

東京メトロ車両における永久磁石同期電動機駆動システム

1. はじめに

鉄道輸送は省エネの観点から環境にやさしいシステムとされているものの、近年の改正省エネ法の施行に伴うさらなるエネルギー消費量低減への要求が高まっている。特に、エネルギー消費量の大部分を占める車両駆動システムでの省エネルギー化が求められている。

東京メトロでは駆動システムでの省エネルギー化に向けた方策の一つとして、今後の車両電気機器更新や新造車両導入を考慮して、鉄道業界では比較的新しい技術でエネルギー効率の高い永久磁石同期電動機（Permanent Magnet Synchronous Motor：以下 PMSM）を用いた駆動システムを検討し、銀座線 01 系車両への試験搭載、営業線にて長期に渡る試験を実施してきた。この度、現車試験結果を踏まえ、新造・大規模改造車両に PMSM 駆動システムを採用したので、これまでの試験結果、今後の計画について紹介する。

2. 銀座線 01 系での PMSM 駆動システム試験

銀座線 01 系車両において、1 両分の主電動機 4 台を PMSM（表 1）に載せ換えて、各種確認試験を行った後、平成 19 年 11 月から営業線での試験を開始した。なお、その他既搭載主電動機は誘導電動機（Induction Motor：以下 IM）である。

表 1 主電動機諸元

項目	試験主電動機	既搭載主電動機
方式	永久磁石同期電動機	誘導電動機
極数	4 極	4 極
冷却方式	全閉自冷式	自己通風式
1 時間定格	120kW, 440V, 204A 1890rpm, 63Hz	120kW, 440V, 205A 1890rpm, 65Hz
質量	610kg	630kg
最高効率	約 96%	約 91%

(1) 内部の塵埃確認



図 1 PMSM 固定子



図 2 PMSM 回転子

PMSM を分解し内部の状態を確認した時の固定子を図 1、回転子を図 2 に示す。試験主電動機は内部の塵埃等は皆無で、固定子コイル等の変色は認められなかった。IM は 4 年毎の検査で分解し、内部の気吹清掃を行っているが、試験 PMSM は全閉自冷式であり将来は気吹清掃が不要となること、及び固定子と回転子の分離を行わずに軸受を交換できる構造としたことで検査省力化が図れることを確認した。

(2) 営業線での省エネ効果確認

2007 年 11 月から 2010 年 2 月までの営業線で走行した約 203,000km の記録からエネルギー消費量を測定した結果を図 3 に示すが、実消費電力量において約 20% の低減効果が確認できた（力行電力量：約 12% 低減、回生電力量：約 12% 増加）。但し、すべり周波数制御（IM 駆動システム）とベクトル制御（PMSM 駆動システム）の違いがあり、回生電力量の向上分には軽負荷回生領域におけるベクトル制御の演算速度向上による効果も含まれる。銀座線車両の年間走行距離（約 106,000km）から考えると、消費電力量は 1 編成当たり年間 190,793kWh、CO₂ 換算では年間 79.8ton の削減効果が見込める結果となった。

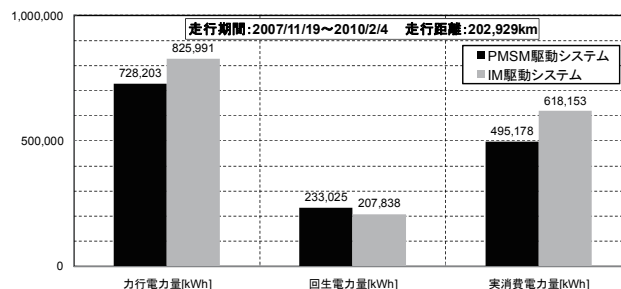


図 3 消費電力量比較

(3) 減磁の確認

約 1.5 年、159,400km 営業線走行後の PMSM を取り外し、回転子永久磁石の減磁が発生していないか、PMSM の他力回転時の誘起電圧を測定した（表 2）。製造時と比較してほぼ同じ値であり、1.5 年経過による減磁は認められなかった。

表 2 他力回転時の誘起電圧

回転数 [rpm]	製造時		1.5 年経過後	
	誘起電圧 [V]		誘起電圧 [V]	
	U-W	W-V	U-W	W-V
1000	151.9	151.7	152.4	152.2
1890	288.0	287.6	287.9	287.6
3000	455.1	454.8	456.5	456.0
3665	554.2	554.1	556.7	556.3

3. まとめ

東京メトロでは、丸ノ内線 02 系大規模更新車の PMSM 駆動システムが平成 22 年 2 月から順調に営業走行しており、今後年間数編成単位で増えていく予定である。また、平成 22 年度搬入予定の千代田線 16000 系新造車でも同システムを搭載する予定である。今後、PMSM 駆動システム以外の観点からも消費電力量の低減を検討し進めていく。

鮫島 博（東京メトロ車両部）
（平成 22 年 8 月 2 日受付）