U. D. C. 621. 674

アラブ連合共和国エルメックスポンプ場納

2,300 mm 斜形軸流ポンプ設備

2,300 mm Inclined Type Axial Flow Pumps for El Mex Pumping Station in U. A. R.

近藤正道* Masamichi Kondō　芳賀輝夫** Teruo Haga

内容梗概

エルメックスポンプ場に納める軸流ポンプ設備が今回完成したが，本ポンプはわが国では前例のない斜形であって，性能運転，保守上などに種々な特長を有するものである。本文は本ポンプ場に納入されるポンプ，減速機，フラップ弁などの機械設備，電動機，受配電設備などの電気設備について，特長，構造を紹介したものである。

1. 緒言

古代のエジプト文明はナイル河とともに栄えてきたが，ナイル河流域の開発は現代のエジプトにとっても重要な課題の一つであることには変りなく，ことにナイルの最下流のデルタ地帯には多数のかんがい用および排水用ポンプが使用されており農業の発展に寄与している。今回当社がアラブ連合共和国政府から受注し，製作を完了した6台の斜形軸流ポンプも，デルタ地帯の西端アレクサンドリア市の近郊エルメックス機場にすえ付けられ，マリウト湖周辺の耕地の排水に使用されるものである。

農地排水用とはいえ，エルメックス機場のポンプは四季を通じて昼夜連続運転を要求されること，入札時のポンプメーカー間の競争が激しかったことなどのために高い揚水効率が要求された。しかも性能の保証は現地試験の結果に対して行なわねばならない。また一方，入札金額中に含まれる土木建築費を減らすためには極力建家ならびに水路面積を減じ，掘さく量を減らすように考えねばならず，この方面からも制約を受ける訳である。

わが国では，このような大形の斜形軸流ポンプを製作したのは今回が最初であって，今後の排水機場の計画に参考になる点もあると思われるので，その概要をここに紹介する。

2. 斜形軸流ポンプの特長

エルメックスのポンプについて述べる前に，今回採用された斜形ポンプの特長について考えてみよう。斜形のポンプとは吸込側から吐出側に向ってポンプの軸が傾いてすえ付けられる形式のものを称する。

この形式の最大の特長は，

（1） 揚水効率が高い

斜形とすることにより，一般の立形または横形のポンプに比べて吸込，吐出管路の屈曲が少なくなり，当然これらの部分の損失が減少し，揚水効率が高くなることになる。

このほかに横形ポンプに比較しては，

（2） キャビテーションに対して安全である

羽根車を常時吸水面下におくことが容易であるので横形のポンプに比べて押込水頭に余裕をとることができ，キャビテーションに対してより安全となる。

（3） 洪水から電動機を保護することが容易にできる

電動機の高さはポンプ，電動機間の中間軸の長さにより加減できるので最高洪水位より電動機位置を高くすえ付けることが可能となる。

（4） 操作が簡単になる

羽根車を最低吸水位以下にすることにより，起動時にポンプ内を満水する操作が不要となる。

（5） 若干ではあるが建家面積が狭くなる

以上は横形のポンプに比べての利点を示したものであるが，これに対し立形ポンプに比べた場合，次のような利点がある。

（6） ポンプの保守，点検，分解が容易である

ポンプ，減速機，電動機などの構造は横形に近く，この点で保守，点検，分解は容易である。

3. 計画の概要

本ポンプ場のポンプは連続運転の必要があり，そのため揚水効率の高いことが要求される。この要求を満たすためにはポンプ自体の効率が高いことはいうまでもないがそれと同時に水路，管などにおける損失を減らすことも必要となってくる。この要求を満たすためにエルメックスポンプ場の場合には斜形ポンプならびに油圧保持式フラップ弁が採用された。

ポンプの吸込管，吐出管はいずれもコンクリート製であって，それぞれ吸込，吐出側の水路につながっている。各ポンプの吸込，吐出水路には締切用のゲートが設けられており，ポンプ分解の際に使用される。

電動機，配電盤などはいずれも吐出側の最高水位より高い位置にすえ付けられており，万一の場合にも浸水の心配がないようになっている。

ポンプ，歯車減速機の潤滑のためには潤滑油タンク，歯車ポンプ，冷却管などよりなる潤滑装置が設けられている。同様にフラップ弁についても，これの操作用の圧油装置が設けられている。

電動機ならびに歯車減速機も主ポンプと同様に斜にすえ付けられるが，これらは共通床盤上に取り付けられており，床盤を傾斜している基礎の中に固定することによりすえ付を容易にし，かつまた減速機，電動機がずり落ちるのを防いでいる。

このほか機場内の設備としては吸込，吐出水路の水位を示す水位記録計，所内排水ポンプ，ポンプ分解時に水路内の排水に使用する可搬式排水ポンプが設備されている。

主要機器の仕様は下記のとおりである。

主ポンプ　6台

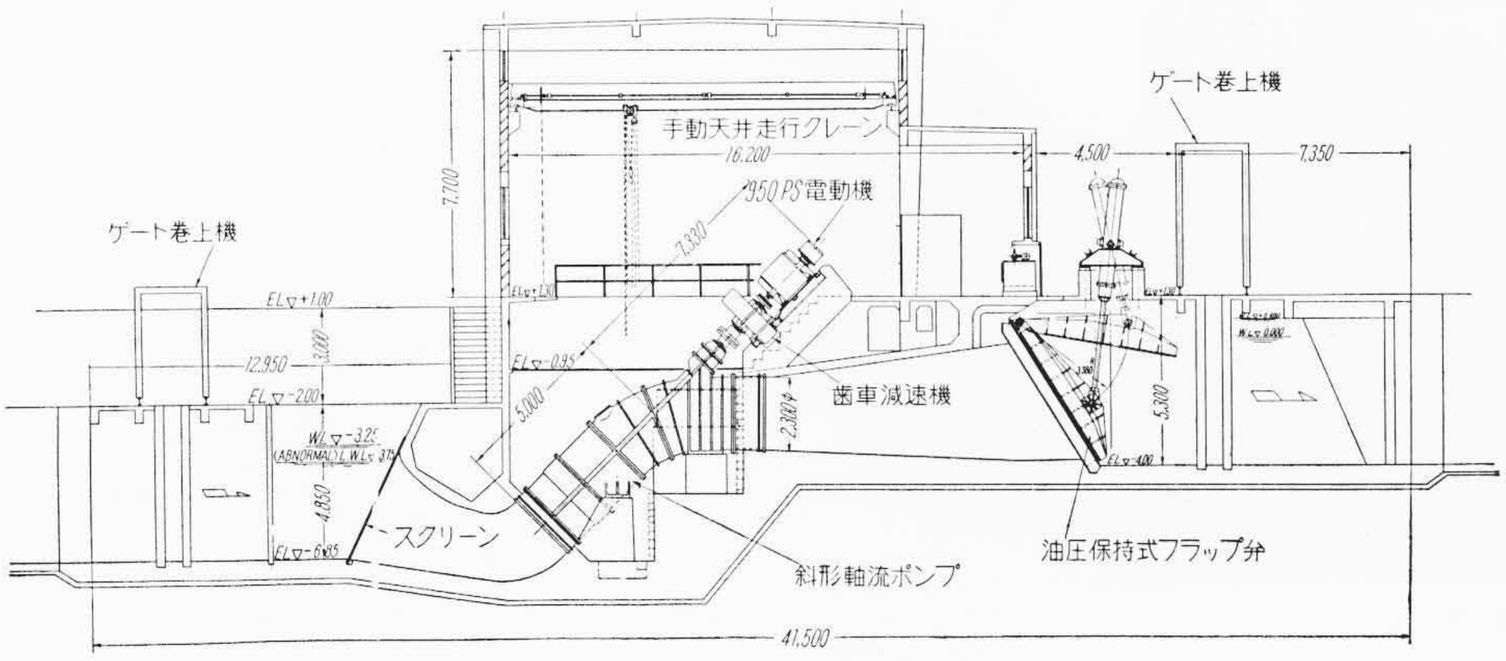
2,300 mm 斜形歯車減速機掛軸流ポンプ

吐出量	12.5 m^3/s (750 m^3/min)	
	(805 m^3/min)	最高効率点にて
実揚程	4 m	
	3.5 m (最高効率点にて)	
回転数	160 rpm	

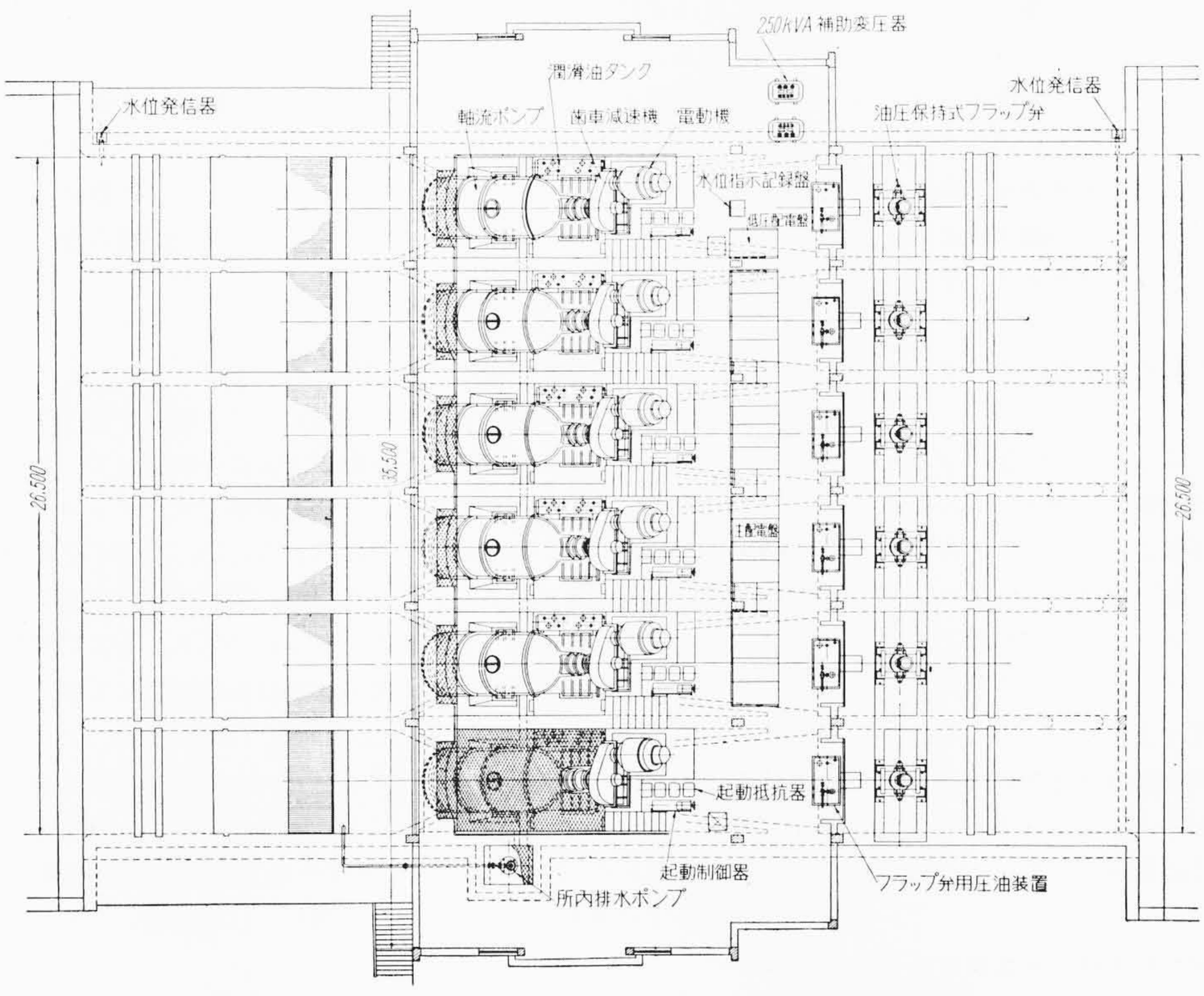
* 日立製作所亀有工場
** 日立製作所本社

歯車減速機	6台
ダブルヘリカル一段減速	
伝達動力　950 PS	
減速比　160/980	
電動機	6台
巻線形三相誘導電動機	
定格出力　950 PS	
極数　6	
配電盤	1式
水位指示，記録計盤	1式
油圧保持式フラップ弁および圧油装置	6基
潤滑装置	6基
所内排水ポンプ	1台
可搬式水路排水用ポンプ	1台
ポンプ場用変電設備	1式
ケーブルおよび照明設備	1式
7.5 t 手動天井走行クレーン	1基

第 1,2 図 に本ポンプ場内機器の配置図を示す。



第1図　エルメックスポンプ場側面図



第2図　エルメックスポンプ場平面図

4. 機械設備各機器の構造

(1) 主ポンプ

主ポンプはチューブ状ケーシングを有する軸流ポンプで軸心は水平に対して45度の角をなすようにすえ付けられている。大口径でしかもコンクリートに埋設されない形式であるため，振動，変形に対し十分耐えられるものにした。軸の一端には羽根車，他端には減速機へつながるカップリングが取り付けられており，その間の二点を水中軸受および外軸受で支えるようになっている。羽根は羽根車ボスに植込まれており，摩耗，腐食した場合はこの部分だけ取り替えできるようになっている。また羽根の外周に相当するケーシングの部分には取り替え可能のライナがはめ込まれている。ケーシングは軸心を含む平面において上下に分割されており，上ケーシングをはずせば回転部を取出すことができる構造になっている。ケーシングの吸込管への接続部にはルーズフランジを用いて分解を容易にしている。

軸の接水部は腐食防止のため13%クローム鋳鋼製のスリーブでおおわれている。水中軸受は白色合金裏張りの一般的なもので，外部からグリースを圧入することにより潤滑を行なう。外軸受はスラスト軸受およびラジアル軸受よりなり，スラスト軸受はミッチェル形，ラジアル軸受は一般のすべり軸受である。この軸受の潤滑はオイルバスであって軸受のセグメントは油中に浸されているが，軸受箱内の油は運転中に常に歯車ポンプにより別置の油タンクとの間を循環するようになっている。このため油は軸受箱の下の入口からはいり，軸受箱内を通って上側からあふれ出るようになっている。斜軸のため軸受箱から油漏れのないよう特に注意が払ってある。

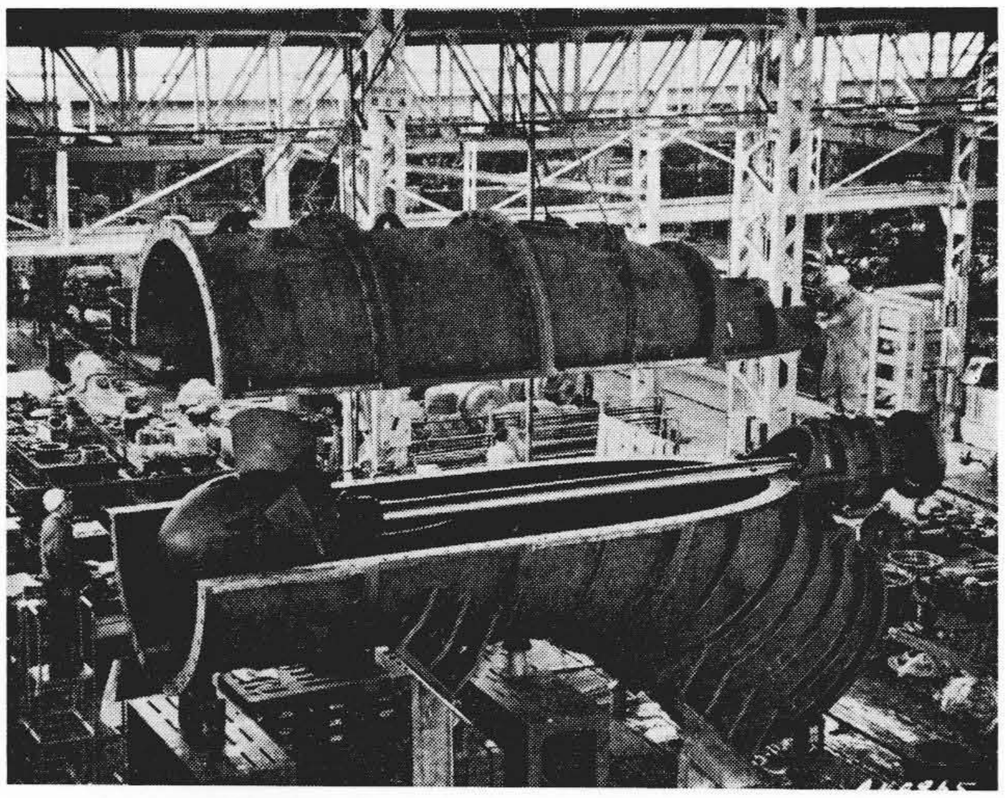
(2) 歯車減速機

歯車にはダブルヘリカル形を使用し一段減速である。構造は一般の横形減速機と大差はない。かみ合い面および軸受部へはピニオン軸の軸端部に取り付けられた歯車ポンプにより強制給油するようになっている。給油配管は外観を良くするため極力外部へ出る部分が少なくなるよう考慮されている。斜めにすえ付けるために生ずる軸推力はテーパころ軸受により支える。主ポンプと同様，軸がケースを貫通する部分の軸受の構造にはとくに注意が払ってある。

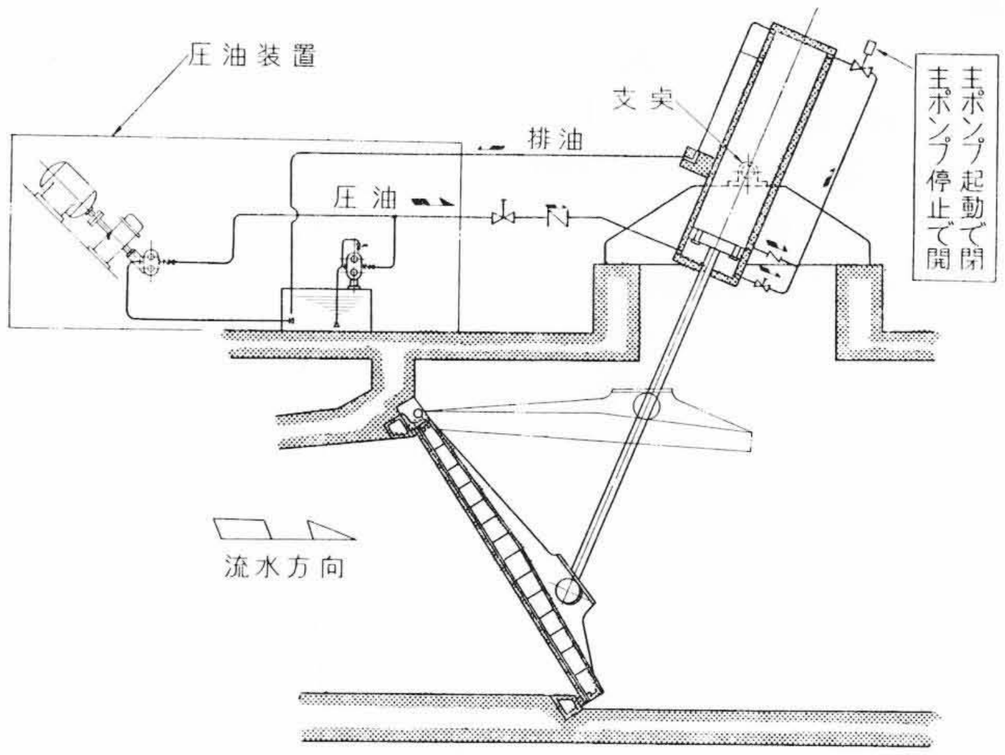
ピニオン軸の軸端には主ポンプ外軸受，減速機，フラップ弁用の潤滑ならびに油圧用の歯車ポンプがタンデムに取り付けられており，またギヤ軸には水中軸受の潤滑用グリースポンプならびに積算回転計が取り付けられている。**第 4 図**に減速機の外観を示す。

(3) 油圧保持式フラップ弁

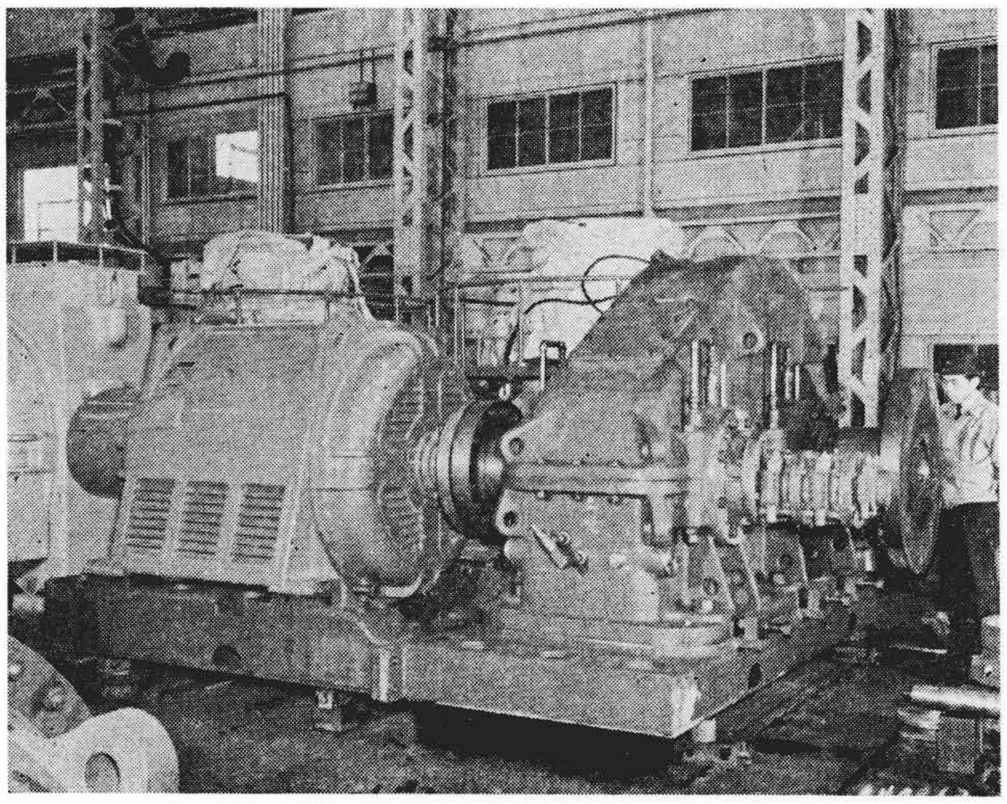
主ポンプ停止時の逆流防止用に各ポンプの吐出管先端に鋼板製のフラップ弁が設けられている。この弁は主ポン



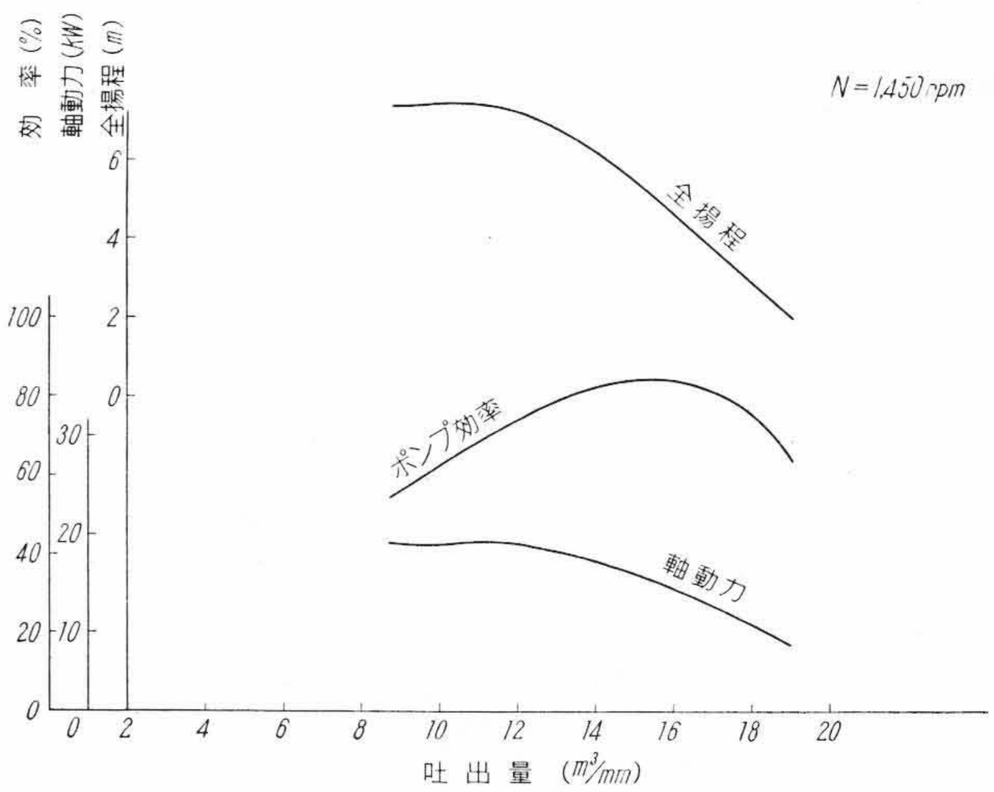
第3図　2,300 mm 斜形軸流ポンプ



第5図　油圧保持式フラップ弁操作系統図



第4図　950 PS 歯車減速機



第6図　模型ポンプ性能曲線

プ運転中は減速機軸端に設けられた圧油ポンプからの圧油により，弁板を全開の位置に保持するようになっている。これによりフラップ弁により生ずる損失を著しく低減することができる。軸流ポンプのような低揚程ポンプではフラップ弁の損失が全揚程中に占める割合はかなり大きいので，このようにすることにより揚水効率を高めることができる。もちろん圧油ポンプを駆動するための動力は必要なわけであるが，これは保持式でない場合のフラップ弁により生ずる損失動力に比べればはるかに小である。

弁板は幅 3.9 m，長さ 4.8 m という大きなものであり，その工作方法，据付方法には特に注意してある。

操作方法は第5図に示すように簡単で，上述したように主ポンプ運転中は弁を全開位置に保持し，ポンプ停止の際は圧油ポンプの油圧がなくなるとともに，油圧シリンダの上下端を結ぶバイパスに設けられた電磁弁を開きシリンダ下側の油を上側に逃すことにより，弁の保持力をなくし弁板の自重ならびに水圧により弁が閉じるようになる。バイパスはピストンの最終ストロークで絞りを与えられ，弁閉鎖時の衝撃を減らす緩衝装置の役目も果すようになっている。

本フラップ弁用の圧油装置としては上記減速機取り付けの圧油ポンプのほかに，電動の圧油ポンプも備えており，主ポンプ停止中フラップ弁の単独開閉をすることもできるようになっている。

（4）潤滑装置

上述したように主ポンプ外軸受ならびに歯車減速機は減速機のピニオン軸端に取り付けられた歯車ポンプにより強制給油する構造になっている。油は別置の潤滑油タンクからこのポンプによりくみ上げられ，吐出水路にある冷却管を通って冷却されたのち，各潤滑個所に送られる。

主ポンプが停止する際はフラップ弁がしまり吐出管内の水がなくなるまでの間，水がポンプ内を逆流しポンプは短時間ではあるが逆回転の状態になるため，このときにも差しつかえないよう潤滑油用歯車ポンプは回転方向が逆になっても，その吸吐方向が変らないような構造になっている。

5. 模型試験

本ポンプは工場性能試験は行なわず現地にてすえ付完了後行なう実物ポンプの性能試験をもって引取試験とすることになっている。そのため模型による性能試験の必要はないが斜形でサクションエルボが吸水面下比較的浅い位置にすえ付けられるため，うずによる空気の吸込などの心配が考えられたことなど二，三の問題に見透しをつけるため模型試験を行なうことになったものである。そこで模型ポンプを実物と同様斜にすえ付け，吸水槽を自由表面として吸込試験を行なった。吸水槽に関する模型試験を行なう場合一般にFroude数を実物と同じにして試験を行なうのが普通であるが，今回は測定の都合上流速を実物相当よりはるかに速くとり，実物より過酷な条件で試験を行なった。それにもかかわらず性能，振動などに影響を与えるようなうずの発生がなく，この点に関しては心配ないことがわかった。

また左右両端のポンプについては吸水槽の入口形状が非対称とな

るため，渦が発生しやすいことが考えられるが，この点についても実験を行い問題ないことを調べた。

模型試験の結果は**第6図**のとおりで予想どおり高効率を得られることが認められた。吸込および吐出エルボの範囲を含めた模型ポンプの効率は 84% であった。

6. 電気設備の特長

エジプト最大の規模と最新の設備を誇るエルメックスポンプ場用電気設備も日立製作所が昭和34年12月機械品とともに一括受注し，鋭意製作を続けてきた結果，このたび全機器の完成をみた。

本電気設備は大別して，受変電機器およびポンプ所用機器よりなり，前者は €6/33 kV 開閉装置，7,000 kVA 変圧器2台などで変電所内に設置され，後者はポンプ駆動用 950 PS 三相誘導電動機6台ならびに 6 kV 開閉装置などよりなりポンプ所内に設置されるものである。

本設備のおもな特長を列挙すれば次のとおりである。

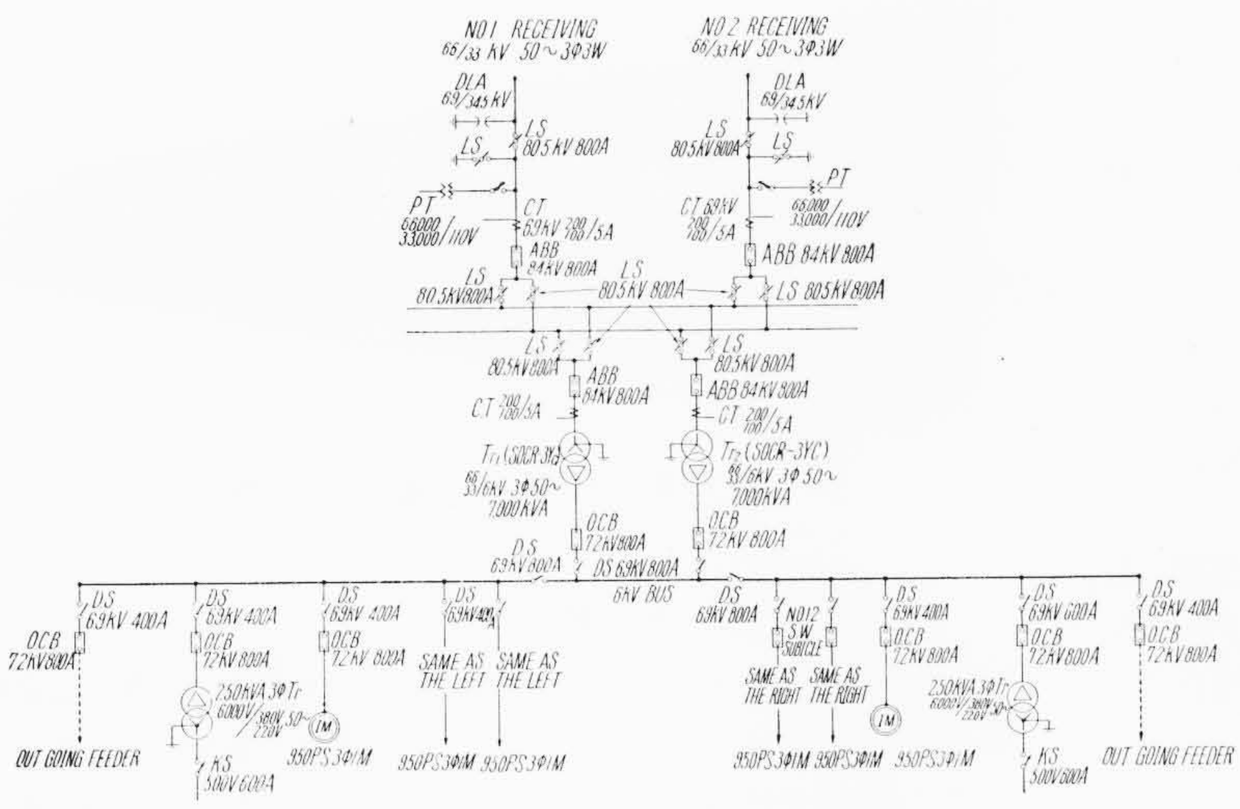
（1） わが国よりエジプト向けに輸出された最初の大容量重電機設備であるので各所に細心の注意が払われており，またわが国の慣例とともに同国の Practice を十分採り入れ無保守運転のきわめて便利な設備である。

（2） 950 PS 電動機はポンプと同様 45 度傾斜軸構造であるために軸受そのほかに特殊の考慮が払われている。

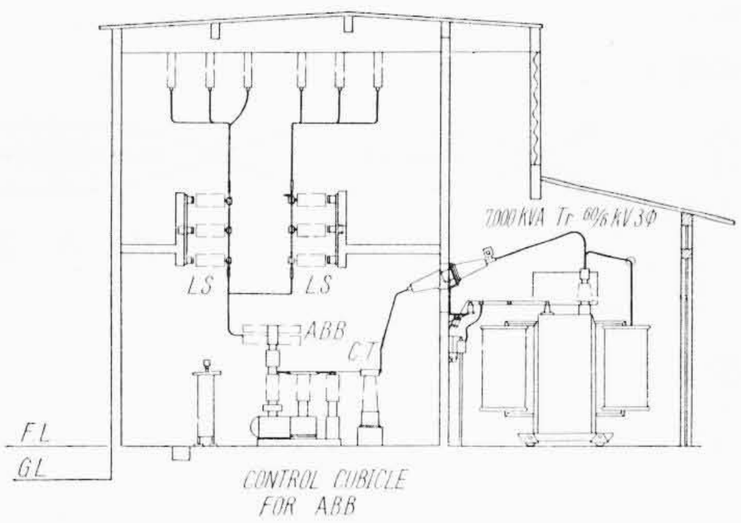
（3） 電気機器の周囲温度は屋内 45°C，屋外日光直射部 80°C で温度上昇はIECに準拠している。さらに湿度も高く全機器は高温高湿に耐えるよう細心の注意が払われている。

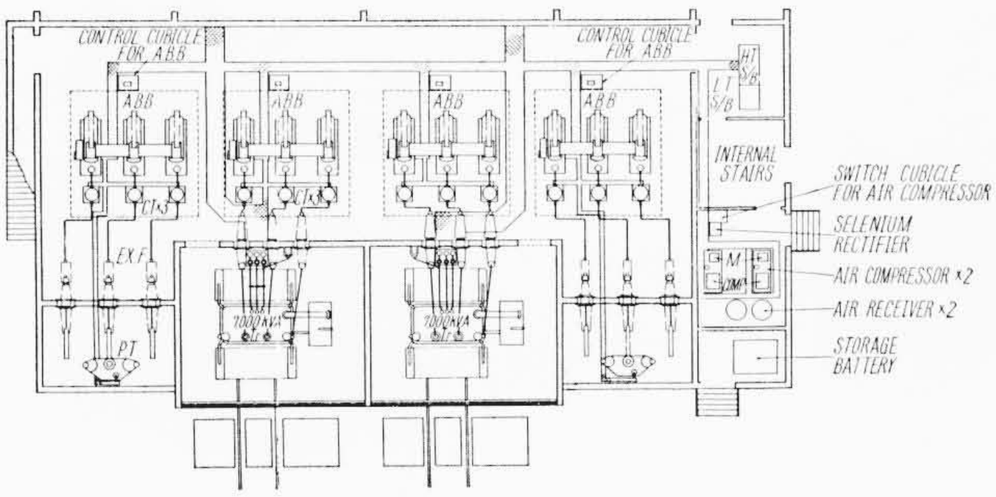
7. 電気設備の全般説明

第7図は本設備の全体結線図である。受電計画は当初 33 kV 将来 66 kV 平行2回線受電で，7,000 kVA三相変圧器2台により 6 kV に逓降し（常時は1台のみを使用）950 PS 電動機6台に給電しさらに 250 kVA 変圧器2台により低圧電源（線間 380 V，相間 220 V，三相4線式）を得ている。特高機器は変電所内にまた 6 kV 以降はポンプ場内に設置される。**第8図**に変電所内機器配置を**第2図**にポンプ場内機器配置を示す。



第7図 全 体 結 線 図





第8図 変電所内機器配置図

8. 各電気機器説明

（1） 66/33 kV 開閉装置

第7図に示すように本装置はドライバルブ避雷器6台，空気遮断器4台，断路器 12 台などよりなりおもな仕様は次のとおりである。

6台　OD-150 形ドライバルブ避雷器
　69.0/34.5 kV　50～

4台　OPB-150-PA 形空気遮断器
　84 kV　800 A　50～　3極単投
　遮断容量　1,500 MVA 於 66 kV

12台　PHL-RHA および PHVL-RHA 形断路器
　80.5 kV　800 A　3極単投

第9図に空気遮断器の外観を示す。断路器は 12 台の中2台が天井取り付け，10台が垂直取り付けでいずれも中2階より操作され，すえ付面積の低減を計っている。

（2） 7,000 kVA 変圧器

おもな仕様は下記のとおりである。

2台　7,000 kVA 三相変圧器

形　式	SOCR-3 YC　屋内用油入自冷式
定格電圧	1次　33 kV（並列）
	66 kV（直列）
	2次　6 kV
周波数	50～
過負荷耐量	25% 2時間

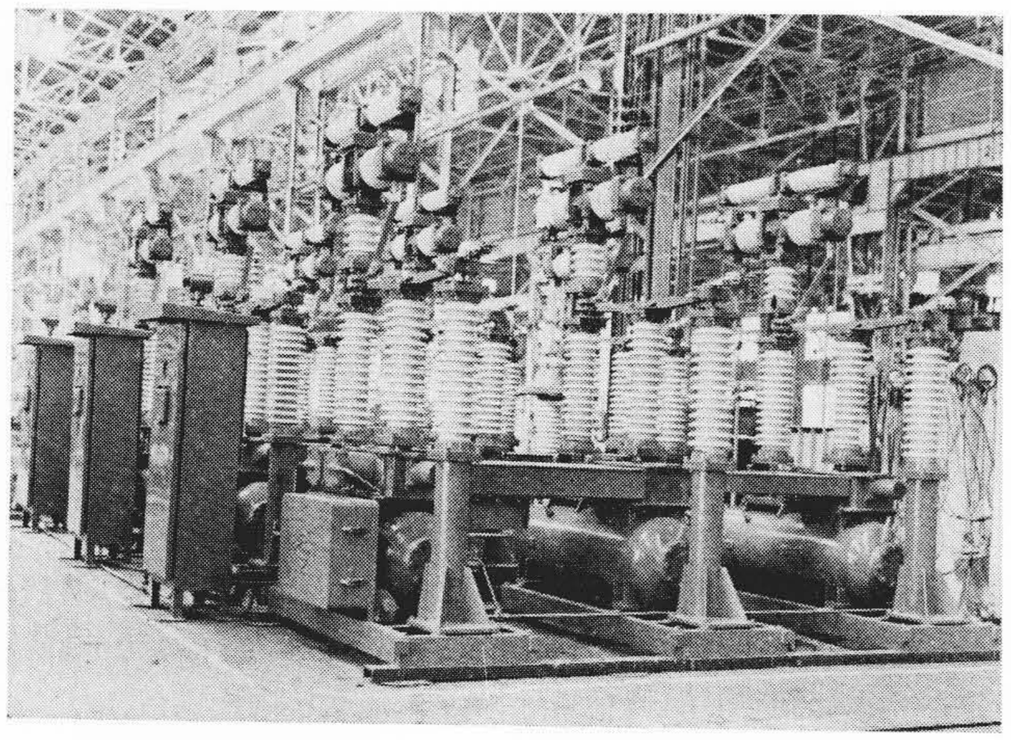
本器は1次電圧変動（+5～−15%）および負荷変動に対して2次電圧を一定に保つために2次側にタップを設けてあるがその範囲は定格電圧の +6～−20.6%（計 26.6%）で一般のものに比べ広く，またタップ数も 13 タップで多く，しかも広いタップ幅変化に対しても不平衡アンペアターンを極力小とするよう巻線配置を考慮してある。

（3） 950 PS 三相誘導電動機

おもな仕様は下記のとおりである。

6台　950 PS 三相誘導電動機

形　式	EFOP-CY I
	開放防滴形巻線形回転子式
6,000 V　50～	6 P　1,000 rpm（同期速度）
過負荷耐量	25% 2時間



第9図　空　気　遮　断　器

本機はポンプと同様 45 度傾斜設置であるために従来のものに比べ各所に新設計が採用され，長年月の運転に十分耐えるよう製作されているが，そのおもな特長は次のとおりである。

（1）　転り軸受の採用

本機程度の大容量では回転子重量が大となるために一般にはすべり軸受が用いられるが本機では 45 度傾斜のためにオイルリングの使用が不可能である。したがって本機では冷却方式の改善，SLS ワニスの採用，良質の鉄心材料の使用などにより電動機を極力小形軽量化して転り軸受を採用した。

（2）　特殊スリップリング短絡装置の採用

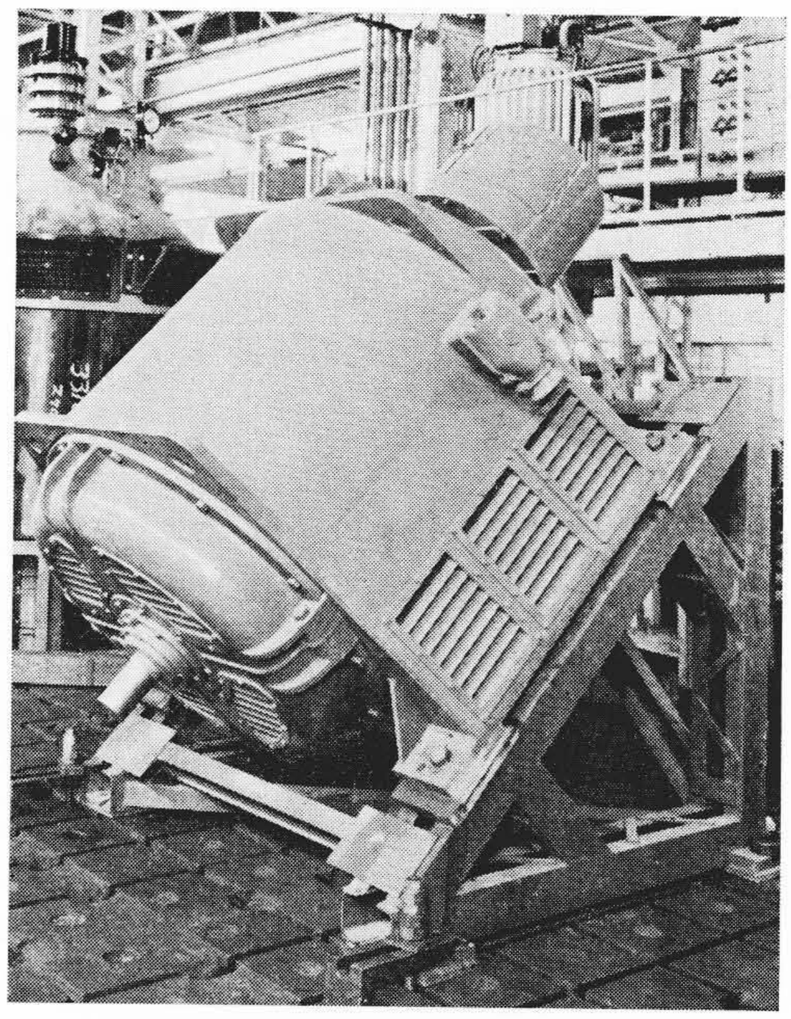
本機のように傾斜設置の場合はスリップリング短絡装置には推力が働くが，この推力に抗してスリップリングの短絡状態を確実に保つため特殊な装置を施してある。第10図は本機の外観である。

（3）　6 kV 開閉装置

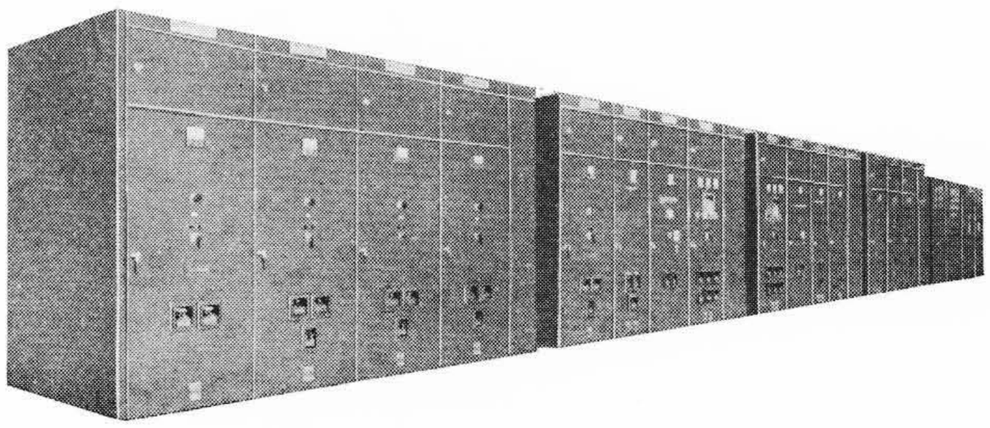
第11図に示すように各機器は計16面の鋼板製閉鎖形配電盤に収納され運転ならびに保守の便を計ってある。油入遮断器は SYG-25-MA 形 7,200 V，800 A 遮断容量 250 MVA 3極単投電磁操作式で断路器も3極同時操作の新形を採用している。

（4）　そ　の　他

上記各機器のほか，電線，ケーブル，がい子，照明器具など電気工事材料も一括日立より納入した。さらに本設備では建家計画をはじめ工事設計一切を日立で行なったことも特記すべきことの一つである。



第10図　950 PS　電　動　機



第11図　配　　電　　盤

9. 結　　言

以上，今回エルメックスポンプ場に納入されることになった斜形軸流ポンプ設備について，その特長，構造などを説明した。エジプトは従来から西欧各国のポンプが多数納入されているところであるが，その中で最大規模の排水ポンプ場を日立の納入機器をもって建設することになったことは，われわれの大いに誇りとするところである。本ポンプ設備が一日も早く現地にすえ付けられ，エジプト農業の発展に寄与することを祈って止まないものである。

新　案　の　紹　介

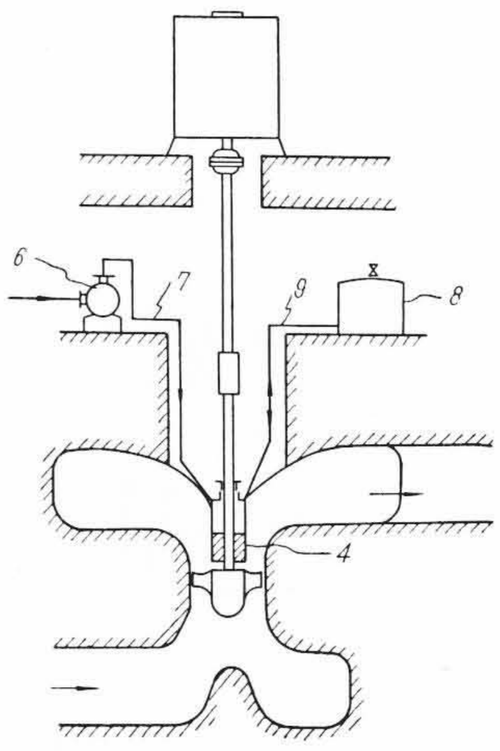
登録新案第535778号

藤田憲次・山内章正

潤　滑　水　供　給　装　置

この考案は，主ポンプの通常運転時に潤滑水ポンプの水圧により水圧タンクを満水させておき，停電などによる主ポンプの非常停止時すなわち潤滑水ポンプの給水不能時に水圧タンク内の清水を水中軸受に供給して潤滑を行なわせるようにしたものである。

平常主ポンプの運転時には潤滑水ポンプ6により潤滑水は配管7を経て水中軸受4に供給される。その供給された潤滑水は水中軸受4を潤滑して放流されると同時に，その一部は配管9を経て水圧タンク8にたくわえられるから，ポンプの運転中には水圧タンク8は満水状態にある。

停電時に主ポンプが運転を停止すれば潤滑水ポンプ6も停止するため，水中軸受4への潤滑水の供給は遮断される。すると水圧タンク8にたくわえられた潤滑水は配管9を経て水中軸受4に自動的に流入してその軸受の焼損を防止する。

この考案によれば，非常停止時においても水中軸受の焼損を起す心配がなく，したがって安全運転を行なうことができる。（野村）