

200系新幹線電車の主要電気品

Electrical Equipment of The 200-series Shinkansen Train

200系新幹線電車は、東北・上越新幹線に投入される電車で、昭和57年開業予定であるが、それまでに432両の製作が見込まれており、現行の東海道・山陽新幹線電車の永年の実績を踏まえ、更に最新の技術を取り入れた車両となっている。

主回路方式は、誘導障害対策のため、主変圧器二次側は不等6分割とした。滑走防止のため、発電ブレーキはバーニアチョップによる粘着限界に沿ったパターン制御方式とした。

主要電気品は小形・軽量化、雪害対策、高信頼性などを考えて設計・製作した。

なおこの電車は、仙台地区及び新潟地区で行なわれた公式試運転で、所期の性能が確認された。

荒井 真一* *Shinichi Arai*
 辻本 静夫** *Shizuo Tsujimoto*
 田村 薫** *Kaoru Tamura*
 波田野 滋*** *Shigeru Hatano*
 斉藤 清* *Kiyoshi Saito*

1 緒言

東北・上越新幹線の量産車である200系新幹線電車が完成し、公式試運転も終了した。

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、耐寒耐雪、軽量化、乗り心地改善、メンテナンスフリーなど新規に開発された技術の成果が、種々織り込まれたものとなっている。

以下に、主回路方式及び制御回路方式と、その主要電気品の構成、構造、特長などについて新しい技術を中心に述べる。

2 主回路方式及び制御回路方式

200系新幹線電車の主要項目及び性能を、現行新幹線電車のそれと対比して表1に示す。また、図1に主回路つなぎを示す。200系新幹線電車は力行時サイリスタ位相制御、ブレーキ時チョップによる連続位相制御を採用し、乗り心地の改善、滑走空転の防止を図っている。以下、同図により主回路方式及び制御回路方式について述べる。

2.1 力行主回路及び制御

(1) 主電動機の接続は、4個直列のものが2群並列接続され

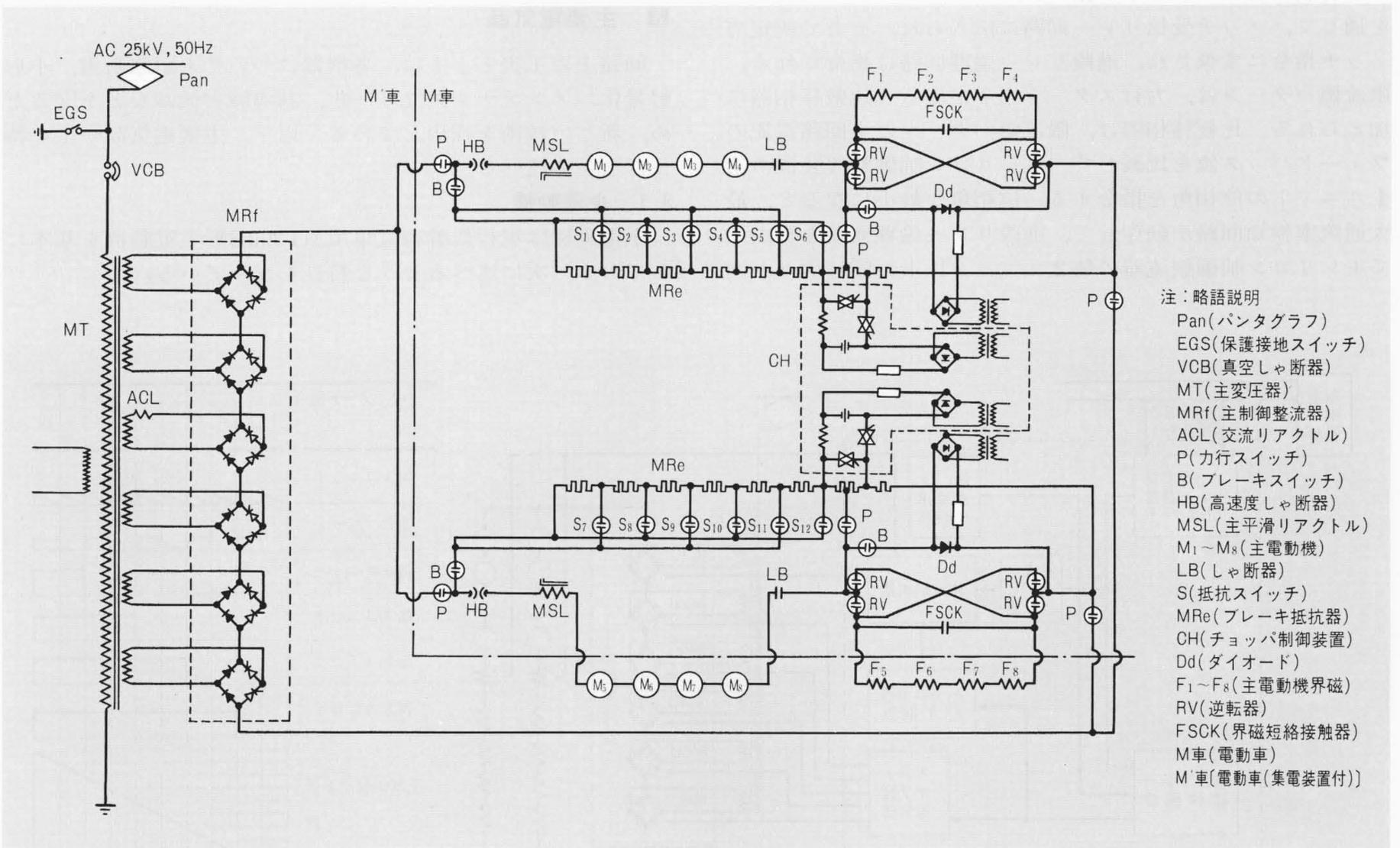


図1 200系新幹線電車の主回路つなぎ 力行は主シリコン制御整流装置により制御され、誘導障害対策のため、主変圧器二次側は不等6分割となっている。また、発電ブレーキは滑走防止のため、バーニアチョップによる粘着限界に沿ったパターン制御となっている。

* 日立製作所水戸工場 ** 日立製作所日立工場 *** 日立製作所国分工場

表1 200系新幹線電車の主な仕様 200系新幹線電車は、東北・上越の勾配の大きな箇所を走行するので、定格出力は現行新幹線の約25%増となっている。

項目	車種	200形新幹線電車	現行新幹線電車
電気方式		単相25kV, 50Hz	単相25kV, 60Hz
電車方式		全電動車2両1ユニット	同左
連続定格出力		1,840kW/1ユニット	1,480kW/1ユニット
最高運転速度		210km/h	210km/h
主動電機接続	力行時	4S-2P接続	4S-2P接続
	ブレーキ時	4S-2P接続	4S-2P接続
ATC方式		2周波組合せ方式	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	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	発電ブレーキ併用電磁直通ブレーキ

注：略語説明 ATC (列車自動制御装置)

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、誘導障害の低減、サイリスタの耐圧などを考慮して、不等6分割とするとともに、バーニア段の巻線に交流リアクトルを取り付け、制御時の電圧はね上がりを抑える方式としている。

(3) 力行制御ブロック図を図2に示す。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ユニットのサイリスタ・ダイオード混合ブリッジで構成されている。第1ユニットは位相角が180度から0度まで連続位相制御を行ない、第2ユニットはオン・オフ制御、第3～第6ユニットはオン制御を行なって出力電圧を連続的に増減する制御となっている。

主幹制御器からのノッチ指令は、6本の車両間の引通し線を通して、ノッチ受信リレー回路に伝えられ、そこで所定のノッチ指令に変換され、進段リレー論理回路に指令される。限流値パターンは、力行スタート指令が出ると比較移相器に加えられる。比較移相器は、限流値パターンと主回路電流のフィードバック値を比較して、主シリコン制御整流装置の第1ユニットの位相角を指令する。位相角が最小になると、最大通流率検知回路が動作して、進段リレー論理回路を経由して主シリコン制御整流器の第2ユニット以上に進

段指令を与える。進段指令と同時にバーニア段絞り回路に指令を与え、比較移相器の位相指令を180度とし、最大通流率検知回路をリセットする。以上のような方法で出力電圧を連続的に増減する制御を行なうことにより、加速が滑らかになるとともに、空転防止と乗り心地の改善を図っている。

2.2 ブレーキ主回路及び制御

ブレーキ制御方式は発電ブレーキ方式とし、新たに滑走の頻度を少なくするために、抵抗値を連続的に制御するバーニアチョップ制御方式を採用している。発電ブレーキ回路は、4個直列の主電動機と主抵抗器が直列に接続され、8分割された主抵抗器の1個にチョップ制御装置が並列に接続されている。発電ブレーキ制御ブロック図を図3に示す。ブレーキ電流制御方式は、速度に対応する粘着限界に沿ったパターン制御方式となっている。列車速度に対応したブレーキパターンは、チョップパターンの比較移相器に与えられ、比較移相器はブレーキパターンと主回路電流のフィードバック値(2回路平均値)とを比較して、チョップ主回路の主サイリスタに点弧指令を与える。通流率が最大になると、最大通流率検知回路が動作してカム軸進段指令が働き、主抵抗器短絡用の主制御器内のカム軸が進段を開始する。以上の制御により、現行新幹線電車のように抵抗を段階的に短絡する方式ではなく、ブレーキ力パターンに沿った連続制御方式を採用したことにより、進段時の電流ピークによるブレーキ力の変化が抑制されるため、滑走の頻度は少なくなると期待される。

上記の力行及びブレーキ時の主回路電流のオシログラムを図4に示す。現行新幹線電車に比べ、滑らかな電流になっていることが分かる。

3 主要電気品

回路上の工夫とともに、各機器についても耐寒耐雪、小形軽量化、メンテナンスフリー化、誘導障害低減などを図るため、新しい技術を採用している。以下、主要電気品の主な特長について述べる。

3.1 主電動機

主電動機は現行新幹線電車用MT200B形主電動機を基本にしており、次に述べるような特長をもっている。

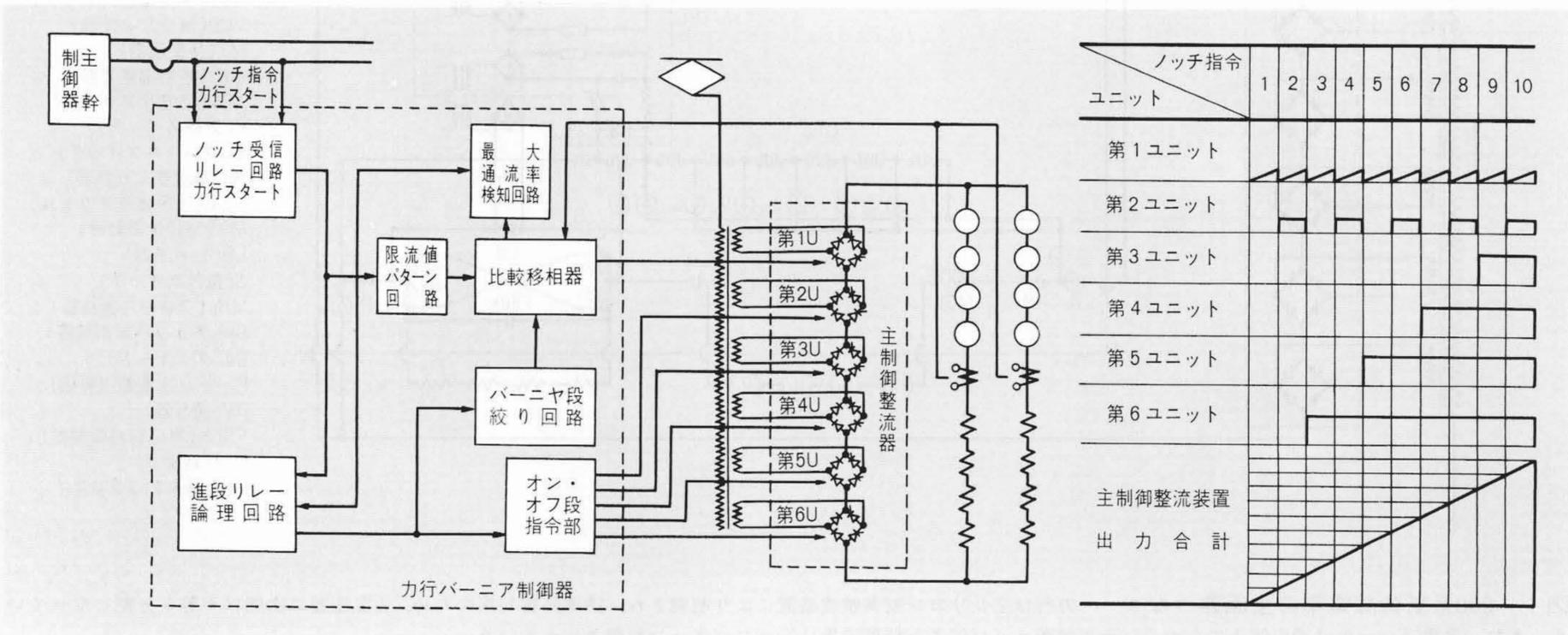


図2 200系新幹線電車の力行制御ブロック図と出力電圧 第1ユニットは限流値パターンと主回路電流のフィードバック値を比較して、位相角を指令する。位相角が最小になると、最大通流率検知回路が動作して、進段リレー論理回路を経由して次のユニットに進段する。第2～第6ユニットはオン・オフ制御を行なって、出力電圧を連続的に増大する。

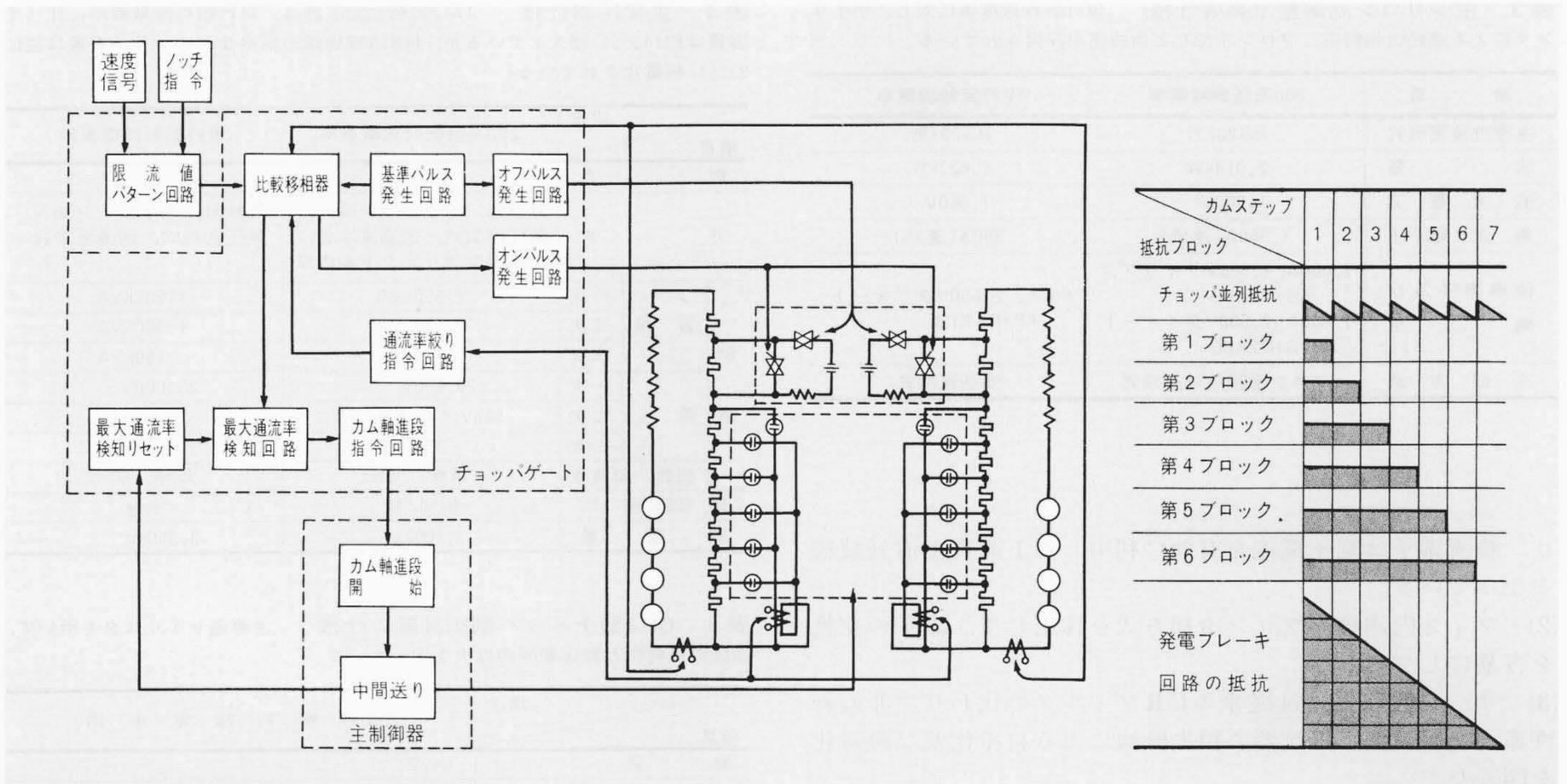


図3 200系新幹線電車の発電ブレーキ制御ブロック図とブレーキ抵抗値 限流値パターンと主回路電流のフィードバック値を比較して、チョップ主回路のサイリスタに点弧指令を与える。通流率が最大になると、最大通流率検知回路が動作してカム軸進段指令が働き、カム接触器を短絡させ進段する。

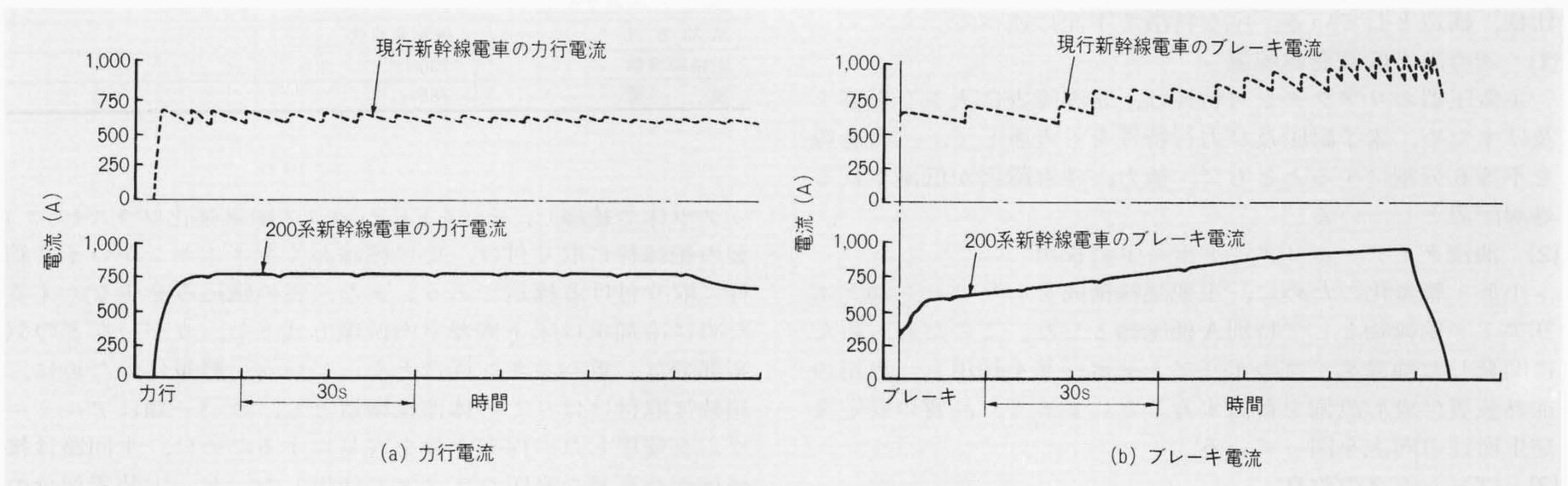


図4 200系新幹線電車と現行新幹線電車の主回路電流オシログラム 現行の新幹線電車に比べ、サイリスタ位相制御とチョップ装置位相制御により電流が滑らかになっていることが分かる。

- (1) 容量は、MT200B形主電動機に比べて、鉄心長さを20mm長くすることにより25%増強されており、急勾配線区、トンネル内走行路離の増大などに対処している。
- (2) 多雪地帯の走行に対する耐雪対策として、雪分離機能付冷却用電動送風機(雪取装置)を別置とした強制冷却システムが採用されている。

- (3) 長尺ブラシの採用
現行新幹線電車でブラシの摩耗量を調査し、定期検査間はブラシの交換が不要のように、現行ブラシに対し使用可能長さを約70%長くした68mmの長尺ブラシを用いている。

表2 主電動機仕様 200系新幹線電車用MT201形主電動機の仕様を、現行新幹線電車用MT200B形主電動機と比較して示す。前者は後者に比べて、同一寸法で容量が約25%増となっている。

項目	用途	200系新幹線電車	現行新幹線電車
形式		MT201	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
絶縁種別		F種	F種
枠外径×長さ		580mm×750mm	580mm×750mm
重量		930kg	870kg

- (4) 軸受構造の改良
MT200B形主電動機で実績のあるバック式軸受構造を基本に、封入グリース量の増大、軸受両側の空間圧力の均衡化及び負圧の低減を図り、軸受分解点検周期の拡大、耐雪・耐水構造としている。
- (5) 排風構造

排風構造としては、圧力損失が少なく、走行中の雪の侵入及び融雪装置の水の浸入が防止できる排風カバーを用いている。主な仕様を現行新幹線電車と比較して表2に示す。

3.2 主シリコン制御整流装置

主回路方式及び制御方式については2章で説明したが、その他の主な特長を示すと次に述べるとおりである。

- (1) 主電動機の接続と整流素子の直並列数の経済的協調を図

表3 主シリコン制御整流装置仕様 現行新幹線電車に対し、サイリスタによる連続位相制御、フロン冷却など新技術が採用されている。

項目	200系新幹線電車	現行新幹線電車
主整流装置形式	RS202形	RS201形
容量	2,014kW	1,627kW
直流電流	1,900V	1,660V
直流電圧	1,060A(連続)	980A(連続)
使用素子及び構成	1,000A, 2,500Vサイリスタ 1SIP2A6B 1,600A, 2,500Vダイオード 1SIP2A6B	800A, 2,500Vダイオード 6SIP4A1B
冷却方式	フロン沸騰冷却風冷式	強制風冷式

り、整流素子は電圧電流を有効に利用した1並列1直列接続となっている。

(2) フィン内沸騰形フロン冷却方式を採用して、素子の交換を容易にしている。

(3) サージ吸収器には従来のCRフィルタの代わりに非直線性素子を用いて、抵抗器の損失低減による自冷化及び軽量化を図った。

主な仕様を、現行新幹線電車と比較して表3に示す。

3.3 主変圧器

主変圧器は、特に誘導障害低減及び小形・軽量化を図った仕様、構造としている。主な特徴を下記に述べる。

(1) 誘導障害低減巻線配置

主変圧器のリアクタンス特性は、誘導障害に大きな影響を及ぼすため、素子耐圧及び力行特性をも考慮して、二次巻線を不等6分割にするとともに、極力、誘導障害が低減される巻線配置としている。

(2) 油浸タイプ・ポリアミドボードの採用

小形・軽量化のために、主要絶縁構成をシリコン油とポリアミド絶縁物として特別A種絶縁とした。このため、新たに開発した油浸タイプのポリアミドボードを採用し、専用の加熱装置付成形設備を新設することによって、品質の安定及び生産性の向上を図っている。

(3) ブッシングの改良

ブッシングは高・低圧側ともエポキシ樹脂モールドで高圧側は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に、また低圧側は一体注型にすることにより、小形・軽量化及び信頼性・生産性の向上を図っている。

(4) 金属ベローズの採用

無圧密封構造とするために、金属ベローズが使用されているが、軽量化を図るために従来の有効口径600mm×2個を900mm×1個としている。

以上により、主変圧器は現行新幹線電車用と比べ、容量が約140%と増大しているのに対し、体積で90%、総重量で93%と小形・軽量化されている。

主な仕様を現行新幹線電車と比較して表4に示す。

3.4 CH2形チョップ制御装置

この装置は、サイリスタスタック、転流リアクトル、転流コンデンサ、冷却用電動送風機、電流制御用ゲート装置、可飽和リアクトル、補充電トランスなどから構成されている。構成上の主な特長としては、耐雪構造、小形・軽量化及び保守の簡易化を行なったことである。耐雪構造としては、遠心分離式雪取機構付電動送風機の採用のほか、サイリスタスタック部分は三重絶縁構造とした。すなわち、サイリスタスタ

表4 主変圧器仕様 TM202形主変圧器は、現行新幹線電車用と比べて容量は約140%に増大しているが、特別A種絶縁の採用などにより、重量は逆に93%に軽量化されている。

用途		200系新幹線電車用	現行新幹線電車用	
項目	形式	TM202	TM201A	
方	式	外鉄形、シリコン油入、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、シリコン油入、無圧密封式、送油風冷式	
定	容	一次	2,350kVA	1,650kVA
		二次	2,100kVA	1,500kVA
		三次	250kVA	150kVA
格	電	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	
絶縁種別		特別A種	A種	
総重量		3,100kg	3,350kg	

表5 CH2形チョップ制御装置の仕様 逆導通サイリスタを用いて、回路の単純化と制御範囲の拡大を図っている。

用途		200系新幹線電車用
項目	形式	CH2
チョップ回路方式		逆導通サイリスタ直列消弧形反発パルス式
素子形式	主サイリスタ	RCSI 400-25(CF01VCF) : 2,500V 400A
	補助サイリスタ	RCSI 400-25(CF01VCF) : 2,500V 400A
素子構成	主サイリスタ	1S×2P×2U=4
	補助サイリスタ	1S×1P×2U=2
冷却方式		強制風冷式
定格周波数		100Hz
重量		785kg

ック単体で絶縁し、それをFRP(ガラス繊維強化プラスチック)製の絶縁枠に取り付け、更に絶縁わくをエポキシがいで箱枠に取り付ける構造である。また、雪の吸込みを少なくするために冷却風は床下機器室内循環方式とし、カバーなどの気密部分は二重パッキン構造となっている。軽量化のために、箱枠は取付けはりと一体溶接構造とし、カバー類はアルミニウムを使用した。保守点検を容易にするために、主回路は接続操作が容易な高圧コネクタを使用した。ゲート装置部分のトレイは、他の電子装置と同様に、標準化されたトレイである。

主な仕様を表5に示す。

4 結 言

以上、200系新幹線電車の主回路方式、制御回路方式及び主要電気品の概要について述べた。

これらの機器は、工場内で単品試験及び組合せ試験を行ない、性能確認後、電車に搭載され、昭和55年10月に行なわれた公式試運転で所期の性能を満足していることを確認した。昭和57年までに製作する432両分の主要電気品は製作を完了した。

終わりに、これらの諸機器の製作に当たって、多大な御指導、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。

参考文献

- 1) 荒井, 外: 962形新幹線試作電車の制御機器, 日立評論, 61, 7, 477~480(昭54-7)
- 2) 大隅, 外: 962形新幹線試作電車の主要電気品, 日立評論, 61, 7, 467~470(昭54-7)