

N700 系新幹線車両用主回路システム

特集1

井上 亮二 (いのうえ りょうじ)

坂本 守 (さかもと まもる)

神田 淳 (かんだ じゅん)

1 まえがき

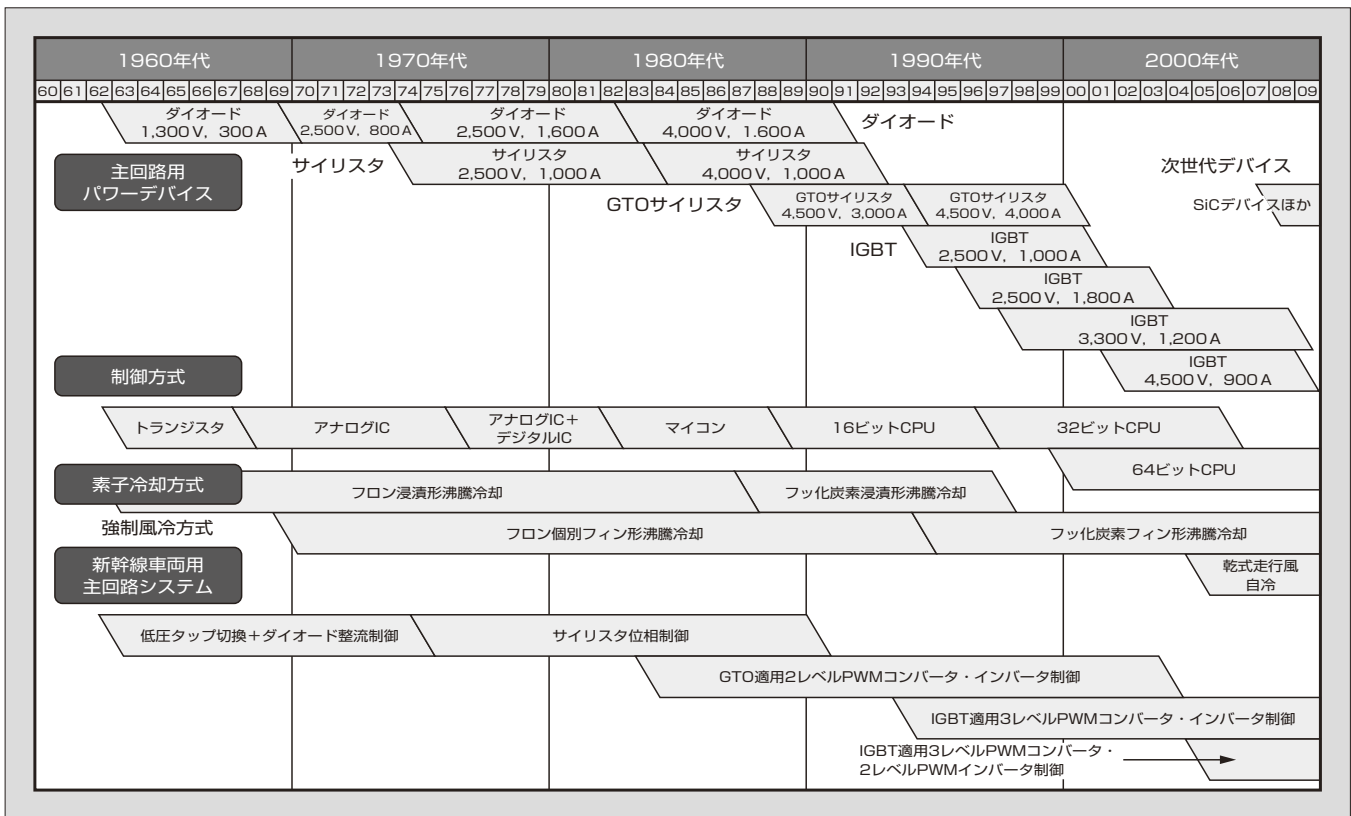
新幹線車両用主回路システムは、1964年に開業した東海道新幹線において、210km/hでの営業運転が開始された0系新幹線車両に始まり、安全性、信頼性、経済性に対する要求はもちろんのこと、その後のさらなる高速化、省エネルギー化、省メンテナンス化、乗り心地・快適性の向上、環境調和への対応といった時代の要請に応えながら、技術革新を実現してきた。図1に新幹線車両用主回路システム技術の変遷を示す。

1960年代から1980年代に採用されてきた直流電動機駆動方式から発展して、1990年代に新幹線営業車とし

て初めて、300系新幹線車両で採用されたPWM (Pulse Width Modulation) コンバータ・インバータによる交流誘導電動機駆動方式が主流となった。高速化・大容量化を実現しつつ、交流回生ブレーキ方式の採用による省エネルギー化と主回路システム電気品の小型軽量化、主電動機の無整流子化と主回路の無接点化による保守省力化を実現してきた。

〈注〉コンバータ：交流から直ちに電力を変換するシステムとしては、順変換器、電源側コンバータ、整流器などが一般的な技術用語であるが、本稿では慣用に従い、単に「コンバータ」と記す。

図1 新幹線車両用主回路システム技術の変遷



井上 亮二

鉄道車両用電気品のエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機システムズ株式会社産業・交通システム本部交通・特機統括部車両技術部担当部長。



坂本 守

鉄道車両用パワーエレクトロニクス応用機器の開発・設計に従事。現在、富士電機システムズ株式会社機器本部神戸工場パワエレ技術部課長補佐。



神田 淳

鉄道車両用パワーエレクトロニクス応用機器の開発・設計に従事。現在、富士電機システムズ株式会社機器本部神戸工場パワエレ技術部課長補佐。

新幹線車両用主回路システムにおける技術進歩は、主電動機を駆動制御する主変換装置（コンバータ・インバータ：CI）の主回路パワーデバイスの高性能・高耐圧・大容量化とそれらを制御するマイクロプロセッサの高性能・高機能・高速化といったパワーエレクトロニクス技術およびマイクロエレクトロニクス技術の目覚ましい進歩に負うところが非常に大きい。

今後、さらにより高速、快適かつ環境性の高いシステムが追求されていくと考えられる。

以下に新幹線車両用主回路システムの技術変遷と、これまでの蓄積技術と最新技術の融合により、東海旅客鉄道株式会社（JR 東海）と西日本旅客鉄道株式会社（JR 西日本）で共同開発され、量産先行試作車が 2005 年 3 月に完成した N700 系新幹線車両の主回路システムについて紹介する。

2 主回路システム

2.1 主回路システムの変遷

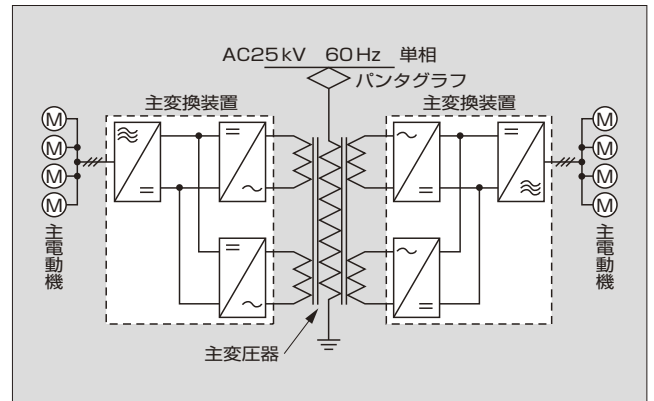
交流 25 kV き電の新幹線車両において、1964 年の東海道新幹線開業から最高速度 210 km/h で運用された初代新幹線車両である 0 系は、主変圧器二次側のタップ切換により交流電圧を制御し、ダイオード整流器により直流電動機を駆動する方式で、ブレーキは抵抗器で制動エネルギーを消費する発電ブレーキ方式であった。その後、パワーデバイスの進歩により、ダイオード整流器からサイリスタ整流器へと移行し、1981 年に開業した東北・上越新幹線用車両として開発された 200 系では、主変圧器二次巻線を不等 6 分割としたサイリスタ整流器によるバーニア位相制御方式が採用された。

さらに、1985 年に営業運用後約 20 年を経過していた東海道・山陽新幹線の 0 系の後継車両として、また日本国有鉄道（国鉄）最後の新幹線車両として開発された 100 系主回路システムには、サイリスタの高耐圧・大電流化（4,000 V, 1,000 A）により実現された主変圧器二次巻線を 4 等分割した連続位相制御方式が採用された。

1980 年代後半に新幹線車両の高速化の研究が進められ、その中で、高速安定走行および騒音、振動などの環境対策のために主回路システムへは、より一層の大容量化・小型軽量化が要求された。これらの要求を実現するために GTO（Gate Turn-Off）サイリスタを適用した PWM 制御コンバータ・インバータによる誘導電動機駆動方式と交流回生ブレーキ方式が開発され、国鉄分割民営化（1987 年）後の JR 東海にて 1990 年に開発された 300 系で新幹線車両として初めて実用化され、270 km/h での営業運転が実現された。

300 系の主回路システムは、図 2 に示すように主変圧器二次巻線 4 分割で 4,500 V, 3,000 A GTO サイリスタを適用した 2 レベルコンバータが 4 台接続され、2 台のコンバータ出力を並列接続し、フィルタコンデンサを有する直流回路を介して、GTO サイリスタインバータに電力を

図 2 300 系新幹線車両用主回路システム



供給し、並列接続された 4 台の誘導電動機を駆動している。PWM コンバータ方式により、回生ブレーキと力率 1 制御が可能になり、効率向上により省エネルギー化を図るとともに、各コンバータ間での PWM キャリヤ位相差運転により、高調波電流がサイリスタ位相制御方式に比べ大幅に低減された。

300 系の実用化以降、新幹線車両用主回路システムとして GTO サイリスタの 2 レベルコンバータ・インバータ方式が各 JR 新幹線車両に適用されてきた。さらなる高速化のために主回路システムの大容量化が求められ、JR 東海が高速走行試験用として 1995 年に開発した 300X 系試験車両には、高速走行性能を満足するために主電動機が大出力化され、4,500 V, 4,000 A の GTO サイリスタが適用された。300X 系試験車両は 1995 年から 7 年間にわたり、350 km/h 以上での高速領域における鉄道の諸現象を解明するため走行試験が行われた。

このように、新幹線車両用主回路システムの技術革新は、主回路素子、つまりパワーデバイスの高性能化・大容量化・低損失化などの技術進歩によるところが非常に大きい。1990 年代後半から、GTO サイリスタに比べ、より高速スイッチングが可能で、より低損失なパワーデバイスである高耐圧・大電流 IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）が開発され、新幹線車両用主回路システムへの適用が可能となった。

2.2 主回路システムの現状

新幹線車両の質的向上を目指すために、PWM 制御の波形ひずみの影響による主変圧器、主電動機の電磁騒音の低減が課題とされ、富士電機は、1996 年、JR 東海と共同で 300 系車両用に 2,500 V, 1,000 A 平形 IGBT を適用した 3 レベル主変換装置を試作開発し、世界で初めて本線走行試験を行い、波形改善効果による電磁騒音低減と高調波電流抑制の効果が確認された。

その成果をベースとして、現在の JR 東海の主力新幹線車両である 700 系の先行試作車が 1997 年に開発された。700 系の主回路システムは、パワーデバイスに IGBT を適用した 3 レベル制御方式を採用したことにより、高調波損失の低減が図れ、主回路機器の低損失化が可能となった。

特集 1

図3 N700系新幹線車両 (写真提供: JR 東海)



また、4両で1ユニットを構成し、16両編成内で4ユニット構成とし、主変圧器の大容量化と集約化が可能となった。その結果、編成内の主変圧器台数が300系の5台から4台に減り、主回路システムの一層の軽量化を達成している。ユニットの中で主変圧器二次巻線を3分割して3台のIGBT適用3レベルコンバータが接続され、フィルタコンデンサを有する直流回路を介して、IGBT適用3レベルインバータに電力を供給し、並列接続された4台の誘導電動機を駆動している。

JR 東海とJR 西日本は、東海道・山陽新幹線直通車両として、700系をベースにさらに進化させたN700系を共同開発した。N700系新幹線車両の外観を図3に示す。加速性能・曲線通過速度を向上させた最速車両で、かつ、乗り心地・車内静粛性に配慮した快適性の向上、さらに、環境への適合、省エネルギー化という環境性能の向上をコンセプトとし、これらを実現するために主回路システムは、編成出力を向上するため、機器の大容量化を図っている。同時に、客室車内静粛化のために機器の騒音低減に配慮しつつ、最適軽量化設計により、主回路システムの大幅な軽量化が図られている。

3 N700系主回路システム電気品

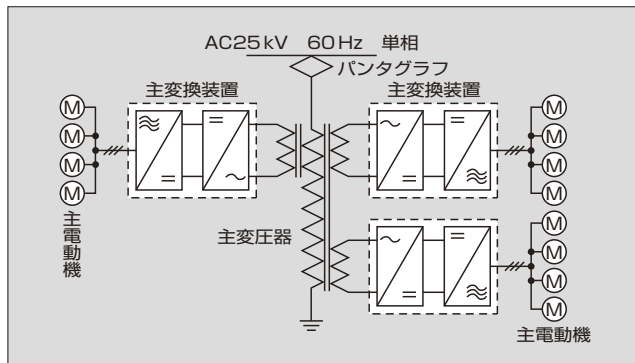
3.1 主回路システム

新幹線車両における主回路システムの課題は、高速安定走行のために大容量化と小型軽量化という相反する要求を同時にバランスよく実現することにある。これらを達成するために、1990年代にPWMコンバータ・インバータシステムが実用化され、さらなる大容量化と小型軽量化および機能・性能向上が図られた。さらにN700系では質的な向上を目指し、環境への適合と省エネルギー化を推進し、さらに車内快適性の向上を達成している。N700系主回路システムを図4に示す。

N700系主回路システムにおける700系からの変更点は、次のとおりである。

- (1) 車両性能(起動加速度・最高速度)の向上に伴う編成最大出力の増加とユニット構成の変更
起動加速度を2.6km/h/s(700系:2.0km/h/s)、最

図4 N700系新幹線車両用主回路システム



高運転速度を山陽区間で300km/h(700系:285km/h)へ性能向上させるため、編成出力を30%アップの17,080kW(700系:13,200kW)としている。それに伴い、電動車(M車)と付随車(T車)の比率を向上させ、14M2T編成(700系:12M4T編成)としている。主回路システムは、14M2T編成の中で、4両を1ユニット構成とし、4Mユニットと3M1Tユニットの2種類のユニット構成としており、編成出力を向上するため、機器の大容量化を図っている。主回路システムのパフォーマンス(出力質量比)を300系の約2倍、700系の1.2倍とし、大幅な軽量化を達成している。

- (2) 省エネルギー化による電力消費量の低減

走行抵抗の低減や、編成全体のブレーキ力を14両の電動車で負担することによる回生電力の増加などにより、東京-新大阪間の走行で電力消費量を700系よりも10%程度低減できる見込みである。

N700系新幹線車両用主回路システムを構成する主変圧器、主変換装置(PWMコンバータ・インバータ)、制御装置および主電動機のそれぞれの特長、小型軽量化、低騒音化技術などについて以下に説明する。

3.2 主変圧器

主変圧器は、二次多分割巻線と三次巻線を有し、パンタグラフにて集電した電力を降圧して、車両を駆動制御する主回路システムと、補助電源装置や空調装置などの補助回路システムへ供給する。

新幹線車両に適用されるPWMコンバータ用主変圧器としては、PWM制御の安定性および高調波抑制の面から以下に記すような特性・設計を考慮しなければならない。

- (1) 二次巻線の高インダクタンス化
- (2) 二次巻線間の疎結合化
- (3) 高調波損失の考慮

上記の特性および二次多分割巻線のリアクタンスマトリックスの所要値を確保するために、最適なコイル配置にするとともにギャップ鉄心やセパレート鉄心をコイル間に設置している。

また、300系、700系で適用されたさまざまな軽量化技術に加え、編成内主回路ユニット数の集約化に伴う主変圧器の集約・大容量化により編成内主変圧器総質量の低減を

図っている。

具体的には、二次巻線の分割数の異なる 2 種類の主変圧器が 1 編成につき 2 台ずつ、計 4 台搭載されており、それぞれの容量は、5,600 kVA (TTM4 形、二次巻線 4 分割)、4,350 kVA (TTM5 形、二次巻線 3 分割) となっている。

最終的に、変圧器容量あたりの質量としては、編成全体につき 0.71 kg/kVA を達成している。これは 700 系 (0.75 kg/kVA) に対し、約 5% の質量性能の向上を意味している。主変圧器軽量化の推移を図 5、TTM5 形主変圧器の外観を図 6 に記す。

以下に適用された主な軽量化技術を記す。

- (1) アルミコイル使用
- (2) コイル素線絶縁へのポリイミドフィルム使用
- (3) ガラスエポキシ材使用
- (4) 外装部材への一部アルミ材使用

また、騒音低減対策としては、励磁騒音低減のため、鉄心材に低磁歪(じわい)材を使用しているほか、IGBT によるキャリア周波数の高周波化と 3 レベル PWM 化による波形改善により、低次高調波成分を低減し、聴感上耳触りとなる 1 ~ 2 kHz 付近の騒音周波数成分を抑制している。

3.3 主変換装置

3.3.1 TCI3 形主変換装置

主変換装置は、PWM コンバータと VVVF インバータから構成され、インバータには主電動機 4 台を並列接続し、コンバータおよびインバータ制御を行う制御装置が内蔵されており、基本的な回路構成は 700 系と同じである。主回

路部はコンバータ部、フィルタコンデンサ部、インバータ部で構成され、コンバータ、インバータともに 3 レベル方式を採用している。また主半導体素子は、高耐圧、大容量かつ低損失のモジュール形 IGBT (3,300 V, 1,200 A) を採用し、コンバータは 2 並列、インバータは 1 並列接続で構成している。

(1) 小型軽量化

次に述べる施策を盛り込み、約 10% の出力向上を図りながら、700 系主変換装置に比べ体積で約 3%、質量で約 15% の小型化を実現している。

- (a) コンバータ部、インバータ部は主回路構成部品をそれぞれ一つのユニットに集約し、またフィルタコンデンサはコンバータユニットとインバータユニットに分割して組み込む構成とした。
- (b) フィルタコンデンサは従来、オイルコンデンサを採用していたが、オイルレスコンデンサを採用し、内部構成の最適化を図った。
- (c) 主半導体素子の冷却には沸騰冷却強制通風方式を採用し、装置あたり 2 個の冷却体に主半導体素子を集約して取り付けた。
- (d) IGBT モジュールに接続する導体は、独自の低インダクタンス配線方式を開発適用することにより、従来付属していたスナバ回路を省略することを可能にした。

(2) 高効率化

スナバ回路の省略、低損失 IGBT の採用により装置の変換効率を向上させた。

(3) 保守性の向上

コンバータユニットおよびインバータユニットの交換作業は車両側面に引き出す方式とし、ゲートアンプ、制御コネクタ、主半導体素子チェック端子は車両側面に配置し保守作業性の向上を図った。

TCI3 形主変換装置の外観を図 7、装置内部構成を図 8、パワーユニットの外観を図 9 に示す。

3.3.2 プロアレス主変換装置 (TCI905C 形主変換装置)

富士電機は JR 東海と共同で、主変換装置のさらなる軽量化を目的として、主半導体素子の冷却用プロアモータを廃止したプロアレス主変換装置 (TCI905C 形主変換装置) を開発した。この装置は TCI3 形に比べて約 12% の軽量

図 5 新幹線車両用主変圧器軽量化の推移

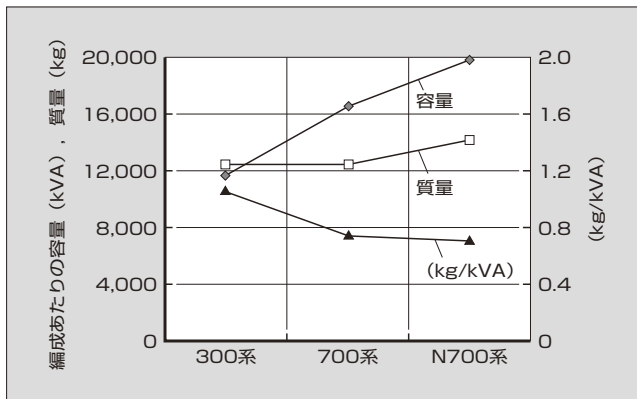


図 6 N700 系新幹線車両用 TTM5 形主変圧器

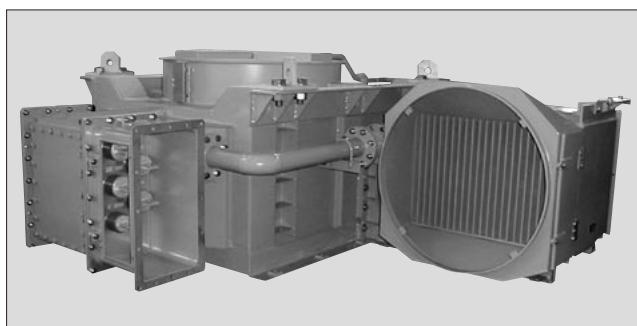


図 7 N700 系新幹線車両用 TCI3 形主変換装置

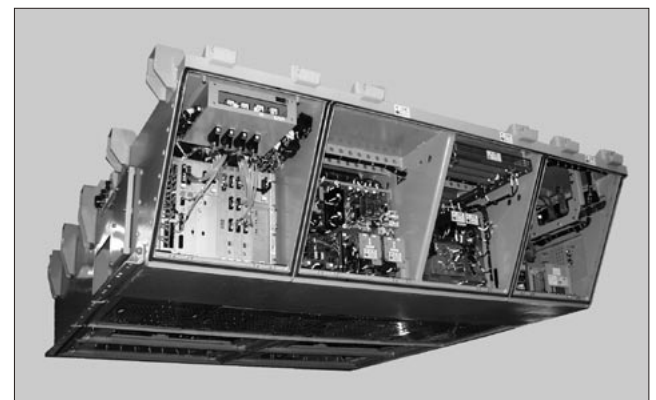


図8 N700系新幹線車両用TCI3形主変換装置の構造

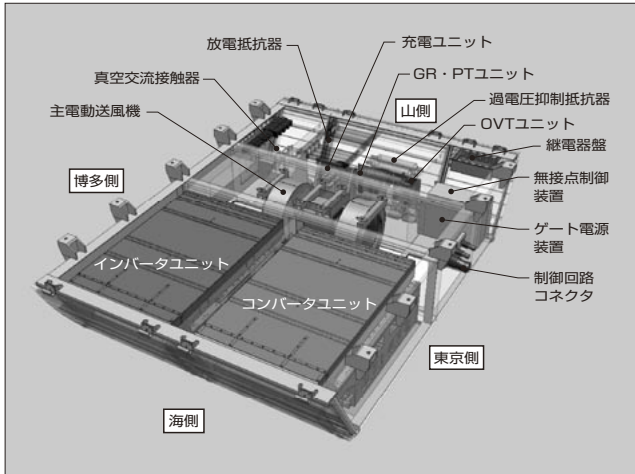
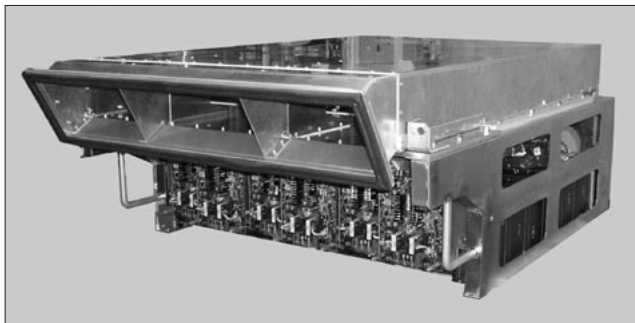


図9 パワーユニット



化を実現した。主半導体素子の冷却は装置底面に冷却フィンおよびスロープを設け、車両走行時に車両床下に発生する走行風を冷却フィンに取り込むことにより行うものである。装置底面の走行風の流れを図10に示す。

主半導体素子の冷却は新幹線車両用主変換装置では沸騰冷却方式が主流であったが、プロアレスCIでは冷媒や凝縮器が不要で形状がシンプルなアルミフィンとしている。主半導体素子冷却方式の変遷、構造および特徴を表1に示す。アルミフィンは冷却性能と軽量化を両立するために熱流体解析およびモックアップによる性能検証を行い、形状

図10 プロアレスCI外観と冷却メカニズム（走行風の流れ）

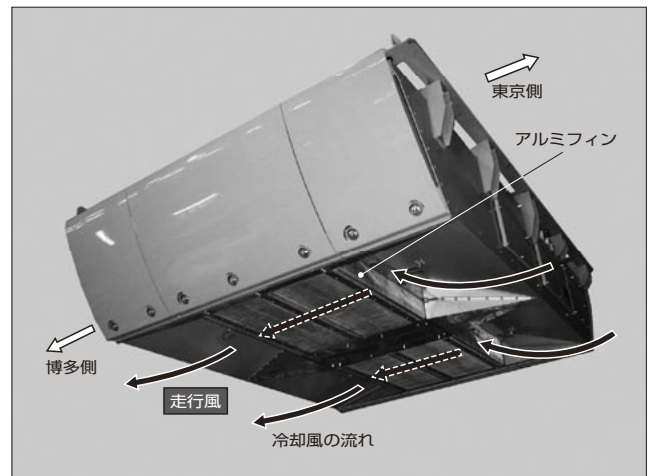
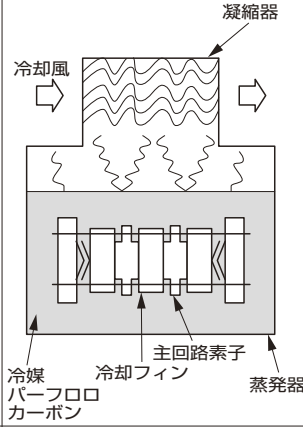
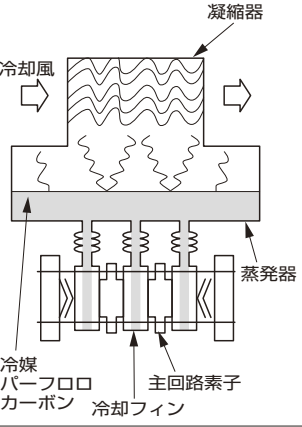
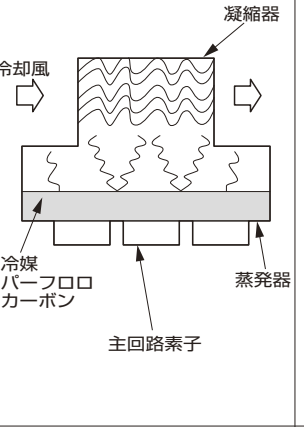
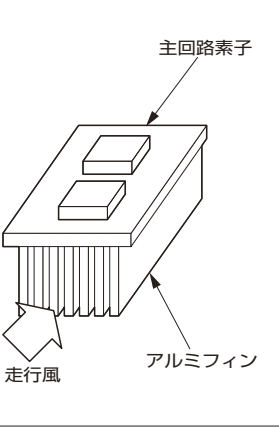


表1 主半導体素子冷却方式の変遷

車両形式	300系	700系	N700系	
CI形式	TCI1A	TCI2A	TCI3	TCI905C
CI出力	300kW×4=1,200kW	275kW×4=1,100kW	305kW×4=1,220kW	
冷却方式	沸騰冷却 + 素子：タンク浸漬方式 + プロア強制風冷	沸騰冷却 + 素子：個別冷却フィン方式 + プロア強制風冷	沸騰冷却 + 素子：冷却板上取付け方式 + プロア強制風冷	アルミフィン冷却 + 素子：冷却板上取付け方式 + 走行風自冷
主回路素子	GTOサイリスタ (平形・非絶縁構造)	IGBT (平形・非絶縁構造)	IGBT (モジュール形・絶縁構造)	
構造				
特徴	○冷却器が小型	○冷媒が少量 ○冷却器が小型	○主回路素子の取付け構造がシンプル	○主回路素子の取付け構造がシンプル ○プロアの保守が不要 ○プロア分質量の軽減 ○温室効果ガスの不使用

を決定した。

3.3.3 無接点制御装置

N700 系主変換装置に搭載している無接点制御装置は、64 ビット CPU をコアとしたマルチプロセッサ構成とすることで、多岐にわたる制御演算処理を高速・高精度で実行可能とし、データ通信技術・回路集積化技術を盛り込み、部品点数の削減を図り、多機能化・高信頼性化を図っている。

入出力機能として、運転指令などの伝送による入力、運転状態のモニタ情報の伝送による出力にも対応している。制御ブロック図を図11に、無接点制御装置の外観を図12に示す。

3.3.4 コンバータ・インバータ制御

無接点制御装置では、モニタ通信・シーケンス制御のほか、直流電圧制御・交流電流制御・中性点電位制御・モータトルク制御などのコンバータ・インバータ制御を行っている。ここでは、特徴的な中性点電位制御とモータ制御について説明する。

(1) 中性点電位制御

3レベル変換器では、運転条件によっては直流中性点に対して正側と負側のフィルタコンデンサへ還流する電流に差が生じると中性点電位が変動し、特定の素子に過大な電圧が印加されるおそれがある。これを防ぐための中性点電

位の制御に対して、さまざまな方式が提案されている。富士電機は主回路素子のスイッチング休止期間での中性点電位の挙動に着目し、電力や電流の極性に依存しない中性点電位制御方式を開発し、その有効性を実機組合せ試験で確認した。

この方式は、正負のフィルタコンデンサの充放電電荷量を直接制御するため、中性点電位の制御応答の高速化が可能となり、中性点電位の変動幅を低減することができる。さらに、コンバータ・インバータが扱う電力や交流電流の極性による制御系の切替動作がなく、交流電流のゼロクロス付近でも安定した制御を実現している。

(2) モータトルク制御

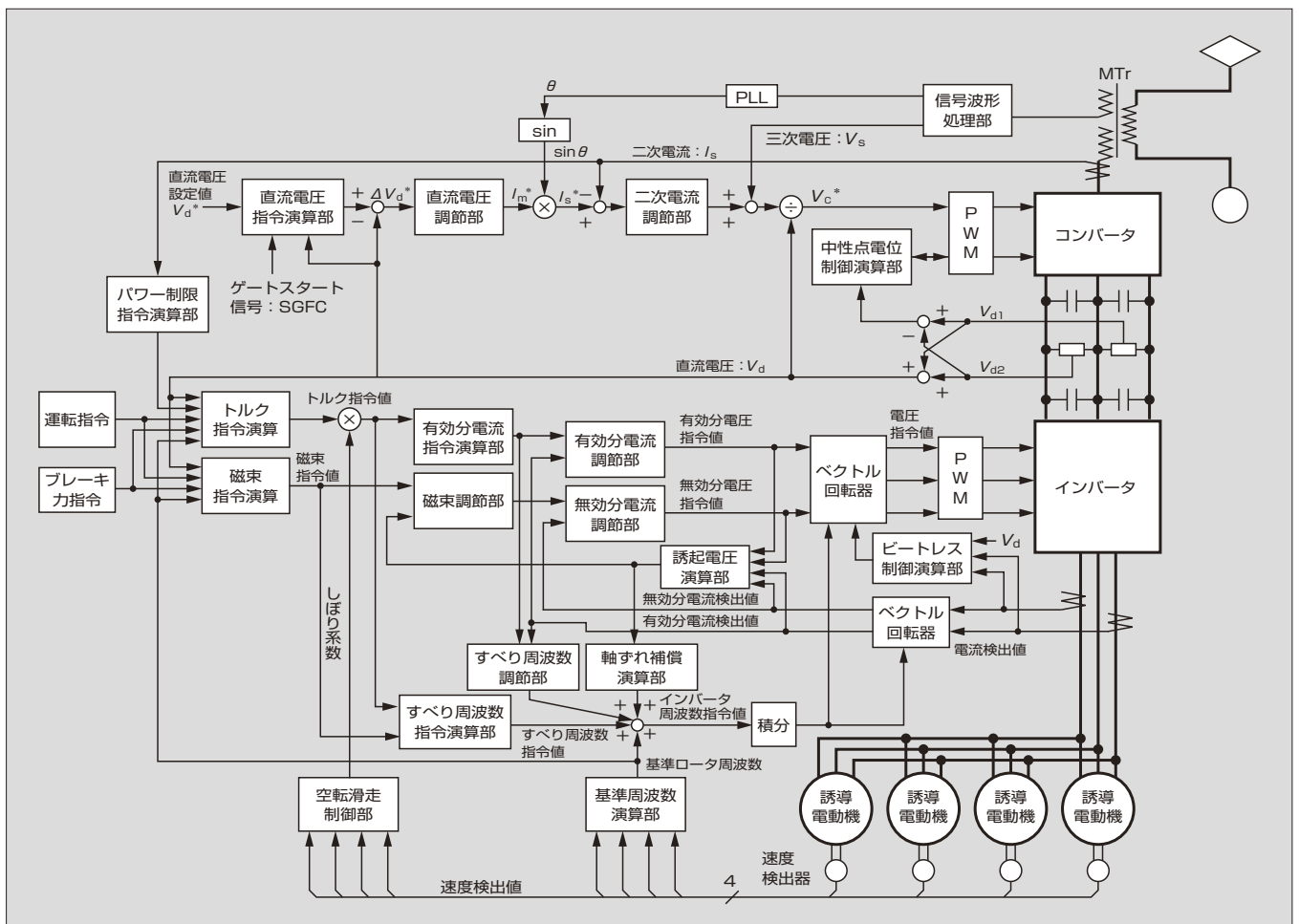
安定したトルク出力を実現するためには、主電動機の力行・回生トルクを高速応答・高精度で制御する必要がある。

富士電機は、産業分野での豊富な実績をもとに、従来はベクトル制御の適用が困難であるとされていた1インバータ4モータ制御においても良好な制御特性を発揮するベクトル制御を実用化した。以下にこの制御方式の概要を述べる。

(a) 1インバータ4モータ制御への適用

従来のすべり周波数ベクトル制御は、1インバータ1モータ制御において、空間ベクトルとして互いに直交関係にある励磁電流成分とトルク電流成分を誘導電動機

図11 制御ブロック図



の等価モデルとすべり周波数に基づいて、独立に制御する方式である。これに対して、一般的に新幹線車両の主回路システムは、1インバータ4モータ制御方式であり、これに対応するために富士電機はモータの並列台数に関係なく、共通の状態量と見なせる磁束の位相角を基準にして制御を行っている。

(b) 1パルスモード制御

車両駆動用制御には、インバータの電圧利用率が最大となる1パルスモード運転を含んでいる。1パルスモードでは、電圧振幅の調節ができず、従来のベクトル制御をそのまま適用することができない。これに対して、このベクトル制御方式では、1パルスモードの領域においても、電圧振幅制御が可能な1'パルスモードとすることで励磁電流とトルク電流とを独立に制御し、ベクトル制御の本質を損なうことなく優れた特性を実現している。

(c) モータ二次抵抗の温度変動補償

モータ二次抵抗は運転中の温度変化により大きく変化するが、ベクトル制御を行ううえでモータの等価モデルの二次抵抗との乖離(かいり)が大きくなると電圧ベクトル管理を正しく行うことが困難となる。ベクトル制御では、二次抵抗誤差が、モータ誘起電圧の無効分として現れることを利用し、これをゼロにするようにすべり周波数を補正することで、モータ二次抵抗の温度変動分を補償している。

(d) モータ電磁音の低減

PWMスイッチング周波数によりモータからその周波数の電磁音が発生し、周波数によっては非常に耳障りな音になる。今回このモータの耳障り音を低減するために、一部の速度帯でキャリア周波数を変化させる機能を追加した低騒音PWM方式を採用している。

○アルミブラケット構造

○軸受小径化

N700系においては、さらなる小型軽量化に加えて低騒音化による乗り心地の向上を目指し、以下に述べる内容を実施した。

(1) コイルエンド部ふさぎ構造

誘導電動機の場合、高速時に主電動機の騒音値が大きくなる。特に回転速度が高くなるとかご形回転子のバーによる風切り音が顕著になり、耳障り音を発生する。この音を低減するために回転子バーからの風が当たる固定子のコイルエンド部を絶縁シートで平滑化し騒音低減を図った。

図13に5,000r/minにおける700系とN700系用主電動機の騒音周波数分析結果の比較を示すが、この施策により回転子バーの風切り音が大幅に低減したことが分かる。

(2) 鉄心背面通風構造

従来の主電動機は空けき面および回転子風穴に大部分の風を流す構造としていたが、この主電動機では鉄心背面4か所に通風経路を構成した。この通風経路を構成することにより主電動機の冷却風は固定子コイルエンド部背面にも流れ、固定子コイルの冷却効率を向上するとともにコイル内のローカルヒートを抑える構造とした。

(3) 回転子バーへの低抵抗材料の採用

回転子バーに低抵抗材料である銅クロム合金を採用することにより二次銅損を低減し、回転子バーの温度上昇を抑えた。

以上の施策を実施することにより、700系用主電動機に比べほぼ同一質量で10%の出力アップを実現し、さらに

図13 新幹線車両用主電動機の騒音周波数分析結果の比較

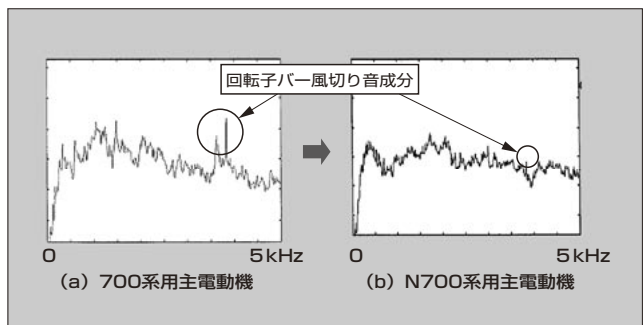
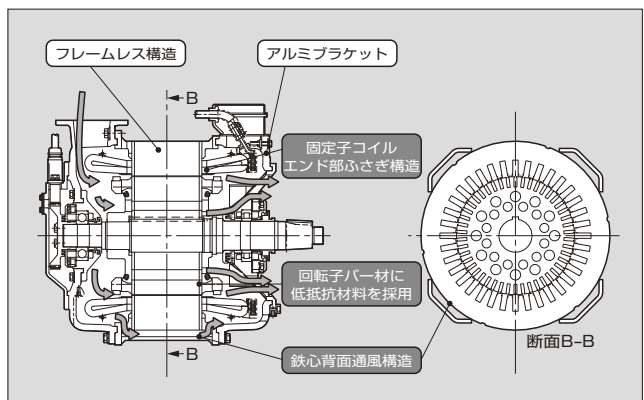


図14 N700系新幹線車両用TMT9形主電動機の構造



3.4 主電動機

新幹線用主電動機の最重要課題は、軽量化であり、従来の新幹線用主電動機においては以下に示す施策を実施している。

○フレームレス構造

図12 無接点制御装置



図 15 N700 系新幹線車両用 TMT9 形主電動機



3～4 dB の騒音低減を実現した。TMT9 形主電動機の構造を図 14、外観を図 15 に示す。

4 主回路システムの将来動向

新幹線車両用主回路システムは、パワーデバイスの高機能・高性能・大容量化とそれらをきめ細かく高速に制御するパワーエレクトロニクス技術の進歩とともに進展してきた。車両用主回路システムのパワーデバイスの主流となった IGBT は、さらに低損失化、高周波スイッチング化され、より一層の主回路電気品の小型軽量化、高効率化、低騒音化、省エネルギー化、高調波電流低減などの環境性能向上が図られると考えられる。また、新幹線車両において、前述の走行風を利用したプロアレス方式の主変換装置が実用化されることも遠くないと考えられる。さらに低損失な高耐圧 IGBT の開発により、主回路半導体素子数が少なく、主回路がシンプルな 2 レベル制御方式をインバータ部に適用した主変換装置も実用化されていくと考えられる。

環境性能をさらに向上させるために徹底した軽量化とさらなる高効率化を目指して、主回路システムの方式変更も視野に入れた永久磁石同期電動機駆動システムの実用化も今後進んでいくと考えられる。

5 あとがき

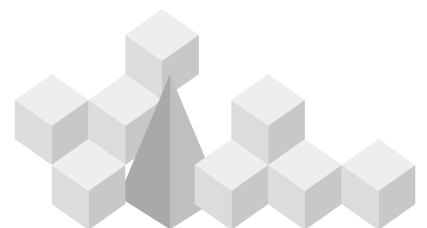
新幹線車両用主回路システムの技術開発経緯と最新の N700 系主回路システム電気品の概要および今後の動向について紹介した。

今後とも先進のパワーエレクトロニクス技術を適用して、将来を見据えた地球環境に優しく、信頼性に優れた新幹線車両用主回路システムの開発を強力に推進していく所存である。

これらの開発において、ご支援・ご指導・ご協力を賜わった JR 東海、JR 西日本ほか関係各位に深く感謝する次第である。

参考文献

- (1) 森村勉，関雅樹．東海道新幹線 全編成 270 km/h 化への技術の歩み（その 1）．JREA. vol.46, no.5, 2003, p.20-24.
- (2) 田中守，吉江則彦．東海道・山陽新幹線直通用次世代車両 N700 系量産先行試作車の概要．JREA. vol.48, no.6, 2005, p.48-51.
- (3) 萩原善泰ほか，東海道・山陽新幹線直通用次世代車両 N700 系量産先行試作車の概要（3）．R&M. 2005-8, p.4-8.
- (4) 萩原善泰，福島隆文．新幹線電車で走行風冷却（プロアおよび冷媒レス）方式主変換装置の開発．JREA. vol.48, no.10, 2005, p.45-48.





*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。