

# 京阪電鉄株式会社納 無人直流移動変電所

## Non-Attendant D.C. Mobile Substation Supplied to Keihan Electric Railway Co., Ltd.

水越正義\* 川上直衛\*\*  
Masayoshi Mizukoshi Naoe Kawakami  
池田正一郎\*\*\* 池谷要\*\*\*  
Shoichiro Ikeda Motomu Ikeya

### 内容梗概

京阪電鉄株式会社に直流移動変電所を納入し現在好調な運転を行っている。本変電所は断路器，避雷器，所内変圧器，交流遮断器，整流器用変圧器を無蓋の車輛に積載した交流車と，1,500 kW DC 600 V の風冷封じ切り単極水銀整流器，高速度遮断器 3 台，制御装置一式を有蓋車に積載した直流車との 2 輛連結で構成されている。

本稿においては機器の配列，車輛の詳細，機器の特長，制御方式について述べている。特に本変電所は無人運転を行うよう設計され遠方制御は日立製作所独得の直接式遠方制御方式を採用している。

### 1. 緒言

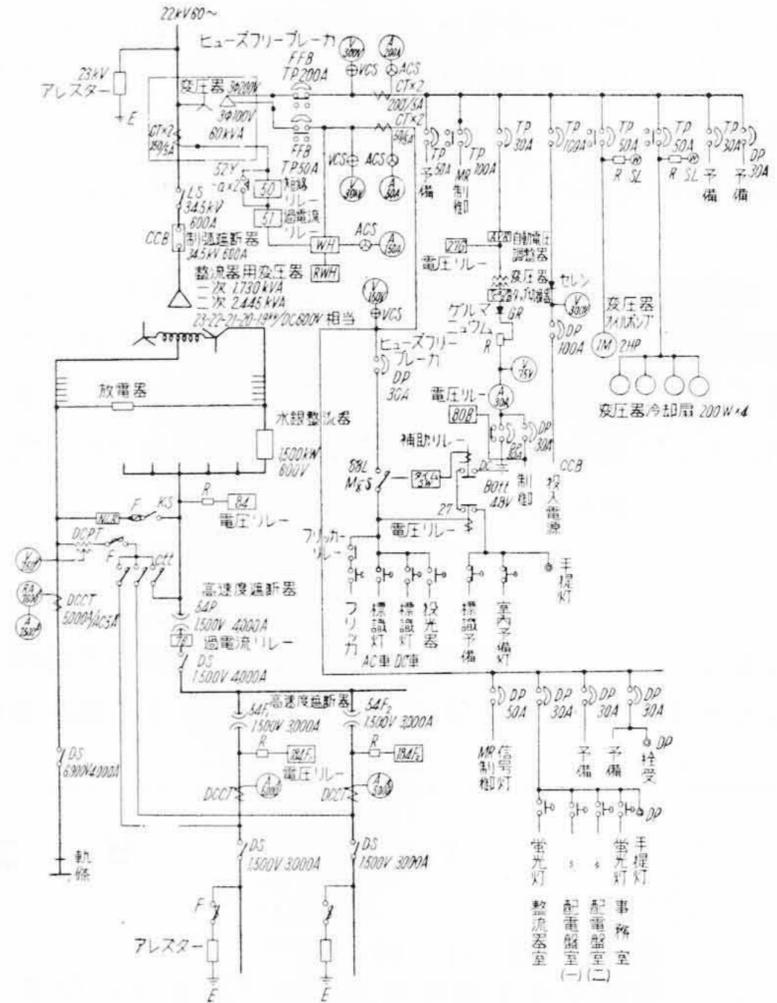
水銀整流器をはじめとする機器の進歩は直流無人変電所の建設を常識化するようになった。日立製作所はさきにわが国最初の屋外メタルクラッド形の無人直流変電所を京阪電鉄株式会社寝屋川および六地蔵両変電所に納入し，また，移動変電所としては，トレーラ牽引の3,000kVA交流変電所を関西電力株式会社に納入している。これらの経験を生かして，今回最新式の地上無人変電所に劣らぬ全装移動式屋外直流無人変電所を完成した。遠方制御は簡明な日立製作所独得の直接式を採用している。その他改良進歩が織り込まれている。以下その概要を説明し御参考に供したいと思う。

### 2. 使用目的

本移動変電所は京阪本線深草車庫または八幡駅側線を常駐地とし常時は無人運転を行う。既設変電所の事故，または改修工事などの場合救援に出動することを目的とする。救援の対象となる地上変電所は 6 変電所で，いずれも常駐地から 5 km 以内である。以上の目的のほかに季節的な増援変電所としての活用も考慮されている。第 1 図は本変電所の単線接続図を示す。交流三相 22 kV 60~ で受電し，1,500 kW DC 600 V 水銀整流器によって 2 回線に饋電可能となっている。

### 3. 車輛の構成

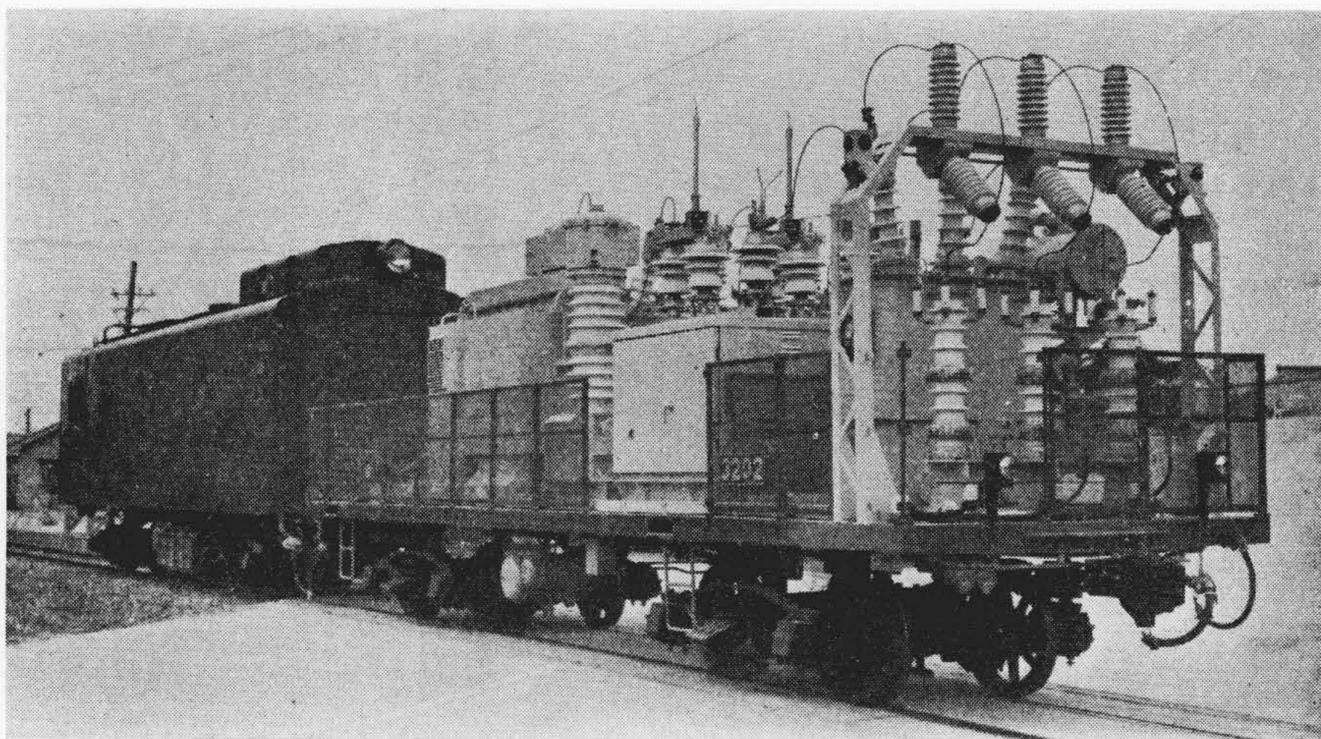
この移動変電所は交流車と直流車からなり，前者は無



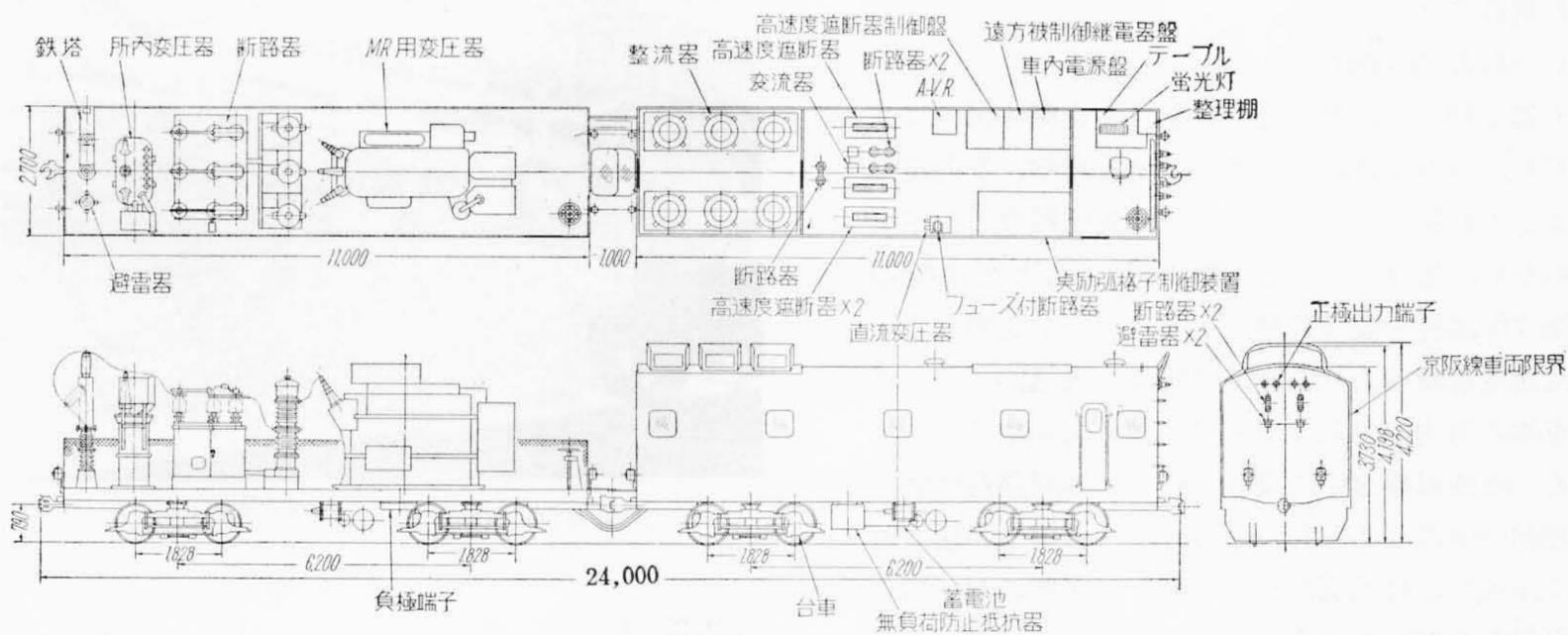
第 1 図 単線接続図

蓋車に交流電機品を，後者は有蓋車に直流電機品を積載し，さらに直流車には特別の場合のために運転要員室を有している。本移動変電所は電動車により牽引され京阪電鉄株式会社線路上を移動しうるものである。車輛寸法は京阪線車輛規定に入るほか，同社京津線においても支障なく移動できる。本移動変電所は，交流車，直流車は永久連結であるが，移動の都合によっては交流車，直流車をそれぞれ簡単に分離できる構造になっている。

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



第2図 移動変電所全景



第3図 移動変電所機器配置

第1表 車輛諸元

<b>重量</b>	
運転整備総重量	64 t
交流車重量	34 t
直流車重量	30 t
車輪配置	[B-B]-[B-B]
車輛編成	2輛連結式 (交流車+直流車)
<b>主要寸法</b>	
軌間	1,435mm
全長(2輛連結面間)	24,000mm
全幅	2,700mm
全高(レール面上)	4,200mm
連結器高さ(レール面上)	790mm
固定軸距	1,828mm
心皿間距	6,200mm
全軸距	8,028mm
車輪径	838mm
ブレーキ装置	元空気溜管式付随車用空気ブレーキ装置
台車形式	ブリル 27E1
車体形式	交流車……無蓋車 直流車……有蓋車

本移動変電所の全景を第2図、その機器配置を第3図に示す、車輛諸元を第1表に示す。

### 3.1 交流車

交流車は特別高圧機器や整流器用変圧器などの交流機器を無蓋車に積載したものである。すなわち特高引込線は、車端に設けられた鉄構上の高圧碍子を介して受電し、その一端は高圧避雷器に接続され、ほかは所内変圧器、断路器および遮断器をとおり整流器用変圧器に接続されている。

変圧器の直流車側には、直流車妻扉よりエクサイترون整流器タンクの出し入れに便なるよう十分なスペースを設けてある。車の周囲は危険防止のため、高さ1mの保護金網をめぐるし、夜間には点滅する橙色表示灯を鉄構上両側に設置した。また、車内への出入りは保護金網に開戸式の扉がついている。なお、本保護金網は完全に閉った状態で運転でき高圧機器に対しても十分なる絶縁間隔がとられている。車体台枠は、上記大形電気機器の重負荷に対し十分なる強度を有するI形ビームを主体と

する全溶接構造である。

### 3.2 直流車

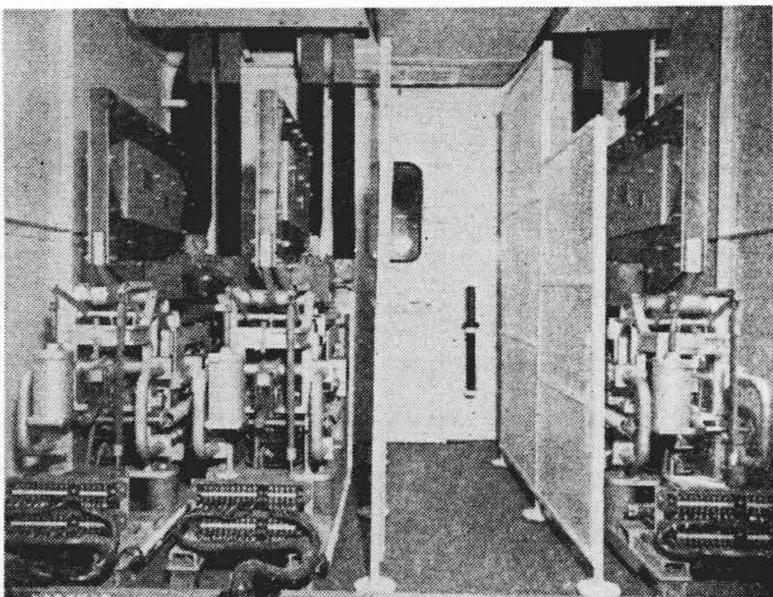
直流車は箱形全溶接構造で、各室間は窓付開戸をもって区切られ、事務室以外は全部固定窓であり、事務室は引窓および落とし窓になっている。外部窓ガラスは全部みがき合せ安全ガラスを用いている。交流車より整流器室、制御配電盤室および事務室となっており、各室ともそれぞれ中央に通路が貫通しており、交流車から事務室に通じている。夜間保護装置として点滅灯が交流車と対称のところに2個設けられている。

#### 3.2.1 整流器室

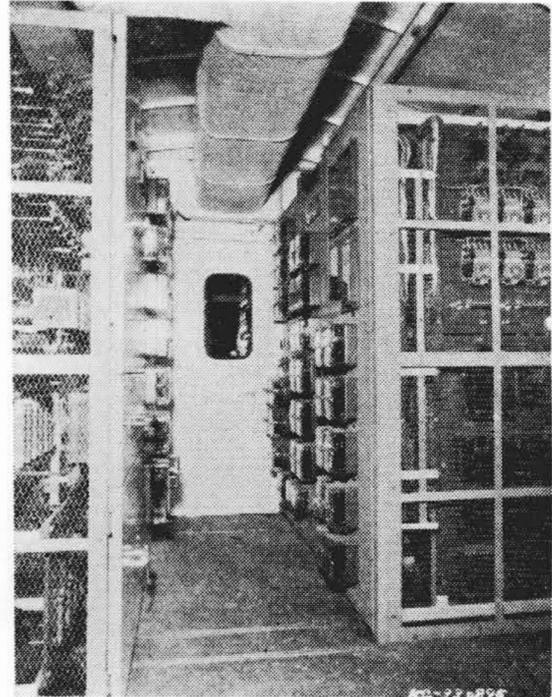
片側3タンク計6タンクの風冷式封じ切りエキサイトロン整流器タンクが、それぞれ両側に配置されタンクの出し入れには可搬式レールが敷かれ、この上をタンク運搬台車を移動させ搬出入を行い、保守は非常に便利である。屋根は機器の出し入れができるよう取りはずし構造になっている。

#### 3.2.2 制御、配電盤室

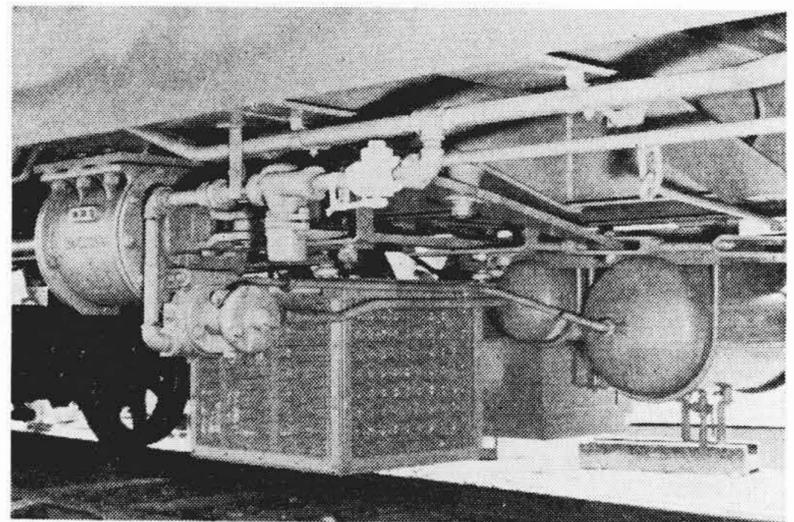
整流器室側より、高速度遮断器3台を第4図のように配置し、同制御盤、遠方被制御継電器盤、車内電源盤および点励弧格子制御装置、直流変圧器などを中央通路の左右に配置している(第5図)。高速度遮断器通路側は保護柵を設け危険防止のため万全を期している。高速度遮断器よりの直流母線は中央通路天井を通り、車端の出力端子部まで配線され、保護網でおおってある。直流母線途中に設けられている断路器は完全に保護網の中に収められ、このカバーの鍵は高速度遮断器に連動し、高速度遮断器が開いた状態においてのみ断路器の操作ができる。室内換気は天井に設けられた、400W換気扇により行われる。盤柵は屋根から、それ以外の機器は出入口から出し入れでき、高速度遮断器は移動用車輪が取り付けられ、人力のみで出し入れできる。



第4図 高速度遮断器取付状況



第5図 配電盤取付状況



第6図 直流車床下機器取付状況

#### 3.2.3 事務室

本変電所は無人運転を建前としているが、運転員勤務を考慮し事務室は十分なスペースをとり勤務しやすいことを目標とした。すなわち引窓際に事務机を配置し卓上扇風機、電話をおき、さらに整理棚、折たたみ式寝台を設けてある。事務室はすべて二重壁とし、防熱構造とした。すべての室の床はリノリューム張りとしてある。

#### 3.2.4 床下

交流車床下には負極端子、接地端子を設け、直流車床下には接地端子のほか、蓄電池、無負荷電圧制限抵抗器などを第6図に示すように吊り下げている。

### 3.3 配線

盤内配線はビニール電線を用い回路別に色分けし、盤間および機器間配線には合成ゴムシース電線を用いすべて二重絶縁とし、ダクトおよびビニールコンジットに入れて保護してある。直流側母線は高速度遮断器から出力端子まですべて銅帯配線とし、車体へは碍子をもって二重絶縁している。交流車、直流車間の配線は制御回路、

低圧補助回路および変電所関係は 19 芯電気連結器を使用し、車輛用貫通制御回路は 10 芯および 14 芯を用い、電動車と接続可能になっている。

電動車により牽引、または推進にて移動する必要上、車輛用貫通制御回路が交流車端から直流車端まで引き回しになっている。

### 3.4 照 明

各室とも白色蛍光灯を使用し、各室の平均照度は 100 ルックス以上、事務室机上平均照度は 200 ルックス以上に設計されている。なお停電時用として蓄電池電源により自動的に点灯する予備灯が各室に設備されている。

また、2 車輛とも、前後に標識灯を有し、夜間保守用として投光器 1 基を備えている。

### 3.5 台 車

京阪電鉄株式会社より支給の電車用台車を、同社 3 年定期検査仕様書により入念に検査、改造を施し使用した。形式はブリル 27E 形揺れ枕式 2 軸ボキータ車である。

### 3.6 ブレーキ装置

2 車輛とも付随車用空気ブレーキとネジ式手ブレーキが設けられてある。

### 3.7 連結装置

京阪電鉄株式会社より支給されたマルコ式自動連結器を用いている。これは頭部は柴田式にして、復心装置のないものであり、曲線の多い同社線路上を移動するため連結器の首振りも非常に多くなっている。弓形のガイドによって首振りを案内する同社独特の方式である。

## 4. 積 載 機 器

積載機器の主要なるものは次のとおりである。

### 4.1 遮断器、開閉器

交流遮断器は 34.5 kV 600 A 遮断容量 1,000 MVA 電磁操作の制弧遮断器である。操作機構は断路器架台を兼ねた配置とし床面積の縮小を計った。

断路器は堅切形として相間寸法を小さくし、ブレードが回転締付形で操作はきわめて軽快にできる。高速度遮断器は有蓋車内に設置する関係で絶縁および遮断時の弧光に対する考慮が十分に払われている。

### 4.2 整流用変圧器

本器は  $\Delta/\Delta-Y$  接続、相間リアクトル内蔵形である。重量軽減のため、冷却方式は、送油風冷式を採用し、鉄心材料は方向性珪素鋼帯を使用した。また、変圧器本体に中性点用断路器、直流変流器、陽極回路用放電器を付属せしめて場所の節約を計ってある。

### 4.3 水銀整流器

#### 4.3.1 概 要

移動変電所用としての水銀整流器の必要な条件は下

記である。

(1) 整流タンクおよび付属品一式は、車輛移動時の振動に耐える構造でなければならない。

(2) 有蓋車に艤装する関係上、整流器の寸法、構造についてはコンパクトにする必要がある。

日立製作所ではすでに車輛用水銀整流器として、交流電気機関車用に 1,500 kW, 650 V, 交直両用電車用に 620 kW, 1,500 V を製作し、好調に運転されている。今回の移動変電所用には、この技術を利用して製作した<sup>(1)</sup>。

本器の仕様は下記のとおりである。

形 式 1 SF 0 — 6 GT (6 タンク方式)

定 格 1,500 kW/600 V/2,500 A

過負荷 100%連続, 150%2時間, 300%1分基本  
負荷 100%5分間繰返し 10回

制御率 5%

整流タンク CF-02, 風冷封じ切りエクサイトロン形

#### 4.3.2 整流タンク

1,500 kW/600 V/2,500 A にて 6 陽極 6 タンク方式とし、しかも狭隘なる車輛限界に収まることは、単極水銀整流器の強大なる過負荷耐量を物語るものである。床面積としては幅 2,400 mm × 奥行 3,240 mm × 高さ 2,170 mm にてなお中央に点検およびタンク出し入れ用通路として幅 840 mm を確保していることは特筆すべきものと考えられる。

整流タンク内部構造は通常の地上変電所用としてすでに多数製作されたものと下記の点を除き、ほかはまったく同一構造にて製作された。

(1) 籠形グラファイト格子取付部が特殊構造となり、加速度および振動に対して安全にしてある。

(2) 補助電極(グラファイト)の取付方式として、振動に対して考慮された構造をとっている。

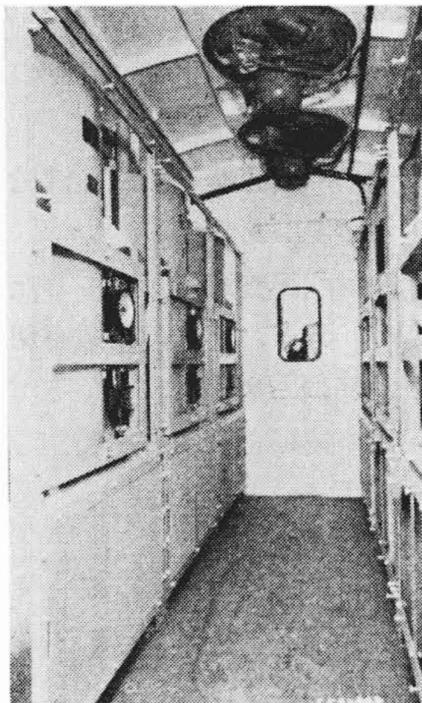
ここで付言すると、陰極構造および封緘構造は地上用と同一構造を採用していることである。このことは一見奇異に感ぜられるが、前者は移動中通電せず、かつエクサイトロン形にて点弧極は水銀面より離れていること、後者は日立ビトリアスエナメルシールの機械的強度が高いため、ほかの車輛用と同様特別の対策を必要としない理由によるものである。

#### 4.3.3 整流器キャビネット

整流タンクは第 7 図に示されるように中央を通路とした両側配置方式であり、6 タンク方式の最大特長たる占床面積の大幅な節減が行われている。

整流タンク支持は、ほぼタンク重心部位置にてキャビネットに絶縁物を介して強固に固定される。

キャビネットはタンク単位に構成され、下部には各タンク用器槽冷却扇、器槽加熱器、点弧格子用抵抗



第7図 整流器室

器などが取り付けられ、タンクとキャビネットは電氣的に厳重に絶縁され、キャビネットは車体電位となっている。整流器点検は中央通路で行えるので車体側面に扉のないのも特長の一つであろう。

換気扉は中央通路上に3台設けられ、冷却空気取入口は各タンク据付床面部に設けられ、冷却空気は入口フィルタを介

して車外空気を吸込む方式となっている。

#### 4.3.4 整流器の温度制御（整流器室の構成）

本器の温度制御関係器具の仕様は下記のとおりである。

##### (1) 送風機

整流タンク用冷却扇 60/30 m<sup>3</sup>/min  
20/5 mmAq×6台

整流器室用換気扇 145 m<sup>3</sup>/min  
三相換気扇×3台

##### (2) 加熱器

陽極加熱器 250 W/タンク (連続投入)  
陰極加熱器 3 kW/タンク

##### (3) 温度継電器

陰極加熱器用	23 kH	40~35°C	タンク温度検出
冷却扇用	23 B	<45~40°C	タンク温度検出
過冷防止用	26 L	25~20°C	タンク温度検出
過熱防止用	26 H	丸形温度計	タンク温度検出
換気扇用	23 S	30~25°C	整流器室温検出

##### (4) 風量調整

整流タンク冷却扇入口部ダンパ調整による風量一部室内循環可能とする。

本器のようにコンパクトな狭い場所に整流器を収めた場合には冷却回路の計画よろしきをうれば、かえって空間および熱容量とも小なるため整流器にとって理想的な温度制御が実施できる。

換気扇容量は盛夏時に整流器冷却扇にて放出された熱風を完全に車外に放出するに十分なる仕様でなければならない。車輛特有の寸法上の制限があることに留意しながら、風放出部の冷却回路は、雨水の浸入を防止し、かつ最少の風損しか消費しない空気回路でなければならない。この点は既納屋外ユニット変電所の資

料を十分に活用できた。

また整流器室内の冷却空気の循環については万全の処置を講じたので過負荷 150% 2時間後の整流器室温は8°C上昇に止り熱交換が完全に行われている。

換気扇は自動運転を行っているが、狭い空間で整流器風出口部に近く換気扇があると運転上次の利点を生む。

整流器が運転に入り、換気扇が停止状態にあるとき、いったん冷却扇が運転状態に入ると冷却空気は整流タンクで加熱され、ある速度をもって整流タンクより放出されるのでその分力を受けて換気扇は電動機停止状態にあっても換気扇ランナはある速度で回転しある程度損失を車外に放出する。このことは冷却空気回路に一つのクッション作用を保たせることになり整流器温度制御上きわめて好都合である。

## 5. 制御装置

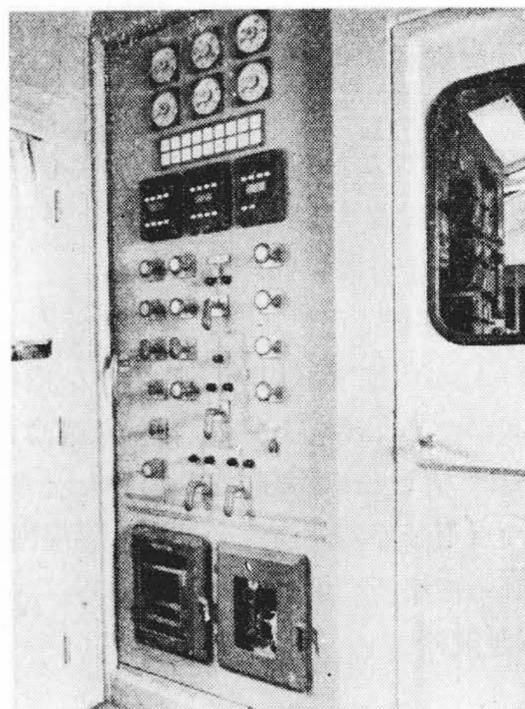
### 5.1 制御電源

遮断器の操作と非常灯電源として 48 V 36 AH の小形蓄電池を設け、鉄共振形自動電圧調整器と組み合わせたゲルマニウム整流器によって常時浮動充電している。

交流遮断器の投入電源としては別に設けたセレン整流器を使用する。遠方制御電源としてはセレン整流器で直流 100 V に整流して使用している。

### 5.2 配電盤

主制御盤は第8図のように事務室の壁に埋込まれた形になっていて裏面点検のため可動式になっている。点励弧格子制御装置、継電器盤、所内盤、高速度遮断器制御盤は通路を中央に第5図のように配置されている。所内盤は裏面からの点検とし、そのほかは可動式配電盤とし点検を便にしてある。



第8図 主制御盤

### 5.3 水銀整流器の制御

整流器の温度調整は換気扇，器槽冷却扇，陰極加熱器などが温度継電器によって自動調整され配電盤室の換気扇も室温によって自動制御しうるようになっている。

整流器の運転は，遠方操作 $\leftrightarrow$ 直接操作のいずれかに切り換えられ，直接操作のときはさらに自動 $\leftrightarrow$ 手動に切り換えられるようになっている。自動操作の場合起動引ボタンスイッチを引くことによりまず点弧および励弧操作が行われ，同時に格子に負偏倚電圧を印加する。点励弧が完了すれば交流遮断器を投入し，つづいて格子負偏倚電圧に重畳して正弦波電圧を印加し，整流器は直流電圧を発生する。直流電圧の発生を確認して正極用高速度遮断器を投入する。次に各饋電線の外線電圧を確認して饋電用高速度遮断器を投入する。以上の操作が自動的に行われる。遠方操作はタイムスイッチと，開閉器による起動停止があり，いずれの場合も起動操作は前述の自動起動と同じ順序で行われる。手動のときは各個操作が可能である。

### 5.4 自動再閉合

水銀整流器の逆弧または直流側過電流のときは，水銀整流器を停止し，再閉合継電器で格子による再閉合を行っている。饋電線の高速度遮断器も自動再閉合を行っている。いずれも1回～3回まで任意回数の再閉合が可能であり，自動再閉合に失敗すれば閉鎖して警報する。

### 5.5 記録計器

無人変電所に適合した記録計器として交流積算電力計のほかに一時間ごとに使用電力量を記録する印字式記録積算電力計を使用している。直流側は主回路に記録電流計を，主回路および饋電2回線に最大指針付直流電流計を設け，負荷状態の点検に便ならしめた。

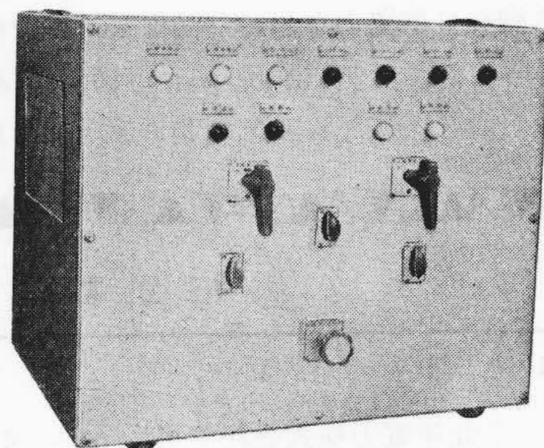
### 5.6 投光器，表示灯の操作

屋外投光器は，操作切換器を自動側にしておけば，タイムスイッチによって夜間は自動的に点灯され，同時に交流車，直流車おのおのの車側に設けた赤色表示灯も自動的に点滅を開始する。交流車，直流車の前後の標識灯は前記投光器と同時に点灯する。夜間停電の場合は，室内予備灯が自動的に蓄電池によって点灯される。

### 5.7 日立直接式簡易遠方制御<sup>(2)</sup>

本移動変電所は任意の場所に移動後，日立直接式遠方制御方式によって遠方制御されるようになっている。連絡線は6本使用し，そのうち1本は共通線とし2本目はタイムスイッチによる全自動操作と遠方操作の切換えに使用する。

この連絡線で遠方 $\leftrightarrow$ 時計の切換表示と軽故障発生時の表示灯の点滅，ブザー警報を行う。さらにタイムスイッチで水銀整流器が自動起動すれば制御所のブザーを鳴らして注意をあたえることも兼ね行わせている。3本目



第9図 遠方操作用制御函

は水銀整流器の遠方からの起動，停止操作とその表示に，4本目は重故障のベル警報に使用し，さらにこの線を利用して現地操作中の表示を制御所に出す。5本目と6本目は饋電線高速度遮断器2回線の開閉表示を行わせている。

第9図が制御所に設置する制御函で可搬形で内部に受信リレーなどを収納している。制御用連絡ケーブルと交流100V電源があれば任意の場所から遠方制御が可能である。

### 5.8 保護方式

点励弧操作の渋滞と全体の起動操作が予定時間以内に完了しなかった場合は，交流遮断器を開放し，一定時間後再起動せしめ，ふたたび渋滞を生じたときは閉鎖する。

下記の故障に対しては整流器を停止し鎖錠する。

交流過電流，変圧器故障（ブックホルツ継電器重故障の動作），格子負偏倚電圧降下，格子回路短絡整流器過熱，直流正極母線接地，冷却扇短絡，点励弧回路短絡，ヒューズフリーブレーカ自動遮断，

下記は軽故障として表示および警報を行う

整流器過冷，饋電線再閉合失敗，変圧器過熱，ブックホルツ継電器（軽故障），電源異状

停電も含み電源異状のときは水銀整流器停止し回復すれば自動的に再起動する。

## 6. 結 言

電鉄用直流電源設備はすでに老朽期に入ったものが相当数あるものと考えられるが，これらを急速に新鋭設備と入れ換えることは實際上困難である。また予備器としていずれの箇所にも増強したらよいか老朽設備の分散状況によって異なり，一箇所に固定することは得策でない場合も考えられる。さらに季節的な負荷の増大，既設変電所の突発事故などに対し移動直流変電所の果す役割はきわめて大きいものがある。今回製作された移動変電所は機器の信頼性はもちろん，艱装上においても，操作方式においても画期的な内容をもつもので，特に遠方監視制御装置を有する無人直流移動変電所としては，わが国において，最初の実績である。最後に本設備の計画，設計

に有益なる御意見御協力を賜った、京阪電鉄株式会社  
上林局長、寺倉部長、角田課長、川合車輛部長、渡辺車輛  
課長の各位に対し深甚なる謝意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 毛利, 浅野: 日立評論 40, 352 (昭 33-3)  
(2) 池田: 日立評論 40, 479 (昭 33-4)

## 日立製作所社員社外講演一覧表

(昭和33年10月受付分)

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
10. 8	北陸電力株式会社	最近の水車について	日立工場	横井信安
10. 30	電気学会	揚水式発電所の水車およびポンプ設備について	日立工場	深栖俊一
11. 21~22	電気学会, 電気通信学会, 照明学会, テレビジョン学会, 各東海支部	超高圧空気遮断器	国分工場	仲野善一
11. 21~22	電気学会, 電気通信学会, 照明学会, テレビジョン学会, 各東海支部	1,200 kVA コンデンサの温度上昇	国分工場	斎藤亮二
11. 21~22	電気学会, 電気通信学会, 照明学会, テレビジョン学会, 各東海支部	電力用半導体整流器の保護	国分工場	森田和夫
10. 5	日本鉱業会, 北海道鉱山学会	石炭の水力運送(ハイドロホイスト)について	亀有工場	寺田進
11. 5	山梨大学工学部機械工学科	歯車精度と工作法について	亀有工場	森田一弘
12. 3	金属表面技術協会	火焰焼入について	亀有工場	割石官市
11. 11~12	日本自動制御協会他7学会	油圧平衡方式サーボ弁について	川崎工場	金井昌彦
10. 7	社団法人生産技術協会	フライス盤の防振装置について	川崎工場	長田道夫
10. 17	日本工作機械工業会技術委員会	日立各種フライス盤について	川崎工場	阿武芳朗
10. 20	日本工作機械工業会	全自動無人トランスファマシン	川崎工場	中村昌夫
11. 7	日本化学会	フェノールノボラックの硬化反応に関する研究	多賀工場	横山亮次
11. 14	社団法人照明学会	光天井照明	亀戸工場	高木正
11. 14	社団法人照明学会	蛍光灯の点灯特性	亀戸工場	中道松郎
10. 28	社団法人色材協会	縮合形合成樹脂	絶縁物工場	鶴田四郎
11. 7	日本化学会関東支部	絶縁材料に用いられる最近の化学素材	絶縁物工場	野口澄夫
10. 16~17	近畿電力合理化協議会, 滋賀県委員会	油無し遮断器について	大阪営業所	原田房佳
9. 18	日本生産性本部生産性研究所	国産電子計算機の現状についての討論会	中央研究所	藤中恵
9. 17	日本生産性本部生産性研究所	国産電子計算機の現状	中央研究所	高田昇平
11. 7	日本科学技術連盟計算機活用研究委員会	E.T.L. Mark II による気象の数値予報と原子炉の計算	中央研究所	藤中恵
11. 7	日本化学会	分光光度計による火花分析	日立研究所	菅原寧二
10. 18	化学工学協会	Na. NaK 取扱技術の二, 三について	日立研究所	河原洩
11. 26~27	日本学術振興会, 炭素材料研究会	湿気による刷子および整流子の荒損	日立研究所	武政隆一
10. 17	電気通信学会全国大会委員会	ドリフト・トランジスタの高周波利得	トランジスタ研究所	保坂雄
10. 27	日本管工事工業協会, 日本冷凍機製造協会	冷凍機用補器	本社	高橋秀彦
10. 15	日本管工事工業協会, 日本冷凍機製造協会	冷凍機用補器	本社	高橋秀彦
11. 14	社団法人照明学会	特急「あさかぜ」号の照明	本社	田中正次