

P6大容量ACサーボモータ

宮下 利仁

坂井 昌徳

小市 伸太郎

小野寺 悟

Toshihito Miyashita

Masanori Sakai

Shintarou Koichi

Satoru Onodera

1. まえがき

射出成形機の電動化および液晶製造用スピンコートの大出力に伴い、大出力の AC サーボモータが要求されている。従来、大出力を必要とする用途には、誘導モータが用いられているが、機械装置の小型化要求に対応するためには、誘導モータではモータ体格が大きくなる。モータの小型軽量化と大出力化を両立する必要がある。

本稿では、このような市場要求に応えるために開発した永久磁石形大容量 AC サーボモータの特長を紹介する。本サーボモータでは、内部磁石形 (IPM) ロータを採用し、定格出力 : 37kW、45kW、55kW および 75kW の 4 機種を開発した。電源電圧は AC400V を標準仕様とし、37kW のみ AC200V および 400V に対応している。

本稿では、まず、ラインアップとモータ特性主要諸元を示す。次いで、従来の誘導形サーボモータに比べて、小型軽量かつ高効率であることを示す。さらに、本開発品では、IPM ロータ形状を工夫して、リラクタンストルク成分を大きくして、従来の表面磁石形 (SPM) ロータと比較して、永久磁石の使用量を低減すると共に、低コギングトルク化を実現していることを述べる。

なお、37kW 機、45kW 機および 55kW 機までは最大回転数が 3000min⁻¹、75kW 機は 2000min⁻¹ であり、大容量機としての高効率を実現している。

2. 製品の主要諸元

表 1 に、各モータの主要諸元を示す。標準仕様品として、定格出力は 37 kW ~ 75kW、フランジ角寸法は 275mm と 320mm、電源電圧は 200V と 400V、最高回転数は 2000min⁻¹ と 3000min⁻¹ の対応となる。なお、組合せサーボアンプは、IPM モータ用制御方式を付加している当社「PQ」 type Mアンプである。

表 1 各モータの主要諸元

フランジ角	[mm]	275				320			
		200		400		400		400	
電源電圧	[V]	200		400		400		400	
モータ型式		P60B2837KB***	P60B2837KH***	P60B2845KE***	P60B2845KN***	P60B3255KE***	P60B3255KN***	P60B3275KE***	
定格出力	[kW]	37		45		55		75	
全長 (ブレーキ無し)	[mm]	640		715		750		850	
モータ質量	[kg]	165		190		245		290	
定格回転数	[min ⁻¹]	1500	2500	1500	2000	1500	2000	1500	
最高回転数	[min ⁻¹]	2000	3000	2000	3000	2000	3000	2000	
定格トルク	[N·m]	235.5	141.3	286.5	214.9	350.1	262.6	477.5	
瞬時最大トルク	[N·m]	588	450	715	550	875	700	1200	
ロータ慣性モーメント	[kg·m ²]	794 × 10 ⁻⁴		1010 × 10 ⁻⁴		1770 × 10 ⁻⁴		2270 × 10 ⁻⁴	

3. 製品の特長

3.1 ロータ構造

一般に、IPM モータでは、リラクタンストルクを発生させるために、ギャップパーミアンス分布に基づく磁気エネルギー勾配を利用することから、コギングトルクやトルクリップルが増大する傾向にあるという難点を有している。これが高トルク化を妨げる一要因となっていた。この難点を克服し、高トルクかつ低コギングトルクおよび低トルクリップルの実現を可能とした独自の IPM ロータを開発し、本製品に採用した。本製品に採用している IPM ロータでは、q 軸方向インダクタンスと d 軸方向インダクタンスとの比を大きくし、リラクタンストルクを大きくしながら、コギングトルクと電機子電流が流れたときに生じるトルクリップルが最小となるように、ロータ鉄心内の永久磁石配置とロータ鉄心形状を決めている。

3.2 誘導モータおよび従来同期モータとの比較

定格出力 37kW の誘導モータ (当社「S」シリーズ) と本開発品との諸元比較を表 2 に示す。フランジ角寸法は 320mm から 275mm に、全長は 689mm から 640mm に小さくなり、モータ質量は 25% 軽量になっている。瞬時最大トルクは 25% 増加し、効率は 94.9% と高効率化を実現している。

また、従来の表面磁石形同期サーボモータと比較すると、本開発品では IPM ロータを採用することにより、永久磁石の使用量を低減している。具体的には、37kW および 45kW モータにおいて約 17% の低減、55kW および 75kW モータにおいて約 29% の低減している。永久磁石形同期モータの場合、大容量機ほど、総材料費に対する永久磁石材料費の割合が大きくなるので、IPM ロータを採用することによるモータ材料費の低減効果が大きい。

3.3 コギングトルク特性

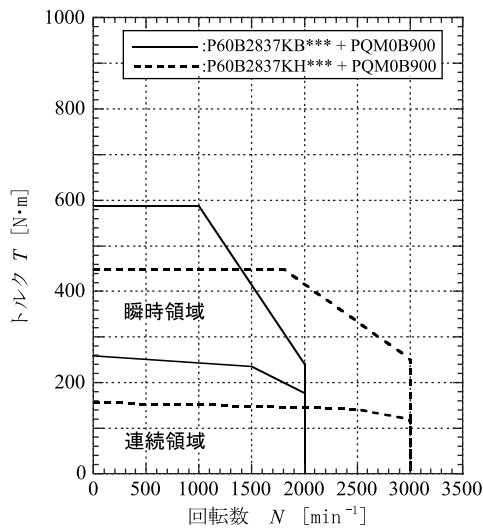
コギングトルクは、37kW モータで定格トルク比 1%、55kW モータで定格トルク比 0.76%であり、永久磁石のスキュー配置や電機子スロットのスキューを施さない IPM モータでありながら、低コギングトルクを実現している。

表2 従来品と開発品の比較 (ブレーキなし)

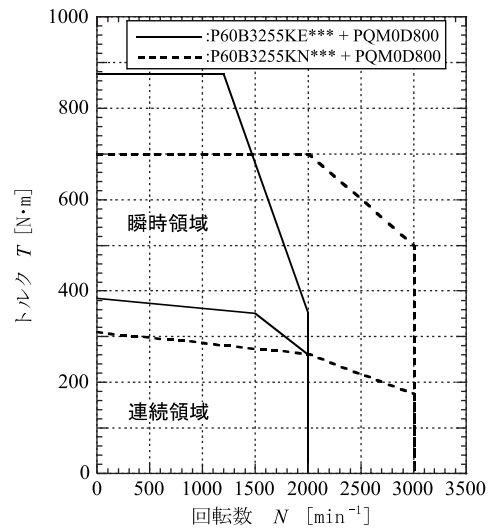
		開発品	従来品
モータ種類		同期モータ	誘導モータ
モータ型式		P60B2837K	S20V3237K
体格	× LL[mm]	275 × 640	320 × 689
容積	× 10 ⁴ [cm ³]	4.84	7.06
質量	[kg]	165	220
ロータ慣性モーメント	[kg・m ²]	794 × 10 ⁻⁴	2744 × 10 ⁻⁴
瞬間最大トルク	[N・m]	588	470
効率	%	94.9	91.5

3.4 トルク - 回転数特性

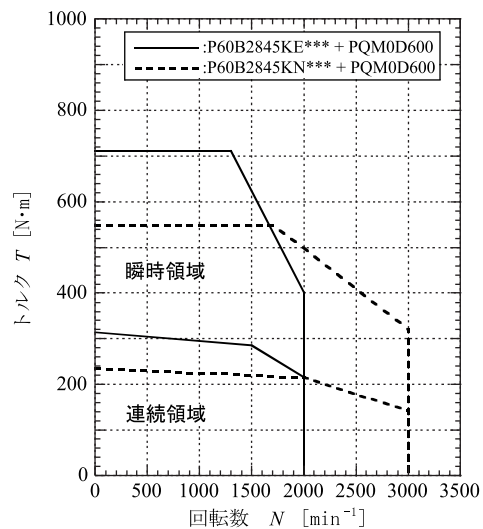
図 1 に、各モータのトルク - 回転数特性を示す。標準品として、最高回転数 2000min⁻¹と3000min⁻¹をラインアップする。図 1 に示す実線が最高回転数 2000min⁻¹の標準仕様であり、図 1 に示す破線が最高回転数 3000min⁻¹の標準仕様である。図 1(a)に示す 37kW 機の特徴は電源電圧が 200V の場合である。45kW、55kW および 75kW 機の特徴は電源電圧が 400V の場合である。この出力クラスで最高回転数 3000min⁻¹を実現できた要因は、IPM モータを採用することによって、永久磁石に対する遠心力対策が強化できたことと、リラクタンストルクを利用して、高速回転時においてもトルクを維持できるようにしたことである。



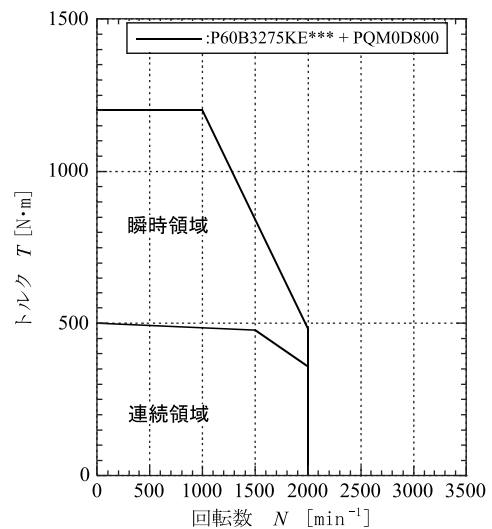
(a) 定格出力 : 37kW



(c) 定格出力 : 55kW



(b) 定格出力 : 45kW



(d) 定格出力 : 75kW

図 1 トルク - 回転数特性

なお、本開発品のトルク密度(モータの単位重量当たりの発生トルク)は、定格トルク時:約 1.5Nm/kg、瞬時最大トルク時:約 3.6Nm/kgであり、業界トップクラスの高トルク密度を達成している。すなわち、小型軽量で大トルクを実現している。

4. むすび

P6 大容量 AC サーボモータとして、37kW、45kW、55kW および 75kW モータの主要諸元と特長を述べた。この大容量 AC サーボモータは、内部磁石形同期 AC サーボモータであり、従来の誘導形サーボモータおよび表面磁石形同期サーボモータと比較して、小型軽量、高効率を実現した AC サーボモータである。このサーボモータは、大容量サーボモータを必要とする機械装置の小型化、高速化および省エネルギー化に貢献できるものと考えられる。



宮下 利仁

1997年入社

サーボシステム事業部設計第1部
サーボモータの設計開発に従事。



坂井 昌徳

1992年入社

サーボシステム事業部設計第1部
サーボモータの設計開発に従事。



小市 伸太郎

1985年入社

サーボシステム事業部設計第1部
サーボモータの設計開発に従事。



小野寺 悟

1986年入社

サーボシステム事業部設計第1部
サーボモータの設計開発に従事。工学博士。