

農林省新井郷川排水機場電気設備と制御装置

森 山 一 夫*

Electrical Equipment and Controlling Devices for Niigogawa Draining Pump Station of Agriculture and Forestry Department

By Kazuo Moriyama

Kokubu Branch Works of Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The Echigo Plain in Niigata Prefecture, watered by the Shinano and Agano rivers, two of the largest rivers in Japan, is one of the most important grain producing areas in the country. But, as many parts of the area lie from 0.3 to 0.6 meter below sea level, the consecutive installation of small capacity draining equipment was continued for many years. Drainage, however, could not be carried out to any degree of satisfaction, with the consequence that land reclamation work also proved ineffective. The integrated, large-scale Niigogawa draining pump station was therefore planned and built with the aim of stabilizing the livelihood of the rural population.

The Niigogawa draining pump station, having a total capacity of 3,700 kW and a total draining capacity of 95.4 m³/s, is one of the largest in the world. All the electrical equipment and controlling devices were manufactured by Hitachi, Ltd. and the station has been operating efficiently since August 1953. Three sets of Type No. 1 2,220 mm movable blade axial flow pumps directly coupled to 460 kW synchronous motors are used normally, and are designed to operate at a high power factor and at high efficiency. The movable blades are automatically adjusted by an automatic electric current regulator of the magnetic amplifier type, in order to make uniform the input of the motors. The six sets of Type No. 2 2,200 mm stationary blade axial flow pumps, each connected to a 400 kW induction motor by a speed reduction gear, are for emergency use.

The one-man control system was adopted for the electric pumps permitting full sequence control of the main electric pumps as well as the auxiliaries. All supervision and control is concentrated in a separate desk type main switchboard, which controls the entire drainage equipment and makes possible rational operation at high efficiency. Safe and accurate operation is assured by the installation of a complete set of safety devices.

〔I〕 緒 言

我国有数の大河、信濃川および阿賀野川の下流部新潟県下の越後平野は我国有数の穀倉地帯であるが、標高

* 日立製作所日立国分分工場

0.3ないし0.6mの耕地が多く、低地排水の大部分は小型排水機設備により福島潟および新井郷川に排除される。この周辺は特に湛水はなほだしく、各所に小型排水機を設置して排水しつつあるも、排水幹線たる新井郷川は勾配緩慢、通水断面の狭小、河口の閉鎖などに原因して排

水意のごとくならず、累年洪水により相当な被害を受けている。ここにおいて新井郷川下流濁川村名目所に大排水機を設置し、新井郷川の水位低下を計るとともに洪水時の湛水期間の短縮を考慮して排水機容量を計画し、湿田の乾田化とともに裏作を可能ならしめ、農家経営の安定を計らんとするものである。

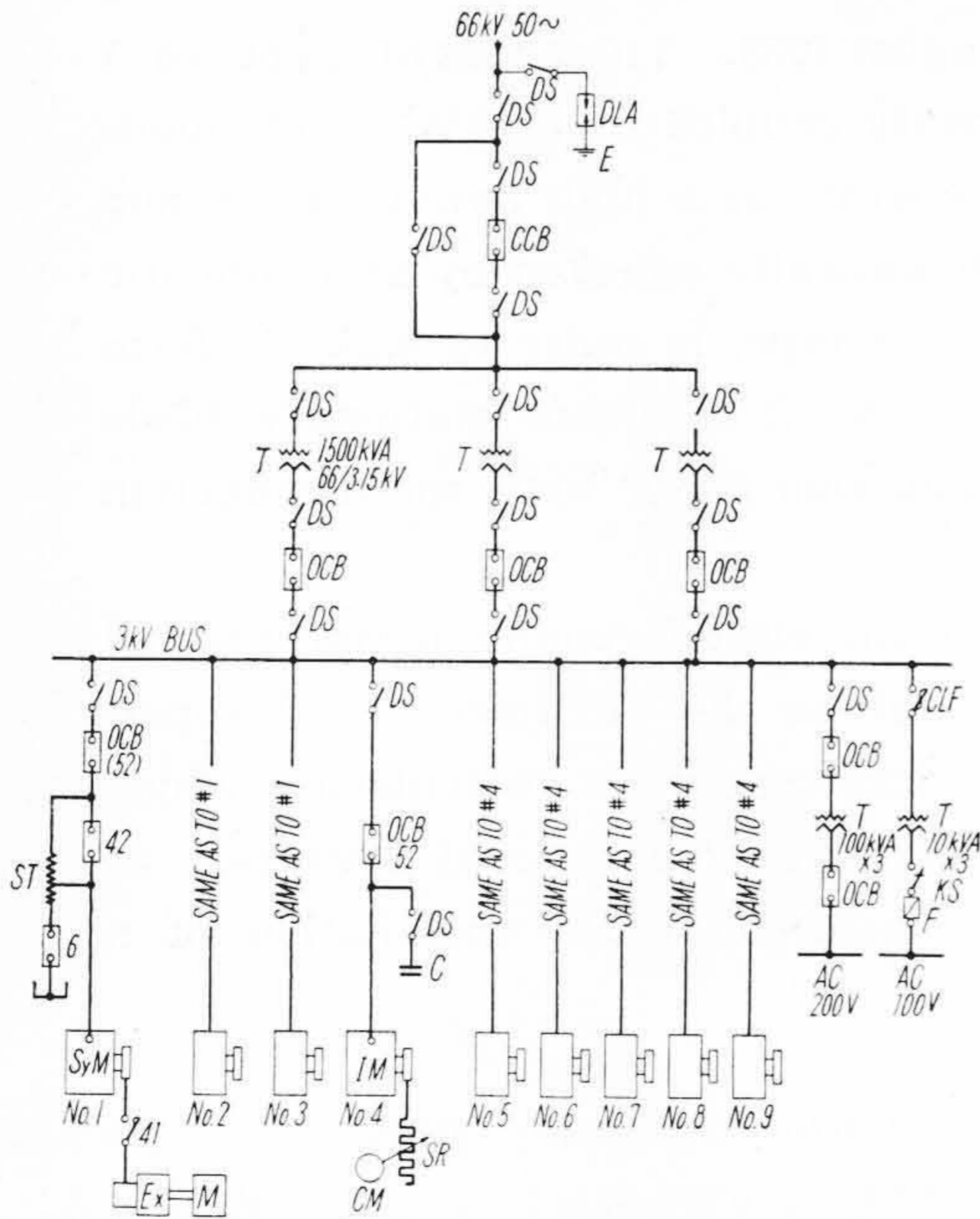
新井郷川排水機場設備は総容量 3,780 kW にして、総排水量は 96 m³/s という世界に誇る大排水機場である。この電気設備ならびに制御装置はすべて日立製作所の製造にかゝるもので、昭和29年7月より好成績で運転されている。制御方式は一人制御方式を採用し、中央配電盤より合理的な総括制御ができる最新式のものである。

以下新井郷川排水機場の電気設備ならびに制御装置の概要を述べて見よう。

〔II〕 設 備 概 要

第1図は主要電気設備の単線接続図にして、主要機器の仕様は大要つぎの通りである。

- 受電線..... 66 kV, 50~, 1 回線
- 主変圧器.... 1,500 kVA, 66/3.15 kV, 三相, 3台
- 一号型主電動ポンプ
- 電動機 460 kW, 3,000 V, 50~, 143 rpm
- 縦軸型三相同期電動機..... 3 台
- ポンプ 2,200mm, 3.14m, 10.6 m³/s, 143 rpm
- 縦軸型二床式可動翼軸流ポンプ 3 台



第1図 3,760 kW 排水機場単線接続図
Fig.1. Skeleton Diagram for 3,760 kW Draining Pump Station

二号型主電動ポンプ

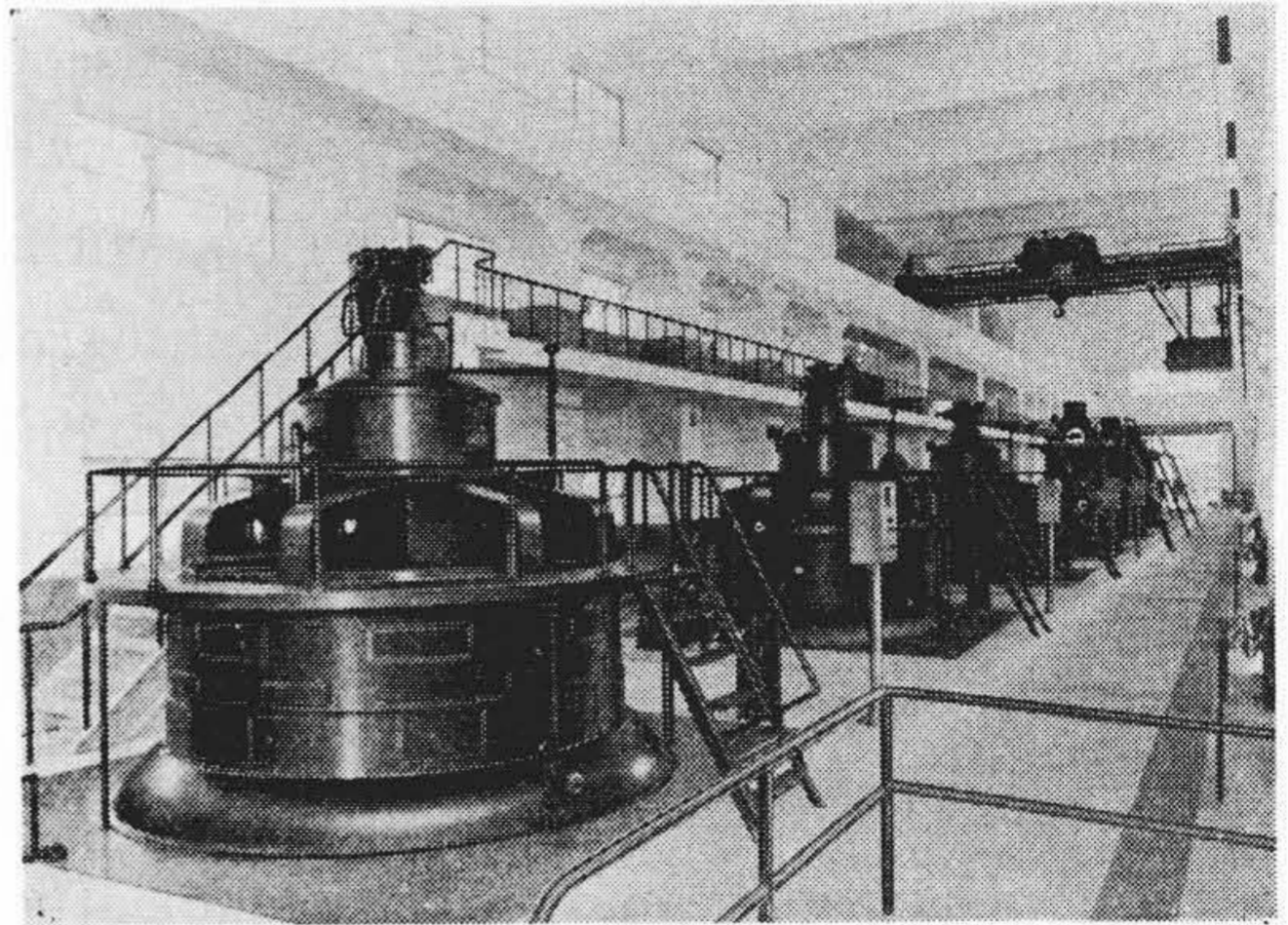
- 電動機 400 kW, 3,000 V, 50~, 500 rpm
- 縦軸型三相誘導巻線型電動機 6 台
- (減速歯車によりポンプに結合)
- ポンプ 2,200mm, 2.14m, 10.6 m³/s, 110rpm
- 縦軸型二床式固定翼軸流ポンプ 6 台

所内変圧器

- 動力 100 kVA, 3,150/210 V, 単相 3 台
- 電灯 10 kVA, 3,150/105 V, 単相 3 台

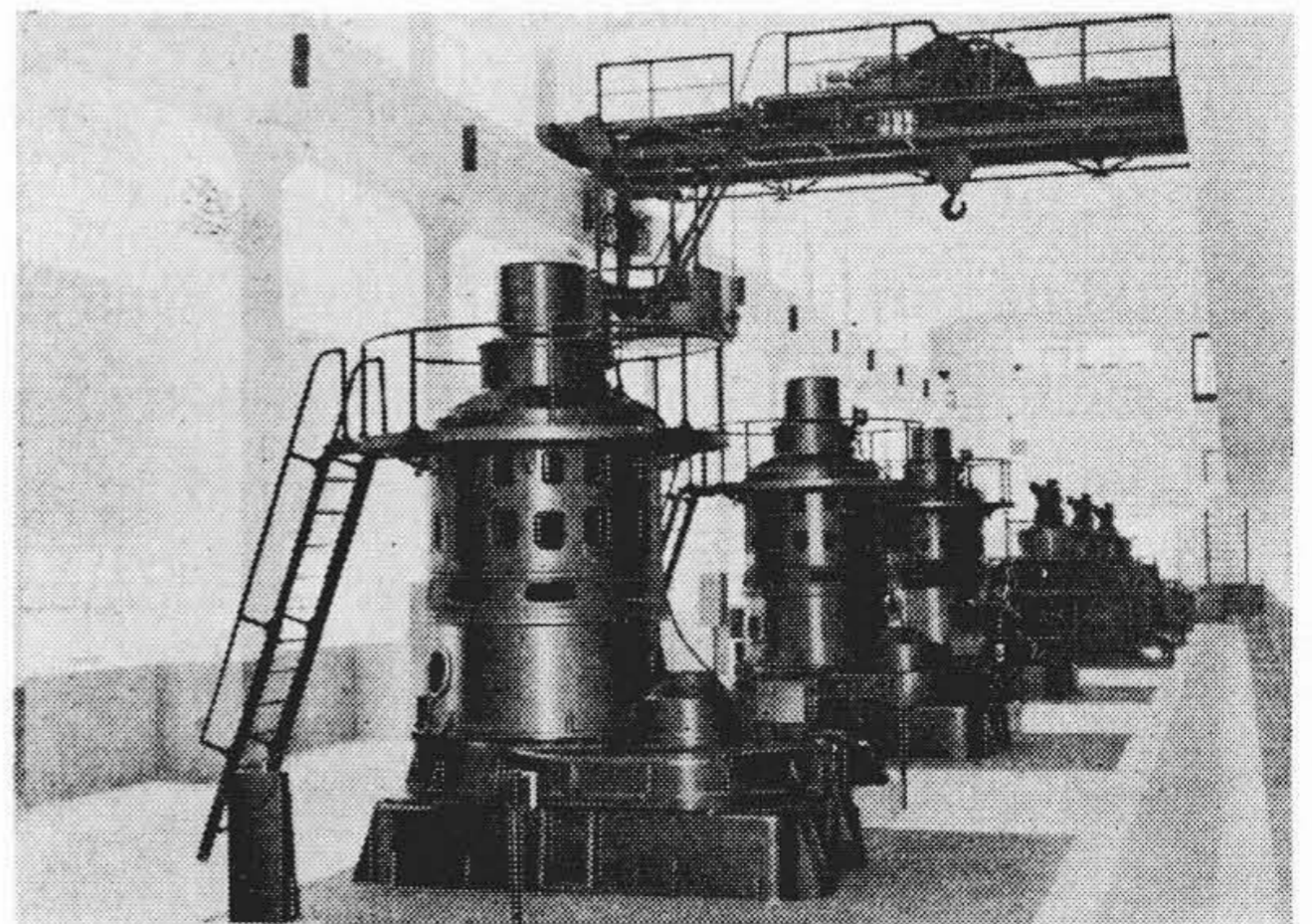
460 kW 同期電動機 (第2図参照) 直結の可動翼軸流ポンプ3台は常用にして、高力率、高能率で運転するよう同期電動機の採用可動翼の自動調整などが考慮されている。

400 kW 誘導電動機 (第3図参照) と減速歯車結合の固定翼軸流ポンプ6台は非常用にして、今回はうち3台



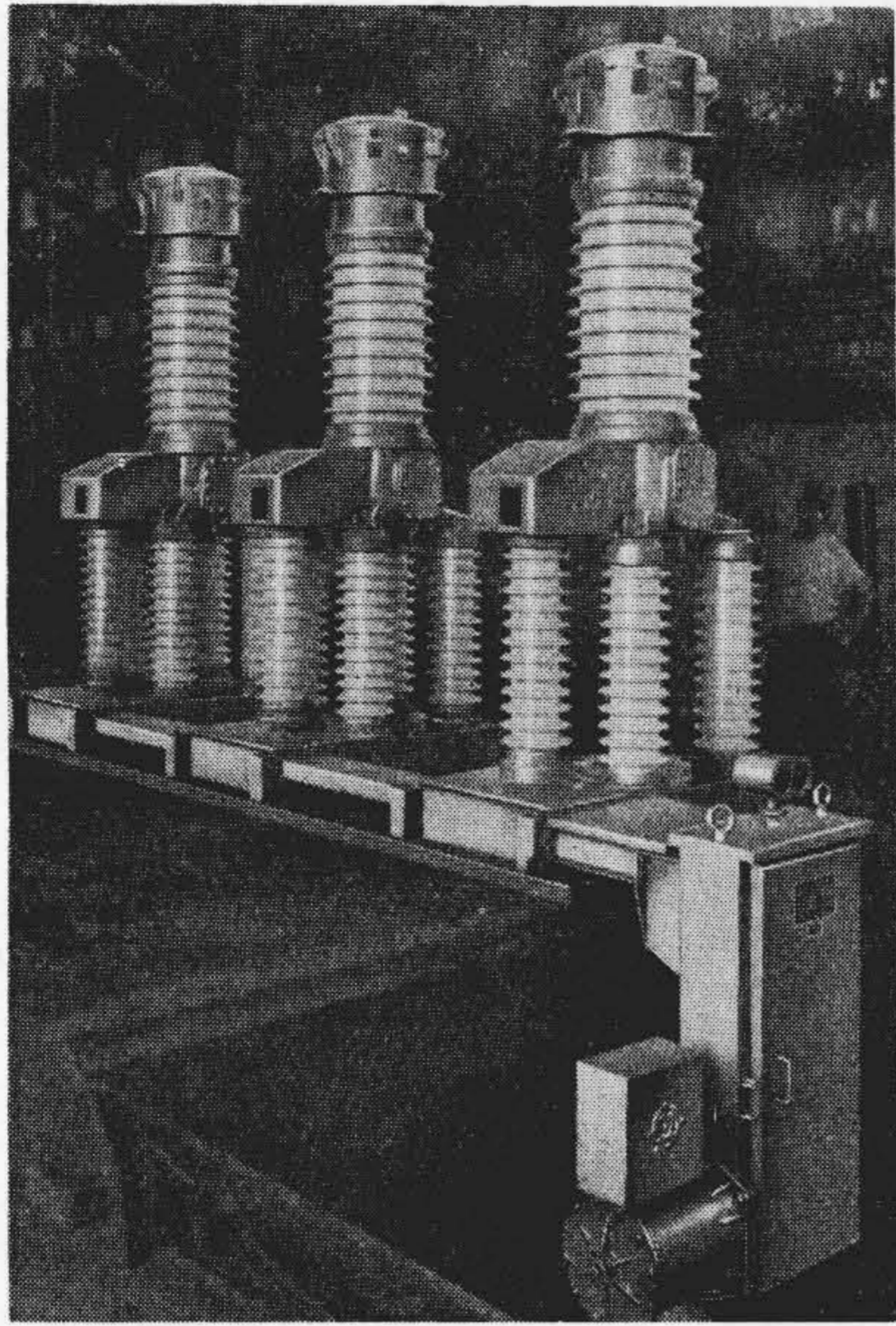
第2図 460 kW 縦軸型同電動機 (可動翼軸流ポンプ用)

Fig.2. 460 kW Vertical Type Synchronous Motor for Axial Flow Pump with Movable Blades



第3図 400 kW 誘導電動機と減速歯車装置 (固定翼軸流ポンプ用)

Fig.3. 400 kW Vertical Type Induction Motor with Reduction Gear Box for Axial Flow Pump



第4図 BO-250 B 型 80.5 kV 400 A 2,500 MVA 制弧遮断器

Fig. 4. Type BO-250 B 80.5 kV 400 A 2,500 MVA Contrarc Circuit Breaker

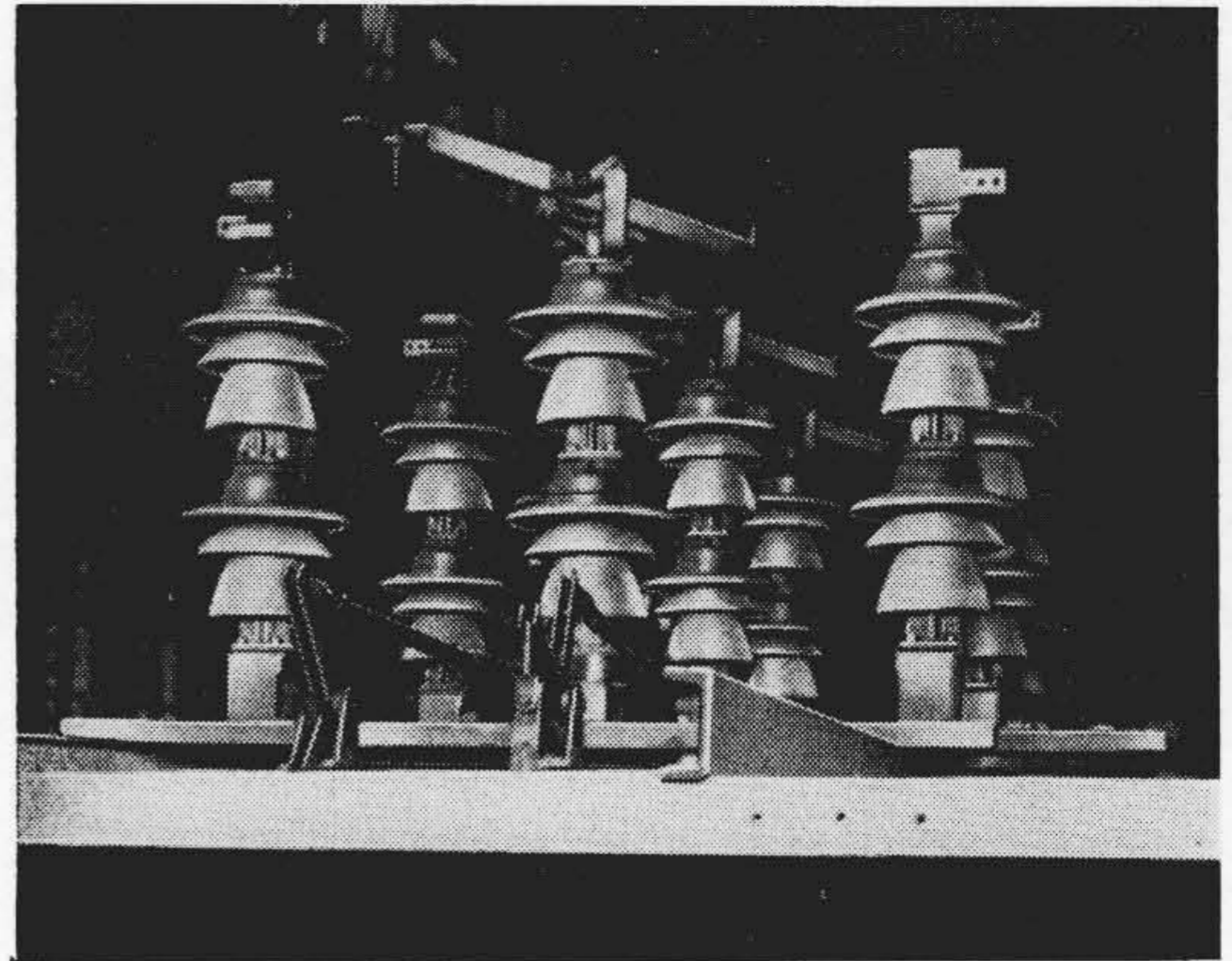
を完成したが、残り3台は昭和30年度に完成する予定である。

本排水機場完成の暁には総排水量は $95.4 \text{ m}^3/\text{s}$ となり集水面積は 30,000 町歩に達し、14,000 町歩の耕地が冠水から免れることになる。

〔III〕 開閉ならびに保安装置

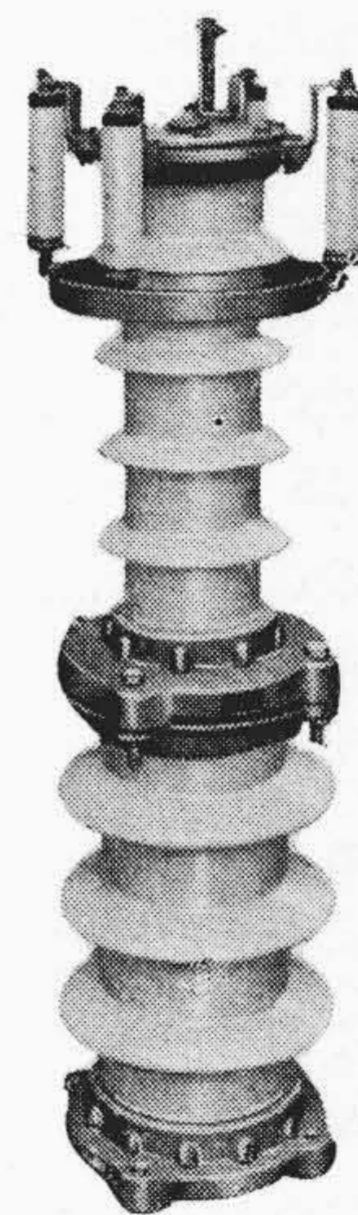
66 kV 受電回路には BO-250 B 型 80.5 kV 400 A 2,500 MVA 空気操作式制弧遮断器（第4図参照）を、また 3,000 V 回路には R 12 型 6,900 V 400 A 80 MVA 電磁操作式油入遮断器が採用されている。この制弧遮断器は油中断路部を制弧室の下方に設け、遮断直後の遮断ガスによる絶縁低下を防止している。制弧室は自力型でほぼ同時に開閉する二重切で、その一方を圧力発生用としているため大電流遮断時には他方の電弧に純油流を吹付けるから、電弧時間が著しく短く1 \sim 程度である。また小電流のときには自力補償用圧油ピストンの効果と相まって二重切として働くから、充電々流を遮断するときでもほとんど無再点弧である。1,500 kVA 変圧器の 66 kV 側遮断器は設備を簡略にするため省略した。したがって変圧器の励磁電流の開閉は断路器にて行うようになるが、この点も十分考慮されている。

66 kV 回路には NHL 型 80.5 kV 400 A 機械的遠方操作式断路器（第5図参照）を採用した。この断路器は水平二重切回転締付型で操作きわめて軽快にして、接触



第5図 NHL 型 80.5 kV 400 A 遠方操作式断路器

Fig. 5. Type NHL 80.5 kV 400 A Remote Operated Disconnecting Switch



第6図 OD 150 型 69 kV ドライバルブ避雷器

Fig. 6. Type OD 150 69 kV Dry Valve Lightning Arrester

の安定確実なることは他に類を見ない。しかして雪や氷で凍結した場合でもなんらの障害なしに軽快に操作できる特長を有している。したがって新潟地方のごとく氷雪の多い地方でも安心して使用できる。また変圧器用は励磁電流を開閉することになるが、実験の結果によれば NHL 型断路器は 66 kV 7 A の励磁電流を安全に開路する性能を有している。

送電線から入る雷その他によ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 OD 150 型 69 kV ドライバルブ避雷器（第6図参照）により完全に保護される。なおこの避雷器には

電極間に移動式の円筒状の紙を狭み、放電々流により穿孔して動作を記録する簡単確実な動作記録器が取付けられている。

非常用の二号型電動ポンプは停止期間が長いため、電動機の吸湿による絶縁劣化が心配されるから、長期間停止する場合は固定子線輪に交流200Vを加圧しておくための開閉装置が特に設置されている。したがって降雨などによる出水時の非常時は勿論いつでもなんらの不安なしに直ちに運転することができる。

〔IV〕 制 御 装 置

電動ポンプの制御方式は操作の簡易化と完全な保守が行われる一人制御方式を採用し、主電動ポンプは勿論補機に至るまですべての操作が一貫した統制のもとに順序よく遂行されるようになってきている。しかしてすべての監視が中央配電盤室で監視され、排水機場全体をよく把握して能率のよい合理的な運転ができるよう特に考慮されている。さらに各種保護装置が完備して運転操作を安全なものとしている。

(1) 主 配 電 盤

主配電盤は第7図に示すごとく特高受電、主変圧器、一号型および二号型電動ポンプ、所内変圧器、機器温度測定、警報表示用の15面よりなり、運転制御に最も便利な分離机型配電盤とし、これに頂上盤を設け3,000V回路の地気ならびに水位の監視を行うようになってきている。

(2) 主 配 電 盤 の 監 視 装 置

吸水位、排水位ならびにその差すなわち揚程の監視を行い、吸水位の変動に応じ主ポンプの運転台数を随時増減する。この水位監視はD₂₁型水位送信器を吸水ならびに排水面に設置し、おのおのにS₂₄型水位指示計を設けてこれを主配電盤で監視する仕組みになっている。しかしてその差の揚水位は受信側において水位差変成器と揚水位差指示計を設けこれにより直接監視される。

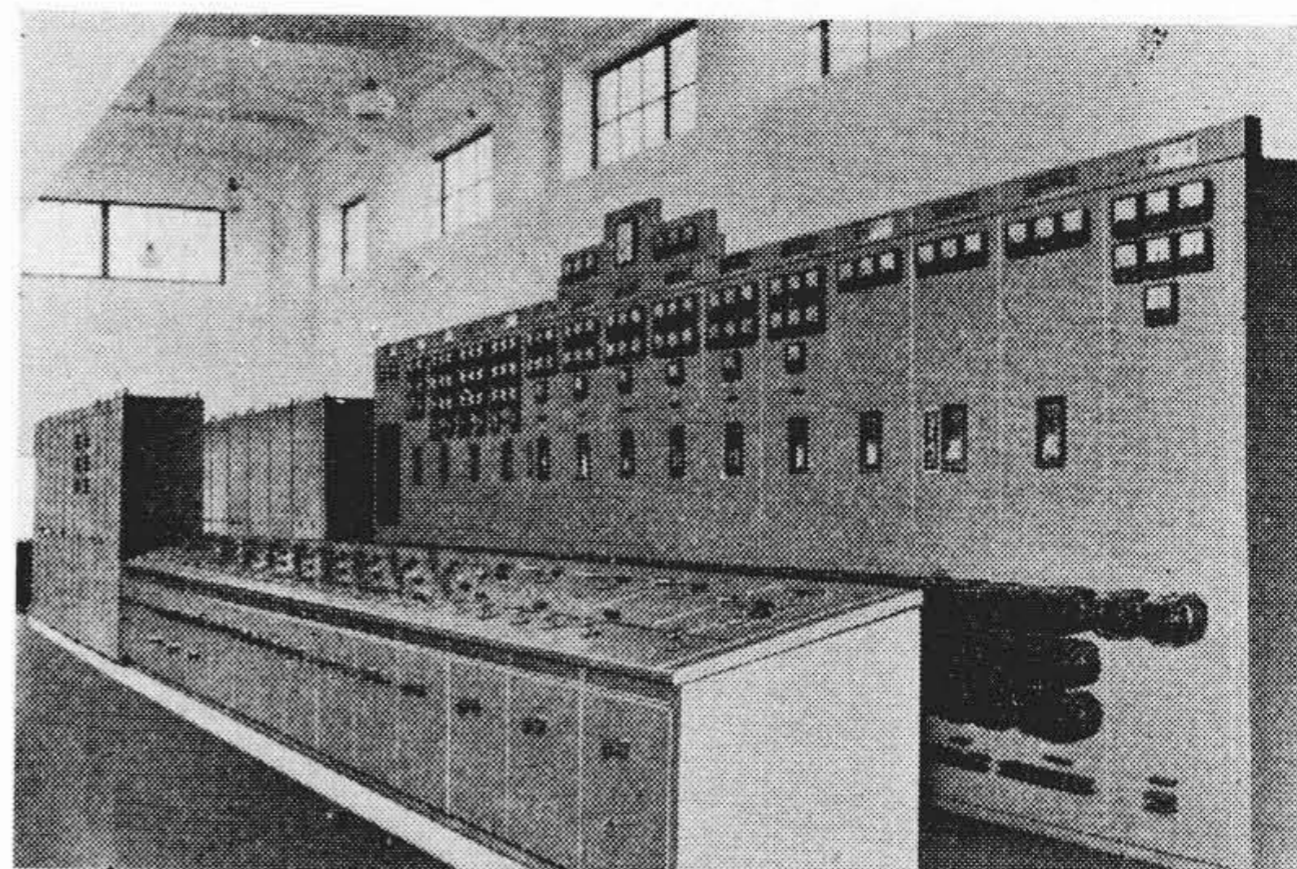
主ポンプの油圧堰止弁の開度、一号型可動翼ポンプの翼角度はD₁₂型位置送信器とS₂₄型位置指示計により中央配電盤で監視される。

主変圧器の油温、各電動ポンプ推力軸受ならびに二号型電動ポンプの減速歯車の潤滑油温はTD型抵抗温度計により任意切換監視できる。

このように排水機場全体の運転状態は中央配電盤室で一目瞭然となつているから、安心して合理的な運転制御が行える。

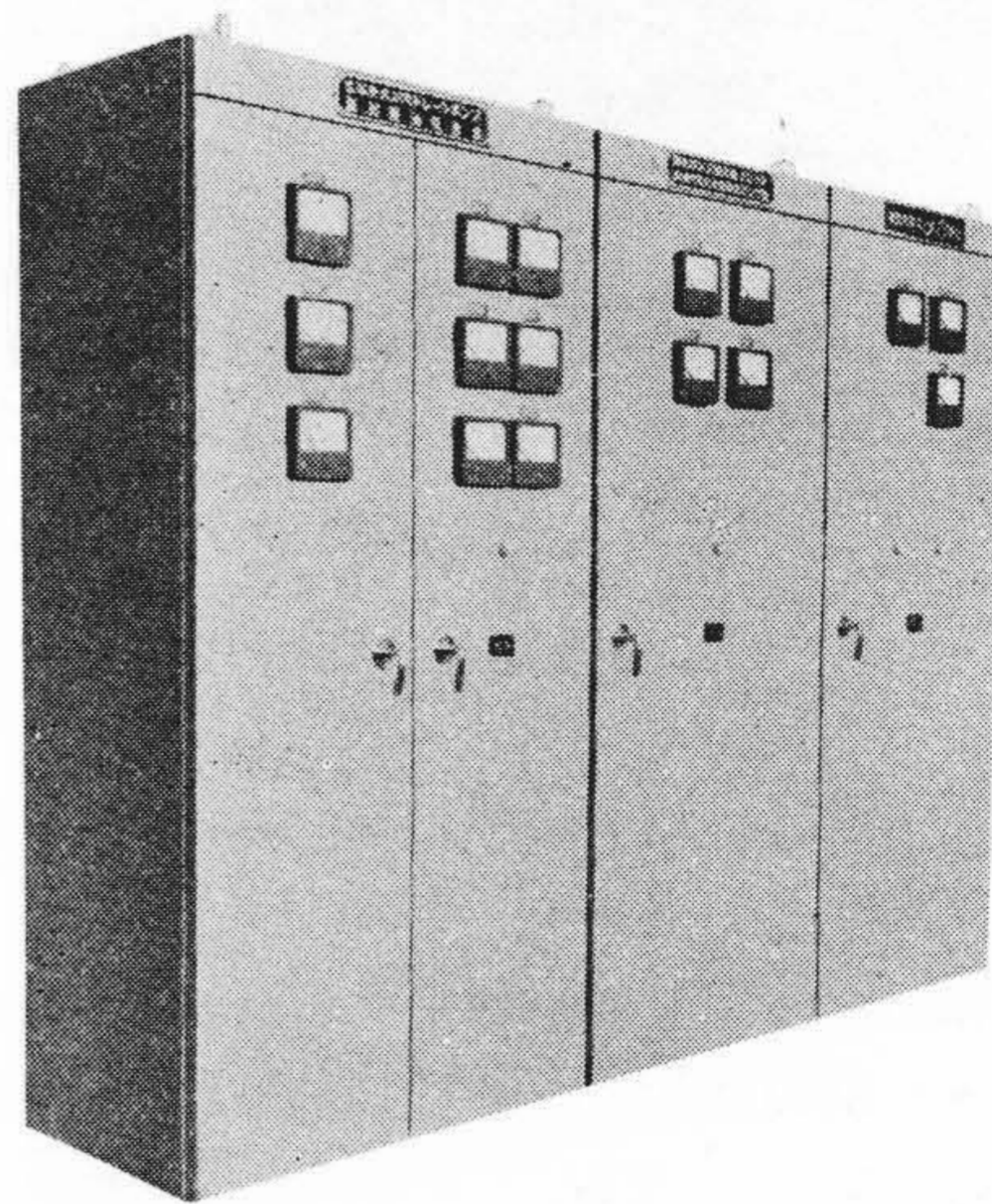
(3) 補 機 の 制 御

第8図は補機制御用電磁接触器盤の一部を示すものである。



第7図 BD+EF型主配電盤

Fig.7. Type BD+EF Separated Desk-board Type Main Switchboards



第8図 補機用配電盤

Fig.8. Switchboards for Auxiliary-Machines

(A) 圧 油 装 置

主ポンプの制御用圧油装置は主ポンプ3台に対し1組都合3組を設け、その1組は電動ポンプ2台からなり、1台は常用、他の1台は予備とし、常用は7kg/cm²以下で起動、9kg/cm²で停止、予備は6.5kg/cm²で起動、8.5kg/cm²で停止し、常時圧油槽の油圧を7~9kg/cm²に保持するよう油圧継電器により電動圧油ポンプを自動制御している。しかして各主ポンプへの給圧油は主機の運転にさきだち各機に対し遠方操作式電磁弁により行われている。

(B) 清 水 ポンプ 装 置

主ポンプの水中軸受の潤滑水ならびに二号型電動ポンプの減速歯車装置、潤滑油冷却器用清水ポンプ装置は主ポンプ全数に対し4台を設けこれを併列運転し、主機の運転台数に応じ運転台数を任意に加減できる。運転停止は主配電盤または機械室のいずれからでも任意操作できる。しかして給水は主機の運転に先立ち各機に対し遠方操作式電磁弁を経て行われる。

(C) 潤滑油ポンプ装置

電動ポンプ軸受潤滑ならびに二号型電動ポンプの減速歯車装置用電動油ポンプは、主機各台に対し1台ずつを設け主機の運転に先立ち運転され、その運転停止は主盤または機械室のいずれからでも任意操作できる。

(D) 以上は主電動ポンプの運転制御に直接関係の補機であるが、このほか圧油槽の空気補給用として電動空気圧縮機、場内排水用として浮子開閉器により自動制御される豎型電動汚水ポンプ、また可搬式水路排水用ポンプなどがあり万全を期している。

(4) 主油圧堰止弁の制御

主ポンプ吐出側の末端には4門ずつの逆流防止弁があるが、さらに4門ずつの油圧堰止弁を設けている。この堰止弁は主ポンプの起動に先立つて開き停止後に閉じポンプ停止中の漏水を完全に防止している。操作は電磁操作弁を介し圧油操作され中央配電盤より遠方操作する。この開度は前述の位置指示計により監視されている。

(5) 主電動ポンプの制御

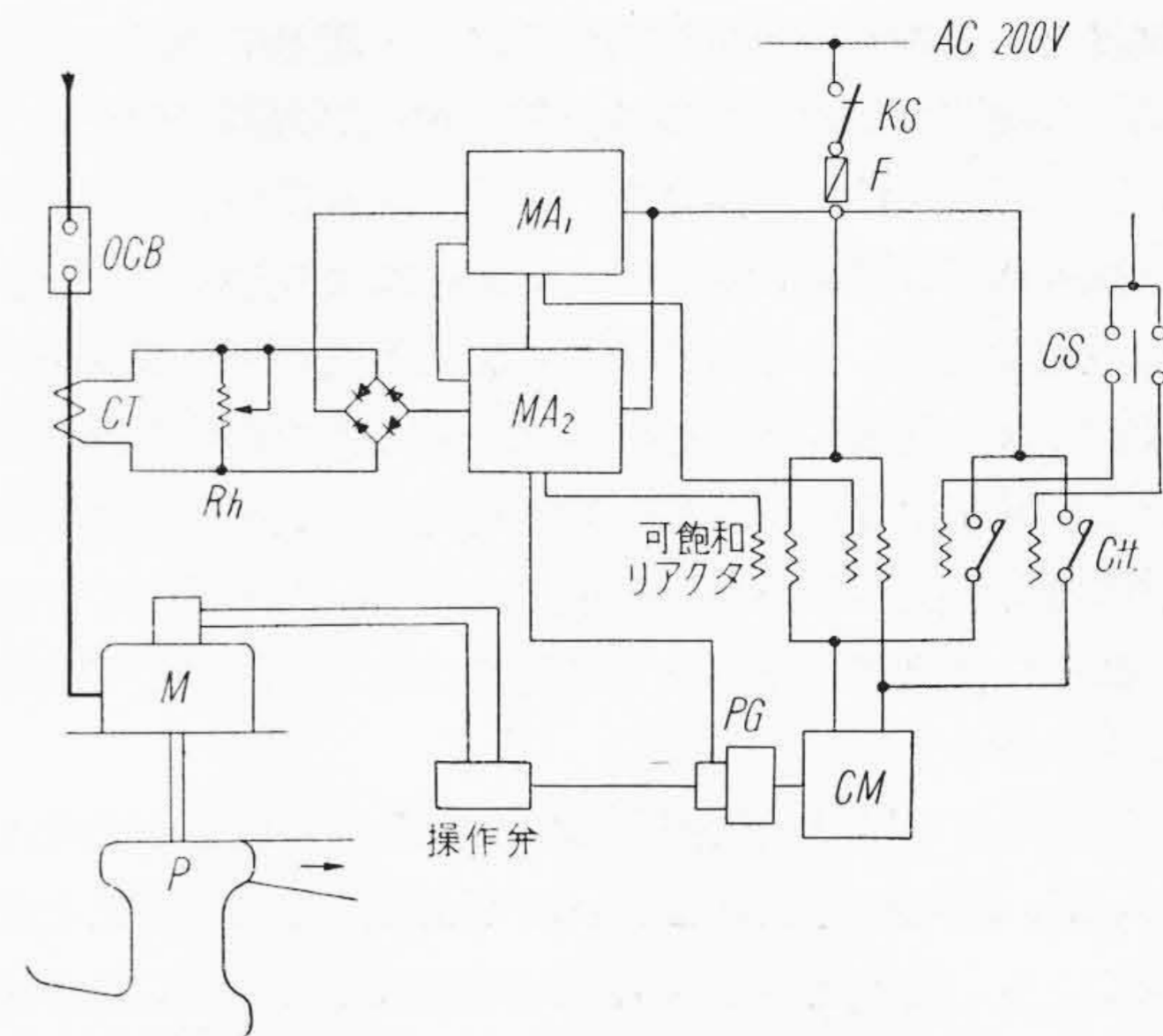
主電動ポンプの運転停止は中央配電盤から一人制御されるが、必要に応じ機械室でも制御できる。

(A) 一号型電動ポンプの制御

起動条件として堰止弁が4門とも開、主ポンプ水中軸受の潤滑水ならびに各軸受潤滑油冷却器の冷却水が通水、各軸受の潤滑油が通油、油圧が予定値以上、主ポンプ可動翼が最低に絞られているなどの条件が満足された場合、起動操作を行えばまず同期電動機励磁用電動発電機が起動する。

電動発電機が所定電圧に達すれば直流電圧継電器により起動変圧器の中性点用交流遮断器(6)を閉路し、続いて同期電動機用交流遮断器(52)を閉路する。同期電動機は起動タツプ電圧により誘導電動機として徐々に起動する。ほぼ同期速度近くになれば予定限時の後(6)を遮断して運転用交流遮断器(42)を閉路する。電動機は全電圧に切換えられ予定限時の後界磁接触器(41)を閉路し励磁を与える。電動機はこのようにして同期速度となり運転に入り翼角度を立てれば排水を開始する。

可動翼の調整は電動操作弁を介して圧油で操作され、起動時には最低に絞つて軽負荷起動を行い運転に入れば揚程に応じ任意調整し最も能率よく運転される。この調整は主配電盤から計測装置により監視しながら任意手動で遠方制御できるが、揚程の変化は主電動機の入力変化となり、これに応じ最も能率よく運転するためには主ポンプ可動翼の翼角の調整を必要とする。この調整は常時監視制御を必要とするので合理的制御を行うため、同期電動機の入力が一定になるよう翼角の調整を自動制御している。



第9図 可動翼軸流ポンプの翼角自動調整装置説明図

Fig. 9. Schematic Diagram for Automatic Blade Angle Regulating Device of Axial Flow Pump with Movable Blades

第9図は翼角自動調整装置の説明図である。図示のごとく磁気増幅器を利用した無接点式自動電流調整器にして、精度も高く安定確実にして保守の簡単なものである。主電動機の入力電流と他の定電圧装置を経た基準電圧とを比較し、揚水位の変化により入力電流、すなわち負荷の変化を検出し、これを磁気増幅器で増幅しその出力電流により操作電動機回路に直列に挿入された可飽和リアクタの直流励磁を変え、操作電動機を正転または逆転して操作弁を切換え圧油操作により翼角を調整し、常に電動機の入力電流が一定になるように自動制御される。なお乱調防止装置や制限開閉器を設け安定な制御が行えるよう考慮されている。

非常時などに全負荷急停止してもなんらの危険や支障のないことは勿論であるが、通常停止のときは電気系統ならびに機械に対する衝撃を可及的に軽減することは運転保守上好ましいことである。

通常停止の場合は操作開閉器を停止側に操作すれば主ポンプの翼角は自動で徐々に最低まで絞られる。しかして低負荷となつた後電動機用交流遮断器(52)を自動遮断し、電気系統や機械に対しなんらの衝撃なしに全停止する。また非常時には翼角は開放のまま(52)を遮断して全負荷停止されるが、この場合は主電動ポンプ停止後自動的に翼角は最底まで絞られ低負荷起動に備えられる。

(B) 二号型電動ポンプの制御

起動条件として堰止弁が4門とも開、主ポンプ水中軸受の潤滑水ならびに潤滑油冷却器の冷却水が通水、各軸受の潤滑油ならびに減速歯車の潤滑油が通油、油圧が一

定以上、起動制御器が起動位置に、主電動機の固定子線輪に吸湿防止加熱のための低電圧加圧開閉器が開かれているなどの条件が満足された場合、起動操作を行えば交流遮断器(52)閉路し電動機は全電圧により徐々に起動する。主電動機には力率改善用の並列蓄電器がその端子に接続され、電動機とともに開閉され力率の改善を計っている。昇速するにしたいが起動電流制限継電器により起動電流を制限しながら、電動操作式起動制御器により起動抵抗を順次抜き去る。主電動機は徐々に昇速して運転に入り排水する。

非常時などに全負荷停止してもなんらの危険や支障はないが、運転保守上好ましいので通常停止は緩停止を行っている。緩停止の場合は操作開閉器を停止側に操作すれば、主電動機の起動抵抗器は自動で徐々に挿入され半分くらいのところでしばらく停止し、堰止弁が衝撃なく閉ぢるのを待つてまた徐々に挿入され起動抵抗器が全部挿入された後交流遮断器(52)を自動遮断してなんらの衝撃なしに全停止する。また非常時には全負荷全速のまま急停止されるが、この場合は主電動ポンプ停止後自動的に起動抵抗器は全部挿入され起動に備えられる。

(6) 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集合表示器により故障表示盤に集合表示せしめ、かつ自動遮断した遮断器の信号灯を点滅させ居ながらにして動作継電器および遮断器を監視できるようになつている。

本故障表示方式の特長は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し、遮断または停止のごとく処置を自動的に行うものにあつてはベルで警報し GB₈ 型集合表示器に表示せしめる。表示は復帰釦により任意復帰する。機器その他の異常状態表示にあつてはブザで警報し GBR₈ 型二重表示式集合表示器に表示せしめる。第一の表示は復帰釦により任意手動復帰するが、第二の表示は異常状態継続中は表示を続け、

一度故障が消滅して保護継電器が復帰すれば自動復帰する。したがつて故障の対応処理もなんらの過誤を生ずることなく敏速に行うことができる。

主変圧器ならびに主電動ポンプ装置の保護装置と保護継電器の動作に対する処置はつぎのようで、保護装置に対しては万全を期している。

(A) 主電動ポンプを急停止するもの

主電動機の短絡などの異常過電流
主電動機の過負荷などによる過熱
励磁用電動発電機の故障停止
軸受が危険温度近くまで過熱
減速歯車装置潤滑油が危険温度近くまで過熱
潤滑油の断油
潤滑水または冷却水の断水
交流低電圧

(B) 警報表示のみを行うもの

主変圧器の過熱
油圧低下
軸受過熱
吸水面異常降下
吸水面異常上昇
減速歯車装置潤滑油の過熱

[V] 結 言

本排水機場は以上述べたごとく、総排水量においてもまた一人制御方式による制御の合理化ならびに保安装置完備の面においても、まさに排水機設備としては記録的のものである。

湖沼の干拓に、低地排水用にさらに灌漑揚水用にますます大型揚排水機場の計画が増加しつつある今日、かかる制御の合理化された大型排水機場の完成は水に恵まれまた災される日本のため御同慶の至りである。

最後に本排水機場の制御装置設計製作にあた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る次第である。

