

近畿日本鉄道株式会社奈良線 900 形電車用電気品

Electric Equipment for Type 900 Electric Coaches Supplied to Kinki-Nippon Railway Co.

白 木 勇* 津 沢 泰 行** 今 泉 藤 磨***
Isamu Shiraki Yasuyuki Tsuzawa Fujimaro Imaizumi

内 容 梗 概

最近，MT編成の電車にMM編成に匹敵する加減速度と走行性能をもたせて，区間車，急行車に共用できる高性能経済車の出現が要望されている。

近畿日本鉄道 900 形電車はこの目的に沿うため，次の特色ある方式を用いて所期の性能を得た。

- (1) 低速では大牽(けん)引力を利用して高加速度が得られ，最弱 17% まで界磁制御して高い平衡速度で走行できる，エポキシ樹脂絶縁の広領域主電動機と平行カルダンギヤカップリング式駆動装置。
- (2) 粘着不安定領域まで利用できる再粘着装置付超多段式バーニヤノッチ制御装置。
- (3) 自動制御用電源に適した電圧，周波数特性のすぐれたトランジスタ制御式電動発電機。

この電車は将来の地下乗入れも考慮してあり昭和 36 年 9 月から営業運転に入った。

1. 緒 言

郊外電車の都心乗入は増大する通勤輸送の能率化と，乗客へのサービス向上のため，最近各所でとりあげられているが，近畿日本鉄道株式会社では大阪上本町終点から地下に入り都心の難波に至る地下乗入線が計画され，今回，このための奈良線用 900 形電車が完成された。

一方輸送力増大の観点から，走行性能にすぐれたMM編成の採用が一時盛んに行なわれたが，新造費，保守費の増加，大出力のための電力消費の増大は避けがたく，経済的見地から再検討の機運が生じた。

ここに再び基本をMT編成にとり，しかも従来のMT編成に比べてはるかにすぐれた走行性能をもち，MM編成に劣らぬ高加減速度，高い表定速度，あるいはまた区間車，特急車の兼用可能な経済的汎用車を目標にした高性能経済車の出現が要望されるにいたったのである。

このような高度の要求にこたえて，エポキシ樹脂絶縁方式を採用した広領域主電動機を完成した。この新絶縁方式は小形軽量でしかも容量の増大を可能とし，また補償巻線の使用と相まって，界磁調整範囲を大幅に拡大し，さらに高粘着特性と乗心地の改善，電力消費の低減をはかって，粘着不安定領域まで利用できる再粘着装置付直並列制御方式の超多段式バーニヤノッチ制御装置の採用と相まって起動特性と高速性能の画期的な向上をはかった。

また，電車用蛍光灯，制御装置用電源としては，電圧，周波数特性のすぐれたトランジスタ制御方式電動発電機が採用された。

この奈良線 900 形電車の完成は，今後の高性能経済車の一つのあり方を示すもので，その意味から画期的なものといってよく，以下にその電気品の詳細について紹介する。

2. 車両の諸元と性能

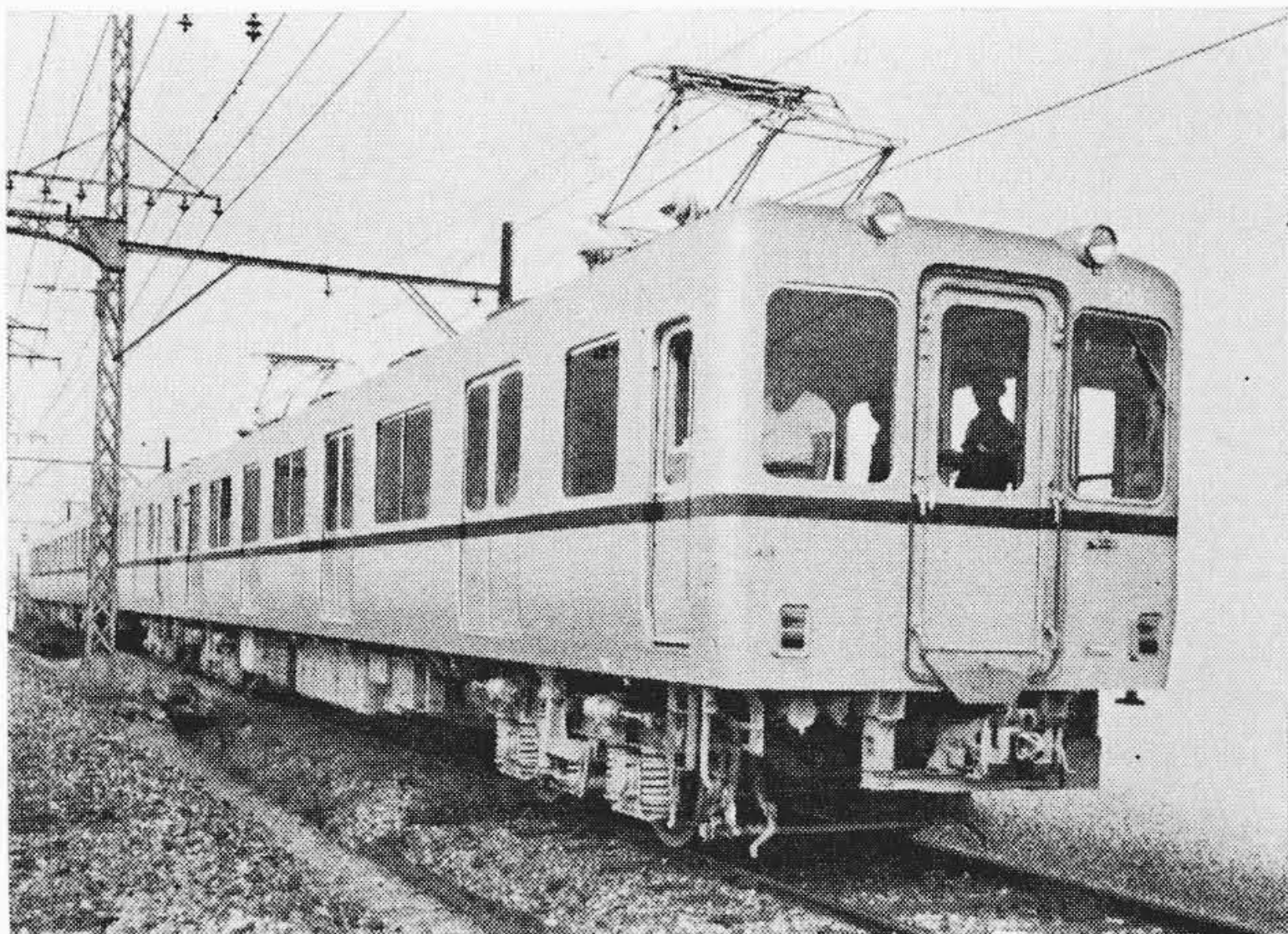
2.1 諸 元 と 性 能

900 形電車の諸元を第 1 表に，その性能曲線を第 2 図に示す。

2.2 特 長

900 形電車は，画期的な高性能経済車で，その特長は次のとおりである。

- (1) 車両の新造費，保守費，電力消費の節減をめざして MTc



第 1 図 900 形 電 車 全 景

第 1 表 900 形 電 車 要 目 表

使 用 線 区	奈良線区間車および特急・急行車兼用
基 本 編 成	MTc
軌 間 (mm)	1,435
電 気 方 式	DC 600V
自重 (t)	M車 36.0 Tc車 25.0
定 員 (人)	170
満 員 (人)	425 (250%)
車 長 (m)	20
軸 間 距 離 (mm)	2,100
車 輪 径 (mm)	860
主 電 動 機	HS-833-Frb
出力	4×115 kW 270 V
歯車比	85 : 16 = 5.31
制 御 装 置 形 式	VMC-HTB-20A
加 速 度 (km/h/s)	3.0 (2 倍定員迄一定)
減 速 度 (km/h/s)	4.0 (2 倍定員迄一定，電空併用)
最高運転速度 (km/h)	110

基本編成とした。

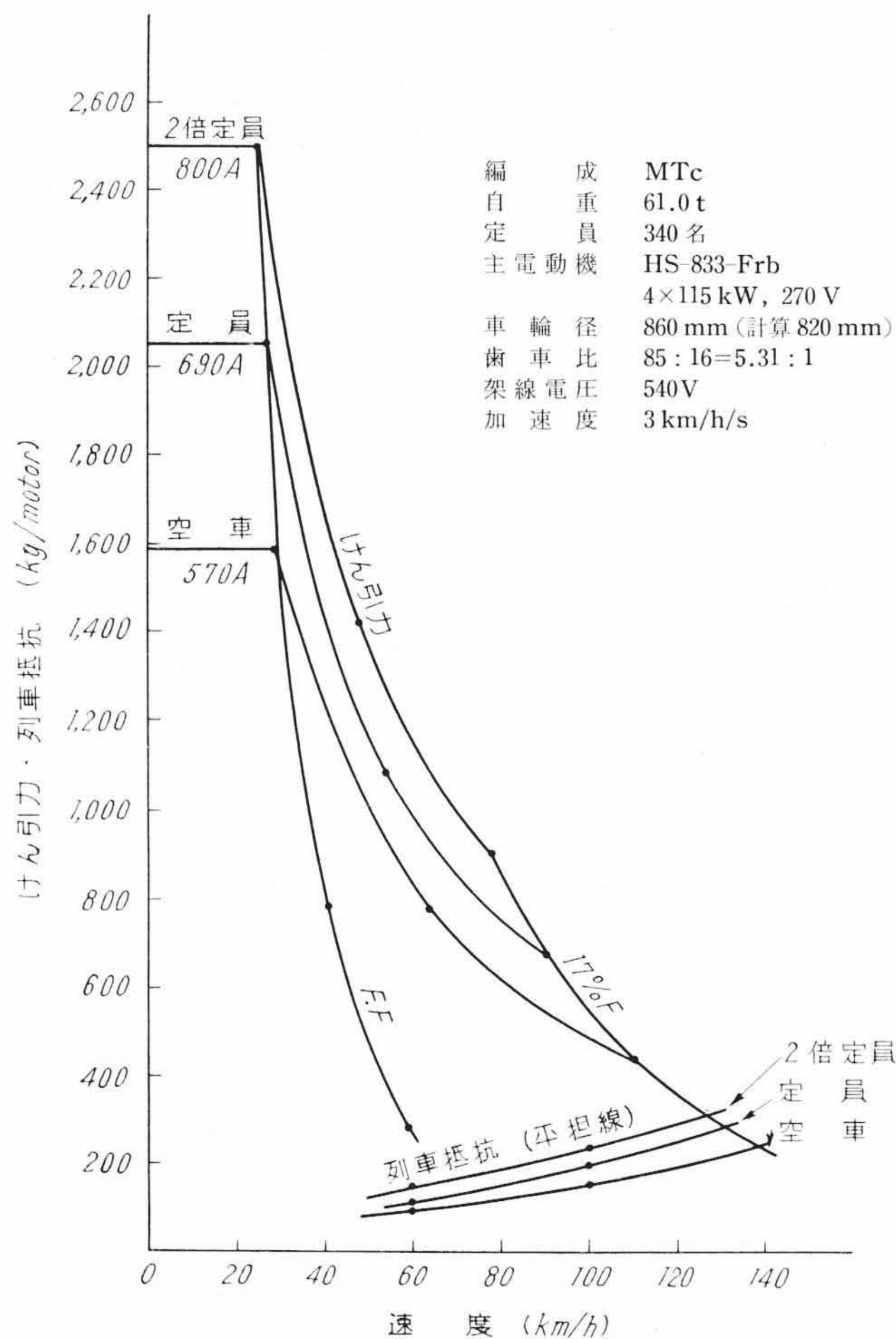
- (2) 難波一瓢箪山間の区間車，および難波一奈良間の特急，急行車の両用の性能を具備し，運用効率のよい経済的汎用車とした。

- (3) M車の粘着重量を最大限に利用して，区間車としての近距離通勤輸送に必要な高加減速をうるとともに，高速性能を一段と向上せしめ，運転所要時間の短縮を可能とした。

- (4) 最急こう配 35% にて，主電動機を半数カットアウトして起動ができる。

- (5) このため主電動機の仕様の選定には，電車の定格速度を低くして，起動けん引力の増加，起動電流の減少，電力消費の節減および変電所負荷の軽減を考慮した。

* 日立製作所日立工場
** 日立製作所笠戸工場
*** 日立製作所水戸工場



第 2 図 900 形電車速度-けん引力曲線

- (6) 一方高速性能の大幅な向上のため、主電動機的最弱界磁は 17%F とし、界磁弱めによる速度調整範囲は従来のものに比し一段と拡大され、広領域電動機として画期的なものとなっている。
- (7) このような高性能を有するにもかかわらず主電動機の重量、寸法は無溶剤エポキシ樹脂絶縁方式の採用により、いちじるしく小形軽量化され、かつ信頼性のきわめて高いものとなっている。
- (8) 制御装置には、粘着特性をよくし、乗心地を改善するためすでに多くの実績をもつ超多段式バーニヤノッチ制御を採用し、また直並列制御を行なって電力消費の節減をはかった。
- (9) 電動発電機は高性能にして、かつ信頼性が高いトランジスタ制御方式を採用した。

3. 主電動機と駆動装置

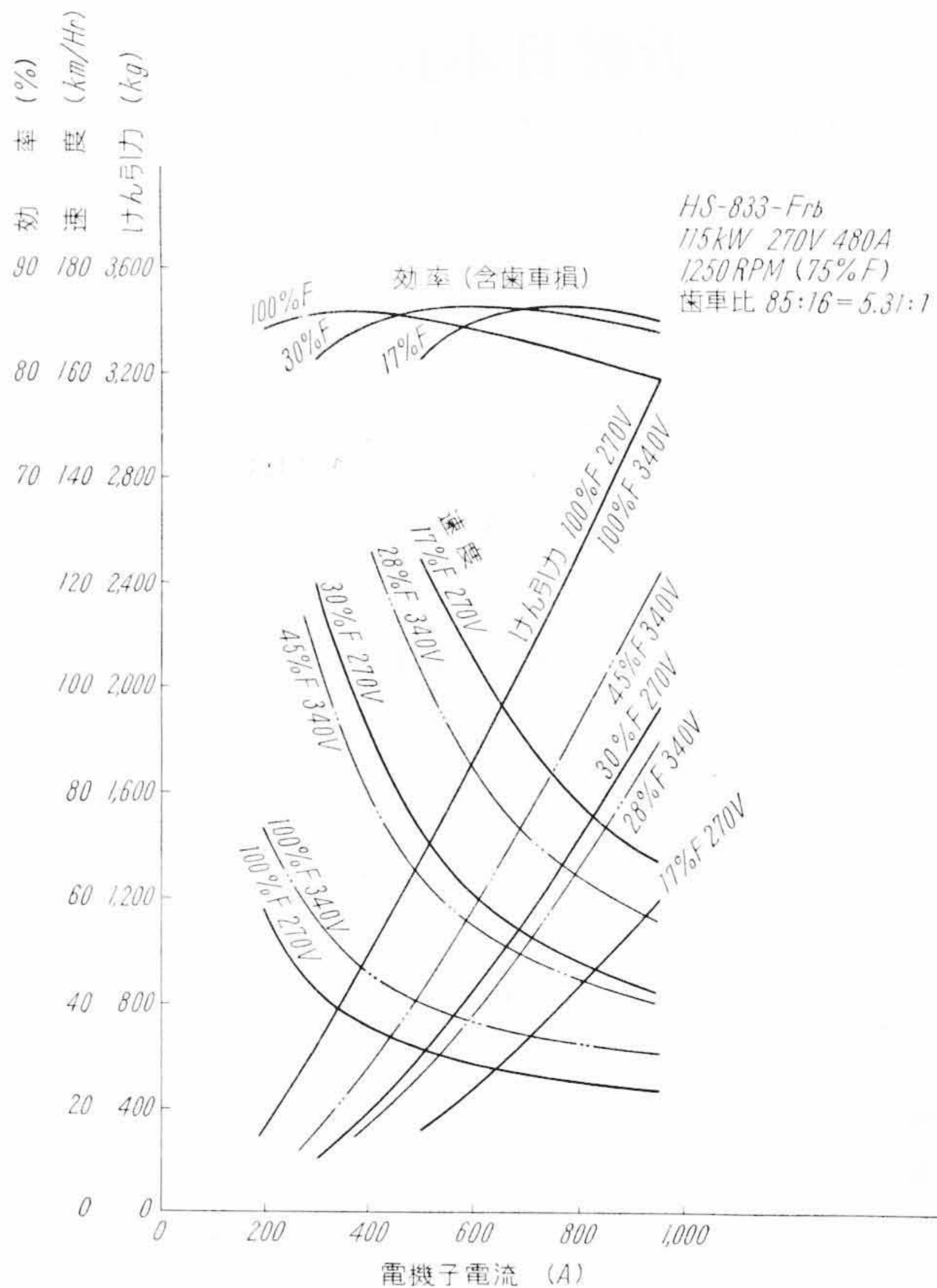
3.1 概 要

平行カルダンギヤカップリング方式駆動高速度主電動機はすでに各方面に納入され、好成績をあげているが、900 形電車に要求された 115 kW 主電動機は大容量、大トルクであるとともに、性能的にも画期的なものであり、エポキシ樹脂絶縁方式を固定子コイルに採用した広領域電動機である。

3.2 主電動機の仕様

主電動機の仕様は次のとおりでその特性曲線を第 3 図に示す。

形 番 号	HS-833-Frb
形 式	EFCO-H ₆₀ KK 補償巻線付
1 時間定格	115 kW, 270 V, 480 A, 1,250 rpm (75%F) (架線電圧 600 V)
	145 kW, 340 V, 480 A, 1,600 rpm (75%F) (架線電圧 1,500 V)



第 3 図 HS-833-Frb 115 kW 主電動機特性曲線

連続定格	115 kW, 270 V, 480 A, 2,000 rpm (40%F)
最弱界磁	17%F
絶 縁	F 種 (界磁: エポキシ樹脂絶縁)
最高許容回転数	5,000 rpm
最大許容端子電圧	880 V (全界磁)
軌 間	1,435 mm
車 輪 径	860 mm (計算 820 mm)
歯 車 比	85 : 16 = 5.31 : 1
駆 動 方 式	平行カルダンギヤカップリング
定格速度	36.4 km/h
定格牽引力	1,130 kg
定格出力/車両自重	7.15 kW/t
定格牽引力/車両自重	70.2 kg/t
最高運転速度	110 km/h (車輪径 780 mm にて)

3.3 エポキシ樹脂絶縁

本機に採用したエポキシ樹脂絶縁方式は最近開発された新しい絶縁方式である。従来のマイカ絶縁方式は F, H 種を問わず、溶剤系ワニスで含浸または真空注入がなされており、溶剤系ワニスはその成分の約 50% が溶剤であるため加熱乾燥の際、溶剤が蒸発しコイル絶縁層に気ほう空けきを残し、これが熱放散の邪魔をするのみならず、外部からの湿気、ほこり、油気などが浸入する通路となり絶縁事故を誘発する可能性がある。したがって空けきのない一体絶縁層を形成する無溶剤ワニスの真空注入は上記欠点を取り除く理想的な形であり、エポキシ樹脂は F 種絶縁用無溶剤ワニスとして唯一のものである。エポキシ樹脂絶縁方式の特長は、

- (a) 熱放散がきわめてよく、従来の溶剤系ワニスに比し、コイルの温度上昇はいちじるしく低減され、電動機の実出力増大、小形軽量化が可能となる。
- (b) 絶縁階級は F 種であるが、温度上昇の低減効果がいちじる

しいため、温度上昇限度のより高いH種絶縁を採用するよりむしろ有利な面もある。

(c) 強力な接着力を有しており、界磁鉄心とコイルを一体として固化するため、コイルから鉄心への熱伝導がよく、鉄心表面からの熱放散が温度上昇低減に大きく寄与している。

(d) また鉄心とコイルの一体化の結果、振動による両者の相対運動がなく絶縁破壊事故がなくなる。

(e) 気ほう空げきがないため絶縁耐力が向上し湿気、ほこり、油気などの侵入を防ぎ絶縁抵抗低下がなくなる。

(f) トラッキング特性が良好な上にダストの付着しにくいエポキシ仕上ワニスが開発によりコイル表面の仕上はきわめてなめらかで、掃除が容易となり、ダスト付着による絶縁事故が減少し、保守清掃の手間の低減ができる。

3.4 主電動機の特長

(1) 固定子コイルはエポキシ樹脂絶縁とし、電動機の小型軽量化をはかり、それにより大容量、大トルク電動機を車輪径 860 mm に収納可能とした。

この絶縁方式の採用により、固定子各コイルの冷却効果はいちじるしく改善され、従来絶縁のものとの比較試験によれば温度上昇は約 70% に低減された。このため熱的余裕を増し信頼性向上に大いに役だっている。

(2) バーニヤノッチ制御装置による高粘着特性と相まって、MT 編成で 3 km/h/s の高加速度が出せる。

(3) 平衡速度が平坦線で 130 km/h、30% の上りこう配線で 80 km/h に及ぶ高速性能を有している。

(4) 使用最弱界磁は 17% F (許容最弱界磁 14.5% F) に及び、界磁調整範囲はきわめて広く、このため

$$\text{速度比} = \frac{\text{最高許容回転数}}{\text{定格回転数}} = 4.0$$

$$\text{速度調整範囲} = \frac{\text{最弱 17\% F, 100\% 電流の回転数}}{\text{100\% F, 100\% 電流の回転数}} = 4.1$$

$$\text{比出力} \alpha = \frac{\text{定格 kW, 最高許容回転数}}{\text{電動機重量 kg, 定格回転数}} = 0.52$$

となり、従来の電動機に比べて一段と高性能化された。

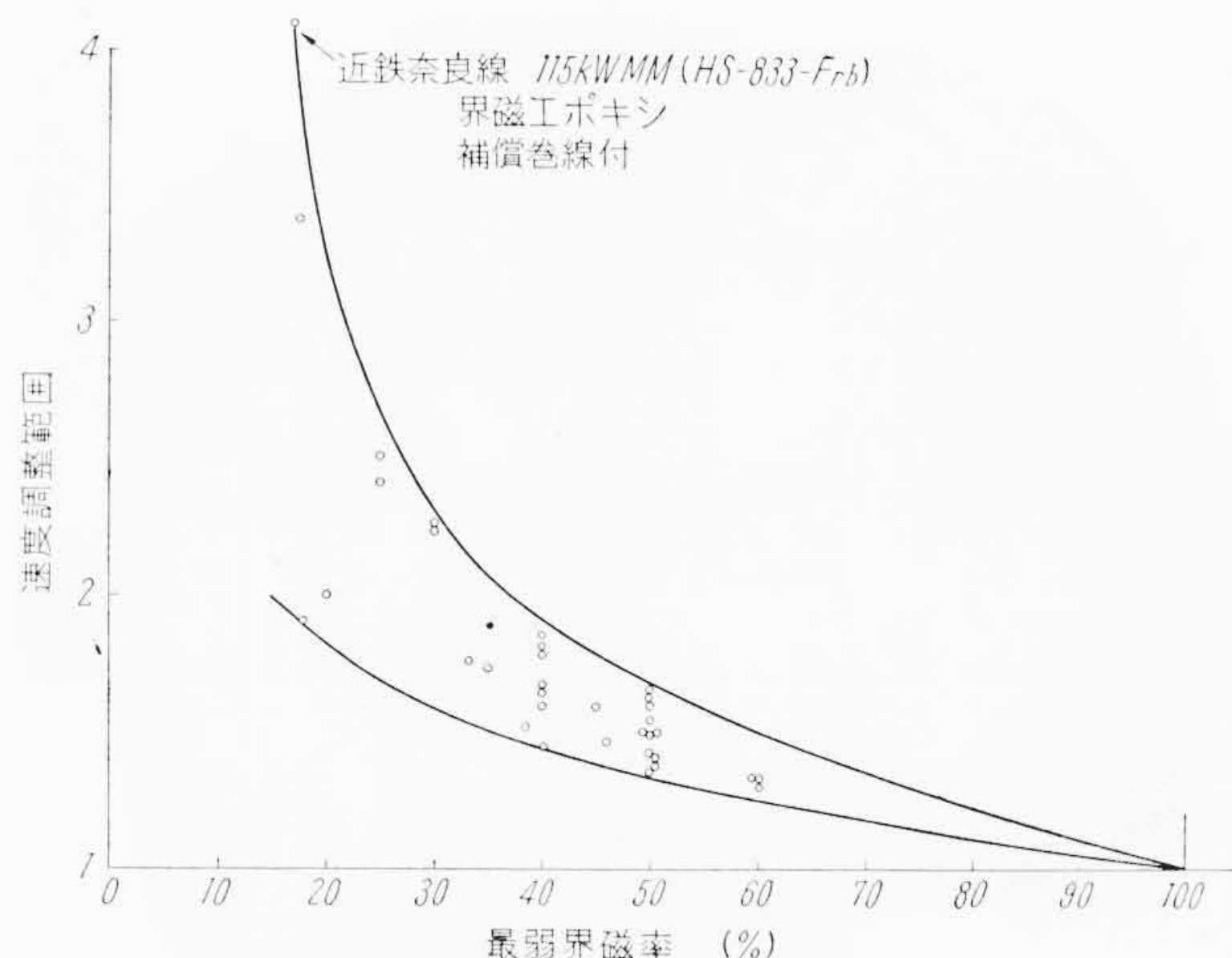
第 4 図および第 5 図は、最近の高速電動機に対する最弱界磁と速度調整範囲の関係と、比出力の変遷を示すものであるが、本機の数値はそれぞれ最高値を占めている。

(5) 電機子アンペアターンに比して界磁アンペアターンを大きくとることは整流安定度の向上に大きく貢献するが、エポキシ樹脂絶縁の採用は、界磁コイルの温度上昇低減効果を大きくし、したがって導体電流密度の増加を可能ならしめ、界磁アンペアターンの増大を容易とするためと、補償巻線の使用による電機子反作用の抑制効果とが加わって速度調整範囲の拡大による整流の困難性を克服してなおあまりあるものがある。

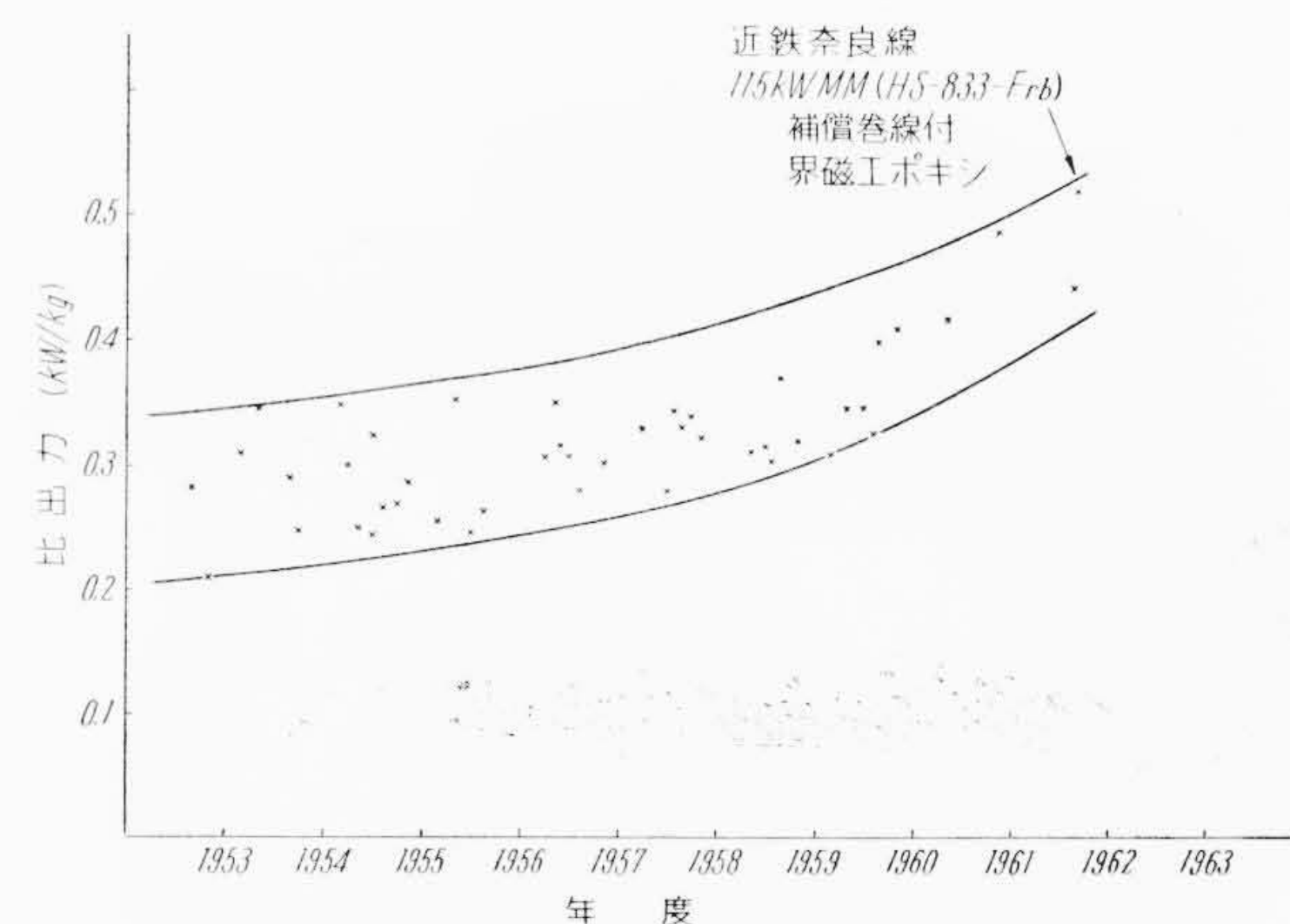
(6) 電機子巻線は短節重巻としてリアクタンス電圧の低下をはかり、整流子片数の増加による片間電圧の低下および補償巻線の使用により、電機子反作用に基づく磁束分布のひずみを抑制して、発電制動時の過電圧における最大片間電圧の低下を考慮し、特にせん絡事故防止に対しては細心の注意をはらった。

(7) 補極には積層鉄心を使用し、また非磁性ライナを比較的多くそう入して過電流における補極整流磁束の飽和をなくし、また渦流による整流磁束変化の遅れを少なくして過渡時の整流改善をはかった。

(8) 性能に対する高度の要求ときびしい使用条件にもかかわらず、上述の各項に示すような各種の考慮を払ったため、定常時、過渡時ともに整流安定度はきわめて向上し、力行中のみならず、制



第 4 図 電車用高速度主電動機的最弱界磁率と速度調整範囲



第 5 図 電車用高速度主電動機比出力の変遷

動時においても最高運転速度からの発電制動の使用に対して十分余裕があり、走行性能の向上と、より安全な運転が期待される。

(9) 架線電圧は現在 600 V であるが、将来 1,500 V に昇圧されることも考えて、両用として設計製作されている。

(10) 整流子には銀入硬銅を使用し、その締付け構造はアーチバンド方式とし、設計製作上の十分な検討と、合理的な生産管理により、特に念入りに製作された。

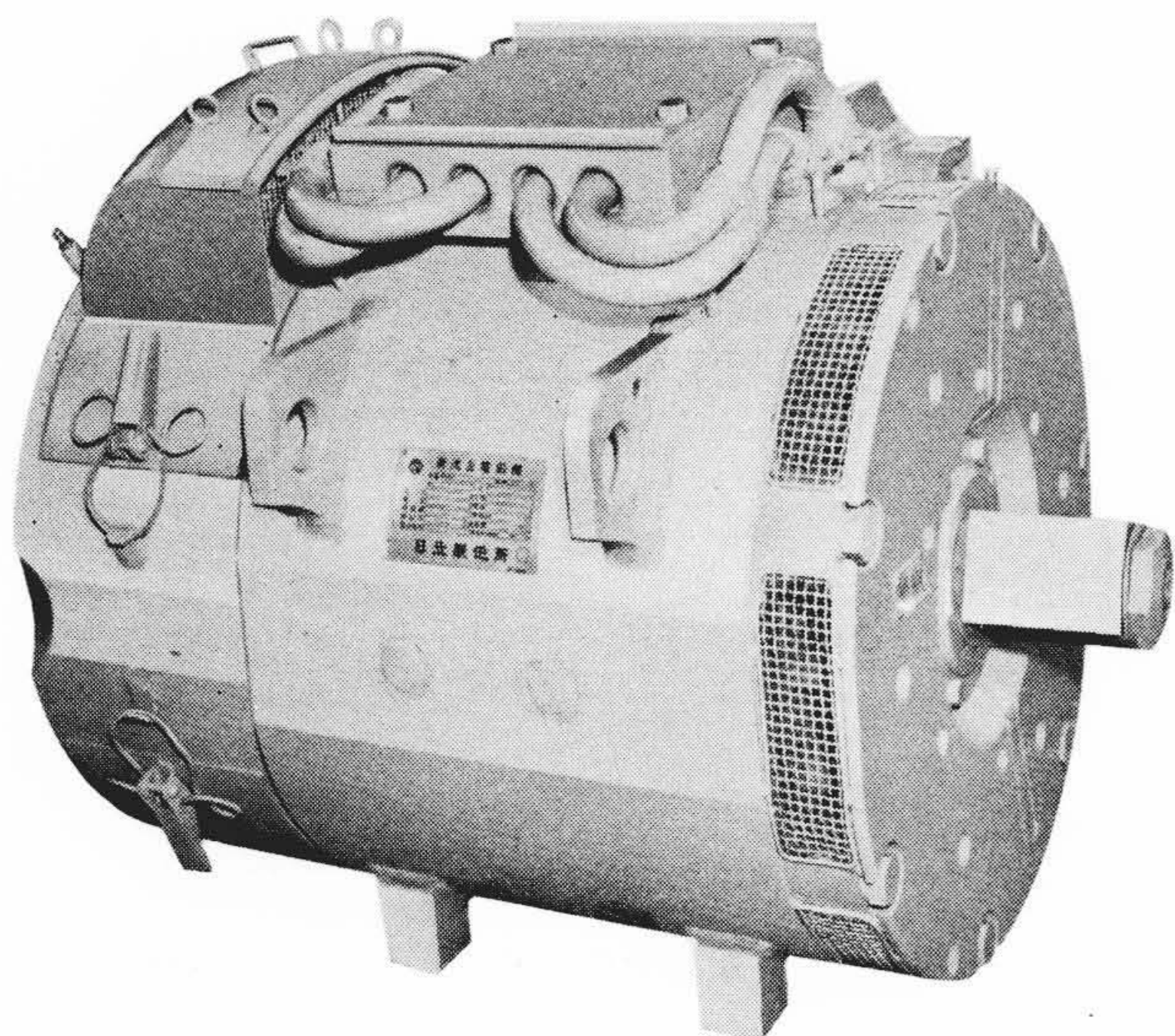
また二分割丸頭刷子を使用し、刷子の摩耗した場合においても常に良好な加圧状態が保たれるようにしてある。

(11) 補償巻線の構造はすでに多くの実績をもつ独得の方式を採用した。すなわち補償巻線スロットと補極中心線をそれぞれ平行とし、あらかじめ成形絶縁された補償巻線を容易にスロットにそう入し分解組立の簡易化と、信頼性の向上をはかった (実用新案 No. 479866) (2)。

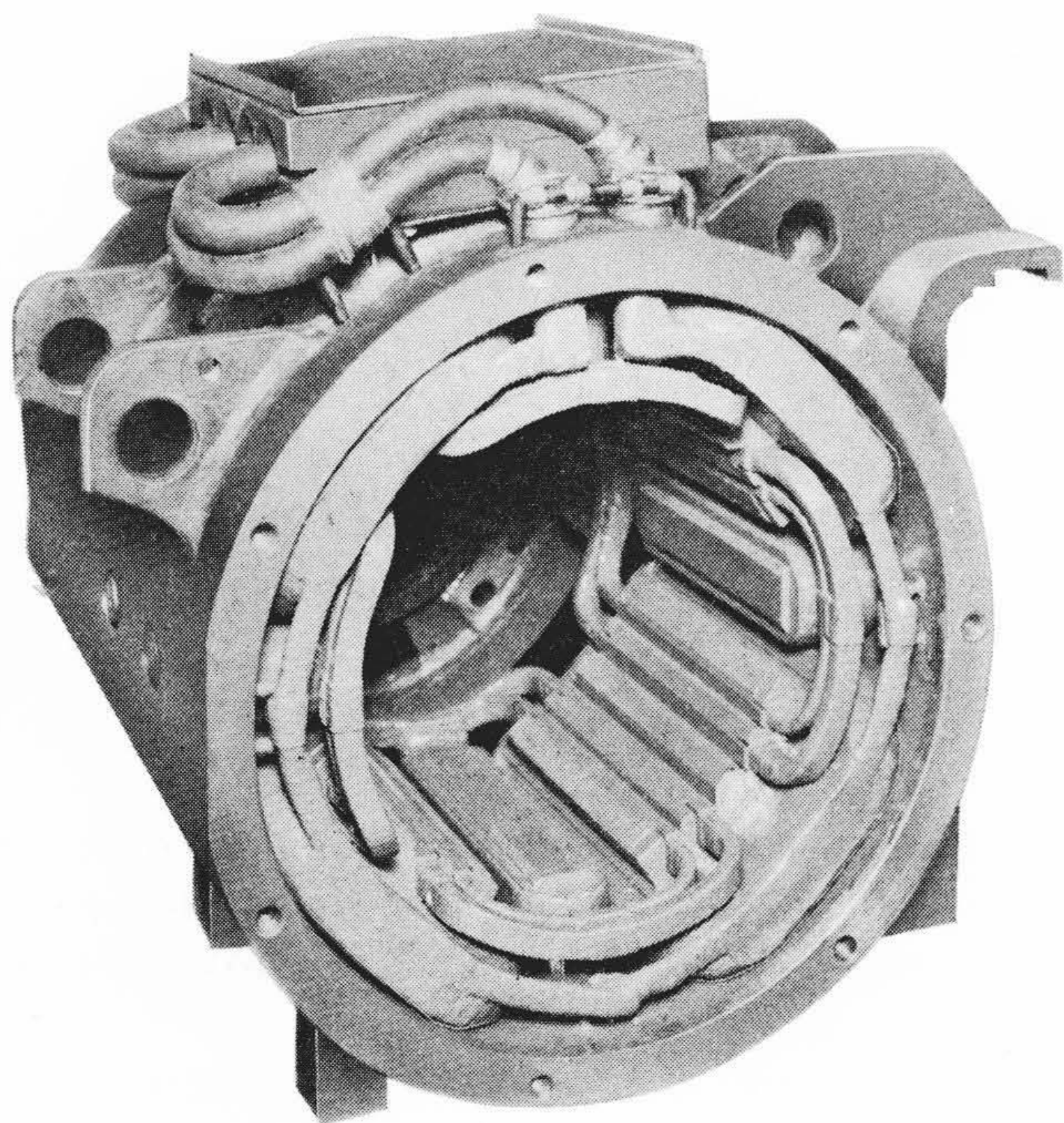
(12) 反整流子側には軽合金製で通風効果の大きく騒音の少ない冷却扇が設けてある。冷却扇の羽根枚数、排気窓数、冷却扇外周と排気窓とのすき間などを十分検討して設計し、騒音の低下をはかり、また磁気騒音の低下には電機子スロットをスキューするなどの考慮をはらった。

(13) 整流子側軸受箱はカートリッジ構造とし保守の便をはかり、また反整流子側軸受箱にはグリースバルブを設けて、老化グリースを軸受外側部屋へ導き出し、常に新しいグリースで潤滑されるような構造としている。

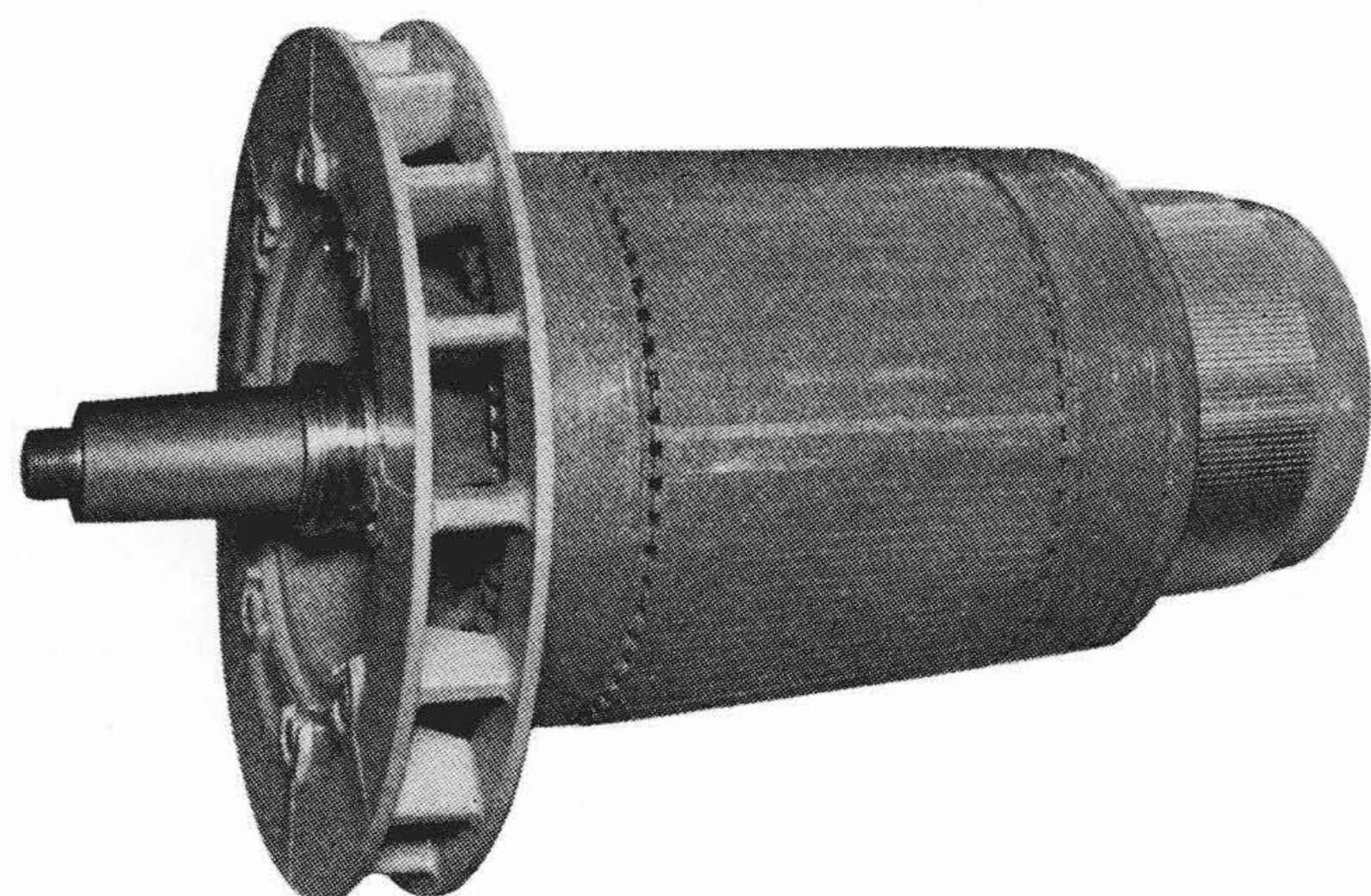
第 6 図は本電動機の外観、第 7 図は固定子、第 8 図は回転子を示す。



第 6 図 HS-833-Frb 形 115 kW 主電動機外観



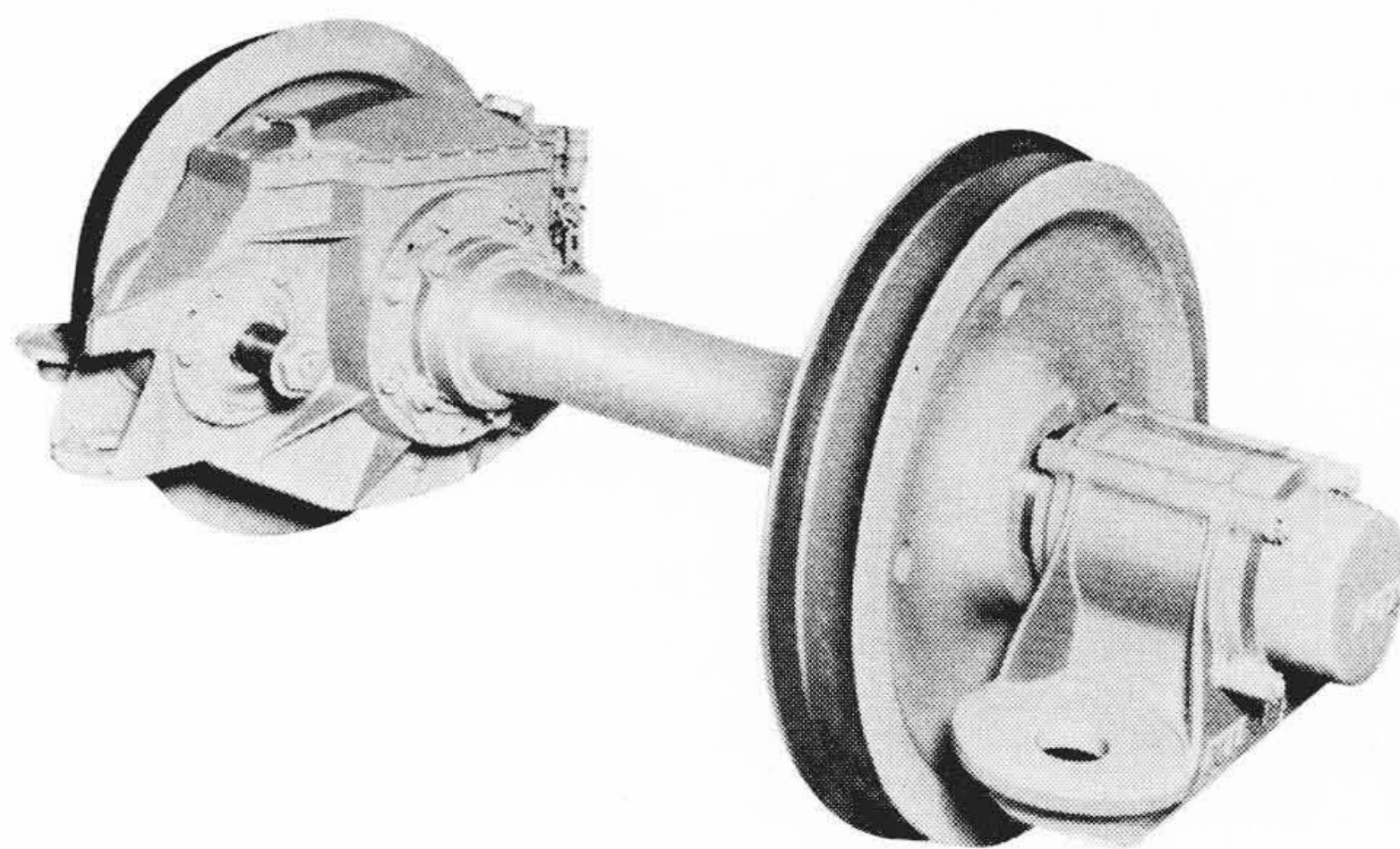
第 7 図 HS-833-Frb 形 115 kW 主電動機固定子



第 8 図 HS-833-Frb 形 115 kW 主電動機回転子

3.5 駆動装置

駆動方式にはギヤカップリングを使用した平行カルダン方式を採用しており、動力は主電動機からギヤカップリングを経て歯車装置に伝達される。使用したギヤカップリングは本紙にも紹介されたよ



第 9 図 歯車装置外観

うに⁽³⁾、歯形、強度にたいする解析ならびに歯当り、摩耗などについての詳細な実験の結果得られたデータに基づき設計製作され、すでに各所に納入されてすぐれた実績をあげているものと同形式である。カップリングは原動軸、従動軸の平行変位に対しては 19 mm、軸方向変位にたいしては ± 12 mm の変動が許容される構造となっており、潤滑油にはスタンダード石油製ガーゴイルコンパウンド No. 9 を使用している。

本歯車装置に使用されているヘリカルギヤおよびピニオンは、ともに特殊鋼製で、十分な強度と耐摩耗性をうるため適正な熱処理が行なわれており、非分割形の鋼板製歯車箱内に収納されている。

歯車装置の潤滑油には極圧性を有するガーゴイルコンパウンド DD を使用し、歯車の回転にともなって流動する油を直接、あるいは油受けを経て軸受に流入せしめる方法を採用している。

このほか歯車箱には、軸受の電食防止用の接地刷子および速度検出装置が設けられている。第 9 図は輪軸に組み込まれた歯車装置の外観を示す。

4. 電動発電機

本機はすでに近畿日本鉄道株式会社名古屋線をはじめとして、その後各所に引き続いて納入され好評を得ているトランジスタ制御方式の高性能電動発電機⁽⁴⁾である。

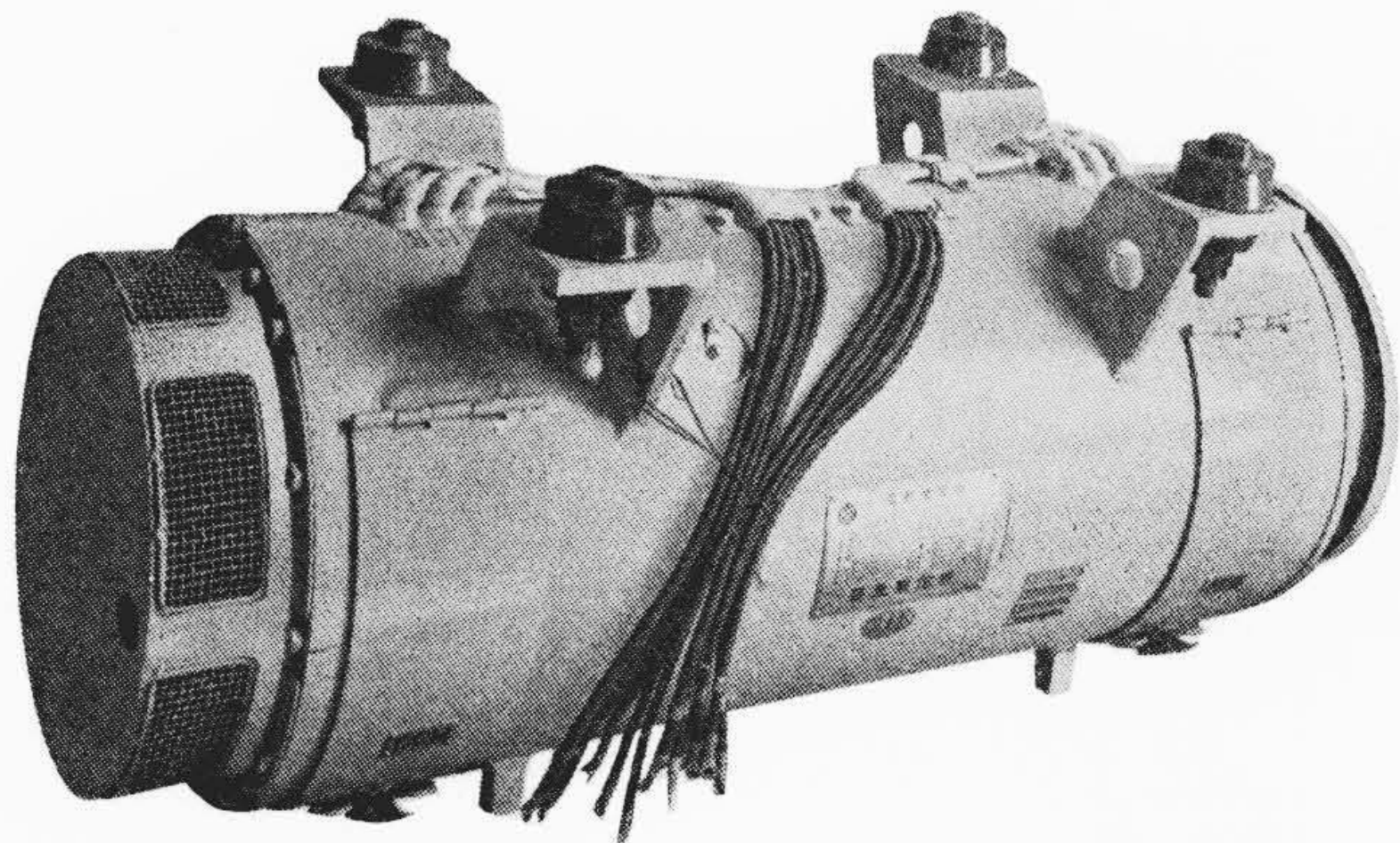
その仕様は次のとおりである。

形 番 号	HG-533-Erb	
定 格	連 続	
	(直流電動機)	(交流発電機)
形 式	EFCO-SP	EFCO-S
容 量	入力 9 kW	出力 6 kVA
電 圧	D C 600 V	A C 100 V
電 流	15 A	34.7 A
極 数	2	2
回 転 数	3,600 rpm	3,600 rpm
相 数	—	3 ϕ
周 波 数	—	60 c/s
力 率	—	90% 遅れ
絶 縁	B 種	B 種
温度上昇限度	JEC 146	

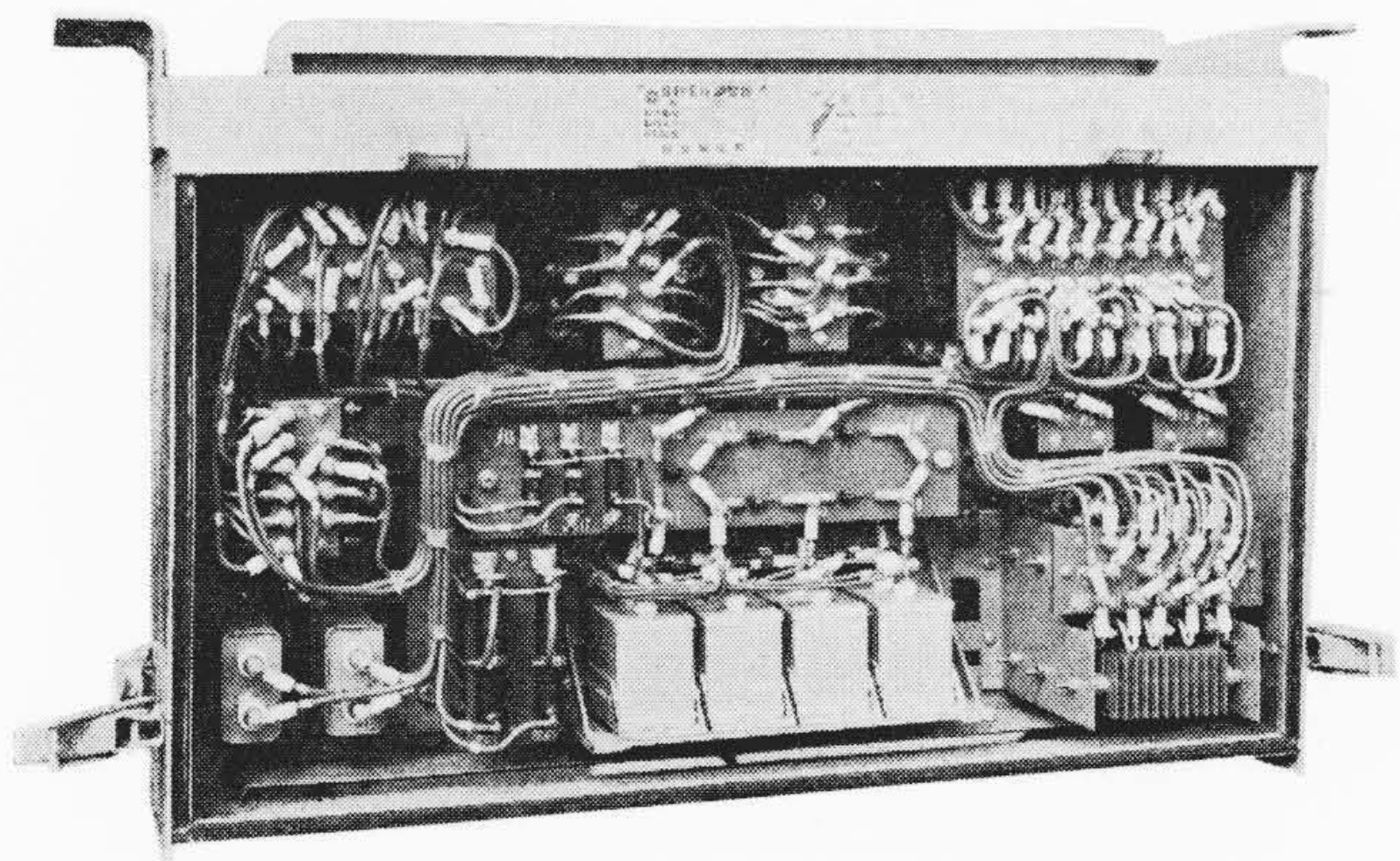
本機の特長は

(1) 出力電圧および周波数の変動が少ない。

L-C 共振回路、ゼナーダイオードおよびトランジスタを組み合わせた自動周波数調整装置と、飽和リアクタと可飽和変流機の組み合わせよりなる自動電圧調整装置により、架線電圧変動 400～700 V および発電機負荷の無負荷から全負荷の変動に対して常に出力電圧および周波数が定格値の $\pm 5\%$ 以内に制御可能である。



第 10 図 HG-533-Erb 形 6 kVA 電動発電機外観



第 11 図 AR T-6 形 MG 用自動電圧調整器

(2) 過渡制御特性がよく安定である。

きわめて速応性のよいトランジスタ増幅器の採用と、プッシュプル制御のため、制御速応度がきわめて早く、起動、無電圧区間の通過または電圧急変時において、出力電圧、周波数の過昇や不安定がなく、十分安定した運転が得られる。

(3) 電動機、発電機ともに巻線はすべて B 種絶縁とし耐熱性の強化と信頼性の向上をはかり、また保守上の便利のため、発電機側軸受箱はカートリッジ式とし、スリップリングには摩耗の少ないステンレス鋼を使用するなど使用条件に適した構造となっている。

第 10 図は電動発電機の外観、第 11 図は自動電圧調整器を示す。

5. 制 御 装 置

5.1 概 要

900 形電車に要求された大容量、大トルクで、17% 弱界磁率の広領域電動機を制御する制御装置として、バーニヤノッチ式でありながら起動時に主電動機の直並列切替を行ない、架線電圧 1,500 V 時には主電動機 145 kW × 8 台の制御容量をもった電車用カム軸制御器としては最大級の VMC-HTB 20 A 形制御装置である。これは昭和 34 年以來 2 回にわたって近畿日本鉄道株式会社名古屋線に納入したバーニヤノッチ制御装置の実績の上に積みあげられたものである⁽⁵⁾。

5.2 仕 様

形 式	VMC-HTB 20 A
制 御 方 式	総括制御自動加減速バーニヤノッチ式、磁気増幅器制御電動機操作カム軸式
ブレーキ方式	磁気増幅器制御電空併用ブレーキ式
架 線 電 圧	直流 1,500 V または 直流 600 V
制 御 容 量	主電動機 340 V 145 kW × 8 台 主電動機 270 V 115 kW × 4 台
制 御 段 数	電動 (主幹制御器操作)

全界磁直列.....29 段	} 合計 56 段
〃 並列.....18 段	
弱 界 磁..... 9 段	
発電ブレーキ (制動弁操作)	
全界磁並列.....46 段	

主回路方式

電動機組合せ

電 動..... 4 個の主電動機を 2 個永久直列の 2 群に分けて直並列制御

発電ブレーキ..... 4 個の主電動機を 2 個永久直列の 2 群に分けて並列接続

弱 界 磁.....誘導分路式

主回路遮断

事 故 時 限流遮断 1 段

常 時 { 限流遮断 2 段...電動直列および発電ブレーキ
限流遮断 3 段...電動並列

制 御 電 源 交流 100 V ・ 3 相 ・ 60 c/s

直流 100 V

制御空気圧 5 kg/cm²

5.3 VMC-HTB 20 A 形制御装置の特長

VMC-HTB 20 A 形制御装置の主回路つなぎおよび動作順序表を第 12 図に、電動ノッチ曲線、および発電ブレーキノッチ曲線を第 13, 14 図に示す。そのおもな特長は次のとおりである。

(1) 直並列バーニヤノッチ制御

起動時、主電動機の直並列制御を行なって電力消費量の節約と変電所せん頭負荷の低減をはかっている。従来の直並列バーニヤノッチ制御では 2 群のバーニヤノッチ制御用抵抗器を必要としたが、この装置では第 12 図の主回路つなぎに示すようにただ 1 群のバーニヤノッチ制御用抵抗器を使用して主電動機の直並列制御を行なうので、構造および回路が一層簡単になるとともに接触器の数はノッチ数に比べて一段と減少している(特許申請中)。

起動および発電ブレーキ時の抵抗短絡にバーニヤノッチ制御を用いているので、少数のカム接触器で非常に多くのノッチが得られ、起動および発電ブレーキ電流の変化がきわめて小さく、ショックのない良好な乗心地が得られるとともに粘着不安定領域まで起動または制動電流を高めることができた。

(2) 空転再粘着装置

粘着限界一杯の加速または減速を行なうが、バーニアノッチ制御を採用しているためノッチ間のけん引力(またはブレーキ力)の変化が小さいので、大空転に至らないうちに空転継電器により車輪の空転・滑走を検出し、主電動機回路に直列に限流抵抗をそう入して再粘着させる。再粘着後は約 1 秒の時限をもって限流抵抗を短絡する。これは応動速度が早く、簡単で保護作用のすぐれた方式である(特許申請中)。

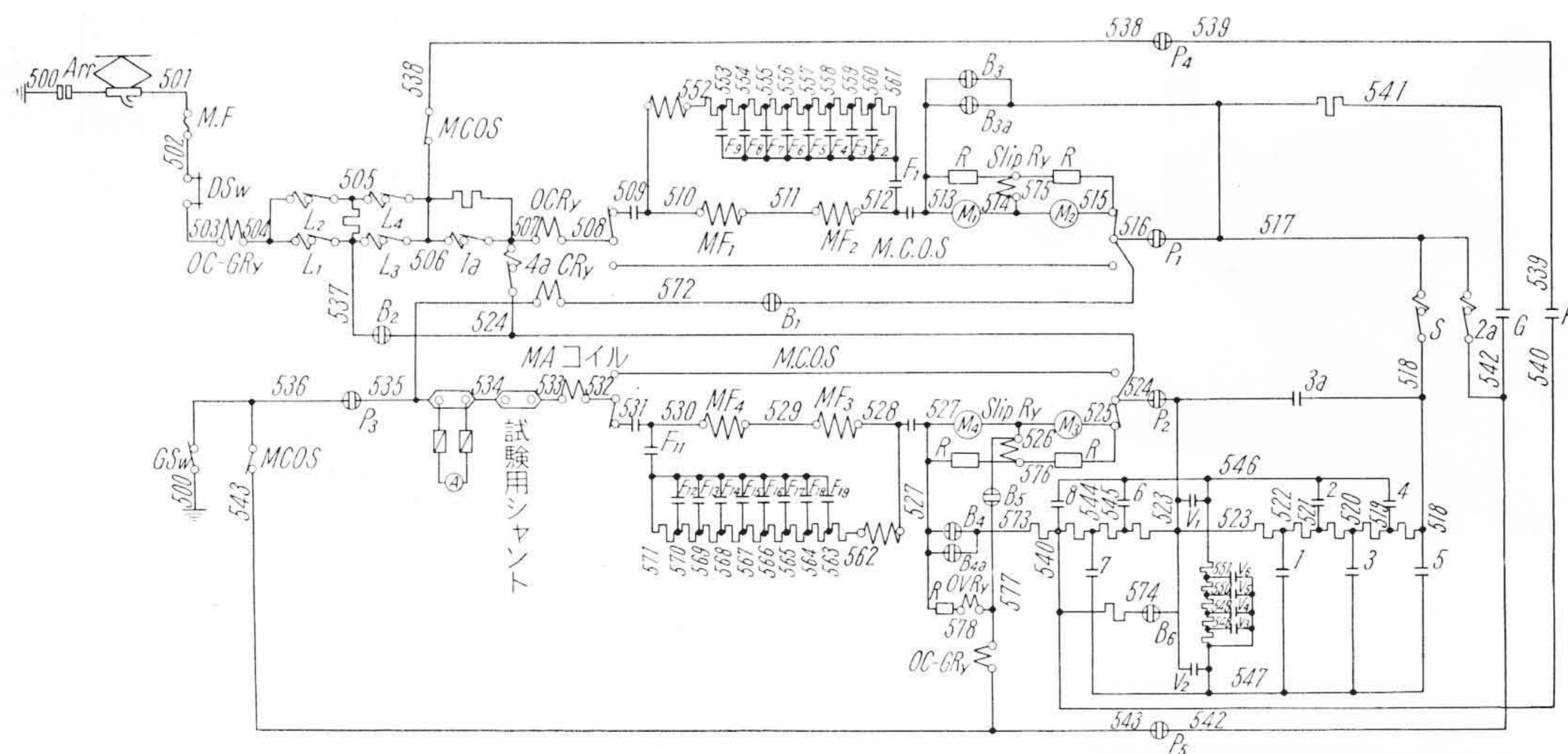
(3) 磁気増幅器による無接点式ノッチ進め装置の採用

ノッチ進めには主電動機電機子電流の大小に応じて増減する磁気増幅器の出力により、カム電動機の回転速度を自動制御する無接点ノッチ進め方式を用いているので、ノッチごとに動作する高ひん度の継電器がなくなり、さらにカム軸の主回路用カム接触器と制御回路用カム接点のシーケンスの調整の要がほとんどなく保守が非常に容易である。

以上の方式が相助け合って、粘着不安定領域の利用が可能になり、等車長の MT 編成で従来の MM 編成に匹敵する高加速度を得ることができる。

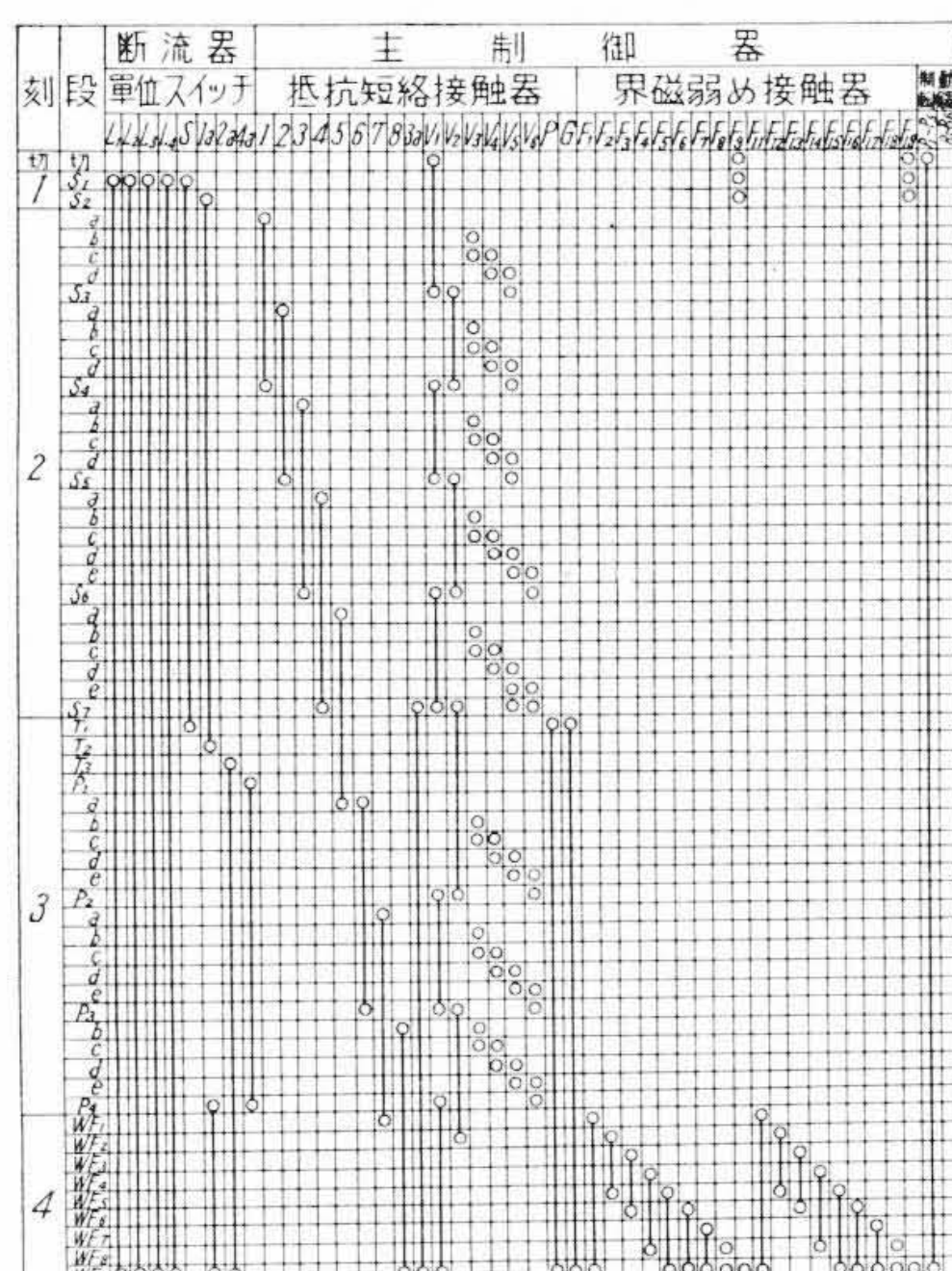
(4) 安全な発電ブレーキ回路

電空併用ブレーキは制動弁の単一操作で行ない、その切り替え

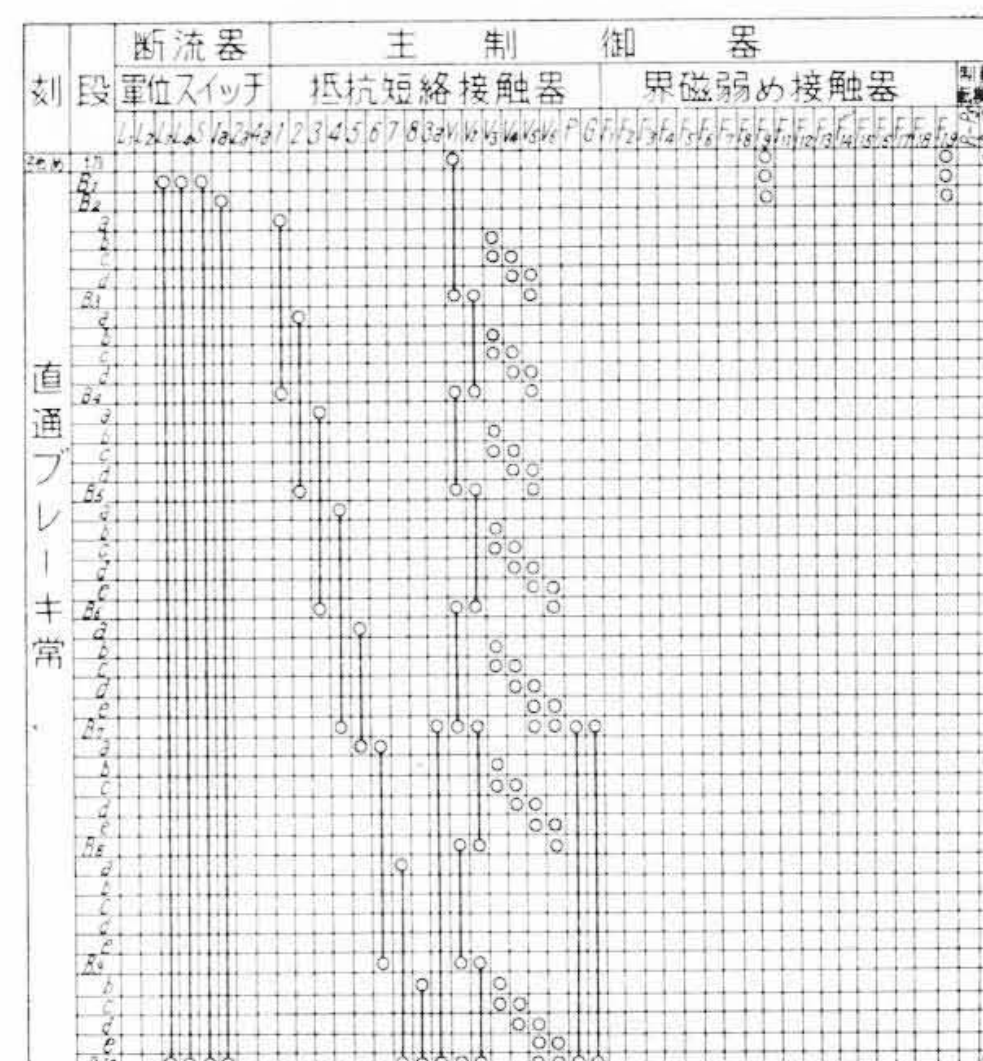


- | | | | | | |
|--------|-----------|----------------------------------|----------|-------|----------|
| M.F | 主可溶器 | CRy | 電流継電器 | MAコイル | 磁気増幅器コイル |
| D.Sw | 断路器 | MF ₁ ~MF ₄ | 主電動機界磁巻線 | G.Sw | 接地開閉器 |
| MCOS | 主電動機開放器 | ④~⑥ | 主電動機電機子 | Arr | 避雷器 |
| OC-GRy | 過電流・接地継電器 | Slip Ry | 空転継電機 | R | 抵抗器 |
| OCRy | 過電流継電器 | OVRy | 過電圧継電器 | ④ | 電流計 |

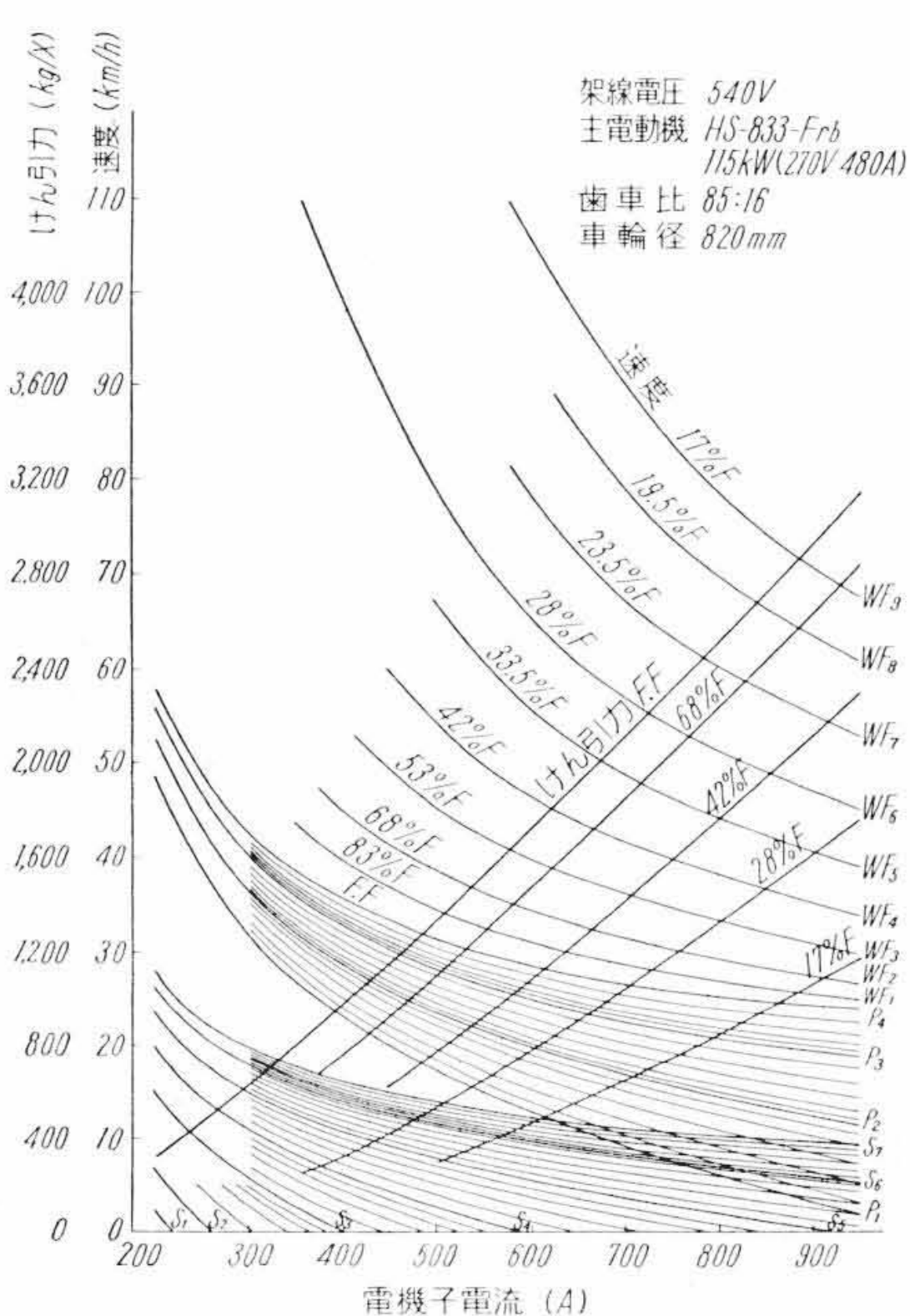
電 動



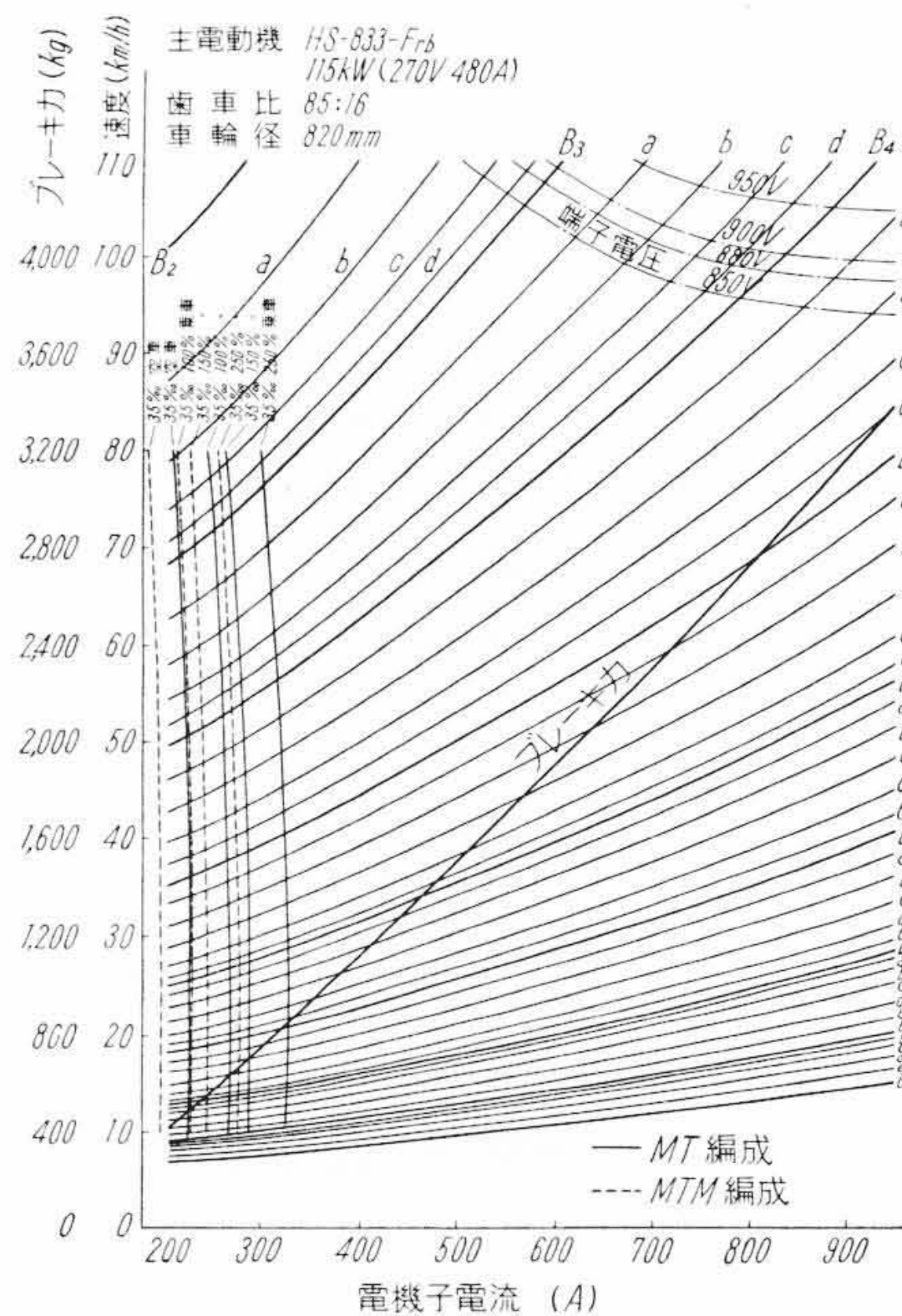
発電ブレーキ



第12図 VMC HTB 20A 制御装置主回路つなぎ



第13図 電動ノッチ曲線



第14図 発電ブレーキノッチ曲線

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 2 個の電機子の中点を過電流接地継電器の接地コイルにより接地し、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 2 個の電機子に誘起される 1,960 V に及ぶ電圧を 2 分割して主回路機器の大地に対する絶縁の安全を期している (特許 No. 251770)。

過電流接地継電器は過電流検出用の電流コイルと接地検出用の電圧コイルを持ち磁気回路、制御回路を共通にしたもので、電動時は過電流継電器、発電ブレーキ時は接地継電器として働く多目的継電器である (特許申請中)。

(5) 予備励磁の省略

従来から発電ブレーキ電流の立ち上がりについては種々検討を加えてきたが⁽²⁾、この電車に使用する主電動機の設計定数、回転数、飽和曲線の形を検討した結果、予備励磁が不要であると推定されたので予備励磁を省略した。予備励磁を省略しても円滑な発電ブレーキが行なわれる事は現車試験によって確かめられた。

(6) カム軸 1 回転制御

従来別個に設置され別々の操作機構により制御されていた抵抗短絡用カム接触器、主電動機組合せ用カム接触器、界磁弱め用カム接触器を 1 本のカム軸の上下に配列し、このカム軸を 1 台のカム電動機により 1 回転させることによって 1 制御を完了するので制御器の構造が非常に簡単になり、さらにノッチ追従速度が非常に迅速になった。これは

(a) ローラの直径を小さくし、応動角度が小さく十分な電流容量をもったカム接触器の完成

(b) 軽量で剛性が高く、角度誤差を従来の約半分に減少させた中空カム軸の採用

(c) GD^2 を極力小さくし、磁気増幅器より与えられる起動停止指令に速応できるカム電動機の開発によって可能になったものである。

また、この 1 回転制御により、バーニヤノッチ中の不要のノッチを省略することができ、すべてのノッチが有効ノッチとなっている。

(7) 可変荷重機構とまわり過ぎ保護

電動および発電ブレーキ時には荷重を検出して磁気増幅器のバイアス回路を調整して、乗客の多寡にかかわらず、ほぼ一定の加減速度を得ることができる。また最終ノッチに達すれば磁気増幅器のバイアスコイルの電源を開いて出力を零にするので、カム軸のまわり過ぎの危険はまったくない (特許申請中)。

(8) 橋絡渡り用接触器

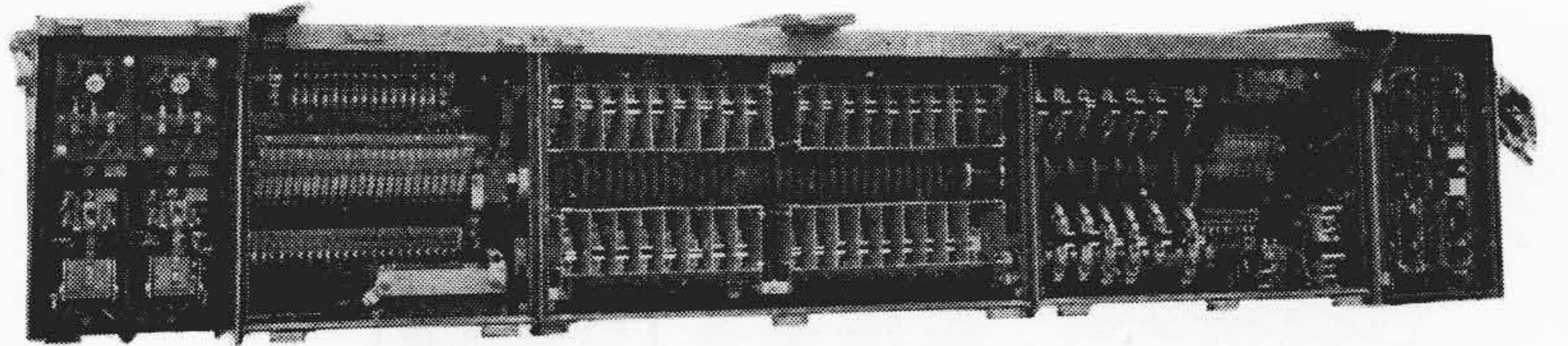
従来の橋絡渡りでは直列接続用接触器と橋絡渡り用接触器を別々に持っていたが、この制御方式では遮断性能のすぐれた電磁空気式単位スイッチ「S」1 個でこの両者の作用を兼ね行なわせるので、直並列渡りの作用が安全確実である。さらにこの単位スイッチ「S」は発電ブレーキ回路の断流器としても使用している。

(9) ヒューズフリーブレーカの使用

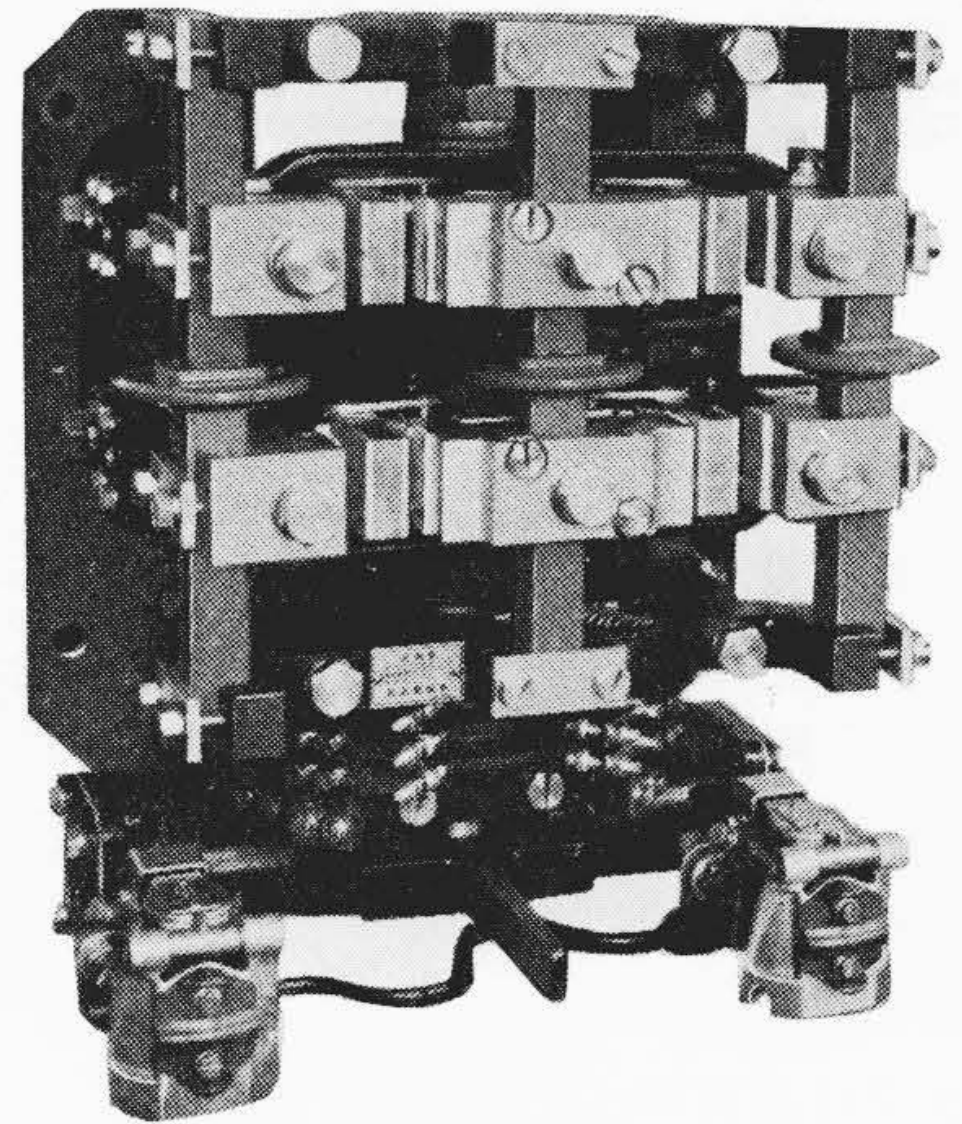
低圧配電盤にはすべて日立ヒューズフリーブレーカを使用しているので低圧回路を完全に保護することができる。また従来のヒューズ取り替えの手間がはぶけ、交流三相機器の単相運転の危険がまったくなくなった。

(10) 不燃構造の採用

この電車は上本町から難波まで地下乗入れをする予定であるので、特に不燃構造とすることに留意した。断流器箱の木わく、補助アーク流し、各機器の電線クリート、断流器箱、高圧ヒューズ



第 15 図 VMC HTB 20 A 形主制御器



第 16 図 RS CPBH 60 形逆転器

箱、接地スイッチ箱など従来木を使用していた個所はすべてガラス布入りポリエステル形造品、硬質塩化ビニール樹脂または鉄箱とした。

5.4 主要な制御機器

(1) 主制御器

(a) コンビネーション形制御器

VMC-HTB 20 A 形主制御器はカム軸、カム接触器、制動転換器、逆転器、主電動機開放器、継電器類、磁気増幅器、制御回路開放器、整流器、抵抗管など主要器具を 1 箱におさめたコンビネーション形で、重量、および取付スペースが格段に小さくなり車体配線も少なくなっている。第 15 図は主制御器の写真である。

(b) ノルマルクローズ形カム接触器

カム接触器はすべて軸受部分に特別な考慮をばらい、ローラの直径を非常に小さくして応動角度を小さくし、電流容量を十分とったノルマルクローズ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ので動作が確実に接触子の溶着の心配がない。

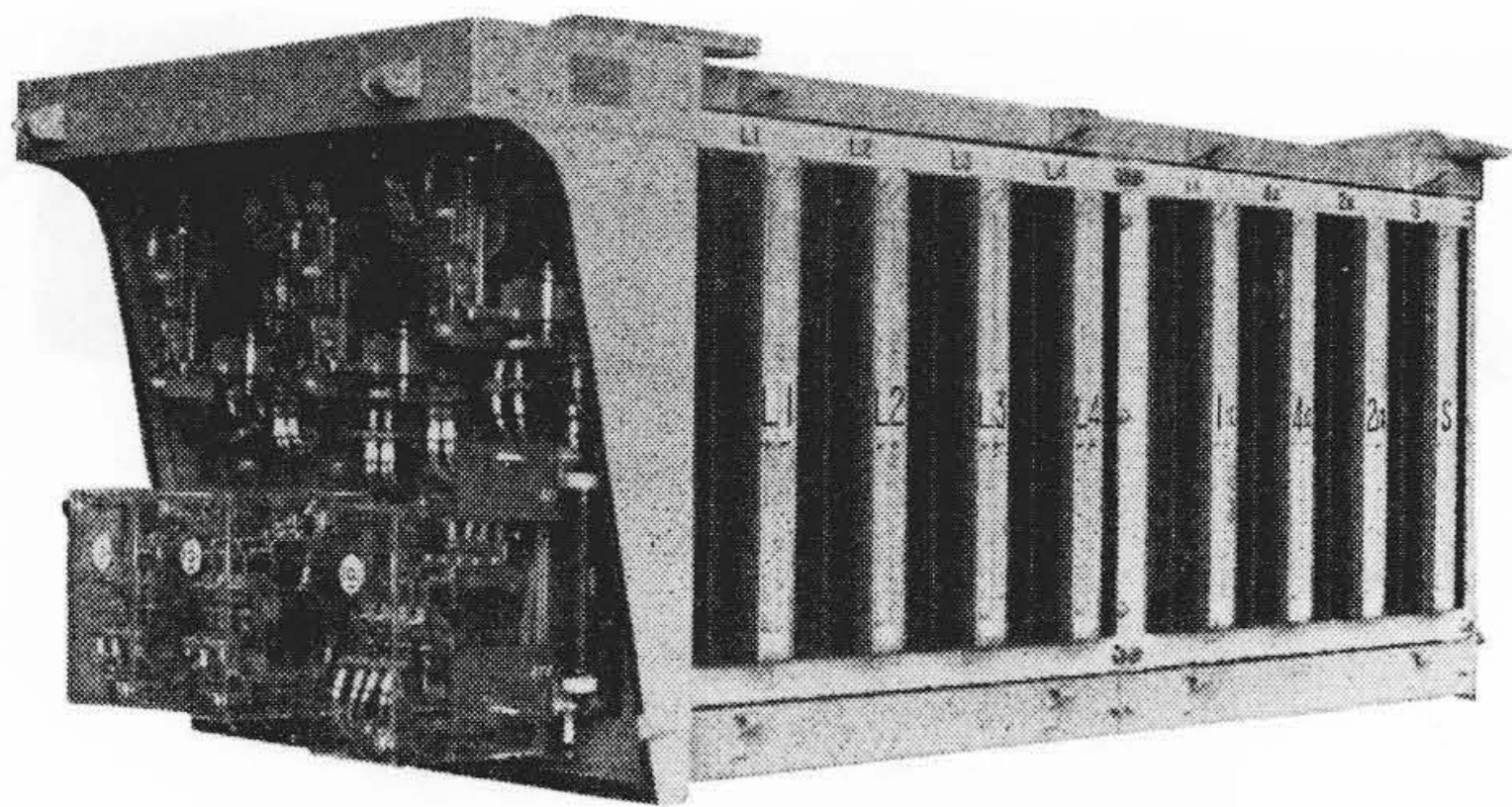
またカムはフェノール樹脂製のカムを使用しているのでカム接触器の合理的配列と相まって絶縁上安全である。

(c) 双極双投カム接触器式逆転器

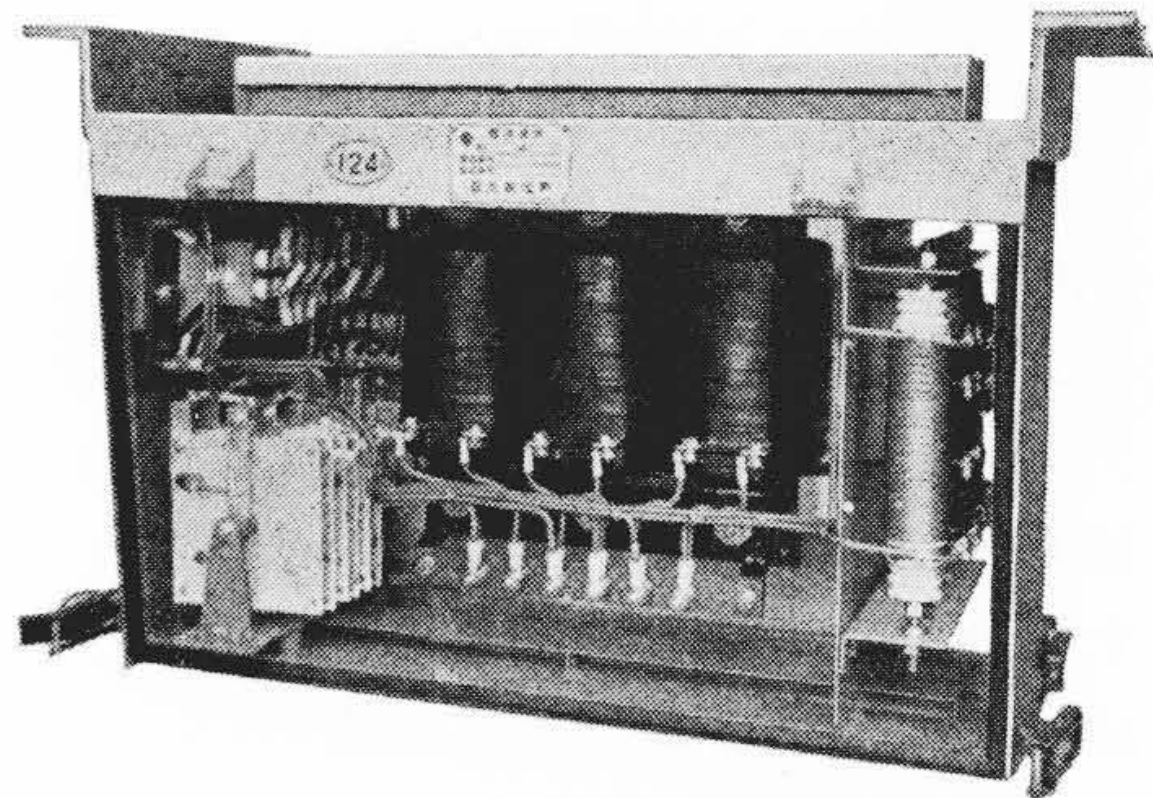
双極双投式の 1 組のカム接触器で主電動機 1 群の逆転操作を行なうので逆転器を小形にすることができた。また接触子は銀ばりとし、従来のフィンガ式に比べ電流容量を格段に大きくすることができるので、フィンガ式では制御できなかった大容量の主電動機を制御することができた (特許申請中)。第 16 図はこの逆転器である。

(d) カム接触器式制御回路補助接点

ローラに外径 8 mm のシールド付きボールベアリングを使用し、接点は双子形の銀接点とし、全体としては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、動作が確実に接触不良のない信頼度の高い接点を得ることができた。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いる。



第 17 図 URB PH-60-8 形断流器



第 18 図 RE SIR 15 形整流装置

(2) 断 流 器

(a) 内 蔵 機 器

URB-PH-60-8 形断流器は単位スイッチ、保護継電器類、抵抗管などを納め主制御器とあわせてほとんどの制御機器を収納している。

(b) 斬新な構成

この断流器は最新の日立製作所の電車用断流器箱の標準としている。

(i) 箱に取り付けたガラスポリエステル形造品と単位スイッチのアーカシュートのまわりに取り付けたゴムブロックによる密閉構造。

(ii) ジルコン磁器を用いた単位スイッチアーカシュートの長寿命化。

(iii) 木わくを廃しガラスポリエステル積層板で組み立てた補助アーカ流し。

(iv) 調整を簡単にできるようにして防じん構造とした単位スイッチ補助接点のブロック化。

を採用している⁽⁶⁾。第 17 図に断流器箱を示す。

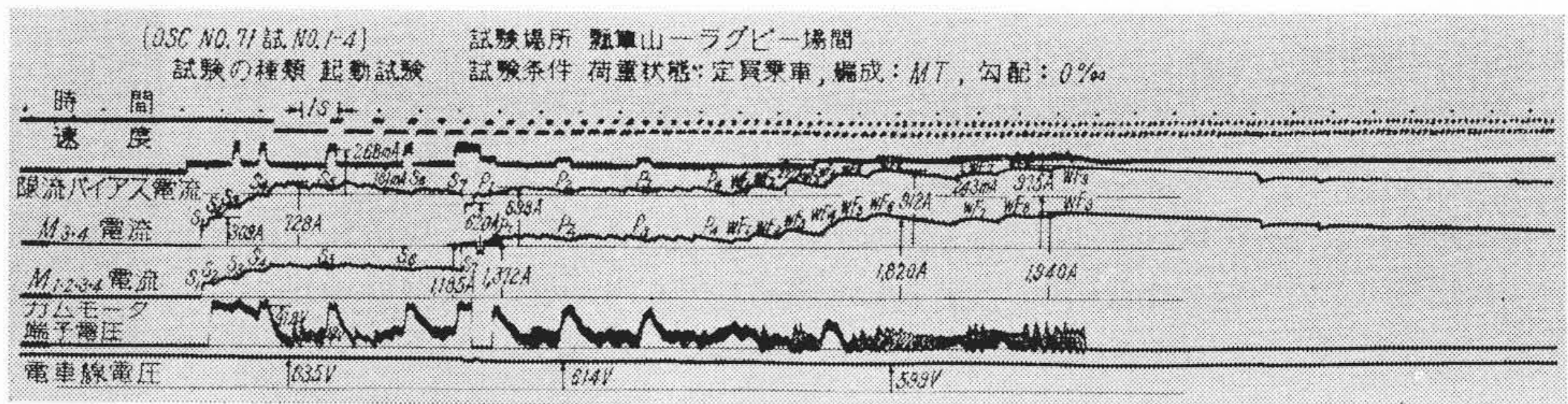
(3) 低圧電源および整流装置

電動発電機の出力は交流 100V 三相 60 c/s 6 kVA 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。直流低圧電源はこの交流を変圧器により降圧し全波整流して得られる 100 V (1.5 kW) を用い、20 AH、72 セルのアルカリ蓄電池を浮動充電して使用している。整流器には日立 DS 13 G 形シリコン整流器を用いているので機器を非常に小形にすることができた (第 18 図)。

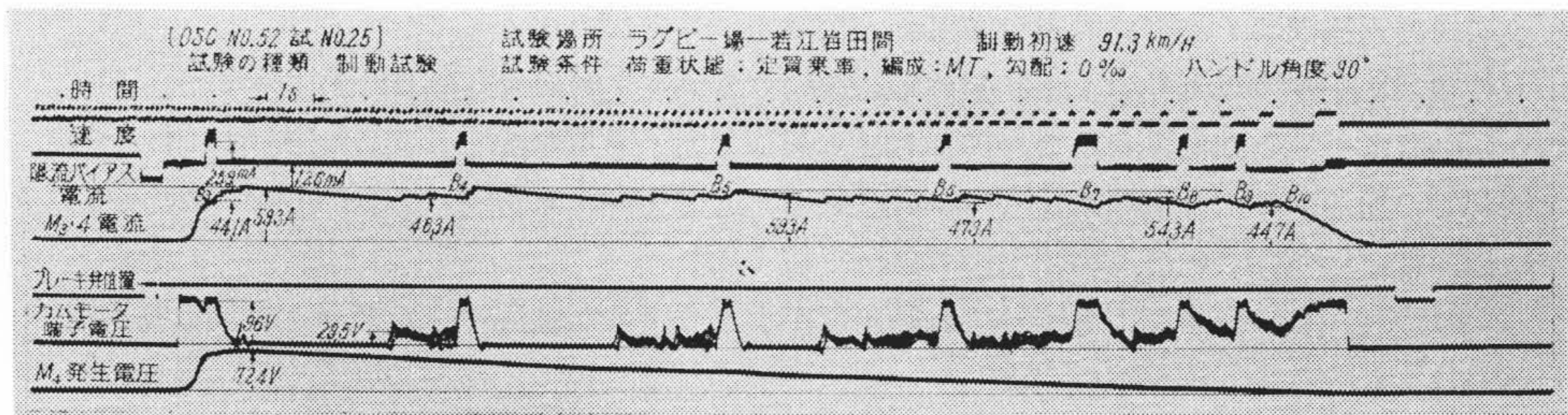
6. 現車試験結果

昭和 37 年 2 月 6 日より 9 日まで MT 編成 (902 号車—951 号車) で近畿日本鉄道株式会社奈良線八戸の里—瓢箪山間の平坦線で現車試験を行ない電動および発電ブレーキの性能を確認した。電動および発電ブレーキの代表的オシログラムを第 19 図および第 20 図に示す。

このオシログラムよりわかるように起動は円滑で、超多段であるため全然衝動もなく、カム軸 1 回転で制御が終わるので制御は早く、直並列渡り時の中だるみも見られず、弱界磁のノッチ進めも正確であった。さらに回路遮断時の衝動を緩和するための限流遮断の段数



第 19 図 起 動 試 験 オ シ ロ グ ラ ム



第 20 図 発 電 プ レ ー キ 試 験 オ シ ロ グ ラ ム

はあまり多段にする必要はなく、2~3 段程度で十分確実であることが確認された。発電ブレーキは予備励磁を省略したにもかかわらずブレーキ電流は円滑迅速に立ち上がり、HSC-D 形空気ブレーキとの自動的な切り替えも予定どおり円滑で、電流は規則正しい変化を示しながら減速し停車している。

7. 結 言

大都市近郊の通勤輸送の現状を改善するために増備される高性能経済車のありかたについて、いろいろ検討の末製造された近畿日本鉄道株式会社 900 形電車の電動機、駆動装置、制御装置電動発電機の概要を述べた。

車両建造費の節減と保守費低減のために MT 編成を基本とし、1 車当たりの輸送力を増すために広領域電動機とバーニヤノッチ制御装置を使用した。

このような電動機と制御装置を用いると電力消費量の低減と変電所負荷の軽減も可能である。さらに 1 種類の車を区間、急行両用に使えるから車両の運用効率を高めることができる。

この電車の電気品の製作には近畿日本鉄道株式会社関係各位のご指導に負うところがはなはだ多く、ここに厚くお礼申しあげる。

参 考 文 献

- (1) 立川, 有井, 白土: 日立評論 別 40, 77 (昭 36-4)
- (2) 川野, 立川, 今泉: 日立評論 42, 991 (昭 35-9)
- (3) 高井, 斎田, 保延, 高西: 日立評論 42, 888 (昭 35-8)
- (4) 神谷, 山崎, 一木: 日立評論 別 40, 93 (昭 36-4)
- (5) 古山, 今泉, 山田: 日立評論 別 40, 83 (昭 36-4)
- (6) 今泉, 山田: 日立評論 44, 1211 (昭 37-8)