962形新幹線試作電車の制御機器 **Control Equipment of Type 962 Experimental Cars for Shinkansen**

962形新幹線試作電車が昭和54年2月に完成し、その性能試験が開始された。日立 製作所が製作した制御機器は力行制御用力行バーニア制御器、ブレーキ制御用チョ ッパ制御装置,電車の安全走行を制御するATC装置などである。

上記の各制御装置は、内部の回路に大容量サイリスタから集積回路に至るまでの 半導体を駆使して回路構成を簡略化し、更に、幾つかの制御機器の間で制御論理, 構造及び部品の統一を行なった。なお、昭和54年2月小山地区の日本国有鉄道新幹 線試験線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*	Arai Shińichi
豊田瑛一*	Toyota Eiichi
木脇久勝**	Kiwaki Hisakatsu

1 緒 言

このたび、962形新幹線試作電車が完成し、昭和54年2月、 公式試運転が実施された。

以下に962形試作電車の力行制御用主制御整流器の制御部, ブレーキ制御用チョッパ制御装置,安全走行制御用ATC(列 車自動制御)装置,モニタ装置の仕様,構造などについて述べ る。

2 主回路の制御と制御機器

主制御 整流器 ユニット	主幹制御器 ノッチ 変圧器 二次電圧比	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
第1U	1(AC259V)										
第2U	1(AC259V)										
第3∪	2(AC518V)										
第4U	2(AC518V)										

この電車は電車線電圧AC25kV, 50Hzの交流車両で, 力行 時は主制御整流器により主電動機に印加する電圧を連続的に 位相制御を行ない、ブレーキ時は発電ブレーキチョッパによ りステップレス制御を行なう方式が採用されている(主回路つ なぎについては、本号別掲論文「962形新幹線試作電車の主要 電気品を参照されたい。

2.1 力行制御と制御機器

主変圧器二次側は不等6分割され, 主制御整流器はサイリ スタ・ダイオードの混合ブリッジによって構成されている。 主電動機に印加される電圧は, バーニア制御方式によって連 続制御が行なわれ,滑らかな加速を行ない,空転の発生を防 止し, 乗心地の向上が図られている。主制御整流器は図1に 示すようなバーニア制御方式により, 第1ユニットは位相角 が180度から0度までの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10ノッチのノッチ指令は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, 主制御整流器の第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制御整流器の第2ユニ ット以上の段に次々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。この結果、



図 | ノッチ指令と整流ユニット動作の関係 第|ユニットは連続 位相制御を行ない, 第2ユニットはオン・オフ制御を, 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大している。

器は比較, 増幅, 補償及び移相の機能を1個に集約した磁気 移相器を使い、制御論理にはトランジスタとリレーとを使用 し、リレーはプリント板装着形の小形リレーRL2076を使用 した。

力行バーニア制御器は主制御整流器に収納され,図2に示 すようにトレイ構造となっている。このトレイはATC装置 などと同じように保守作業ができるように考慮し, 部品, 寸 法などが標準化されている。

2.2ブレーキ制御

ブレーキ制御方式は発電ブレーキ方式とし、

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 ッパ制御方式が採用されている。発電ブレーキ回路は、4個

整流器ユニットそれぞれに移相器を付けた積重ね制御に対し て、この方式は比較移相器1個となり、部品数の大幅低減に よる小形・軽量化, 信頼性の向上が図られている。比較移相 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個にチョッパ制御装置が並列に接続されている。 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

11

* 日立製作所水戸工場 ** 日立製作所日立研究所 478 日立評論 VOL. 61 No. 7 (1979-7)



図2 力行バーニア制御器外観 保守性,作業性を考慮して,他の装置 と部品, 寸法などが標準化されている(全長580mm)。

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,チョッパゲート内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、チョッパ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。カム軸が中間送りにく ると、最大通流率検知回路はリセットされる。カム軸は更に 回って,指定のカム接触器が投入されて回転が止まる。以上 の制御により現行新幹線電車のように抵抗を階段的に短絡す る方式ではなく, ブレーキカ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。このチョッパ制御の主抵抗短絡制御の関係を図3に 示す。

抵抗ブロック	カムステップ 抵抗比	1	2	3	4	5	6	7
チョッパ 並列抵抗	1(0.672Ω)				/			
第1ブロック	1(0.672Ω)							
第2ブロック	1(0.672Ω)							
第3ブロック	1(0. 672 Ω)	_						
第4ブロック	1(0.672Ω)							
第5ブロック	1(0.672Ω)							
第6ブロック	1 (0. 672 Ω)							
発電ブレーキ 回 路 の 抵 抗	抵 7 抗 6 比 5 の 合 計 1							

図3 チョッパ制御とブレーキ抵抗値の関係 チョッパによる連続 制御とカム接触器による抵抗により、連続的にブレーキ抵抗を変化させる。

比べ、CS47X形では7段と少なくなっている。なお、取付 け部, カバー部などの箱構造は, CH2X形チョッパ制御装 置とほぼ同様なものとなっている。

2.3 CH2X形チョッパ制御装置

主な仕様を表1に、外観を図4に示す。

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。 また特色としては,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 の絶縁わくに取り付け、更に絶縁わくをエポキシがい子で箱わ く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, 箱わくは取付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、一部の主回 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 部分のトレイは力行バーニア制御器などと同様に、標準化さ れたトレイである。

Ⅰ ATC制御装置とモニタ装置

表2にATC制御装置とモニタ装置の仕様を示す。

3.1 TS9X形ATC制御装置

ATC制御装置は, ATC信号現示速度と列車速度とを比 較して,列車が信号現示速度より過速した場合には,ブレー キ指令を出力する。装置は三重系の構成であり, 3系の照査 部と、これら各系の出力を多数決論理により、一つにまとめ て出力する共通部から成る。

照査部はATC信号現示に対応する速度周波数を発生し, 速度発電機の出力周波数と比較して実列車速度がどのATC

表 | CH2X形チョッパ制御装置の仕様 962形新幹線試作電車用チョ ッパ制御装置は、制御範囲が広く、冷却は強制風冷式である。

	用途	961形新幹線試作電車用	962形新幹線試作電車用
項目			
形	式	RS921	CH 2 X
チョ	ョッパ回路方式	逆導通サイリスタ 直列消弧形反発パルス式	逆導通サイリスタ 直列消弧形反発パルス式
素子	主サイリスタ	RCSI 400-25 (CF0IVCF): 2,500V 400A	RCSI 400-25 (CF0IVCF): 2,500V 400A
形式	補助サイリスタ	RCSI 400-25 (CF0IVCF): 2,500V 400A	RCSI 400-25 (CF0IVCF): 2,500V 400A
素子	主サイリスタ	$IS \times 2P \times 2U = 4$	$IS \times 2P \times 2U = 4$
	補助サイリスタ	$IS \times IP \times 2U = 2$	$IS \times IP \times 2U = 2$
17772	素子総数	6	6
冷日	却方式	フロン浸漬冷却方式	強制風冷式
定相	各最大直流電流	785A×2回路(脈流平均値)	935A×2回路(脈流平均値)
定格最小直流電流		240A×2回路(脈流平均値)	100A×2回路(脈流平均值)
定格周波数		120Hz	100Hz
重	量	776kg	785kg
F	の 他	and an other	補充電付

2.4 CS47X形主制御器

12

この主制御器は、電車の前進、後進及び力行、ブレーキの 切換を行なう転換カム軸と、 CH2X形チョッパ制御装置と を組み合わせて発電ブレーキ制御を行なう抵抗カム軸、その 他の部品などから成っている。抵抗制御段数は、チョッパ制 御装置と組み合わせているため、現行新幹線電車用の21段に



図 4 CH2X形チョッパ制
 御装置 強制風冷式のため
 サイリスタスタックの交換が
 容易である。箱わくは取付はり
 と一体溶接構造である(全長
 2,880mm)。

信号現示速度の間に存在するかを検出する。この速度段検出 の出力は更にATC信号現示と比較され,これによりブレー キ指令出力の判定がなされる。なお,この機能は東海道新幹 線ATCの機能と同一である。

この制御装置の特長を次に述べる。

(1) 速度段の検出

これは新幹線用ATC制御装置に特有のもので,ATCブレーキ制御のほかに高速走行時と低速走行時のブレーキカの 切換や速度計の表示に用いられている。

(2) 速度入力の多重化

の二つの速度入力は照査部内で高位優先がとられ,安全性の 配慮がなされている。

(3) ディジタル演算方式

水晶発振器の発振周波数を基にした基準速度周波数の発生 や、これと実列車速度周波数との比較などの照査部内のすべ ての演算がディジタル化されている。これにより、高信頼化 や高精度化、あるいは経時変化に対する安定性の向上などの 効果が実現されている。

(4) フェイルセーフ化

フェイルセーフ化の手法として、共通部ではリレーの非対

このATC制御装置は,照査部1系に対して速度検出用として二つの独立した速度発電機の出力信号が入力される。こ

表 2 ATC装置及びモニタ装置の主な仕様 モニタ端末は車両によって入力数が異なり、64点は最大点数である。また、今後の機能拡張のため放送用出力を備えている。

No.	装置	項目	位 様
J		形 式・方 式	TS9X形 ディジタル演算方式
2		入力電源流(V)	交流 100±10%(連続) 50Hz±5%正弦波 交流 100 ^{+20%} _{−10%} (10秒間)
	A T		直流 100 + 10% - 30%
3	С	検知速度(km/h)	260, 210, 160, 110, 70, 30, 5
4	装	制御信号	210, 160, 110, 70, 30, 01, 02, 03
5	置	速度照査精度(km/h)	±1.0
6		車輪径補正(mm)	830~910(10mm間隔 9 ステップ)
7		応答速度(s)	0.5
8		消費電力(VA)	230
9		その他	後退検出機能,速度入力高位優先機能付
10		形式方式	MONIX マイクロコンピュータによる ディジタル制御方式
11		伝送方式	FS変調による直列データ伝送 9.6kビット
12		表示器	プラズマディスプレイ(256文字)
13	モニタ	入力電源(∨)	交流 100±10% 50Hz±5% 直流 100 ^{+10%} -30%
14	装置	モニタ入力(本体)	速度入力, 地点検知信号他 ディジタル入力90点
		プラズマディスプレイ,記録器(22点)	
15		モニタ入力(端末)	ディジタル入力64点以下 アナログ入力 6 点
16		モニタ出力(端末)	放送器(10点)
10		消費電力(VA)	200(本体) 50(端末)

称故障モードを利用したフェイルセーフ手法を用い,また照 査部では,時分割演算の手法を用いてフェイルセーフな故障 検知を行なうことのできる²⁾リング演算方式を用いてフェイル セーフ化を図った。なお,リング演算方式を採用することに より回路上の論理値が固定される故障についてはすべてフェ イルセーフ化することができた。



注:ATC=列車自動制御

図 5 ATC装置及びモニタ装置の外観 上部4段がATC装置,下部4 段がモニタ装置である。従来は,ATC制御装置だけで図の外形と同一スペース を要した(高さ1,800mm)。

13



図6 モニタ装置の 構成 各車両にマイク ロコンピュータを使用し たデータ収集用の端末装 置がある。先頭のモニタ 本体は、これらとデータ 伝送を行ない車両機器の モニタを行なう。

(5) 小形·軽量化

従来使用されていたリレー類を整理し,照査部内はRL2076 形リレー,共通部はワイヤスプリングリレーに統一し,小形 化が図られている。また,演算方式の改良や構造上の改善, 更にはアルミ材の採用などにより外形,重量ともに従来装置 のほぼ まとなっている。図5に外観を示す。写真の上部4段が ATC制御装置,下部4段は以下に述べるモニタ装置である。 3.2 MON1X形モニタ装置

図6にモニタ装置の構成概要を示す。この装置は、本体部 と端末部及びこれらの間を結ぶデータ伝送系により構成され る。本体部は両運転台に設備されるもので、プラズマディス プレイを用いた表示器とモニタ本体とにより構成される。な お、モニタ本体はこのシステムの中心となる装置で、表示制 御、情報入力制御、データ伝送制御などの機能をもっている。

4 結 言

962形新幹線試作電車の主回路の制御とその主な制御機器, ATC装置及びモニタ装置について紹介した。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54年2月に行なわれた公式試運転で所 期の性能をもっていることが確認できた。更に,引き続き詳 細にわたる各種性能確認試験が実施されることになっており, 優れた運転成績を示すものと期待されている。

終わりに,これら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 を申しあげる次第である。

参考文献

一方,端末部は先頭車及び中間車の種々の車上機器から直接 情報をモニタしモニタ本体に送信する部分で,モニタ端末と 呼ばれる端末器を各車両ごとに配置し構成される。このシス テムはモニタ情報の表示のため50種の表示面をもち,表示器 に設けられたキーボタンにより表示画面が自由に選択できる。

- 辻本, ほか5名:全国新幹線網用961形試作電車の主回路方式 と主要電気品,日立評論,55,1221~1226(昭48-12)
- 高岡,安波:東京地下乗入れ車用ATC装置,日立評論,54, 951~955(昭47-11)

リング演算式ATCの一例として,東京地下乗入れ車用ATC 装置について述べられている。



機械の構造, 強度解析への シミュレーション技報の適用について ^{日立製作所 加賀万亀男} 日本機械学会誌 82-722, 101 (昭54-1)

シミュレーションの定義,分類及び手法 は多種多様であるが,この論文では,機械 工学の分野で,しかも対象を構造,強度解 析の問題に絞り具体例を中心に最近の動向 と将来展望についてまとめた。

最近,機械は大形化,大容量化が進むと ともに,他方では小形化,軽量化,高速化, システム化など機能向上も著しい。これら の要求と構造強化,強度向上などの信頼性 の確保を両立させるため,構造の最適化が 重要な研究課題となっている。このための 有力な手段として,実機試験,模型試験な ども含めた各種のシミュレーションが実施 されている。

最初の例として,数学的非線形構造モデ ルを用いた発電機ロータ焼ばめ部の挙動の

14

よりエンドベル部は長円状に変形し,これ が振動を増大させる原因となる場合がある。 現象としては焼ばめ面ですべりやすきまが 生じたり,残留変形が発生したりするもの であるが,これを有限要素法解析モデルを 用いて詳細に解明した。解析結果と模型試 験の結果はよく一致し,シミュレーション の妥当性を証明することができた。

次の例は, 機械インピーダンス合成モデ ルによるカークーラ圧縮機振動伝達系のシ ミュレーションである。機械インピーダン ス法は, 部分構造の振動特性を解析的に合 成して, 複雑な構造系の振動特性をシミュ レートする手法である。ここでは, 構造を パワートレイン, ブラケット, 圧縮機本体 及びこれらを結合するボルト部分の5要素 は、伝達マトリックス法を用いた影響係数 法が基本である。これをつりあわせの実作 業と対応させて、回転数、振動検出位置、 修正面位置及びこれらの組合せ方法が自由 に選定できるようなシミュレーションプロ グラムを開発した。実際の適用例を示し、 この手法の有効性を立証した。

機械構造物の破損事故の大半を占める疲 労破壊についても種々のシミュレーション 技法が適用されている。

ばねとスライダを組み合わせたレオロジ モデルによって、変動荷重下で部材に生ず る応力-ひずみ応答を模擬し、更に疲労寿 命が予測できるようになった。また、疲労 き裂の伝搬挙動のシミュレーションも試み られている。一方、電気油圧サーボ機構疲

シミュレーションを取り上げる。発電機の	に分解し,それぞれ単体で計測した機械イ	労試験機を小形電子計算機で制御すること
エンドベル部分は,フィールドコイルの端	ンピーダンスを合成することを試みたが,	によって,任意の荷重波形が再現できるよ
部が遠心力で逃げるのを防ぐため,サポー	良好な結果を得た。	うになり,破壊機構の詳細な解析,実機あ
トリングが焼ばめされている。コイルの分	次に,回転機械のつりあわせ作業のシミ	るいはモデルによる信頼性確認試験に大き
布は一様でないので,回転時には遠心力に	ュレーションについて述べる。解析として	く寄与している。