

962形新幹線試作電車の主要電気品

Electric Equipment of Type 962 Experimental Cars for Shinkansen

962形新幹線試作電車は、将来の新幹線に投入される試作電車として製作されたもので、現行東海道・山陽新幹線の永年の実績を踏まえ最新の技術を取り入れた車両となっている。

日立製作所は、車両をはじめ各種機器、電気品の製作に参画しているが、この論文では、主回路を構成する主要電気品の新しい技術の動向、構造などについて述べた(ただし、制御関連電気品については、別掲の論文で述べているため省略する)。

大隅良夫* *Ôsumi Yoshio*
 辻本静夫** *Tsujimoto Shizuo*
 田村 薫** *Tamura Kaoru*
 三浦昭錠*** *Miura Shôtsuchi*

1 緒 言

このたび、将来の新幹線に投入される車両の試作車として、962形新幹線試作電車が完成した。

この車両は、現行の東海道・山陽新幹線電車の永年の実績を踏まえ、その後、新規に開発された技術の成果が種々、折り込まれたものとなっている。この論文では、そのうち主回路を構成する主要電気品に採用されている新しい技術、構造などについて述べる。

なお、962形新幹線試作電車は、東北新幹線小山地区に設置された総合試験線に投入されており、昭和54年2月に実施された公式試運転で、計画どおりの性能が確認された。今後引き続き実施される各種試験での成果が期待される。

2 主回路方式の概要

962形新幹線試作電車の主要項目及び性能を昭和48年に製作された961形試作電車、現行新幹線電車と対比して表1に示す。

また、以下に説明する主要電気品の位置づけを表わすために主回路つなぎを図1に示す。

2.1 カ行主回路

(1) 主電動機の接続は、4個直列のものを2群並列に永久接続(4S-2P接続)されており、界磁分路抵抗として、主抵抗器の一部が使用されている。

(2) 主変圧器の二次巻線は、不等6分割(10分割相当)とするとともに、リアクタンスの不等分布構成の主変圧器組合せなどにより、誘導障害を極力抑制する方式が採用されており、

なおかつ、制御巻線に交流リアクトル(主変圧器に内蔵)を取り付け、制御時の電圧はね上がりを抑えるなどの考慮が払われている。

(3) 主シリコン制御整流装置は、主変圧器の二次側分割数に合わせて6個のサイリスタ・ダイオード混合ブリッジで構成されており、バーニア位相制御方式が採用されている。

2.2 ブレーキ主回路

(1) 発電ブレーキ時の主電動機の接続は、1車ごとに主電動機4個が直列に接続され、各々、主抵抗器につながれた独立した回路(4S-2P接続)によって構成されている。

(2) 制御は、7段のバーニアチョップ制御方式が採用されているが、経済性の面からチョップ装置とカム接触器の組合せにより抵抗値を連続的に制御する方式となっている。また、チョップによる脈流対策として、フライホイール・ダイオードが取り付けられている。

なお、ブレーキシステムは、全電気指令方式となっており、必要なブレーキ力(指令値)と電気ブレーキ力を比較し、不足分を空気ブレーキ力で補う方式となっている。

3 主電動機

3.1 仕様

この主電動機の定格電圧は、主回路の構成、主シリコン制御整流装置サイリスタの耐圧などを考慮して、475Vとなっている。

表1 962形新幹線試作電車の主な仕様 962形新幹線試作電車の主な仕様を、961形新幹線試作電車及び現行新幹線電車と比較して示す。

項目	車種	962形新幹線試作電車	961形新幹線試作電車	現行新幹線電車	
電気方式		単相25kV, 50Hz	単相25kV, 50/60Hz両用	単相25kV, 60Hz	
電車方式		全電動車2両1ユニット	同左	同左	
連続定格出力		1,840kW/1ユニット	2,200kW/1ユニット	1,480kW/1ユニット	
最高運転速度		210km/h	260km/h	210km/h	
主電動機	連続定格	230kW, 475V, 530A, 2,200rpm	275kW, 700V, 435A, 2,850rpm	185kW, 415V, 490A, 2,200rpm	
	接続	力行時	4S-2P接続	2S-4P接続	4S-2P接続
		ブレーキ時	4S-2P接続	4S-2P接続	4S-2P接続
ATC方式		2周波組合せ方式	同左	単周波方式	
力行制御方式		主変圧器二次側6不等分割、サイリスタによるバーニア位相制御	主変圧器二次側5不等分割、サイリスタによる連続位相制御	25ステップ低圧タップ切換制御	
ブレーキ方式		バーニアチョップ制御発電ブレーキ併用電気指令空気ブレーキ	同左	発電ブレーキ併用電磁直通ブレーキ	

注：ATC=列車自動制御装置

* 日立製作所機電事業本部 ** 日立製作所日立工場 *** 日立製作所国分工場

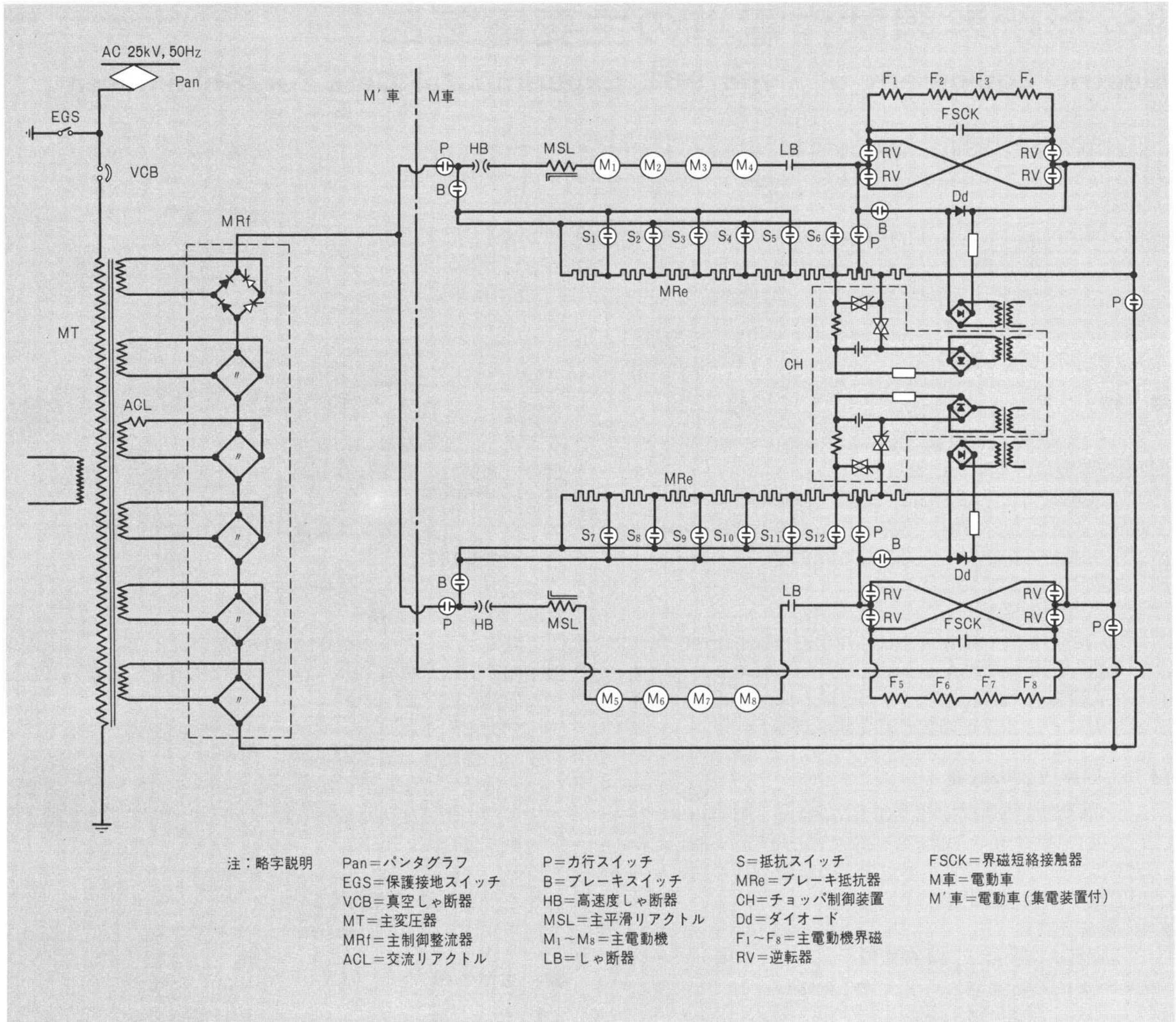


図1 962形新幹線試作電車の主回路つなぎ 962形新幹線試作電車の簡易主回路つなぎを示す。力行は主シリコン制御整流装置により、また発電ブレーキはチョッパ装置により制御される。なお誘導障害対策のため、主変圧器二次側は不等6分割となっている。

- (1) 主電動機容量は、現行新幹線電車用に比べて、25%増強されている。
- (2) この主電動機は、多雪地帯走行に対する耐雪対策、低騒音化などの要求があり、これらの諸条件を解決する手段として、今回、雪分離機能付冷却用電動送風機(雪取装置)を別設

置とした強制冷却システムが採用されている。これにより、従来主電動機に内蔵されていた自己冷却ファンを除去することができ、主電動機の騒音レベルを大幅に低減することができた。

主な仕様を現行新幹線用主電動機と比較して表2に示す。

3.2 構造

この主電動機は、現行新幹線電車用MT200B形主電動機に盛り込まれている技術を基本としているが、その他、多雪地帯の走行を想定した耐雪構造、低騒音化、保守の簡易化、信頼性向上などを可能にする各種新技術が取り入れられている。その具体例を以下に述べる。

(1) 軸受構造

現行の軸受分解点検周期の大幅な拡大、耐雪・耐水構造を目的として、現行MT200B形主電動機で使用実績のあるバック式軸受構造を基本に、環状グリース室の外側に第2グリース室を設けることにより封入グリース量の増大を図るとともに、軸受両側に設けた空間の圧力の均衡化、負圧低減を実現

表2 主電動機仕様 962形新幹線試作電車用主電動機の仕様を、現行新幹線電車用主電動機と比較して示す。前者は後者に比べて同一大きさで容量が約25%増となっている。

項目	用途	962形新幹線試作電車用	現行新幹線電車用
形式		MT201X	MT200B
方式		開放他力通風形、脈流直巻、補極付	開放自己通風形、脈流直巻、補極付
定格	連続	230kW, 475V, 530A, 2,200rpm	185kW, 415V, 490A, 2,200rpm
	1時間	255kW, 475V, 580A, 2,150rpm	225kW, 415V, 590A, 2,050rpm
絶縁種別		F種 (ただし、実力的にはH種)	F種
枠外径×長さ		580mm×750mm	580mm×750mm

した。また、軸受保持器ころ案内方式の改良に加えて、長寿命グリースを使用するなど各種の新技术を採用し、軸受部の信頼性向上が考慮されている。

(2) ブラシ保持器

ブラシ保持器は、ブラシの全使用範囲にわたってブラシの追従性、座乗性が良好で、安定な整流子被膜を保ちブラシの摩耗を最小限に抑制することが重要であり、このため、渦巻ばねの先端に板ばねを装着した組み合わせばね機構をもつ適圧ブラシ保持器を採用し、現行ブラシに対して使用範囲を約50%長くした長尺ブラシが取り付けられるものとなっている。

(3) 排風構造

排風構造については、多雪地帯走行時の雪の侵入、あるいは、電車床下に付着した雪を融雪装置によって除去する際の水の浸入に対して十分な考慮を払わなければならない。また、冷却ファン容量を極力小さな値にとどめるため圧力損失の少ない構造とする必要がある。このため、排風構造の開発に当たっては、日本国有鉄道の指導のもとに現物を模擬した風胴と雪取装置とを組み合わせた試験設備を用い、散水試験、通風試験などの各種試験を実施し、圧力損失が少なく、雪、水などが入りにくい排風構造を開発した。

(4) その他

今回の主電動機製作に当たっては、将来予想される容量増大、なおいっそうの小形、軽量化などの要請に対処するため、実質的な絶縁特性の向上を目標とする試みを行なうほか、口出線部に端子箱構造を採用するなど、信頼性向上に多くの配慮を払ったものとなっている。

主電動機の外観を図2に示す。

4 主シリコン制御整流装置

4.1 仕様

主シリコン制御整流装置は、主変圧器二次巻線の電圧を受け、主電動機に印加する電圧を制御する装置で、現行新幹線電車に採用されているタップ切換器方式と異なり、6段のサイリスタ・ダイオード混合ブリッジの位相を制御することにより電圧を連続的に変化させることができる方式となっている。また、961形試作電車用の装置でも、フロン冷却方式が採用され、小形・軽量化を図ったものとなっているが、962形用については、それに加えてフィン内沸騰形フロン冷却方式、非直線性素子のサージ吸収器などの新技术を取り入れ、更に

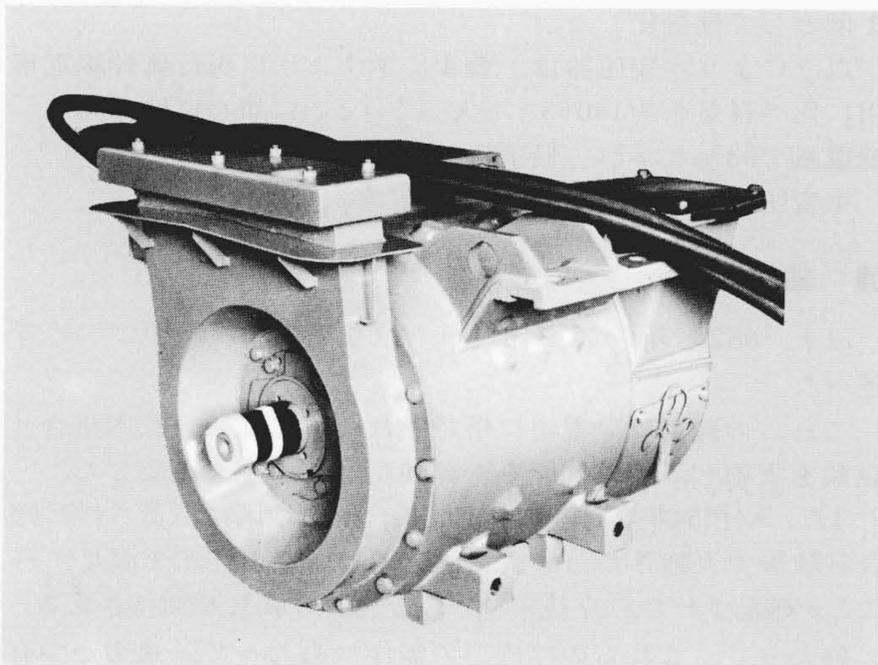


図2 MT201X形主電動機 耐雪・耐水性を考慮して、軸受、排風構造などに各種新技术が盛り込まれている。

表3 主シリコン制御整流装置仕様 961形新幹線試作電車用の整流装置に比べ、962形新幹線試作電車用は素子数重量が低減化されている。

項目		用途	962形新幹線試作電車	961形新幹線試作電車
形	式		RS202X	RS920
方	式		単相混合ブリッジ 不等6分割	単相混合ブリッジ 不等5分割
定 格	容 量		2,014kW	2,440kW
	直流電圧, 電流		1,900V 1,060A(連続)	1,400V 1,740A(連続)
素子構成	サイリスタ		CSI 1000-25 (CA01CF) 2,500V 1,000A 1S×1P×2A×6U=12	CSI 1000-25 (CA01CF) 2,500V 1,000A 1S×2P×2A×5U=20
	ダイオード		SI 1,600-25 (A01CF) 2,500V 1,600A 1S×1P×2A×6U=12	SI 1,600-25 (A01CF) 2,500V 1,600A 1S×2P×2A×5U=20
交流入力	一 次		1相50Hz 25kV	1相50/60Hz25kV
	二 次		518V×4+259V×2	518V×3+259V×2
冷 却 方 式			フィン内沸騰形 フロン冷却風冷式	整流素子浸漬形 フロン冷却風冷式
サージ吸収器			非直線性抵抗器	CRフィルタ

小形・軽量化を実現したものとなっている。

主な仕様を961形試作電車用装置と比較して表3に示す。

4.2 構造

この装置は、単相混合ブリッジを6段連続した不等6分割方式で、第1ブリッジだけを位相制御し、他ブリッジはオン・オフ制御を行なうバーニア制御方式である。また、この装置は3台の整流ユニットとそのゲート制御装置、サージ吸収器、冷却用電動送風機などから構成されている。

(1) 整流ユニット

整流ユニットは、素子と圧接された冷却フィンとフロンガスを凝縮する凝縮器とから成る。冷却フィンは中空の銅製で内部に冷媒フロンR-113が充填され、絶縁パイプを介して凝縮器下部に溶接されている。なお、冷却フィンは2kW以上の熱処理能力をもっている。この装置は素子がフロン系と分離されているため、素子をフロンタンクに内蔵する浸漬形に比べ素子の交換性が向上した。

(2) ゲート制御装置

ゲート制御装置は、電流比較・増幅・補償・位相制御の各機能の一つに集約した、平衡半波形磁気位相器及びバーニア制御方式の採用により、構成、回路とも著しく簡素化され、部品数が大幅に低減し信頼性が向上した。

(3) サージ吸収器

車両停止時の無効電力及び運転中の抵抗器の電力損失の低減のため、非直線性抵抗器を用いた。非直線性抵抗器は、サージ電圧の尖頭値は抑制するが dV/dt の抑制は不可能なため、CR(コンデンサ・抵抗)を並列に接続する必要があるが、そのコンデンサ容量が従来のCRフィルタの $\frac{1}{3}$ となり、直列抵抗の熱損失を大幅に低減することができた。これにより、従来抵抗器は強制風冷で別箱であったが、この装置では自然冷却が可能となり、装置に収納された。外観を図3に示す。

5 主変圧器

5.1 仕様

電気車、とりわけサイリスタ制御車での主変圧器は、電圧の変成のほかインピーダンスなど主回路定数として、車両性能に大きな影響を及ぼす。

962形新幹線試作電車用変圧器では、これまでの技術開発成果及び車両変圧器の実績をもとに、日本国有鉄道から示された要求性能の整理を行ない、変圧器がとるべき方向を定め、

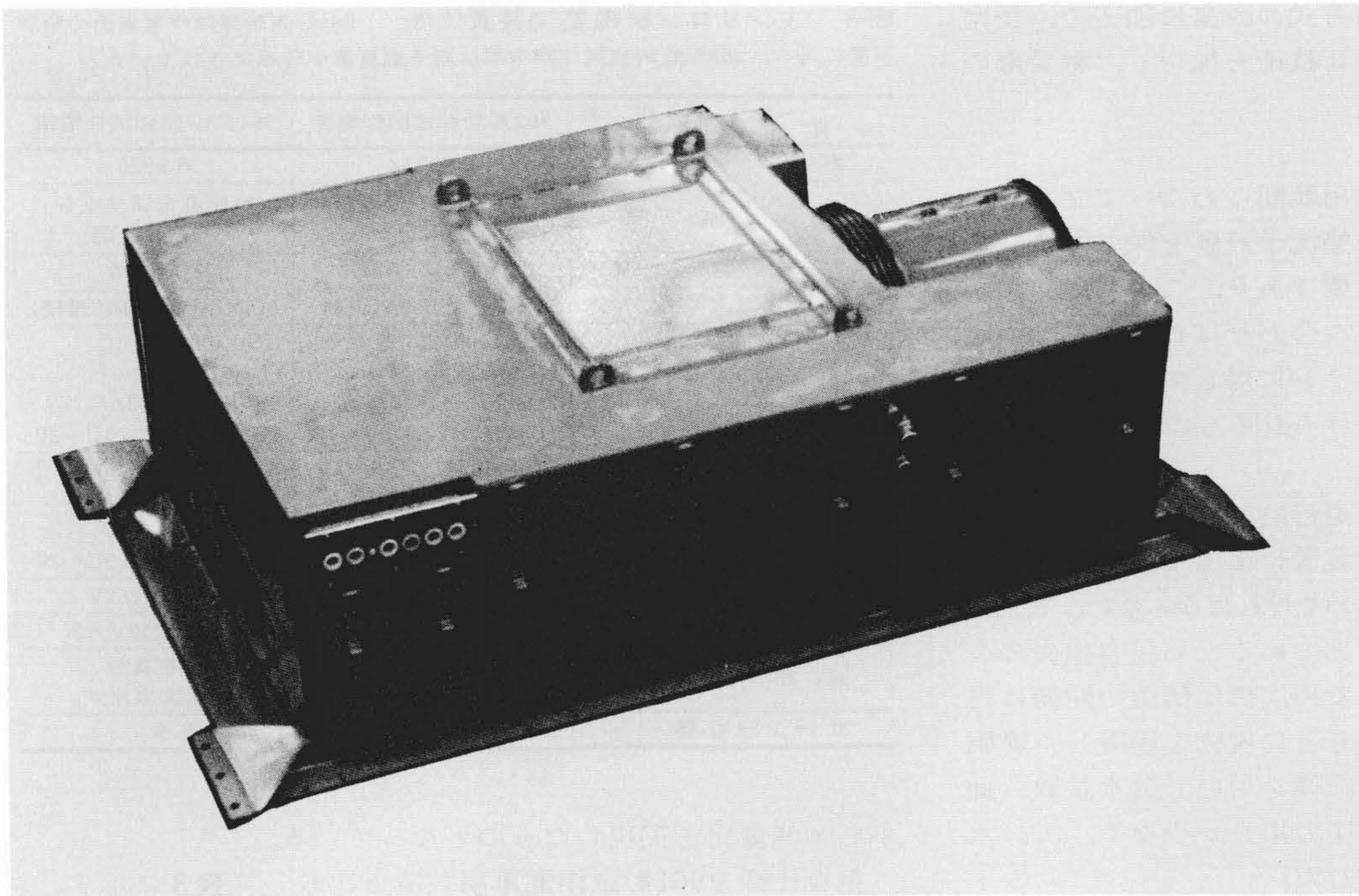


図3 RS202X形主シリコン制御整流装置 整流装置の幅寸法×長さ寸法は、RS920形の2,400mm×2,300mmに対しこの装置は2,400mm×1,547mmと大幅にコンパクト化されている。

表4 主変圧器仕様 962形新幹線試作電圧用主変圧器の仕様を、現行新幹線電圧用主変圧器と比較して示す。前者は後者に比べ容量が約1.4倍になったが、特別A種絶縁の採用などにより重量は逆に減少している。

項目		用途	962形新幹線試作電圧用	現行新幹線電圧用
形	式		TM202X	TM201A
方	式		外鉄形無圧密封式 送油風冷式抑制用交流リアクトル内蔵	外鉄形無圧密封式 送油風冷式
定	容 量	一 次	2,350kVA	1,650kVA
		二 次	2,100kVA	1,500kVA
		三 次	250kVA	150kVA
格	電 圧	一 次	25,000V	25,000V
		二 次	518V×4, 259V×2	2,261V
		三 次	370V	232V
相数, 周波数			単相, 50Hz	単相, 60Hz
温度上昇限度	巻線		125deg	85deg
	油		85deg	65deg
絶 縁	油		シリコーン油	シリコーン油
容 積			5m ³	5.5m ³

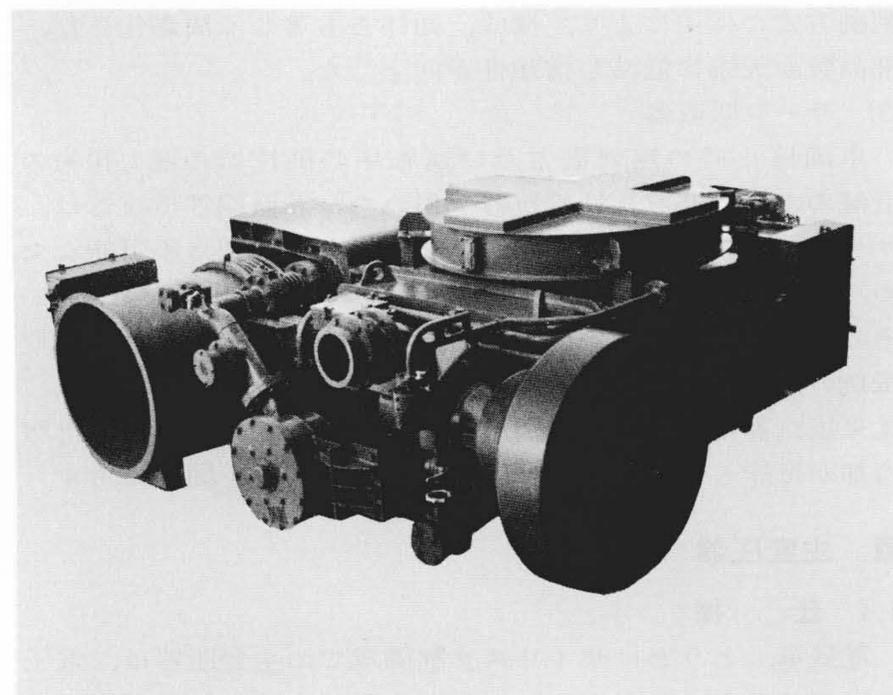


図4 TM202X形主変圧器 現行新幹線用主変圧器に比べ、962形新幹線試作電圧用は金属ベローズの有効径を大きくし、2個を1個にしている。かつ、狭い床下での点検が容易なように、部品は一面にまとめて配置している。タンクはコイル、コアに合わせて外接した構造としているため、コンパクトにまとめられている。

これにより具体的な計画、検討が進められた。

主な仕様を現行新幹線電圧用主変圧器と比較して表4に示す。

5.2 構 造

主変圧器の構造としては、現行新幹線電圧用主変圧器に比べ、以下に述べる改良が行なわれている。

(1) 高圧側30kVブッシング

高圧側30kVブッシングは、従来エポキシ樹脂モールドによるコンデンサタイプが使用されてきたが、電極数の低減を図り中心導体-接地電極だけの単純な構成とし、生産性の向上を図った。

(2) 低圧側3kVブッシング

低圧側は、一次接地側を含め15本のブッシングが引き出される。従来は中心導体によりガスケットを介し1本1本締め付ける、いわゆるセンタクランプ方式としていたが、962形新幹線試作電圧用ではガスケットを使用しない一体注型により、小形・軽量化及び生産性の向上を図った。

(3) その他

シリコーン油を使用し無圧密封構造とするため、金属ベローズが使用されているが、従来の有効口径600mm 2個を900mm 1個として軽量化した。

以上により主変圧器は、表4に示すように現行新幹線電圧用に比べ容量が約140%と増大しているのに対し容積で90%、総重量で93%と小形・軽量化されている。

主変圧器外観を図4に示す。

6 結 言

以上、962形新幹線試作電車の主な電気品の概要について述べた。

これらの機器は、電圧に搭載されるに先立ち、社内組合せ試験を実施し、要求性能を十分満足することを確認した。

また、昭和54年2月、電圧完成後、小山地区に設置された総合試験線で実施された公式試運転でも所期の性能を満足することが確認された。今後実施される試験の成果が期待される。

終わりに、これらの諸機器の製作に当たって、適切かつ有益な御指導、御援助をいただいた日本国有鉄道の関係各位に対し、厚くお礼を申しあげる。