北陸電力神通川第二発電所の配電盤

技術部配電盤課　小　沢　琢　磨

Switch-board for Jintsugawa Second Power Station, Hokuriku Denryoku K. K.

By Takuma Ozawa
(S. B. Div., Eng'g Dep't)

Synopsis

The composition of the machine and apparatus for Jintsugawa Second Power Station is shown in Fig. 1—Single line connection diagram. It is a typical power station of high voltage synchronous unit system, having

(1) Vertical shaft, single wheel, single flow, Kaplan turbine (20,900 kW, 31.2 m, 200 R. P. M.)
(2) Three phase synchronous generator (23,500 kVA, 11 kV, 60 C)
(3) Oil-immersed, water-cooling three phase transformer (23,500 kVA, 77/11 kV)
(4) Expansion circuit breaker (80.5 kV, 800 A, 1,500 MVA)

as a unit.

Besides above, the station has

(1) Horizontal shaft Francis turbine (330 kW, 900 R. P. M.)
(2) Three phase synchronous generator (625 kVA 3,300 V, 60 C)
(3) Three phase transformer (625 kVA, 3,300 V/220 V)
(4) Air cicuit breaker (250 V, 2,000 A, 19 MVA)

as a unit in order to secure the power source for the station itself.

The controlling of whole station is done by the D. C. source of a battery equipment and such device is considered that the fault of the battery source does not give any bad effects to the running of main water turbine generator. Even in the case as above, the generator stops by its own voltage in emergency. Many relays of several types with excellent character are abundantly utilized in order to perform the reasonable, certain and trust-worthy controlling and protection.

We constructed a comfortable switch-board chamber by giving a beautiful view and reasonable arrangement of parts, especially considering the composition and colour of it.

In short, the prudencials are given in all respects so as to be capable of the stable, certain generation and transmission of power.

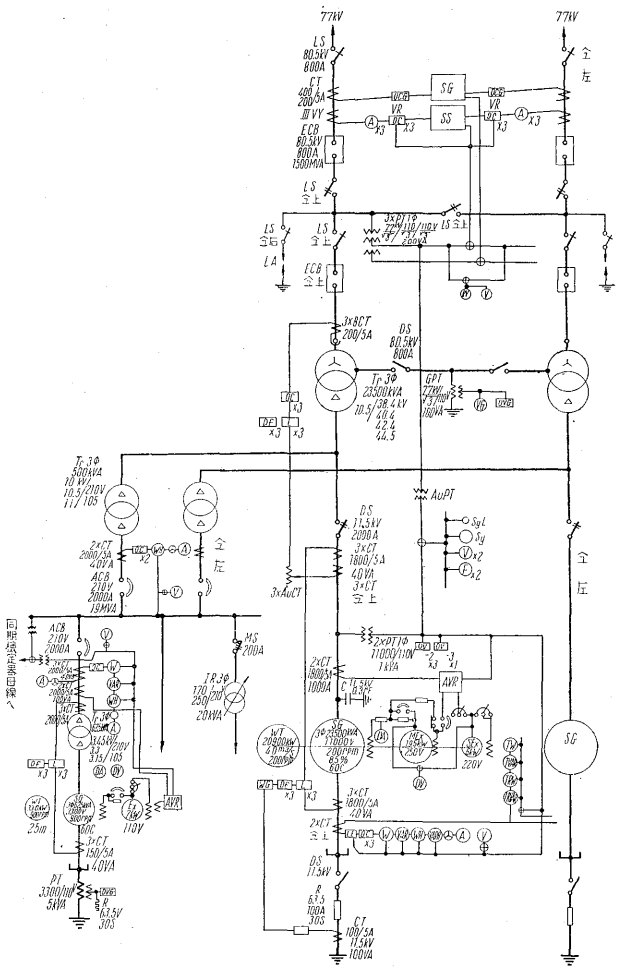
I. まえがき

本発電所は，今般北陸電力により，神通川水系神通川に建設される総出力 47,000 kVA のカプラン水車直結同期発電機2台を有する有力な発電所で，本邦における最高落差カプラン水車であり，また独逸 Voith 社との提携復活の最初の製品である等，種々の特徴を有するものであるが，水車および発電機の詳細についてはそれぞれ別稿に述べられたから，ここには同発電所に納入せられ，同発電所機器一式の制御および保護を目的とする配電盤について紹介したい。

発電所の配電盤も終戦后当社において数多く製作され，その多くは既に運転に入って好成績を納めており，それらはまたそれぞれに特色あるものであるが，その根本方式には大きな相違は無い．よってここには，神通川第二発電所としての特殊性を取上げて紹介することとする。

先ず，同発電所主要機器の全貌を第1図單線接続図によって御覧願い度い．同図から分ることは，

1) 竪軸單輪單流可動翼プロペラ水車
　20,9000 kW，最高落差 31.2 m，最低落差 26.7m，200 R.P.M.
　三相交流同期発電機　23,500 kVA，11,000 V，60 C
　送油水冷三相主変圧器 23,500 kVA，77/11 kV.
　膨脹遮断器 80.5 kV，800 A，1,500 MVA，



第 1 図　神通川第二発電所單線接続図

Fig. 1. Single line connection diagram of Jintsugawa Second Power Plant.

を 1 ユニットとする高圧同期，ユニットシステムによる発電所であること。

2) 三相 77 kV，並行 2 回線送電線を有すること。

3) 横軸單輪復流フランシス水車　330 kW，900 R.P.M.
三相交流同期発電機　625 kVA，3,300 V，60 C.
三相変圧器　625 kVA，3,300/220 V.
気中遮断器　250 V，2,000 A，19 MVA.
をユニットとする所内水車発電機を有すること。

4) 所内動力母線は 3 相 220 V，60 C によっていること。

等の特徴を有している。

また單線接続図に現すことはできないが，本発電所配電盤は下記のような特徴を有している。

1) 主配電盤室には計器盤と制御机のみが設けられ，制御保護継電器，自動電圧調整器等の補助配電盤はすべて別室に設けられ，制御および監視を能率的に行えるよう考えられている．また配電盤および配電盤取付機器等は，すべて色採調節が施され，勤務員に対して居心地よい配電盤室となるよう考慮が拂われている。

2) 所内水車発電機が設けられているために，所内交流電源は絶対確実なものとなって，独力で発電所の起動を行うことができる．この出力は必要なすべての所内補機の動力を賄い得るようになっている。

3) 所内直流電源に対しても愼重な考慮が拂ってある。

4) 電気的および機械的な制御方式の長所をとり入れて，合理的且つ簡潔な運転制御方式をとっている。

5) 性能の優秀な継電器型自動同期装置を使用し，運転の能率を高めることができるよう考慮してある。

6) カプラン水車の特殊性により落差および回転数の変化に対して常に最高効率で運転ができるよう自動的に案内羽根，可動翼の開度の関係位置を調整し得る装置を備えている。

7) 高感度，高速度，安定性の高い保護継電装置を備えている．当社継電器の優秀性は既に幾多の人工故障試験によって実証されている所のものである。

8) 所内水車発電機は，特に制御方式を簡潔にし，自動起動して，所内電源の確保に務めるようにしてある．また特に並列するものもできるよう考慮し，小水力乍ら，送電することも可能である。

以上が主なものであるが，その他にも種々の特徴を有しており，以下この順に，多少説明を加えることにする。

II. 配電盤の構成

配電盤を人に譬えてみると，いわゆる，盤なるものを表からみた所が顔で，各種の継電器，自動制御装置が脳細胞に当り，これ等の接続線が神経細胞に相当するであろう．いくら表面が美しくても中味が薄ければ人としての價値が薄いように配電盤もその制御，保護装置が完全でなければ体裁ばかりよくても優れた配電盤であるとはいえないのであるが，顔の美醜が人間にとっても，大きな問題であるように，配電盤の構成外観も決して蔑にすることができない問題である．ある決った動作を一定の基準に従って行うことはある程度自動制御装置に委せることができるが，複雑な動作とか，特に人間の判断を必要とする動作は，直接操作者がこれを行う必要があり，そのためには操作する人間が，その機器の状態を監視し，制御することができねばならない．また監視と制御とができれば他の継電器とか自動制御装置とかは必ずしもその傍においておく必要がないものである．すなわち人間が最も合理的にある機器の制御をしようと思えば，配電盤の目と手とが人間の目と手とにそれぞれ対応すればよく他の装置は直接人間との関連を持つ必要がない．従っ

て，操作する人間にとっては，直截的に必要な機器のみが目の前にあれば充分でそれ以外のものもは，必ずしも傍に並べておく必要がない．こうすれば必要なもののみに精神を集中することができ，更に亦，配電盤室の構成も最も合理的に，考えられる訳である．このことから，本発電所において保護および制御継電器，自動電圧調整器等の補助機器はすべて別室（階下）に設けられ配電室には單に主配電盤の計器盤と制御机盤のみがおかれることになったのである．すなわち，必要な目と手丈が最もコンパクトに構成された形で今后の配電盤の構成に関して，ある示唆を与えるものである。

顔の美醜は問題にしない云々といったが，常住相対する保守員にとっては，配電盤から受ける感じは大きな問題であり，いわゆる色採調節（カラーダイナミックス）の問題は，配電盤のように常に人目の曝されるのが役目であるものについて，好箇の対象を見出すことができるであろう．それと同時に天井とか床面，壁等の色採および照明，計器面の反射についても大きな関心を拂う必要がある．本配電盤はこれらの点について各部にわたり充分な注意を拂って入念に仕上げてあり，長時間勤務しても，疲労を感せずに常に愉快に勤務し得るようにしてある。

要するに，継電器，自動制御装置とかはときには人間の神経もおよばないような動作をすることもあるが，最后はやはり人間の判断を必要とする部分が残るので，人間の手を要するものを成可く省くと同時に人間にとって配電盤室を居心地のよい場所にすることが肝要になる訳である。

III. 所内水車発電機について

2） 制御エネルギーの問題

各種の制御用に供されるエネルギー源としては，油圧，水圧，気圧，電磁力，電動力，機械的な応力（バネ等）等が考えられるが，長期且つ隨時に貯藏されたエネルギーとして利用できるものはこのような水力発電所にあっては結局，水力と蓄電池設備による直流電源であろう。

例えば停止中の水車を起動するに際して，先ず必要な操作から考えても，他所から所内交流電源をとり得れば，これで，各種の交流電動機を起動して，必要な程度の油圧なり，潤滑油なりを発生または通流させることができるが，この交流電動力は必ずしも取りうるものでもなく又絶対に確実なものでもないから，結局水車はそのような状態では起動し得ない．従ってこのような時には小水車をおいてこれで油圧エネルギーを作り主水車を起動するか，人力で調整機を操作して水車を起動して自己の発電機で交流を作らねばならないことになる．小水車を起動することで圧油と潤滑油とを発生することは通常行われる手段であるが，例えばこのようなとき，排水ポンプを起動せねばならないとしても，またこれが起動しない．落差の高い発電所ではジェットポンプをおけばよいということになるが，これもすべての場合に適用できることではない。

以上のことは最初の起動に直流電動機が使用できれば一応解決のつく問題であるがそのためには，直流電源設備を尨大なものとする必要があり実用的ではない。

発電所は，その名の通り電気を起す所ではあるが，電気を起すために先ず電気が要るということになって，ここに所内交流電源としての不変確実性が要求されることになる。

2） 所内交流電源

所内交流電源の取り方には，種々の方法がある．主変圧器3次側からとる，所内変圧器をおく，発電機母線，または特高圧母線から遞降する，高圧連絡線で受電する．等々．以上いずれにせよ起動の始に交流電源を他処から受電せねばならないことに変りはない．従って，水力発電所として運転の確実を期するためには，このように他処からの電源に依存することなく独力で交流電源を発生し得ることが必要で，その起動のために必要なエネルギーは最小容量のものとして直流電源を利用するという方法に落着く。

ここに本発電所に所内水車発電機が設けられた理由があり，またこれを設けたことにより，所内交流電源の問題は一挙に解決し，あらゆる補機はすべて交流電動機を使用することが充分な確実性を以て可能となり，保守上にも極めて便利となる．すなわち予備機として，小水車が使用せられるような場合にも常備電動機と同様な電動機を予備機とすることができ，且つ，予備機の起動は，常備機の故障時に限られ，所内電源の停電は大元で切かえられるから個々の装置では考慮する必要がないことになる。

所内水車発電機については更に後に述べることにし，ここには，この電源に接続される補機の起動の問題について述べておく。

所内低圧母線は，第1図のごとく，1，2号主発電機電圧から遞降された電圧と所内発電機からの電圧とが接続されるが，常時は互に並列されないようにしておく．（ただし必要により並列し得る．）通常運転は，特高圧または主発電機から受電されているものとし，この母線の

電圧降下によって所内発電機側に切かえられる．このとき，すでに所内発電機が起動していたとしても，ある程度の切換時間を生ずるから，この時間だけは一旦停電するのを避けられない．このとき，通常の自己保持回路は皆解けて了うから再び一々手動起動する必要がある．この煩を避けるためにここでは，必要な機器は，すべて自動的に再起動し得るごとく，この回路に機械的保持機構を有するキップリレーを使用し，一旦押釦開閉器で起動したときは，停電後電圧が再び発生したときは再び自動的に起動し得るようにしてある．このような回路は，母線切換のごとき停電の場合以外にも例えば長巨離送電系統の中間に接続される発変電所で，電圧動揺の激しい場所において極めて効果的に使用し得るものである．また同様のことであるが，蓄電池充電用水銀整流器も自動起動し得るよう考慮してある。

IV.　所内直流電源について

発電所，変電所の電気設備にはそれを制御すべき電源の問題が常につきまとう．交流電源については上述のごとく停電後の処置を考え，また停電の影響が主機の運転状態に直接およばないようにしておくことが必要で一般には，補機の一時停止が即座に主機の停止にならないようにすることができるものである。

蓄電池設備による直流制御電源は，制御用電源として最も確実なものとされているがこれとて絶対のものでない以上この故障に対する処置も考えておく必要がある。

殊に発電所においては，起動または停止時の操作に必要であるばかりでなく，通常の運転状態において常時電源を必要とするものが従來から多かったがためにこの問題が浮び上って來たのである．遮断器，断路器，自冷変圧器等から成る小規模の変電所のような場合には，通常遮断器の投入，釈放時のみ電源があればよく，その他のときは機械的に遮断器の開または閉の状態が維持されており，停電すなわち開または閉動作とはならない．(特に無電圧釈放としない限り)

しかしながら発電所においては，常住，水位の変化とか，出力，電圧，力率の変化とかに対応して，何等かの動作が常に行われねばならないから，通常の運転状態においてまったく直流電源を必要としないわけにはいかないというのが大体従來からの考えであった．また電気力を機械力（通常油圧が使用される）に変換するための電気機器として直流電磁石が使用されるが，これは，そのままでは，電源消滅に対して，大きな変化を与える原因となり，これを避けるために，とにかく全停止するとかの方法をとらざるを得なかったのである．しかしこれでは，折角の直流設備も，停止の原因となるばかりで，あたら有効な設備も，充分に利用されているとはいえないことになる。

この問題を解決するために弊社では，この電磁石にも機械的保持機構を附し，常時運転に際し直流電源を必要としない方式としてあるのである．更にまた，その他の機器も，同様の考慮を拂い，直流電源消滅に対して主機の運転状態には何等の影響もおよばないように考慮してある。

すなわち，水車調速機はまったく直流電源に関係がなく，その機能を発揮し，また自動電圧調整器等の電圧調整装置にも同様に電源を必要とせずに充分動作しうるのである．このように，通常の運転状態においては，まったく直流電源の力を借りる必要がない．かくして始めて安定な，確実な，発電所として，不断の発電が可能となるのである．更にこのような考慮を拂った結果次のような利便が得られることになる．すなわち，各回路毎に直流制御電源を各々区分し，各回路を電源切換開閉器で容易に開閉することができ，また1回路の事故は他に波及しなくなり，事故個所の檢出が容易となる等，保守上にも極めて便利となるのである．

非常停止電源

上述のことから，主機の運転は直流電源の事故の影響を蒙らなくなったことは極めて便利である一方において，まったく止めることもできなくなったことに注意せねばならない。

すなわち，直流電源が消滅したときに保護継電器が動作しても釈放線輪は附勢されず，補助継電器類は一切不働で，保守員が異常状態を察知することができてもこのままでは手の下しようがない．各機器は，必ず手動機構を併有しているからといって一人で遮断器，界磁開閉器，各電磁弁等を開いて回るわけにはゆかない。

このような事態を考慮し特に弊社では，各制御機器の釈放線輪をすべて交直両用とし，非常停止開閉器 #5 を操作すれば，自己の主発電機交流電源によって釈放線輪を附勢し，停止だけは常に確実に行えるように考慮を拂ってあるのである．この考慮を拂ってこそ極めて安全な制御ができるものといえよう。

V.　運転制御方式について

1)　主制御開閉器による制御

ある一貫した制御が一定の順序に従って制御されるべきときにはこれを1個の操作開閉器で制御することが可

能でしかも單独の開閉器を幾つも並べておくのに比し種々の利点が得られる。

1) 各段階の相互間は互にインターロックがとってあっても多数の開閉器があるときはこれに明瞭な順序符号をつける必要がある。

2) またたとえ識別が明瞭であっても，緊急に際しては誤操作の惧れがある。

3) 配電盤の構成上も，狭いスペースの上に多数の開閉器を並べるのは好ましくない。

従って昨今は專らいわゆる主制御開閉器マススイッチ #1による制御が賞用される。

本発電所は，低落差で入口弁がなく，また制水門も設けられていない．更に調相機運転をも行うという，普通のフランシス水車の場合とは趣の変った運転方式となるのであったが，運転上の利便を考え，特殊な主制御開閉器を使用し，これ等のすべてを #1によって一貫した制御が行えるよう，考慮した．すなわち #1は次の7段階で構成されている。

停止・準備・起動・励磁・並列・負荷・無負荷。

無負荷運転については更に後に述べることにする。

2) 補機の制御

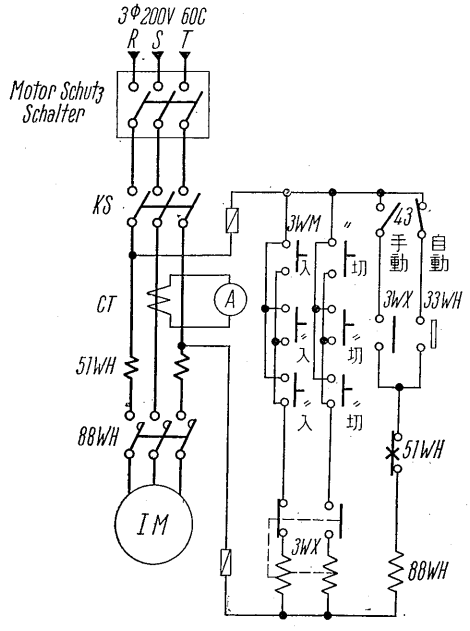
主制御開閉器 #1の採用によって主機の制御は著しく簡潔になったが，同時に補機の制御に対する要求が増大し補機操作開閉器が次第に増大する傾向にある．補機の制御は主水車発電機のごとくはっきりした制御段階の区分がつけられないが，しかしあらゆる事態に対処し得るために神経質にすべての操作開閉器を盤上に網羅すれば，主機における #1以前の状態となる．そこでこれ等の特殊事態における操作はすべて各の制御盤で行うこととし，通常の運転には，これ等に一定の段階を附してこれも補機関係のマススイッチで制御するようにするのが得策であろう．試みに本発電所における補機関係の各種電動機を挙げてみれば，次のごとき多数に上るのである。

圧油ポンプ用　常備・予備各1計4台；制動用空気圧縮機用2台；無負荷運転用空気圧縮機用1台；所内排水ポンプ用2台；吸出管排水ポンプ用2台；同上眞空ポンプ用2台：水車漏水排水ポンプ用2台；推力軸承送油ポンプ用2台；水車軸承グリースポンプ用4台；水車案内羽根用グリーヌポンプ用2台；ふれみ用バーリングギヤー用2台；所内水車圧油ポンプ（交流）1台；同上（直流）1台；遮断器操作用空気圧縮機用（交流）1台；同上（直流）1台；主変圧器送油ポンプ用4台；誘導電圧調整器駆動用1台；(スペースヒーター制御用2台)．　総計 36台（22種）

（以上の他場合によっては，冷却水，各種弁開閉電動機が設けられることがある．）

これ等の補機関係の制御は，各々独立した制御盤で行うが，その大部分のものは自動または連動運転を行い得るようにし通常の制御をできるだけ簡單化した．またこれ等の電動機は上述の確実な所内交流母線に接続され必要なものはすべて手動運転の場合にも自動再起動しうるごとくしてある。

第2図に，フロートスイッチによる自動運転と切換えられる排水ポンプ用電動機の例を示した．キップリレー3WXは2個の線輪を有し，一方の線輪が附勢されると接点が切り換って，動作電流を切り他方の線輪が附勢されるまで機械的にその位置を保持する構造を有する継電器である。



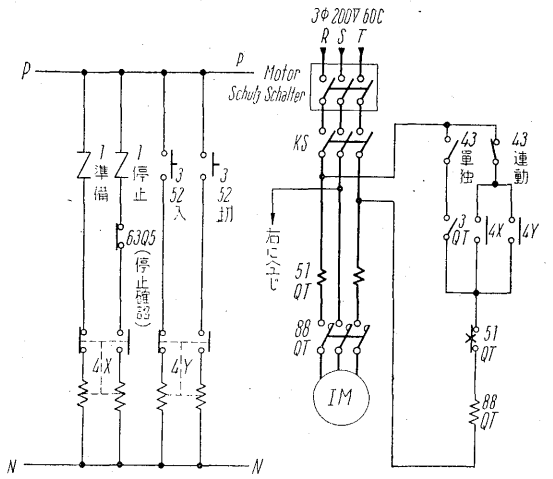
第2図　所内排水ポンプ電動機制御回路

Fig. 2. Controlling circuit of motor for drainage pump in yard.

補機制御を連動的に行う例として主変圧器送油ポンプ用電動機の接続を第3図にあげる．本発電所では，補機の中必要機は #1の準備の段階で連動的に起動するようにしてある．またこの例では送電線から所内受電を行うことがあるため，遮断器操作開閉器 #3—52入の操作で同様に起動するようにしてある。

3) 起動條件について

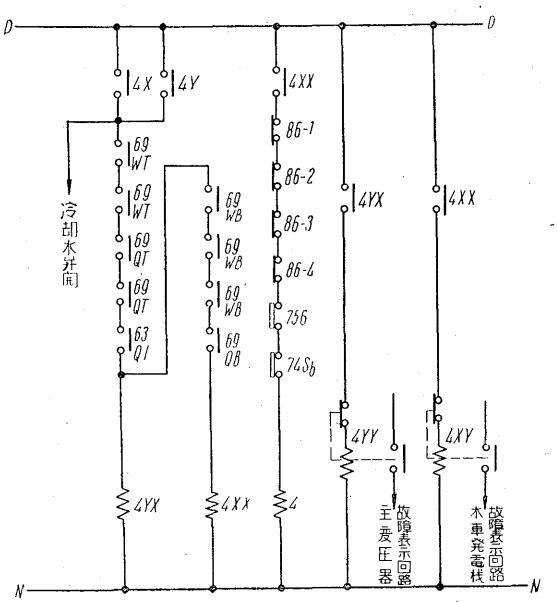
冷却水，冷却油等は運転停止中は通流を止め，流水，流油継電器はその接点を閉じて故障表示回路を閉成しているから，何か別の接点でこの回路を開かないと故障表示が出て警報が鳴る惧れがある．警報は押釦を押せば止



第 3 図　主変圧器送油ポンプ電動機制御回路

Fig. 3. Controlling circuit of motor for oil pump of main transformer.

るから停止中に故障表示が出ていてもよいというのは一つの見方だが，停止操作をした後でバタバタと表示が出てブザーが一々鳴っては保守員はその度に吃驚する．また大体においてこの回路は警報のみであるからの #1 主弁なり起動なりの操作でこの回路を活かし，すなわちこのときブザーが鳴っても起動動作は続けてもよいという考えもあるが，これも合理的ではない．とにかく，流水なり流油なり流れるべきものが皆流れて始めて次の動作に進むべきものである．従って，シーケンスの進み方は第 4 図のごとくなるべきで，#1 準備の段階をおきこの



第 4 図　起動條件故障表示回路の接続

Fig. 4. Circuit diagram of starting condition and fault detection.

段階ですべての條件が確実に整ったことを確実にチェックすることが必要である。

4)　カプラン水車の起動

カプラン水車の起動には特殊な操作を必要とするのであるが，ここでは次のような方法がとってある．すなわち可動翼と案内羽根とは別個のサーボメカニズムを有し #65S を落したときに可動翼はその位置に残って案内羽根だけが閉じるようになっているから，起動に際して可動翼の操作を特にする必要がなく制御方式として至極簡潔である。

5)　電圧調整

主発電機電圧は 0～100 % の間を任意に調整しうるようにしてあるが試充電発電所としては特にこの性能を有することが必要であろう。

6)　調相機運転

1) に述べたごとく，#1 による一貫した制御が行えるようにしてある．すなわち負荷→無負荷としたとき，次の一連の動作が自動的に行われる．#77M で負荷を漸減し，次いで #65S を落して案内羽根を全閉した上圧縮空気により吸出管内の水位を押し下げ，ランナーは空中で回転し発電機は調相機として運転される．負荷に戻せば，再び案内羽根が開いてそのまま，負荷を担い得る．また #1 を直接停止から無負荷にしたときも，円滑な運転が行い得ることもちろんである。

7)　停止操作の場合の諸動作

通常の緩停止は丁度 #1 の運転順序がそのまま逆に進行するものと考えた動作が行われる。

負荷の漸減はこの場合も 77M で行われる。

無負荷位置で解列される故，速度，電圧の変動もなく，水車および発電機には衝撃を何等与えることがない。

8)　自動電圧調整器の動作

いわゆる輾動型自動電圧調整器を使用し，正相分電圧に速応し，過電流制限装置を備えている．AVR の性能の一つとして，速度変動率を加味した電圧変動率を30%以内に抑えることがあげられる．そのために，自動電圧調整器自体の調整範囲を拡げると共に電圧抑制抵抗を挿入して通常の運転状態では，30%以上の過電圧を発生することがないようにしてある．これ以上の過電圧に対して過電圧保護継電器が動作し，急速減磁装置が働く．このことは，高圧側遮断器が事故遮断して，所内電源を発電機が担ったときこの電源の確保とこの電圧の過上昇を防ぐことで意義があるものといえる。

9)　制　動

制動回路は入念に計画して，タコメーター回路の事故に対して誤動作を絶対に防いである．また，制動には圧縮空気エネルギーを使用している。

10) 振動減磁装置

主発電機の L と主励磁機の等價的な C と振動抵抗との間の振動現象を巧みに利用した極めて効果的な減磁装置で過電圧保護継電器が動作した場合および通常の去励磁操作の場合に界磁開閉器が開くと同時に，動作し界磁電流は振動的に減衰して残留磁気をも消し去ることができ，通常の過電圧は何等惧れるに足らず，すでに各方面に実用され，賞讃を博しているものである。

VI. 高圧同期について

発電機母線が外部に長く出るというケースは特殊な例外で，主変圧器で特高圧送電線に接続され，主変の中性点をとり出して線路の接地保護に供される場合が多い。すなわち，多くの場合主変圧器は，人▷ 接続になっている．このような場合1次，2次の線間電圧には 30° の位相差があるから，線間電圧間で同期をとることはもちろんできないが，また單に人側の対地電圧と △側の線間電圧とで同期をとることも，線路の対地容量が完全に平衡してなければ不可能である。

線路の対地容量が平衡しているときは，人側の対地電圧が△側の電圧に相当するから，この電圧の間で同期をとることができる．

対地容量の不平衡で中性点がずれているときは一線の対地電圧をとったのでは，2次の線間電圧との間に位相差を生じ完全に位相一致点を摑むことができない．本発電所ではこの点を考え，特殊な補助変圧器を使用し1次線間電圧から星状電圧を取り出しこれと2次線間電圧との間で同期検定を行うようにしてあるから中性点変位は問題にならない．電圧三角形が歪んでくると，1次，2次の間の電圧だけでは救いようがないが，実際にはこの歪は実用上問題にならない程度である。

また同期の問題ではないが，所内電源のとり方には考慮を要し本発電所のごとく所内水車発電機で所内電源を発生することができないときは，起動に先立って，遮断器，断路器等の複雑な操作を必要とする。

自動同期装置

弊社の自動同期装置は強電継電器を使用した優秀な性能を有するもので，すでに各発電所変電所に実用され，本誌にも発表されているからここに改めて紹介するまでもないと思うが，次のような特徴を有する。

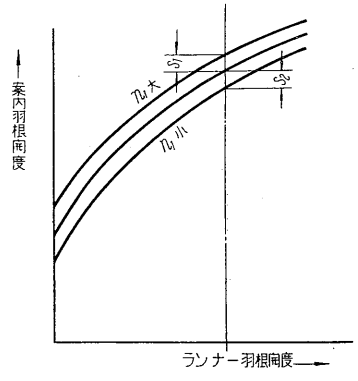
1) 性能が優秀であること．すなわちこれは根本的に誤差の少い動作原理によっているからである。

2) すべて強電用継電器を使用しているから安定・確実性が大である。

3) 装置は半永久的で且つ信頼度が大である。

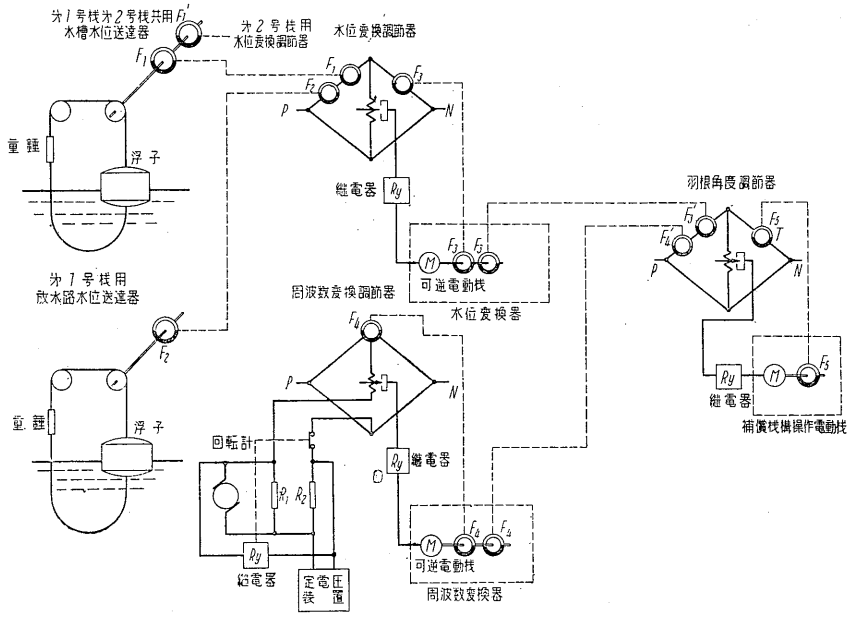
4) 保守・取扱が容易であって殆ど点檢を必要としない。

投入時間の調整は抵抗の値を切かえることによって簡單に行うことができるから，投入時間の異る何台かの遮断器に共用することができるのも大きな特徴である．本発電所では4台の遮断器に共用している。



第5図 案内羽根とランナー羽根との開度の関係

Fig. 5. Relation of openings of guide vane and runner vane.



第6図 水位及び周波数変動に対するカプラン水車高能率運転装置

Fig. 6. High efficiency control device for Kaplan water turbine according to the variation of water and frequency level.

同期をとるに当って1個の電圧計切換開閉器によって線路側，発電機側両者の三相電圧を同時に切かえて読むことができるようにしてある。

VII. 高能率運転装置

可動翼プロペラ水車の特性として，落差および回転数の変化に対して，最高効率を有するための案内羽根開度，可動翼開度との関係は一定の落差・回転に対する関係とは変ってくる．この間の関係はほぼ第5図に示されるごとくで，落差が減少すれば，ある可動翼開度に対して案内羽根開度は S_1 だけ大きくすることが必要である．また回転数の増加は等價的に落差の減少に換算して考えればよい。

この落差・回転数の両者によって両開度間の関係曲線を自動的に移動させる装置が特に設けられている。

これは第6図のブロックダイヤグラムに示されるごとく，リングチューブ，ブリッジリレー，操作電動機，磁気増幅器型定電圧装置等から成立つ一つの自動制御系として構成され，各部のダンピング，制動等は愼重に考慮され，常に安定に，確実に動作するごとく配慮されている。

また，配電盤から手動でこの間の関係曲線を変化させることもできるようにしてある。

VIII. 保護装置

弊社の保護継電器が特に優秀であることは，数回の発電機人工故障実地試験ですでに立証された所でここに喋々を要しない．これ等の試験成績についてはすでに各方面に発表されているからすでに御承知のことと思うが，その感度の高いこと，動作速度の速いこと，動作が安定で外部故障に対して絶対に誤動作しないこと等が特長である．また殆どの継電器が可動線輪または可動鉄片型であるから，周波数変化の影響をうけないことも大きな特長で 50/60C 共用の発電所には最適の継電器である．これ等の継電器の詳細については，ここには述べないが多数の説明書が用意されているから御要求があれば適当な資料を御紹介する．これ等の保護継電器が働いた場合の動作はほぼ次の5段階に区分されている。

1) 非常停止　＃86—1　発電機内部故障を主とする。
遮断器，界磁開閉器を開き，急速減磁し，同時に案内羽根を全閉し水車を停止する。

2) 急停止　＃86—2　水車関係故障を主とする。
案内羽根を全閉した後遮断器を開くようにする．すなわち遮断器を開いた時の過速度を生じないことを目的とする。

3) 無負荷・無励磁運転　＃86—3　電気的故障
過電圧および変圧器関係
遮断器・界磁開閉器を開いて急速減磁装置を働かせ，発電機誘起電圧を迅速に消す。

4) 無負荷運転故障継続すれば非常停止　＃86—4
電気的故障主として過電流。

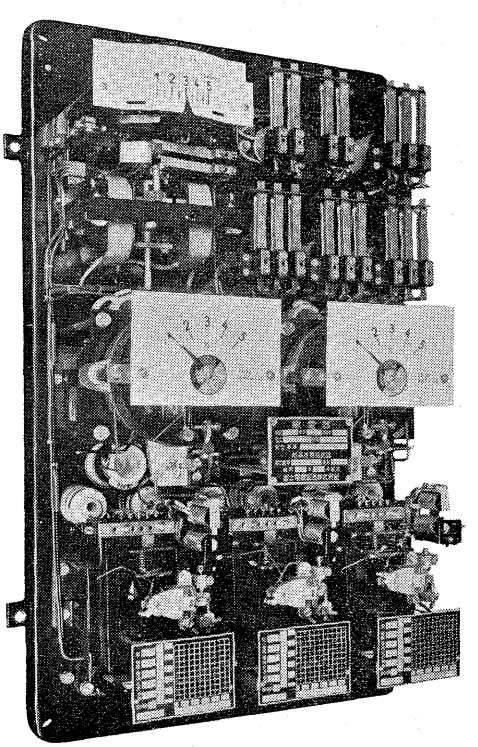
発電機は3相回路の末端であるから，線路側のどこかで起った故障はすべてこの過電流となって現われる．またもちろん発電機内部故障の場合にも，過電流継電器が働く．〔このために過電流継電器を接続する CT は特に中性点側に入れてある．〕

よってこのようなときは一度遮断器を切って，外部故障か内部故障かの判定をする必要がある．そのため時限段階を2段にし，2段目の時限は，発電機内部故障の後備保護として，非常停止に移行し得るごとくしてある。

5) 警報その他の警報回路

特色あるものとしては，油槽内の水分検出装置があり，圧油集油槽と推力軸承潤滑油集油槽に設け，油の汚濁を早期に検出するようにある。

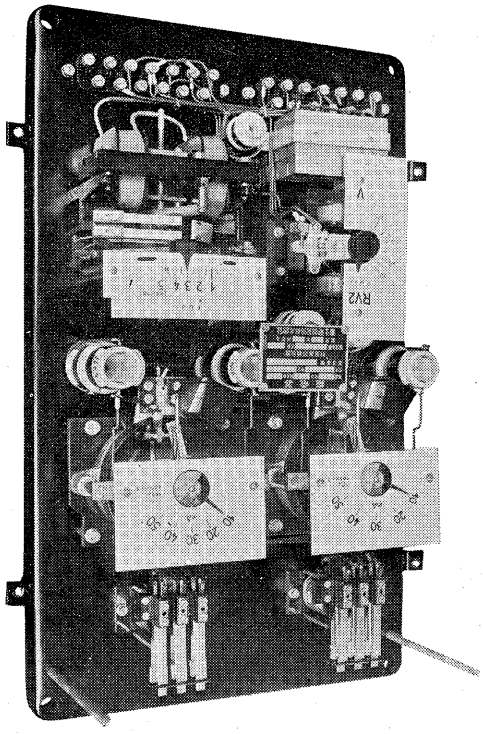
6) 送電線関係保護装置としては，選択短絡保護装置が特長のある優秀な性能をもつものである．これは單相電力方向継電器1個を故障相に応じて最も適当した相の電



第7図　並行2回線選択短絡保護装置

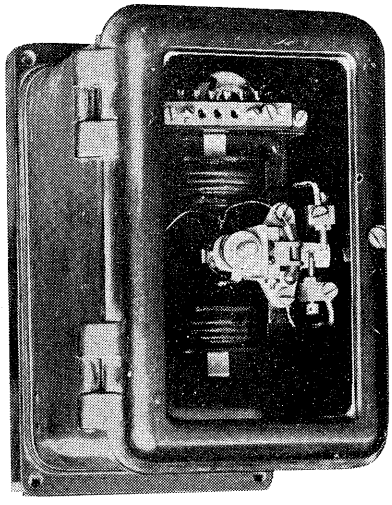
Fig. 7. Selective short circuit protective relay for parallel transmissions line.

圧と電流とに切かえて使用し，最も鋭敏な感度で並行回線の選択性を極度に高めたもので，弊社の保護継電器が特徴とする瞬時動作性能で初めて克くなし得ることである．本継電器の外形を第7図に示す．選択地絡保護装置も同様の原理により，高感度・高速動作を行う．第8図に外形を示してある。



第8図　並行2回線選択地絡保護装置
Fig. 8. Selective ground protective relay for parallel transmission line.

送電線の過電流継電器には電圧抑制型を使用して電圧降下時には自動的に感度を下げて動作しうるようにしてある．本継電器は第9図に示される。



第9図　電圧抑制型過電流継電器
Fig. 9. Voltage restrain type over current velay.

IX.

所内水車発電機は，前述所内交流電源の項で詳細述べたごとく，これあって始めて水力発電所としての使命を全うできる程の重要性をもつものであるが，しかしこの制御は，成可く簡潔にすることを主眼にしてある．制御が簡潔であるということは発電所全体から見て重要性を害することにはならない．すなわち，1,2 号主発電機からの電圧が停電したことを條件として自動しうることを建前としている。

しかし，また手動で起動し，且つ，線路にも並列され得るごとく考慮してあるから 625 kVA と雖も，送電することができる。

この自動電圧調整器には，弊社が最近開発した優秀な性能を有する磁気増幅器型の自動電圧調整器が使用されておることを附け加えておこう．この自動電圧調整器に関しては別項に詳細述べられる筈である。

X. 結　　言

以上，種々述べたことを簡單に要約すると，

i) 高圧同期方式であるが，愼重に考慮すれば，低圧同期と何等変りなく，自動同期装置をも使用し得る。

ii) 継電器，自動制御装置等の動作が安定確実であればある程，人手を要する部分は益々少くなり，配電盤および配電盤室というものの観念は変って來る．本配電盤はその方向への一つの示唆を与えるものである。

iii) 重要度の高い発電所は所内水車発電機を設備する等の方法によって常に確実な所内動力電源を確保することが必要である。

iv) また同時に直流電源に対しても愼重な取扱をせねばならぬ。

v) 運転制御方式が合理的で且つ簡潔である。

vi) 瞬時動作の確実な強電用継電器を縦横に駆使して，安定度の高い，確実な制御装置，保護装置を構成している。

以上神通川第二発電所配電盤についてその概要を御紹介したが技術の進歩は止る所を知らないから，今日の最新の技術も明日になれば既に過去のものとなり，一つの発明も配電盤の形態を一新することさえあり得る。

吾々も常に最新にして，最良の配電盤を斯界に供給すべく努力を惜しむものでないが，なお大方の御批判を望む次第である。(終)

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。