

精密圧延機の電気設備について

樋口 登志 男

1. ま え が き

最近中容量以下の冷間仕上圧延機駆動用として、三相分巻整流子電動機を使用するケースが多くなっている。とくに、三相分巻整流子電動機はワードレオナード制御の直流電動機と非常にその負荷特性が類似しているため、可逆圧延機用として用いる場合も高精度の張力制御を行なうことができる。

本装置は、超精密可逆仕上圧延機として、張力の精度が非常に高く、しかもその設定範囲が広いので巻出、巻取用電動機は、速度制御によって圧延機間とのタルミの量を一定とする制御を行ない、圧延の前後張力は空気圧制御の別系統によって行なう方式を採用している。このことによって圧延張力の絶対値を起動、加速および減速などの過渡的な外乱に対しても高精度で、しかも安定に保つことができるようになっている。本装置に三相分巻整流子電動機を使用したための特長としてつぎの点があげられる。

- (1) 全交流駆動方式となるので電気設備が簡単なものとなり、他の駆動方式による同程度の圧延機械の

電気品に比較して大幅に設備費が削減できる。

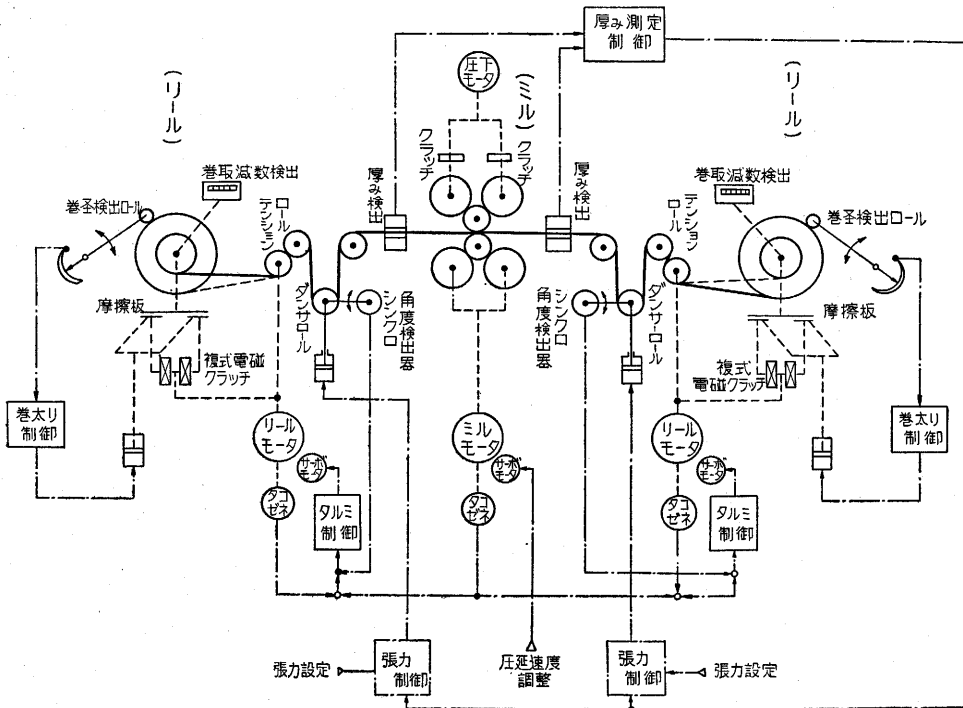
- (2) 電動機として、運転される場合の効率が高く、しかも巻出側は発電機となって交流方式の再生制動（電力が電源へ逆流する）がかけられるので総合効率が高い。
- (3) 運転操作が簡単で、しかも円滑な制御ができる。
- (4) 良好な力率で運転ができる。

本装置は特に操作の簡単化と自動化をはかり、操作盤で集中監視操作を行なうことができるようになっている。以下この装置の電気品についてのべる。

2. 電気設備の概要

本精密圧延機の制御装置は第1図に示すようにつぎの主要部から構成されている。

- (1) 駆動電動機自動制御装置
- (2) 前後圧延張力自動制御装置
- (3) 巻取機巻太り自動制御装置
- (4) 厚み検出および厚み自動制御装置
- (5) 運転操作用制御装置



第 1 図 制 御 系 統 図

本文では(1),(5)項についての電気品について述べる。第1図に示すように圧延機の前後にダンサーロールを設け、その定位値制御を行ない、かつ圧延張力を高精度に制御する。このダンサーロールの位置制御はテンションロールを駆動するリールモータの速度制御によって行なわれるものであって、圧延方向によって一方の巻取側のリールモータは電動機となり、他の巻出側は発電機となって圧延張力に平衡する。リールは圧延材料を定張力で巻出、巻取を行なうため、圧力調整によって、伝達トルクが自動調整される摩擦板をもっておりリールモータで駆動される。

この摩擦板を圧延方向によって切り替えるために複式電磁クラッチを設け、摩擦板の伝達トルクを自動調整するためにリールには巻径を検出するタッチロールが取り付けられている。

自動運転のため巻出リールの巻数が規定値以下に減少した場合、自動的に圧延速度を低下させ、しかも自動停

止をするためにリール軸には巻数減数検出装置をとりつけてある。

圧延機の両側には厚み検出装置が取り付けられ厚みの絶対値を指示するとともに張力自動制御装置の設定値変更をする厚みの自動制御にも切り替えられるようになっている。圧下調整は電動式であって個々の圧下調整は機械クラッチの一方をはずして行なう。各駆動電動機は三相分巻整流子電動機を使用しており、起動、停止の場合の外乱を少なくするために速度調整範囲は、1:10のものを用いている。また各種外乱に対してダンサーロールの上下動の加速度をほぼ 30 mm/s^2 以下におさえ張力変動を小さくするために、三相分巻整流子電動機の刷子移動速度がきめられている。

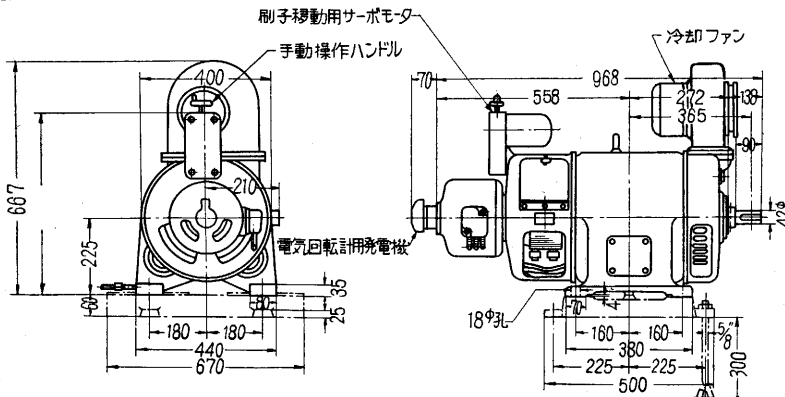
3. 主要機器

(1) 駆動電動機

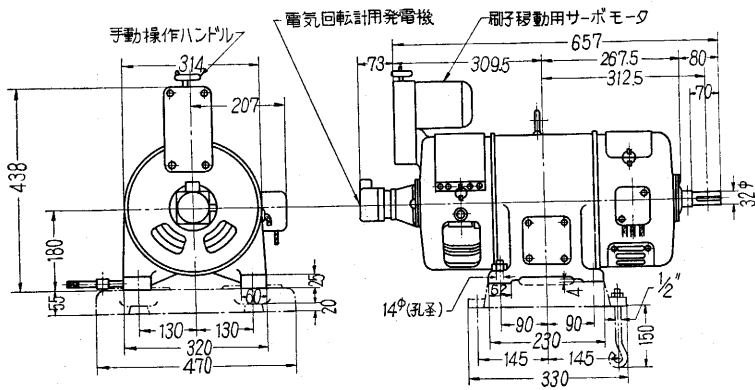
本装置に使用した圧延機駆動電動機は、三相超分巻整

第1表 三相超分巻整流子電動機仕様一覧表

スタンド	出力 (HP)	極数	電圧	周波数	回転数範囲	サーボモータ	制御
ミルモータ	7.5	4 P	220V	60 c/s	2,000~100 r/m	二相サーボモータ	電気的遠隔操作式
リールモータ	2	4 P	220V	60 c/s	3,000~150 r/m	二相サーボモータ	タルミ位置制御
	2	4 P	220V	60 c/s	3,000~150 r/m	二相サーボモータ	タルミ位置制御



第2図(a) 7.5HP 三相超分巻整流子電動機



第2図(b) 2HP 三相超分巻整流子電動機

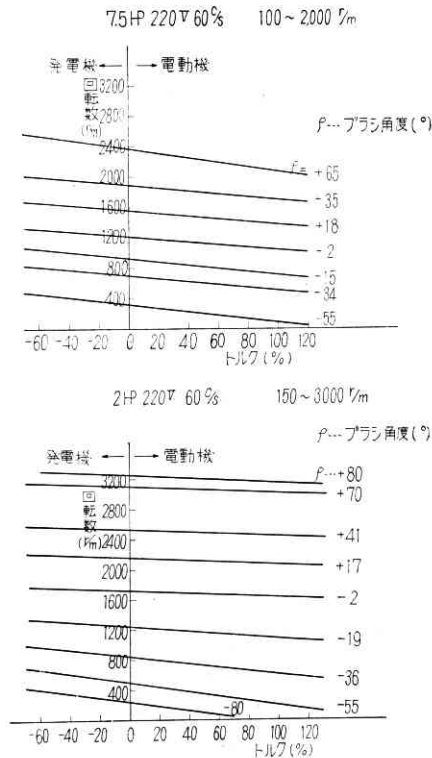
流子電動機で第1表の仕様となっている。

第1表のリールモータは、回転数範囲の1,500 r/m以上を切り1,500 r/mのとき圧延速度最大 36 m/minとして使用し、そのため使用馬力は1 HPとなっている。第2図は外形寸法を示す。

この電動機の回転数範囲は第1表の範囲内で簡単にリミットスイッチ用カムをかえれば自由に選択することができる。

本装置ではミルモータの回転数範囲より、リールモータは自動制御のため上下限に余裕をとって、回転数範囲を決め、リミットスイッチの位置を設定している。とくにリールモータの下限は巻出側となる場合に圧下率相当の回転数低下と、発電機として運転するため刷子位置を低下させる必要があるため、その場合制限に当たらないように多少リミットスイッチ用カムの位置を移動できるようにしている。

第 3 図は負荷特性曲線を示す。その曲線がワードレオナード制御の直流電動機の場合に非常に良く類似していることがわかる。この曲線より電動機と発電機の相互移行が刷子角度を僅か変えるだけで大幅に調整できることが明らかであって、可逆圧延機として使用するときのように、バックテンションをかけしかも自由に制御ができるためには最も重要な特性である。



第 3 図

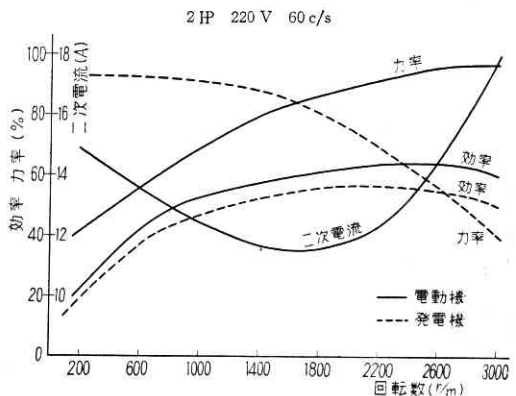
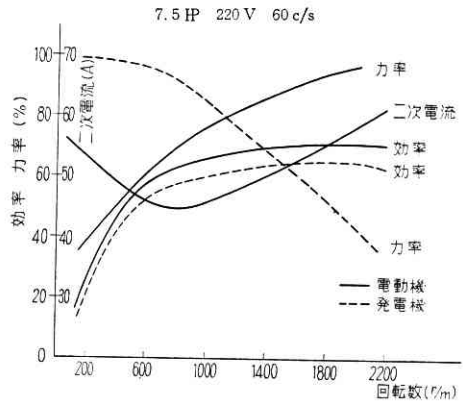
第 4 図は力率・効率曲線を示す(ただし発電機の場合は概略の傾向を示す)。

(2) シンクロ角度検出器

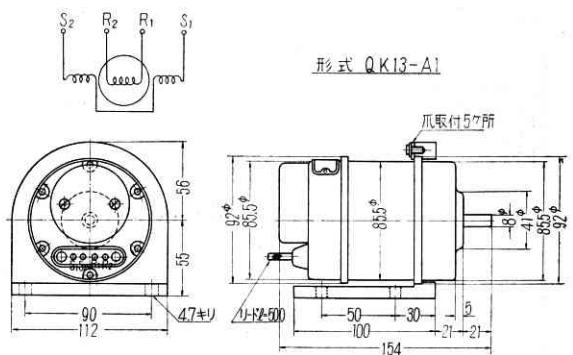
ダンサーロールの上下位置を検出するために、第 5 図に示すシンクロ角度検出器を使用している。使用電気角は、ほぼ 0~60° の範囲を使用し二次電圧のほとんど直線の変化部を使用する。機械角の使用範囲も 60° となっている。

(3) 巻数減数検出器

可逆式オートカウンタに 2 個の電気接点を内蔵しているもので、減数の場合第 1 段動作で警報を出し圧延速度を自動的に最低速度まで減速し運転を続ける。第 2 段動作で自動停止を行なうもので圧延能率を高め、無人運転の可能性もある。常用最大回転数は 400 r/m 程度まで使用できる。動作数の設定を行なうにはカバーを開けて調整輪の矢印を表数輪の数字に合わせる(第 6 図)。

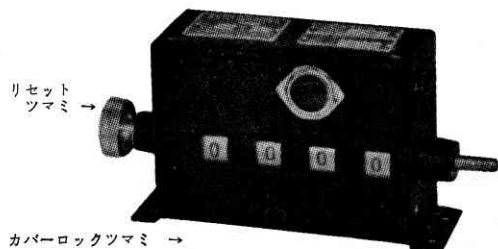


第 4 図 力率・効率曲線



電源 30 V 60 c/s 精度 3 級
 一次電流 1.1 A 以下 耐電圧 1000 V 1 分間
 二次電圧 150 Ω 負荷 19 V ± 1 V 温度上昇抵抗法 50°C 以下
 備考 ストップ付スリッピング無し

第 5 図 シンクロ角度検出器



第 6 図 巻数減数検出器 (AC-2 立型目盛式)

4. 駆動電動機の自動制御

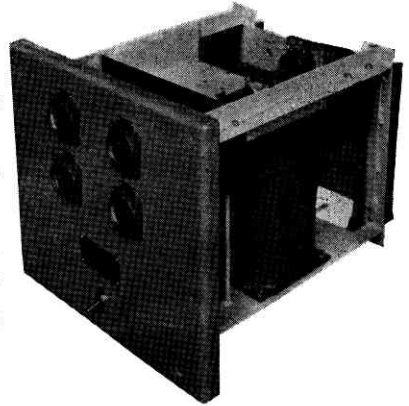
(1) サーボ増幅器

三相分巻整流子電動機は刷子位置をサーボモータで調整して速度的可変を行なうもので、ほとんどサーボモータの負荷としては刷子および軸受部の摩擦トルクのみで非常に小さく、10 HP 程度までは 10 W のサーボモータで十分な余裕がある。そのため、制御の種類に関係なくサーボ増幅器は一部プリント配線を採用して標準化されている。第7図はサーボ増幅器の写真である。第8図はサーボ増幅器の内部結線図を示す。

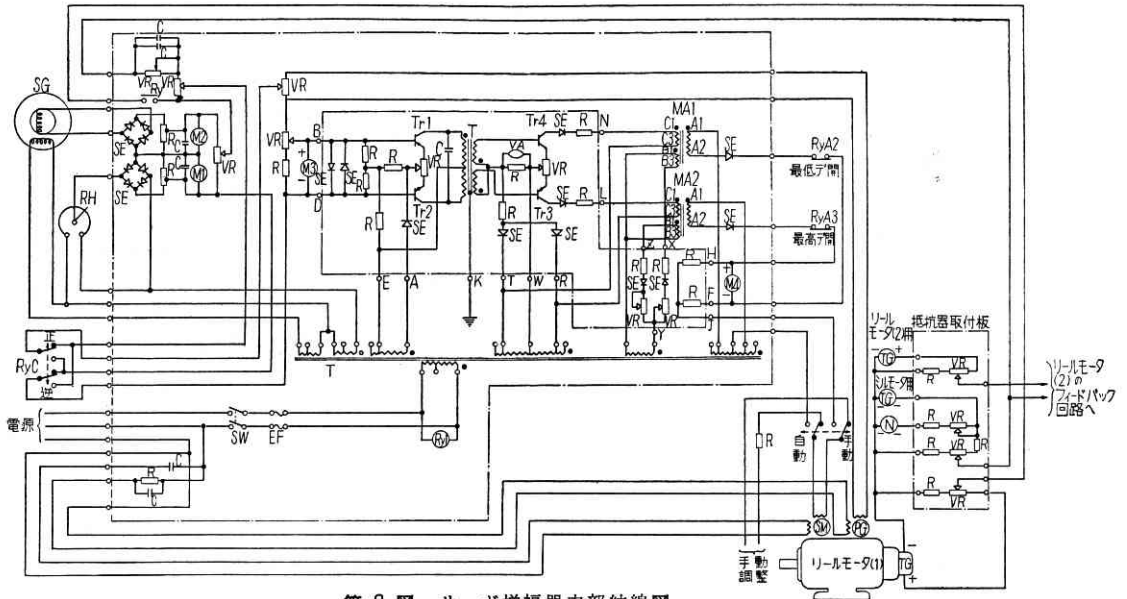
このサーボ増幅器は、初段にトランジスタを用い出力段は半波形成増幅器を使用しているため非常に応答速度が早く、刷子移動用サーボモータの回転数までの時

定数が 0.1~0.15 sec となっている。第9図はこの応答特性のオシログラムである。

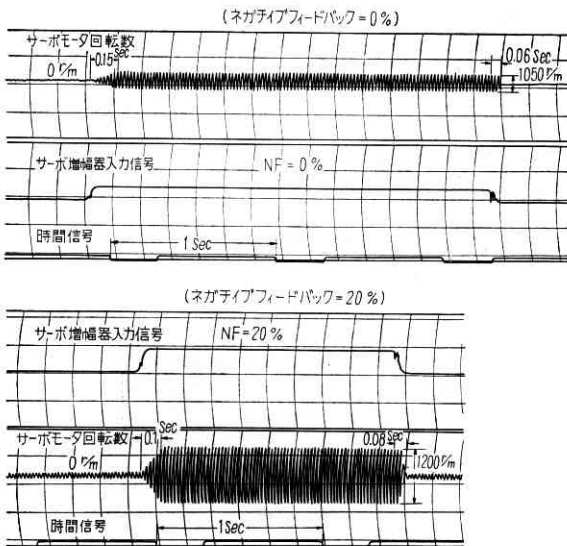
第10図はこのサーボ増幅器の特性曲線を示し、ネガティブフィードバック



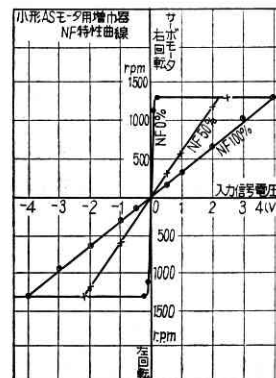
第7図 サーボ増幅器



第8図 サーボ増幅器内部結線図



第9図 サーボ増幅器応答特性

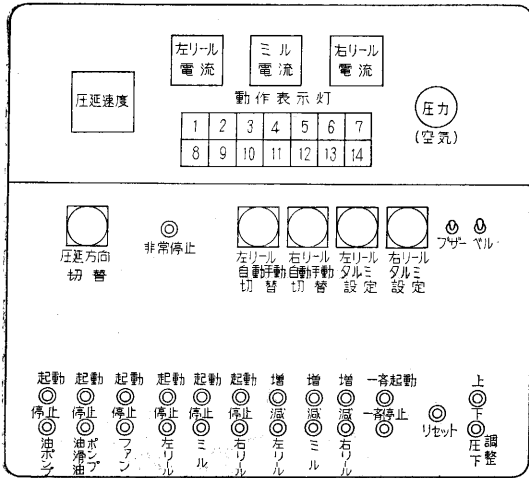


第10図 特性曲線

(NF) をかえることにより大幅に比例帯を調整できる。

(2) ブロック線図

三相分巻整流子電動機をタルミ制御に使用する場合制御ループに補償回路を付加する必要がある。とくにこの場合は、過渡特性をよくするため第1図に示すようにミルモータとリールモータの速度同調制御を行ない、シンクロ角度検出器によって検出したタルミ量の偏差に比例した電圧でバイアスをかける方式を採用している。そのために安定化を考える場合速度同調制御のループも問題となるわけであるが、安定判別のブロック線図とし



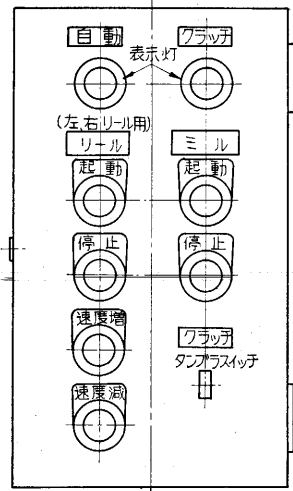
1. 操作電源
2. 全ポンプ
3. 過電流
4. 非常停止
5. 巻数規定以下
6. ダンサーロールリミット
7. 肉厚偏差
8. 左方向
9. 右方向
10. 左リール自動
11. 右リール自動
12. 左リールクラッチ入
13. 右リールクラッチ入
14. 作動中

第 15 図 操作盤の器具配置

押ボタンスイッチでファンモータ、および減速ギア、圧延油ポンプモータの起動、停止を個々に行ない、全部起動完了後動作表示灯に表示される。

各リールモータの自動、手動切替スイッチが手動側にあれば、各圧延機駆動モータの起動、停止、速度増、減が押ボタンスイッチで個々に行なうことができるがその切替スイッチが自動側にあればつぎの拘束条件が付加される。

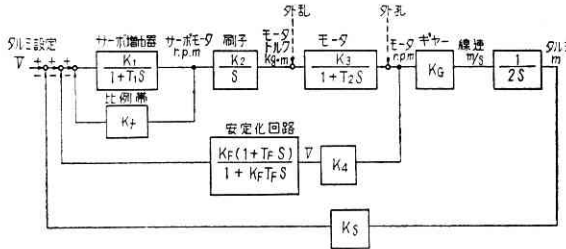
- (i) リールモータの速度増、減の押ボタンスイッチは切り離されその回転数は、サーボ増幅器の出力で制御される。
- (ii) ミルモータが起動すると巻出側のリールも自動



第 16 図

操 作	表 示	操 作	表 示
(i) 圧延準備 ○ 配電盤内の電源用ナイフスイッチを入れる ○ 配電盤面の操作回路、計測回路ナイフスイッチを入れる ○ ファンモータを起動 ○ ポンプモータを起動 ○ 左右リールクラッチ入、切確認 ○ 非常停止のリセット確認	電源 計測電源 操作電源 ダンサーロールリミット 右, 左方向 全ポンプ 右, 左クラッチ入	○ 巻取りリールの切替スイッチを自動とする (iii) 運 転 ○ 巻取りリールのカウンタをゼロとして自動減速、自動停止位置の巻数を設定 ○ 一斉起動の押ボタンスイッチを押すと全機起動し自動的に 12 m/min の圧延速度まで増速する ○ ミルモータ速度増減押ボタンスイッチで圧延速度 12~36 m/min 間調整 ○ 最初の圧延のみは巻出リールの材料を見ながら材料端を確認し減速、停止させる	リール自動
(ii) 材料通し ○ 圧延方向を確認 ○ 切替スイッチを手動にする ○ 巻出側カウンタを停止にならないようにする ○ 巻出リールモータを起動、停止し材料をミルに噛ませる ○ 圧下調整しながらミルモータを起動、停止し材料をミルから出して厚みを決める ○ 巻出側リールのタルミ位置設定器を正しくする ○ 巻出側リールの切替スイッチを自動にする ○ ミルモータを起動すると巻出リールも同時起動、圧延速度最低で自動運転し材料を出して停止する ○ 巻取モータを起動、停止し材料をかけ、ダンサーロール正常になるまで巻きとる ○ 巻取りリールのタルミ位置設定器を正しくする	リール自動 ダンサーロールリミット消灯	(iv) 逆 転 ○ 圧延方向を切り替える ○ 一斉起動、停止しながら圧下調整し厚みを調整する ○ 巻取側のカウンタをゼロとして自動減速、自動停止位置の巻数を設定 ○ 一斉起動し、圧延速度を調整する ○ 材料巻数規定 (20回) 以下で自動減速し最低速度で自動運転が行なわれブザー警報 ○ 材料巻数規定 (5回) 以下で自動停止 (v) 繰返し運転 ○ 圧延方向を切り替える ○ 一斉起動、停止しながら圧下調整 ○ 巻出側カウンタをゼロとする ○ 一斉起動し、圧延速度調整 ○ 巻数減数装置で自動減速および自動停止	圧延方向 巻数規定以下

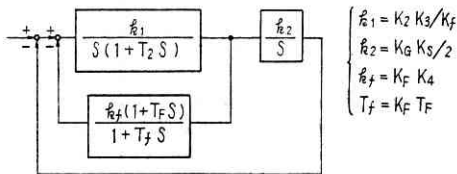
てはタルミ位置制御の第 11 図について考えれば速度制御ループは含まれてしまうことになって、ダンサーロールの動きの過渡特性も第 11 図のブロック線図からきめることができる。



第 11 図 タルミ制御ループブロック線図

第 11 図の中で $T_1 \approx 0.1 \text{ sec}$, $T_2 \approx 0.5 \sim 2 \text{ sec}$ 程度でしかも $K_1 \approx 10000$ となっているので第 12 図のように単純化して計算できる。

定常偏差は設定値変更の場合はゼロとなるが外乱に対してはゼロとならない、このことは第 8 図に示すように速度同調制御を行なっているためであって、巻出側と巻取側が切り替わった場合に圧下率相当の速度差を生じその電圧に平衡するようタルミの平衡位置が移動する。そのためできるだけその量を小さくするようタルミ制御と速度同調制御の電圧分担比を決めている。また調整の不備でこのタルミ偏差が大きくなる場合がある。

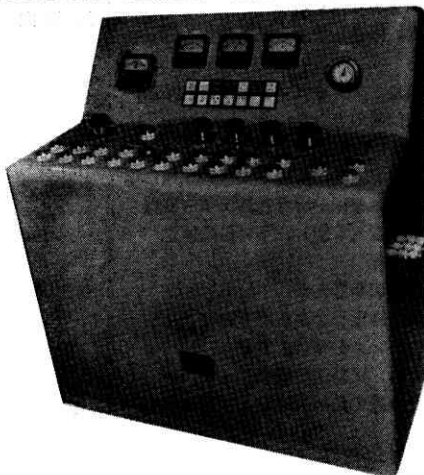


第 12 図 単純化したブロック線図

$$\begin{cases} r_1 = K_2 K_3 / K_f \\ r_2 = K_g K_s / 2 \\ r_3 = K_f K_4 \\ T_f = K_f T_f \end{cases}$$

5. 運転操作回路

本精密圧延機の運転操作は完全なインターロックと保

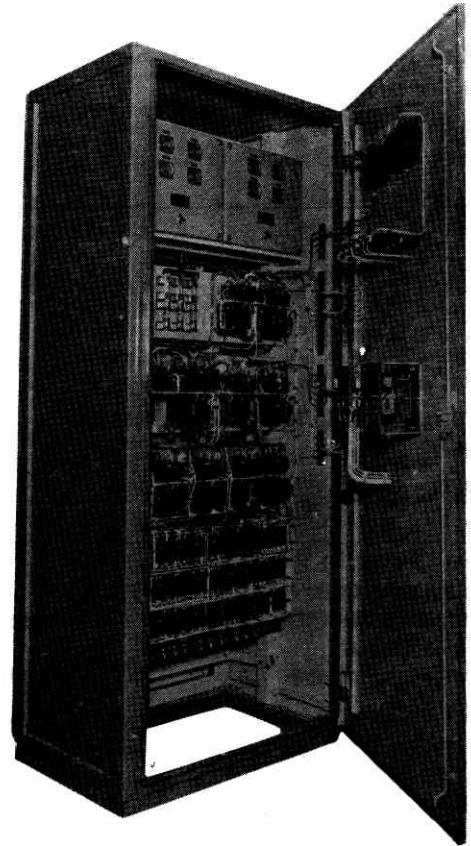


第 13 図

護回路によって、簡単でしかも、能率的に運転できるようになっている。

第 13 図は操作盤の外観を示し圧延機の全部の総操作を行なうことができる。

材料通しをする場合の便宜上機械本体の左右のリール側に現場操作用をつけている。第 14 図は、この電気回路全部のリレーと自動制御サーボ増幅器を収納した配電盤の内部を示す。



第 14 図

(1) 運転回路

操作盤上の計器およびスイッチの配置を第 15 図に示す。機械本体に取り付けてある操作用は第 16 図に示す。

操作盤上の計器は運転上必要とする最小限のものをつけ圧延速度計はワークロールの周速度に換算して目盛りである。電圧計は配電盤の方へつけ、動作表示灯は運転開始および運転中の重要な動作の確認チェックが完全迅速に行なわれるためのもので文字が浮かび出ようになっている。圧延方向切替スイッチは圧延方向の各条件を一齐に切り替えるもので操作回路が非常に単純化され確実になされる。各リールモータ自動、手動切替スイッチは材料通しの場合ダンサーロールの位置に関係なく、手動の遠方操作でリールを個々に回転するために使用する。

的に起動する。

- (iii) 2 個の自動, 手動切替スイッチが自動側にあるときだけ一斉起動, 停止回路ができる。
- (iv) 一斉起動押ボタンスイッチを押すと圧延速度は自動的にほぼ 12 m/min まで増速される。

リセット押ボタンスイッチは非常停止回路を復帰させるもので非常停止の場合は必ず確認を行なう意味をもたせている。運転回路の操作の概要を示すと前頁の表のようになる。

(2) 保護回路

運転者の誤操作または、電気的、機械的に異常が生じて本装置を損傷すると考えられるものには、完全なインターロックと制限条件を設けている。

- (i) ファン, 油ポンプモータ起動しなければ運転不能
- (ii) 三相分巻整流子電動機の最低刷子位置でのみ起動可能, およびモータ停止で自動復帰
- (iii) 最低高速でサーボモータ回路切
- (iv) ダンサーロールリミットスイッチ上限で非常停止, 下限でランプ表示
- (v) モータ過電流で非常停止
- (vi) 肉厚偏差大でランプ表示

以上のほかに非常停止スイッチを設け, また電気的短絡の場合の保護に各回路ごとにヒューズが入れている。

非常停止の場合はベル警報するとともにランプで表示する。

6. 試験結果

高精度の張力制御を必要とするためダンサーロールの上下動の加速度に制限がある一方起動特性としては応答度が高いことが望まれる。この相反する性質に対して最も効果的な制御を行なうために今回使用した東洋電機標準のサーボ増幅器で十分満足な結果が得られることが判明した。

この場合、圧延速度の変化範囲 12~36 m/min に対して 30 mm 程度のタルミ偏差が生ずるが、速度同調制御を付加することによっていちじるしく起動特性が改善された。しかもこのタルミ偏差は速度同調と、タルミ制御の分担比をかえることによりもっと小さくし得ると考えられる。本装置ではミルモータの起動最低速度位置が圧延速度で約 8 m/min 程度まで上げて使用したが起動の際にほとんど ±250 mm の許容タルミ量をこえることがなかった。この 8 m/min の圧延速度は巻出リールモータの最低位置によって決められた速度である。

ダンサーロールの上下動の加速度制限は三相分巻整流子電動機のサーボモータのギア減速によってほとんど決められ問題はなかった。

7. むすび

現地試験によって十分な測定はできなかったが制御の主要部としては、大部分東洋電機の標準品を使用することができ、各部の特性も明らかにされているので、多少不備の点もあったがほぼ所期の目的を達することができた。

本装置計画の最初から常にご助力をいただいた東大生研、住友電工および関係者の方々に深く感謝する。

(1961 年 10 月 12 日受理)

次号予告 (1月号)

口解	絵説	植村西川	恒義精一
	高速度写真による爆発成形機構の解析	植村山本	恒義芳孝
	波高分析器の高速度化	森脇加藤河添邦	義雄正夫太朗
	放射性追跡法による河川流水流下速度の測定に関する野外実験	猪瀬森田小浜	乙丸寧雄義育実
海外事情	カナダ雑記	高橋	武雄
	東欧諸国を視て	大島	康次郎
研究速報	Cu-Be 合金の時効に及ぼす Cr の影響	西川長田小林	精一和雄繁美
	音響材料の高音域における吸音率測定	渡辺石井平野朝生	要聖光興彦周二
	ピラゾールージヒドロアジン型建築染料の合成とハロゲン化	君島	二郎