

1. 水力発電用機器

HYDRAULIC POWER PLANT EQUIPMENT

電源開発における揚水発電の占める割合はますますその比重を高め、かつ揚水発電所の開発はその規模において一段と大形化し、使用されるポンプ水車として10万kWをこえる容量のものが次々と実現されつつある。

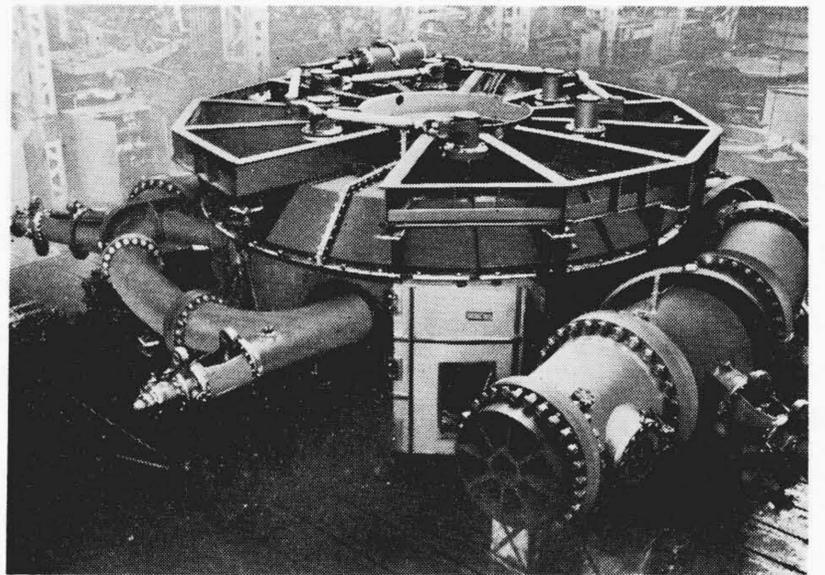
日立製作所における揚水機器の製作実績は製作中のものを含め総計11地点26台、水車出力にして計1,490 MWに及び、うち7地点のものは営業運転にはいつている。

39年7月運転にはいつた四国電力株式会社納穴内川発電所用13,500 kWポンプ水車は、斜流形として最初のポンプ水車であり、揚程は最高75 mに及び、かつ落差揚程の変動範囲が非常に大きいという特長があり、本斜流ポンプ水車の成功は、今後の揚水機器の計画に重要な意義をもつものといえよう。また製作中のアメリカ合衆国内務省開拓局納サンルイス発電所用ポンプ水車は固定ガイドベン方式であり、運転仕様に依じた各種のポンプ水車に対する設計、製作に新たな実績を加えることとなった。

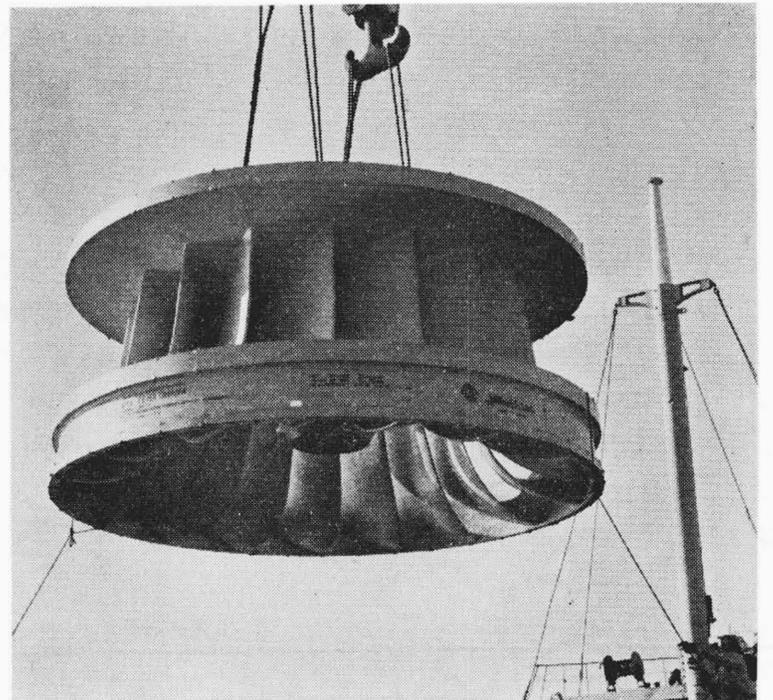
一般水車においては、そのほとんどが輸出品という状況であり、ベネゼラ・グリ発電所用218,500 kWフランス水車3台、オーストラリア・マレー第2発電所用161,000 kWフランス水車4台の受注に成功し、昭和39年7月までに受注した水車出力の累計は11,423 MWに達し、10,000 MWの大台を突破する記念すべき年となった。

一方発電機においては、揚水発電所用発電電動機において、制動巻線起動としては世界最大の電源開発株式会社納池原発電所用80,500 kWを完成し、現地の起動試験も予期通りの成績をおさめ、大容量発電電動機の製作に大きな実績を加えた年となった。

輸出発電機としては、チリー・ラベル発電所納88,160 kVA機4台のほか、数地点の発電機を完成した。製作中のものとしては、西パキスタン・マンガラ発電所納143,750 kVA機3台をはじめ、アメリカ・ホワイトロック発電所納115,000 kVA機2台、アメリカ・ニッカジャック発電所納31,050 kVA機2台などがあり、総容量、746 MVA、総台数11台で、国内品の総容量341 MVA、総台数5台の2倍以上の生産量となっている(第3,4表参照)。



第1図 アメリカ・キャニオン発電所納43,500 kW立軸ペルトン水車の工場組立



第2図 ガーナ・アコソボ発電所納158,000 kWフランス水車ランナの船積

第1表 39年に設計製作中の水車

	納入先	発電所名	出力(kW)	落差(m)	回転数(rpm)	形式	台数	備考
国内	電源開発 東京電力 岩手県	池原	110,000	129.5	150	VFR-IRS	2	増設
		矢木沢	87,000	111	150	VFR-IRS	1	
		四十四田	15,700	32.7	250	VK-IRS	1	
輸出	ベネゼラ オーストラリア チリ コロンビア アメリカ アメリカ アメリカ インド	グーリ	218,500	136	128.6	VF-IRS	3	
		マレー第2	161,000	290	333	VF-IRS	4	
		ラベル	84,100	80.5	188	VF-IRS	3/4	
		グアダルベ	52,600	554	450	VP-IR4N	4	
		サンルイス	51,000	95.3	120/150	VFR-IRS	8	
		キャニオン	43,500	405.99	327	VP-IR6N	2	
		ブルーム	39,500	109.8	200	VF-IRS	2	
コ	5,600	6.1	93.8	IK-IRT	4			

第2表 39年中に製作した水車

	納入先	発電所名	出力(kW)	落差(m)	回転数(rpm)	形式	台数	備考
国内	姫川電力	土樽	7,200	149	750	VF-IRS	1	
輸出	ガーナ チリ インド インド	アコソボ	158,000	69	115.4	VF-IRS	4	
		ラベル	84,100	80.5	188	VF-IRS	1/4	
		サルカルパテイ	35,900	88.4	250	VF-IRS	1	
		ガンジサガール	25,400	45.5	188	VF-IRS	1	

1.1 水車

カプラン水車の国内最大容量機、大鳥発電所用 100,000 kW カプラン水車が運転にはいったほか、海外においては、タイ国 84,700 kW バミホール発電所用フランシス水車、インド国、ダム・パニヤール発電用水車などが据付けを完了していずれも好調な運転をつづけている。

大容量機としての記録品であるアコンボ発電所用 158,000 kW フランシス水車は工場組立も全部完了して、現地で据付中である。本水車のランナは重量 70 t を越える大形のもので、かかる大形ランナを一体で製作し得る技術については世界においても高く評価されている。このほかチリー国ラペル、コロンビア国グアダルーペ発電用水車など、39年度に製作された水車のほとんどが輸出向けであり、輸出先も北アメリカ、南アメリカ、アフリカに及びそれぞれ仕様内容も異なり、貴重な経験が積み重ねられた。

海外における発電所の建設も大容量化の傾向にあり、グリ発電所、マレー第2発電所用など単機容量それぞれ 218,500 kW, 161,000 kW という大容量機の受注をみたことは前述のように、日立水車の技術が海外において高く評価されていることを示すものといえよう。

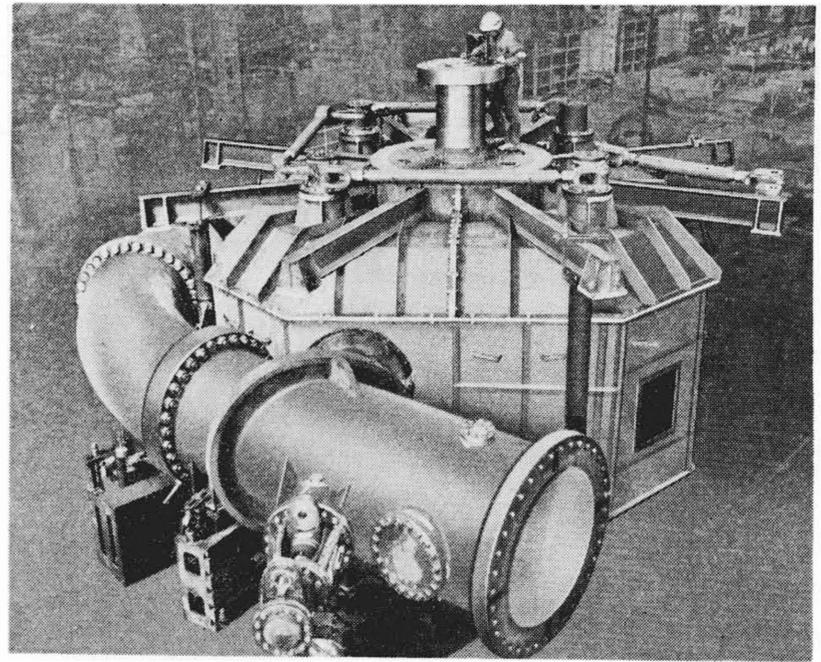
1.1.1 ペルトン水車

アメリカ合衆国サンフランシスコ市納キャニオン発電所用立軸ペルトン水車2台を製作中である。本機は出力 43,500 kW, 有効落差 406 m, 回転数 327 rpm で、立軸6ノズル形が採用されている。

ケーシング連結管は鋼板溶接構造、ハウジングはビーム構造であり、主軸受にはペルトン水車としては初めてのセグメント形が採用されている。

また南米コロンビア・グアダルーペ発電所用立軸ペルトン水車3台は、現在現地にて据付作業中であるが、つづいて第3次増設機1台を受注、現在製作中である。水車仕様は、出力 52,600 kW, 有効落差 554 m, 回転数 450 rpm で、日立製作所としては、関西電力株式会社黒部川第四発電所に次ぐ、高落差ペルトン水車であり、主軸受けには日立製作所特許の特殊軸受が採用されている。

第3図は工場組立時の状況を示す。



第3図 南米コロンビア・グアダルーペ発電所納立軸ペルトン水車工場組立

1.1.2 フランシス水車

フランシス水車で、現在設計、製作中のおもなものは、いずれも輸出向大容量機で、北アメリカ、南アメリカ、インド、オーストラリア、アフリカなど各方面にわたっているが、なかでも次のような世界最大容量（ソ連を除く）フランシス水車を含め記録的水車を受注または完成した。

(1) ベネゼラ・グリ発電所納 218,500 kW 3台

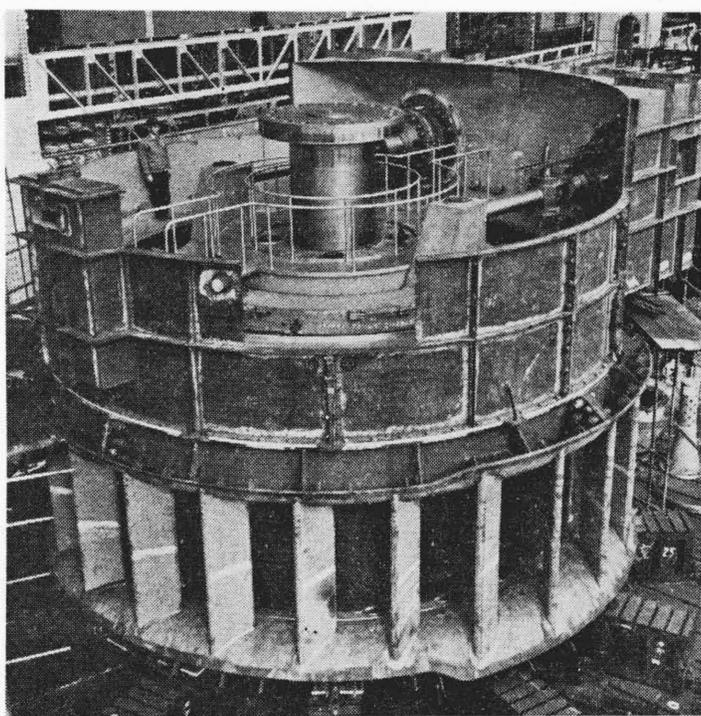
アメリカのコンサルタントであるハルザ社を通じ、ベネゼラ電力公社へ納入するもので、ランナ径 5.2 m, ケーシング入口径 5.7 m と巨大な寸法を有している。ケーシング、ドラフトチューブはいずれも現地溶接構造を採用している。主軸受は日立セグメント形軸受が使用される。将来最高落差が 136 m まで上昇することになるが（今回は 115 m まで）、その際は高落差ランナに取り替えて運転されることになっている。

第3表 39年中に製作した発電機

	納入先	発電所名	出力 (kVA)	電圧 (kV)	周波数 (c/s)	回転数 (rpm)	形式	台数	備考
国内	電源開発株式会社	池原(I)	78,000 (80,500 kW)	13.2 (12.6)	60 (60)	180 (180)	VEFKW-RD	2	発電電動機
	神奈川県企業庁	城山	70,000 (73,000 kW)	18 (17)	50 (50)	300 (300)	VEFW-RD	2	発電電動機
	四国電力株式会社	穴内川	14,500 (14,000 kW)	6.6 (6.6)	60 (60)	360 (360)	VEFW-RD	1	発電電動機
	栃木県電気局	風見	11,500	11	50	273	VEFW-RD	1	自励式
	新潟県企業局	笠堀	8,000	3.3	50	500	VEFW-RD	1	
	姫川電力株式会社	土樽	7,800	6.6	60	750	VEF-RD	1	
輸出	チリー	ラペル	88,160	13.8	50	187.5	VEFKW-RD	4	
	インド	サルカルパティ	33,300	11	50	250	VEFW-RD	1	
	インド	ガンジサガール	28,750	11	50	188	VEFKW-RD	1	
	メキシコ	エル・サルトル	11,500	13.8	60	600	VEFW-RD	2	

第4表 設計製作中の発電機(39年度)

	納入先	発電所名	出力 (kVA)	電圧 (kV)	周波数 (c/s)	回転数 (rpm)	形式	台数	備考
国内	電源開発株式会社	池原(II)	110,000 (110,000 kW)	16.5 (15.7)	60 (60)	150 (150)	VTFKW-RD	2	発電電動機
	東京電力株式会社	矢木沢	85,000 (85,000 kW)	13.8 (12.6)	50 (50)	150 (150)	VTFKW-RD	1	発電電動機
	日本軽金属株式会社	富士川第2	18,000	11	60	300	VEFW-RD	1	
	岩手県電力局	四十四田	18,000	6.6	50	250	VTFZ-RD	1	
輸出	西パキスタン	マングラ	143,750	13.2	50	166.7	VEFK ₃ W-RD	3	
	アメリカ	ホワイトロック	115,000	13.8	60	277	VTFW-RD	2	
	アメリカ	ニッカジャック	31,050	13.8	60	75	VTFKW-RD	2	
	インド	コシン	5,647	6.6	50	93.8	EFC ₁ WL-RD	4	筒形



第4図 ガーナ・アコンボ発電所納 158,000 kW
フランス水車

(2) ガーナ・アコンボ発電所納 158,000 kW 水車

鋭意製作中であつた題記水車4台も工場製作が完成し、現地で据付けにはいった。

本水車は世界でも屈指の大容量機で、グリ発電所用機よりひと回り大きい体格を持っており、そのため製作には種々の観点より検討が加えられた。

(3) オーストラリア・マレー第2発電所納 161,000 kW 水車

スノウイー・マウンテン計画として著名なオーストラリア東部の開発計画の一環として、電源開発中のマレー川系の高落差フランス水車（最大出力 161,000 kW、最高落差 290 m）4台を受注、設計中である。ドラフトチューブライナ、入口弁などは現地製作される。ケーシングは 70 kg/cm² の水圧試験が実施される。

このほかアメリカ政府開発局納ブルーメサ発電所 39,500 kW 水車2台、チリー・ラペル発電所納 84,100 kW 水車4台などが鋭意製作されている。

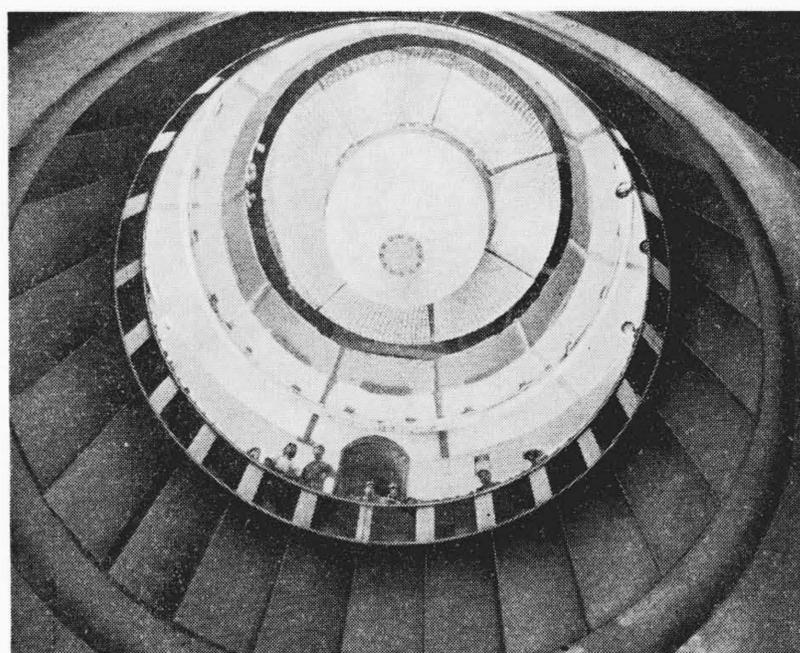
また据付中であつたタイ国バミフォール発電所納 86,500 kW 水車2台、インド・パニヤール発電所納 17,150 kW 水車2台、ハンピ発電所納 10,000 kW 水車2台などが次々に運転にはいった。

1.1.3 カプラン水車

(1) カプラン水車

わが国最大容量機として注目されていた電源開発株式会社大鳥発電所納 100,000 kW カプラン水車は昭和 38 年 11 月官庁検査を無事終了し、営業運転にはいった。本機は 37 年 12 月より土木作業の行なえない冬期を利用して 6m 余の雪中に越冬して、ケーシングの溶接作業を実施するなど今までに見られなかった工事により建設されたものである。

構造的にも入口径 6.35m にも及ぶ大形ケーシングの現地溶接、上カバー設置形ガイドベーンサーボモータ、溶接式ガイドベーンなどの新方式が採用されている。引き続き昭和 39 年 4 月に栃木県庁風見発電所納 10,800 kW 水車が運転にはいった。本機は溶接製主軸を初めて採用したものがあるが運転結果は非常に好調である。新潟県企業局笠堀発電所納 7,950 kW 水車が昭和 39 年 10 月運転を開始した。輸出品ではインド・ツンガバドラダムサイト発電所用 12,150 kW (16,300 HP) カプラン水車 2 台が昭和 39 年 2 月運転開始した。本発電所は昭和 32 年に 12,500 HP カプラン水車 2 台納入したムニラバッド発電所の下流に建設されている。またインド・マタチラ発電所 12,300 kW (16,500 HP) カプラン水車 3



第5図 電源開発株式会社大鳥発電所用 100,000 kW
水車ランナ投入状態

台は現在据付中である。

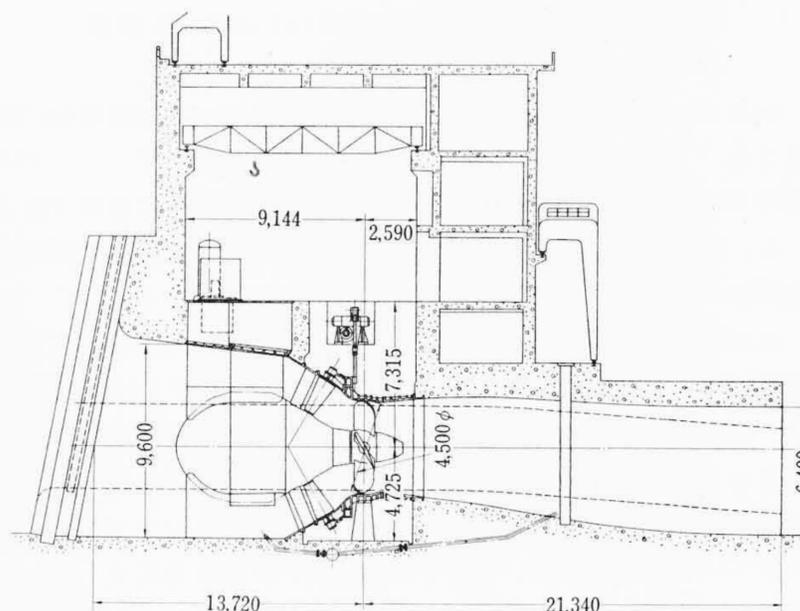
(2) 筒形水車

インド・ビハール州コシ発電所用として、7,500 HP 水車 4 台を製作中である。

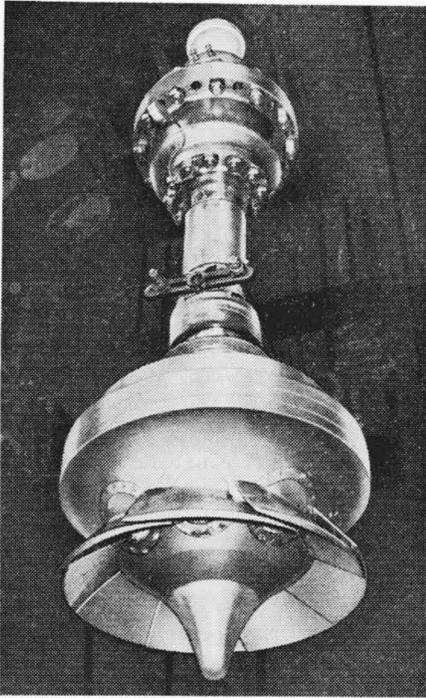
本機は直結形筒形水車でランナ径 4.5 m の記録的製品であり、外筒露出部の最大外径は約 8m にも達する大形機であるため、溶接構造を全面的に採用し、変形を極力少なくする構造とした。またケーシングは発電機投入部のみに鋼板製ライナを有するコンクリート製で、大形筒形水車の場合、特に採用される構造である。横軸機のためガイドベーンの組立て、ランナの組立てなどは、非常に困難な点であるが極力容易に行なえるよう、また保守も簡単になるよう考慮が払われている。性能的には落差が 13 ft から 23 ft にもわたるため、数種のランナにより確認を行ない良好な結果を得た。

(3) 酸性水用カプラン水車の設計上の問題点

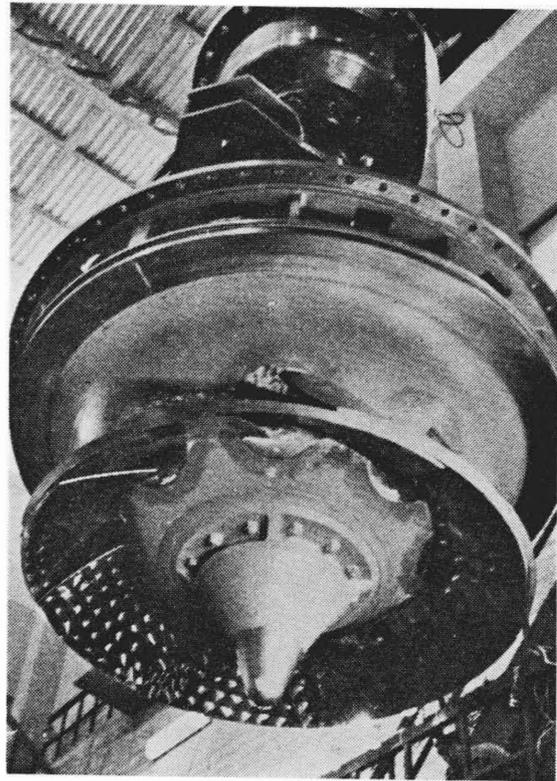
酸性河水を使用する水車においては、酸性水による腐食が従来より問題となっている。この腐食の主要原因は酸による腐食作用と電解質溶液があるための、電気化学的腐食作用の二者であるが、流速・砂による摩耗・キャビテーションの発生にともない、著しい腐食が実機に生じる。腐食対策は経済性を考慮して金属材料・防食被覆などの適正使用を考慮するとともに、構造的にも耐食性順位の異なる異種金属の組み合わせをさげ間げき部を極力少なくし、また酸性水が流水部以外の個所に侵入するのを防ぐなど



第6図 インド・ビハール州コシ発電所据付図



第7図 東北電力株式会社新日向川発電所納 15,500 kW
斜流水車ランナ



第8図 四国電力株式会社穴内川発電所納 13,500 kW
斜流ポンプ水車ランナ組み込み

の対策が必要である。岩手県電力局四十四田発電所納 15,700 kW カラプラン水車の使用水は、pHが3ないし4(年平均pH4)の酸性水であるため、以上の対策を十分考慮して現在設計を進めている。この水車には耐久性の面よりステンレス鋼材料が多く用いられるが、経済的な面より13Cr鋼およびステンレス・クラッド鋼が、また流速の小さい部分には防食塗装が採用される。酸性河水には種々の化学成分が含まれているため、金属材料・塗料および溶接部耐食性の研究については、実験室および現地の両方で進めている。

1.1.4 斜流水車

東北電力株式会社新日向川発電所納 15,500 kW 斜流水車は昭和38年11月官庁試験を終了して、好調に営業運転にはいった。昭和39年7月現地効率試験が実施され、保証効率を越える優秀な結果が得られた。

本水車は東北電力株式会社新大倉発電所納 5,500 kW 斜流水車に引き続いて製作された2台目の斜流水車である。新大倉発電所の最高落差96.9m(当時世界記録)をはるかにしのぎ、世界で初めて100mを越えて落差113.4mに適用された可動翼ランナを有する水車である。新日向川発電所は落差は変化しないが、せん頭負荷と常時負荷に大きな差があるために斜流水車が採用された。高落差に適用されるので、ランナ操作機構は特に慎重な設計がなされている。

1.1.5 揚水発電用水車

(1) 四国電力株式会社穴内川発電所用 13,500 kW 斜流ポンプ水車

昭和39年5月水車試験運転、同6月よりポンプ試験運転が開始され、7月18日水車は落差51m、出力10,000 kW、ポンプは揚程56m、揚水量13.8 m³/sまでの官庁試験を優秀な成績で終了した。本発電所は変落差が非常に大きいので、最高落差で再度官庁試験が実施される予定である。

水車は振動、騒音もなく良好な運転状態を示している。ポンプ起動は入口弁全閉状態で、圧縮空気による水面押下げを行わず、水中でランナペーンを全閉にして、発電電動機に半電圧を作用させて容易に起動する。速度上昇、全電圧印加、並列、励磁と順調に動作する。ランナペーンを小開してからランナペーンとガイドペーンを同時に開いて行くガイドペーン揚水方式で、静かに揚水開始する。ポンプ起動時間は並列まで約1.5分と非常に短い。発電から揚水への切換が容易に短時間で行なえるので、夜間

はもちろん、昼休みなど余剰電力の発生したときに揚水することができる。この発電、揚水切換が容易であるという特長を利用して、電力系統や水系を経済的に運営するのに有効であり、今後この機種が発展が期待される。

(2) 関西電力株式会社三尾発電所用 36,000 kW ポンプ水車の運転実績

本発電所用ポンプ水車は、38年5月に高落差の水車試験を完了していたが、その後39年5月の間に中落差、低落差の水車試験と、下部ダムに仮設備を施し、ポンプ試験を終了し案内羽根起動方式で官庁試験も優秀な成果をおさめて完了した。

(3) 電源開発株式会社池原発電所用 80,000 kW ポンプ水車

本発電所用ポンプ水車は、落差変動が130~90mで、変落差大容量記録品である。39年6月に据付を完了し、8月に通水となり現地試験を行なった。なお本発電所には上記2台のほかに、100,000 kW 2台が増設されることとなっており、39年7月に受注し現在設計中である。

(4) 神奈川県企業庁城山発電所用 65,000 kW ポンプ水車

本発電所用ポンプ水車は、最高揚程186mで、国内における記録的製品であるとともに、数々の特長を有している。本格的地下式揚水発電所であり、建設の経済性を考慮して1,2号機(日立製)は高速ポンプ水車とした。また純揚水式発電所で一日のうちに全落差の変動があり、揚水分によってのみ発電する方式となっている。

すでに工場組立を完成し、39年8月初めより現地溶接ケーシングの据付が開始された。40年7月に据付を完了し通水する予定である。

(6) U. S. B. R 納サンルイス発電所用ポンプ水車

本発電所用ポンプ水車は、主としてポンプ運転に重点がおかれているため、案内羽根は固定案内羽根方式としたポンプ水車である。このように固定案内羽根方式にもかかわらず落差揚程の変動範囲が大きく、約100~30mの水位変動があるため、ポンプ、水車とも従来の可動案内羽根方式に比して、より特性を重視する必要があり、模型によって広範囲な研究検討を行なって、十分満足するポンプ水車を開発した。U. S. B. Rの立会も優秀な成績を以て模型試験を完了し、現在実物の製作中である。

1.1.6 入口弁および制圧機

(1) 金属シールバタフライバルブ

アメリカ・キャニオン発電所用 2,440 φ 金属シール油圧式横軸バタフライバルブを現在製作中である。この金属シールバルブはシールががん強で、管路充水中でもバルブ外部よりシール部のギャップを容易に調整できる構造である。またこのバルブは鉄管弁として使用されるため、水圧鉄管内の流速が規定値以上に達すると自動的に流水を遮断し、水圧鉄管を保護する安全装置を備えている。

(2) 二重シールロータリバルブ

現在製作中のアメリカ・キャニオン発電所用 1,067 φ およびオーストラリア・マレー第2発電所用 2,500 φ ロータリバルブは下流側の常用シールのほかに、上流側に非常用シールを備えた二重シールロータリバルブである。常用シールが万一故障しても非常用シールを閉じることにより、安全に常用シールを分解、修理できる構造である。両シールともバルブ全閉時にのみ動作するような、互錠装置を設け安全を期した。

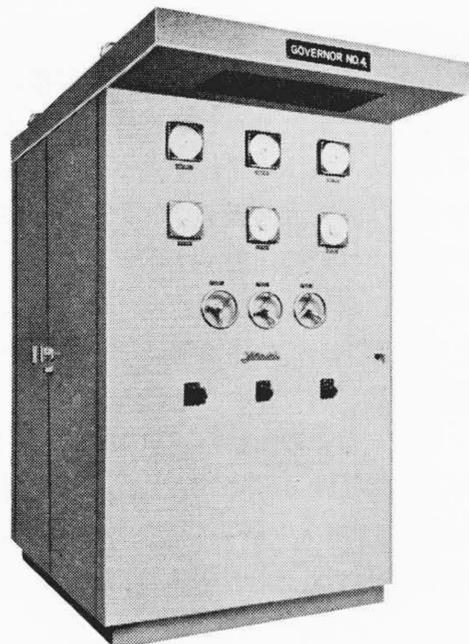
(3) 大口径高落差用制圧機

オーストラリア・マレー第2発電所用 1,270 φ 水圧式立形制圧機を製作中である。この制圧機は水車の全流量を吐出できる容量を有し、万一制圧機の動作が不具合な場合でも水車案内羽根を緩閉鎖させ、水圧上昇を抑える安全装置を付属している。制圧機の開動作は水車案内羽根の急閉動作に応ずるが、水車案内羽根が全閉したのち制圧機が閉動作するとき制圧機ストロークの始めの60%はすみやかに、残りの40%に比較的ゆるやかに閉動作させ、水撃作用をおさえるとともに余分な吐出水を節約する経済的な操作方式を採用した。

1.1.7 調 速 機

ガーナ・アコソボ発電所納のC形機械式調速機が工場完成し、現地で据付中である。第9図に外観を示す。工場試験の結果保証を十分満足することが確認された。おもなる仕様は次のとおりである。

- (a) 感 度 0.01% (主サーボモータまで)
- (b) 速度調整範囲 -15~+10% (50 c/s)
- (c) 速度垂下率 0~5% (盤面手動調整および配電盤より電動操作可能)
- (d) 過渡速度垂下率 0~90% (盤内部で可調整)
- (e) 弾性復原の時定数 0~30 秒 (段階的に盤内部で可調整,



第9図 ガーナ・アコソボ発電所納C形調速機
アクチュエータ キャビネット

カット・オフ・ソレノイドにより並列運転中除外)

(f) 付 属 装 置

(1) 速度整定用トランスデューサ

外部から負荷および速度整定信号をうけて、磁気増幅回路で増幅しアクチュエータソレノイドの制御コイルに比例電流を流し、油圧ピストンを比例動作させて速度調整部のレバーを操作する装置である。

(2) パーシャル・シャットダウン・ソレノイド

系統事故の場合に付勢して水車を無負荷開度におさえて運転する。

また、日立トランジスタ式(E D形)電気調速機を開発し、東北電力株式会社豊実発電所の既設機械式調速機の代替用に納入した。おもなる仕様は次のとおりである。

- (a) 電 源 計器用変圧器 110V 50 c/s
- (b) 感 度 0.02% (主サーボモータまで)
- (c) 速度調整範囲 -8~+3 c/s
- (d) 速度垂下率 0~10%
- (e) 無負荷ダンピング強さ 0~50%
時定数 0~10 秒
- (f) 付 属 装 置 水位調整回路, 結合運転回路, 入力不動帯調整回路, 加速度検出回路などが要求に応じて取り付けることができる

1.2 水 車 発 電 機

単機容量の増大、揚水発電所およびせん頭負荷発電所用機器の需要の増大に伴い、発電機部品構造、および絶縁材料は急激なる進歩をとげつつある。

制動巻線の構造改良、エポキシコイルの実用化、各種新形スパイダ構造の採用、特殊推力軸受の開発、新形ヨークキーの採用、大形主軸の溶接構造、高圧油導入装置の改良など、新技術が数多く開発され、さらに絶えざる研究がなされており、着々と成果が上がりつつある。

特に揚水発電機器としては、34年に四国電力株式会社大森川発電所に、わが国最初の本格的ポンプ水車発電電動機を納入以来、常に記録的な製品を製作してきているが、本年も制動巻線起動では世界最大の電源開発株式会社池原発電所納 78,000 kVA/80,500 kW 発電電動機が完成した。さらに同所納 110,000 kVA/110,000 kW の記録的大容量発電電動機を製作中である。

発電電動機としては、単機 200MW の出現も間近く、その起動方式として、同期起動、起動電動機起動についても実機による研究がなされ検討が加えられた。

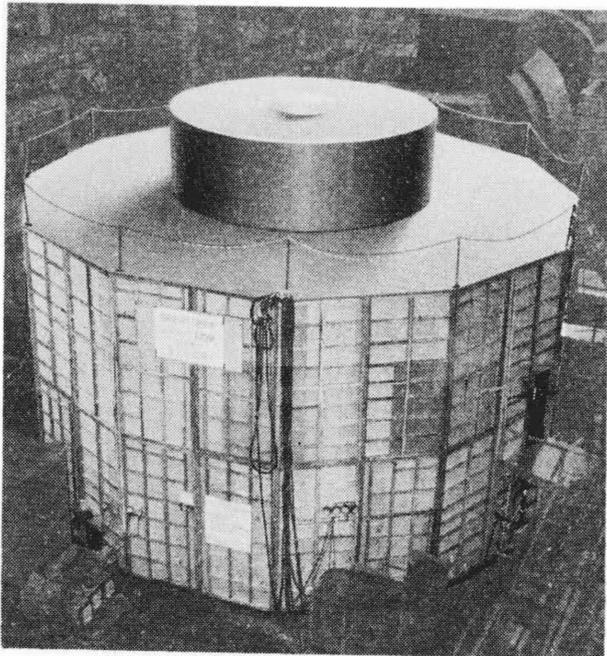
39年度に完成した発電機は総台数 16 台、約 775 MVA に及び、このうち輸出向として 11 台、約 438 MVA の発電機が製作され全体の 57% を占めた。製作中のアメリカ・ホワイトロック発電所納 115,000 kVA 発電機は大容量機のアメリカ輸出として特筆されるものである。容量においてわが国の記録品である西パキスタン・マンガラ発電所納 143,750 kVA 発電機はほぼ完成間近となった。

現在製作中の発電機は 16 台、約 1,087 MVA に達し、このうち輸出向は 11 台、約 746 MVA で、全体の約 69% を占めている。

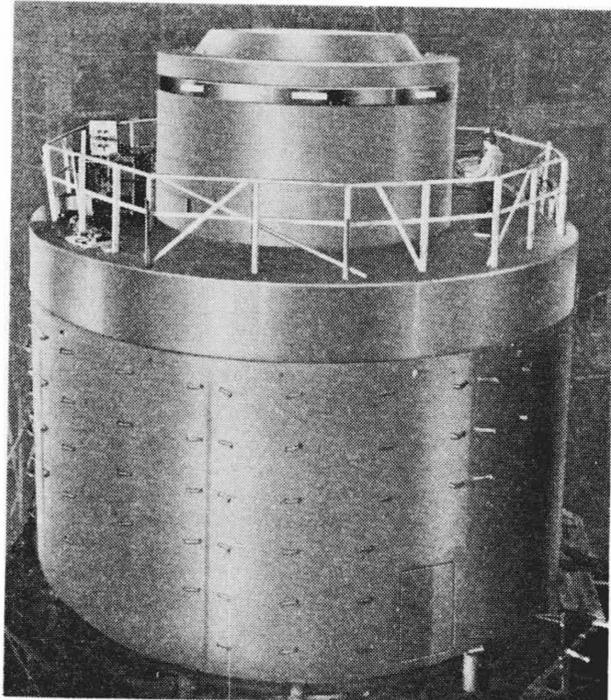
1.2.1 最近の発電機構造および絶縁材料の進歩

発電機構造、部品および絶縁材料の研究開発は絶えまなく続けられており、研究結果のよいものは十分な検討がなされた上順次新製品に採用されつつある。

制動巻線で自己起動を行なう発電電動機では、起動特性の改善を行なう必要があり、高温時の機械的特性、熱伝導率とも良好で固有



第10図 電源開発株式会社池原発電所納 78,000 kVA/
80,500 kW 発電電動機



第11図 神奈川県企業庁城山発電所納 70,000 kVA/
73,000 kW 発電電動機

抵抗が $10\sim 20\ \mu\Omega\text{-cm}$ の高抵抗材料を開発し、これを制動巻線に採用して発電電動機の製作可能範囲を大幅に高めることができた。

また水車発電機としては最高の18 kV 高圧コイルの実用化がなされ、今後の機械の大容量化への技術問題の一つを解決し得た。

エポキシワニスによる高圧コイルについても実用化がなされ、従来から好評を得ていたSLSコイルよりも、さらにより一層すぐれた特性のコイルを製作することが可能となった。

スパイダについても最も効果的な構造改良がなされ、風損減少による効率向上が計られた。

本年完成した発電機には、いずれもこれらのいくつかの新技术が採用され、好評を得ており、多年の技術の蓄積と意欲的な新技术の開発による結果であると確信している。

1.2.2 揚水発電所用発電電動機

揚水発電所用としては、電源開発株式会社池原発電所納78,000 kVA/80,500 kW 発電電動機2台、四国電力株式会社穴内川発電所納14,500 kVA/14,000 kW 発電電動機1台が完成し、現地据付も完了して、好調に運転中である。

前者は制動巻線起動としては世界最大容量の発電電動機であり、半電圧起動、半電圧同期入れを行なうために強力な制動巻線を設置している。また起動時の摩擦負荷トルクを減少させるため、推力軸受各シューには高圧油を送入し、水面押し下げを行なっている。後者は斜流形ポンプ水車に直結されるもので、ケーシング内の水面押し下げができぬため、特に制動巻線の熱容量を大きく製作された。

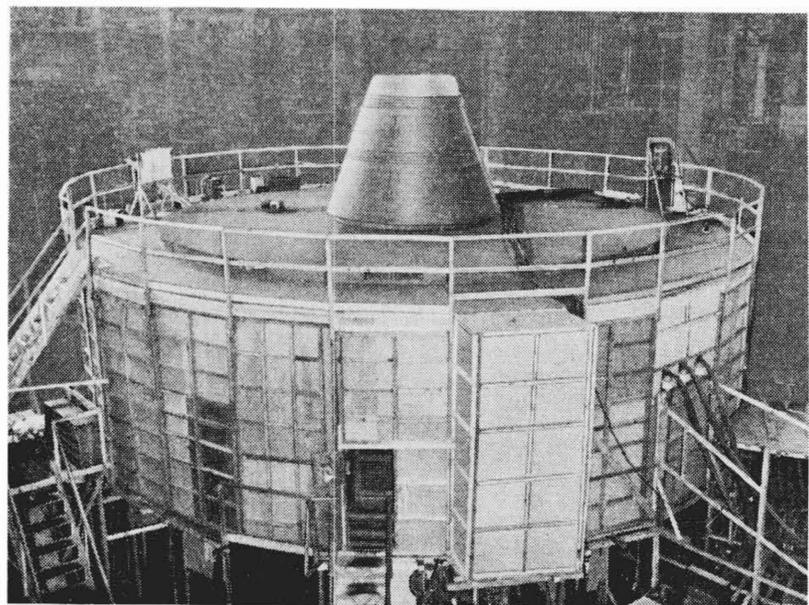
また神奈川県企業庁電気局城山発電所納70,000 kVA/73,000 kW 発電電動機2台も工場完成した。本機は地下発電所で、地上までのケーブル設置に問題があり、極力ケーブルサイズを小さくする要求があったため、発電機端子電圧を18 kVに選んだ。また2号機には固定子コイルのみ、エポキシワニスを使用した。

現在製作中のものに電源開発株式会社池原発電所納110,000 kVA/110,000 kW 発電電動機2台、東京電力株式会社矢木沢発電所納85,000 kVA/85,000 kW 発電電動機1台があり、いずれも先の記録を更新する大容量機である。

1.2.3 輸出向発電機

輸出向発電機としてはチリー・ラベル発電所納88,160 kVA 発電機4台、インド・サルカルパティ発電所納33,300 kVA 発電機1台などが工場完成し、西パキスタン・マンガラ発電所納143,750 kVA 発電機がほぼ完成間近となった。

ラベル発電所納発電機は、主要部を分解することなく、ベアリン



第12図 チリー・ラベル発電所納 88,160 kVA 交流発電機

グの分解、組立、点検が可能な構造としてあり、固定子コイルのコロナレベル向上のため、コイルエンドに特殊コロナ処理を施し、従来に比し数段のレベル向上を図った。また保護装置にも特別な考慮が払われている。

サルカルパティ発電所納発電機は、円板形スパイダを採用し、コイルの絶縁には、その設置場所を特に考慮して耐湿処理を施している。

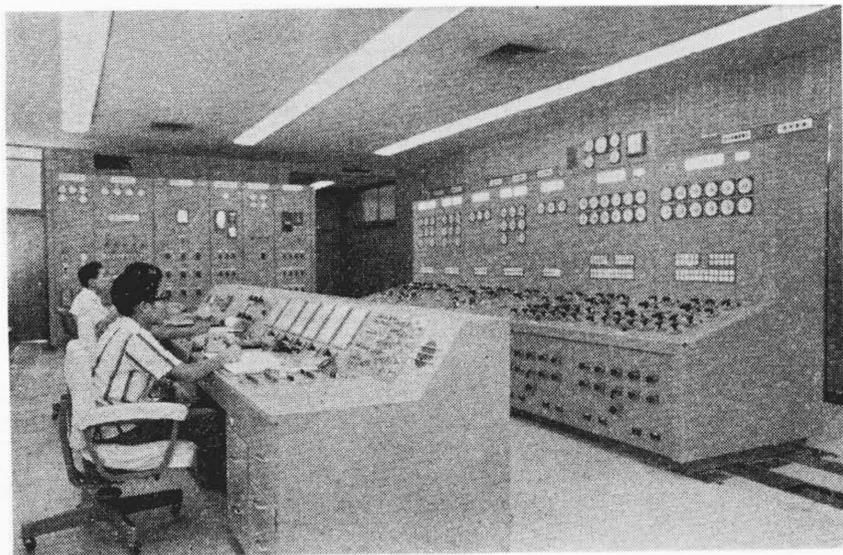
ガンジサガール発電所納発電機は、既納の4号機に次いで受注であったが、本5号機はまったく新しい仕様のもので、箱形スパイダの採用、エポキシワニスによる絶縁方式が採用された。

現在製作中のものには、完成間近かなマンガラ発電所納発電機があり、本機はわが国最大容量の記録品であり、準傘形を採用し、スラストベアリングおよび磁極の分解、点検、組立には、発電機回転子を分解することなく作業が行なえる構造とした。またすべての材料、特性はBS規格に基づき製作されている。

このほか、インド・コン発電所納のわが国最大の5,647 kVA 筒形水車発電機4台、アメリカ・ホワイトロック発電所納115,000 kVA 発電機2台、同じくアメリカ・TVA ニッカジャック発電所納27,000 kVA 発電機2台があり、いずれも記録的な製品である。

1.3 配電盤および制御装置

水力開発の主流を占めようとしている揚水発電所の配電盤および



第 13 図 電源開発株式会社池原発電所主配電盤

制御装置として、電源開発株式会社池原発電所用 1 式を製作納入したのをはじめ、神奈川県企業庁城山発電所、東京電力株式会社矢木沢発電所用など続々と設計製作中である。揚水制御については今後の単機容量および設備台数の増大に備え低周波起動方式など新方式の詳細な検討が行なわれる一方、発電運転の合理化のため出力制限装置を採用するなど新技術の開発が積極的に進められている。

電気式調速機は広範囲用 E A 形、汎用 E B 形とも多数納入され好評を得ているが、今回さらにこれを小形化した全トランジスタ式 E D 形が開発され、東北電力株式会社豊実発電所用などに受注製作中で、今後新設はもちろん既設発電所の設備合理化のため、大いに採用されるものと思われる。自動電圧調整装置は大容量機用としてきわめて高い励磁系速度を有するものが得られており、さらに輸出向としても特殊仕様に適合した高性能励磁装置が製作されている。

新設、既設をとわず遠方制御による無人化も盛んで、同一水系の発電所を集中制御する傾向にある。

輸出向けとしてはコロンビア・グアダルペ発電所用運転制御装置を完成納入したほか、インド・コシ発電所および韓国・清平発電所用など製作中であるが、運転制御、調整装置とも自動化、高性能化の方向に進んでいる。

1.3.1 電源開発株式会社池原発電所納配電盤

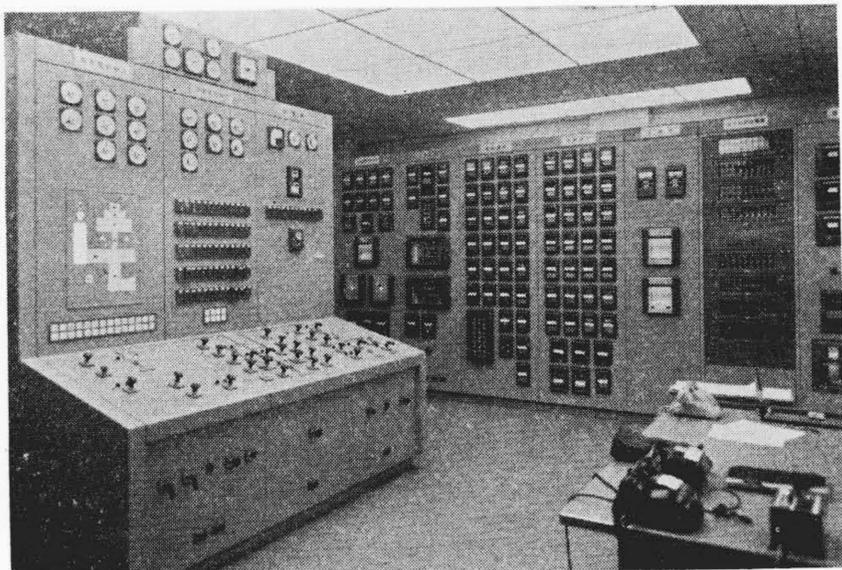
電源開発株式会社池原発電所は 78,000 kVA/80,500 kW×2 台 (I 期)、110,000 kVA/110,000 kW×2 台 (II 期) からなるわが国最大の揚水発電所で I 期分 2 台は昭和 39 年 9 月運転に入った。主配電盤より主機 4 台をはじめ 275 kV 6 回線、154 kV 2 回線の送電線も含めて集中制御を行なっている。

第 13 図はその外観であるがおもな特長は次のとおりである。

- (1) 監視機には制御用開閉器、故障表示器、通信装置および系統監視用スーパービジョン、電源制限装置を備え、とくに緊急を要しない主機の調整用開閉器は 4 台に対して各 1 組とし制御の簡素集中化を行なっている。
- (2) 各送電線、主機には警報接点付電力、無効電力記録計、故障記録計を設けて運転保守の労を省き、また電源制限装置の一環となっている。
- (3) 揚水用大容量機に適した半電圧起動および同期入れの起動方式を採用し、円滑な自動制御が行なわれている。
- (4) 速度の高い HTD 形自動電圧調整器、折線垂下率を付加した広範囲調整の電気ガバナ、結合運転装置の採用など、各種制御装置の高性能化を図っている。

1.3.2 四国電力株式会社穴内川発電所納配電盤

四国電力株式会社穴内川発電所は、本格的な揚水発電所用として



第 14 図 四国電力株式会社穴内川発電所主配電盤

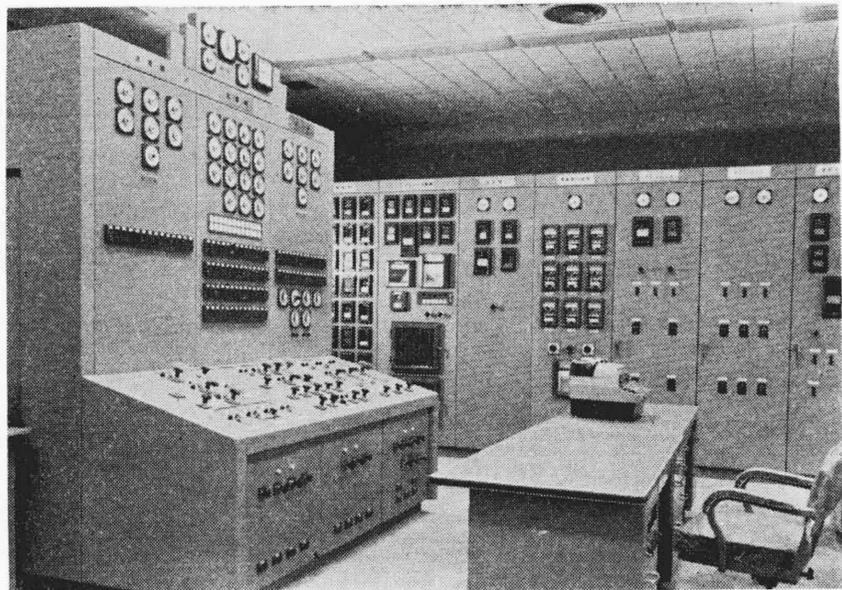
わが国で始めて斜流ポンプ水車 (14,500 kVA/14,000 kW) を採用したもので、昭和 39 年 7 月に運転を開始した。第 14 図はその主配電盤であるが、そのおもな特長は次のとおりである。

- (1) ポンプ起動は斜流ポンプ水車の特長を生かしたランナベーン全閉による方式としたもので水中起動が可能であり、またそのまま円滑に揚水が始められるものとなっている。
- (2) 水車およびポンプは、それぞれオンカム運転により高能率運転をはかるとともに、ポンプ揚水量一定運転制御装置およびポンプ吸込高による揚水量制限運転装置を備え、上、下貯水池容量と自然流量などによる水系の合理的な運用を容易に行なえるものとしている。
- (3) 電力線搬送による遠方監視制御装置を備え、無人運転をたてまえとしている。

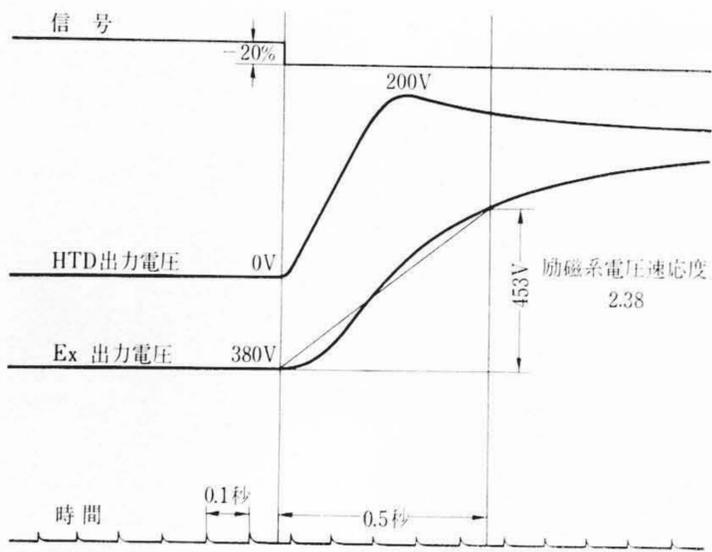
1.3.3 新潟県企業局笠堀発電所納配電盤

笠堀発電所 (7,950 kW/8,000 kVA×1) 用配電盤および制御装置一式を完成納入した。本発電所はプログラム運転による全自動発電所で、そのおもな特長は次のとおりである。

- (1) 制御方式は新形図形追従式 VL₅₁-G 形プログラム設定器により起動、停止をはじめ出力制御まで予定のプログラムにしたがい完全自動運転が行なわれる。
- (2) 自動電圧調整装置は自動式の直結交流副励磁機を電源とする磁気増幅器形とし、無接点式自動力率調整器としても切換運転可能なものとしている。また調速機は E B 形電気式調速機を採用している。
- (3) ダム水位およびゲート開度はすべてデジタル式で計測、記録するようになっており、高精度に水利用ができるように



第 15 図 新潟県企業局笠堀発電所主配電盤



第16図 電源開発株式会社池原発電所納励磁系電圧速度試験オシログラム

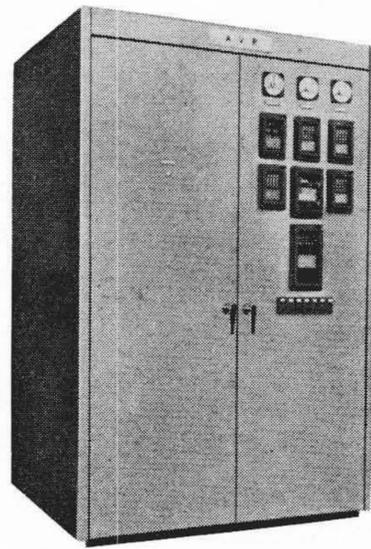
なっている。

1.3.4 水力発電所用励磁装置

電源開発株式会社池原発電所納 78,000 kVA/80,500 kW 発電電動機2台用の自動電圧調整装置は、大容量HTDを使用した高性能自動電圧調整装置である。本装置には30%の低電圧から電圧制御が行なえる線路充電装置、揚水運転時に使用する自動力率調整装置などをそなえており、励磁機との組合せ試験では励磁系電圧速度2.38という高速応度とすぐれた制御特性を発揮している。第16図に励磁系電圧速度試験オシログラムを示す。

インド・マタチラ発電所納 12,000 kVA 水車発電機3台用のHTD形自動電圧調整装置は、HTDを主励磁機界磁に副励磁機と直列に接続する、いわゆるシリーズブースタ方式とし、前段磁気増幅器の電源はHTDに直結した高周波発電機から供給して、装置の制御速度を向上するとともに制御電源を確保できる最も完備したものである。また、使用した器具には高温多湿の地域での運転に耐えるよう特殊仕様のものを使用している。第17図に自動電圧調整装置キュービクルを示す。

パキスタン・マンガラ発電所納 125,000 kVA 水車発電機3台には励磁機として副励磁機を省略した分巻励磁機が採用されている。励



第17図 インド、マタチラ発電所納自動電圧調整装置キュービクル

磁機は線路充電時以外は分巻界磁とHTD形自動電圧調整器によって励磁制御が行なわれ、150%の過速度運転の場合にも安全な電圧制御が行なえるよう特殊な設計がなされている。

1.3.5 輸出向配電盤

(1) コロンビア・グアダルーペ第3発電所 68,000 CV (51,000 kW 相当) × 3 台水車用自動運転制御装置1式を納入した。輸出用としては異色ある一人制御方式を採用した完全自動式であり、かつ遠方制御を行なうために電動式マスターコントローラを使用している。

(2) インド・サルカルパティ発電所 33,300 kVA × 1 台水車発電機、110 kV 送電線および所内を制御する発電所用配電盤一式を製作中である。

これも一人制御方式、電子管式自動同期装置を採用し、かつ遠方制御可能なものとしている。

(3) そのほか韓国・清平発電所、インド・ガンジサガール発電所など各発電所用配電盤を続々と製作中である。

最近の傾向としては、一人制御、遠方制御が採用され、自動化の方向に進んでいる。また、ガバナ、リレーなども精度の高いものが適用されている。