

日立新シリーズ 高圧かご形ハイパクトF種三相誘導電動機 HITACHI New Series High Voltage HIPACT F Class Insulation Three-Phase Induction Motor

A new series of medium- and high-capacity three-phase induction motors, ranging from 250 to 5,000 kW has been completed. In this new series design emphasis has been placed in the lowering of operation noise and improvement of efficiency. Also, its productivity has been remarkably improved through standardization of parts and adoption of unit design.

宮田俊夫* *Toshio Miyata*
清水煌策* *Kôsakû Shimizu*
浜 高廣* *Takahiro Hama*
高橋典義** *Noriyoshi Takahashi*

1 緒 言

従来、三相誘導電動機（以下、電動機と略す）の新シリーズの開発の力点は小形、軽量化におかれてきたきらいがあったが、さらに今日の省エネルギー化、無公害化という時代の要求にマッチするため、日立製作所においては電動機の冷却を根本的に見直し、新しい軸流冷却方式を開発した。

また部品の標準化およびユニット化を行なうことにより、たとえば通風箱のユニット部品の変更のみで、開放形、全閉形電動機などができるよう多様化を図るとともに、開発以来数年の実績あるハイパクトF種絶縁を全機種に適用して、電動機の信頼性をいっそう向上させている。

2 新しい軸流方式

新シリーズ電動機では低騒音化、高効率化のために、従来のラジアルダクト付の複流冷却構造をやめ、図1に示すようにステータ、ロータコアバックに通風孔を設け、これに冷却空気を通す軸方向通風による冷却方式を採用した。この方式では、冷却空気は矢印のように軸方向に熱を奪いながら移動して、冷却ファンに吸い込まれ、通風箱上部から外部に排出される。これらの通風路を等価回路で表わすと図2のようになる。

最も効果的な冷却を行なうためには、電動機の各部発生損失に応じた冷却空気を適切に分配することである。特に発生

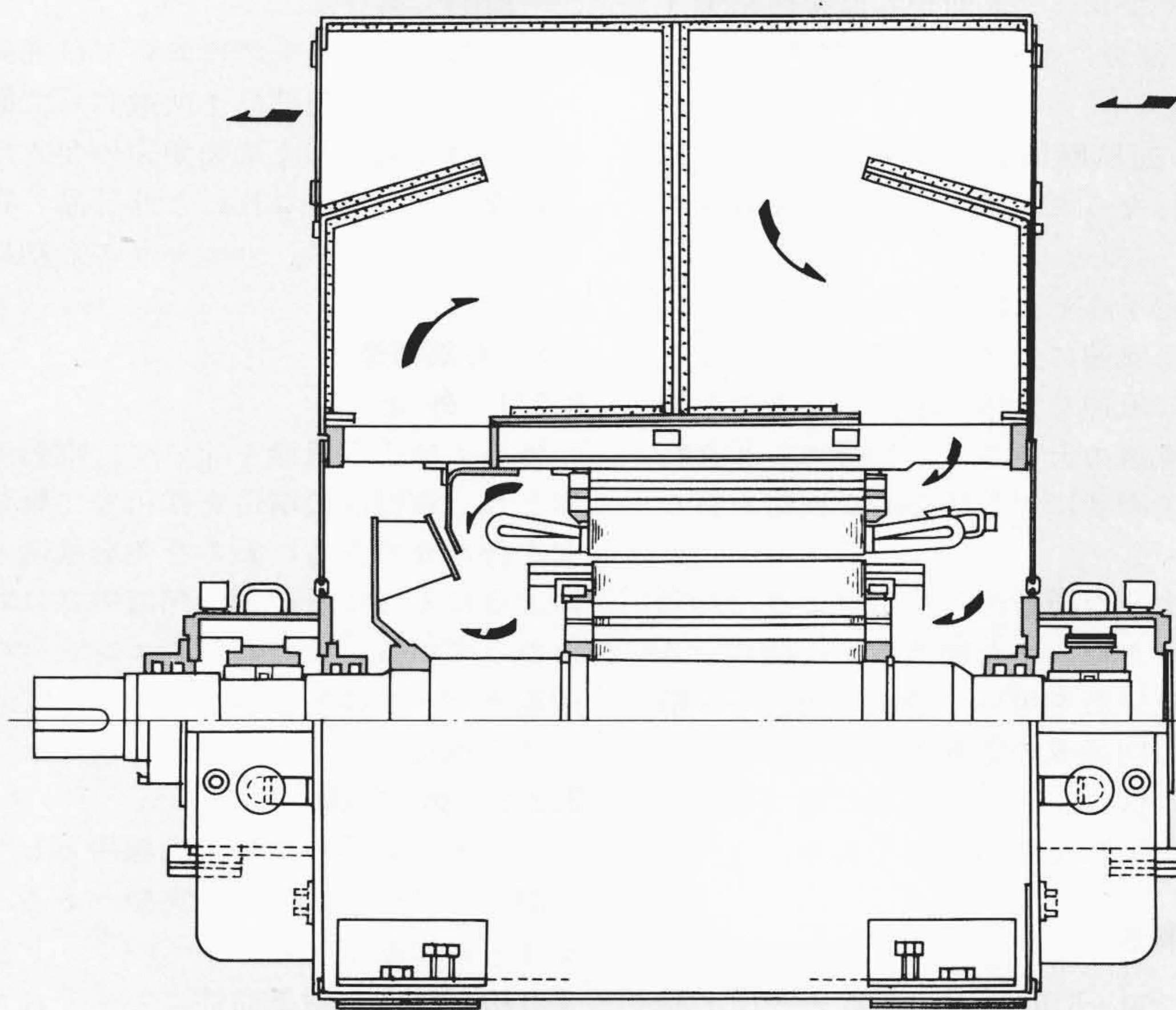


図1 新シリーズ電動機の構造 軸方向通風の冷却方式を採用した電動機である。

Fig. 1 Construction of New Series Induction Motor

* 日立製作所日立工場 ** 日立製作所日立研究所

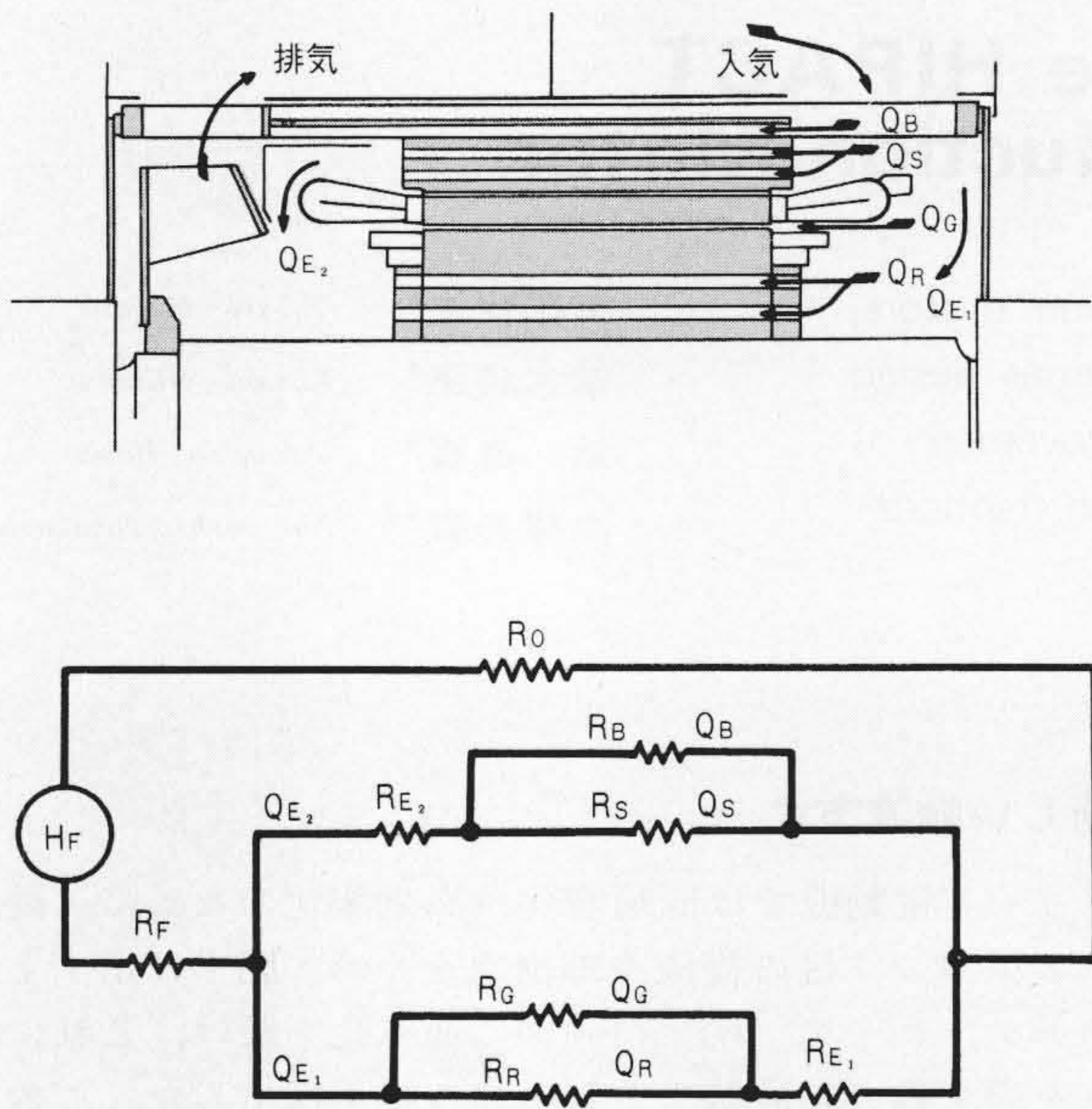


図2 冷却通風路と通風路の等価回路 軸方向通風による通風路とその等価回路を示す。

Fig. 2 Cooling Air Path and Equivalent Circuit of Air Path

損失が多いステータ巻線およびロータ表面から直接熱を奪うことができるエアギャップ部分に多くの冷却空気を流せば、非常に効果的な冷却ができる。このため通風モデル機を制作して、エアギャップ部分の通風断面積を変えた場合の各部の風量、風速につき測定を行なった。表1はその測定結果の一例を示すものである。

表1からわかるように固定子みぞ入口部に通風路を設けた(b)、(c)では他の部分の風量、風速に大きな影響を与えることなくエアギャップ部の風量、風速を大幅に増大させることができるが、みぞ入口部の通風路の大きさは電動機のトルク特性に大きな影響を与えるので両者に対し総合的な検討を行ない、最適寸法を決定した。

本シリーズ電動機はこのような新技術の採用により冷却効果を大幅に改善することができた。また通風モデル機による測定結果から求めた通風抵抗係数を用いて通風等価回路を解くことにより、あらゆる軸方向通風の電動機の通風計算が可能となった。なお通風モデル機による測定結果に基づき、通風冷却方式に関する特許、実用新案を申請中である。

3 新シリーズ電動機の構造

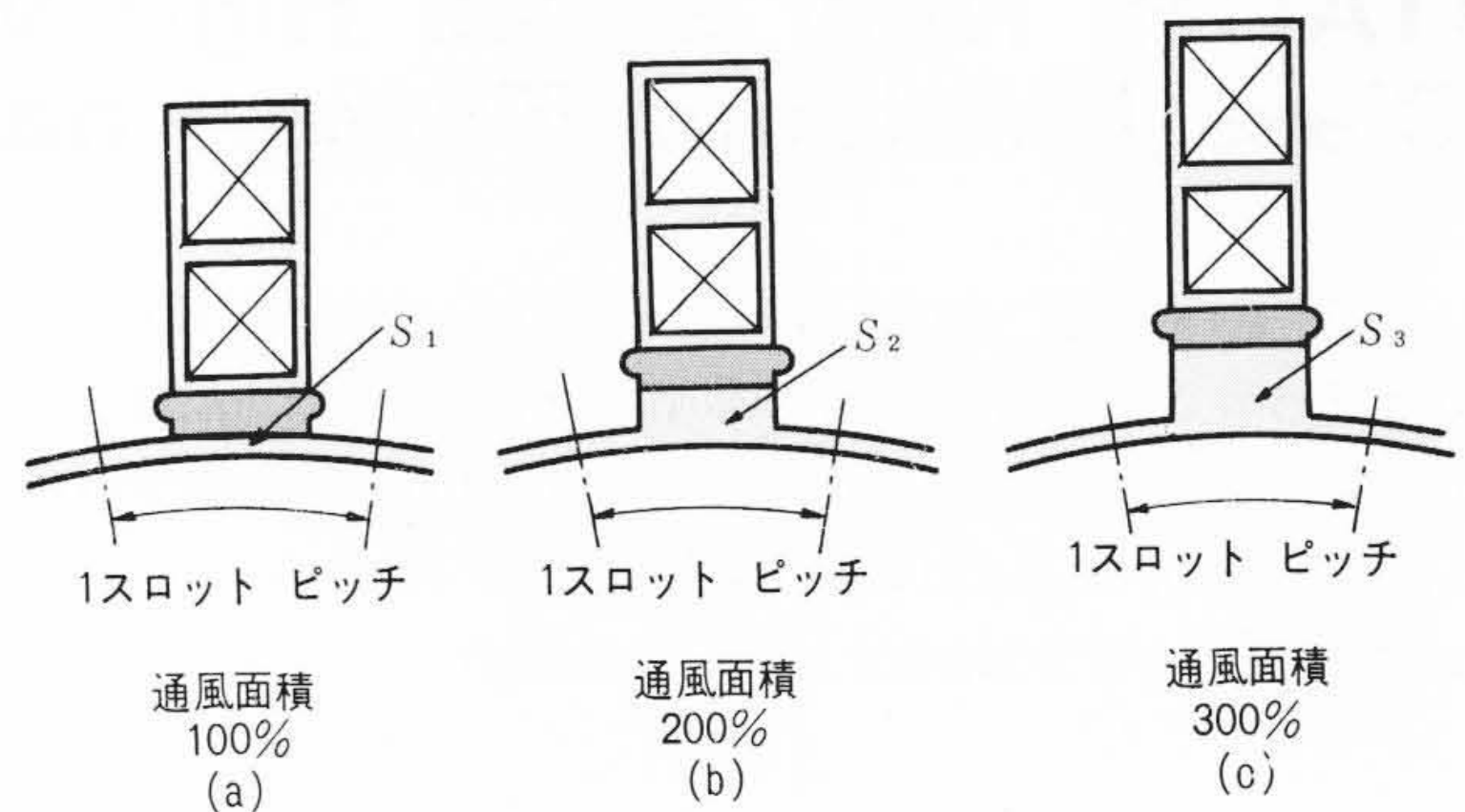
新シリーズ電動機は出力 250～5,000kW、極数 2～12、電圧 3kVおよび 6kV級のかご形電動機を対象としたもので、図3および図4はその外観を示すものである。

3.1 部品のユニット化による多様性の向上

電動機の保護方式は使用環境により開放形、全閉形などに区分され、従来は開放形、全閉形のように保護方式が全く異なるものについては、適用部品を一品ずつ別個に製作するの

表1 風量、風速の測定結果 通風面積を変えたときの各部の風量、風速を示す。

Table 1 Measurement Value of Cooling Air Volume and Velocity



注：S₁, S₂, S₃ = 通風面積

測定結果 単位 (%)						
上図の記号	(a)		(b)/(a)		(c)/(a)	
—	風量	風速	風量	風速	風量	風速
エアギャップ	100	100	200	109	320	119
コア背部	"	115	100	100	89	89
ステータダクト	"	121	99	99	86	86
ロータダクト	"	141	101	101	88	88
全風量	"	—	104	—	107	—

が一般的であった。

しかし、新シリーズにおいては部品の標準化およびユニット化により、主要部品を共通にして図5に示すように、各種形式に対し同一わくで需要家の要求に応ずることができるようになっている。これにより部品の在庫管理や品質管理が容易になるとともに、いっそうの短納期化および品質向上が可能になった。

3.2 各部構造

3.2.1 外わく

外わくは小容量機を除いて、電動機容量の大小を問わず角形とし、鋼板溶接構造を採用して軽量でかつ十分な機械的強度を持たせてある。わくを角形構造とすることにより、前述のようにあらゆる電動機保護方式に対しても適用できるようになっている。また両側のエンドブラケットを二つ割とし、通風カバーを容易に着脱可能として点検および清掃が容易にできる構造としている。

3.2.2 巻線

中、大容量機の固定子巻線用として日立製作所が昭和45年に開発して以来数千台の実績があるハイパクトF種絶縁を全シリーズに適用した。ハイパクトF種絶縁は絶縁特性はもとより機械強度、耐薬品性にもすぐれた特性を有しており、従来のハイパクトB種絶縁の約 2.5倍（当社比）の長寿命の絶縁システムとして信頼度のきわめて高い電動機を実現した。

また大容量機の回転子には二重かご形構造を採用し、上側バーに特殊銅合金を使用して始動電流を極力押え、下側バーに電気銅を使用して運転中の損失をできるだけ小さくするよう製作している。

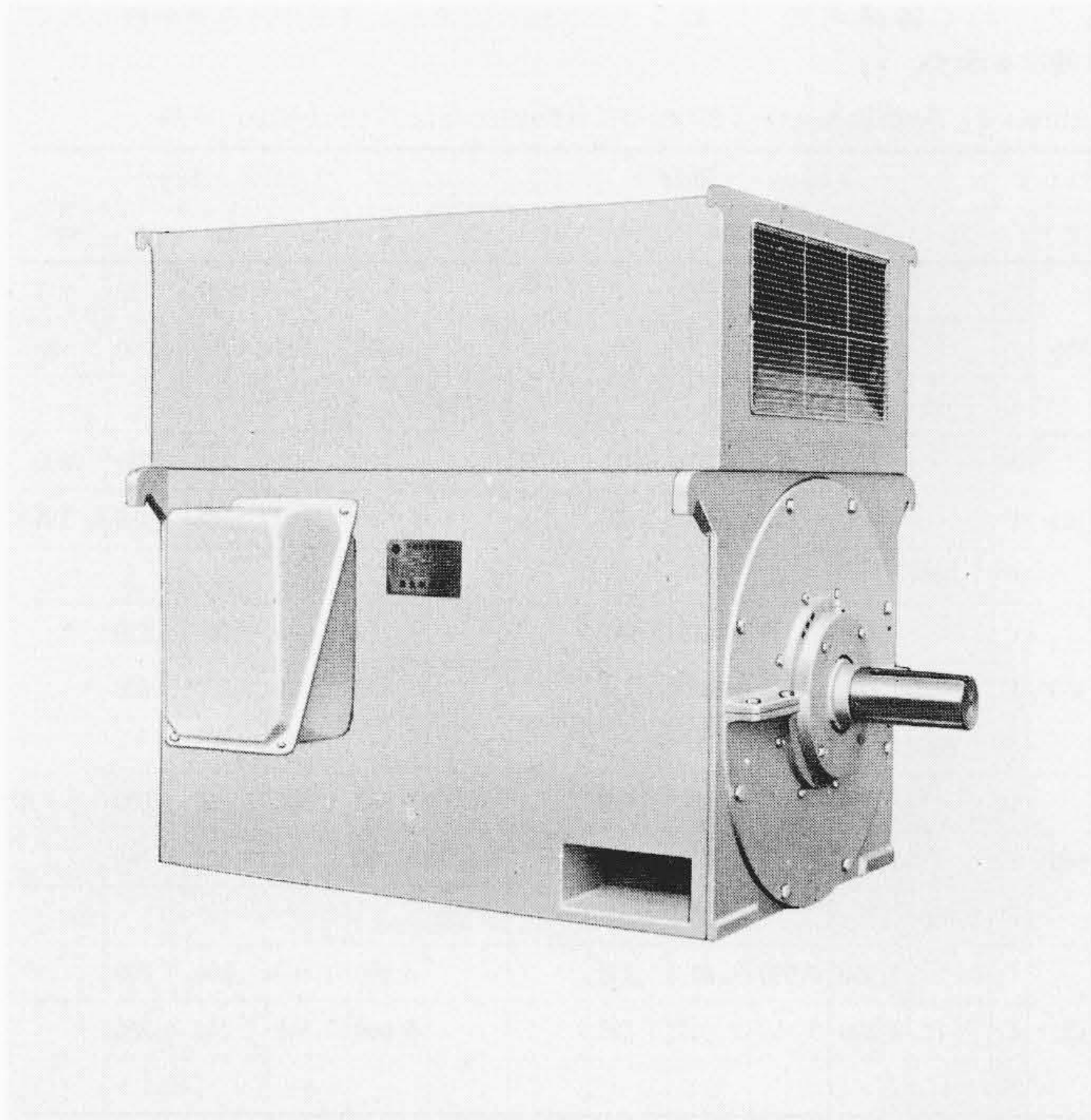


図3 新シリーズ開放防滴形三相誘導電動機 開放防滴かご形三相誘導電動機(EFOU-KK)710kW 3,000V 50Hz 4Pを示す。

Fig. 3 New Series Open Dripproof Type Three Phase Induction Motor

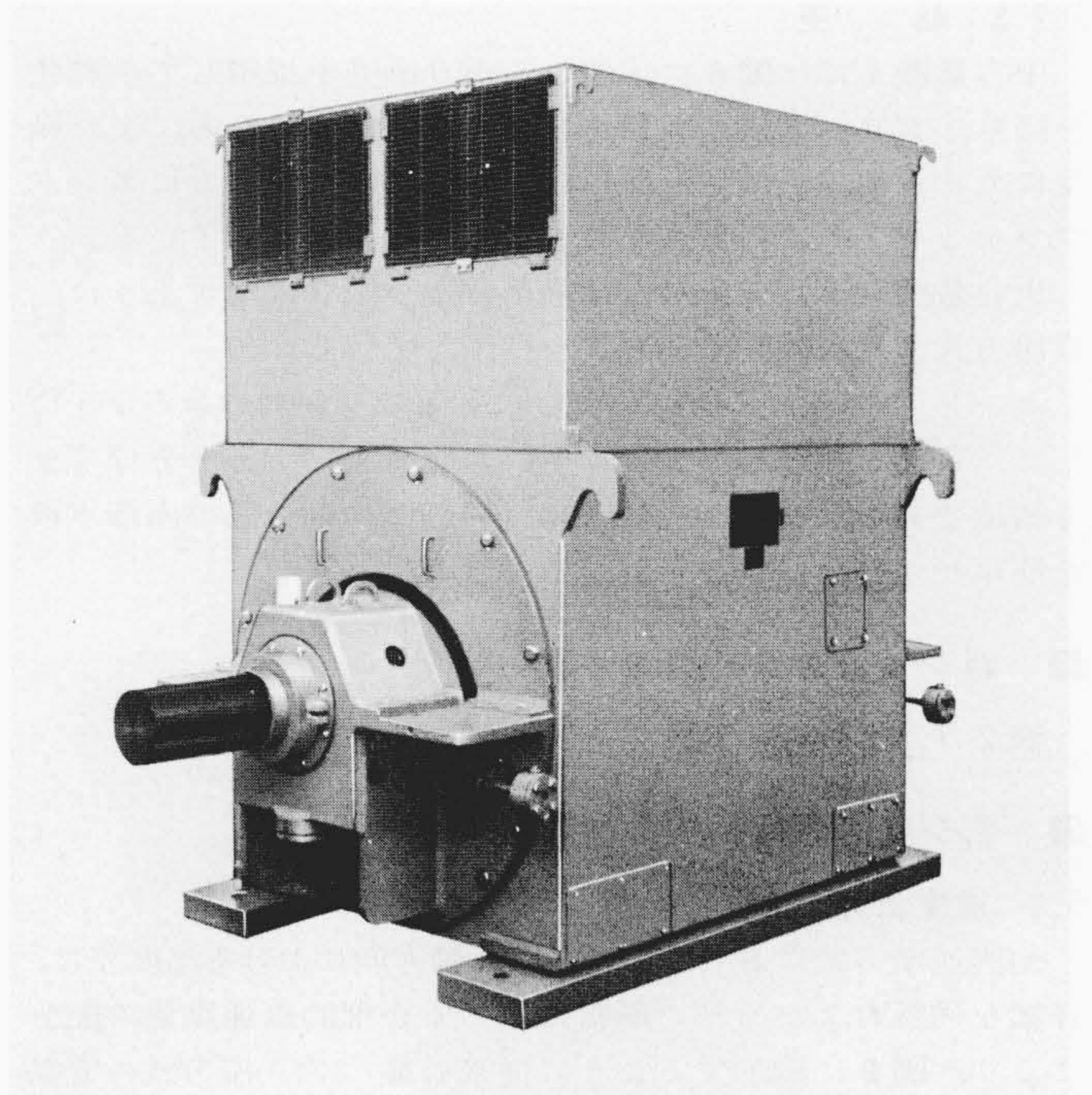


図4 新シリーズ開放防滴形三相誘導電動機 開放防滴かご形三相誘導電動機(EFLU-KK)2,300kW 3,300V 60Hz 4Pを示す。

Fig. 4 New Series Open Dripproof Type Three Phase Induction Motor

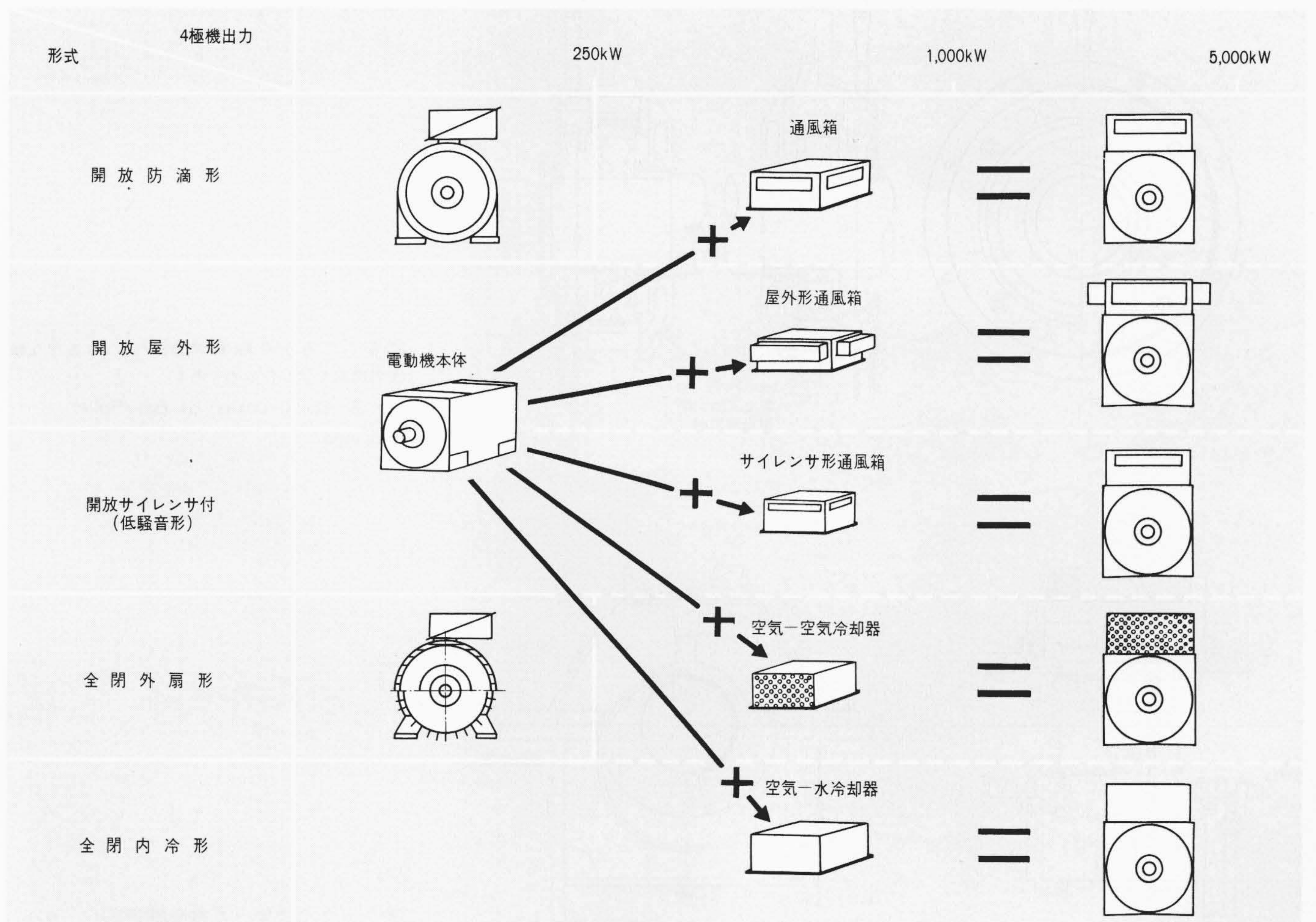


図5 新シリーズ電動機の製作システム 電動機本体に主要部品のユニットを取り付けることにより、多様化が可能である。

Fig. 5 Manufacturing Systems of New Series Motors

3.2.3 軸 受

中容量機までは図 6 に示すころがり軸受を採用して小形化を図り、グリースにはWR グリースを使用している。また軸受にカートリッジ軸受を採用し、電動機の分解ごとにエンドブラケットとのはめあいが甘くなる欠点をなくしている。

大容量機および二極機には図 7 および図 8 に示すように、自冷方式または強制給油方式を採用している。

エンド ブラケットは軸を含む水平面で二分割できるようにして、負荷を連結したままで上部エンド ブラケットをはずせる構造である。この構造により、電動機の軸受部の内部点検を簡単かつ完全に行なうことができる。

4 新シリーズ電動機の寸法

表 2 は、電動機のわく番適用を示すものである。

5 新シリーズ電動機の諸特性

5.1 温度上昇

軸流通風方式において問題となる軸方向における温度差は、詳細な通風および冷却の解析に基づく合理的な通風量の配分により、図 9 に例示するように従来の輻(ふく)流方式の電動機と同程度になっている。

表 2 わく番適用表 新シリーズ開放防滴かご形三相誘導電動機のわく番適用を示す。

Table 2 Application Table of Frame Size to Motor kW		3,000V 50Hz						3,300V 60Hz					
わく番	IEC	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12
355	S		315	250	200	132	110		355	250	200	132	110
	D		450	355	250	200	132		500	400	250	200	132
	E	560						630					
400	M		630	450	400	315	200		710	500	450	355	200
	D		800	710	500	400	315		900	800	560	450	355
	F	1,000						1,120					
450	C		1,120	900	710	560			1,250	1,000	800	630	
	E		1,600	1,120	900	710			1,800	1,250	1,000	800	
	G	1,800						2,000					
560	C		2,240	1,600	1,120	900			2,500	1,800	1,250	1,000	
	E		2,800	2,000	1,400	1,120			3,150	2,240	1,600	1,250	
	F	3,150						3,550					
630	D		3,550	2,500	1,600	1,250			4,000	2,800	1,800	1,400	
	E		4,500	3,150	2,000	1,600			5,000	3,550	2,240	1,800	
	F												

注：IEC (International Electrotechnical Commission)

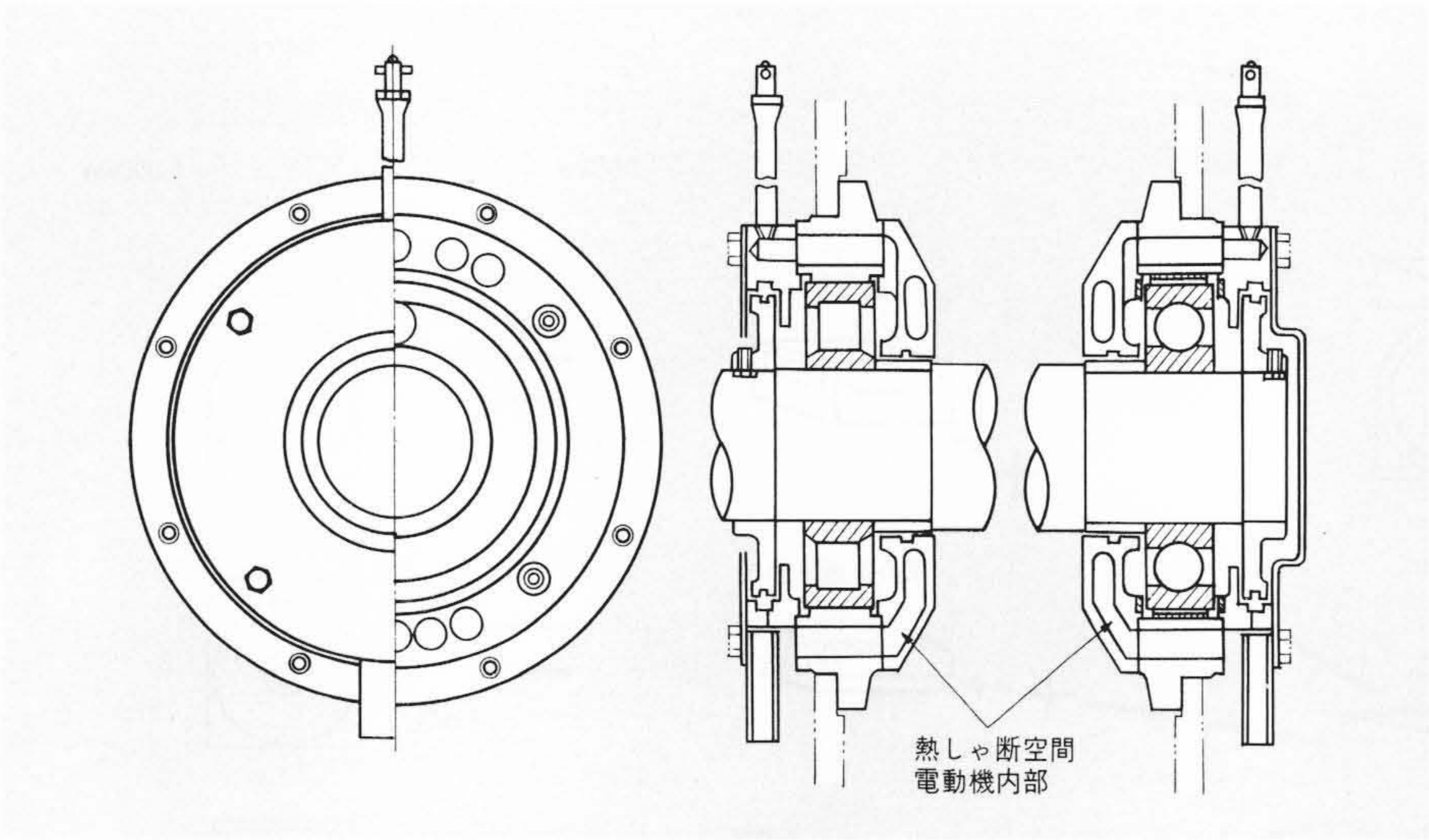


図 6 ころがり軸受構造図 ころがり軸受の構造を示したものである。
Fig. 6 Construction of Ball-Roller Bearings

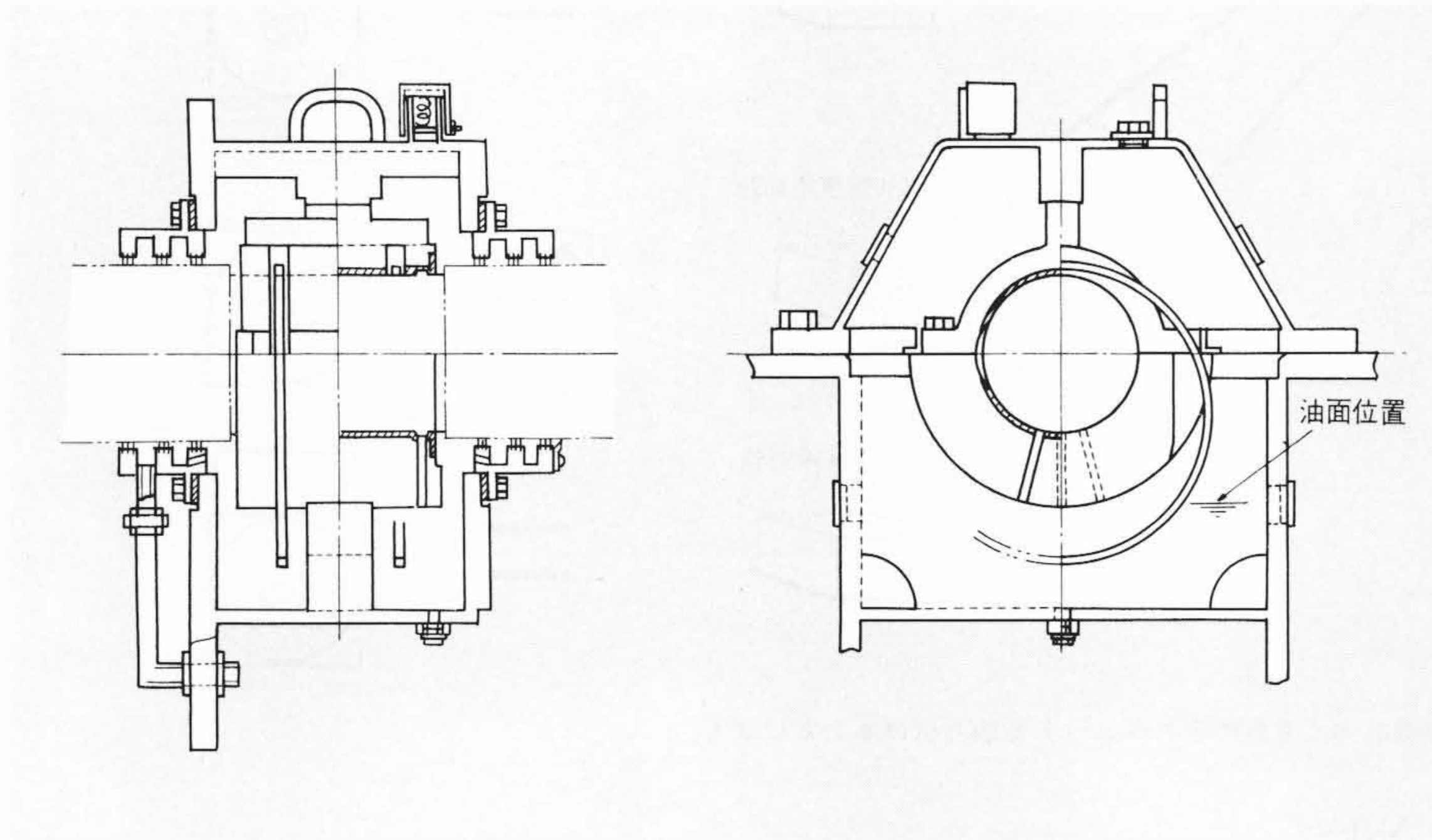


図 7 自冷式すべり軸受構造図 自冷式すべり軸受の構造を示したものである。
Fig. 7 Construction of Self Cooled Sleeve Bearing

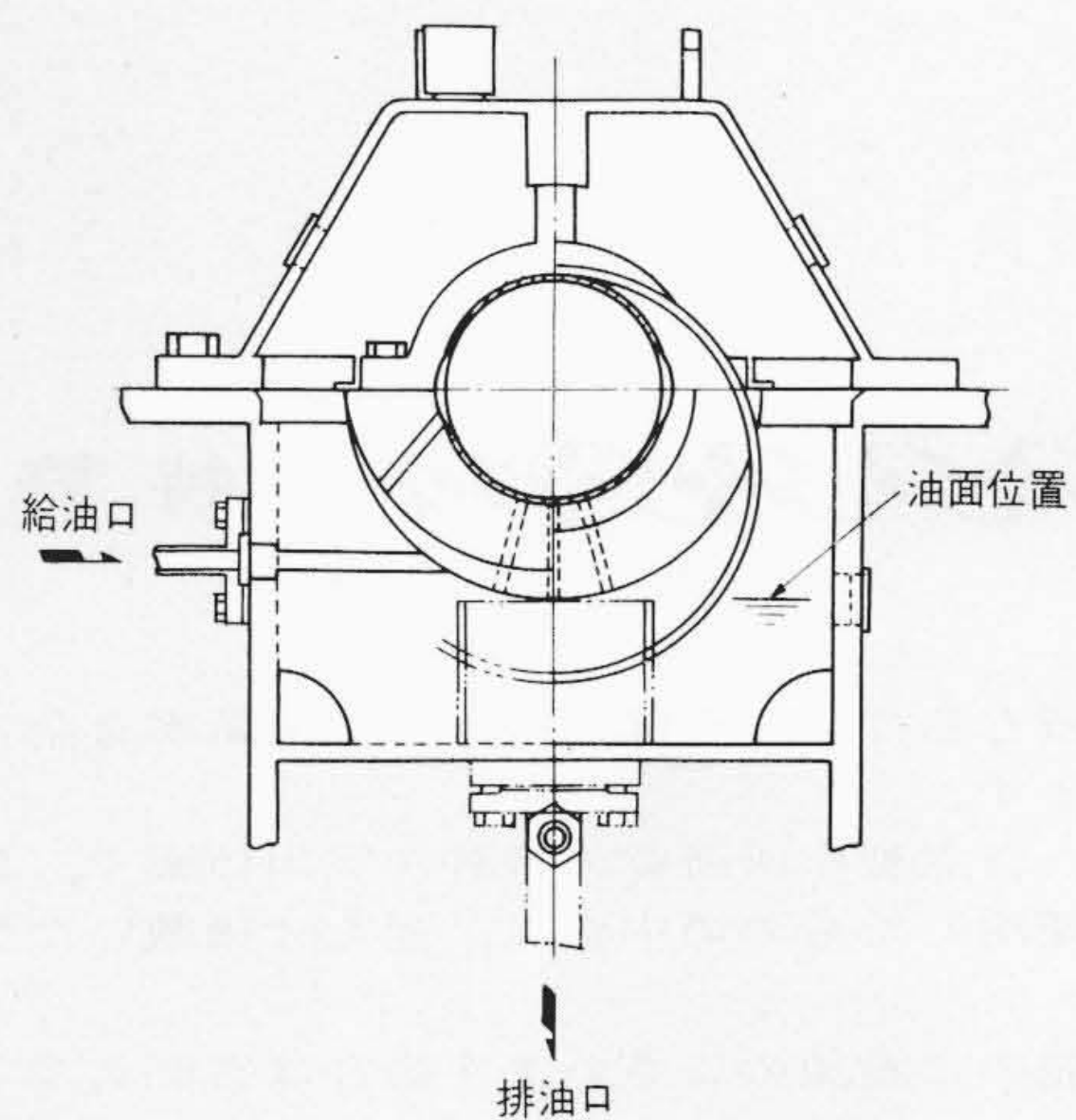
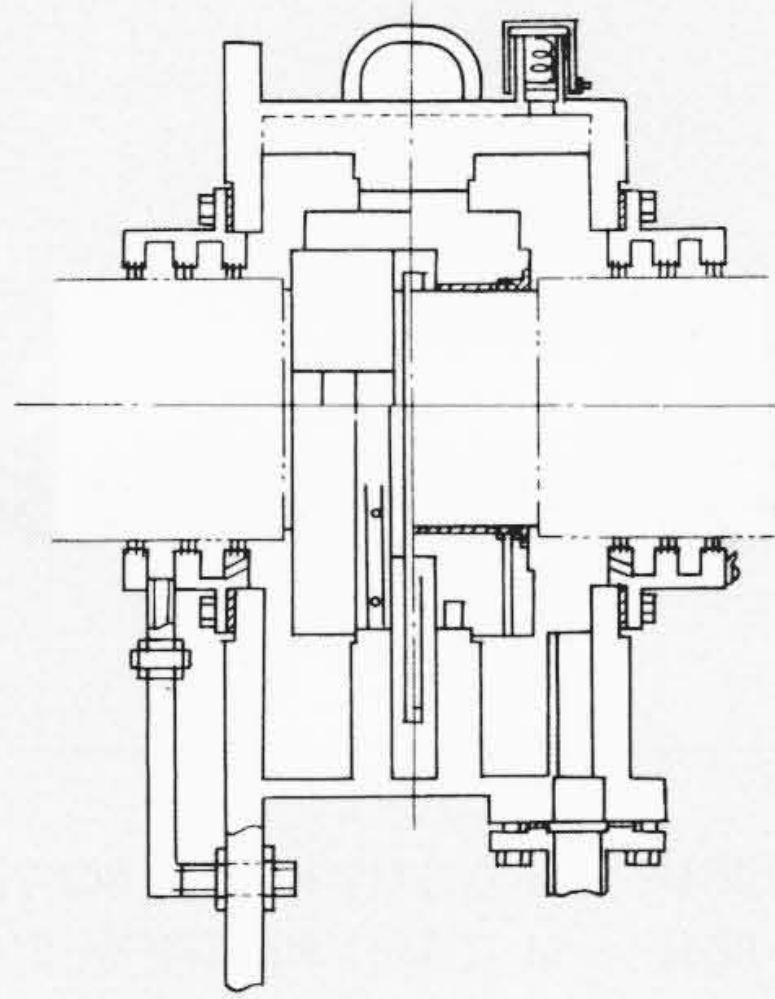


図 8 強制給油式すべり軸受構造図 強制給油式すべり軸受の構造を示したものである。
Fig. 8 Construction of Forced Oil Cooled Sleeve Bearing

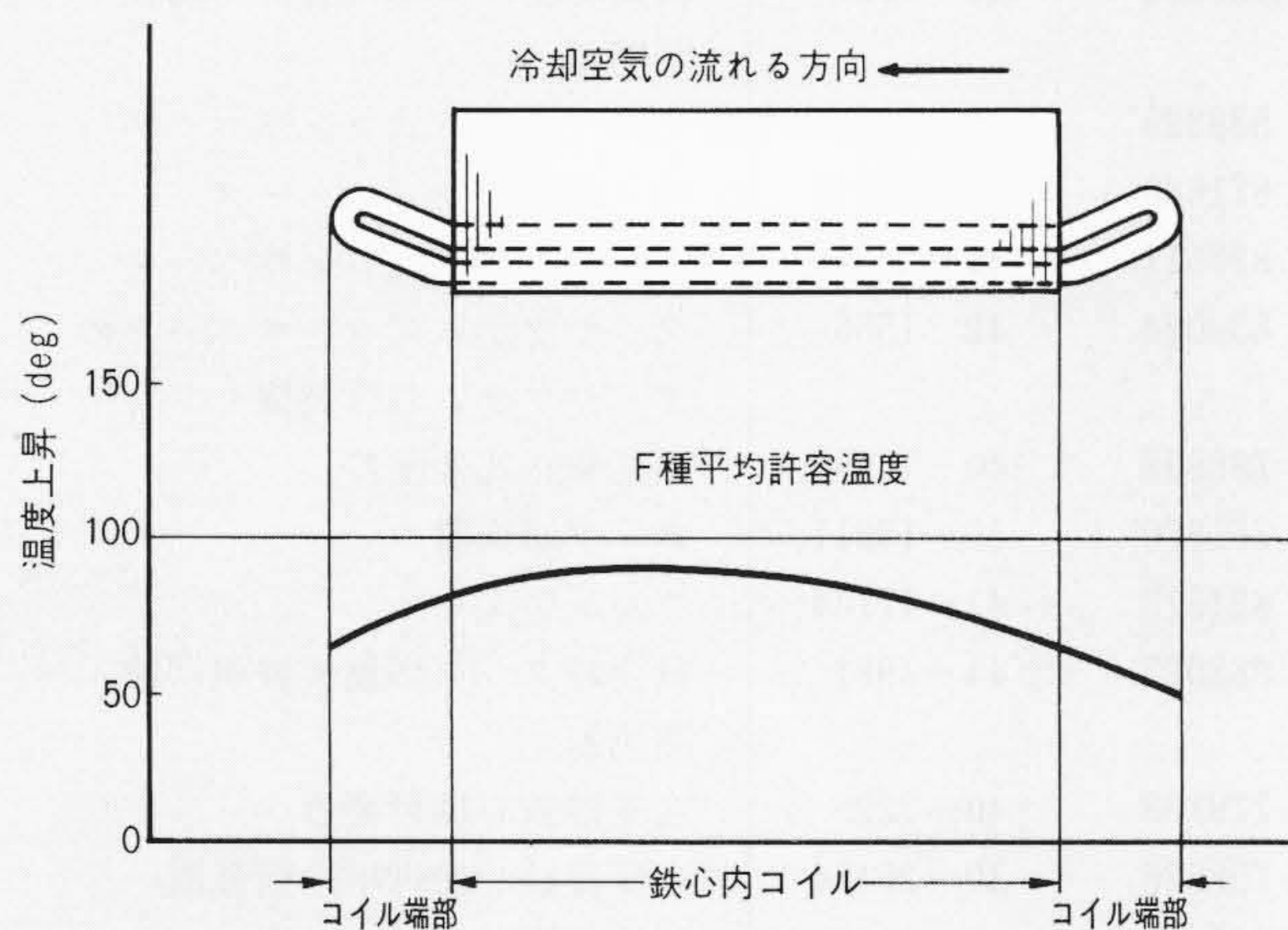


図 9 ステータ コイルの温度上昇分布 軸方向通風冷却時のステータ コイル温度測定値を示す。
Fig. 9 Temperature Distribution of Stator Coil

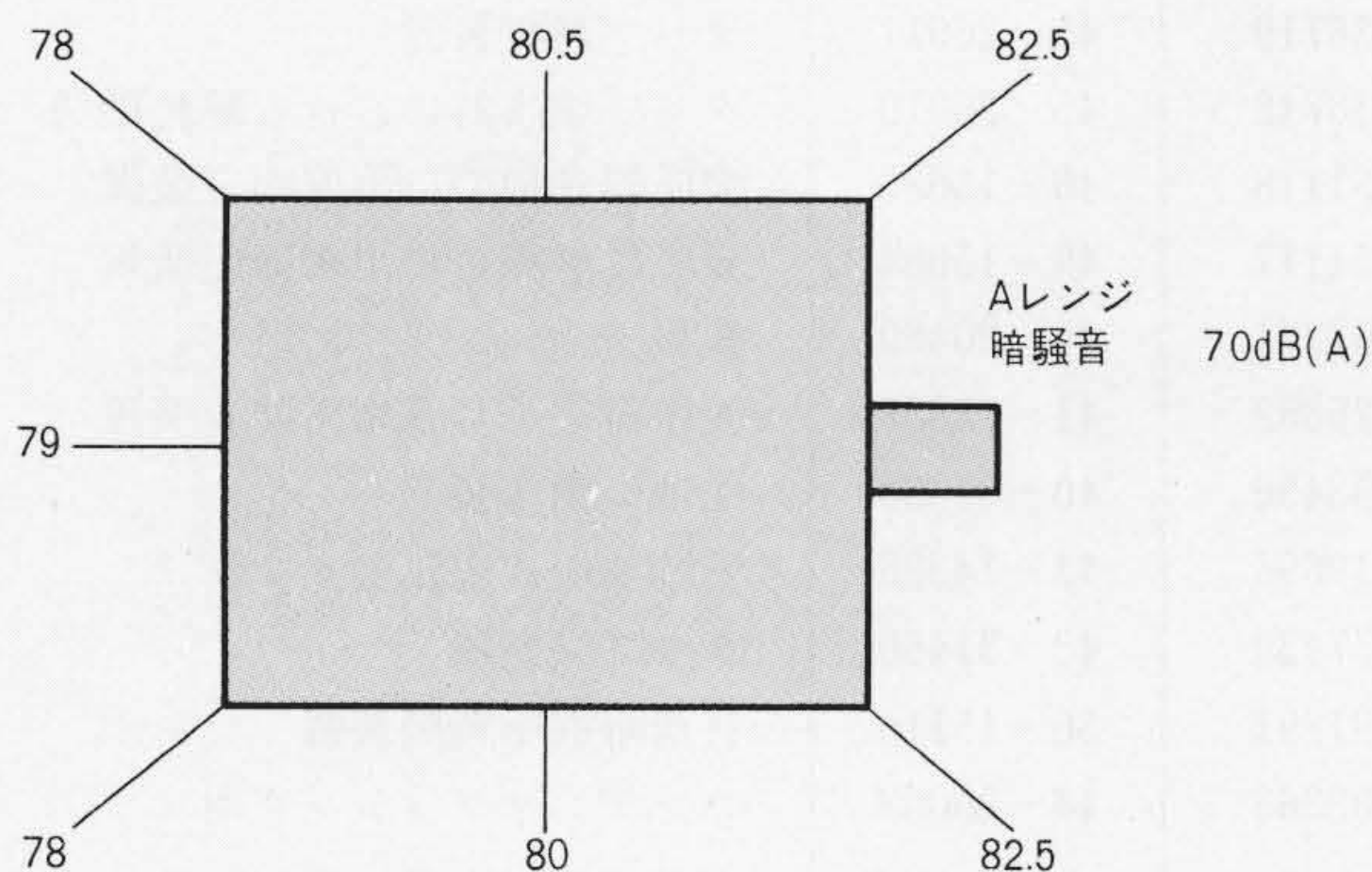


図10 騒音測定結果 一般電動機(2,300kW 3,300V 60Hz 4 P)の騒音測定結果の一例を示す。
Fig. 10 Measured Values of Machine Noise

表 3 特性比較表 電動機の各種特性と従来機との比較を示す。

Table 3 Comparison Table of Motor Characteristic

対象区分 項 目	710kW 級 4 P		3,000kW 級 4 P	
	新シリーズ 電 動 機	従 来 機	新シリーズ 電 動 機	従 来 機
効 率(%)	96.5	96	96.7	96.2
力 率(%)	88	88.5	88.5	89
始 動 電 流(%)	480	550	470	530
始動トルク(%)	102	120	80	100
最大トルク(%)	190	200	200	240

5.2 騒 音

低騒音化の要求を満足するため、新シリーズ電動機は従来より 5dB (A)騒音値を低くし、4 極機で85dB (A) 以下を標準としている。また、標準化された 2 種類のサイレンサを適用することにより、80dB (A)、75dB (A)の低騒音シリーズも実現した。

図10は、一般品の騒音測定結果の一例を示すものである。

5.3 性 能

3,000V 50Hzにおける各種特性は表 3 にその一例を示すように B 種の性能をいずれも上回るものである。これは回転子を二重かご形にして上側バーに特殊銅合金を採用、固定子と回転子のみぞ数組合せの検討による発生損失の低減、ラジアルダクトなし、高能率ファンの採用による機械損の低減などによるものであり、特に始動電流の低減および効率の向上は、今後の省エネルギー化に対処したものである。

6 結 言

以上、新しい軸流冷却方式による低騒音化、省エネルギー化を実現した新シリーズ三相誘導電動機についてその概要を紹介した。

今後も需要家の新しい要求を取り入れて、より良い製品とするため努力する所存である。