

線材圧延機用電気設備

Electrical Equipment for Wire Rod Mills

白木 勇* 川上 直衛*
Isamu Shiraki Naoe Kawakami

斎藤 奎二* 大浜 輝彦*
Keiji Saito Teruhiko Ohama

内容梗概

連続線材圧延設備として世界最高速度級の 30 m/s (6,000 f/m), 総合出力 7,320 kW の静止レオナード電気設備が, 住友金属工業株式会社小倉製鉄所に納入された。

ここにその設備の概要を紹介するとともに, 連続線材圧延機用電気設備としての特殊性について言及した。すなわち, 主電動機仕様の決定, 速度インパクト降下と電動機の特長, 水銀整流器の特長と問題点, インパクト降下補償制御方式を初めとする, 静止レオナード制御における各種の方式とその特長などについて述べる。これら諸点に対する, 十分な設計検討と工場試験の結果, 納入後, きわめて短時日の間に操業開始するにいたり, 好評を博している。

1. 緒言

連続線材圧延設備は製鋼設備の合理化に伴い, 圧延速度の高速化と, 製品精度の向上, 電力消費量の節減などの要求がたかまり, その駆動装置として水銀整流器による静止レオナード設備が使用されるようになった。

今回製作納入された住友金属工業株式会社小倉製鉄所の連続線材圧延設備は, 圧延速度とその容量においてわが国最高のものであり, 世界最高の水準をゆくものである⁽¹⁾, したがって, これに使用される電気設備は圧延機が十分その特長を発揮できるように各種の検討や新しい試みがなされ, その結果現地据付後はきわめて短時日をもって操業開始に至った。

ここに本設備の概要を紹介しつつ, 線材圧延機用電気

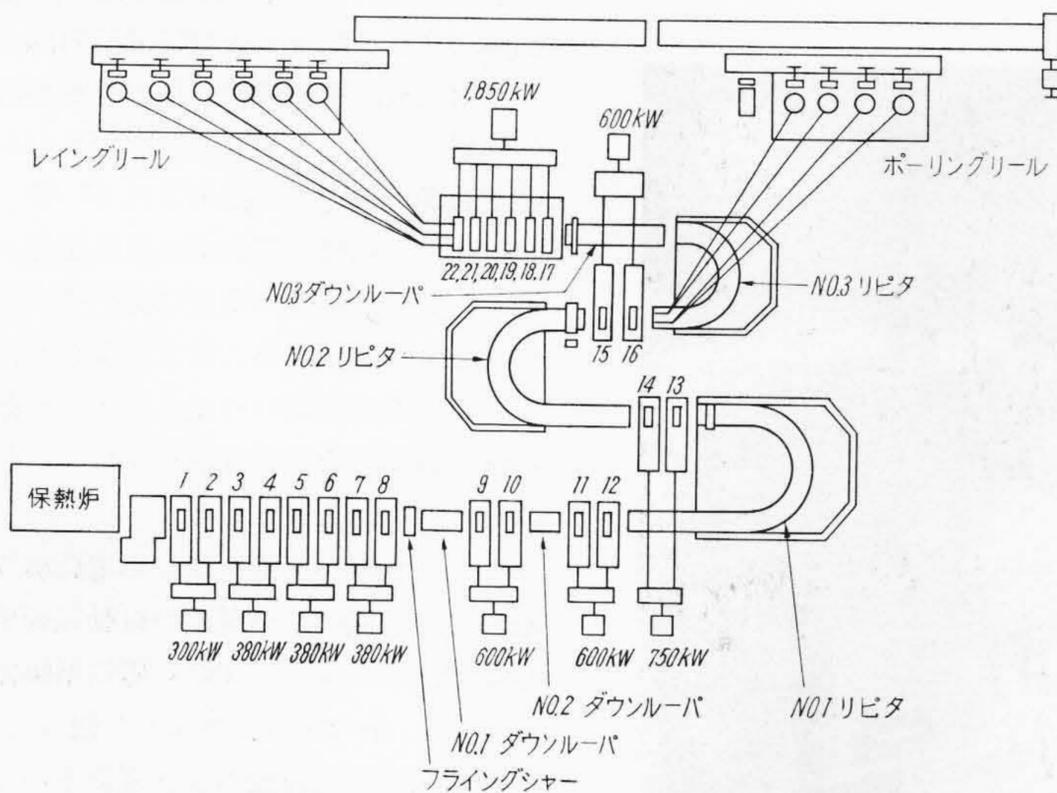
設備の問題点について論及してゆくこととする。

2. 設備の概要

本圧延設備は 82.5mm (3 $\frac{1}{4}$ in) 角または 63.5mm (2 $\frac{1}{2}$ in) 角のピレットを熱間圧延し 25mm~5mm 径の線材を生産するもので, 最高圧延速度 30 m/s (6,000 f/m), 総合出力 7,320 kW に及ぶものである。

圧延設備は第1図に示すように粗圧延機 (No. 1~8 スタンド), 中間圧延機 (No. 9~16 スタンド) および仕上圧延機 (No. 17~22 スタンド) よりなり, その設計はアメリカ Blow Knox 社でなされ, その製作は, 仕上圧延機, フライニングシャーおよびリールは同社に, 粗圧延機および中間圧延機は日立製作所においてなされたものである。電気品はすべて日立製作所によるものである。

均熱炉より押出された約 1,100°C のピレットは No. 1 スタンドロールの3個の孔形の中いづれかに, ピレットスイッチにより嚙込まれ, No. 2→8 スタンドとすすみ, No. 8 スタンドを出たバーはその先端をフライニングシャーで切断され, No. 1 ダウンルーパーをかねたバースイッチにより No. 9 スタンドロールの6個の孔形の中の1個に嚙込まれる。フライニングシャーとバースイッチの動作は, No. 7~8 スタンド間に設けられた光電管装置と電子管タイマーにより自動操作される。その後, これに続く各スタンドならびに No. 2 ダウンルーパー No. 1~2 リピータをへて, No. 16 スタンドを出たロッドは製品が 25mm~9.5mm (3/8 in) 径の場



第1図 連続線材圧延機概略配置図

* 日立製作所日立工場

第1表 主機仕様一覧表

	主直流電動機				電 源	制 御
	スタンド 番 号	容 量 (kW)	回 転 数 (rpm)	電 圧 (V)		
粗 圧 延 機	1~2	300	200/600	750	1,500 kW 2,000 A 水銀整流器	1. 水銀整流器の定電圧制御 2. 電動機の界磁制御による定 速度制御
	3~4	380	225/675			
	5~6	380	225/675			
	7~8	380	225/675			
中 間 圧 延 機	9~10	600	300/900	750	2,600 kW 3,470 A 水銀整流器	1. 水銀整流器の定電圧制御 2. 電動機の界磁制御による定 速度制御
	11~12	600	300/900			
	13~14	750	300/900			
	15~16	600	300/900			
仕 上 圧 延 機	17~22	1,850	400/690	750	2,000 kW 2,670 A 水銀整流器	1. 水銀整流の電圧制御による 定速度制御

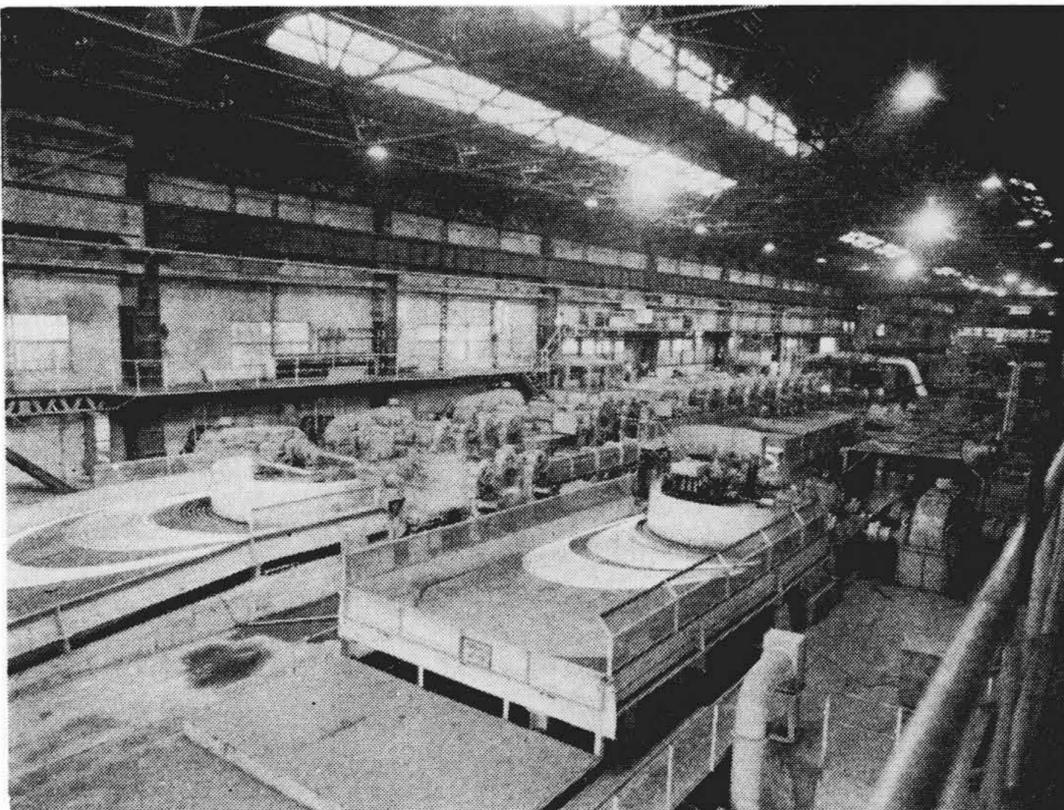
合は、ロッドスイッチにより4台のポーリングリールに巻取られ、9.5mm (3/8in)~5mm 径のワイヤーは、No. 3 リピータ No. 17~22 スタンドをへて、6台のレイングリールに巻取られる。ポーリングリールは光電管装置により冷却水の噴射を行い、ロッドの巻取完了とともに光電管装置でリール電動機は自動

停止、コイルキックオフ、ついで自動起動して次のロッドを待つ。ロッドスイッチは一方のリールが巻取完了を光電管で検出し、ほかのリールの方に次のロッドを送るべく自動的に動作するようになっている。一方レイングリールは冷却水の噴射停止は光電管で行うが、巻取完了後もリール電動機は回しっぱなしでキックオフが自動的に行われるようになっている。ポーリングリール巻取の場合は2ストランド(2本同時圧延)、レイングリール巻取の場合は4ストランド(4本同時圧延)の圧延を行うことができる。

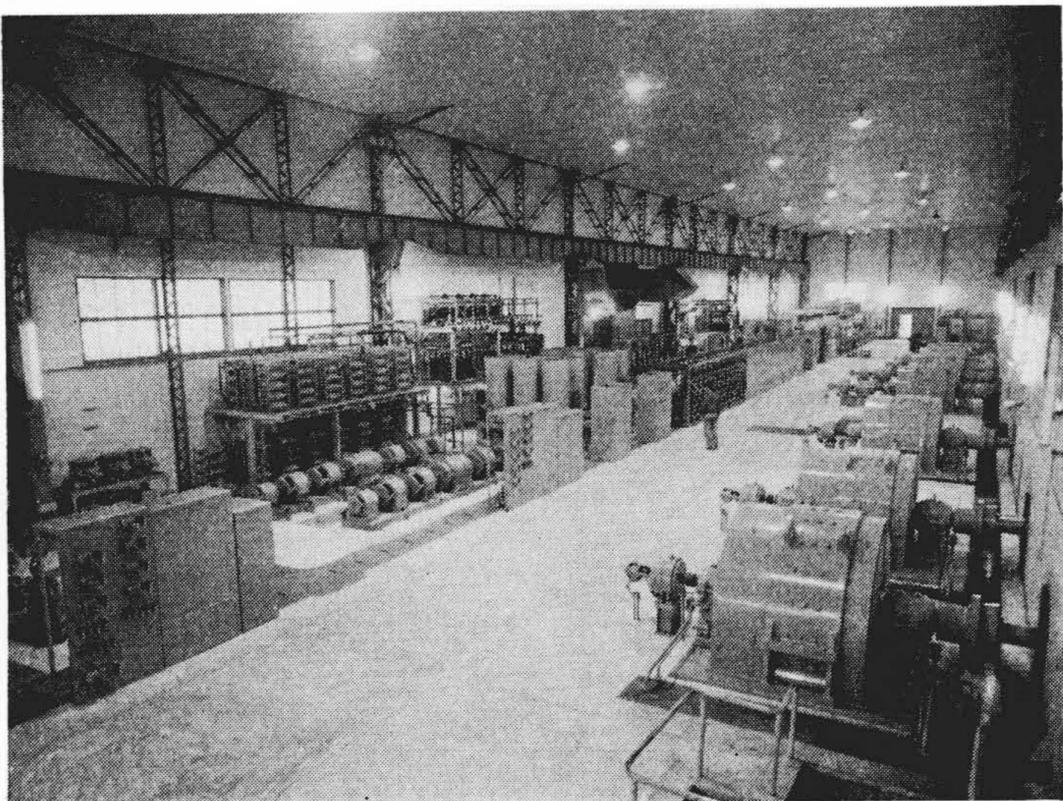
これら圧延スタンドを駆動する電動機は第1表に示す9台の直流電動機よりなる。粗および中間圧延機用の各電動機はそれぞれ各1台の定電圧制御された水銀整流器に接続され、各電動機の界磁制御による定速制御を行ういわゆる共通母線方式が採用されている。一方仕上圧延機用電動機は圧延速度が高く、かつ高精度の定速制御が要求され、インパクト降下に対する要求も高いので、速応制御の可能な水銀整流器の電圧制御による定速制御を行ういわゆる各個運転方式とした。

これら水銀整流器をはじめ電動機界磁および各種の基準電源の自動制御用増幅器には、すべて420~磁気増幅器を使用し、系の制御特性向上を図った。

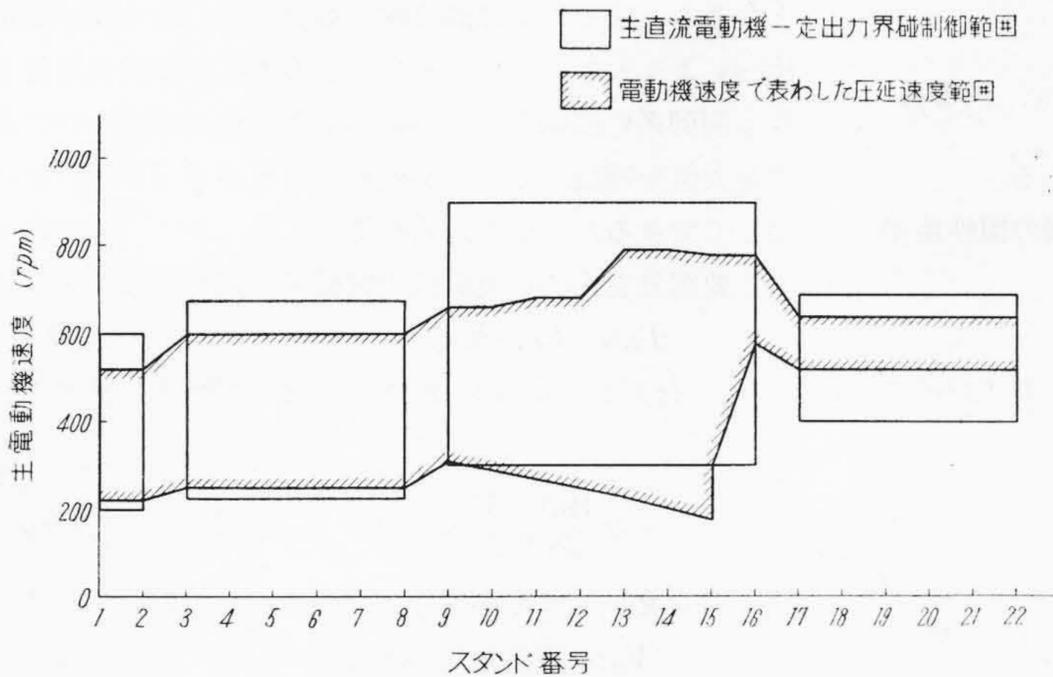
第2図は圧延設備および電気室の全景を示し、第1表には主機仕様を示した。



第2図(A) 高速線材圧延設備全景



第2図(B) 電 気 室 全 景



第3図 主直流電動機速度と電動機速度で表わした圧延速度範囲

3. 主直流電動機とその特性

3.1 定格と仕様

全数 22 に達するスタンドとこれを駆動する電動機の組合せ、および各電動機の仕様の決定は、線材の種類、生産量、スタンド配列、ロール孔形およびその組合せなどの圧延機設計上の条件と、直流電動機設計上の諸問題、さらに設備の経済性や保守の難易も加味して、顧客、機械設計者ならびに電気設計者の三者による綿密な検討の結果なされたものである。圧延速度と電動機速度の関係を第 3 図に示す。

各電動機の過負荷耐量は、25% 過負荷 2 時間、100% 過負荷 1 分とした。

3.2 過渡速度特性

線材圧延機は古くより圧延機として最もむづかしいものの一つであり、近年になって生産量の増大と運転費の節約の観点より有利な連続式圧延機に移行してきた。初期の連続式圧延機の駆動電動機としては、その圧延形態より必要とされる定速性、すなわち線材の噛込み、抜け出しによる負荷変動に対しても常に速度を一定に保つことが要求され、もっぱら電動機自体の特性によって解決されていた。この結果電動機の過渡速度特性の解析が盛んに行われ、電動機の慣性に基く機械的時定数と主回路の電氣的時定数により定まるインパクト降下比（電動機が無制御の時のインパクト降下の最大値と定常速度降下との比）およびこの比と電動機の仕様、寸法の関係が解明された⁽²⁾⁽³⁾。それによれば線材用直流電動機としては出力が定められれば、できるかぎり速度を高くすること、また通常の設計より多少高価となっても大形の機械を設計して慣性能率を大きくすることが得策であるとされ、この考はきわめて近年に至るまで一般に保持されてきたものである。

このようにして定速性という特性要求は、もっぱら電動機自体の価格高ということにおいてみだされてきたが、後年やや高度な制御要求の生ずるにともない、主回路電流で励磁され主電動機の補助分巻界磁に接続する直列励磁機、および電動機の主回路に直列に接続して主回路電流で励磁される直列昇圧機の使用が行われるようになった⁽⁴⁾。かくして定常 IR 降下は一般に 2~1.5% まで減少することが可能とされたが、いずれも電動機あるいは昇圧機の界磁制御によるものであり、インパクト降下に対しては効果のないものであった。

しかし近年における自動制御工学およびそれに伴う自動制御器具の著しい発達は、従来の連続式線材圧延機用電動機に対する考え方を一変させるに至った。すなわち主電動機は大形高価なものにすることによって所要の制御性能をみたすかわりに主電動機はこれを標準形のものにもどし、それを補うのに優秀廉価な制御装置をもってする考えが抬頭してきた。

以下、すでに本誌特集号にその詳細が発表されたインパクト降下補償制御の理論⁽⁵⁾をかりて多少の説明を加える。

電動機の機械的時定数 T_M が主回路の電氣的時定数に比べて十分大きい場合には、第 4 図に示すインパクト降下の最大値 σ_i と回復時間 T_i は

$$\sigma_i \doteq \sigma_n / T_M \cdot \omega_0 \quad (T_M \omega_0 > 1) \dots \dots \dots (1)$$

$$T_i \doteq 4 / \omega_0 \quad (\text{sec}) \dots \dots \dots (2)$$

なる簡単な関係で示される。ここで σ_n は、定常速度変化率で負荷トルク $\tau_i (T-m)$ あるいは負荷電流 $I_i (A)$ により生ずる速度外乱 $\Delta n (\text{rpm})$ と、設定速度 $n_s (\text{rpm})$ との比であらわされ、

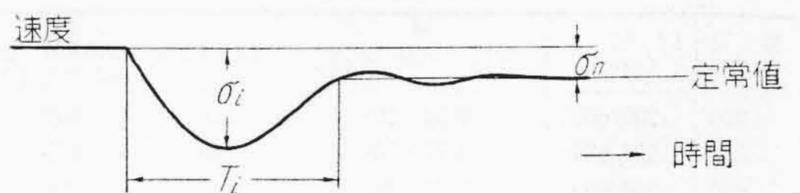
$$\sigma_n = \Delta n / n_s = \frac{I_i R}{E_m} \dots \dots \dots (3)$$

ただし R : 主回路抵抗 (Ω)

E_m : 電動機逆起電力 (V)

である。一方機械的時定数 T_M は

$$T_M = T_u \cdot \sigma_n \quad (s) \dots \dots \dots (4)$$



第4図 速度インパクト降下と回復時間

であらわされ、ここに

$$T_u = \frac{GD^2 \cdot n_s}{375 \tau_i} = \frac{GD^2 \cdot n_s^2}{365 P_i} \quad (\text{s}) \dots\dots (5)$$

で電動機の単位慣性常数とよばれるものである。

ただし GD^2 = 負荷部分をも含めた電動機の慣性能率 (T-m²)

P_i = 負荷 (kW)

である。上記(1)(4)および(5)式よりインパクト降下 σ_i は

$$\sigma_i \doteq \frac{1}{T_u \omega_0} = \frac{365 P_i}{GD^2 n_s^2 \omega_0} \dots\dots (6)$$

に書きかえられる。また ω_0 (rad/s) は、この制御系の自由振動角速度で、系の開回路伝達函数の Bode 線図を描き、ゲイン曲線が 0 db と交わるゲイン交点の周波数、その点における位相余有、およびその点におけるゲイン曲線と位相曲線のそれぞれの傾斜より容易に求められるものである⁽⁶⁾。

これらの式より電動機としてはあたえられた出力に対して GD^2 が大きく定格速度の高いものほど望ましく、一方制御系としては ω_0 が大きいほど、すなわち速応性の高いほどよいことがわかる。自動制御系ではこの ω_0 は無制御の場合に比してはるかに大きく、また静止レオナード制御の場合はワードレオナード制御に比べていっそう大きくなり、静止レオナード制御の有利な理由の大きな原因となっている。したがって、このように優秀な制御系を使用する場合は、電動機の GD^2 を特に大きくする必要はなく、通常値のもので良好な特性をうることができるわけである。

特に、仕上圧延機用 1,850 kW 電動機は速度制御には水銀整流器の電圧制御による各個運転方式を採用して ω_0 の増大をはかって高度の制御特性の要求に対して対処し、また電動機定格速度を高くして、第2表にみるようにほかの電動機に比して単位慣性常数を高め、インパクト降下の減少をもくろんだ。

次に電氣的時定数が機械的時定数 T_M に比べて無視できない場合には、特に

$$T_E = T_M/4 \dots\dots (7)$$

第2表 主直流電動機の性能値

容量 (kW)	回転数 (rpm)	M [kW] × [rpm _{max}] × [A]	T _{Mm} /T _{Em}	T _U (300 kW を 100 として)
300	200/600	0.54 × 10 ⁶	1.1	100
380	225/675	0.77 × 10 ⁶	1.9	150
600	300/900	1.62 × 10 ⁶	2.5	250
750	300/900	2.02 × 10 ⁶	2.3	240
1,850	400/690	2.2 × 10 ⁶	5.4	560

となると、速度外乱は過渡的に振動しその最大値が定常値 σ_n より大きくなる。そしてこの外乱の振動角速度よりも制御系の振動角速度 ω_0 が小さければ当然この外乱の最大値を補償することが困難になるので T_E は T_M に比してできるだけ小さい方が望ましい。さて T_E の内その主要部分を占める電動機の電機子回路時定数 T_{Em} は

$$T_{Em} = L_{Em}/R_m \dots\dots (8)$$

ただし L_{Em} : 電動機電機子回路インダクタンス⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾

$$\doteq \frac{19.1 \times V_0}{P \cdot N_0 I_0} C_x \quad (\text{H}) \dots\dots (9)$$

R_m : 電動機電機子回路全抵抗 (Ω)

V_0 : 電動機定格電圧 (V)

I_0 : 電動機定格電流 (A)

N_0 : 電動機定格ベース速度 (rpm)

P : 電動機極数

C_x : インダクタンス係数

である。(9)式を(8)式に代入して変形すると

$$T_{Em} = \frac{19.1 \cdot V_0 I_0 C_x}{P \cdot N_0 I_0^2 R_m} \dots\dots (10)$$

となる。ここで $\frac{V_0 I_0}{I_0^2 R_m} \doteq \frac{\text{入力}}{\text{損失}}$ でほぼ一定と考えられるから電動機の定格速度 N_0 を大きくすることは電氣的時定数 T_{EM} を減少するのに役立つことがわかる。各電動機の定格ベース速度における機械的時定数 T_{Mm} (負荷部分の GD^2 は電動機自体のそれに比して無視できるほど小さく電動機自体の GD^2 に基づく機械的時定数 T_{Mm} は上述の T_M とほぼ等しい) と電氣的時定数 T_{Em} の比を第2表に示したが、特に高度の制御特性を要求される仕上圧延機用 1,850 kW 電動機を除き、その比が4より小さいにもかかわらず優秀な制御回路の適用によりインパクト降下および回復時間は後述するごとくきわめて小さな値に押えられている。

3.3 定常速度特性

上述の理由により線材圧延機用電動機は、高速度でそして界磁制御による速度調整範囲が広く、電機子反作用の影響は大きい。これは当然速度外乱として働くものでありその影響を小さく押える必要がある。このため、日立独得の半閉溝補償巻線を採用し、極力補償巻線を電機子表面に配列して補償効果を増大し速度特性の著しい改善を行った。一例として数値をあげると 1,850 kW 電動機は速度変動率は基底速度にて約2%、最高速度にて約1.0%できわめて平滑な特性となっている。

3.4 整流特性と構造

前述のとおり、本線材圧延機用直流電動機はすべて高速、広範囲な界磁制御範囲をもつため整流、構造ともにかわめてむずかしいものとなっている。

電動機的设计製作のむずかしさを示す指数として

容量(kW)×最大定格回転数(rpm)

$$\times \text{界磁制御による速度範囲(A)} = M \dots\dots\dots (11)$$

なる式がよく用いられる。第2表に各電動機のMの値を示したが、750kW および 1,850kW 電動機はいずれも相当高い数値を示しており、その困難さがうかがわれる。このため種々の考慮がなされた。これらについて簡単に述べる。

(1) 電機子巻線には日立式重波巻方式を採用し、均圧環作用を電機子導体で併用せしめ、また電機子巻線と整流子ライザーとの接続方法の改善により機械的に堅牢で、絶縁作業が容易かつ完全であり、通風効果もいっそう良好なものとなっている。

(2) 上述の半閉溝補償巻線の採用による、電機子反作用の補償効果の著しい改善。

(3) 整流子工作の良否は整流特性の決定要件であり、特に慎重を期した。すなわち、整流子の締付け、組立回転ブレーキ、各シーズニング工程は自動温度調整器によりプログラム制御され、整流子片間隔の誤差、ねじれ、ハイパー、偏心などは、ターニングプレス上で各工程途上随時電氣的に自動測定され修正されるので、完成品の精度はきわめて高い。

(4) 刷子はすべて高速度形三分割刷子を使用し過負荷においても良好な整流能力を得た。

(5) 補極および補償巻線の分路リアクトル⁽¹⁰⁾を使用し負荷急変時の過渡整流特性の改善をはかった。

(6) 整流子温度上昇に対して、特に 1,850kW 電動機にはライザーの裏に軸流ファンを設けて放熱を行わせ、最高速 125%負荷電流においても、温度上昇 52°C にとまった。

3.5 通風冷却装置

主電動機の通風は、日立製回転油膜式空気清浄器を経て汙過された冷気は、室内に入り、これより誘引通風機により、電動機を通して地下風洞内に誘引排出されるダウンドラフト方式となっている。一方中間圧延機用 600kW 電動機 1 台と仕上圧延機用 1,850kW 電動機 1 台は都合により逆にアップドラフト方式になっている。

4. 速度検出発電機

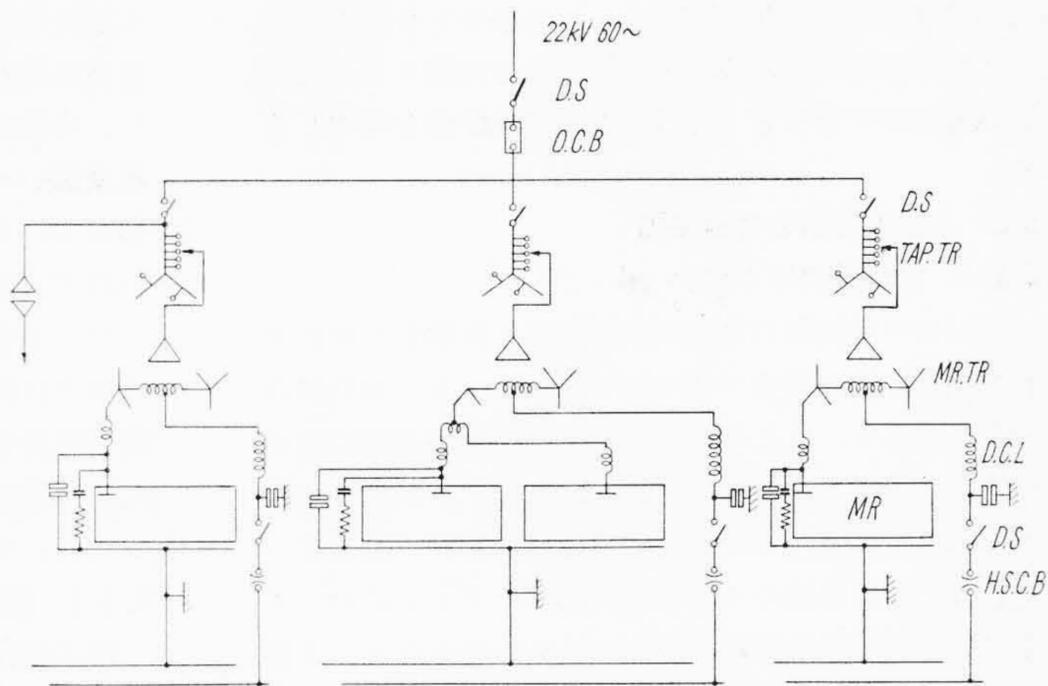
線材圧延機用電気設備の制御系のように、増幅度高く、速応性の大きな増幅器を用いる場合、速度検出発電機電圧の中に含まれる脈動電圧は制御動作にはなはだ悪影響を及ぼす

ものである。この脈動には、電機子溝、整流子片などによる原因する高周波数のものと、主極ギャップの不同、芯出し不良などによる回転脈動、および速度検出発電機が直結されている主電動機よりの回転振動による低周波数のものがある。特に主機の軸端のわずかな振れによる脈動は問題で速度検出発電機自体では解決できず、これに対して特別の考慮がなされた。これはフレキシブル軸と筒でもって主機と直結し主機からの振動はこの部分で吸収されるようにした。実測結果によると主機の振動による脈動電圧はほとんど完全に除去され、脈動電圧によるトラブルはまったくみられなかった。

5. 水銀整流器電源

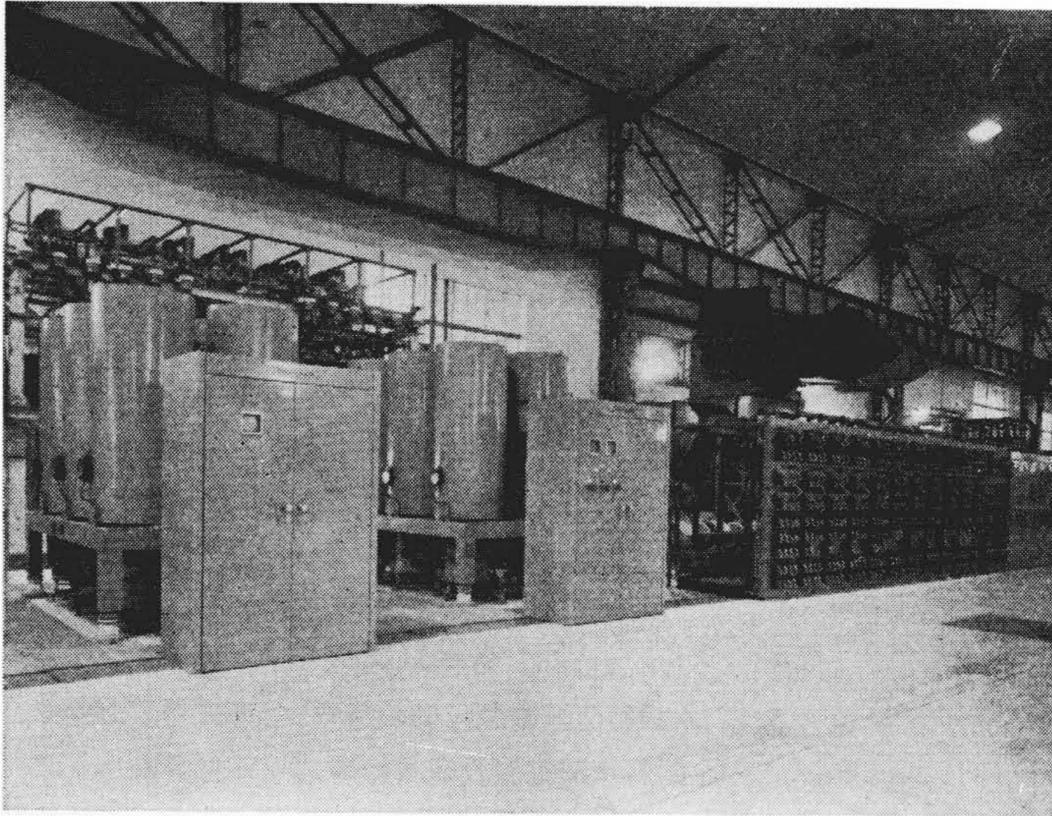
5.1 水銀整流器電源設備の概要⁽¹¹⁾⁽¹²⁾

この水銀整流器電源設備は特高 22kV を受電し、これを水銀整流器により 0 から 750V までの直流可変電圧に変換するまでの設備一式よりなる。第5図にその概略結線図を示す。一式は 3 群よりなるが、OCB は 1 個として簡略化をはかった。各群に OCB を設けたところでいずれか 1 個の OCB がトリップすれば圧延設備は運転を中止せざるを得ない。タップ変圧器のタップは 100—90—80—70—50% とし、各群に設けて電動機の色速度選定の際の便宜をはかった。このタップ間の電圧は格子制御により出すことができる。格子制御のみにより広範囲の直流電圧をうることはできなくはないが、制御率の増大につれて力率が低下する点および水銀整流器への回路責務が増大する点からみて得策ではない。変圧器のタップ切換方式としては無負荷調整用のタップ変圧器か負荷時電圧調整変圧器の使用が考えられる。後者は運転中制御率



D.C.L. : 直流リアクトル MR : 水銀整流器 O.C.B. : 油入遮断器
 DS : 断路器 MR.TR : 水銀整流器変圧器
 H.S.C.B. : 高速度遮断器 TAP.TR : タップ変圧器

第5図 住友金属小倉製鉄所納 水銀整流器電源設備概略結線図



第6図 住友金属小倉製鉄所納 線材圧延機電源用第2群水銀整流器

をほぼ一定に保ち、かつ格子制御範囲をある程度短縮しうる利点をもつが一方設備価格が割高となり、またタップ数が多いのでそれだけ保守がやっかいであり、制御が複雑となるなどの欠点を有する。わが国のごとく瞬時電圧変動の大きいところでは、タップ変圧器に比し画期的に力率を改善することはできぬので負荷時調整変圧器をこの種用途に使用した例はほとんどない。主変圧器一次巻線にも季節的な電圧変動に対処するため24kVから20kVまで1kVおきにタップを設けてある。整流器出力電圧に含まれる高調波電圧をおさえ、かつ軽負荷時直流電圧の上昇を防止するため、直列リアクトルが使用されている。直流電動機および圧延機の無負荷電流によってきまる最小出力電流において直流電圧の上昇を防止するためには相当大きなリアクタンスを必要とするので直列リアクトルは特殊な設計とした。なお相間リアクトルも励磁電流が十分小さくなるよう、特殊鉄心を使用している。

5.2 水銀整流器と付属装置

5.2.1 水銀整流器本体

封じ切り整流器の完成以来単極形と多極形がそれぞれ発達し、その優劣が種々論じられている。おのおの一長一短あり、またその設計により性能が大幅に変化するものであり一概に優劣はつけにくいだが、概していうならば大容量器においては単極形が有利であるといえよう。従来多極のみ製作されていたドイツにおいても最近は大容量単極器の製作が始められるなど、大容量器における単極形の優位は一般的なものとなりつつある。日立では従来より保守が容易で過負荷耐量が大きく寿命の長い封じ切り風冷エクサイトロンを標準

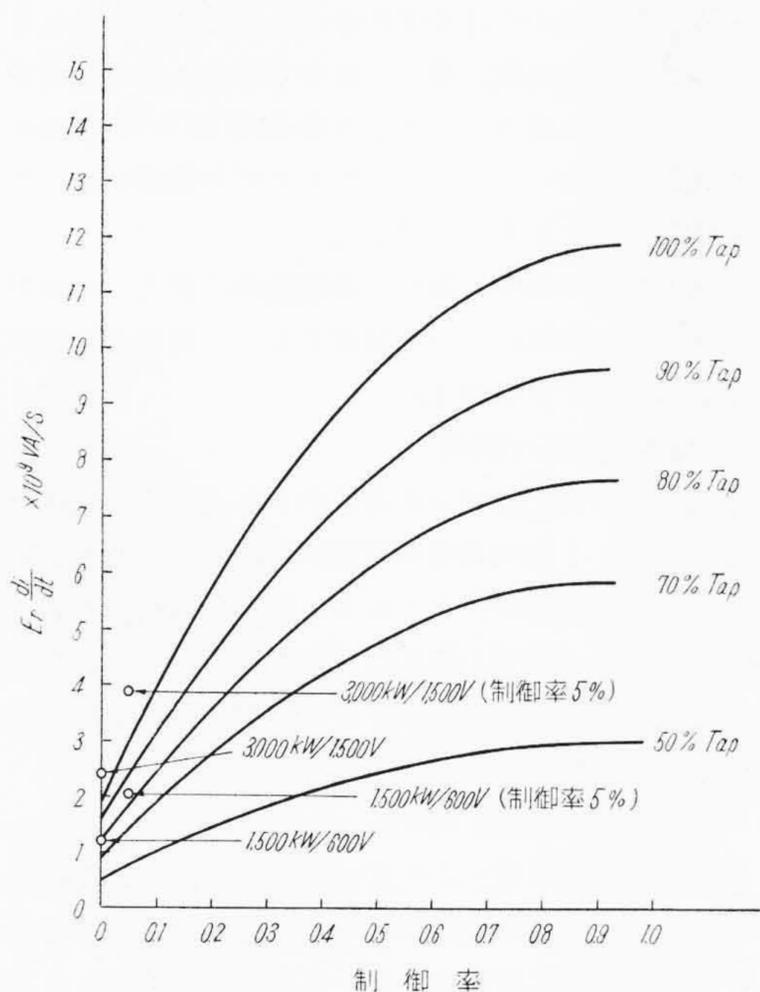
形とし、電鉄用に幾多の実績を有しているが今回もこの形のものを採用した。この種用途の負荷はその性質上尖頭値はさほど大ではないが平均値が大である。単極形は冷却面積大で、容易に冷却能力を大としうるからこの点からも有利である。タンクは互換性を考えてすべてCF形とし、第1群、第3群は6タンク、第2群は12タンクよりなる。6タンクあたり過負荷の最も大なる第3群は冷却扇の風量を50%増大して整流タンクの温度上昇をおさえた。整流器は電鉄用と異なり常時かなりの格子制御を行って運転されるため、転流終期の回路責務は増大する。このため格子構造を慎重に検討して尖頭負荷耐量をそこねぬ程度に消イオン特性を強化し、熱的負荷耐量の増大をはかった。

5.2.2 温度制御

整流器の運転に際し温度制御の重要なことは周知の事実である。風冷式は取扱いが非常に容易で故障もほとんどないが、熱的時定数が小さく、かつ通常は循環式でないため、温度制御の計画には注意を必要とする。本設備では次のような温度制御方式を採用した。整流器冷却扇は国鉄東北線、東急元住吉変電所納整流器の場合と同様な考え方で3段変速とし、冷却条件の急変を防止するとともにタンクの温度変化を小さくおさえた。特に第3群においては冷却扇を連続運転とし、3段変速および陰極加熱器の切入によりタンク温度を制御する方式として万全を期した。温度制御を行う際最も問題となるものに温度継電器がある。従来の温度継電器は速応性および信頼性にやや難点があったが、今回は車輛用で実績を出した時間おくれ少なく信頼度高いバイメタルリレーを採用し精密な温度制御を行っている。費用低減のため独立した整流器室は設けられず、整流器は電動機室に据え付けられることになった。このため押込み送風器により陽極部が過冷されるおそれがあるので各タンクに冷却扇の風圧により開閉する弁を備えたカバーをかぶせ、良好な結果を得た。本方式は京阪六地藏屋外ユニットサブステーションにおいて試みられ、効果をおさめたものである。

5.2.3 回路責務^{(13)~(15)}と振動防止回路

格子制御を行っている整流器は転流直後に逆弧を発生することが多い。これは転流直後には残留イオンが多く、これが逆電圧により陽極に衝突するためと考えられている。この転流終期のタンクの辛らさの程度は



第7図 整流器に対する回路責務

タンクの性能、温度分布などの条件が等しくかつ電圧電流が通常の使用範囲ならば次式により表わされる回路責務“B”の大きさによりほぼ見当をつけられることが広く認められている。

$$B = E_r \cdot \left(\frac{di}{dt} \right)_\delta$$

ここに

E_r : 飛躍逆電圧

$\left(\frac{di}{dt} \right)_\delta$: 転流終期の電流変化率

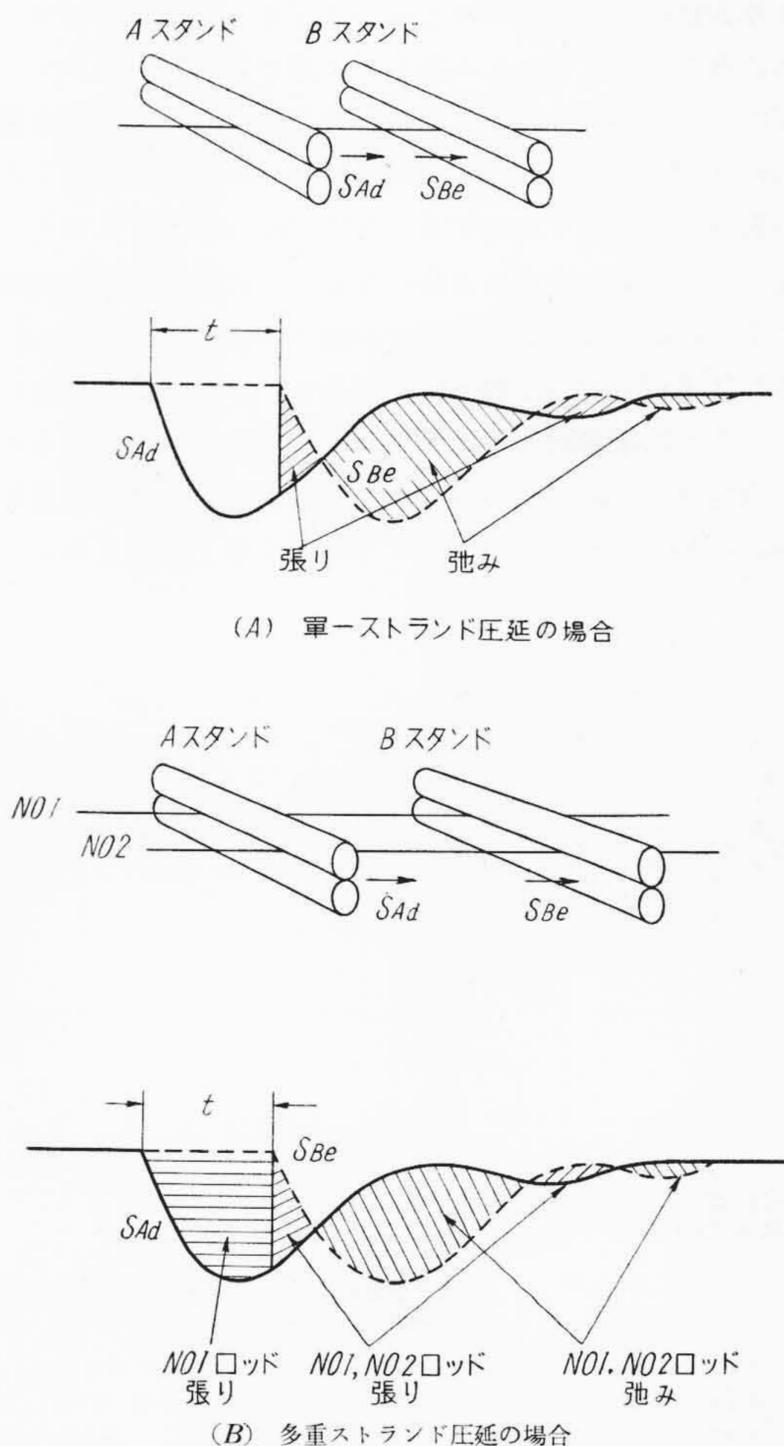
責務の最も苛酷な第3群についてタップをパラメータとして制御率に対する理論上の“B”を表示すると第7図のごとくなる。図には参考までにこのCF形タンクの電鉄用標準定格 3,000 kW/1,500 V, 1,500 kW/600 V に対する回路責務を示す。“B”が1桁変化すれば通常逆弧頻度は3~5桁変化するといわれており、この図からみてもかなり苛酷な条件で使用されていることがわかる。もちろん逆弧頻度は上式のみで決まるものではなくほかにもいろいろ原因があるが、転流直後の逆弧に対しては一つの目安となる。この責務に対しては格子構造を適当に選んで消イオン能力を増大し、タンク自体の強化をはかったことはさきに述べたが、さらに次のごとき対策を施した。上式で回路責務は飛躍逆電圧に比例することを述べたが、実際問題としては飛躍逆電圧はインパルス的にかかるものではなく多少の勾配がある。ところが一方ではこの飛躍逆電圧に主

変圧器のリアクタンスと浮遊容量による振動が重畳し、責務を増大させている。この振動電圧を取り除き、飛躍逆電圧の勾配を減じてやれば實際上整流器にかかる責務を大幅に減らすことができる。このため陽極-陰極間にコンデンサおよび抵抗よりなる振動電圧吸収回路を挿入した。このコンデンサおよび抵抗値の選定については工場および研究所において研究がなされ対策が確立している。現地測定の結果この回路が大きな効果をおさめていることを確認できた。

5.2.4 その他

格子制御は電動移相器、磁氣的自動移相器と尖頭波変圧器の組合せにより行われる。自動移相器の特性は格子の入力により大きく影響を受けるので格子抵抗器の抵抗値は格子の消イオン能力とにらみ合わせて慎重に検討された上決定した。

エクサイトロン整流器にときとしておこる消弧に対



第8図 線材圧延時の素材に及ぼす力関係

しては陽極リアクトルの使用および点励弧電流の適当な選定によりこれを完全に防止した。

以上慎重に検討し、種々の対策が施されてある整流器は現地据付け以来無事故で運転されている。

6. 制御方式

連続圧延設備制御の最も重要な問題の一つは各スタンド間の速度協調とスタンドに素材が噛み込まれたときの電動機の瞬時速度降下すなわちインパクト降下と回復時間を最小にすることである。

第8図(A)においてAスタンドに素材が噛み込まれ、Aスタンドから出る速度を S_{Ad} とすると、 S_{Ad} は電動機速度変動率により図のように変化する。 t 秒後にスタンドに素材が噛み込まれるとBスタンドの入口速度 S_{Be} も同様図のように変化する。ここにおいて両スタンド間の圧延素材は S_{Be} , S_{Ad} との関係により、 S_{Ad} が S_{Be} の値より小さい間は素材に張力を与え、 S_{Ad} が S_{Be} の値より大になるときは弛みを与える。この両者の関係により素材には引張りやゆるみが生ずる。多重ストランド圧延機について考えてみると、1本の素材が両スタンド間にかかっており、他の素材が噛み込まれた場合第8図(B)のような関係により $S_{Ad} = S_{Be}$ になるまでは2本の素材とも引張りが生ずる。次に S_{Be} が S_{Ad} より大になるとゆるみが生ずる方向になる。この両者の面積関係により速度が安定した状態で引張りか、ゆるみかが起る。これは素材に対して悪影響を与える。この悪影響の起らないように電動機速度は制御されねばならない。ゆるみが両スタンド間に残る場合にはBスタンドにはいる速度 S_{Be} を S_{Ad} よりわずかに早くして材料に張力を与えるよう

調整すれば自動的にゆるみがなくなることになる。張りやゆるみの量を極力小さくすることは速度変化を少なくし、かつまた整定速度に早く回復せしめることが必要である。この目的を達するために各制御要素を吟味選択し、制御系の設計にあたってはアナログ計算機を用いて特性を検討するなど万全を期した。

以下住友金属工業株式会社小倉製鉄所に納入した線材ミルの各部の制御系について論述するが、自動速度制御系の理論は別文⁽⁵⁾を参照されたい。

6.1 基準電源部の制御

基準電源部は各圧延部の速度基準を与える基準発電機 ($RE_{X1} \sim RE_{X3}$) と磁気増幅器電源用 420V 高周波発電機 (HFG), 磁気増幅器バイアスおよび指速発電機の界磁用の定電圧発電機 (CPE) および電動機界磁、操作用電源として定電圧励磁機を設備している。第9図は基準電源部の概略制御結線図である。

6.1.1 定電圧発電機 (CPE)

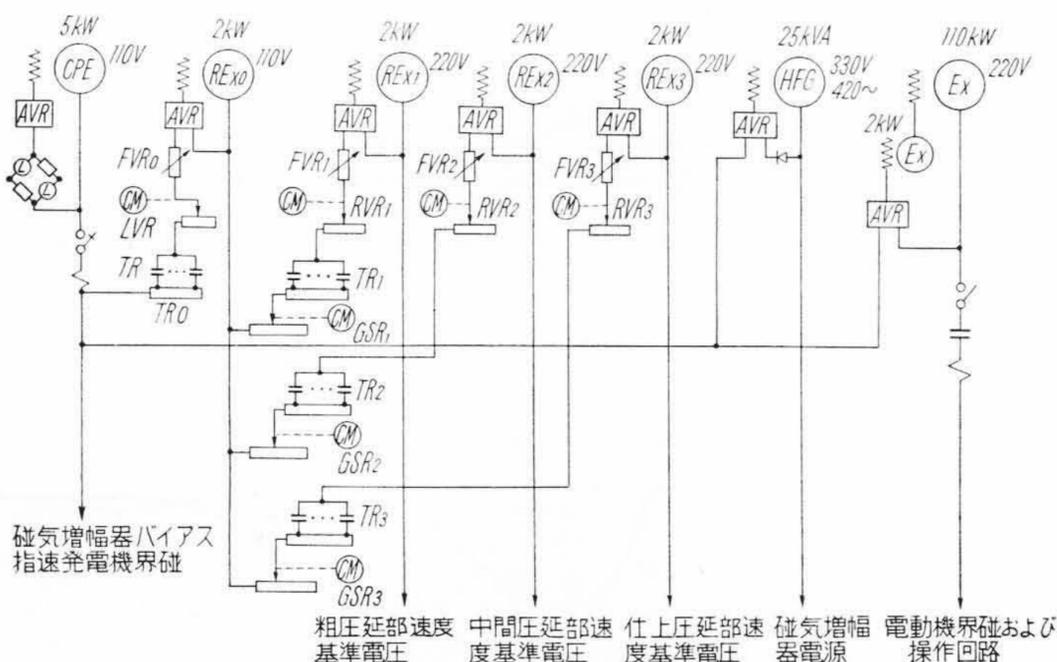
定電圧発電機の電圧の精度は全体の自動制御の精度を左右するから、高い精度のものが必要であるとともに、各制御要素は信頼性の高いものが必要である。本設備では磁気増幅器とランプ式検出器を用いたがランプは定格電圧の半分で使用しているのでランプの寿命を定格電圧において 1,000 時間 とすれば $1,000 \times 2^{13.4} \div 10^7$ 時間 となり非常に長い寿命を有するのでほとんど断線する心配はない。

6.1.2 基準発電機 ($RE_{X0}, RE_{X1}, RE_{X2}, RE_{X3}$)

前述のように本設備では多様な線材を圧延するが各成品に応じて適当な速度が選定される。成品が多種に及ぶため各電動機は広範囲の速度制御が必要であるが単に界磁制御のみによらず、電源電圧の切替により水銀整流器電圧を変化させて電圧制御も行う。したがってタップ変圧器のタップに応じ同じ比率の速度指令を発生し、かつまた各圧延部ごとの速度調整が可能なるように各部に1台の基準発電機 ($RE_{X1} \sim RE_{X3}$) を設けた。また全体の速度調整が可能なるよう基準発電機 (RE_{X0}) を設備し、この電圧を基準として基準発電機 ($RE_{X1} \sim RE_{X3}$) は自動電圧制御されている。

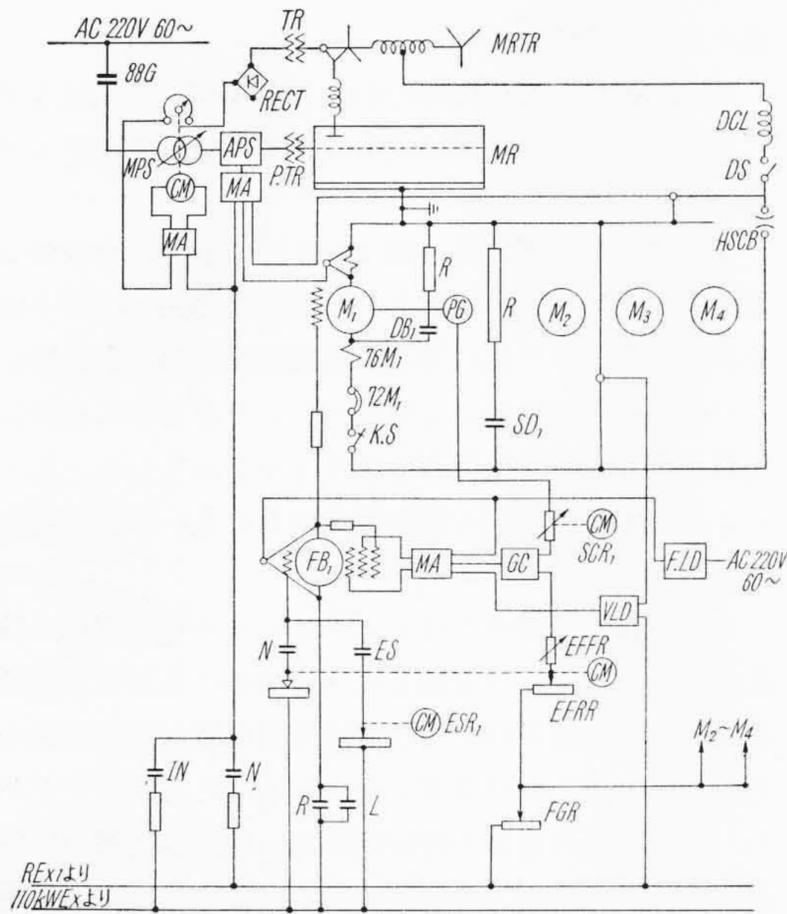
6.2 粗・中間圧延部の制御

粗・中間圧延部においては圧延速度がさほど高くないのでインパクト降下に対する要求は仕上圧延部ほど強くない。そのため一般に保守、効



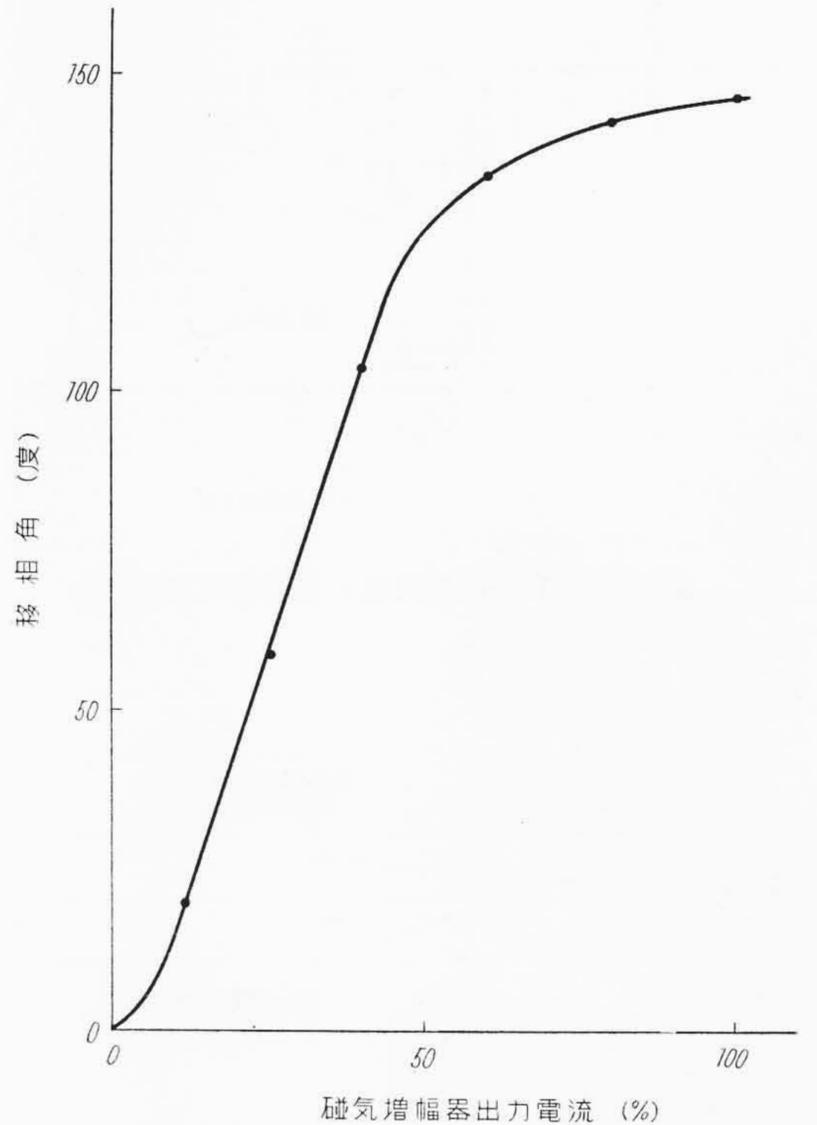
CPE : 定電圧発電機 Ex : 定電圧励磁機 FVR₀ : 全電圧密調整用抵抗器
 RE_{X0}~RE_{X3} : 基準発電機 AVR : 自動電圧調整器 LVR : 全電圧粗調整用抵抗器
 HFG : 高周波発電機 CM : 操作用電動機 GSR₁~GSR₃ : 起動用抵抗器
 TR~TR₃ : タップ変圧器連動抵抗器 FVR₁~FVR₃ : 各部電圧密調整用抵抗器

第9図 基準電源部概略制御結線図



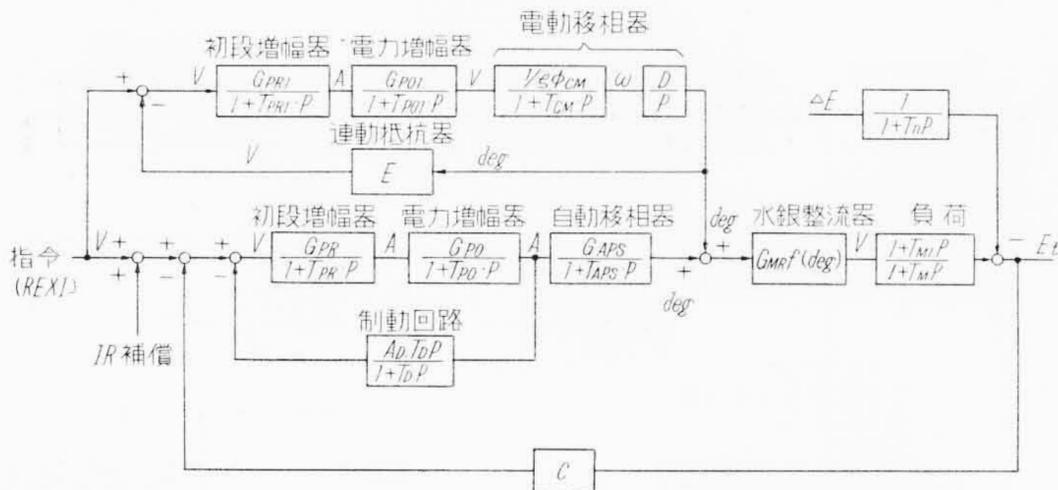
- MRTR : 水銀整流器用変圧器
- TR : 変圧器
- MPS : 電動移相器
- APS : 磁気形自動移相器
- 72M₁ : 気中遮断器
- 76M₁ : 過負荷継電器
- N : 通常運転時動作接触器
- IN : 寸動運転時動作接触器
- MA : 磁気増幅器
- CM : 操作電動機
- M₁~M₄ : 主電動機
- P-TR : 尖頭波変圧器
- ES : 非常停止時動作接触器
- FB₁ : 界磁昇圧機
- GC : 利得補償制御装置
- SD₁ : 減速停止用接触器
- DB₁ : 非常停止用接触器
- DCL : 直流リアクタ
- DS : 断路器
- HSCB : 高速度遮断器
- PG : 指速発電機
- SCR₁ : 起動補償用抵抗器
- VLD : 過電圧制限装置
- FLD : 界磁制限装置
- EFRR : 速度密調整
- EFRR : 速度粗調整
- FGR : 粗圧延部速度密調整

第10図 粗圧延部制御結線図



第12図 磁氣的自動移相器の特性

率，設備費の点から粗・中間圧延部は1台の水銀整流器に対し4台の電動機を運転する共通母線方式とし，水銀整流器は一定の電圧を電動機に供給するのみで速度制御は界磁により行っている。第10図は本方式の概略結線図を示した。

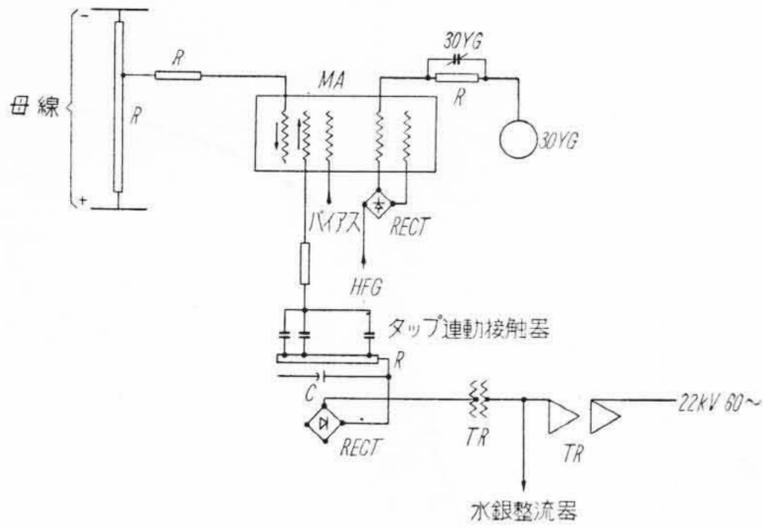


- G_{PR1} : 定位系初段増幅器利得 (A/V)
- T_{PR1} : 位置制御系初段増幅器時定数 (s)
- G_{PO1} : 位置制御系電力段増幅器利得 (V/A)
- T_{PO1} : 位置制御系電力段増幅器時定数 (s)
- G_{APS} : 自動移相器利得 (deg/A)
- T_{APS} : 自動移相器時定数 (s)
- G_{MRf} (deg) : 水銀整流器利得 (V/deg)
- T_{M1} : 電源を考慮しない機械の時定数 (s)
- T_M : 電源を考慮した機械の時定数 (s)
- T_n : 外乱時定数 (s)
- $4E$: 外乱 (V)
- G_{PR1} : 位置制御系初段増幅器利得 (A/V)
- T_{PR1} : 位置制御系初段増幅器時定数 (s)
- G_{PO1} : 位置制御系電力段増幅器利得 (V/A)
- T_{PO1} : 位置制御系電力段増幅器時定数 (s)
- $\omega \phi_{CM}$: 操作電動機単位回転数あたりの逆起電力 (V/s)
- T_{CM} : 操作電動機機械の時定数 (s)
- D : ギヤー比
- E : 連動抵抗器分圧比 (V/deg)
- A_D : 制動回路利得 (V/A)
- T_D : 制動回路時定数 (s)
- E_t : 水銀整流器出力端子電圧 (V)
- C : 電圧饋還分圧比

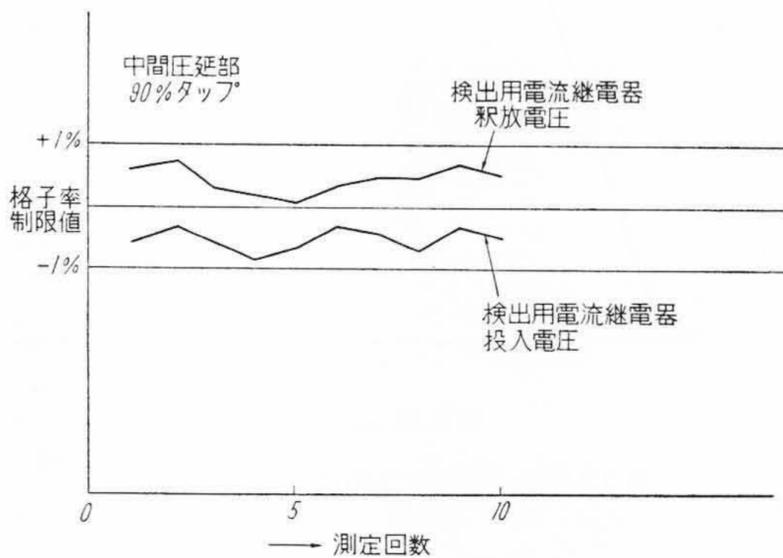
第11図 水銀整流器電圧制御系ブロック線図

6.2.1 水銀整流器の電圧制御

水銀整流器の電圧制御系は水銀整流器の出力電圧を基準発電機 (REX₁ または REX₂) 電圧との比較により検出し，その偏差信号を磁気増幅器2段増幅により，磁氣的自動移相器 (APS) の励磁電流を変化せしめ，格子回路の位相を制御している。第11図は電圧制御系のブロック線図を，第12図は磁氣的自動移相器の移相特性を示したものである。良好なる制御を行うためには，動作点が常に移相特性の直線部分の中央にあることが望ましい。このために電動移相器 (MPS) を設け，水銀整流器変圧器の二次巻線の電圧に比例した直流電圧を電動移相器と連動し



第 13 図 格子率制限検出装置概略結線図



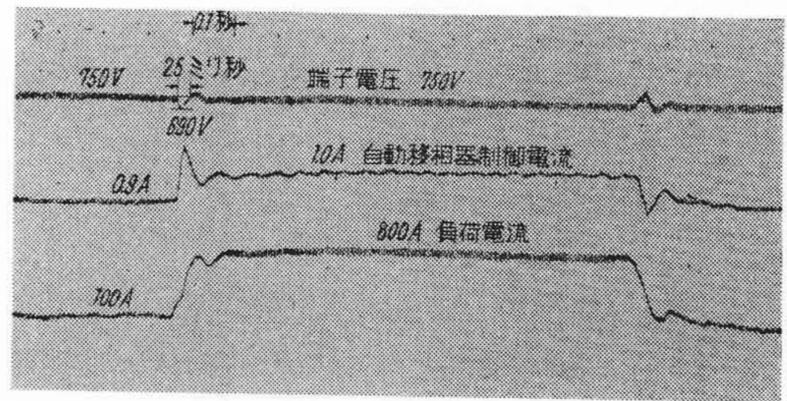
第 14 図 格子率制限装置実測データ

能にしている⁽¹⁷⁾。

第 13 図はその概略結線図を、第 14 図に実測値を示したもので制限格子率に対して ±1% 精度で検出が可能である。

また電圧制御系は格子率 100% の位置では水銀整流器の利得 (V/deg) は零となるため制御系が動作不能な状態になる。これに対しても磁気増幅器と継電器により制限格子率を検出し警報せしめるとともにそれ以上格子率を大とする操作を不能とせしめている。かくのごとく水銀整流器の格子制御は常に良い状態で運転できるように考慮してある⁽¹⁸⁾。

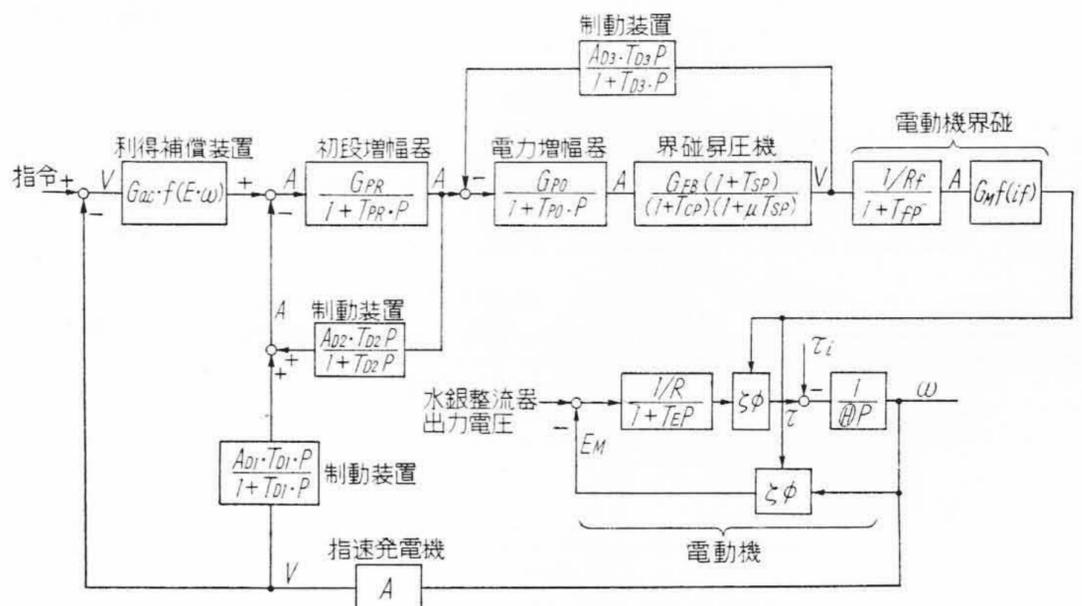
水銀整流器は慣性がほとんどないため電源電圧の擾乱は直接出力電圧の変動となって表われるから水銀整流器の電圧制御系の応答は直流回路の電気的時定数を考慮し、できるだけ急速でなければならない。すなわち、直流回路の電気的時定数に比し電圧制御系の応答がおそくて直流電圧の回復が行われない間に主回路電



第 15 図 電圧制御系オシログラム

た摺動抵抗に加え、この電圧を電動移相器の回転角度に比例した値に分圧し、この電圧と基準発電機電圧と比較することにより基準発電機指令に比例した角度だけ電動移相器を回転せしめ格子制御を行う回路を設けてある。したがってタップ変圧器のタップ比および発電電圧の変動は電動移相器にて制御できる⁽¹⁶⁾。

水銀整流器の電圧制御で極端に格子を絞った状態を使用することは力率を悪化せしめるとともに、前述のように逆弧に対する回路責務も大となる。本設備ではある一定の格子率より小さな格子率での使用を避けるため磁気増幅器と継電器を使用し発電電圧と水銀整流器の出力電圧との比較により制限格子率を検出し、警報するとともにそれ以下に格子を絞る操作を不



- $G_{ac} \cdot f(E \cdot \omega)$: 利得補償装置利得 (A/V)
- G_{PR} : 初段増幅器利得 (A/A)
- T_{PR} : 初段増幅器時定数 (s)
- G_{PO} : 電力増幅器利得 (A/A)
- T_{PO} : 電力増幅器時定数 (s)
- G_{FB} : 界磁昇圧機利得 (V/A)
- μ : 界磁昇圧機同調率
- T_C : 界磁昇圧機制御巻線時定数 (s)
- T_S : 界磁昇圧機正饋還巻線時定数 (s)
- R_f : 界磁回路抵抗値 (Ω)
- T_f : 界磁回路時定数 (s)
- $G_{Mf}(i_f)$: 界磁巻線利得 (V/s/A)
- R : 主回路抵抗 (Ω)
- T_E : 主回路電気的時定数 (s)
- $\zeta\phi$: 単位回転数あたりの逆起電力 (V/s)
- J : 慣性能率 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)
- ω : 回転数 (rad/s)
- τ_i : 外乱トルク ($\text{kg} \cdot \text{m}$)
- E_M : 逆起電力 (V)
- A_{D1}, A_{D3} : 制動回路利得 (A/V)
- A_{D2} : 制動回路利得 (A/A)
- T_{D1}, T_{D2}, T_{D3} : 制動回路時定数 (s)
- A : 指速発電機利得 (V/rad/s)

第 16 図 界磁制御定速度制御系ブロック線図

流の変化が起り電動機に過電流が流れる危険性がある。

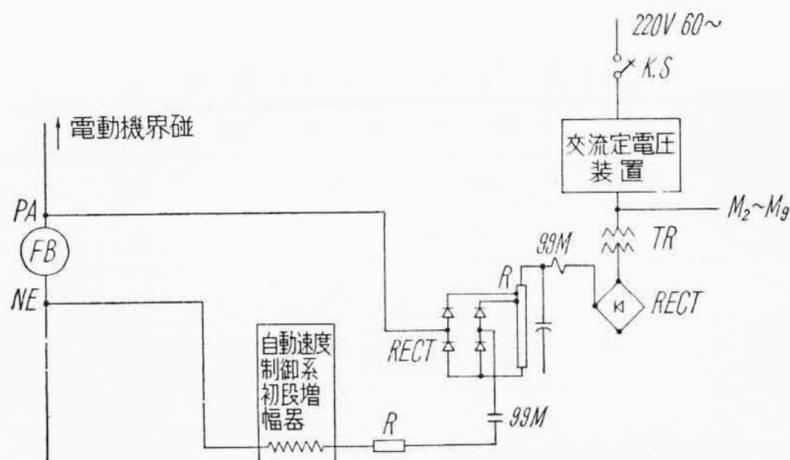
本設備においては第15図のごとく回復時間0.025秒という従来発表されている水銀整流器の電圧制御系の回復時間0.1~0.25秒に比しすぐれた結果を示している。

6.2.2 共通母線方式の速度制御系

第16図は共通母線方式において界磁昇圧機を使用した自動速度制御系のブロック線図である。基準発電機電圧より得た速度指令と指速発電機電圧を比較しその偏差を磁気増幅器2段で増幅し界磁昇圧機の電圧を制御することにより電動機の界磁電流を変化せしめて電動機速度を制御している。定速度制御系は次の諸点を考慮して設計製作してあるので運転は安全、かつ精度良く行われている。

(1) 利得補償⁽¹⁹⁾：電動機の界磁制御による定速度制御系は電動機電圧の大小により利得が変化する。また粗・中間圧延部の電動機は界磁制御範囲が1:3の広範囲であるため、界磁の飽和度の関係で利得が大幅に変化する。すなわち、電動機電圧と電動機速度の増加に伴い利得が大となる。圧延速度が広範囲に及ぶことは前述のとおりであるが定速度制御系はなるべく利得の変化が小さいことが望ましい。そのため電圧および界磁による利得変化を小さくするよう利得補償装置を設け、すべての圧延速度において定常誤差±0.2%以内に納まっている。

(2) 起動補償：起動の際速度指令に対し指速発電機電圧は電動機軸における機械的慣性による機械的時定数だけ時間おくれが生ずる。そのため速度制御系は界磁を弱める方向に働き、所期の起動トルクをうるため電流が大となり起動困難におちいる危険がある。それを防止するため本設備では起動時に定速度制御系の利得を検出回路に高抵抗(SCRI)を挿入することにより界磁を弱める効果を小とし、起動が終了する直前においてこの高抵抗を急速に減少せしめ起動終了と同時に



第17図 界磁制限装置概略結線図

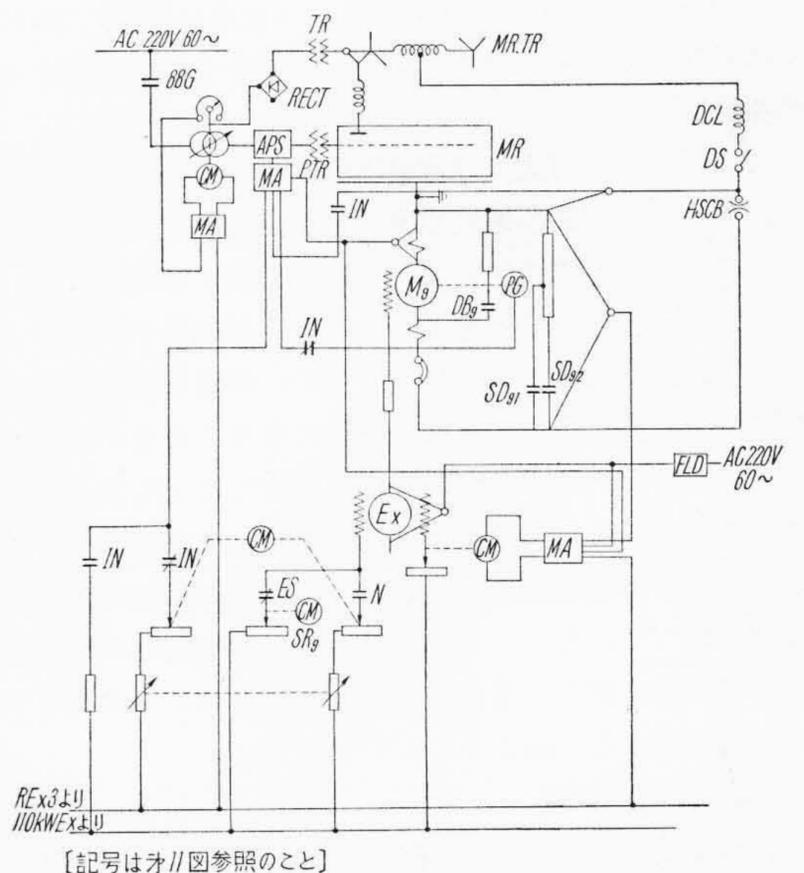
所期の利得で運転できるようになっている⁽²⁰⁾。

(3) 界磁制限装置：界磁制御を行っているので電動機の加減速時、または急激な負荷変動時などの擾乱の大きい場合において、電動機界磁はその定格値よりも大幅に強くなったり、または弱くなったりする危険も考えられる。この不具合をのぞくため界磁制限、界磁昇圧機電圧を定電圧と比較し、昇圧機電圧が正逆いずれの方向においても大となったとき、速度制御系の初段増幅器を励磁して、それ以上に昇磁が強まったり弱まったりしないようにした。第17図は本装置の概略結線図である。

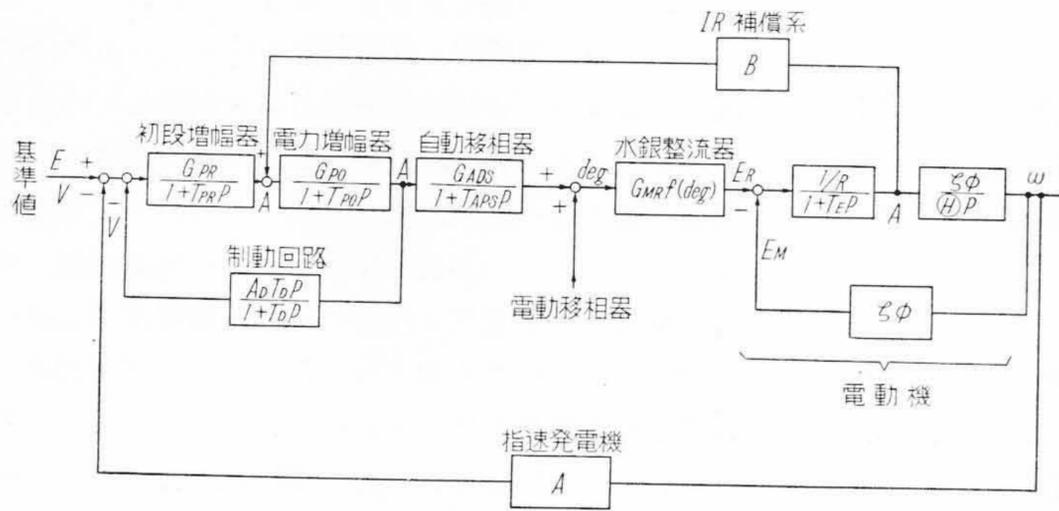
(4) 過電圧制御装置：水銀整流器は非可逆性であるため速度調整および制御時に電動機の逆起電力が所定値以上になる場合がある。これを制限するため母線電圧と基準発電機電圧を磁気増幅器制御巻線に入れて比較し、磁気増幅器出力により、電動機逆起電力を下げないように動作させて過電圧を防止している。なおこのほか過電圧継電器をも備えていて、上記制限装置をこして過電圧となった場合には電動機を非常停止せしめ万全の保護を行ってある。

6.3 仕上圧延部の制御

仕上圧延部は圧延速度がきわめて早く、線材の径も小さく、インパクト降下の影響の小さいことが要求される。したがって第18図のように電動機1台に対し水銀整流器1台を接続し、速応制御の可能な格子制御による各個運転方式が採用されている。第19図は水銀整流器の格子制御による自動速度制御系のブロック線図を示した。本設備においては100%負荷変動に対しインパクト

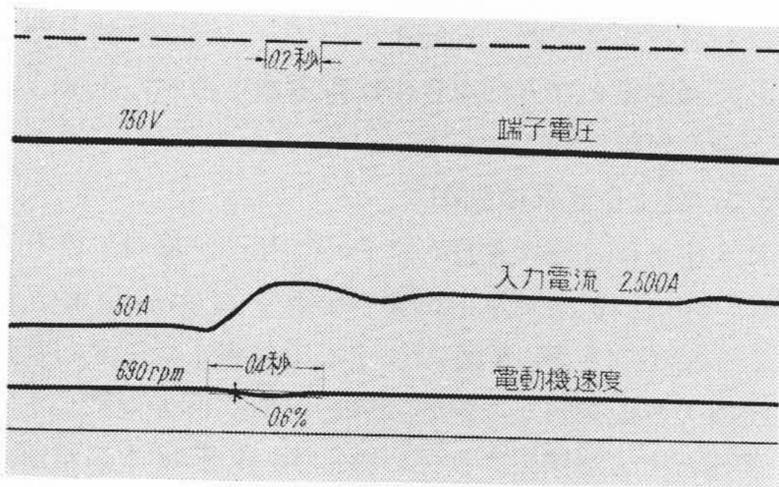


第18図 仕上圧延部制御結線図



- A : 指速発電機利得 (V/rad/s)
- B : IR 補償利得 (A/A)
- AD : 制動回路利得 (V/A)
- TD : 制動回路時定数 (s)
- GPO : 電力増幅器利得 (A/A)
- TPO : 電力増幅器時定数 (s)
- GPR : 初段増幅器利得 (A/V)
- TPR : 初段増幅器時定数 (s)
- GMRf(deg) : 水銀整流器利得 (V/deg)
- GADS : 自動移相器利得 (deg/A)
- TAPS : 自動移相器時定数 (s)
- R : 主回路抵抗値 (Ω)
- TE : 主回路電氣的時定数 (s)
- zphi : 単位回転数あたりの逆起電力 (V/s)
- H : 慣性能率 (kg·m²)
- w : 回転数 (rad/s)

第19図 仕上圧延部のブロック線図



第20図 仕上圧延部 1,850kW 電動機インパクト降下試験オシログラム

降下 0.8%, 回復時間 0.5 秒という要求に対し, 第20図に示したオシログラムのように要求を十分に満足する結果を得た。

この各個運転方式では電動機界磁は専用の励磁機を有し, その界磁回路に速度粗密調整抵抗器が設けられている。この抵抗器は格子に与える速度指令と連動されている。速度調整の際この連動されている抵抗器の誤差および界磁回路の時間おくれなどのため, 整定母線電圧が大幅に変化し過電圧または低格子率になることもある。またヒステリシスにより整定電圧を変えたことにより上下することもある。この不具合をのぞくため電圧指令と水銀整流器の母線電圧を比較し, その偏差を磁気増幅器により増幅して, その出力により界磁補正用電動調整器の操作電動機を回し, 電動機が整流電圧に比して過電圧または低電圧にならぬようにしている⁽²¹⁾。

6.4 保護装置

いかなる事故に対しても確実に保護し, ただちに再運転ができるよう各種の保護装置が設けられている。その

主なるものを第3表に示した。

6.5 運転操作

6.5.1 速度調整

連続圧延設備では各スタンド間の速度協調は精密に行われなければならない。本設備では第4表に示したよう電圧および界磁に粗・密調整を設け精密なる速度調整が可能となっている。

6.5.2 起動・停止

全設備の起動は主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も, また粗・中間仕上部単独にも起動できる。

第10図における GSR₁~GSR₃により基準発電機 RE_{X1}~RE_{X3}の電圧が直線的に上昇し, 水銀

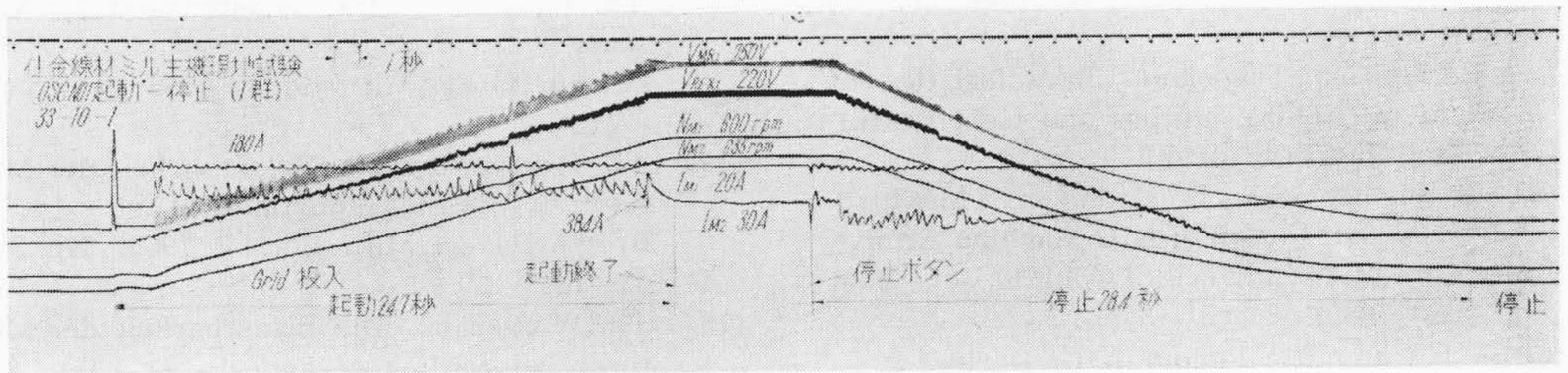
第3表 事故の種類とその保護方法

	保護方法	事故の種類	
水銀整流器	故障箇所表示 ベル警報 主油入遮断器開	逆短弧 水銀整流器バイアス消失 水銀整流器過熱過冷 水銀整流器用変圧器ブッフホルツ重 タップ変圧器ブッフホルツ重	交流操作電源過負荷
	故障箇所表示 ブザー警報	点弧 水銀整流器用変圧器ブッフホルツ軽 タップ変圧器ブッフホルツ軽	タップ変圧器過熱 水銀整流器変圧器過熱 格子率制限
主電動機	故障箇所表示 ベル警報 非常停止	各電動機過負荷 各電動機過速度	
	故障箇所表示 ブザー警報	ブロー関係故障 油圧継電器 油流継電器 各電動機軸受過熱	定電圧発電機過負荷

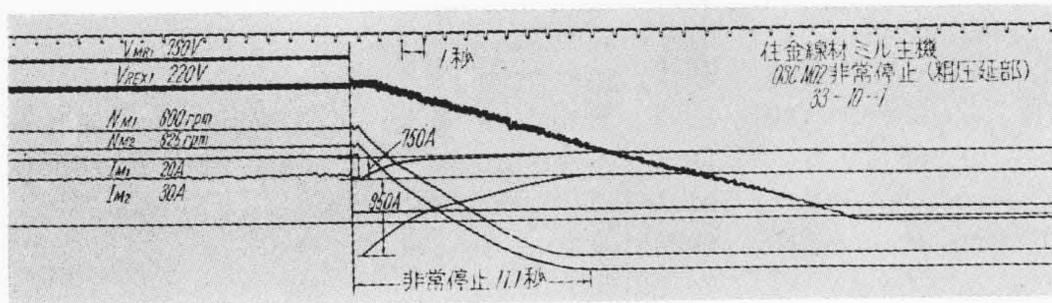
第4表 速度調整の種類

速度調整法	調整箇所	調整方法
電圧	全体	◎
	グループ	◎
界磁	全体	×
	グループ	。
	各個	◎

注: × 行わない
◎ 粗調整
。 密調整



第21図 起動・停止オシログラム (粗圧延部)



第22図 非常停止オシログラム

制御系から定電圧制御系に切り替えて低電圧で寸動を行っている。逆寸動は主電動機の界磁切替えにより行っている。寸動操作は主運転室、電気室、スタンドサイドのいずれでも操作できるようになっている。

7. 結 言

以上連続線材圧延設備電気品の問題点につき論述し、日立製作所において最近住友金属工業株式会社小倉製鉄所に納入した設備の概要につき紹介した。

主電動機は従来の考えを一新し、大形なものとすることなく標準形とし、これを優秀廉価な制御装置で補い、また速度検出発電機はそのリップルを減ずるため主軸部分を特殊構造とするなど各制御要素は十分検討し設計製作した。水銀整流器は逆弧に対する回路責務の逓減、振動電圧の防止、精密なる温度制御を行い、また制御装置は安全かつ高精度にて運転できるよう種々の補償制御装置を設け、事故に対しても万全の保護装置を設けてある。このように十分なる検討の結果設計製作した本装置は 30 m/s というわが国最高の速度にもかかわらず短期間で操業するに至り、順調に運転されている。

終りに臨み終始御指導御鞭撻を賜わった住友金属株式会社の各位、日立製作所日立工場、日立研究所の関係者の方々に厚く御礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) A. F. Kenyon & H. J. Oakes: Electrical Drive System for a high speed combination rod mill; I & S Eng. March. 123 (1958)
- (2) B. H. Coldwell: Developments in the design of D. C Motors and Generators for Rolling Mills, I & S Eng. Dec. 771 (1950)
- (3) E. L. Brancato, R. Panott & A. T. Mc Clinton: Transient Characteristics of D. C Motors & Generators, T.A.I.E.E Sep (1949)
- (4) F. R. Burt: Electrical Equipment for a Modern Rod mill, T.A.I.E.E Yearly book 642 (1949)
- (5) 泉, 毛利, 田附, 小野田: 日立評論 別冊 26, 84 (1958)

整流器出力電圧も $RE_{X1} \sim RE_{X3}$ 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。

停止は発電制動抵抗器を電動機回路に接続し、水銀整流器の電圧制御により制動電流を流し直線減速するように自動制御されるが、電動機界磁を一定にしておいて直線減速を行うに必要な電流を与えることができないような速度まで低下してくると、電動機界磁を調整する定速度制御系により界磁が強められ直線減速する。界磁が最大に達した後は負荷の大きさ、機械的慣性、摩擦損により定まる減速度で減速されて停止する。停止とともに界磁は整定値に復帰する。第21図は起動停止試験のオシログラムである。

6.5.3 非常停止

非常の場合は気中遮断器を開放し非常停止用発電制動抵抗器により電動機を停止せしめる。電動機を危険なく、かついかなる界磁状態においても、急速に停止せしめるため界磁をいったん弱め、しかるのちに急速に界磁を強めて、短時間に電動機を安全かつ急速に停止せしめている。第11図および第19図におけるESRI, SR9がこの動作を行う調整抵抗器である。電動機が停止してから、ESRI~SM9は急速に復帰するとともに界磁は停止前の状態に復帰する⁽²²⁾。第22図は非常停止時のオシログラムを示したものである。

6.5.4 寸 動

寸動操作は水銀整流器に対する格子指令電圧を低い値に切り替えて、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。仕上圧延部においては定速度

- (6) 小野田, 今尾: 日立評論特集号 別冊 26, 16 (1958)
- (7) E. P. Smith: Transient Characteristics of D. C. Metal Rolling Motors and Generators: T.A.I.E.E Jan. 326 (1957)
- (8) H. D. Snively & P. B. Robinson: Measurement and Calculation of D. C Machine Armature Circuit Inductance, T.A.I.E.E Vol. 69 pt II 1,228 (1950)
- (9) A.I.E.E Committe Report A. G. Darling & T. M. Liwille: Rate of Rise of short Circuit Current of D. C Motors and Generators T.A.I.E.E Jan. 314 (1952)
- (10) 西, 岩城, 白木: 日立評論 39, 1,225 (1957-11)
- (11) U. Matta: Planning, layout and drive problems of continuous hot-rolling mills Brown Boveri Rev. 1957 vol. 44 No. 9 p. 368 ~381
- (12) U. Matta: The Utilization of Mutators in hot-rolling mills Brown Boveri Rev. 1956 Vol. 43 No. 11 p. 452-466
- (13) Th. Wasserab: Die Belastbarkeit der Mutatorer Brown Boveri Mitt. Bd. 42(1955) Nr 4/5 s 133 ~143
- (14) Th. Wasserab: Die Belastbarkeit der Mutatorer bei Zeitlich konstanter Last Brown Boveri Mitt. Bd. 43 (1956) Nr 3/4 s 92~101
- (15) Th. Wasserab: Die Belastbarkeit der Mutatorer bei zeitlich veränderlicher Last Brown Boveri Mitt Bd 43 (1956) Nr 11 s 467 ~475
- (16) 特許出願中
- (17) 特許出願中
- (18) 特許出願中
- (19) E. F. Fairman & A. C. parsons: Electric Drive System for rod, bar, and merchant mill. I & S Eng. Oct. 1956
- (20) 特許出願中
- (21) 特許出願中
- (22) 特許出願中

特許の紹介

特許第219494号

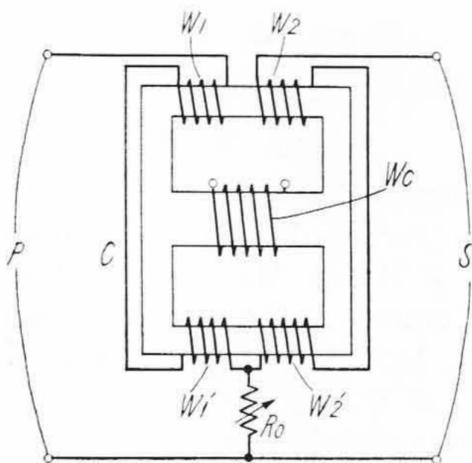
小野田 芳光

可飽和相互誘導型定電圧移相器

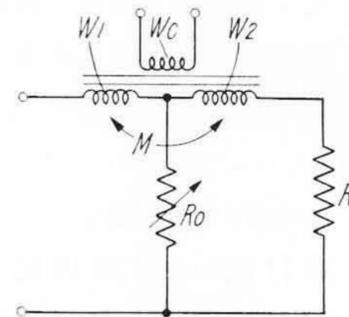
この発明は日立式静止型移相器の改良形である。静止型移相器はさきに日立登録新案第 404288 号として早くより開発されていたのであるが、移相角度が変わると僅少ながら出力電圧値に変化をきたす欠点があった。この発明は移相角度のいかにかわらず出力電圧を入力電圧と等しく常に一定となすことができるので移相角度を零から 180 度までも拡大できる特長を持つものである。

そしてこのような広角度移相器は高速度線材圧延機用静止レオナード設備の精密自動制御には欠くことのできないものである。

今その要旨とするところを図を参照して説明すると次のごとくである。すなわち W_c 線輪によって直流予備励磁される可飽和鉄心 C を共有にする相互インダクタンスすなわち一次 W_1, W_1' および 二次 W_2, W_2' 線輪を回路の一線に直列に接続し抵抗 R_0 の一端を W_1' および W_2' の結び目に、また他端を回路の他線にそれぞれ接続して各相互インダクタンスを回路の入力側 P および出力側 S に分配したものにおいて、二次線輪 W_2 の巻数を一次線輪 W_1 の巻数の 3 倍となし、かつ抵抗 R_0 を加減して負荷抵抗 R との比 R/R_0 を 8 とすように調整することを特長とするものである。(宮崎)



第 1 図



第 2 図