

# JR 在来線交流電车用電機品

諸星 幸信(もろほし ゆきのぶ)

千崎 文雄(せんざき ふみお)

## 1 まえがき

新生 JR の発足以降、従来のイメージを一新する多くの新形式車両が各地に誕生し、運用に供されている。

交流在来線分野においても、新たに小形・軽量化、高性能化、低価格化を追求した新形式車両が相次ぎ完成している。

富士電機では、従来からの交流電気車制御技術をベースに、主回路システムの最適化を更に追求した3形式の在来線交流電车用主制御整流装置を納入及び製作中である。

以下にその主制御整流装置とシステムの概要について述べる。

## 2 783系特急電車

### 2.1 電車の概要

九州旅客鉄道(株)では、従来の485系特急電車に代わる新形式車両として783系電車を完成させ、昭和63年3月以降「ハイパーサルーン」の名称の特急車両として、多数運用中である。図1に電車の外観を示す。

783系電車は、20kV 60Hzの交流専用車両であり、短編成化に有利な1M方式とし編成の自由度を上げている。主

図1 783系特急電車



表1 783系電車の仕様

基本編成	2M1T
電気方式	交流20kV, 60Hz
最高運転速度	130km/h
主電動機	150kW×4/両
制御方式	サイリスタ位相制御 弱界磁制御(力行60%F)
電気ブレーキ方式	回生ブレーキ

な車両仕様を表1に示す。

特に、省エネルギー化、軽量化のため回生ブレーキ方式を採用している。在来線交流電車分野における回生ブレーキ方式の本格的な採用は、783系が国内初めてである。

### 2.2 主回路システム

783系電車の主回路方式を図2に示す。

1M方式のため主電動機接続は4S1Pであり、界磁は他励方式としている。整流器は、サイリスタ純ブリッジ4段直列接続とし、力行時は各段を順次位相制御を行い高調波低減を図っている。ブレーキ時は界磁側を転換させ、高調波低減のため非対称制御による順序制御としている。

本システムは、昭和58年に投入された713系近郊電車と同一であるが、回生ブレーキ電車としての長期間の使用実績を十分生かしたシステムとしている。

### 2.3 RS400K形主制御整流装置

#### 2.3.1 概要

RS400K形主制御整流装置は、主回路整流器4ブリッジと界磁整流器を内蔵し、このサイリスタを制御して、電車の力行制御、回生ブレーキ制御を行う装置である。また、冷却方式はフロン沸騰冷却方式とすることで、713系RS48形主整流器と比較して、重量比で75%、体積比で85%と、小形・軽量化を達成し、1M方式の電気機器ぎ装配置を可能としている。

#### 2.3.2 仕様

本装置の仕様を表2に示す。



諸星 幸信

昭和46年入社。電気鉄道車両用電機品のシステム技術に従事。現在、公共事業本部技術第二統括部交通技術第二部担当課長。



千崎 文雄

昭和44年入社。電気鉄道車両用電機品の設計・開発に従事。現在、神戸工場設計部担当課長。

図2 783系主回路図

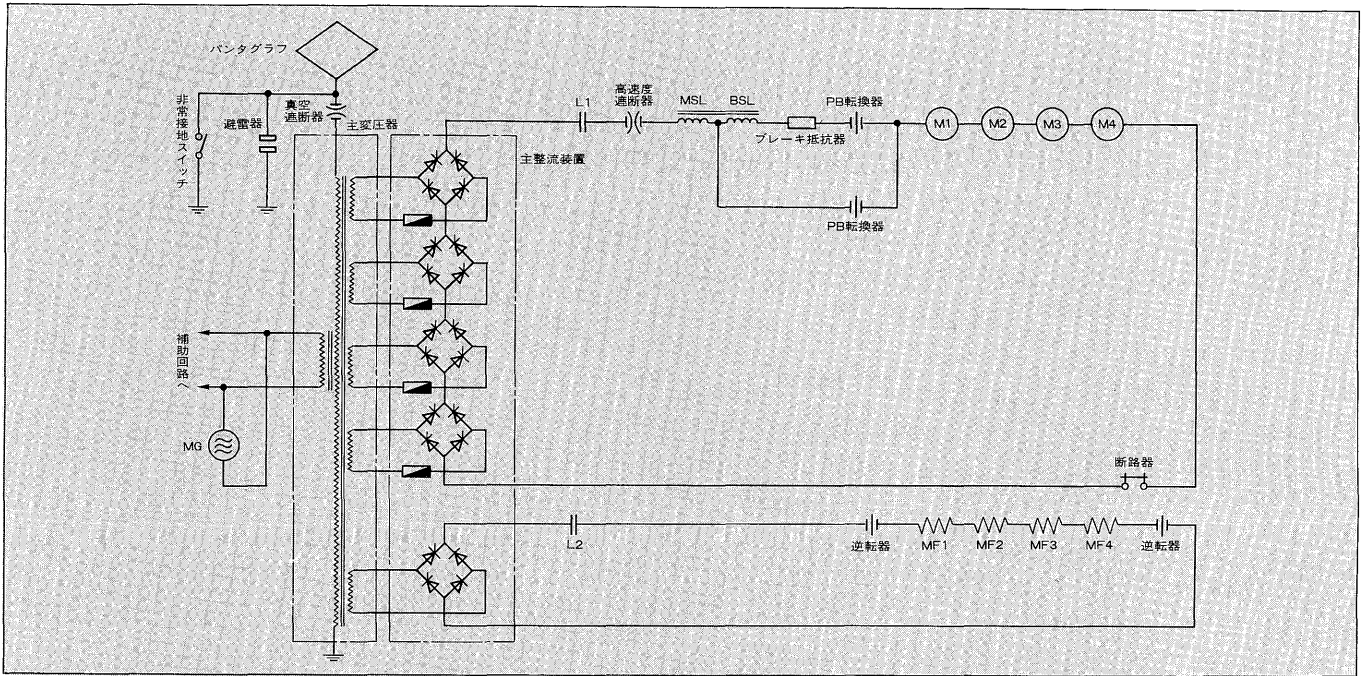


表2 RS400K形主制御整流装置の仕様

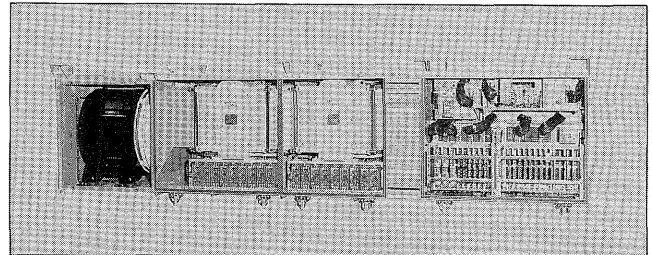
形	式	RS400K	
方式	主回路	単相均一ブリッジ4段直列非対称制御	
	界磁回路	単相混合ブリッジ	
定格	主回路	出力	660kW
		直流電圧	2,000V
		直流電流	330A
		周波数	60Hz
	界磁回路	出力	12kW
		直流電圧	37V
		直流電流	330V
		周波数	60Hz
素子	主回路	サイリスタ	EGP05-25 2,500V 500A 1S×1P×4A×4B
		サイリスタ	EGP12-16 1,600V 700A 1S×1P×2A
	界磁回路	サイリスタ	EGP12-16 1,600V 700A 1S×1P×2A
		ダイオード	ERP12-16 1,600V 960A 1S×1P×2A
		方式	浸漬形フロン沸騰冷却風冷式
		冷却媒体	フロンR113
冷却	冷却風量	38m³/min	
	風圧損失	60mmAq	
負荷条件	330A連続, 1分休止後550A 4分		
周囲温度	-10~40℃		
重量	720kg (電動送風機含む)		
寸法	3,300×640×823(mm)		

2.3.3 特長

(1) 主回路構成

主回路整流器には、2,500V 500Aのサイリスタを使用

図3 RS400K形主制御整流装置の外観



し、冷却系の工夫により限流値を550Aまで高めるとともに、許容最大電圧で使用し、素子能力の最大利用を図っている。

(2) 配置

本装置の外観を図3に示す。

通風方式は押込方式で、冷却ユニットは2段直列通風としている。冷却ユニットの右側には制御装置が2台あり、その上部に電源装置や継電器ユニットを配置しており、裏面にはトランスユニット、サージ吸収器板などがある。

(3) 冷却ユニット

冷却ユニットは2個構成であるが、互換性をもたせるため、主回路整流器2ブリッジ分と、界磁整流器のうちサイリスタとダイオードとをあわせて10素子収納している。また、主回路接続端子とゲート端子を分離し、両端面から接続するように配置する構造として、主回路導体の簡素化及びゲートの耐ノイズ性の向上を図っている。

(4) 冷却方式

冷却方式は、フロン沸騰冷却方式とし、小形・軽量化を図っている。また、高圧導電部が通風部に露出しないため冷却風の車側吸込みが可能となり、車体側風洞を省略している。最近のフロン規制に伴い、今後はフッ化炭素冷却方式を適用していく予定である。

(5) 保守

車両搭載状態のまま、冷却ユニット及び電動送風機の着脱が可能な構造としている。

2.3.4 制御方式

制御方式は、限流値制御によりステップ進段していき、各ステップに対応した位相角がサイリスタに与えられる。ステップ制御は弱界磁まで順々に行われる。

力行ノッチ信号は5ノッチで、1ノッチは限流値200A制御、2、3、4ノッチは、ノッチ曲線が均等になるように、それぞれ2、3、4ブリッジが全開する。5ノッチは70%弱界磁制御としている。

回生ブレーキ電流の最大値は300Aであり、制御装置内で回生ブレーキトルクを演算して出力し、不足分は空気ブレーキを付加するシステムとしている。

また、713系のフィールドデータから、回生ブレーキのセクション侵入や架線電圧ひずみによる転流失敗をすばやく検出し、保護動作を行わせるため、回生ブレーキ専用の低電圧検出器を設置している。

制御装置は、力行や回生ブレーキ制御を行う論理部と、論理部の信号をゲート点弧信号に変換するゲート制御部から構成している。

2.3.5 機器モニタ

機器モニタは、演算部、記憶部、入力信号部の3枚のプリント板で構成されており、論理部に内蔵している。

方式としては、VCBトリップ信号又はHBトリップ信号をトリガとしてデータを取り込む方式で、データの読出し、消去は、外部からパーソナルコンピュータを接続して、簡単に出来るようになっている。データの記録回数は4回としている。また、データ採取の有無は発光ダイオードで

図4 機器モニタ構成図

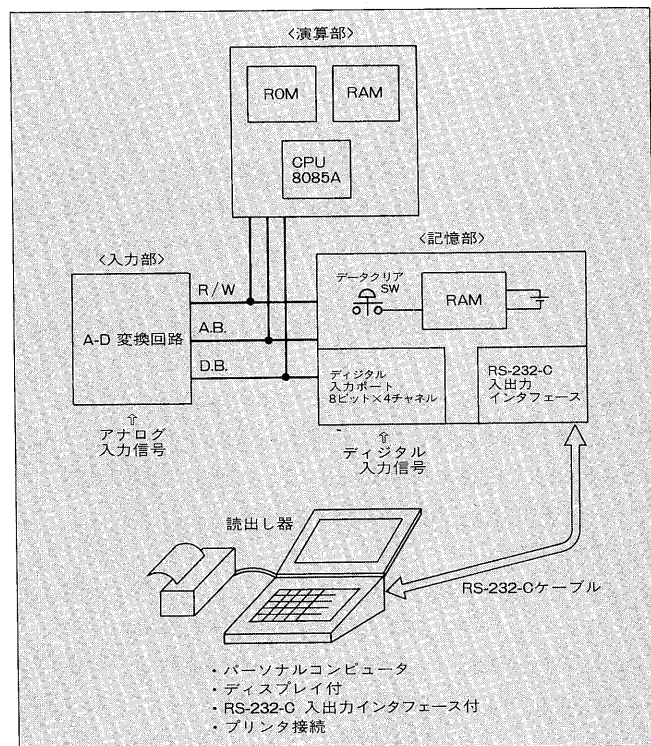
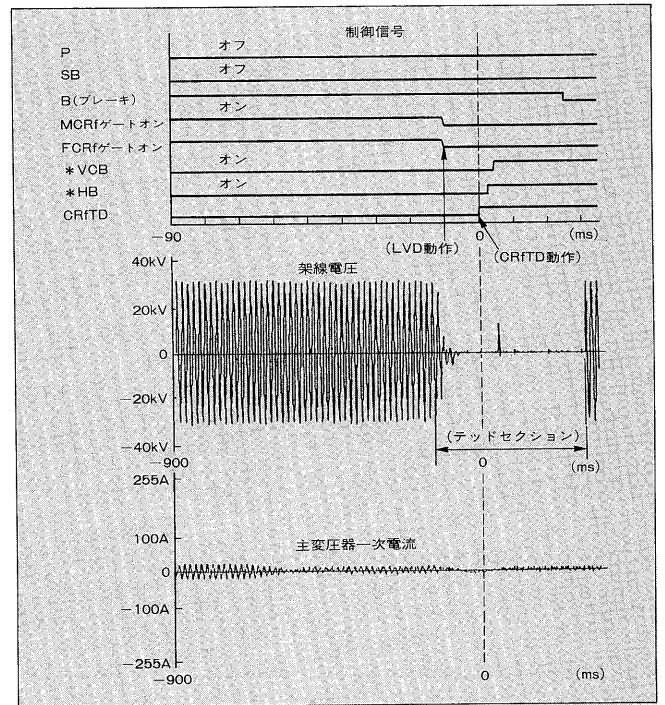


図5 故障モニタデータ



表示している。

図4に機器モニタの構成を示す。また、図5に故障モニタデータの一例を示す。

③ 811系近郊形電車

3.1 電車の概要

九州旅客鉄道(株)では、783系電車に続く新形車両として、快速、各停に使用する811系近郊電車を完成させ運用中である。

811系電車は、2両1ユニット、発電ブレーキ方式として軽量化と経済性を追求したものとなっている。主な車両仕様を表3に示す。

3.2 主回路システム

811系電車の主回路方式を図6に示す。

主電動機接続は、2M1ユニット方式では、4S2Pとしている。

力行時はサイリスタ、ダイオードの混合ブリッジ4段直列による位相制御を行い、ブレーキ時は交差界磁による発

表3 811系電車の仕様

基本編成	2M2T
電気方式	交流20kV, 60Hz
最高運転速度	120km/h
主電動機	150kW×8/2両
制御方式	サイリスタ位相制御 弱界磁制御(力行70%F)
電気ブレーキ方式	発電ブレーキ

図6 811系主回路図

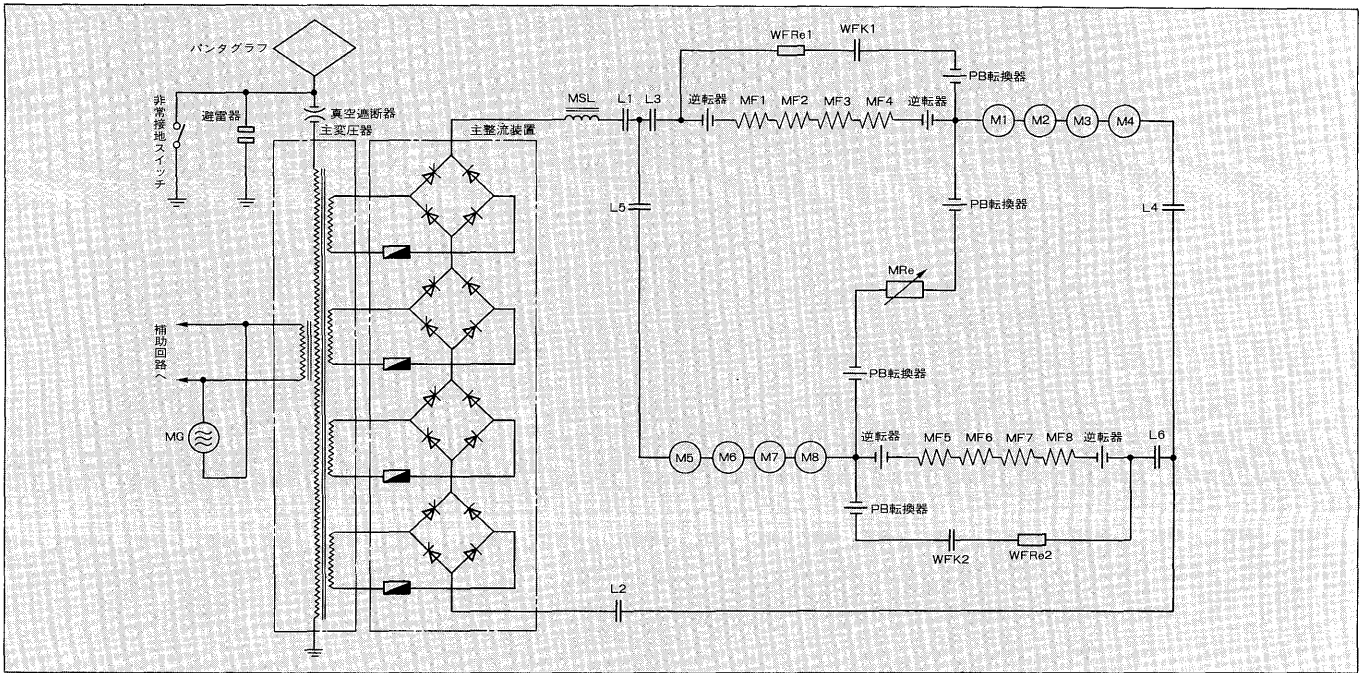
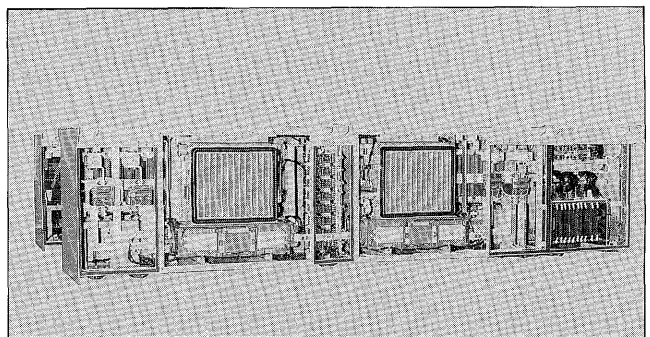


表4 RS401K形主制御整流装置の仕様

形 式	RS401K	
方 式	単相混合ブリッジ4段直列接続 順序位相制御方式	
定 格	出 力	1,320kW
	直 流 電 圧	2,000kW
	直 流 電 流	660A
	周 波 数	60Hz
素 子	サイリスタ	EREGR02-25 2,500V 1,000A 1S×1P×2A×4B
	ダイオード	ERR02-25 2,500V 1,600A 1S×1P×2A×4B
冷 却	方 式	浸漬形フロン沸騰冷却風冷式
	冷却媒体	フロンR113
	冷却風量	15m³/min×2
	風圧損失	10mmAq
負 荷 条 件	660A連続, 1分休止後 1,100A 3分	
周 囲 温 度	-10-40℃	
重 量	700kg (電動送風機含む)	
寸 法	3,400×700×800(mm)	

図7 RS401K主制御整流装置の外観



3.3.2 仕様

本装置の仕様を表4に示す。

3.3.3 特長

(1) 配置

本装置の外観を図7に示す。

冷却ユニットを正面向きに2台配置し、その両端から交流入力端子を接続し、冷却ユニットの中間から直流出力端子を接続する構造を採用しており、左右対称の配置としている。冷却ユニットの右側には制御装置があり、その上部に継電器盤を配置し、裏面側には、電源ユニット及びトランスユニットがある。

(2) 冷却ユニット

冷却ユニットはタンク部とクーラ部が一体化された構造で、主回路2ブリッジ分のサイリスタ、ダイオードあわせて8個を収納し、互換性をもたせている。

(3) 冷却方式

冷却方式としては、フロン沸騰冷却方式を採用している。RS400Kと同様、今後はフッ化炭素冷却方式で適用していく予定である。

(4) 保守

電ブレーキ方式としている。

3.3 RS401K形主制御整流装置

3.3.1 概要

RS401K形主制御整流装置は、混合ブリッジ4段の整流器を内蔵し、8個の主電動機に電力を供給している力行制御専用の装置である。主整流装置の容量が783系用RS400K形主整流器の2倍あるため、冷却ユニットの直列通風が不可能となり、並列通風を採用している。

冷却ユニット及び電動送風機とも車両搭載状態のままでは着脱が可能な構造としており、冷却ユニットの着脱は前面カバーをとりはずして行う。冷却ユニットが車側から着脱できるように、吸込通風方式を採用している。

3.3.4 制御方式

制御方式は、限流値制御により、サイリスタの位相角を連続的に制御する方式で、第1ブリッジから順々に制御を行う。

力行ノッチは5ノッチで、1ノッチは第1ブリッジの位相止め、2、3、4ノッチは、それぞれ2、3、4ブリッジが全開する。5ノッチは弱界磁段で70%まで界磁弱めを追加して、高速性能の向上を図っている。

弱界磁投入信号は、5ノッチ信号と位相角全開信号と主回路電流が限流値以下の条件が同時に成立することにより弱界磁投入接触器に与えられる。

また、全世界磁に戻る場合は、5ノッチ信号切により、先に位相を絞り込み、電流が減衰した後に弱界磁接触器に開放信号を与え、無電流開放する。

4 719系近郊形電車

4.1 電車の概要

東日本旅客鉄道(株)では、東北地区投入用の新形近郊電車として、719系電車を製作中であり、平成元年末からの運用開始が予定されている。

719系電車は、2両1編成1M1Tを基本とし、東北地区の耐雪を考慮した車両となっている。主な車両仕様を表5に示す。

4.2 主回路システム

719系電車の主回路方式を図8に示す。

図8 719系の主回路図

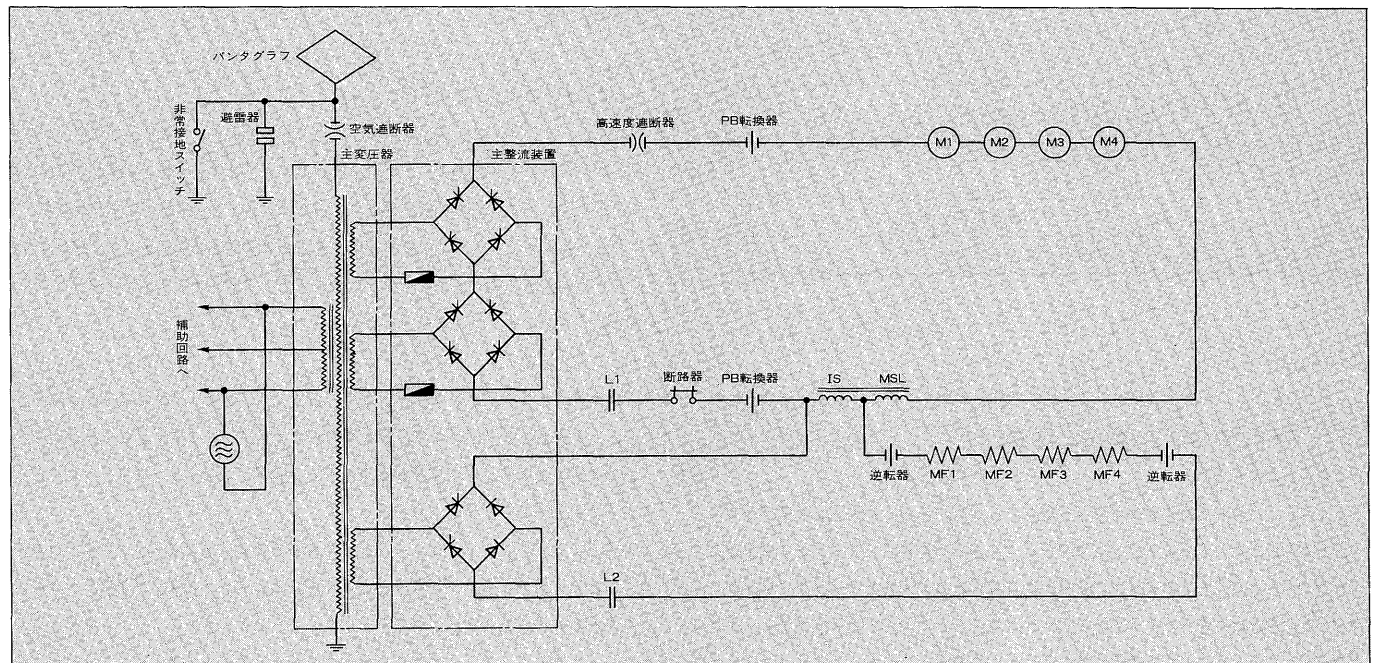


表5 719系電車の仕様

基本編成	1M1T
電気方式	交流20kV, 50Hz
最高運転速度	110km/h
主電動機	150kW×4/両
制御方式	サイリスタ位相制御 弱界磁制御(力行35%F)
電気ブレーキ方式	回生ブレーキ

主電動機接続は1M方式のため4S1Pであるが、主平滑リアクトルの接続を従来方式とは変更し、制御の安定性向上、短絡電流の抑制を図った方式としている。

力行時はサイリスタ純ブリッジ2段直列位相制御とし、ブレーキは回生ブレーキを行う。特に交流側二次分割数を2段としたため、高調波を抑制可能な主変圧器コイル配置としている。また、抑速ブレーキ時、電機子側を位相制御することは高調波低減上不利なため、界磁側を制御して定速走行を行う新方式を採用している。

今後実負荷組合せ試験を行い、新主回路システムの事前検証を実施し、各種データを取得していく予定である。

4.3 RS52形主制御整流器

4.3.1 概要

RS52形主制御整流器は主回路整流器ブリッジと界磁整流器を一つの冷却ユニットに内蔵させ、そのサイリスタを制御して、力行、回生ブレーキ制御を行う装置である。冷却方式としては、フッ化炭素冷却方式として製作中である。

4.3.2 仕様

本装置の仕様を表6に示す。

4.3.3 特長

表6 RS52 形主制御整流装置の仕様

形 式	RS52		
方 式	主 回 路	単相均一ブリッジ2段直列非対称制御	
	界 磁 回 路	単相混合ブリッジ	
定 格	主 回 路	出 力	576kW
		直 流 電 圧	1,600V
		直 流 電 流	360A
		周 波 数	50Hz
	界 磁 回 路	出 力	14.4kW
		直 流 電 圧	40V
		直 流 電 流	360A
		周 波 数	50Hz
素 子	主 回 路	サイリスタ	EGS02-40 4,000V 1,000A 1S×1P×2A×2B
		サイリスタ	EGP12-16 1,600V 700A 1S×1P×2A
	界 磁 回 路	サイリスタ	EGP12-16 1,600V 700A 1S×1P×2A
		ダイオード	ERP12-16 1,600V 960A 1S×1P×2A
		方 式	浸漬形フッ化炭素冷却風冷式
		冷 却 媒 体	FX3250
冷 却 風 量	30m <sup>3</sup> /min		
風 圧 損 失	50mmAq		
負 荷 条 件	360A連続, 1分休止後545A 10分30秒		
周 囲 温 度	-15~40°C		
重 量	700kg(電動送風機含む)		
寸 法	2,900×680×769(mm)		

(1) 主回路構成

4,000V サイリスタを使用し、交流入力電圧を許容限度の1,110V にすることにより、2 段構成としている。

(2) 配 置

通風方式は押込方式であるが、耐寒耐雪を考慮して冷却風の取入れは戸袋から行う。冷却ユニット右側に制御装置があり、右端には電源ユニットを、上部には継電器盤を配置している。また裏面には、トランスユニットと素子の逆電圧を検出するユニットを配置している。

(3) 冷却ユニット

冷却ユニットは1 ユニット構成で、主回路、界磁回路の

全素子12個を内蔵しており、従来の冷却ユニットよりは大きいですが、簡易圧力容器の範ちゅうとしている。

(4) 冷却方式

フッ化炭素冷媒としては、沸点がフロン R113に近い56°C の FX3250を採用している。

FX3250はフロン R113と比較し冷却性能がやや劣るため、素子冷却フィン寸法、タンク・クーラ間の接続管の直径、凝縮器の大きさにそれぞれ工夫をこらしている。

(5) 保 守

車両搭載状態のまま、冷却ユニット及び電動送風機の着脱可能な構造としている。

4.3.4 制御方式

制御装置は富士電機が独自に開発した車両搭載用16ビット CPU を使用したマイクロコンピュータ制御システムを使用している。

力行制御は直巻制御を行うが、回生ブレーキ時は余裕角一定制御を計画中であり、入力高調波電流の抑制と力率の向上を図っている。また、回生ブレーキの立上り時間を早めるために速度演算によるスポッティング制御を行う。

仙山線のようなこう配走行を考慮し、抑速ブレーキ付であり、抑速位置を選択することにより、その時の速度を一定に保つように制御を行う。

5 あとがき

以上、富士電機の新形式主制御整流装置と主回路システムの概要について述べた。今回の各新形車両が JR 各社において十分な性能を発揮し、所期の目的が達成されることを期待してやまない。

終わりに各機器の設計、製作、試験に当たり終始御指導をいただいた JR の関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- (1) 西村隆夫：JR九州783系特急電車，車両技術，No. 183 (1988-2)
- (2) 沼野稔夫：JR 東日本651系特急形交直流電車，車両技術，No.185 (1989-2)



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。