

交流および交直両用電車用電気品

Electric Equipment for A. C. and A. C.-D. C. Dual System Coaches

河井 貞治*
Sadaharu Kawai

東条 準之助*
Junnosuke Tōjō

川上 直衛*
Naoe Kawakami

伊沢 省二**
Syōji Izawa

織田 信昭**
Nobuaki Otazawa

内 容 梗 概

交流電化の進展につれて経済的な交流電車ならびに交直両用電車の開発が要望されてきた。日立製作所では前者に対して交流整流子電動機式および単相誘導電動機式、後者に対して水銀整流器式およびシリコン整流器式電車の試作に成功したが、今回さらに特色のある交直両用電車として、世界に例のない直接式「493系電車」ならびにわが国最初の量産標準形シリコン整流器式「401系電車」用電気品を完成し、いずれも好成績を納めた。これら各種様式の電車はわが国鉄道の特殊事情に大きく左右されるが、それぞれ適した分野でその特長を発揮し、発展して行くものと考えられる。

電気品としては主電動機、主変圧器、整流器をはじめ各種制御保護装置、補助回転機など多種多様の機器があるが、いずれも高性能で信頼度が高く、電車全体として協調のとれたものとし、また車両用として要望される小形軽量化と保守の簡易化に十分な考慮が払われている。

本文では、各種交流および交直両用電車の問題点につき概観したのち、今回完成した473系および401系電車用電気品の特長、構造につき紹介している。

1. 結 言

昭和30年7月にわが国最初の交流電気機関車 ED441 が完成して以来、商用周波による交流電化の進展につれていろいろな様式の交流ならびに交直両用電車が試作、試験されてきた結果^{(1)~(4)}、電気機関車についてはすぐれた起動性能と機種統一による運用上の利点から整流器式が標準形式となり、位相制御を活用するものには水銀整流器式、そのほかにはシリコン整流器式がそれぞれの特長を生かして採用されるようになってきた⁽⁵⁾。

一方わが国においては鉄道近代化の一環として旅客列車の電車化が強力に推進されており、また大都市周辺の直流1,500Vによる既設電化区間との相互乗入れを必要とする区間が多いことなどから、交流電化を推進してゆく上に経済的な交流ならびに交直両用電車が強く要望されている。

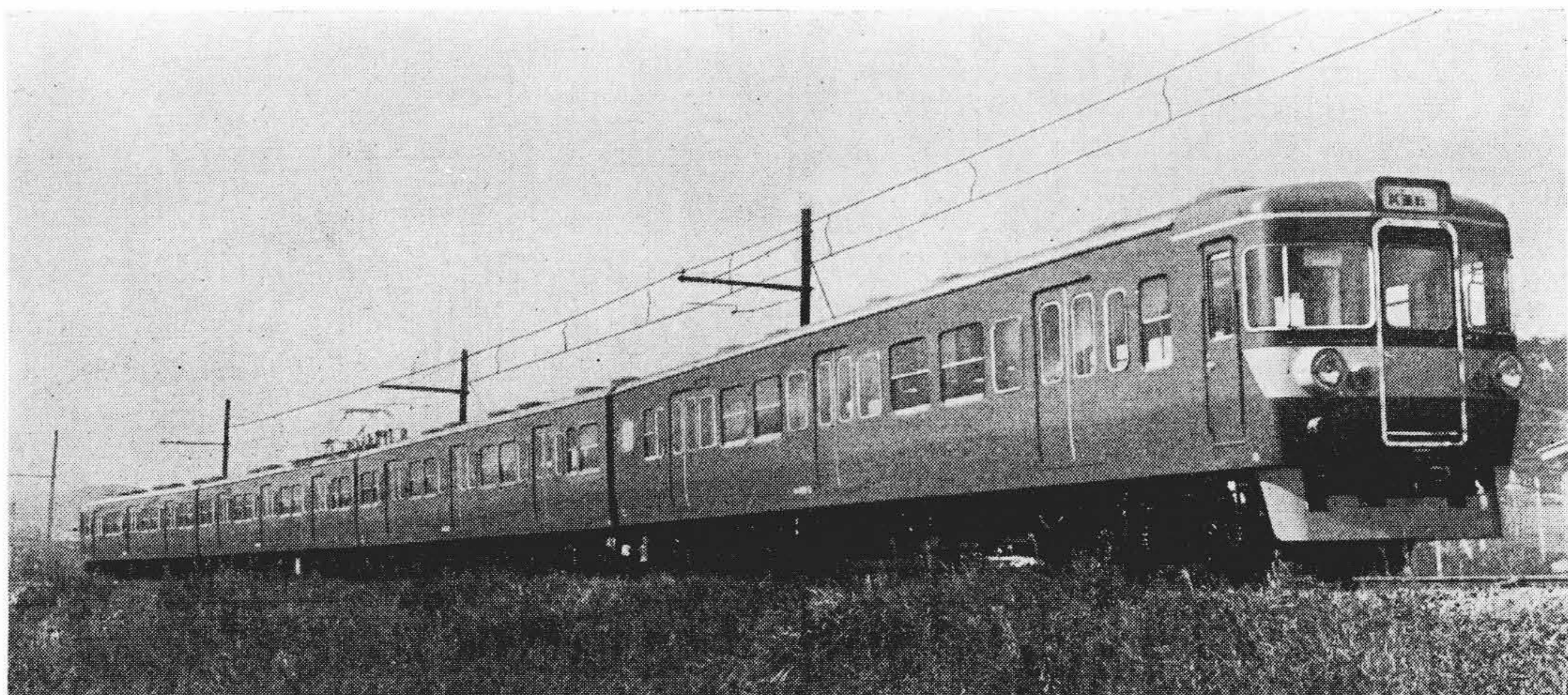
このため日立製作所においては昭和31年より50/60Hz交流整流子電動機式電車用電気品の試作に着手し⁽⁶⁾、引続き交直両用電車としてクヤ490水銀整流器式電車を33年2月に完成、国鉄仙山線における実車試験において好成績を納め、簡単確実な交直切換方式の開発

に成功した⁽⁷⁾。同年9月シリコン整流器の出現によりこの整流器をシリコン整流器におきかえて各種試験を行い⁽⁸⁾、さらに34年5月これを日立製作所製シリコン整流素子を使用した国産最初の車両用シリコン整流器におきかえてその実用化に成功した⁽⁹⁾。

交流整流子電動機は前記150kW 50/60Hz電動機に続いて34年1月北九州向試作クモヤ791交流電車用110kW 60Hz、35年3月新幹線用170kW 50/60Hz試作機を完成、日立製作所独特の新方式の採用により構造、保守を著しく簡単化することに成功した。

また経済的な簡易交流電車として単相誘導電動機と液体変速機を組合わせた新方式の電車(クモヤ790-1)を開発し、昭和34年2月に電気品一式を日本国有鉄道へ納入、仙山線における実用化試験にも成功し、経済的な電化可能線区を飛躍的に拡大しうる見通しを得た⁽¹⁰⁾。

交直両用電車の様式としてはその性格上シリコン整流器式が最も適しているが、交流整流子電動機が直流電動機として運転できることに着目し、整流器式との比較ならびに可撓すり掛け式主電動機など各種新方式の試作、試験を目的として世界に例のない直接式交直両用電車(493系)用電気品一式を製作完成し、昭和35年8月日本国



第1図 401系交直両用電車外観

* 日立製作所日立工場

** 日立製作所水戸工場

第1表 実用的な交流および交直両用電車の分類ならびに日立製作所における製作例

電気車様式	電気機関車		電 車		備 考
	AC	AC/DC	A C	AC/DC	
直 接 形	交流整流子電動機式	ED 441 (仙山線)	150 kW 電動機および電気品 (社内) 110 kW 電動機 (北九州) 170 kW 電動機 (新幹線)	493系 (50〜また は60〜幹線 用)	1. * ₁ 整流器をおき かえたもの 2. * ₂ 製作中 3. 421系は車体、台 車 401 系および電 気機関車は電気品 車体、台車とも、そ 他の電車は電気 品のみ日立製
	単相誘導電動機式		クモヤ790-1 (仙山線)		
変 換 形 (整流器式)	水 銀 整流器式	ED4521 (仙山線) ED71形 (東北本線)	ED 461 (常磐線)	クヤ490-11 (仙山線)	4. 新幹線以外は A. C. 商用周波 1φ 20 kV D. C. 1,500 V
	シリコン 整流器式	ED4521* ₁ (仙山線) EF70形* ₂ (北陸線)	EF30形* ₂ (関門トン ネル)	計画中 (新幹線)	

注：1. 特殊用途には3相交流機関車を多数製作している⁽¹⁾⁽²⁾が上表は単相に限定した。
2. 変換形には上記ほかの電動発電機式および相数変換機式機関車があるがわが国では実用性がないので省略した。

有鉄道へ納入した。この電車は国鉄盛岡工場で装束され、近く常磐線(50〜/D. C.)および北九州(60〜/D. C.)において走行試験が行われることになっている。

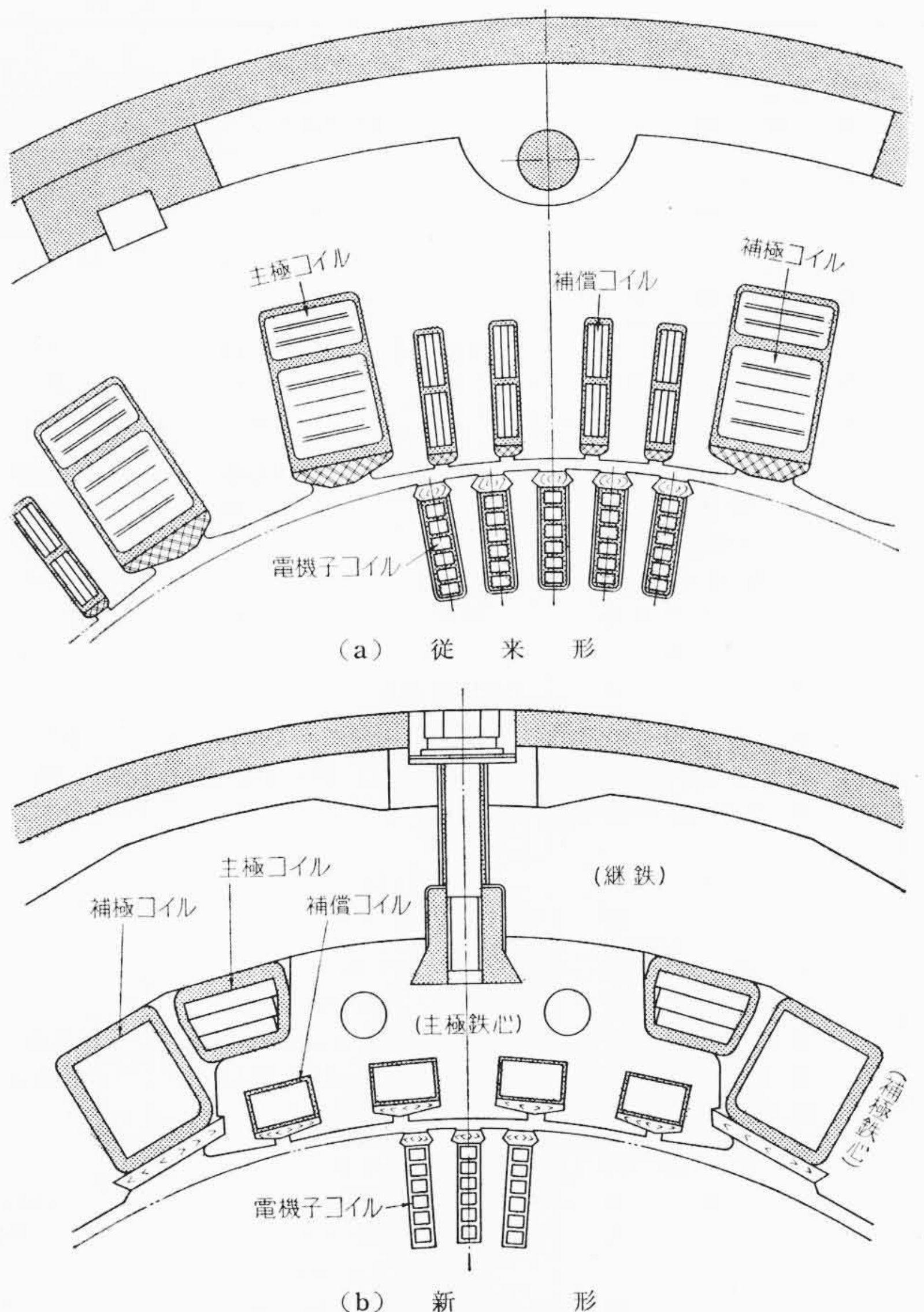
日本国有鉄道における標準形式の交直両用電車としては上記3箇年にわたる試作、試験の結果、シリコン整流器式の採用が決定され、昭和35年7月、常磐線用401系電車を完成して日本国有鉄道へ納入した。この電車は東北本線ならびに常磐線における各種性能試験ならびに長期運転試験においても好成績を納め、昭和35年末より営業運転中であり、引続き量産中である。第1図に401系電車の外観を示す。

上述した各種電気車は様式別に第1表のように分類することができる⁽¹⁾⁽¹¹⁾。この表に示すように、日立製作所では実用性のあるあらゆる様式の電気車を開発してきたことになる。第2表に第1表各項の電車仕様の一覧表を示した。以下これらの電車用電気品について主要機器とその問題点を取りあげて概説したのち、今回完成をみた493系および401系電車用電気品の概要について述べる。なお主変圧器については別項に詳述しているので⁽¹³⁾ここには記載しない。

2. 直接式電車とその問題点

2.1 交流整流子電動機式電車

架線より供給される商用周波の交流を主変圧器で降圧し、そのまま主電動機に給電する方式で、主電動機の問題さえ解決すればきわめて簡単で経済的な方式といえる⁽¹⁾。商用周波の交流整流子電動機は交番磁束による変圧器起電力に決定的に支配され、200V級の低圧電動機となるが、電車用の場合は粘着の問題がないので4台あるいは8台の直列接続が適当で、高速性能がきわめて良く、誘導障害が少ないなどの特長があり、電気機関車に比較し負荷の変動が少な



第2図 交流整流子電動機の固定子構造の比較

く高加速のできる電車、特に加速電流をおさえ、高速力行を活用する長距離高速電車に適している。

しかし電車用の場合は主電動機の数が多くなるため、ブラシおよび整流子の摩耗、損傷が少なく、保守の容易なこと、構造が簡単、がんじょうで製作費の安いこと、騒音の少ないこと、小形軽量なことなどが特に重要な問題となる。日立製作所では第3表に示すように多数の製作実績と試作研究の結果、これらの点を飛躍的に改善することに成功した。具体例を示すと

(1) 第2図(a)に示すように、従来の固定子は一体の積層鉄心に設けた補極溝に主極および補極巻線を納めるため複雑な構造となることは避けられなかったが、同図(b)に示すように主極鉄心を積層継鉄にボルトじめする新方式の採用により単独に完成した各巻線を組立てた直流主電動機と同様の簡単がんじょうな構造とした(第3表 No.6〜11)。

(2) 6極、自己通風としてブラシ回転装置を不要とした(同No.6, 10, 11)。

またがんじょうで特性のよいず巻ばね式ブラシ保持器を使用

第3表 日立製作所における単相整流子電動機の製作実績 (製作順)

No.	台数	仕 様 (1時間定格)	極数	用 途	製造年	形 番 号	備 考
1	2	300kW 1φ 50〜220V 1,900A 1,250rpm	16	直接式機関車 ED441	1955年	HS-776-Ar	日本最初の1φ Com.H. 仙山線にて運転中
2	1	225kW 1φ 50〜240V 1,230A 1,500rpm	14	研 究 用	1955	HS-770-Ar	大容量試験機
3	2	300kW 1φ 50〜220V 1,900A 1,250rpm	16	ED 441 用	1957	HS-776-Br	仙山線にて運転中
4	4	150kW 1φ 50/60〜210/215V 980A 2,000rpm	8	試 作 交 流 電 車 用	1958	HS-740-Arb	自己通風 最初の60〜機
5	1	30kW 1φ 50/60〜145/150V 320A 2,200rpm	4	研 究 用	1959	HS-724-Arb	自己通風 整流温度測定装置付
6	2	110kW 1φ 60〜200V 780A 2,280rpm	6	クモヤ791 交流電車用	1959	HS-741-Arb	自己通風
7	1	300kW 1φ 50〜220V 1,900A 1,250rpm	16	ED 441 用	1959	HS-776-Br	No.3 の予備品
8	4	145/150kW 1φ 50/60〜/DC 210/215/187.5V 910A 2,200/2,400rpm	8	493系 交直両用電車用	1960	HS-740-Brb	最初の交直両用機
9	4	145/150kW 1φ 50/60〜/DC 195/197/187.5V 910A 2,400/2,620rpm	8	493系 交直両用電車用	1960	HS-741-Brb	自己通風
10	2	170kW 1φ 50/60〜195/205V 1,080A 2,300rpm	6	新 幹 線 用 試 作	1960	HS-740-Crb	2重巻自己通風
11	2	170kW 1φ 50/60〜195/205V 1,800A 2,300rpm	6	研 究 用	1960	HS-740-Crb	"

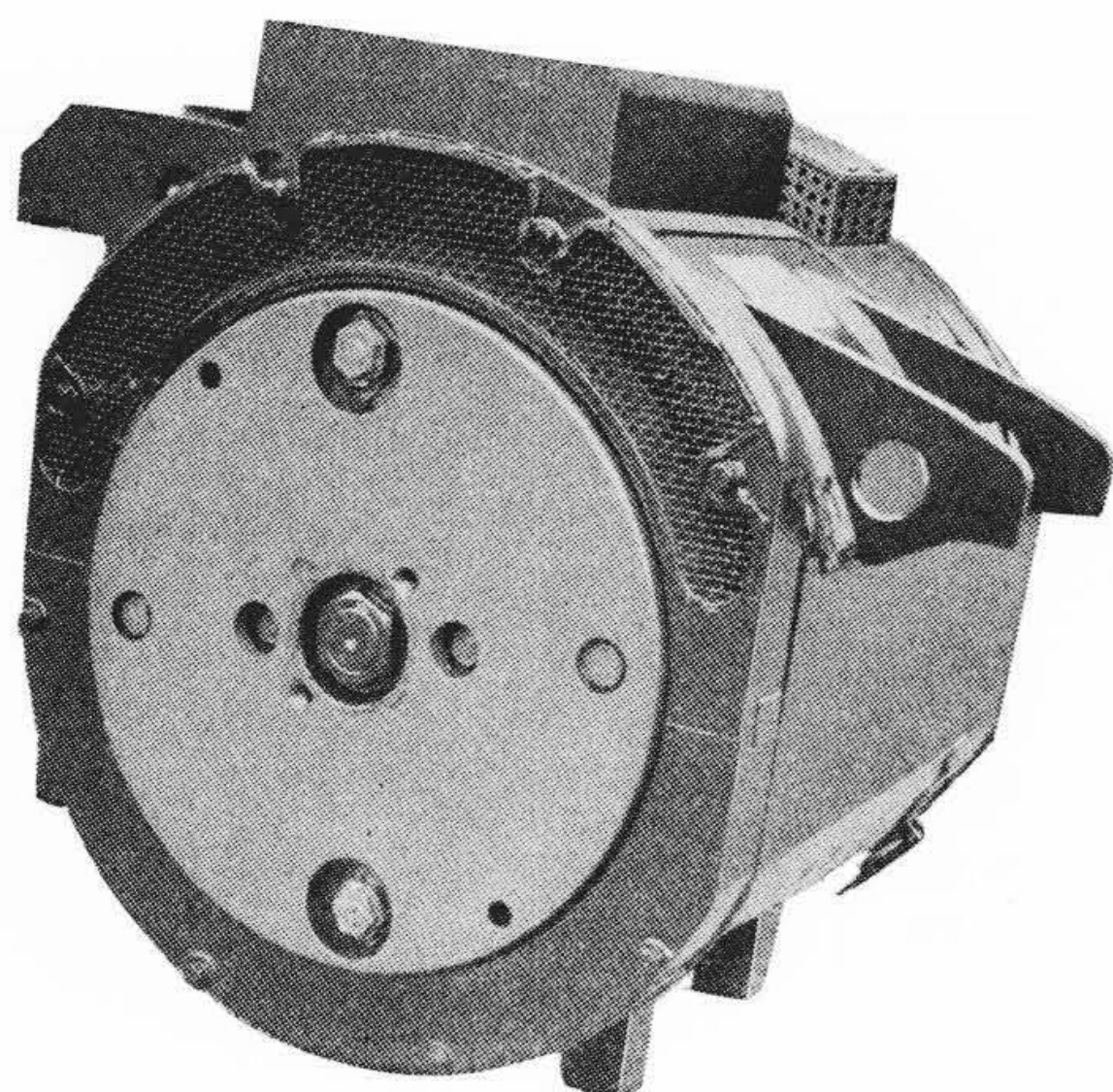
第2表 交流および交直両

電車形式		クヤ490+クモヤ490		クヤ490+クモヤ490		クモヤ791	クモヤ790
要 目							
電車様式		水銀整流器式		シリコン整流器式		交流整流子電動機式	単相誘導電動機式
製 造 年 使 用 線 区		昭和33年 仙 山 線		昭和34年改造 仙 山 線		昭和34年 鹿児島本線	昭和34年 仙 山 線
電 気 方 式 編 成 単 位		1φ 50～ 20 kV/D.C. 1,500V T _{DC} M _C		1φ 50～ 20 kV/D.C. 1,500V T _{DC} M _C		1φ 60～ 20 kV M _{DC} T _C (M _{DC})	1φ 50～ 20 kV M _{DC}
空 車 重 量 定 員		クヤ490-11 36 t 96人	クモヤ490-12 45 t 136人	クヤ490-11 36 t 96人	クモヤ490-12 45 t 136人	クモヤ 791-1 45.2 t 108人	クモヤ 790-1 37 t 104人
車体主要寸法	連結面間長さ	16,562	20,000	16,562	20,000	20,000	17,000
	車 体 幅	2,670	2,870	2,670	2,870	2,940	2,870
	パンタ折畳み高さ	4,037	—	4,037	—	4,140	4,090
	車体屋根高さ	3,442	3,725	3,442	3,725	3,580	3,500
	台車中心間距離	10,970	13,600	10,970	13,600	13,600	11,000
	固定軸距	2,450	2,500	2,450	2,500	2,300	2,450
	備 考	クハ5901改造	モハ73034改造	クハ5901改造	モハ73034改造		モハ11250改造
台車・駆動装置	台 車 形 式	DT10	DT13	DT10	DT13	DT26	DT11H
	動 輪 径	860	910 (計算 870)	860	910 (計算 870)	910 (計算 870)	910 (計算 870)
	動力伝達装置	平歯車一段減速, つり掛式		平歯車一段減速, つり掛式		平歯車1段減速 中空軸式平行カルダン	傘歯車および平歯車二段減速
	歯 車 比	66 : 23 = 2.87 : 1		66 : 23 = 2.87 : 1		89 : 15 = 5.94 : 1	4.06 : 1
	軌 間	1,067		1,067		1,067	1,067
電車性能	定 格 時 間	1 時 間		1 時 間		1 時間	連 続
	定 格 出 力	568 kW		568 kW		440 kW	130 kW
	定 格 速 度	49.7/62.9 km/h (FF/60%F)		49.7/62.9 km/h (FF/60%F)		63 km/h	47 km/h
	定 格 引 張 力	4,070/3,220 kg (FF/60%F)		4,070/3,220 kg (FF/60%F)		2,440 kg	800 kg
	最 高 運 転 速 度	90 km/h		90 km/h		90 km/h	70 km/h
主 電 動 機	台 数/1 編 成	4 台		4 台		4 台	1 台
	形 番 式	XMT40 (HS-257-Ir) 閉鎖自己通風形 直流,直巻,補極付		XMT40 (HS-257-Ir) 閉鎖自己通風形 直流,直巻,補極付		HS-741-Arb 閉鎖自己通風形 交流,直巻,補極,補償巻線付	HS-1155-Arb 閉鎖自己通風形 かご形単相誘導電動機
	定 格	1 時間定格 142 kW 750 V, 210 A 870/1,100 rpm (FF/60%F)		1 時間定格 142 kW 750 V, 210 A 870/1,100 rpm (FF/60%F)		1 時間定格 110 kW 1φ 60～ 200 V 780 A 2,280 rpm	連続定格 130 kW 1φ 50～ 400 V 1,470 rpm 10 kW 起動電動機付
	極 数	4		4		6	4
	形 式	ISFO-2 GT 風冷エクサイترون 単相センタタップ結線		F-4B 風冷シリコン整流器 単相ブリッジ結線			液体変速機 形式SC-1.1形
整 流 器	結 線 方 式	620 kW 1,500 V 413 A		575 kW 1,350 V, 426 A			最大トルク比 約 3
	連 続 定 格	Y F 形タンク 2 タンク		SNS 13 D 16S×5P×4A			最大効率 約85%
主 変 圧 器	形 番 式	—		—		—	—
	連 続 定 格 容 量	床下吊下形, 不燃性油入 密封形送油風冷式 ラジアルコアタイプ 426/556/23/5/4 kVA		床下吊下形, 不燃性油入 密封形送油風冷式 ラジアルコアタイプ 450/440/10 kVA		床下吊下形, 不燃性油入 密封形送油風冷式 内 鉄 形 600/540/60 kVA	床下吊下形, 不燃性油入 密封形送油風冷式 ラジアルコアタイプ 200/198/2 kVA
	1 次 電 圧 2 次/3 次/4 次電圧	1φ 50～ 20 kV 1,820×2/1,515/206/69V		1φ 50～ 20 kV 1964/204V		1φ 60～ 20 kV 840*/210 V	1φ 50～ 20 kV 420/105V
平 リ ア ク ト 滑 ル	台 数/1 編 成	1 台		1 台			
	形 番 式	—		—			
	連 続 定 格	224 A		224 A			
	インダクタンス	12 mH(426 A にて)		12 mH(426 A にて)			
交 直 切 替 方 式		一斉隋行, 順次力行		一斉隋行, 順次力行			
制 御 方 式		直並列, 抵抗制御および界磁制御		直並列, 抵抗制御および界磁制御		二次側切替電圧制御	作動油の注入, 排出による 全自動式
制 御 装 置		電動機式, 電磁式, カム式 電磁空気式, 自動間接制御		電動機式, 電磁式, カム式 電磁空気式, 自動間接制御		電動機式, 電磁式, カム式 電磁空気式, 自動間接制御	電 磁 式
ハ ッ チ 数		力行 直 7, 並 5, 弱 1		力行 直 7, 並 5, 弱 1		力行 13, ブレーキ 11	
制 御 回 路 電 圧		D.C. 100V		D.C. 100V		D.C. 100V	D.C. 100V
補 機 回 路 電 圧		D.C. 1,500V および 1φ 50～ 200V		D.C. 1,500V および 1φ 50～ 200V		1φ 60～ 210V	1φ 50～ 400V
灯 回 路 電 圧		D.C. 100V		D.C. 100V		1φ 60～ 110V	1φ 50～ 100V
ブ レ ー キ 方 式		空気ブレーキおよび 手ブレーキ		空気ブレーキおよび 手ブレーキ		発電ブレーキ併用電磁直通 ブレーキおよび手ブレーキ	回生ブレーキ, 空気ブレーキ および手ブレーキ

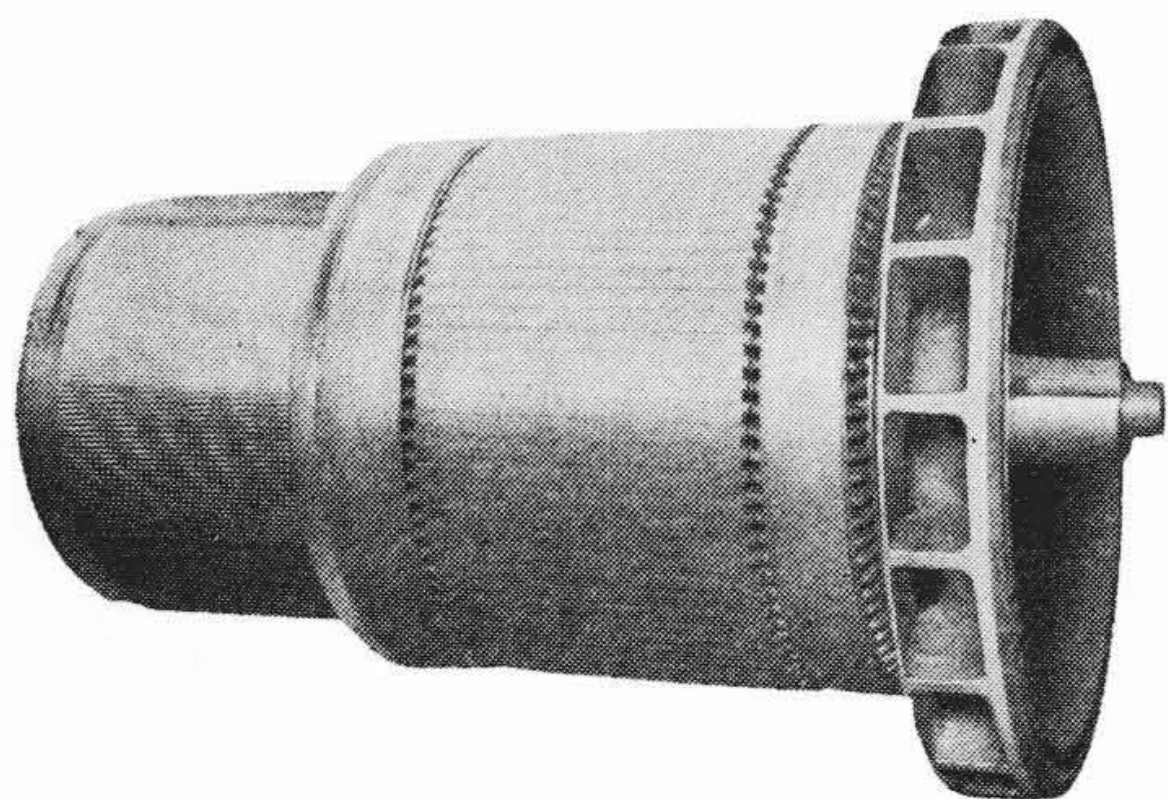
交 流 お よ び 交 直 兩 用 電 車 用 電 気 品

用 電 車 仕 様 一 覧 表

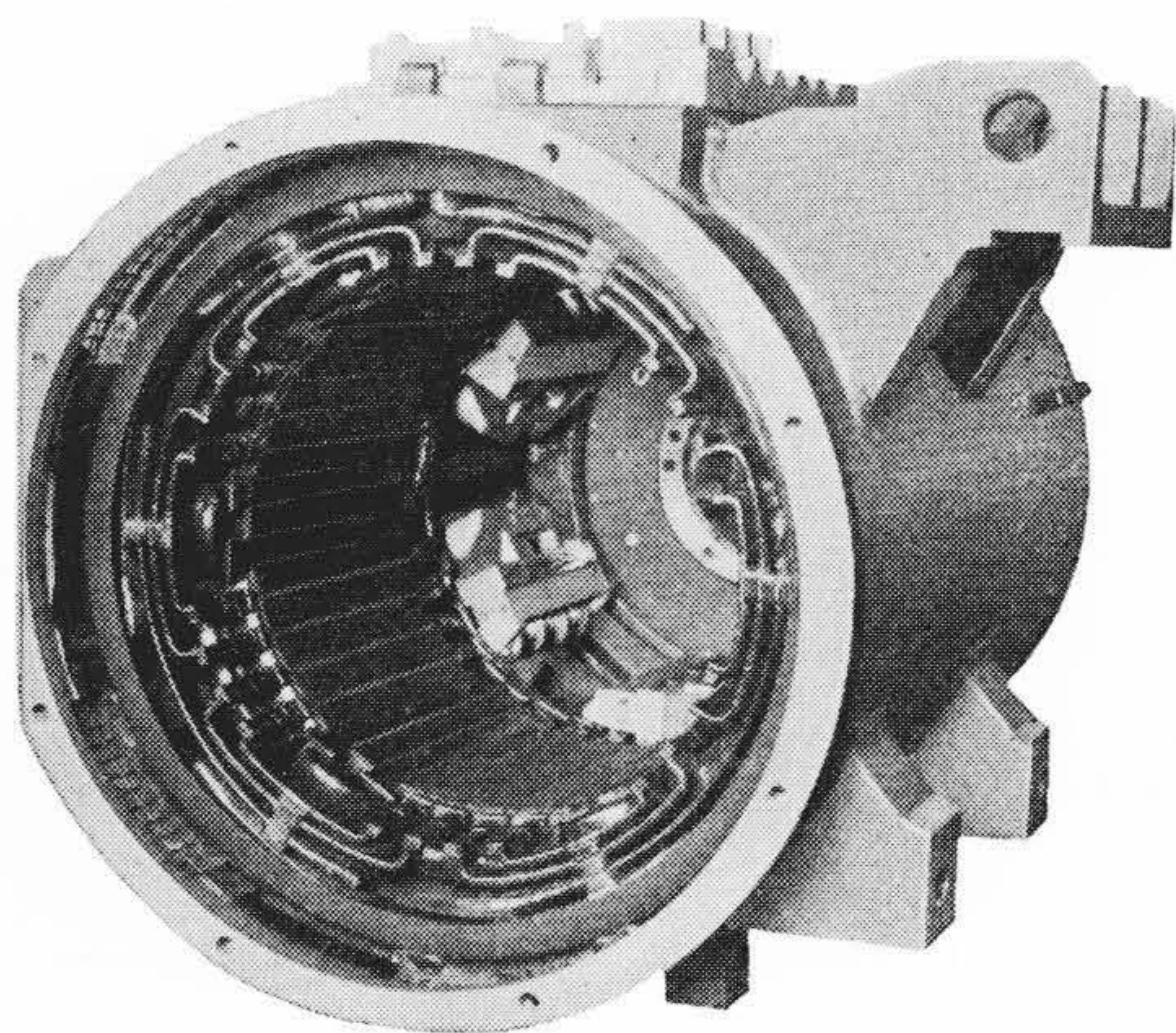
493 系		401 系			421 系			備 考
交流整流子電動機式		シリコン整流器式			シリコン整流器式			
昭和35年 常磐線または関門鹿児島本線		昭和35年～ 常 磐 線			昭和36年～ 関門，鹿児島本線			
1φ 50/60～ 20 kV/D.C. 1,500V TcM _D MT _C (M _D CMc)		1φ 50～ 20 kV/D.C. 1,500V TcM _D MT _C			1φ 60～ 20 kV/D.C. 1,500V TcM _D MT _C			() は試作車両
クモヤ 492-1 46.5 t 118人	クモヤ 493-1 41.5 t 118人	モハ 400 42 t 128人	モハ 401 37 t 128人	クハ 401 30 t 116人	モハ 420 42 t 128人	モハ 421 37 t 128人	クハ 421 30 t 116人	
20,000 2,870 4,085 3,490 13,600 2,300 モハ 51085 改造	20,000 2,870 — 3,490 13,600 2,300 モハ 51086 改造	20,000 2,900 4,241 3,654 14,000 2,100	20,000 2,900 — 3,654 14,000 2,100	20,000 2,900 — 3,654 14,000 2,100	20,000 2,900 4,241 3,654 14,000 2,100	20,000 2,900 — 3,654 14,000 2,100	20,000 2,900 — 3,654 14,000 2,100	
KH-18 910 (計算 870) 平歯車一段減速，可撓つり掛式 82 : 17 = 4.825 : 1 1,067		DT21B 860 (計算 820) 平歯車一段減速 中空軸式平行カルダン 82 : 17 = 4.82 : 1 1,067	DT21B	TR64	DT21B 860 (計算 820) 平歯車一段減速 中空軸式平行カルダン 82 : 17 = 4.82 : 1 1,067	DT21B	TR64	
1 時間 (A.C./D.C.) 1,160/1,200 kW 74.9/81.6 km/h 5,510/5,250 kg 110 km/h		1 時間 800 kW 59.6/78.6 km/h (70/40% F) 4,810/3,640 kg (70/40% F) 110 km/h			1 時間 800 kW 59.6/78.6 km/h (70/40% F) 4,810/3,640 kg (70/40% F) 110 km/h			
8 台 HS-740-Brb HS-741-Brb 閉鎖他力通風形 閉鎖自己通風形 交流/直流，直巻，補極，補償巻線付 1 時間定格 A.C. 145/D.C. 150 kW 1φ 50/60～/D.C. 210/215V/187.5V 195/197V/187.5V 910A 910A 2,200/2,200/2,400 rpm 2,400/2,400/2,620 rpm 8		8 台 MT46B (HS-1036-Arb) 閉鎖自己通風形 直流，直巻，補極付 1 時間定格 100 kW 375V 300A 1,860 rpm (70% F)			8 台 MT 46 B (HS-1036-Arb) 閉鎖自己通風形 直流，直巻，補極付 1 時間定格 100 kW 375 V 300 A 1,860 rpm (70% F)			
—		F-4B 風冷シリコン整流器 単相ブリッジ結線 810 kW 1,350V 600A DJ 11J 10S×2P×4A			SF 風冷シリコン整流器 単相ブリッジ結線 810 kW 1,350 V 600 A SR214 10S×2P×4A			
— 床下吊下形，不燃性油入 密封形送油風冷式 ラジアルコアタイプ 1,240/50/10 kVA 50～ 1,300/50/10 kVA 60～ 1φ 50/60～ 20 kV 1,832*/1,765/232V 50～ 1,894*/1,765/232V 60～		TM 2 床下吊下形，不燃性油入 密封形送油風冷式 ラジアルコアタイプ 807/800/7 kVA 1φ 50～ 20 kV 1,820/210V			TM 3 床下吊下形，不燃性油入 密封形送油風冷式 外 鉄 形 800 kVA 1φ 60～ 20 kV 1,820V			* タップ付
—		1 台 IC 4 440A 7 mH (600 A にて)			1 台 IC 5 440A 6 mH (600 A にて)			
一斉隋行，順次力行		一斉隋行，順次力行			一斉隋行，順次力行			
A.C. 区間：2 次側切替電圧制御および抵抗制御 D.C. 区間：抵抗制御および界磁制御 電動機式，電磁式，カム式 電磁空気式，自動間接制御 力行 13，ブレーキ 9		直並列，抵抗制御 および界磁制御 電動機式，電磁式，カム式 電磁空気式，自動間接制御 力行 直 13，並 11，弱 4 ブレーキ 直 13，並 11			直並列，抵抗制御 および界磁制御 電動機式，電磁式，カム式 電磁空気式，自動間接制御 力行 直 13，並 11，弱 4 ブレーキ 直 13，並 11			
D.C. 100V D.C. 1,500V，1φ 50/60～ 220V および 3φ 60～ 220V 3φ 60～ 100V		D.C. 100V D.C. 1,500V，1φ 50～ 200V および 2φ 60～ 100V 2φ 60～ 100V			D.C. 100V D.C. 1,500V，1φ 60～ 200V および 2φ 60～ 100V 2φ 60～ 100V			
発電ブレーキ併用 電磁直通ブレーキ および手ブレーキ		電動車：発電ブレーキ併用電磁 直通ブレーキ 制御車：電磁直通ブレーキおよ び手ブレーキ			電動車：発電ブレーキ併用電磁 直通ブレーキ 制御車：電磁直通ブレーキおよ び手ブレーキ			



第3図 110 kW 60~ 交流整流子電動機



(a) 電機子



(b) 固定子

第4図 170 kW 交流整流子電動機 HS-740-Crb 170 kW
1φ 50/60~ 195/205 V 1,080 A 2,300 rpm 6 p

し、ブラシの数も非常に減少させた。No. 9, 10 の 170 kW 電動機はブラシ数24個に過ぎず、初期の電動機に比較すると単位出力あたりのブラシ数が半減している。

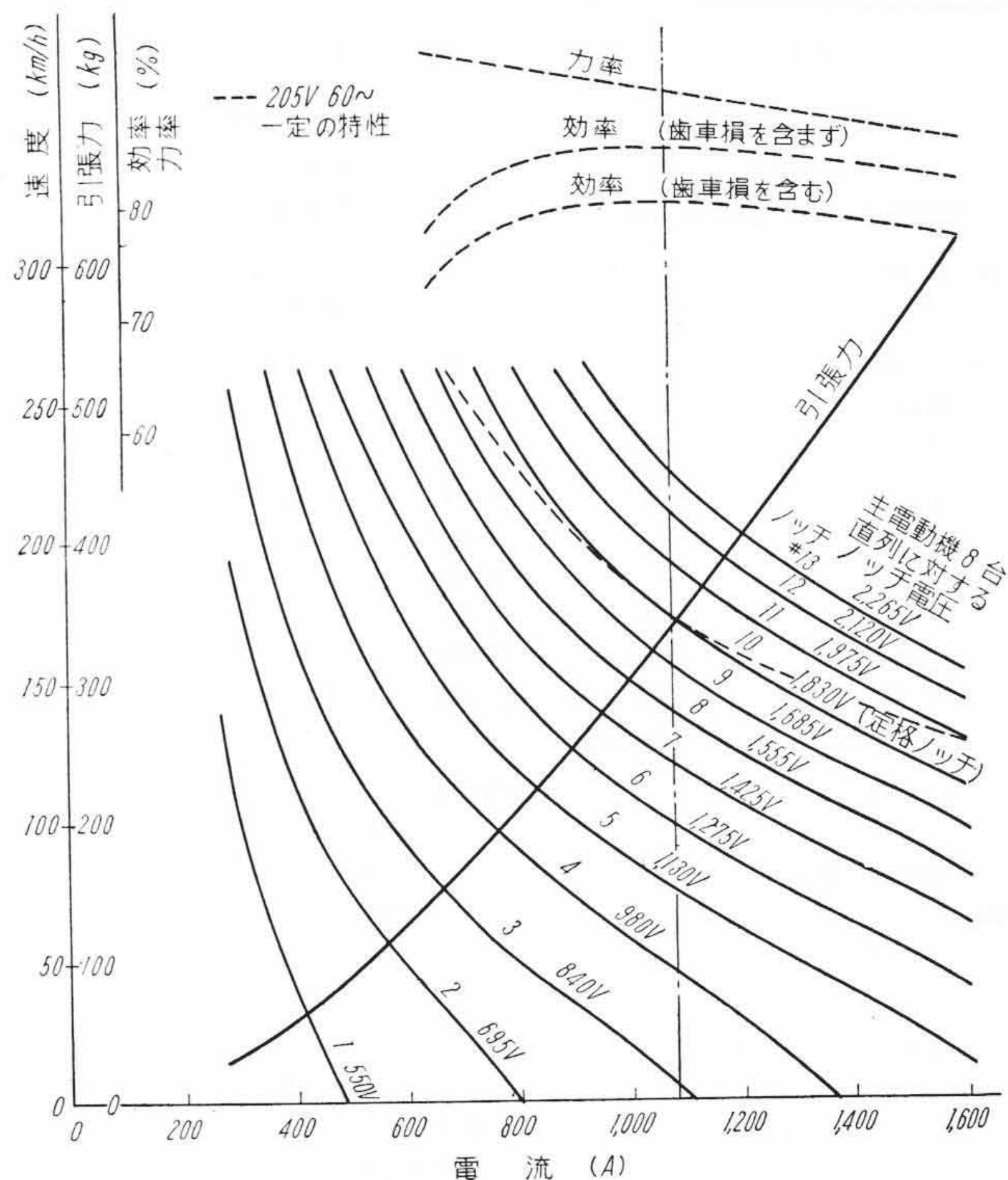
(3) 直流整流の改善によりトレッペン巻線をやめ、電機子巻線の反整流子側における接続を不要とした(同 No. 6, 10, 11)。

(4) その他各部の材質、構造、特性の改善を行い、直流機と同様の簡単がんじょうで信頼性のある交流整流子電動機を実現した。

第3図に 110 kW 電動機の外観、第4図に 170 kW 電動機の固定子および電機子を示す。

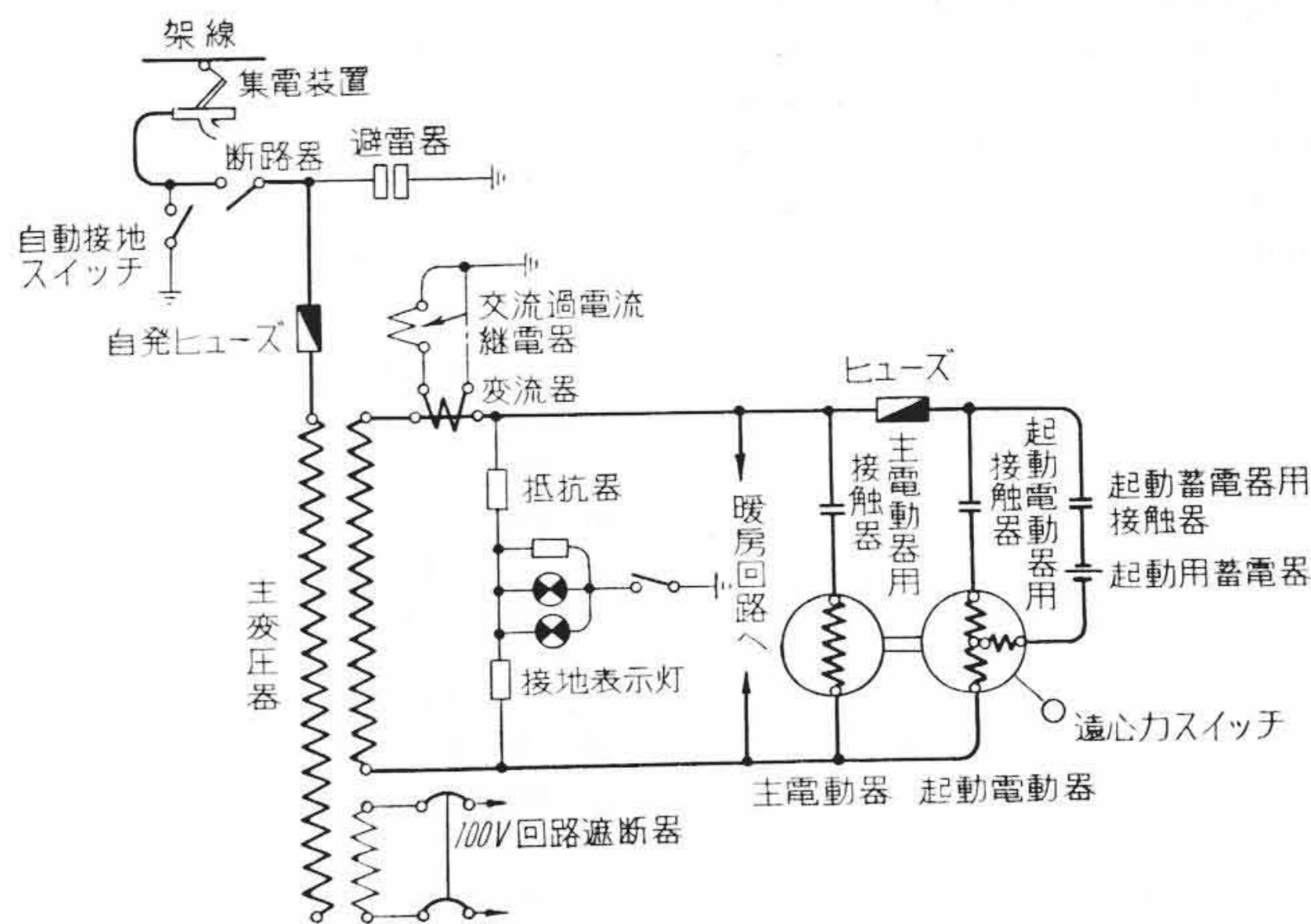
電車の速度制御は主変圧器のタップ切換えにより容易に行われ、各ノッチにおける自由走行、過電圧ノッチの活用が可能で、第5図に示すように少数のノッチで十分な性能が得られ、制御も簡単である。

電気ブレーキは直流発電機として高減速度をうることができるが、磁気回路の飽和が少ないのでかなりの他励磁を付加する必要がある。また交流整流子電動機は交流発電機として電力回生ブレーキを行うこともでき、詳細試験により実用化の見通しが得られたが、回路および制御が複雑となるため新幹線のような特殊目的のある線



架線電圧 60~ 25 kV
主電動機 HS-740-Crb 170 kW
動輪径 910 mm (計算 870 mm)
歯車比 63: 29=2.172: 1

第5図 交流整流子電動機式電車ノッチ曲線の例

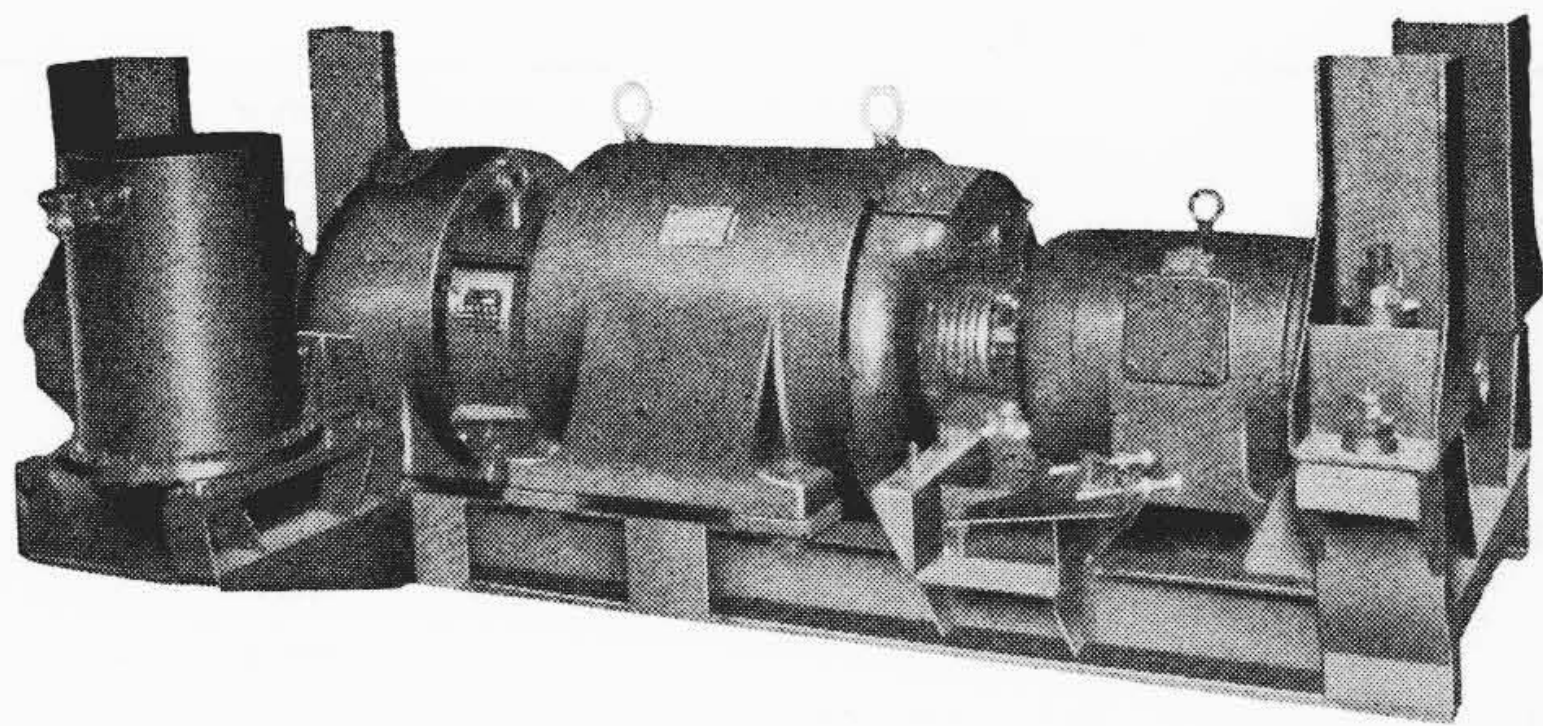


第6図 単相誘導電動機式交流電車主回路つなぎ

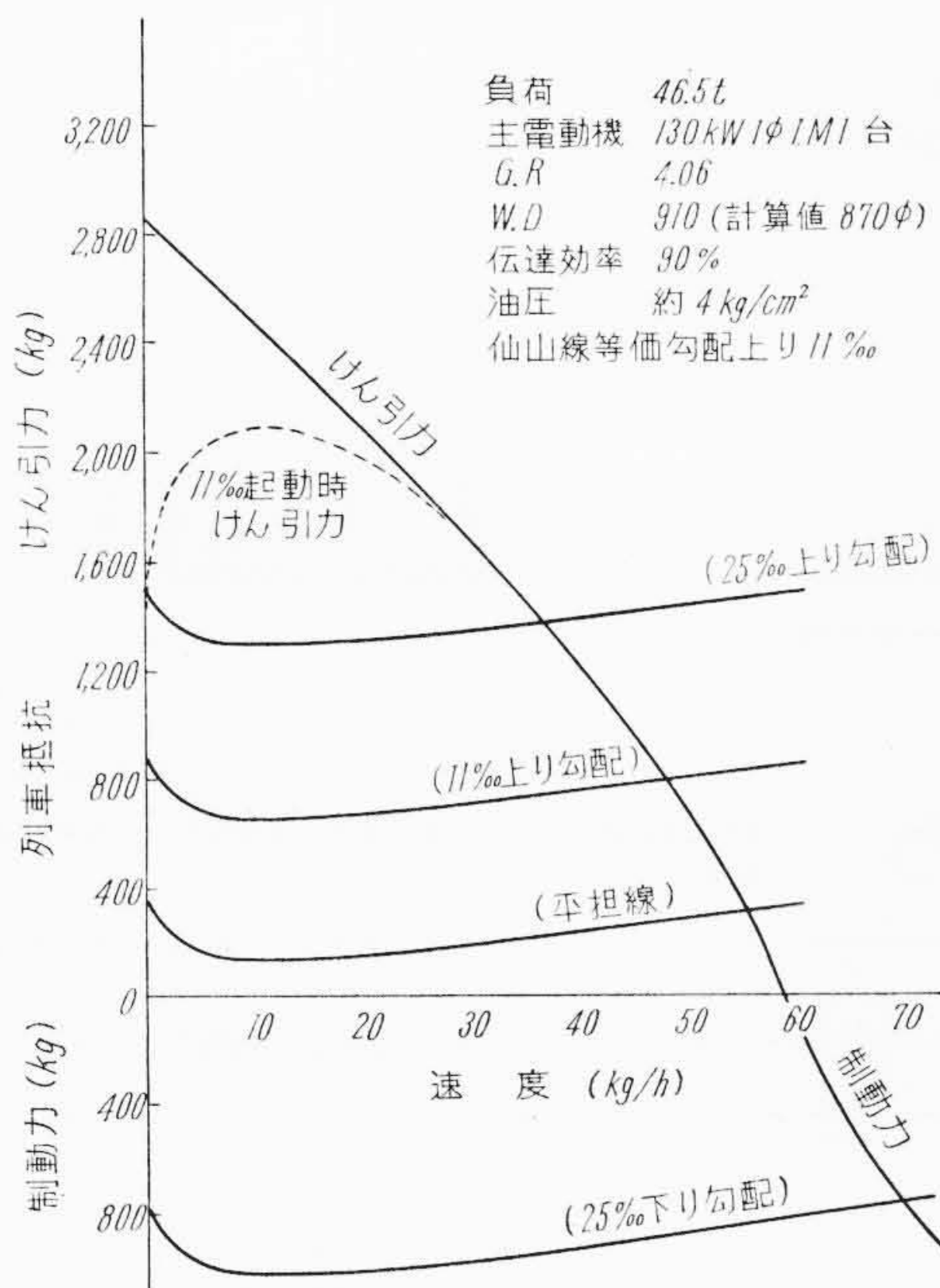
区以外ではわが国の場合実用性は少ない。

2.2 単相誘導電動機式電車

主電動機にかご形単相誘導電動機を使用して交流整流子電動機で問題となったブラシや整流子の保守を一挙に解決した画期的な方式である。本方式では誘導電動機が定速度特性のため、電車の起動、走行に適したいわゆる直巻特性に変換する変速装置が必要となる。交流電車用として実用的な変速装置としては歯車比の切換えを行う遊星歯車式と動力伝達に流体を使用するトルクコンバータ式の2方式が考えられ、昭和34年、各1両の試作電車が仙山線において試験されたことは周知のとおりである。日立製作所で開発したトルクコンバータ式電車(クモヤ 790-1)⁽¹⁰⁾ は変速装置にトルクコンバータと液体継手の両特性を有するコンバータ接手を使用して高い効率を得ている。また 130 kW かご形単相誘導電動機を常時運転しておき、トルクコンバータの油の注入排出によって電車の起動、停止を行うことにより主回路の遮断、投入の問題がなく、また乗心地の良い電



第7図 単相誘導電動機式交流電車主機外観



第8図 単相誘導電動機式交流電車特性曲線

車とすることができた。

この方式では速度制御に電圧制御や抵抗制御を必要としないので、電気回路がきわめて簡単であり、自冷式主変圧器、ビューゲル形集電装置の採用、自発ヒューズと断路器により空気遮断器を不要としたこと、補助電動機の全廃など徹底した簡易化に成功している。第6図に主回路つなぎ、第7図に主機外観、第8図に電車特性を示す。

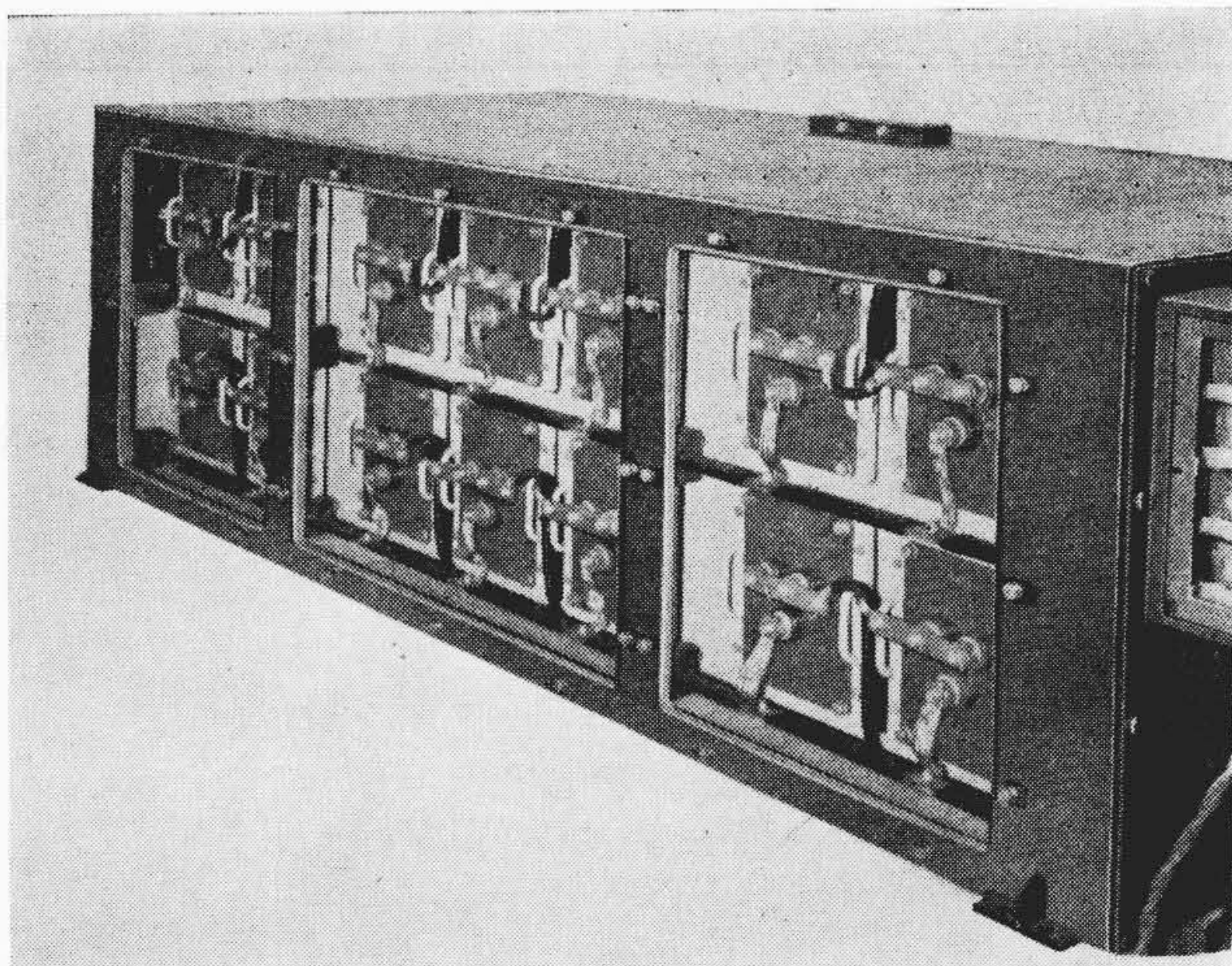
仙山線における各種試験の結果も所期の性能が得られ、誘導障害の問題がなく、簡単、がんじょうで運転、保守の容易なこと、同期速度以上でそのまま電力回生ブレーキが常用できるなど経済的な新方式の電車として多くの特長を有することが確認された。

試作電車では電車特性が一種に限られていたが、その後日立製作所では可動案内翼形トルクコンバータの開発により、ほかの交流電車と同様に広い速度範囲を効率よくノッチレス制御を行うことができ、また停止ブレーキに電力回生ブレーキを常用できる新方式の交流電車の実現が可能となった。

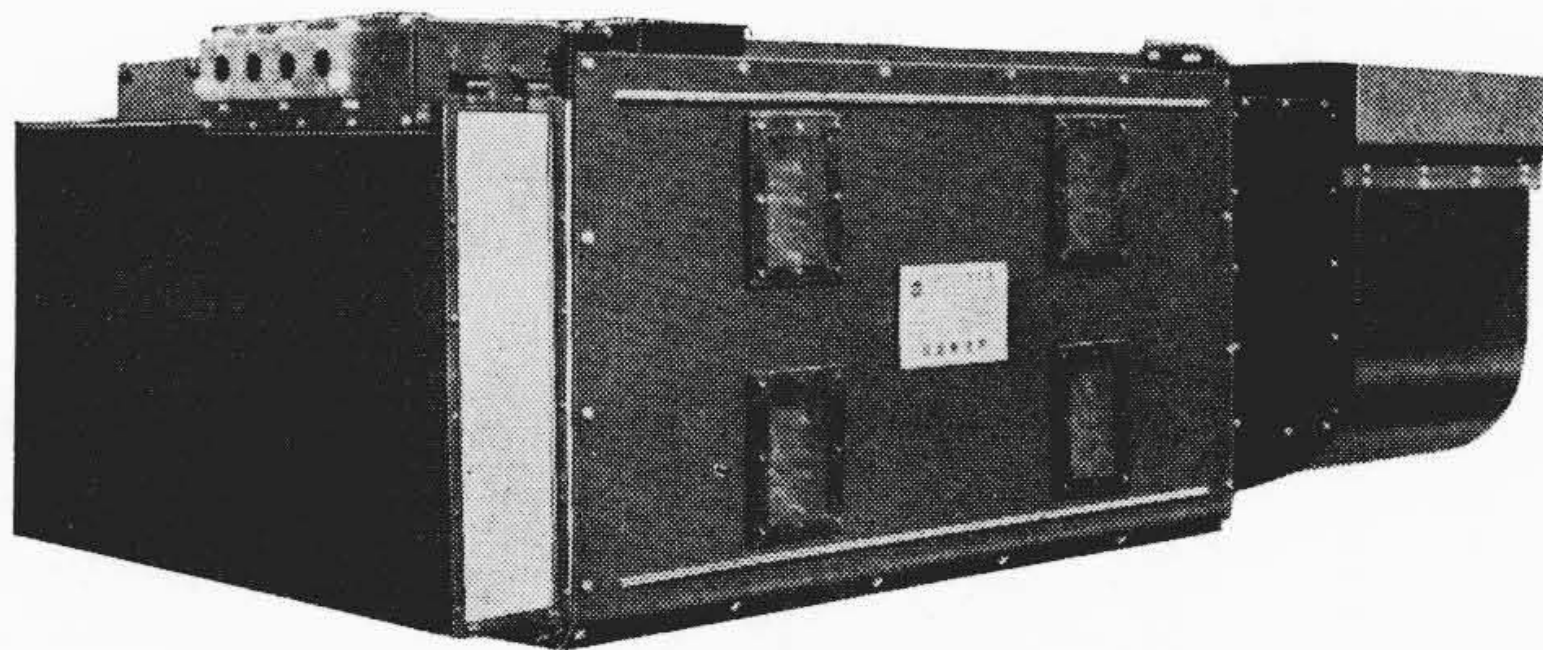
3. 整流器式電車とその問題点

3.1 車両用シリコン整流器

この2、3年におけるシリコン整流器の進歩はめざましく、高純度単結晶製作技術の進歩、P-N接合製造技術の発達、密封シール製作法の完成に伴い、つぎつぎと高逆耐電圧、大電流量のシリコン整流器が量産されるようになり、セレン、ゲルマニウム整流器に代って急速に進出してきた。交流電車用整流器としては位相制御を行わず、また機関車に比して負荷の変化が比較的少ないので特に適し



第9図 575 kW/1,350 V/426 A 交直両用電車用シリコン整流器 (わが国最初の車両用シリコン整流器)



第10図 575 kW/1,350 V/426 A 交直両用電車用シリコン整流器 (国産整流素子を使用した最初の車両用シリコン整流器)

ており、水銀整流器に比して

- (1) 構造簡単で取扱いが容易
- (2) 予熱装置を必要とせず、ただちに起動できる
- (3) 点励弧制御装置、温度制御装置などの複雑な制御装置がなく、付属装置が簡単で保守が容易である。
- (4) 小形の素子を集合して構成するため、寸法、配置の自由度が大きく、床下に設置しやすく、また軽量である。
- (5) 逆弧の問題がなく、直列数が多いのでアームの短絡は実際上問題とはならない。

など多くの利点を有しているため⁽⁴⁾⁽⁹⁾、その出現と同時に水銀整流器にとって代り、交直両用電車の標準形式となった。

日立製作所ではわが国最初の車両用シリコン整流器 (575 kW, 1,350V, 第9図) を製作し⁽⁸⁾、さらに国産整流素子による同一容量のシリコン整流器 (第10図) を完成した⁽⁹⁾。この交直両用電車は昭和34年秋以来長期走行試験が続けられてきたが、まだ1個の素子の劣化もなく、すぐれた成績を示している。

このほか交流電気機関車用⁽⁴⁾、493系交直両用電車の補機電源用など各種シリコン整流器を完成したが、シリコン整流素子は本質的に過電圧耐量、過負荷耐量が小さく、また繰返し負荷に対して特に検討が必要であって、各用途に対しその負荷条件、開閉サージならびに外雷、負荷の事故電流およびその保護装置などを十分検討して合理的な素子の構成、冷却、保護装置などを決定した結果、いずれも好成績をあげることができた。

第4表に車両用シリコン整流器の進歩の様子を示した。

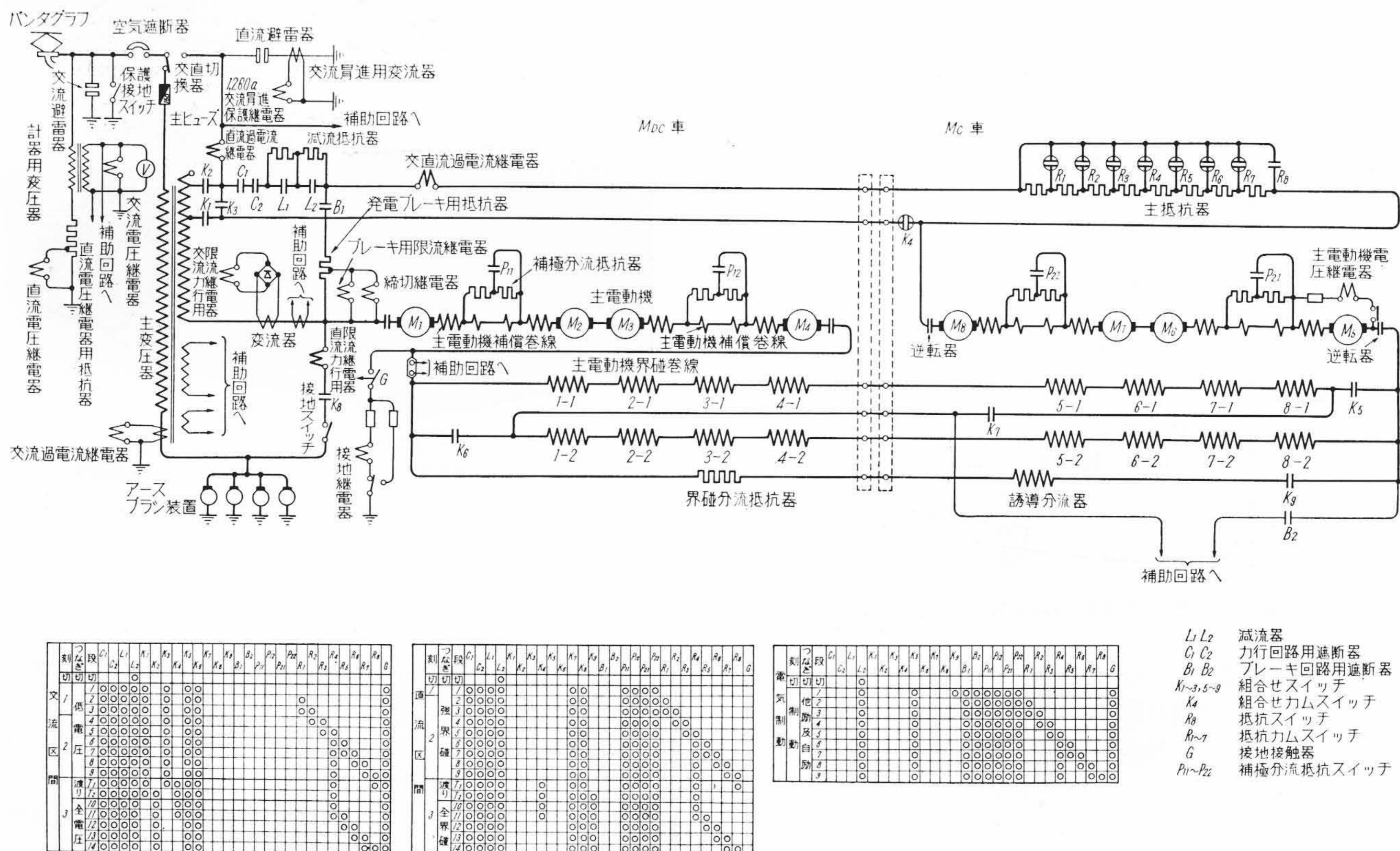
3.2 整流器式電気車用直流電動機

単相全波整流による脈動電源により運転される主電動機ならびに直流補助電動機の脈流対策については、多数の試験、研究および理論的解析の結果、各機種ならびに電動機の仕様に対して車両全体と

第4表 交流車両用シリコン整流器の推移 (日立製作所製)

1. 製作年月	1958-9	1959-5	1959-12	1960-6
2. 用途	仙山線交直両用電車	仙山線交直両用電車	仙山線交流電気機関車	常磐線交直両用電車
3. 容量 (連続)	575kW	575kW	1,600kW	810kW
4. 電圧	1,350V	1,350V	650V	1,350V
5. 電流	426A	426A	2,460A	600A
6. 寸法	2.0m×1.09m×0.655m	1.22m×1.06m×0.69m	1.75m×1.0m×1.73m	1.20m×1.0m×0.7m
7. 重量	1,000kg	800kg	2,400kg	900kg
8. 整流素子形式	4JA60C (GE製)	SNS12D (日立製)	SMS12D (日立製)	DJ11J (日立製)
9. 整流素子 PIV	300V	300V	300V	700V
10. 整流素子電流	50A	50A	150A	200A
11. 整流素子構成	16S×7P×4A	16S×5P×4A	16S×16P×2A	10S×2P×4A
12. 整流素子数	448	320	512	80
13. 整流素子容量比	1	1	3	9.3
14. kWあたりの重量比	1	0.80	0.86	0.64
15. kWあたりの容積比	1	0.63	0.76	0.42

注：重量および寸法は本体部分を示し、ファンおよび風道は含まない。



第11図 493系電車主回路つなぎ

して最も経済的な脈流対策を決定できるようになった⁽⁶⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾。

シリコン整流器式の場合は逆弧対策が不要となるため、交流専用の場合は一般に弱界磁制御に誘導分流器を使用せず、抵抗分流器のみで十分であるが、交直両用電車の場合は直流区間における過渡整流の検討が必要である。

電動機の磁気枠の一部を積層鉄心として補極磁束のおくれを少なくし、直巻界磁巻線を抵抗器で分路する方式を採用すれば、過渡整流が改善され、平滑リアクトルを小形化して電流脈動率を増すことが可能であって、主電動機では誘導障害をおさえ、補機では過渡整流を改善することができるが、電動機の製作費が増すので、特に必要とするもの以外は従来の構造で適当な脈流対策を施す方が一般には経済的である。

4. 493系交流整流子電動機式交直両用電車

4.1 特長および性能

この電車は整流器式との比較、可撓つり掛式主電動機、新形空気バネ台車などの試作、試験を目的として計画されたものであるが、つ

ぎのような多くの特長を有している。第2表に一般仕様、第11図に主回路つなぎ、第12図に電車特性を示す。

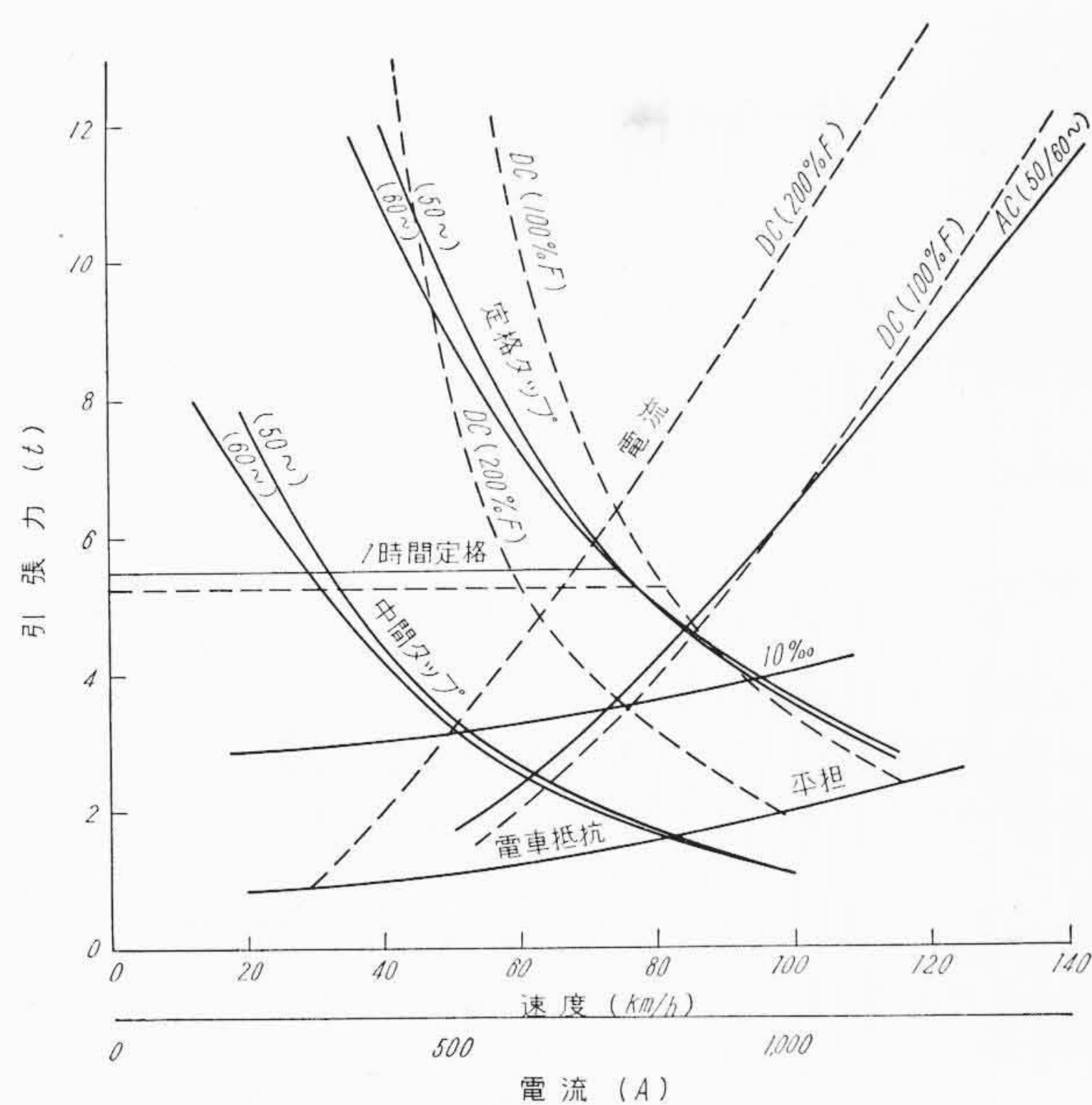
(1) 商用周波20kVと直流1,500Vの両区間を車上切換えにより相互乗入れできる前例のない直接式交直両用電車、簡単な接続変更により50、60のいずれにも使用できる。

(2) アクスローラベアリングにゴムを組合わせたわが国最初の可撓つり掛式を採用し高性能の空気バネ台車と組合わせた、簡単がんじょうな構造により主電動機の小形軽量化と乗心地の改善を計っている。

(3) 主電動機の主極コイルを2組の並列回路に分け、交流区間では並列接続として主変圧器の中間タップを使用、直流区間では直列(200%界磁)および分流器による100%界磁を使用することにより、従来の直列最終ノッチに相当する自由走行ノッチを得、または主抵抗器の損失を減少して電力消費量を少なくしている。

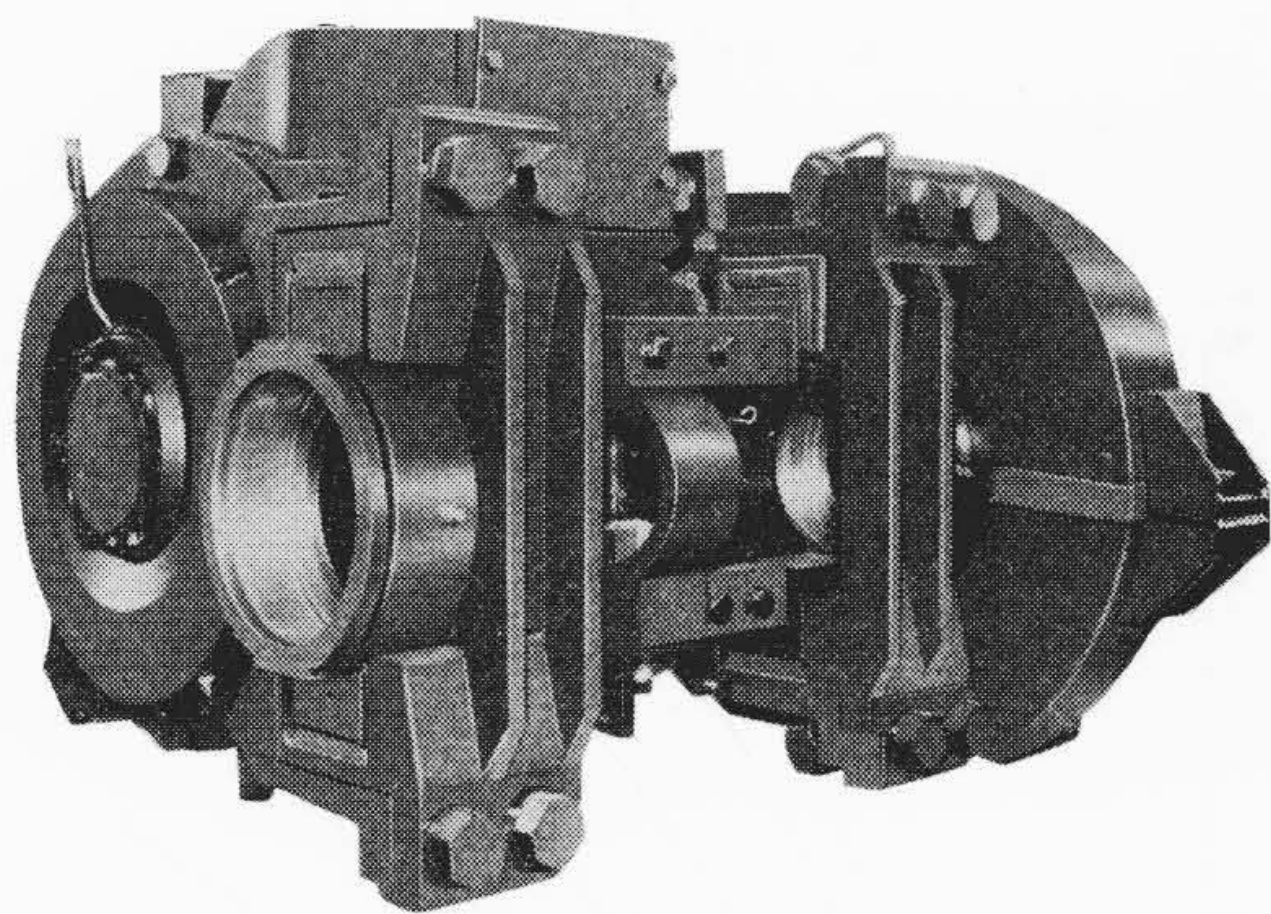
また発電制動時には1組の界磁を他励、ほかを直巻接続として電動車に3km/h/sの安定したブレーキ減速度を与えている。

(4) 2M2T編成200t、線電圧20kV/1,500Vにおける平衡速



架線電圧 A.C. 50/60 $\sim$ 20kV
D.C. 1,500V
主電動機 145/150kW (A.C./D.C.) $\times$ 8台
動輪径 910mm (計算 870mm)
電車重量 2M2T 満員荷重 200t

第12図 493系交直両用電車特性曲線



第13図 145/150kW HS-740-Brb 交直両用整流子電動機(M_{DC}車用)

度が平坦線において110 km/h以上、10%上りこう配において90 km/h以上、平均加速度1.2 km/h/s(最大1.5 km/h/s)という与えられた仕様を十分満足する高性能電車である。

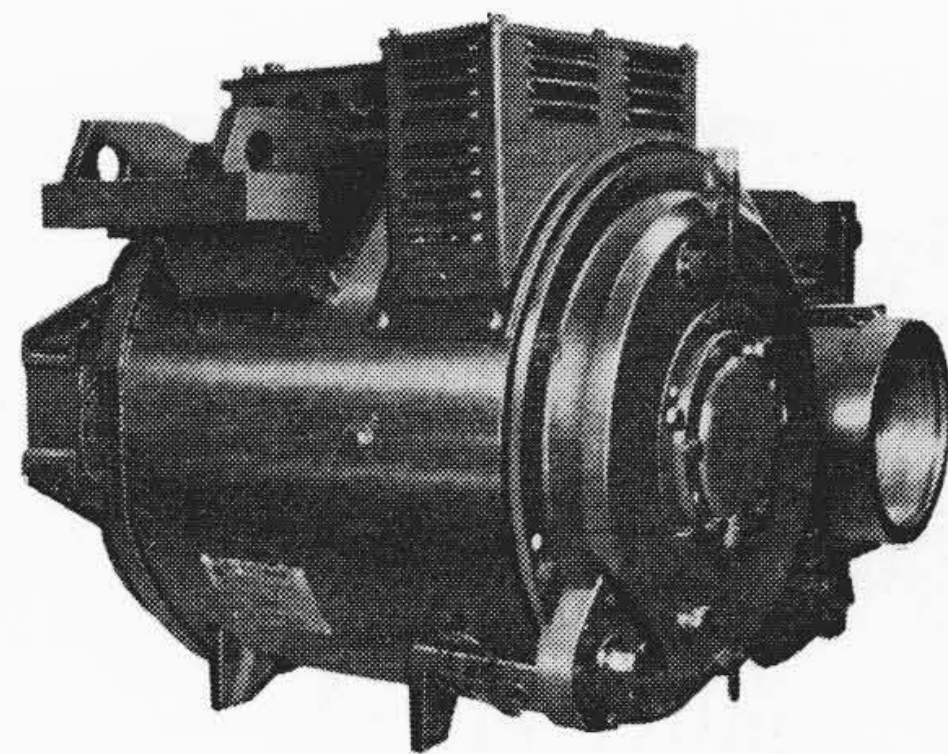
(5) 50/60 $\sim$ /D.C.の3区間で使用する補機の交流区間における電源としてシリコン整流器を使用し、4両分の蛍光灯、制御および補助回路電源として高性能の電動発電機を備えている。

(6) 電気品の小形軽量化を計り、4両単位編成分の電気品をすべて電動車に装備している。この電車の車体はモハ51085およびモハ51086を国鉄盛岡工場において改造、ぎ装されたもので、今回完成したのはMcM_{DC}の2両であるが、将来付随車2両を追加して4両単位編成として運転できるような電気品を備えている。

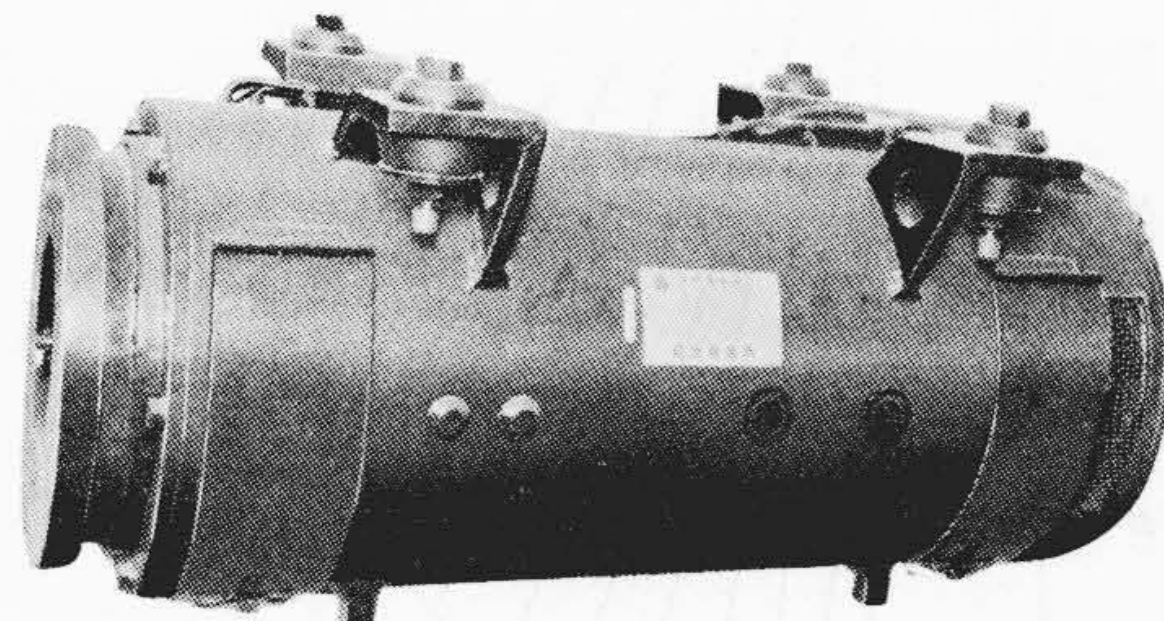
4.2 回転機

4.2.1 主電動機

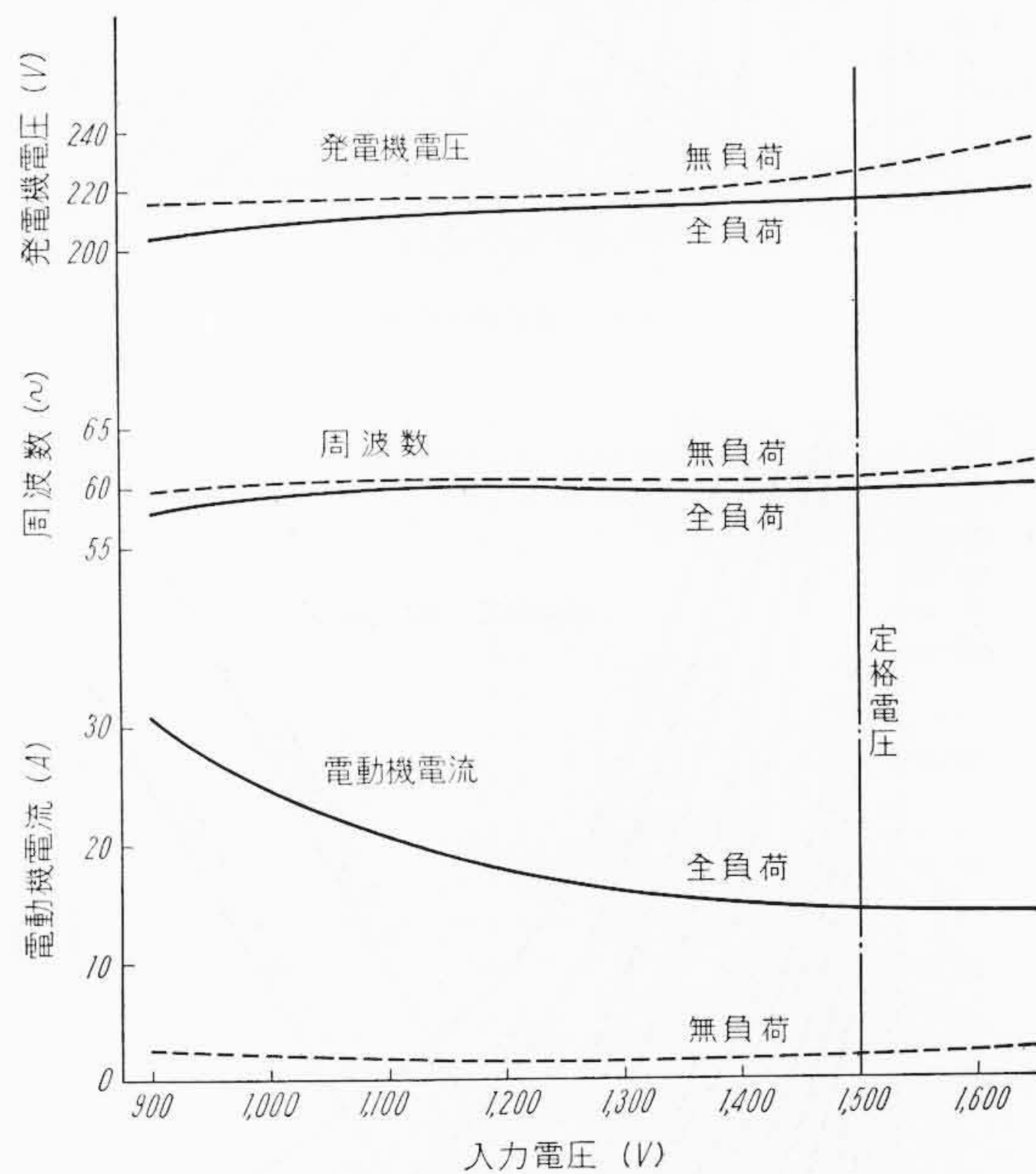
前節で述べたように、本機は50 $\sim$ /60 $\sim$ および直流100/200%Fの電動機および他励付直巻発電機として使用されるが、いずれの運転条件に対しても良好な性能を確保している。また直流区間において200%界磁の運転を行うため、磁気回路の飽和を特に下げ、界磁巻線の温度上昇を抑えており、実際の運転において各巻線の温度上昇がバランスするよう考慮されている。



第14図 145/150kW HS-741-Brb 交直両用整流子電動機(M_c車用)



第15図 18kVA 電動発電機



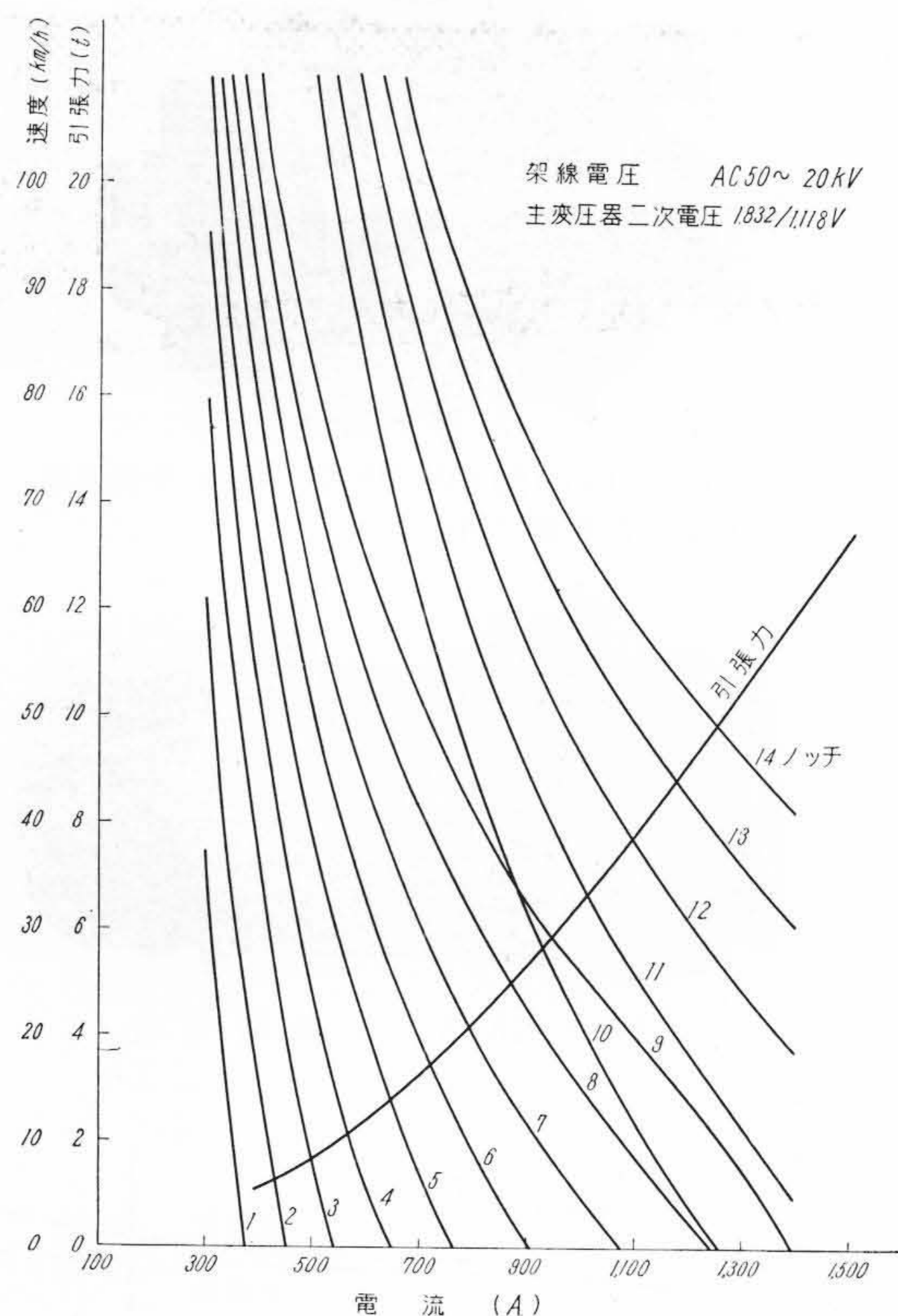
電動機入力 22kW 1,500V 14.6A 1,800rpm
発電機出力 18kVA 220V 47.2A 3 ϕ 60 $\sim$ 1,800rpm
力率遅れ 90%

第16図 HG-534-Cr 18kVA 電動発電機特性

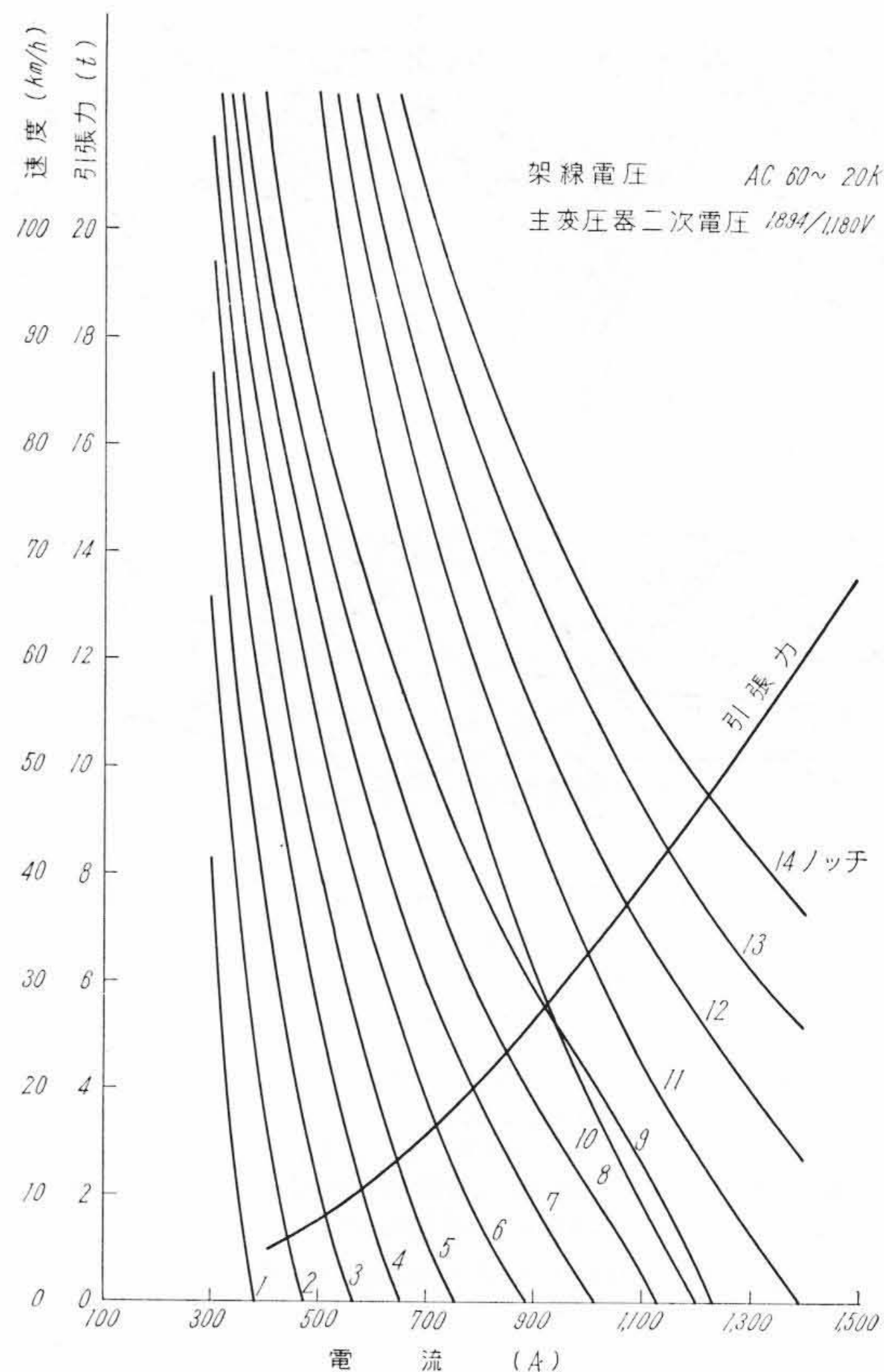
M_{DC}車用主電動機(第13図)は他力通風であるが、M_c車用主電動機(第14図)は自己通風とし、2.1で述べた直流機と同様の特殊構造を採用し、過速度4,080 rpm、電機子周速88 m/s、整流子周速69 m/sという高速に耐え、力率92.3/91.5%、効率86/85/88% (50/60 $\sim$ /D.C.)という高性能を有している。両者の電車特性はほぼ一致しており、また8台の主電動機は常時直列に接続して運転されるため電流不平衡などの問題はまったくない。

この主電動機はアクスローラベアリングと防振ゴムを使用した可撓釣掛方式を採用しており、工場試験において所期の好結果が得られたが、簡単で経済的な新しい駆動方式として長期運転の結果が注目されている。

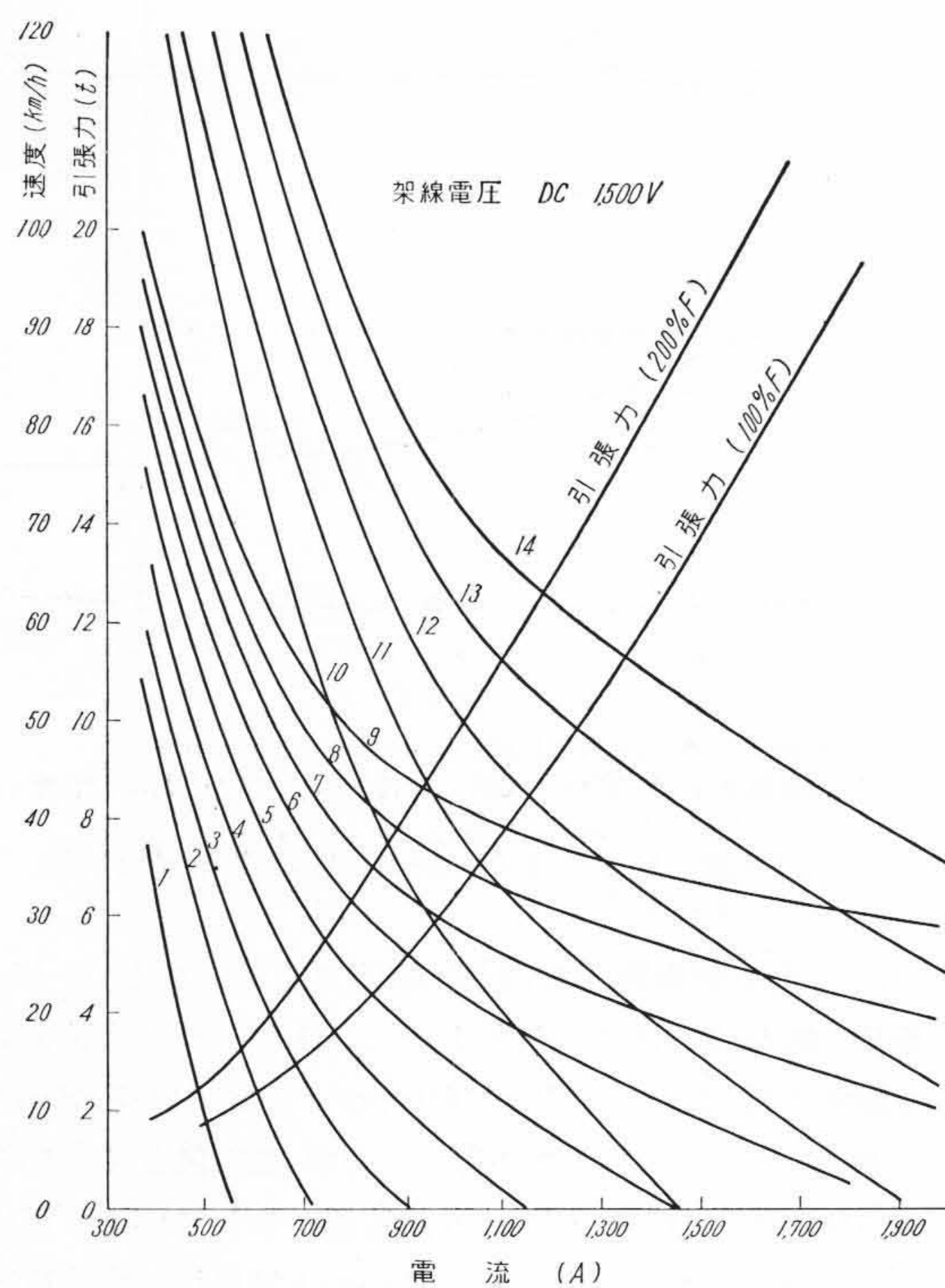
交流整流子電動機は磁気回路が完全に積層されており、補極磁束のおくれがほとんどないため、過渡整流が非常にすぐれている。電力中断試験の結果も良好で、補極巻線を0.0045 Ω 主極巻線を0.0067 Ω の純抵抗で分路し、定格運転中電源を遮断し、2秒後に



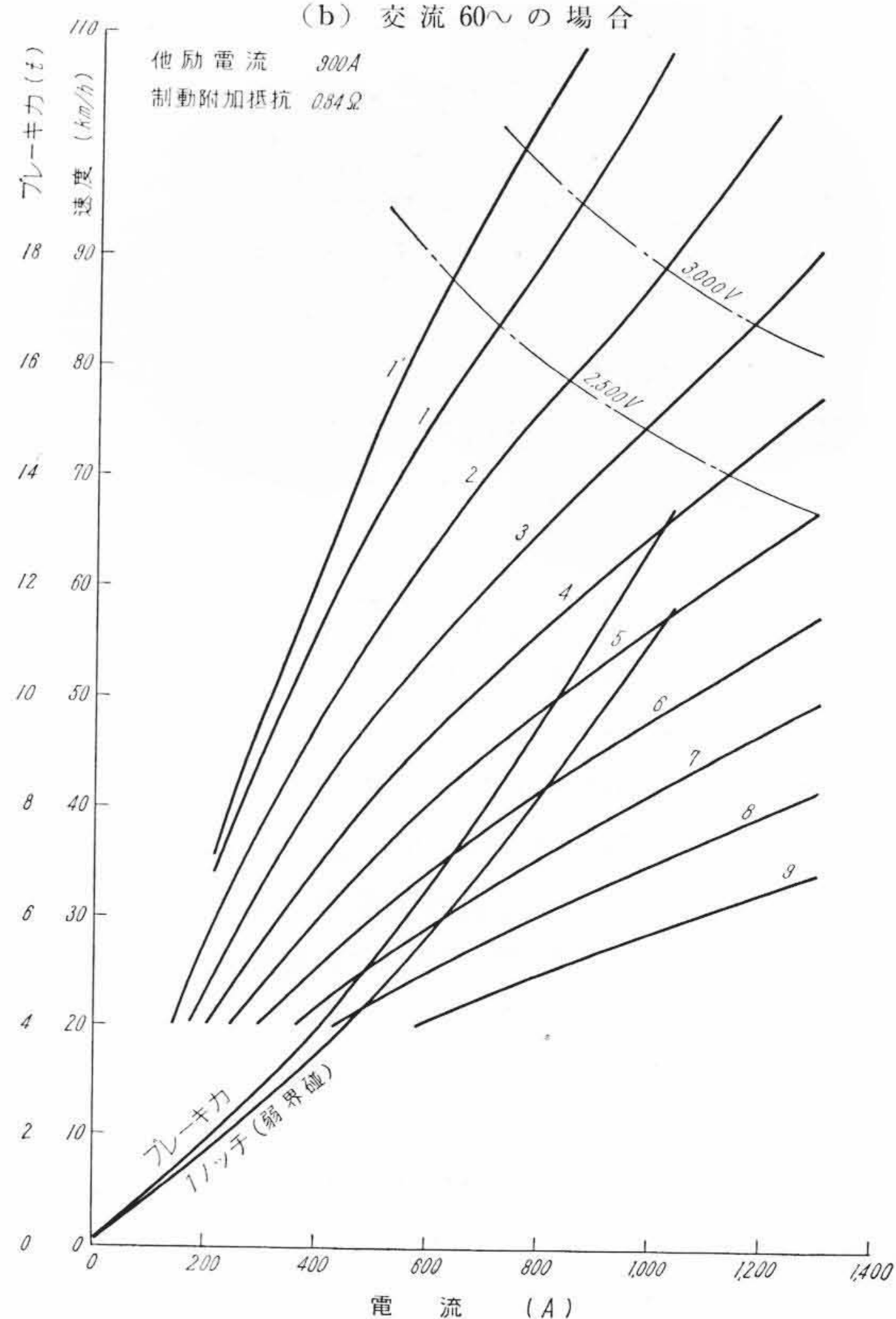
(a) 交流50Vの場合



(b) 交流60Vの場合



(c) 直流の場合



(d) 発電ブレーキの場合

主電動機 145/150kW×8台
動 輪 径 910mm (計算用 870mm)
第 17 図 493 系 電 車 ノ ッ チ 曲 線

全電圧を再加圧するという極端な試験まで実施したが、瞬時6～7号の火花を生ずるに過ぎず、直流機に比してせん絡を起しにくいことが実証された。

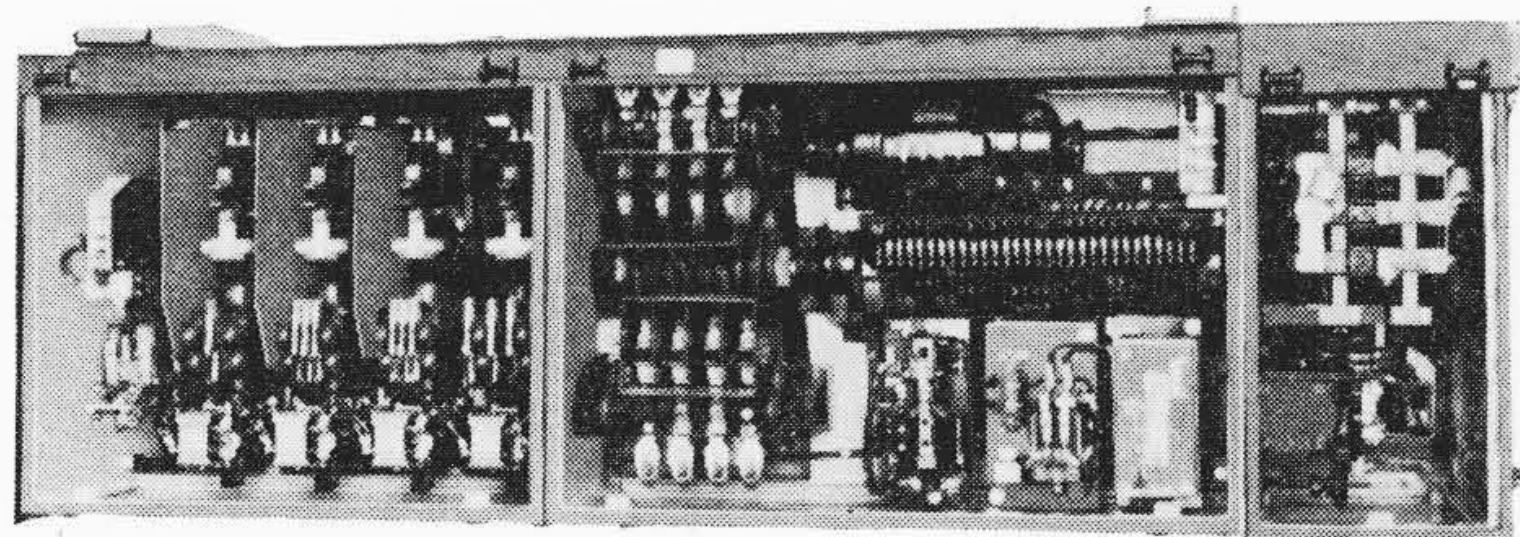
4.2.2 補助回転機

この電車は3種類の電源で運転されるため、経済比較の結果つぎのような補機方式を採用した。

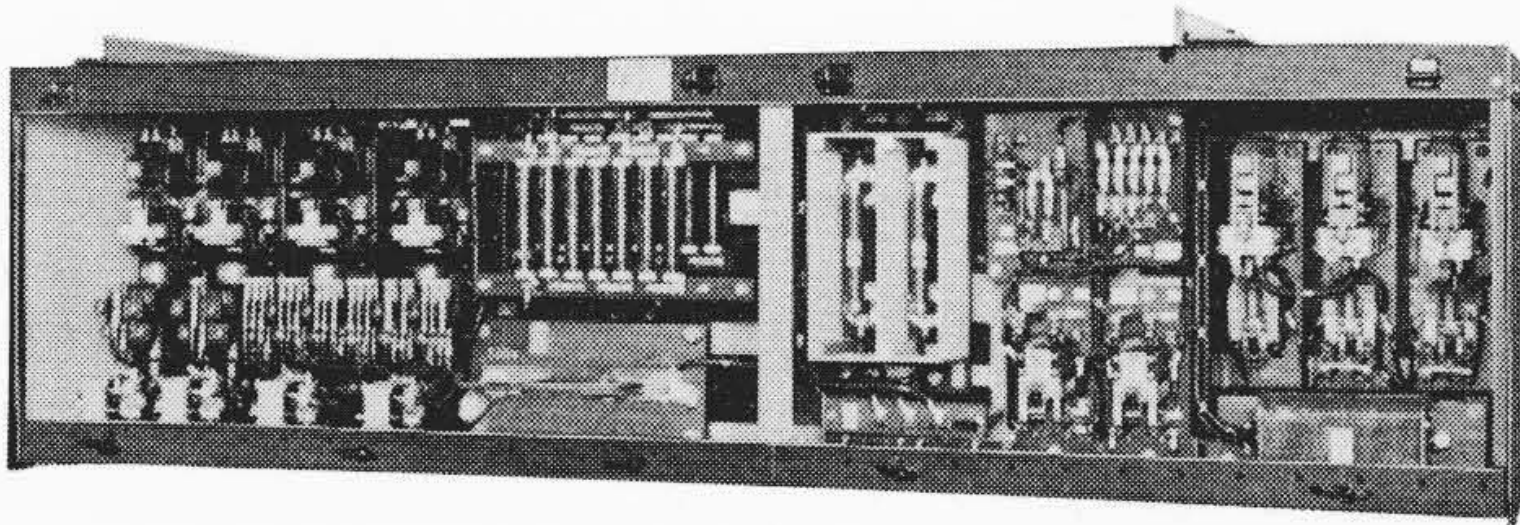
(1) 交直両区間で使用する18kVA電動発電機および電動空気

圧縮機各1台は、1,500V直流電動機を使用し、暖房回路とともに交流区間では主変圧器3次巻線よりシリコン整流器で整流した電源で運転する。電動機は最高1,650Vの脈流運転に対し良好な整流を確保しており、電動発電機には電機子に直列に平滑リアクトルを挿入して脈流を押え、電力中断などの突入電流を抑える効果もあげている。

電動発電機(第15図)は電動機速度制御を2組の磁気増幅器



第 18 図 493系電車電動車(Mc 車)主制御器



第 19 図 493系電車電源電動車(MDC 車)制御箱

をプッシュプルに動作させて行う独特の制御方式を採用しているため、第 16 図に示すように良好な特性が得られ、また過渡特性および過渡整流が良好である。発電機負荷としては 4 両分の灯回路、扇風機回路(60～100V)、制御および蓄電池充電回路(DC 100V)、MDC 車主電動機用電動送風機回路(60～220V)などのほか、発電制動時に主極巻線の 1 組を励磁する励磁電源装置がある。

(2) 主電動機用 0.8 kW 電動送風機 4 台は保守の簡単な全閉形三相誘導電動機とし、上記電動発電機より給電する。

(3) 交流区間のみで使用する主変圧器用補機は 4 次巻線を電源とする 220V 50/60～単相コンデンサ電動機としている。

(4) 補助空気圧縮機は蓄電池より給電する 80V 直流電動機を使用している。

4.3 制御および保護装置

直流区間では電車線電圧直流 1,500V により直接主電動機を駆動し、交流区間においては受電した単相交流 50/60～20 kV を主変圧器を介して降圧し、主電動機に給電する。

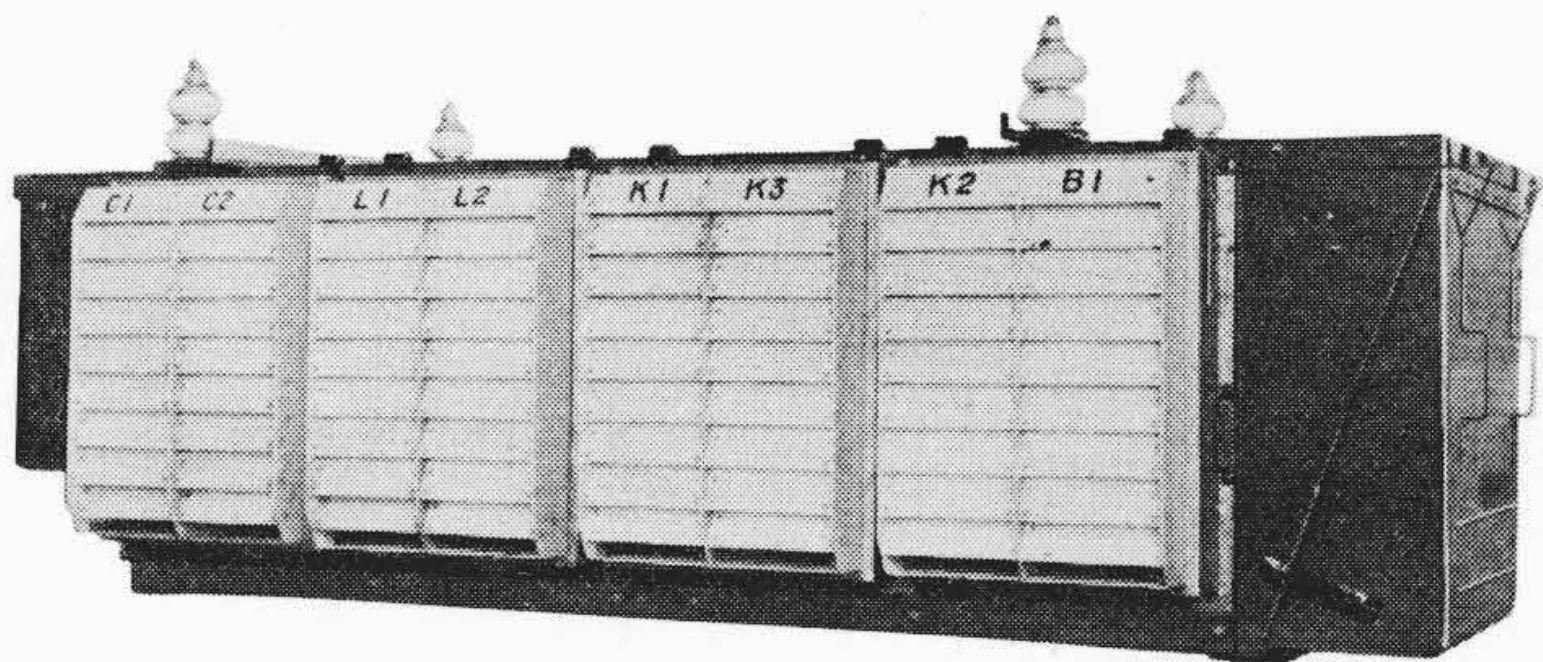
2 両の電動車(Mc, MDC)の合計 8 台の主電動機は交直両区間を通じて常に永久直列接続され、普通の電車にみられるような直並列制御は行わず、直流区間においては界磁制御により、また交流区間においては主変圧器 2 次巻線のタップ切換えにより、直並列制御に相当する制御段をうる特殊な方式を採用している。

直流区間の力行に際しては、この界磁制御と電動カム軸制御器による抵抗制御により、合計 14 段の制御段を得、また交流区間においては界磁は常に 100% 界磁とし、主変圧器 2 次巻線タップを K₁K₂K₃スイッチにより 2 段に切換えて同じく 14 段の制御段を得ている。

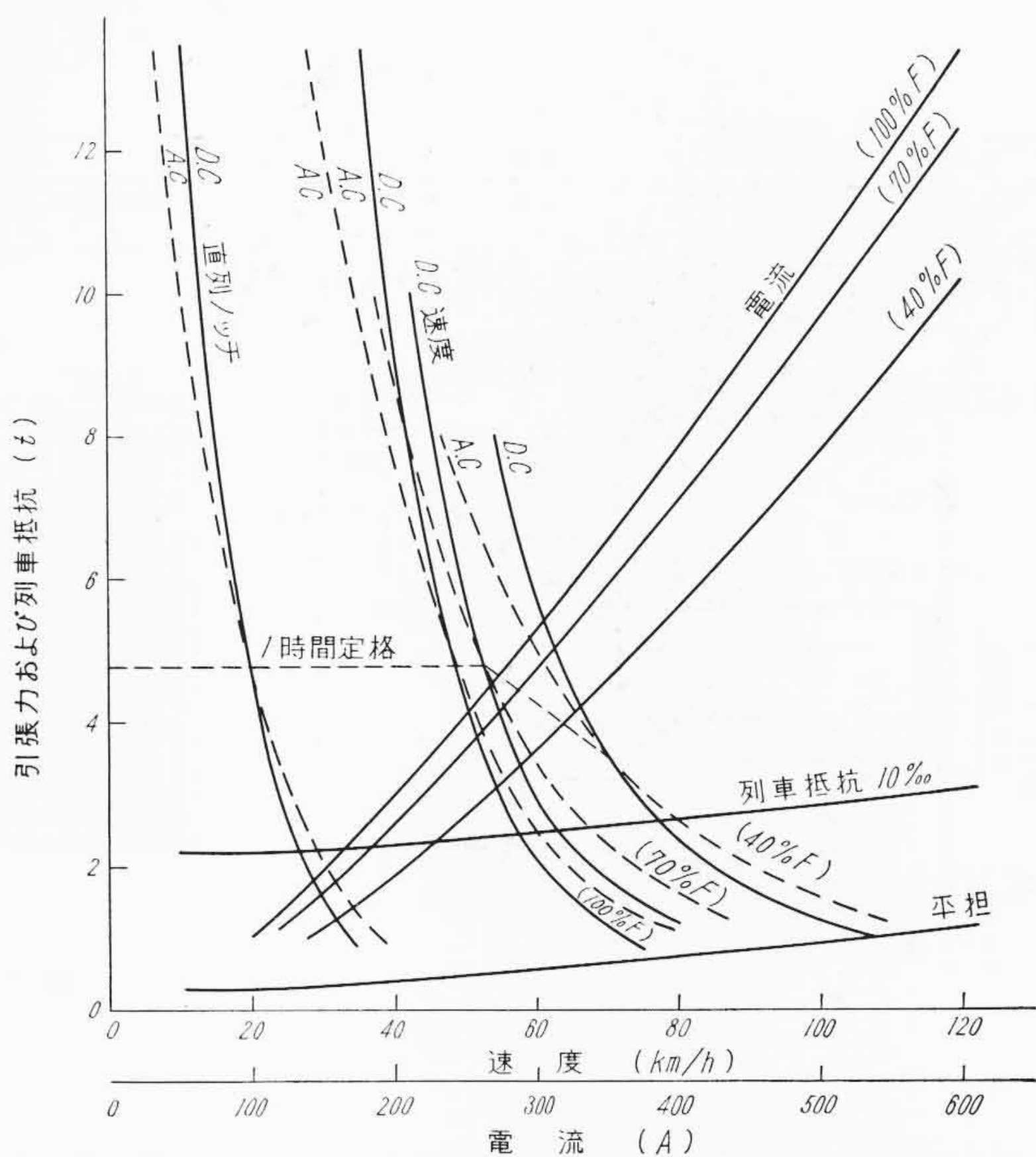
発電ブレーキの際は、2 組の界磁巻線のうち 1 組は 8 台分直列とし、一定直流他励電源より励磁するとともに、ほかの 1 組は 8 台分直列として自励回路を形成し、これと抵抗制御を組み合わせることにより、磁束密度の低い交流整流子電動機においても安定な発電ブレーキノッチを得ている。第 17 図に各区間における力行および発電ブレーキノッチ曲線を示す。

また交流 50, 60 への周波数切換えによるリアクタンス電圧降下に基く電車性能の相異を補償するために、主変圧器 2 次に設けられた調整端子を接続変更する方法が取られている(50/60～低圧 1,118/1,180V 高圧 1,832/1,894V)。

直流力行時の過負荷は直流過電流継電器で検知し、交流力行時および発電ブレーキ時の過負荷は交直両用過電流継電器で検知す



第 20 図 493 系 電 車 断 流 器 箱



架線電圧	A.C. 50～20 kV/D.C. 1,500 V
主電動機	MT 46 B 形 100 kW×8 台
動輪径	860 mm (計算 820 mm)
歯数比	82:17=4.82:1
電車重量	2 M 2T 満員荷重 134 t

第 21 図 401 系交直両用電車特性曲線

る。力行時はまず減流器 L₂ を開いて減流し、次に力行遮断器 C₁ C₂ を開いて保護し、ブレーキ時はブレーキ回路遮断器 B₁ B₂ を開いて保護する。

主変圧器 1 次過負荷、避雷、交流力行時の接地、交流冒進、直流冒進などの保護方式および装置、保護接地スイッチによる最終的保護などは 5.4 項の 401 系電車のそれとほとんど同じである。

(1) 主制御器 (Mc 車) (第 18 図)。

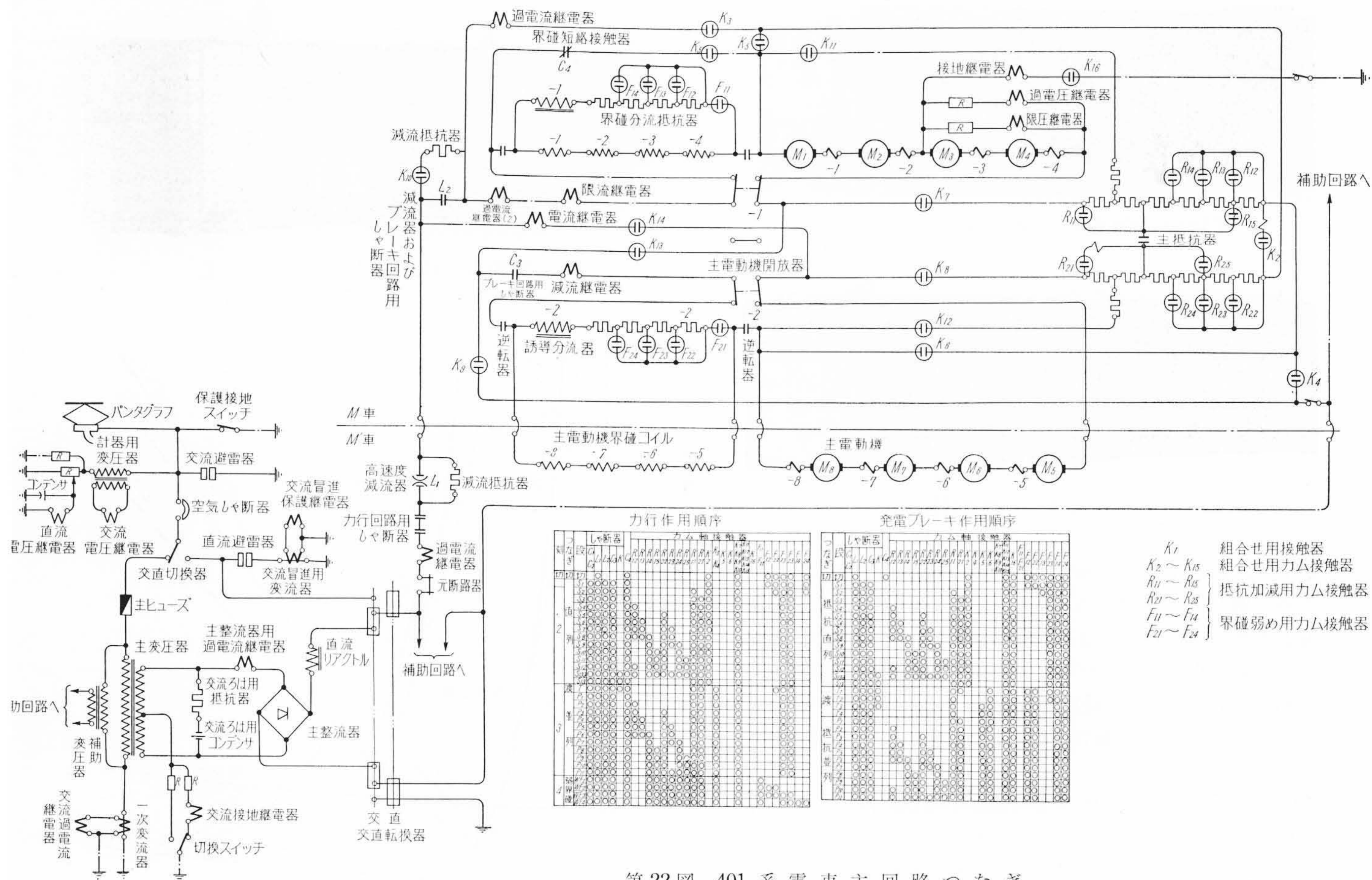
電動カム軸式抵抗スイッチ R₁₋₇、同組合スイッチ K₄ を駆動電動機とともに Mc 車主制御器箱に収納している。ほか組合スイッチ K₅ K₇ K₉、ブレーキ回路用遮断器 B₂、逆転器、補極分路抵抗スイッチ P₂₁₋₂₂、電動発電機用接触器、主電動機電圧継電器などを同箱に収納しており、全主電動機の抵抗制御と、主界磁制御の一部を行う。

(2) 制御箱 (MDC 車) (第 19 図)

組合スイッチ K₆ K₈、逆転器、交流限流継電器、補極分流抵抗スイッチ P₁₁₋₁₂ などの主制御装置のほかに、交直切換用、空気遮断器用、主変圧器一次過電流保護用継電器および補機用接触機などを収納している。

(3) 断流器箱 (MDC 車) (第 20 図)

K₁₋₃、C₁、C₂、L₁、L₂、B₁ などの主回路断流器および継電器類を収納している。直接式交直流電車であるため主回路を構成



第22図 401系電車主回路つなぎ

する単位スイッチ類は、ほとんど交直両用となるが、特に事故時の大電流を遮断する断流器にはきびしい要求が課せられる。ここに収めた断流器は直流 1,500V、交流 1,800V の回路電圧のもとに、最高 3,000A を所定の条件のもとに遮断しうる画期的性能を有する電磁空気式単位スイッチである。

5. 401系シリコン整流器式交直両用電車

5.1 概要

3.1 で述べたように、3 箇年にわたる試作、試験の結果、シリコン整流器は車両用として十分実用に耐えると判断され、今回日本国有鉄道では常磐線電化用としてシリコン整流器式交直両用電車を量産することに決定され、昭和35年7月にその試作車を完成、引続き量産中である。

この電車は東海形中距離用直流電車を母体とし、これに空気遮断器、主変圧器、シリコン整流器、平滑リアクトルなどの変電設備および交直切換装置を付加搭載した交直両用電車で、直流側機器には十分な脈流対策が施されている。第1図に電車外観、第2表に一般仕様、第21図に電車特性、第22図に主回路つなぎを示す。

交直切換方式については、さきに日立製作所で製作した仙山線用試作電車(クヤ490-11)および常磐線用ED46形交直両用機関車に使用した方式を基本とした安全確実な車上切換方式を採用している。

5.2 シリコン整流器

5.2.1 仕様および素子

第5表に仕様、第4表に試作電車(クハ5901)用シリコン整流器との比較表を示す。この整流器は従来のものに比較して飛躍的に発展をとげた素子を使用しており、素子数が大幅に減少し、整流器箱の寸法、重量も著しく小さくなっている。

第5表 常磐線交直両用電車用シリコン整流器

仕 様	
容量	810kW
電圧	1,350V
電流	600A
定格	連続
整流素子形式	DJ11J
整流素子仕様	PIV 700V 200A インパルス 900V
整流素子構成	10S×2P×4A (=80個)
結線	単相ブリッジ結線
受電電圧	20kV 50~
受電変動	+10%~-20%
主変圧器二次電圧	$E_2=1,820V$ (受電 20kV)
周囲温度	35°C
冷却方式	強制通風
配置	床下配置

付 属 機 器

1. 冷却扇 1 台
70m³/min, 73mmφ 2.2kW 4P 50~
シロッコファン
2. 分圧抵抗器
5kΩ 20W 2×80個
3. サージアブソーバー 4 組
1 組は下記からなる。
 $C=1\mu F$ $R=10\Omega$
4. エレメント故障検出装置 1 式
5. 温度継電器 1 式

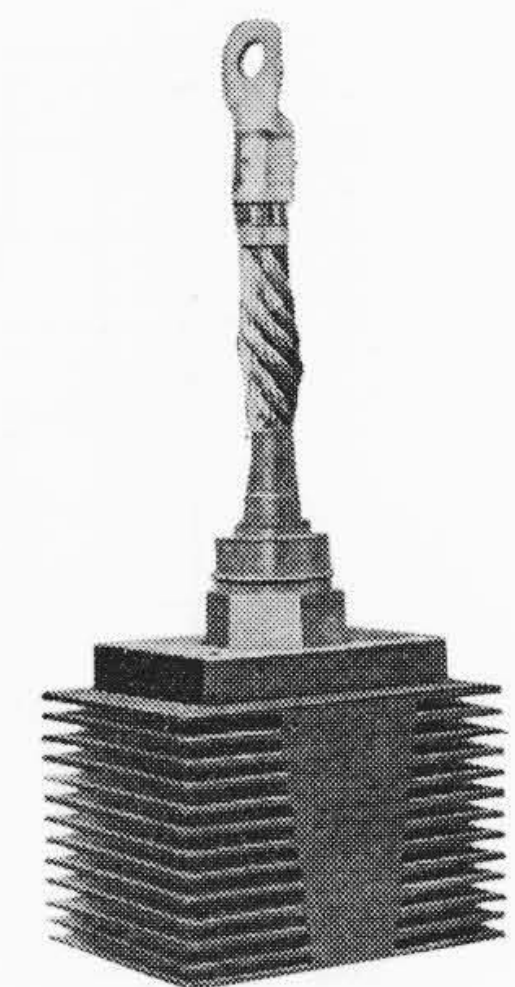
また P-N 接合製作技術の進歩により素子の高性能化、特に逆耐電圧の向上が著しい。電流容量も単に通電容量の増大のみでなく、車両用として繰返し過負荷に耐えるような内部構造としている。第23図に素子の外観を示す。

5.2.2 素子数の選定

直列素子数は開閉サージ 200% を考慮し、さらに 1 素子劣化時

にも運転可能なるよう1s 余裕をみて10s と決定した。外雷サージの移行率はA. C. フィルタのため低減されるので、素子直列数は開閉サージにより決定される。

並列素子数は10%こう配起動時の過負荷より2Pと決定された。交直兩用電車用のように、主回路方式としてグループ結線が採用される場合には、一般にこう配起動時の過負荷により決定された並列数で主電動機せん絡時の過電流には十分耐えることができる。素子直列数が多く、また劣化素子の発生を故障検出装置により検出するので、一直列素子列の短絡は実際上問題とならない。



PIV=700V 200A
第23図 シリコン整流素子

5.2.3 構造の概要および保護方式

シリコン整流器箱の外形を第24図に示す。電車用のように床下に取付けられる場合は素子数が極端に少ない場合を除いて、素子の取扱いおよび床下空間の利用上、トレイ方式が有利であり、今回の整流器にもトレイ方式を採用した。また床下に配置され、外気より直接冷却空気を吸込むのでじんあいが多く、空気回路も外部の影響を受けやすいため、素子部は従来と同様仕切ってフィルタを強化するとともに十分な風圧の送風機を使用している。送風機用電動機はコンデンサ電動機を使用し、回路を簡単化して事故の絶無を期した。整流器箱内にはサージアブソーバ、故障検出装置などシリコン過電流継電器を除く付属機器一切を収納しており、事故素子の発生はランプ表示により、車側から容易に点検できる構造としている。

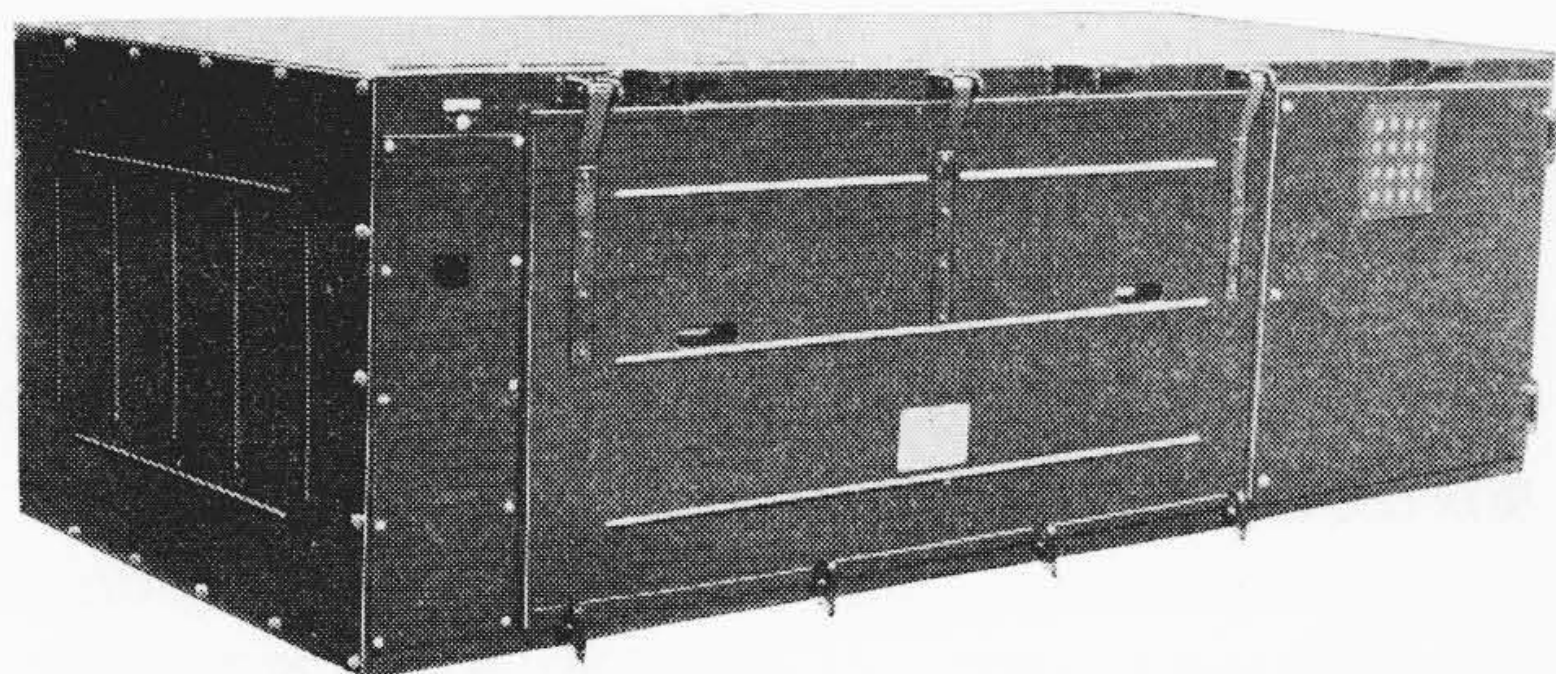
車兩用機器の保護方式は保守上簡易化が望まれるが、交直兩用電車では事故電流が比較的小さいので、今回も直流側高速度遮断器および空気遮断器のみによる保護方式で十分な保護のできることが確認された。

5.2.4 試験結果

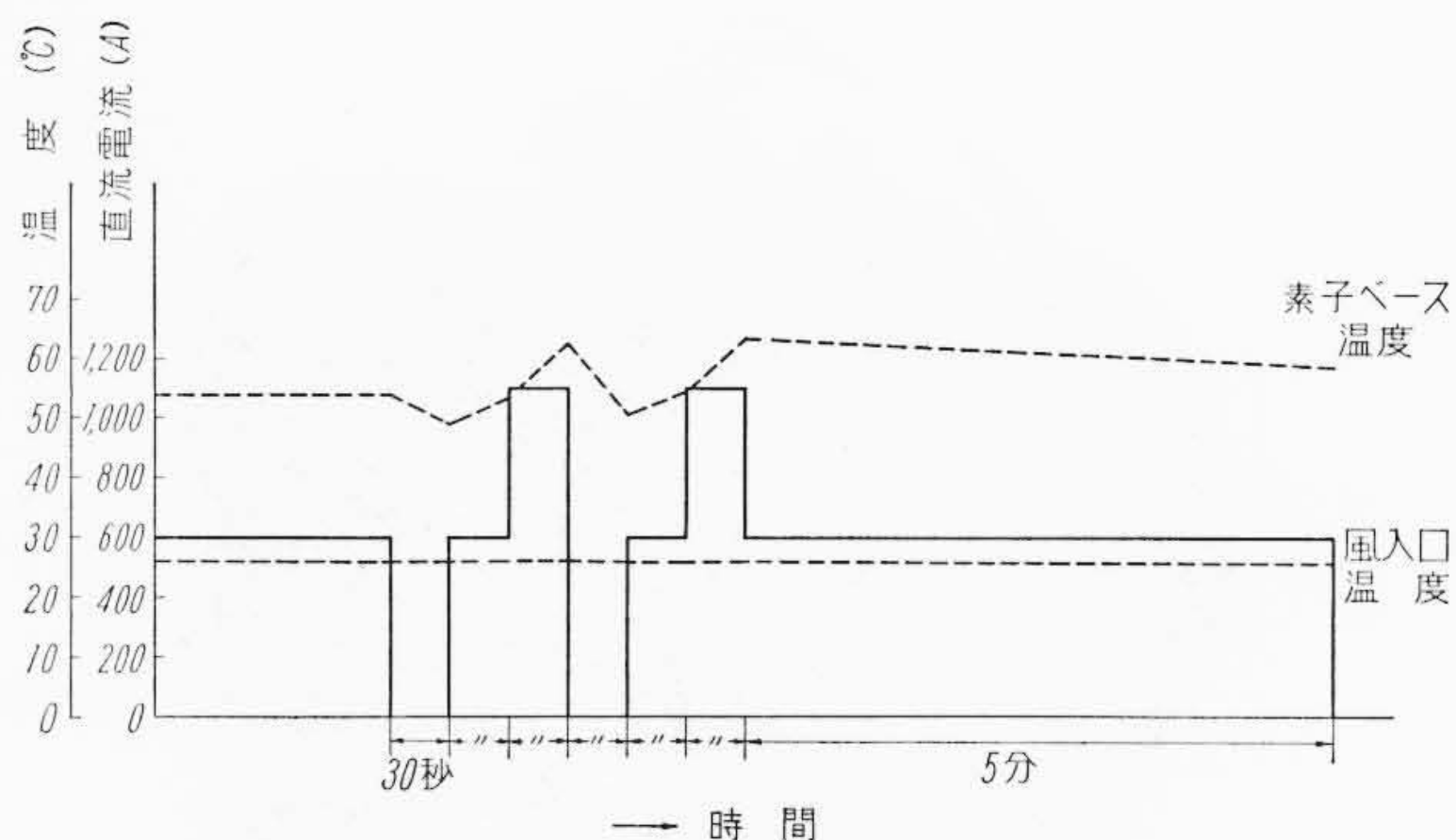
10%こう配起動を想定して決定された尖頭負荷試験(第25図)、主電動機せん絡時の過電流を想定し、常用逆電圧を印加しながら行った素子の短時間過負荷試験(第26図)、間欠尖頭負荷に対する耐力を確認するため想定起動電流による間欠負荷試験(第27図)、などのきびしい試験を行ったが、素子になら異常なく、温度上昇も十分に余裕があって並列素子数の妥当性が確認された。

また素子を実物トレイに組込んで5~50~加速度1gの振動試験を実施し、素子およびトレイにまったく異常のないことを確認した(第28図)。

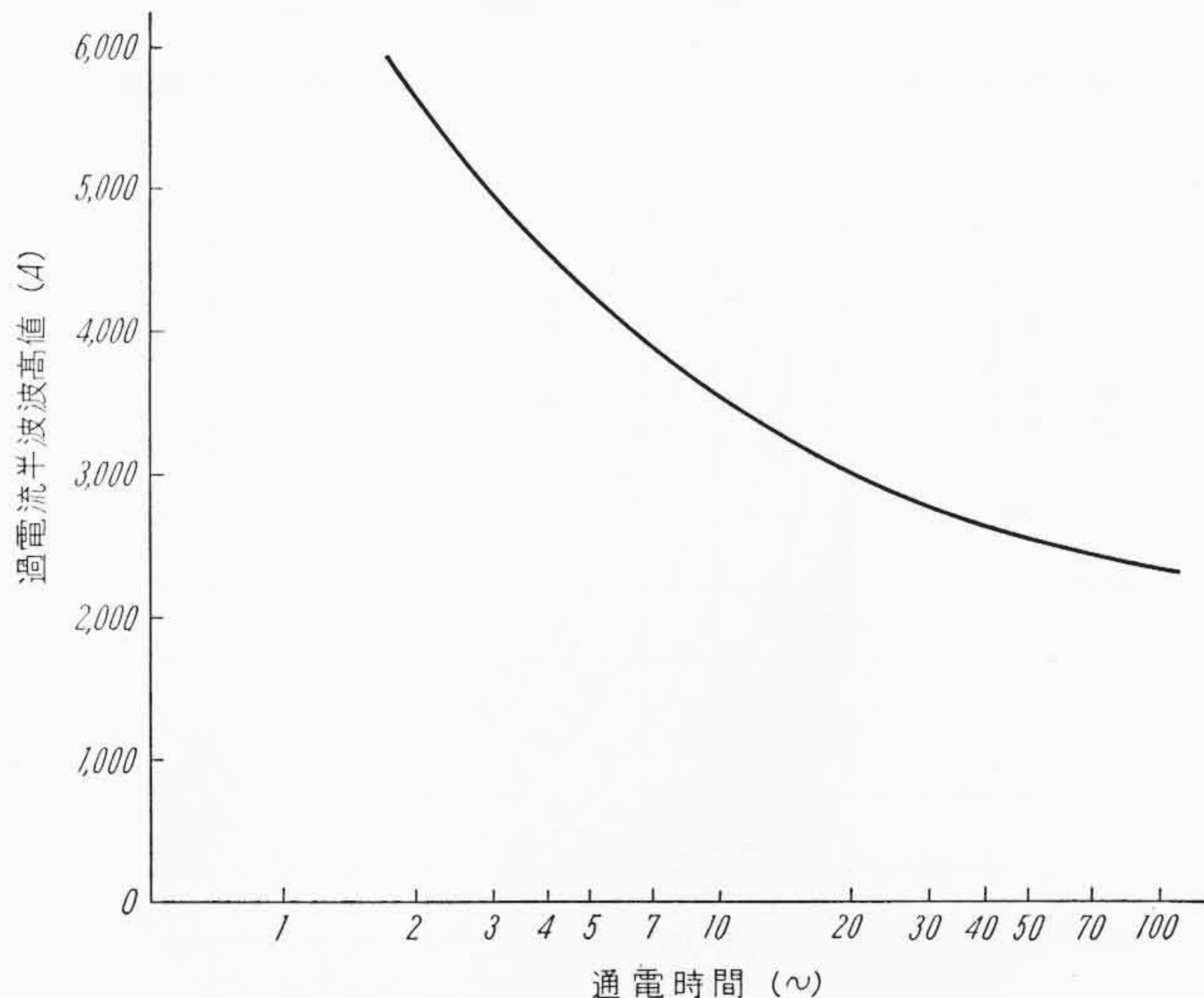
異常電圧に対しては実際の主変圧器について1次から2次へのインパルス移行率を実測の結果、2次側にA. C. フィルタのある場合には巻線比の20%以下で問題なく、最も重要な空気遮断器の開閉サージについても現車試験の結果、十分なサージアブソーバ



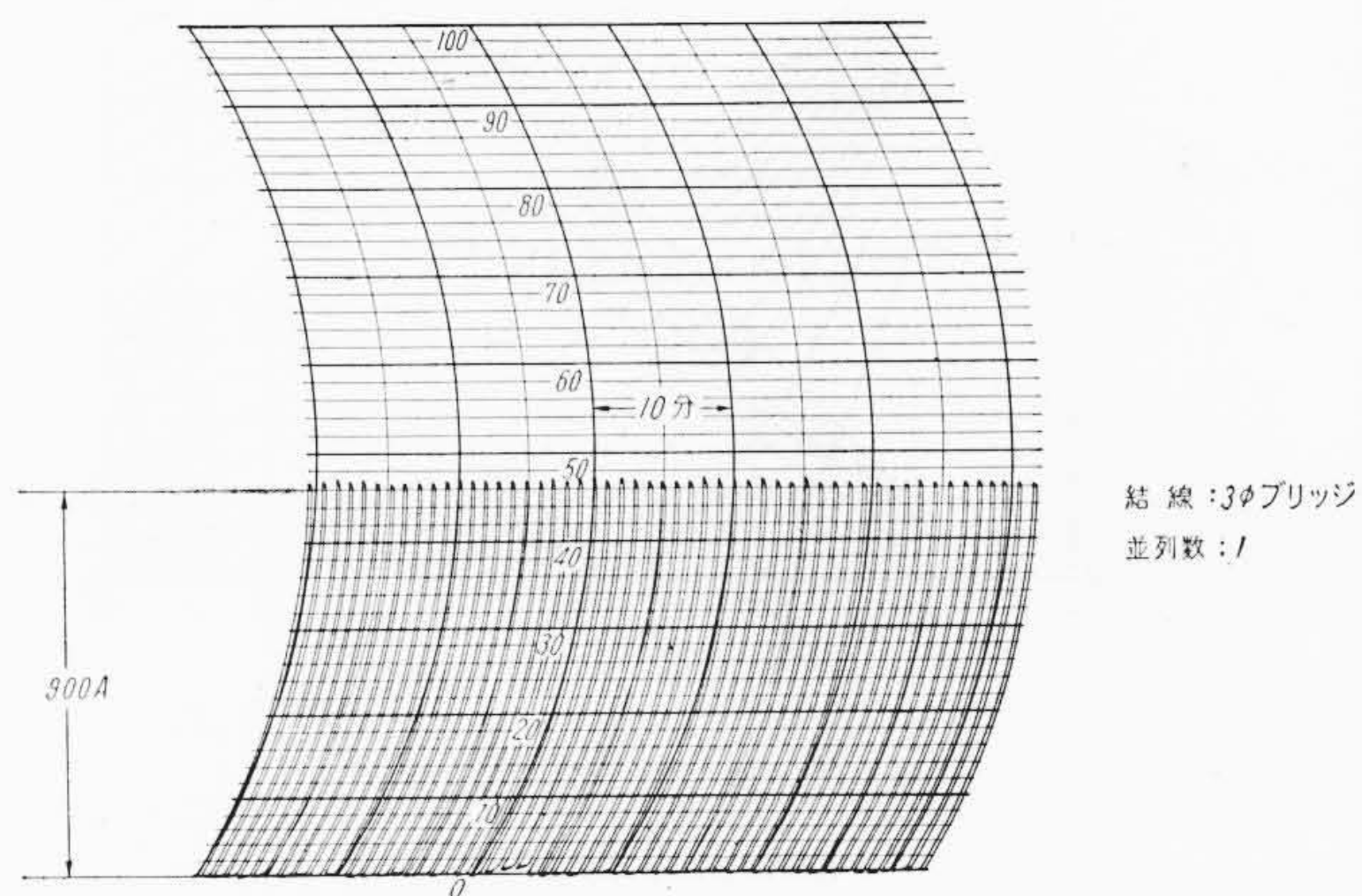
第24図 810kW/1,350V/600A
シリコン整流器箱



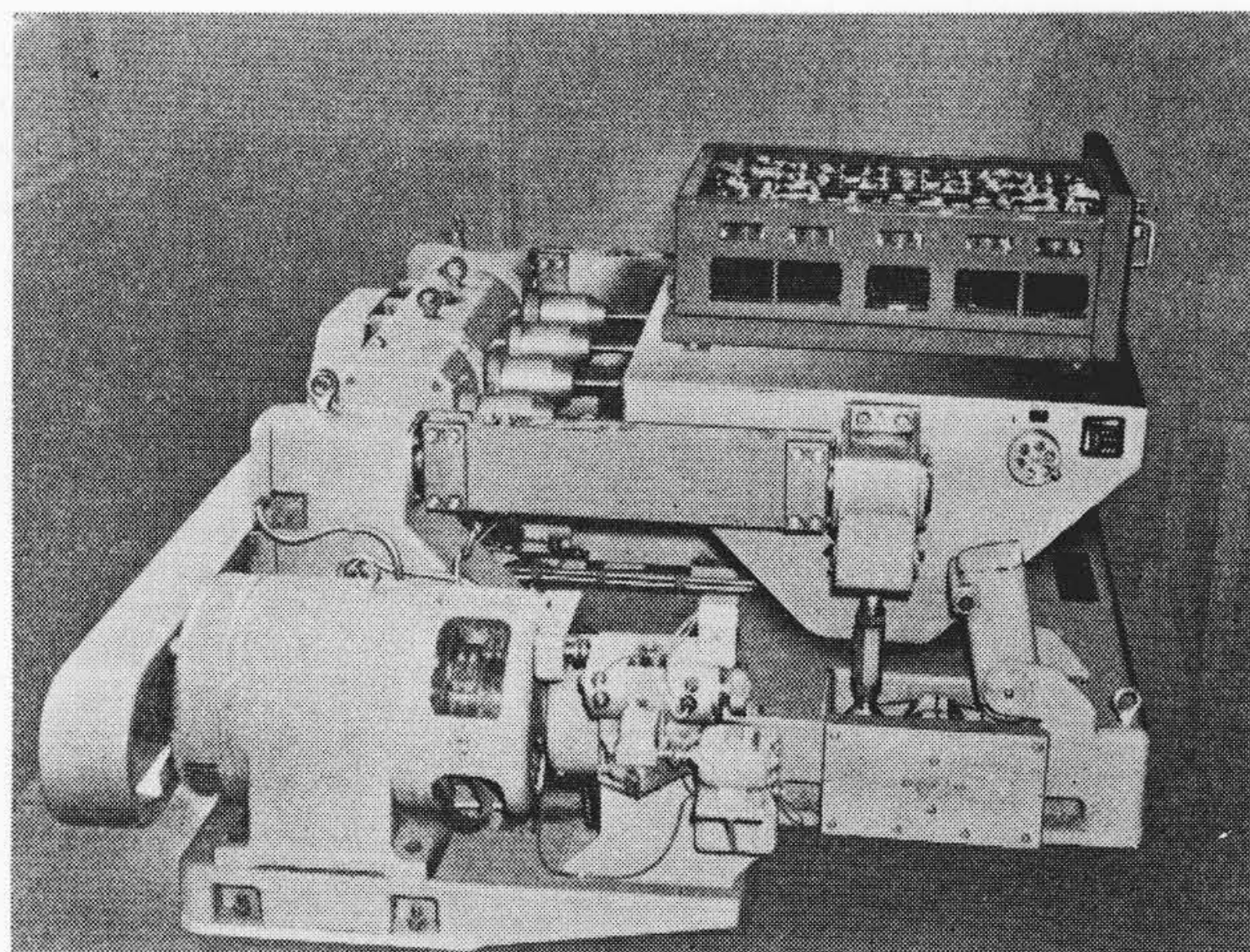
第25図 シリコン整流器実負荷想定試験



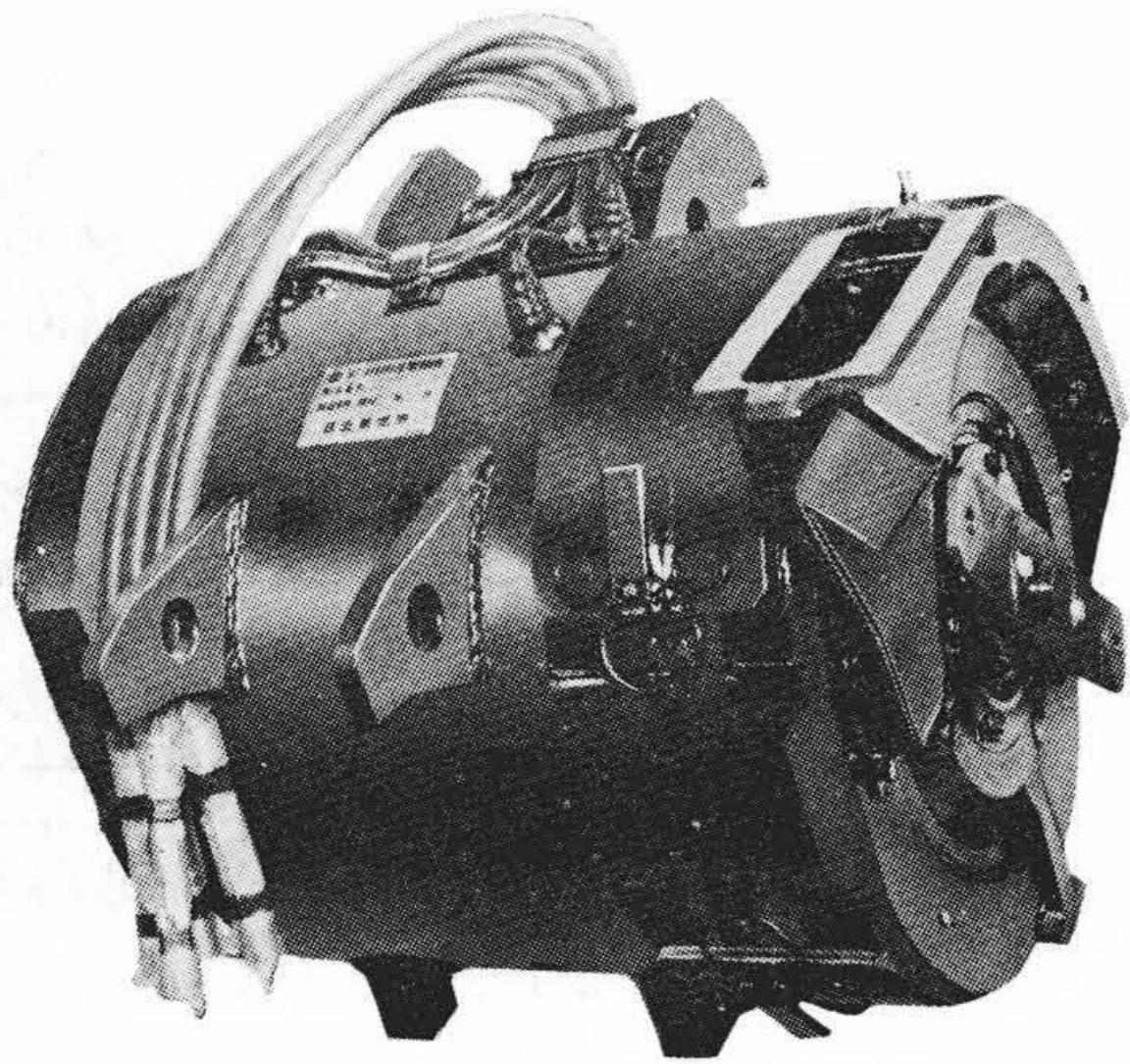
第26図 200A 整流素子過負荷特性



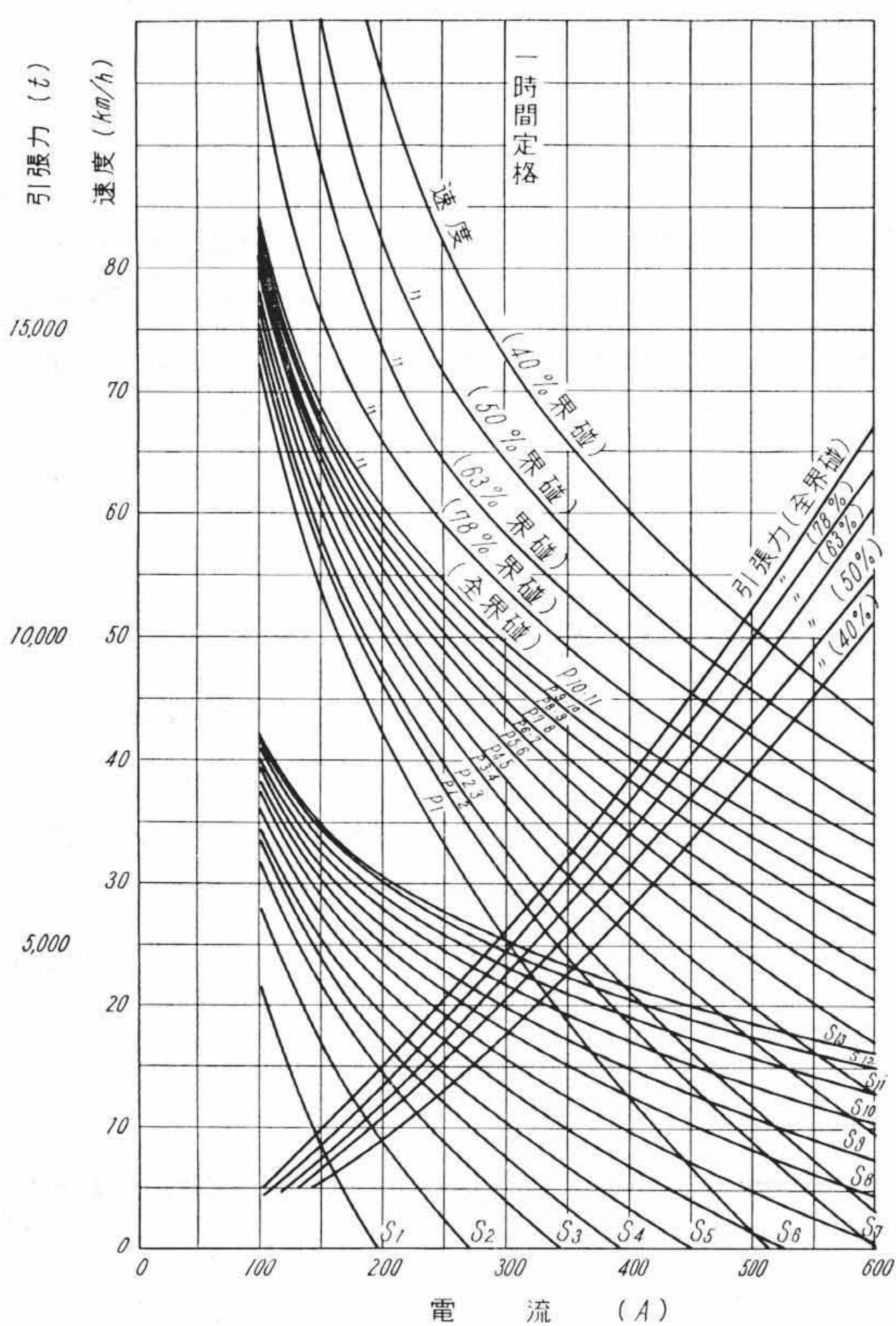
第27図 整流素子間欠負荷試験の一例



第28図 シリコン整流素子の振動試験



第 29 図 401 系電車用 MT 46 B 形 100 kW 主電動機



(a) 交 流 時 (線電圧 20 kV)

各段における制動抵抗値

直 列				並 列			
段	R (Ω)	段	R (Ω)	段	R (Ω)	段	R (Ω)
S ₁	6.5680	S ₈	2.7954	P ₁	1.3120	P ₈	0.5278
S ₂	5.8997	S ₉	2.4624	P ₂	1.1605	P ₉	0.4620
S ₃	5.2814	S ₁₀	2.1313	P ₃	1.0276	P ₁₀	0.4032
S ₄	4.6514	S ₁₁	1.8509	P ₄	0.9008	P ₁₁	0.3750
S ₅	4.1334	S ₁₂	1.6270	P ₅	0.7982		
S ₆	3.6154	S ₁₃	1.5004	P ₆	0.6949		
S ₇	3.2054			P ₇	0.6164		

主電動機形式 MT 46 B 動 輪 直 径 860 mm (計算用 820 mm)
 主電動機個数 8 歯 数 比 82 : 17 = 1 : 4.82 : 1

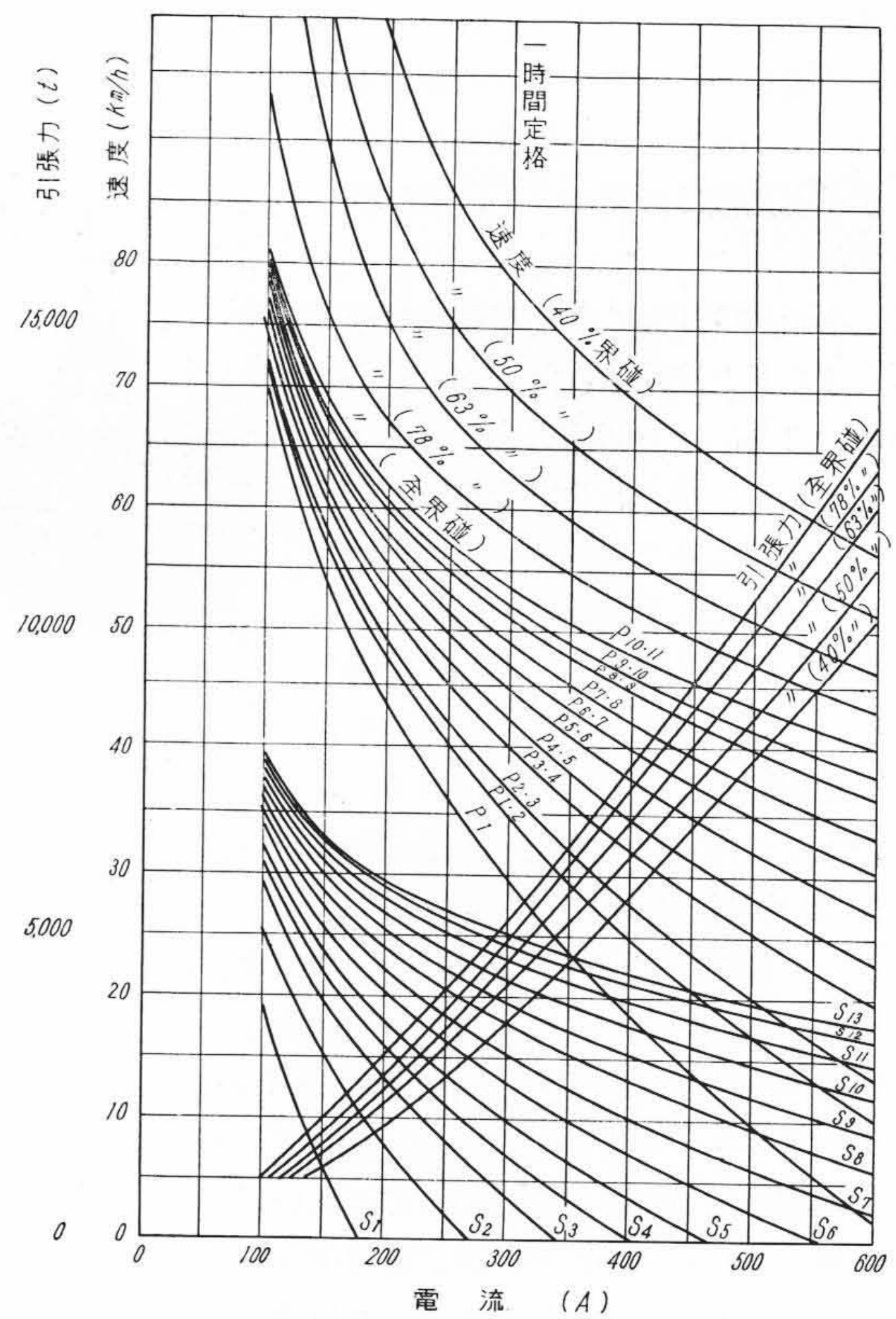
第 30 図 401 系電車ノッチ曲線

を設置し、長期試験によりその妥当性が確認された。

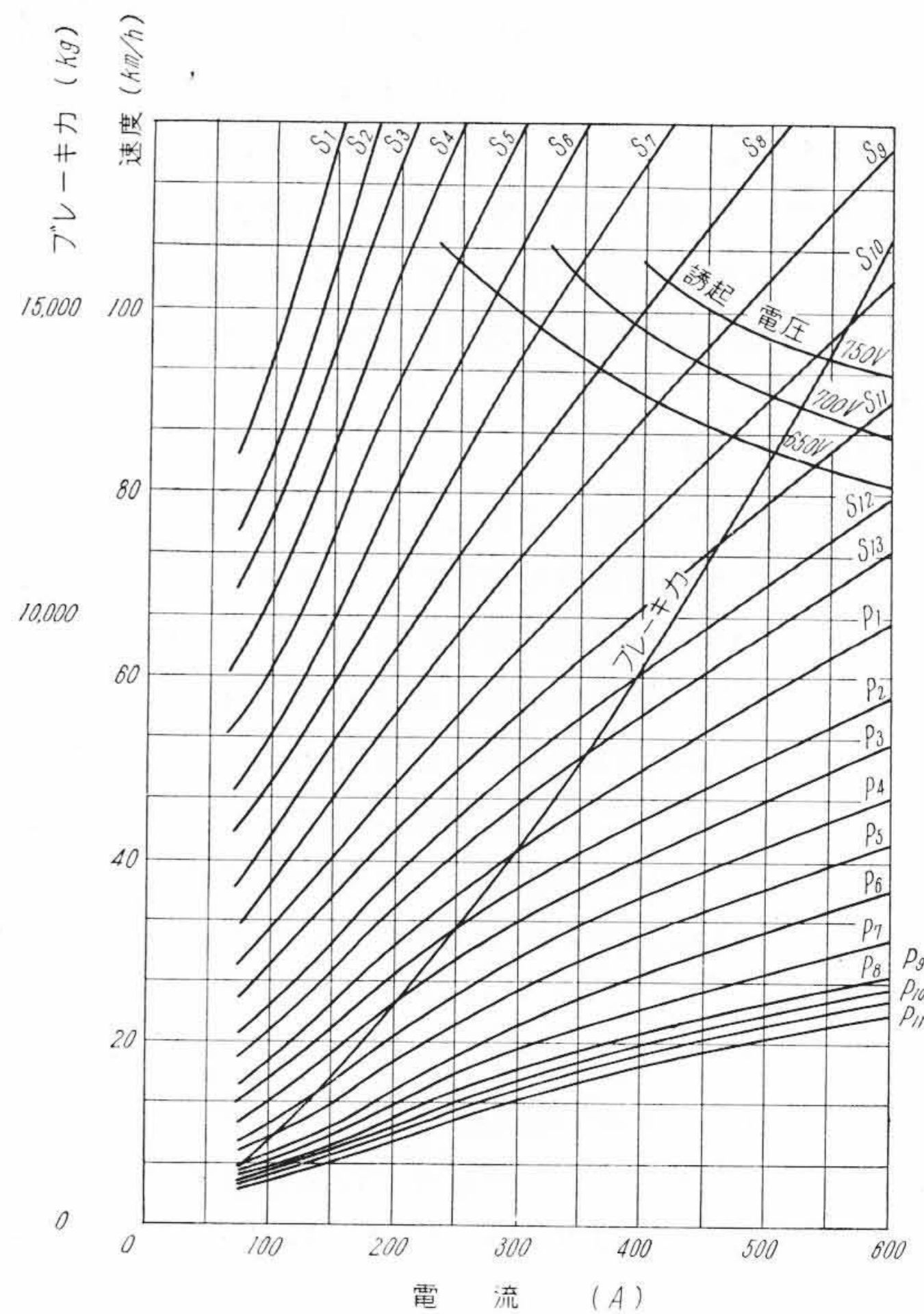
5.3 回 転 機

5.3.1 MT 46 B 形主電動機

交流区間では脈流運転を行うため、直流電車用 MT 46 A 形 100 kW 主電動機に脈流対策を施したものを使用している。本機



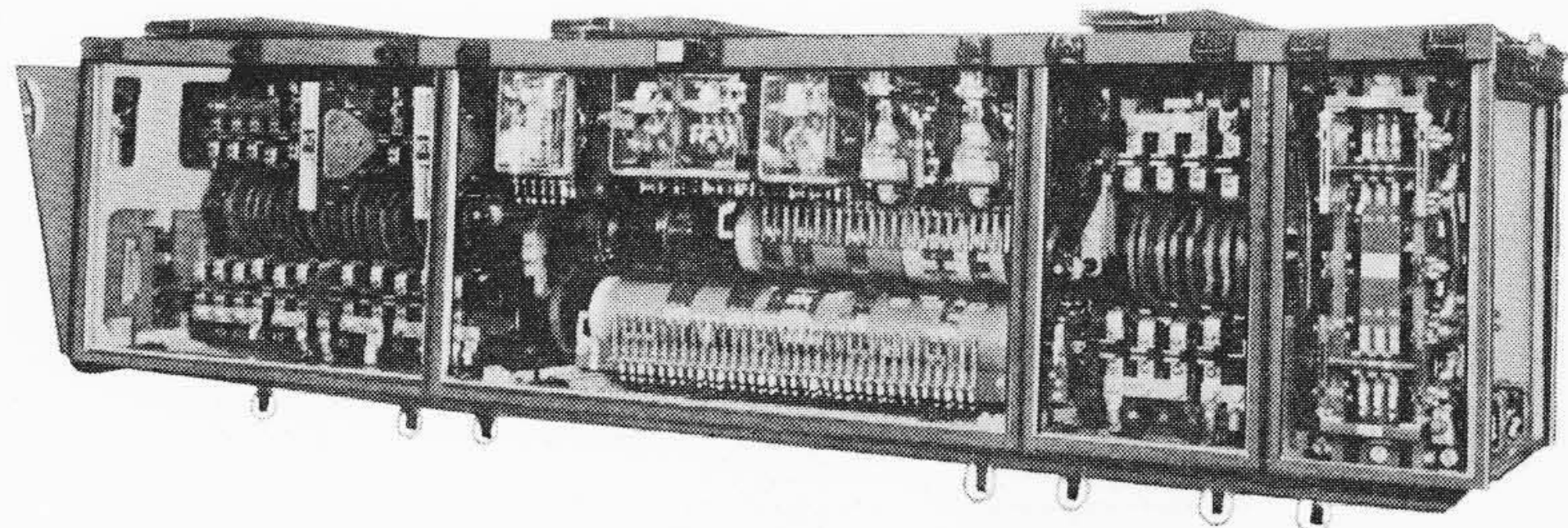
(b) 直 流 時 (線電圧 1,500 V)



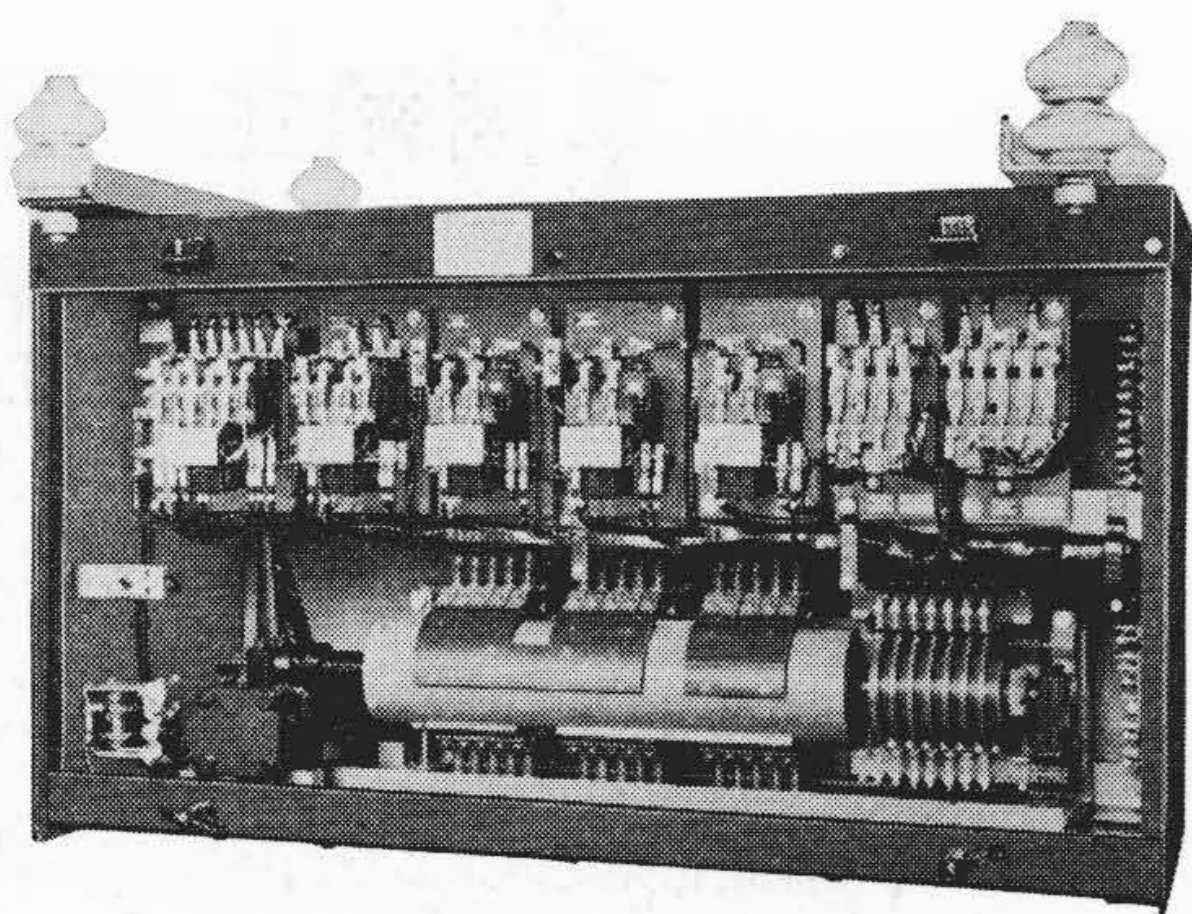
(c) 発 電 プレーキ時

は変圧器起電力、リアクタンス電圧とも比較的小さく、整流の点からはほとんど脈流対策を必要としないが、温度上昇の点から補極鉄心を積層し、補極コイル座の一部を切欠いた構造を採用している。また主極巻線には分流抵抗を設けず、弱界磁には直流電車と同じ誘導分流器を使用している。外観写真を第 29 図に示す。

平滑リアクトルの小形軽量化および誘導障害をおさえるため電



第 31 図 401 系電車 (CS 12 B 形) 主制御器箱



第 32 図 401系電車交直転換器箱

流脈動率を相当大きくしているが、温度上昇、整流とも許容限度以下に納まり、所期の性能を発揮することが確認された。

5.3.2 補助回転機

この電車は下記の補機を4両単位編成あたり各1組備えている。

- (1) 直流および脈流 1,500 V を電源とする補機
MH 97-DM 61 形 20 kW 電動発電機
MH 80-C 1000 形 5.5 kW 電動空気圧縮機 (2組)
- (2) 電動発電機を電源とする補機 (100 V 2φ 60~)
MH 1019-F K 42 A 形 3 kW 電動送風機 (主抵抗器用)
- (3) 主変圧器 3 次巻線を電源とする補機 (200 V 1φ 50~)
MH 1020-F K 43 形 0.3 kW 電動送風機 (主変圧器用)
MH 1021-O P 1 形 2 kW 電動油ポンプ (主変圧器用)
MH 1027-F K 48 形 2.2 kW 電動送風機 (整流器用)
- (4) 蓄電池を電源とする補機 (直流 80 V)
MH 99-A K 18 形 0.4 kW 補助電動空気圧縮機

(3)の交流補機は日立製作所製でいずれもジフェニールコンデンサを常時接続したままで使用する単相コンデンサ電動機とし、大幅な電圧変動に対しても十分な性能を確保している。

5.4 制御および保護装置

5.4.1 概 要

モハ 100 形以降の電車と同一の制御方式、すなわち電動操作カム軸制御器による主電動機の直並列抵抗制御および弱め界磁制御を行い、力行時には直列 13 段、並列 11 段、弱界磁 4 段、合計 28 段、また発電ブレーキ時には直列 13 段、並列 11 段、合計 24 段の制御段を得ている。第 30 図は交流区間および直流区間における力行時ノッチ曲線および発電ブレーキノッチ曲線である。

交直切換方式に関しては、すでに述べたようにクキヤ 490-11 あるいは交直両用機関車 E D 461 に採用された方式を基本としており、交直両区間の中間に設けられた無電圧区間に進入する前に、運転士が交直切換えスイッチをこれから進入しようとする電圧の側に切換えると力行回路が開放され、全編成はいっせいに惰行に入り、無電圧区間通過後は新しい電圧区間に進入した単位編成から順次に自動的に力行に入る。

また交直両用の電気に特有の保護装置としては、直流冒進時に主変圧器 1 次巻線を保護するための主ヒューズ、および交流冒進時に直流避雷器の放電電流によって動作し、空気遮断器を開放するための交流冒進保護継電器を有している。

5.4.2 制 御 装 置

(1) C S 12 B 形主制御器

モハ 100 以降の直流電車に使用されている C S 12 A 形電動カム

軸式主制御器に各種の脈流対策がほどこされたもので、限流継電器の固定鉄心に短絡リング、接点にワイプパネ、加減コイルには並列にコンデンサが追加され、脈流による目盛狂いを抑制している。第 31 図にその内部を示す。

(2) 交直転換器箱

主回路および制御回路を交流運転あるいは直流運転に応じて切換える K S 6 形交直転換器とともに各種継電器を収納している。箱の外蓋にはアクリル樹脂製の透明窓があり、空気遮断器が自動遮断したときは箱内に表示灯を点じ内部を照明するから、蓋を開けなくても継電器の動作ターゲットを確認することができる (第 32 図)。

6. 結 言

以上、直接式および整流器式の交流ならびに交直両用電車用電気品の問題点について概説し、さらに最近完成した 493 系および 401 系交直両用電車用電気品の概要を紹介したが、主変圧器関係はほかの筆者により詳述されているのでここでは割愛した。

近年車両用電気品は日進月歩を続けており、シリコン整流器、単相誘導電動機式電車など、数年前まではまったく予想されなかった新しい製品や方式がつぎつぎに試作、試験され、実用化されてきたことは注目に値すると思われる。このような新製品の開発にあたっては試作、試験の結果明らかとなる技術的問題が非常に多く、実用性の大きい諸方式を試作のうえ、十分検討を尽して標準形式を決定することは技術的にもきわめて意義深いことといえよう。

これらの設計、製作、試験にあたっては日本国有鉄道臨時車両設計事務所、運転局をはじめとし、関係各方面の絶大なご援助ご指導を賜った。ここに深く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 河井ほか：日立評論 別冊 No. 20, 4 (昭 32-11)
- (2) 伊沢ほか：日立評論 41, 976 (昭 34-8)
- (3) 高橋ほか：日立評論 42, 345 (昭 35-3)
- (4) 曾根田、川上：日立評論 42, 669 (昭 35-6)
- (5) 桑島、浅野、川上：日立評論 別冊 No. 32, 74 (昭 34-11)
- (6) 日立評論 43, 47 (昭 36-1)
- (7) 竹村、益富：日立評論 41, 559 (昭 34-4)
- (8) 曾根田、金原、森田：日立評論 41, 353 (昭 34-3)
- (9) 毛利、曾根田：日立評論 別冊 No. 32, 41 (昭 34-11)
- (10) 東条、益富、前川：日立評論 41, 983 (昭 34-8)
- (11) 河井：電学会東京支部大会予稿 246 (昭 33-11)
- (12) 片岡ほか：日立評論 別冊 No. 40, 49 (昭 36-2)
- (13) 前川、益富：日立評論 別冊 No. 40, 72 (昭 36-2)
- (14) 河井：電学会東京支部大会予稿 316 (昭 35-11)
- (15) 伊沢、河井、川上：日立評論 別冊 No. 40, 4 (昭 36-2)