

水銀アーク変換装置の電動力応用

浅野 弘* 吉岡孝幸** 白木 勇***

The Application of Mercury Arc Converters to Motor Drives

By Hiroshi Asano, Takayuki Yoshioka and Isamu Shiraki
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The mercury arc converter has a long history of application in the fields of electric railways and chemical industry but it is recently that this device has been brought into wide industrial application. This may be ascribed partly to such reasons that the mercury arc converter has come to develop high efficiency even in low voltage use, that the air-cooled type has been developed to replace the water cooling type, and that the semi- or sealed-off type has been made available which spares the trouble of evacuation. But the more important reason should be found in that the non-inertia control by this device has come to be utilized to the fullest value due to the development of automatic control system of late.

Hitachi's fundamental research on the static Leonard systems for mercury arc converters for over twenty years has brought forth several tangible fruits recently such as those for 2,000 kW D.C. mill motors, 1,300 kW D.C. motors coupled with alternator, D.C. motor for wire rod mill drive, etc. The present article gives general description of them.

〔I〕 緒 言

水銀整流器は電気鉄道および化学工業用としては古くから使用されているが、電動力応用に活発に使用され始めたのは比較的最近のことである。その理由としては、水銀整流器が低電圧でも高能率となつたこと、従来の水冷から進んで風冷でも製作され、さらに排気の心配のいらない封じ切り型または半封じ切り型が出現したことなどが考えられるが、もつとも著しいのは自動制御機器の発達によつて水銀整流器による無慣性制御の特長を遺憾なく発揮しうるに至つたことである。

アーク変換装置の電動力応用を大別すると

- (1) 直流電源として直流電動機速度調整を行うもの
- (2) 順逆変換装置の組合せによつて可変周波数交流電力を交流機に供給してその速度調整を行うものに分けられる。前者は一般的に静止レオナードといわれ

* ** *** 日立製作所日立工場

ているもので、後者はやゝ特例である。本文では前者についてのみ述べる。

日立製作所では、昭和 10 年以來静止レオナードの研究を行つてきたが、最近では圧延機用 2,000 kW 直流電動機用、交流発電機に直結せる 1,300 kW 直流電動機用、線材ミル用直流電動機研究設備用、交流機励磁機用などの静止レオナード設備を製作している。本篇ではごく一般的に静止レオナードの概念について説明する。

〔II〕 静止レオナードの特長

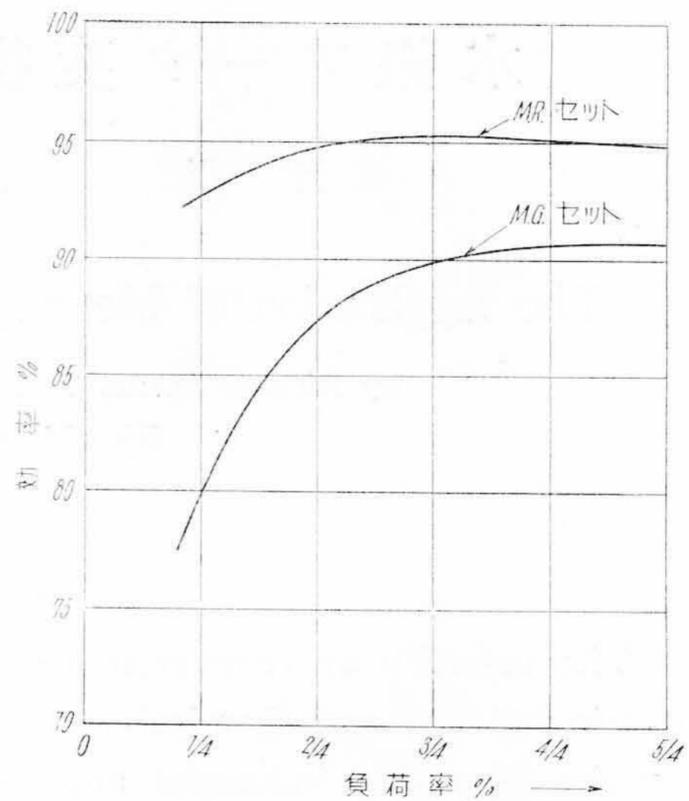
水銀整流器は電子およびイオンの制御によつて電圧、電流制御を行うものであるから、回転機のごとき電磁的および機械的慣性がない。しかも整流器の制御に要する電力はきわめて少く、数ワットあるいは数十ワットである。この二点を活用することによつて、静止レオナード方式が電動力応用の分野に広く進出するに至つたのであるが、その他の特長を一括して示すとつぎの通りである。

- (1) 大容量電動機の世界調整を迅速、精密に行うことができる。
- (2) 総合効率が良好である。特に部分負荷でも効率は低下せず、全日能率が良い。
- (3) 中、大容量の場合には機械価格が他方式より安い。
- (4) 静止機器でかつ軽量であるから建屋の基礎、支柱、吊上設備が簡単となる。
- (5) 特別の構造にしないでも瞬間過負荷耐量が多い。
- (6) 保守は簡単で、維持費が安い。

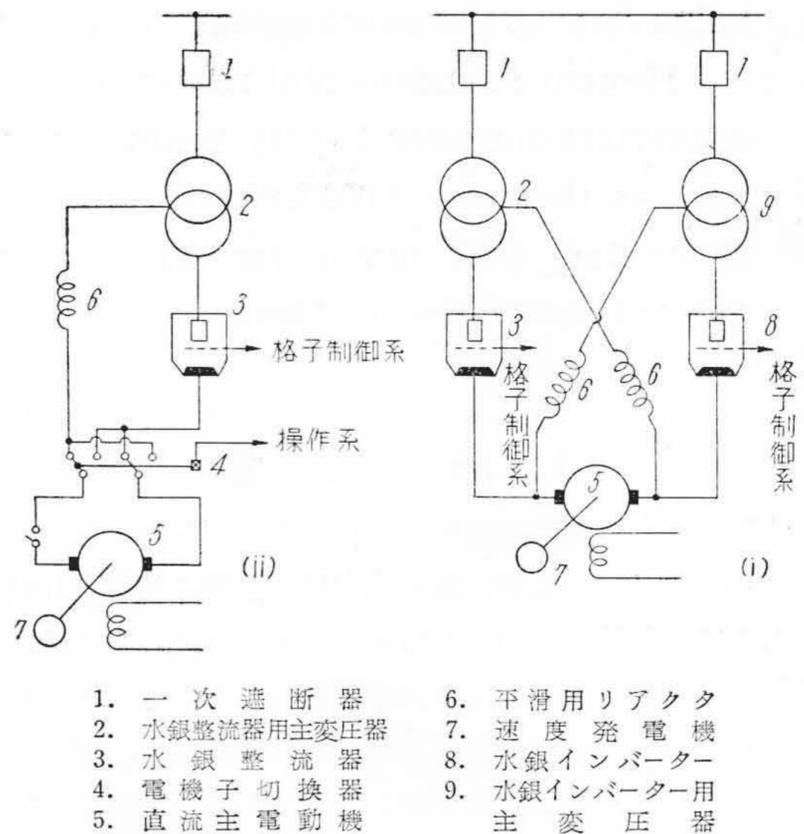
しかしこの反面、位相制御を大幅に行うと受電系統の力率がやゝ悪化すること、受電側周波数の変動の影響はほとんど問題ないが、電圧変動はそのまゝ直流側にあらわれるなどの欠点もある。それ故静止レオナードを使用する場合には、使用条件に応じて位相制御率が少なくてすむような変圧器タップとの組合せを考え、出力容量に応じて変換器相数を適当に増加し、電圧変動は自動制御方式で補償するなどの方策が講じられる。これらの方策の必要にもかゝらずなおアーク変換器の使用は欧米各国でもますます拡大しつつあり、その利点がいかにすぐれているかを示している。

つぎにこれらの利点について少し説明を附加えよう。たゞし水銀整流器、制御装置、制御方式などについては別項で説明するので詳論を省く。

電動機の世界制御の速応性は主として制御系の増幅装置、および電源装置の時定数に依存してゐる。ワードレオナード方式の場合には、励磁機、特に主発電機の磁氣的慣性が大きく、かつ制御電力が比較的大きいため増幅装置も大型となり、その時定数も増加する。しかるに静止レオナードの場合には、整流器本体の時定数は無視しうる上、制御電力が小さいので磁気増幅器あるいは電子管増幅器を使用して僅か 10 ms で整流器出力電圧を 100% 変化せしめることができる利点がある。つぎに静止レオナードの効率がワードレオナード方式に比しすぐれていることは第1図に示す通りである。整流器ではアーク損失がおもなものであるが、最近の型ではその値が15~25 V の範囲にあるので低電圧、小容量物でも効率は著しく良好である。加うるに回転機の場合のように無負荷損失が存在しないので、主変圧器および補助装置の損失を含めた総合効率が比較しても回転機よりすぐれている。整流器本体の重量は回転機に比しきわめて少なく、2,000 kW 級で回転機の 1/3 以下である。このように静止レオナード方式は多くの長所をもっているが、電力応用に広く使用されるには電動機の可逆運転が容易に行われることが必要であり、この点は回転機程簡単でない。



第1図 静止レオナードとワードレオナードの効率 1,000 kW/600 V/1,666 A
Fig.1. Efficiencies of Static Leonard and M-G Set



第2図 静止レオナードの可逆運転方式
Fig.2. Two Reversing Systems of Static Leonard

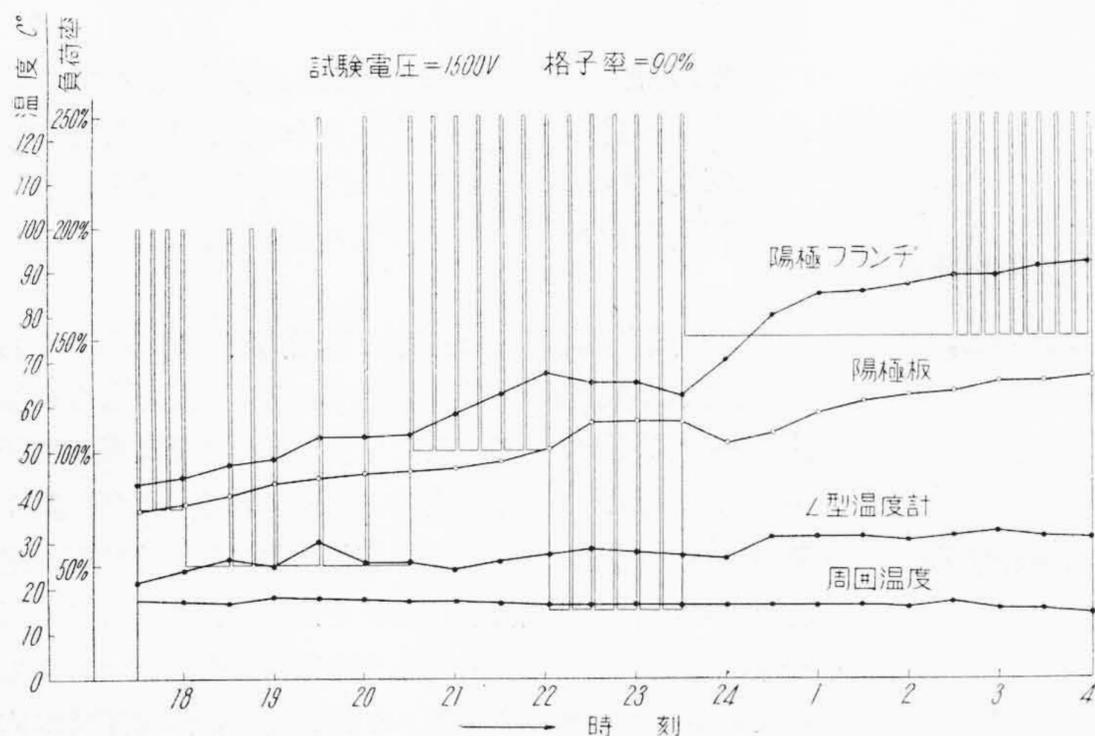
第2図は可逆運転方式の二例を示したもので、(i) は2台の変換装置を設ける方式 (ii) は1台の変換装置で直流側の切換装置の開閉を格子位相制御と連動させる方式である。(i) は建設費に (ii) は制御方式になお難点があるが、このような可逆運転方式の進歩は静止レオナードの発展をさらに前進せしめるものと考えられる。

〔III〕 静止レオナード用水銀アーク変換器

この用途に用いられるアーク変換器は、本質的には、従来電鉄用あるいは電気化学用に使用されてきたものと異なるものではない。しかし電動力応用におけるつぎのごとき特性上の諸要求に適応した設計上の考慮が払われている。

- (1) 平均負荷率が低く、尖頭負荷が著しく高い。特に被制御系の速応性が強く要求される場合には尖頭負荷は特に大となる。これらの尖頭負荷は位相制御された状態で現出するが、これに対する整流能力が十分であること。
- (2) 格子制御性能が完全で、制御電力が少ないこと。ことに精密、速応制御の場合この点が重要である。
- (3) 保守取扱が簡単で、信頼度が高く、保守員が多少不慣れでも完全な運転ができること。他に予備機がなくても十分信頼して運転のできるものであること。

平均負荷が低く尖頭負荷が高いことは、整流タンク内の水銀蒸気密度が低いところに急に過負荷がかかるので陰極から蒸発する水銀蒸気量が不足となり、アーク電圧が急昇し変換器に一種の衝撃的荷重を加えた形となる。この種の負荷は従来もアルミ電解負荷および編成車輛台数の多い地下鉄道負荷などでも経験しているが、これらの経験および研究を通じて、現在ではこの要求に対して十分余裕のある変換器を製作することは容易である。第3図は代表的な日立製作所の整流器の工場高圧負荷試験



第3図 単極風冷水銀整流器尖頭負荷試験
(2,000 kW/1,500 V/1,333 A 重負荷公称定格)

Fig. 3. Peak Load Test of Single Anode Air Cooled Mercury Rectifier

の一部を示す。この試験では負荷として逆アーク変換装置(インバータ)を用い、インバータの格子制御によつて尖頭負荷の変化を急峻ならしめ電動力応用負荷に類似せしめたものであり、起動時に発生する尖頭負荷、尖頭負荷の繰返しなどもなんら異常なく運転できることを示している。

第二の格子の性能については、上記の風冷単極整流器でも採用している二重格子方式が優秀な効果を示す。

格子制御性能は主として格子を中心とする内部構造によつて左右されるが、あまりに格子制御能力を強くするとアークの通路を阻害し、アーク電圧が増加して効率が低下し、過大電流流通時には異常電圧の発生が懸念される。しかるに単極型変換器ではそのような心配はなく、二重格子、必要に応じては三重格子にして自在に所望の制御性能を与えることができる。

格子制御電力の小さいことは制御回路の時定数を減少し、高級、精密な制御を行うために必要である。

単極エクサイトロン整流器ではかなり大容量まで6極で製作することができるので、制御電力は数十ワットで済すことができる点の一つの特長である。

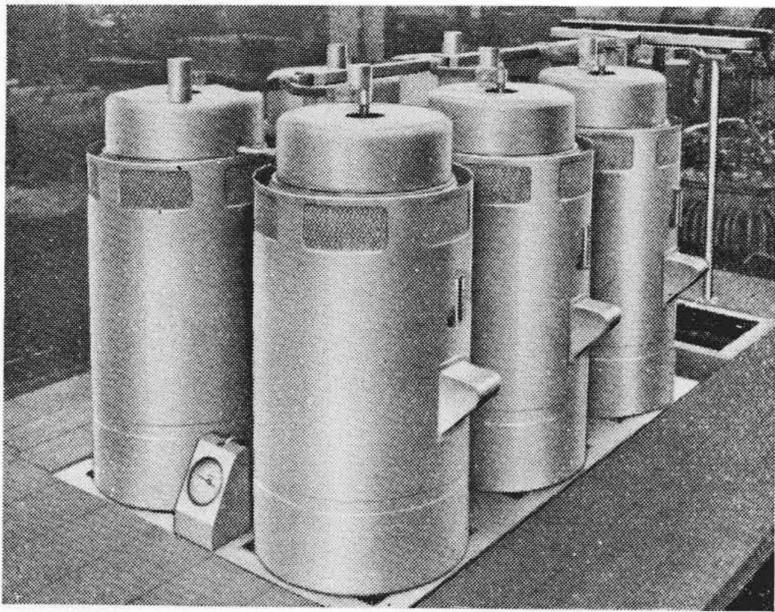
アーク変換器の信頼度は、従来回転機のみが使用されていた方面の分野に進出する上にもつとも重要なことである。従来の経験および我国整流器の使用実績調査によれば、本体の問題よりも排気装置の機械的事故や、冷却水流通部分の水漏れや腐蝕が多いことが判明している。しかしこれらの問題についての技術は最近著しく向上し、それぞれ適切な対策が施されている。封じ切りまたはこれに準ずる変換器を使用すれば、現地における電流

化成や真空の監視は不要である。風冷式変換器を用いれば冷却水の事故はなく、またたとえ水冷式であつても防蝕対策はほとんど完全である。

さて電動力応用に使用されるアーク変換器の各形式の利害得失は軽々に論断することはできないが、250~800 V の場合に対してもつとも適当と考えられる器種を挙げるとつぎのごとくである。

アーク変換器容量	型式
① 3,001 A 以上	単極水冷排気型
② 2,001~3,000 A	単極風冷排気型
③ 501~2,000 A	単極風冷封じ切り型
④ 500 A 以下	同上および多極風冷封じ切り型

これらの器種はいずれもいわゆる



第4図 封じ切り単極風冷整流器 1,000 kW/600 V /1,666 A 重負荷公称定格

Fig. 4. Sealed-off Single-Anode Air Cooled Mercury Arc Rectifier 1,000kW/600 V/1,666 A Super Heavy Nominal Rating

工業用定格すなわち 100% 連続, 125% 2 時間, 200% 1 分間に堪えるものであるが, 用途によつては連続定格または特別の尖頭負荷に応ずるものを選定するべきである。第4図は最近の水銀整流器を示す。

[IV] 静止レオナード用直流電動機

直流電動機が水銀アーク変換器を電源とする場合は, 電機子電流の脈動が通常の直流電源から電力を供給される場合に較べてより大きくなる。この脈動電流は電動機内の発生熱量の増加, 整流能力の低下などの悪影響を生ずるおそれがあるから, 全設備の設計においてこれを防止するとき考慮が必要である。以下これらの点について考慮する。

(1) 電機子電流の脈動

電機子電流の脈動の程度は一般に次式で示される。

$$\text{歪 率} = \frac{\text{電機子電流の実効値}}{\text{電機子電流の平均値}} \times 100(\%)$$

$$\text{脈動率} = \frac{\text{電機子電流の最大値} - \text{最小値}}{\text{電機子電流の平均値}} \times 100(\%)$$

この脈動の程度を左右する各種の要因を挙げると,

(A) 交流電源の周波数

電源周波数の大なる程, 電流の歪は小さい。

(B) 水銀アーク変換器の相数

変換器の相数の増加は電流の歪を著しく減少する。

(C) 電機子主回路のインダクタンス

この値が大なる程電流の歪は小さい。

(D) 平均電機子電圧

平均電機子電圧が変換器格子制御によつて低下する程電流の歪は増加する。

(E) 平均電機子電流

電流の歪率は電機子電流の増大とともに減少する。

(2) 電動機設計製作上の問題

(i) 整 流

電機子電流に脈動電流が含まれる場合は刷子で短絡された線輪中の電流変化には一般の場合に比し脈流による影響が重畳されることとなり, 補極磁束の変化の電流変化に対する遅れも, 脈流のため増大する傾向となるなど, 直流機の整流に非常に複雑な影響をおよぼすのであつて, 整流の悪化を防止するためには脈流をある程度に制限することが必要である。

しかし, これまでえられた試験結果によると六相変換器を使用した場合は普通の直流電源の場合とほとんど変わらない整流特性を示し, 低電圧においてもなんら悪影響をおよぼさないことがあきらかにされているが, 三相変換器の場合は整流特性がかなり劣ることが確かめられており, 脈流をある程度に制限すれば整流におよぼす影響を防止できることを示している。

一般に電機子巻線の漏洩インダクタンスを小さく設計し, あるいは補償巻線を設けて電機子インダクタンスを減少することは, 整流を改善する有効な手段と考えられているが, アーク変換器を使用する場合は, 電機子電流の脈動分がこのためかえつて増加する傾向があるから, 外部に適當の直列リアクタを設けてこれを防止する考慮が必要である。

しかし静止レオナードの特長である速応性を極度に重視するような用途に対しては, 主回路のインダクタンスはできるだけ少なくする必要があり, したがつて脈流が増大する傾向となるから, この種用途に使用する直流電動機の設計は整流に対して特に慎重な考慮が必要である。

(ii) 温度上昇

電機子電流に脈動があると銅損も鉄損も増加する。銅損は電機子電流の実効値に比例するが回転力は電流の平均値に比例するからであり, また脈動電流により鉄心内のうず電流損およびヒステリシス損が増加するからである。

これら損失の増加分は歪率と脈動周波数の函数であり, 銅損の増加分の算定は容易であるが鉄損増加分の算定は一般に困難である。そして前者の増加率に較べて後者のそれはかなり大きいものと予想される。^{(1)~(3)} 第1表は直流発電機, 六相および三相水銀アーク変換器を電源とする場合の電動機温度上昇を比較したもので,⁽¹⁾ 同一平均電流すなわち同一回転力を基準として行われたものである。この表からあきらかなように, 全電圧では六相変換器の場合は温度上昇にほとんど影響しないが, 三相変換器の場合は 10~20% の温度上昇の増加を示しており, 格子制御により 25% 電圧とした場合は増加の程度が一層大きい。また温度上昇の増加がいずれも電動機

第 1 表 直流発電機および整流器(変換器)を電源とする場合の電動機の温度上昇の比較
(供試直流電動機の仕様は 230 V, 400 HP, 375/750 rpm である)

Table 1. Comparison of Temperature Rises of 400 HP, 230 V 375~750 rpm D.C. Motors fed by D.C. Generator or Mercury Arc Converter

	直流発電機を電源とする場合を基準にとつた温度上昇					
	全電圧			25%電圧		
	直流発電機電源	水銀整流器電源		直流発電機電源	水銀整流器電源	
六相		三相	六相		三相	
電機子	1,000	0.939*	1.071	1,000	1.061	1.367
外枠および界磁鉄心	1,000	0.980*	1.200	1,000	1.157	1.866
界磁巻線	1,000	1.015	1.147	1,000	1.079	1.523
主極片	1,000	0.973*	1.188	1,000	1.206	2.080
電機子巻線(抵抗法)	1,000	1.037	0.824*	1,000	1.207	2.243*

(注) * 印の値は不精確な測定によるものと思われる。

の継鉄部と界磁鉄心部で大きいことはこれらの部分にかなりの鉄損増加があることを示している。

(3) 直列平滑用リアクタおよび電動機電機子回路のインダクタンス

直列平滑用リアクタは既述のように電機子電流の脈動分を適切な値におさえるために使用されるものであり、その値は脈動率、整流条件、主回路固有インダクタンスおよび制御の速応性などの条件によつて決定されるべきものである。

脈動率を同一に保つため必要な電機子回路のインダクタンスは水銀アーク変換器の相数により著しく相異なる。今一例として三相および六相の場合を比較すると、直流電圧 440 V, 直流電流 1,000 A, 格子率 100% (無制御) の場合、脈動電流の振幅を ± 50 A, すなわち脈動率を 10% におさえるために直流側回路の必要なインダクタンスの値はそれぞれ 3.53 mH および 0.57 mH となり、三相の場合は六相の場合の 6.2 倍のインダクタンスが必要である。

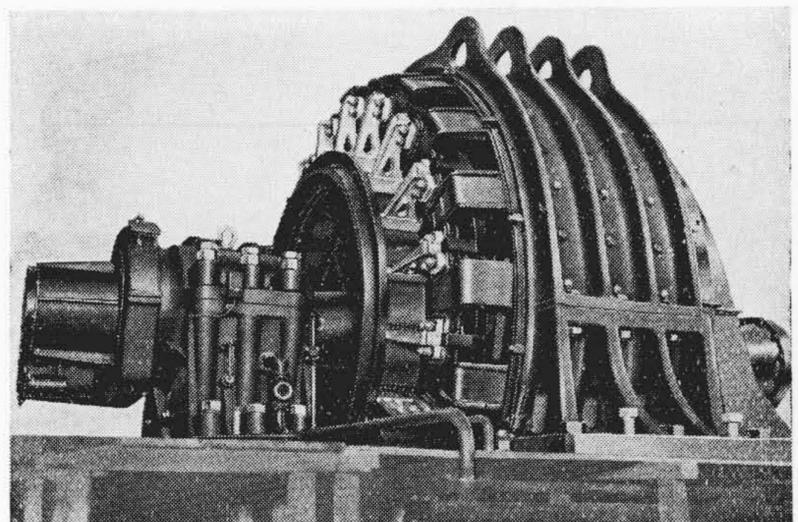
つぎに電動機の電機子回路固有インダクタンスは主として電機子巻線の漏洩インダクタンス補極の漏洩磁束によるインダクタンス、および整流磁束によるインダクタンスなどよりなり、設計によりかなりその値が相違するが、一般に補償巻線を使用すれば著しく減少するのが普通である。したがつてすでに説明せむごとく補償巻線を使用した場合は直列リアクタの設計に当り適当に考慮する必要がある。

第 5 図は以上諸点を考慮して製作された中型圧延機用静止レオナード設備用 2,000 kW 主電動機を示す。

[V] 制御装置および制御方式

(1) 移相装置

静止レオナードでは迅速、精密制御が特色であること



第 5 図 静止レオナード設備用 2,000 kW 圧延用主電動機

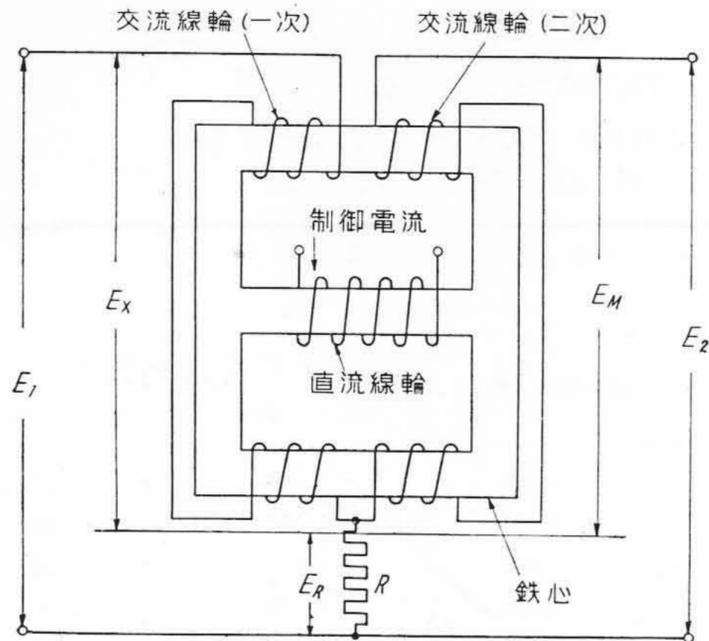
Fig. 5. 2,000 kW D.C. Mill Motor for Static Leonard Set

は再三述べたが、制御方式を説明する前にまず移相装置について述べる。

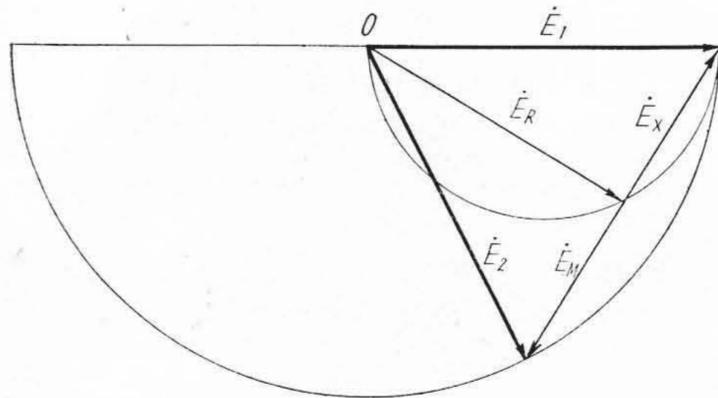
移相器は大別して機械的なものと電氣的なものになるが、前者は誘導型移相器として古くから格子制御用に使われてきた。その駆動方式には電動式、油圧駆動式などがあるが、いずれにしてもこの種のもは格子位相の調整またはアーク変換器起動、停止時の手動操作に使用されるもので、無慣性制御には用うべくもない。ここで問題となるのは電磁式移相装置と電子式移相装置であり日立製作所で使用しているこの二方式について述べる。

(i) 電磁式移相装置

第 6 図 (次頁参照) はその原理を示す結線図, 第 7 図 (次頁参照) はそのベクトル図である。第 6 図に示す通り一次および二次の 2 組の交流線輪を 3 脚鉄心の両脚に巻き、中央脚に直流制御線輪を巻いたものである。直流制御線輪の電流を制御することにより、鉄心の飽和度を変化せしめ、したがつて交流線輪のインピーダンスが変化



第6図 自動移相器原理接続図
Fig. 6. Connection Diagram of Automatic Phase Shifter



第7図 自動移相器ベクトル図
Fig. 7. Vector Diagram of Automatic Phase Shifter

して第7図のベクトルのごとく二次電圧の位相が変化する。この装置の特長は

- (A) 一般的に時間おくれが少いが、特殊の鉄心を使用すれば時定数を極度に短縮しうる。
- (B) 構造堅固で故障がない。
- (C) 種々の方式の増幅器と組合せて自動制御を行うに適している。
- (D) ツーロン回路のごとき電源変圧器が不要であること。

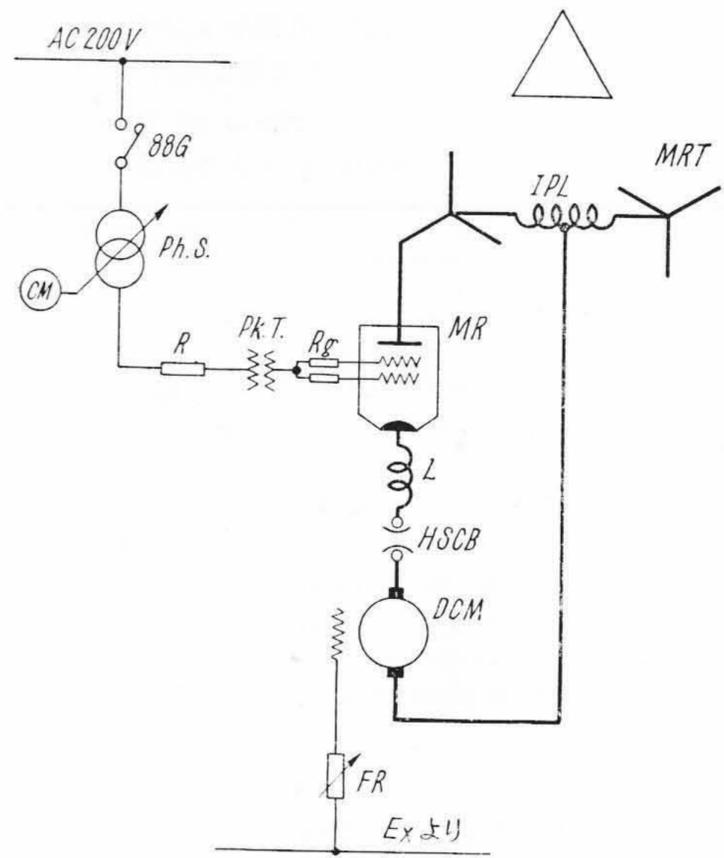
などである。

(ii) 電子式移相装置

これには種々の方式があり放電管または真空管を使用するもので、時定数の減少には良好であるが、電子機器の寿命の面で多少不利であり、またその特性上使用される範囲に限度がある。容量があまり大でなく、位相制御範囲があまり広くない場合には適用しうる。

(2) 制御方式

第8図に静止レオナードの基本回路を示す。図に示すごとく電動機の世界速度制御は主として水銀整流器の格子位



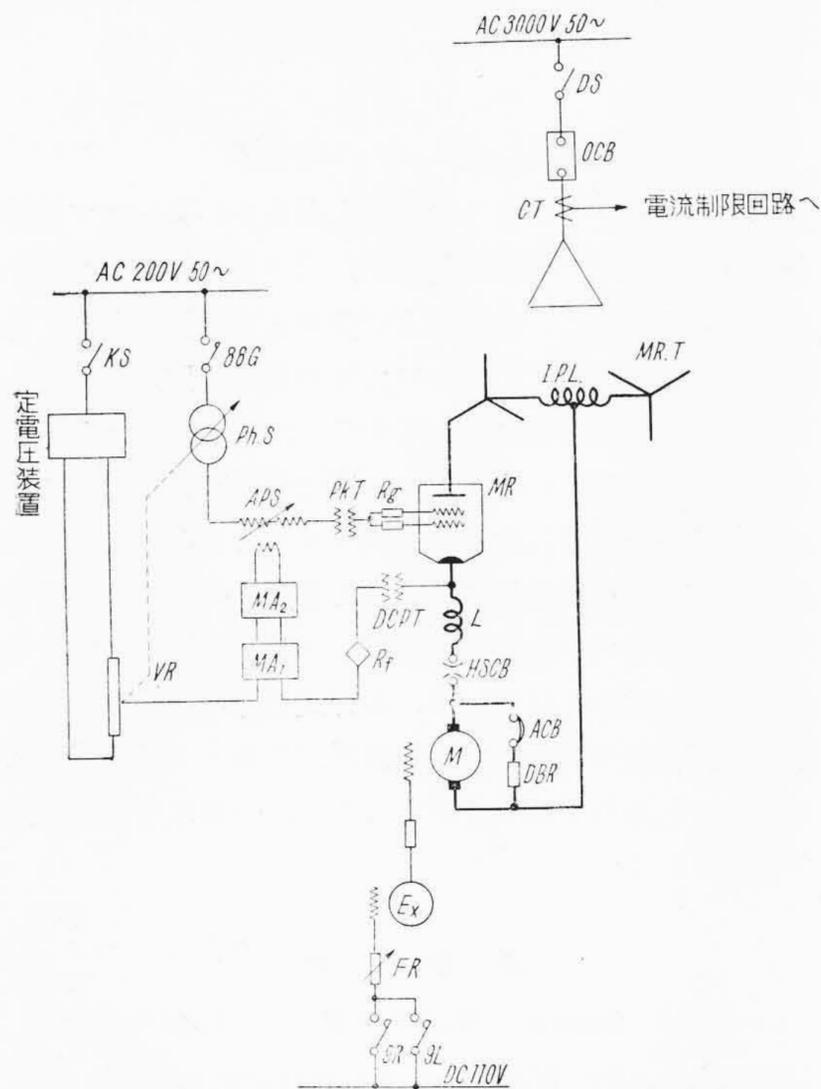
CM: 操作電動機 MR: 水銀整流器
Ph.s.: 誘導型移相器 L: 直列平滑リアクタ
Pk.T: 尖頭波変圧器 DCM: 直流電動機
IPTL: 相間リアクタ HSCB: 高速度遮断器

第8図 静止レオナード原理接続図
Fig. 8. Connection Diagram of Static Leonard

相制御によつて行われる。すなわち移相器を動かして水銀整流器の格子に加わる尖頭波電圧の位相を変え、その陽極点弧の位相を変えることにより水銀整流器の直流側電圧は零から最大値まで変化し、それにしたがって電動機の世界速度も変化する。この場合電動機は界磁一定、電機子電圧制御であるので、一般のワードレオナードの場合と同様に、各速度に対して所定の回転力で運転される。また効率および電源側の力率の観点より水銀整流器は一定電圧に保ち、界磁抵抗器により速度調整をなすことも行われる。この場合は電機子電圧一定、界磁制御であるので、各速度に対して所定の馬力で運転されることになる。

第9図は非可逆式中小型圧延機に適用された静止レオナードの一例を示す結線図である。その速度制御方式は0~50rpmの間は界磁一定電機子電圧制御、50~100rpmの間は電機子電圧一定界磁制御となっており、その電圧制御回路には磁気増幅器を用いて平複巻特性になるごとく自動制御され、また電流制限回路を設けて過電流が流れると、自動的に負荷電流を制限するようになっている。

その動作を説明すると、定電圧装置より供給される基準電圧と水銀整流器の出力電圧とを比較し、その偏差を磁気増幅器で増幅して自動移相器を動作せしめ、格子制

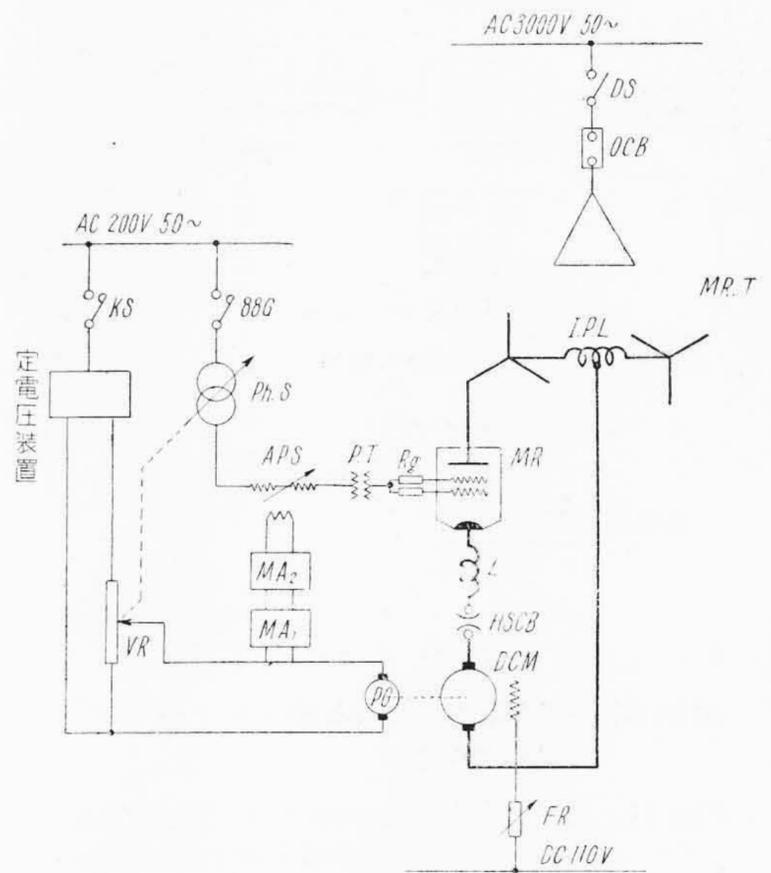


第9図 非可逆式分塊圧延機用静止レオナードの一例

Fig. 9. An Example of Static Leonard for Un-Reversible Blooming-Mill

御を行つて水銀整流器の出力電圧を変化させ、基準電圧との偏差を零にするように負饋還を行つた閉回路をなしている。したがつて、基準電圧より水銀整流器電圧が減少すると磁気増幅器は自動移相器を動作せしめて電圧を増加せしめる方向にはたらき、反対に水銀整流器の電圧が増加すると、それを減少せしめる方向に磁気増幅器は動作し、整流器の出力電圧を常に所定値に保持する。その制御作用はその要因のいかににかかわらず同一に作用するから、受電圧が変化しても、負荷電流が変化しても、常に所定の一定電圧を保つことになる。その電圧調整は調整抵抗器により基準電圧を変えることによつて行われ、また磁気増幅器や自動移相器の制御上の負担を軽減するために、基準値調整抵抗と誘導型移相器と連動して、同時に動くようになっている。

水銀整流器は一般に高い電圧で使用する程効率が良いので、中、大型静止レオナードでは大体 750 V 以上の電圧が使用される。したがつて、その電圧を制御装置に導くのは危険でもあり、保守取扱の上からも好ましくない。



第10図 静止レオナードによる精密速度制御方式原理結線図

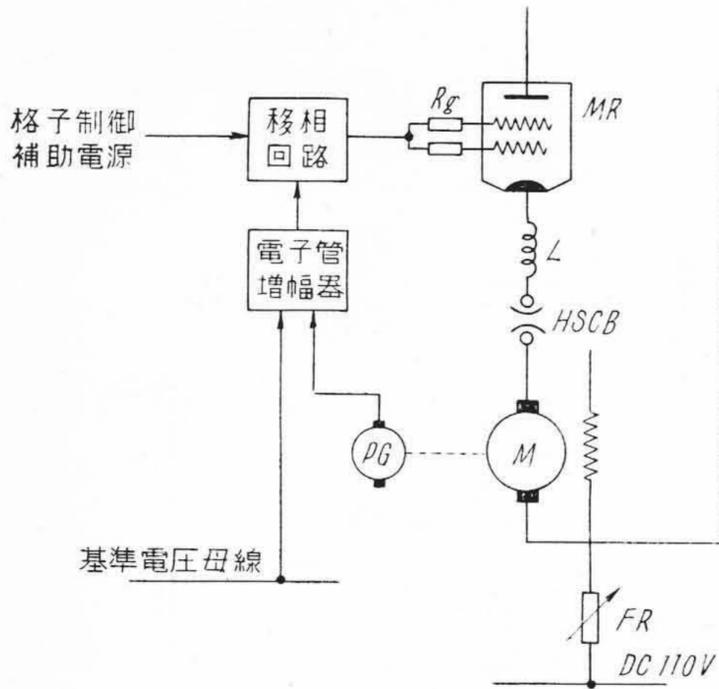
Fig. 10. Connection Diagram of Precise Speed Control System by Static Leonard

したがつて電圧の検出は分圧器によらず、直流変成器などで検出して電圧側より絶縁するのが最近の傾向である。

電動機の可逆回転については電機子回路を切替える方法と界磁回路を切替える方法などがあるが、頻繁な切替えを要しない場合は界磁回路の切替えにより可逆運転を行うのが簡単であり、また前者に比較して設備費も少い。つぎに電動機の急停止を必要とする場合、ワードレオナードと異つてそのままの接続では制動を行うことができないから、第9図のごとく、発電制動を行つたり、電機子回路および格子制御回路を切替えて、水銀整流器を逆変換装置⁽⁴⁾として回生制動をなすことが行われる。

さらに精密なる速度制御を必要とする定速運転あるいはプログラム制御などを行う場合には第10図に示すごとく、電動機にパイロット発電機を附し、その速度を検出して制御を行う。すなわち基準電圧と電動機を示すパイロット発電機の電圧とを比較して、その差が零となるごとく磁気増幅器などによつて制御される。したがつてきわめて精密な速度制御が可能である。増幅器としては、磁気増幅器、回転増幅機あるいは電子管増幅器が使用される。

ワイヤロッドミルの仕上スタンド用電動機速度制御の



第 11 図 電子管制御による静止レオナード原理結線図

Fig. 11. Principle Connection Diagram of Static Leonard Controlled by Electronics

ごとくきわめて精密でかつ速応性を要する場合には、第 11 図のごとく電子管増幅器が用いられる。かかる方式によれば電動機の負荷急変時における瞬間速度降下は 0.5 %、その回復時間は 0.3 秒以下という迅速なる制御が可能である。これは水銀整流器が小電力によつて制御できること、およびその制御に慣性を有しないという大きな

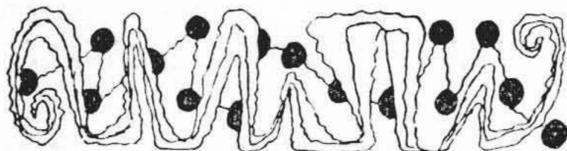
特長によるのであつて、他の制御方式の追従を許るさぬところである。

〔VI〕 結 言

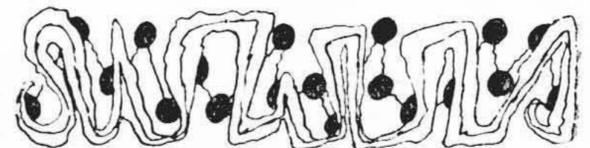
静止レオナードは多少の短所もあるが、きわめて優秀な長所をもっているため電動力応用の分野に著しく進出しつつあることは、我国および欧米とも同様である。現在我国で実用されているのは各種の非可逆圧延機用であるが、この種の用途に関してすでに十分の研究と経験があり、最大 4,000 kW 程度の装置は容易に製作することができる。なお最近欧州で開発された 1 台の変換装置を以てする可逆圧延機用駆動方式の発展は今後の問題として興味深いものがある。我国における静止レオナードの応用は未だ数多くはないが、本方式の採用によつて、建設費、運転費の軽減、生産所要電力の減少などの経済上の利益をもたらすことは明白であり、今後の急速な発展が期待される。

参 考 文 献

- (1) W.P. Smith: T.A.I.E.E. 67 1948 679
- (2) F.T. De Warf: G.E. Review, April, 1947 15
- (3) C.R. Reiter & C.R. Ammerman: T.A.I.E.E. 71 1952 77



新 案 の 紹 介

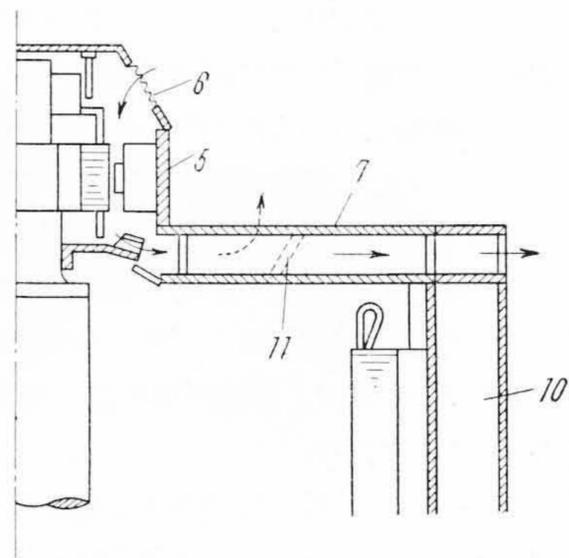


実用新案 第 412521 号

高 木 正

豎軸交流発電機用励磁機通風装置

豎軸交流発電機の上部に取付けた励磁機の通風は、従来点線で示す隔壁 11 を上部エンドブラケット 7 に設け、継鉄 5 の上部より吸い込んだ冷風を、励磁機の内部を通して点線矢印で示すようにエンドブラケット 7 の上面より吐出していた。この構造では励磁機の点検に際し前記吐気に妨げられるばかりでなく、加熱された吐気を再び上部の通風窓 6 より吸い込む嫌いがある。本案はこの点に鑑み隔壁 11 を除去し、励磁機よりの吐気を実線矢印で示すように、上部エンドブラケット 7 に沿うて風洞 10 の外周方向に導き、側方に吐出するようにしたものである。この構造によれば、励磁機の冷却通風が従来のようにエンドブラケット 7 の上面に吐出されることがないから、励磁機の点検が容易となり、なお通風窓 6 より新鮮な冷気を吸い込むことができ、励磁機の通風冷却効果



を向上し得るものである。

(滑川)