横軸 7,500 kVA 水車用發電機*

富士電機　技術部　庄　子　成　則

當社は大正十二年創業以來引き續き水車用發電機の製作に從事して居る。其製品に對しては既に御得意先より絶大なる御好評を賜つて居つた。而して此に結合すべき水車及び其關係機器は何れも、フオイト社及び他社製のものを採用して御要求に應じ直接此方面の製作には關係して居らなかつたが、時勢の要求もあり又設計上、改良研究上一社内にて電力發生機器一式を製作する事は非常に便宜且必要な事である點より考慮して、昭和十二年フオイト社と提携し其優秀豐富なる設計技術經驗を繼承し當社の熟練せる工作技術に依り水車及び附屬品一式の製作に進出するに至つた。爾來今日迄、數年間の短時日にも拘らず、又此種機器製作の創業時期の作業困難なるにも拘らず既に完成せるもの竪軸横軸、フランシス、ペルトン型共、5,000 HP 以上のもの十數基にも及んで居る。又水車本體のみならず此種機器の生命とも云ふべき調速機に至る迄完全に富士製品として供給し得る樣になつて居る。

從つて現在に於ては水車及關係機器一式、發電機關係一式、變壓器配電盤及發送電關係機器一式、即ち電力發送電關係機器一式を富士電機製品として當社一手にて取纏め受註し得る樣になつた。尙當社創立の主意よりして上記機械は何れも優秀なる獨逸國各社の設計技術を受け繼いで發達したものであるが、此が實施に當つては内地實際の狀勢に應じて此が改良進歩を圖つて居る事は論を俟つ迄もない。

上述の如く當社の努力に依つて完成した電力發生機器の内最近完納した○○○○肥料第一及第二發電所用 7,500kVA 發電機に就き大略の構造を此處に御紹介する。前者は据付中のものにして近く完成の上運轉に入る事と思ふが後者は既に數ケ月以前より好調に運轉を續け豫定の計畫を充分に完成して居る。

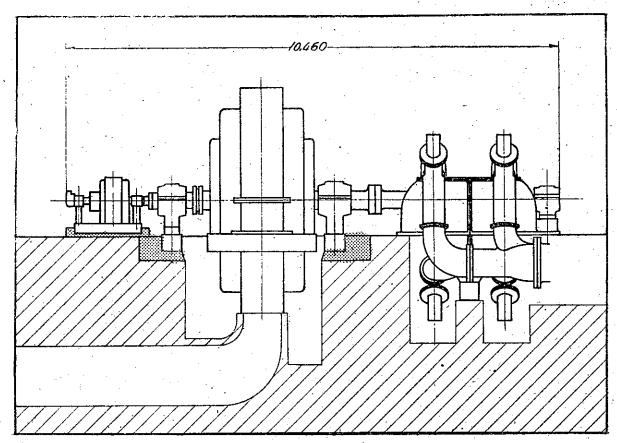
尙兩者共横軸であるが前者はペルトン型後者はフランシス型にし後者の回轉數は 720 RPM にして此級のものとしては高速の部に屬し其設計に關しては種々の考慮を拂つて居るものである。

第一發電所用發電機

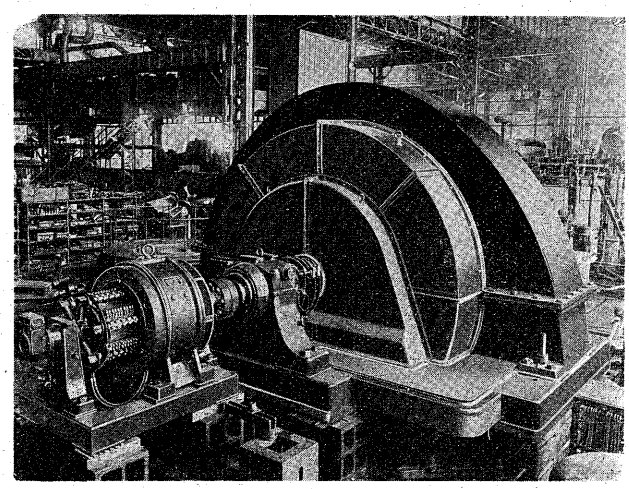
一般仕樣及び配置

本發電所々内設備機械は一人制御方式の計畫になつて居りペルトン水車を採用して居る。而して輕負荷高能率運轉を目的とすると共に設備經費を輕減する爲發電機一臺として水車は之を二臺に分け水車二臺を一軸上に取付けて居る。從つて第一圖に見らるる如く發電機外形は水車の其に比して大きく思はるるも水車一臺の出力は全出力の半分となるを以て止むを得ないのである。各機械の配置は第一圖に見らるる如く一號水車、二號水車、鍔附結合子、軸受、發電機、軸受、可撓結合子、勵磁機の順序となつて居る。總て此の如き組合せ方法或は發電機水車との間の關係設備等は一社兩機械設計を實行する方が容易となり又改良進歩を圖るに於ても行ひ易くなる利點がある。

尙第二圖發電機外形寫眞に見らるる如く電力發生には直接關係はないが發電所々内の美觀の點を考慮して意を拂つて居る。此が爲に特に材料其他の經費を多く要するものではなく單に設計上に多少考慮を要するのみであるから御使用者側の立場を考へて是非實用す可きものと思ふ。



第一圖　7,500 kVA 發電機及水車外形圖



第二圖　7,500 kVA 發電機

水車、發電機及勵磁機の仕樣は下記の通りである。

水　車

型　式	横軸二輪二噴管ペルトン水車
有効落差	230 米
最大水量	3.33 立方米每秒
最大出力	8,750 馬力

* 7,500 kVA Water Wheel Synchronous Generator with Horizontal Shaft.

回　轉　數　450 每分
無拘束速度　810 每分

發　電　機

型　　式　閉鎖通風型
出　　力　7,500 kVA
相　　三相
電　　壓　11,000 V
力　　率　80 %
回　轉　數　450 每分

勵　磁　機

型　　式　開放型
出　　力　65 kW
電　　壓　110 V
回　轉　數　450 每分

尙勵磁機の出力は勵磁用のみならず他にも之を使用する爲多少大き目にとつてある。

固　定　子

固定子枠は勿論熔接に依る鋼板組立式にして上下二つ割にして輸送に便ならしめてある。

固定子枠の設計に就いては普通御使用者からは特に御注文を受ける事はなく充分なる强度を有し使用上問題を起す事なければ宜しいが、設計上より見れば尙以上の外に成る可く必要にして充分なる强度にする爲に種々の考慮を拂なければならない。卽ち運轉上充分なる强度の外に製作輸送の場合にも歪を起すことなく而も輕量にしなければならない。普通使用者一般の人には窺ひ知る事の出來ない處に設計者の苦勞があるのである。此點に關しては永年の經驗と特に當社の實驗式を使用して設計を行ふて居る。此實驗式は從來の結果から見ると誠に信賴し得る式であつて問題のあるものを調査して見ると何れも本式より外れて居る狀態である。又固定子枠の設計には其背部を冷却風導に使用するを以て本機の如き閉鎖通風型のものに於ては割合に枠の外徑の大きくなる事がある。

尙本機には御註文側の御要求があり固定子据付の場合便ならしむる爲取付足に第二圖寫眞に見らるる如くジヤツキを附して居る。卽ち固定子を起重機にて吊る事なしに或る適當の高さ迄持ち上げ得る樣になつて居る。

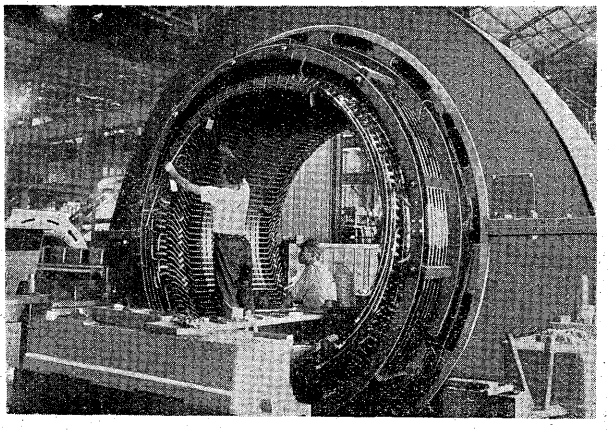
又第一圖に見らるる如く固定子の最下部の建屋の風導との接合部分も時節柄鐵材節約の意味よりして發電機ピツトの下面よりコンクリートを高めて据付けて居る。

固定子鐵心は當社獨特の紙絕緣を施せる高級硅素鋼板を使用して居る。此の積重ね方は一般電氣機械のものと同じであるが鐵心兩端部は漏洩磁束を特に考慮して設計して居り半徑方向の冷却用溝に對しては冷却空氣が特に入り易い樣に工夫して居る。

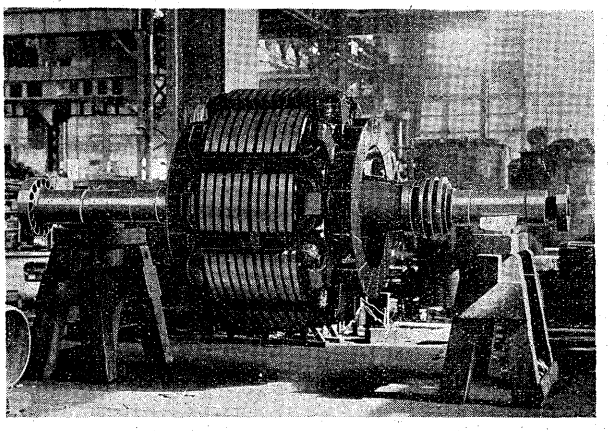
尙固定子鐵心の締付け方法は特に意を拂つて製作す可きものであつて、締め付け方の弱きものは勿論良しからぬ事であるが又餘りに强く締め付ける事も問題を起す原因となる。從來の經驗より適當の壓力に之を締付けて居る。本機の固定子鐵心の締め付け方法は鐵心の兩端に締付板を置き之をスタツドで締めて居りスタツド兩端のナツトはロツクして居る。

固定子卷線は一萬ボルト級の高級絕緣を施して居る。スロツト內はアスファアルト作業を施すと同時にスロツト部分の絕緣の外部には特殊作業を施してコロナ防止方法を施して居る。スロツト部分の絕緣はマイカを適當に燒き付け充分なる絕緣耐力を保證して居る。卷線端のスロツト外部分は種々の絕緣材料を組合せて絕緣作業を行ひアース間の距離は本試驗電壓に充分なる耐力を保たしめて居る。尙鐵心端の卷線の出口は特に丸味を持たしめる樣工夫して居る。卷線端及び卷線接續線は短絡時の機械的應力に耐える樣充分なる補强工作を施して居る事は勿論である。

端子は繼電器用として六本出し其導線は可撓ゴム線の一萬ボルト級を使用して居る。



第三圖　固　定　子



第四圖　回　轉　子

回　轉　子

本機回轉子構造は第四圖に示す如く從來の普通の方法とは異り當社獨特の方法に依つたもので實用新案 104027 號の櫛型構造と稱して居るものである。回轉子心と極心とを一體にして回轉子卷線と極片とを極心の先にて丸ピンを以て止めた方法である。卽ち普通の構造の場合は回轉子卷線と極片と極心の遠心力とを回轉子心の外圍にダブテール或は其他の方法で止めて居るが、此の止める部分の應力が大體に於て最も設計上苦しい部分となつて居る。

而るに本構造に於ては遠心力の最も大なる極心は回轉子心と一體となつて居る故に最も應力の大なるピン部分には卷線と極片丈が掛る事となり設計上非常に容易となる。尙櫛型構造の內本構造の場合は第九圖に示す樣に極片の止める部分は非常に簡單にしてピンを取り外せば極片は直ちに取り去る事を得從つて卷線は容易に取外すことが出來る。

本構造の場合は回轉子心は一體の材料を使用する事を得るも材料の關係より壓延材を軸方向に重ね合して製作して居る。

回轉子卷線の兩側は極片に依り此を支へて居るが兩端端部分は極片の構造上極片にて此を支へる事は出來ぬ故特に第四圖及第九圖に示す如くU字逆形の支へ金具を以て此の遠心力を押へ此支へ金具は回轉子心と並べ取付けた輪にピンを以て取付けて居る。此方法も當社獨特のものにして既に此方法を採用して製作したるもの十數臺に及んで居る。

此櫛型構造に依つて製作すれば最も困難と思はる極片取付部分の應力が割合に低くなる爲此種機械製作に大いに利する處あると思ふ。尙更に詳細には第二發電所用のものに就いて御承知あり度い。

回轉子卷線は平銅を使用し各層間はマイカ絕緣を採用して居り、アース間との絕緣もマイカを使用して居る。此卷線は其處理充分でなく且つ此卷線の締め方をあやまると或期間使用後乾燥の爲押へがゆるみ飛び出す恐あるものである。此點を充分研究考慮して此卷線出來上りたる場合之を乾燥し更に或溫度の爐に入れ充分幾度も締付直し直ちに鐵板製の枠に締め入れ枠の儘之を使用し居る。從つて以上の心配は絕對にない。尙平銅使用せる場合は卷線間の接續は各卷線の卷終り、卷始めは卷線上端下端より出づるを以て接續線は一般に長くなり勝となり振動に依る斷線の恐れがある。此を防ぐ爲卷線の上端より出づる端子は卷線の內側を通してコイル下端に出し卷終り卷始め共コイル下端より出して其長さを短くし振動其他工作中の故障を避けて居る。此級回轉數の高き機械のコイル間接續はコイルよりコイルに直接接續せず一度絕緣スタツドにて止る樣にして居る。

集電環の材質と刷子との問題は永年の經驗によらざれば充分其目的達せざる事と思ふ。兩者適當なる材料を選擇せざると短時日の間に豫想せざる如き集電環の磨耗を生ずる事がある。本機の刷子は良質のメタリツク刷子にて集電環は此に適應したる鋼質のものを使用して居る。而して環は特殊處理を施したマイカ絕緣の上に燒ばめを行ふたものを採用して居る。

回轉子卷線と集電環間の導線及び此が押へ金具は一般に注意を拂はざる傾向あるも此點最も故障の起り勝ちな點であつて押へ金具の距離及び其押へ金具取付けボルトの大いさは充分考慮するを要するものである。普通簡單なる計算から求めた大いさでは不充分である。

扇車は回轉子兩端に附し固定子卷線端及固定子鐵心回轉子卷線を適當に冷却し得る樣に計畫して居り、固定子鐵心の冷却空氣入口は特に空氣が入り易き樣工夫して居る。

軸は半硬鋼軸材を使用して居る。出力に對する考慮は勿論であるが此が限界速度、極片間隙に對する撓み等充分考慮の上設計を行つて居る。尙水車との結合部分の「インロー」を取外す場合も發電機軸受を特に外す事なく其儘分解し得る樣にして居る。

發電機の軸受は兩側共自動調心を行ひ得る樣に球形にして居り油環給油方式にして居る。軸受內部に冷却管を埋入して軸受自體を冷却する樣になつて居り、油自身を冷却する方法ではない。之が保護設備としては軸受の潤滑油の出口の部分に警報器付きのダイヤル寒暖計を附すと共に軸受本體の軸に近き部分には可熔片型の繼電器を附して居る。

軸電流防止裝置として發電機の軸受下部及び冷却用管を絕緣すると共に之に直結する勵磁機の可撓結合子をも絕緣する構造となつて居る。

臺床は鑄鐵製にして固定子用と軸受用と別個に計畫して居る。本發電機の如く極片部の間隙の割合に大なるものに對して一體のものとする要なきものと思ふ。特に物資入手難の時機に際しては資材節約の折柄是非此方法を採用す可きものと思ふ。冷却空氣は基礎內部の風導より臺床內に入り發電機兩端の覆を通り回轉子內部より固定子下端に出で更に基礎內の風導より外部に排出する。從つて此風導を形造る上から上記臺床間は鐵板にて繼ぎ覆ふ構造にしてある。

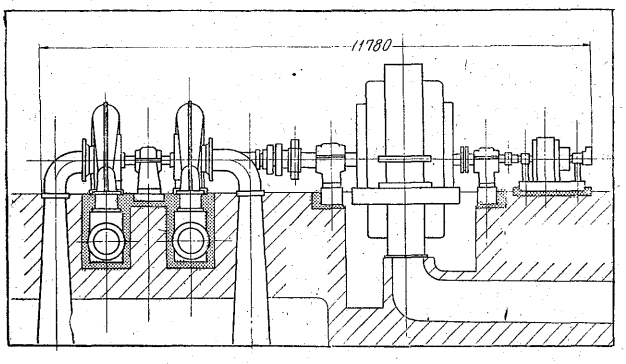
勵磁機

勵磁機は構造上單獨軸受型として一個の臺床上に之を取まとめて發電機とは可撓結合子に依りて結合して居る。(第一圖參照)本軸端には回轉制限繼電器を附して居る。

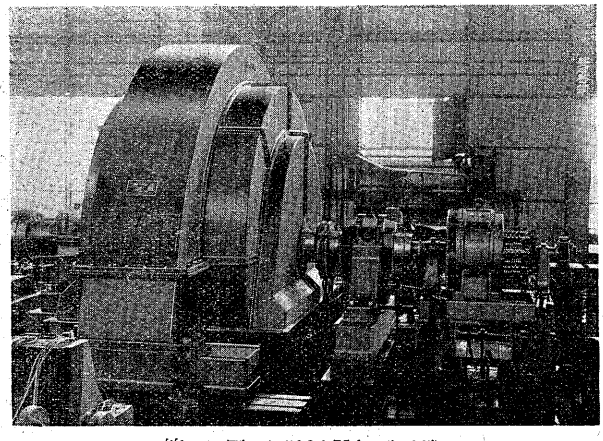
第二發電所用發電機

一般仕樣及び配置

本發電所も第一發電所と同樣設備機器は一人制御方式に設計し輕負荷高能率用に計畫されて居るが水車はフランシス型を使用して居る。其配置も第五圖に示す樣に發電機一臺に對し水車は二臺に分割して之を一軸に取付て居る。其他は殆んど第一發電所のものと大略同樣の配置となつて居り、設計上の考慮も總て第一發電所のものと同樣に拂はれて居る。但し本發電所のものは此種容量としては相當高き回轉數になつて居るを以て回轉子構造軸受等は種々の點に於て特別の設計計畫になつて居る。機器配置及び發電



第五圖　7,500 kVA 發電機及水車



第六圖　7,500 kVA 發電機

機及勵磁機外觀は第五圖及び第六圖に示す通りである。

水車、發電機及勵磁機の仕樣は下記の通りである。

水　車

型　　式	橫軸單輪單流渦卷型2臺直結
有効落差	153.4 米
最大水量	2×2.6 立方米每秒
最大出力	2×4350 馬力
回轉數	720 每分
無拘束速度	1350 每分

發電機

型　　式	閉鎖通風型
出　　力	7,500 kVA
相	三相
電　　壓	11,000 V
力　　率	80 %
周波數	60～
回轉數	720 每分

勵磁機

型　　式	開放型
出　　力	60 kW
電　　壓	110 V
回轉數	720 每分

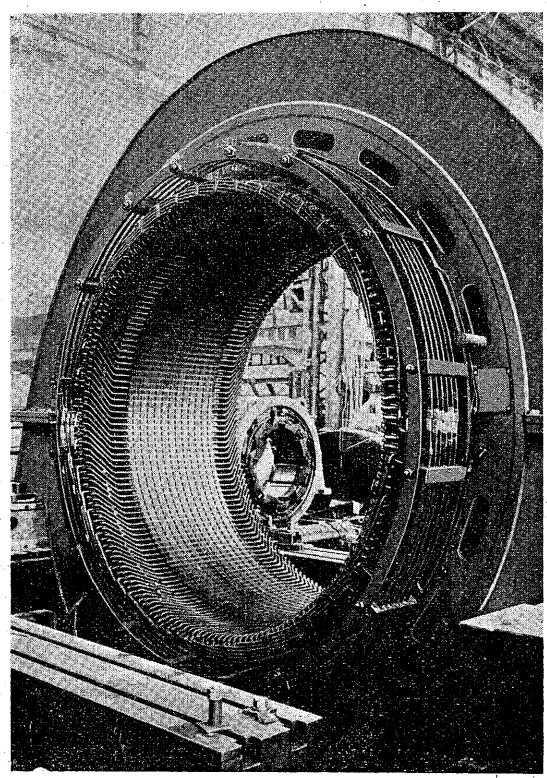
勵磁機の出力は第一發電所と同樣他の目的にも電力を使用するを以て勵磁機としては多少大き目に採つて居る。

固定子

固定子は回轉數高き故第一發電所のものに比して小なれども固定子枠の構造、之が設計上製作上の考慮、据付上の考慮、資材節約上の考慮等何れも第一發電所用のものと同樣に拂はれて居る。第六圖參照せられ度い。固定子鐵心、固定子卷線、固定子スロット兩端、固定子鐵心冷却空氣用間隙の構造も第一發電所のものと同樣の設計になつて居る。固定子端子も同樣六本出して居り導線は一萬ボルト級の可撓ゴム線を使用して居る。

回轉子

本機回轉子の構造も第一發電所のものと同樣なるも 720 RPM

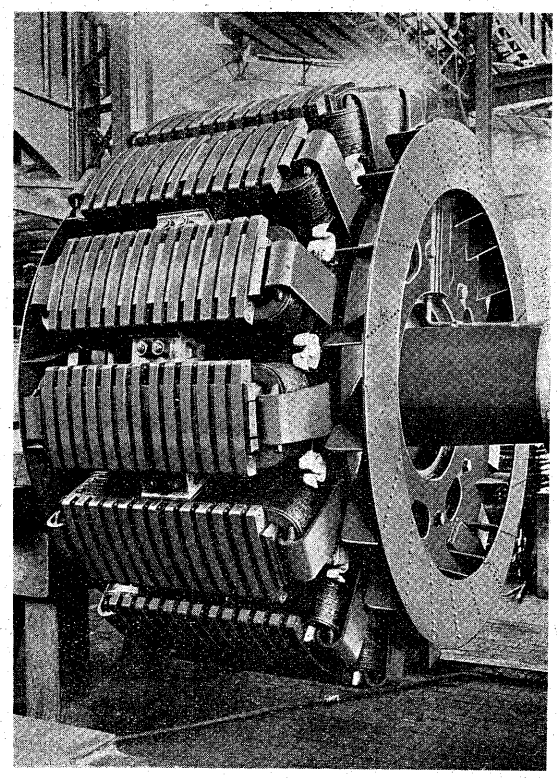


第七圖　固　定　子

といふ本容量に對しては比較的高速度なる爲回轉子心の材料は特に半硬鋼の壓延板を重ね合せて製作して居る。

本構造を第九圖に依つて少しく說明して見る。極片は第九圖左圖斷面圖に示す如く電氣鋼板の紙絕緣を施せるものより成つて居

（以下182頁に續く）



第八圖　回　轉　子

＊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。