

# 西日本旅客鉄道（株）125系車両制御装置

## Control equipment of Series 125 Train

### For West Japan Railway Co.

West Japan Railway Co. put series 125 new trains into service for its newly electrified Obama line (between Tsuruga and Higashi-maizuru, 84.3 km) in the spring of 2003.

The train is one-car unit, so redundancy is very important for each system in the train. To meet this need traction system is “1M1C” that each traction motor is controlled by one VVVF inverter (individual axle control system).

Auxiliary power supply equipment consists of 2 sets of inverter unit with same capacity, and 2 operating ways can be selected as the need arises: “parallel units operation” or “single unit operation as the standby type dual system”.

Our company supplied control equipment (VVVF inverters and auxiliary power supply equipment), filter reactors, traction motors, driving gear units and pantographs, etc. for these series 125 trains.

This article describes outline of the series 125 and its control equipment.

星 吉輝

Yoshiteru Hoshi

松本 哲也

Tetsuya Matsumoto

平井 宏

Hiroshi Hirai

## 1. まえがき

平成15年春の電化開業によりJR西日本の小浜線（敦賀一東舞鶴間84.3km）に新製車両125系が導入された。

この車両は1両編成を基本とし、VVVFインバータは1台のインバータにて1台の主電動機を制御する1M1C（個別制御）の2群構成、補助電源装置は2台のインバータにて構成する並列運転および待機二重系運転方式を採用し、冗長系を重視したシステムである。

当社では、この125系電車用として車両制御装置（VVVFインバータ装置・補助電源装置）、フィルタリアクトル、主電動機、駆動装置、パンタグラフなどの主要電機品を納入した。

以下、125系電車の概要と車両制御装置について紹介する。

## 2. 車両諸元

125系電車の車両諸元を表1に示す。

編成は1両編成を基本とし、1両または2両編成にて乗客需要に応じて運用されている（計画最大5両編成）。また、小浜線内では変電設備の制限により、最高運転制限速度は85km/h、加速度は $0.33\text{m/sec}^2$ （ $1.2\text{ km/h/sec}$ ）としている。

台車は主電動機と駆動装置をそれぞれ2台持つ動力台車と、付随台車からなっている。

シングルアーム式パンタグラフが1基搭載されているが、一部の

車両に霜取り用のパンタを装備した2パンタ車両がある。

図1に125系電車の外観を示す。



図1 125系電車

Fig.1 Series 125

表 1 車両諸元

Table 1 Main features of the car

項目	仕様
形式	クハ125形
車両略号	Mc
車両質量	40.5ton
定員(着席定員)	117 (31) 人
最高運転速度	120 km/h
直線加速度	0.69m/sec <sup>2</sup> (2.5 km/h/sec)
最大減速度	1.03m/sec <sup>2</sup> (3.7km/h/sec)
電気方式	DC1500V 架空電車線方式
主制御装置	WPC14形 IGBT-VVVF インバータ 1M1C (個別制御) × 2
フィルタリアクトル	W1C107-(T)形 23mH × 2
主電動機	WMT102B-(T)形三相かご形誘導電動機220kW
補助電源装置	WSC39形 IGBT-静止形インバータ 120kVA × 2 (並列 or 待機二重系運転)
駆動装置	KD439/1-D 形 WN 継手式平行カルダン軸駆動方式
集電装置	WPS28A 形シングルアーム式パンタグラフ

表 2 主回路システム主要諸元

Table 2 Main features of traction power system

項目	仕様
電気方式	主回路 : DC1500V 制御回路 : DC100V
直線加速度	0.69m/sec <sup>2</sup> (2.5 km/h/sec) 応荷重制御付
最大減速度 (常用)	1.03m/sec <sup>2</sup> (3.7km/h/sec) 応荷重制御付
制御容量	220kW 誘導電動機 × 2 (主電動機個別制御 × 2群)
主回路素子	IGBT-3300V/800A
冷却方式	ヒートパイプ冷却方式 (冷媒: 水)

### 3. WPC14 形 VVVF インバータ装置

主回路接続を図 2 に、主回路システム主要諸元を表 2 に示す。

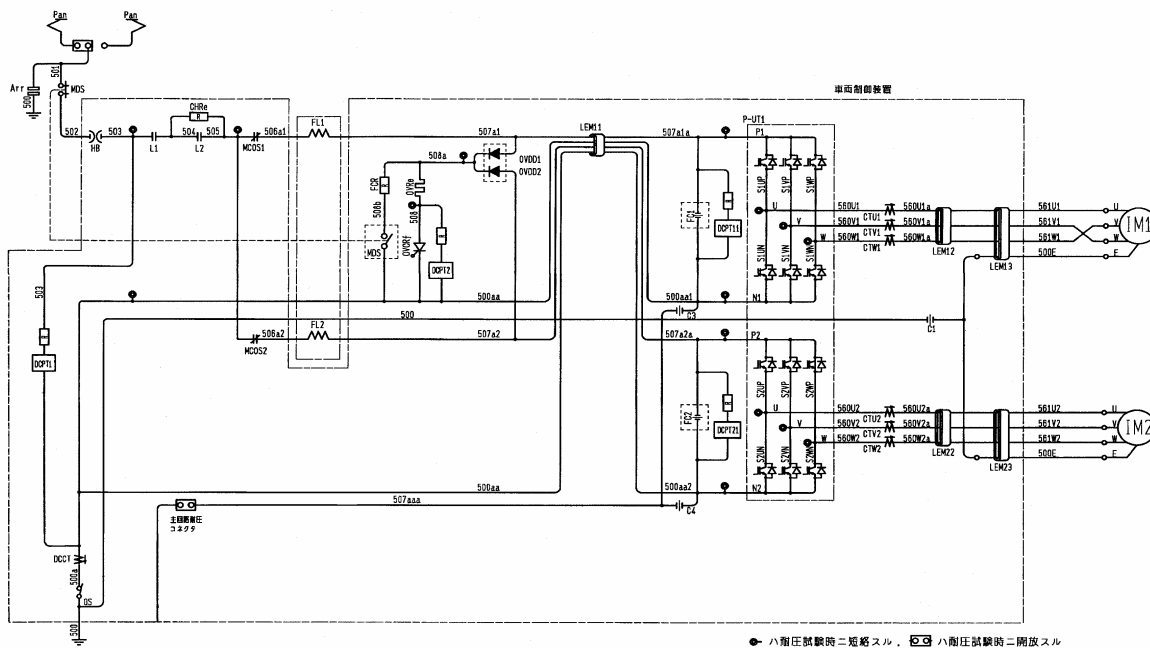


図 2 主回路接続

Fig.2 Traction power circuit schematics

### 3.1 WPC14形VVVFインバータ装置の概要

本装置は、JR西日本では初の高耐圧 IGBT 素子を使用した車両用2レベルインバータである。主電動機1台を制御するVVVFインバータ2組が1台の箱に構成されているが、インバータを4組まで搭載できる構造（準備工事）としている。

本装置の性能は運転台に設置された性能選択スイッチによる車両性能切り換えに対応しており、小浜線での運転の他に207系、221系および223系との併結運転が可能である。

VVVFインバータ外観（正面）を図3に示す。

また、VVVFインバータ外観（裏面）を図4に示す。

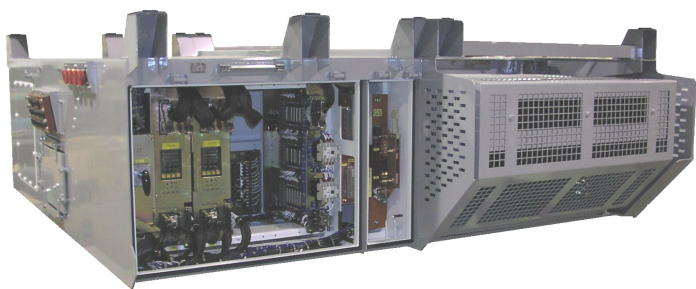


図3 VVVFインバータ外観（正面）

Fig.3 VVVF Inverter (front view)

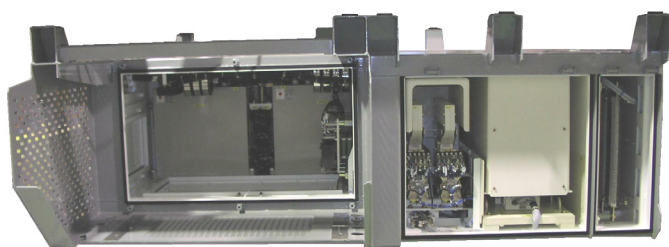


図4 VVVFインバータ外観（裏面）

Fig.4 VVVF Inverter (rear view)

### 3.2 VVVFインバータ装置の特徴

- (1) VVVF装置構成について  
遮断器類を内蔵した一体箱構造である
- (2) 遮断器類の選定について  
高速度遮断器および単位スイッチは補助電源装置と部品を統一しメンテナンス性向上を図っている
- (3) パワーユニットについて
  - ① 補助電源装置に使用するパワーユニットと共用
  - ② 高耐圧 IGBT 素子を使用した2レベルインバータ
  - ③ 1 台の冷却器上にインバータ2群を搭載した構成
  - ④ 完全スナバレス回路
  - ⑤ 長い光ケーブルを使用しない電気ゲート信号方式
- (4) 制御ユニットについて
  - ① 補助電源装置（S I V）と共通
  - ② VVVF用とS I V用のソフトウェアが共に組み込まれている
  - ③ 制御ユニットを装置本体に組み込むとVVVF用とS I V用および群を自動判別する
  - ④ 制御に必要な電源装置を内蔵した電源一体形
- (5) インバータ制御について

インバータ制御はハイブリッドベクトル制御とし、インバータをPG検知速度で起動した後はベクトル演算による推定速度を使用した出力制御を行なっている。現車試験による力行運転時オシロを図5、回生運転時のオシロを図6に示す。

また、応答の速い推定速度を用いた空転・滑走検知と外乱オブザーバでの接線力推定により、乗り心地のよい再粘着制御を行なっている。

### 3.3 VVVFインバータ装置の冗長性について

1台のインバータ故障時においても力行可能とするため、1M1C（個別制御）方式とし、主電動機1個単位で開放可能。

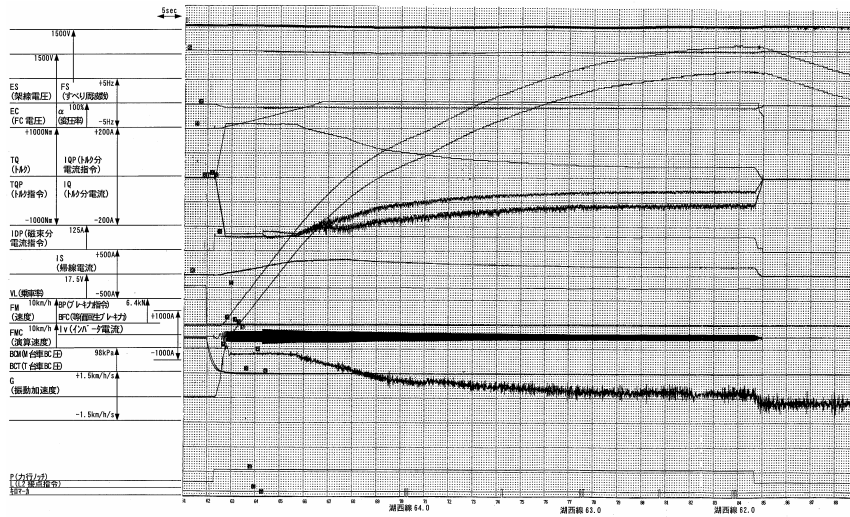


図5 停止から120km/hまでの力行試験オシロ  
Fig.5 Results of powering test

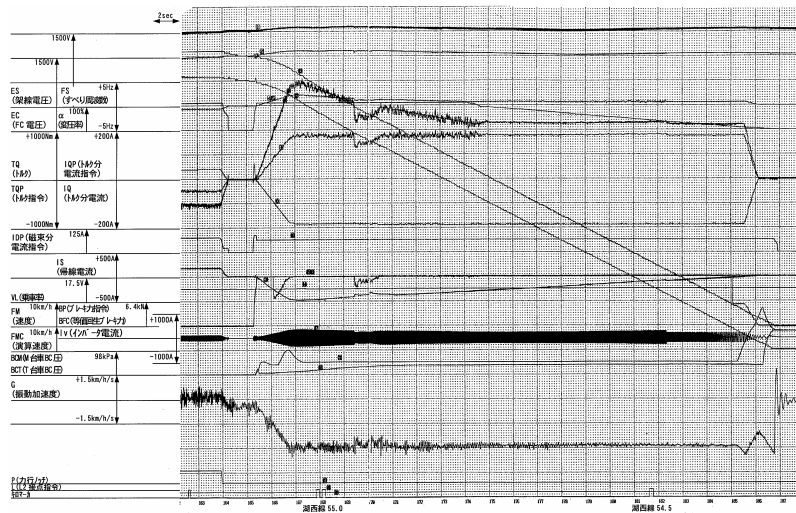


図6 120km/hから停止までの回ブレーキ試験オシロ  
Fig.6 Results of braking test

#### 4. WSC39形補助電源装置 (SIV)

SIV接続を図7に、SIV主要諸元を表3に示す

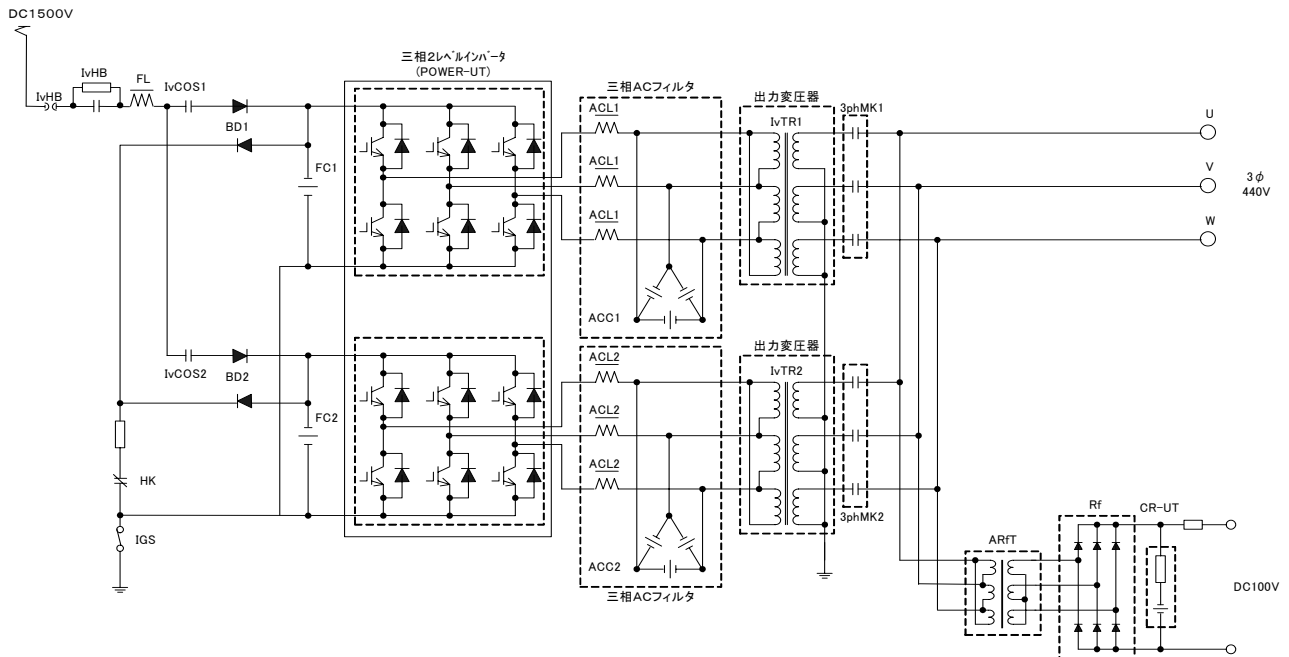


図7 SIV接続

Fig.7 SIV power circuit schematics

表3 SIVシステム主要諸元

Table 3 Main features of SIV system

項目		仕様		
1. 方式	(1) 主回路方式	ダイレクト変換2レベルインバータ (2群形、並列運転方式)		
	(2) 制御方式	PWM制御による出力電圧制御		
	(3) 冷却方式	自然冷却方式 (ヒートパイプ冷却)		
2. 入力	(1) 定格電圧	DC1500V		
	(2) 電圧変動範囲	性能保証: DC900V~1800V 動作保証: DC850V~2400V		
	(3) 定格入力電流	DC76A		
3. 出力	(1) 定格容量	120kVA		
	(2) 定格電流	157A		
	(3) 負荷責務	DC1500V時: 120kVA 連続		
	(4) 過負荷責務	DC1500V時: 240kVA 10秒間		
	(5) 出力の種類	三相交流4線式	直流	
	(6) 定格電圧	AC440V	DC100V	
	(7) 定格出力	120kVA	10kW	
	(8) 負荷力率	85% (遅れ)	-	
	(9) 電圧精度	±5% (DC900V~DC1800V時)	+5% ~ -10%	
	(10) 周波数	60Hz ±1%	-	
	(11) 歪率	性能保証時: ±5%以下 動作保証時: ±10%以下	-	
	(12) 電圧瞬時変動	±10% (入力電圧DC1500Vで70%⇔100%負荷変動時) (定格負荷でDC1500V⇔1800V入力電圧変動時)		
	(13) 同上整定時間	1サイクル以内		
4. 使用条件	(1) 周囲温度	-10°C ~ +40°C		
	(2) 湿度	90%以下 (但し、結露なきこと)		
	⑤ 制御電圧	① 定格電圧	DC100V	
		② 電圧変動範囲	DC70V ~ 110V	
③ 所要容量		0.8kW (起動時4kW 100msec) 2群分		
5. その他	(1) 騒音	65dB (Aレンジで1m離れた地点) 以下 目標値		
	(2) 効率	90%以上 (DC1500V 100%負荷時)		
	(3) 非停電離線時間	60mSec (DC1500V 100%負荷時)		

#### 4.1 補助電源装置（SIV）の概要

従来の補助電源装置では給電区分単位でSIVが搭載され、故障発生時には電源誘導処置を必要とした。

本システムでは、インバータが1台停止しても、並列同期運転または、待機二重系を採用した為、運転継続が可能となり、冗長性の高いシステムとなっている。

補助電源装置外観（正面）を図8に示す。

また、補助電源装置外観（裏面）を図9に示す。



図8 補助電源装置外観（正面）

Fig.8 SIV Inverter (front view)



図9 補助電源装置外観（裏面）

Fig.9 SIV Inverter (rear view)

#### 4.2 補助電源装置（SIV）の特徴

- (1) SIV装置構成について  
遮断器類およびトランスフィルタ類を内蔵した一体箱構造である
- (2) 遮断器類の選定について  
高速度遮断器および単位スイッチはVVVF装置と部品を統一しメンテナンス性向上を図っている
- (3) パワーユニットについて
  - ① VVVF装置に使用するパワーユニットと共用
  - ② ダイレクト変換2レベルIGBTインバータ
  - ③ ひとつの冷却器に2インバータ用IGBT素子を搭載した構成
  - ④ 完全スナバレス回路
  - ⑤ 長い光ケーブルを使用しない電気ゲート信号方式
- (4) 制御ユニットについて
  - ① VVVF装置に使用する制御ユニットと共用
  - ② VVVF用とSIV用のソフトウェアが共に組み込まれている
  - ③ 制御ユニットを装置本体に組み込まれるとVVVF用とSIV用および群判別する方式
  - ④ 制御に必要な電源装置を内蔵した電源一体形

#### 4.3 補助電源装置の冗長性について

補助電源装置は2つのインバータ回路にて構成しており、三相出力変圧器の二次側で各々のインバータ出力を並列接続している。

並列運転方式を採用することにより、ひとつのインバータが停止した場合においても給電を継続できる冗長性の高いシステムとしている。

なお、SIV装置内の設定により、待機二重系のシステムに切替えて運転を行うことが可能である。

- (1) 並列運転方式について  
各インバータで横流を検出し、横流を有効電流と無効電流に分離し、位相制御・電圧制御にて横流を0とすることにより並列制御する方式である。  
**図10**に三相並列運転状態から片群のみ強制的に故障を発生させた場合に再起動にて三相幹線再併入動作のオシロを示す。片群停止状態であっても幹線が無停電化されていることを確認した。
- (2) 待機二重系方式について  
2群のインバータ回路の内、片群を運転状態、もう片群を待機状態とし、運転側のインバータが故障等により運転継続が不可能な場合は、待機側のインバータが起動し、三相幹線を給電するものである。  
**図11**に待機二重系で片群運転状態から強制的に故障を発生させた場合に待機群にて給電するオシロを示す。

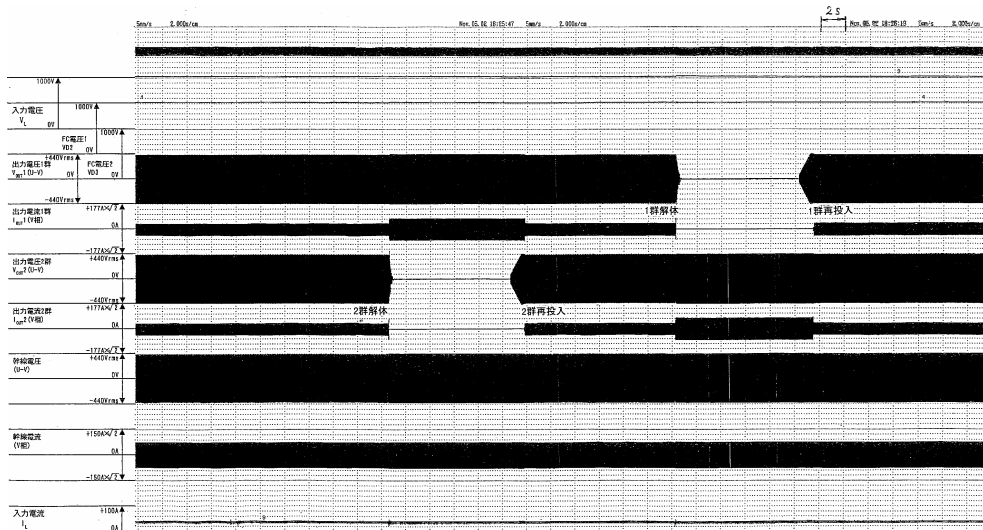


図 10 並列再投入試験 オシログラム  
Fig.10 Oscillogram of parallel Re-injection

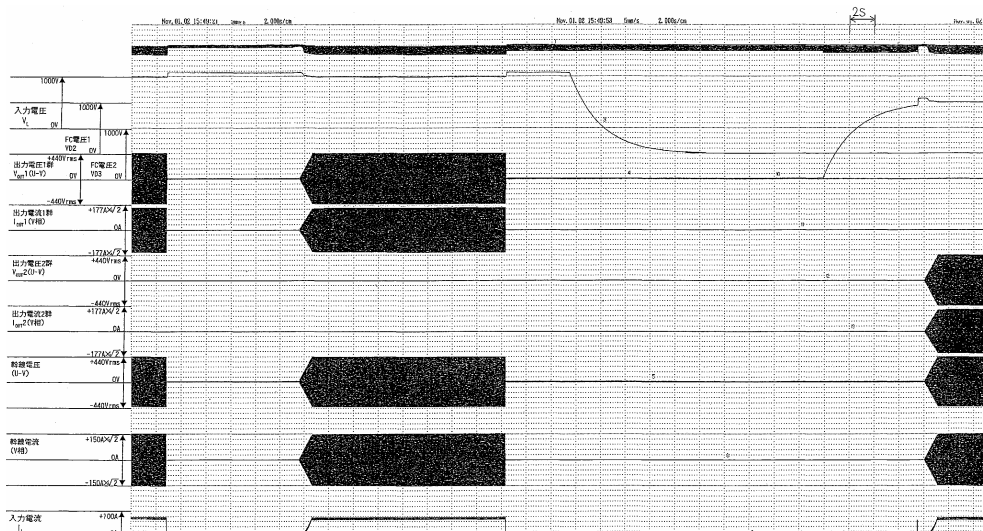


図 11 待機二重系動作確認試験 オシログラム  
Fig.11 Oscillogram of Standby Double System Operation

## 5. むすび

J R 西日本が地方電化区間用に開発した一般直流125系電車は2003年3月より、小浜線に投入され順調に稼働している。

この車両は、ローカル線と呼ばれる地方の電化線に投入する車両である。

既に加古川線に投入することが決定している。

J R 西日本の路線は、ローカル区間が多くあるため、更にいろいろなローカル線から要望される車両となることを期待している。

最後に、この125系車両制御装置（VVVFインバータ装置・補助電源装置）システムの完成に多大なご指導を賜った西日本旅客鉄道株式会社、三菱電機株式会社、ご協力頂いた関係メーカー各位に厚くお礼申し上げます。

---

## 執筆者略歴



### 星 吉輝

1986年入社。相模工場鉄道設計部にて車両用VVVFインバータ装置の開発設計に従事。本社鉄道本部技術部を経て、現在営業本部技術グループ大阪駐在に所属、車両システムエンジニアリングに従事。



### 松本 哲也

1992年入社。相模製作所鉄道工場設計部にて車両用制御装置設計、制御用プログラム設計に従事。現在生産本部横浜製作所交通設計グループ制御器設計チームにて走行システムに従事。



### 平井 宏

1991年入社。相模製作所鉄道工場設計部にて車両用補助電源装置のシステム設計に従事。同開発部にて補助電源装置の開発を経て現在生産本部横浜製作所交通設計グループ制御器設計チームにて電源システム設計に従事。