

ロサンゼルス交通局P3010 LRV電機品

Propulsion System for Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority P3010 LRV

Toyo Denki Seizo K.K. supplied a propulsion system for P3010 Light Rail Vehicle(LRV) of Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority(LACMTA). The propulsion system includes a propulsion inverter, a high speed circuit breaker(HSCB), a knife switch box, a line reactor, a brake resistor, traction motors, gear units and couplings.

The propulsion inverter is an IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor) based VVVF(Variable Voltage Variable Frequency) inverter. The equipment drives two(2) traction motors and controls motor torque by speed-sensor-less vector control technology. One(1) HSCB is equipped with a LRV to protect two(2) propulsion systems on the vehicle. The line reactor is a “four-pole” type including two(2) inductors in a box. The brake resistor is mounted on the roof for dynamic braking. The traction motor is a three-phase squirrel type induction motor. Speed sensors are equipped with the traction motor for brake system and no-motion detection in accordance with the customer’s requirement specification. The gear unit is a double reduction type gear unit, which is made of aluminum.

All equipment is manufactured and/or assembled in the US in accordance with the Buy American Act. Additionally, the equipment and the propulsion system are qualified in accordance with the international standards.

北野 功
Isao Kitano

奥津 正
Tadashi Okutsu

澤村 健一
Kenichi Sawamura

藤本 和樹
Kazuki Fujimoto

1. まえがき

ロサンゼルス交通局(LACMTA)は、ロサンゼルスにおける交通渋滞対策として、LRV路線ネットワークの拡大と、車両の大幅な増備を進めており、当社は、そのLRVの走行システム(Propulsion System)を納入した。当社の主な納入範囲は、VVVFインバータ装置、高速度遮断器(HSCB)、フィルタリアクトル、ブレーキ抵抗器、主電動機、駆動装置および継手である。

車両は、2車体の接続車両であり、両車端寄りの2つの台車が駆動台車で、中間の接続台車が付随台車である。本LRVは、いわゆる高床式と呼ばれる車両で、電機品は基本的に床下にぎ装されるが、集電装置、高速度遮断器(HSCB)およびブレーキ抵抗器は屋根上に実装される。

集電装置およびHSCBがLRV 1編成につき各1台搭載されるのに対して、VVVFインバータ装置は各車体に1台ずつ、LRV 1編成当たり2台実装される。営業運転では、LRVが最大3編成連結される。本LRVは、LACMTAが運行するLRV路線のすべて(Blue Line, Green Line, Gold LineおよびExpo Line)を走行可能である。

以下に当社が納入した電機品について解説する。

2. 車両諸元

P3010 LRVの車両主要諸元を表1に示す。

■ 表1 車両主要諸元

Table1 Specification of vehicle

項目	仕様		
車両編成	A Car -B Car		
車両重量および荷重	車両状態	荷重	総重量
	AW0	0.00t	46.27t
	AW2	11.83t	58.10t
	AW3	14.97t	61.24t
営業最高速度	105km/h (65 mph)		
設計最高速度	113km/h (75 mph)		
直線加速度	3.0mph (1.34m/sec ²) ※AW2		
最大減速度	3.5mph (1.56m/sec ²) ※AW3常用最大		
電気方式	DC750V 架空電車線方式		
軌間	1435mm (標準軌)		
制御電源電圧	DC28.5V		
制御装置	IGBT-VVVFインバータ (2M1C制御)		
主電動機	三相かご形誘導電動機		



■ 図1 車両外観

Fig.1 Exterior of vehicle

3. VVVFインバータ装置および主回路機器

主回路システムはVVVFインバータ装置、高速度遮断器、ナイフスイッチ、フィルタリアクトル、ブレーキ抵抗器、主電動機から構成されている。主回路システムの機器構成を表2に、主回路接続図を図2に、装置の外観を図3から図5に示す。

■ 表2 主要機器構成
Table2 System configuration

項目	仕様
インバータ装置	RG6022-A-M型 IGBT 2レベル電圧型インバータ (FAN冷却式) ベクトル制御によるVVVF駆動制御
高速度遮断器	SA416-A-M型 定格900V 1000A電磁式
ナイフスイッチ	S1243-A-M型 4ポジション 定格900A
フィルタリアクトル	L3052-A型 1.25mH+0.50mH 445A
ブレーキ抵抗器	R2155-A-M 0.92 ohm (室温)
主電動機	TDK6483-A 後述

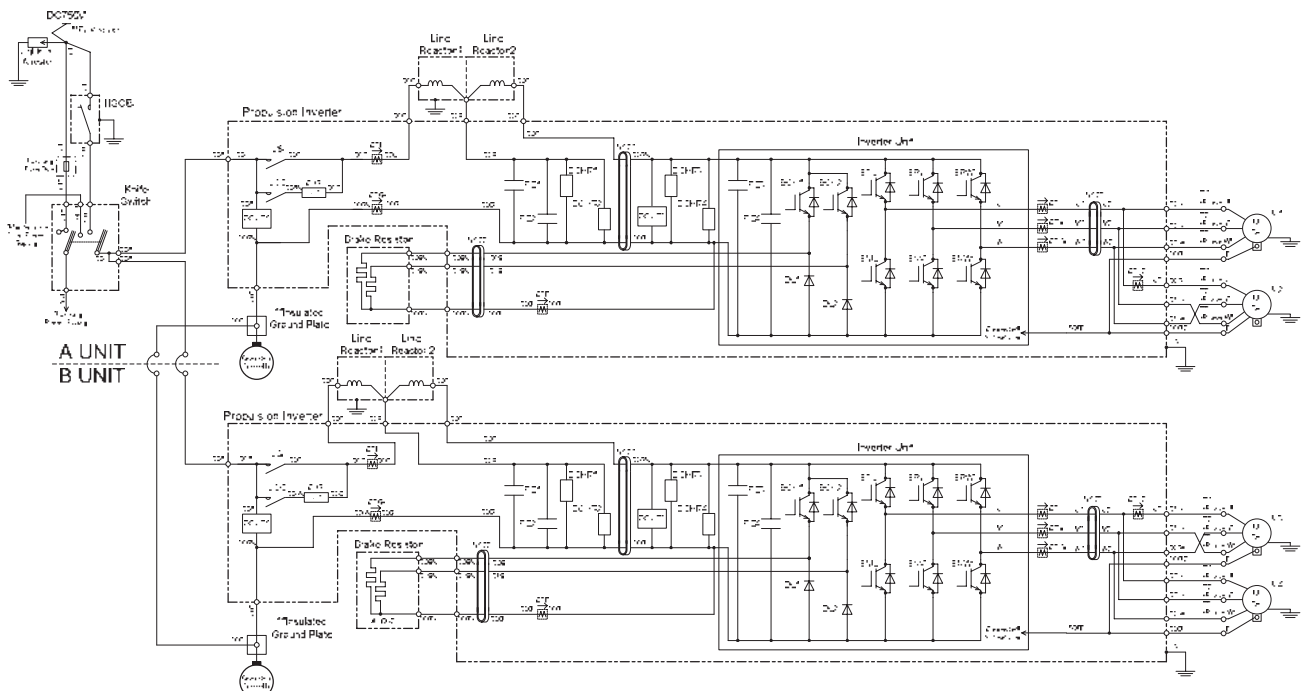
インバータ装置は150kWの主電動機2台を駆動する。主回路構成はIGBT素子を使用したファン冷却方式の2レベル電圧型インバータである。制動中の電気ブレーキ負担率をスペック要求どおりとするため、1700V2400A1in1素子を使用し電気ブレーキ負担割合の増大化に対応している。インバータ制御はPG付センサレスベクトル制御であり、きめ細かいトルク制御と空転滑走時や架線電圧急変等の外乱に対し高速に検知、追従制御を行っている。

ブレーキ時は回生/発電ブレンディングブレーキを採用し、安定した電気ブレーキ力と可能な限り回生ブレーキを動作させ、車両システムとしての省エネルギー化を実現している。

制御指令はIEC61375-1に対応したMVB(Multifunction Vehicle Bus)に対応した制御伝送にて動作する。このためぎ装線の大幅な削減やリレー類の無接点化を達成している。また、保護情報や保護データ等はIEC61375-5に対応するEthernet通信を使用したMDS(Monitor and Diagnostic System)により車両システム側に伝送されるシステムとなっている。

フィルタリアクトルは厳しいEMC規定に対応するため2段方式となっておりインバータ装置内のフィルタコンデンサとの組み合わせにより2段フィルタを構成している。

高速度遮断器はアークレス方式で、樹脂箱単体で屋根上に設置される。米国案件であるため樹脂箱はNFPA130に対応した素材を使用している。



■ 図2 主回路接続図
Fig.2 Main power circuit diagram

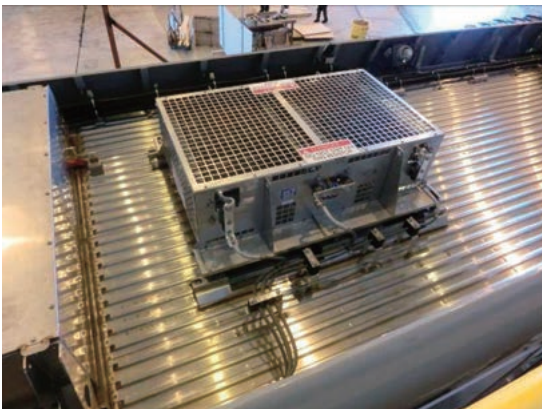
ナイフスイッチボックス、補助電源装置用ヒューズボックスも納入品となっている。いずれも樹脂箱製でありNFPA130に対応した素材とする必要がある。今回は海外生産比率を高めることを目的とし、米国現地のメーカ製樹脂とした。



■ 図3 VVVFインバータ装置
Fig.3 Propulsion inverter



■ 図4 高速度遮断器ぎ装状態
Fig.4 Mounted condition of HSCB



■ 図5 ブレーキ抵抗器
Fig.5 Brake resistor

4. 主電動機

主電動機は、自己通風タイプの三相かご型誘導電動機であり、主要な諸元を表3に外観を図6に示す。

■ 表3 主電動機諸元
Table3 Specification of traction motor

項目	仕様
定格容量(連続)	145kW
定格電圧	550V
定格電流(連続)	203A
定格回転数	2221rpm
質量	575kg

主電動機は自己通風形である。緩衝ゴムを介して駆動装置に、モータサスペンションを介して台車枠に固定されており、駆動装置との間の変位は、これらの部品によって吸収されている。

主電動機上部には端子台が設置されており、ぎ装配線と「握手端子」を介して接続される。

主電動機には速度センサが実装されている。海外では一般的な電源供給タイプでシム等での位置調整が不要な速度センサであり、保守性を向上させている。



■ 図6 主電動機
Fig.6 Traction motor

5. 駆動装置

歯車装置は、はずば歯車対による2段減速で歯車比は6.43である。

主電動機からの出力トルクは歯車継手を介して歯車装置の小歯車軸に入力される。最終段の大歯車は中空軸構造で、車軸がなくても歯車装置の組み立てが可能な構造となっている。

小歯車軸、中間軸および中空軸は歯車箱からベアリングを介して保持される。

歯車箱は、軽量化を目的にアルミニウム合金製を採用している。一体型歯車箱側面大蓋構造を採用することにより、潤滑性能の向上および組立作業性の向上が図られている。

歯車と軸受への潤滑は共通の潤滑油によって行い、大歯車の回転による油案内潤滑方式としている。

歯車箱は防振ゴムを介し、吊り装置により垂直に台車から支持される。また、歯車箱の主電動機側は防振ゴムを介し、主電動機の半分の質量を支持する構造としている。この方式は主電動機軸中心と小歯車軸中心の相対変位を少なくすることができ、小型軽量の歯車継手を採用することが可能となり、台車内の限られた空間に主電動機および歯車装置の配置を可能とした。

歯車装置の外観を図7に示す。



■ 図7 歯車装置
Fig.7 Gear unit

6. むすび

LACMTA P3010 LRVは、現地時間2016年4月5日にGold Lineにて営業運転を開始し、同年5月10日には、Expo Line Extension開業にも投入されている。

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ロサンゼルス交通局(LACMTA)、KINKISHARYO International, L.L.C., 近畿車輛株式会社、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。

執筆者略歴



北野 功
1997年入社。現在、交通事業部海外プロジェクト推進部に所属。海外案件プロジェクトの技術提案に従事。



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



澤村 健一
2006年入社。現在、交通事業部交通工場設計部に所属。鉄道車両用歯車装置・TD継手の開発設計に従事。



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