

最近のポンプ用三相誘導電動機の動向

The Recent Three-phase Induction Motors for Pump Drive

篠 田 和 男*
Kazuo Shinoda

内 容 梗 概

最近のポンプ用電動機に要求される性能はかなり高度のものとなってきたが、これらの傾向と特長をポンプの用途別に詳述する。

1. 緒 言

最近の火力発電所の容量の増大化に伴って、火力補機のポンプ用電動機の単機容量が増大するとともに一般産業用のポンプ用電動機容量も増大の一途をたどっている。ポンプ用電動機には取り扱いの容易さなどのためにかご形電動機が多く用いられるが、かご形電動機は起動電流が大きいので、従来よりバックパワーの関係から大容量電動機には起動電流の小さい巻線形電動機が使用されてきた。しかし最近では電源容量の増大に伴い大容量機にもかご形が用いられる傾向となり、特に大容量火力発電所の補機用電動機のほとんどがかご形であり特殊なものを除き巻線形の使用は皆無に等しい。

都市の急激な膨張の結果水道施設の拡充が問題とされているおりから、水道施設のポンプ用電動機の需要も活発である。水道用ポンプも単機容量の増大化が特徴としてあげられるが、バックパワーの関係から巻線形誘導電動機が主として用いられている。また水道施設の自動運転が最近の傾向であり、並列運転を行なっている数台のポンプを水道の消費量に応じて自動的に一部のポンプを停止、起動させたり、あるいは電動機の手速度制御を行なうなど施設の合理化も目立ち、最近開発されつつあるシリコン整流器を利用したセルビアス方式による速度制御によって高能率運転を行なうことが今後発達して行くであろう。

一般産業用としては、石油化学を中心とする化学プラントのポンプ用電動機の需要が多い。これらの電動機は取り扱う液体の性質上「工場防爆指針」に基づく防爆形電動機が多く、かつ建屋設備費の軽減などから屋外用電動機が多く用いられる。また製鉄部門の設備拡充もめざましくデスケーリングポンプ用高速大容量電動機あるいは圧延機の油装置用ポンプ用電動機などの需要が多い。

2. 火力発電用ポンプ用電動機

火力発電所の補機として使用される代表的なポンプとして、ボイラ給水ポンプ、循環水ポンプ、復水ポンプ、補助油ポンプなどがあげられ、いずれも発電機の単機容量の増大に伴って大容量化の傾向にある。たとえばボイラ給水ポンプ用電動機の容量および台数を年代順に示せば第1表のとおりである。また大容量高圧ポンプ用電動機を除いては、すえ付面積の小さい立形電動機の使用が目立ち、特に屋外のものが多い。これらの電動機は各々の機種ごとに2台以上で並列運転を行なうのが普通であり、負荷の変化に応じて起動停止を行なうので長時間の連続運転ならびにひん繁な起動停止に耐えることが必要であるばかりでなく、運転休止期間中の防湿についても十分な考慮を払わなければならない。

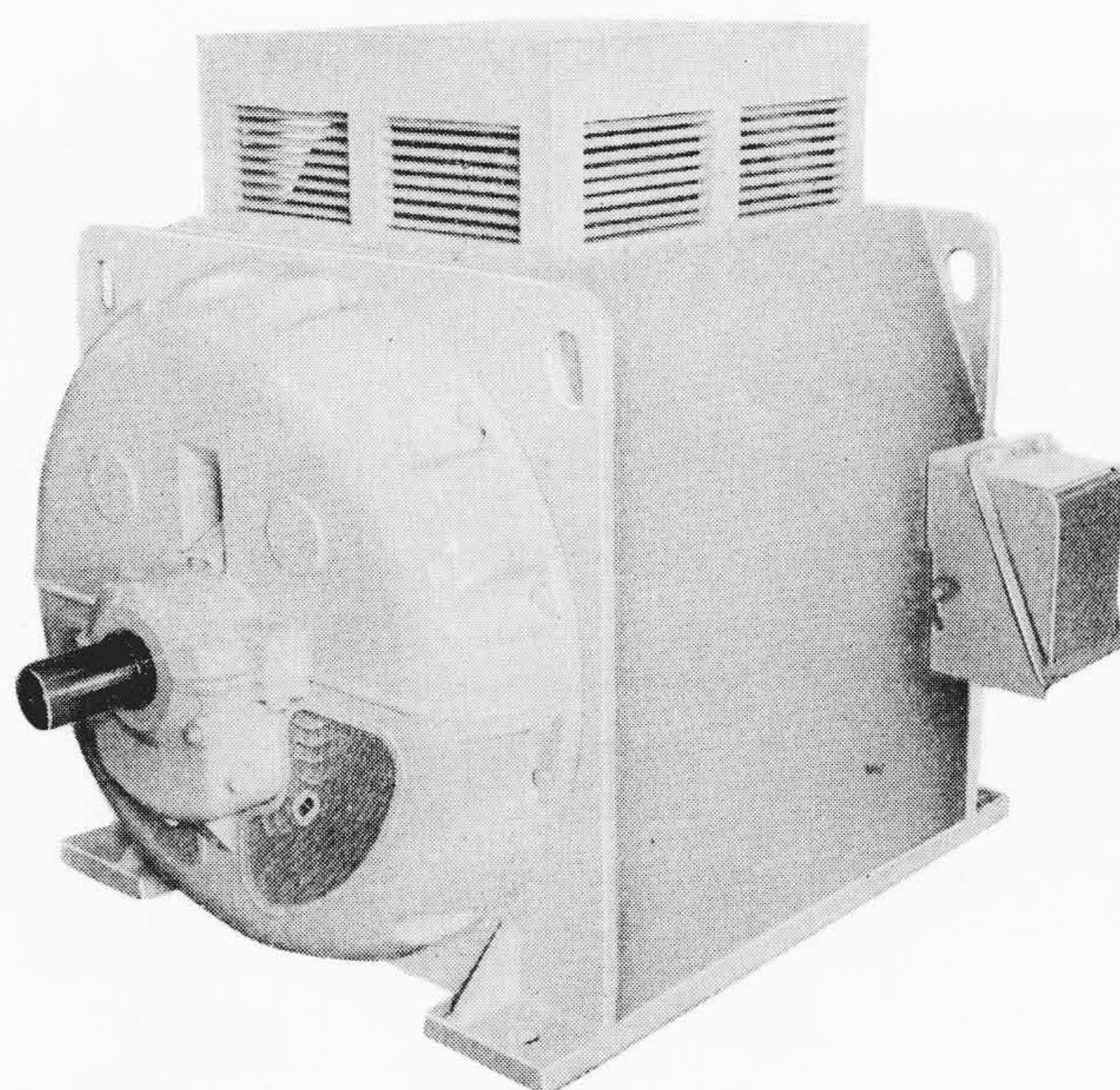
2.1 かご形電動機

かご形電動機がひん繁な起動停止に耐えるためには、回転子導体の熱容量を大きくするとともに、回転子導棒と短絡環との熱応力の軽減などの手段を講ずる必要がある。ポンプの必要とする起動トル

* 日立製作所日立工場

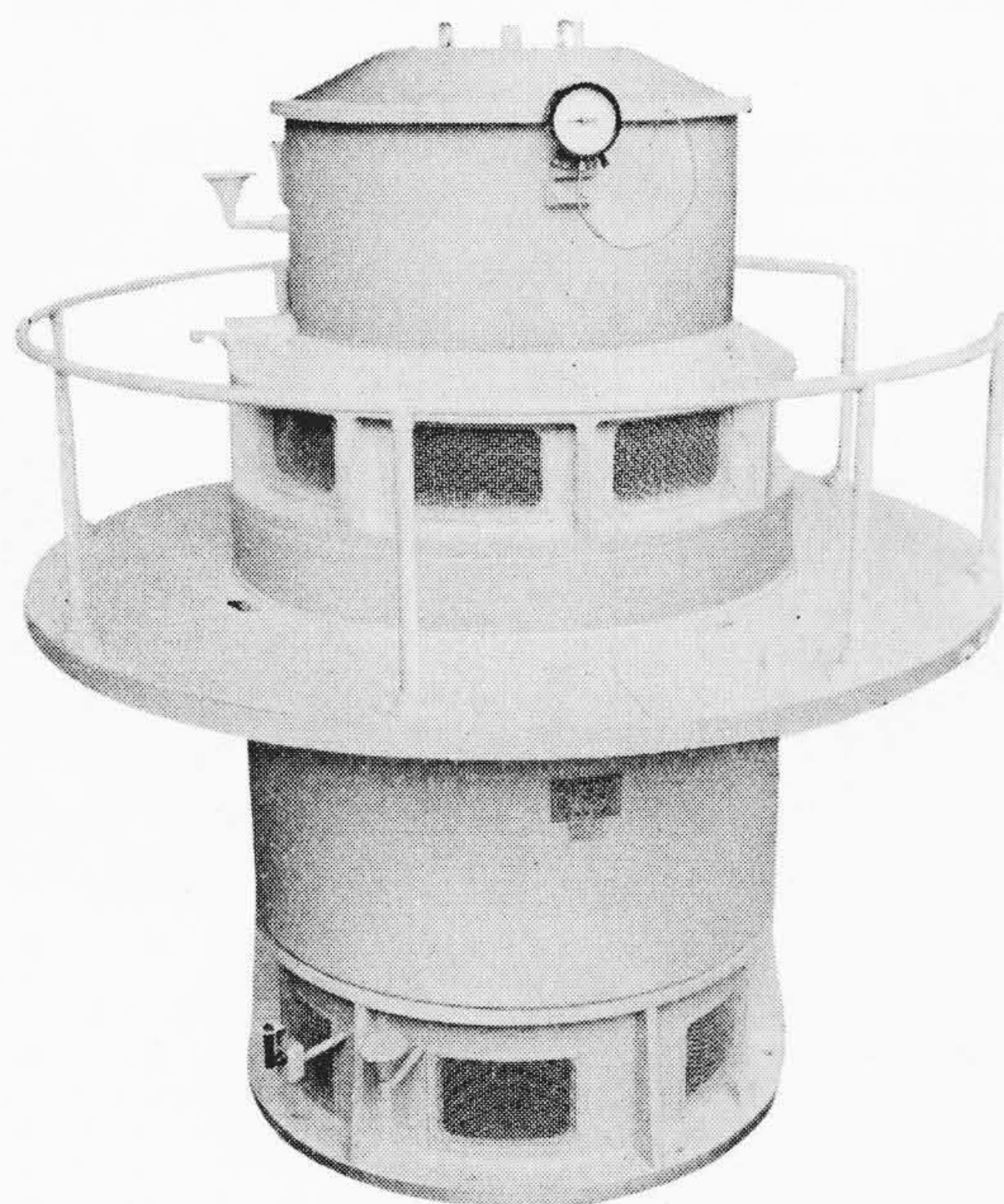
第1表 ボイラ給水ポンプ用電動機製作実績

年 度	31	32	33	34	35
容量(kW)					
500～990	11	3	0	4	3
1,000～1,490	0	0	0	0	6
1,500～1,990	0	3	4	10	15



1,800 kW EFLU-KK 4 P 1,500 rpm

第1図 ボイラ給水ポンプ用電動機



550 kW VEFL0-KK 8 P 750 rpm 推力荷重 10 t

第2図 立形電動機

クは一般に 40~50% 以下でありポンプの慣性能率も電動機のそれに比べて小さいので、中小形かご形電動機には最も適した機種であるが、ボイラ給水ポンプ用などの高速大容量電動機では熱応力と同時に強大な遠心力に耐える構造でなければならない。その構造は第 3 図のように 2 重かご形で、上部短絡環と下部短絡環はそれぞれ分かれているから、起動時に発生する多大な熱損失に対して上部導体下部導体は各々別個に膨張しうるので、導棒および短絡環に無理な熱応力が発生しない。また短絡環には特殊銅合金を使用して機械強度の増大を図っているが、さらに高速機においてはプロテクトリングを併用して強大な遠心力に対する安全度を高めている。

2.2 予 備 電 動 機

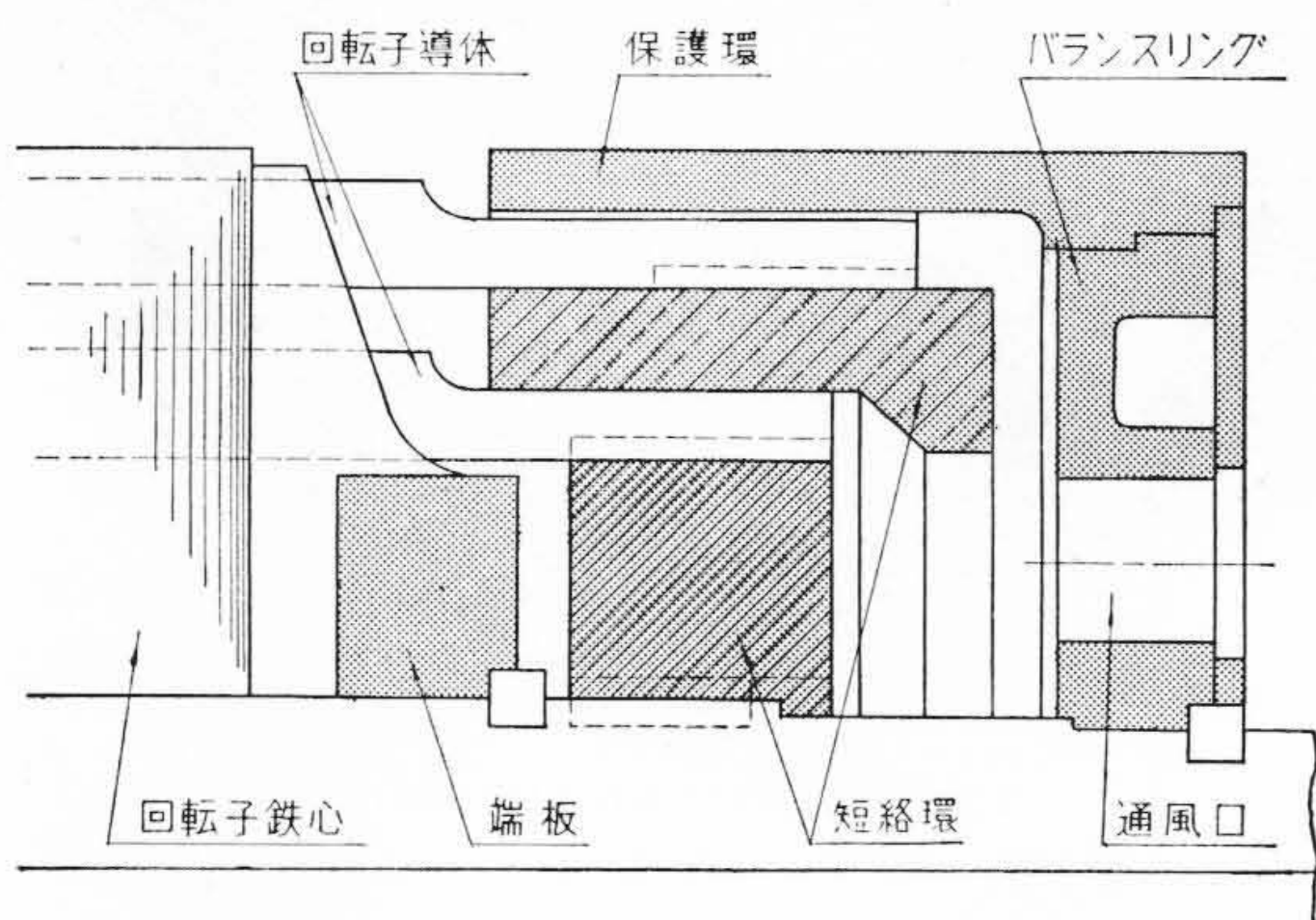
火力補機用電動機は一般に予備用電動機を備えており、予備用電動機は長期間運転せぬまま置かれることが多く、巻線の吸湿、老化に対処して緊急の使用に応じられねばならない。特に屋外用電動機にとっては重要な問題であり、長期運転休止する場合には開放形よりも全閉形が適しており、スペースヒータを設けるとよい。

3. 水道施設用ポンプ用電動機

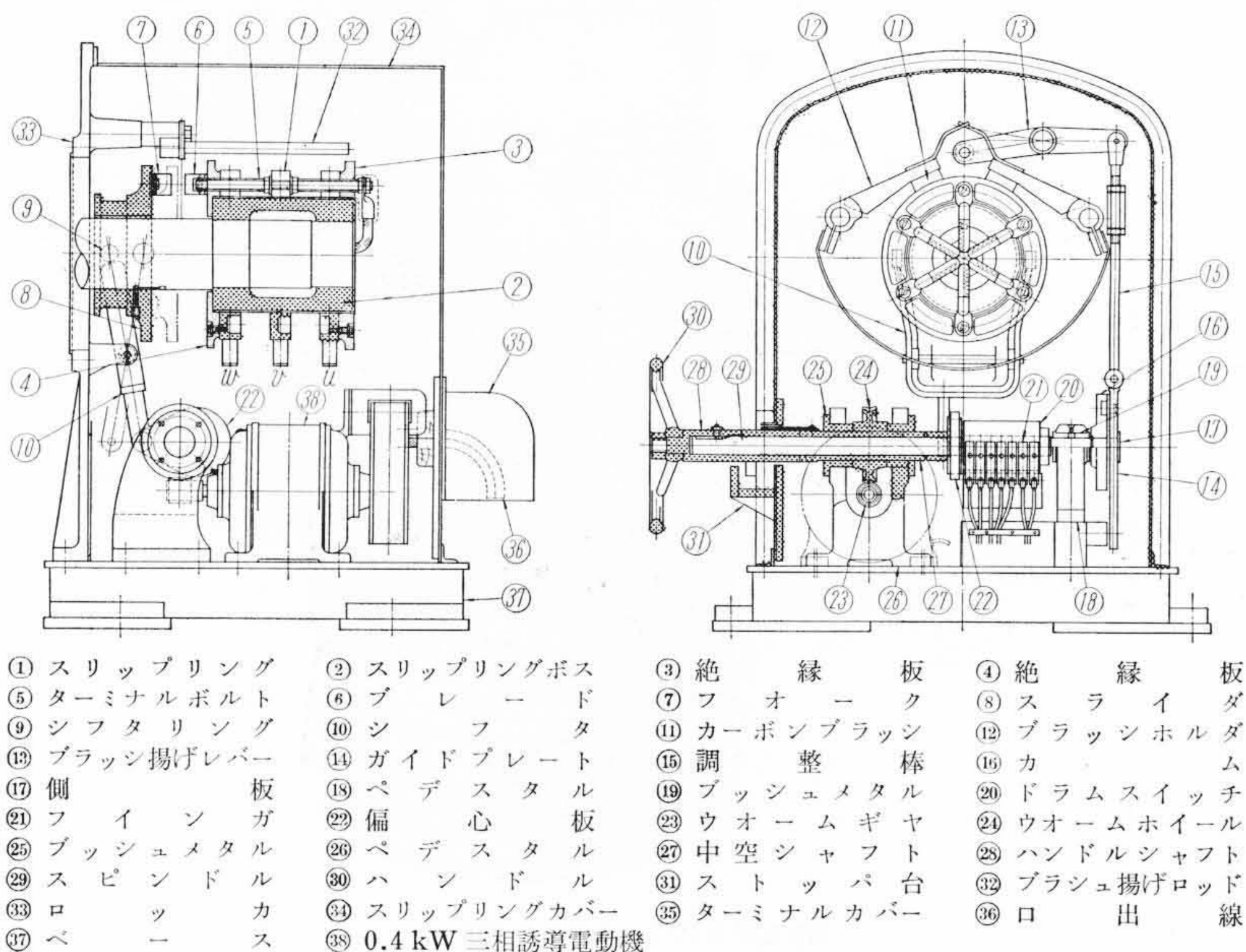
水道施設用ポンプ用電動機には巻線形電動機が使用される場合が多い。バックパワーが小さいのでかご形を使用できぬことにもよるが、巻線形であれば給水量を電動機の手速度制御によって加減できるからである。

3.1 巻線形電動機

巻線形電動機は起動抵抗器を調整し、起動電流を制限して起動す



第 3 図 高速大容量かご形電動機の回転子端部の構造



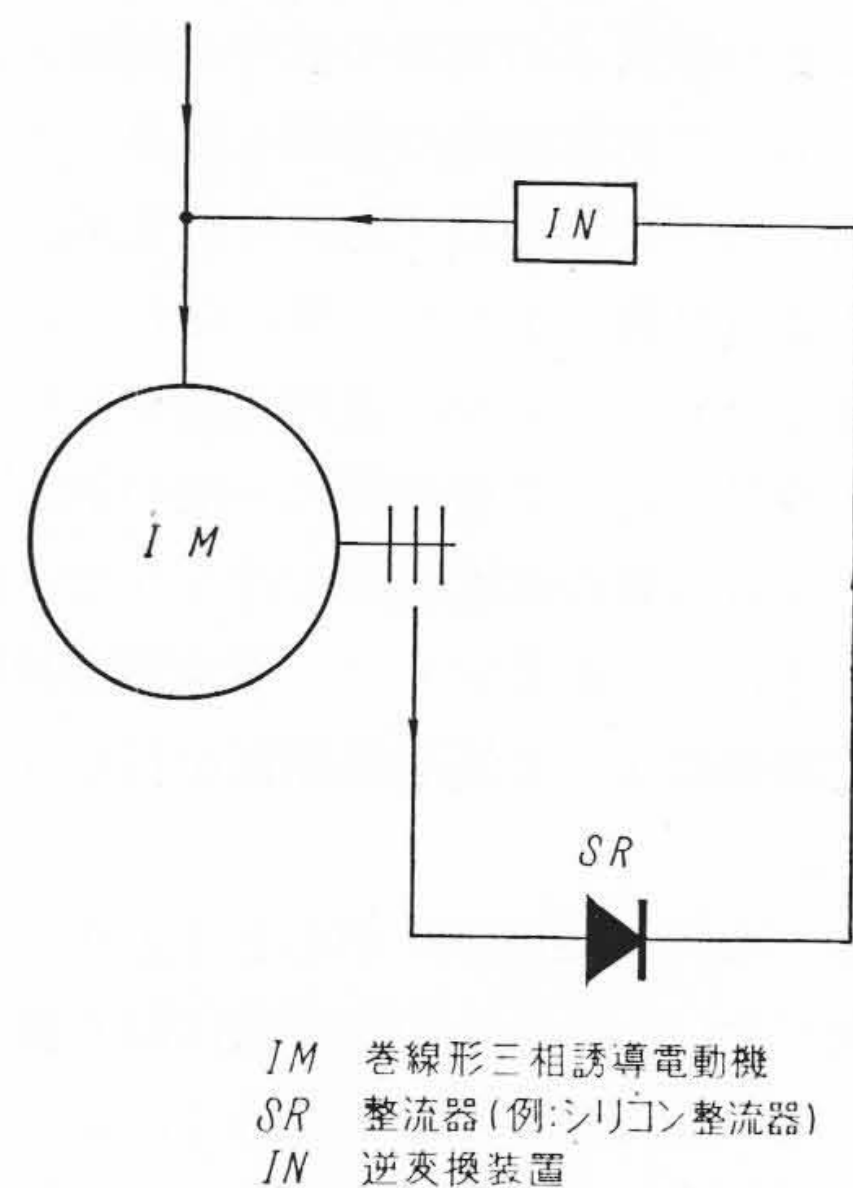
第 4 図 電動スリップリング短絡刷子上装置構造図

るもので、起動完了後は二次回路を短絡するとともに、刷子の摩耗を防ぐため刷子を上げる構造をとるのが普通である。最近の水道用ポンプでは遠隔操作あるいは自動運転を行なうことが多くこの場合にはスリップリングの短絡および刷子引揚操作を電動で行なう。

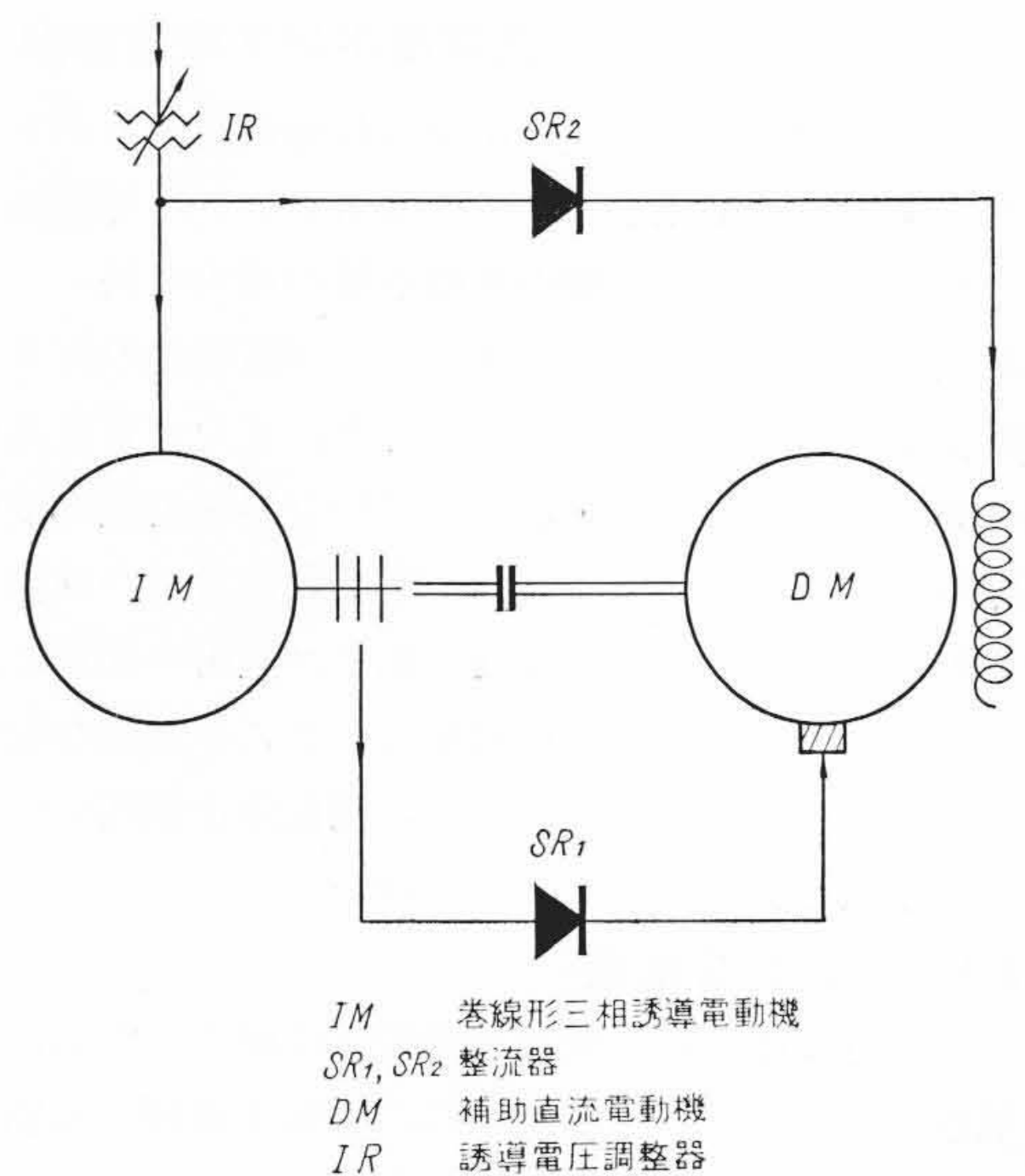
第 4 図に電動スリップリング短絡装置の構造を示す。スリップリング短絡片（ブレード、フォーク）、操作用電動機などの主要部分は、厳重な寿命試験を終えて実用化しているので耐久性がきわめて大きい。

3.2 速 度 制 御

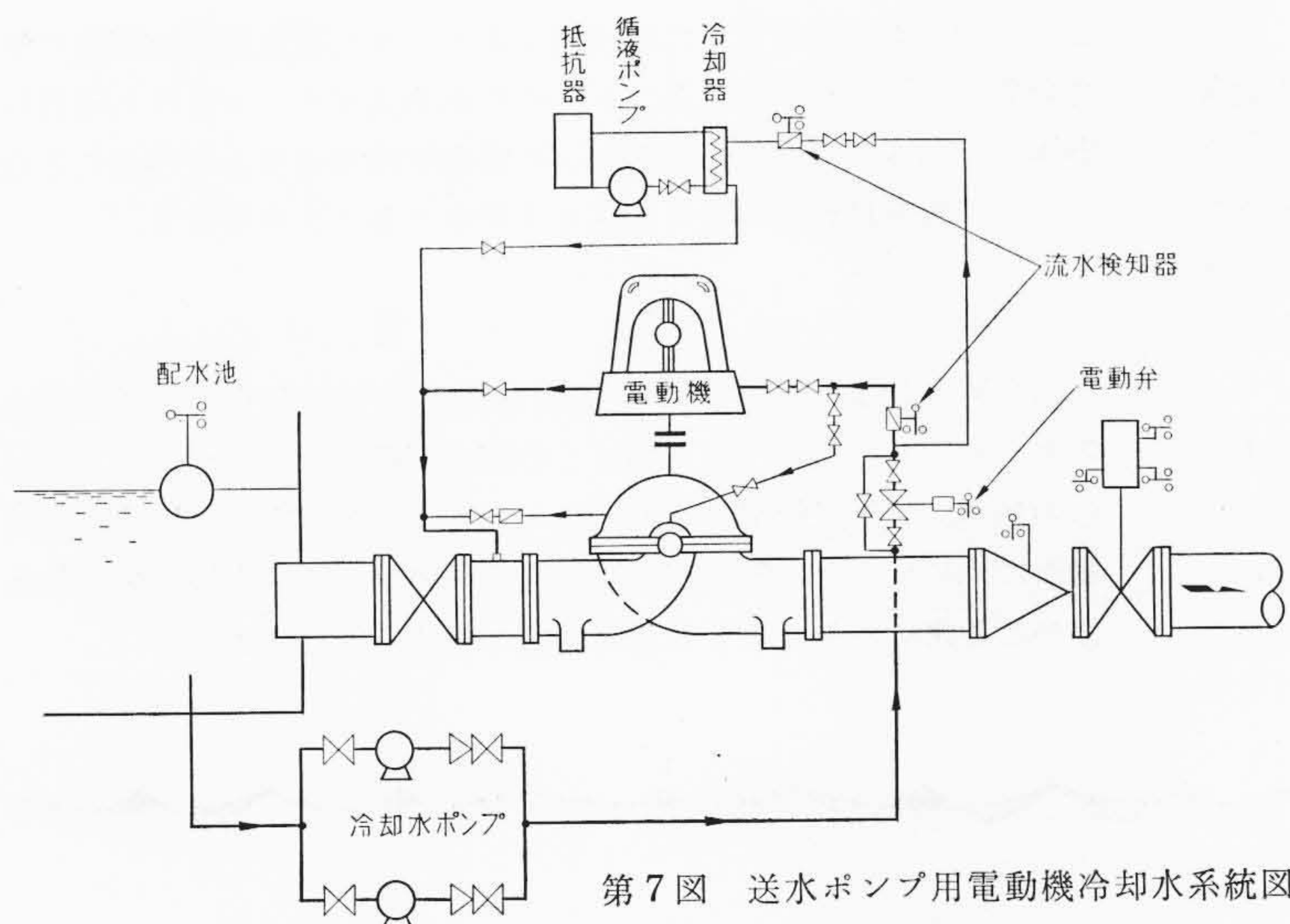
水道の需要の増大に伴い給水設備の容量も大きくなり、最近では 1 日の水道の需要量の増減に従って給水量を効率よく加減するため、電動機の手速度を自動制御する傾向にある。速度制御の最も一般的な方法は、設備費の安価な二次抵抗制御であるが効率の悪い欠点がある。シリコン整流器の発達に伴い、一時顧みられなかったセルビアス方式あるいはクレーマ方式による速度制御が再び脚光を浴びてきた。三相誘導電動機の手速度制御としては原理的に（1）一次周波数の変更（2）極数変更（3）二次回路制御（4）可変速継手の使用などが考えられているが、二次回路制御によるトルクスリップカーブの変更が最も普通で種々の方法が考案されている。二次抵抗制御はもちろん、セルビアス方式、クレーマ方式も（3）の方法であり、その原理的結線図を第 5 図および第 6 図に示す。これはトルクスリッ



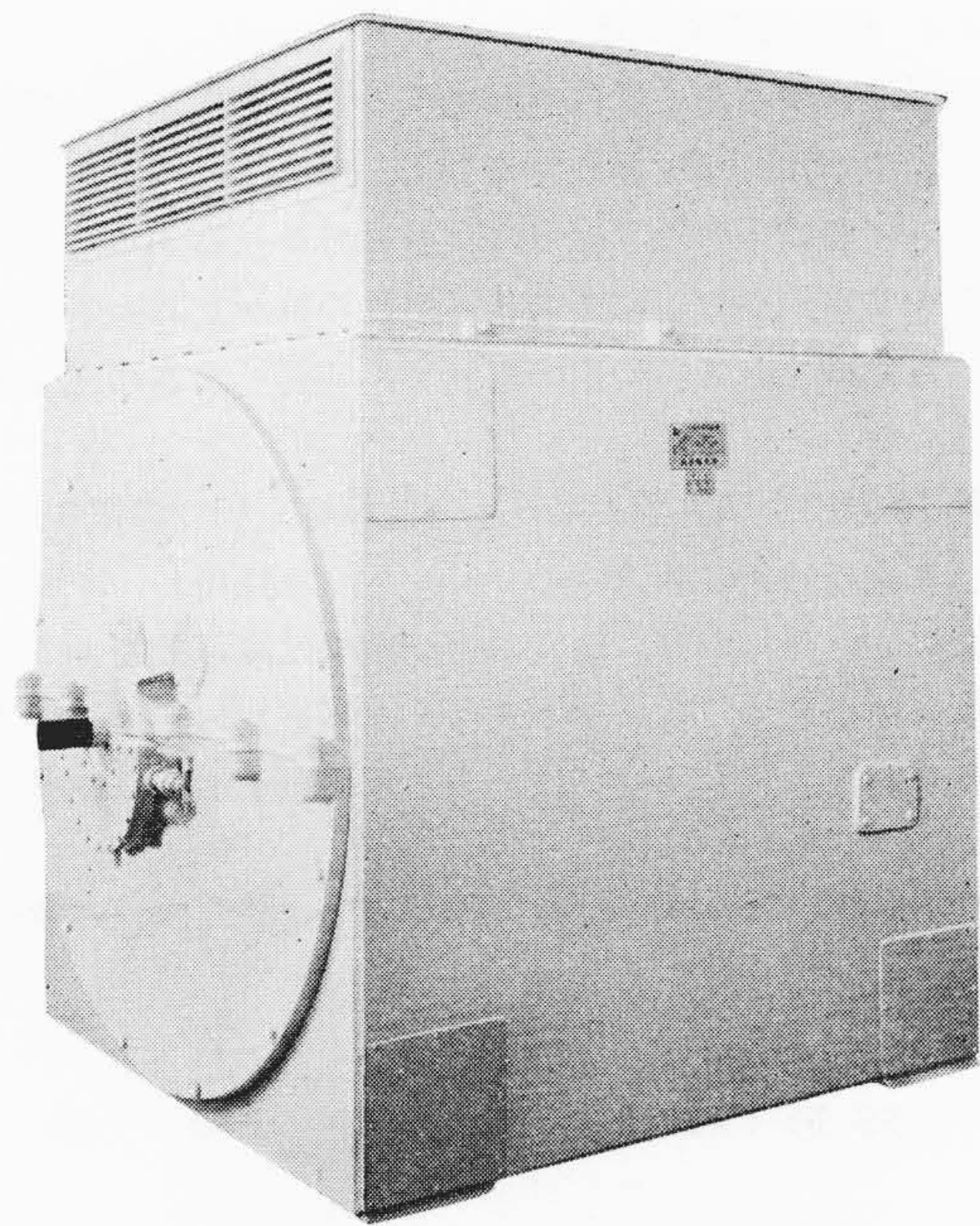
第 5 図 静止セルビアス方式の原理



第 6 図 静止クレーマ方式の原理

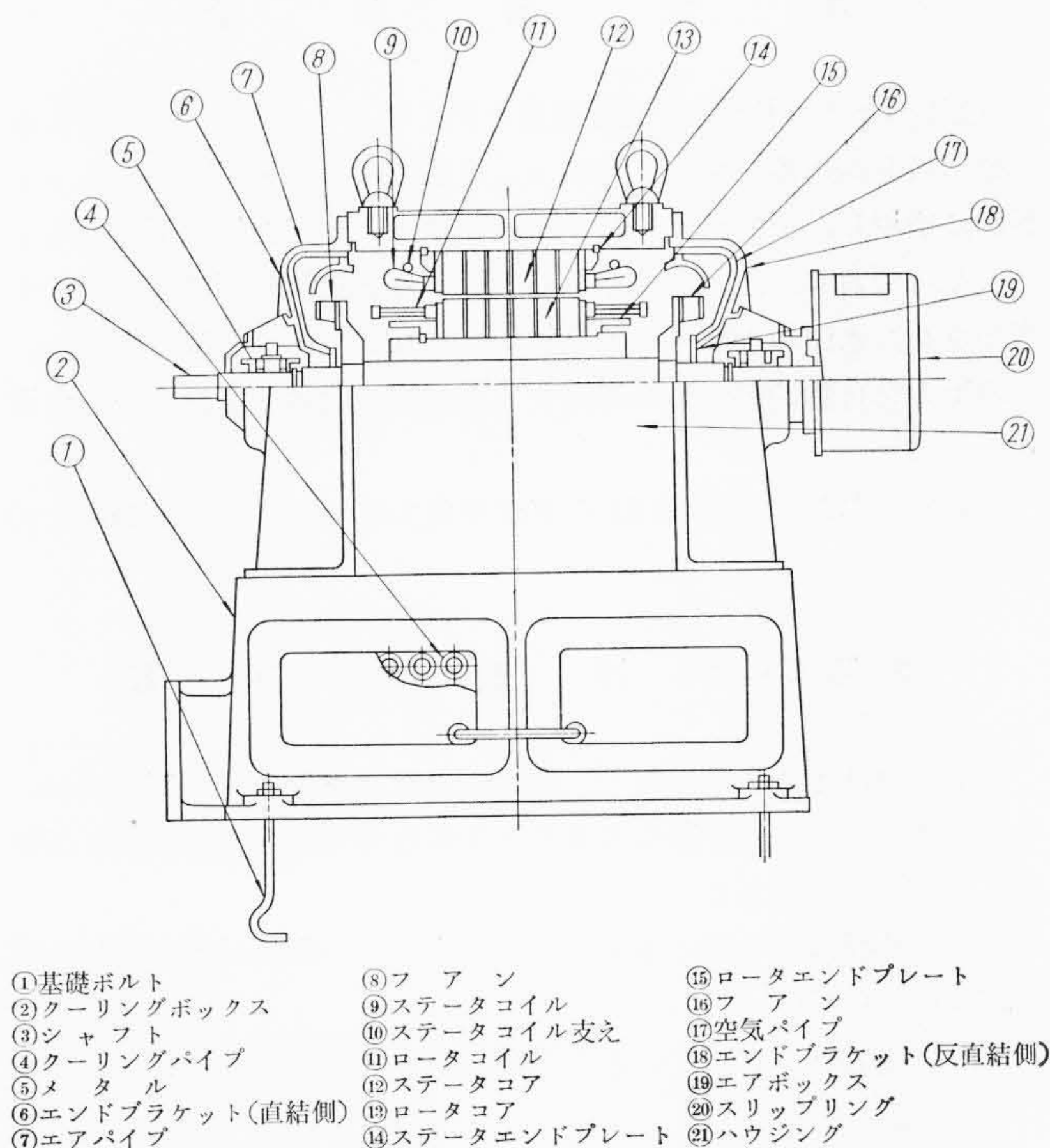


第7図 送水ポンプ用電動機冷却水系統図

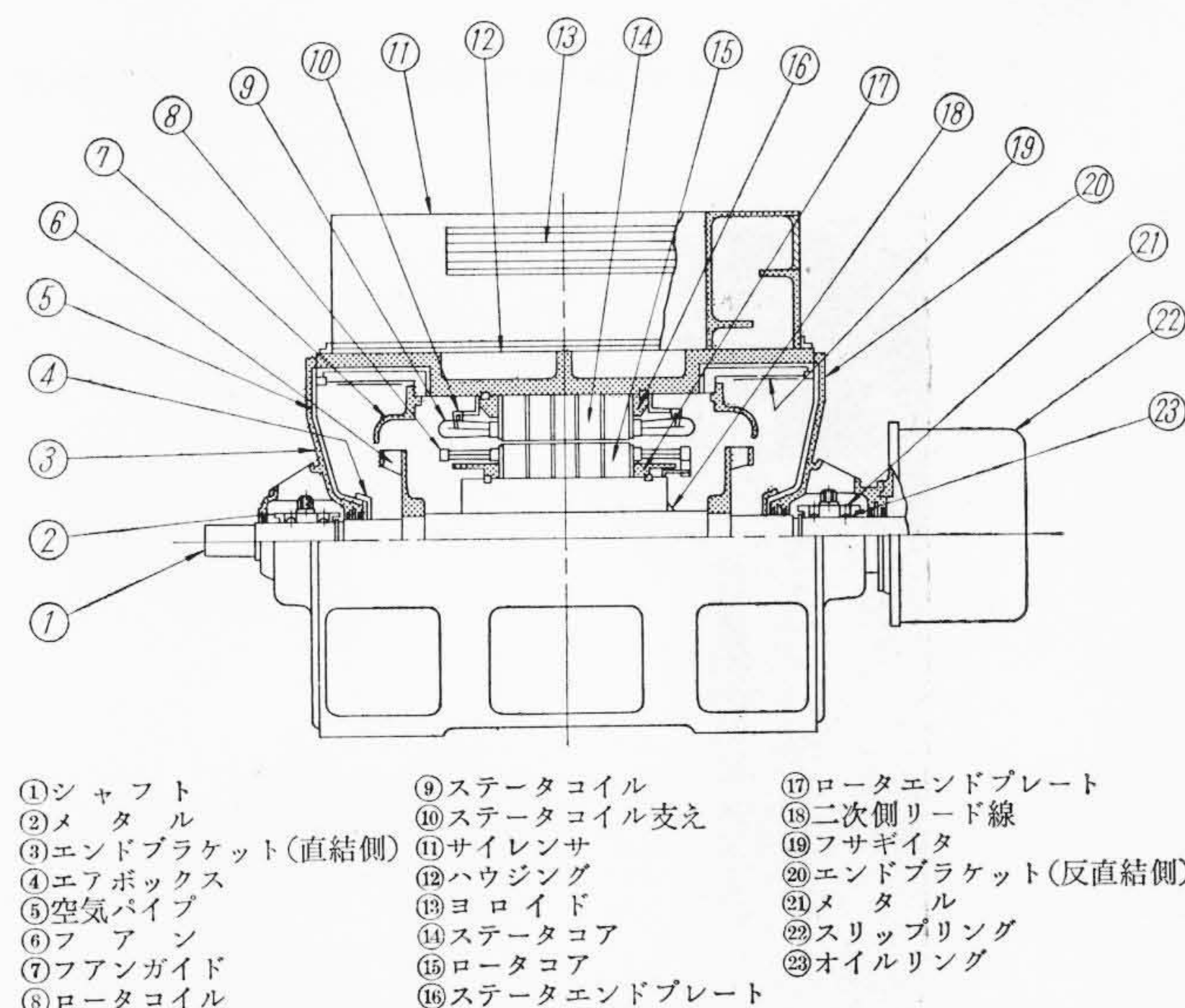


290 kW TFL0-KK 2P 3,600 rpm

第10図 全閉外扇形屋外用超低騒音電動機の外観



第8図 低騒音水冷式電動機の構造



第9図 低騒音閉鎖形電動機の構造

プカーブを変更させて速度制御するものであり、この方法によれば2次抵抗制御方式のように多大な抵抗損失が発生しないので、高能率に速度制御できる。セルビアス方式に使用される逆変換装置には、水銀整流器あるいは直流電動機とこれに駆動される誘導発電機が考えられるが、性能の良好な反面、設備費が高く、稍複雑であることはいえない。最近開発されつつある大電力用S. C. R. (Silicon Controled Rectifier) が実用化されれば、これらの欠点を改善し2次抵抗制御に代ってセルビアス方式による速度制御が隆盛をきわめるものと推定される。

3.3 騒音の問題

また水道施設の設置場所が狭くかつ人家に近接している場合が多いため、電動機の騒音の低下が要求される。一般用低騒音電動機の使用ももちろん考えられるが、水道水を第7図のように分水して冷却水として利用した低騒音水冷式電動機がある。この方法では価格上の問題を別とすれば電動機の発生する熱損失が冷却水によって運び去られるので、空冷式の場合のように建屋の排気に気を配る必要もなく、かつ冷却水は再び水道用として返還されるので排水に対しても考慮の必要がないなどすぐれた特長を有している。

4. 一般産業用ポンプ用電動機

一般産業用としては石油化学を中心とした化学プラントあるいは製鉄用が目だが、応用分野は広く容量も中小容量のものはもちろん、化学プラント用 2,000 kW 級のものまで機種も多い。これらの電動機に対しても既述のような考慮を払っていることはもちろんであるが、一般産業用の最近の著しい特徴としてあげられる点は(1)「工場防爆指針」に基づく防爆構造、(2)低騒音化(3)屋外形化などがある。

4.1 防爆電動機

工場防爆指針に基づく回転機の防爆構造には、閉鎖形および全閉形の安全増防爆構造、耐圧防爆構造ならびに内圧形防爆構造がある。この中安全増防爆構造は、端子箱構造、最大温度上昇、固定子と回転子の最小ギャップなどに安全度増加を払っているが、万一内部において故障が発生した場合の防爆性は保証されていないから、危険度の高い場所での使用は最小限度に押えることが必要である。

4.2 超低騒音電動機

電動機の騒音防止には冷却効果を高める構造にして騒音の主要部分を占める冷却扇を縮小する一方、第9図に示すようにサイレンサを設けて騒音中の耳ざわりな高域騒音を遮断する。もちろんハウジングを2重構造などにて強化し振動の低減を計る手段も講じる。低騒音電動機としてこのほかに前章にて述べた水冷式全閉形電動機がある。

第10図は全閉外扇形屋外用超低騒音三相誘導電動機の外観を示す。本機の特長は新方式のサイレンサを採用し、ハウジングを二重構造にした点にあり、騒音の実測結果は高速機であるにもかかわらずきわめて低く、75 ホンであった。従来から一般に採用されてきた風路湾曲形サイレンサでは、ある程度以上に騒音レベルを下げるこ

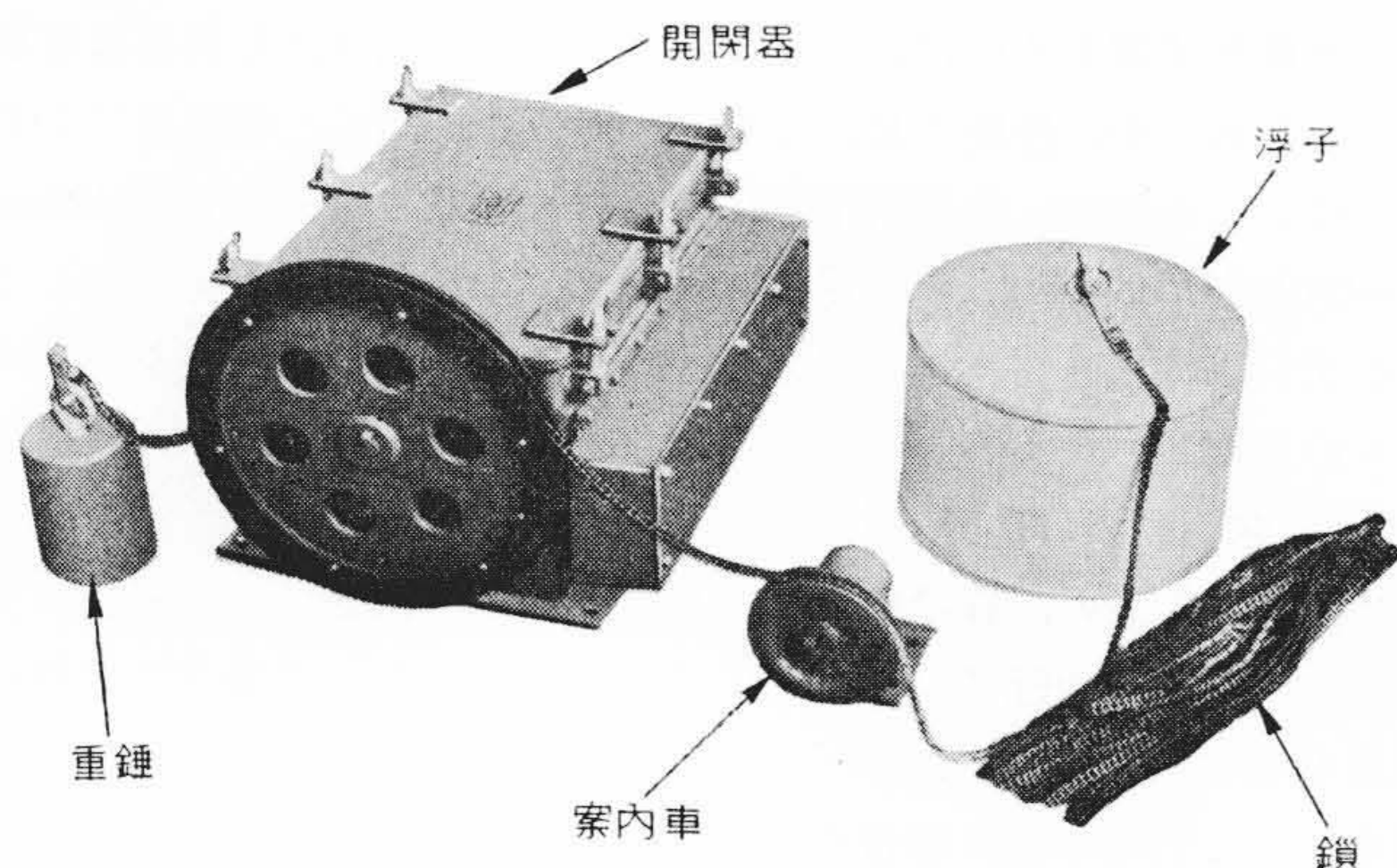
とが冷却効果を阻害するため困難であり、また吸音材料の特性に吸音効果が著しく左右される。ところが新方式サイレンサは共鳴吸収形構造であって、共鳴周波数以上の騒音を冷却効果を下げることなく、かつ吸音材料の特性に関係なく遮断することができる。

5. 結 言

以上述べたポンプ用誘導電動機の傾向は従来から少なからず認められた点であったが、最近特にこの傾向が顕著になってきた。これらの傾向には製品価格の低減に逆行する点も多々有り、用途、使用場所に応じてむだの無い電動機を選定が望ましく、今後も需要者各位のご要求にこたえるよう開発改善に努める所存である。

FS 形 CRZ 式 浮 動 開 閉 器

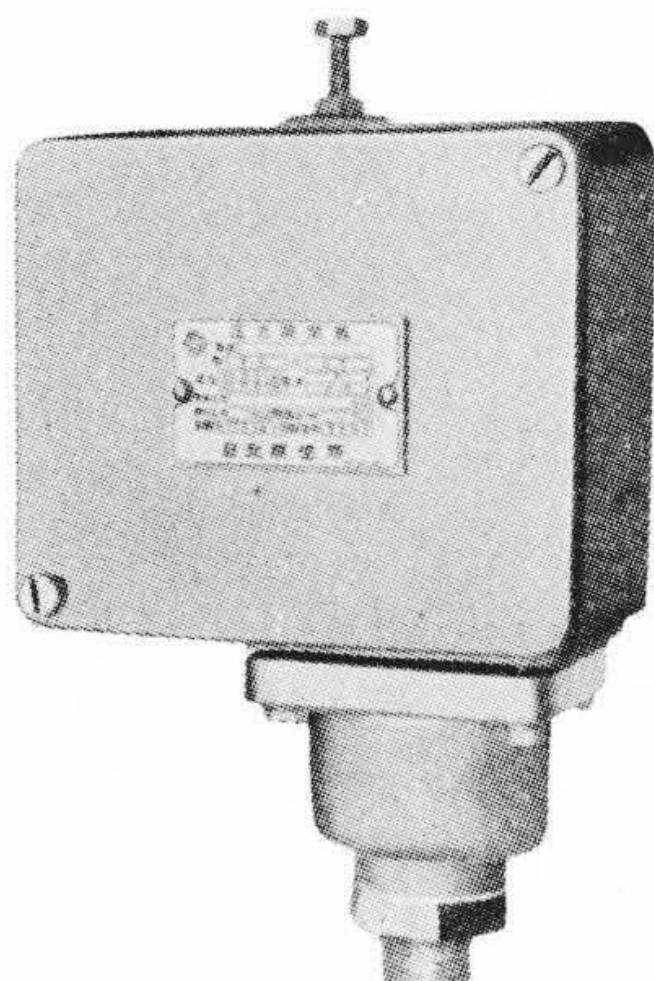
各種用途のポンプ自動運転に使用するもので、動作調整がカム回転式になっており、任意に動作位置を変えられる 10 組の接点を備えている。開閉器箱は防滴構造で鎖はステンレス製であって、最大水位変化 3 m まで上下限の警報および起動、停止さらに予備ポンプの切り替えなど多段の制御を行うのに適する。本器の外観を第1図に示す。



第1図 FS形CRZ式浮動開閉器の外観

圧 力 開 閉 器

本器は吐出圧力の異常低下、上昇を検出するのに用いられ、圧力の変化でベローズを駆動し接点を開閉するようになっている。外観を第2図に示すが送泥ポンプ用は金属ダイヤフラムで圧力の変化をうけるようになっており 0.5~10 kg/cm² で使用する。



第2図 圧力開閉器外観

水 位 発 信 器

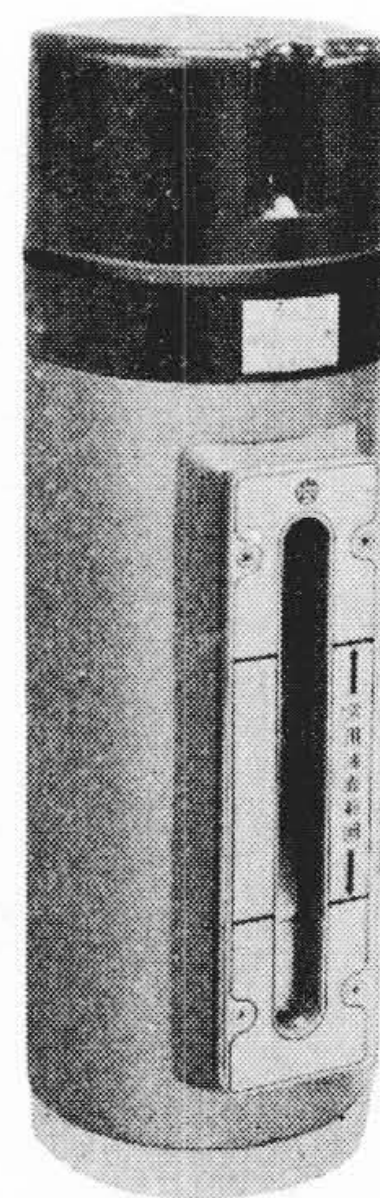
本器は FS 形 CRZ 式浮動開閉器と同じ構造であるが、さらにしゅう動形可変抵抗器を備えたもので、2 個の接点を上下限のリミット制御に使用し、可変抵抗器は水位の変動によって抵抗値が変わるようになっており、たとえば水位が上昇すると抵抗値が減少し出力を増加させ、水位が下降すると抵抗値が増加して出力を減少させる。その出力を自動制御回路へ導入して水位の自動調整を行うのに使用する。

可変抵抗器は 0 ~ 約 70 Ω の直線変化で最大水位変化 1.2 m まで使用できる。

FS₁ 形 C₂I 式 浮 動 開 閉 器

油槽における油面検出用で、油面の上昇、下降のそれぞれにおいてマイクロスイッチを動作させるようになっている。仕様および特長は次のとおりである。

- (1) 外観は第3図に示すように小形でかつ形状が円筒状なので場所をとらない。
- (2) 油面計を備えているので油面計を本器で兼ねさせることができる。
- (3) 常用油面(基準油面)より 30 mm 低下して開または閉する接点 1 組と 0~30 mm(可調整)上昇して開または閉する接点 1 組を備えている。
- (4) 万一最低常用油面より 150 mm 油面が上昇しても支障がない。

第3図 FS₁形C₂I式浮動開閉器外観