

## 日本国有鉄道・新幹線962形電车用電気機器

### Machines and Apparatus for the Type 962 Thyristor Controlled Electric Railcar for Shinkansen Network of JNR

佐藤 洋\* Hiroshi Satoh・小野春雄\*\* Haruo Ono・北島 宏\*\*\* Hiroshi Kitajima

岡本和久\*\*\* Kazuhisa Okamoto・白井祺一郎\*\*\* Kiichiroh Shirai・藪下久生\*\*\*\* Hisao Yabushita

#### I. まえがき

日本国有鉄道では東海道・山陽新幹線に引き続き、現在、東北・上越新幹線の建設が進められている。

この東北・上越新幹線の開業に先駆け、東北新幹線の小山地区（久喜－石橋間）に新幹線総合試験線が開設され、騒音・振動対策、保安度向上・異常時対策、技術開発要素など種々の試験のため、先に製作された961形電車が投入されている。更に、昭和54年1月に962形電車が投入され、今後この2編成による長期試験が予定されている。

今般完成した962形サイリスタ制御電車は、現用量産車、961形電車の実績を踏まえ、連続こう配を高速走行するために現用量産車に比較して出力を増加し、寒冷多雪地域を走行するための電気機器の耐寒耐雪対策、高調波障害低減、小形軽量化対策、機器冷却用電動送風機の騒音低減など、最新技術が取り入れられた車両である<sup>(1)~(3)</sup>。

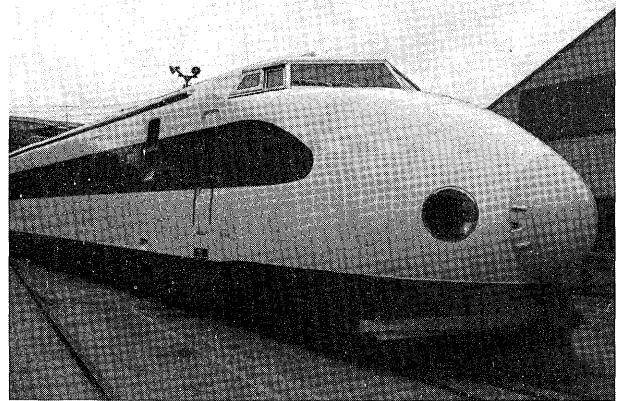
日本国有鉄道・車両設計事務所を中心とした962形電車主要電気機器の設計計画に当社は参画し、今般新たに製作を担当した主変圧器を初めとして、主要電気機器の製作を担当し、良好な試験結果を得るとともに、これらの機器を組み合わせ、実負荷運転試験を実施し、すべての機器の機能が正常であることを確認した。

以下、962形電車の概要と当社が製作した主回路電気機器及び実負荷運転試験について報告する。

#### II. 電車の概要

第1図に電車の外観を示す。主要寸法は現行量産車と同一である。車体は961形電車と同じボディマウント方式であるが、耐寒耐雪の強化、保守点検作業の容易化など改善がなされている。

車両は2両1ユニットの3ユニット全電動車構成である。主回路電気機器は1ユニット当たり、パンタグラフ、交流しゃ断器、主変圧器、主シリコン制御整流装置（力行用）、主平滑リアクトル、断流器、主制御器、チョッパ装置（発電制動用）、主抵抗器、主電動機から成っており、耐寒耐雪対策のため、車両側面下部がスカートで覆われた客室床面下部のいわゆる床下機器室に取り付けられて



第1図 962形電車

Fig. 1. Type 962 electric railcar

いる。

#### III. 電気機器

##### 1. パンタグラフ

###### 1) 仕様

パンタグラフの主な仕様を第1表に示す。

第1表 PS9020X形パンタグラフ仕様

Table 1. Specifications of PS9020X pantograph

形 式	PS 9020 X	
操 作 方 式	ばね上昇・空気下降方式	
標 準 作 用 高 さ	605mm	
押 上 力	標 準	5.5kg
	立上り	7.5kg

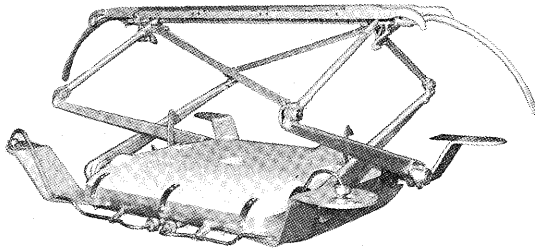
###### 2) 構造及び特長

パンタグラフの外観を第2図に示す。基本構造は現行量産車のPS200A形と同一であるが、高速集電性能の向上、電波障害対策、破損検知装置の設置及び寒冷地対策について考慮している。

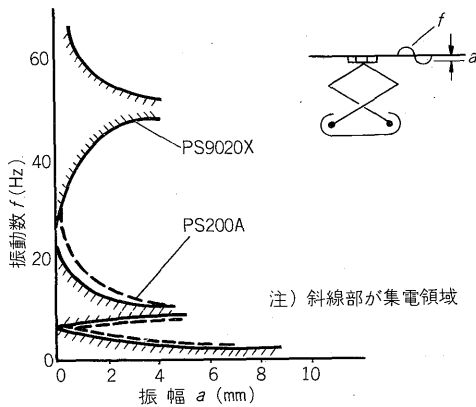
###### (1) 高速集電性能の向上

パンタグラフの集電追随領域を拡大するため、すり板体を単独動作可能とした三元系ばね機構を採用し、第3図のように50Hz近傍の高振動域集電を可能にしている。

\* 輸送特機事業部 技術部 \*\* 千葉工場 設計部 \*\*\* 神戸工場 設計部 \*\*\*\* 鈴鹿工場 設計部



第2図 PS 9020X形パンタグラフ  
Fig. 2. PS 9020X pantograph



第3図 集電領域  
Fig. 3. Region of current collection

(2) 電波障害対策

架線とパンタグラフの離線によって生ずる電波雑音の減少のため、台枠をFRP製としているほか、上枠組にフェライトコアを装着し、離線時に発生する高周波電流の低減を目的とした試験が行えるものになっている。

(3) 破損検知装置

架線をしゅう動するすり板を取り付けている舟に破損検知部を設け、架線、しゅう動部の異常を検知するとパンタグラフを緊急に降下させ、車両運転事故の未然防止、拡大防止を図るものである。

(4) 寒冷地対策

積雪、氷結などによるパンタグラフの上昇動作不良防止のため、立上り押上力を従来の5.5kgから7.5kgに増加させている。

2. 主変圧器

本器は961形試作電車で用いたTM 920形主変圧器の実績を踏まえ、高調波誘導障害低減、絶縁強化、冷却改善、耐寒耐雪構造、軽量化、補機を含む保守性向上、その他広範囲に諸対策を施したものである。

1) 仕様

第2表に本器の主な仕様を示す。

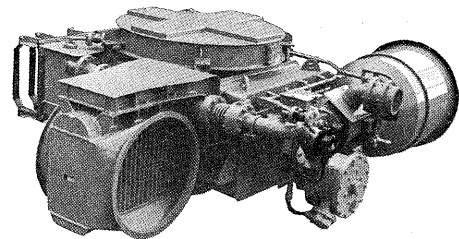
2) 構造及び特長

本器の外観を第4図に示す。主な特長は次のとおりである。

第2表 TM202X形主変圧器仕様

Table 2. Specifications of TM202X traction transformer

項目	内容		
形式	TM202X形		
方式	外鉄形, シリコン油無圧密封式, 送油風冷式		
絶縁種別	特別A種(ポリアミド絶縁)		
定格事項	1φ, 50Hz, 連続定格		
	一次	二次	三次
容量(kVA)	2,350	2,100	250
電圧(V)	25,000	2,590(259×2; 518×4)	370
電流(A)	94	810	676
絶縁階級 (車両用号)	一次線路側	同接地側	二次側
	30	1	3
	(ただし一次線路側 AC 耐電圧 42kV, 10分間)		
温度上昇限度(°C)	巻線: 125	油: 85	
重量(kg)	3,090		



第4図 TM202X形主変圧器

Fig. 4. TM202X traction transformer

- (1) 高調波誘導障害低減形巻線構成の採用
- (2) 耐寒耐雪性に対する使用材料の材質及び構造の改善
- (3) コンサベータ(961形では2個)を1個として軽量化
- (4) 二次、三次及び一次接地側ブッシングを一括エポキシ注型した一体端子板の採用による端子部油密信頼性の向上

(5) 巻線絶縁強化及び冷却ダクトの改善

製作及び試験については本誌別論文(69~74ページ)を参照されたい。

3. 主シリコン制御整流装置

当社は、搭載用と同一装置を試作し、量産に備えて製造技術を習得するとともに、車両制御技術を習得するために後述の実負荷試験に使用し、貴重なデータを得ることができた。

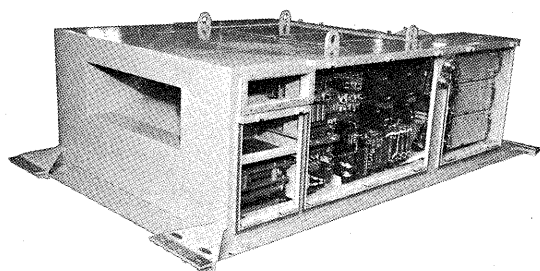
主整流装置は6段縦続接続単相混合ブリッジ整流器、制御装置及びその他付属部品から成っている。

素子はサイリスタ2,500V 1,000A, ダイオード2,500V 1,600Aの大容量平形素子を使用し、冷却には先の961形電車で採用した冷却性能の高いフロン沸騰冷却方式を採用した。更に保守点検を容易にするため、素子スタック浸漬方式を気中スタック方式に変更した。

1) 仕様

第3表 RS202X形主シリコン制御整流装置仕様  
Table 3. Specifications of RS202X main silicon controlled rectifier

形 式	RS202X	
方 式	単相混合ブリッジ6段直列接続バーニア連続位相制御方式	
定 格	出 力	2,000 kW
	直 流 電 圧	1,900 V
	直 流 電 流	1,060 A
素 子	サイリスタ	CSI1000-25 (EGR 02-25) 2,500 V 1,000A 1S1P2A6U
	ダイオード	SI1600-25 (ERR 02-25) 2,500 V 1,600A 1S1P2A6U
冷 却 方 式	フロン沸騰冷却風冷式	
重 量	1,250kg	



第5図 RS202X形主シリコン制御整流装置  
Fig. 5. RS202X main silicon controlled rectifier

装置の主な仕様を第3表に示す。

2) 構造

本装置の外観を第5図に示す。装置は3組の整流ユニットを中心に配し、今般新たに採用した素子のサージ保護用非直線抵抗素子、スナバコンデンサ収納部、力行バーニア制御器及び制御電源等収納部が両側に合理的に配置され大幅な小形軽量化が図られている。

整流ユニットは素子交換作業が容易にできる個別フィン集中凝縮器方式である。素子スタック部の導電部と上部凝縮器部の通風部は電気的に絶縁されており、導電部が直接外気に接しない構造となっている。

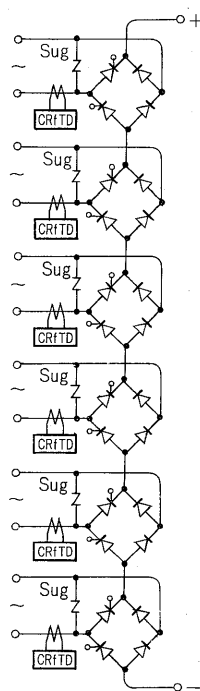
3) 主回路

主整流器の接続を第6図に示す。単相混合ブリッジが6段縦続接続されており、交流入力側にはサージ吸収用非直線抵抗素子及び入力電流過電流・素子故障検出器が設置されている。

4) 制御装置

制御装置は、主電動機の加速電流を一定に制御するための力行バーニア制御器、混合ブリッジのサイリスタを位相制御指令に従って点弧するための移相装置から成る。

各段のブリッジの制御は、高調波電流低減のために、主変圧器二次巻線分割数が等価的に増加できるバーニア制御方式が採用されている。このバーニア制御方式は、連続位相制御を行うブリッジが1段だけで良く、制御回



第6図 主整流器接続図  
Fig. 6. Connection diagram of main silicon controlled rectifier

路の簡素化に寄与している。

制御装置は国鉄標準のカード方式で、従来のトレイ方式と比較して大幅な小形軽量化が図られている。

4. 主電動機

本機は現行量産車のMT200B形主電動機を母体に急こう配、多雪地域走行を想定して出力増大が図られるとともに、他力通風方式が採用されている。

基本的な外形寸法及び台車との取合い寸法は、MT200Bと同一のまま約25%の出力増加が図られている。また、冷却風の排出部は雪、水の浸入が防止でき、かつ風圧損失の少ない特殊な排風覆いが採用されている。

1) 仕様

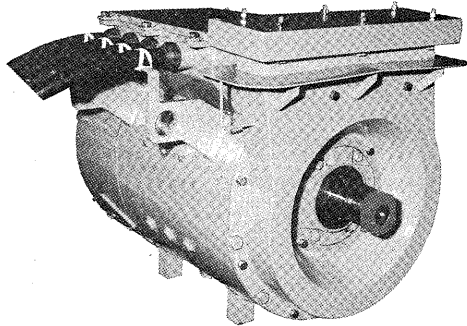
本機の主な仕様を第4表に示す。

第4表 MT201X形主電動機仕様  
Table 4. Specifications of MT201X traction motor

形 式	MT201X	
方 式	脈流直巻補極付、界磁10%永久分路	
主 極 数	4	
通 風 方 式	開放他力通風式	
動 力 伝 達 方 式	可とう歯車継手式	
装 架 方 式	台車装架式	
連 続 定 格	出 力	230 kW
	電 圧	475 V
	電 流	530 A
回 転 速 度	2,200 rpm	
脈 流 率	60% (at 50×2 Hz)	
風 量	14 m³/min	
絶 縁 種 別	F 種	
絶縁耐力試験電圧	5,000 V	
最高試験回転速度	3,650 rpm	
重 量	940 kg	

2) 構造

本機の外観を第7図に示す。本機は台車装荷式脈流電動機で、可とう歯車継手によって駆動装置に連結されている。高脈流率であること、セクション通過などの電力中継を考慮して、鉄損減少、磁束の追従性の改善により整流性能を向上するため、磁気枠の一部が積層された半積層ヨークが採用されている。このため、脈流運転時の変圧器起電力により整流が悪化するので、主極に抵抗分路を設け主極電流を平滑にし、変圧器起電力を抑制して整流改善を図っている。



第7図 MT201X形主電動機  
Fig. 7. MT201X traction motor

主極・補極鉄心はすべて積層されており、コイルはエッジワイズ巻、ポリアミド及びガラステープ絶縁である。

電機子コイルはポリイミド絶縁で、無溶剤エポキシ樹脂含浸処理が施されている。整流子とコイルの接続はTIG溶接である。

外部配線との接続は端子箱で行われ、耐熱電線、防水グランドの使用と相まって不燃性、耐寒性が向上している。

軸受装置は電車走行距離90万km無保守を目標に無給油封じ込め方式とし、従来のグリースポケットに加え、第2グリース室を設け、グリース量の増加により潤滑寿命を延長している。また、軸受もグリース保持性の良いリム形状とつめ付リブにより、潤滑性能を向上させている。

ブラシ保持器はうず巻形主ばねと補助ばねを組み合わせた複式ばね方式で、ブラシの追従性能が向上されている。ブラシは長尺ブラシを採用し、電車走行距離30万km無保守となっている。

排風覆いは駆動側鏡ふたに取り付けられており、主電動機内部からの冷却風は排風覆いの上から下向きに排出され、走行時の雪、水浸入防止及び路面上からの融雪水などが機内に浸入しないよう配慮されている。

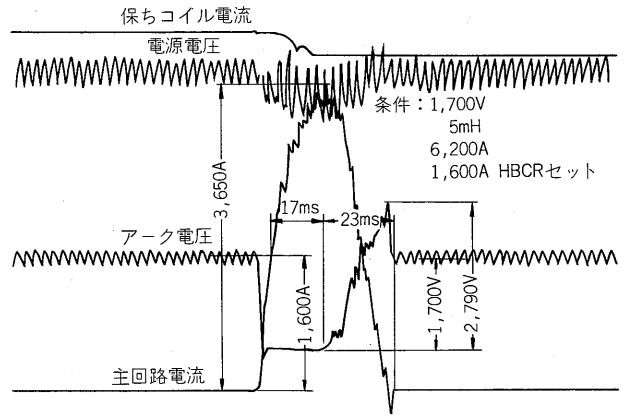
5. 断流器

主電動機接続は、961形電車の場合、2個直列4並列回路で、断流器は2箱構成であるが、962形電車では4

第5表 LB23X形断流器仕様

Table 5. Specifications of LB23X line breaker

形 式	LB23X
定 格 電 圧	DC 1,900V
定 格 電 流	DC 530A
制 御 回 路 電 圧	DC 100V
操 作 空 気 圧 力	5 kg/cm <sup>2</sup>
し ゃ 断 容 量	DC 2,500V 10mH 1,000A
	DC 1,600V 6mH 5,200A



第8図 高速度しゃ断器しゃ断試験オシログラム  
Fig. 8. Typical oscillogram of HSCB interrupt test

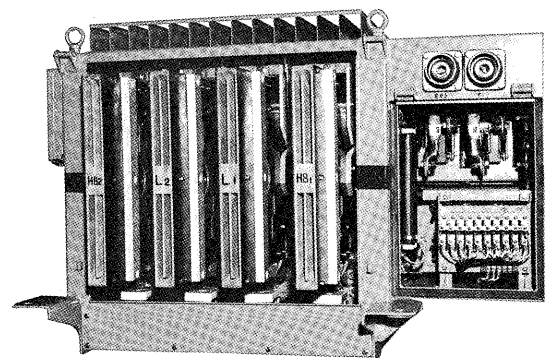
個直列2並列回路に変わり、断流器としての構成は現行量産車と同様に1箱にまとめられている。

1) 仕様

断流器の仕様を第5表に示す。第8図にしゃ断試験時のオシログラムの一例を示す。

2) 構造

断流器の外観を第9図に示す。断流器は力行回路、ブレーキ回路の構成及びしゃ断を行うもので、CB39X形高速度しゃ断器2個、単位スイッチ2個、RL115X形電流継電器2個、RL1080形補助継電器6個及びその他付属品から成り、次の特長を有する。



第9図 LB23X形断流器  
Fig. 9. LB23X line breaker

- (1) 力行、ブレーキとも常用しゃ断は単位スイッチで行い、事故電流しゃ断を高速度しゃ断器で行う。
- (2) 高速度しゃ断器のトリップ方式は、951形・961形電車で実績のある当社独得の電流継電器トリップ方式が採用されている。
- (3) しゃ断責務は、事故時の過渡条件を考慮して検討するとともに、しゃ断性能向上を図り、従来2個直列しゃ断が必要であったところを、今回は単独しゃ断とすることができた。これにより、断流器は大幅に小形軽量化が達成できた。
- (4) 高速度しゃ断器と単位スイッチの操作用空気系統は、取付枠に空気孔を持つ管座方式とした。これにより、しゃ断器の着脱が容易になり、更に配管部の取扱いが不要となって、空気漏れの心配がなくなった。
- (5) 主回路及び制御回路の外部との接続はすべてコネクタとし、取扱いを容易にした。

### 6. 主幹制御器

主幹制御器の構成は基本的に現行量産車と同一であるが、運転士の操作性を更に向上させるため、若干の変更を行っている。

#### 1) 仕様

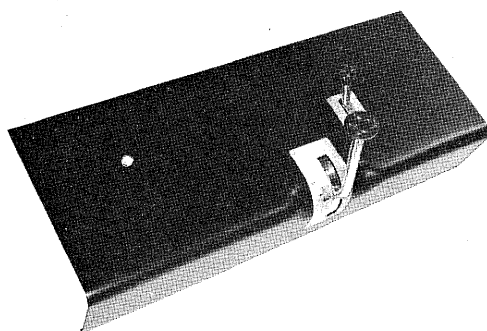
主幹制御器の仕様を第6表に示す。

第6表 MC56X形主幹制御器仕様  
Table 6. Specifications of MC56X master controller

形 式	MC56X	
定 格 電 圧	DC100V	
定 格 電 流	DC 5 A	
ノッチ	逆 転	「前」「切」「後」
	主	「切」「1」~「10」

#### 2) 構造

第10図に外観を示す。現行量産車用に対して逆転ハンドルと主ハンドルの配置を逆にして、運転士の真正面にスペースをとるとともに主ハンドルの操作性を向上させている。また高さ寸法をつめることで、運転士の足まわりを更に広くとっている。



第10図 MC56X形主幹制御器  
Fig. 10. MC56X master controller

### 7. 電動送風機

この電動送風機は、主変圧器・主シリコン制御整流装置冷却用の低騒音形遠心軸流式電動送風機である。

遠心軸流式の特長は次の点にある。

- (1) 軸流式に比べ、低騒音が達成できる。
- (2) 軸流式と同様、配置・取付が簡潔になる。
- (3) 制限寸法内で余裕ある性能が発揮できる。

また今回の送風機は、同一方式の現行量産車用MH1067-FK117形と比較すると、ほぼ同一の定格であるが、低騒音・軽量化が図られている。

#### 1) 仕様

電動送風機の主な仕様を第7表に示す。

第7表 MH1069X-FK131X形電動送風機仕様  
Table 7. Specifications of MH1069X-FK131X blower

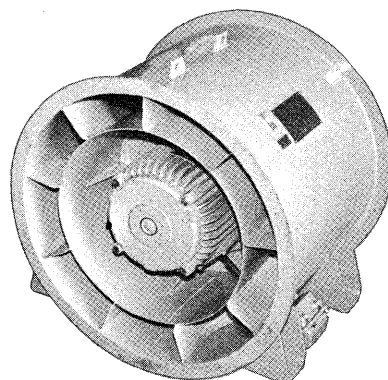
電 動 機		送 風 機	
形 式	MH1069X	形 式	FK131X
出 力	1.2kW	風 量	60/80m <sup>3</sup> /min
電 圧	400V	静 圧	50/45mmAg
周 波 数	50Hz	方 式	遠心軸流形
相 数	1		
回 転 速 度	1,420 rpm		
絶 縁	F種		
コンデンサ	別 置		
重 量	121 kg		

#### 2) 構造

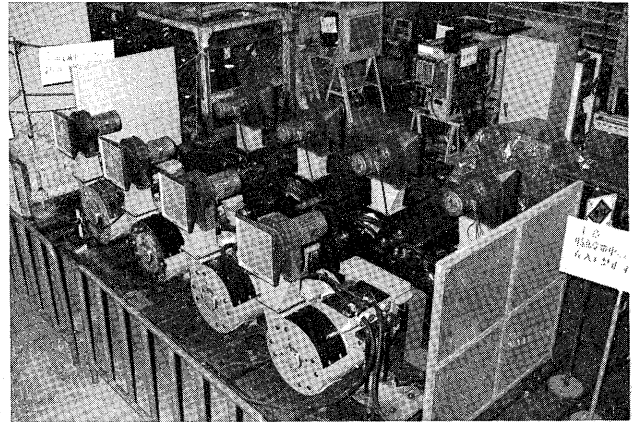
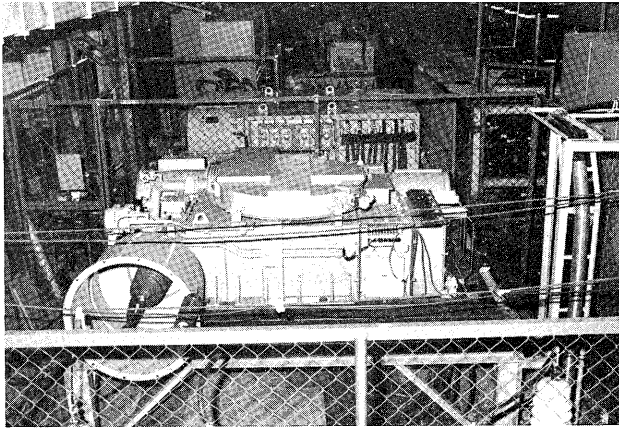
電動送風機の外観を第11図に示す。

遠心送風機と同様に吸い込まれた空気は、羽根車入口で半径方向に曲げられ、羽根車出口で90°方向が変わり、再び軸流成分を持って案内羽根に流入する。この送風機は軸流式に比べ旋回流成分が多く、羽根車出口の流体の直角曲り、案内羽根部での軸流成分への回収を効率良く行うことが重要で、更に騒音低減を考慮して最適設計を行っている。

電動機は軸方向寸法の制約から、軸方向の短いものを採用しており、電動機単体としても小形軽量化を図っている。



第11図 MH1069X-FK131X形電動送風機  
Fig. 11. MH1069X-FK131X blower



第12図 実負荷組合せ試験

Fig. 12. Loading test of coupled machines and apparatus

#### IV. 実負荷組合せ試験

今般製作した電気機器を組み合わせて実負荷運転試験を実施し、現車搭載後の不具合を防止するため万全を期すとともに、今後予定される量産設計に反映するための貴重なデータを得た。主な試験内容は次のとおりである。

##### 1) サージ試験

雷サージ試験、VCB投入・しゃ断試験を実施し、サージ電圧波形、サージ移行率を測定するとともに、VCB投入・しゃ断時のノイズによる装置の誤動作がないことを確認した。

##### 2) 力行制御試験

各電気機器を組み合わせて制御性能試験、瞬時停電時の動作確認試験など、力行制御を中心とした試験を実施し、制御系の動作に問題がないことを確認した。

##### 3) 高調波電流試験

高調波電流低減のために採用された主変圧器リアクタンス特性、バーニア制御方式などの計算値及び実測値の比較を行うとともに、低減効果が大きいことを確認した。

第12図に試験状況を示す。

#### V. あとがき

新幹線962形電車は、現行新幹線の長年の運転実績と、

951形・961形電車におけるサイリスタ制御車両システム開発の成果、及び新たな諸条件に対応するためのより高度の技術が集約された車両である。

当社は962形電車用電気機器の製作にあたり万全の体制をとるとともに、工場における単体試験、実負荷試験を行い、更に車両メーカーの調整試験に参画し、各機器が所期の特性・性能を満足することを確認した。特に主変圧器は当社初の搭載器製作であり、当社各部門が全力を傾注し、無事1号器を納入することができた。

現在、国鉄・小山地区試験線において本格的に各種試験が行われつつあり、962形電車システムとして十分に性能が発揮され、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、電気機器の設計、製作並びに各種試験にあたり、終始多大な御指導を賜った日本国有鉄道・車両設計事務所、鉄道技術研究所、小山新幹線試験線管理所の関係各位、並びに車両メーカー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) 谷野：962形新幹線電車完成，交通技術 No. 416 (昭54)
- (2) 柿沼：962形試作電車，電気車の科学 32, No. 4 (昭54)
- (3) 庄司：962形新幹線試作電車の概要，JREA 1979 22, No. 4 (昭54)



\*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。