U.D.C. 621.771.261.4 : 621.313

トピー工業株式会社納

ワイドフランジミル用電気設備

Electrical Equipment for Wide Frange mill Delivered to TOPY Industries Ltd.

宅間　豊*　坂口邦治*
Yutaka Takuma　Kuniharu Sakaguchi

内　容　梗　概

トピー工業株式会社豊橋製鋼所に国産第1号のワイドフランジミルを納入し，好調のうちに営業運転にはいった。この電気設備は主ロールとエッジャーロールとの速度揃制御に演算磁気増幅器を用いたロール径補償回路，その他圧下回路にプログラム運転，仕上圧延機周辺の自動化による無人化など新しい制御方式の採用および自動化を行なった。本文はその概要と特長を述べたものである。

1. 緒　　言

今回トピー工業株式会社に納入したワイドフランジミルは機械設備，電気設備ともに日立製作所で製作した国産第1号機であって昭和39年6月営業運転にはいり，現在好調裡に運転中である。

本電気設備は，豊富な経験を有する急速加減速および操作回路の無接点化を中心として，これに最新の技術を加えて設計製作されたものであり，そのおもなものをあげると次のとおりである。

（1） 主ロールとエッジャーロールのロール径補償回路に演算磁器増幅器を用い，主ロールとエッジャーロールの周速揃制御を容易ならしめた。

（2） 圧下回路にカードプログラム自動運転装置を付し，能率向上および製品精度の向上をはかった。

（3） 仕上圧延機回りの自動運転化を行ない合理化をはかった。

（4） 回転機の設計製作にあたっては，圧延の過酷な責務に応じうるがん強な構造とする一方，制御性能を向上するため，その GD^2 を極力小さくし，かつ直流機の場合その整流改善に特に意をつくした。

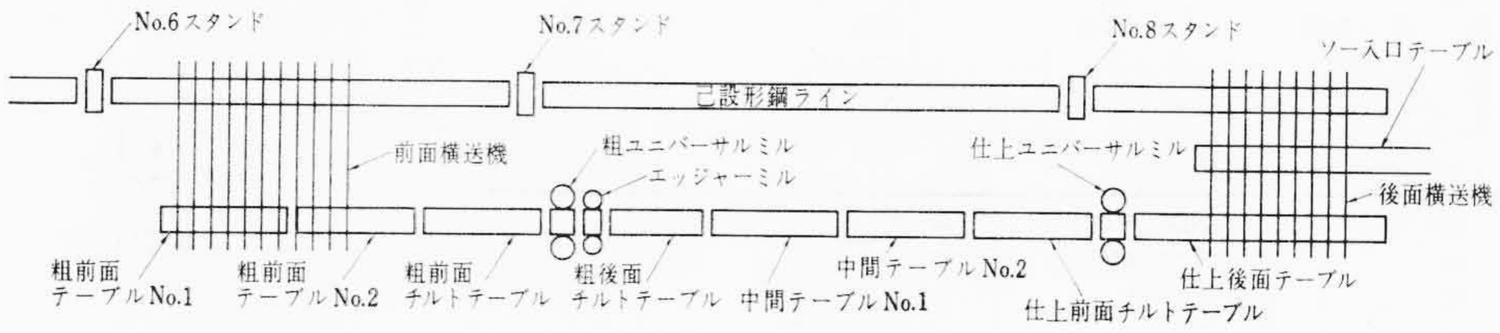
2. 電気設備の概要

ワイドフランジミルは**第1図**に示すように粗圧延機および仕上圧延機の2群よりなる。圧延方法は下記のとおり。

既設の可逆分塊圧延機および連続圧延機第1～第6スタンドにて圧延された素材は，新設のワイドフランジ粗圧延機前面トランスファにより，ワイドフランジ圧延機ラインに移送され，粗圧延機前面テーブルにより粗圧延機に送られる。粗圧延機のユニバーサル圧延機およびエッジャー圧延機においては，最大9パスの可逆圧延が行なわれる。粗圧延を終了した圧延機は，粗後面テーブル，中間テーブルを経て仕上圧延機により1パスの仕上圧延が行なわれ，仕上後面テーブルに至り，後面トランスファにより，既設のホットソーテーブルに送られる。

粗圧延機の主ユニバーサル圧延機は 2,200 kW 直流電動機，エッジャー圧延機は 600 kW 直流電動機により駆動される。いずれも磁気増幅器，HTD，ヒタログを用いた急速励磁方式を用いており，ユニバーサル圧延機，エッジャー圧延機のロール周速揃制御が行なわれ，またカードプログラム制御される。

仕上圧延機は 1,100 kW 誘導電動機により駆動される。



第1図　トピー工業豊橋製鋼所納　ワイドフランジミル機器配置図

粗ユニバーサル圧延機の水平，垂直ロール圧下，エッジャーロール圧下および粗圧延機前後面の各テーブルは，急速な正逆転が行なわれるため，いずれも HTD，磁気増幅器を用いた応答の速い可変電圧制御により駆動される。これらの仕様は**第1表**に示すとおりである。

3. 電　気　設　備

本設備の電気設備においては，最新技術により種々特長ある装置を採用したが，以下これらの詳細につき述べる。

3.1 主ロールおよびエッジャーロール駆動電動機制御

主ロールおよびエッジャーロールの駆動電動機制御回路の概略結線図を**第2図**に示す。この二つの電動機制御においては，いずれも HTD，磁気増幅器を用いて急速加減速を行なっている。

（1） 発電機電圧制御

圧延電動機の加減速は，その基準速度（主ロールは 70 rpm，エッジャーロールは 150 rpm）までは発電機の電圧制御により行なわれる。電動機の理想的な急速加減速には，発電機，励磁機，HTD などが，それぞれ適切な波形となるよう制御しなければならない。そのため発電機，励磁機，HTD の時定数の短縮，特殊な制御方法などが必要であるが，本装置においては磁気増幅器の非直線特性を利用した。すなわち発電機電圧指令および発電機電圧帰還は，それぞれ磁気増幅器 MA 1 の制御巻線 f_1，f_2 に与えられる。発電機電圧帰還が，発電機電圧上昇とともに増加して f_1 巻線の電圧指令値に近づくまでは，**第3図**の動作説明図にみられるように，f_1 の界磁電流の値が，f_2 のそれよりもずっと大きいために，磁気増幅器 MA 1 はその飽和範囲で動作している。したがって HTD には磁気増幅器 MA 1 の飽和電流値の大きな一定電流が与えられ，HTD 電圧，したがって励磁機，発電機電圧は急速に直線的に上昇する。

発電機電圧が電圧指令値に近づき，f_2 の帰還電流が f_1 の電圧指令値とほぼ等しくなって，はじめて磁気増幅器はその比例動作範囲で動作し，f_1，f_2 は平衡動作点に達し，発電機電圧上昇は停止する。

* 日立製作所日立工場

第1表　電気設備概略仕様一覧表

（1）　主電動機仕様

	粗　主　ロ　ー　ル	エッジャーロール
形　　式	EFBL-SPKK	EFB_3L-SPKK
定　　格	連　　続	連　　続
電　　圧	±750 V	±750 V
回 転 数	0～±70 rpm 電圧制御定回転力	0～±150 rpm 電圧制御定回転力
	±70～±140 rpm界磁制御定出力	±150～±300 rpm 界磁制御定出力
最大回転力	常用最大225％非常最大275％	常用最大225％非常最大275％
温度上昇	50℃（温度計法）	50℃（温度計法）
絶　　縁	B種	B種

（2）　イルグナ変流機仕様

	主ロール直流発電機	エッジャーロール直流発電機	三相誘導電動機	蓄勢輪
形　式	EFB_1L-SPKK	EFB_1L-SPKK	EFF2BLD-DRQ	強制油循環式および油環式
出　力	1,250 kW×2台	700 kW×1台	2,500 kW×1台	GD^2 119 T-M^2
電　圧	±750 V	±750 V	3,300 V	約85,000 kWs
回転数	720 rpm	720 rpm	720 rpm 60～	—
最大出力	275％	275％	275％	—
温度上昇	50℃（温度計法）	50℃（温度計法）	50℃（温度計法）	—
絶　縁	B種	B種	B種	—
極　数	—	—	10	—
最大すべり	—	—	20％	—

（3）　仕上主ロール電動機仕様

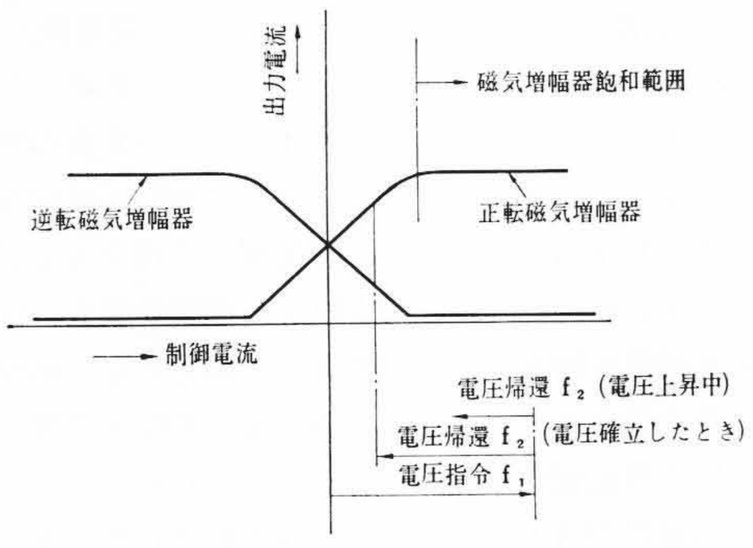
形　式	SBLD-DR	最大出力	300％
出　力	1,200 kW	絶　縁	B種
電　圧	3,300 V	極　数	14
回転数	514 rpm	最大すべり	23％

（4）　可変電圧補機電動機仕様

用　途	容量 (kW)	電圧 (V)	回転数 (rpm)	定格	形	員数
粗前面 No. 1 テーブル	26	220/440	575/1,150	連続	閉鎖他力通風	1
粗前面 No. 2 テーブル	26	220/440	575/1,150	連続	閉鎖他力通風	1
粗前面チルトテーブル	26	220/440	575/1,150	連続	閉鎖他力通風	1
粗後面チルトテーブル	26	220/440	575/1,150	連続	閉鎖他力通風	1
中間テーブル　No. 1	26	220/440	575/1,150	連続	閉鎖他力通風	1
中間テーブル　No. 2	26	220/440	575/1,150	連続	閉鎖他力通風	1
仕上前面チルトテーブル	26	220/440	575/1,150	連続	閉鎖他力通風	1
粗水平ロール圧下	26	220/440	575/1,150	連続	閉鎖他力通風	2
粗垂直ロール開閉	11	220/440	725/1,450	連続	閉鎖他力通風	2
エッジャーロール圧下	11	220/440	725/1,450	連続	閉鎖他力通風	1

（5）　交流補機電動機仕様

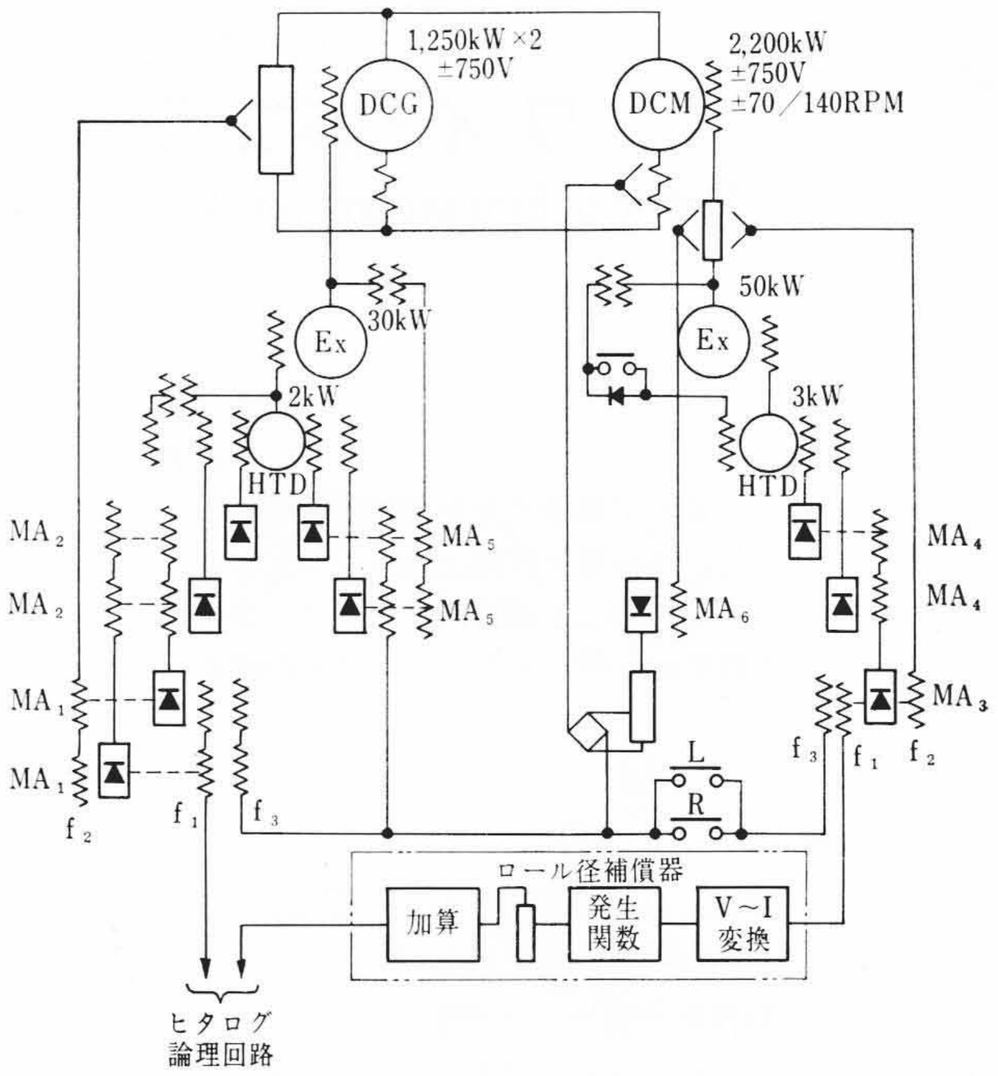
用　途	容量 (kW)	電圧 (V)	回転数 (rpm)	定格	形	員数
粗前面トランスファ	15	440	900	120分	TO-DR	2
粗後面サイドガイド	3	440	1,200	60分	TO-DR	1
仕上水平ロール圧下	7.5	440	900	60分	TO-DR	2
仕上垂直ロール開閉	5	440	900	60分	TO-DR	2
仕上後面テーブル	15	440	900	120分	TO-DR	4
仕上後面トランスファ	15	440	900	120分	TO-DR	3



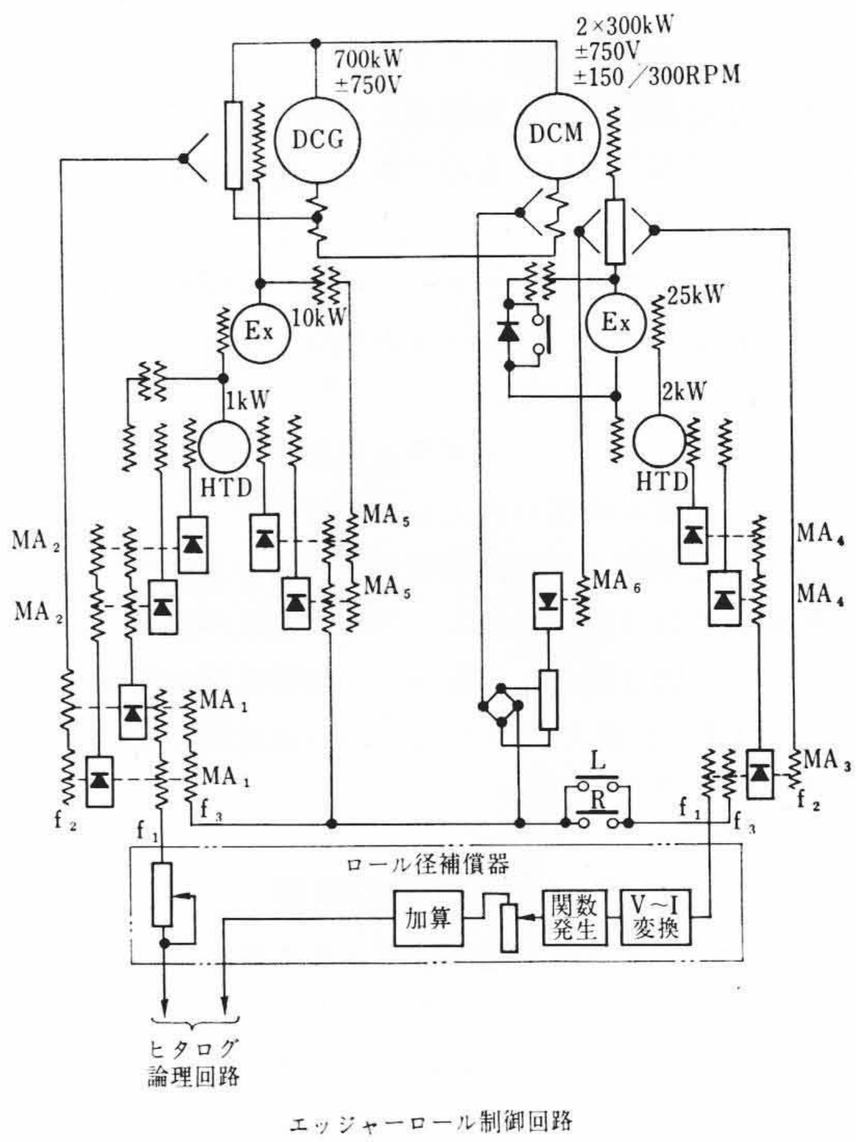
第3図　電圧制御磁気増幅器の動作

（2）　電動機界磁制御

圧延電動機の基準速度以上での加減速は，電動機の界磁制御によって行なわれる。本装置では電圧制御の場合と同様に磁気増幅器を用いた。すなわちHTDは磁気増幅器MA4およびMA3により励磁され，MA3は電動機界磁電流指令をf_1に，電動機界磁



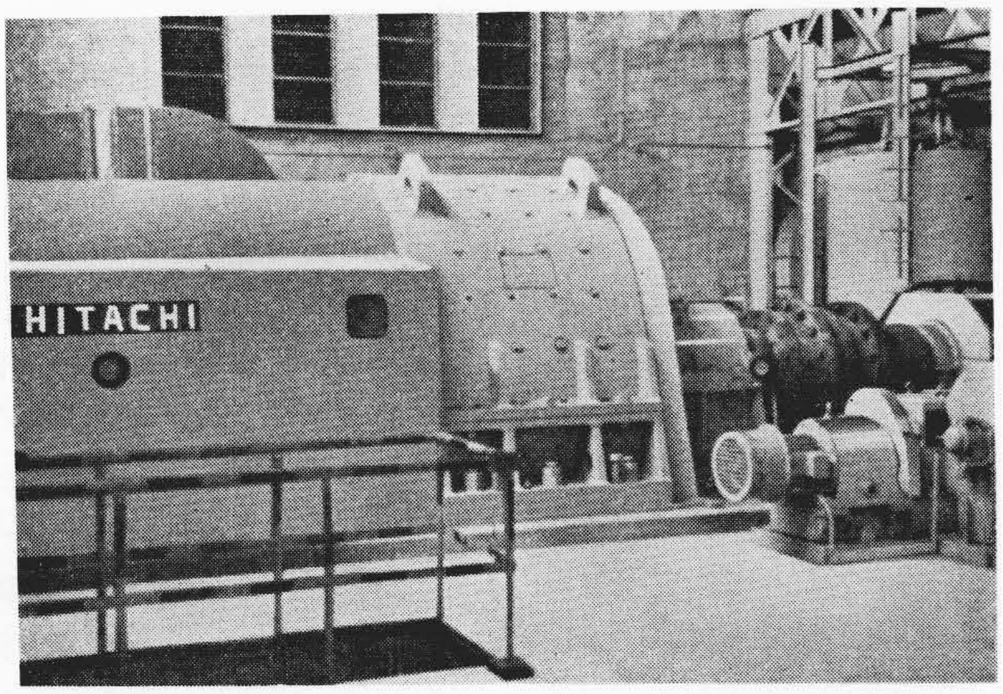
粗主ロール制御回路

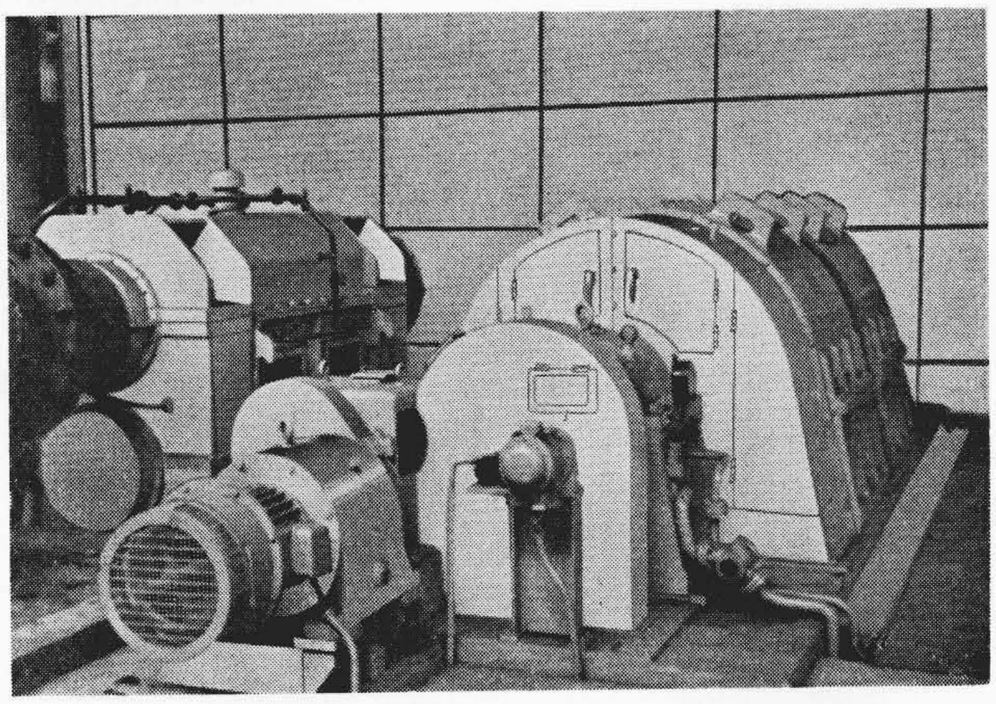


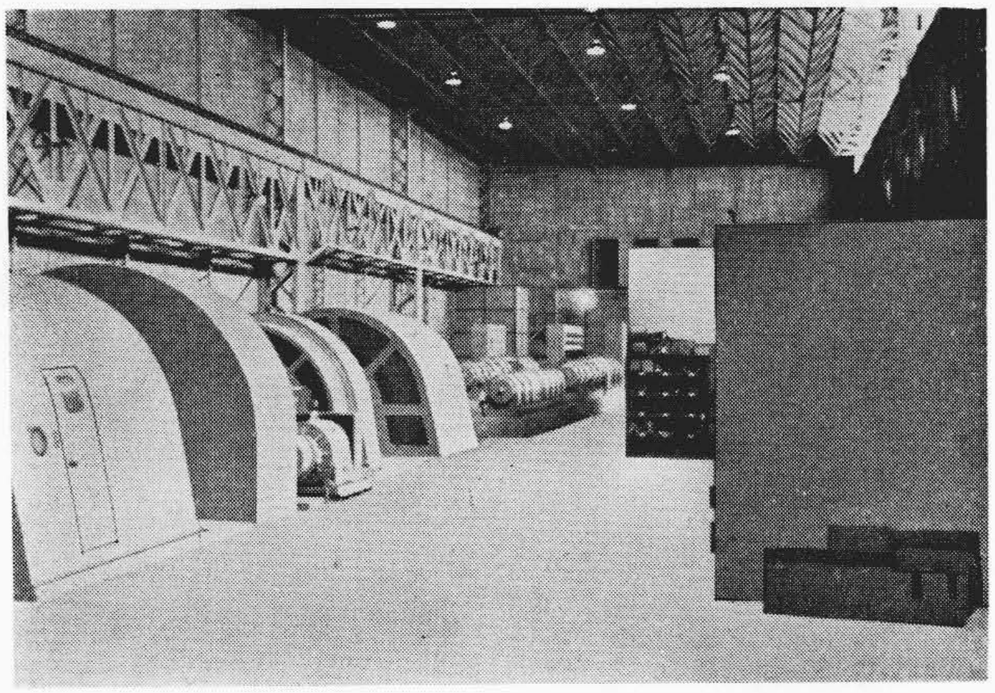
エッジャーロール制御回路

第2図　主ロールおよびエッジャーロール制御回路

電流帰還をf_2に与えて電動機界磁電流を制御する。界磁制御加減速においては，界磁電流の変化は，界磁電流大のときには急速に，界磁電流小のときにはその値に応じて行なわれ界磁変化を小とする必要があるが，界磁強め減速の際過電流が生じやすいので，整流器による方向性をもった制動回路を設け，界磁強めの際，界磁電流小の間界磁電流の立上がりを押えるとともに，HTDにはf_1のMA3出力のほかにf_2に一定逆励磁電流が与えられてHTDのオーバシュート量が，加減速に対してそれぞれ適切な値となるよう考慮した。すなわち，減速時のHTDのオーバシュート量はMA3の飽和電流値からf_2の逆励磁電流値を引いた値と設定動作点の差で定まり，加減速時のオーバシュート量はMA3の動作点が零電流範囲まで振れるので，逆励磁電流値と設定動作

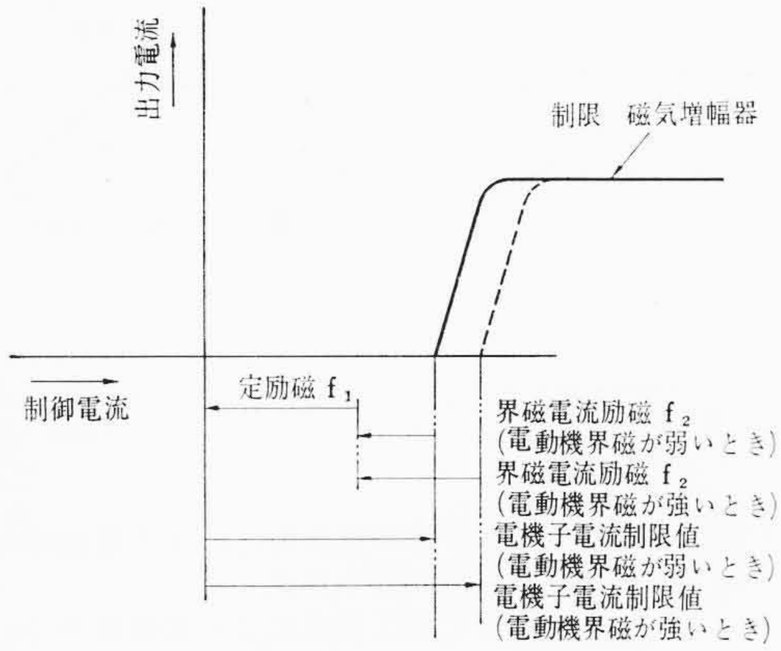




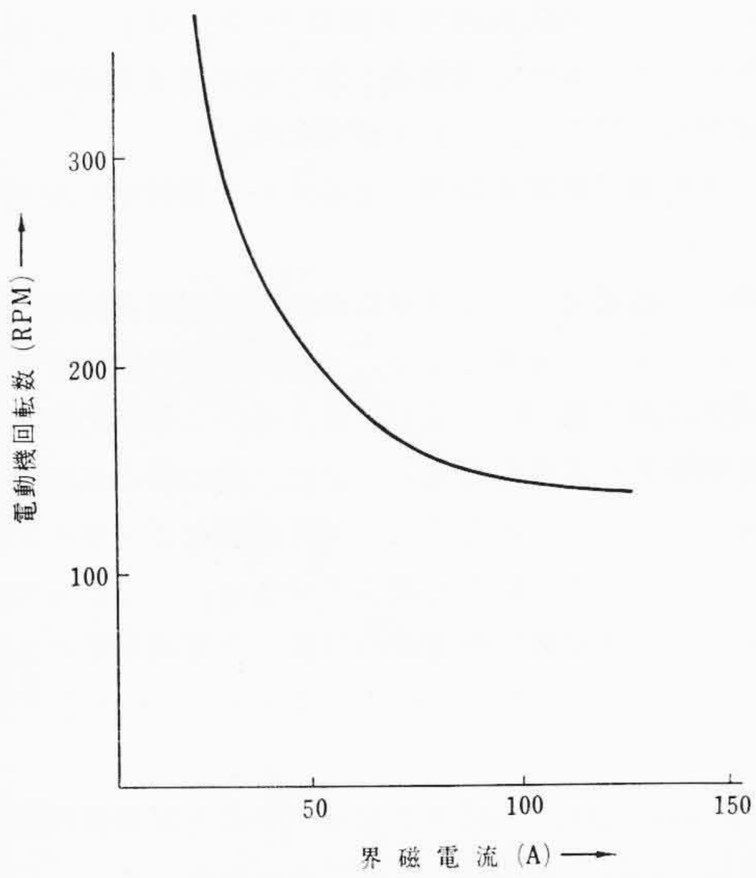


上段より　粗主ロール駆動直流電動機（2,200 kW）
エッジャーロール駆動直流電動機（600 kW）
イルグナ変流設備

第4図　外　　観　　図



第5図　電流制限磁気増幅器の動作



第6図　エッジャーロール駆動電動機
界磁電流—回転数　関係図

磁気増幅器の動作図を示す。

3.2　主ロールとエッジャーロールの速度揃制御

ワイドフランジミルでは圧延機の寸法がフランジおよびウエブともに数 mm まで圧延されるので，主ロールとエッジャーロールの周速が異なると，圧延材に応力がかかり，これによって変形を受けやすい。

このため，主ロールとエッジャーロールの速度揃制御はワイドフランジミルにおいて，特に重要な問題であり，定常状態および過渡状態の二つに対し考慮を払った。

（1）　定常状態における速度揃制御

定常状態における速度揃制御は，ロール径補償とドラフト補償がある。

まずロール径補償は，主ロールにおいてはロールの摩耗を補償するため 10% の速度補償を電動機界磁電流制御により行ない，エッジャーロールは，ロールの摩耗と製品フランジ寸法が大幅に変わるためのロール径補償を 43% 考慮し，これを 13% を電動機界磁電流制御により，残りの 30% を発電機電圧制御により行なっている。

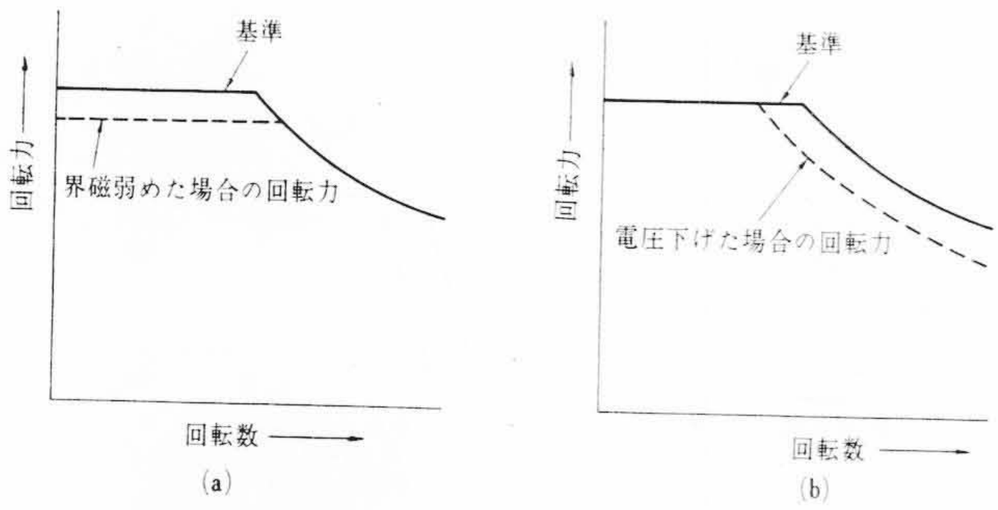
ここで発電機電圧制御は入力電圧と発電機電圧の関係は，ほぼ直線性を有しているので容易に調整できるが，電動機界磁電流制御は，界磁電流と電動機速度の関係が**第6図**に見られるように非直線性を持ち，特に界磁電流小の範囲においては，界磁電流の微

点の差で定まるから，それぞれを適切な値に調整することにより，電動機界磁電流変化を調整することができる。**第4図**に本装置の主ロール，エッジャーロール駆動電動機およびイルグナ設備の外観図を示す。

（3）　過 電 流 制 限

本装置の過電流制限回路は，磁気増幅器を用いて，回路を簡易化するとともに，速応性と利得の増大をはかった。

電動機の整流能力は界磁が弱まると減少するから，電流制限用磁気増幅器には，その界磁巻線に定電圧電源から与えられる定励磁と，電動機界磁抵抗の電圧降下より与えられる電動機界磁電流に比例した励磁とが与えられ，電動機界磁電流が大の場合には電動機電流制限値の幅は大となり，電動機界磁電流が小の場合には電流制限の幅は小となるよう設計されている。**第5図**に電流制限



第7図　(a)　電動機の界磁電流変化による電動機の回転数—回転力関係
(b)　発電機の電圧変化による電動機の回転数—回転力関係

小な変化に対して電動機の回転数は大幅に変化するため調整が困難となる。このため演算磁気増幅器を用い調整を容易ならしめた。すなわち，加算器と関数発生器と電圧電流変換器よりなるロール径補償器を開発し，これを使用した。

ここで電動機界磁電流制御によるロール径補償を採用したのは下記の理由による。

電動機の界磁電流を変化させた場合の回転数と回転力の関係は**第7図**(a)に示すとおりとなり，一方発電機の電圧を変化させた場合の関係は**第7図**(b)のとおりとなる。この**第7図**よりわかるように電動機界磁電流を変えることは，電動機の高速における回転力を減少させることがなく，一方発電機電圧を変えることは電動機の低速における回転力を減少させない。したがってこれらの選択，すなわち電動機界磁電流の制御と発電機電圧の制御のいずれを選ぶかは，圧延スケジュールにより決定されるべき問題である。

本装置においては，圧延スケジュールより電動機界磁電流の制御を採用したわけであるが，ここでエッジャーロールに発電機電圧制御による30%のロール径補償を行なったのは，次の項目で述べる過渡特性を考慮したためである。

ロール径補償器の動作特性は，電動機界磁電流飽和曲線にしたがって作成した関数形に設定されるので，ロール径補償器の入力電圧と電動機回転数の関係は直線となり，このことは電動機界磁電流の変化に対して，電動機回転数の変化の大きい弱め界磁の範囲における電動機速度設定，および自由なドラフト補償が非常に容易になることを意味しており，また定常状態における主ロールとエッジャーロールの速度差をきわめて小さく設定することを可能としている。

次に定常状態の速度揃制御におけるもう一つの手段はドラフト補償である。

ドラフト補償は，主ロールの圧下量の変化に対するエッジャーロールの主ロールに対する関係速度の変化を補償する回路である。すなわち，主ロールの圧下量により，主ロールの入側の圧材速度が変わるため，主ロールとエッジャーロールが材料を通じて結合される場合はエッジャーロールの速度を変える必要がある。このため12ノッチの切り替えを設け，主ロールの圧下量に応じてエッジャー速度を変えている。なおこのドラフト補償は，カードプログラム自動運転装置により，自動的に切替えられるため，圧延作業が簡単化されている。

(2)　過渡状態における速度揃制御

過渡状態における速度揃制御の第一は加減速特性である。通常，熱間圧延においては，圧延機を主ロール，またはエッジャーロールにかみ込ませてから加速を行ない，かみ放す前に減速させる。このため，主ロールとエッジャーロールの加減速特性が著しく異なると，加減速途中において，圧延材に応力が加わり変形される。したがって加減速特性を合わせることが要求されるが，本設備ではエッジャーロール駆動電動機をダブルアマチュアにすることによりGD^2を小にして電動機容量を大幅に小さくすることができた。この加減速特性にからみ前項で述べたエッジャーロールのロール径補償を発電機電圧制御で30%行なったのは，電動機の界磁電流の変化による回転力の変化が，主ロールとエッジャーロールの加減速特性に影響し，これによって過渡状態における速度揃制御が困難となるためである。

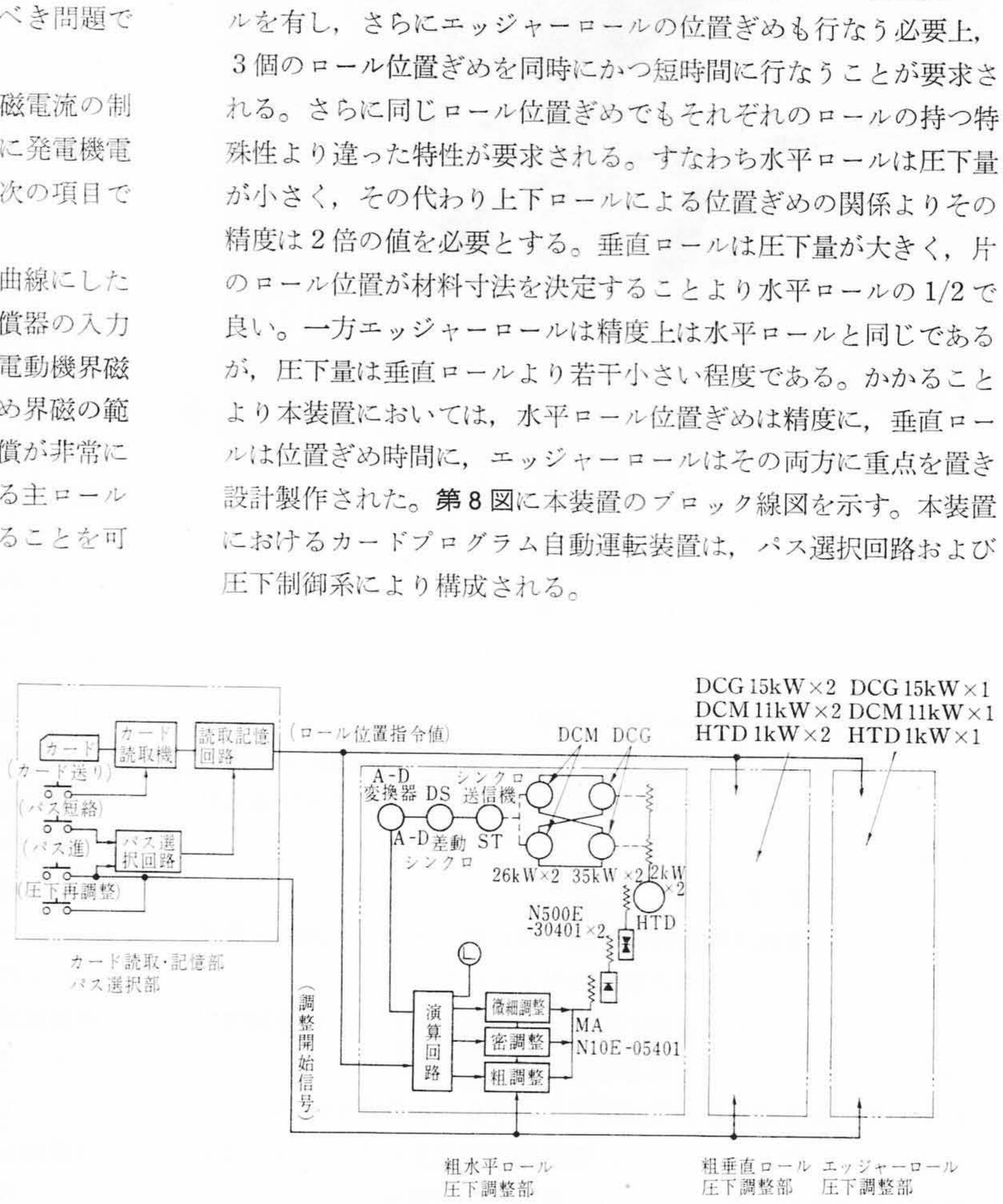
過渡状態における速度揃制御の第二は，エッジャーロール駆動電動機の垂下特性である。

これは定常状態の速度揃制御にも関連あるが，主ロールとエッジャーロールが，定常状態あるいは過渡状態のいずれにおいても速度差があるとき，圧延機にかかる応力を小さくして，かく速く速度を合わせることが必要となる。したがってこのことを，発電機差動直巻界磁と電圧制御系に対する電機子電流の負帰還により速応かつ安定な特性を得ることができた。

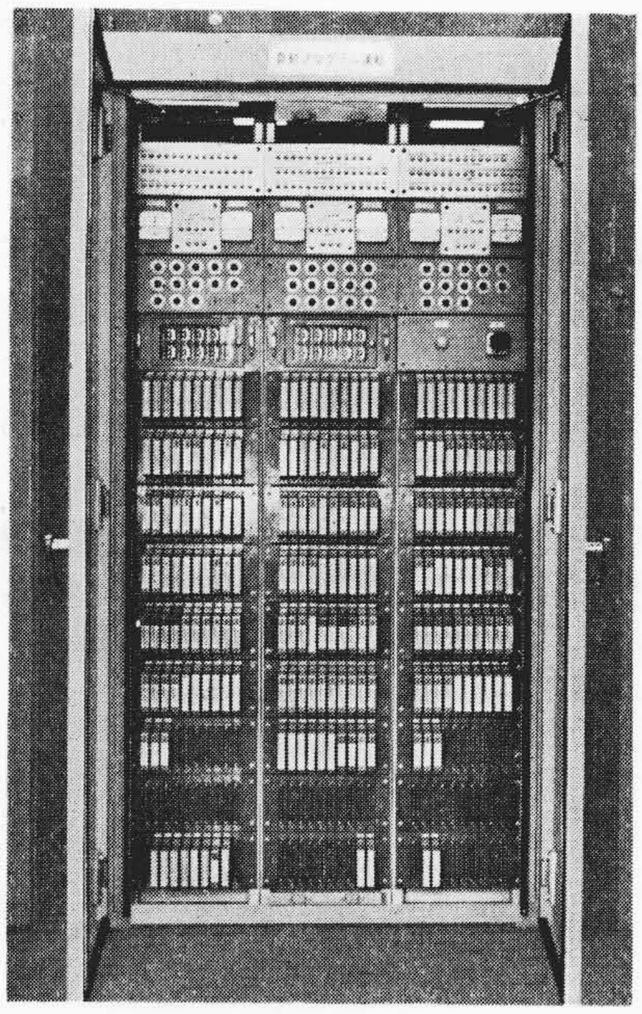
3.3　自動運転回路

(1)　カードプログラム自動運転装置

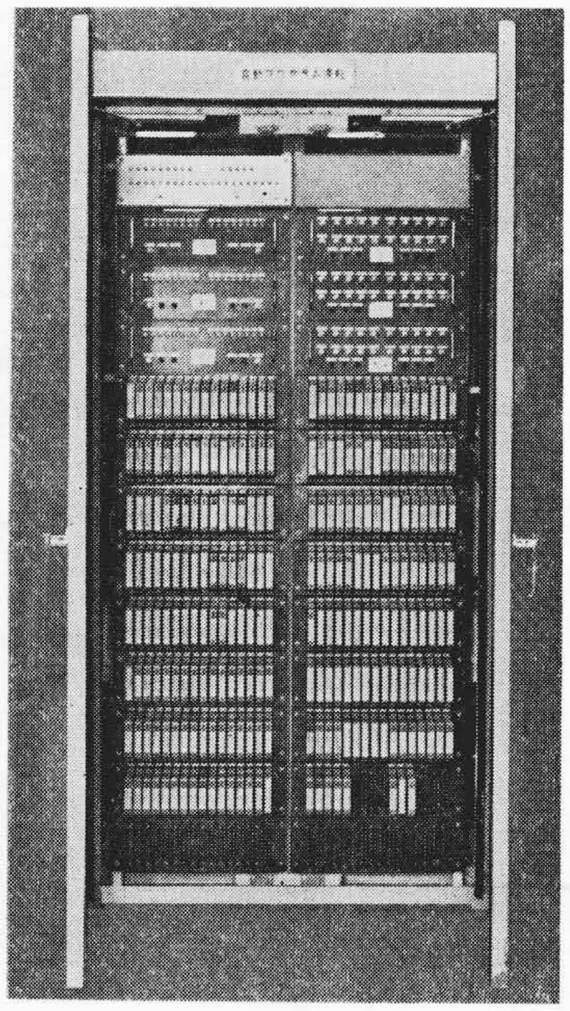
本装置におけるカードプログラム自動運転装置の制御対象としては，圧下の位置ぎめとドラフト補償の設定に限られているが，ワイドフランジミルにおいては主ロールに水平ロールと垂直ロールを有し，さらにエッジャーロールの位置ぎめも行なう必要上，3個のロール位置ぎめを同時にかつ短時間に行なうことが要求される。さらに同じロール位置ぎめでもそれぞれのロールの持つ特殊性より違った特性が要求される。すなわち水平ロールは圧下量が小さく，その代わり上下ロールによる位置ぎめの関係よりその精度は2倍の値を必要とする。垂直ロールは圧下量が大きく，片のロール位置が材料寸法を決定することより水平ロールの1/2で良い。一方エッジャーロールは精度上は水平ロールと同じであるが，圧下量は垂直ロールより若干小さい程度である。かかることより本装置においては，水平ロール位置ぎめは精度に，垂直ロールは位置ぎめ時間に，エッジャーロールはその両方に重点を置き設計製作された。**第8図**に本装置のブロック線図を示す。本装置におけるカードプログラム自動運転装置は，パス選択回路および圧下制御系により構成される。



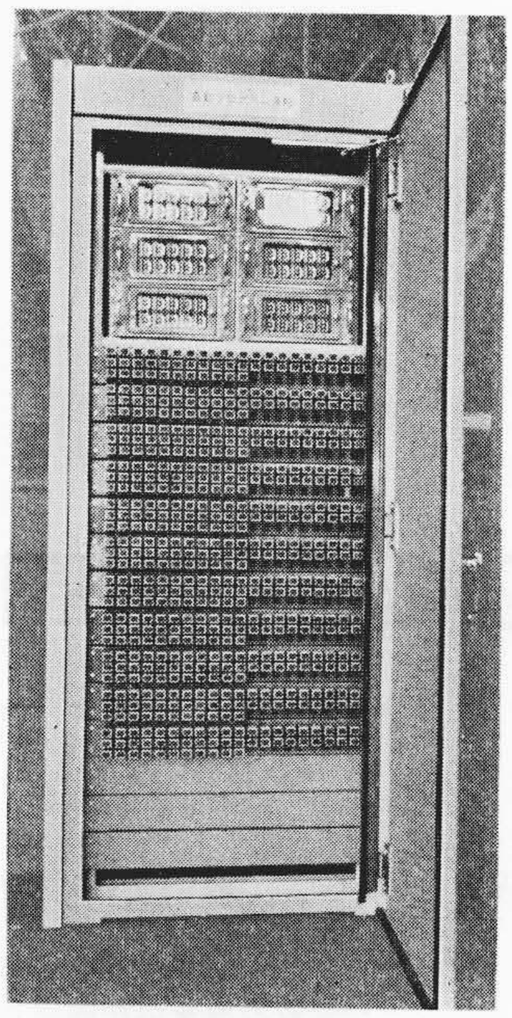
第8図　プログラム自動運転装置ブロック線図



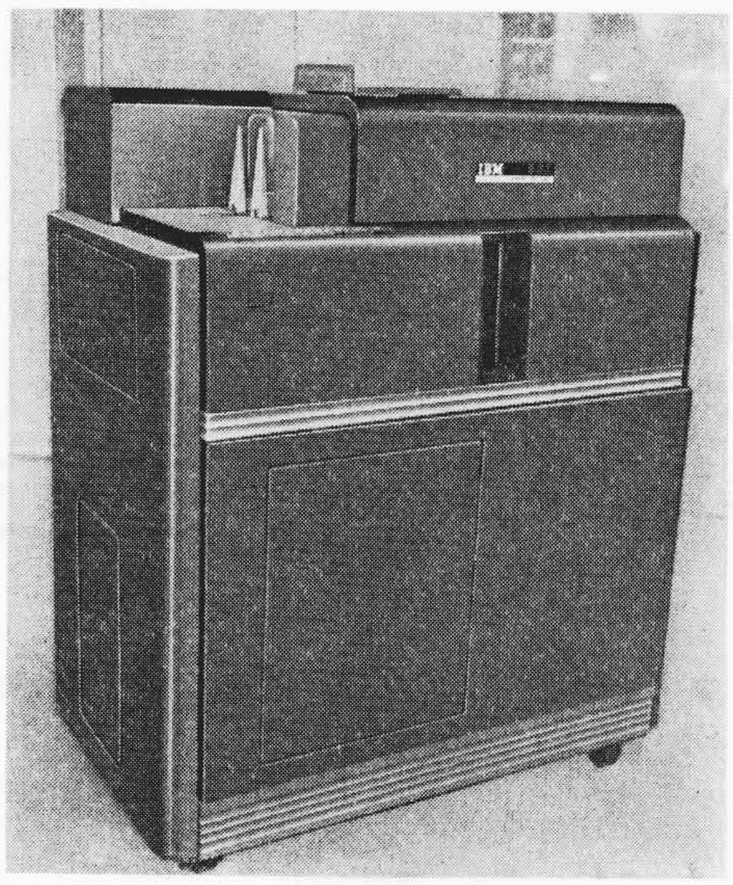
圧下制御部



パス選択・チェック部

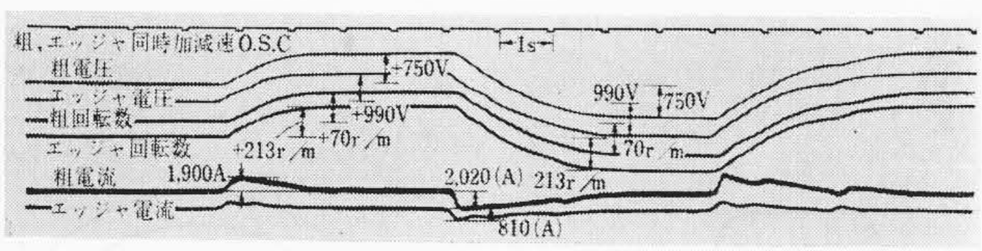


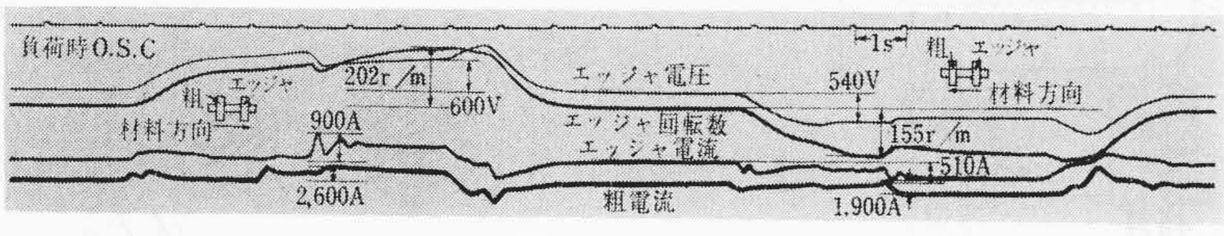
カード読取・記憶部



カードリーダー

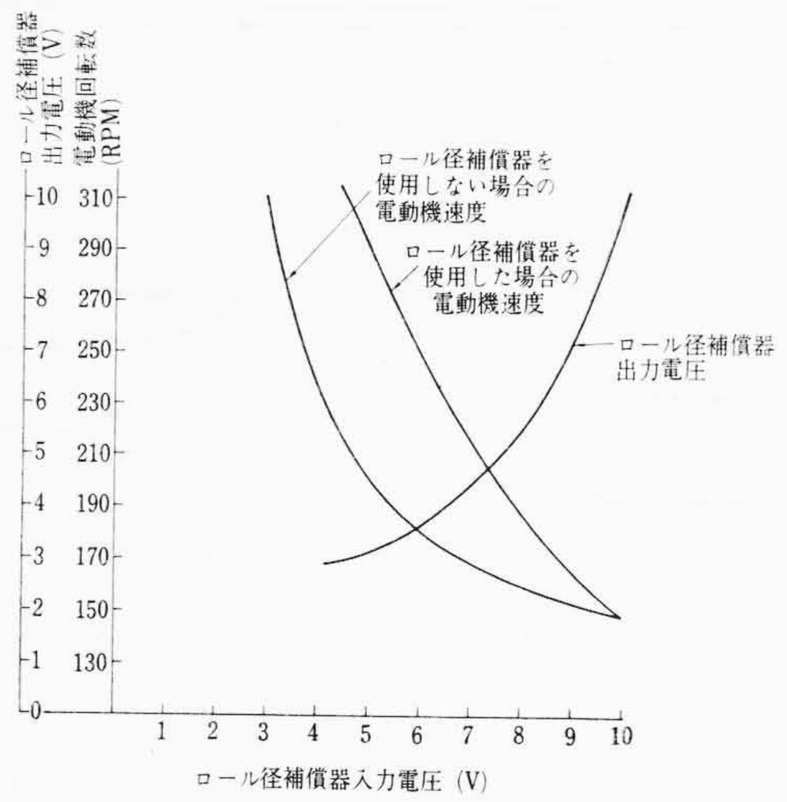
第9図　カードプログラム自動運転装置





第11図　上段……粗ロールエッジャーロール同時加減速オッシロ
下段……圧延時エッジャーロール加減速オッシロ

パス選択回路は，パス進め押ボタン操作によりパスを一つ進めることにより圧下制御系の指令値を読みとる。パスが進み最終パス欄に穿孔ある場合にパス進め押ボタンを押した場合は第1パスに戻る。



第10図　ロール径補償回路，入出力特性曲線および電動機回転数関係線図

圧下制御部は，演算回路と位置ぎめ回路にわかれ，演算回路はカードから読み取られ，記憶回路に記憶されたロール位置指令値と A-D 変換器から帰還されるロールの現在値との差および符号を位置ぎめ回路に送る。一方位置ぎめ回路は演算回路よりの出力とパス進め押ボタン操作により出る調整開始信号によって調整開始するが，位置ぎめにおいては粗調整・密調整・微細調整の3段階により調整されこれらは適時，圧下精度，調整時間により選択され使用できるいわゆる日立方式によっている。**第9図**に本装置の外観を示す。

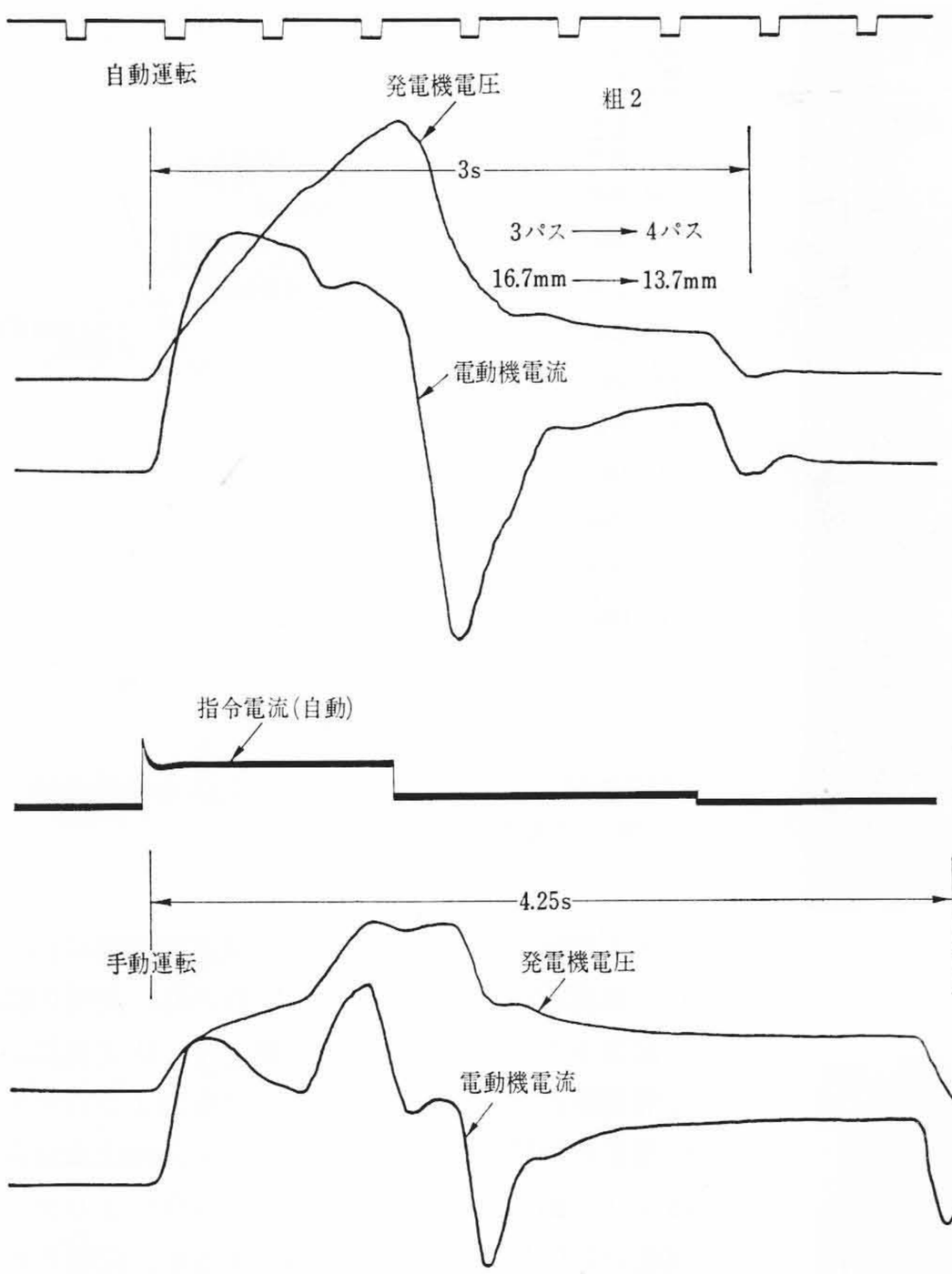
（2）　仕上圧延機回り自動運転装置

本装置は仕上圧延機回り運転を無人化する目的で設計製作されたものであり，材料検出部および順序動作制御部よりなる。圧延材は仕上圧延機により1パスの圧延を行ない，仕上後面テーブルに送られ**第1図**の P_2（光電検出器）により先端検出し，仕上後面テーブルを停止させる。テーブル停止後トランジスタータイマーにより後面横送機を起動，後面横送機はソー前面テーブルに前の材料が乗っていないことを確認して自動停止する。ソー前面テーブル上の材料検出は**第1図**の P_3 により行なわれている。

4. 運　転　結　果

昭和39年5月29日始圧延を行ない，引続き営業運転にはいるきわめて順調な経過をみせ，現在まで好調運転を続けているが，その間およびその前段階の調整期間における無負荷運転においても，計画された性能を十分発揮することができた。ここにその概要を示す。

まず主ロールとエッジャーロールの速度揃制御は**第10図**に見られるように可変抵抗器の回転角と電動機回転数との関係は，直線性を示し，定常状態における速度一致を容易ならしめている。一方過渡特性は**第11図**に示すように，まったく一致した加減速特性を得ることができた。これは単に加速電流を調整して加減速特性を合わせたのでなく，あらかじめ計画された数値に基づいて得た結果であることを付記する。



第12図　カードプログラム自動運転装置運転オシロ
上段　自動運転時　　下段　手動運転時

次にカードプログラム自動運転結果は**第12図**に示すとおり，手動運転との比較においてもすぐれた結果を得た。

5. 結　　言

以上，トピー工業豊橋製鋼所納入のワイドフランジミル電気設備について述べた。なおカードプログラム自動運転装置にアナログ量による比較方式を試験的に付設したが，この結果は現在測定中であるので終了次第別に発表する予定である。

設計製作に当たり種々ご指導をいただいたトピー工業建設部茂木氏，日立製作所日立工場平川部長，西課長ほか関係各位に厚く感謝の意を表する。

新案の紹介

実用新案 第717009号

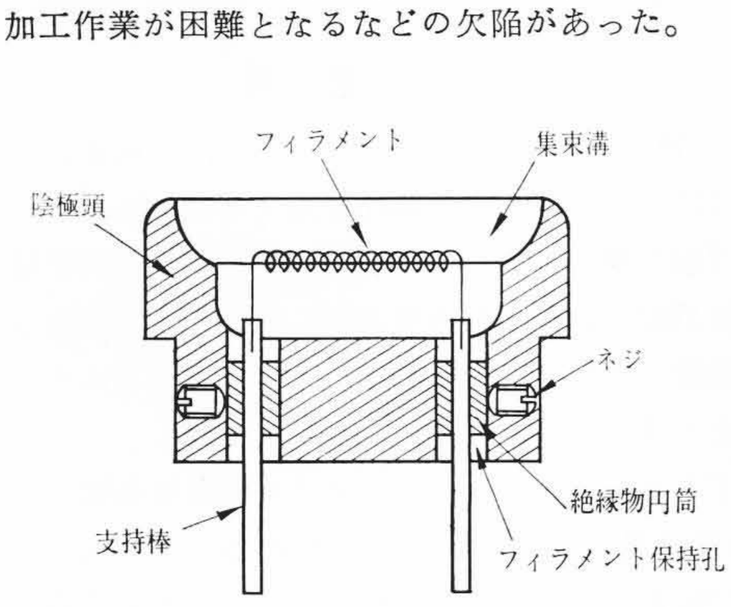
宇多村幸彦

X線管陰極フィラメント保持構体

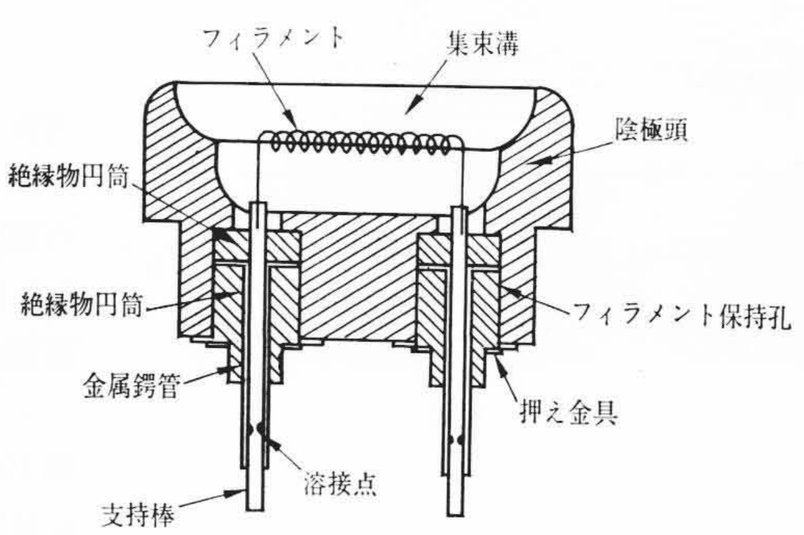
従来のX線管陰極フィラメントの保持構体は，**第1図**に示すように集束溝を有する陰極頭のフィラメント保持孔内においてフィラメントを取り付けた支持棒を軸方向に二分割したもの，あるいはマイカのような絶縁体で巻きつけるようにした絶縁物円筒によってはさみ，保持孔の横から別にねじ込んだ止めネジによって保持孔の内壁に絶縁物円筒とフィラメントの支持棒とを押しつけて固定する構造のものが多いが，このような構造ではネジ孔の部分から十分なガス抜き処理をするのが容易でなく，またフィラメントの保持が不完全になりやすくさらには陰極頭にネジ孔を設けることは構造が複雑で加工作業が困難となるなどの欠陥があった。

この考案は上述のような欠陥を取り除くために，**第2図**および**第3図**に示すように陰極頭の下面にその一部を溶接した押え金具によって陰極頭のフィラメント保持孔内に絶縁物円筒で挟持した金属鍔管を固定し，この金属鍔管にフィラメントつき支持棒を溶接固定したもので，このように構成することにより製作中のガス抜き処理が容易となり，またきわめて小形の陰極にあるいはフィラメントが2個以上あるものまたは制御格子電極を有するX線管の陰極などに適用しても支持棒の絶縁保持に場所をとらないなどの効果がある。

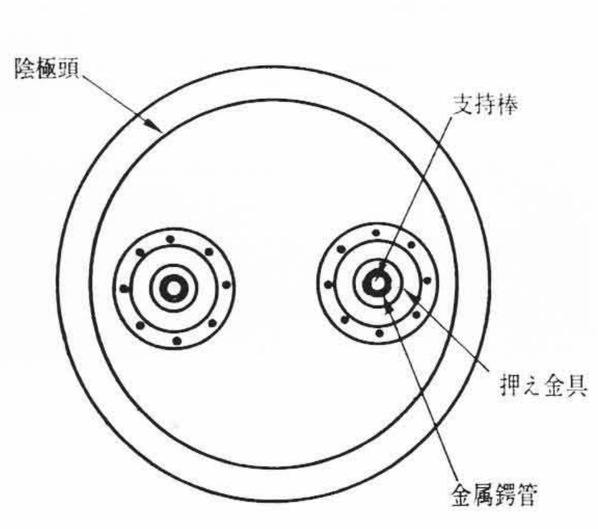
（福田）



第 1 図



第 2 図



第 3 図