

永久磁石形同期電動機 “EDMシリーズ”

Permanent Magnet Type Synchronous Motor “EDM Series”

ED motor named from the initial letters of "Eco Drive" is a permanent magnet type synchronous motor in which permanent magnets rotor is installed. As no electrical loss is generated fundamentally in the rotor, total motor loss is reduced and efficiency is improved. The structure of rotor with Interior Permanent Magnet (IPM) has torque increasing effect as well. Moreover, the lifetime of sealed bearings which is decided by the life time of grease is greatly extended, because of the low temperature of the bearings results from loss less rotor. Thus, great reduction of dimension and weight is achieved comparing to conventional induction motor. (Approximate twice-larger capacity can be installed in the same frame as for an induction motor exclusive use for inverter drive.) Therefore, ED motor efficiency is improved 5% higher than that of the induction motor. Maintainability is also improved by 1.5~2 times extension of bearings life. These properties will surely meet the needs on general industrial applications.

Models of 6-pole 5.5kW ~ 110kW (190/380V, 1800rpm) are now on sale from June 2000. Other larger capacity models up to 500kW will be put on sale at the beginning of 2001.

本池 稔

Minoru Motoike

1. まえがき

近年、地球環境問題が注目される中、省エネルギーへの取り組みがますます広がってきており、産業分野で使用されているモータにおいても高効率化の果たす役割がますます重要になってきている。また、小形・軽量化への要求も大きい。

当社はこれらの要求に対応すべく、アメリカのNEMA高効率モータ規格値を上回る高効率で、小形・軽量化を実現した永久磁石形同期電動機、EDMシリーズの開発（6P 5.5 ~ 110kW 190/380V 1800rpm）を行ったので、ここにその概要を紹介する。なお、110kWを超える容量については、500kWまでを2001年初の販売開始に向けて開発している。

EDモータ専用インバータED64（高性能ベクトルインバータ）と組み合わせて、高効率・高速応答運転のモータドライブシステムとして市場に提供する。

2. EDモータの構造

EDモータは、回転子内部に永久磁石を内蔵した永久磁石形同期電動機である。EDモータと誘導電動機（以下IMと略す）の構造比較を図1に示す。固定子は両者とも同様な巻線を有しているが、回転子が異なる。IMは回転子に二次導体を有しており、固定子巻線による回転磁界速度と回転子速度の差により二次導体に電圧が誘起し電流が流れトルクを発生する。

EDモータは回転子内部に永久磁石を内蔵しており、固定子巻線の回転磁界と磁石の磁束との相互作用により回転子は同期速度で回転する。故に、回転子には基本的に電気損失は発生しないので、モータ総損失が軽減され効率の向上ができる。また、埋込磁石構造（IPM: Interior Permanent Magnet）のモータなので、リラクタンストルクが有効に使えトルク増大効果が得られる。

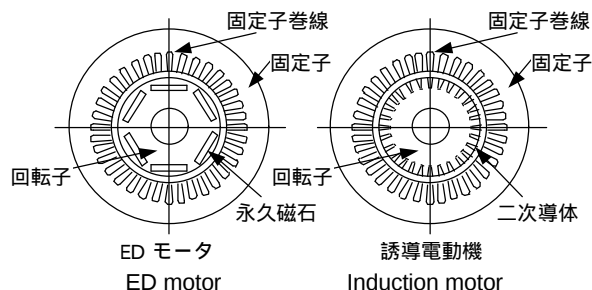


図1 EDモータと誘導電動機の構造比較

Fig. 1 Comparison of structure between ED motor and induction motor

3. EDMシリーズの特長

(1) 高効率

アメリカのエネルギー政策法（EP法）では、汎用誘導電動機の効率をNEMA高効率モータ規格値以上とするよう定められている。EDMシリーズの効率は、NEMA規格値以上で、当社インバータ専用IM、UFシリーズに対して約5%前後効率向上を実現している。図2はEDMシリーズ、UFシリーズIM、及びNEMA規格値の効率を比較したものである。

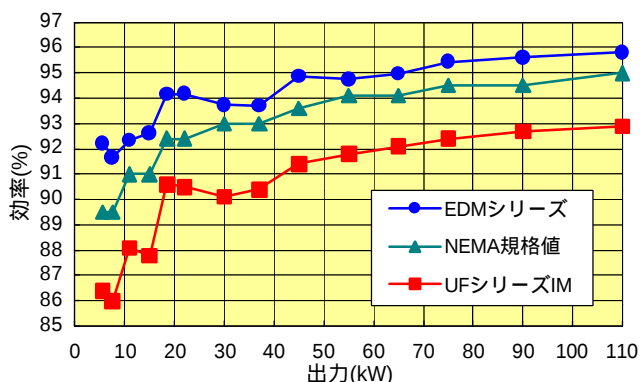


図2 効率比較

Fig.2 Comparison of efficiency

図3 は出力 30 kW について ,ED モータと UF シリーズ IM との、制御装置の効率も加味した総合効率を、回転数及び負荷トルクの割合を変えて比較したものである。

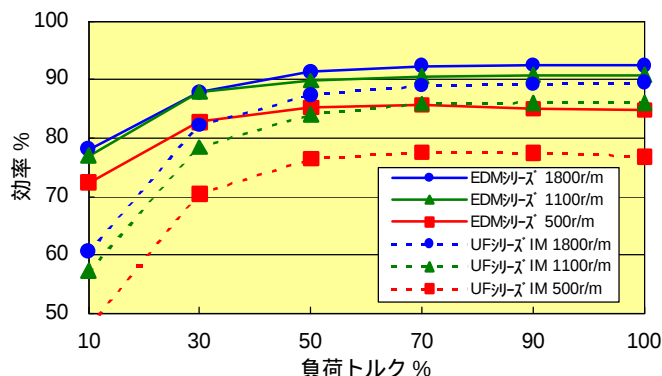


図3 30kW ED モータ UF シリーズ IM 総合効率比較

Fig.3 Comparison of total efficiency between 30kW ED motor and UF series IM

(2) 小形軽量

同一出力の UF シリーズインバータ専用 IM と比較して、センタハイトを 2~3 枠分下げている。また、モータ質量も大幅に軽減され、UF シリーズインバータ専用 IM に対して 32~57%軽くなっている。(図4、図5 参照)

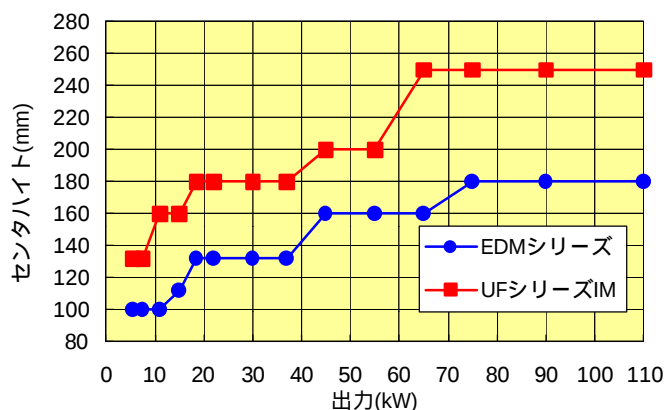


図4 センタハイト比較

Fig.4 Comparison of center height

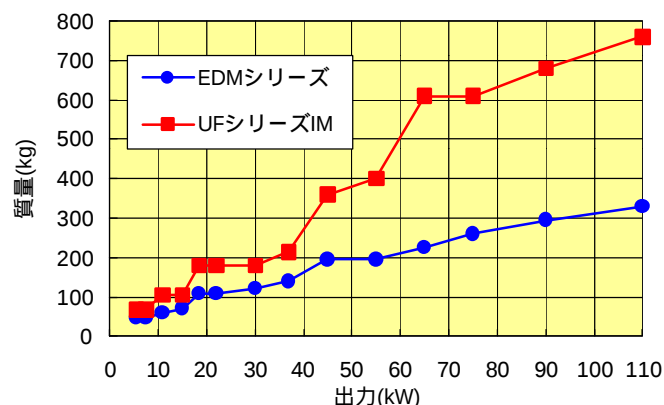


図5 質量比較

Fig.5 Comparison of mass

(3) 低騒音

モータの総損失減少によりモータの冷却風量を低減し、UF シリーズインバータ専用 IM よりも低騒音化を実現した。(1800 rpm, 無負荷運転にて)

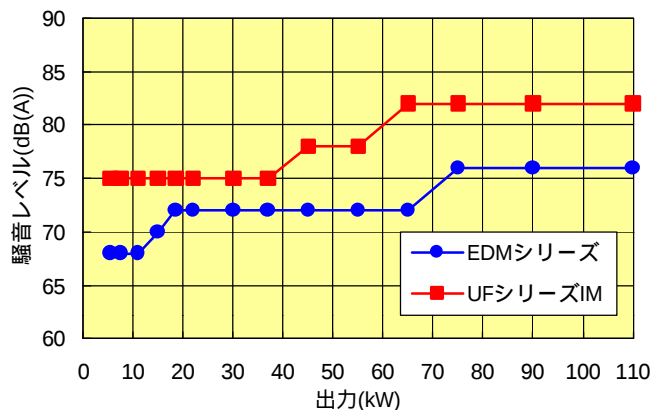


図6 騒音レベル比較

Fig.6 Comparison of noise level

(4) 低慣性

慣性モーメントが小さく、加減速特性に優れている。(UF シリーズインバータ専用 IM に対して 30~75%低減)

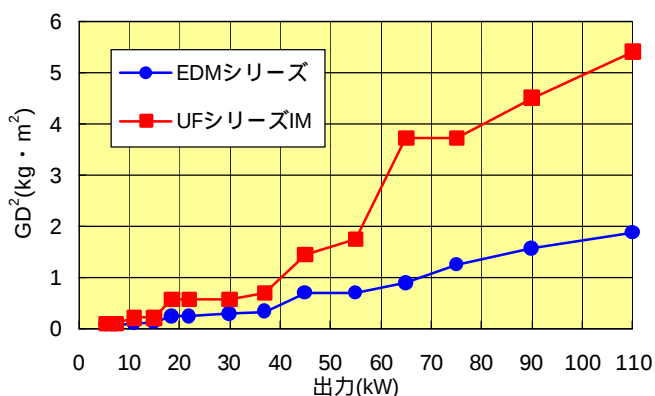


図7 GD²比較

Fig.7 Comparison of GD²

(5) 保守コストの軽減

回転子側の損失がほとんど発生しないので軸受部の温度が低く、封入グリース寿命は UF シリーズインバータ専用 IM に対して約 1.5~2 倍(約 32,000~47,000 Hr)になり、保守コストを軽減できる。

(6) 軸受交換が容易

永久磁石モータは回転子に永久磁石を使用しているため、磁石の磁気吸引力により回転子の分解・組立は誘導電動機に比べて極めて困難になる。そこで ED モータは、回転子を分解すること無く軸受交換できる構造を採用し、ユーザーでの交換作業を容易にしている。

4. EDM シリーズの仕様諸元

表1 に EDM シリーズの仕様を示す。

表2 に出力・枠番適用表を，表3 に外形寸法表を示す。

表 1 EDM シリーズ仕様

Table1 Specifications of EDM series

		標準仕様		準標準仕様
1	定格事項	極数 出力 電圧 定格回転速度	6 極 5.5 ~ 110kW 190/380V 1800min ⁻¹ (90Hz)	1500min ⁻¹ (75Hz) 1200min ⁻¹ (60Hz) 及び回転速度の変更に対応
		時間定格	連続	
2	外被	保護形式 冷却	JP44(全閉防まつ形) JC4F(外被表面冷却・他力形)	JC4(外被表面冷却自力形)
3	絶縁の種類 温度上昇		F 種 F 種，または B 種ライズ	
4	使用環境	周囲温度 相対湿度 標高 使用場所 ガス・蒸気	- 10 ~ +40 95%RH 以下 1000m 以下 屋内 有害な腐食性，爆発性のガスや蒸気のない屋内場所	+40 ~ +60 ， -10 ~ -30 95%超過 1000m 超過 防食 2 種，3 種
5	取付方式		横据置脚取付け	フランジ形，立て形
6	負荷との結合		直結 / ベルト掛	
7	振動		両振幅 V30 以下	両振幅 V10 以下
8	騒音レベル		枠番.....dB(A) 100.....68dB(A) 112.....70dB(A) 132.....72dB(A) 160.....72dB(A) 180.....76dB(A)	
9	始動トルク		150%	150%超過・未満
10	超過トルク耐量		150% 1 分間	150%超過・未満
11	附属品		電動送風機，オプトコーダ PTC サーミスタ素子	ブレーキ(無励磁作動形)付 減速機(ギヤード)

表 2 出力・枠番適用表

Table2 Table of combination of output and frame code

	標準仕様		準標準仕様			
変速範囲	1800 ~ 0min ⁻¹		1500 ~ 0min ⁻¹		1200 ~ 0min ⁻¹	
基底速度	1800min ⁻¹		1500 min ⁻¹		1200 min ⁻¹	
周波数	90Hz		75Hz		60Hz	
定格電圧 ↓ 定格出力	190V	380V	190V	380V	190V	380V
5.5kW	100A EDM1711V		100A EDM1711V		100B EDM1721V	
7.5kW	100A EDM1711V		100B EDM1721V		112A EDM1911V	
11kW	100B EDM1721V		112A EDM1911V		132A EDM2211V	
15kW	112A EDM1911V		132A EDM2211V		132A EDM2211V	
18.5kW	132A EDM2211V		132A EDM2211V		132A EDM2221V	
22kW	132A EDM2211V		132A EDM2221V		132B EDM2231V	
30kW	132A EDM2221V		132B EDM2231V		160A-1 EDM2721V	
37kW	132B EDM2231V		160A-1 EDM2721V		160A-1 EDM2721V	
45kW	160A-1 EDM2721V		160A-1 EDM2721V		160A-2 EDM2751V	
55kW	160A-1 EDM2721V		160A-2 EDM2751V		180A EDM3121V	
65kW	160A-2 EDM2751V		180A EDM3111V		180A EDM3121V	
75kW	180A EDM3111V		180A EDM3121V		180A EDM3131V	
90kW	180A EDM3121V		180A EDM3131V			
110kW		180A EDM3131V				

Table 3 Outline dimensions (Foot mounting type)

Fig. A(100A~132B Frame size)

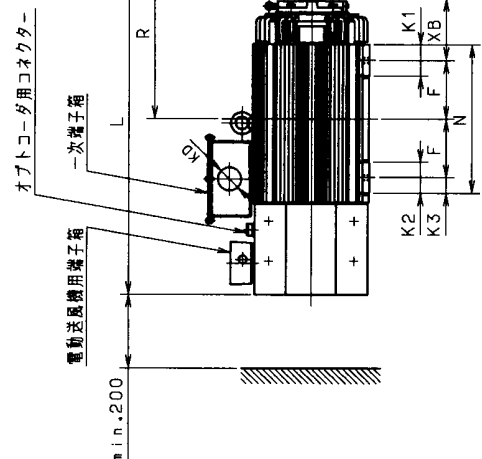
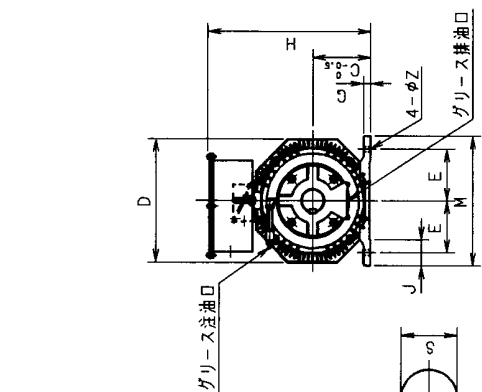


Fig.B(160A-1~180A Frame size)



形 式 种 番	图 号	電 動 機 本 体																軸 端 部						軸 受		總 質 量 (kg)	GD ² (kg·m ²)	電 動 送 風 機 入 力 仕 樣			
		C	D	E	F	G	H	J	K1	K2	K3	L	M	N	R	XB	Z	KD	Q	QR	S	T	U	W	ED			正動側	反正動側	相・極數	容量
EDM1711V — 100A	A	100	225	95	79.5	12	304	-	38	38	19	563	220	197	222.5	63	12	35	80	0.5	38×6	8	5	10	56	63082Z/5K	63082Z/5K	3相2P	50W	50/60Hz 200/220V	0.30/0.30A
EDM1721V — 100B		100	225	95	79.5	12	304	-	38	38	19	663	220	197	278.5	69	12	35	110	1.0	42×6	8	5	12	66	63092Z/5K	63092Z/5K				
EDM1911V — 112A		112	249	108	101.5	12	322	-	38	38	19	674	250	241	300.5	69	12	35	110	1.0	42×6	8	5	12	66	63092Z/5K	63092Z/5K	3相2P	40W	50/60Hz 200/220V	0.87/0.89A
EDM2211V — 132A		132	283	127	127	17	393	-	65	65	32.5	794.5	300	319	345	108	14.5	51	110	1.5	55×6	10	6	16	84	63122Z/5K	63122Z/5K				
EDM2221V — 132A		132	283	127	17	393	-	65	65	65	32.5	794.5	300	319	345	108	14.5	51	110	1.5	55×6	10	6	16	84	63122Z/5K	63122Z/5K	3相2P	65W	50/60Hz 200/220V	0.66/0.85A
EDM2331V — 132B	132	283	127	139.5	17	393	-	65	65	32.5	834.5	300	344	357.5	108	14.5	51	110	1.5	55×6	10	6	16	84	63122Z/5K	63122Z/5K					
EDM2721V — 160A-1	B	160	333	139.5	159	20	447	70	85	85	42.5	944	350	403	467	168	18.5	64	140	1.0	60×6	11	7	18	110	NU313 63122Z/5K	63122Z/5K	3相4P	50W	50Hz 200/400V	0.58/0.29A
EDM2751V — 160A-2		160	333	139.5	159	20	447	70	85	85	42.5	979	350	403	467	168	18.5	64	140	1.0	60×6	11	7	18	110	NU313 63122Z/5K	63122Z/5K				
EDM3111V — 180A		180	373	159	203	20	531	105	100	100	50	1061	370	506	511	168	24	80	140	1.0	75×6	12	7.5	20	110	NU316 63152Z/5K	63152Z/5K	3相4P	80W	60Hz 200/220V 400/440V	0.5A 0.25A
EDM3121V — 180A		180	373	159	203	20	531	105	100	100	50	1061	370	506	511	168	24	80	140	1.0	75×6	12	7.5	20	110	NU316 63152Z/5K	63152Z/5K				
EDM3131V — 180A		180	373	159	203	20	531	105	100	100	50	1061	370	506	511	168	24	80	140	1.0	75×6	12	7.5	20	110	NU316 63152Z/5K	63152Z/5K				

5. EDM シリーズの設計概要

固定子側は、アルミフレーム、固定子鉄心、固定子巻線など当社UFシリーズインバータ専用IMと同様の構造であるが、回転子は積層した鉄心に永久磁石を埋め込んだ構造になっている。永久磁石の磁束を有効に利用し、また永久磁石があるがゆえに発生するコギングトルクの低減方法を理論値、及び実測値より解析するなど、十分な検討を重ね設計を行なった。

EDMシリーズの構造断面図を図8に示す。また、図9には同出力のEDMシリーズとUFシリーズインバータ専用IMの外観比較を示す。

(1) 回転子鉄心の強度・磁界解析による最適化

永久磁石の磁束を有効に利用するためには、漏れ磁束を減少させる必要がある。一方、回転子の機械的強度からは、ある程度の漏れ磁束はやむをえない面がある。これらの両面から最適の設計をするため、CAE解析による強度、及び磁界解析を行ない、磁石の埋め込み位置、形状、磁石の大きさなどを決定している。

(2) コギングトルクの最小化

永久磁石により発生するコギングトルクを最小化するため、最適のスキュー率を理論値、及び実測値より解析して決定している。

(3) アルミ合金フレーム適用の拡大

従来の当社UFシリーズインバータ専用IMでは、37kW 1800rpm（モータ型式 UF2751V）までアルミ合金フレームを適用していたが、EDMシリーズは110kW 1800rpm（モータ型式 EDM3131V）まで適用を拡大している。それにより、冷却効率の向上、及びモータ質量の低減に大きく寄与している。また、UFシリーズインバータ専用IMに使用しているアルミ合金フレーム素材をEDMシリーズにも適用し、標準化を図っている。

6. むすび

以上、EDMシリーズの概要について紹介した。

高効率で小形軽量化されたEDモータの需要は、今後次第に増えていくと予想される中で、当社ではよりいっそうの性

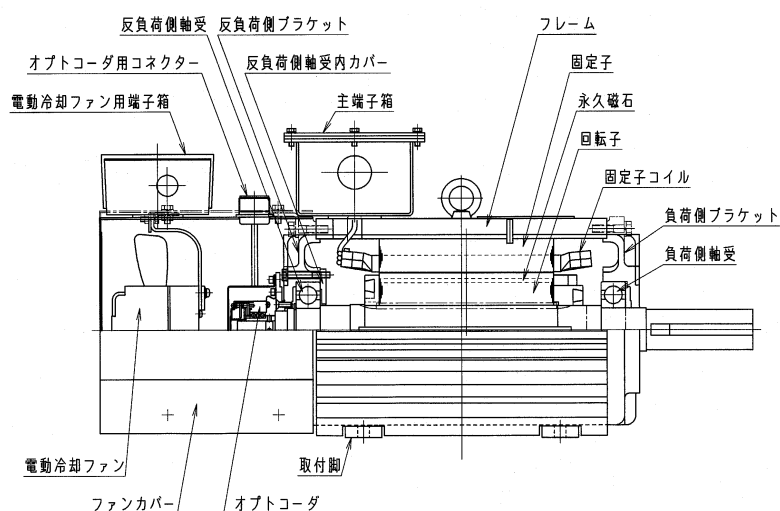
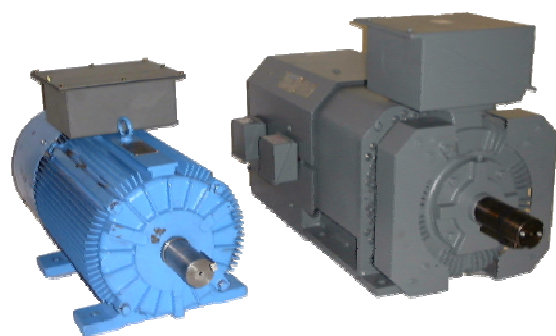


図8 構造断面図

Fig.8 Cross section of EDM series



6P 55kW 1800rpm
EDM2721V
EDMシリーズ

4P 55kW 1800rpm
UF3012V
UFシリーズIM
(インバータ専用IM)

図9 外観比較

Fig.9 Comparison of appearance

能・信頼性の向上を図り、より使いやすいシステムを提供できるようにインバータ並びにEDモータの改善に努力を続けていく所存である。

執筆者略歴



本池 稔

1974年入社。京都工場設計部を経て、1998年横浜製作所産業設計部にて産業用回転機の開発設計に従事。現在産業電機事業部産業設計部に所属。