

全国新幹線 試作電車用電気機器

Machines and Apparatus for the Prototype 961 Electric Railcar Multiple-unit Train for Nationwide Shinkansen Network of JNR

佐藤 洋* 柳沢 孝一** 寺井 誠太郎***
 Hiroshi Satō Kōichi Yanagisawa Seitarō Terai

酒井 光一*** 矢倉 宏*** 渡辺 悦男****
 Kōichi Sakai Hiroshi Yagura Etsuo Watanabe

I. ま え が き

国鉄では東海道・山陽新幹線に引続き、全国新幹線網計画にもとづき昭和52年開業を目標に、東北・上越新幹線の建設計画を進めている。

これに対応して現新幹線量産電車（以下、量産車と呼ぶ）に代って東北・上越新幹線向けとして、961形試作電車（以下、試作車と呼ぶ）6両を製作、去る6月に完成し、その後、本線試運転を実施している。

試作車は量産車の実績と山陽用に開発した951形試験電車（以下、試験車と呼ぶ）の性能、制御方式を基礎に、つぎの開発要素を新たに盛り込んだ車両である。すなわち、

- (1) 山岳地帯の連続こう配、長大トンネル（走行抵抗増）を高速走行するための出力増強対策
- (2) 寒冷多雪地帯を高速走行するための耐寒耐雪対策
- (3) 東京60Hz、以北50Hz両地区通し運転のためのシステム、機器重量増大に関する軽量化対策
- (4) 車両走行、搭載機器による騒音低減対策

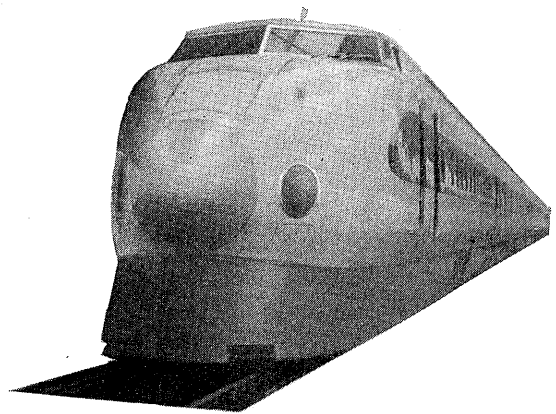
また車上にミニコンピュータを搭載したATOMICシステムを全面的に採用するとともに信頼性向上、保守低減などのために、高度の技術が随所に駆使されている。

このたび、当社はこの計画に参画し、種々の検討を行ってきたが、以下に試作車の概要と当社が設計製作を担当した機器について報告する。

II. 試作車の概要

1. 一般

第1図に試作車の外観、第1表に主要要目を示す。主要寸法は量産車とほぼ同一で、6両編成になっている。車体は試験車と同じボディマウント方式で軽合金材の採用とあいまって量産車より軽量化されながらさらに高い



第1図 961形試作電車

Fig. 1. 961 prototype electric railcar

剛性をえている。

電車の性能は最高速度260 km/h以上、東北・上越新幹線のひかり、こだま共通運用を基本条件に、駅間距離、こう配、トンネル内走行抵抗増加などを考慮して、定格速度205 km/h、出力275 kW×4両と大出力となった。制動は260~40 km/hを電気ブレーキ（常用）、以下を空気ブレーキとし、非常は電気と機械ブレーキの併用である。第2図に試作車の力行ノッチ曲線を示す。

2. 主回路および制御

1) 主回路

基本的に試験車と同様であるが、50・60Hz異周波地区通し運転のため電気機器は50/60Hz共用となっている。第3図に主回路つなぎを示す。

主電動機接続は、力行時2個直列4並列回路、ブレーキ時4個直列2独立回路である。

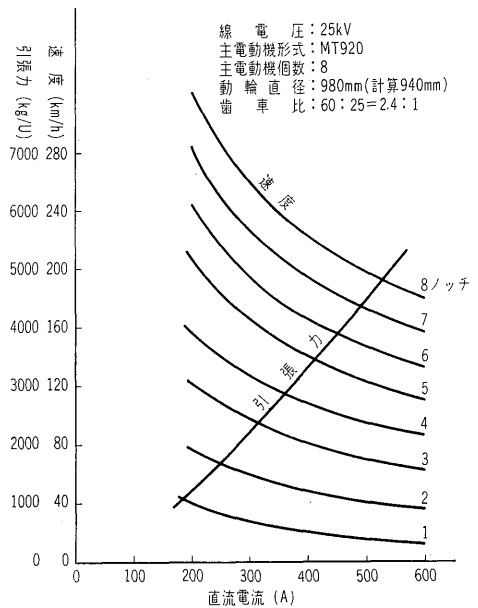
力行回路は主電動機2個、断流器、高速度シャ断器各1組で1回路を構成し、ブレーキ回路は主回路転換器により、力行時の2回路とチョップ、主抵抗器各1組で構

* 輸送特機技術部 ** 松本工場 *** 神戸工場 **** 鈴鹿工場

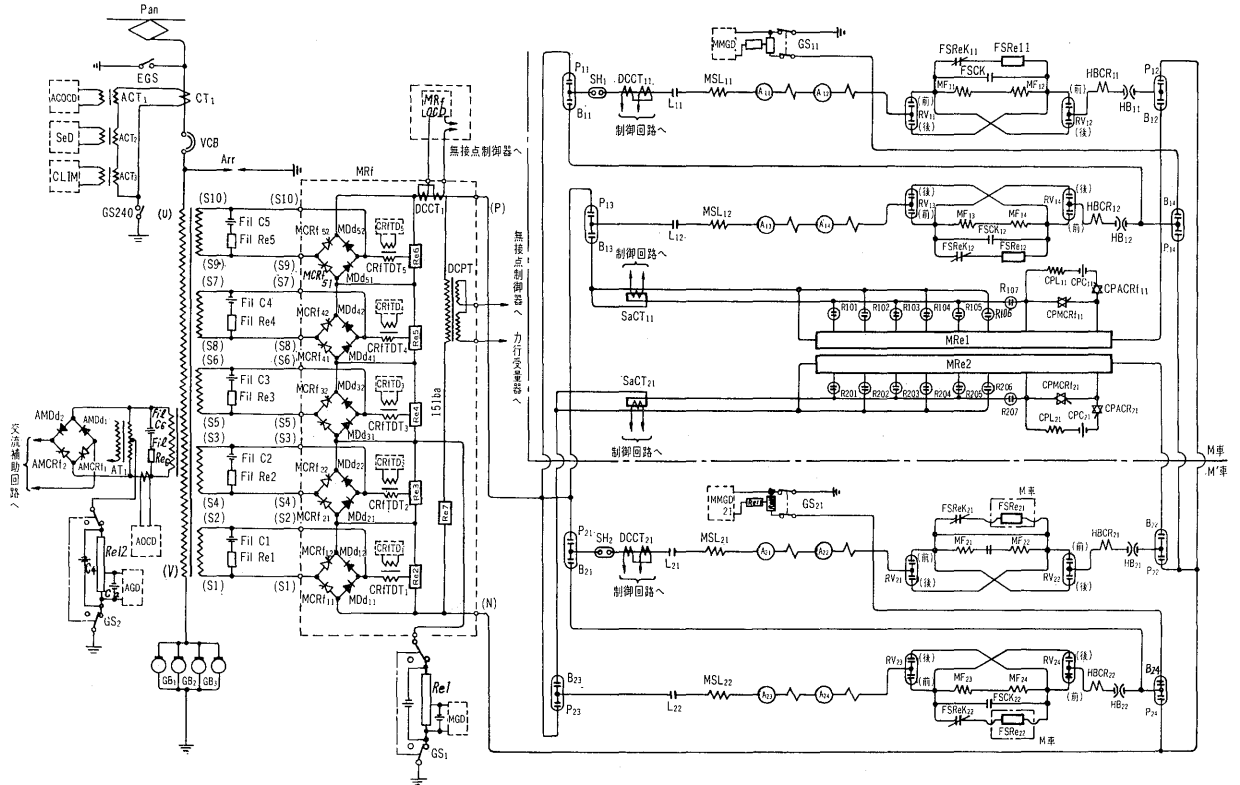
第 1 表 961 形試作電車主要要目
Table 1. Principal items of 961 prototype EC

電 気 方 式		単相AC 25kV 50/60Hz
自 性 能 (1/ノッチ)	重 (t)	58
	連続定格出力 (kW)	2,200
	連続定格速度 (km/h)	205
	最高運転速度 (km/h)	260
台 車 構 造		空気ばね・2軸ボギー・中空カルダン式
主変圧器	容 量 (kVA)	3,300/2,950/350
	電 圧 (V)	25,000/2,072/925
	電 流 (A)	132/1,450/378
主整流装置	出 力 (kW)	2,440
	電 圧 (V)	1,400
	電 流 (A)	1,740(連続), 2,160 (8分)
	素 子	サイリスタ 2,500V 1,000A ダイオード 2,500V 1,600A
主電動機	連続定格出力 (kW)	275
	定格電圧 (V)	700
	定格電流 (A)	435
	定格回転速度 (rpm)	2,850
	接 続	力行 2S4P 制動 4S2G
補 助 電 源	集中電動発電機式 3相 440V	
運 転 方 式	ATCおよびATO	
制 御	力 行	サイリスタ連続位相制御
	制 動	発電・空気ブレーキ電気指令 直接変換制御

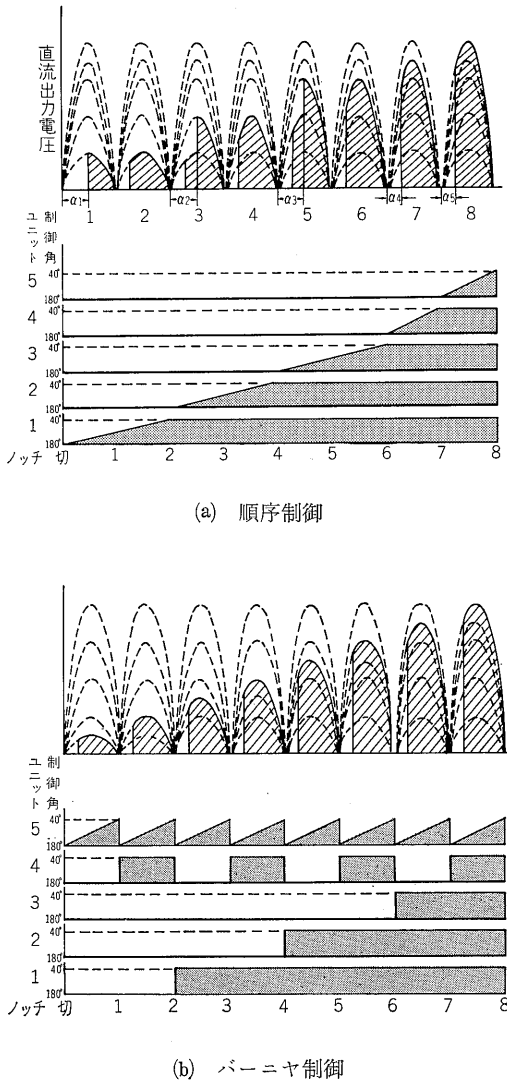
成される。力行・ブレーキいずれの場合も、だ行など正常な回路オフ時は断流器が回路をしゃ断し、主電動機せん絡、チョッパ過電圧などの事故時は高速度しゃ断器が回路をしゃ断する。高速度しゃ断器のしゃ断条件はブレーキ時の方が厳しく、1個での回路しゃ断はスペースなどの制約から困難なため、2個直列同時しゃ断方式としている。



第 2 図 力行ノッチ曲線
Fig. 2. Notching curve at powering



第 3 図 主回路つなぎ
Fig. 3. Connection diagram of main circuit



第4図 位相制御方式

Fig. 4. Methods of phase control

2) 高調波電流低減対策

試作車は試験車と同様、高調波電流低減効果のある主変圧器の二次巻線多分割方式と主整流器の多段縦続接続方式を採用しているが、50・60Hz 両方の共振フィルタは搭載困難のため、主変圧器二次巻線を(1/4・1/4・1/4・1/8・1/8)の比に不等5分割し、制御する電力レベルを8分割相当に下げるとともに、サイリスタ位相制御角を高調波成分の少ない角度に固定する位相止め制御を行ない高調波電流低減を図っている。試作車では第4図に示す2方式を試験する予定になっている。

3) 制 御

列車の制御はミニコンピュータを用いた ATOMIC (Automatic Train Operation by Mini Computer) で行なわれる。基本システムは試験車などの試験ですでに完成しており、試作車ではさらに運転状況、機器動作状況の常時監視(モニタリング)機能、故障発生箇所などのCRT表示など多くの機能が付加されている。ATOMICの基本機能はつぎのとおりである。

(1) 定時運転制御

指定ダイヤどおり列車を運行する走行目標速度演算制御

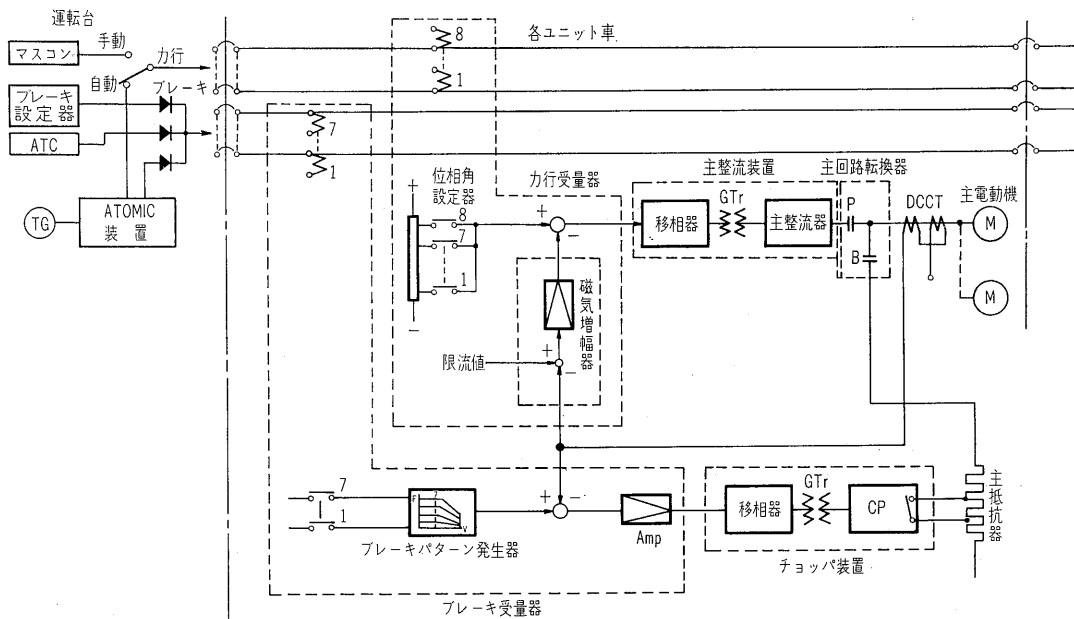
(2) 定速運転制御

各種外乱に対する列車の定速走行制御

(3) 定位置停止制御

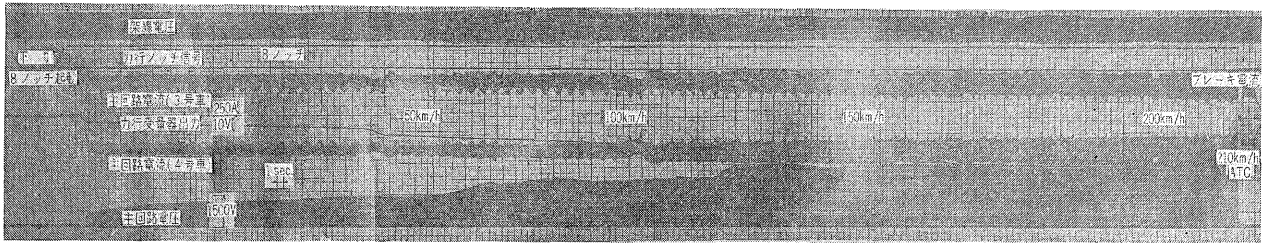
駅指定位置への列車停止制御

これらは ATOMIC で演算され、各ユニットへ力行、ブレーキ指令として伝達され、これにもとづき各ユニットの主電動機は制御される。第5図にその簡略制御プロ



第5図 電動機制御簡略ブロック図

Fig. 5. Basic block diagram of motor control



第 6 図 現車試験オシログラム

Fig.6. Oscillogram of trial run

ック図を示す。

ATOMIC からの力行ノッチ指令は各ユニットの力行受量器に与えられる。主電動機が低速で逆起電力が低いためノッチ信号に応じた位相制御角の直流電圧では、大電流が流れる領域では受量器内の電流制限調節系がノッチ信号量を徐々に増加させるよう動作し、電動機電流は一定限流値に制御される。主電動機が高速で逆起電力が高い領域は電流が限流値以下となり、電流制限調節系は飽和し出力零となるので直流電圧はノッチ信号量に対応する。この制御系は電流制限付固定位相角指令方式のため、外乱に対しての制御機能はないが、列車速度制御を ATOMIC で行なうので大きな速度偏差は出ないと考えられる。

ブレーキの場合、ATOMIC からのブレーキノッチ指令は各ユニットのブレーキ受量器に与えられる。これに対応してブレーキパターン（ブレーキ力-速度）を発生し、これにしたがってブレーキ電流を指示する。この信号と実際の電流が比較増幅されチョッパの通流率が制御される。

第 6 図に現車試験（手動）のオシログラムを示す。

3. 補助回路

50・60Hz 両地区通し運転をする場合、もっとも影響が大きいのは補助回路で、今回は集中補助電源方式を採用し、システムの簡素化を図っている。

補助電源容量は、冬期暖房、他ユニット故障時の延長給電などを考慮し最大 250kVA とし、直流電動発電機方式、無整流子電動電動機方式の 2 方式が採用されている。

補機は電源の三相化により三相誘導電動機を使用している。また機器冷却用の送風機は新しく開発した低騒音形が採用されている。

III. 電気機器の概要

当社が試作を相当した電気機器について、その概要を以下に報告する。

1. パンタグラフ

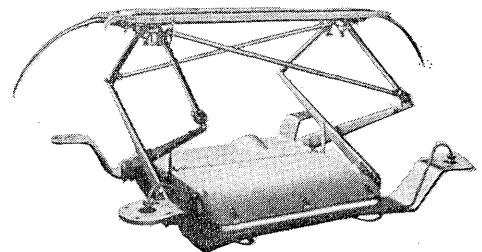
- 1) 定格仕様
- 2) 構造および特長

形 式	PS9011形
操 作 方 式	ばね上昇・空気下降式
作用高さ (mm)	折たたみ 105 ⁰ ₋₅ 標 準 605 突 放 し 955±30
押 上 力 (kg)	標 準 5.5 立 上 り 7.5
全相当質量 (kg・s ² /m)	1.6
総組立重量 (kg)	140

パンタグラフの外形を第 7 図に示す。基本構造は量産車の PS200A 形と同一であるが、高速集電性能の向上、寒冷地対策のためつぎの点に考慮を払った。

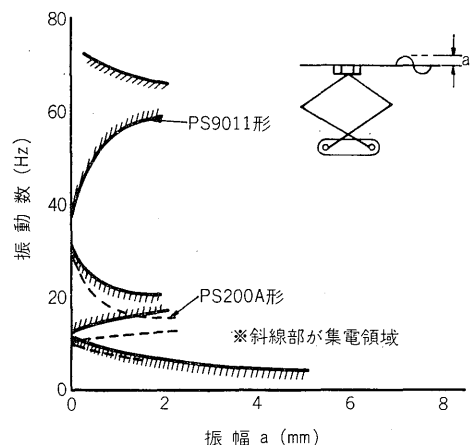
(1) 集電性能の向上

パンタグラフの集電追従領域を広げるため、3 元系ばね機構を新たに採用し、第 8 図のように、60~70Hz の



第 7 図 PS9011 形パンタグラフ

Fig.7. PS9011 pantograph



第 8 図 集電領域

Fig.8. Region of current collection

高振動域集電を可能にしている。

(2) 寒冷地対策

積雪によるパンタグラフの上げ動作不良を防止するため、立上り押上力を従来の5.5kgから7.5kgに増加させた。

2. 主シリコン制御整流装置

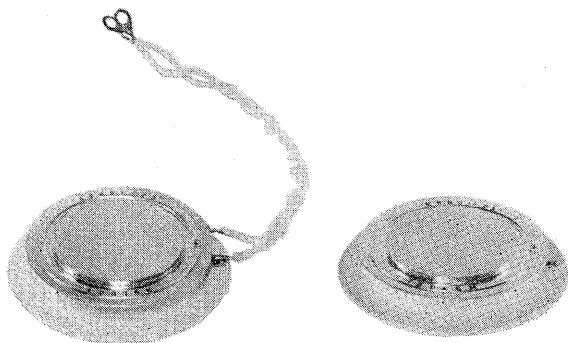
整流装置は5段連続接続単相混合ブリッジの整流器部と移相装置より構成されている。素子はサイリスタ2,500V-1,000A、ダイオード2,500V-1,600Aの世界最大級の大容量平形素子を使い、冷却にフロンを冷媒とした冷却効率のきわめて高い沸騰冷却方式を採用するなど新技術を導入し、とくに装置の軽量化を主体に設計を行っている。以下に装置の概要を述べる。

1) 定格仕様

形 式	R S 920形
方 式	単相混合ブリッジ5段直列方式
定格出力 (kW)	2,440
定格直流電圧(V)	1,400
直 流 電 流 (A)	1,740 (連続) 2,160 (8分)
定格周波数 (Hz)	50/60
周囲温度 (°C)	-20~+40
主サイリスタ	C S I 1000-25 (国鉄形式) E G R 01-25 (当社形式) 2,500V-1,000A
主ダイオード	S I 1600-25 (国鉄形式) E R R 01-25 (当社形式) 2,500V-1,600A
素子構成	主サイリスタ 1S×2P×2A×5U 主ダイオード 1S×2P×2A×5U
冷却方式	フロン冷却風冷式 (沸騰冷却式)
冷却風量(m³/min)	80

2) 素子外観および仕様

主サイリスタ、主ダイオードの外観を第9図に示す。素子仕様をつぎに示す。



第9図 EGR01-25 サイリスタ (左), ERR01-25 ダイオード (右)

Fig. 9. EGR 01-25 thyristor (Left), ERR 01-25 diode (Right)

(1) 主サイリスタ

形 式	E G R 01-25
定格平均順電流 (A)	1,000
定格繰返し逆電圧 (V)	2,500 (波高値)
定格非繰返し逆電圧(V)	2,750 (波高値)
定格繰返し順阻止電圧(V)	2,500 (波高値)
1 サイクルサージ電流(A)	18,000 (60Hz ベース)
5 サイクルサージ電流(A)	12,000 (")
順電圧降下 (V)	2.0以下 (at 3,200A波高値)
熱 抵 抗 (°C/W)	0.025
定格接合部温度 (°C)	125
圧 接 力 (kg)	2,000

(2) 主ダイオード

形 式	E R R 01-25
定格平均順電流 (A)	1,600
定格繰返し逆電圧 (V)	2,500
定格非繰返し逆電圧(V)	2,800
1 サイクルサージ電流(A)	30,000 (60Hz ベース)
5 サイクルサージ電流(A)	20,000 (")
順電圧降下 (V)	1.5以下 (at 5,000A波高値)
熱 抵 抗 (°C/W)	0.025
定格接合部温度 (°C)	150
圧 接 力 (kg)	2,000

3) 主回路

主整流器内部つなぎを第10図に示す。

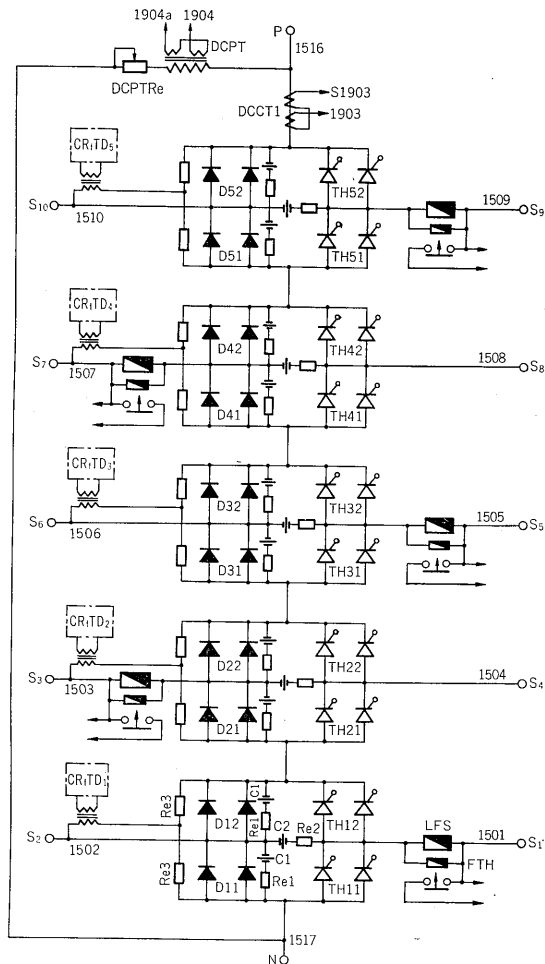
主サイリスタ、ダイオードはそれぞれ2個並列とし、制御していない段のダイオードは負荷電流を連続して流すためサイリスタの2倍の電流容量を持つよう構成されている。

素子保護用ヒューズは当社のウルトラップヒューズを各ユニットの交流側に1本ずつ使用している。大容量素子保護ヒューズは、全しゃ断 I^2t に比し常時の通電容量の大きいものが要求されるため一般の溶断ヒューズでは製作が困難になるが、ウルトラップヒューズは常時の通電路と過電流検出、しゃ断部が分離しており、通電容量としゃ断容量を独立に設定できるので、大容量素子保護用として容易に製作可能である。また独特の構造のため特別な冷却を施すことなくこの整流器のような保護が可能となる。第11図にウルトラップヒューズの外形を示す。

従来サイリスタの di/dt 抑制、電流分担平衡用に素子と直列にアノードリアクトルをそう入していたが、今回は素子の責務に充分余裕があるので装置の小形軽量化のため省略した。第12図にサイリスタ点弧時の波形を示す。

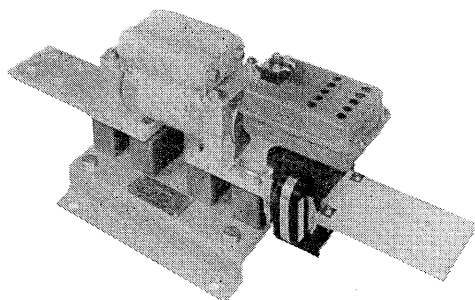
4) 制御回路

基本的な回路構成は951形試験電車と同様で、おもに国鉄標準トレイで構成されている。一部のトレイは新たにICを使用し、信頼性向上と小形化を図っている。



第10図 主整流内部つなぎ

Fig. 10. Connection diagram of main rectifier



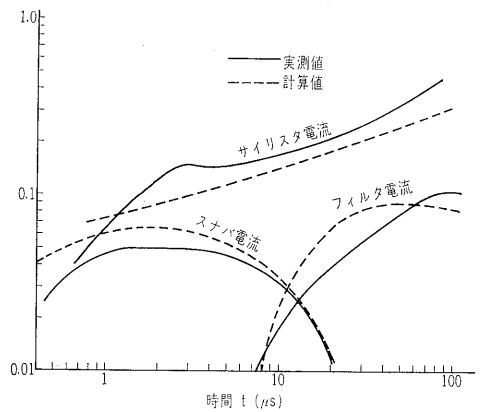
第11図 ウルトラップヒューズ

Fig. 11. ULTRAP fuse

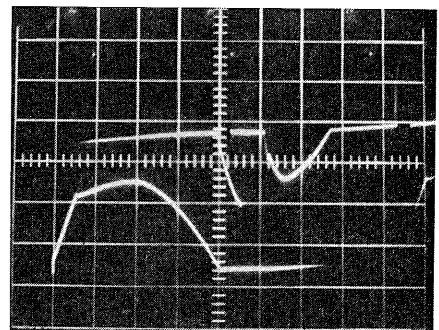
5) 冷却方式

本器の冷却は冷媒にフロンR-113を用いた沸騰冷却方式を採用している。この冷却原理を第13図に示す。図で、冷却を必要とする素子などの発熱体を真空容器の下部に置きこれらが浸漬される量のフロンを封入する。密閉容器の上部にはフロンが蒸発するための空間と、蒸発したフロン蒸気を凝縮させるための熱交換部を設ける。

素子などから発生した熱損失は直接フロンの沸騰によって気化熱として奪われ、気化した蒸気は容器内を上昇して熱交換部で凝縮し、この時発生する凝縮熱を放散す



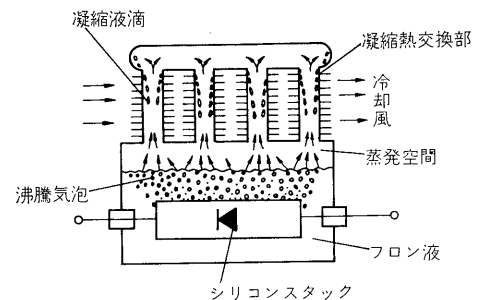
(a) サイリスタ点弧電流



(b) サイリスタA-K間電圧(上), 電流波形(下)
500 V/div 1025 A/div 1 ms/div

第12図 サイリスタ点弧時の電圧電流波形

Fig. 12. Waveforms of thyristor voltage & current at turn-on



第13図 フロン沸騰冷却の原理

Fig. 13. Principal of boiled Freon Gas cooling system

る。凝縮した液は再び下部の液槽部に戻ってくる。

このように沸騰、凝縮のサイクルが繰り返されて冷却を行なうため従来の冷却方式とはその原理が異なり、自然冷却式でありながら、水の強制冷却式とほぼ同等のきわめて高い冷却能力がえられる。

本器の冷却設計では、周囲温度40℃で最大負荷時の素子接合部温度をサイリスタ125℃、ダイオード150℃以下とし、この時のフロン液温を75℃におさえる条件で各部の熱抵抗の配分を決めている。

この冷却方式の特長としてはつぎの点があげられる。

- (1) 沸騰の高い冷却能力により、小さい面積から集中的に発生する熱損失を容易に放散させるるので、大容量平形素子に対し小形の冷却フィンを設けることで、素

- 子の電流容量をフルに利用することができる。
- (2) 自然冷却式のため冷媒の循環ポンプが不要である。
- (3) 冷却原理上タンク内部の部品配置が簡素化できるので、(1)(2)とあいまって装置を小形軽量に構成しうる。
- (4) フロンは不燃性で毒性が少なく公害に対する問題がなく、絶縁耐力も絶縁油とほぼ等しい値を有している。

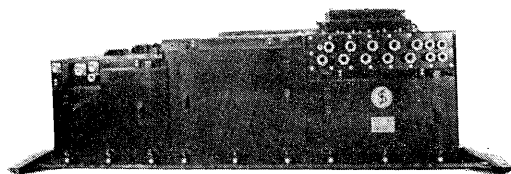
6) 構造

主整流装置の外観、フロンタンク部外観を第14図、第15図に、サイリスタスタック外観を第16図に示す。

装置全体はフロンタンク部を中心にこの両側に移相装置部を取り付けた構造とし、主平滑リアクトルを整流器と同一架台に取り付け整流器を冷却した風でリアクトルを冷却する構成としている。

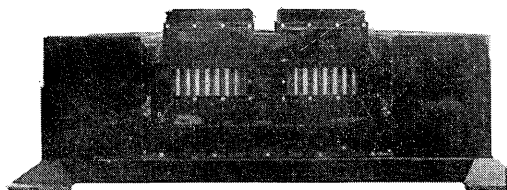
フロンタンク部は、サイリスタ、ダイオードスタックのほか、スナバ回路抵抗器、放電抵抗器を収納したタンク部の上にフィンチューブを使用した凝縮部を置き、溶接により一体化して密閉タンクを形成している。

凝縮部は凝縮効率を高めかつ冷却性能の長期安定化を



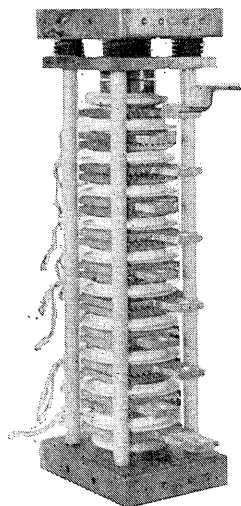
第14図 RS 920形主シリコン制御整流装置

Fig. 14 PS 920 main silicon controlled rectifier set



第15図 フロンタンク部側面

Fig. 15. Outerview of Freon tank



第16図 サイリスタスタック

Fig. 16. Thyristor stack

図るためフィンチューブを垂直に取り付けた構造を採用している。

スタックは第16図のように冷却フィンを1素子当たり2枚とし、放熱表面積を大きくとって、低温時にも安定した冷却ができるよう考慮している。

3. 主電動機

本機は、先の試験車用 MT 916 形主電動機を母体に行している。量産車の MT 200A または B 形主電動機に比べ、容量は50%以上増大したにもかかわらず、重量は同じで、外径寸法は直径で5 mm大きくなったが、軸方向長さは台車構造上の制約もあり、約25mm短くなっている。

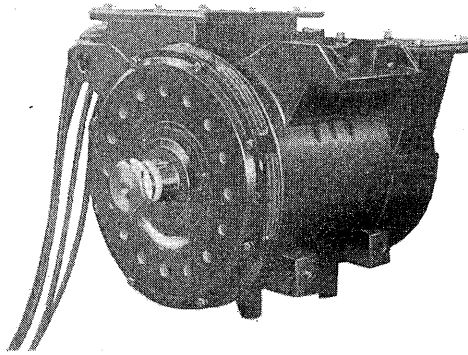
1) 定格仕様

形式	MT920形	
方式	脈流直巻補極付	
主極数	4	
通風方式	開放自己通風	
動力伝達方式	可とうたわみ板継手式	
装架方式	台車装荷	
定格	連続	1時間
出力 (kW)	275	305
電圧 (V)	700	700
電流 (A)	435	475
回転速度 (rpm)	2,850	2,750
効率 (%)	89.4	(90.9)
周波数 (Hz)	60×2 50×2	60×2 50×2
脈流率 (%)	47 56	47 56
界磁分流率 (%)	10 (純抵抗)	
風量 (m³/min)	21.5	(21)
絶縁種別	F種 (無溶剤エポキシ固着)	
絶縁耐力試験電圧	4,300V	
最強界磁率	111%	
最高回転速度	4,300rpm	
重量	880kg	

2) 構造

主電動機の外形を第17図に示す。この主電動機は台車装荷式高速脈流電動機で、可とうたわみ板継手で駆動装置と連結されている。力行時は定格表のような高脈流率で運転されるために主極に抵抗分路を設け主極電流を平滑にする。また磁束の追随性を改善し整流性能の向上と鉄損を減少させるため磁気棒の一部をけい素鋼板で積層した半積層ヨークを使用している。

磁気棒寸法は外径585, 内径510, 有効長410で、その内径幅が240厚に積層された鋼板溶接構造である。主極・補極はともに積層されている。主極、補極コイルはエッジワイズ巻で、ポリアミドおよびガラステープ絶縁である。わたり線は絶縁銅帯で、つなぎは硬ろう付で端子箱をもっている。端子箱から先の口出線は不燃化対策としてWLM2電線を使用している。

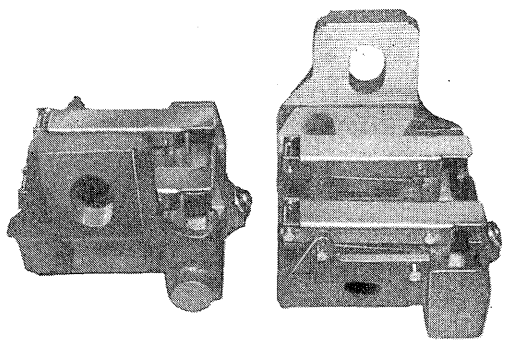


第17図 MT920形主電動機
Fig. 17. MT 920 traction motor

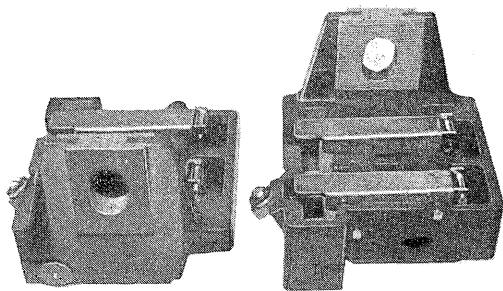
電機子はけい素鋼板(外径寸法350)を210厚に積層し整流子星形と一体にした鉄心押えで固定している。コイルはポリイミドテープ巻平角銅線で、絶縁はポリイミドテープと無溶剤エポキシ含浸によっている。整流子片は銀入銅で、ライザ部の均圧を含むコイルの接続はTIG溶接である。ファンはアルミ製である。

軸受はメンテナンスフリー化のためにグリースポケット部の広い密封軸受とし、整流子側 6313、駆動側 NU 317 である。

ブラシ保持器は従来のMF化標準方式である当社の定圧形ブラシ保持器機構とともにFRP製枠のものも製作し、さらにMF化の向上と軽量化を図っている。第18図に定圧形ブラシ保持器を示す。



(a) BC製



(b) FRP製

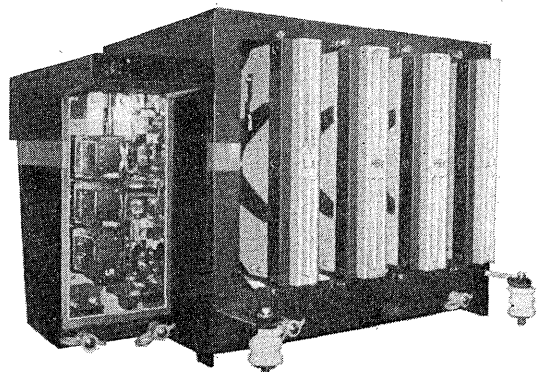
第18図 ブラシ保持器
Fig. 18. Brush holder

4. 断 流 器

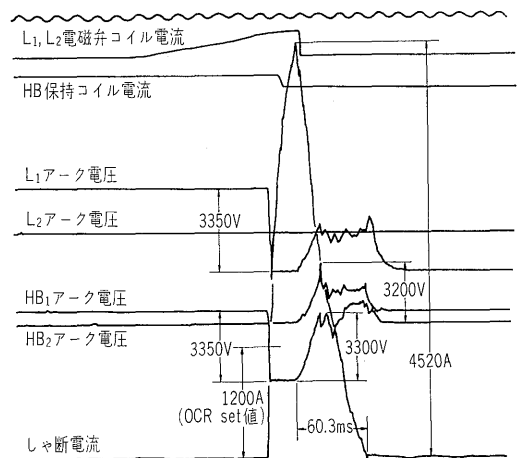
この装置は主回路の力行、ブレーキ回路の構成としゃ断を行なうもので、とくに事故時における過電流、主電動機接地事故、あるいはブレーキチョッパ過電圧発生時の回路しゃ断は通常のパッキングバー方式と異なる当社独自の過電流継電器トリップ方式による高速度しゃ断により行なっている。その性能は国鉄在来線・私鉄冷房用および951形試験電車などで実証されているが、今回の使用条件からの要求によるしゃ断容量の大幅な増大とこれに伴う装置の大形化、重量増に対し、しゃ断器消弧室の構造改良、新絶縁材料の採用、さらに装置全体の構造簡略化、小形軽量化を図り、所期の要求を満足する性能をえた。断流器の定格仕様をつぎに示す。

形 式	LB920形
主回路電圧 (V)	DC 1,400
主回路電流 (A)	435 (脈流 50%)
制御回路電圧(V)	DC 100
操作空気圧(kg/cm ²)	5
しゃ断容量	DC 1,400V 10mH 5,000A
	DC 3,400V 10mH 5,500V

第19図にLB920形断流器の外形、第20図にしゃ断試験時のオシログラムを示す。



第19図 LB920形断流器
Fig. 19. LB 920 circuit breaker



第20図 3,350V, 6,000A (10mH, OCR セット値 1,200A) しゃ断試験オシログラム
Fig. 20. Oscillogram of interrupting test at 3,350 V 6,000 A

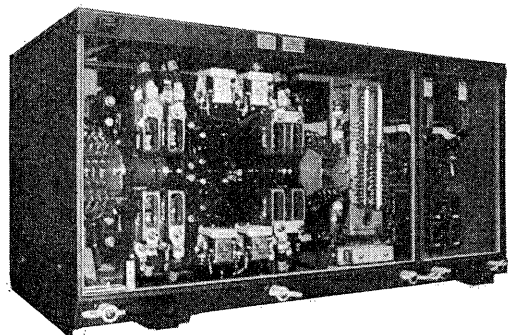
5. 主回路転換器

この装置は電車の前進、後進、力行、ブレーキのおおの主回路切換えを行なうため、空気圧で駆動されるカムスイッチ群と、三種の検出装置からなっている。これら検出装置はチョッパ過電圧、ブレーキ回路構成機器接地およびブレーキ電流立上りを検出するもので、いずれもトランジスタ、ICを使用し完全無接点化を図っている。

主回路転換器の定格仕様はつぎのとおりである。

形 式	K S 920形	
方 式	電空カム軸式	
主回路電圧 (V)	DC 1,400	
主回路電流 (A)	DC 470 (連続)	
制御回路電圧(V)	AC 100 DC 24, 100	
制御空気圧(kg/cm ²)	5	

第21図に K S 920 形主回路転換器の外形を示す。



第21図 K S 920形主回路転換器
Fig. 21. KS 920 main circuit changer

6. 電動発電機

1) 電動発電機本体

この電動発電機は、夏期冬期の定格を持ち、冷却は自己ファン、ブースタファンで行なう。また電機子絶縁にH種無溶剤ワニス含浸を新たに採用している。

(1) 定格仕様

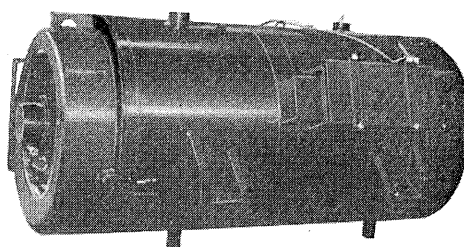
形 式	電 動 機		発 電 機	
	MH920		DM920	
方 式	脈流直巻補極付		回転円筒界磁式	
通 風 方 式	開放自己通風			
極 数	4		4	
相 数	—		三相4線中性点接地	
連 続 定 格	夏 期	冬 期	夏 期	冬 期
入 力 (kW)	185	270	—	
出 力 (kVA)	—		200	250
電 圧 (V)	500	550	440	
電 流 (A)	370	490	262	330
回 転 速 度 (rpm)	1,800			
効 率 (%)	85			
周 波 数 (Hz)	—		60	
力 率	—		0.8	0.95
脈流周波数 (Hz)	50×2/60×2		—	
脈流率 (%)	29/24	30/25	—	
基準周温温度 (°C)	25	10	25	10

絶 縁 種 別	F 種	
電源電圧変動範囲(%)	-10~+25	—
出力電圧変動範囲(%)	—	-10~+5
瞬時出力電圧変動範囲(%)	—	-20~+20 (定格 負荷投入、開放)
周波数変動範囲(%)	—	-10~+5
許容電力中断時間(sec)	0.4以下	
絶縁耐力試験電圧(V)	4,100	1,900(固定子、回 転子)
重 量(kg)	2,370	

(2) 構 造

電動発電機の外形を第22図に示す。

回転子はMG共通軸上にそれぞれ鉄心が直積みされM側鉄心はけい素鋼板(外径寸法410)を220厚に積層し、整流子星形と一体とした鉄心押えで押えている。コイルはポリイミドテープ巻平角銅線で、絶縁はポリアミドテープと無溶剤H種ワニス含浸によっている。整流子片は銀入銅で、ライザ部の均圧を含むコイルの接続はTIG溶接である。G側界磁鉄心はけい素鋼板(外径寸法455)を250厚に積層し、コイルはDGC-F丸線をセミオープンスロットに落とし込み同心巻としガラスバインドで被い、無溶剤H種ワニス含浸を施している。励磁用スリップリングはSUS製でそのつぎにファンがそう入されている。



第22図 MH920-DM920形電動発電機
Fig. 22. MH 920-DM 920 motor-generator

固定子はM側G側別々にコイルつなぎを行なった後、中央でボルト締めによって一体にする。M側磁気枠は外径寸法710で磁巻長は450、鋼板溶接構造半積層ヨークとしている。主極はSPC、補極はけい素鋼板積層鉄心でコイルはともに銅帯エッジワイズ巻、絶縁はガラステープ巻無溶剤エポキシ含浸、固着方式である。つなぎはバーロー付方式で端子箱をもっている。G側枠外径寸法はM側と同一で、通風路を形成するリブに外径寸法620、内径460のけい素鋼板を250厚に積層した鉄心がコイル入れ後そう入される構造である。固定子コイルはF-DGC平角線成形コイルで絶縁はガラスマイカテープとエポキシ含浸によっている。軸受はM側NH318、G側NU318を使用しMF化対策として大きな排油溜りをもつ軸受カバーを採用した。ブラシ保持器はM側G側とも当社方式の定圧形ブラシ保持器であり、M側はその枠にFRP製を採用している。また分路抵抗器箱を磁気枠上に取付け

MGの冷却風を導入して冷却を行なうようになっており、そこには不燃化対策として特殊耐熱WK電線を使用している。なお、G側軸端部にOSR用磁石発電機を設け、過速度検知を行なうようになっている。

2) MG 制御装置

(1) MG 整流器

サイリスタ、ダイオードスタック、ゲート回路、素子保護用ヒューズなどからなる。事故時の過電流が大きいためサイリスタは1,000A素子を使用し、素子保護用ヒューズは大容量素子保護に最適なウルトラップヒューズを使用している。

主要要目を下表に示す。

形 式	RS923 形	
方 式	単相混合ブリッジ方式	
連 続 定 格	夏 期	冬 期
出 力 (kW)	186	270
直 流 電 圧 (V)	510	550
直 流 電 流 (A)	370	490
定 格 周 波 数 (Hz)	50/60	
周 囲 温 度 (°C)	-20~+40	-20~+25
サイリスタ	EGR01-25	2S×1P×2A
ダイオード	ERR01-25	2S×1P×2A
冷 却 方 式	強制風冷(直流電動機と直列通風)	

(2) AVR920形MG制御装置

MG整流器ゲート制御回路、発電機電圧調整回路などが内蔵されており、主要部分はプリント板化されトレイ構造となっている。

3) MG 制御方式

主変圧器三次巻線を電源にMG整流器を位相制御することにより直流直巻電動機の定速制御を行なっている。発電機電圧制御は始動時三次巻線より発電機界磁の予備励磁を行ない、電圧確立後は自励界磁制御を行なう。おのおのICを用いたPI制御により高精度で安定した電力を負荷に供給している。第23図にMG制御ブロック図を示す。おもな制御はつぎのとおりである。

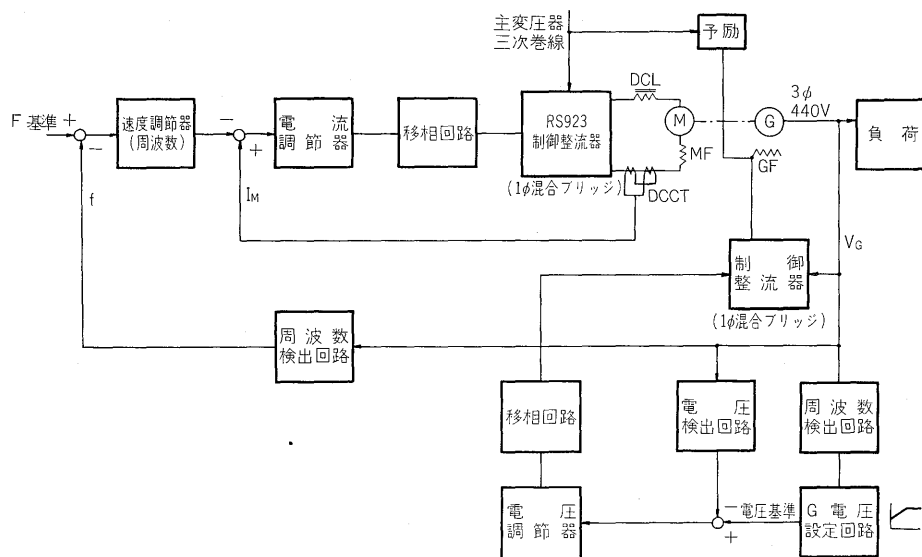
(1) 始動制御

速度指令(周波数基準値)を与え電流マイナーループにより限流値加速を行なう。第24図に負荷始動の一例を示す。始動電流の突入もなく設定された一定電流で直線加速していることがわかる。

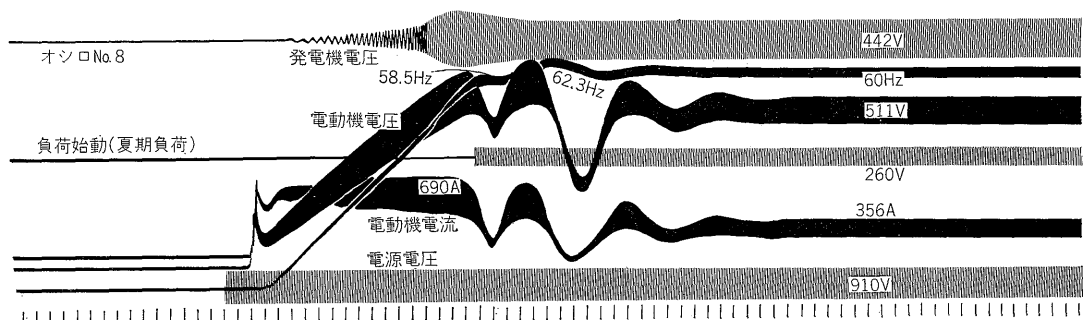
(2) 周波数制御

発電機出力よりL-C共振周波数検出回路で周波数を電圧変換し、基準電圧と比較しサイリスタ位相制御で電動機速度制御を行なう。

(3) 発電機出力電圧制御



第23図 MG制御ブロック図
Fig. 23. Block diagram of MG control



第24図 全負荷始動オシログラム
Fig. 24. Starting scillogram at full load

電圧設定値は L-C 共振回路で周波数を検出し、この出力電圧にリミッタをつけ設定値とし、これと発電機電圧を比較しサイリスタ位相制御で界磁電流調整を行なっている。

このためなんらかの異常により MG 回転数が低下すると電圧設定値も低下し界磁巻線変圧器など機器の焼損を防止できる。

(4) セクション通過時の制御

架線停電を低電圧継電器で検出し電動機制御用サイリスタのゲートをオフし電動機制御を停止する。電圧が再印加されると低電圧継電器の動作によりゲートオフを解除し始動時と同様に一定電流加速を行なう。

7. 電動送風機

この電動送風機は主変圧器、主整流装置の冷却に用いられる新形低騒音遠心軸流式電動送風機である。

1) 遠心軸流送風機

遠心軸流式を車両用に採用したのはつぎの理由による。

- (1) 軸流式に比べ低騒音化が達成できる
 - (2) 軸流式なみに配置、取付が簡潔になる
 - (3) 制限寸法内で余裕ある性能を発揮できる
- 送風機、電動機定格はつぎのとおりである。

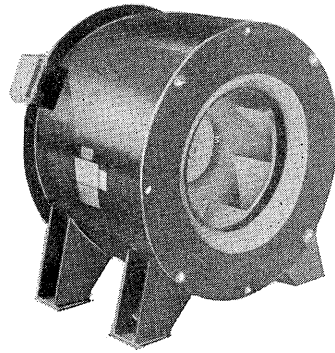
電動機		送風機	
形式	MH3921	形式	FK921
方式	全閉外扇かご形	方式	遠心軸流形
相数	3	静圧 (mmAq)	85/80
極数	4	風量 (m ³ /min)	80/90
連続定格出力(kW)	2.5	規定回転速度(rpm)	1,710
電圧 (V)	440	温度 (°C)	50/25
電流 (A)	4.5		
周波数 (Hz)	60		
回転速度(rpm)	1,710		
絶縁	F種		
重量 (kg)	120		

電動送風機の外観を第25図、断面図を第26図、特性を第27図に示す。

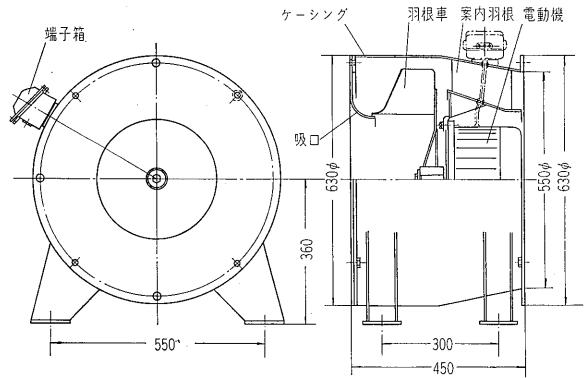
ターボ送風機と同様に吸込まれた空気は、羽根車で半径方向に曲げられ、羽根車出口で再び軸流成分を持ち、案内羽根に流入する。旋回流成分が軸流式より非常に多く、案内羽根で効率良く軸方向成分にすることが、この方式のもっとも重要な課題で、多くの試験結果から案内羽根形状、枚数を決定した。羽根車形状と案内羽根の距離は、送風機効率、騒音にこの方式特有の相関があり、これについても有効な資料をえて、本機に反映している。

2) 電動機

軸方向の寸法制限から、電動機は軸方向の短いタイプ

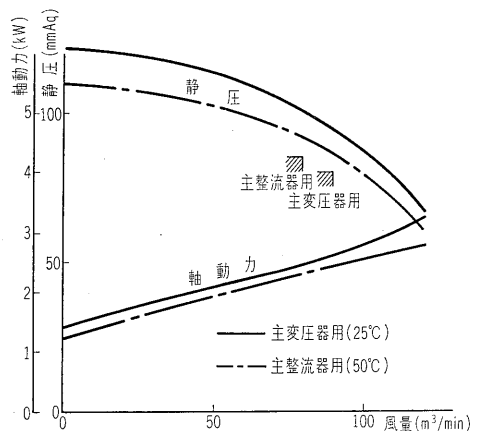


第25図
MH3921-FK921形電動送風機
Fig. 25.
MH 3921-FK 921 blower



第26図 MH3921-FK921形電動断面図

Fig. 26. Sectional view of MH 3921-FK 921 blower



第27図 MF3921-FK921形電動特性

Fig. 27. Characteristic curves of MH 3921-FK 921 blower

を採用した。固定子巻線は高耐熱性絶縁材を用いF種絶縁である。回転子のかご形で、溝導体、エンドリングはアルミの一体鋳造で製作されている。

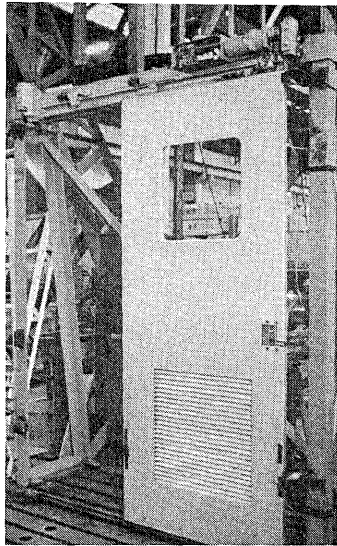
8. 自動ドア装置

量産車の通路用空気式自動ドアにかわり、今回電気式が採用された。当社は在来線食堂車のスイング式をはじめ、このスライド式の実績は豊富である。装置の定格をつぎに示す。

装置の外観を第28図に示す。

減速機付電動機の出力軸はワイヤ巻取りドラムに連結

		4号車	6号車
性 能	ストローク (片引) (mm)	595	715
	開閉時間 (sec)	2.5±0.5	
	開閉力 (kg)	8.5 (水平状態)	
電 機	電 圧 (V)	DC 40	
	電 流 (A)	3.5	
機	トルク (kg·cm)	1.1	
	回転速度 (rpm)	4,000	
	減 速 比	1 : 30	
重 量 kg		11	18



第28図 電気式自動ドア装置

Fig. 28. Auto door of electric driven system

され、電動機の正逆転で引戸を左右に引張る構造で、つぎのような特長がある。

1) 小形・軽量

電動機、制御箱はベースに一体化したユニット構造で戸袋上部スペースに収納が可能である。

2) 安全・確実

ドア開閉力は電動機トルクを一定に自動制御するので乗客、物がはさまれても安全である。

3) 開閉時間調整が容易

電動機・負荷特性のばらつき制御装置の設定変更で簡単に速度調整が可能である。

IV. あとがき

以上、全国新幹線 961 形試作電車と当社の試作担当電気機器の概要について述べた。

現在までの試運転で、初期の性能を満足する良好な結果をえた。

当社は独得の技術と十分な設計検討のもとに各電気機器の試作試験を行ってきたが、設計製作過程および試運転などで得ることができた貴重な技術、経験のもとに、さらに技術向上に励み、新しい技術の成果を今後の量産設計に反映させて行く所存である。

終わりに、各機器の設計・製作ならびに各種試験にあたり、終始ご指導を賜った日本国有鉄道関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

発明の紹介

回路しゃ断器の引はずし装置

(実用新案登録第 915008 号)

この考案は、低圧系の短絡保護装置として有効な配線用しゃ断器に関するものである。

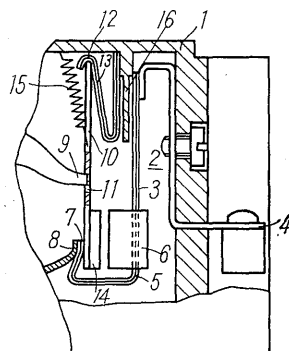
この種のしゃ断器に設けられる熱動引はずし装置は周囲温度に影響されることなく一定値になるように設定されることが望ましい。

この考案によれば、主バイメタル(3)のほかに温度補償用バイメタル(13)を設け、しかもこのバイメタル(13)が主バイメタル(3)からの熱の影響を受けないようにするため、両バイメタル間に隔壁(16)が存在するように構成されている。

図面において、1は外箱、2は引はずし装置の全体を示し、3は主バイメタル、4は端子板である。バイメタル3の部分(5)には固定鉄心(6)が取り付けられ、引はずしレバー(10)には相手側の可動鉄心(14)が取り付けられている。端子板(4)からの電流は3-5-7-8に流れ、図示されない可動接触子へと導かれる。両鉄心(16)、(14)は電磁引はずし装置を構成している。手動接点開閉機構から延びている爪(9)は引はずしレバー(10)の孔(11)に係合保持

され、このレバー(10)はばね(15)によってその一端をバイメタル(13)の支点(12)に支えている。

上記構成により、周囲温度が変化するに従い、支点(12)が変化し、レバー(9)(10)の係合関係が変化するとともに、主バイメタル(3)からの熱の影響は隔壁(16)の存在のために、補償用バイメタル(13)へは直接的にはなく、正確な温度補償の目的が達せられる。





*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。