

山陽電気鉄道株式会社 5000 系リニューアル車向け SiC ハイブリッドモジュール搭載の鉄道車両用 VVVF インバータ

VVVF Inverters Using SiC Hybrid Modules for Renewed 5000 Series Railcars of Sanyo Electric Railway Co., Ltd.

田島 宏一* TAJIMA, Hirokazu

地球温暖化などの環境問題に対処するため、輸送機器の省エネルギー化が進められている。鉄道車両においても、車両を駆動する VVVF (Variable Voltage Variable Frequency) インバータ装置、および補助電源装置といったパワーエレクトロニクス機器の低損失化が進められている。このような背景の中、富士電機は、低損失のデバイスを搭載して小型・軽量化を図った在来線向け VVVF インバータを開発した。

本製品は、半導体デバイスとして、SiC-SBD (Silicon Carbide-Schottky Barrier Diode) と IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) を組み合わせた SiC ハイブリッドモジュールを搭載し、インバータの発生損失を大幅に低減した。さらに、速度センサレスベクトル制御を採用することで外付けの速度センサを不要とし、信頼性の向上を図った。

1 特徴

本製品の主な特徴は次のとおりである。

- 富士電機製の定格 3.3 kV/1,200 A の SiC ハイブリッドモジュールを採用して低損失化した。
- 冷却効率が良いフィン構造の走行風冷却方式によりヒートパイプを不要にした。
- 電動機制御に不可欠な速度情報を電圧と電流から推定し、速度センサなしで電動機を制御する速度センサレスベクトル制御を開発した。

これらの技術により、従来品と比較して体積で 64% 小型化し、質量で 45% 軽量化した。

2 適用事例

本製品の適用事例には、山陽電気鉄道株式会社に納入した 5000 系リニューアル車向けの駆動システムがある。5000 系リニューアル車の外観を図 1 に、主な仕様を表 1 に示す。図 2 に、車両編成とリニューアルの内容を示す。6 両編成のうち、界磁添加励磁制御による電動車であった 1 号車と 2 号車をリニューアルした。1 号車を付随車化し、2 号車には本 VVVF インバータを搭載した。

図 3 に、本線走行試験の加速・減速運転データを示す。

* 富士電機株式会社パワエレクトロニクス事業本部開発統括部鉄道機器開発部



図 1 5000 系リニューアル車

表 1 5000 系リニューアル車の仕様

項目		仕様
電気方式		DC1,500 V 架空線式
車両性能	加速度	2.8 km/h/s
	減速度	常用最大 4.0 km/h/s 電制負担分 3.2 km/h/s
	最高速度	110 km/h
制御方式		速度センサレスベクトル制御 1C2M2群 2レベルVVVFインバータ
インバータ冷却方式		走行風冷却方式
主電動機		誘導電動機、定格 180 kW、4 極、1,100 V、120 A
ブレーキ方式		回生ブレーキ併用電氣指令式空気ブレーキ

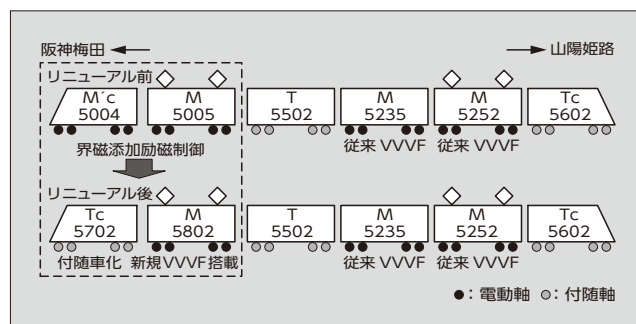


図 2 車両編成とリニューアルの内容

推定速度が実速度に追従し、営業最高速度 110 km/h 付近までの加速（力行）と減速（ブレーキ）が良好にできることを確認した。

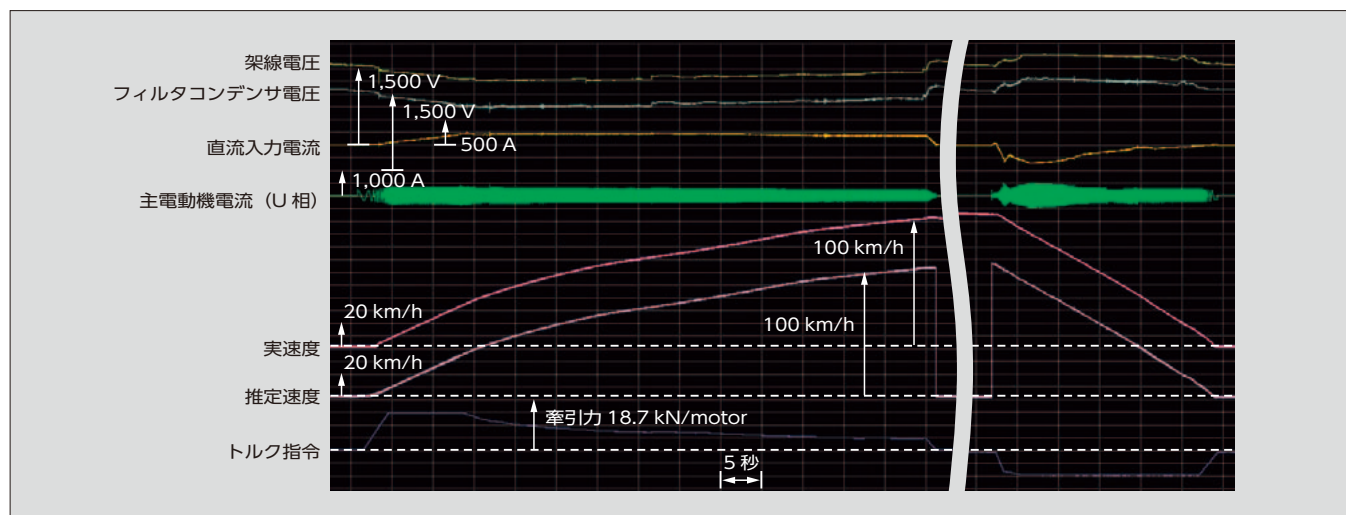


図3 本線走行試験の加速・減速運転データ

3 背景となる技術

3.1 SiC ハイブリッドモジュールの採用

図4に、VVVFインバータ装置に搭載したSiCハイブリッドモジュールの外観を示す。図5に、SiCハイブリッドモジュールと従来のSi-IGBTモジュールの損失を比較した結果を示す。素子の低損失化に加え、主回路の

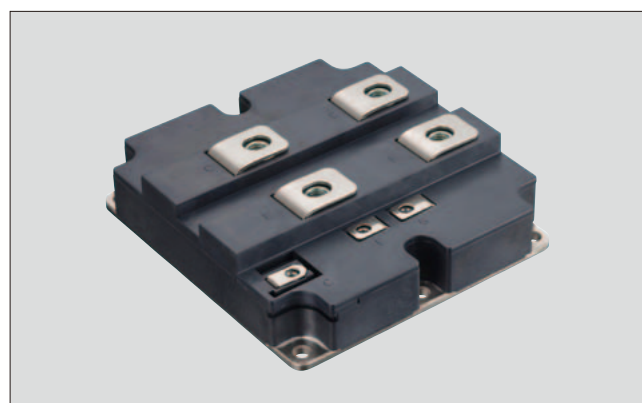


図4 SiC ハイブリッドモジュール (3.3 kV/1,200 A)

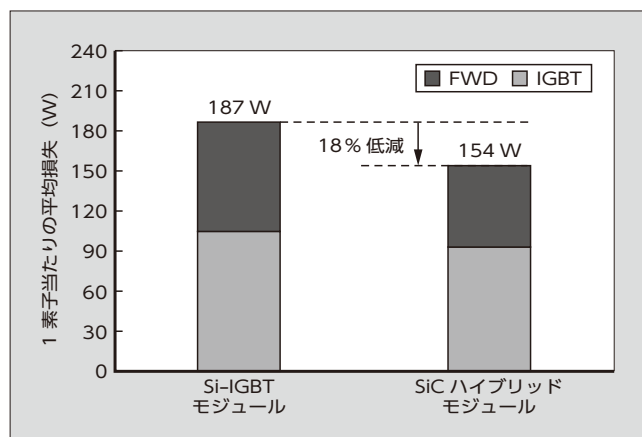


図5 損失の比較

放熱器を走行風で冷却する走行風冷却方式の採用により、VVVFインバータ装置を体積で64%小型化し、質量で45%軽量化した。

図6に、走行風冷却に対応したVVVFインバータ装置の外観を示す。

3.2 速度センサレスベクトル制御

図7に、速度センサレスベクトル制御のブロック図を示す。電圧と電流から磁束を推定し、さらに速度も推定



図6 VVVF インバータ装置

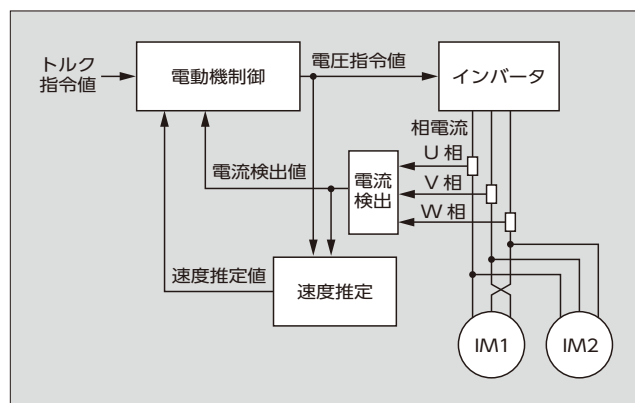


図7 速度センサレスベクトル制御のブロック図

することで速度センサを使わずに電動機を制御できるようにして精密部品である外付けの速度センサを不要とし、信頼性を向上させた。

営業運転開始時期

2018 年 10 月

お問い合わせ先

富士電機株式会社

パワエレシテム事業本部社会ソリューション事業部

輸送機器部

電話 (03) 5435-7188





＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。