

日立-アルウェーグ用電気品

Electrical Devices for Hitachi-Alweg Monorail Train

上原 守* 神谷 清**
Mamoru Uehara Kiyoshi Kamiya

内 容 梗 概

名古屋鉄道株式会社犬山ラインパーク向け日立-アルウェーグモノレールカーの回転機、制御装置の内容および試験成績について報告する。

本電気品は、高所を走行するモノレールカーに使用するため、特に信頼度の高いことが必要であり、従来の電車では考えられなかった97%という急こう配の登坂能力をもつものであり、一方その特殊な車体形状に適するように、構造、保守点検に特別の考慮が払われている。

1. 緒 言

わが国最初の実用的モノレールカーとして、昭和37年3月名古屋鉄道株式会社犬山ラインパークに日立-アルウェーグが完成した。

これに使用される電気品はモノレールカーとしての特長を十分発揮できるとともに、地上十数メートルの高所を走行するので、信頼度の高い装置が要求される。特に主電動機およびその制御装置は最高97%という従来の電車では考えられなかった急こう配での起動停止において十分なけん引力、制御容量を有することが必要であり、さらに、コンクリートけたをまたいでゴムタイヤにより走行する特殊な車体形状であり、電気品はそのスカート部に収納されるので空間的制約を受け、小形軽量であるとともに、点検は外側だけからできる構造でなければならない。

2. 回 転 機

日立-アルウェーグ用回転機は、従来の車両用回転機についての豊富な知識、経験を十分に生かして製作されたものであり、ここではモノレール用回転機として特に考慮した点について述べる。

2.1 主 電 動 機

主電動機関係仕様を第1表に示す。

運転区間約1.4kmのうち約40%がこう配区間で、その中には最大97%に達するものがある。最多客時には2編成を連結して1時間当たり約3,200人を輸送するため、平均速度は約24km/hとすることが必要であり、主電動機定格容量、定格速度はそれぞれ70kW、22.4km/hに選定した。

主電動機の特性曲線を第1図に、列車抵抗、けん引力曲線を第2図に示す。

こう配、曲線の多い線路条件および所要運転条件から最高運転速度を45km/hに押えたため、弱め界磁制御は行なわない。

日立-アルウェーグによって、今回初めて最大約100%という驚異的急こう配を運行できる車両の実現をみたが、これは一に粘着係数が従来の鉄道におけるよりも増大できたからである。すなわち従来の鉄製軌条と鉄製車輪を使用した鉄道においては、期待できる粘着係数は湿潤レールでは15~22%程度といわれているが、コンクリート軌条とゴムタイヤを使用する日立-アルウェーグにおいてはそれ以上の粘着係数が期待できる。

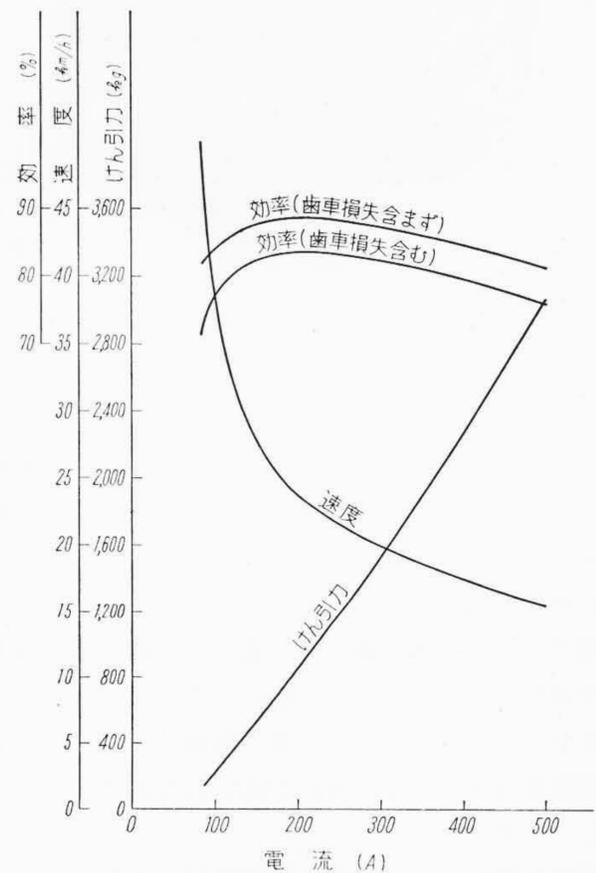
本車輪は正常状態においては約200%のこう配での起動が可能であるが、犬山モノレールにおいては、その運転方式と地形などの条件について種々検討の結果最も経済的な路線として最大97%こう配に決定された。

* 日立製作所水戸工場

** 日立製作所日立工場

第1表 定格および主電動機仕様

定 格	定 格	速 度	22.4 km/h
	最 大	引 力	1,080 kg
		引 力	3,100 kg
主 電 動 機 仕 様	形 番	号 式	HS-510-Crb
	形 容	量	EFCO-H69
	電 圧	電 流	70 kW
	回 転	数	340 V
	定 格	格	232 A
	車 輪	径 (計 算 上)	1,600 rpm
	歯 車	比	1 時 間
			1,120 φmm
			15.13

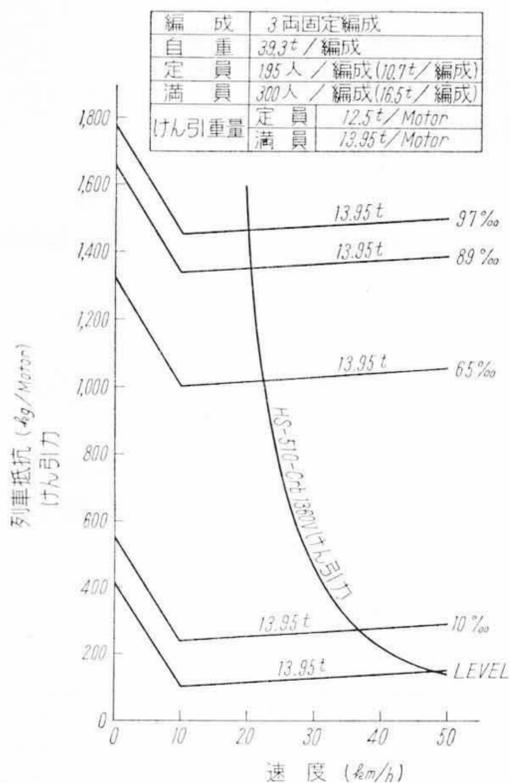


HS-510-Crb 70 kW 340 V 232 A 1,600 rpm
車輪径 1,120 歯車比 15.13

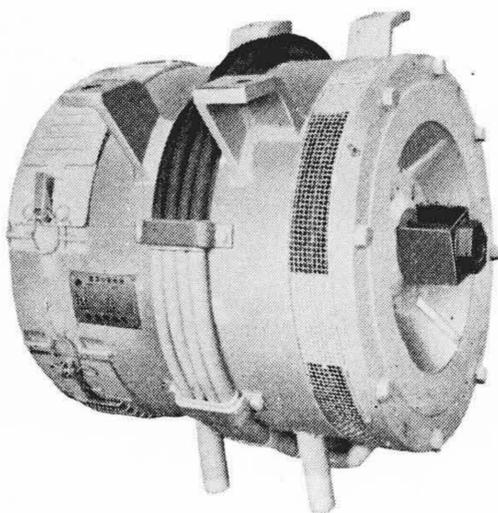
第1図 主電動機特性曲線

主電動機もこのすぐれた粘着特性を十分活用できるように大きなけん引力をもっている。

すなわち平常時の97%上りこう配における起動はもとより満員乗車の故障車を他の車両でけん引する場合をも考慮し、その際も97%上りこう配を平衡運転することができるように最大けん引力3,100kgに設計されている。主電動機は最大電流500Aに耐えるとともに最高運転速度からの発電制動、下りこう配における抑速発電制動にも十分な熱的余裕をもたせてある。



第2図 列車抵抗・けん引力曲線



第3図 主電動機外観

本機の製作にあたっては、ファンを軽合金製にしたほか軽量化、騒音低下に意を用いるとともに、機内の点検、グリースの充てんなどは車体スカート側の一方から行なうことができるようにした。

本機の外観写真を第3図に示す。

2.2 補助回転機

電動発電機の仕様を第2表に、外観写真を第4図に示す。

自動電圧調整装置には豊富な実績を有する日立トランジスタ式調整装置を採用し、特性の向上と重量の軽減に寄与している⁽¹⁾。

本機の電動機側電機子は複整流子式として過渡時にも安定な整流性能を有している。

電動発電機本体および電動機直列抵抗の適当な設計により起動用直列抵抗は不要となっている。

以上により装置全体としてきわめて小形軽量であり、その特性も架線電圧変動900~1,650Vにおいて出力電圧、周波数とも変動は±5%以下ときわめて優秀である。

主抵抗器冷却用電動送風機の仕様を第3表に、外観写真を第5図に示す。

送風扇は電動機の両軸端にオーバハングされ、軸端方向から冷却風を吸い込み、走行けた側に吐出する構造となっている。

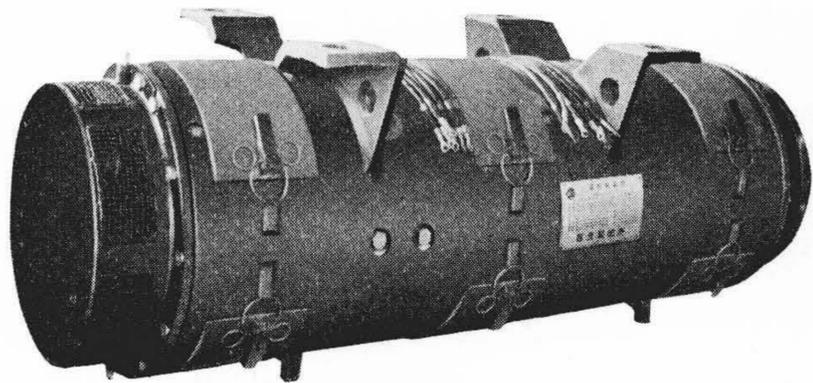
電動発電機、電動送風機とも機内の点検については主電動機と同様車体スカート側の一方から行なうことができるよう保守点検の上からも十分考慮が払われている。

第2表 電動発電機仕様

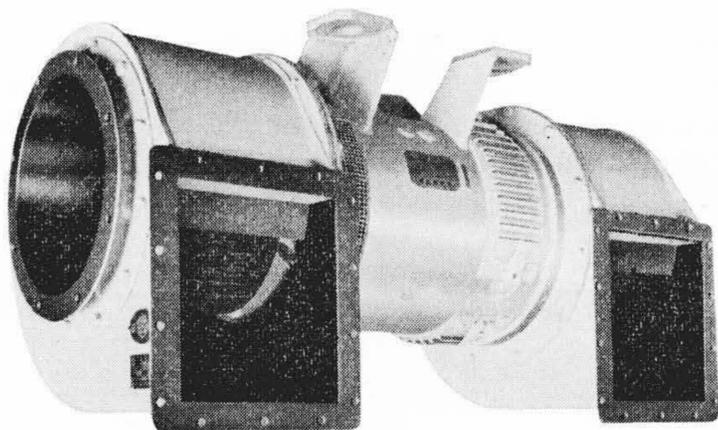
		直流電動機	交流発電機
形番	号式	HG-583-Hrb	
形容	容量	EFCO-SP	EFCO-S
電電	圧	入力9kW	出力5.5kVA
相周	流	1,500V	100V
力極	数	6A	31.8A
回	波	—	3
	数	—	60~
	率	—	90%
	数	2	2
	数	3,600 rpm	

第3表 電動送風機仕様

電機	形番	号式	HB-312-Brb
機	形容	容量	EFCO-S
	電電	圧	2kW
	回極	流	1,500V
		数	2.0A
		数	1,260 rpm
		数	2
送風機	形風	式	POS-MH
	風	量	45m ³ /min×2
		圧	35mm水柱



第4図 電動発電機外観

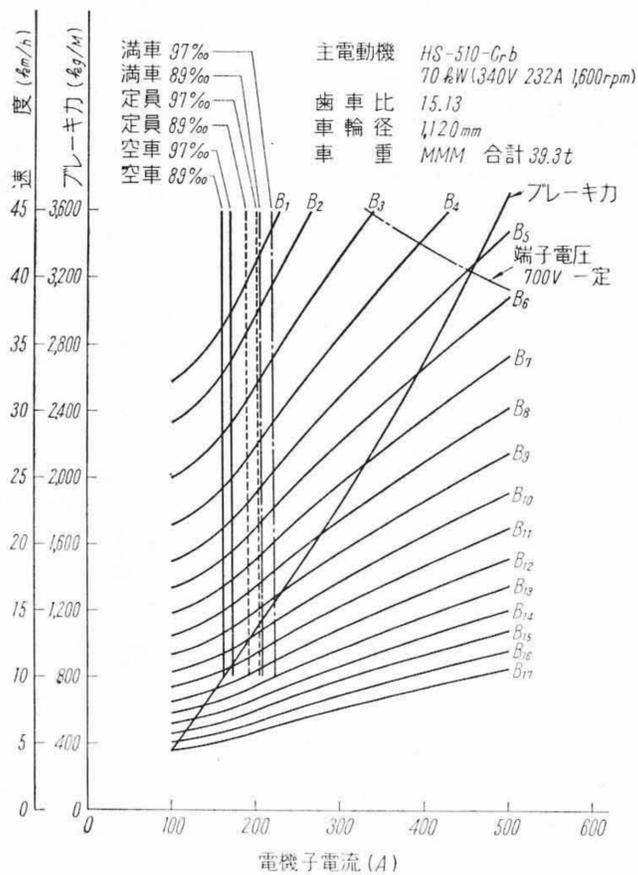


第5図 電動送風機外観

3. 制御装置

モノレールカーの制御方式は一般電車で軌を一にしているが、地上数メートルより十数メートル程度までのコンクリートけた上を走行するので特に信頼度の高い装置が必要であること、特殊な車体形状により機器に対して寸法上の制約を受けること、および外側からのみの点検が可能なが必要である。

本装置は以上の要求に従い、信頼度の高い電動機操作カム軸式制御装置を使用し、HSC-D形空気ブレーキとの電空連動ブレーキ方式を採用している。また、主要機器はボディマウント方式とし、重量の軽減を図るとともに、保守点検の便を計っている。



第8図 発電ブレーキノッチ曲線

第4表に、電動ノッチ曲線、発電ブレーキノッチ曲線を第7,8図に示す。

(1) 第6図主回路つなぎに示すように、電動および発電ブレーキ回路ともに4個の主電動機を直列接続として抵抗制御を行なうので、制御は非常に簡単である。発電ブレーキ回路は主電動機電機子を逆転器により反転させる方式である。

(2) ノッチ数17段の制御は、限流器 L_3 とカム接触器15個により、カム軸1回転で制御し、主抵抗器のほぼ中点より上下にカム接触器を1, 2, 3, 4の順に短絡していくので、カム接触器の接触子間には主抵抗器の端子電圧のほぼ $\frac{1}{2}$ の電圧しかかからないので絶縁上安全度が高い。

(3) コンクリートけた上をゴムタイヤにより走行するので、いわゆる一般電車に比べ粘着係数を大きくとることができる。本モノレールカーの平坦線における加速度および減速度は4 km/h/sに調整しており、高加速スイッチを押すことにより最急こう配97%の登坂が可能である。

(4) カム電動機の各ノッチにおける停止は、カム電動機の電機子に並列に入れたリアクタにたくわえられた電磁エネルギーを利用したリアクタブレーキ法を採用している。

カム軸制御器を操作するカム電動機の起動停止は、従来短絡継電器によって行なわれていた。この高ひん度に動作する短絡継電器は、その制動接点のジャンプと接点荒れが直接にカム軸のすべりに影響するため、特に保守の要点となっていたが、リアクタブレーキ法を使用することによりカム電動機の起動停止を常に安定に制御することができるようになった。

(5) 電空連動ブレーキは制動弁の単一操作で行ない、その切り替えは電流継電器の制御により自動的に行なうようになっている。

発電ブレーキ時には直列に接続された4個の電機子の中点を接地継電器のコイルにより車体に接続し、発電ブレーキ時の接地事故を保護するとともに、高速からブレーキをかけたときに4個の電機子に誘起される電圧を2分割して主回路機器の絶縁の安全度を増大している。

(6) 主幹制御器主ハンドルを抑速側に投入しノッチ位置3段を

使い分けることにより97%および89%下りこう配線路上で25~35 km/hの平衡速度をうることができる。

(7) 保護方式として下記のような装置を備えている。

(a) 車輪にゴムタイヤを使用しているため、車体が大地に対して電氣的に浮いたままの状態であると、万一高圧回路が車体に接触しても気付かないので危険である。このため、車体と負給電線との間に接地継電器を接続し、万一高圧回路が車体に接触するとただちに事故を検出し、高圧回路の接触器を開いて保護している。

さらに、車が駅にあるときは、放電レールを介して車体を接地し、乗客に対する安全を期している。

(b) 列車が端末駅に停車する際、運転手が操作を誤って過走せんとするとき、あるいは機器の誤動作などにより停止位置を過走したとき、非常ブレーキをもって自動的に列車を制御し、定められた保安距離内に停止させる電子式自動列車停止装置を備えている。また、これは端末駅以外の一般走行においても、40 km/h以上に列車速度が上昇した場合、非常ブレーキにより列車を自動的に停止させる機能をもっている。

(c) ゴムタイヤ内圧が規定圧力より低下した場合は圧力スイッチが動作して電気接点を閉じ、運転手に警報を与えるタイヤパンク警報回路を設けてある。

3.3 制御機器

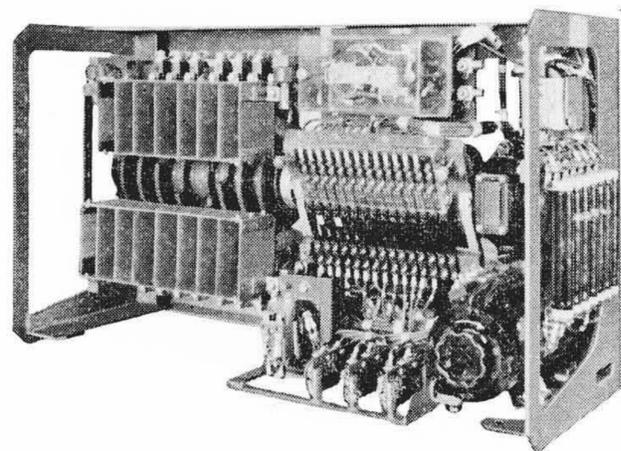
各機器はボディマウント構造として、重量の軽減、構造の簡単化を図り、けたをまたいだ車体形状に適するように外側からの点検が可能な構造としてある。また、主要機器の車体への取り付け取りはずしはフォークリフトを使用して行なえるように取付わくが考慮されており、ぎ装束線との接続本数の多い低圧回路電線は多心接栓(せん)を使用してぎ装束線と接続して取り扱いを便にしている。

(1) 主制御器

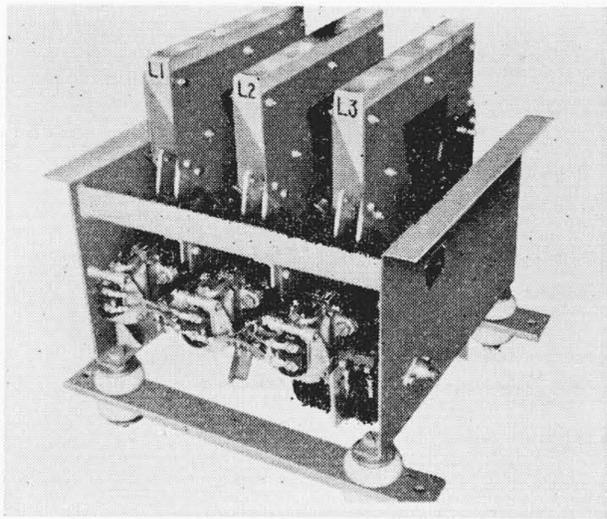
前述の抵抗短絡用15個のカム接触器は、上下2段に配列され、固定接触子は黄銅角棒に固定して、角棒の両端を絶縁継手を介してフレームに取り付けた簡単な構造である。このほか、従来のものに比べ重量が約65%で、リアクタブレーキ法に適するように設計された小形カム電動機、リアクトル、限流継電器、セレン整流器などが一つのわくに取り付けられ、前面点検が可能なように配置されている。第9図に主制御器の外観を示す。

(a) カム接触器

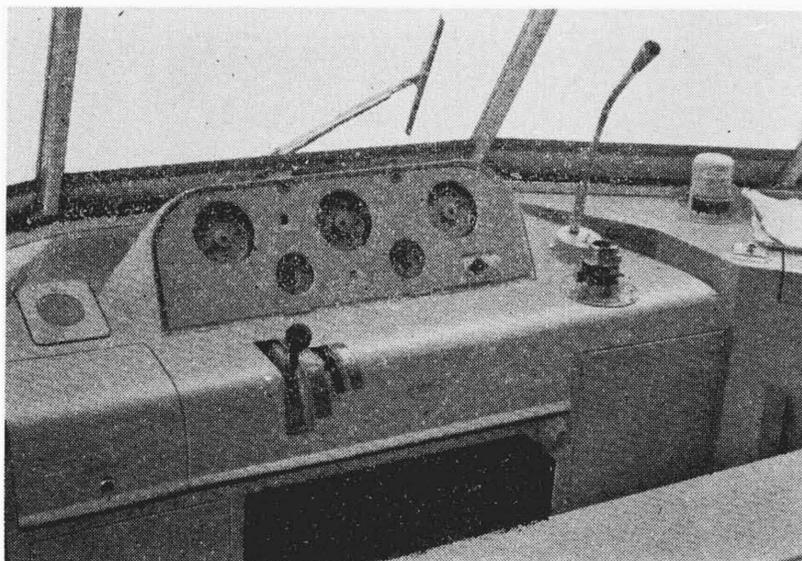
カム接触器は軸受部分に特別な考慮を払い、ローラ直径を小さくして応動角度を小さくし、電流容量を十分とった常時閉路形カム接触器を使用している。これはカムで開き、バネで閉じる方式であるため、動作が確実で溶着の心配がない。また、カムにはフェノール樹脂製のカムを使用しているため、カム接触器の合理的配列と相まって絶縁上も十分安全である。



第9図 MMC HBM-5形主制御器



第10図 UF PHY-253形断流器



第11図 運転室にぎ装した主幹制御器

(b) カム接触器式制御回路補助接点

ローラに外形8mmのシールド付ボールベアリングを使用し、接点は双子形の銀接点とし、全体として従来とかく難点のあったリード線を廃してステンレス板バネを使用した常時閉路形補助接点を使用している。この結果、動作が確実で、接触不良のない信頼度の高い接点をうることができた。なお、接点部分には透明なアクリル樹脂の防じんカバーを設けてある。

(2) 断流器

モノレールカーとして、その保安上および空間的制約から特殊のものが要求される。

本断流器は、遮断時のアークが車外に出ることを避け、保守点検の便を考慮した一方点検の上向き電磁空気式単位スイッチを使用している。

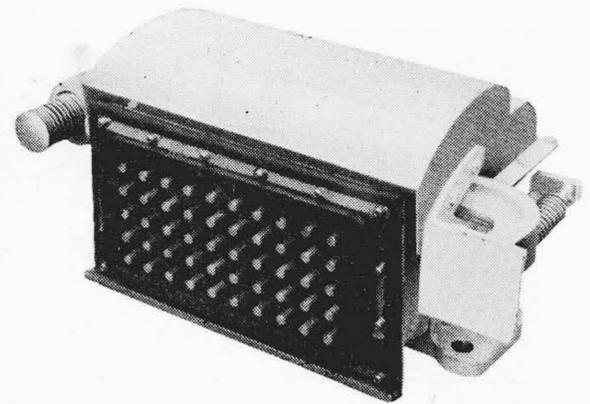
断流器2個、限流器1個を一つのわくにまとめて限流遮断を行っており、十分な遮断容量を有している。補助接触部にはカム式接点を使用し、一体の成形絶縁台に取り付けた構造で、保守点検が容易である。

第10図に本器の外観を示す。

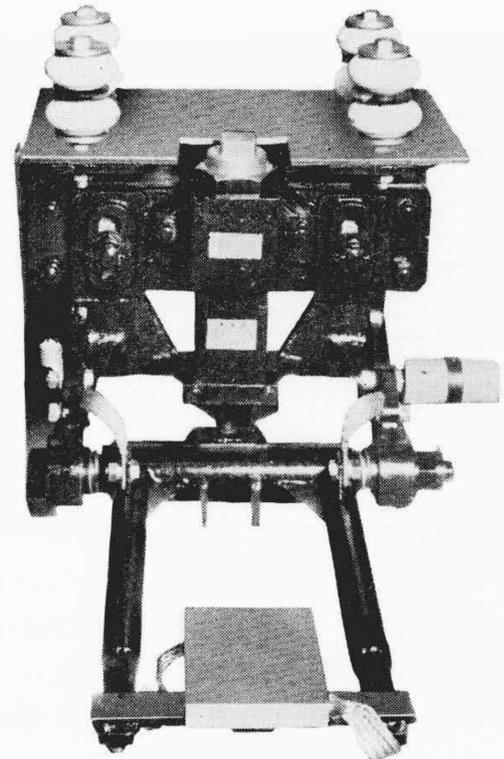
(3) 主抵抗器

主回路用抵抗器で、連続帯状抵抗体を波形のリボン状とした抵抗器を使用して、電動送風機により強制冷却を行ない、重量の軽減を図っている。

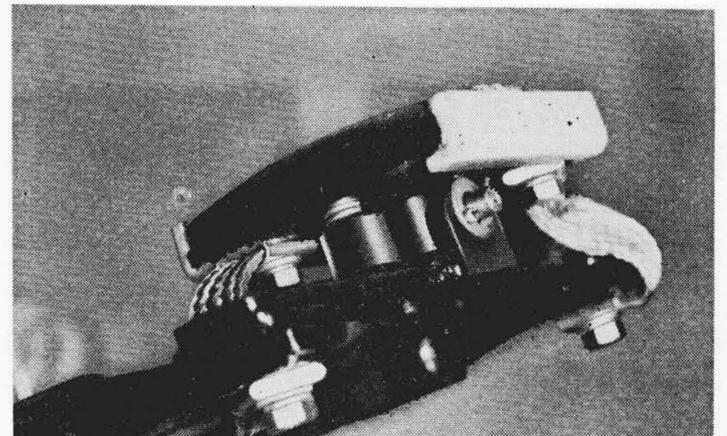
この抵抗器は、その支持方法や部品の構造、材質に種々検討を加えてある。すなわち、マイカを全然使用せず抵抗体と特殊耐熱絶縁がい子、取付スピンドル、取付わくより成り、小形軽量で、部品の種類が少なく、端子を除いた通電部分には機械的接触部分がまったくない。したがって、許容温度上昇を高くとることができ、工作、組み立てが簡単であるとともに保守点検がほとんど不要である。



第12図 電気連結器



第13図 集電装置外観



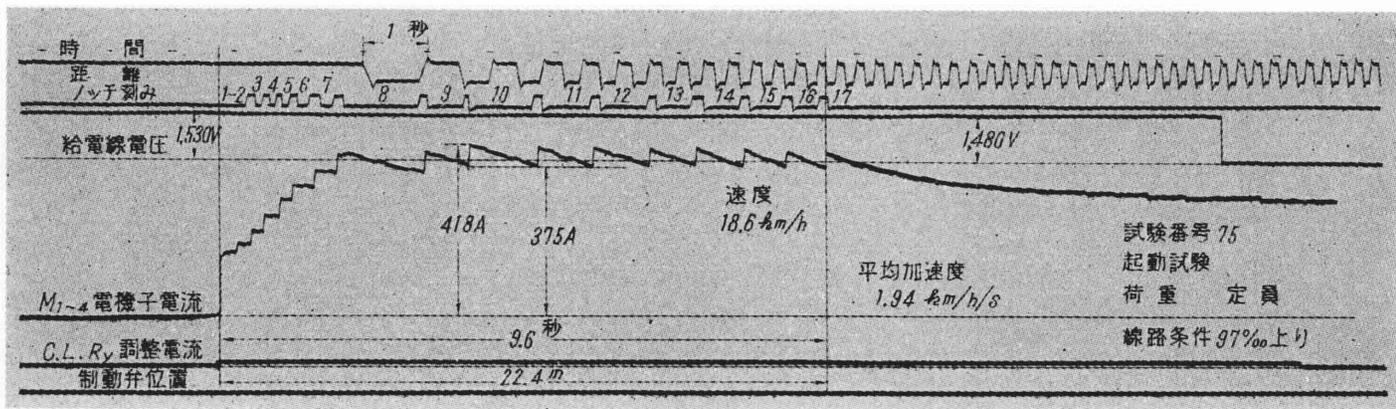
第14図 集電シューなびき装置

第5表 一般仕様

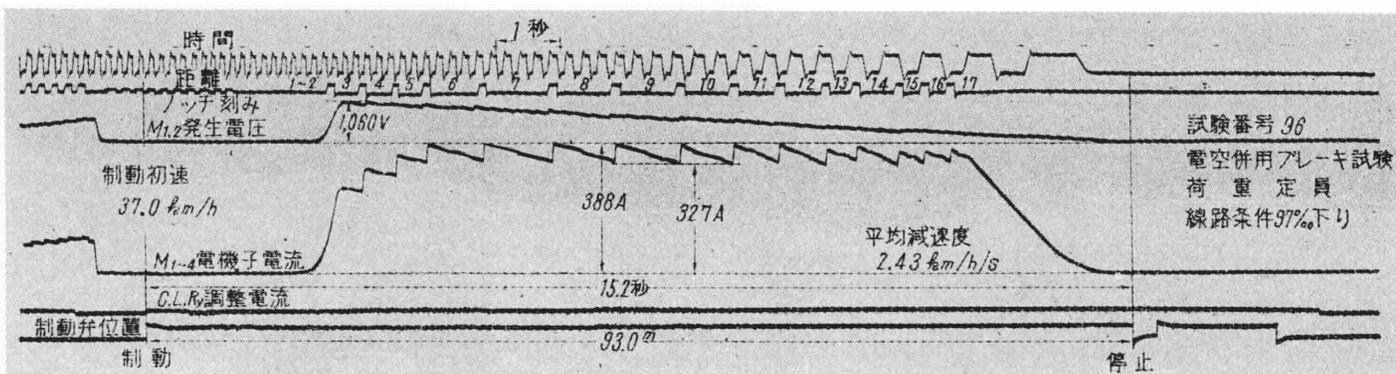
形	式	バネ作用
使	用	直 流
集	電	1,500V
有	効	400A
集	電	水平位置から上 65mm
範	囲	水平位置から下 45mm
標	準	水平位置において 13 kg
接	触	
圧	力	

(4) 主幹制御器

運転室機器配置を検討し、運転手の居住性、操作などを考慮して横形主幹制御器を採用している。また、主幹制御器のカバーは運転室おおいと共用し、美観に留意した。主ハンドルには電動4ノッチ、抑速発電ブレーキ3ノッチの7位置があり、電気式空気式デッドマン装置を備えている。また接点にはすべてブリッジ式カム接触器を採用している。第11図は本器を運転室にぎ装した場合の外観である。



第15図 97%上りこり配線路における起動試験オシログラム



第16図 97%下りこり配線路における電空併用ブレーキ試験オシログラム

(5) 電気連結器

地上数メートルから十数メートルのコンクリートけた上を走行するので、編成間の電気回路、空気回路はともに車内からのみの操作で連結開放が可能であるように考慮されている。

これに使用している電気連結器は電気接点数50点を有し、機械的連結と同時に各電気接点が接触して電気回路が構成される。

各接触子には銀接点を使用しているので、常に良好な接触状態を保つことができる。また連結されない状態にあるときは自動的にカバーで接触面をおおう構造となっている。第12図は本器の外観を示す。

(6) 集電装置

集電装置は、普通使用されている第三軌条用集電装置よりも駆動輪にゴムタイヤを使用しているため、上下動の作用範囲が大きく、この上下動において常に良好な追従特性が得られるよう設計されている。その概略仕様を第5表に、集電装置外観を第13図に示す。

本集電装置は強度、保守および点検容易を根本方針として設計するとともに軽量化にも留意されている。

集電シューには鋳鉄を用い追従特性を良好にするため、表面を球面状とし、また集電シューには、なびき装置が取り付けられており、進行方向の前後に設けた復元バネによって復元動作を行なうようにしてある。これらの取付状態を第14図に示す。接触圧力と前後進行方向の緩衝用として、コイルバネを使用している。

絶縁部分は取付わくと敷金間にコムプライト板を、集電装置と車体取付台との間にはがい子を用いて、二重絶縁としてある。

給電軌条がない場所のために集電装置の側面に、外部電源給電用の接触子を取り付けてある。

4. 現車試験結果

昭和37年3月14日、15日、名古屋鉄道犬山モノレール線犬山遊

園一動物園間で現車により電動および発電ブレーキの性能、自動列車停止装置の性能について試験した。

97%こり配における起動試験および電空連動ブレーキ試験の代表的オシログラムを第15、16図に示す。このオシログラムからもわかるように、ノッチ刻みは確実に、制御は円滑に行なわれている。

MMM 1編成で、97%上りこり配線路における直線加速度は約2.3 km/h/s、97%下りこり配における直線減速度は3.0 km/h/sを記録している。また、自動列車停止装置による端末駅進入試験、中間の過速試験とも所期の性能を十分発揮するものであることが確認された。

5. 結 言

日立-アルウェーグは、従来の鉄道に比べ、粘着係数を飛躍的に増大できるため、犬山ラインパークモノレールにおいては最大97%という急こり配の実現をみた。

主電動機制御装置においては、この粘着係数を十分活用できる大きなけん引力、制御容量を有し、その性能を十分発揮できることが現車試験により確認できた。

また、最近問題となっている都市交通の混雑を打開する一方策としてモノレールカーが注目されており、日立-アルウェーグはその一つの方向を示す新しい交通機関として今後の発展が期待される。

これに使用される電気品には、モノレールカーとしての特殊事情を十分考慮して、その特長を発揮できるものが必要であり、さらにその改善に努めたいと考える。

終わりに、本装置の製作にあたりご指導、ご激励をいただいた名古屋鉄道株式会社関係各位に厚くお礼を申しあげる次第である。

参 考 文 献

- (1) 神谷、山崎、一木：日立評論 別40、93 (昭36-4)