

九州旅客鉄道株式会社783系新特急電車

Limited Express 20 kV AC Electric Multiple Unit Trains for Kyushu Railway Company
(Series 783)

九州旅客鉄道株式会社は、昭和63年3月13日JRグループの運転ダイヤグラムの改正で、九州地区の短編成化による列車増発及び特急列車の運転区間延長などによる旅客サービスの向上を図るため、783系新特急電車を29両投入した。

日立製作所は、この新特急電車の主回路電気システム及び車体ぎ装システムを取りまとめに参画し、特に主回路電気品の地上組合せ試験を実施して電気システムの性能確認を行い、量産車の営業線一括投入に備えて万全を期した。

西村 隆夫*
正木 徹*
戸取征二郎**
平石元美**
野崎 吉雄***

Takao Nishimura
Tôru Masaki
Seijirô Todorî
Motomi Hiraishi
Yoshio Nozaki

1 緒 言

783系新特急電車は、九州の旅客輸送の実情に適した短編成化及び小刻みな増結などに有利な1M方式(1電動車独立制御方式)を採用し、九州旅客鉄道株式会社(JR九州)線内専用の交流電車とした。

編成は従来の485系特急形交直流電車の「有明」号と同様に、熊本行きを3両、西鹿児島行きを5両の基本編成とした。多客期にはM₁(中間電動車)とT(中間付随車)の2両を増結して、最大7両編成で運転される。編成図を図1に示す。

今回投入された29両の内訳は、3両編成(2M1T)が5本、5両編成(3M2T)が2本、波動用のM₁車2両、T車2両である。

この電車の主回路制御システムは、昭和58年に投入された713系近郊形交流電車の実績のある回生ブレーキ付きサイリスタ位相制御、他励界磁制御を採用した。

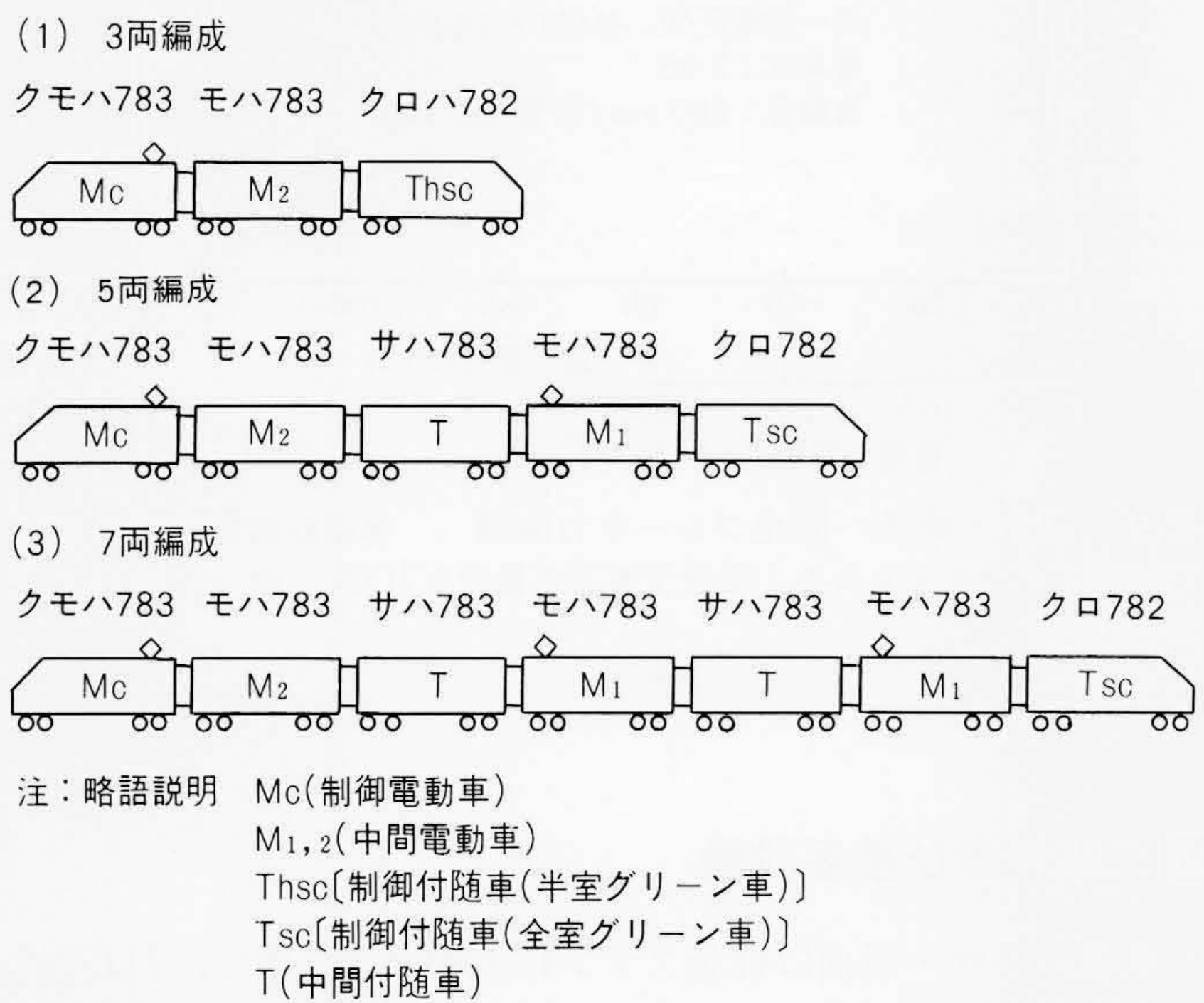


図1 編成図 多客期には、M₁車とT車が増結されて旅客需要に対応する。

以下、783系新特急電車の概要、車体システムと電気システムの特長などについて述べる。

2 設計の基本方針

- (1) 運転時分の短縮を図るため、最高速度130 km/h(当面は120 km/h)、加速度は2 km/h・s以上、曲線通過速度はJR内規で定められた曲線での制限速度+15 km/hとする。
- (2) 25%こう配線区でも1M2T(2M1Tの1M車カット)運転が可能な性能とする。
- (3) 電気ブレーキは、抑速ブレーキ及び停止ブレーキとも交流回生ブレーキを採用し、軽量化と省エネルギー化を図る。
- (4) 車両の軽量化を図るため、軽量ステンレス車体、軽量ボルスタレス台車を採用する。同時に主要大形電気機器の小形・軽量化を図る。
- (5) 乗り心地と居住性の向上を図るための新しいアコモデーションを採り入れる。
- (6) 単編成車両で多様化する旅客ニーズに対応できる車両構造を採り入れる。
- (7) 先頭形状はざん新なデザインとし、前方展望を良くする両端部客室構造を採り入れる。
- (8) 情報化社会に対応して、情報サービスが行える設備を採り入れる。

これらの設計条件を満たして製作された電車の外観を図2に示す。

3 性能及び主要緒元

25%の連続こう配区間を1M車カットの1M2Tで起動及び走行が可能とし、最高運転速度を130 km/h、高加速度(4M3T 200%乗車で2.0 km/h・s以上)に対応するため、主電動機はMT61を一部改良したMT61Qを採用し、歯車比を3.95(79/20)、最弱界磁率を60%に設定した。

25%こう配区間を考慮して抑速ブレーキは713系電車と同じ

* 九州旅客鉄道株式会社運輸部車両課

** 日立製作所笠戸工場

*** 日立製作所機電事業本部



図2 783系新特急電車の外観 スピード感のあふれる先頭形状とし、かつ前方展望を良くした構造とした。

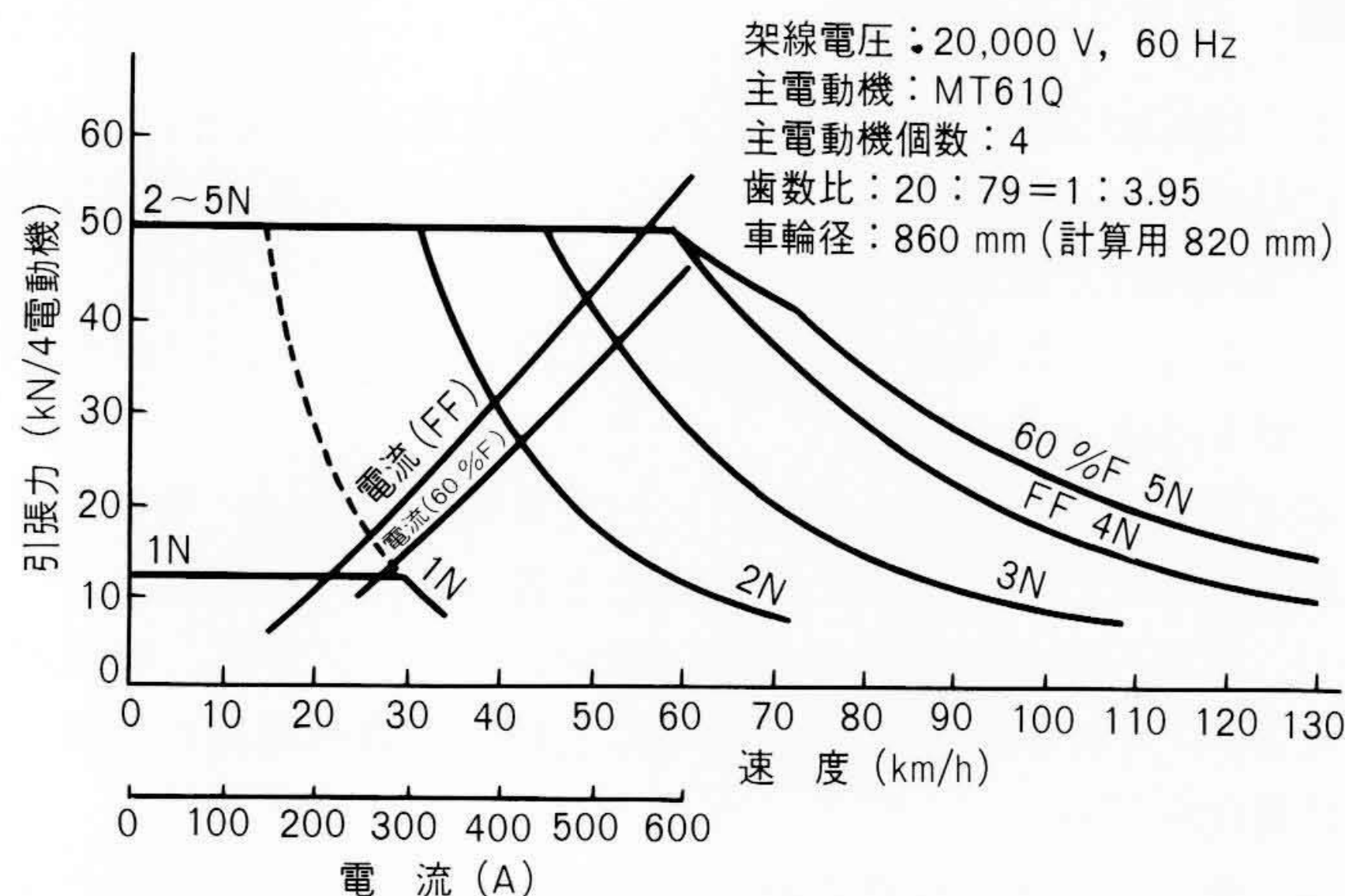


図3 速度・電流—引張力曲線 最高速度130 km/hに対応するため、713系電車に対してギヤ比を6.07→3.95、最弱界磁率70%F→60%Fとし高速特性の向上を図っている。

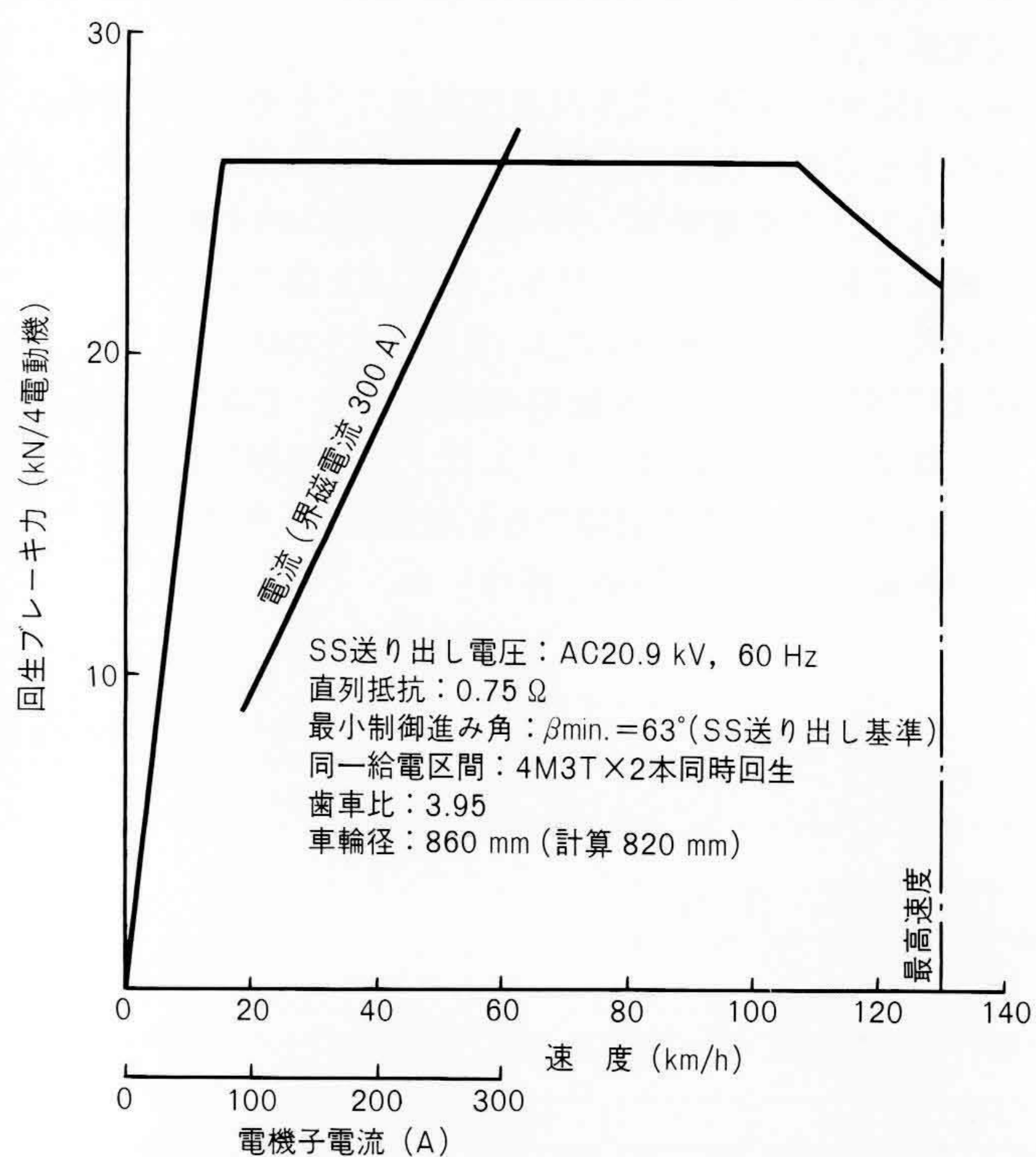


図4 速度・電流—回生ブレーキ力曲線 等価妨害電流 J_p の増加、力率低下を防止するため、電機子電流の最大を713系と同一の300 Aに設定している。

く交流回生ブレーキとした。停止ブレーキにも交流回生ブレーキを使用しているが、713系電車に比べて最大回生ブレーキ力は小さくなっている。これは回生ブレーキ時の等価妨害電流 J_p と力率を713系電車並みにするために、回生電流の最大を713系と同一に抑えたことによる。

速度・電流—引張力曲線を図3に、速度・電流—回生ブレーキ力曲線を図4に示す。また、電車の主要諸元を表1に示す。

4 主回路システム

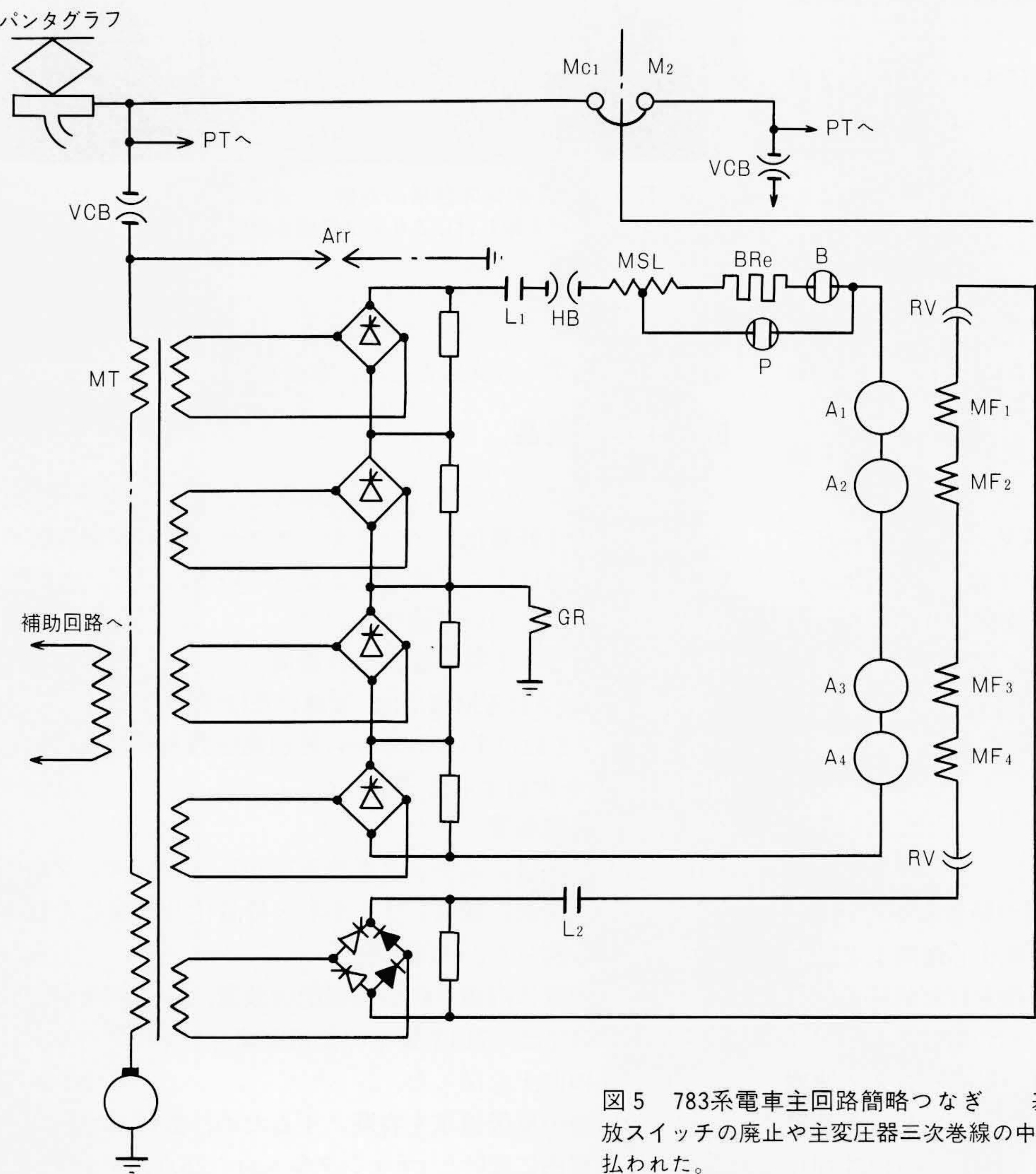
主回路システムは、実績のある713系電車を基本とした回生ブレーキ付きサイリスタ位相制御、他励界磁制御方式の4箇電動機方式を採用した。主回路簡略つなぎを図5に示す。2箇電動機開放スイッチの廃止、三次巻線中性線の廃止、直流変流器のホール素子応用形変流器化など軽量化努力が払われている。

5 車体及び接客設備

車体の形状・断面は軽量ステンレス車体を採用し、211系近郊形直流電車を基本とした。ただし、側出入口は新構想である中央1箇所とし、その開口幅は700 mm（有効幅670 mm）とした。車体強度についてはFEM（Finite Element Method）解析によって十分な検討を加えた。これらの解析結果の一例を図6に示す。

表1 783系新特急電車の主要諸元 軽量ステンレス構体車両で、基本編成を2M1Tとし、中間電動車と付随車が増結できる。

形 式		Mc (制御電動車)	M ₂ (中間電動車)	Thsc (制御車)	M ₁ (中間電動車)	T (付随車)	T _{sc} (制御車)
項 目	一 般 席	60	64	32	64	64	—
	グ リ ー ン 席	—	—	12	—	—	29
電 気 方 式		交流 20 kV, 60 Hz					
最 高 運 転 速 度 (km/h)		120 (準備工事として130)					
質 量 (自重) (t)		40.6	40.1	29.7	40.3	29.3	30.0
主 要 寸 法	車 体 長 (連結器面間距離) (mm)	21,050	20,000	21,050	20,000	20,000	21,050
	車 体 幅 (mm)	2,950					
	屋 根 高 さ (mm)	3,670					
	台 車 中 心 間 距 離 (mm)	13,800					
	パンタグラフ折りたたみ高さ (mm)	4,290	—	—	4,290	—	—
走 行 装 置 (台車形式)		軽量ボルスタレス台車					
主 電 動 機 の 種 類 及 び 出 力		600 kW/ 4 個		—	600 kW/ 4 個		—
動 力 伝 達 装 置 の 方 式		中空軸平行カルダン方式		—	Mc, M ₂ と同様		—
電 動 発 電 機 の 種 類 及 び 出 力		—		電動発電機 (20 kVA)	—	電動発電機 (20 kVA)	電動発電機 (20 kVA)
電 動 空 気 圧 縮 機 の 種 類 及 び 吐 出 し 量		—		誘導電動機駆動	—	誘導電動機駆動	誘導電動機駆動
制 御 方 式		サイリスタ位相制御, 弱界磁制御 (他励制御) 回生ブレーキ付き					
ブ レ ー キ 方 式		回生ブレーキ併用電気指令式空気ブレーキ, 抑速付き, 直通予備ブレーキ, 応荷重装置付き					
連 結 装 置	連 結 器 の 種 類	密着連結器 (電気連結器含む), 自動分併装置付き					
	緩 衝 器	ゴム緩衝器					
運 転 保 安 設 備	自 動 列 車 停 止 装 置	ATS-S					
	列 車 無 線	空間波無線, 半復信タイプ					



注：略語説明
PT(Potential Transformer)
VCB(Vacuum Circuit Breaker)
Arr(Arrester)
MT(Main Transformer)
L₁, L₂(Line Breaker 1,2)
HB(High Speed Circuit Breaker)
MSL(Main Smoothing Reactor)
BRe(Brake Resistor)
B(Braking)
P(Powering)
RV(Reverser)
A₁~A₄(Armature 1~4)
MF₁~MF₄(Main Field 1~4)

図5 783系電車主回路簡略つなぎ 基本システムは713系と同一であるが、電動機開放スイッチの廃止や主変圧器三次巻線の間接タップ廃止など、きめ細かい軽量化の努力が払われた。

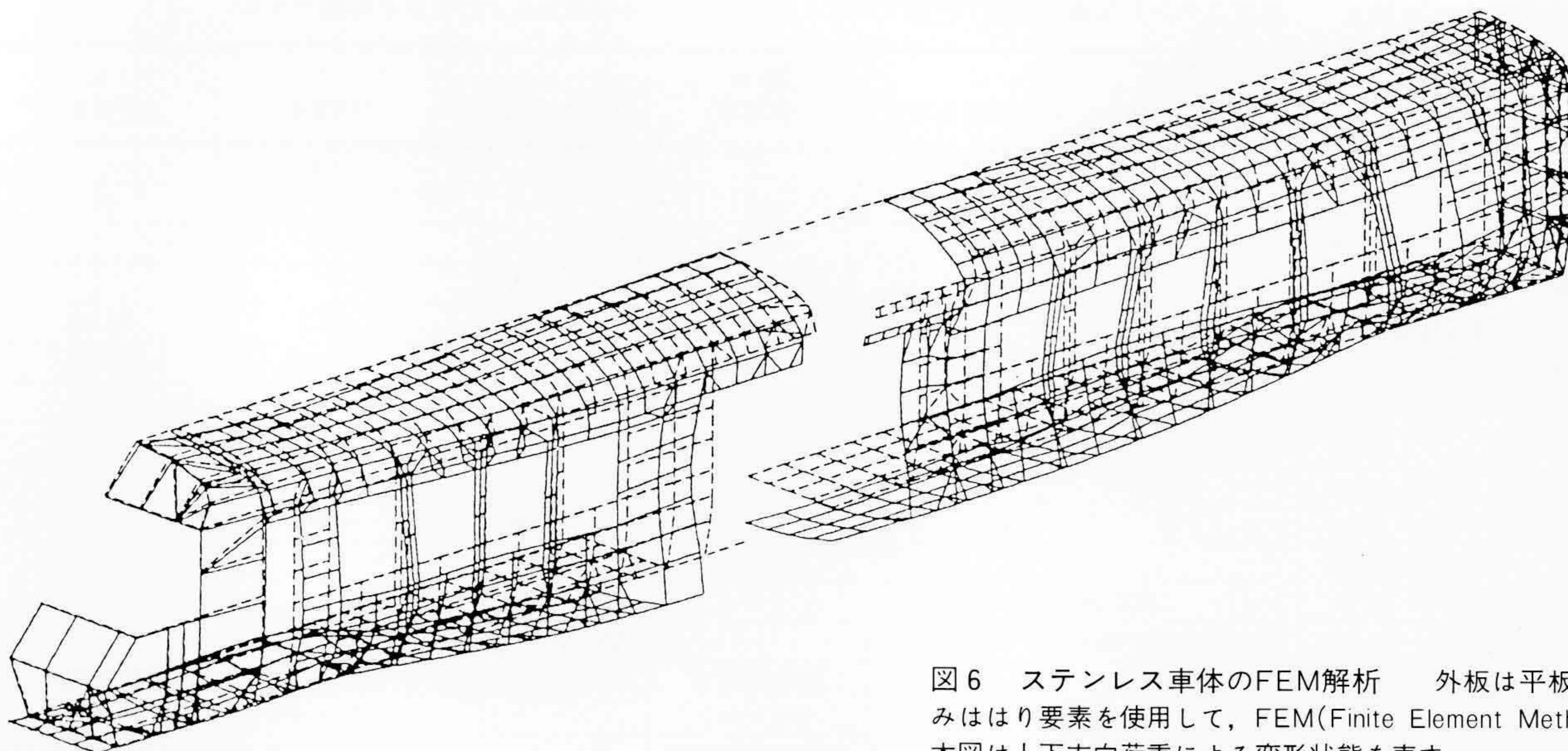


図6 ステンレス車体のFEM解析 外板は平板要素，主要な骨組みははり要素を使用して，FEM(Finite Element Method)解析を行った。本図は上下方向荷重による変形状態を表す。

前頭形状はざん新なデザインを得るため，50度の傾斜角を付け，かつ前面ガラスを広くとり前面非貫通構造とした。また，運転室は開放構造としているが，客室との仕切りには透明強化合成樹脂板を使用した。更に，両先頭車前位半室の座席部の床を高くし（ハイデッカー），車側展望を良くする構造とした。

車内は，出入口を中央に設置したことによって1両を2室に分割することになり，各室の腰掛のモケット，じゅうたん，カーテンの色調を変えてインテリアデザインに変化を持たせた。

腰掛は普通車は960 mm，グリーン車は1,200 mmのシートピッチとし，全席を回転リクライニングシート，フットレスト付き構造を採用し背面テーブルを備えた。なお，グリーン席用腰掛には折りたたみ中ひじテーブル付きとした。

側窓は展望を良くするため大窓化を図り，従来の特急電車（485系電車）の1.35倍（普通室），1.75倍（グリーン室）に拡大した。ガラスは複層強化ガラスとし窓枠はアルミ製ユニット固定窓である。

サービス設備としては，グリーン室にAVシステムサービス機器（VTR放映の液晶テレビジョン，テープ放送のイヤホンジャック）を備え，制御付きMc（電動車）前位室には小グループ貸付け用のカラオケ装置及びモニタテレビジョン，冷蔵庫，電子レンジなどが設置可能なスペースと電源を設けた。また，Thsc（制御付き半室グリーン付随車），T車には自動販売機を設置した。

6 台車及び駆動装置

台車は205系電車ほかで多数の実績を持つ軽量ボルスタレス台車を採用し，ばね下重量の低減による乗り心地向上と軌道への影響の低減を図った。また，130 km/h走行に対応して(1) 空気ばね上面板の10度傾斜，(2) ヨーダンパの取付け，(3) Zリンク機構の採用，(4) 増粘着制輪子の採用，(5) 全軸端への速度発動機の取付けなどの構造を採り入れた。基礎ブレーキ装置は，電動台車に踏み面片押し式，付随台車には踏み面片押し

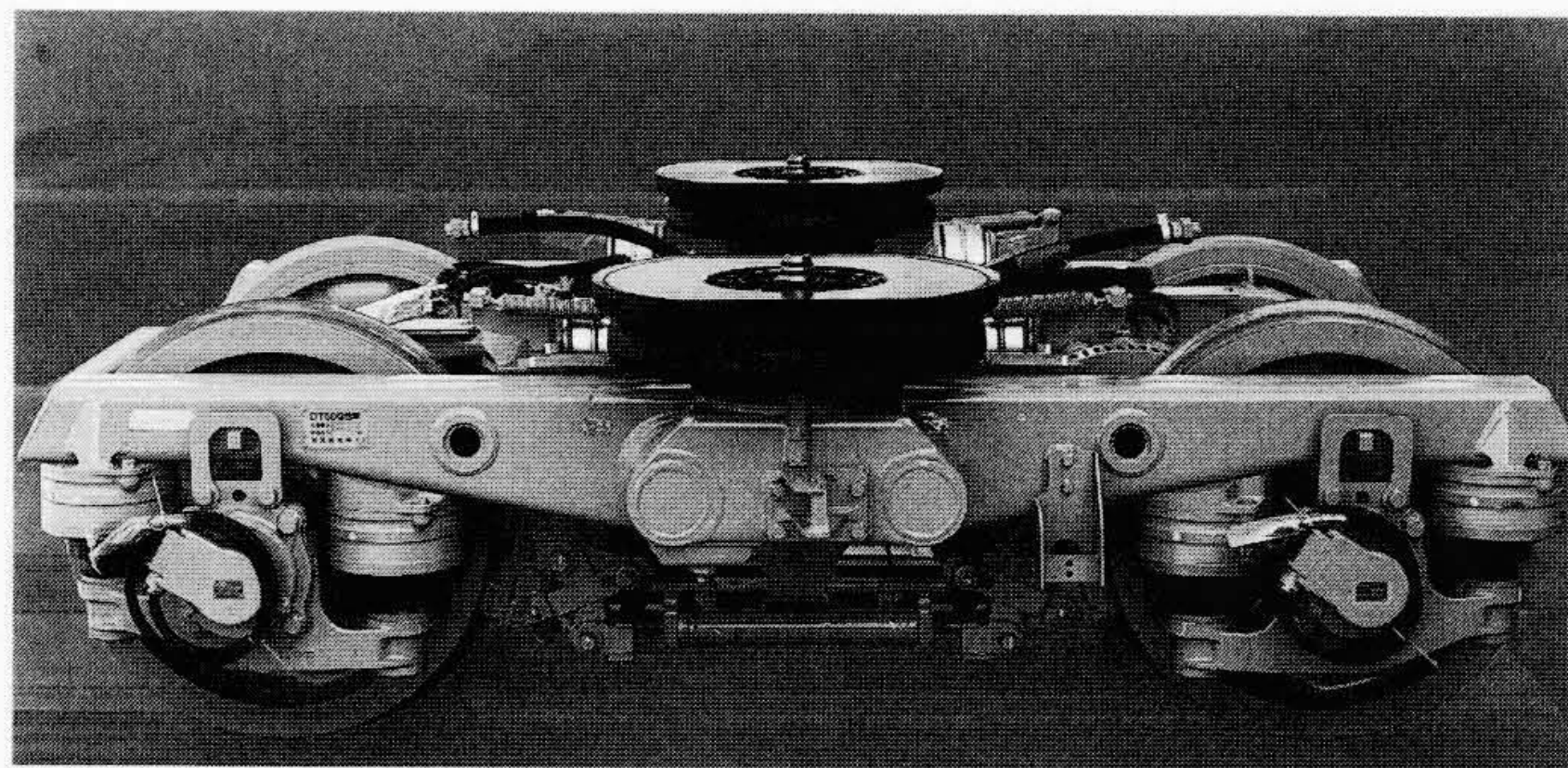


図7 軽量ボルスタレス台車の外観 速度向上及び乗り心地向上のため，ヨーダンパを取り付けZリンク機構を採用した。

式併用1軸1ディスク式とした。本台車の外観を図7に示す。

7 主要電気品

主要電気品については，特急電車用として電流容量の見直しのほか小形・軽量化，メンテナンスフリー化及び信頼性の向上を図るためほとんど新設計となっている。以下，主要電気品の主な特長について述べる。

(1) パンタグラフと特別高圧渡り装置

Mc車と連結されるM車には，架線に及ぼす影響を考慮して，パンタグラフを設けずにMc車から特別高圧渡り装置を介してM₂車に電力を供給するようにした。

(2) 主制御整流装置

(a) 冷却方式は，スタック直接風冷からフロンタンク内蔵による風冷方式に変更して，小形・軽量化及び耐じん（塵）性の向上を図った。

(b) この装置に内蔵される位相制御装置，及びゲート制御装置については，713系電車の使用実績をフィードバックして信頼性の向上を図った。

(c) 故障時の原因追求を容易にするため，故障モニタを位相制御装置内に設けた（デジタル入力：25点，アナログ入

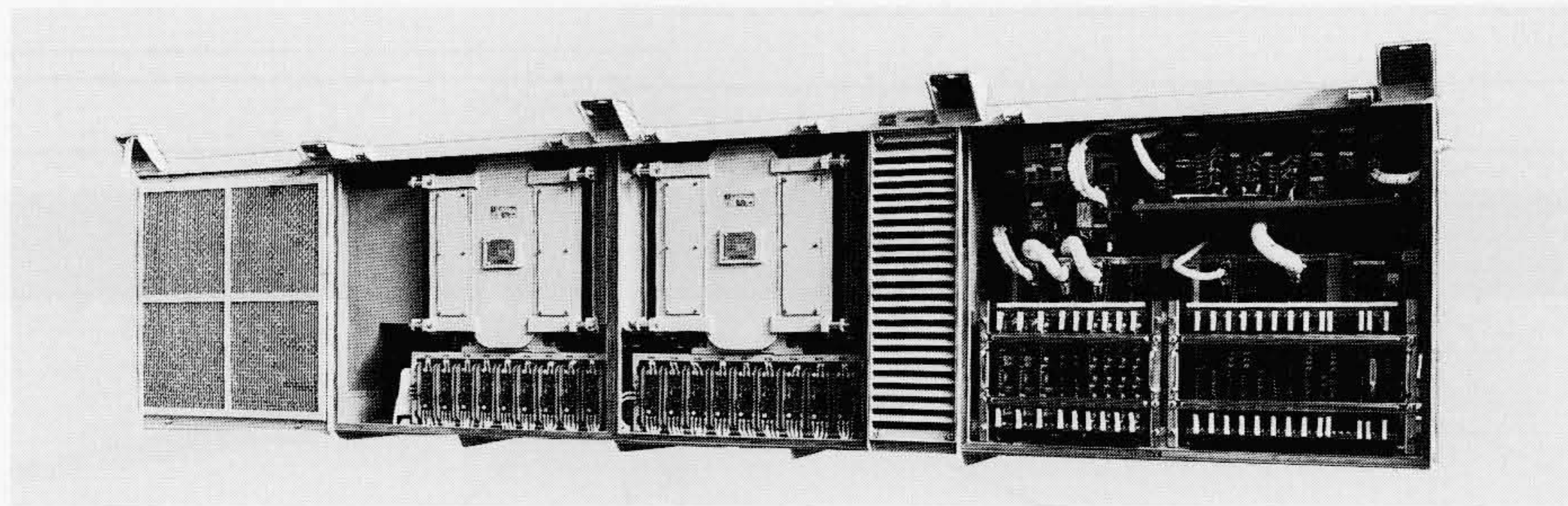


図8 RS400K形主制御整流装置の外観 サイリスタブリッジ四組みと混合ブリッジ組みをフロンタンク2台に収納して風冷構造とし、耐じん(塵)性の向上を図った。

表2 主制御整流装置の仕様 713系電車的主制御整流装置仕様に対して負荷条件、冷却方式が異なっており、軽量化仕様となっている。

項 目		仕 様
形 式		RS400K
方 式		主回路：サイリスタブリッジ4段直列非対称制御
素 子 定 格		主サイリスタ：500 A, 2,500 V 界磁サイリスタ：500 A, 2,500 V 界磁ダイオード：800 A, 1,600 V
素 子 構 成		主サイリスタ：1S×1P×4A×4B 界磁サイリスタ：1S×1P×2A 界磁ダイオード：1S×1P×2A
周 囲 温 度		−10～40℃
冷 却 方 式		方式：フロン冷却風冷 風量：38 m ³ /min 風圧損失：588 Pa(60 mmAq)
負 荷 条 件		100%連続, 167% 4分
定 格	主 回 路	定格直流電流：330 A 定格直流電圧：2,000 V 定格出力：660 kW
	界磁回路	定格直流電流：330 A 定格直流電圧：37 V 定格出力：12 kW
質 量		750 kg

力：9点，入力データサンプリングタイム：1 ms)。

(d) この装置の仕様を表2に，外観を図8に示す。

(3) 主変圧器

(a) 重量軽減を図るため，従来，一次巻線容量は二～四次巻線容量の和で設定していたのに対して，一次巻線のRMS(実効)電流によって設定した。

表3 主変圧器の仕様 二次巻線の定格電流は，主電動機の連続定格電流に合わせて設定された。

項 目		仕 様			
形 式		TM400K			
方 式		外鉄形無圧密封式			
冷 却 方 式		送油風冷式			
定 格 (連 続)		一次	二次	三次	四次
	容 量(kVA)	960	833	120	39
	電 圧(V)	20,000	694×4	449	143
	電 流(A)	48	300	267	275
	周波数(Hz)	60			
絶 縁 種 別		A種(耐熱絶縁紙使用)			
絶 縁 油		シリコン絶縁油			
総 質 量		2,070 kg			

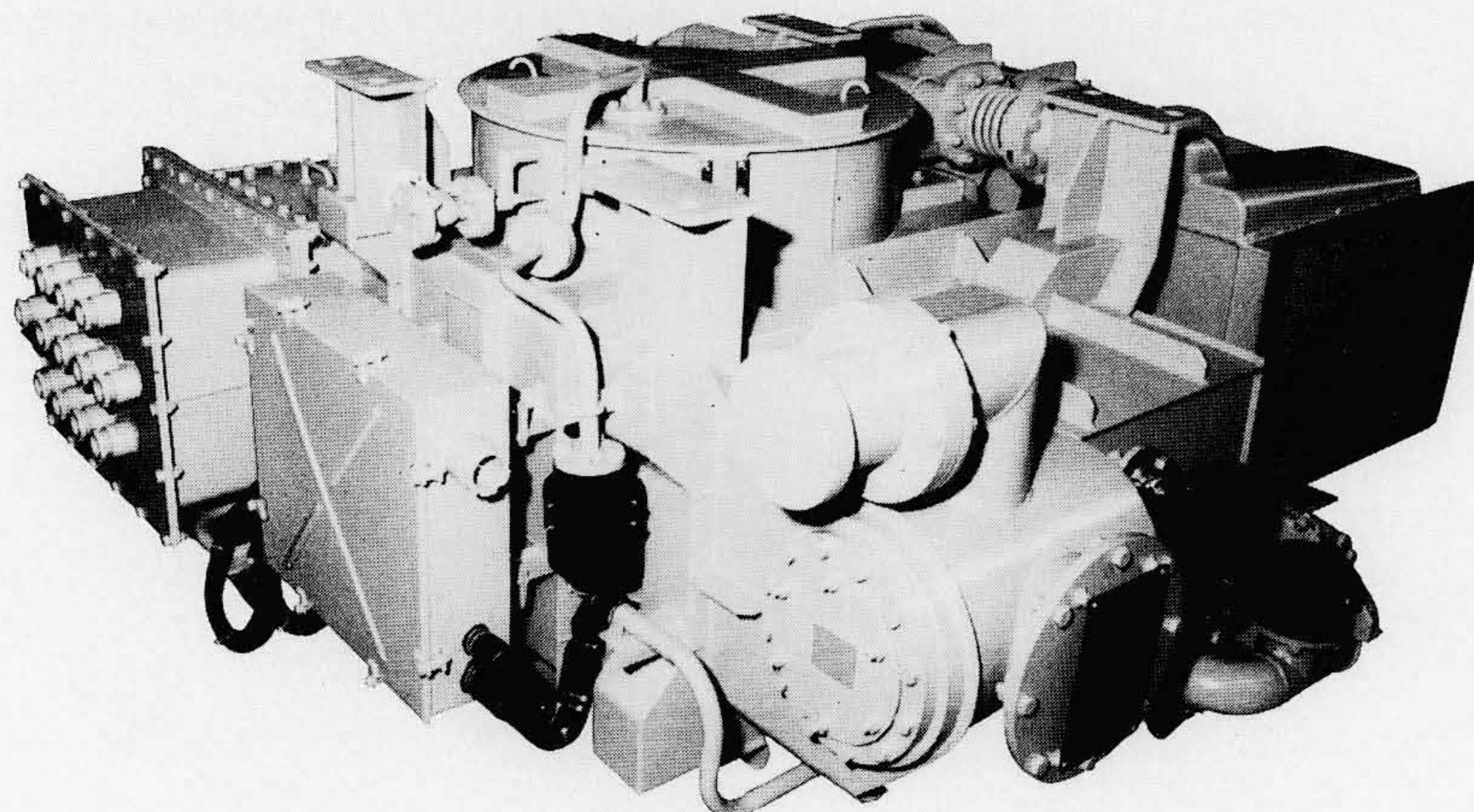


図9 TM400K形主変圧器の外観 一次巻線容量を一次巻線の実効電流(RMS電流)によって設定したり，電動送風機や電動油ポンプの小形化など軽量化を指向した。

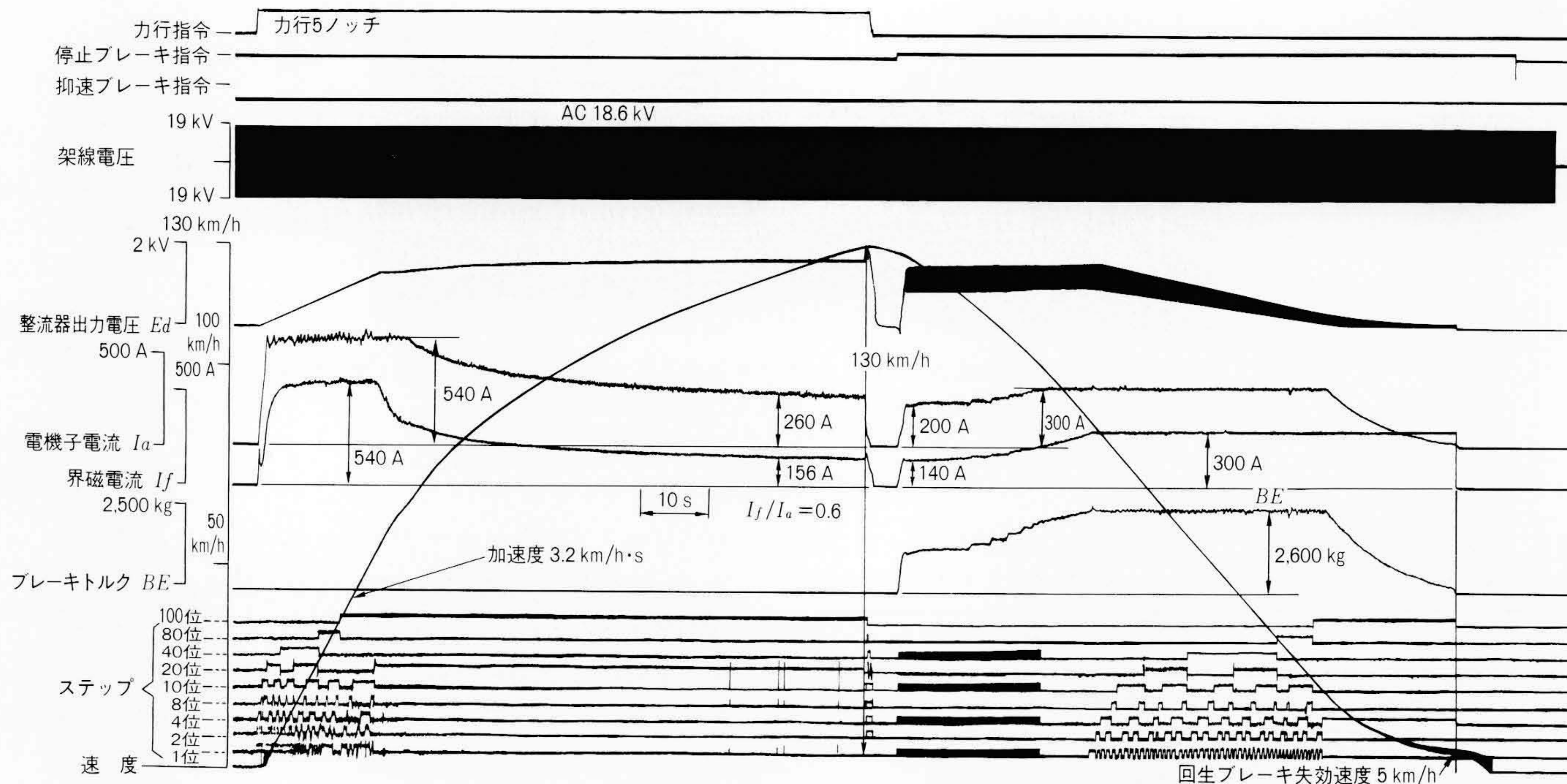


図10 加減速性能試験のオシログラム 停止から130 km/hまでの加速特性と、130 km/hからほぼ停止までの減速特性の試験結果を示す。

(b) 電動送風機の風量、油ポンプの流量、タンクの板厚などの見直しによって小形・軽量化を図った。

(c) 三次巻線の中性線を廃止して低価格化を図った(したがって、補助回転機類の電源は交流单相440 Vに統一した)。以上の軽量化努力によって、キロボルトアンペア当たりの重量は713系電車の主変圧器(920 kVA)に対して12%の重量軽減が図られた。

(d) この主変圧器仕様を表3に、外観を図9に示す。

(4) 組合せ試験

昭和63年3月の運転ダイヤグラム改正時、783系電車は7編成すべてが営業線に投入されるため、主回路電気品の総合地上組合せ試験を実施して、事前の性能確認を行った。組合せ試験データの一部を図10に示す。この組合せ試験によって、所期の性能が得られることを確認した。

8 ギ 装

床下機器配置は、1M電車の特徴を生かすため、M車には主回路機器を主に、T車には補助回路機器を主に行い、1両単位での分割・併合を容易にした。

9 結 言

783系新特急電車は、九州旅客鉄道株式会社が新製したJRグループ初の新形式特急電車である。また、軽量ステンレス車体、流線形のスピード感あふれる前頭形状に加え、多様化する旅客ニーズに対して、少ない編成両数でこたえる中央出入口方式やアコモデーションの改善、主要電気品の小形・軽量化など、多くの特長を備えた車両である。この製作実績を基に、更に多様化する車両ニーズに対応していきたい。

終わりに、この電車の製作に当たり御指導いただいた旧日本国有鉄道の関係各位に対し、感謝の意を表す次第である。