

手賀沼排水機場の制御装置

Controlling Devices for Teganuma Draining Pump Station

森 井 進* 小 川 光*

内 容 梗 概

本排水機場は手賀沼の放水路が利根川に合流する千葉県木下町に建設され、400 kW 電動機により駆動される我国最大口径の横軸斜流ポンプ6台を有し、2,400 m³/min の給排水能力がある。

ポンプは2台を1組とし実揚程の変動に速応して直並列運転をおこなうことができる。しかして制御は日立独得の一人制御方式によつて、簡便、確実な自動運転ならびに直並列運転の切換がおこなわれ、保護装置も完備している。

本機場の主機を始め電気設備および制御装置はすべて日立製作所において製作納入され、昭和31年6月より好調な運転に入っている。

〔I〕 緒 言

国営干拓事業の一環として建設された手賀沼排水機場は、400kW誘導電動機駆動の我国最大口径をほこる1,700 mmφ横軸斜流ポンプ6台によつて、利根川に排水され、手賀沼周辺の約 1,735 町歩の耕地を洪水から救うとともに、沼の約半分の600 町歩を干拓して耕地化するを目的としている。

ポンプは実揚程の変動に即応して、常にその機能を発揮させるため、2台ずつ1組とし、直並列切換運転のできる独得な運転方式が採用され、総排水量は並列および直列運転によりそれぞれ 2,400 m³/min, 1,200 m³/min となっている。

本機場の主電動ポンプ、電源設備、制御装置を始め、補機に至るまですべて日立製作所において設計製作されたものである。

以下電気設備ならびに制御装置の概要について述べてみよう。

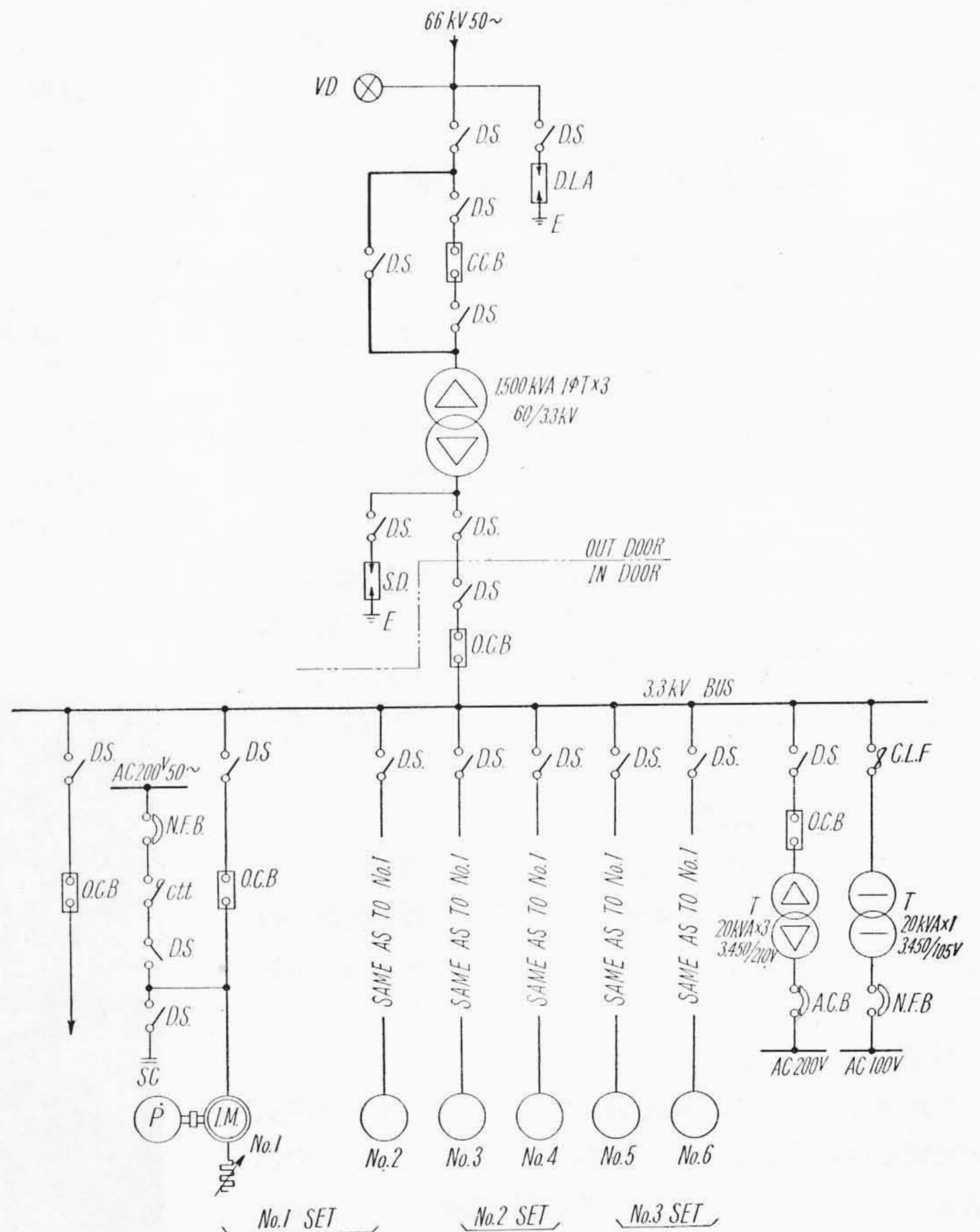
〔II〕 設備概要

第1図に主ポンプ関係の単線接続図を示す。主要機器の仕様は次の通りである。

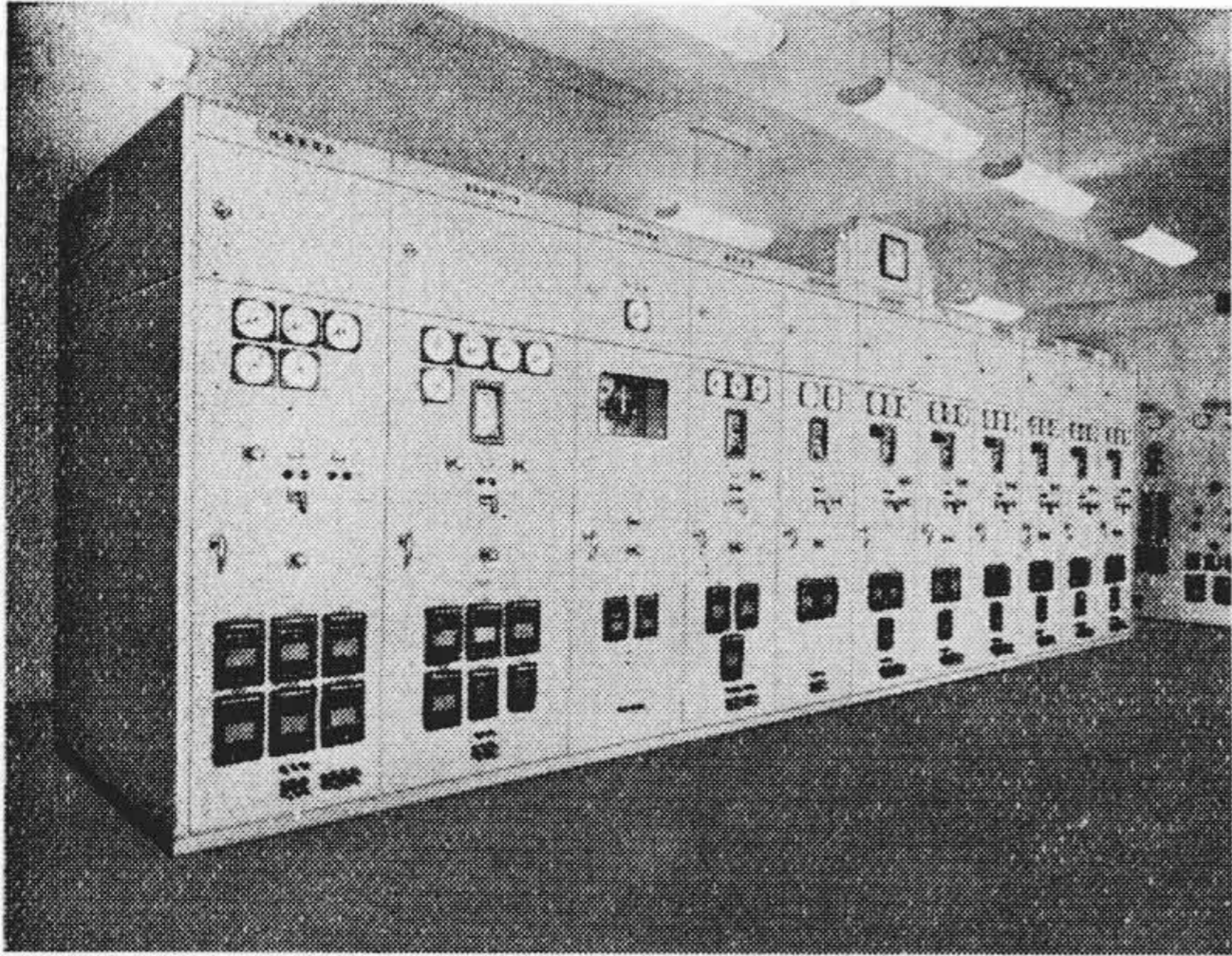
- 受電線 60kV 50~ 3-φ 3W
1回線
- 主変圧器 1,500kVA 63-60-57-54/3.3kV 50~
油入自冷式全装可搬型

* 日立製作所日立国分分工場

単相変圧器	3台
主電動機	400kW 3,150V 50~ 600rpm
横軸半密閉巻線型三相誘導電動機	6台
主ポンプ	400kW 135rpm 1,700mmφ 400m ³ /min 4.2m



第1図 2,400 kW 排水機場単線接続図
Fig. 1. Skeleton Diagram for 2,400kW Draining Pump Station



第2図 排水機場用高圧キュービクル
Fig. 2 High Tension Switch Cubicles for
Draining Pump Station

横軸型直並列切換式斜流ポンプ

6台(3組)

400 kW 主電動機と主ポンプは歯車減速装置を介し連結運転される。また主電動機には低電圧加熱装置があつて長期にわたり運転を休止した場合、吸湿による電動機巻線の絶縁劣化を防止している。

〔III〕 開閉器具および配電盤

(1) 高圧配電盤

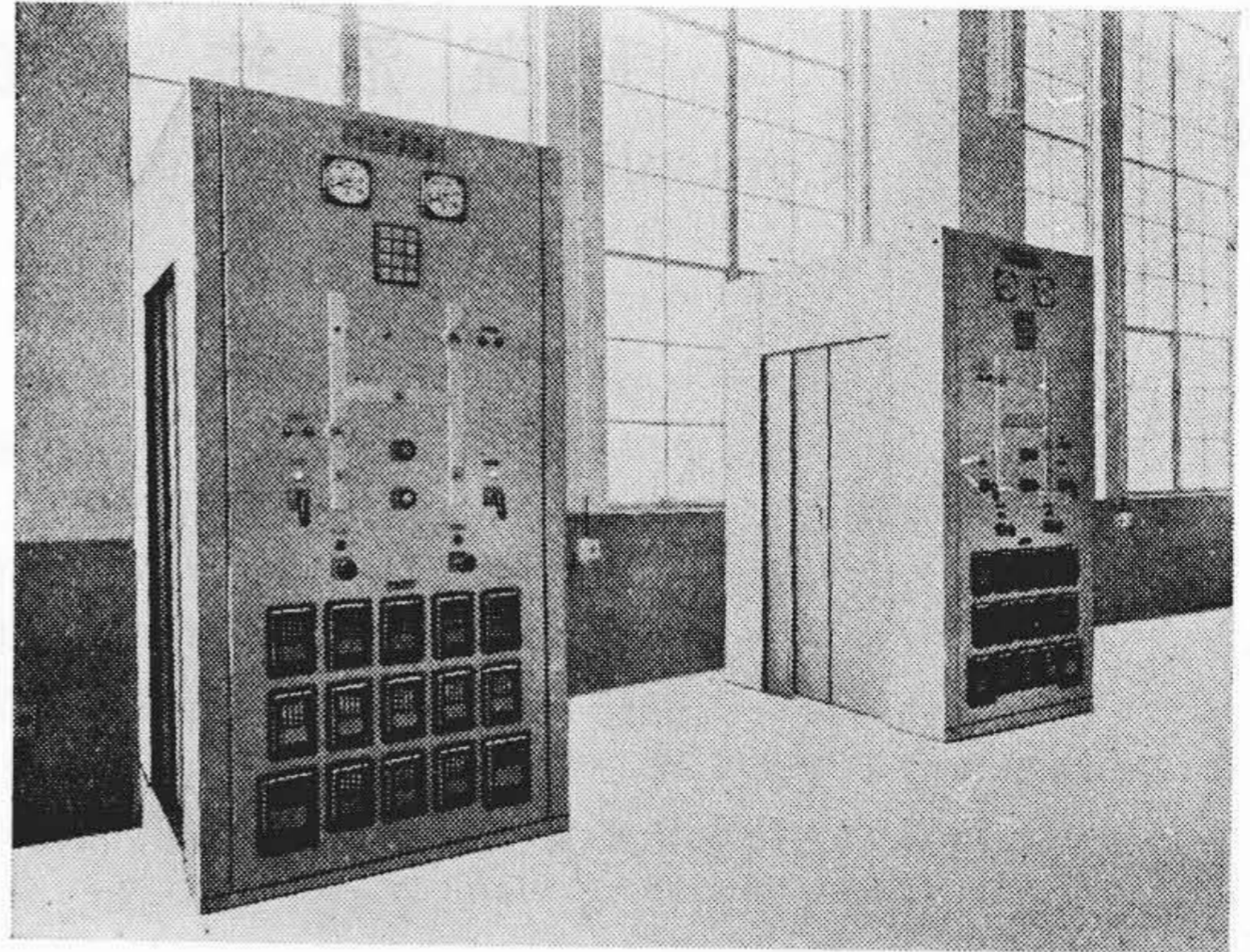
第2図は特高受電盤も含めたスイッチキュービクル型高圧配電盤で、主変圧器二次盤、主電動機盤、配電線盤など11面からなり、3,300 V 開閉装置はすべてこのキュービクルに収納されている。したがつて設備面積およびケーブルが節減され、保守点検上からも安全かつ簡便である。

正面可動扉盤には必要な計器、継電器、操作開閉器などが取付けられている。このうち主電動機用遮断器の操作はポンプ制御盤の順序制御器によつて自動的に行われるが、点検時などはキュービクル上の操作開閉器によつても操作ができる。

(2) ポンプ制御盤

本盤は主電動ポンプの近くに設置され、第3図のごとく盤面には順序制御器を始め、照光式運転表示装置が設けられ、一人制御による自動運転に必要な継電器類も完備している。

照光式運転表示装置は2種類からなり、その一つはランプ式集合表示器で、潤滑油ポンプの運転を始め弁座気密用電磁弁、呼水電磁弁の開閉、ならびに主ポンプの満水表示用とし、ほかの一つは照光模擬系統にして主電動ポンプの吐出弁および切換弁の状態、ならびにポンプの単独、並列、直列の運転状態も表示せしめる。



第3図 主ポンプ制御盤
Fig. 3. Control Boards for Main Pump

操作者は順序制御器により自動制御を行い、この照光式運転表示装置により、起動過程と運転状態を容易に監視することができる。

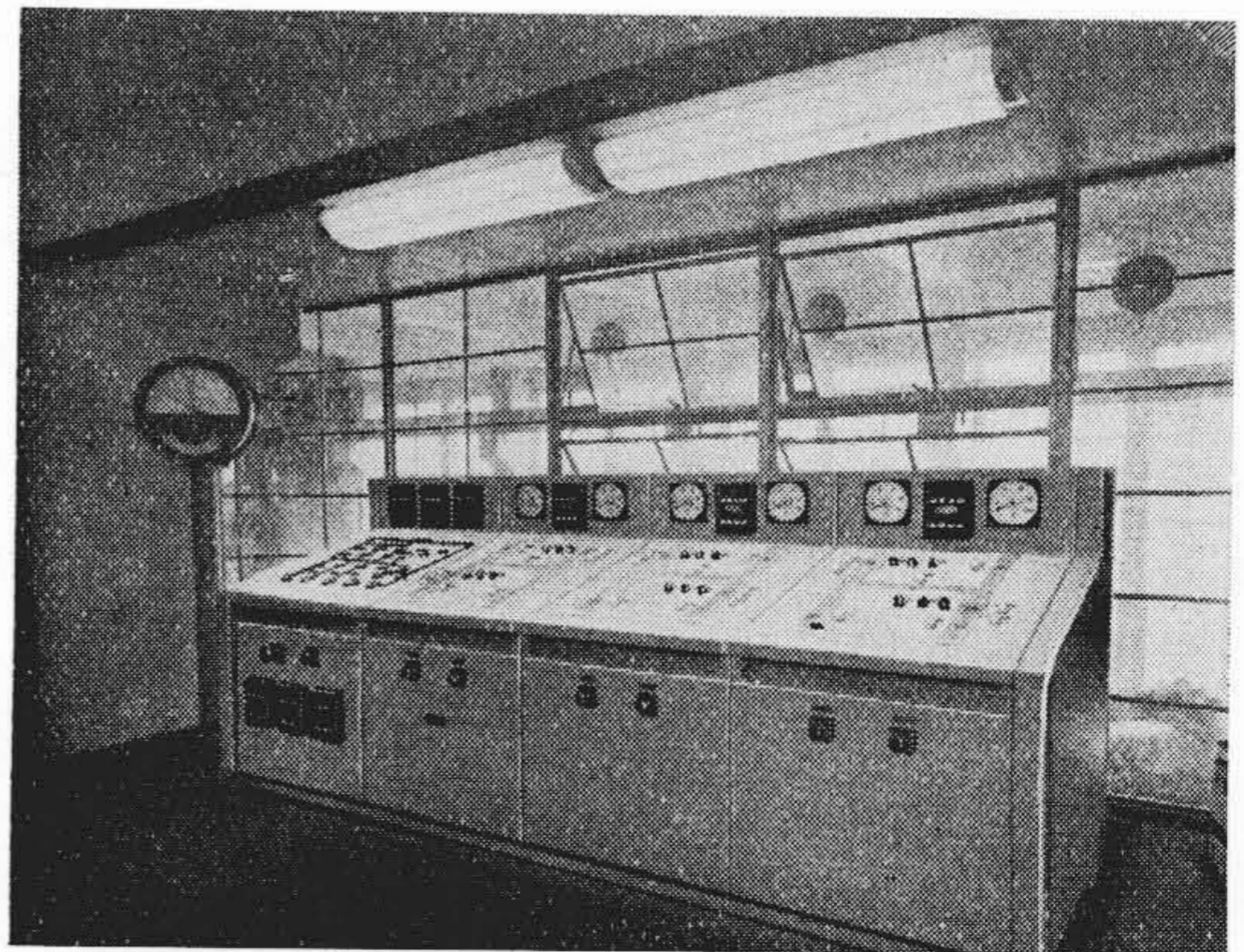
(3) 監視盤

主ポンプ3組6台の運転状況を配電盤室で一括して監視するため、第4図に示す監視盤を設けている。この監視盤には照光表示装置のほかに非常停止用引釦スイッチ、ならびに排水機場全体の故障の表示警報装置が設けてある。制御盤において起動完了し正規運転に入った後の監視はここで行われ、非常の場合には急停止を行うことができる。

(4) 補機の制御装置

圧油ポンプ、給水ポンプ、潤滑油ポンプはつぎのごとく制御される。

圧油装置：主ポンプの吐出弁および切換弁の開閉操作圧油装置1組は全体に共用で電動油ポンプ2台からなり、1台は圧油槽の圧力が常時 5.5~7 kg/cm² の間に保持されるよう自動運転し、ほかの1台は予備で、



第4図 監視盤
Fig. 4. Supervisory Boards

5 kg/cm² 以下に低下すれば自動起動する。故障により 4 kg/cm² 以下に低下した時はブザーで警報され、監視盤の集合故障表示器に表示される。

給水ポンプ：給水ポンプは主電動ポンプの歯車減速装置用潤滑油の冷却水、水中軸受の潤滑水、切換弁および吐出弁の弁座気密水用として使用される。主ポンプ6台に共用で5HP電動機3台よりなり、運転台数は任意に選択できる。吐出側は3台共通の管に接続されており、圧力低下の時は圧力開閉器によつて警報表示される。操作は主電動ポンプ用順序制御器による自動運転系列のなかで行われる。

潤滑油ポンプ：潤滑油ポンプは主電動ポンプの減速装置の潤滑ならびに軸受潤滑用として、主電動ポンプ1台に対し各1台ずつ設備されている。潤滑油ポンプは主機に先だち運転され、潤滑油断油の時は油流継電器により、主電動ポンプは停止される。

油槽油面低下の時はブザー警報と同時に表示が行われる。

〔IV〕 主ポンプの制御

(1) 運転方式

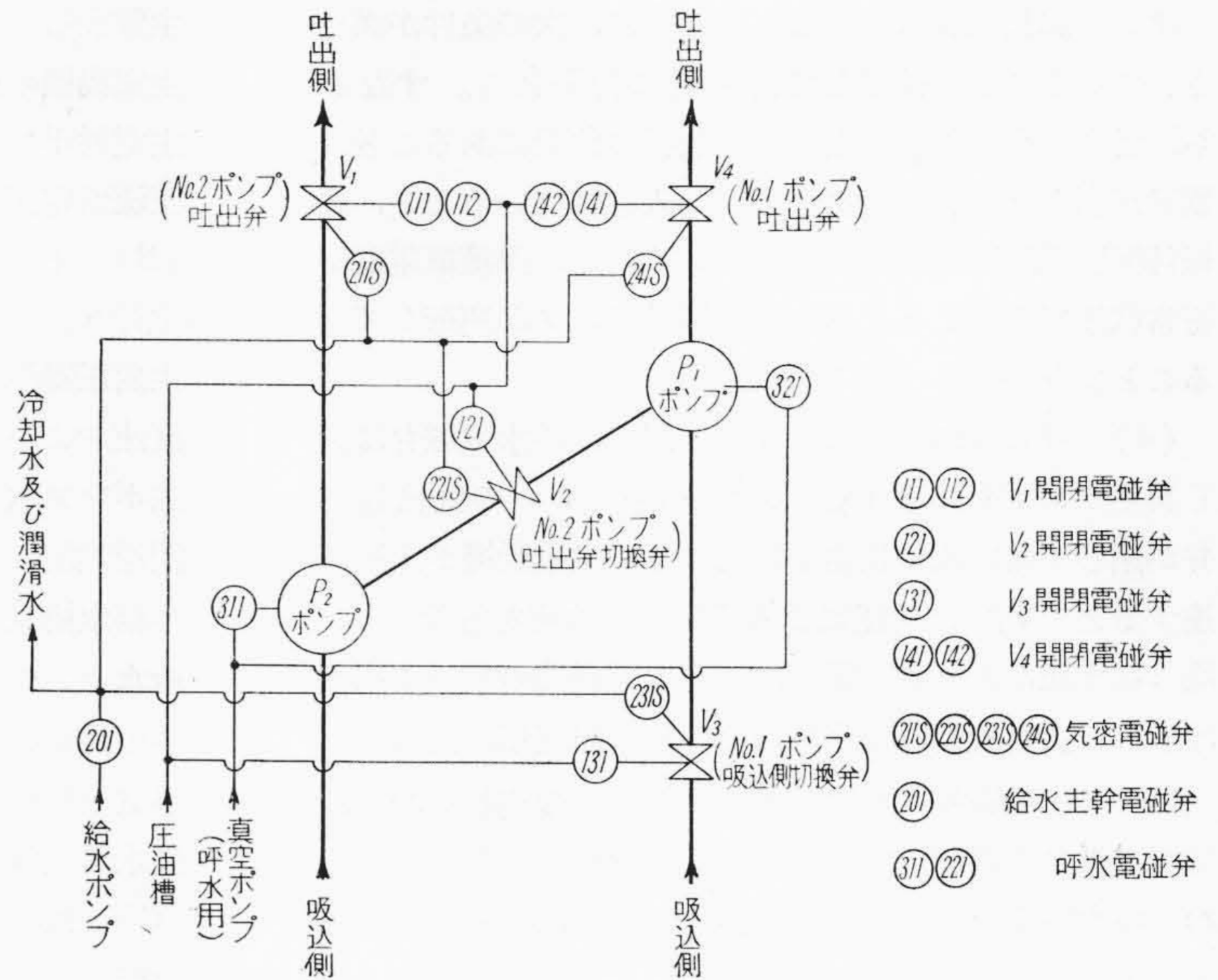
第5図に第1組の主電動ポンプの系統図を示す。主ポンプは2台ずつ1組とし、直並列切換運転を行う特殊方式である。すなわち各組ごとにポンプ1台ずつ単独運転したり、2台並列あるいは直列で同時運転することも任意に選択できる。

また並列運転中利根川の水位が上昇し、1台のポンプの揚程では不足するようになれば警報によりただちに直列運転に切換え、そのまま継続運転する。逆に揚程が低下した時は直列から並列運転に切換運転を行い、常に能率のよいポンプ運転が可能である。

これらの運転方式の選択切換は日立独得の順序制御器による一人制御方式により順序よく確実に自動制御される。

(2) 制御方式

制御方式は操作の簡易化と保守の万全を期すため、一人制御方式を採用し、主電動ポンプはもちろん補機に至るまですべて1個の順序制御器によつて自動制御される。これら起動動作の進行状態ならびに運転状態は照光



第5図 主ポンプ運転系統図
Fig. 5. Skeleton Diagram for Main Pump

式運転表示装置に表示され、監視を容易にし、運転状態の把握に完璧を期している。

圧油ポンプおよび給水ポンプは主機の起動に先だち運転され、主ポンプの起動は順序制御器のみの操作によつて、次のごとく運転方式を選択して行うことができる。

P₁. 単独運転 P₂. 単独運転

P₁. P₂ 並列運転 P₁. P₂. 直列運転

(P₁) (P₂) は第5図の記号と同じである。一例として「P₁ P₂ 直列」運転における操作を簡単に述べてみよう。

操作の過誤を防止するよう二段操作式となつている順序制御器を「P₁ P₂ 直列」に操作すると、次の順序で主電動ポンプは自動起動し運転に入る。

(a) (P₁) (P₂) 用潤滑油ポンプ2台とも起動し、軸受に給油する。給水主幹弁(201)が開き、減速装置潤滑油の冷却水ならびに水中軸受の潤滑水を供給する。

(b) 吐出弁(V₁) (V₄) および切換弁(V₃) が油圧電磁弁を通じ、油圧によつて閉じ、気密電磁弁を開いて弁座に気密水が供給され、(P₂) と (P₁) は完全に気密状態となる。一方切換弁(V₂) は油圧電磁弁により全開となり(V₂) (P₁) は直列状態となる。

(c) 以上の動作が終ると真空ポンプが起動し、呼水電磁弁(311) (321)が開き呼水動作を開始する。満水すれば満水検知継電器が動作し、主ポンプ電動機用交流遮断器が閉路され吸水側の第一段ポンプ(P₂)が、続いて吐出側の第二段ポンプが除々に起動する。

ポンプ起動は満水したことのほかに、次の条件が満足されていることを確認して自動的に行われる。すなわち、各主電動機の起動制御器が起動の位置にあること、刷子が引上げられ起動抵抗器が挿入されていること、巻線防湿装置用断路器が開かれていること、保護継電器が正常状態であること、および潤滑油ポンプが運転していることを条件としている。

(d) (P₂) (P₁) が起動すると同時に呼水電磁弁は閉じ真空ポンプも停止する。また (V₄) (V₁) の気密電磁弁が閉じて気密水の供給が断たれる。主電動機が全速に達すると (V₄) は油圧による「閉」の拘束を解除され、除々に水圧により弁を開く、一方主電動機の刷子が引下げられ二次抵抗器は完全に短絡され正規運転に入る。

(e) 起動過程における潤滑油ポンプの運転を始め、気密電磁弁の開閉、吐出弁および切換弁の開閉、呼水開始、呼水完了などはすべて制御盤ならびに監視盤の照光運転表示装置に表示される。

運転の切換：主電動ポンプ運転は前述の (d) 通りであるが、出水状況あるいは水位差変動などに応じ運転中にもほかの運転方式に任意切換えられる。すなわち、

(P₂) と (P₁) の切換え、単独と並列の切換はもちろん、並列運転から直列運転へ、直列運転から並列運転への切換も順序制御器の操作のみによつて簡易に行うことができる。

すなわち操作者は切換を行う場合、順序制御器を次に運転しようとする位置に操作すれば予定の順序にしたがつて自動的に切換が行われる。この切換にはもつとも短時間にかつ確実に行われるよう特に考慮が払われている。

停止：普通停止は順序制御器を「停止」の位置に操作して行う。非常の場合は監視盤の非常停止用引鉤スイッチによつて急停止を行うことができる。停止の場合吐出弁は逆流防止ならびに緩衝機構を有し、急停止時においてもなんら支障を生じないよう設計製作されている。

(3) 保護装置

故障による交流遮断器の自動遮断、そのほか機器の異常に対しては迅速適確な処置を必要とするので、本排水機場においてもこの点特に注意を払い、集合故障表示器による表示と警報を行い、操作者の監視と故障時の敏速な処置が容易に行えるようになっている。

(A) 下記の故障に対してはポンプを自動停止し、その故障の種別を表示するとともにベル警報を行う。

主電動機の過電流
主電動機の過負荷
主電動ポンプ潤滑油の断油
交流低電圧

(B) 下記の故障に対してはブザーで警報し、故障表示を行う。

主変圧器温度上昇
直流および交流回路の接地
主ポンプ水中軸受過熱
潤滑油槽油面異常低下
補給水槽水面異常低下
給水ポンプ水圧異常低下
油圧異常低下
空気圧縮機圧力異常低下
吸水面異常上昇および下降

(C) 以上のほか故障ではないが表示およびブザー報知を行うものに下記がある。

圧油ポンプ予備機運転

並列運転中水位差増大し直列運転に切換を必要とするとき。

直列運転中水位差減小し並列運転に切換を必要とするとき。

この直並列運転切換報知は監視盤の近くに設置された水位差計の警報接点によつて行われ、調整可能であり、水位計は三針式で吐出側および吸水側の水位ならびに水位差を指示する。

〔V〕 結 言

以上述べたように、直並列切換式ポンプの複雑な運転、制御に対し、確実な一人制御装置を完成してポンプ運転の信頼性を一層向上することができた。

本排水機場が手賀沼の干拓ならびに排水事業に多大の貢献をもたらすことを期待し、最後に本排水機場用制御装置の計画に当り種々御指導を賜つた農林省当局関係各位に厚く謝意を表す。

「日立評論」既刊号在庫案内

本誌「日立評論」の既刊号が少数ながら在庫しております。

御入用の方は下記へ御申込下さい。

日立評論社

東京都千代田区丸の内1ノ4
(新丸の内ビルディング7階)