水銀整流器による電動機の制御

技術部整流器課　甲　斐　弘　道

The Motor Control with Mercury Rectifier

By Hiromichi Kai
(Rectifier Div., Eng'g Dep't.)

Synopsis

The profitable points of motor control with mercury rectifier are displayed by high efficiency and quick-response precise control being large two characters of mercury rectifier. This method depend on, what is called, the static Leonard system.

In this report, I mentioned mainly the static Leonard system and its actual fitting examples.

I. 緒　　言

電動機の速度制御に水銀整流器が使用され出してから既に相当の年月を経た．初め水銀整流器は効率がよい，据付面積少く重量も小さい，保守費が少い，数百 kW 以上では建設費が少い等の利点から，欧州で製鉄用圧延機，鉱山用巻上機，送風機等に用いられた．その後水銀整流器の格子制御の利点即ち電気的慣性がなく，微少の制御電力で速応的で且つ精度の高い制御が広範囲に亘って行えるという点が重視されるようになり，線材圧延機，連続帯鋼圧延機等の仕上区間における各個ロールの速度の速応調整等に盛んに使用される傾向となって来た．同時に以上のような大容量の電動機の速応制御が進歩するに伴って，工作機械，ゴム，製紙工業等の比較的小容量の電動機の速応制御にも使用されるようになってきた。

米国においては第2次大戦以前にゴム工業でサイラトロンが使用されたのを初めとして，サイモトロール (Thy-mo-trol)，モトトロール (Mot-o-trol) という名称でサイラトロンの速応制御を利用した数 kW 程度の直流電動機速応制御方式が第2次大戦の軍需増加に応ずるために，工作機械，ゴム工業，織物工業，製紙工業，印刷工業等に盛んに使用された．その結果数百 kW 程度の電動機の速応制御にも封じ切り単極整流器が使用されるようになってきた．この傾向は丁度欧州と逆であって米国では圧延機仕上スタンドの個別運転或は可逆運転圧延機の制御等には未だ水銀整流器の利用を見ていない。

わが国においては欧州における動向に刺戟されて昭和13年に古河日光精銅所のジュラルミン圧延機制御に多極水冷型の 600V，750 kW 水銀整流器を当社が納入したのを嚆矢として，相当数この種方式のものが採用されるようになったが，欧米程には一般化していない現状である．第1表は当社の製作した実施例で我が国の殆んど全部を占めている。

第1表　当社における実施例

年度	用途	納入先	仕様	台数
昭 13	圧延機	古河電工	750kW 600V	1
昭 13	風洞送風機	逓信省	350kW 600V	1
昭 16	同上	同上	375kW 750V	1
昭 16	同上	中島飛行機	500kW 600V	1
昭 16	同上	逓信省	960kW 750V	1
昭 18	同上	中島飛行機	2450kW 750V	1
昭 18	同上	中央航空研究所	3200kW 750V	1
昭 18	圧延機	日本鋼管	3400kW 750V	2
昭 29	連続圧延機	日本鋼管	1500kW 750V	6
			490kW 750V	1
			225kW 750V	4
			154kW 220V	1
昭 29	工作機	当社	150kW 750V	1

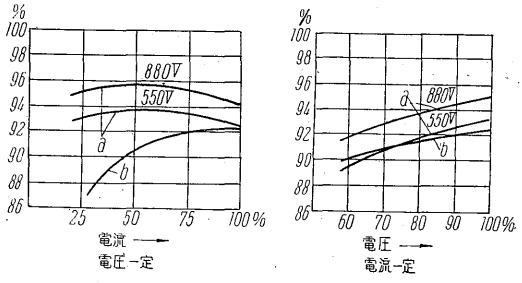
水銀整流器による電動機の制御といえば交流電動機制御に整流器を利用する特殊方式のもの，また直流電動機の界磁電流を水銀整流器で制御するもの等も含まれるわけであるが，水銀整流器の高効率，速応精密制御の2大特長を最もよく発揮するのは，いうまでもなく直流電動機の電機子電圧を電源水銀整流器の格子制御によって制御する，所謂静止レオナード方式である．以下主として静止レオナード方式を中心にして述べることとする。

II. 水銀整流器による制御の利点

静止レオナード方式の主要な利点をあげると次の通りである。

（1） 高効率であること

水銀整流器が高効率であり，しかも低負荷においても殆んど効率の低下を来さぬことが大きな利点である．第

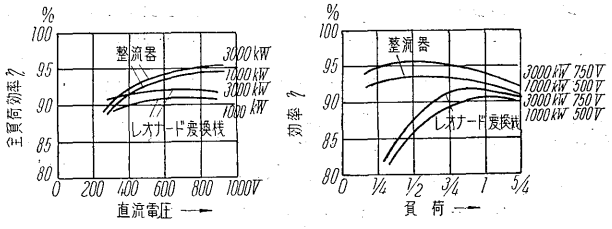


a） 水銀整流器　　b） 電動発電機

第 1 図　5,000kWに対する電動発電機と水銀整流器の効率比較

Fig. 1. Comparison of efficiency between motor generator and mercury rectifier (case of 5,000kW)

1 図は 5,000kW に対する電動発電機対水銀整流器の効率比較である．800V においては電動発電機は全負荷効率が約 92% であり水銀整流器のそれは 95% である．部分負荷においては電動発電機の効率は急激に減少するが，一方整流器では約 3/4 負荷で最高効率になる．1/4 負荷において電動発電機は約 85% に低下するに反し，整流器はなお 95% の効率を維持している．圧延機，巻上機等の断続的負荷運転の場合には整流器設備によると平



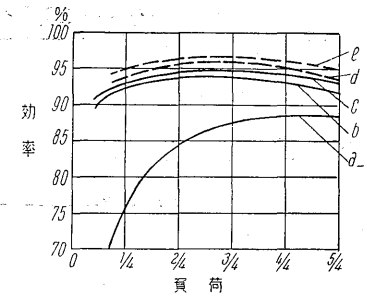
a） 水銀整流器　　b） 電動発電機

第 2 図　300 kW，1000 kWに対する電動発電機と水銀整流器の効率比較

Fig. 2. Comparison of efficiency between motor generator and mercury rectifier (case of 300kW and 1,000kW)

均して 10～15% 効率が高くなることを期待し得る．第 2 図は 3,000 kW 並びに 1,000 kW について同様の比較を行ったものである。

可逆運転電動機の制御電源としても水銀整流器が盛んに使用されるようになってきたが，この場合 2 台の整流器を交叉接続して一方を順変換器（整流器），他方を逆変換器（インバータ）として使用する方式と，1 台の整流器の主回路を切換えて順逆両用途に使用する方式とあるが，この両方式の効率の比較並びに電動発電機方式との比較を行ったものが第 3 図である．なお圧延機，巻上機等の運転において不可避の停止時間中に生ずる無負荷損失が交叉接続式整流器の場合電動レオナード変換機の



a： フライホイール無し，レオナード変換機
b： 交叉接続整流器（直流電圧 800V）
c： 単基切換整流器（ 〃　　〃 ）
d： 交叉接続整流器（直流電圧 1,200V）
e： 単基切換整流器（ 〃　　〃 ）

第 3 図　可逆運転圧延装置電源用各種変圧器の効率

Fig. 3. Efficiency of several transformers for electric source of reversible operating rolling mill

13%，単基切換式整流器の場合には 10% 程度になる。

水銀整流器を使用する場合には損失となるアーク電圧は直流回路電圧に無関係にほぼ一定であるから，直流回路電圧が高い程効率がよい．我が国では米国流に被制御電動機の電圧を 600～750V としているため 750V 以上の例はないが，欧州では 1200V 乃至 1500V のものも行われている。

（2） 水銀整流器の方が価格が安いこと

1500 kW 乃至 2000 kW 程度のもので交叉接続式で多極水冷型整流器 2 台を使用する場合，電動レオナード式に比し約 78 %，単基切換式で整流器 1 台使用する場合には約 54% という欧州における価格比較の実例があるが，比較数値は各国によって機種による相違もあるので一概にいえないが，以上のような傾向にあることは確かと考えてよいと思う．なお整流器は回転機に比べて小型軽量で，このため建屋は僅少の据付面積と建設費ですみ且つ大きな基礎は全く不用である。

水銀整流器自体は過去において水冷方式であったが，風冷方式が発達してきた爲に非常に小型軽量になり，水冷の煩らわしさもなく，電動機運転用に適したものになったことも見のがすことのできないことである．従来大容量電動機の制御には水銀整流器が用いられたが，小容量電動機の制御に比較的使用されなかったのは多極水冷型の整流器が比較的高価であったことも一因であるが，水冷であり且つ真空排気装置が付属し取扱いに不便であったことも一因であった．欧州においてこの10年位のうちに水銀整流器による電動機の制御が広く用いられるようになった大きな原因は，真空ポンプのいらない封じ切り鉄製風冷式水銀整流器が完成されたことである。

当社では既に我国最初のポンプ無し封じ切り整流器を完成し十数台実際運転を行い好評を得ているが，第 2 表

に示すように小容量のもの迄含む標準型式を完成した。

なお水銀整流器の小型軽量化により機器配置上一つの利点を生じた．即ち回転機の場合は据付上ある大いさの

第 2 表　ポンプ無し封じ切り風冷式整流器標準

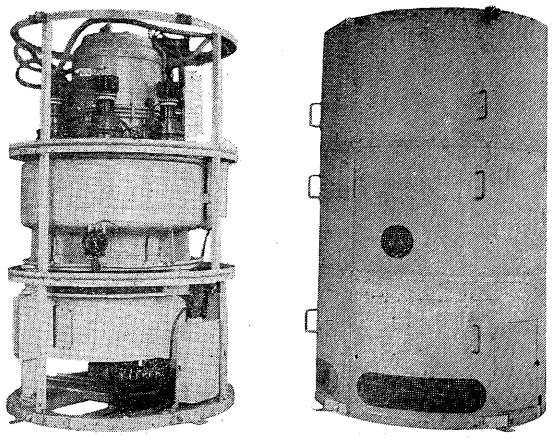
型名称		PSL 0311A	PSL 0611A	PSL1211	PSL2011
定格電圧 (V)		600/1500	600/1500	600/1500	600/1500
定格電流 (A)		350	700	1250	2000
定格出力(kW)(連続)		200/500	400/1000	600/1500	1000/2500
寸法	本体直径	715	990	1235	1500
	上部直径	370	460	595	690
	本体高さ	1100	1300	1750	1900
	全幅	1200	1250	1420	1600
	全奥行	2200	2300	2420	2850
	全高	1770	2000	2530	2850
床面積 (m^2)		2.64	2.88	3.44	4.55
本体重量 (kg)		400	630	1000	1450
総重量 (kg)		1200	1450	1850	2100
送風扇出力 (HP)		0.25	0.5	1	2
		0.25	0.5	1.5	3
所要風量 (m^3/s)		約 0.375	約 0.75	1.5	1.8

床面が必要なので，被制御電動機のすぐ傍に据付けることはできないが，整流器の場合はそのような配置が直ちに可能である．それ故に接続線が短かくその損失も少くまた圧延機その他の主機器と整流器の両方に運転者が直接監視しつつ運転することができる．第4図はかかる場合に使用する保護筒を有した整流器の外観を示す。

（3） 広範囲且つ損失少い速度調整が可能であること

水銀整流器は格子制御によりほぼ電圧零から最大電圧迄広範囲に制御を行うことができるから，電動機の起動に起動機を要しないのは勿論，電動機の速度も広範囲に変化することができる．制御は格子電圧の位相を変化せしめるのみで制御の爲の電力損失は極めて僅かである．格子電圧を移相するには直流励磁リアクトルが通常使われるが，直流励磁に要する入力は数十 W 程度であり，整流器の出力は数千kW であるから出力増幅率が 10^5 程度となり，電動レオナード方式の 10^2 に較べて大きい。

水銀整流器は格子電圧移相を 90° 以上遅らすことにより逆変換器として使用すれば電動機の回生制動も行うことができる．最近の欧州の傾向としては逆変換器運転を行うことが広く行われている．わが国で逆変換器が初めて実用化されたのは朝鮮鉄道局京元線 3,000V 電化の時回生制動用として当社が多極水冷型 2,000kW を納入し



第 4 図　ポンプ無し封じ切り多極風冷型 1,500kW 1,500V

Fig. 4. Pumpless permanently-sealed mercury rectifier multi-pole air cooled type

て昭和17年が最初であるが，その後国鉄福米線の回生制動，日本軽金属の電力逆送，同和鉱業，旭化成等の静止型周波数変換器等に盛んに実用され，今日水銀整流器による制動逆転には技術的難点はないといってよい。

（4） 制御が速応的で且つ精度が高いこと

水銀整流器は電子装置であり格子に制御電圧を加えてから陽極が点弧するまでの時間的遅れが殆んにない（約 10^{-6} 秒）ので，水銀整流器による電動機速度制御に要する時間で問題になるのは整流器電圧を変化してから電動機の速度が変化するまでの時間と，速度変化その他の信号によって格子電圧移相を変化せしめる移相装置の所要時間とである．第1の点は電動ワードレオナード方式では直流発電機の界磁電流を変化せしめるし，被制御電動機の界磁電流を直接制御する場合でも，何れも直流機界磁電流を変化せしめるわけで，これ等に比べると静止レオナード方式では直接電機子電圧を変化せしめるので大略 1/10 以下の時定数と考えてよい．第2の移相装置の所要時間は速応性および制御精度がそれ程要求されないときは，機械的の移相器を使用するので大して速くはないが，速応性が問題となるときは直流励磁リアクトルを使用した電気的移相回路を用い，制御精度をあげるために一般には整定値と被制御量の差を直接格子制御回路に加えずに第3表に示すような増幅器で増幅して加えるので速応的な制御ができる．線材圧延機械あるいは薄板圧延機の連続圧延仕上区間においては各ロール間の回転速度の相違，圧延材を噛込んだときの瞬間的速度低下によって圧延材の引張りあるいは弛みを生ずるので，圧延速度が速くなる程，且つ各スタンド間の距離が短い程ロール回転数の精密速応制御が必要となってくる．欧州ではかかる場合に各ロールの駆動電動機を各個別の水銀整流器により電子管増幅器を用いて速応制御することが盛んに

第 3 表　各種調整器による増幅率

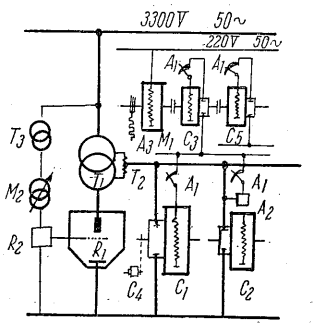
	動作時間 (s)	増幅率
電子管増幅器	10^{-2}……10^{-3}	10^{6}
チリル調整器	10^{-1}……10^{-2}	1……10^{2}
ワルツ調整器	10^{-1}	10^{1}
アンプリダイン	10^{-1}	10^{3}……10^{4}
磁気増幅器	10^{-1}……1	10^{4}
油圧調整器	0.5 ……1	10^{1}……10^{3}

行われている．米国ではサイモトロール等には電子管が盛んに使用されているが，整流器による大容量電動機の自動制御には使用されず，専ら磁気増幅器およびロートトロールまたはアンプリダインが使用されている。

III.　当社における実施例

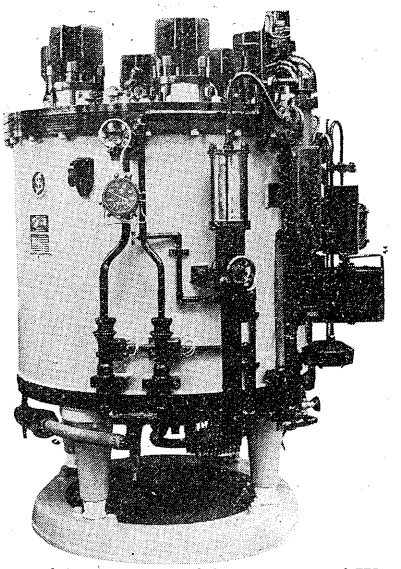
第1表に記載された当社における実施例中代表的な幾つかについて少し詳細に紹介する。

製作年度順に先ず古河電工日光精銅所のジュラルミン圧延機について述べよう．この圧延装置は圧延機と巻取機とよりなり，圧延電動機は 750/290H.P., 600/250V, 500-800/200-250 R.P.M., 励磁は複巻で分巻巻線は 230 V 励磁機で励磁される．圧延材料の速度は材料の性質および圧延の程度によって異るが，この装置では410～660 ft/min および 168-206 ft/min の2種で，第1に対しては電動機速度は 500/800 R.P.M. となり，第2に対しては 200/250 R.P.M. に低下せしめることが必要となる故，使用範囲は 100-500-800 R.P.M. および 100-200-250 R.P.M. となる．この速度範囲に対して水銀整流器の特性を有利ならしめるため変圧器のタップ切換によって 600V および 250V の2種の電圧とした．500-800R.P.M. および 200-250 R.P.M. 間の速度の設定は界磁調整によるが，一度所要速度に設定すれば 100 R.P.M. から格子制御によって所要速度まで上昇せしめる．従って 500-800 R.P.M. 間では 750 H.P. 一定であり，200-250 R.P.M. 間では 290 H.P. 一定である．巻取電動機は複巻で分巻巻線は圧延機と同様 230V 励磁機で励磁される．この電動機は歯車によって巻取機に連結され，速度調整範囲は圧延機をでる材料の速度，巻取枠の直径および歯車の減速比等によって変化する．巻取枠の直径は 22 in で巻取の終りには 28 in まで増加するから巻取機の最大速度は巻取枠の直径が 22 in で材料の速度が最高の場合であり，最低速度は直径が 28 in で材料の速度が最低の場合であり，更に材料のたるみを考慮して 10% の余裕をみれば，材料の速度 410～660 ft/min に対して 500～1150 R.P.M., 165～206 t/min に対して 200～360 R.P.M. となる．これの界磁調整器は圧延機用電動機のそれと機械的に連繋されており，両者の関係速度を緊密にしている．回路図は第5図に示す通りで水銀整流器は第6図に示した多極水冷型 750/312 kW, 600/250 V, 1250 Aで上記両電動機の電機子に接続される．格子制御は尖頭波変圧器を用いるが，移相装置としては普通の機械的移相器を使用した．この圧延装置では圧延機と巻取機間の材料の張力を一定にすることが最も問題であるが，これは振動型自動調整器ワルツレギュラーを用いている．巻取機の電



C_1 圧延用電動機
C_2 巻取用電動機
C_3 励磁機
C_4 タコメータダイナモ
C_5 補助発電機
M_1 誘導電動機
M_2 移相調整器
A_1 界磁調整器
A_2 ワルツレギュラー
A_3 起動抵抗器
R_1 水銀整流器
R_2 格子制御装置
T_1 主変圧器
T_2 相間リアクトル
T_3 補助変圧器

第 5 図　概略接続図
Fig. 5.　Apppoximate connection

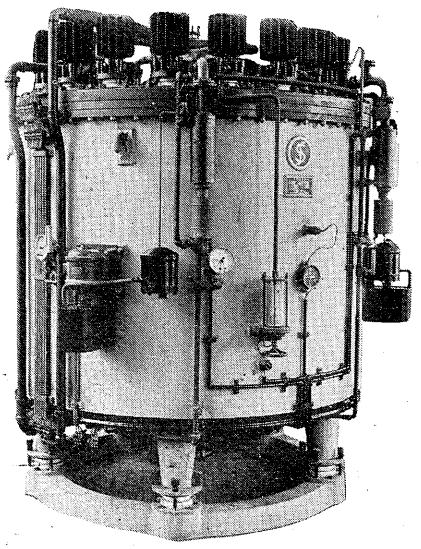


第 6 図　古河電工圧延用多極水冷型 750 kW, 600V
Fig. 6.　Multi-pole water cooled type mercury rectifier for rolling mill (Furukawa Denko K.K.)

機子電流の変化に対してその界動磁電流を自動的に調整して所要一定張力で巻取ることを可能とするものである．この水銀整流器は昭和13年に据付以来今日までずっと運転を継続して好成績を収めている。

次にこれと殆んど時を同じくして逓信省航空局に多極水冷型 350 kW 1台が納入され，航空機試験用の模型高速風洞用送風電動機 100 H.P. 4台の制御に用いられた．これも格子制御は，機械的移相器を用いたものであった

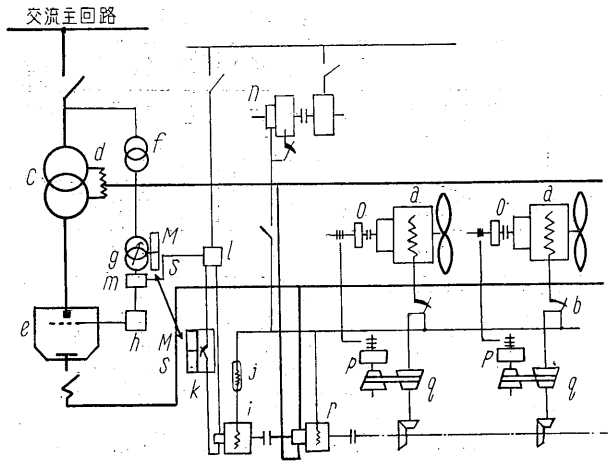
が，これが好成績であったので第1表記載のようにその後引続いて試験風洞用の水銀整流器が製作された．その最も代表的なものは中央航空研究所に納入された 1350 H.P. 送風機電動機4台の速度制御用に使用された多極水冷型 3200 kW, 750V である．第7図はその外観であり第8図はその回路の大要を示したものである．本装置では電子管調整器を使用して精密な速度制御を行った点が技術的に特記すべきことである．(*i*) は定速度保持用タコメータダイナモであって，電圧調整器 (*k*) の把手を或位置に設定すると，これと追従装置によって電気的に連動せしめられている格子電源の機械的移相器が回転して，設定速度に応ずる点迄格子電圧移相を変化せしめる．自動定速保持装置としてはタコメータより信号を受ける電子管調整器 (*l*) によって格子電源に機械的移相器と直列に挿入されている直流励磁リアクトル利用の電気的移相装置 (*m*) を動作せしめる方式を採用している．4台の電動機の自動並速保持装置としては，電気式差動歯車装置を使用する．指導電動機 (*r*) は主直流回路に接



第 7 図　中央航研風洞送風用多極水冷型 3,200kW, 750V

Fig. 7. Multi-pole water cooled type mercury rectifier for wind tunnel blower (Chuo Koken)

続せられている故，主電動機と同時起動，運転，停止する．差動歯車装置 (*q*) の1軸はこの指導電動機で運転される指導軸に，他の1軸はセルシン機 (*o*) および (*p*) と円錐調車により電気的に主電動機に，またこれ等2軸の回転の差によって動く第3軸は主電動機の界磁調整器 (*b*) に各々連結せられている．今何かの原因で各機が指導電動機により決定された設定速度より外れると，この速度変化はセルシン発信機より受信機に伝えられ，差動歯車装置の釣合が破れて第3軸が回転し，界磁調整器により主電動機を元の設定速度に戻すように調整する。



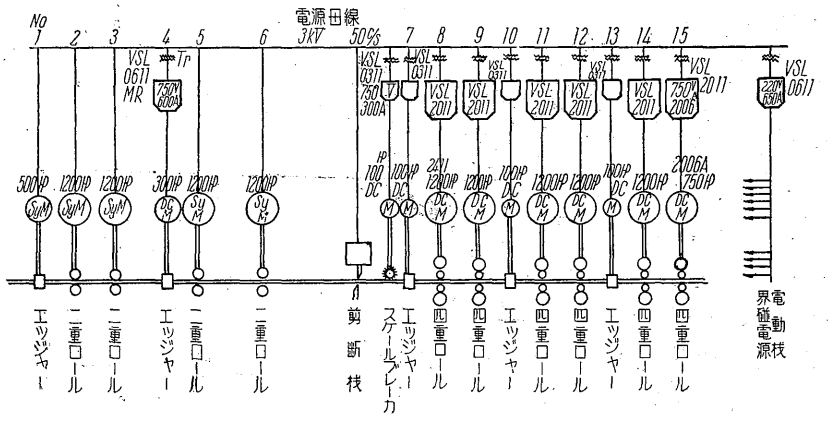
a. 主直流電動機
b. 界磁調整器
c. 主変圧器
d. 相間リアクトル
e. 水銀整流器
f. 補助変圧器
g. 移相器
h. 格子制御装置
i. タコメータダイナモ
j. 鉄線電球
k. 電圧調整器
l. 真空管調整器
m. 直流励磁リアクトル
n. 励磁用電動発電機
o. セルシン発信機
p. セルシン受信機
q. 差動歯車装置
r. 指導電動機
M. 調整器操作電動機
S. セルシン発信機

第 8 図　3,200 kW, 750V 風洞送風用多極水冷型回路図

Fig. 8. Circuit of mercury rectifier for wind tunnel blower, multi-pole water cooled type

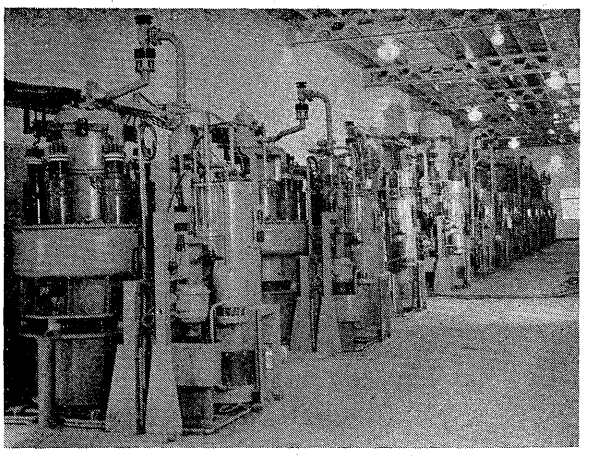
主電動機が設定速度に戻れば差動歯車装置は釣合って第3軸は回転を停止する．即ち4台の電動機の速度は常に指導電動機の速度に合致するように自動的に調整せられる。

日本鋼管のスケルプミル連続圧延装置は我が国最初の水銀整流器による個別運転制御方式のものであり，この設備の大要は第9図に示す通りで，粗圧延区間はロール4台，エッジャー2台，スケールブレーカーを経て仕上圧延区間ではロール6台，エッジャー3台の構成で，仕上区間9台と粗区間2台の電動機を各々個別の水銀整流器で制御するものである．第 10 図は据付けられた水銀整流器であってすべて多極風冷型 300A, 600A, 2000A の3種の容量のものを使用する連続圧延装置であって，圧延速度は仕上区間では非常に早くスタンド間の距離が小さいから圧延材がロールに噛込んだ時の電動機の速度変動を最小限に抑え，かつこれを速応的に回復してやらないと圧延材の引張りあるいは異常弛みを生ずる．また電源電圧の変動その他も圧延に影響のないようにしてやらねばならない．制御の速応性および精度は電動機の速度低下2%を 0.3 秒以内に 0.1% に回復するという要求があり，第 11 図は回転数と電機子電流のオシログラムの1例である．このために直流励磁リアクトルを用いた特殊電気移相器を格子回路に使用し且つ速度変化の信号を電子管増幅器によって直流励磁リアクトルに云えるようになっている．第 12 図は電気的移相器の動作説明図であって，格子尖頭変圧器の電源格子変圧器に並列に蓄



第 9 図　日本鋼管納入スケルプミル連続圧延装置概略図

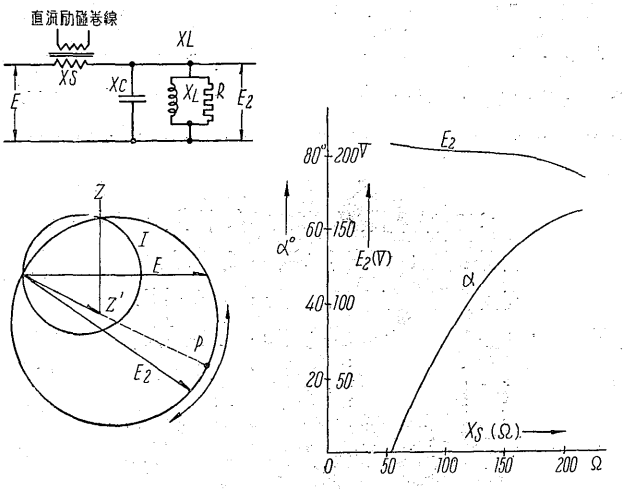
Fig. 9. Approximate diagram of scalpe mill (Nippon Kokan)



第 10 図　日本鋼管スケルプミル用多極風冷型

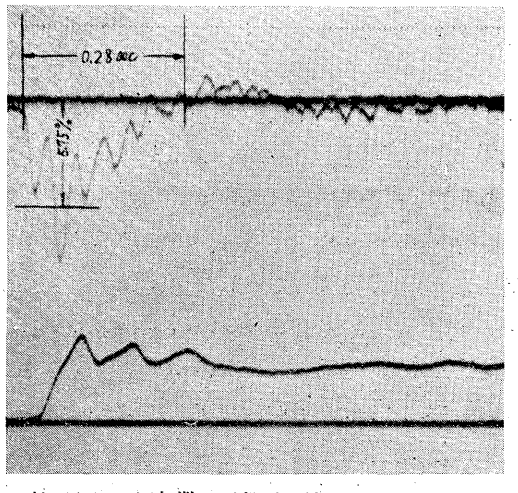
Fig. 10. Multi-pole air cooled type for scalpe mill (Nippon Kokan)

電器を接続して電気的に抵抗回路と見做し得るようにし，これに直流励磁リアクトルを挿入したものである．これで直流励磁リアクトルのリアクタンスを変化せしめれば格子変圧器にかかる電圧の大きさは変化が極めて少く位相を 60° 程度変化せしめることができる．第13図は電子管増幅器回路の大略を示したものであり，移相用直流励磁リアクトルの直流励磁電流により電流継電器を動作せしめ機械的移相器の駆動用電動機により自動追随を行い，電子管増幅器および移相用直流励磁リアクトルを常に応動最良状態に保つようになっている．各ロール電動機に直接接続されたタコメータダイナモ電圧と標準電圧とを比較して各ロール電動機の速度を設定速度に一定に保つ回路の他に，各ロール間の圧延材の弛みがある程度以上になると



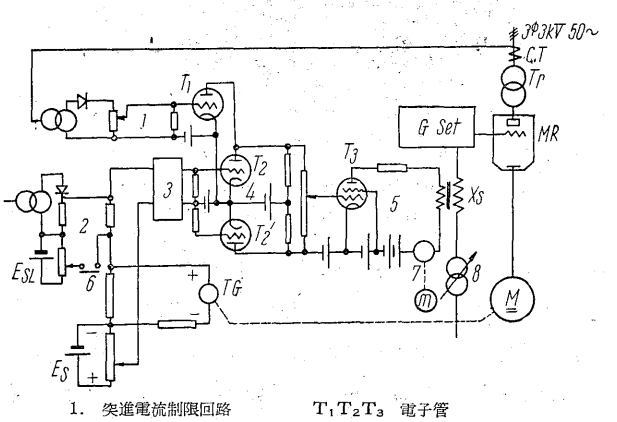
第 12 図　電気的移相器動作説明図

Fig. 12. Acton of electric phase shifter



第 11 図　回転数と電機子電流のオシログラム

Fig. 11. Oscillogrom of revolution and stator current



1. 突進電流制限回路
2. ループリフター回路
3. 乱調防止回路
4. 電圧増幅回路
5. 出力管回路
6. ループリフター用リレー
7. 移相器駆動用リレー
8. 移相器

$T_1T_2T_3$ 電子管
E_{SL} ループリフター用標準電圧
E_s 標準電圧
TG タコメータ発電機
m 移相器駆動用電動機
X_s 移相リアクトル
M 主電動機
MR 水銀整流器

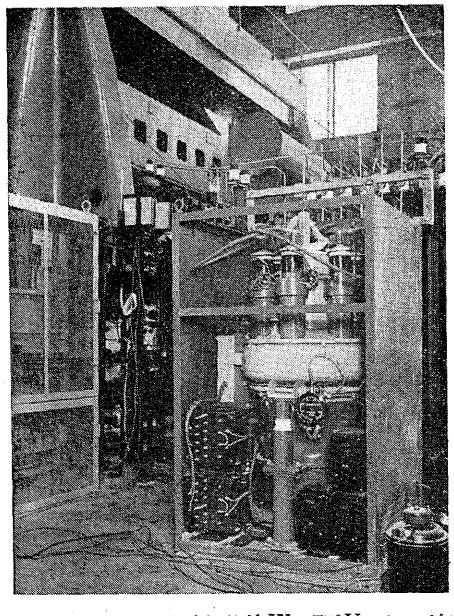
第 13 図　電子管増幅器回路

Fig. 13. Circuit of electron tube amplifier

信号を発して電動機を制御するループリフター回路も設けられ，前段圧延機と適当な関係速度を保ち引張りのない圧延を行うようにしてある．水銀整流器の制御速度をこのように極力早くすると，電動機の慣性のため過大電流が流れる危険があるので，電流制限を行う必要があり，これには整流器用変圧器交流側に変流器を設け，これより突進電流信号を受け電子管増幅器に与えるようにしてある．また種々な擾乱がある場合に制御精度，制御速度を犠牲にすることなく乱調防止する回路が設けてある．これ等は電子管の格子回路に設けるので装置として非常に簡単である．なお電子管としては日本電気の御好意により信頼度の高い特殊定格の真空管を使用することができた。

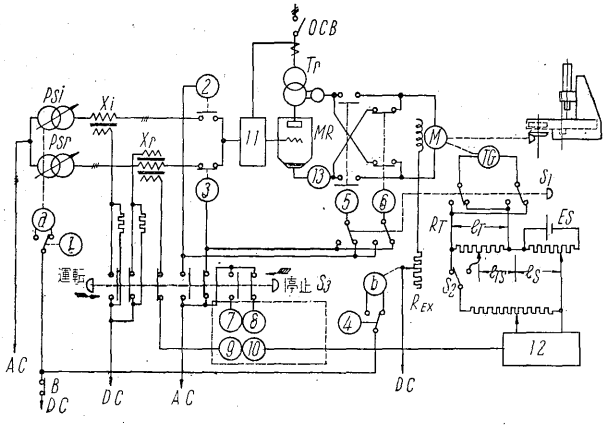
当社においては12m ターニングを第14図に示すポンプなし封じ切り多極風冷型整流器 750V，150kWで運転している．第 15 図はその概要接続図である．その特長とする点は，停止の場合に順変換器を逆変換器として主回路を切換えて制動をかけること，一定回転速度制御および定速度切削制御を行い，その制御精度および速応性を高めるために電子管増幅器を使用していることである。

操作はすべて押釦開閉器により行い，主制御盤および刄物台2個所の何れの場所においても行うことができる．一定回転速度制御は標準電圧装置の分圧 e_s と主電動機タコメータダイナモの電圧 e_T との差を電子管増幅器で増幅してその出力を格子回路の移相用直流励磁リアクトルに加え格子制御を行う．増幅器の出力電流を継電器 9，10 で取らえて機械的移相器 PS_r および界磁抵抗



第 14 図　ターニング用 150kW，750V ポンプ無し封じ切り多極風冷型

Fig. 14. Pumpless permanently-sealed multi-pole air cooled type mercury rectifier for turning machine



PSi	インバータ用移相器	S_2	定速回転→定速切削制御切換開閉器
PSr	整流器用移相器		
Xi	インバータ用移相リアクトル	S_3	運転，停止用押釦開閉器
Xr	整流器用移相リアクトル	a	移相器駆動用電動機
MR	整流器	b	界磁抵抗器駆動用電動機
M	主電動機	1～4	電磁接触器
TG	タコメータダイナモ	5.6.	主回路切換器
Es	標準電圧装置	7.8.	補助リレー } 1,4 付勢用
REX	界磁抵抗	9.10.	電流リレー } 1,4 付勢用
RT	分圧用抵抗	11.	格子制御装置
S_1	回転方向切換開閉器	12.	電子管増幅器

第 15 図　ポンプ無し封じ切り多極風冷型整流器 750V，150kW 接続図

Fig. 15. Connection diagram of pumpless mercury rectifier, multi-pole air cooled type.

器 R_{EX} の駆動用電動機の電磁接触器 1，4 を付勢して自動追随をさせている。

定速度切削の場合には負荷抵抗 R_T の一部の電圧 e_{TS} と標準電圧 e_s との差により前記同様に制御される．R_T の分圧 e_{TS} は刄物台の位置と連動しており e_{TS} はターニングの中心とバイトの距離に比例するようになっているので e_{TS} を一定になるように制御すれば定速度切削を行うことができる．停止の場合には停止押釦により増幅器が切離され X_r の予備励磁電流の減少により移相器 PS_r により設定された格子制御角はその点から 20° 遅れ整流器出力電圧は下り主回路切換器 5，6 は無負荷にて切換えられると同時に電磁接触器 2，3 も切換えられ，格子制御装置も逆変換器用移相器 PS_i，リアクトル X_i に切換えられ逆変換を行い急速に停止することができる。

IV. 結　　言

以上実施例についてのみ述べたが，電源交流回路への格子制御が大となるため，無効電力の尖頭値が大で力率を低下することを改良する非対称格子制御方式，電鉄交流電化に伴う整流器機関車，交流電動機速度制御用整流器等種々の問題もあるが，ここには省略することとする．なお小型ポンプなし封じ切り整流器の完成と共に小容量電動機の速度制御にも広く整流器を使用されることを望むと共に，我が国の電子管に工業用特殊定格のものが早く開発されることを願う次第である。

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。