

電 磁 接 手 と そ の 応 用

The "Induction Coupling" and Its Application

麻 生 豊* 藤 木 勝 美*
Yutaka Asou Katsumi Fujiki

内 容 梗 概

誘導機と同一原理によつて動作する電磁接手は古くから知られていたが、最近交流電動機の世界速度制御範囲の増大および精度の高度化が要求されるようになったため、各種の変速機とともにこの種の接手が再検討されて実用に供されるようになった。

電磁接手は速度制御が容易であり、その特長も流体接手に類似しているが、二次側の構造によつて特性が異なっている。本稿においては電磁接手を二次側構造により3種類に分類し、各型についてその特長、用途および制御方式を概説し、さらに製作せるセメントキルン用 200 HP 巻線型電磁接手について、構造、制御方式および試験結果を報告してある。

〔I〕 緒 言

誘導機と同一原理によつて動作する電磁接手は古くから知られていたが、最近交流電動機の世界速度制御範囲の増大および精度の高度化が要求されるようになったため、各種の変速機とともにこの種の接手が再検討されて実用に供されるようになった。

周知のように広範囲に速度を変えうる交流電動機としては従来整流子電動機が使用されてきた。電磁接手は一種の滑りクラッチであつて、速度制御の場合は誘導電動機同様の動力損失を伴う欠点があるが、前者は整流特性上実用可能容量に限度があるに反し電磁接手はかなり大容量まで製作可能であり、かつ整流子を有しないため保守が非常に容易である。また制御装置の発達とともに制御も僅少な励磁電力ですみ、精密かつ広範囲な速度制御が容易であるなどの特長を持っている。

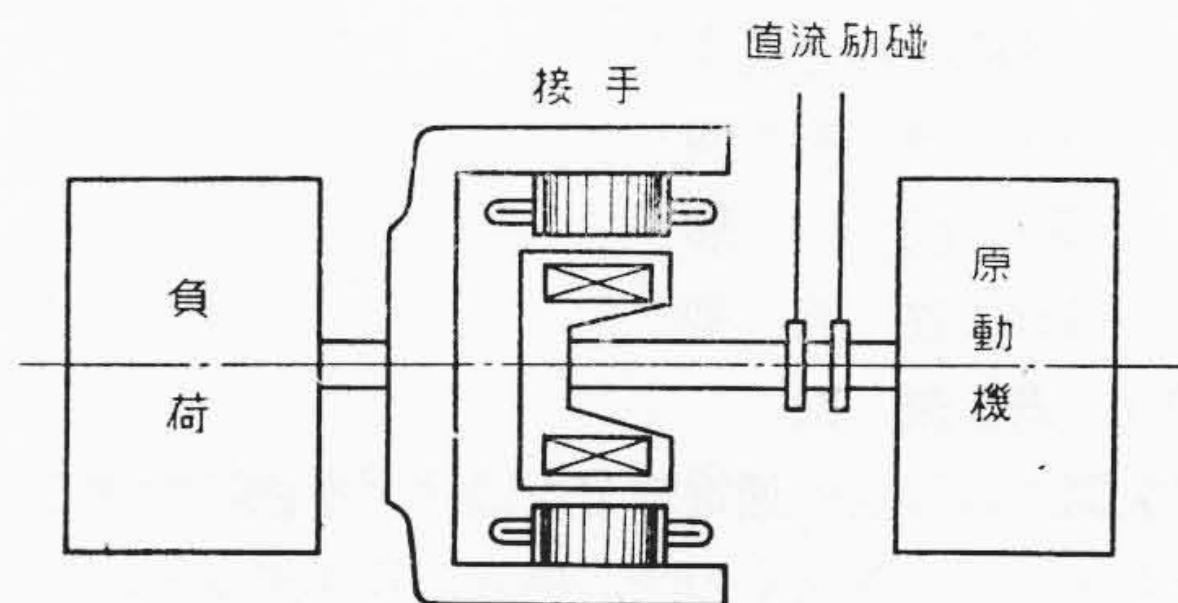
変速装置として使用する以外にも後述のように流体接手に似た諸種の特長があつて応用範囲が広く、日立製作所においてもこの接手の研究を進めて各種用途に対し実用に供していたが、さらにセメントキルン駆動用に 200 HP を完成し、さらに 250 HP のものを製作中である。ここに電磁接手の種類と特長を述べ今回完成せる大阪窯業セメント納 200 HP 電磁接手の試験結果を報告する。

〔II〕 原 理 と 特 長

第1図に示すように一方を突出磁極、他方を誘導機二次側と同一構造に作つた互いに回転しうる機械において、一方を原動機に、他方を負荷に連結する。いまたとえば励磁側を原動機で駆動して直流励磁すれば、他方(以下二次側と呼ぶ)には誘導作用により電圧を誘起して電流が流れるから、これと回転磁束との間にトルクを発生し二次側は界磁に追随して回転し負荷を回転せしめる。

これは、いわゆるアラゴの円板と同一の現象であつ

* 日立製作所日立工場



第1図 電磁接手の原理説明図

て、誘導電動機と電磁接手とは同一原理に基いている。その特性も誘導機に似ており、誘導作用によりトルクを発生するのであるから負荷に応じて常に僅少なスリップを生じ、一種の滑りクラッチと見ることができる。

原動機の動力は本機によつて負荷に伝達でき、また界磁電流を調整することによつてトルクまたはスリップを調節することができる。

接手に使用した場合の特長は、流体接手に類似しているが、これらを列挙すると

- (i) 無励磁状態では原動機を無負荷で起動できる。
- (ii) 励磁を絶つだけで原動機と被動機とは無関係になる。
- (iii) 無励磁から徐々に励磁を増してトルクを調整できるから、負荷および原動機に起動時の衝撃を与えない。
- (iv) 運転中負荷変動の衝撃は接手のスリップにより自動的に調節し、原動機が受ける衝撃を緩和する。
- (v) 接手の停動トルクの調節により原動機を過負荷より保護できる。
- (vi) 僅少な励磁電力の制御ですむから速度制御が容易で、かつ無段変速が可能である。

速度制御を行うときは、次式で示されるスリップ損失を生ずる。接手出力を P kW, スリップを s (小数) とすれば損失 L は

$$L = P \times \frac{s}{1-s} \quad (\text{kW}) \dots\dots\dots (1)$$

ただし $s = \frac{N_1 - N_2}{N_1}$ で N_1 は原動機の回転数 (rpm),

N_2 は被動機の回転数 (rpm) である。ファンのように速度の減少とともに負荷トルクが減少する場合は低速における損失も少いが、巻取機、ミルのようにトルクまたは出力一定の場合は制御範囲が広いほどこの損失は増大し能率も低下することは原理上やむをえない。

〔III〕 電磁接手の種類

励磁側は突出磁極または円筒界磁型、二次側は誘導機の二次側と同一の構造に作られるが、電磁接手の特性は二次側構造によつて異なるから、本文では二次側構造により下記 3 種類に分類する。

- (i) 渦 流 型
- (ii) 籠 形
- (iii) 巻 線 型

(1) 渦 流 型

二次側には特別の通電部分を設けず継鉄に生ずる渦流をそのまま利用したもので、構造が簡単であり小容量に使用される。

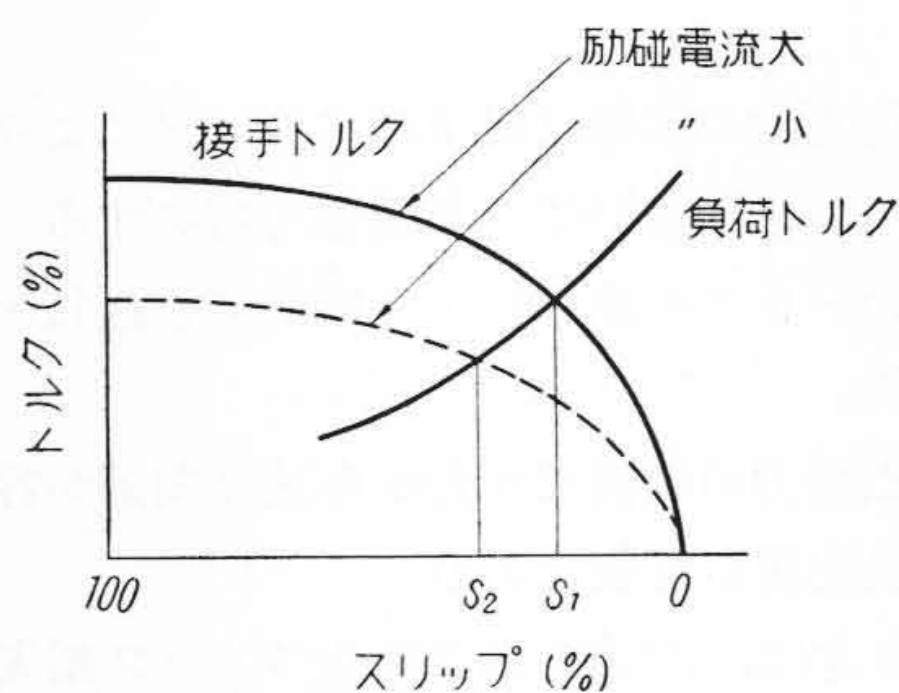
第 2 図のようなトルクスリップ曲線となり誘導機の二次抵抗の大きい場合に相当する。励磁電流を変えることによりスリップ s_1 または s_2 などで運転する。

この場合スリップに相当する損失は、全部継鉄に生ずるから容量の大きいもの、速度調整範囲の広いものではこの損失が大きく、冷却に特別な考慮が必要であり、構造が複雑になる。

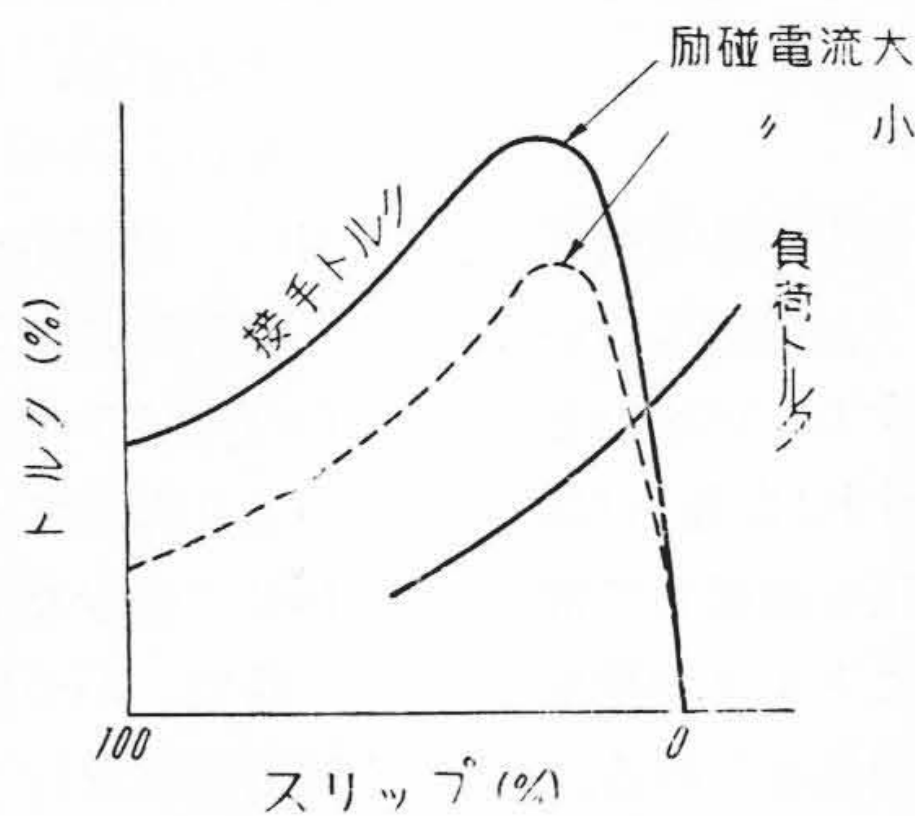
(2) 籠 形

二次側を籠形にしたもので、誘導電動機と同様に成層珪素鋼板よりなる鉄心を有し、導体は深溝または二重籠形構造をなす。

第 3 図のような特性曲線となり、運転時のスリップが僅少である。速度制御範囲が狭いか、まったく必要でない場合に適し能率がよい。



第 2 図 渦流型のトルク-スリップ特性



第 3 図 籠形のトルク-スリップ特性

(3) 巻 線 型

上記籠形導体のかわりに絶縁した巻線を施したもので、励磁側のほかに二次側にも滑動環を有し外部抵抗器に接続される。この特長は

- (i) 抵抗器の抵抗値を調節することによつて任意の特性曲線がえられ安定速度制御範囲が広がる。
- (ii) スリップ損失は外部抵抗器内で発生するから、接手本体の冷却に特別な考慮が不要となり、構造が簡単で済む。
- (iii) トルク-スリップ曲線は第 4 図のようになり、抵抗を減ずることにより、渦流型に比べて高速側の使用範囲を拡げうる。

したがつて巻線型は大容量、速度調整範囲の広い場合および負荷の GD^2 またはトルクの大きい場合などに適当である。

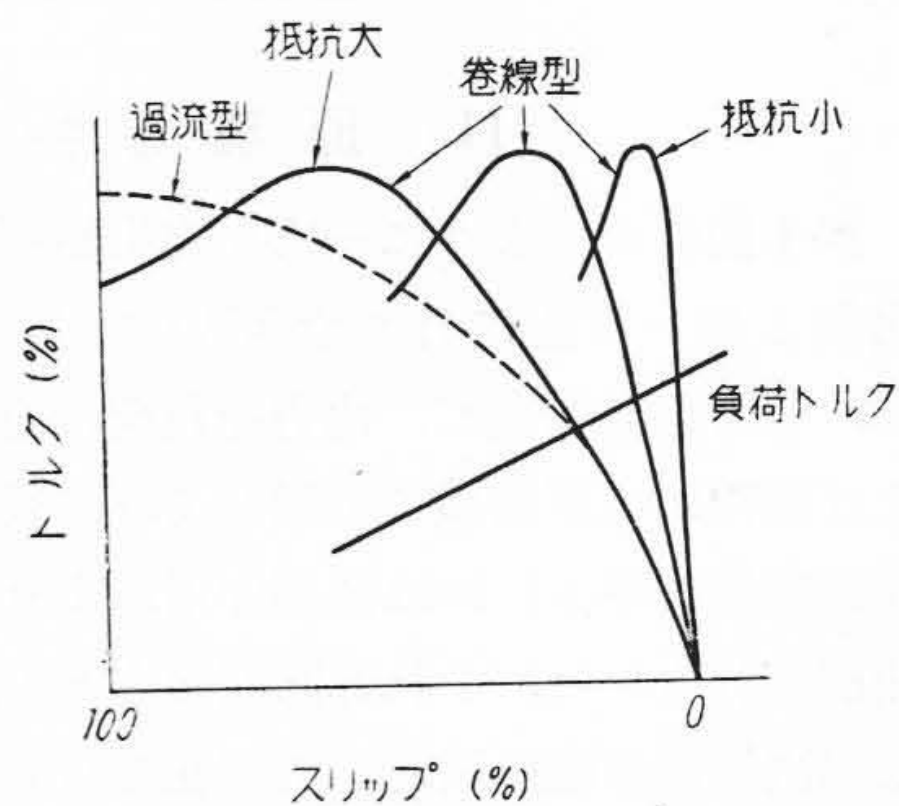
〔IV〕 電磁接手の制御および応用

(1) 制御について

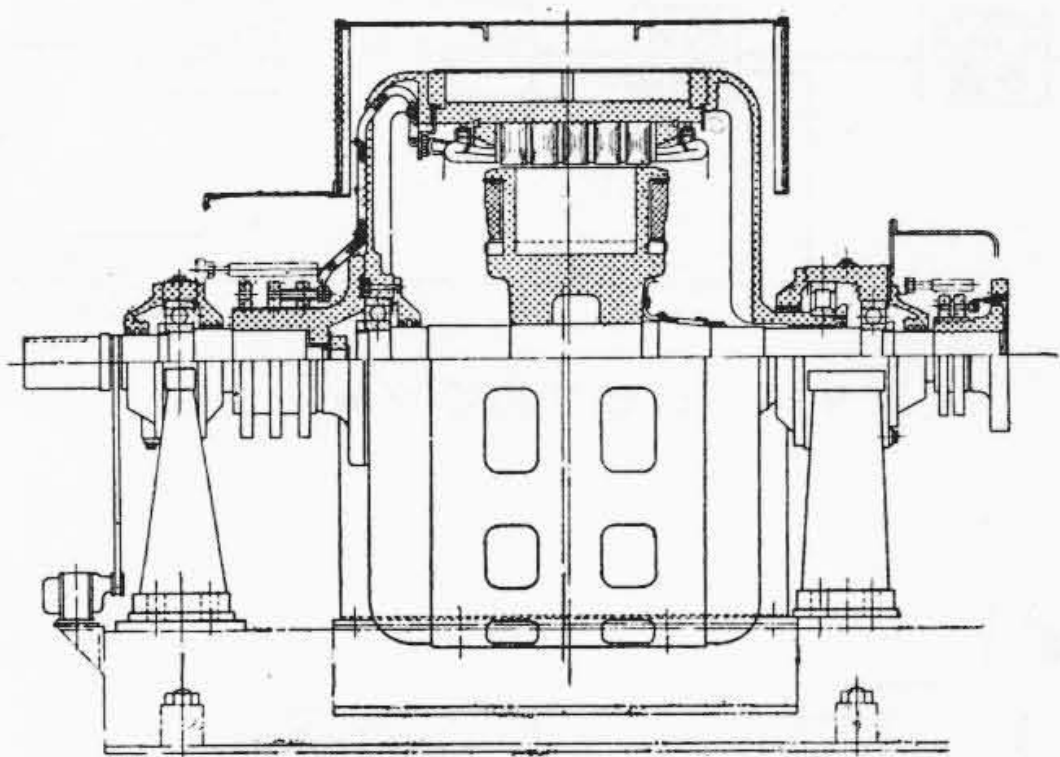
前述のように籠形は速度制御範囲が狭いのであるが、渦流型はやや広範囲になり巻線型はもつとも速度制御範囲が広く、応用分野も広い。渦流型は励磁電流により、巻線型は二次抵抗および励磁電流によつて任意の速度に設定することができる。

しかし接手単独の特性は、負荷トルクの変動に対する速度変動率が非常に大きいのでそのままでは一定速度制御用として実用にならない。速度変動率を数%におさえ、速度制御そのほかに応用するためには自動制御を行う必要がある。電磁接手のトルク-速度特性は誘導電動機と同様の特性を有するので、速度が低い所では高い所よりも負荷トルクの変化に対する速度変動が大となる。その結果低速に設定する程、定速度をうる事が困難になる傾向となる。

速度制御範囲を広くかつ速度変動率を少なくするためには、良好な自動制御を行う必要があるが、普通磁気増幅器または電子管を使用する。



第 4 図 巻線型のトルク-スリップ特性



第5図 巻線形 200 HP 電磁接手構造図

いずれも速度をパイロット発電機によつて饋還し、基準電圧との偏差を検出し、上記増幅器を通して電磁接手を励磁する方式をとっている。このようにして制御はきわめて容易に行うことができ、速度制御範囲も交流整流子電動機および巻線型誘導電動機よりも広範囲にできる。

渦流型は速度設定を全範囲にわたつて励磁電流により行つてゐるが、巻線型は、まず二次抵抗によつて所定速度に設定し、速度変動に対する分だけ励磁電流を変化させて一定速度を保つ。したがつて増幅器に要求される変化範囲が少なくてすみ、容量も小さくて良い。

(2) 応 用

上述のように電磁接手は速度制御が容易であり、かつ価格が比較的低廉なために、応用範囲はきわめて広い。

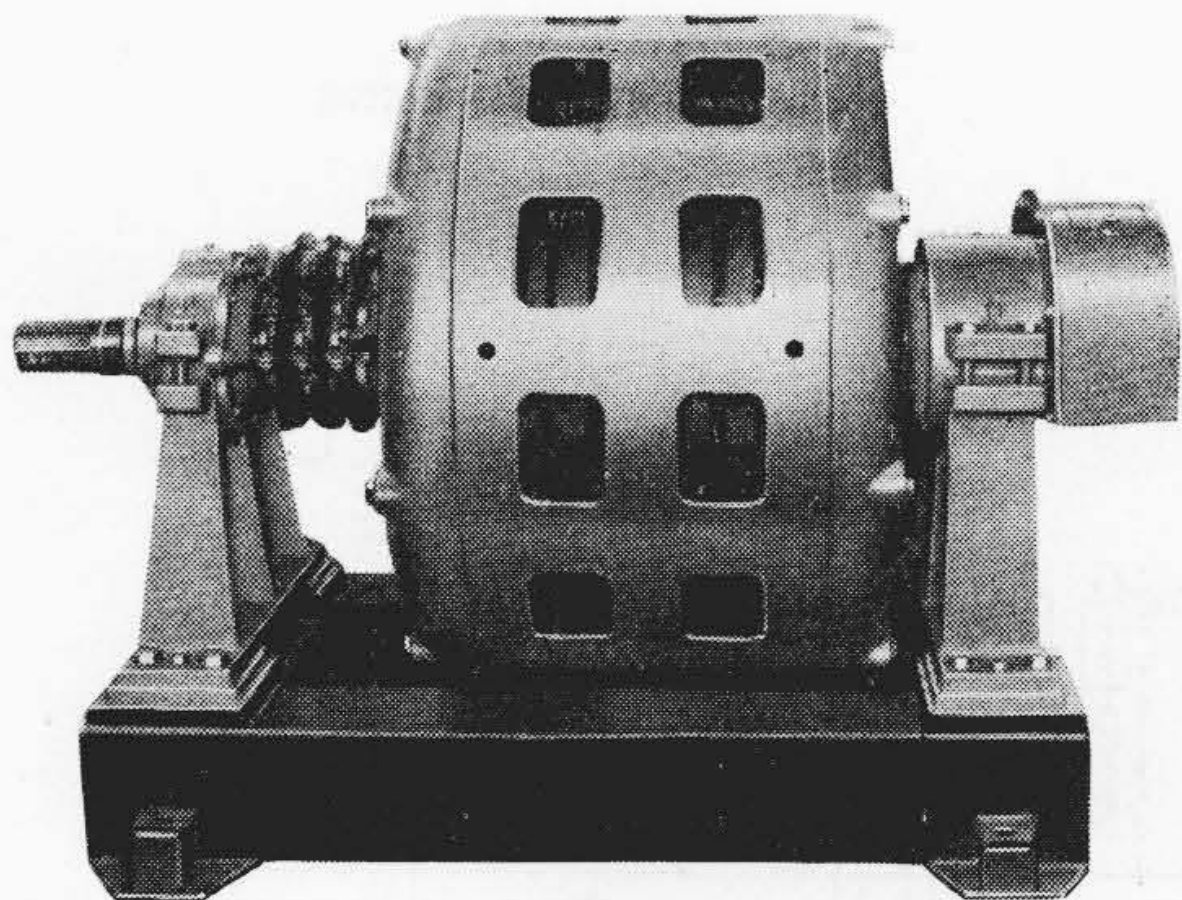
速度制御を利用するものには、送風機、給水ポンプ、給炭機、セメント工業におけるキルンおよびフィーダ、製紙工業における抄紙機、リワインダ、スーパーカレンダー、ゴム工業におけるゴムカレンダー、そのほか荷役機械などきわめてその分野は広い。

電磁結合特性を利用するものでは、送風機や遠心分離機などには起動電流を抑制するために、また土木機械には、クッションスタートおよび異常負荷の逃げを目的として用いられる。また巻上機やスキップホイストにはダイナミックブレーキとして用いられる。

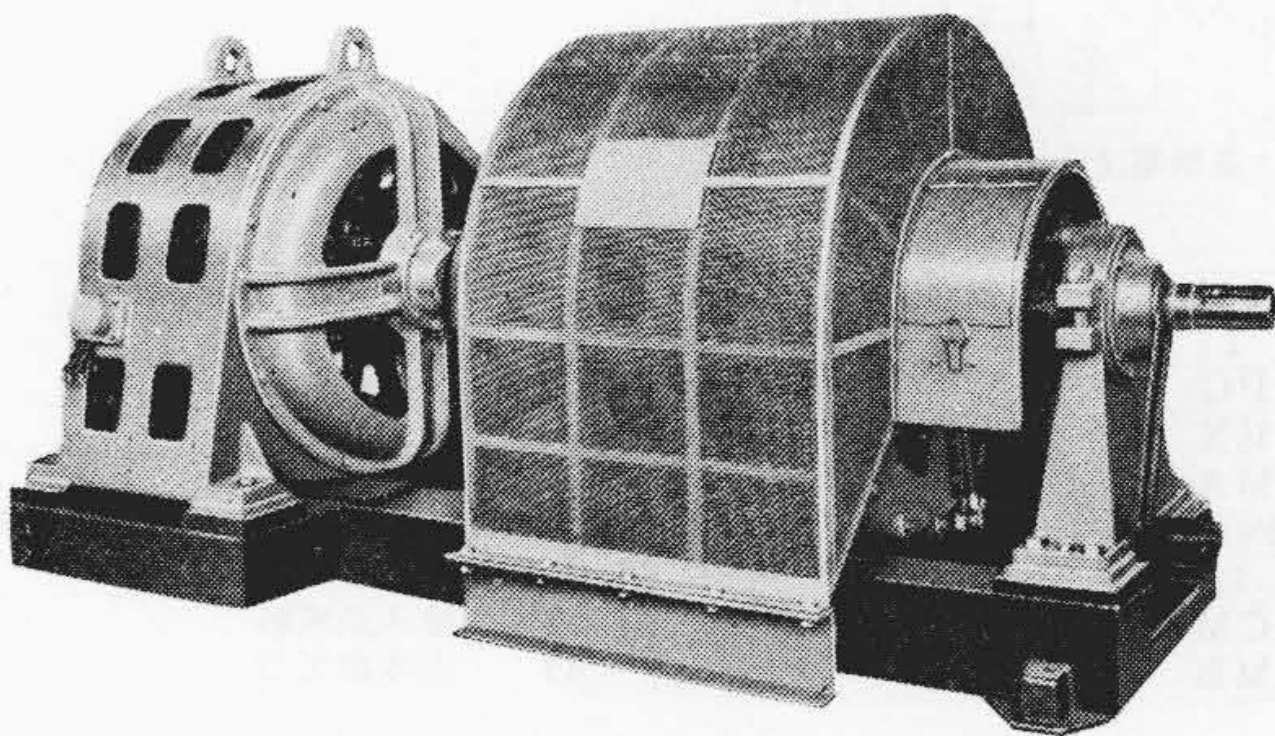
クラッチおよびインテング用としては、枚挙にいとまない程で、その応用範囲はますます拡がりつつある。

〔V〕 大阪窯業セメント株式会社納 200 HP 電磁接手

本装置は大阪窯業セメント株式会社伊吹工場に納入されたロングキルン駆動用のもので、電圧変動 $\pm 5\%$ 、 -15% 、周波数変動 $\pm 3\%$ 、負荷変動 $50\sim 130\%$ に対して、自動制御により低速度に到るまで広範囲に設定速度を変化することができ、かつその間任意の速度で一定速度運転できることを目的に製作されたもので、速度制御範囲は $200\sim 600\text{ rpm}$ である。



第6図 型式 SB-R 200 HP 電磁接手



第7図 200 HP 電磁接手

(1) 電磁接手の構造

接手は前述の巻線型に属している。第5図は本機の構造を示し第6、7図はその外観である。

内側回転子は突出磁極で、直流巻線を備えて主電動機に直結され、外側回転子は二次巻線を有しギヤを介してキルンを駆動する。各回転子はそれぞれ直流用、交流用滑動環を備え、励磁機および外部抵抗器に接続される。両回転子とも回転体であるから線輪の保持軸受部そのほか各部は注意して設計製作されている。

負荷側には自動制御用速度検出発電機を取付け、また主電動機は本機を無励磁にすることにより無負荷で起動できるから籠形を使用している。

(2) 制御方式

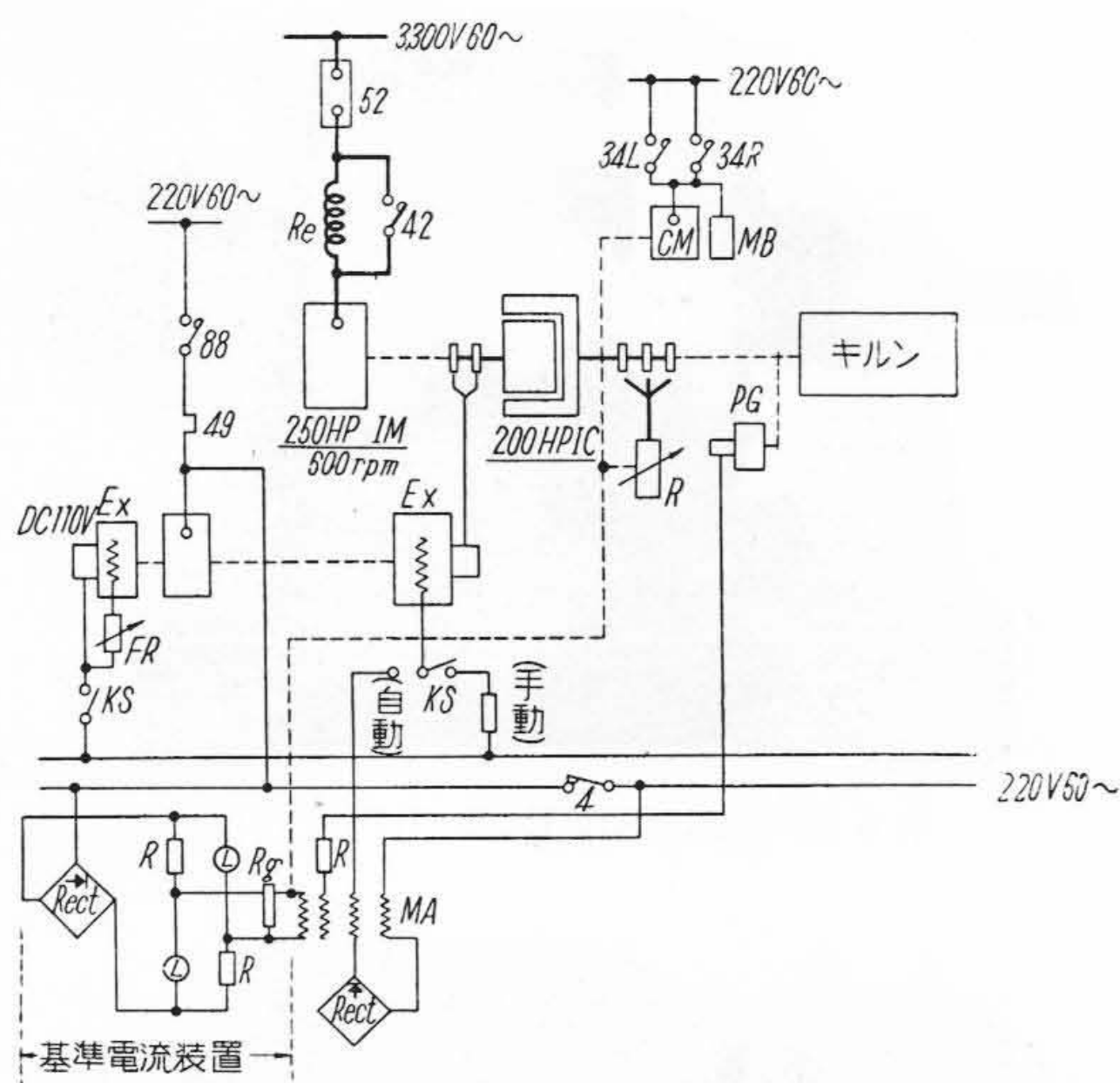
第8図に本設備の概略結線図を、第9図には自動制御系のみをブロック図として示す。

(i) 基準電流装置

速度の偏差を検出するために PG の発生電圧を基準と比較する。そのために第10図に示すような基準電流装置を使用する。

抵抗 R_1 ランプ L_1 , L_2 をそれぞれ対辺としたブリッジを形成し交流電源よりセレン整流器を通して入力とする。

ブリッジのほかの2点より出力をとり負荷抵抗 R_L を接続する。第11図に示すようにランプの電圧—電流特性は非直線を有するが、ある電圧以上はほぼ直線となる。



IM	誘導電動機	KS	刃形開閉器
I	電磁接手	R	抵抗器
PG	速度検出用発電機	Rg	調整抵抗器
EX	励磁機	Re	起動リアクタ
MA	磁気増幅器	FR	界磁抵抗器
Pect	セレン整流器	34R, 34L	正および逆転用電磁接触器
L	ランプ	4, 42, 88	電磁接触器
CM	制御用電動機	52	油入遮断器
MB	電磁制動機	49	温度継電器

第8図 キルン制御単線結線図

抵抗値をランプの直線部分と平行になるように選べば出力電流は交流電源電圧のある範囲ではほぼ一定になる。

ランプの寿命はランプにかかる電圧のほぼ13.4乗に比例するといわれている。本装置ではランプにかかる電圧は定格値の $\frac{1}{2}$ 以下であるので定格電圧におけるランプの寿命を1,000時間(JIS)とすれば $1,000 \times 2^{13.4} \approx 10^7$ 時間となり理論的には非常に長寿命である。

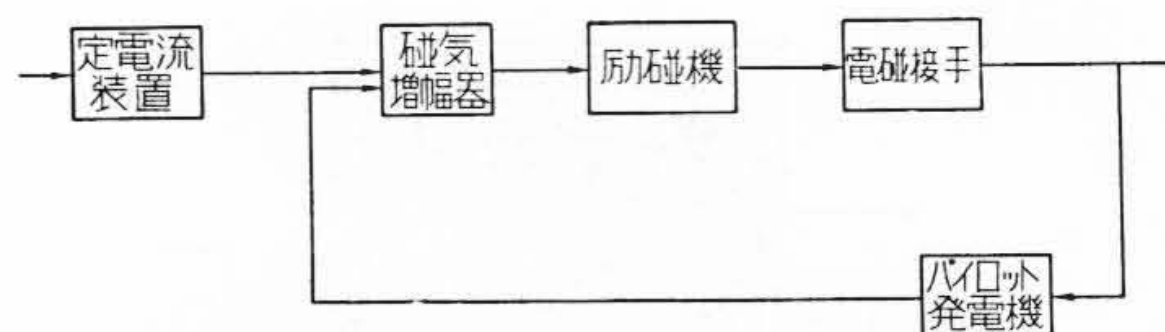
しかし万一のランプ断線による運転停止を防ぐために、第10図 L_3, L_4 のごとき予備ランプを備え、ランプ断線の場合には自動的に予備ランプに切替えられ、同時にブザーを鳴らす。

したがってランプが断線しても運転上まったく支障はない。

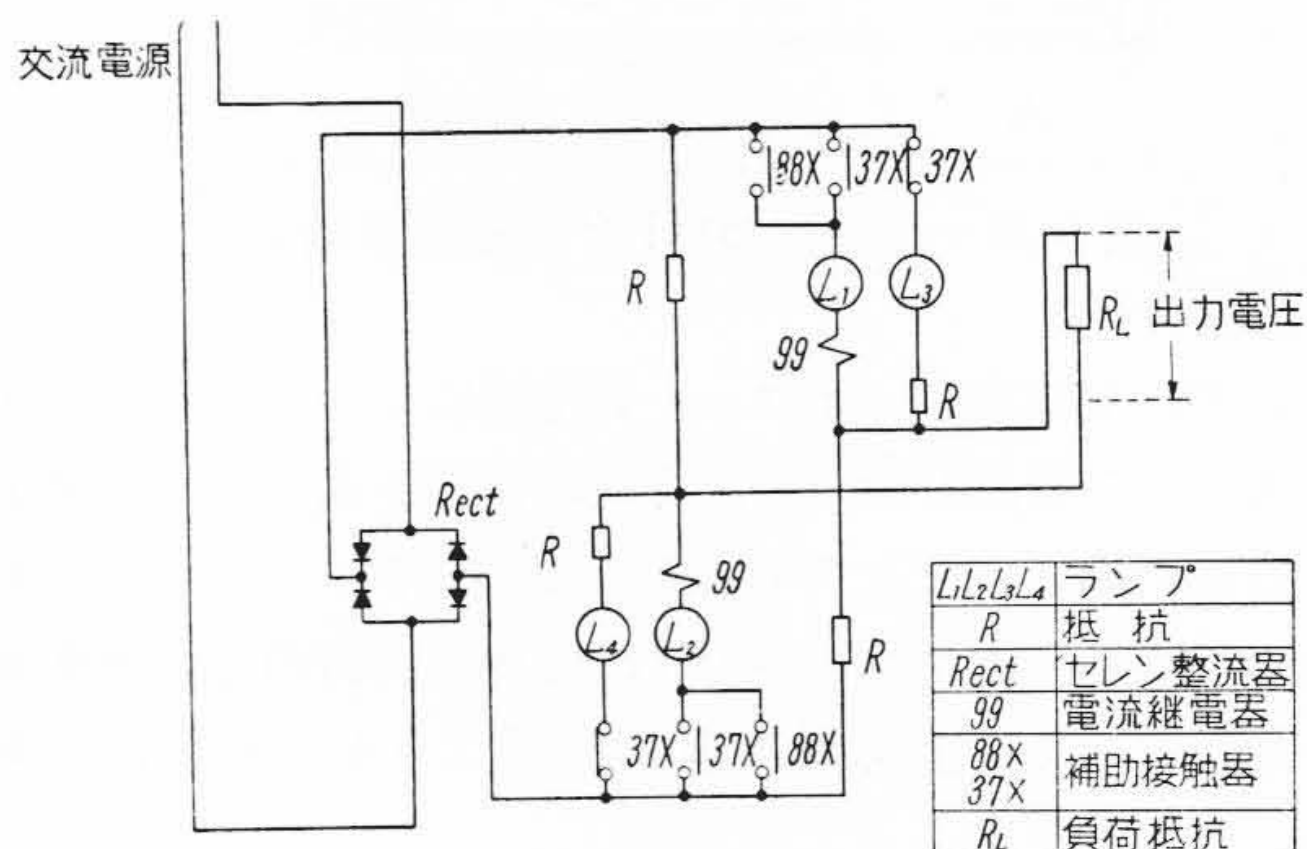
(ii) 制御動作

電磁接手は励磁機によつて励磁されその励磁電流の大小により負荷の速度が変化する。負荷の速度はパイロット発電機によつて電圧に変換され、磁気増幅器に加えられる。磁気増幅器はパイロット発電機による磁束と定電流装置による磁束の差に応ずる出力を出しそれによつて励磁機を励磁する。

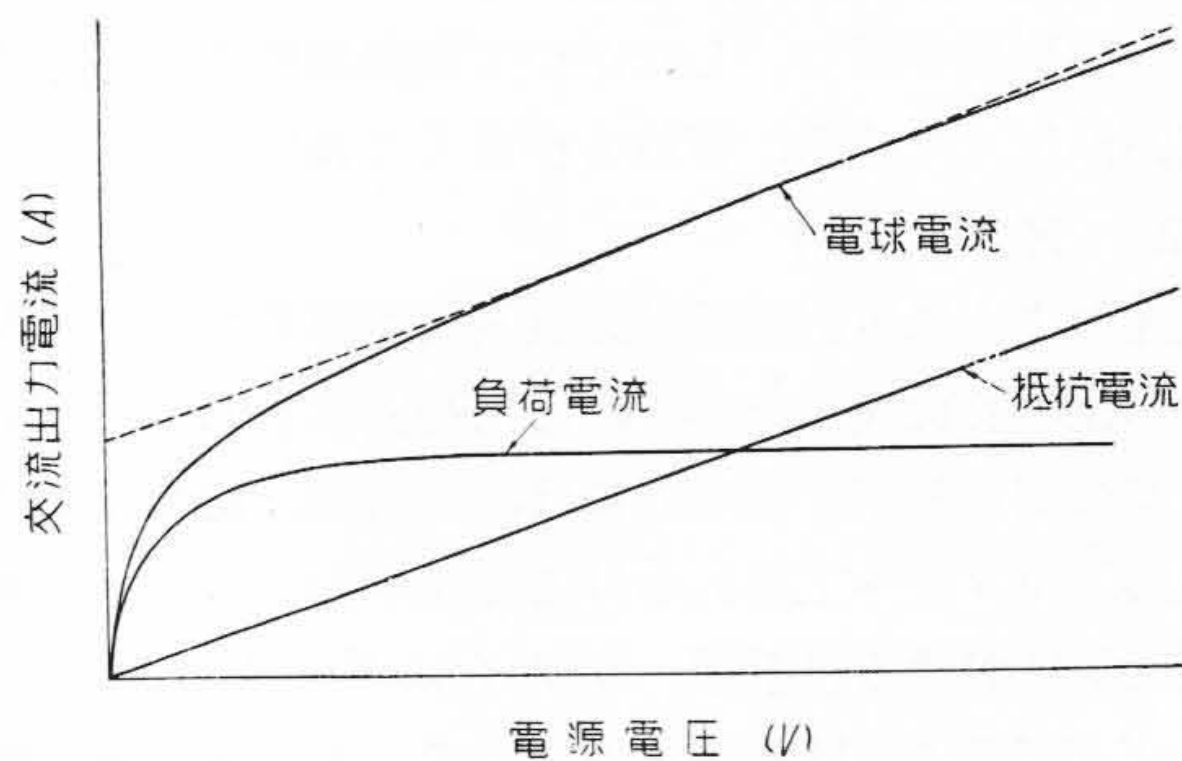
したがって負荷の速度が規定より増せば磁気増幅器は出力を減じ電磁接手の励磁電流を減らして負荷の速度を設定速度



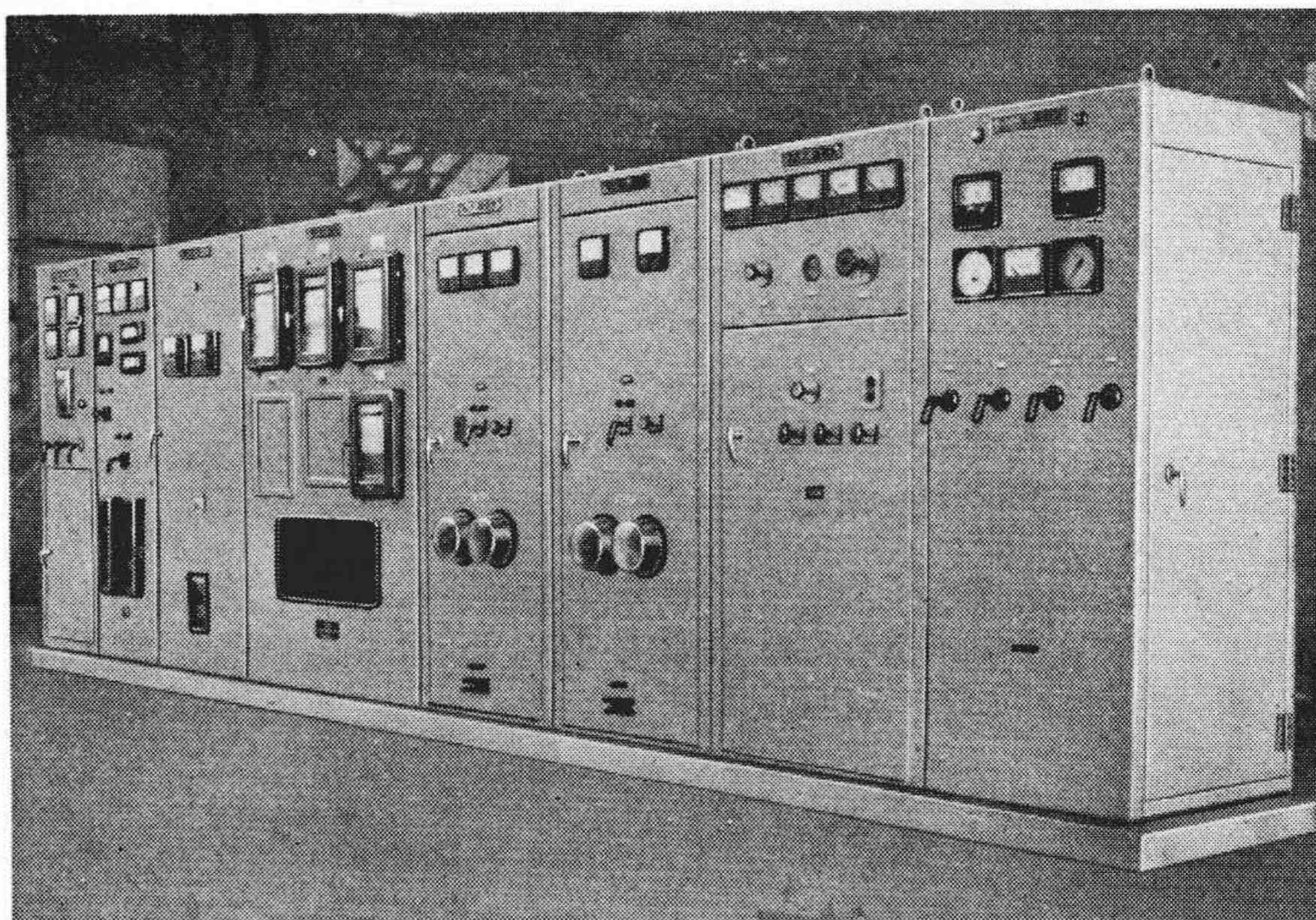
第9図 自動制御系ブロック図



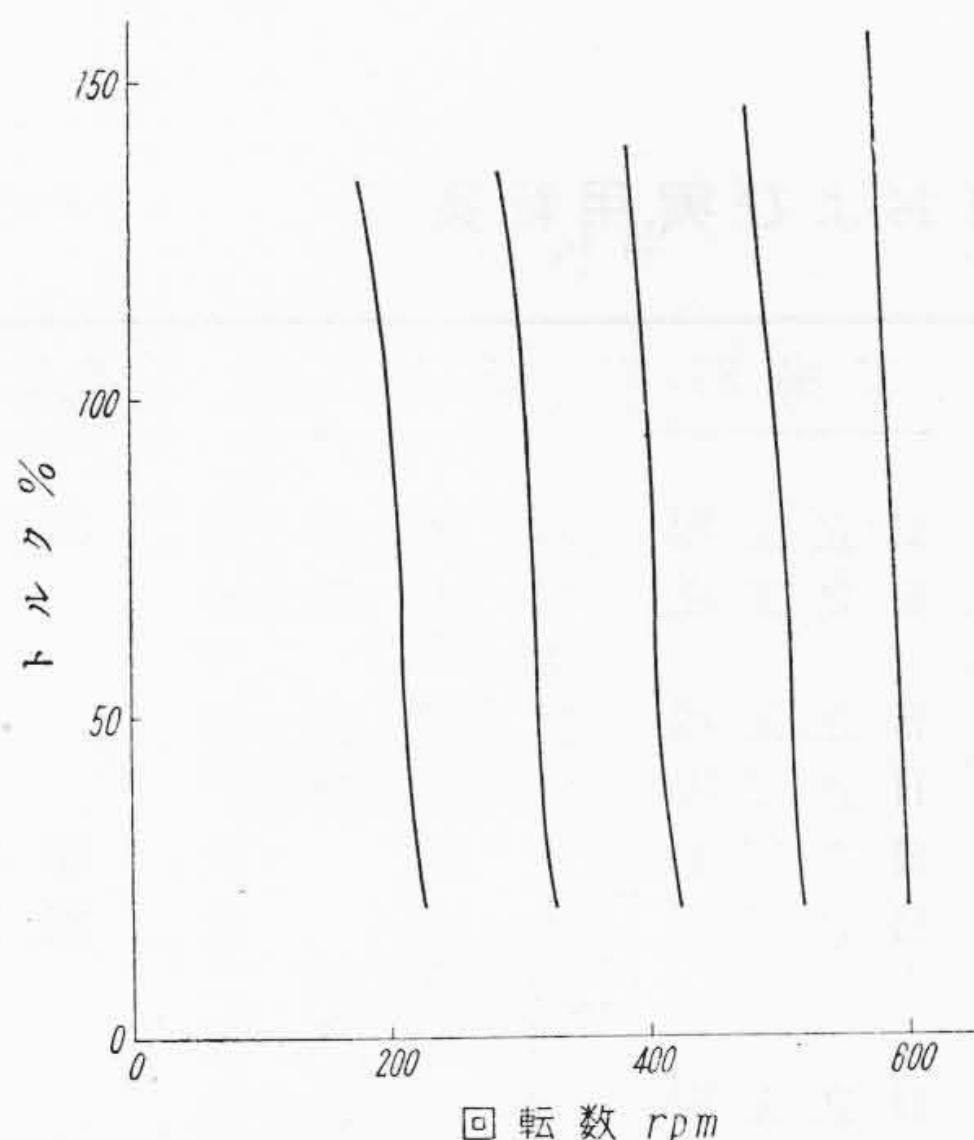
第10図 基準電流装置接続図



第11図 定電流装置特性曲線



第12図 並列キュービクル



第 13 図 キルン自動制御特性曲線

に保つ。負荷の速度が減じたときも同様に動作して励磁機出力電流を増し設定速度を保持する作用を行う。

速度の設定は調整抵抗 R_g により磁気増幅器に入る規準電流値を変え、同時に電磁接手の二次抵抗を変えることにより行う。

本設備はスクーパをも有しているが本稿では省略する。

(3) 制御装置および試験結果

第 12 図に現地における写真を示す。右から 2 番目のキュービクルが制御キュービクルである。

第 13 図に自動制御をした場合のトルク—速度特性を示す。トルク 50～130 % の変化に対し $1/3$ 同期速度における速度変化は同期速度に対し ± 2.5 % 以下に入っている。

〔V〕 結 言

以上電磁接手の特長を述べ、その一例としてセメントキルン駆動用 200 HP の製作結果を報告した。周知のようにキルンは従来誘導電動機、整流子電動機が使用されてきたが、これらはいずれも構造、速度制御、製作可能容量などの点で一長一短があり、この方面における新機種の意味は大きいと考えられる。今回製作せる巻線型は冷却に特別の考慮を要せず、十分要求の性能を満足して好調に運転を続けており、さらに大阪窯業セメント株式会社納同容量の増設分を完成し、また敦賀セメント株式会社納 250 HP を製作中である。

電磁接手は船用エンジン用として数千 HP の籠形が製作された例もあり、また特長が流体接手に似ているから同様の目的に使用できる。特に制御能力は流体接手より優れており、制御方式の発展とともに応用範囲の拡大が期待される。

終りにあたり、設計測定に関し種々御指導を賜った日立製作所日立工場稲木部長、高木副部長、泉課長、田附課長、桜井主任、平岩氏、星氏に厚く感謝する。

難燃性を誇る

スタンドライトの
積層板

乾燥が速い
絶縁用
コイルワニス



火気を警戒する船舶・建築物・車輛等の構成材料として特に注目されております。

サーモセツトワニス
日立電気絶縁材料

スタンドライト（フェノール樹脂製品） タガライト（ユリア樹脂製品）
ワニスクロス ワニス・コンパウンド マイカナイト

東京 大阪 名古屋 福岡 仙台 札幌

日立製作所



特 許 と 新 案



最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その2)

(第18頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
特 許	225782	電 磁 摩 擦 ク ラ ッ チ 制 御 装 置	日 立 工 場	桜 井 泰 男	31.10. 5
"	225788	電 気 車 制 動 装 置	日 立 工 場	古 山 義 雄	"
"	225789	変 圧 器 用 放 出 弁	日 立 工 場	上 沢 幡 寅	"
"	225790	フ ロ ア コ ン ト ロ ー ラ	日 立 工 場	酒 井 真 平	"
"	225791	発 電 機 の 停 止 制 御 装 置	日 立 工 場	斎 藤 武	31.10. 5
"	226612	コ ー ル シ ュ ー ト	日 立 工 場	大 河 山 誠 富	31.10.26
"	226613	搬 送 保 護 送 受 信 器 故 障 対 応 装 置	日 立 工 場	滝 田 武 夫	"
"	226618	封 じ 切 り 整 流 器 の 圧 力 測 定 装 置	日 立 工 場	木 村 鐘 治	"
"	226625	回 転 応 動 弁	日 立 工 場	逸 見 文 彦	"
"	226626	自 動 制 動 装 置	日 立 工 場	逸 見 文 彦	"
"	226628	圧 油 槽 自 動 蓄 納 装 置	日 立 工 場	逸 見 文 彦	"
"	226638	遮 断 器 過 電 流 引 外 装 置	日 立 工 場	池 田 正 一 郎	"
"	226639	遮 断 器 引 外 作 動 装 置	日 立 工 場	池 田 正 一 郎	31.10.26
"	225786	扉 開 閉 装 置	笠 戸 工 場	金 子 良 士	31.10. 5
"	225783	無 限 軌 道 ク レ ー ン の 安 定 度 指 示 法	亀 有 工 場	安 井 厚	"
"	225784	無 限 軌 道 ク レ ー ン の 未 知 荷 重 物 の 荷 重 測 定 法	亀 有 工 場	安 井 厚	31.10. 5
"	226603	ケ ー ブ ル カ ー の 自 動 制 動 装 置	亀 有 工 場	井 上 啓	31.10.26
"	226605	ク ラ ッ チ 附 複 胴 巻 上 機 の 制 動 装 置	亀 有 工 場	井 上 啓	"
"	226606	制 動 装 置	亀 有 工 場	井 上 啓	"
"	226607	複 胴 巻 上 機 の 非 常 制 動 時 に お け る 過 制 動 防 止 装 置	亀 有 工 場	井 神 昌 啓 史	"
"	226608	巻 上 機 等 に お け る ク ラ ッ チ 解 除 用 バ ネ 装 置	亀 有 工 場	細 渡 田 部 昌 益 富	"
"	226609	圧 力 液 体 に よ る 固 形 物 輸 送 装 置	亀 有 工 場	寺 坂 田 入 原 晴	"
"	226610	石 炭 の 水 揚 装 置 に お け る 揚 炭 管	亀 有 工 場	寺 田 進	"
"	226611	送 水 管 路 に お け る ポ ン プ 自 動 運 転 装 置	亀 有 工 場	寺 田 進	"
"	226619	巻 上 機 の ブ レ ー キ と ク ラ ッ チ の 兼 用 ハ ン ド ル 装 置	亀 有 工 場	神 尾 昌 史	"
"	226621	制 動 力 伝 達 機 構	亀 有 工 場	井 船 上 木 喜 三 郎	"
"	226627	砂 害 防 止 逆 止 弁	亀 有 工 場	岸 野 俊 雄	"
"	226640	ク ラ ッ チ 付 複 胴 巻 上 機 制 御 装 置	亀 有 工 場	若 大 鎌 田 裕 郎 大 之 夫	"
"	226577	印 刷 機 用 移 し ロ ー ラ 逃 し 装 置	川 崎 工 場	大 鎌 田 裕 俊 夫	"
"	226616	圧 縮 機 用 空 気 清 浄 器	川 崎 工 場	木 口 部 崎 光 一 彦	"
"	226602	点 火 栓 機	多 賀 工 場	服 川 崎 光	"
"	226620	遠 心 分 離 機	多 賀 工 場	田 沢 卓	"
"	226622	防 振 型 遠 心 脱 水 機	多 賀 工 場	森 通 次	"
"	226623	気 化 器	多 賀 工 場	森 通 次	"
"	226624	気 化 器	多 賀 工 場	森 通 次	31.10.26
"	225792	巻 線 型 誘 導 電 動 機 群 の 同 期 的 速 度 制 御 装 置	亀 戸 工 場	園 山 裕	31.10. 5
"	226614	電 弧 熔 接 用 変 圧 器	亀 戸 工 場	坂 福 山 部 昭 博	31.10.26
"	226615	電 弧 熔 接 用 変 圧 器	亀 戸 工 場	坂 福 山 部 昭 博	"
特 許	226617	X 線 写 真 自 動 撮 影 装 置	亀 戸 工 場	和 小 安 正 長 文 脩 平 蔵	31.10.26

(第30頁へ続く)