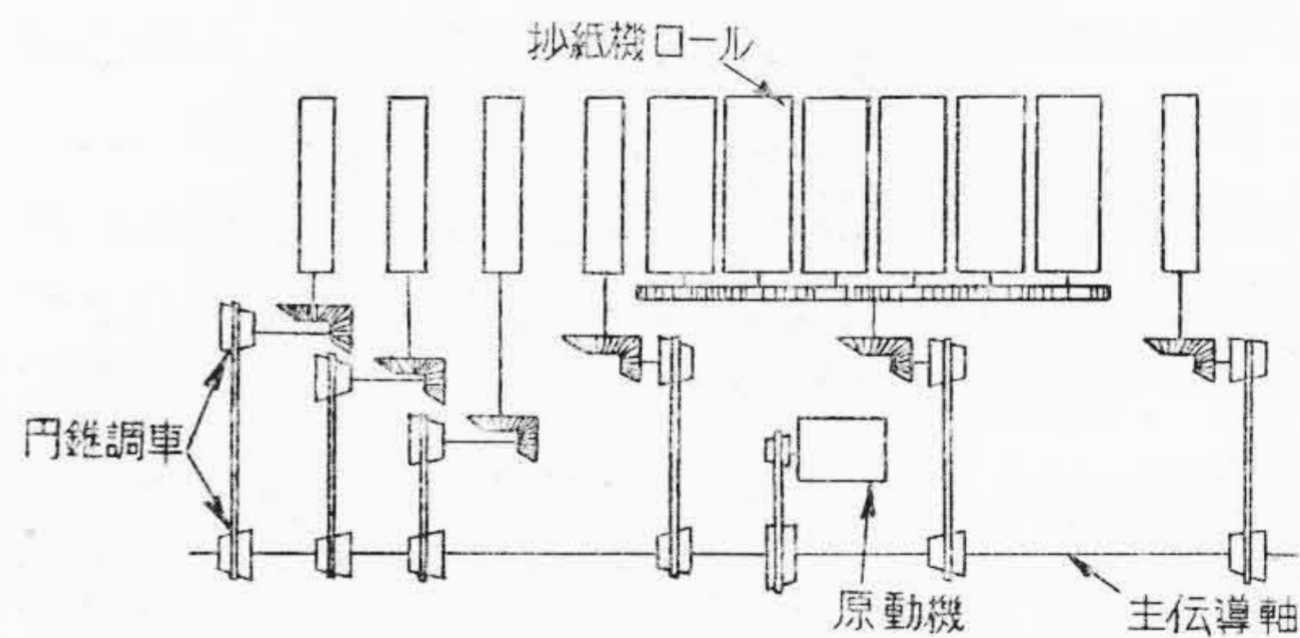
前者は電動機として誘導電動機または直流電動機が使用され各セクションの動力伝達方法として第4図のごとくロープを使用するものと、第5図のごとく主軸を回して円錐調車、調帯により動力を伝えるものがある。



第3図 リール側よりみた抄紙機の外觀  
Fig.3. General View of Paper Making Machine Viewed from the Reel Part



第4図 単一電動機による機械的運転方式  
Fig.4. Common Drive System by One Motor for Paper Making Machine

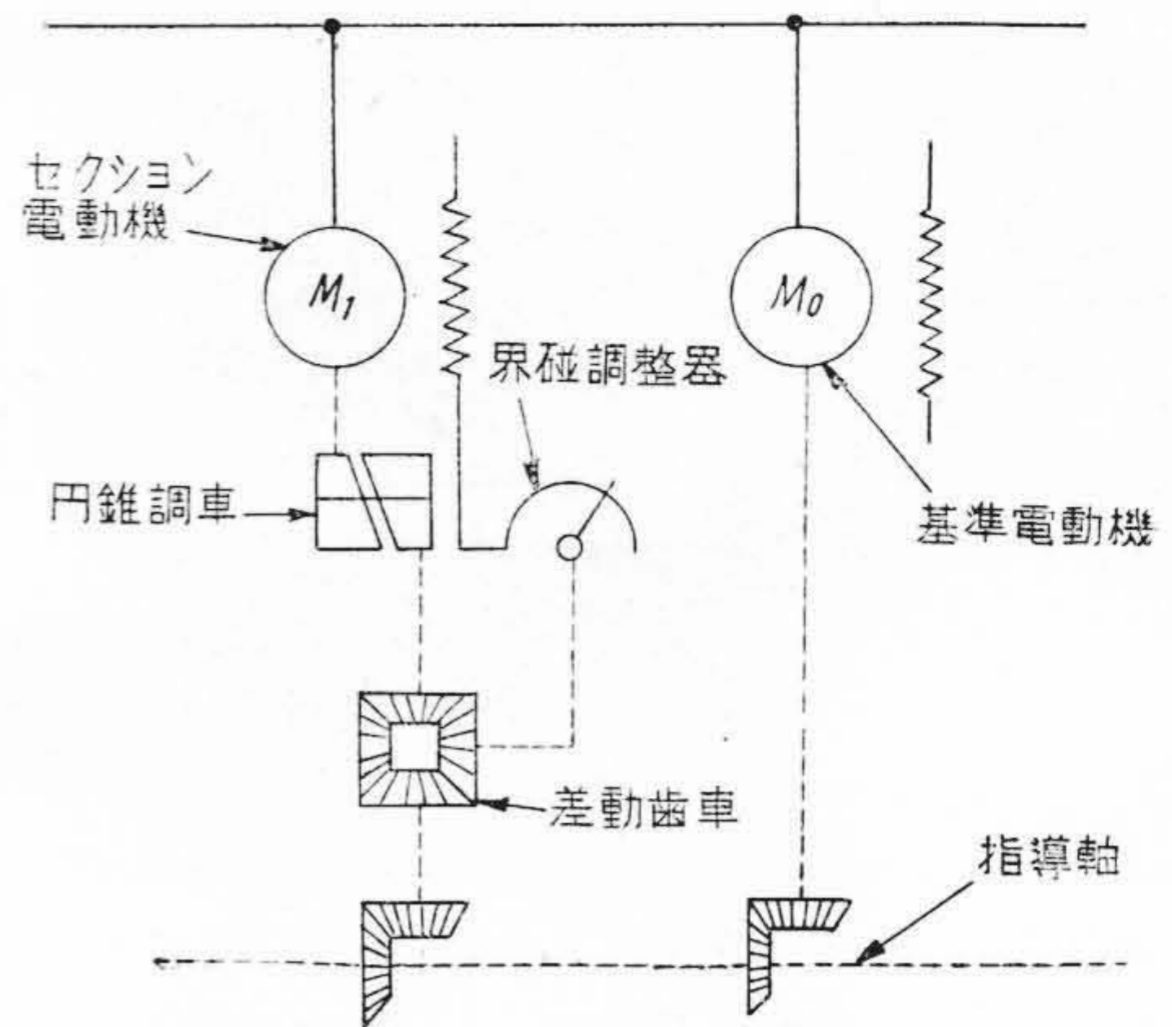


第5図 単一電動機による機械的運転方式  
Fig.5. Common Drive System by One Motor for Paper Making Machine

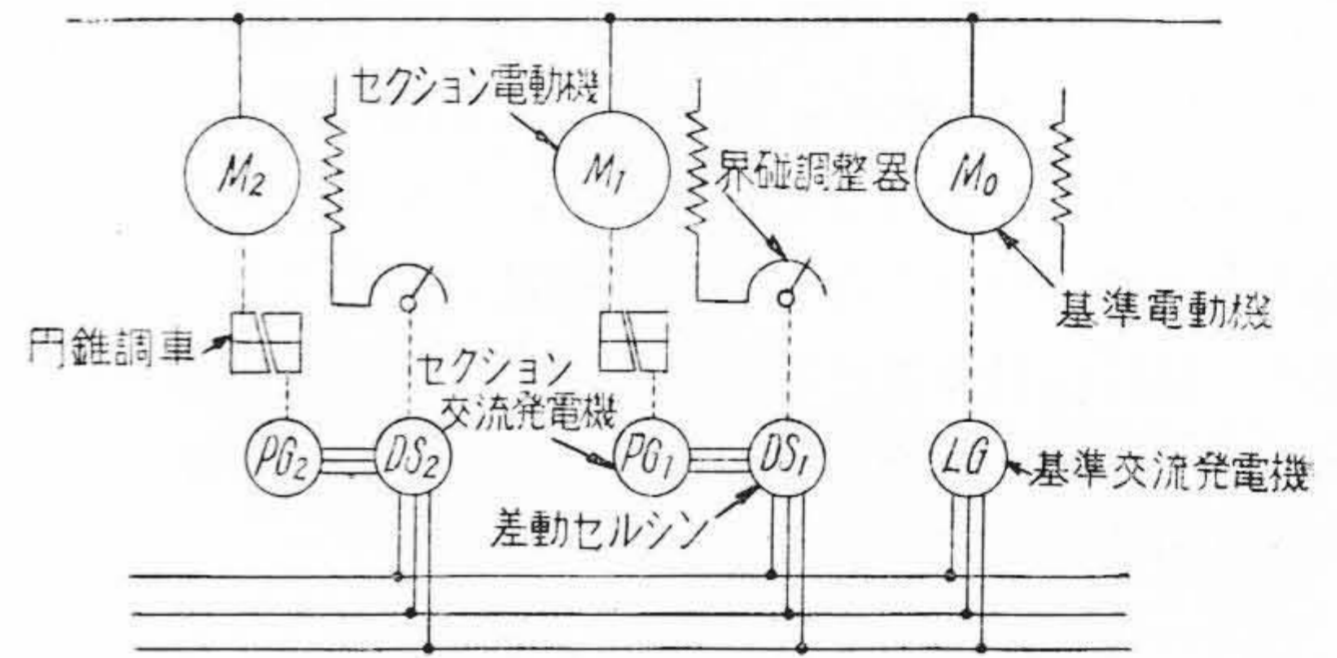
この場合各セクション間のドロは、負荷変動に伴う調帯の滑りの変化の影響をうけるため、これが「紙切れ」「しわ」の原因となるのみならず、抄紙機全長におよぶ動力伝達装置、円錐調車、調帯、クラッチなどを使用するため能率維持の点で不利であり、大容量高速度の機械で運転動力も大きくなると、動力伝達に大きな損失を生ずる欠点がある。

したがって大容量高速度の抄紙機に対しては上にのべたような単一電動機方式に代つて各セクションに電動機

を置く各箇電動機方式が採用されるようになった。この場合には各セクションの負荷変動に対して、ドロワーをどのようにして一定に保つか最も重要な問題となるわけである。これに対して従来最もよく使用された方式はハーランド方式と電気差動方式である。前者は第6図に示すように一つの基準セクションをもつてこれを抄速の基準とし、その基準セクション電動機 ( $M_0$ ) の回転を抄紙機全長におよぶ指導軸を経て各セクションに設けられた差動歯車に伝える。一方各セクション電動機 ( $M_1$ ) の回転もドロワー調整用円錐調車を経て差動歯車に伝えられ、基準セクションと各セクションの関係速度差を差動歯車の差動軸によつて検出し、その回転によつて界磁調整器を動かし電動機の世界調整を行うものである。後者の電氣的差動方式は第7図に示すように差動歯車の代りに差動セルシンを使用したものである。すなわち基準電動機 ( $M_0$ ) に基準交流発電機 (LG) を連結して基準周波数を発信し、各セクション電動機  $M_1, M_2$  などにはドロワーを与えるための円錐調車を介してセクション交流発電機  $PG_1, PG_2$  などを連結し両者の出力を差動セルシン  $DS_1, DS_2$  などに入れ、これによつて電動機の界磁調整器を操作し、関係速度を一定に保持するのである。これらの方法はいずれも関係速度差を機械的または電氣的に検出して電動機の界磁を変化させる方式であるが、その界磁抵抗の調整感度を上げるためには、タップ間の抵抗を大きくする必要があり。この場合には不連続性のために往々電動機が乱調を起すという欠点があつた。米国では差動歯車の差動軸に連結した界磁調整器の代りに、回転角度により発生電圧が異なる誘導型の交流発電機を連結して、その出力を整流し磁気増幅して電動機他励磁巻線に励磁を与える連続無段制御も行われている。なおハーランド方式では抄紙機全長におよぶ指導軸を用いる必要があるが、電気セルシンを使用すれば指導軸を除くことができる。しかしこれらの差動歯車による方式では受電々源の変動に際し抄速を一定に保持することができないのと、その作用に時間的遅れがあり、急激な受電々源あるいは負荷の変動に対し完全にドロワーを一定に保持することができないので、最近いちじるしい進歩を見た回転型増幅機または磁気増幅器を用いた負饋還制御を行つて抄紙機の抄速およびドロワーを一定に保持する方式が普通となつてきた。たゞこの場合定位型の増幅器のみでは理論的に負荷変動にともなう永久誤差を完全に零とすることができないので、ときどきドロワー調整を行つてこれを人為的に補正する必要がある。この欠点を補うためには、回転型増幅機または磁気増幅器の外に無定位型の差動歯車を併用することが必要であり、これによつてはじめてセクショナルドライブ抄紙機の運転条件に対して完全な



第6図 ハーランド運転方式  
Fig.6. Harland System for Paper Machine



第7図 電氣的差動方式  
Fig.7. Differential Selsyn System for Paper Machine

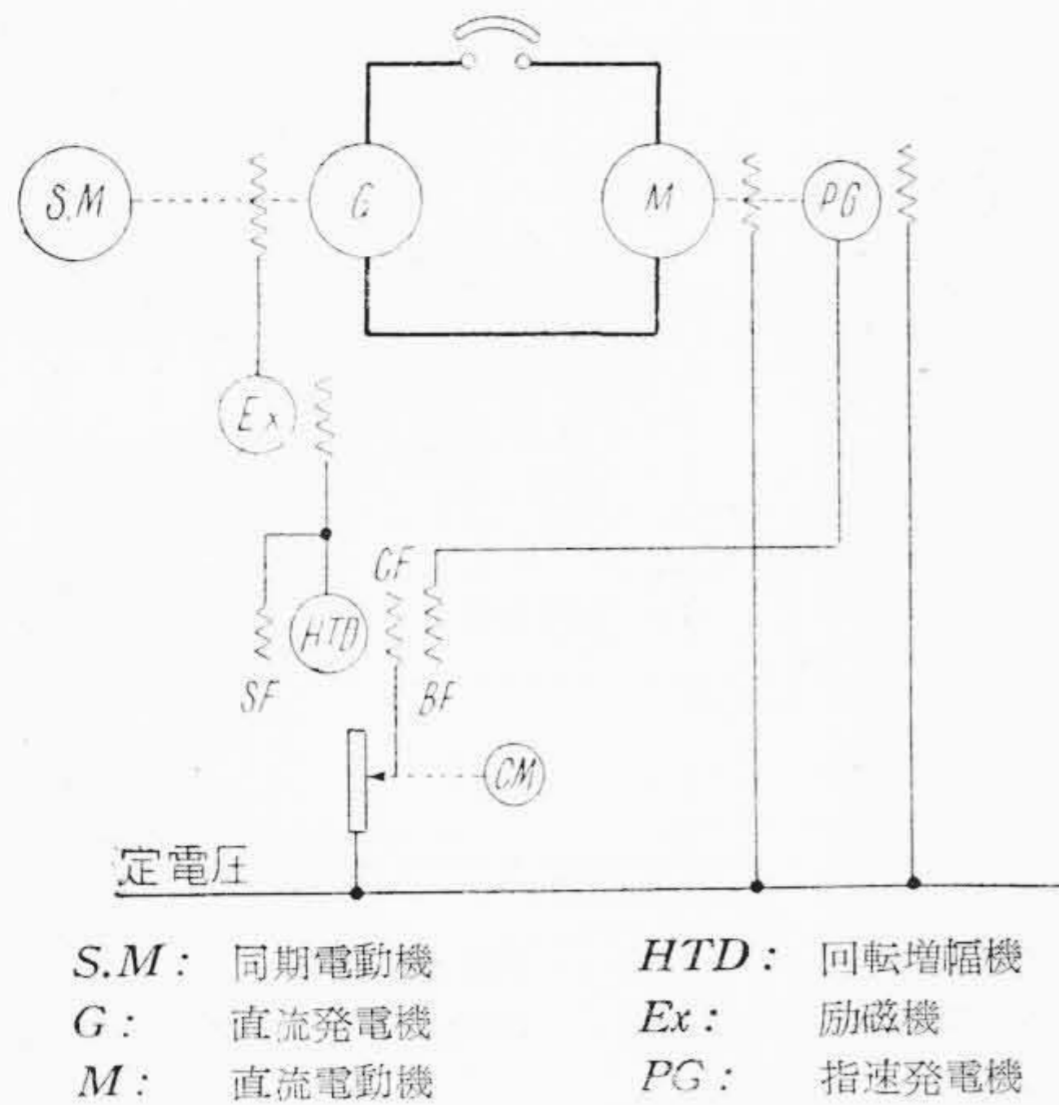
制御を行うことができる。

#### [IV] 日立標準制御方式

抄紙機の電気運転方式としては、前に述べたように単一電動機方式と各箇電動機方式とがあり、後者はさらに共通発電機方式と各箇発電機方式とに分けられる。これらに対する日立標準方式をつぎにのべる。

##### (1) 単一電動機方式

中小容量、低速度の抄紙機は大部分単一電動機方式でその駆動電動機は従来主として誘導電動機が用いられていた。しかし誘導電動機は交流電圧、周波数の変動により抄速が変化するのみならず、抄速の調整範囲が大きくないので最近では直流電動機を用い、かつ自動定速制御は回転増幅機を用いて行う方式を採用している。第8図はこの制御方式を示すもので、日立製作所では同様のものを戦後多数製作し現在すべて好調に運転を続けている。本方式は抄速の調整範囲も広く、各種の抄紙が可能である上、整定された抄速は交流電源の電圧、周波数の変動および負荷の変動に対しても常に一定に保持されるため紙質の向上に大いに役立つことができた。



第8図 単一電動機方式制御回路  
Fig. 8. Automatic Speed Control System of Common Drive Paper Making Machine

## (2) 各箇電動機方式

前に述べたように単一電動機方式では動力伝達上種々不利な点があるので、大容量高速度の抄紙機では全抄紙工程を多くのセクションに分割して、それぞれのセクションを別箇の電動機で駆動する各箇電動機方式が用いられている。通常プレス、ドライヤ、カレンダーの工程はさらに二、三のセクションに細分される。この場合にも1台の共通発電機で電力を供給する方式と、各セクション電動機にそれぞれ専用の発電機を置く各箇発電機方式とがある。両者には一長一短あり簡単には定められないが、それらに対する日立標準方式の概略をつぎにのべる。

## (A) 共通発電機方式

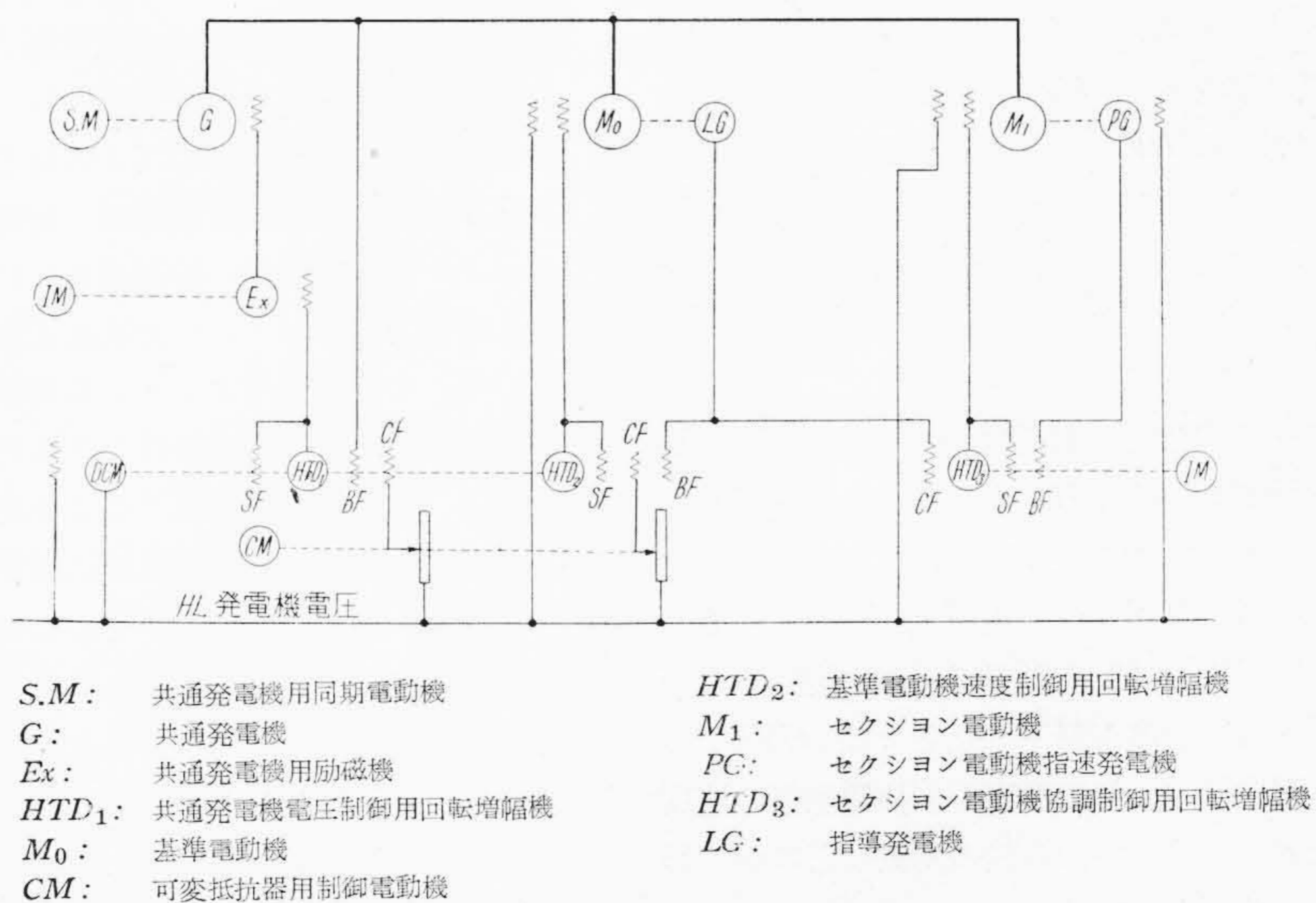
### (a) 起 動

各セクション電動機を起動するに当り、電機子に直列抵抗を挿入し、限時継電器または限流継電器によつて起動用直列抵抗を順次短絡する定電圧起動方式と専用の起動用発電機をべつに設置してセクション電動機をレオナード起動し、その逆起電力で共通発電機の整定電圧にほぼ等しくなつたとき、起動発電機から共通発電機母線に切替える可変電圧起動とがある。

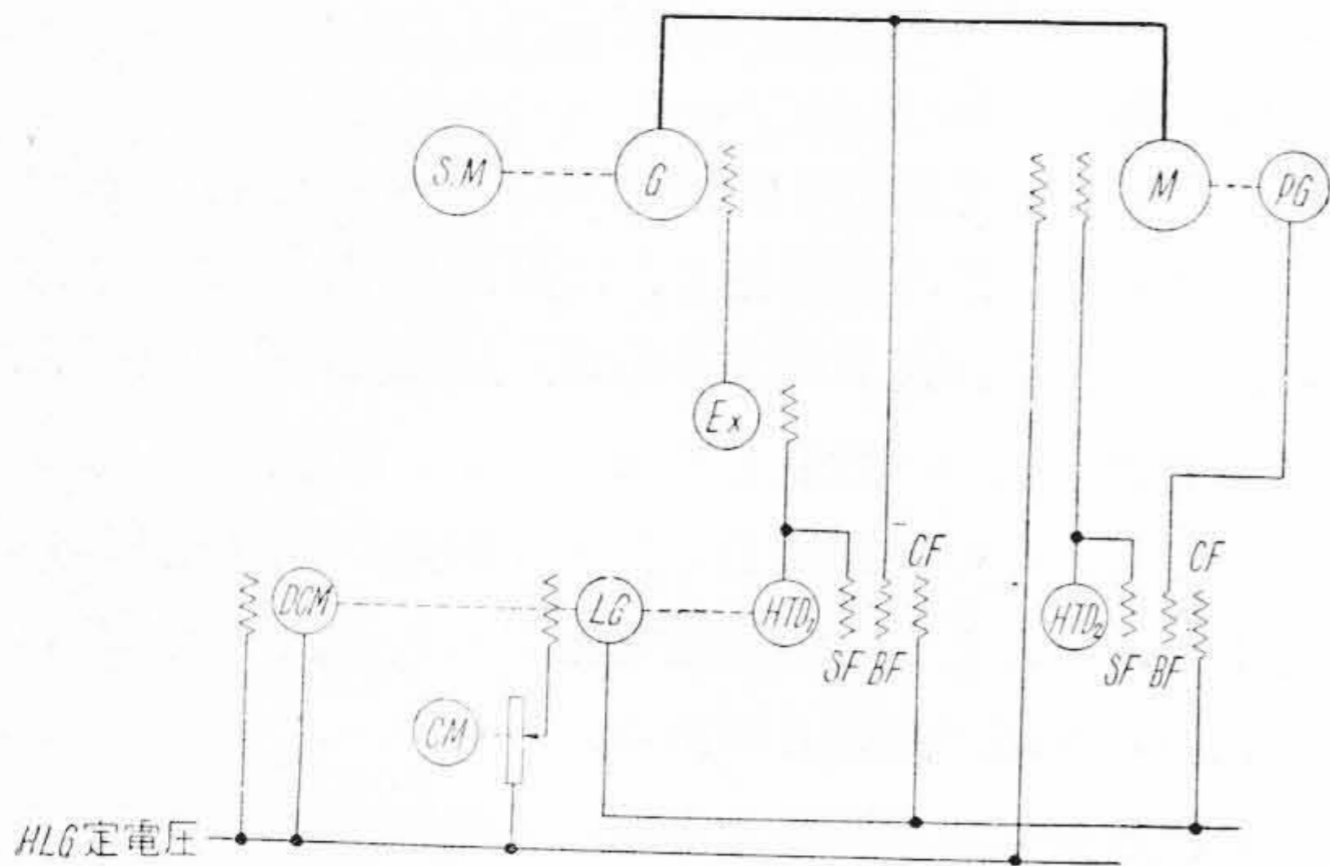
前者は起動抵抗を短絡する際の尖頭電流によつて、クーチのワイヤー、プレスの毛布、ドライヤのキャンバスなど損傷する欠点がある。また抵抗短絡用接触器を取付けるためキュービクル、または接触器盤、および起動用抵抗などを必要とするため制御装置の価格が増す外据付面積が広くなり制御回路も複雑となる。後者は加速中の尖頭電流はなく、円滑な加速が可能となり制御装置の価格は減少し保守が容易になるが起動用発電機の設備費が増大する。

### (b) 回転増幅機 HTD による協調運転方式

抄速の基準としてハーランド方式のように、慣性能率の比較的大きいセクション、あるいは共通母線に接続された専用の基準電動機に指導発電機を直結し、その電圧を抄速の基準とする場合と、定速電動機に連続された指導発電機の電圧により、母線に接続したべつの指導電動機を速度を不変に保ち、この速度を抄速の基準とする場合とがある。前者では基準セクションの速度変動の影響が他のセクションにおよぶほか基準セクションの停止に



第9図 共通発電機による各箇電動機運転方式制御回路  
Fig. 9. Automatic Speed Control System of Sectional-Drive Paper Making Machine in the Case of Common-Generator



- S.M: 同期電動機
- G: 共通発電機
- Ex: 励磁機
- HTD<sub>1</sub>: 主発電機電圧制御用回転増幅器
- LG: 指導発電機
- M: セクション電動機
- PG: セクション指速発電機
- HTD<sub>2</sub>: セクション協調制御用回転増幅機

第10図 共通発電機による各箇電動機運転方式制御回路

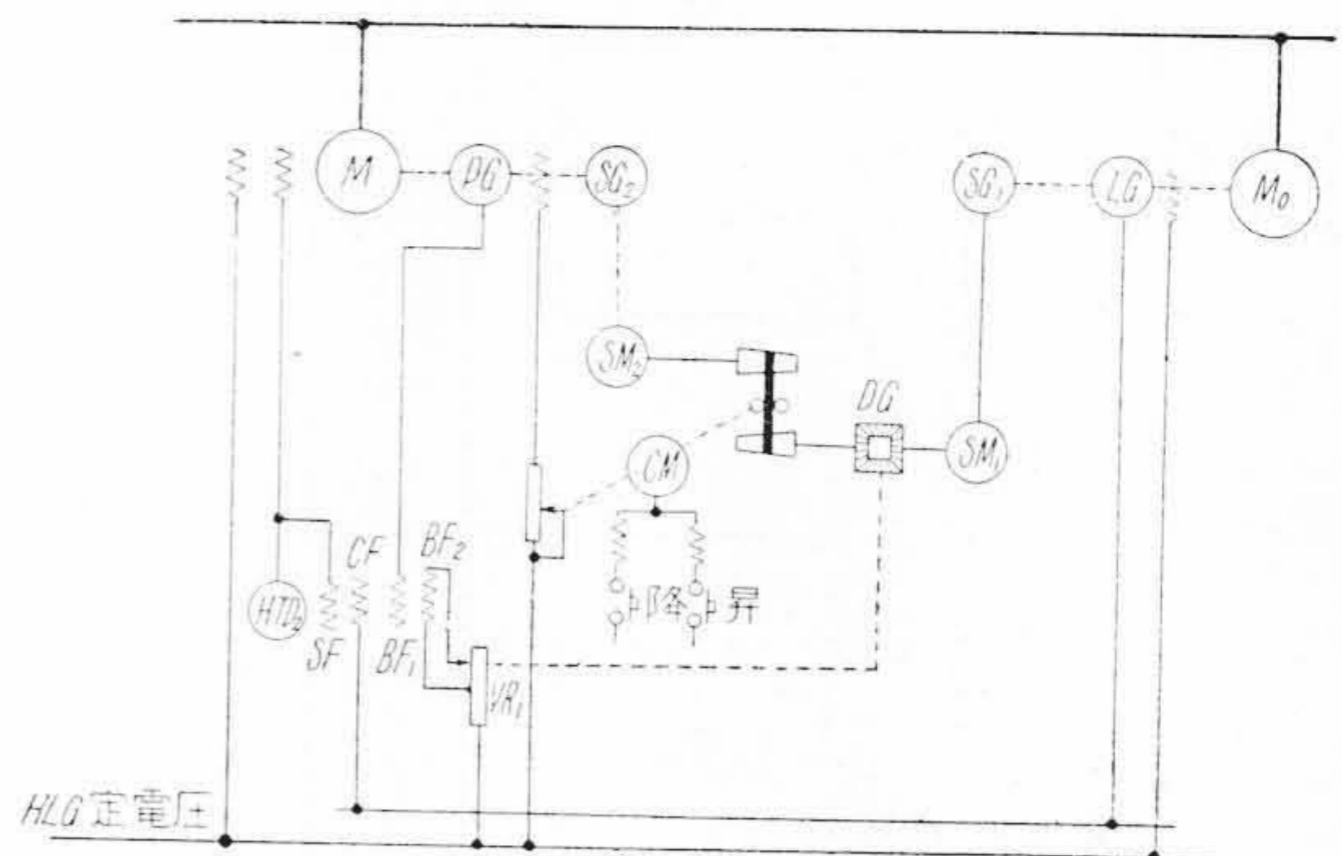
Fig. 10. Automatic Speed Control System of Paper-Making Machine in the Case of Common Generator

より全セクションの協調運転が不能となる欠点があり、後者では基準電動機の慣性能率が小さいため共通母線電圧変動の影響を受けやすい。

第9図(前頁参照)は共通母線に接続された電動機を基準とした場合の接続図である。母線電圧は交流電源電圧、周波数の変動、負荷の変動などにより絶対に変化しないことが必要であるから、HTDによる自動電圧制御を行っている。すなわち、定電圧HL発電機より抄速調整用電動可変抵抗器を経てHTD<sub>1</sub>の制御巻線に励磁を与え、負饋還界磁巻線BFには共通発電機の電圧を負饋還する。したがつてもし受電々源、負荷の影響によつて共通発電機電圧が低下したときはBFの励磁が減少するからHTD<sub>1</sub>の電圧が上昇し発電機電圧を整定値に保持するよう動作する。

また基準電動機の自動定速制御はHTD<sub>2</sub>の制御巻線CFに電動界磁調整器を経てHL発電機より抄速指令を与え、HTD<sub>2</sub>の負饋還界磁巻線BFにはセクション電動機に連結された指導発電機LGの電圧を負饋還する。HTD<sub>2</sub>の出力は電動機の補助差動界磁巻線を励磁するので、たとえば電動機が速度が低下したときはHTD<sub>2</sub>の電圧が上昇し、電動機の全界磁磁束を弱め電動機を規定値まで上昇させるから、負荷の変動などにかゝらず定速に保たれることになる。

各セクションの協調運転はつぎのように行われる。すなわち指導発電機LGよりHTD<sub>3</sub>の制御巻線CFに速



- M<sub>0</sub>: 基準電動機
- LG: 指導発電機
- SG<sub>1</sub>: 基準セルシン発信機
- SM<sub>1</sub>: 基準セルシン受信機
- VR<sub>1</sub>: 可変抵抗器
- M: セクション電動機
- PG: セクション指速発電機
- SG<sub>2</sub>: セクション用セルシン発信機
- SM<sub>2</sub>: セクション用セルシン受信機
- DG: 差動歯車

第11図 無定位式差動歯車を用いた各箇電動機運転方式制御回路

Fig. 11. Astatic Speed Control System by Differential Gear

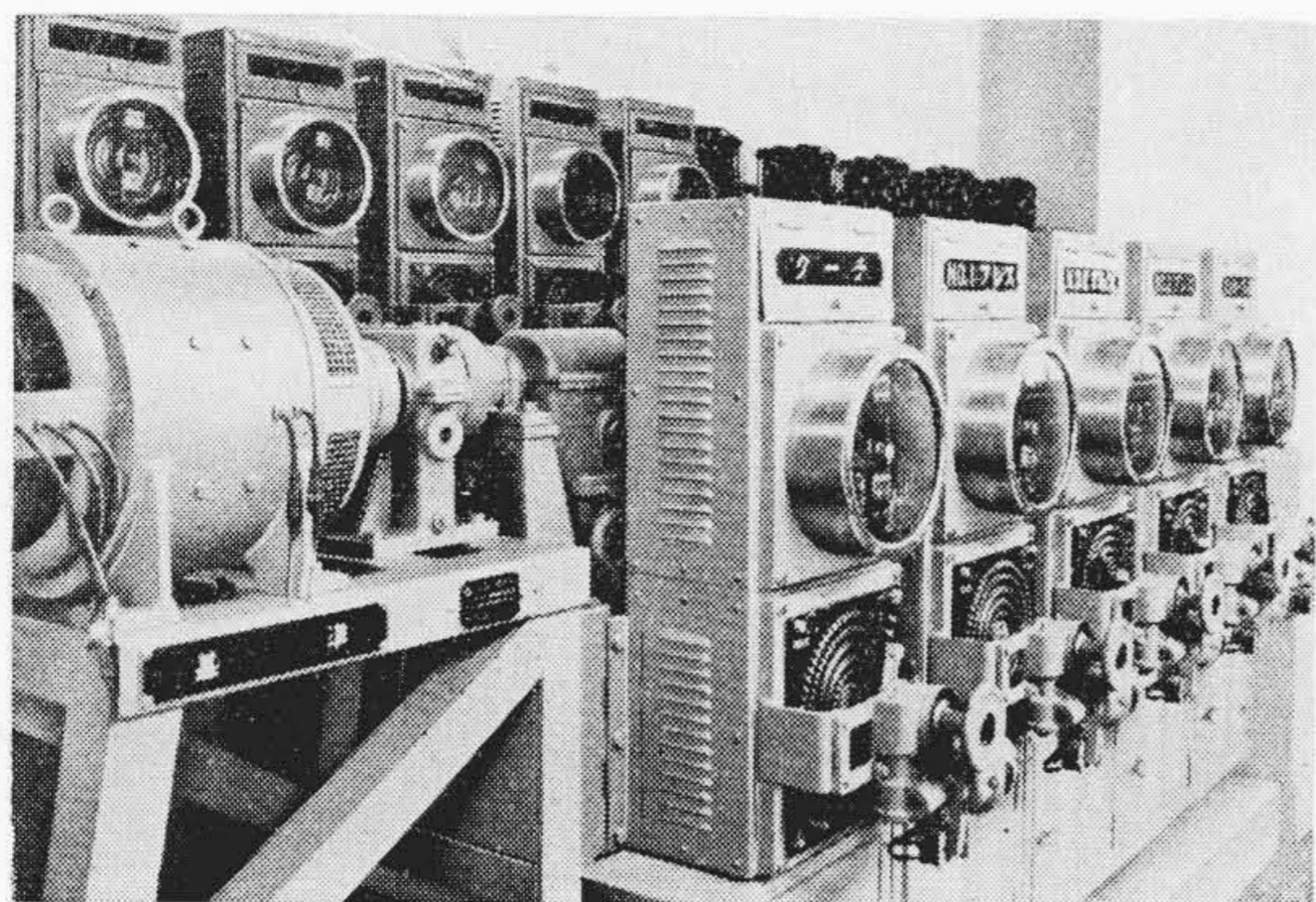
度指令を与え、セクション電動機に連結された指速発電機PGの電圧をBF電線に負饋還する。HTD<sub>3</sub>の出力はセクション電動機の補助差動界磁巻線を励磁し、たとえば、電動機が速度が制御巻線CFの指令より上昇した際はHTD<sub>3</sub>の電圧は低下し電動機の全界磁磁束を強め、セクション電動機を規定速度まで降下させ、負荷変動にかゝらず、セクション電動機は協調運転を行うことができる。

第10図は定速運転される指導発電機LGを用いた制御回路を示す。指導発電機は定電圧HL発電機を供給電源とする定速直流電動機で駆動され、その励磁は抄速調整用電動界磁調整器を通じてHL発電機より与えられ、第9図の場合と同様共通発電機の定電圧制御を行う。

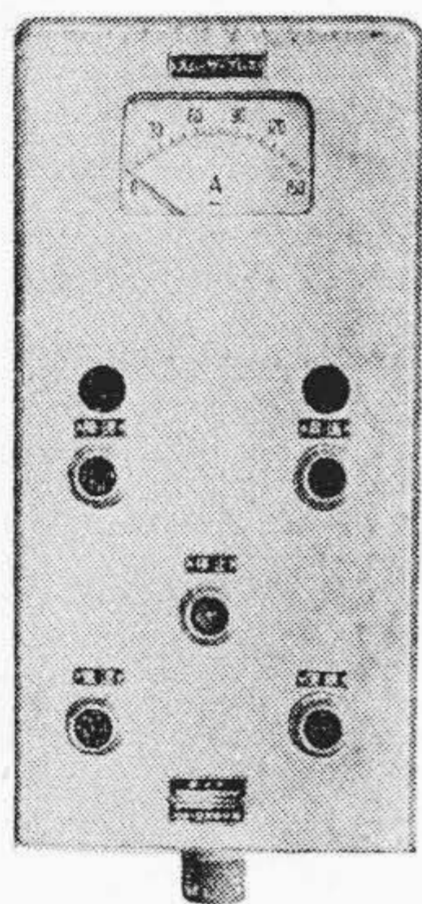
セクション電動機の協調運転の作用も第9図の場合と全く同様であるが、この方式によれば前回の場合と異なり、LGの電圧がセクション負荷の影響を受けないので抄紙速度を常に一定に保持できる利点がある。

### (c) 無定位式差動歯車による速度制御

回転増幅機のみによる定速速度制御は内外の擾乱が生じた際永久誤差を生ずる。そのためドローが擾乱のたびに幾分変化し、長時間のうちにはドロー調整を人為的に行う必要を生ずるに到る。日立製作所ではこの不便を除き一度調整されたドローは常に一定に保持されるよう無定位式差動歯車を使用した自動ドロー調整方式を採用している。第11図はこの制御回路を示す。セルシン電動機SM<sub>1</sub>は基準電動機に連結したセルシン発信機SG<sub>1</sub>と電氣的に連結され、差動歯車の基準軸を定速で回す。ま



第12図 ドロー調整装置  
Fig.12. Draw Regulator



第13図 各セクションに取付けられる操作盤  
Fig.13. Control Stand Attached to the Each Section of Paper Making Machine

たセルシン電動機  $SM_2$  はセクション電動機に直結したセルシン発信機  $SG_2$  と電氣的に連結され、ドロー調整用円錐調車を経て差動歯車の検出の検出軸を回す。差動軸は両軸の差で回るから、セクション電動機の色度が変わらなければ静止しているが、速度変化が起れば回転して可変抵抗器  $VR_1$  を動かし  $HTD_2$  の  $BF_2$  界磁電流を調整し、その電圧を変えて電動機界磁を制御し、自動速度制御を行う。第12図は東北パルプ納のドロー調整装置である。

#### (d) ドロー調整

紙質や原液が変わったためドロー調整を人為的に行う必要が生じたときは第13図に示す操作盤に取付けられ

たドロー調整押釦「昇速」または「降速」を押すと、第11図の制御電動機が回り指速発電機  $PG$  の界磁を変化するとともに、円錐調車の調帯位置を変えセクション電動機の色度を上昇または下降する。第13図の操作盤は紙の状態をみながらドロー調整を行う抄紙室に取付けられる。

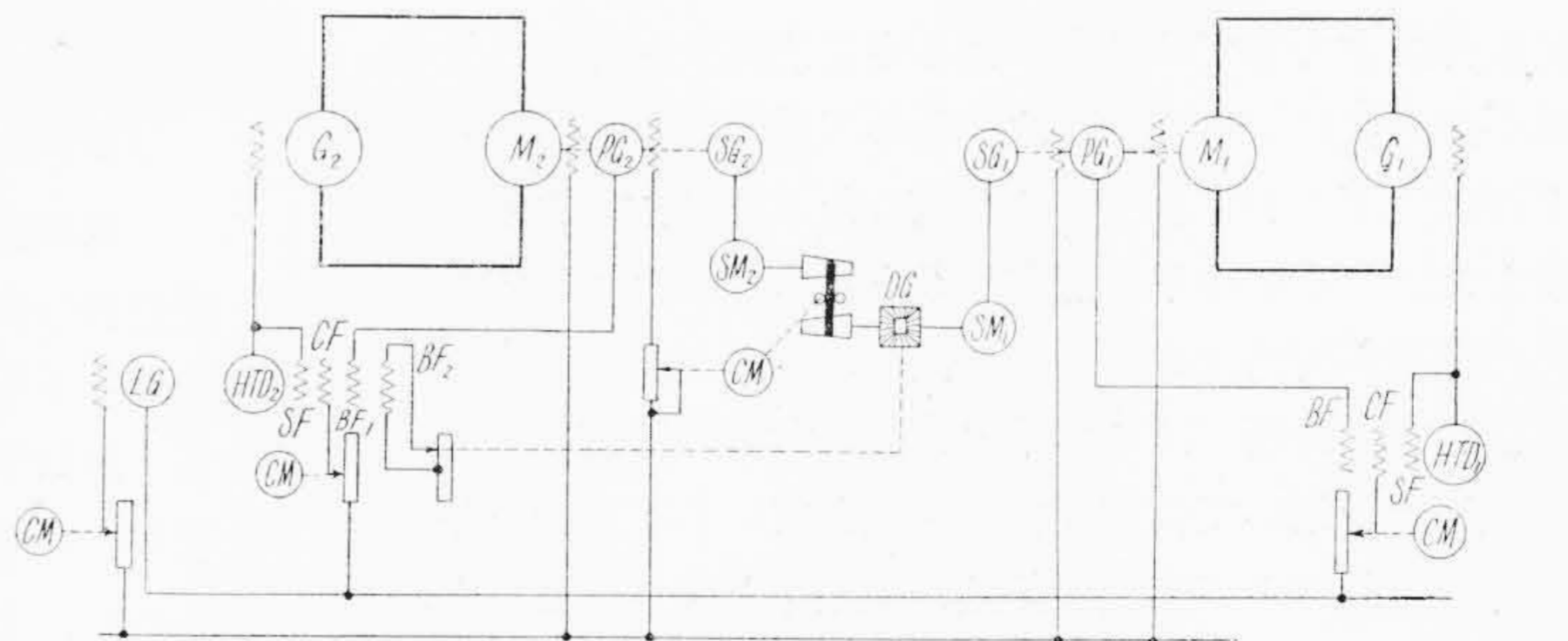
#### (e) たるみ取り、たるみつけ操作

カレンダーでは紙に張力を与えてつや出しを行うが、この値が適当でないと「しわ」、「紙切れ」を生じるから、張力を調整するためカレンダーには特に張りあるいはたるみ装置を設ける。

このためカレンダーセクション用セルシン電動機は固定子回転型とする。たとえばたるみ取りの場合、操作盤に取付けた「張り」押釦を押せば、制御電動機によりセルシン電動機の固定子は回転子と反対方向に回り、回転子の速度は固定子の回転数だけ遅くなる。このため差動歯車の差動軸が動き、 $HTD$  の動作によりセルシン回転子の速度を旧にもどすよう電動機速度を増し、たるみ取りを行う。この作用は「張り」釦を押しているうちだけ継続する。たるみ付けの場合は「弛み」釦により上記と逆の動作を行う。

#### (B) 各箇発電機方式

共通発電機方式は全セクション電動機が共通母線に接続されているため1セクションの影響が他のセクションにおよぶ上、電動機の界磁制御によつて自動速度制御を行つているので制御動作が電動機速度、すなわち抄速により過渡的にも整定的にも影響をうける。電動機速度すなわちその場合における抄紙速度によつて影響をうけるおそれがある。各箇発電機方式は第14図に示すように電圧制御により自動速度制御を行うもので、指導発電機の



$G_1$ :	基準電動機用発電機	$G$ :	セクション発電機
$M_1$ :	基準電動機	$M_2$ :	セクション電動機
$HTD_1$ :	基準電動機速度制御用回転増幅機	$HTD_2$ :	セクション電動機協調制御用回転増幅機
$PG_1$ :	基準電動機用指速発電機	$PG$ :	セクション電動機用指速発電機
$SG_1$ :	基準電動機用セルシン発信機	$SG_2$ :	セクション電動機用セルシン発信機
$SM_1$ :	基準電動機用セルシン受信機	$SM_2$ :	セクション電動機用セルシン受信機
		$LG$ :	指導発電機

第14図 各箇発電機方式制御回路

Fig.14. Automatic Speed Control System of the Paper Making Machine in the Case of Individual Generator

電圧を界磁調整器を介して  $HTD_2$  の制御巻線  $CF$  に与えセクション電動機に連結された指速発電機  $PG$  の電圧を巻線  $BF$  に負饋還する無定位式差動歯車による自動速度制御は共通発電機方式の場合と同要領であるが、両者により動作する  $HTD_2$  は発電機電圧を変えて速度制御するよう動作する。

したがって各箇発電機方式では抄紙速度に応じて制御動作の変るおそれはない。

いま各箇発電機方式についてその利点特質をのべればつぎの通りである。

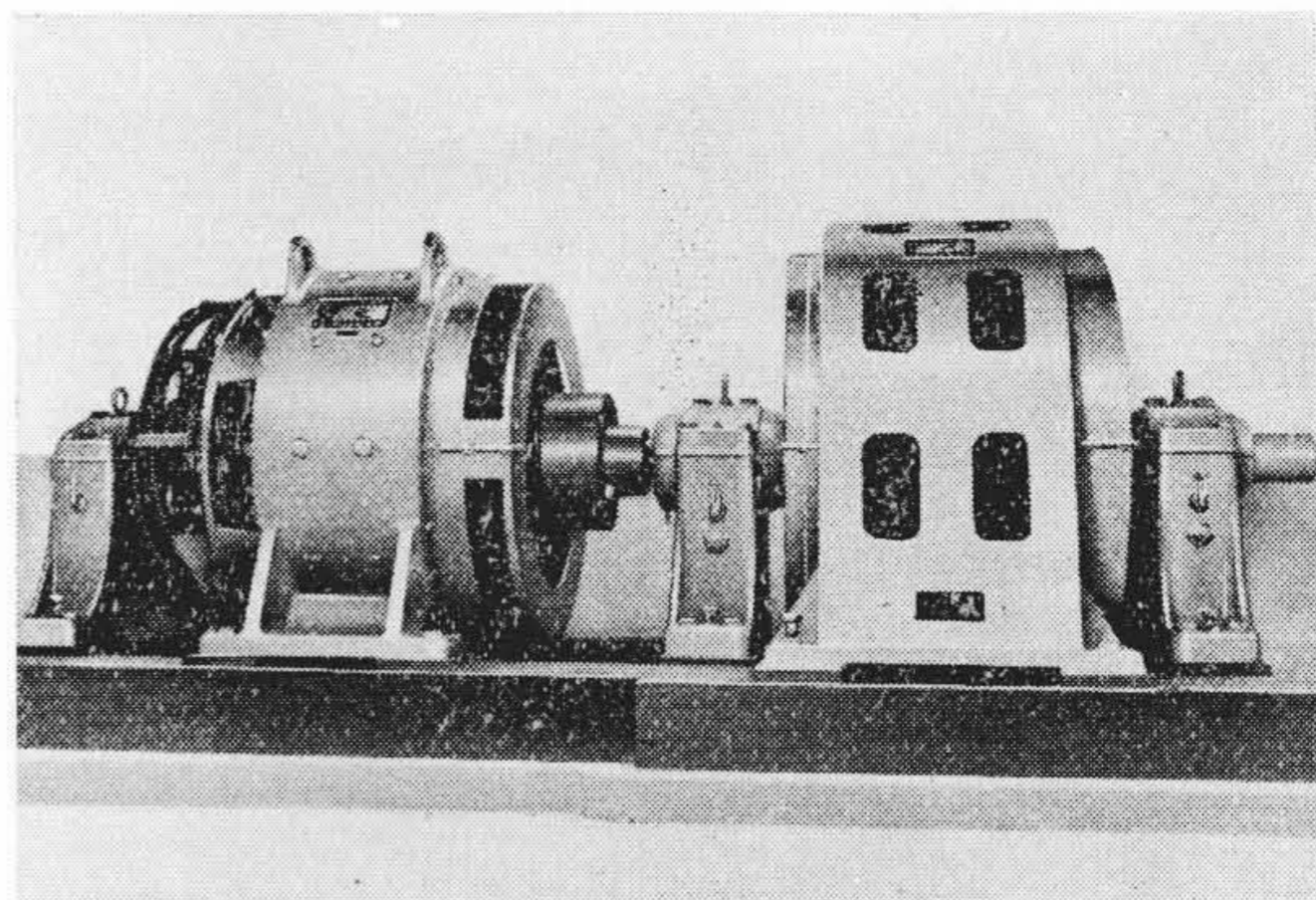
- (a) 共通発電機のごとく共通母線に全セクションの電動機が接続されていないので1セクションの影響が他のセクションにおよぶことがない。
- (b) 制御の速応性が大きく、抄速により制御能力が変らない。
- (c) 起動用発電機または起動用抵抗器とその附随装置が不要である。また同時起動が可能である。
- (d) 共通発電機方式では、発電機の電圧制御を行っているから、電源周波数変動の影響が直接セクション電動機にはおよばないが、各箇発電機方式では速度制御系の直接の擾乱となる。
- (e) 各セクションごとに一台ずつの発電機をおくために設備費が増大する。

### (C) 日立方式の特長

以上のべた通り、日立方式の特長は回転増幅機と差動歯車を用いた定位式と無定位式制御の併用にあり、無定位制御によつて抄速誤差を完全に零としている。これによつて運転中に、抄速誤差の累積したためドロー調整を行うという必要が全くなく、運転能率はいちぢるしく向上した。一方現象変化のあつた場合速度回復を行う過渡的動作は主として  $HTD$  による定位制御系が働き、その高い速応性によつて抄速はきわめて迅速に整定値に回復し速度回復のおくれによる紙切れなどの事故を大幅に減少した。この定位系と無定位系を組み合わせれば全体としての速度制御特性に重大かつ微妙な影響をもつものである。日立製作所ではこの系の合成、解析には常にアナログ演算器を用いて慎重な検討を加えている。この効果は多くの実験および実際の製品試験結果と照合することにより信頼性を十分に確認している。

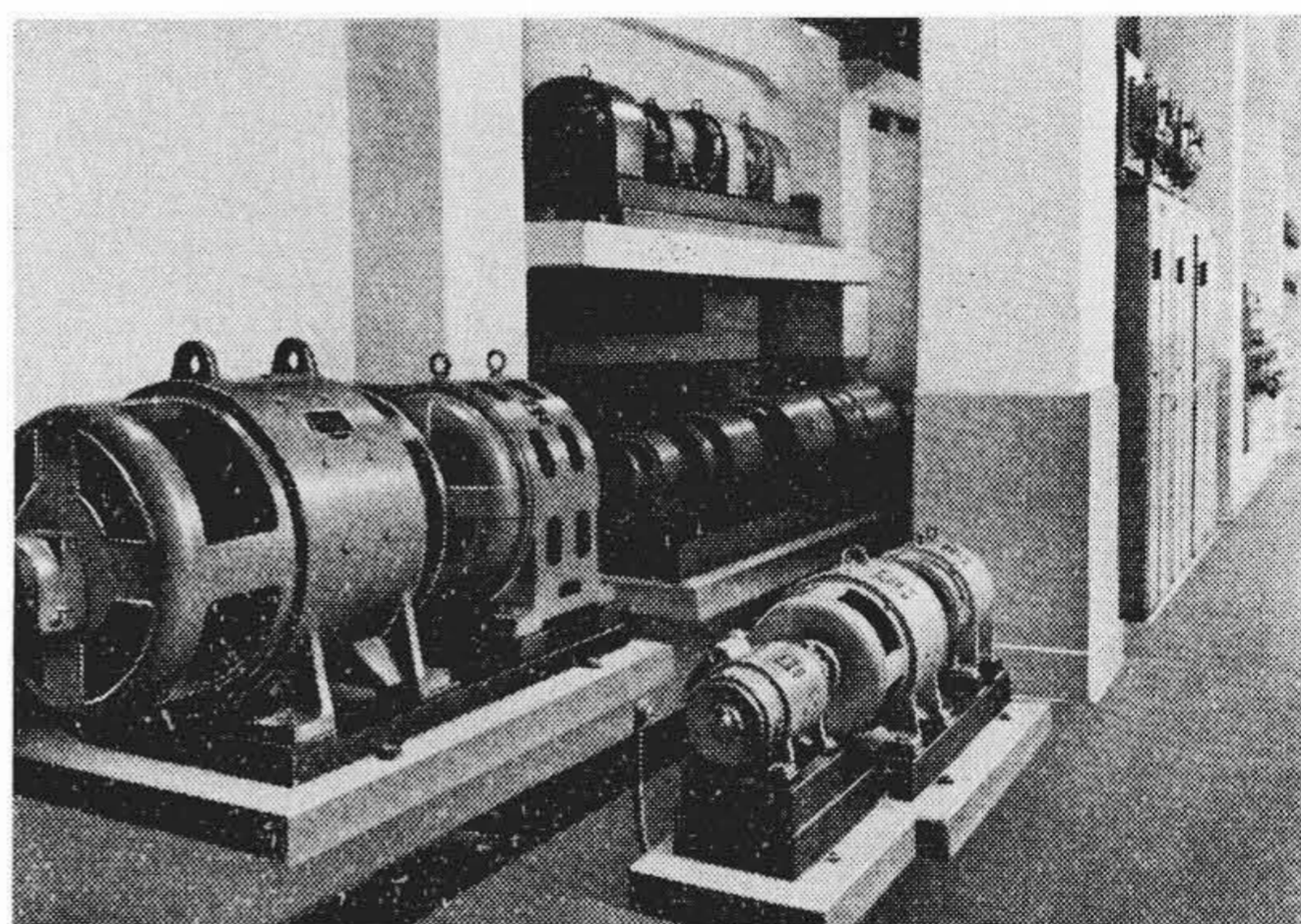
## [V] 機 器 概 要

セクション電動機はすべて両軸端出で、一端は減速機に直結され、各セクションのロールを駆動する。他端は指速発電機、およびセルシン発信機に直結される。しかし床面積を節約し、建屋の建設費を低減するために最近の方式では電動機は複流型のものとして、直流電動機



第15図 550 kW 主電動発電機

Fig. 15. 550 kW Main Motor-Generator Set



第16図 励磁機 HTD 起動用発電機セット

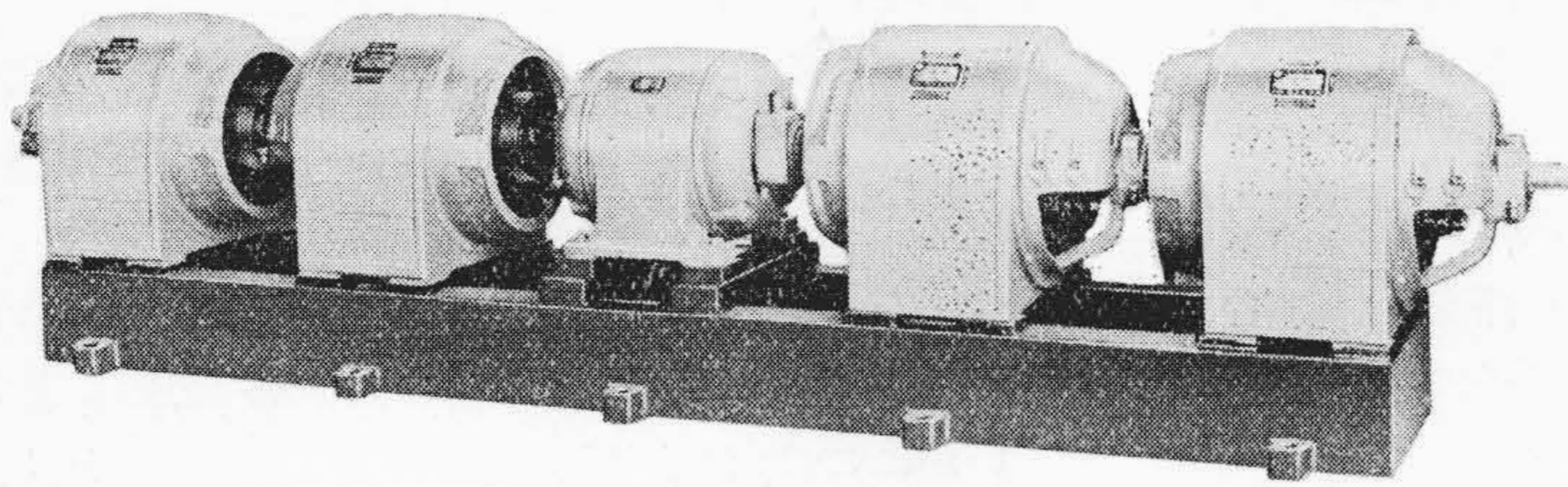
Fig. 16. Exciter, HTD, and Starting Generator Set

にスリップリングを設け、これより回転数に比例する周波数の三相交流セルシン発信電力をとり、また速度計発電機はできるだけ小型のものとし、電動機の軸端はオーバハングしてある。これによつて電気設備費も安価となった。第18図にこの型の電動機の写真を示す。

電動機の負荷変動による速度変動は抄速制御に対する擾乱となるものであるから、その速度変動率はきわめて小さく設計されてある。また界磁は主界磁と補助界磁とを有し、おのおの定電圧電源  $HLG$  と  $HTD$  により励磁されるが、その界磁の時定数は、速度制御の過渡的特性と密接な関係があるので極力短くなるよう設計されている。

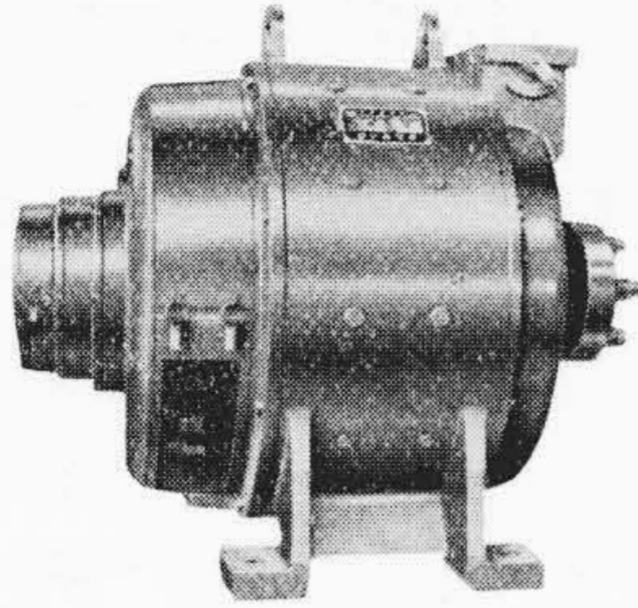
運転中の電動機の出力は、大半はロール軸受部などの摩擦に消費されるものあり、さらにロールの  $GD^2$ 、特にドライヤ・セクションの  $GD^2$  はきわめて大きいので、電動機の起動回転力はきわめて大きな値となる。特に機械のなじまない初期の頃にはこの傾向が強い。したがって電動機の過負荷耐量はこれらの過負荷に対して十分に余





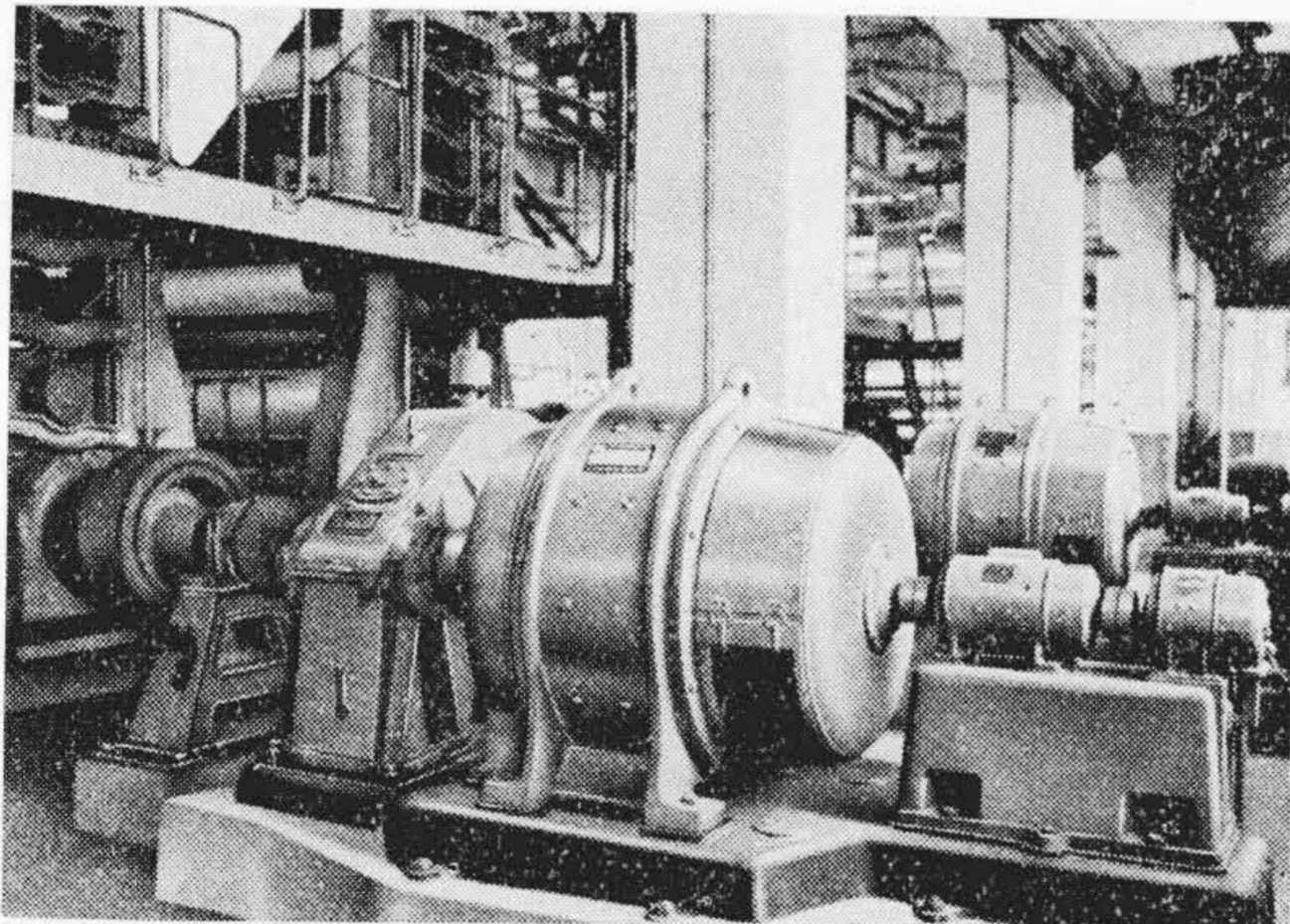
第17図  
セクション電動機速度  
制御用 HTD 装置

Fig.17.  
HTD Set for Speed  
Control of Section  
Motors



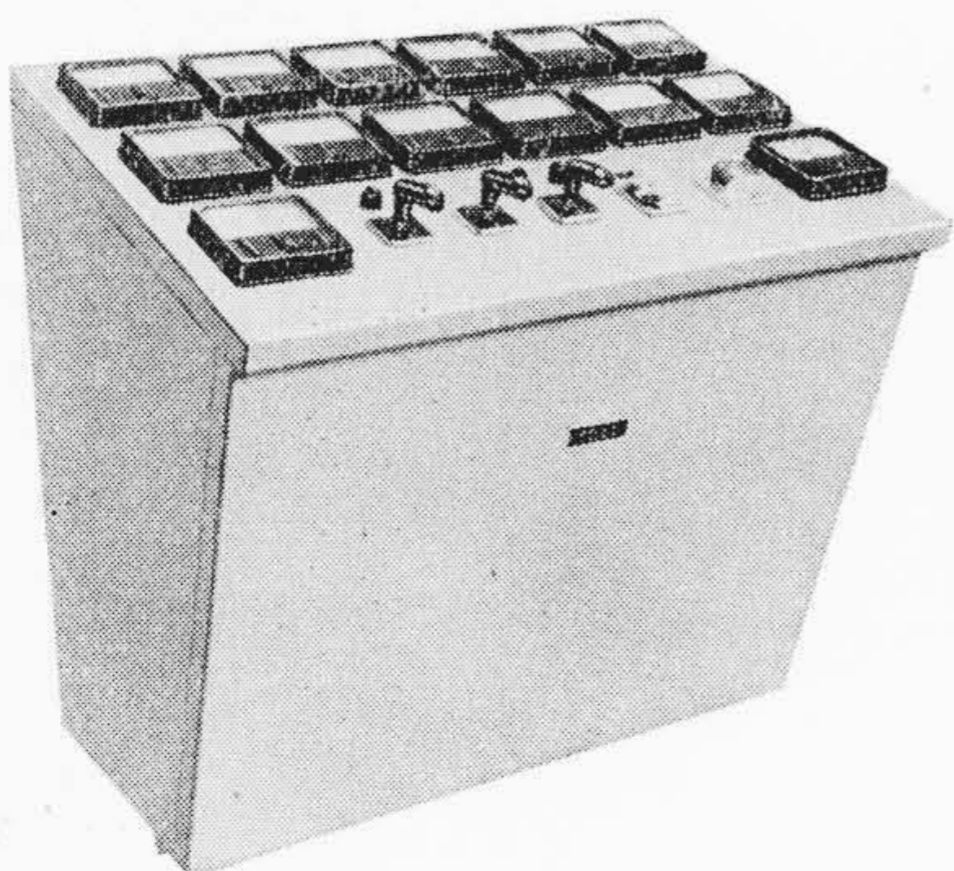
第18図 指速発電機をオーバーハングした  
複流型セクション電動機

Fig.18. Double Current Type Section Motor  
with Over Hanged Pilot Generator



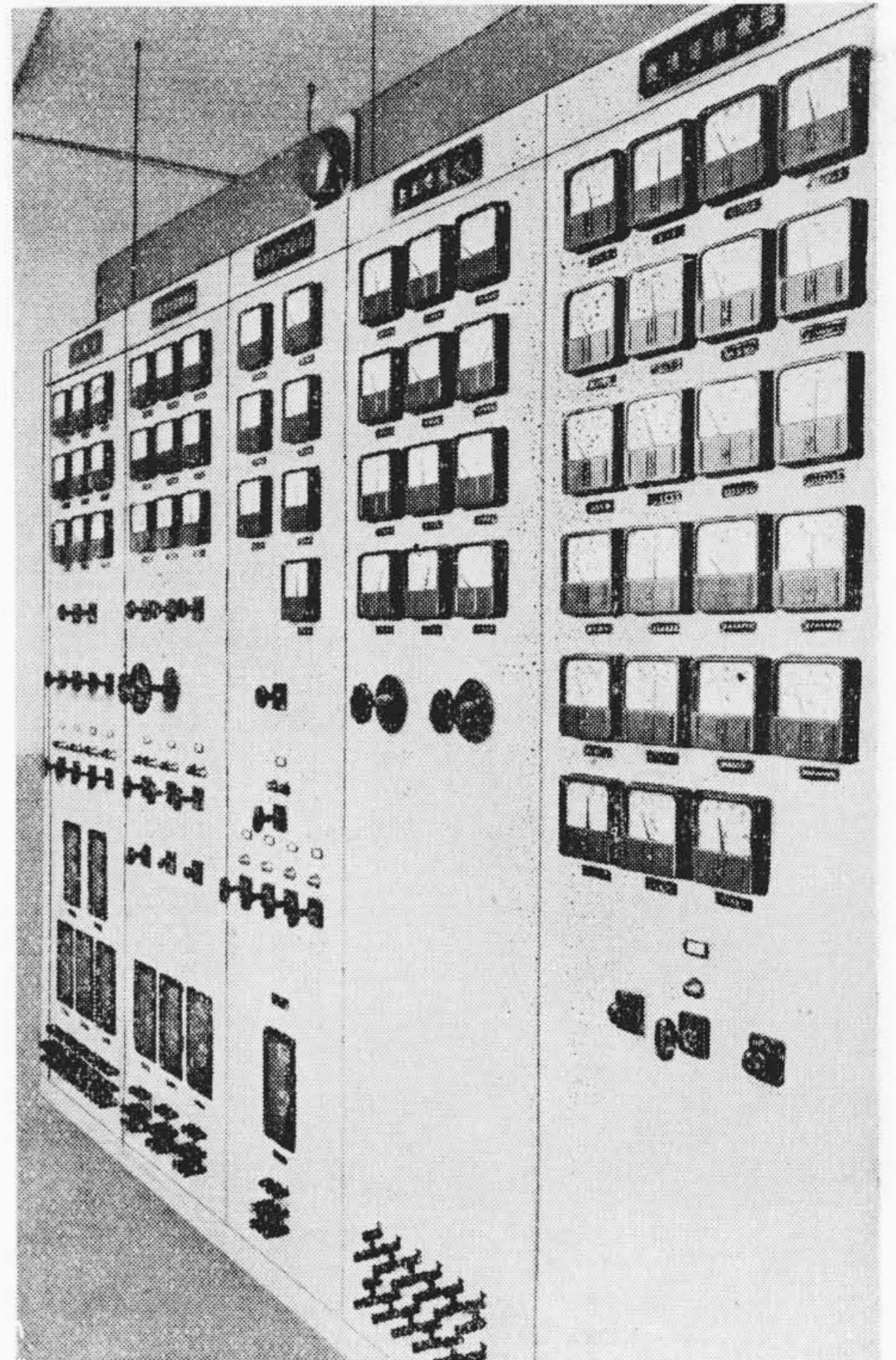
第19図 90 HP セクション電動機

Fig.19. 90 HP Section Motors



第20図 集中操作机

Fig.20. Control Desk



第21図 集中監視盤

Fig.21. Centralized Control Panels

裕をもつて設計、製作されており、ドライヤなどに対しては300%を標準としている。そして、機械的にはもちろん、電気的にもこれらの過負荷に十分耐える構造となっており、この起動時の大電流に対する整流に関しては万全の考慮が払われている。

なおセクション電動機は普通抄紙室におかれるが、抄紙室は湿気が多いので、閉鎖他力通風型を採用している。

起動用発電機はセクション電動機のレオナード起動に用いられるものであつて、普通60分定格を用いているが、その過負荷耐量はセクション電動機と全く同一であるが、高速で回転している点でむしろ電動機よりも苛酷である。したがつて機械的にはもちろん、電気的にも十分の考慮を払つて設計、製作され、特に整流に関しては細心の注意が払われている。

定電圧電源として用いられる HLG はすでに 20 年近

い歴史を有する日立製作所独特のもので、共通の軸の上に組立てられた発電機部分と励磁機部分とを有し、かつ共通のハウジングの中に収められている。発電機は普通の構造であるが、励磁機は不飽和極と飽和極とよりなり、それらは互に磁氣的に絶縁された独立の磁路をもつ。電機子導体は4極波巻に巻いてあり、その端子には不飽和

極と飽和極の磁束の差による電圧が発生するように磁極を配列してある。両磁極とも発電機電圧によつて励磁される界磁線輪があるが不飽和極にはこのほか励磁機の出力電流によつて励磁される直巻界磁が設けてある。今たとえば直巻界磁のない場合を考えると、不飽和極と飽和極の両方の磁束が等しい場合には励磁機電圧は零となり、いかにこの点で速度を変化しようともそれ以上励磁機の電圧は変化し得ない。直巻界磁の動作はきわめて微妙で、広範囲にわたる回転数の変化に対して、励磁機を前記零磁束の位置附近に保つことによつて発電機電圧を常に一定に維持するためのものであり、その詳細については文献<sup>(6)</sup>を参照されたい。

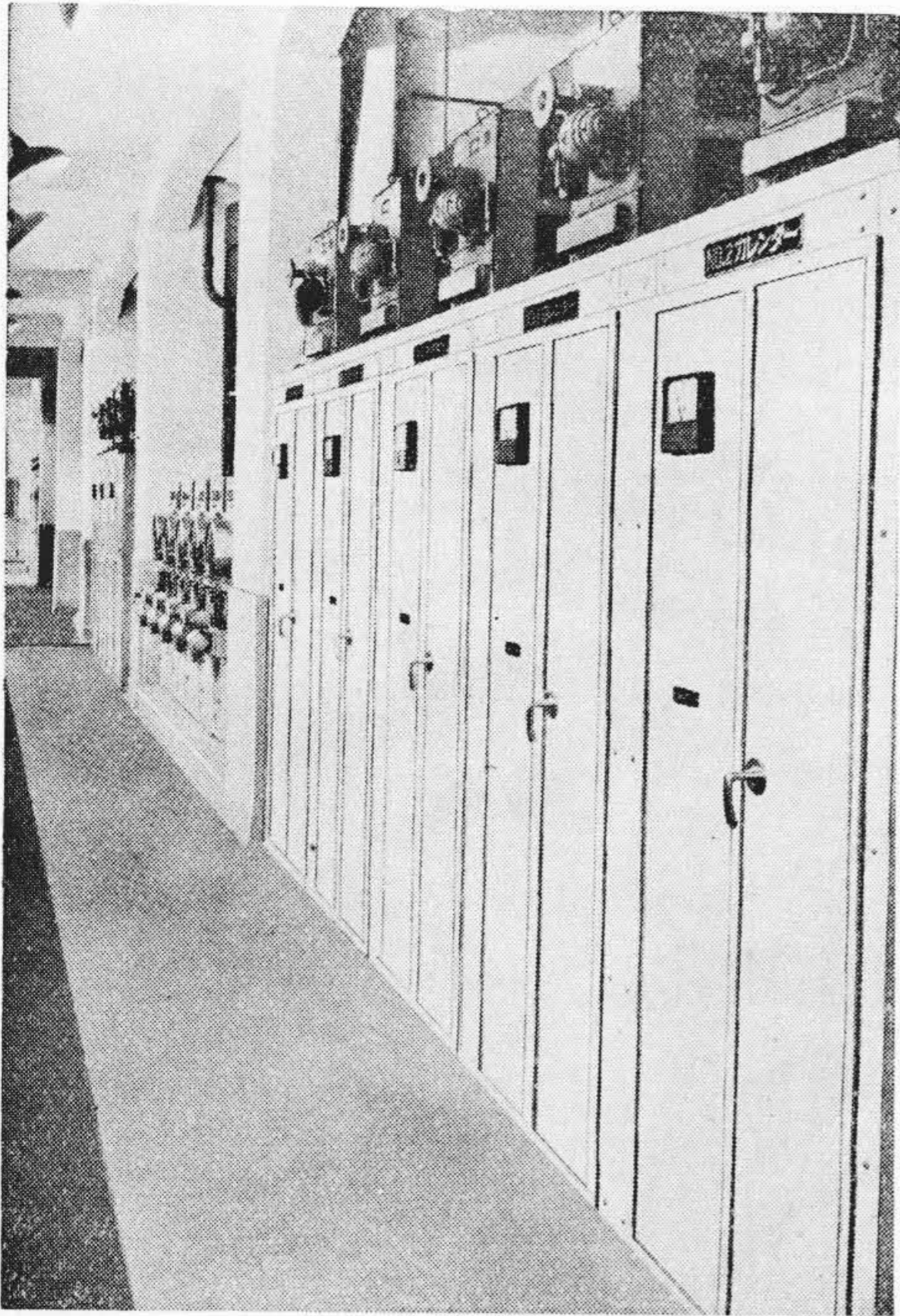
指導電動機はドロ調整箱の指導軸を回し、抄速の基準となる。その負荷の性質上、負荷変動などはほとんどないが、抄速の絶対基準を与えるものとしてきわめて重要な役割を果しているので、速度変動率は可及的に小さいものとしてあり、また十分な信頼度をもたせて設計、製作されている。

第15図より第19図は回転機械の外観を示し、第20図より第23図は制御盤の外観を示す。

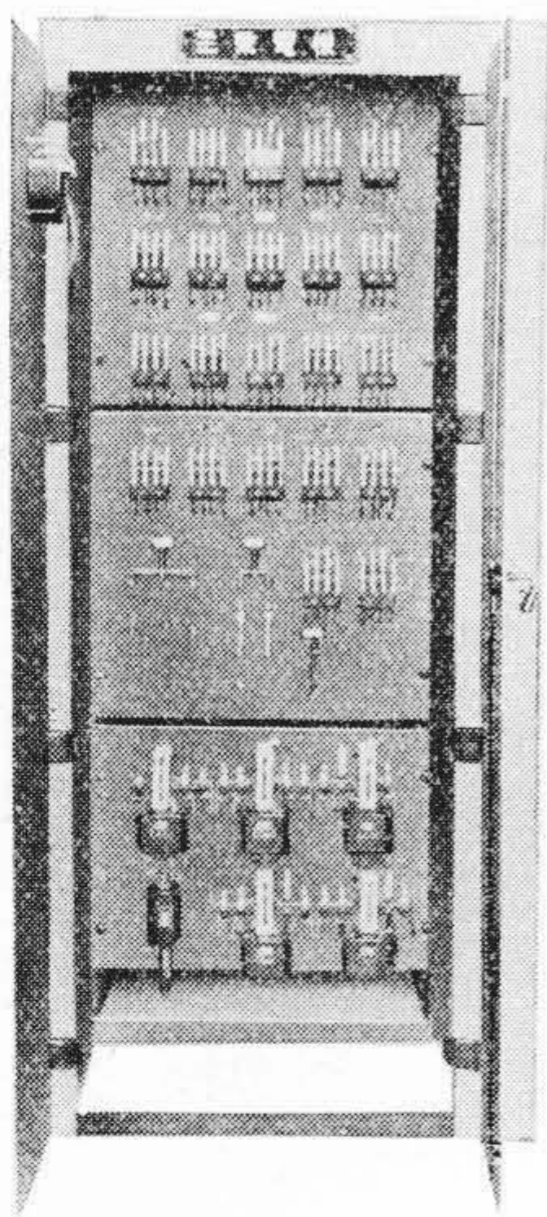
### 〔VI〕 試 験 結 果

抄紙機用の電気設備の運転、制御の結果は、設計、製作の進歩、改良により納入のたびごとに著しい向上を示している。

最近納入した東北パルプ納142吋1,000 ft/mnのセクショナルドライブ抄紙機のセクション間協調運転の試験をオッシロプログラムで調べた結果でも回転増幅機HTDに

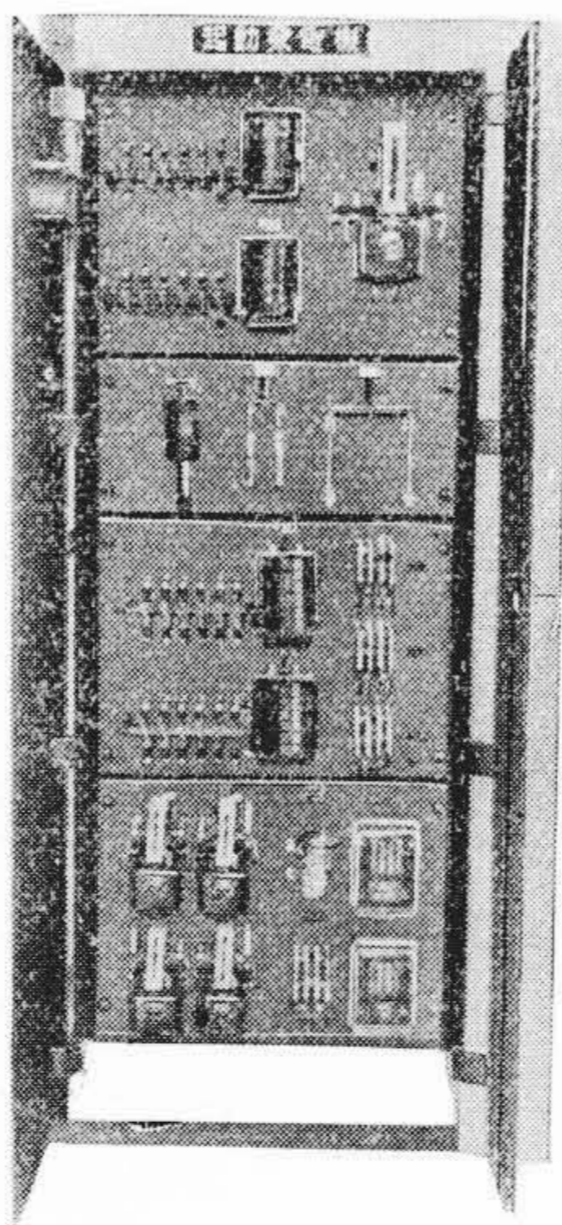


第22図 セクショナルキュービクル群  
Fig. 22. Section Cubicles



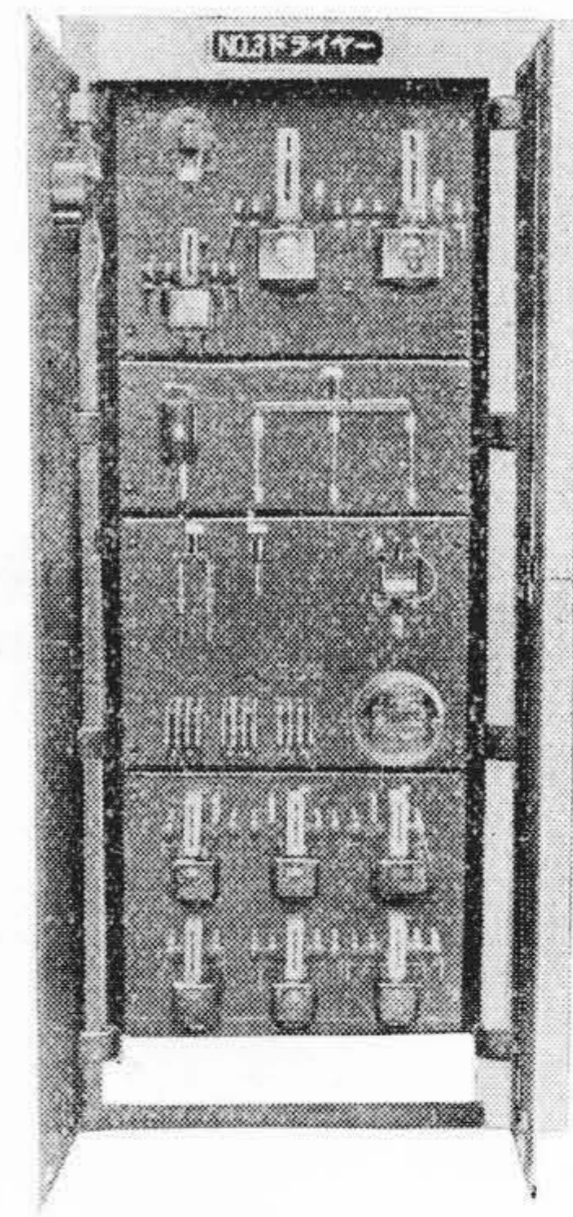
第23図(A) 主発電機キュービクル内部

Fig. 23.(A) Inside View of Main Generator Cubicle



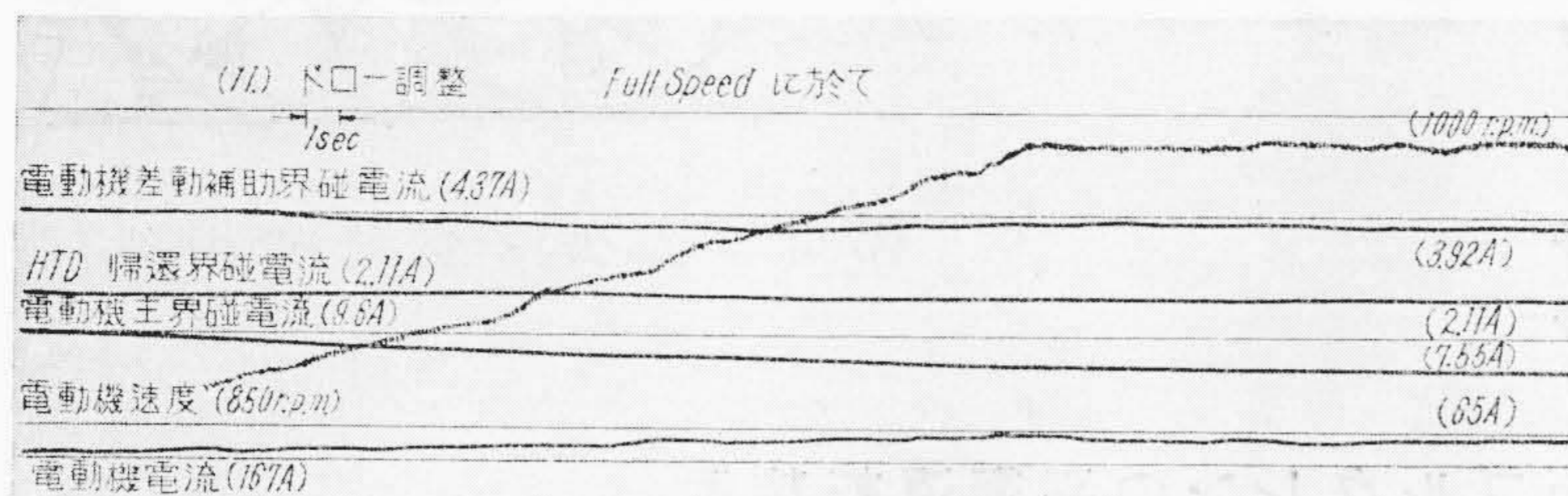
第23図(B) 起動発電機キュービクル内部

Fig. 23.(B) Inside View of Starting Generator Cubicle



第23図(C) セクショナルキュービクル内部

Fig. 23.(C) Inside View of Section Cubicle



第24図

ドロー調整のオシログラム

Fig. 24.

Oscillogram Showing the Draw Control

よる定位制御と差動歯車による無定位制御の両者相俟つて、最も好ましい作動状態を示していた。すなわち整定誤差は無定位制御の差動歯車によつて完全に零となつており、また、急激負荷変動を与えた場合の速度恢復特性、すなわち過渡的な特性は *HTD* による定位制御によつて行われている。

過渡的な速度恢復のおくれは、当然抄紙作業に対して好ましくないが、これは電気機器を用いる以上は完全に零とすることはできないものである。しかしその値は「紙切れ」または「しわ」などの事故となる量に対しては十分余裕をとつて小さくしてある。第24図はドロー調整のオシログラムを示しているが、ドロー調整はきわめて円滑に行われている。

### 〔VII〕 結 言

以上、最近の抄紙機用電気設備の概要と、日立製作所が採用している方式の特長についてのべた。これらの方式はすべて現在好調に営業運転中のものである。

定位制御と無定位制御との巧妙な併用は日立方式の特長であり、これにより受電々源の変動その他の場合には全然ドロー調整の必要なく、きわめて安定に楽な運転ができることは、既納機の実績の示すところであり多大の好評を博している。

筆をおくにあつて絶えざる御指導を賜つた日立製作所日立工場藤久保副工場長、稲木部長、山本課長、泉課長、田附主任、平川主任の諸氏に厚く御礼申上げるとともに試験、測定に御尽力いただいた林田部長、中野課長、根本主任、村田主任、木村氏、浅水氏に深く感謝する。

### 参 考 文 献

- (1) 高瀬：抄紙機の電気運転 電学誌 Vol. 53, No. 544 昭 8
- (2) 大谷：製紙工業における電動力応用 電学誌 Vol. 55, No. 565 昭 10
- (3) V.B. Baker & J.E. Kavalsky: The Sectional Paper Machine Drive and its Electronic Counte Part, Paper Trade Journal Dec. 1948
- (4) M. H. Fisher; Paper Mill Control; W. H. Engineer, March, 1953
- (5) 足出：米国の製紙工業における電動力応用 海外論抄 Vol. 2 No. 2 1948
- (6) 稲木：可変電圧定電圧発電機の諸形式と新型 HL 発電機(その一)および(その二) 日立評論 Vol. 19 No. 10, No. 12 昭 11
- (7) 井上, 西：抄紙機用電気設備 日立評論 Vol. 35 No. 4 昭 28

## Vol. 15 日立造船技報 No. 3

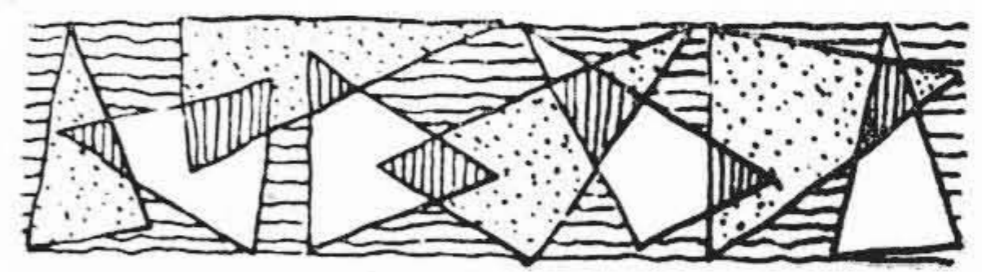
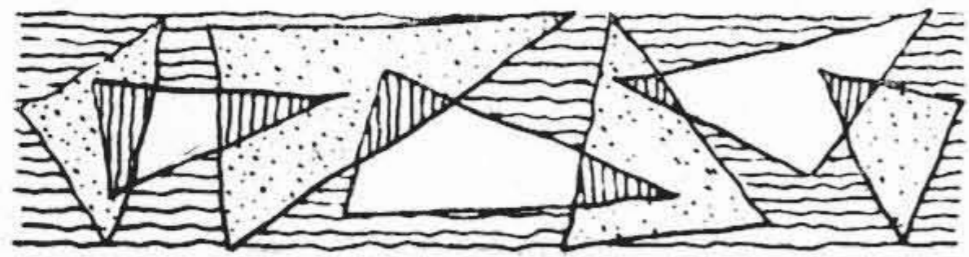
- |  |                               |  |
|--|-------------------------------|--|
| ◎Si-Mn-Cr 系耐熱鑄鉄の研究(第2報).....               | 日立造船株式会社・技術研究所                | 渡 辺 精 三  |
| ◎冷凍船宮島丸冷凍機械室の艙装について.....                   | 日立造船株式会社・因島工場                 | 伊 川 勝 三 蔵  |
| ◎大形鋼塊の砂きずに対する研究(第1報)<br>——大形砂きずの生因に対する検討—— | 日立造船株式会社・築港工場                 | { 吉 田 栖 野 惣 三 郎<br>大 松 野 浦 宏 明 富 雄<br>加 饒 藤 村 田 藤 田 苗 連 宏<br>安 齋 植 保 田 中 |
| ◎超硬バイトのチップブレーカについて.....                    | 日立造船株式会社・桜島工場                 | { 大 松 野 浦 宏 明 富 雄<br>加 饒 藤 村 田 藤 田 苗 連 宏<br>安 齋 植 保 田 中                  |
| ◎圧力容器のエキスパンション部の研究.....                    | 日立造船株式会社 { 設 計 部<br>技 術 研 究 所 | { 加 饒 藤 村 田 藤 田 苗 連 宏<br>安 齋 植 保 田 中                                     |
| ◎全熔接製大形タンクの製作について.....                     | 日立造船株式会社・神奈川工場                | { 植 保 田 中  |
| ◎特殊塗料の性能試験.....                            | 日立造船株式会社・技術研究所                | 田 中  |

本誌につきましても御照会は下記発行所へ御願致します。

発行所

日立造船株式会社技術研究所

大阪市此花区桜島北之町 60



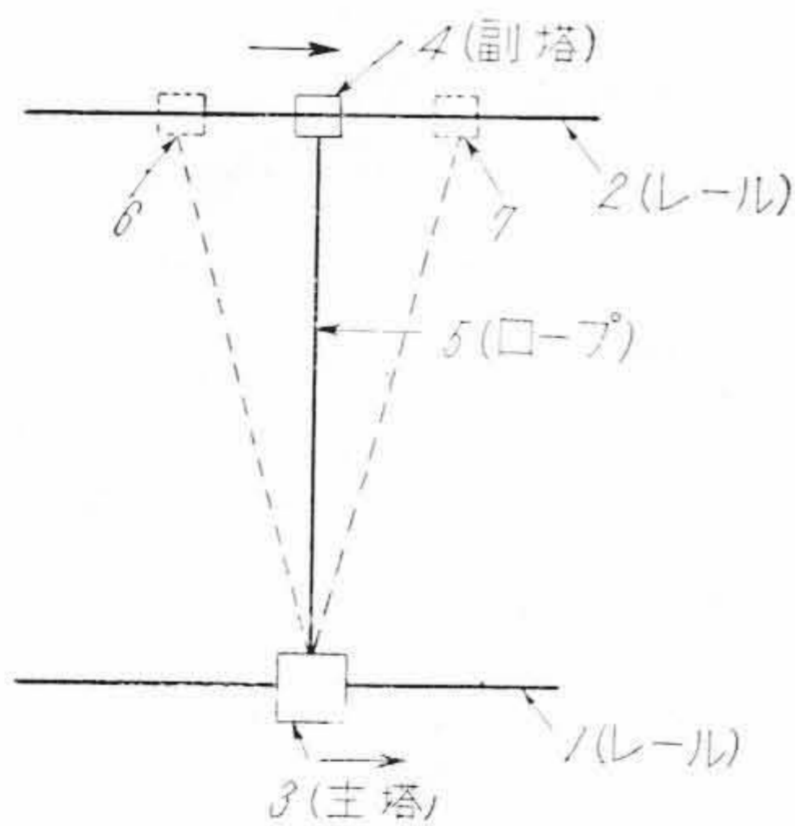
実用新案 第408585号  
 実用新案 第408586号

佐川伊知夫・宮崎徳太郎

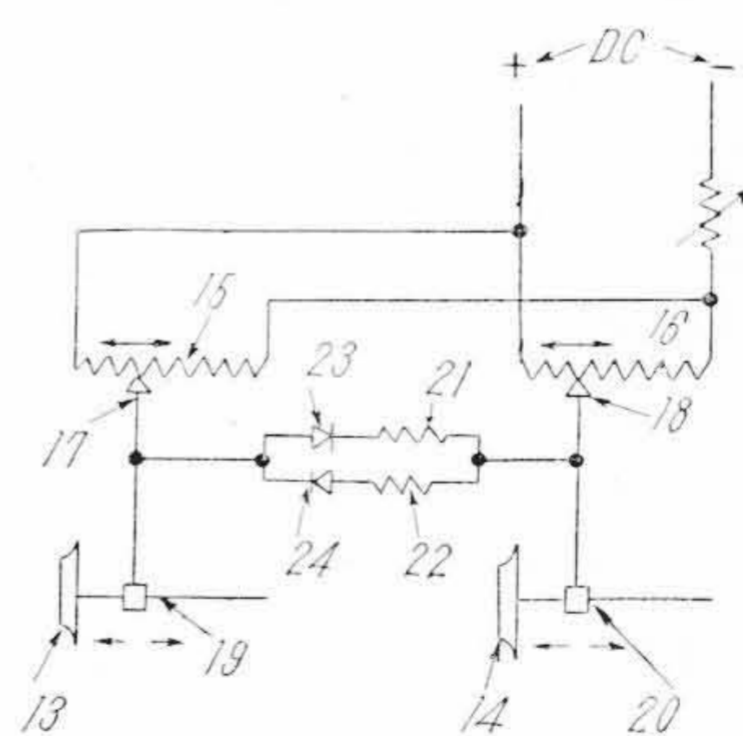
ケーブルクレンの平衡運転装置

第1図に示すように相当の距離をへだてた別々の軌条上を走行し、両者間に張つたロープを利用して種々の仕事をするケーブルクレン又はタワーエクスカータ等に於て、両者同時に走行するとき各走行車の速度の不整によつて並行の調子を外し斜行してロープに過度の張力を及ぼすことがある。本案はこの欠点を除去するために例えば主塔3に対して副塔4が進むか遅れるかによつて選択継電器を動作させて、進んだときは止つて待ち合わせ、遅れたときは相手を止めて待ち合わせるようにし、常に平衡運転を持続させるようにしたものである。第2図に於て13, 14は3, 4の車輪、15, 16はポテンシオメータで17, 18なる摺動腕は13及び14に連結する。19及び20は減速機構である。21, 22は選択継電器で方向反対なる単方向通電弁23, 24を有しこれら並列網は15, 16と閉回路を形成する。この検出回路によると副塔4が

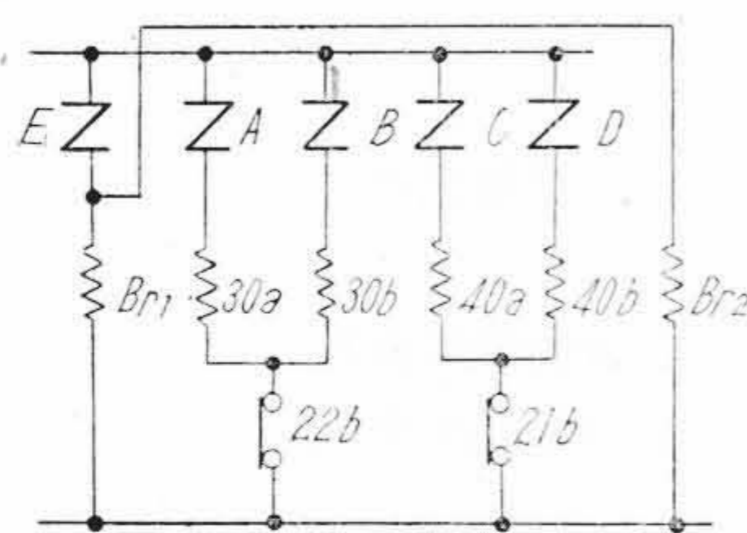
進めば継電器21が働き、遅れば22が働き、これによつて第3図の21b及び22bを開くと40a, 40b又は30a, 30bが開きそれぞれの電動機回路をきることもブレーキ  $Br_1$  又は  $Br_2$  を掛けて運行を停止するのである。かくして歩調が揃えば継電器21, 22は不作動となるので21b, 22bを閉ざし、平行して運行を続行することになる。第4図は21b, 22bを電動機主回路開閉用に使わずに  $Br_1$  又は  $Br_2$  に対して別に小形のブレーキ  $br_1$  又は  $br_2$  を設け、それらの回路を開閉するように配置したものである。この方法によれば一々電動機を止めたり運転したりさせずにブレーキによつて平行運行を期するものであるから、頻繁に作用させても軽快であるから却つて動作が迅速で乱調などの起生の機会が減少する傾向が強い。又この方法によれば不平行の度合によつて  $br_1, br_2$  及び  $Br_1, Br_2$  を使い分けすることもできる。(宮崎)



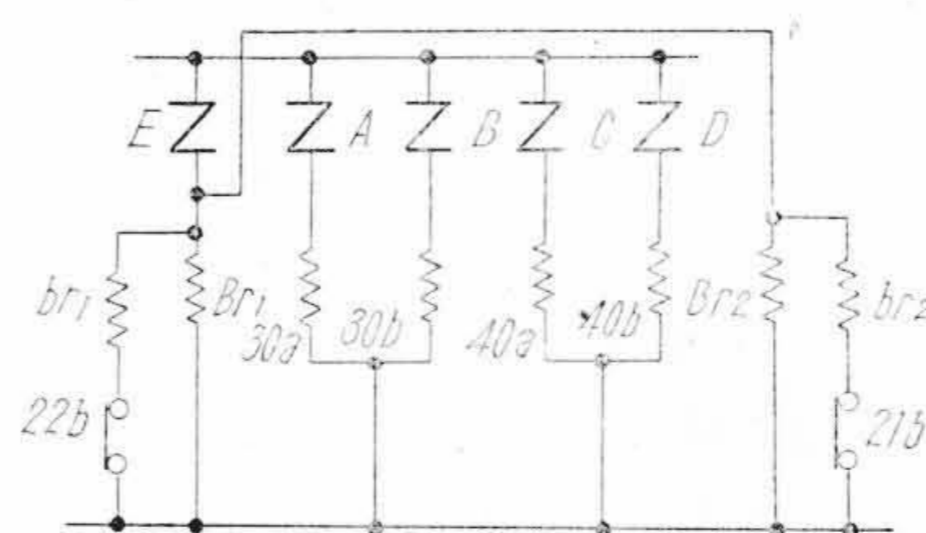
第1図



第2図



第3図



第4図