

神戸製鋼所 瀬浜工場 納入 高速度線材圧延機電気設備

Electric Equipment for High Speed Wire Rod Mill,
Supplied to Kobe Steel Works, Ltd.

石田 勲* 岩城 秀夫** 斎藤 奎二**
Noboru Ishida Hideo Iwaki Keiji Saitō
立石 貞夫** 川上 直衛**
Sadao Tateishi Naoe Kawakami

内 容 梗 概

連続線材圧延設備として世界有数の大容量、高精度の電気設備が神戸製鋼所瀬浜工場に納入され、短期間の試運転期間を経て、営業運転に入り、現在好調に稼働中である。

ここにその設備の概要と、電気設備の主要点について言及する。日立製作所では線材圧延機電気設備として今まで数多くの実績を有しているが、この経験を生かし、かつ今までにない高精度の制御系を設計製作して納入した。本設備は設備費と性能を十分加味して制御方式を定め、アナログコンピュータにより各制御要素を決定し、十分に設計検討して納入したため、短期間で操業を開始し、好評を博している。

1. 緒 言

このほど、神戸製鋼所瀬浜工場に設備された高速度線材圧延設備は最終圧延速度 30 m/s、成品寸法 5 mm～38 mmφ の特殊鋼および普通鋼用線材圧延機で、電動機総出力 11,000kW の世界有数の最新式設備である。

機械品はドイツシュレーマンおよび神戸製鋼所製で電気設備は簡単な交流の補機の一部をのぞき、すべて日立製作所から納入した。

日立製作所では、線材圧延機電気設備として今まで数多くの設備を製作納入しているが、今回の神戸製鋼所の設備は今までにない高精度を必要としたため、設備費とその性能を十分検討し、中間圧延部では主回路昇圧機による自動速度制御系を採用するなど綿密な検討結果に基づいて設計製作し納入した。そのため現地調整期間はわずか1箇月未満で完全に営業運転を開始した。

ここに本設備の概要を紹介しつつ、電気設備の主要点について論及していくことにする。

2. 設備の概要

本設備は 65 mm 角×12,000 mm、重さ約 400 kg のビレットを熱間圧延し、直径 5～38 mm の線材を圧延するもので、その概略配置を第1図に示した。図において、本設備は粗圧延部(スタンド No. 1～9)、中間圧延部(スタンド No. 10, 11, 12A～17A, 12B～17B)、仕上圧延部(スタンド No. 18A～23A, 18B～23B)より成り立っている。保熱炉より押出された約1,100℃に加熱されたビレットはNo. 1 スタンドのロールの4個の穴形のうち、いずれかに交互にかみ込まれ、No. 2, 3 スタンドと進み、No. 9 スタンド出口でロータリーシャーにより先端および後端が切断される。このロータリーシャーは光電管装置によりまったく自動的に行われる。先端および後端が切断されたロッドはNo. 10 スタンドに進み、No. 11 スタンドを出たロッドは二つの系列(A系列, B系列)にわかれて圧延される。

成品寸法 38～9.5 mm のものは No. 17 スタンド出口から、ガレット巻線機に巻取られる。ガレット巻線機は光電管によりロッドを検出し、冷却水噴射、巻線機の起動停止、Vセレクションの動作、巻取った線材のコンベヤへの押出しまでまったく自動的に行われる。

また 9.5～5 mm の成品は No. 19～23 スタンド出口より、エデーンボーン巻線機に巻取られるが、エデーンボーン巻線機も同様、光電管により自動操作される。

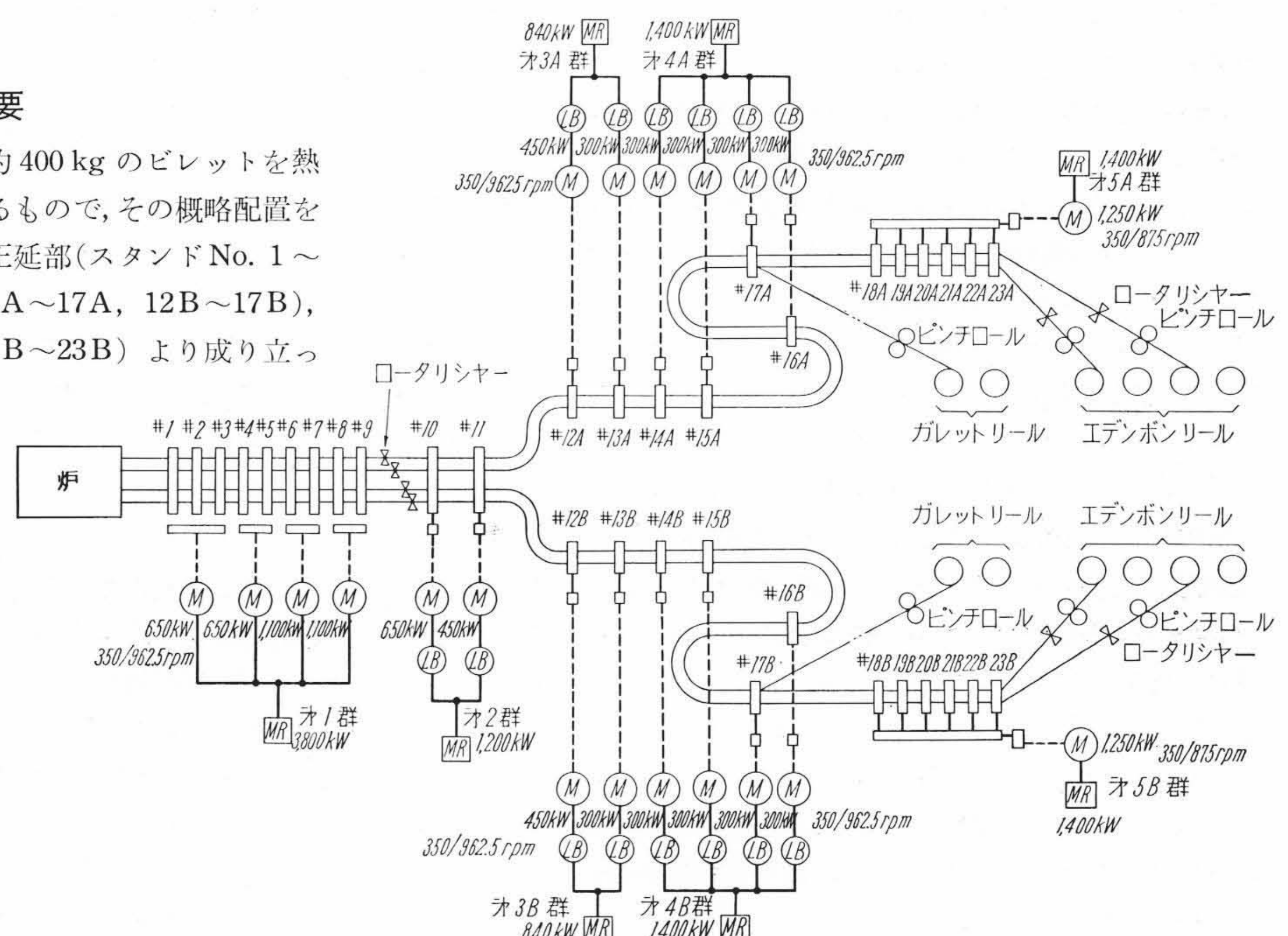
本設備はガレット巻線機巻取りの場合は同時に2本の圧延ができ、エデーンボーン巻線機巻取りの場合には同時に4本圧延することができる。

この圧延スタンドを駆動する電気設備を第1表に示す。

3. 回 転 機

3.1 主 電 動 機

主電動機は総台数20台、出力総計は 11,000kW に達し、この種圧



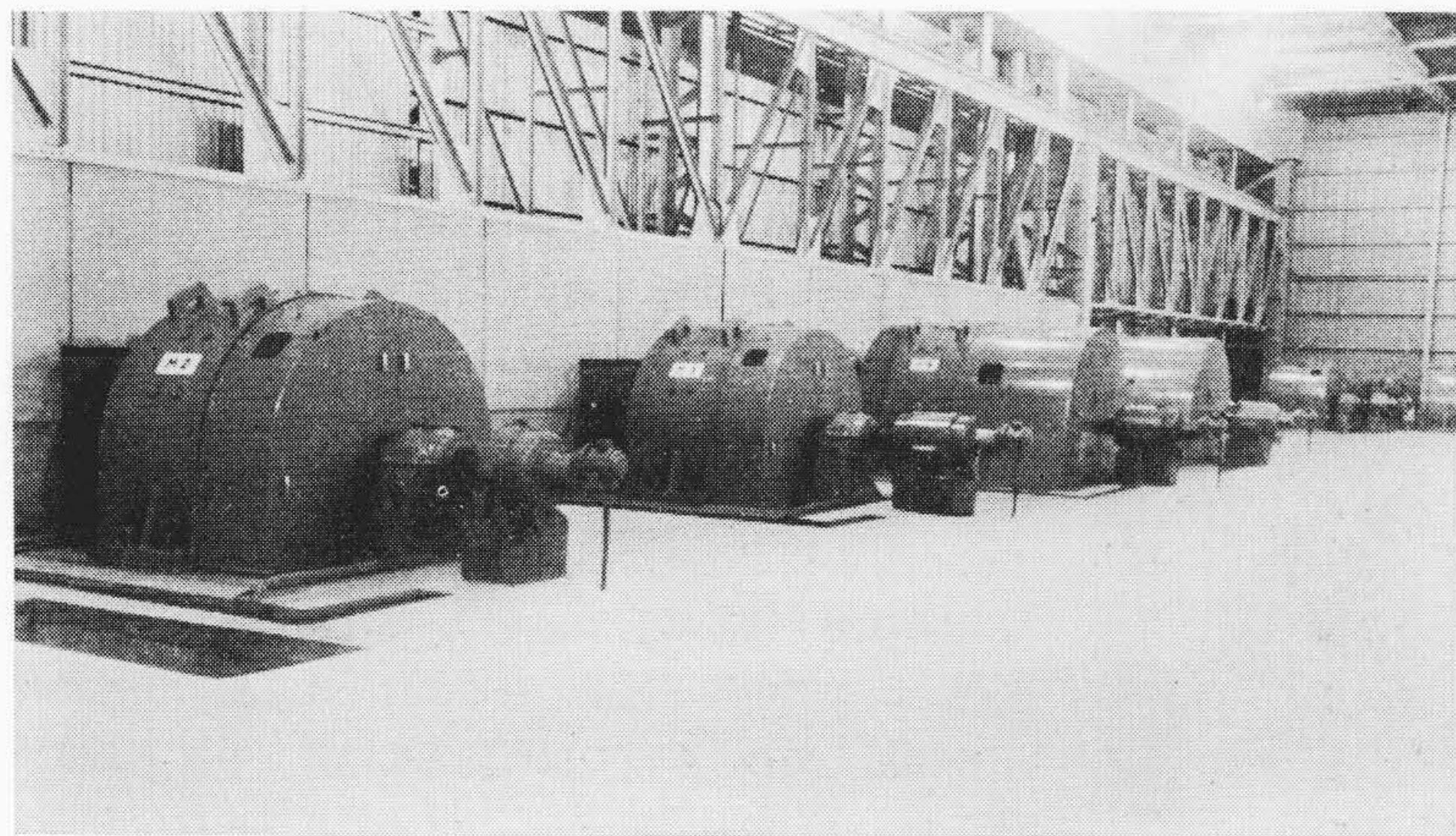
第1図 概略配置図

* 神戸製鋼所瀬浜臨時建設本部

** 日立製作所日立工場

第1表 主機用電気設備

圧延部	スタンド	電動機				MR (kW)	MRトランス (kVA)	タップ トランス (kVA)	DCL (mH)	制御方式
		電圧 (V)	容量 (kW)	電流 (A)	回転数 (rpm)					
粗圧延部	1, 2, 3	750	650	935	350/962.5	3,800 CF×12	5,600/7,900	1,400	0.34	(1) MR定電圧制御 (2) 界磁昇圧機による速度制御
	4, 5	750	650	935	350/962.5					
	6, 7	750	1,100	1,580	350/962.5					
	8, 9	750	1,100	1,580	350/962.5					
中間圧延部	10	750	650	935	350/962.5	1,200 BF×6	1,760/2,480	440	0.85	(1) MR定電圧制御 (2) 主回路昇圧機による速度制御
	11	750	450	660	350/962.5					
	12A (12B)	750	450	660	350/962.5	840 BF×6	1,230/1,740	310	0.9	(1) MR定電圧制御 (2) 主回路昇圧機による速度制御
	13A (13B)	750	300	435	350/962.5					
	14A (14B)	750	300	435	350/962.5	1,400 CF×6	2,030/2,870	518	0.56	(1) MR定電圧制御 (2) 主回路昇圧機による速度制御
	15A (15B)	750	300	435	350/962.5					
	16A (16B)	750	300	435	350/962.5					
	17A (17B)	750	300	435	350/962.5					
仕上圧延部	18A~23A (18B~23B)	750	1,250	1,780	350/875	1,400 CF×6	2,180/3,080	—	0.8	MR格子制御による定速度制御
			11,000			12,280				



第2図 粗圧延部電動機群

延機の最大級のものである。
定格回転数は1,250 kW では1:2.5, そのほかでは1:2.75の界磁制御範囲を有し, かつ最高速度はそれぞれ 875 rpm, 962.5 rpm と比較的高速である。特に1,250 kW, 1,100 kW は最高回転数, 最大過負荷時の整流リアクタンス電圧が通常の機械に比して相当大的な値となり, 仕様の高速, 大容量のいわゆる難整流直流機の部に属する。また電源に水銀整流器を使用するので, 脈流のための整流悪化, 線材かみ込み, かみ放しなどの負荷急変時の過渡整流なども考慮して慎重な設計製作が行われた。すなわち補極形状, 補償巻線の配置, 電機子各部の常数などを良整流条件に設計するとともに整流子精度の向上, 複式バネ刷子保持器の使用, あるいは補極線輪には誘導分路を入れて過渡整流を良好としたことなどである。

この種圧延機駆動特性上もっとも重要なものは負荷急変時の瞬時速度変化および速度回復時間を小さくすることであるが, これには電動機の慣性能率 (GD^2) と速度変動率が重要な関連を有するので後述の性能を満足するようあらかじめアナコムによる詳細な予備検討を行って, 最適の GD^2 および速度変動率を決定して後これにマッチした仕様で設計, 製作を行った。

通風方式は電気室内に設置される1~11 スタンド用 650 kW 3台, 1,100 kW 2台および 450 kW 1台は電気室への押込ブロウおよび電動機よりの誘引ブロウを用いたダウンドラフト方式であり, 12 スタンド以降のミルヤードに設置される電動機は押込みブロウによるアップドラフト方式で排気はミルヤードに放出される。これらはい

ずれも通風ダクト配置を簡略化し, 施工費を低減する方式として採用されたものである。冷却風の入口には一括して空気清浄用ろ過器を設けている。

電動機の過負荷耐量は225%, 温度上昇は40°C, B種絶縁である。

第2図は稼動中の粗圧延部電動機群を示す。

3.2 主回路昇圧機および励磁機

第10~17 スタンドの 650, 450, 300 kW の電動機はおのおの主回路昇圧機を介して給電され, 昇圧機の電圧を制御して電動機の過渡時の速度変化を押さえ, かつ一定に保持するようにしている。したがって昇圧機は制御系の最終段電力増幅機であり, 電力増幅率/界磁時定数は大きいほどよい。このためには定格回転数は高いほど得であるが, 一方昇圧機は電動機主回路の中にあって大電流を通し, かつ負荷急変時の過負荷に耐えることが必要であるからこの点よりは回転数は低いほうが安全であり, これらを考慮して1,200 rpm を採用した。

また主磁束の過渡応答を速くし, 同時に負荷急変時の過渡時整流を良好とするため継鉄を積層構造としている。

昇圧機の前段増幅用 3kW 励磁機も同様の理由で積層継鉄とした。第3図は昇圧機および励磁機セットを示す。

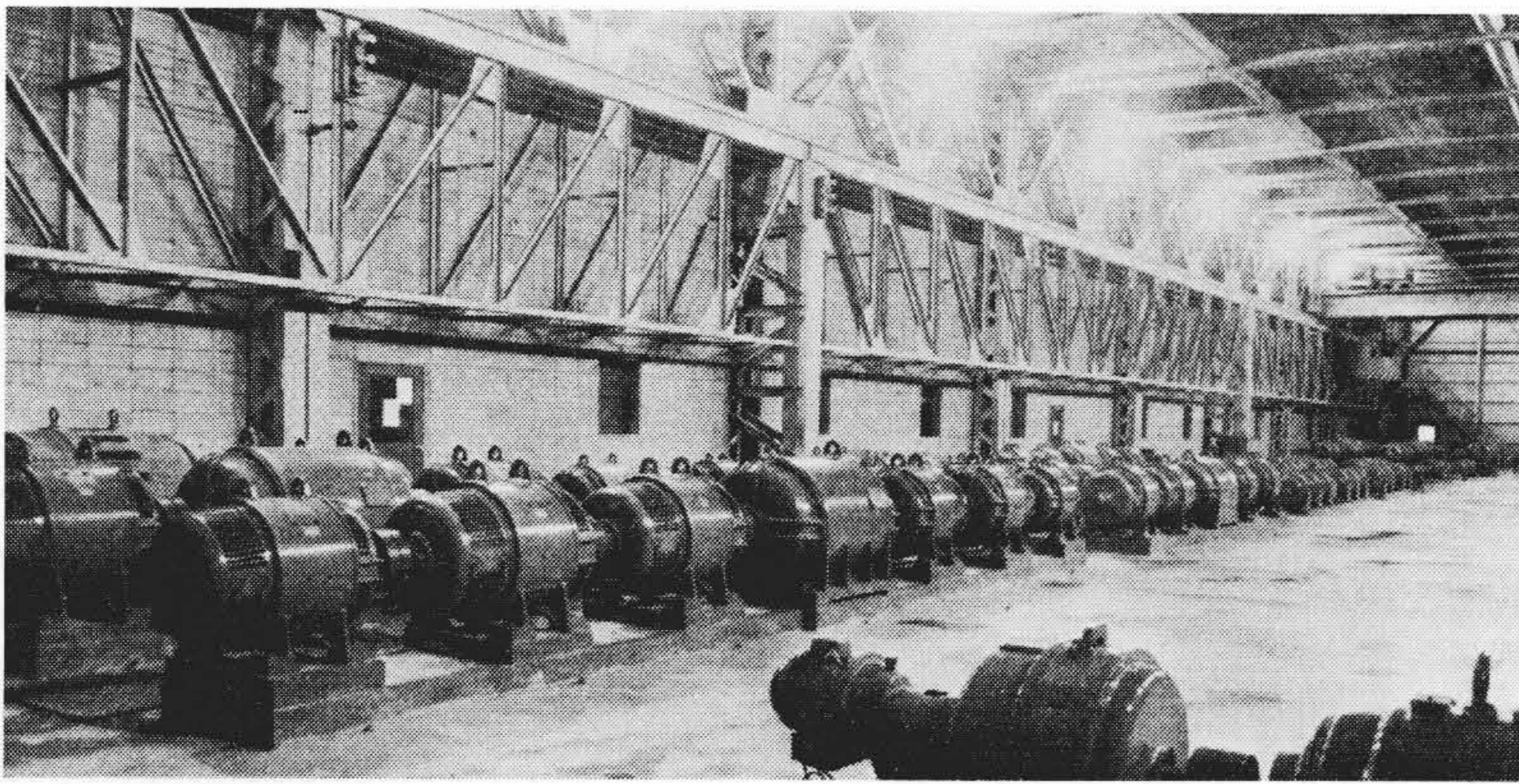
3.3 補機用電動機

ロータリシャー, ガレット巻取機, エデンボン巻取機およびこれらのピンチロールなどに多数の直流電動機が採用されたが, いずれも JEM 600 番の標準わくを適用してがんじょうに作られた。おのおの電動機には専用のワードレオナード発電機および回転増幅機 HTD を設けて主機との自動揃速制御を行っている。

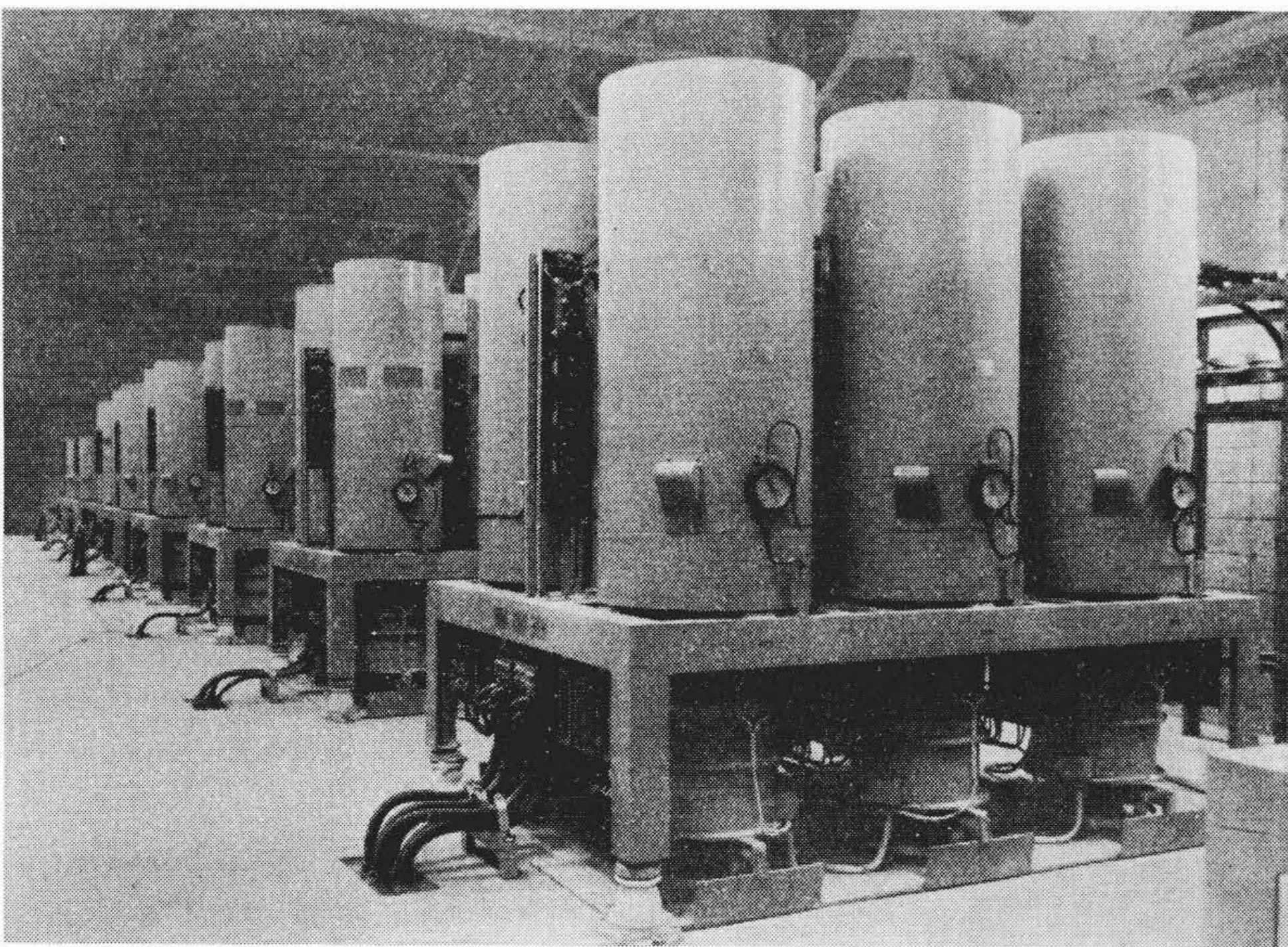
4. 水銀整流器

4.1 水銀整流器電源設備

この水銀整流器電源設備は特高 33 kV, 60φを受電し, タップ変圧器, 水銀整流器用変圧器, 水銀整流器などにより 0 から 750 V までの直流可変電圧に変換する設備一式よりなっている。これらは8群よりなり, その総出力は12,280kW に及ぶわが国有数の大容量セットである。主電動機と水銀整流器との組合せは圧延スケジュール, 主電動機界磁制御範囲, 主電動機速度制御方式を考慮して決定された。これら水銀整流器はすべて実績ある日立標準形風冷エキサイトロンが使用されている。水銀整流器用変圧器は一次三角結線の



第3図 昇圧機および励磁機セット



第4図 水銀整流器

ものと星形巻線のものが組合わせて使用され、高調波電流の低減をはかっている。5A群、5B群を除く各群には圧延スケジュールおよび試圧延を考慮して50%までのタップ変圧器が設けられ、力率の改善および水銀整流器回路責務の軽減をはかっている。

第4図は水銀整流器室の写真である。

4.2 水銀整流器

(1) 整流タンク

線材ミル用水銀整流器の使用条件の特長としては次の点があげられる。

(i) 常時大幅な格子制御を行うので、転流終期の異常振動電圧には注意を払う必要がある。また格子回路も特に問題となる。

(ii) 水銀整流器用変圧器の二次電圧は通常1,000V以下であり、逆電圧最高値による逆弧はほとんど問題とならない。

(iii) セン頭負荷はさほど大きくなく、百数十%程度であるが、平均負荷は割に大きい。

(iv) 他機器とともに広い電気室に配置されることが多く、温度制御に注意を要する。

日立標準形風冷エクサイトロンはこの種ミル用として、従来十分な実績を有している。容量に応じ、第1群および4A、4B、5A、5Bの各群にはCF形が、第2群および3A、3Bの各群にはBF形が使用されている。CF形は電鉄用として6タンクあたり3,000kW/1,500V D種またはE種、2,000kW/600V D種またはE種の定格を有するわが国最大の封じ切り単極形水銀整流器であり、電動応用向けとしても最も使用実績の多いものであ

る。BF形はタンクあたり2,000kW/1,500V D種またはE種の定格を有し、従来最も製作数の多い水銀整流器である。これからみて今回のものは容量的に十分余裕のある使いかたをしている。

(2) 温度制御

水銀整流器の温度制御においては冷却条件の急変を防止してタンクの温度変化を小さくおさえ、また陽極部の過冷を防止することが必要である。本設備の水銀整流器はすべて水銀整流器室に収納し、温度制御の便をはかっている。また冷却扇はバイメタル式温度継電器により高低速自動切換方式とした。風吸入口は冷却扇床下であるが、シャッターを設け冬期は室内循環も可能とした。陽極部はカバーでおおい、過冷を防止している。

(3) 振動防止回路

転流終期の振動電圧を吸収低減するため、従来同様陽極-陰極間振動防止回路および陽極リアクトルを設けた。また格子回路への誘導による通弧および失弧の発生を防止するため第2格子-陰極間にバイパスコンデンサがそう入されている。

5. 制御装置

熱間連続圧延設備において制御上の最も重要な問題は、スタンドに圧延素材がかみ込まれたときに起る、電動機の瞬時速度降下、すなわちインパクト速度降下を最小にし、かつすみやかに設定速度に回復せしめることである。この設定速度に回復する時間を回復時間という。本設備は第1図に示したように、まず初段の粗圧延部で圧延し、次に中間圧延部、さらに仕上圧延部で圧延されるのであるから、初段の粗圧延部ではインパクト速度降下、およびその回復時間にたいする要求は後続の中間、仕上圧延部に比しほそど強くない。したがって一般に効

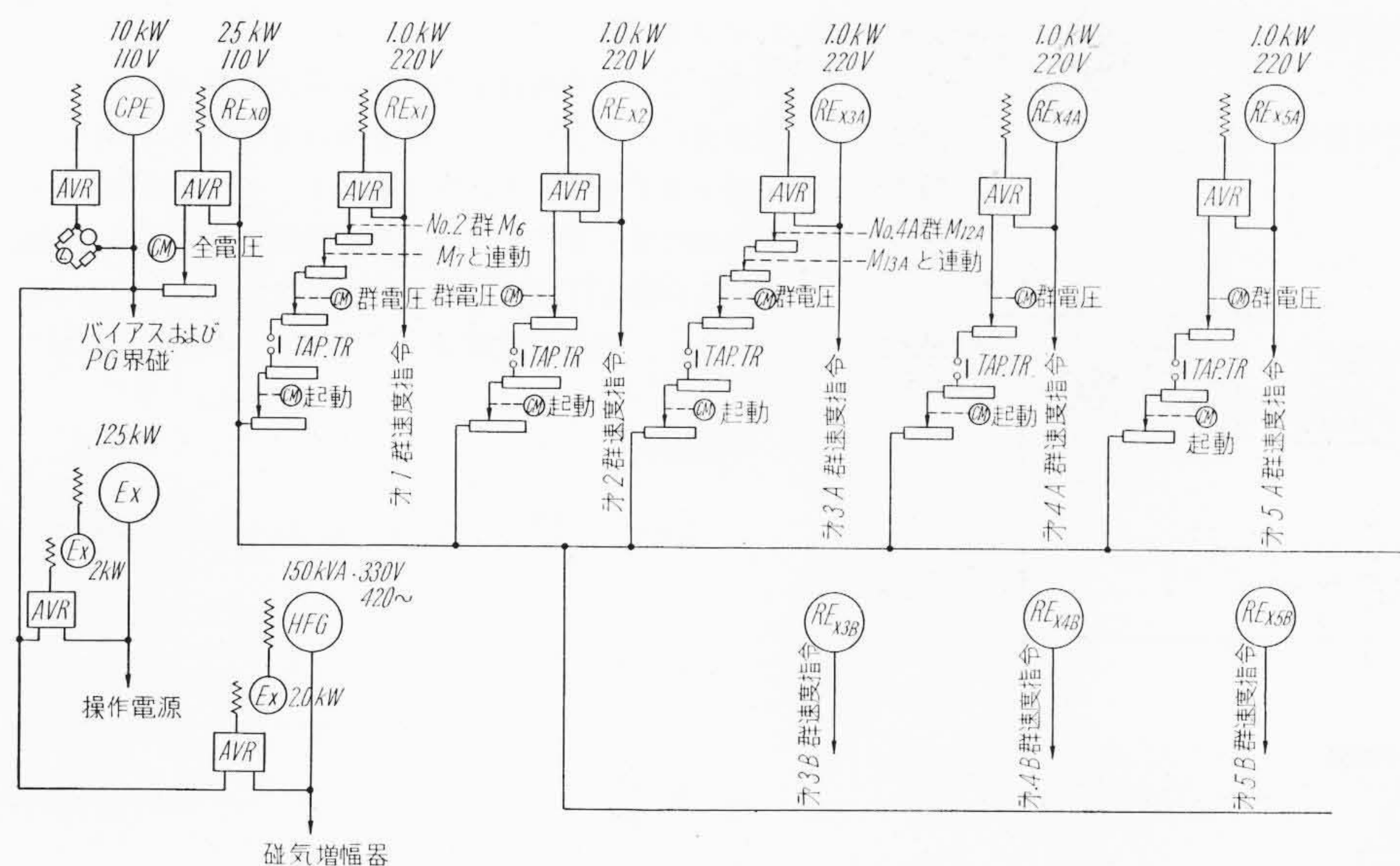
率、保守、設備費の点から、1台の水銀整流器で多数の電動機を運転する共通母線方式とし、速度制御は界磁昇圧機により電動機の界磁制御による方式で十分である。

この界磁制御方式を採用した設備には住友金属工業株式会社小倉製鉄所の線材圧延機、尼崎製鉄所製鋼工場の中小形圧延機、吾郷製鋼株式会社吾郷工場の線材圧延機など、日立製作所では数多くの実績を有し、文献⁽¹⁾⁽²⁾などにも詳細な理論および実際について述べているので、ここではその詳細にわたることは割愛する。

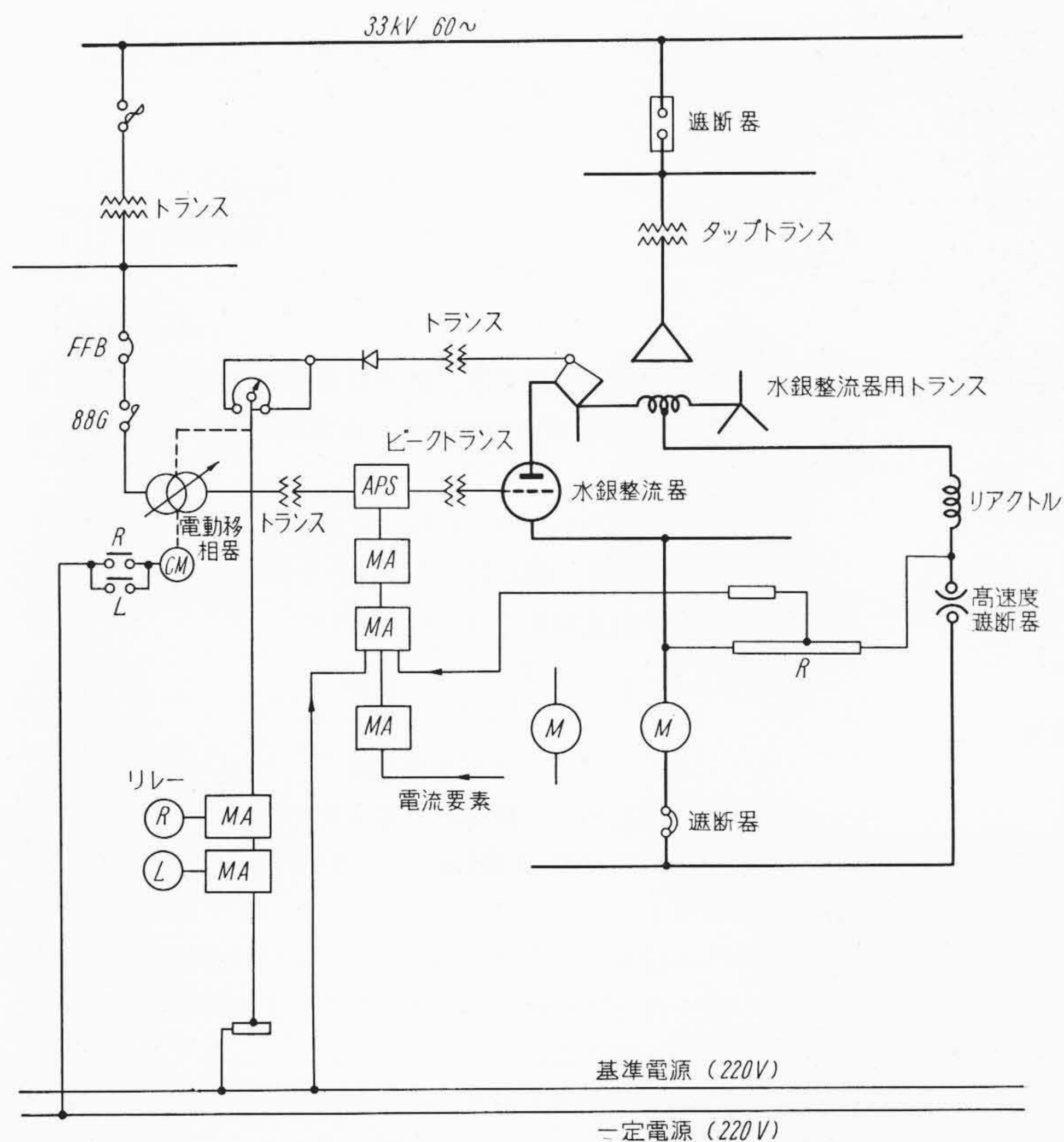
粗圧延部に比し中間圧延部では、圧延素材の速度もかなり早く、スタンド間隔、ルーバーの有無などから考えて、粗圧延部と同様な制御では満足すべき性能を期待することは不可能である。そこで中間圧延部では共通母線方式ではあるが速応性の早い、主回路昇圧機により電動機の速度を制御する方法を採用した。この方式はわが国では一例を数えるのみでヨーロッパにおいても文献上発表されているものは2、3であり、あまり例はない。本論ではこの主回路昇圧機による速度制御方式について重点的に述べる。

仕上げ圧延部はアメリカ式圧延機で6台のロールを1台の電動機で駆動するものであるが、圧延速度からも、また成品の性能に及ぼす影響の最も大きいことから、一般的に最も高い性能の得られる、水銀整流器の格子制御による速度制御系を採用した。この制御方式は日立製作所では数多くの実績を有し、これもまた粗圧延部と同様文献⁽¹⁾⁽²⁾にも発表されているので詳細は割愛する。

本設備の制御装置にはすべて半永久的寿命を有する磁気増幅器を使用し、十分に信頼性のあるものであるといえる。



第5図 基準電源部概略結線図



第6図 水銀整流器電圧制御系概略結線図

次に制御設備の概要と、中間圧延部の速度制御方式の理論および実際について述べる。

5.1 基準電源部の制御

本設備は前述のように多様な線材を圧延するので、各圧延部ごとに速度基準を与える基準発電機 (REX 1～REX 5 B) と磁気増幅器用 420 $\sim$ 高周波発電機 (HFG)、磁気増幅器のバイアス、および指速発電機界磁用の定電圧発電機 (CPE) および電動機界磁、操作電源として定電圧励磁機 (EX) を設備している。

第5図は基準電源部の概略結線図である。定電圧発電機 (CPE) は、その精度が全体の自動制御の精度を左右するから、高い精度の

ものが必要であるとともに、各制御要素は信頼性の高いものが必要である。本設備では磁気増幅器とランプ検出器を用いた、従来から多数の実績を有する方式を採用した。

この定電圧発電機 (CPE) を基準として定電圧励磁機その他の基準発電機が自動電圧調整されている。

5.2 水銀整流器電圧制御系

共通母線方式では速度制御は界磁昇圧機、または主回路昇圧機により行なわれるから、電圧制御系がなくても差つかえないようであるが、電動機に負荷が加わった場合、電源の電圧変動が速度制御系に対して、大きなじょう乱となるし、また電源電圧が変動したときには水銀整流器は無慣性であるため直接出力電圧変動となり、電動機に過電流を流し、これがまた速度制御系のじょう乱となり好まし

くないので水銀整流器出力電圧に対しても定電圧制御を加える必要がある。

第6図は電圧制御系の概略結線図を示したもので、水銀整流器の出力電圧を基準発電機電圧と比較し、その偏差電圧を磁気増幅器2段増幅により磁氣的自動移相器 (APS) の励磁電流を変化し、格子回路の位相を制御している。

水銀整流器の負荷が純抵抗の場合と、電動機負荷の場合には水銀整流器の電圧制御系の状態は異なってくる。これを解析してみると、純抵抗負荷の場合には負荷変動による電圧じょう乱は単位関数的に加わるが、電動機の場合、そのトルク変動が単位関数的に加わったとしても、電動機および機械側のフライホイール効果のため電動機電流は機械的時定数だけ時間が遅れて変化する。そのため水銀整流器への電圧じょう乱は単位関数的でなくなる。これらの関係をブロック線図から解析してみると、第7図(a)は純抵抗の場合のブロック線図である。第7図(b)は電動機負荷の場合の基本ブロック線図で、ここで機械的時定数が電氣的時定数に比し十分大きいものとして、電氣的時定数を省略すると第7図(c)のようなブロック線図が得られる。

ここに $G(p)$ は第7図(a)の前向き伝達関数をあらわしたものである。ここにおいて(a)図と(c)図を比較すると水銀整流器の負荷が純抵抗の場合と、電動機負荷の場合では $1+T_{MP}/1+T_{MP}$ なるブロックが余計に加わっている。このため電動機負荷の場合には自動電圧制御系の応答は遅くなる。電動機負荷においてうまく調整

された制御系をそのまま純抵抗負荷にすると乱調現象を呈することを経験するのは、このような理由によるものである。

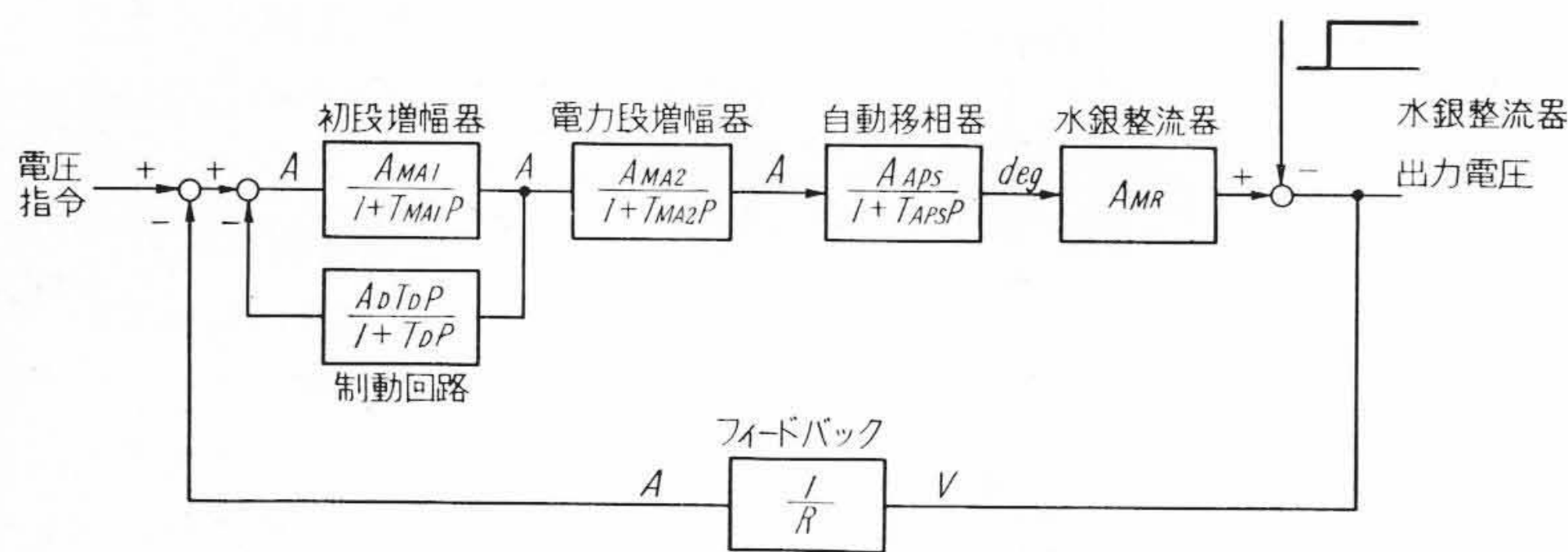
第8図は純抵抗負荷の場合の定電圧制御系のオシログラムである。回復時間 15 ms は従来文献などに発表されている内外のデータに比較し、非常に優秀なデータであって、真空管などの時間遅れの小さい制御系を使わなくても、半永久的寿命を有する磁気増幅器だけで真空管制御よりもすぐれた結果をうることができた。

5.3 速度制御系

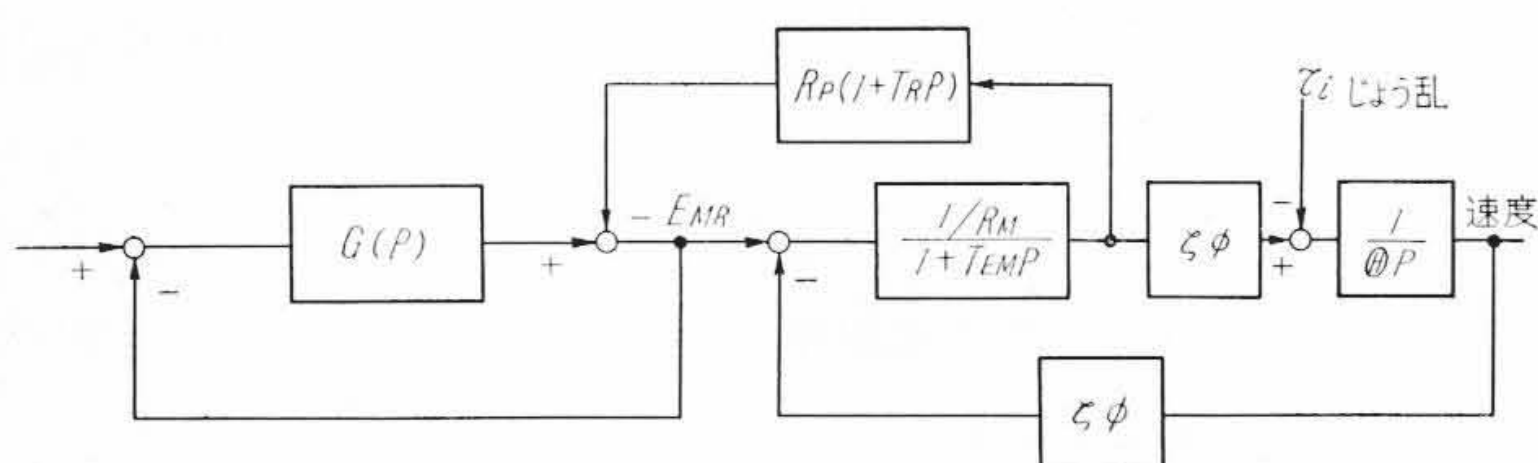
前述のように本設備では界磁昇圧機による速度制御系、主回路昇圧機による速度制御系、および各個駆動方式の速度制御系の三種類

を用いたが、この中で主回路昇圧機による速度制御系について重点的に述べる。

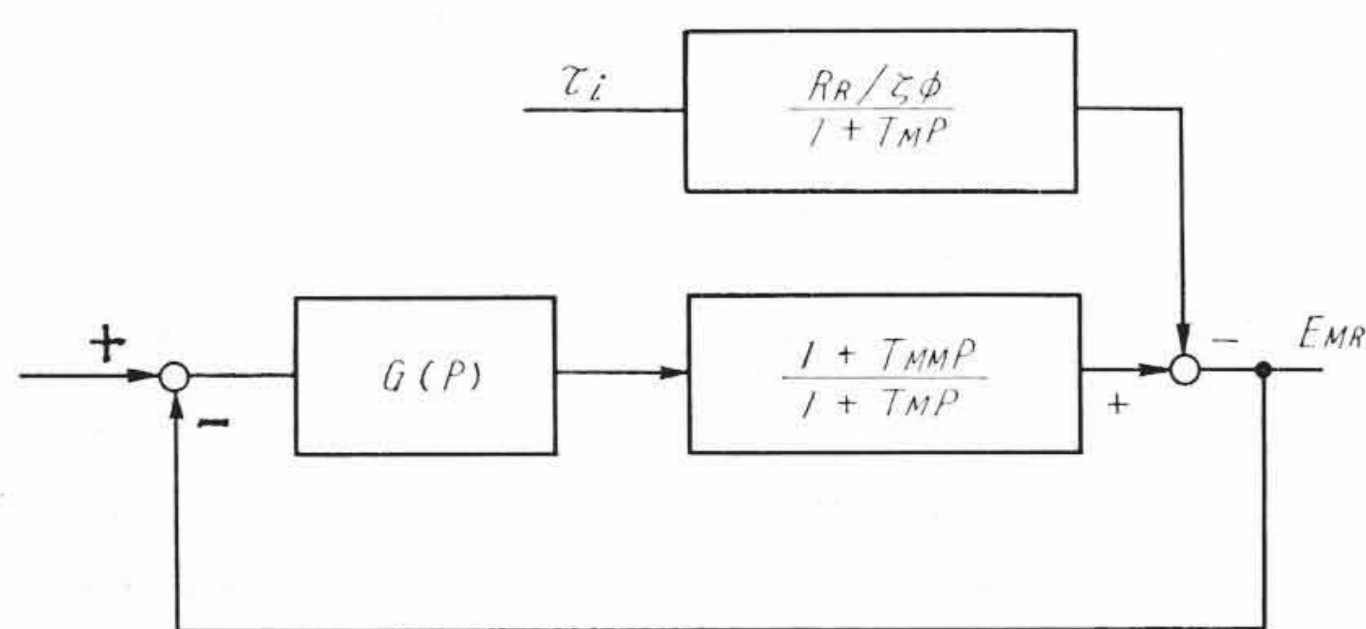
界磁昇圧機による速度制御系の 650 kW 電動機の工場試験結果の一例を第 9 図に示す。



(a) 抵抗負荷のブロック線図



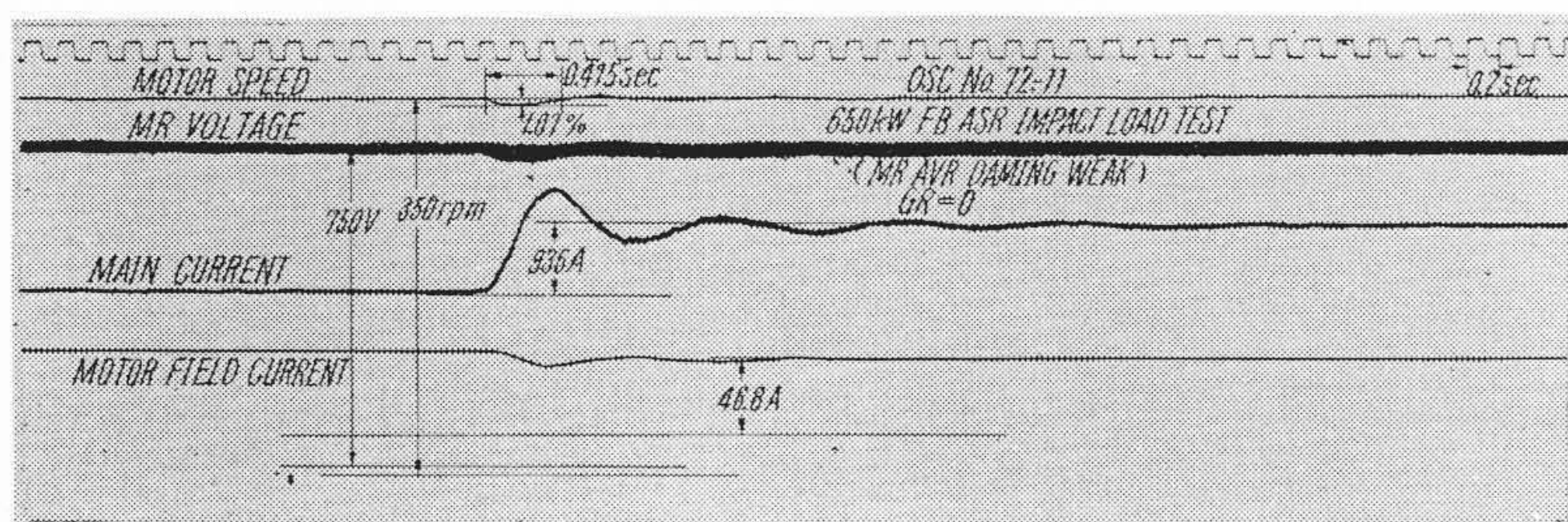
(b) 電動機負荷の基本ブロック線図



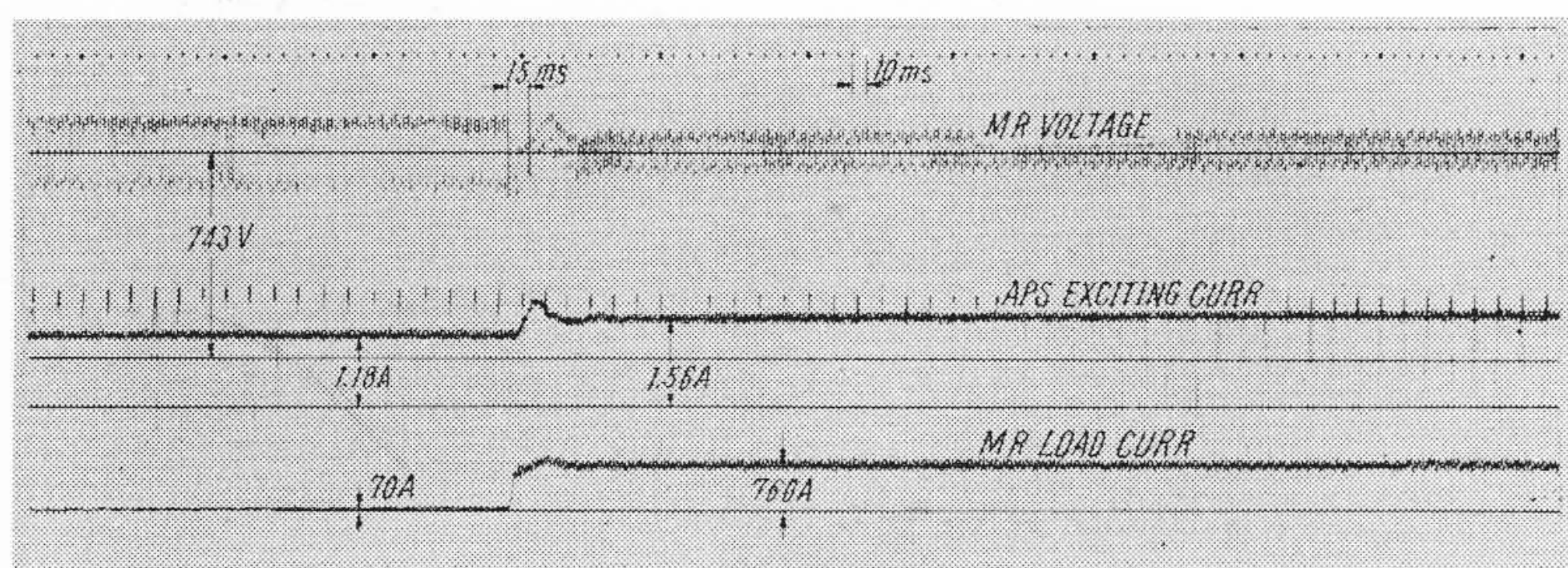
(c) 電動機負荷で電気的時定数を省略した場合のブロック線図

$$\left(1 + \frac{R_R}{R_M}\right) T_{MMP} = T_{MP}$$

第 7 図 水銀整流器定電圧制御系ブロック線図



第 8 図 水銀整流器定電圧制御系オシログラム



第 9 図 650 kW 界磁昇圧機自動速度制御系インパクト試験オシログラム

5.3.1 ブロック線図

主回路昇圧機による速度制御系の概略結線図を第 10 図に示す。図において電動機に負荷がかかり、電動機速度 $n(t)$ (rad/s) が減少すれば、指速発電機電圧 $E_p(t)$ が減少し、その基準電圧 E_s との間に電圧差が生ずる。この電圧差を増幅器で増幅し、主回路昇圧機に与えて電動機に加わる電圧を増加せしめて、電動機速度 $n(t)$ をほぼ元の値に回復せしめる。

主回路において

$$L_E \cdot \left(\frac{dI_M}{dt} \right) + R I_M = E_r(t) + E_b(t) - E_M(t) \quad (1)$$

$$E_M(t) = \zeta \phi \cdot n(t) \quad (2)$$

$$\tau(t) = \zeta \phi \cdot I_M(t) \quad (3)$$

$$\Theta \frac{dn}{dt} = \tau(t) - \tau_i(t) \quad (4)$$

ここにおいて

L_E : 主回路インダクタンス (H)

$\zeta \phi$: 単位回転数あたりの逆起電力 (V · s)

I_M : 主回路電流 (A)

$E_b(t)$: 主回路昇圧機発生電圧 (V)

$E_r(t)$: 水銀整流器出力電圧 (V)

$n(t)$: 電動機回転数 (rad/s)

Θ : 慣性能率 (GD²/4) (kg · m²)

$\tau(t)$: 電動機の発生トルク (newton · m)

$\tau_i(t)$: 負荷を駆動するに必要なトルク

(newton · m)

なる関係が成立する。指速発電機の発生電圧 $E_p(t)$ と電動機速度 $n(t)$ の間には比例定数を A_p (V · s/rad) とすると

$$E_p(t) = A_p \cdot n(t) \quad (5)$$

主回路昇圧機の電圧を $E_b(t)$ と誤差信号 $E_s - E_p(t)$ との間の伝達関数を $F(p)$ とすれば

$$L \left\{ \frac{E_b}{E_s - E_p(t)} \right\} = F(p) \quad (6)$$

L : ラプラス変換

で、以上がこの制御系の基本式で、これをブロック線図にかけば第 11 図 (a) となるが、多少変形すると (b) となる。

本設備では $F(p)$ に相当する部分は初段磁気増幅器、電力段磁気増幅器、励磁機および主回路昇圧機より成り立っている。

第 11 図 (b) をさらに、電気的時定数 T_E が機械的時定数 T_M に比し無視できる場合には ($4 T_E \ll T_M$ が成立すればよい) このブロック線図は第 11 図 (c) となり、簡単となる。

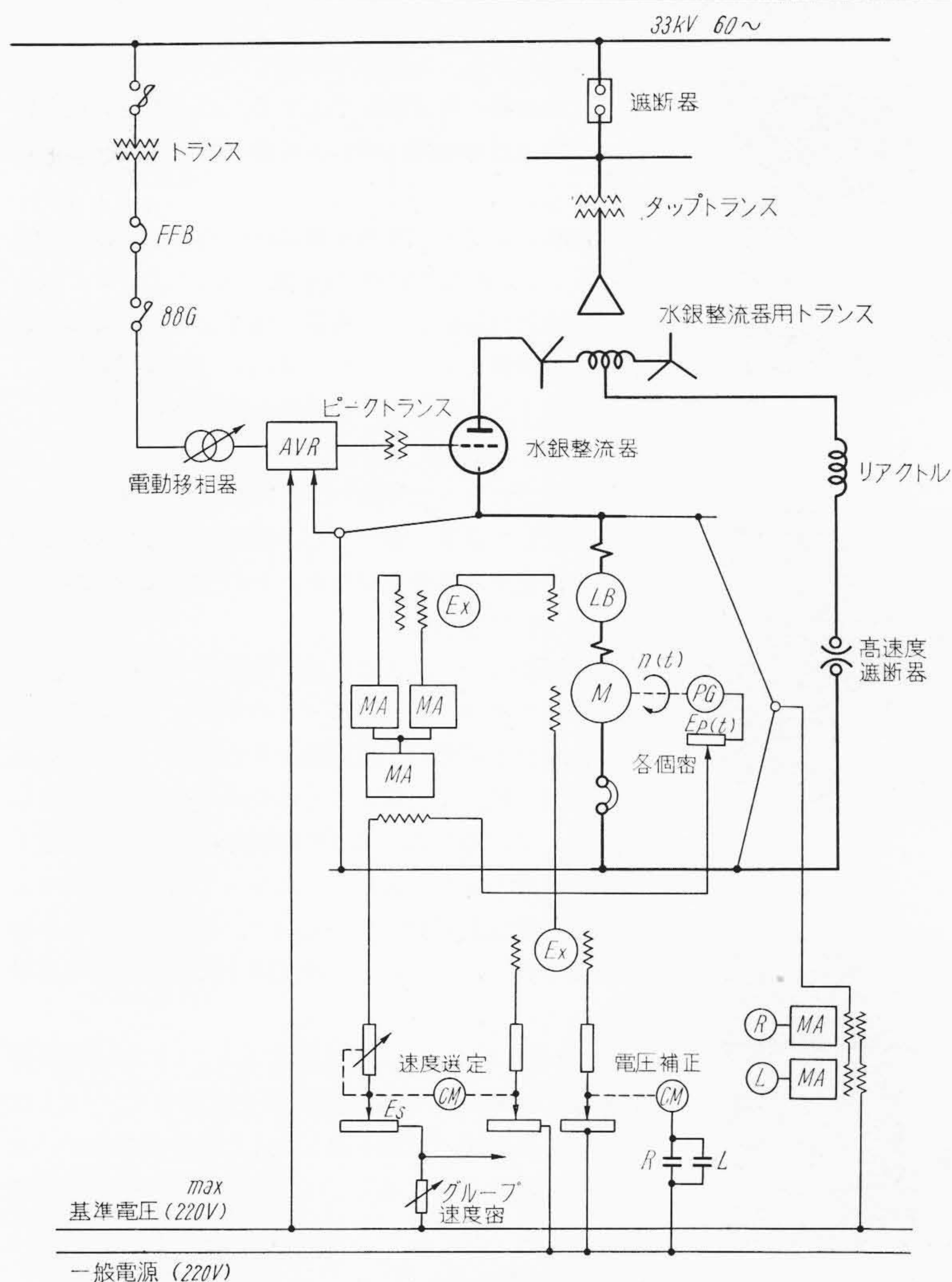
インパクト速度降下とその回復時間を理論的に求める方法についてはすでにほかの文献⁽¹⁾に発表しているので、理論式の算出経緯は省略するが、インパクト速度降下 σ_i および回復時間 T_i は次式で近似される。

$$\sigma_i = \frac{\sigma_n}{\omega_0 T_M} = \frac{W_i}{\omega_0 \Theta n_s^2} \quad (7)$$

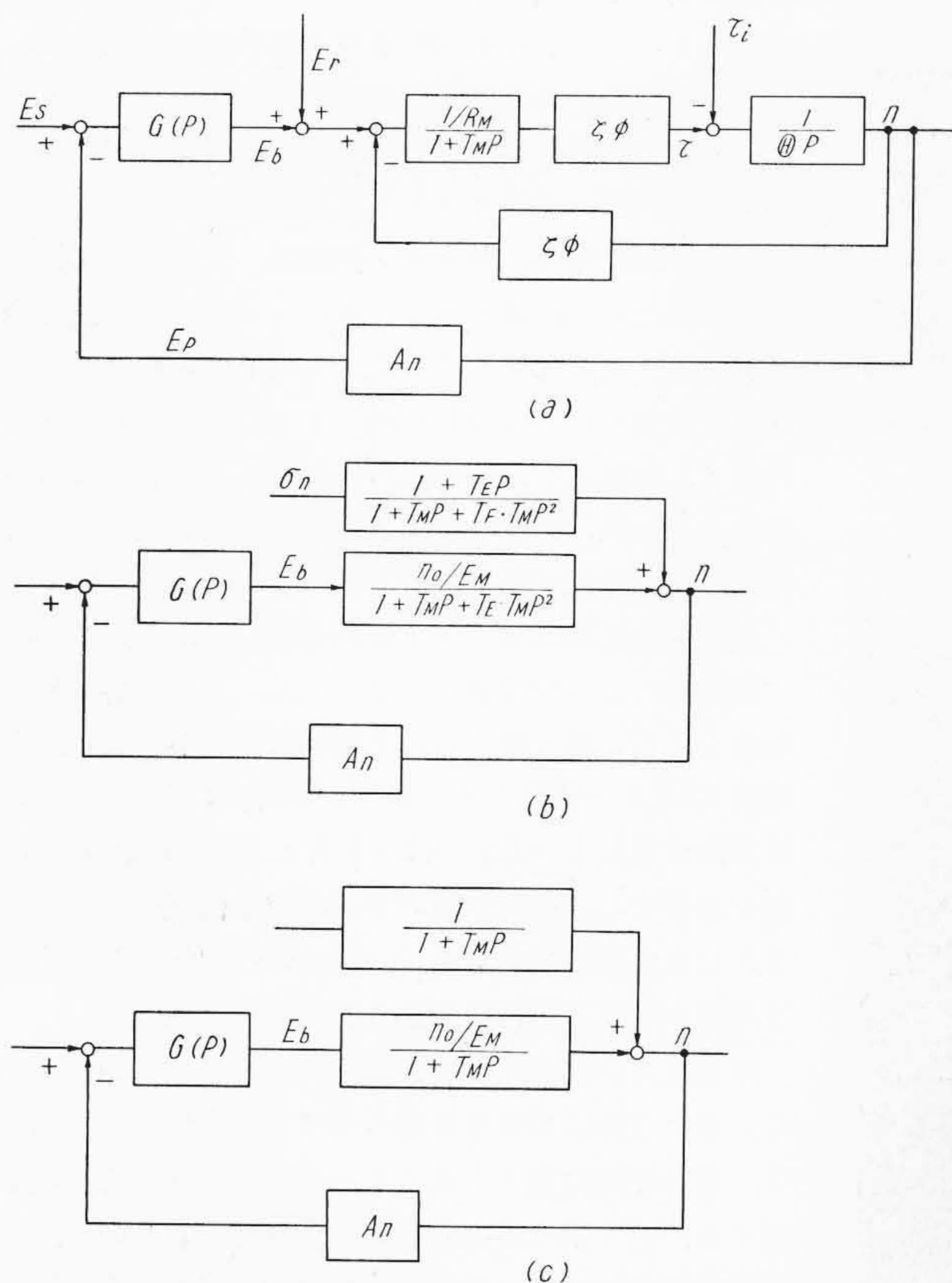
$$T_i = 4 / \omega_0 \quad (8)$$

ここに σ_n : 無制御の場合の電動機速度降下率 (%)

T_M : 機械的時定数 (s)



第10図 主回路昇圧機自動速度制御系概略結線図



第11図 主回路昇圧機による速度制御系基本ブロック線図

W_i : 与えられるインパクト負荷 (W)

θ : $GD^2/4$ (kg-m²)

n_s : 電動機速度 (rad/s)

ω_0 : 制御系全体の自由振動角周波数 (rad/s)

したがって、インパクト速度降下および回復時間を小さくするにはまず第一番目に ω_0 を大きくすることであるが、 ω_0 は制御系が決定すればおのずから限度を有する。本制御系のように時間遅れのある磁気増幅器を用いないで、真空管、サイラトロンのような時間遅れの少ないものを使用すれば ω_0 を大とすることも考えられるが、指速発電機からのリップルをとるため系にフィルタ回路をそう入しなければ実際運転ができないことになり、このフィルタ回路の時定数がわざわざして結局 ω_0 はさほど大きくはとれないということになる。その点を考慮すると保守点検上からみて磁気増幅器制御のほうが総合的にすぐれていると考えてよい。

一般的には昇磁制御による速度制御系の ω_0 より、主回路昇圧機による速度制御系の ω_0 は大きくとれる。すなわち、電動機の昇磁回路の時定数が、主回路昇圧機の時定数に比し大きいと、ボード線図における位相変化が大となるため、位相余裕が小となり ω_0 を大きく選定することが困難となる。

この理由により、時間遅れの制御要素の少ない各個駆動方式がより高い ω_0 を選ぶことができるが、どの制御系を採用するかは設備費、要求される精度などを考慮に入れて決定しなければならない。

したがって ω_0 は制御率がきまれば限度があるので、回復時間 T_i はおのずから決定される。同じ制御系でインパクト速度降下 σ_i を小さくするには先に述べたように回転部分に貯えられるエネルギーを大とすることであるが、同時に機械的時定数 T_M も大きくなり位相余裕が減少し、不安定気味になる。しかしながら T_M による位相変化は90度よりも大きくはならないので、 T_M が増加しても位相余裕は比例的に減少することはない。 T_M の増加分はわづか ω_0 を小とすれば安定となるので、回転部分にたくわえられるエネルギーを大とすることは有効な方法である。

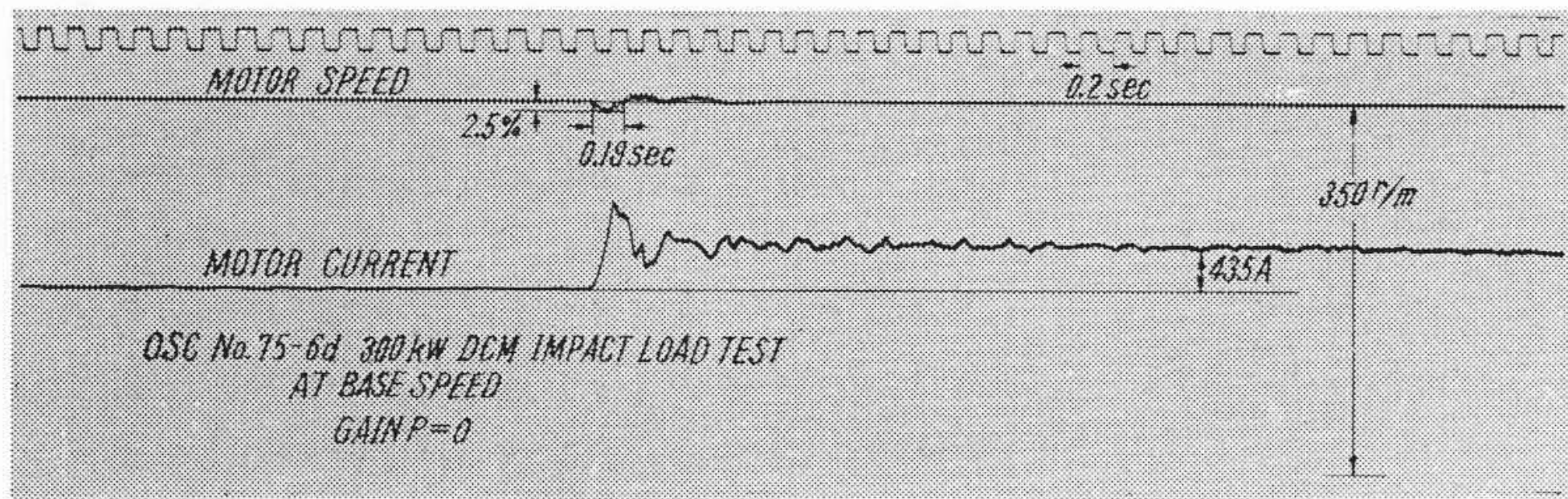
次に電動機速度変動率、すなわち主回路の抵抗 R を変化することが考えられるが、 R を大きくすると T_M が大となり位相余裕に影響を及ぼす上に、速度を回復させるために増幅器は広い増幅範囲を必要とし悪影響を及ぼす。また逆に R を小とすると位相余裕が大となり ω_0 を高くとることができるが、あまりに小さくすると電源電圧変動による突入電流が大きくなり、また機械的時定数と電気的時定数の間に $4T_E \ll T_M$ の関係が成り立たなくなるので好ましくない。

したがって ω_0 でカバーできないほど、特に高い精度を必要とする場合には大形な回転機を使用して GD^2 を大とし、速度変動率を小としかつ突入電流に対しても十分と余裕のあるものとするのが有効となってくる。

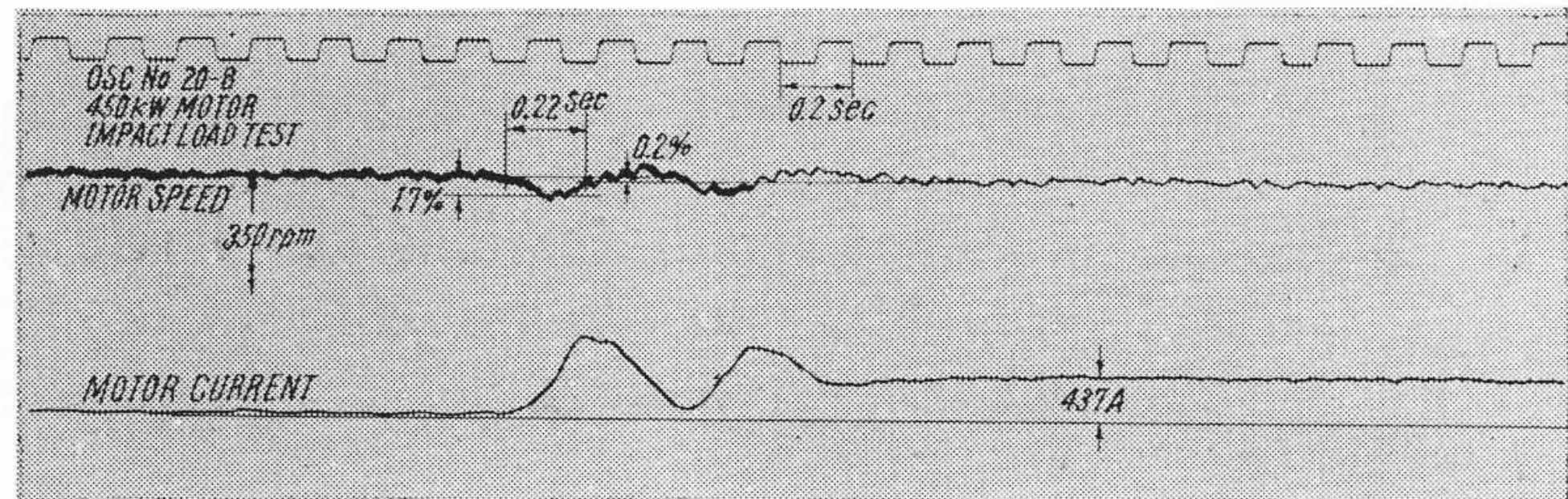
以上が主回路昇圧機による速度制御系の概要であるが次に本制御系を構成する各要素について特に考慮をはらった点について述べる。

5.3.2 各制御要素

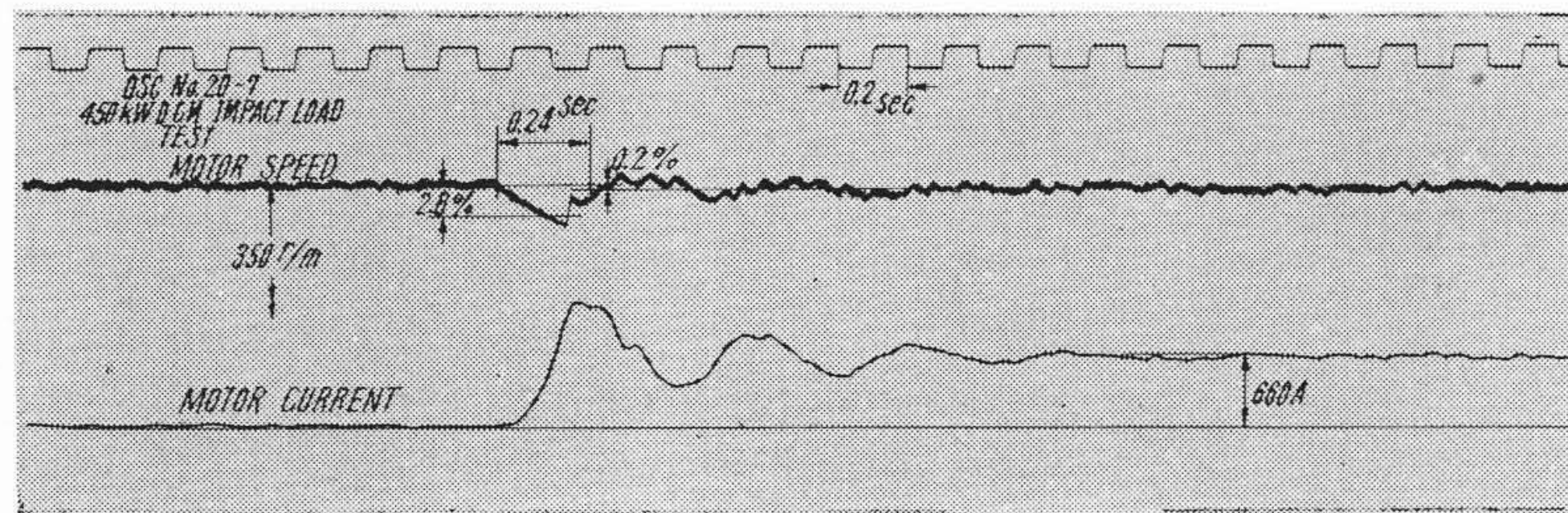
本制御系の増幅部は磁気増幅器、励磁機、主回路昇圧機を用いているが、磁気増幅器は420V電源を使用し、かつ回路的に特に



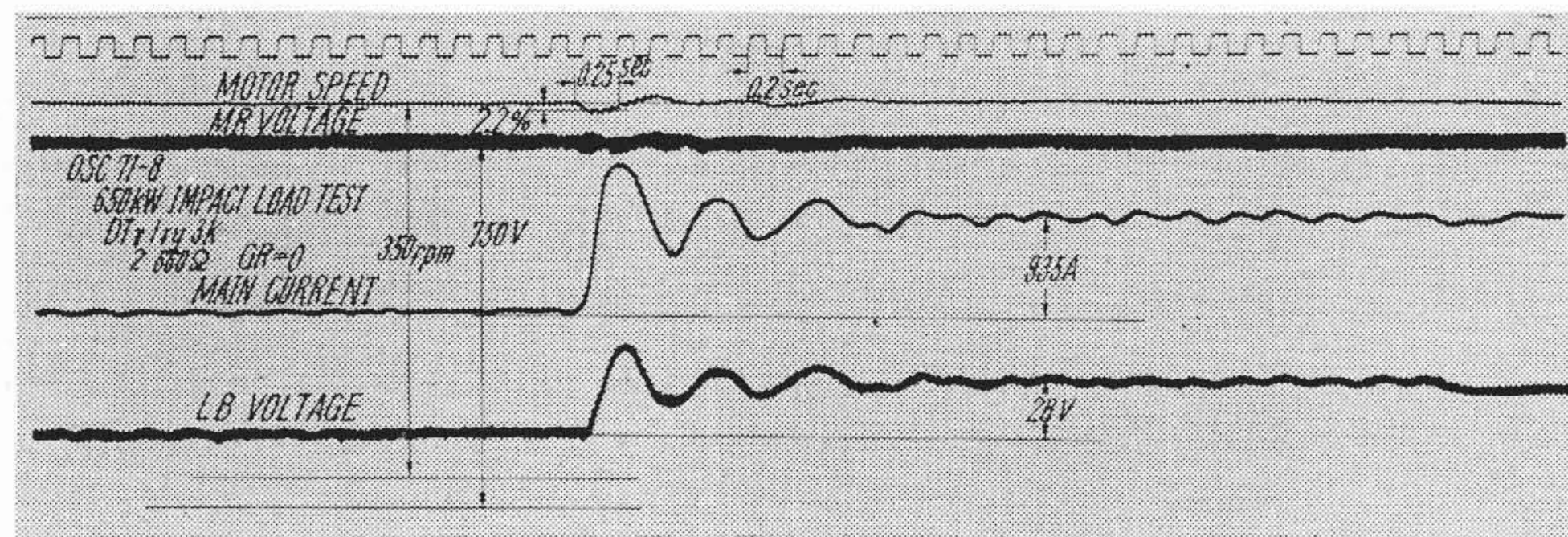
(a)



(b)

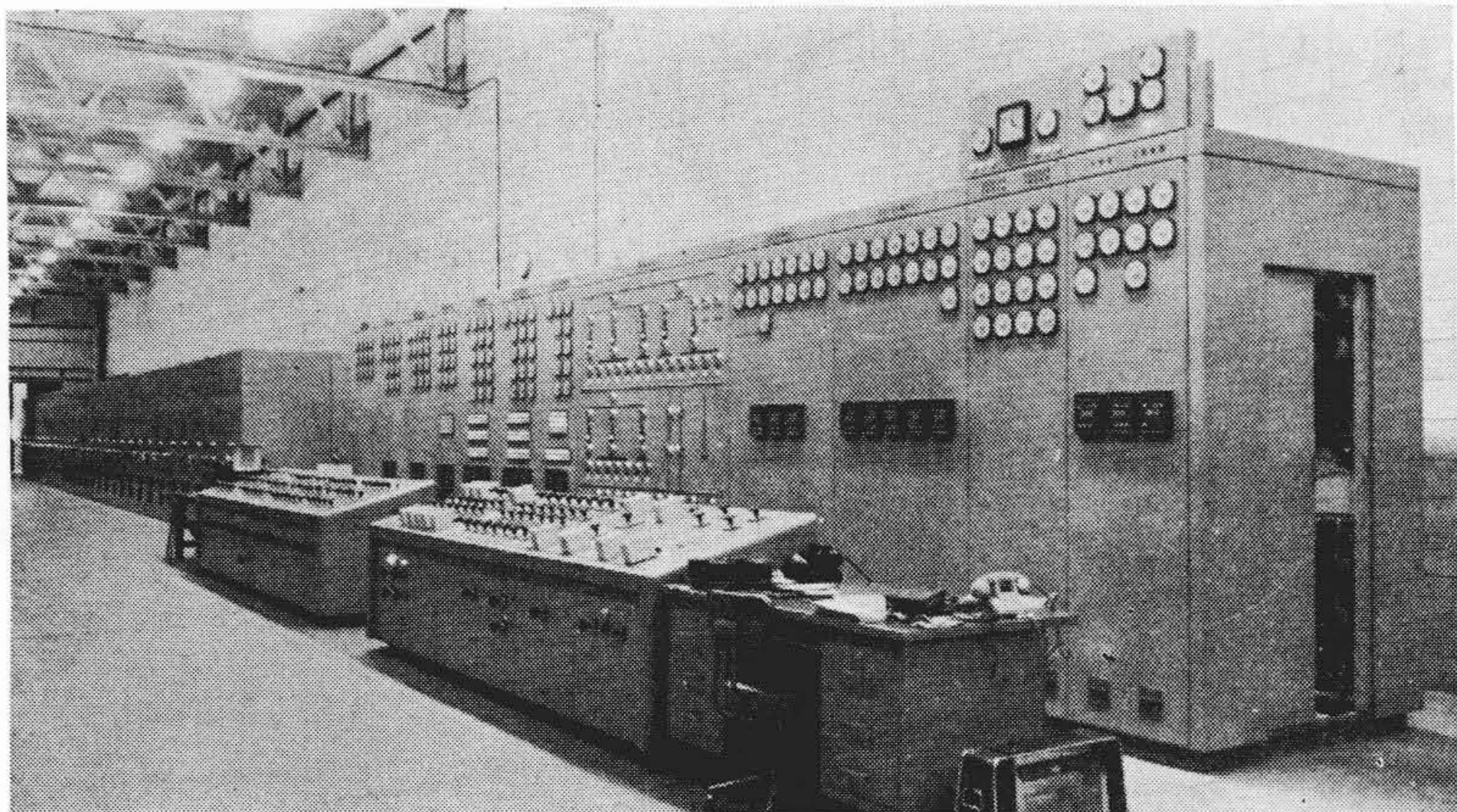


(c)



(d)

第 12 図 主回路昇圧機自動速度制御系インパクト試験
オシログラム



第 13 図 総 合 監 視 盤

時間遅れの少なくなるよう考慮した。また次に述べるように励磁機の時定数を小とするためこの励磁機を励磁する出力増幅器は特に大容量のものを開発し使用している。

励磁機および主回路昇圧機は前述のように極力時定数を小とし、電力増幅率/時定数を大としたが、これらの値は設計当初において所期の精度をうるための各制御要素の特性をアナコムにて算出し、設計製作した。その結果十分と満足すべき結果を得ている。

5.3.3 試 験 結 果

以上述べたような理論により、アナログコンピュータを駆使して設計、製作した本制御系は所期の精度を十分と満足する結果を得たが、その工場試験における結果について述べる。

第 12 図 (a)～(c) は各種電動機のインパクト負荷試験のオシログラムである。このオシログラムは工場試験における結果で、電動機を 2 台連結し、一方を直流電動機、他方を負荷を与えるための直流発電機として使用しているため、 GD^2 は実際の場合の 2 倍近くの値におけるものである。したがって前述の理論により機械的時定数が伸びているので、実際の場合より回復時間は長く、インパクト速度降下は若干良好な結果になっている。

第 12 図 (b) と (c) を比較すると、(b) は 450 kW 電動機に 300 kW 相当負荷を加えた場合で、(c) は 450 kW 電動機に定格負荷を加えた場合であるが、大形の電動機を使用することは理論的にも、実際にも良好な結果をうることができる。

5.4 運 転 操 作

本設備の運転操作は、第 1～2 群関係運転室、A 列関係運転室、B 列関係運転室、エデーボン巻線機運転室、およびガレット巻線機運転室の 5 箇所から行われる。

各操作机盤には各電動機の数計、電流計、電圧計などのメータ類のほか速度粗調整用の操作ハンドル、密調整用抵抗器、サクセイブ速度調整用抵抗器、各群および全群用起動停止押ボタン開閉器、正寸逆寸用押ボタン開閉器などが設備されている。サクセイブ速度調整はルーバーを区分として、たとえば M_7 用のサクセイブ速度調整を行えば $M_1 \sim M_7$ までの速度が同じ比率で昇速または降速し、 $M_{11}A$ のサクセイブ速度調整器を動作させれば、 $M_8A \sim M_{11}A$ の速度が同じ比率をもって昇速または降速することができるようになっている。

全設備の起動は第 1～2 群用運転室にある起動押ボタン開閉器により全設備いっせいに、また各群単独にも起動できる。第 5 図における起動用抵抗器により基準発電機 REX 1～REX 5 B の電圧が直線的に上昇し、水銀整流器出力電圧も REX～REX 5 B に比例的に上昇し電動機を加速する。起動の際の界磁状態は任意の状態に整定されたまま起動できるので、停止前の運転状態をそのまま再現することが可能である。

停止および減速は発電制動抵抗器によって行っている。また寸動は水銀整流器の指令電圧を低い値に切替えて、電動機供給電圧を低くし、適当な低速で電動機は回転する。逆寸動は界磁切替えにより行う。寸動の操作は各電動機単独にも、群内の電動機数台同時にも操作できるようになっている。

主電気室には設備全体の動作が監視できるよう第13図に示した総合監視盤を設けて、受電から主電動機、補機電動機までの準備操作がなされる。またいかなる事故に対しても確実に保護し、ただちに再運転できるよう各種の保護装置が設けられ、その監視もここでなされ、迅速に処理できるようになっている。

6. 結 言

以上、神戸製鋼所瀬浜工場に納入した連続式線材圧延機電気設備の概要について述べたが、インパクト速度降下、および回復時間を最小とするため、アナログコンピュータにより解析し各制御要素お

よび制御系の設計製作を行い所期の精度を十分満足することができた。

かつまた大容量、高精度の圧延設備にもかかわらず現地調整期間わずか1箇月未満で、完全な営業運転を開始した。

終りに、終始ご指導を賜った神戸製鋼所浅田工場長はじめ各位、日立製作所日立工場高木副工場長、泉、毛利、田附、平川各部長、木田、金子、菱沼各課長、西主任はじめ各位に厚くお礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 泉、毛利、田附、小野田：日立評論 別冊 26, 84 (1958)
- (2) 白木、川上、斎藤、大浜：日立評論 別冊 29, (1959)



新 案 の 紹 介



実用新案第512332号

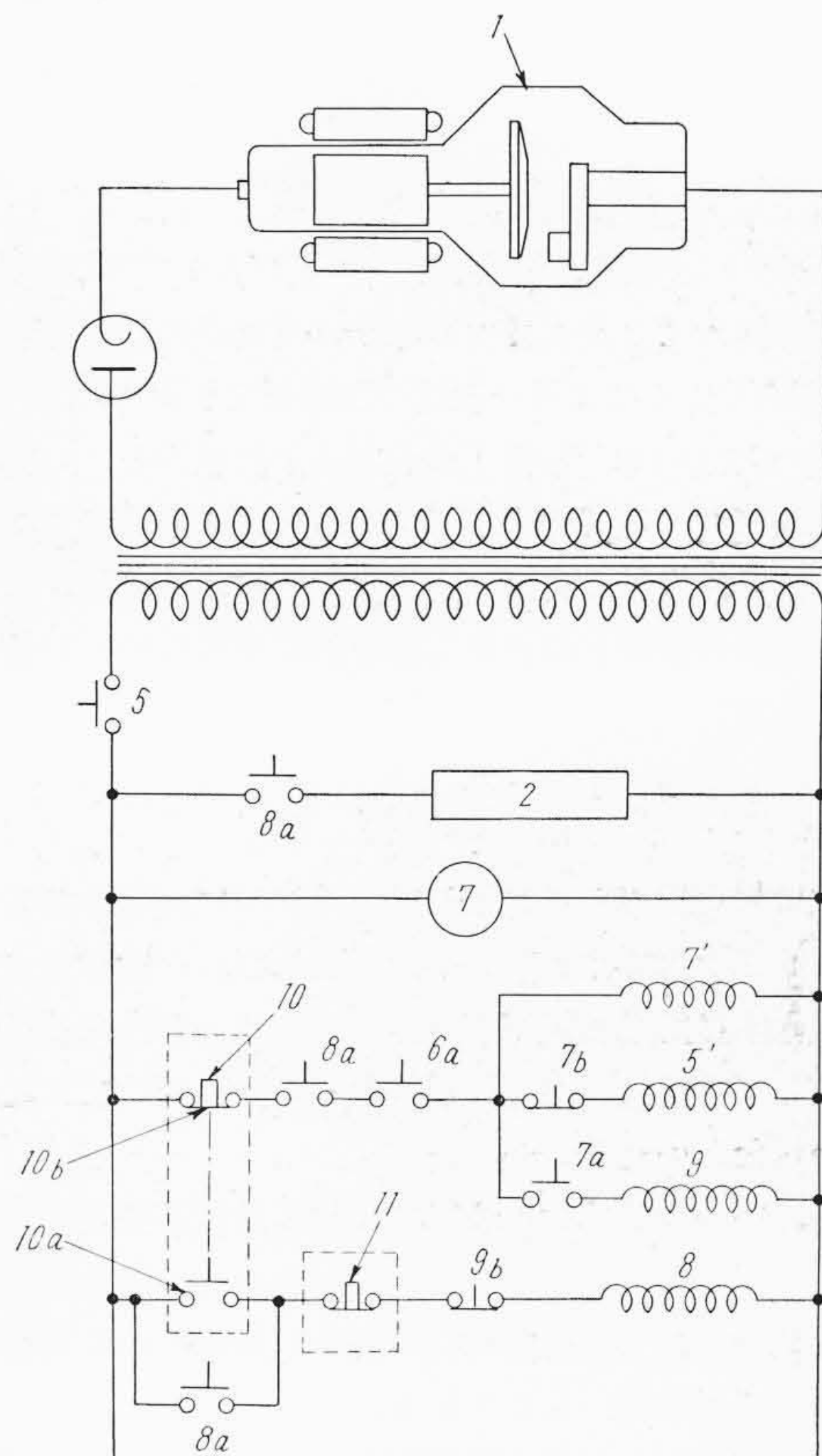
和田正脩・小林長平
市川義三

回 転 陽 極 X 線 管 の 制 御 装 置

この考案は回転陽極X線管を用いて、希望する時期に瞬間撮影ができるようにしたもので、撮影の際に押ボタン10を押すと接点10aが閉じて継電器8を付勢するため接点8aが閉じ起動装置2を付勢して回転陽極を起動させる。

回転陽極が規定回転数に達するとこれに応じて接点6aが閉じ、同時に表示ランプがつくから、その後適当な時期に押ボタン10を放せば接点10bの閉路によりコイル5'が付勢され電磁開閉器5が閉じてX線管1に高電圧が印加されX線が出る。7は撮影用タイマーでその動作により接点7bが開いて電磁開閉器5を開放し、同時に接点7aが閉じて継電器9を付勢し、その接点9bにより継電器8の付勢を断って復旧させる。何かの理由で撮影を中止したい場合は押ボタン11を押せばよい。

このように押ボタン10を押すことにより回転陽極が起動し、次に押ボタン10を放せばX線が出るので、小児などのように動きやすい被写体の瞬間撮影が簡易に行える。(坂本)



Vol. 43

日 立

評 論

No. 6

(次 号 予 告)

■火力発電機器小特集

- ◎中国電力岡山火力発電所納 435 t/h ボイラ
- ◎中国電力岡山火力発電所納 125,000 kW 再熱タービン
- ◎中国電力岡山火力発電所納 160,000 kVA タービン発電機
- ◎中国電力岡山火力発電所納プラントおよびプラント用機器

■普通論文

- ◎脱気器と汽罐給水ポンプ吸込配管の過渡現象
- ◎復水器の電気防食法に対する研究
- ◎水銀整流器式交流電気機関車の格子制御装置

- ◎2 MV コックロフト形直流高圧発生装置
- ◎水平プランジャ形新形電磁開閉器
- ◎電子顕微鏡による酸化物陰極表面の観察(第2報)
- ◎多翼ファン内の流れ
- ◎東京電力株式会社納埼玉・小川間マイクロ波多重電話装置

- ◎UHF 送信管の諸問題
- ◎超高圧送電線コロナの基礎的考察
- ◎高C、高V、高速度鋼の炭化物と切削耐久力について

■技術者ノート

- ◎T O プラントの運転および保守

発行所 日立評論社
取次店 株式会社オーム社書店

東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地
東京都千代田区神田錦町3丁目1番地

振替口座東京 71824 番
振替口座東京 20018 番