

# 日立超同期電動機

山口 巖\* 平川 克巳\*\*

## Hitachi Super Synchronous Motors

By Iwao Yamaguchi and Katsumi Hirakawa  
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

Ordinary synchronous motors, while excelling in the power factor and efficiency, have a shortcoming that they can develop only a small starting torque, the fact which has made it impossible to use these motors for such a job requiring a large starting torque as the cement mill drive. Super synchronous motors are developed to eliminate such inconvenience, developing large starting torque, still ensuring good operational characteristics no less than the ordinary synchronous motors.

For the Hitachi super synchronous motors is employed a special braking system having unprecedented feature. This braking system which combines magnetic amplifier and saturable reactor, etc., is designed to maintain a constant torque. Material examples of Hitachi's super synchronous motors equipped with this braking system, e.g. 650 HP 32-pole motors supplied for Chichibu Cement Mfg. Co. and 650 HP 40-pole motor for Hitachi Cement Mill, have already been showing their excellent performance characteristics under severe condition of service.

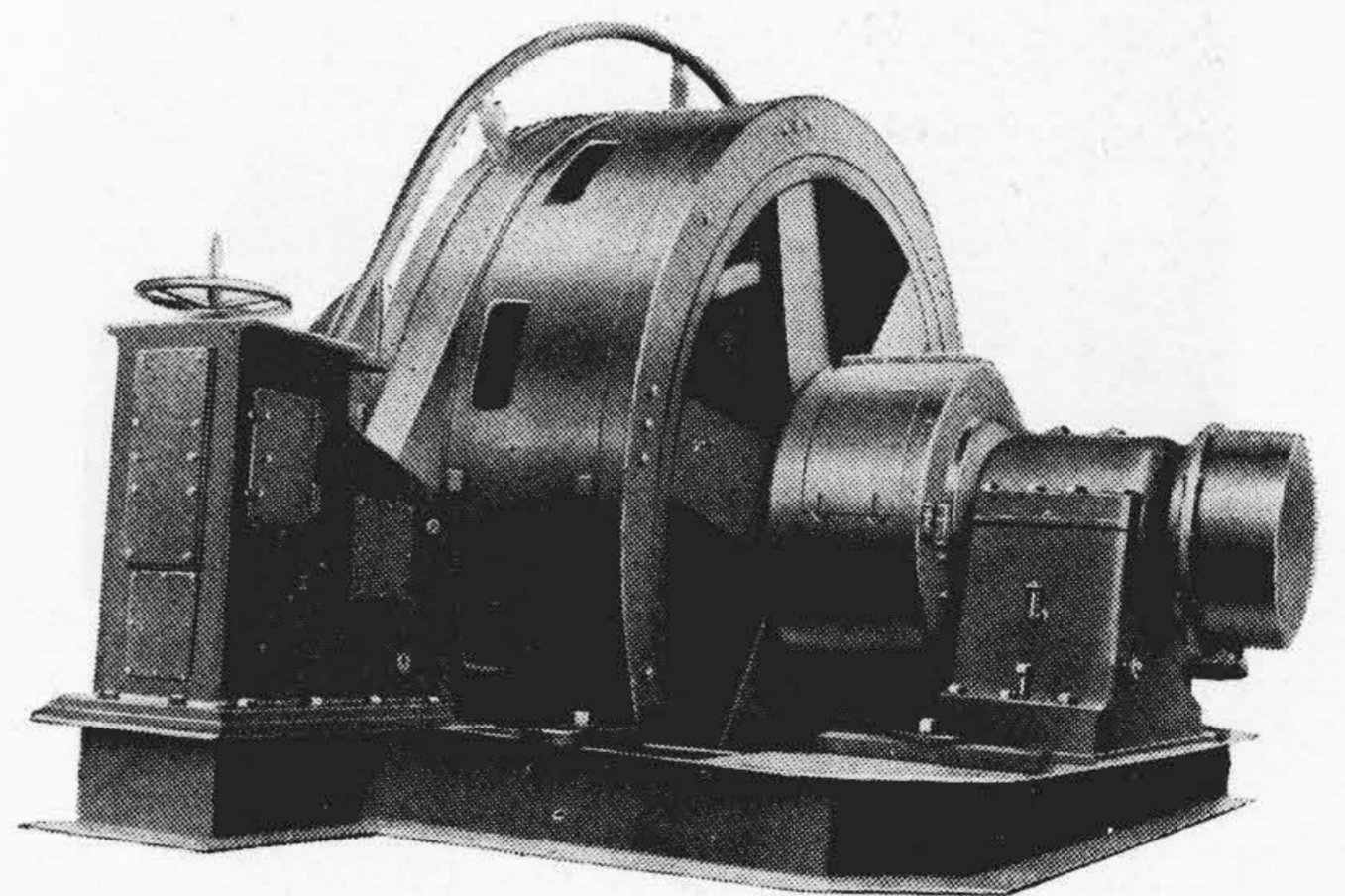
### 〔I〕 緒 言

一般に同期電動機は圧縮機等比較的起動回転力の小さい負荷に使用されており、起動回転力の大きなもの、例えばセメント工場に於けるコンパウンドミル、チューブミル石炭粉砕用ボールミル等には誘導電動機が使用されるのが普通である。

しかし、同期電動機は誘導電動機に比して、能率、力率が良く、空隙が大きくて保守に容易である等多くの利点を有しているので重負荷起動の用途に対しても使用出来るよう、その起動特性の改良が要望されていた。超同期電動機はこの要望に応えたものである。超同期電動機は負荷と無関係に先づ固定子のみを起動するので起動回転力は極く僅かで済み従つて起動 kVA も小さく、しかも負荷を起動する際の回転力は同期機としての脱出回転力附近迄上げることが出来るので相当重い負荷でも十分起動し得る。

日立超同期電動機はその制動機構に新しい構想を盛つた特色ある設計であり、以下簡単にその概要を紹介する。

\* \*\* 日立製作所日立工場



第1図 日立超同期電動機

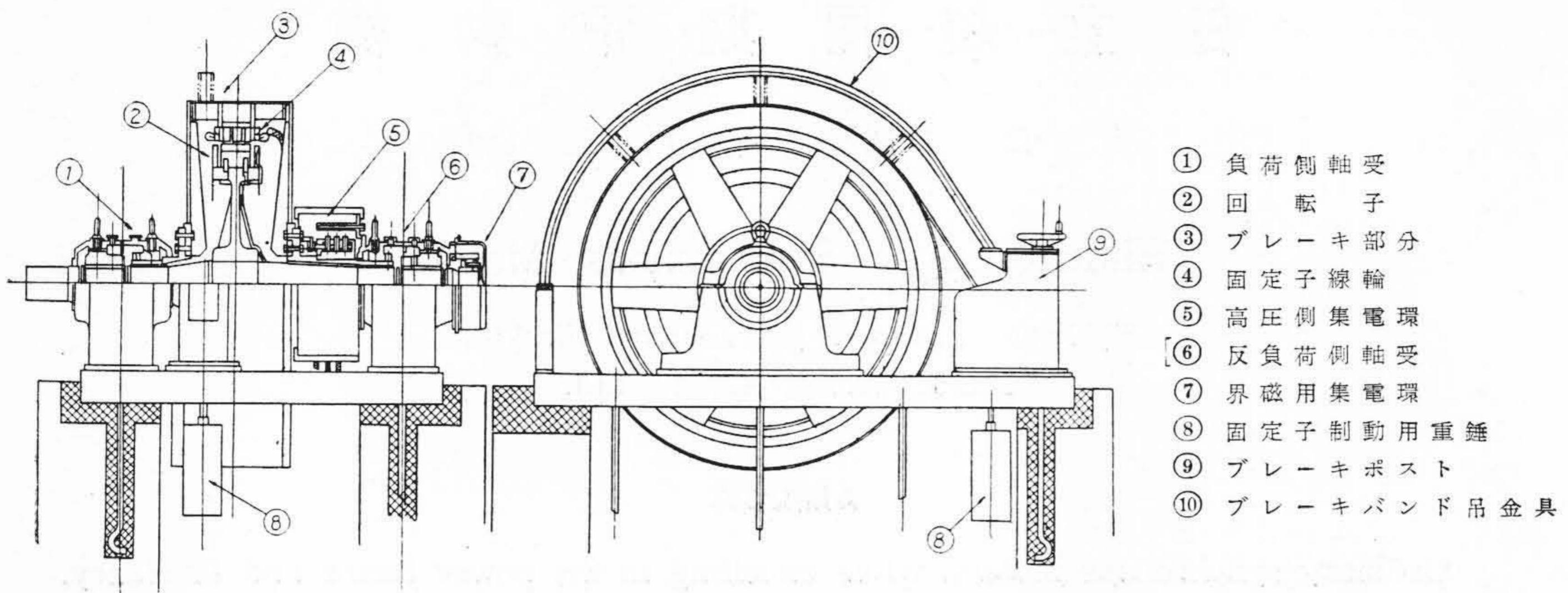
Fig. 1. Hitachi Super Synchronous Motor

第1図及び第2図（次頁参照）はそれぞれその外観及び内部構造を示す。

### 〔II〕 電動機本体の構造

電氣的部分の構造は通常の同期電動機と大差ないが固定子が回転するという特殊条件のために次のようなことを考慮してある。

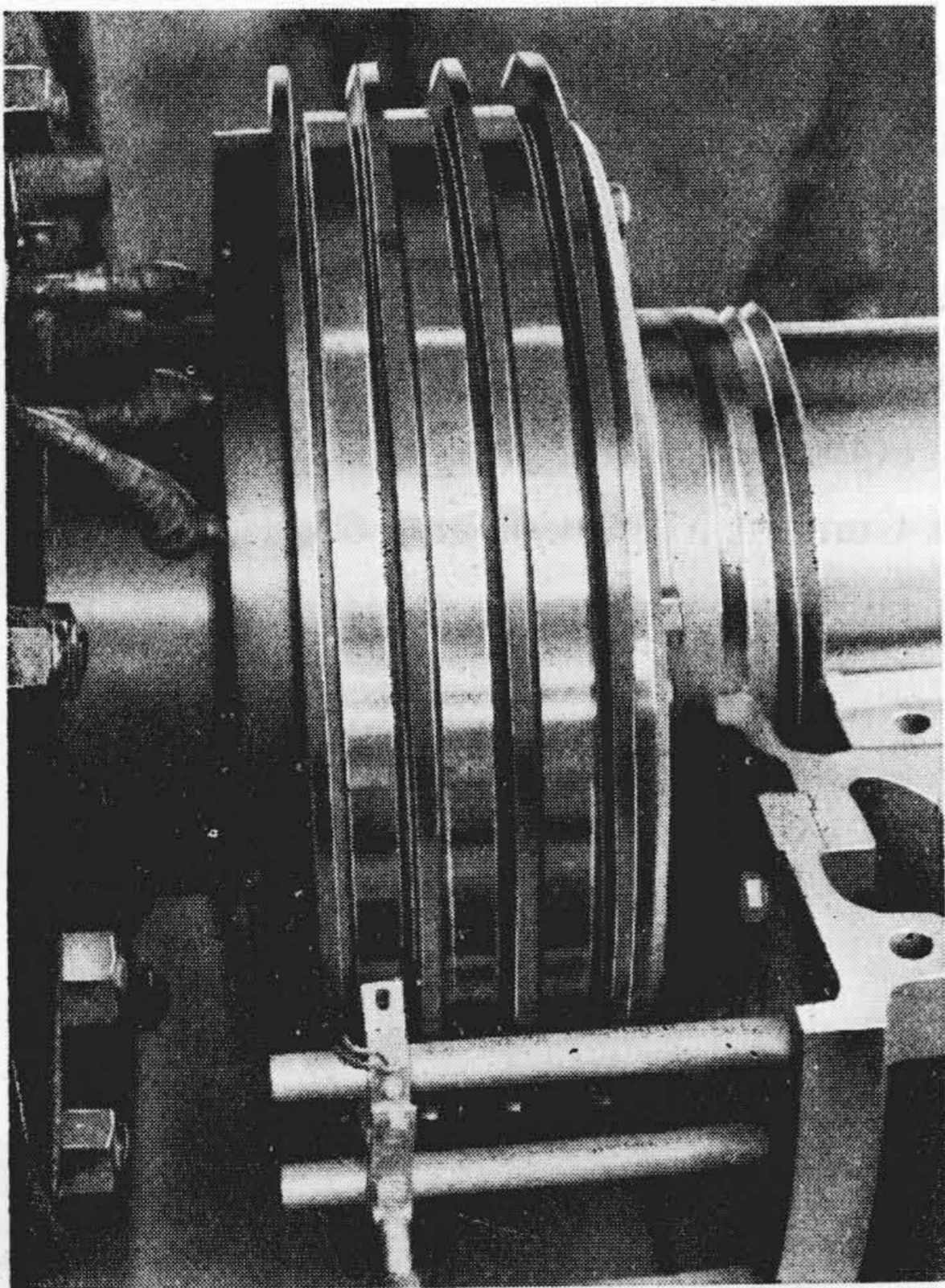




- ① 負荷側軸受
- ② 回転子
- ③ ブレーキ部分
- ④ 固定子線輪
- ⑤ 高圧側集電環
- ⑥ 反負荷側軸受
- ⑦ 界磁用集電環
- ⑧ 固定子制動用重錘
- ⑨ ブレーキポスト
- ⑩ ブレーキバンド吊金具

第2図 日立超同期電動機断面図

Fig. 2. Sectional View of Super Synchronous Motor



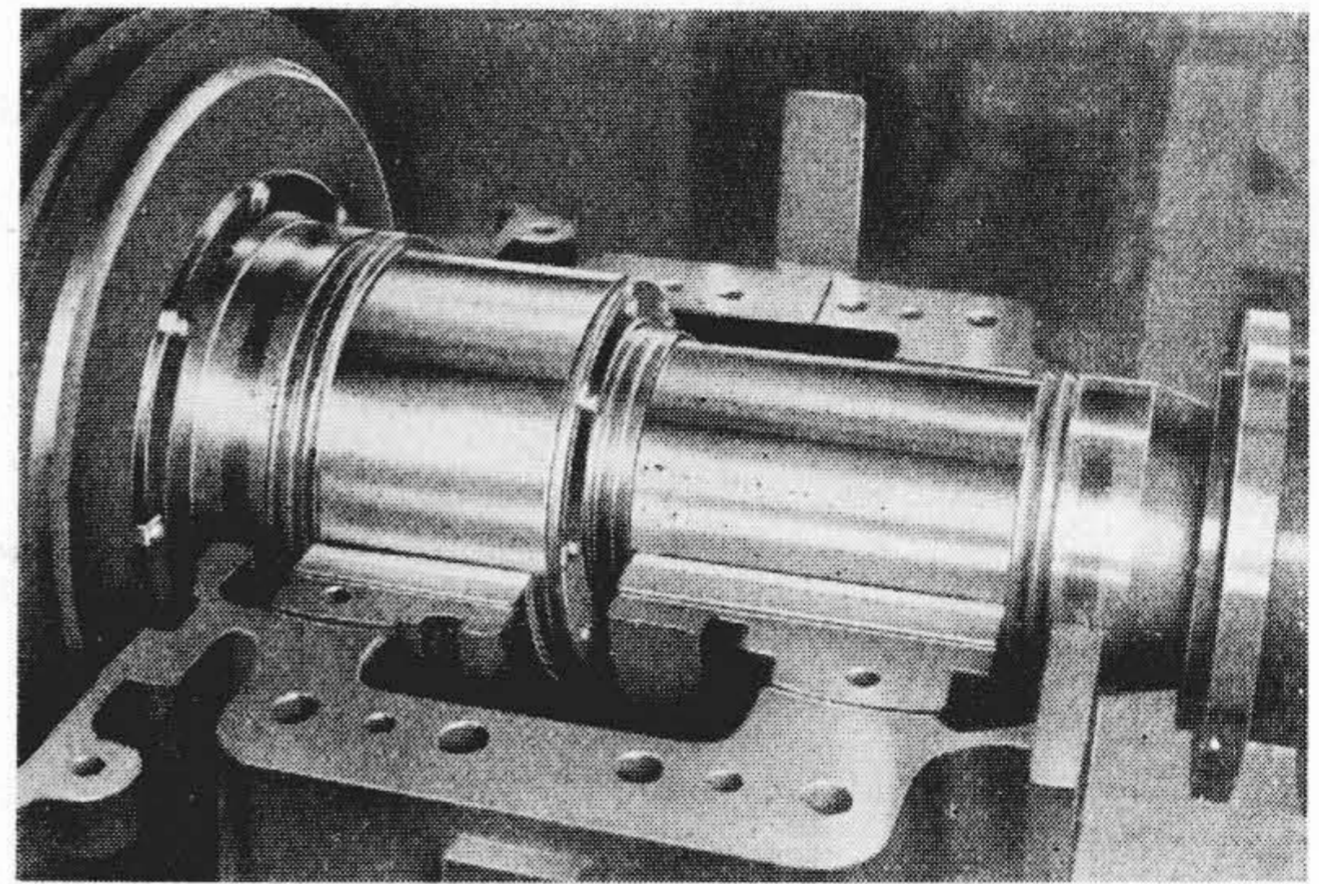
第3図 高圧集電環

Fig. 3. High Tension Collector Ring

固定子巻線は遠心力を受けるので線輪端は絶対移動のないよう保持されている。

二重軸受になつている関係上使用現場で分解するのに手数がかゝるので、点検、掃除等は組立てたまゝ行えるよう空間的に余裕をとつて設計されている。

高圧側の滑動環はセメント工場等塵埃の多い所に使用されることを考慮して、環相互の絶縁距離を十分とつた上、刷子を円周上に分散して取付ける等の考慮を払つている。第3図は高圧集電環を示す。この図は刷子及び刷子保持器は外してあり、刷子保持ロッドは一相分のみ見えている。他の二相分は向側に配置してある。



第4図 軸受部外観

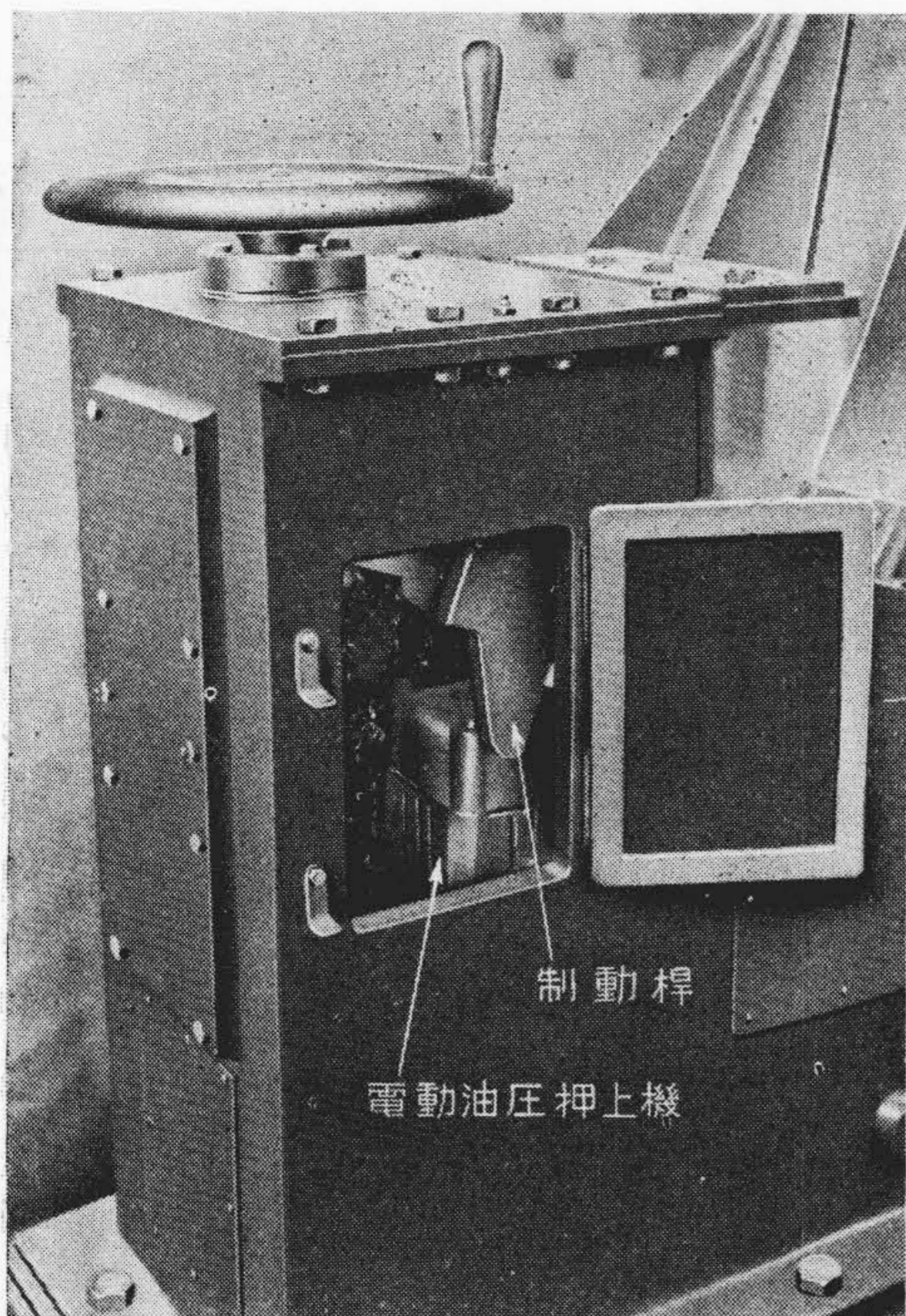
Fig. 4. Construction of Bearing

第4図は二重軸受の断面を示している。固定子の回転は原則として起動時にのみ行われるので固定子側の軸受は回転子側のそれより大きさを切詰め得るものであるが使用者側で次の二つの用途に使用されることを考慮して極端に切詰めることをせず余裕を持たしてある。即ち負荷を少時間停止する場合には電源を切つて停止した後、再起動するより固定子の制動を弛めて固定子を回転して回転子を停止せしめ再起動のときに制動をかける方が簡単である。又機械の整備点検のため寸動を行う場合には固定子を回転し放しにしておいて軽い制動をかければよく、これは後述の寸動用スイッチで行うことができる。

### 〔III〕制動機構

超同期電動機は既に知られているように、起動に際しては先づその固定子のみを単独に回転させ、同期化した後固定子に制動を加え、その制動回転力と負荷の反抗回転力との差で負荷が加速されるものである。この場合固定子に制動力を急激にかけると電動機が過負荷となり、又そのような回転力が急激にかゝることは機械的にも悪





第5図 ブレーキ装置

Fig. 5. Out Side View of Braking Equipment

影響を及ぼす。一方使用側からいえば起動はなるべく速やかに完了することが望ましい。従つて制動力を自由に調節し得て、許し得る最大限度の制動力を常に保ちながら制動を行うことにより、最短時間に起動を完了し、しかも固定子停止後は脱出回転力以上の回転力で確実に固定し得るものが理想的である。日立超同期電動機はこれ等の条件を満足するように設計されたもので、その制動機構は従来例のない斬新なものである。

#### (1) ブレーキバンド

制動はバンドブレーキによつて行われ、ブレーキバンドは薄鋼板に柔軟性のあるブレーキライニングを適当な長さに分割して張つてあり、ブレーキドラムの面に制動力が一樣に加わるよう考慮されている。

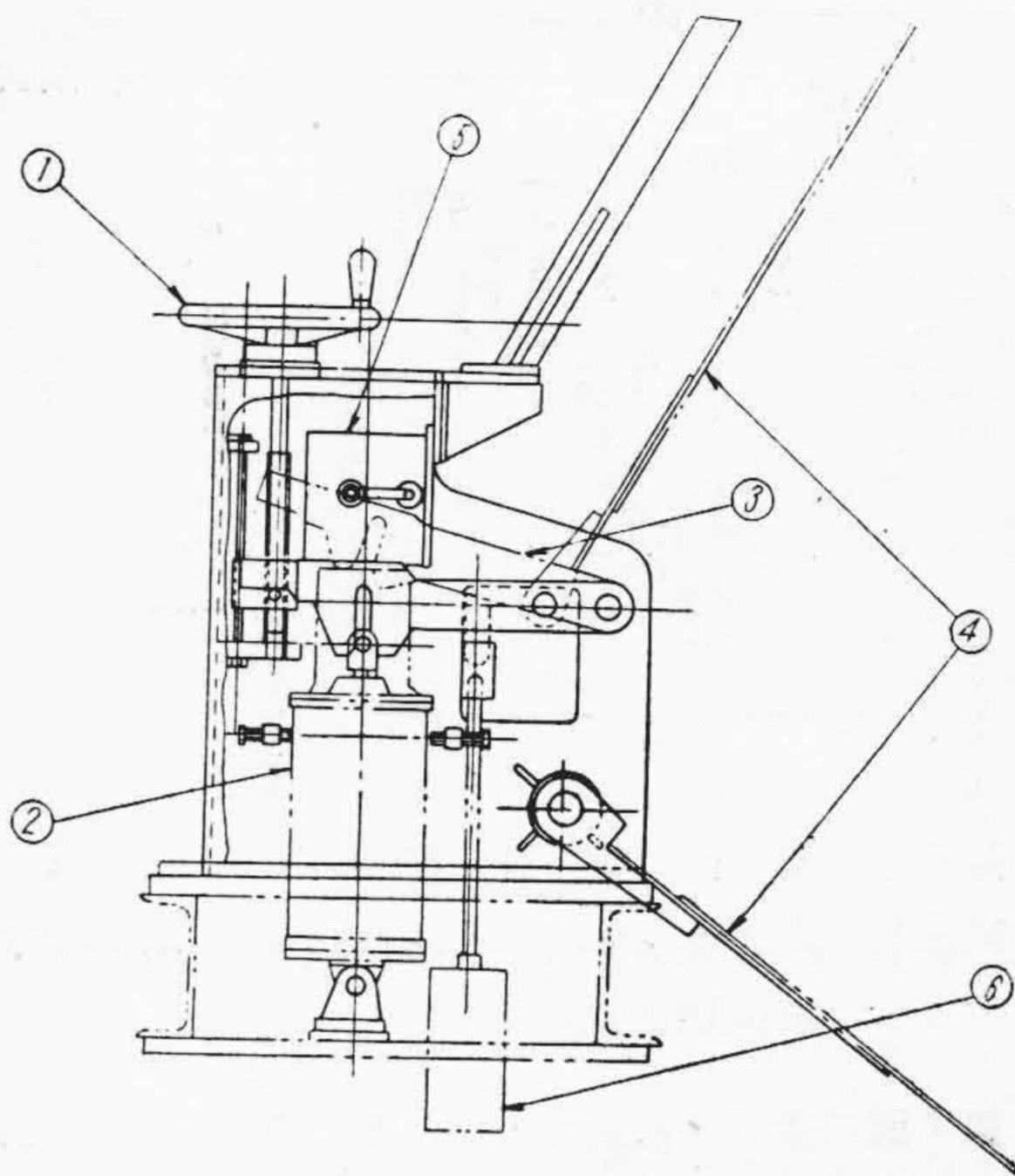
#### (2) ブレーキドラム

ドラムは鋼板性で熱の放散がよくクラックの入る憂はない。制動圧力を小さくとつてあるので温度上昇は極く僅かである。

#### (3) 制動装置

制動装置にはセメント粉等によつて故障を起し易い歯車機構を避けて最も単純な上下運動を採用しており而も前述のような制動力の調節が出来るようになっている点に大きな特長がある。第5図は制動機構の外観第6図にその内部構造を示す。

第6図に就いてその機構を説明すると、先づ制動を弛める際にはサーボリフタ②に電流を通じると油圧によつ



第6図 制動装置機構図

Fig. 6. Construction of Braking Mechanism

て制動杆③を押し上げ、ブレーキバンド④を弛める。⑤は制動が弛んだことを確認して主電動機の遮断器を投入可能な状態に置く制限開閉器である。従つて誤つて制動機が締つている状態で電源が投入されることはない。制動をかける場合にはサーボリフタの電圧を下げれば重錘⑥の重力とサーボリフタの押し力との差によつてバンドが締られる。最後にサーボリフタを電源から切離せば重錘の重力が全部制動力となり確実に締められる。この時の制動回転力が脱出回転力以上になるよう重錘の重量を選んでおく。①は手動ハンドルでこれを回転するとサーボリフタとは無関係に制動を弛めたり締めたりすることが出来る。

サーボリフタは中に電動機と油圧ポンプ及びピストンを内蔵し、電動機の回転によつて生じた油圧で押し上げる機構のもので全密閉であるため塵埃等が侵入するおそれはない。

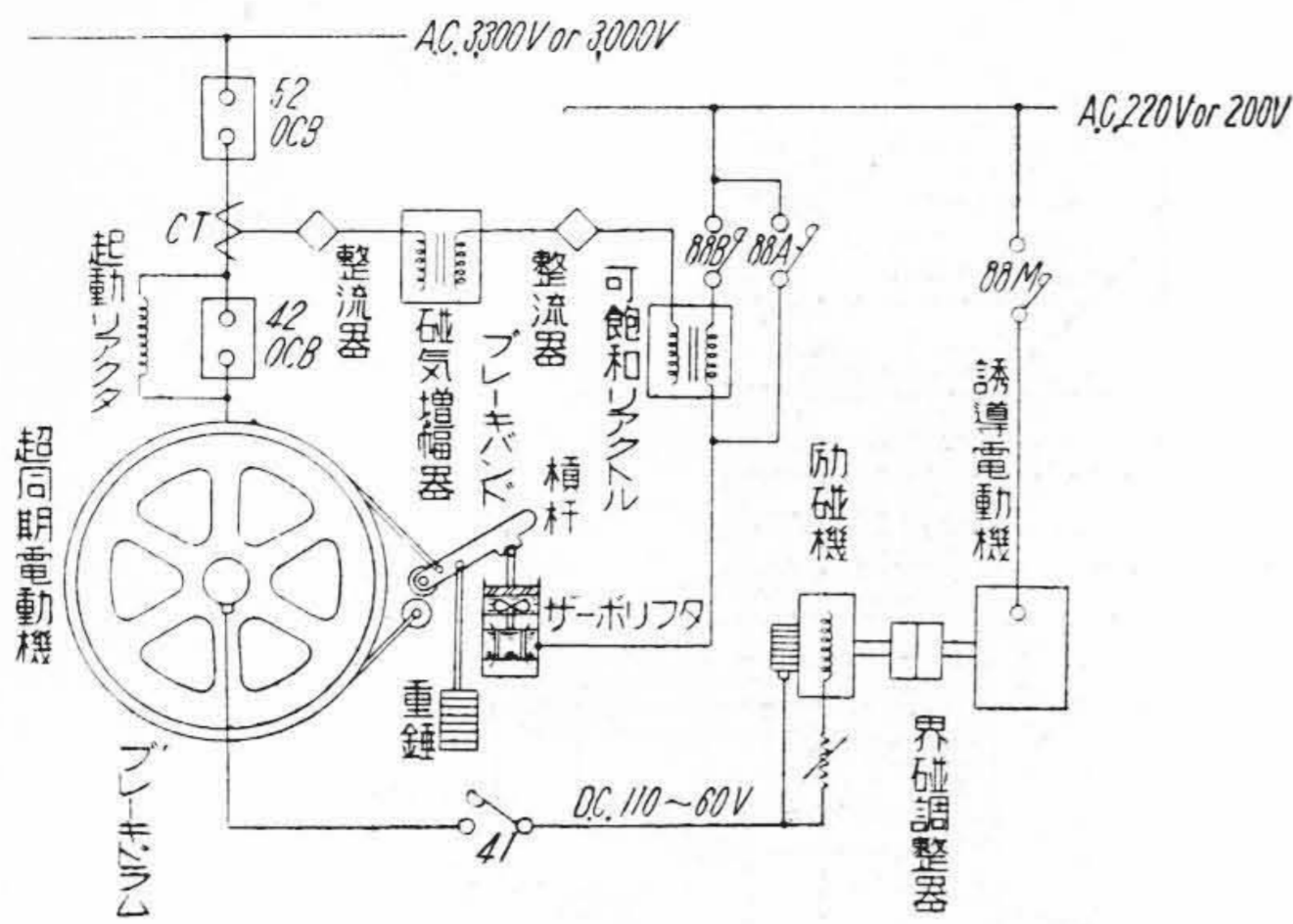
サーボリフタの電圧を加減するのは電源側に挿入された可飽和リアクトルの励磁電流を加減することによつて行われ、後述するように常に主電動機電流、従つて制動回転力が一定になるように自動制御される(特許第196852号)。又この主電動機の制動電流の設定値は負荷の如何によつて制動時間等を考慮に入れて自由に選び得るので前述の良好な制動条件を満足することが出来る。

### [IV] 制御方式

#### (1) 超同期電動機の起動

第7図(次頁参照)は制動機構動作説明図である。電動機の起動方法には手動と自動との二種類あり、自動方



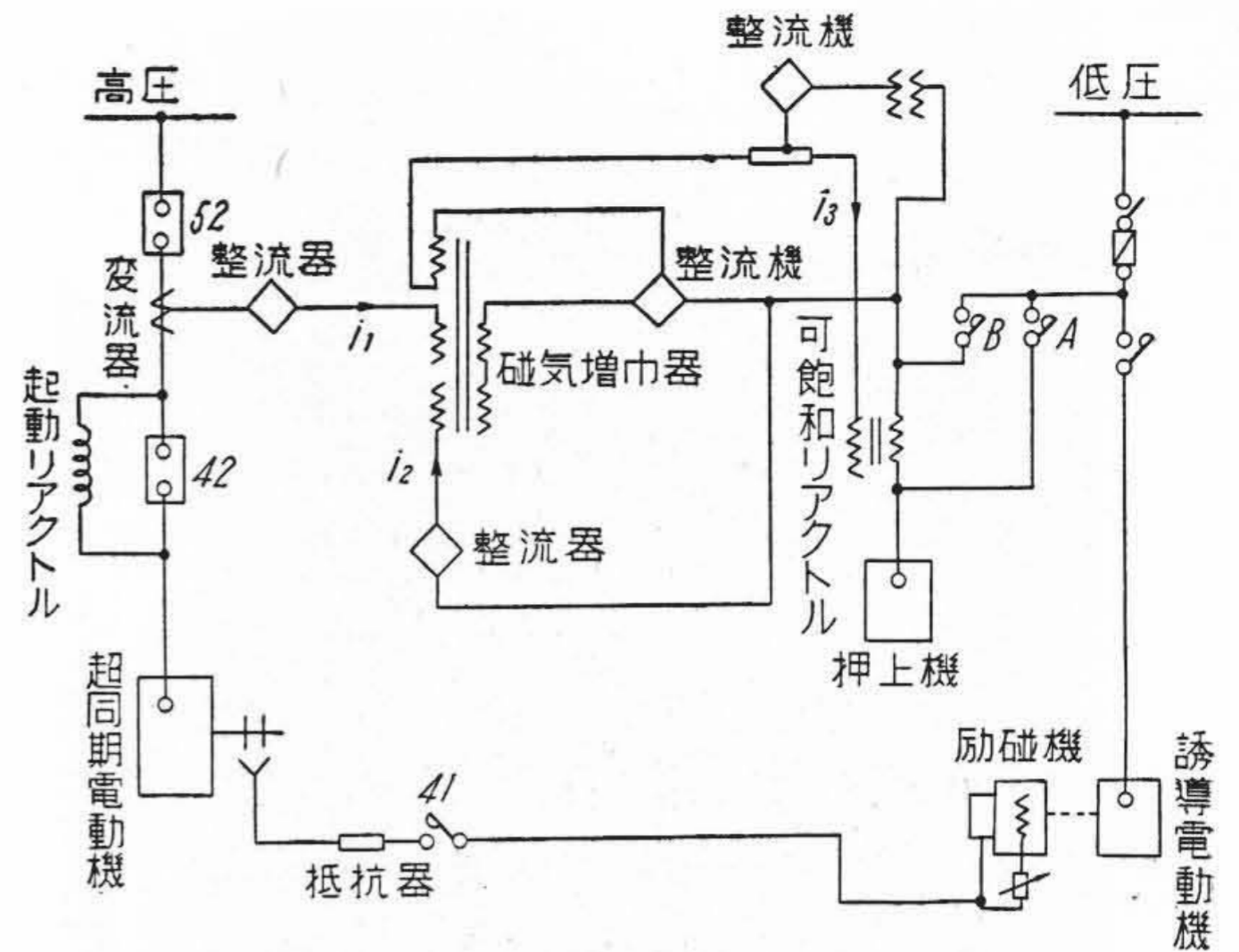


第7図 制動機構動作説明図  
Fig.7. Explanatory Diagram for Braking Mechanism

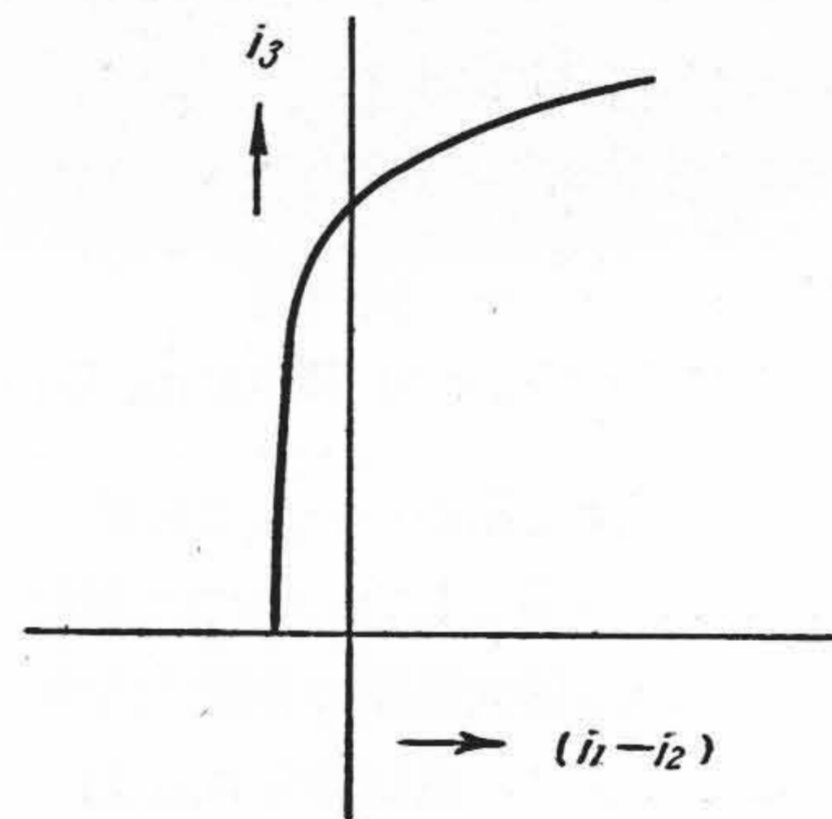
式を第7図に就いて説明すると、先づスイッチを起動の位置におくと図の 88M, 88A, 88B が同時に投入され、励磁機が起動されると同時にサーボリフタに全電圧がかゝり制動が弛められる。励磁機は回転と共にその電圧が上昇し、規定電圧に到達すると電圧継電器により超同期電動機の高圧油入遮断器を投入する。この場合制動弛めの状態は制限開閉器によつて検知されている。主電動機に電圧が加わると、回転子は負荷を背負っているので起動せず先づ固定子が回転を始める。固定子は回転子のダンパーにより籠形誘導電動機として起動するのであるが起動リアクトルが入っているので起動電流は小さい。固定子が逐次加速して同期速度近くに達すると図の41接触器が投入され電動機を同期に牽入れる。その結果予定された進み電流をとり無効電力継電器により42の遮断器で起動リアクトルを短絡して全電圧が電動機に加えられる

(2) 一定電流制御

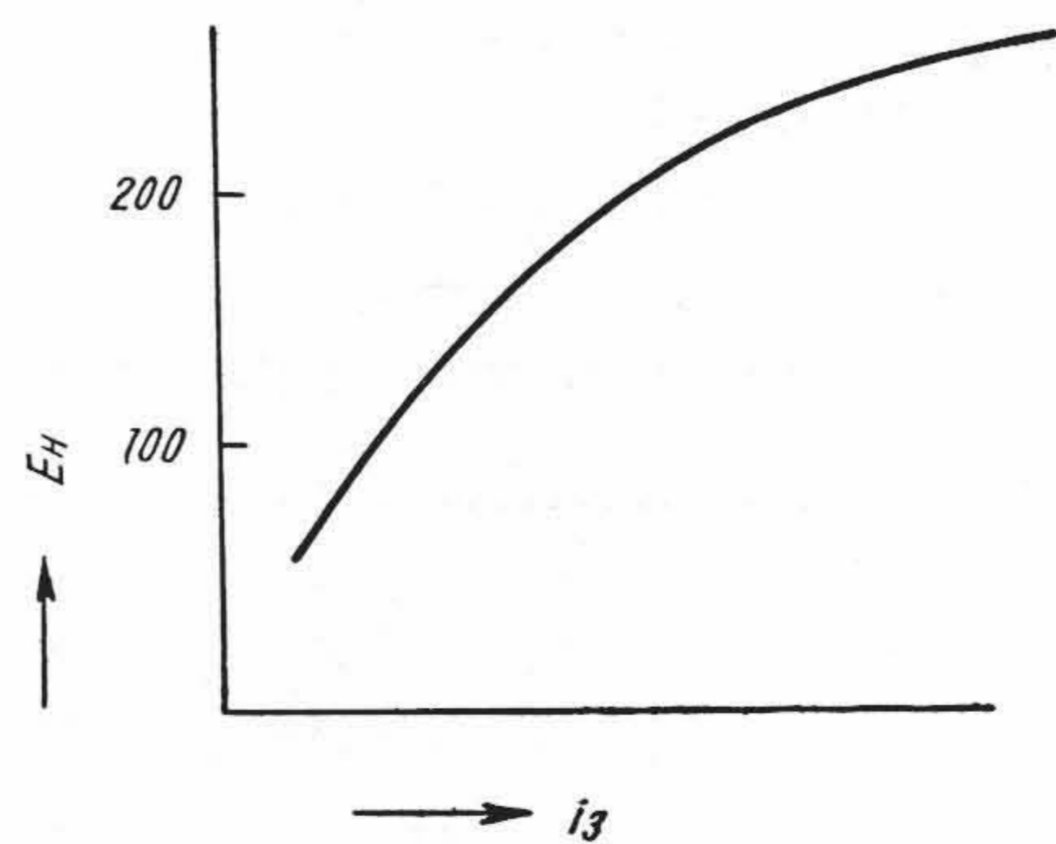
起動リアクトルが短絡されると同時に図の 88A が開路しサーボリフタには可飽和リアクトルを通して電圧が加えられることになる。同時に主回路挿入の変流器 CT を通して固定子電流の検出量が磁気増幅器に加えられサーボリフタの供与電圧を制御して固定子電流を一定に保つよう自動制御する。即ち主回路 CT を通して磁気増幅器に主回路電流分が与えられると、磁気増幅器の基準バイアスと比較してその差が零になる迄制御を続ける。今起動リアクトル短絡直後を考えると固定子は無負荷回転をしているので主回路電流は小である。従つて第8図に示す  $i_1$  が小である。然るに基準バイアスによる  $i_2$  が大であるため磁気増幅器の出力電流  $i_3$  は小となり可飽和リアクトルに加えられる直流励磁は小さく可飽和リアクトルのリアクタンスは大きく、従つてサーボリフタの端子電圧が下り押し力も下るので制動杆は引下げられ固定子に制動がかゝり始める。その結果主回路変流器に流れ



第8図 起同電動機起動方式結線図  
Fig.8. Schematic Connection Diagram for Starting System of Super Synchronous Motor



第9図  $(i_1 - i_2) - i_3$  特性曲線  
Fig.9. Characteristic Curve  $(i_1 - i_2) - i_3$

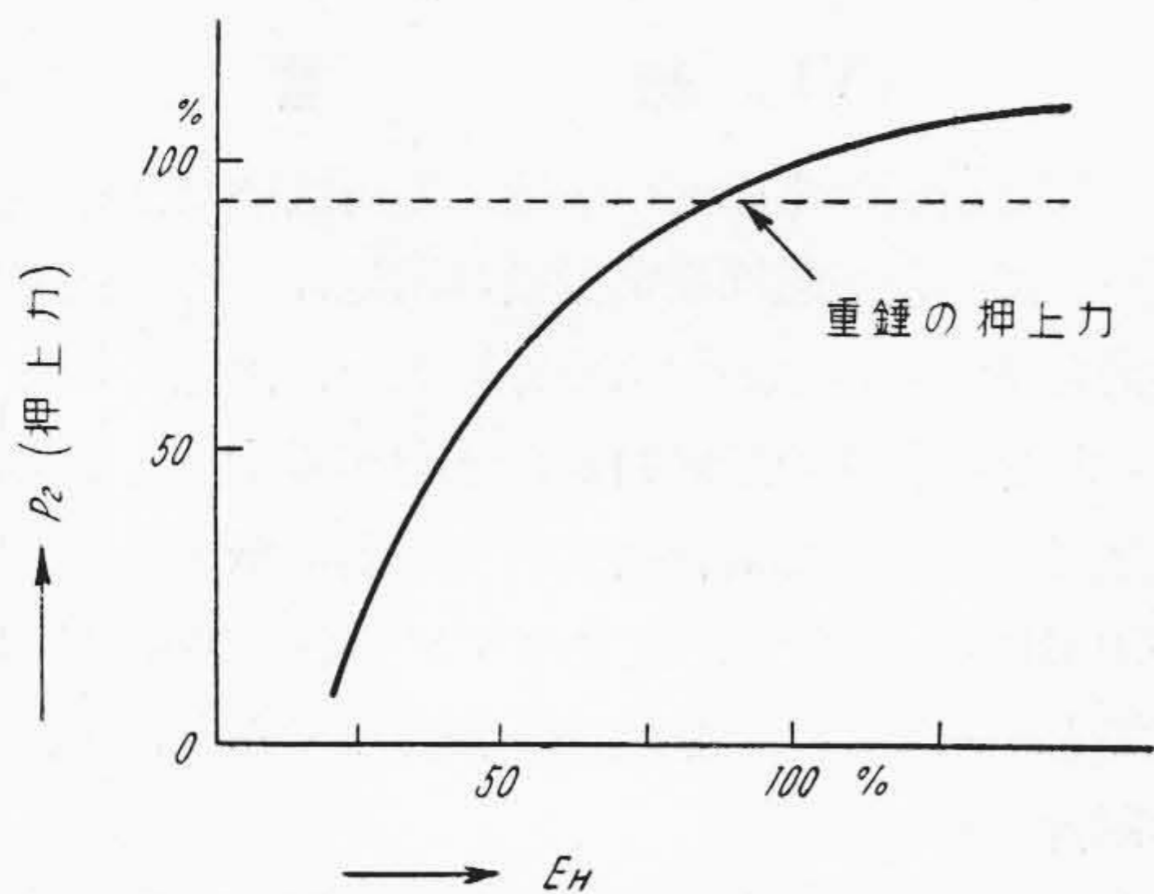


第10図  $i_3 - E_H$  特性曲線  
Fig.10. Characteristic Curve for  $i_3 - E_H$

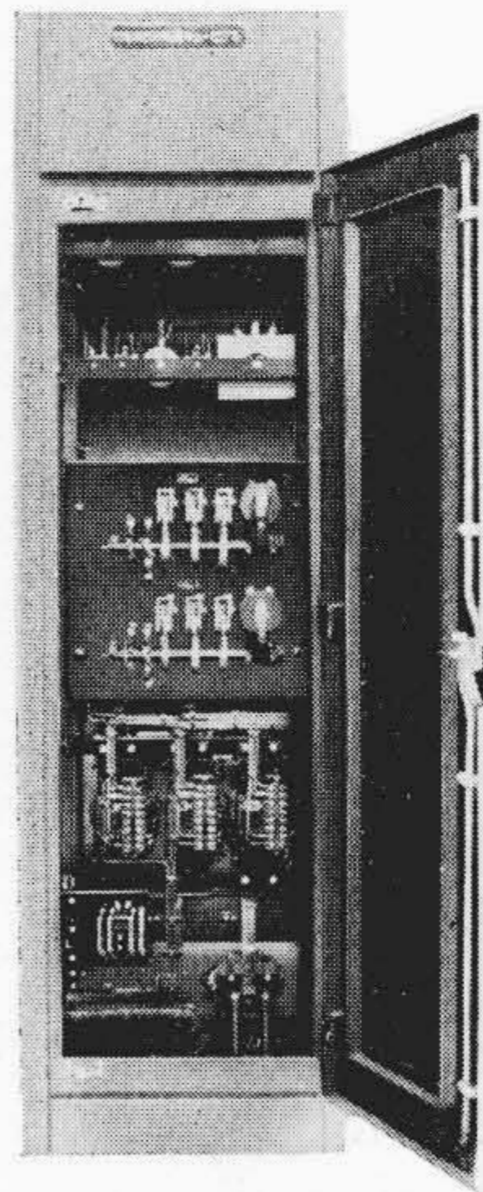
る電流が大となれば  $i_1$  も大となり  $i_1 - i_2$  は小、従つて  $i_3$  は大となりリアクタンスは小となりサーボリフタは制動杆を押し上げ制動を適当に弛め主回路電流が一定に保つよう動作する。主回路の電流値は基準になる  $i_2$  を適宜に設定することにより自由に選択出来る。

固定子が完全に停止した後88Bが開路され重錘の全重





第11図  $E_H$ - $P_2$  (押上力) 特性曲線  
Fig.11. Characteristics Curve for  $E_H$ - $P_2$  (Thrusting force)



第12図  
自動制御キュービクル  
Fig.12.  
Automatic Control  
Cubicle

量を以てブレーキバンドを締つけ起動操作は完了する。

第9図に  $(i_1-i_2)$  と  $i_3$  との関係特性, 第10図に  $i_3$  とサーボリフタ端子電圧  $E_H$  との関係特性第11図に  $E_H$  と押上力  $P_2$  との関係特性を示す。

これ等の自動制御機器は一つのキュービクルに納められる。第12図は自動制御キュービクルを示す。

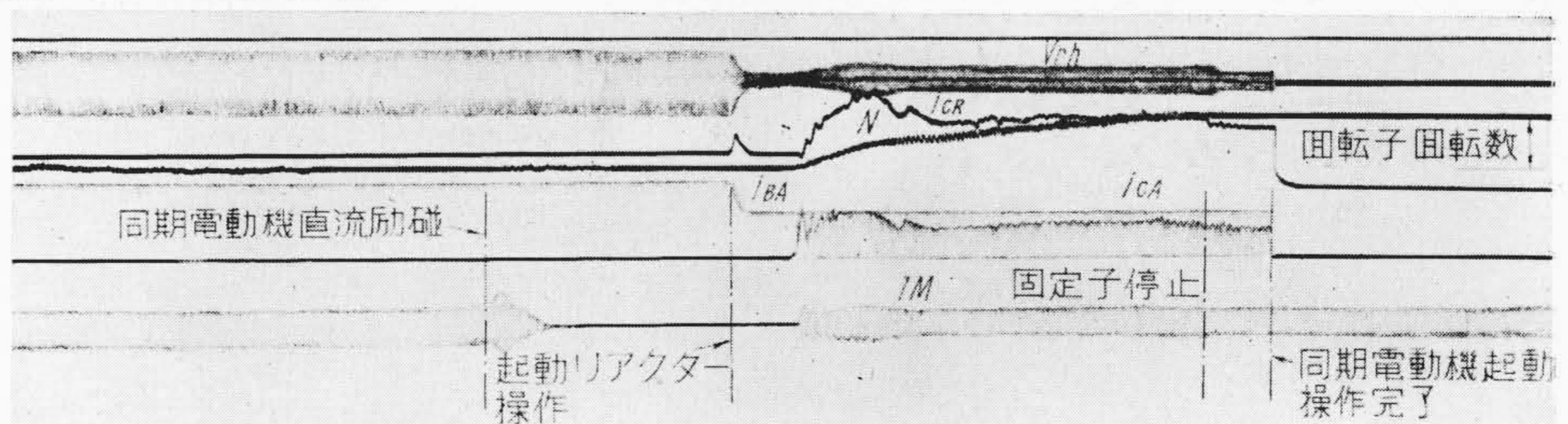
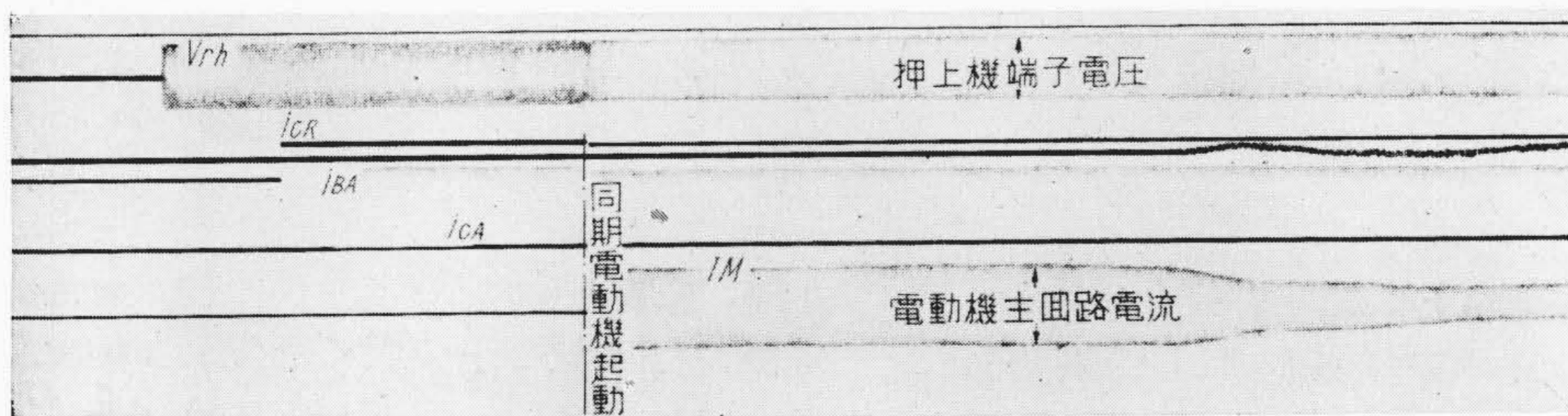
第13図は日立超同期電動機の起動状態を示すオツシログラムである。図は、左より既に主回路油入遮断器は投入され、固定子側の制動機構たるサーボリフタに全電圧がかかり、制動緩めによる固定子側回転中より始まる。固定子全速となり界磁接触器 41 投入により同期に入り、次いで適當時限後起動リアクトルを油入遮断器 42 により短絡し、同時にサーボリフタの供給電圧は主回路挿入の変流器により制御され、固定子は徐々に制動され回転子の速度が逐次上昇し、その間固定子電流は一定値であるよう制御されている状態を示している。

(3) 本制御方式の特長

以上述べた如く制動時に制動回転力を一定に保ちつゝ制動をかけるので起動が円滑に行われる。最初 88A を開路してから制動がかゝり始め固定子電流が一定値迄増加する迄の間にサーボリフタ電圧が過小になることがないようにバイアスをかけてあるので常に押上力が差動的に仿いており急激なショックを受けることはない。

これ等の一定電流制御が総て無接点制御であることも大きな特長でセメント工場等の塵埃の多い場所に適し接点の磨耗等保守上の問題がない。

自動起動に就いては前に説明したが、これ等の起動の各段階を手動で行うことも出来る。機械の整備や点検のために寸動を行う場合には固定子を回転させておいて寸動のスイッチで 88A を開路して制動をかければよい。この場合やはり自動制御は動作するので寸動は円滑に行われる。



第13図 超同期電動機起動状態を示すオツシログラム  
Fig.13. Operating Oscillogram of Starting State of Super Synchronous Motor



〔V〕 特 性

(1) 起 動 特 性

上記のような起動方式では固定子起動は完全な無負荷起動であるから起動回転力並びに同期化回転力は全負荷回転力の 20% 程度で済むので起動リアクトルによる減圧起動を行い起動電流は 150% 以下になし得る。負荷起動回転力は脱出回転力附近迄上げ得るので 150~250% 位出し得る。負荷起動能率は略 100% であり他の電動機に比し極めて有利である。

(2) 運 転 特 性

重負荷起動とはいうものゝ、本質的には通常の同期電動機と変わりなく高能率、高力率の特性を持たせることが出来る。

〔VI〕 結 言

以上日立超同期電動機の構造、制御機構及びその特長に就いて述べたが超同期電動機の用途は広く、従来同期電動機を使用し得なかつた分野に大いに活躍が期待される。これ等の設備の新設計画に本稿が多少とも参考になれば幸である。日立製作所に於ては既に秩父セメント会社 650 HP 32 極 1 台、日立セメント会社 650 HP 40 極 3 台等を納入し、その他現在も製作中であり、今後の進出が期待される。

終りに製作にあたり御協力を賜つた御使用者各位の御好意に対し深甚の謝意を表するものである。



日 立 製 品 ニ ュ ー ス

日立セメント株式会社納  
超 同 期 電 動 機 完 成  
Super Synchronous Motors for Hitachi  
Cement, Ltd. are Completed

日立製作所日立工場では先に完成した秩父セメント株式会社納に続き、日立セメント株式会社より受註した超同期電動機 3 台を昨年末完成し、現地据付も完了今年初頭より運転を開始している。

現地運転状況は極めて好調で、日立超同期電動機の特長とする、制動機構に於けるサーボリフタの電圧加減方式も、設計通り十分にその機能を発揮しており、負荷起動時のショックは全く防止され、固定子制動は円滑に行われている。この結果は現地に於ける実負荷による固定

子電流を検出したオッシログラムに明かで、これは本誌 27 P に掲載されている。今回日立セメント株式会社に納入されたものゝ仕様は下記の通りである。

出 力	.....	650 HP
極 数	.....	40
電 圧	.....	3,000 V
周 波 数	.....	50~
回 転 数	.....	150 r.p.m.
力 率	.....	100%
脱 出 ト ル ク	.....	175%
起 動 ト ル ク	.....	175%
起 動 リ ア ク ト ル	.....	400 kVA
励 磁 機	.....	15 kW 直流複巻発電機