

# 快適な車両空間を実現する車両用サービス機器

Service Equipment for Rolling Stock

大西 利之  
OONISHI Toshiyuki

山本 城二  
YAMAMOTO Joji

宮澤 紀博  
MIYAZAWA Norihiro

かつて鉄道車両は、いかに安全に高速性能を発揮できるかが最大の技術課題であった。しかし、近年になってからは、高い安全性の確保はもちろんのこと、対環境性及びサービス向上について特に力が注がれるようになってきた。

鉄道用サービス機器の代表的なものとしては、列車用空調装置及びその電源となる補助電源装置があるが、これらは共に車両環境、とりわけ乗客に対する室内空間の快適性の確保に寄与している。

A major technical subject in the railways field has been how to safely achieve high-speed performance of rolling stock. In recent years, however, attention has been focused not only on maintaining high safety but also on global environmental preservation and improvement of services.

Toshiba supplies rolling stock air conditioners and auxiliary power supply units as typical service equipment for railways. Such equipment has contributed to the environment of rolling stock, particularly the interior comfort of passenger cars.

## 1 まえがき

近年、鉄道車両は、乗客に対する快適性の追求のほかに、省エネルギー及び環境に与える影響の少ないことが強く要求され始めている。

特に、車両用補助電源装置及び空調装置は、車両のサービス機器として欠くことのできないものであり、快適な車両空間を実現する任務を担っている。

ここでは、最近の補助電源及び空調装置について、その概要と特長について述べる。

## 2 補助電源装置

### 2.1 IGBT化の流れ

車両用補助電源装置(SIV: Static Inverter)は、現在ではほとんどすべてのシリーズにおいて、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を主素子とした構成としている。IGBT素子は、その高速スイッチング特性などから、可聴域におけるSIVの低騒音化に大きく寄与してきた。

IGBT SIV開発当初のIGBTの最大電圧定格は、1.2 kVであったため、直流(DC)1.5 kV架線のシステム用としては、制御方式がシンプルな2レベル制御方式を基本としつつ、パワーユニットは3段分圧方式で構成した。

その後、1.7 kV定格のIGBT素子が出現したことにより、同じく2レベル制御方式でパワーユニットの2段分圧構成化が実現し、IGBT素子の個数低減を図ることができた。

1.7 kV、400 A定格のIGBT素子を使用した150 kVAシリー

ズの概略回路を図1に示す。また、同装置の外観を図2に示す。

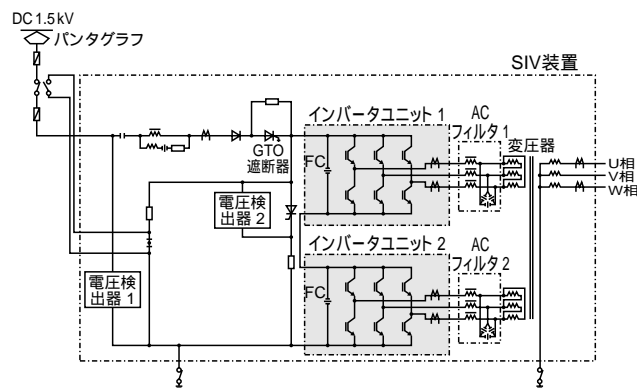


図1 2段分圧方式IGBT SIVの回路構成 150 kVAシリーズでは、入力部接触器、インバータ、出力変圧器までを一体箱に収納している。 Circuit configuration of IGBT static inverter (SIV) with input voltage divided into two potentials



図2 150 kVAシリーズIGBT SIV装置 150 kVA以下のSIVは、この外形で標準化している。 150 kVA series IGBT SIV

## 2.2 装置構成

これらSIV入力部の万一の事故電流に対する保護用として、従来の高速度遮断器に替えてGTO遮断器を設けている。これにより、事故電流の高速遮断が可能となっただけでなく、無接点化による保守の軽減も図ることができた。

150 kVAシリーズは、インバータ部分と出力変圧器とが一箱内に一体構成としている。しかし、更に大容量である210 kVAシリーズにおいては、車両の質量バランスなどの観点から、出力変圧器を本体とは分けて別箱で構成した。

各箱間の艦装(ぎそう)線からの電磁ノイズを低減するため、本体側出力部には交流(AC)フィルタを設けており、正弦波に整形してから変圧器箱に渡るように構成している。

## 2.3 特長

近年の環境問題などに対する要求に対し、SIVにおいても様々な改良がなされてきた。

- (1) 半導体素子冷却用冷媒 従来から半導体素子の冷却には、冷媒を使用した小型で冷却効率の高いヒートパイプ方式の冷却器が広く使用されてきた。これまで冷却器に使用する冷媒としては、環境に与える影響が比較的少ないフロンが主流であったが、最近では影響度をほぼ極限まで低下させた水冷媒方式が広く使用されてきている。
- (2) フィルタコンデンサ 従来、SIV入力部フィルタコンデンサ(FC)用としては、小型で大容量が得られる電解コンデンサが主流であった。これに対し、最近登場したクロスセグメント方式のオイルコンデンサは、寿命の大幅な向上だけでなく、これまでの電解コンデンサに対抗可能なレベルにまで小型化が図られたことにより、今後の主流になろうとしている。
- (3) 制御の高性能化 現状のSIVでは、三相個別瞬時値波形デジタル制御方式を採用することにより、電源変動あるいはコンプレッサなどの間欠負荷の起動停止など、ほぼ、あらゆる変動に対しても、わずか1サイクル以内に出力電圧の整定がなされており、これにより客室蛍光灯のちらつきなども解消している。
- (4) 離線対応 パンタグラフの離線によるSIVの瞬断に対しては、該当路線の離線の程度に応じたフィルタコンデンサバンクをオプションで設けることにより対応している。
- (5) 電流リミット機能 SIV出力制御には、電流リミット機能を採用している。これにより、SIVは短絡故障を起こした負荷のブレーカが遮断するまでの間も停止することなく動作し続けることができるなど、タフな制御となっている。
- (6) 保守の軽減 SIV制御部には、SIVの状態監視、故障解析、あるいは必要に応じ事故診断、自動試験に至るまで車両情報システムとの間で常にデータの伝送を行うことにより、運転台からのアクセスを可能とするな

ど、保守作業の簡素化を図っている。

上述のように、現状のSIVではライフサイクルコスト(LCC)低減による経済性の向上だけでなく、乗客サービス機器として、もっとも重要な要素である安定でタフな制御も達成できた。

## 2.4 小容量補助電源装置

IGBT素子を使用している補助電源装置の、そのほかの例として、北米地下鉄向けに製作された低定格出力の補助電源装置(APU: Auxiliary Power Unit)について述べる。

APUは、1.7 kV定格のIGBT素子を使用しており、LVPS(Low Voltage dc Power Supply) DC 37.5 V、15 kWとAux. INV(Auxiliary INverter) 単相AC 120 V、16 kVAのそれぞれ独立した2種類の電源で構成されている。

装置外形を図3に示す。

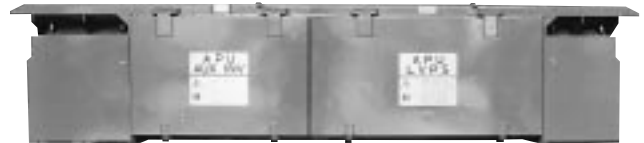


図3. LVPSを持つ小容量補助電源装置 米国地下鉄向けに納めた小容量補助電源装置を示す。  
Small-capacity auxiliary power unit (APU) with low-voltage DC power supply (LVPS)

LVPSはバッテリー、前照灯及び空調制御装置が、Aux. INVは汎用コンセント、ブースタファン及びヒータが主な負荷となっている。高スイッチング周波数とすることにより、小型/軽量(約480 kg)・低騒音化(装置重心から4.6 mの位置で約60 dB)が図られている。

## 2.5 今後の動向

現在では、3.3 kV定格のIGBT素子も製品化されており、DC 1.5 kV架線システムにおいても従来の3段分圧、2段分圧方式に続き、インバータ本来の姿である直列段1段方式の2レベル方式のSIVが市場に投入できるようになってきた。素子個数の低減による、より信頼性の高い、更に小型・軽量のSIVの実用化が可能となった。

また、後に述べる空調装置容量の増大に伴い、SIV容量も更に増大する傾向にあり、低騒音性の確保など市場の要求を満たしながら装置外形、質量含め満足のできる製品を供給していく予定である。

## 3 空調装置

列車用空調装置は、列車内での快適性を追求するために必要不可欠な装置である。最近では、代替フロン採用、低騒音化、冷房能力増大など対環境性の検討が進んでいる。

### 3.1 冷媒

これまで列車用空調装置は、1950年代後半から本格的採用時から、冷媒として指定フロンであるR-22( CHClF<sub>2</sub> )を使用していた。R-22は、87年の“オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書”、及びそれ以降の会議により、96年から総量規制されている。

当社は、対環境性を重視すべく94年にオゾン破壊係数がゼロ( 0 )の代替フロン使用空調装置を8台製作・長期耐久試験を行い良好な結果を得た。代替フロン( R-407C )は従来の指定フロン( R-22 )と物性が異なり、新規製作する場合は、設計業務が必要であるため総量削減される2004年に向けて、昨年( 99年 )から代替フロン使用空調装置の設計・製造を開始した。代替フロン使用空調装置の外観を図4に示す。

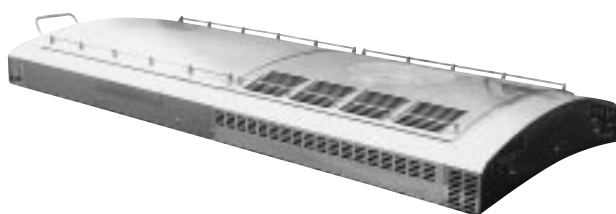


図4 . 代替フロン使用空調装置 R-407Cを使用したヒートポンプ空調装置を示す。

Air conditioner using alternative fluorocarbon

その結果、製作中を含めた代替フロン使用空調装置実績は、最大48.9kWまでの製品が既に2,000台を超えており、今後とも代替フロン化に向け積極的に取り組む予定である。

### 3.2 冷房能力の向上

従来、通勤列車用空調装置は、長さ20mの車両の場合、冷房能力は48.9kWが基本となっていた。しかし、最近になり、気象条件、乗車率、扉の開閉頻度が著しく変化するような場合、特に乗車率の比較的高い都市近郊、あるいは地下鉄を中心に空調装置に対する冷房能力向上の要求が出始めてきた。

この傾向は、空調装置更新の場合においても同様で、現在冷房能力増強空調装置の開発を進めている。

### 3.3 高機能空調システムの代表例

高い冷房能力が要求される例として、東南アジアの都市近郊路線向けに製作された空調システムについて述べる。

冷媒としてR-407Cを使用したパッケージタイプの屋根上搭載空調装置で、気温32℃、湿度100%の炎天下で8時間放置した後、15分で24℃まで冷却することが必要で、1車両(約22m)に要求される冷房能力は約93.2kWである。そのため、1車両当たり46.6kWの空調装置を1両当り2台搭載している。そのうえ、運転室専用の空調装置を標準装備として供給している。

客室外の新鮮気と客室内の循環気とを所定の割合で混合

し、快適な温度湿度の空気を客室へ供給したり、吸気・排気・循環気用のダンパ開閉制御をすることにより、車内・外火災検知時やトンネル突入時の客室内環境のコントロールなどを行うことを特長としている。

また、高温多湿の環境で、客室内の設定温度も20℃～23℃と日本と比較して低めに設定されていることなどからも空調装置の稼働率は高く、長期の信頼性が求められている。空調制御の概略構成を図5に示す。

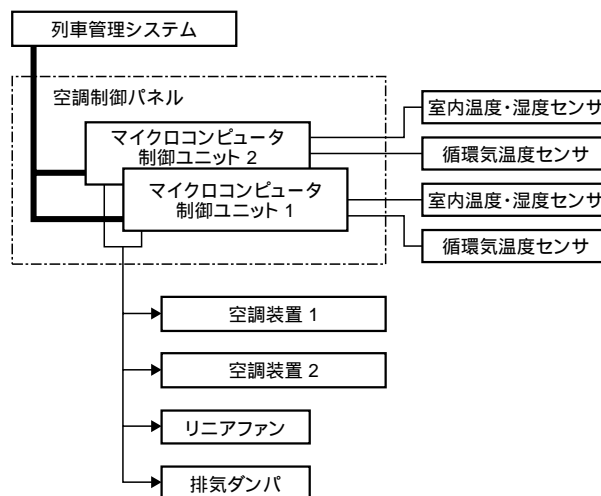


図5 . 空調制御システムの構成 海外向け高機能空調システムの空調装置、室内ファン、排気ダンパまで含めた制御システムの構成を示す。

Configuration of air conditioner control system

## 4 あとがき

SIV及び空調装置は、鉄道車両システムには欠くことのできない機器である。将来起こり得る鉄道車両システムの形態の変化、あるいは社会的要求に対応できるよう、今後ともより環境に優しく、かつ快適な車両空間を実現するためいっそうの改善、検討を図っていく。



大西 利之 OONISHI Toshiyuki

情報・社会システム社 交通システム事業部 交通車両システム技術部参事。車両システムの技術開発に従事。  
Transportation Systems Div.



山本 城二 YAMAMOTO Joji

情報・社会システム社 交通システム事業部 交通車両システム技術部参事。車両システムの技術開発に従事。電気学会会員。  
Transportation Systems Div.



宮澤 紀博 MIYAZAWA Norihiro

情報・社会システム社 交通システム事業部 交通車両システム技術部。車両システムの技術開発に従事。  
Transportation Systems Div.