

# 常磐線用 EF 80 形交直両用電気機関車

Type EF 80 A. C.-D. C. Two-way Electric Locomotive for Joban Line, J. N. R.

小沢 静 郎\* 織田 沢 信 昭\* 前 川 愛 一\*\*  
 Shizuo Ozawa Nobuaki Otazawa Aiichi Maekawa  
 川 上 直 衛\*\*\* 小 松 辰 作\*\*\*  
 Naoe Kawakami Shinsaku Komatsu

## 内 容 梗 概

このほど完成した EF 80 形電気機関車は、さきに日立製作所が試作した ED 921 (旧称 ED 461) の実績に基づき、常磐線用として量産された交直両用機関車である。駆動装置には ED 921 で好成績をおさめた 1 台車 1 電動機方式を採用し、車輪配列を B-B-B として客貨両用の性能をもたせ、主整流器にシリコン整流器を使用するとともに各部に多くの新設計を採用した。国鉄の機関車運用計画に基づき、客貨両用 30 両と貨物用 20 両とが製作され、客貨両用機関車には列車暖房用電源を有し直流区間の暖房電源として電動発電機をとう載している。

## 1. 緒 言

昭和 34 年、日立製作所は国鉄の常磐線交流電化計画に基づき、交直両用電気機関車 ED 921 (旧称 ED 461) を完成したが<sup>(1)</sup>、同機関車は東北本線および常磐線で運転を続け好成績をおさめている。今回完成した EF 80 形全出力交直両用電気機関車は、その後の国鉄における機関車運用計画の発展に基づき、ED 921 の試作結果を十分に生かして設計製作されたものである。

本機関車は、ED 921 が旅客専用であるのに対し、客貨両用の性能をもち、列車暖房用電源の有無により客貨両用と貨物用とに分けられている。これは、将来旅客列車が電車化された場合、旅客用機関車に余剰を生ずることが予想され、その場合は暖房用電源を撤去し、貨物専用とすることを考慮したものである。

設計には次の諸点が留意されている。すなわち最近の標準形主電動機として釣掛式 MT 52 形の完成をみており、本機関車にもこれを採用することが考えられたが、客貨両用の全出力交直両用機関車であること、また列車暖房用電源を設けることを考慮すると、軸重 16 t におさめることは困難であった。その結果、重量的に有利かつ粘着特性のすぐれた 1 台車 1 電動機方式による B-B-B 形式にすることとなった。新設計の MT 53 形主電動機は、将来 ED 形の機関車にも使用できるよう考慮した。この方式によれば、主電動機が軽量化され、軸距離が小さいため台車間の空間を機器配置に利用し得ること、主回路が簡単になることなどの利点を十分に生かすことができる。

そのほか軽量にして構造簡単で取り扱い容易なシリコン整流器を採用し、直流区間の暖房用電源としては電動発電機が別にとり載されている。

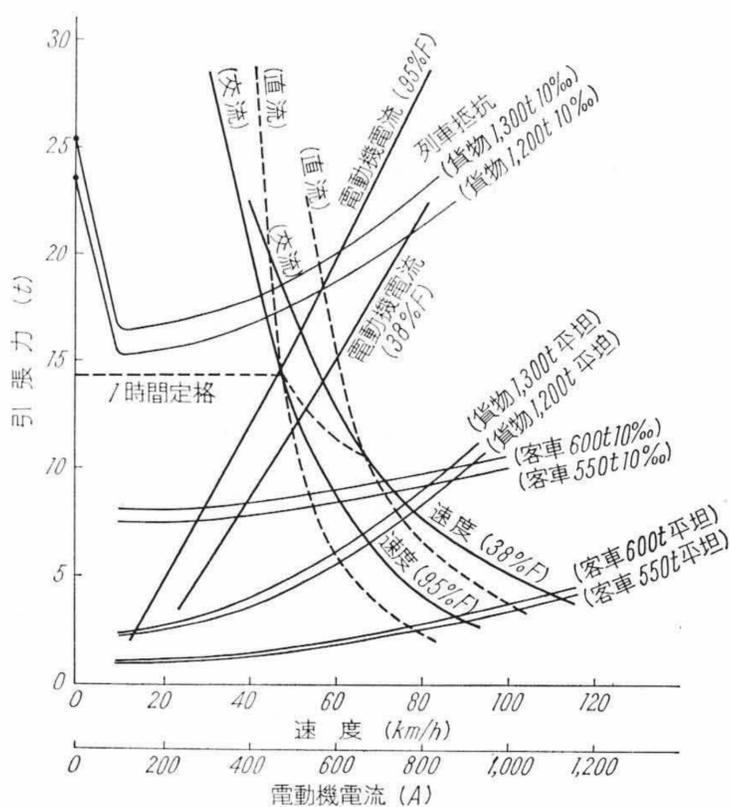
## 2. 仕様および特長

第 1 図に機関車外観、第 1 表に一般仕様を示す。

本機関車は常磐線の客貨両用全出力交直両用電気機関車として、定数 1,200 t (計画 1,300 t) の貨物列車をけん引して 10% のこう配で起動可能であり、また定数 550 t (計画 600 t) の旅客列車をけん引し最高運転速度は 105 km/h の条件のもとに設計された。第 2 図



第 1 図 機 関 車 外 観



線 電 圧 単相、50 $\sim$ 、20 kV および 直 流 1,500 V  
 主 電 動 機 MT 53 形 $\times$ 3  
 動 輪 径 1,120mm (計算 1,080mm)  
 歯 車 比 72 : 20  
 機 関 車 重 両 96 t

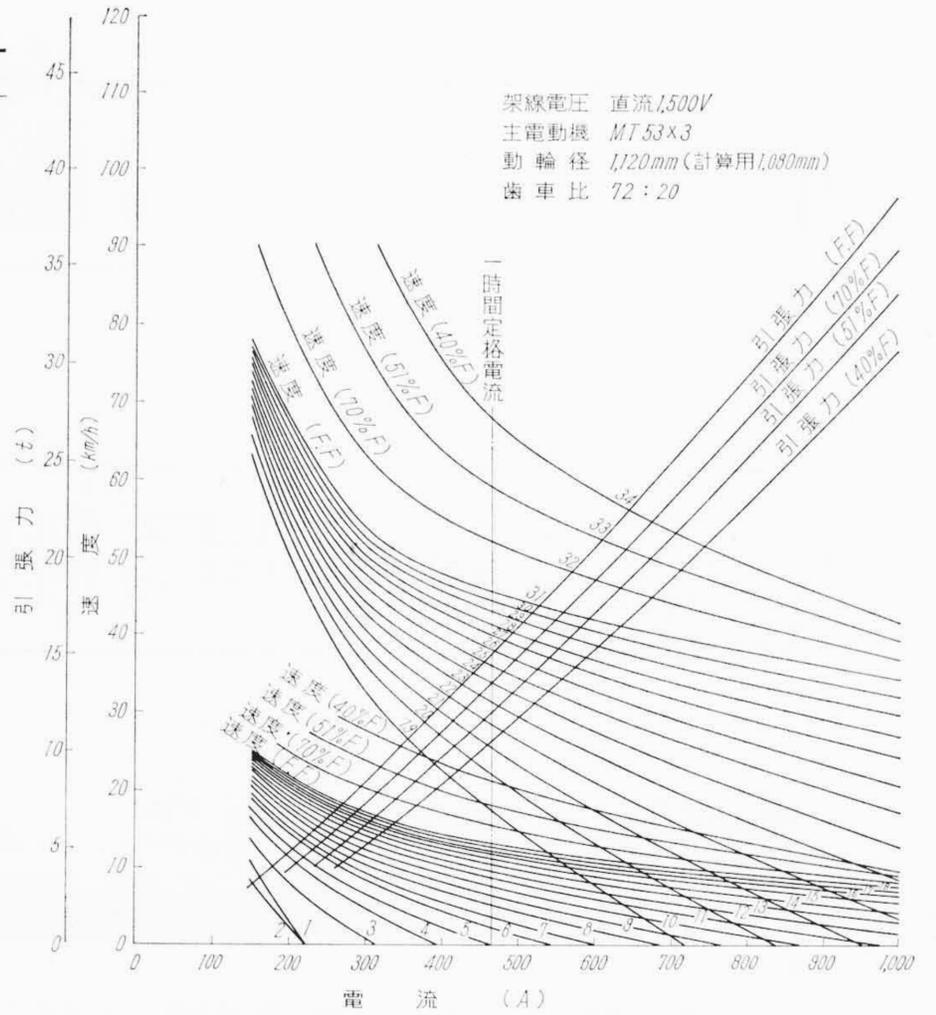
第 2 図 EF 80 速度—引張力特性

\* 日立製作所水戸工場  
 \*\* 日立製作所国分工場  
 \*\*\* 日立製作所日立工場

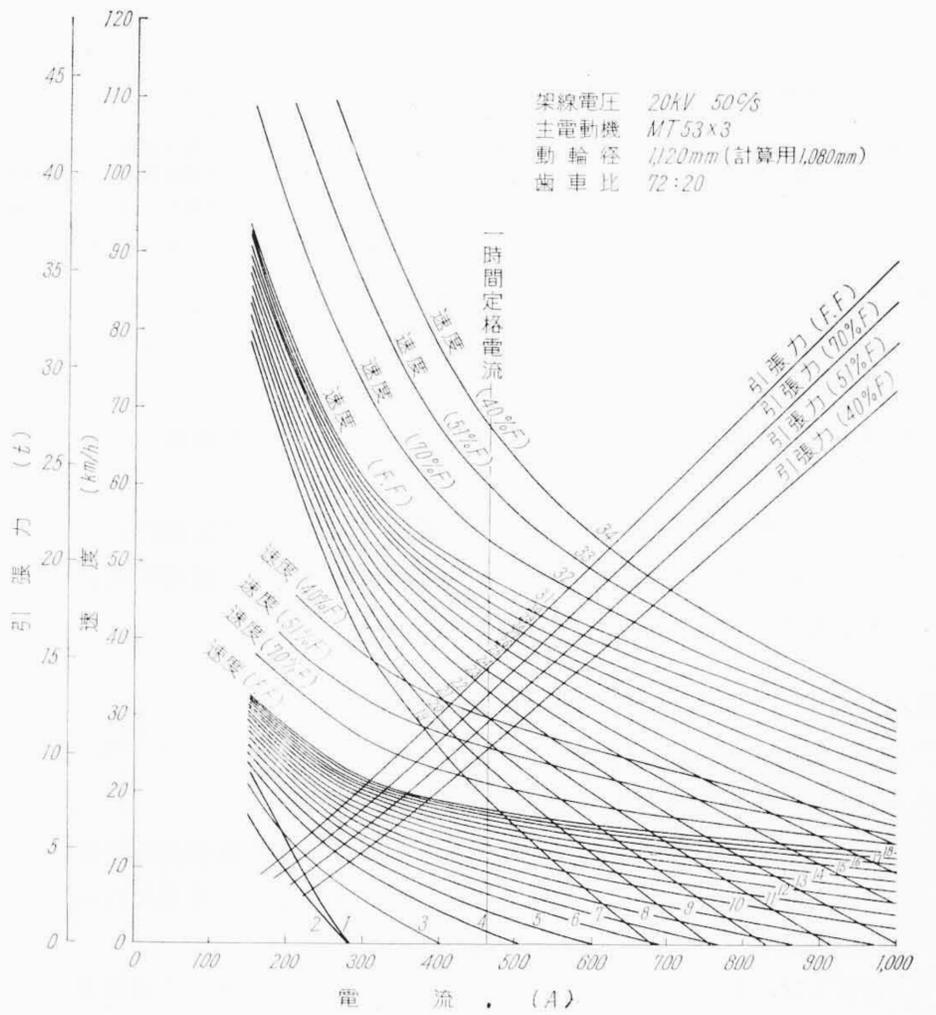
第1表 機関車一般仕様

項目	仕様
用途	客貨両用
電気方式	単相交流 50 $\sim$ , 20 kV および直流 1,500V
運転整備重量	96 t
車軸配置	B-B-B
機関車形式	箱形両運転台
機関車主要寸法	
連結面間長さ	17,500mm
車体長さ	16,700mm
台車中心間距離	5,420mm
車体高さ	3,580mm
車体幅	2,800mm
台車	DT127(両端), DT128(中間) 2軸ボギー式
固定軸距離	2,212mm
動輪径	1,120mm (計算用 1,080mm)
動力伝達方式	QD9形1台車1電動機式歯車連結ゴムクイル式, 平歯車一段減速
歯車比	72:20=3.6:1 (モジュール 11)
機関車性能	
1時間定格引張力	14,400 kg
1時間定格速度	48.3 km/h
最高運転速度	105 km/h
最大引張力	28,500 kg ( $\mu=30\%$ )
性能係数	1,512 t $\cdot$ km/h
(注)1時間定格出力	1,950 kW
連続定格出力	1,800 kW
主変圧器	1 台
形式	TM-7A, 屋内用送油風冷式密封形, 内鉄形
冬期容量	一次 2,670 kVA, 二次 2,274 kVA, 三次(暖房用)390 kVA
夏期容量	一次 2,280 kVA, 二次 2,274 kVA, 三次-, 四次 6 kVA
電圧	一次 20 kV, 二次 2,077 V, 三次 1,500 V(1,305V, 1065V タップ付), 四次 218V
相数, 周波数	単相, 50 $\sim$
定格	連続
整流器	1 組
形式	シリコン整流器
連続定格	2,200 kW, 1,500V, 1,463A
結線方式	単相ブリッジ結線
素子個数	252 (9S $\times$ 7P $\times$ 4A)
主電動機	3 台
形式	MT53, 閉鎖他力通風形, 直流および脈流直巻, 補極, 補償巻線付, 台車装架式
1時間定格出力	650 kW
1時間定格電圧	1,500V
1時間定格電流	465A
1時間定格回転数	845 rpm
極数	4
最弱界磁	35%F
絶縁種別	F種 (固定子エポキシ樹脂一体絶縁)
平滑リアクトル	主回路用(1組) 補機回路用(3台)
形式	H種絶縁, 乾式, 風冷式 H種絶縁, 乾式, 自冷式
回路電圧	1,870V 1,870V
連続定格電流	430A 25A
インダクタンス	15mH $\times$ 3(465Aにおいて) 320mH(25Aにおいて)
制御方式	非重連, 非自動, 直並列, 抵抗制御および界磁制御
ノッチ数	34ノッチ(弱界磁起動1+直列17+並列13+弱界磁3)
制御装置	電磁空気単位スイッチ式
制御回路電圧	直流 100V
灯回路電圧	直流 100V
補助回路電圧	直流 1,500V および単相交流 50 $\sim$ 200V
補助回転機	組
暖房電源用電動発電機	1- { 電動機(MH107) 350kW, DC 1,500V, 253A, 1,800 rpm 発電機(DM69) 320 kVA, AC 1,440V, 222A, 1,800 rpm, 1 $\phi$ , 60 $\sim$
制御電源用電動発電機	1- { 電動機(MH77C) 3.8 kW, DC 1,500V, 4.0A, 2,500 rpm 発電機(DM43C) 3 kW, DC 100V, 30A, 2,500 rpm
主電動機・電源機器用電動送風機	3- { 電動機(MH91B) 18 kW, DC 1,500V, 16.5A, 1,760 rpm 送風機(FK34) 風量 170/130 m <sup>3</sup> /min, 風圧 140/160 mmAq
主抵抗器用電動送風機	2- { 電動機(MH112) 5.5 kW, DC 750V, 10A, 1,700 rpm 送風機(FK65) 風量 300 m <sup>3</sup> /min, 風圧 40mmAq
主変圧器用電動油ポンプ	1- { 電動機(MH1021A) 200V, 50 $\sim$ , 2.2 kW, 単相誘導電動機 油ポンプ(OP4) 1,450 rpm, 揚油量 0.75 m <sup>3</sup> /min 総揚程 8 m
電動空気圧縮機	1- { 電動機(MH92B) 15 kW, DC 1,500V, 12.5A, 2,000 rpm 圧縮機(C3,000) 吐出容量 2,954 l/min, 吐出圧力 8 kg/cm <sup>2</sup> , 800 rpm
補助電動空気圧縮機	1- { 電動機(MH99) 375W, DC 80V 圧縮機(AK18) 吐出容量 75 l/min
暖房用電源ブレーキ装置	交流区間単相交流 50 $\sim$ , 320 kVA (主変圧器三次巻線) 直流区間単相交流 60 $\sim$ , 320 kVA (暖房用電動発電機) EL14AS 空気ブレーキおよび手ブレーキ

注: 上表は客貨用の場合を示し, 貨物用の場合は主変圧器形式は TM7 (三次巻線タップなし), 暖房用電動発電機はとう載しない。



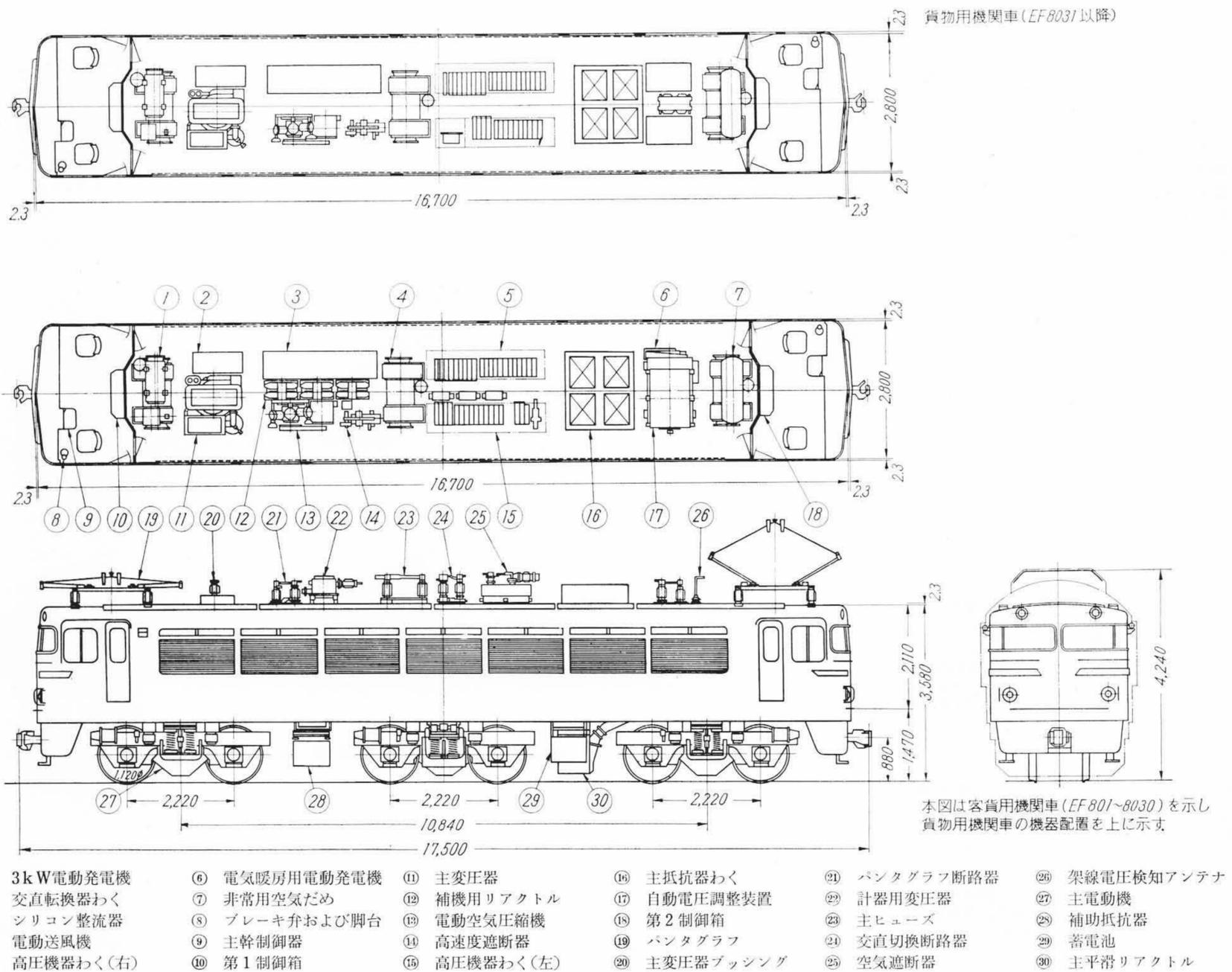
第3図 EF80 直流時ノッチ曲線



第4図 EF80 交流時ノッチ曲線

に速度-引張力特性を, また第3図および第4図にノッチ曲線を示す。本機関車の特長とするおもな点をあげると次のとおりである。

- (1) 試作 ED 921 の実績に基づき, これとほぼ同構造の軽量にして粘着特性のすぐれた1台車1電動機方式を採用した。
- (2) 主電動機は, 今後この方式の標準形式にするものとして設計されており, エポキシ樹脂絶縁を採用し, 小形軽量にして大容量をもつものである。
- (3) 台車の揺れまくら装置にコイルバネの横剛性を利用した方



第 5 図 機関車外形ならびに機器配置図

式を採用し、中間台車の横動に対してはローラを設け、いずれも機構の単純化に成功した。

(4) 主整流器は、日立標準素子を用いたシリコン整流器を採用した。

(5) 客貨両用機関車の列車暖房用電源として、交流区間においては主変圧器の三次巻線を用い、直流区間用としては暖房用電動発電機をとう載した。

### 3. 機関車構造

#### 3.1 機器配置およびぎ装

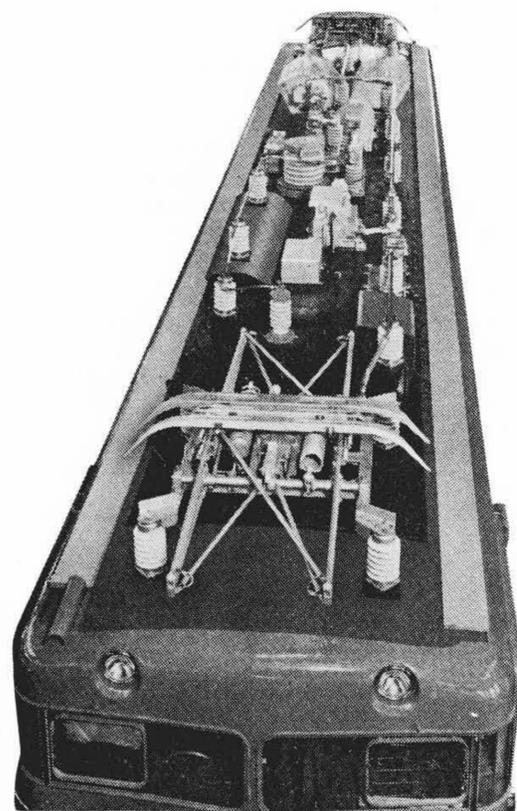
本機関車の機器配置を第 5 図に示す。

本機関車には客貨両用と貨物専用とがあり、暖房用電動発電機の有無により機器配置がやや異なっているが、その重量の差異は台わくに積み込まれた死荷重によって調整されている。

運転室は、最近の標準形式となっている、すみ柱を廃し曲面ガラスを用いた視野の広い構造であり、前部のテーブル内部には補助電動空気圧縮機、調圧器、パンタグラフ電磁弁、携帯用電話機箱、手ブレーキ装置その他が納められている。後部仕切壁には制御箱を設け、各種スイッチならびに補助継電器などを取り付けた。

第 6 図は屋上機器配置であるが、パンタグラフより主変圧器ブッシングまたは直流屋根ぬき碍子(がいし)にいたる高圧機器はすべて屋上に配置され、これらを結ぶ屋上導体は主として碍子で支持された銅管よりなっている。

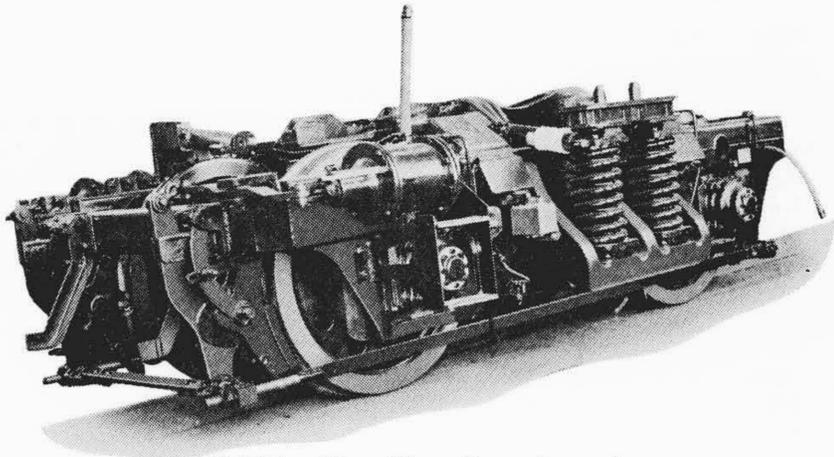
機械室の機器配置の特長は、機器の冷却にいわゆる集中通風方式をとっており、両端および中央部に電動送風機を配置していること



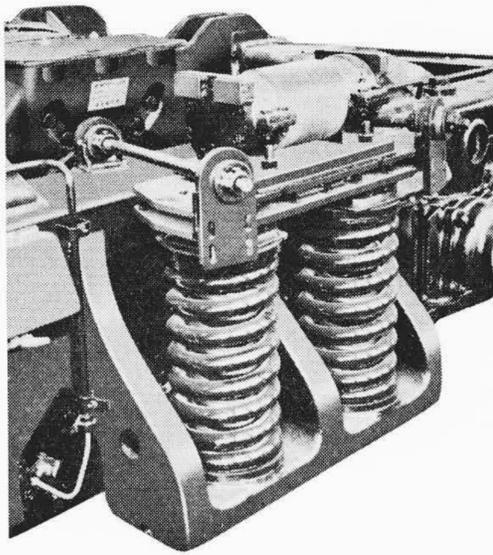
第 6 図 屋上機器配置

である。第 1 電動送風機は第 1 主電動機および主変圧器を、第 2 は第 2 主電動機およびシリコン整流器を、第 3 は第 3 主電動機および床下の主平滑リアクトルを通風しているが、主抵抗器のみは単独の送風機によって強制通風されている。

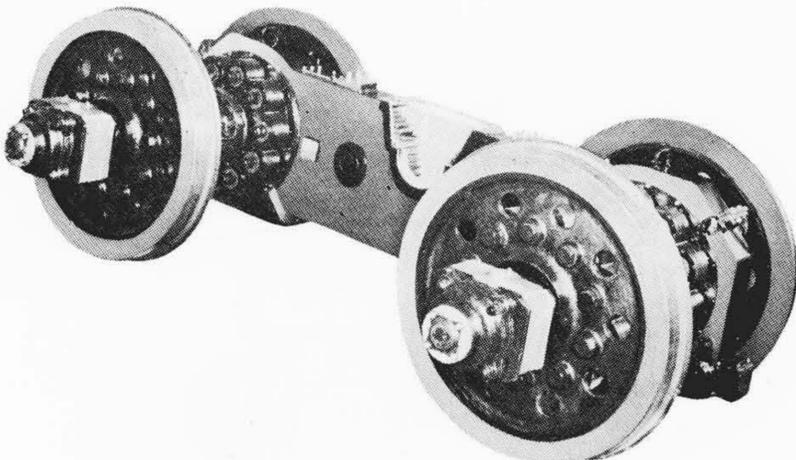
各電気機器は、逆転器および電気暖房回路の機器を除き、ほとん



第7図 両端用台車



第8図 中間用台車揺れまくら装置



第9図 駆動装置

どが取りはずし可能な機器わくにとりまとめられており、機関車の修繕に便ならしめるため、主変圧器、シリコン整流器、主抵抗器わくなどととも互換性をもたせてある。貨物用には、暖房用電動発電機がないため、補機用平滑リアクトル、誘導分路、補助抵抗器などを第2端の高圧機器わくにまとめている。

第2端補機室上部に非常用空気だめをもち、仕業開始にあたって補助電動空気圧縮機によらなくてもパンタグラフおよび空気遮断器の操作ができるようになっている。

床下には空気だめ類および冷し管を配置し、台車の間には各種抵抗器類、主平滑リアクトル、蓄電池などをつり下げている。

### 3.2 台車および駆動装置

台車および駆動装置には、前述のように試作 ED 921 により良好な実績を得た1台車1電動機方式を採用した。両端用台車と中間用台車は、引張装置、揺れまくら装置ならびに細部の付属部品を除き共通の構造であり、第7図に両端用台車、第8図に中間用台車の揺れまくら装置を示す。駆動装置の構造は第9図に示すとおりであって大歯車と輪軸の間にゴム継手を有する歯車連結方式が採用されている。

ボギーわくは鋼板および鋳鋼の組み合わせ溶接構造であり、主電動機はボギーわく横はりに装荷され、軸端の小歯車は横はりに固定

される歯車箱の中央に位置して、各中間歯車を介して前後軸を駆動する大歯車に動力を伝達する。大歯車と輪軸は筒形ゴムを使用したたわみ継手および中空軸で結合され、構造簡単で保守も容易である。

引張装置は両端台車に各1個を車体中央寄りに、中間台車には主電動機をまたいで2個をそれぞれレール面上1,080mmの高さに配置され、軸重移動は最小に押えられている。

揺れまくら装置は、車体を完全側受支持とした、いわゆるフローティングボルスタ方式をとっており、まくらバネの横剛性を利用して左右ならびに回転方向の復元力をとる構造としてある。両端用台車のまくらバネには特殊のゴム座を設け、左右方向に比し回転方向の剛性が小さくなるようにし、左右の振動特性と横圧を抑制する要求とを両立せしめた。中間用台車は、曲線通過時の横動を十分にとるため、まくらバネ上部にコロを設け、車体荷重を台車に伝達しながら移動する構造とした。

### 3.3 車体

車体は両運転台式箱形車体であり、前面は上部に5度の傾斜をつけた曲面ガラス付きの形状である。前照灯は50V 150Wのシールドビームであり、前頭部に2個取り付けられている。車体側面上部には全長にわたって軽合金製の窓わくをもつ固定窓とエアフィルタ用よろい窓が設けられている。

車体台わくは、主電動機の高さが比較的高いため、いわゆる中はりをもたず、みぞ形鋼(250×90×11)2本の下部を厚鋼板で補強した断面を側はりの主要部材として両側に通し、これらを端はり、まくらはりおよび横はりで結合している。端はりは鋼板およびみぞ形鋼で組み立てられ、下部に引張箱が強固に溶接されている。

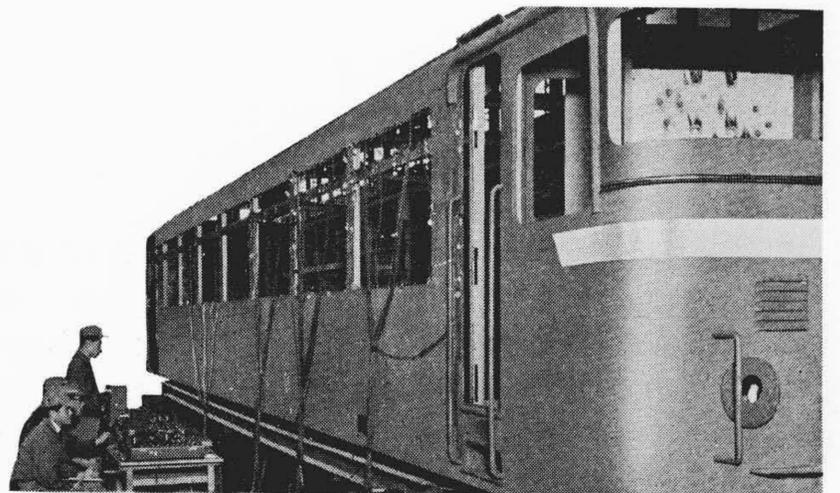
柱構えは形鋼および鋼板プレス材よりなり、外板との溶接組み立てはポータブルスポットウェルダによる点溶接を原則とし、車体組立作業はブロック方式をとり得る構造として製罐作業の合理化を図った。

この車体は完成後、垂直荷重に対する強度試験を行ない、各部の応力ならびにたわみを測定したが、この状況を第10図に示す。試験の結果、各部の強度ならびに車体の曲げ剛性は十分であることが確認されたが、この種の車体において周知のように、台わく各部の応力は全般的に低く、車体側構えはいわゆる応力外皮構造として負荷されていることを示した。

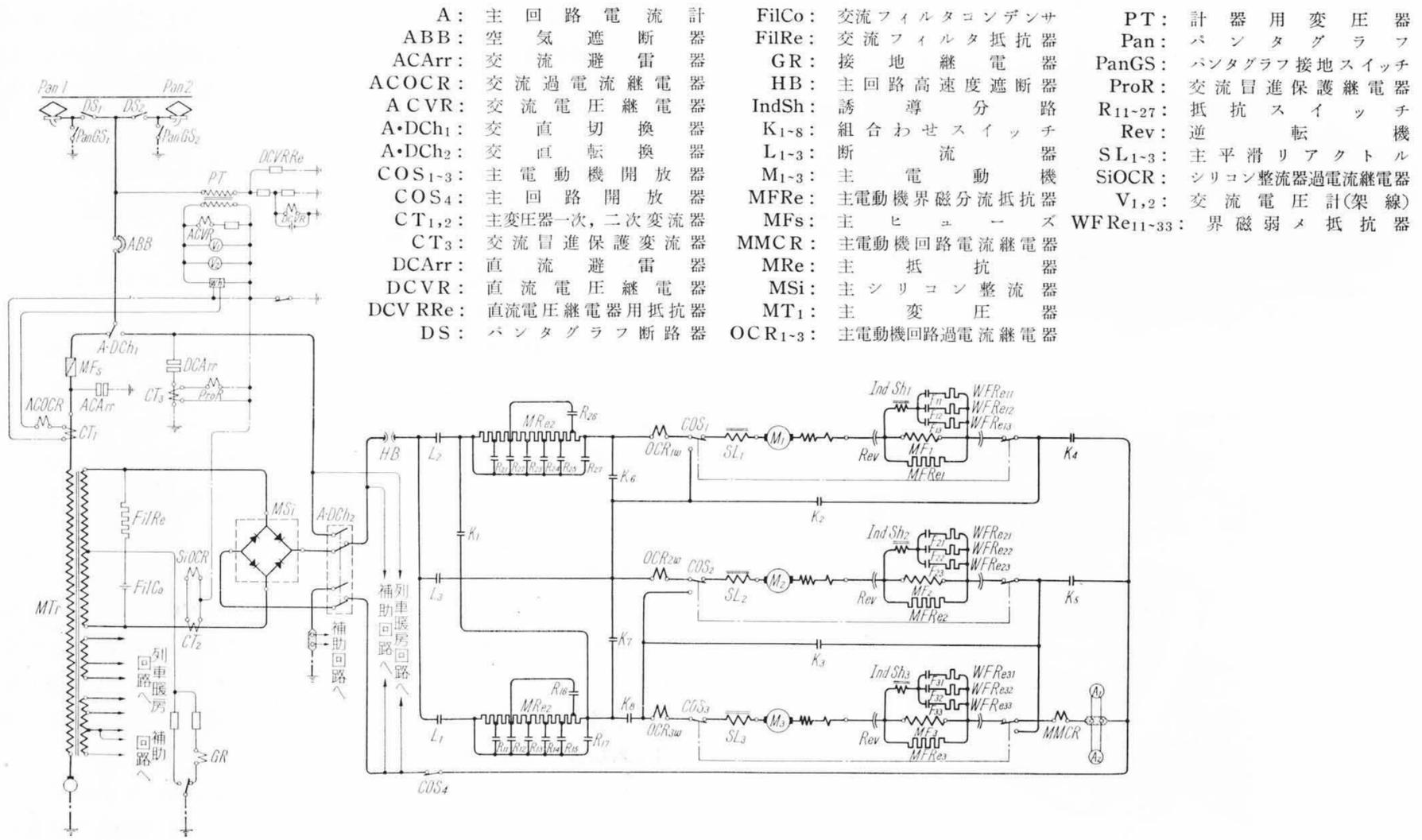
本機関車の自動連結装置には、最近広く採用されつつある日立 LI-7B ゴム緩衝器が用いられ、構造簡単でかつ小形であるため、連結装置の取り付け取りはずしが容易となった。

## 4. 電気機器

主回路は第11図に示すように、従来の交直両用機関車とほぼ同様であるが、交直両区間で1,950kW全出力を出す必要があり、直



第10図 車体応力測定状況



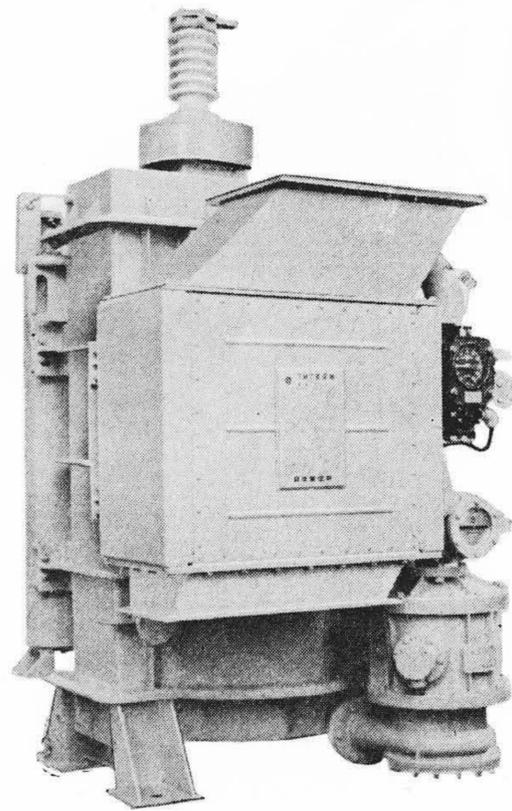
第 11 図 EF80 主回路ツナギ

流機関車に交流機器および交直切換用機器が付加される形式となる。また客貨両用であるため客車の暖房設備から交直両区間で交流 1,500V の電気暖房電源装置を必要とするなど、重量的にはきわめて苦しく、機器の軽量化に最大の苦心が払われた。すなわち主変圧器、主電動機の軽量化をはじめとし、シリコン整流器の採用、強制通風方式抵抗器の使用など各部に軽量化が図られた。主電動機は起動時全直列ついで全並列に接続されるため全出力での直並列制御段を得られず、ある速度帯での経済速度の選択がむづかしく、しかし弱界磁制御が直列および並列の最終段で広範囲に可能なようにするとともに、強制通風方式の採用により主抵抗器の短時間定格に対し連続定格熱容量の割合が従来の抵抗器と比べて増したことを利用して 220A 以下では並列全抵抗段で連続運転が可能なるようにして速度制御の自由性を増した。このため電流継電器で主回路電流を検出し、220A 以下になると運転台にランプ表示し運転操作を便ならしめた。

また大容量機関車であるため、直流区間では両パンタグラフ運転が必要であり、交流区間では交-交セクションの長さ (8m) から両パンタグラフによるセクションオーバを防止するため片パンタグラフ運転が必要である。しかし走行中のパンタグラフの昇降は架線に与える悪影響のため避けることが望ましいので、パンタグラフ断路器を電空操作方式とし、交直切換と連動して交流区間にはいると前方断路器が自動的に開放されるように新設計された。したがって交流区間で前方パンタグラフは回路上特に下げておく必要はないが、パンタグラフおよび架線の不必要な摩耗を防止するため、交流区間の最初の停車駅で下降する扱いとしている。

電気暖房電源交流 1,500V は交流区間では主変圧器から直接給電されるが、直流区間では専用の電動発電機が設けられている。切換スイッチを操作すれば交流区間では主変圧器暖房巻線のタップ電圧が切り換わり、直流区間では付属電圧調整器の作用により 100, 75, 50% の 3 段階に発生熱量が変化し寒暖に応じて温度調整ができる。

以下、主要な電気機器について特長を述べることにする。

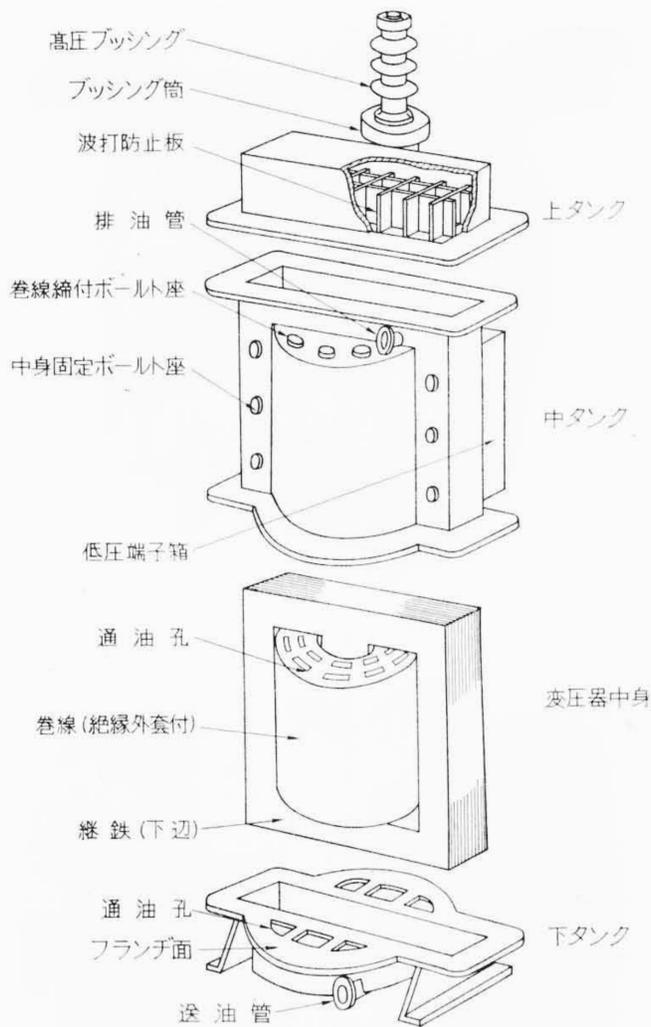


単相 20kV, 50~ 送油風冷式, 内鉄形  
 第 12 図 TM7 形 2,280 kVA 主変圧器

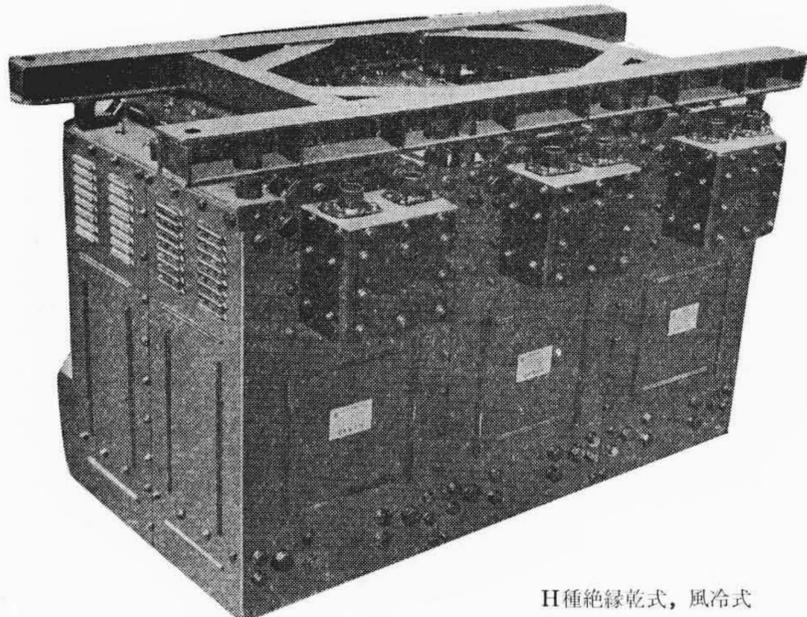
#### 4.1 主変圧器

本器は、周囲温度 25℃ における連続定格出力 2,280 kVA で、二次側より 2,274 kVA の走行用電力と、四次側より 6 kVA の補機用電力を供給する。二次出力は時定数、利用率を考慮し、主電動機 1 時間定格電流値の 74% を連続定格電流値として決定した。三次巻線は 390 kVA で暖房用に供され、このときの周囲温度を 10℃ と定め、2,670 kVA を冬期連続定格としている。

定格一次電圧は 20kV で、10% の過励磁を考慮してある。二次無負荷電圧は、定格一次電圧において主電動機に 1 時間定格電流が流れた場合、その端子電圧が DC 1,500V になるように決められた。TM7A 形の三次巻線は 100, 75, 50% の出力調整タップを有して



第13図 主変圧器主要部品見取図



第14図 15mH×3 平滑リアクトル

いる。

第12図は主変圧器の外観を、第13図は解体状態の部品見取図を示す。内鉄形鉄心の中央脚に各巻線を同心配置とし、最外周に絶縁筒をかぶせ、その上下を通油孔つき絶縁板でおおっている。

巻線の締め付けおよび中身全体の固着は、すべてタンクの側板を貫通したボルトによって行なわれ、そのロックを兼ねた盲ぶたを溶接して油密が保たれている(新案出願中)。

側面には車体屋上に突出する高さのブッシング筒を設け、高圧ブッシングの取り付けのほかに、変流器を内蔵し、放圧管およびガス室連結管などを兼ねている(新案出願中)。

冷却方式としては送油風冷式を採用し、油流はポンプより下タンク油道を経て、フランジの通油孔より巻線内にはいり、その層間をジグザグに流れながら上昇する。

本器は高い冷却効率を有するため、第2表に示すように、油量がきわめて少なく小形軽量化に顕著な効果をあげている。

#### 4.2 主平滑リアクトル

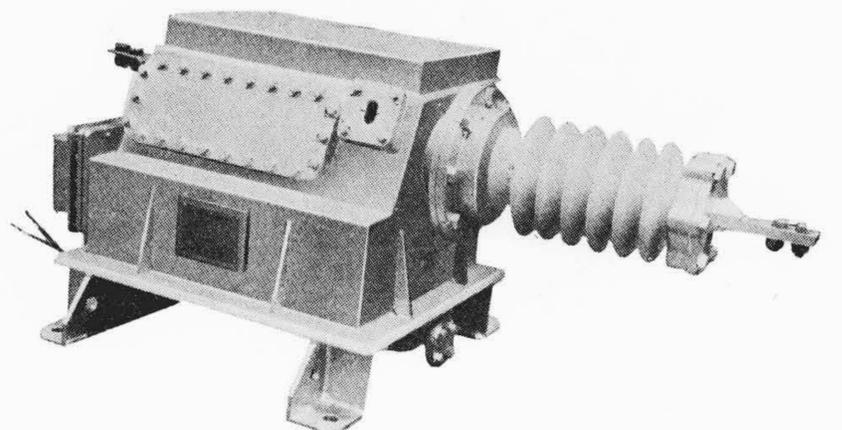
脈流平滑用として IC 20 形、15 mH リアクトルを各主電動機に 1

第2表 主変圧器、重量、寸法(実測値)

形式	項目	総重量(含油) (kg)	油量 (l)	床占有寸法 (mm) 幅×奥行=占有面積	占有面積 (m <sup>2</sup> )	備考
TM7形		4,250	390	1,205×1,235	1.61	三次巻線タップなし
TM7A形		4,350	400	1,210×1,235	1.62	三次巻線タップ付き

第3表 EF80用シリコン整流器の仕様

容量	2,200 kW
電圧	1,500 V
電流	1,463 A
定格	連続
整流素子形式	DJ15L
整流素子仕様	PIV 1,000V, 200A
整流素子構成	9S×7P×4A (=252)
結線	単相ブリッジ結線
受電電圧	20 kV 50 ㎐
変動	+10~-20%
主変圧器二次電圧	2,070 V
周囲温度	35℃
冷却方式	強制通風
逆流阻止用シリコン整流器	
直流電圧	DC 2,000V
直流電流	DC 280A (5.5A)
整流素子形式	DJ15L
整流素子構成	4S×5P×1A (4S×1P×1A)
( )内は貨物用機関車を示す	
付属機器	
分圧抵抗器	5 kΩ 20 W 2×252
分圧コンデンサ	0.5 μF ×252
サージアブソーバ	0.6 μF +10Ω ×4組
短絡検出装置	一式
温度継電器	一式



単相 22 kV/110 V, 50/60 ㎐ 不燃性油入 密封形

第15図 TA2A形計器用変圧器

台ずつ計3台を共通のケース、つり金具によって車体床下に懸垂している。H種絶縁乾式風冷式で、電動送風機により冷却される。

インダクタンスは脈流率30%、主電動機の1時間定格電流を基準としており、連続定格電流は主電動機のそれと同一である。

本器の外観を第14図に示す。

#### 4.3 計器用変圧器

交直両電圧検出用の継電器、電力計および指示計器用として、TA2A形計器用変圧器(第15図)が使用され、車体の屋上に取り付けられている。本器は交直切換器より線路側に接続されており、直流区間においても加圧され直流励磁を受けるので、特性および温度上昇に及ぼす影響について設計上の考慮が払われている。

#### 4.4 シリコン整流器

車両用シリコン整流器もその試作時代は完全に終わり、昨年の401系電車用シリコン整流器以後、量産時代にはいった。日立製作所は北陸線のEF70用シリコン整流器18台に引き続き、今回EF80用シリコン整流器50台を製作することとなった。

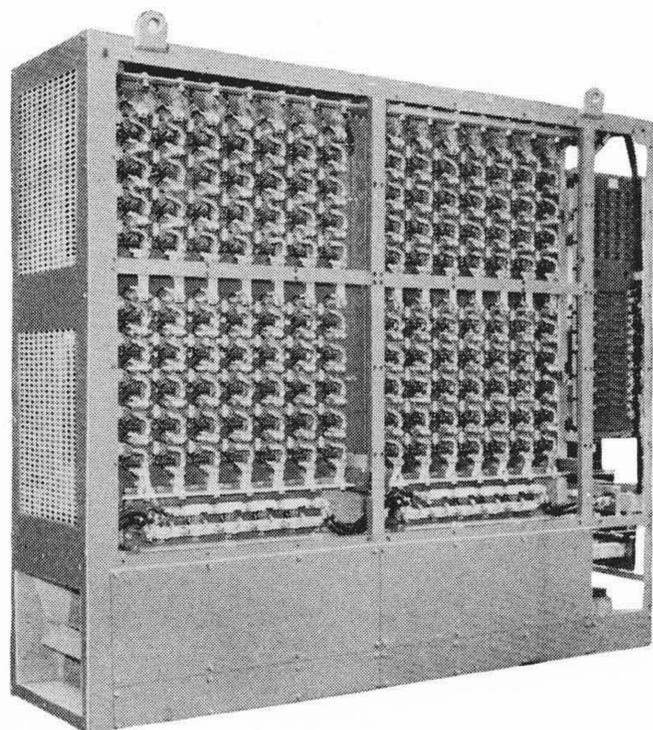
##### 4.4.1 仕様

第3表にシリコン整流器の仕様を示す。このシリコン整流器の特長は次のとおりである。

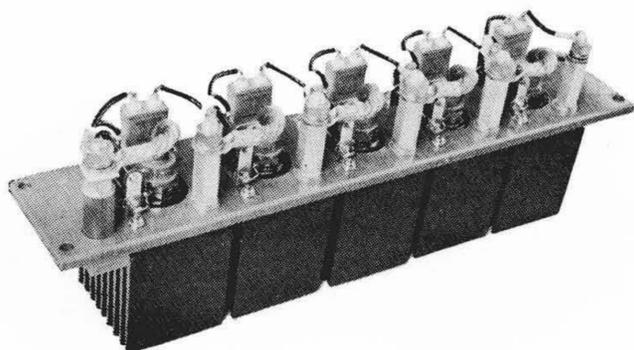
(1) PIV 1,000 V, 平均電流 200 A という日立標準形素子を使用



第 16 図 DJ15 形  
シリコン素子



第 17 図 EF80 用シリコン整流器



第 18 図 素子取付けスタック

した。

(2) 冷却空気は主電動機用送風機の片扇から整流器キュービクル内に風道で引き込む方式である。そのため車体長手方向の寸法はファン内蔵の場合に比較し約  $\frac{2}{3}$  とすることができた。

(3) 電動発電機の主回路に逆流阻止用シリコン整流器をそう入した。また客貨用と貨物用とを同一構造とし、素子を追加すれば互換性がきくようにした。この逆流阻止用シリコン整流器は直流区間から交流区間への冒進を保護する直流電圧継電器の動作を確実にするため使用されている。

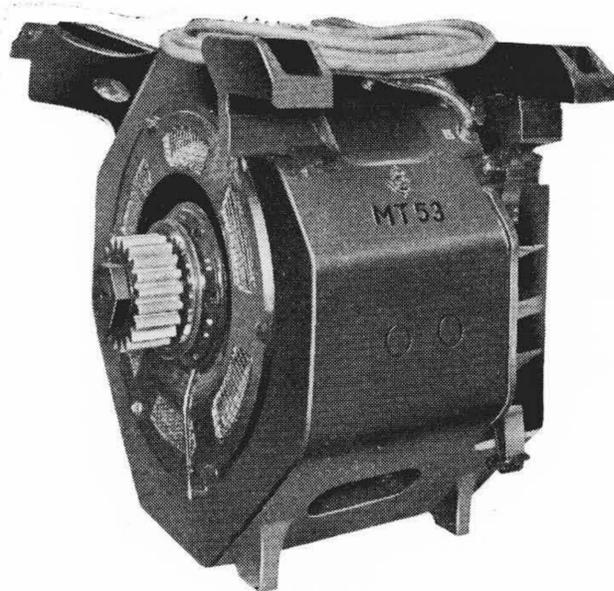
#### 4.4.2 素子

DJ15 形素子は日立標準の高耐圧 200 A 形シリコン整流素子で単に逆方向特性がすぐれているのみならず、各種間欠負荷試験により車両用としてのくり返し負荷に十分耐えることが確認されており、過負荷耐量も著しく大きい。密封封緘にはがんじょうながい子封緘を採用している。したがって耐振性がすぐれているほか、沿面距離が十分とれるので車両特有のじんあいに対しても十分な耐力を有している。第 16 図に素子の外形を示す。

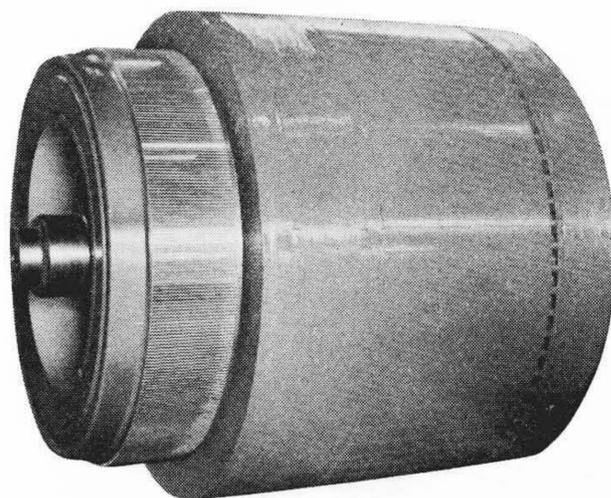
#### 4.4.3 素子数の選定

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よう 1 S 余裕をみて 9 S とした。

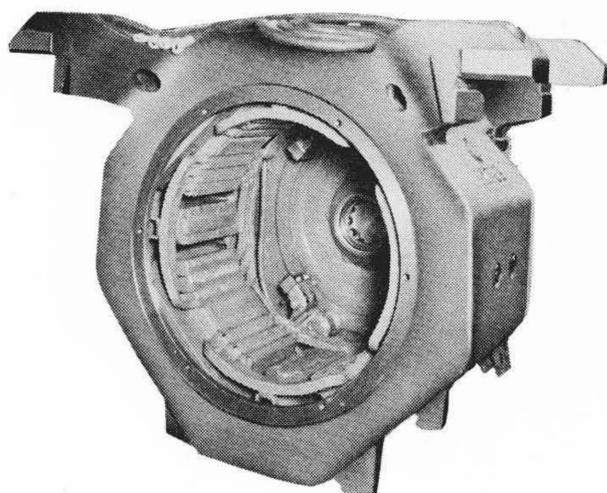
並列素子数は 10% ころ配起動電流に主電動機送風機、圧縮機、電動発電機などの高圧補機電流を考慮して 7 P とした。



第 19 図 MT53 形 650 kW 主電動機



(a) 電機子



(b) 固定子

第 20 図 MT53 形主電動機の電機子および固定子

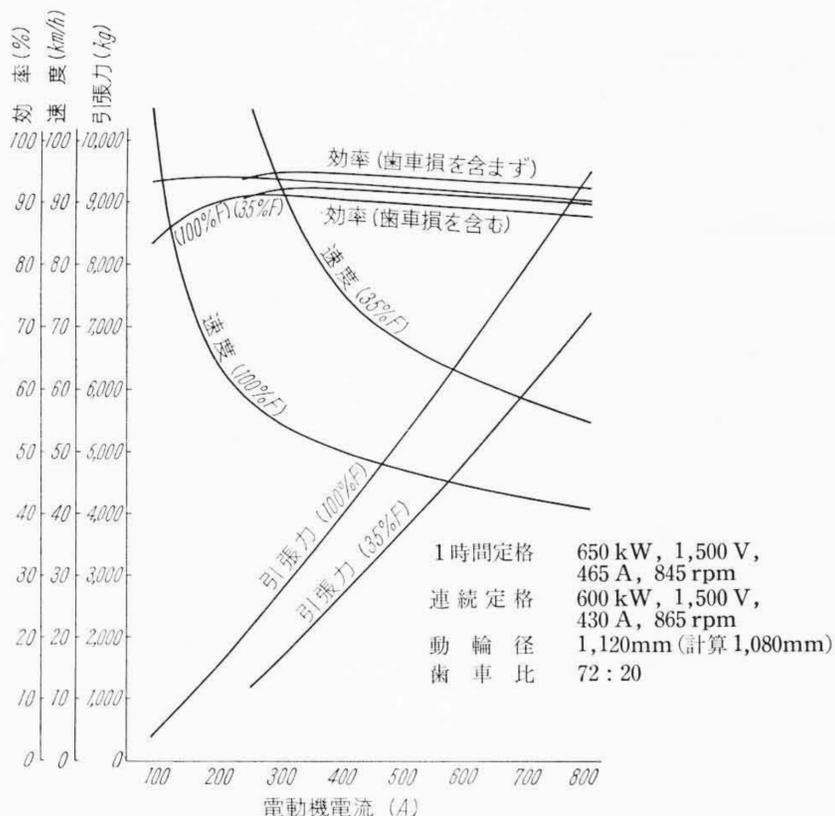
#### 4.4.4 構造の概要

シリコン整流器箱の外形を第 17 図に示す。スタック式にまとめた素子、フィン、分圧装置(第 18 図)などのほか、サーミアブソーバ、短絡検出装置、温度継電器などを内蔵している。素子部の下部には冷却空気分配用の風道がある。素子の最下段の列は逆流阻止用シリコン整流器である。貨物用の場合は暖房用電動発電機がないので並列数が 1 でよいが、互換性を考慮し、素子のみ数を減らし、フィンは全く同一とした。温度継電器はバイメタル形でフィンに埋め込まれ、フィンの温度により冷却空気回路の異常を検出する。短絡検出装置は中点電位のアンバランスによりネオンランプを点灯させる方式で、点灯の有無は機械室廊下より点灯することができる。

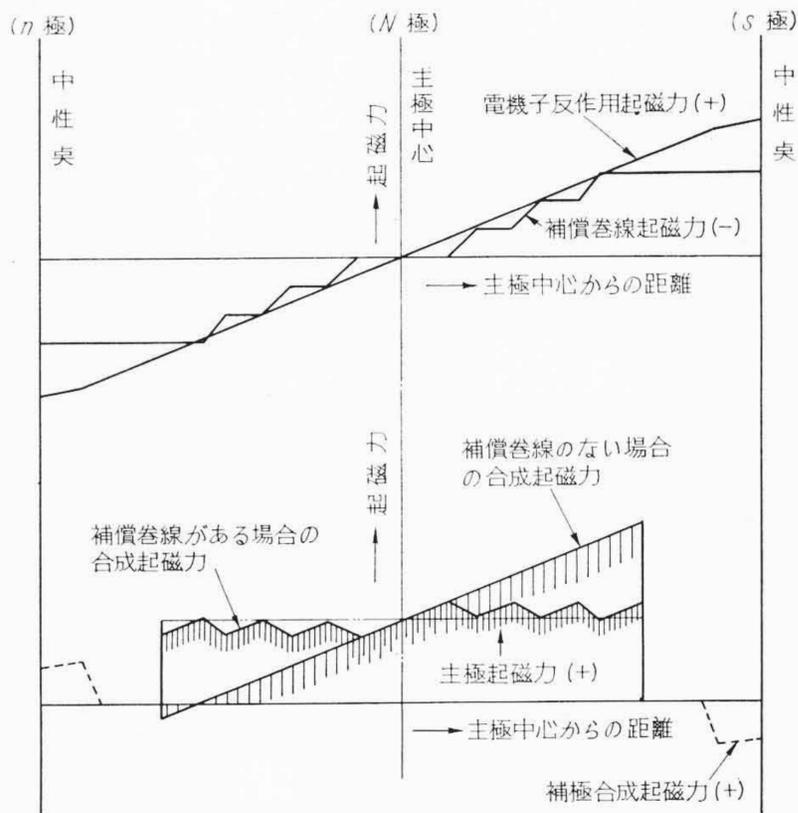
#### 4.5 主電動機

MT53 形主電動機は ED921 用の MT913 形主電動機を骨子として設計された 1 台車 1 電動機式機関車用標準形主電動機である。

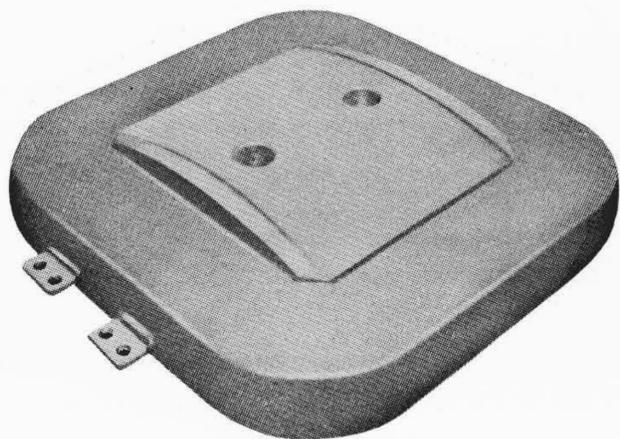
第 19 図に本機の外観を、第 20 図に電機子および固定子、また第



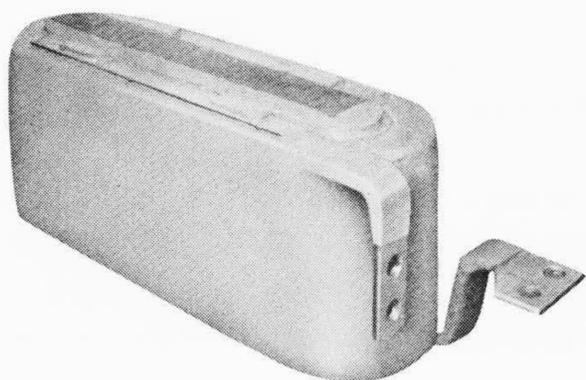
第 21 図 MT 53 形主電動機特性曲線



第 23 図 電機子反作起磁力と合成起磁力の関係



(a) 主極コイル



(b) 補極コイル

第 22 図 主極および補極コイル

21 図に本機の特性能曲線を示す。

4.5.1 エポキシ樹脂絶縁

MT 53 形主電動機にはエポキシ樹脂絶縁を全面的に採用したが、これは次のような利点を持っている。

- (1) 熱放散が良く、コイルの温度上昇値が従来の溶剤系ワニスに比して約 60~70% に低減され、電動機出力増大、小形軽量化が可能となる。
- (2) 鉄心とコイルをエポキシ樹脂で固めることにより両者の相互運動による絶縁の損傷をなくすることができる。
- (3) コイルと鉄心間の熱抵抗が著しく小さくなるため、鉄心への熱伝達が大きく、鉄心表面が冷却面として有効に利用されるためコイルの表面積に対する鉄心表面積の占める割合が大きい。主極コイルは特に冷却効果が改善される。
- (4) 気ほう、空げきがないため絶縁耐力が向上し、湿気やじん

あい油気などの浸入を防ぎ絶縁事故が減少する。

(5) 耐熱性、耐薬品性とも良好である。

第 22 図に主極および補極コイルの外観を示す。

4.5.2 補償巻線による整流特性の改善

本機は客車 600 t をけん引し、平たん線で最高 105 km/h という要求のため、最弱界磁 38% までの制御により高速性能の改善を図っている。また補償巻線を設けて第 23 図に示すように電機子反作用をほぼ完全に補償しているため、電力中断、電圧急変などの過渡整流が著しく改善されている。なお本機は標準形主電動機としては最弱界磁 35% まで使用できるようになっている。

補償コイルは第 24 図に示すように全コイルを補極に平行とし、完全に絶縁を完了した 1 極分のコイルを簡単に取り付け取りはずしできるような簡単、がんじょうな構造で、保守もきわめて容易である (実用新案 No. 479866)。

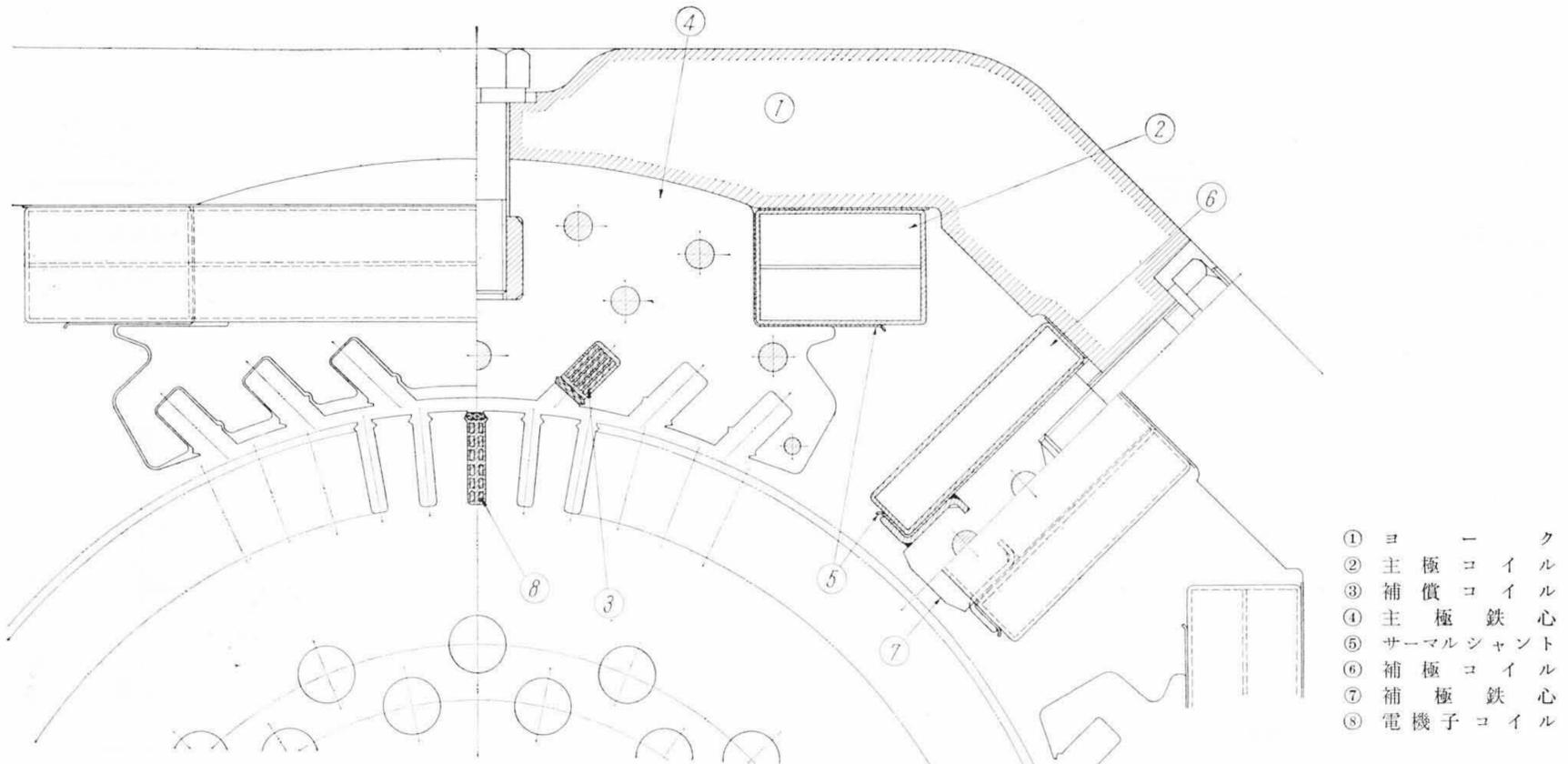
4.5.3 脈流対策

脈流運転時には主磁束の脈動によって整流中のコイルに変圧器起電力が誘起するため、これが火花発生の原因となる。この対策としては純抵抗によって界磁分路を行ない、界磁電流を平滑化して変圧器起電力の影響をなくしている。界磁分流率と変圧器起電力および分流抵抗器損失の関係を第 25 図に示す。分流率 5% で変圧器起電力は 100% 界磁における値の 30% 程度に減少し、実用上問題ない値となる。分流抵抗器損失<sup>(2)</sup>はある分流率以上で急激に減少し、分流抵抗器を小形軽量にする意味では分流率を大きくしたほうがよいことがわかる。一方、分流率を 5% 以上に増すことは電力中断、電圧急変などの過渡時に流れる突入電流が大きくなるので好ましくなく、種々検討した結果本機では 5% 分路に決定した。

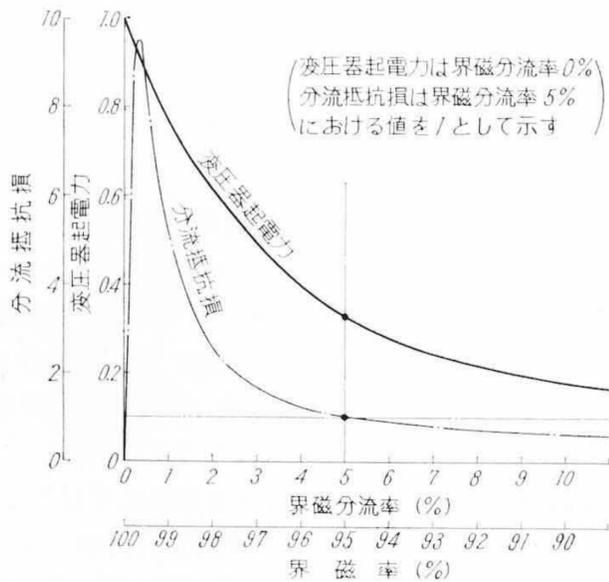
また主回路電流を平滑化し、脈流分リアクタンス電圧を許容値以下に押えるため第 11 図に示すように直流リアクトルを各電動機に分割接続している。直流リアクトルは直流区間でも接続したままとし、過渡時に流れる突入電流の尖頭値を押えている。電力中断試験のオシログラムの一例を第 26 図に示す。

4.6 補助回転機

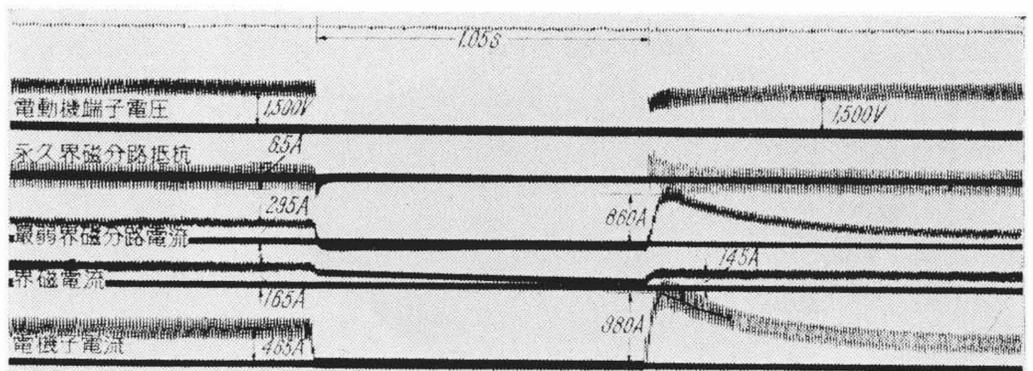
本機関車では交直両区間において各種の補機を運転する必要があるため特殊な補機方式を採用し、1 両に 3 組の 18 kW 電動送風機を設け、各主電動機のほか主



第 24 図 界 磁 組 立 図



第 25 図 界磁分率と変圧器起電力および分流通抗損の関係



第 26 図 AC 1,500 V 465 A 1,230 rpm (35% 弱界磁) における 1.05 秒電力中断試験オシログラム

供給される。架線電圧の変動範囲 1,000~1,650 V に対し、出力電圧変動 1,000~1,650 V、周波数変動 42~66 Hz までゆるし、実質容量が普通の電動発電機と比べて小さくなるよう計画されている。

本機の電動機入力は 350 kW とこの種電動発電機では記録的大容量機であり、起動突入電流の抑制、過渡時の磁束追従性の向上を図るため、主界磁磁束の大部分を直巻コイルに負担させ、他励コイルと自動電圧調整器を組み合わせることで所要の特性を得ている。また補極およびヨークを積層し、過渡時に渦電流による磁束の遅れを防ぎ、さらに補償巻線を施して整流の改善を図っている。また起動抵抗のほか、永久直列抵抗をそう入し、突入電流を押えるとともに交直切換セクションにおける残留電圧消滅促進のために 3 kW 電動発電機と共用して電機子回路へ逆流阻止用シリコン整流器がそう入されている。

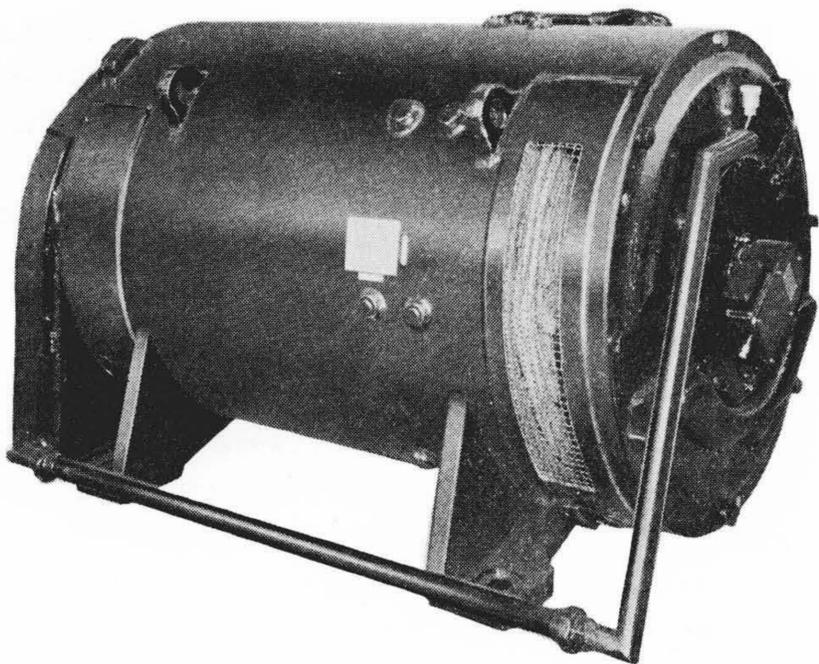
第 27 図に本機の外観を、第 28 図に特性を示す。

#### 4.6.2 18 kW 主電動送風機

本機は直流機関車用 20 kW 電動送風機に、脈流対策用の界磁分路が設けられている。第 29 図に本機の外観を示す。

#### 4.6.3 主抵抗器用電動送風機

本機はたて形、軸流形電動送風機で特に高さを押える必要から送風機と抵抗器間の圧力差を利用して抵抗器冷却用の風を一部電動機内に通して冷却する方式をとり、風量 300 m<sup>3</sup>/min、風圧 40 mmAq という仕様に対して高さを 540 mm に納めることができた。また電動機を 2 台直列接続とすることにより 750 V 定格の 4 極機として、小形軽量化を図り、ブラシを 2 組にして保守の簡

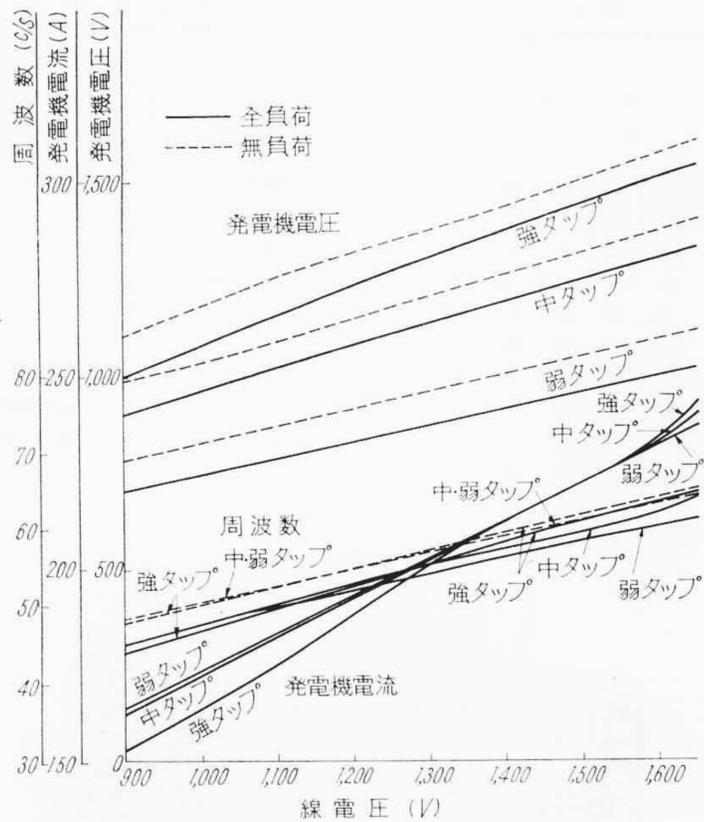


第 27 図 320 kVA 暖房用電動発電機

変圧器、シリコン整流器、主平滑リアクトルにそれぞれ通風する集中冷却方式を採用して機器の標準化、ぎ装の合理化、保守の簡易化に成功した。

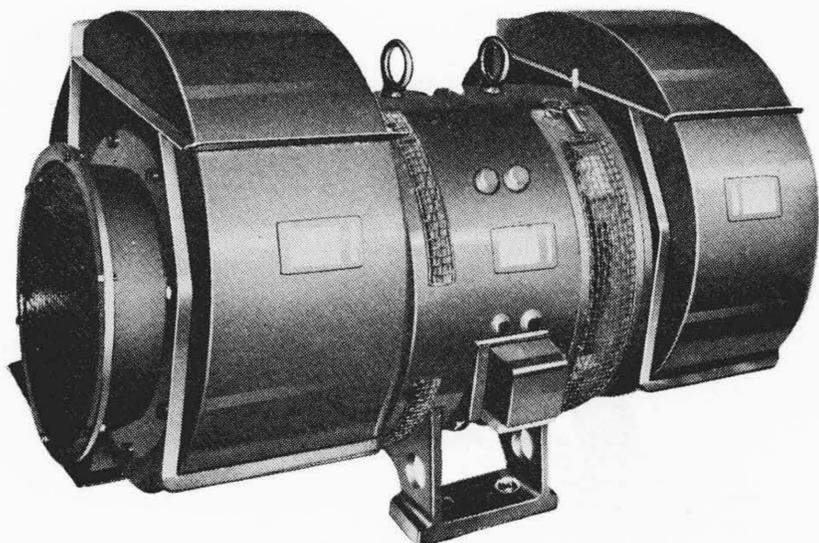
#### 4.6.1 電気暖房用電動発電機

直流区間における暖房用電力は本機により直流を交流に変換して

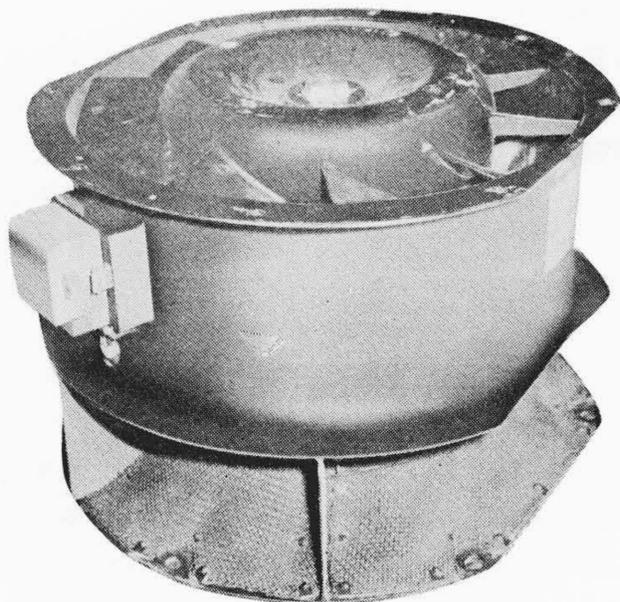


定 格 発電機電圧 1,440V  
 発電機電流 222A  
 力 率 1.0

第 28 図 電気暖房用電動発電機の特性



第 29 図 18 kW 主電動送風機



第 30 図 主抵抗器用電動送風機

易化を図っている。本機にも主電動機用送風機と同様な脈流対策を施してある。第 30 図は本機の外観を示したものである。

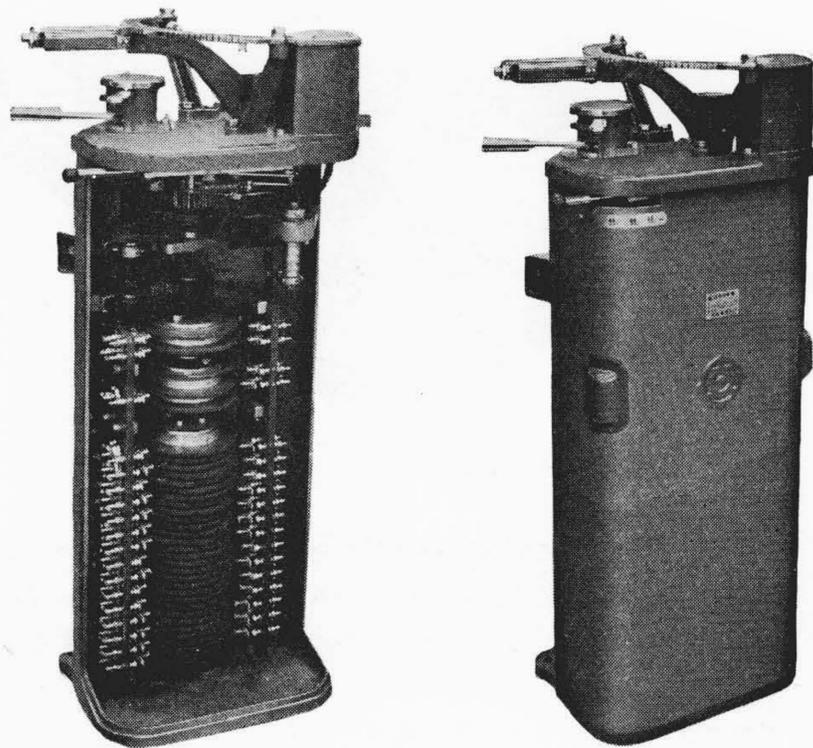
4.7 制御保護装置

4.7.1 概 要

交直両用機関車であるため、速度制御は従来の直流機関車と同



第 31 図 EF 80 保護系統一覽表

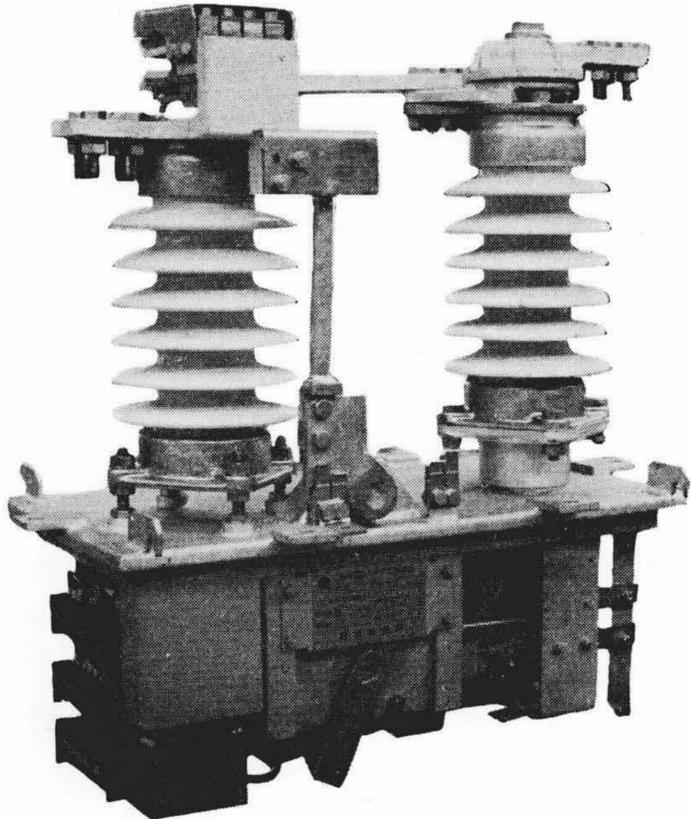


第 32 図 主 幹 制 御 器

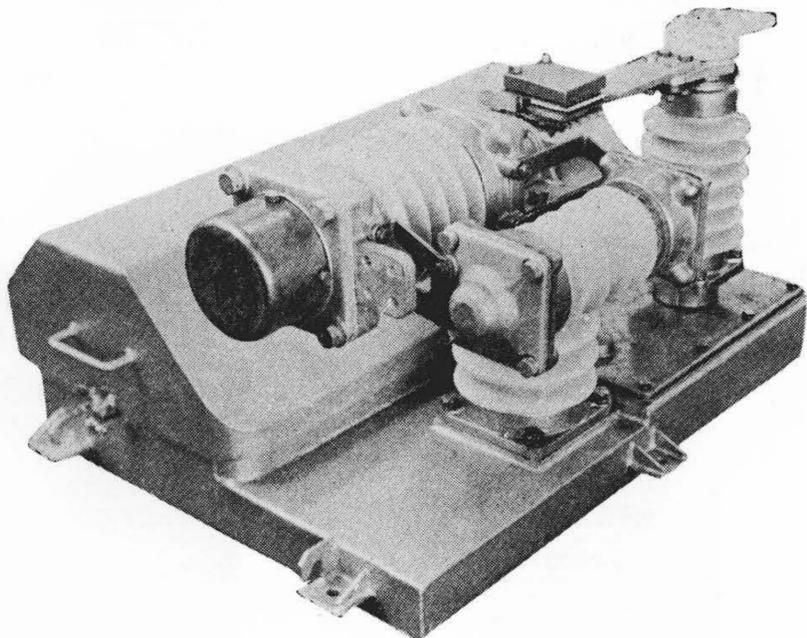
様、直並列切換抵抗制御であり、第 3, 4 図のノッチ曲線に示すように全界磁 31 ノッチと、直列、並列の最終段でそれぞれ 3 段の弱界磁を得る方法であるので、直流機器の単位スイッチ、高速度遮断器、保護継電器、逆転器などはできるかぎり従来の機器と同一品を使用した。また主幹制御器、逆転器などをカム式とし、保守の簡易化を図った。交直切換方式、冒進保護方式も従来とほぼ同様であるが、各機器が大容量化しているほかに直交セクションでは無電圧を検知して空気遮断器を開放し、誤操作による交流冒進保護の万全を期すため分巻特性をもつ回転機の残留電圧の処理にシリコン整流器が付加された。第 31 図に保護系統の一覽表を示す。

4.7.2 制御保護機器

第 32 図に MC 106 形主幹制御器を示す。本器は主、補助、逆



第 33 図 SH 1417 形パンタグラフ断路器



第 34 図 CB 103 B 形空気遮断器

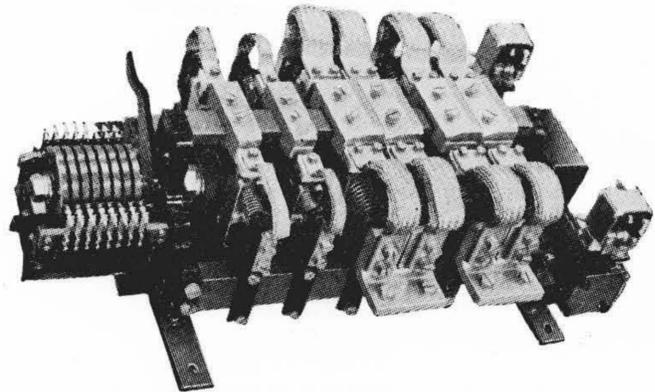
転ハンドルのほかに弱界磁ハンドルを有し、この弱界磁ハンドルは直列および並列最終段においてのみ操作可能であり、かつ主ハンドルを進め、または戻せば自動的に全界磁位置に復帰するように工夫し操作の便が図られている。第 33 図に SH 1417 形パンタグラフ断路器を示す。さきに述べた本機関車の特殊事情に基づき電空操作式に新設計され 1,800 A の通電容量をもつ。なお別に接地棒が付属している。

第 34 図に CB 103 B 形空気遮断器を示す。本器には遮断部、断路器部はもとより補助空気だめを含む操作に必要ないっさいの器具類も箱内に収納され、機関車屋根上に設置されており、次のような特長をもっている。

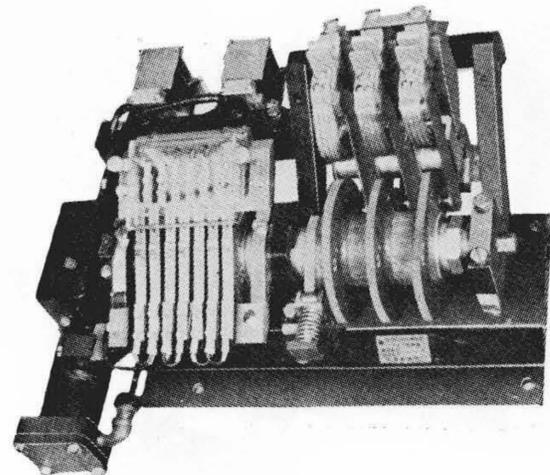
- (1) 従来の車両用空気遮断器に比し直流通電容量が大幅に増大している。
- (2) 操作部は配管作業のないいわゆるフレームマウントパイピング方式を採用しているため点検がきわめて容易である。
- (3) 運転区間が寒冷地へ延びることを考慮し、箱内に電熱器を設けて回転部分その他の保温を行なっている。
- (4) 遮断部には非直線性並列抵抗器をそう入し、開閉サージを抑制している。

第 4 表 CB 103 B 形空気遮断器仕様

	交流区間	直流区間
定 格 電 圧	24 kV	1,500V
定 格 電 流	300A 連続	1,600A 連続 1,800A 1 時間
定 格 遮 断 容 量	100MVA	—
定 格 遮 断 電 流	4,200A	—
定 格 投 入 電 流	11,500A	—
定 格 短 時 間 電 流	4,200A 2 秒	—
定 格 開 極 時 間	0.04 秒	—
定 格 遮 断 時 間	0.06 秒	—
無 負 荷 投 入 時 間	0.15 秒以下	0.15 秒以下
定 格 操 作 電 圧	DC 100V	DC 100V
定 格 操 作 気 圧	7 kg/cm <sup>2</sup>	7 kg/cm <sup>2</sup>
標 準 動 作 責 務	CO-15 秒-CO	



第 35 図 交 直 転 換 器



第 36 図 電 気 暖 房 切 換 器

本遮断器の仕様を第 4 表に示す。

第 35 図は KS 101 形交直転換機を示す。1,800 A の通電容量の主接点と 300 A の電気暖房回路切換接点、交直切換補助接点および操作機構よりなり、常時閉形カム式の採用により大容量にして安全かつ保守が容易である。第 36 図は CS 10002 形電気暖房切換器である。電空式 3 段切換カム接触器であり、2 個の電磁弁操作により 3 段に正確に切り換えられるよう特別の注意が払われている。

### 5. 結 言

本機関車は ED 921 の試作結果を十分に生かし、わが国において量産された最初の全出力交直両用機関車であって、多くの新設計がとり入れられている。すでに好調裡に常磐線において営業運転を行なっているが、今後もすぐれた運転成績を示すものと期待される。

終わりに本機関車の設計ならびに製作にあたり終始ご指導を賜った日本国有鉄道の各位に深く謝意を表わす次第である。

### 参 考 文 献

- (1) 高橋ほか：日立評論 41, 345 (昭 35-3)
- (2) 伊沢ほか：日立評論 別 40, 4 (昭 36)