

# 日立 E 種 絶 縁 汎 用 モ ー ト ル

Hitachi General-Purpose Induction Motors of Class E Insulation

泉 頭 博\* 山 中 宗 定\*\*  
Hiroshi Sentô Munesada Yamanaka

## 内 容 梗 概

汎用モートルはこれまでA種絶縁の範囲内で小形、軽量化され、特性の改善が続けられてきたが、今回、絶縁階級を一段上げたE種絶縁を採用し、さらに設計技術の向上により、従来になく大幅に小形化されたモートルを開発した。寸法はIEC国際標準寸法に準拠するとともに新しいJIS特性規格を満足している。これら新形E種モートルシリーズは、全閉外扇形および開放形とも0.2~37kWの範囲において、従来のA種モートルより容積で約50~60%、重量では約60~70%、となり、トルク特性、騒音などでも従来品よりすぐれている。

## 1. 緒 言

汎用モートルには長い間A種絶縁が使用され、1956年以後はJEM-1110, JIS-C-4201の規格によって国内的に統一されており、わが国の産業の発展に大きな力となり、ますますその使用分野を拡大させてきた。しかし、世界的なすう勢として耐熱性にまさる絶縁材料を使用し、小形化が図られてきた。日立製作所においても以前より、E種絶縁材料を使った新形モートルシリーズの開発を進めてきたが、まず全閉外扇形0.2~37kWの系列化を完成し順次発売を進めている。このたびJEM-1180, JIS-C-4210によりE種モートルの規格が制定され、近い将来現在のA種汎用モートルに代わり、わが国産業の発展に貢献するものとする。なお全閉外扇形に引続いて開放形0.2~37kWの系列化にも成功した。ここには主として15kW以下の小形モートルについて説明し15kW以上の中形新形シリーズの詳細は別途に発表する。

## 2. 国際的なモートルの動きの展望と国内の状況

### 2.1 欧州の全閉外扇形E種モートルの動向

戦後合成樹脂絶縁材料のめざましい発達により、従来の絶縁区分が再検討され、1957年にIEC(国際電気標準会議)Pub-87により、最高許容温度120°Cまでを認めたE種絶縁の国際規格が生まれた。このE種絶縁を使ったモートルの標準寸法が1959年IEC Recommendation Pub-72-1, 72-2により定められた。

これらIECにより定められたE種モートルをいちばん早く実現させたのは欧州諸国、特にドイツであり、1960年、DIN-42763により全閉外扇形E種モートル0.75~132kW, 2, 4, 6, 8極のわく適用が従来のA種モートルより2~3段小形化されて制定され、諸外国に大きな影響を与えてきた。これに続いて1962年、DIN-42762により開放形E種モートルのわく番適用が定められたが11kW以上のいわゆる中形モートルに限られ、7.5kW以下の小形モートルは全閉外扇形に一本化された。

### 2.2 アメリカにおけるB種絶縁モートル

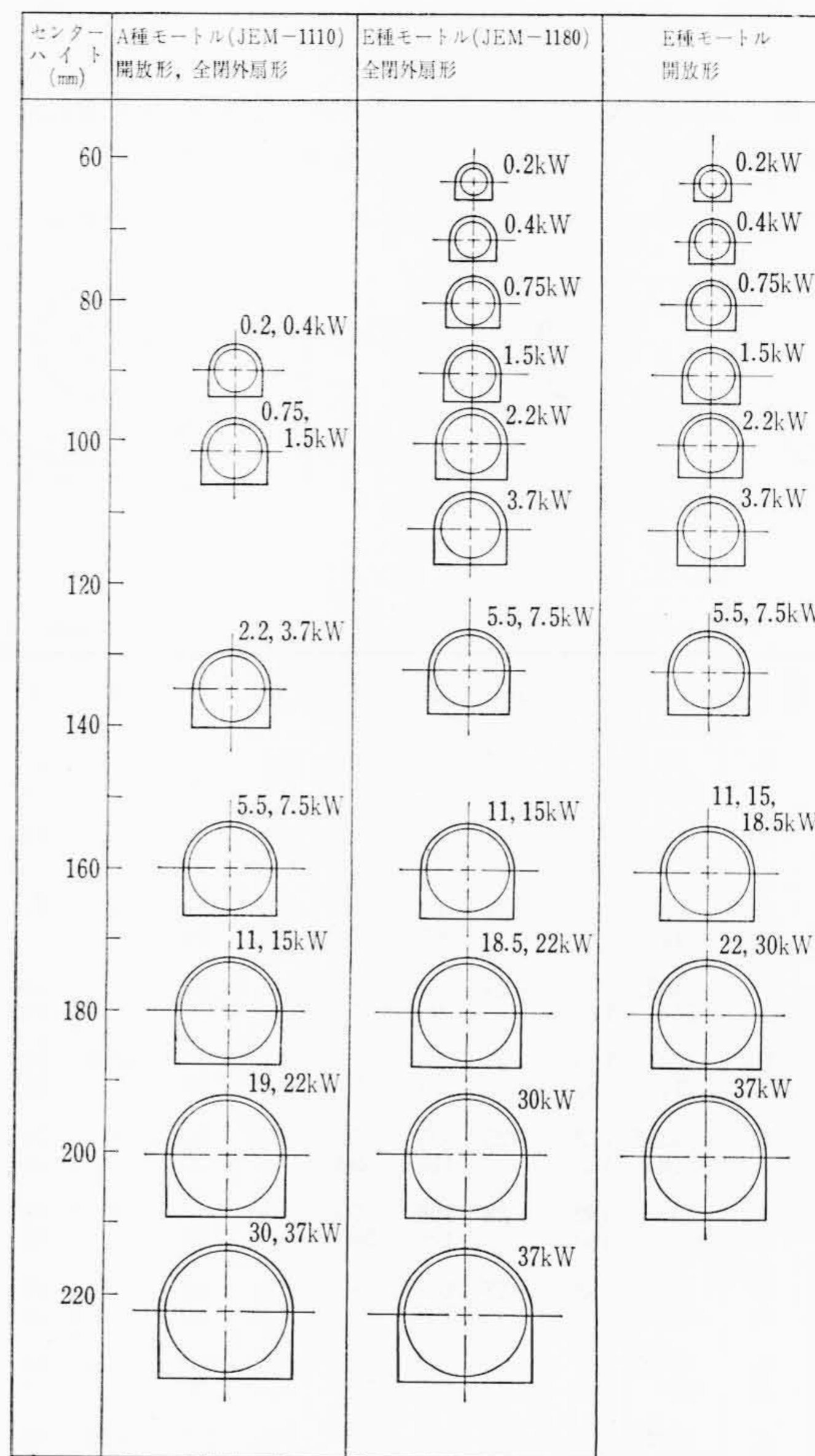
E種絶縁それ自体を認めていないアメリカでは、最近NEMA規格で汎用モートルのB種絶縁化を推進させている。

### 2.3 わが国におけるE種モートルの汎用化の動向

IEC寸法をとり、わく番適用をDIN規格と同程度に定めたE種モートル寸法規格、JEM-1180(1964年8月公示)は欧州諸国と同様全閉外扇形のみを対象としており、開放形には同一わく番寸法の採用を推奨するにとどめ、19kW以上の中形機種との関連も考慮してその決定を将来に延ばしている。

\* 日立製作所習志野工場

\*\* 日立製作所多賀工場



第1図 A種, E種モートルのセンターハイトの比較(4極)

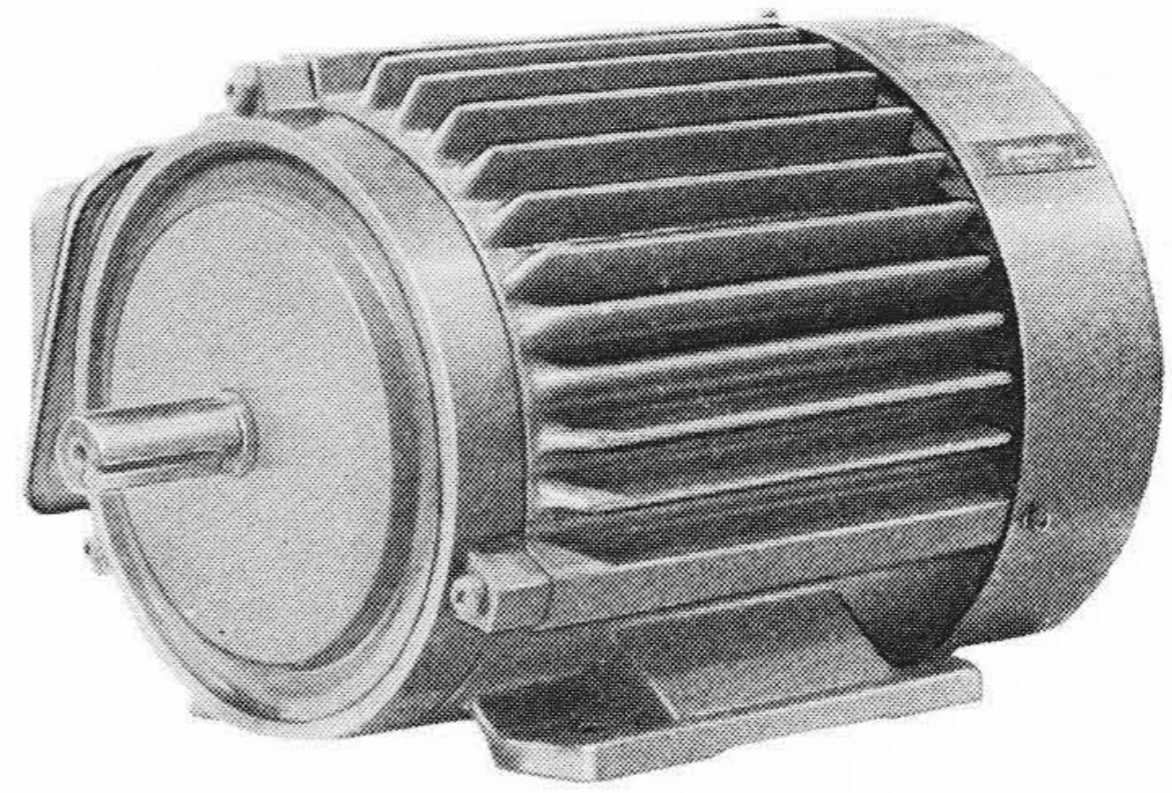
このように国内では全閉外扇形E種モートルより製品化を進めてきたが、日立においても1964年4月より全閉外扇形E種LK形を発売し、現在その全シリーズ化を完成している。引続いて開放形を開発したが、A種モートルと比較したこれらE種モートルの小形化の状況をセンターハイトを基準にして表わすと第1図のようになる。またこのJEM-1180による全閉外扇形の各極数別のわく番適用は第1表のようになる。4極, 6極はDIN規格に準じているが、2極ではDINより約1段上げて、4極機種と同様の適用である。

## 3. 新しい絶縁材料により小形化された日立E種モートル

わが国において公式にE種絶縁材料が認められたのは1960年、JEC-147からで、その最高許容温度は120°Cとなり、従来のA種絶縁に比べ15°C高くとれる。この温度アップに対しても、絶対の信頼

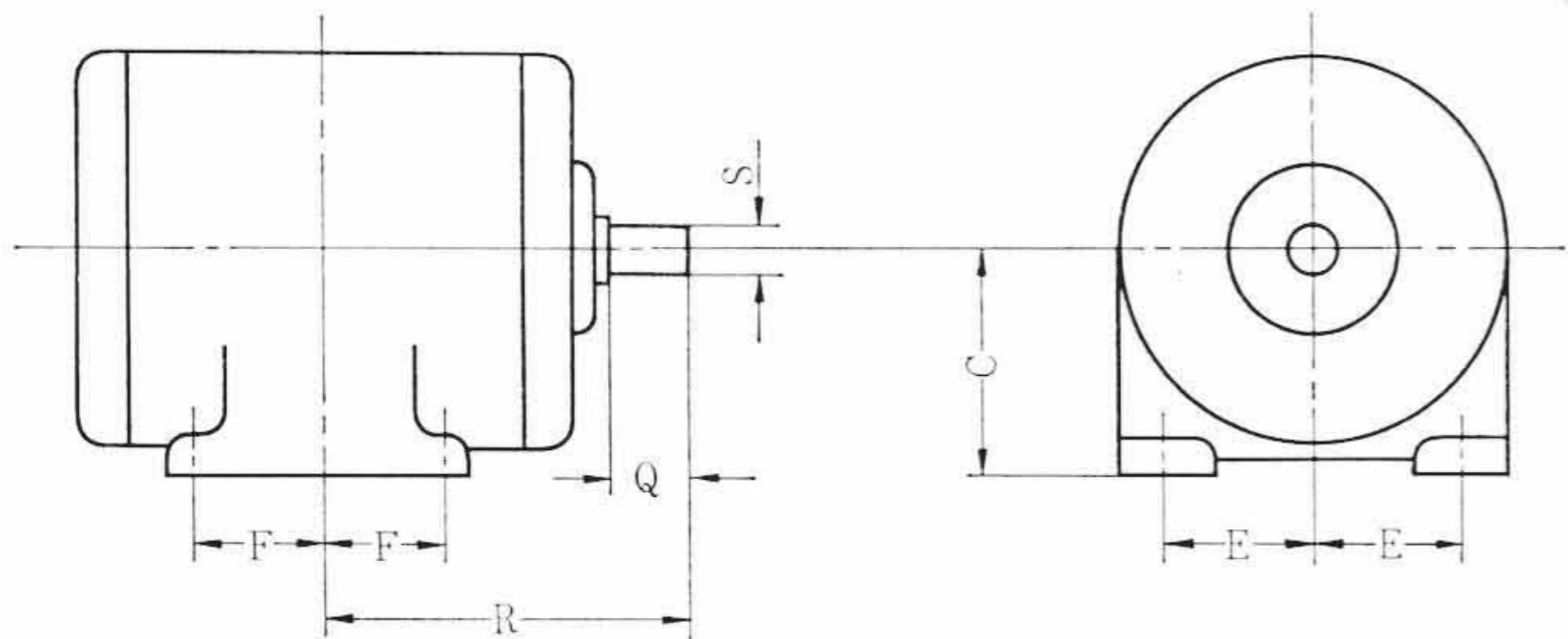
第1表 E種モートル全閉外扇形の極数別わく番適用表 (JEM 1180)

わく番	2 極 (kW)	4 極 (kW)	6 極 (kW)
63	0.2	0.2	
71	0.4	0.4	0.2
80	0.75	0.75	0.4
90L	1.5	1.5	0.75
100L	2.2	2.2	1.5
112M	3.7	3.7	2.2
132S	5.5	5.5	3.7
132M	7.5	7.5	5.5
160M	11	11	7.5
160L	15	15	11
180M	18.5	18.5	—
180L	22	22	15
200L	30	30	18.5
225S	37	37	22
225M	—	—	30
250M	—	—	37



第2図 全閉外扇形E種LKモートル 0.75 kW TFO-K 4極

第2表 E種, A種モートルのフレーム主要取付寸法比較表 (全閉外扇形) (E種: JEM-1180, A種: JEM-1110)



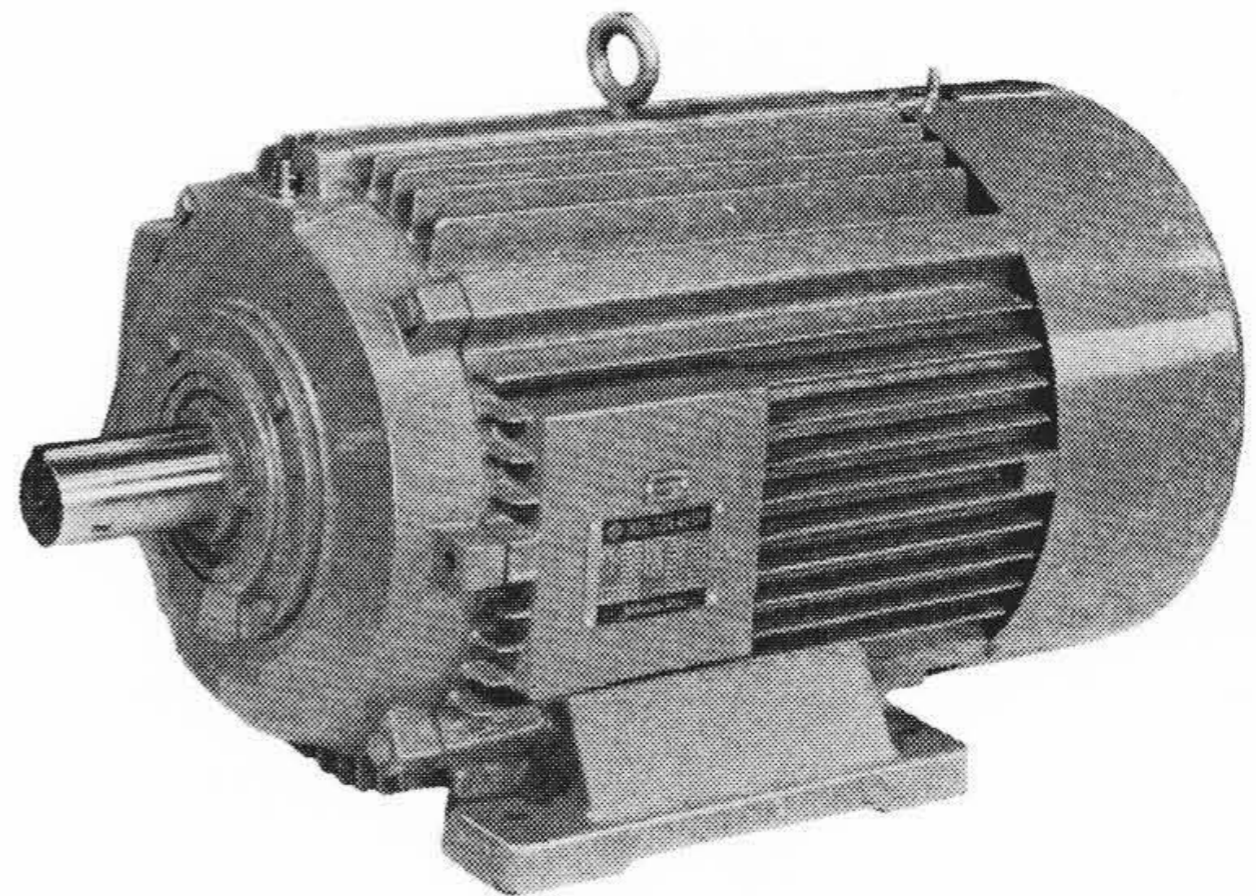
単位 (mm) 4極

出力 (kW)	絶縁級	わく番	C	ΔC	E	F	R	Q	ΔQ	S	ΔS
0.2	E	63	63	-27	50	40	103	23	-7	11	-3
	A	910S	90		70	50	135	30		14	
0.4	E	71	71	-27	56	45	120	30	-10	14	-2
	A	910	90		70	50	145	40		16	
0.75	E	80	80	-35	62.5	50	140	40	0	19	-3
	A	1111	115		95	55	165	40		22	
1.5	E	90L	90	-25	70	62.5	168.5	50	0	24	+2
	A	1114	115		95	70	190	50		22	
2.2	E	100L	100	-35	80	70	183	50	-10	24	-4
	A	1314	135		110	70	220	60		28	
3.7	E	112M	112	-23	95	70	200	60	0	28	0
	A	1318	135		110	90	240	60		28	
5.5	E	132S	132	-28	108	70	239	80	0	32	-3
	A	1621	160		125	105	295	80		35	
7.5	E	132M	132	-28	108	89	258	80	0	32	-3
	A	1625	160		125	125	315	80		35	
11	E	160M	160	-20	127	105	323	110	+20	42	0
	A	1824	180		140	120	330	90		42	
15	E	160L	160	-20	127	127	345	110	+20	42	0
	A	1828	180		140	140	350	90		42	
18.5 (19)	E	180M	180	-25	139.5	120.5	351.5	110	+5	48	0
	A	2031	205		160	155	390	105		48	
22	E	180L	180	-25	139.5	139.5	370.5	110	+5	48	0
	A	2031	205		160	155	390	105		48	
30	E	200L	200	-25	159	152.5	395.5	110	-30	55	0
	A	2232	225		180	160	440	140		55	
37	E	225S	225	0	178	143	432	110	-30	60	+5
	A	2236	225		180	180	460	140		55	

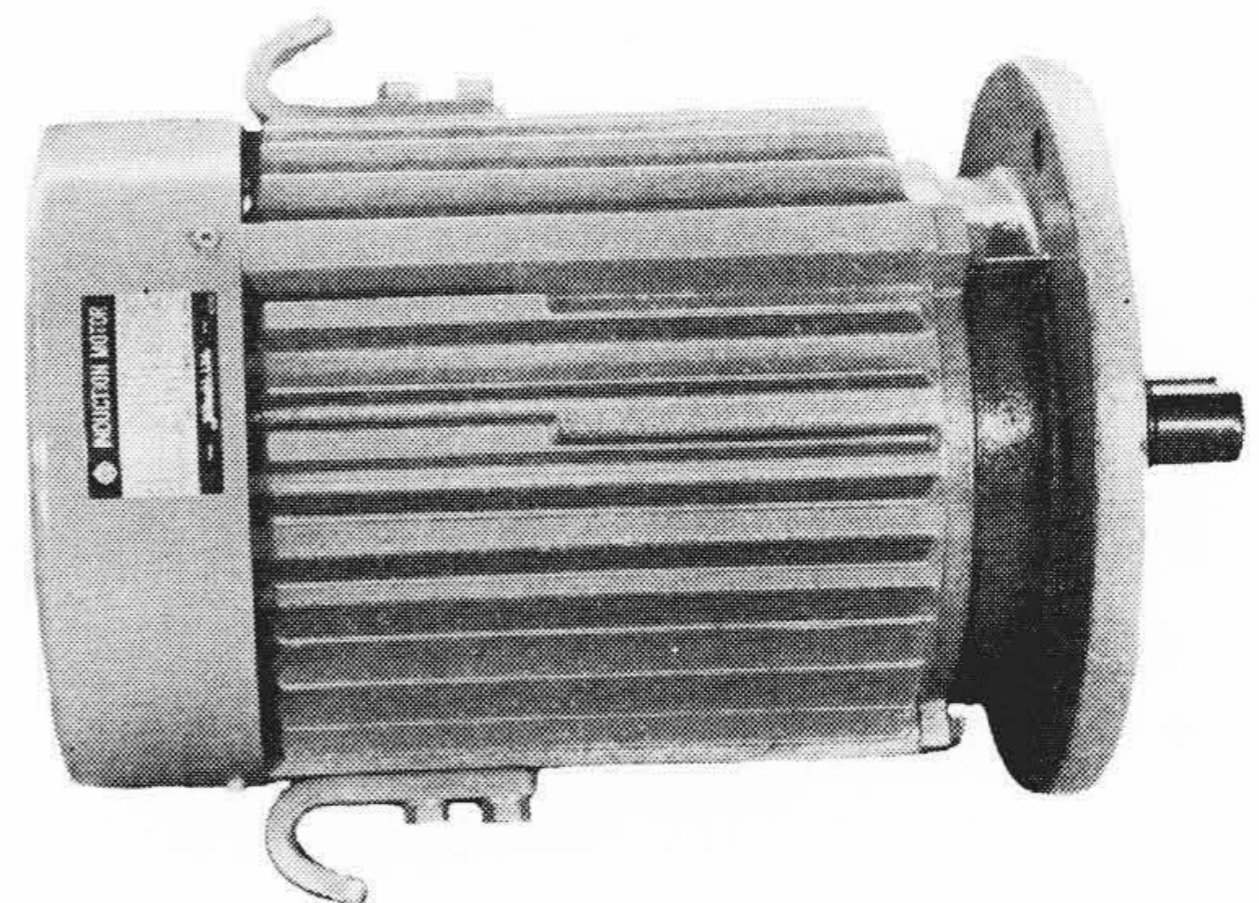
(注) ΔC, ΔQ, ΔS は各々の差を示す。

と、より長い寿命を保証するのが、日立のポリエステル樹脂系絶縁材料であり、次のように各部分でのすぐれた特性を発揮している。

- (1) 絶縁電線にはポリエステル系エナメル線「ヒタエステル線」を使用している。これは従来のVF線や同クラスのものに比べ、耐熱寿命、熱軟化性、耐摩耗性、耐溶剤薬品性および耐ワニス性などの各特性に非常に平衡のとれたすぐれたものである。



第3図 全閉外扇形E種LK形モートル 30 kW TFO-KK 4極



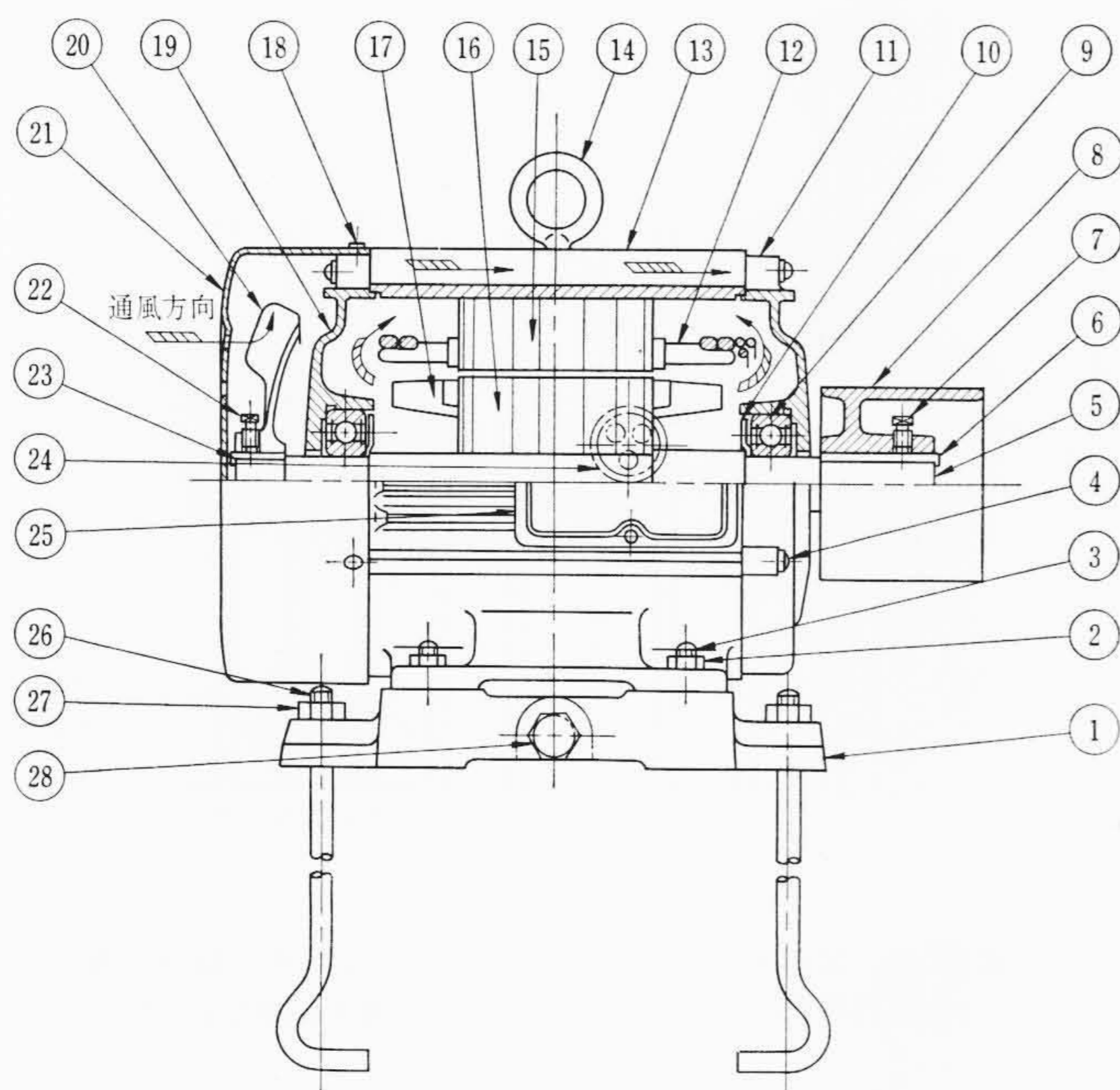
第4図 全閉外扇形LK形 フランジ取付モートル 3.7 kW 4極

- (2) 絶縁ワニスにも日立独特のポリエステル樹脂を使用し、絶縁耐力、絶縁抵抗の大きなことはもちろん、耐熱性にすぐれた特性を示している。  
従来、この種ワニスは空気中の酸素で硬化が妨げられ、量産品に向かないとされていたが、この欠点を本質的に改良し、速乾性を生かして量産品に使いこなしている。これには自動ワニス処理装置による一貫した処理が必要で、日立製作所の整った設備が、このワニスの使用を可能にしている。
- (3) スロット絶縁物にはポリエステルフィルムを使用し、サンキ口出線にもE種モートルにふさわしい材料を使用している。

#### 4. 全閉外扇形E種汎用モートル: LKシリーズについて

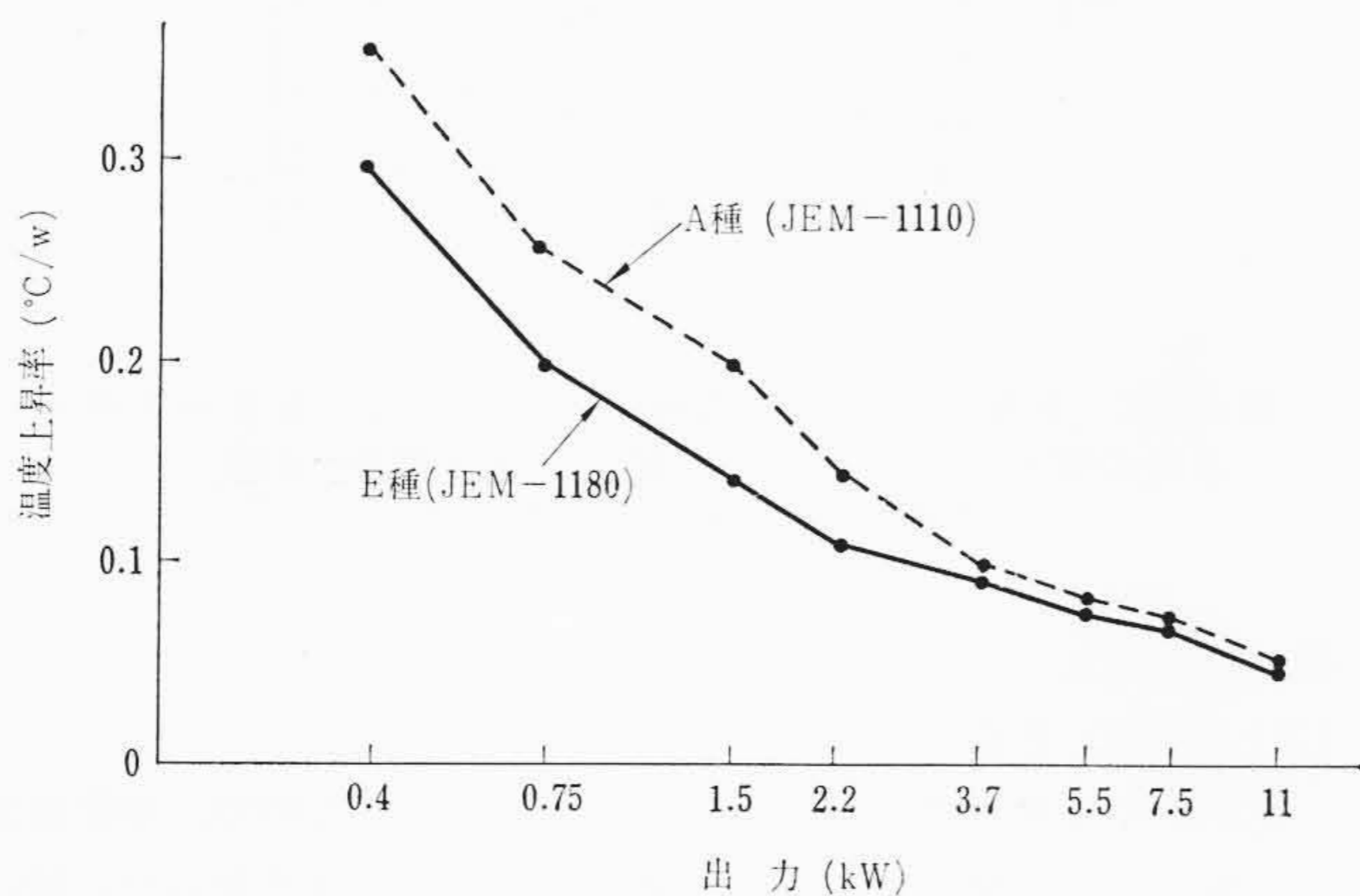
##### 4.1 概要および寸法

IEC寸法に準拠した新JEM-1180寸法を適用した日立全閉外扇形E種LKシリーズモートルは、1964年、4月以降、小出力機種より順次製品化され、すでに0.2~37 kW, 2, 4, 6極の横形モートルおよびフランジ取付モートルの各シリーズが完成した。主要取付寸法



- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| ① ベース            | ⑮ 固定子コア           |
| ② ハウジング取付用ナット    | ⑯ 回転子コア           |
| ③ ハウジング取付用スタット   | ⑰ ファン (内)         |
| ④ エンドブラケット取付用ボルト | ⑱ エンドカバー取付用ネジ     |
| ⑤ 軸              | ⑲ エンドブラケット (反負荷側) |
| ⑥ プーリキー          | ⑳ ファン (外)         |
| ⑦ プーリ止メネジ        | ㉑ エンドカバー          |
| ⑧ プーリ            | ㉒ ファン止ネジ          |
| ⑨ 密封玉軸受          | ㉓ ファンキー           |
| ⑩ グリースカラ         | ㉔ ゴムブッシュ          |
| ⑪ エンドブラケット (負荷側) | ㉕ ターミナルカバー        |
| ⑫ 固定子コイル         | ㉖ 基礎ボルト           |
| ⑬ ハウジング          | ㉗ 基礎ボルト用ナット       |
| ⑭ アイボルト          | ㉘ タイミングボルト        |

第5図 全閉外扇形E種LKモートル構造図



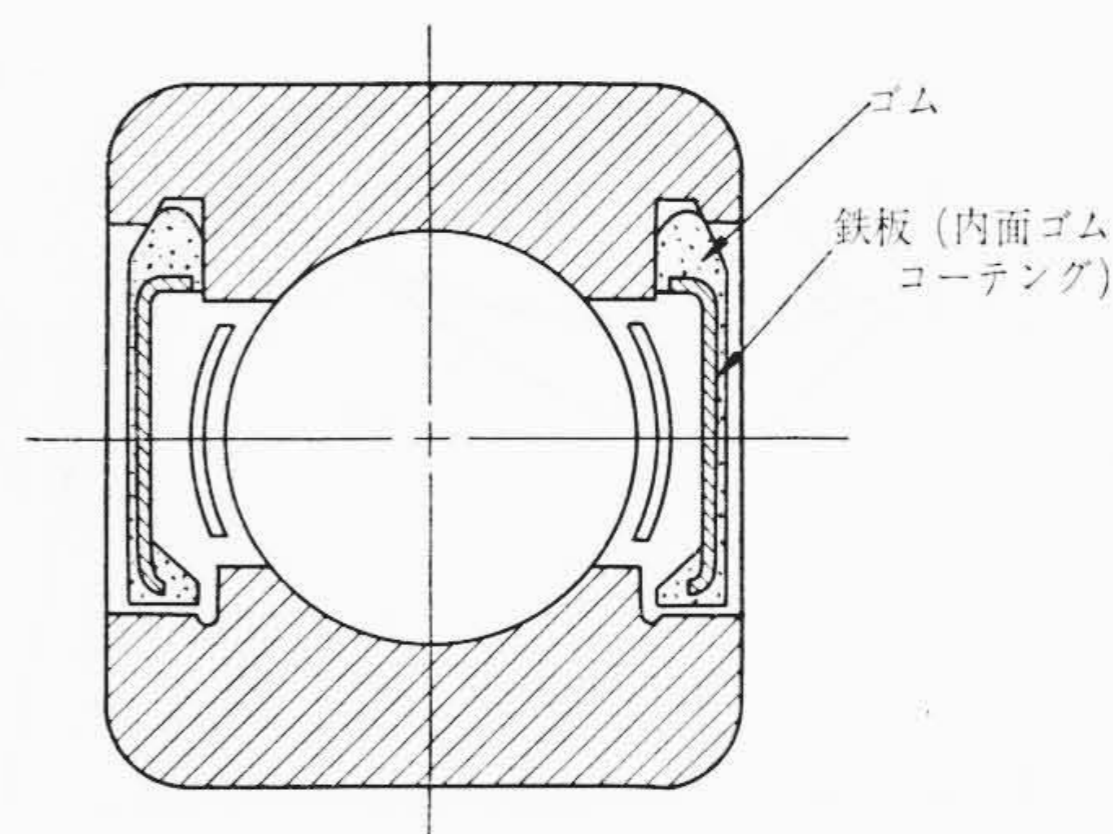
第6図 温度上昇率比較図 (全閉外扇形)

はこれをA種 JEM-1110 と比較すると第2表のようになる。第2～4図は各形式の製品概観である。

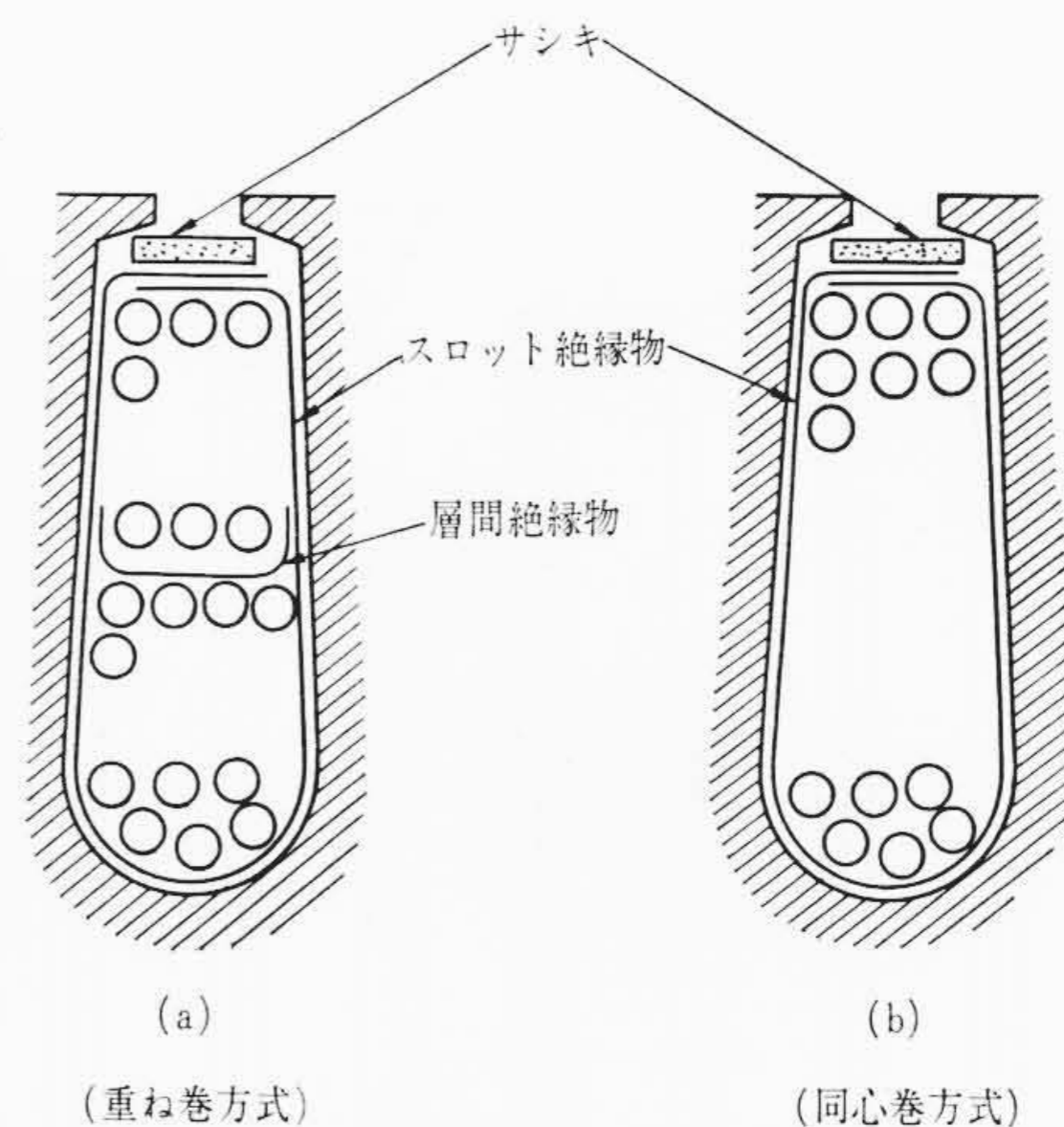
#### 4.2 構造

##### 4.2.1 冷却構造

構造は第5図に示すようにフレームを鋳鉄製とし、ハウジング全周にリブをもうけて冷却効果の向上、剛性の増大を図っている。E種モートルは温度上昇限度がA種より15°C高く許されるが、わく番適用で2段相当小形化されているので、冷却効果を従来のものより大幅に増強する必要がある。このためエンドブラケットを極端に短く、ハウジングを長くして、そのまわりに合理的にリブを配置して冷却面積の増大を図り、これに対してアルミ合金製の冷却ファンによる適切な風量の冷気が、これらリブ間を効果的に流れてフレームを冷却する。この結果従来のA種のフレームに比



第7図 日立ラビシールド・ボールベアリング構造図



第8図 電機子スロット構造図

べて冷却効果が上がり、各出力別の温度上昇率をA種フレームと比較すると第6図のようになる。わく番適用が2段小形化されているので、この新フレームは約2倍の冷却効果を発揮したことになり、大幅な小形化にもかかわらず、モートルの温度上昇を低くおさえている。

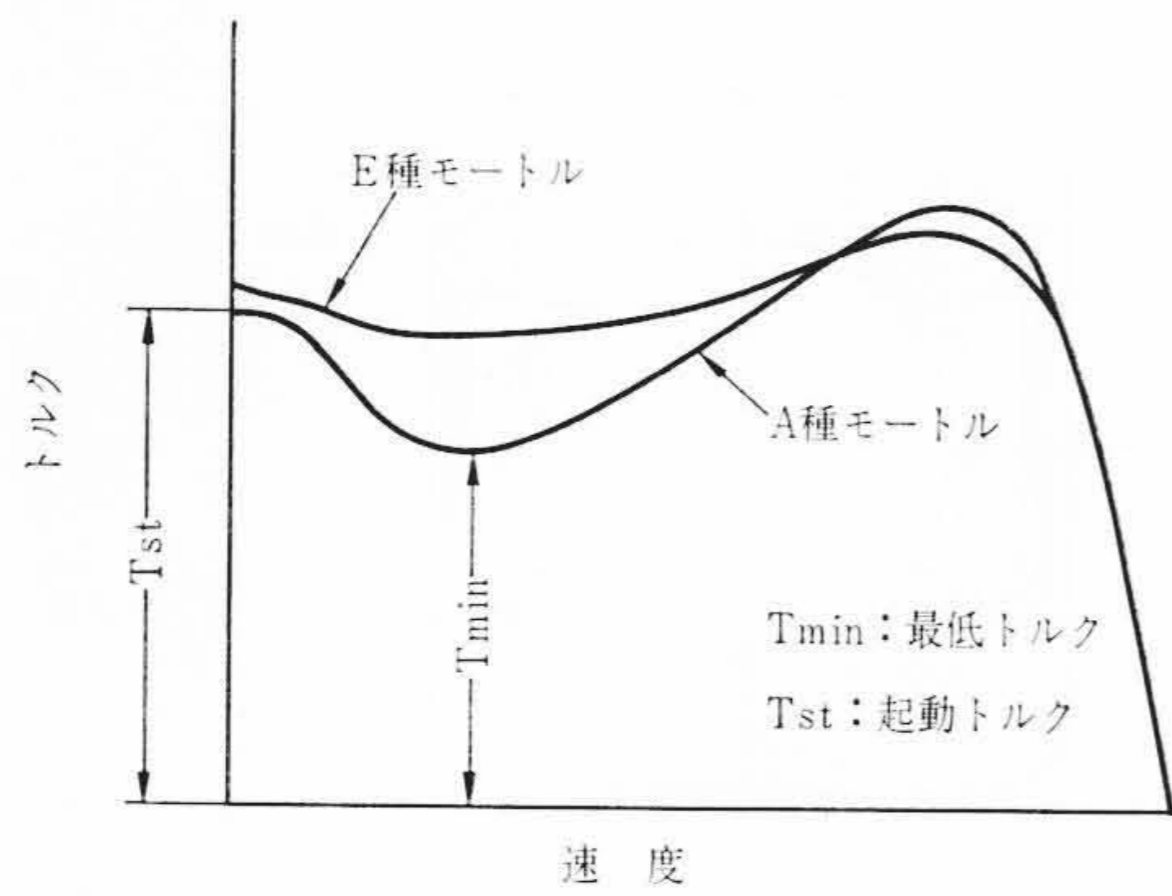
##### 4.2.2 軸受構造

22 kW 4極以下、15 kW 6極および7.5 kW 2極以下の軸受には日立独自のシールドベアリングである日立ラビシールド・ボールベアリングを使用しており、これ以上の出力の機種には運転中にも、グリースの補給ができるグリース交換方式を採用したので、すべての機種の保守がきわめて容易となった。グリースには耐熱性、耐湿性にすぐれたりチューム系グリースを使用しているため、長い寿命が期待できる。また第7図の構造図からわかるように日立ラビシールドベアリングは防じん構造になっており、摩擦損失が少なく、モートル用ベアリングとしては理想的なもので、円滑な運転が期待できる。

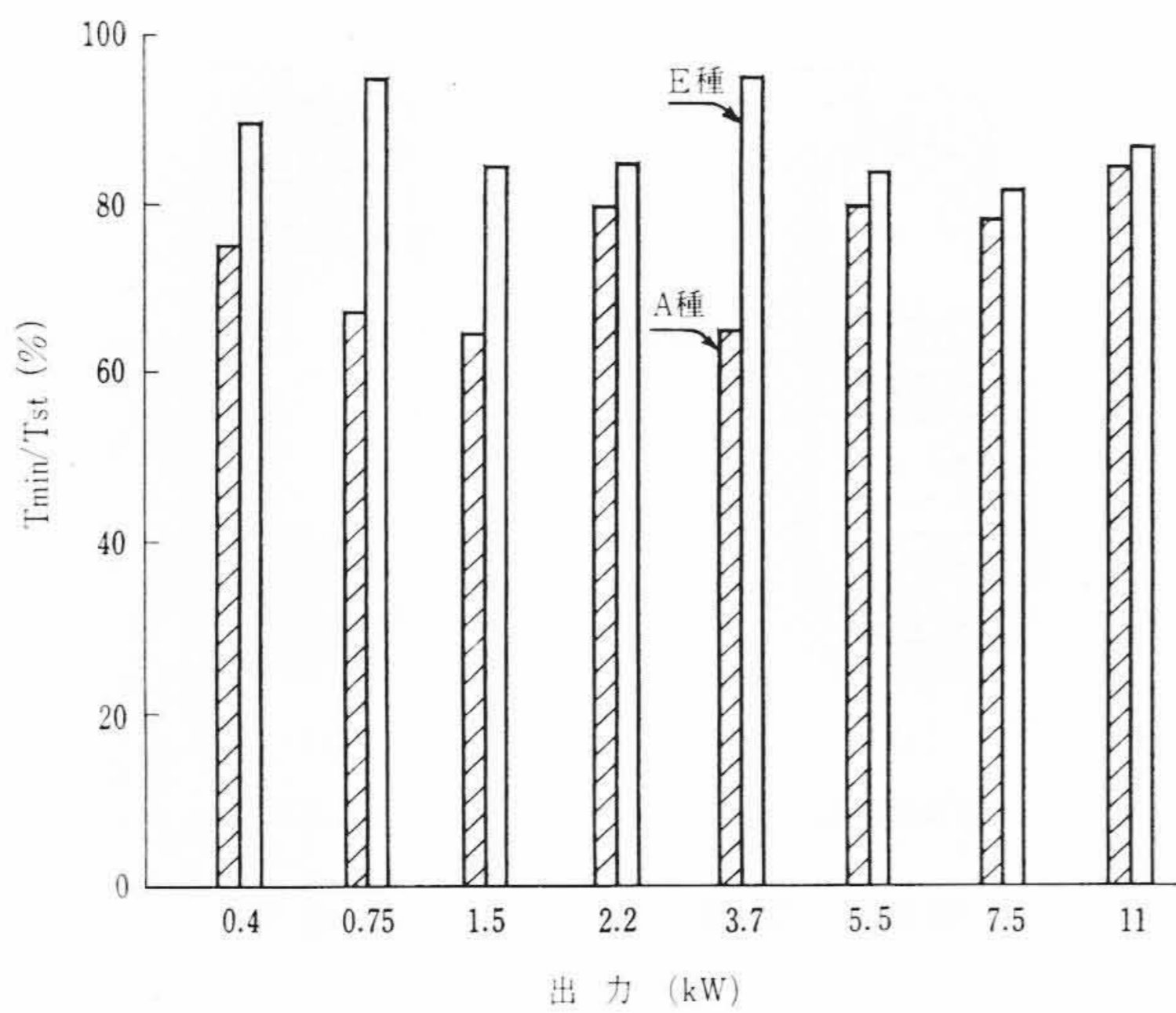
#### 4.3 電気部分

##### 4.3.1 電機子巻線方式

電機子コイルの絶縁方式にはさきに述べたように、すぐれたポリエステル樹脂の総合特性を発揮させてあるが、電機子巻線方式自体にもまったく新しい方式を採用して、絶縁特性の向上に役だてる一方、電気特性および生産性の向上を図っている。この新巻線方式とは日立製作所が開発した同心巻線方式で、従来の重ね巻線方式と比べると、電機子スロット内の構造は第8図(a)、および(b)のようになる。すなわち重ね巻においては上コイルと下コイル間に層間絶縁紙を必要とするが、同心巻においては、スロット内に1コイルしか入らず、層間絶縁がまったく不要となり、層間短絡発生の可能性がなくなった。なお絶縁仕様が合理化されるので、スロット内に有効に導体を納め得るため、電気特性の



第9図 A種およびE種モートルのトルク—速度特性比較図



第10図 A種、E種モートルの  $T_{min}/T_{st}$  比較表 (全閉外扇形4極)

向上が得られる。日立E種モートルの温度上昇の低いのは、この新同心巻方式の採用も大きな原因の一つである。次にこの新方式では各スロットに納まるコイルを次々に連続して巻くことが容易となり、コイル端での接続作業が少なく、電気部分の弱点をなくしている。

#### 4.3.2 電機子鉄心

効率、力率などの特性は新JIS-4210によっているほかトルクや最大出力など実用上必要な特性は従来と同等以上にするよう考慮されている。すなわち電気部分設計には、日立の技術、研究に加えて、あらゆる角度から再検討し、電子計算機を用いて高精度の最適設計を行なっている。また特に固定子鉄心においては前述の同心巻と、絶縁仕様に最適なスロットの形状、大きさ、内径について十分な検討を加えている。また、回転子鉄心には全閉スロット形状を多く使用して、漂遊負荷損を減少させ、トルク特性の改善を図ると同時に温度上昇を低くおさえることができた。

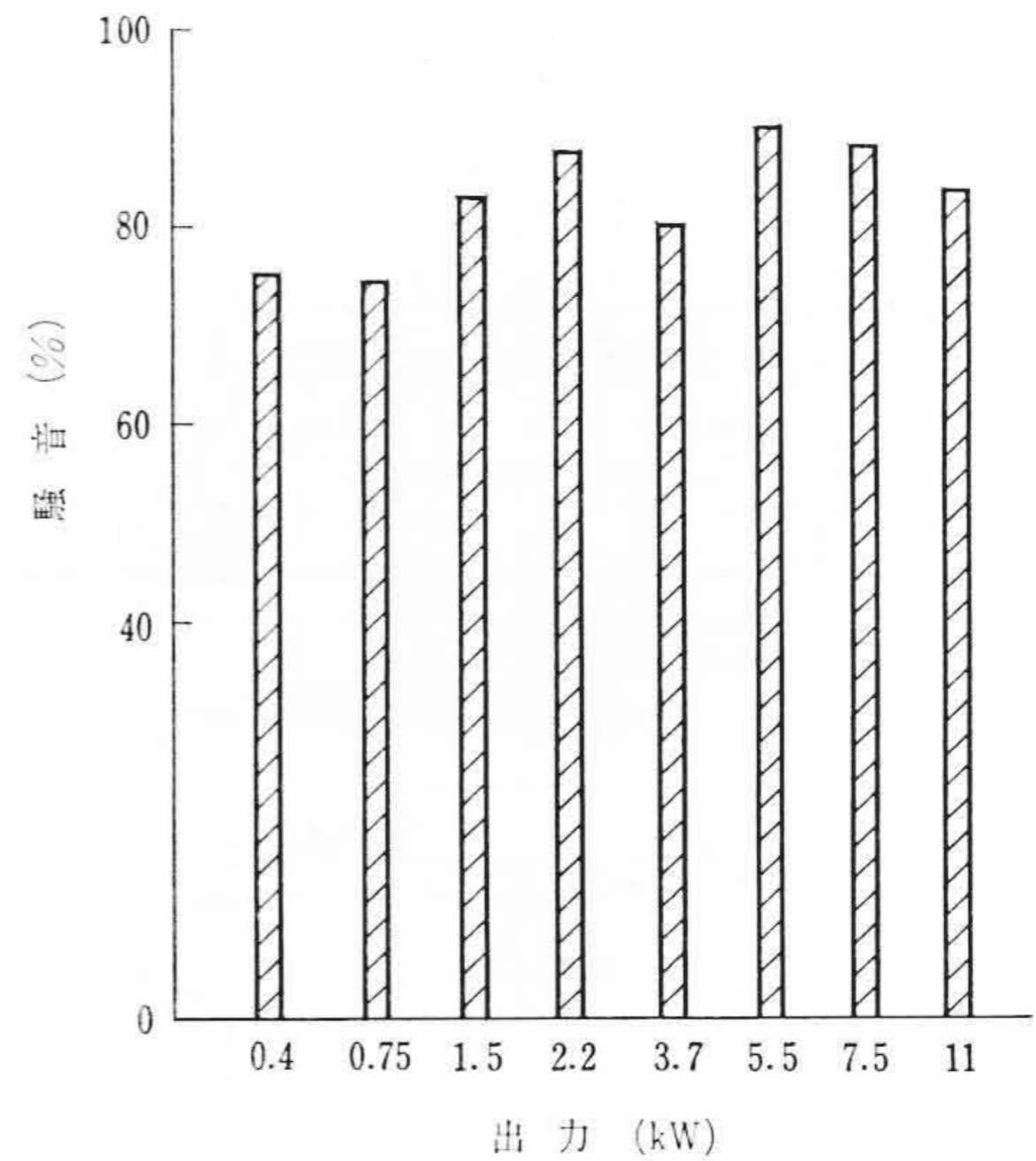
#### 4.4 特長

##### (1) 小形、軽量化

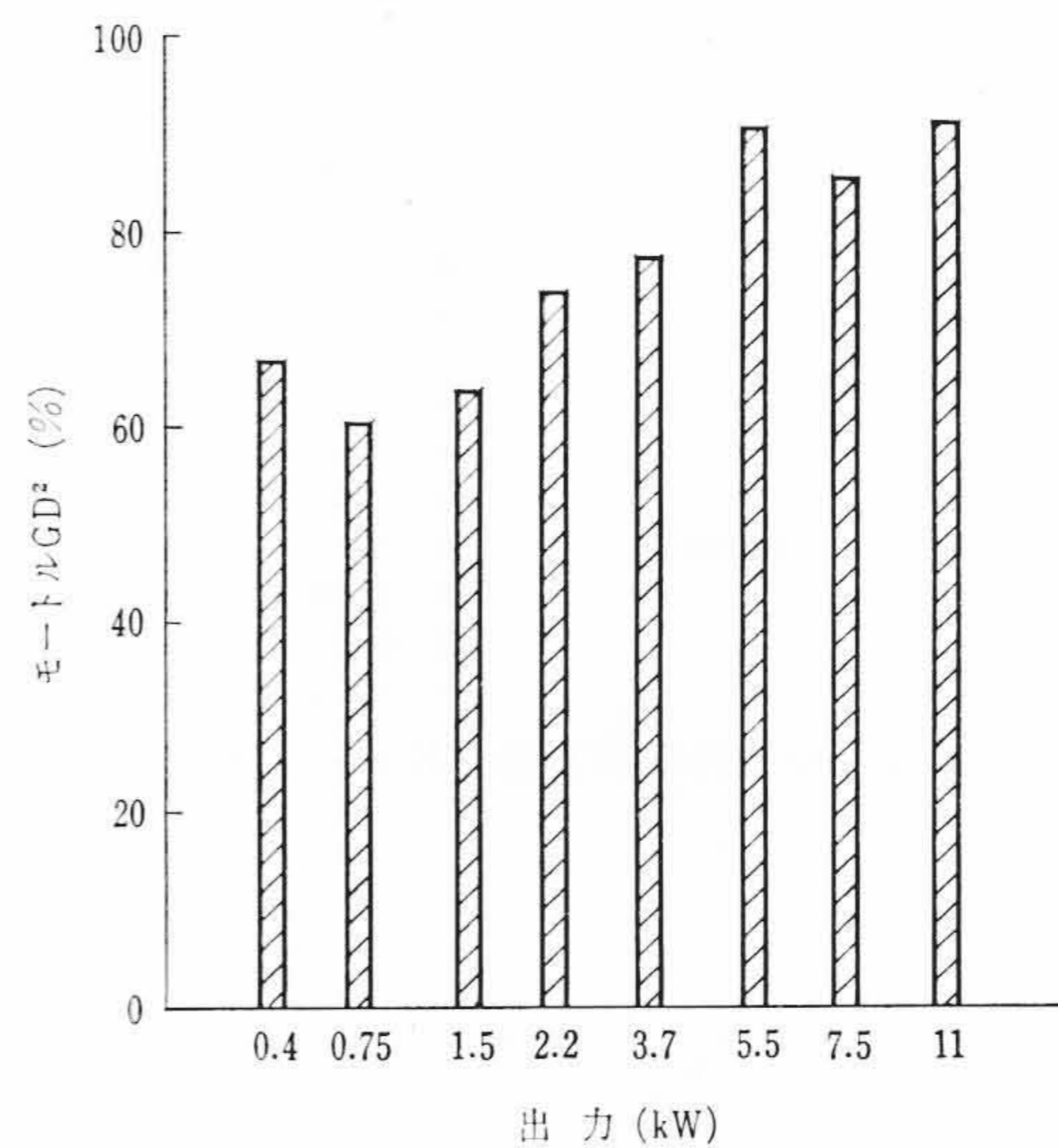
従来のA種全閉モートル(JK形)に比べて容積、重量とも大幅な低減が得られJK形を100%とすると、重量で約60~80%、容積で50~75%となるので、このモートルを採用することにより据付面積が減少し、取扱や運搬が容易となるほか、相手機械のスペースの低減も可能となる。

##### (2) トルク特性が良い

空間、材料を合理的に活用し、かつさきに述べたように、回転子を全閉スロット形状とするなど電気部分の改良により速度トルク特性は第9、10図に示すように、大幅に改善され、安定した運



第11図 E種モートルのA種モートルに対する騒音比較 (全閉外扇形4極) (A種モートルの騒音を100%とする。)



第12図 E種モートルのA種モートルに対するモートル自身の慣性モーメントの比較 (全閉外扇形4極) (A種モートルの場合を100%とする。)

転が可能である。

##### (3) 騒音、振動が小さい

ダイナミックバランスを特に入念にとってあるので、小形軽量化とあいまって騒音、振動が従来より著しく小さくなった。特に騒音は従来品と比べ5~10ホン程度小さい。第11図はA種の騒音を100%とした場合のLKモートルの騒音比較である。

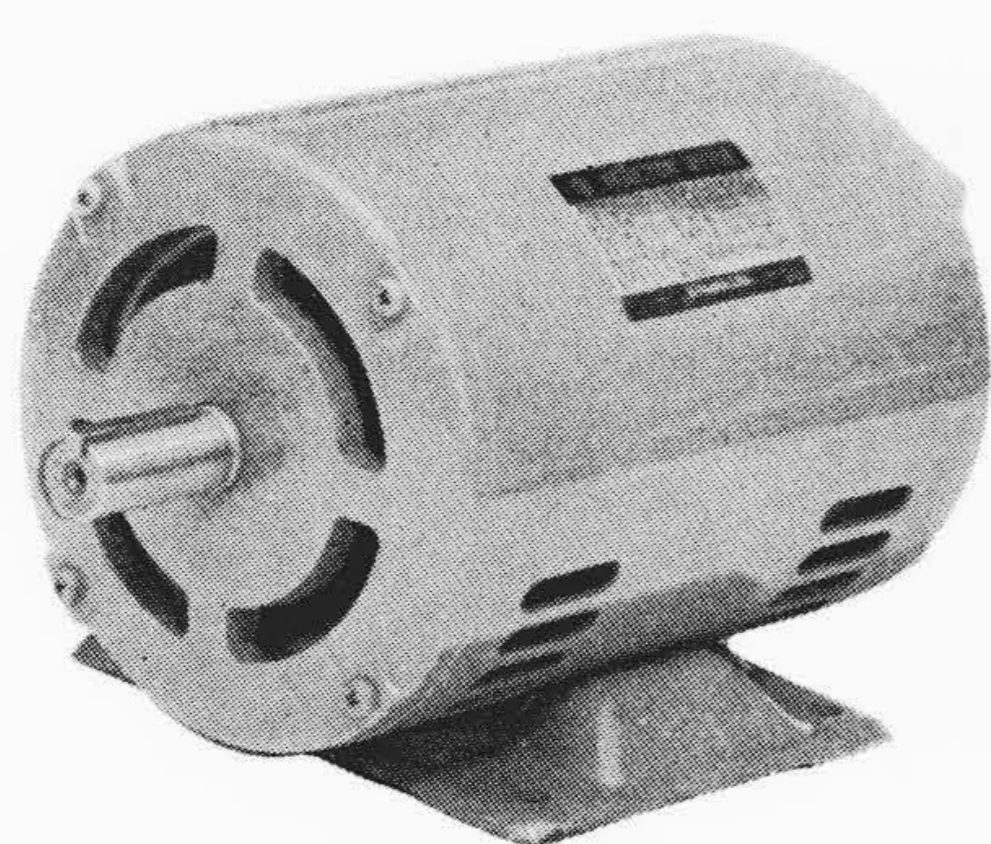
##### (4) モートルの慣性モーメントが小さい

小形化に加えて、アルミ製外扇の使用によりモートル自体の慣性モーメントが第12図に示すように減少したので、起動、逆転の際の発生熱量が小さくなり、起動、停止をひん繁に行なう用途にも従来品より有利である。

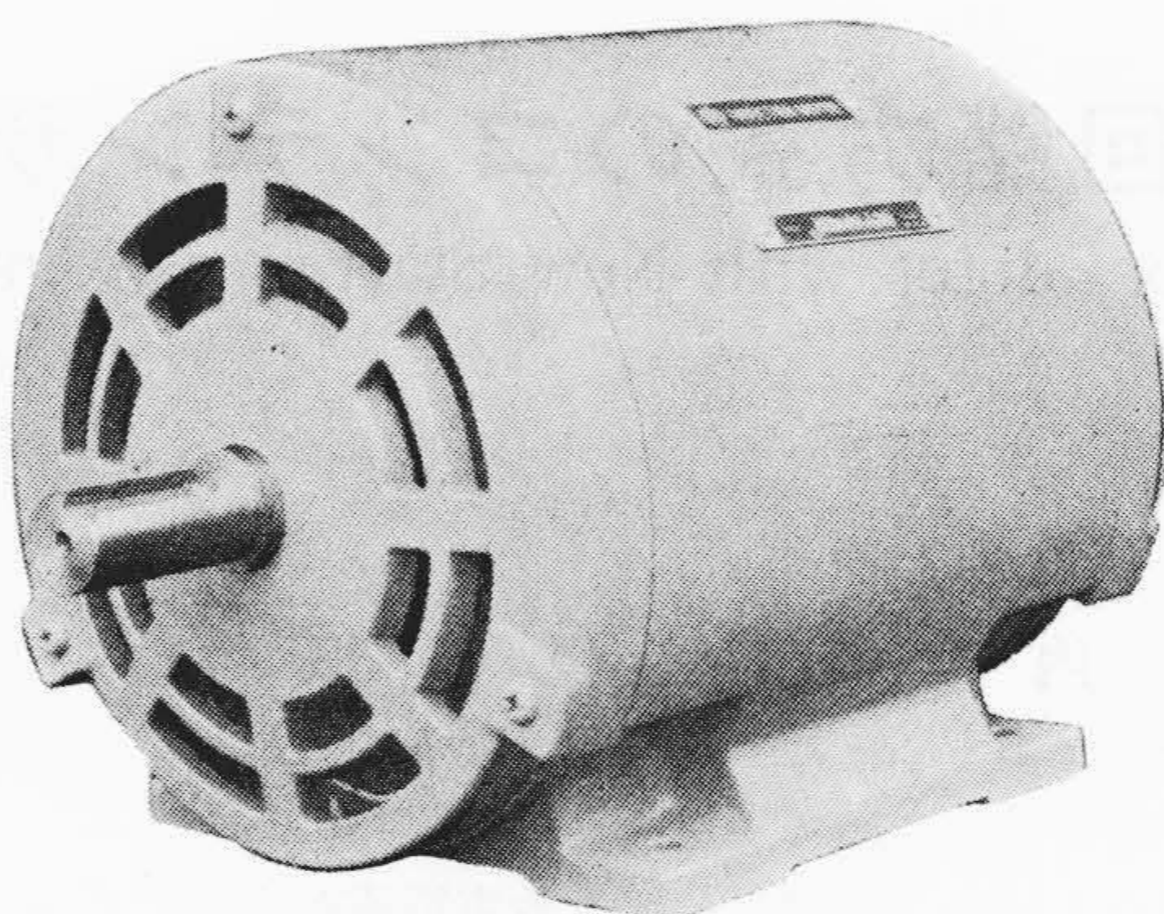
### 5. 開放形E種汎用モートル：MKシリーズについて

#### 5.1 概要および寸法

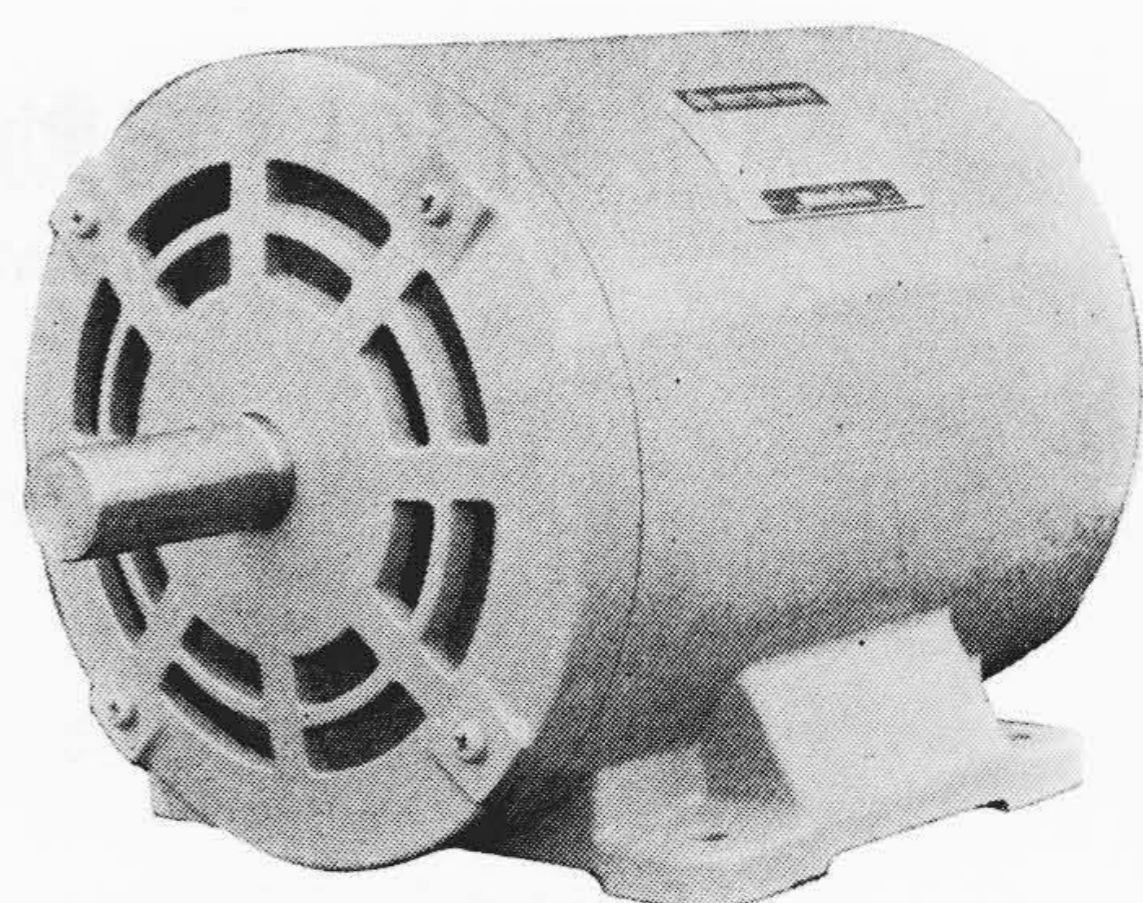
開放E種モートルのわく番は11kW 4極までは全閉外扇形と同一わく寸法を採用し、15kW以上はDIN 42762に準拠して、全閉外扇形よりさらに小形化している。すでに0.2, 0.4kW 4極の2機種には鋼板製フレームを使用しMTKシリーズとして昨年より発売しているのでここに詳細の説明ははぶき、0.75kW以上の鋳鉄製MK



第 13 図 開放形 E 種 MTK 形モートル  
0.75 kW 4 極



第 14 図 開放形 E 種 MK モートル  
1.5 kW 4 極



第 15 図 開放形 E 種 MK モートル  
5.5 kW 4 極

シリーズモートルについて述べる。第 13~15 図は各形式の製品であり、第 3 表は開放形の各極数別のわく番適用表である。

### 5.2 冷却構造

構造は第 16 図に示すようにフレームは良質の鋳鉄を使用した、きわめて堅ろうな構造で、エンドブラケット前面に設けられた多数の通風口から風を出入りさせる軸通風方式である。すなわち反負荷側のエンドブラケットより吸い込まれた冷却風は回転子エンドリングに一体に鋳込まれたエンドリングファンによりコイルエンドおよびコア背面を冷却し、負荷側のエンドブラケットより排出する。最も単純な冷却構造でありながら、小形化にマッチし合理的な設計であり、特別な冷却ファンなしで十分な冷却効果を上げている。

### 5.3 特 長

#### (1) 小形, 軽量化

合理的な冷却構造の採用に加えて、全閉外扇形の際に開発した、新電機子巻線方式、小形化した軸受構造、さらに電機子鉄心をもそのまま使用して、小形、軽量化を図った結果、従来の A 種開放モートル (IK 形) に比べて平均して容積で 55~65%、重量で 55~80% と大幅に減少しており、LK と比べても容積で約 80%、重量で 80~90% となった。

#### (2) トルク特性が良い

最大出力、起動トルクは従来品より大きく、LK 形と同様、電気部分の改良によりトルク速度特性がすぐれているので、力強いモートルとなった。

#### (3) 騒音, 振動が小さい

小形化されたうえに冷却用ファンはエンドリングファンのみゆえバランスは取りやすく、通風騒音も非常に小さい。さらに電気分設計の合理化により、磁気音の減少を図ったので、従来の IK 形モートルより 5~10 ホン騒音レベルは低下し、静かなモートルである。

#### (4) 理想的な保護構造

エンドブラケット正面の通風口からは斜め 15 度から落下する水滴ははならず、十分な防滴構造を有し、また通風口のすき間は狭く完全な保護構造となり、安全性が増している。

#### (5) モートルの慣性モーメントが小さい

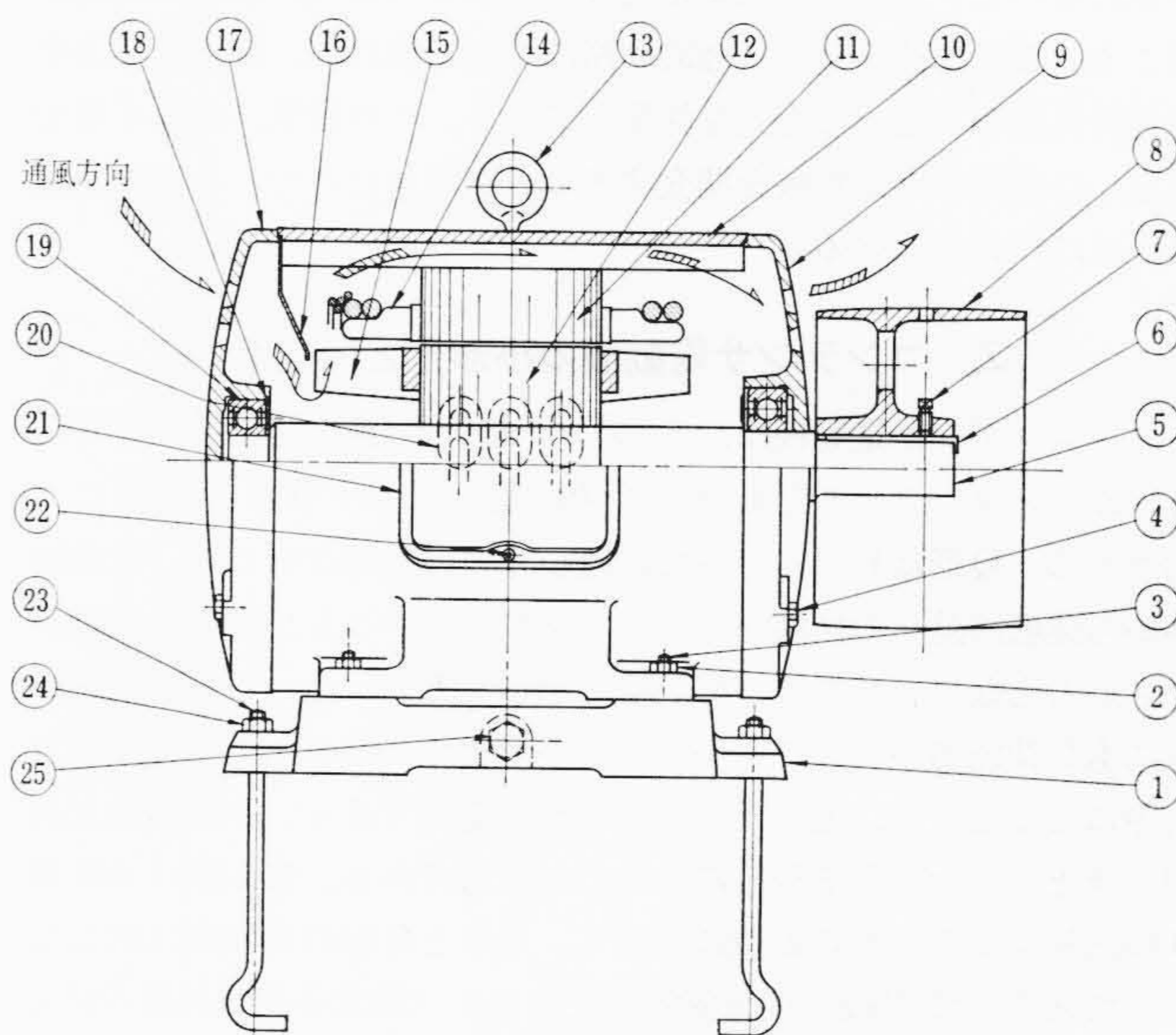
特に大きなファンははいてないので、モートルの慣性モーメントは LK よりさらに小さくなり、起動、停止をひん繁に行なう用途に有利である。

## 6. 結 言

以上大幅な小形、軽量化のほかにも多くの特長を持つこの日立 E 種モートルは、開放形 MK 形を主力とし、全閉外扇形 LK 形、さらに開放鋼板製 MTK 形を加え、E 種汎用モートルとして、A 種汎用モートルに換わって伸びていくことと期待される。

第 3 表 E 種モートル開放形の極数別わく番適用表

極 数	2 極 (kW)	4 極 (kW)	6 極 (kW)
わく番			
63	0.2	0.2	
71	0.4	0.4	0.2
80	0.75	0.75	0.4
90L	1.5	1.5	0.75
100L	2.2	2.2	1.5
112M	3.7	3.7	2.2
132S	5.5	5.5	3.7
132M	7.5	7.5	5.5
160M	11	11	7.5
160L		15	11
180M		18.5	15
180L		22	18.5
200M		30	22
200L		37	30
225M		—	37



- ① ベ ー ス
- ② ハウジング取付用ナット
- ③ ハウジング取付用スタッド
- ④ エンドブラケット取付用ボルト
- ⑤ 軸
- ⑥ ブ ー リ キ ー
- ⑦ ブーリ止メネジ
- ⑧ プ ー リ
- ⑨ エンドブラケット (負荷側)
- ⑩ ハウジング
- ⑪ 固定子コア
- ⑫ 回転子コア
- ⑬ アイボルト
- ⑭ 固定子コイル
- ⑮ フ ー ザ ン
- ⑯ ファンガイド
- ⑰ エンドブラケット (反負荷側)
- ⑱ グリースカラ
- ⑲ 密封玉軸受
- ⑳ ゴムブッシュ
- ㉑ ターミナルボックス
- ㉒ ターミナルボックス取付用ネジ
- ㉓ 基礎ボルト
- ㉔ 基礎ボルト用ナット
- ㉕ タイティングボルト

第 16 図 開放形 E 種モートル構造図