静岡鉄道株式会社A3000形電車用電機品

Electric equipment of Series A3000 Train for Shizuoka Railway Co.,LTD.

1．まえがき

静岡鉄道株式会社では，「都会的なデザインに一新し，より魅力的な街づくりに貢献すること」を目的として，約40年間にわたり親しまれてきた1000形に代わる新型車両A3000形を導入する。

車体カラーも含め都会的な親しみやすいデザイン，快適な車内，安全性や環境性能の向上を実現した。

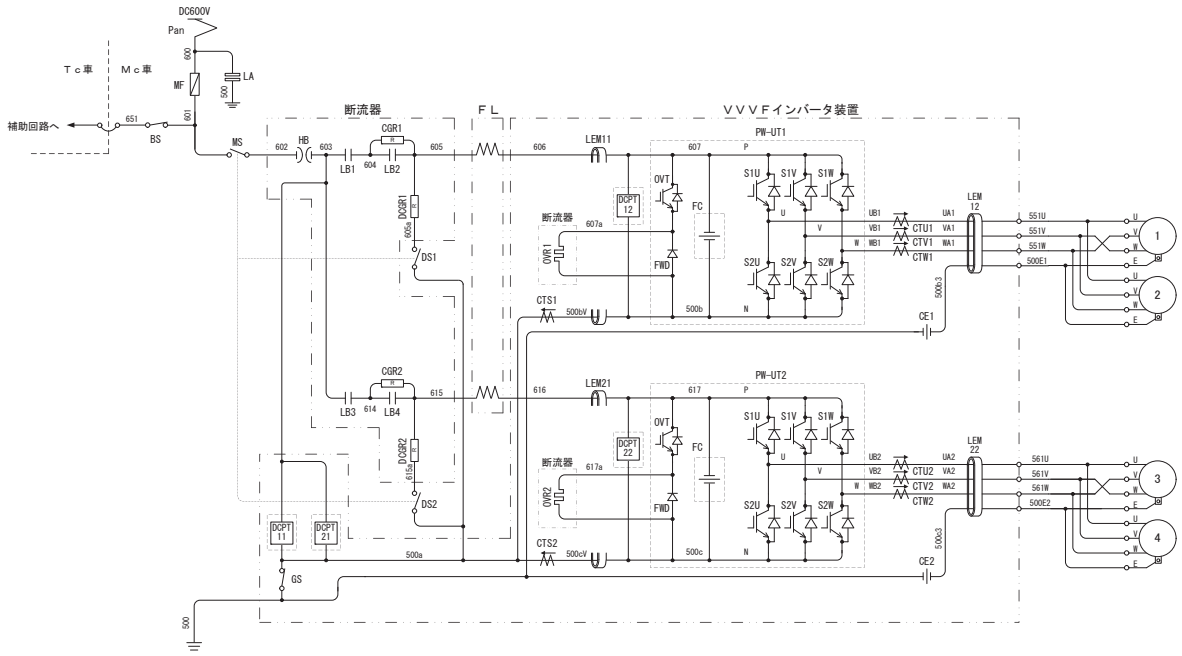
A3000形電車の外観を**図1**，車両主要諸元を**表1**に示す。

当社は，このA3000形電車用電機品として，主回路システム，主電動機，駆動装置，補助電源装置，集電装置等を納入した。以下に納入した電機品について紹介する。

■ 図1 車両外観
Fig.1 Appearance of vehicle

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

項　目	仕　様		
車両編成	1M1T　Mc-Tc		
車両質量および定員	車種	自重	定員
	Mc	34.3t	119人
	Tc	29.5t	119人
車両最大寸法	長さ18000mm×幅2720mm×高さ4050mm（Tc車3991mm）		
最高速度	70km/h　（設計90km/h）		
直線加速度	0.694m/s^2（2.5km/h/s）		
	0.833m/s^2（3.0km/h/s）将来		
最大減速度	0.972m/s^2（3.5km/h/s）（常用最大）		
	1.250m/s^2（4.5km/h/s）（非常）		
架線電圧	DC600V		
制御装置	IGBT-VVVFインバータ（1C2M×２群制御）		
主電動機	全閉内扇形三相かご形誘導電動機　120kW		
駆動装置	TD継手式平行カルダン軸駆動方式　歯数比7.07		
補助電源装置	IGBT-静止形インバータ（待機二重系）　100kVA		
集電装置	シングルアーム形		



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

2．主回路システム概要

主回路システムは，VVVFインバータ装置，断流器箱，フィルタリアクトル，主電動機等の機器で構成されている。

1 MIT編成のため制御単位は1C2M× 2 群の構成とし，冗長系を確保している。

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**に示す。

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

項　目	仕　様
VVVF装置 （RG6033-A-M）	IGBT 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 回生ブレーキ付 1C2M接続×2群
断流器箱 （SA155-A-M）	定格　600/750V 800A 電磁式高速度遮断器　1台 定格　600/750V 800A 電磁式単位スイッチ　4台
フィルタリアクトル （L3059-A）	空芯 乾式自然冷却 DC600V 300A 8mH×２群
主電動機 （TDK6254-A）	三相かご形誘導電動機　全閉内扇方式 120kW 440V 197A

2．1　VVVFインバータ（RG6033-A-M）

主電動機２台を制御するインバータとその制御機器を２群分納めた装置である。インバータは定格3300V 1500AのIGBTを使用した２レベル方式，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，機器構成を簡素化している。

インバータ制御は，ハイブリッドベクトル制御を採用し，空転・滑走制御に対して高速な再粘着制御を実現し，無負荷回生時においても制御停止することはなく，またトルク制御において，PGとPGセンサレスを併用した制御を行っている。VVVFインバータ装置の外観を**図3**に示す。

2．2　断流器箱（SA155-A-M）

断流器箱は，デアイオングリッド消弧式のアークレス遮断を行う電磁式高速度遮断器，断流器として使用するアークレスタイプの小型軽量の電磁式単位スイッチ，主回路充電用抵抗器等を内蔵している。断流器箱外観を**図4**に示す。

また，これらデアイオングリッドの電磁式接触器を使用したことで，がいし吊りの必要がなく保守の軽減が図られている。

2．3　フィルタリアクトル（L3059-A）

定格８mH× ２群，300Aの空芯リアクトルを自然冷却方式の外箱に納めている。外観を**図5**に示す。

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

■ **図4 断流器箱外観**
Fig.4 Line breaker box

■ **図5 フィルタリアクトル外観**
Fig.5 Filter reactor

3．主電動機（TDK6254-A）

主電動機は三相かご形誘導電動機で，省保守・低騒音・高効率化を目的として全閉内扇構造を採用している。今回は，従来機に比較してさらなる小型・軽量化を図っている。

主電動機の定格一覧を**表3**に示す。

従来の鉄道車両用開放形主電動機では，その冷却に自己通風ファンを用いているため，外部への騒音漏えいが大きくなるほか，自己通風により外部から塵埃が侵入して内部を汚損することから，本体から回転子を取り外す分解清掃作業が必要であった。

開放部がなくファンを内蔵する全閉内扇構造を採用することにより，外部への音の漏えいがほどんどなくなり低騒音化が可能となった。また，無論外部からの塵埃の侵入がないため，分解清掃が不要となり長期非分解を可能とした。さらに，軸受の潤滑方式は分解せずに油交換できる油潤滑方式を採用し保守の大幅な軽減を図っている。

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

項　目	仕　様
方式	三相かご形誘導電動機
駆動方式	台車装荷平行カルダン軸駆動方式
通風方式	全閉内扇方式
定格	１時間
出力	120kW
電圧	440V
電流	197A
周波数	60Hz
極数	４極
回転速度	1770min^{-1}
すべり	1.7%
効率	93.5%
力率	85.5%
質量	625kg

各部には損失の少ない材質を採用して高効率化を図り，発熱を抑えるなどして環境への配慮を実現している。

また，搭載した速度センサは１回転60パルス出力の無電源ダブルパルスセンサである。

主電動機の外観を**図６**に示す。

■ 図6 主電動機外観
Fig.6 Traction motor

４．駆動装置（KD367-A-M）

駆動装置はTD継手を用いた平行カルダン駆動方式で，歯車装置は，はす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99：14≒7.07，モジュール６mm，中心間距離370mm，ねじれ角23°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）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，大歯車がかきあげる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。

TD継手は，CFRP製たわみ板を採用している。

駆動装置の外観を**図７**に示す。

■ 図7 駆動装置外観
Fig.7 Driving gear unit

５．補助電源装置（SVM100-4077A）

補助電源装置（以下，本SIVと記す）は，定格容量100kVAの待機二重系を採用している。

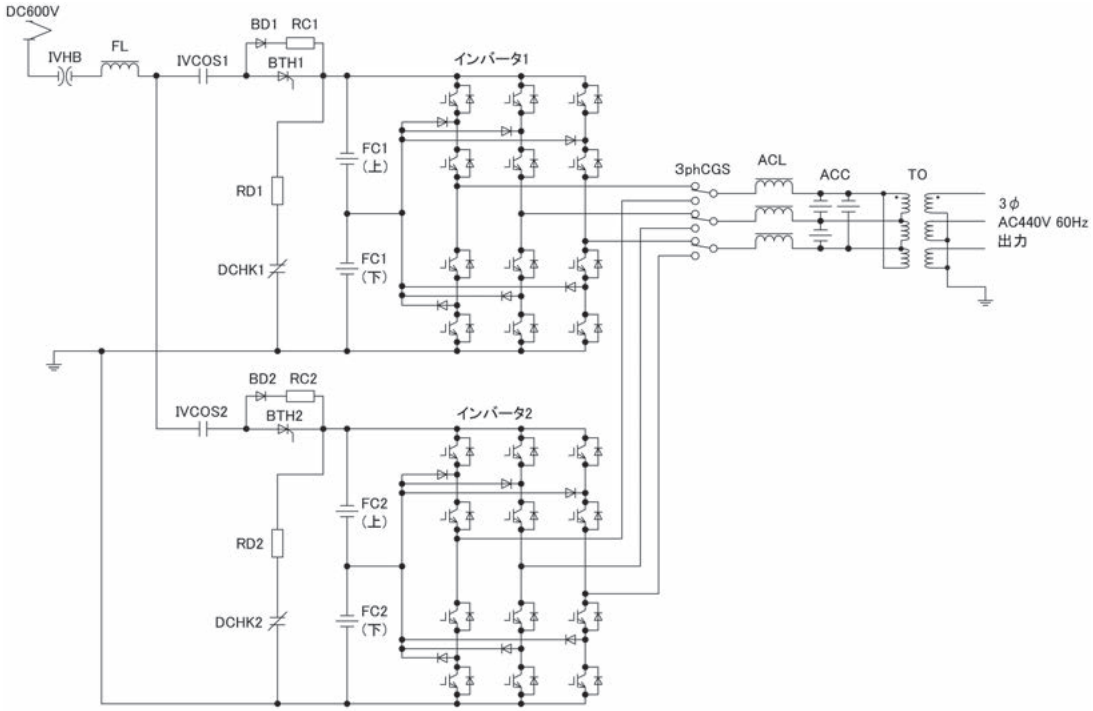
SIVの回路接続図を**図８**に主要諸元を**表４**に示す。

SIV回路方式は，高耐圧IGBTを使用した電圧形インバータで構成し，低騒音化に有利な３レベル方式としている。

待機二重系は，一台のSIVに初充電回路からインバータ出

■ 表4 主要諸元
Table4 Specification for SIV

項　目		仕　様
入力	定格電圧	DC600V
	電圧変動範囲	DC360 ～ 720V
	定格電流	DC154A
交流出力	定格容量	100kVA
	定格電流	AC131.2A
	定格電圧	AC440V
	出力種別	三相交流 （四線式：中性点接地）
	周波数	60Hz
	負荷力率	0.85（遅れ）
	電圧精度	±５％以内 （入力電圧DC420V ～ DC720V） +５％，-10％以内 （入力電圧DC360V ～ DC420V）
	歪率	５％以下
その他	効率	90％以上（定格時）
	騒音	67dB（Aレンジ）



■ 図8 SIV回路接続図
Fig.8 Power circuit diagram

力部および制御回路部を二台搭載しており，故障時にはインバータ出力部の切替器により群を切り替えることで正常にインバータを動作させ，電力を供給する冗長性を持った補助電源システムである。

なお，正常時は，運転率の平準化のため月毎に運転する群を自動切り替えしている。

この待機二重系は，電子機器以外の故障率の低い高速度遮断器，リアクトル，トランス等の部品を共通化することで，システム全体の小型化を実現している。

また，単機SIVでは故障時に空気圧縮機が停止し救援運転が必要であるのに対し，待機二重系SIVは運転群のインバータ故障時において群を自動切り替えし，運用継続が可能となるため，安全性向上・サービス向上につながっている。

本SIVは，SIVスイッチ・ヒューズ箱，高速度遮断器，インバータ装置，トランスフィルタ装置で構成されている。

5．1　SIVスイッチ・ヒューズ箱(S1173-U-M)

SIVスイッチ・ヒューズ箱は，高圧回路開放用・コンデンサ放電用スイッチとヒューズにより構成されている。

5．2　高速度遮断器(SA419B-A-M)

高速度遮断器(IVHB)の採用により，主回路構成をシンプルにしている。

デアイオングリッドによる遮断アーク処理方法を採用することで，本体外部へのアークの漏出をなくしている。

また，がいし吊りの必要がなく保守の軽減が図られている。

高速度遮断器箱の外観を図9に示す。

■ 図9 高速度遮断器箱外観
Fig.9 High speed circuit breaker box

5．3　SIVインバータ装置(RG4077-A-M)

インバータ装置は正面右端より制御ユニットと継電器類，パワーユニット，初充電用サイリスタユニット，入力開放用接触器，三相切替器，交流フィルタリアクトルが配置されている。

ぎ装配線側には，直流フィルタコンデンサ，交流フィルタコンデンサ，充放電抵抗器，放電用接触器等が収納されている。

制御ユニットには，SIVを制御する機能のほかに機器モニタ機能および車両情報装置との伝送機能が内蔵されている。

機器モニタ機能によりSIV運転状態の表示や記録を行い，伝送機能で，SIVの出力電圧や周波数などの状態情報を送信し，運転台モニタ画面にて確認できる。

また，車両情報装置からの指令によりSIVの試験を実施する機能を搭載している。

インバータ装置の外観を**図10**に示す。

■ **図10 SIVインバータ装置外観**
Fig.10 Static inverter

5．4　トランスフィルタ装置（S4407-A-M）

トランスフィルタ装置は，信号機器に有害な高調波電流を電車線に流出させないための直流フィルタリアクトル，離線保証時間確保用直流フィルタコンデンサ，絶縁降圧用三相出力トランス，三相元接触器により構成されている。

トランスフィルタ装置の外観を**図11**に示す。

■ **図11 トランスフィルタ装置外観**
Fig.11 Transformer and filter circuit box

6．集電装置（PT7176-A）

集電装置は，静岡鉄道株式会社では初のシングルアーム形を採用した。

ばね系は他社向けで実績のある３元系構造とし，追従性能の向上を図った。また，すり板は現在使用されている焼結銅合金すり板とし，急曲線部の走行を考慮して補助すり板も焼結銅合金とした。さらに，車両の電源が投入されていない状態でも集電装置を上昇させることが可能になるよう，手動かぎ外し装置を取り付けた。

集電装置の仕様を**表5**に，外観を**図12**に示す。

■ **表5 集電装置仕様**
Table5 Specification for Pantograph

項　目	仕　様
型式	PT7167-A
枠形状	シングルアーム形
動作方式	ばね上昇・空気下降
標準押上力	59±2N
操作電圧	DC100V
操作空気圧	390kPa ～ 590kPa
すり板材質	焼結銅合金（CR2）
作用高さ	取付絶縁がいし下面より
折り畳み	330mm　＋0mm，-10mm
最低作用	430mm
基準作用	1230mm
最高作用	1930mm
突き放し	2030mm　±30mm
質量	120 kg　（取付絶縁がいし除く）
その他	手動かぎ外し装置付き

■ **図12 集電装置外観**
Fig.12 Pantograph

7．むすび

以上，A3000形車両用に納入した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試験を実施後，平成28年３月より営業運転を開始した。

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静岡鉄道株式会社，株式会社 総合車両製作所，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る。