

八幡製鉄株式会社八幡製鉄所納

9,000 kW (12,000 HP) 厚板分塊用電気設備

The Electric Equipment of the 9,000 kW (12,000 HP) Blooming Mill
Delivered to the Yawata Iron and Steel Co., Ltd.

田 附 修*	桜 井 泰 男*	西 政 隆*
Osamu Tazuke	Yasuo Sakurai	Masataka Nishi
宅 間 豊*	大 音 透**	
Yutaka Takuma	Tōru Ooto	

内 容 梗 概

日立製作所は、八幡製鉄株式会社八幡製鉄所に、9,000 kW (12,000 HP) 厚板分塊圧延設備、同社戸畑製造所に 9,000 kW (12,000 HP) 分塊圧延設備、日本鋼管株式会社水江工場に 7,500 kW (10,000 HP) 分塊圧延設備など大形分塊圧延設備用電気品を製作中であつたが、昨年 8 月八幡製鉄所 9,000 kW (12,000 HP) 厚板分塊設備が完成し、好調のうちに営業運転にはいった。圧延電動機は 9,000 kW (12,000 HP) イルグナ誘導電動機は 7,000 kW (9,000 HP) で、世界最大級の容量をもつと同時に、主機補機ともに最新の機器最新の方式を用いている。主電動機は複電機子形双電動機方式で、GD² の減少をはかり、同時に頑丈かつ整流の良好な構造とし、制御回路のすぐれた設計と相まって、逆転時間は 1 秒に短縮されたほか、過電流制限、上下ロール用電動機の平衡など、双電動機方式分塊圧延機に要求される諸特性にすぐれた性能を示している。

1. 緒 言

今回八幡製鉄株式会社八幡製鉄所納として完成した厚板分塊圧延設備は、厚板材およびストリップ材を熱間圧延設備に供給するためのもので、圧延鋼塊重量は 12~20 t、製品スラブは 100 mm×1,000 mm から 420 mm×1,500 mm までの各種にわたり、月産 200,000 t の能力をもつものである。圧延機は西ドイツ SACK 社製で、主ロール機は、二重逆転式、ロール径 1,220 mm、胴長 2,950 mm、圧下速度 250 mm/sec、最大揚程 2,950 mm のハイリフト機である。主圧延電動機は二重電機子形双電動機方式 9,000 kW (12,000 HP) で、世界最大級の設備であり、設計製作にあたっては、豊富な経験と、さらに電動力応用実験室の実験用圧延機における上下ロール負荷制御の研究また直流機の閃絡現象の実験など基礎的研究の新規解明やアナログ計算機による自動制御回路の解析を基にして、各機器は最高の能力を発揮せしめられるよう設計された。

据付運転の結果もよくその成果を表わし、増大した圧延上の諸要求に応えている。

主な特長をあげると

(1) 主圧延電動機は二重電機子双電動機方式で、極力 GD² を小とし、非常最大回転力を大に、機械的構造を頑丈にし、良好な整流特性をうるような構造となっている。

(2) 主回路はいわゆるサンドイッチ接続とし、負荷平衡回路を簡略化せしめている。

(3) 双電動機駆動方式の特長をよく生かすように、上下ロール駆動電動機間の速度および負荷の平衡を行っている。

(4) HTD を用いた急速励磁方式により逆転時間を短縮している。

(5) 新式過電流制限方式により安全容易な運転が行われる。

(6) 使用頻度の高い可変電圧補機はおのおの発電機 1 台故障時にも故障時接続により圧延作業を行うことができる。

(7) 圧延補機用電動機は小形で過負荷耐量の大きい JEM 600 番形直流電動機を使用している。

(8) 主要機器はいわゆるダウンドラフト式通風冷却方式を採用しこれによって電気室の温度上昇を防いでいる。

2. 電気設備の概要

主圧延電動機は二重電機子形 4,500 kW (6,000 HP) 2 台、主圧延電動機用イルグナセットは、7,000 kW (9,000 HP) 誘導電動機、2,500 kW 直流発電機 4 台および 170,000 kW-S (225,000 HP-S) の蓄勢輪よりなる。

スクリーダウン、ミル前後面フィードローラ、左右マニプレーターラック、ミル前後面テーブルなどミル回りの使用頻度の高い圧延補機は可変電圧制御される。

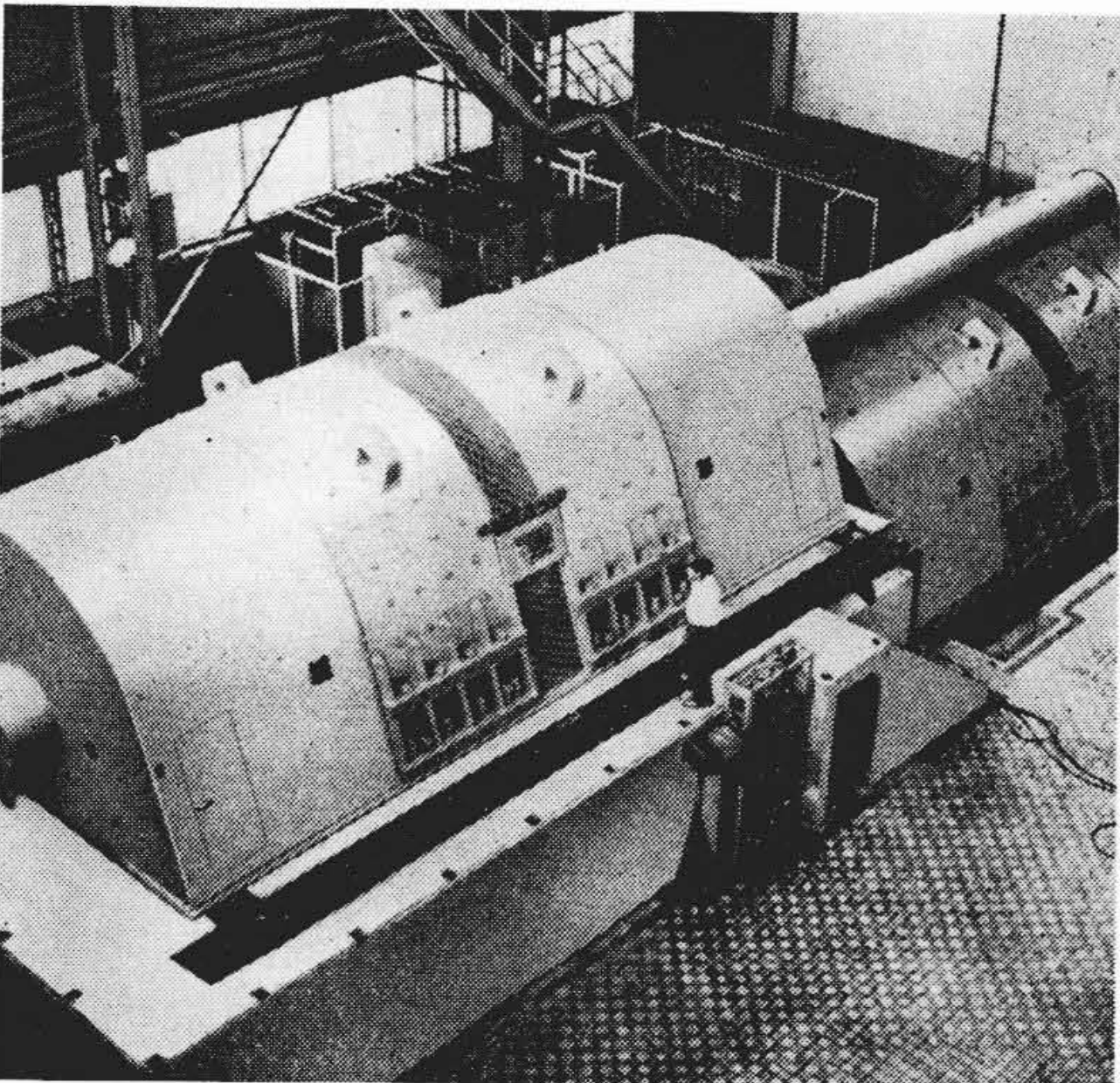
そのほかの圧延補機は定電圧直流電動機により駆動、

* 日立製作所日立工場

** 日立製作所国分工場

第1表 主機仕様一覧表

主直流電動機	主直流発電機	三相誘動電動機	蓄勢輪
複電機子形，他励補償巻線付，閉鎖他力通風，強制給油方式	単電機子形，他励，補償巻線付，閉鎖他力通風，強制給油方式	巻線形，閉鎖他力通風，強制給油方式	自己冷却形，強制油循環式
出力連続：4,500 kW×2 (6,000 HP×2) 電圧：±750 V/電機子 回転数：0～±40 rpm 電圧制御，定回転力 ±40～±80 rpm 界磁制御，定出力 回転力：常用109.2 t-m (連続) 常用最大 245.7 t-m (225%) 非常最大300 t-m (275%) 温度上昇：50℃ (温度計法) 絶縁：B種	出力連続：2,500 kW×2台 電圧：±750 回転数：514 rpm 最大出力：275% 温度上昇：50℃ (温度計法) 絶縁：B種	出力連続：7,000 kW (9,000 HP) 電圧：6,300 V 回転数：514 rpm 周波数：60～ 極数：14 最大回転力：275% 最大すべり：20% (自動すべり調整器付) 温度上昇：50℃ (サーコイル法) 絶縁：B種	GD ² 約 465 TM ² 最大蓄勢勢力 約 170,000 kW-S (225,000 HP-S) (60～)



第1図 9,000 kW (12,000 HP) 主直流電動機

制御される。
剪断機は，電磁弁によって操作される水圧式である。

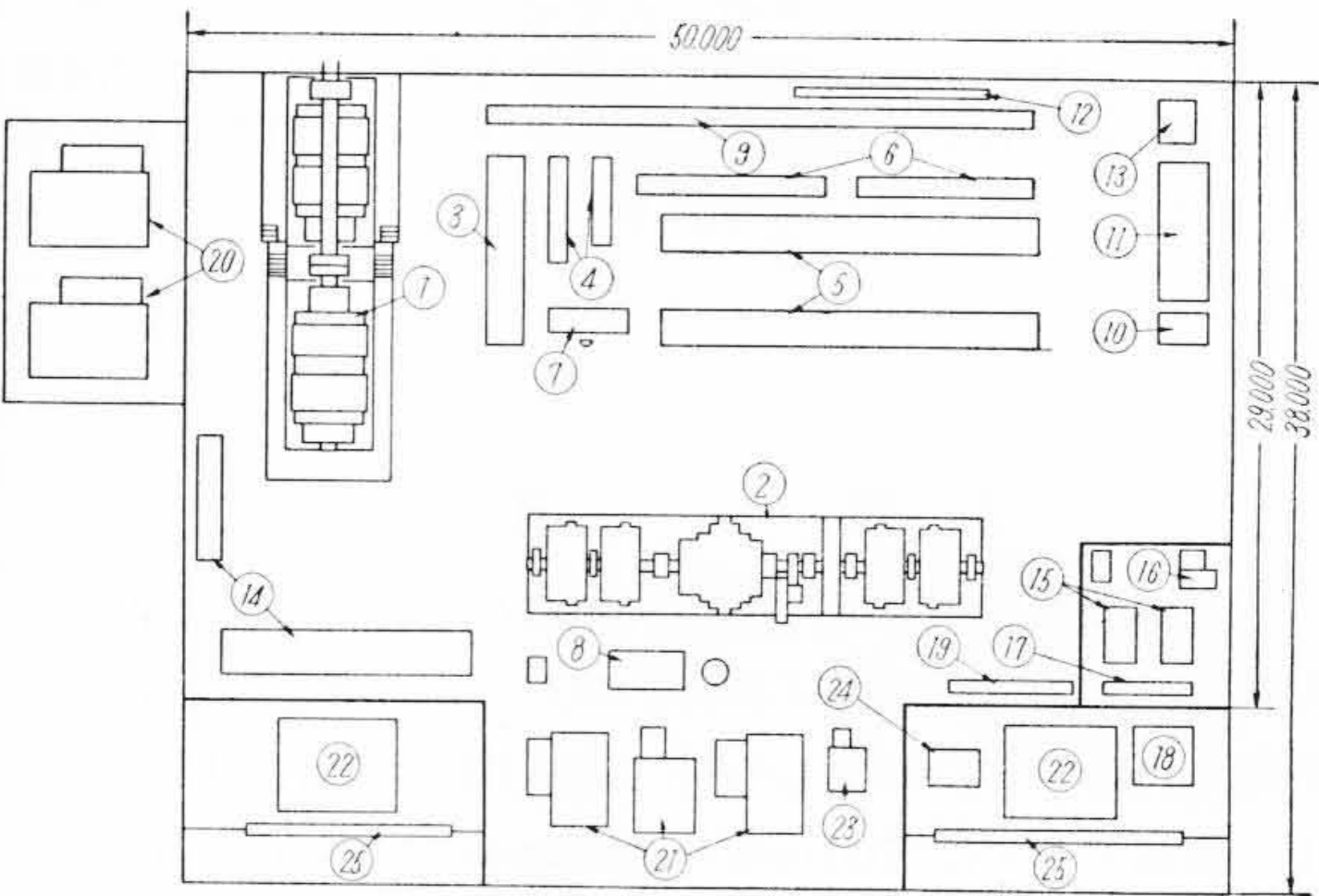
3. 回転機の仕様とその特長

回転機の仕様は第1表に示すとおりで，圧延ロール駆動用主直流電動機は，その容量において，わが国最大であり，世界でも最大級のものである。第1図にその外観を，第2図に電気室の概略配置図を示す。

3.1 主電動機

3.1.1 双電動機駆動方式の特異点

双電動機駆動方式では，主ロールは直接ユニバーサルスピンダルを介して直接にそれぞれ上下電動機と直結されるが，このユニバーサルスピンダルは長大なものである。本圧延機の場合，これは第4図に示すように油圧シリンダに



- ① 9,000 kW (12,000 HP)
主直流電動機

② 10,000 kW イルグナ変流機

③ 主励磁機セット

④ 主機用制御励磁機セット

⑤ 可変電圧補機用M-Gセット

⑥ 可変電圧補機用制御励磁機セット

⑦ 運転用配電盤

⑧ 自動滑り調整器

⑨ 主補機用キュービクル

⑩ ACB用キュービクル

⑪ DC, AC配電盤

⑫ 抵抗器

⑬ 低圧変圧器

⑭ メタルクラッドスイッチギヤ

⑮ 定電圧補機用水銀整流器

⑯ 定電圧補機用キュービクル

⑰ 定電圧補機用アノードパランサー

⑱ 定電圧補機用変圧器

⑲ AC低圧キュービクル

⑳ 主電動機用排風機

㉑ イルグナ変流機用排風機

㉒ 主機用押込送風機

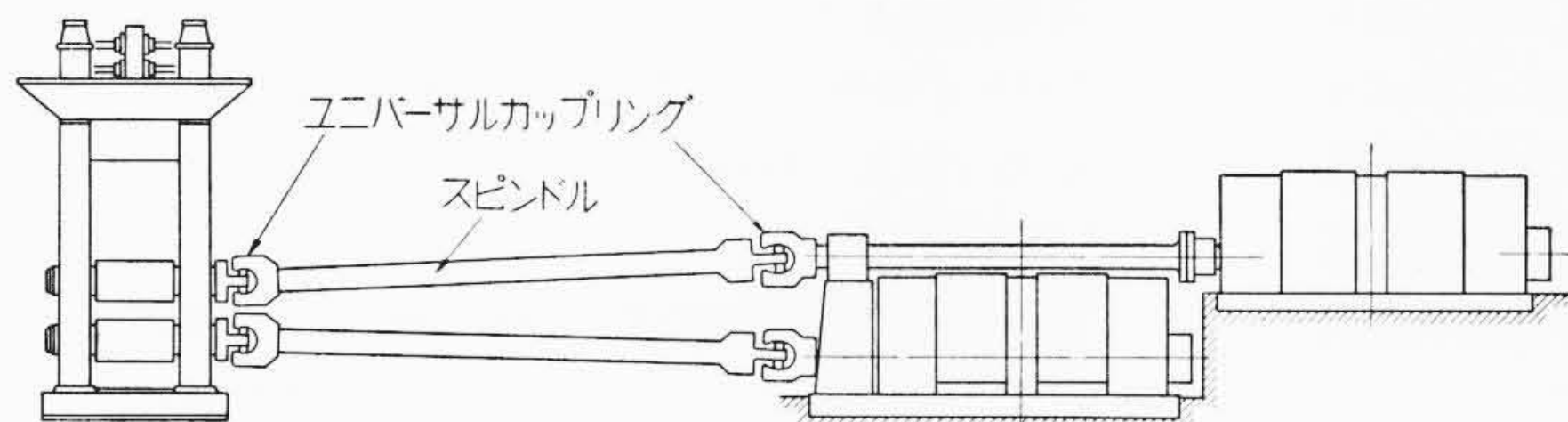
㉓ 可変電圧補機用押込送風機

㉔ 定電圧補機用押込送風機

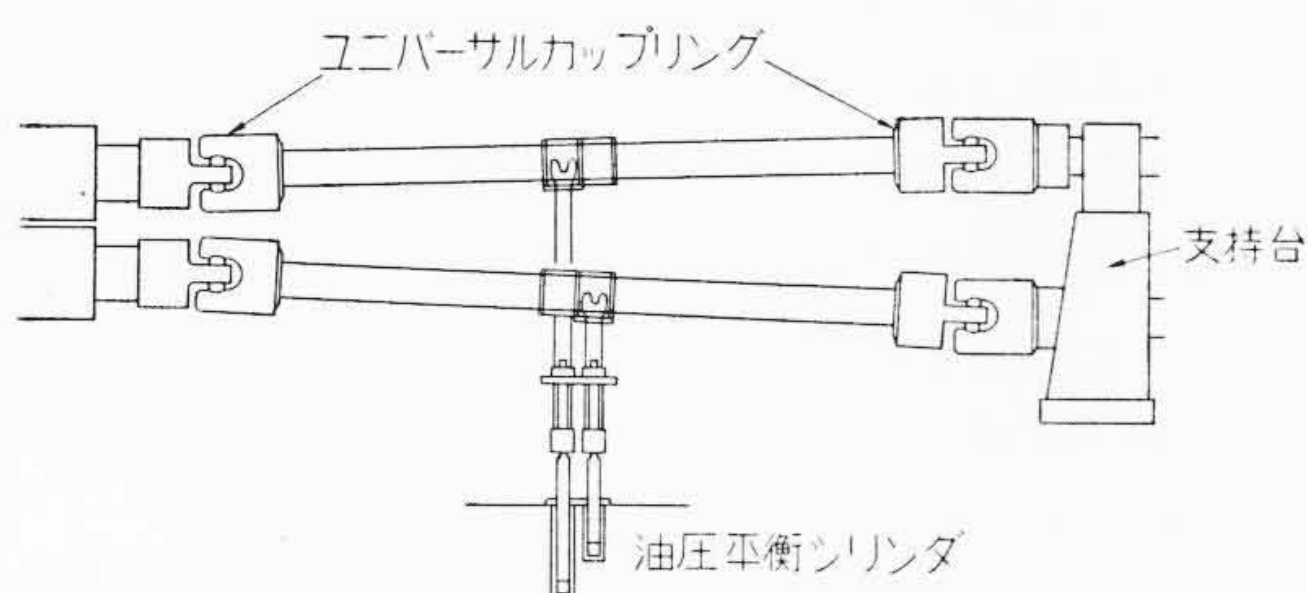
㉕ 空気清浄器

第2図 電気室概略配置図

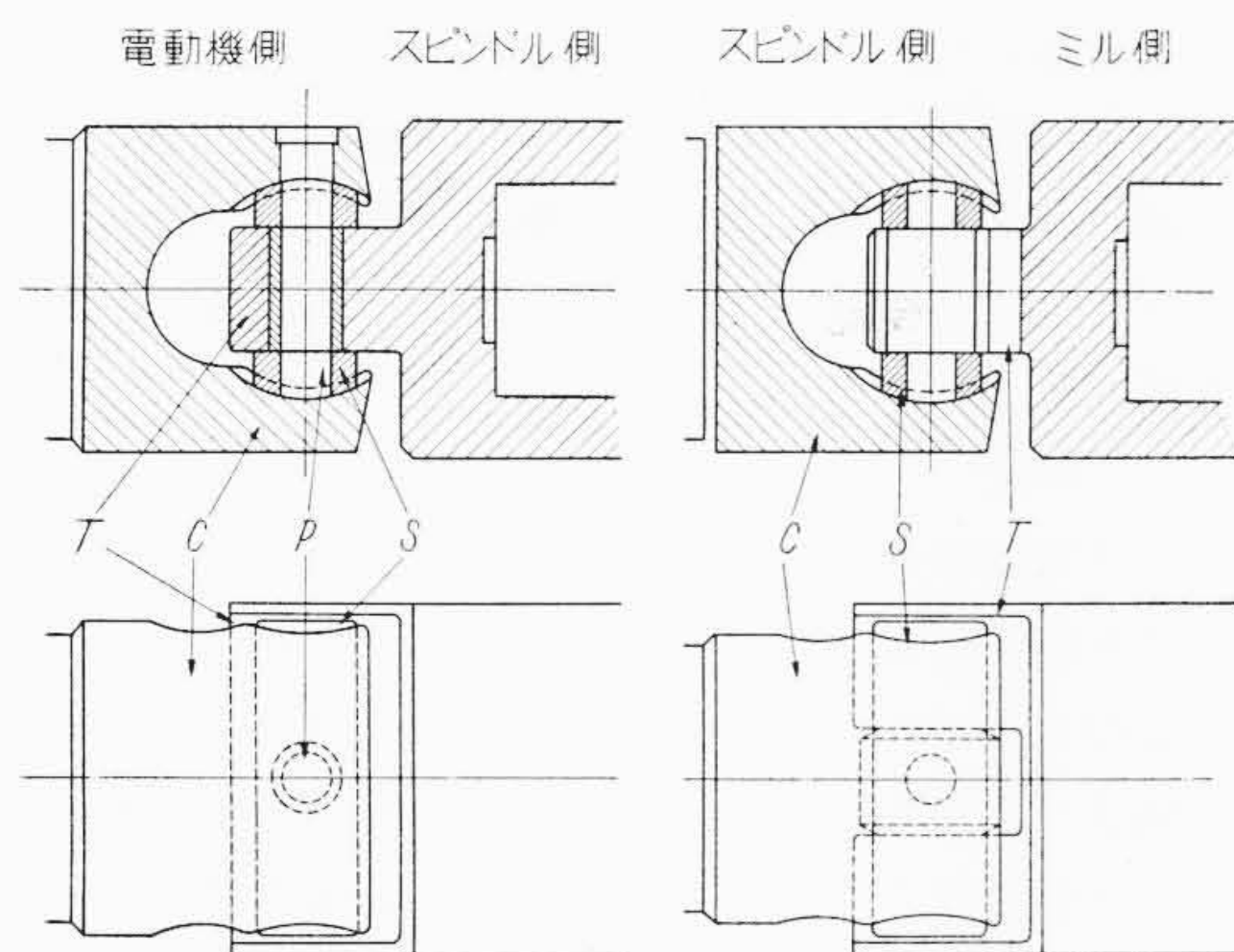
ささえられた振り式ロッドによって行われるが，それは軸方向にはまったく自由であるので，スプリング支持のスピンダルキャリヤ式重量平衡装置と異なり，負荷側よりこのユニバーサルスピンダルに加えられたスラストはその全量が電動機にかかってくる。
ロールよりのスラストは通常ロールのスラスト軸受によって止められ，ユニバーサルスピンダルにはかからないようになっているが，たまたまそのエンドプレイが0でない場合，あるいはロールねじり破断の場合にはスラストがかかってくることになる。ただしその大きさはユニバーサルスピンダルとロールの間のユニ



第3図 双電動機駆動方式



第4図 ドイツザック社式スピンドルキャリア——平衡方式



(A) 電動機側 (B) ミル側
C: クロー, P: ピン, S: スリッパメタル, T: タング
第5図 ユニバーサルカップリングの構造

ユニバーサルカップリングが軸方向にある程度自由であるので、そのカップリングの圧力接触面の摩擦力以上には伝わらない。7,500～9,000 kW (10,000～12,000 HP) 程度の圧延機では通常の圧延におけるロールのスラストは20乃至30 tと考えられ、また非常の場合には約100 t程度の大きさのスラストがユニバーサルスピンドルにかかってくるものと考えられる。

次に電動機にかかってくるスラストとしてユニバーサルスピンドルおよびユニバーサルカップリング部分自体より発生するものがある。前者はそのねじり破断における場合のものであって、これは非常に強大であるが、一般に過大回転力に対する弱点部はスピンドル軸そのものよりも、ユニバーサルカップリングのクローあるいはタング部分でありそれらは主として曲げに

よる破断となるので、これらの部分が破かいする場合には大きなスラストは発生しないと考えられる。後者のユニバーサルカップリングにより発生するスラストとしては、摺動面の摩擦係数がタングの両面で等しく、かつユニバーサルスピンドルの重量が完全に平衡

されている場合にはその値は0となるはずである。しかしこれらの条件が充たされぬ場合、当然回転力伝達によりあるいはロールのエンドプレイや圧下操作などに基づくユニバーサルカップリング部の軸方向の摺動運動によりスラストが発生してくることになる。今9,000 kW (12,000 HP) 程度の圧延機で極端な場合としてユニバーサルカップリングのタング両側の摺動面の静摩擦係数に0.15と0.25の差があり、かつユニバーサルスピンドルの不平衡重量を15 tとしてみるとそのスラストは約40 t程度となる。

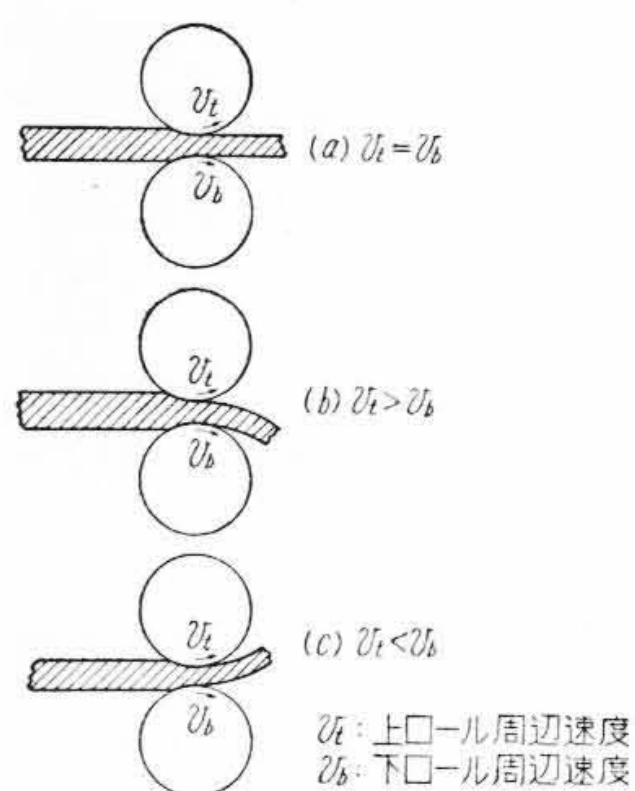
以上実際運転中に生ずると考えられるスラストについて簡単に考えてみたが、このほかのスラストとしてロール交換台車でロールをミルハウジングに入れるときスピンドル位置が悪く台車ごとロールをスピンドルに対してカップリング部分で衝突させた場合があり、この場合のスラストは101 mm (40 in) 級のロールで大体100 t程度のものと考えてよいものとされている。

次に双電動機駆動方式の配置が電動機側に及ぼす力としてユニバーサルカップリング部において発生するモーメントがある。この大きさはカップリング各部摺動面の動摩擦係数を0.05とすればおよそ電動機の前軸受に及ぼす力として20 t程度と考えられる。

電動機がどれだけのスラストまたは上記モーメントによる荷重に耐える軸受をそなえるべきかは、これらの値を慎重に機械製作者側と打合わせ決定しなければならない問題である。ただスラストの問題は上に述べたように、機械の据付け具合に大きく影響される問題である。すなわち圧延機とロールが熱時にはロールのエンドプレイは極力0とすること、ユニバーサルスピンドルの重量は完全に平衡させること、およびインパクトをさけるためユニバーサルカップリングのクロー、スリッパメタル、タング間の遊隙は極力小とすること、それらの間の潤滑に留意することなどである。

3.1.2 上下電動機負荷制御の問題

上下ロールがそれぞれ別個の電動機で駆動される場合は、両者間の負荷制御が問題となり、負荷平衡が不具合の場合、圧延材のそりなどの問題を招致し、場合によってはテーブルローラの破損事故を起すこともあ



第6図 圧延機出口周速と圧延材の形状

る。上下電動機の負荷制御の究極の目的は圧延機が真直な状態で圧延されるという点にあると考えられる。このことは必ずしもロールの周速が等しいことを意味しないが、ストリップの冷圧のごとく板厚にくらべてロール径が十分大きく、圧下も比較的小さい状態、あるいは熱圧でも圧延材が高温で塑性変形しやすく、ロールと圧延機が全接触面にわたって、いわゆるスティックの状態にある場合には、ほぼロールの周速を上下で等しくすればよいことになる。今、板厚を t とし、板の反りの曲率半径を r とすれば、 $\frac{t+r}{r}$ が上下ロールの周速の速度比となる。一般に電動機を速度を厳密に一定にすることはきわめて困難であり、この場合のように上下電動機がプラスチックな圧延材を介在して結合しており、上下ロールの周速の差がある程度負荷の授受をやるものであれば、その程度によっては負荷電流を制御した方が賢明である。

筆者は双電動機駆動における負荷の性質につき十分な計算と、これと並行して綿密な実験を行ったが、その結果は別の機会に詳細に述べることとして、きわめて概略的にいって分塊のごとき熱圧においては、上下ロールの周速の差は約10倍に拡大されて負荷電流に現われてくるものと考えられる。

しかしながらロール速度の制御を負荷電流で行う場合問題となるのは、板が真直に出る状態における上下ロールの所要回転力もしくは電力である。これはきわめて簡単に考えた場合たがいに等しいと思われるが、実際には圧延材上下の塑性変形抵抗の差、ロールとの摩擦係数の差、上下ロールの径の差、および圧延材が送られてくる、テーブルローラの高さの下ロール高さの差などにより異なるのが普通である。ロール径の差にたいしては筆者の行った計算によれば上下ロールの所要電力を等しくすれば、板の曲りは補正されることになり、またパスハイトの差は所定の値にたいして電動機の制御回路を調整することが可能で、これらはいずれも、電動機制御回路の設計とその運用によって補正されうるものである。これにたいしてロールと圧延材の間の摩擦係数の差および塑性変形抵抗の差は予想することが不可能であり、これを補正することは別の面からの解決を必要とするものと考えられる。

3.1.3 電動機の構造、性能

電動機は上下ロール用おのおの4,500 kW (6,000HP) ± 750 V $\pm 40/80$ rpm 常用最大回転力 225% 非常最大回転力 275% B種絶縁温度上昇 50°C のものである。

(1) 回転子

上下電動機中心間距離 2,300 mm という制限と、電動機慣性モーメントを減らす目的で、電動機はおのおの二重電機子構造とした。二つの電機子の結合は、輻鉄と一体に鋳造されたフランジにより行われ、これにより十分な鉄心下部通風を行わせると同時に、回転子のたわみは一本軸の場合よりもはるかに少なくすることができた。強大な回転力伝達部、ならびにそれともなう衝撃をうける部分はすべて、材質を吟味し十分な嵌合と強固な固定法を用いている。絶縁はすべてマイカおよびガラスを基調とした完全B種で、絶縁耐力の大きいかつ即乾性ワニスを使用した。

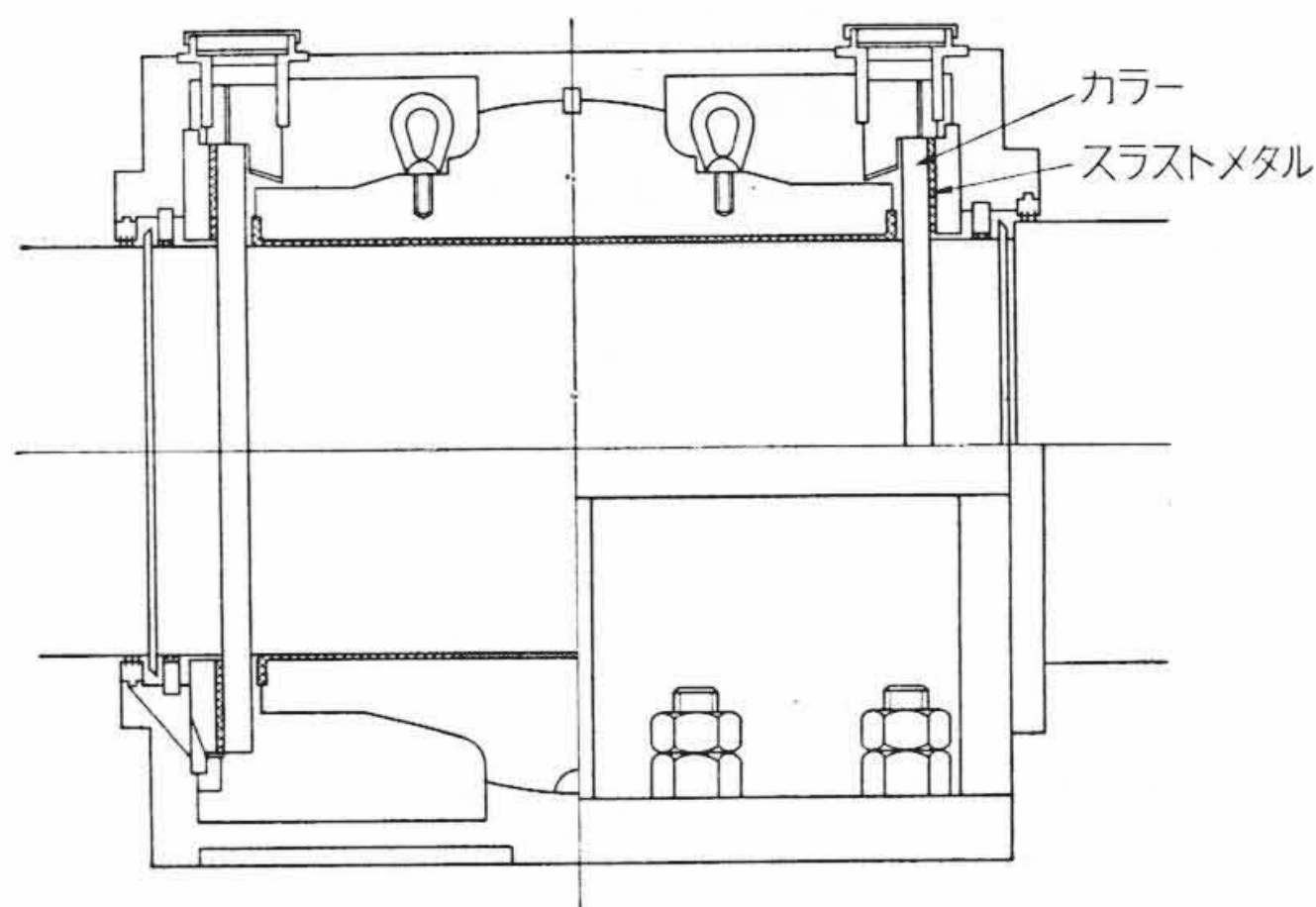
(2) 固定子

継鉄は鋼板製で十分な強度をもたせてあり、熱加工後は十分な焼鈍を行って、強度、振動に対する完全な考慮を払った。絶縁物は回転子と同じく、良質の絶縁物を用い作業はすぐれた工作技術をもって行われた。

導体の接続部分はすべて回転子と同じく、良質の銀ろうをもって接続され、強度、通電の信頼性とも飛躍的に向上した。

(3) 軸受

上下電動機の前軸受は両方向スラストをうけるスラスト軸受を備えている。このスラスト軸受は、カラー形のもので主軸と一体に鍛造されたカラーとこれを外側よりささえるスラスト軸受よりなる。この形のスラスト軸受は古くから使用されているものであり、構造簡単、かつ堅ろうであって、低速度のものに対しては、すぐれた効果を発揮するものである。このスラスト軸受の強度と、軸方向遊隙は前にのべた負荷よりの条件により、慎重に決定しなくてはならない問題である。



第7図 直流電動機軸受構造図

スラスト軸受は、電動機が両方向回転であることを考慮し、また構造簡単、取替容易という見地からパッド形のものとはしないで、単に上下二つ割の馬てい形のものとした。軸方向遊隙は、組立取替が容易でスラスト軸受表面より、常時供給される潤滑油により負荷からのスラストを油圧緩衝させて、スラスト軸受へのインパクトを減少させ、またスラストによる電動機回転子の軸方向運動速度が一定限度に達する前に油圧緩衝が働くよう二様の目的をもたせるため、遊隙ならびに潤滑油粘度は慎重に検討されている。

二つのカラーにはさまれた部分には水平軸受が設けられている。これは低速時油膜のきれることを防ぐ目的で強制潤滑とするほか、前記のスラストカラーで汲みあげた油や、油圧緩衝を行わせた後の排油を、特殊の油かきでふたたび、水平軸受に上部より供給するようになっている。

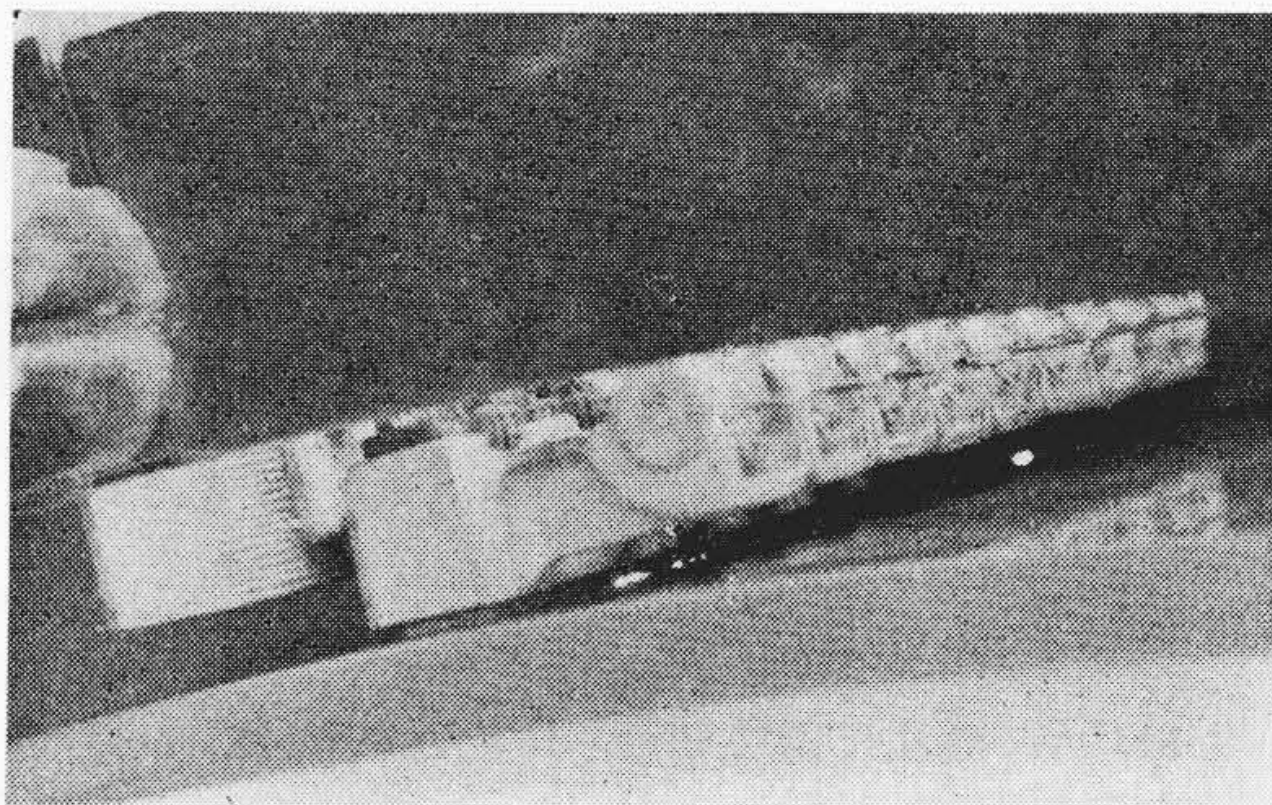
(4) 整流

分塊または、厚板圧延機などに用いられる電動機において最もたいせつなことは整流である。このため整流子の工作には十分な注意を払い整流子片ピッチ、そのたおれの測定には特殊の測定器具を用い、組立、シーズニングとも厳密な検査を経て後完成したものである。そのほか、電機子巻線接続法、補極、補償巻線の設計などにも細心の注意を払った。

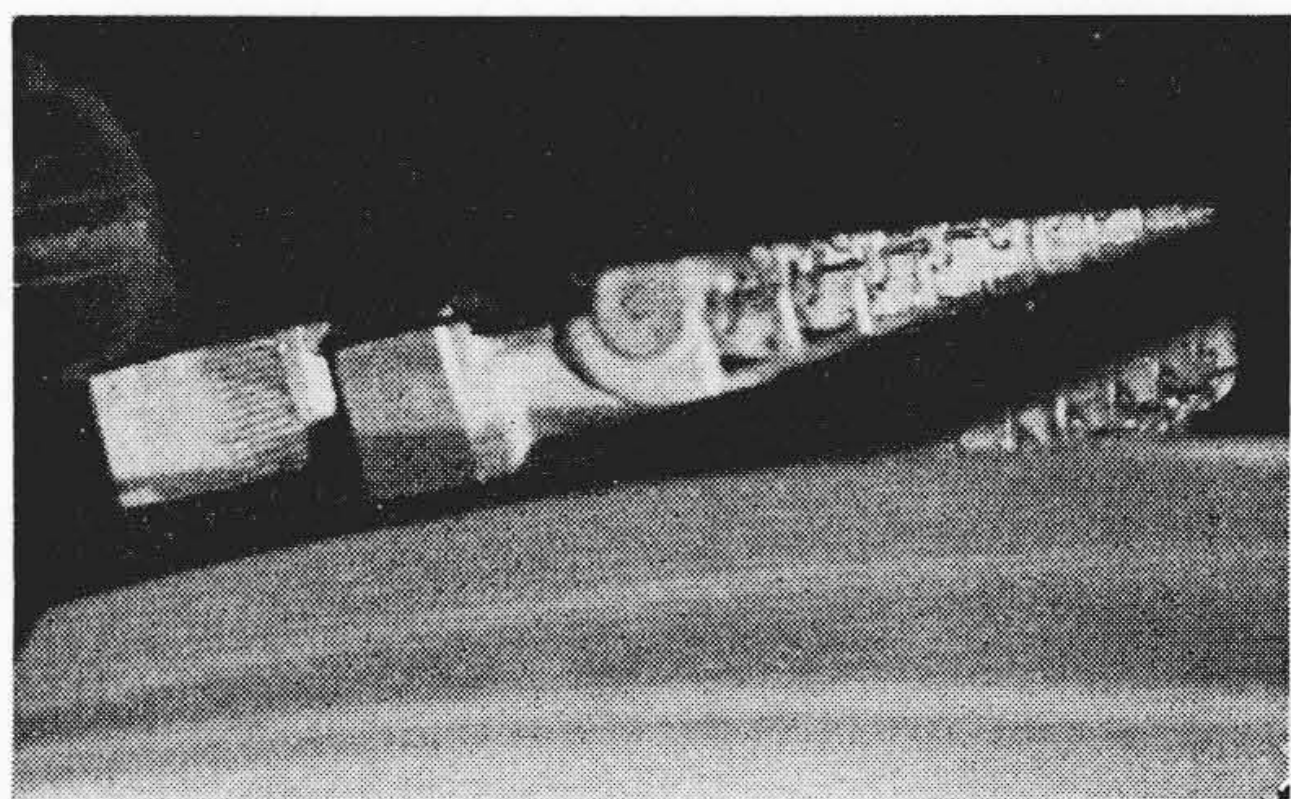
この種圧延機用電動機の整流において、特に注意を要することは、急激な負荷のかかった場合である。これはリアクタンス電圧を発生する電機子巻線の漏洩磁束に比し、整流磁束の磁気回路が長大かつ大きな面積をもつ塊状鉄心部を含むために、その急激な変化がおくられてリアクタンス電圧に追従できないこと、および塊状鉄心部の表皮効果により所要の整流磁束が減少してしまうことである。これに対しては塊状鉄心部をやめて積層とするかあるいは磁路の空隙長を大きくすることによってある程度補正をすることができ、電動機においては構造の堅ろうが望ましいこと、また、軸中心間距離の制約があるために、継鉄の積層構造は採用せず、その代りに補極、補償巻線に対して分路リアクトルを採用した。第8図は分路リアクトルのない場合、第9図はそれを用いた場合の急激な負荷に対する整流作用を示す。

(5) 特性の一致

4 電機子は、双電動機の負荷制御上の観点から厳密に特性を一致させ



(分路リアクトルのない場合)
第8図 主直流電動機の火花状況



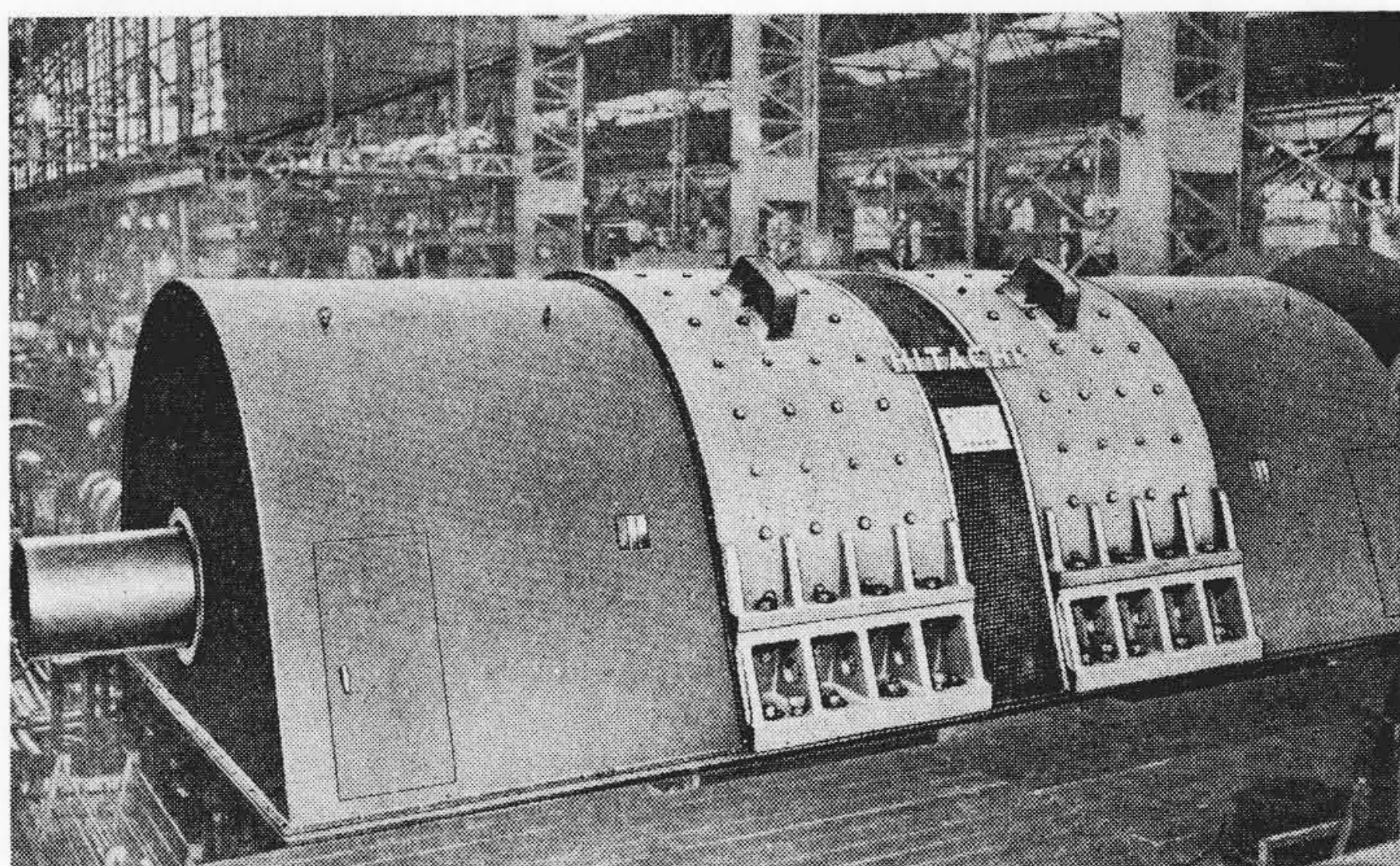
(分路リアクトルのある場合)
第9図 主直流電動機の火花状況

るよう、特に工作精度をあげて入念に製作された。

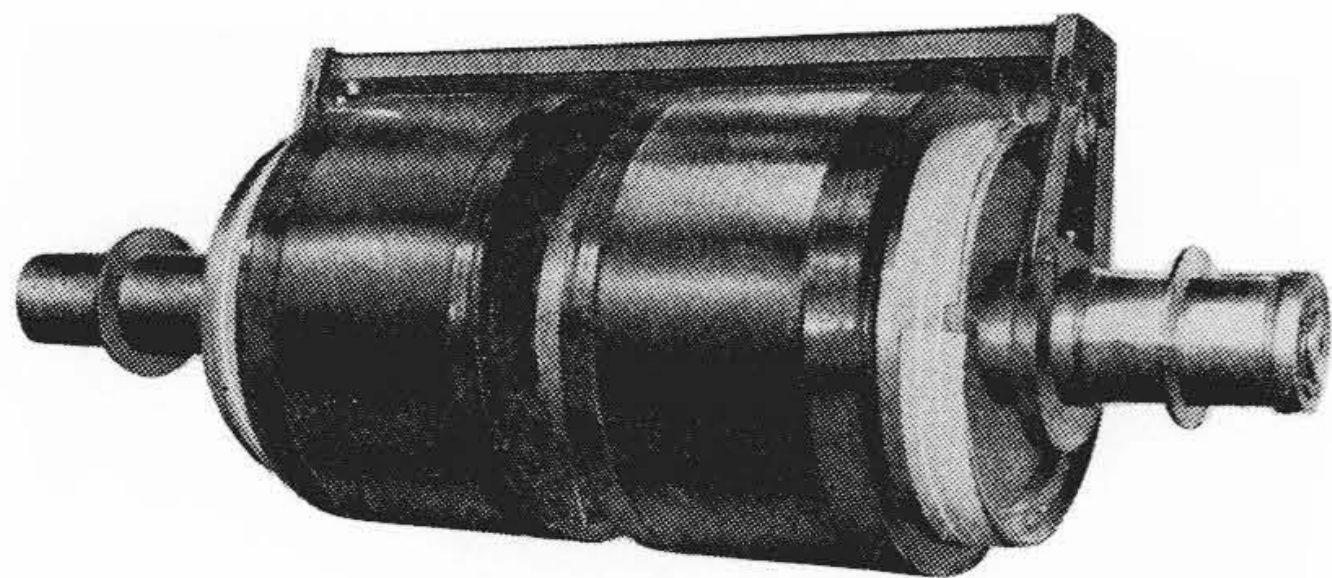
第10図は 4,500 kW (6,000 HP) 主直流電動機の外観、第11図および第12図は回転子およびその荷姿、第13図は回転子のスパイダをそれぞれ示している。

3.2 イルグナ変流機

イルグナ変流機の配列は、据付けならびに回転力伝達の点から最も回転子重量の大きい蓄勢輪を中心に、一方に誘導電動機および 2,500 kW 直流機発電機 2 台、他方



第10図 4,500 kW (6,000 HP) 主直流電動機外観



第11図 主直流電動機回転子

に 2,500kW 直流発電機2台を直結した。第14図はその外観を示す。

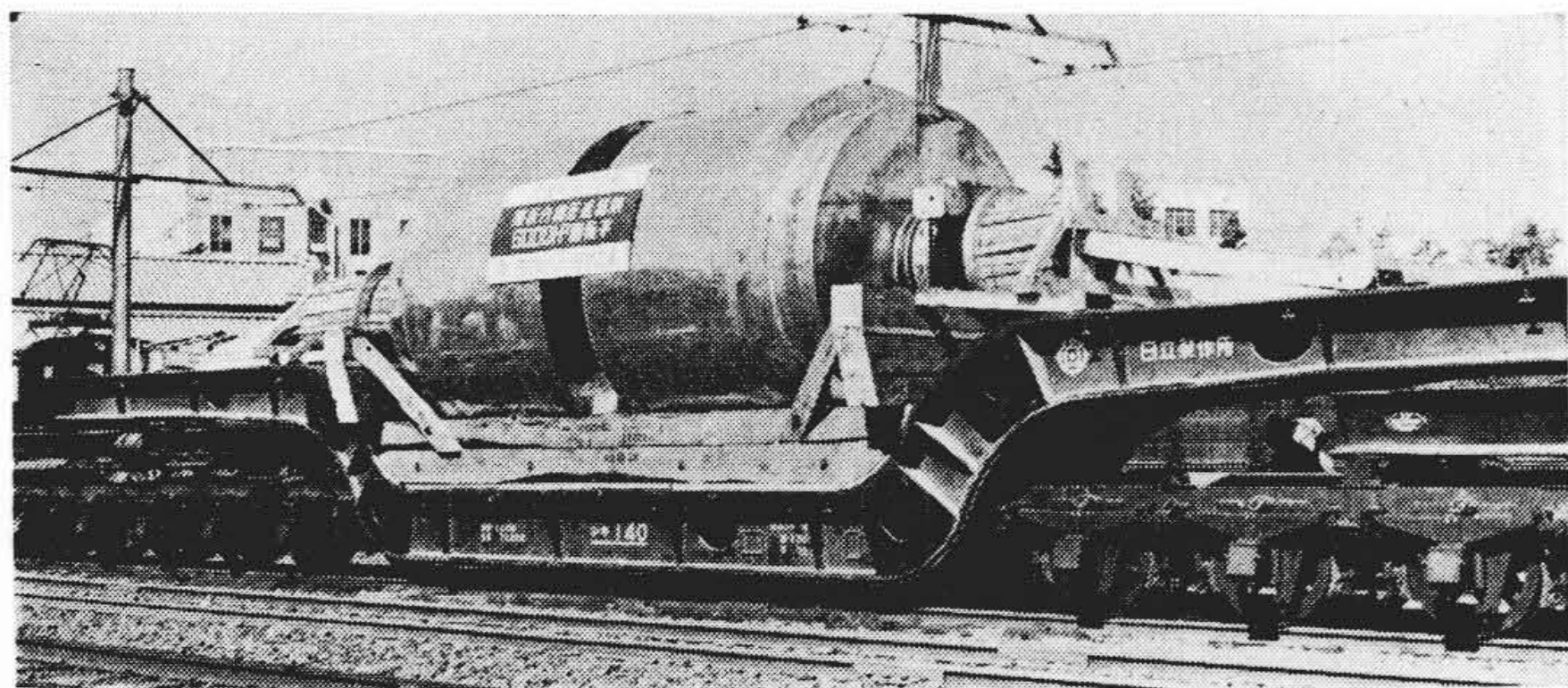
3.2.1 直流発電機

直流発電機は、主電動機に準じて頑丈な構造と、良好な整流をうるよう設計製作された。継鉄は積層構造で過渡時の整流を考慮し、また過大負荷時、滑り調整器が働き速度が低下した場合でも十分に所要の出力を供給しうるよう設計されている。第15図は発電機の固定子を示す。

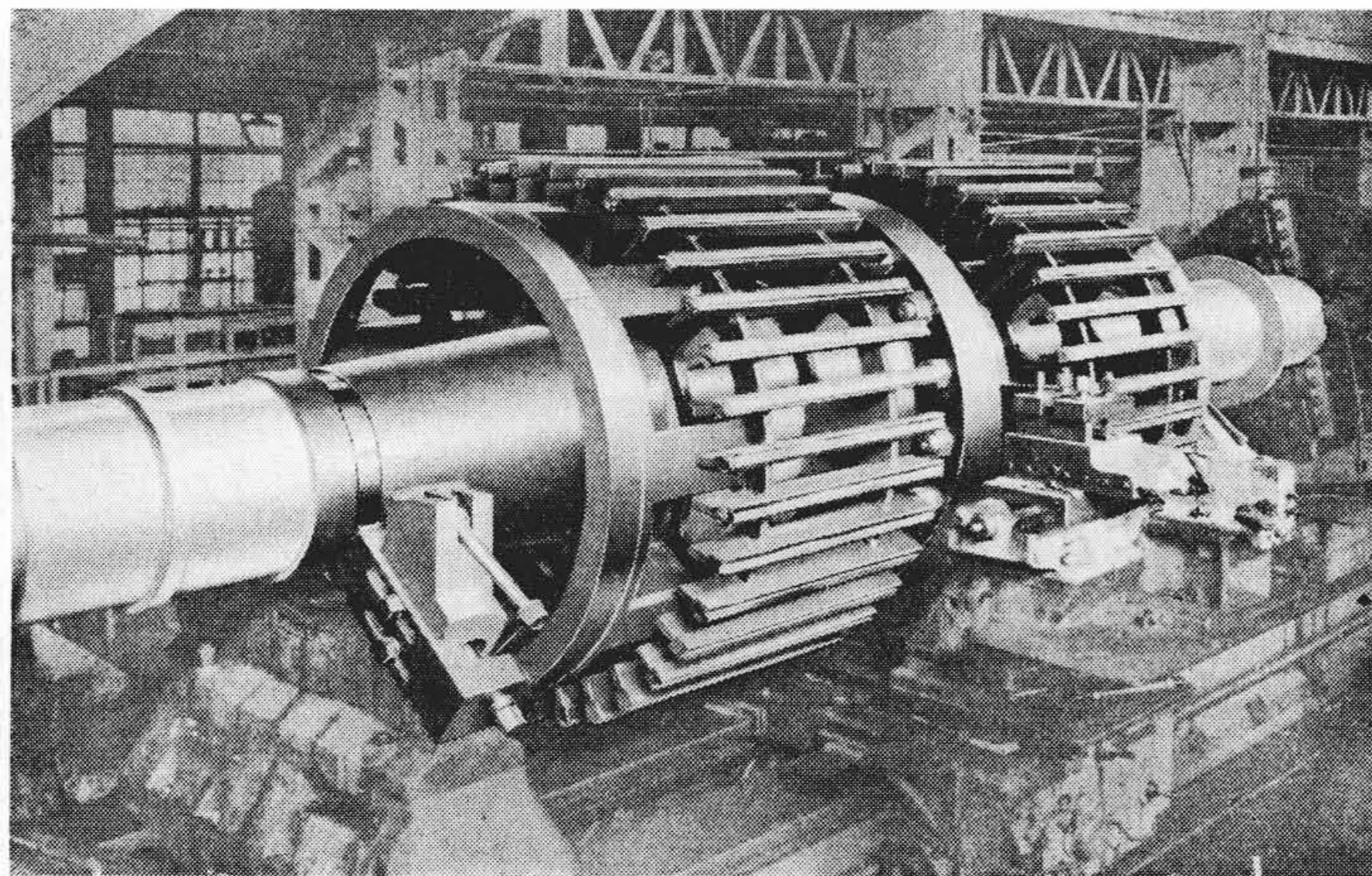
主発電機は、主電動機に比べ高速であるため、整流はむしろ主電動機よりもむずかしい。このため整流子の組立工作にも電動機以上の注意を払い各工程において厳密な検査を行ったほか、特に高速であること、したがってその運転速度も高くなることが予想されるこ



第14図 10,000kW イルグナ変流機外観



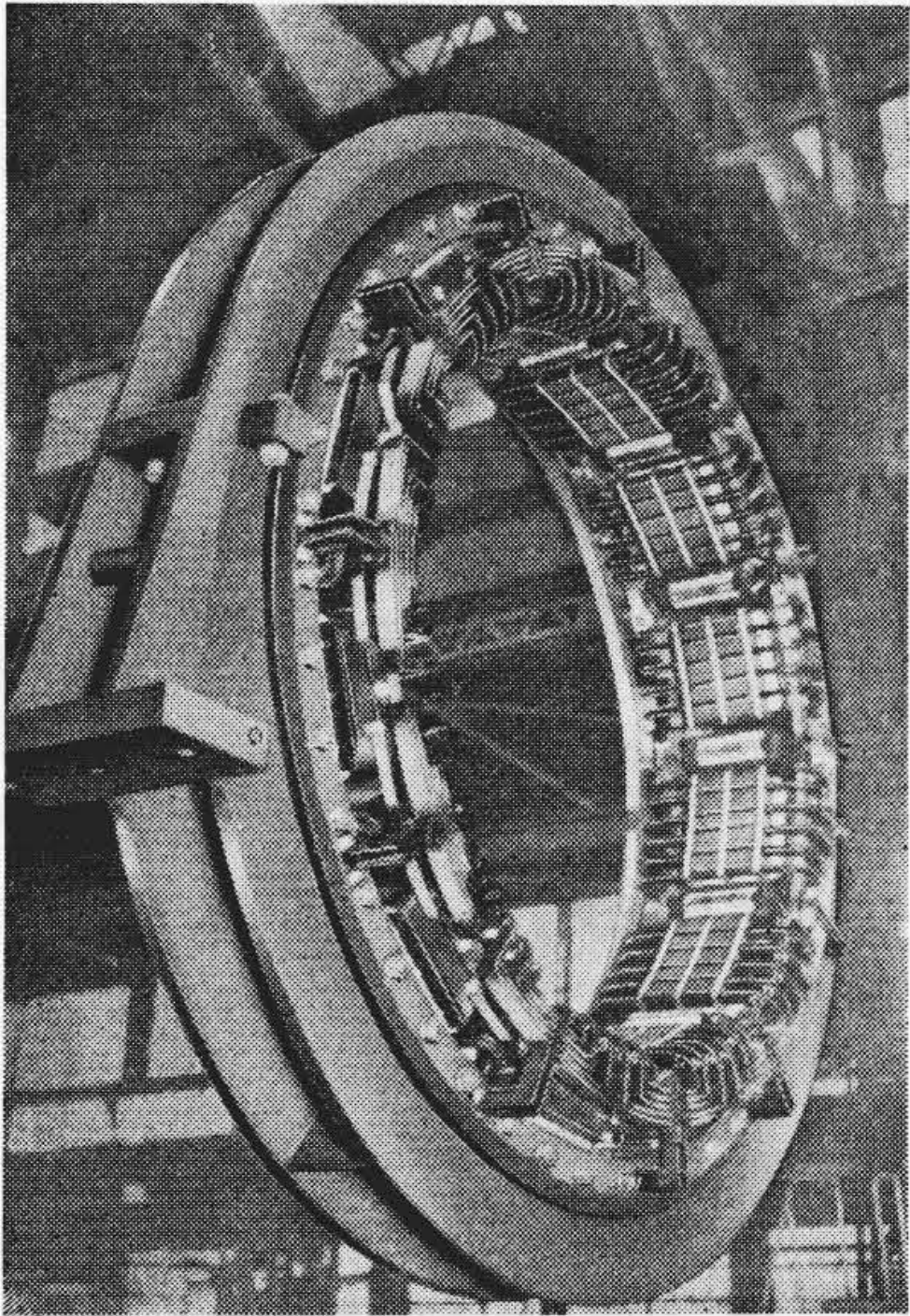
第12図 主直流電動機回転子荷姿



第13図 主直流電動機回転子スパイダ

とから、シーズニングは特殊の規定を採用して行った。これらの整流子は機械完成後、工場で所定時間のロングランを行い、熱時において電動機とともに特殊の超短波反射式測定器により定格速度での運転中の整流子変形の測定検査を行ったが、いずれも十分満足すべき結果を得た。このほか整流子に対しては、電動機と同じように重波巻巻線の採用、開溝形補償巻線の採用を行うほか、発電機は一方向回転であるのでその速度に適した角度つき刷子保持器の採用GH-40B3分割刷子の使用などが行われた。急峻な立上りの電流に対しては、積層継鉄を使用し、塊状鉄心部をなくして万全を期した。試験の結果は275%の急激な電流に対しても十分良好な成績を収めることができた。絶縁は電動機に準じ、十分吟味した完全B種絶縁物が用いられ、すべての導体接続部に対してはろう付けが採用されたことは電動機と同じである。

主軸も電動機と同じように材質、

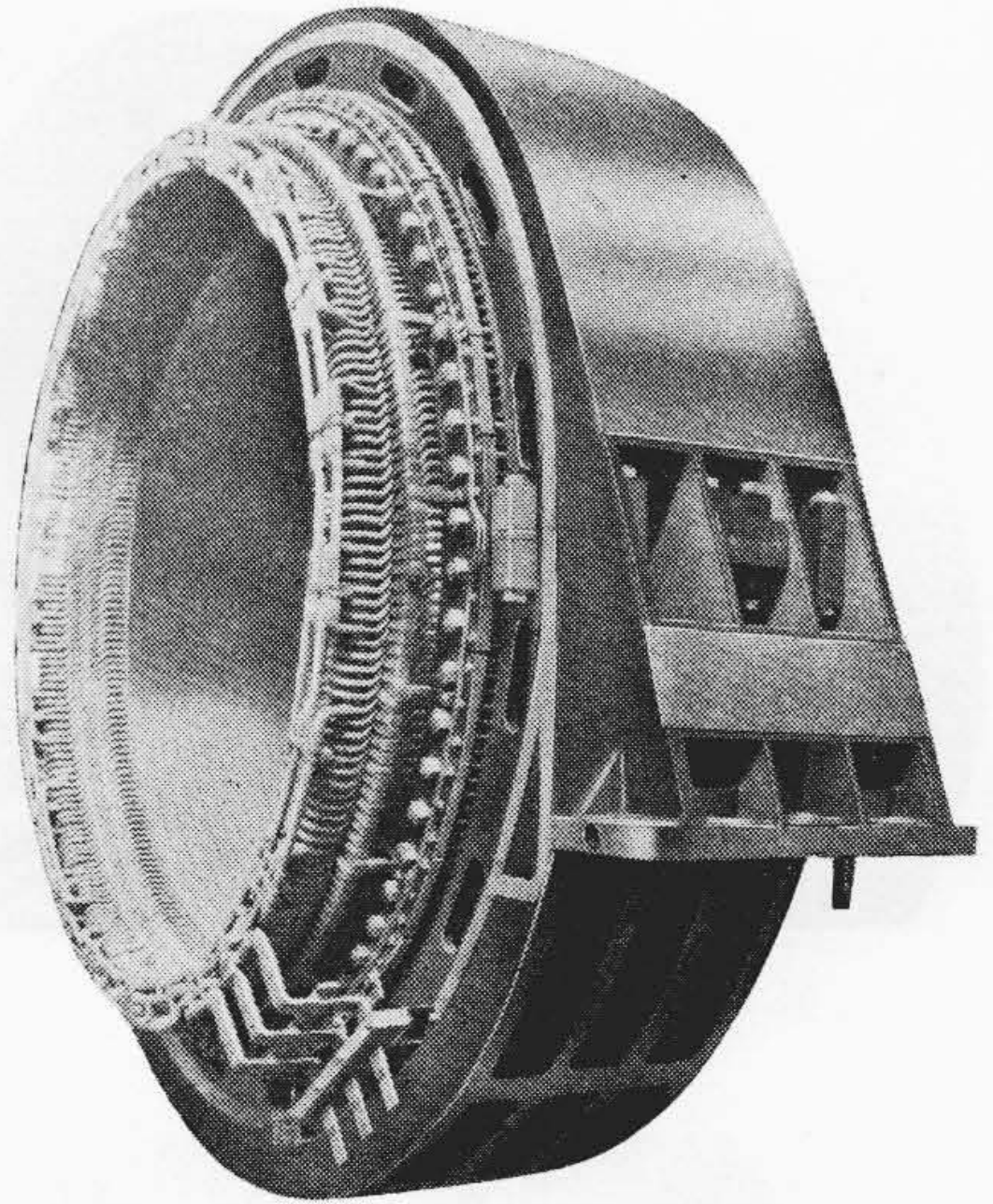


第15図 主直流発電機固定子鉄部分

強度などすべて厳重な材料試験をうけたものを使用した。発電機は各機すべてフランジカップリングによる直結であり、イルグナ変流機として全長を極力短縮するため軸の一方は軸より一体に鍛造したフランジを備え半カップリングをそれ自体で形成するようにした。

軸受は強制給油のほか、自力の潤滑をある程度可能なように油環を設けてある。停電などの場合給油ポンプが停止し、かつ変流機が長時間惰性で回転を続ける場合でも軸受の焼損を防ぐよう、この油環のほかイルグナ変流機の給油系統にはヘッドタンクが設けられているが、このヘッドタンクは極力小形のものとするために、ヘッドタンクよりの給油量を、変流機の下に速度低下に応じて軸受給油量を減少してもよいことを利用し、時間とともに変流機の下に速度低下に応じて自動的に減少させるようにし、その容量は極力小さく設計してある。

4台の発電機の特徴は、電動機が二重電機子の双電動機駆動方式であるので、良好な運転を行うために厳密に一致したものとする必要がある。これは電動機の4電機子についても同じであり、このため材料の精選、高級な加工精度の適用のほか、最後の組立作業も、製作上の面から極力同一特性をうることができるよう厳密に行われ、また必要な修正も行われた。その結果は電動機、発電機とも、飽和特性曲線、負荷特性など、測定の見誤差程度の精度内におさめることができ、あらかじめ計画されてあった制御回路上での修正はまったく必要ないものとなった。



第16図 7,000 kW (9,000 HP) 主誘導電動機固定子

3.2.2 誘導電動機

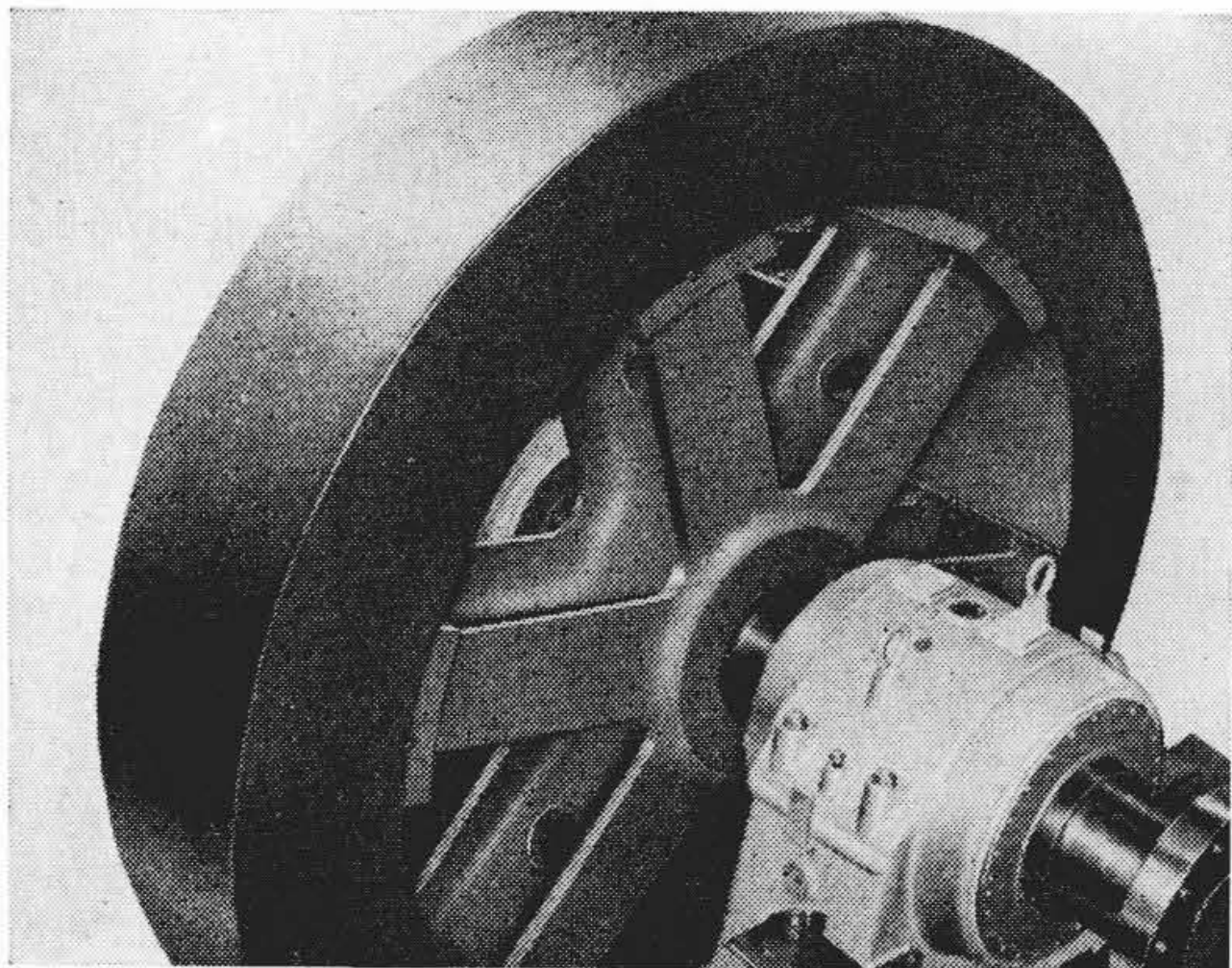
イルグナ変流機の駆動用であることを考慮し、また電圧の高いことを考えて、特に堅ろうな構造としたこと、固定子電線には SLS ワニスによる絶縁を採用したことがその特長である。すなわち主電動機、主発電機と同じく各組立部分、嵌合部分はすべて十分な嵌合と強固な固定法を採用し、重要部分の材質はすべて試験を行ったのち採用されており、固定子、回転子ともコイルエンドの部分はおのおの強固なささえ環に固く支持されて、いずれも強大な電気力、振動あるいは遠心力に対して十分堅ろうな構造となっている。

SLS ワニスは最近日立製作所が開発完成したいわゆる不飽和ポリエステルワニスの応用で従来のワニスとまったく異なり揮発分を生ずることなく硬化するため、絶縁層内に気泡を生ずることなく、 $\tan \delta$ 、耐電圧、絶縁抵抗などの電気特性はいちじるしく良好となるほか、機械的特性もまた優秀で強度大であると同時に柔軟性にとんでいて絶縁層が導体の熱膨脹、収縮に容易に追随しうるもので、絶縁層の離脱、移動の恐れはまったくない。また固定子電線は1ターン方式を採用しているため上記 SLS ワニスの使用と相まって層間短絡の心配はまったくないものと考えられる。

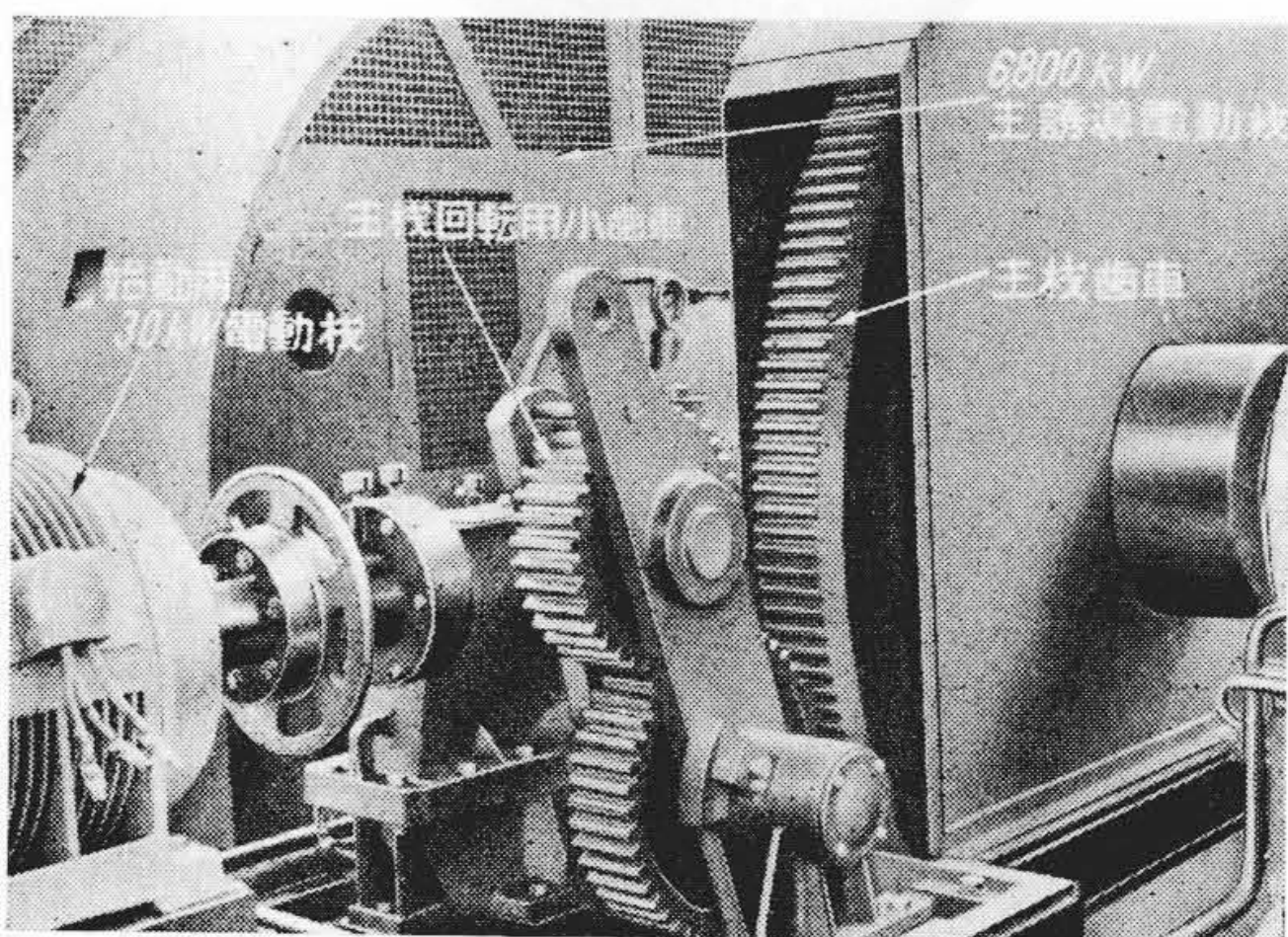
なお、固定子は軸方向に移動可能な構造として、固定子ならびに回転子の点検を容易とした。同時に床盤上にはスケールを埋め込み両側の固定子移動距離がたちちにわかるよう考慮を払ってある。

3.2.3 蓄勢輪

定格速度 514 rpm において蓄積エネルギー 17,000 kW-S (225,000 HP-S) を有するもので、主要部分たる



第17図 蓄勢輪

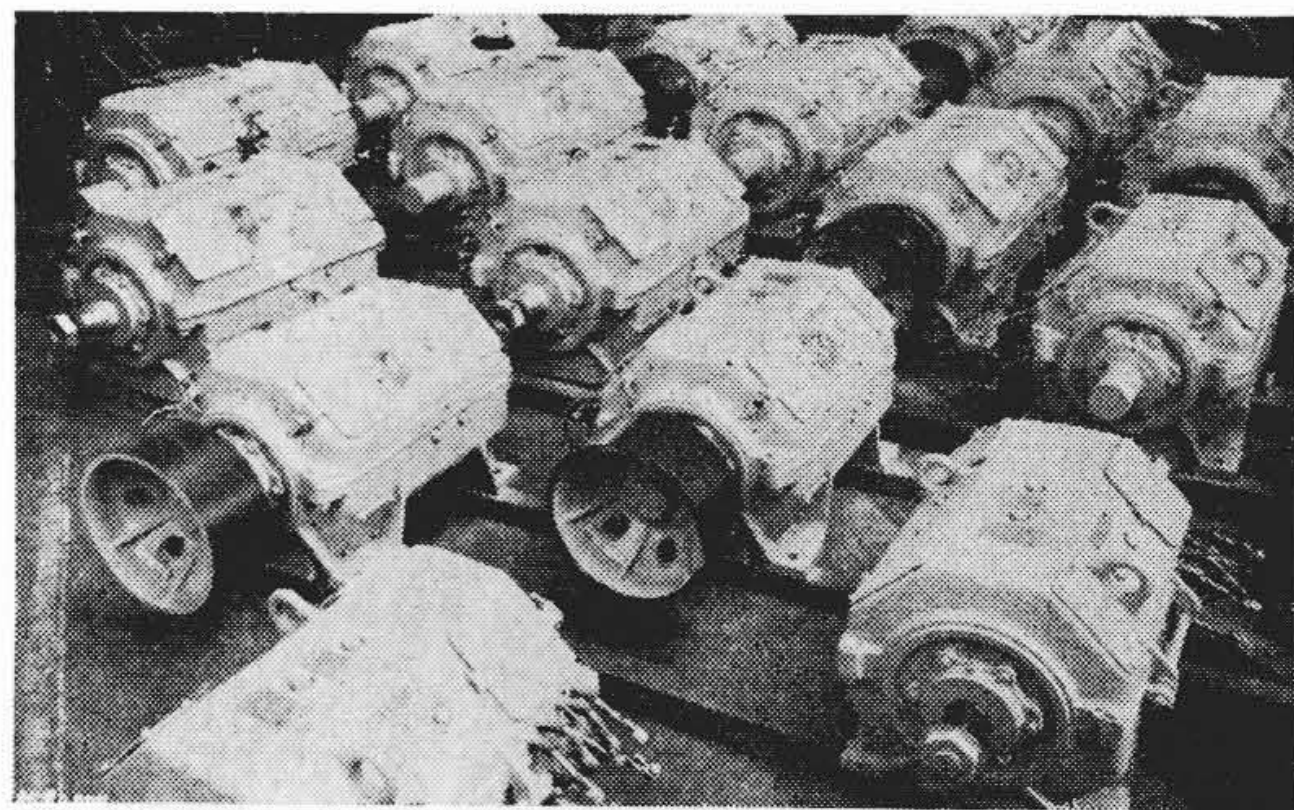


第18図 始動装置

リムは大幅に熔接構造を採用した。すなわちリムは扇形の高抗張力圧延鋼板を熔接して1体リングを形成し、これを各熔接部分を小角度ずつずらして多数リングを積み重ね、リーマボルトで強固に結合して1体の環状に完成したもので、各熔接作業にあたっては十分な作業技術をもって行くと同時に厳密な検査を行って万全を期した。リムと輻鉄、輻鉄と主軸との嵌合は、強大な回転力と遠心力とを考慮して締代を決定し、同時に前者に対してはコッタキー、後者に対しては切線キーを用いて固定した。なお損失の軽減と騒音低下のため特殊の2重鉄板製カバーを設け、さらに表面には他力通風してその加熱を防ぐ構造とした。

3.3 JEM 600 番形補機電動機

可変電圧補機および定電圧補機用直流電動機は JEM-1109 (1956) 規格に準拠した JEM 600 番形直流電動機が使用されている。このうち前者は連続定格で、整流子側下部風洞より冷却風を押し込み反対側より室内に排出する強制通風方式で、共通の押し込み送風機より送気される。スクリュードダウン電動機は、二重定格になっており、電圧制御、トルク一定のほぼ倍電圧、倍出力の仕様



第19図 JEM 600 番形直流電動機外観

となっている。一方定電圧補機用電動機は全閉、一時間定格で、50%直巻度の複巻特性をもっている。

以下その特長を説明する。

- (1) 同一出力トルクに対して、従来のものに比し、電動機外枠の小形化と、回転子慣性 (GD^2) の減少により、据付けや運転制御にいちじるしい利点を発揮している。
- (2) 過酷な負荷条件でも十分耐えるように耐振耐衝撃構造とし十分な機械的強度を有し、また絶縁および整流、温度上昇など電氣的にも十分の考慮が払われている。
- (3) 外枠はすべてヒンジ付二つ割構造となっており、回転子も容易に取り出すことができるなど保守点検にきわめて便利にできている。

第19図は電動機外観を示す。

3.4 通風冷却装置

電気室に設置された主機はすべていわゆるダウンドラフト通風方式を採用した。この方式は電気室の温度上昇を防ぐと同時に押し込み通風と誘引通風とを併用することにより電気室の圧力をわずかに正側とすることができ、製鉄所に多い鉄塵、塵埃などの電気室への侵入を防ぐことができる利点をもつ。

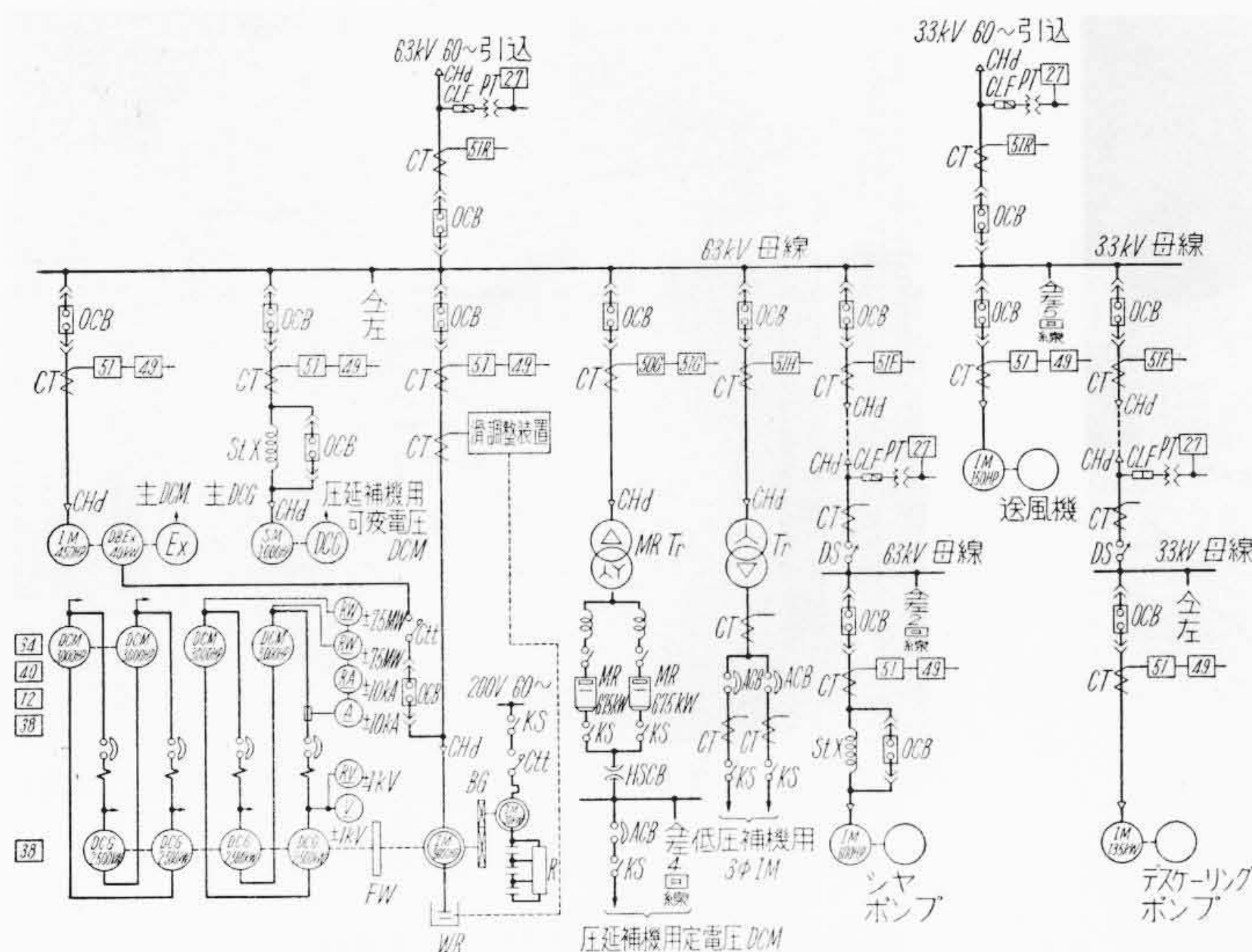
電気室の広さは $50\text{ m} \times 29\text{ m}$ であり $9,000\text{ kW}$ ($12,000\text{ HP}$) 主電動機 $10,000\text{ kW}$ イルグナ変流機およびワードレオナードMGセット、励磁用MGセット、そのほか抵抗器、接触器盤など、主機、補機の電気品および専用の仕切をもって囲まれた $1,350\text{ kW}$ 水銀整流器が設置されている。ダウンドラフト風量の総計は約 $7,500\text{ m}^3/\text{min}$ で、これに対して押し込み風量は $11,000\text{ m}^3/\text{min}$ である。

押し込み冷却風は電気室一侧に設置された回転油膜式清浄器で清浄される。

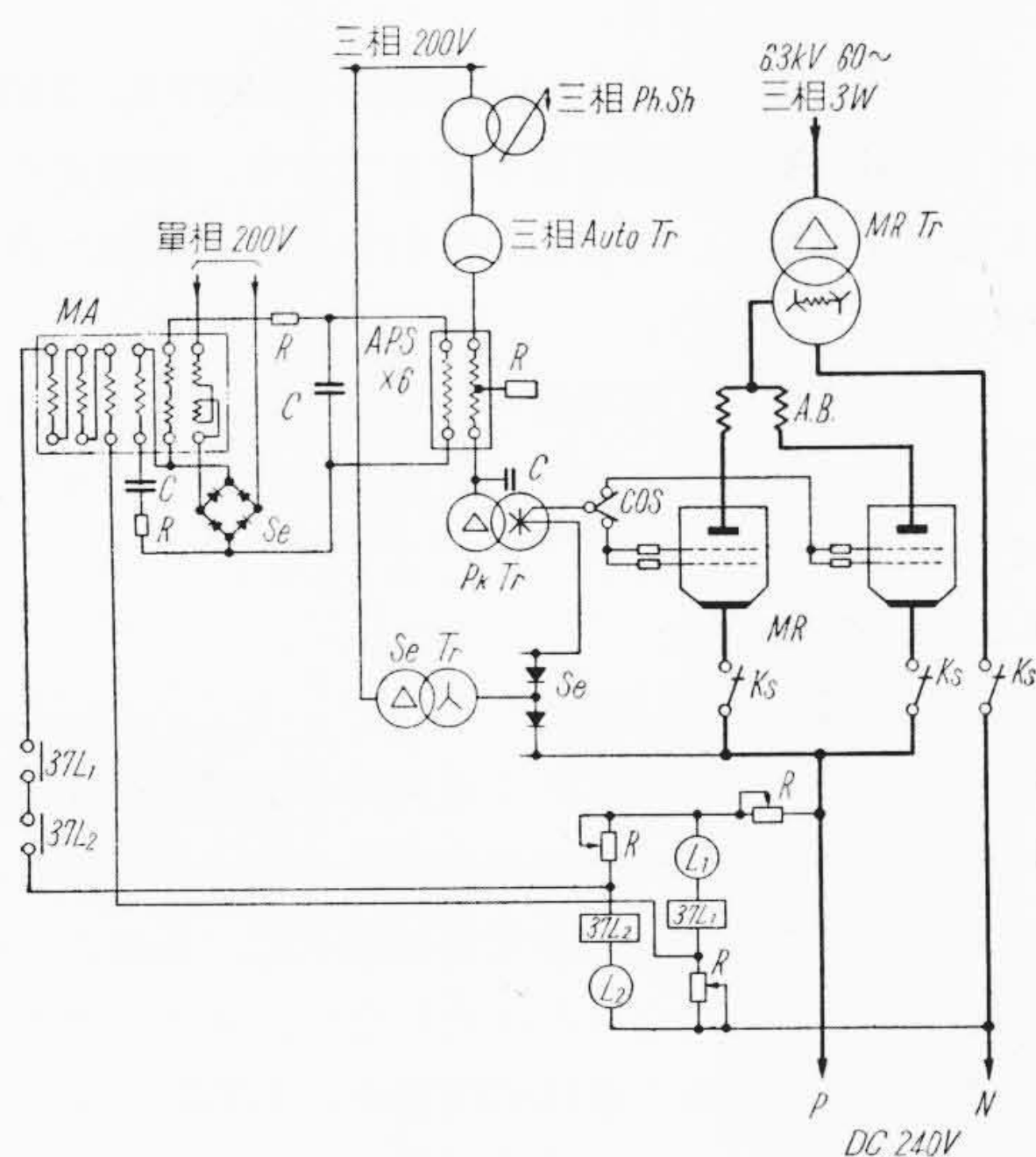
4. 制御装置の仕様と特長

4.1 配電盤および主回路器具

最近、圧延機の制御は、圧延電動機、電源用電動発電



第20図 9,000 kW (12,000 HP) 分塊圧延機単線接続図



第21図 水銀整流器自動電圧調整装置

機あるいは水銀整流器をはじめ、圧延補機にいたるまで一人制御あるいは自動制御方式を採用し、さらにこれらを総括して集中制御を行い、小数の人員で能率よく合理的に運転することが一般化してきた。

第20図は単線接続図を示す。以下これらの電気設備のうち、主な機器の制御方式について述べる。

4.1.1 10,000 kW イルグナ変流機

分塊圧延機の主機である 9,000 kW (12,000 HP) 圧延電動機の電源は、7,000 kW (9,000 HP) 誘導電動機により駆動される 2,500 kW 直流発電機 4 台からなるイルグナ方式を採用している。

このように大容量のイルグナ変流機を直接起動することは、系統に衝撃を与えるので、これを防ぐために別置の 30 kW (40 HP) 起動電動機により、パーリングギヤを介して起動する方式を採用し、円滑に起動を行っている。すなわち、まず起動電動機で起動し、つづいて 7,000 kW (9,000 HP) 誘導電動機の主回路遮断器を投入し、加速して、3 rpm 以上になればこの起動電動機は自動的に切り離され、誘導電動機は始動より約 2 分で系統に衝撃を与えることなく正規運転にはいる。

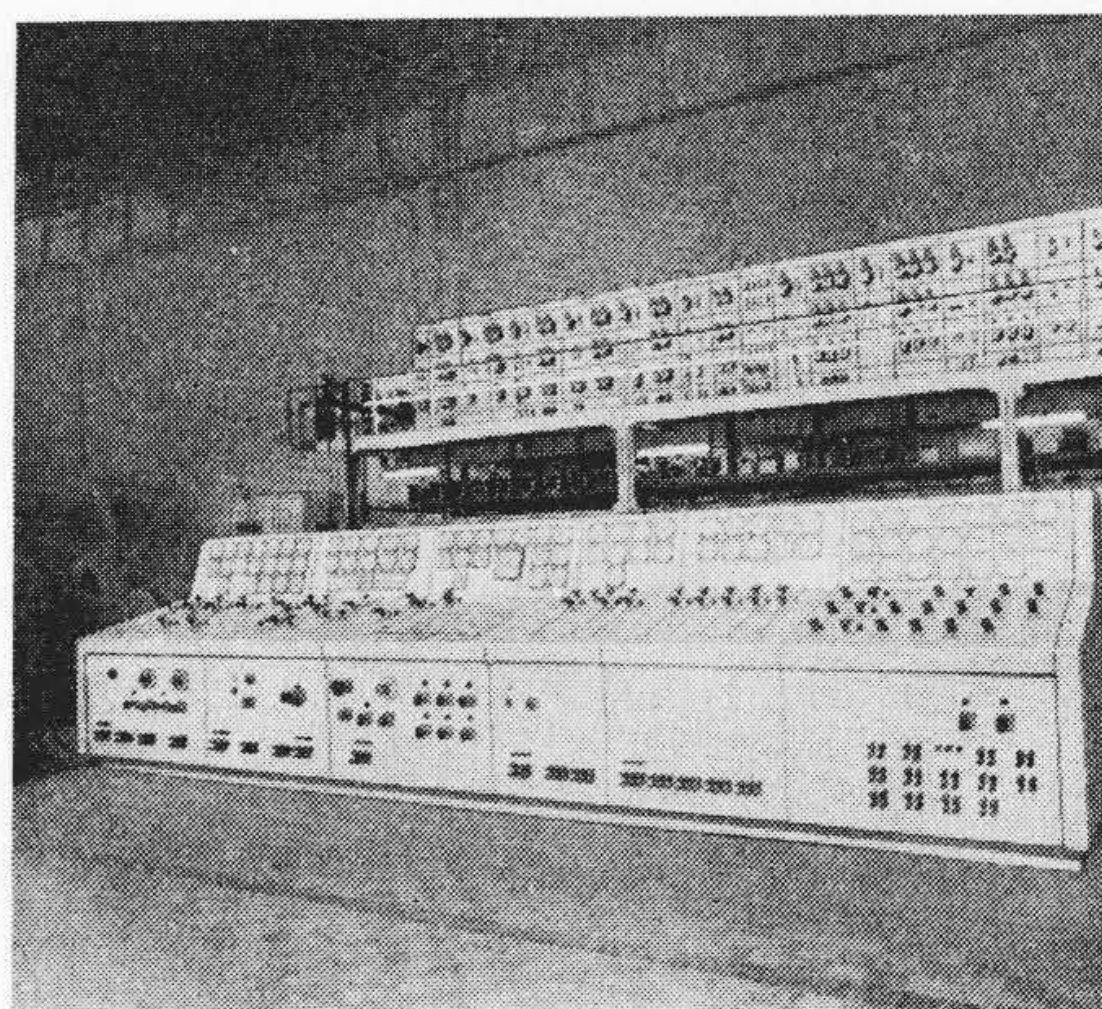
また、急停止の必要がある場合は、まず 7,000 kW (9,000 HP) 誘導電動機の主回路遮断器を開放し、引き続き制動用励磁機により発電制動を行い、約 3 分で停止する。

4.1.2 可変電圧、圧延補機用電動発電機

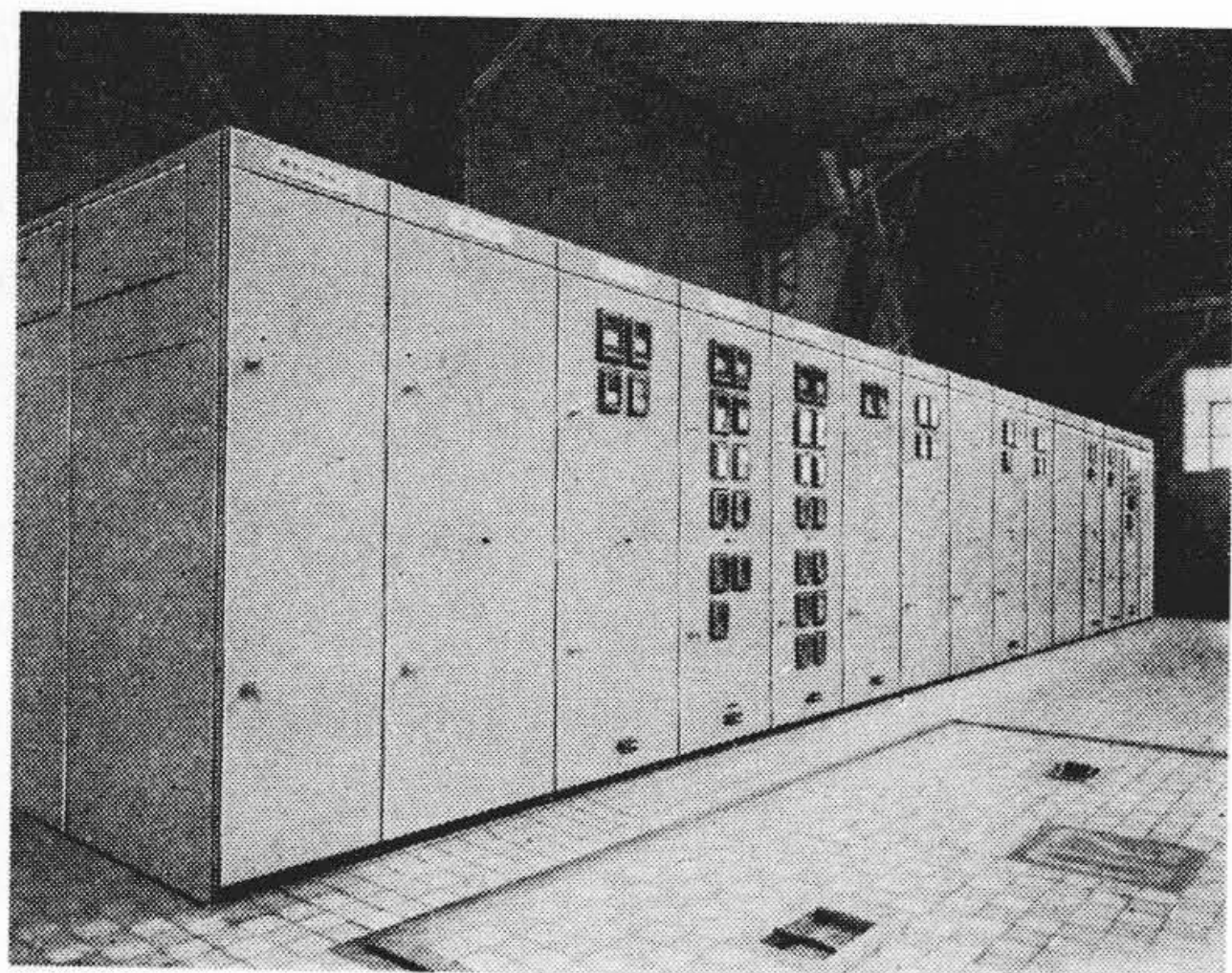
マニプレータラック、フィードローラ、前後テーブルなどの圧延補機の運転はワードレオナード方式を採用しているが、その電源用直流発電機を駆動する 750 kW (1,000 HP) 同期電動機の起動は、起動リアクタによる減電圧自己起動方式を採用した。主遮断器投入して約 10 秒後には同期速度に達し、界磁接触器を投入して同期牽引を行い、さらに約 15 秒後には、運転用遮断器を投入して、起動リアクタを短絡し同期電動機に定格電圧を加えて正規運転にはいる。

4.1.3 定電圧、圧延補機用水銀整流器

圧延補機のうち定電圧直流電源を必要とするものに対しては、この直流電源として、1,350 kW、6 相、12 タンク水銀整流器を採用した。この場合、交流電源電



第22図 9,000 kW (12,000 HP) 分塊圧延機集中監視制御盤



第23図 9,000 kW (12,000 HP) 分塊圧延機用
6.3 kVメタルクラッド配電盤

圧の変動 $\pm 10\%$ 、周波数変動 $\pm 5\%$ 、負荷変動の 50% の範囲において、直流側出力電圧変動は常に $\pm 2\%$ 以内に保つことが要求される。これに対しては、第21図に示すように、直流出力電圧の偏差を検出し、これを磁気増幅器で増幅して自動移相装置に加え、格子尖頭波電圧の位相を制御し、直流出力電圧変動は $\pm 1.7\%$ 以内に保つことができた。

4.1.4 集中監視制御盤

上記の主機のほか、補機用の3 kV および 200 V 誘導電動機類の監視、制御はすべて第22図に示す集中監視制御盤から行われる。圧延工場における配電盤は、電力用配電盤と異なり、工場内に配置された回転機群の運転状況を直接常時監視できることが、運転、制御上必要である。このため、制御盤は高さを約1,400 mm とし、変形制御机形構造を採用して、設備全体を見渡しなが容易に監視、制御できるように考慮した。

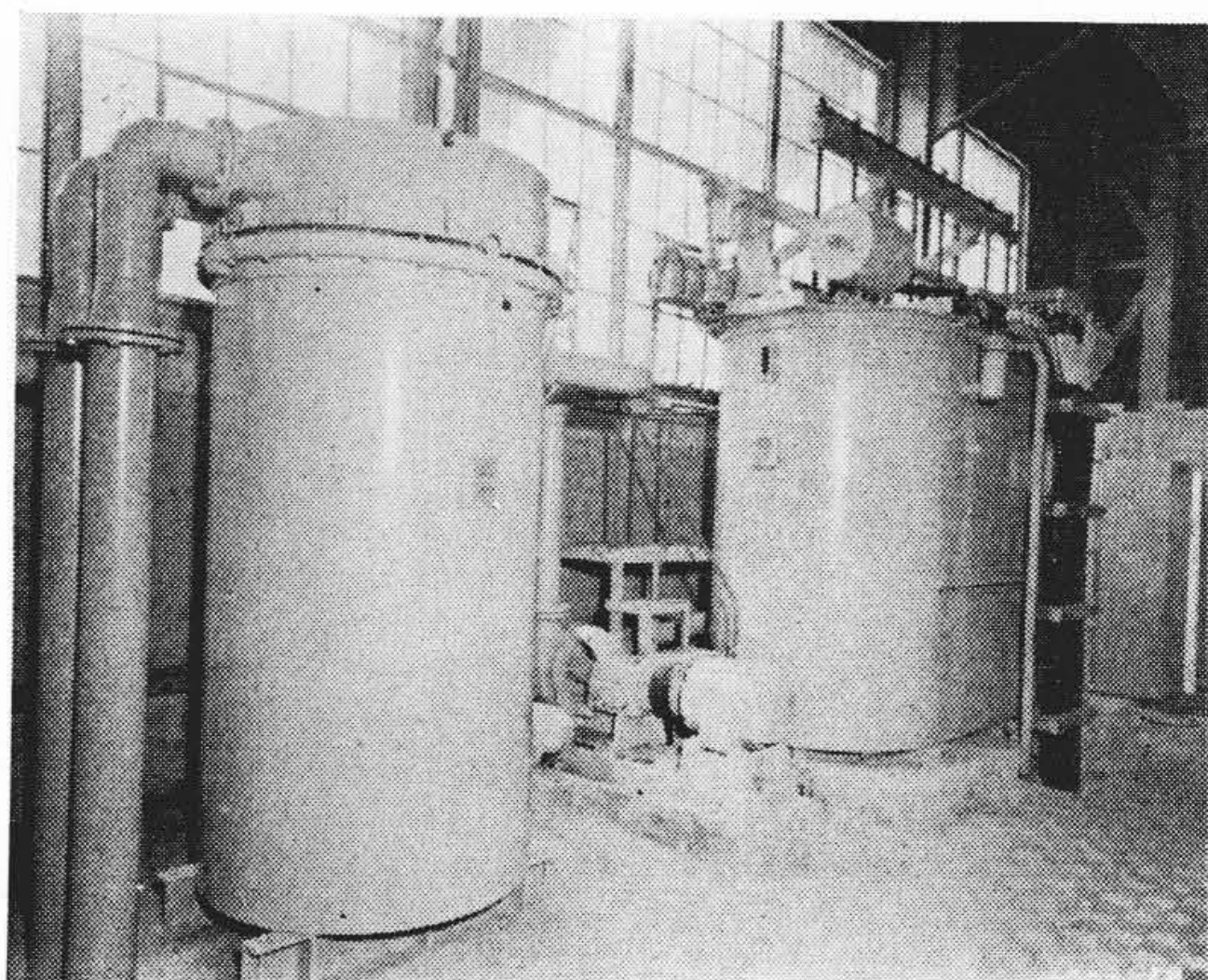
また、別設置の計器盤に記録計器および積算計器をまとめ、記録計器はQ₂₁形高速装置付きのものを採用し、急速な正逆転、あるいは加減速を行う圧延電動機の過渡状態の記録を確実にし、運転状態の監視を容易にしている。

4.1.5 メタルクラッド配電盤

高圧主回路器具をメタルクラッド配電盤にまとめることは、塵埃の多い製鉄所の環境によく適合し、取扱いは安全、容易で、また据付面積は縮小されるので、最近、製鉄所用としてメタルクラッド配電盤が広く採用されている。

6 kV および 3 kV 回路用メタルクラッド配電盤は合計38面となった。第23図は6 kV 用メタルクラッド配電盤を示す。

内蔵機器はコンパクトに配置され、帯電部はすべて



第24図 液体抵抗器および同用電解液冷却器(手前)

隔離してデッドフロントとし、厳重な鎖錠を施して完全なフルプルーフとなっているから、取扱いは最も安全である。母線および各部には高度の絶縁を施し、信頼度はきわめて高い。

内蔵油入遮断器は、6 kV 用は250 MVA、3 kV 用は100 MVA の遮断容量を有しており、同形式のものは互換性があり、また簡単に引き出して試験、点検を行うことができる。

メタルクラッド配電盤の各单位自身もそれぞれ互換性を有しているので、据付、増設は容易に行うことができる。

4.2 制御装置

4.2.1 自動滑調整装置

分塊ミルのように常に尖頭負荷が反復継続するイルグナ設備においては、蓄勢輪の効果を有効とするため、滑り調整器は負荷の変動に応じて、迅速かつ確実に動作するものでなければならない。本イルグナ設備では、独特な構造の液体抵抗器を、HTD および磁気増幅器を使用した速応制御回路により制御し、良好な結果を得た。

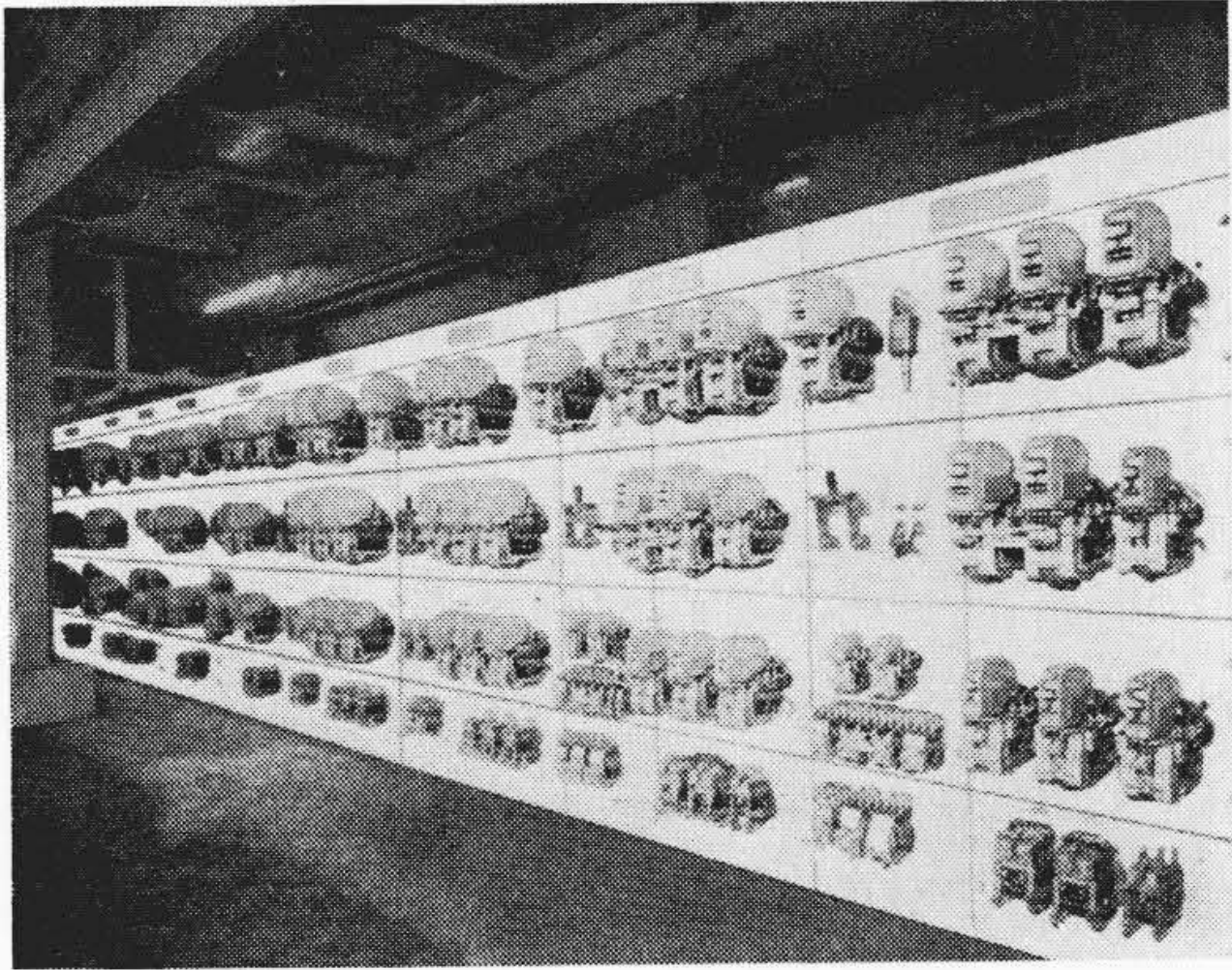
液体抵抗器は次のような特長を有している。

(1) 電極上下式で、電極の形状およびそのガイド方式を特殊なものとして、電極の動作を円滑かつ確実ならしめてある。

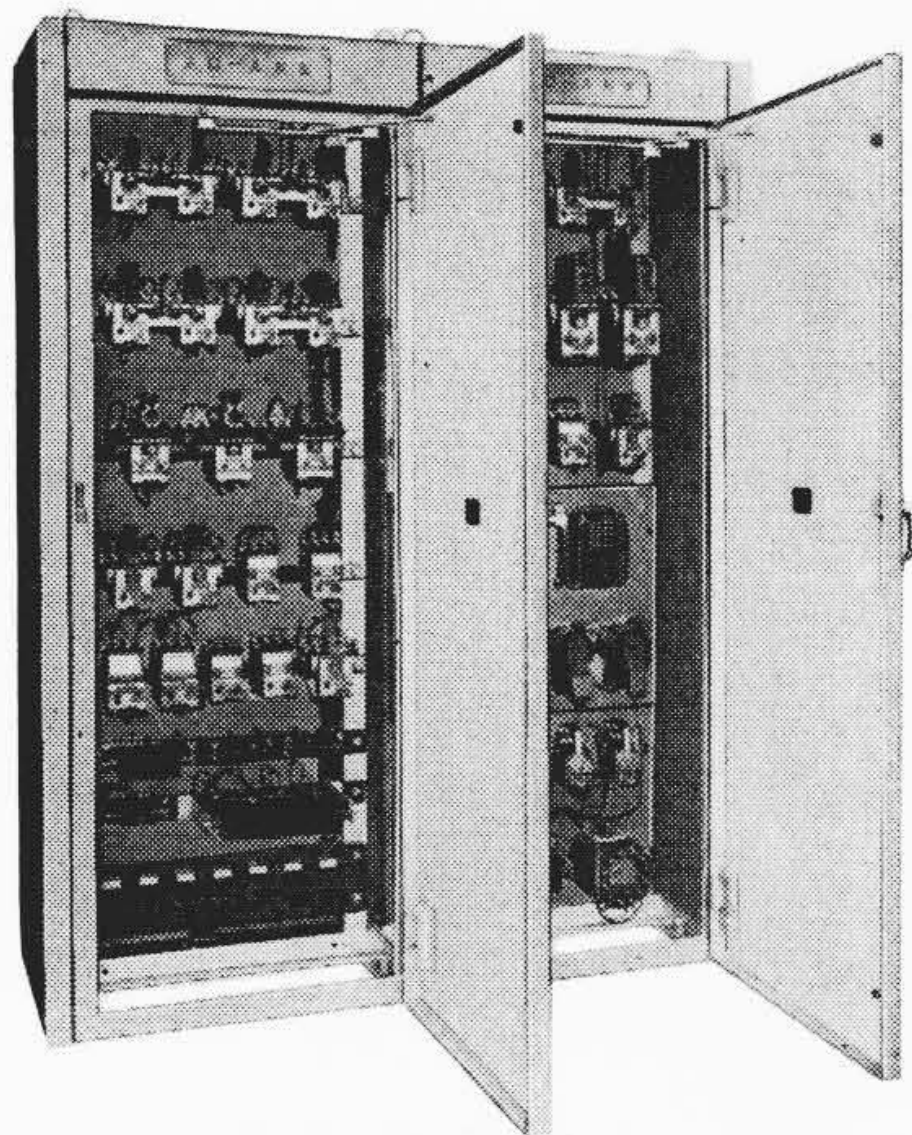
(2) 良好な電極形状により、抵抗の変化範囲が大きく、残留抵抗は小であり、また、抵抗値が安定している。

(3) 各相間の絶縁が良好である。

(4) 電解液は、電動循環ポンプにより強制循環されて冷却器で冷却され、電極間に噴出させる方式で、電解液の局部的温度上昇をおさえる構造となっており、冷却効果が大で、瞬間最大滑り30%、連続



第25図(a) 接触器盤

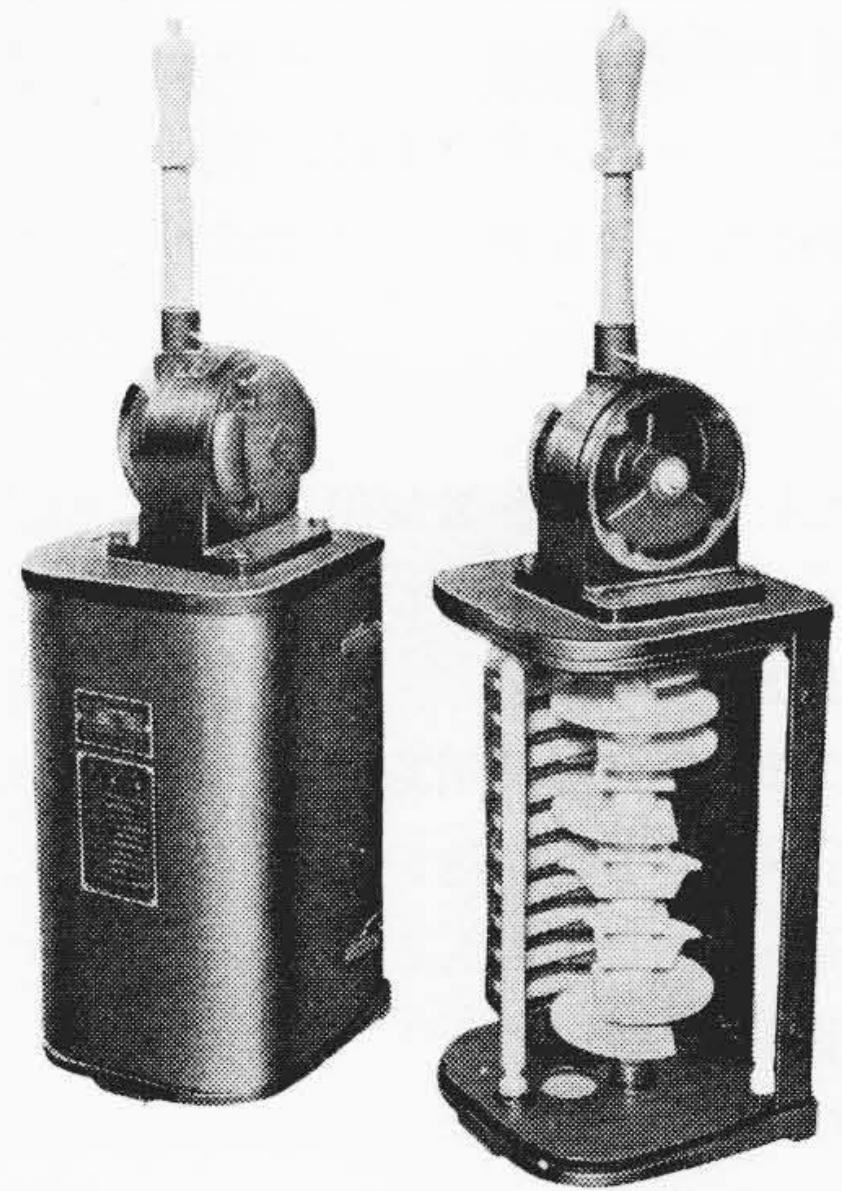


第25図(b) 接触器キュービクル

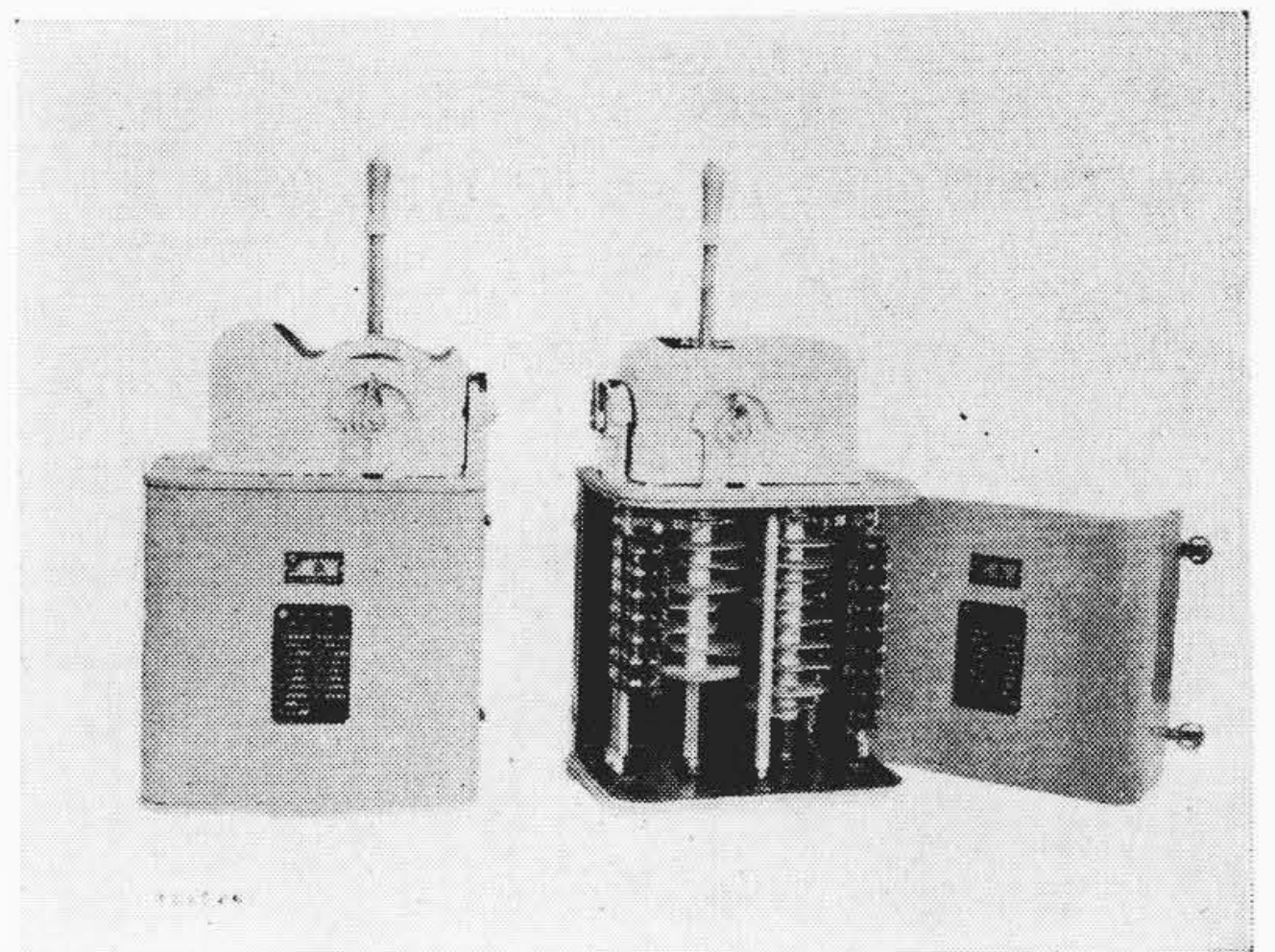
滑り 20%に耐える容量となっている。

制御方式は第27図に示すように、主誘導電動機に流れる電流を変流器により検出し、これを整流して、電流設定基準電圧と比較し、差電流を磁気増幅器MAで増幅し、磁気増幅器出力でHTD, SLGを励磁する。電極昇降用電動機SLMは、SLGによりレオナード駆動される。したがって、主誘導電動機電流が設定値以上に増大した場合には、SLGに正電圧を発生してSLMは正回転し、電極間距離は増大し、二次抵抗が増して、誘導電動機は減速し、蓄勢輪の勢力が放出されて、誘導電動機一次電流は減少、設定値に至る。

尖頭負荷が去って、誘導電動機一次電流が設定値以下に減少すると、SLGは逆電圧を発生し、SLMは逆回転して電極間距離は減少し、主誘導電動機は加速し、蓄勢輪に勢力が貯えられる。本自動調整装置は、磁気増幅器とHTDと使用しているため、速応性がたかく、また、安定である。回路は無接点制御であるため、保守が簡便で長寿命である。



第26図(a) 主幹接触器



第26図(b) 主幹接触器

4.2.2 電磁接触器および接触器盤

電気設備のうちで、電磁接触器の性能はきわめて重要なものであるが、本設備の電磁接触器は、ナイフエッジベアリングと迅速な消弧機構を備え、機械的、および電氣的に十分な寿命を有し、接点の点検、交換もきわめて容易で、すでに製鉄用、起重機用として定評のあるGPF形直流電磁接触器を使用している。

第25図に接触器盤の一部を示す。

4.2.3 電磁ブレーキ

電磁ブレーキは、電動機に合わせてJEMのミル補機用標準形ブレーキを採用している。電磁石はクラッパ形、B種絶縁で、完全な防水構造であり、また注油装置が設けられており、ひんばんな制動動作に耐えることができる。

4.2.4 主幹制御器

主幹制御器は軽量、操作容易で、カムコンタクト形

であるので、接点部分の取換えも容易であり、また、接触は橋絡接触を採用しているので断線事故の心配がない。このカムコンタクトは、製鉄用として十分な機械的電氣的な寿命を有し、すでに多くの実績を有するものである。

4.2.5 制限開閉器

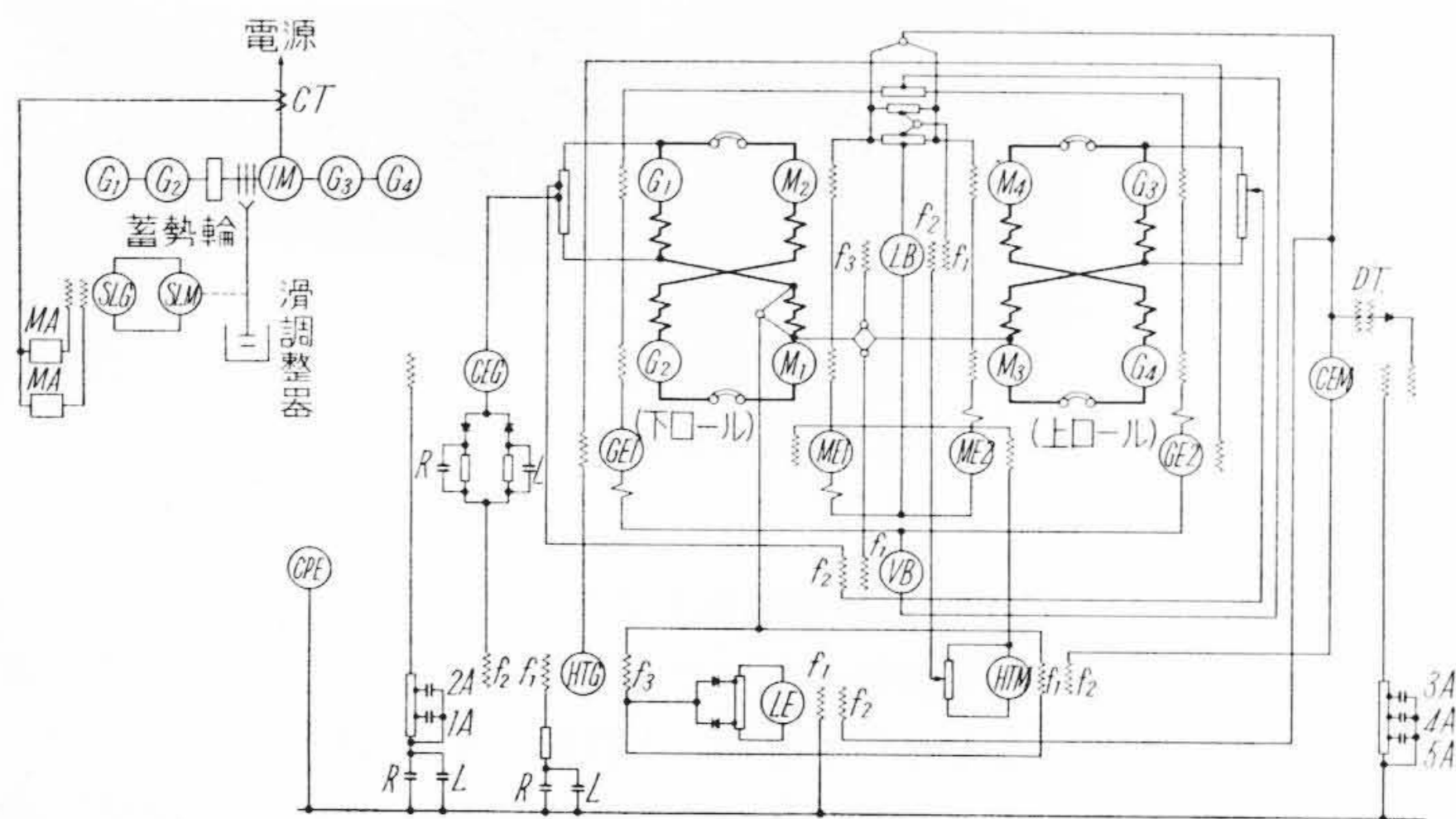
自動運転用として多数使用している制限開閉器も、カムコンタクト形を採用し、十分な寿命と信頼性をもつものとなっている。

以上のほか、各種開閉器類も含めて、制御器具は、いずれも一連の製鉄用途形として統一されており、信頼性の高い点で定評のあるものを使用している。

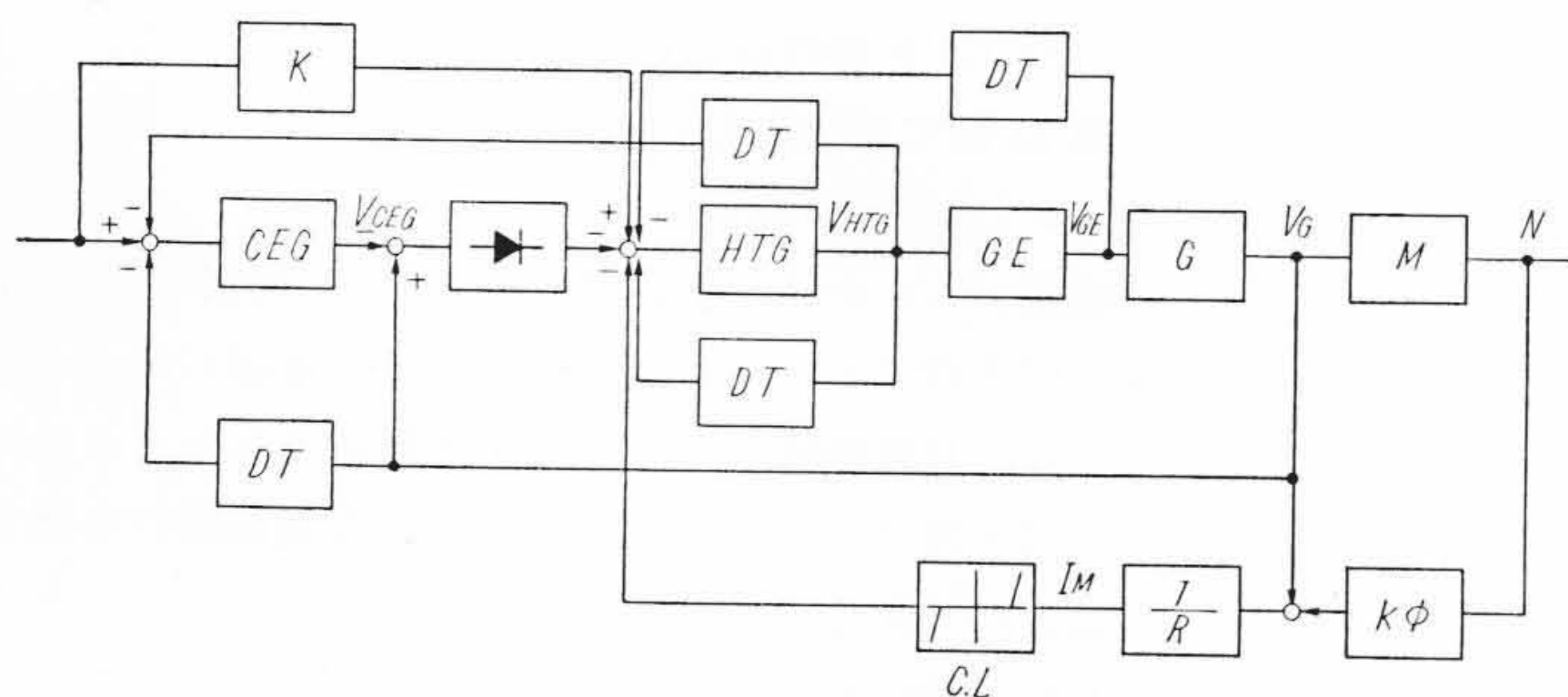
4.3 主回路接続

複電機子、双電動機駆動方式では、圧延電動機の電機子は合計4個に分割されており、また、発電機も4台に分割されているから、これらの発電機および電動機は、いわゆるサンドイッチ接続されている。この接続方式の特長は、

- (1) 上ロール電動機、あるいは下ロール電動機共通軸上の電機子間に負荷平衡用の特別な装置がまったく不用で、しかも完全に平衡がとれる。
- (2) 主回路遮断器の数が最小ですむ。



第27図 制御結線図



第28図 発電機電圧制御回路ブロック線図

第2表 主機関係回転機一覧表

略号	用途	容量	形式	定格
M1~4	圧延用電動機	4,500 kW (6,000 HP) $\times 1/2$	EFBL-SPKK	$\pm 750V$ $\pm 40/80rpm$
G1~4	主ロール用発電機	2,500 kW	EFBL-SPKK	$\pm 750V$ 514rpm
GE1~2	主発電機用励磁機	30 kW	FC1-SP	220/450V 1,200rpm
ME1~2	主電動機用励磁機	125 kW	FC1-SP	220/450V 1,200rpm
HTG	発電機電圧制御用HTD	3 kW	FCO-SP	110V 1,800rpm
HTM	電動機界磁制御用HTD	5 kW	FCO-SP	110V 1,800rpm
VB	発電機電圧平衡用HTD	3 kW	FCO-SP	110V 1,800rpm
LB	電動機界磁平衡用HTD	5 kW	FCO-SP	55V 1,800rpm
LE	過電流制限用励磁機	3 kW	FCO-SP	150V 1,800rpm
CEG	発電機電圧制御用励磁機		FCO-SP	440V 1,800rpm
CEM	電動機界磁制御用励磁機		FCO-SP	110V 1,800rpm
IM	イルグナ用誘導電動機	7,000 kW (9,000 HP)	EFBDL-DRQ	6,300V 514rpm
SM	滑調整器駆動電動機	1.1 kW (1 1/2 HP)	TCO-SP	110V 1,200rpm
SG	滑調整器用HTD	2 kW	FCO-SP	110V 1,800rpm
CRE	定電圧励磁機	15 kW	FCO-K	110V 1,800rpm

- (3) 主回路の電位は1台の電機子電圧に等しく、これより高くない。

- (4) 主回路の短絡電流は他方式に比べて小さい。
などであり、保守が、簡便で、性能がすぐれている。

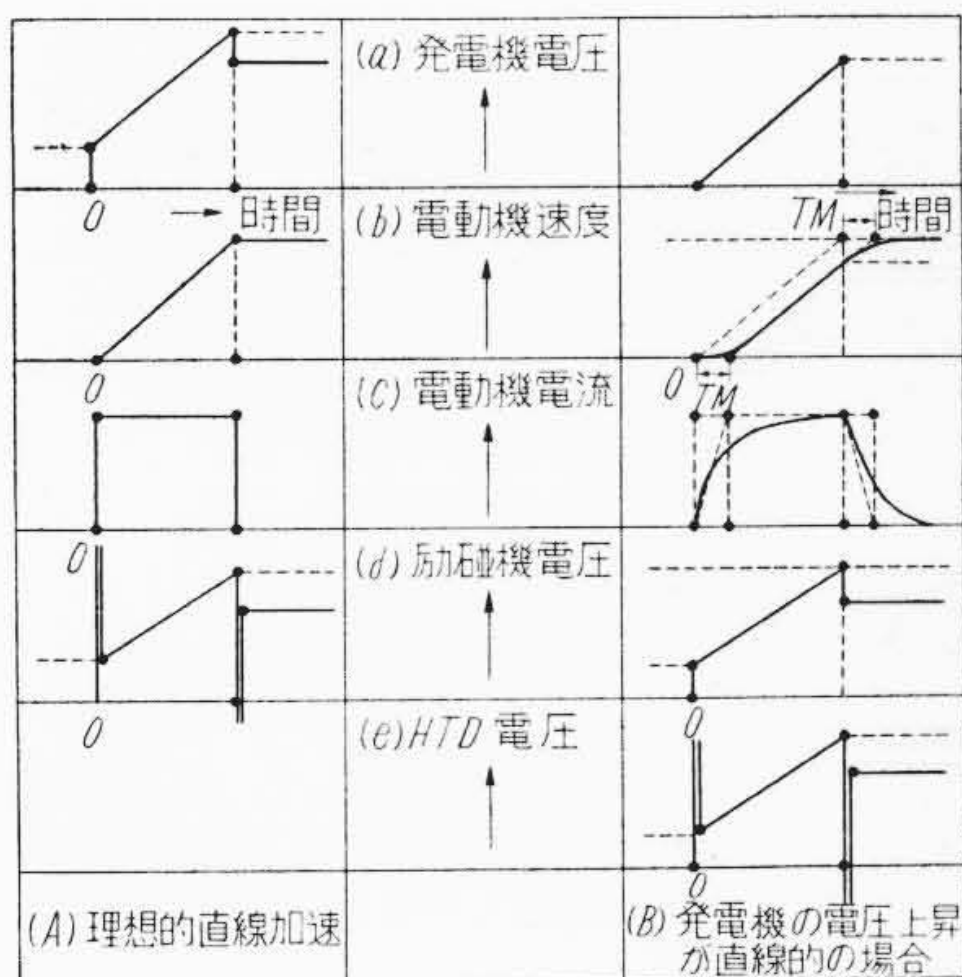
4.4 制御方式

第27図は、圧延電動機の制御結線図を示す。以下これについて説明する。

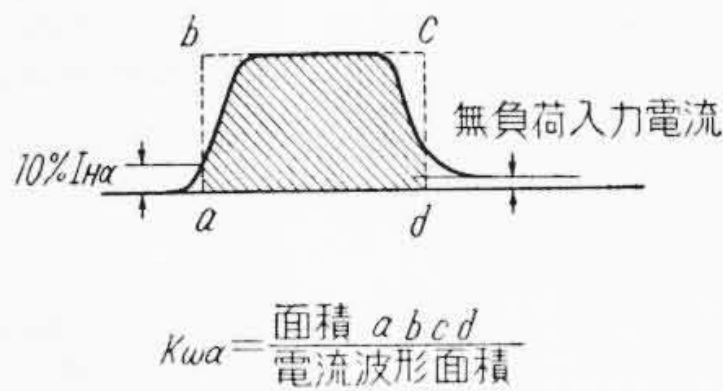
4.4.1 発電機電圧制御

圧延電動機の起動、加速、逆転、停止は、発電機励磁回路および電動機励磁回路の制御によって行われる。前述のように40 rpmまでは発電機電圧制御により、40~80 rpmまでは電動機界磁制御によって運転される。

発電機 G1~G4 は励磁機 GE1, GE2 により励磁され、GE1, GE2 は HTG により励磁される。HTG の f1 界磁には発電機に定格電圧を発生せしめるのに必要な値よりはるかに大きな励磁が与えられており、f2 界磁には、制御励磁機 CEG と発電機電圧を比較して、セレン整流器の作用により、発電機電圧の方が



第29図 電圧制御範囲理想加速曲線



第30図 基準速度から基準速度までの加減速オシロ

高い場合にのみ負饋還電流が流れる。したがって、発電機電圧が CEG 電圧の値に達するまでは、非常に早く電圧上昇し、発電機電圧が CEG 電圧より高くなると、負饋還電流が流れて電圧の上昇がとまる。発電機電圧は、主幹制御器のノッチにより、制御励磁機 CEG の界磁を変えて CEG 電圧を変えることにより変化する。

逆転式分塊圧延機に要求される最も重要な特性の一つは、逆転時間の短縮である。それには、安全電流範囲において、一定の電動機電流で加速、あるいは減速するのが望ましい。このような加減速を行うためには、従来の研究⁽⁴⁾⁽⁵⁾により、第29図のように、発電機電圧の直線上昇が得られるような励磁機、HTD の電圧波形が、理想的なものとして知られている。理想に近い波形をうるためには、HTD の界磁巻線、制御回路の利得、時定数、制動回路などの各定数を適切な値に設計することが非常に重要である。豊富な経験に加えて、綿密な設計検討の結果、本設備では、第30図に示すように、正の基準速度から負の基準速度まで、(40 rpm ~ -40 rpm) 100%以下の電流で、1.0 秒で逆転される。理想短形電流波形の面積と、実際の電流波形と同一の時間、最高値を有する短形波の面積との比 $K\omega\alpha$ ⁽⁴⁾ をとると、理想波形に近似の程度を表わすことができる。 $K\omega\alpha$ は理想矩形波の場合に 1、従来

の同様大形機では、1.5~2⁽⁴⁾程度であるが、本設備では 1.3 であり、特性の良好さを示している。

4.4.2 電動機界磁制御

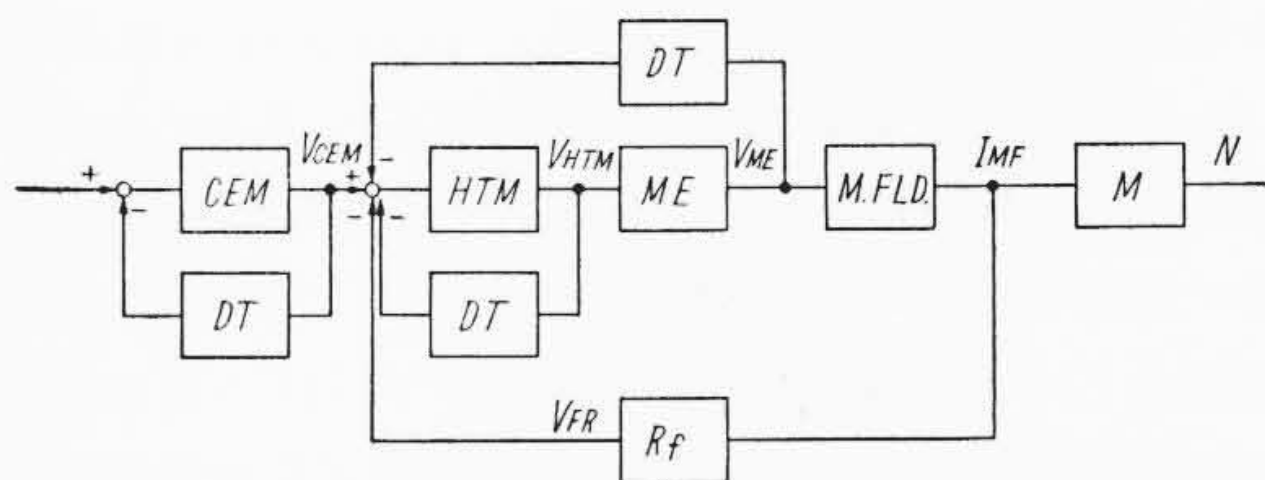
圧延電動機は 40~80 rpm までは電動機界磁制御により加減速される。電動機界磁は励磁機 ME 1, ME 2 により励磁され、ME 1, ME 2 は、HTM により励磁される。HTM は制御励磁機 CEM の電圧と、電動機界磁抵抗器の電圧降下とを比較して、差電圧により励磁される。界磁制御加減速は、CEM 電圧を主幹制御器ノッチにより変えて行う。電動機界磁加減速の理想波形は第32図のように界磁の強い間は急激な界磁変化を行い、界磁が弱いときは、その値に応じて界磁変化を小とする波形である⁽⁴⁾⁽⁵⁾。しかし、一般に電動機界磁の時定数はかなり大きく、また、理想波形は上述のような非直線形であるので、理想的界磁変化を実現することは相当にむずかしい。そ

のため界磁制御加減速を短時間に行うと、電動機界磁の弱いときに、電動機に過電流を流すことになりやすいが、本設備では、界磁制御指令回路、制動回路に無接点の非直線要素を用いることにより、電動機弱め界磁のときの界磁電流増加率をおさえ、限時継電器を用いた場合のようなむだな加減速時間の延長なしに、安全かつ迅速に界磁制御加減速を行うことができた⁽⁶⁾。第33図は正の最高速度から負の最高速度まで逆転した場合のオシログラムを示し、4.1 秒で逆転が完了している。

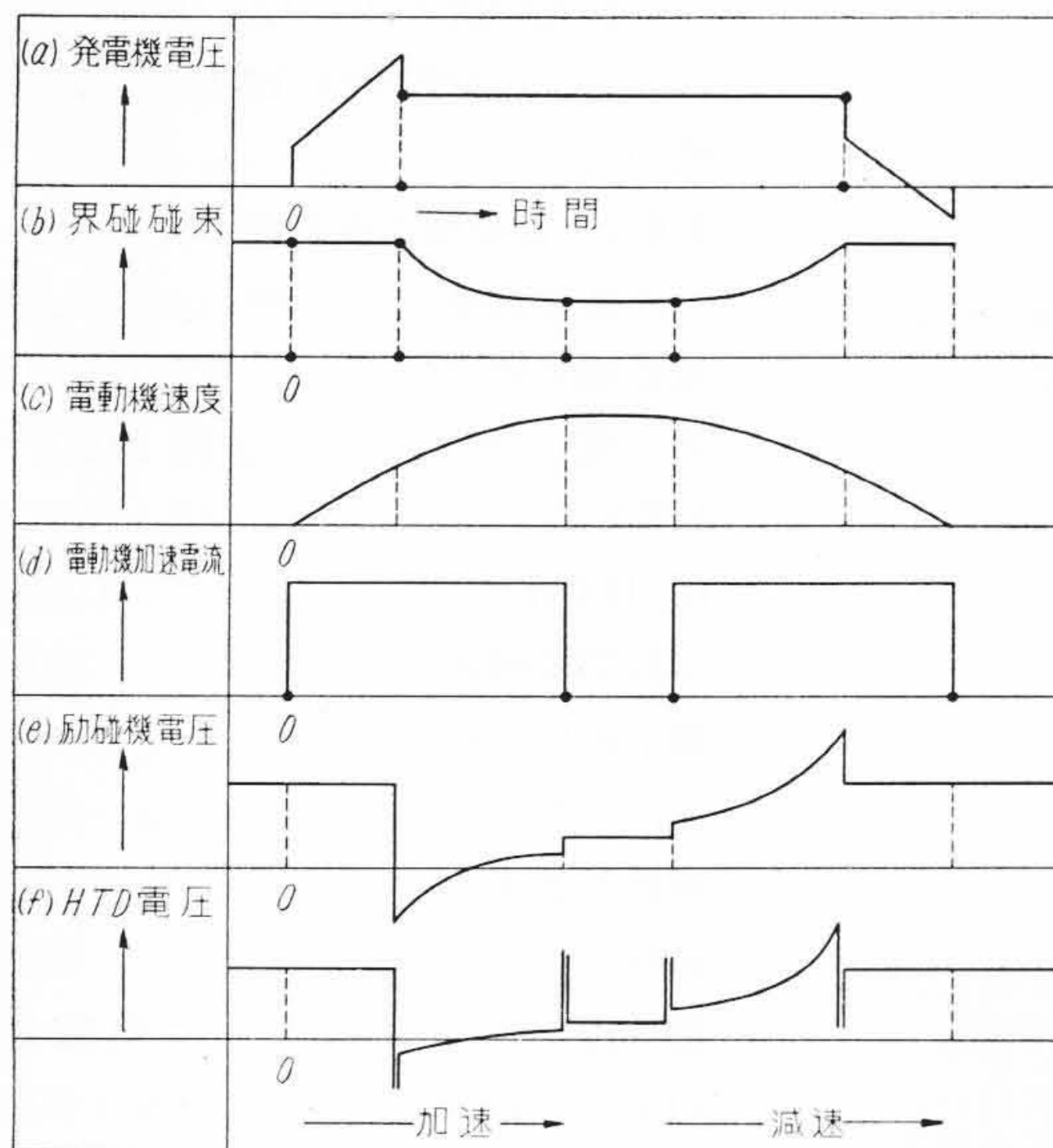
4.4.3 過電流制限

分塊圧延機のように苛酷な条件で運転される電動機にあっては、過電流を生ずる危険が大きいため、安全に容易な運転が行われるためには、特に過電流制限について考慮することが必要である。

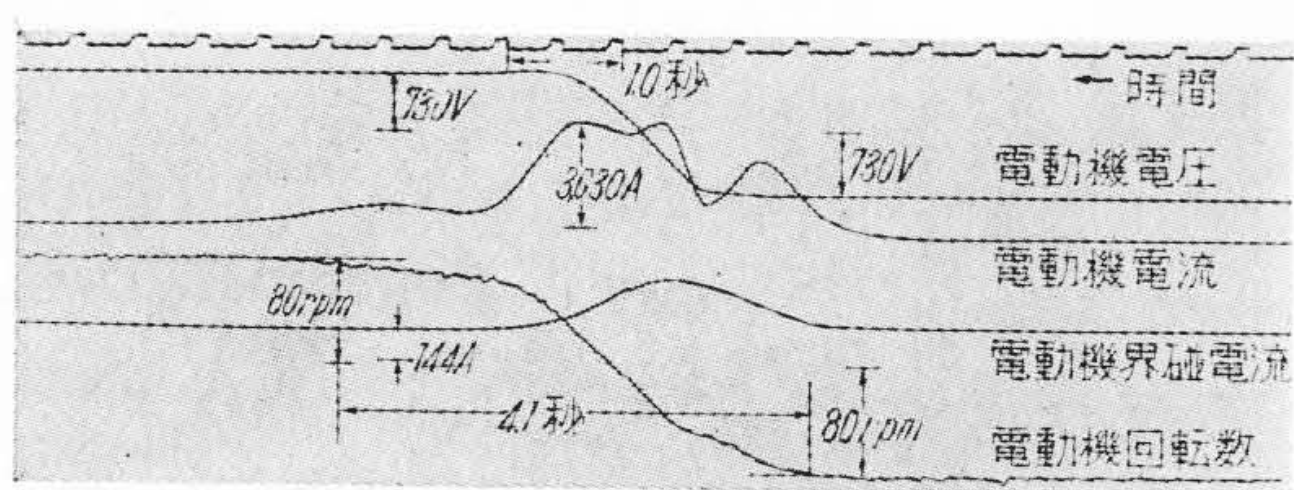
過電流の原因としては、加減速電流と、負荷電流が



第31図 電動機界磁制御回路ブロック線図



第32図 電動機界磁制御範囲理想曲線

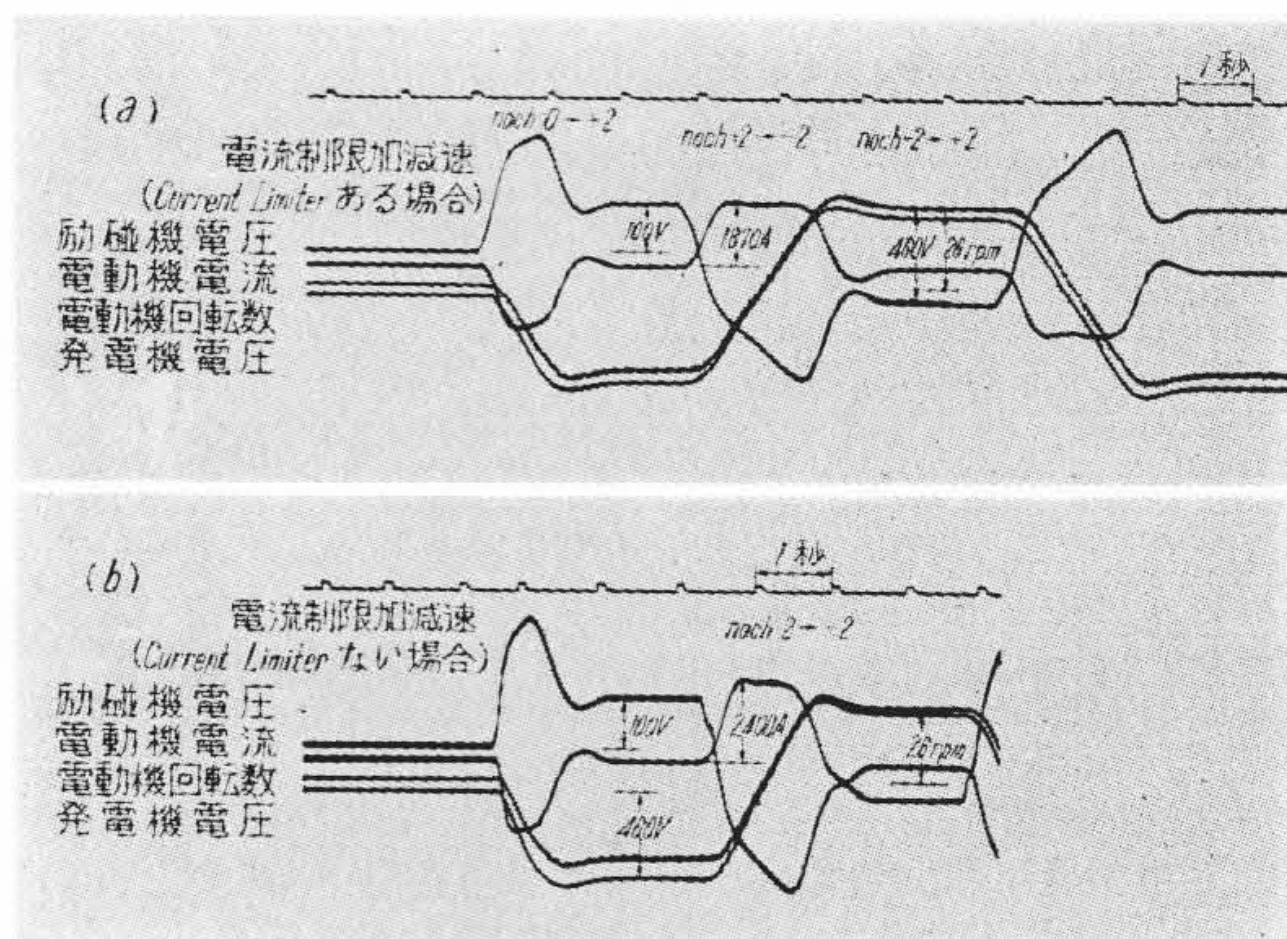


第33図 最高速度から最高速度までの加減速オシロ

考えられる。

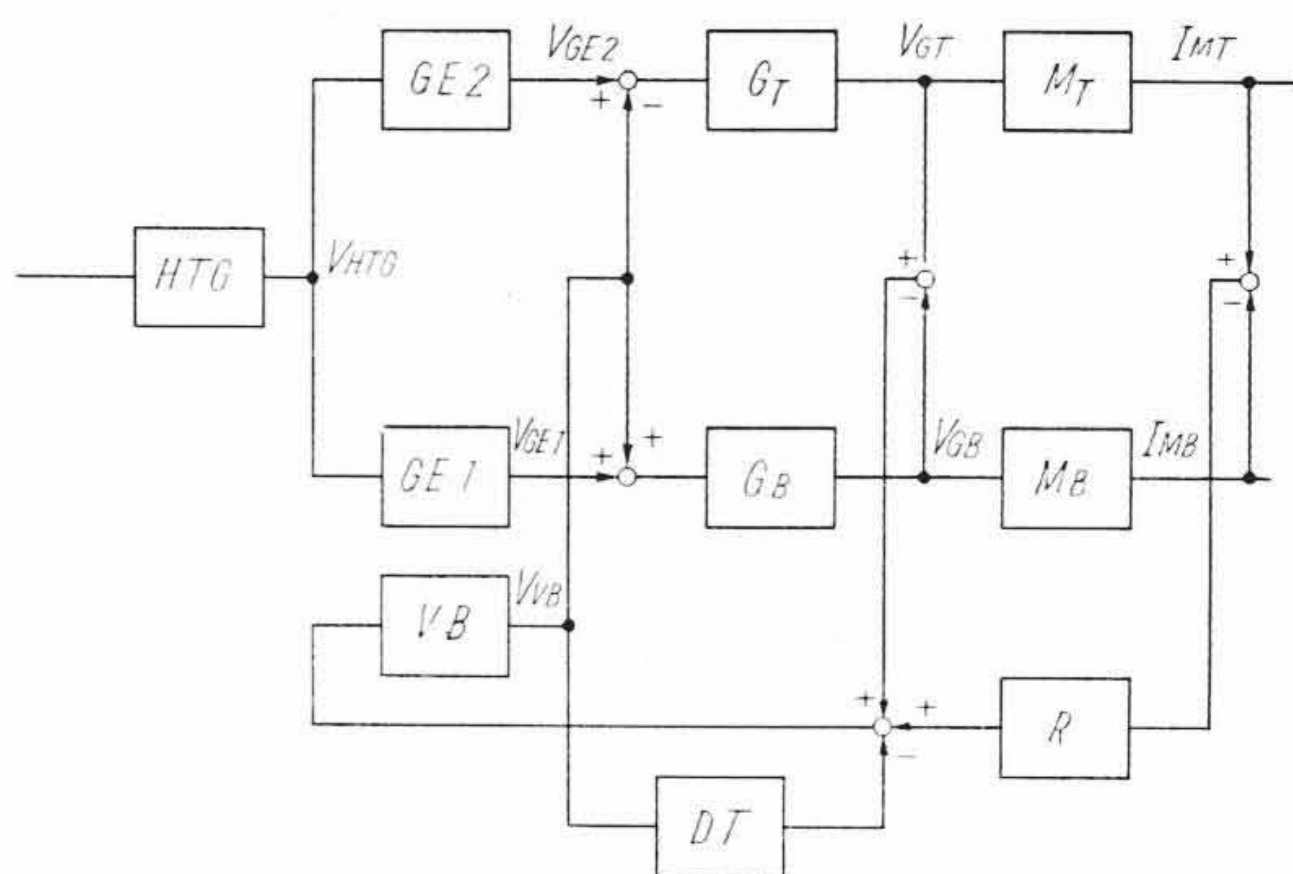
加減速電流の抑制には、加速の場合は、電圧制御が終ってから界磁制御を行い、減速の場合には、界磁制御が終ってから電圧制御を行うのが、電流を安全電流内に抑え、また、加減速時間を最短にする方法として知られている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。本設備では、加速の場合には発電機電圧を検出し、発電機電圧が上昇してから界磁弱めを開始し、減速の場合には、磁気増幅器利用の継電器により、電動機界磁電流を検出して、界磁が十分強まってから発電機電圧の減少が始まるようにし、主幹制御器の操作の巧拙に関係なく自動的に上記順序で加減速が行われ、運転操作は安全容易なものとなっている。

負荷の過大電流に対しては、電動機補極と補償巻線の電動機電流による電圧降下と、負荷制限用励磁機LEの電圧とを比較して、電動機電流が過大になった場合には、HTGあるいはHTMの電流制限用界磁巻線に電流を流し、発電機電圧あるいは、電動機界磁を増減せしめて負荷電流を抑制する。HTDの電流制限界磁を励磁しているので、制御励磁機CEを励磁する場合にくらべて応答が早く、過電流制限がより有効な



(a) 電流制限がある場合
(b) 電流制限ない場合

第34図 電流制限オシロ



第35図 発電機電圧平衡回路ブロック線図

ものとなっている。電動機の整流能力は、界磁が弱まると減少するから、負荷制限用励磁機LEは、界磁f1に定励磁を与え、f2には電動機界磁電流に比例した励磁を与えて、電動機界磁が弱まったとき過電流制限値が小さくなるようになっている。第34図は、加減速電流に対しても電流制限回路が働くように制限値を低く設定して試験した場合のオシロ写真を示す。

4.4.4 上下ロール電動機の平衡

双電動機駆動方式における上下ロールの速度差は、テーブルの高さや、鋼塊の温度分布とともにスラブ先端の「そり」を左右することが知られている。したがって、圧延噛み込み前の上下ロールの速度を適当な関係に設定平衡せしめておき、スラブを噛み込んだとき、スラブ先端に「そり」を生じないようにし、圧延中は負荷電流を一定の割合で平衡させれば、能率よく、しかも良好な圧延を行うことができる。したがって、上下ロール間の速度の平衡、圧延中の負荷平衡が正しく行われるよう、上下ロール発電機電圧および電動機界磁は、精密に調整制御することが必要である。

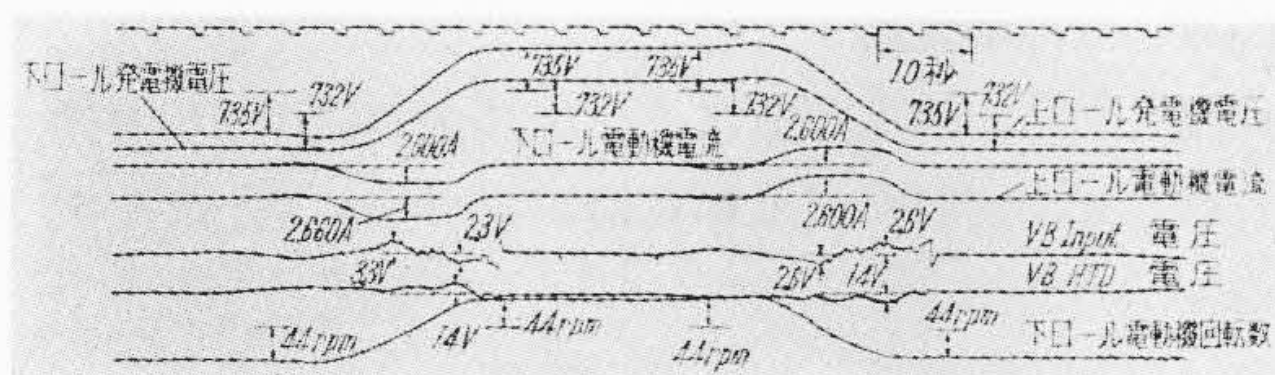
(1) 発電機電圧平衡

上下ロール用発電機各2台の界磁は直列接続されているから、各2台の電機子がサンドイッチ接続されて

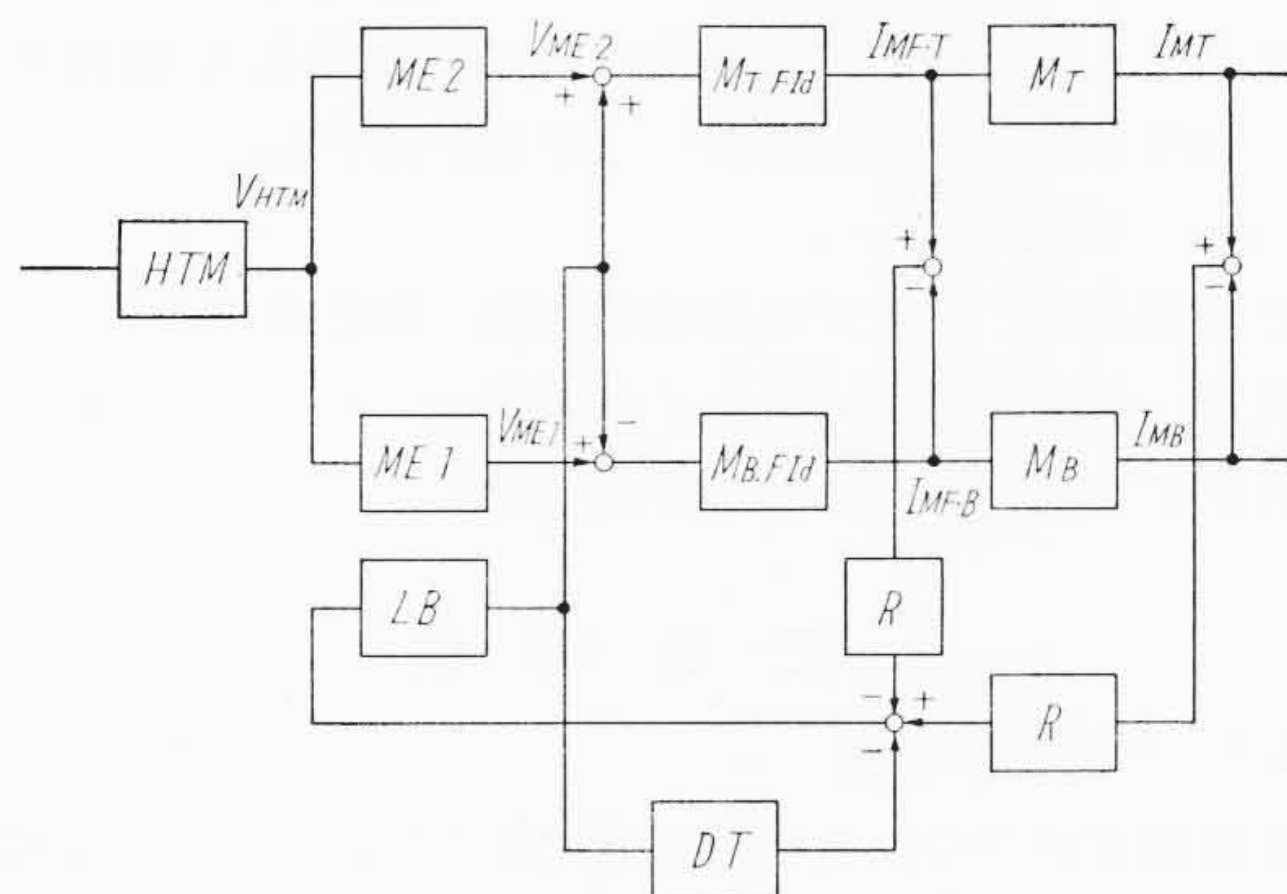
いることも考えると、十分に平衡している。下ロール発電機用励磁機 GE1 と上ロール発電機用励磁機 GE2 とは直列接続されているから、定常時、過渡時ともに励磁は等しく、したがって上下ロール発電機間の電圧の差は小さい。しかし、多少の特性の差に基く発電機電圧差を補正し、また、わずかに上下ロール発電機間に電圧差をつけることが必要な場合には、正確にその設定した値に保持することができるように、電圧平衡用 HTD「VB」を発電機励磁回路に接続する。下ロール発電機電圧と上ロール発電機電圧とを比較し、その設定値からの差によって VB を励磁する。VB に発生した電圧は上下ロール発電機の励磁を補正し、上下ロール発電機電圧の関係を設定した値に平衡せしめる。VB は、直接発電機励磁回路に接続されているから、発電機用励磁機を励磁する場合に比べて速応性もすぐれ、過渡時の平衡も良好である。また、無負荷速度調整抵抗器により、上下ロール発電機電圧に差をつけ、無負荷時上下ロールの速度関係を設定することができる。

(2) 電動機界磁平衡

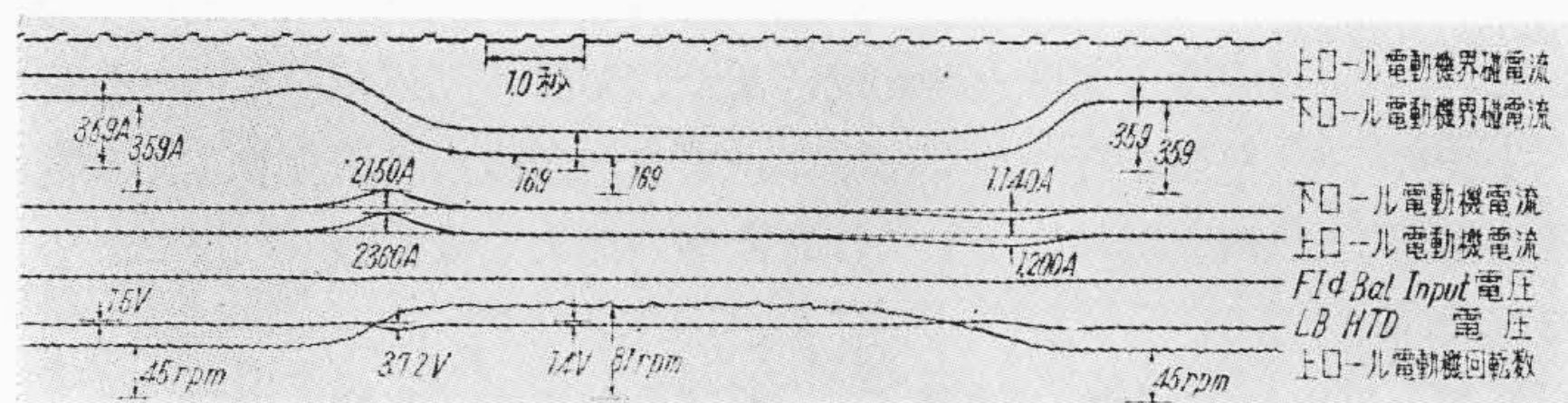
上下ロール各 2 台の電機子の界磁は直列接続されて



第 36 図 発電機電圧平衡オシロ



第 37 図 電動機界磁平衡回路ブロック線図



第 38 図 電動機界磁平衡オシロ

おり、したがって励磁電流は等しい。また、下ロール電動機励磁機 ME1 と、上ロール電動機励磁機 ME2 とは、直列接続されているから、定常時および過渡時ともに上下ロール電動機界磁電流は等しい。しかし、上下ロールの径が異なる場合などに、上下ロール電動機界磁にわずかな差をつけることが望ましい場合には、正確に、設定した値だけの界磁電流差が生ずるように、HTD「LB」を電動機界磁に接続し、上下ロール電動機の界磁抵抗の電圧降下を比較して、その差電圧を LB に帰還し、界磁電流が設定した値に平衡するように制御している。上下ロール径が異なる場合には、ロール径補償用抵抗器により、上下ロール電動機界磁に差を生ぜしめる指令励磁を LB に与えて上下ロールの径差を $\pm 5\%$ まで補償することができるようにして、ロール選択に自由度をもたせ、またロールの余分な切削を不要とし寿命を長くしている。

(3) 上下ロール電動機負荷平衡

最高の能率で良好な圧延が行われるためには、上下ロール電動機 4 電機子の負荷が一定の比率で平衡していなければならない。前述のように、サンドイッチ接続が用いられているため、上ロール電動機および下ロール電動機各 2 個の電機子の負荷は完全に一致している。しかし、一般に上下ロール電動機の間には、圧延機の温度分布などの機械的条件、上下ロール発電機電圧あるいは電動機界磁の差などの電氣的条件によって負荷の差を生ずる。この負荷の差を平衡させる方式としては、(1) 発電機電圧を調整して負荷電流を平衡せしめる方法と、(2) 電動機界磁電流を調整して負荷電流を平衡せしめる方法とが考えられる。

本設備では両制御方式を併用し、発電機電圧差を制御して応答の早い負荷平衡制御を行うとともに、さらに電動機界磁差を制御して長い圧延材のときに有効な負荷平衡を行っている。すなわち、上下電動機の補極巻線と補償巻線の電圧降下を比較し、差電圧により VB および LB を励磁する。VB は電流の大きいロールの発電機電圧を下げ、電流の小さいロールの発電機電圧を上げるように電圧を発生し、LB は電流の大きいロールの電動機界磁を強め、電流の小さいロールの電動機界磁を弱めるように電圧を発生し、上下ロール電動機電流は平衡する。

圧延機噛込み前の無負荷運転中には、負荷平衡回路は動かないから、VB は電圧平衡作用のみを、LB は界磁平衡作用のみを行い、上下ロール発電機は、設定された速度関係で運転している。圧延材噛込み後は、負荷平衡制御回路が形成される。負荷平衡制御回路

は、VBの電圧平衡制御回路、LBの界磁平衡制御回路より比較的大きな利得を有しているため、圧延材噛込み後は、VBおよびLBは負荷平衡HTDとして動作し、能率よく、良好な圧延がなされる。

4.5 保護装置

いかなる事故に対しても各機器を確実に保護し、ただちに再起動できるように各種の保護装置が設けられている。

主要な保護装置について述べる。

(1) 主回路気中遮断器

電動機主回路はいわゆるサンドイッチ接続であり、主回路遮断器は第27図に示すように1回路につき2台用いられた。

分塊圧延機用電動機では運転時の最大の電流上昇率は毎秒定格値の10乃至15倍に達することがある。一方電動機または発電機の閃絡時、あるいは主母線の短絡時における事故電流は、その種類により毎秒定格値の50倍ないし1,000倍程度である。したがって遮断器としては、負荷電流と事故電流をある程度選択遮断できることが望ましい。このほか、遮断器としては過大電流をできるだけ早くきること、遮断開始後、遮断に伴う不用の誘起電圧を極力小さくすることが必要である。われわれはこのたびこれらの目的に見合うものとして特殊の気中遮断器を本設備に装置した。これは上記の要求をすべて満足し、かつ電流増率に対する遮断の選択性も自由に調整できるものである。ただし、電流上昇率が毎秒定格値の15倍以下の場合に対しては選択性があるとは不具合であるので、これは別個の継電器により検出される方式をとった。これはまた、二重検出としての意味をもち、回路の安全性を増すことができたのである。

(2) 過電流継電器

前述のように気中遮断器は自己遮断形で、電動機電流の上昇率を選択して故障電流のような電流上昇率の大きいものに対しては、早期に遮断開始する特性をもっているが、本設備では気中遮断器とは別に、一定電流で動作する過電流継電器を設け、増加率の小さい電動機電流に対しては一定値で気中遮断器が遮断するようこの継電器をトリップさせる。気中遮断器とともに過電流を二重検出することになるから気中遮断動作の安全性を増すことにも役だっている。

(3) 常用最大電流継電器

主回路気中遮断器はなるべく遮断回数が少ないことが望ましく、かつ再投入の手間を省くうえからも、上記の気中遮断器動作過電流継電器のほかに、電動機の常用最大トルク225%の電流を検出する過電流継電器が設けられた。この継電器が動作した場合は、発電機を無電圧にして電動機を停止せしめ、気中遮断器は動作させな

い。したがって、電流上昇率の小さい、225%から275%までの過電流に対しては、気中遮断器は動作せず、気中遮断器遮断回数は減少し、再投入起動に要する時間が省かれ、同時に電動機に過電流が流れる危険が減少する。

(4) 過電圧継電器

制御回路になんらかの故障を生じて発電機電圧が設定値を越えて上昇した場合には、過電圧継電器により検出して、発電機を無電圧にせしめる。

(5) 過速度継電器

上ロール電動機あるいは下ロール電動機が、なんらかの故障により過速度を生じた場合には、遠心力開閉器式過速度継電器によりこれを検出し、気中遮断器を遮断せしめる。

(6) 電動機界磁継電器

電動機界磁回路の故障は、過電流や過速度を生ずる原因となるから、上ロール、下ロール各電動機界磁には、界磁電流継電器を設け、強め界磁になれば発電機電圧が発生しないようにインターロックし、また運転中に界磁電流が、弱め界磁以下の設定値よりも小さくなった場合には、気中遮断器を遮断して、発電機および電動機を保護する。

(7) 接地継電器

直流主回路の接地事故は、ランプ表示器により接地相が表示され、同時に接地継電器が動作して警報を発する。

(8) 油流継電器 軸受温度継電器

圧延電動機、イルグナ誘導電動機、発電機の潤滑油流が低下した場合は油流継電器が動作し警報を発する。

また、上記各機の軸受温度が過度に上昇した場合には、軸受温度継電器が動作して警報を発する。

(9) 補機運転

圧延電動機、イルグナ誘導電動機、発電機用の冷却用送風機、潤滑油用ポンプなどの補機が、イルグナ運転中に停止した場合はただちに警報を発する。

5. 圧延補機

5.1 可変電圧補機

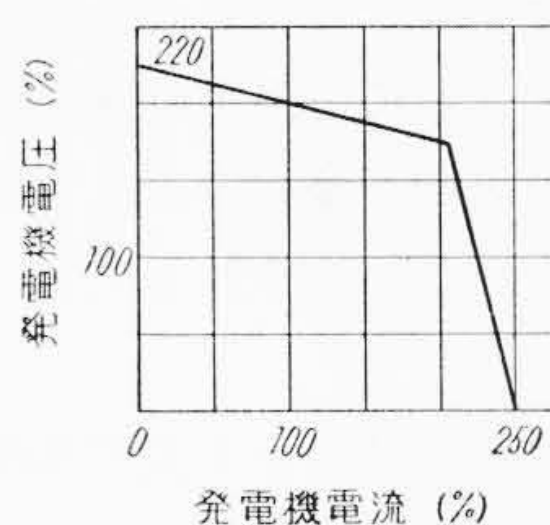
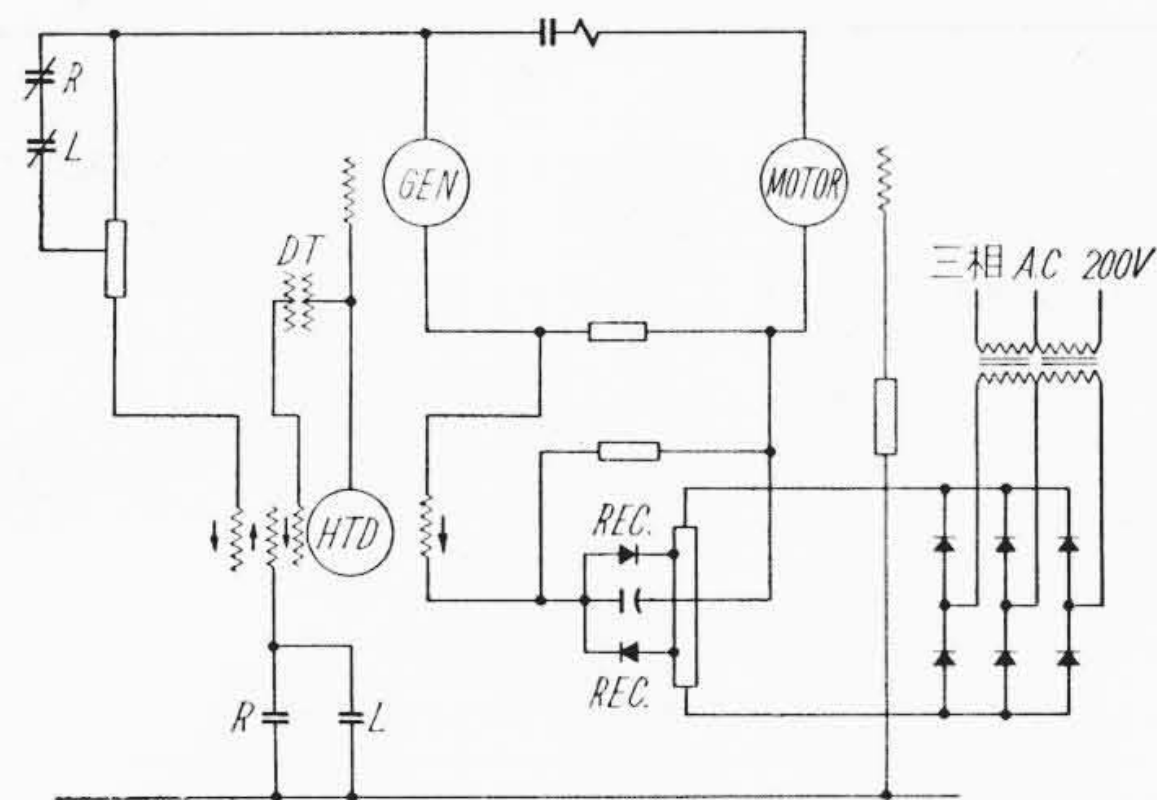
圧延機まわりの圧延補機は可変電圧制御される。仕様を第3表に示す。

可変電圧補機用発電機はHTDによる速応励磁を行い、定格電流の200%までは若干の垂下特性をもたせて安全な運転を行わせ、また、2台並列運転のものの負荷平衡を行い、200%以上では、急激に電流をおさえる電流制限特性として、電動機的能力を最大限に利用している。

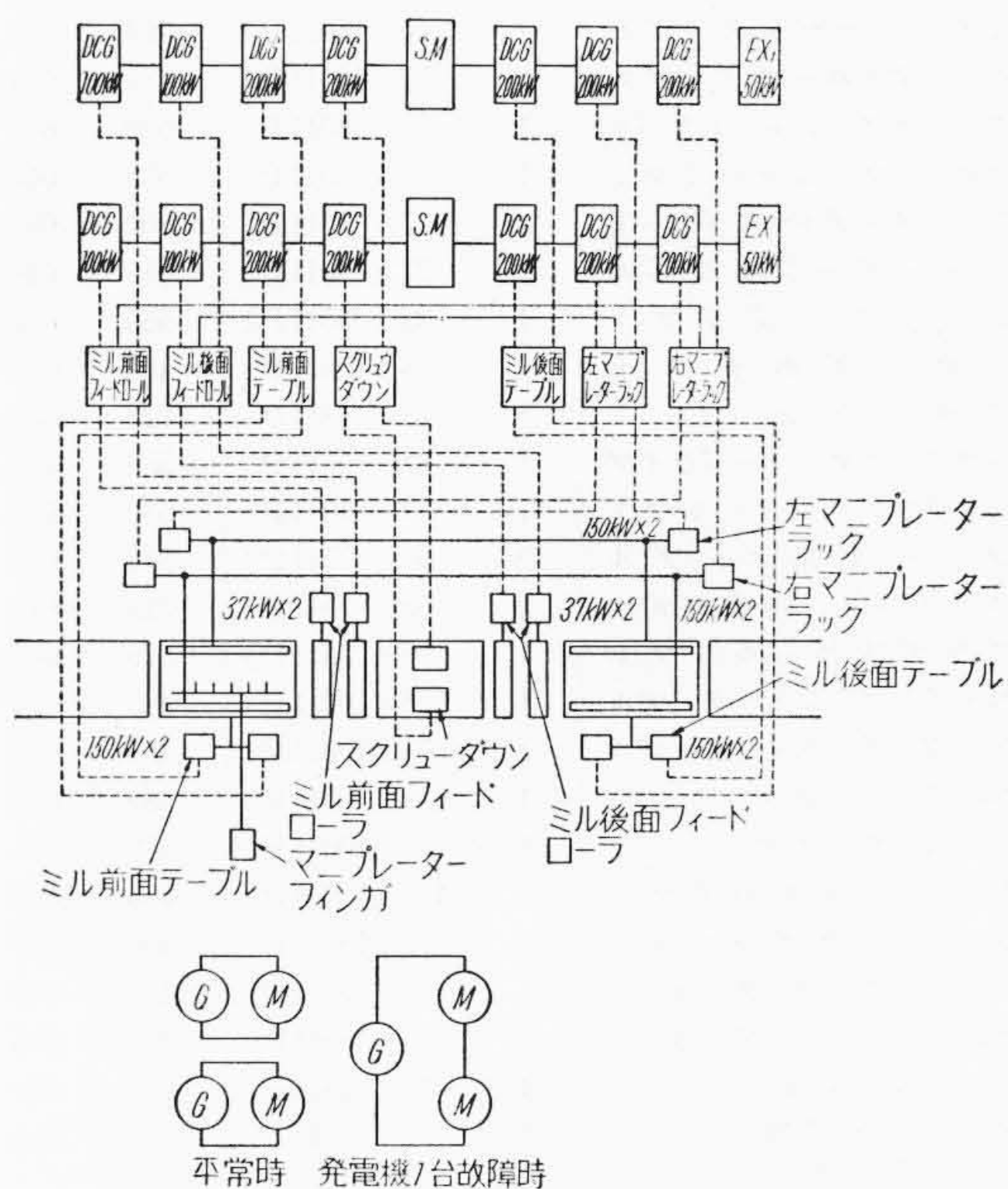
可変電圧補機は、圧延電動機に準じた特性であることが要求されるため、正逆転は、正の基準速度から負の基

第3表 可変電圧補機回転機仕様一覧表

用途	電動機				発電機			
	台数	kW	定格		台数	kW	定格	
スクリーダウン	2	150/360	220/520V	420/1,000 rpm	2	200	230/540V	1,200 rpm
ミル前後テーブル	2	150	220V	420 rpm	2	200	220V	1,200 rpm
ミル前後面フィードローラ	2	37/75	110/220V	240/485 rpm	2	100	115/230V	1,200 rpm
左右コンプレーターラック	2	75/150	110/220V	210/420 rpm	2	200	115/230V	1,200 rpm



第39図 可変電圧補機結線図



第40図 可変電圧補機概略図

準速度まで 1.5 秒で行われる。また、HTD の特性を生かした速応励磁を行い、主幹制御器操作の巧拙に関係なく自動加減速が行われるので、運転操作はきわめて容易で安全に行われる。

可変電圧補機は使用条件が苛酷であるため、万一故障を起した際にもただちに回路を切り換えて圧延作業が継続されるよう、非常接続が考慮されてある。接続方式は、予備発電機は設けず、常時使用の発電機のみを使用し、故障発電機を除いて運転する方式である。すなわち、機械的に連結された 2 台の電動機で駆動されるスクリーダウン、左右コンプレーターラック、ミル前後テーブルは、発電機あるいは制御装置 1 台故障時に、健全発電機 1 台に 2 台の電動機を直列接続して運転する。直列接続された 2 台の電動機は等負荷で円滑に運転される。故障時接続の場合の最高速度は平常運転の $1/2$ になるが、圧延作業全体に対する影響は小さい。

おのおの単独の電動機で駆動されるミル前後面フィードローラは、1 台故障時には、左あるいは右コンプレーターラックを故障時接続とし、あいたコンプレーターラック発電機を、故障発電機の代りとしてフィードローラに流用する。

5.2 定電圧補機

上記以外の圧延補機で第 4 表に示されるものは、直流定電圧制御される。電動機は前述の JEM 600 番形直流複巻電動機である。直流定電圧電源は前記 1,350 kW 水銀整流機より与えられる。制御方式は、各補機に要求される特性に従い、可逆方式、発電制動方式、電機子分路減速方式を適用し、インゴットスケールリフト、インゴットスケールターン、スラブスケールリフト、インゴットスケールテーブル、スラブスケールテーブル、シャープアプローチテーブル、スラブカーなど停止精度を要求するものは特に第 1 ノッチを低速として確実に期した。またクロップホイストのように制動負荷のかかるものは、巻上げ方向と巻降し方向とで制御方式を別にして、どちらにも最適の状態をとらせるように設計された。また制限開閉器と、インターロックにより、運転は特に安全、高能率となるよう考慮されてある。

5.3 インゴットバギー

インゴットバギーは走行および傾転の動作を行う。走行電動機は JEM 614 番 75 kW (100 HP) 2 台で各ユニットクール式とし、冷却送風機を備え 2 時間定格とされ

第4表 定電圧補機電動機一覧表

用途	台数	出力 (kW)	回転数 rpm	杵器
インゴットレシーピングテーブル	2	55 (75HP)	515	612
インゴットスケールテーブル	2	55 (75HP)	515	612
ミルアプローチテーブル	2	110 (150HP)	460	616
インゴットターナーリフト	1	55 (75HP)	515	612
インゴットターナーターン	1	26 (35HP)	575	608
ロールチェンジングリグ	1	37 (50HP)	550	610
マニプレーターフィンガー	1	110 (150HP)	460	616
ミルランナウトテーブル	2	110 (150HP)	460	616
シャーアプローチテーブル	2	75 (100HP)	485	614
クロップブッシャーラベル	1	37 (50HP)	550	610
クロップブッシャーリフト	1	37 (50HP)	550	610
アジャスタブルサイドガード	2	7.5 (10HP)	800	603
シャーゲージトラベル	1	37 (50HP)	550	610
シャーゲージリフト	1	37 (50HP)	550	610
クロップホイスト	2	75 (100HP)	485	614
クロップシュート	1	11 (15HP)	725	604
シフチングローラードライブ	1	37 (50HP)	550	610
シフチングローラースhift	1	37 (50HP)	550	610
シャー後面テーブル	2	55 (75HP)	515	612
スラブスケールテーブル	2	55 (75HP)	515	612
スラブスケールリフト	1	26 (35HP)	575	608
No. 1 ブッシャーテーブル	1	75 (100HP)	485	614
No. 2 ブッシャーテーブル	1	75 (100HP)	485	614
No. 1 スラブブッシャー	1	75 (100HP)	485	614
No. 2 スラブブッシャー	1	75 (100HP)	485	614
No. 1 スラブパイラー	1	110 (150HP)	460	616
No. 2 スラブパイラー	1	110 (150HP)	460	616
No. 1 スラブカー	1	110 (150HP)	460	616
No. 2 スラブカー	1	110 (150HP)	460	616
スラブストッパー	1	11 (15HP)	725	604
クロップカー用シュート	1	37 (50HP)	550	610

ている。傾転は JEM 612 番 55 kW (75 HP) 1 台である。電動機とともに制御接触器盤、主幹接触器はバギー上に設置されており、バギー上の運転室で操作される。

5.4 光電管式インゴットおよびスラブ自動停止装置

インゴットおよびスラブは計量を行うためにインゴットスケールテーブルおよびスラブスケールテーブル上で、計量器のハンガーの真上の位置に正確に停止しなければならないが、運転を簡便にかつ迅速にするため、自動減速および停止用の光電管検出装置を設けた。テーブル近くに設置された検出ヘッドは、赤外線透過フィルターを通してインゴットあるいはスラブより発せられる赤外線を検出し、光電管検出ヘッドに接続される制御箱中の増幅器により増幅し、タイマー動作後テーブル制御接触器盤に減速あるいは停止指令を発する。インゴットあるいはスラブは、最初一定低速度に減速後停止するので、所定の停止位置に正確に自動停止される。光電管検出ヘッドはスケールテーブルの近くに設置されるので、インゴットあるいはスラブより強い輻射熱を受けるが、温度上昇によって生ずる暗流のための誤動作を生じないよう、熱輻射に対する反射板とともに水冷装置により冷却を施している。また赤外透過フィルターを通してイン

第5表 スラブシャー主要仕様

剪断力	3,000T
操作圧力(最高)	375 atu
双の長さ	1,900 mm
双の開き	55 mm
最大剪断面積	熱間剪断強度 3.5 kg/mm ² において 8,000 cm ²

第6表 運転員配置表

運転室	員数	操 作
インゴットバギー	1	インゴットバギー走行および傾転用主幹制御器
インゴットスケール	1	インゴットスケール運転盤
ミ ル	2	1— {ミル運転機 主ロール用主幹制御器 1— {マニプレーターラック用主幹制御器 マニプレーターフィンガー用主幹制御器
シ ャ ー	3	1—シャー運転盤 1—スラブスケール運転盤 1—スラブパイラー運転盤
クロップホイスト	1	クロップホイスト運転盤

ゴットおよびスラブより発する赤外線を検出しているため、屋間の反射光などによる誤動作がなく、また、シャー切断時にスラブ先端が多少冷却しても、誤動作することなく確實容易に自動停止される。

5.5 スラブシャー

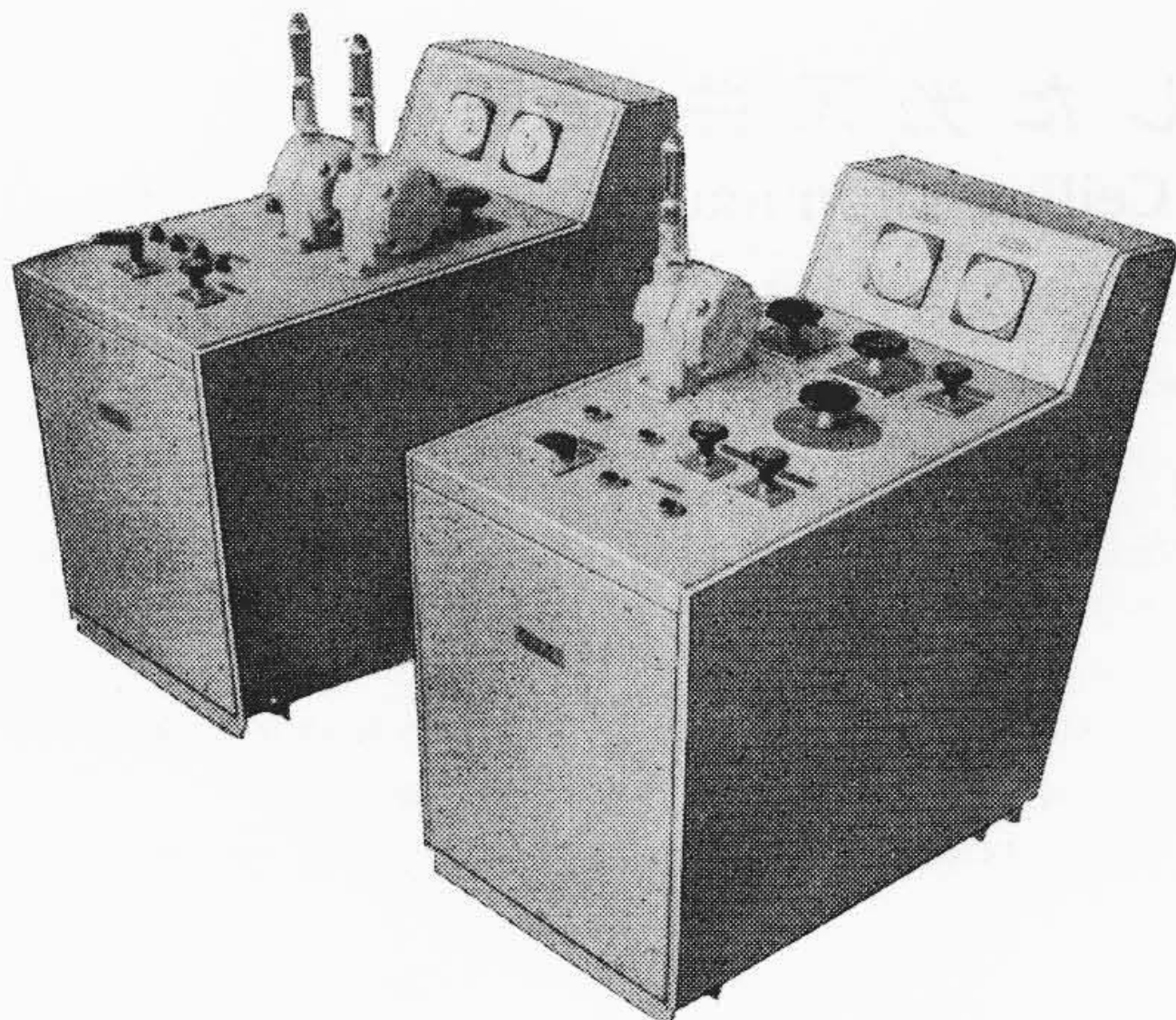
スラブシャーはアップカット式で水圧操作される。第5表はシャーの主要仕様を示す。スラブシャーの上双および下双は、おのおの水圧支持されるピストンの上に支持されており、6個の高圧弁により、各シリンダに圧力水の授受が行われてピストンが上下し、スラブ遮断操作が行われる。高圧弁はスクリュポンプおよび6個の電磁弁により油圧操作される。剪断は操作机上の押ボタンにより起動し、以後制限開閉器により自動的に電磁弁開閉を行い、切断一行程が進められる。

6. 運 転 操 作

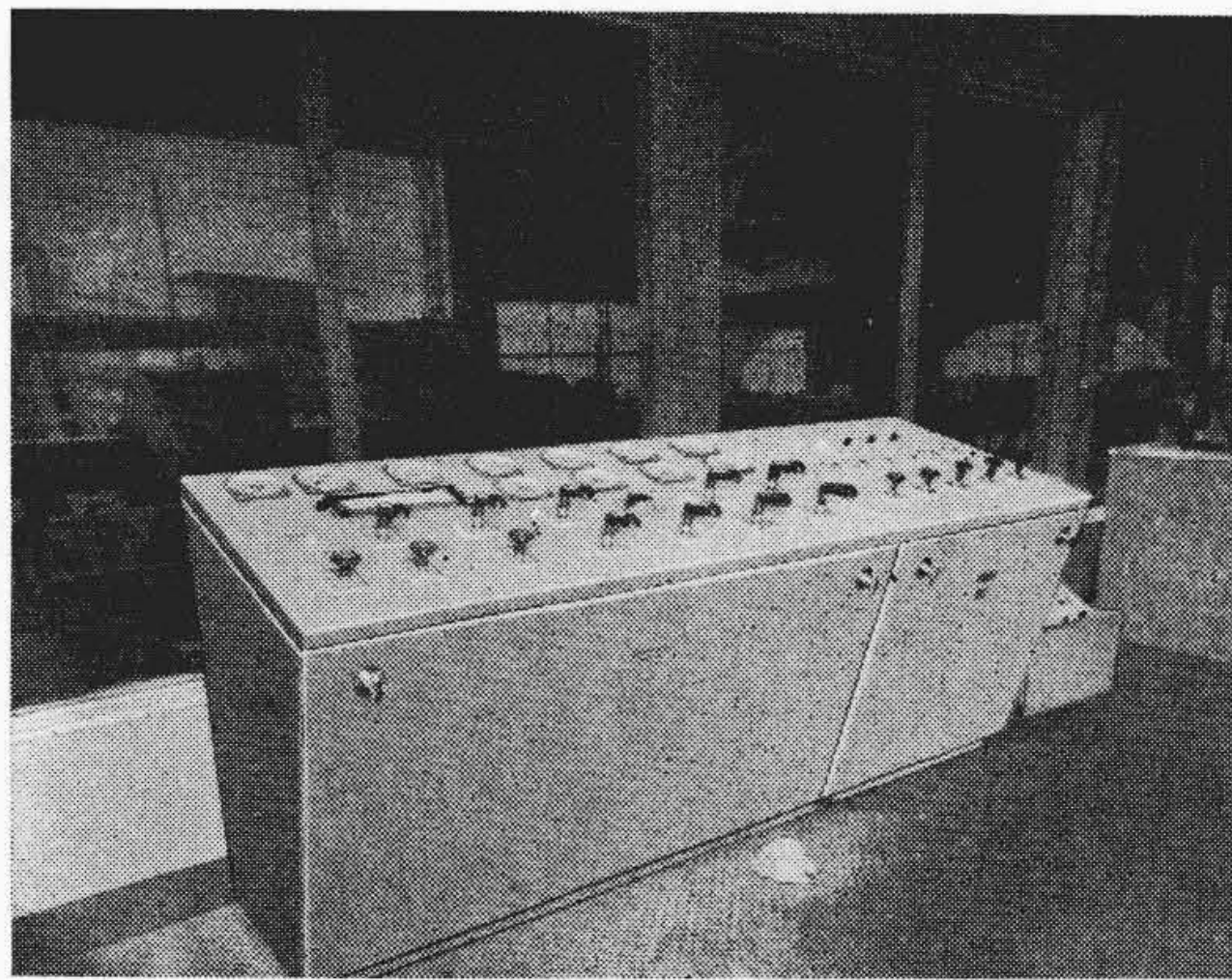
第6表は運転室と運転員の配置を示す。

主圧延電動機および圧延補機の運転操作は、各運転室内の主幹制御器および操作開閉器により行われる。第6表中、ミル運転室では、運転員は2名で、1名は左右の足踏主幹制御器によって圧延電動機を操作すると同時に、操作机上の主幹制御器により、スクリュダウンおよびミル前後テーブルを操作する。他の1名は左右マニプレーターラックおよびマニプレーターフィンガーの主幹制御器を操作するシステムとなっている。

ミルアプローチテーブルはミル運転室とインゴットスケール運転室、ミルランアウトテーブルはミル運転室とシャー運転室のいずれからも操作できるようにして便がはかられている。

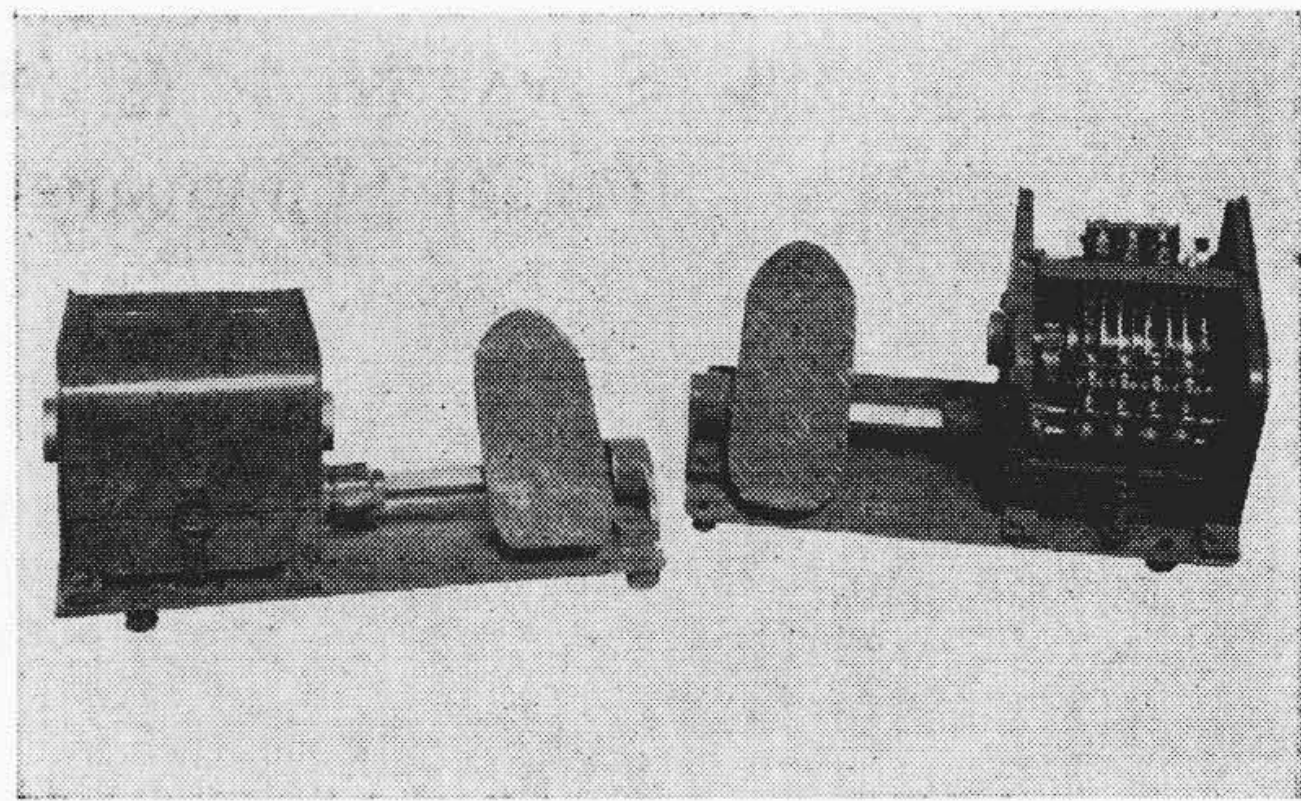


第41図 (a) ミル運転室操作机



第41図 (b) シャー運転室操作机

主機および補機はいずれも自動加減速され、また前述のインゴットおよびスラブスケールテーブルの光電管による自動停止のほか、スラブシャー、インゴットスケールリフト、ターナー、スラブスケール、クロップホイス



第42図 足踏主幹制御器

ト、スラブプッシャー、スラブカーなどは、いずれも制限開閉器により所定の位置に自動停止されるなど、運転操作は簡単容易で、安全なものとなっている。

7. 結 言

以上八幡製鉄株式会社八幡製鉄所に新設された 9,000 kW (12,000 HP) 厚板分塊用電気設備について述べた。本設備は最新の機器および方式を用いて建設された世界最大の分塊圧延機の一つである。双電動機方式分塊圧延機に要求される各特性にすぐれた性能を示し、現在好調に運転中である。

試験調整にあたり種々御援助をいただいた八幡製鉄株式会社の各位に厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 田附, 泉ほか: 日立評論 33, 1009 (昭 26)
- (2) 中村, 木田, 高根: 日立評論 36, 1743 (昭 29)
- (3) 西, 岩城, 白木: 日立評論 39, 1225 (昭 32)
- (4) 前川, 小野田: 日立評論 38, 1131 (昭 31)
- (5) 前川, 小野田: 日立評論 38, 1236 (昭 31)
- (6) 実用新案申請中

Vol. 21

日

立

No. 3

目

次

- ◎電化と人間.....尾崎士郎
- ◎全 国 ケ ー ブ ル め ぐ り
- ◎戸畑岸壁のジャイアント (マンモスアンローダー)
- ◎こ ん な に 便 利 な 電 動 工 具
- ◎明日への道標 (日本最初の大型真空鑄造設備)
- ◎運搬荷役の機械化 (モートル・プリー)

- ◎日立ハイライト (家庭に南極をつくる日立電気冷蔵庫)
- ◎ポータブルの熔接機 (ベビー・アーク)
- ◎ヒタフロン (薬品につよい合成樹脂)
- ◎日本一の石炭エスカレーター
- ◎日 立 だ よ り
- ◎新 し い 照 明 施 設

誌 代 1 冊 ￥ 60 (〒 16)

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地 振替口座東京 71824 番
 取次店 株式会社オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 振替口座東京 20018 番