

本邦最初の純国産大型ストリップミル用電気設備

— 日本鉄板株式会社大阪工場納逆転式四重冷間圧延機用電気設備 —

山 本 正 雄*

Electric Equipment for Japan's First Home-Made Large-Capacity Strip Mill

— Electric Equipment for Reversible Cold Strip Mill,
Supplied to Nihon Teppan Co., Ltd. —

By Masao Yamamoto
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Hitachi, Ltd. has recently delivered a reversing cold strip mill, which was completed at its factory as the first home-made machine of its kind, to the Osaka Factory of Nihon Teppan Company.

The main rolling mill is coupled to 1,600kW D.C. motor, and by controlling the motor speed over a range from 150 to 300 rpm, the rolling speed can be varied between 650 and 1,300 rpm.

The winding reels are provided on each side of the main roll and are operated by 550 kW D.C. motor intermediating a reduction gear, thus to give a uniform tension automatically to the rolled strips which are wound under the build-up ratio of 1:3.

The accelerating and decelerating time is 10 and 7 seconds respectively. By the adoption of Hitachi's unique method, this tension is maintained at a pre-determined value and so any possibility of "off gauge" is prevented even during accelerating or decelerating operation.

The D.C. motor is designed to have excellent commutation characteristics which allows commutation to be effected without spark even under 200% overloading, and its rotor gives very small GD^2 value so that the accelerating or decelerating current is prevented from becoming great.

It makes a feature of this machine that the new divided pole type HTD is adopted for a uniform control of rolling speed and tension, which develops little error in controlling and responsivity of large amplifying rate, and enables a stabilized controlling. Also, for the controlling aimed at the constant rolling speed and tension despite the variation in source voltage and frequency the HL generator of Hitachi's unique design is employed which provides a standard for the constant voltage.

The most important control is for tension of the winding reel. Although it is idealistic to read the tension on steel strip directly on a tension meter, but in this rolling mill such a method that the tension is kept constant by making the current of reel motor constant because the construction is not suitable for the provision of tension meter on the mechanism. In this method of controlling, however, there are several problems to be solved such as the controlling of static tensions or of tension during low speed operation, the compensation for acceleration or deceleration, the constant tension for full speed winding, the compensation for no load loss of the reel motor, etc. These problems having been solved satisfactorily, the machine has attained to afford extremely stabilized, accurate control.

* 日立製作所日立工場

〔I〕 緒 言

日本鉄板株式会社大阪工場に本邦最初の純国産大型逆転式四重冷間圧延機が設備された。

本圧延機は機械設備、電気設備ともに日立製作所で製作したもので、従来この種大型冷間圧延機はすべて輸入品が使用されており、本機は最初の純国産機であるが現地調整も短期間に終了し、予期以上の成績で実際生産に入り、引続ききわめて好調な運転を続けている。最初の純国産機としての本機が現実従来輸入機にまさる成績を示していることは、国産品に対するあらゆる不安を一掃するものといえることができる。

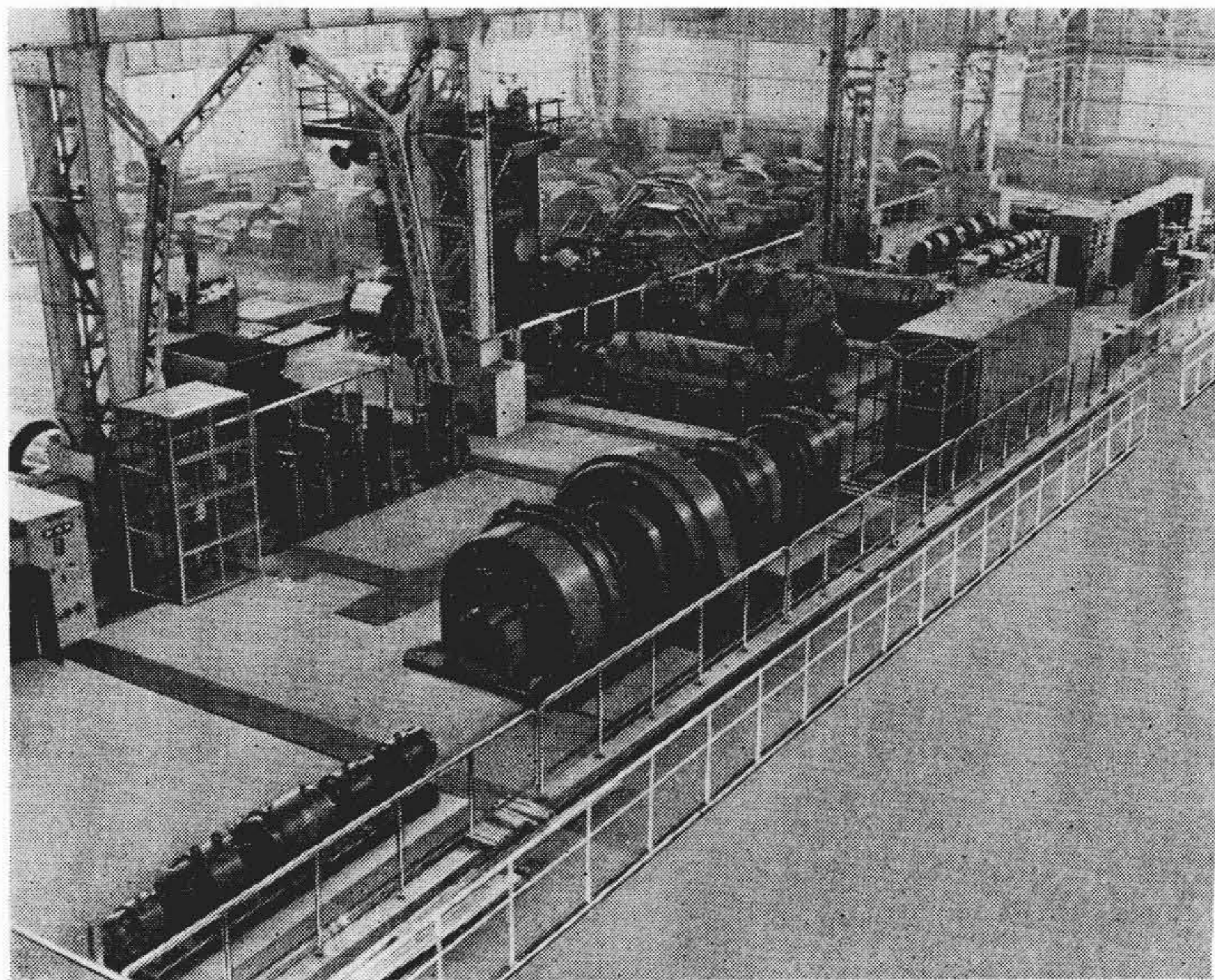
電気設備としては多年にわたる経験と研究成果の粋を集めた各箇発電機方式による最新の自動制御方式が採用され、本邦に適した独特の HTD, HL 発電機、加減速発電機などを随所に使用した幾多の新方式が用いられている。以下電気設備の概要を述べる。

〔II〕 電 気 設 備 の 特 長

本圧延機用電気設備は第1図に示すごとく、数多くの電動機、発電機、励磁機、増幅発電機 HTD および各種制御装置よりなり、種々独特の特長を有している。

(1) 総合設計の長所が発揮されていること。

圧延機として機械品、電気品を一貫して設計製作したので、機械、電気一体の総合設計の長所が遺憾なく発揮され、機械部分と電気部分が完全に調和のとれた製品が完成された。



第1図 冷間圧延機用電気設備

Fig.1. General View of the Electrical Equipments of the Reversing Cold Strip Mill

(2) 直流機の整流が良好なこと⁽¹⁾

逆転式冷間圧延機ではオフゲージを少なくするため、加減速時間をできるだけ短くせねばならない。そのため電動機の回転子 GD^2 を極力小さくせねばならず、また鋼帯の材質異常、圧下量の過大、その他の異常現象が起るため過負荷耐量も大きくせねばならない。

GD^2 を小さくすると、整流は悪化する傾向となるが、今回の電動機は特殊設計の補償巻線を採用し、 GD^2 の小さいしかも過負荷時もきわめて良好な整流特性を有するものである。

(3) 優秀な新型増幅発電機を使用していること⁽²⁾

圧延機運転上最も重要な自動制御の性能は制御方式そのものの他に、増幅発電機の優劣に依存するところが大きい。本設備に使用した新型分極 HTD は多年研究の成果として新たに開発されたもので、増幅率の大きいことのほかに速応性が飛躍的に改善されており、ストリップの張力制御に非常な偉力を発揮した。

(4) 定電圧電源として HL 発電機を採用していること⁽³⁾

圧延中、圧延速度、張力を電源の電圧変動、周波数変動のいかににかかわらず常に一定に保つことは電源事情の不安定な本邦にて最も考慮すべきことである。

この定電圧電源として、特別の自動電圧調整器が不要で、保守が簡単で精度の高い日立製作所独特の HL 発電機を採用した。

(5) 運転操作が簡単確実であること⁽⁴⁾

本機の運転はすべての制御を操作機できわめて簡単に行うことができる。特に電動機の界磁の設定、発電機電圧設定には磁気増幅器による位置制御方式を採用し、きわめて軽快に任意の制御ができる。

(6) 電子管式アナログ演算器を活用したこと⁽⁵⁾

速度制御、張力制御の所要の精度を出すように自動制御系を設計した場合、それが安定に運転しうるか否かを数的に解析することは中々困難である。したがってでき上ってから調整するほかに、その結果乱調防止のためその精度を犠牲にするのが従来の実情であつた。

今回のものは電子管式アナログ演算器を活用し、設計の当初から所要の精度に対し十分安定な動作をするよう各回路定数を十分検討調整して製作したので、工場試験、現地調整にてほとん

張力の動力は張力とストリップ速度の相乗積で、これはまた電動機出力で、電動機誘起電圧と電流の積であるから電流一定のとき張力を一定にするにはストリップ速度と電動機の誘起電圧を常に比例させておかねばならない。

それで加減速の場合、主ロール、右リール、左リールの 3 電動機の誘起電圧が常に一樣に変化するようにした。

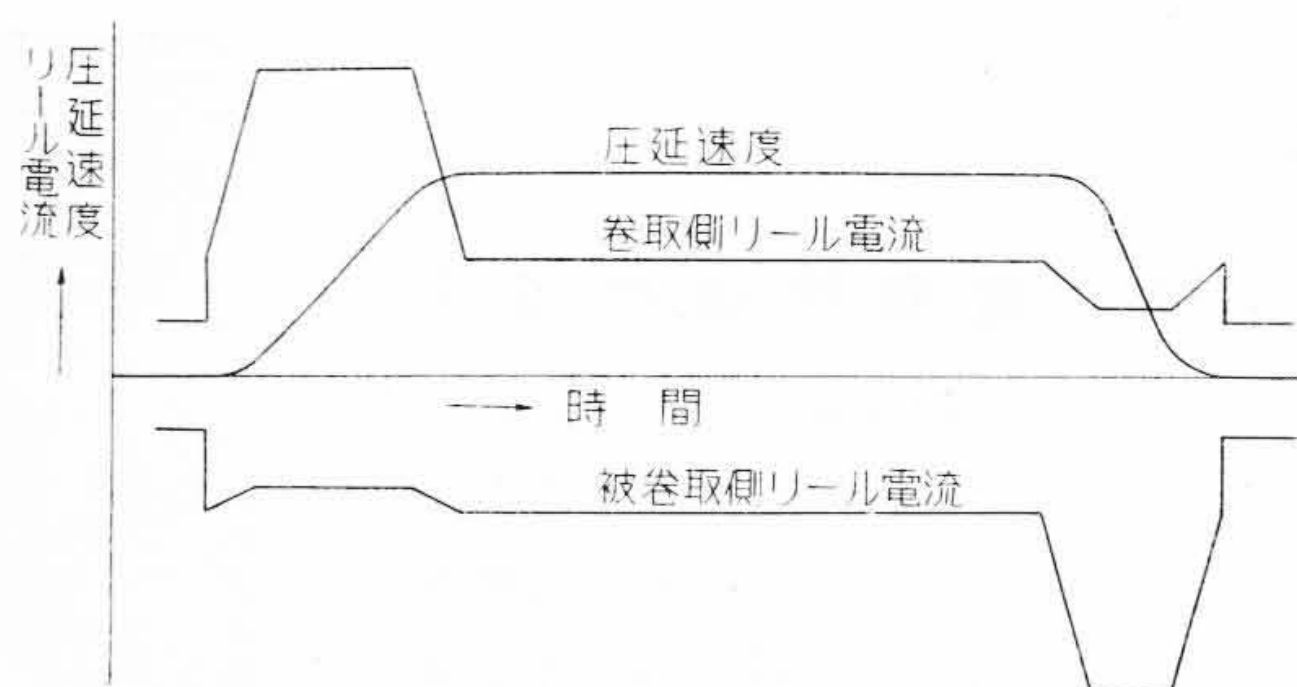
この電圧制御は第 3 図に示すように 3 電圧制御 HTD (HT_G) 界磁を連動の制御界磁調整器で一樣に制御し、帰還界磁の 3 電動機の誘起電圧で励磁し、また HT_G の電圧で励磁機 EX の界磁を励磁して、常に 3 電動機の誘起電圧を一樣に変化するようにした。

前に述べたようにリールは定電流制御を行うから加減速時、電動機その他の GD^2 に対する加減速動力を、張力動力に対して補償しないと、加減速時張力が一定にならない。例えば右リールでは電動機出力から加速動力を差引いたものが張力動力となり、左リールでは電動機出力に加速動力を加えたものが張力動力となる。したがって加減速時は電動機電流をこの加減速電流分だけ加減する必要がある。

加減速電流はリールの加減速度とコイルを含めたリール全体の GD^2 の積に比例すべきもので、今回のものは特別な加減速補償発電機 FG を設け、加減速時電流制御 HTD の制御界磁にリール加減速度に比例した励磁を与えるようにした。第 4 図は圧延速度とリール電流との関係を示すもので、加減速中の補償量は張力電流と匹敵する大きさになる。加速の終りでこの大きな補償量を急になくすと、電流はここで大きく急変することになり、そのため乱調を起して全速時までオフゲージを出すおそれがあり、本設備では特殊な方式を採用し、第 4 図に示すように、加減速の始と終りで減速度を急に変化させず、したがって加速補償電流もここで急変させないようにした。

〔IV〕 圧延計画と電気設備仕様

電動機、発電機の仕様は圧延計画より定められた。つぎに圧延計画の一例を示す。



第 4 図 圧延速度とリール電動機電流

Fig. 4. Rolling Speed and Current of Reel Motor

(1) 主ロール

第 1 表は主ロールの圧延計画で加速 10 秒、減速 7 秒で、厚さ 2.3 mm の 10 t コイルを 0.29 mm の鋼帯に 6 パスで圧延する場合のものである。

全速中は電動機電圧は常に全電圧で 3 パス以後は電動機の界磁を弱めて圧延速度を上げて行くことにした。

この一行程の自乗平均出力は 1,075 kW で、最大等価出力は 1,775 kW となり、これより電動機出力は 1,600 kW 750 V とし、回転数はロール径 -10% を考えて 150/330 rpm, 最大回転力は余裕を見て 200% とした。

発電機は 1,800 kW, 750 V, 2,400 A, 最大出力 200% とした。

(2) 巻取機 (リール)

第 2 表はリールの圧延計画で、第 1 パスではコイルボックスよりコイルを送り出し、主ロールで圧延しながら右リールで巻取る。第 2 パスは右リールをアンリールとし左リールで巻取る。第 3 パス以後は左右リールを交互にリール、アンリールとして巻取る。

電動機電圧と張力電流の積はストリップ速度と全張力の積に等しくすべきものである。また本機のコイル巻太り比は 1:3, 圧延速度は 1:2 であるから、リール電動機速度比は 1:6 となり、この速度比を電動機の電圧制御と界磁制御で行うことにし、界磁制御による速度比を 1:4 とした。ゆえに電動機電圧はパスごとに圧延速度、圧下率により設定するごとくにした。

第 1 表 主ロール圧延計画

Table 1. Rolling Project for Main Rolls

パス No.	ゲージ (mm)		圧延速度 (m/min)	回転数 (rpm)	圧延動力 (kW)	電動機電圧 (V)	電動機磁束 (%)	圧延電流 (A)	加速中電流 (A)	減速中電流 (A)
	入 口	出 口								
1	2.3	1.5	200	150	1,530	750	100	2,170	2,470	1,740
2	1.5	1.0	200	150	1,462	750	100	2,070	2,370	1,650
3	1.0	0.66	230	172.5	1,292	750	87	1,830	2,230	1,270
4	0.66	0.46	300	225	1,165	750	66.7	1,650	2,330	690
5	0.46	0.36	360	270	820	750	55.5	1,160	2,130	— 210
6	0.36	0.29	390	293	880	750	51.2	1,250	2,340	— 380

第2表 リール圧延計画

Table 2. Rolling Project for Reels

パス No.	リール種類	張力 (kg/mm ²)	全張力 (t)	巻回 始数 (rpm)	巻回 終数 (rpm)	電動機 電圧 (V)	電動機 電流 (巻始%)	電動機 電流 (巻終%)	張力電流 (A)	加速中 電流 (A)	減速中 電流 (A)
1	左右	0 8	0 11.3	— 300	— 100	— 500	— 33.3	— 100	— 940	— 1,180	— 880
2	右 左	8 10	11.3 9.4	67 300	200 100	335 500	100 33.3	33.3 100	880 780	850 1,020	1,100 725
3	左 右	10 13	9.4 8.06	76 345	228 115	380 575	100 38.3	33.3 100	740 670	705 950	1,000 605
4	右 左	13 15	8.06 6.5	104 450	312 150	520 750	100 33.3	33.3 100	635 540	590 900	990 455
5	左 右	15 15	6.5 5.08	141 540	423 180	705 750	100 27.8	33.3 83.4	510 505	450 1,020	990 380
6	右 左	15 12	5.08 3.28	157 585	471 195	750 750	95.5 25.6	31.8 76.8	415 360	350 965	975 210

一行程の自乗平均出力は右リール 406 kW, 左リール 343 kW で, 最大等価出力は右リール 800 kW, 左リール 690 kW となり, 多少の余裕を見込んで 550 kW, 150/600 rpm, 最大回転力 200% とした。なお回転子 GD^2 を減らすため複電機子型とし, 電圧は 750 V とした。

つぎに電気設備のおもなものの仕様を記す。

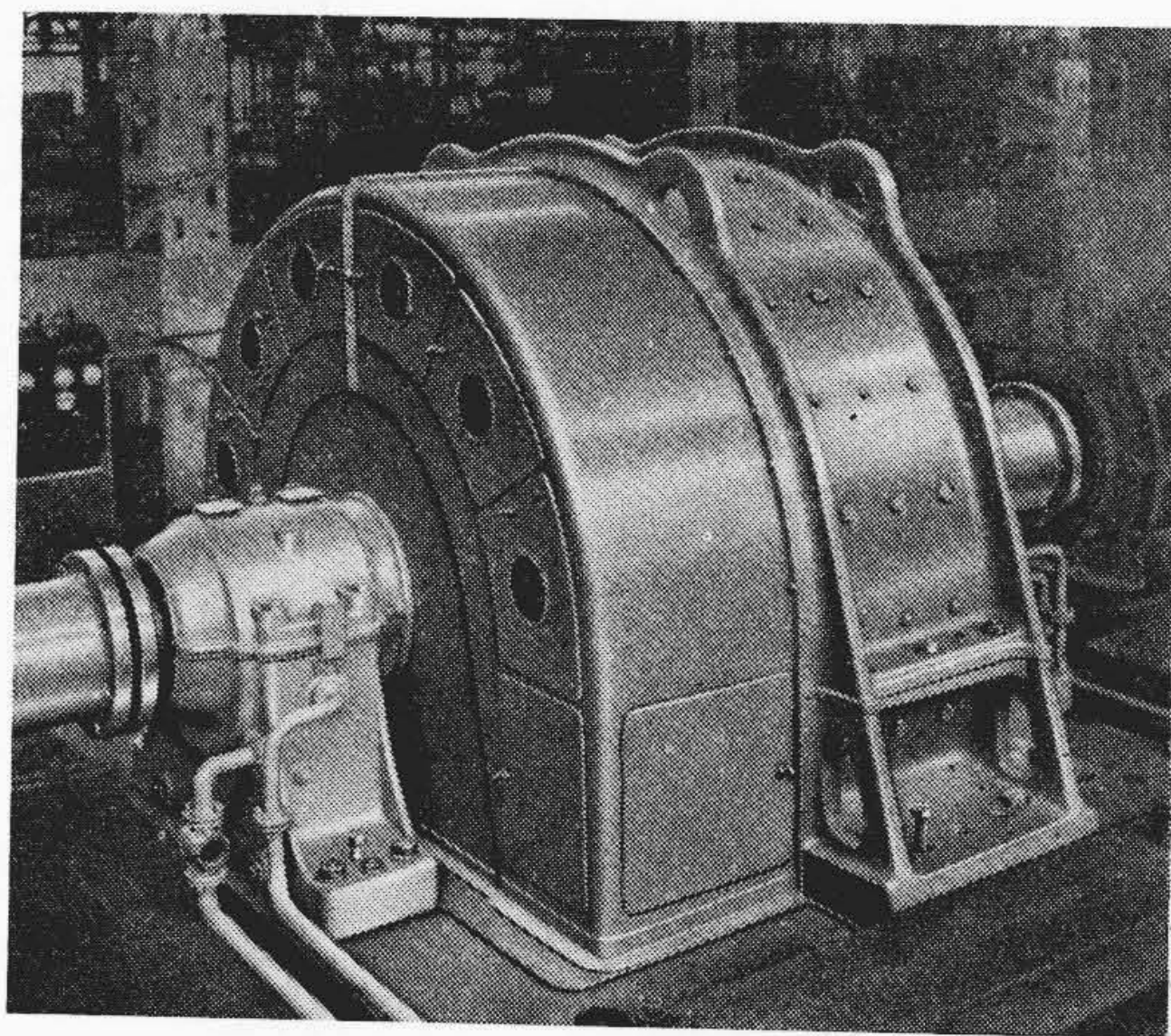
(1) 主ロール用 1,600 kW 直流電動機

電 圧..... ±750 V
 回 転 数..... ±150/330 rpm
 定 格..... 連続
 最大回転力..... 200%
 型 式..閉鎖他力通風型, 強制給油方式
 絶 縁 種 別..... B 種
 温 度 上 昇..... 50°C

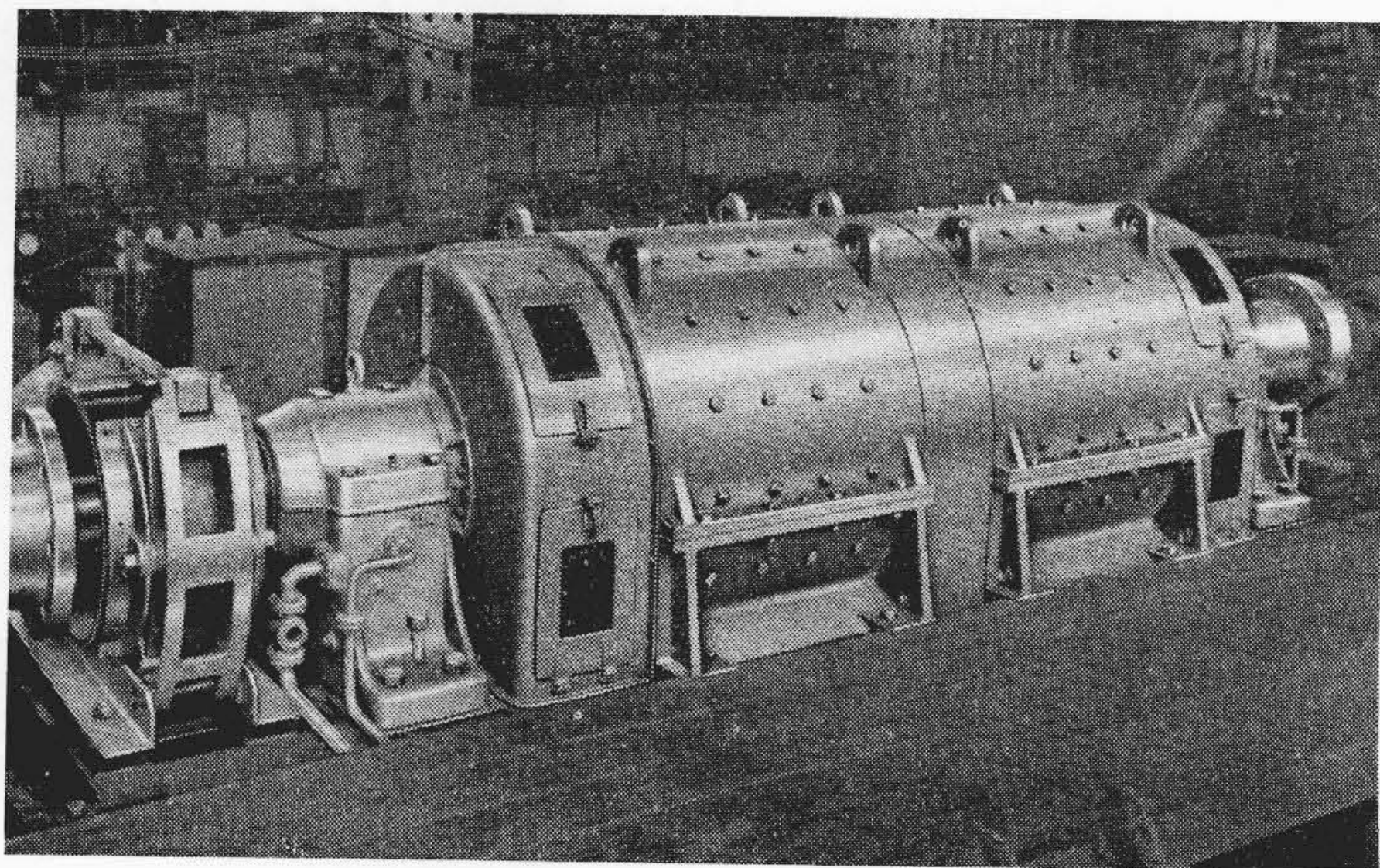
第5図に本機の外観を示す。本機は一般圧延用電動機と同じくきわめて堅牢な構造で, 電機子巻線は重波巻方式を採用し, 電機子, 固定子各部の構造は最新の圧延機用電動機の各方式を採用してある。冷却方式は空気を室外より採り, 回転油膜式空気清浄機を通して電動送風機により電動機を冷却した後, 室外に排出する。

(2) リール用 550 kW 直流電動機

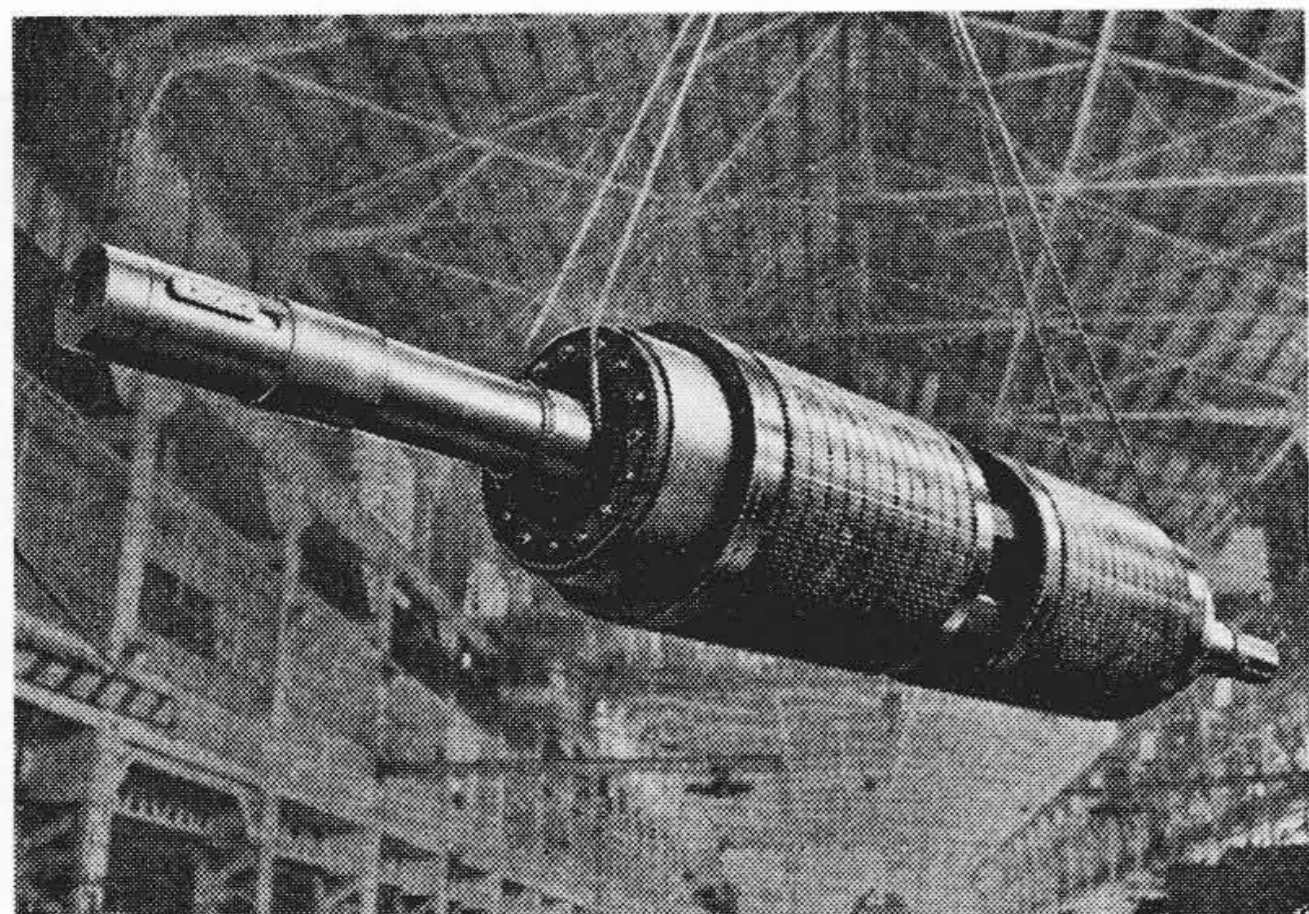
電 圧..... ±750 V
 回 転 数.... ±150/600 rpm
 定 格..... 連続
 最大回転力..... 200%
 型 式..閉鎖他力通風型,
 強制給油方式
 絶 縁 種 別..... B 種
 温 度 上 昇..... 50°C 以下



第5図 主ロール用 1,600 kW 直流電動機
 Fig.5. 1,600 kW Main Mill Motor for the Reversing Cold Strip Mill



第6図 リール用 550 kW 直流電動機
 Fig.6. 550 kW Reel Motor for Cold Strip Mill



第7図 リール用 550 kW 直流電動機回転子
Fig.7. Rotor of 550 kW Reel Motor

第6図に本機の外観、第7図に本機の回転子を示す。

本機は GD^2 を小さくするため双電機子型とし、2箇の軸受により支えられる構造とした。軸は輻鉄を溶接する構造にし、有効断面係数を高くとり、撓みの少いしかも通風効果の大きいものにした。冷却方式は主ロール用電動機と同じ他力通風方式であるが、電機子の中央より冷却風を入れ、両側の整流子側より吐出する構造にした。

本機は反負荷側に電磁制動機を有し、電動機に通電していないときに制動をかけるようになっている。その他リールの噛込位置指示装置、巻数計数用セルシン発信機、保護用遠心力開閉器などを軸に連結してある。

(3) 主電動発電機 1組 (1組は下記よりなる)

(A) 主ロール用 1,800 kW 直流発電機 1台
電 圧..... ± 750 V
回 転 数..... 600 rpm
最大出力..... 200%

(B) リール用 600 kW 直流発電機 2台

電 圧..... ± 750 V
回 転 数..... 600 rpm
最大出力..... 200%

(C) 駆動用 2,500 kW

同期電動機 1台
電 圧.... 3,300 V, 60~
回 転 数..... 600 rpm
最大出力..... 200%
力 率..... 進み 80%

第8図に本機の外観を示す。

本機は上記4台を共通台床の上に直結したもので、冷却方式は主ロール用電動機と同様な開鎖他力通風方式で、軸受は強制給油方式が採用されてある。同期電動機は単巻変圧器による減圧起動方式により起動される。

(4) 主ロール用電動励磁機 1組

(1組は下記よりなる)

(A) 主ロール発電機励磁用 10 kW 励磁機 1台
(B) 主ロール発電機励磁用 1 kW HTD 1台
(C) 同期電動機励磁用 25 kW 励磁機 1台
(D) 基準定電圧電源用 7.5 kW HL 発電機 1台
(E) 駆動用 50 kW 誘導電動機 1台

(5) 定電圧ならびにロール圧下用電動機 1組

(1組は下記よりなる)

(A) 定電圧電源用 60 kW 直流発電機 1台
(B) 定電圧自動電圧制御用 1 kW HTD 1台
(C) ロール圧下用 40 kW 直流発電機 1台
(D) 駆動用 175 kW 誘導電動機 1台

(6) リール用電動励磁機 2組

(1組は下記よりなる)

(A) リール発電機励磁用 7.5 kW 励磁機 1台
(B) リール電動機励磁用 10 kW ブースタ 1台
(C) リール発電機電圧制御用 1 kW HTD 1台
(D) リール電動機張力制御用 1 kW HTD 1台
(E) 駆動用 20 kW 誘導電動機 1台

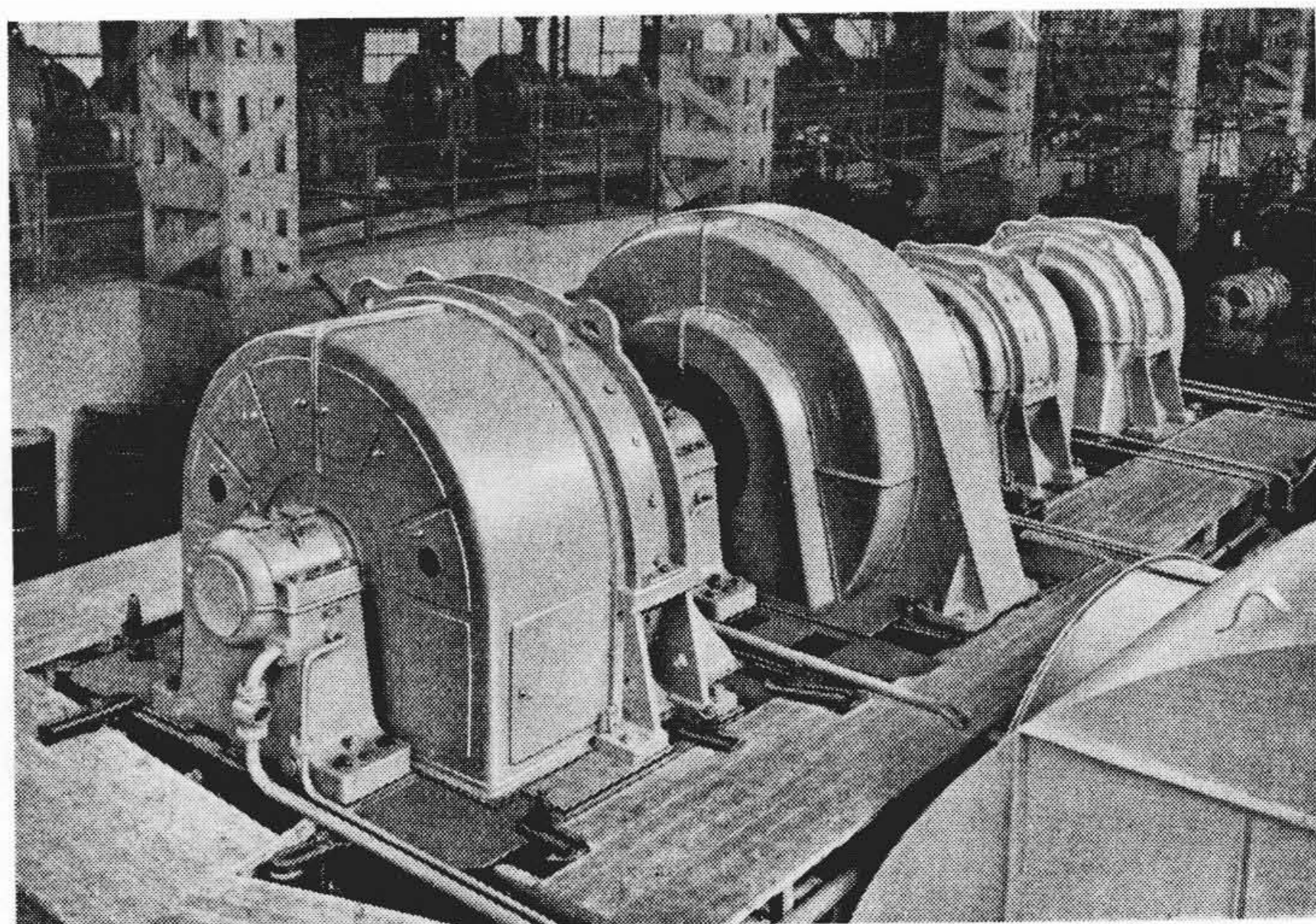
(7) 加減速補償用電動発電機 1組

(1組は下記よりなる)

(A) 加減速用 0.5 kW 直流発電機 1台
(B) 加減速補償用特殊直流発電機 1台
(C) 駆動用 2.2 kW 誘導電動機 1台

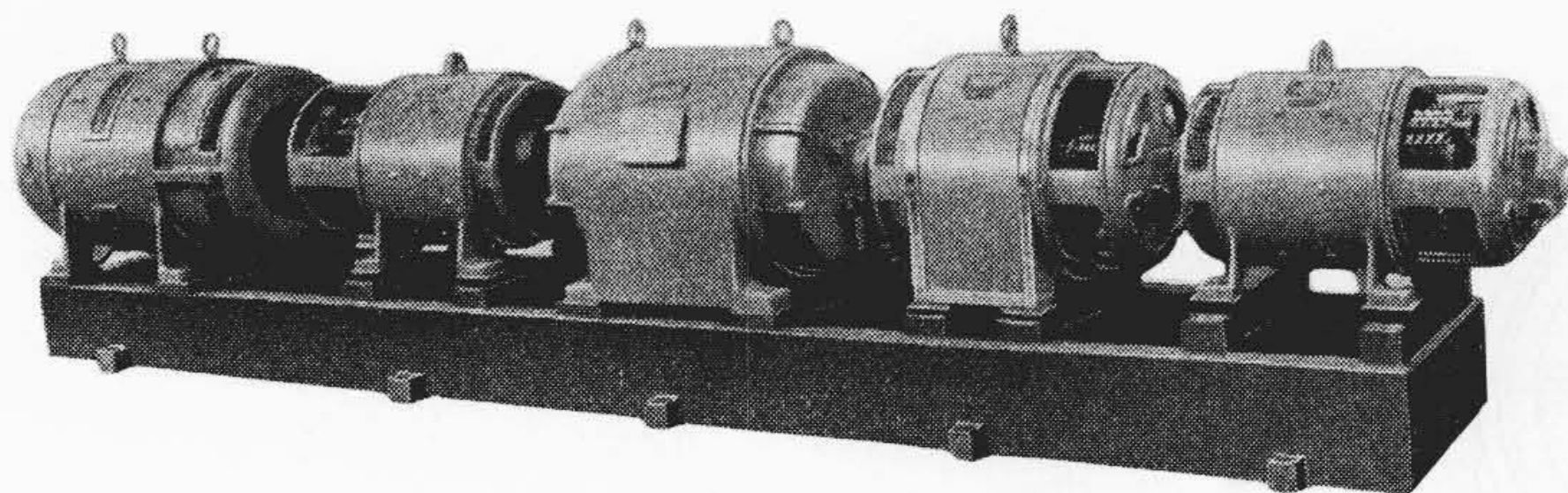
(8) ロール圧下用 35 kW 直流電動機 2台

第9図は主ロール用電動励磁機、第10図はリール用電動励磁機を示し、これら数多くの電気品の組合せは第11図に示す。



第8図 主 電 動 発 電 機

Fig.8. Motor Generator Set of the Reversing Cold Strip Mill

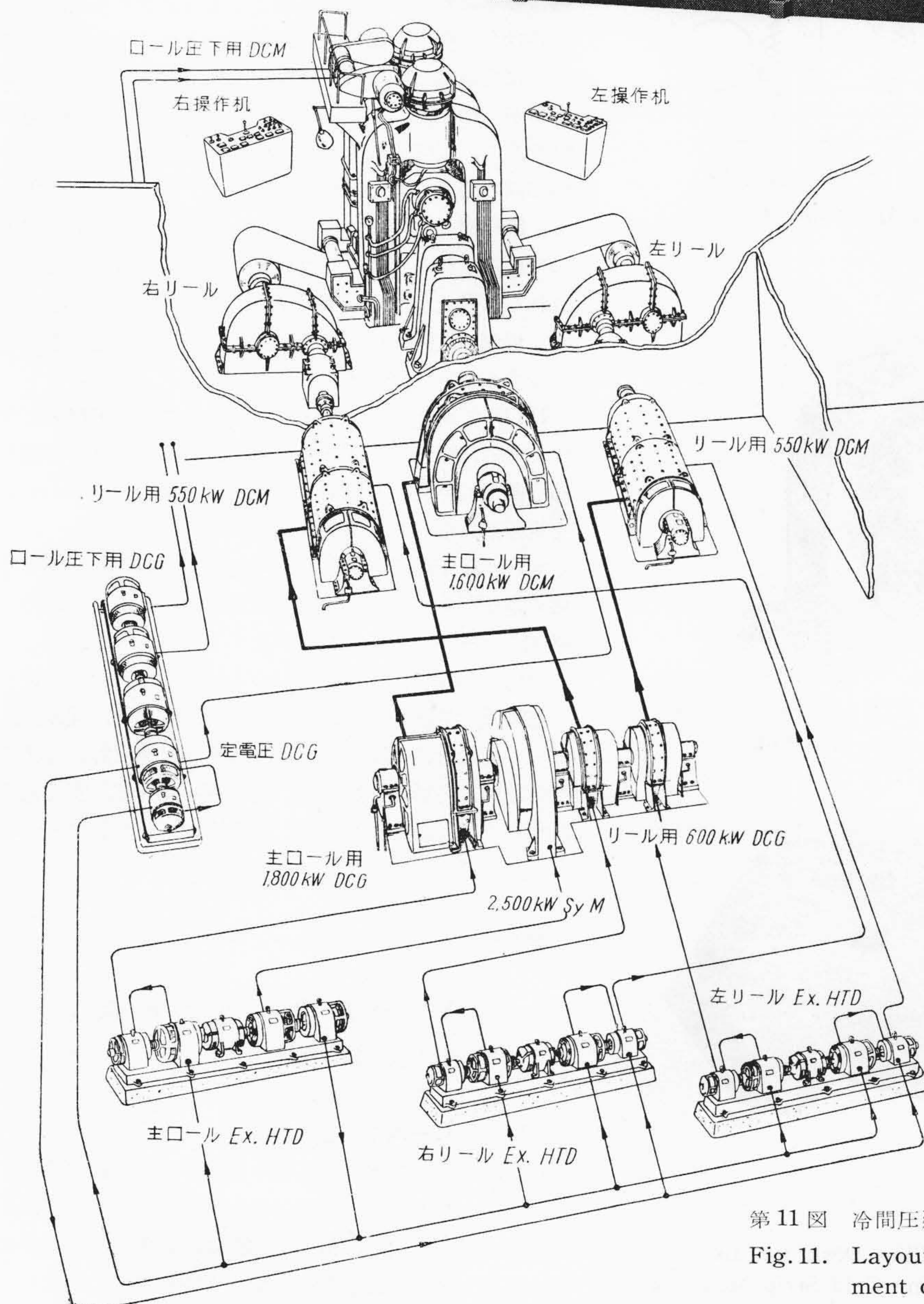
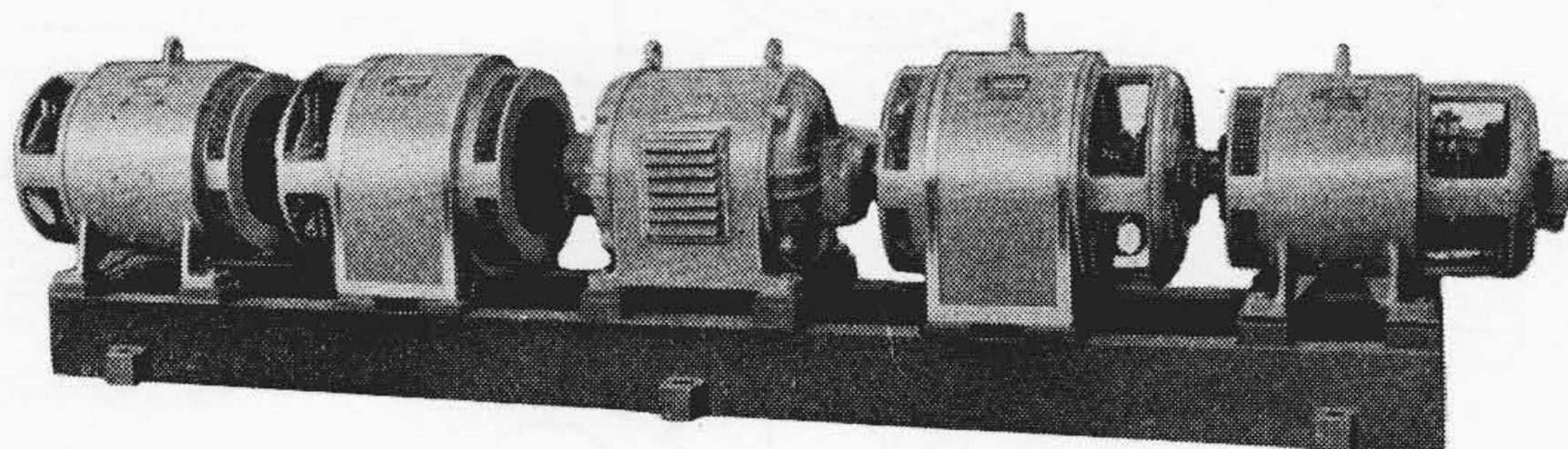


第9図
主ロール用励磁機

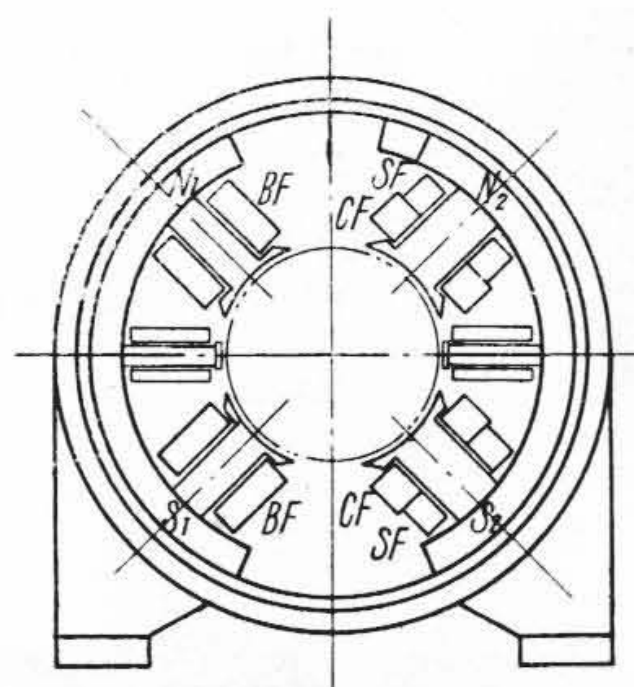
Fig.9.
Exciter Set for Main Roll

第10図 リール用励磁機

Fig.10. Exciter Set for Reel



第11図 冷間圧延機用電気設備説明図
Fig.11. Layout of Electrical Equip-
ment of Cold Strip Mill



第12図 HL 発電機構造図

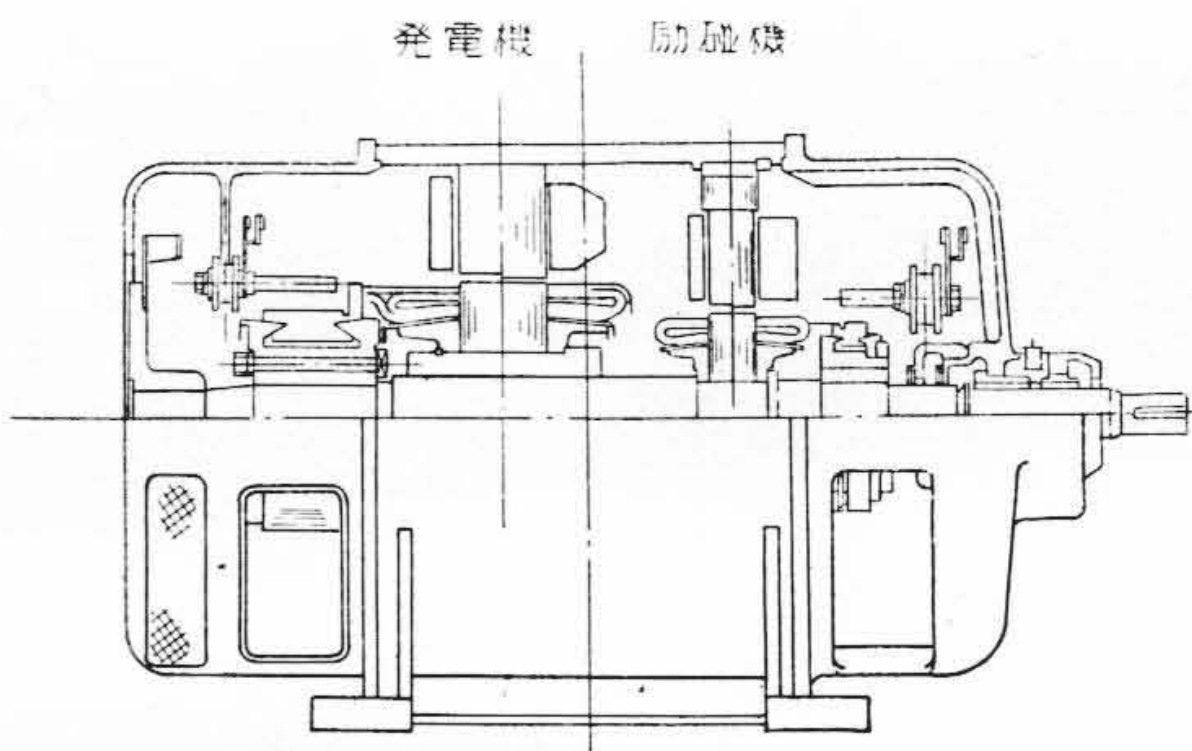
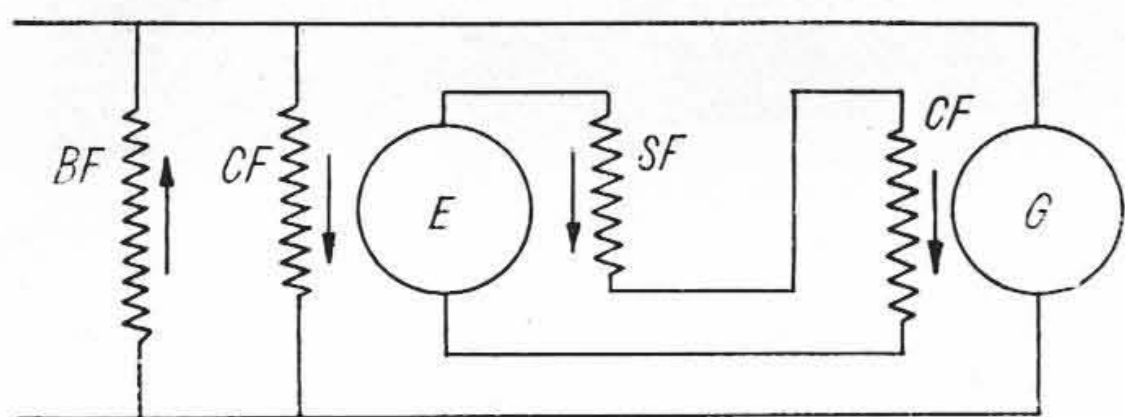
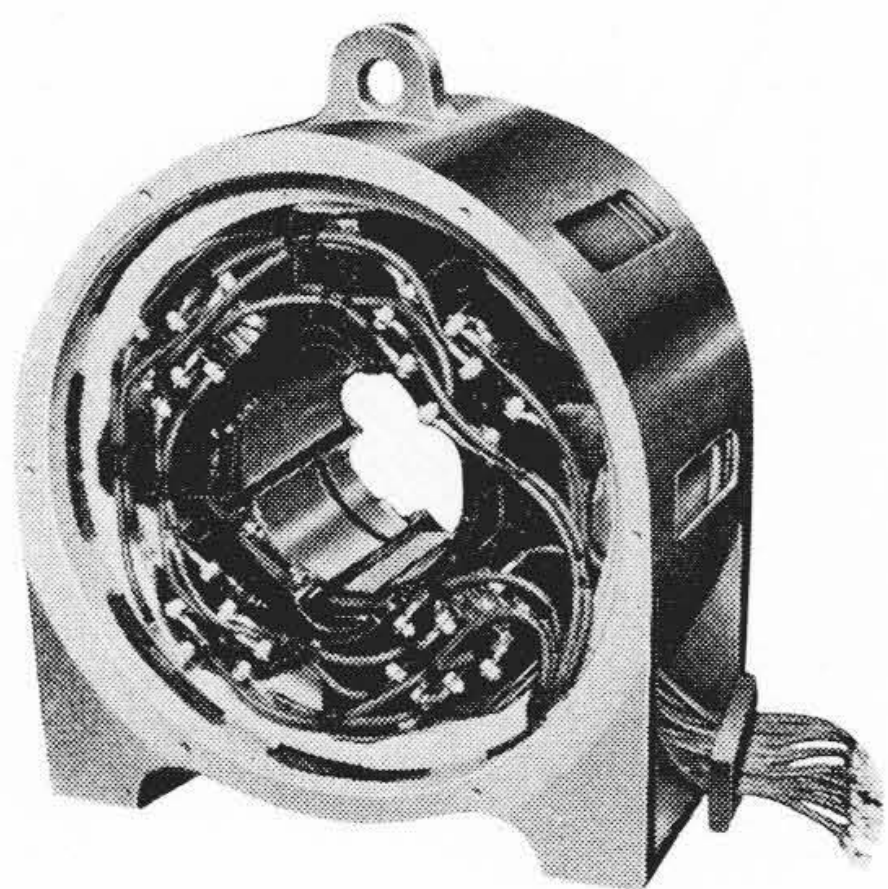


Fig. 12. Construction of HL Generator



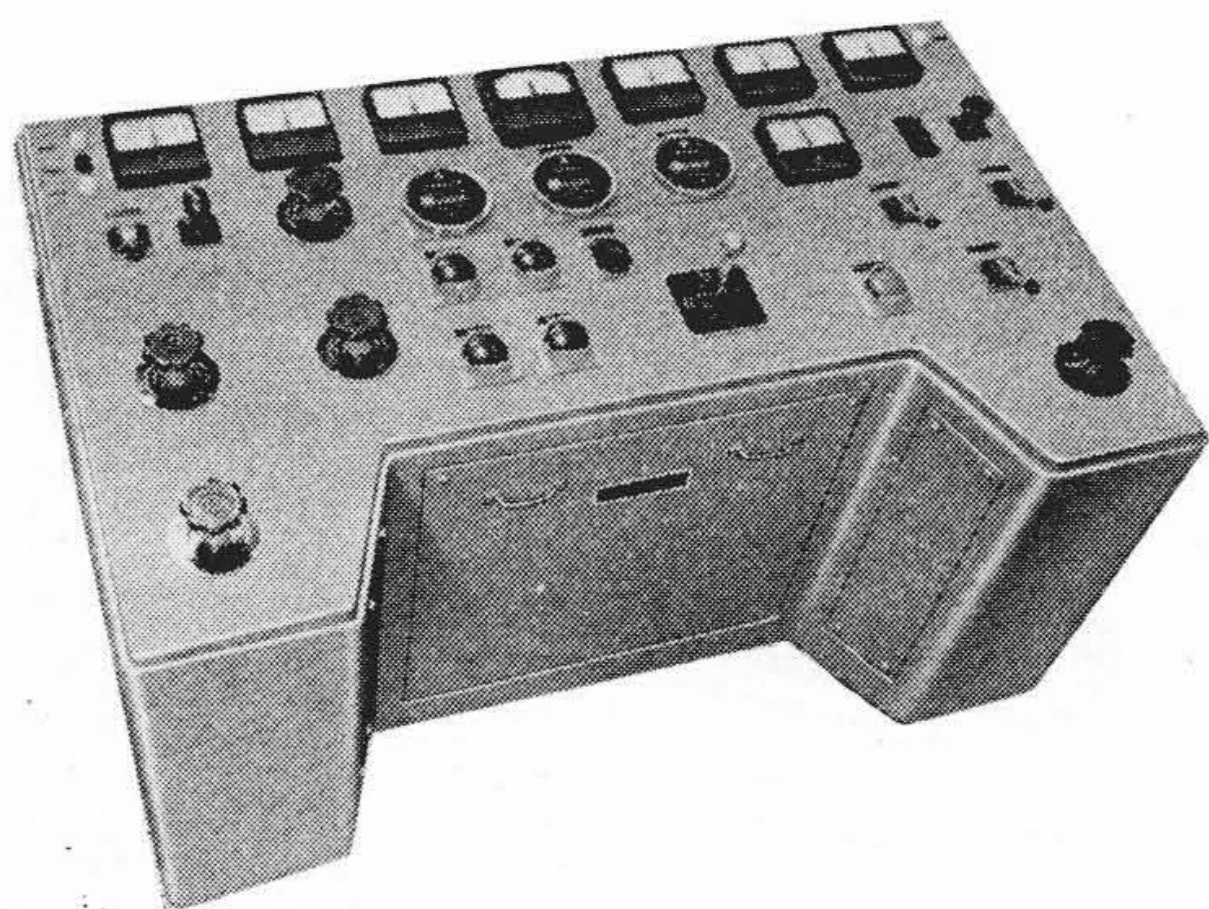
第13図 HL 発電機結線図

Fig. 13. Connection Diagram of HL Generator



第14図 分極 HTD 固定子

Fig. 14. Stator of Divided Pole Type HTD



第15図 操 作 机

Fig. 15. Controlling Desk for the Reversing Cold Strip Mill

以上のうちで基準定電圧電源となる 7.5kW HL 発電機は多年にわたる研究の成果として日立製作所が開発した特殊発電機で、第12図に示すごとく共通軸上に組立てられた発電機と励磁機よりなり、発電機は普通の構造であるが、励磁機は飽和極と非飽和極の2組の独立磁気回路をもち、電機子は4極波巻き、その端子に飽和極と非飽和極の磁束による電圧の差が発生するようになっている。第13図に本機の結線を示し、飽和極には発電機電圧にて励磁される BF、非飽和極には発電機電圧にて励磁される CF と直巻界磁 SF があり、これらの組合せにより、電流の変動、負荷の変動に対して常に一定の電圧を発生するようになっている。

HTD は新型分極 HTD で、固定子構造は第14図に示すように、従来の HTD の分巻界磁とそれ以外の界磁を独立磁気回路にし HTD の性能値 (Figure of Merit) を飛躍的に増加したものである。

ロール圧下用 35 kW 直流電動機は 40 kW 直流発電機の電圧制御により急速な加減速をなしえて、きわめて微細なロール圧下量の調整をなすことができる。

(9) 操作机, 左右2台

第15図に外観を示し、走間厚み計, 電圧計, 電流計, リール計数計, 圧下指示計, ストリップ速度計, 各種切替開閉器, 各種操作開閉器, 運転用各種押釦, 張力電流調整器, 電圧設定用調整器, 界磁設定用調整器などがあり, すべての操作をなすことができる。

(10) 制御装置 1 式

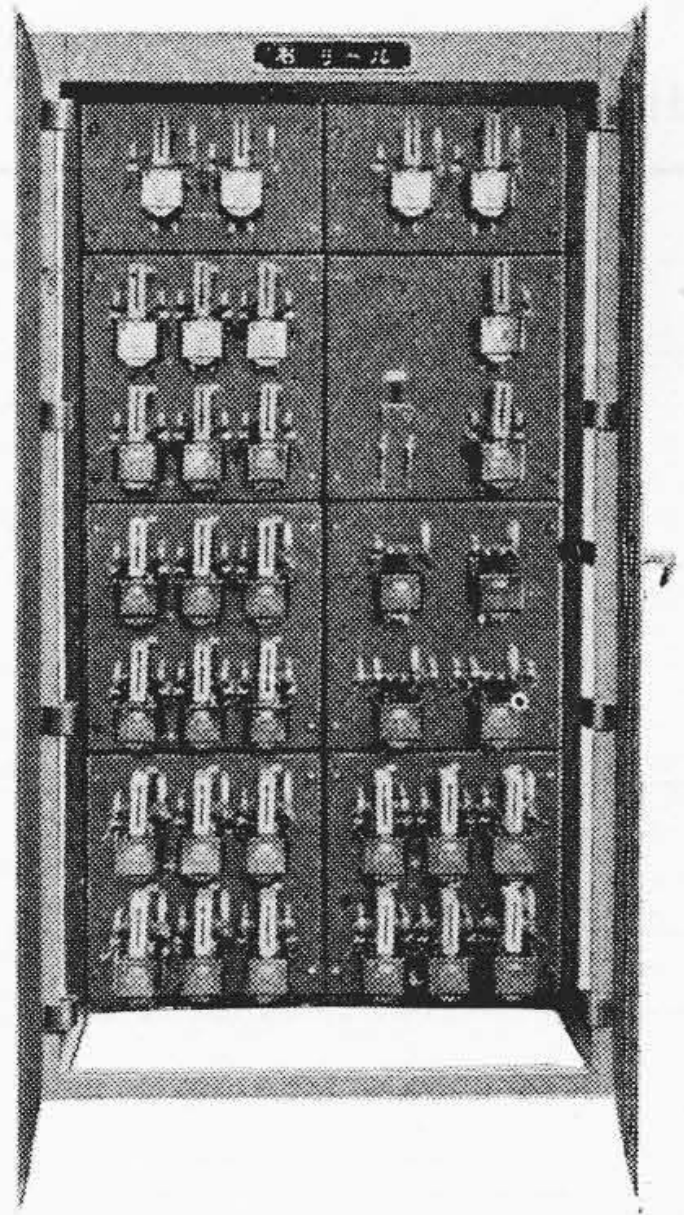
第16図はレオナード制御キュービクルの一部を示す。

〔V〕 制御方式と諸現象

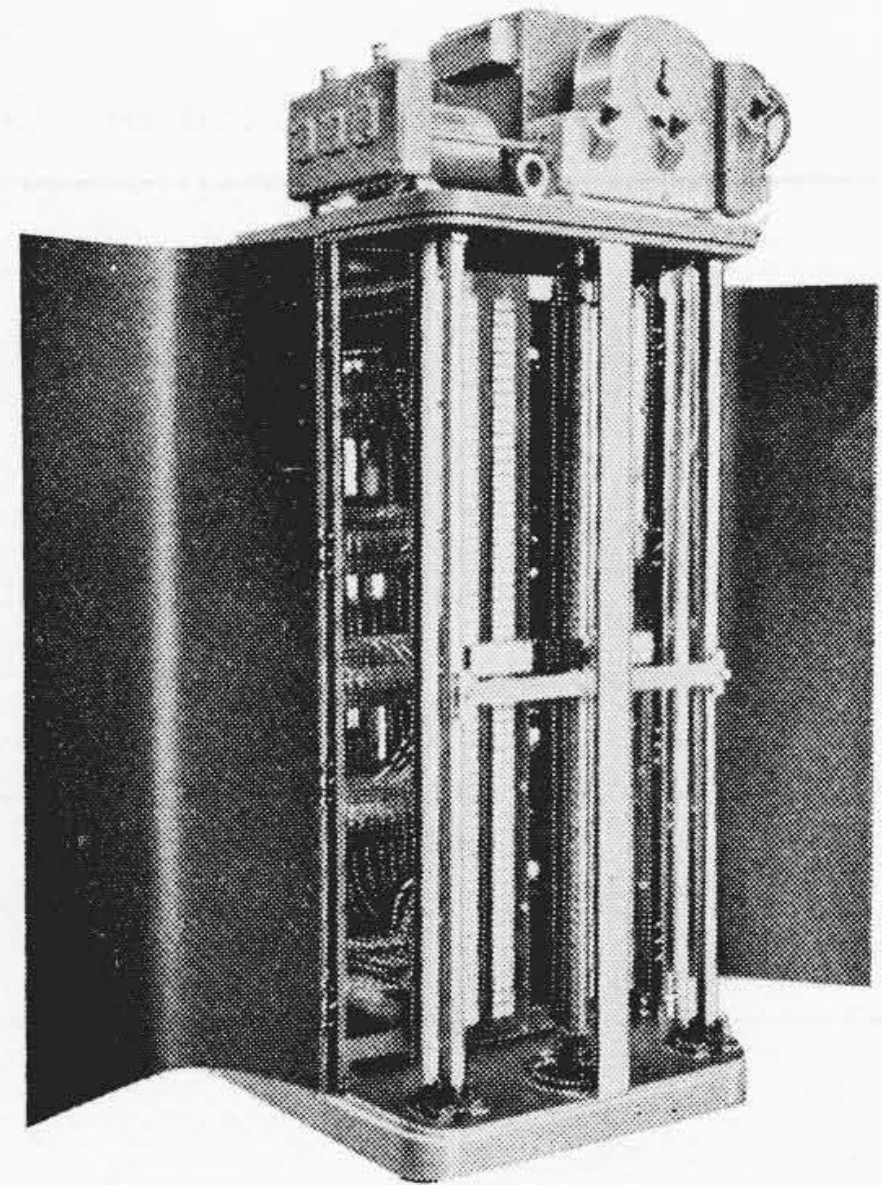
本機の制御方式は第3図に示すときのものであるが、つぎに各部につき諸現象を述べる。

(1) 主ロールの定速度制御

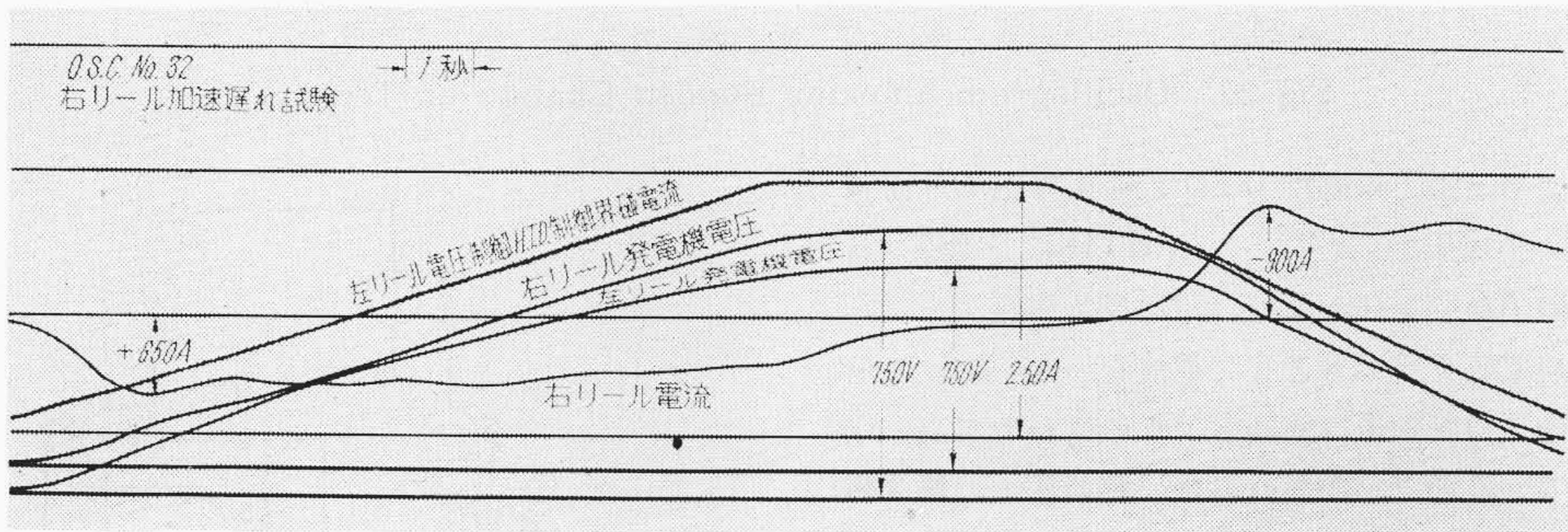
主ロールの圧延速度が圧延中変化すれば、張力の変化として表われるから、電源の電圧周波数の変化または圧延負荷の変化に対し、常に電動機誘起電圧, 電動機界磁を一定にして電動機速度を一定に保持せねばならない。



第16図 レオナード制御キュービクル
Fig.16. Leonard Controlling Cubicle



第17図 電動界磁調整器
Fig.17. Motor-Operated Field Regulator for Field Control



第18図 リール加減速時電圧制御オシログラム
Fig.18. Oscillogram Showing Acceleration and Deceleration of the Winding Reel

このために電圧制御用 HTD で発電機電圧を制御して電動機誘起電圧が常に一定になるようにするとともに、電動機励磁用 60kW 発電機にも HTD による自動電圧制御を行わしめた。この結果電源周波数変動 10% に対し 0.5% 以下の定速度制御をなしえた。

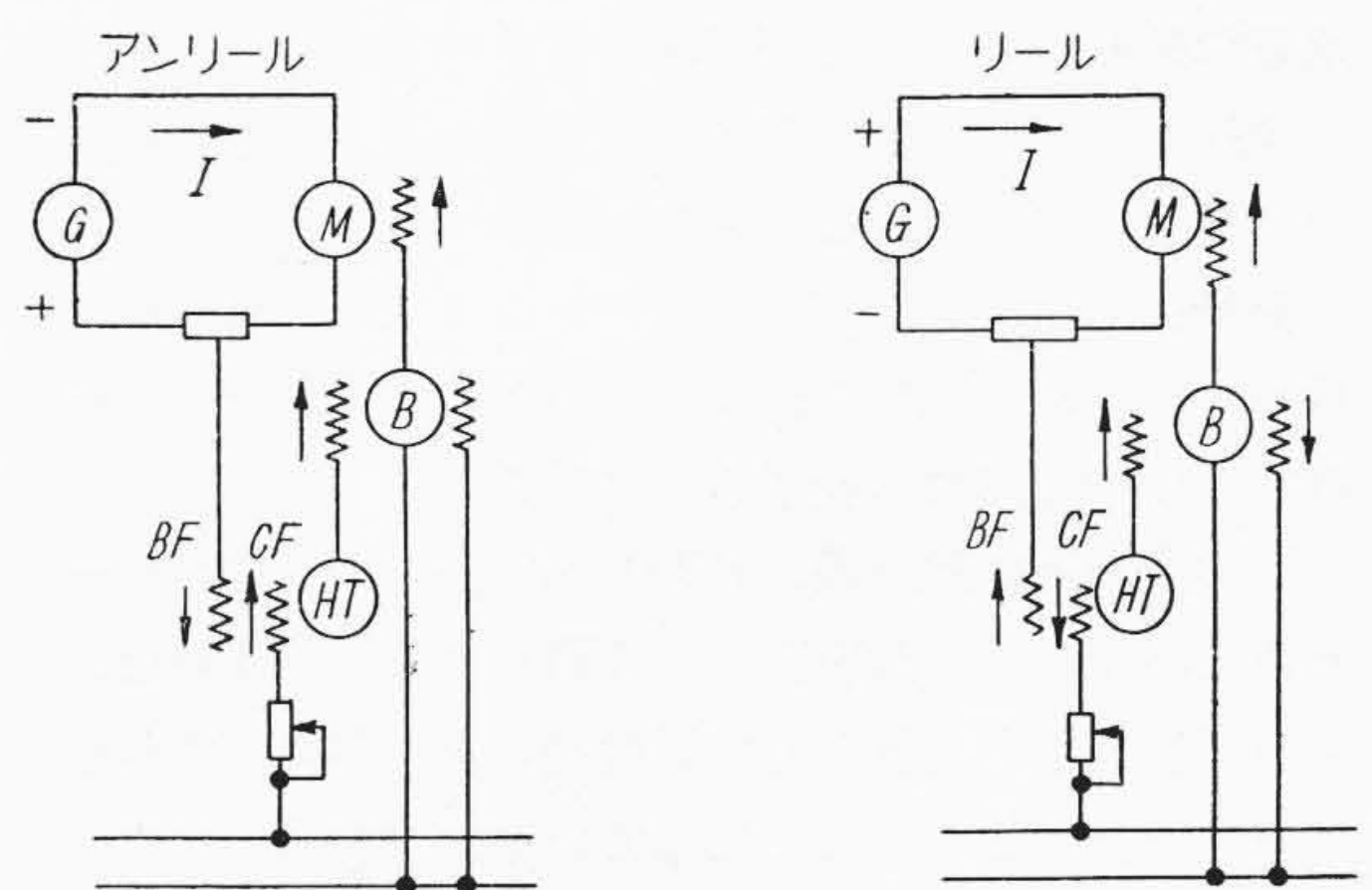
(2) リールの電圧制御

リール電動機に与える電圧は、加減速中も全速中も常に圧延速度に比例していなければならない。本機の加減速は第17図に示すごとき電動連動界磁調整器により主ロール、左右リールの3発電機の電圧制御用 HTD の制御界磁を同時に一様に加減して行う。第18図は加速、減速中の左リール、右リールの電圧変化の状況を示す。

圧延計画にしたがって主ロール電動機の界磁調整を行う場合は別の電動連動界磁調整器により電動機界磁調整と同時にリール発電機の電圧調整を行う。

(3) リールの張力制御

巻取側リールの巻太り、被巻取側アンリール巻細りに



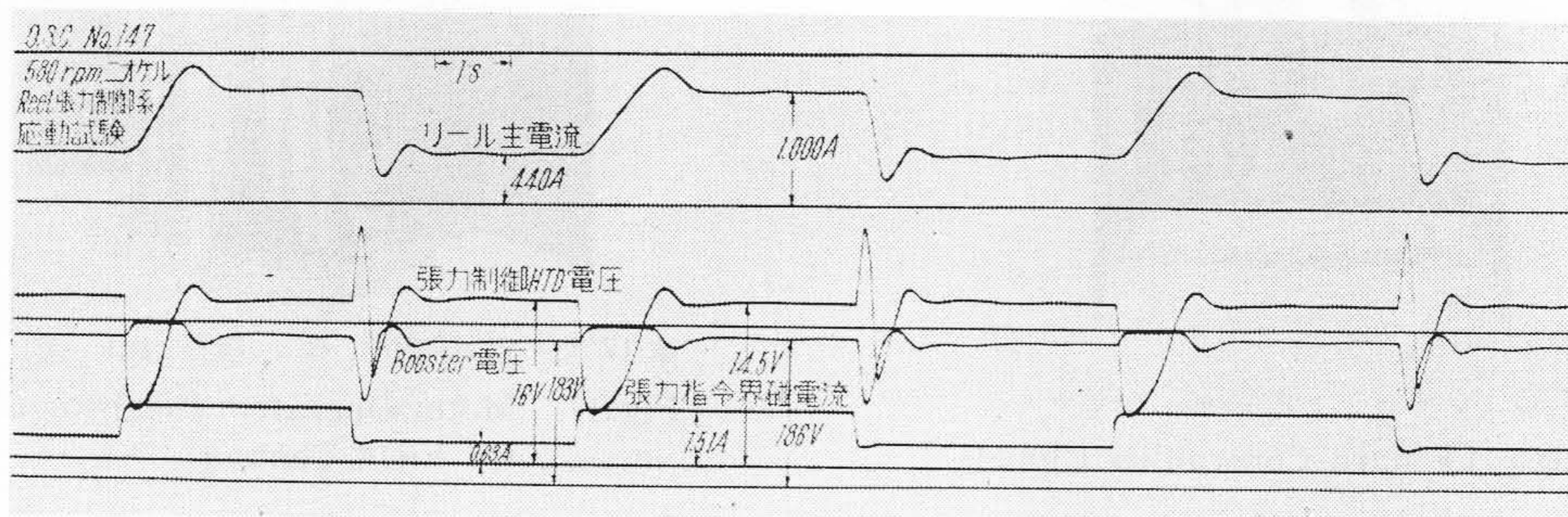
第19図 張力制御方式
Fig.19. Tension Control System

対して、電動機の変えて常に一定の張力をストリップに与える必要がある。すなわちリールの場合、巻太つて行くとリール電動機が速度が落ちるが、無制御では電流が増して張力が増してしまう。それで第19図に示すよ

第 3 表 リール巻太り張力制御

Table 3. Tension Control for Reels in Winding-up Operation

パ ス 番 号		1 パ ス		6 パ ス	
測 定 時 期		巻 太 り 前	巻 太 り 後	巻 太 り 前	巻 太 り 後
リール電動機	電 圧 (V)	450	430	750	730
	電 流 (A)	800	800	360	360
	界磁電流 (A)	14	40	13	39
	回 転 数 (rpm)	300	100	600	200



第 20 図 リール張力制御オシログラム

Fig. 20. Oscillogram Showing Sudden Change of Tension

うに電流が増せば張力制御用 HTD の帰還界磁 BF が強められ HTD の電圧が上昇し、この HTD にて励磁された界磁昇圧機 FB の電圧が下り、電動機界磁電流を増して電動機誘起電圧を元へもどして電流を一定に保たせる。この自動張力制御系は前述のようにきわめて高い増幅率をもっているため、巻太り前後の張力電流は第 3 表の一例からわかるように、運転中その変化を電流計で読むことができない程度である。

アンリールの場合は第 19 図で、巻細るにつれ電動機速度したがって誘起電圧が上昇して電流が増し、HTD の帰還界磁が強められて HTD の電圧を下げ、界磁昇圧機の電圧を上げ、電動機界磁電流を減少して、電動機誘起電圧を元へ戻し、電流を一定に制御する。

第 19 図に示すようにリールとアンリールでは圧延中の HTD 電圧変化が逆であるから方向切替時にはその CF , BF 界磁を交互に反転する。

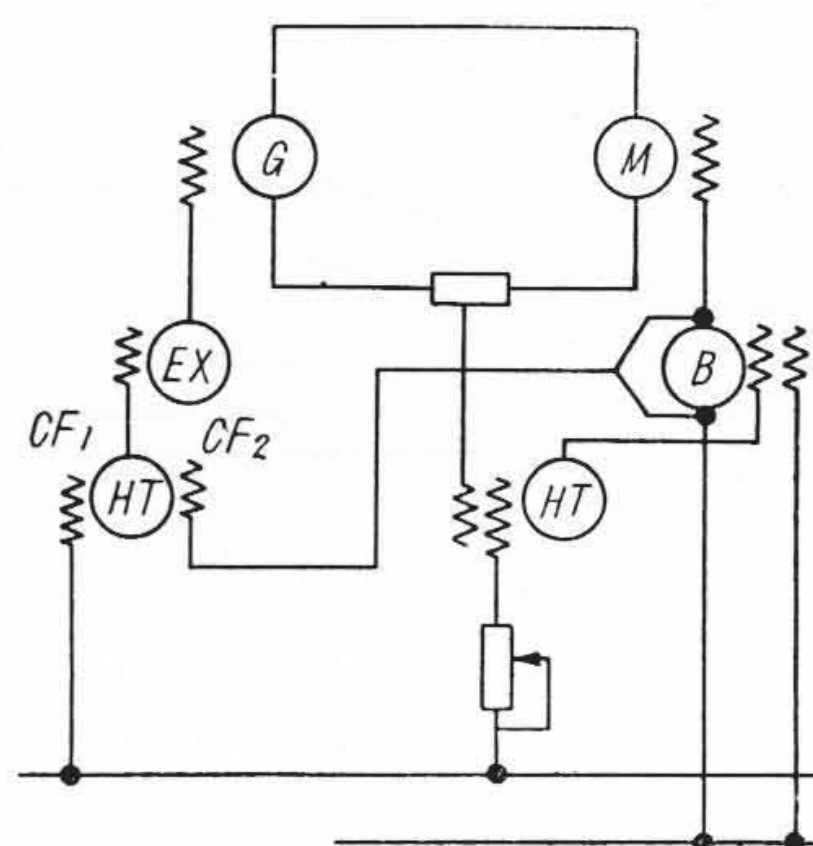
なお主回路遮断の際、HTD が電圧を失うので界磁昇圧機にバイパス界磁を設け、HTD の電圧が下れば、界磁昇圧機電圧を上昇させて電動機界磁を弱め、電動機が過電圧を発生しないようにしている。

リールで張力を増す場合には張力制御用 HTD の制御界磁 CF を強めれば HTD 電圧が下り、界磁昇圧機の電圧が上り、電動機界磁を弱めて電動機電流を増す。

第 20 図は張力を急変した場合のオシログラムできわめて速応度の高いものである。

(4) リールの無負荷損失補償

リール電動機の手始めは早く、巻終りは遅いか



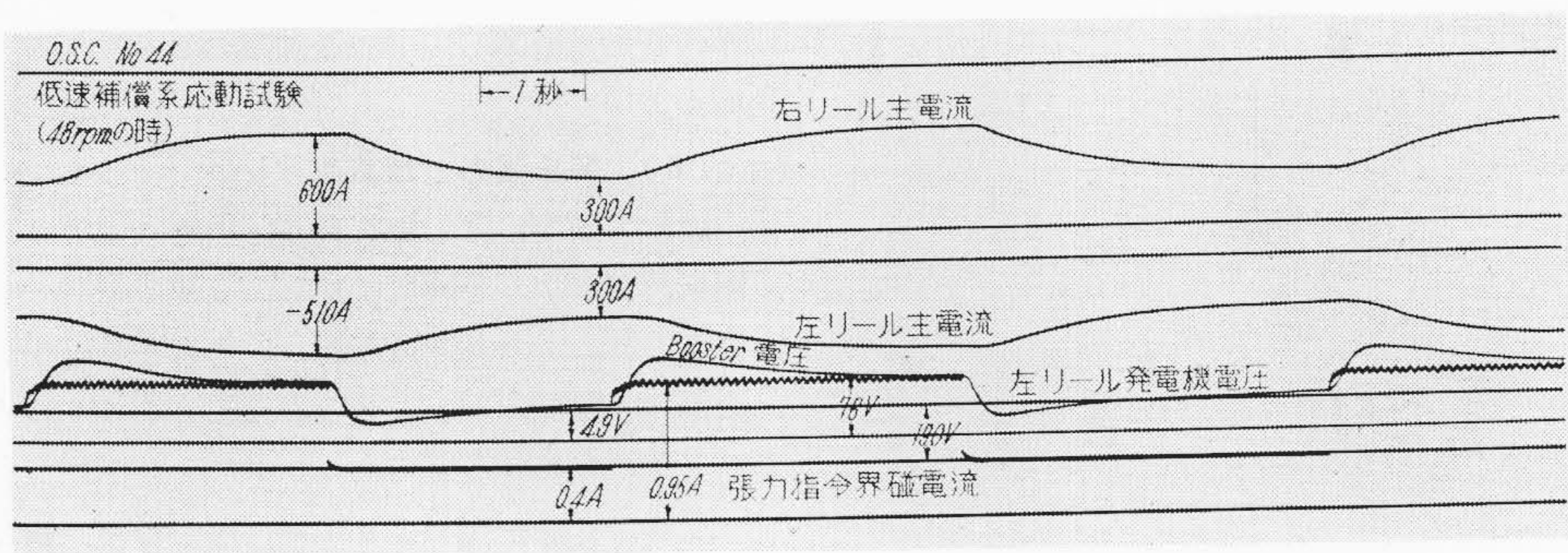
第 21 図 無負荷損失補償方式

Fig. 21. Control System of No Load Loss Compensation

ら運転中その無負荷損失が変化する。したがって張力を一定にするためには電動機入力を無負荷損失の変化分だけ補償する必要がある。界磁昇圧機の電圧は巻初的高速時は高く、巻太れば低くなるから、その電圧を第 21 図のように発電機用 HTD の制御界磁 CF_2 に加えるとこの電圧差でリール発電機の電圧を制御して無負荷損失補償を行うことができる。第 3 表でリール電動機の電圧が巻太りの前後で異っているのは、無負荷損失補償を行っているからである。

(5) リールの低速時補償

リール、アンリールの起動直後および停止直前には低速のため電動機の誘起電圧の値が小さく、界磁制御のみでは自動電流制御系の増幅率が低くなり、十分の制御



第22図 リール低速時補償オシログラム

Fig. 22. Oscillogram Showing Low Speed Compensation of Winding Reel

ができない。それで低速度時には上記無負荷損失補償と回路で界磁昇圧機電圧を発電機用 HTD の CF_2 に加えて、電流制御系の増幅率の減少を電圧制御系で補償させてある。すなわちリールにおいて電流制御 HTD に一定の指令を与えている場合にリール電動機電流が増したとすると、電流制御 HTD の電圧が増し、界磁昇圧機の電圧が下る。これで電動機界磁を強め、電動機電流を元へもどそうとするのであるが、低速のために十分元へもどり切れない。それで界磁昇圧機電圧が下ると電圧制御 HTD によりリール発電機電圧を下げて、電動機電流を完全に元へもどすことができる。

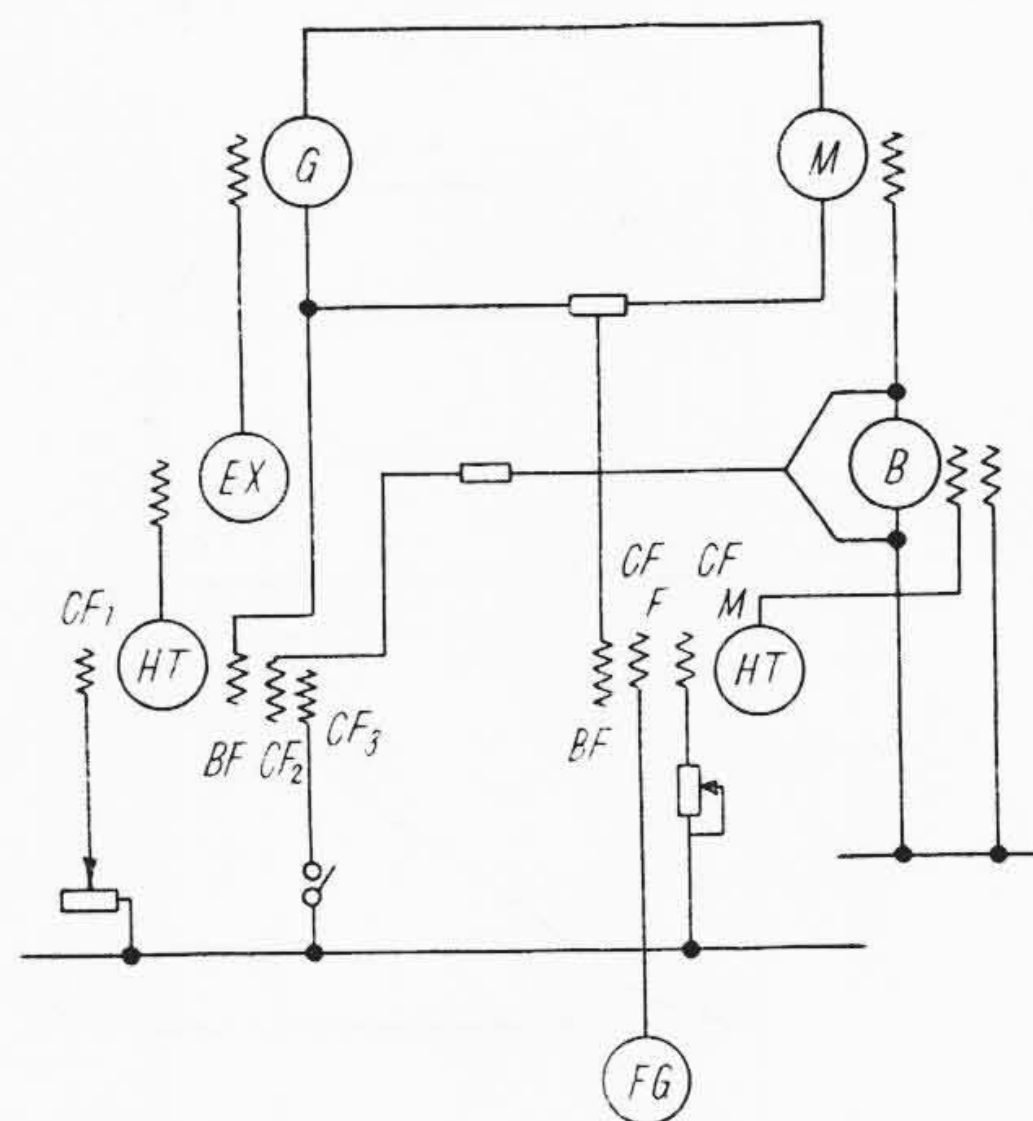
また電流制御 HTD の張力指令を増すと、HTD の電圧が下り、昇圧機電圧が上り電動機界磁を弱めて電動機電流を増させるものであるが、低速のため十分指令通りの電流制御をなすことができない。このとき昇圧機電圧が上るので、これにてリール発電機電圧を上げることにより電動機電流を指令通りに増すことができる。第22図は僅か 48rpm のときの電流制御の状況を示す。

(6) 静止張力

運転の初めに静止張力をかけて、ストリップを張つてから起動することが望ましい。静止張力はストリップを主ロールで噛んで、左右リールでピンと張る程度で良いので運転時張力より小さくて良い。また各パスごとに変える必要もないし、同一張力電流を与えても、空リールと全コイルでは張力が巻太り比だけ変ってくる。それで静止張力は空リールで約 3t、全コイルで約 1t 程度のものでした。

静止張力を与えるためには電動機は停止しているのでつばらリール発電機の電圧を制御して行う。

リールでは第23図で静止張力に相当する指令を電流制御 HTD の CF_M に与えると界磁昇圧機 B が電圧上昇し、電圧制御 HTD の CF_2 を励磁する。これによりリール発電機が電圧を出し静止張力電流を流す。この場合電圧制御の指令 CF_1 はまだ無励磁である。



第23図 静止張力制御方式

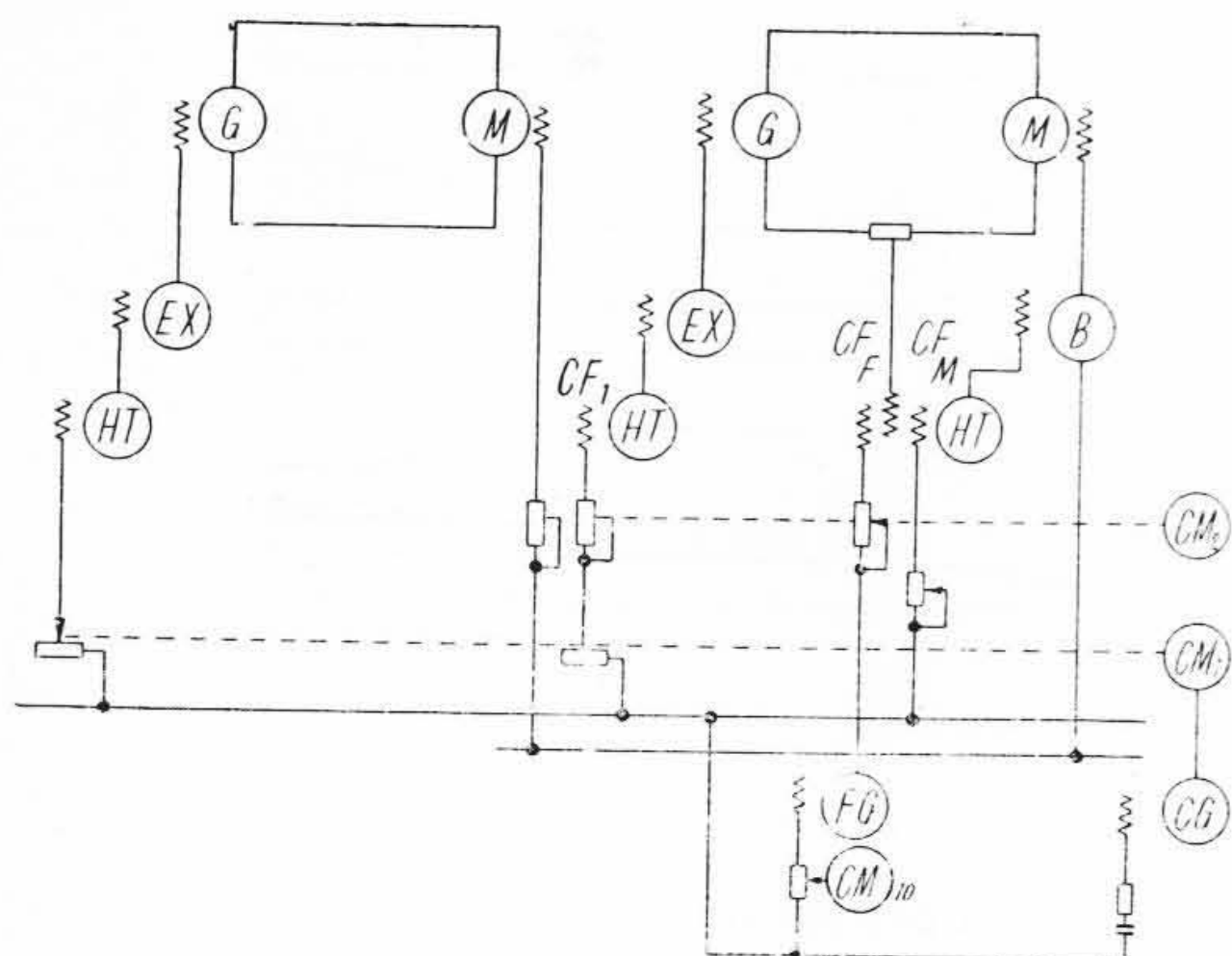
Fig. 23. Control System of Stalled Tension

静止張力を所望の値にするには電動機界磁も所望の値にしておかねばならないので、 B の電圧も適当にする必要があり、このために電圧制御 HTD の CF_3 に適当な励磁を与えて、 B の電圧を所望の値にしておく。

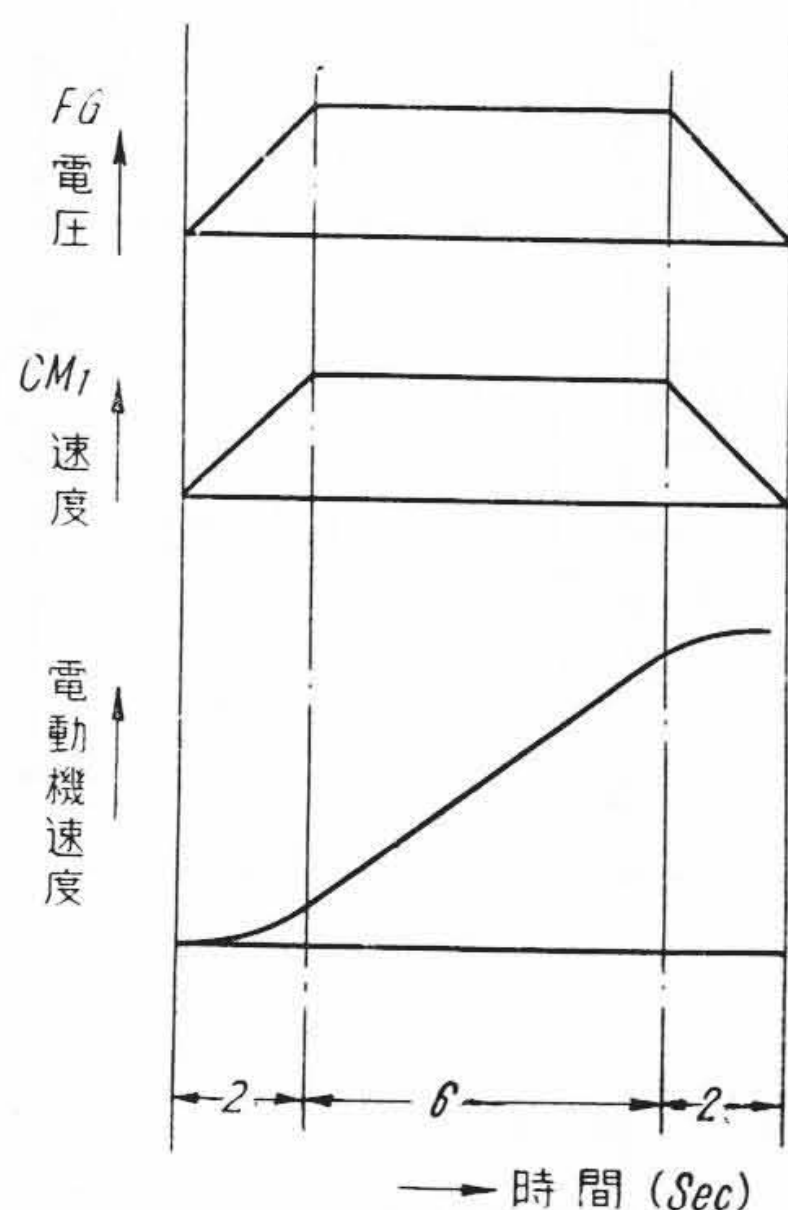
アンリールでは CF_3 の励磁を CF_1 , CF_2 と逆方向にしておく。電流制御 HTD の CF_M に静止張力の励磁を与えると、 B の電圧が下り、 CF_2 の励磁が下ると HTD 電圧、したがって発電機電圧が全速運転と逆方向に発生し、アンリール電動機に対し張力電流を流す方向の電圧が発生する。故にアンリールにおいてはストリップがゆるんでいる場合は巻戻り時と逆方向に電動機が廻り、ストリップを巻取り、所期の張力がえられれば静止状態となる。

(7) 加減速時における加減速補償

リール、アンリールの加減速時、電動機電流は張力に応ずる電流のほかに加減速電流を補償しなければならない。



第24図 加減速補償制御方式
Fig. 24. Control System of Forcing



第25図 加減速補償発電機電圧曲線
Fig. 25. Voltage Curve of the Forcing Generator

加減速電流はパスに応じて補償の度合が変り、パスが進むにつれて張力分に対し、加減速補償分が相当大きくなり、加減速の始めと終りで一挙に加減速補償を加除すると乱調するおそれがあるので、加減速電流の加除はきわめて円滑にしかも加減速を完全に補償する必要がある。

第24図にこの制御方式を示す。電圧制御連動界磁調整器は操作電動機 CM_1 により操作される。電流制御 HTD に対する加減速補償は加減速補償発電機 FG により与えられ、 CM_1 の速度と完全に一致させるようにしてある。

第25図にこれらの関係を示し、電動機の加減速に完全に一致した加減速補償で、加減速の始めと終りで円滑に加除することができた。

なお加減速補償はパスごとに圧延速度が変り、その圧延速度は主ロール電動機の界磁制御によつてゐるため、

界磁制御と連動して加減速補償の量を変えるようにしてある。

(8) 静止張力と加減速

運転の順序ははじめに静止張力をストリップに与え、運転押釦により急速に加速し、全速運転に入り、終りは停止押釦により急速に減速し、そのまま停止して再び静止張力の状態になる。この静止張力より加減速の移行が最も調整を要する点である。

リールで静止張力より加速に移る場合、第23図で運転押釦を押すと、連動界磁調整器始動により CF_1 が増し始め、 CF_F に加速補償が加えられる。同時に CF_3 を切り CF_2 の励磁を弱める。こゝで電動機電流が増し始める。

つぎに連動界磁調整器が僅か動くと補助接点により CF_M が静止張力より運転張力へ指令が増し、加減速補償発電機により励磁される CF_F の上昇とともに電動機電流は急速に増して規定の張力をストリップに与える。それ以後は CF_1 が連動界磁調整器により増し、発電機電圧が上昇して電動機が加速して行く。第26図は第1パスリールが加速、第27図は第6パスリール加速のオシログラムである。

アンリールの場合は運転押釦を押すと、連動界磁調整器始動し CF_1 増し始め CF_F に加速補償が加えられ、同時に CF_2 の励磁を弱める。電動機電流はやゝ増す。

つぎに連動界磁調整器の補助接点により CF_M が静止張力より運転張力に指令が切換えられ、加減速補償発電機による CF_F の逆補償を受けつゝ電動機電流は増加して規定の張力をストリップに与える。それ以後 CF_1 がある程度上昇すると発電機電圧は静止張力電圧より運転時電圧へと逆方向に移行する。

減速より静止張力へ移行する場合は上記と逆の過程を経るもので、最後に静止張力の状況となつて停止する。

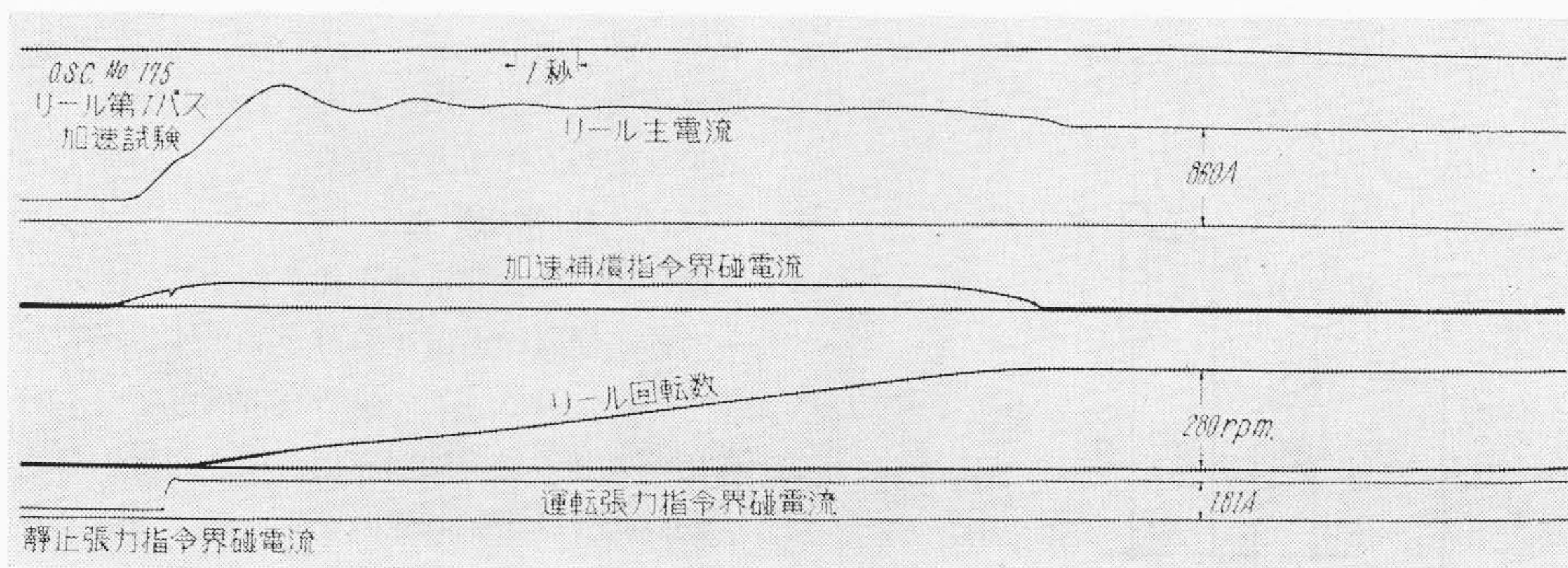
第28図にアンリール第6パスの減速状況を示す。

(9) 1行程電流制御

1行程の順序としては静止張力、加速、全速、減速、静止張力の順に制御して行くのであるが、加速、全速、減速の間常に一定の張力をストリップに与え、静止時には適当な張力を与え、しかもその移り変りの際に円滑に張力を変化させて行く必要がある。第29図に第6パスにおけるリール電動機の電流と回転数の変化状況をオシログラムにより示す。電動機は 600 rpm まで加速し、巻太るにしたがつて 200 rpm まで下り、それより減速して静止状態になる。その間電流は加速中加速電流を補償し、減速中は減速電流を負に補償し、全速中は回転数が 600 rpm より 200 rpm に変わっても電流は一定である。

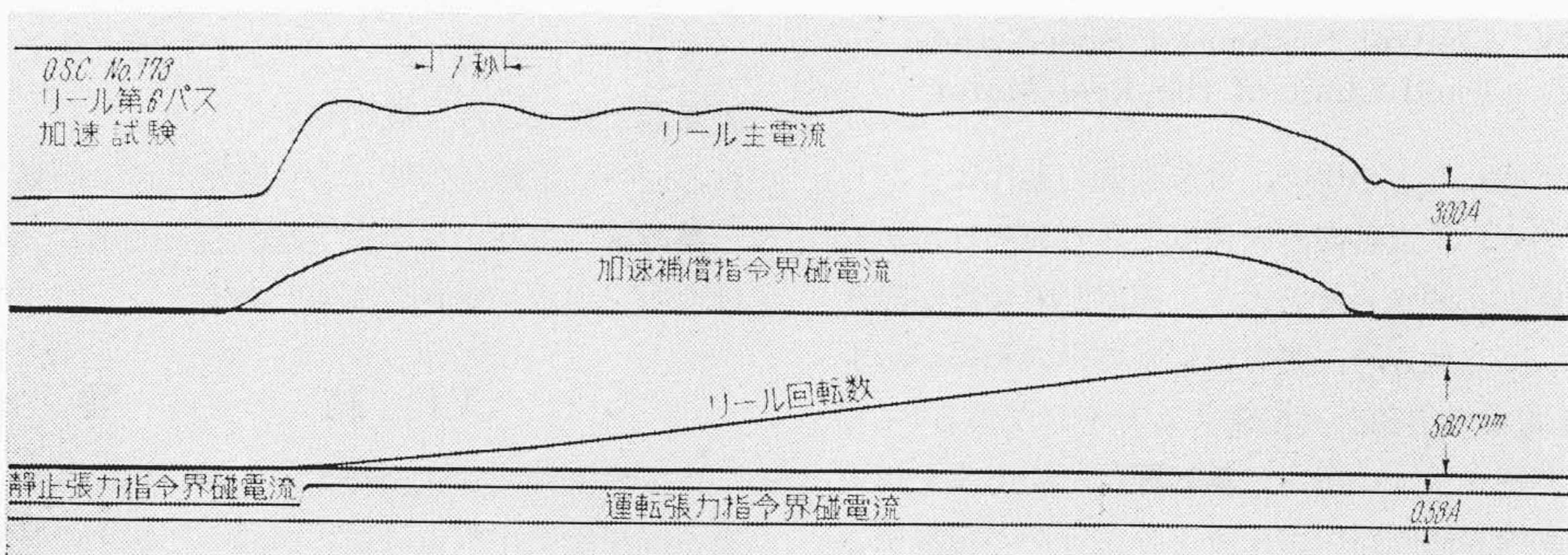
(10) 速度制限および界磁制限

リール電動機が界磁が弱められ、高速で運転されてい



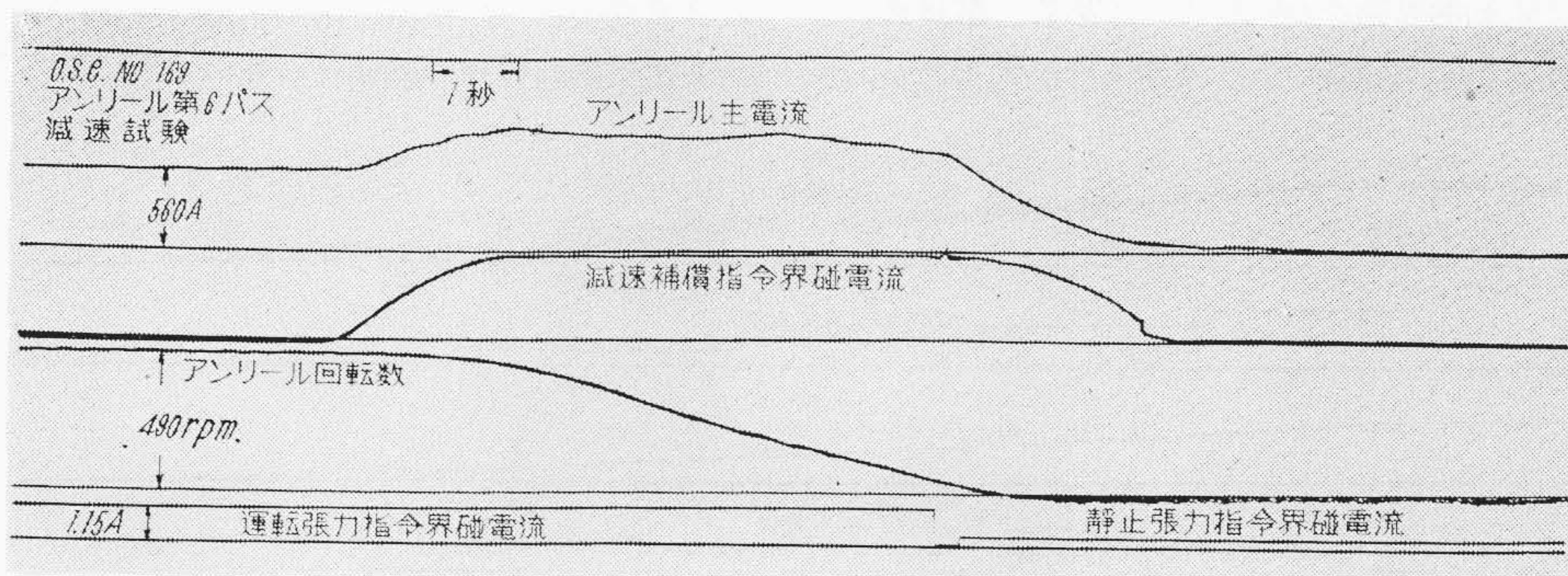
第26図 リール第1パス加速オシログラム

Fig. 26. Oscillogram Showing Acceleration of No. 1. Pass of the Reel



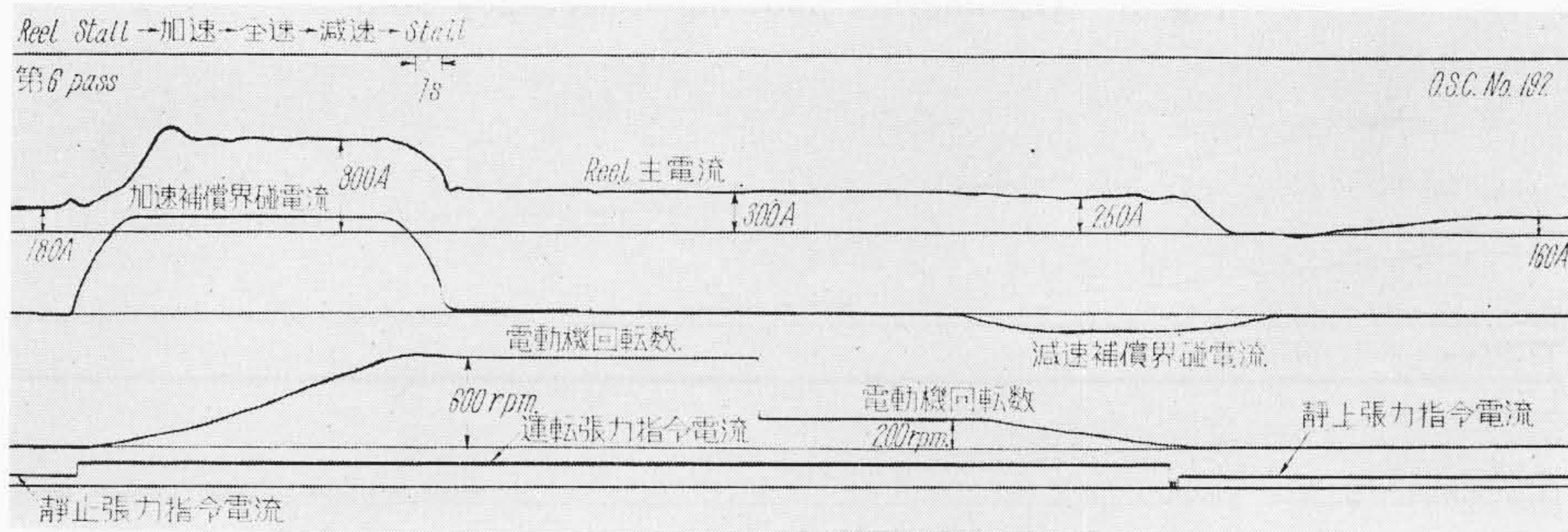
第27図 リール第6パス加速オシログラム

Fig. 27. Oscillogram Showing Acceleration of No. 6 the Pass of Reel



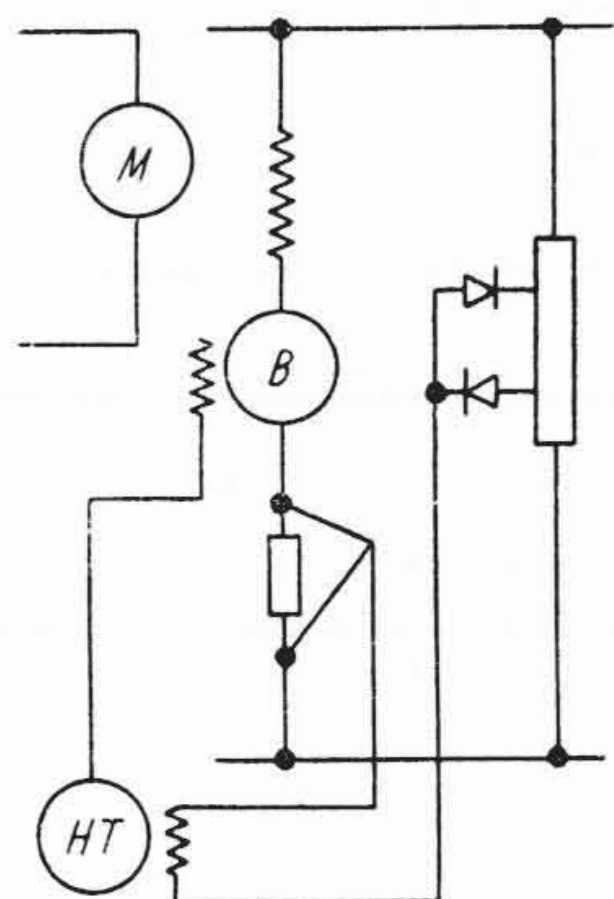
第28図 アンリール第6パス減速オシログラム

Fig. 28. Oscillogram Showing Deceleration of No. 6 Pass of the Un-Reel



第29図 リール第6パス1行程オシログラム

Fig. 29. Oscillogram Showing No. 6 Pass of the Reel



第30図 速度制限，界磁制限制御方式
Fig. 30. Control System of Speed and Field Limit of the Reel Motor

てストリップ切れなどの場合，電流制御の動作により一層界磁が弱められて電動機が過速度になるおそれがあるため界磁が極端に弱まらないように速度制限装置が設けられてある。また低速時，張力自動制御系の利得が減少し，このとき電動機界磁を過励磁するおそれがあるので，過励磁制限装置が設けてある。第30図はこの方式を示すもので，電動機界磁回路の電圧降下分をほかの定電圧と比較して，制限値以上に電動機界磁が弱まるか強まるかすれば，セレン整流器を通じて HTD の強力な増幅度によりたゞちに電動機界磁を制限値内に収める。第18図のオシログラムで張力急減のときは速応性が大きいが，

急増の場合速応していないのは，速度制限装置のため界磁昇圧機電圧が制限されているからであり，この装置の効果を表わしたものである。

(11) 非常停止

操作机にある非常停止鈕を押すと，主ロール，左右リールの各発電機の電圧を可及的早く下降して回生制動により停止させる。この場合発電機電圧を下降させるには常用の連動界磁調整器を用いず，非常用接触器により電圧制御 HTD の制御界磁を階段的に下降させる。

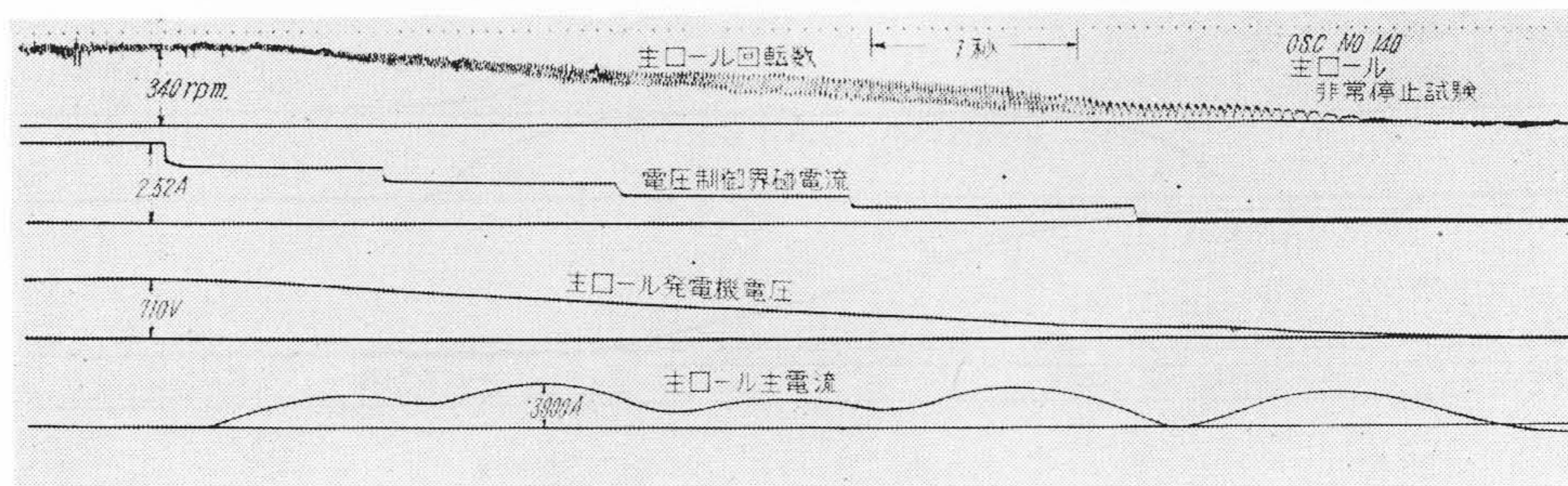
第31図に主ロールの非常停止状況をオシログラムにて示す。

なにかの事故により主回路気中遮断器が開路した場合は主ロール，左右リールとも各電動機に発電制動用気中遮断器が投入され発電制動がかかる。左右リールではこれと同時に電磁制動機により機械的にも制動がかかる。

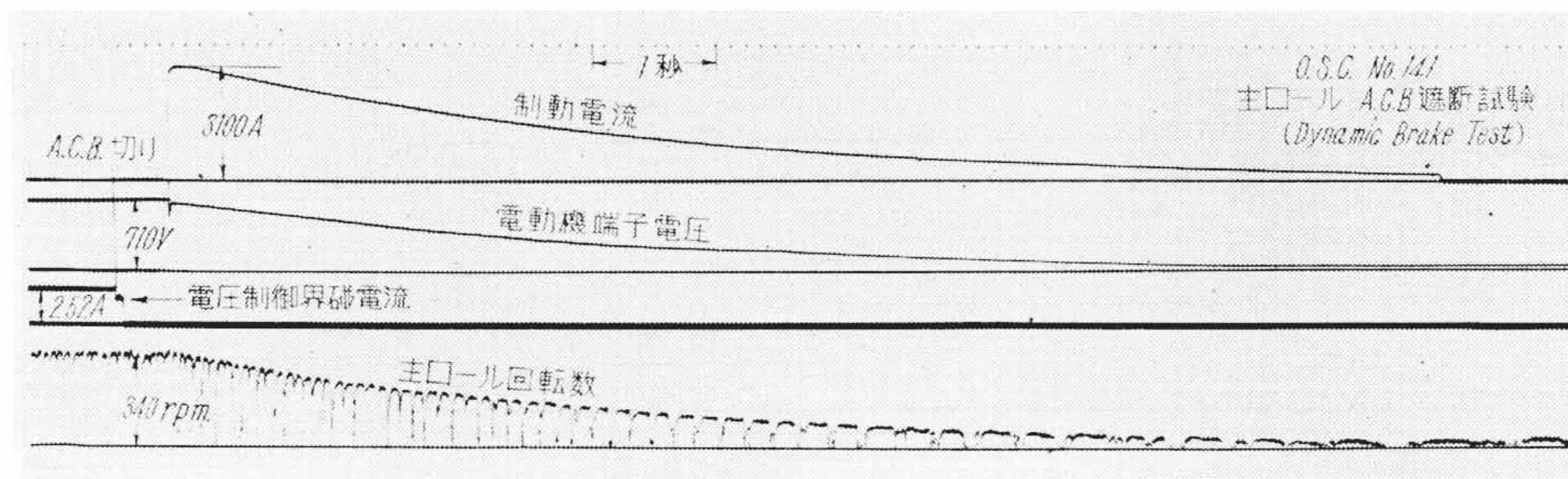
第32図は主ロールの気中遮断器を開路し発電制動をかけた場合のオシログラムである。

〔VI〕 結 言

以上日本鉄板株式会社大阪工場に新設された逆転式四重冷間圧延機用電気設備の概略と運転上の諸特性を述べたが，本設備は最初の純国産品であり，しかも種々新しい特長を有し，目下きわめて好調に運転されている。これは日立製作所の機械，電気一体の総合技術と多年にわたる電気機器製作の経験と研究の成果によるものである



第31図 非常停止オシログラム
Fig. 31. Oscillogram Showing Emergency Stop



第32図 発電制動オシログラム
Fig. 32. Oscillogram Showing Dynamic Braking

が、さらに今回完成した本設備により幾多の貴重な資料がえられたので、今後この種の圧延機用電気設備の進歩に寄与するところきわめて大きいと考える。

終りに本設備の完成に当り、有益な助言を賜った八幡製鉄所高橋博士、計画に関与されて終始指導を賜った日本鉄板株式会社大浜技師長、川口課長、岩崎課長ならびに設計製作に従事された日立製作所日立工場関係各位に対し厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

(1) 山本, 泉, 平川: 最近の圧延機用電気設備 日立評論 別冊 8 (昭 29)

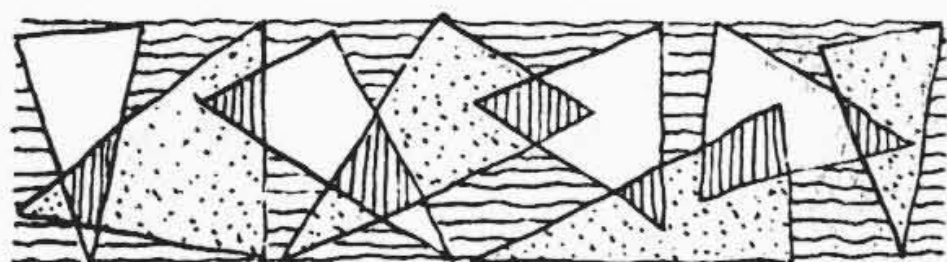
(2) 西: 最近の HTD とその応用: 日立評論 別冊 8 (昭 29)

(3) 稲木: 可逆速度定電圧電機 の 諸形式と新型 HL 発電機 日立評論 19 No. 10, 12 (昭 11)

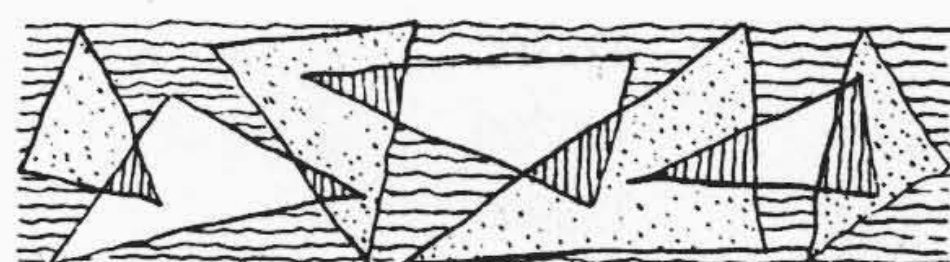
(4) 泉, 藤木: 磁気増幅器とその応用 日立評論 別冊 8 (昭 29)

(5) 前川, 三浦, 藤木: アナログ電気演算器による電動機自動制御装置の解析 日立評論 別冊 8 (昭 29)

(6) 田附: 冷間鋼帯圧延機用電気設備 日立評論 別冊 8 (昭 29)



特 許 と 新 案



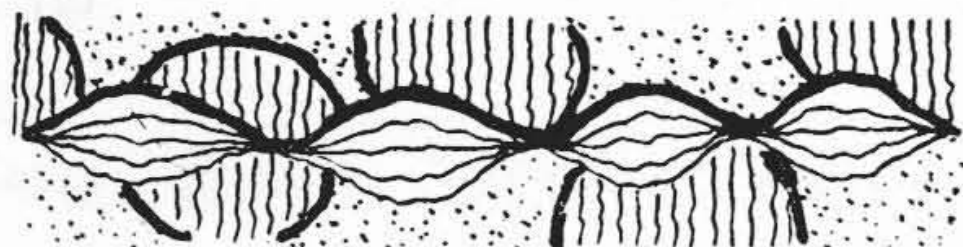
最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その 2)

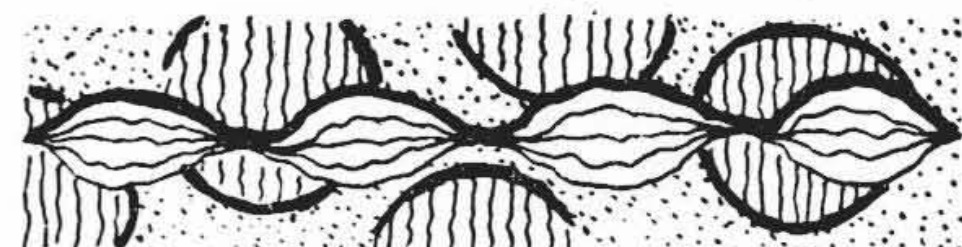
(第 12 頁から続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
実用新案	425903	高 圧 回 転 電 機	日立工場	高 木 正	30. 3. 17
"	425904	押 釦 開 閉 器	日立工場	石 塚 泰 司	"
"	425911	刷 子 保 持 器	日立工場	佐々木 義雄 武 政 隆 一	"
"	425912	電 機 子 均 圧 線 接 続 装 置	日立工場	大井川 一 浩	"
"	425913	静 電 塗 装 々 置	日立工場	吉 見 環 佐 竹 良 延	"
"	425914	静 電 塗 装 々 置	日立工場	和 田 正 脩	"
"	425920	油 面 低 下 遮 断 装 置	日立工場	浦 田 星 須 藤 行 雄	"
"	425921	過 電 流 継 電 器	日立工場	高 村 正 夫	"
"	425922	過 電 流 継 電 器	日立工場	高 村 正 夫	"
"	425923	圧力液槽における基準液面の保持装置	日立工場	逸 見 文 彦	"
"	425924	圧 力 槽 基 準 液 面 保 持 装 置	日立工場	逸 見 文 彦	"
"	425925	計 器 用 ケ ー ス	日立工場	今 橋 駒 一	"
"	425930	電 機 器 箱 蓋 鎖 錠 装 置	日立工場	河 合 留 八	"
"	425933	空 気 濾 過 装 置	日立工場	田 附 修 西 政 隆	"
"	425934	扇 風 機 の 羽 根 車	日立工場	滑 川 清 田 中 貞 之 助	"
"	425892	燃 料 輸 送 槽 の 溢 出 防 止 装 置	笠戸工場	小 野 栄 男 伊 達 正	"
"	425888	ポ ン プ 用 推 力 受 カ プ リ ン グ	亀有工場	木 暮 健三郎 大 貫 康 志	"
"	425889	二段両側吸込ポンプのサージング防止装置	亀有工場	寺 田 進	"
"	425890	キャタピラクレンなどにおける巻上機構	亀有工場	阿 部 哲 義	"
"	425891	キャタピラクレンなどにおける巻上機構	亀有工場	阿 部 哲 義	"
"	425893	巻 胴 の 制 御 装 置	亀有工場	久保沢 稔	"
"	425894	起 重 機 運 転 装 置	亀有工場	原 政 次	"
実用新案	425895	起 重 機 運 転 装 置	亀有工場	原 政 次	30. 3. 17

(第 28 頁へ続く)



特 許 と 新 案



最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その3)

(第27頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
実用新案	425902	水 平 引 込 起 重 機 の 引 込 装 置	亀有工場	真 砂 幸 男	30. 3. 17
"	425883	駆動軸の運動に関係なく被動軸を廻動せしむる装置	川崎工場	町 田 泰 治	"
"	425917	グラビヤ輪転機の乾燥室に紙を通す装置	川崎工場	京 野 五 一	"
"	425881	懸 垂 型 断 路 器 軸 受 装 置	多賀工場	丹 下 音 行	"
"	425882	分光比色計における光線変向装置	多賀工場	橋 本 正 勝	"
"	425886	ポ ン プ 呼 水 装 置	多賀工場	大 津 卓 郎	"
"	425896	ホ イ ス ト の 巻 上 げ 安 全 装 置	多賀工場	横 内 真 中	"
"	425897	ホ イ ス ト の 巻 上 げ 安 全 装 置	多賀工場	横 内 直 中	"
"	425898	ホ イ ス ト の 巻 上 げ 安 全 装 置	多賀工場	横 内 直 中	"
"	425899	送 油 ギ ャ ー ポ ン プ	多賀工場	門 馬 光 雄	"
"	425900	ホ イ ス ト の ブ レ ー キ 装 置	多賀工場	古 市 光 直	"
"	425901	ホ イ ス ト の ト ロ リ 装 置	多賀工場	後 藤 繁	"
"	425915	フ ラ イ ボ イ ー ル マ グ ネ ト	多賀工場	小 室 甲 二 郎	"
"	425931	扇 風 機 首 振 角 度 調 整 装 置	多賀工場	柿 沼 俊 男	"
"	425932	扇 風 機 首 振 角 度 調 整 装 置	多賀工場	四 倉 輝 夫	"
"	425906	過 負 荷 リ レ ー 附 放 電 灯 起 動 装 置	多賀工場	安 川 昌 平	"
"	425907	放 電 灯 起 動 装 置	亀戸工場	千 原 錦 吾	"
"	425908	放 電 灯 起 動 装 置	亀戸工場	大 和 利 丸 吾	"
"	425909	過 負 荷 リ レ ー 附 放 電 灯 起 動 装 置	亀戸工場	千 原 利 錦 吾	"
"	425910	放 電 灯 起 動 装 置	亀戸工場	大 和 利 錦 吾	"
"	425916	螢 光 灯 点 灯 装 置	亀戸工場	千 原 錦 吾	"
"	425926	精 紡 機 用 自 動 掃 除 機 の 走 行 装 置	亀戸工場	西 岡 博	"
"	425928	X線装置における瞬時管電圧および管電流を単一計器で測定する装置	亀戸工場	伊 藤 虎 男	"
"	425929	X線装置における瞬時管電圧測定装置	亀戸工場	和 田 正 脩	"
"	425884	水 晶 発 振 子 の 脱 落 防 止 装 置	戸塚工場	高 亀 陽 一 義	"
"	425887	指 向 性 空 中 線	戸塚工場	高 野 上 忠	"
"	425887	ゲ ッ タ 装 置	戸塚工場	古 谷 勝 美 郎	"
"	425887	ゲ ッ タ 装 置	戸塚工場	高 橋 政 次	"
"	425918	円 筒 内 面 に 設 け る 段 座	茂原工場	原 田 正 一	"
"	425919	軸 端 締 付 装 置	戸畑工場	三 原 正 一	"
実用新案	425905	静 電 起 電 機	戸畑工場	三 原 正 一	"
			中央研究所	鳥 山 四 郎 一	30. 3. 17