

インド国鉄納

直流1,500V 3,020kW (4,050HP)回生ブレーキ付電気機関車

D. C. 1,500 V 3,020 kW (4,050 HP) Electric Locomotives
with Regenerative Brake for Indian Railways

山 名 順 圭* 小 沢 静 郎* 関 野 陽*
Junkei Yamana Shizuo Ozawa Akira Sekino
桑 原 清 輝* 坂 口 保**
Kiyoteru Kuwabara Tamotsu Sakaguchi

内 容 梗 概

本機関車は、日立製作所がさきにインド国鉄に納入した 3,000 V 電気機関車に引続き、同国鉄中央鉄道ボンベイ地区電化区間として受注した客貨両用回生ブレーキ付電気機関車で、わが国で製作された電気機関車のうちで最大の出力を有するものである。
既納品の実績を生かし、現地の使用状況や高温多湿な気候を十分考慮して設計、製作されているほか各部に斬新な方式が採用されている。

1. 緒 言

1958 年、戦後わが国最初の輸出電気機関車としてインド国鉄東部鉄道に直流 3,000 V 電気機関車 3 両^①を納入し好成績をあげた日立製作所では、引続き同国鉄中央鉄道より直流 1,500V 3,020 kW 回生ブレーキ付電気機関車 7 両を受注、前回の経験を生かし現地の使用条件を十分に考慮した設計により、このほど全両数を完成した。本機関車は、インド国鉄中央鉄道のボンベイ地区電化区間に使用されるもので、第 1 図ボンベイ付近の線路図に示すように、運転区間は、Bombay-Kalyan 約 53km (約 33mile)、Kalyan-Poona 約 137 km (約 85mile)、および Kalyan-Igatpuri 約 80km (約 50mile) 計約 270 km (約 170 mile) である。このうち、Bombay-Kalyan はほぼ平坦線であるが、後二者はこう配線であり延長約 24km (約 15mile) にわたる最急 27‰ (1/37) の連続こう配もある。

ボンベイ地区は過去約30年の電気運転の経験を有し、この区間には、イングリッシュ・エレクトリック社およびメトロポリタン・ヴィッカーズ社製の機関車約70両が運転されている。なお、西部鉄道においては、さきに日立製作所が納入したEMU電車も諸外国製の車両に伍して活躍し好評を博している。

現地は、直射日光下では最高気温 66°C (150°F)、日陰においても 40°C (104°F) を記録し、最高湿度 100% という過酷な使用条件であり、また洪水時にはレール面上 1' - 6" に達する水中を 5 mile/h の速度で走行すること、またレール面上 2' - 9" の高さまでの浸水に耐えられることが要求されている。

本機関車は以上のような条件のもとに十分な性能を発揮するように設計製作されたもので、インド鉄道規格 (I. R. S)、英国規格 (B. S. S) および日本工業規格 (JIS) に準拠している。

2. 一 般 仕 様

本機関車はボンベイ地区で旅客列車および貨物列車けん引用として使用されるが、現地の運転条件より要求された機関車の運転性能はつぎのとおりである。

- (1) 架線電圧 1,400 V において 第 1 表 運転性能を満足すること、ただしこの時の連続および 1 時間定格の温度上昇限度は
- (a) 560 t けん引, こう配^{1/37}, 補助機関車付
- (b) 1,250 t けん引, こう配^{1/37}, 補助機関車付

* 日立製作所水戸工場
** 日立製作所日立工場



第 1 図 インド国鉄ボンベイ地区線路図

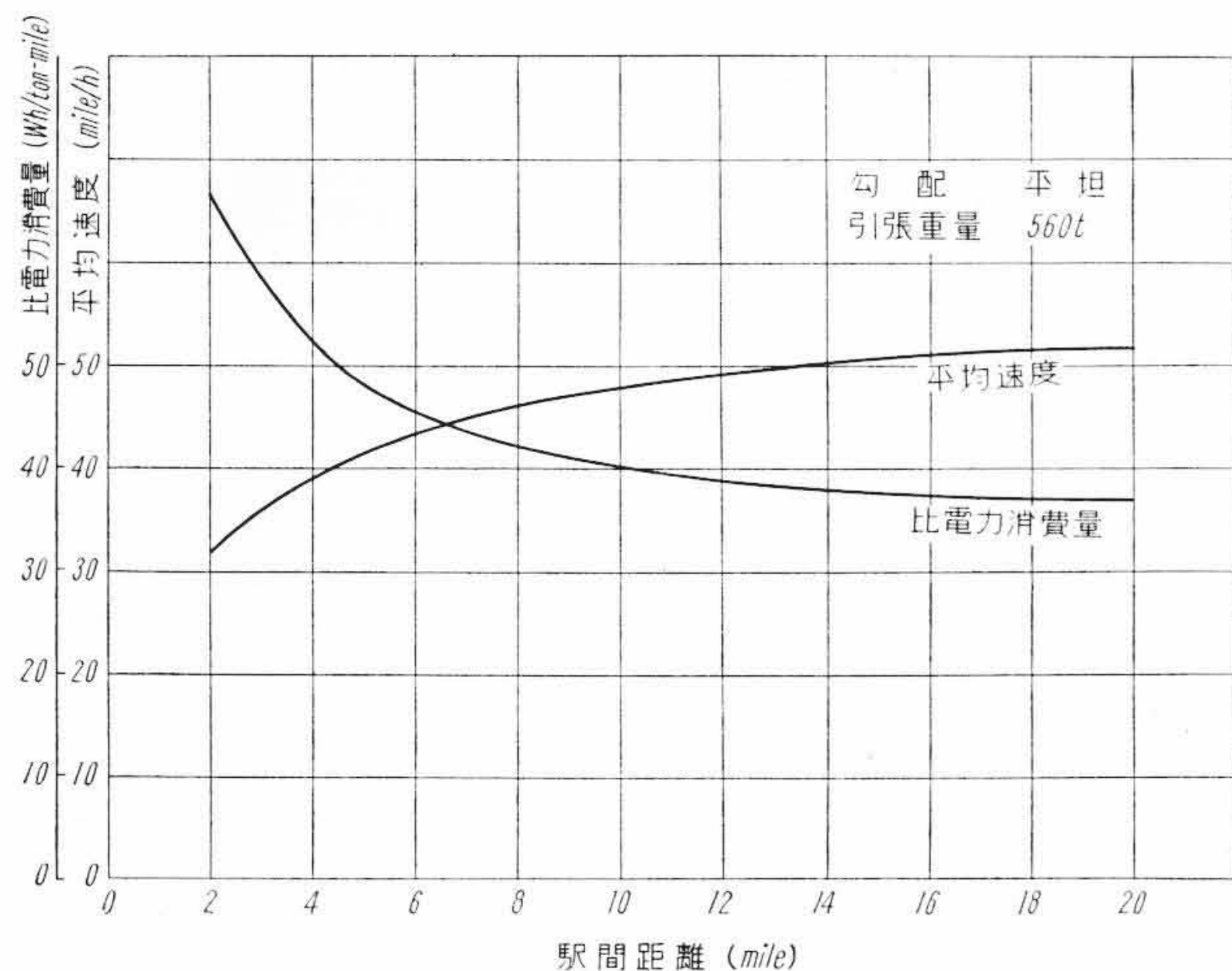
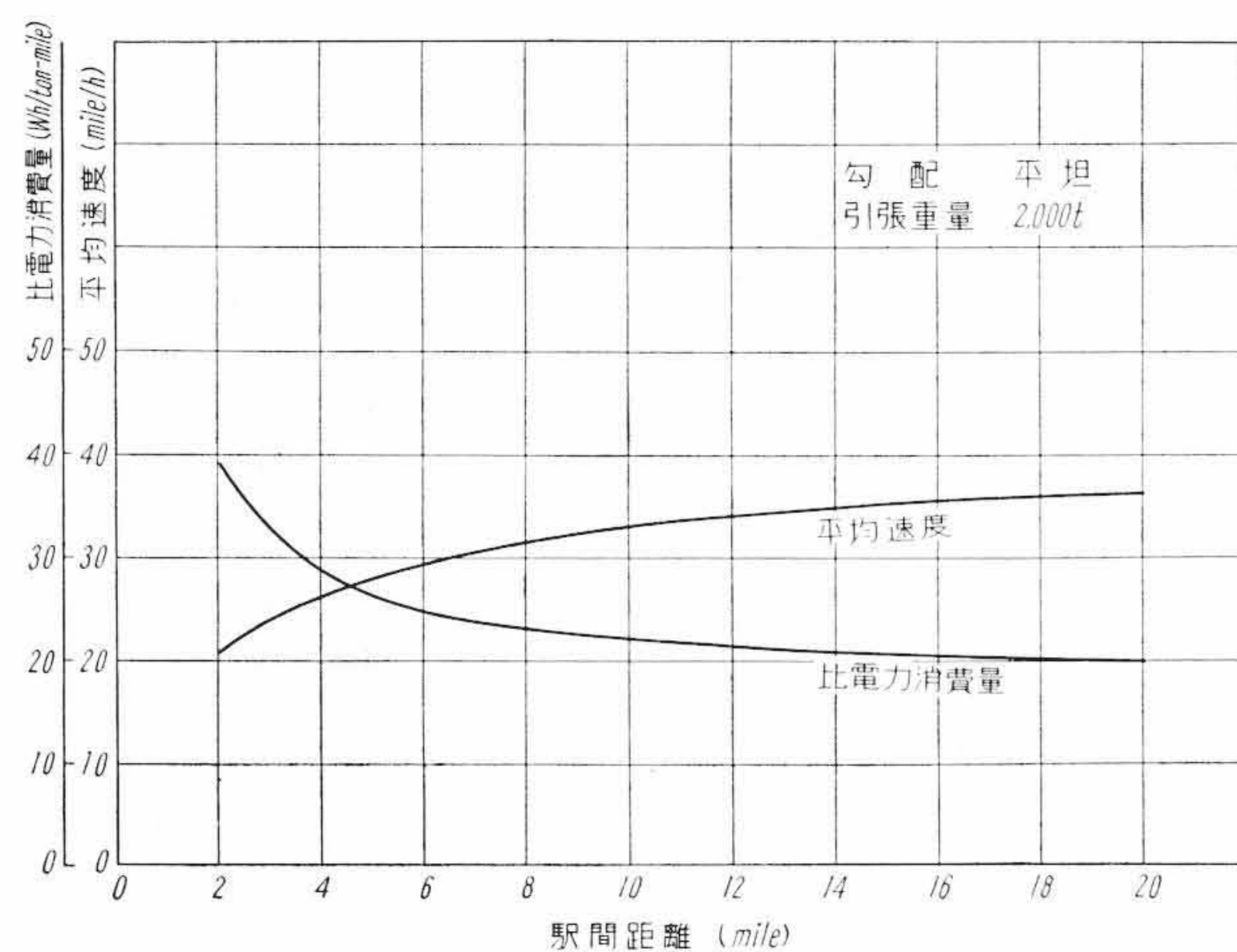
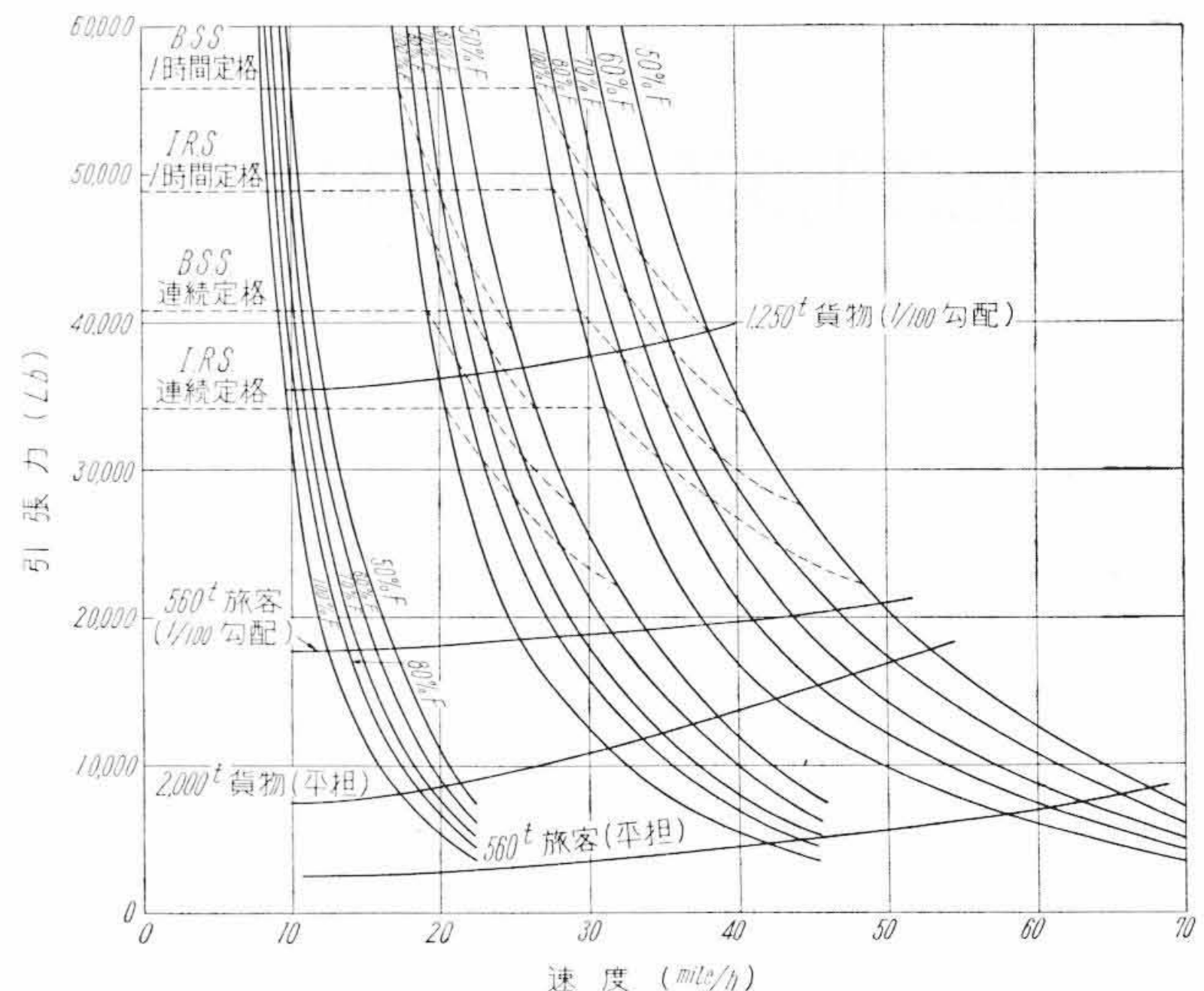
第 1 表 運 転 性 能 表

	列車種別	けん引重量 (t)	こ う 配	常用最大速度 (mile/h)	架線電圧 1,400V における均衡速度 (mile/h)	定 格
力 行 特 性	旅 客	560	平 坦	60	65	連 続
	旅 客	560	$\frac{1}{100}$	40	45	連 続
	* 旅 客	560	$\frac{1}{37}$	30	35	1 時間
	貨 物	2,000	平 坦	40	45	連 続
	貨 物	1,250	$\frac{1}{100}$	30	35	1 時間
	* 貨 物	1,250	$\frac{1}{37}$	16	19	1 時間
回 生 制 動 特 性	旅 客	630	$\frac{1}{37}$		35	
	旅 客	630	$\frac{1}{100}$		50	
	* 貨 物	1,600	$\frac{1}{37}$		10~15	

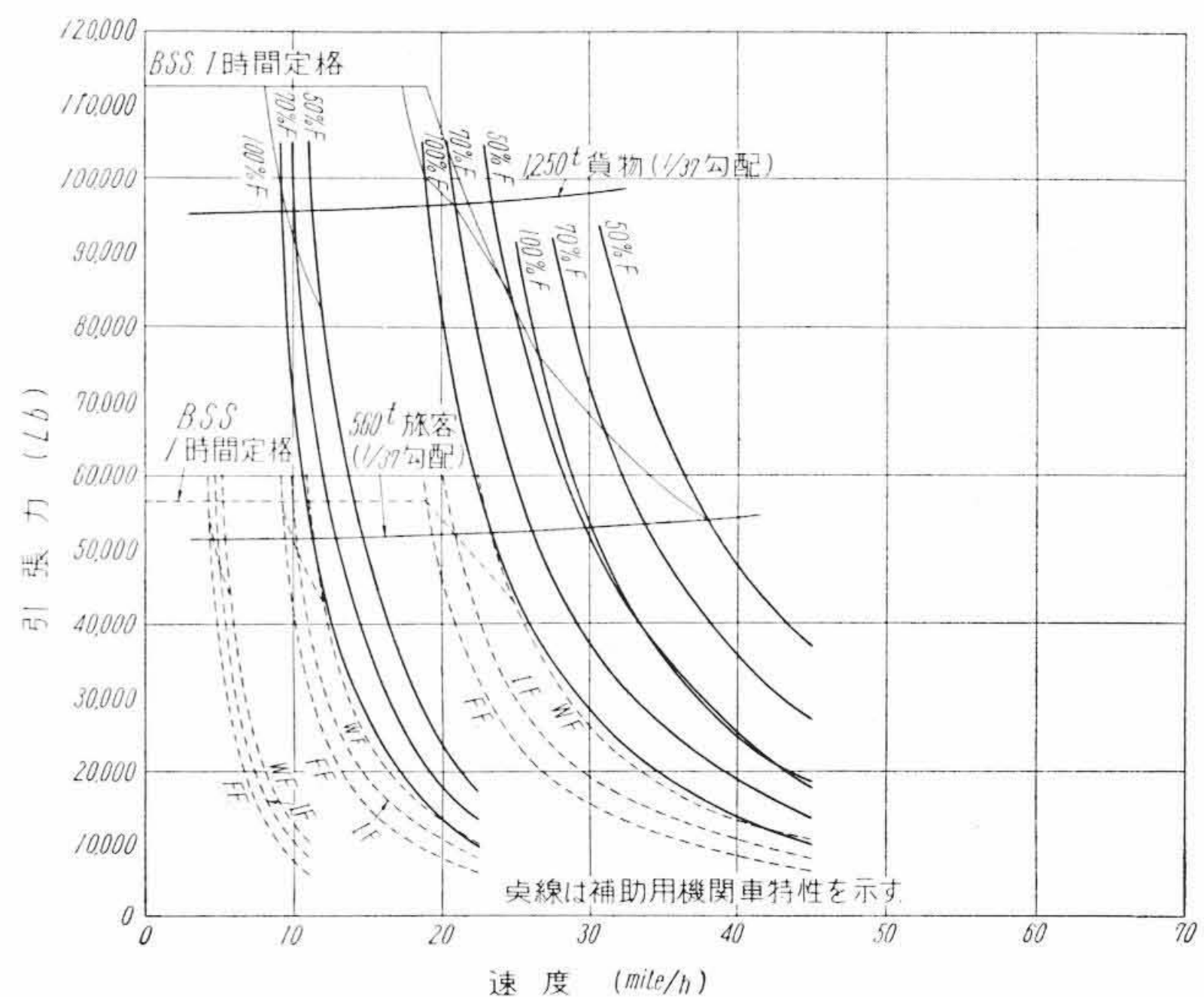
* 印は補助機関車付の場合を示す

の場合は B. S. S 規格 B 種の温度上昇限度、そのほかの場合はすべて現地の高温条件を考慮して下記の限度以下でなければならない。

電機子巻線 : 85°C (抵抗法)
固定子巻線 : 95°C (抵抗法)
整 流 子 : 90°C (温度計法)

第 2 図 駅間距離—平均速度，比電力消費量曲線
(旅客列車)第 3 図 駅間距離—平均速度，比電力消費量曲線
(貨物列車)

第 4 図 速度—引張力 特性曲線

第 5 図 速度—引張力 特性曲線
(補助機関車付)

(2) $1/37$ の急こう配が約 15 マイル続く区間では 1,250 t 貨物列車および 560 t 旅客列車けん引の場合，現在使用されているイギリス製機関車を補助機としてけん引する。第 2, 3 図にそれぞれ旅客および貨車けん引時の比電力消費量および平均速度を示す。

本機関車単独および補助機関車付運転の場合の速度—引張力特性は第 4 図および第 5 図に示すように，上記の諸条件を十分満足している。

(3) 本機関車はこう配を下る際の抑速制動用として電力回生制動装置をもっており，回生制動に対する運転条件は第 1 表のとおりである。このほか架線電圧 1,350~1,700 V，制動速度 12 mile/h において 40,000 lb，以上の制動力を出しうる。

(4) 最高運転速度は 70 mile/h であるが，最高 75 mile/h まで安全に運転できること，各機器は最高安全速度において電氣的機械的に保証されること。

(5) 補助機関車と組合わせて運転することがあるが，力行および回生制動運転とも妥当な負荷分担が得られる特性であること。ただし電氣的に総括制御する必要はない。

以上のような諸条件について慎重に検討して，機関車の仕様を選定した。

本機関車の一般仕様を第 2 表に示し，第 6 図に外観写真を示す。

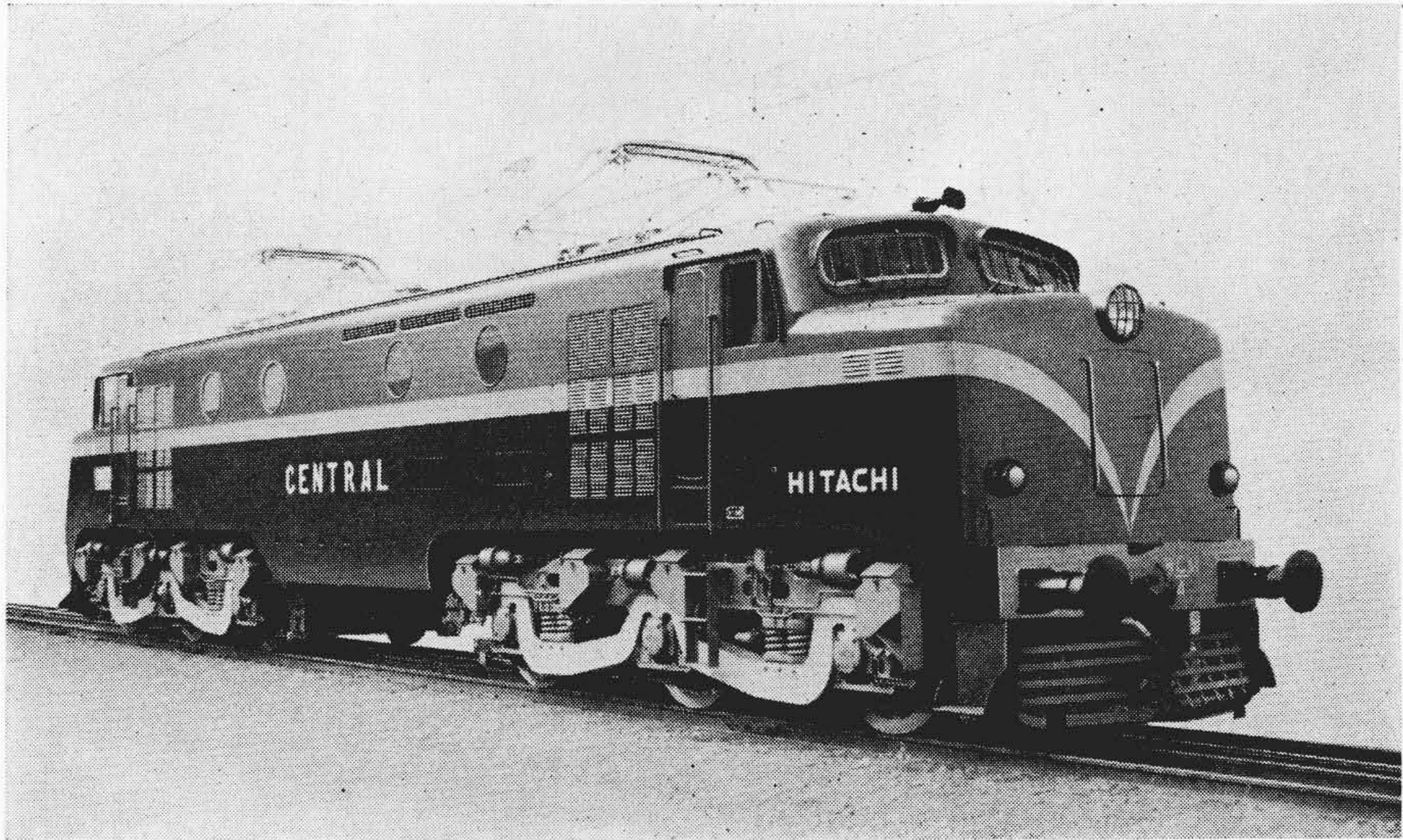
3. 機関車構造

3.1 機器配置

機器配置を第 7 図に示す。車体はノーズピース，運転室および中央機械室に分けられ，中央機械室は両端の運転室を結ぶ中央通路により左右に分けられている。

主要機器は第 8 図に示すように，電動空気圧縮機および電動真空排気機が両端ノーズピースにあるほかはすべて中央機械室におさめられている。中央機械室においては第 7 図に示すように，両端に電動送風機，電動発電機および電動励磁機などがあり，そのほかの制御機器は，主抵抗器室と並んだ二つの高圧機械室におさめられている。主回路つなぎにおける，それぞれ主電動機 3 台よりなる“A”および“B”グループの機器は，この左右の高圧機械室にほぼ二分されている。また高速度遮断器，パンタグラフ断路器および補助回路用主接触器は，一方の高圧機械室内の仕切戸によって囲まれた別室におさめられている。第 9 図に高圧機械室の内部を示す。

高圧機械室は，中央通路に対し完全に密閉され，電動送風機の風量の一部を吹き込み，外部に対して気圧をやや上昇させてじんあいの侵入を防いでいる。この与圧方式が制御機器のじんあいからの保護にきわめて有効であることは，前回カルカタ地区に納入した機関車で実証されている。高圧機械室の入口とびらおよび屋上登段は高



第 6 図 機 関 車 外 観

第 2 表 一 般 仕 様

用 機 関 車 台 主	途 重 量 重 置 形 式 形 式 寸 法	客貨両用 125 t (運転整備時) 20.83 t Co-Co 両運転台式ノーズピース形 3 軸ボギー一体鋳鋼つり合梁付揺枕形	電 動 励 磁 機 電 動 機 励 磁 機 電 動 送 風 機 電 動 機 送 風 機 電 動 真 空 排 気 機 電 動 機 真 空 排 気 機 電 動 空 気 圧 縮 機 電 動 機 空 気 圧 縮 機 補 助 空 気 圧 縮 機 パ ン タ グ ラ フ 上 昇 用 蓄 電 池 ア ル カ リ 形 制 御 方 式 制 御 装 置 ノ ッ チ 数 直 列 直 並 列 並 列 弱 め 界 磁 制 御 回 路 電 圧 ブ レ ー キ 装 置	1 台 90kW, 1,500V, 73A, 1,800rpm 75kW, 50V, 1,500A, 1,800rpm 2 台 26kW, 1,400V, 22A, 1,800rpm 220m ³ /min+160m ³ /min, 150mmAq 2 台 8.5/4.5kW, 1,400V, 7.5/4.8A, 1,700/ 1,000 rpm 5,670 l/min (200 ft ³ /min) 533 mm Hg (21 in Hg) 2 台 6.5kW, 1,500V, 4.65A, 1,200rpm 7 kg/cm ² (100 lb/in ²) 708 l/min (25 ft ³ /min) 1 台 76 セル 60Ah/7h率 直列,直並列,並列切替,抵抗制御および界磁制御 非自動非重連間接制御 電磁空気単位スイッチ式 20 9 9 4 (各組合わせ毎) 110V, D.C. 真空制御直通空気ブレーキ, 電力回生ブレーキおよび手ブレーキ
電 気 方 式 公 称 電 圧 定 格 電 圧 機 関 車 性 能 (BS 規 格 に よ る) 1 時 間 定 格 出 力 1 時 間 定 格 速 度 1 時 間 定 格 引 張 力 最 高 安 全 速 度 最 大 引 張 力 動 力 伝 達 装 置 歯 車 比 主 電 動 機 1 時 間 定 格 弱 め 界 磁 補 電 動 機 電 動 機 電 動 機	軌 間 全 長 (緩衝器間) 高 さ (レール面上) 幅 ボギー中心距離 固 定 軸 距 車 輪 径 1,500V, D. C. 1,400V, D. C. 1時間定格出力 1時間定格速度 1時間定格引張り 最高安全速度 最大引張り 平歯車一段減速つり掛式 73 : 16 (モジュール 12) 6 台 503kW (675HP) 700V, 765A, 850rpm 80, 70, 60, 50% 1 台 7.5kW, 1,400V, 6.8A, 1,800rpm 6 kW, 110V, 54.5A, 1,800rpm	1,676 mm (5 ft, 6 in) 20,000 mm (65ft, 7 1/8 in) 3,890 mm (12 ft, 9 1/2 in) 3,050 mm (10 ft, 0 in) 11,200mm (36ft, 9 in) 4,800mm (15 ft, 9 in) 1,220mm (4 ft, 6 in)		

庄に対する安全のため、独特のインタロック装置をもっている。すなわち、まず主幹制御器を切位置とし、逆転ハンドルを用いてパンタグラフを降下させ、さらに高圧機器を接地スイッチにより接地しなければ、入口とびらが開かず、また屋上登段も引出せない構造となっている。本装置は、前述した高速度遮断器そのほかをおさめた別室の仕切戸を開放したままではもとにもどせぬようになっており、運転中の万一のせん火事故に対してもきわめて慎重な考慮が払われている。

運転室は第10図に示すように左運転台式で、各機器用スイッチならびにロッカーが後部仕切壁に設けてある。天井には天井通風器を設けるとともに仕切壁上部に扇風機を取り付け、室内の通風を計っている。

機関車の床下には、空気溜およびブレーキ部品を取り付け、また車体側面下部には第11図に示すように蓄電池が取扱いに便利なように格納してある。

なお、パンタグラフ操作弁は中央通路側面に取り付けられている。

3.2 台 車

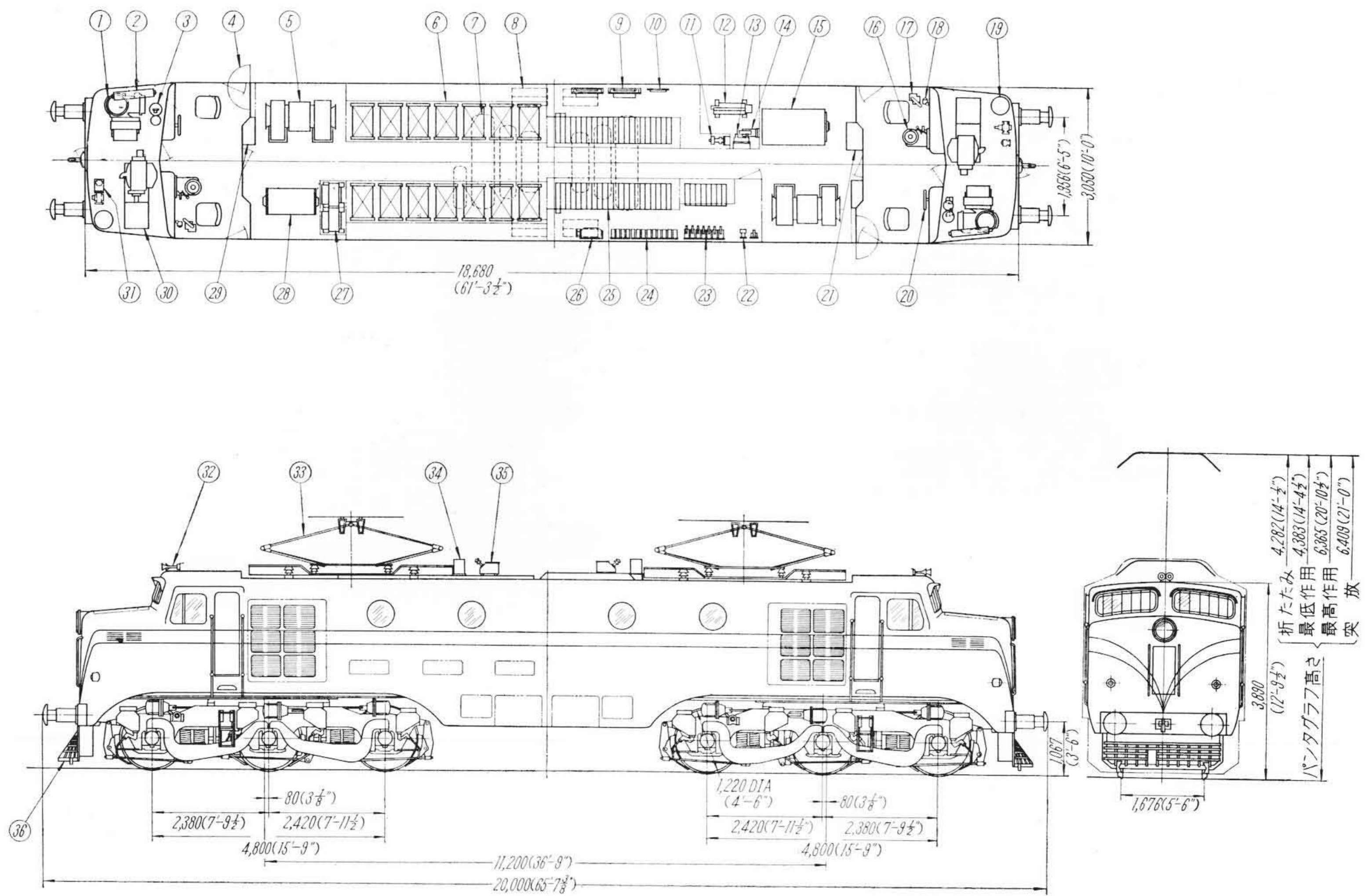
台車は一体鋳鋼台わく、つり合梁付揺れまくら式3軸ボギー台車で、その概略仕様を第3表に、台車外観を第12図に示す。一体鋳鋼台車わくとしては既納3,000 V 機関車と同様、わが国製作史上最大級のものである。

本台車は強度、保守および点検容易を根本方針として設計し、特に台車わく、揺れまくらの強度はインド国鉄仕様書指定の心皿荷重117 tの保証荷重試験と台車わくに対する234 t、揺れまくらに対する254 tの破壊荷重試験にも十分耐えうるよう設計されている。揺れまくらには重量軽減のため低マンガ鋼を使用した。

台車わくは6,200mm×2,540mmで、重量約3,400kgである。

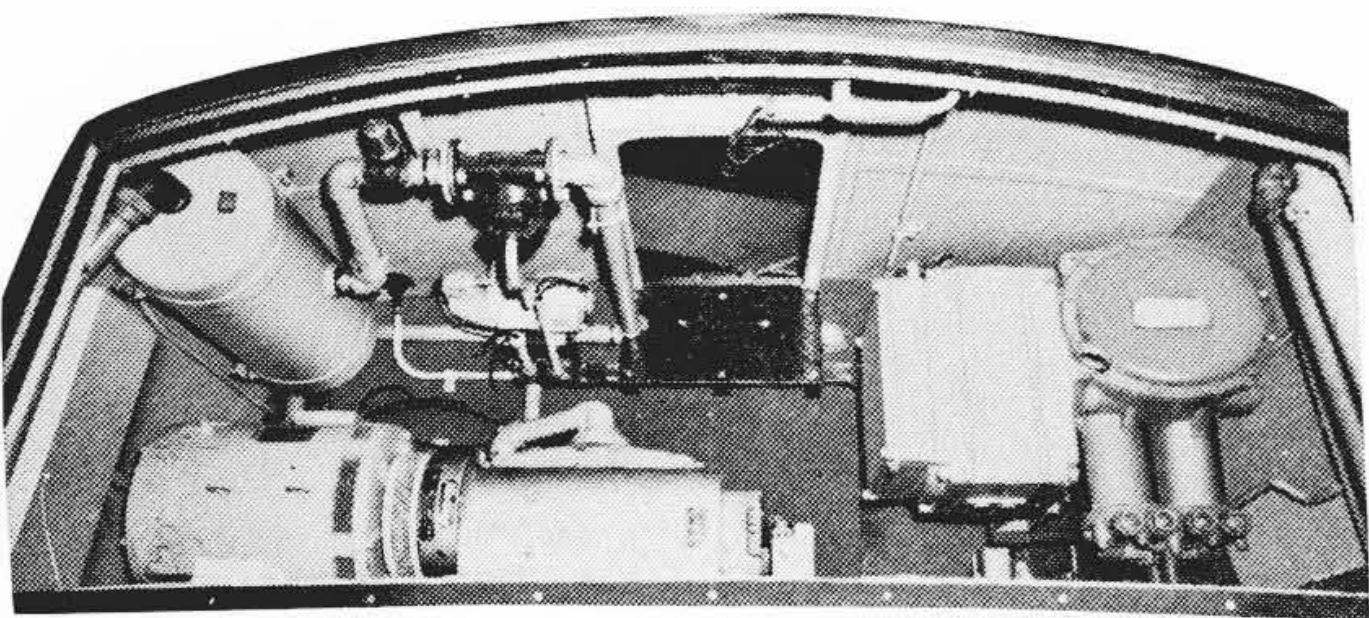
軸受にはイギリス・ティムケン製のテーパローラ軸受を用い、鋳鋼製軸箱と軸箱守すり板との摺動面にはマンガ鋼を用いて無給油でも十分な耐摩耗性をもたせた。

輪心は第13図に示すように軽量で鋳造性良好なSCOA-P形を用いたため従来のスポーク輪心と比較して約20%重量を軽減できた。



No.	名 称	No.	名 称	No.	名 称	No.	名 称
1	電動空気圧縮機	10	接地マトメ	19	真空槽	28	電動発電機
2	消音器	11	接地スイッチ	20	ハンドブレーキ	28	制御箱
3	吸込チリコシ	12	高速度遮断器	21	ロッカー	30	電動真空排気機
4	屋上登段	13	パンタグラフ断路器	22	継電器類	31	補助空気圧縮機
5	電動送風機	14	補助回路用主接触器	23	補機用高圧接触器	32	警笛
6	主抵抗器	15	電動励磁機	24	励磁機用高圧接触器	33	パンタグラフ
7	空気溜	16	主幹制御器	25	高圧機器枠	34	避雷器
8	蓄電池	17	単独空気ブレーキ弁	26	励磁機用界磁抵抗器	35	コンデンサ
9	補助抵抗器	18	真空ブレーキ弁	27	誘導分流器	36	キャトルガード

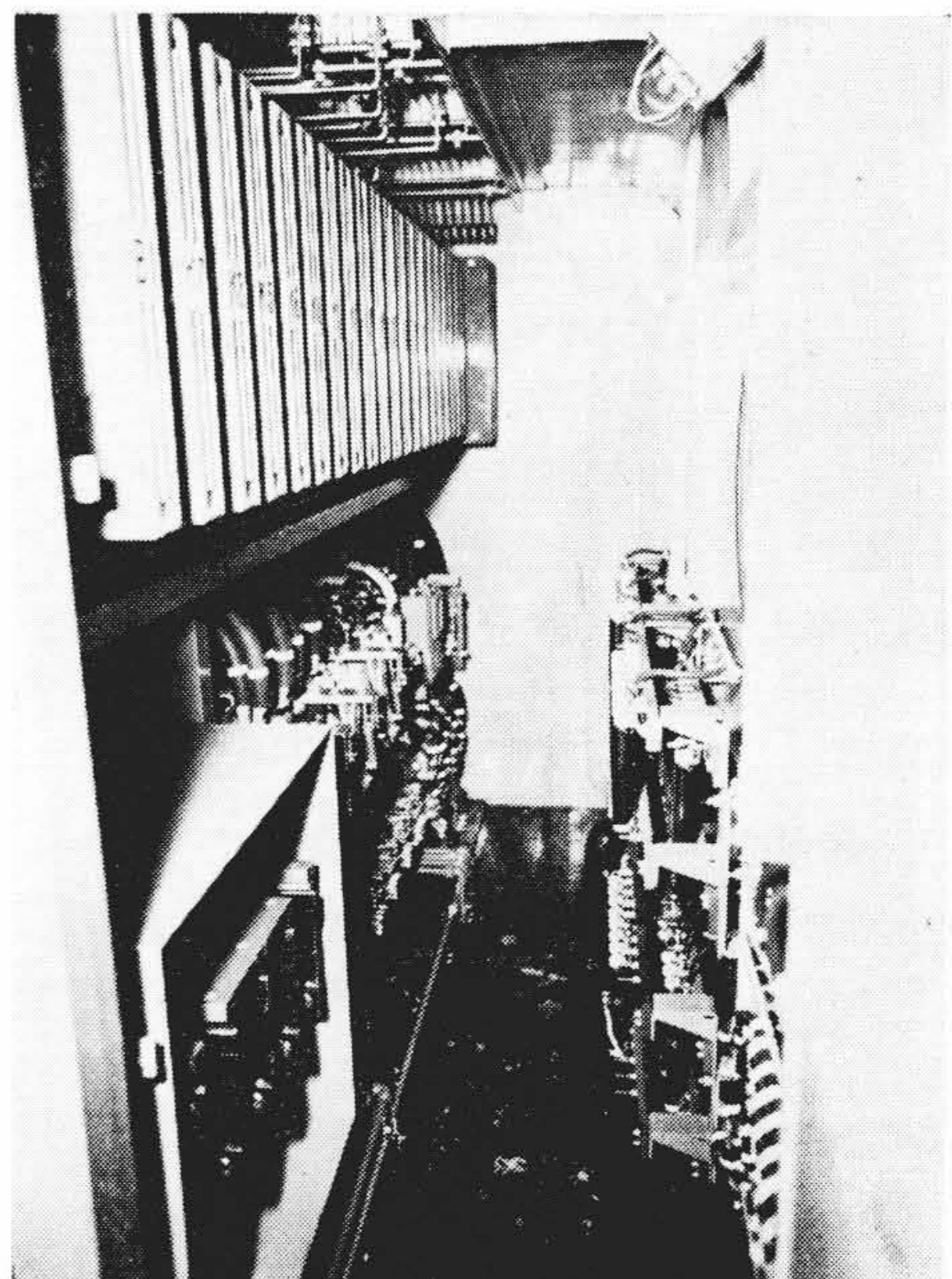
第7図 機器配置



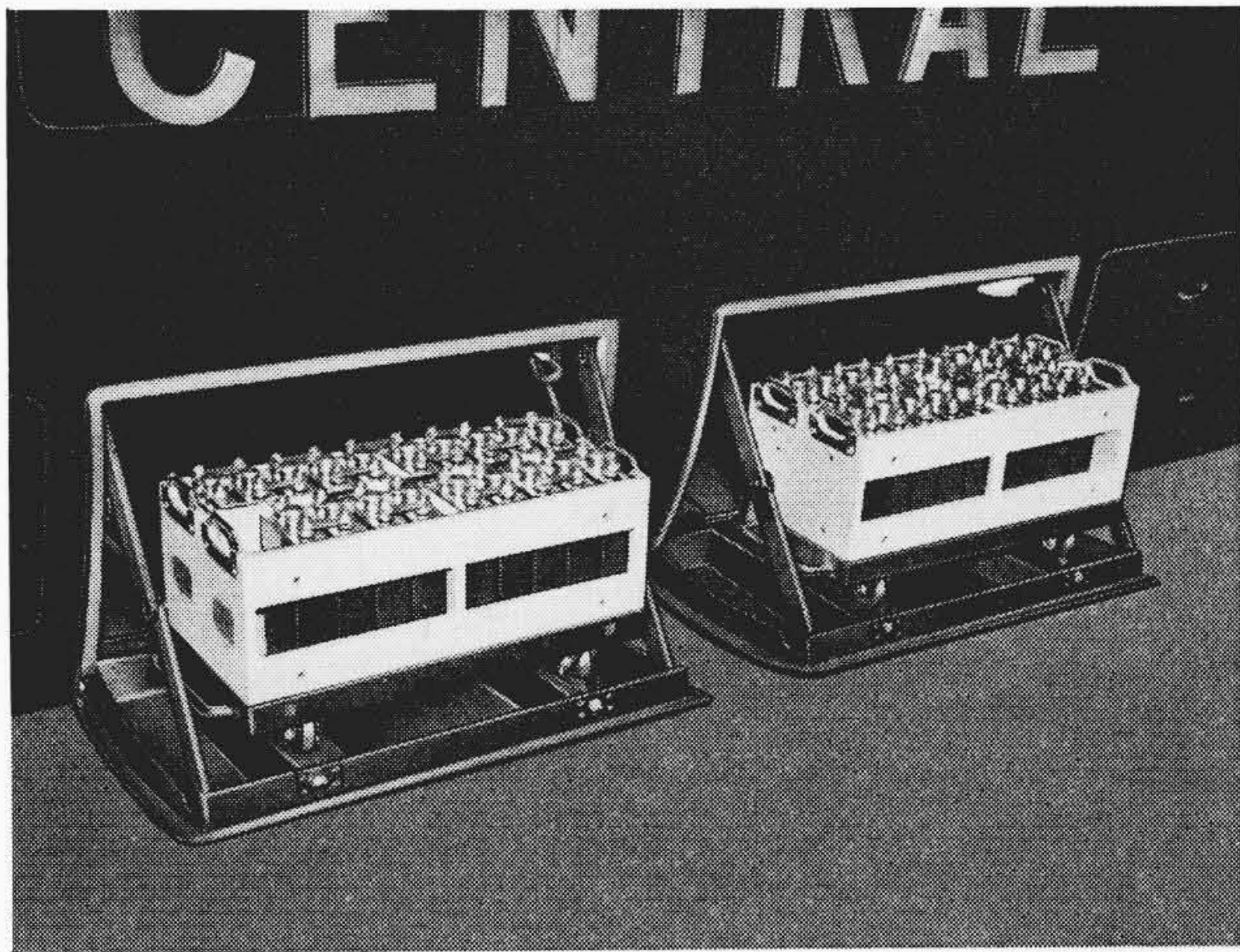
第8図 ノーズピース機器配置



第10図 運転室機器配置



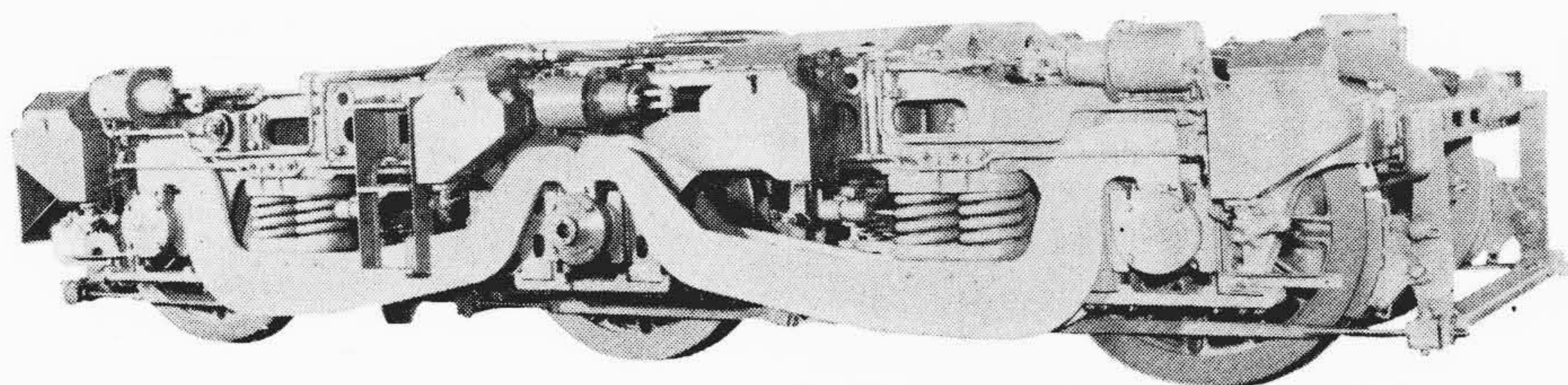
第9図 高圧機械室



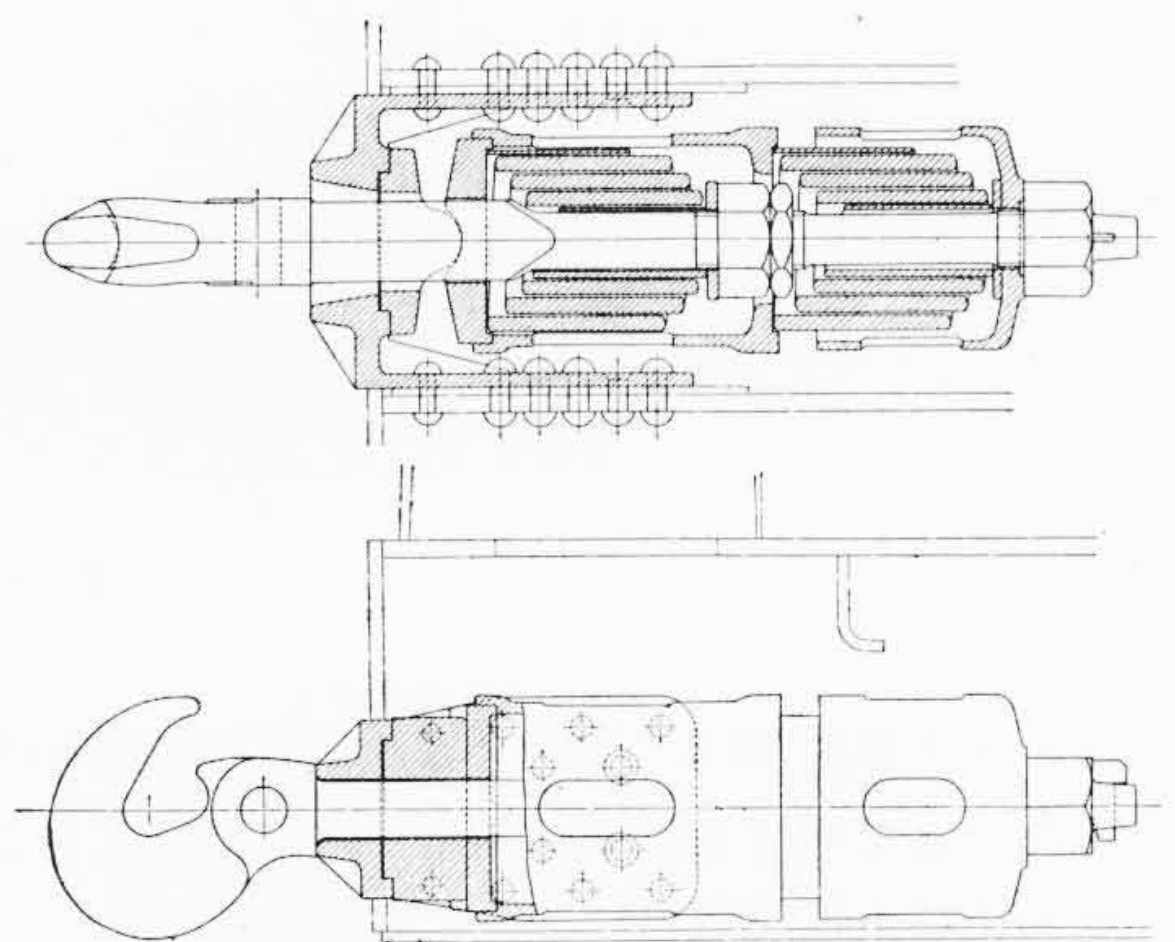
第 11 図 蓄 電 池 取 出 し 状 況



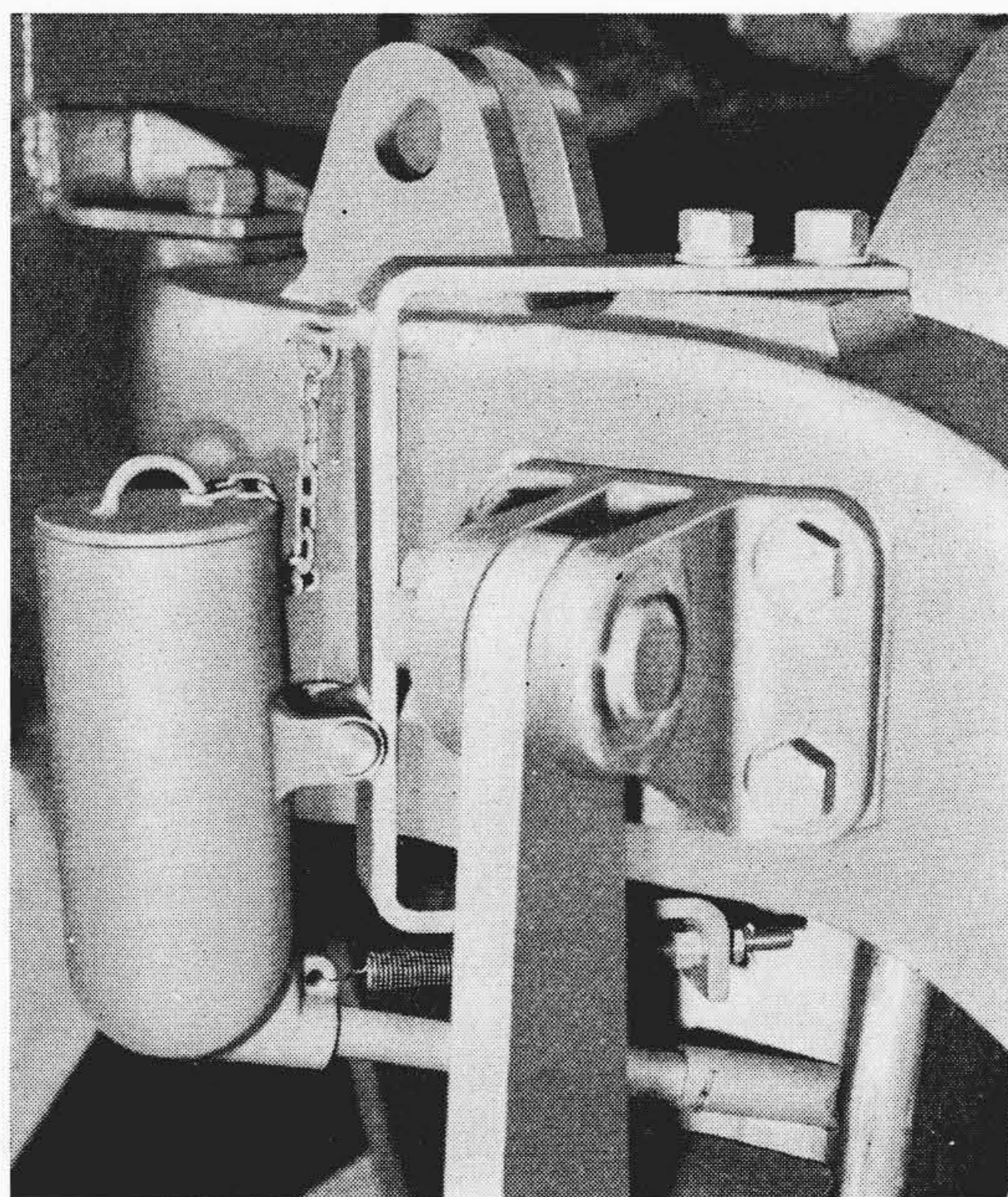
第 13 図 輪 心



第 12 図 台 車 外 観



第 15 図 引 張 装 置



第 14 図 フ ラ ン ジ 塗 油 器

各軸箱間には鋼板製の釣合梁を有し、釣合ばねにはコイルバネを、まくらバネには重ね板バネを使用している。

基礎ブレーキ装置は抱き合わせ式を採用し、ブレーキリギングの簡単な1車輪1シリンダ式とした。

レールへの横圧軽減のため第2, 5位を除く主電動機には横ささえ装置がそれぞれ設けられている。また構造簡単で軽量のタイヤフランジ塗油器が第1, 3, 4, 6位に設けられている。その外観を第14図に示す。

本台車には、揺れまくらの落下防止装置、ブレーキ引棒およびブレーキ梁の落下防止など各部に安全装置が取り付けられている。

第 3 表 台 車 仕 様

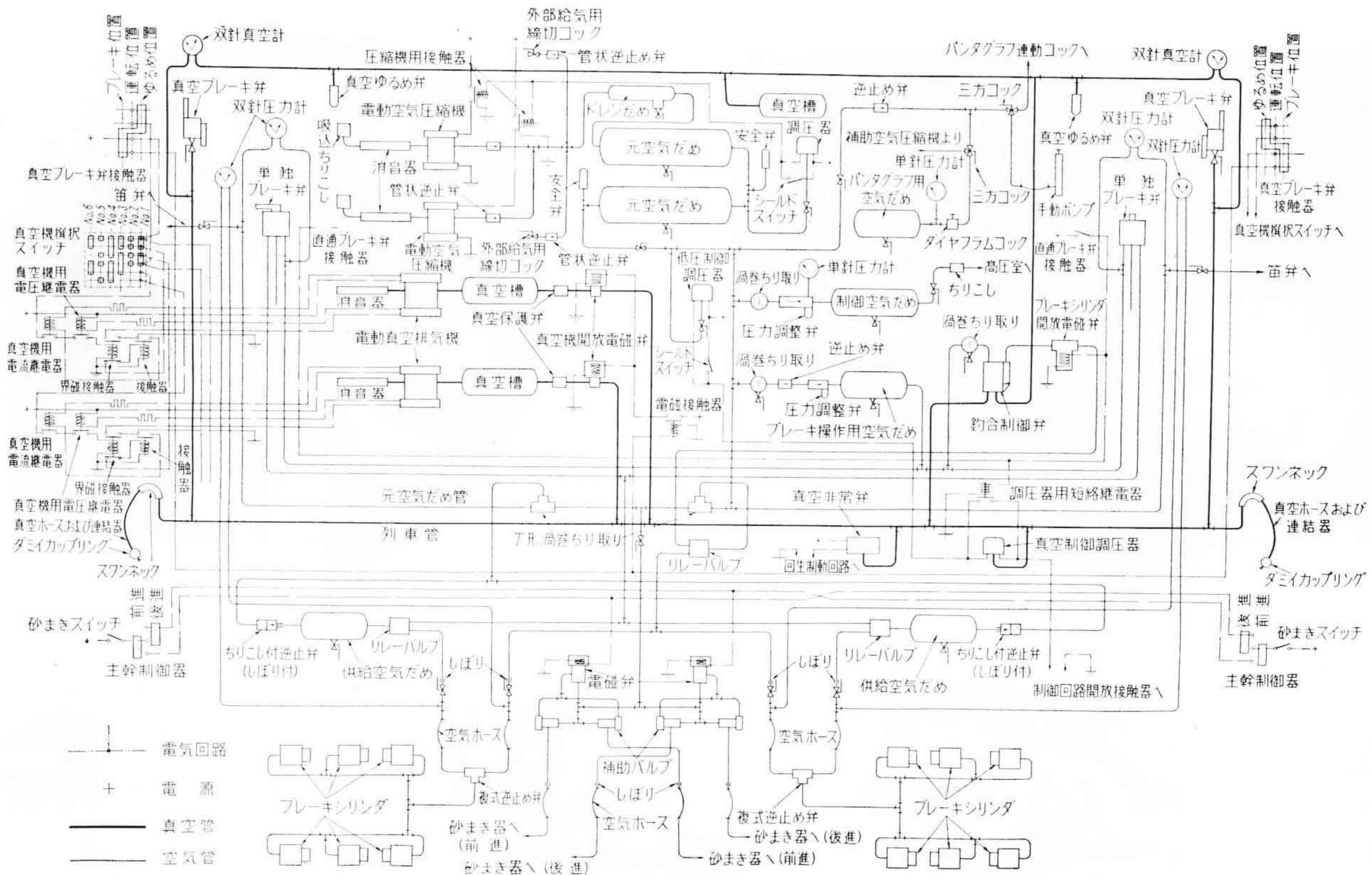
軌 間		1,676 mm
固 定 軸 距		4,800 mm
車 輪 径		1,220 mm
軸 受 中 心 間 距		2,340 mm
側 受 半 径		850 mm
心 皿 高 さ		1,250 mm
側 受 高 さ		1,245 mm
台 車 最 大 長 さ		6,700 mm
台 車 最 大 幅		3,030 mm
台 車 重 量		32,850 kg
心 皿 荷 重		29,200 kg

3.3 車 体

車体はインド国鉄指定の両運転台式ノーズピース形である。車体台わくの主要部材は厚鋼板で上下を補強されたI形鋼2本を中梁とし、これに溝形鋼の側梁と鋼板組立の端梁、枕梁および横梁を結合して組立てられ、柱構は主として山形鋼よりなり、外板には2.3mmの鋼板を用いている。

車体台わくは中梁のみを強度部材として200tの車端衝撃に対し永久変形を生じないものとした。また端梁の構造はインド国鉄が将来自動連結器を採用する場合にも、現在のネジ連結器を撤去して一部簡単な変更を行うのみで、これに対応できるものとした。このため、ネジ連結器も第15図に示すようなものを取り付けた。本装置のブラケットを取りはずし、これに代って自動連結器の伴板守を取り付ければ、ほかは小部分の改造により連結器の交換ができる。

中央機械室およびノーズピースには機器の取出しが容易に行えるよう十分大きな取はずし屋根を設け、車体側面の電動送風機用エア



第16図 ブレーキ装置配管系統図

フィルタ取付部は、外板を取りはずし可能な構造とし、天井起重機のないところでも機器の搬出が容易に行えるようにした。高圧機械室および主抵抗器室は、仕切壁で囲まれているが、これは中央通路からの機器の点検・修理のため、必要あれば取りはずすことができる。なお主抵抗器室側面の外板は抵抗器の点検および清掃のため取りはずし可能な部分を設け、また主抵抗器冷却後の排気は一部側面上部からも出る構造とした。

各部の構造には、現地の使用条件に照らして種々の考慮を払っている。すなわち、各部の天井高さはできる限り高くとることに努め、運転室天井にはモルトプレーンを裏張りして防熱材とし、天井通風器を設けて通風に留意した。窓も必要最小限の寸法とし、側窓はバラサ付の落し窓の内側により窓を設けて日光を防いでいる。なお、正面窓には鉄格子の保護枠と日よけを設け、また、車体前面下部にはキャトルガードを取り付けた。

3.4 ブレーキ装置

本機関車にはインド国鉄標準のイギリス・ウェスチングハウス製の真空制御直通空気ブレーキを採用している。第16図にその系統図を示す。列車をけん引する場合機関車の真空ブレーキ弁を操作することによりつり合制御弁が動作し列車に真空ブレーキが作用すると同時に機関車に空気ブレーキが作用する。単機で運転するか、またはブレーキ装置のない車両をけん引する場合には、機関車の空気ブレーキはセルフラップ付単独制動弁の操作により作用する。

3.5 ぎ 装

配線に使用した電線は特別仕様による日立合成ゴムシース電線であり、配線は電線樋および電線管によって行われているが、樋内の電線の収容方法には特別の考慮を払い、高圧・低圧の電線の隔離および樋による万一の火災の延焼防止にも留意している。また補助回転機および誘導分流器などインタロックされた高圧機械室外にある高圧機器に対しては、端子を特殊なカバーでおおい直接手を触れ得ない構造とし、後述する点検蓋の鍵装置とともに安全性に考慮を払っている。

パンタグラフは大きい二重絶縁取付台の上にのせ、機関車の上方より異物の落下があっても接地事故の起らぬよう配慮されている。

4. 主電動機

4.1 主電動機の仕様

現地における運転条件を検討して、主電動機の仕様を下記のとおり選定した。

主電動機仕様 (適用規格: B. S. No. 173-1941)

形 番 号: HS-373-Br

形 式: EFCO-H₆₀ (閉鎖他力通風形、直巻界磁、補極付)

1時間定格: 503kW (675HP) 700V 765A 850rpm (100% 界磁)

連続定格: 410kW (550HP) 700V 620A 940rpm (100% 界磁)

現地における高温条件を考慮し、2. (1)でのべた温度上昇限度のときの定格(以下 I. R. S. 定格とよぶ)は下記のとおりである。

1時間定格: 463kW (620HP) 700V 700A 890rpm (100% 界磁)

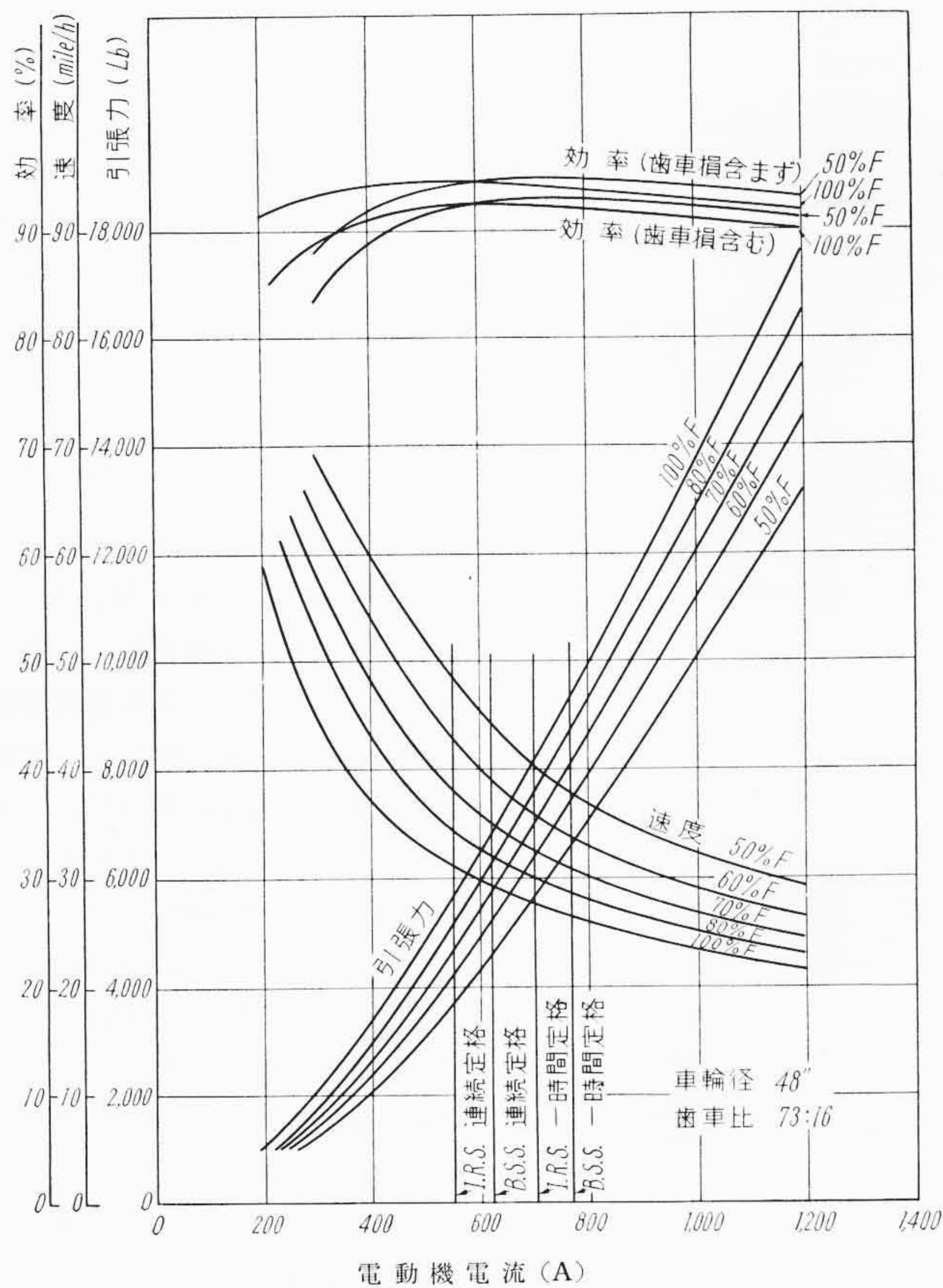
連続定格: 366kW (490HP) 700V 550A 990rpm (100% 界磁)

主電動機特性曲線を第17図に示す。

4.2 主電動機の構造

本機はつり掛式の主電動機としてはわが国における記録的大容量機であり、現地の架線電圧の変動範囲が 800~1,100 V と著るしく大きく、かつ回生制動を行うので電圧の急変が激しいなど整流条件が苦しく、かつ運転中の温度上昇限度が低くおさえられる反面バネ下重量を軽減する必要からできるだけ切り詰めるように特に留意して設計された。電気的な性能試験は B. S. 規格によるが、材料はすべて JIS 規格を採用した。第18図に主電動機外観を示す。

電機子、固定子巻線の絶縁はF種絶縁を用い、熱硬化性ワニスで



第 17 図 主 電 動 機 特 性 曲 線

処理して十分な耐熱性をもたせている。電機子鉄心の打抜きはワンスタンプにより、電機子導体の絶縁は平巻を採用して合理的な絶縁法により空間占積率を改善した。また電機子反作用の影響をおさえるため、主極鉄心に小さなスリットを設け、主磁束は支障なく通過するが、電機子反作用により生ずる磁束の通過を阻止するようにした。また整流子片に銀入硬銅を使用して抗張力を高め、分割刷子を用いて整流特性の向上を計った。

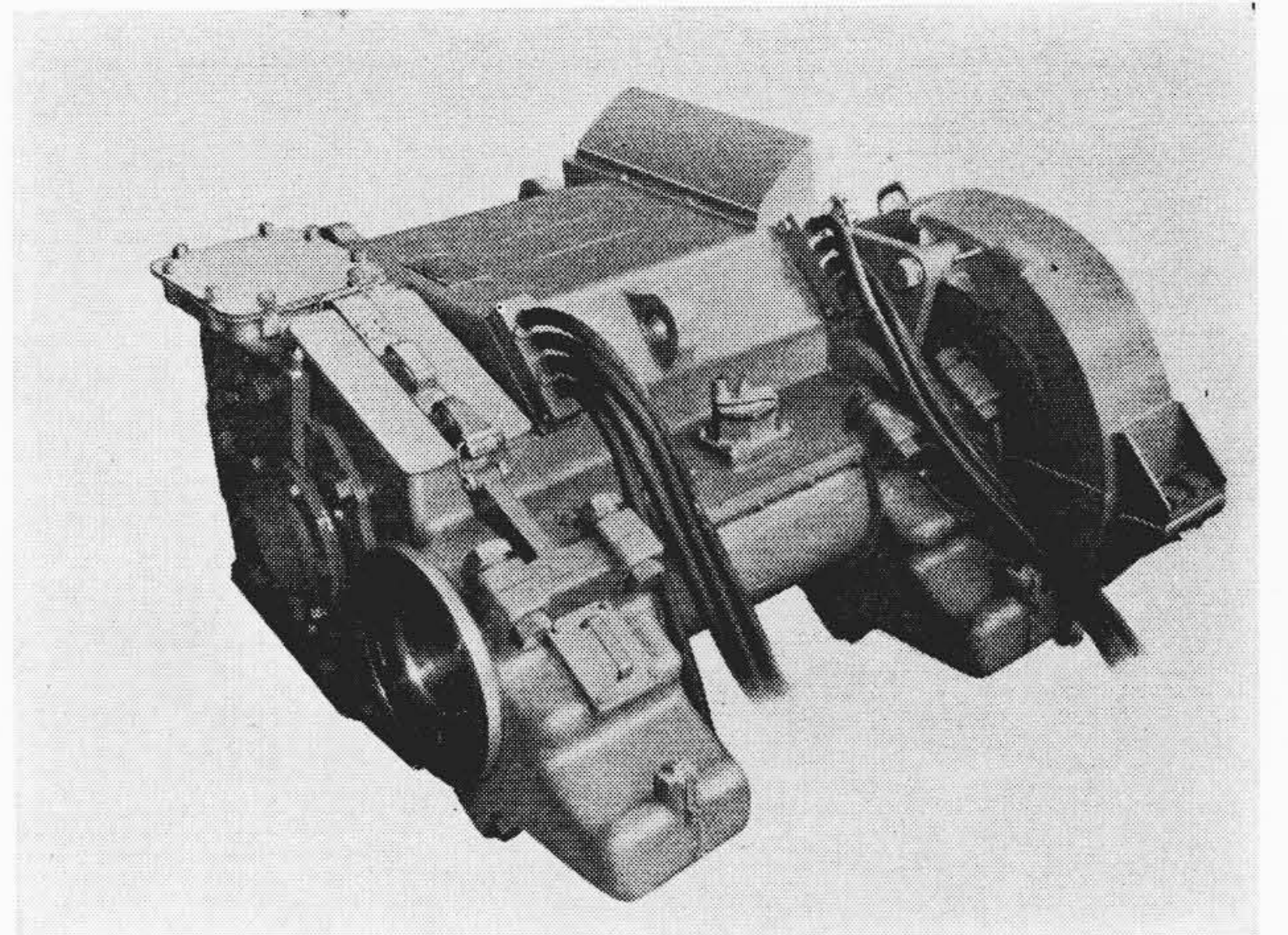
本機は洪水の多い地方で使用されるので点検蓋、歯車箱の接合部、軸受部分などはすべて耐水構造としている。歯車箱内の油が軸受に侵入して支障を起さないように、油切り部構造を特殊なものとし万一油きり部に侵入した場合も、端蓋に設けた油受けにたまるようにした。油受の蓋をあけると、油きり部に油が侵入しているかどうか点検できるようにした。

なお本機の性能に関しては B.S.S. 規格に基づいて次のような特殊試験が行われた。

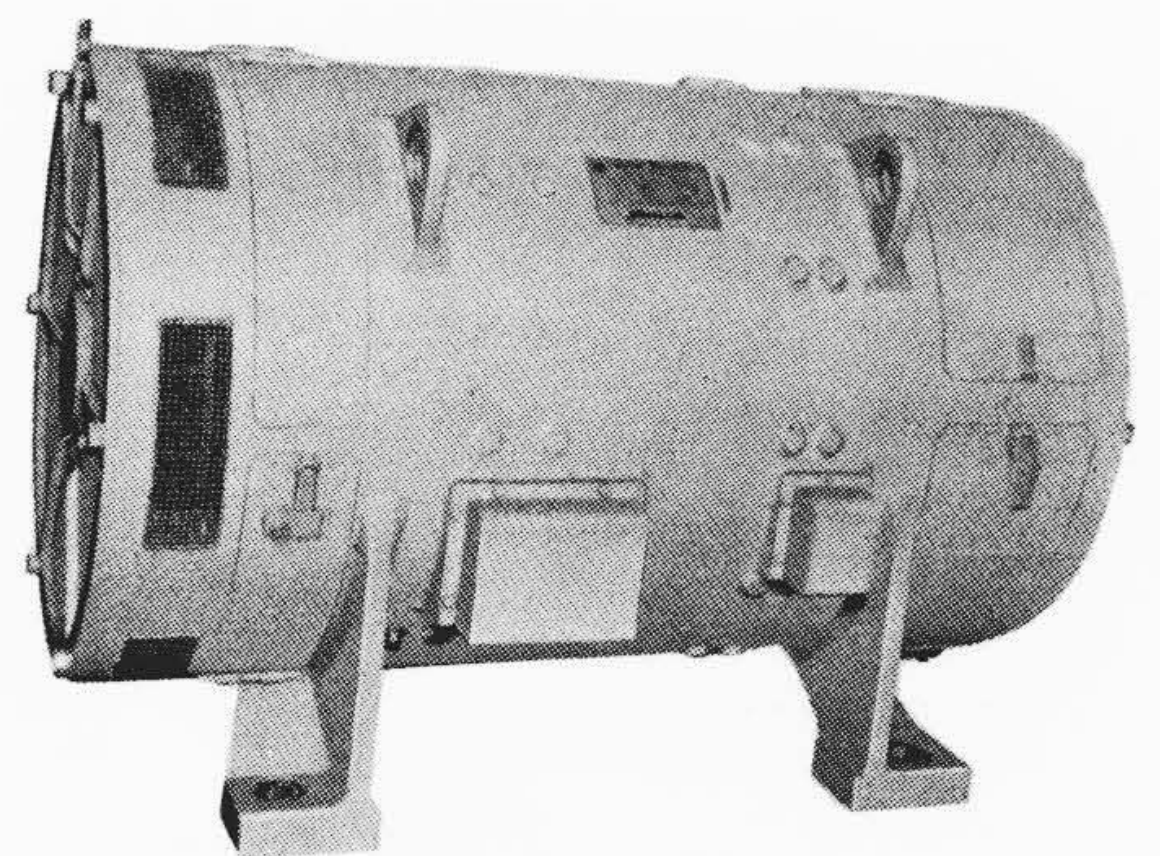
- (1) 実際の運転においてパンタグラフが万一離線した場合でも主電動機が支障なく運転できることを確認するために、高温状態で最弱の50%界磁の条件のもとに中断期間1秒以上の電力中断試験が実施された。
 - (2) 主電動機2台を小歯車および大歯車を通じて直結し、一方を電動機、他方を発電機として運転し返還負荷法により各速度における歯車損を測定した。
 - (3) 耐水構造の性能を確認するため主電動機をレール面上 2' 9" に相当する水深の水槽に浸して耐水試験を行った。
- いずれの試験においても良好な結果が得られた。

5. 補 助 回 転 機

補助回転機類はすべて JIS 規格の材料で製作した。グリースニップルは互換性および簡単化のために主電動機用および補助回転機用



第 18 図 HS-375-Br 形 675 HP 主電動機外観



第 19 図 HG-932-Ar 形 75 kW 電 動 励 磁 機

の2種類に統一した。補助回転機用の点検蓋には鍵を設け、端子箱は高圧用と低圧用において、危険防止をはかっている。

電動励磁機の励磁機側の刷子の配列は千鳥形とし、整流子に段付摩耗が生ずるのを防ぎ、刷子数が多いので摩擦損により整流子が過熱しないよう冷却にも注意した。第19図に電動励磁機を示す。架線電圧の急変に対する整流状態を確認するために電動励磁機は 1,350 $\pm$ 1,700 V、ほかの補助回転機は 800 $\pm$ 1,700 V の電圧急変試験が行われたが、整流に支障がないことが確かめられた。

6. 制 御 保 護 装 置

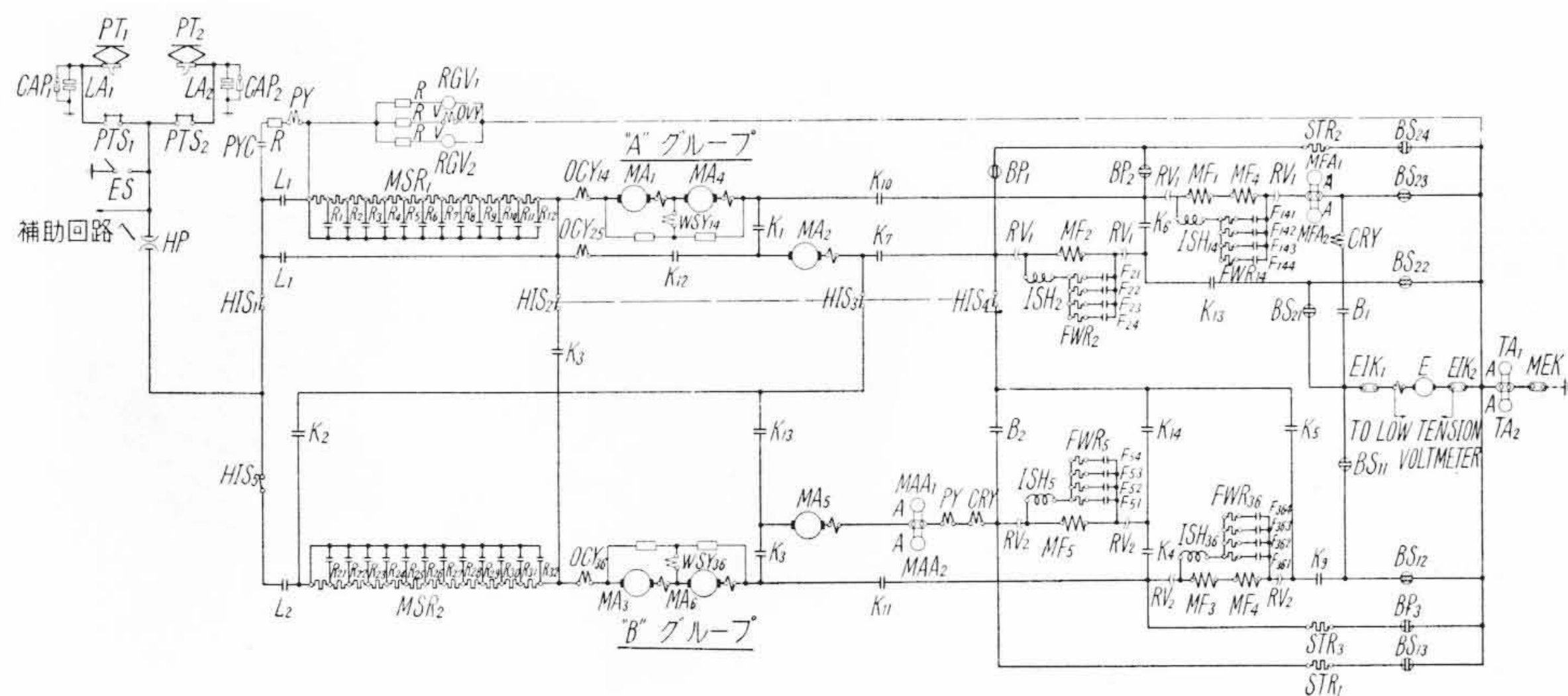
本機関車の制御方式は非自動、非重連、間接式であり主電動機の組合わせは、力行時、回生時とも、直列・直並列・並列の3段組合わせが採用されている。さらに弱界磁制御、軸重移動の補償および故障時の半グループ開放運転方式なども採用している。

第20図に本機関車の主回路接続図を示す。主回路の開閉は電磁空気式、高圧補機回路の開閉は電磁式で、すべての高圧回路は間接制御方式となっている。

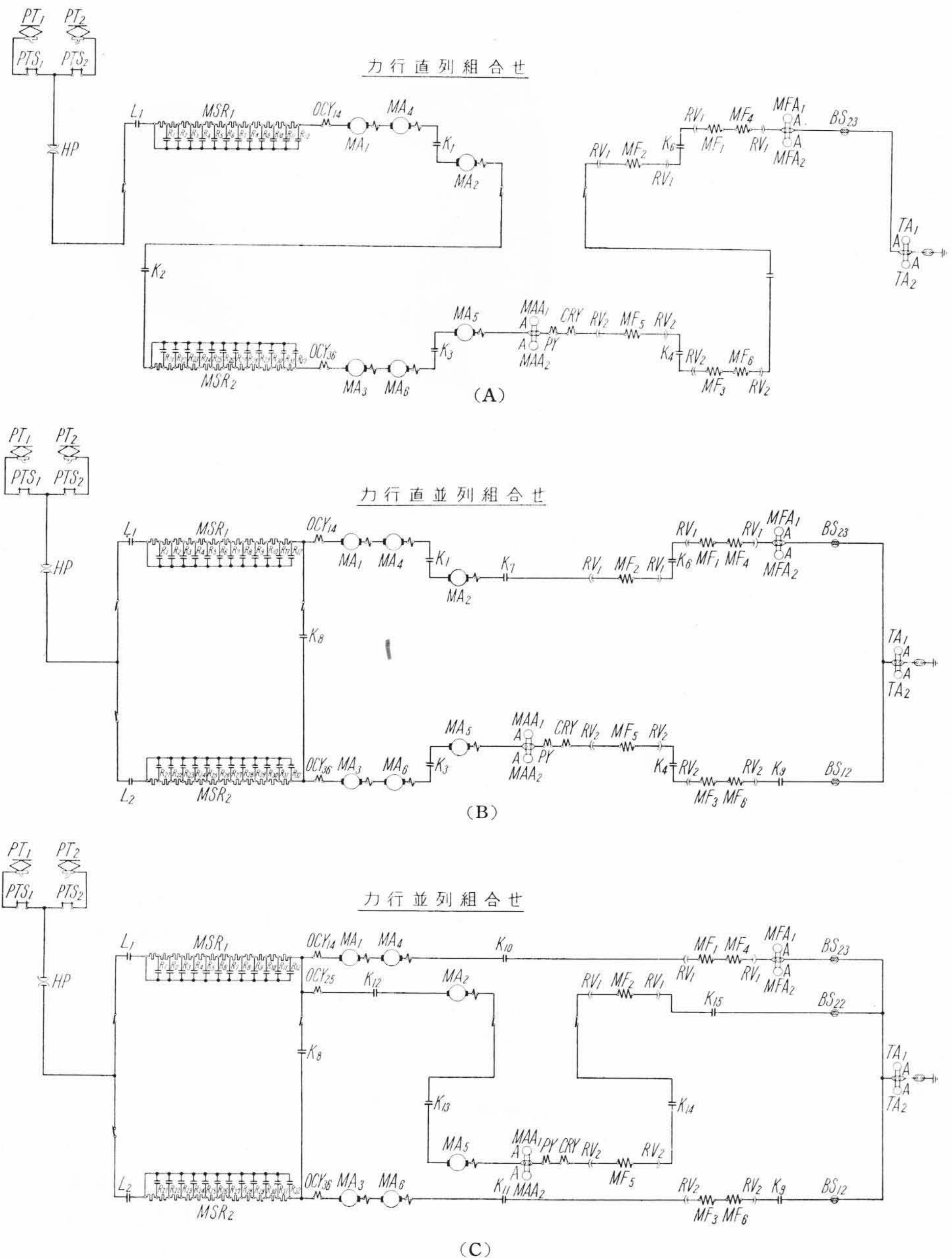
6.1 力 行 制 御 方 式

(1) 力行時の速度制御は第21図に示すように標準の直列・直並列および並列の3段組合わせで、各組合わせ間には短絡渡り方式が用いてある。ノッチ数は第22図にみられるように直列20、直並列9および並列9 総計 38 ノッチの多数が設けてあるから、ノッチ進め時の電流変化は B.S.S 規格一時間定格電流付近において、10~12.5% 前後におさえられきわめて円滑な加速が期待できる。また各組合わせ最終段には4個の弱界磁ノッチが設置してあるので、広範囲な速度で、連続使用可能なノッチは実に15個に達する。

(2) 主回路の機器は第20図に示すように、半グループ開放ス



第 20 図 主 回 路 接 続 図



第 21 図 平 常 力 行 回 路 説 明 図

イッチによって A, B の 2 グループに分割しうるように配置してある。したがって万一いずれかのグループに故障が発生した場合、高圧室主回路の故障グループは、このスイッチで分離される。また制御回路の切替は、運転室に配置された別個の切替スイッチの操作による。これらの操作で健全なグループのみの片側運転

を継続しうる。第 23 図はこの場合の主回路説明図である。

この機器半グループ開放運転方式を実施するため、主抵抗器は従来の 3 群方式を 2 群方式に改めた。これにより第 24 図に示すように、いずれのグループの開放運転時にも、平等かつ実用的な 13 ノッチが得られ、ノッチ間の電流変化も 15~17.5% におさまっている。

(3) 起動時の粘着特性の改善を計るため、主電動機は M_1 と M_4 ; M_3 と M_6 をそれぞれ永久直列とした組合わせを採用し、通常に分路弱界磁器具を利用して、必要に応じて、軸重移動の電氣的補償を直列力行ノッチに適用しうよう設計してある。

6.2 回生ブレーキ方式

(1) 回生ブレーキは約 25 mile にわたる $1/100$ こう配および 15 mile の延長を有する $1/37$ こう配などにおける抑速を目的とし、2.(3) で述べた要求条件を満足するものである。ブレーキ装置は専用の電動励磁機を用いて回生電動機を励磁する方式である。

(2) 回生回路は第 25 図に示すように 6 個の電機子を並列・直並列および直列の 3 段組合わせとし、ノッチは各 16 設定してあるので第 26 図に示すように広範囲な速度にわたり有効なブレーキ力が得られる。

(3) 従来の回生回路は電機子の並列・直並列・直列組合わせに対し、界磁もそれぞれ同じ組合わせとするのが普通であった。この場合、励磁機は並列界磁の励磁に対しては低い発生電圧で大きな出力電流が、また直列界磁に対しては高い電圧と少ない電流という条件が要求される結果、これら両者を満足するためには、大容量の励磁機が必要となる。

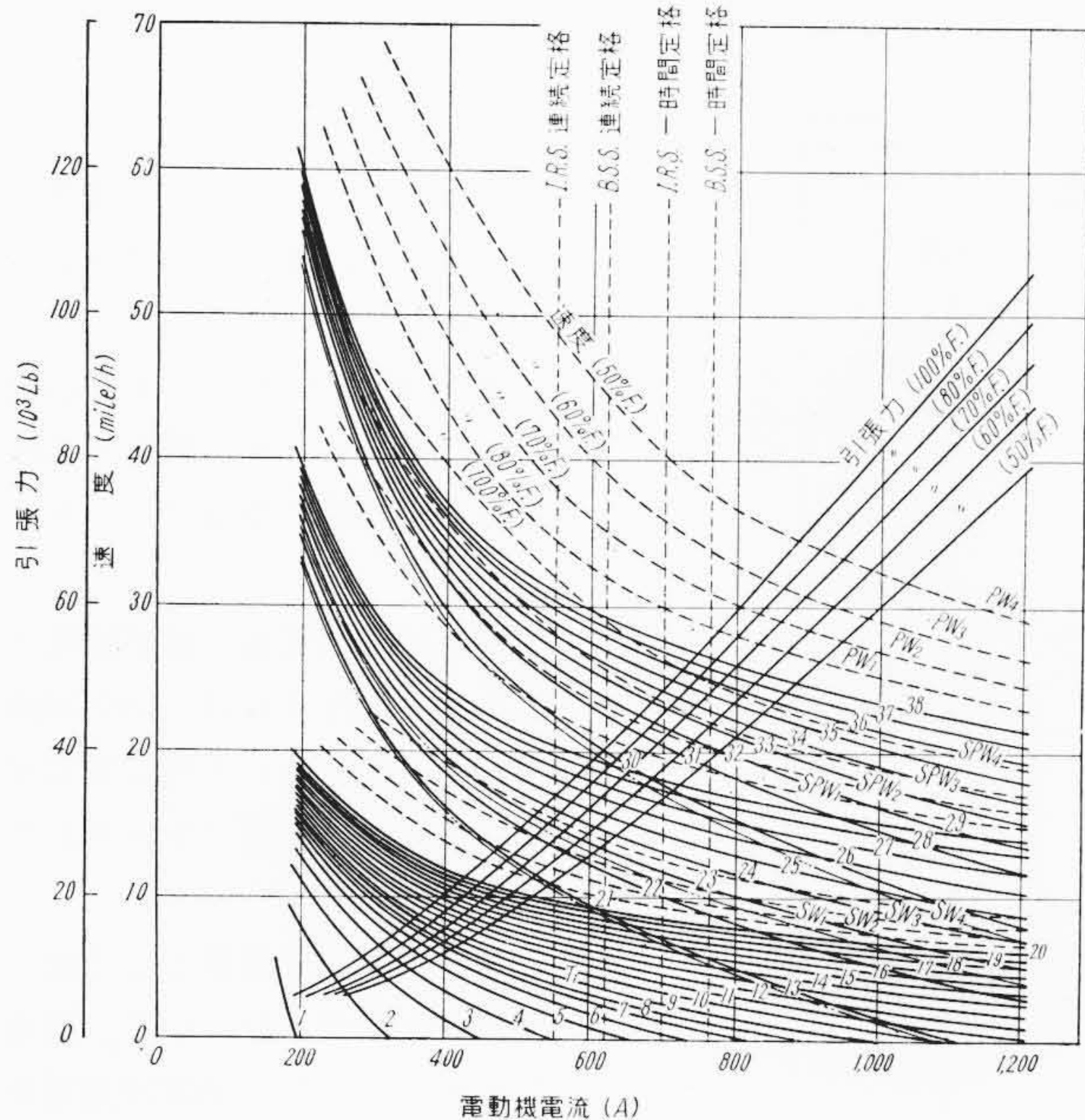
これに対し本機関車では、直列組合わせの電機子に対し界磁は特に直並列とし、所要発生電圧を低くおさえることにより比較的小容量の励磁機で所望の特性を満足することが可能となった。この接続の場合、励磁電流に不平衡が生じ各電機子の誘起電圧に差が生ずることも考えられるが、すべての電機子が直列になって

いるため、実用上まったく支障がない。

(4) 回生の開始および終止、すなわち回生電動機の架線への接続および切離しは、極性継電器で自動的に行われる。

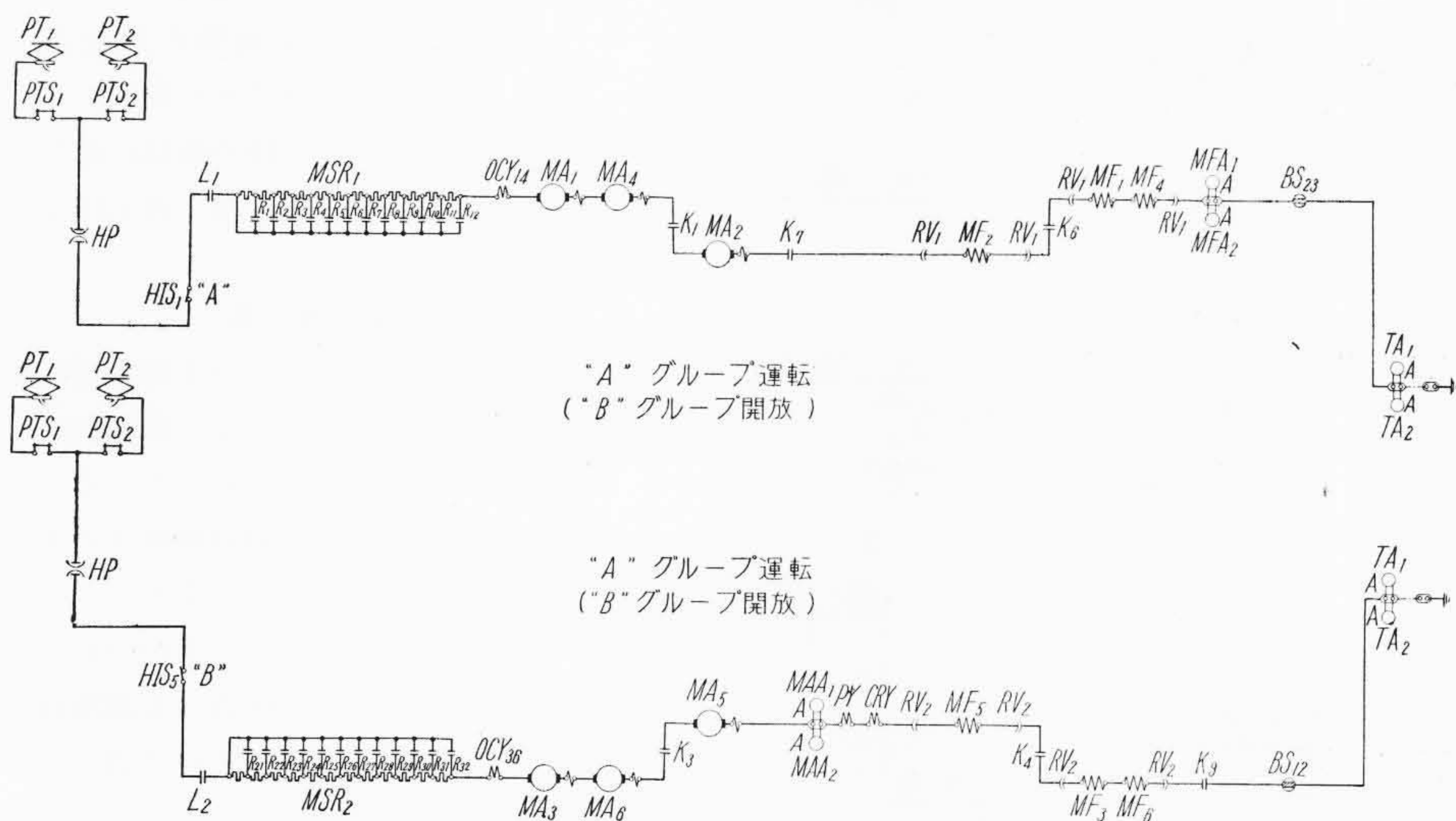
6.3 補機制御

(1) 補機すなわち電動発電機、電動励磁機、電動送風機、電動



第22図 平 常 力 行 ノ ッ チ 曲 線

直 列		直 並 列		並 列	
ノッチ	抵 抗 値	ノッチ	抵 抗 値	ノッチ	抵 抗 値
1	6.9184Ω	21	.5710Ω	30	.2284Ω
2	4.0214	22	.4123	31	.1655
3	2.8334	23	.3281	32	.1356
4	2.2814	24	.2600	33	.1063
5	1.8759	25	.1968	34	.0824
6	1.6624	26	.1356	35	.0586
7	1.4594	27	.0824	36	.0362
8	1.3214	28	.0362	37	.0179
9	1.1794	29	.0000	38	.0000
10	1.0490	SPW ₁	.0000	PW ₁	.0000
11	.9150	SPW ₂	.0000	PW ₂	.0000
12	.7960	SPW ₃	.0000	PW ₃	.0000
13	.6656	SPW ₄	.0000	PW ₄	.0000
14	.5506	T ₄	.3656		
15	.4316	T ₅	.3656		
16	.3356	T ₆	.3656		
17	.2456				
18	.1554				
19	.0834				
20	.0000				
SW ₁	.0000				
SW ₂	.0000				
SW ₃	.0000				
SW ₄	.0000				
T ₁	1.1696				
T ₂	1.1696				
T ₃	1.1696				

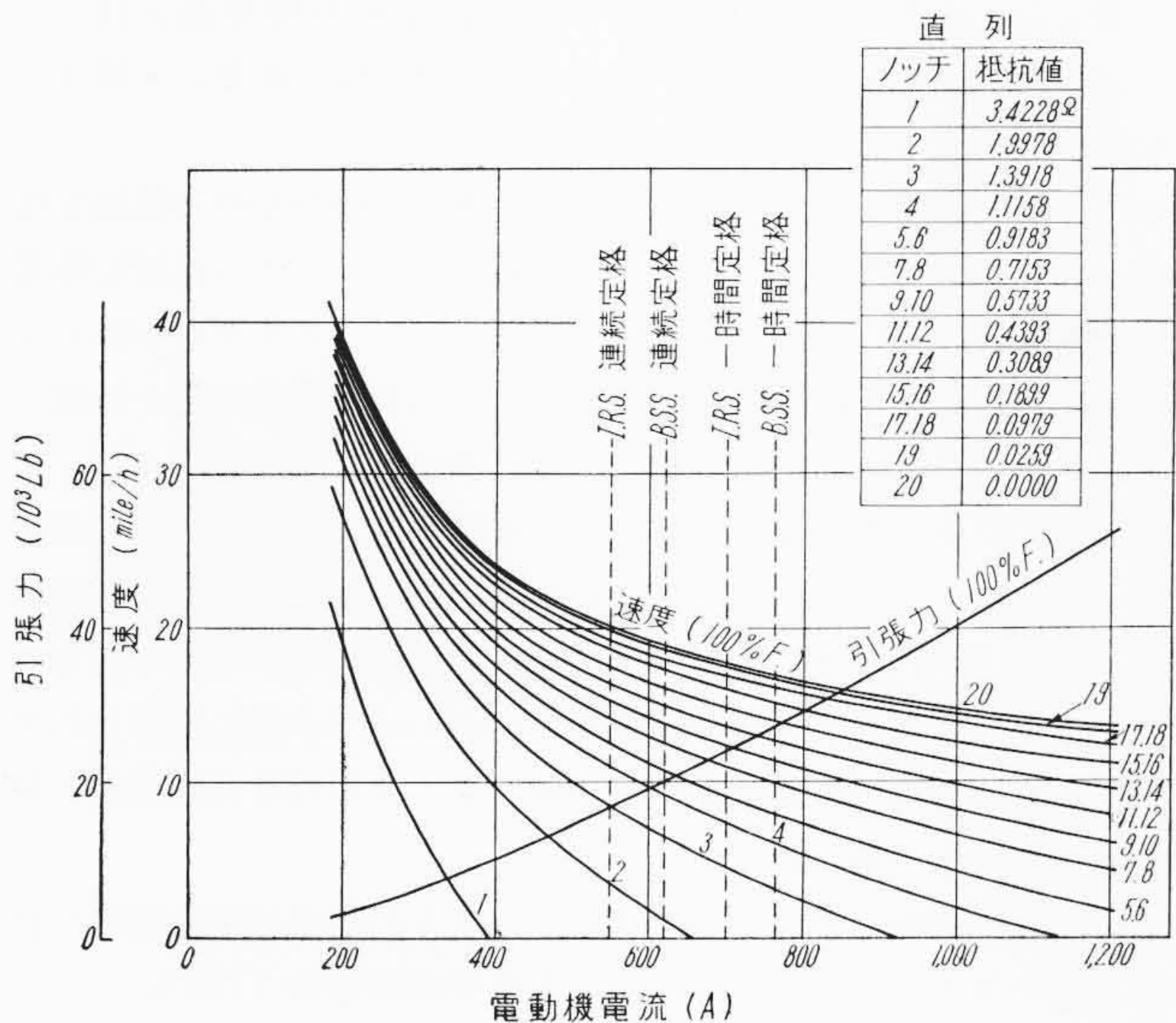


第23図 開 放 力 行 回 路 説 明 図

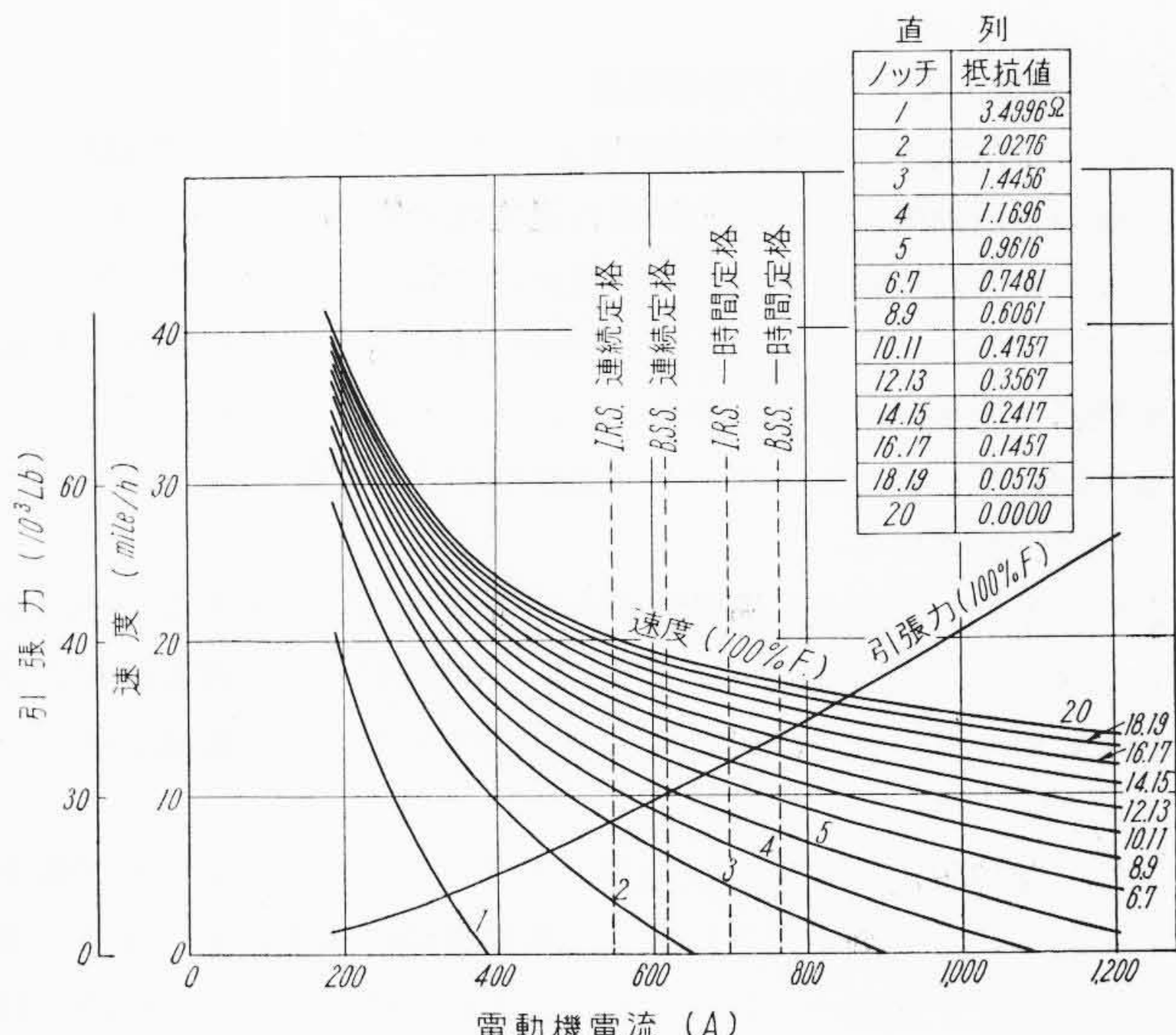
真空排気機および電動空気圧縮機などのうち、電動空気圧縮機以外はそれぞれ1段の自動起動装置を具備している。これらのうち大容量の電動励磁機は使用条件から無負荷起動方式とし装置の簡易化を計った。

(2) 2台の電動真空排気機は低速（全界磁）および高速（弱界磁）の2段制御が可能で、選択スイッチにより列車編成の種別に対応した所要の排気能力を得るようになっている。

(3) 制御回路、灯回路などの低圧電源は電動発電機およびこれによって浮動充電されるアルカリ蓄電池であり、充電装置には、従来の充電継電器・接触器の代りに、逆流阻止用シリコン整流器を使用した。

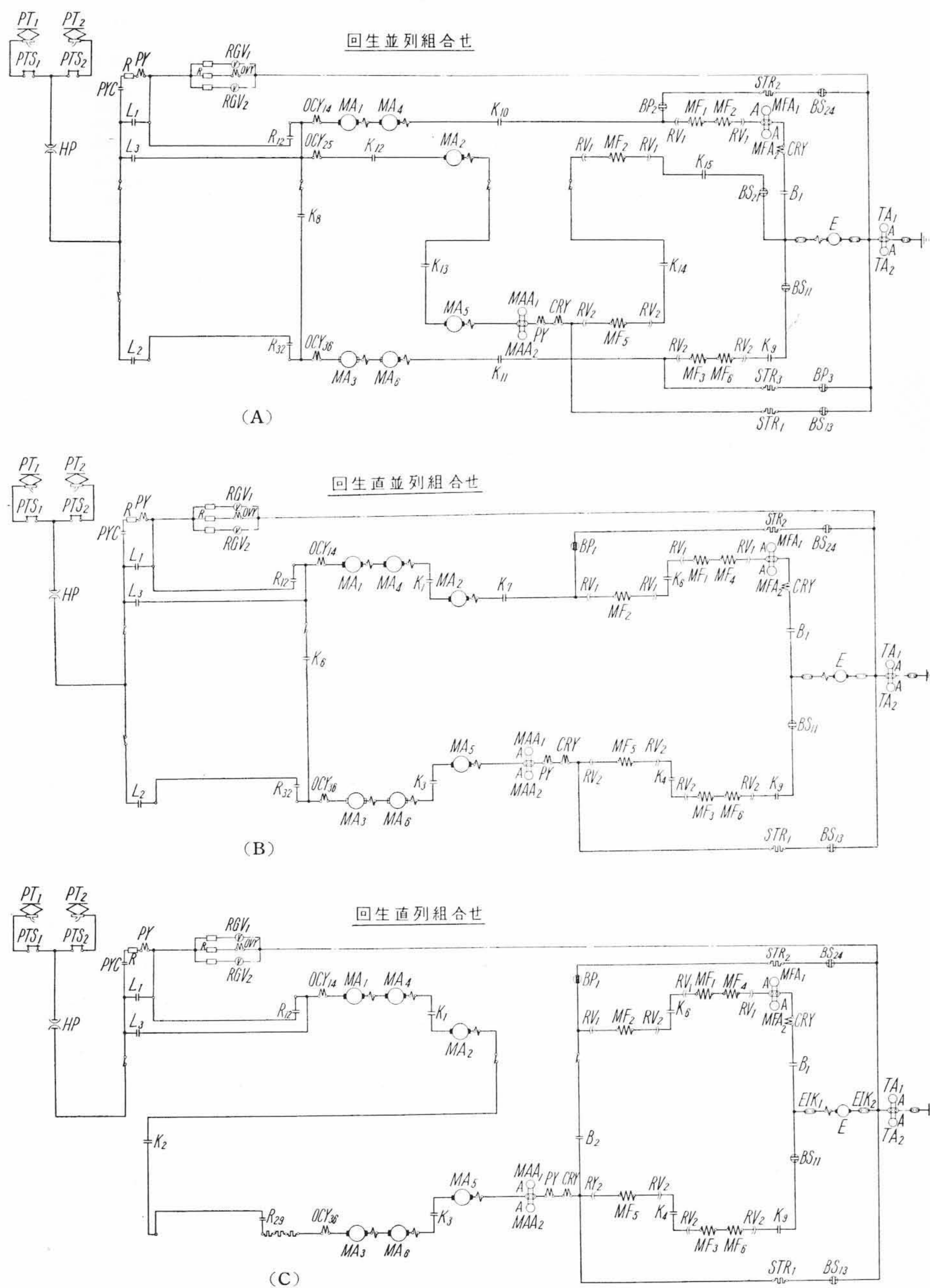


(A)



(B)

第24図 開 放 力 行 ノ ッ チ 曲 線



第25図 回生ブレーキ回路説明図

6.4 保護・安全および警報装置

- (1) 短絡電流、過電流の保護用として主回路には高速度遮断器、3群の主電動機回路にはそれぞれ過電流継電器が設置されている。また各高圧補機回路および電圧計回路はおののちに高圧ヒューズがそう入してあるほか、全補機回路に対し1個の遮断用電磁接触器と過電流継電器が配置され、二重の保護が行われている。低圧回路は日立ヒューズフリー遮断器および低圧ヒューズによって保護されている。
- (2) 架線に襲来する衝撃電圧から電気機器を保護するため、各パンタグラフには制限電圧12.5 kV (20 kAにて)の避雷器および12 kVのサージ電圧に耐える4 μ Fのコンデンサが接続されている。
- (3) 架線電圧、空気溜圧力およびブレーキ管真空度などが低下している場合、列車はこれらが最低規準値に達するまで発車できない。また、運転中これら三者のいずれが低下しても主回路は自動的に開放される。そして低下した要素がその回復しても、主幹制御器を第1ノッチにもどさない限り、力行回路は再構成され

ぬよう万全の保護方式が採用されている。

(4) 回生運転中はブレーキ弁を操作しても単に列車のみに真空ブレーキが作用し、機関車には空気ブレーキが作用しないようになっているので機関車はスキッドする心配がなく、回生ブレーキが終止すれば機関車にも自動的に空気ブレーキが作用する。

過電圧、過電流、低架線電圧継電器などが動作すれば、回生回路の遮断と同時にブレーキ管に大気を導入され列車には非常ブレーキが作用する。

(5) 警報表示装置としてはつぎの各種類が用意されている。高速度遮断器動作表示灯、過電流過電圧表示灯、空転表示灯、抵抗ノッチ表示灯、回生無電流警報ベル、回生過大電流比警報ブザー、また電動空気圧縮機を除いたほかの補機類の運転表示灯、さらに高圧機器室の開扉に先立ちパンタグラフ下降の確認注意をうながすためのパンタ降下表示灯などである。

6.5 制御器具

制御器具の設計および工作は高温多湿の現地周囲条件ならびに運転操作の容易さに十分な考慮を払っている。

(1) 高速度遮断器の機構は従来の標準品に準じた構造であるが、主電動機が記録的大容量のものであるため、通電容量(1,700 A)と遮断容量の増大に特に意をそそいで設計してある。

(2) 高圧ヒューズには20 Aと40 Aを、低圧ヒューズには5 Aと30 Aを

採用した。後者の取付寸法はインド国鉄現用の標準品と同一とし、また電流量に応じてレッテルの色別を行い取扱い・保守・交換の便を計っている。

(3) 単位スイッチは用途に応じた最適の仕様のもの3種類を採用している。すなわち、断流器用大形単位スイッチ(連続定格電流800 A)は、アーク流しを特別大形に設計し、スイッチ本体とは別個に車体機器枠に固定する構造としてあり、遮断性能が格段にすぐれている。回路の組合わせ、抵抗加減用中形単位スイッチ(800 A)は電動機回路の通常の負荷電流開閉に十分な遮断容量を有し、かつコンパクトにまとめられている。界磁制御用小形単位スイッチ(400 A)は、分路の開閉のみを責務とするものであるから、アーク流しを含めた寸法全体が、きわめて小形に製作されている。本体各部の構成部品は、3種ともできるだけ共通図面で製作し、保守上の便を計っている。

(4) 電磁接触器は大別して4種類、すなわち事故時全補機回路の遮断を目的とする高性能の高圧大形電磁接触器(150 A)、各補機回路の開閉、起動を責務とする補機用中形接触器(75, 20 A)、極性継電器に付属する構造簡単な小形接触器(1 A)、および励磁

機の励磁電流制御用低圧接触器 (20 A) などがある。

(5) 逆転器, 制動転換器に採用した主接触指は長期間の使用で常に適正な接触圧力が保持されるよう, コイルばねを用いた他力接触の構造としてある。電磁弁は可動部分を完全防塵構造とした日立独得の小形品を装備した。継電器類は所要特性に調整後, 封印マークを施し, また, これらのうち厳密な動作特性を要する回転子形の可動部, 接触部は, すべて防じんプラスチックカバーで保護している。

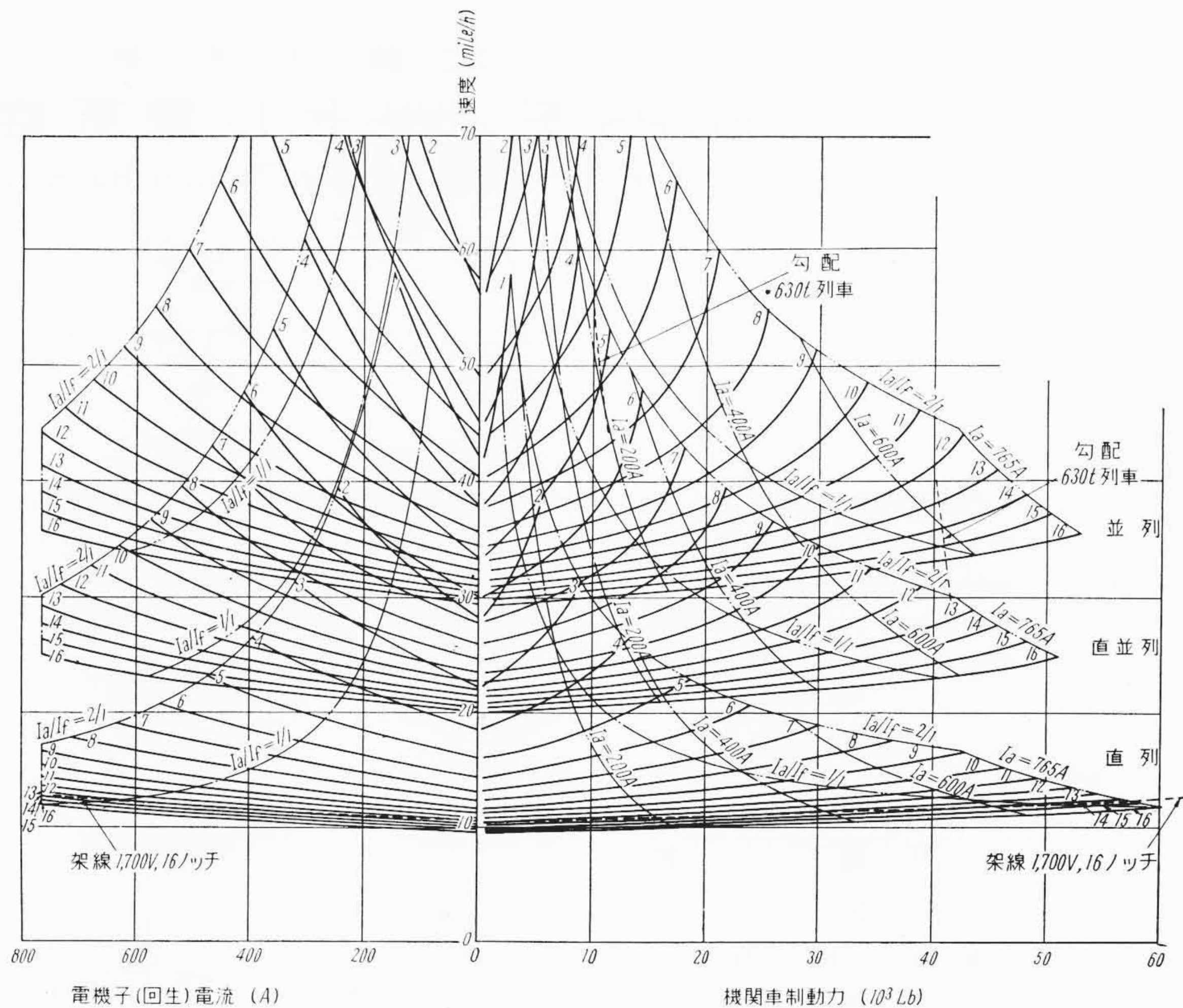
(6) 主幹制御器には力行と回生ノッチをつかさどる主ハンドル, 逆転と界磁制御を行う逆転ハンドルおよび力行と回生時の主電動機組合わせを選択する回生ハンドルの3個があり, これら相互間には誤操作を防止するため厳重な機械的, 電氣的鎖錠がある。

主幹制御器の接触部, 操作スイッチ類の接触部および単位スイッチ, 逆転器などの連動接触部には, すべて近年開発され使用実績を有するカム式を採用した。さらに操作スイッチ類はいずれも埋込み方式の構造としてある。

(7) 主抵抗器は「直列最初の6ノッチまでは連続定格なること」「1,250 t をけん引して $\frac{1}{100}$ 上りこう配を3回連続起動が可能なること」などの条件を満足する容量を有し, 回生安定抵抗器とともに日立独得の3点支持構造のスティールグリッド⁽²⁾を使用した。

界磁分流抵抗器は最適の分流比が得られるよう, 調整滑子で, 抵抗値が連続的に微細調整可能な構造としてある。

補助抵抗器類はそれぞれの所要電流容量に応じ, がいにリボン抵抗体, あるいは裸丸抵抗線を巻きつけたもの, またはさらにそれらには一ろー焼付けを施した構造となっている。



第26図 回 生 プ レ ー キ ノ ッ チ 曲 線

7. 結 言

以上インド国鉄納直流 1,500 V 3,020 kW 回生ブレーキ付電気機関車の概要を述べたが, 本機関車はわが国における記録的な大出力の機関車で, 現地納入後もさきにカルカッタ地区に納入した3両とともに好成績をあげるものと期待される。

終りに本機関車の製作にあたり, 終始検査の任にあたられたインド国鉄監督官 Mohindar Singh 氏ならびに, 日本国有鉄道東京鉄道機器製作監督事務所の関係各位に深く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 水越, 立川, 山崎: 日立評論, 40, 832 (昭33-7)
- (2) 藤間, 竹村, 豊田: 日立評論, 36, 35 (昭29-2)

Vol. 43 日 立 評 論 No. 3 目 次

シリコン整流器小特集

- ◎シリコン整流素子について
- ◎最近の化学用シリコン整流装置
- ◎電気鉄道用シリコン整流器
- ◎制御極付シリコン整流器
- 普 通 論 文
- ◎距離継電器からみた送電線のインピーダンス
- ◎交流電気車用整流器制御方式
- ◎B 列全判 8 色グラビヤ輪転機
- ◎B 列全判 8 色グラビヤ輪転機用制御装置

- ◎トランジスタ式遠隔測定装置
- ◎シャシダイナモメータ
- ◎高速圧縮機における弁の運動
- ◎A C - 3 形集線装置
- ◎バルブマイカの二, 三の特性
- ◎ケーブル鉛被結晶粒度の検討
- ◎高炭素・高バナジウム高速度鋼の切削耐久力におよぼす W と Mo の影響
- ◎3 C B D 形(引出形)日立低圧気中遮断器の保守点検について

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地 振替口座東京 71824 番
取次店 株式会社オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 振替口座東京 20018 番