

# PM モーターの最新技術と適用動向

PM モーターの産業応用調査専門委員会編

## 目 次

1. はじめに	3	3.2 サーボ分野から見た PM モーターへの 技術的要求と対応	19
1.1 まえがき	3		
1.2 PM モーターの歴史	3	4. 家電分野における PM モーター 技術と適用動向	24
2. 産業分野における PM モーター 技術と適用動向	4	4.1 家電分野から見た PM モーターへの要求	24
2.1 産業用 PM モーター適用の概要	4	4.2 エアコン用 PM モーター	24
2.2 風水力用途	5	4.3 洗濯機用 PM モーター	30
2.3 合繊機械用	6	4.4 掃除機用 PM モーター	32
2.4 工作機械用	6	5. 自動車分野における PM モーターの 技術と適用動向	35
2.5 製紙設備用	6	5.1 自動車から見た PM モーターへの要求	35
2.6 鉄道車両用	7	5.2 自動車用 PM モーターの現況	35
2.7 エレベーター用	8	5.3 自動車用 PM モーターの研究開発	40
2.8 風力および水力発電用途	9	6. 高効率・高性能化のための制御技術	46
2.9 産業用 PM モーターにおける解析技術 および最適化設計技術	11	6.1 パラメータ計測技術	46
3. サーボ分野における PM モーターの 技術と適用動向	15	6.2 センサレス制御技術	49
3.1 適用動向	15	6.3 高効率・高性能化技術	51
		7. おわりに	60

## PM モーターの産業応用調査専門委員会委員

委員長	三木 一郎( 明 治 大 学 )	委 員	原 修二郎( 安 川 電 機 )
幹 事	鳥 羽 章 夫(富士電機トランステクノロジー)		船 渡 寛 人( 宇 都 宮 大 学 )
	山 本 修(職業能力開発総合大学校)		松 田 聡( 三 菱 重 工 業 )
委 員	雨 森 史 郎(東芝三菱電機産業システム)		村 上 浩(松下電器産業)
	石 井 孝 幸(東芝産業機器システム)		森 本 茂 雄(大阪府立大学)
	今柳田明夫(東洋電機製造)		森 本 雅 之( 東 海 大 学 )
	仲 田 哲 雄(ダイキン工業)		山 口 信 一( 三 菱 電 機 )
	小 坂 卓(名古屋工業大学)		山 田 哲 夫( 明 電 舎 )
	高 見 弘(芝浦工業大学)		渡 辺 博 巳(東京電機大学)
	千 葉 明(東京理科大学)	途中退任 委員	大 山 和 伸(ダイキン工業)
	百目鬼英雄(武蔵工業大学)	主な協力者	北 島 康 彦(東洋電機製造)
	戸 張 和 明(日立製作所)		

## 1. はじめに

### 1.1 まえがき

本技術報告書は、PM モータ（永久磁石同期モータ）の産業応用の調査とその課題を体系的に整理することにより、今後の PM モータの用途拡大を目指すことを目的として設置された「PM モータの産業応用調査専門委員会」で調査した結果をまとめたものであり、調査専門委員会は平成 17 年 6 月に発足し、平成 19 年 5 月に解散した。現在注目されているモータであることから、各社の技報や内外の学会論文誌に相当数の論文が掲載されており 1998 年以降に限ってもすべてに亘って調査するのは困難であったが、各社の技報についてはほぼ終了することができた。

平成 18 年度電気学会産業応用部門大会のシンポジウムにおいては、それまでに調査した内容をまとめて中間的な報告を行った。本技術報告書では、シンポジウム開催以降調査した内容を含め、主に以下のことが述べられている。

- (1) PM モータの産業応用動向
- (2) 各用途における PM モータの最新技術
- (3) PM モータの制御技術
- (4) PM モータの産業応用に関する課題

用途としては、サーボ分野、産業分野、家電分野および自動車分野に分けて、技術と適用動向について課題を含めてわかりやすく述べている。また、最後に高効率・高性能化への制御技術と題して、現在使用されている技術や今後注目すべき技術を紹介するとともに、今後の展望や課題について述べている。

PM モータは高性能希土類磁石の出現により適用事例が増加したが、周知のように現在は PM モータを使用せざるを得ない用途に限定されている。PM モータの適用拡大のためには、今後もなおモータ自身そしてモータドライブシステムのさらなる技術的進歩を促進し、環境に配慮するべく一層の小形・軽量、高効率を実現することが重要である。しかし、その一方、残念ながら 2005 年頃から上昇している希土類磁石の価格が、現在そして今後も PM モータの適用拡大の鍵を大きく握るものと考えられる。

### 1.2 PM モータの歴史

PM モータや関連するドライブ技術は、過去約 30 年間に先端技術や市場への浸透という点で急激に増加した。本節では短い期間のことではあるが、PM モータの歴史を振り返ってみる。

PM モータにおける性能向上の最も大きな要因は、何といっても永久磁石材料の進歩である。永久磁石材料は、1960 年代後半まではフェライトおよびアルニコ磁石が主流であったが、1970 年代初期に最大エネルギー積がアルニコ磁石の約 2 倍の希土類磁石サマリウムコバルト(SmCo5)磁石が出

現した。その後さらに高性能のサマリウムコバルト系磁石に進展している。そして 1980 年代に高性能 Ne-Fe-B 系磁石が開発された<sup>(1),(2)</sup>。これは PM モータの急激な進展に大きく貢献した。また、当時この磁石の原産国である中国がコストを下げたことも PM モータの進展を促した。最大エネルギー密度で比較すると、1990 年代前半に 40MGOe 弱であったものが、後半には 50MGOe を越え、2007 年現在 54MGOe のものが入手可能になっている。

1990 年代に安価なアナログ&デジタル制御の利用が広まり、表面磁石同期モータ(SPMSM)の利用が増えた。この時期には埋込磁石同期モータ(IPMSM)は設計や制御特性の面で SPMSM より難しさがあつたため、注目度は SPMSM に劣っていた<sup>(2)</sup>。しかし、今世紀に入り、HEV (ハイブリッド電気自動車) のモータとして IPMSM が採用されるとともにこの状況は大きく変わり、IPMSM は注目度ナンバーワンとなった。このモータの躍進はモータ自身の進展だけでなく、パワーエレクトロニクスや制御の発展も貢献している。IGBT, DSP, 電流センサ, 電流制御アルゴリズムやベクトル制御の導入などが PM モータとそのドライブに大きな影響を及ぼしている。いまや、PM モータの固定子巻線についても、デメリットはあるがこれを凌駕するメリット、すなわちコイルエンドの大幅低減、軸方向寸法の短縮、使用銅量削減などから集中巻<sup>(3),(4)</sup>が採用されるなど、技術的な進展を今もなお継続している。

## 参考文献

- (1) 森本・武田：「永久磁石同期機の技術動向」電学誌 122 巻, 11 号, 761, (2002)
- (2) T. M. Jahns, "PM Synchronous Machines: How Did We Get Here and What Lies Ahead?," Session Paper, ICEMS2006
- (3) 中村, 佐野, 胡摩崎：「省エネルギー健康エアコン“プラズマ大清快”シリーズ」東芝レビュー, 55 巻, 5 号, pp.62-65, 2000
- (4) 本田：「松下の省エネモータ開発物語」オーム社, pp.114-121, 2007