

京王帝都電鉄株式会社納

2010 および 2060 形 電動客車

Types 2010 & 2060 Motor Coaches Supplied to Keio Teito Electric Railway Co.

川野博史* 立川昭三** 今泉藤磨***
 Hiroshi Kawano Shōzō Tatekawa Fujimaro Imaizumi

内 容 梗 概

郊外電車は従来電力消費量の点より各駅停車用と急行用に、おのおの特性の相異した二種類の車両を使用する例が多く、このため使用者側は運用上の不便と車両費の増大に悩まされてきたが、最近における高速主電動機および駆動装置の発達はそのいずれの用途にも適合しうる車両の製作を可能にした。ここに紹介する電動客車は主電動機に補償巻線付の広領域電動機、駆動装置に平行軸歯形継手式カルダン方式の採用などにより急行、各停のいずれの用途にも経済的に使用できるもので、さらに下記の特長を有している。

- (1) 内張にアルミヒッターライトを使用
- (2) 台車は改軌の際にも使用可能
- (3) 電気機器は1,500V, 600V両用
- (4) 1回転カム軸式多段制御装置を採用
- (5) 速度制御方式を採り入れた空気ブレーキ
- (6) 電動空気圧縮機はロータリ形圧縮機を使用

本電動客車は車体、台車、電気品に至るまで一貫して日立製作所で設計製作され、昭和34年12月京王帝都電鉄株式会社に納入され、現在営業運転中である。

第1表 一般仕様

項#	項 目	仕 様	備 考
1	車 種	全金属製2軸ボギー電動客車	
2	編 成	基本 M ₁ TM ₂	
3	形 式	デハ2060形(M ₁)デハ2060形(M ₂)	
4	定 員	100名	M ₁ ,M ₂ 共通
5	自 重	33 t	"
6	軌 間	1,372 mm 将来 1,435 mm	"
7	電 気 方 式	DC 600 V 将来 DC 1,500V	"
8	車 体 長	17,000 mm (妻間)	"
9	車 体 幅	2,600 mm (外板間)	"
10	車 体 高 (レール面上屋根上面)	3,550 mm	"
11	軌 道 最 小 半 径	95 m	"
12	軌 道 最 大 曲 率	33.3 ‰	"
13	最 低 電 車 線 電 圧	DC 350V 以上	"
14	台 車	形式 KH-14 A 軌間 1,372 mm および 1,435 mm 共用式	"
15	駆 動 方 式	平行軸歯形継手式カルダン方式	"
16	固 定 軸 距 離	2,100 mm	"
17	車 輪 径	860 mm (計算 820mm)	"
18	電 車 性 能	(M ₁ M ₂ あたり)	
	1時間定格出力	880 kW	
	1時間定格速度	38.2 km/h	
	1時間定格けん引力	8,240 kg	
	最高運転速度	110 km/h	
19	主 電 動 機	HS-837-Brb 375V, 110 kW × 4台	"
20	電 動 発 電 機	HG-583-Crb AC 200 V 7 kVA 1,500/600V	M ₂ のみ
21	電 動 送 風 機	HB-318-Arb 1,500V/600V 2 kW	M ₁ のみ
22	制 御 装 置	MMC-LHTB 20 電動機操作1回転カム軸式電空併用 ブレーキ式制御器間接制御方式	M ₁ ,M ₂ 共通
23	蓄 電 池	アルカリ蓄電池 20 AH	M ₁ のみ
24	集 電 装 置	パンタグラフ	M ₁ ,M ₂ 共通
25	ブ レ ー キ 装 置	電空併用ブレーキ式(ARSE-D) (MMC-LHTB 20)手ブレーキなし	"
26	電 動 空 気 圧 縮 機	ロータリ形電動空気圧縮機 1,500 V/600 V, 6 kW	M ₂ のみ
27	戸 閉 装 置	自動式(TK-4 D)	M ₁ ,M ₂ 共通
28	連 結 装 置	日鋼式密着連結器およびパー連結器	"
29	緩 衝 装 置	日立ゴムパッド式緩衝器	"
30	暖 房 装 置	電気ヒーター	"
31	換 気 装 置	押込通風機および 40 cm ファン 6/1 輻	"
32	照 明 装 置	ラビットスタート式蛍光照明	"
33	速 度 計 装 置	S R 85形電気式速度計	"
34	放 声 装 置	拡声装置	"
35	誘 導 無 線 装 置	有 り	"

1. 結 言

郊外電車は各駅停車用と急行用にわけて使用される場合が多く、そのために各運転条件に適した特性曲線をもつ二種類の車両を使用するのが電力消費の点で経済的であるとされてきたが、一方運用上は用途が限定される不便があり、また十分の車両数をもつとなると車両費がかさんで不経済であった。

ここに紹介する電動客車はMTM編成で使用することを目標とした車で、補償巻線を設けた広領域電動機および平行軸歯形継手式カルダン駆動方式を採用することによって急行、各停の両用に経済的に使用できるものである。

またこの車は京王帝都電鉄株式会社京王線の将来の昇圧にそなえて電気機器はすべて1,500V, 600V 両用とし、その切替え作業を一夜で簡単に行えるように転路開閉器を設けている。

本電動客車は昭和34年12月に納入、目下好評裡に運転中である。

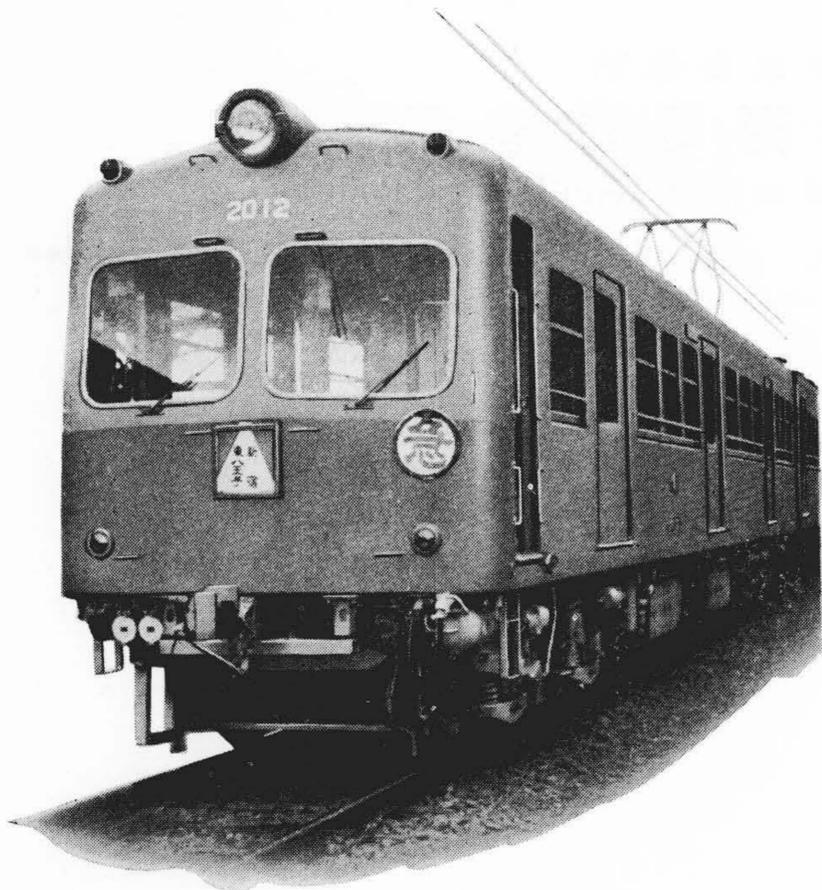
2. 一般仕様および特長

第1表に本電動客車の一般仕様、第1図に完成車の外観写真、第2図に外形図を示す。

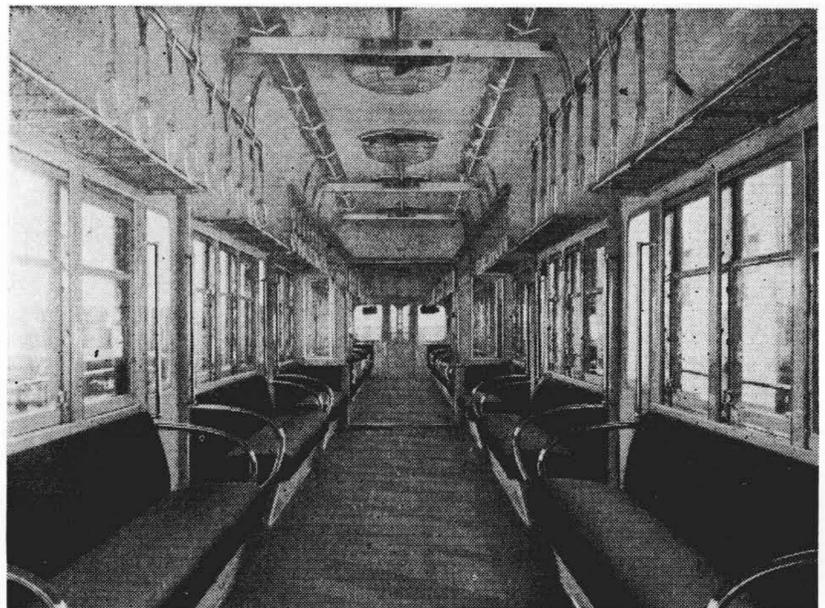
本電動客車は各機器の項に記載のほか次のような大きな特長を有している。

- (1) 車体客室内張りにはアルミヒッターライト化粧板を使用して保守の簡易化を計っている。
- (2) 連結器用緩衝器には日立ゴム緩衝器を採用し従来の緩衝器よりすぐれた緩衝性能をもっている。
- (3) 台車は現在の軌間1,372mmより1,435mmに改軌する場合においても使用できるよう作られている。
- (4) 駆動方式には平行軸歯形継手式カルダン方式を採用しているので主電動機は完全にバネ上装架になっている。
- (5) 電気機器は電車線電圧1,500, 600V 両用としてその切替え

* 日立製作所本社
 ** 日立製作所日立工場
 *** 日立製作所水戸工場

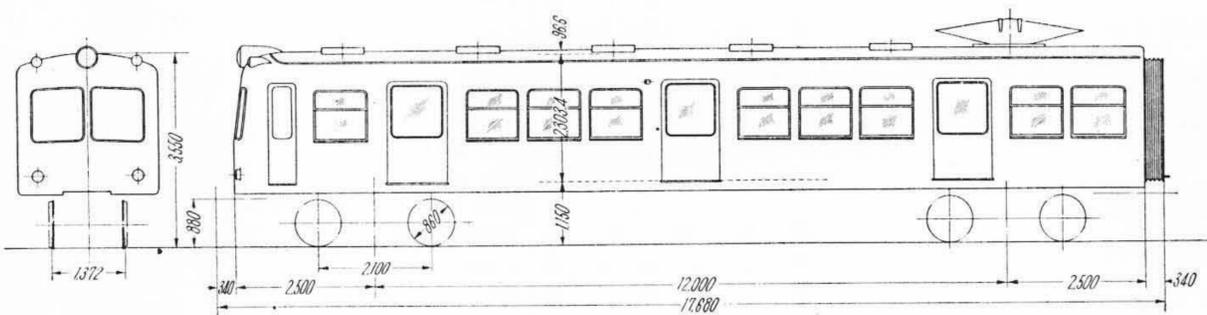
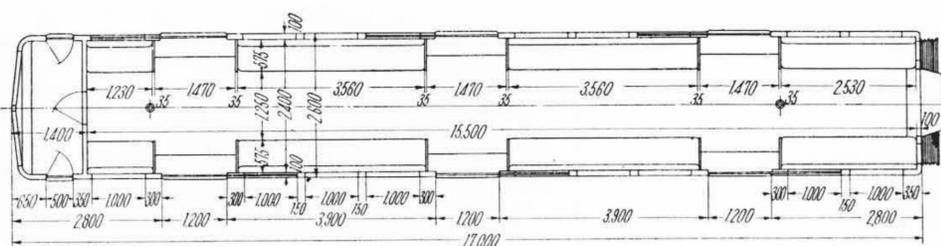


第 1 図 電 動 客 車 外 観



第 3 図 電 動 客 車 室 内

制御となっており、1 個のカム軸に抵抗短絡、直並列切替えおよび弱め界磁用カム接触器のカムを配列しているため連桿歯車やカム軸切替え用フリーホイールなどの機構が不要になり構造が簡単でまたノッチの追従時間も非常に短い。



第 2 図 電 動 客 車 外 形 図

第 2 表 アルミヒッターライト化粧板試験表

項 目	試 験 内 容
表面引かきかたさ	サファイヤ製SP用レコード針によって針圧 75~100g の場合かきあとがつかないこと
耐 光 性	化粧面に欠点がなくかつ色調変化がないこと
耐 熱 水 性	化粧面に欠点を生じないこと
耐 汚 染 性	ボマード油、樟脳油植物油によって変化しないこと

は短時間で行えるよう転路開閉器を設けている。

(6) 主電動機には補償巻線を採用することによって最弱界磁率を18%までとることができるので全界磁の場合の速度を低くとることができ、各駅停車用としても適する特性が得られると同時に高速性能もよいので急行用にも適し経済的である。

(7) 主電動機はH種絶縁を施して小形軽量化を計っている。

(8) 電車線の電圧を 1,500V に昇圧後は 8 個の主電動機を 1 組の制御装置で制御するので重量、床下面積などが小さくてよい。

(9) 主制御器は電動 1 回転カム軸式であるにもかかわらず多段

(10) ブレーキは電空併用方式としブレーキ弁ハンドルによって空気ブレーキを扱うのと同様の容易さで使用できる。

(11) 空気ブレーキは ARSE-D 式電磁速動ブレーキで速度制御装置および可変荷重機構を設けているのでブレーキ弁ハンドルの操作が従来のものに比して容易になっている。

(12) 電動空気圧縮機にはロータリ形圧縮機を使用しているため従来の往復動形のものに比して振動および騒音がきわめて少なくかつ軽量となっている。

3. 車 体 構 造

3.1 台枠および鋼体

車両の全荷重を負担する台枠、鋼体は特に強度的に検討し、各部材を有効に利用して剛性を高めた構造となっている。しかしながら単に強くするのみにとどまらず、部材の有効配置は軽量化についても細心の注意を払って行っている。

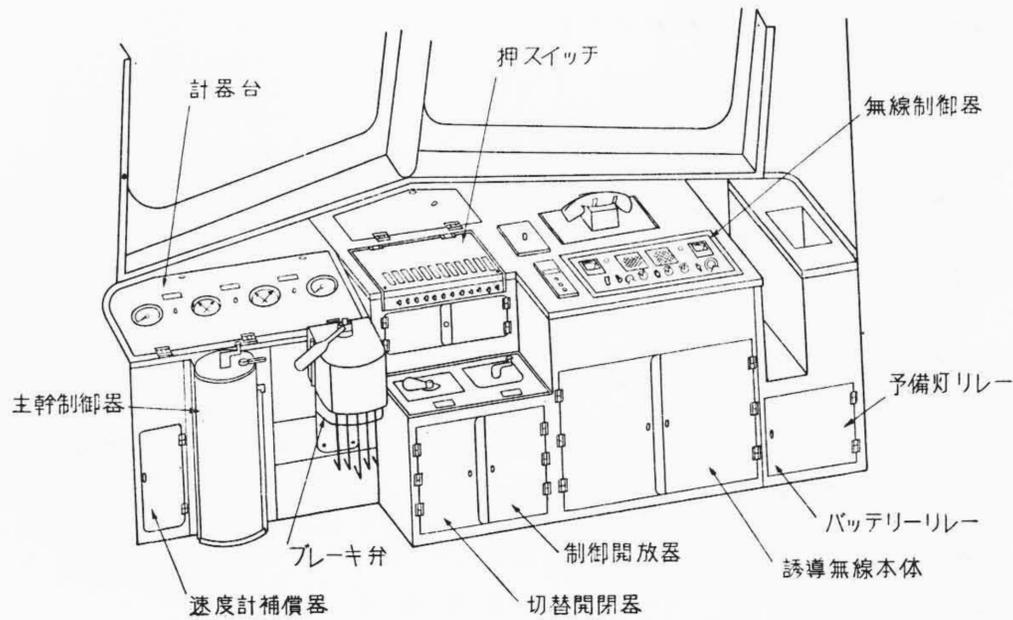
3.2 内張化粧

第 3 図は室内の全景を示している。天井、柱被、腰羽目には金属の塗装板より表面硬度が高く、しかも軽量な材料として日立製作所独特のアルミヒッターライト（アルミ板の上にメラミン、フェノール積層化粧板をはりつけたもの）を使用している。

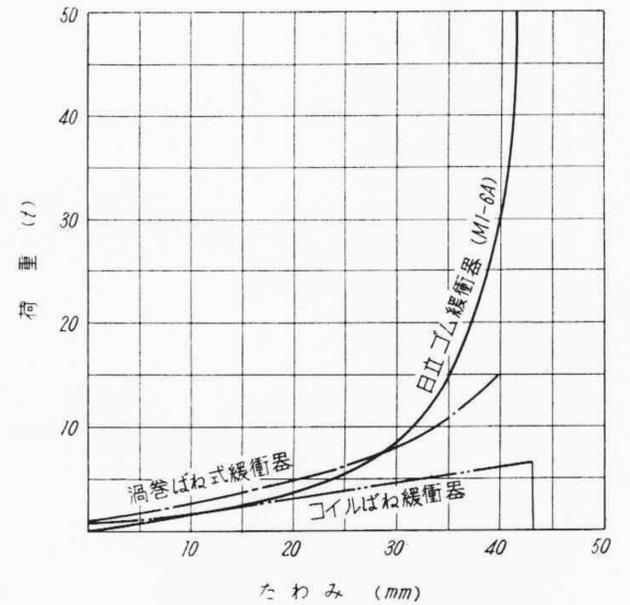
内幕板は天井と一体としてアルミヒッターライト化粧板を張り下げ、天井および内幕板の白色とそのほかの内張りのオレンジ色とが室内を明るく調和させている。第 2 表はアルミヒッターライト化粧板に適用する試験内容を示す。

3.3 窓および戸

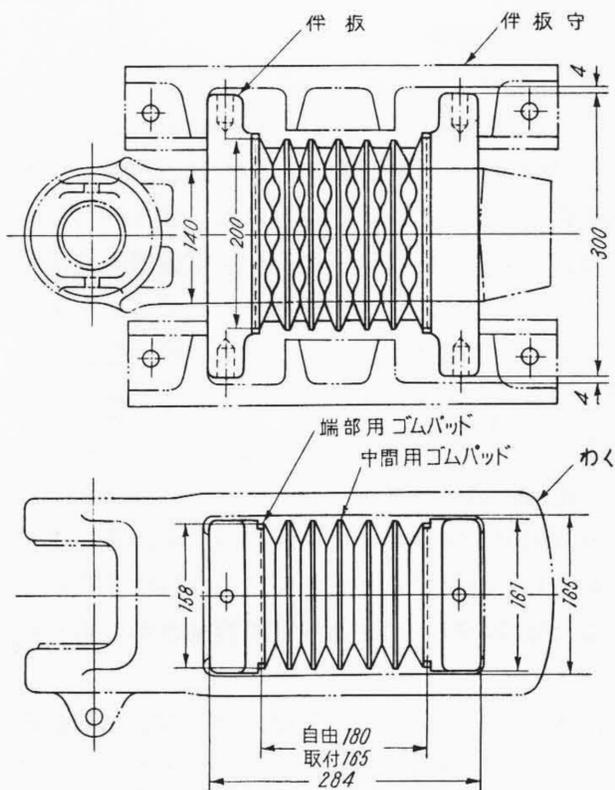
窓は軽合金サッシュを使用し、上半および下半分ともに上昇式とし全部上昇すれば窓全面が開放される構造になっている。入口は片側 3 箇所とし、鋼板プレス引戸を設け、TK-4D 形戸閉機によって開閉できるようになっている。



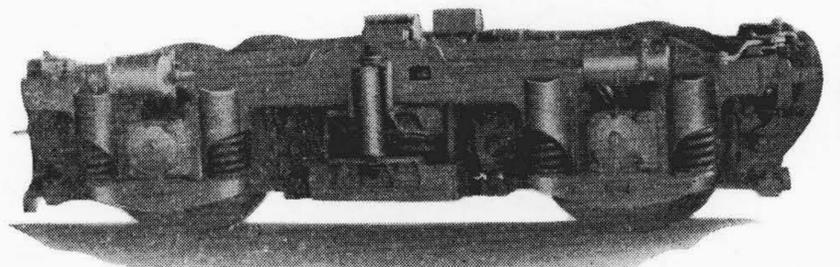
第4図 運転室構造



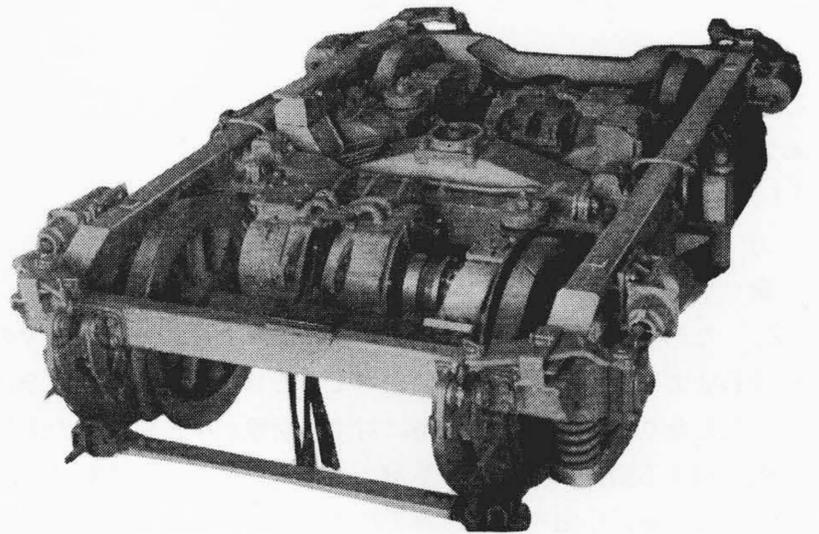
第6図 各種緩衝器の性能



第5図 M1-A6形日立ゴム緩衝器曲線



第7図 KH-14A形電動台車



第8図 KH-14A形電動台車

3.4 腰 掛

すべて縦形とし掛心地のよいクッション構造とし、表張りのエンジ色は室内の色とよく調和している。

3.5 床

キーストン構造とし、台枠に熔接されて車体の強度部材としても有効に働くように設計し、ロンリュームの上張りにより仕上げられている。

特に出入口部には厚手のビニール製くつずりを使用し、軽量で強じんな設備とした。

3.6 運転室

第4図に運転室の構造を示す。前面の機器被を主体として主幹制御器、ブレーキ弁を始め運転操作に必要な各機器が運転室を中心に便利に配置されている。特に車内放送装置による乗客へのサービス、誘導無線装置による連絡は、機敏な電動車運転に最も有効に使用されるように設備されている。

3.7 連結部

連結部は広幅の開放式貫通路とし、これにアミラン織布にビニール引の強じんなホロが設けてあり、車内において3両連結の車を編成端部よりながめた場合あたかも51mの長大な一両の車のごとき観を呈すように設計されている。

また連結器の緩衝装置には日立 M1-6A 形ゴムパッド緩衝器が用いられ、従来のバネ式緩衝器に比しやわらかくてしかも容量の大きなものになっている。第5図はこの緩衝器の構造を、第6図はその特性を示す。

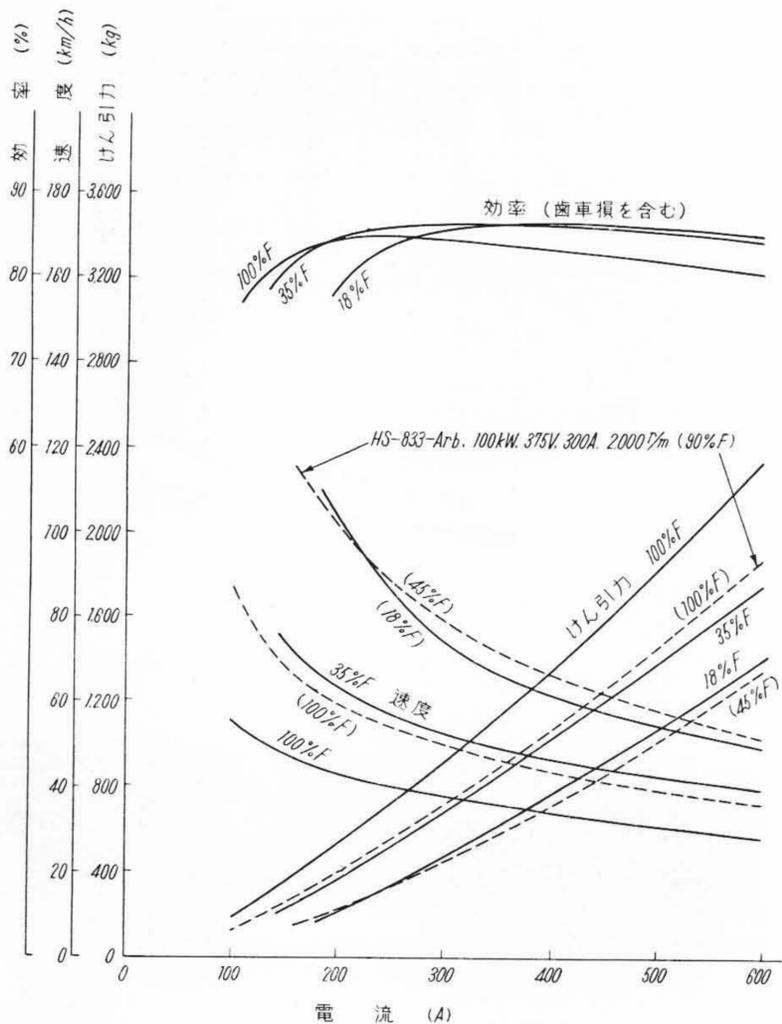
4. 台車および駆動装置

4.1 台 車

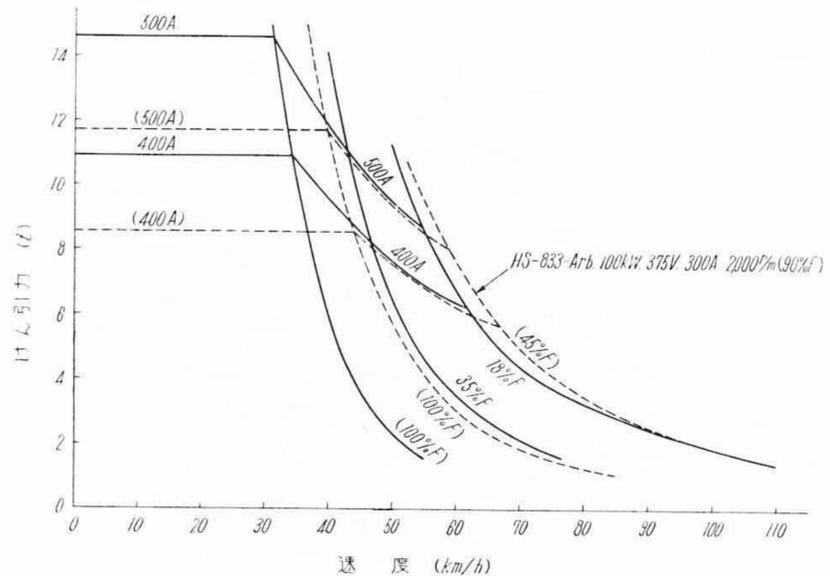
(1) 主要項目

形 式	KH-14A
軌 間	1,372 mm (将来は 1,435 mm に改軌可能)
固定軸距離	2,100 mm
車 輪 径	860 mm
電 動 機	110 kW × 2/1台車
駆 動 方 式	平行軸歯形継手式カルダン方式
制 動 方 式	制動筒 4 個 / 1台車

(2) 台車は鋼板プレス全熔接構造で軸バネはウィング式で軸バネ、枕バネともにコイルバネを使用し、枕バネにはオイルダンパを併用して乗心地の良いものとなっている。第7図および第8図



電圧 375V 車輪径 820 歯車比 82/14
第 9 図 主電動機特性曲線



8 電動機
第 10 図 速度—けん引力特性曲線

連続定格 100 kW, 375 V, 300 A, 1,500 rpm (80% F)
最高回転数 4,500 rpm
最弱界磁 18% F

すでに述べたとおり本電動客車は運転の経済性と車両の運用の合理化のために、基本編成はMTMとし、かつ急行用にも各停用にも高度の運転性能を発揮するように計画された。すなわち従来の電動客車においては急行用には定格速度の高い主電動機を使用することにより、高速時に所要のけん引力を発揮せしめて高い平衡速度が得られるように、また各停用には急行用よりも定格回転数の低い主電動機を採用するか、あるいは歯車比を大きくして定格速度を低く選定することにより起動加速度、制動減速度を高めることによって表定速度の向上と電力消費の低減をはかってきた。もし同一の主電動機および同一の減速歯車を使用して上記の急行用、各停用の相反するけん引特性をあわせ満足することができるならば車両の運用効率の面からも、また機種統一による保守の容易さからもその利益はきわめて大きい。

このために本電動客車用の主電動機には固定子に補償巻線を設けることにより最弱界磁18%Fというきわめて大幅な界磁制御が可能ないわゆる広領域主電動機を使用し、一方主電動機の定格トルクも従来の高速電動機の約 1.5 倍に高めることによってMTM編成にもかかわらず全電動車編成に匹敵する走行性能を確保している。

最近の電車用主電動機は分離駆動方式の採用によって軌条よりの衝撃が著しく緩和されてせん絡の危険性が低減されたこと、電気的設計技術の進歩、工作技術の向上、およびすぐれた分割ブラシの採用などによって整流の安定度が著しく向上した結果、最弱界磁40%F程度までの界磁制御が現用されているが、本機においてはさらに補償巻線を設けることによって電機子反作用に基づく磁束分布のひずみを抑制し、整流の安定度を格段と向上せしめることによって最弱界磁18%Fというきわめて大幅な界磁制御を可能ならしめた。

このような広領域電動機を採用すれば全界磁における定格速度を従来の各停用なみに選定しておき、各停用には中間の弱界磁、本機では35%Fまでを使用し、一方急行用として高速性能を要求する場合は最弱界磁18%Fまで使用することによっていずれの用途にも適した高性能を発揮することができ、車両の運用効率を著しく高めうるわけである。第9図に本機の特性曲線を、第10図に速度—けん引力特性曲線を示したが比較のため従来の全電動客車用の 100 kW 2,000 rpm の主電動機の場合を点線で示してある。両者を比較すればすでに述べた広領域電動機としての本機の特長を容易に理解できると思う。

また特性曲線よりわかるように、一般に広領域電動機においては

は本台車の写真である。

4.2 駆動装置

(1) 主要項目

方式 平行軸歯形継手式カルダン方式
歯車比 82/14=5.86

- (2) たわみ継手にはインターナルおよびエキスターナルギヤの組み合わせよりなる歯形継手を使用しているので主電動機は完全にバネ上となり、したがって軌条に対する衝撃が少ない。また主電動機に対する振動が緩和され整流にも良い影響を与えている。
- (3) 大歯車、小歯車、歯形継手にはおのおの最適材料を特殊処理して使用したので、きわめて信頼度が高いものとなっている。

5. ブレーキ装置

- (1) ブレーキは後述の電気ブレーキのほかに電磁速動ブレーキおよび自動空気ブレーキよりなり、前二者は自動的に切替作用を行ういわゆる電空併用ブレーキ方式を形成しておりいずれもブレーキ弁ハンドルによって容易に適用できる。
- (2) ブレーキシューとタイヤの間の摩擦係数が速度によって変化するために従来の方式では停車するまでに階段ゆるめを何回も行わなければならないが、この車両は速度制御装置を設けているのでこの操作が非常に楽になっている。
- (3) 電動空気圧縮機には車両用としてはわが国最初のロータリ形圧縮機を採用したので振動、騒音ともに少なくなっている。

6. 主電動機

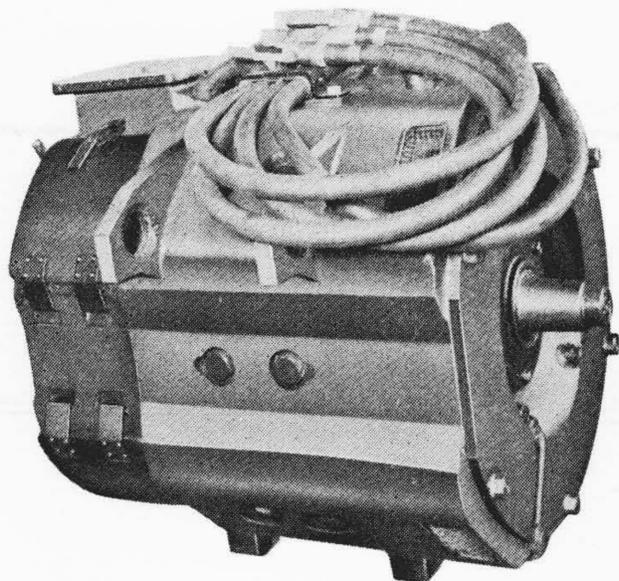
6.1 広領域主電動機

主電動機仕様

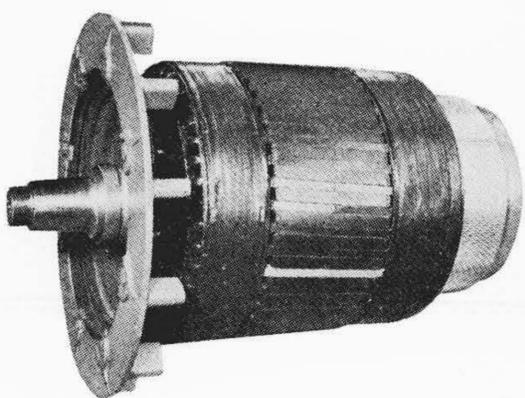
形番号: HS-837-Brb

形式: 閉鎖自己通風形, 直巻界磁, 補極, 補償巻線付

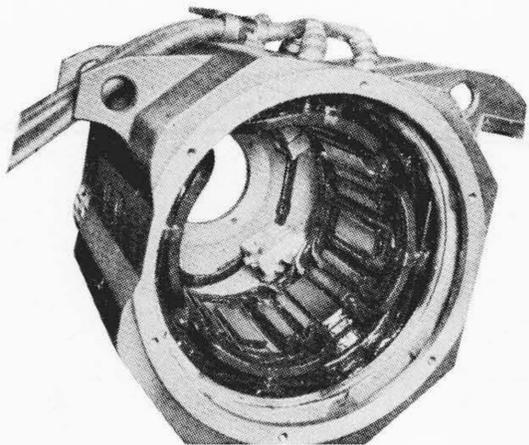
1時間定格 110 kW, 375 V, 330 A, 1,450 rpm (80% F)



第 11 図 110 kW 主 電 動 機



(a) 電 機 子



(b) 固 定 子

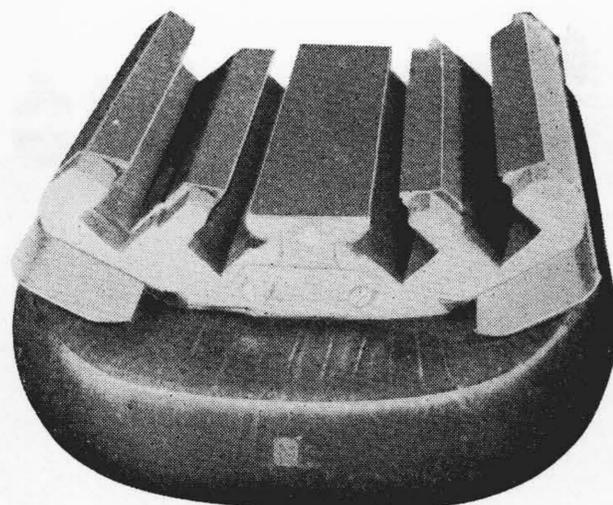
第 12 図 主電動機の電機子および固定子

定格速度を従来よりも低く選定することができるから同一の起動電流によって格段と起動けん引力を増加せしめることができる。このことは同一のけん引条件では変電所の過負荷容量を軽減できることを意味し、また今回の計画のように走行性能を従来の全電動車とほぼ同等に保ちながら付随車を追加しようという特長を発揮することもできる。

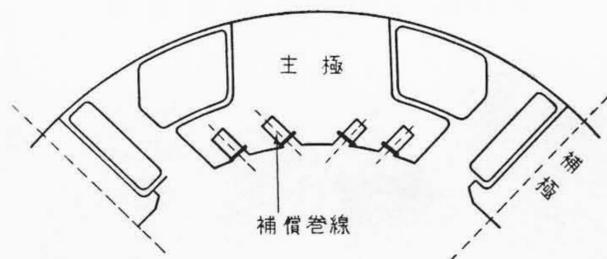
以上電動時における広領域電動機の利点について述べたが、発電制動時においても補償巻線の採用により著しく整流の安定度を向上させることができる。すなわち最近の高速度電動機においては電動機端子電圧を 375 V、または 300 V とし、電機子巻線を重ね巻にして整流子片間電圧を低く設計し、高速時からの発電制動に際しては 200~250% の過電圧を許容していることは周知のとおりであるが、本機においては補償巻線によって磁束分布のひずみを抑制しているから 300% 以上の過電圧においても支障なく発電制動をかけることが確認された。

6.2 構 造

第 11 図に本機の外観を、第 12 図に本機の電機子および固定子を示す。電機子および界磁巻線はともに H 種絶縁とし、温度上昇限度



(a) 主 極



(b) 主極構造
第 13 図 110 kW 主電動機の主極

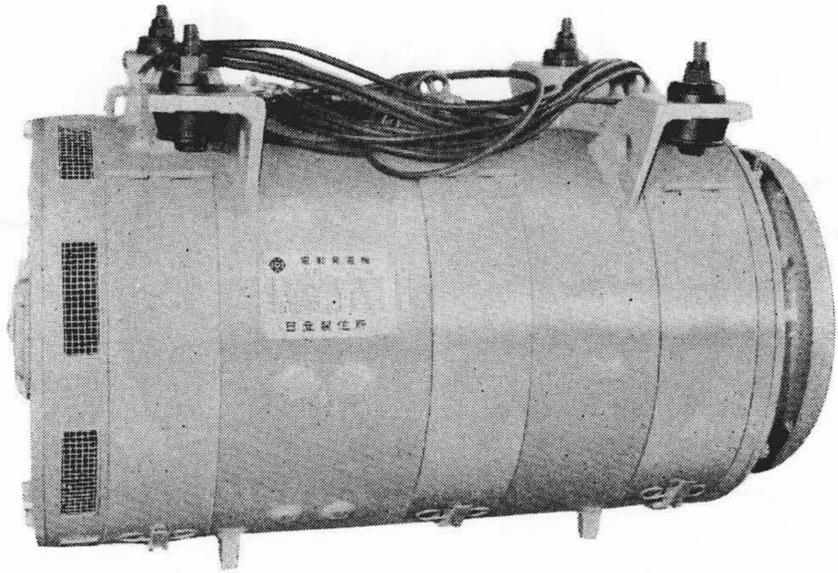
は電機子巻線では 145°C、界磁巻線では 180°C として小形軽量化をはかっているが、特に補償巻線の構造については独特の方式を採用している。すなわち第 12 図 固定子および第 13 図 主極にみられるように主極表面に設ける補償巻線用のスロットの中心線は主極の両側の補極の中心線にそれぞれ平行になるように設けてある（実用新案 No. 479866）。このようにしておくことあらかじめ成形、絶縁された補償巻線を、主極あるいは補極コイルを固定子に取り付けるのとまったく同じ要領で、きわめて容易にスロットにそう入することができ分解、組立てが非常に簡単である。また補償巻線には極間の接続部以外の接続箇所が不要なことも主極、補極コイルと同様で、耐熱性のすぐれた H 種絶縁を施したこととあいまって、従来補償巻線が構造上の複雑さと信頼性とをばしいたために車輦用主電動機には不向きであるといわれてきた欠点を完全に除去することができた。

本機の通風は通風ダクトによって車内の空気を整流子側に導き、界磁巻線間の空間、電機子表面および電機子鉄心に設けた通風孔を通して、磁気枠外周に排出される。反整流子側には軽合金製で特に通風効果が大きく、騒音の少ない冷却扇を設けている。磁気枠は整流子側鏡ぶたと一体の鋳鋼製としたので各部件の取付けは正確に保たれ、また整流子側の軸受をカートリッジ構造とし、軸受を分解することなく電機子を取りはずすことができるものとした。整流子には銀入り銅を使用し、その締付け構造はアーチバウンド方式とし高温時の機械的強度を高めた。またブラシは頭部を丸形構造としてブラシの摩耗にかかわらず常に良好な加圧状態が保たれるようにしてあり、さらに三分割ブラシを使用して整流特性の向上を期している。また電機子鉄心は第 12 図電機子にみられるように 1/2 スロット間隔だけ斜みぞにして磁気音の低減をはかるなど各部の構造には最新の技術を取り入れた設計がなされている。

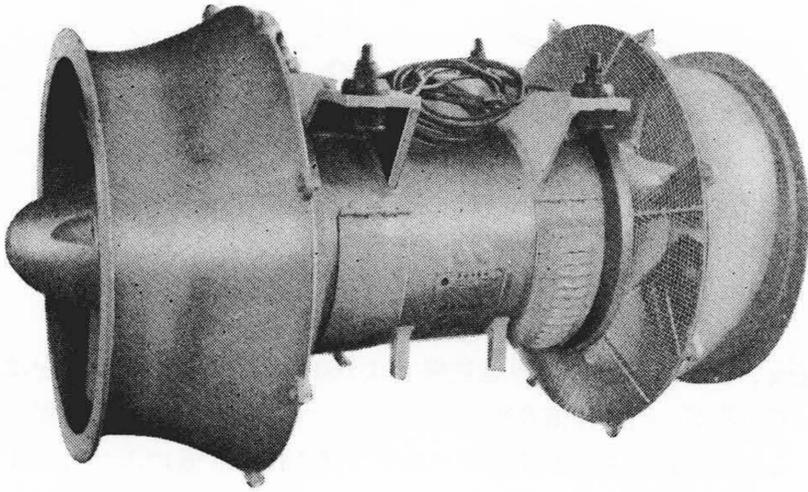
7. 補 助 回 転 機

7.1 電 動 発 電 機

形 番 号 HG-583-Crb, 形式 閉鎖自己通風形
 直流電動機 入力 10 kW, 1,500/600 V, 6.7/16.7 A, 2,400 rpm
 交流発電機 出力 7 kVA, 200 V, 120~, 2φ, p. f. 0.9
 電車線電圧が 1,500 V および 600 V のいずれにも使用できるよう



第 14 図 7kVA 電動発電機



第 16 図 電動送風機

に本機の電動機は複整流子形である。すなわち電機子巻線および整流子はおのおの 2 個ずつあり、2 個の電機子回路は電車線電圧が 1,500V のときは直列に、600V のときは並列に接続される。電動機と発電機は共通枠内に組立てられ、各電機子は共通軸上に取り付けられている。また電機子巻線は電動機、発電機ともに B 種絶縁として耐熱性を強化してある。

本機の外観を第 14 図に、特性曲線を第 15 図に示す。磁気増幅器プッシュプル方式の自動周波数調整および自動電圧調整を行い、電車線電圧 1,500V の場合には 900~1,650V、600V の場合には 400~700V の電圧変動に対して、無負荷から全負荷にわたって、発電機の周波数は 116~123~、発電機の電圧は 192~206V の範囲におさまるすぐれた性能を確保している。

7.2 電動送風機

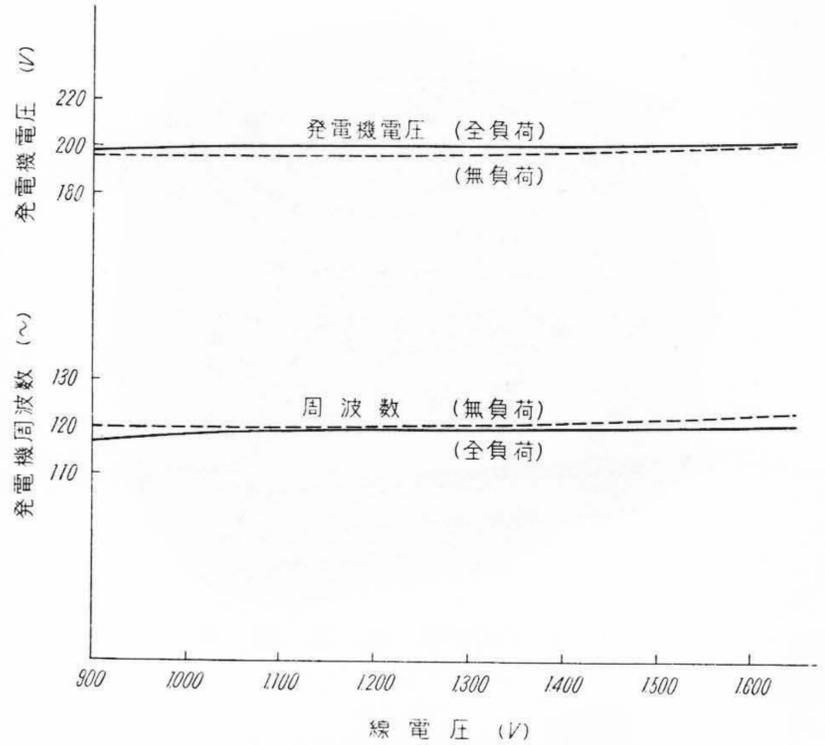
電動機形番号 HB-318-Arb, 形式 閉鎖自己通風形
仕様 2kW, 1,500/600V, 2.0/5.2A, 1,800rpm
送風機 風量 135m³/min×2 静風圧 15mmAq

本機は主抵抗器の冷却に用いる電動送風機で、電動機は電動発電機の電動機と同様複整流子形であって、1,500V と 600V のいずれにも簡単に接続を切替えられる構造となっている。電動機の両端には軸端を出して、それぞれプロペラファンをオーバーハングする構造である。第 16 図に本機の外観を示す。

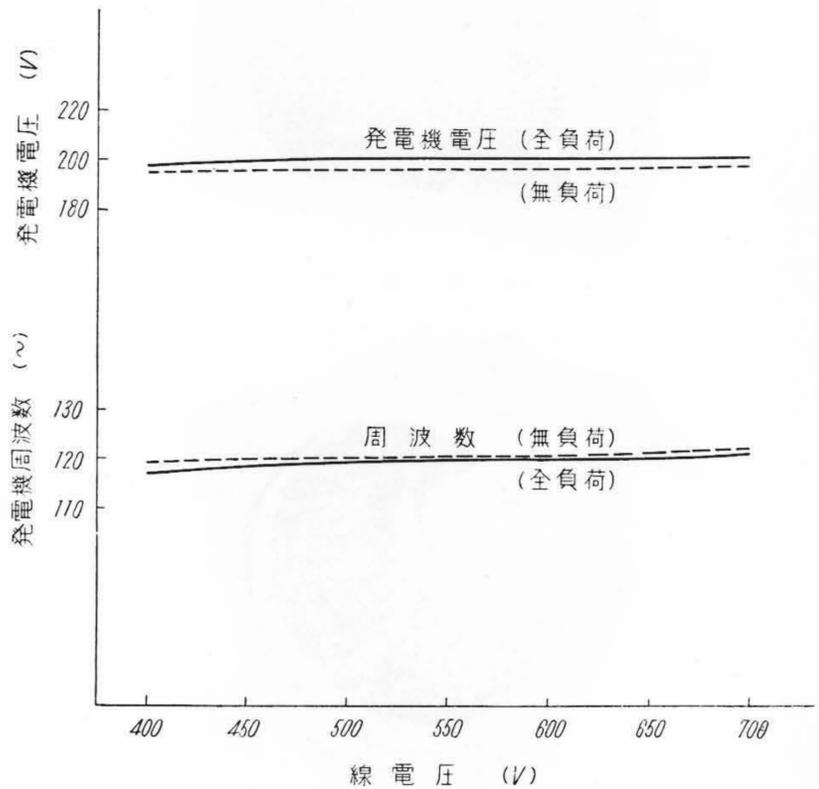
8. 制御装置

8.1 仕様

- (1) 形式...MMC LHTB 20
- (2) 電車線電圧...DC 600V/1,500V 複電圧用
- (3) 制御容量...主電動機 110kW×8台
(電車線電圧 DC 1,500V の時)



(a) 電車線電圧 1,500V の場合



(b) 電車線電圧 600V の場合

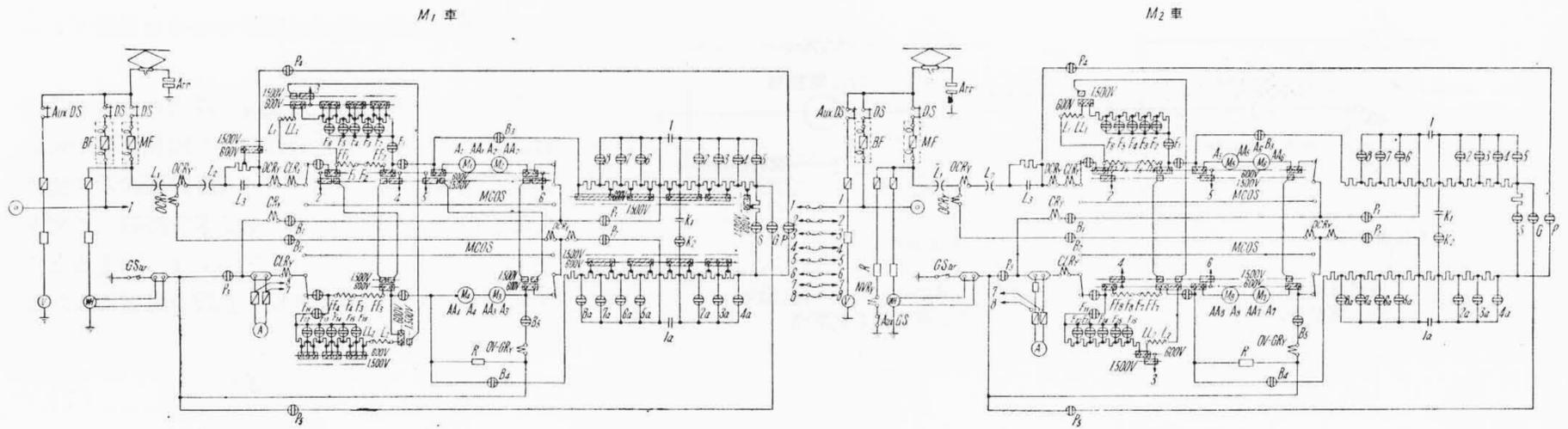
第 15 図 電動発電機特性曲線

- (4) 制御方式...総括制御自動加減速多段式、電動機操作カム軸式
- (5) ブレーキ方式...電空併用ブレーキ
(空気ブレーキ...ARSE-D. 速度制御装置付)
- (6) 制御段数...電動24段(直列10段, 並列 8 段, 弱界磁 6 段)
...電気ブレーキ17段(全界磁)
- (7) 主回路遮断方式...常時 限時限流遮断 3 段
非常 瞬時限流遮断 1 段
- (8) 制御電圧...DC 100V (20 AH アルカリ蓄電池 70 セル浮動充電)
- (9) 制御空気圧...5 kg/cm²

8.2 MMC LHTB 20 制御装置の特長

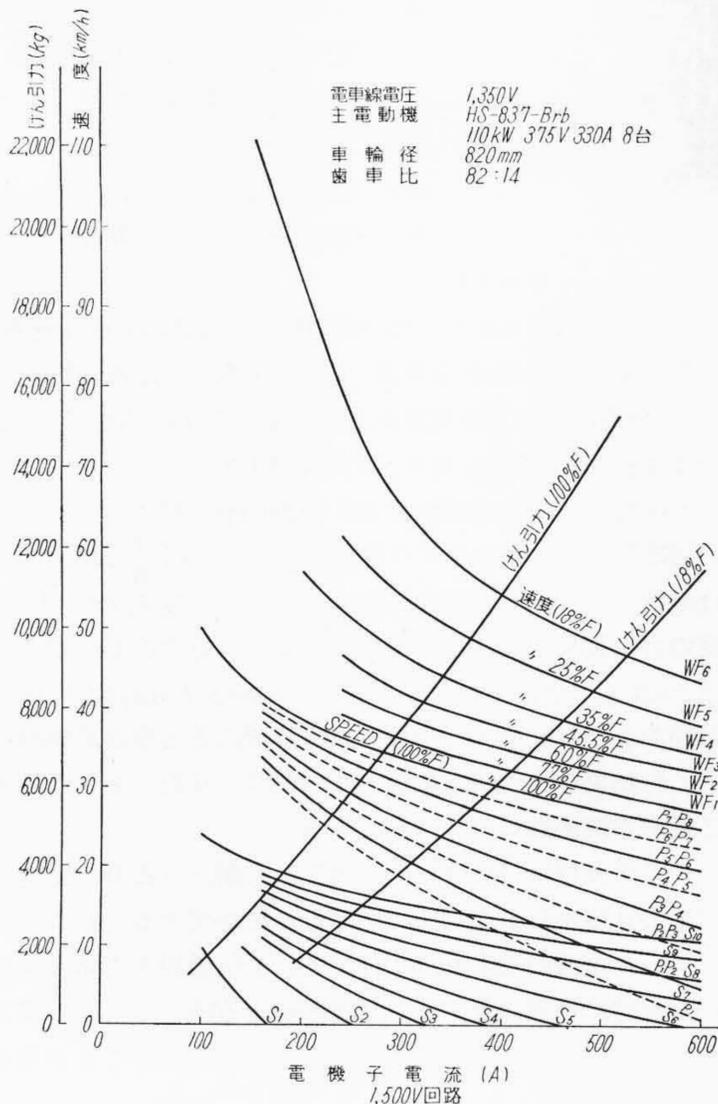
MMC LHTB 20 制御装置の主回路つなぎを第 17 図に電動および発電ブレーキノッチ曲線を第 18, 19 図に示す。そのおもな特長は次のとおりである。

- (1) 付随車を含んだ高性能経済車用制御装置
付随車を含み経済的な車両の運用を行う目的に沿って、電力消



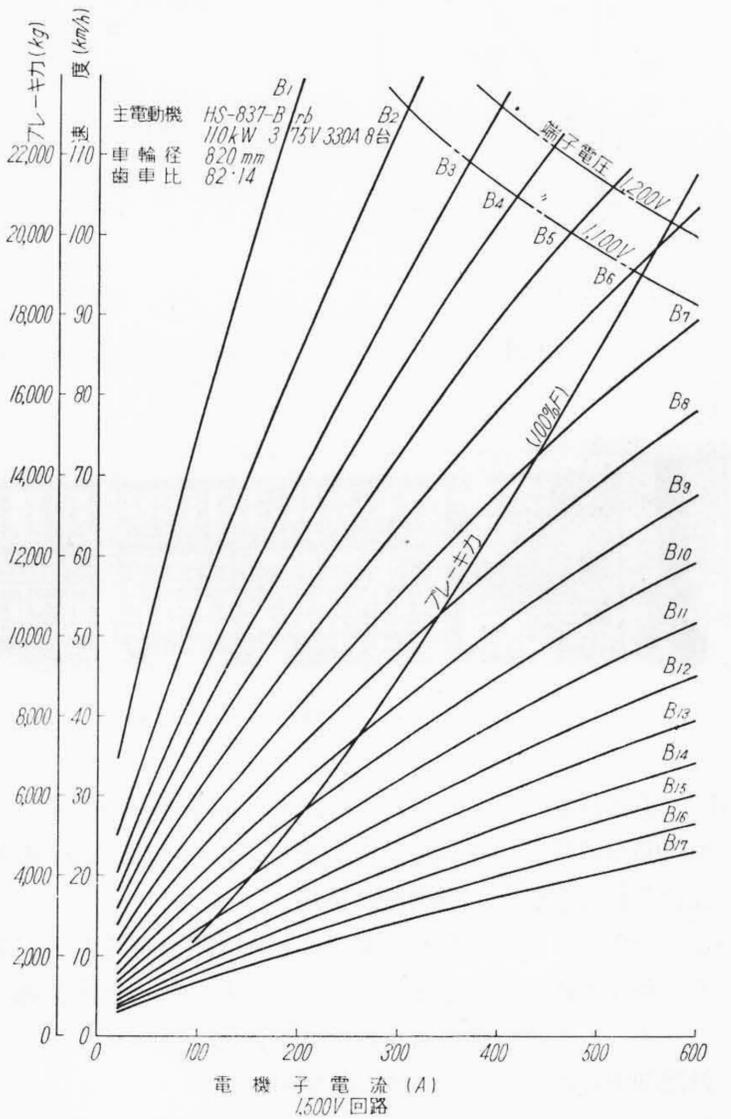
転路開閉器接指			
	800V用転路開閉器接指	B.F	母線可熔器
	1500V用転路開閉器接指	R	抵抗器
	断路器	Arr	避雷器
	主可熔器	MCOS	電動機開放器
	過電流継電器	G.Sw	接地開閉器
	差電流継電器	Aux.G.S	補助接地開閉器
	限流継電器	Aux.DS	補助断路器
	電流継電器		
	過電圧、接地継電器		
	無電圧継電器		

第17図 主回路つなぎ



第18図 電動ノッチ曲線

費量の面より電動は主電動機の直並列切替え方式を採用した。なお粘着限界一杯のけん引力およびブレーキ力を利用して高加速、高減速運転を行わせる目的から可変荷重機構を使用した。制御装置は主電動機 110 kW × 8 台の制御容量をもつので、電車線電圧を 1,500 V に昇圧したあとは MTM 編成に対して制御装置が 1 式ですむようになる。



第19図 発電ブレーキノッチ曲線

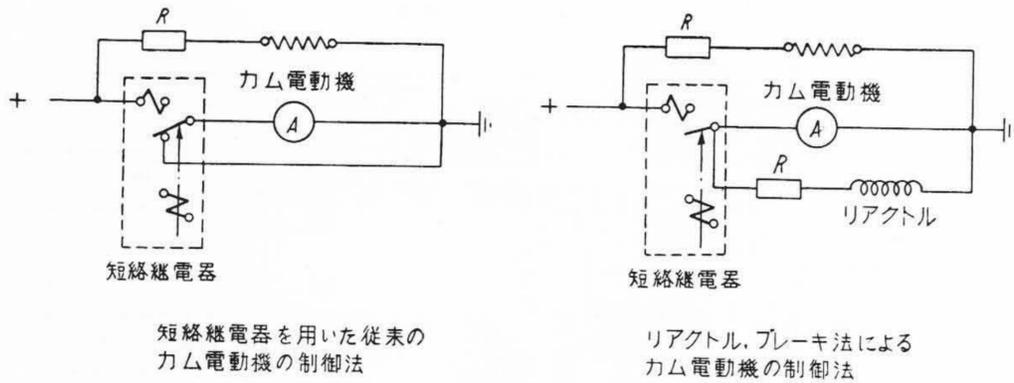
(2) 1回転カム軸式制御方式の採用

従来カム軸2回転式カム接触器と空気式作動装置付界磁弱め接触器で行っていた主電動機の直並列制御と界磁制御を、本制御装置においてはカム軸1回転で行い構造の単純化を計った。この1回転カム軸式制御器は

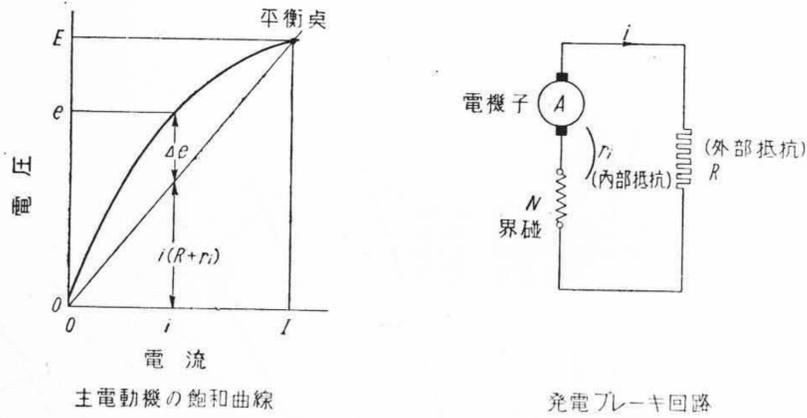
(a) 背を小さくし、軸受部分に特別の考慮を払いローラの直径を格段に縮小して応動角度を非常に小さくし、さらに電流容量を増した新形カム接触器の開発

(b) 中空軸として十分な剛性と正確な角度を出しながらも重量を増さずフェノール樹脂成形のカム板を取り付けたカム軸の採用

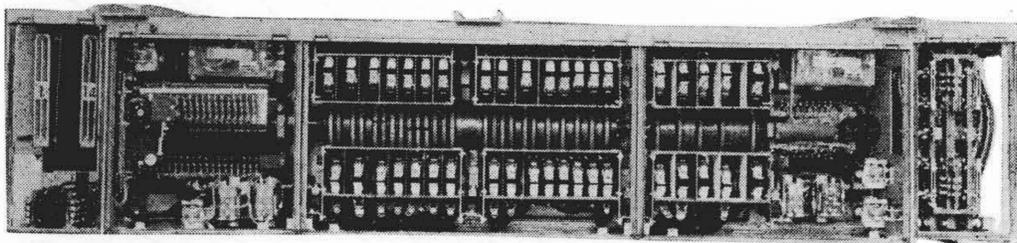
(c) 第20図に示すようにカム電動機電機子に並列にリアクトルをそう入し、このリアクトルに蓄えられた電磁エネルギーを利用してカム電動機を停止させ、従来保守上の問題点であった短絡継電器の短絡側接点を省略できたリアクトルブレーキ法の開発 (特許申請中)



第 20 図 リアクトルブレーキ法の説明図



第 21 図 主電動機の飽和曲線と発電ブレーキ回路



第 22 図 MMC LHTB 20 形主制御器

(d) 小形高速で十分なトルクを持ち、従来のものに比べて重量を約65%に減じ、さらにリアクトルブレーキ法に適するように設計された小形カム電動機の使用

(e) せまいノッチ間角度にもかかわらず限流継電器の引上げコイルをカム電動機の電機子と並列に入れ、弱め界磁制御では各ノッチごとに限時継電器を動作させ確実なノッチきざみを行う新制御方式の開発(実用新案申請中)

などによって始めて完成したものである。従来の制御装置に比して2倍以上の応動速度をもつ1回転カム軸式制御装置によってノッチ追従時間は段格につきスポンティングはまったく不要になって、回路、構造が非常に簡単になった。

(3) ショックの無い回路遮断

ノッチ・オフによる電動および発電ブレーキ回路の遮断には特殊な空気式限時装置と単位接触器 1, 1a, 限流器 L₃, 断流器 L₁L₂ によって限時限流遮断を行い、3 km/h/s あるいは 4 km/h/s を越そう直線加速度、直線減速度にもかかわらず乗客にはショックを与えずまた回路遮断時のサージ電圧の低下を計ってある。

(4) 完全な保護装置

本制御装置は保護継電器として過電流継電器、差電流継電器、過電圧接地継電器、低電圧継電器を設けている。第 11 図の主回路つなぎに示したとおり差電流継電器は差動に巻いた二つのコイルを各主電動機回路に持ち、一つの回路の電流がほかの回路電流に比して非常に大きくなったことを検出して回路を遮断する(実用新案申請中)。過電圧接地継電器は一つのコイルで発電ブレーキ時の主電動機の過電圧と回路接地を保護する。事故時には限流器 L₃ と断流器 L₁・L₂ により回路を瞬時に遮断する。

(5) 予備励磁の省略と簡単で安全な発電ブレーキ回路

発電ブレーキ回路を形成後の電流の立ち上がり時間はほとんど主電動機的设计定数と飽和曲線の形および回転数によってきまる。第 21 図に示す飽和曲線を持つ主電動機に外部抵抗 R を接続して発電ブレーキをかける場合、電圧が e まで立上るまでの時間 t は、鉄心内の渦流の影響を考慮に入れないと、

$$t = k \cdot \frac{a}{p} \cdot \frac{60}{n} \cdot \frac{N}{Z} \int_0^e \frac{de}{\Delta e} \dots\dots\dots (1)$$

鉄心内の渦流の影響を考慮すれば、

$$t = C \cdot k \cdot \frac{a}{p} \cdot \frac{60}{n} \cdot \frac{N}{Z} \int_0^e \frac{de}{\Delta e} \dots\dots\dots (2)$$

ただし

$$C = \left(1 + \frac{R + r_i}{R_e} \cdot \frac{N_e^2}{N^2}\right) \dots\dots\dots (3)$$

ただし、k: 磁束の漏洩係数

p: 主磁極の対数

a: 電機子内の並列回路の対数

n: 電動機の回転数 (rpm)

N: 界磁の全巻数

Z: 電機子導体の数

Δe: 主電動機の発生電圧と抵抗による電圧降下の差(第 21 図参照)

C: 等価渦電流係数

r_i: 主電動機の内部抵抗

R_e: 等価渦電流回路の抵抗

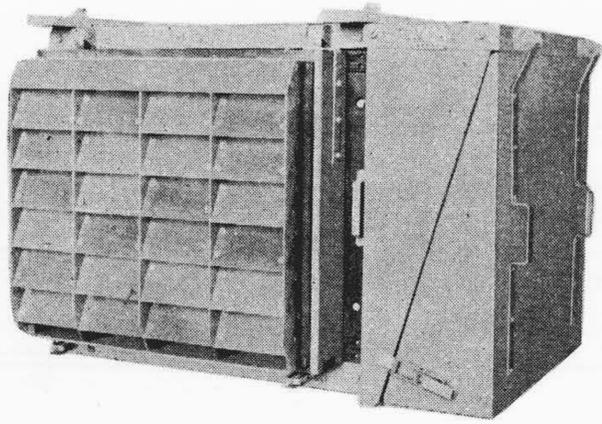
N_e: 等価渦電流回路の巻数

で示される。

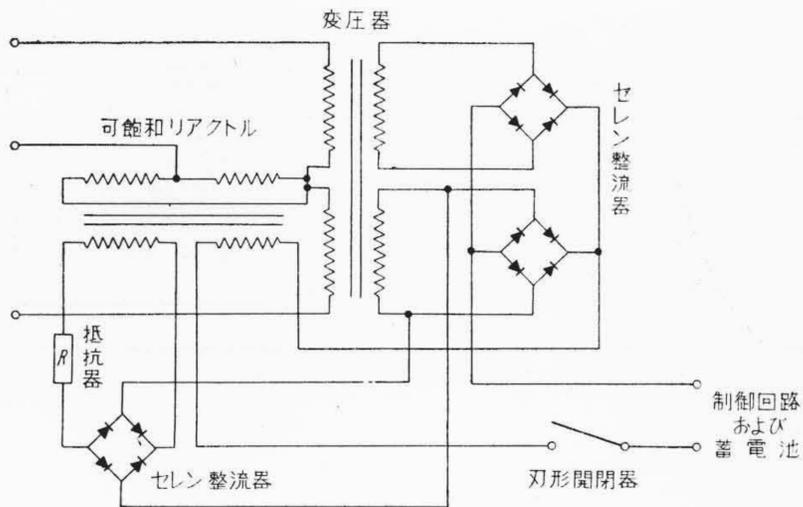
広領域主電動機である HS-837-Brb 電動機の最高運転速度(110 km/h)で定格電流(330 A)で平衡するような外部抵抗をそうし、平衡電圧の80%の電圧が立上るまでの t の値を(1)式によって計算すれば 0.027 秒となり、MT16, MT40 クラスあるいは発電ブレーキ採用初期の定格回転数 800~1,000rpm 程度のつり掛式電動機と同様な条件における t の計算値に比して約 $\frac{1}{5}$ 、MT46A あるいは発電ブレーキを常用する最近の定格回転数 1,600~2,000 rpm 程度の台車装架式高速電動機と同じ条件に対する t の値の約 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{1.5}$ である。実際の発電ブレーキ電流の立ち上がり時間は、種々の現車試験および日立研究所の等価試験装置による等価試験の結果を検討した結果(1)式で求めた時間の約 3~6 倍であった。すなわち等価渦電流係数 C = 3~6 である。

この主電動機は 1,200 V の過電圧にも耐えうるので発電ブレーキは最高速度からも全界磁でかけることができる。したがって発電ブレーキ電流の立ち上がりは十分早く、予備励磁を省略できるので回路が非常に簡単になった。予備励磁を省略しても十分安全でショックのない発電ブレーキ力が遅滞なく立ち上ることが現車試験で確かめられた。

上述のようにこの電動機は端子電圧を 1,200 V まで許容できる整流の良好な電動機であるので、発電ブレーキ時の 4 個直列に接続された電機子の両端では最高 4,800 V の高電圧となる。しかしこの制御装置では 4 個の電機子の midpoint で過電圧接地継電器を通して接地しているので、過電圧接地の保護とともに大地に対して 2,400 V 以下の電圧におさえられ、対地絶縁上有利である(特許第 251770 号)。また発電ブレーキ時のみに使用する接触器を追加して、発電ブレーキ時は主抵抗器の直並列切替を行わないので、直



第 23 図 URB PH-60-4C 形断流器



第 24 図 充電装置つなぎ

並列切替時の尖頭電流および並列になってから平均ブレーキ電流が減少することがなく、平均ブレーキ電流が増加している（実用新案申請中）。電空両ブレーキの切替は電流継電器とカム軸により自動的に行われる。

(6) 昇圧に対する準備

昇圧を一夜にして行う場合、短時間に回路の切替えを行うことができるように転路開閉器を備えていることは已述のとおりである。

8.3 主要な制御機器

(1) 主制御器

主制御器は、断流器・主抵抗器・界磁弱め抵抗器などを除くほとんどすべての制御機器が納められたいわゆるコンビネーション形で、試作を経て始めて量産に移された1回転カム軸式MMC主制御器である。この主制御器は、前述のカム接触器・カム電動機・リアクトル・中空軸1回転カム軸のほか、リード線を無くした小形補助継電器、ステンレスバネを用いたノルマルクローズ形カム軸用制御回路接触指、空気式限時装置などいくたの新設計された機器で構成されている。第 22 図は主制御器の外観写真である。

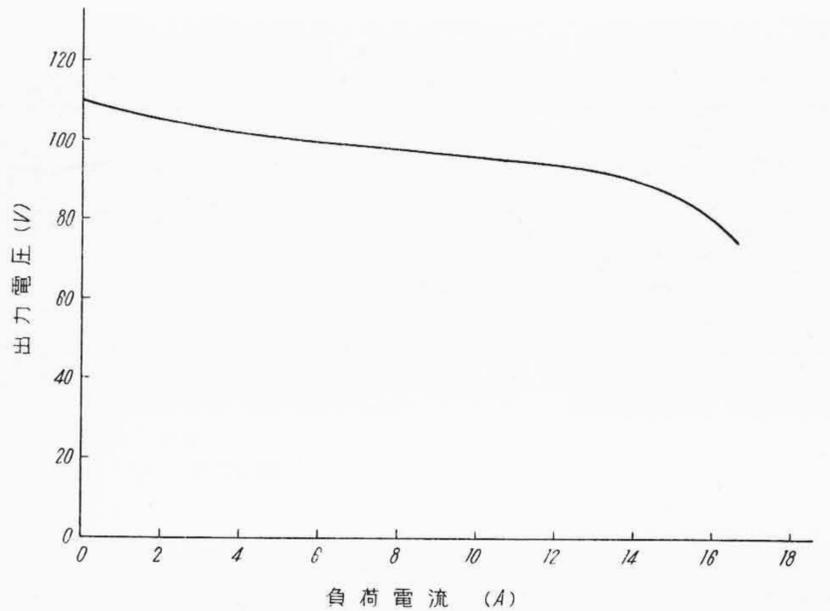
(2) 断流器

断流器の補助アーク流しは軽量で機械的強度が強く耐アーク性もすぐれている日立ポリセット積層板を用いた。単位接触器は曲壁形のアークシュートを使用して遮断容量を増し、アークシュートの寿命を長くした。また過電流・差電流・過電圧接地の保護継電器には平衡形可動子を用い、機械的鎖錠部にはローラを使用しているので目盛はきわめて正確である（実用新案第 432647 号）。

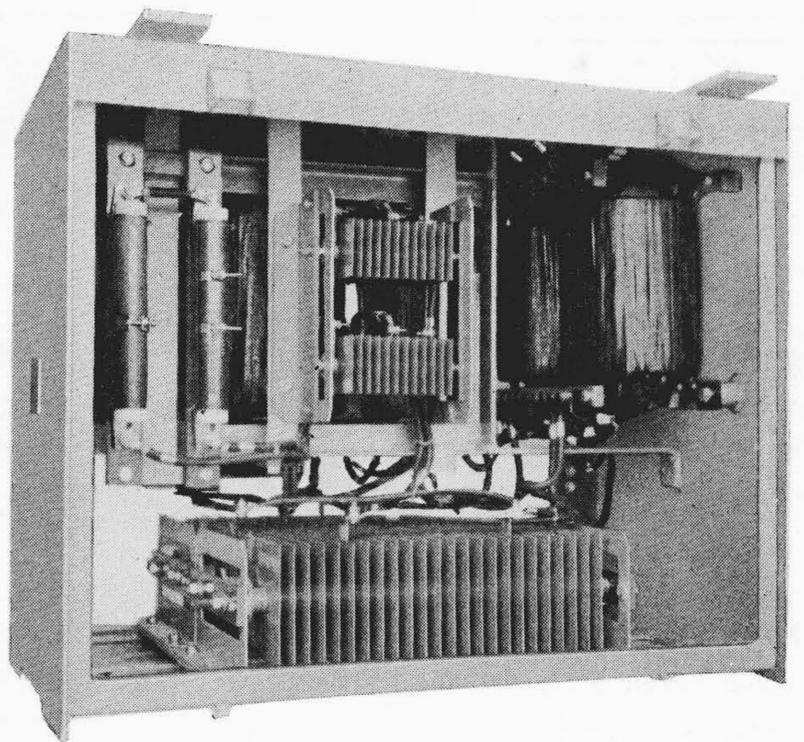
第 23 図に断流器の外観写真を示す。

(3) 低圧電源および充電装置

電動発電機の出力は交流二相、120 c/s・200V・7kVA で、1編成の電灯回路、制御回路などすべての低圧電源をまかなっている。直流低圧電源としては、この交流を変圧器により降圧二相全



(入力 交流 2 相 120 c/s 200V)
第 25 図 充電装置特性曲線



第 26 図 CH SER-12 形充電装置

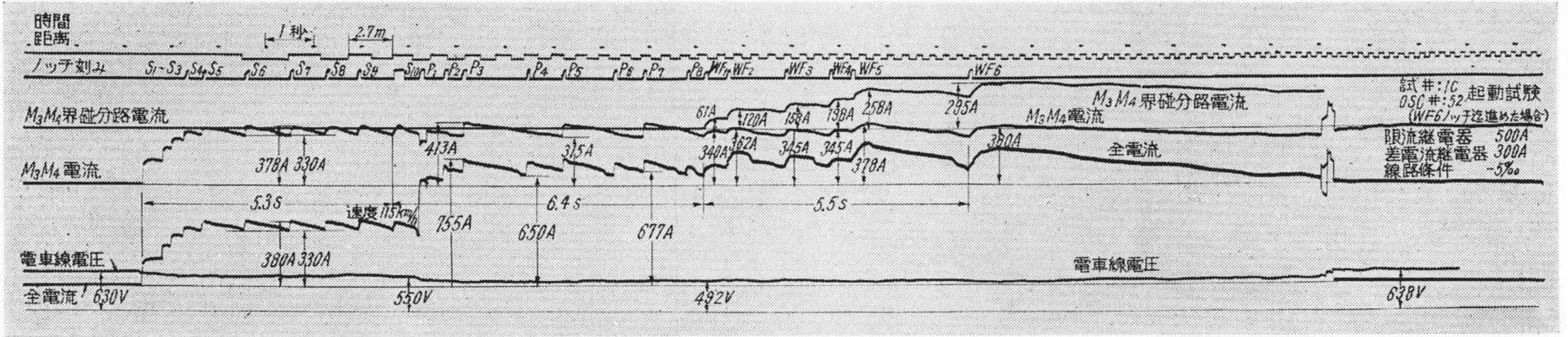
波整流して得られる 100V (1.5 kW) を用いている。また補助電源として 20 AH HCR 20-70 F 形アルカリ蓄電池を持ち、これを浮動充電して使用しているので電車線の停電時にも安全な発電および空気ブレーキがかかるとともに電動発電機故障時も安全に運転できる。

事故などで直流回路電流が異常に大きくなった時には可飽和リアクトルを用いて直流側の電圧を急激にさげて過負荷の保護としている。第 24, 25 図は充電装置の結線図および特性曲線、第 26 図は外観写真である。

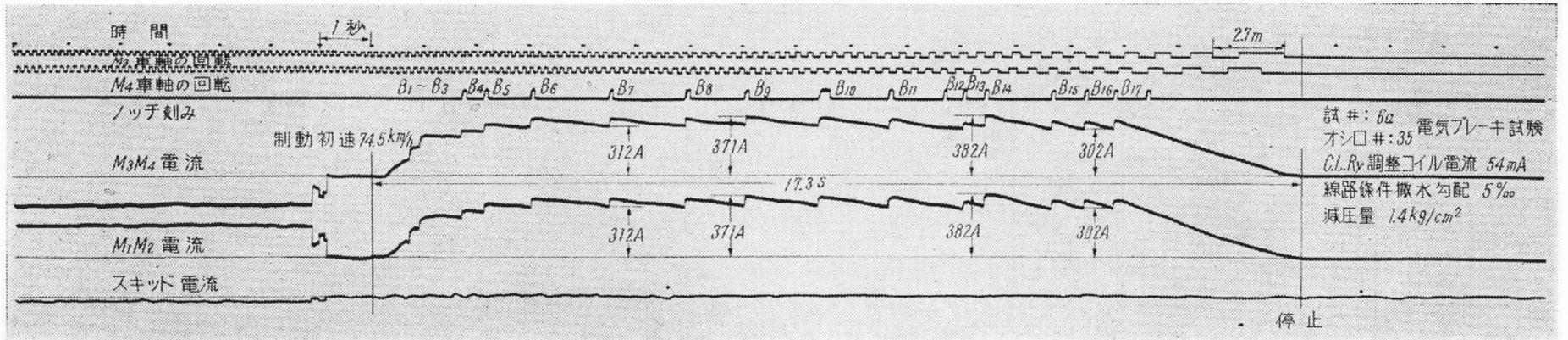
9. 現車試験結果

昭和35年3月23日より24日までMTTM編成（この試験では丁車として小形の在来車2両を使用した）で京王帝都電鉄京王線、高幡不動一北野間で現車試験を行った。試験は電動および発電ブレーキの性能と、特にこの種の経済車で問題になるけん引力およびブレーキ力は軸重の何%まで利用できるかを測定した。

起動試験および電空併用ブレーキ試験の代表的オシログラムを第 27 図および第 28 図に示す。このオシログラムからもわかるようにノッチ追従時間は迅速、ノッチきざみは確実に制御は円滑に行われている。MTTM 編成で直線加速度は約 2.5 km/h/s、直線



(南平—高幡不動間上り線) (MTTM編成空車)
第 27 図 起 動 試 験 オ シ ロ グ ラ ム



(長沼—北野間下り線) (MTTM編成空車)
第 28 図 発 電 プ レ ー キ 試 験 オ シ ロ グ ラ ム

減速度は 4.3 km/h/s 以上である。また予備励磁を行わないにもかかわらず発電ブレーキ電流の立上りは十分早くノッチ飛びこしやブレーキ初期のショックは全然なく、予備励磁を省略しても良いことが確かめられた。

10. 結 言

わが国の最近数年間における高速電車の発達は実にめざましいものがある。高速、軽量、乗心地の改善、付随車を含む高性能経済車の採用、主電動機の台車装架と広領域電動機の使用、可変荷重機

構、電空併用ブレーキ、コンビネーション形制御器など、枚挙にいとまのないほどである。

この京王帝都電鉄株式会社納め電動客車は以上のような最近の要望にこたえあらゆる角度から検討して製作されたもので、ここにその大要を述べて諸賢のご参考に供した次第である。

本電車の製作は京王帝都電鉄株式会社の関係者各位のご指導、ご激励に負うところがはなはだ多くここに厚くお礼を申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 山下善太郎：電気車工学 p.415