

三菱電機

昭和十三年 第十四卷 第四號 四月

カプラン水車発電所の一、二に就て	61
三菱カプラン水車	66
カプラン水車発電機の概要	72
カプラン発電所の自動制御装置	82

三菱電機

第十四卷

昭和十三年四月

第四號

カプラン水車發電所の一、二に就て

神戸製作所 近 藤 昌 雄

カプラン水車發電機に關しては當社は既に昭和9年廣島電氣王泊發電所納2,500 kVAを完成し、翌10年には手取川水電白山發電所に1,900 kVAを納め、引續き11年には九州水力三芳發電所へ5,000 kVAを、更に12年には盛岡電燈繫發電所へ4,200 kVAを夫々納入、目下各機共良好なる運轉成績を示して居ります。猶目下製作中のもの迄一括しますと右表の通りであります。

元來カプラン水車發電機の特異とする所は主として水車にあつて水車は所謂プロペラ型を改良し且

其羽根の角度を變化し得る如くしたもので、カプラン博士の特許なるものはその羽根の長さ及びピッチの關係及び羽根の面積とガイドベーンの導入面積との間に一定の關係を附した處に在つて、其後種々の實驗及び經驗によつて加へられた工夫により、今日の成果を來したものであります。カプラン水車の重要な特徴を挙げますと、

1. 負荷の變化によつて水車の能率の餘り低下せぬこと、即ち輕負荷で逆に能率がよい。
2. 此の結果高能率運轉を行ふ場合、水車發電機の台數を増加する必要がなく、從而運轉費を節約し得る。
3. 落差の變化によつて能率が餘り變らぬ、即ち出力の變化が少い。
4. 此の結果一つの機械で落差が變化しても略同一水量を流しうるため、水路の中途に設置して上水位の

納 入 先	台 數	容 量 kVA	電 壓 V	周波數 Hz	回 轉 數 r.p.m.	水 製 造 車 者	備 考
東 信 電 氣 (新 電 郷)	3	14,000	11,000	50	187.5	三菱重工業	製作中
九 州 水 力 (三 芳)	1	5,000	11,500	50-60	166.7-200	三菱重工業	完 成
日 本 拓 業 (庄川第一)	2	4,800	6,600	60	300	フ オ イ ト	製作中
盛 岡 電 燈 (繫 電 所)	1	4,200	3,300	50-60	272-327	三菱重工業	完 成
廣 島 電 氣 (王 泊)	1	2,500	11,500	60	257	三菱重工業	完 成
日本アルミニウム (初 音)	1	2,500	3,300	60	360	三菱重工業	製作中
青 森 縣 電 氣 局 (沖 ノ 浦)	1	2,500	11,000	50-60	300-360	三菱重工業	製作中
手 取 川 水 電 (白 山)	1	1,900	6,600	60	150	フ オ イ ト	完 成

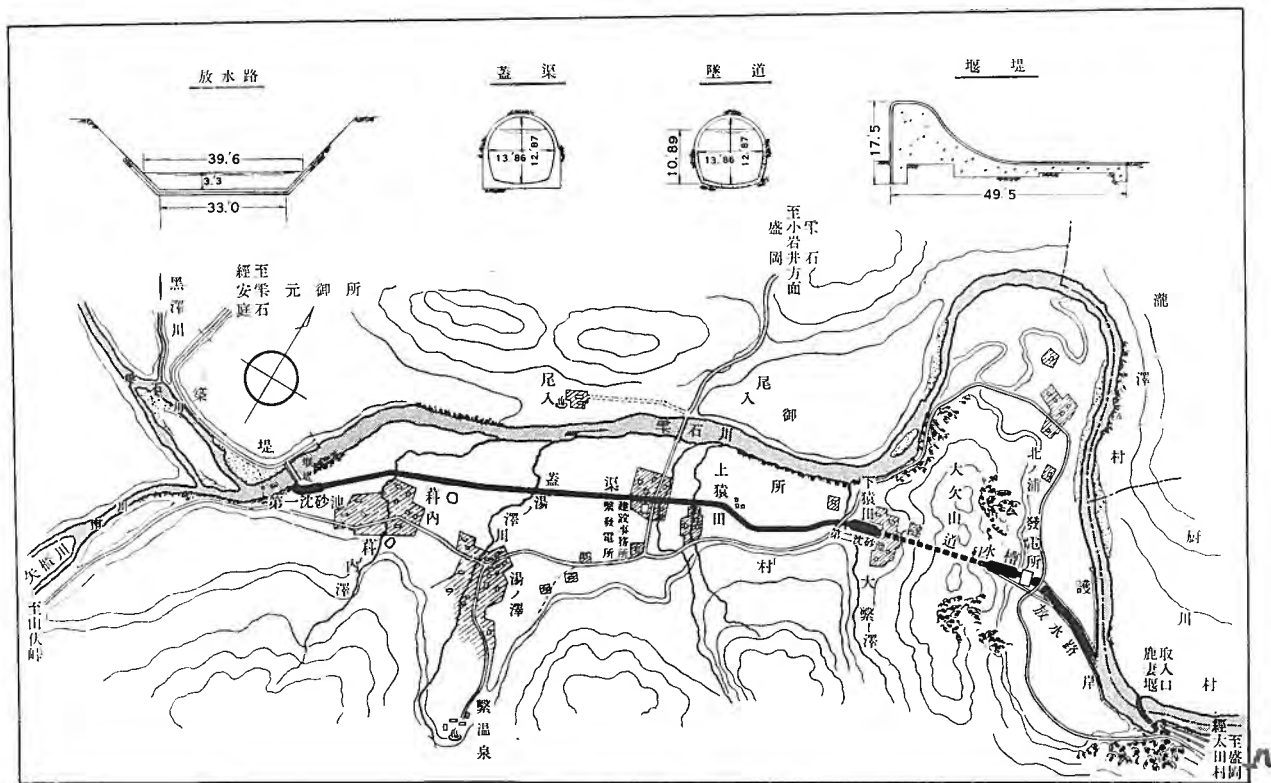
當社製カプラン水車發電機一覽表

變化に拘らず常に一定の水量を流しうる。

5. 從來のプロペラ型水車に比較してカビテーションが少く、從而相當高いスピイックスピードを採用し廻轉數も高く採れる。落差も現在では35米位まで利用する事が出来る。
 6. 大型水車ではランナーを輸送する場合に、普通のフランス型では之を二つ割りとする等の如き不便な事があるが、カプラン型では羽根とボスを分解し小さい寸法及び重量とすることが出来る。
- 等であります。

以下最近完成したカプラン水車發電所として盛岡電燈繫發電所及び九州水力電氣三芳發電所の設備につき概要の記述を試み度いと存じます。

盛岡電燈繋發電所概要



第1圖 繋發電所附近地圖

計畫の概要

取水河川名	北上川水系雫石川
流域面積	38.5 方里
許可使用水量	毎秒 720 立方尺
有効落差	65 尺
堰堤	長さ 55.9 間 内溢流長 46.2 間 幅 8.3 間 全 高 17.5 尺
水路亘長	2345.8間 (取水口より放水口迄) 蓋渠 1611.5 間 墜道 369.3 間
水壓鐵管	延長 68 尺 内 徑 9.9 尺 鐵板厚 2.5 分
發電力	3,180 kW
水車	一 台 三菱カプラン水車 出力 3,600 kW
發電機	一 台 三菱カプラン發電機 出力 4,200 kVA
電氣設備	變壓器、油入遮斷器、自動配電盤、避雷其他一切、三菱電機製

本發電所は岩手縣岩手郡御所村大字繋に所在し、同村大字萩内に於て北上川水系の雫石川とその支流南川との合流地點に堰堤を築造して、最大流量 21.5 立方尺を取入れ、蓋渠及墜道式水路により第一並に第二沈砂地を経て發電所の上水槽に導き制水門、塵除スクリーンを通じ直ちにカプラン水車（可動翼プロペラー水車）の渦巻殻に入れ、吸水管を介して開渠放水路に入り、約 450 米にして本流に放流するものであります。

而して此際の有効落差 19.7 米に依り、水車は最大 3,600 kW を發生し、直結せられたる 4,200 kVA, 3,300 V の堅軸三相交流發電機 (50-60 ㄱ) 並びに 60 kW, 220 V の勵磁機各 1 台を運轉し、その發電力は發電所に隣接せる屋外變電所に於て單相 1,300 kVA 變壓器 3 台デルター接続のバンクにより 33,000 V に昇壓し、鐵塔送電線 1 回線を以て秋田縣生保内方面に約 500 kW を、又他の 1 回線を以て盛岡方面に約 2,500 kW を送電して居ります。

本發電所は盛岡市に極めて接近し、同市に對する電力供給の確實を期する上に於て最も重要な位置にある關係上、特に信頼度高く且つ送電確實なる事を機器の設計



第2図 嵯発電所全景

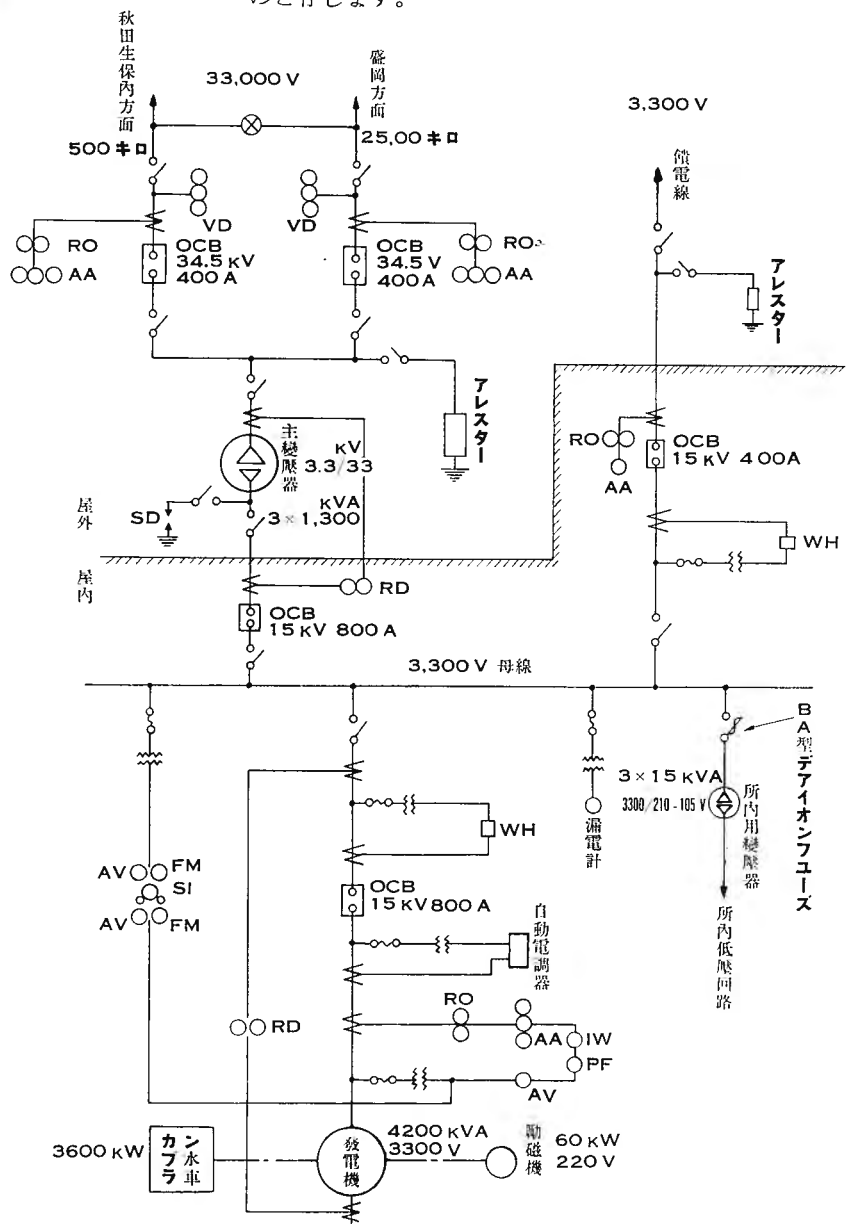
製作に當り御要望を蒙りましたので、神戸造船所と鋭意協力し、當所に於て性能優秀なる發送電用機器を一括上納したものでありして、現在東北地方唯一のカプランプラントであります。

特長の一つとして數へらるゝ點は機器の殆ど大部分が 50-60 〰 共用に製作せられて居る事で、發電機は固定子捲線の接續變更をせず勵磁電力を加減する事により兩サイクル發電が可能なる様設計製作せられて居りますから、近き將來此の地方に大電力系統が出現して 50 〰 に統一せられる場合にも、現在 60 〰 運轉用として整備したる機器の内補助機器の一部及配電盤計器々具の小部分のみを置換すれば、比較的僅少な費用を以て容易に 50 〰 に周波數の變更が可能なる様豫め考慮されて居る事であります。

本發電所は半自動制御方式を採用し同期装置は手動にて制御するも、水車主弁を開く動作より油入遮斷器を閉ぢ負荷する迄を制御盤にて簡単に半自動的にオペレートする事が出来ます。

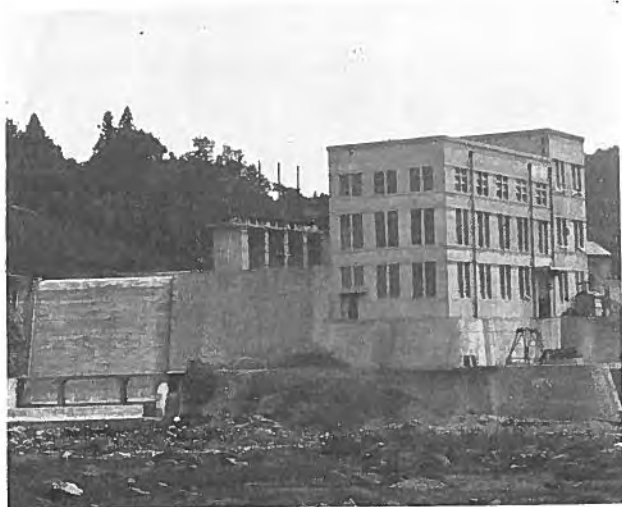
猶本發電所の裝置中特殊なものは、單相 15 kVA 3 台を一バンクとした所内變壓器の 3,300 V 側の油入遮斷器を節約して、代用品として特殊のパワー

フューズ、當社 BA 型デアイオン・フューズを使用して居る點であります。此のフューズは斷路器型で電壓は 7,500 V、電流は 15 A、三相遮斷容量は 300,000 kVA を有して居りますから、優に油入遮斷器 1 台に匹敵します。此のフューズの原理は、熔斷の際電弧電流を固形硼酸の細孔中に導入し細孔の周壁にある硼酸を電弧熱により爆發的に分解せしめ、その際發生する水蒸氣により電弧通路の溫度を降下せしめデアイオン作用に依り大電力を支障なく遮斷するものであります。同程度の遮斷容量の油入遮斷器に比すれば價格も頗る安くスペースも小さくてすむので將來油入遮斷器の代用品として利用率の多いものと存じます。



第3図 嵯発電所單線結線圖

九州水力三芳発電所概要



第4図 三芳発電所全景

本発電所は同社の女子畑^{オナゴハタ}発電所の放流水最大 47.3 立
方米を其の儘取入れ、之を隧道式水路に依り本発電所の
上水槽に導き有効落差 12.5 米を得、制水門・塵除スク
リーンを経て水車主弁無しにして直ちにカプラン水車の
渦巻殻に入り、其の吸出管の終端は本流に開口し放流す
るものであります。

而して此の堅軸カプラン水車は最大出力 6,940-7,020
H.P. 回転数 166.7-200 r.p.m. で、直結せられた 5,000
kVA 11,500 V 50-60 ㎐ 三相交流カプラン発電機一台を
運轉し、其の発生電力は所謂直接送電式で発電機電壓其
儘の 11,500 V 3 相 3 線式を以て鐵塔送電線路一回線に
依り約 2.7 軒離れた女子畑発電所に送電し、同所に於
て 2,000 kVA 単相變壓器三台より成る 1 バンクの變壓器
を以て 6,600 V に遞降し、同所内の 6,600 V 発電機主母
線に給電するものであります。

女子畑発電所は現在其発電機の一部を 60 ㎐ 他を 50 ㎐
に運轉し、同社の兩周波數送電系統の調整發電所として
運用せられるものでありますから、本発電所は系統運轉
の都合に依り隨時 50 又は 60 ㎐ の何れの系統にも容易
に且つ迅速に併列運轉を行ひ得べき使命を有して居りま
す。

尙女子畑発電所は同社の尖頭負荷發電所として運轉さ
れるものですから、其の放水量即ち本発電所の取入れる

流量は常に季節的に變化するのみならず一日中に於ても
相當廣範圍の變化を致します。其故に本水車は特に低負
荷時に於ける能率の優秀なものを必要とされ、水車設計
の條件として発電機出力が 2,000 kW 附近即ち殆ど 1/2
負荷に於て最高の能率を發揮す得る様にとの御指定の下
に設計製作したものであります。

上記の特長を要約再録すれば、

- (イ) 発電機電壓を以てする直接送電式である事。
- (ロ) 50-60 兩 ㎐ 共用でその切替が頻繁に行はれ
る事。
- (ハ) 部分負荷で高能率を發揮する使命を有する事
- (ニ) 流量に多大の變化あり而もその流量を全部消
化する必要がある事。

等で低落差なるのみならず、上記の(ハ)(ニ)の御要求
を充たす爲にはカプラン水車より外に適切な水車が無い
のは自明の理であります。一方(イ)(ロ)の御要求に副
ふ爲めには適當なる保安設備や切替装置を必要とします
が、その點に就いても遺憾なきを期しました。

即ち先づ(イ)に就いて述べますと本機発電機は前述
の通り発電機電壓を以て直接に 2.7 軒離れた女子畑發電
所へ送電されるものでありますから、侵入衝撃から保護
する爲発電機捲線の絶縁には勿論考慮を拂つて居りま
すが變壓器の如くエンドコイルを特別に丈夫に製作する事
は不可能であります。従而何等か別の方法によつて線路
より発電機に侵入する衝撃を緩和し発電機を保護しなけ
ればなりません。完全に此の発電機を侵入衝撃より保護
するには、避雷器を使用して侵入衝撃波の大きさを制限
し且つリアクターとキャパシターを使用して衝撃波頭の
急峻度を低めるを可としますが、此の方法は費用が嵩む
爲餘り廣く採用されて居りません。

比較的安價で且適切な方法としては次の器具を設置す
る事で、本発電所に於ても此の方法が採用されました。

- (a) 発電機端子にアレスター・レシオ 2 なる特殊ラ
イン型アレスターを設置し衝撃波の波高を制限
する。
- (b) 侵入衝撃波の急峻な波頭を緩和せしめる迄、適
當な蓄電器を同じく発電機端子に接続する。本

発電所に使用されたものは 22 kV 3 相 60 $\sim$ 0.15 μ F のもの 3 個である。

- (c) 尙発電機から 1,500 呎外方に普通の線路型のアレスターを 1 組設置し、侵入衝撃波の最高波高を制限する方が萬全の策であるが、本発電所に於ては約 385 呎外方に前項のアレスターを置いてある。

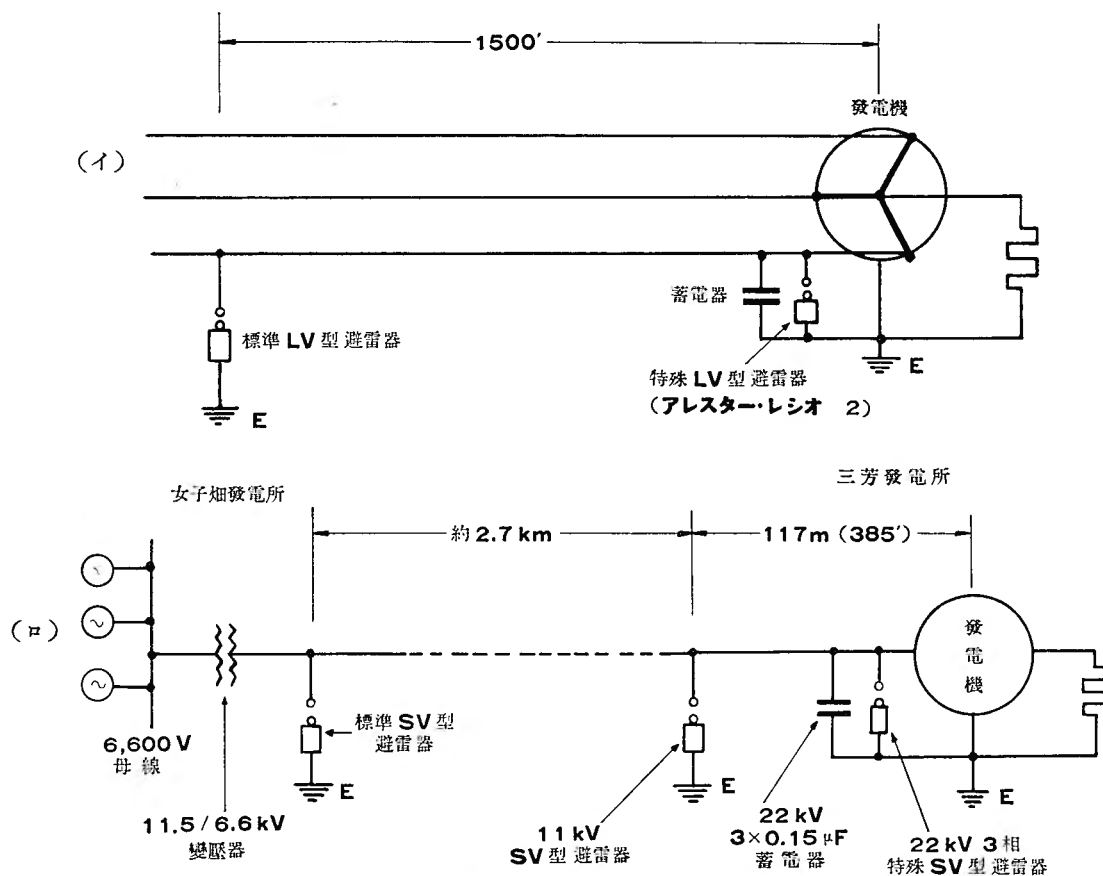
此の方式を圖示すれば第 5 圖 (イ) の通りで、本発電所の實際は (ロ) の通りであります。此の保護装置は本発電所の特筆すべき新施設であると存じます。

(ロ) に関しましては、発電機は固定子捲線の切換をせず周波数の変更が可能なる様にし、配電盤の取付用計器繼電器も總て 50-60 兩 $\sim$ 用に設計製作し、積算電力計のみは切替開閉器で切替の事と致して居ります。その他補機用電動機も 50-60 兩 $\sim$ 用として製作し、それらの配電盤は壁掛型開閉器函で、所内適当な位置に配置して居ります。

本発電所はセクションスイッチによるワンマンコント

ロール式自動運轉装置を備へ、三菱式 XZ 型自動揃速同期装置を有して居ますから、水車を起動する事から系統と電壓周波數位相を合せ同期閉合し、水位調整器により負荷を制限し且つ自動力率調整器の援助を得て定力率運轉を繼續する事迄、自動的に制御出来ます。又本発電所は特に定力率調整を施行される御計画であつた爲、自動電壓調整器には特殊 AJ 型の勵磁機抵抗器型を採用し、且力率調整装置を有せしめ御要求に副ふ様設計製作致しました。従つて定電壓直流電源として普通副勵磁機を主勵磁機の上端に附するべきですが、本発電所に於ては所内用の蓄電池を利用して副勵磁機を省略してあります。

の油入遮斷器は猶本発電所発電機用主遮斷器が全自動式の同期油入遮斷器として設置されてあるのみで、所内用電源の三相 50 kVA 11,500/210-105 V 50-60 $\sim$ 2 台の特高側は盛岡電燈の繋發電所と同様、BA 型 デアイオン式パワー・フューズを代用して、油入遮斷器の節約をはかつて居ります。



第 5 圖 直接送電に於ける發電機衝擊保護装置の一例

三菱カプラン水車

三菱重工業株式会社
神戸造船所

山 川 政 雄

盛岡電燈繋發電所カプラン水車

最近低落差の水力發電所には カプラン 水車が採用されるようになりました。カプラン水車は、負荷の變動に従ひ ガイドベイン の角度と ランナー 翼の角度とを同時に然も相互に關聯して變化せしむるもので、

1. 部分負荷に於ける水車能率が高いこと。
2. フランシス型に比し回轉速度が高く採用出来ること。
3. 落差が低下したる時にも フランシス 型の如く水車の呑む水量が著しく減少しないこと。

等の理由で落差の變動多きもの、及び流量の變化多きものには、カプラン 水車が最も適して居ります。

今一例として有効落差 20 米最大出力 5,000 馬力の水車に於て、之を フランシス型 とカプラン型とに就て比較すれば、毎分回轉數は フランシス 型に於ては 50 ㄥとすれば 200 r.p.m. 特有回轉數 335 r.p.m. でありカプラン型とすれば 300 r.p.m. 特有回轉數 501 r.p.m. を採用出来ます。此の場合 333 r.p.m. 特有回轉數 554 r.p.m. とすることも出来ますが、ドラフトヘッドを著しく低くするを要します。

今或同一條件の フランシス 及 カプラン 水車の能率を比較しますと、正常負荷の能率は略同様でありますが過負荷殊に部分負荷に於ては、カプラン 水車の方が遙に優秀なる能率を有してゐます。

然し許容さるゝドラフトヘッド（水車のランナー中心線より放水面までの高さ）は、フランシス型では約 5.5 米であります。カプラン型ではランナーは放水面以下に没入してゐなければなりません。之れはカビテーションの發生することを防止する爲めには是非必要なことで、若しカプラン水車設計の場合ドラフトヘッドを高く取り過ぎると、カビテーションを生じランナーを腐蝕すると同時に水車の能率は低下し振動を生ずる恐があります。

逸走速度は フランシス 型では 390 r.p.m. カプラン

型では 680 r.p.m. (300 r.p.m. の場合) であり、之はカプラン型の方が大であります。

盛岡電燈繋發電所納 カプラン 水車は第 1 圖に示す如く、水車發電機・調速機油壓唧筒装置及び自動操作装置（自動水位調整機を含む）から成つて居り、落差が低いから主要弁は設けない堅軸鋼板 スパイラル 型で、有効落差 19.7 米 最大出力 4,890 - 4,950 H.P. 回轉數は 272 - 327 r.p.m. で 50 及 60 ㄥ 共用であり、特有回轉數は 462 - 552 r.p.m. であつて、三菱電機製の 4,200 kVA (3,360 kW) 3,300 V 50 - 60 ㄥ 共用の交流發電機に直結されて居り、構造は第 1 圖に示す通りであります。

ランナーは翼數 6 枚で、翼の材質はステンレス鑄鋼であります。

カプラン 水車は發電所の掘鑿を成るべく少くするためドラフトヘッドを出来るだけ高く取り、カビテーションを起さんとする少し手前位の狀態で使用されますから、翼がカビテーションに依り腐蝕されんとする傾向が大であるので、羽根の材質はステンレス鑄鋼を使用すると同時に、全面を平滑に仕上げて出来るだけカビテーションの發生を防ぎます。

羽根の形狀は吸出管と共にエツシャー ウイス 工場にて模型試験の上決定されたもので、能率試験と共にカビテーション試験をも施行されました。

ランナーのボツスは鑄鋼で中空であり、此中にはアーム・リンク・クロツス等ランナー翼を動かす機構が配置され且つ粘度の大なる油が満されて居ります。翼に加へる推力は大でありますから羽根を支へる軸承に加はる壓力も大きく、従つて薄い油では押し出される恐がありますので、特に粘度の高い油を使用します。翼の軸がボツスを貫通してゐる個所には皮製のパツキングを設け、水がボツス中に浸入するを防ぎます。

カプラン水車ではカビテーションの起る事を防止する爲めにドラフトヘッドを極度に低く採用する爲め

水車停止時に於てもランナーは水中に没してゐることが普通であり、特に高落差のもの例へば30米位のものでは水面以下數米の所に設置されることもあり、従つて主軸スタツフヒングボックスは漏水少く且つ主軸を磨耗せざる特殊のものを使用する必要があります。本水車にはパツキングとして炭素製のものをを用ひ、此の炭素は6個に分割され全体を發條にて主軸に押し付ける様にして居ります。主軸にはパツキングが當る個所に青銅製のスリーブが施してあり、磨耗した時取り替へ得る様にしてあります。

カプラン水車の主軸スタツフヒングボックスは主軸受直下の低い個所に取付けられ、フランシス型の如く水車運轉中に締めることが出来ません。パツキングに近づく爲めには是非共主軸受を取外す必要があり、従つて一度取付けた後は之に觸れる必要が少い型のものを使用する必要があります。

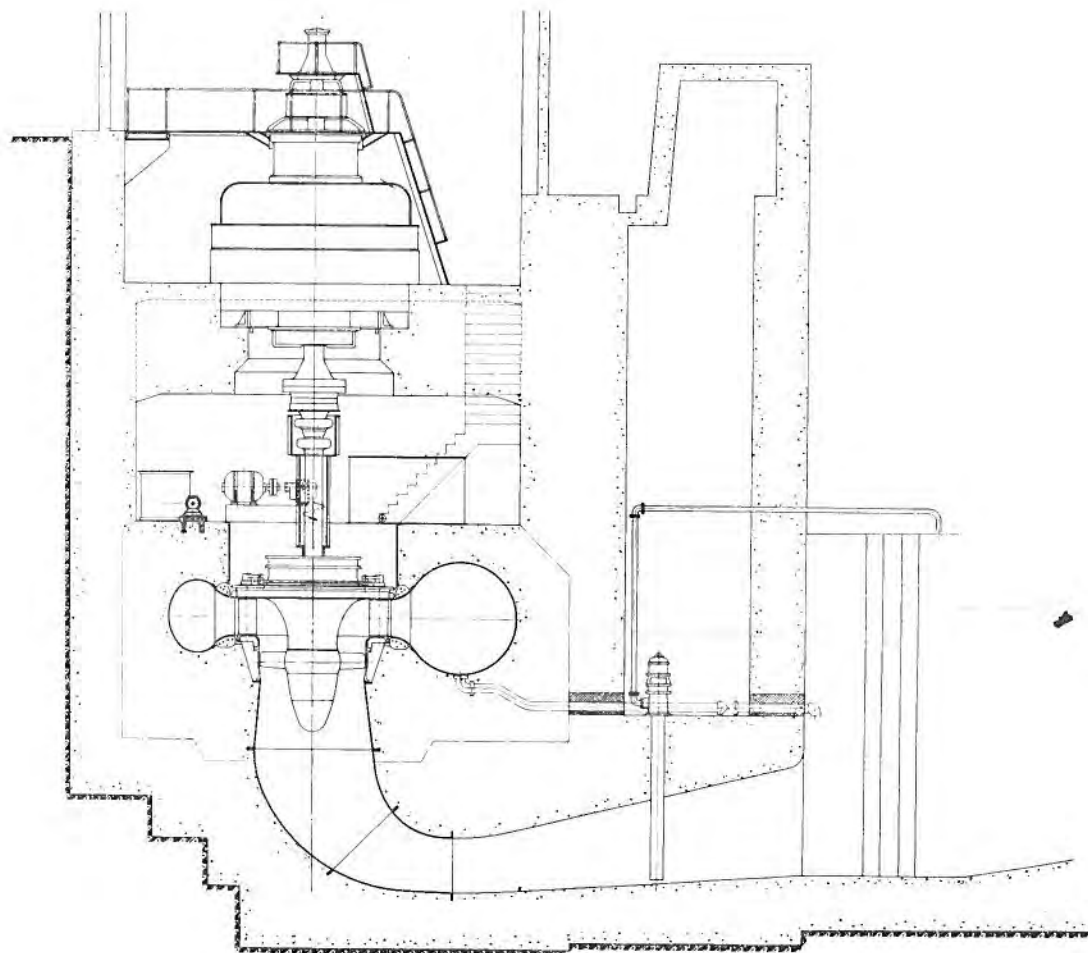
軸受はホワイトメタルを裏張り油循環式で、循滑油ポンプは2組あり、1組は主軸運轉で之を常用とし他は電動で起動時と危急用に使用されます。

主軸は中空で、發電機との連結カプリングの個所にはランナー翼を動かす油壓サーボモーターが設けられてあります。

ガイドベーンは鑄鋼製で20枚を設備し、その形状はカプラン水車に適當する如く定めてあり、アーム及びリンクを以つて上部カバー上にある調整輪デートリンクに連結され、ベルクランク及び軸にてサーボモーターに連結します。

上部カバーは内外兩輪に分かたれ、内部を外部から外すと、ガイドベーンを取り外すことなく主軸・内部カバー・軸受・ランナー等を取り付す事が出来ます。

ケーシングは次頁の第2圖に示す如く鋼板鋳付で鑄



第1圖 繫發電所主機配置圖

鋼製のスピードリンクに銲付し、ケーシング入口の内径は2,400 耗でケーシング全体はコンクリート基礎中に埋没して居り、スパイラルケーシング終端は一部スピードリンクから鑄出しとなつて居ます。

调速機は油壓式で、アクチュエーターを發電機床面に、サーボモーターを水車室に設け、アクチュエーターにはガイドペーン及ランナー翼開閉用配壓弁・カム油壓手働装置が取り付けられ、サーボモーターの容量は3,700 mkgで起動装置を備へ、ガイドペーンが閉鎖すれば自動的に鎖錠し、油圧がない時でもガイドペーンが開かない様にしてあります。

调速機油壓唧筒は2組を備へ、内1組は電動機運轉で之を常用とし、他は主軸にて運轉され之を豫備として居ります。

今電動機電源の故障又は油壓槽内油圧が低下すると、自動的に主軸運轉ポンプに依り油壓槽に油圧を供給する様になつてゐますが、正常運轉の時は主軸運轉唧筒から直接油槽に油を返し無負荷運轉をする様にしてあります。油ポンプにはアンローダー式の壓力調整弁を備へ油壓槽に壓油を必需しない時はポンプから直接に油槽に油を返す様にしてありますから、無益に動力を消費することなく従つて油を過熱することがなく、常用油圧は17 kg/cm²であります。

吸出管は次頁の第3圖に示す如く屈曲型で、ランナーと共に模型試験を施行の上決定したもので、屈曲部迄は鋼板でライニングし、以後出口迄はコンクリートであります。

ランナーサーボモーターに油圧を供給する油壓筒は發電機頂上に設けられ、ガイドペーン開閉機構に關聯して配壓弁が動き、ガイドペーンの開閉に應動してランナー翼を開閉します。發電機軸は中空で此の中に油管が納められ、ランナーサーボモーターに壓油を導いて居ります。

主軸スタツフヒングボックスから若し少しの水が漏り之れが上部カバーの低部に溜れば、軸受の油溜中に水が浸入する恐れがありますから、自動排水唧筒を備へ、上部カバーの低部に溜つた水が或る高さに増加すると、自動的に排水唧筒を起動して排水し、水がなくなると自動的に停止します。

負荷が急激に遮断しガイドペーンが急に閉鎖すれば、ドラフトチューブ内に高い眞空を生じランナー及び軸等を押上げることがありますから、之を防止する爲めに上部カバーに自動空氣吸入弁を設け、ガイドペーンが急激に閉鎖した時には自動的に空氣を供給して、ドラフトチューブ内の眞空を破る様にしてあります。

制御方式は1人制御式で、負荷の調整は流量に應動する水位調整機に依りて行はれます。

制御電源用開閉器を閉ちると油壓ポンプが起動して油壓槽に油圧を作り、又軸受用電動油ポンプが起動して水車軸受に循滑油を送ります。油圧が規定値に上昇し又軸受に循滑油が供給されると夫々繼電器が作動して主幹繼電器を閉じ、然る時は调速機用電動機が回轉してガイドペーンを閉鎖する位置に配壓弁を動かし、ガイドペーンの機械的緊錠を解き、油壓槽に設けたる自動油



第2圖 カプラン水車ケーシング

阻止弁を開いて油壓を调速機其他に供給し、制動機を緩め、又ガイドベーン及ランナー開閉用サーボモーターの閉鎖側に油壓を供給して、ガイドベーン及びランナー翼を閉鎖の位置に保持します。主幹開閉器を起動の位置に廻せば起動装置が作動してガイドベーン及ランナー翼を起動に必要なだけ開き、水車は起動して緩かに速度は上昇し、常用速度近くに來れば速度繼電器が作動して调速機を作動せしめ、水車は無負荷運轉状態となります。

主幹開閉器を同期の位置に進めると、自動揃速装置が作動して水車速度を調整し、又自動同期検定器の作動に依り發電機を系統中に投入します。

主幹開閉器を負荷の位置に進めると、自動水位調整機の浮子に空気を送つて水槽水位に應動せしめ、流量に従つて負荷し運轉状態に入ります。又主幹開閉器を一気に負荷まで進めると、水車は起動より負荷迄を自動的に行ひます。

水車を停止せしめんとするには主幹開閉器を上記の逆に段階的に廻せばよろしい。即ち水位調整機に空気の供給を絶ち浮子が降下して負荷を取り去り、危急停止装置が作動してガイドベーン及びランナー翼を各別に單獨に全閉します。ガイドベーンが閉鎖すれば之を機械的に鎖錠し、ブレーキが作動して水車發電機を停止し、

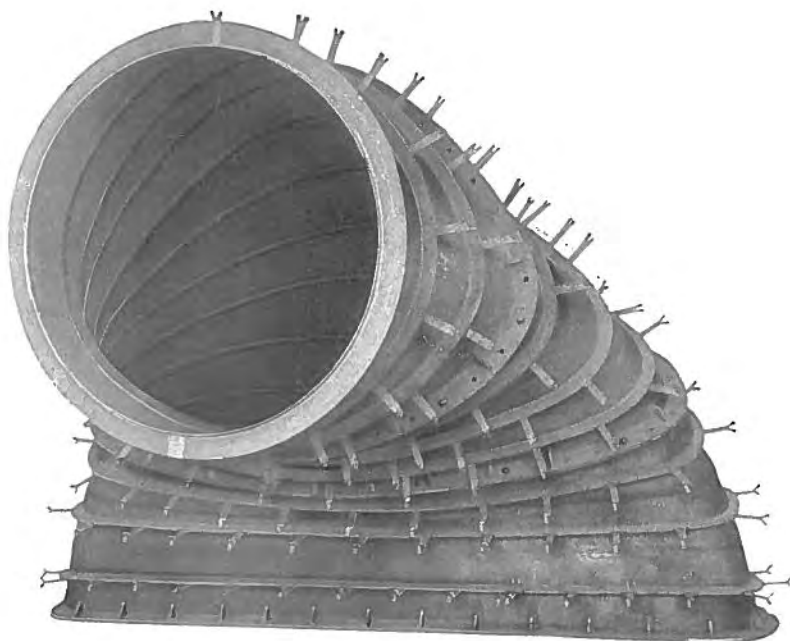
又油壓槽に取り付けられた油壓阻止弁を閉鎖して、水車停止中油壓の低下を防止します。

危急停止の際はガイドベーンとランナー翼とは無關係に閉鎖しますから、若しもガイドベーンに異物が挟まり閉鎖を妨げられても、ランナー翼が閉鎖するから水車を過速する虞がありません。本水車は過般無事検査を終へ運轉中であります。参考までに本水車のガバナータテストの結果を附記します。

遮断せし 負 荷	速 度 上 昇			水 壓 上 昇				カバナー 閉鎖時間
	初	最大	上昇率	初	最大	静止	上昇	
kW	r.p.m.	r.p.m.	%	m	m	m	m	秒
850	326	340	4.3	17.6	20.0	17.8	2.2	2.5
1,700	330	355	7.6	17.3	22.2	"	4.4	"
2,550	330	372	12.7	16.6	23.2	"	5.4	"
3,400	332	390	17.5	15.0	23.3	"	5.5	"

保證數字は 3,400 kW 遮断の時速度上昇率は 18% で水壓上昇は静止落差以上 8 米であります。

自動起動に要した時間は主幹開閉器を投入して水車起動まで 23 秒、水車起動してより 327 回轉に上昇するまで 34 秒でありました。並列投入までの時間は系統の周波数の脈動に依り異なりますが、主幹開閉器を投入してから 3 分内外でありました。



第 3 圖 カプラン水車吸出管（屈曲部）

九州水力三芳発電所カプラン水車

本発電所の水車もカプラン型で、負荷の変動に従ひガイドベーン の角度とランナー翼の角度とを同時に然も相互に關聯して變化せしむるもので、其設計要項は次の通りであります。

水車は堅軸カプラン型で有効落差 12.5 米、最大出力 6,940-7,020 H.P. 回転数は 166.7-200 r.p.m. 特有速度 594-710 r.p.m. で三菱電機製の 5,000 kVA 11,500 V 50-60 $\sim$ 兩用の交流発電機に直結されて居ります。

機械配置は大體第 4 圖に示す如く、水車発電機・调速機油壓唧筒装置及自動操作装置(自動水位調整機付)から成つて居ります。落差が低く水車が上水槽の直下に設けられ鐵管が無いから水車には主要弁を設けず、ランナーは軸流プロペラー型で、第 5 圖に示す如く翼数は 4 枚であります。ランナー翼は特種のマンガン鑄鋼で、外徑の吸出側には腐蝕を防止する爲め一部分ステンレス鋼板を裏張りし、翼の全表面はカビテーションを起さぬ様平滑に仕上げてあります。此翼の型狀は模型試験に依り決定せられたもので翼の動く角度は 22° であります。

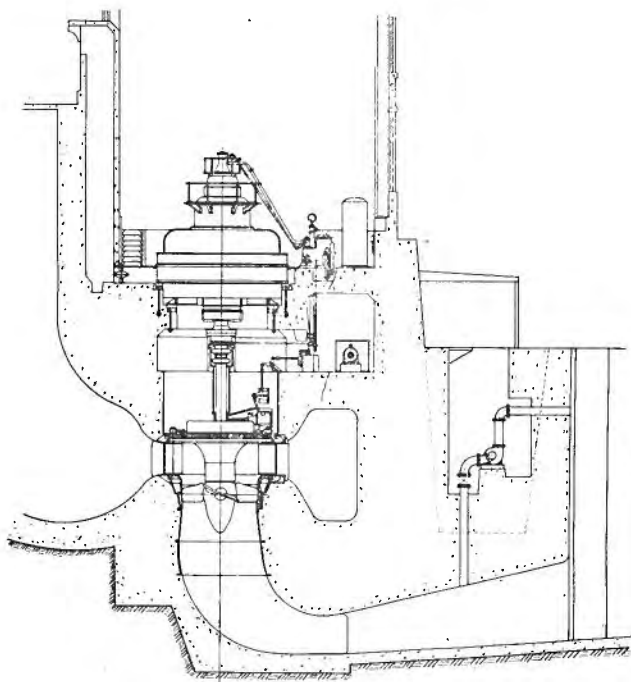
ボツスは鑄鋼で、此中にはアームリンククロスロッドの一端等翼を動かすに必要な機構が設けられ、又翼軸を支持する軸受には特に高壓に耐へる青銅製ブツシュ

が嵌裝されて居ります。ボツスの中には滑油として濃い油を充し、翼軸がボツスを貫通する個所には皮製のパツキングを施し水がボツス内に浸入するを防ぎ、主軸とはフランジにて連結して居ります。スパイラルケーシングは低落差で水量大なる爲めコンクリート製とし、斷面は矩形としました。(卷末第 88 頁附圖参照)

吸出管は前頁第 3 圖と同様の屈曲型で、ランナーと共に模型試験を施行して定めたるもので、ランナーの直下直線部分のみを鋼板裏張りし、他はコンクリートを以て作りました。猶又此のコンクリート吸出管は屈曲部の形狀が極めて不規則なので、特に實物の 1/20 の模型を木で作し、豫め供給してコンクリート工事を便利にしました。

主軸は中空で、発電機との連結カップリングの個所にはランナー翼用油壓サーボモーターを設け、発電機の頂上に在る油壓配給筒よりガイドベーンの開閉に従つて油壓を供給しランナー翼を開閉し、主軸が上部ケーシングカバーを貫通する個所には、特殊のスタッフヒングボックスを設け壓力水の漏れるのを防ぎ、此パツキングにはカーボンを使用し、カーボンは發條にて主軸の方に押し付けられて漏水を防ぐと共に、カーボンが磨耗した場合にも尙主軸と適當の接觸を保つ様にしてあります。

ガイドベーンは鑄鋼製で 20 枚を設備し、其形狀はカプラン水車に適當する如く定めてあり、アーム及リンクを以て上部カバー上に在る調整輪(ゲートリング)に連結され、ガバナースャーボモーターと連結します。上



第 4 圖 三芳発電所主機配置圖



第 5 圖 カプラン水車ランナー

部カバーは内外兩輪に分たれ内部を外部から外すと第6圖の如くガイドペーンを取外すことなく主軸内側カバー・軸受・ランナー等を同時に取り外す事が出来ます。

主軸受にはバビット裏張りを施し油循環式で2組の油唧筒を有し、1組は水車主軸より運轉され之れを常用とし、他は電動で起動及豫備用であります。水車起動時には先ず電動油唧筒が運轉されて軸受に給油し、油流繼電器が働き主軸に給油された事を条件として水車が起動します。水車が起動して主軸運轉の油唧筒が回轉し給油を開始すれば、他の油流繼電器が作働し電動油唧筒を停止し、運轉中主軸運轉の油唧筒に故障を生じ油の供給が絶える時は、自動的に電動唧筒は起動します。此の給油方式は水車のみに行ひ發電機とは無関係であります。

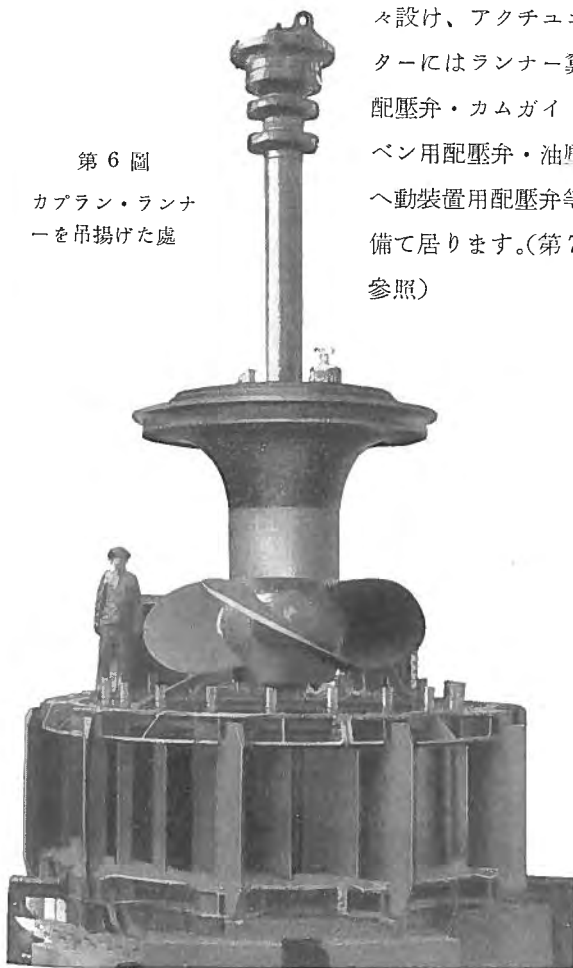
スピートリングは鑄鐵製で強固なるガイドリブが設けて有り、ランナーケーシングも鑄鐵製で半球形とし漏水を小にして居ります。

ガバナーは油壓式でアクチュエーターを發電機室にサーボモーターをスパイラルケーシング直上に夫

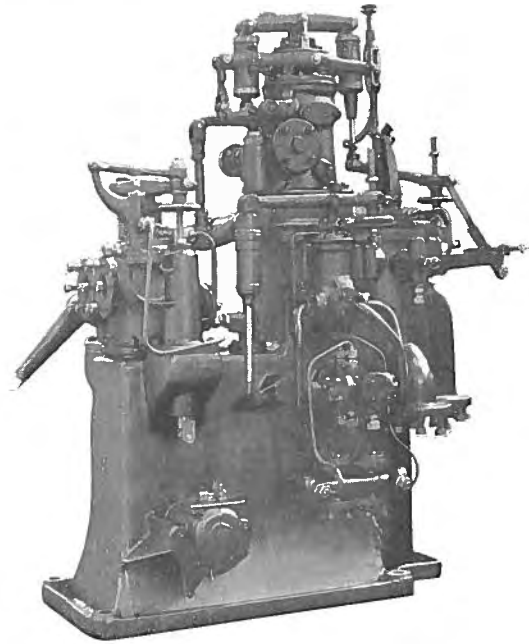
々設け、アクチュエーターにはランナー翼用配壓弁・カムガイドベン用配壓弁・油壓手へ動装置用配壓弁等を備て居ります。(第7圖参照)

第 6 圖

カプラン・ランナーを吊揚げた處



サーボモーターはダブルシリンダー式で容量5,000 mkgで緊錠装置を備へ、水車停止中油壓が存在せずとも水壓に依りガイドペーンが開き水車が起動する事を防ぎます。调速機は水車軸より調帯にて運轉され調車とガバナーとの間の連結機構中には速度變換装置を設け、周波數變更に使用します。油壓唧筒は油ポンプ2組、油壓槽1個、油槽1個を備へ油ポンプ2組の中1組は主軸運轉にして之を豫備とし、他は電動で常用とし、油壓は17 kg/cm²であり、主軸運轉油唧筒は常時は運轉して居りますが夫の吐出油は油壓槽に送らず直ちに油槽に返し、油槽には電動油ポンプから給油されます。今電動油ポンプの故障により油壓が降下すると、自動的に主軸運轉の油唧筒から油壓槽に給油し油壓の低下するのを防止します。尙本水車は昭和十二年七月無事検査を終り爾後引續き運轉中であります。



第 7 圖 ガ バ ナ ー

参考迄にガバナーテストの結果を示します。水壓の上昇は4,600 kWを遮断した時、50 ω で4.7米、60 ω で4.25米でありました。

遮断せし 負荷 kW	速 度 上 昇			油 壓		ガイ ド 閉鎖時間 秒	周波數 ω
	初	最大	上昇率	初	後		
	r.p.m.	r.p.m.	%	kg/cm ²	kg/cm ²		
1,150	166.5	172	3.93	16.2	16.0	1.50	50
2,300	166.0	178	7.23	16.4	15.6	1.82	"
3,450	166.0	186	12.05	16.1	15.3	1.80	"
4,600	166.0	195	17.45	16.3	14.5	2.15	"
1,150	201.0	207	3.00	16.5	16.0	1.80	60
2,300	201.0	212	5.50	16.3	15.8	2.00	"
3,450	201.0	218	8.50	16.2	15.5	2.20	"
4,600	201.0	228	13.50	16.2	15.0	2.25	"

カプラン水車発電機の概要

神戸製作所 楠 瀬 康 雄

カプラン型の水車で運轉される発電機は、水車の特殊なる性能及び構造に依り、他の水車直結のものと種々異つた點を有するものでありまして、現在の所全部堅軸を採用して居ります。

大體の特異とする點は次の通りであります。即ち、

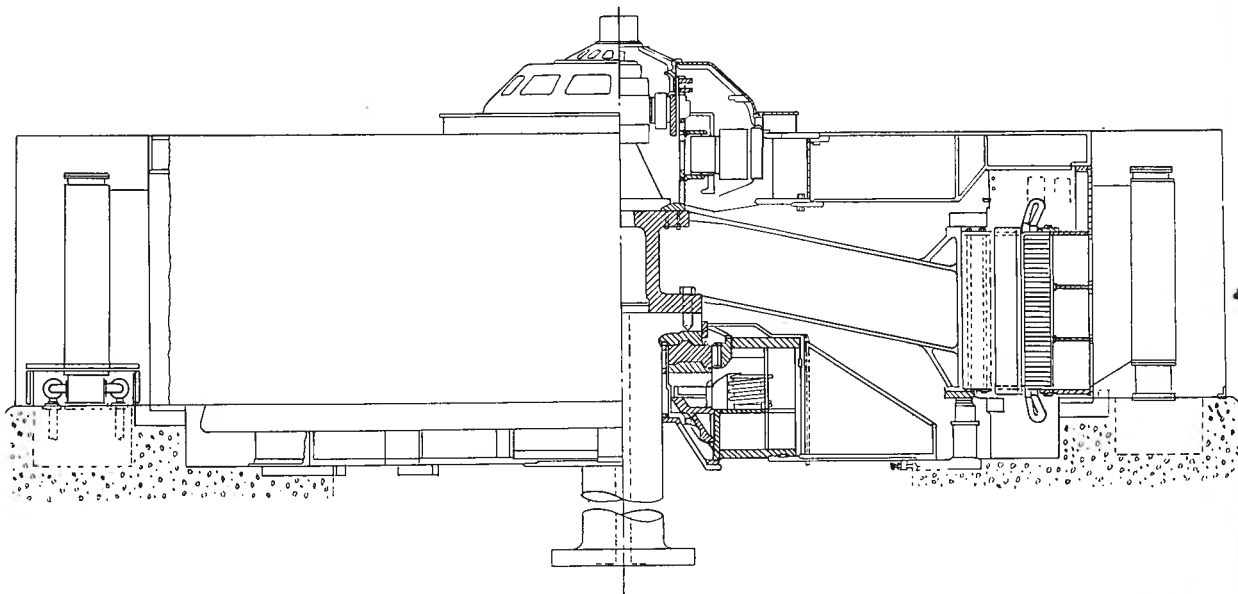
1. 発電機の外径、詳しく云へば固定子鐵心の内径が一般に大であります。換言すれば直径の大きな、鐵心長の短い、扁平な設計であります。之は組立てたカプラン・ランナー及び水車部分の直径の大きなものを、必ず発電機を通じて上部に引き上げ又は下げる關係、及び他の水車に比しフライホイール・エフェクトの要求が大きいことに依ります。
2. 軸は全長が中空であつて、この中にランナー、ベーンを動かす爲めの壓油を通ずる同心の二本の管を設置するか又は小型のものでは操作用のロッドを入れて居ります。尚ほ壓油サーボ・モートルを取りつける關係上、一般に非常に大きな軸のフランジを要

求されますので、軸の設計に相當の注意を要します。

3. 上部軸端（詳しく云へば上部に直結する勵磁機の上端）に壓油導入裝置、洩油受、油切等の裝置を設置すると同時に、壓油並に排油の配管を要します。
4. 水車側のハイドロリック・スラストが普通の水車に比して大きい關係上、発電機のブラケット並に推力軸受の設計に注意を要します。
5. 水車の無拘束速度が他に比し著しく大きく、いづれも 100 % 以上で、甚しい場合には 450 % にも達するものがありますから、発電機特にその回轉子の設計に相當の注意を要します。

等の特異點を有して居ります。第 1 圖に示しましたものは最近大型の低速度水車発電機、特にカプラン直結用の発電機に用ひられる、アムブレラ型発電機の一例であります。

以下カプラン水車直結発電機の各部の構造に就いて、其の概要を記述致します。



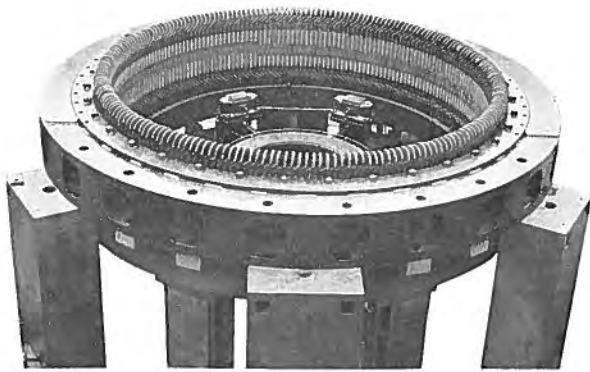
第 1 圖 アムブレラ型水車直結発電機

大型のカプラン水車直結発電機として最も適した型でありまして、特徴としては振止軸受は一個で推力軸受と同一の油槽の中にあつて発電機ロートルの下部にあるもので、発電機軸の長さ極めて短く従つて建築構造が簡單となり、据付並に運轉上極めて便利なものであります。

固 定 子

枠は直径の大なる關係上、小型のものを除き殆ど皆二つ乃至六つに分割して、之を現場へ輸送した上で組立て頑丈なベースの上に据着けます。鐵心は高硅素鋼であつて、之を焼鈍して枯れを少くして居ます。

捲線の絶縁は大型のもの・高壓のもの又は直接送電線に接続さるゝものにはB種を、他は一般にA種を採用して居ります。



第 2 圖 盛岡電燈 4,200 kVA 發電機固定子

回 轉 子

運轉速度の高きもの、無拘束度の高きものには一般に壓延鋼板のスパイダーを、其他には鑄鋼製リムとスポークを別にしたものを用ひ、更に大型機ではそのリムを成層型として積み重ねたものを用ひます。鑄鋼リム、又は成層リムは現場に於て、過速度に相當する内徑迄熱してスポークに嵌め、キー及びボルトで一體とします。

前述の如くカプラン水車發電機は無拘束速度が大なるため、磁極はリムの上に作られたるダブテール溝に、丁度適合するダブテールとコッターを以て取付けられて居ることは、高速度機一般の場合と同一であります。又磁極には當社獨特の高速度型低抵抗のマンガニース・ブロンズの制動捲線を一般に裝備して居ります。

軸は既述の通り中空であつてその中に同心的に二本の壓油管を裝置して居ります。特に多くの場合軸のフランジはサーボモートルの圓筒に直接合せる爲め非常に大で油管取付用のフランジ、壓油パッキング等をフランジ内部に藏して居ります。

上部及び下部ブラケット

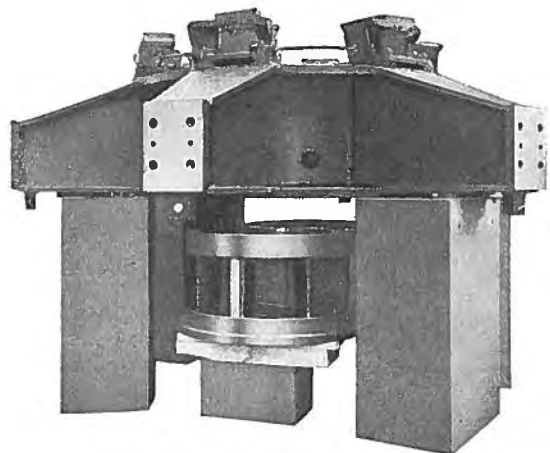
特に組立分解を容易にする爲、上部ブラケットは起重機で吊り上げの際一種のトラクションとなり、ロートル下部ブラケット及び水車ランナー部分全部を同時に吊り

上げて、發電機固定子の中を通して外部に出し又は入れる事が出来る様になつて居ります。上部ブラケットには推力軸受用の座・上部振止軸受用の座を、又下部ブラケットには下部振止軸受の座及び制動器シリンダー用の座を有して居ります。

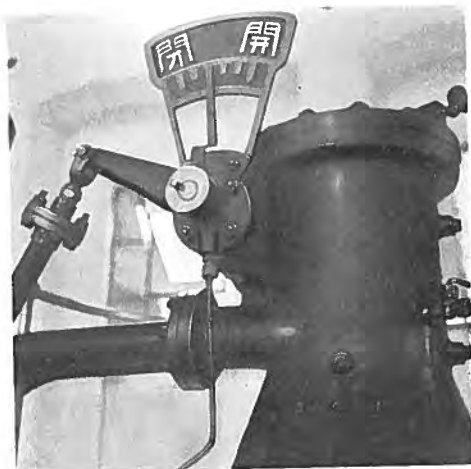
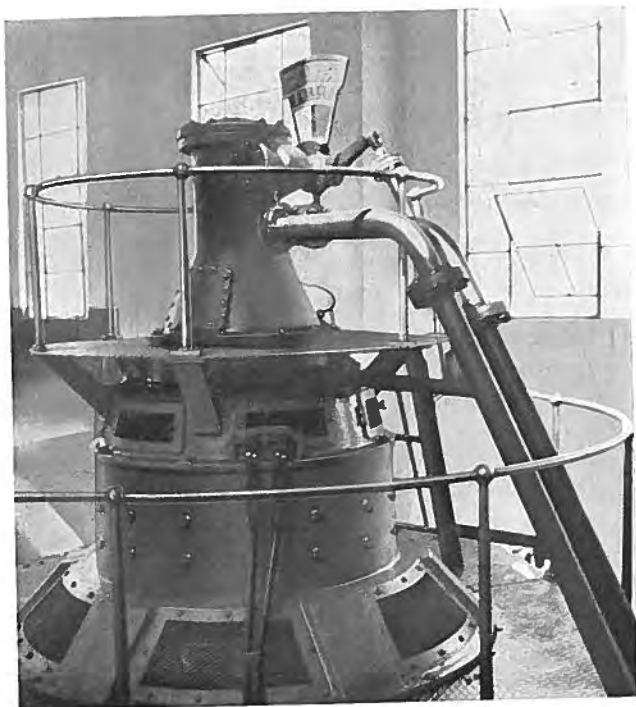
制動器は一般に油壓（水車ガバナー用壓油を用ひ主として自動發電所に用ふ）又は壓縮空氣で作働させます。



第 3 圖 九州水力 5,000 kVA 發電機
回轉子を上部ブラケット及組立たるまゝの
推力並に上部振止軸受と共に釣上げた所



第 4 圖 下部 ブラケット
制動器シリンダー及下部振止軸受を示す

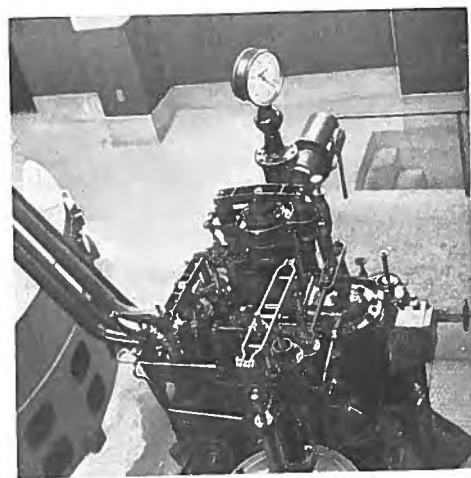


第5圖 壓油導入装置（寫真三種）

盛岡電燈納 4,200 kVA のもので壓油導入装置及装置圓筒、（左圖）開度指示器（上圖）壓油管制御桿のガバナーへの繋り（下圖）等を示して居ます。

壓油導入装置

發電機の頂部即ち勵磁機の直上には、ランナー・サーボモートル用の壓油導入装置を裝備して居り、主軸の中心を同心的に通る二本の管は勵磁機（並びに副勵磁機及ガバナー駆動用の發電機）の軸又はスパイダー中を通過して、此の壓油導入装置中に這入つて居ります。此の部分には管のベアリング・壓油パッキング・漏油の排出装置・壓油の給油排油管のフランジ並に壓油給排弁を裝置して居ります。導入装置からは上述の二本の油管と一本の制御桿を出して居り、いづれもガバナーのアクチュエーターへ導かれて居ります。導入装置の周圍には特に點檢用のプラットフォーム及手摺を附して居ります。



軸受給油方式

大体に於て次の如く分けて居ります。

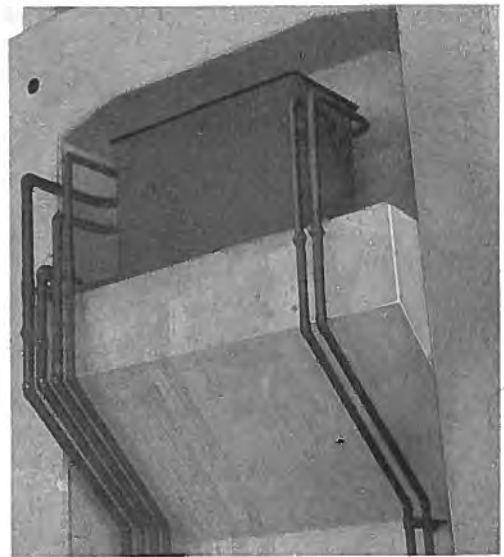
- イ、水車、發電機同一の系統に行ふもの（主として小型）。
- ロ、水車、發電機別々に行ふもの（中型以上）。
- ハ、グラビティ給油となすもの（グラビティタンクを用ふ）。
- ニ、ポンプにより壓油給油とするもの（均壓弁を用ふ）給油に際してはサイト・フキードとニードル・バルブ

及ストレーナーを用ひ、保護用として警報用接觸子付の丸型溫度計及油フロー・リレーを用ひて居ります。又管は軸電流の防止用の爲適當の個所に絶縁フランジを入れて居ります。

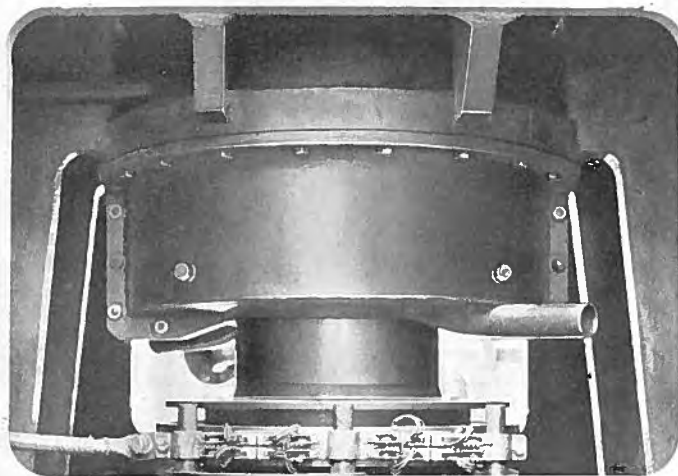
給油系統の方式は大体次頁の第1表の如き組合せとして居ります。勿論組合せは他に尙多くあり、その場合に應じて御注文元の御要求に應ずして居ります。猶給油装置の各部は次頁の第6圖乃至第9圖に見る通りであります。

標準番號	1	2	3	4	5	6
主軸驅動	—	—	常用	—	常用	—
小型水車直結	—	豫備	—	—	—	—
交流電動	常用	常用	起動時及 起豫	常用	起動時及 起豫	常用
直流電動	—	—	—	—	—	豫備
グラビテイク	常用	常用	—	常用	常用	—
油槽 (中間又は水 平床面に置く)	常用	常用	起動時及 排油用	常用	起動時及 排油用	常用
水車發電機共通 又は單獨	共通	共通	單獨	單獨	單獨	單獨
備考	小型中型 油槽又は グラビテイク ・クーラー を用ふ	中型 油槽又は グラビテイク ・クーラー を用ふ	大型 振止軸受 用オイル ・クーラー を用ふ	小型中型 油槽又は グラビテイク ・クーラー を用ふ	大型 振止軸受 用オイル ・クーラー を用ふ	大型 油槽にオ イル・ク ーラーを 用ふ

第1表 軸受給油系統の方式



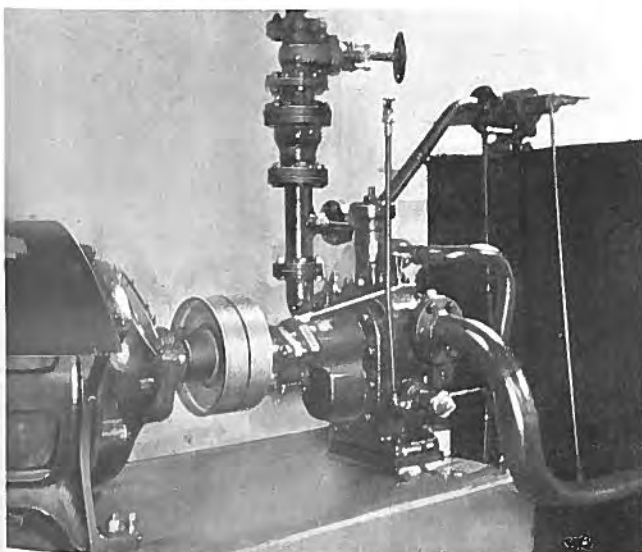
第8圖 グラビテイクタンク (盛岡電燈)



第6圖 上部ブラケット内部 (盛岡電燈)
上部振止軸受用オイルパンを示す



第9圖 4,200 kVA 發電機 (盛岡電燈)
點檢用プラットフォーム・梯子並に滑油配油弁を示す



第7圖 電動給油ポンプ (盛岡電燈)

勵磁機

一般の場合と同様、主發電機の安定を得る爲に電壓上昇率の高きものを用ふる事は勿論であります。中型以上では副勵磁機を有し、聚電環と主勵磁機は直接に接続して導線を少くし且つ事故の少い様にして居ります。

勵磁機は前述の壓油導入管を軸又はスパイダー中に通す關係上、一般に直徑の大なる扁平な(磁極數の多き)設計となる事は主發電機と同一であります。

基礎

発電機の全重量（但下部ブラケットは独立のベースを有す）及水車回轉部分の重量並に不平衡水壓等は、全部固定子枠の下面に埋設してある6個乃至10個のベース・ブロックを通して、基礎のアーチ又は支柱にかゝる設計であります。

各ブロックにはアンカー・ボルトとヂヤツク・ボルトとを附して、頑丈な組立に便利なる基礎を形成して居ります。

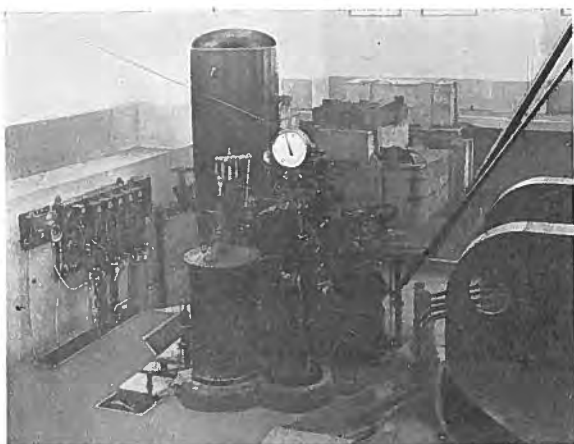


第10圖

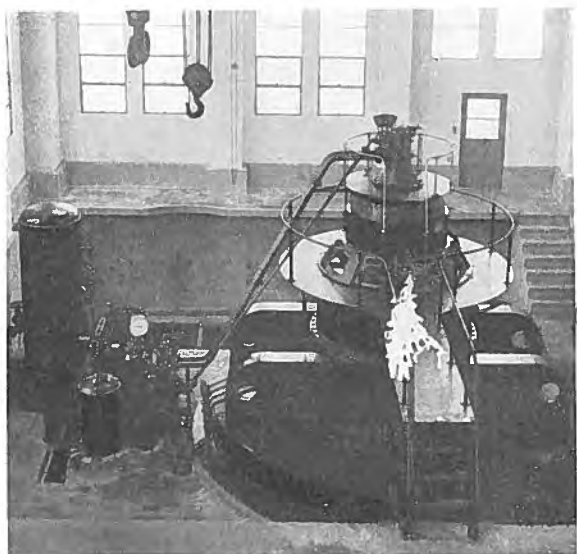
盛岡電燈 4,200 kVA カプラン発電機外觀



第12圖 九州水力 7,020 H.P. カプラン水車ランナー
発電機室より水車室へ降す處を示す



第11圖 九州水力 7,020 H.P. カプラン水車調速機
にして発電機の側に設置せらる



第13圖

九州水力 5,000 kVA カプラン発電機外觀

通 風

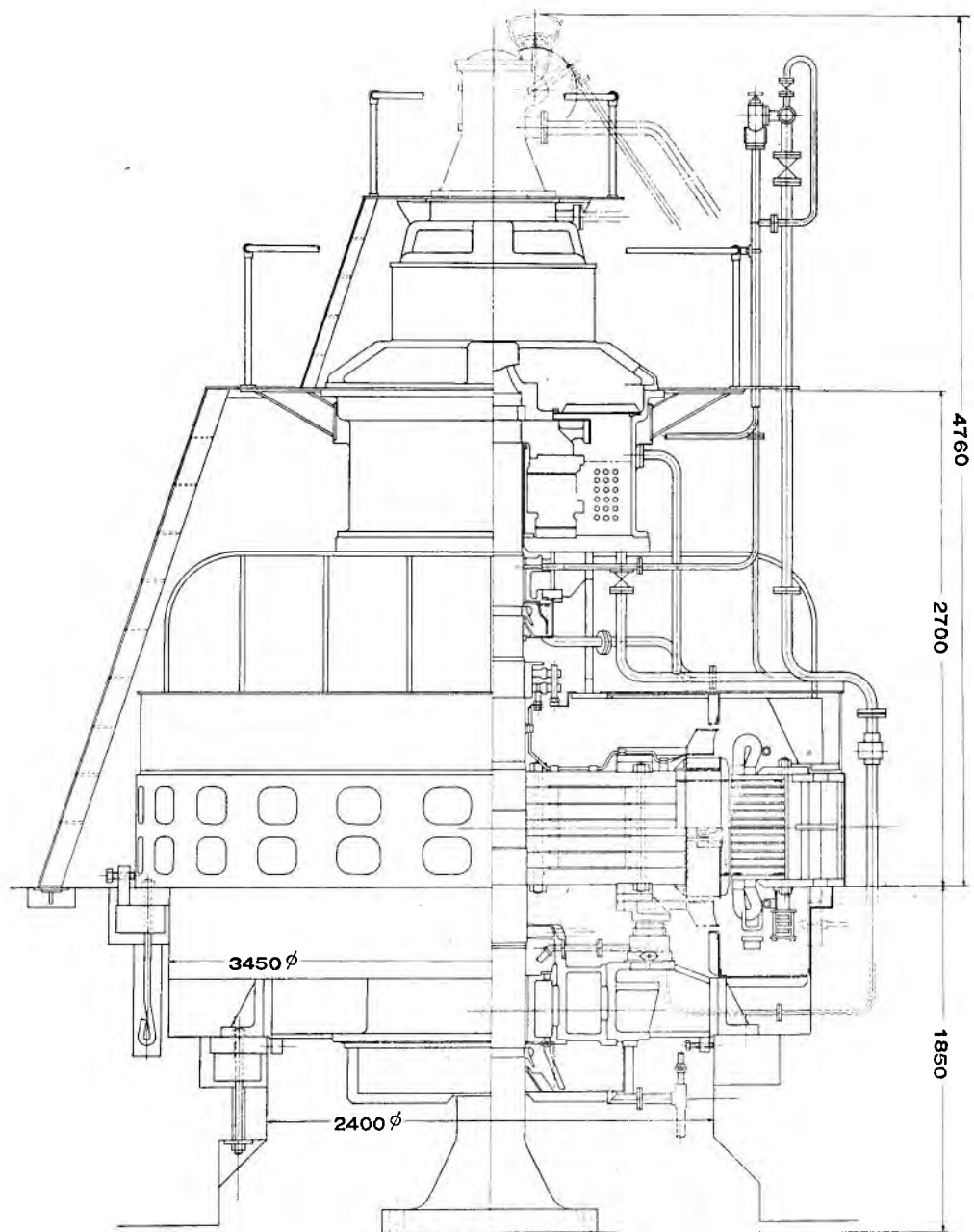
一般に小型のもの又は極度に低速度のものは開放型で室内の空気を吸入し室内へ排出して居ります。中型以上では固定子の周囲にケーシングを設けて、室内より吸気して室外に排気するのが常であります。高速度のもの又は大型機では近時ほとんど皆閉路式の通風で、固定子の

周囲に6個乃至10個の水冷式サフエース エヤー クーラーを装備して、発電機周囲だけで閉路式に通風を行つて居ります。この場合普通6個乃至10個のクーラー中の1個は豫備である事が普通であります。通風は一般に内部のロートルに附した扇風羽根で行ひますが、まれには電動排気扇に依る事もあります。

最近完成せるカプラン発電機の二例に就て

要 項	盛 岡 電 燈	九 州 水 力	
落 差	19.7 米	12.5 米	
水 量 (最大)	21.2—21.5 米 ³ /秒	47.3—米 ³ /秒	
水 車 出 力	4,950—4,890 H. P.	7,020—6,940 H. P.	
回 轉 數	272—327 r. p. m.	166.7—200 r. p. m	
無 拘 束 速 度	620 r. p. m.	447 r. p. m	
ハイドロリック・スラスト	62.2 吨	84 吨	
水車能率	最 大	91 %	90—90 %
	全 負 荷	89 %	89—88 %
	1/2 負 荷	91 %	90—90 %
	1/4 負 荷	90.5 %	89.3—88.3 %
發 電 機 出 力	4,200 kVA (力率 80 %)	5,000 kVA (力率 80%)	
電 壓 V	3,300 V	11,500 V	
周 波 數	50—60 ㄢ	50—60 ㄢ	
電 流	735 A	252 A	
極 數	22 極	36 極	
勵 磁 機	60 kW 220 V	75 kW 220 V	
發 電 機 GD ²	73,000 呎 米 ²	292,000 呎 米 ²	
通 風 方 式	室内より吸氣室内へ排氣	室内より吸氣室外に排氣	
	開放型	閉鎖通風型、 エヤー・ダムパーを有す	
絶縁及溫度上昇	固定子 60°C A 級	固定子 60°C A 級	
	回轉子 60°C B 級	回轉子 60°C B 級	
軸 受 給 油 方 式	標準 4	標準 3	
兩サイクル運轉方式	兩サイクル同一星形	兩サイクル同一星形	
	結線にて接續替へを行 はずそのまゝとす。	結線にて接續替へを行 はずそのまゝとす。	
短 絡 比	.75—.96	1.2—.87	
慣 性 常 數 H	1.8—2.55	2.25—3.2	

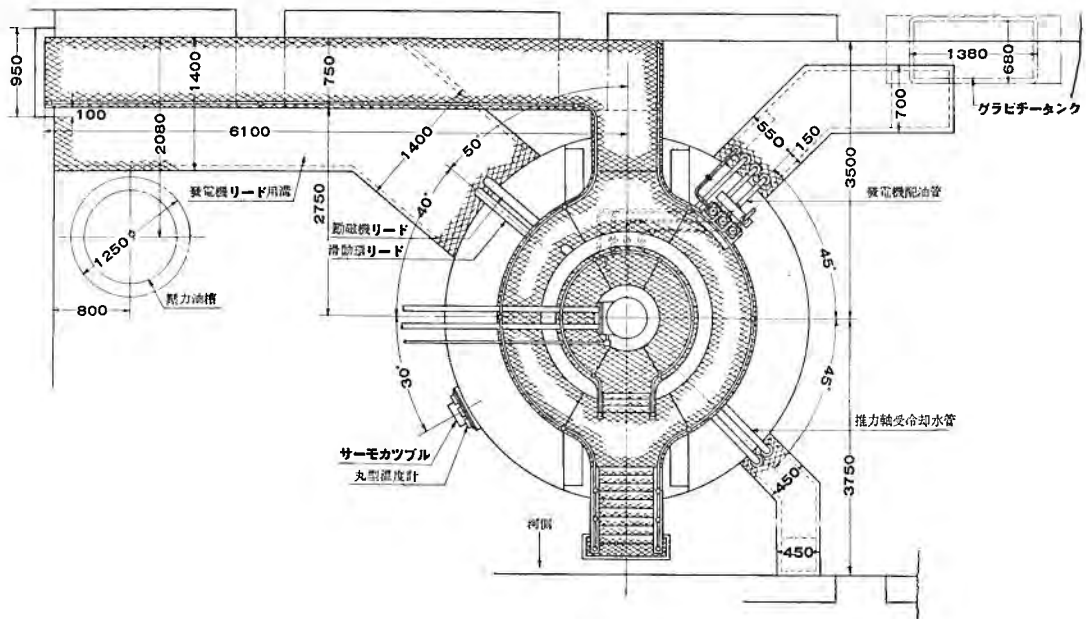
盛岡電燈 4,200 kVA カプラン発電機



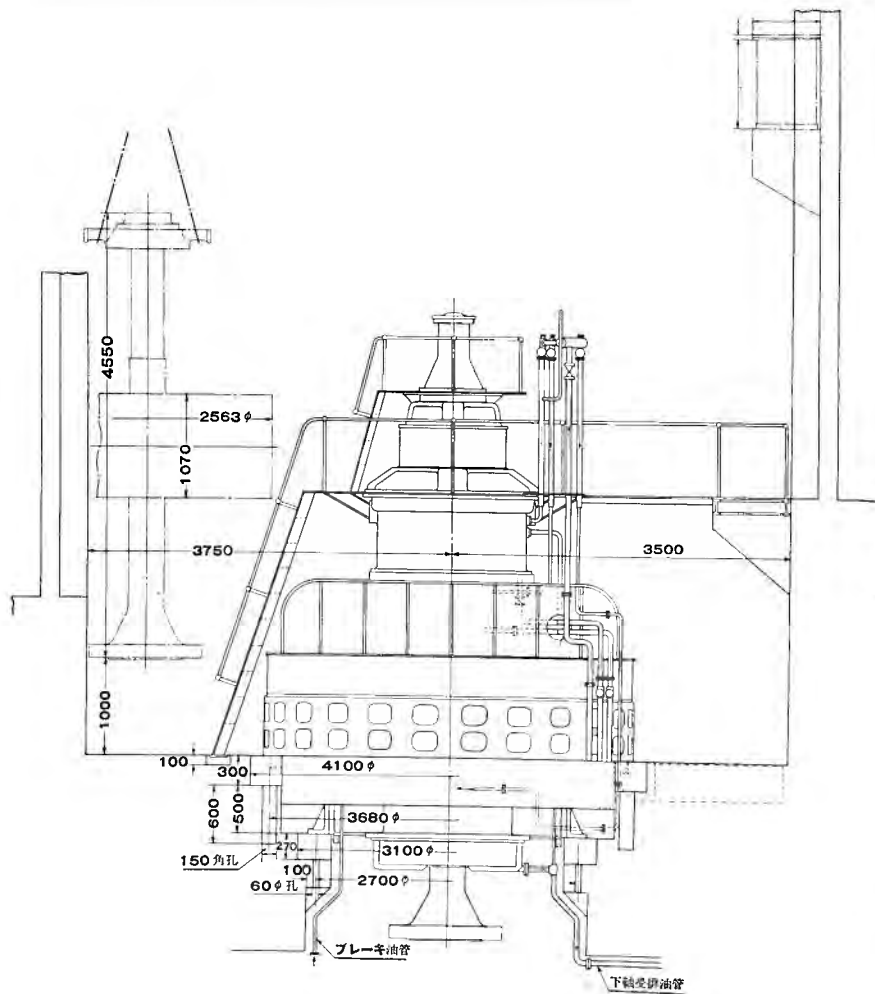
第 14 圖 4,200 kVA カプラン発電機外形圖

第 2 表 發電機能率表

周波数				50 〃		60 〃	
力率				80 %	100 %	80 %	100 %
能率 (%)	全負荷	保證	測定	95.3	96	94.7	95.8
		保實	測定	95.4	96.2	94.8	95.8
	¾ 負荷	保證	測定	95	95.7	93.9	95
		保實	測定	95	95.7	94	95.1
	½ 負荷	保證	測定	93.2	94.3	92.3	93.5
		保實	測定	93.2	94.4	92.3	93.8
	¼ 負荷	保證	測定	89.7	91.2	87.9	90.5
		保實	測定	89.8	91.2	88	90.5



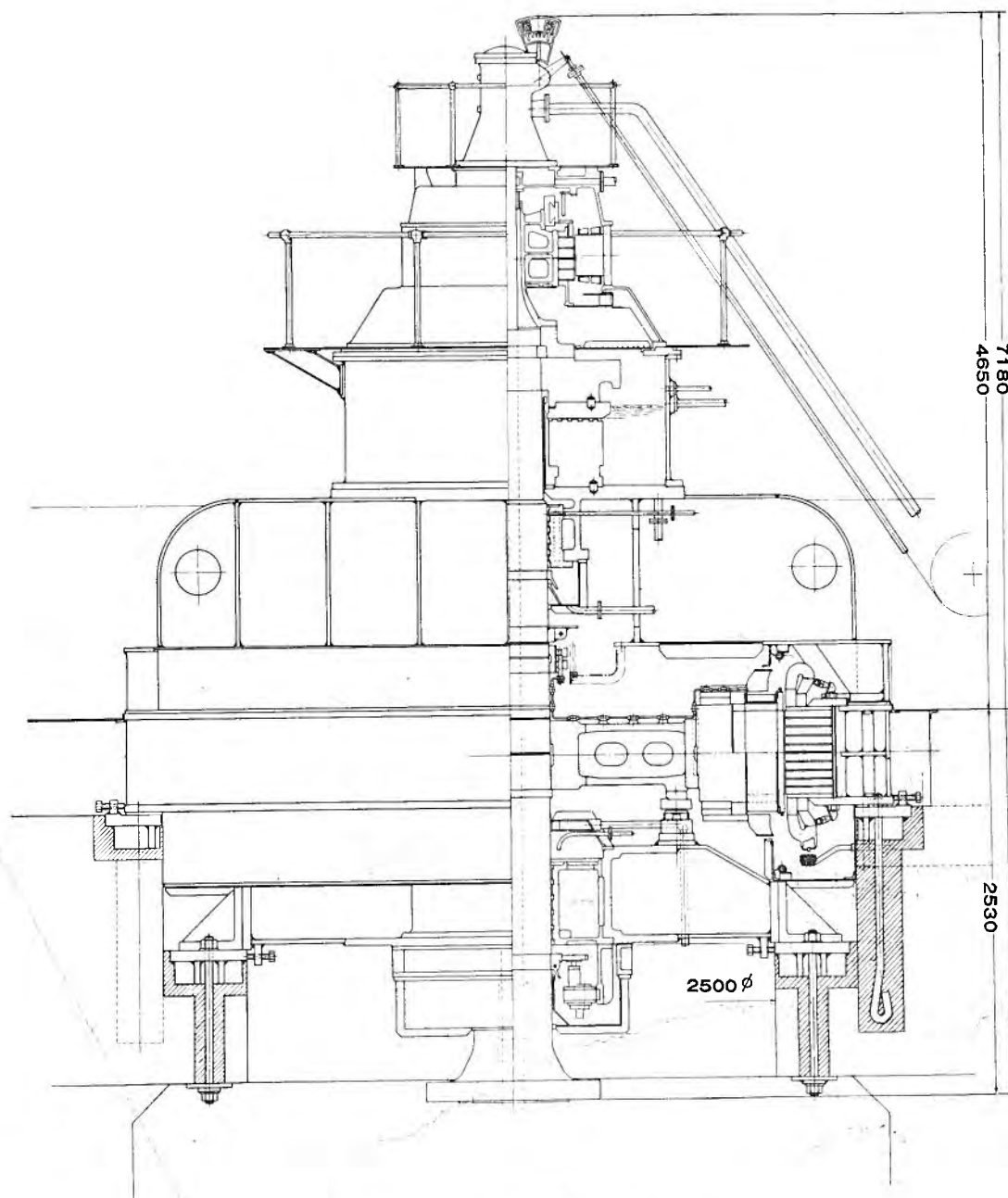
(平面図)



(側面図)

第 15 図 4,200 kVA カプラン発電機据付図

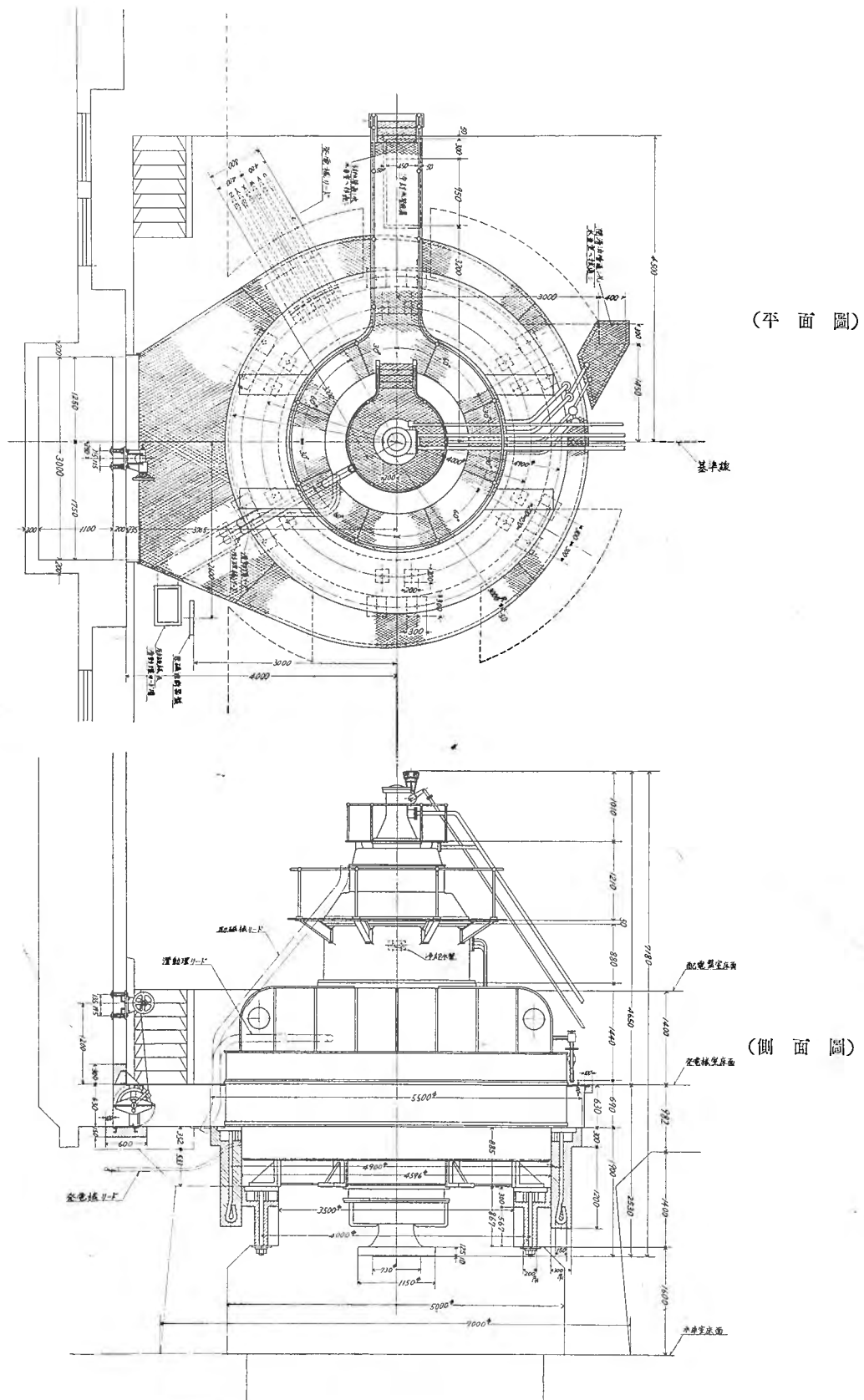
九州水力 5,000 kVA カプラン発電機

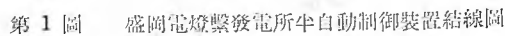


第 28 圖 5,000 kVA カプラン発電機外形圖

第 3 表 發電機能率表

周波数			50 〃		60 〃	
力	波	率	80 %	100 %	80 %	100 %
能 率 (%)	全負荷	保實	95.4	96.4	95.2	96.2
		證測	95.5	96.5	95.5	96.6
	3/4 負荷	保實	94.9	96	94.8	95.9
		證測	95.2	96.4	95.2	96.3
	1/2 負荷	保實	93.4	95	93	94.4
		證測	93.8	95.3	94.0	95.2
	1/4 負荷	保實	89.2	91.7	88.2	90.7
		證測	89.4	91.7	89.5	91.5





カプラン発電所の自動制御装置

神戸製作所 尾 畑 喜 行

其の一 半自動装置（盛岡電燈繋発電所）

一 般

半自動制御装置の一例として、盛岡電燈繋発電所の設備に就て説明を試みます。本装置は制御用配電盤から 4,200 kVA 3,300 V 60/50 $\approx$ 272/327 r. p. m. のカプラン水車発電機を自動制御するに適するものであつて、制御盤上の特殊のドラム型起動用主幹開閉器を操作することによつて、水車の主弁を開く動作から油入遮断器を閉ぢ負荷するに至る迄、制御盤から簡単に半自動的に動作を進行させることが出来るものであります。而して自動起動々作の主要なる段階に於ては、數個の信號燈を點滅し運轉者をして起動の状態を一目瞭然ならしむると同時に、萬一故障によつて自動操作に異状があれば、何れの段階に故障があるか容易に判定させ得る様になつて居ります。

保安装置としては普通の自動発電所に必要な凡ての繼電器類並に器具類を設備し、故障を未然に防止し、且故障の際は其の當初に於て適當なる處置をなすと共に、集團故障表示器に何れの箇所の故障なるかを表示させる様になつて居ります。

制 御 電 源

一般に水力発電所の各種自動装置の制御電源としては普通交流 210 V, 105 V 並に直流 110 V 等が採用せられます。交流電源は所内制御用變壓器によつて極めて簡単に之を採ることが出来ますが、電力系統の故障の場合電壓降下並に停電の機會ある故、各種電動機・一般照明等の外は殆んど採用せられません。本発電所に於ては次に述べる壓油ポンプ用電動機・潤滑油ポンプ用電動機及排水ポンプ用電動機は交流 210 V 電源によつて運轉し、一般制御器具繼電器類は直流 110 V 蓄電池電源を使用して居ります。

蓄電池は蓄電池充電用 2 $\frac{1}{2}$ kW 電動發電機によつて常時浮動的に充電せられ、何等かの原因によつて交流電源の停電あるも蓄電池から發電機に逆流する憂を無くしてあります。

制御用補助機の運轉

本発電所には 20 H.P. の電動機運轉式壓油唧筒一台と主軸から運轉せられる壓油唧筒一台とを備へて居ります。常時は電動機運轉の唧筒によつて規定の油壓を保つて居りますが、油壓が降下して油壓繼電器 # 63a が動作するか、或は電動機の故障其他によつて電動機の回路が開放した場合は、ソレノイド 65c を作動し直ちに主軸運轉唧筒の壓油を壓油槽に送つて油壓の降下を防ぐ様になつて居ります。尙油壓が著しく低下して油壓繼電器 # 63b が動作するに至ると、閉鎖繼電器を作動して發電機の運轉を停止します。

水車軸の潤滑油は主軸から直接運轉せられる主潤滑油唧筒と、補助電動機によつて運轉せられる電動唧筒とから成つて居り常時運轉中は主潤滑油唧筒による潤滑油を供給し、之が故障の場合或は水車起動時の如く油の供給の停止した時は、自動的に補助電動機による潤滑油唧筒を起動する様になつてゐます。發電機軸及スラスト軸の潤滑油は 2 H.P. の潤滑油電動唧筒によつてグラビティタンクに汲み上げられ、然る後之を各軸受に分配せられる様になつてゐます。軸受潤滑油の流通が停止した場合は後述の如く油流繼電器を作動して水車及發電機の運轉を停止します。

尙水車軸部の漏水が一定値以上となれば浮子開閉器 96F を作動し接觸器 96MX の作動により排水唧筒用電動機 96M を自動的に運轉します。

水車発電機の自動運転

A 起 動 準 備

水車発電機を自動起動せんとする場合には先づ下記の開閉器を閉合します。

8a 制御電源用開閉器

8b 调速機用開閉器

壓油唧筒電動機用開閉器

潤滑油唧筒電動機用開閉器

排水唧筒電動機用開閉器

冷却水唧筒電動機用開閉器

ss 同期用開閉器

43b 自動手動切換開閉器（自動側に閉じる）

上記各種の開閉器を閉じ PB₁、PB₂ を押して接觸器 911 MX 及 912 MX₁ を作動し、壓油唧筒用電動機 911 M 及潤滑油唧筒用電動機 912 M₁ を回轉し、又接觸器 912 MX₂ が自動的に作動することにより、水車側潤滑油唧筒電動機 912 M₂ も回轉し初めます。次に主幹開閉器 43a を起動準備の位置に廻します。此の場合閉鎖繼電器 30a が動作状態に無く水車が停止の状態にあつて速度繼電器のコンタクト 14 が閉ちて居り、壓油槽の油壓が充分で 63 bh が閉ちて居り、又水槽水位が充分あつて浮子開閉器 1 F が動作状態にあり、且油入遮斷器 52 界磁遮斷器 41、勵磁機電壓繼電器 53 等が全部開放状態にあれば主幹接觸器 4 を作動します。

4 が作動すれば信號燈 R₁ を點火し、同時に水車起動準備用並に制動器釋放用 ソレノイド 65 を作動します。又 4 の作動により调速機用補助繼電器 15 L が作動し调速機の調整を無負荷規定速度の位置まで下げ、リミットスイッチ 15 q を開いて靜止します。斯くして下記の條件が全部完備すれば補助接觸器 4 X を作動し信號燈 R₂ を點火します。即ち

- (イ) 運轉停止用繼電器 30b 及故障警報用繼電器 30c が作動して居らぬこと。
- (ロ) 制水門が全開状態にあつて リミットスイッチ が閉ちてゐること。
- (ハ) スラスト 軸受の冷却水の流れが充分にして 流水繼電器 20 W が閉ちて居ること。
- (ニ) 軸受潤滑油に對する油流繼電器 912 a—912 d が全部作動して居ること。

(ホ) 调速機が無負荷規定速度の位置にあつて リミットスイッチ 15 q が閉ちて居ること。

(ヘ) 界磁抵抗器が無負荷規定電壓に相當する位置にあつて リミットスイッチ 70 m が閉ちて居ること。

B 水 車 起 動

信號燈 R₂ が點火して起動準備が完了したことを確めた後、43a を起動の位置に廻せば水車起動用 ソレノイド 65a を作動し水車を起動します。

水車の速度が漸次上昇し同期速度附近となつて速度繼電器のコンタクト 13 が接觸し且勵磁機電壓繼電器 53 が作動すれば、補助繼電器 53 X を作動し信號燈 R₃ を點火します。同時に ソレノイド 65a を落し调速機用 ソレノイド 65b を作動して、水車の速度の調整を调速機の作用に移します。

C 界磁遮斷器閉合

信號燈 R₃ が點火した後 43a を界磁の位置に廻すと界磁遮斷器用補助接觸器 41 X を作動し界磁接觸器 41 を閉合します。41 が閉合すると補助繼電器 41Y を作動し 41 X を短絡して落し 41 のコイルの回路を斷つが 41 は鉤に懸つて閉路状態を保ち信號燈 R₄ を點火します。

D 同 期

R₄ が點火した後 43a を同期の位置に廻し同期檢定器 S I を見て母線側と發電機側とが全く同期状態となれば CS₂ を操作して制御繼電器 # 52 X を閉ち油入遮斷器 52 を閉路します。油入遮斷器 52 が閉合すれば 52Y を作動し 52 X を落して油入遮斷器の閉合用線輪を斷つが遮斷器は鉤に懸つて閉合状態を保ちます。尙此時制御盤上の綠色信號燈 G は消え赤色信號燈 R が點火し、曩に順次點火した起動順序信號燈は全部消えます。

油入遮斷器が閉合すると ソレノイド 65^d を附勢して水位調整機を作動し、且つ调速機用電動機を極限位置にまで回轉して水位に應ずる負荷を自動的に擔はせます。又 8b を開放して置けば CS₁ によつて调速機を徐々に制御し漸次發電機に負荷する事も出來ます。

油入遮斷器が閉合すれば 43c を廻して自動電壓調整器を挿入すれば調整器は作動し初め發電機の電壓を一定に保ちます。

以上は起動制御主幹開閉器 43 a を段階的に順次回轉し發電機を起動する場合について述べたのでありますが主幹接觸器 4 が作動した後 43 a を初めから同期の位置に廻して置けば界磁遮斷器 41 を閉じる迄全然自動的に上記の動作を進行し、次に上述の順により油入遮斷器を閉合し負荷の状態に運ぶ事が出来ます。

發電機の運轉停止

運轉中の發電機を停止するには前記起動制御主幹開閉器 43 a を前記と逆に段階的に廻し、先づ負荷を漸減して無負荷状態とし總てのソレノイドを順次落し、最後に主幹接觸器を落して油入遮斷器 界磁遮斷器を開放します。

手 動 運 轉

手動起動及停止に就いて述べますれば次の通りであります。先づ起動の場合は 43 b を手動側に閉ち、次に主幹開閉器 43 a を操作して自動起動の場合と同様にソレノイド 65 65 a 65 b を作動して水車を起動します。水車の速度が漸次上昇して同期速度附近となり且勵磁機に規定電圧が出れば CS。を操作して界磁遮斷器を閉合します。次に同期検定器を見て同期状態を検定し、全く同期状態となつた場合 CS。を操作して油入遮斷器を閉合します。

發電機の運轉を停止する場合は CS。を操作し、油入遮斷器の引外し線輪 52 T を附勢して油入遮斷器を開放し、或は 43 a を自動運轉の場合と同様に操作して總てのソレノイド及繼電器を落して、水車及發電機の運轉を停止します。

保 安 装 置

保安装置としては下記の装置が設備してあります。

A 運 轉 停 止

下記の各種の故障が起こると閉鎖繼電器 30 a を作動して主幹接觸器 4 を落し水車弁を閉鎖し、水車導翼の閉鎖に續いて油入遮斷器 52 を開放し水車及發電機の運轉を停止し、且故障表示器に故障の種類を表示し電鈴 BL₁ を鳴らせる様になつて居ります。

- (1) 過速度繼電器 12 が作動した場合。
- (2) 發電機並に水車の軸受溫度が異状に上昇して溫度繼電器 38 が作動した場合。
- (3) 主界磁電流が著しく減少して界磁電流繼電器 40 及補助限時繼電器 40 X が作動した場合。
- (4) 壓油槽の油壓が著しく降下して油壓繼電器 63bl が閉ちた場合。
- (5) 發電機の内部故障により差動繼電器 87 及補助繼電器 87 X が作動した場合。
- (6) 調速機運轉用調帯が切斷してリミットスイッチ 914 g が作動した場合。
- (7) 上水槽の水位が異状に低下し浮子開閉器 1 F が作動した場合。

上記各種の故障に於て差動繼電器 87 が作動した場合は補助繼電器 87 X を作動し水車弁を閉鎖すると同時に油入遮斷器も急速に開放し發電機の負荷を遮斷します。

B 油入遮斷器開放

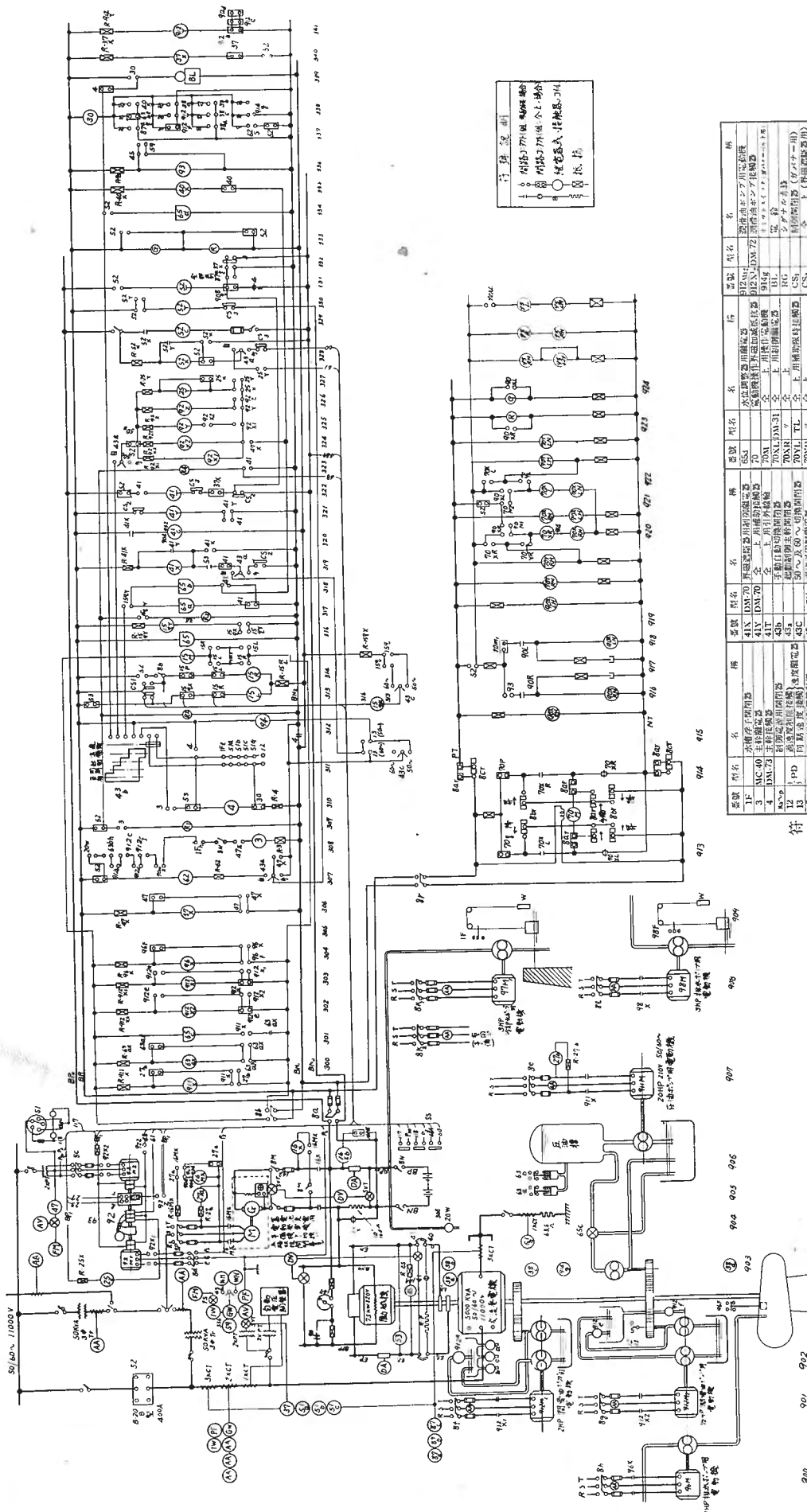
下記の各種の故障が起こると手動復歸型繼電器 30 b を作動して主幹接觸器 4 X を落し、油入遮斷器 52 を開放して水車を無負荷運轉し、且故障表示器に故障の種類を表示し電鈴 BL₁ を鳴らせる様になつて居ります。

- (1) 過電流繼電器 51 が作動した場合。
- (2) 交流電流平衡繼電器 46 が作動した場合。

C 警 報

下記の故障の場合は手動復歸型繼電器 30 C を作動して電鈴 BL₂ を鳴らし、且故障表示器に故障の種類を表示します。

- (1) グラビティタンクの油面低下によつて浮子開閉器 1 Fg が作動した場合。
- (2) 冷却水用流水が斷水し流水繼電器 20 W が作動した場合。
- (3) 交流溫度繼電器 49 が作動した場合。
- (4) 交流過電壓繼電器 59 が作動した場合。
- (5) 軸受油流繼電器 912 a, b, c, d の何れかが作動した場合。
- (6) 變壓器溫度繼電器 26 が作動した場合。



記号	名称	規格	数量	単位	備考
1	主制御用電磁接触器	41N DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
2	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
3	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
4	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
5	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
6	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
7	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
8	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
9	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
10	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
11	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
12	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
13	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
14	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
15	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
16	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
17	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
18	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
19	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
20	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
21	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
22	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
23	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
24	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
25	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
26	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
27	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
28	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
29	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
30	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
31	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
32	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
33	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
34	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
35	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
36	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
37	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
38	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
39	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
40	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器
41	主制御用電磁接触器	41T DMC-70	1	台	主制御用電磁接触器

符 號 説 明

其の二 全自動装置（九州水力三芳發電所）

一 般

全自動装置の例としては、九州水力三芳發電所の設備を述べる事に致します。本装置は 5,000 kVA. 11,500 V 50/60 $\sim$ 166.7/200 r.p.m. のカプラン型水車發電機を、制御用配電盤から自動制御するものでありまして、之が自動制御装置は前述の盛岡電燈繫發電所の半自動装置と略々同じでありますが、本發電所は自動揃速装置・自動同期装置を備へ、制御盤から ドラム 型起動用主幹開閉器を操作することによつて水車發電機補助機の運轉を始めとし、水車の起動動作から油入遮斷器を閉ち負荷する迄全部自動的に動作を進行させることが出来るものであります。

本發電所の特徴とする所は別項に記載せられて居る通り、發電機及水車は 50 及 60 $\sim$ 何れにても簡単に切替へて使用し得ることで、制御装置並に計器・繼電器類の殆ど全部は 50-60 $\sim$ に共用し得る如く設計してあり、兩サイクルに共用し得ざる積算電力計や、水車の調速機調整装置のみを簡単な一組の切替開閉器によつて切替へる様にして居ります。

本發電所に於て新しい試みの一つは主勵磁機を他勵磁式とし、其の界磁コイルを蓄電池充電電動發電機によつて勵磁してゐることで、電動發電機の故障の場合は之を迅速に蓄電池電源に直接接続し、此の間の勵磁電流の斷流を無からしめることとし好成績を得て居ります。

發電機・水車並に補助機の自動制御装置は前述の通り繫發電所の場合と殆ど同様でありますから之が記述は省略し、次に本發電所に使用してゐる自動揃速及同期閉合装置と、自動力率調整装置の概略に就き紹介を試みます。

XZ 型自動揃速及同期閉合装置

XZ 型自動揃速及同期閉合装置の主要部分は二つの同型同期電動機から成つて居り、計器用變壓器を介して夫々發電機側及送電線側母線に接続し、空間的には同一方向に回轉させる様になつて居ります。而して水車發電機の自動制御動作が進行して同期閉合の段階に到りますと之等同期電動機の制御用繼電器を作動して、之等を誘導

電動機として起動し一定時間後直流勵磁を加へ、同期電動機として回轉させます。従つて若し發電機側と送電線側の周波數に差があれば、この電動機は周波數差に比例した相對速度を有する事になりますから、本装置に於ては兩電動機軸の回轉を導入してこの相對速度の正負を検出する装置を取付け、之に依て周波數の大小を判別し調速機用電動機を制御して、發電機の周波數を徐々に送電線側周波數に接近させるものであります。

斯様にして周波數は接近して來ますが、周波數を嚴密に一致させる事は困難な事であり又長時間を要して運轉經濟上不利である許りで無く送電線側の周波數も多少の變動を伴う事が常でありますから、周波數差は並列接続に支障のない範圍内に止める様にして居ります。此の裝置に於ては兩電動機の軸端に相對して一方には接觸突起を他方には接觸片を設け、この二つが重なつてゐる間だけ電氣的接觸をしてゐる様に致して居りますから、この接觸の接觸時間は周波數差に逆比例する事になります。この接觸時間を他の時限繼電器で照合し、差支が無ければ並列接続爲し得る一條件と致して居ります。

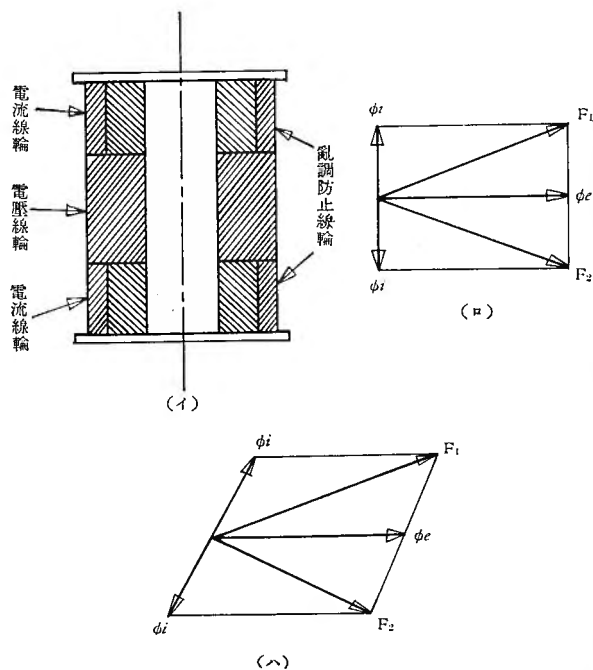
斯く周波數差が一定範圍内に接近したならば、次には兩電源が同相の時に並列接続するのでありますが、本裝置に於ては互に同方向に回轉する同期電動機を使用致して居りますので、一方の回轉子の或點と他方回轉子の相當點とが相對した時には兩電源は同相にある事になります。従て兩電動機の軸端に斯の如き同相點に於て一方には接觸突起を、他方には接觸片を相對して取付けて置く事に依つて、之が接觸した事に依て同相時を検出する事が出來ます。

即ち本裝置は兩電源周波數が差支へ無い範圍に接近した事と、兩電源の電壓位相が同相にある事の二條件を滿足した時、初めて同期閉合を行ふものであります。

自動力率調整裝置

本發電所の電力は 11,000 V 送電線によつて既設女子畑發電所に送電されるもので、常に一定の高力率で運轉し發電機及送電線の電力損失を最少ならしめることが試みられ、次の様な自動力率調整裝置が設けられました。

本力率調整装置は AJ 型自動電圧調整器と殆ど全じ原理のものでありますが、只だ後者に於ては主要部分が電圧平衡繼電器より成つてゐるのに反して、前者に於ては力率平衡繼電器よりなつてゐる點が異つて居ります。力率平衡繼電器の電流線輪は第 3 圖 (イ) に示す如く、一つの電圧線輪及び二つの電磁線輪並に亂調防止線輪（これは電圧線輪の一部とも考へられます）より成り、電圧線輪は二つの亂調防止線輪と直列に發電機端子にある電位變成器の二次側に接続せられ、又二つの電流線輪は互に直列に接続せられて變流器の二次側から附勢せられてゐます。而して上下の電流線輪は互に反對極性を有し、且つ電流線輪を流れる電流と電圧線輪を流れる電流とは所定の力率に於て互に 90° の位相差を有する様な位相關係に在ります。従つて此状態に於ては各線輪の作る磁束は第 3 圖 (ロ) に示す様なベクトル關係にあり、結局磁束の中心は全線輪の中央に來てプランジャーに對する吸引力は零になります。然し發電機の力率が變化して所定の力率より悪くなつたとしますと、電流線輪の作る磁束の位相が遅れて第 3 圖 (ハ) の如くに成り、従つてプランジャーには上向吸引力が働きますから、繼電器の平衡は破れて力率を善くする様、即ち發電機の勵磁電流を減らす様に動作します。發電機の勵磁電流を加減する方法は自動電圧調整器の場合と全く全様であります。只だ亂調



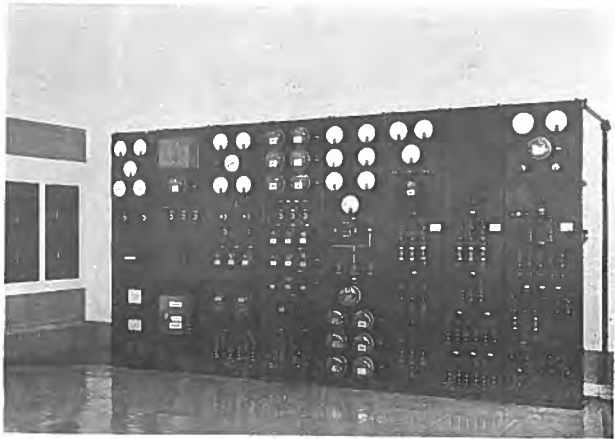
第 3 圖 力率平衡繼電器電流線輪説明圖

防止作用は自動電圧調整器の場合と異り、繼電器の上下の接觸子の動作毎に電圧線輪の一部と見られる上下何れか一つの亂調防止線輪を短絡してその方向の吸引力の増加を阻止し、亂調を防ぐ様になつてゐます。尙本調整器が一定に維持しようとする力率の値を色々加減するためには、力率調整抵抗器なるものが設けられてあります。

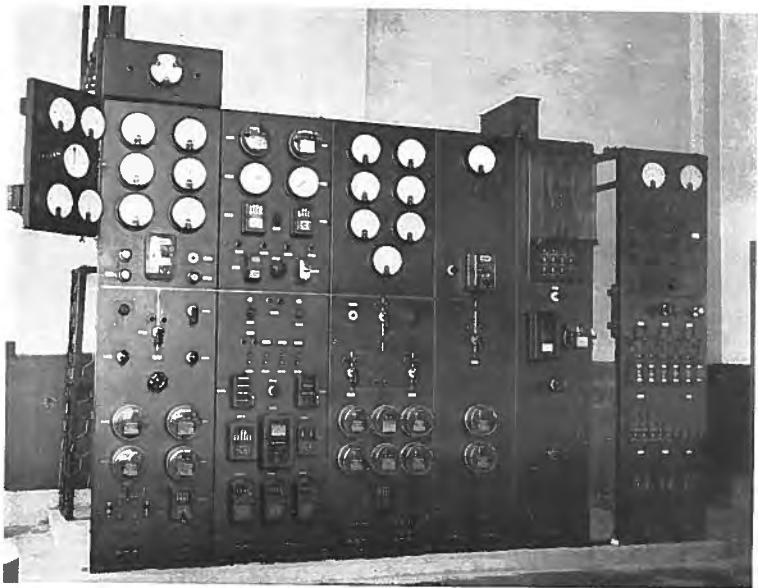


附 圖 カプラン水車コンクリート・ケーシング及ガイドメーン
(九州水力三芳發電所)

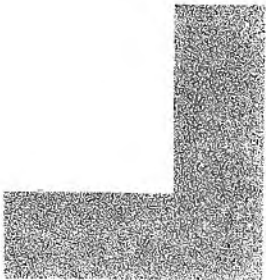
三菱配電盤



(九州水力三芳發電所納)



(盛岡電燈繫發電所納)



昭和十三年四月 卅 日 印 刷		編輯兼 發行者	神戸市兵庫區和田崎町三菱電機株式會社 神戸製作所内
昭和十三年五月 一 日 内務省納本			稻 垣 健 三
昭和十三年五月 四 日 發 行			印刷者 大阪市東區北久太郎町一丁目一六 久 保 專 治
本 誌 代 價	壹部=付 金 貳 拾 錢	印刷所	大阪市東區北久太郎町一丁目一六 サ ン 製 版 印 刷 所
	郵 税 不 要		發行所 神戸市兵庫區和田崎町三丁目 三菱電機株式會社 神戸製作所