

日本国有鉄道東北本線（大宮—宇都宮間）用
中央制御無人直流変電所
 Non-attendant DC Substations for Tohoku Line
 (Omiya-Utsunomiya), Japanese National Railways

池田正一郎* 渡辺富雄*
 Shoichiro Ikeda Tomio Watanabe

内 容 梗 概

昭和33年4月、日本国有鉄道東北本線大宮—宇都宮間80kmの電化が完成し運転に入った。本区間には封じ切り単極水銀整流器3,000kW6台と、2,000kW2台が8箇所分散配置され、単位無人変電所として、宇都宮にある中央監視制御所より遠方監視制御される。本稿においてはまず単位変電所に使用した主要機器の特長を概説し、次に主盤、整流器制御装置、饋電盤などについて改良された諸点を明らかにしている。さらに制御電源、制御方式について従来の方式に比べ相違する点について説明し、最後に保護方式の概要を述べている。

1. 緒 言

日本国有鉄道幹線電化の一環として、今回東北本線大宮—宇都宮間の電化が完成し、4月14日から正式営業運転が開始された。大宮、宇都宮間約80kmに8箇所の水銀整流器変電所を設置し、これらは無人の単位変電所とし、宇都宮に設けられた中央制御所から、集中遠方監視制御されるようになっていく。この方式は経営の合理化と、電力の合理的使用の面から大容量集中変電所を単位分散変電所とし、中央集中遠方監視制御方式とした日本における初めての実績であり、使用されるすべての機器の技術的向上によつてはじめて可能となつたものである。

全設備については、日本国有鉄道公社と日立製作所の協力のもとに、新機軸を出すようあらゆる角度から検討が行われたので、幾多の技術的改良進歩の跡が見られる。本稿においては変電所の制御装置について、その概要を述べ御参考に供したいと思う。

2. 設備の概要

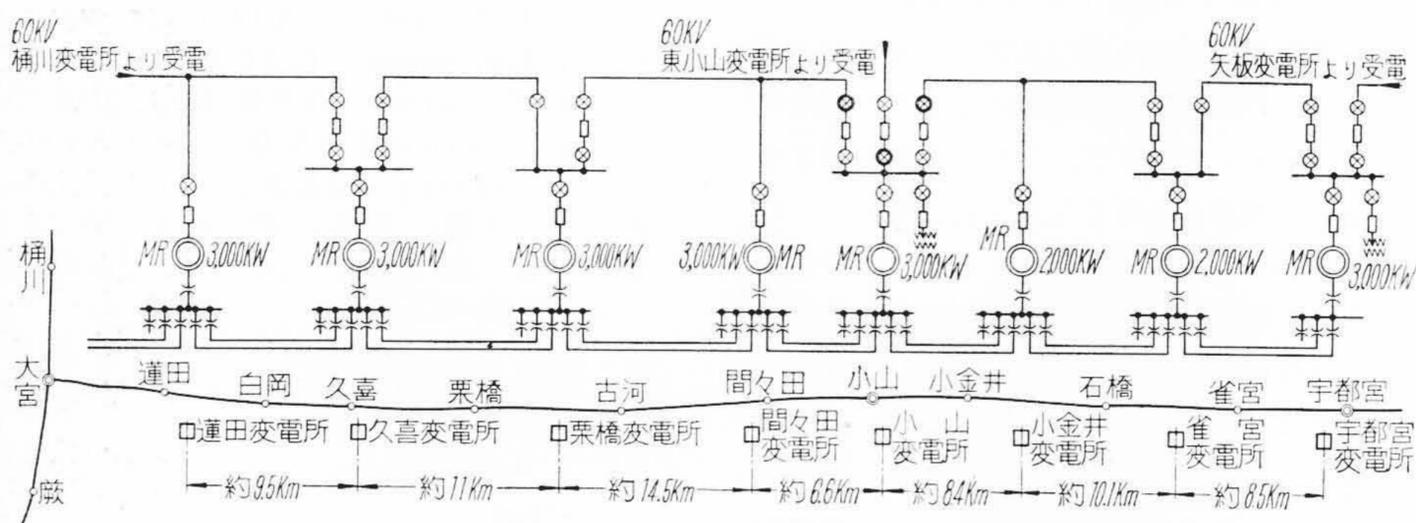
第1図に全設備の系統図を示す。大容量集中変電所を止めて合計8箇所の単位分散変電所としたため、変電所間隔は従来より短縮された。一変電所の事故によつて、列車運転に支障を与えないように隣接変電所の容量ならびに直流饋電方式が考慮されている。なお各変電所はほぼ同一構造として、互換性をもたせている。

各変電所の出力は下記のとおりである。

- 3,000 kW DC 1,500 V 水銀整流器設備1組 蓮田、久喜、栗橋、間々田、小山、宇都宮の6変電所
- 2,000 kW DC 1,500 V 水銀整流器設備1組 小金井、雀宮の2変電所

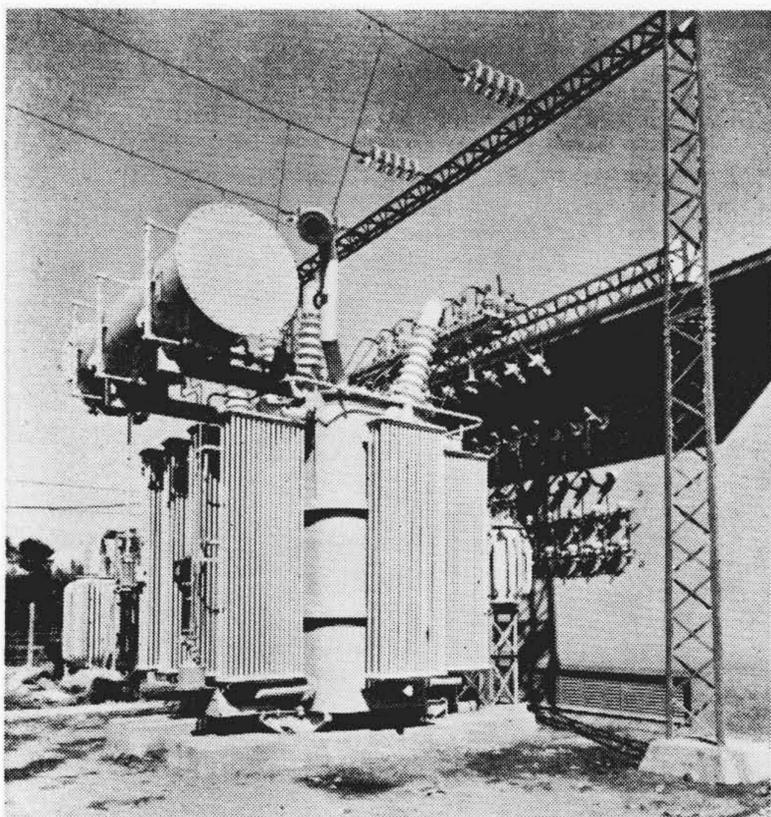
60kV受電は蓮田、小山、宇都宮の3変電所とし、第1図に示すように各変電所に給電され、各変電所はいずれからも受電できる。なお特高側遮断器の数も必要限度に節約されている。

各単位変電所に設けられた主要機器は、次のとおりで



第1図 東北本線8変電所の受電および給電系統図

* 日立製作所国分工場



第2図 3,435 kVA/4,835 kVA 60 kV/DC 1,500 V
SOCR-3 YC 型整流器用変圧器

ある。

整流器用変圧器は $\Delta/\Delta-Y$ 接続，相間リアクトル内蔵油入自冷式屋外型で外形写真を第2図に示す。変圧器は3室型の窒素封入方式の採用によつて，絶縁油の劣化を防止し，内部点検を不要としたため，従来の移動軌道，吊上鉄構，変圧器移動車輪を廃止し，簡明な舟底型としている。

水銀整流器は単極封じ切り風冷式（1組6タンク）で第3図は現地据付写真である。

交流遮断器は 80.5 kV 800 A 遮断容量 250 MVA

圧縮空気操作式で第4図は現地据付写真である。

直流高速度遮断器は次の三用途に使用される。

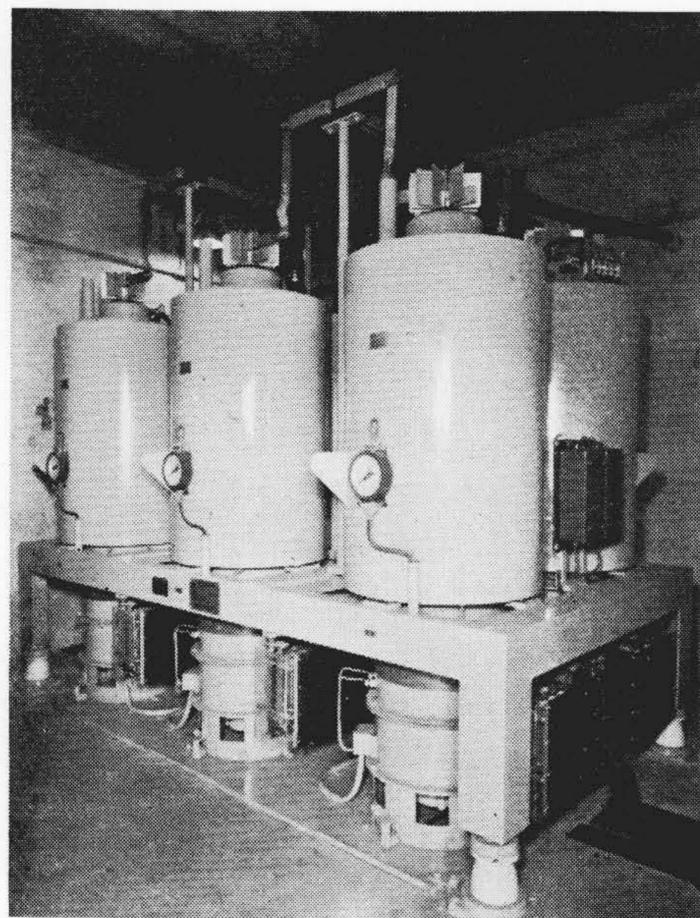
54P.....DC 1,500 V 3,000 A逆流遮断，水銀整流器，正極用

54F.....DC 1,500 V 2,000 A順方向過電流遮断，饋電用

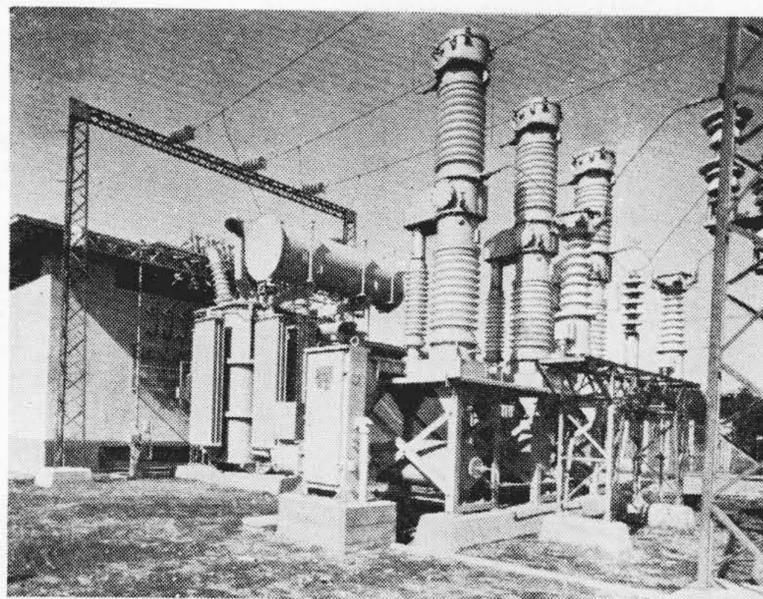
54F1.....DC 1,500 V 1,000 A涌波器用

第5図は正極用 54P を示す。本遮断器は従来に比し大幅に遮断容量を増大されたもので，日本国有鉄道二宮変電所における DC 1,500 V 50 kA の現地遮断試験，および工場における推定短絡電流 115 kA の特殊遮断試験に良好な成績を納めたもので，また絶縁強化についても高圧部と枠，枠と大地と2段にわけ万全を期している。

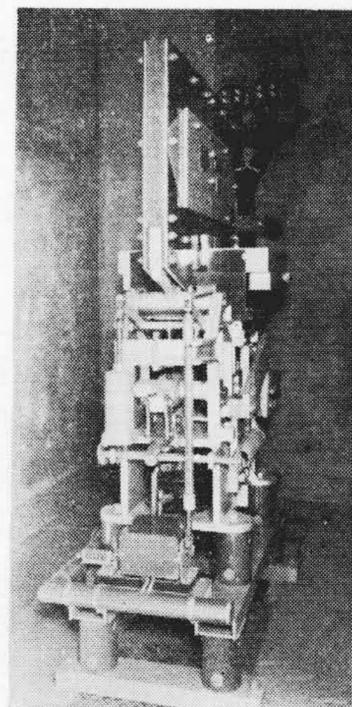
直流断路器は DC 1,500 V 2,000 A 屋外型圧縮空気操作で操作の円滑，機械的強度の増大，絶縁強化の観点から新たに設計されたもので，さらに高速度遮断器との間に誤操作防止の電氣的連動を設け，遠方制御されるようになっている。



第3図 3,000 kW DC 1,500 V ISFO-6 GT 型
封じ切り風冷水銀整流器



第4図 80.5 kV 800 A
250 MVA 250 B-PAB
型交流遮断器



第5図 DC 1,500 V 3,000 A
HD-GM 型正極用直流高
速度遮断器

3. 単位変電所制御装置

(1) 第6図は単位変電所の単線接続図である。建家は最小面積の平家建て、第7図のように機器が配置されている。

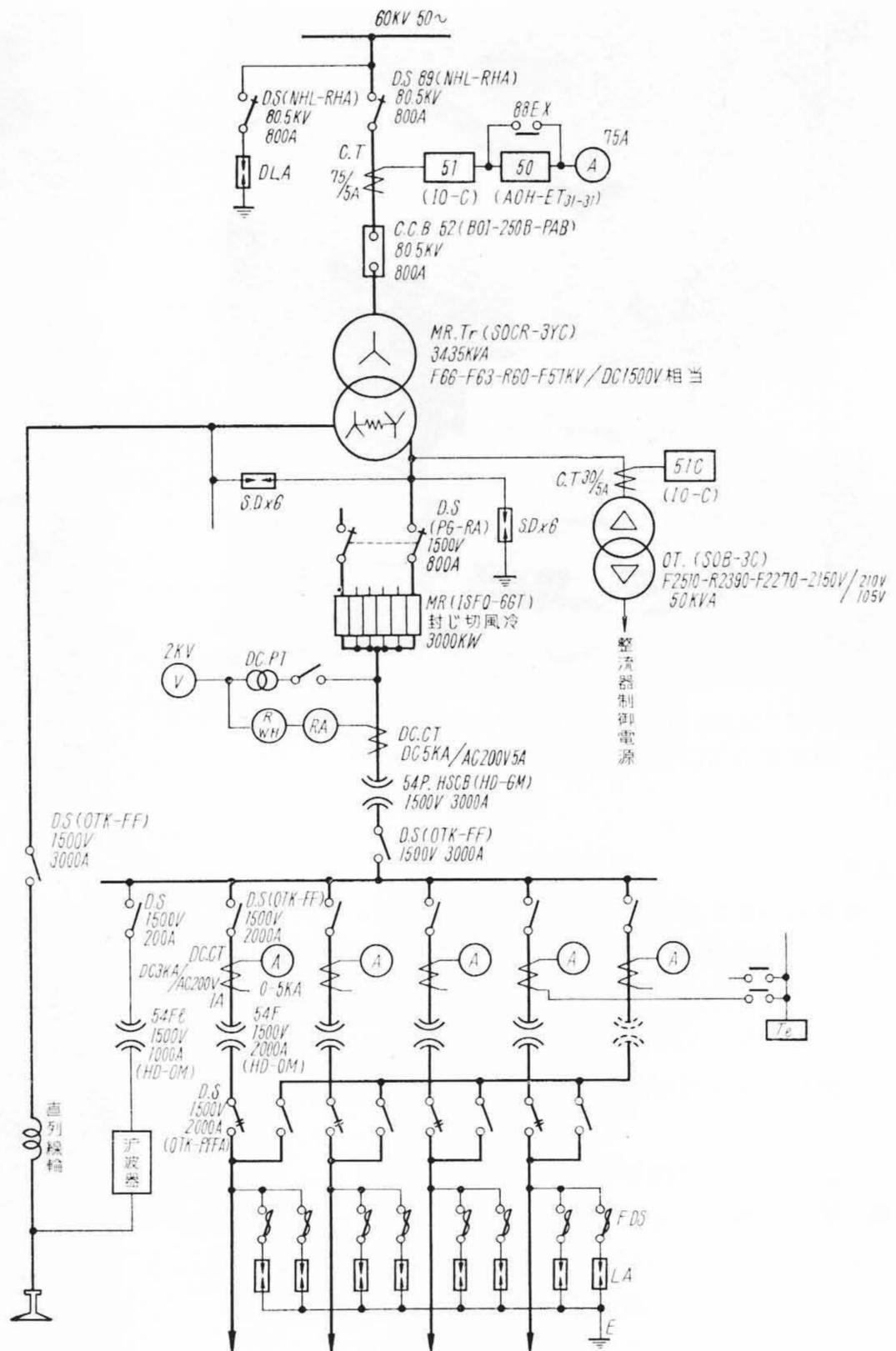
(2) 主配電盤は無人変電所で、常時監視の必要がないため、大幅に簡素化されている。第8図は受電および整流器盤である。補助継電器は小型の挿込型とし、盤裏可動盤に取り付けている。饋電盤は従来のように整流器盤と列盤とすることをやめて、各個の独立盤とした。したがって整流器盤には模擬母線のみ取り付けられている。

(3) 点励弧格子制御装置は、従来1個のキュービクルに収納されていたが、今回低圧制御回路機器、すなわち制御電源用双形開閉器、電磁接触器、操作開閉器、整流器温度調整関係の補助リレーなどを、第9図に示す低圧キュービクルに収納し、高圧が加圧される絶縁変圧器、点励弧用セレン整流器、格子変圧器、点励弧用接触器、格子バイアス回路の保護リレーなどは、高圧側制御キュービクルに収納し、低高圧と2分割し混触の危険を防止した。

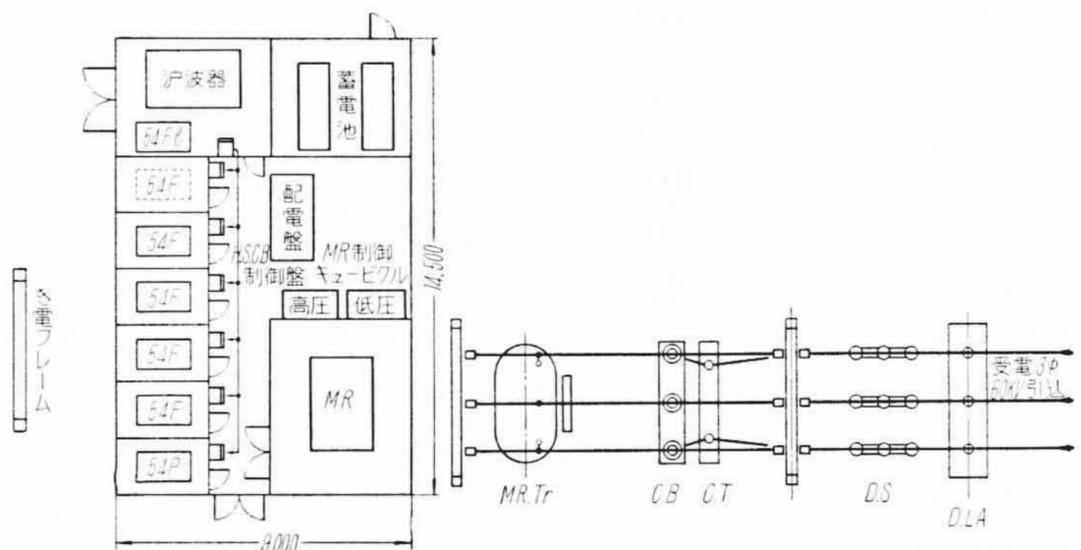
特に高圧側キュービクルに収納される機器は、前面配線として保守点検に便ならしめてある。

制御キュービクルは水銀整流器とは別室とし、監視上の利便と、整流器に必要とする比較的高い室温の影響から切り離すことにした。第10図は現地据付状況を示す。なお整流器室の室温と風取入口温度が室外から簡単に測定できるように、壁かけ型温度計盤を設けている。

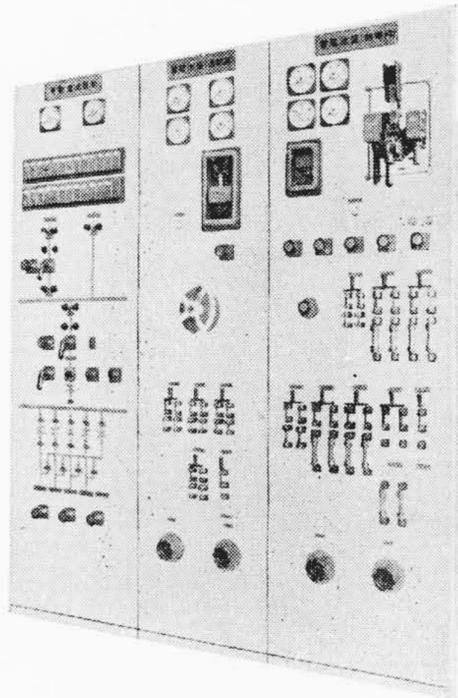
(4) 饋電盤は制御盤と、高速度遮断器の操作電磁接触器、抵抗器などを収納した一体の制御盤として設計されている。したがって従来の分離方式に比し、経済的にも床面積の上でも有利となっている。第11図は現地据付状況を示すものである。



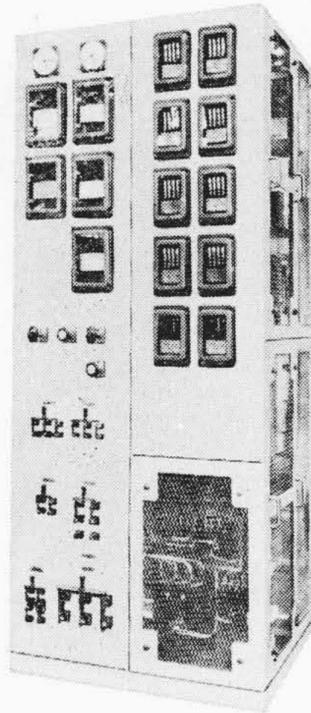
第6図 東北本線電化無人水銀整流器変電所単線接続図



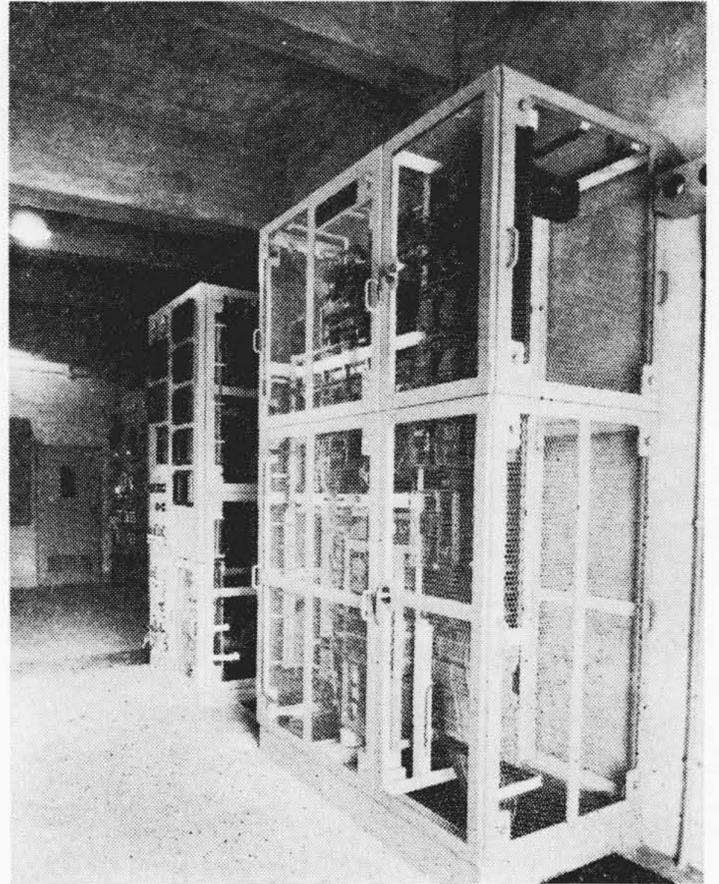
第7図 機器配置図



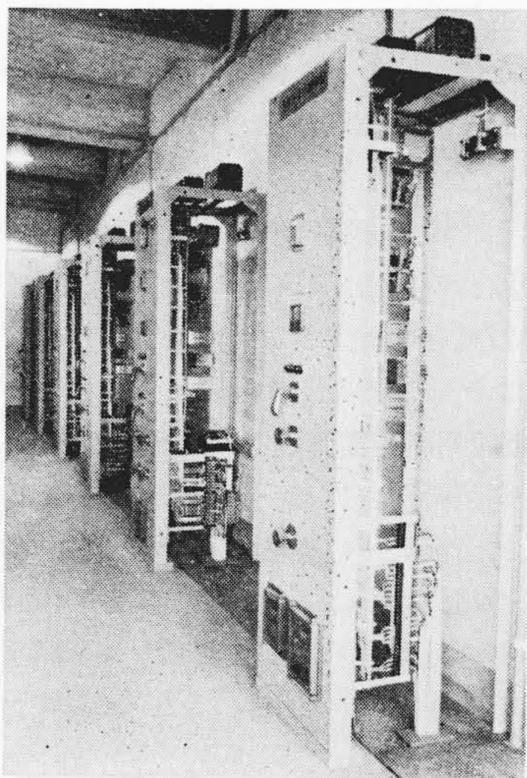
第8図 受電・整流器盤と蓄電池盤



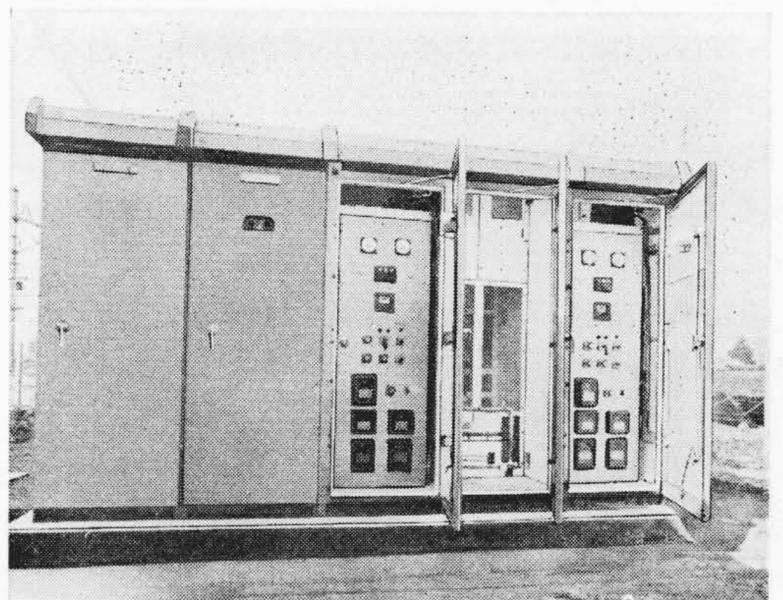
第9図 DC 1,500 V 3,000 kW 水銀整流器用低圧制御キュービクル



第10図 DC 1,500 V 3,000 kW 水銀整流器用高低圧制御キュービクル現地据付状況



第11図 DC 1,500 V 直流饋電用制御盤



第12図 信号高圧キュービクル

(5) 信号高圧用キュービクルは宇都宮、小山両変電所のみに設けられ、油入遮断器、自動切換装置、制御盤を収納した屋外型キュービクルで、第12図に示す。

4. 制御方式

各单位変電所は宇都宮にある中央制御所から、集中遠方監視制御される。遠方操作は水銀整流器の起動停止、および饋電用高速度遮断器(54F)の入切を行うようにしている。もちろんおのおの遠方、直接の操作切換器を設け直接操作も可能となっている。

4.1 制御電源

低圧交流操作電源は経済的見地から第6図に示すよう

に、整流器用変圧器の二次側からとつている。なお蓄電池充電装置、照明電源などは切り換えて、単相 6 kV の信号高圧からもとりうるようになっていいる。蓄電池は機器操作用として DC 100 V 150 Ah 1組、遠方監視制御電源用として別に DC 100 V 24 Ah 1組を設けている。

これは機器操作用蓄電池回路に DC 1,500 V が混触したような場合、遠方制御装置が絶縁破壊し、その結果ほかの全変電所の遠方操作不能を起す危険を防止するためである。これに関連して遠方制御装置はすべて AC 2,500V 1分間の耐圧とし、さらに万一 DC 1,500 V が混触した場合は放電管とヒューズで回路を切り離すように考慮されている。

充電装置としては前者は、格子制御による自動電圧調整装置を付したガラス製水銀整流器を使用し、後者はセ

レン整流器を使用している。

4.2 自動温度調整

水銀整流器の安定な運転のためには、器槽の温度調整が必要で、特に無人の場合はすべて自動制御される必要がある。

4.2.1 器槽冷却扇

冷却扇は各タンクごとに設けられ、その操作は6台一括で低速、高速の二段切り換えとしている。器槽温度が45°Cになると起動し低速運転する。48°C以上になると高速、43°Cに低下すると低速、さらに40°Cに低下すれば停止する。すべて温度リレーと接触器の切り換えによつて自動制御する。

4.2.2 器槽用加熱器

器槽温度が30°C以下で加熱器は加圧され、40°Cになると切り離すようにしている。

4.2.3 器槽過冷防止

器槽温度が15°Cに低下すると水銀整流器の起動を阻止し、17°Cになると起動可能となるようにしている。

4.2.4 陽極加熱器

陽極加熱器は自動調整を行わず季節的に手動で入切することになっている。

陽極加熱器、陰極加熱器は、構造の改良によつて断線保護リレーを不要とし、ただ確認のために電流測定を行うことにしている。

冷却扇の保護リレーを廃止し全体の簡素化を計っている。

4.3 水銀整流器の制御

整流器の運転は自動的に行われる。まず交流遮断器(52)が投入され、これによつて操作電源用変圧器が生き、格子バイアス電圧をかけるとともに点弧および励弧操作を行う。点弧の完了を確認して、正極用高速度遮断器(54P)を閉路し、一定時限後、格子に正弦波電圧を加え、水銀整流器を運転に入れる。なお整流器が運転に入れば、汙波器用高速度遮断器(54F1)が自動投入される。

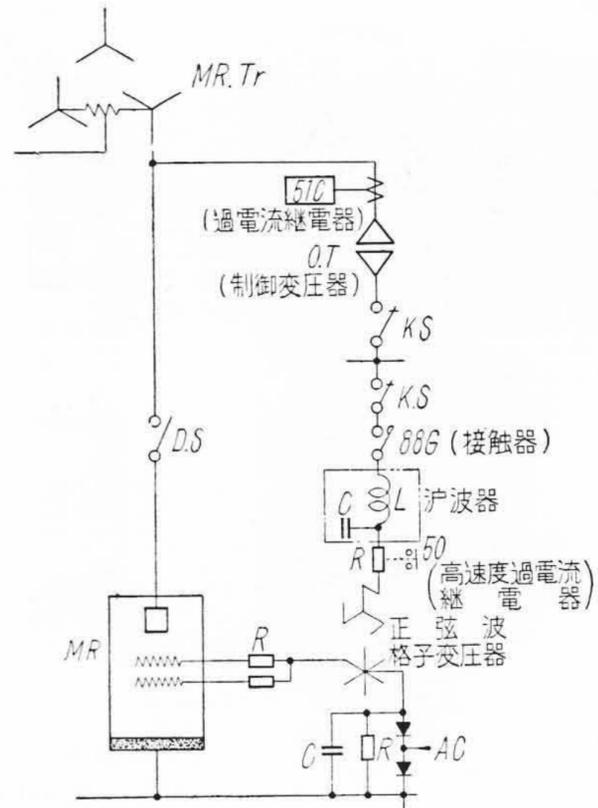
遠方停止のときは交流遮断器を遮断すれば、連動で運転停止する。もちろん手動による各個停止も可能となっている。

4.4 格子制御

制御電源用変圧器を整流器用変圧器の二次側におくことによつて生ずる問題に次のごときものがある。

4.4.1 制御電圧は整流器用変圧器の負荷による電圧変動のほか、受電電圧の変動も加わり、これに対し励弧、格子回路に誤動作があつてはならない。

4.4.2 格子制御用変圧器の出力波形の乱れを除去する必要がある。



第13図 格子制御回路図

4.4.3 逆弧発生するとき高速度リレー(50)で正弦波格子電圧を消滅する。この場合同時に格子バイアス電圧が喪失して、短絡電流遮断の機能を失う危険がある。以上の問題点に対しては、あらかじめ実験を行い、

4.4.1 に対しては常態電圧を上げておくこと。4.4.2 に対しては汙波器の採用。4.4.3 に対してはバイアス回路の蓄電器の容量を選定することによつて解決された。

第13図は上記操作回路の詳細を示す。

4.5 饋電線用高速度遮断器(54F)の制御

遠方から開閉操作される。各個に遠方直接切換器を設けている。特に高低圧の混触の点に留意し、このため高速度遮断器の補助接点は単に1個のみとし、これを高圧補助リレーを介して表示または連動を行い、また万一補助接点にDC 1,500Vが混触すれば、放電管およびヒューズで回路を切り離すよう考慮されている。

4.6 保護装置

4.6.1 直流無人変電所の直流高圧回路の接地事故は、機器の焼損など事故拡大の危険がある。このために特に下記のような接地保護装置を設け万全を期している。

64P₁...正極母線柱と大地間に500V動作の電圧リレー

64P₂...レールと大地間に500V動作の電圧リレー

64P₃...高速度遮断器を二重絶縁として、第二段の枠組と大地間に500V動作の電圧リレー

64P₅...点弧格子制御キュービクルを絶縁木材で浮して枠組と大地間に50A動作の電流リレー

4.6.2 下記の故障に対しては整流器を停止し鎖錠する。

96-I変圧器重故障

- 26H.....整流器過熱
- 51C.....制御回路短絡
- 64P₅.....点励弧格子制御キュービクルの接地
- 4.6.3 下記の故障に対しては整流器を停止するが鎖錠せず遠方再起動可能とする。
- 48E.....点励弧渋滞
- 48.....整流器起動渋滞
- 50.....整流器逆弧
- 51.....交流過電流
- 54P.....54Pの自動遮断
- 47C.....交流操作電源異常
- 4.6.4 下記は軽故障として表示のみとしている。
- 26T 96-2.....変圧器軽故障
- 26L.....整流器過冷
- 54F1.....54F1自動遮断
- 73F1..... 沪波器用抵抗器短絡用の接触器故障
- 64P₃..... 54P, 54F1, 54Fの枠組接地
- 48B.....充電装置起動渋滞
- 72B.....充電装置直流側遮断器の遮断
- 63A.....圧縮空気圧力低下
- 80B.....充電装置直流電圧低下
- 4.6.5 次記の場合は非常停止として、変電所の交

流側直流側をすべて開放して鎖錠する。非常停止は遠方または直接操作で、保護リレー動作とは無関係に行うことも可能である。

- 64P₁.....正極母線枠接地
- 64P₂.....レール電圧の異常上昇
- 28F.....火災

上記事故発生ときは整流器盤の故障表示器に各個に表示し、中央監視所には各グループごとにまとめて警報表示する。直接操作のときは、変電所設置の電鈴ブザーで警報する。

5. 結 言

直流変電所の無人化は数年前からで、比較的歴史は新しい。しかしその後水銀整流器をはじめとして、機器の進歩は目ざましいものがあり、その成果がここに無人8変電所とその集中遠方監視制御を完成したといえる。各機器制御装置の技術的進歩、改良ならびに制御方式の新機軸と簡素化については、日本国有鉄道関係各位の過去の実績にもとづく御批判と、御指導によつて推進せられたものである。ここに改めて感謝の意を表するものである。

特 許 と 新 案

最近登録された日立製作所の特許および実用新案 (その2)

(第8頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
実用新案	478643	水 車 可 動 翼 調 整 装 置	日立工場	横 井 信 安	33. 6. 24
"	478599	中 空 碍 管	国分工場	杉 山 金 太 郎	"
"	478612	ラ ッ プ 型 台 碍 子	国分工場	伊 藤 秀 雄	"
"	478613	窒 素 ガ ス 封 入 碍 管	国分工場	加 藤 清 次	"
"	478620	乾 式 変 圧 器 鉄 心 締 付 装 置	国分工場	菟 野 玄 石	"
"	478621	乾 式 変 圧 器 風 冷 装 置	国分工場	滑 川 清	"
"	478631	油 入 変 圧 器 放 出 装 置	国分工場	滑 川 清	"
"	478647	タ ッ プ 巻 線 を 有 す る 変 圧 器	国分工場	滑 川 清	"
"	478627	目 盛 安 定 装 置 付 高 速 度 遮 断 器	水戸工場	斎 藤 亮 二 清	"
"	478590	内 外 よ り 操 作 す る 折 戸 係 止 装 置	水戸工場	竹 村 伸 一	"
"	478593	遊 星 歯 車 装 置	笠戸工場	藤 岡 多 喜 男	"
"	478622	ホ ッ パ ー 扉 閉 め 装 置	笠戸工場	佐 伯 慶 一	"
"	478585	軸 受 用 シ ー ル 装 置	笠戸工場	進 藤 好 文	"
"	478591	ベ ル ト コ ン ベ ヤ ー 用 シ ュ ー ト 取 付 装 置	亀有工場	久 保 沢 稔	"
"	478598	電 動 制 水 弁 の 電 源 遮 断 装 置	亀有工場	田 中 春 雄	"
"	478607	潜 水 電 動 機 直 結 ポ ンプ に お け る 防 砂 装 置	亀有工場	近 藤 澄 雄	"
実用新案	478615	ク レ ー ン の 荷 重 過 巻 防 止 装 置	亀有工場	田 中 栄 吉 夫 元	33. 6. 24

(第33頁に続く)