

三菱重工業株式会社 高速新交通システム用電機品

Propulsion System of High Speed New Automated People Mover for Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

In October, 2014, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. developed "High Speed New Automated People Mover (APM)" which has the maximum speed of 120km/h. This speed is double the maximum speed of their existing vehicle.

Toyo Denki Seizo K.K. supplied a propulsion inverter, an auxiliary power supply, traction motors, and pantographs as electrical equipment for High Speed New APM.

The propulsion inverter is a VVVF (Variable Voltage Variable Frequency) inverter. The VVVF inverter adopts a forced air cooling system to downsize the equipment. The VVVF inverter drives two (2) traction motors and controls motor torque by vector control technology. In addition, the VVVF inverter was experimentally SiC hybrid module type semiconductor applied for the VVVF inverter and to investigate performance.

The auxiliary power supply is a High-Frequency-Isolated type, and a forced air cooling system is adopted to downsize the equipment.

藤本 和樹
Kazuki Fujimoto

ファム ユイ ホック
Pham Duy Hoc

奥津 正
Tadashi Okutsu

内田 圭介
Keisuke Uchida

1. まえがき

2014年10月、三菱重工業株式会社は、従来の新交通システムの2倍に相当する最高速度120km/hの「高速新交通システム」を開発した。この車両は直流架線用の車両であり、プロパルジョンシステムにはVVVFインバータを採用し、補助電源システムには高周波絶縁型補助電源装置を採用した車両である。

車両の外観を図1に示す。

本車両用のプロパルジョンシステムと補助電源システムは、各装置を一体構造としたパワーコンテナとし、フィルタリアクトルの内蔵化、主回路半導体の強制風冷化、なども採用し装置の小型・軽量・高密度実装化を図った装置である。



■ 図1 高速新交通システム車両
Fig.1 High Speed New Automated People Mover

当社では、高速新交通システム車両用電機品としてVVVFインバータ装置、補助電源装置、主電動機、集電装置を納入した。

以下、高速新交通システムの概要と各納入機器について解説する。

2. 車両諸元

今回開発された高速新交通システムは、120km/hの最高速度を達成したことにより、乗り換えなしに都市部と郊外をつなぐことが可能となり、通勤客をはじめ多くの利用者に、より高い利便性を提供することが期待される車両である。

開発車両は1両編成で構成され、1両に主電動機が2台搭載された全電動車方式である。VVVFインバータ装置と補助電源装置は一体構造となっており、VVVFインバータ装置は主電動機を2台駆動する。

最高運転速度は120km/h、加速度は3.5km/h/sec (0.97m/sec²)、減速度は常用最大3.5km/h/sec (0.97m/sec²)である。

表1に車両諸元を示す。

■ 表1 車両諸元
Table1 Specification of vehicle

項目	仕様
編成構成	1M0T 1両編成
最高運転速度	120km/h
直線加速度	3.5km/h/sec (0.97m/sec ²)
常用最大減速度	3.5km/h/sec (0.97m/sec ²)
電気方式	主回路：DC750V 制御回路：DC110V

3. パワーコンテナ(RG6028-A-M)

3.1 パワーコンテナの概要

パワーコンテナはモータ駆動用VVVFインバータ装置と高周波絶縁型補助電源装置および周辺機器を一体とし、小型軽量高密度実装化を図ったプロトタイプ装置である。図2に外観、図3に主回路接続図、表2に主要諸元を示す。パワーコンテナに内蔵している機器は下記である。

VVVFインバータ部

- ・主回路システム一式
- ・IGBTユニット(フィルタコンデンサ内蔵)
- ・フィルタリアクトル

補助電源装置部

- ・主回路システム一式
- ・IGBTユニット(フィルタコンデンサ内蔵)
- ・DC/DCコンバータ



■ 図2 パワーコンテナ外観
Fig.2 Power container

■ 表2 パワーコンテナ主要諸元
Table2 Specification of power container

項目	仕様
パワーコンテナ	RG6028-A-M型 VVVF、SIV一体型装置
VVVFインバータ	2M1Cシステム(145kW/MM) 2レベル電圧型インバータ (1700V/1200A, 2in1 IGBTモジュール) ベクトル制御 インダクタンス: 2mH
補助電源装置	AC出力: 3相 / 60Hz / 37kVA / 200V DC出力: 8kW / DC110V(1kW/DC24V含む) 高周波絶縁型 IGBT-静止型インバータ 2レベル電圧型インバータ (1700V/1200A, 2in1 IGBTモジュール)

3.2 VVVFインバータ部

VVVFインバータ部は2レベル電圧型インバータで、145kWの主電動機を2台制御する2M1Cシステムである。

VVVFインバータ部の冷却は、小型軽量化のためファンモータによる強制風冷方式を採用している。主回路素子は1700V/1200A 2in1構成のモジュールを使用し、小型軽量、大容量のフィルタコンデンサ(900V/9600 μ F/オイルレスフィルムコンデンサ)を搭載、アルミニウム製ラミネートブスバー構造を適用するなどして、さらに小型軽量化を追求している。また、これら部品で構成されたIGBTユニットは、構造の最適化により寄生インダクタンスの低減および電磁ノイズの低減を図っている。

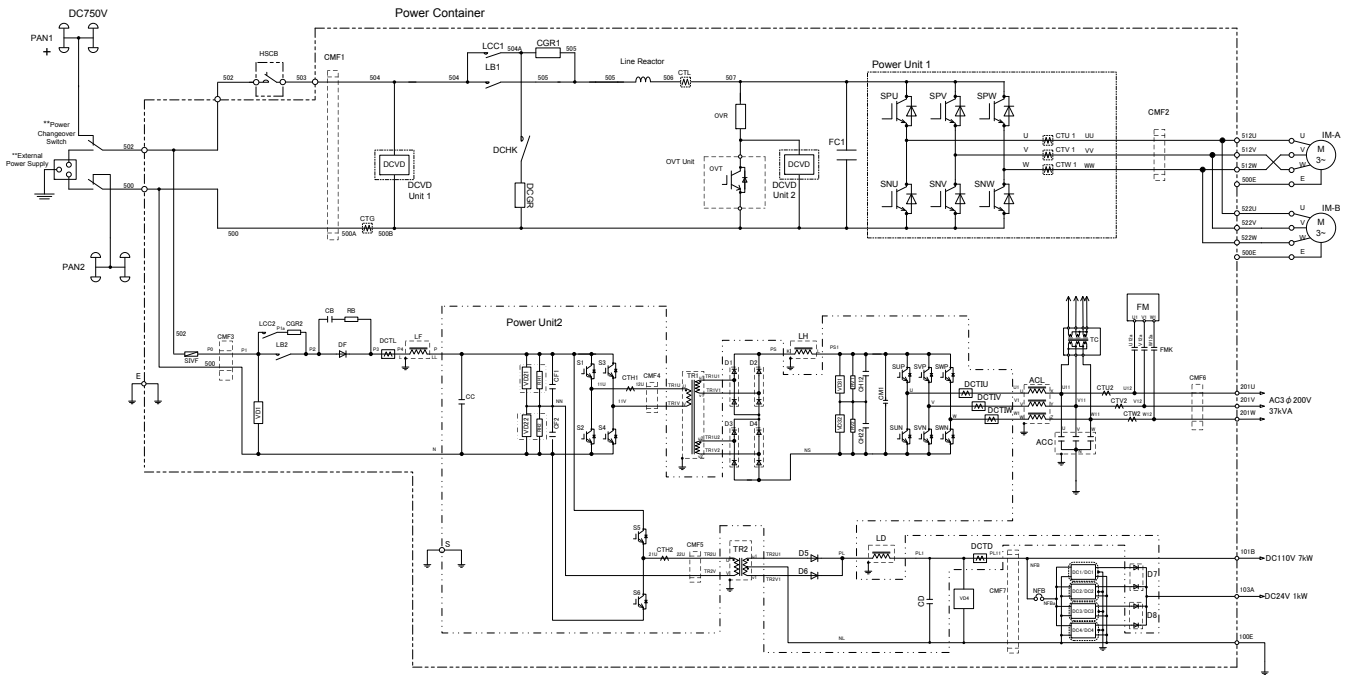
本システムへの適用において、逆並列ダイオードをSiC-ショットキーダイオードとしたSiCハイブリッドモジュールを試験的に適用し、走行試験を実施した。その結果、SiCハイブリッドモジュールの適用により、主回路素子損失は従来素子適用時に比べ30%減少することがわかった。SiCハイブリッドモジュール適用設計を行うことにより、さらなる小型軽量化が可能である。

インバータ制御はベクトル制御である。また三菱重工業株式会社製列車制御システム“MVCS”とRS485にて制御伝送を行っている。従来の制御伝送ではノッチ指令や応荷重指令、ブレーキ力指令の信号線を通信で代替えるのみであったが、MVCS側に編成制御の機能を持たせたため、VVVFインバータ装置側は出力トルク指令のみを受信し、架線電圧に応じた主電動機特性に合わせて出力トルク制限を行う機能に徹した。また、これによりATO等による自動運転時の細かい出力トルク調整にも対応できることになった。

3.3 補助電源装置部

補助電源装置部は、入力DCフィルタ、高周波絶縁型コンバータ、三相2レベルインバータ、三相ACフィルタ、出力DCフィルタ、DC/DCコンバータで構成している。装置の小型軽量化を図るため、強制風冷方式とし、スイッチング周波数の高周波化により内蔵する変圧器やリアクトルの小型化が可能となった。

また、DC24V電源は、MVCS(列車管理システム)に使用することからDC/DCコンバータ部を2重系とし、制御電源の冗長系を持たせている。



■ 図3 主回路接続図
Fig.3 Power circuit diagram

4. 高速度遮断器 (SA417-B-M)

高速度遮断器は単独吊りタイプとしている。高速度遮断器は、定格電圧750V/定格電流800Aの電磁式アークレスタイプである。また防水・防塵構造としてIP66に準拠した装置となっている。

高速度遮断器の外観を図4に示す。



■ 図4 高速度遮断器外観
Fig.4 High-speed circuit breaker

5. 主電動機 (TDK6456-A)

主電動機は、小型・軽量化を図った自己通風形の三相かご形誘導電動機で、車体装架され駆動軸を介して台車内の差動歯車を駆動している。

主電動機の定格一覧を表3に示す。

■ 表3 主電動機定格
Table3 Specification of traction motor

項目	仕様
方式	三相かご形誘導電動機
駆動方式	車体装架直角カルダン駆動方式
通風方式	自己通風
定格	連続
出力	145kW
電圧	550V
電流	191A
周波数	77Hz
極数	4
回転速度	2285min ⁻¹
すべり	1.1%
効率	93.5%
力率	85.5%

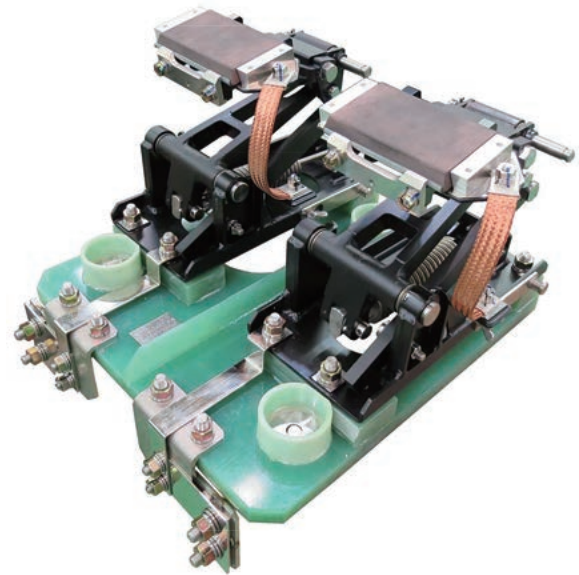
主電動機内に侵入した水や塵を、外枠下部に設けたダクトと冷却ファンの排圧を利用して外部に自動排出する構造としたこと、軸受構造にグリース給油方式を採用し分解せずに給油を可能としたこと、誘導電動機であることなどにより保守

の軽減を図っている。

主電動機の外観を図5に示す。



■ 図5 主電動機外観
Fig.5 Traction motor



■ 図6 集電装置外観
Fig.6 Pantograph

6. 集電装置 (PT6006-A)

集電装置は1両に2台搭載される。

構造は、高速走行を考慮し愛知高速交通株式会社のリニモ用集電装置と同仕様とし、FRP製台枠に+用と-用の2組のアーム部を取り付けた。

この集電装置は、一般的な新交通用集電装置とすり板取付け部の構造が大きく異なり、すり板体をナイトハルトゴムばねで支持して追従性能の向上を図っている。

すり板は一般的なメタライズドカーボンを使用している。

集電装置の外観を図6に示す。

7. むすび

以上、三菱重工業株式会社高速新交通システム用電機品の概要について紹介した。

高速新交通システムは、従来の新交通システムの強みに加え、今回開発された高速化により都市部と郊外をつなぐことが可能となり、利用者の利便性向上が期待されている。

最後に、高速新交通システム用電機品の完成にあたり多大なご指導を賜った三菱重工業株式会社、ならびにご協力いただいた関係メーカー各位に厚く御礼申し上げます。

執筆者略歴



藤本 和樹

2009年入社。現在、交通事業部交通工場設計部に所属。主に鉄道車両用インバータ駆動システムの設計・開発に従事。電気学会会員



PHAM DUY HOC(ファム ユイ ホック)

2009年入社。現在、交通事業部交通工場設計部に所属。主に車両用補助電源システムの開発設計に従事。



奥津 正

1993年入社。現在、交通事業部交通工場設計部に所属。主に主電動機の設計・開発に従事。



内田 圭介

1991年入社。現在、交通事業部交通工場設計部に所属。主に集電装置の開発設計に従事。