

日本国有鉄道100系新幹線電车用電気機器

*1 諸星 幸信(もろほし ゆきのぶ) *2 橋本 信行(はしもと のぶゆき) *3 千崎 文雄(せんざき ふみお) *3 辻本 勝司(つじもと かつじ)
 *3 宮内 広二(みやうち ひろじ) *4 岡本 和久(おかもと かずひさ) *4 藪下 久生(やぶした ひさお)

① まえがき

日本国有鉄道では、東海道・山陽新幹線のモデルチェンジ車両として100系新幹線電車1編成を完成させ、各種走行試験に入った。

100系新幹線電車は、東海道・山陽新幹線電車(0系新幹線電車)に比べて、出力増強、付随車の導入、小形軽量化対策などの技術が取り入れられた新しい車両である。

以下に100系新幹線電車において、富士電機が製作した電気機器について紹介する。

② 電車の概要

100系新幹線電車は、0系新幹線電車と同じく2両1ユニットで構成され、1ユニットは、パンタグラフ、真空遮断器、主変圧器、主シリコン制御整流装置、主平滑リアクトル、断流器、主制御器、主抵抗器、主電動機から成っている。特に交流側主回路は高耐圧素子の採用により、二次側を等四分分割として、主回路の簡素化を図っている。図1に電車の外観を示す。

図1 100系新幹線電車

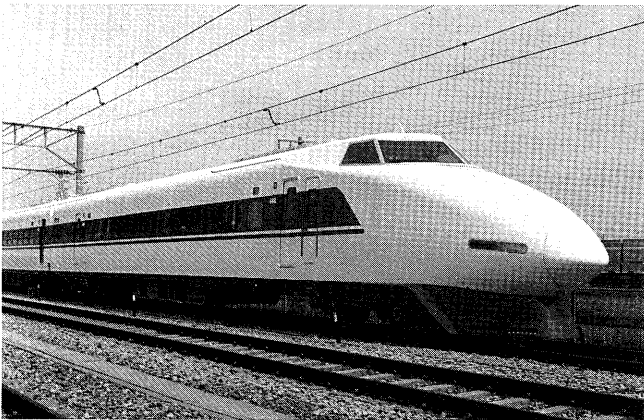


表1 PS 202形パンタグラフ仕様

形 式	PS 202
操 作 方 式	ばね上昇, 空気下降方式
標準作用高さ	レール面から5,000 mm
押 上 力	5.5 kg
重 量	145 kg

図2 PS 202形パンタグラフ

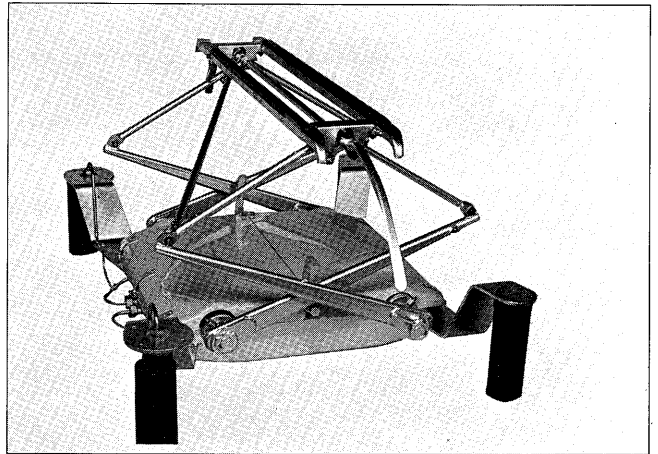
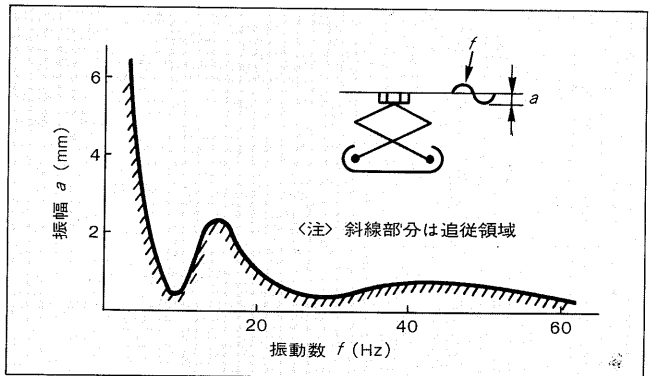


図3 集電領域



あるが、高速集電性能の向上、パンタグラフ半減化対応について考慮している。

(1) 高速集電性能の向上

パンタグラフの追従領域を拡大するため、各すり板を単独動作可能とした三元系ばね機構を採用し、図3のように40Hz近傍の高周波域追従を可能にしている。

また復元ゴムばねのストロークを大きくするとともに、ゴム部の固有振動数をハンガからの強制周波数に一致するようにして、追従特性の改善を図っている。

③ 電気機器

3.1 パンタグラフ

3.1.1 仕様

PS 202形パンタグラフの主な仕様を表1に示す。

3.1.2 構造と特長

標準作用高さのパンタグラフの外観を図2に示す。基本構造は0系新幹線電车用パンタグラフPS 200A形と同一で

*1 電機事業本部 輸送特機技術部 *2 千場工場 設計部 *3 神戸工場 設計部 *4 鈴鹿工場 回転機設計部

(2) パンタグラフ半減化対応

折りたたみ状態で走行するパンタグラフが風圧、飛散物の衝突などによって立ち上がらないように、かぎ装置部を二重ロック式にしている。

3.2 主変圧器

TM 203 形主変圧器は、シリコン油とポリアミド絶縁物を主体とする特別 A 種絶縁の採用及び付属品の改良により、0 系新幹線電車搭載の TM 201A 形に比べ、152%の容量を持ちながら総重量では逆に 76%の軽量化がなされている。本器の外観を図 4 に示す。

3.2.1 仕様

表 2 に本器の主な仕様を示す。

3.2.2 構造と特長

- (1) サイリスタ位相制御に伴う高調波誘導障害に対し、適正リアクタンス特性を維持しつつ、等価妨害電流が極力小さくなるような巻線配置としている。
- (2) 二次側巻線は、各巻線の利用率に見合った容量を設定している。このため一次容量は、二次容量と三次容量の

和よりも小さくなっている。

- (3) 特性を維持しつつ、鉄心の磁束密度を従来形に比べ約 4%増加し、小形軽量化を図っている。
- (4) プッシングは高圧、低圧とも耐熱エポキシ樹脂で一体に注形したもので、特に低圧側は 11 本の導体を一体に注形し、かつアルミ導体を採用して小形軽量化を図っている。
- (5) 金属ベローズ式コンサベータは、従来の別設容器方式から主タンク直付け方式に変更し、使用部材の低減により大幅に軽量化を図っている。

3.3 主シリコン制御整流装置

RS 203 形主シリコン制御整流装置は、200 系新幹線電車と同様にサイリスタとダイオードの混合ブリッジ方式であるが、高耐圧素子の採用により交流主回路分割数を低減させ、使用素子数、整流ユニット数を減らしている。更に整流ユニットの配置を直列通風方式にするなどの工夫により、200 系新幹線電車で用主整流器 RS 202 形と比較して、同一出力で容積比は約 60%、重量比は約 62%と、大幅に小形軽量化を図っている。

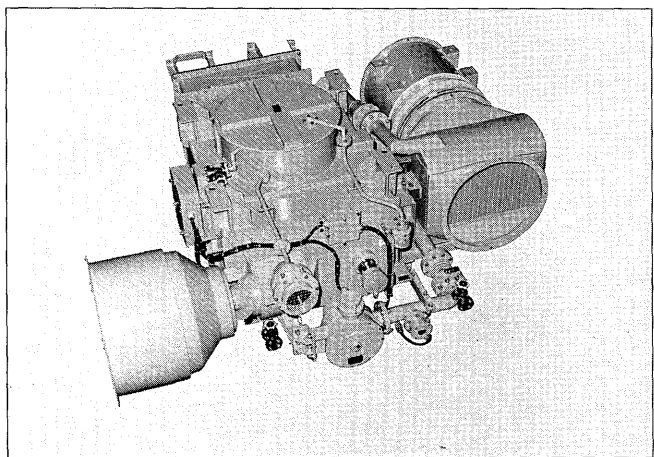
3.3.1 仕様

この装置の仕様を表 3 に示す。

3.3.2 構造と特長

この装置の外観を図 5 に示す。

図 4 TM 203 形主変圧器



AM101548

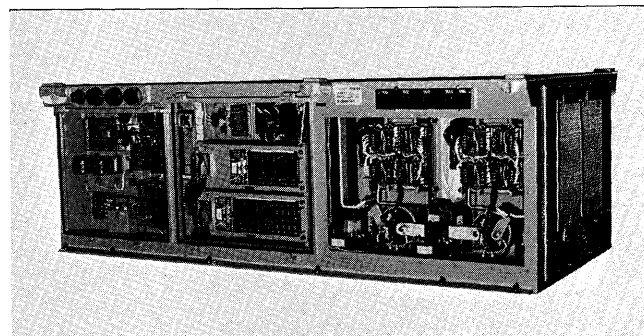
表 2 TM 203 形主変圧器仕様

形 式	TM 203			
方 式	外鉄形、シリコン油入無圧密封式、送油風冷式			
絶 縁 種 別	特別 A 種 (ポリアミド絶縁)			
(定 格 事 項)	単相、60 Hz、連続定格			
	一次	二次	三次	
容 量 (kVA)	2,500	2,510	250	
電 圧 (V)	25,000	3,636 (909 × 4)	413	
電 流 (A)	100	690	605	
絶 縁 階 級 (車 両 用)	一次線路側	一次接地側	二次側	三次側
	30 号	1 号	3 号	1 号
試 験 電 圧	AC	42 kV, 10 分	4 kV, 1 分	10 kV, 1 分
	Imp	175 kV	—	—
温度上昇限度	(巻線) 110°C	(油) 70°C	(基準周囲温度 25°C)	
総 重 量	2,530 kg (電動送風機含まず)			

表 3 RS 203 形主シリコン制御整流装置仕様

形 式	RS 203	
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	2,025 kW
	直 流 電 圧	2,500 V
	直 流 電 流	810 A
素 子	サイリスタ	CSI 1000 - 40 (EGS 02 - 40) 4,000 V 1,000 A 1 直列 1 並列 2 アーム 4 ブリッジ
	ダイオード	SI 1600 - 40 (ERS 02 - 40) 4,000 V 1,600 A 1 直列 1 並列 2 アーム 4 ブリッジ
冷 却 方 式	フロン沸騰冷却風冷式	
重 量	870 kg (電動送風機含む)	

図 5 RS 203 形主シリコン制御整流装置



本装置は、素子をフロン浸漬したタンク・凝縮器一体形の整流ユニットを 2 段直列配置し、箱内の電動送風機により冷却を行っている。

直流端子側には、ゲート制御装置、故障検出装置を中央に 2 段積にし、同期信号ユニット、継電器盤、変圧器類を設置している。交流端子側には、AC フィルタコンデンサとサージ吸収器を配置している。

また点検カバーは、制御装置、継電器盤など保守の必要な箇所だけとし、他はねじ締めカバーとしている。

以下にこの装置の特長を記す。

(1) 主回路分割数の低減と高耐圧素子の採用

交流側主回路二次分割数を 4 段に低減しても、等価妨害電流は、0 系新幹線電車以下とできることに着目し、4,000 V 高耐圧素子の使用により、整流ユニットを 2 台として、装置の小形軽量化を図っている。

(2) 一体形整流ユニットの採用

従来はタンク部と凝縮部が分離しており、気密溶接にて結合する方式としていたが、今回はタンク部と凝縮部を真空ブレージングで一体化して溶接部分を減らし、信頼性を向上させている。

(3) 整流ユニット直列通風の採用

2 台の整流ユニットを直列通風し、更に AC フィルタ抵抗器も風冷にし、通風部を無駄のない設計として小形化を図っている。

(4) 主回路接続導体の簡素化

整流ユニットの交直流端子を分離し、両端面に各々の端子を配置することにより、装置内部の導体配線を簡素化している。

(5) 整流ユニットの車側着脱

この装置は 200 系新幹線電車用主整流器と同様に底面からの着脱が基本であるが、ピットのない場所でも車側から着脱できるように構造を工夫している。

(6) 高耐圧非直線抵抗素子の採用

高耐圧素子のサージ電圧保護用として、高耐圧非直線抵抗素子を開発した。この装置には、富士電機製のものを搭載しており、構造は 200 系新幹線電車用と同様、ヒューズ内蔵形である。

(7) 順序制御方式の採用

200 系新幹線電車は、等価妨害電流低減のため主変圧器二次巻線を不等六分割し、パーニア制御を行っているが、この装置では等四分割とし、制御は順序制御を採用している。

3.4 断流器

3.4.1 仕様

LB 27 形断流器の仕様を表 4 に示す。図 6 に遮断試験時のオシログラムの一例を示す。

3.4.2 構造と特長

断流器の外観を図 7 に示す。

主要機器の構成は、SR127 形単位スイッチ 4 個、RL120 形過電流継電器 2 個、RL106 D 形接地継電器 2 個、RL1081

表 4 LB 27 形断流器仕様

形 式	LB 27
定 格 電 圧	DC 2,500 V
定 格 電 流	405 A
制御回路電圧	DC 100 V
操作空気圧力	5 kg/cm ²
遮断容量	DC 2,660 V 10 mH 2,800 A DC 5,000 V 25 mH 1,300 A
重 量	305 kg

図 6 過電流遮断試験オシログラム

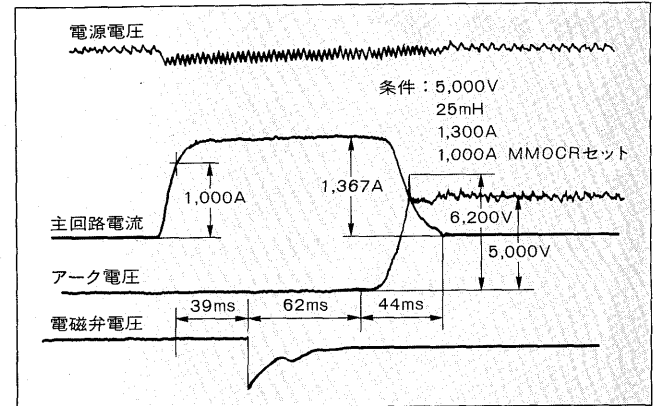
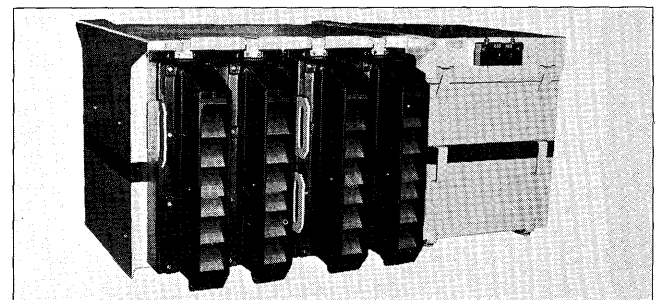


図 7 LB 27 形断流器



形継電器 2 個及びその付属品から成り、次の特長を有する。

- (1) 力行、ブレーキの常用遮断のほか、ブレーキ時の過電流遮断を単位スイッチで行うようにしている。
- (2) 補助アークシュートは不燃性合成樹脂絶縁材料ヒロレックス HLC による成形品で、単位スイッチ 2 個分を一組とし、その取扱いを容易にしている。
- (3) 過電流継電器の動作遅れ時間を 0 系新幹線電車用の約 1/2 に短縮して、過電流による単位スイッチの遮断責務を低減している。
- (4) 単位スイッチのシリンダ部は、従来のパッキン方式からベロフラム方式を採用して動作性を良くし、更に単位スイッチ全体の小形軽量化を図っている。

3.5 主制御器

CS 56 形主制御器の主な機能は次のとおりである。

- (1) ブレーキ限流値制御
- (2) 抵抗カム軸制御

(3) 転換カム軸制御

また、0系新幹線電車用主制御器とは内部構成がやや異なり、転換カム、抵抗カムのほかに電源装置、予励装置などを収納している。

3.5.1 仕様

主制御器の仕様を表5に示す。

3.5.2 構造と特長

主制御器の外観を図8に示す。

主要部品の配列は、前面にはカム接触器、電磁接触器などの保守・点検を必要とする部品を配置し、後面にはコイル類、抵抗などを配置している。

特長を以下に示す。

- (1) カム接触器の数を減らすため、逆転及び力行、ブレーキ切替用カム接触器の一部にSR38形(双頭)カム接触器を新しく採用している。
- (2) 無接点制御装置は、200系新幹線電車用RLS52のカム軸操作電動機制御リレー(BFR, BRVR)を変更し、別置きとしたため、100系新幹線電車用ではRLS52Aとなっている。
- (3) 直流変流器用インバータ電源と限流値制御装置用電源を一体化した電源装置を収納している。
- (4) 限流値制御装置は、CMOSICを用いてプリント板化し、小形化を図っている。

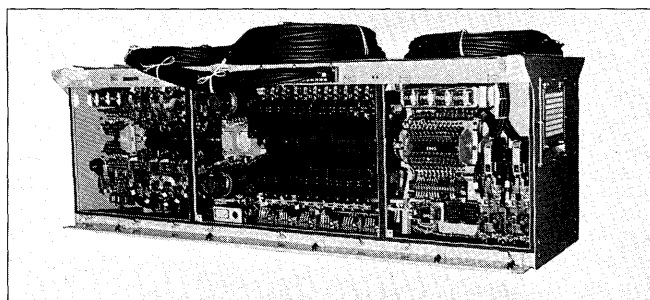
3.6 主電動機

MT202形主電動機は、電車編成が電動車12両、付随車

表5 CS56形主制御器仕様

形 式	CS56	
方 式	電動カム軸方式	
定 格 (連 統)	主回路電圧	DC2,500V
	主回路電流	力行回路 DC 405 A
		ブレーキ回路 DC 225 A
	予備励磁回路電圧	AC 413 V (60 Hz)
制御回路電圧	DC 100 V	
転換カム軸切替位置	前進力行、前進ブレーキ 後進力行、後進ブレーキ	
抵抗制御段数	22	
力行限流値	750 A	
ブレーキ限流値	730 A	
重 量	940 kg (口出線4m分含む)	

図8 CS56形主制御器



4両の構成になること、起動時の引張力を大きくして加速性能を大きくしたことなどから0系新幹線電車用MT200B形主電動機の185kWより出力が増大している。

また、現在の0系新幹線電車、200系新幹線電車用の主電動機の良いところはすべて採用するとともに、高速化及びH種絶縁による小形軽量化が織り込まれたものとなっている。

3.6.1 仕様

主電動機の仕様を表6に、外観を図9に示す。

3.6.2 構造と特長

(1) 高速化とH種絶縁の採用

歯車比を大きくして定格回転速度を上げるとともに、最新のC種絶縁材料を使用したH種絶縁システムを取り入れて、小形軽量化を図っている。

列車速度の向上と歯車比の増加により、主電動機の最高使用回転速度は現在の主電動機より高くなるが、信頼性の高い構造となっている。

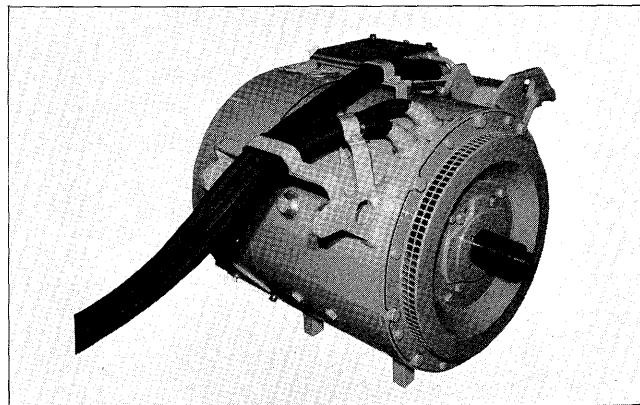
(2) メンテナンスフリー

200系新幹線電車と同一設計思想でブラシ、軸受構造の

表6 MT202形主電動機仕様

形 式	MT202
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 出 力	230 kW
	続 電 圧
定 電 流	405 A
格 回 転 速 度	2,900 rpm
周 波 数	60 × 2 Hz
脈 流 率	50 %
風 量	14 m ³ /min
絶 縁 種 別	H種
耐電圧試験電圧	5,700 V
高速試験回転速度	4,620 rpm
重 量	830 kg

図9 MT202形主電動機



メンテナンスフリーを図っている。

(3) 他力通風の排風覆い

200系新幹線電車と同様に他力通風式を採用しているが、排風覆いは簡素化し、軽量化を図っている。

3.7 電動送風機

本電動送風機は、主変圧器・主シリコン制御整流装置冷却用の遠心軸流式電動送風機である。

0系新幹線電車用 MH 1067-FK 117 形は、主変圧器・主整流装置共用であったが、今回は仕様の見直しを行い、併せて小形軽量化を図るため、主変圧器・主整流装置個別の専用設計としている。

3.7.1 仕様

主整流装置冷却用電動送風機の主な仕様を表7に、主変圧器冷却用電動送風機の主な仕様を表8に示す。

3.7.2 構造と特長

主変圧器、主整流装置用とも電動機を内装した軸流ケーシング内にターボ形送風機の羽根車を組み込んだ遠心軸流方式である。この方式は新幹線電車用ファンとして開発されたもので、0系、200系新幹線電車に採用され良好な結果を得ている。

本電動送風機は、小形軽量化を最重点として開発されており、構造の簡素化、板厚の見直し、電動機フレームの最適化などを行っている。

また、騒音低減のため羽根車・案内羽根・ケーシング流路については細心の注意が払われている。

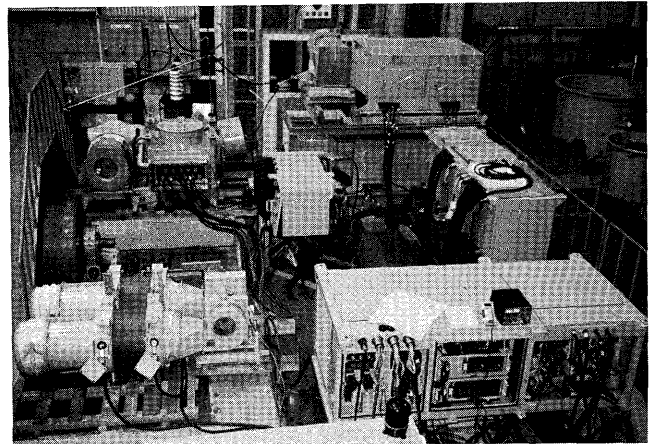
表7 MH 1092-FK 156 形電動送風機仕様

電動機		送風機	
形式	MH 1092	形式	FK 156
出力	0.9 kW	風量	50 m ³ /min
電圧	440 V	静圧	50 mmAq
周波数	60 Hz	温度	70℃
相数	単相	方式	遠心軸流量
回転速度	1,700 rpm		
絶縁	F種		
コンデンサ	20 μF, 別置		
重量	電動送風機 72 kg, コンデンサ 2 kg		

表8 MH 1093-FK 157 形電動送風機仕様

電動機		送風機	
形式	MH 1093	形式	FK 157
出力	1.4 kW	風量	80 m ³ /min
電圧	440 V	静圧	55 mmAq
周波数	60 Hz	温度	25℃
相数	単相	方式	遠心軸流式
回転速度	1,700 rpm		
絶縁	F種		
コンデンサ	30 μF, 別置		
重量	電動送風機 75 kg, コンデンサ箱 6.5 kg		

図10 実負荷組合せ試験



4 実負荷組合せ試験

今回製作した電気機器を組み合わせ、ダイナミックシミュレータ（慣性負荷試験設備）による総合試験を実施し、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、今後予想される量産設計に反映するための各種のデータを得た。同試験の状況を図10に示す。主な試験内容は次のとおりである。

(1) 力行制御試験

力行ノッチ特性試験、セクション模擬試験、空転模擬試験、一車開放試験などを実施し、制御系の動作に問題がないことを確認した。

(2) ブレーキ制御試験

ブレーキノッチ特性試験、滑走模擬試験、一車開放試験などを実施し、制御系の動作に問題がないことを確認した。

5 あとがき

以上、富士電機が製作した電気機器の概要について述べた。100系新幹線電車は、0系新幹線電車の長年の実績と200系新幹線電車のサイリスタ制御車両のシステムの成果、及び新しい種々の条件に対応した最適の技術を結集した車両である。今回の試作車両が、十分に性能を発揮し、所期の目的が達成されることを期待している。

終わりに電気機器の設計製作試験にあたり、終始御指導を賜った日本国有鉄道及び車両メーカー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) 木俣政孝ほか：新幹線モデルチェンジ車両の概要，JREA，28，1，3（1985）
- (2) 諸星幸信ほか：日本国有鉄道200系新幹線電車用電気機器，富士時報，55，6，pp.405～410（1982）



*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。