

特殊設置条件に対する誘導電動機の構造の数例

A Few Examples of Construction of the Induction Motors Installed in Special Surroundings

橋 本 勲 一*
Kun'ichi Hashimoto

内 容 梗 概

三相誘導電動機は構造堅牢にして取り扱いが容易であり、かつ安価なため動力源として広く使用されている。なかでも電動機は産業機械に多く使用されており、用途によつて特殊な保護構造にしなければ電動機の寿命を著しく短縮されるか、または使用上危険を伴う場合がある。本文はこのような場合の代表的な例として、最近とみに需要を増している屋外に設置されるもの、腐蝕性ガスまたは爆発性ガスの存在するところで使用されるもの、および特に騒音を小さく要求される場合の電動機の構造について述べている。

1. 緒 言

三相誘導電動機は構造堅牢にして取り扱いが容易であり、かつ安価であるため、動力源として広く使用されている。特に産業機械に多く使用されており、最も多く使用されているのが汎用籠形電動機（いわゆる汎用モートル）である。汎用モートルは大抵の用途に適しているが、特殊な設置条件のため使用できない場合もおきる。そのような場合はよく使用条件を調査し、それに最も適した構造の電動機を選定しなければならない。

ここに代表的な例として、屋外に使用される場合、腐蝕性ガスまたは爆発性ガスの存在する場合、および特に騒音を小さく要求される場合などの特殊な設置条件のもとで運転される電動機の構造について述べる。

2. 屋外使用電動機

最近電動機を機械とともに屋外に設置されることが多くなっているが、電動機は多少価格が高くなつても、全体として建設費が安くなる。たとえば排水または水道のポンプおよび水門の開閉用電動機などがある。

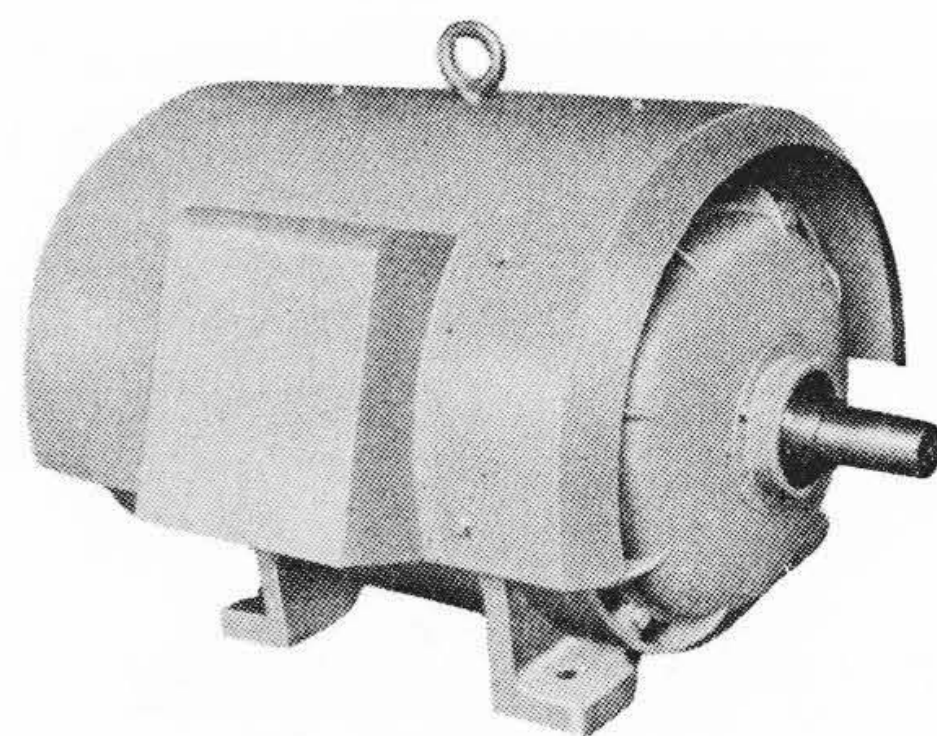
電動機を屋外に設置する場合に具備しなければならない条件は次のとおりである。

- (1) 風雨にさらされても雨滴が電動機本体内部に浸入しないこと。
- (2) 日光の直射によつてコイル、軸受などの主要部が過熱しないこと。
- (3) 特に寒冷地に設置される場合、低温においても潤滑が十分行えること。
- (4) 屋内設置に比べて騒音の伝播範囲が広がるので、ある程度騒音を小さくさせること。

屋外用電動機は上記に示す条件の程度によつて屋外型と防水型に区別している。

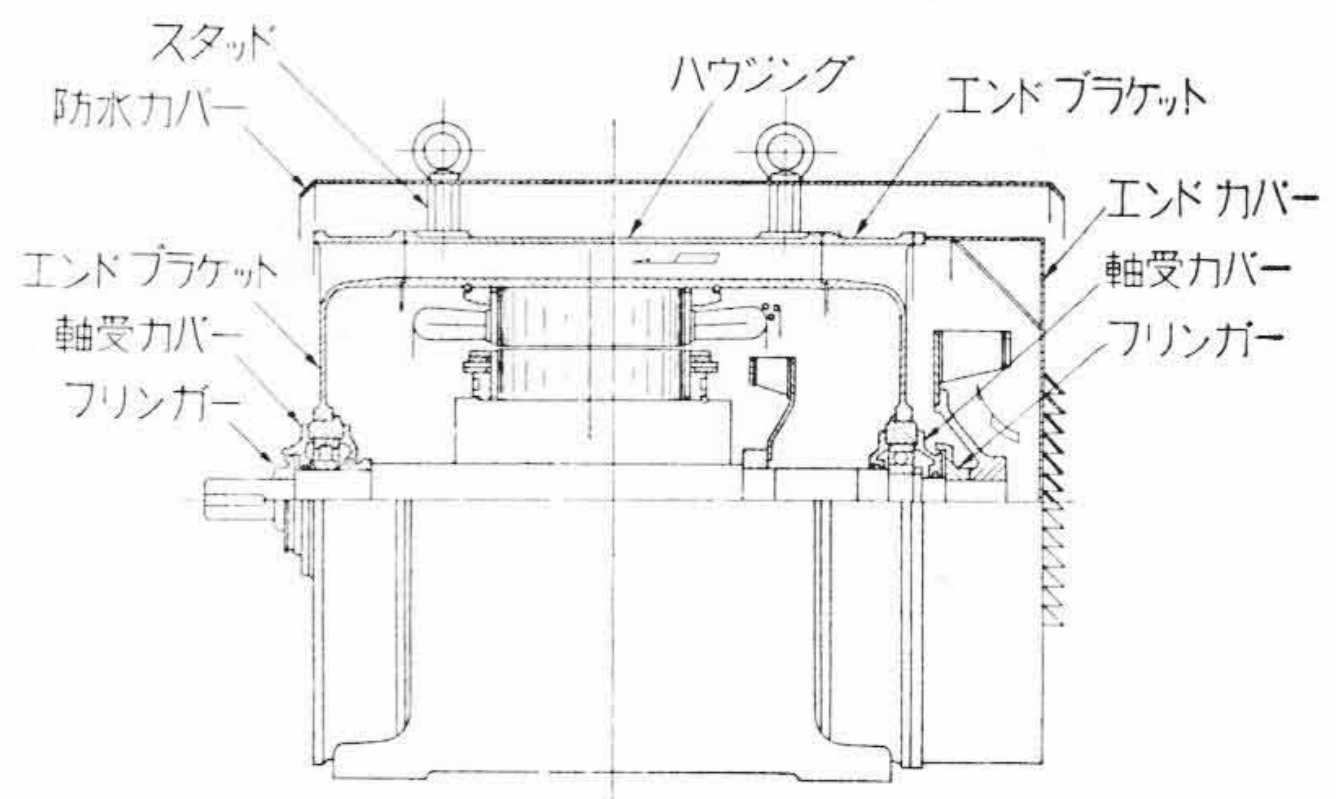
2.1 屋 外 型

屋外に設置された場合普通の風雨にさらされても十分運転にさしつかえない程度の防水を考慮した構造になつており、構造上より2種類に区別している。第1は全閉外扇型または全閉型で、屋外用として必要な構造にしたもので、第2は閉鎖型で屋外用カバーを冠したものである。前者は大体 200 HP 以下のものに適しており、出力が大きくなると全閉外扇型では高価になるので、後者を用いている。



TFO-KK 30 HP 4極
200/220 V 50/60~

第1図 全閉型屋外型電動機



第2図 屋外型電動機構造図

* 日立製作所亀戸工場



第3図 注 水 試 験

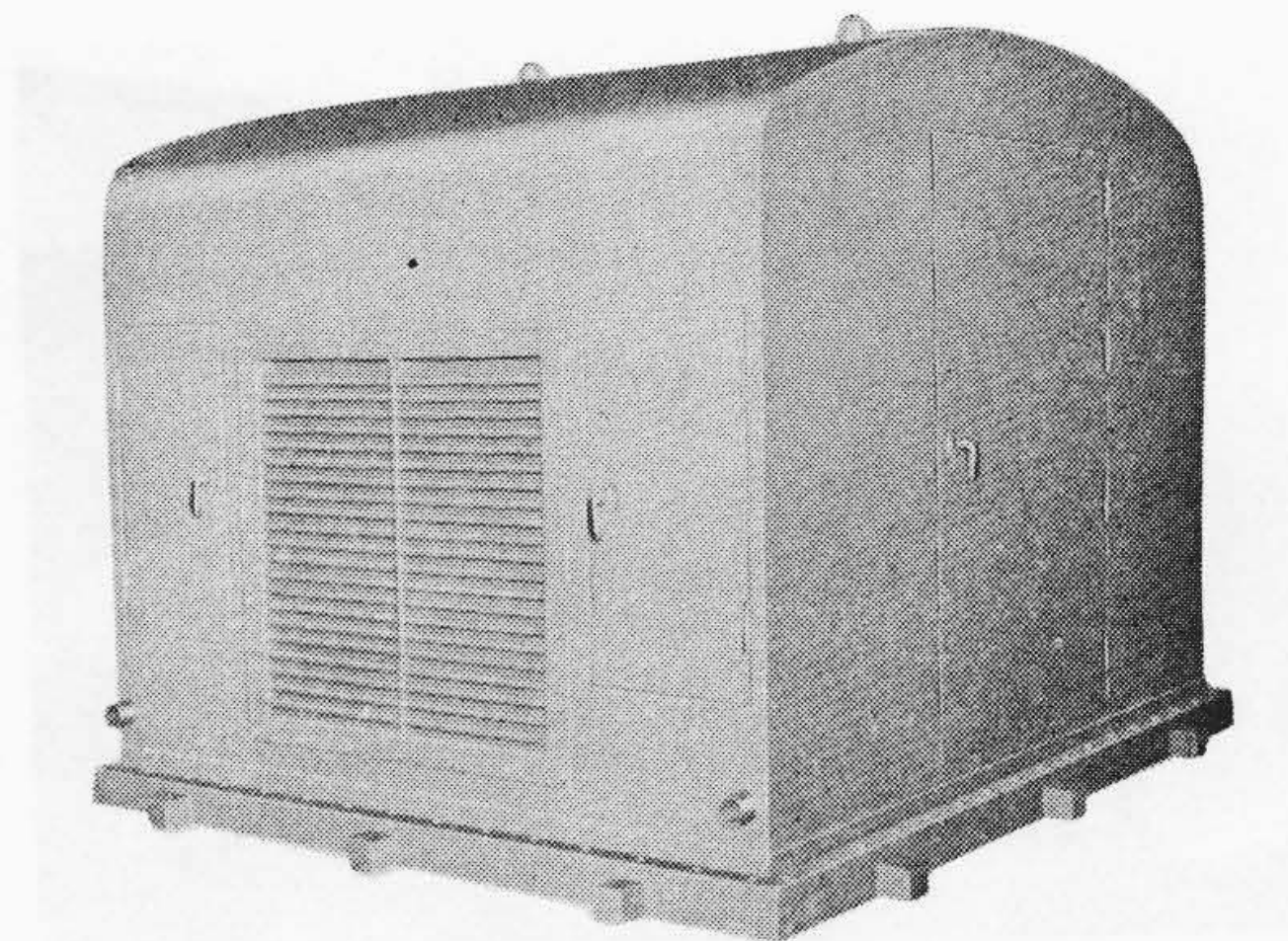
2.1.1 全閉外扇型（屋外型）

全体の構造は一般品と大差ないが第1図および第2図に示すように、直射日光と雨滴を防ぐために防水カバーを設けてある。シャフトの貫通部分はすきまから浸水しないように水切りのためフリンガーを取り付け、遠心力によつて水滴を振り飛ばしている。なおグリースは耐熱、耐寒、および耐水性にすぐれた日立モートルグリースを用いている。

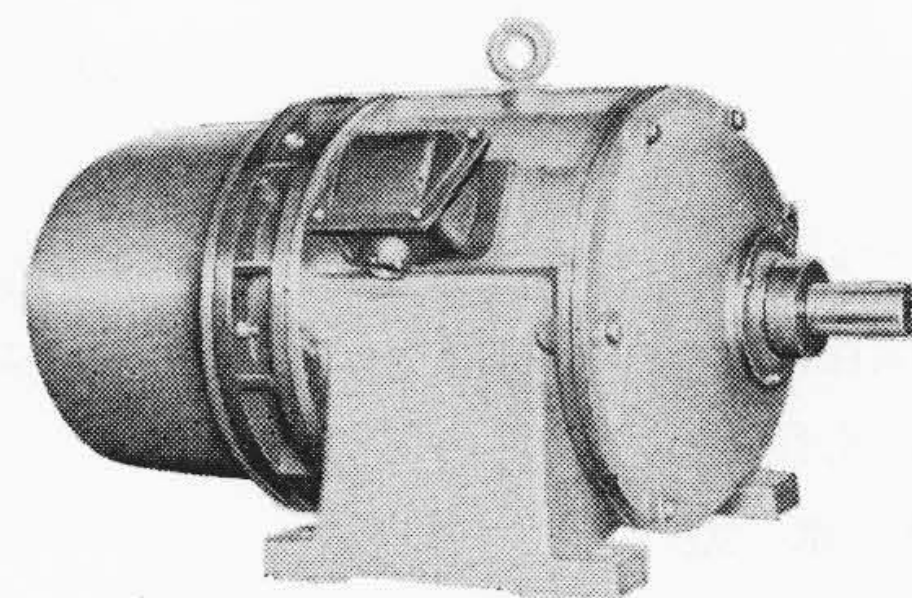
枠の各部の締め付けは十分行い、そのうえ接合面に不乾性のオイルシールコンパウンドを塗布し、浸水を確実に防止している。

全閉型としても昼夜の温度変化による外気温の変化、または電動機の運転停止による内部気温の変化によつて電動機内外の温度が変化して呼吸作用を生じ、幾分の湿気の浸入は防止できない。また電動機内部の相対湿度の変化によつて水滴の生ずることもある。これらの湿気に対して十分耐えるよう耐湿絶縁を施してある。耐湿性を確かめる目的で1 HP 4極の屋外型電動機を第3図に示す要領で連続注水試験を行つた。その結果絶縁抵抗は 100 MΩ 以上あり異常を認めなかつた。

8月の月上旬最も太陽の直射の強い日を選んで屋外に電動機を放置し、枠の温度上昇を測定した一例では、防水カバーのある場合は 3°C、カバーのない場合は 12°C ほど周囲温度よりも高くなつた。これによつてもカバーが直射日光の防止に有効であること

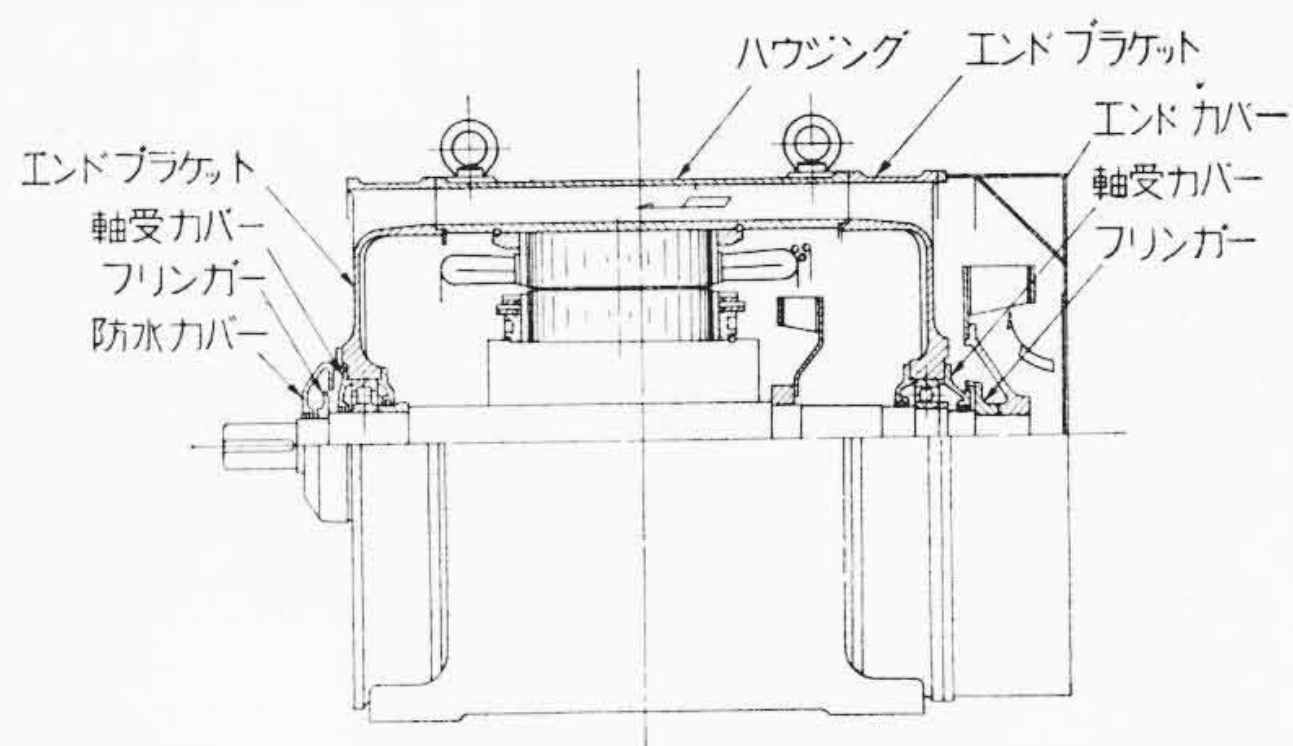


第4図 閉鎖型屋外型電動機



TO-KK₆₀ 5 kW 6 極
200/220 V 50/60~

第5図 防水型電動機



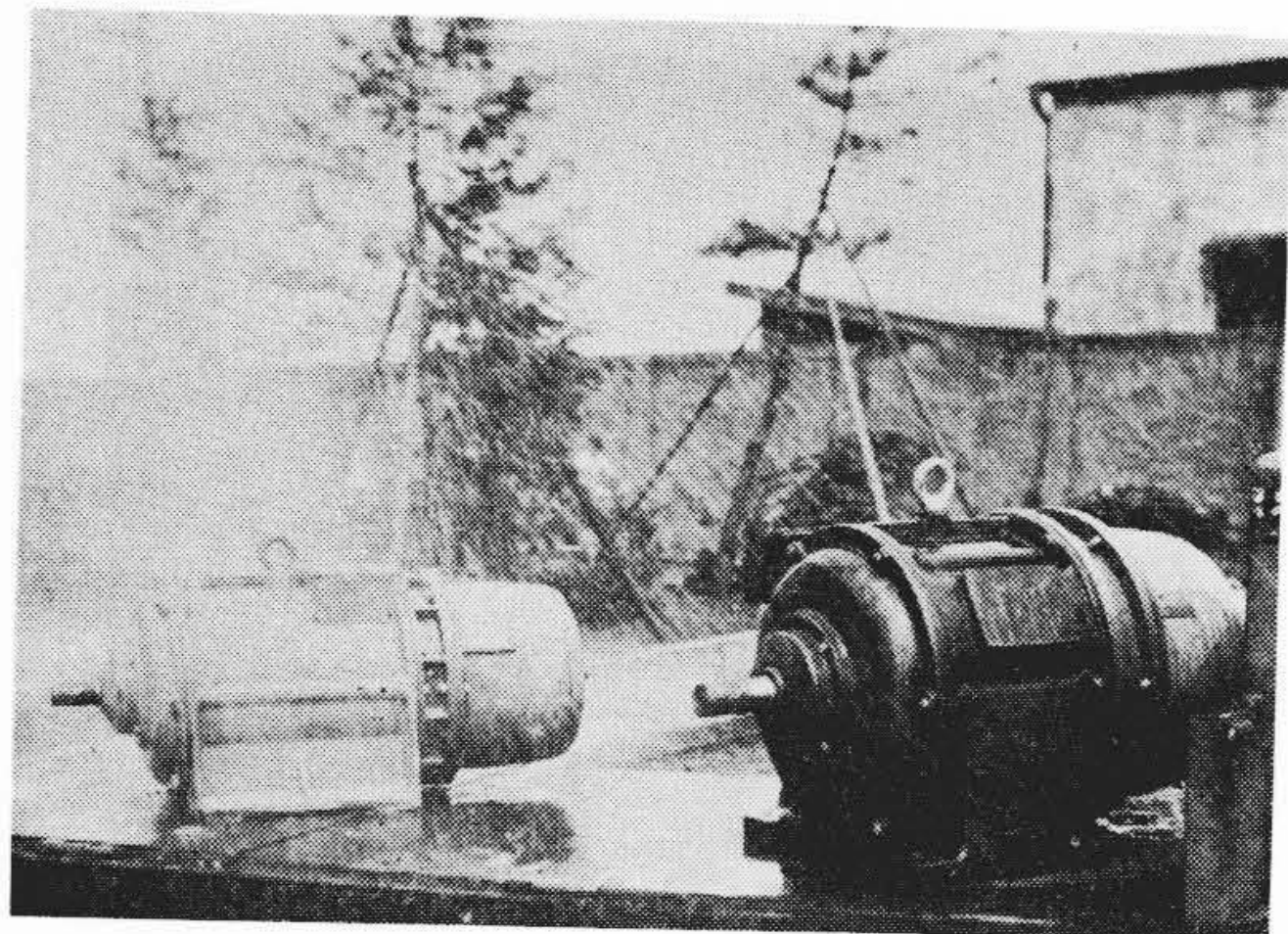
第6図 防水型電動機構造図

がわかる。

2.1.2 閉鎖型（屋外型）

電動機本体は閉鎖型であるがこれを第4図に示すように屋外用カバー内に納めたものである。カバーに設けた通風孔を通して空気を吸い込み、機内を冷却する。

カバーの通風孔は十分大きくとり、風速を減少させ、かつよろい戸を設けて雨滴を吸込むことを防いでいる。電動機本体の通風孔は上部に、カバーのそれを下部に設けて水沫が本体に吸い込まれないようにしてある。軸受油面の監視などは外部から行うことができ、油の交換、刷子の点検などは扉をあけて



TO-DR₃₀ 5 kW 8 極 (左側)
TO-KK₁₂₀ 7.5 HP 4/8 極 (右側)
第 7 図 注 水 試 験

行うことができる。軸がカバーを貫通する部分は前項と同様に水切りを付けてある。なおカバーは騒音防止にも役だっている。

2.2 防 水 型

屋外型よりもさらに防水構造を強化したものであり、第 5 図にその外観を示す。

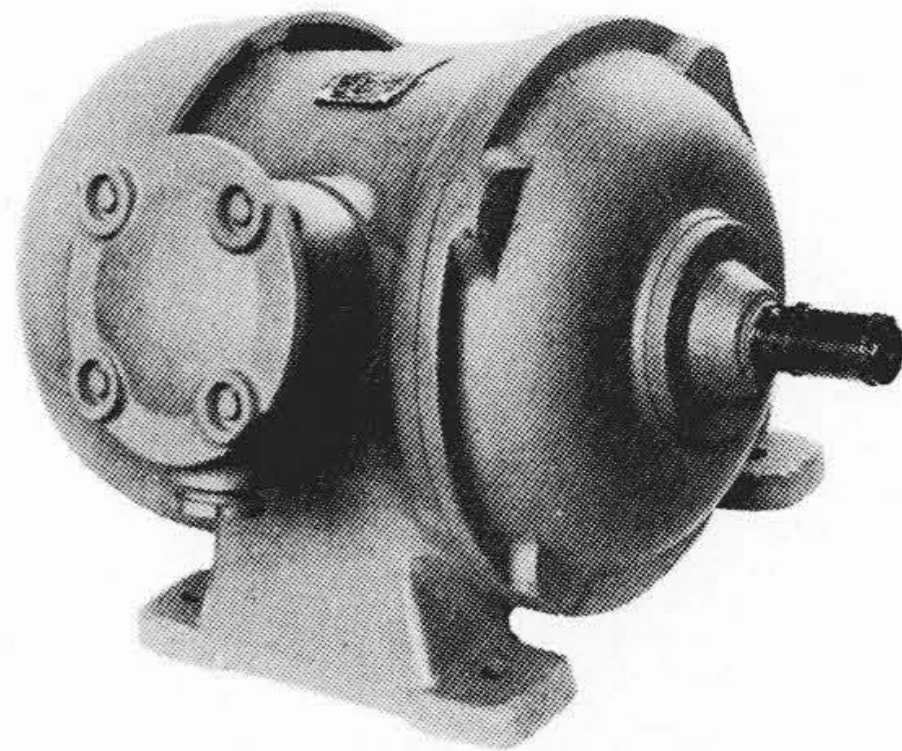
全閉型または全閉外扇型を標準とし、第 6 図に概略構造を示す。構造上次に示す点について屋外型よりも強化されている。

- (1) 枠の接合面は十分長くしてある。
- (2) ボルトの締め付けピッチを短かくして、防水を十分行っている。
- (3) シャフトの貫通部分は防水室を設け、その中に取り付けられたフリンガーで水滴を振り飛ばし、防水室の内壁に当って下部に落下し、下部の穴から外部に排水するようになっている。

防水構造が完全であることを確かめるため、機体の軸方向より 3 m の距離から内径 25 mm 以上の管をもって、水頭 10 m の水圧で 1～3 分間注水を行う。第 7 図は注水試験を行っている所である。

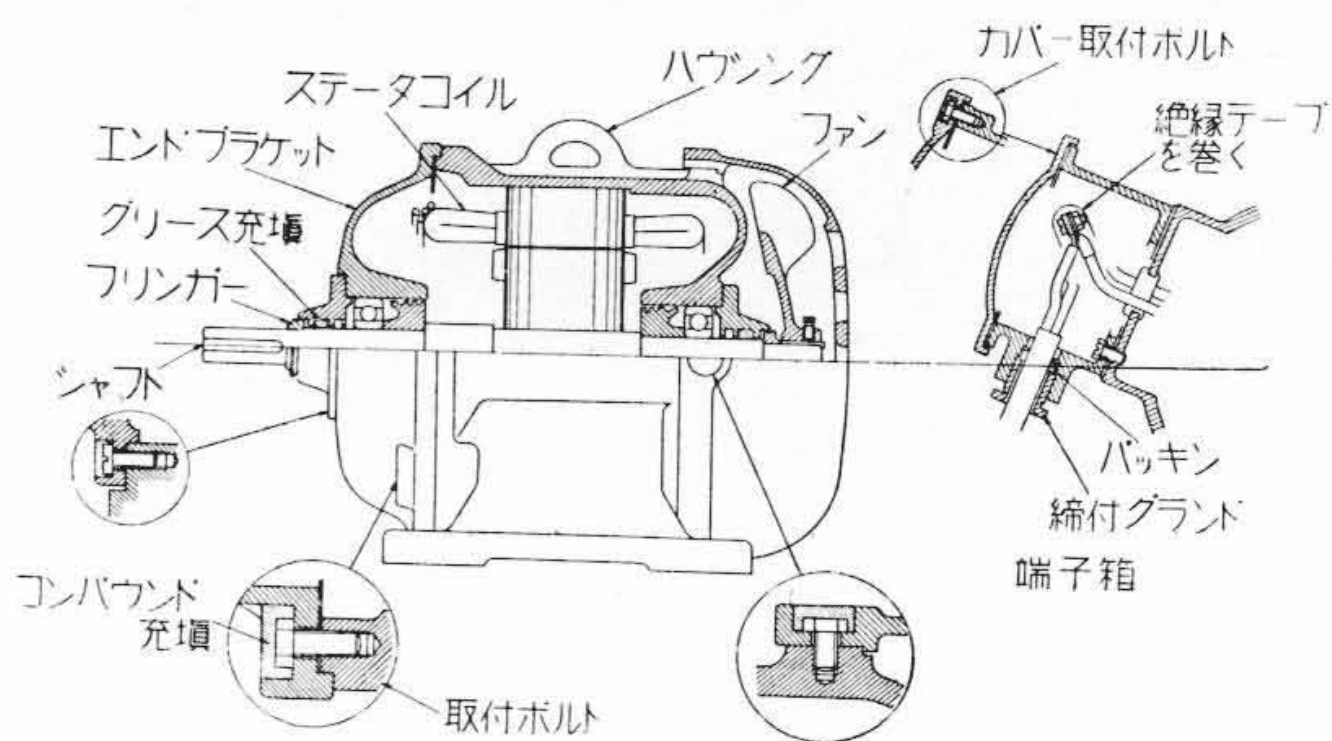
3. 防 蝕 型 電 動 機

化学工場、金属鉱山、精錬所などにおいて腐蝕性の酸、アルカリ、食塩水などを取り扱うため普通型電機品では急激におかされて機能が低下し、寿命が著しく短縮されることがある。それを防ぐには頻繁に電機品の点検手入を行うか、または腐蝕性ガスのない別室に設置するのも一法であるが、この際は腐蝕性の液体またはガスの浸入防止を十分考慮して設計製作され、長期間なんらの分解手入を要しない防蝕型電動機を使用するのが賢明な方法である。第 8 図はこの防蝕型電動機の外観を示す。



TFO-K 3 HP 4 極
200/220 V 50/60~

第 8 図 防 蝕 型 電 動 機



第 9 図 防蝕型電動機構造図

3.1 構 造

全閉外扇型または全閉型を標準とし、第 9 図は概略構造を示す。

3.1.1 外 枠

ハウジング表面は薬品などの溜らぬように滑らかにし、材質は耐蝕性の大きい特殊鋳鉄を使用している。ボルトはすべて不銹鋼を使用し、ポリエステルコンパウンドで埋込んであるので腐蝕のため分解できなくなることはない。なお吊手はハウジングと一体に鋳出してある。

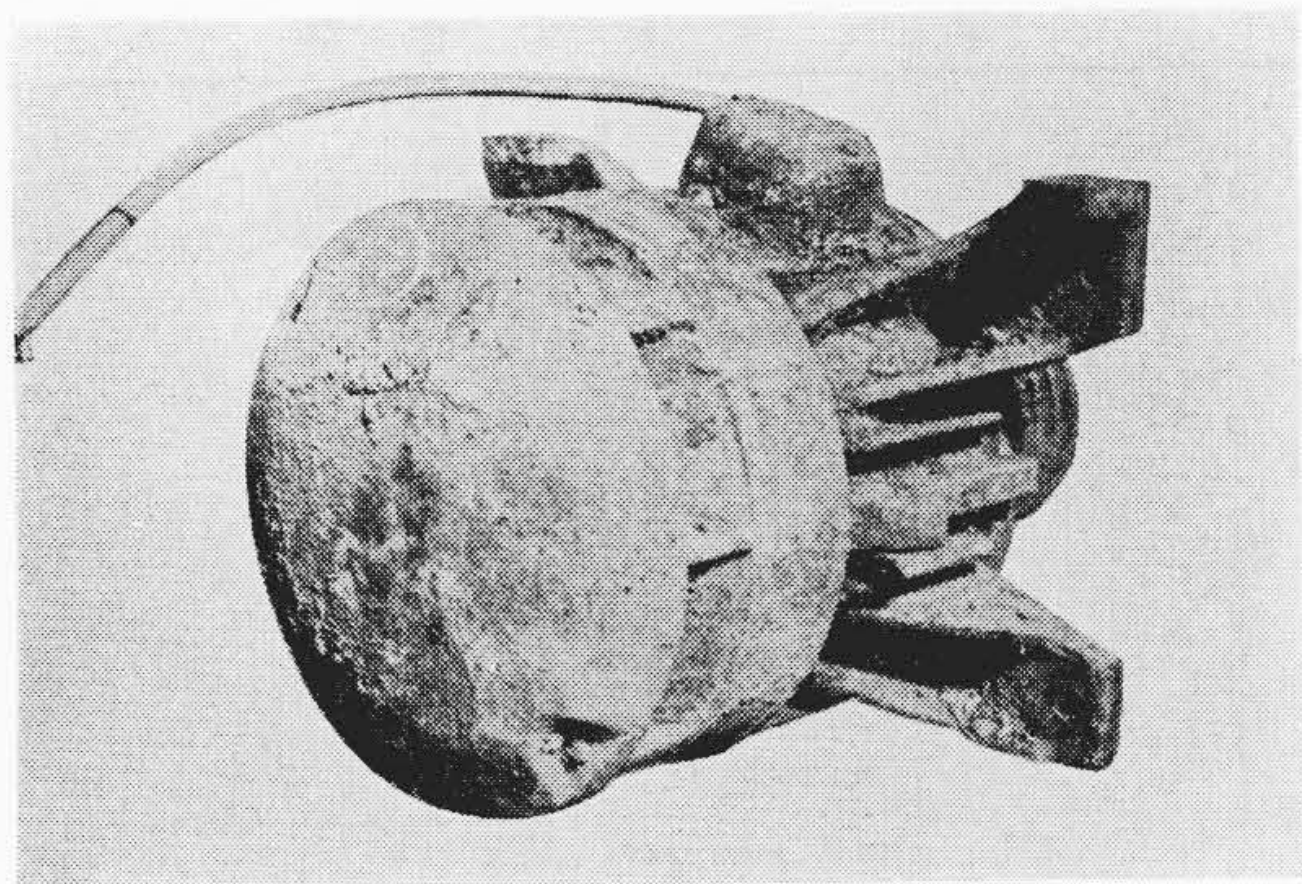
反負荷側のエンドブラケットはハウジングと一体とし、通風効果をあげるとともに全体の寸法を小さくしてある。

3.1.2 軸貫通部分

軸貫通部分はフリンガーを設けて腐蝕液の浸入しない構造にしてある。軸受カバーに耐蝕性グリースを封入して密封作用を行うとともに、停止中もさびつくことのないように考慮してある。軸受はすべてころがり軸受を使用し、耐蝕性グリースで軸受を完全に保護している。

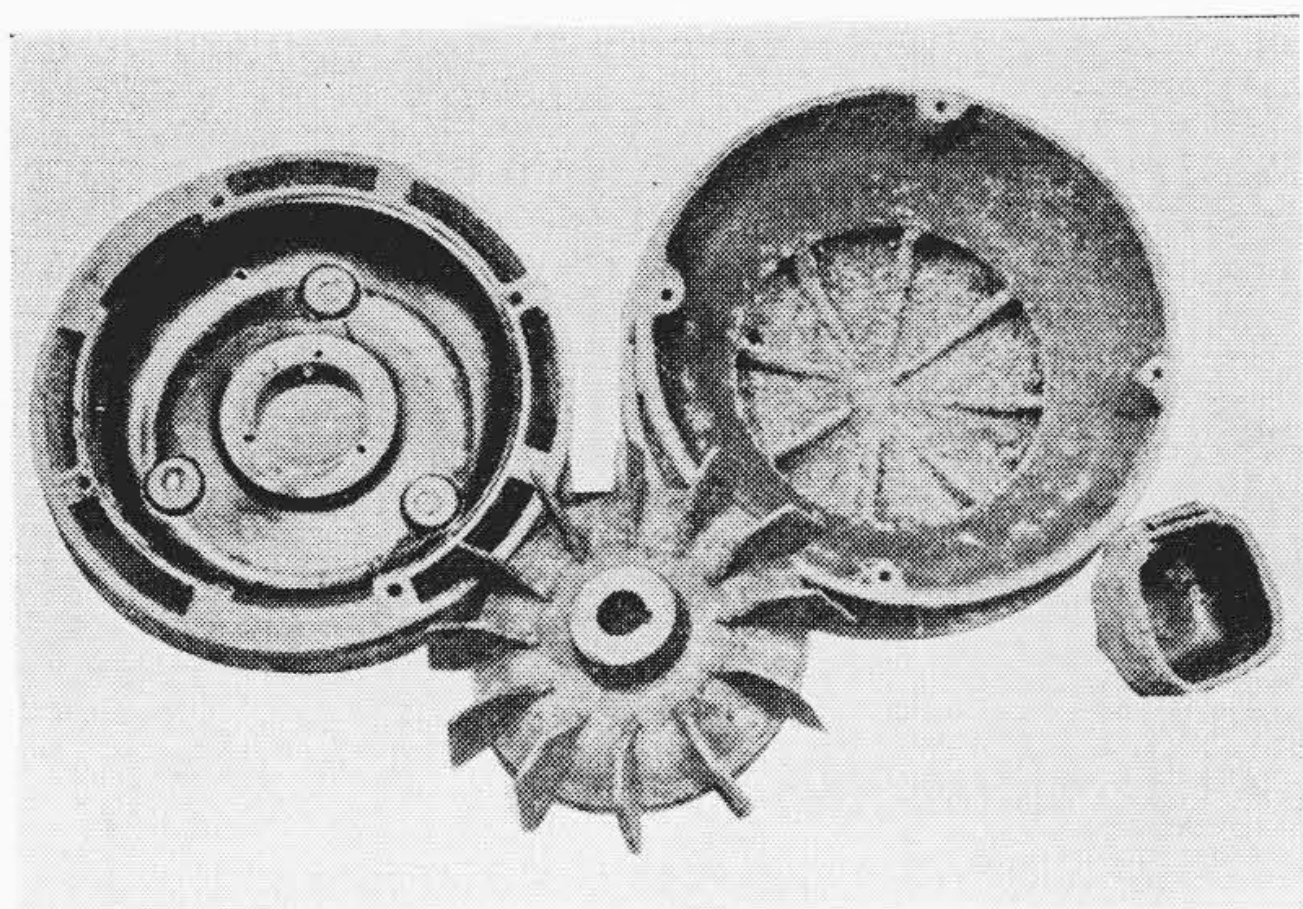
3.1.3 端 子 箱

端子箱は第 9 図に示す構造で、特殊鋳鉄を使用したケースを用い、ハウジンとの接合面はビニールパ



VTFO-KK 10 HP 6 極
200/220 V 50/60~

第10図 防蝕型電動機



第11図 防蝕型電動機の内部

ッキンを使用して完全密封構造とし、腐蝕液の浸入を防いでいる。ボルト類はすべて不銹鋼を使用し、ポリエステルコンパウンドで完全に埋込められる構造になっている。

固定子コイル引出線は塩化ビニルシース口出線を用い、外部電線とはパイプターミナルで接続し、ビニルテープで絶縁する。外部電線が端子箱を貫通する部分は完全に密封できる構造になっている。

3.1.4 ファンおよびファンカバー

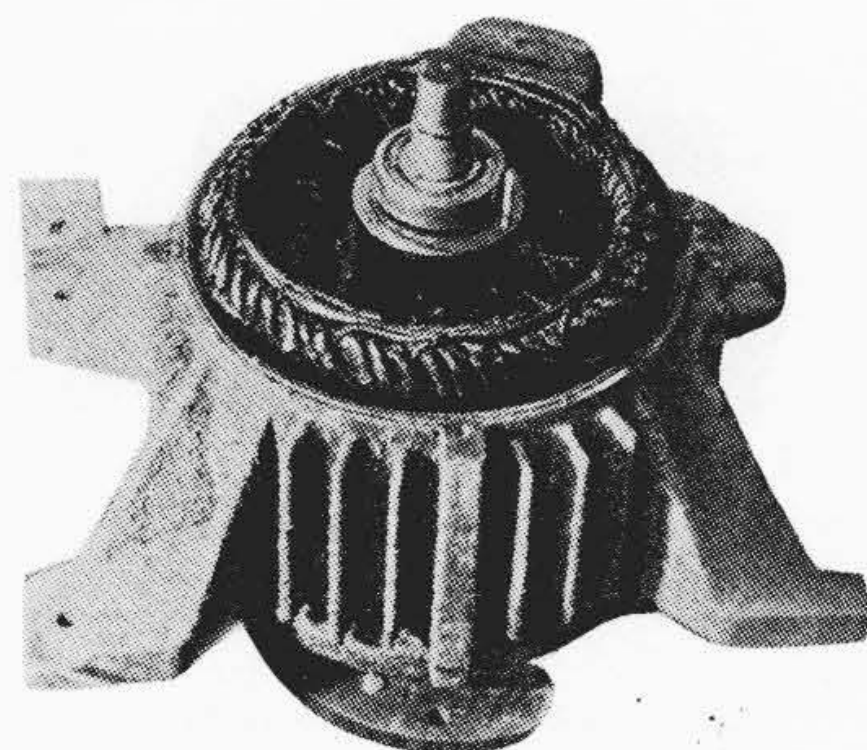
冷却用ファンおよびファンカバーは特殊鋳鉄を使用している。

3.1.5 コイル

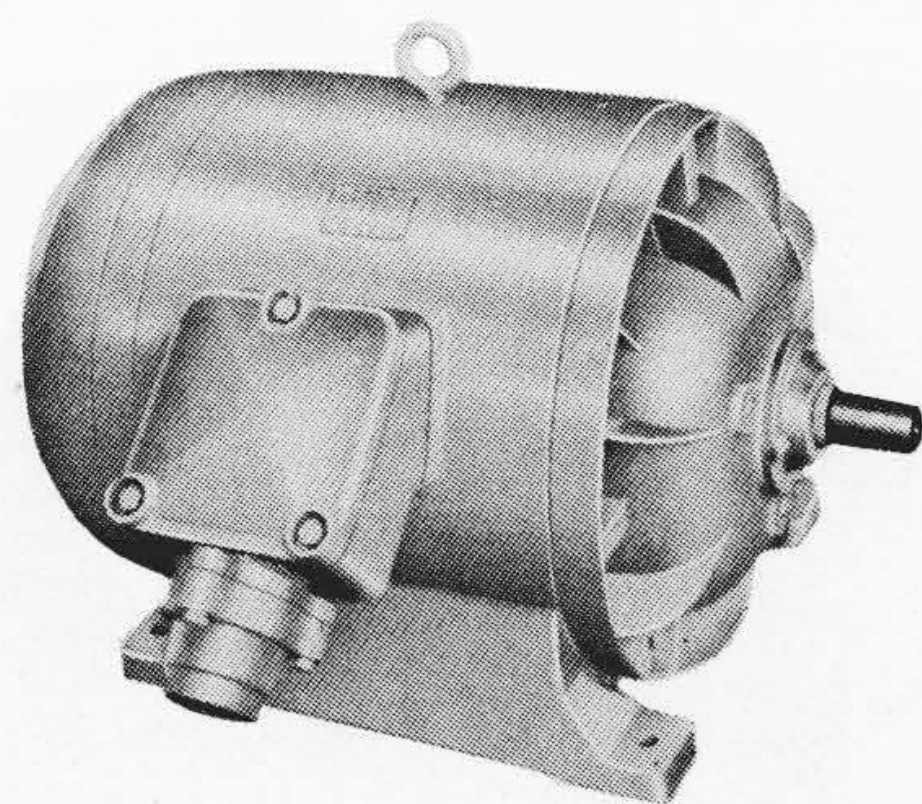
コイルはすべてポリビニールホルマール線を使用し、絶縁ワニス自家製の熱硬化性黒色ワニスを使用し、入念に絶縁処理を施してある。さらに耐蝕性の大きい特殊ワニスを塗布してあるので、あらゆる薬品にも耐えられる。

3.1.6 銘板

銘板は真鍮の上にニッケルメッキを施し、さらにポリエステル系ワニスを塗布しているので容易に腐蝕されない。



第12図 防蝕型電動機の内部



TFOX-KK 20 HP 2 極
200/220 V 50/60~

第13図 安全増防爆型電動機

3.1.7 塗 粧

ハウジング、エンドブラケット、ファン、ファンカバーおよび軸受カバーなどはエポキシレジン塗料を高温焼付し、組立後さらにビニル塗粧を行つている。エポキシレジン塗料は皮膜強度が大きく、また耐蝕性にすぐれているので完全に外被を保護している。

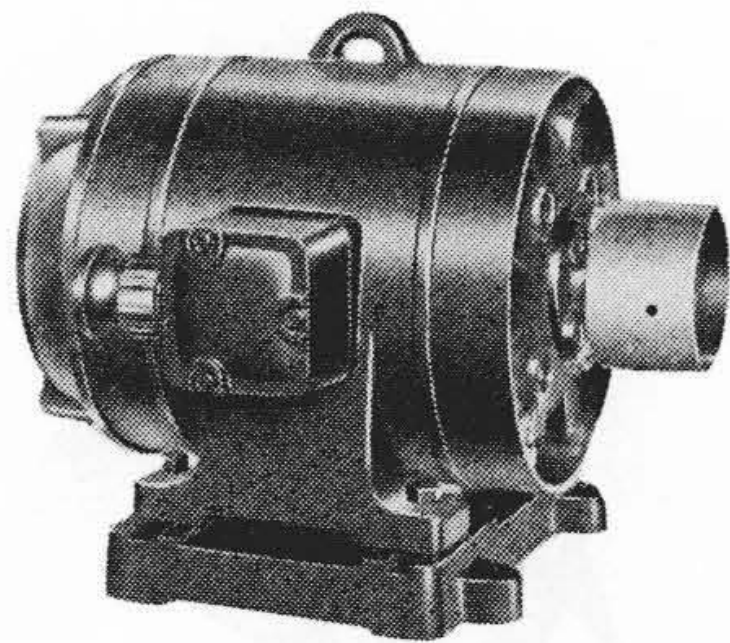
3.2 使用例

防蝕型電動機の寿命は薬品の濃度はもちろん、実際に使用される環境によつて著しく異なってくるのではつきりした数値を示すことは困難である。

第10～12図は某工場で1年以上使用した結果であつて外観は若干おかされているが第11図および第12図に示すように内部はほとんど変つていない。本機はポンプ用であつて塩酸ガスのある室内で使用されていた。

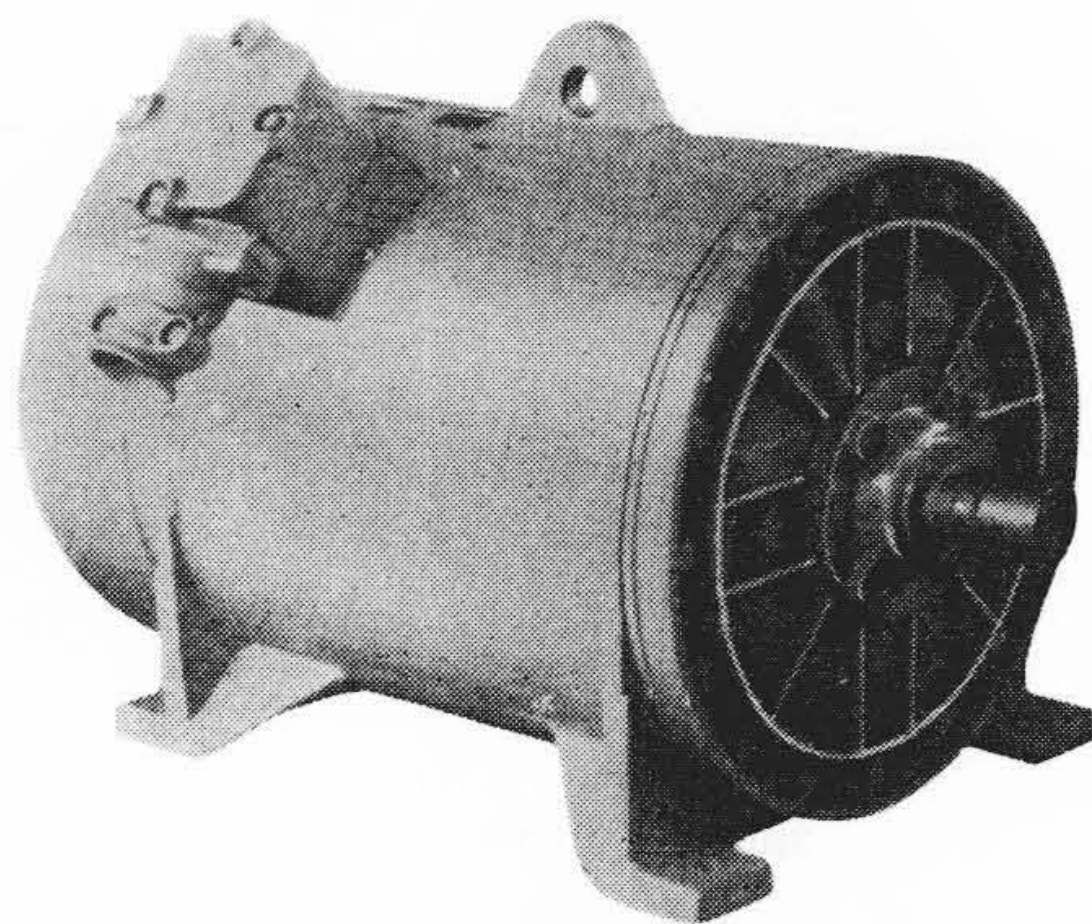
4. 工場防爆用電動機

炭坑用の坑気防爆型電動機は炭坑の災害防止上欠くべからざるものであつて古くから製作され、長い歴史をもっている。最近一般工場も防爆に関する認識がたかまり、労働省安全研究所が主体となり、各メーカーの協力のもとに内外の規格を比較検討した結果、昭和30年10月に「工場電気設備防爆指針」が発表された。



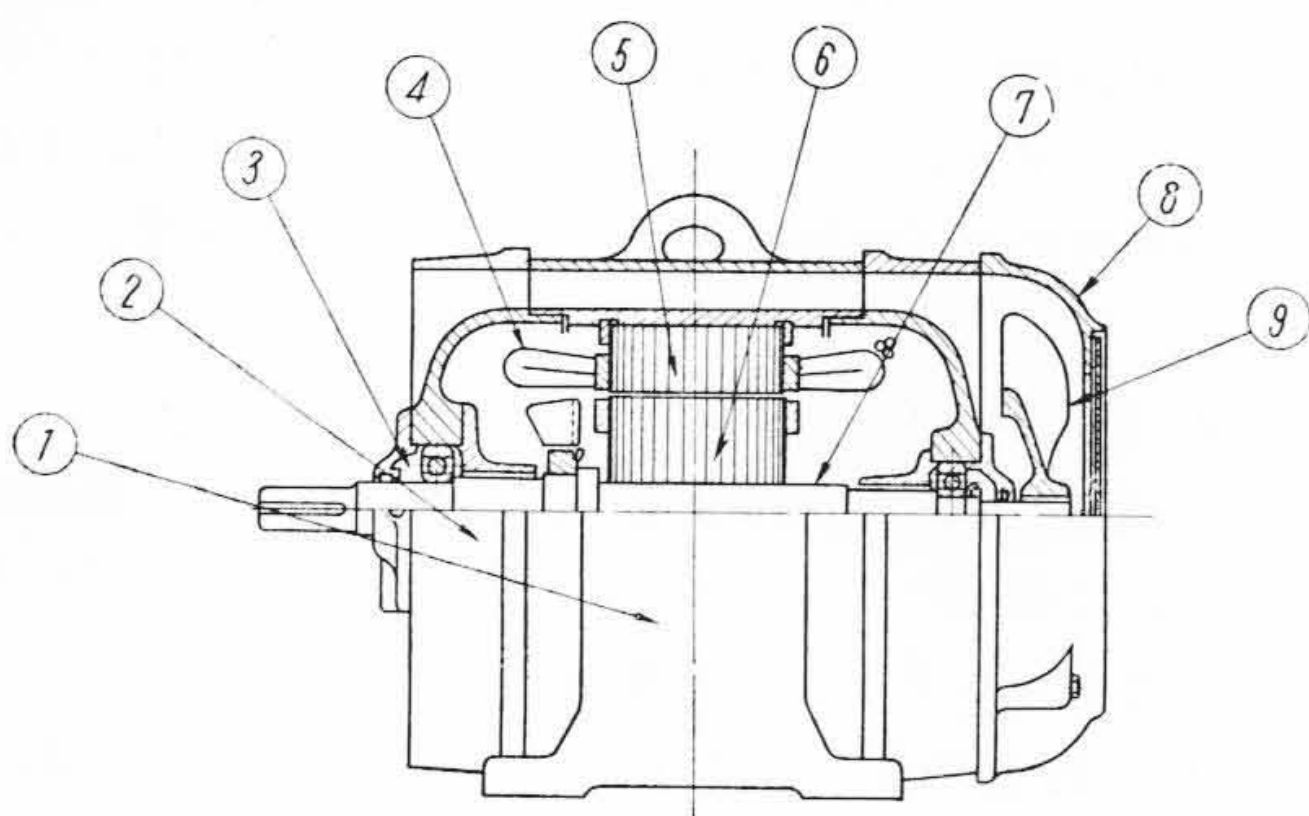
TFOXX-K 3 HP 4 極
200/220 V 50/60~

第 14 図 耐圧防爆型電動機



TFOXX-K 50 HP 4 極
200/220 V 50/60~

第 15 図 耐圧防爆型電動機



- | | |
|------------|----------|
| ① ハウジング | ⑥ 回転子鉄心 |
| ② エンドブラケット | ⑦ シャフト |
| ③ ボールベアリング | ⑧ ファンカバー |
| ④ 固定子コイル | ⑨ 外ファン |
| ⑤ 固定子鉄心 | |

第 16 図 耐圧防爆型電動機構造図

防爆構造の基本は坑気防爆と同一であるが、ガスの種類によつてはそのまま適用できない部分もある。

4.1 電動機の種類と構造

構造上から分類すると安全増防爆と耐圧防爆および内圧防爆がある。

第 1 表 密着の距離

	内 容 積		1	2	3
			500 cm ³ をこえ 2,000 cm ³ 以下	2,000 ³ をこえるもの	
坑気防爆	I	最大スキ (直径巻)	0.3	0.3	0.5
	II	スキの最小奥行	15	20	40
	III	ボルト穴までの最短距離	8	10	15
工場防爆	I	最大スキ (直径差)	爆発等級 1	0.25	0.3
			爆発等級 2	0.15	0.2
	II	スキの最小奥行	15	25	40
	III	ボルト孔までの距離	8	10	15

第 2 表 シャフト貫通部分

	内 容 積		1	2	3
			100 cm ³ をこえ 500 cm ³ 以下	500 cm ³ をこえるもの	
坑気防爆	I	最大スキ (直径差)	0.45	0.45	0.6
	II	スキの最小奥行	15	25	40
工場防爆	I	最大スキ (直径差)	爆 1	0.45	0.6
			発 2	0.3	0.4
	II	スキの最小奥行	等 1	15	25
			級 2	15	40

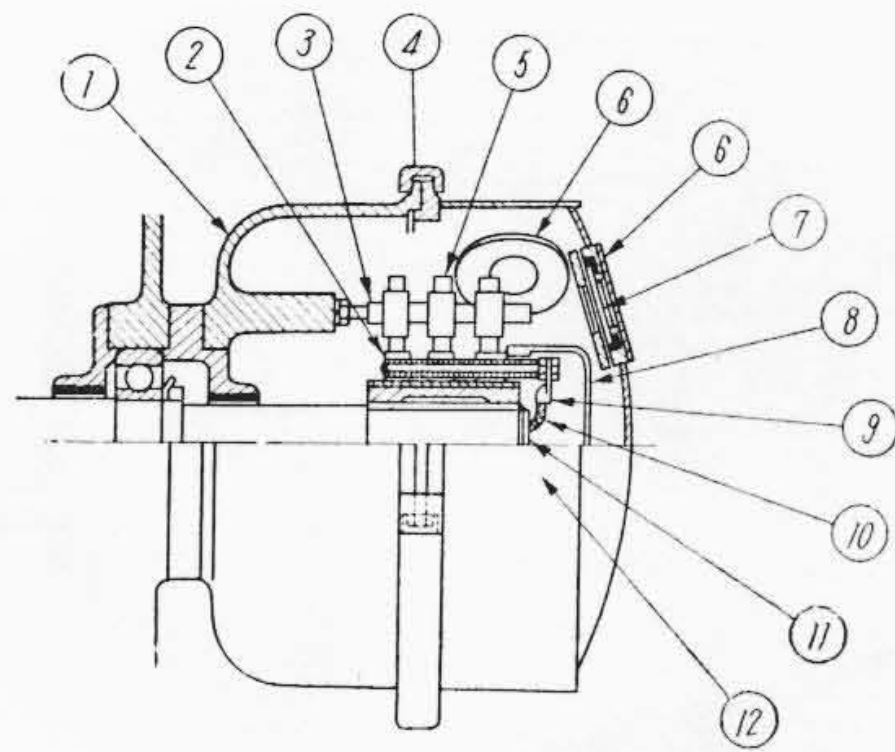
4.1.1 安全増防爆

安全増防爆は巻線空隙などの常時運転中に火花、電弧または過熱を生じない部分に、これらの発生を防止するように構造上または温度上昇について安全度を増加したものである。この型は爆発の危険の少ない所に用いられるもので、常時火花を発する所であるスリップリング部分は安全増を認められない。よつてこの部分は必ず耐圧防爆型か、内圧防爆型のいずれかにしなければならない。第 13 図は安全増防爆型電動機を示す。保護方式は全閉外扇型または全閉型を使用している。安全度を増すために固定子コイルの温度上昇は一般よりも 5°C 低くし、かつ空隙も十分大きくしてある。

4.1.2 耐圧防爆型

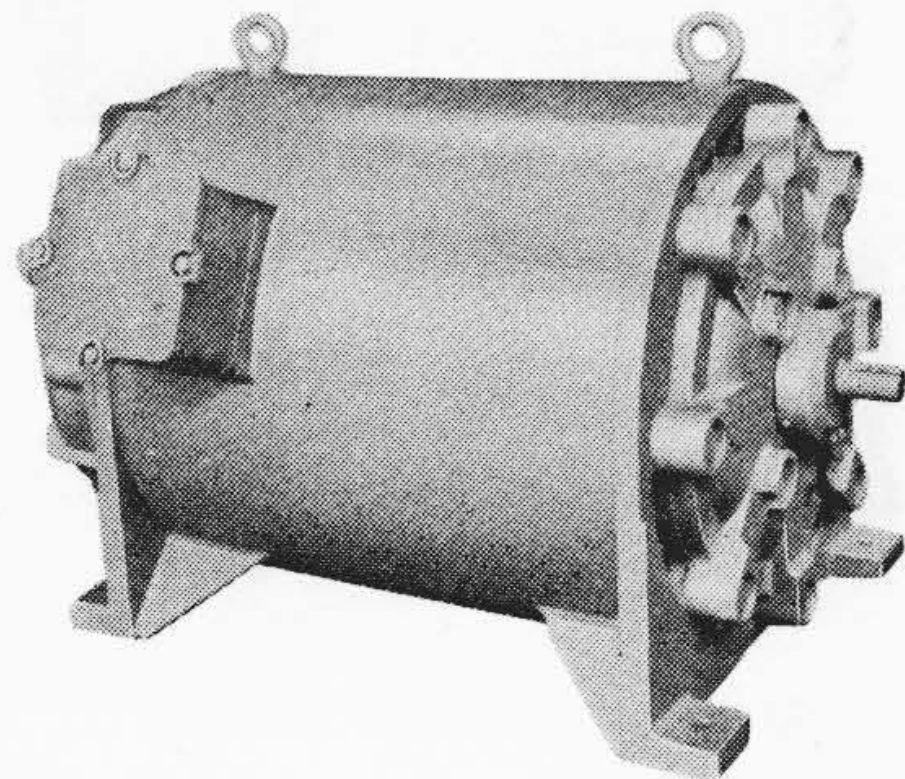
耐圧防爆型は主として全閉外扇型を使用し、内部にガス爆発が発生してもその爆圧に耐え、その上外部の爆発発生ガスに引火する恐れのない構造のものである。第 14 図および第 15 図は耐圧防爆型電動機の外観を、第 16 図は概略構造を示す。

枠は鋳鉄および鉄板製とし、いずれも 10 kg/cm² 以上の圧力に耐えるように設計され、厳重な水圧試験を行つている。枠の各接合密着面は内部に爆発が起つても火焰が外部に逸走しないように第 1 表の規準より安全度を大きくとつてある。なお工場防爆は坑気防爆よりも一般に接合面のすきが小さくすきの



- | | |
|-----------------|-------------|
| ① ロ ッ カ | ⑦ 窓 ガ ラ ス |
| ② ス リ ッ プ リ ン グ | ⑧ 防 爆 カ バ ー |
| ③ ブラッシュホルダーロッド | ⑨ タ ー ミ ナ ル |
| ④ 締 付 帯 | ⑩ リ ー ド 線 |
| ⑤ プ ラ ッ シ ュ | ⑪ シ ャ フ ト |
| ⑥ 視 窓 | ⑫ カ バ ー |

第 17 図 耐圧防爆型集電装置



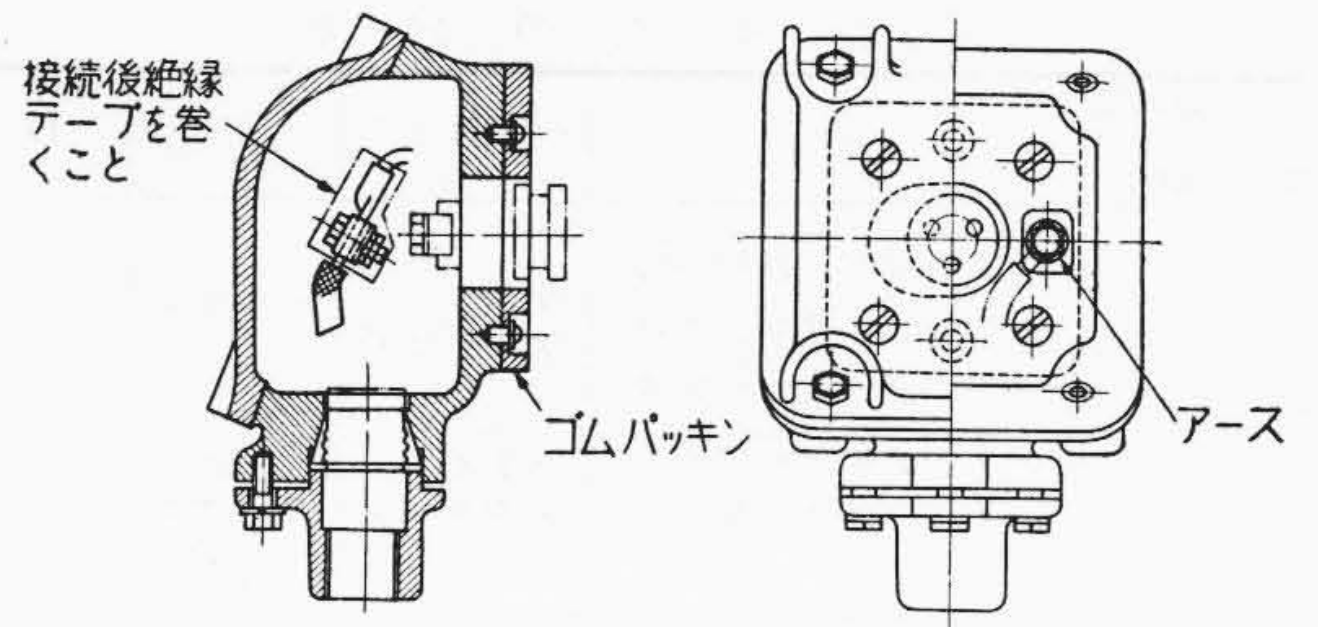
TFOXX-KK 75 HP 2 極
3,000/3,300 V 50/60~

第 18 図 屋外型耐圧防爆型電動機

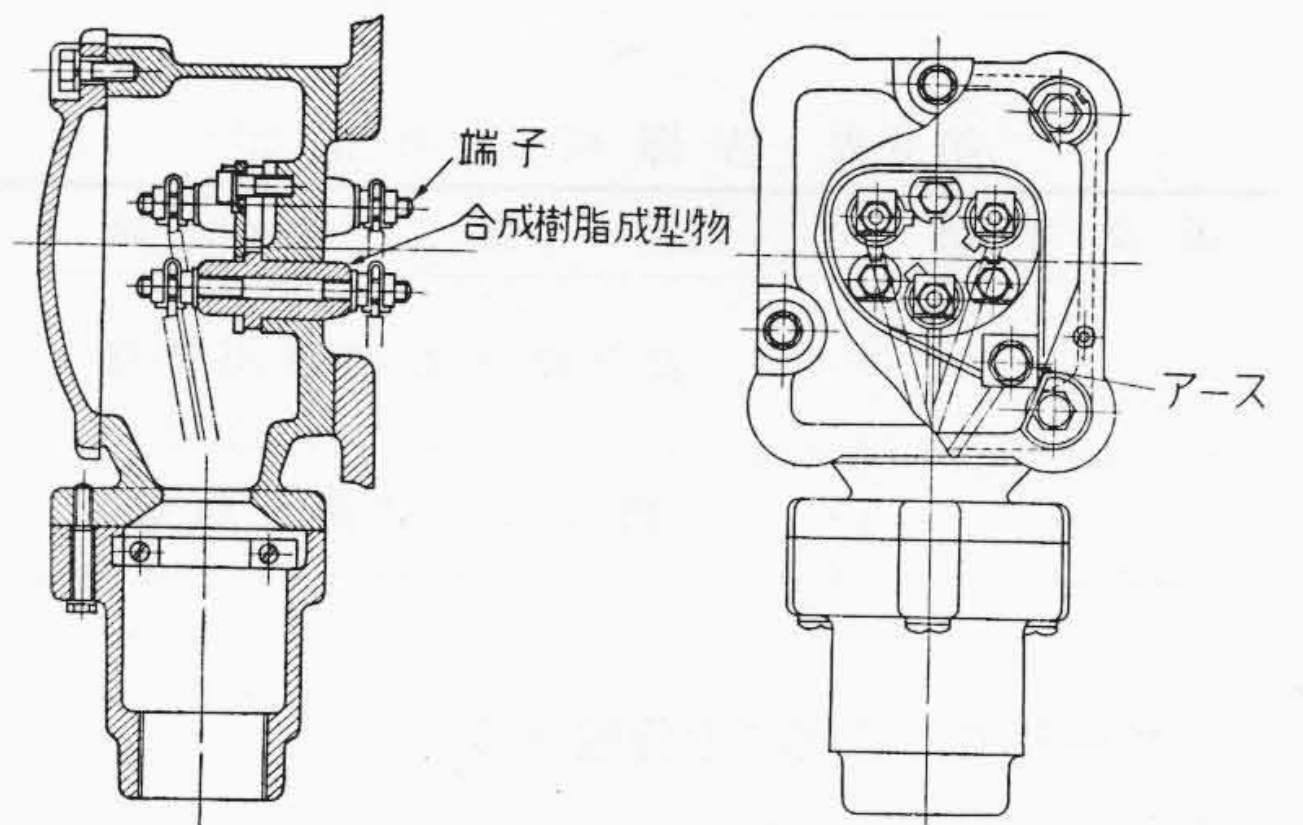
奥行が長くなっている。

軸受はすべてころがり軸受を使用している。内部軸受カバーとシャフトのすきは内部に爆発が起つても火陥が外部に逸走しないように第 2 表の規準より安全度を大きくとつている。工場防爆ではガスの種類によつて爆発等級が定つており、1 級は坑気防爆と同じすきであるが、2 級の場合は小さくなつている。

外部から触れることのできるボルト、ネジのうち、ゆるめたり取り除いたりすると防爆性を失う部分、たとえばエンドブラケットとハウジングの締付けボルト、スリップリングの締付帯、ベアリングカバーなどのボルト、および直接防爆性を失われぬが、これを取ることによつて接触そのほかで間接的に防爆性を失う部分、たとえば端子箱のふたなどのボルトはすべて錠締する。錠締はボルトの頭を沈ませ特殊のスパナ以外ではゆるめることができないような構造にしてある。



第 19 図 安全増防爆型端子箱
(コンジットパイプ配線用)



第 20 図 耐圧防爆型端子箱 (スタッド式)

第 3 表 発 火 度

発 火 度	発 火 点 (°C)
A	450 超過
B	300 超過 450 以下
C	175 超過 300 以下
D	120 超過 175 以下

第 4 表 爆 発 等 級

爆 発 等 級	ス キ の 値 (mm)
1	0.8 超過
2	0.5 超過 0.8 以下
3	0.5 以下

注：ただし、すきの長さ 25 mm に対して

集電装置は運転中刷子から火花を生じやすいので第 17 図に示すように本体から独立して完全な耐圧防爆型になつている。カバーは鋳鉄および鋼板製とし、10 kg/cm² の爆圧に耐えるようにしてある。運転中にも点検ができるように 2 個ののぞき窓を設けてある。

4.1.3 屋 外 型

最近石油精製工場で電動機を屋外に設置するため屋外型耐圧防爆型電動機を使用する傾向になつており、第 18 図はその外観を示す。シャフトの貫通部分は 2 項で述べたと同様の防水構造になつているの

第 5 表 ガスの分類

発火度 爆発等級	A	B	C	D
1	アンモニア, 天然ガス, メタン, エタン, プロ パン, ブタン, ペンタ ン, ペンジン, ペンゾ ール, トルオール, ア セトン	アセト アルデヒド エチル アルコール	ヘキサン エチル エーテル	
2	一酸化炭素, 石炭ガス エチレン			
3	水素, 水性ガス	アセチレン		二硫化 炭 素

第 6 表 防爆構造の選定

爆 発 等 級	防 爆 構 造
1 2	安全増または耐圧防爆
3	内圧または耐圧防爆

で屋外での使用に十分耐える。

4.1.4 端子箱

防爆型電動機の端子箱は種々あるが、次のように
区別される。

防爆構造から

- (i) 耐圧防爆
- (ii) 安全増防爆

ターミナルの構造から

- (i) スタッド式
- (ii) 全閉防塵型 (パイプターミナルを使用)

ケーブルの引出方式から

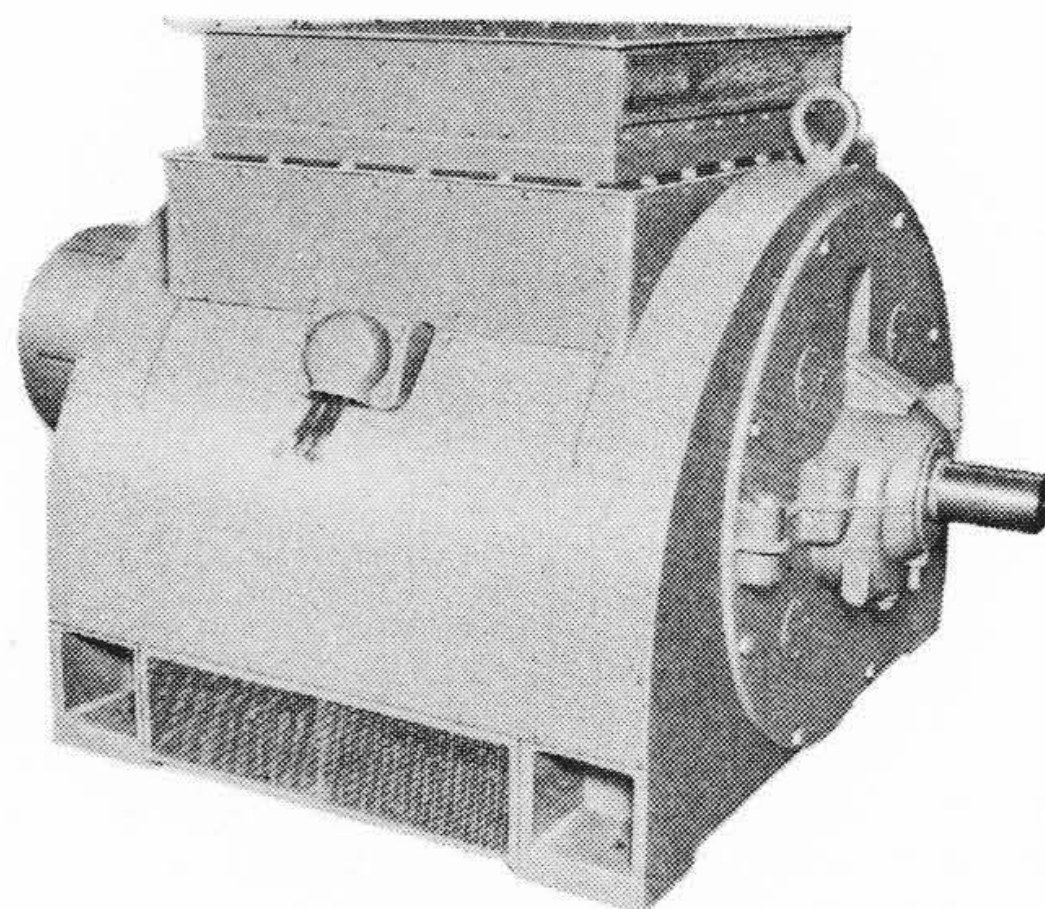
- (i) キャプタイヤケーブル
- (ii) アーマードケーブル
- (iii) コンジットパイプ
 - 単心線使用
 - キャプタイヤケーブル
 - アーマードケーブル

に分かれる。

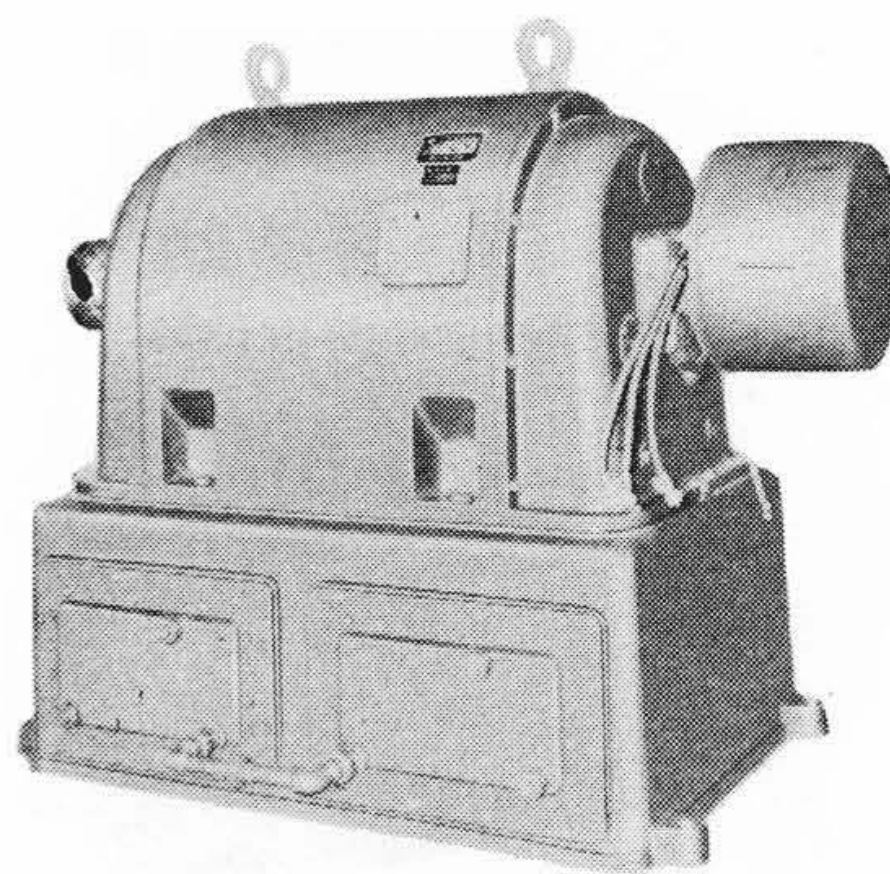
一般工場用はコンジットパイプ配線を原則として
いるが、高圧配線および腐蝕そのほかの事情によつ
てはキャプタイヤまたはアーマードケーブルのみの
場合もある。第 19 図は安全増型で全閉防塵構造の
もの、第 20 図はスタンド式の端子構造でコンジッ
トパイプ配線を行う場合の端子箱の構造を示す。

4.2 電動機の選定

防爆型電動機はガスの種類、含有量、環境そのほかを
考慮してそれに最も適した構造を選定する。爆発性ガス
は危険性によつて第 3, 4 表に示すように発火度と爆発
等級を定められ、第 5 表に示すように分類されている。
使用されるガスの種類がわかれば爆発等級を決定し第 6



第 21 図 サイレンサ付電動機



第 22 図 全閉内冷型電動機

表によつて防爆構造を選定する。

5. 防音型電動機

都市中央部に設置される電動機に対して都条例などによつて騒音を制限される場合があり、ビルディング内に
使用されるものは特に防音を考慮する必要がある。また
一般工場においても、保守員の労働条件を良好にするた
め騒音の低下を要求される場合がある。

市内に設置されるものには上下水道ポンプ用電動機が
あり、ビルディング内設置としてエレベータ、エスカレ
ータ用、ターボ冷凍機用電動機が代表的なものである。

電動機の騒音源は大別すると電磁氣的騒音、機械的騒
音とあり、後者の主なものは冷却ファンの音および空気
の摩擦音である。前者に対しては電氣的に余裕をとるこ
と、スロット数の選択を適正すること、斜溝を考えるこ
となどで騒音低下の効果をあげることができる。後者に
対してはファンの形状、大きさおよび位置を考慮するこ
と、および風路に防音材を用い、サイレンサを設けるな
どの方法がある。

エレベータ用電動機は一般に開放型なので防音の特殊
な機構をとることができないが、小型でもあり、電氣的
騒音の減少を図るだけで十分である。大容量になると

電磁気音の減少にも限度があるので閉鎖型を採用してサイレンサなどの防音機構を付ける。第21図は水道ポンプ用の一例で冷却空気は下部より入って上部に抜けるようになっているが風路を特殊設計とし、風の出入口にサイレンサを設けてある。本機は運転時 60 数フオンでこの程度の容量としてはきわめて騒音の少ないものである。

通風量を消す方法として全閉型にする方法も考えられるが、全閉外扇型は外扇のためかえって騒音が大きくなる場合がある。それほど騒音低下を厳重に要求されない場合は外扇に特殊な防音カバーを付けるだけである程度効果をあげることができる。効果的なのは全閉内冷型であつて、第22図はターボ冷凍機の例を示す。ベース内に空気冷却器が内蔵されており、冷却空気は電動機とベースとを循環し、冷却水を通した冷却器で熱交換を行つ

ている。この型はかなり大容量まで製作可能である。

6. 結 言

特殊設置条件で使用する電動機は上記のほかいろいろあるが、代表的と思われる日立製作所製品の構造および特質について述べた。これらは設置条件が未知の場合に、標準仕様のものから簡単に選定可能であり、それぞれの条件のもとで十分信頼度が高く、好評を得ている。しかしながら特殊構造の電動機は選定を誤ると十分にその機能を発揮できないから、設置条件のわからない場合は詳細に調査し、電動機の選定を誤まらないようにしていただきたい。今後新材料を取り入れるとともに、需要家各位の貴重な御要望を取り入れ、広範囲の設置条件に耐えるよう、さらに研究改善を加えてゆく予定である。



新 案 の 紹 介



実用新案 第 457243 号

大 和 利 丸・友 貞 睦 夫

巻 上 機 速 度 制 御 装 置

巻上機では特に巻下運転に際しごく低速度で安定な運転をしたい場合が多い。

従来この目的のため主電動機に小容量の補助電動機を連結し、この補助電動機によつて低速運転を行うことが試みられたが、この方法で得られる低速度はせいぜい全速度の $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$ ぐらいが限度であつた。

この考案は補助電動機 4 として二次抵抗 6 を有する巻線型誘導電動機を使用し、巻胴軸に押上機によつてゆるめ操作される制動機 7 を設けて、その押上機運転用電動機 8 を開閉器 9、10 により補助電動機 4 の一次側と二次側に切換接続するようにしたものである。

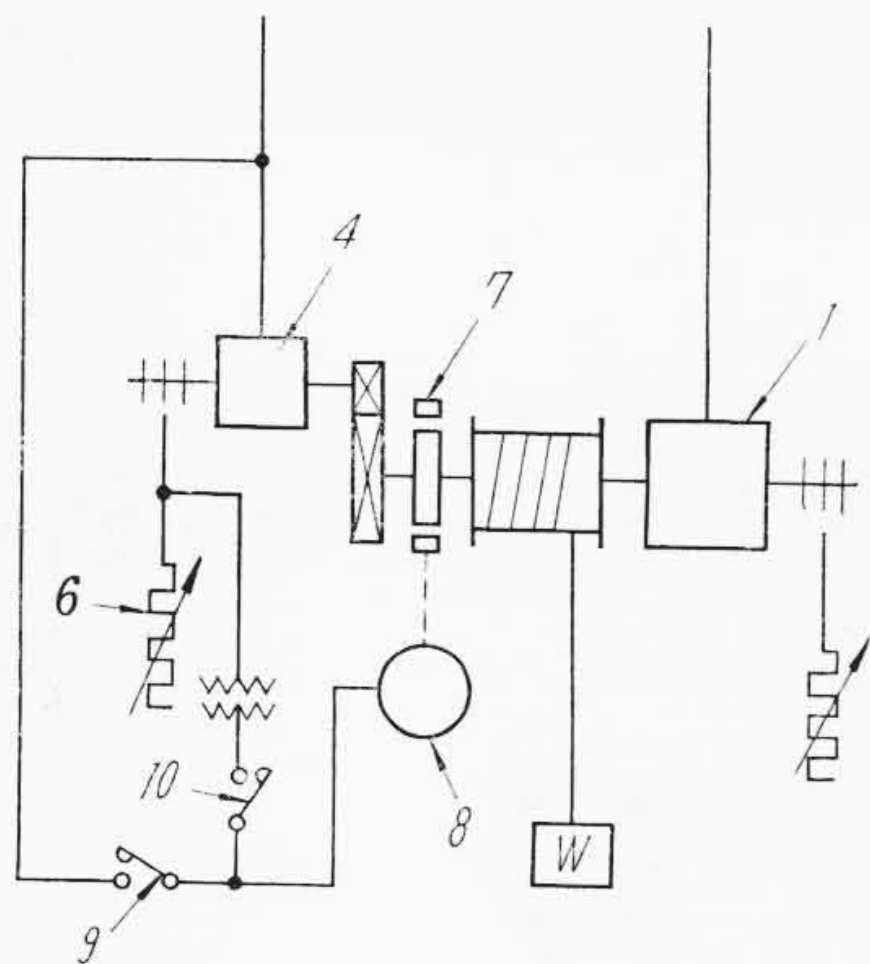
第2図の A_1 、 A_2 はそれぞれ二次抵抗を除いて運転し

た場合の主電動機 1 と補助電動機 4 の速度回転力曲線を示し、今各電動機による運転速度の比を 3:1 とすれば、押上機電動機 8 を補助電動機 4 の一次側に接続し制動機 7 を全開した状態で各電動機を単独で運転することにより全速またはその $\frac{1}{3}$ 付近の速度で巻上機を運転できる。

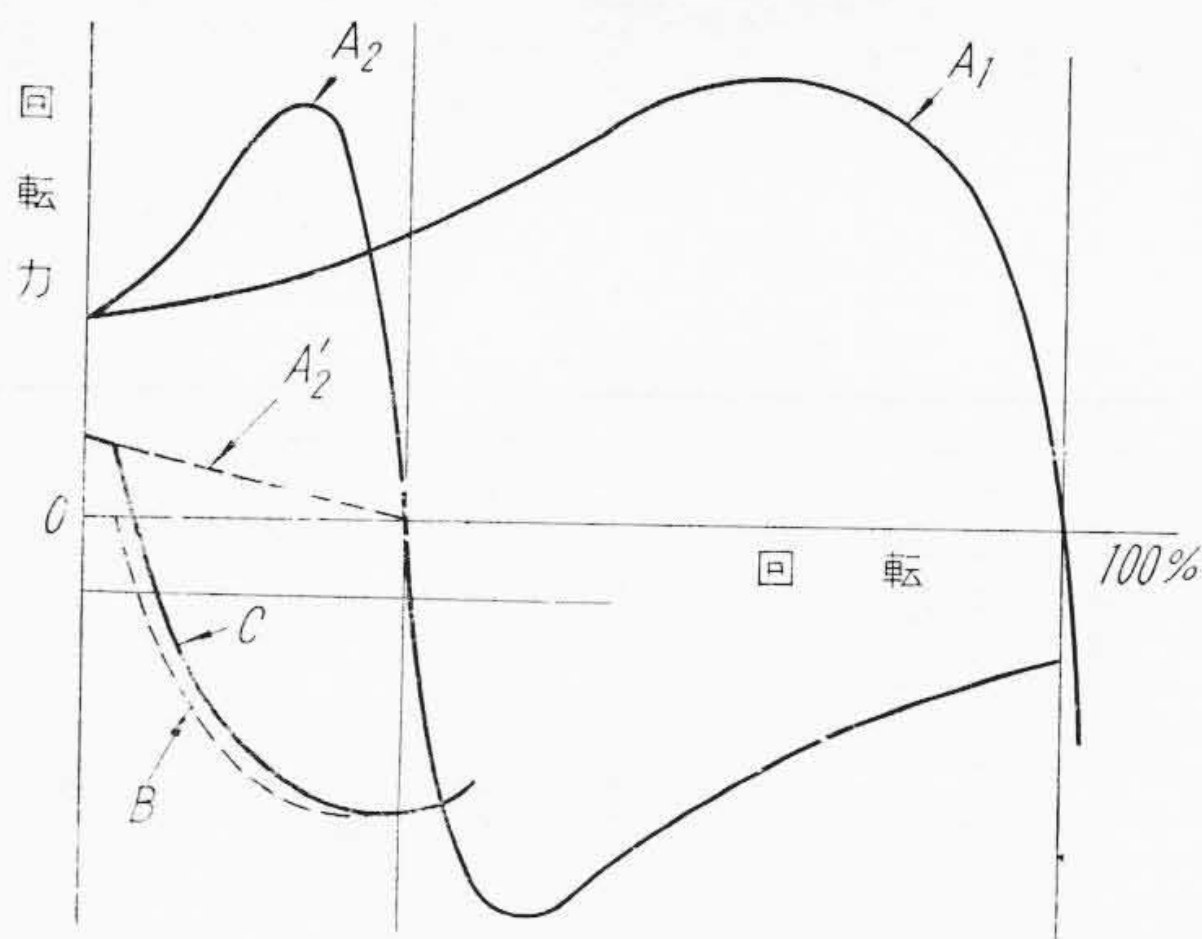
さらに微速運転を行うには補助電動機の二次側に抵抗を挿入して速度回転力曲線を第2図 A'_2 のようにし、押上機電動機 8 を補助電動機の二次側に切換接続する。

そうすると制動機 7 には第2図 B のような制動力を生じ、 A'_2 、B の合成回転力は C のようになって全速度の $\frac{1}{10}$ 程度の微速で安定した巻下運転ができる。

(坂本)



第1図



第2図