

四 国 電 力 株 式 会 社 納
大 森 川 発 電 所 用 制 御 装 置
 The Controlling Equipment for the Ōmorigawa Power Station
 of Shikoku Electric Power Co., Inc.

齋 藤 武*
 Takeshi Saitō

内 容 梗 概

揚水発電所は効率良く機動性の高い運転が必須条件であり、その制御は重要な問題である。今回わが国最初の可逆ポンプ水車式としての大森川揚水発電所が建設されたが、その制御方式は安全確実にして機動性の高い自動方式としている。本文はその制御装置の概要と特長について述べられている。

1. 緒 言

最近電力需要の急増に対処して大規模な電源開発が計画実行されるに伴い、軽負荷時の余剰電力を有効に利用し転じて価値高い尖頭電力とする揚水発電設備の必要性はますます高まってきた。揚水発電所は同期機、水車、ポンプの組み合わせとするポンプ別置式と、同期機と可逆ポンプ水車の組み合わせとするポンプ水車式の二方式に大別され、前者の代表的設備としては東北電力株式会社沼沢沼発電所があり、後者に属するものとして今回国内初めてのポンプ水車式として四国電力株式会社大森川発電所が建設された。揚水発電所は効率良く機動性の高い運転が第一の条件であるから、その制御はきわめて重要な問題である。

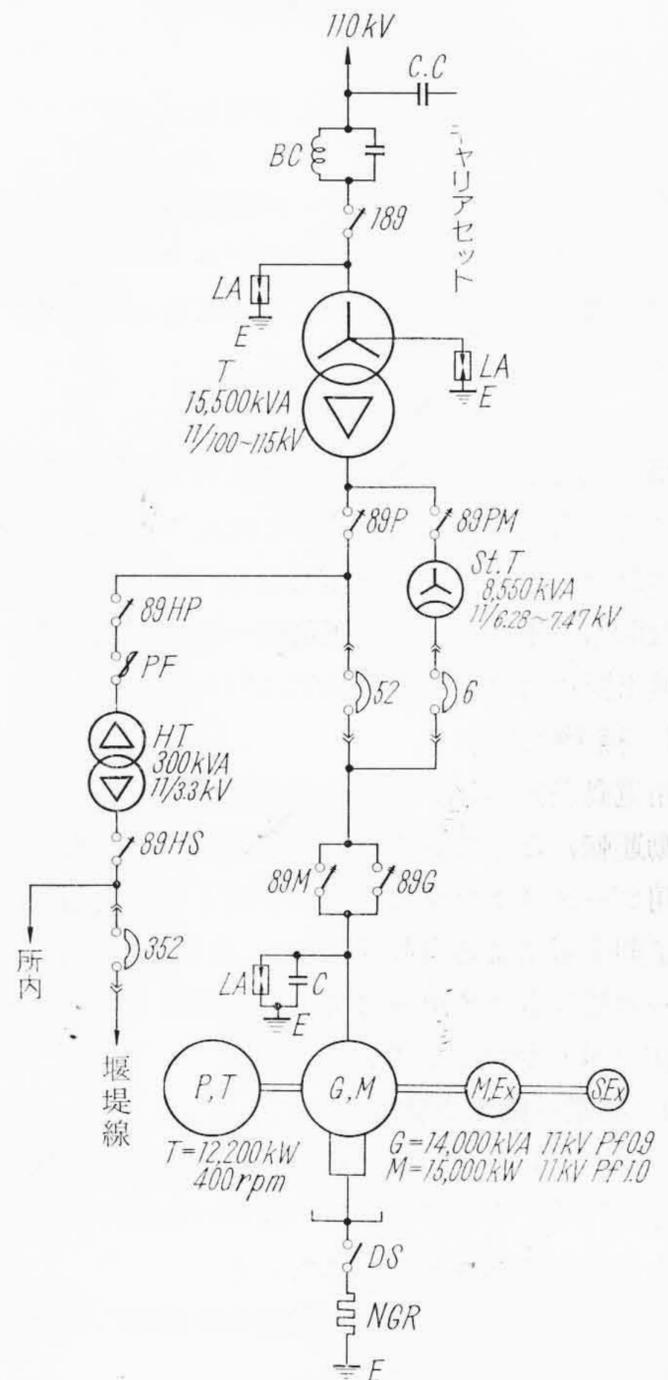
大森川発電所の主機および制御装置はすべて日立製作所で製作したが、制御方式としては操作をできるだけ簡単なものとし、しかも幾多の新しい方式、装置を採用した確実な自動方式とし、また保護装置も完備して、安全にして機動性の高い運転が行われるよう考慮が払われている。以下その大要と特長について述べる。

2. 設 備 概 要

第1図は主回路接続を示す単線図で主要機器概要は次のとおりである。

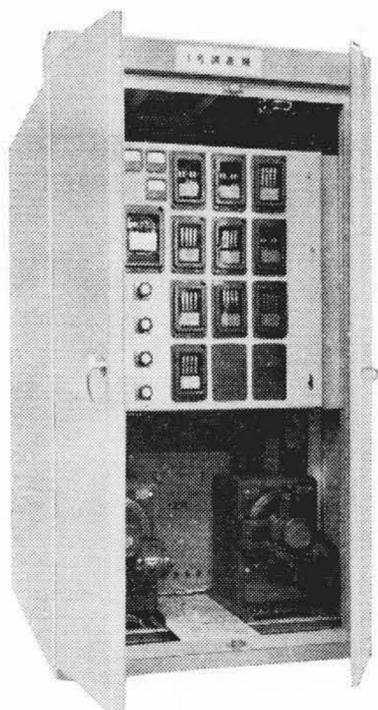
ポンプ水車	立軸単輪単流渦巻フランシス形
水車出力	12,200 kW
ポンプ軸動力	14,300 kW
回 転 数	400 rpm
発電電動機	立軸閉鎖通風形凸極回転界磁式
発電機出力	14,000 kVA 11 kV 3φ 60~PF0.9
電動機出力	15,000 kW 11 kV 3φ 60~PF1.0
主励磁機	100 kW 220 V
副励磁機	5 kW 110 V
主変圧器	屋外油入自冷式 15,500 kVA 3φ 60~

* 日立製作所国分工場

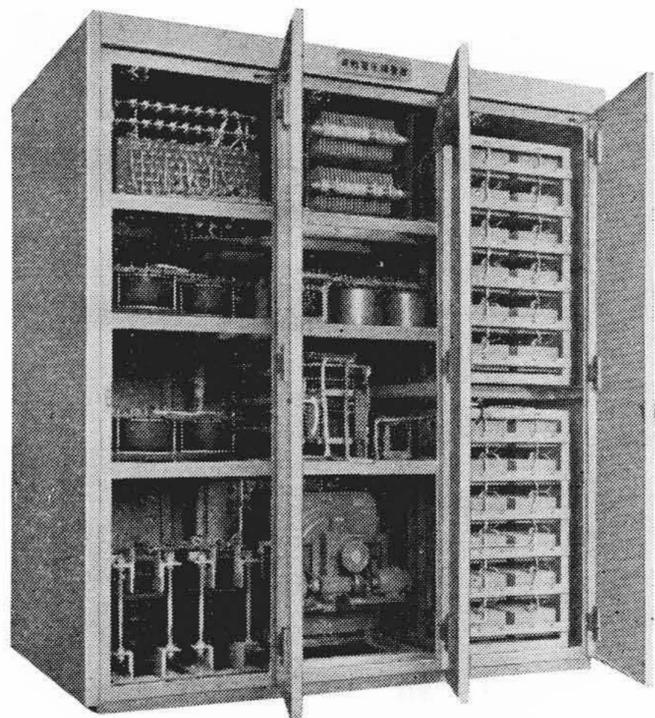


第1図 大森川発電所単線接続図

11/100-105-110-115 kV Δ/人 接続
 起動変圧器 屋外油入自冷式 8,550 kVA 3φ 60~
 5分間定格 11/6.28~7.47 kV 人接続
 11 kV および 3 kV 主回路開閉器具はほとんど屋外用
 メタルクラッドに収納して安全なものとし、かつ発電所
 建屋を縮小せしめている。なお本発電所は約 4 km 離れ



第2図 日立 EFA 形電気ガバナ



第3図 三相磁気増幅器形電圧調整装置

た分水第一発電所と 110 kV 一回線送電線にて連系されているが、そこから電力線搬送式パルスコード形遠方監視制御装置により制御されうるようになっている。

3. 制御装置

制御方式としては発電、揚水とも各1個の主制御開閉器による一人制御としていることはもちろん、補機ポンプ類はほとんど自動運転としており、ポンプ起動は安全確実な50%電圧起動→全電圧切換→同期引入方式としすべり検出器によりすべて自動的に行われる。

3.1 補機制御

常用電動圧油ポンプのみ配電盤操作（予備小水車駆動—自動運転）としているが、空気圧縮機、給水ポンプ、軸封用ブースタポンプは常用、予備とも圧力開閉器または浮子開閉器による自動運転とし、また給水ストレナ、グリース給油もタイマーによる自動運転とするなど配電盤操作を極力少なくしている。

3.2 発電—揚水の切換え

操作切換器43Bを切換えることにより次の補機類が切換操作される。そしてこれらの操作は主機停止中のみ行えるようインターロックされている。

- (1) 相順切換断路器：電動操作断路器により発電電動機の相順を切換える。
- (2) 副励磁機極性切換接触器：逆転しても残留磁気が消えないようにする。
- (3) 電圧調整器：揚水の場合は力率調整器とする。
- (4) 電気ガバナ主回路：揚水の場合は開路して除外する。
- (5) ドラフト空気弁：揚水の場合はしめる。

3.3 発電運転

操作切換器43Bを「発電」側に切換え、揚水用主制御

開閉器1Pは「切」の位置として誤操作のないよう電氣的にインターロックする。主機起動停止は発電用主制御開閉器1Gによる一人制御で普通の水力発電所となんら異なるところはない。ただポンプ水車では変落差に対する案内羽根起動開度および無負荷開度が大幅に変わるので、起動方式には特殊なくふうがなされており、円滑に早く同期並列ができるようにしている。発電の場合は主として尖頭負荷をになうことになるので、速応性のすぐれた日立 EFA 形電気ガバナ(第2図)ならびに三相磁気増幅器形電圧調整器(第3図)を採用している。

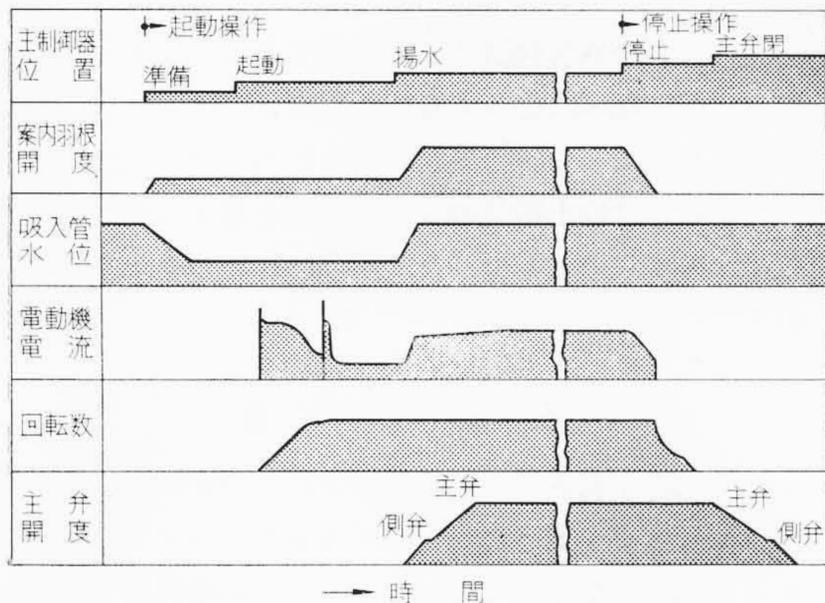
3.4 揚水運転

43Bは「揚水」1Gは「切」の位置とする。揚水も発電の場合と同様主制御開閉器1Pによる一人制御としている。すなわち「準備」「起動」「揚水」「停止」「主弁閉」の5段階とし次のように制御が行われる。

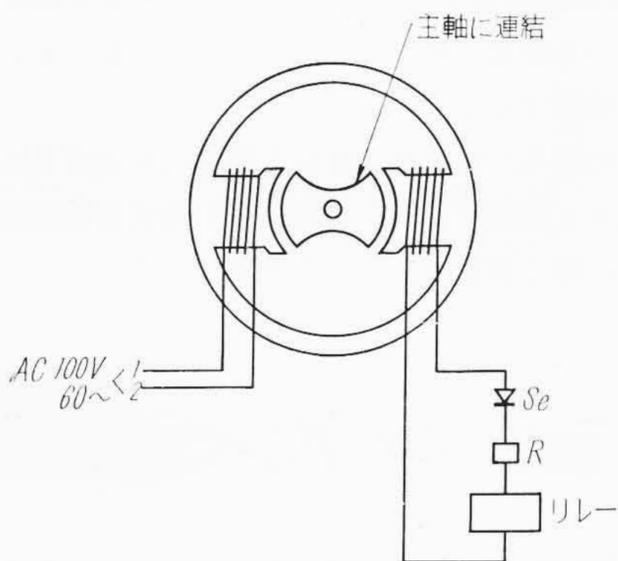
(1) 準備：次の起動条件が満足されるとまずランナ外周に冷却水を通じ、ついでケーシング内に圧縮空気を送り水面をランナ下方まで押下げる。同時に界磁調整器はあらかじめ最適点に整定され、また案内羽根も最適の開度まで開かれる。

- (a) 圧油槽油圧および油面、冷却水槽水位、圧縮空気槽気圧、放水路水位などが規定値にあること。
- (b) 主弁および側弁が全閉していること。
- (c) 前述3.2節の補機類がすべて揚水側に切換えられていること。

(2) 起動：次の条件が満足されると起動変圧器を線路側より励磁し、ついで電動機起動トルク軽減用高圧油ポンプを起動しスラスト軸受に送油する。そしてこれらの動作完了すれば起動用遮断器6が閉路し電動機は50%電圧でしかも負荷最小の状態、ダンパ巻線により誘導電動機として起動する。



第4図 大森川発電所揚水運転順序

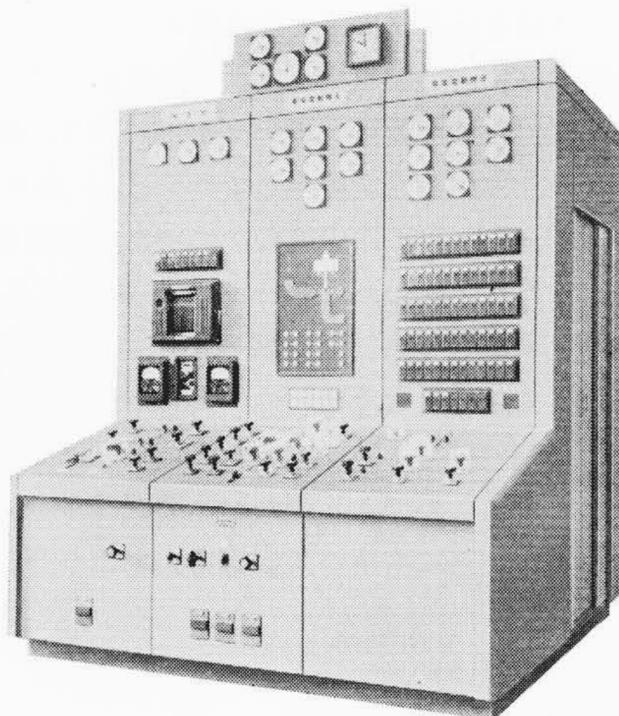


第5図 起動停止確認装置用主軸回転数検出装置原理図

- (a) ケーシング内の水面が押下げられていること。
- (b) 界磁調整器が最適点に整定されていること。
- (c) すべり検出器が準備完了していること。

電動機速度上昇して定格速度の約80%となれば、すべり検出器が生かされすべり一定値以下(約1.5%)を検出して6を開路すると同時に主遮断器52を閉路して全電圧に切換え、若干の時限後界磁開閉器41を投入してただちに同期入れを行う。なお、このすべり検出器は発電機同期並列に使用される自動揃速装置を利用した独特のものである。

(3) 揚水：並列完了その他の条件が満足されるとケーシング内の圧縮空気は排除されケーシング満水となるので、これを圧力継電器にて検出したただちに側弁、ついで主弁を全開し揚水する。そして側弁が開き始めると同時に案内羽根は水位調整器により上部および下部ダムの水位差に応じてあらかじめ定められた最適の開度に調整され、かつ調整後案内羽根制動装置が生かさ



第6図 大森川発電所主配電盤

れその位置にロックされるので一定揚水量にて運転される。

(4) 停止：まず案内羽根制動をはずし負荷制御器により徐々に案内羽根をしめ、全閉近くで52,41を開路すると同時に案内羽根を全閉ロックする。そして約30%速度となれば制動をかけ停止させる。

(5) 主弁閉：揚水からただちに「発電」に切換える場合は上記「停止」すなわち主弁開のまま43Bを「発電」側に切換え1Gによりただちに発電運転を行うことができるが、全停止する場合はさらに主弁がしめられる。以上の揚水運転順序を図示すれば第4図のとおりである。

4. 保護装置

保護装置としては一般水力発電所と同様、最新形保護継電装置を完備してあるのはもちろん、揚水運転保護用として特に次のようなものを備えている。またその動作による処置についてもポンプ水車の特殊性に適応するよう十分検討し合理的なものとしている。

(1) 起動渋滞継電器：起動時のダンパ巻線の過熱を保護するため6閉路後電動機が回転を始めるまで、および同期入れまでの時間が予定値より超過した場合には警報または非常停止(遠方制御の場合)する。

(2) 低電圧および低周波数継電器(IV-UC およびCF-D形)：低電圧または低周波数がある時間継続したときは系統電力に異常あったものとして急停止する。

(3) 低電力継電器(kW-UC形)：電源喪失すれば電動機はただちに同期はずれをひきおこすので高速度継電器により急停止する。

(4) 界磁喪失継電器(KE形)。

(5) 放水路水位異常低下：放水路スクリーン内側に設けられた水位計の警報接点により急停止する。

(6) 起動停止確認装置：ポンプ水車の場合、発電一揚水の切換えは主機完全停止してから行う必要があり、また前述の起動渋滞保護のため特に本装置を設けている。これは主軸の回転をパルスに変換する装置(第5図)と若干の補助継電器類とを組合わせたもので、消耗する部分もなく信頼性の高いもので、起動時は主軸の最初の1/2~1回転、また停止時には約1%速度を検出することができる。なお本装置は制動除外や冷却水の停止などにも用いて制御方式をより合理的なものとしている。

5. 配電盤

主配電盤は第6図に示すとおり、発電機盤は監視制御の便をはかるため、主機制御に直接関係するものと補機および故障表示関係のものと2面に分けている。

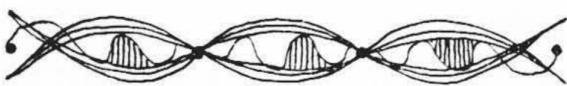
電力計、回転計などは両振れとし発電と揚水で目盛の色をかえており、操作開閉器は各補機類の自動化により極力少なくしさらにハンドルは発電、揚水、共用の3種類に色分けしている。また主盤中央には図に示すように

象形式の照光盤を設けている。これは各機器をそのまま形どってしかも各機器ごとに照明できるよう区分されており、運転順序に従って各部が点灯または消灯されるので、直観的にその時の運転状態を把握することができる。これらは盤上器具の合理的配置と相まって複雑な発電揚水の切換運転も誤りなく容易に行いうるようになっている。

6. 結 言

以上大森川発電所が運転開始されたのを機会にその制御装置の概要を述べたが、わが国最初のポンプ水車式である点にかんがみ種々検討のうえ、最も確実かつ安全な一人制御方式とし新しい制御装置も備えて十分機動性を発揮しうるものとした。また発電運転のためにも高感度、高速応性の電気ガバナ、磁気増幅器形電圧調整装置を用いているので、発電、揚水いずれの運転にもよくその真価を発揮するものと信ずる。

終りに臨み、画期的な本揚水発電所を建設され、今日まで種々ご指導いただいた四国電力株式会社の関係のかたがたに厚く感謝申しあげる次第である。



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41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	496758	直 流 電 動 機 の 速 度 制 御 装 置	日立工場	一 木 利 信	34. 7. 6
"	496705	引 出 形 継 電 器 装 置	国分工場	茂 酒 井 正 二	"
"	496706	継 電 器 箱	国分工場	石 井 塚 真 泰 平 司	"
"	496707	単 一 型 ブ ッ シ ン グ	国分工場	佐 竹 喜 代 松	"
"	496710	車 両 用 変 圧 器	国分工場	前 川 愛 一	"
"	496711	車 両 用 油 入 変 圧 器 の 内 圧 力 調 整 装 置	国分工場	前 川 愛 一	"
"	496712	横 形 油 入 変 圧 器	国分工場	前 舟 生 愛 一 進	"
"	496713	電 車 用 主 変 圧 器 高 圧 側 端 子 引 出 装 置	国分工場	前 川 愛 一	"
"	496715	単 一 形 ブ ッ シ ン グ	国分工場	佐 竹 喜 代 松	"
"	496719	温 度 計 切 換 器	国分工場	金 井 好 延	"
"	496720	電 路 切 換 開 閉 器	国分工場	金 井 好 延	"
"	496736	断 路 器 空 気 吹 付 装 置	国分工場	加 藤 清 次 郎	"
"	496749	変 圧 器 放 圧 装 置	国分工場	栗 山 田 卓 司	"
"	496751	変 成 器 用 分 割 形 環 状 鉄 心 の 締 付 装 置	国分工場	滝 元 謙	"
"	497925	フ ロ ア コ ン ト ロ ー ラ ー	国分工場	酒 井 真 平	34. 7. 28
実用新案	497934	車 両 用 横 形 変 圧 器 取 付 装 置	国分工場	滑 川 愛 一	"

(第80頁へ続く)