



日立評論

第十六卷 昭和八年 總目次

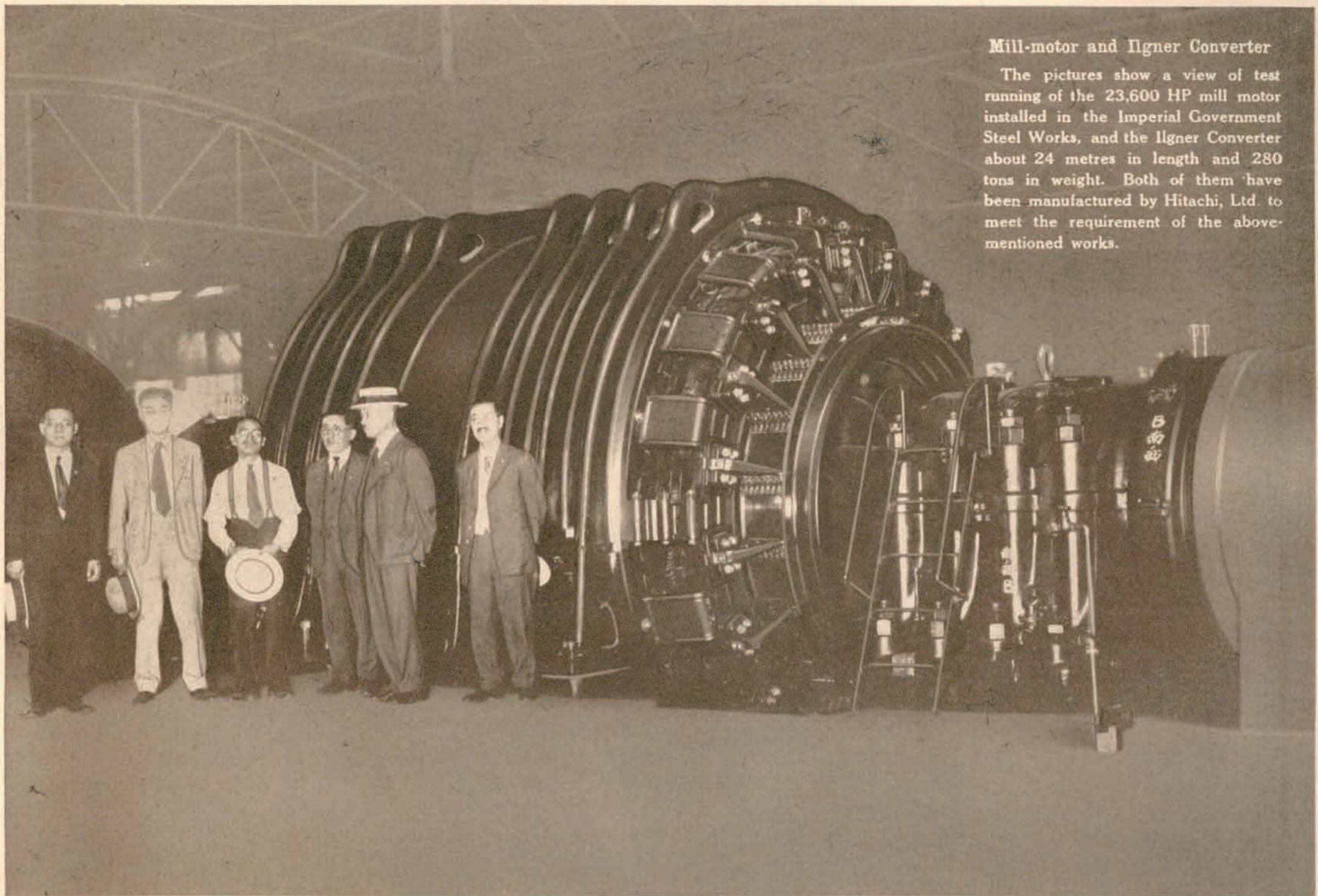
自 第一號
至 第十二號



東京

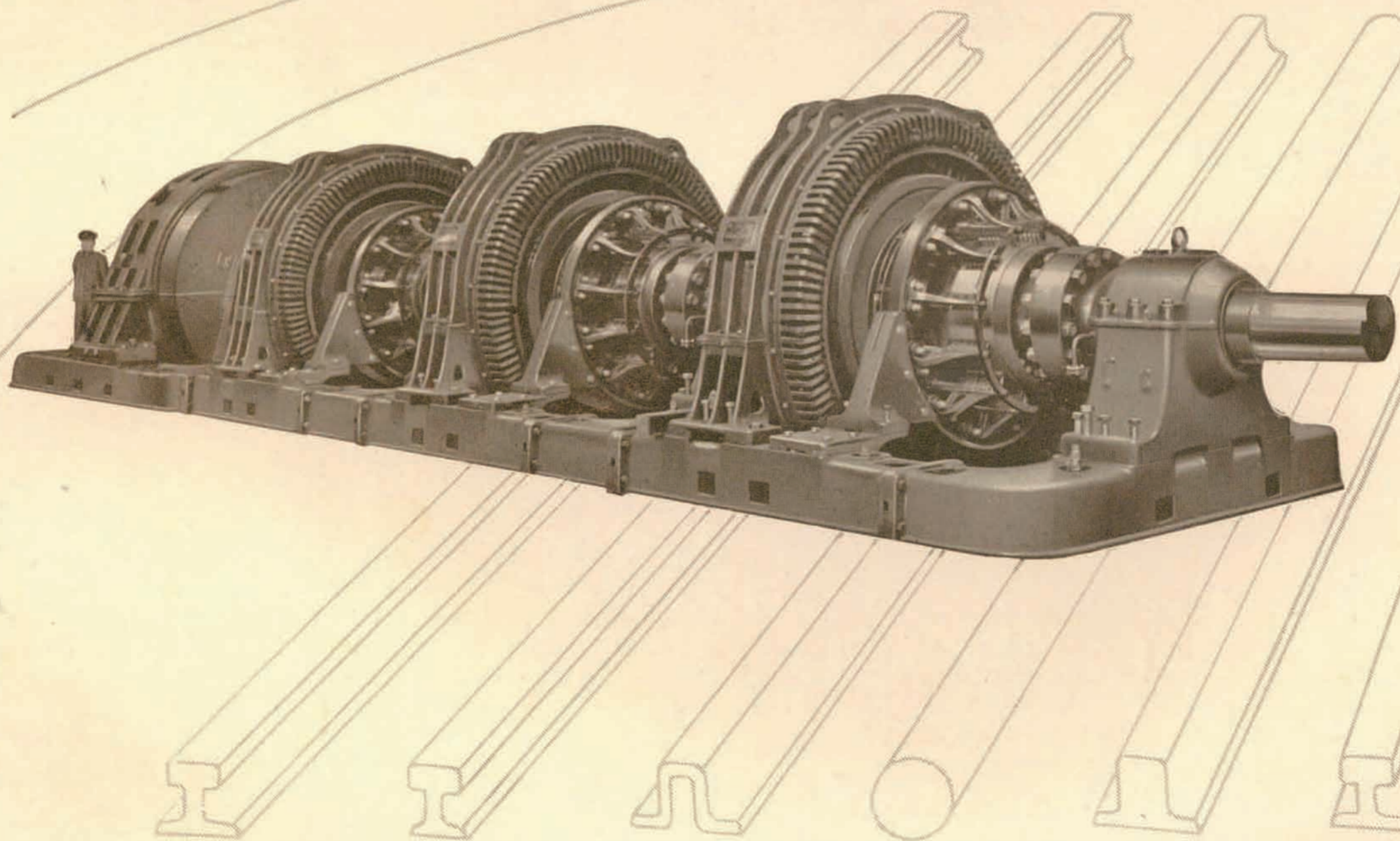
日立評論社

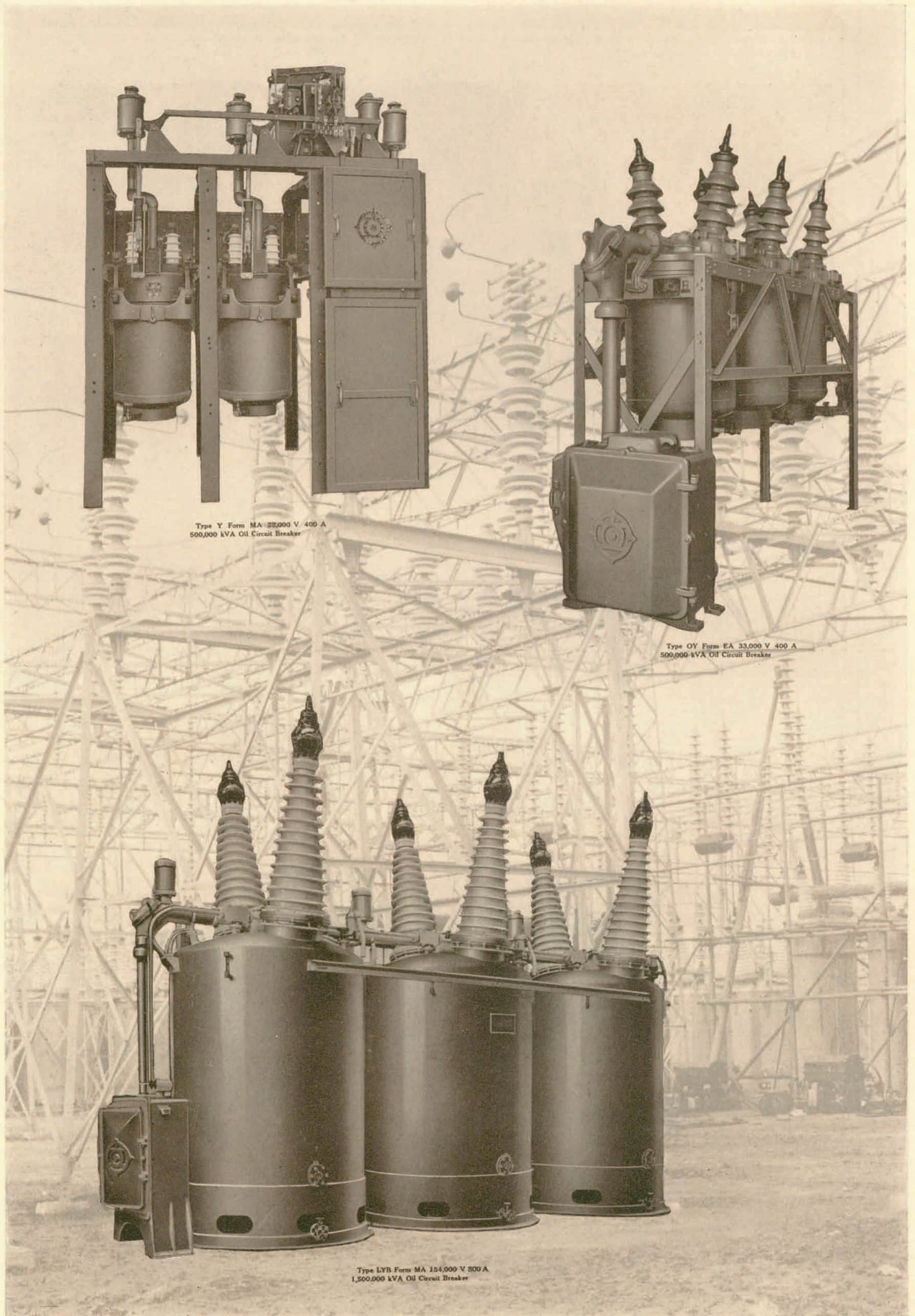
HITACHI - GRAPH



Mill-motor and Igner Converter

The pictures show a view of test running of the 23,600 HP mill motor installed in the Imperial Government Steel Works, and the Igner Converter about 24 metres in length and 280 tons in weight. Both of them have been manufactured by Hitachi, Ltd. to meet the requirement of the above-mentioned works.

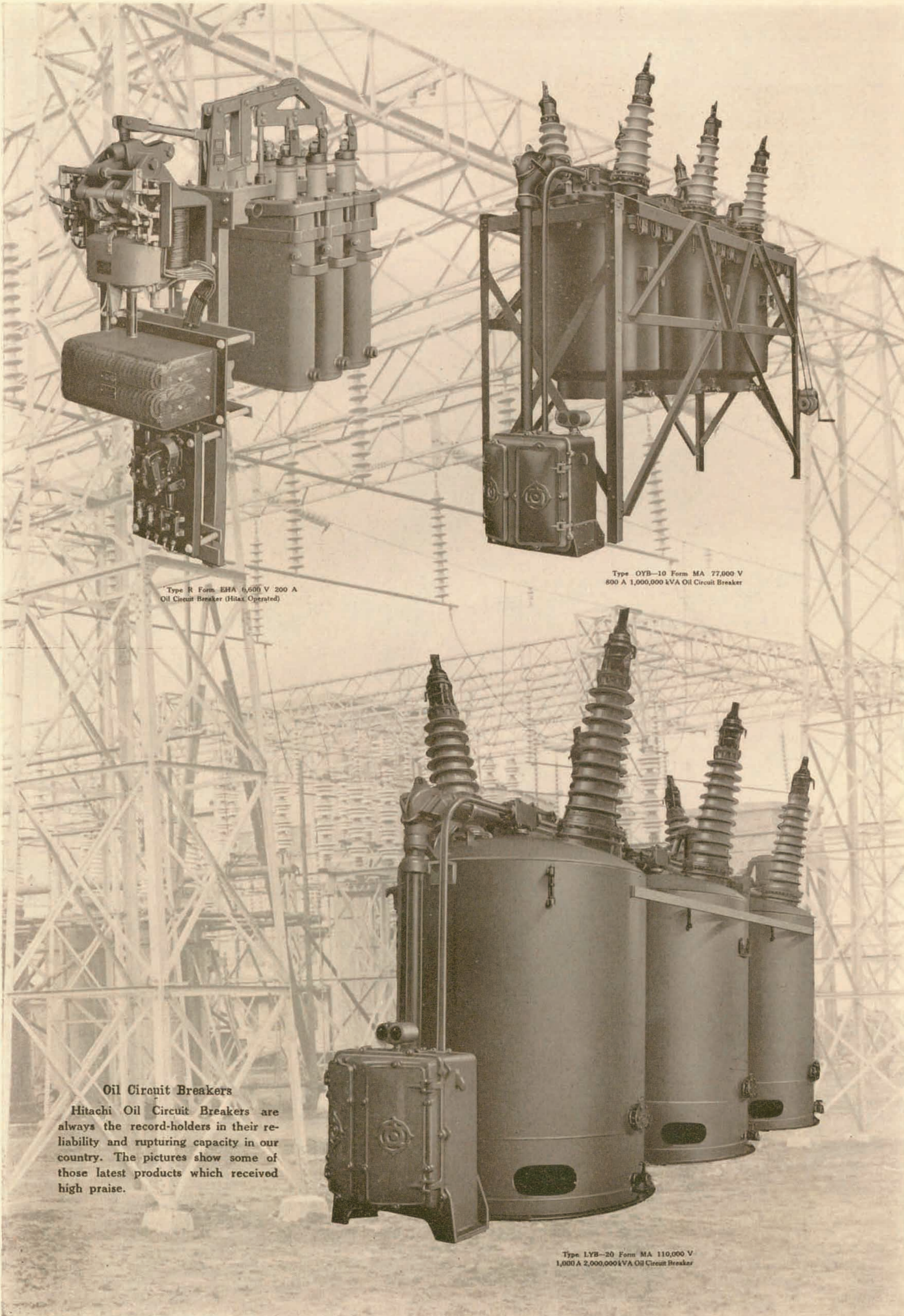




Type Y Form MA 22,000 V 400 A
500,000 kVA Oil Circuit Breaker

Type OY Form EA 33,000 V 400 A
500,000-kVA Oil Circuit Breaker

Type LYB Form MA 154,000 V 800 A
1,500,000 kVA Oil Circuit Breaker



Type R Form EHA 6,600 V 200 A
Oil Circuit Breaker (Hitax Operated)

Type OYB-10 Form MA 77,000 V
800 A 1,000,000 kVA Oil Circuit Breaker

Oil Circuit Breakers

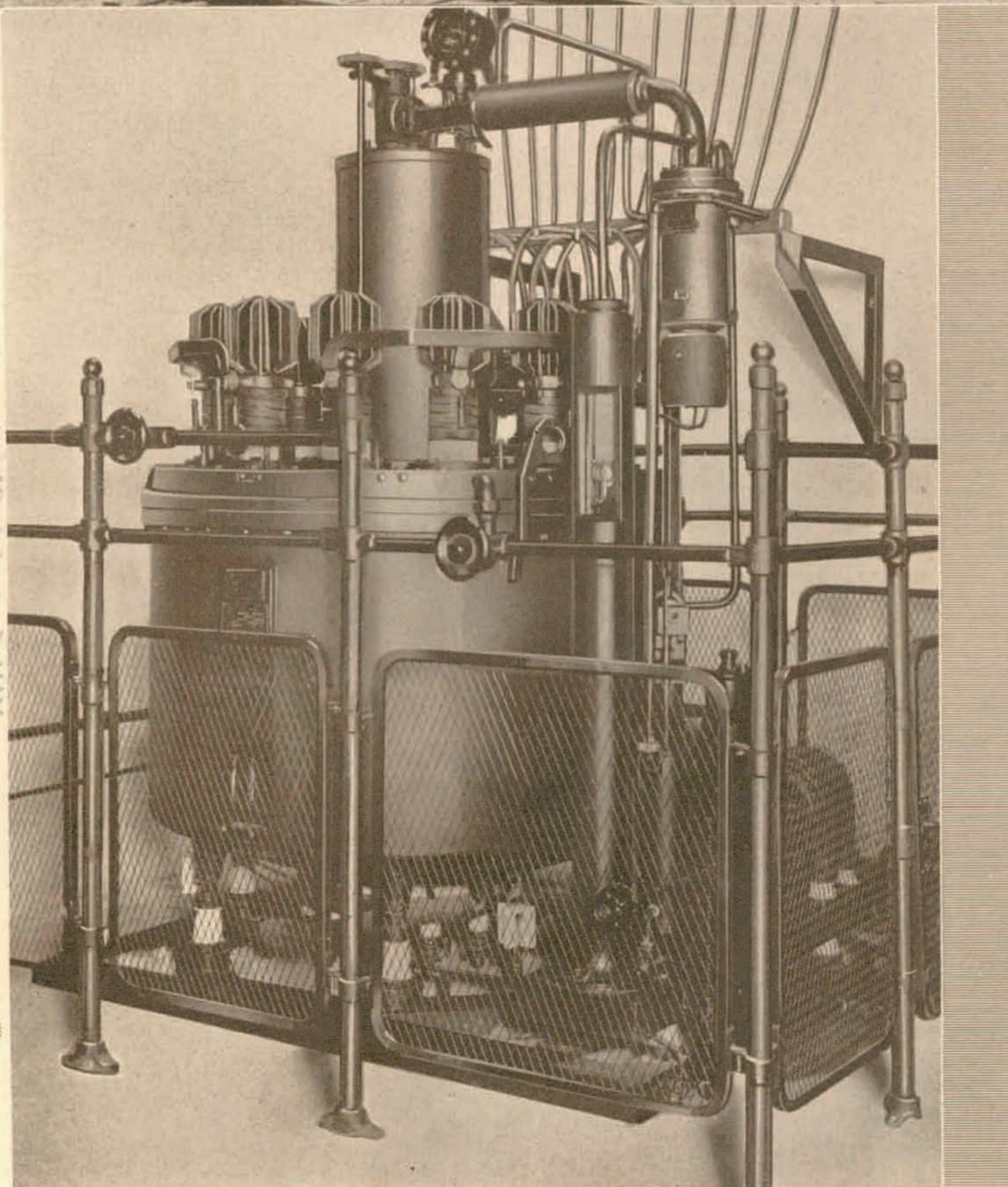
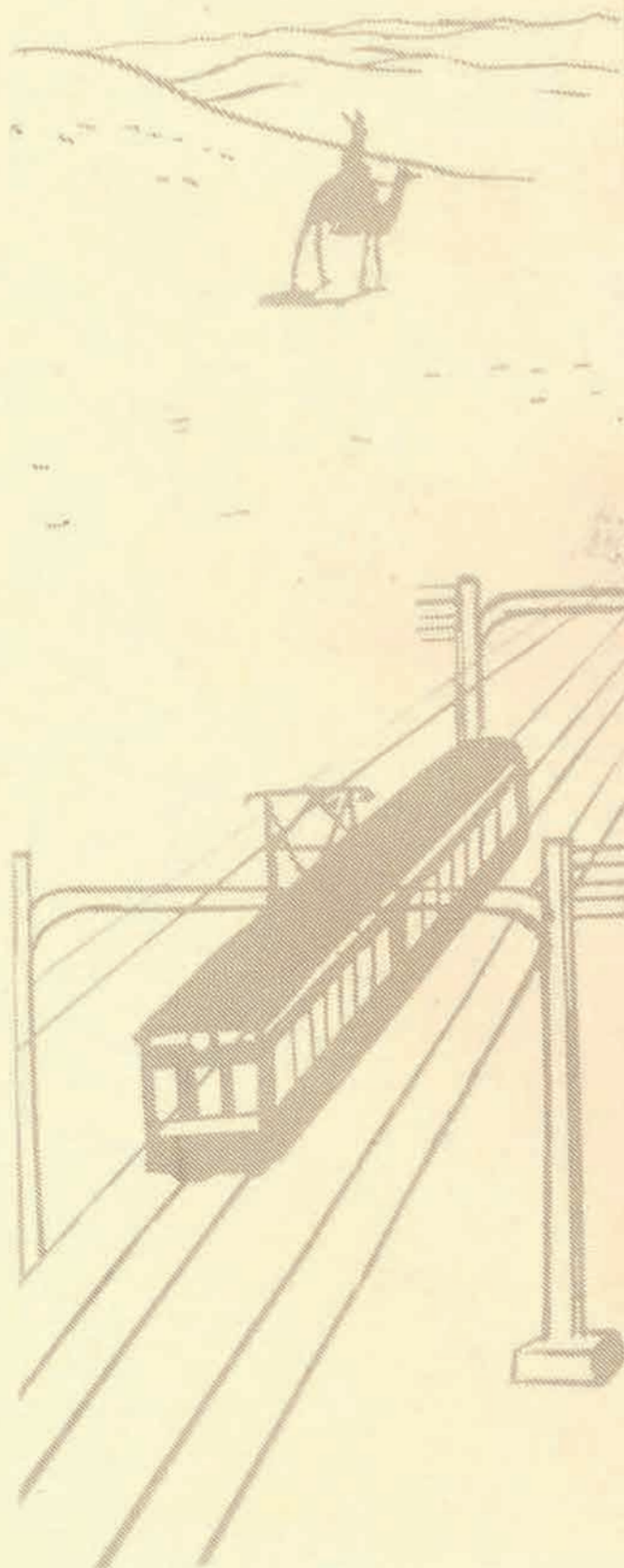
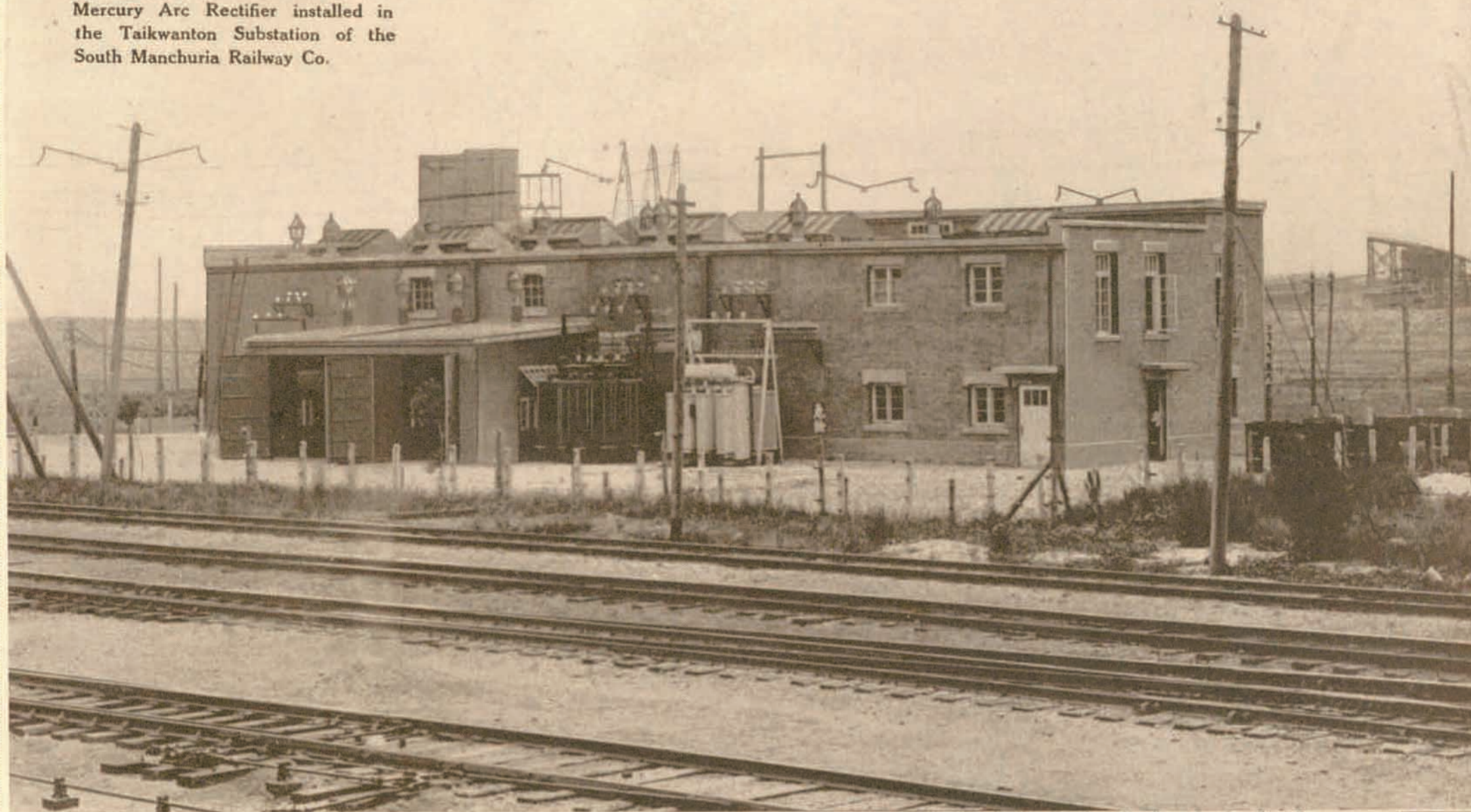
Hitachi Oil Circuit Breakers are always the record-holders in their reliability and rupturing capacity in our country. The pictures show some of those latest products which received high praise.

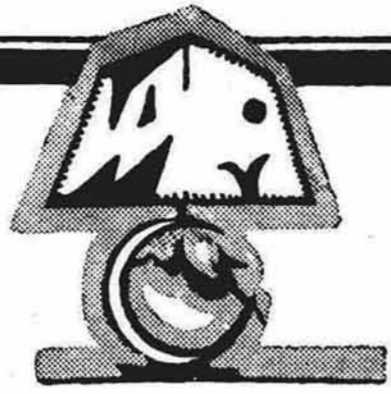
Type LYB-20 Form MA 110,000 V
1,000 A 2,000,000 kVA Oil Circuit Breaker

HITACHI - GRAPH

南滿洲鐵道株式會社大官屯變電所
The Taikwanton Substation of the
South Manchuria Railway Co.

The Hitachi made 1,100 kW 1,200 V
Mercury Arc Rectifier installed in
the Taikwanton Substation of the
South Manchuria Railway Co.





一家一言



製鐵所第三大形工場に於ける 最近の改良設備

製鐵所長官 中井 勵 作

製鐵所第三大形工場は現在我國に於ける最大唯一の超
大形物壓延工場にして、壓延機は三重式ロール機四基よ
り成つて居り、ロールの直徑は平均 865 mm で現在に於
ても尙世界大形壓延工場中の一流の部類に屬して居る。

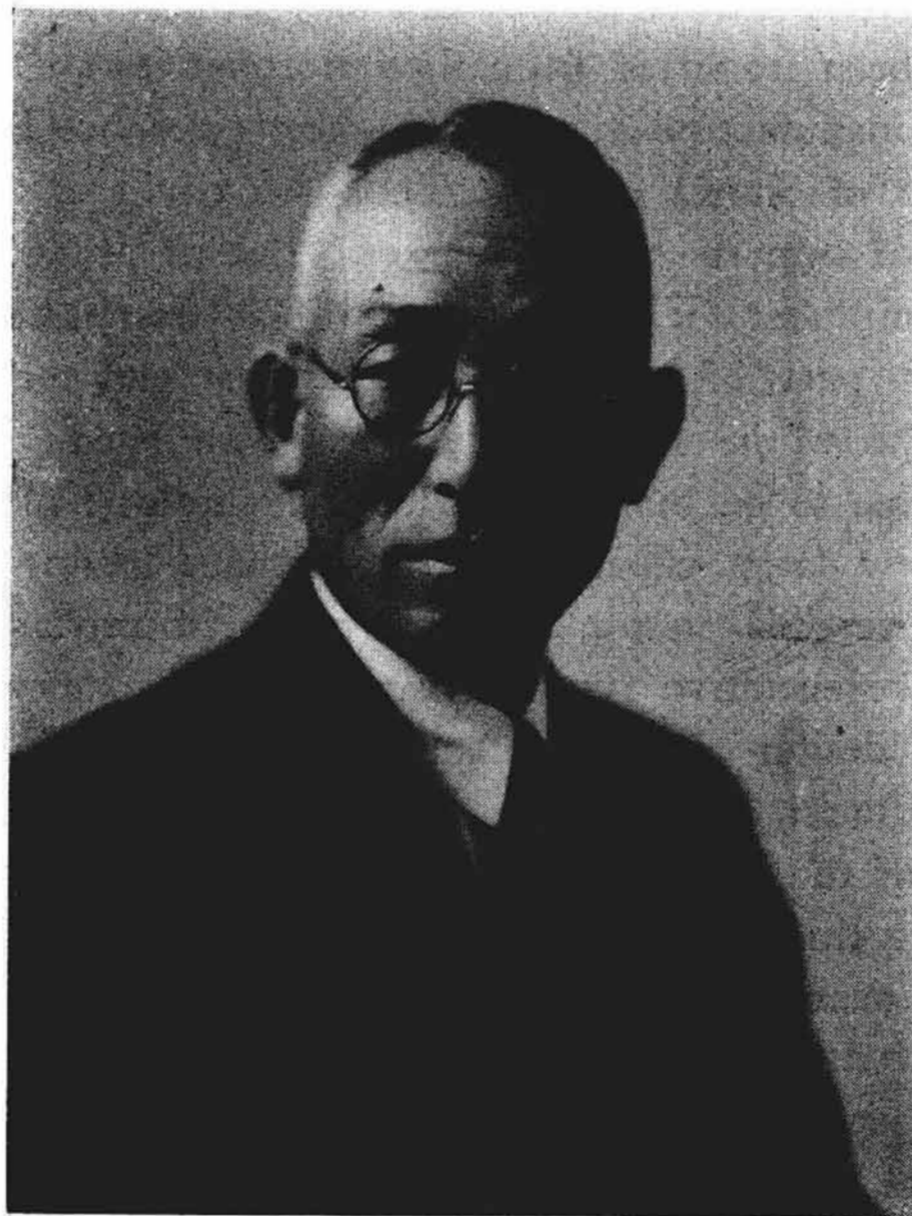
製品は重軌條及各種形鋼で其最大なるものは 600 mm
I 形鋼である。此の壓延工場は製鐵所第三期擴張工事の
一部として、大正十三年に竣工し直ちに作業を開始した
るもので、竣工後僅かに九年を經過したるに過ぎない。

而かも此の間我國に於ける製鐵
業不休の進歩に促されて、本工
場も亦既に多少の改良補充の
必要を感じるに至つた。就中主
電動機はウエスチングハウス
社製誘導電動機で、主軸回轉數
は 75 r.p.m. 連續出力 6,000 HP
最大 9,000 HP で今日に於ては
既に舊式であり、優良なる大形
物を多量に生産するには不適當
なものとなつた。然るに當所は
曩に從來専ら外國品の輸入に任
せて居つた鋼矢板の國産化を計
畫し、當所獨特の鋼矢板を考案
し、昭和六年以來其製造販賣を
開始し、從來一ヶ年 20,000 t 乃
至 30,000 t 金額約 3,000,000 圓

内外の輸入の一半を驅逐し得たるが、大形長尺の鋼矢板
を作るには、從來の設備を以てしては尙未だ壓延設備に
不完全なるものあり、依て一面機械装置の一部に對して
改良を施すと共に、壓延用主電動機の取換を斷行したる
ものにして、今や當所第三大形工場は機械装置の改良と
壓延用主電動機の取換と二つながら完成し、從來の大形
物は勿論各大さの鋼矢板を自由に製作することを得るに
至つたのは國家産業の爲め誠に慶賀に堪へざる所である
本改良計畫の主なる事項は、爐巾 10 m の大加熱爐の

新設と逆轉式電動機新規取換とである。加熱爐は蓄熱式
吊天井式にして、一時間の加鋼片 80 t、と云ふ我國唯一
の廣巾爐である。其設計及工作共總て製鐵所内に於て所
理し、新電動機は、回轉數正負 0 乃至 180 連續出力 7,000
HP 最大出力 23,600 HP で實に世界有數の大電動機にし
て、製作者は日立製作所である。此の種の電動機として
は實に我國最初の純國産品であつて、設計製作共に全く
外人の手を煩さざるものである。而して各種の試験の結果

果は概ね良好にして外國品に比
し何等の遜色がなく、誠に我國
電機製作事業の進歩の蹟顯著な
るものがある。尙茲に一言致し
度きは、本改良工事に於て製作
者の製鐵所内に於ける工事擔當
者の異常の努力である。本電動
機の注文決定せるは昭和七年八
月中旬で納入は八年三月中旬、
此の間僅かに七ヶ月に過ぎない。
此の如き短期日の納入は從來
外國品の注文に方つても其例
を見ざる所である。其後製鐵所
に於ける据付工事は當所の直營
したる所なるが、昭和八年三月
に着手、同年六月二十日終了し
工事期間僅かに三ヶ月半の短期



Mr. Reisaku NAKAI
President of the Imperial Government Steel Works

間で、注文決定後僅かに十ヶ月にして製作及び据付を終
り、運轉を開始し得るに至つたのである。而かも既設設
備の附近に於て、工場作業を繼續しつつ舊電動機を取外
し、其跡に更に新なる基礎を築造し新に強大なる本電動
機を据付け、作業休止期間は僅かに九日間（内セメント
硬化三日を含む）に過ぎない、米國に於ける公表最短期
間十三日半よりも短かきこと四日半である。今や國を擧
ての非常時に際し、吾人工業界にあるもの、此の如き事
實を體驗して誠に意を強ふるのである。

Partial Remodelling of the No. 3 Rail and Structure Mill Plant and the Greatest Home-manufactured 23,600 HP Ilgner Motor

By Mr. Reisaku NAKAI

President of the Imperial Government Steel Works.



THE No. 3 Rail and Structure Mill Plant of the Imperial Government Steel Works is the largest one of super heavy bar that we ever had in our country. The rolling machine consists of four stands of three high rolls having 865 mm in average diameter of them, and it may be called one of the leading mills in the world. Heavy rails and every size of steel products are produced here, the largest of which is 600 mm (24 inches) I-shaped steel.

The rolling mill was put in operation as soon as it was completed in the thirteenth year of Taisho (1924) as a part of the third extension work of our plants.

Though only nine years have elapsed since that time, the incessant improvement of our steel industry urged us to improve and supplement of our works. Above all the main induction motor (75 r.p.m. at main shaft; continuous output 6,000 HP; max. output 9,000 HP) of the Westinghouse make became out of date, and inappropriate to produce great products in great quantity. In spite of all we had designed, some years ago, to produce sheet piles which had hither-to been imported from foreign countries.

Having contrived to manufacture the unique sheet piles, we began to put them on the market since the sixth year of Showa (1931). Thus we could drive about 20,000 or 30,000 tons (about ¥ 3,000,000) of imports off the market. But to produce the larger and longer sheet piles we felt our equipment for rolling was still far from satisfactory, thus the fundamental improvement in a part of mechanical equipment and the replacement of the main mill motor resulted. As the work has recently been completed, large size sheet piles of various sorts became possible to be manufactured to say nothing of those in former sizes.

The addition of a new large capacity heating furnace having ten meters in width and the replacement of an reversible motor are the main improvements at this time. The heating furnace is of heat regenerative type, having heating capacity of dealing 80 tons of billet an hour. Both the design and manufacture were made in our factory. The new motor, manufactured by Hitachi, Ltd., with $\pm 0 \sim 180$ r.p.m.; output 7,000 HP; max. output 23,600 HP is one of the foremost motors in the world. It was the first attempt in our country to manufacture this sort of motor without any assistance from foreign people both in design and manufacture. And various kinds of tests proved that there is nothing inferior in comparison with those of foreign make.

Moreover we must not neglect to mention the manufacturers and persons in charge of the installation who exerted themselves to the utmost. The order accepted about the middle of August, 1932, was finished about the middle of March, 1933; the time required was only seven months. We have never had such a prompt service when we ordered from foreign factories.

Only three months and a half were needed for setting up the machine, that is, ten months after the order was given all the work was completed and the machine was put into operation. For the settlement of this motor only nine days' (including three days for hardening of concrete) suspension of operation was required, which is four days shorter than thirteen days and a half officially announced in U.S.A. We are encouraged by this fact especially since the situation of our country is extremely critical. (Tr. by Ed.)

製鐵壓延用イルグナー式電氣設備

製鐵所電氣課長 立花貫一郎
昭和製鋼所技師 安食三郎

The Ilgner System Electrical Equipment for Rolling Mill

By Kwanichiro TACHIBANA
Chief of the Electrical Department of
the Imperial Steel Works

By Saburo AJIKI
Engineer of the Showa Steel Works

Abstract

The electrical equipment of the 23,600 HP Ilgner system mill motor has been manufactured by Hitachi, Ltd. to be installed in the No. 3 Rail and Structure Mill Plant of the Imperial Steel Works to take the place of the constant speed equipment of the 6,000 HP induction motor.

As the scheme was to increase the production of the heavy structures such as sheet piles, I beams and angles to the rate of 100 t/hr, the speed was chosen so high as 0-80-180 r.p.m. which is faster than that of any other existing Ilgner set in the Works. Moreover, it was designed to be applicable for the blooming mill in future.

The reason why we chose the Ilgner system at the cost of twice or thrice of expenditure for the direct driven system by an induction motor is that the former has many superior characteristics than the latter.

After enumerating these characteristics, the writers describe the ways of calculating the power necessary to gain the required products. And then they insist the importance of 3 Cs; that is, construction, commutation and controlling.

The above-mentioned Ilgner set manufactured by Hitachi, Ltd. will compare favourably with any foreign product, which is due to the successful results in all these 3 Cs.

The same which in capacity is very near to that of the world record has been completed in less than six months, perhaps being the shortest period in the world. This fact is the barometer of development of the manufacturing industry in this country.

In order to avoid the suspension of operation of the roll mill for a long time during the installation of the Ilgner set, we accomplished it only in six days with our best, which is also the world record.

The result of trial running has been successful, the outline of which is described here.



K. TACHIBANA



S. AJIKI

〔I〕 緒 言

先づ國産の聲に勵まされて茲に又世界的な回轉機が一

つ製作されたことを冒頭したい。其の容量に於て、將又製作日數に於て、本邦電氣機械製作業の躍進を示すバロメーターで無くて何であらう。

製鐵所がシートパイルの製造を始め、第三大形工場を増産を企圖したため、従來のロール機用電動機では少々物足らなくなつた。後述する様な種々な事情で既設誘導電動機をイルグナー式に変更する事になつたのである。

この既設々備は次の様な機構を有するものである。

(i) 誘導電動機

出力 6,000 HP (連続)

回轉數 375 r.p.m. (同期)

電 壓 3,300 V

周波數 25~

(ii) 減速装置

齒車比 367:75

(iii) 蓄勢輪

重量 2×18t

直 徑 3,000 mm

回轉數 375 r.p.m.

(iv) ロール機

直 徑 865 mm

基 數 4

回轉數 75 r.p.m.

扱てこのミルは 2,000 乃至 3,000 kg の直送鋼片から I 形鋼 (最大 600 mm)、鋼矢板 (シートパイル) 軌條 最大 50 kg) 等の各種の製品を一時間最大 100 t 壓延しやうと云ふのであつて、これが爲め次の様な直流電動機が選ばれたのである。

連続出力 7,000 HP (63.5 t-m)

最大出力 23,600 HP (240 t-m)

基本速度 80 r.p.m.

最大速度 180 r.p.m.

これに對してロール機自身には別に改變を加へない。上記の主電動機に直流を供給するイルグナー變流機は 7,000 HP 三相誘導電動機を以て運轉される 2,000 kW 直流可變電壓發電機三基と 480 t-m² の G D² を有する蓄勢輪とより成り立つて居る。回轉數は 500 r.p.m. 直流發電機の電壓は各 600V で之れを直列に接続し即ち 1,800V を主電動機に供給する。主電動機は二重電動子型だから各電動子の電壓は 900V となるわけである。蓄勢輪だけは製鐵所で製作され、其他の機械一式は日立製作所で製作された。蓄勢輪は直徑 4,100 mm 厚さ 80 mm の鋼圓板を 10 枚組立てたもので、機械的には非常に堅牢なものである。

以上のイルグナー設備には、特殊の設計に成れる勵磁装置、誘導電動機に附屬すべき滑り調整器、空氣清淨装置等を備へ一つとして國産に非ざるものはない。日立独自の考案と外國品の特長とを渾然融和させて出來上つた日立全所員苦心努力の賜である。

〔II〕 三重ロールとイルグナー設備

製鐵所第三大形工場は 前述の如く 6,000 HP 誘導電動機を以て運轉されて居た。作業開始以來約 10 年大いに功績のあつたこの大電動機が未だ舊式にして使用に耐へずとするほどでも無いのに、この新國產品と置替へられる事になつたについては相當の理由がなくはない。即ち莫大な費用をかけて、この三重ロールをイルグナー式に変更すると云ふ事は、之れ以上に非常に利益な點があるからで、從來の施設では到底企及し得ざる種々なる特長があるのである。以下三重ロールにイルグナー式を使用した場合の利點に關して少し述べて見る。

(1) 壓延回數を増加する事 四基より成る三重ロールが誘導電動機で運轉された場合、荒ロールも仕上ロールも同一速度で壓延されなければならない。即ち普通の場合壓延用電動機の特質として、是非蓄勢輪を備へて尖頭負荷を平滑ならしむる役目をなさせる。つまり既定以上の荷がかゝつたならば、誘導電動機の色度は漸次降下し、鋼片がロールを離れる瞬間が最低であつて、其の通過と次の通過との間の時間に、其降下せる速度を回復せねばならぬ。換言すれば最高速度に於て鋼片を噛み込み最低速度に於て噛み出す。荒ロールにある間は鋼片がまだ短いから通過の時間が甚しき影響を來さないが、仕上ロールの通過時間は極めて長くなるから荒ロールと同一速度で壓延する事は甚しく不利である。

これはイルグナー式に改造する事に依つて非常に有利になる。例へば誘導電動機の同期速度を 75 r.p.m. (減速装置を設備す) とし仕上ロールの直徑を 800 mm とする。鋼片の長さを假りに 50,000 mm とし平均 10% の速度降下を見るならば、壓延速度 = $\frac{800 \times 3.14}{60} \times 75 = 3.15$ m/sec となり、通過時間 = $\frac{50 \times 100}{3.15 \times 90} = 17.6$ sec となる。之をイルグナー式に改造し仕上ロールの速度を 120 r.p.m. に上げ得るものとすれば、加速及減速に多少の時間を要するにしても 10 sec 内外で通過し得るのである。つまり 60% 内外の時間の短縮となり、それだけ生産廻數の増加を來す事が明である。尤も各通過間のテーブルの操縦とか鋼片の取扱等は、原動設備に依つて變化がないのであるから、速度上昇のみに直接比例して生産廻數が上がるわけではない。外國の例ではイルグナー式に改造した爲め 25% 内外の生産増加を來す結果となつて居る。

第一表 歐米各國に於ける三重ロール機用イルグナー設備の例

製鋼會社名	ロール直徑 (mm)	容量	速度 (r.p.m.)	製造者	建設年次
		最大廻轉力 (t-m)			
Ruhrort (獨)	840	197	0-150	SS	1928
Peine (獨)	850	170	0-180	SS	1927
Valenciennes (佛)	850	200	0-180	SS	1930
Güte (獨)	750	125	0-180	SS	1926
Phönix (獨)	850	220	0-170	AEG	1925
Anonyme d'Dugree Marihaye (白)	800	160	0-150	AEG	1922
Anonima Italiana Gio. Andolfo (伊)	850	135	0-170	AEG	1922
Fried Krüpp (獨)	700	120	0-170	AEG	1924
		連續出力 (HP)			
Illinois (米)	710	6,000	0-140	GE	1928
Bethlehem (米)	710	5,000	0-150	W	1924
Inland (米)	710	4,500	0-120	W	1915
David Calville (英)	610	4,500	0-120	EEC	1927

(2) 噛み込みが容易な事 前述の如く誘導電動機を以て運轉されてる場合は、最高速度を以て鋼片を噛み込まなければならないのでロールの速度はこの噛み込み得る最高速度を以て制限される。故に壓延速度は荒ロールの噛み込み速度の犠牲となる様な結果となる。最近の大形仕上ロール機の壓延速度は 8 m/sec にも及ぶのであるが既設 6,000 HP 誘導電動機を以つて運轉される三重ロールは最高 3.4 m/sec を出すに過ぎない。

イルグナー設備即ち可變速度式は、噛み込み速度を場合に依つては零近くまで下けても差支ない。噛み込み速度を下げる事は又一方に於てロール機に與へる機械的の衝撃を緩和するのであつて之れも壓延作業上には極めて重大なる利點である。

噛み込み勢力 (Impact energy) は如何なるものであるかと云へば、ローラーテーブルの速度とロールの圓周速度との差より來る鋼片の持つ運動勢力であつて

$$E_i = \text{噛み込み勢力}$$

$$m = \text{鋼片の質量}$$

$$V_t = \text{ロールの圓周速度}$$

$$V_0 = C_0 V_t = \text{通過前の鋼片の速度}$$

$$V_1 = V_t \cos \theta = \text{通過の初めに於ける鋼片の速度}$$

$$C_0 = V_0 \text{ と } V_t \text{ との比}$$

$$\theta = \text{噛み込み角度 とすれば}$$

$$E_i = \frac{m}{2} (V_0^2 - V_1^2) = \frac{m}{2} V_t^2 (C_0^2 - \cos^2 \theta)$$

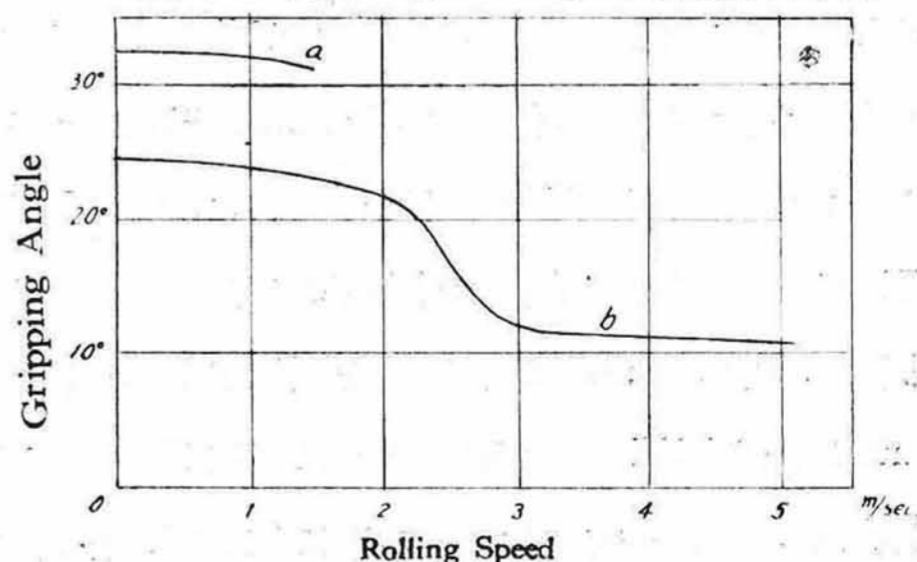
であつてこの式で明かな通り、テーブルの速度の大なる程、ロールの圓周速度の小なる程、噛み込み勢力が大

であつて即ち噛み込みが容易である。然しテーブルの速度は目茶苦茶に上げるわけには行かぬ。之れには一定の限度があつて、機械的な衝撃や、テーブル用電動機の出力なども考へなければならぬ。又前記方程式の上から見ると噛み込み角度 θ の大なる程 E_i が大となり良好の様であるが、然し θ が或る一定以上になると壓延力の水平分力が小となつて如何に V_0 が大でも噛み込み不可能になる。之にはロール及び鋼片間の摩擦の關係する所であつて、即ちこの方面から考へると θ の小なる程宜しい。然し之をあまり小にすれば殺し (reduction) が小となり即ち通過度數を徒らに多くする結果となり生産廻數に影響を及ぼす。

第一圖はこの噛み込み角度の最大限度と壓延速度との關係を示す一つの曲線であつて、 b の滑かな面を有するロールでは 2-3 m/sec の間に於て噛み込み角度が急激な變化を來す様である。通過の始め鋼片がロールに接觸する瞬間二つの線接觸に過ぎない。之れは噛み込み勢力の爲めに鋼片は、其接觸線に沿ふて幾分變形し、このため噛み込みに必要な摩擦を増加せしむる。

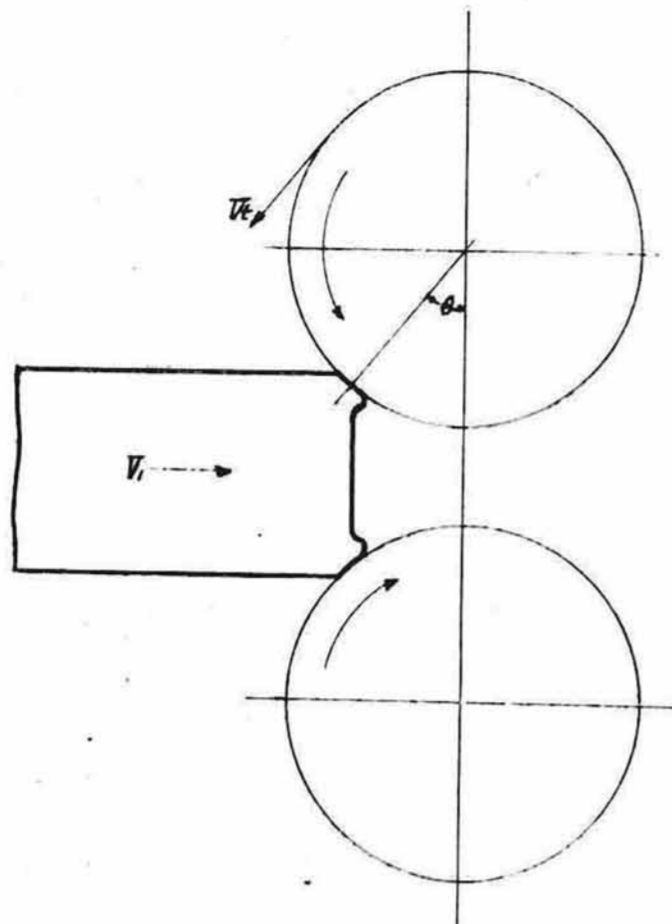
(3) 同一ロール機の設備で各種の製品を壓延する場合 これは現在の日本の需要が斯くの如き状態を餘義なくせしめる。即ち各種類の僅少の數量が壓延されるに對し各種のロール機を設備すると云ふことが出來ないからである。然し同一ロール機で然も同一の速度で各種の製品を壓延する事は困難でもあり又不利益でもある。概して云ふならば、小型の製品は大型よりも速い速度で壓延せねばならないのであつて、仕上通過に於ては鋼片の表面積が荒通過の場合より遙かに大になるから、従つて冷却さ

第一圖 壓延速度及噛み込み最大角度關係曲線圖



Curve Showing the Relation Between Rolling Speed and Maximum Gripping Angle
a; Bloomer Mill b; Structure Mill

第二圖 鋼片噛込圖



Rolls at Instant of Gripping a Billet

れる割合が大となり成る可く早く壓延されなければ結果に於て適當の電力消費量が増加するのである。

第二表 鋼の温度と壓延される容積との關係

温度 C°	容積 mm ²
1,300	90
1,200	45
1,100	35
950	20

第二表は同一勢力に依つて壓延される鋼の容積の關係であるが、1,300°C と 1,200°C と僅か 100°C 即ち 8% の差に依つて半分の容積を壓延するに過ぎない。換言すれば同一容積を壓延するに倍の勢力を要する事を示す。又同じ断面の鋼片から同種の製品を壓延する場合でも、鋼片が直送材であるのと再熱材であるのに依つて、噛み込みに非常な相違を來す。誘導電動機の場合は、再熱材の壓延に噛み込みが極めて困難であつて、これがために壓延の失敗に終るものや不合格品が著しく多くなり即ち歩留りが低下する。例へば 750 mm の三重ロールに於て 200 mm の丸鋼を壓延するには 60 r.p.m. 以下に速度を下げなければ噛み込みが困難である。然し同じロール機で 130×130 mm の山形鋼を壓延する場合には 120 r.p.m. 以上の回轉數でも噛み込みに差支がない。これ等の點はイルグナー式に改變する事に依つて、各種の製品に應じた都合の良い速度を以て、最も少なき電力消費量に於て壓延する事が出来るのである。

(4) 他の可速度式に比して電力消費量の少なき事 茲に 650 mm 孔型三重ロール機を運轉する 75—100 r.p.m. の範圍に速度を變更する必要ある實例をとり來り、之れに對し三種の電氣設備に就て考へて見よう。

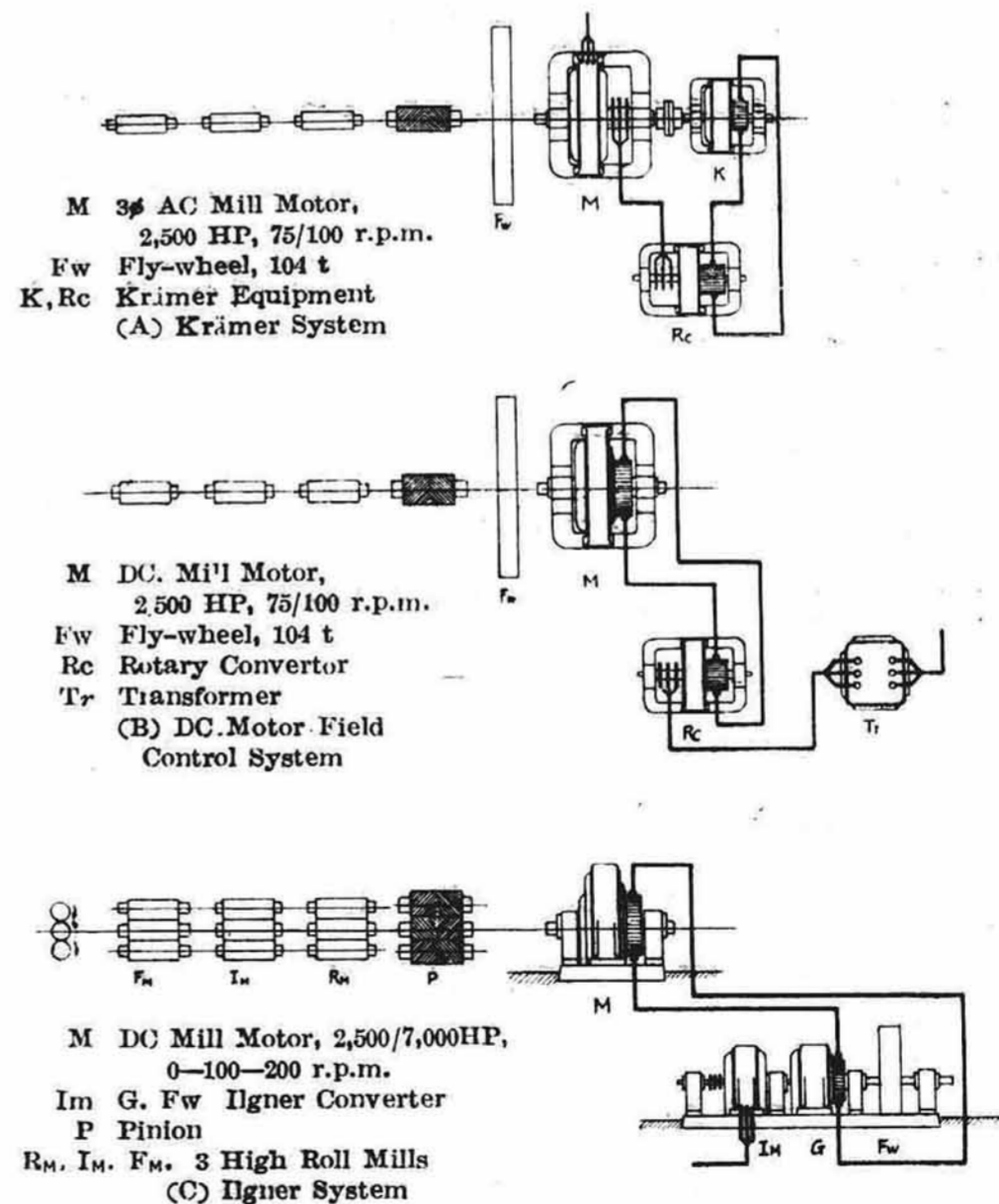
(A) 交流可變速度式——2,500 HP 75/100 r.p.m. 三相誘導電動機にクレマー (Kramer) 式を採用し、主電動機は 104 t の蓄勢輪を有し、ロール機に直結されるものとする。

(B) 直流可變速度式——2,500 HP 75/100 r.p.m. 直流電動機にして、廻轉變流機より直流を受け、主電動機はやはり 104 t の蓄勢輪を有しロール機と直結される。

(C) イルグナー式——2,500/7,000 HP 0/200 r.p.m. 此際イルグナー變流機は、ロール機に速度如何に關せず自由な立場に於て蓄勢輪の設計が出来るから、上二式の數分の一の DG^2 を有するに過ぎなくとも、其の貯藏勢力に於ては數倍の大きさを保有せしむる事が容易である。即ち蓄勢輪の貯藏勢力は回轉數の二乗に比例して増加するからである。

扱てこの孔型三重ロール機の仕上通過を鋼片が常に絶へ間なく通るものとするれば、主電動機は常に連續運轉をなさねばならぬ。これは理想的な壓延方法であつて、こ

第三圖 650mm孔型三重ロール機可變速度電氣設備



Various Systems of Electrical Equipment for Variable Speed Three High Roll 650mm Structure Mill

の爲め通過と通過との間の遊びの期間即ちアイドルピリオドに對する損失は考へられないわけであるが事實はこの遊びの期間が必ず存在するものである。即ち次の鋼片が輸送されて來る間とか、テーブルの操縦の時間とか噛み込みに時間をとるとか、ロール機の手入れとかの原因による。特に小形の孔型ミルよりも、ロール基数の少ない製品の長さが比較的短い大形ロールになるほどこの遊びの期間の割合が多くなる。或る時には20%から30%位も無駄に回轉してる事があるので、この場合(A)及び(B)の方式は主電動機に蓄勢輪を有する關係上簡単に起動停止が出来ないから廻しつ放しにする外方法がないが、イルグナー式であれば僅かの期間でも主電動機を休止せしめてロール機の空運轉の損失を救ふ事が出来るのである。

以上三式の空運轉損失を數字的に出して見れば次の様になる。

(A) の場合

Krämer 式を設備せる主電動機
 の損失 100 r.p.m. に於て.....92 kW
 主電動機に連結せる蓄勢輪の
 風摩擦及軸承損失100 r.p.m. に於て
 42 kW
 ロール機の空運轉損失 100 r.p.m.
 に於て..... 135 kW
 計 269 kW

(B) の場合

變壓器と廻轉變流機との空運轉
 損失..... 60 kW
 主電動機の空運轉損失、100 r.p.m. に
 於て..... 75 kW
 蓄勢輪の風摩擦及軸承損失 100 r.p.m.
 に於て..... 42 kW
 ロール機の空運轉損失 100 r.p.m. に
 於て..... 135 kW
 計 312 kW

(C) の場合

蓄勢輪を有するイルグナー變
 流機の空運轉損失..... 135 kW
 計 135 kW

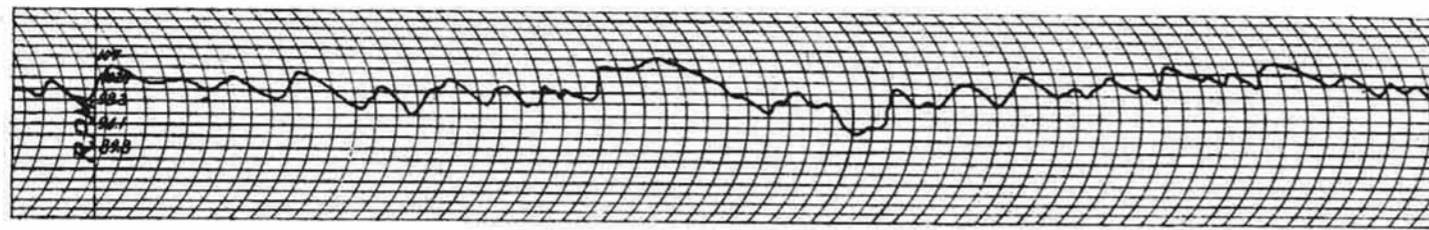
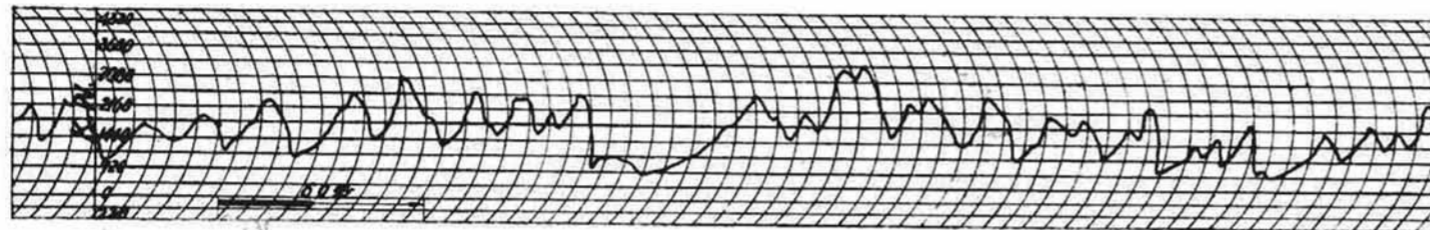
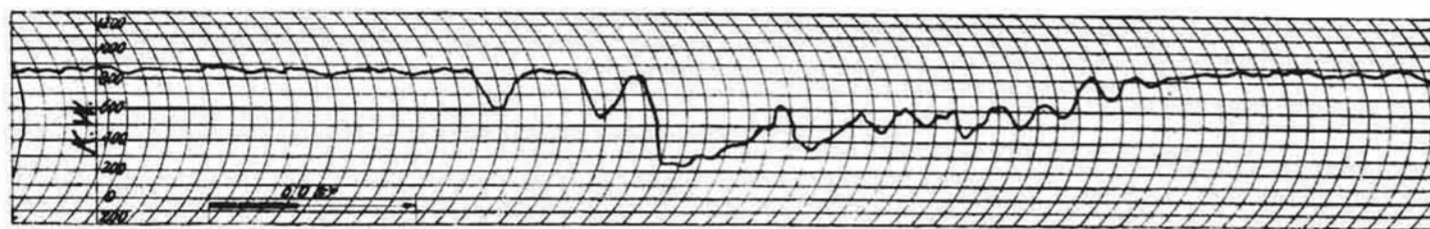
即ち(B)式の場合損失が最も多くイルグナー式は(A)式の半分である。

(5) 他式に比して尖頭負荷の低い事 之れも一つの重大なる利點である。理論的にはロール機用電動機に蓄勢輪を附屬せる場合でも、イルグナー變流機の蓄勢輪と同様な GD^2 効果を保有せしむる事が出来るわけである。例へば 100 r.p.m. の孔型ミルの蓄勢輪の速度を、減速装置に依つて 500 r.p.m. 位迄上げる事はさして困難でない。又近頃の様に齒車の發達した時に、何を好んで低速度の主電動機を使用する必要もあるまい。然しイルグナー式に於ては、全く自由な立場から蓄勢輪の速度を選定する事が出来るのに對し、主電動機に蓄勢輪を附屬する場合は實際に於てイルグナー式と同じ GD^2 を有せしむる事が色々な事情から困難の様である。

最近の減速装置を有するロール機用電動機の蓄勢輪は高速度側齒車の主軸の兩端に取り付くる所謂オーバーハング式であるが、この際は高速度側と低速度側の齒車の兩主軸間の距離に依つて蓄勢輪の直徑が制限せられるから、安全範圍内に於ける最大限まで圓周速度を有効に高くする事が出来ない。又單獨にて蓄勢輪を置くとすれば、獨立した軸承及可撓連結器を設備しなければならぬ。斯く廣き床面を必要とする事はロール機に隣接せるだけ好ましき事ではない。而して主電動機と大なる GD^2 を有する蓄勢輪と、減速装置とロール機とを連結して、同時に起動せしむることは、起動電流を大ならしむる結果となり、發電所側より見て甚だ不利なわけである。

鋼片の大なるものを壓延する場合、イルグナー式であれば荒通過の間は適當なる低速度を以て壓延し、仕上通過に於ては反對に高速度を以て壓延が出来るから、全體から見て壓延屯數の増加する事は勿論であるが、イルグナー電動機の入力も亦平均した値が得られるのである。之に反しロール機用電動機に蓄勢輪を設備したものは、調整範圍の最低速度のところで運轉しなければならないから、蓄勢輪の貯藏勢力は極めて僅少である。即ち速度の二乗に正比例するのであるから例へば 100 r.p.m. と 75 r.p.m. とでは後者は前者の56%の保有勢力しかない。然かも荒も仕上もほぼ同一の速度で壓延しなければならないから、壓延上の不便は別としても、主電動機の負荷はミル特有の凹凸を有する。

第四圖 650mm 孔型三重ロール機所要電力曲線圖

(1) Speed of 3 ϕ Induction Motor
Equipped with 104 t Fly-wheel(2) Power of 3 ϕ Induction Motor
Equipped with 104 t Fly-wheel

(3) Power of Ilgner System

Charts Showing Consumed Powers in Various Systems of Three
High Roll 650 mm Structure Mill, Respectively

第四圖は 650 mm 孔型三重ロール機に於て、同じ断面の鋼片から、同じ種類の製品を壓延する場合にとられたイルグナー式と他式との負荷曲線の比較を示したものである。(1)は 104t の蓄勢輪を有する主電動機の世界速度曲線で主電動機は 2,500 HP 107 r.p.m. 蓄勢輪の GD^2 は 3,300,000 $kg\cdot m^2$ である。(2)は其の入力曲線で尖頭負荷最大 4,400 HP となつて居るが、同じ条件の下で(3)のイルグナー式はイルグナー電動機の最大入力 1,200 HP に過ぎず前者の四分の一である。尙之れは丸鋼の壓延の例であるが、結果に於てイルグナー式は 10% の消費電力の節約が出来る事が分つた。

(6) 壓延作業上極めて合理的な事 壓延作業中にしばしば急速に停止しなければならない事が起る。例へばロールが折損したとか、軸承が焼きついたとか、或ひは型孔の調整がうまく行かないとか又は鋼以外のものを噛み込んだとか、人間が怪我をしたとか色々あるであらう。そうでなくとも、大なる蓄勢輪を有する電動機は、開閉器を開いても數十分間空廻りするのが普通であるから、交替時間の短かい際には、諸機械の手入れをする暇もなく廻りつづける様な不都合な事になる。イルグナー式の場合に、急速に起動停止の自由に出来るものは以上の様な場合に、決定的に有利なるのみならず、普通の式では當然壓延の失敗に終るべき鋼片でも、速度調節或は急速停止場合に依つては逆轉せしめて製品に救助する事が出来

る。従つて不合格品も著しく減少するのである。

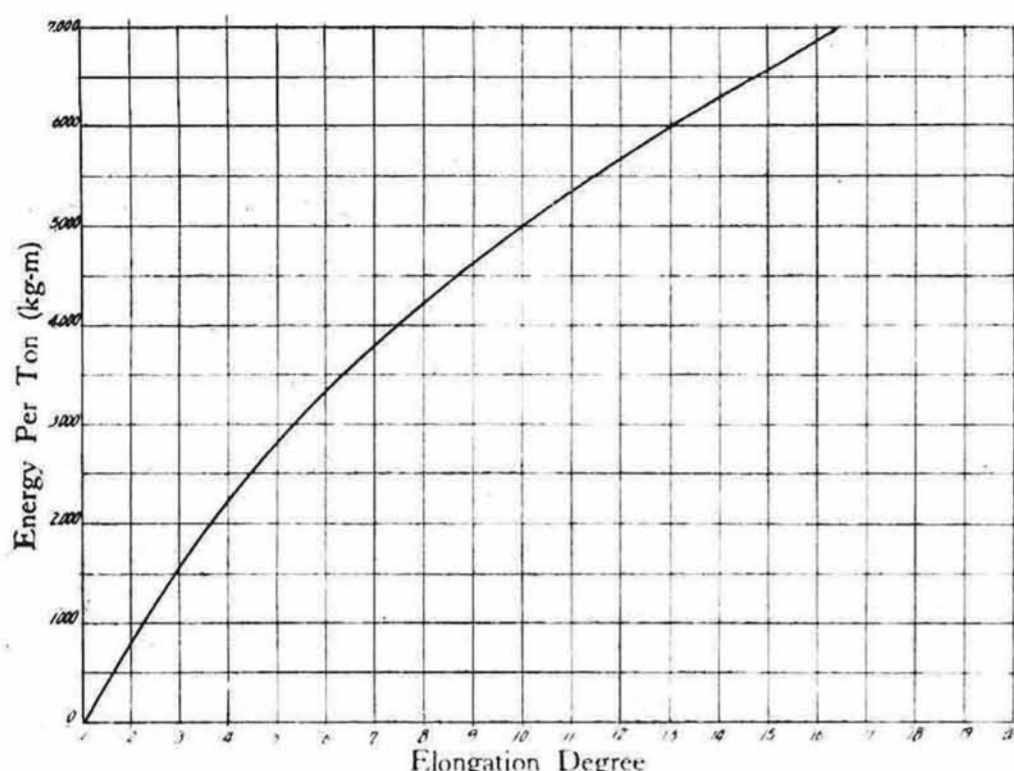
さて以上イルグナー式が三重ロールに採用された場合、誘導電動機式に比して幾多の利益がある事を述べた。只こゝに大なる缺點は、價格が高い事である。一般にイルグナー式は、誘導電動機式に比して二倍乃至三倍の建設費を要する。然し壓延廻數の増加と云ふ最大眼目の前には價格の開き位は償つて餘りあらう。尙イルグナー式を他の可變速度式と比較すれば其の建設費は恐らく大した差はあるまい。

三重式ロールと二重式ロールとの比較は、其の工場の特事情、需要關係等を考慮せなければならぬが、大體に於て前者は多量生産的で後者は取扱が便利である。三重式は一定方向に回轉するが、二重式は原則として逆轉式となるから時間の損失から云ふならば後者は不利である。然し之れも一樣には云ふ事が出来ない。即ち通過前後に於けるテーブルの操縦とか、鋼片の取扱等で時間の消費も従つて種々變つて來る。例へば三重ロールの場合は二本の鋼片を同時に壓延する際何れの鋼片がロールの前後のテーブルにあつても差支ないが、テーブルを上下する運動に對する時間の損失が餘計なものである。二重ロールの場合は鋼片が必ず二本共ロールの同一側に來なければ、同時に壓延する事は出来ないが、其のかはりうまく鋼片を取扱へば三本を同時に壓延する事が出来る。尤も此の場合はロール基數は三組以上なければならない。

〔III〕 主電動機容量の計算

鋼壓延用主電動機の出力を計算する事は中々困難な事で、他の動力例へば起重機とか捲揚機とかの計算に比して極めて大マカなものである。これは壓延途上にある鋼の内部的變化や温度の影響等が複雑多岐に亘り、一定の方程式を以て一律に解く事が出来ないからである。殊に型物即ち I 形鋼、溝形鋼、山形鋼或ひはシートパイルの様な断面の複雑なものになるほど計算がしにくくなつて、之等は孔型の形狀より他の似たる例をとり來り之れ

第五圖 壓延に要する仕事量曲線圖



Curve Showing Required Energy for Rolling

に依つて解決する方法が最も近道無難な仕方である。尙型物各通過の所要廻轉力を正確に計算し得ないにしても、全體としての、即ちある鋼片から幾つかの通過を経て製品になるまでの適當の所要勢力は、假令通過の度数とか孔型が各通過毎に多少相異してゝも、延伸度が同一で温度の状態が變化が無かつたら、あまり大した違ひがないのであるから、之れに依つて電動機の出力は大體に於て見當がつくわけである。

逆轉ロール機用主電動機の出力の計算には、勿論ロール機の精細な仕様や鋼塊の状態が分つてゐなければなら

ないが、通過毎の孔型は壓延屋又はカリバー屋から與へられなければならない。以下普通行はれてゐる二つの方法を以て分塊ロール機の場合の計算をやつて見よう。

(1) 適當り仕事量よりの計算法 假りに上の如く名づけたが、之れは第五圖に示す仕事量曲線を基本として計算したのである。同圖は分塊ロール機に依る勢力消費量と延伸度との關係を示した曲線であつて、之れは多くの結果の平均をとつたもので、實際に於てあまり大した相違はない。均熱爐から出た鋼塊は普通1,200°C前後で、仕上りは1,100°C内外である。尤も鋼の抗張力は成分に依つて幾分異なる事は止むを得ないが、此場合第五圖と同じ條件の下で壓延されるものと見なければならぬ。

ロール直徑	1,000 mm
壓延屯數	100 t/hr
鋼塊重量	3 t
鋼塊寸法	450×450 mm
鋼片寸法	116×116 mm
通過度数	15
延伸度	15

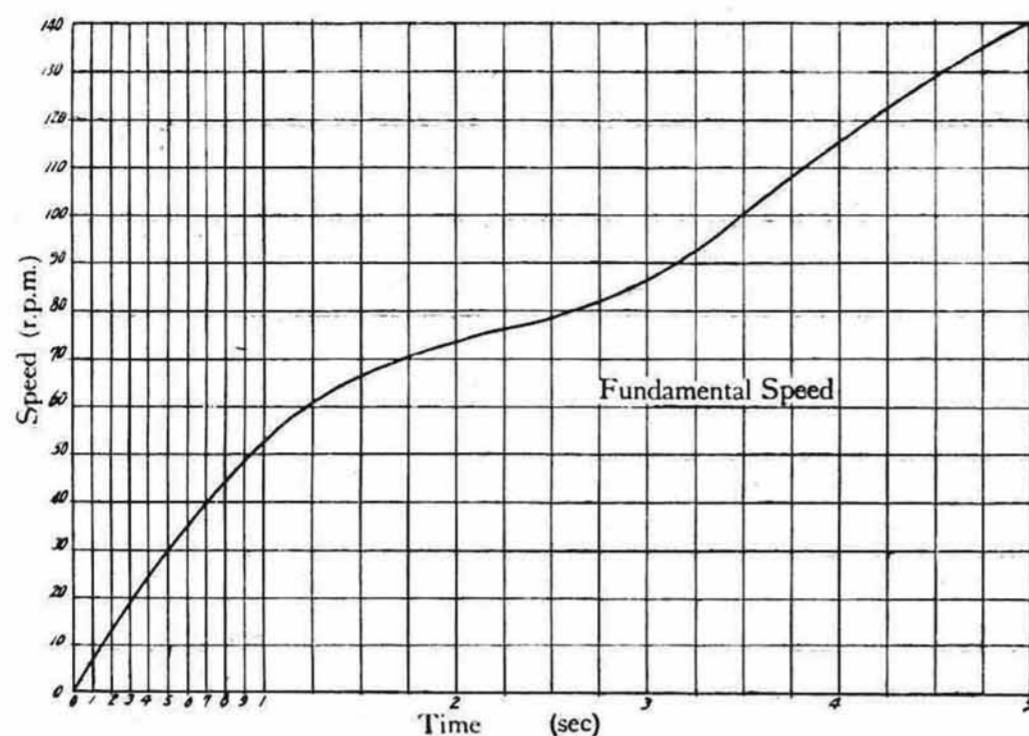
第三表に於ける第十一番目の通過に於て所要廻轉力及時間の研究 (time study) をして見よう。

(A) 廻轉力の計算——主電動機が加速する有様を見

第三表 分塊ロール機各通過回轉力計算表

通過順序	各通過の仕事量積算		廻轉力 (t-m)	延伸度	鋼塊の長さ (mm)	鋼塊の切斷面 (cm ²)	鋼塊の巾 (mm)	鋼塊の高 (mm)	殺し (%)	型孔の直徑及番號 (mm)	ロールの速度 (r.p.m)	ロールの圓周速度 (m/sec)	加速に要する時間 (sec)	加速期間の鋼塊の長さ (m)	通過中の最高速度に對する鋼塊の長さ (m)	通過中の最高速度に對する時間 (sec)	通過に要する時間 (sec)	各通過間の時間 (sec)	每通過合計時間 (sec)	型孔廻轉力 (t-m)	等價廻轉力 (t-m)	T ² E × t ₄
	E	T _R																				
1	450	450	82	1.10	2,000	2,025	450	450		805/795 I 855/875 II 875/885 III 879/889 IV	30	1.24	0.5	0.31	1.89	1.6	2.1	2.0	4.1	82	82	14,000
2	1425	975	150	1.30	2,600	1,840	460	400	11		35	1.44	0.6	0.43	2.17	1.5	2.1	2.0	4.1	150	150	47,000
3	2219	794	88	1.50	3,000	1,350	345	390	17		40	1.65	0.7	0.57	2.43	1.46	2.16	2.0	4.16	88	88	16,800
4	2999	780	74	1.76	3,500	1,150	360	320	18		45	1.86	0.8	0.75	2.77	1.49	2.29	2.5	4.79	74	74	13,600
5	3890	900	87	2.07	4,140	975	375	260	19		50	2.07	1.0	1.04	3.10	1.50	2.50	2.5	5.0	87	87	19,000
6	5279	1380	102	2.66	5,320	765	380	200	23		60	2.50	1.2	1.50	3.82	1.53	2.73	3.0	5.73	102	102	28,500
7	6149	870	59.5	3.10	6,200	650	210	310	19		70	3.10	1.5	2.30	3.90	1.26	2.76	3.0	5.76	59.5	69.5	13,000
8	7199	1050	61.5	3.70	7,400	550	220	250	19		75	3.30	2.1	3.50	3.90	1.18	3.28	3.0	6.28	61.5	77	19,500
9	8399	1200	58	4.40	8,800	460	230	200	20		80	3.50	2.7	4.70	4.10	1.17	3.87	3.5	7.37	58	77.5	23,000
10	9689	1290	49	5.6	11,200	360	240	150	25		85	3.75	3.0	5.60	5.60	1.50	4.50	3.5	8.00	49	69.5	21,500
11	11249	1560	48	7.20	14,400	288	160	180	25		90	4.15	3.2	6.60	7.8	1.88	5.08	3.5	8.58	48	72.0	26,000
12	12449	1200	29.7	8.80	17,600	230	170	135	25		100	4.60	3.5	8.00	9.6	2.10	5.60	4.0	9.60	29.7	48.5	13,200
13	13709	1260	26	10.60	21,200	190	140	135	20		110	5.10	3.8	9.70	11.5	2.25	6.05	4.0	10.05	26.0	47.5	14,000
14	14999	1290	21.5	13.00	26,000	154	140	110	18		120	5.50	4.2	11.60	14.4	2.60	6.80	4.0	10.80	21.5	43.0	12,800
15	15839	840	12.5	15.00	30,000	135	116	116	17		140	6.40	5.0	16.00	14.0	2.20	7.20			12.5	29.0	7,200
																			93.12			289,100

第六圖 主電動機加速度曲線圖



Speed up Curve of Main Motor

るに、零から最大速度迄の各時刻に於て、決して一様な加速の割合を以て上昇するものではない。即ち初めイルグナー発電機の電圧制御の期間は、発電機の電圧上昇の割合に従つて加速するので、発電機の界磁がうまく設計され、残留磁氣を消滅せしめ、高速勵磁 (high speed excitation) を行ふならば、1 秒に 80 r.p.m. 位の加速の割合を得る事はさまで困難ではあるまい。然し漸次電圧を上昇せしめ、界磁が飽和状態に近づくに従つて緩慢になるのは止むを得ない。基本速度から以上電動機の界磁制御の範囲に入ると、其加速の割合は一層遅くなるのが普通であつて、主電動機の界磁線輪を特殊な設計にするか、極端に大きな磁極を有せしめねば電圧制御と同一結果を得る事が困難である。

第三表に計算された各通過の回轉數は、第六圖の加速度曲線からとつたもので、各通過に於ける噛み込みの時刻は便宜上零速度に於てなされたものとしたが、精細に云ふならばある速度例へば 20 r.p.m. 位のところで噛み込み鋼塊がロールを出る時刻も最大速度のところではなくてある速度例へば 40 r.p.m. 位のところであるべきである。

(a) 加速廻轉力——第十一番目の通過に於て到達する最大速度は 90 r.p.m. である。之れに要した時間は 3.2 sec であるから加速の割合 α は

$$\alpha = \frac{90}{3.2} = 28 \text{ r.p.m./sec} \text{ となる。}$$

T_a を加速による廻轉力とし、 GD^2 を電動機の蓄勢輪効果とし假りに $GD^2 = 240 \text{ t-m}^2$ とすれば

$$T_a = \frac{GD^2 \times \alpha}{375} = \frac{240 \times 28}{375} = 18 \text{ t-m} \text{ となる。}$$

(b) 壓延廻轉力——この通過に於ける壓延廻轉力は第五圖より算出する。第十番目通過に於ける延伸度は

5.6 で之れに要する適當り仕事量は 3,230 kg-m で第十一番目の延伸度 7.2 に於ては 3,750 kg-m である。即ち第十一番目通過中に要せらるゝ仕事量 E は $3,750 - 3,230 = 520 \text{ kg-m/ton}$ となる。鋼塊の重量 W 3,000 kg に對し 1,560 kg-m の勢力を要する。この時の鋼の長さ L は 14,400 mm であるから壓延廻轉力 T_R は

$$T_R = \frac{E \times W}{L} = \frac{520 \times 3,000}{14,400} = 48 \text{ t-m} \text{ となる。}$$

(c) 等價廻轉力——基本速度を 60 r.p.m. とすれば、それ以上速度を上昇せしむる爲めには主電動機の界磁制御に依らなければならぬ。即ち電動機の發熱量に依つて其の定格を決定する R.M.S. 法 (實効値法) によるならば、電流は回轉數と共に増加し之れと等しき効果と與ふべき廻轉力も亦増加する形となる。之れを等價廻轉力 T_E とするならば、90 r.p.m. に於ては

$$T_E = T_R \times \frac{90}{60} = 48 \times \frac{90}{60} = 72 \text{ t-m} \text{ となる。}$$

もし之れに加速廻轉力が加はる場合には

$$T_E = (T_R + T_a) \times \frac{90}{60} = (18 + 48) \times \frac{90}{60} = 99 \text{ t-m} \text{ となる。}$$

(d) 減速廻轉力——減速の割合 d を假りに加速の割合と同様とすれば其の廻轉力 T_d は 18 t-m であつて 90 r.p.m. に於ける等價廻轉力は $(48 - 18) \times \frac{90}{60} = 45 \text{ t-m}$ となり基本速度 60 r.p.m. 以下では壓延廻轉力より減速廻轉力を引いた 30 t-m となる。以上計算した廻轉力はロールの摩擦に依る廻轉力を考へてない。

(B) 時間と鋼の長さ——假りに第十一番目の通過の最大回轉數 90 r.p.m. まで同じ加速の割合を以て速度が上昇するものとし 20 r.p.m. に於て鋼を噛み込んだとすれば 20 r.p.m. に達する迄に要した空運轉の時間 t_a は

$$t_a = \frac{3.2}{90} \times 20 = 0.712 \text{ sec.} \text{ となる}$$

20 r.p.m. から 90 r.p.m. に至る間は噛み込んだまゝ加速する。この時間を t_1 とすれば

$$t_1 = \frac{3.2}{90} \times (90 - 20) = 2.49 \text{ sec}$$

減速の割合を加速と同一であるとすれば 90 r.p.m. から 40 r.p.m. まで即ち噛み込んだまゝで減速する期間 t_2 は

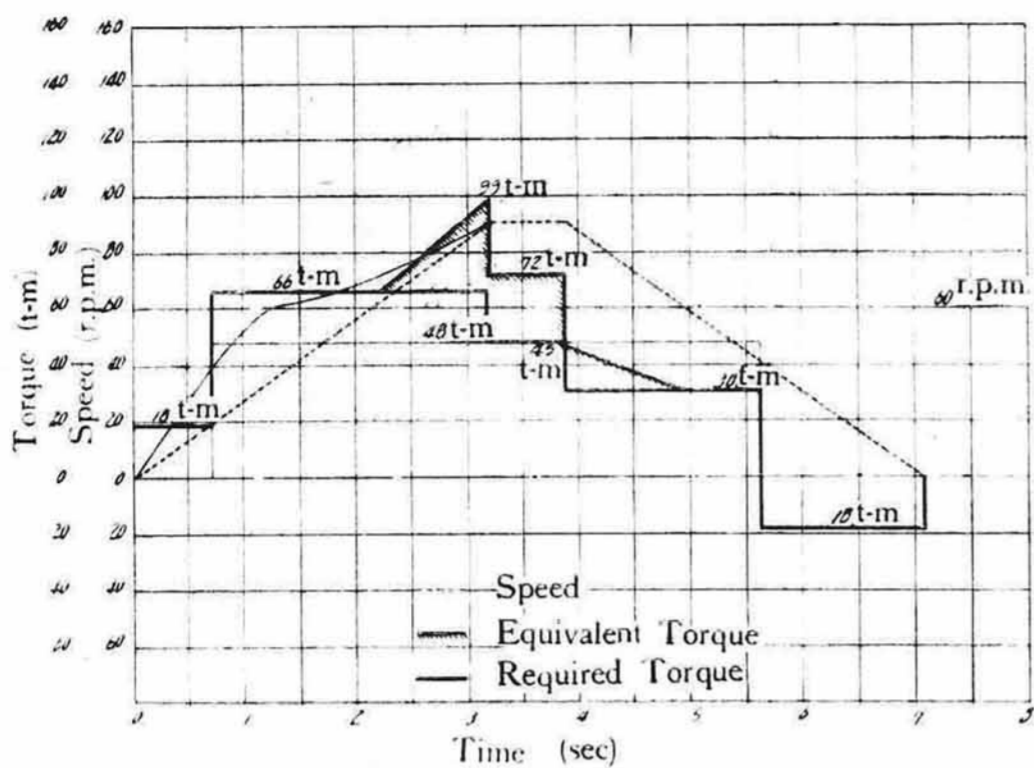
$$t_2 = \frac{3.2}{90} \times (90 - 40) = 1.77 \text{ sec}$$

40 r.p.m. から零までの時間 t_3 は

$$t_3 = \frac{3.2}{90} \times 40 = 1.42 \text{ sec} \text{ となる。}$$

鋼の長さはロールの圓周速度に對し滑りが無いものと

第七圖 壓延一通過期間に於ける負荷曲線圖



Speed and Torque Characteristics in One Pass of Rolling, Based on Time

して計算する。第十一番目通過の孔型の直徑Dは880mmであるから 90 r.p.m. に於ける圓周速度Vは

$$V = \pi \times D \times \frac{90}{60} = 3.14 \times 880 \times \frac{90}{60} = 4.15 \text{ m/sec}$$

加速期間中の鋼の長さ S₁ は

$$S_1 = \pi \times D \times \frac{(20+90)}{2} \times t_1 \times \frac{1}{60} = 6,300 \text{ mm}$$

減速期間 t₃ に対する鋼の長さ S₃ は

$$S_3 = \pi \times D \times \frac{(40+90)}{2} \times t_3 \times \frac{1}{60} = 5,350 \text{ mm}$$

最大速度 90 r.p.m. に於ける一定速度期間の鋼の長さ

S₂ は

$$S_2 = 14,400 - (6,300 + 5,350) = 2,750 \text{ mm}$$

即ち 90 r.p.m. の繼續時間 t₂ は

$$t_2 = \frac{S_2}{V} = \frac{2,750}{4.15} = 0.665 \text{ sec}$$

通過に要する全時間 t₄ は

$$t_4 = t_1 + t_2 + t_3 = 2.49 + 0.665 + 1.77 = 4.925 \text{ sec.}$$

第三表に計算された t₄ が 5.08 sec であるに比し多少短くなつたのは零で噛み込まないで 20 r.p.m. で通過が始まつたとしたからである。斯くして算出した各通過の廻轉力は、基本速度以上に於ては等價廻轉力に換算し、之れを二乗して通過の時間を乗じたものを各通過毎に計算し之れを合計すれば

$$\sum T_E^2 \times t_4 = 289,100 \text{ となり之れより R.M.S. 値}$$

即ち實効値 T_{eff} を出せば次の如くなる。

$$T_{eff} = \sqrt{\frac{\sum T_E^2 \times t_4}{t}} = \sqrt{\frac{289,100}{93.12}} = 55 \text{ t-m}$$

但し t は一鋼塊壓延全時間で各通過の t₇ の合計である

實際は之れにロールの摩擦もあるし、又適當に安全率も見なければならぬから主電動機の連續定格の廻轉力を 65 t-m とし基本速度を 60 r.p.m. 最大速度を 160 r.p.m.

位にするのが適當だろう。即ちこの電動機は第八圖に示す様な特性を有し次の如き定格となる。

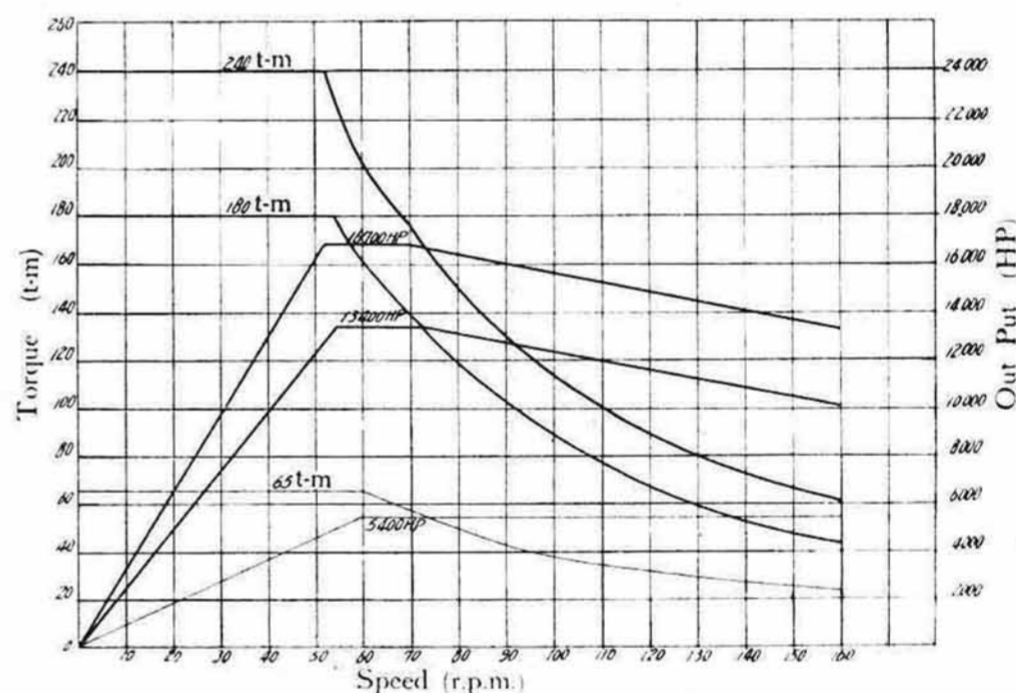
- 連續容量……………廻轉力 65 t-m
出力 5,400 HP
- 最大運轉容量……………廻轉力 180 t-m
出力 13,400 HP
- 最大非常容量……………廻轉力 240 t-m
出力 16,700 HP

次に第二の方法を以て計算して見る。之れは鋼の抗張力から算出するのであつて、普通殺しの見當をつけるのにしばしば用られる方法である。

(2) 抗張力よりの計算法 第九圖に於て鋼の壓延時に於ける壓力を分析して見るならば次の様な項目に分つ事が出来よう。

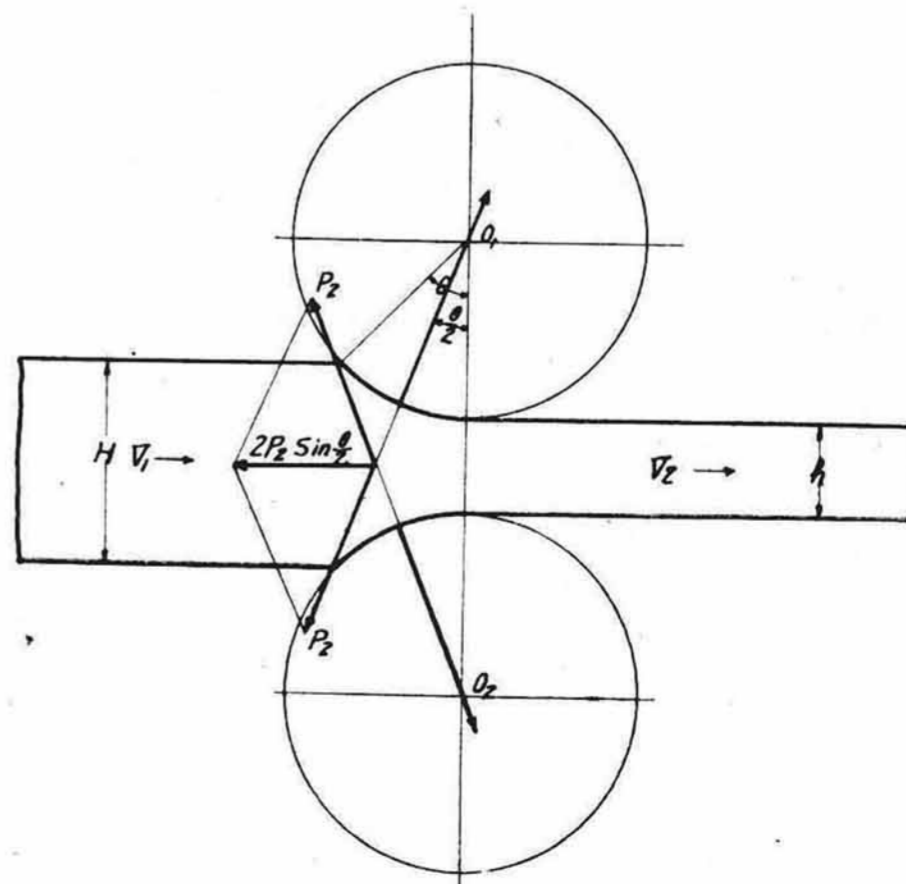
(A) 壓延抵抗力——之れはロールと鋼が接觸する

第八圖 主電動機の特性曲線圖



Characteristic Curves of Main Motor

第九圖 壓延廻轉力分解圖



Analytical Diagram of Rolling Torque

面、即ち弧と垂直な方向に働く壓力を P_2 とするならば、上下のロールに対する壓力は $2P_2$ で、之れを F_0 とし、接觸面積 M 鋼の單位面積の抵抗力を S 、噛み込み角度を θ とするならば

$$F_0 = 2P_2 = M \times S \times \sin \frac{\theta}{2} \text{ となる。}$$

(B) 延伸抵抗力——鋼を引き伸ばさんとする力 F_1 は通過後の切斷面積 A_2 (即ち鋼の高さ h と巾 b とを乗じたもの) と鋼の抗張力 S と及び $\log \frac{100}{100-C}$ の相乗積に等しい。但し C は壓下を%で表したものである。

$$F_1 = 2.3 \times A_2 \times S \times \log \frac{100}{100-C}$$

(C) 摩擦抵抗力 (Abrasion) ——鋼が壓延される際はロールと接觸面と垂直な線即ち噛み込み角度 θ の (P_2 の働くと考えられる點) 前後に於て鋼の伸びの速度が違つて来る。前に於ては鋼の進行と反對の方向に作用し後に於ては鋼と同一方向に運動する。故にロールの前後の鋼の速度 V_1 及び V_2 は接觸線に沿ふて漸次變化する過程にある。故に鋼とロールの間の摩擦に依る抵抗があるのであつて摩擦係數 f_r は鋼の溫度や速度及び壓下等に依つて異なるが 0.1 乃至 0.4 の間にあると云はれる。今 F_2 を摩擦に依る抵抗力とすれば

$$F_2 = f_r \times \frac{C}{100} P_2 = f_r \times \frac{C}{100} \times \frac{M \times S}{2}$$

(D) ロール頸部の抵抗力——ロール頸部に於ける摩擦抵抗も亦省略出来ない。孔型の徑を D 、頸部の徑を D_n とし摩擦係數を f_n とすれば

$$F_3 = f_n \times \frac{D_n}{D} \times M \times S$$

f_n はバビッドの種類に依つて異なるが 0.09 前後である。

第三表の第十一番目の通過に依つて計算して見やう。

$$D = \text{第十一番目孔型の直徑} = 880 \text{ mm}$$

$$D_n = \text{ロール頸部の直徑} = 660 \text{ mm}$$

$$V = \text{ロールの圓周速度} = \pi D \times \frac{90}{60} = 4.15 \text{ m/sec}$$

$$S = \text{單位面積の抗張力} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

第十圖に於て鋼の溫度 $1,130^\circ\text{C}$ 炭素含有量 0.3% とし之れに依る抗張力は 350 kg/cm^2 である。

$$b \times H \times L_1 = \text{通過前の鋼片の寸法}$$

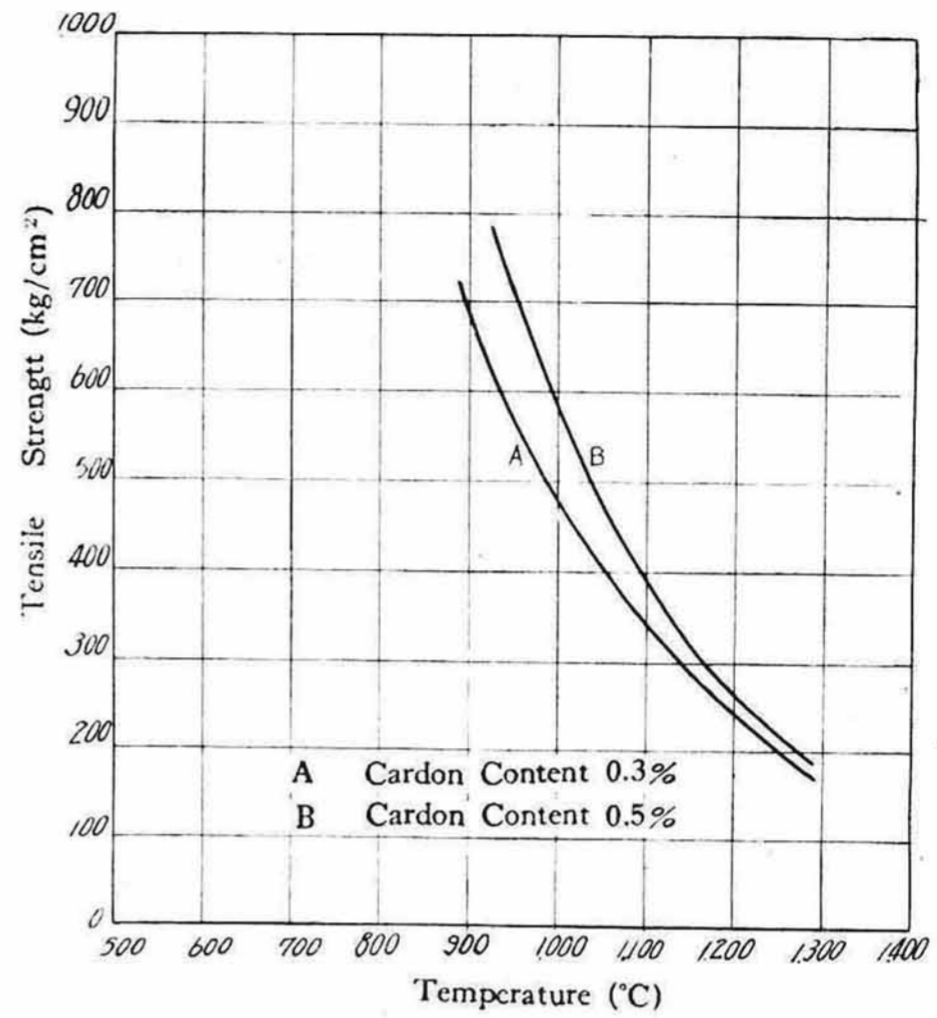
$$= 150 \times 240 \times 11,200 \text{ mm}$$

$$d = \text{壓下} = 80 \text{ mm}$$

$$C = \text{壓下の割合} \% = \frac{80}{240} \times 100 = 33 \%$$

$$L_2 = \text{通過後の鋼の長さ} = 14,400 \text{ mm}$$

第十圖 鋼の抗張力と溫度との關係圖



Relation Between Tensile Strength and Temperature of Steel

$$t_3 = \text{通過時間} = 5.08 \text{ sec}$$

$$M = \text{接觸面積} = \pi \times 88 \times \frac{\theta}{360} \times 15 \times 2 = 565 \text{ cm}^2$$

$$\theta = \text{噛み込み角度} = 24^\circ 30'$$

$$\frac{\theta}{2} = 12^\circ 15'$$

$$\cos \theta = 0.91$$

$$F_0 = \text{壓延抵抗力} = 2P_2 = MS \sin \frac{\theta}{2} = 565 \times 350 \times 0.212 = 42,000 \text{ kg}$$

$$F_1 = \text{延伸抵抗力} = 2.3AS_2 \log \frac{100}{100-C} = 2.3 \times 288 \times 350 \times \log 1.5 = 41,000 \text{ kg}$$

$$F_2 = \text{摩擦抵抗力} = f_r \cdot \frac{C}{100} \cdot P_2 = f_r \cdot \frac{C}{100} \cdot \frac{MS}{2} = 0.0015 \times 33 \times 252 \times 350 = 4,900 \text{ kg}$$

$$\text{但し } f_r = 0.3$$

$$F_3 = \text{ロール頸部の抵抗力} = f_n \frac{D_n}{D} MS = 0.9 \times \frac{660}{880} \times 565 \times 350 = 13,300 \text{ kg}$$

$$T_1 = \text{純壓延廻轉力} = F_0 \times \frac{D}{2} = 42 \times \frac{0.88}{2} = 18.5 \text{ t-m}$$

$$T_2 = \text{伸と摩擦に依る廻轉力} = (F_1 + F_2) \times \frac{D}{2} = (41 + 4.9) \times 0.44 = 20.2 \text{ t-m}$$

$$T_3 = \text{ロール頸部の廻轉力} = F_3 \times \frac{D}{2} = 13.3 \times 0.44 = 5.9 \text{ t-m}$$

$$T_1 + T_2 + T_3 = 18.5 + 20.2 + 5.9 = 44.6 \text{ t-m}$$

第一の方法を以て計算された値は 48 t m であつた。多少の相違はあるが鋼の状態が全く同一と云へないから

其の時の温度や鋼の成分に依つて多少違つて来るのは止むを得ない。以上の計算は開放孔型について試みたのであつて、型物の計算は前述の如く複雑になるからこの場合省略し他日に譲ることにする。

〔IV〕主電動機の特徴

逆轉ロール機用電動機の特徴として挙げらるべき點は、大體に於て三つのCに盡きると云へやう。即ち英語で言ふと“Construction”, “Commutation” 及び

“Controlling” で頭文字は何れもCである。日本語では“構造” “整流” 及 “制御” で以下之等に就て項別に説明する。

(1) 構造 構造が頑丈でなければならないことは第一に推さるべき特徴である。連続定格の三、四倍の尖頭負荷に耐へ且つ瞬時にして逆轉し極端な加速、減速を要求される。實に此の機構には細心の注意を拂はなければならない。現在逆轉ロール機用イルグナー設備を製作し得る電機製造家は、歐米各國でも十指を屈するに足らない。米國ではジーイーとウエスチングハウス、獨逸ではシーメンスとアーエーゲー、英國ではメトロポリタンヴィツカース、イーイーシー及ピーティーエツチ、佛國の“Alsthom”, 瑞典のビービーシー等で、我國では日立と芝浦とがある。最近製鐵所へ納入された日立製23,600 HP のイルグナー設備は、容量に於て世界第一とは云はれぬが、其の製作日数が受註後僅々六ヶ月であつた事は斯界に誇り得る一大進歩である。

(2) 整流 連続容量の三、四倍の電流を整流せねばならぬから、されば深甚の注意を以て設計されねばならぬ。主電動機の最大出力は整流作用に依つて制限されると云つても過言でない。特に制動作用の瞬間は何んな優秀な機械でも多少の火花を豫期せねばならぬ。無論補償捲線は磁極端に設備せねばならぬが、これと共に回轉子の均壓接続線(equalizer) は出来るならば線輪毎に附すべきである。

整流子片間の電壓も亦等閑に附すべき問題でない。第四表は製鐵所で使用中の數臺のイルグナー設備に就て其の片間電壓を擧げて見たのである。勿論低い程結果良好である。

(3) 制御 速度制御は又この種の電動機には必要缺くべからざる要素の一つである。特に迅速加速、

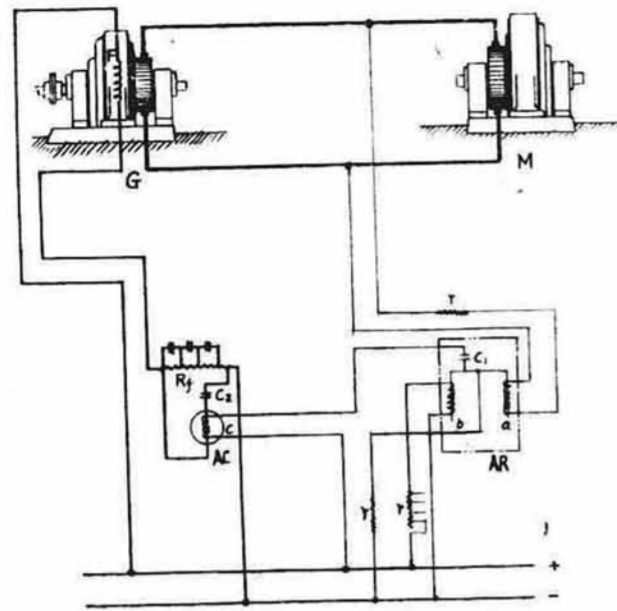
第四表 製鐵所イルグナー設備直流機整流子片間電壓

連続出力 (HP)	速度 (r.p.m.)	電壓 (一回轉子) (V)	整流子片數 (一極)	整流子片間電壓 (V)
主電動機				
5,400	66/168	1,600	94	17
5,250	80/140	1,260	66	19.1
5,800	45/90	700	41	17
4,500	50/120	750	72	10.4
4,500	50/120	460	58	7.9
3,500	40/100	600	56	10.7
イルグナー發電機				
kW				
1,980	500	550	35.75	15.4
1,480	750	420	22.5	18.65
3,000	375	700	44	15.9
1,800	500	750	45	16.65
1,825	500	460	54	8.5
2,800	375	600	36	16.65

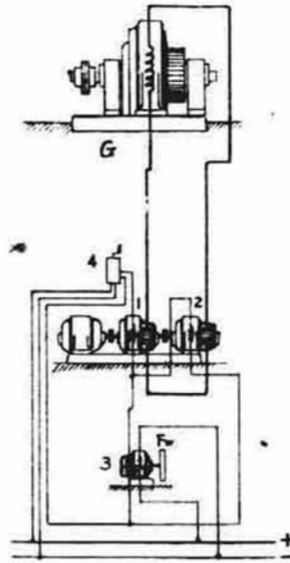
迅速逆轉の問題は生命と云つても良い程重大なものである。如何に構造が頑丈でも、如何に良好な整流作用を有するとも、この點に考慮を拂はなかつたら逆轉ロール機用としては落第である。普通電壓制御の範圍に於ては(即ち基本速度以下) イルグナー發電機の磁極や其の勵磁機の抜目なき設計に依つて平均 80 r.p.m./sec 位の加速の割合を得る事はさまで困難でない事は前述の通りである。然し基本速度以上の主電動機界磁制御範圍に於ては前者と同様な結果を得る事は困難である。一般に最大から最大の速度迄加速逆轉せしむるに要する割合は、40乃至50 r.p.m./sec 位であつてあまりに此の割合を大にしても、却つて加速用尖頭負荷の著しき増加となり、之れを減少せしむる爲めには回轉子の GD² を小にせなければならない。之等は設計の微妙なる點であつてこの爲め回轉子の直徑を能ふ限り小にする必要がある。然し一方に於て鐵心が長くなるから、冷却に便ならしむる爲め、大容量のものは二重電動子型とするを便とする。但し最近設計、工作の進歩により、可成りの容量まで単一回轉子に製作されるに至つたが、之れは前者に對し電氣的能率が幾分改善され、機械的の強さも増す利點があり、又價格も多少廉になるであらう。尙二重電動子型の利益としては運搬組立に便利な上に、故障の際半分の速度で片側を以て作業を繼續する事が出来ること云ふ長所もある。

迅速加速即ち高速勵磁に對し一流製作所では各々独自の考案を以て設計されてあるが、要はオーヴアースュー

第十一圖 高速勵磁法の諸例



(A) Relay System



(B) Booster System

- M Mill Motor
- G Ilgner Generator
- AR Reley
- AC Contactor
- Rf Generator Field
- r Resistane
- abc Coils
- C1C2 Contacts

- G Ilgner Generator
- 1 Main Exciter
- 2 Booster
- 3 Auxiliary Exciter
- 4 Controller
- Fw Flywheel

Examples of High Speed Excitation System

昇壓機2を勵磁し即ち主勵磁機1の電壓と同一方向に加壓し、つまり瞬間過勵磁されるわけである。この爲めイルグナー發電機の界磁回路の自己誘導に打ち勝つて迅速に逆轉を助ける。

(C) 抵抗補償式高

速勵磁法——之は今回日立製作所にて提案採用した新規な方法で後に掲げる第十二圖の全線接続圖にも示されて

速勵磁法——之は今回日立製作所にて提案採用した新規な方法で後に掲げる第十二圖の全線接続圖にも示されて

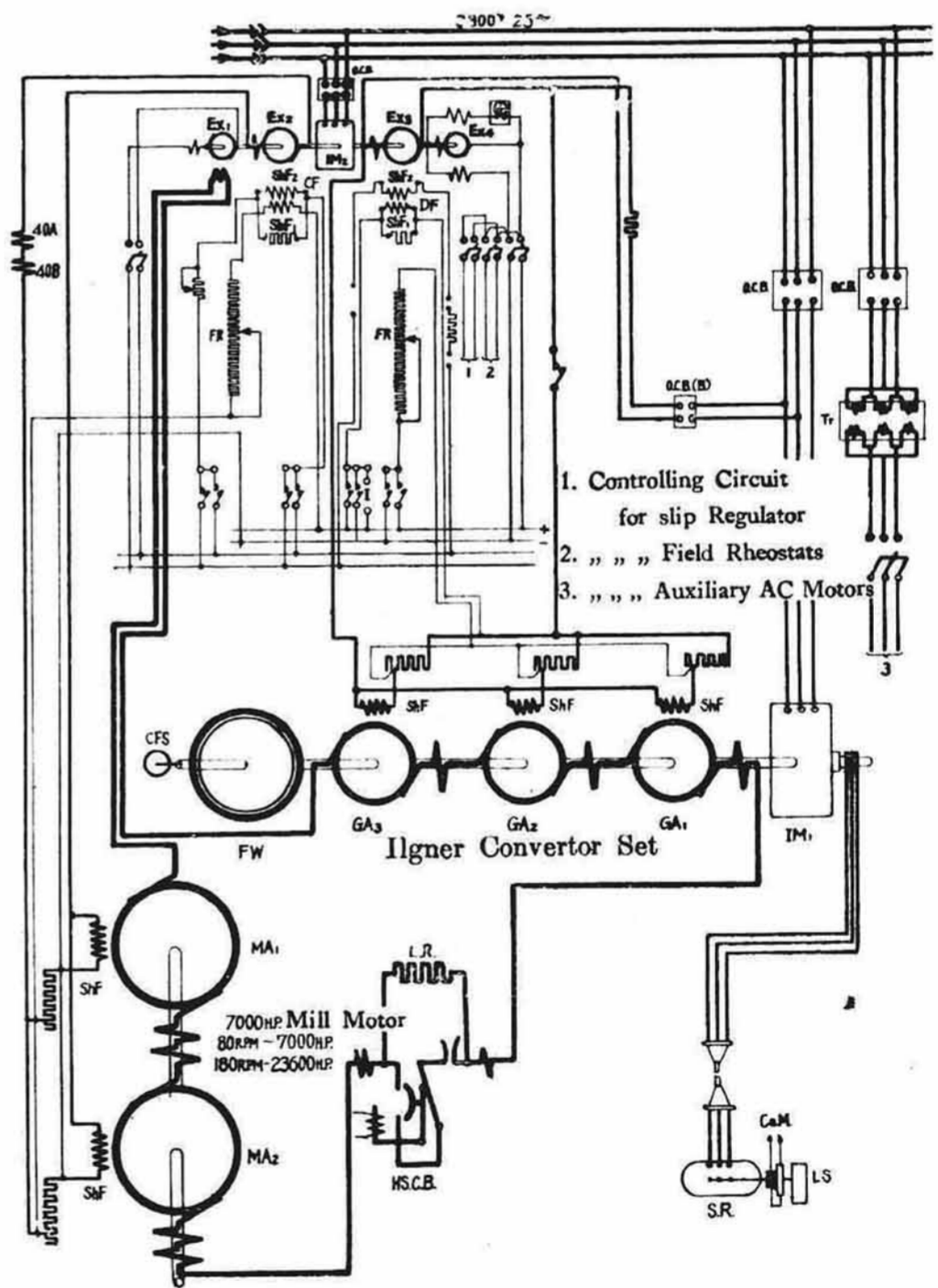
(A) 繼電器式高速勵磁法——勵磁機はイルグナー發電機の界磁を勵磁する規定電壓より數十% (或時は200%) 多く設計され、加速の瞬間主幹制御器の第一ノッチに相當する速度に對する抵抗のみを短絡せず全抵抗を一先づ短絡しイルグナー發電機の電壓が上昇し第一ノッチに相當する値に達した際加速繼電器 AR (第十一圖(A)) が作働して之に對する抵抗のみを短絡して餘は全部元に戻す。即ちオーヴァーシューティングを繼電器 AR によつて行ふ。第二ノッチに對する時も同じ事が繰り返へされる。即ち一先づ全抵抗が短絡されて電壓が第二ノッチの値に達した時其所要電壓を與ふるだけの抵抗を短絡して餘は還元する。

加速繼電器 AR は、イルグナー發電機及其の勵磁機の各電壓に依つて操作される線輪 a 及 b に依つて平衡される。但し勵磁機の電壓に依る線輪 b は、主幹制御器のノッチが進むにつれて、イルグナー發電機の電壓も上昇するから、従つて a の牽引力が強くなり、之れと平衡せしむる爲め、各ノッチに相當する抵抗を b 線輪回路より短絡して行かねばならぬ。

(B) 昇壓機式高速勵磁法——之は間接式勵磁に於ける一方法で第十一圖(B)に示す如くである。

主勵磁機1の外に昇壓機2が同一回路に入れられ、此昇壓機を勵磁するに3なる補助機あり、之の小補助機は小蓄勢輪を具備して居る。普通の状態では昇壓機2の電壓は主勵磁機1と反對の方向にある。逆轉される瞬間、主勵磁機1の電壓は反對になるわけであるが、この際補助機3は蓄勢輪のお蔭で極く短時間元のまゝの電壓を以て

第十二圖 7,000/23,600HP. イルグナー式ミル電動機電氣設備全線接続圖



- MA1—MA2 3,500 HP Main Motor
- GA1—GA3 2,000 kW Generator
- IM1 7,000 HP Induction Motor
- IM2 275 HP Induction Motor
- EX1 1 kW Compounding Exciter
- EX2 100 W Exciter for Main Motor
- EX3 60 kW Exciter for Generator
- EX4 10 kW Sub Exciter
- DF Differential Compound Field
- CF Cumulative Compound Field
- ShF Shunt Field Coil
- ShF1 Shunt Field Coil Separately Excited
- ShF2 Series Field Coil Separately Excited
- FR Field Rheostat
- OCB Oil Circuit Breaker
- OCB(B) Oil Circuit Breaker for Brake
- HSCB High Speed Circuit Breaker
- Tr 3-75 kVA Trasformer
- FW Flywheel
- CFS Centri fugal Switch
- 40A Motor Field Relay for Starting
- 40B Motor Field Relay for Accident
- LR Load Limiting Resistance
- SR Slip Regulator
- CM Controlling Motor
- LS Limit Switch

Diagram of Total Connections for 7,000/23,600 HP Mill Motor Set of Ilgner System

ある。主として間接勵磁の場合に用ひられる。勵磁機界磁回路に大電流を通し得る小なる値の抵抗を入れ、之に主機界磁電流即ち勵磁機自身の發電子電流を通し、之により電壓降下を起し勵磁機界磁電流を制限せんとするものである。例へば發電機電壓を零より全電壓迄上昇せしむべく勵磁機界磁回路の調整抵抗を短絡したとすれば、初め發電機界磁電流零なるため勵磁機界磁回路の外部抵抗は全部短絡の状態となり、勵磁機電壓は急速に必要以上發生する。之により發電機界磁電流は急に流れ出し前記抵抗部に電壓降下を生じ勵磁電壓の行き過ぎを自動的に低減せしめ所求の値たらしめる。之により發電機は全電壓となる。即ちオーグアシューテイングを全然電氣的に行ふものである。

(D) 差働複捲式高速勵磁法——これも間接勵磁法を採用する場合に用ひられる。即ち勵磁機の界磁回路を差働複捲にし、勵磁の始めにあたり發電機勵磁電流の上昇する以前に規定電壓の數十% (或は二倍位) 多く誘起せしめ、發電機勵磁電流の規定量に達するに及び規定電壓に降下せしめる方法である。

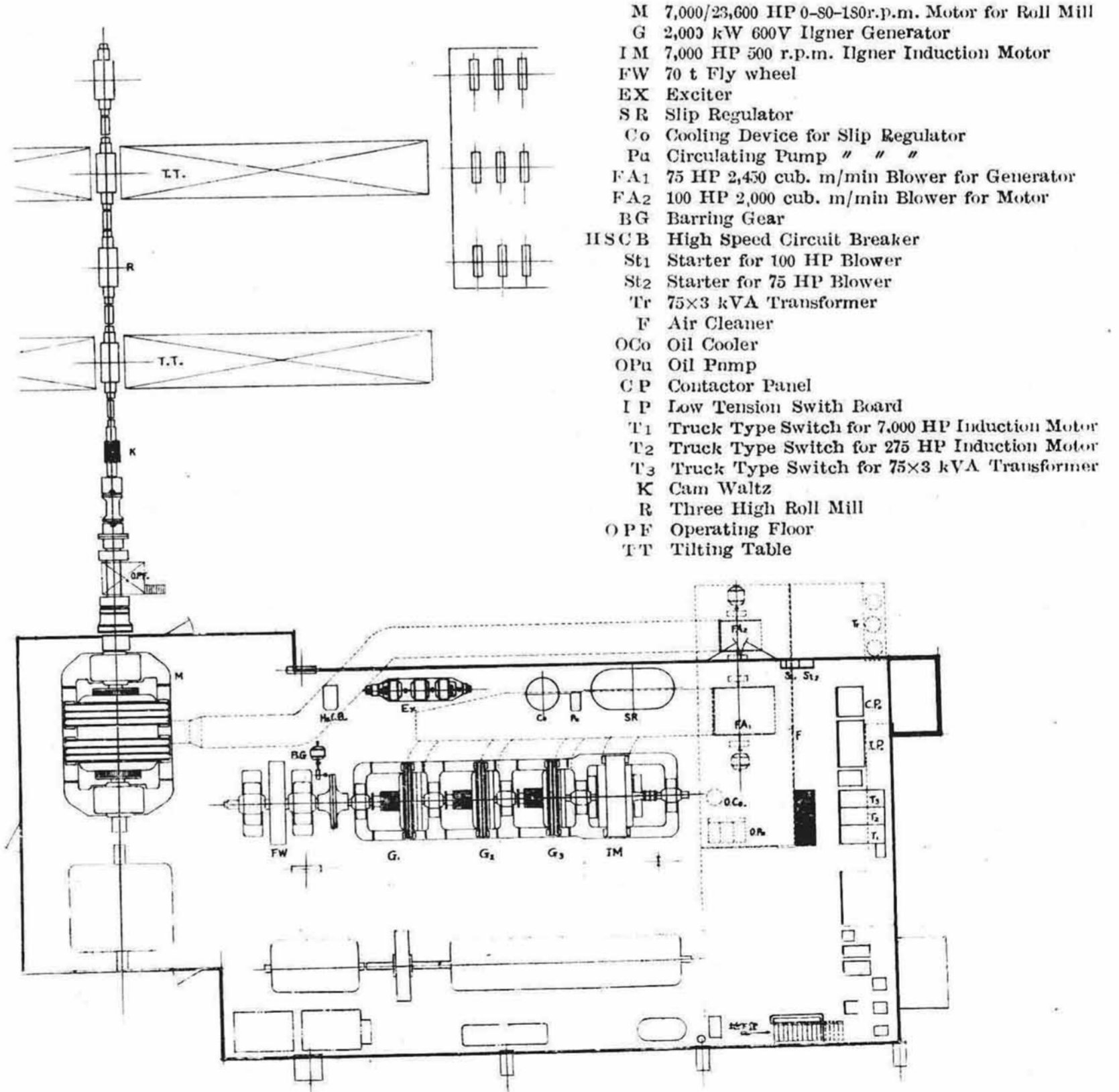
此他種々の考案があらう。然し何れの方法に依るも、電機の磁極が成層鐵心でなければ豫期の効果を擧げる事は困難であると思ふ。主電動機の界磁電流の制御は上に述べた加速の場合の高速勵磁を反對にやれば良い。即ち規定電流より數十%以下になるべき抵抗を挿入し規定電流に達した際之れに相當する抵抗に復活せしむるのである。無論この際は電流に依つて作動する加速繼電器が必要となるわけである。主電動機の界磁電流を減少せ

しむる時に、主磁極に二つの線輪を備へ一つは常に規定電流を以て勵磁し(即ち最大速度に對する勵磁)他の一の線速は勵磁電流を制御して迅速加速をなさしむる方法がある。(これは“Backing excitation”と稱せられて居る)無論二つの線輪は各占用の勵磁機から電流を供給されるのであつて、各勵磁機の發電子回路は特殊の接続をされ、速度制御用勵磁機が零電壓の際は、之れに對する分の磁極線輪は逆に勵磁され即ち主磁極の磁束を打ち消す方向に働き、加速を迅速ならしむるのである。

〔IV〕 7,000 HP イルグナー設備と其成績

今回日立製作所で製作され、製鐵所へ納入された7,000 HP イルグナー電氣設備は、第一章に於て述べた様な利點から、6,000 HP 誘導電動機と置き替へられたもので其の据付工事日數に於ても亦劃期的な記録を作つた。數年前米國に於て逆轉ロール機用汽機を電化する際に作られた記録は、舊汽機を取除き、其の基礎を破壊し、新基礎を築造して、4,500 HP イルグナー設備を据付け運

第十三圖 製鐵所第三大形工場イルグナー式電氣設備配置圖

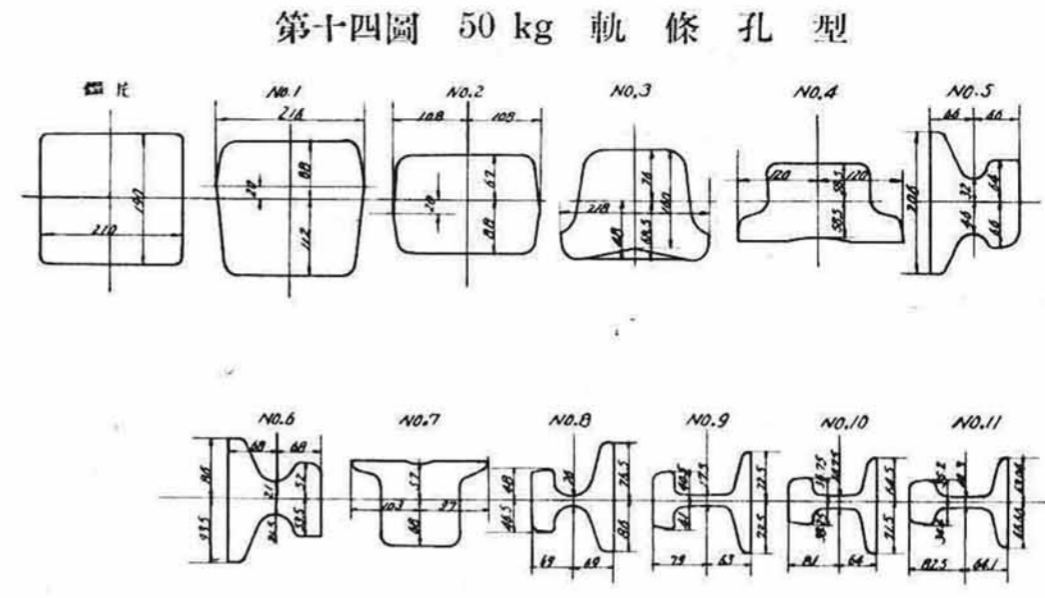


- M 7,000/23,600 HP 0-80-180r.p.m. Motor for Roll Mill
- G 2,000 kW 600V Ilgner Generator
- IM 7,000 HP 500 r.p.m. Ilgner Induction Motor
- FW 70 t Fly wheel
- EX Exciter
- SR Slip Regulator
- Co Cooling Device for Slip Regulator
- Pu Circulating Pump " " "
- FA1 75 HP 2,450 cub. m/min Blower for Generator
- FA2 100 HP 2,000 cub. m/min Blower for Motor
- BG Barring Gear
- HSCB High Speed Circuit Breaker
- St1 Starter for 100 HP Blower
- St2 Starter for 75 HP Blower
- Tr 75x3 kVA Transformer
- F Air Cleaner
- OCo Oil Cooler
- OPu Oil Pump
- C.P. Contactor Panel
- I.P. Low Tension Switch Board
- T1 Truck Type Switch for 7,000 HP Induction Motor
- T2 Truck Type Switch for 275 HP Induction Motor
- T3 Truck Type Switch for 75x3 kVA Transformer
- K Cam Waltz
- R Three High Roll Mill
- O.P.F. Operating Floor
- T.T. Tilting Table

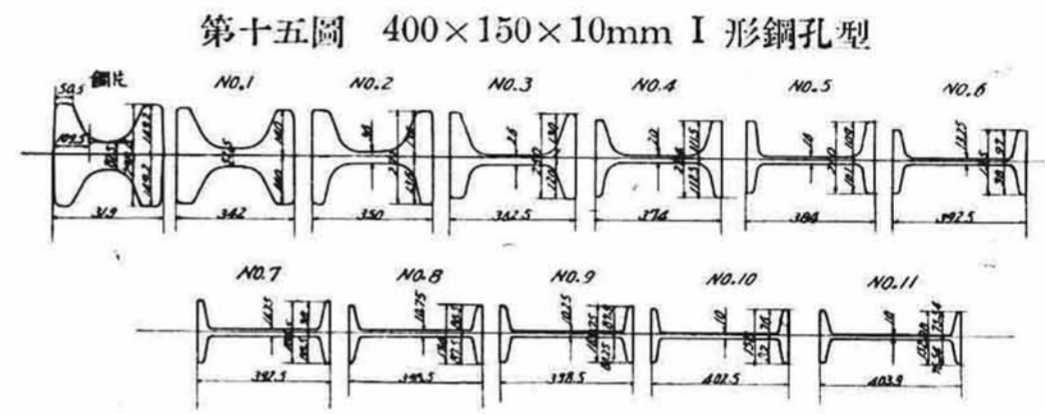
Arrangement of Electrical Equipment of Ilgner System Recently Installed in No. 3 Rail and Struture Mill Plant, the Imperial Steel Works

轉するまで即ち壓延作業休止期間が十三日半と云ふのであつた。之れが其の當時世界記録とされて居たのである。此度は汽機のかはりに減速装置を有する 6,000 HP 誘導電動機を取除き、基礎を改築して新設備を据付け運轉するまでに僅々六日間でやり遂げた。これには特別な計畫の下に、周到の注意を拂つて施行されたのであつて、新基礎の如きも豫めケーソン式の基礎ボートを入れたブロックを造り、セメントは迅速に硬化する特殊の製法になり、舊機械を取除後實日數三日半にて舊基礎破壊新基礎築造が完成された。主電動機の据付も二日を以て終了し作業休止九日（セメントの硬化時間を含む）にして運轉を開始し得たのである。無論イルグナー變流機及勵磁装置其他の附屬品は前以て据付けられ試運轉済であつた。新設備は使用後未だ日が浅いから、確定的の事は云へないが、整流作用の良好なる點は世界一流製作所に比して何等遜色がない。加速の問題も基本速度の範圍に於ては驚くべき速さを示して居る。

勵磁方式は間接式を採用し、抵抗補償式高速勵磁法である。制御装置の中イルグナー電動機の滑り調整器は、



Calibers for 50 kg Roil



Calibers for 400x150x10 mm I Beam

歐米各國の長所をとり入れた特異な設計に成り、其の感度を鋭敏ならしむる爲め、トルク電動機は直流を使用し、電極の溶液中に於ける運動の抵抗を少なくするために特

第五表 三重ロール機用イルグナー設備電力消費量

鋼塊重量 (kgs)	塊断面 (mm×mm)	製品			ロール徑 (mm)	主電動機		主電動機		イルグナー電動機	
		種類 (cm)	生産越數 (t/h)	電力消費量 kWh/t		最大廻轉力 (t-m)	最小廻轉力 (t-m)	最大速度 (r.p.m.)	最小速度 (r.p.m.)	最大入力 (kW)	平均入力 (kW)
1,000	272φ	I 20	30	48	750	120	33	170	60		
1,000-1,500	170×160	I 20	52	35	750	120	33	170	60		
	160×150	I 18	46	33	"	"	"	"	"		
	170×160	I 20	47	30	"	"	"	"	"		
1,000-1,500	195×185	I 62	51	42	750	160	19	180	71		
	"	I 58	50	38	"	"	"	"	"		
1,900	200φ	O 18	27	44	750	160	44	140	80	1,500	1,200
	"	L 15	46	45	"	"	"	"	"	2,750	2,050
	"	L 23	27	78	"	"	"	"	"	2,950	2,100

第六表 50 kg 軌條負荷試験成績表

昭和8年7月25日測定

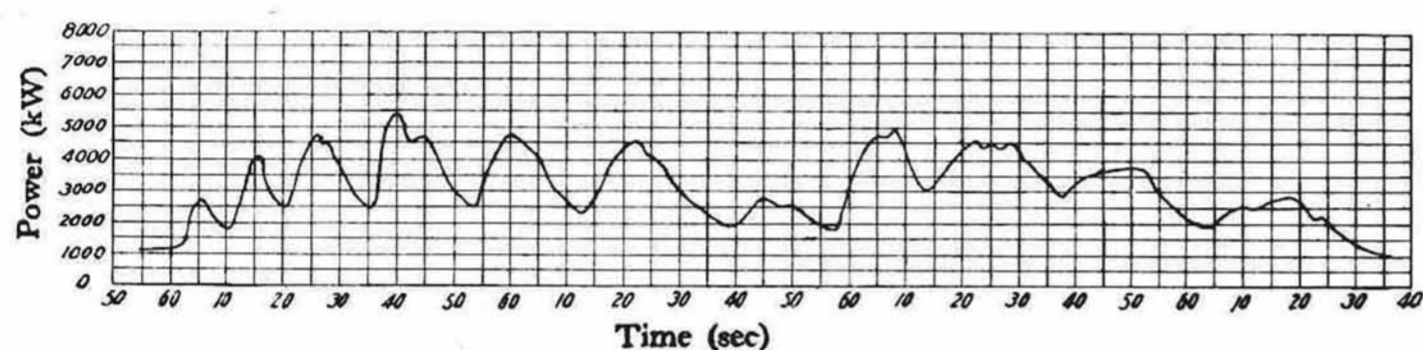
試験回数	壓延時間	鋼寸	片法	鋼片重量 (kg)	製品寸法	誘導電動機消費電力量 (kWh)	補助機消費電力量 (kWh)	合計 (kWh)	一廻=對スル消費電力量 (kWh)	鋼片溫度
1	分 3 秒 20	210 mm × 190 mm × 11,000 mm		3,300	I 50 kg × 66,000 mm	177	19	196	59.4	
2	3 59	"	"	"	"	156	23	179	54.2	
3	3 19	"	"	"	"	159	19	178	53.9	
4	3 27	"	"	"	"	186	20	206	62.3	
5	3 25	"	"	"	"	183	20	203	61.5	
6	3 0	"	"	"	"	168	17	185	56	
平均	3 25	—	—	—	—	171.5	19.7	191	58	

第七表 I 型 負荷 試験 成績 表

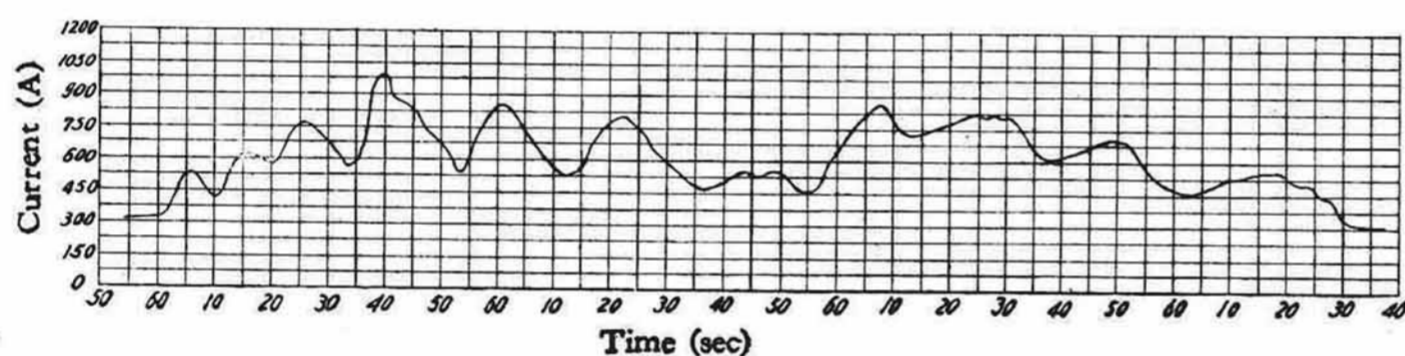
昭和8年8月3日測定

試験回数	延時間	鋼片寸法	鋼片重量	製品寸法	誘導電動機消費電力量	補助機消費電力量	合計	一週=對スル消費電力量	鋼片温度
	分 秒		kg		kWh	kWh	kWh	kWh	始 終
1	2 52	298.4 mm × 319 mm × 182.5 mm × 7,500 mm	3,500	400 mm × 150 mm × 10 mm × 48,600 mm	186	16	202	57.7	1050°C 950°C
2	2 49	"	"	"	180	16	196	56.	" "
3	2 57	"	"	"	180	17	197	56.3	" "
4	2 47	"	"	"	189	15	204	58.3	" "
5	2 37	"	"	"	159	14	173	49.4	" "
6	2 45	"	"	"	192	13	205	58.6	" "
平均	2 48	—	—	—	181	15	196	56.0	" "

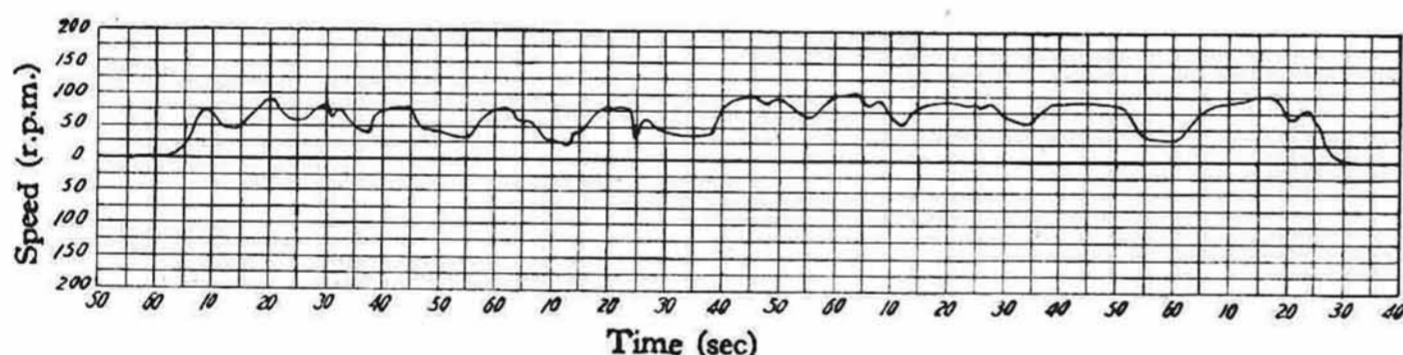
第十六圖 製鐵所第三大形工場イルグナー式負荷曲線圖(50kg軌條)



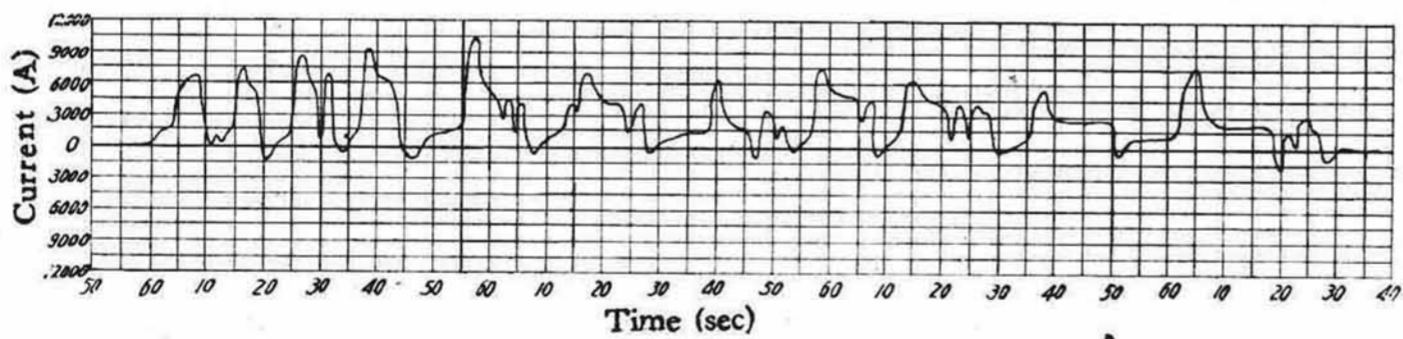
Input of 7,000 HP Ilgner Induction Motor



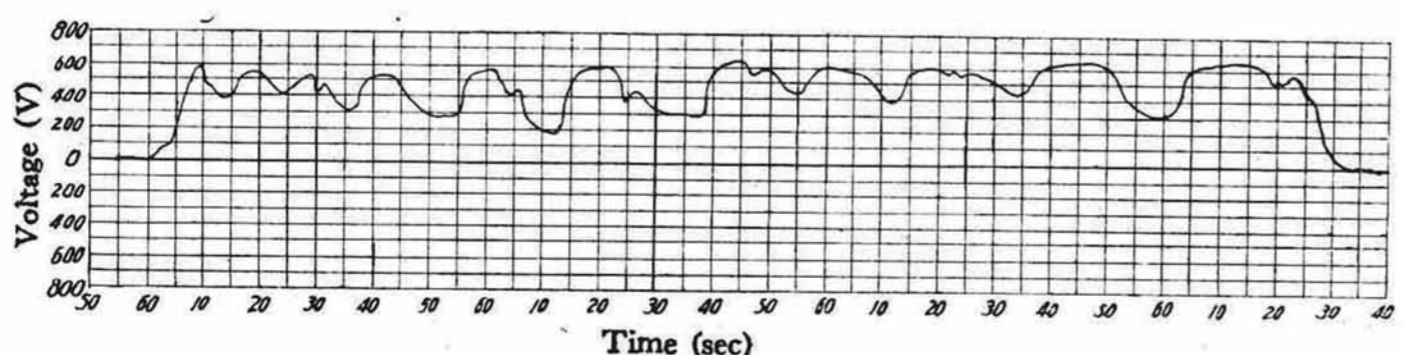
Current of 7,000 HP Ilgner Induction Motor



Speed of 7,000 HP DC Mill Motor



Current of 7,000 HP DC Mill Motor



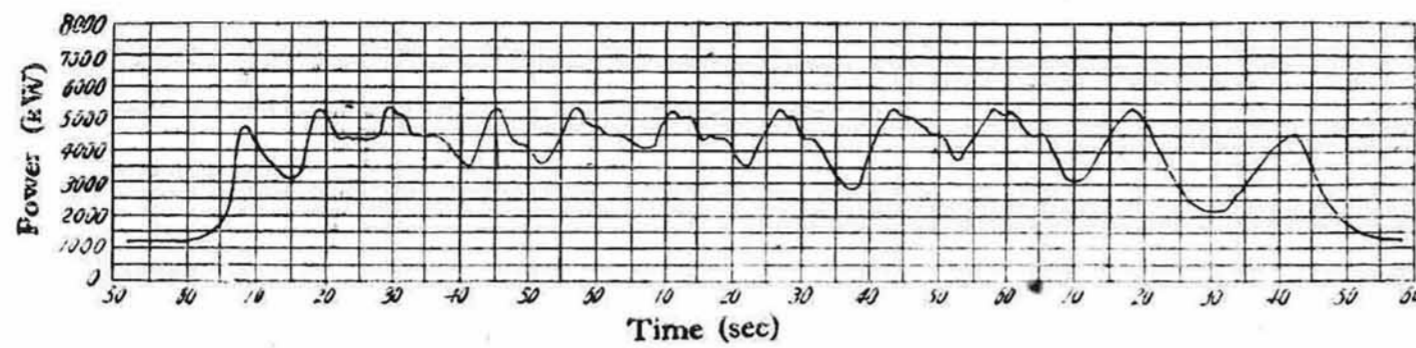
Terminal Voltage of 7,000 HP DC Mill Motor

Charts of Load Characteristics Obtained at Rolling of 50 kg Rail by Means of Mill Motor Set of Ilgner System at No. 3 Rail and Structure Mill Plant, the Imperial Steel Works

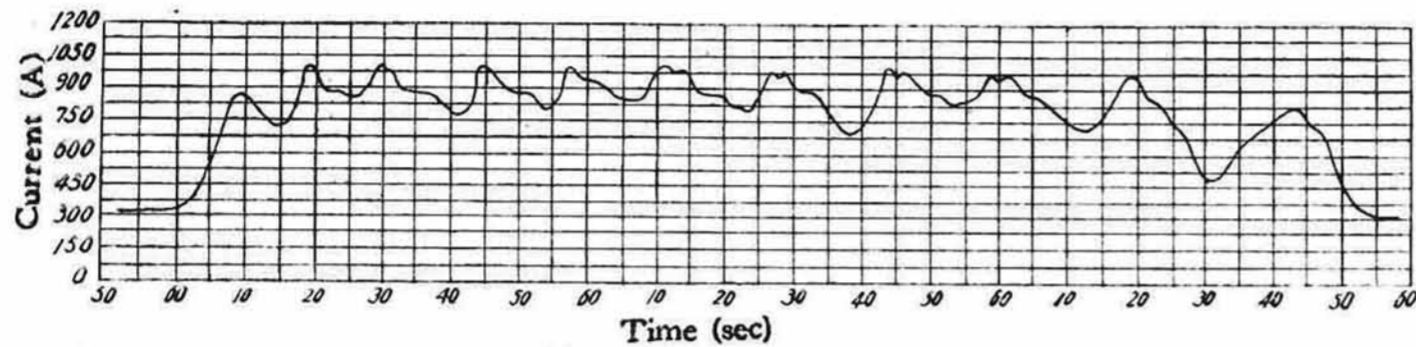
別な考慮が拂はれて居る。これは溶液の循環のためにも極めて有効である。尚溶液冷却器は別個に置いて、其の効果を充分發揮せしむる様に考案されて居る。

第十二圖はこの新設備の電線接続を示したもので、第十三圖は据付けられた機械の配置圖である。第五表は外國の例と既設製鐵所イルグナー設備の三重ロールに對する電力消費量の表である。今回の新設備の例ではないが参考の爲掲げた。新設7,000 HP イルグナーの運轉成績は、同機が据付けられた第三大形工場の最大の製品たる600×190 I 形鋼又は最新製品たる鋼矢板について、とりたい希望だつたが、同工場受註の關係上其意を得ず、50 kg 軌條及 400×150 I 形鋼に就て試験した。材料鋼片は何れも隣接の分塊工場からの有送材で、二本を同時に壓延する事なく一本一本に就て、各種曲線をとつた。第十四圖及第十五圖はそれぞれ 50 kg 軌條及 400×150 I 形鋼の孔型を示したものである。第六表第七表はそれぞれ負荷試験に於ける鋼片一本毎の壓延所要時間及電力消費量等を示したものである。第十六圖及第十七圖はそれぞれ、50 kg 軌條の第一回試験及400×150 I 形鋼の第六回試

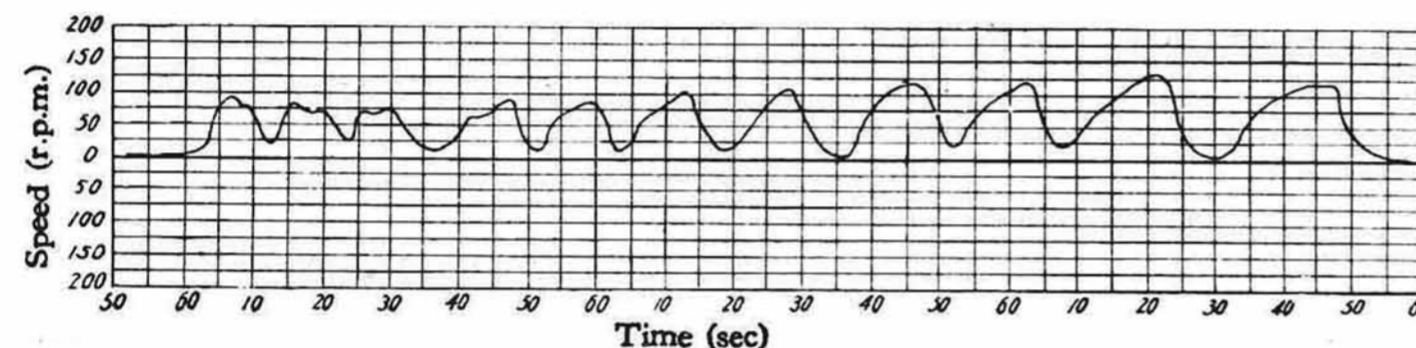
第十七圖 製鐵所第三大形工場イルグナー式負荷曲線圖 (I 400×15×10mm)



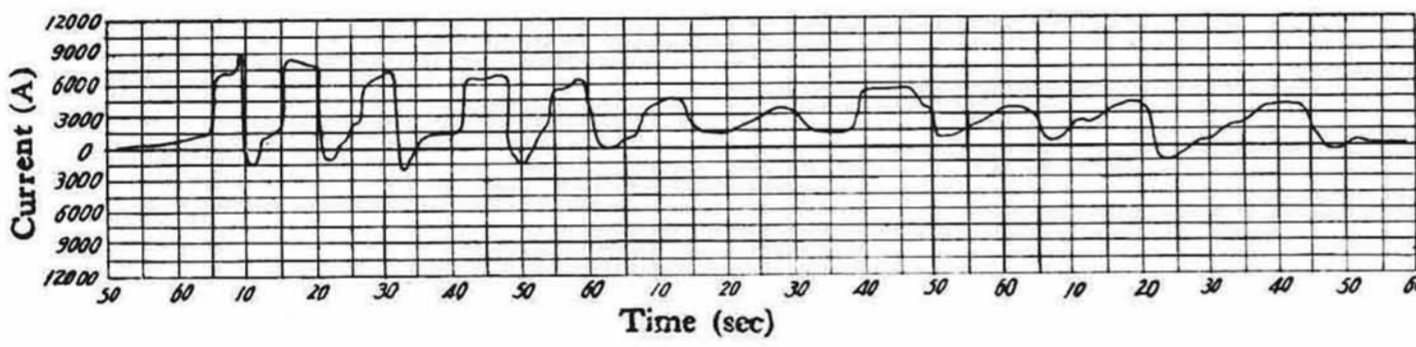
Input of 7,000 HP Ilgner Induction Motor



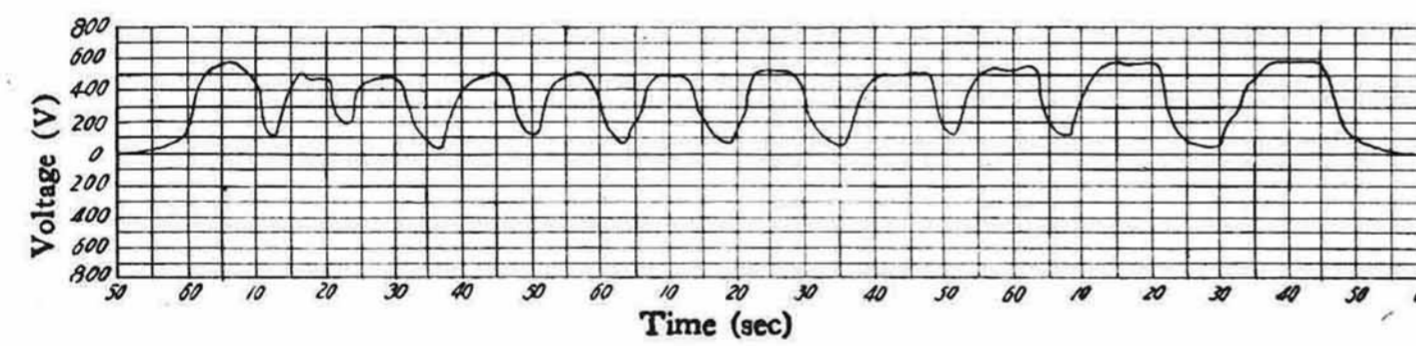
Current of 7,000 HP Ilgner Induction Motor



Speed of 7,000 HP DC Mill Motor



Current of 7,000 HP DC Mill Motor



Terminal Voltage of 7,000-HP-DC Mill Motor

Charts of Load Characteristics Obtained at Rolling of 400×150×10 mm I Beam by Means of Mill Motor Set of Ilgner System at No. 3 Rail and Structure Mill Plant, the Imperial Steel Works

験の諸曲線で、イルグナー變流機用電動機の電力、電流、及直流主電動機速度、電流及電壓を示す。但し電壓は發電機一臺に對するものだから、三倍する必要がある。鋼片一本づゝを連續壓延するものとすれば、前表により 50 kg 軌條の場合、一時間 66t I 形鋼の場合一時間 80t の壓延が可能である。必要に応じて鋼片二本宛を同時に壓延しうるから、大體に於て一時間 100 t の壓延能力を有するものと認め得る。又誘導電動機の消費電力量につき見るも、兩種のもの壓延一屯當り共に約 52 kWh で、100 t

の壓延に對しては、連續 5,200 kW を必要とする。7,000 HP の誘導電動機は丁度之に適當する譯である。

〔V〕 結 論

ローリングミル用イルグナー電氣設備を製作し得る所は、前述の様に世界一流の製作所のみに限られてゐる。然るに先般日立製作所の苦心努力の成果として、純國産イルグナーしかも記録的大容量のものが記録的短時日を以て製作せられ引き続き製鐵所に於ては又世界記録の短時日を以て据付を終り、去六月十九日から優秀な成績を以て、運轉を開始したのは、國家非常時に際し特に邦家産業界の爲め慶賀にたえない。たゞ可逆式電動機として卓越せる性能を有するものを、三重式ロール機に使用した爲め、其偉力を十分に發揮しえない點は、聊か遺憾であるが、此電動機の活動によつて將來鋼矢板等の輸入を完全に防遏し、又必要に応じては、驚くべき多量生産をなしうると思へば、自ら慰むるに足ると思ふ。

舊誘導電動機と取替以來、前に列舉した利點は一々實地に經驗せられた。即壓延作業は非常に樂になり、發電所に對する負荷率及力率は非常

に向上し、理想的合理的の作業をなすことが出来る。壓延屯當りの電力消費量は、イルグナー變流機の損失が加はる爲め、舊設備と大差ないが、壓延の失敗がなくなり歩留率が向上するので、成品屯當りの電力消費量は幾分少くなる。かつては外國品のみに限られたターボゼネレーターが、最近漸く國産化の域に達したが、今回は又電機製作界の難物イルグナーが完全に自給自足の域に達した。誠に心強き極みである。(完)

整流三角形理論

工學博士 馬場 桑夫

Triangle Theory of Commutation

By Kumeo BABA, *Kogakuhakushi*

Hitachi, Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The phenomenon of commutation in D.C. machines has already been recognized many years.

But the more the required specification of electrical machinery becomes complicated, the more there appears causes for interference in commutation.

At the interpole magnetic path, a triangle resembling Portier's at synchronous machines is produced by the saturation of iron parts between magnetizing currents (main current of D.C. machine) and commutating e. m. f.

The largeness of this triangle becomes the foundation for knowing the condition of commutation. When it is too large, good commutation can not be gained.

The writer who calls it "The Triangle of Commutation" describes its effect upon commutation according to the variation of speed, load, and voltage of D.C. machines. And then he compares it with the result gained by adapting it to the D.C. motor and D.C. generator of the Ilgner converter for the three high roll structural mill installed in the Imperial Government Steel Works.

As machines for mills have violent change of load, speed, and voltage, gaining good commutation is considered quite difficult.

But by adapting the above-mentioned theory we could get good results, so he wishes to give the outline of the theory and actual result according to the following heads.

- (I) Introduction
- (II) Complication of required specification.
- (III) Disability of cumulative actions between main flux and commutating flux on their magnetic paths.
- (IV) Effect of main pole field on linear relation between commutating flux and load current.
- (V) Triangle of commutation to be suppressed by contact resistance of brushes.
- (VI) Some methods considered to suppress the triangle of commutation.
- (VII) Experimental results.

〔I〕 緒 論

電氣機械に於ける整流なる現象は既に數十年の歴史を有し今更事新しい議論もないかに感ぜられる。然し一面機械に要求される仕様は是又限りなく進んで來るから整流の如きも萬事決了し切れぬ。1932年吾々は巨



大なる製鐵用ミル電動機を製作せんとするに際し、忽ち此の問題に逢著した。聊か考察を深くし尙現在該電動機が極めて優秀に運轉し居れるを以て必ずしも空理ではな

いと信ぜられ茲許に發表する次第である。整流三角形とは筆者の勝手に附けたる名前であるが、電流と電壓との關係に於て整流の現象にはボシエー氏三角形と稍同様に考へ得可き筋ある故斯く申したのである。

〔II〕 要求仕様の複雑化

整流なる現象は幾多の方面より多角的に支配せられ頗る電氣機械に於ける厄介問題である。然るに鐵の壓延運轉として直流機を用ひ所謂イルグナー式を採用して見ると始んど凡ては工合頗る宜敷しきも、唯此の整流の一點は世界の全先進製造各社皆可成り難儀をして居り未だ完全では無い様に思はれる。其何を以て然るかと云ふと一言にして云へば要求仕様の餘りにも複雑化して居る事に

起因すると考へられる。一體此整流の厄介を取除いて考へると電気動力方式はよくも斯の如き複雑にして變化の甚しきに使へるものかなと、電気屋自ら感歎措かぬ位自由度宏大に急峻尖頭負荷を適當に平均して居る。是を見ると斯の如き動力は蓋し電気動力以外に、當分何を以ても望むを得ない事と考へられ、然も直流に當分は重點が向ふならんかと思はれる。連続ミル、細き長物壓延等の如きは交流電力も亦可なるも、不連続性にして太く短き壓延は直流の爲し得る調整の自由を全部喰ひ盡して居る。従つて直流は分塊、厚板等によく適する。壓延作業の要求する自由度と云ふのは、なかなか拙筆を以て表はし難き複雑性を有するがざつと先づ下の如くである。

- (1) 負荷は激變して尖頭は甚大である
- (2) 制動は逆負荷で急峻動作を要す
- (3) 速度は零より過速まで名狀し難き即ち自由に複雑なる順序に變化する
- (4) 加速度及減速度は大なる負荷の下に早きを要する
- (5) 廻轉方向は正逆共特に急變自由のこと

等々である。是を發電機及電動機等に就て考へると、磁氣の廣汎なる變化を必要とする。然し幅廣に磁氣が變化はしても、變化の早さは速かでなければならぬ。即ち磁氣慣性の大なる事は許さぬ。電動機の場合は速度が又廣汎なる變化範圍を有する。發電機はそれは少ないが自體非常に高速度な形になつて居る。何れも揃ひも揃つて整流には勝手悪き要求仕様許りとなる。回轉電機に於ける電壓、電流、廻轉力及速度が皆獨立的に自由勝手に變化して、就中速度の變化は加速減速共に出来るだけ早くすべしと云ふ要求で、自身整流になつて見ると正に四面楚歌の仕様である。

〔III〕 主極及補極兩磁氣の否重疊性

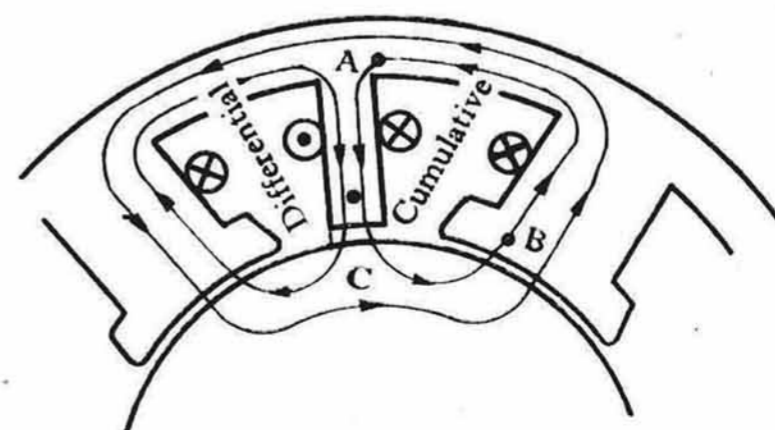
直流機に於て其端子電壓が廣汎に變動する時は其整流に難儀を感じるものである。即ち高電壓強勵磁状態に於て火花を防がんとすれば、低電壓弱勵磁状態に於ては整流は理想的に行はれない。又弱勵磁状態に於て完全なる整流たらしめんとすれば強勵磁状態に於ては火花を催す傾向を有するのが常である。従つて廣範圍に電壓を變化する整流は一寸面倒になる。之に加へて速度が變化する時は (1)磁氣の變動 (2)負荷電流の變動 (3)運轉速度

の變動なる三次元的變化を生じ益々厄介になつて來る。

整流に對する速度の影響は整流子の各片が刷子下を過ぎる周期の變化を來たし、大型電機に於けるが如き大銅帶を捲線とするが如き場合は、其整流なる半周期の交番電流に對する無効誘起電壓即ち所謂リアクタンスヴォルトは、周期に直接比例せず、不規則なる變化を作ひ來る可きは理論も之を示すのであるが、速度が整流に及ぼす眞面目は刷子のおどりと云ふべき機械的缺陷に其重要性を見出すものである、高速度に於ては刷子が甘くびつたり面につかない事速成の蒲鋒が板につかないと同様である。刷子と整流子速度との一論は過ぐる1928年に既に發表したので、今茲許には勵磁の強弱が整流に及ぼす影響を専ら考察して見やう。

一體主極と補極とは電氣的に直角の位置にあり一寸相互に干涉せず無關係なる事數學に於ける虚數と實數との如くに見える。然し今一段と精細に考へて見ると、此の電氣的直角にあるには相違はなくとも同一平面内に存する磁束が幾何學的に直角丈ずれて居るに過ぎない。平面を異にするが如き全然無關係なる夫々獨立せる磁氣ではない。故に主極磁氣と補極磁氣とを共有する鐵轂及主磁極なる磁氣回路部分に於ては或は和動的に或は差動的に働く可き筈である。主極と補極との間に存する大なる捲線を施す場所に和働勵磁と差働勵磁とが交互に存在するから二つの主極間の鐵轂の部分は磁化一様ならず、實に補極を以て正半に境されて其一半は磁氣和となり他の一半は磁氣差となること第一圖の如くである。今假りに主極の勵磁が一定で速度一定なる回轉子に負荷がかゝり即ち荷が増進して電流がかゝつて來るとすると補極の勵磁が漸増するのであるが、和によつて増す磁氣と差によつて減する磁氣とが相等しきものとせば主磁束は變化がな

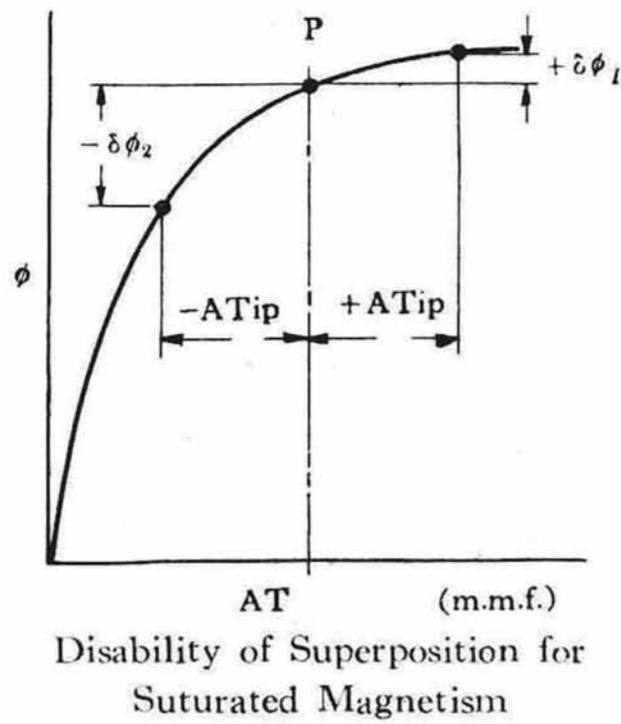
第一圖 整流磁氣回路に於ける主磁束の和働及び差働作用の説明圖



Cumulative and Differential Actions of Main Flux on the Magnetic Path of the Interpole

いので電圧や速度は變化を來さない筈なるも事實は然らず。例令分捲直流電動機とすると定電壓下に負荷を増すと極めて屢其速度が低下せず否寧ろ逆に速度が増進するが如きを見る事が多い。是は繼鐵

第二圖 飽和磁氣の否重疊性



Disability of Superposition for Saturated Magnetism

が磁氣的に飽和して居る時に顯著であつて、第二圖に示すが如く得る處少く損する所多しと云ふ平凡事相に基くものなる事は、已に能く人の知る所である。飽和状態に於ては常に得る處少く損する所多きは人事百般の定理であつて、吾が財布を顧みる時は、其誠に眞なる可きを見出し蓋し思ひ半ばに過ぎるものがあるのである。

〔IV〕 負荷電流と補極磁氣との定比性に對する主極勵磁度の効果

上述の理は兩磁氣が同一平面内に共存する爲め古來簡單に説明せらるゝが如く單純に重疊を許さず、一定主勵磁に於てすら負荷の廣い變化に對しては、分捲電動機速度遞下を逆比すると云ふ事である。今進んで負荷の廣汎の變化と同時に主勵磁も亦共に廣く變動する場合即イルグナー發電機の如き場合は上述の現象は強化して表はれる。整流に必要とする補極面上の磁氣感應は一定の發電電子負荷電流に對しては又一定の値を有するものである。此發電電子電流に對應する磁氣は、即ち補極に直列捲線を施す事により、發電電子反作用を相殺せる以上に僅か餘分に勵磁する事にて成就せられる。

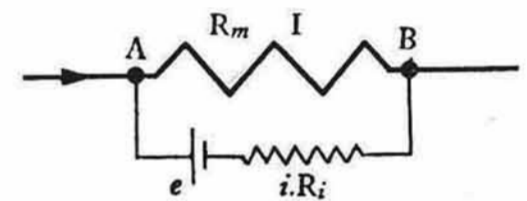
$$AT_{ip} = AT_n(1+\alpha) = AT_n + \alpha AT_n$$

となつて居り此 α なる係数は普通 0.2 乃至 0.4 位の範圍にある。然るに此 αAT_n なる勵磁により生ずべき補極面上の磁氣感應は不幸にして主磁極の強弱に左右せられその影響を受ける。補極磁氣回路は和働差働とあるにはあるが、現實に存在す可き磁氣は和働側にあるが故に和働側に就き考へて見ると其磁氣抵抗は下の如くである。

- (1) 補極空隙 (2) 主極空隙
- (3) 發電子鐵心 (4) 補極鐵心
- (5) 主極鐵心 (6) 主繼鐵

なる六部分よりなり、(1) (2) は空氣にして大抵抗なるも可成に顯著なる漏洩抵抗を有するものであり、(3) (4) (5) 及 (6) は鐵部分である。換言すれば空氣の如く磁氣的飽和性なきものと鐵の如く能く磁化するけれども直ちに飽和するものとの二部分に分割して考へる事が出来る。一般に主磁氣の一定せる場合は、多くは已に(5)(6)即主磁極鐵心及主繼鐵は飽和せるを以て之等の回路部分に費消せらるゝ磁氣電位の差異があるのである。一面漏洩磁氣が多分にして(4)即補極鐵心の飽和状と相加つて α なる係数は計算して得る値よりは大となるを常とする。此關係は等價電氣回路を以て示せる第三圖により知ることが出来る。I は大なる主電流にして R_m なる抵抗を流通せるものとす。又此抵抗の兩端には小なる電流を分岐する分路があり、そして一分路には適當なる起電力があるのである。今 I が大なる場合に若し I が一定せるならば分路電流 i は其發源起電力 e により自由に調節し得るであら

第三圖 補極磁氣の等價電氣回路



Equivalent Electric Circuit for Magnetism of Commutating Pole

う。普通に云ふ係數 α の増進は即 e なる起電力の増進であつて $I \cdot R_m$ が大なる時一定の i を得る爲には e が大でなければならぬと云ふ形を示すものである。今此の等價電氣回路に於て I が大幅に變動するものとするとき AB 兩點間の電位差 V_{AB} は可成大幅に之に從つて變動する。之に從つて分路 R_i なる抵抗を通ずる電流 i も亦變動を生ずるのである。

主極磁氣回路の磁束と補極磁氣回路の磁束とは正に茲許に説く主電流 I 及 i なる關係にある。然るに補極面上の磁氣感應は整流に對して、極度に敏感であつて e と i の關係は極めて嚴正に近き正比例性を要求する。故に補極鐵心の飽和であるとか主極、繼鐵の飽和であるとかは好ましからざる影響があるものである。補極の飽和は等價電氣回路に於ける R_i なる抵抗が i に對して無關係ならず細管に水を通ずるが如く少し多く流通すると著しき水位差異を生ずると同じ問題である。今補極の飽和と云ふ數十年の歴史を有する昔からの問題は別に取除きたい。夫が第一義的重要性を有する事は争はれないとしても少し古いので皆人が能く之を知り明かなる現象と思ふ。