

東京電力株式会社 納

潮田発電所用開閉並びに制御装置

森 山 一 夫* 倉 橋 健 三**

Switching and Controlling Equipment for the Ushioda Power Station, Tokyo Electric Power Co.

By Kazuo Moriyama and Kenzō Kurahashi
Kokubu Branch Works of Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The switching and controlling equipments for use with the 55,000 kW generator installed at the Ushioda Power Station as the third extension unit have recently been completed.

To mention some features of the equipments, the controlling equipment is constructed in the centralized unit control system, that is, a centralized control board is newly installed this time which is intended to take charge of the output controlling and the preliminary indication of load requirement for all generators in the station including predecessor units.

However, as it is difficult to control the whole system solely from the switchboard room, the switchboard room is made to accomodate only the main switchboard and the meter board for the auxiliaries, and the meter board of the turbine is installed in the turbine room, and the thermal meter board and control board, in the boiler room.

The signal is installed for a better liaison between the electric machine room and the mechanical equipment room.

By such arrangements, operators are enabled to have a good grip of the whole generating system and to accomplish smoothly efficient, rational operation of the machines. Also, the complete protective devices are provided for entirely safe and secure operation.

For use on the high tension auxiliary circuits, furthermore, new type metal-clad switchgear is adopted instead of compound filled type switchgear because of its recognized advantages in improving the maintenance and safety as well as reducing the initial cost.

〔I〕 緒 言

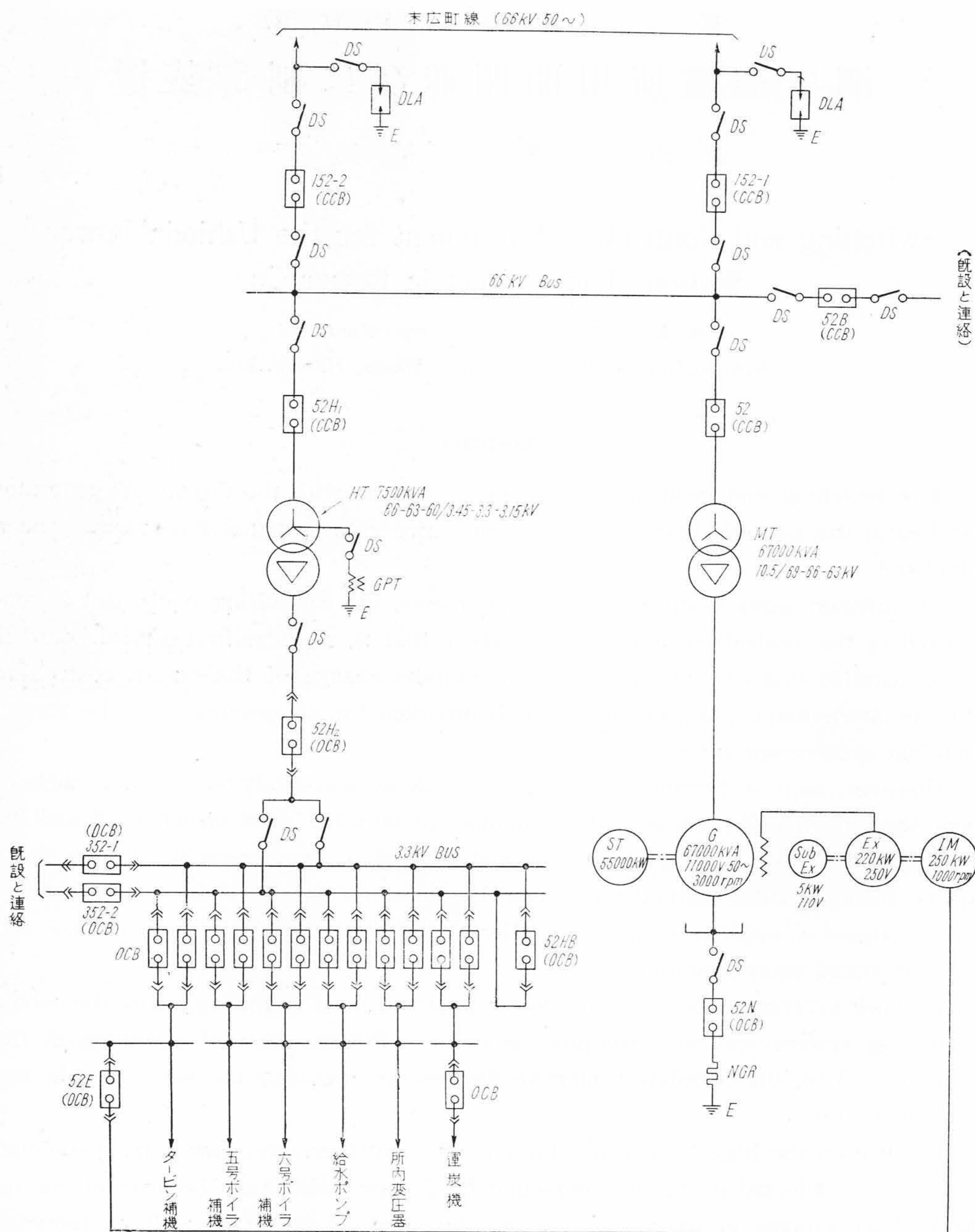
東京電力株式会社に於ては湯水期の補給電源として、又水力発電を最も合理的に運転するための一環として、潮田火力発電所に容量 55,000 kW の 3 号機が増設されることになり、150,000 kg/hr ボイラ 2 罐と 55,000 kW 水素冷却式ターボ発電機 1 台と共にその開閉並びに制御

装置を日立製作所が受注製作しこの程完成した。

この開閉並びに制御装置は、戦後我国に於ける大容量機として又水素冷却方式を採用した点等に鑑み、その制御方式は総括制御様式を取入れ、制御の自動化、所内補機類の運転監視、タービン室の熱管理等を考慮して、運転の合理化と安全確実、保守の簡素化を計り安定電源の確保に遺憾なきを期している。

以下開閉並びに制御装置の概要と特長を述べる。

* ** 日立製作所日立国分分工場



第1図 潮田火力発電所単線接続図

Fig. 1. Skeleton Diagram for Ushioda Power Station

〔II〕電気設備概要

第1図は主発電装置並びに補機電源設備の単線接続図にして、主要機器の仕様は大要次の通りである。

(1) ボイラ

150,000 kg/hr, 46 kg/cm², 450°C

単位式微粉炭燃焼平衡通風式 2 罐

(2) タービン

55,000 kW, 3,000 r.p.m., 40 kg/cm², 435°C

衝動式二汽筒複流排気型 1 台

(3) 発電機

67,000 kVA (水素圧力 0.5 kg/cm²)

PF 82%, 11 kV, 50~, 3,000 r.p.m.

閉鎖通風型非凸極回転磁界式 水素冷却式 1 台

- (4) 励磁機 (電動発電機式)
220 kW, 250 V, 1,000 r.p.m., 5 kW,
110 V 副励磁機付
- (5) 主変圧器
67,000 kVA, 10.5/66 kV, 三相 50 $\sim$ Δ /人接続
送油水冷式
- (6) 所内変圧器
7,500 kVA, 66/3.3 kV, 三相 50 $\sim$, 人/ Δ 接続
- (7) 送電線
66 kV, 1,000 A, 50 $\sim$, 並行二回線
- (8) 所内動力
3,300 V, 三相 50 $\sim$ 及び 220 V 三相 50 $\sim$
- (9) 所内電灯
110 V

本発電機の発生電力は送電々圧 66 kV 並行二回線により末広町変電所に送電され、既設々備とも 66 kV 連絡遮断器により連絡されている。

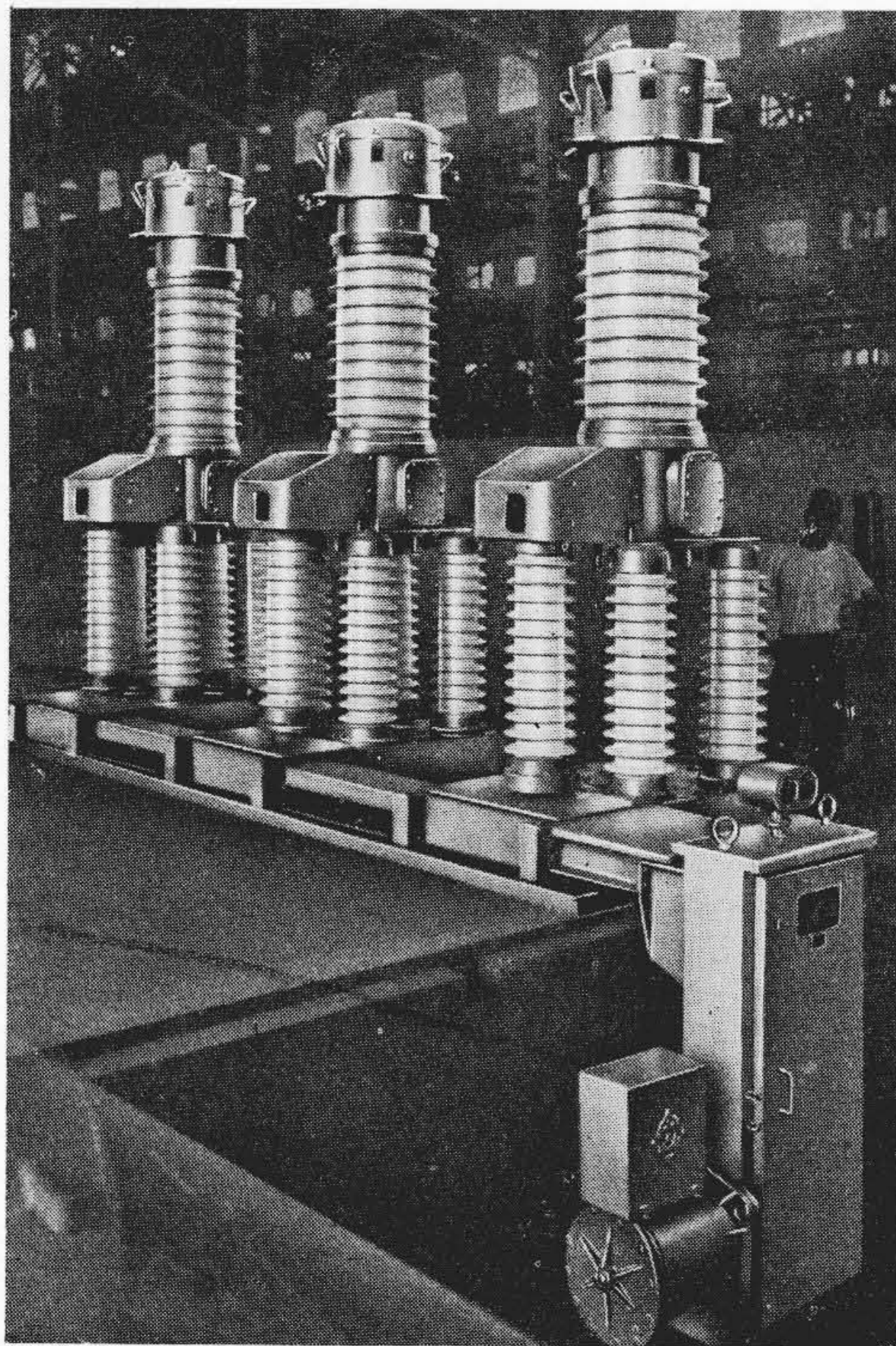
所内電源の信頼度の重要なことは今更申すまでもないが、火力発電所の補機電源は特に信頼度を必要とするものがあるから、その設備に対しては特に考慮が払われている。即ち所内 3,300 V 母線は二重母線として、既設所内発電機との自動切換え等を考慮し、所内補機電源は確保されている。

〔III〕 開閉並びに保安設備

発電所に於ける接続方式はユニット式を採用し、発電機はその中性点を 63.5 Ω の抵抗を通して接地している。ユニットの 11 kV 側開閉設備は省略して簡素化し、同期は 66 kV の高压側のみで行うようになっている。

遮断器は発電機中性点接地回路には 11.5 kV, 400 A, 遮断容量 750 MVA, YG₇₅ 型電磁操作式油入遮断器を、又 66 kV 回路には 80.5 kV, 1,000 A, 遮断容量 2,000 MVA, BO-200B 型圧縮空気操作式制弧遮断器を採用した。なお 3,300 V 回路には 6,900 V, 遮断容量 250, 150 及び 100 MVA 電磁操作式油入遮断器をそれぞれ使用した。これ等の遮断器は何れも日立制弧室付で構造簡単にして、その遮断能力の優秀なこと、完全なる保護継電器の動作と相俟つて、発送電設備の信頼度並びに安定度を著しく増進している。

第2図に示す 80.5 kV 制弧遮断器は従来制弧室の上方に設けた油中断路部を制弧室の下方に変更することにより、遮断直後の遮断ガスによる絶縁低下を防止している。制弧室は自力型で、略々同時に開閉する二重切で、その一方を圧力発生用としているため、大電流遮断時には他方の電弧に純油流を吹付けるから、従来のものより電弧



第2図 80.5 kV 1,000 A 2,000 MVA BO-200B 型 PA 式制弧遮断器

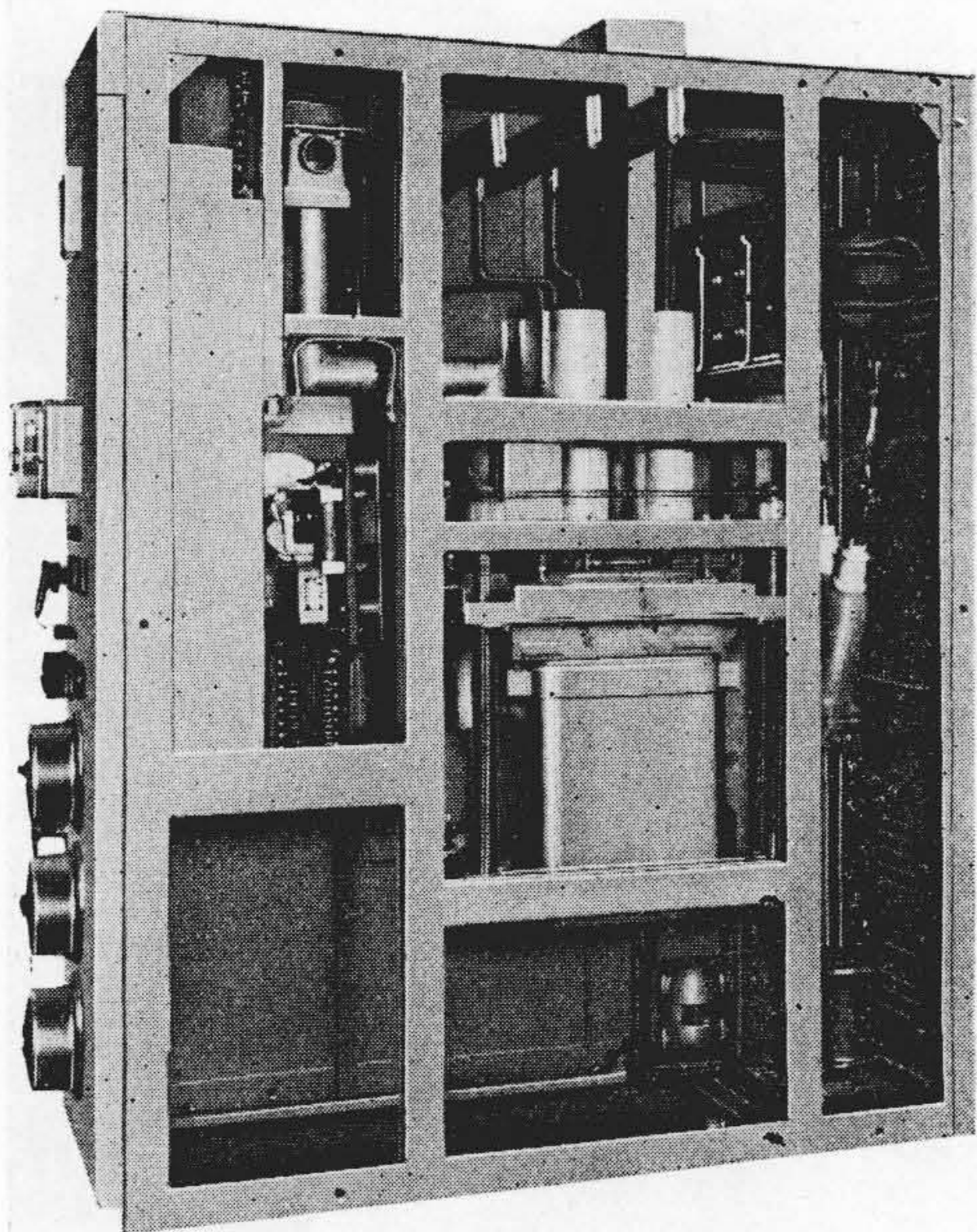
Fig. 2. 80.5 kV 1,000 A 2,000 MVA Type BO-200B Form PA Contrarc Circuit Breaker

時間が著しく短かく 1 $\sim$ 程度である。又小電流のときは自力補償用圧油ピストンの効果と相俟つて二重切として仿くから、充電々流を遮断するときでも殆ど無再点弧である。

66 kV 回路用断路器は 69 kV, 1,200 A, NHL 型を採用した。この断路器は水平二重切回転締付屋内型で、操作は極めて軽快にして、接触の安定確実なることは他に類を見ない。而して雪や氷で凍結した場合でも何等異常なく軽快に操作出来る。

送電線から入る異常電圧に対しては、許容端子電圧 1.4 E, 放電耐量 100 kA の優秀な放電特性を有する 69 kV, OD 150 型ドライバルブ避雷器により保護されている。なお変圧器を通して発電機に入つて来る異常電圧や開閉サージに対しても、発電機は変圧器の如く絶縁耐力を上げることは構造上不可能であるから、発電機の端子にはこれ等の異常電圧の保護装置として、蓄電器及びドライバルブ避雷器の組合せによるサージの吸収装置を設けている。

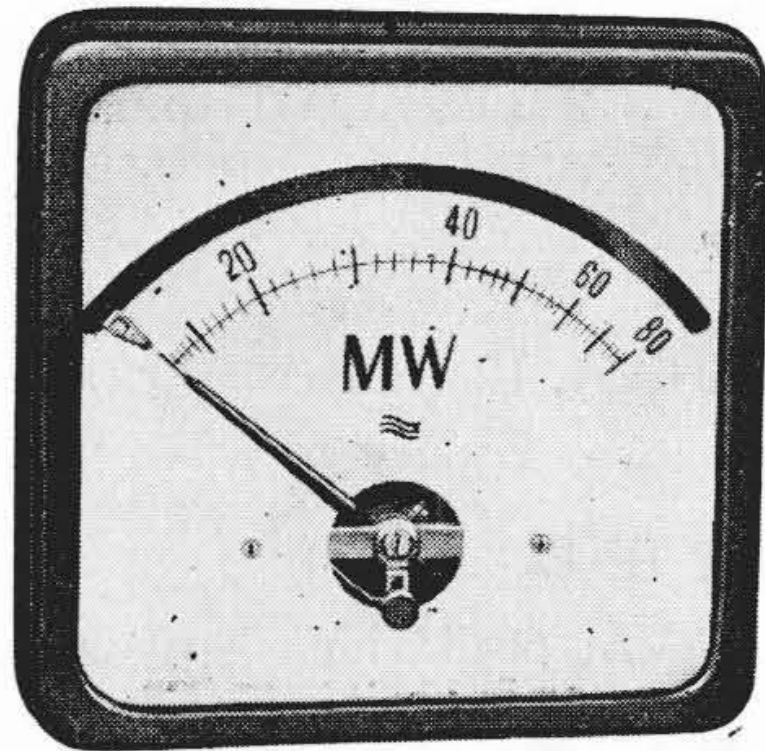
7,500 kVA 所内変圧器二次側、3,300 V 母線回路、補機の 3 号タービン群、5 号ボイラ群、給水ポンプ群、所



第 3 図 VS₁₀ 型 MA 式 メタルクラッドスイッチギヤ

Fig. 3. Type VS₁₀ Form MA Metalclad Switchgear

内動力群並びに運炭及び灰捨等の所内高圧回路には、函型メタルクラッドスイッチギヤを採用した。このメタルクラッドは 7 群 45 台よりなり、変圧器二次並びに母線用は VS 25 型、主配電用は VS 15 型、配電用は VS 10 型を採用した。従来火力発電所補機制御用としてはコンパウンド充填型が多く採用されて来たが、函型の利点が認められ採用されたものである。VS 型メタルクラッドスイッチギヤは第 3 図に示す如く上部に絶縁母線を配置し、その下部に昇降装置付遮断器を備え、断路部を経て接続されている。後部はケーブルヘッド及び変流器室となつている。これ等は各々接地鋼板で区劃されている。断路部の開閉は遮断器の上下によつて行われる。これは従来の手動を電動操作に改良し、押釦スイッチによつて 30 sec 位で軽快に操作される。断路部と遮断部は互に連動され操作を誤るようなことはない。遮断器は互換性を有し、トラックに乗せて簡単に外部に引出すことが出来ると同時に、他の遮断器と入換えも出来る。その他断路部、シャッター、テストングキヤビネット、函内照明灯等も完備し、操作保守に安全且つ至便である。何れも据付面積を縮減するため、極めてコンパクトに設計され建屋の建設費節約に役立った。特に補機配電用 VS 10 型はコンパクトに設計製作され、保守と安全に何等の支障を及ぼすことなく一段と据付面積の縮減に成功することが出来た。



第 4 図 SD₂₄ 型 二重指針型指示電力計 (予定負荷及び実負荷指示用)

Fig. 4. Type SD₂₄ Double Pointer Type Indicating Wattmeter (Indication for Anticipated Load and Actual Load)

〔IV〕 制 御 装 置

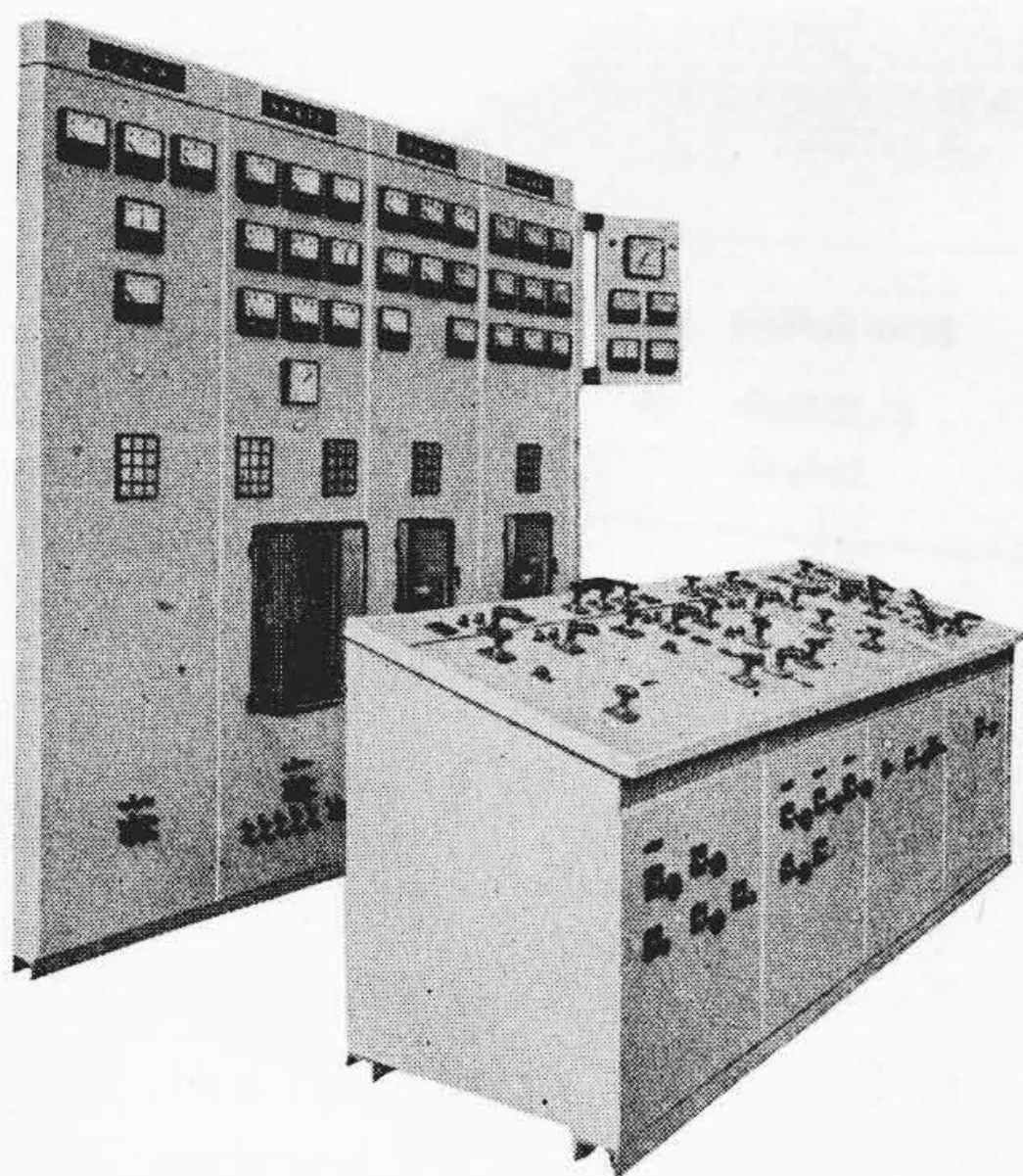
制御方式は最も合理的な運転制御が行われる総括制御様式を取入れた。即ち総括制御盤を設け、こゝで既設々備を含めた発電所全体の予定負荷指示と出力調整を行うようにして、発電所全体としての予定負荷に対する運転体制を整え同時に出力制御を行うようにした。しかし火力発電所に於ては多種多様な補機を有しているため、水力発電所の如く原動機から発電機まですべてを配電盤室に集中して制御することは困難である。従つてボイラ、タービン、発電機室にてそれぞれ監視制御を行い、更に中央でこれを総括する方式とした。このために電気室と機械室の連絡を密にするための信号装置を設け、又所内補機監視盤を設ける等、発電所全体をよく把握して能率のよい合理的な運転が出来るよう特に考慮している。更らに各種保護装置を完備して運転操作を安全確実なものとしてある。

配電盤室には主配電盤と補機監視盤を、発電機室には発電機の水素冷却装置制御盤を、タービン室にはタービンの監視盤を、又ボイラ室には熱計器盤と罐前制御盤が設けられ、総括制御に応じ合理的に制御が行えるよう体制が整えられている。

(1) 主 機 制 御 装 置

機器の起動、停止並びに運転の制御を円滑に行うために中央配電盤室とタービン、ボイラ室との間には信号装置をそれぞれに設け、指令応答が簡単に出来るようにしてあり又ボイラ室には第 4 図に示すような予想負荷と実負荷指示の二重指針型指示電力計を設け、なおタービン室には実負荷指示電力計を設けて、中央総括制御盤の指示並びに制御を円滑に遂行出来る体制になつている。

発電機の自動電圧調整器は抵抗器型を採用し、系統電圧の異常変動に対しては過電流とならぬよう考慮され、且つ警報表示するようになつている。



第5図 BD+EF型主配電盤

Fig. 5. Type BD+EF Main Switchboards

(2) 補機制御装置

高圧補機用スイッチギヤはメタルクラッド型として電気室に設置され、その制御はメタルクラッドからも出来るが、常時は現場近くに設置された操作スタンド又は制御盤から行われるよう切換えられ、各関係機器と連動して操作される。危急の際は何れからでも遮断出来るよう考慮されている。而してこれ等補機の運転状態は主配電盤室の補機監視盤に表示される。

かくして主配電盤室に於ては主機は勿論補機に到るまで、複雑多岐な運転状態を掌握出来るので総括制御体制は整えられ、円滑な運転制御が迅速に行われ、又非常時に際しては保護装置の動作は勿論であるが、その対応処置も誤りなく敏速に遂行することが出来る。

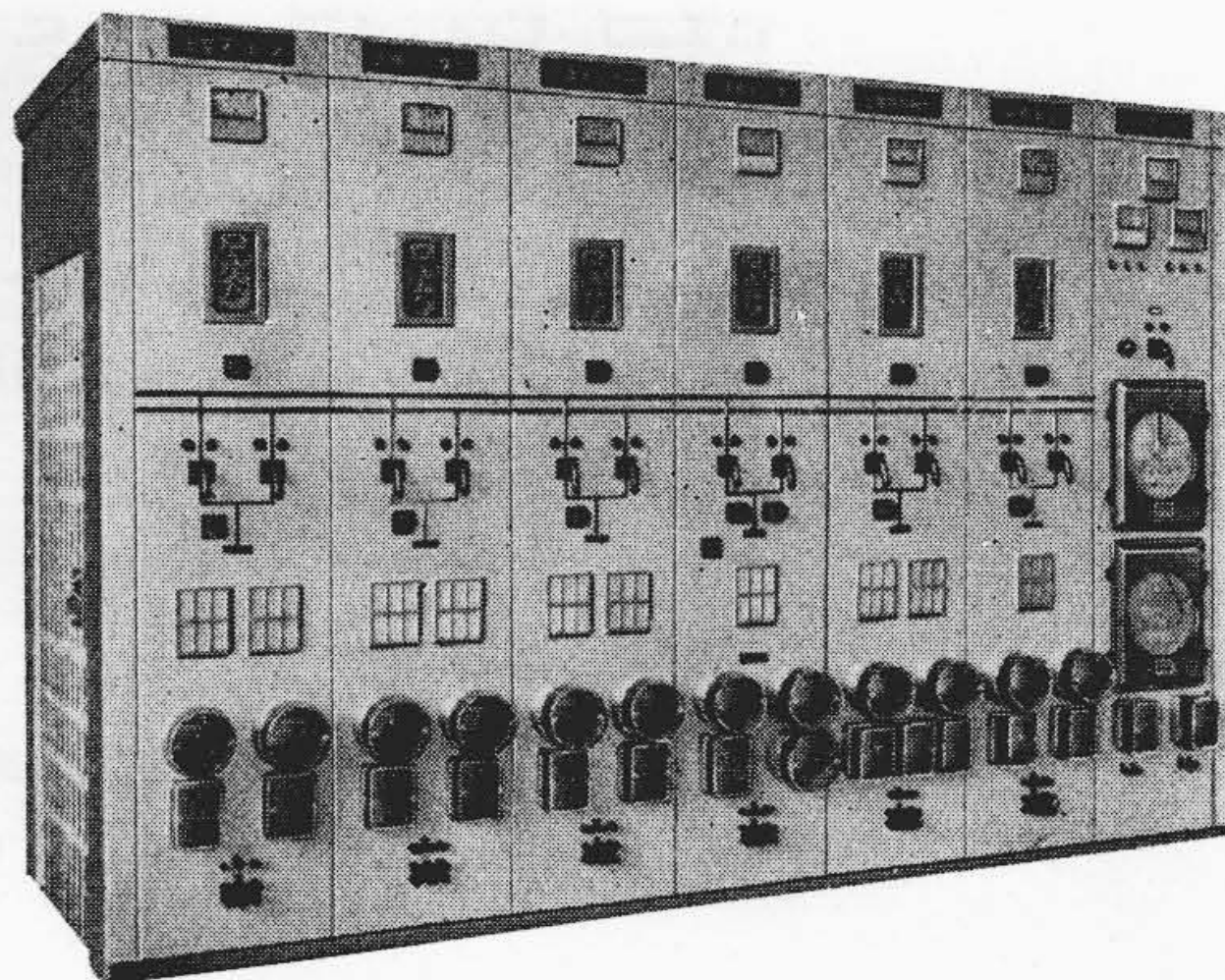
(3) 配電盤

(A) 主配電盤

第5図に示す如く発電機、主変圧器、66kV送電線、66kV連絡線及び所内変圧器用の4面よりなり、運転制御に便利な分離机型ベンチボードとし、背面は継電器盤となつている。而して保護継電器の動作その他の故障表示は、表面計器盤の照明式集合表示器により遅滞なく監視出来る。

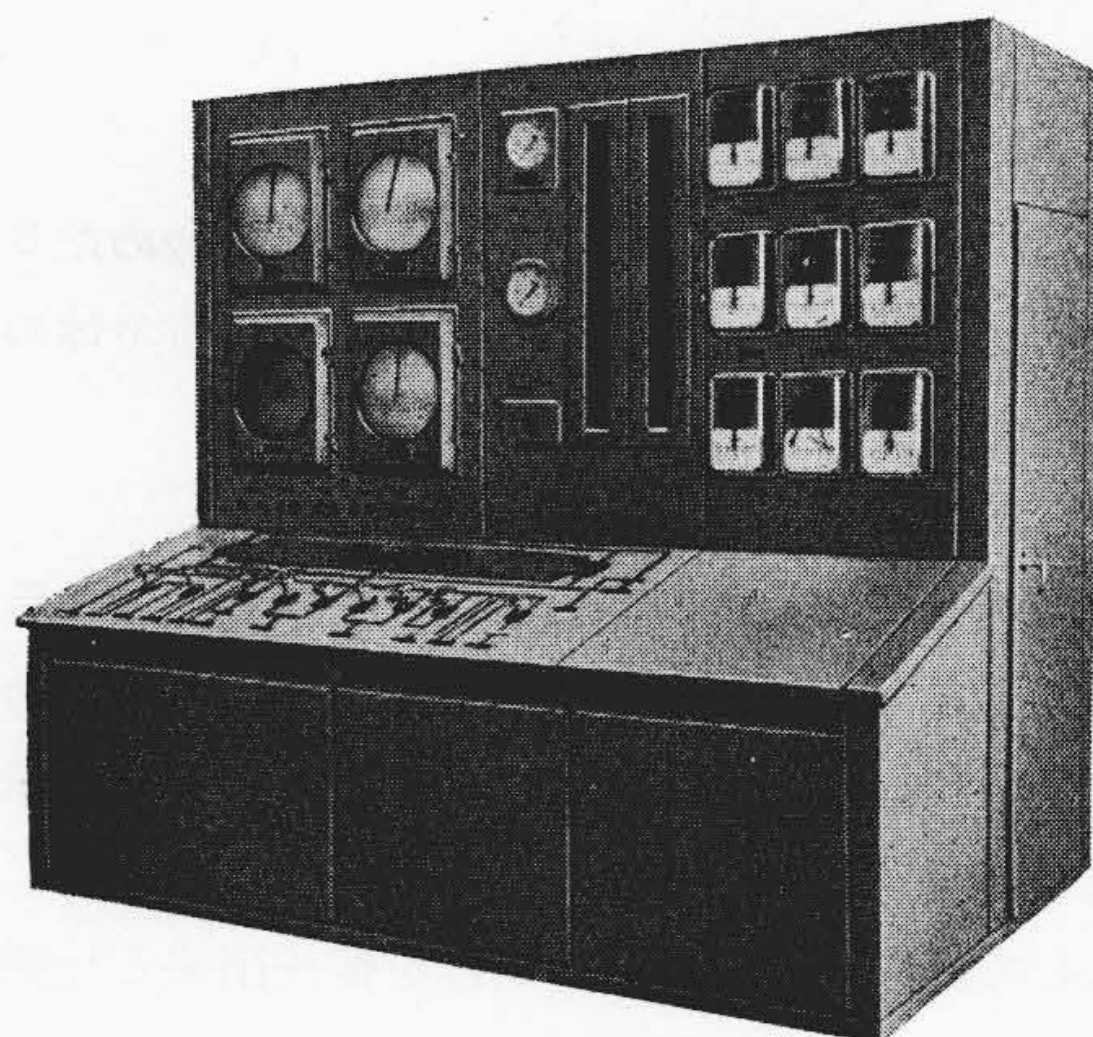
(B) 補機監視盤

第6図に示す如く3号タービン、5号及び6号ボイラ、吸水ポンプ、2号所内動力及び運炭灰捨の補機並びに発電機水素冷却装置用の7面よりなり、EF型の垂直自立盤とし、その背面は所内低圧動力並びに電灯盤となつている。こゝでは上記主配電線の制御並びに各補機の運転状態を監視し、なお発電機水素冷却装置の運転状態を監視するようになつている。



第6図 EF型補機用盤

Fig. 5. Type EF Switchboards for Auxiliary Machine



第7図 BC型水素冷却装置制御盤

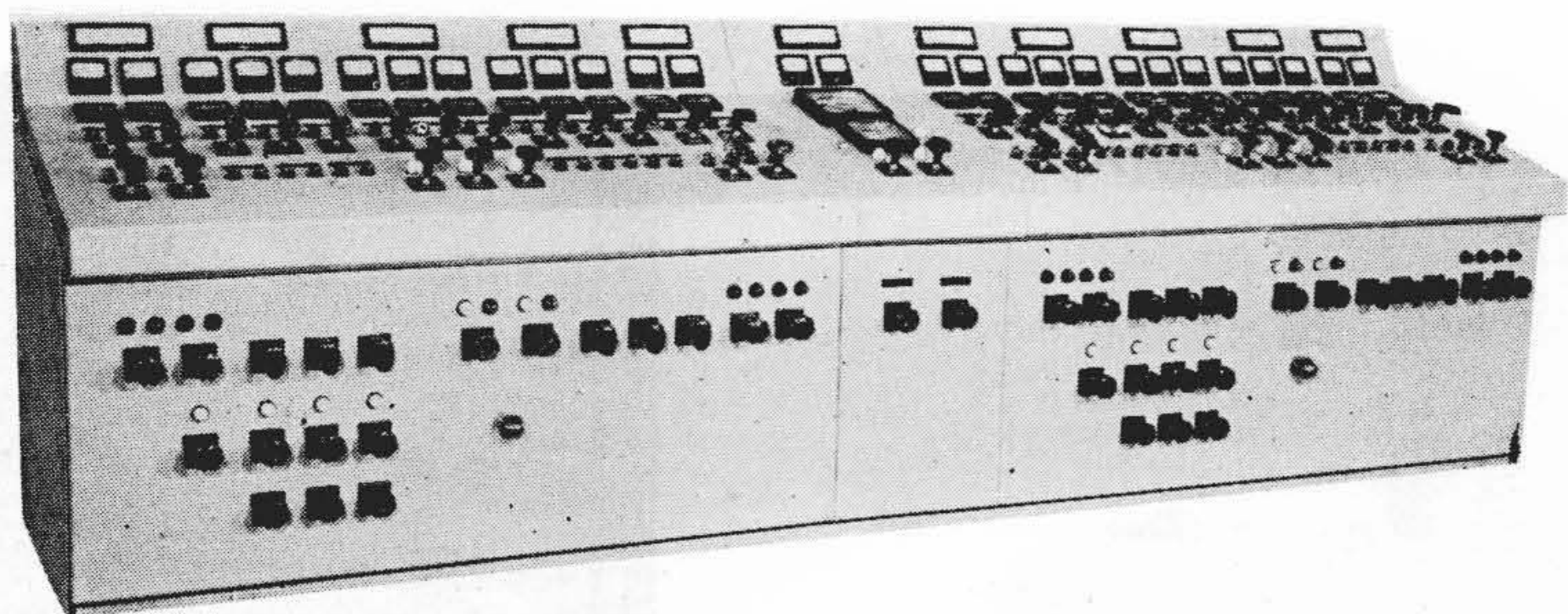
Fig. 7. Type BC Control Boards for Hydrogen Cooling Device

(C) 水素冷却制御盤

第7図に示す如くターボ発電機の水素冷却装置制御用BC型ベンチボードにして、水素、炭酸ガス並びに軸受給油系統の状態指示計、模擬系統並びに模擬系統中にガス操作弁の把手を介在させ居ながらにして、水素冷却装置のガス置換、運転が計器によりその状態を監視しながら、容易に制御出来るようになつている。なお模擬系統は水素、炭酸ガス、油等をそれぞれ色別して監視を一層容易にしている。

(D) タービン監視盤

タービンの運転状態監視用BC型ベンチボードにして、圧力、真空、油圧計等を配し、制御機には計器用操作弁の把手を設けて、タービンの運転状態を総括的に監視出来る仕組になつている。



第 8 図 BD 型 罐 前 制 御 盤

Fig. 8. Type BD Control Deskboards for Boiler

(E) 罐前制御盤

第 8 図に示す如くボイラの熱管理用 BD 型机盤にして 5 号及び 6 号ボイラ並びに共用盤の 3 面から構成されている。なお熱計器盤と共に設置され自動燃焼制御装置と共にボイラの熱管理を最も合理的に行われるようになっている。

(F) 総括制御盤

総括制御用 BD 型机盤にして、既設機を含めた 3 機分の予想負荷指示並びに出力の制御を、発電所全体の状態をよく把握しながら行うようになっている。

(4) 保護装置

故障による交流遮断器の自動遮断その他機器の異常に対しては敏速なる処置を必要とするので、各機器の保護継電器の動作は照明式集合表示器により各盤に表示せしめ、且つ自動遮断した遮断器の信号灯を点滅させ、いながらにして動作継電器及び遮断器を監視出来る仕組となっている。

本故障表示方式の特長は我々の最も感じ易い光を取入れたことで、一度保護継電器が動作すれば動作した保護継電器の器具番号を明瞭に表示する。而して遮断又は停止するものは赤色、単に警報表示するものは橙色に色別して監視を一層容易にしている。

遮断又は停止の如く処置を自動的に行うものにあつては、その復帰釦スイッチにより任意に故障表示を復帰するが、機器その他の異常状態表示にあつては異常状態継続中は故障を表示しているが、一度故障が消滅して保護継電器が復帰すれば、故障表示は点滅して故障の消滅を知らせるから復帰釦スイッチにより任意に故障表示を復帰すれば消灯して無表示となる。ために保護継電器回路の開閉器の操作を失念したために起り得る警報表示の怠りはない。従つて故障の対応処置も何等の過誤を生ずることなく敏速に行うことが出来る。

発電機の巻線事故は層間短絡から接地事故に進展する場合と、直接々地事故となる場合がある。従つて巻線保護装置としては層間及び相間保護並びに接地保護装置が

設けられている。前者は IY 型比率差動継電器により 1 ターンの層間短絡を優に検出出来ることが、御嶽並びに笠置発電所に於ける発電機の人工故障試験により確認された。又後者に対しては接地故障時に鉄心の損傷を軽減するために、最大接地電流を極力小さくすることが望ましい。この接地保護として特別小勢力の IGY 型比率差動接地継電器を採用することにより、高比率要素で誤動作の惧れをなくし、又変流器三次巻線では変流比に無関係に最高の特性が得られ、接地電流を 100 A に制限しても十分高感度のものとする事が出来た。

界磁巻線に対しても特に CG 型接地電圧継電器により接地を検出して警報表示している。

発電機、タービン並びに主変圧器の保護装置と保護継電器動作に対する処置は次のようになっている。

(A) ターボ発電機を停止するもの

発電機巻線の事故..... 87 G₁, 87 G₂, 87 G₃

主変圧器の内部事故 (比率差動保護継電装置とブホルツ継電器の重故障)..... 87 T, 63 MT₂
非常調速機 (過速度又は油圧低下にて動作する。

又必要により手動で操作する)..... 5 Z

推力軸受の磨耗検出装置..... 96 B

復水器真空破壊検出装置..... 63 V₂

(B) ターボ発電機を無負荷運転するもの

発電機の過電流..... 51 G

(C) ターボ発電機を無負荷励磁運転するもの

発電機の過電圧..... 59 G

(D) 警報表示のみを与えるもの

界磁巻線の接地..... 64 F

水素ガス圧力低下..... 98 P

水素ガス純度低下..... 98

主変圧器の過熱..... 26 T

主変圧器の軽故障 (ブホルツ継電器)..... 63 T₁

主変圧器冷却油の循環停止..... 69 T

主変圧器冷却水の断水..... 63 W

所内高圧回路に対しては短絡等の過電流に対する保護

装置の外に、超小勢力の IGF 型接地継電器を設け地気の発生を選択して、これを主配電盤室に集合表示せしめ所内高圧回路の監視を十分にしている。

66kV 並行送電線の接地に対しては、IG 型 WXL₁₁ 式超小勢力接地継電器を用い、又短絡に対しては KRV 型 QW 式電圧抑制付高速度電力平衡継電器を用い、故障の高速度除去を行い送電の安定を確保している。

〔V〕 結 言

以上述べた如く、総括制御様式を取入れ運転の合理化

を行い、安定電源の確保に努めた。火力発電所は水力発電所の如く、すべてを配電盤室に集中して制御することは困難であるとは言え、あまりに残された形となつていた感がある。今後更に計測装置並びに自動制御装置の進歩発達と、その信頼性の向上により更に一段と制御の集中化が行われ、能率のよい運転の合理化が行われる日の遠くないことを附言しておく。最後に本制御装置の設計製作にあたり種々御指導を賜つた東京電力株式会社の各位に厚く謝意を表する次第である。



実用新案 第 398685 号

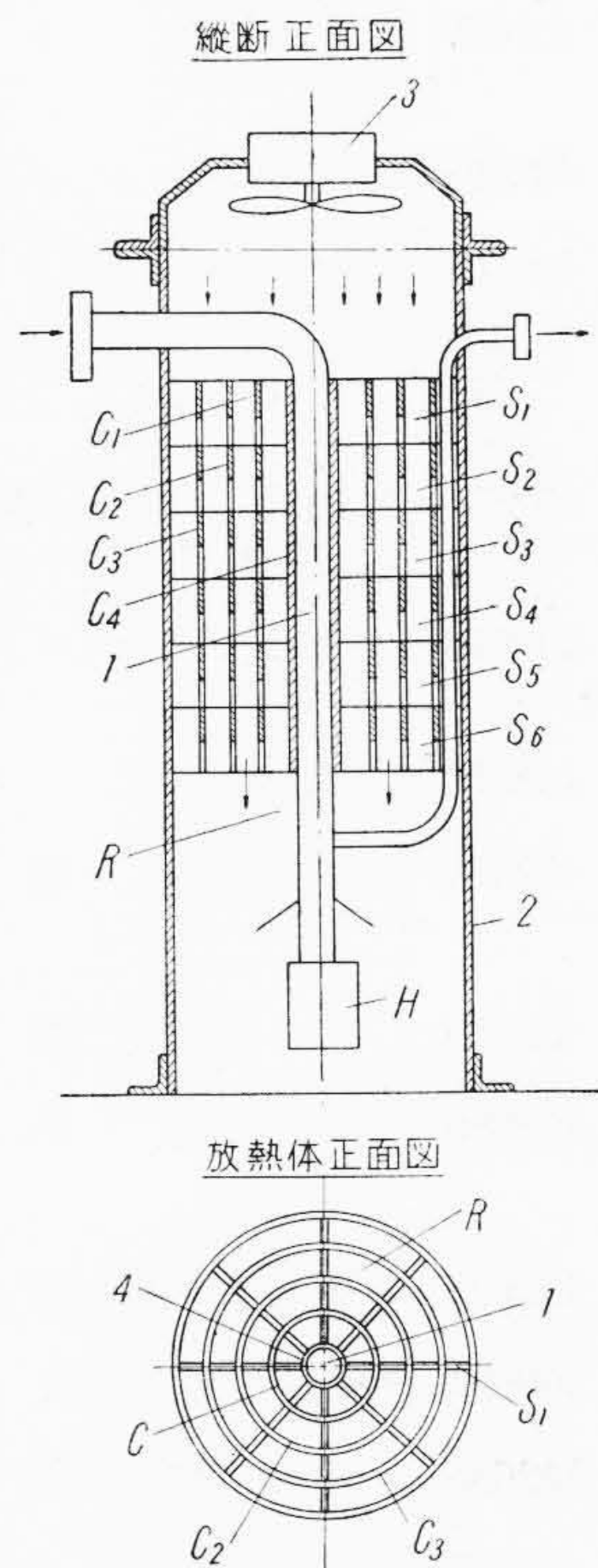
毛利 銓一・豊田 宏

豎型純風冷水銀ポンプ

水銀整流器特にその単極型にあつては逐次風冷構造に向う現状であるが、整流器に附属する水銀ポンプの冷却には水を使う旧来の方法が依然採用されている。然るに水を全く持たない場所に整流器を設置する場合には水銀ポンプの冷却にも水を使用しない方法を探らぬと整流器はその用をなさないことになる本案は徹底的な風冷水銀整流器プラントの実現の為に役立つ水銀ポンプの新規構造に係り、且それ自身にてリクーラーをも兼ねるという特殊効果を有するものである。図を参照するに、1 は水銀ポンプ主体、H はその電熱部分、2 は豎型風洞でその中心部に主体 1 を収納し両者間には十分なる環状空所を形成する。3 は頂上の送風機を示す。4 は銅のような熱伝導のよい金属の管で、これは主体 1 の作動部外周に密嵌されて導熱の中心をなす。S₁ 乃至 S₆ は管 4 に熔着した数箇の放熱片で段々に積重的に構成され、各段に於て複数の同心円状放熱片を嵌め合せ結合する。

斯る構造によれば、主体 1 の熱は管 4 から S 片に移つて拡がり、C 片によつて空所 R に平均に分布され、それが段々によつて軸方向の拡がりとなるから、広大な放熱面積の提供となり、送風機 3 からの風が極めて多数の空隙を通過することによつて、その間の奪熱は甚大なものとなり、これによつて風だけによる大なる冷却効果を奏し得るものであつて実施上好成績を挙げている。

これと似た考え方で実用新案第 400270 号は、送風機を風洞の下部側方につけて風を吹き上げるようにし、この際電熱器には風が当たらないような工夫を加えたもの。



又実用新案第 398683 号はポンプ主体の周囲に軸方向に段々の放熱片をならべ、送風機の風をポンプ主体に直角方向に支えるよう風洞を作製したものである。

(宮崎)



(第16頁より続く) 最近登録された日立製作所の特許及び実用新案

(その2)

区 別	登録番号	名 称	所 属	氏 名	登録年月日
実用新案	402643	単 極 整 流 器 風 冷 装 置	日立工場	宮 崎 徳太郎 桑 島 千 秋	28. 5. 18
"	402648	電 気 車 砂 撒 箱	日立工場	坂 本 繁 三	"
"	402651	電 気 車 駆 動 装 置	日立工場	内 藤 東 一	"
"	402653	碍 子 型 遮 断 器	日立工場	滑 川 清	"
"	402659	收 塵 装 置	日立工場	田 中 健太郎 相 沢 孝	"
"	402661	遠 心 力 開 閉 器	日立工場	白 土 義 次 河 辺 修 三	"
"	402663	変 圧 器	日立工場	渡 辺 政 巳	"
"	402664	電気収塵器の電源開閉器操作装置	日立工場	田 中 健太郎	"
"	402666	回転変流機集電環端子接続装置	日立工場	宮 野 儀 助 藻 垣 進	"
"	402667	交 流 小 型 継 電 器	日立工場	白 土 忠 治 高 品 博	"
"	402668	肉 厚 ゴ ム ホ ー ス 緊 締 装 置	日立工場	山 口 又右衛門	"
"	402669	ブ ッ フ ホ ル ツ 継 電 器 付 変 圧 器	日立工場	滑 川 清	"
"	402670	接 触 器 類 の 磁 気 吹 消 装 置	日立工場	白 土 忠 治 須 田 長 治	"
"	402671	油入接触器補助接点操作装置	日立工場	白 土 忠 治 田 所 武 夫	"
"	402673	ミ ス ト コ ッ ト レ ル	日立工場	吉 見 環 田 中 健太郎	"
"	402675	水 銀 整 流 器	日立工場	山 口 又右衛門	"
"	402676	レ ー ル 運 搬 用 把 持 装 置	日立工場	平 楽 太 郎 水 越 正 義	"
"	402679	放 電 電 極 支 持 装 置	日立工場	橋 本 清 隆	"
"	402680	油 槽 吊 り 装 置	日立工場	白 土 忠 治 田 所 武 夫	"
"	402693	復 水 器 密 閉 給 水 装 置	日立工場	吉 見 環	"
"	402694	廻 転 式 真 空 計	日立工場	木 村 鐘 治	"
"	402695	水素冷却電機の冷却器取付装置	日立工場	鈴 木 正 城	"
"	402697	高速度電気の冷却用軸流ファン	日立工場	塚 本 茂 昌	"
"	402698	ターボ発電機に於ける集電装置	日立工場	塚 本 茂 昌	"
"	402699	電 機 子 用 均 圧 線	日立工場	木 田 真 吉 菅 野 政 雄	"
実用新案	402674	回 転 カ ッ タ ー 用 研 磨 機	笠戸工場	浜 原 一	28. 5. 18

(第34頁へ続く)