

箱根登山鉄道株式会社3000形用電機品

Electric Equipment of Series 3000 train for THE Hakone Tozan Railway Co., Ltd.

1. まえがき

箱根登山鉄道株式会社では、「伝統と現代性を併せ持ち、箱根の風景に溶け込むデザイン」をコンセプトにした新型車両3000形を2両導入する。

今回導入する3000形電車はVVVFインバータ制御を採用し、省エネルギー・省メンテナンス化を図った車両である。

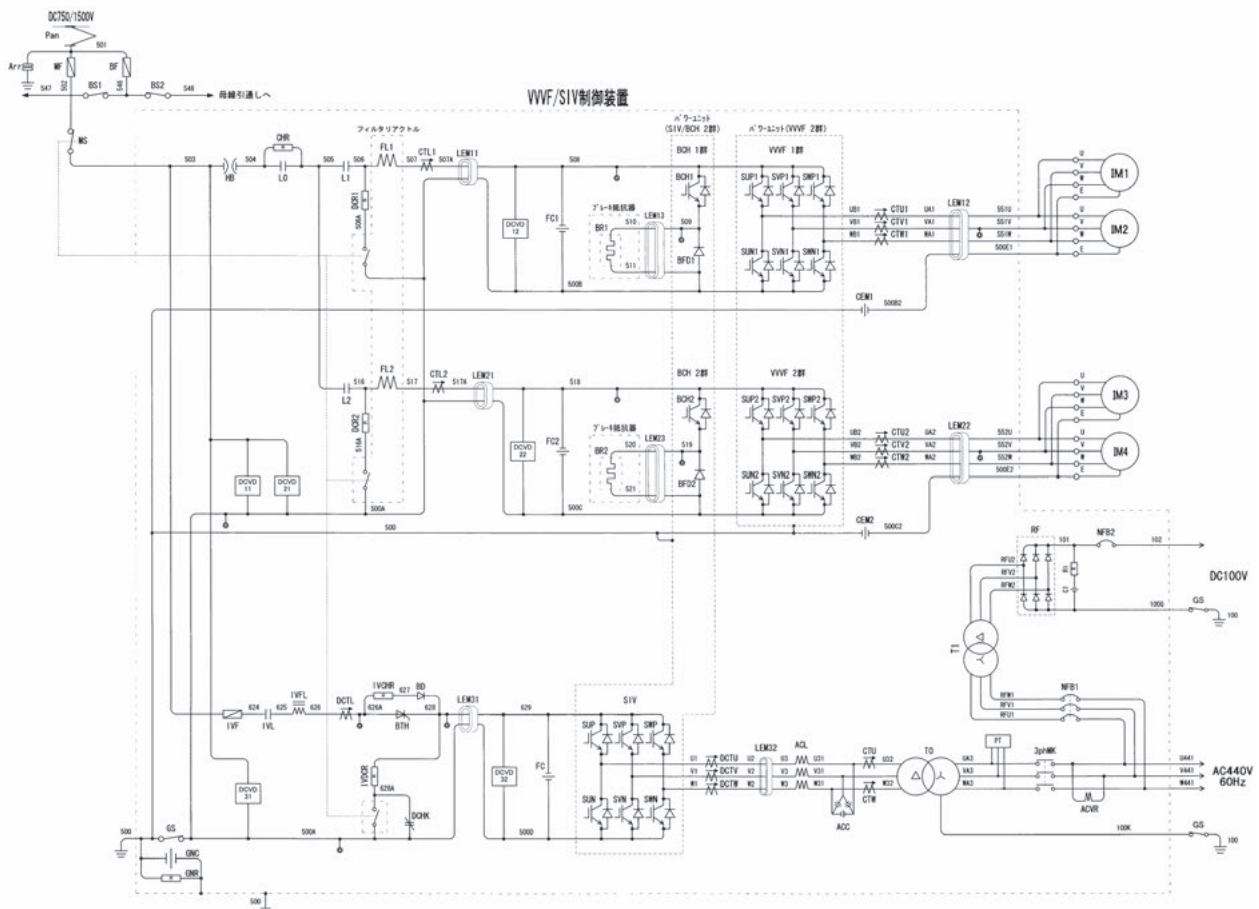
新型車両の外観を図1に、主変換装置(VVVF/SIV装置)の回路接続を図2に、車両の主要諸元を表1に示す。

当社は、3000形電車用の電機品として、主変換装置(VVVF/SIV装置)、主電動機、駆動装置、主幹制御器、集電装置等の電機品を納入した。

以下に納入した主な電機品について紹介する。



■ 図1 車両外観
Fig.1 Appearance of vehicle



■ 図2 主回路接続
Fig.2 Main circuit diagram for Propulsion system

■ 表1 車両主要諸元
Table1 Major features of vehicle

項目	仕様
車両編成	単車 cMc
車両質量	35.6t
定員	75人
主要寸法	長さ14660mm×幅2574mm×高さ3974mm
軌間	1435mm
最高速度	40km/h(箱根湯本-強羅) 55km/h(入生田-箱根湯本)
直線加速度	1.11m/s ² (4.0km/h/s)
最大減速度	1.11m/s ² (4.0km/h/s) (常用最大) 1.25m/s ² (4.5km/h/s) (非常)
電気方式	架空電車線方式 DC750V(箱根湯本-強羅間) DC1500V(入生田-箱根湯本間)
制御方式	VVVFインバータ制御、回生/発電ブレンディングブレーキ付
主電動機	三相かご形誘導電動機
駆動方式	WN継手平行カルダン方式
補助電源	IGBT静止形インバータ方式
集電装置	シングルアーム方式パンタグラフ

2. 納入機器概要

当社納入の主な主回路機器の概要を表2に示す。

■ 表2 主回路機器構成
Table2 List for equipment

項目	仕様
VVVF/SIV装置 (ATR-H450-RG6025A)	主制御部: IGBT使用2レベル電圧形PWMインバータ ハイブリッドベクトル制御によるVVVF制御 回生/発電ブレンディングブレーキ 1C2M×2群 補助電源部: IGBT使用2レベル電圧形PWMインバータ CVCF制御 総合出力40kVA
主電動機 (TDK6060-A)	三相かご形誘導電動機 50kW, 550V, 72A

主変換装置は限られた床下スペースに搭載するため小型・軽量化を図り、主制御器用と補助電源用の各機器を一体箱に集約したVVVF/SIV装置としている。

性能は、連続80%急こう配区間を均衡速度20km/h以上で牽引できる性能としている。また、検車区のある入生田まで回送する必要があるため、入生田-箱根湯本間のDC1500V電化区間も運転可能なように、DC750V/DC1500Vの複電圧仕様としている。

電気ブレーキは回生/発電ブレンディングブレーキを採用し可能な限り回生電力を有効に作用させることで省エネ

ギー化を図っている。なお、連続下り急こう配における抑速ブレーキ力を発電ブレーキにて全負担可能としている。

また、新型3000形電車は、単行での走行のほか、3000形電車同士を併結した2両運転、既存2000形電車の2両固定編成と併結した3両運転が可能である。

2.1 VVVF/SIV装置 (RG6025-A-M)

主制御器部(VVVF部)は、主電動機2台を一括制御する1C2MのVVVFインバータを2群もつ構成とし冗長系を確保している。

装置の小型化を考慮し、高速度遮断器、単位スイッチ、フィルタリアクトル等も一つの箱に収めている。

主回路はIGBTを使用した2レベル電圧形PWMインバータ方式で、シンプルな構成により高信頼化・高効率化を図っている。IGBTの冷却方式は走行風自冷式としている。

主電動機駆動制御は、ハイブリッドベクトル方式を採用し、速度センサと速度センサレス制御を併用したトルク制御を行い、システムの信頼性向上と高応答空転・滑走制御による粘着性能向上を実現している。ゲート制御部は各種電源とインターフェイス回路を内蔵・一体化したユニットとして、機器構成を簡素化・高信頼化している。

補助電源部(SIV部)は、CVCFインバータ1群構成で、総合出力40kVAの静止型補助電源装置をVVVF装置と一体箱構成として装置を小型化している。

SIV回路方式はIGBTを使用した直接変換方式の2レベルPWMインバータで、直接変換形インバータ方式とすることでシンプルな回路構成とした。

定格入力DC1500V/DC750V(複電圧)、定格出力はAC440V、3相、60Hz、容量:40kVA(DC100V、4kW含む)としている。

SIVの制御は瞬時値制御を行うことで、2種類の電圧区間においても常に安定した三相出力電圧を出力する。

複電圧にはVVVF部、SIV部ともにPWM制御で対応することにより、切換器等の機器を省略し、小型・軽量化を実現した。

また、出力制御演算とゲート指令を行う制御ユニットはVVVF部とSIV部で共通品となっている。

補助電源(SIV)部の主要諸元を表3に示す。

高速度遮断器は、デアイオングリッド方式のアーケレスタイプを採用することにより保守の低減を図っている。

主変換装置の外観を図3に示す。

2.2 フィルタリアクトル(L3048-A)

定格4mH、120Aの空芯リアクトル2組を自然冷却方式の外箱に納めている。

フィルタリアクトルの外観を図4に示す。

■ 表3 補助電源装置の主要諸元
Table3 Specification for SIV

項目		仕様	
方式	回路方式	ダイレクト変換2レベルインバータ方式	
	制御方式	PWM制御による出力電圧制御	
	冷却方式	自然冷却方式(ヒートパイプ方式)	
入力	定格電圧	DC750V・DC1500V	
	電圧変動範囲	DC500V～900V・DC930～1800V	
出力	定格容量	40kVA	
	定格出力電圧	三相 AC440V	直流 DC100V
	定格出力	36kVA	4kW
	出力周波数	60Hz±1Hz	-
	歪率	5%以下(DC750V時) 10%以下(DC1500V時) (定格点にて)	-
	負荷力率	0.8遅れ	-
	電圧精度	±5%	+5%, -10%



■ 図3 主変換装置(VVVF/SIV装置)外観
Fig.3 VVVF/SIV equipment

2.3 主電動機(TDK6060-A)

主電動機は、3000形電車向けに新設計された自己通風方式の三相かご形誘導電動機である。

駆動方式はWN継手式平行カルダン軸駆動方式を採用しており、主電動機は台車に装荷される。



■ 図4 フィルタリアクトル外観
Fig.4 Filter reactor

定格は1時間定格50kWで、主電動機特性に合った軽量化を図っている。また、かご形誘導電動機とすることで省メンテナンスを可能にしている。

主電動機の軸受構造はグリース潤滑方式で、絶縁軸受を採用している。さらに、速度センサが反駆動側の軸端に取り付けられた構造となっている。

定格一覧を表4に、外観を図5に示す。

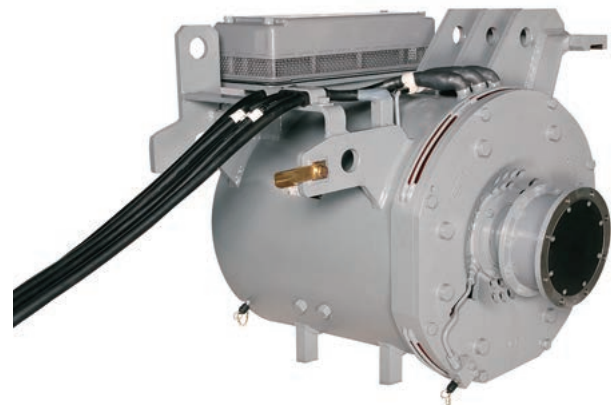
2.4 駆動装置(KD113-A-M)

駆動装置は歯車型継手を用いた平行カルダン駆動方式で、歯車装置ははずば歯車による一段減速方式である。歯車の諸元は、歯車比は111/14=7.93、モジュール5mm、中心間距離338mm、ねじれ角21.5°である。

歯車箱は上下分割構造で、分解しやすい形状となっている。材質には騒音・振動の低減が期待できる球状黒鉛鋳鉄(FCD)

■ 表4 主電動機定格
Table4 Specification for Traction motor

項目	仕様
方式	三相かご形誘導電動機
駆動方式	平行カルダン軸駆動
通風方式	自己通風式
定格の種類	1時間
出力	50kW
電圧	550V
電流	72A
周波数	26Hz
極数	4
回転速度	765min ⁻¹
すべり	2.1%
効率	90.5%
力率	80.5%



■ 図5 主電動機外観
Fig.5 Traction motor

を採用した。

軸受は、大歯車側が円錐ころ軸受による片持ち支持で、小歯車側が円錐ころ軸受による両持ち支持で、大歯車がかきあげた潤滑油による飛沫潤滑方式である。

歯車箱は防振ゴムを介して吊りリンクにより台車に対して垂直に支持され、主電動機軸と小歯車軸との相対高さ調整を歯車装置側防振ゴムの上下に組み込まれたライナを入れ換えることにより行う。

歯車装置には接地装置が設けてあり、車軸に圧入された集電環にメタリックカーボン製ブラシをコイルばねにより接触させて車軸軸受や歯面などの電食を防止している。

駆動装置の外観を図6に示す。



■ 図6 駆動装置外観
Fig.6 Driving Gear Unit

2.5 ブレーキ抵抗器 (R2157-A-M)

発電ブレーキ時(ブレーキチョップ動作時)に使用するブレーキ抵抗器で、屋根上に設置しカバーで覆う構造としている。3箱1ブロック×2群の構成となっている。

ブレーキ抵抗器の外観を図7に示す。



■ 図7 ブレーキ抵抗器外観
Fig.7 Brake Register

2.6 主幹制御器・ブレーキ設定器

主幹制御器は、力行3段・切位置1段・抑速3段、ブレーキ設定器は、常用ブレーキ7段・非常ブレーキ1段・ユルメ位置1段の横軸型ツーハンドル方式となっている。

ハンドル形状、機構は既存車とほぼ同様としている。

主幹制御器の外観を図8に示す。



■ 図8 ブレーキ設定器・主幹制御器
Fig.8 Brake controller・Master controller

2.7 パンタグラフ (PT7169-A-M)

集電装置は、小型・軽量化および保守の軽減を目的としたシングルアーム形パンタグラフである。

パンタグラフの仕様を表5に、外観を図9に示す。

■ 表5 パンタグラフ仕様
Table5 Specification of pantograph

項目	仕様
形式	PT7169-A
枠形状	シングルアーム式
動作方式	バネ上昇・空気下降
標準押上力	54N ±2N
操作空気圧	290kPa ~ 690kPa
すり板	焼結銅合金
作用高さ	がいし下面より
折り畳み	400mm +0mm, -10mm
最低作用	500mm
基準作用	1300mm
最高作用	2000mm
突き放し	2100mm ±30mm



■ 図9 パンタグラフ外観
Fig.9 Pantograph

2.8 戸閉装置(Y6-1000AR)

戸閉装置は片開き用空気式で、シリンダ部、エア調整弁、電磁弁、戸閉スイッチ等をユニット化して省スペース・省メンテナンス化を図っている。

3. むすび

以上、3000形電車用に納入した主回路電機品の概要について紹介した。本システムを搭載した新型車両は、各種性能試験を実施した後、平成26年11月より営業運転を開始する予定である。

最後に、本システムの完成にあたり多大なご指導を賜った、箱根登山鉄道株式会社、ならびにご協力いただいた関係各位に厚く御礼申し上げます。



■ 試運転中の3000形電車(早川橋梁)
Series 3000 train test run (Hayakawa bridge)