

インド国鉄納交流試作電車で駆動電気品

Electrical Traction Equipment of Prototype A. C. Coaches for Indian Railways

伊 沢 省 二* 前 川 愛 一** 川 上 直 衛***
 Shôji Izawa Aiich Maekawa Naoe Kawakami
 坂 口 保*** 中 丸 良 郎****
 Tamotsu Sakauchi Yoshirô Nakamaru

内 容 梗 概

インド国内の主要幹線の電化は、1957年以來商用周波の交流によることが決定され、いままで日本および欧州のメーカーグループから多くの交流機関車が納入されたが、今回はじめて交流電車の電気品1式がインド国鉄に納入された。この電車はカルカッタ郊外の通勤輸送にあてられるもので、日立製作所は日本メーカーの連合体の代表として、2編成分の電気品を受注し納入したものである。これらの電気品はインドの国鉄工場(I. C. F.)において製作された車体にぎ装され、その後量産車に先だつ試作車として、長期にわたる各種試験が行なわれた。試験結果は満足すべきもので、近く発注される量産車もこの試作車と同じ電気方式によることになった。

本文はその詳細について述べている。

1. 緒 言

インド国鉄の交流電化計画に基づき、カルカッタ郊外地区の通勤輸送を目的とした交流電車が多量に製作される予定になっているが、インドにおいては交流電車はいまだ経験がないため、試作車を製作し各種の性能を試験した結果により量産車の方式を決定するという方針がとられた。この試作車の電気品は日立製作所を中心とする日本連合と A. E. I. (Associated Electrical Industries) を中心とするイギリス連合がそれぞれ2編成分の電気品を受注、納入し、車体の製作ならびにぎ装はインド国鉄工場(マドラス郊外の Integral Coach Factory, 以下 I. C. F. と略す)において行なった。

日本連合の電気品は日立製作所が設計製作し、ぎ装は日立製作所の指導のもとに I. C. F. で行なわれた。日本連合の第1編成車は昭和38年8月、第2編成車は同年10月に完成し、カルカッタの北方アサンソールにて各種性能試験が行なわれ好成績を収めた。現在は量産車に対する検討ならびに運転士養成を兼ねてカルカッタ地区の通勤難を緩和するため営業運転中である。

一方イギリス連合担当の電気品は日本連合より約7箇月遅れて昭和39年3月ぎ装が完了した。

インド国鉄においては当初日本連合製とイギリス連合製の電車の両方を比較検討して、量産車の電気方式を決定することとなっていたが、日本連合はイギリス連合よりも早く車を完成させ、車両の各種性能試験に合格したため、量産車の電気方式は日本連合の方式となることが確実となった。

2. 一 般 仕 様

2.1 仕様決定条件

この電車の仕様決定に際し、インド国鉄より与えられた条件のおもなものを列記すると下記ようになる。

(1) 電車の編成は、1両の電動車(Mと略す)と3両の付随車(Tと略す)の合計4両を基本編成とし、通常はこの基本編成2群を重連運転するが、その際には各基本編成の中間に付随車1両を追加し、9両編成(2M7T)で運行される。

この9両編成列車において、満員荷重468t、平均電車線電圧22.5kVの条件において、以下に記す走行性能が要求されている。

(2) 直線平坦線における平衡運転速度は96km/h以上であること。ただし電車の機械的安全速度は106km/hとする。

(3) 直線平坦線において、速度0(停止)から40km/hまでの平均加速度が0.45m/s²(1.62km/h/s)以上であること。

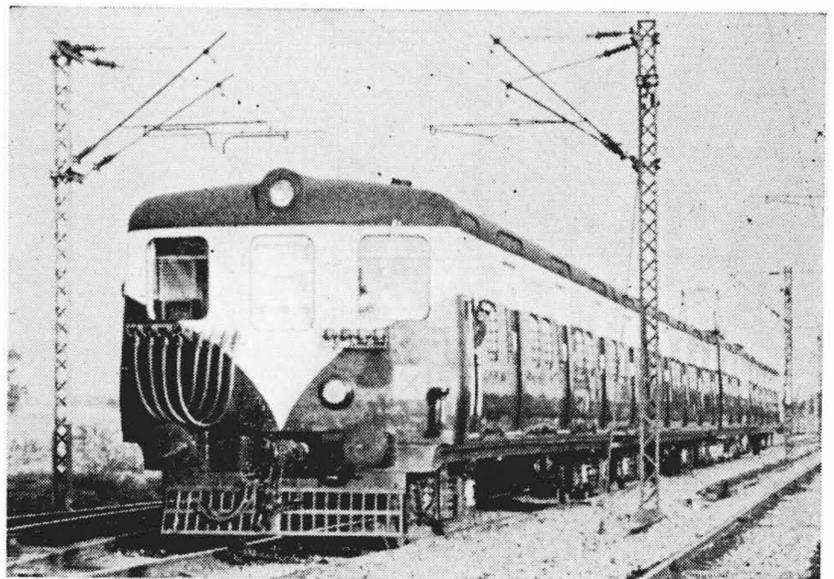
また制動時の平均減速度は96km/hからは0.76m/s²(2.74km/h/s)、50km/hからは0.9m/s²(3.24km/h/s)であること。

(4) 停止状態より起動して、直線平坦線3kmを、10%の回復余力を含めて、210秒間で運転可能なこと。

(5) シャルダ(Sealdah)ーカルヤニ(Kalyani)間(全走行距離48km、停車駅数16)を各駅30秒、終端駅5分の停車時分を含めて、131分間で往復運転可能なこと。ただし回復余力として、走行時間を10%短縮しうるような余力をもつこと。

(6) 主電動機、主変圧器などの主要機器は、インドの気候条件を考慮して、温度上昇限度をIEC規格値より20℃低くとること。

(7) 公称電車線電圧は25kVで、その変動範囲は公称電圧の110~75%(27.5~18.75kV)とする。ただし非常の場合は70%(17.5kV)まで下がることもあり、各機器はこの電圧でも支障なく運転できること。



第1図 試運転中の編成車

* 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
 **** 日立製作所笠戸工場

第1表 電車一般仕様

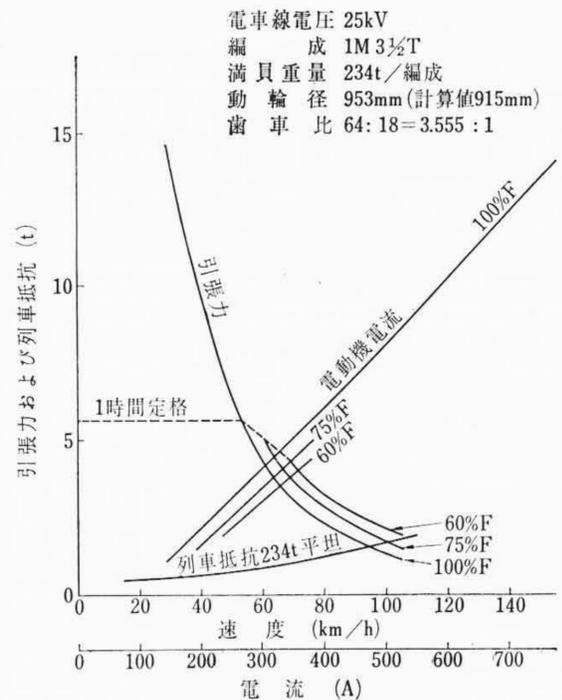
| 項目 | 仕様 |
|---------------|---|
| 用途 | 郊外電車 |
| 電気方式 | 単相 交流 50 c/s 25 kV |
| 編成単位 | T _D MTT _D (T _D …運転室付付随車, M…電動車, T…付随車) |
| 満車重量 | 211.2 トン |
| 車体主要寸法 | |
| 連結面間長さ | 20,726 mm |
| 車体幅 | 3,658 mm |
| 台車中心間距離 | 14,630 mm |
| 固定軸距 | 3,048 mm |
| 動輪径 | 953 mm |
| 駆動装置 | 平歯車一段減速, 釣掛式 |
| 歯車比 | 64 : 18 = 3,555 : 1 (モジュール 10) |
| 軌間 | 1,676 mm |
| 電車性能 | |
| 1時間定格引張力 | 5,620 kg |
| 1時間定格速度 | 53.4 km/h |
| 最高運転速度 | 96 km/h |
| 最大引張力 | 14,600 kg |
| 1時間定格出力 | 840 kW |
| 連続定格出力 | 672 kW |
| 主変圧器 | 1台 |
| 形式 | 屋外用送油風冷式 密封形 内鉄形 不燃性油入 |
| 連続定格容量 | 一次 1,190 kVA, 二次 1,140 kVA, 三次 50 kVA |
| 電圧 | { 一次 25 kV, 二次 1,870 V, 三次 260-240-130 V |
| 相数, 周波数 | { タップ付 単相 50 c/s |
| 主整流器 | 1台 (補助シリコン整流器内蔵) |
| 形式 | シリコン整流器 |
| 連続定格 | 912 kW 1,200 V 760 A |
| 結線方式 | 単相ブリッジ結線 |
| 素子個数 | 160 (8S×5P×4A) |
| 主電動機 | 4台 |
| 形式 | 閉鎖自己通風形 脈流直巻 補極 釣掛式 |
| 1時間定格出力 | 210 kW |
| 1時間定格電圧 | 600 V |
| 1時間定格電流 | 380 A |
| 1時間定格回転数 | 1,100 rpm |
| 極数 | 4 |
| 弱界磁 | 60% F, 75% 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 | 1台 |
| 形式 | 乾式 風冷式 H種絶縁 |
| 回路電圧 | 1,685 V |
| 連続定格電流 | 608 A |
| インダクタンス | 7 mH (760 Aにおいて) |
| 制御方式 | 低圧タップ切換式電圧制御および界磁制御 |
| ノッチ数 | 27ノッチ (全界磁25+弱界磁2) |
| 制御装置 | 電動カム軸, 電磁空気単位スイッチ式 |
| 制御および灯回路電圧 | 直流 110 V |
| 補機回路電圧 | 直流 110 V および単相交流 50 c/s 240 V |
| 補助回転機 | |
| 主変圧器用電動送風機 | 1台 { 電動機…2 kW AC 240 V 50 c/s 1φ 4極 送風機…風量 80 m ³ /min, 風圧 60 mmAq |
| 主変圧器用電動油ポンプ | 1台 { 電動機…2 kW AC 240 V 50 c/s 1φ 4極 油ポンプ…揚油量 0.6 m ³ /min, 総揚程 6 m |
| シリコン整流器用電動送風機 | 2台 { 電動機…1.1 kW AC 240 V 50 c/s 1φ 4極 送風機…風量 50 m ³ /min 37 mmAq |
| 補助電動空気圧縮機 | 1台 { 電動機…0.75 kW DC 110 V 10 A 1,600 rpm 圧縮機…容量 170 l/min, 圧力 9 kg/cm ² 1,200 rpm |
| ブレーキ装置 | 空気ブレーキおよび手動ブレーキ |

2.2 一般仕様

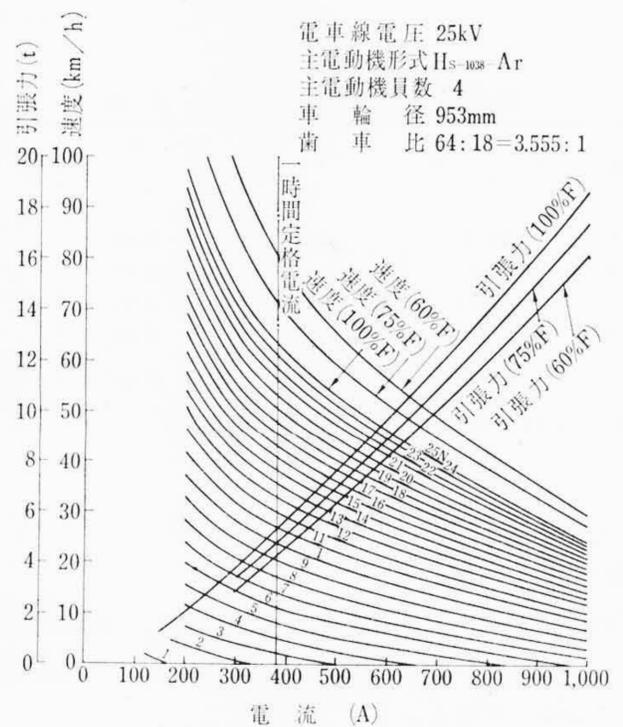
この電車の基本編成4両の外観を第1図に、一般仕様を第1表に示す。

第1表からわかるように、この電車の列車編成は日本国内向けのものに比べて、電動車の付随車に対する割合が少ないため、主電動機1台当たりの出力は、210 kWといままでにない大容量機となっている。

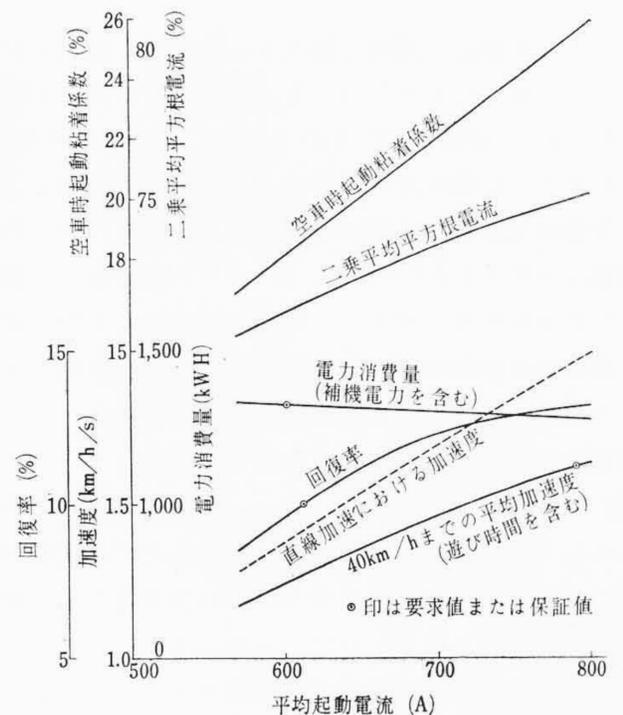
この電車の速度・電流—引張力特性は第2図に、ノッチ曲線は第3図に、さらに起動電流に対する粘着係数、電力消費量などの関係は第4図に示すとおりである。



第2図 電車速度電流—引張力特性

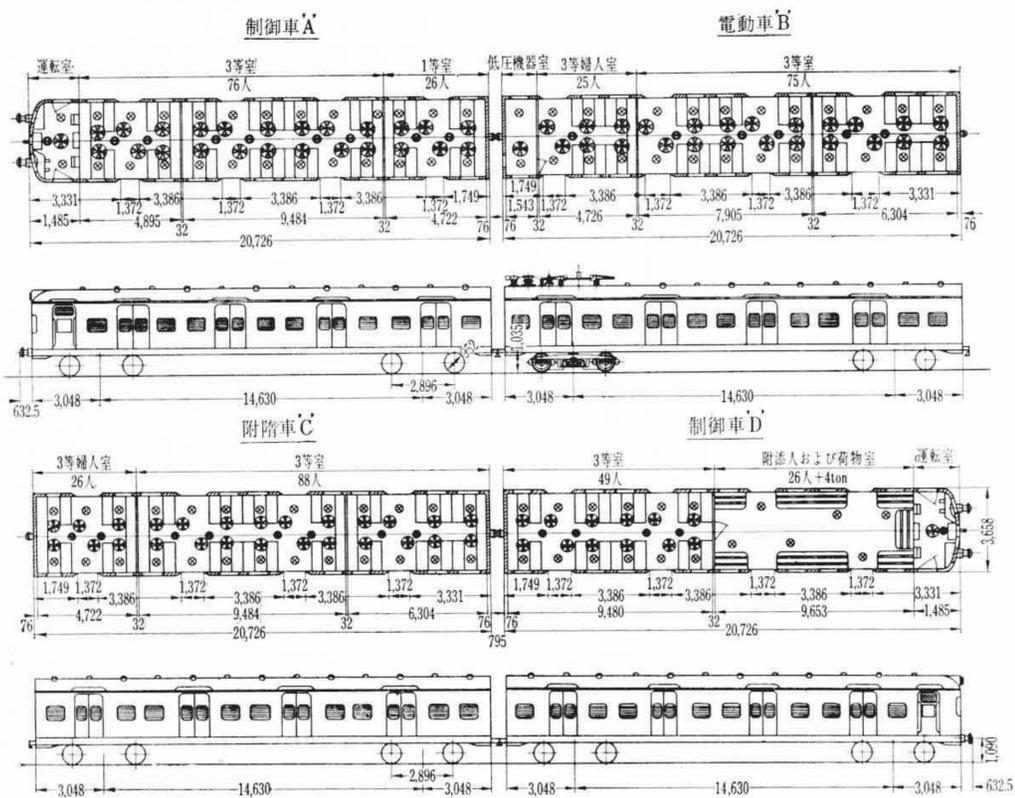


第3図 ノッチ曲線



列車編成: 2M7T 全重量: 468 t
運転区間: シャルダールカヤニ
運転時分: 131分 (各駅30秒, 終端駅5分, 計20分の停車時分を含む)
電車線電圧: 22.5 kV 動輪径: 915 mm

第4図 起動電流と列車特性の関係



第5図 電車組立

第2表 自重および定員

| 車種 | 自重 (t) | 座席定員 | | 満員荷重 (t) |
|--------|--------|------|--------|----------|
| | | 人 | t | |
| 制御車'A' | 34.75 | 102 | 6.50 | 19.50 |
| 電動車'B' | 60.07 | 100 | 6.45 | 19.35 |
| 付随車'C' | 32.80 | 114 | 7.25 | 21.75 |
| 制御車'D' | 34.75 | 75 | 8.80 | 18.40 |
| 計 | 162.37 | 391 | 29.00* | 79.00* |

* 荷物の荷重4tを含む。

3. 車両およびぎ装

3.1 車体

この電車は4両固定連結で基本編成を構成し、両端車を制御車として運転室を置き、中間に電動車と付随車を配置した編成である。第5図は1編成の外形を示したものである。

編成端はネジ式連結器と両側式緩衝器により、固定車間は空気連結器兼用のゴム緩衝器付 Schaku 半永久連結器により連結されている。

この電車は軽量構造全鋼製2軸ボギー通勤用で既納ボンベイ地区向直流電車⁽¹⁾と類似であり、カルカッタ地区の最新形直流電車を基準にしてI.C.F.で新製されたものである。各車は非貫通式で、客室は適当な大きさに仕切れられ、1等室、3等室、婦人室および荷物室からなる合造車である。片側に4個所の連動式2枚引戸の出入口があり、側窓は上昇式よりの戸のみで、ガラス窓はなく、数多く取り付けられた天井扇風機と相まって高温地区用として割り切った設計である。運転室は制御車以外に電動車の低圧機器室内にも設けて、電動車よりの編成運転、および単独運転もできるようにしてある。各車の自重と荷重は第2表に示すとおりである。

3.2 台車

台車はインド国鉄で設計ならびに製作されたが、電動台車用の輪軸組立品、バネ類、その他の重要部品は日立製作所より納入した。側受支持方式がシュリーレン式で、バネはすべてコイルバネを使用している。主電動機はつり掛式でノーズサスペンションにはゴムを用いている。

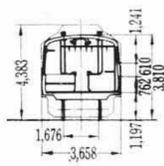
3.3 ぎ装

ぎ装の設計およびぎ装工事の指導は日立製作所で担当したが、ぎ装に適合する車体にするために車体の設計についても日立製作所が

指導した。

3.3.1 機器配置

電動車には駆動用電源装置、制御装置、1編成分の点灯用と扇風機用の補機電源および空気圧縮機が搭載され、これらは完全な重量バランスを保つよう配置された。パンタグラフ、空気遮断器などの特高圧機器は屋根上に、電源装置、制御装置、空制装置は床下に、運転用機器、充電用装置、制御用空気装置は低圧機器室に設置された。空気遮断器、保護接地スイッチは車両限界より突出しないように半埋込み式とし、低圧機器室より点検するようにした。主変圧器およびシリコン整流器の冷却風は車側より吸い込み反対の車側に吐き出すようにした。主電動機の冷却用空気は防じんのため低圧機器室および客室腰掛下に設けた鋼毛入りフィルタを通じてダクトに導かれ、



草製のたわみ継手により吸い込まれる。

屋根昇降時の特高圧機器に対する安全のため独特の保護装置を備えている。すなわち、低圧機器室にインターロック装置を設けて屋根昇降者はパンタグラフを降下させ保護接地スイッチを投入してはじめて取り出せるかぎを携行して屋根に登ることにより、そのかぎがインターロック装置になければ元に戻せない構造になっている。

3.3.2 配線および配管

高温多湿地区での運転条件と、大容量出力のために電線サイズが太くなりぎ装上不利になる点から、最高温度が80℃まで耐える車両用ブチルゴム絶縁クロロプレンシース電線を電圧により25kV、1,500、600V用の3種に分けて使用した。電線端子には作業に確実性のある圧着端子を使用した。

電線管は軽量化と作業の容易性をねらって硬質ビニル電線管を採用し低圧回路に灰色、高圧回路に薄赤色を使用し識別を容易にした。25kV回路は屋根上のケーブルヘッドより低圧機器室内に引込み台わく内を貫通して主変圧器に導いたが、ケーブルヘッド端には硬質ビニル製たわみ管を使用してケーブルヘッドの取り付けを容易にした。

制御用空気装置は、蓄電池を電源とする小形空気圧縮機により車両作業時のみ運転してパンタグラフおよび空気遮断器を動作させ、常時は空制用元空気溜より給気するようにしてある。

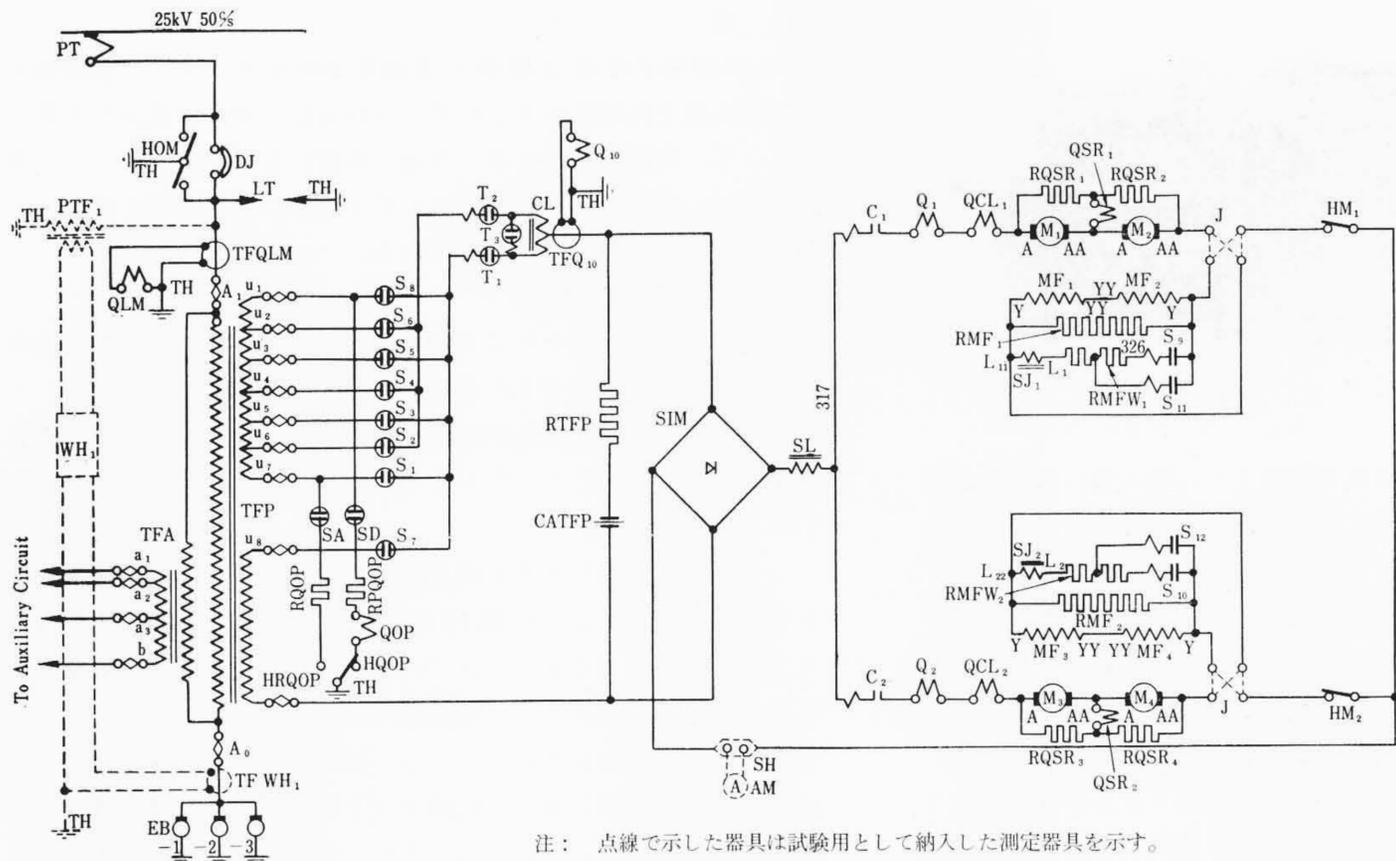
台わくを貫通する配管方式は、台わく穴あけ工数の増加とぎ装作業を車体完成後に行なうという生産方式のため、インド国鉄より強く反対されたので、ほとんど台わく下面配管としたが、結果的には複雑なぎ装による配管加工工数の増大をきたし見ればよくなかった。この考え方については一考を要する。また、インドでは銅製品は貴重なため露出電線は切断され盗難にあう危険があるというので、量産時にはこの点を考慮して台わく貫通配管またはダクト配線とし電線を露出させないようにする方針である。

4. 電気機器

4.1 主回路機器

第6図に主回路つなぎを示す。

主変圧器のタップ切換方式には低圧タップ切換方式を採用し、国鉄新幹線電車に採用された方式と同様に、主変圧器2次巻線を固定巻線とタップ巻線にわけ、タップ数を少なくして多くの切換ステッ



第6図 主回路つなぎ

- PT バンタグラフ
- DJ 空気遮断器
- HOM 接地スイッチ
- LT 避雷器
- PTF₁ 計器用変圧器
- WH₁ 積算電力計
- TFQLM 変流器
- QLM 過電流継電器
- TFP 主変圧器
- TFA 補助変圧器
- TFW₁ 計器用変流器
- EB アースブラシ
- SA, D 低圧タップ切替器
- S₁₋₈ 器
- T₁₋₃ 器
- QOP 接地継電器
- CL タップ切替用限流リアクトル
- TFQ₁₀ 変流器
- Q₁₀ 過電流継電器
- RTFP } ACフィルター
- CATPF }
- SiM シリコン整流器
- SL 主平滑リアクトル
- C₁₋₂ 断流器
- Q₁₋₂ 過電流継電器
- QCL₁₋₂ 限流継電器
- M₁₋₄ 主電動機
- MF₁₋₄ 器
- J 逆転器
- RMF₁₋₂ } 弱界磁抵抗器
- RMFW₁₋₂ }
- SJ₁₋₂ 誘導分流器
- S₉₋₁₂ 界磁接触器
- HM₁₋₂ 主電動機開放器
- QSR₁₋₂ 空転検出継電器

プを得ている。

またシリコン整流器出力側の平滑リアクトルは重量軽減の観点から4台の主電動機に共通に1台としてある。

主電動機の接続方式は、シリコン整流器、主電動機およびタップ切替器の設計条件を総合して、各種方式を比較検討し、2台永久直列回路を並列に2回路設ける方式を採用した。

この電車は電動車の付随車に対する割合が、2M7Tと低いにもかかわらず起動加速度がきびしく規定され、しかも単なる直線加速度でなく、タップ切替器の進段開始から電車が動きはじめるまでの間の遊び時間約2.5秒も含めた40 km/hまでの平均加速度で定義されているため、かなり大きい起動電流を必要とする。満員乗車時の条件で検討すると、1時間定格電流の210%相当の大きい起動電流を必要とすることになる。しかるにインド国鉄電車の方式として、この電車は応荷重機構を備えておらず、したがって空車の場合は第4図に示すように、平均加速電流に対しても相当高い粘着係数を必要とする。このため空転防止には意を用い、主回路つなぎに示すように空転継電器を設け、運転室に表示するほか、極度にレール条件の悪い場合には押スイッチで限流値を切り換えるようにするなど、制御回路においても万全を期してある。

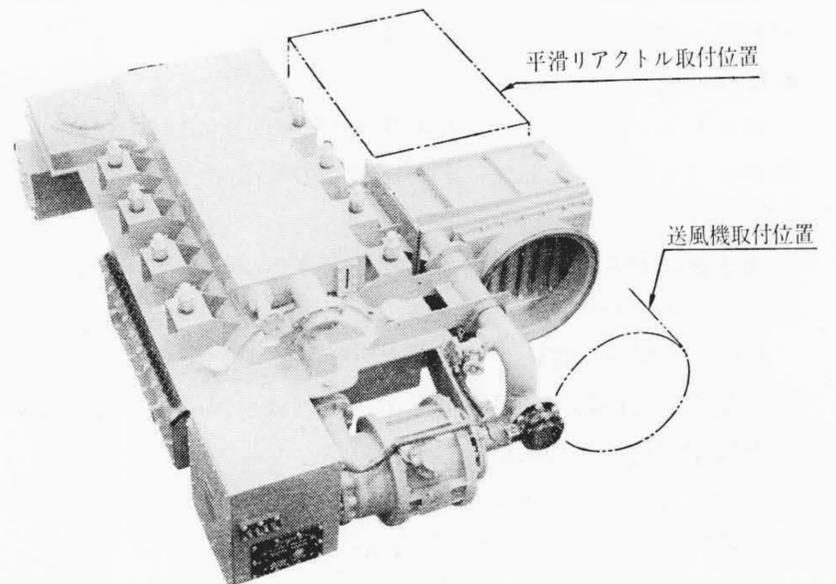
4.1.1 主変圧器

第7図に主変圧器の外観を示す。

本器は、周囲温度45°C、絶縁階級20号(JEC-120)制限高さ690 mm以下などの制約のもとに設計されたものである。変圧器の連続定格電流は、インド国鉄の指定により主電動機の連続定格電流と等しくとってある。

全直流電圧変動率は、DC 1,200 V 760 Aにおいて、25%に選んであり、走行出力は1,140 kVAである。変圧器には50 kVAの補機電源用補助変圧器を内蔵している。

形式は、不燃性油入、密封形で内鉄形を用いて構造の簡略化を図り、保守を容易にしている。冷却方式としては送油風冷式を採用し小形軽量化をはかった。特に変圧器中身締付法の採用によって油槽の外部から中身各部を締付け、固着し、密封の操作によってゆるみ止めをかねているので、油槽は、各面とも中身の輪郭に外接した形状となって、油量の節減は著しく、小形軽量化に寄与する点が大である。



第7図 主変圧器

一次および二次巻線は、中央脚に同心に配置されており、その間と最内外周を絶縁筒により全周一様に絶縁し、不燃性油に十分耐性のあるワニスで処理されている。

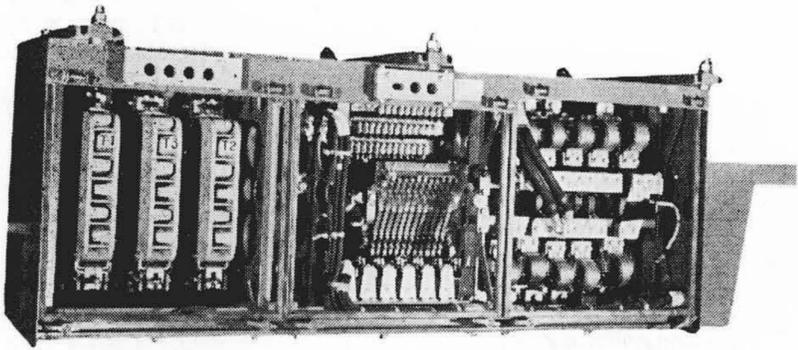
巻線端面の油出入口を規制して、油流が軸方向に放射方向を交互にジグザグに軸方向に流れるので巻線の全面が油に接触し冷却効果は高い。変圧器と平滑リアクトルは同軸上に配置され、1台の送風機で冷却されている。補機電源を得るには、三次巻線を設ける方法もあるが、二次電圧変動率の影響を避け、補機電圧の安定をはかるため、補助変圧器を内蔵させているので、補機回路の電圧変動率は1.3%以下である。

4.1.2 低圧タップ切替器

第8図に低圧タップ切替器の外観を示す。

本器は国鉄新幹線試作車に搭載されたものとはほぼ同じ構造のもので、新幹線試作車の経験により、使用条件の過酷なインドにおいても高性能が発揮できるよう構造の一部を改造したものである。

主要構成部品は、主変圧器低圧タップに直接につながる8個の選択接触器、二分割された主変圧器低圧巻線の和差動接続を行なう



第8図 低圧タップ切換器

2個の接触器、タップ切換限流リアクトルと組み合わせて、上記接触器を無電弧で切り換えるための3個のカム軸遮断器とこれらを駆動するカム電動機などより構成されている。

主変圧器の低圧6タップと和差動巻線の切り換えを限流リアクトルと組み合わせることにより25ステップの制御段が得られる。

この切換器は、10個のカム軸接触器が無電弧で投入・遮断のため保守・点検の必要なものは、3個のカム軸遮断器に集約され、かつ遮断器のアーキングチップは特殊の耐弧メタルが使用されており、高ひん度の遮断に対しても摩耗がきわめて少ない。タップ切換時におけるタップ間の横流制限用と、隣接2タップ橋格時のタップ間電圧の分圧には85kVAの容量をもつ限流リアクトルを用いている。リアクトルは内鉄形、自冷式で、H種絶縁乾式を使用し耐熱、撓水性にすぐれたシリコン絶縁材料を用いているので多湿、高温の地方に適した器種である。

4.1.3 シリコン整流器

本シリコン整流器は912kW/1,200Vの定格出力を有し、車両用シリコン整流器としてはわが国最初の輸出品である。

(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。

- (a) PIV 1,000 V、平均電流200 AのDJ 15形日立標準素子を使用している（これと同じ素子は国鉄車両用としてすでに一万数千個使用されている）。
- (b) 最高周囲温度は45°Cであるが、素子の温度上昇は余裕をみて周温55°Cに耐えられるようにしてある。
- (c) 周温が高いので、冷却片部のみならず、素子、抵抗器、コンデンサの部分も換気されるような構造としてある。
- (d) 塵埃(じんあい)を防止するため、ファンの風吸込口にはエリミネータおよびフィルタを設け、さらに素子には絶縁キャップをかぶせて支障のないようにしてある。

第3表 シリコン整流器の仕様

| | | | |
|-----------|--------------------|----|---------|
| 出力 | 912 kW | | |
| 電圧 | 1,200 V | | |
| 電流 | 760 A | | |
| 定格 | 連続 | | |
| 整流素子形式 | DJ 15 L | | |
| 整流素子仕様 | PIV 1,000 V, 200 A | | |
| 整流素子構成 | 8S×5P×4A (=160) | | |
| 結線 | 単相ブリッジ結線 | | |
| 受電電圧 | 25 kV 50 c/s | | |
| 受電変動 | +10~-30% | | |
| 主変圧器二次電圧 | 1,870 V | | |
| 周囲温度 | 45°C | | |
| 冷却方式 | 強制通風 | | |
| 補助シリコン整流器 | バッテリー充電用 | 出力 | 13.3 kW |
| | | 電圧 | 110 V |
| | | 電流 | 121 A |
| | 補助機用 | 出力 | 13.3 kW |
| | | 電圧 | 110 V |
| | | 電流 | 121 A |

(2) 素子

DJ 15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、車輛用としてのくり返し負荷にも十分耐えることが確認されている。密封封緘にはがんじょうながいし封緘を採用しており、耐振性も著しくすぐれている。

(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るよう1S余裕をみて8Sとしてある。

並列素子数はこう配起動時の過電流のほか、主電動機せん絡など事故電流を考慮して5Pとしてある。

(4) 構造の概要

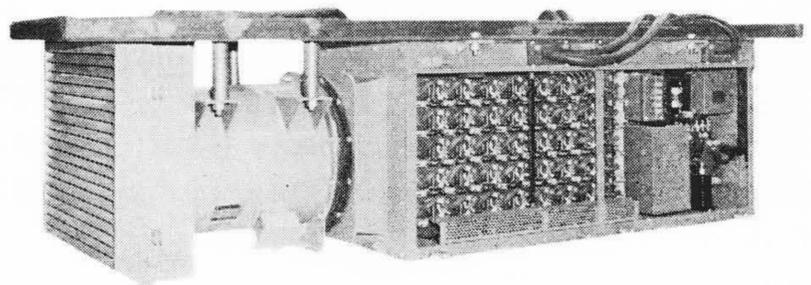
シリコン整流器の外形を第9図にまた素子、冷却片、分圧器などをまとめたスタックを第10図に示す。整流器箱は2箱からなり、電車床下につり下げられている。主回路用シリコン整流器のほか、補助回路用シリコン整流器、および短絡検出装置、温度継電器などの付属品を内蔵している。補助回路用シリコン整流器にはバッテリー充電用と補助回転機用の2種類がある。温度継電器はパイメタル形でフィンに埋めこまれ、フィンの温度により冷却空気回路の異常を検出する。また短絡検出装置は中点電位のアンバランスによりネオンランプを点灯させる方式である。

4.1.4 主電動機

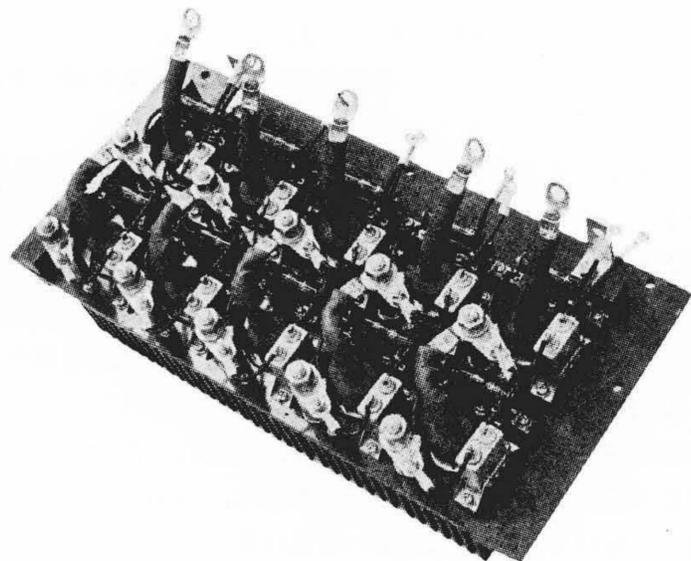
(1) 容量

2.1節の仕様決定条件に述べた事項のほか、さらにこの主電動機の容量決定にあたっては、インド国鉄との打ち合わせ過程において、次の条件を満足するような容量を選定した。すなわち

- (a) シャルダーカルヤ二間の標準走行を連続繰り返したのち、回復運転を約10駅継続しても温度上昇限度に納まること。
- (b) 9両編成(2M7T)で運転中、1電動車を開放した場合でも標準走行の約50%増しの走行時間で、温度上昇限度内にて連続運転できること。
- (c) こう配起動に関しては、140分の1,800mのこう配条件



第9図 912 kW シリコン整流器



第10図 シリコン整流器スタック

において、2M7T運転の場合は2回繰り返し起動、また1電動車開放の場合には1回起動し、こう配を登り切ったのち標準駅間走行を1回行なっても温度上昇限度内に納まること。

以上の各種条件を加えた要求性能を満たすための諸計算は、大形電子計算機を用いて行ない、その結果によって主電動機の容量を決定した。

主電動機の公称定格はIEC規格値-20℃において、1時間定格210kW、連続定格168kWであるが、230kW 415A 1時間定格の實質的容量をもっている。

(2) 構造

絶縁材料その他の進歩により、既納ボンベイ直流電车用175HP主電動機に対して容量で約1.6倍、トルクで約1.2倍にもかかわらず、約10%重量を切り詰めることができた。

絶縁は電機子、界磁コイルともF種で、特に界磁コイルには無溶剤エポキシワニス一体化絶縁を採用した。コイルと鉄心が一体化されたため、絶縁物自身の熱放散が改善されたばかりでなく、鉄心表面も冷却面として有効に利用でき、冷却効果が著しく向上した。

またコイルと鉄心間の相互運動による絶縁の損傷や、塵埃の侵入による絶縁耐力の劣化を防止できるので、本機のようなつり掛式の場合はきわめて有利である。

補極鉄心の積層、絶縁つばバネの使用によって渦流損を減らすとともに、補極磁束の追随性を良くした。一方主極コイルは、定格電流時はもちろん210%起動電流時においても、変圧器起電力と脈動電流による残留リアクタンス電圧のベクトル和が、許容値以下に納まるように主界磁の分流率を3%とした。

電機子コイルは2層5段巻とし、表皮効果による導体の実効断面積の減少を防ぎ、またピニオン側のエンドプレートに冷却風の通路を設けて、コイルエンドの冷却をはかり、局所的な温度上昇を防いだ。

5段巻のようないわゆる多段巻においては、電機子導体を整流子ライザ前で整列させるための電工作業が繁雑となる。これを防ぐために本機では導体のライザ前接続順序を特殊な形とし、かつリアクタンス電圧の平滑化を図った(実用新案申請中)。

ピニオン側軸受部は通常自己冷却ファンに引かれて負気圧となるので、風出口から排気圧をパイプで油切部に導いて、いわゆるエアカーテンにより油漏れを完全に防いだ。またスコール時などに雨水が侵入しないよう排気口に防滴カバーを付けた。

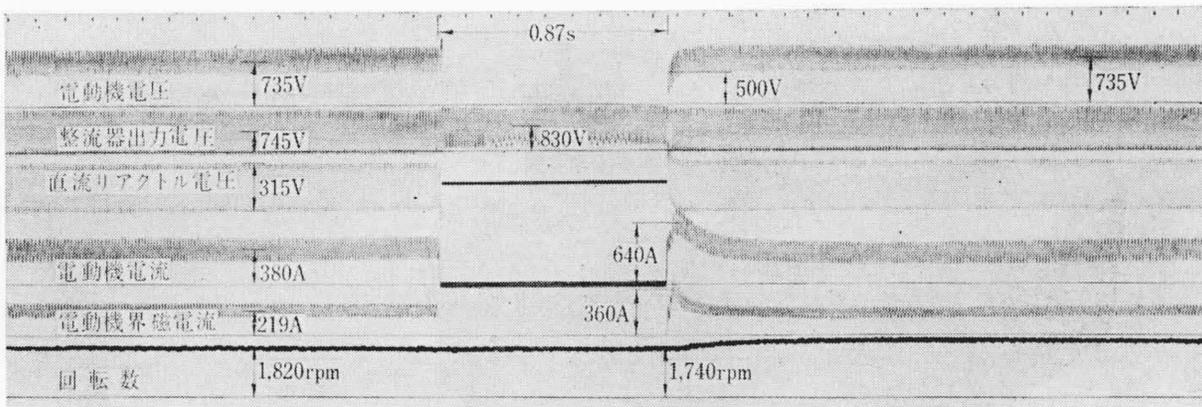
(3) 試験結果

性能試験はIEC規格に従って実施され、實質1時間定格容量230kWにおいても、IEC規格値-20℃すなわち電機子120℃、界磁135℃の温度上昇限度内にあることが確認された。そのほか電力中断試験、起動試験などを実施し、過渡時および定常時の整流状態が良好であることが確認された。電力中断試験のオシログラムの一例を第11図に、主電動機特性曲線および外観写真を第12、13図に示す。

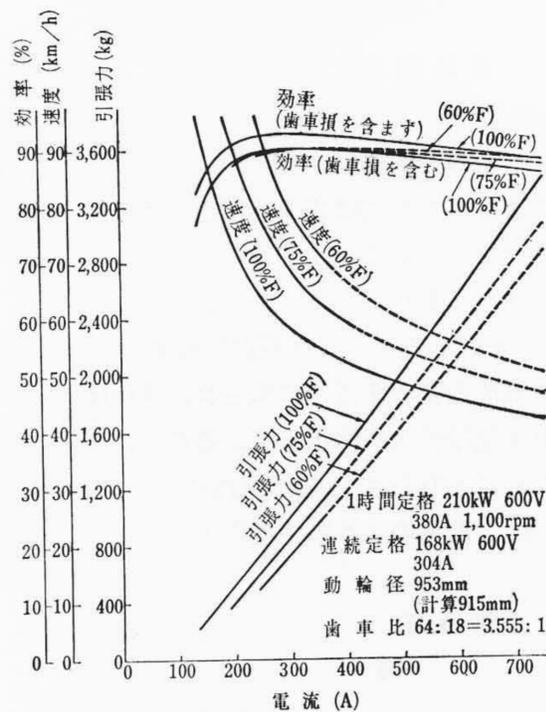
4.1.5 その他の主回路機器

(1) 空気遮断器

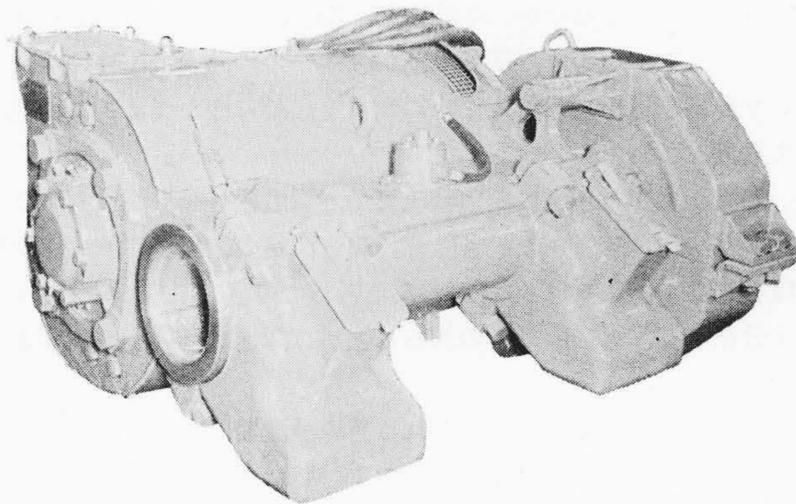
第14図に空気遮断器の外観を示す。この遮断器は国鉄納ED71形交流電気機関車に採用されたCB100形空気遮断器を基本とし、これに遮断部の改良を加え、操作気圧7kg/cm²において250MVAという、車両用としては大きな遮断容量を持たせるこ



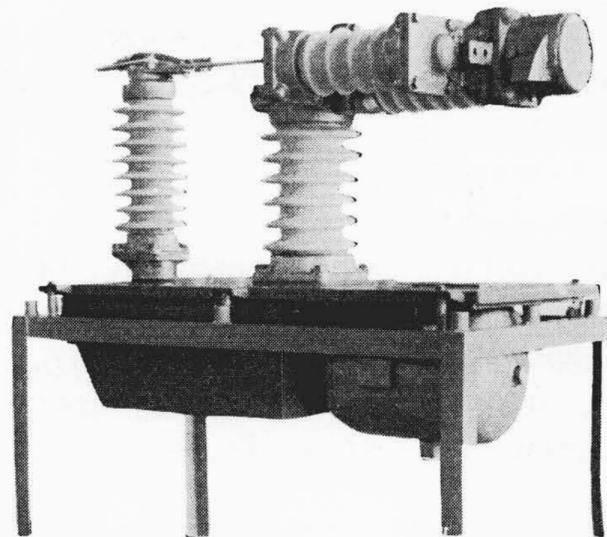
第11図 脈流735V 380A (60%弱界磁)における0.87秒電源中断試験オシログラム



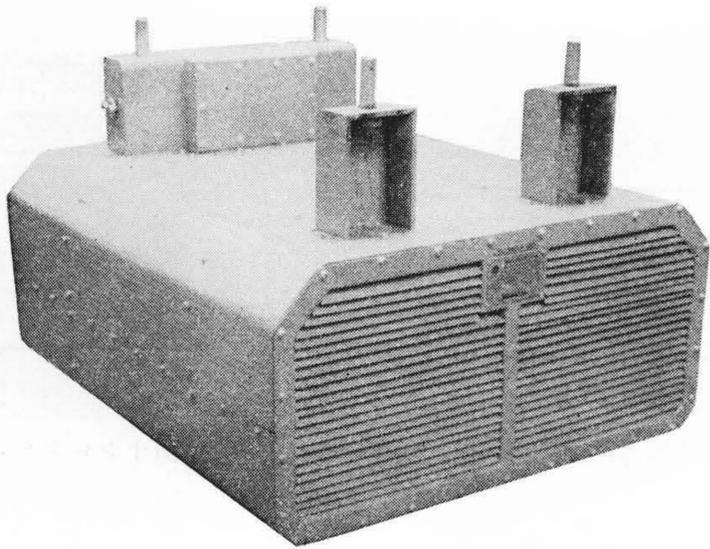
第12図 主電動機特性



第13図 HS-1038-Ar形主電動機



第14図 空気遮断器



第15図 平滑リアクトル

とに成功したものである。

その他の改造点としては25 kV用としての耐圧強化、および軽量化を図ったことである。

(2) 平滑リアクトル

第15図に平滑リアクトルの外観を示す。

主電動機電流の脈流平滑用に供され、7 mHのインダクタンスを有し、H種絶縁乾式を採用しているため、前述の限流リアクトルと同様な特長を有している。風冷式として小形軽量化を図った。冷却風は、前述のように主変圧器と共用の送風機から送風されている。

4.2 補助回路機器

4.2.1 補機

補助回転機のうち主電動空気圧縮機およびバッテリーにより駆動される補助電動空気圧縮機は直流電動機で、他は単相コンデンサモータを使用している。電動送風機、電動油ポンプとも在来の国鉄向け標準と大差ないが、周囲温度を考慮して温度上昇限度を20°C下げ、また架線電圧の変動範囲が大きいので、過電圧時のコンデンサの端子電圧、最低電圧時における起動特性などに特に留意して設計してある。

主変圧器用電動送風機は軸流形で、送風機外筒の表面をガラスウールで包み騒音を吸収させた。騒音測定の結果5~10フォン程度在来のものより低くなり、電車としての騒音限度90フォンに十分納まり、著しい効果のあることが確認された(実用新案申請中)。

主電動機の弱界磁に使用される誘導分流器は、クローズドコア形で、取付足は防振ゴム付きである。したがって周囲の機器や車体に磁束が漏えいして悪影響を及ぼすことがない。補機も主電動機と同様にIEC規格による性能試験を実施し、良好な特性をもつことが確認された。

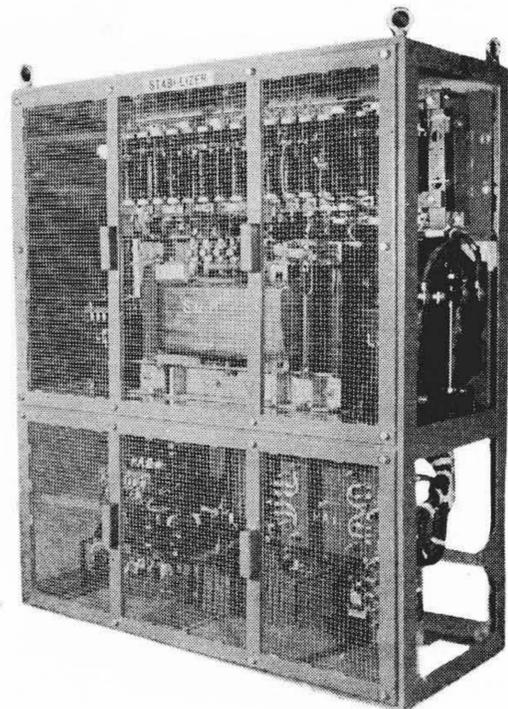
また誘導分流器は平滑リアクトル、主電動機と組み合わせて現車と等価な条件で試験され、脈流においても十分温度限度内に納まることを確認された。

4.2.2 バッテリ充電装置

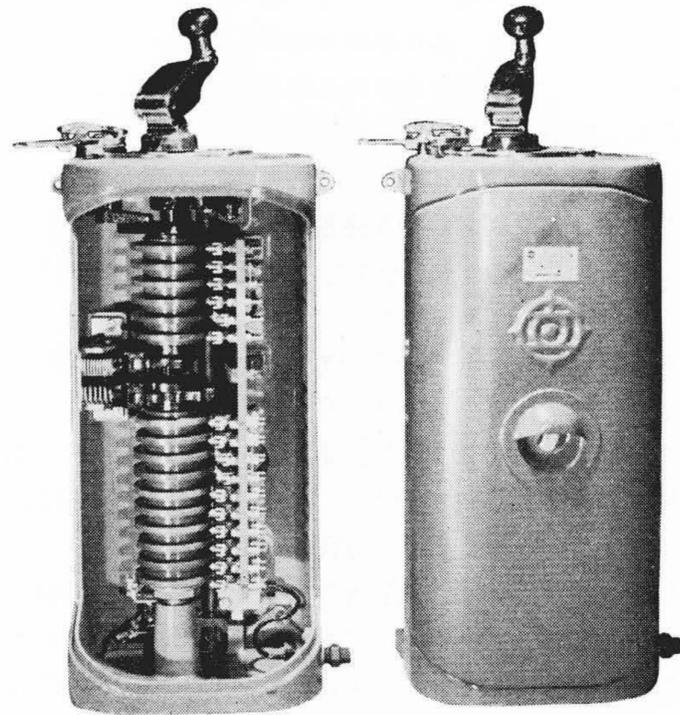
第16図にバッテリー充電装置の外観を示す。

本装置は補助変圧器を入力とし、出力を整流しDC 110Vの定電圧電源を得る静止形定電圧装置で、従来の電動発電機に比し、重量が大幅に軽減されているのが特長である。出力は直流110V \pm 5%で、バッテリーを浮動充電し、電灯回路、制御回路の電源を供給し、12 kWというこの種の電車には例をみない大容量のものである。

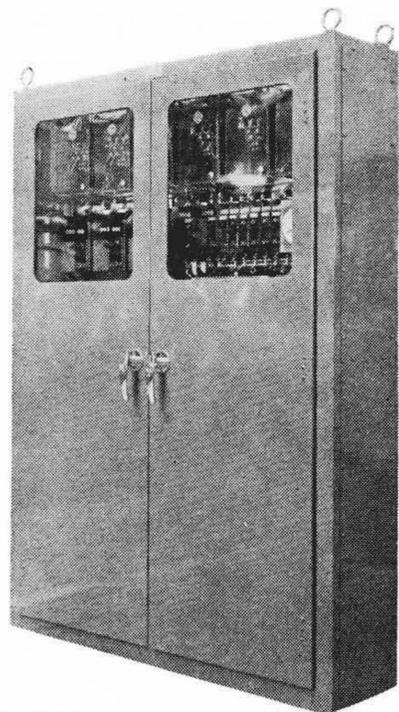
構造は、可飽和リアクトル、前置増幅器、ゼナーダイオード、平滑リアクトル、補助抵抗器、セレン整流器を調整・点検に便利



第16図 バッテリ充電装置



第17図 主幹制御器



第18図 制御箱

なようにキュービクルに収納されている。

4.3 制御機器

4.3.1 主幹制御器

第17図に主幹制御器を示す。

主ハンドルには全界磁4ノッチ、弱界磁2ノッチの計6ノッチの位置があり、タップ切換器を制御し、主電動機を速度を全界磁25ステップと、弱界磁2ステップの合計27ステップの制御を行なうものである。構造は縦形で、主ハンドルにはデッドマン装置がついており手を主ハンドルからはなすと、車に非常ブレーキがかかるようになっている。

4.3.2 制御箱

第18図に制御箱を示す。

これには、保護継電器、補助継電器、ヒューズフリーブレーカ、電圧計、その他制御用機器が収納され、箱はキュービクルスタイルで前面ドアに透明なアクリライト板をはり、電圧計の指示、保護継電器の動作、ヒューズフリーブレーカの開閉状態が一目でわかる構造となっている。またすべての継電器には、アクリライトカバーが取り付けられ、二重の防塵構造となっている。

5. 結 言

本電車はインド国鉄と日立製作所の協力により完成したもので、初めて車を運転したときは、インドの新聞に「初めて走る交流電車」と大きく報道されてはなばなしいスタートをきった。以来好評裏に運転され、本年6月現在60,000kmを走破している。これら電気品の輸出は、従来日本より交流電気機関車のみを輸出していたインド市場に、欧州メーカーとのはげしい競争をのりこえて、はじめて交流電車の電気品を輸出する道をひらいたものとして、特筆すべきものである。

終わりにこれらの機器の設計、製作にあたっては、日本国有鉄道の関係各位のご指導と立ち会い試験をうけたことに対し、深く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 大橋, 立川, 上原: 日立評論 40, 242 (昭33-2)



特許 第413423号

特 許 の 紹 介



沢 幡 寅 治

変 圧 器 用 放 圧 弁

この発明は、変圧器油槽内に発生する異常圧力を確実に外部へ放出するようにすると共に長期の使用によっても誤動作を起さないようにしたもので、図面に示すように、変圧器油槽に連なる放圧管1とこの先端部に設けられる弁体2との間に放圧管1の開口を閉鎖する膜板3を設け、膜板3に対応する弁体2内には支持枠7に枢着され鎖錠リンク機構を構成するリンク10および11にて支持される円筒6を配置している。この円筒6内には、常時放圧動作用バネ8にて膜板3の方へ附勢されたピストン状刃先9を嵌合案内し、リンク10の端部に設けた錠片12を円筒6内の刃先9の途中へ係合対向して保持するようにしており、円筒6と枠板7との間には膜板3の変動を吸収しその疲労を減少させる圧力平衡用バネ15を設けている。13は刃先9と一体の軸に固定され枠板7に設けた固定接触子14に対向する可動接点、4は弁体2の開口部を閉鎖し鎖錠リンク機構等を保護する弁蓋であり弁体2の上端にピン5で固定している。

このように放圧弁を構成した場合、油槽内の圧力の変動が小さいときには膜板3は円筒6を押す圧力平衡バネ15のため膨縮変動は最少限度におさえられるため疲労が少なくなるが、異常圧力が発生した場合、膜板3は円筒6を押して二点鎖線のように膨出するから、

鎖錠リンク機構が動き錠片12が刃先9の保持を解くから、刃先9は作動用バネ8の力で膜板3を破壊し異常圧力を放出する。

この発明によれば、膜板は圧力平衡用バネのため膨縮する変動を最少限度に止め疲労度を小さくできるから、膜板の疲労に基づく放圧誤動作は減少し、異常圧力発生時にはこれを確実に放出できる。

(白土)

