

3 電気方式 EF81 形 交直流電気機関車

Tri-current Type EF81 AC/DC Electric Locomotive

今 泉 藤 磨* 長 島 稔*
Fujimaro Imaizumi Minoru Nagashima

小 林 英 一** 山 崎 泰 広***
Hidekazu Kobayashi Yasuhiro Yamazaki

要 旨

昭和43年12月日本国有鉄道に1号車を納入したEF81形交直流電気機関車は、裏縦貫線用客貨両用、直流1,500V・交流20kV 50/60Hzの3電気方式、出力2,550kWの全出力交直流電気機関車である。本文は機関車構造、油冷サイリスタ・インバータによる電気暖房方式、粘着性能の向上、制御機器の無接点化、耐寒耐雪構造、など本機関車に採用された各種の新技术についてのべたものである。

1. 緒 言

昭和30年に始まったわが国の交流電化も10年を経た昭和40年に一転換期を迎え、その制御方式は磐越西線用ED77形交流機関車⁽¹⁾に代表される本格的なサイリスタ時代にはいった。

つづいて奥羽・仙山線の急こう配線区用サイリスタ式回生ブレーキ付ED78形交流機関車⁽²⁾の出現をみ、ED75形交流機関車⁽³⁾の増備と相まって東北・常磐地区は全線電化が完成した。いっぽう電化が進展しつつある大阪から青森までの裏縦貫線には直流1,500V、交流20kV 50Hzおよび60Hzの3種類の電化区間があり、これを車上切換えで走行するため、今回のEF81形機関車を製作することになった。

本機関車は交直流全出力3電気方式の新鋭機で、電気・機械部分とも無点検方式を随所に生かし、さらに粘着性能の向上、サイリスタ・インバータによる直流区間の電気暖房方式、電気品の小形軽量化などを折り込んだ今後の標準形交直流電気機関車である。

2. 一般仕様および特長

図1に機関車の外観、表1に一般仕様を示す。

本機関車の基本性能はすでに稼働中の東海道、山陽線用EF65形直流機関車の、10%こう配で1,200t(最大1,300t)けん引可能、最高速度115km/hと同じであるが、さらに次のようなかずかずの特長をもっている。

- (1) パンタグラフを新形とし、パンタグラフを除く交直の特高機器をすべて室内にぎ装しED77・ED78に準じた耐寒耐雪構造とした。
- (2) 電動発電機による交流補機方式を用い、補機への過電圧防

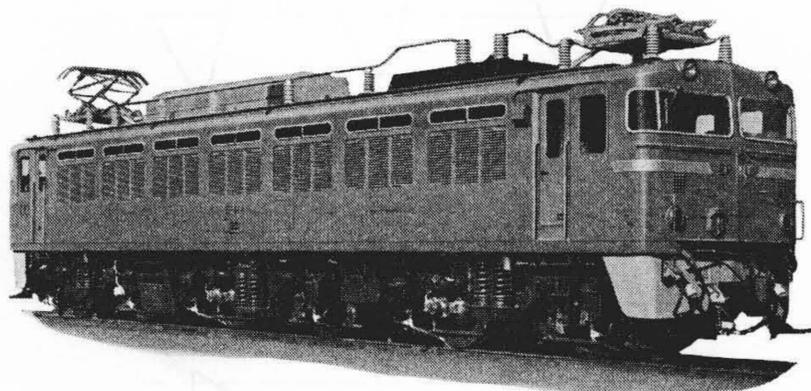


図1 EF81形交直流電気機関車

* 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

止と保守点検の簡易化を図った。

- (3) 交直機器をとう載して軸重と車長を制限内におさめるために、新設計機器を次のように小形軽量化した。主整流器はインバータ用サイリスタと一体化した油冷式である。

主平滑リアクトル、主電動機界磁抵抗器、主抵抗器を

表1 一 般 仕 様

項 目	仕 様
用 途	客 貨 両 用 (特急客車・高速貨車を含む)
電 気 方 式	単相交流 20 kV 50/60 Hz, 直流 1,500 V
交 直 切 換 方 式	無 加 圧 区 間 車 上 切 換
機 関 車 方 式	シ リ コ ン 整 流 器 ・ 抵 抗 制 御 式
運 転 整 備 重 量	100.8 t
軸 配 置	B ₀ -B ₀ -B ₀
機 関 車 主 要 寸 法	
車 結 面 間 長 さ × 幅 × 高 さ	18,600 × 2,900 × 3,570 mm
心 皿 間 距	11,700 mm
台 車	DT 138 (両 端) DT 139 (中 間)
固 定 軸 距	2,600 mm
動 輪 径	1,120 (計 算 1,080) mm
動 力 伝 達 方 式	平 衡 車 一 段 減 速 つ り かけ 式
歯 車 比	18 : 69 = 1 : 3.83
機 関 車 性 能	
1 時 間 定 格 出 力	直 流 1,500 V 交 流 20 kV 50/60 Hz 2,550 kW 2,370 kW
1 時 間 定 格 引 張 力	19,980 kg 18,200 kg
1 時 間 定 格 速 度	45.7 km/h 43.2/42.1 km/h
最 高 許 容 速 度	115 km/h 115 km/h
主 電 動 機	MT 52A × 6 台
直 流 定 格	1 時 間 750 V 615 A 425 kW
交 流 定 格	1 時 間 750 V 570 A 390 kW
主 変 圧 器	TM 17 形, 外 鉄 形 送 油 風 冷 式
連 続 定 格 容 量	夏 期 2,430 kVA (冬 期 2,810 kVA)
連 続 定 格 電 圧	1 次 20 kV, 2 次 無 負 荷 1,840 V 3 次 電 暖 1,485-1,280-1,075 V
主 平 滑 リ ア ク ト ル	形 式 IC-49, 1,840 V, 810 A, 13 mH
主 整 流 器	RS 36A 形, 平 形 素 子 送 油 風 冷 式
結 線 方 式	単 相 ブ リ ッ ジ 結 線
連 続 定 格 容 量	1,500 V, 1,680 A
素 子 構 成	SI 800-25 (800 A-2,500 V)
制 御 方 式	4S × 2P × 4A
制 御 装 置	非 重 連, 自 動, 直 並 列, 抵 抗 制 御 お よ び 界 磁 制 御 抵 抗 パ ー ニ ア 制 御 器, 界 磁 制 御 器, 電 磁 空 気 単 位 ス イ ッ チ
制 御 回 路 電 圧	直 流 お よ び 交 流 100 V, 直 流 24 V
灯 回 路 電 圧	直 流 お よ び 交 流 100 V, 直 流 24 V
補 機 方 式	電 動 発 電 機 に よ る 三 相 交 流 補 機 式
電 動 発 電 機	電 動 機 : 直 流 1,500 V, 64 A, 85 kW 発 電 機 : 交 流 440 V, 60 Hz, 3 φ, 90 kVA
再 粘 着 装 置	軸 重 補 償, 空 転 検 出 ノ ッ チ 止 め, 空 転 再 粘 着 ブ レ ー キ
列 車 暖 房 装 置	電 気 式
交 流 区 間	主 変 圧 器 3 次 巻 線 単 相 交 流 50/60 Hz
直 流 区 間	直 流 - 交 流 サ イ リ ス タ イ ン バ ー タ
ブ レ ー キ 装 置	EL 14AS 空 気 ブ レ ー キ (ブ レ ー キ 率 速 度 制 御 付) お よ び ネ ジ 手 ブ レ ー キ

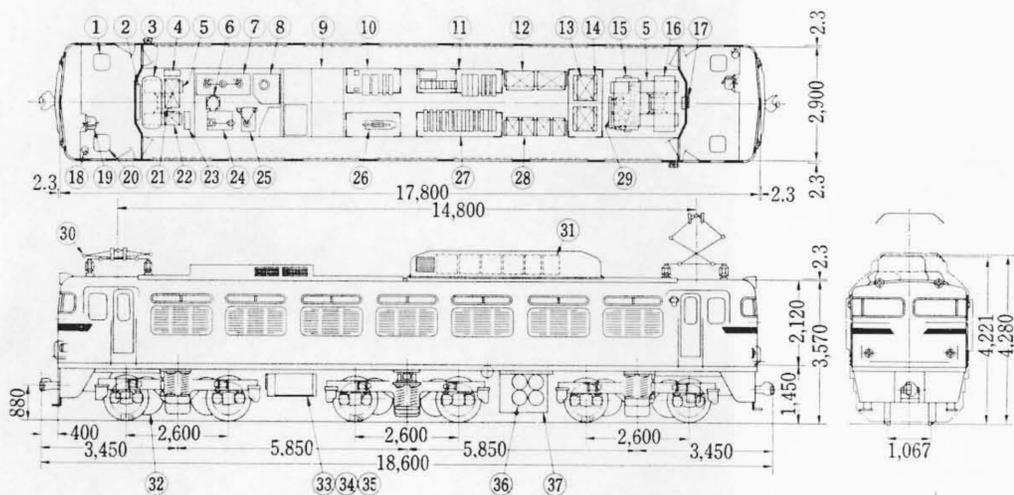


図2 機器配置

- ① 助士用腰掛
- ② 制御スイッチ箱
- ③ 非常用空気だめ
- ④ 24V蓄電池
- ⑤ 主電動機用電動送風機
- ⑥ 交流避雷器
- ⑦ パンタグラフ断路器
- ⑧ 主変圧器
- ⑨ 主整流器およびサイリスタ・インバータ
- ⑩ 交直換器わく
- ⑪ 機器わく(右)
- ⑫ 抵抗バーニヤ制御器
- ⑬ 主平滑リアクトル
- ⑭ 界磁分流抵抗器
- ⑮ 電動発電機
- ⑯ 自動電圧調整器
- ⑰ 手ブレーキ
- ⑱ 手ブレーキ弁
- ⑲ 主幹制御器
- ⑳ 運転士用腰掛
- ㉑ 交流フィルタ抵抗器
- ㉒ インバータ起動抵抗器
- ㉓ 交流フィルタコンデンサ
- ㉔ 空気しゃ断器
- ㉕ 交直換器
- ㉖ 高速度しゃ断器
- ㉗ 機器わく(左)
- ㉘ 界磁制御器
- ㉙ 空気圧縮機
- ㉚ パンタグラフ
- ㉛ 主抵抗器
- ㉜ 主電動機
- ㉝ 100V蓄電池
- ㉞ 電動発電機リアクトル
- ㉟ 電動発電機起動抵抗器
- ㊱ 空気だめ
- ㊲ 空制部品保温箱

直列に冷却した。主回路機器は回路ごとに組み合わせられ、できるだけカム軸化してある。特高機器類も改良され、小形化している。

- (4) 保守を低減するためつぎの無接点化，無しゅう動化を図った。電動発電機以外のおもな補助回転機には誘導電動機を，直流区間の列車暖房装置にはサイリスタ・インバータを用いた。各種回路の制御保護継電器を無接点化した。軸箱もりには筒形ゴムを，電気品の作動シリンダにはペロフラムを用いるなど機械的しゅう動部を少なくした。
- (5) 粘着性能向上のため再粘着促進装置を設けた。
- (6) 固定編成特急客車および高速貨車をけん引できる装備とした。
- (7) 直流 1,500 V・交流 20 kV・50/60 Hz の3電気方式で運転ができる。
- (8) 運転室の見通しと居住性・安全性に特に注意をはらっている。

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は図2に示すとおりである。

両端の運転室を結ぶ機械室の両側を通路と点検面にし，中に横断通路を設けたことは従来と同じであるが，EF65にくらべ耐寒耐雪構造の採用と交直両用機器の増加にもかかわらず車体長の伸びを最小限に押え，さらに乗務員の保安の向上と保守の容易化を図るため次の配慮がなされた。

- (1) 車体幅を従来より 100 mm 拡げて 2,900 mm とし，機械室機器の基準寸法をその分だけ広げて空間の利用率を高め，また主抵抗器を屋上にぎ装している。
- (2) パンタグラフを除いて主変圧器1次側の特高および高圧の交直回路機器をすべて室内にぎ装し，防雪ドアで囲った機器わくと同じく入口をインタロック付ドアとした。そのほかの耐寒耐雪構造は既納の ED77・ED78 に準じて行なわれた。図3は特高機器配置を示したものである。
- (3) 運転室の制御箱を廃止して，継電器，無接点制御装置などを機器わくに移し，運転操作に必要な開閉器，表示器のみを仕切壁に残した。正面ガラスは熱線入りである。主幹制御器の小形化，脚台なしブレーキ弁・ブレーキ部品のユニット化，計器盤の改良などにより居住性を向上した。図4は運転台の機器配置を示したものである。
- (4) 図5は通風方式の概要を示したものである。第1電動送風機で第1台車と中間台車の4台の主電動機を冷却し，第2電動送風機で，その半分を第2台車の2台の主電動機を冷

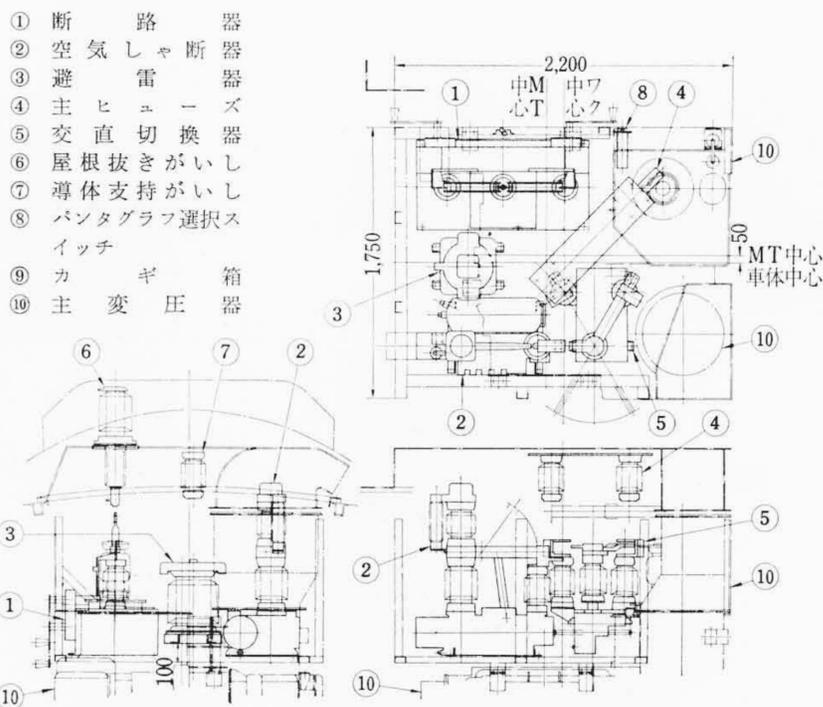


図3 特高機器配置

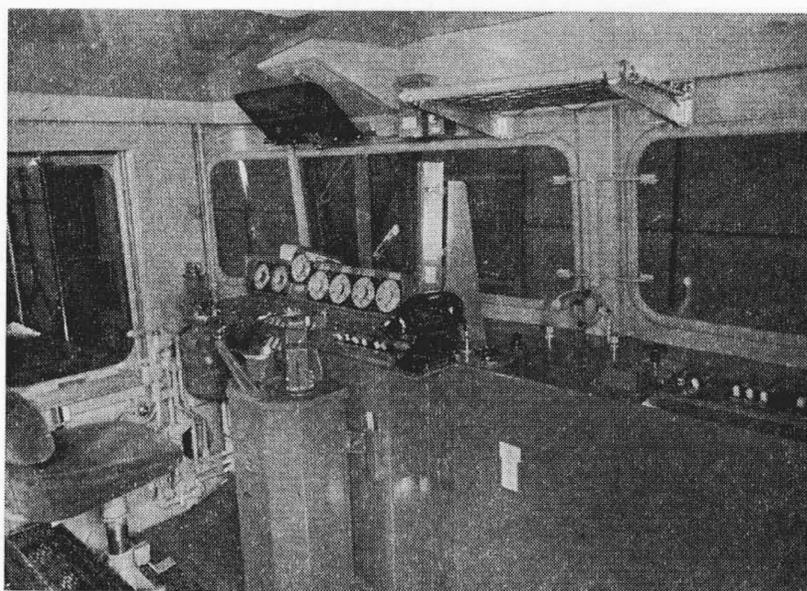


図4 運転台配置

却し，他の半分を主平滑リアクトル，主電動機界磁抵抗器，主抵抗器の直列通風に用い，これらの風をすべて車側のエアフィルタから取り入れている。主整流器装置は主変圧器装置と同様油冷式で，床下の風を取って屋上に吐出している。したがって本機関車には夏冬切換への室内循環送風方式は採用されていない。

3.2 台車および駆動装置

台車は粘着性能向上のため引張り力着力点を下げた低心ざら方式で，床下空間を広く利用するため，心血式ではあるが固定軸距を 2,600 mm と極力つめるとともに，主台わくの端ばりをなくした。

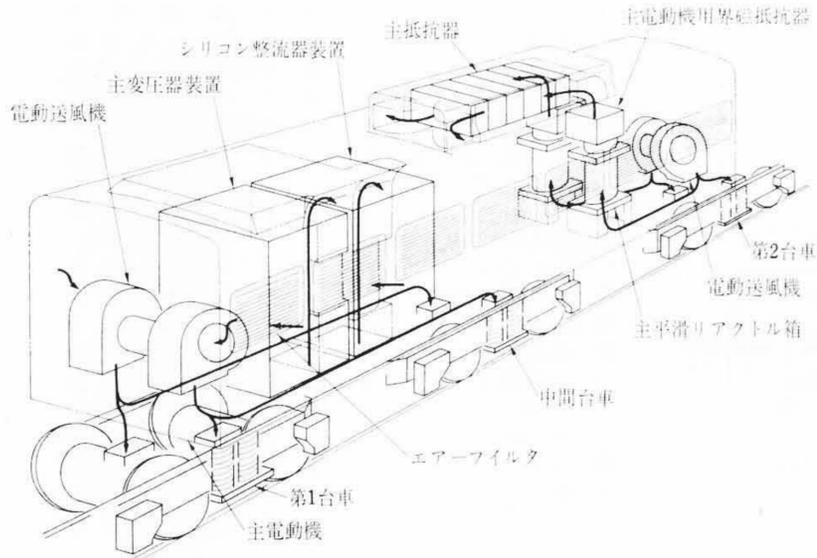


図5 通風方式

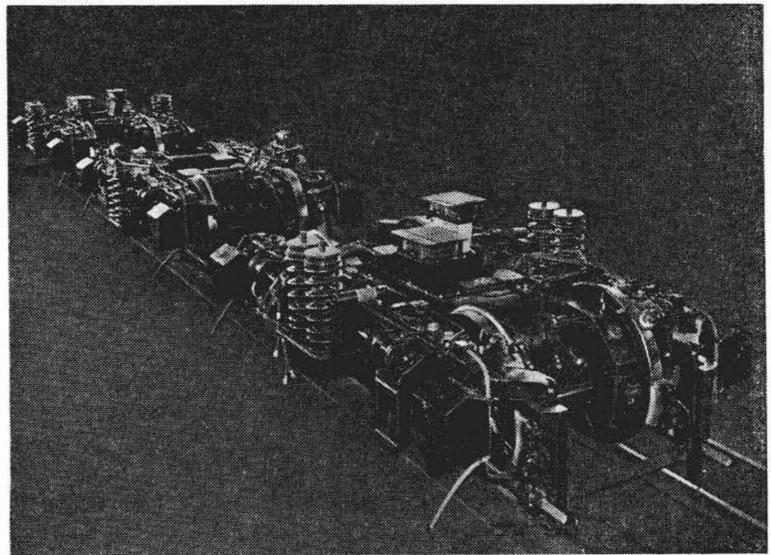
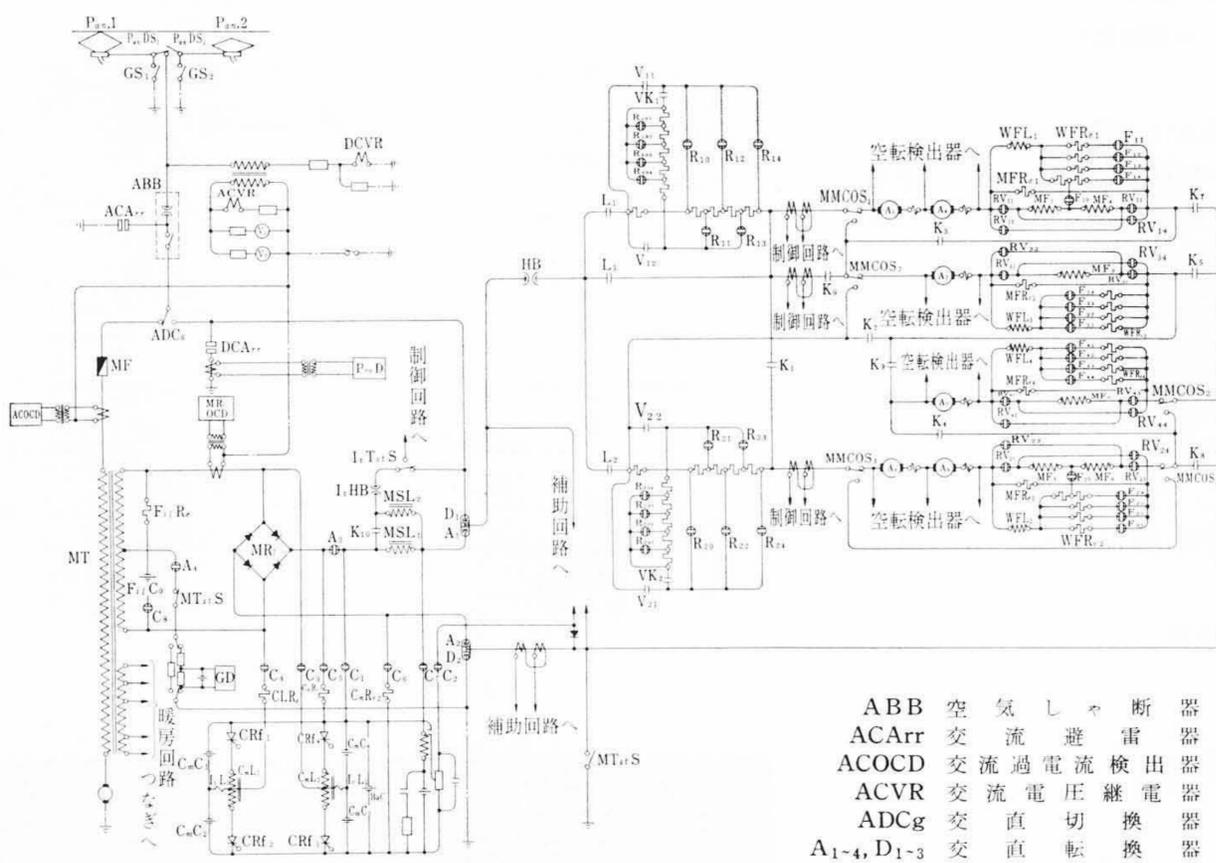


図6 台車



BaC	バラストコンデンサ
C ₁₋₈	インバータ切換器
CLRe	直流電流制限抵抗器
C _m C	転流コンデンサ
C _m L	転流リアクトル
C _m Re	転流回路抵抗器
CRf	サイリスタ
DCArr	直流避雷器
DCVR	直流電圧継電器
F	弱界磁め接触器
GD	接地検出器
HB	高速しゃ断器
I _v HB	インバータ用高速しゃ断器
K ₁₋₁₀	組合せスイッチ
L ₁₋₃	断流器
MFR _e	弱界磁分流抵抗器
MF	主ヒューズ
MMCOS	主電動機開放器
MRf	主整流器
MRFOCD	主整流器過電流検出器
MSL	主平滑リアクトル
MT	主変圧器
Pan	パンタグラフ
PanDS	パンタグラフ断流器
ProD	交流冒進検出器
R	抵抗短絡スイッチ
RV	前後進切換スイッチ
WFL	誘導分流器
WFR _e	弱界磁め抵抗器
V	バーニアスイッチ
VK	バーニア接触器

図7 主回路および暖房用インバータツナギ

軸箱もり部はすり板の代わりに筒形ゴムを用いて高速走行性能を向上するとともに摩耗部分を減らし、保守修繕を容易にした。駆動方式は最近の電気機関車標準のMT52A主電動機を用いた平歯車一段減速つりかけ式である。図6は台車外形を示したものである。

3.3 車体および気管装置

車体は全長 17,800 mm、幅 2,900 mm で 6 軸の日本国有鉄道向け機関車では最大である。一部に床下風道を用い、取りはずし屋根を2分割してその一方に主抵抗器をぎ装して屋上の空間を有効に用いた。

車体台わくは側はり方式で、運転室側窓の落とし窓式、側面分散形のエアフィルタ配置など、最近の量産車の標準設計である。

空気ブレーキ装置は後述の再粘着促進装置を除いては、非重連・ブレーキ率速度制御付 EL14AS 形で、脚台なしブレーキ弁を用い、一部の部品をユニット化し保守点検を容易にした。

ブレーキ回路および部品の耐寒耐雪構造は、自動ドレン弁の採用、床下保温箱方式などを ED75 の青森地区用に準じた。

4. 主回路および制御装置

4.1 主回路および制御方式

図7に本機関車の主回路および暖房用インバータのツナギを示す。

おもな特長は次のとおりである。

- (1) 交直流の切換えは、交直切換器および交直転換器によって行なわれる。交流区間では、架線電圧を主変圧器で降圧し、シリコン整流器で直流に変換したのち、主平滑リアクトルを通して主電動機回路に供給する。直流区間では、架線から直接主電動機回路に供給する。交直流切換えは、無加圧区間車上切換え方式である。
- (2) 主抵抗器の加減は、単位スイッチとカム接触器を組み合わせたバーニア制御を行なうので、少数の接触器で超多段のノッチを得ることができ、空転限界まで起動電流を高めることができる。
- (3) 主電動機の直列、直並列、並列切換えと、4段の弱界磁ノッチを設けたことにより、運転速度を自由に選定できる。主平滑リアクトルは、従来主電動機1台当たり1個であったが、これを主電動機6台に対して2個とし、主電動機の直並列切換えに応じて、1個または2個並列に使用している。
- (4) 車輪の空転を検出し、空転車輪に空気ブレーキをかけて再粘着させる再粘着促進装置を設けているので、再粘着特性が良く、従来の車両のように再粘着させるために主電動機

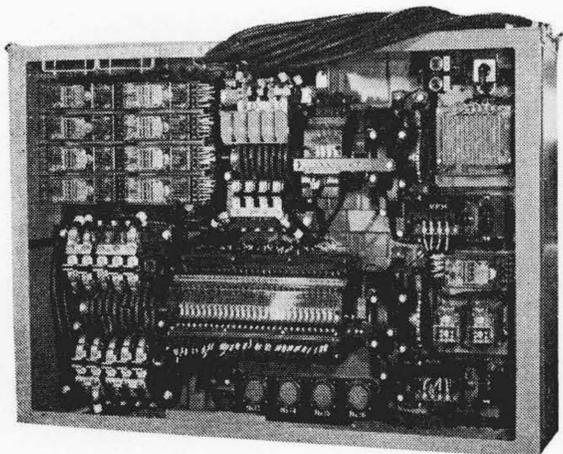


図8 抵抗バーニア制御器

のトルクを減ずる必要がない。

- (5) 確実な動作を期待される保護継電器類および空気しゃ断器制御回路、高ひん度に動作する限流継電器、カム軸中間送り接点および空気圧縮機制御回路などを無接点化し、保守の低減を図っている。

4.2 付 属 回 路

付属回路のおもな特長は次のとおりである。

- (1) 従来の交直流車両では、補機回路の電圧変動が大きく、回転機の整流悪化、送風機の羽根折損などの事故があった。EF81は補機電源用として90kVAの電動発電機を備えている。補機にはすべて交流3相誘導電動機を用いているので、保守は簡単である。
- (2) 列車暖房は、交流区間では主変圧器3次巻線出力から給電されている。直流区間では従来車は320kVA電動発電機を用いていたが、今回は320kVAサイリスタ・インバータを設けた。主回路の主平滑リアクトル、主整流器および主変圧器は、直流区間では使用されないもので、これらをインバータの入力側フィルタリアクトル、転流回路整流器およびインバータ出力変圧器として使用し、機器の減少を図っている。

4.3 主要 制 御 器

- (1) 抵抗バーニア制御器および界磁制御器

抵抗バーニア制御器は主抵抗器の制御を行なうもの、界磁制御器は弱界磁制御と前進後進の切換えを行なうもので、ともにカム軸制御器である。カム電動機からカム軸への動力の伝達は歯車損の少ない平歯車を用い、カム電動機を小形化した。これによって駆動系の GD^2 が小さくなり、カム軸ノッチ間角度の余裕が増した。抵抗バーニア制御器のカム軸ノッチ中間位置の検出には、近接スイッチを用いて無接点化した。図8は抵抗バーニア制御器、図9は界磁制御器の外観である。

- (2) し ゃ 断 器

主回路用単位スイッチおよび付属回路用高速しゃ断器には、通電接触子とアーク接触子を設け、長寿命アーク流しとの併用により大幅な保守低減を可能とした。高速度しゃ断器は電磁空気式単位スイッチに過電流引はずし機構を設けたもので、目盛狂いがなく、高ひん度の動作に耐えるので、従来の高速度しゃ断器と常時しゃ断用単位スイッチの組合せを、この高速度しゃ断器1台におき換えている。図10は高速度しゃ断器外観である。

- (3) 各 種 無 接 点 装 置

制御論理回路の一部、保護継電器類の全部を無接点化している。これらの無接点装置は、ED75以降の交流機関車および直流機関車に用いられ、じゅうぶんな実績を有しているものを使用している。

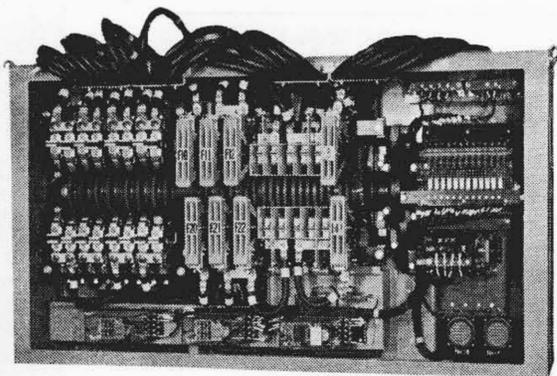


図9 界磁制御器

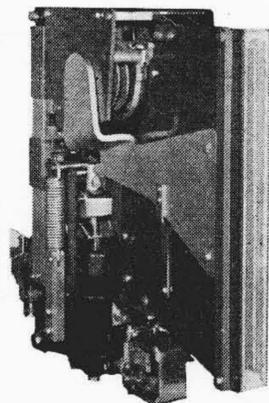


図10 高速度しゃ断器

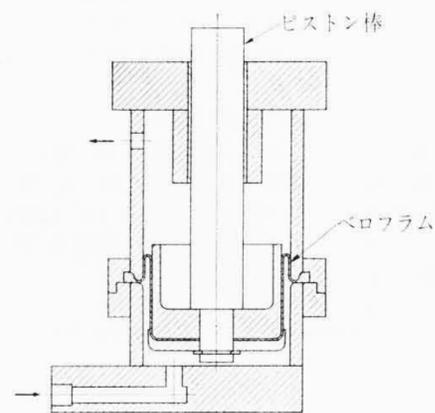


図11 交直転換器空気シリンダ構造

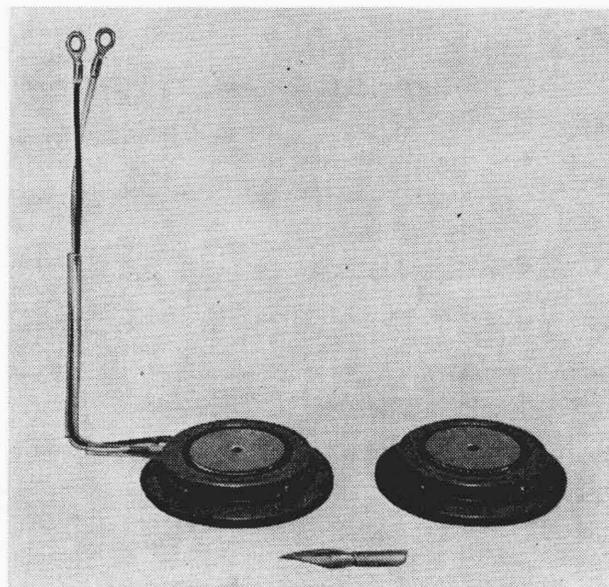


図12 平 形 素 子

- (4) 交直転換器およびインバータ切換器

空気シリンダ部にペロフラムを用い、躍動部分を少なくしている。図11は交直転換器の空気シリンダの構造を示したものである。

5. 主 整 流 装 置

本装置は交流区間における力行用シリコン整流器と冬期直流区間における列車暖房用としてのサイリスタ・インバータを1箱に収納している。従来車両用シリコン整流器・サイリスタは送風機内蔵の強制風冷方式が標準であった。これに対し本装置は半導体技術の結晶とも言うべき日立高信頼度平形素子(国鉄標準平形素子)の採用により車両用として初の送油風冷式の画期的なものである。

平形素子の特長は両面冷却形であるため高い冷却効果を得ることができ、したがって電流容量が大きくとれ、素子数が減少し、装置が小形化できること、および油浸構造のため点検がほとんど不要となることなどである。図12は平形素子の外観を示したものである。

また、本装置の総重量は(インバータとしては一部交流区間不要機器を転用)電暖用電動発電機の約75%とすることができた。

表2 RS36A形主整流器のおもな仕様

方式	单相ブリッジ結線, 送油風冷式
素子形式(日立)	SI800-25 (C01CF)
素子仕様	定格平均順電流 800 A 定格くり返しピーク逆電圧 2,500 V
素子構成	4S×2P×4A (ストリングメッシュ)
負荷条件	100% 連続+140% 10分
定格出力	2,520 kW/1,680 A/1,500 V
周波数	50/60 Hz

表3 電暖インバータとしてのおもな仕様

方式	転流改良形ブリッジ方式
サイリスタ形式(日立)	CSI400X-13 (CH03VM)
素子仕様	定格平均順電流 400 A 定格動作逆電圧 1,300 V 定格動作順阻止電圧 1,300 V ターンオフタイム 50 μs 以下
素子構成	4S×1P×4A
入力電源電圧	DC 1,500 V (架線)
電圧制御方式	位相制御(幅制御)
出力電圧調整範囲	100% (強)・87% (中)・71% (弱)
定格出力	320 kVA/1,440 V/222 A 連続
出力周波数	67 Hz
出力波形	ほぼ方形波

5.1 主整流器

おもな仕様を表2に示す。主整流器はシリコン整流器による单相ブリッジ接続を構成し各アームは4S×2Pである。直列数は主回路機器の開閉サージおよび雷サージに対し3Sでじゅうぶん耐えるが、油浸構造のため素子劣化検出装置を省略し1Sを余裕として加えている。並列数は1,300 tけん引し、10%こう配起動に対しじゅうぶんである。

5.2 サイリスタインバータ

変換効率が高く保守が容易でかつ軽量の電暖用サイリスタインバータは、日立製作所がすでにEF8063⁽⁴⁾において試作とう載したものである。

インバータの方式は基本的な転流改良形ブリッジインバータである。信号軌道回路への影響を考慮して出力周波数を決定し、インバータが発生する高調波を低減するフィルタを設けた。試験用として、DC100Vで動作確認可能なチェックシーケンスを設け異常確認の便を図った。

5.2.1 仕様および性能

表3はおもな仕様と性能を示したものである。サイリスタ4Sの直列接続については、EF8063の実績によりじゅうぶん可能であった。

暖房変圧器の直流偏磁をさけるために主変圧器をインバータ変圧器として使用し、負荷の性質から出力波形を方形波とし波形整形用フィルタを省略した。

5.2.2 試験結果

インバータの試験としては主変圧器をはじめとする各種機器の組み合わせ試験を行ない、きわめて良好な結果を得た。

ゲート制御装置はインバータの出力周波数を決定するものであり、高温・低温試験をはじめとする性能試験と振動試験を行ないこれを確認をした。インバータとしての性能試験では起動・停止、出力電圧調整、静特性、電圧急変など各種試験を行なった。図13は負荷急変試験の一例であり予期どおりの結果を得た。

その他の特殊試験としては主変圧器と組み合わせた交流区間におけるインパルス移行測定を行なった。また構造に関しては従来の風冷式車両用整流器との著しい違いがあることから装置全体の振動試験を行なった。

機関車は直流区間両パンタ運転を行なうので運転時における短

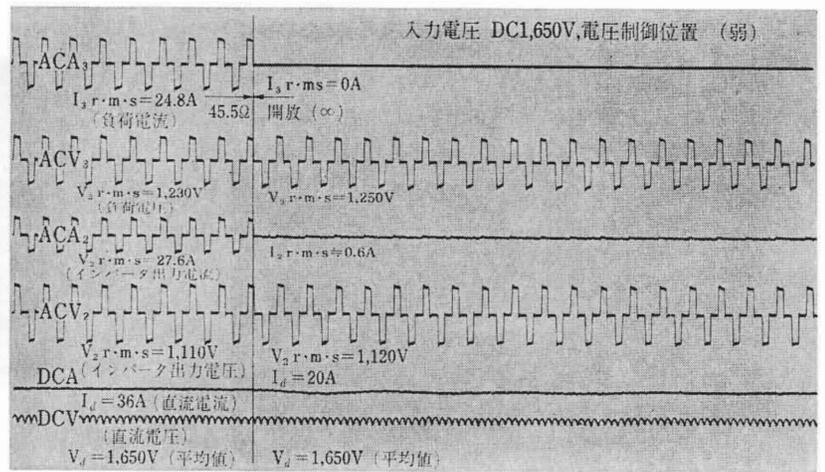


図13 負荷急変試験

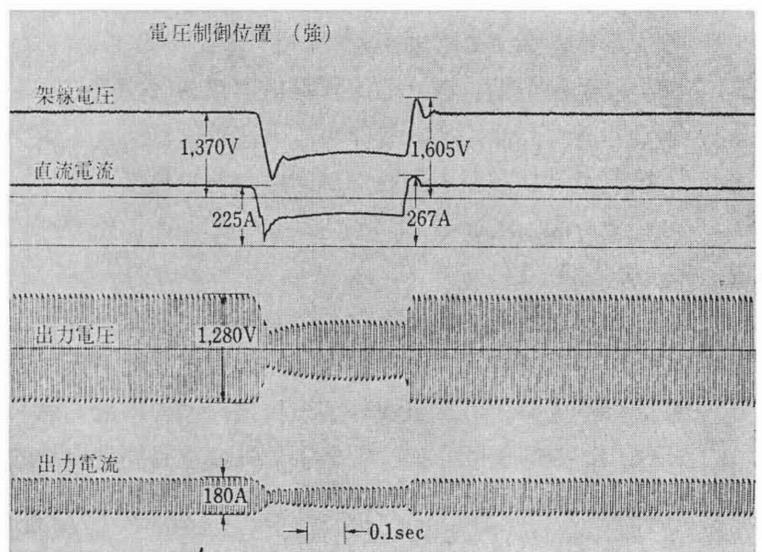


図14 電力中断試験

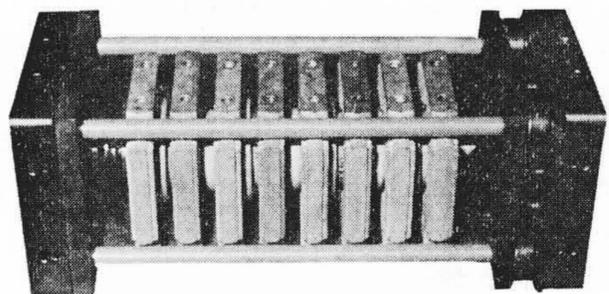


図15 主ダイオードスタック

時間のパンタ離線はきわめて少ないと考えられる。しかし電力中断に対しては100%の電源急変(0Vから瞬時に1,500Vまではね上がる。)となるので電源電圧回復時の過電圧がサイリスタの耐圧の点で問題となる。このため現車で0.4秒(これ以上の中断に対しては低電圧継電器によりインバータは自動停止する。)程度の電力中断試験を行なった(図14参照)。電源回復時に起こる過電圧は電動発電機が運転されているため100%の電源急変にはならず、素子耐圧上じゅうぶん余裕があることを確認した。

5.3 構造

主ダイオード・サイリスタは4Sまたは4S×2A単位でスタックを構成している。図15は主ダイオードスタック外観である。これらのスタックは付属品とともに油タンクに収納されている。図16は装置の外観である。

6. 主変圧器および特高回路機器

交直流機関車の特高回路機器一式を主変圧器装置と組み合わせて室内にぎ装し、塩害・氷雪害・塵埃(じんあい)に備えたことはED77形機関車以来の方式であるが、直流冒進、交流冒進の保護機器類も含めて、いかに小形化して組み合わせ、保守点検の便と保安用インタロックの完全を期するかが焦点となった。

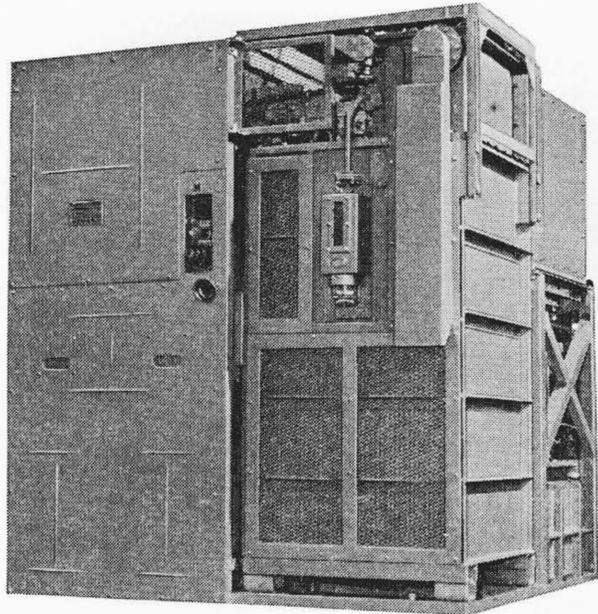


図 16 RS 36 A 形整流器

表 4 TM 17 形主変圧器仕様

主 変 圧 器	
形 式	TM17 屋内用送油風冷式 鋳油入, 呼吸形
容 量	夏期 2,430/2,430/—kVA 冬期 2,810/2,430/380 kVA
電 圧	20,000/1,840/1,485 V
絶 縁 階 級	車両用 20/3/3 号
周 波 数	50/60 Hz

表 5 特 高 機 器 仕 様

	空 気 し ゃ 断 器	パ ン タ グ ラ フ 断 路 器	交 直 切 換 器
形 式	CB104	SH1436	SH1437
定 格 電 圧	AC 24 kV	AC 23 kV	AC 23 kV
定 格 電 流	AC 300 A DC 1,700 A (2,000 A 1h)	AC 160 A DC 1,200 A (1,400 A 1h)	AC 160 A DC 1,700 A (2,000 A 1h)
定 格 し ゃ 断 容 量	100 MVA	—	—
定 格 短 時 間 電 流	4,000 A/2 s	4,400 A/2 s	4,400 A/2 s
定 格 し ゃ 断 時 間	3 サイクル	—	—
無 負 荷 投 入 時 間	0.1 秒以下	—	—
動 作 責 務	CO-5秒-CO	—	—
定 格 操 作 圧 力	7 kg/cm ²	7 kg/cm ²	7 kg/cm ²
定 格 操 作 電 圧	DC 100 V	DC 100 V	DC 100 V

6.1 主 変 圧 器

架線電圧 20 kV で受電し、機関車のすべての電力をそれぞれの用途に適した電圧に降下させて供給するものである。主変圧器の本体タンク上にパンタグラフ断路器、20 kV 計器用変圧器、空気しゃ断器、避雷器、交直切換器、20 kV ヒューズなどを集約して設置するため、重量、耐震性など車両用としての条件を満足させるほか、特に高さ寸法を低く設計した。二次出力は走行用と補機用に、三次は冬期暖房用に供される。直流区間の冬期暖房は静止形インバータ出力を主変圧器二次巻線に与え三次巻線より供給される。

巻線の素線絶縁紙として耐熱紙の使用、タンク材料として高抗張力鋼板使用、アルミニウム製冷却器の使用などにより小形軽量化されている。図 17 は主変圧器の外観を、表 4 はその仕様を示したものである。

6.2 空 気 し ゃ 断 器

図 18 は CB104 形空気しゃ断器である。空気だめと一体をなすフ

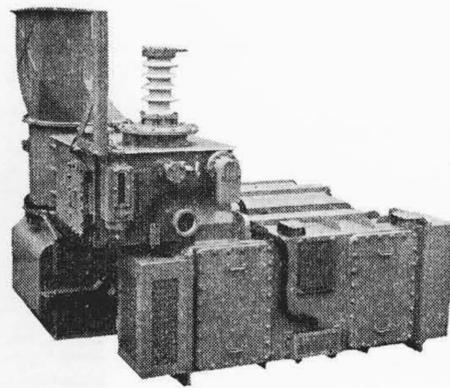


図 17 TM 17 形主変圧器

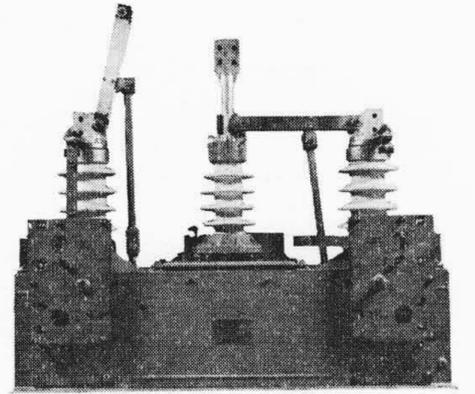


図 19 SH1436 形パンタグラフ断路器

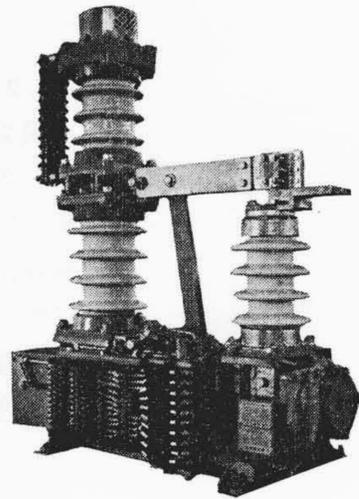


図 18 CB 104 形空気しゃ断器

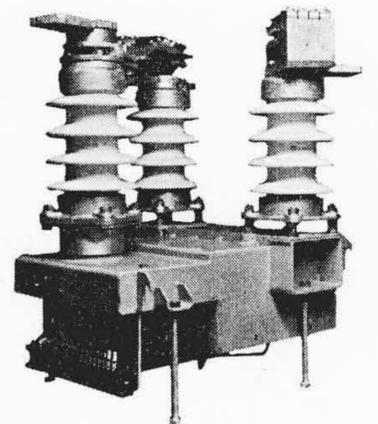


図 20 SH 1437 形交直切換器

レームの上部にしゃ断部と断路部支持がい子を樹立させ、電磁弁、主弁、操作シリンダなど操作器具はフレーム側面に配置させて小形軽量化を図った。しゃ断部に並列にそう入して異常電圧を抑制する非直線抵抗器はエポキシ樹脂製のがい管に収納され、重量軽減が図られている。本器は断路部の駆動を縦方向にしたため床面積は従来の CB103D 形空気しゃ断器に比べ 50% に減少され、高压機器室の合理的配置を可能ならしめた。重量は電流容量の増加にもかかわらず CB103A 形に比べ 40% に軽減されている。表 5 は特高機器類仕様である。

6.3 パンタグラフ断路器

図 19 はパンタグラフ断路器の外観である。本体ベース中央に断路器用固定接触部を設けた計器用変圧器、その左右に断路器可動接触部を設けたがい子柱を直線的に配置し、2 台のパンタグラフ断路器と計器用変圧器を一体構造にしてある。使用機器部品の削減、重量軽減、床面積の縮小を図り、従来形に比べ重量、床面積とも 70% に小形軽量化されている。

6.4 交 直 切 換 器

図 20 は交直切換器の外観を示したものである。ベース上に固定接触部を設けたがい子柱と可動子を設けた回転がい子柱を三角形に配置し、回転がい子柱を 60 度水平回転して主回路の切換を行なうものである。従来品に比べ重量、床面積とも 80% に小形軽量化されている。

7. 再粘着促進装置

車輪の空転を検出し、空転車輪に空気ブレーキをかけて再粘着させる装置である。高感度の空転検出器と、空気ブレーキ装置により応答速度を高めたので、微少空転のうちに再粘着させることができ、さらに、この間主電動機のトルクを減ずる必要がないので、こう配起動など高引張力を必要とする場合は有効である。

7.1 空 転 検 出 器

2 台の主電動機の端子電圧上昇率を比較し、その差により空転を

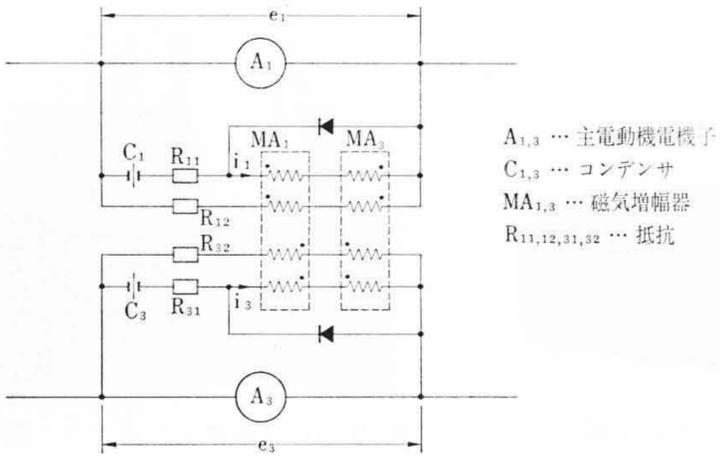


図21 空転検出回路ツナギ

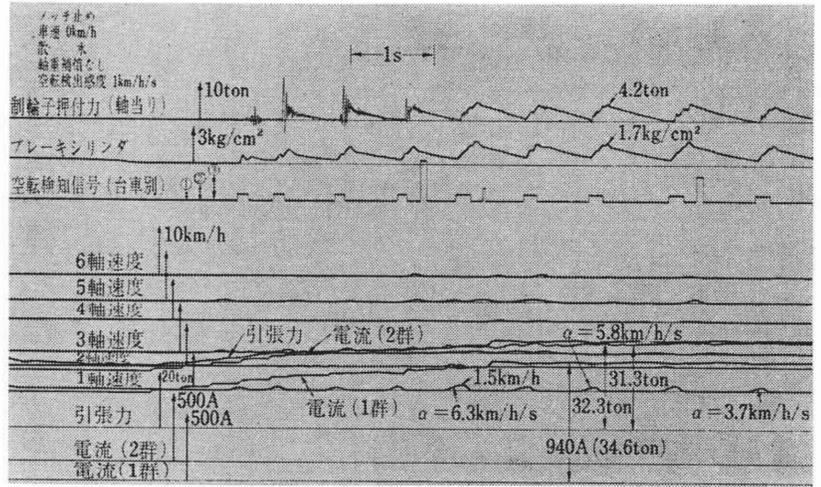


図23 再粘着特性

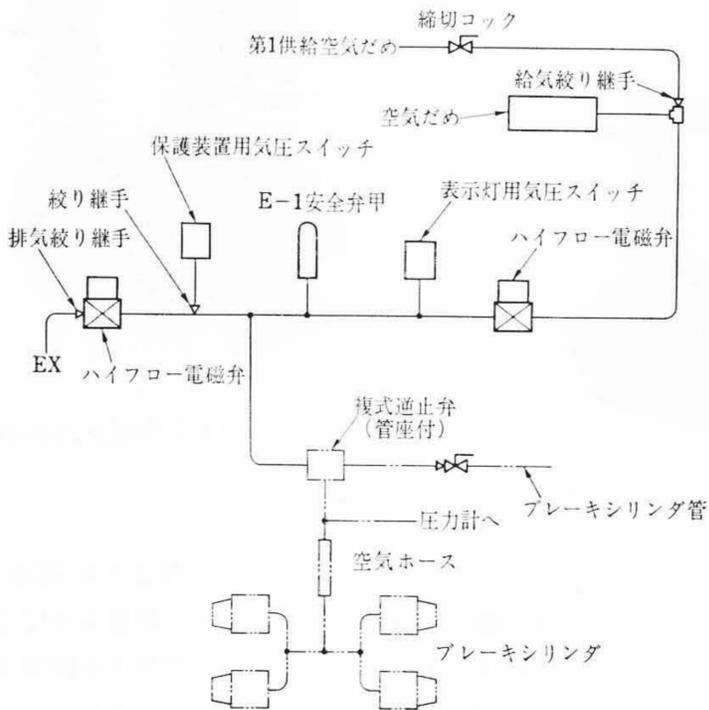


図22 再粘着促進装置空気管ツナギ

検出する方式を採用しているため、きわめて小さな空転速度を検出できる。図21は検出回路の一部を示したものである。第1主電動機が空転しその端子電圧 e_1 が上昇すると、磁気増幅器制御コイルには

$$i_1 = C_1 \cdot \frac{de_1}{dt} \left(1 - \varepsilon \frac{1}{R_{11}C_1} \right)$$

なる電流が流れる。第3主電動機が空転していなければ $i_3 = 0$ であるから、第1磁気増幅器が出力を出す。磁気増幅器は主電動機1台に1個ずつ合計6個設けられ、各車軸ごとの空転を検出している。なお、空転加速度が非常に低い場合でも空転を検出するために、主電動機端子電圧の値そのものを比較する方式も併用している。

7.2 ブレーキ装置

図22は再粘着促進装置ブレーキ部分のツナギを示したものである。空転検出器からの指令で電磁弁を励磁し、供給空気だめより圧縮空気をブレーキシリンダに送り込み、ブレーキをかける。装置の複雑化をさけるため、空転車輪の付いている台車ごとにブレーキを作用させている。ブレーキシリンダ圧力の立ち上がりを早くするため、弁口径の大きなハイフロー形電磁弁を使用し、給気側にON電磁弁、排気側にOFF電磁弁を設けてある。再粘着したのち、ブレーキシリンダ内空気の排出が早すぎると、再空転を起こすおそれがあるので、排気側にはシボリを付けている。ブレーキシリンダ圧力は最大で 3.5 kg/cm^2 になるように、圧力スイッチで制御している。

7.3 試験結果

図23は再粘着促進装置を作用させた場合の代表的オシログラムである。

8. 結 言

本機関車はEF80、ED75、ED78など、最近の交流・交直流機関車の実績をもとにこれに最新の技術を取り入れて設計されたわが国最初の交直流3電気方式電気機関車である。すでに1号車は北陸線で好調裡に運転中で、現在製作中の量産車も本年10月には納入され、裏縦貫線で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) 佐々木ほか：日立評論 48, 521 (昭41-4)
- (2) 佐々木ほか：日立評論 50, 414 (昭43-5)
- (3) 佐々木ほか：日立評論 46, 1804 (昭39-11)
- (4) 交通事業部：日立評論 50, 176 (昭43-2)