

# 最近の巻上機用電気設備

中山道男\* 木田真吉\*\*

## The Latest Electric Equipment for the Winding Machines

By Michio Nakayama and Shinkichi Kida

Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

Due to peculiar conditions which prevailed in the early stage of coal mining, the coal mines in this country have been compelled from the outset to develop on a successive extension of the inclined shaft. However, since these inclined shafts have turned out to prove a greater hindrance to the effective mining as the digging proceeds deeper in the shaft, the necessity is strongly felt by many coal mine companies for the sinking of vertical shafts, ranging 1,000~2,000 m in depth.

Following such development of the coal mines, the transporting facilities have come to be asked to give a larger efficiency, better performance. Especially it may be safely said that the output of coal is largely depending on the winding machines used there.

Hitachi, Ltd., a leading specialist in the electric winding machines, has recently adopted the "negative feed back control" system for their machines, which employs a rotating amplifier or a magnetic amplifier or both of them according to the case, and performs accurate program control. In other words, quick responsivity, current limiting action, power factor control, etc., can be secured by this system even under large load fluctuations.

The writers describe the electrical equipment including the controlling system of both A.C. and D.C. winders on the latest design.

### 〔I〕 緒 言

我国における炭硯はその開発過程における特異性より運炭方式は斜坑の累次的延長方式となり、その大きさ、長さなど他国にその例を見ない程であるが、国土が狭隘なのでどうしても深部開発の必要がありそのためには欧州各国におけるごとく堅坑の開鑿により深度 1,000~2,000 m におよぶ炭層の採掘が是非必要である。

石炭は電力とともに我国の二大動力源として終戦後坑内外諸設備の合理化、特に出炭能率を左右する運搬設備の改善が重視され、その電気設備も急速に高級化し各種の自動制御、自動運転装置が計画される傾向にある。特

に巻上機は炭硯の死命を制するものであり、堅坑開発に伴い信頼度の高い性能のすぐれた大容量のものが要求されておるが、近時急速に発達した回転増幅器および磁気増幅器を使用した負饋還制御が採用されるにおよんで飛躍的な進歩を遂げ、押釦操作による円滑確実な全自動プログラム運転が可能となり、巻上機制御に一紀元を画するに至つた。

この種自動制御の採用により、運転手の操作技術の巧拙に関係なく円滑確実な起動停止および速度制御などが可能となり、機械の能力を最大限に活用し作業能率を飛躍的に増大せしめる結果となつた。

本文では最近の巻上機用電気設備の傾向と特長について簡単に紹介する。

\* \*\* 日立製作所日立工場

## 〔II〕 巻上機運転制御の特質

巻上機用電気設備としては出炭計画を確実に達成しうるとともに、運転維持費の低廉なことが必要なのは勿論であるが、同時に頻繁な起動、運転停止や、乱暴な取扱いや、連続的な振動衝撃などに耐え、しかも広範囲の速度制御が円滑精密に行われることが必要であり、設計上下記の諸点に留意せねばならぬ。

- (1) 起動の際、機械的制動解除と電動回転力発生との時間的關係が適正で吊落しなどの事故発生のおそれなきこと。また停止制動の際も機械的制動と電気的制動との適正な組合せにより、停止時の衝撃を少くすること。
- (2) 加減速は衝撃少く円滑であるとともに、加減速度は機械の許容しうる最高の値とすること。
- (3) 運転能率を上げるため死時間を短縮し速応性を大とすること。
- (4) 下荷に対する速度制御が確実適正なること。
- (5) 正確な着床ができるよう、低速における速度変動率が小なること。特に高度の着床精度を必要とする特殊用途の場合は極少微速安定運転ができること。
- (6) 予測しうるあらゆる異常運転に対し確実に動作する保安装置を設けること。
- (7) 必要に応じて坑口、坑底、巻室間にて迅速確実に連絡できる信号装置を設けること。

一方電動機選定の点より見れば、前記のごとく起動停止を頻繁に反復するので、電動機の容量はその熱容量から算出されねばならぬことはいうまでもない。

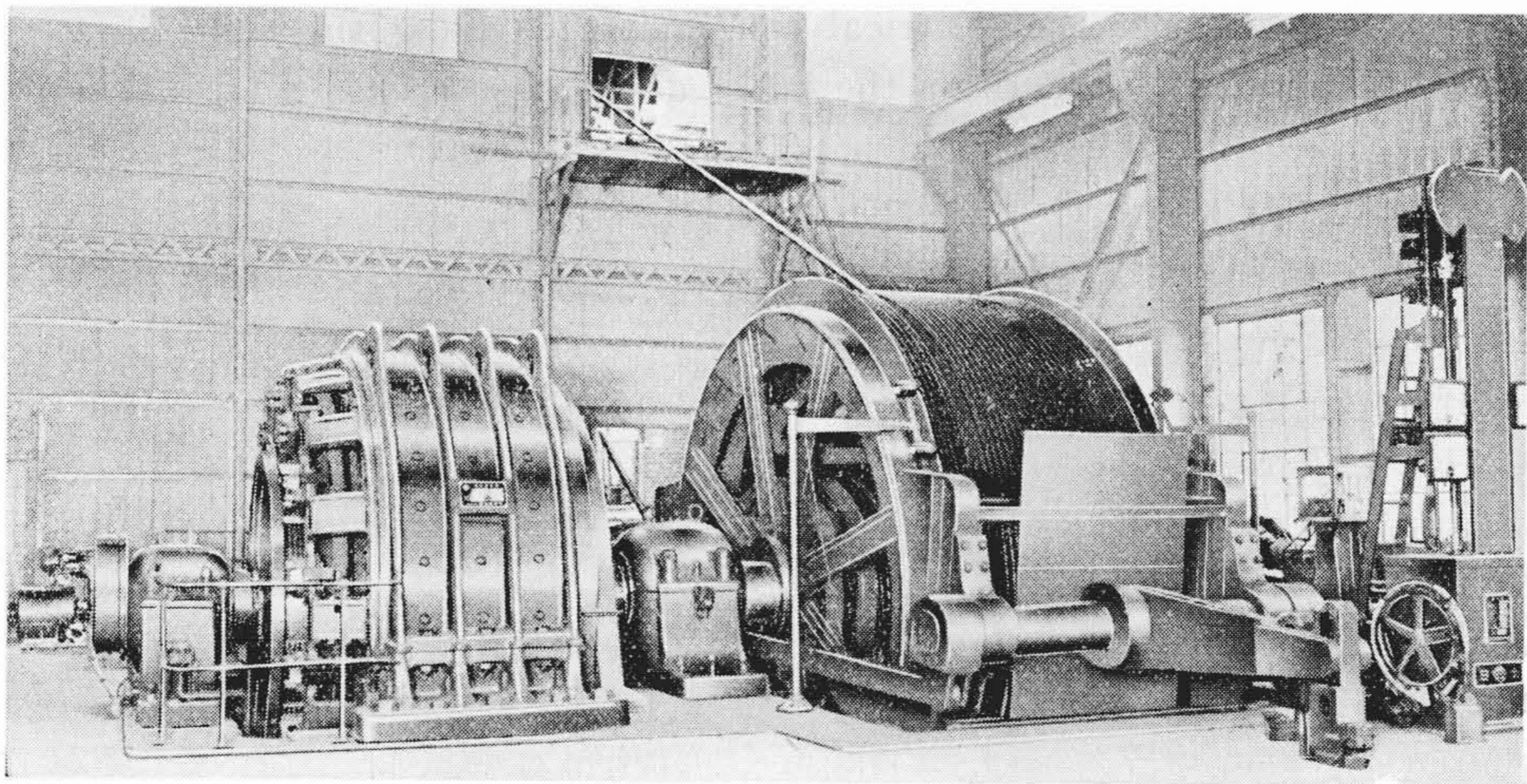
## 〔III〕 交流巻上機と直流巻上機との比較

誘導電動機は価格も安く、保守も楽なので、小中容量巻上機でスケジュール運転をあまり重視せぬ場合好んで採用されている。誘導電動機を使用する場合も回転部分の慣性能率を小さくすることは勿論必要で、慣性能率が大きいと加減速電流が増し温度上昇が大となるのみならず、電力消費量も増加する。また衝撃、瞬間的過負荷、逆相制動などを考慮して回転部分および軸の機械的強度を大とするとともに巻線の絶縁も十分余裕あるものとする必要がある。

誘導電動機の欠点は電気制動として使用される場合、同期速度以下での速度調整ができないので巻下運転の場合精密に着床させる操作に熟練を要することである。この対策としては各種の方式が研究されており最近の進歩は特に著しいものがある。直流電動機は誘導電動機ほど保守も簡単でなく構造もやゝ複雑な不利があるが、その速度制御特性がはるかにすぐれているので微細な速度制御を要する運転頻度の特に多い中大型巻上機に採用される。

すなわち直流電動機を使用したワードレオナード方式の巻上機は巻上、巻下ともに速度調整が容易、確実かつ平滑で、巻上速度を速くしても着床は完全であり、またロープその他機械部分にも無理を生ぜず、また発電機の界磁電流を調整するものであるから制御装置も小容量でたりるなどあらゆる点で格段に有利である。

レオナード方式の場合は電動機直結型と減速型のいずれを選ぶかの問題がある。箇々の場合により相違し一概にはいえないが、一般に全速時において、巻上電動機の

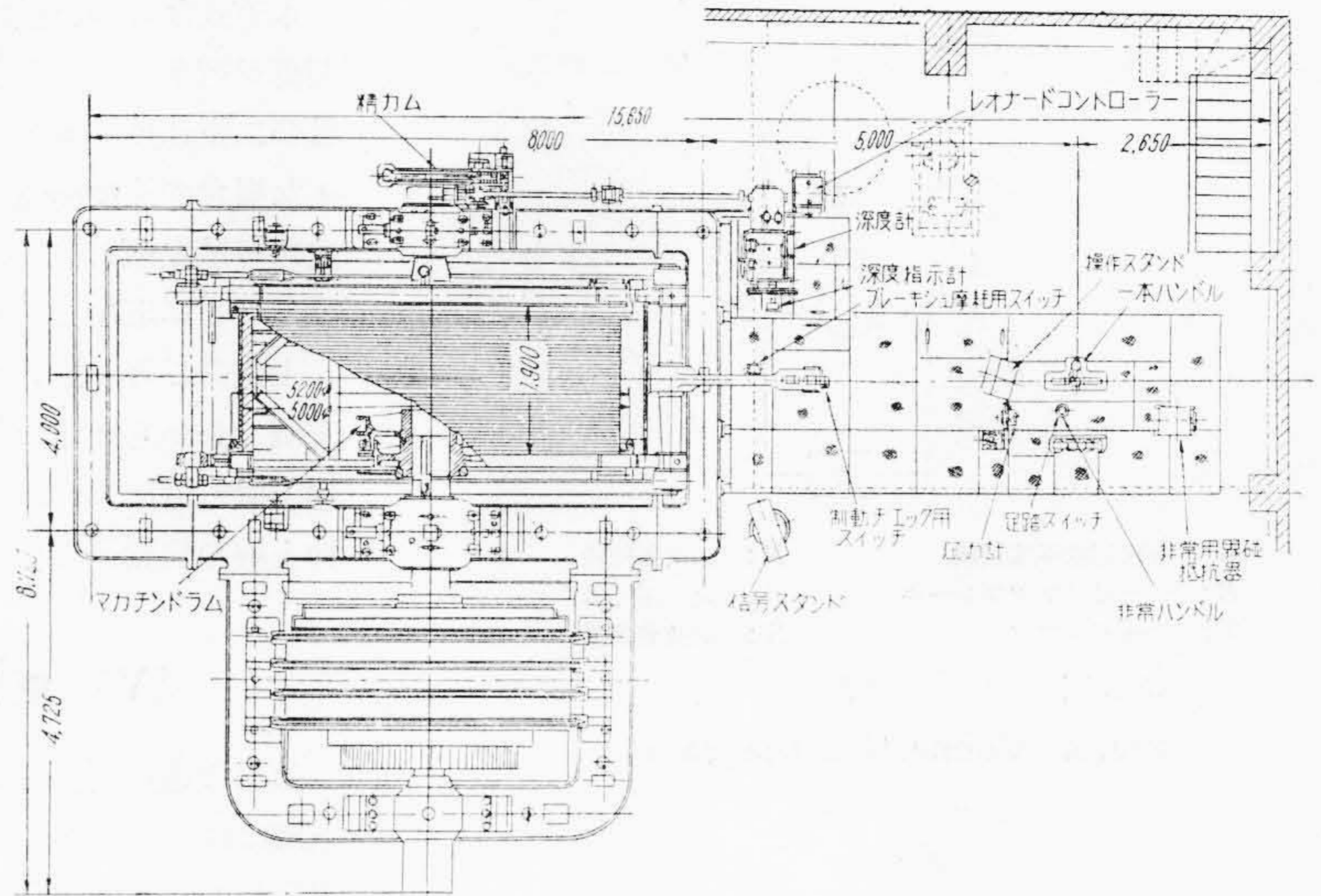


第1図 720 kW ワードレオナード式巻上機

Fig.1. General View of 720 kW Ward-Leonard System Winding Machine

第2図  
720 kW 巻上機配置図

Fig. 2.  
General Arrangement of  
720 kW D.C. Winding  
Machine



回転エネルギーが、巻上荷重を含めた全運動エネルギーに対して占める割合は減速型の方が直結型の数倍に達するのが普通であり、したがって加速時の尖頭負荷が増大し R.M.S. 馬力も大きくなる。

すなわち同じ巻上荷重でも 1 回の巻上に対する所要電力量、電動機容量が大となり、レオナード発電機および駆動機の容量も増大することとなる。これに対し、直結型は電力消費量、能率、信頼度などの点において減速型にまさるが、電動機が低速なので大型、高価となるのが難点である。

第1図は三井鉱山田川鉱業所納電動機直結単胴複巻型堅坑巻上機の外観、第2図はその配置図を示す。本機は容量 5 t、巻上距離 349 m、ロープ速度 8.5 m/s であり、720 kW、30.6 rpm の直結型電動機を使用し好調な運転を続けている。

直流巻上機用電動機は頻繁な起動停止と広範囲の速度制御が行われ、加速時には 200% 近い電流が、また制動時にも大なる回生電流が流れるので機械的に頑丈な構造とするとともに、電気的にも開溝補償巻線の採用による整流改善、電機子を重波巻方式とし均圧環を全廃することによる強度増大、優秀絶縁材料使用による耐熱性向上、界磁回路の時定数短縮による速応性の増大など各種の考慮が払われている。

なお交流定電圧方式では、加減速の際非常に大きい電力損失があるが、レオナード方式ではこの種損失が無いから、変流装置の損失を考慮しても、全体の電力消費量ははるかに少くなる。

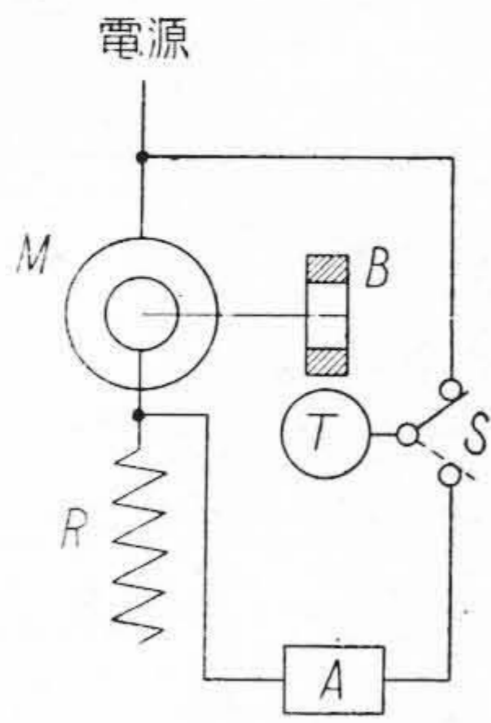
なお変流装置としては電動発電機の代りに水銀整流器を用いたいわゆる静止レオナード方式の大容量設備も製作されている。

#### 【IV】 交流巻上機制御方式

巻上制御には従来より二次側に抵抗を接続して起動トルクを大とするとともに起動電流を減らして起動し、速度上昇するに伴い、電流制限継電器による自動加速を行わしめるか、あるいは油圧操作機構を有する液体制御器により巻上機の運転状態に相当した限時自動加速を行わしめる方式が採用されている。たゞ前記せるごとく交流巻上機の制御で問題になる点は巻下における速度制御の不安定性であり、正確なる着床、寸動操作などにその制動法の良否が依存している。従来は極数変換制御方式の採用が多く、減速の場合に深度計あるいはトラックに設置した制限開閉器により高速側より低速側(約 1/4~1/8 速度)に切替え、低速側電動機にて回生制動を行って減速し、低速電動機の同期速度近くで運転を行い、停止の際は機械制動のみによるものが多かった。

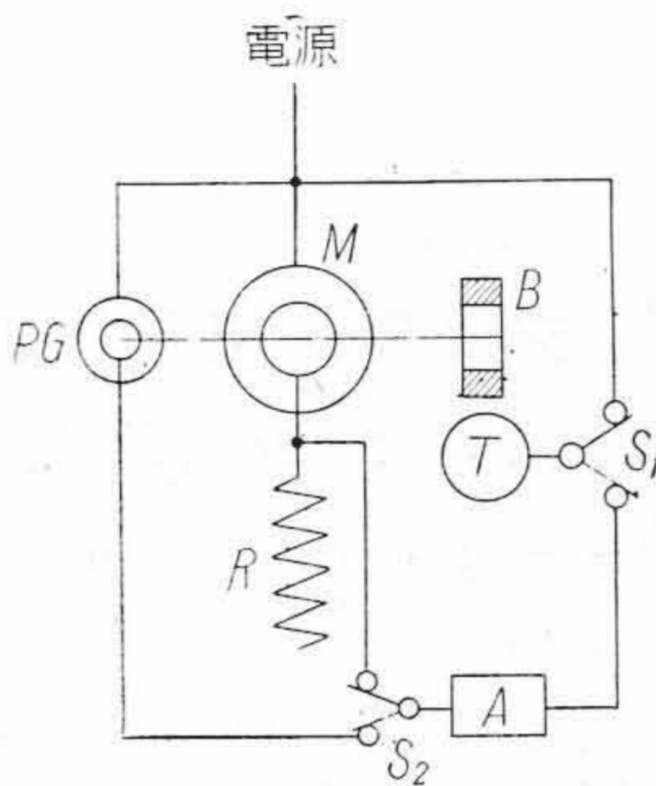
日立製作所ではサーボリフタを効果的に使用した巻線型誘導電動機速度制御方式を実用化して CF 制御方式<sup>(1)</sup>と称し、小中容量巻上機および起重機の巻上制御に広く応用して良好な運転実績を有している。

CF 制御方式にはバネあるいは重錘によつて制動力を生じ、サーボリフタの押上力によつて制動を解放されるブレーキを使用する。第3図(次頁参照)は主電動機の二次回路に直接サーボリフタを接続した場合の結線図で、第4図(次頁参照)は主電動機に指速発電機を連結した場合の結線図の一例である。このように接続すればサーボリフタの押上力はサーボリフタ用電動機の速度の自乗に比例するので、主電動機あるいは指速発電機の速度の自乗に逆比例して押上力は自動的に減小し、それにつれて制動力は増加する。



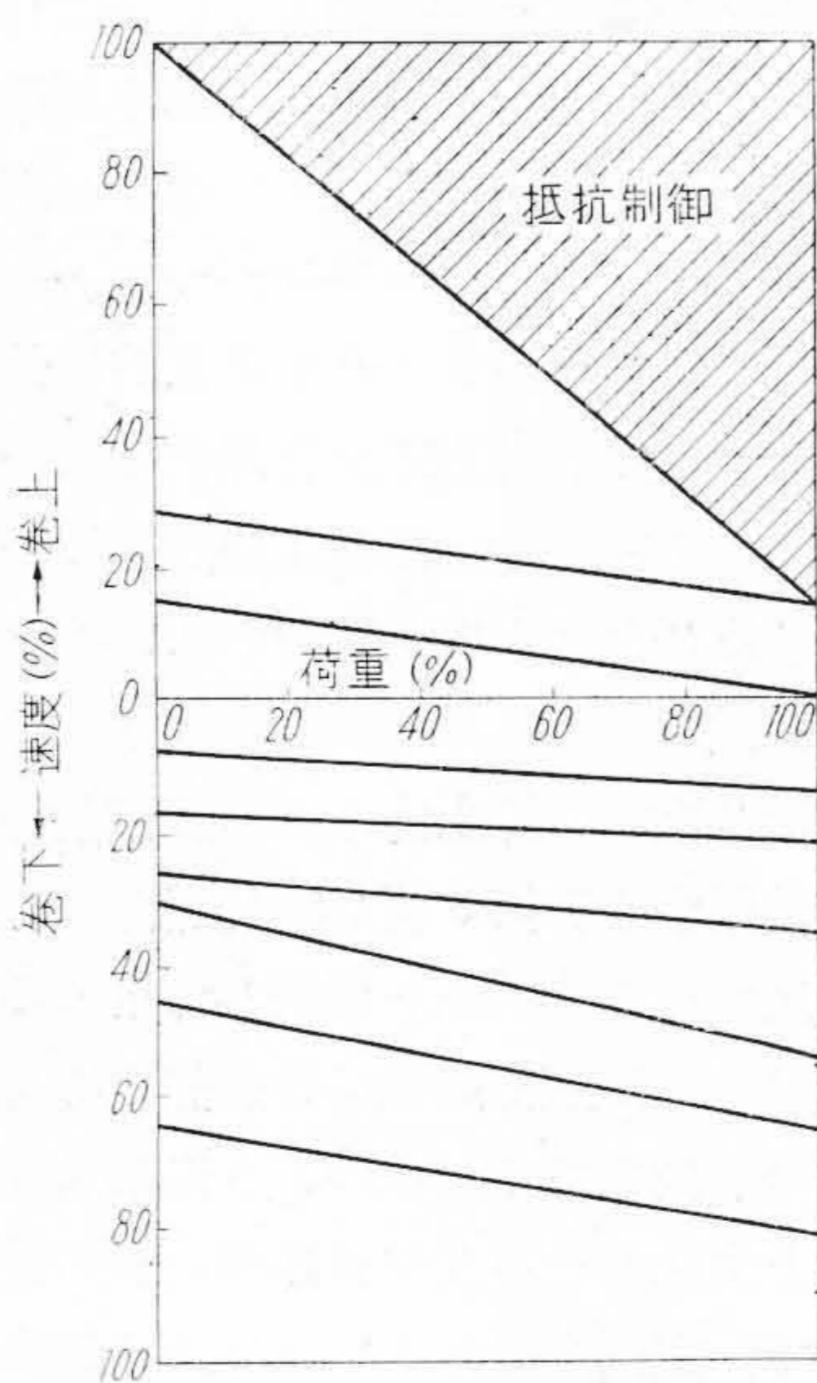
- M: 巻線型誘導電動機
- B: サーボリフトブレーキ
- T: サーボリフト
- R: 二次抵抗器
- A: 変圧器
- S: 切換開閉器

第3図 接 続 図  
Fig. 3. Connection Diagram



- M: 巻線型誘導電動機
- B: サーボリフトブレーキ
- T: サーボリフト
- R: 二次抵抗器
- PG: 指速発電機
- A: 変圧器
- S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>: 切換開閉器

第4図 接 続 図  
Fig. 4. Connection Diagram



第5図 速度—荷重曲線  
Fig. 5. Speed-Load Curve

本方式はこの自動的に増加する制動力を利用して速度制御を行うものである。第5図に指速発電機として小容量の二重速度巻線型誘導電動機を利用し種々に接続を変えた場合の速度曲線を示す。この方式を主電動機が多速度誘導電動機あるいは低速運転用補助電動機を設置する場合などに応用して安定した微速をうることもできる。

上述のごとく本方式は交流巻上電動機の色度制御を、安価でしかも簡単な装置により行うことができるので、巻上機の着床操作が容易となり、従来困難であつた交流巻上機の自動運転化が可能となる。

### 〔V〕 直 流 巻 上 機 制 御 方 式

微細な速度制御を要求され、使用頻度の大きな堅坑巻上機には直流電動機が使用されることは前記したが、受電容量の小さい場合あるいは巻上荷重に対して加速トルクの大きい巻胴式巻上機では加速時の尖頭負荷を抑え、かつ変流設備の駆動電動機の過負荷耐量ならびに定格容量を節減するためにイルグナ設備を設けることもあるが最近の堅坑では深度 500 m 以上になる傾向にあるので、全速運転時間が大となり蓄勢輪空転の損失が問題であり、また尖頭負荷も適当な加速曲線を保たせることにより軽減できるのでワードレオナード方式が圧倒的に多く採用されている。いうまでもなく、大型巻上機電気設備の性能改善の眼目は運転速度曲線の確保による運搬能率の向上、操作の簡易化による人件費の節減と運転の確実性、電力消費量の低減および非常時に対する保安設備の強化をはかることである。近時、以上諸点の改善に対し回転増幅機や磁気増幅器を使用する負帰還自動制御の採用が画期的な進歩をもたらした。

第6図は回転増幅機 HTD を使用した最近のワードレオナード式電気巻上機の主回路結線図の一例を示したもので、その特長を挙げるとつぎの通りである。

#### (1) 制 御 時 間 遅 れ の 短 縮

一般にレオナード制御を行う場合、発電機界磁のインダクタンスと電動機負荷の慣性のため制御操作と最終の電動機速度との間には時間的遅れを生ずるのが普通で、巻上機容量が増すにしたがいこの遅れも大きくなる傾向があるからいわゆるアイドルタイムが増し予定のスケジュールを守ることができなくなるばかりでなく、運転操作にも不便を感ずるようになる。

これに対し発電機の励磁入力を増せば界磁の時定数を小さくできるが、励磁入力の大きいことはレオナード制御器の製作、運転、保守上の不利を伴うので好ましくないのみならず、これでは負荷の慣性による時間遅れを補償することは出来ない。しかるに HTD<sup>(3)</sup> を使用すれば、その高い増幅率とすぐれた速応性によりきわめて小

さい励磁入力で発電機電圧を急速に上昇せしめうるから時間遅れは短縮し、レオナード制御器は小型ですみ運転操作および保守取扱が非常に容易になる。この場合負荷の慣性による時間遅れは電動機に直結されたパイロット発電機の電圧として検出、負帰還され HTD により迅速確実に補償される。第 7 図は負帰還制御を行つた場合のオシログラムの一例で電動機速度は制御基準値すなわち HTD の制御界磁電流に完全に追随している。第 8 図はこれに使用した 7.5 kW HTD を示す。

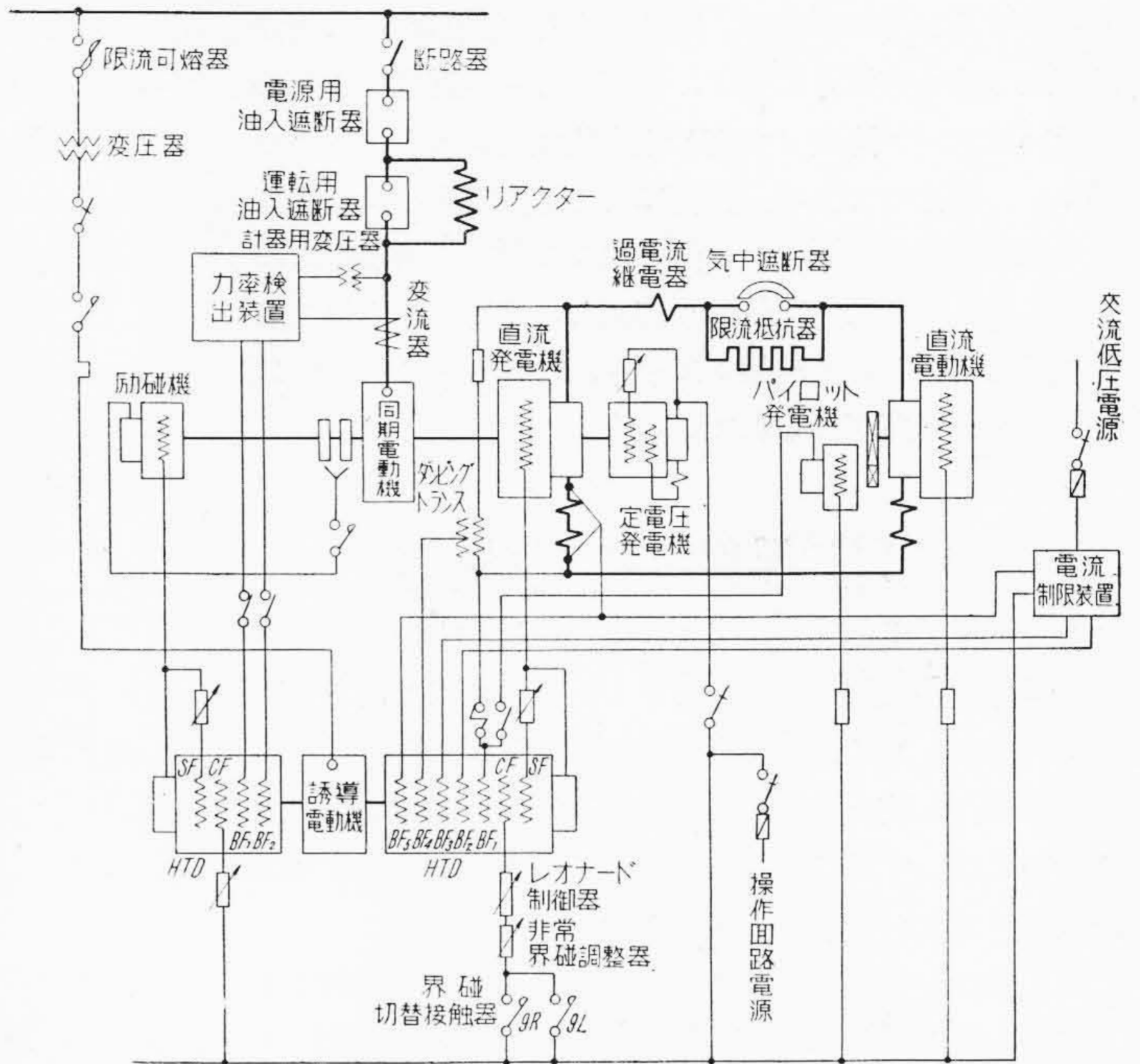
(2) 負荷および電源の変動による速度変動の補償

一般に直流電動機は負荷が変ればその速度も変るのであるが、負帰還制御ではこの速度変動は自動的に補償される。すなわち第 6 図の例では、巻上速度は電動機に連結したパイロット発電機の電圧として検出され HTD の帰還界磁  $BF_1$  に負帰還されているから、もし HTD の制御界磁の起磁力と帰還界磁の起磁力の間にきわめて僅かでも差があれば急速に増幅して電動機速度を HTD の制御界磁流に該当した値に一致せしめる。

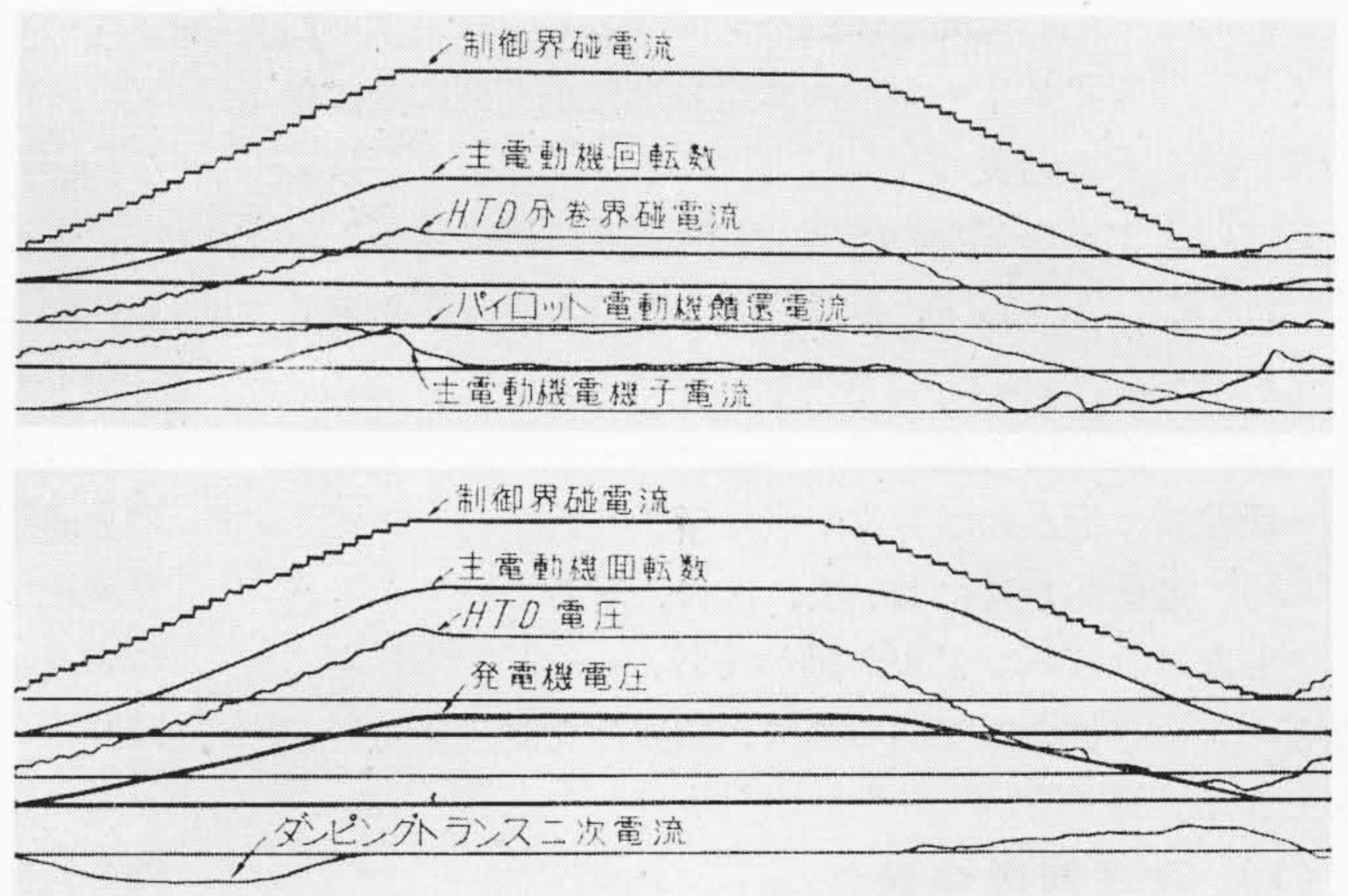
従来のワードレオナード方式では、負荷の変動により主回路の電流が変化するときその電流要素により発電機に複巻作用を行わせて速度変動を補償させていたが、これでは他の原因、たとえば交流電源の電圧、周波数の変動、温度の変化などによる影響は補償できない。負帰還制御ではこれらあらゆる擾乱による速度誤差はすべてパイロット発電機の電圧の変化として現われるから HTD により急速かつ完全に補償されて巻上速度は常に整定値に保たれることになる。

(3) 着床精度の向上

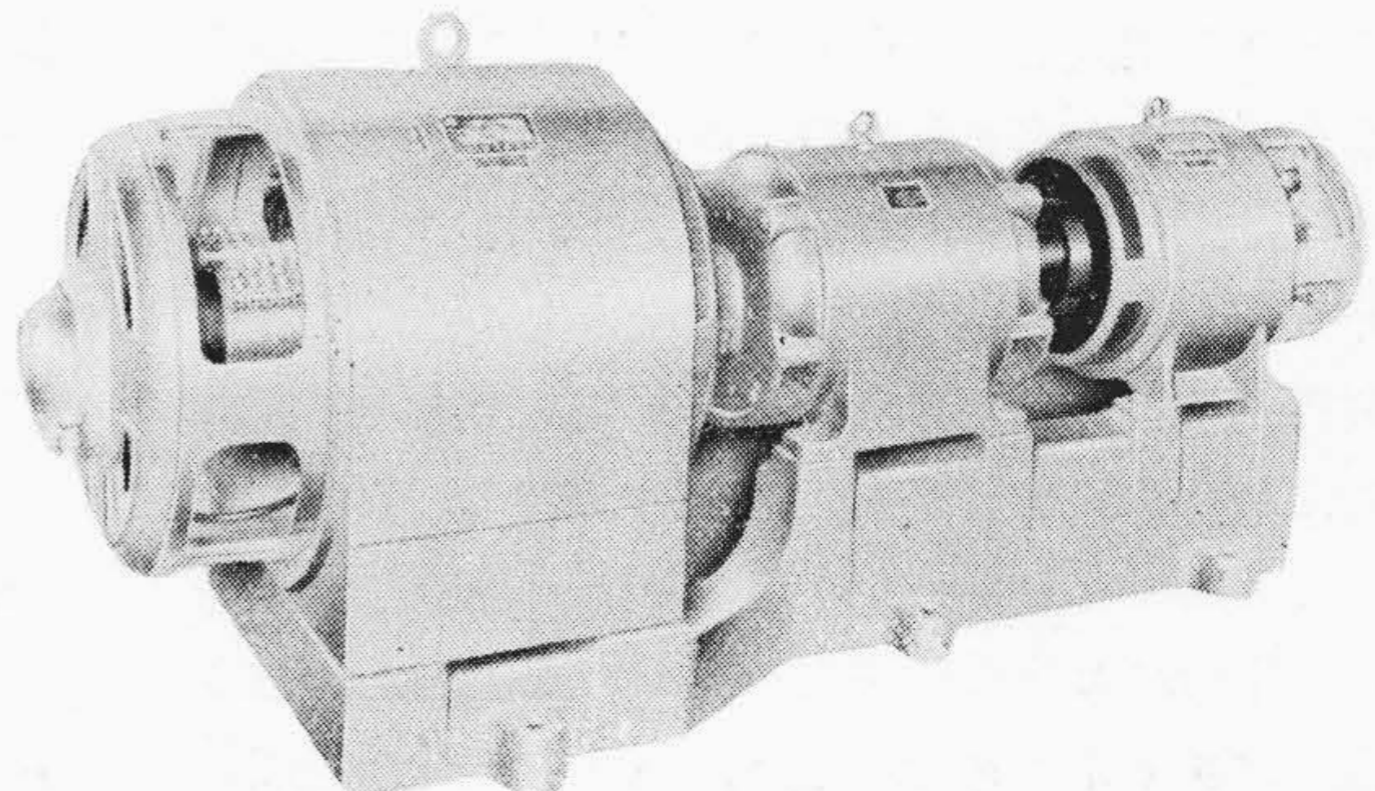
運転時間を短縮するにはケージを高い減速度でしかも負荷の変動の影響を受けることなく正しい着床位置に停止させることが、特に多段ケージの場合きわめて重要である。加速の場合も同様であるが、加減速は衝撃なく円滑でなければならない。急激な衝撃を与えると機械設備、電気設備に障害をおよぼし特にケーベ巻ではロープがス



第 6 図 ワードレオナード巻上機主回路結線図の一例  
Fig. 6. Connection Diagram of Ward Leonard System for Winder



第 7 図 HTD を使用せるプログラム制御のオシログラム  
Fig. 7. Oscillogram of Program Control using HTD



第 8 図 7.5 kW HTD

Fig. 8. 7.5 kW HTD

リップするおそれがある。時間損失なく最短時間に円滑に停止させる方法としては、全速から高減速度できわめて低いクリープ速度まで落とし停止位置で制動をかけるのがよい。前述のように、負荷による速度変動をきわめて少くし精密な微速運転が可能となつた結果、制動機との協調により着床精度は著しく向上し、実際の巻上機で負荷を変えて実測した結果では着床誤差は最大 20 mm 以下という高精度がえられている<sup>(4)</sup>。

### 〔VI〕 運転操作の概要

巻上機用制御装置は頻繁な操作を繰返すものであるから、操作容易で故障のないできるだけ簡単確実なものが選ばれるとともに、諸種の保護装置および互鍵装置を設けて誤操作を防止せねばならぬ。交流巻上機の制御装置については、すでに多く紹介されているので、ここでは最近のレオナード制御の場合について概説する。

まず操作を容易確実にするとともに誤操作を絶無にするため、速度制御および制動に各別のハンドルを設けず日立製作所独特の1本ハンドルによつて操作し、これを前後に動かせば制御ハンドルとして働きカムならびにレオナードコントローラが作動して、正、逆転、加、減速が行われ、右側に倒せば制動ハンドルとして作用するごとくし、従来の2本ハンドルに比し操作が非常に楽になつている。その特長は

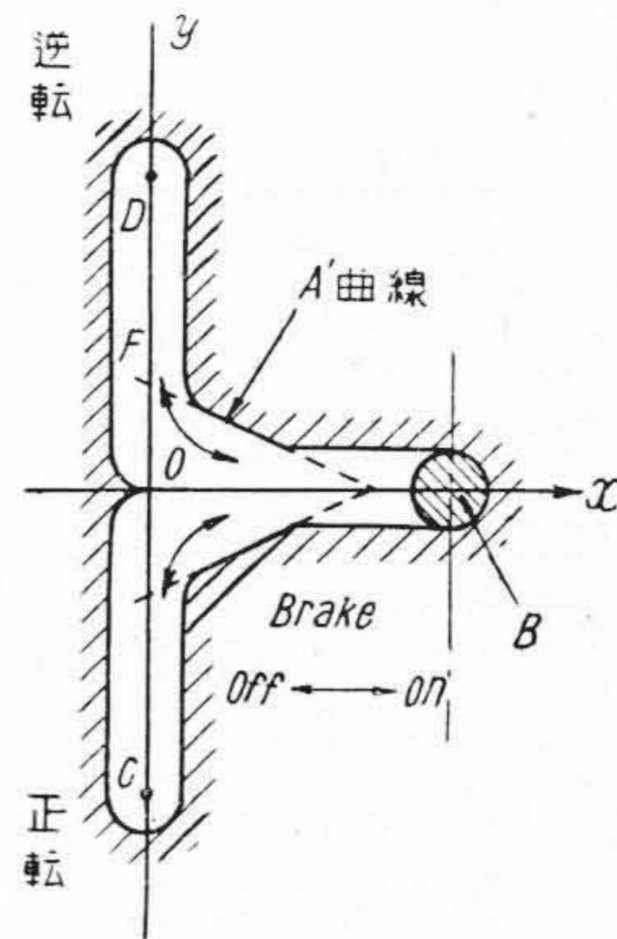
- (1) 1本ハンドルの特性上最大速度位置にあるときは制動はかゝらず、制動位置にあるときは運転方向には動かない。
- (2) 一度非常制動が働いた場合は1本ハンドルを制動位置に置かねば非常制動は解除しない。
- (3) 運転開始時において、坑口、坑底の信号が一致しなければハンドルが動かない。

などの互鍵が施されているので、誤操作を防止することができる。

#### (1) 速度制御の操作

1本ハンドルは第9図に示すごとき溝に沿つてのみ動きうる構造であり、原点0よりx軸上を右方に移動すると制動トルクが増大し、B点にて最大制動トルクを発生する。またy軸上をCまたはD方向に移動するにつれて漸次正または逆転トルクが増大するようになつている。

すなわちハンドルを溝に沿つて運転方向に操作すると常用制動機が次第に弛められるとともにレオナード制御器も同時に動かされて界磁切替接触器(第6図9R, 9Lのいずれか)が閉路し、全抵抗がHTDの制御界磁回路に挿入され、発電機にはそれに該当した低い電圧が、また巻上電動機にはあるトルクを発生し、ハンドルが進むにしたがつて機械制動力は漸減し、発生トルクは漸増してつ



第9図 1本ハンドル溝  
Fig.9. Guide Groove of Control Handle



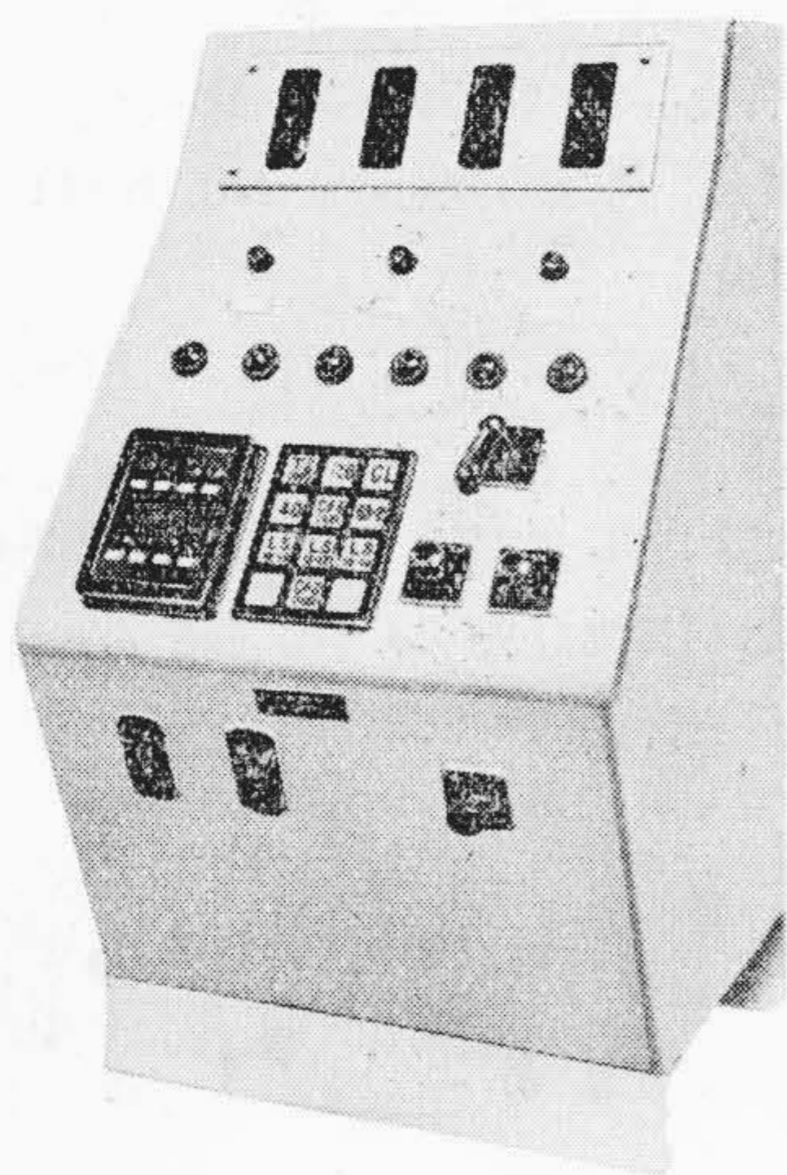
第10図 レオナード制御器  
Fig.10. Leonard Controller

いに起動する。その後は深度計に連動されたカムとこれに乗るローラとによつてレオナード制御器は自動的に駆動され、予定された速度-時間曲線によつて加速し所定の全速運転期間を経てハンドルは再びカムに押されて戻り減速する。かくして停止位置に近づくとき制動方向に戻せばレオナード制御器によりHTDの制御界磁回路は開路され、主電動機は常用制動機により停止されるとともに残留磁気打消用接触器が閉ぢて、HTDは主発電機の残留磁気を完全に打消す。

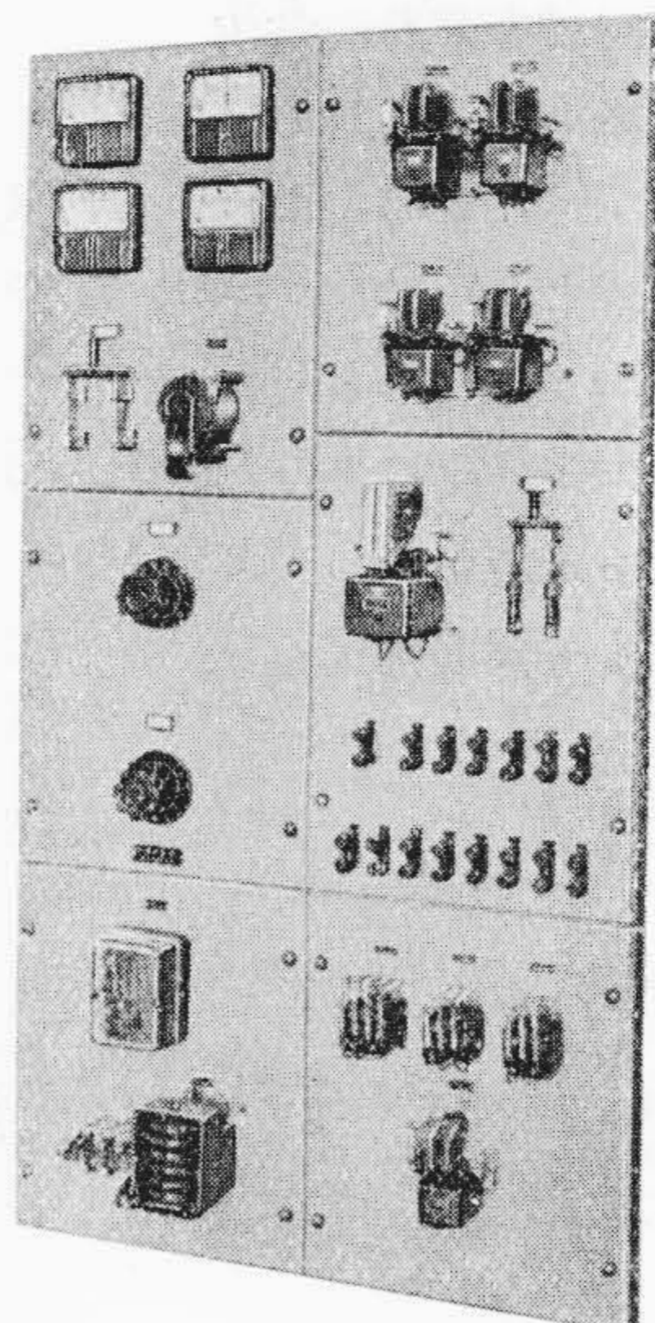
なお運転中は負荷の変動に無関係に予定速度を保持し、いかなる場合にも電動機電流が安全限度内にあつて全能力を発揮しうるよう、電流制限装置を設置し、またカムの形は加速終期、減速初期において尖頭負荷を小にするためパラボラになるよう考慮している。

レオナード制御器は、発電機電圧を1本ハンドルの位置に応じて変化させ加速減速の過程においてカムの形状にしたがつて円滑な運転を行いうるごとくするためノッチ数は多くしてある。第10図はレオナード制御器を示す。

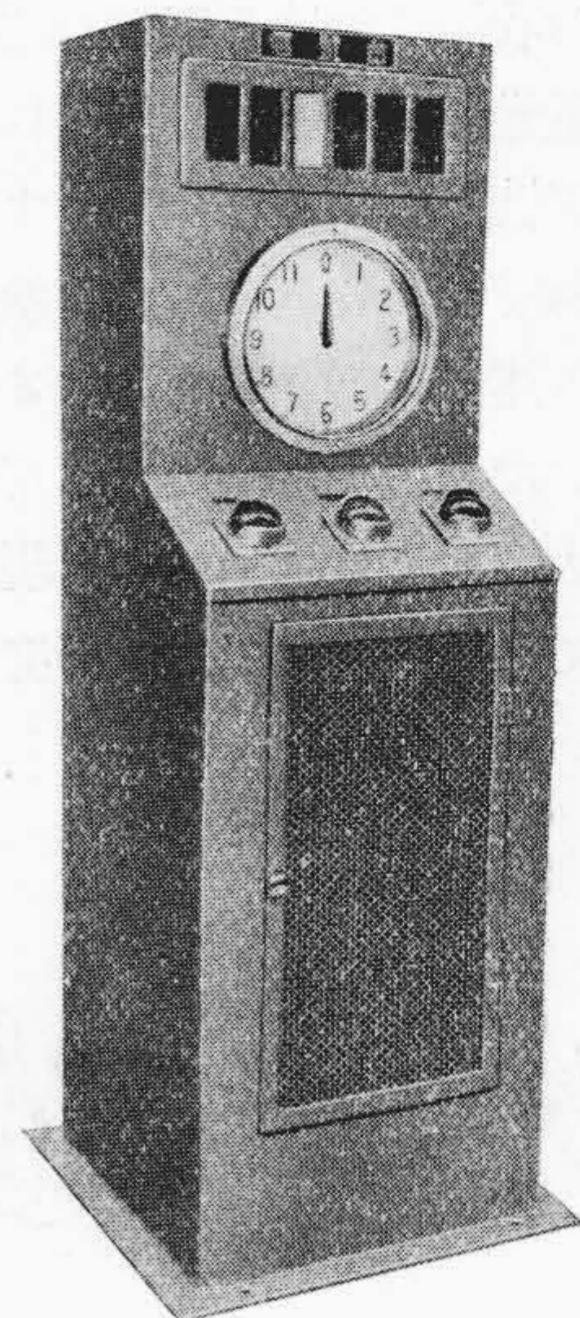
なおハンドルを手で動かす代りに、適当なサーボ機構を使つて溝に沿つて一定速度で動かしてやれば自動運転が可能である<sup>(4)</sup>。



第11図 操作台  
Fig. 11. Control Desk for Winder



第12図 レオナード制御盤  
Fig. 12. Leonard Control Panel for Winder



第13図 信号スタンド  
Fig. 13. Signal Stand for Winder

## (2) 保護装置

つぎの場合には非常制動用電磁石が消磁され、制動がかかる。

- (A) 電動機過負荷となり過電流継電器動作した場合。
- (B) 圧気装置用空気圧力が規定値より低下した場合。
- (C) 過速度となり遠心力開閉器が動作した場合。
- (D) 減速時予定位置を規定速度以上で通過した場合。
- (E) 運転中電動機界磁電流が規定値より低下した場合
- (F) 過巻の場合。
- (G) 非常制動把手あるいは足踏開閉器を操作した場合
- (H) 深度計カップリングが外れた場合。
- (I) 制動時制動ロッドストローク不足の場合。

なお上記 (A)~(H) 項に対しては圧気制動をかけるに対し (I) 項に対して重錘による非常制動をかけて安全を計つてある。

非常の場合にはできるだけ速かに機械を停止せしめることが必要であるが、一方機器に対してあまり急激な荷重の変化を与えることはロープの寿命および機械部分の衝撃などから避くべきである。一般に発電機界磁の時常数は小さく、界磁電流は速かに減衰するが、電動機その他の回転部分の慣性は相当大きいので、非常停止の場合発電機界磁抵抗を急増すると、大なる電気制動力を発生し、機械的制動力と重畳されて減速度が過大となり機械に無理を与えるおそれがある。したがって発電機の界磁電流を適当に制御して適度の減速度を以て停止せしめる考慮が必要である。

なお上述の非常制動が行われた場合には操作台に信号灯を設置し、いずれの原因によつて非常制動が行われた

かを示すようになつてゐる。第11図に日本鉱業日立鉱業所納 500 kW レオナード方式堅坑巻上機用の操作台を示し、また第12図は同巻上機のレオナード制御盤を示す。

## (3) 信号装置

炭鉱の出炭車を左右する大きな要因の一つに巻上機運転の指令を迅速確実に与える信号装置の良否があげられる。すなわち巻上機運転の場合、坑底、坑口、巻室間の信号合図により人員、炭、硬、機材など運搬物の種類を運転者に知らせ、絶対誤操作のないようにすることが必要で、このため視覚と聴覚との併用による方式を採用している。設計製作に当つては特に操作が簡単であること、動作が確実で迅速であること、信頼度高く寿命が長いことを考慮せねばならない。

巻室では坑口、坑底の信号が一致したとき始めて把手が操作できるごとく機械的インターロックを施し、誤操作による事故を防止している。また各スタンドの非常停止鈕を押せば巻上機を非常停止せしめ、巻室にその操作場所を表示する。第13図は信号台の一例を示す。

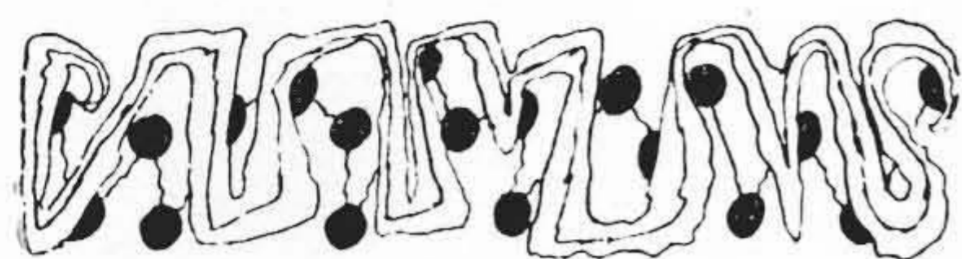
## 〔VII〕 結 言

以上最近の巻上機の電気設備についてその概要を説明したが、操作の簡易化による諸経費の節減、運転の確実性による運搬能率の向上を主眼とする巻上機において、従来はその速度制御を運転者の熟練にまたねばならぬものが多かつたが、近時急速な進歩を遂げた各種自動制御の応用により機械の持つ能力を最大限に利用し、諸種の附属設備の改良とともに一層高能率運転に進みつゝある。

なお我国における堅坑の開発は焦眉の急とされ、今後大容量巻上機が多数製作される気運にあるが、これらには運転性能のすぐれたレオナード方式が採用され、回転増幅機を制御要素として負饋還制御方式とし正確なプログラム運転を行うよう要求される場合が多くなると思われる。なお誘導電動機の応用分野も拡大の趨勢にあり、今後大容量交流巻上機の出現も多くなると思われるのであつて、その制御方式の研究に対しても一段の努力を払っている。

参考文献

- (1) 森泉：日立評論 26 390 (昭 18-7)
- (2) 横沢，井上：日立評論別冊 No. 5 111 (昭 28-12)
- (3) 田附，吉田，笠原：日立評論 33 1031 (昭 26-12)
- (4) 渋谷，若森：日立評論 34 759 (昭 27-6)
- (5) 泉，藤木：日立評論 34 473 (昭 27-3)
- (6) 秋田：日立評論 34 563 (昭 27-4)



特許の紹介

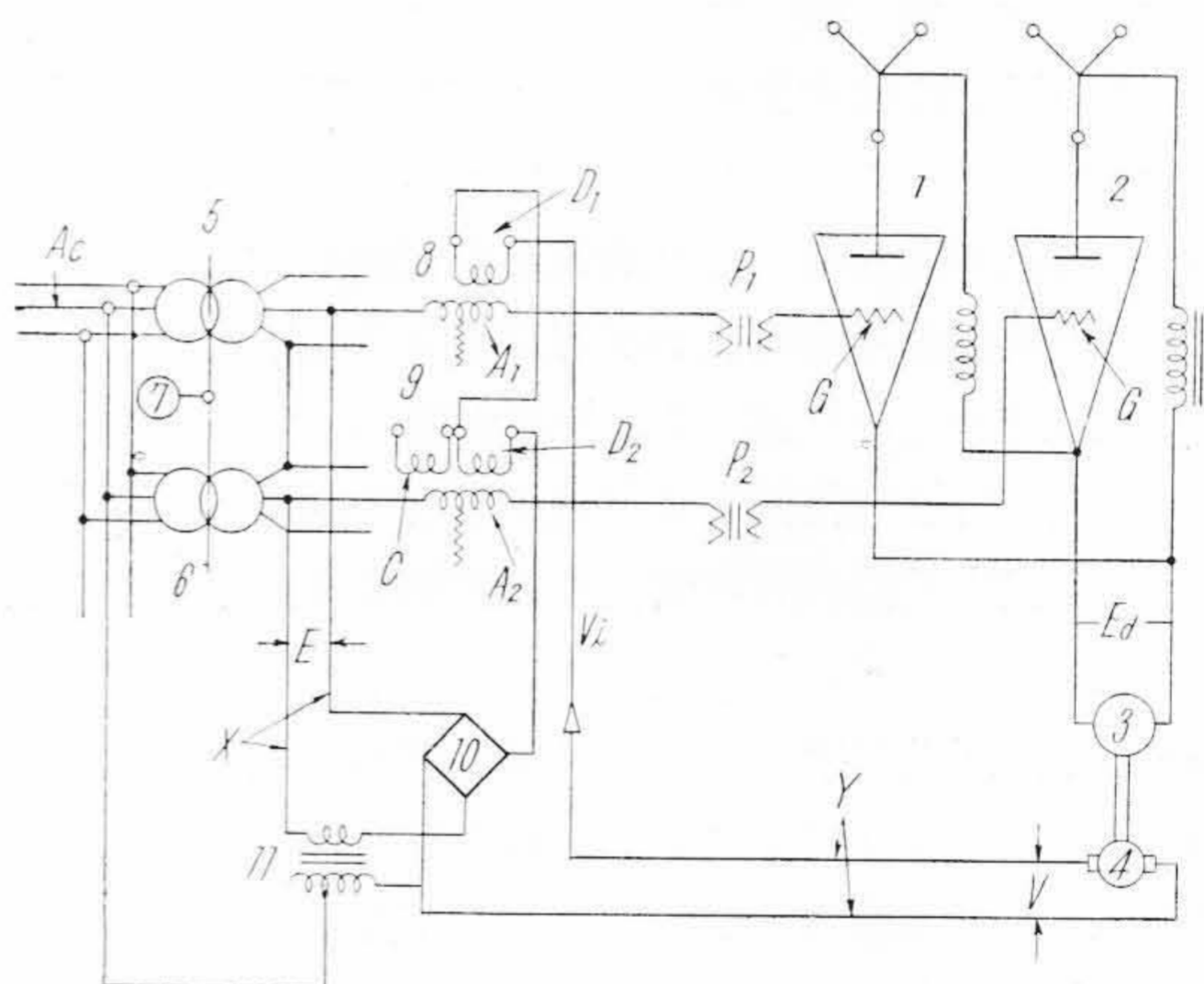


特許第204566号

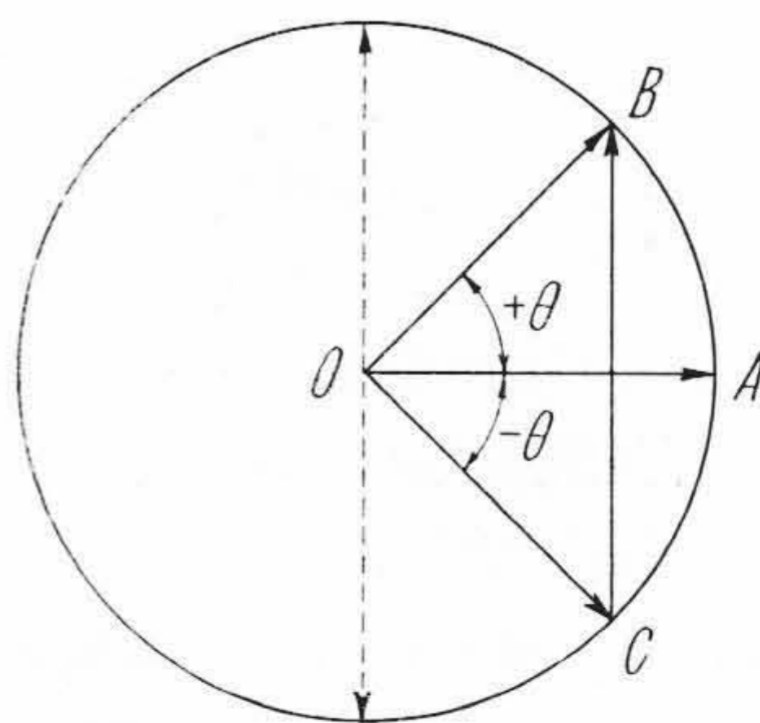
前川敏明

プログラム制御静止レオナード装置

格子付水銀コンバータを2台互に逆並列に接続しその整流出力回路に直流電動機を接続し、この電動機の世界制御をコンバータの格子制御によつて行う静止レオナード制御において、これを予定の世界制御指導曲線(プログラム曲線)にしたがつて行わせる場合には制御がプログラム曲線にしたがつて忠実に行われているかどうかを時々刻々知る必要がある。さもないと電動機の荷の変化または電源電圧変動などのために電動機速度がプログラム曲線上を脱出しても不明のままに経過し、これが時間とともに累積してついに収拾し難い乱脈に陥る危険がある。この発明はかかる事態に備えて電動機速度の逸脱度に比例する回復制御量を抽出しこれによつてコンバータの格子制御を補償的に行わせ以て電動機を常に予定速度に正しく追従せしめんとするにある。図中1,2は互に逆並列接続された格子制御電気弁、3はその出力回路に接続した直流電動機、4は指速発電機、5,6は回転型移相器、7はプログラム曲線によつて運転される操作電動機、8,9は磁気飽和型移相器、10は全波整流器、11は補償変成器である。3の電圧  $E_d$  は結局4の電圧  $V$  によつて置き換えられる一方格子制御角  $\theta$  (第2図参照) に比例する電圧  $C-B$  は  $E$  によつて表わされる。これら両電圧が  $Y$  回路に相殺的に重畳されるとその回路を通ずる電流  $i$  は電動機3の予定コースからの逸脱度に比例することになる。しかして電流  $i$  は8および9の直流制御線輪  $D_1$  および  $D_2$  を付勢するからこれは格子  $G$  をさらに制御することになり、しかもその制御は電流  $i$  が零となるまで続行されることはあきらかである。かかる自動制御作用によれば電動機3が重負荷で速度低下し、一旦  $V$  も



第1図



第2図

適正值以下に降下するが  $i$  の作用により直ちに適正值まで引き上げられることになるから電動機3は負荷にかかわらず常に定められたプログラム曲線にしたがつて適正運転を遂げることになるものである。(宮崎)