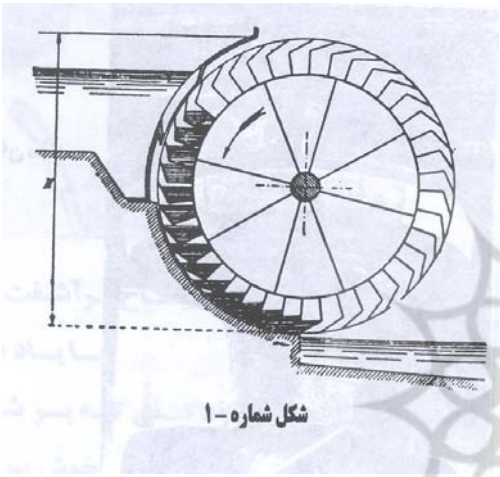
حسابدار جوان
(قسمت بیستم)

مهندس منوچهر خان سفید

نیروگاههای برق آبی

استفاده از انرژي آب به قرنها پيش از ميلاد مسيح و شايدخيلي جلوتر از استفاده بشر از نيروي باد مي‌رسد.
در چين در ۲۰۰۰ سال قبل از ميلاد مسيح از چرخ توربين‌براي برداشت آب از رودخانه جهت مصارف كشاورزي‌استفاده مي‌شد.
يك چرخ توربين با پره‌هاي صاف باجريان آب رودخانه‌به حركت در مي‌آمد و چرخ توربين ديگري كه نقش تلمبه رابازي مي‌كرد با پره‌هاي گود خود آب را از رودخانه بيرون‌مي‌كشيد.
مصرف ديگر توربين‌هاي آبي به عنوان آسياب‌هاي آبي درآرد كردن گندم بكار مي‌رفت. آسياب‌هاي آبي قديمي ايران‌كه برروي رودخانه‌هاي دز و كارون احداث شده بود به قرنهاپيش از ميلاد مسيح و به دوره ايلامي‌ها و هخامنشيان مي‌رسد.
در حال حاضر هم مي‌توان اين نوع آسياب‌هاي آبي را دربعضي از شهرها و روستاهاي كشورمان پيدا كرد كه بطورروزمره از آنها جهت آرد كردن گندم استفاده مي‌شود.
همانطور كه مي‌دانيم ماشين‌هاي آبي از انرژي پتانسيل آب‌و يا انرژي جنبشي آن براي ايجاد انرژي مكانيكي استفاده‌مي‌كند.
انرژي پتانسيل يا انرژي وضعيت آب در اثر اختلاف ارتفاع‌بوجود مي‌آيد. در اثر تبخير ساليانه در كره زمين ۵۱۸ هزاركيلومتر مكعب آب به شكل بارش در نقاط مختلف مجدداًتوسط باران از آتمسفر و هواي محيط به سطح كره زمين‌برگشت مي‌شود كه ٤١٢ هزار كيلومتر مكعب آن در سطح‌اقيانوس‌ها و درياها و ١٠٦ هزار كيلومتر مكعب روي سطح‌خاكي زمين جاري مي‌شود.
چون در نقاط كره زمين نيز پستي و بلندي زياد وجود دارداغلب بارش‌هاي سطح خاكي زمين در كوهستان‌ها به شكل‌باران و برف انجام گرفته و براي آب حاصله ايجاد انرژي‌پتانسيل يا‌انرژي وضعيت مي‌نمايد.
اگر اين آبها را در محل‌هاي خاص با ايجاد سد نگاهداري‌نماييم از اختلاف ارتفاع حاصل از موقعيت محل و ارتفاع سدنسبت به محل نصب واحد استفاده نموده و از انرژي پتانسيل‌حاصله در ماشين‌هاي آبي استفاده نماييم.

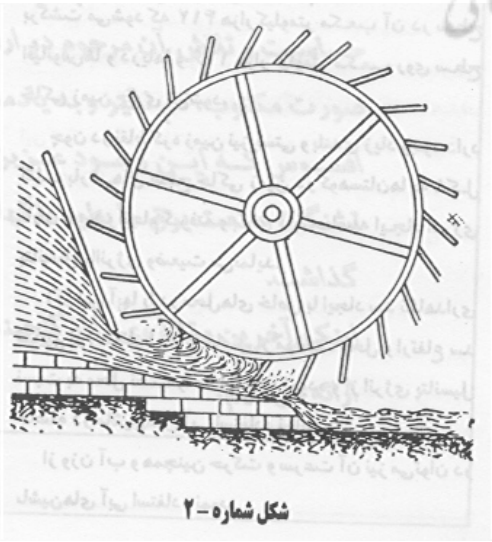
از وزن آب و همچنين حركت و سرعت آن نيز مي‌توان درماشين‌هاي آبي استفاده نمود.
در شكل شماره (۱) يك ماشين آبي ساده كه از وزن آب‌جهت چرخش استفاده مي‌كند، مشاهده مي‌شود. اغلب‌آسياب‌هاي آبي از وزن آب جهت چرخش استفاده مي‌كردند.



شكل شماره – ۱

.....

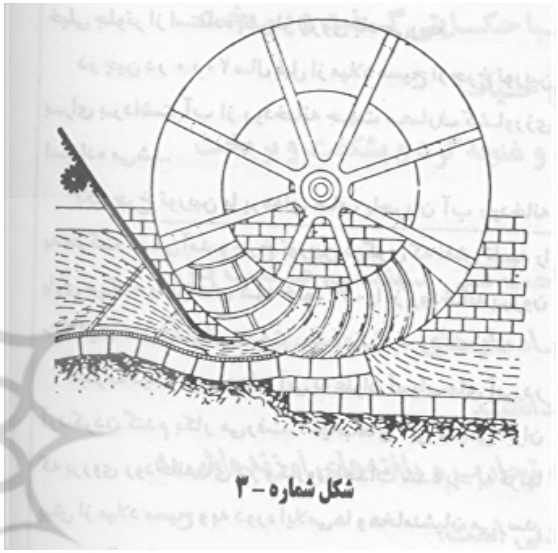
ماشين‌هاي آبي قديمي كه از وزن آب جهت چرخش‌استفاده مي‌كردند داراي پره‌هاي تو گود مطابق شكل بودند.
در ماشين‌هاي آبي كه از سرعت و جريان آب استفاده‌مي‌شد مطابق شكل شماره (۲) از



شكل شماره – ۲

پره‌هاي ساده تخت استفاده‌مي‌گرديد.

مي‌توان با شناخت بهتر كاركرد توربين، چرخ‌هاي آبي‌كاملتري ساخته و ضريب بهره آنها را به بيش از ۵۰ درصد نيزرسانيد. شكل شماره (۳) يك طرح ساده اصلاح شده‌ماشين‌هاي آبي قديمي مي‌باشد كه پره‌هاي آن مخلوطي ازحالت توربين‌هاي نوع اول و دوم را دارا مي‌باشد. ولي بهرحال‌اين نوع ماشين‌ها براي قدرت‌هاي كوچك بكار رفته و سرعت‌آنها خيلي كم و اغلب در حدود ۵۰ دور در دقيقه مي‌باشد وكاربرد آنها جهت توليد انرژي الكتريكي كم بوده ولي در آنهابا استفاده از چرخ تسمه مي‌توان قدرت‌هايي تا ۱۰۰ اسب‌بخار براي كارهاي مختلف ايجاد نموده و به محل



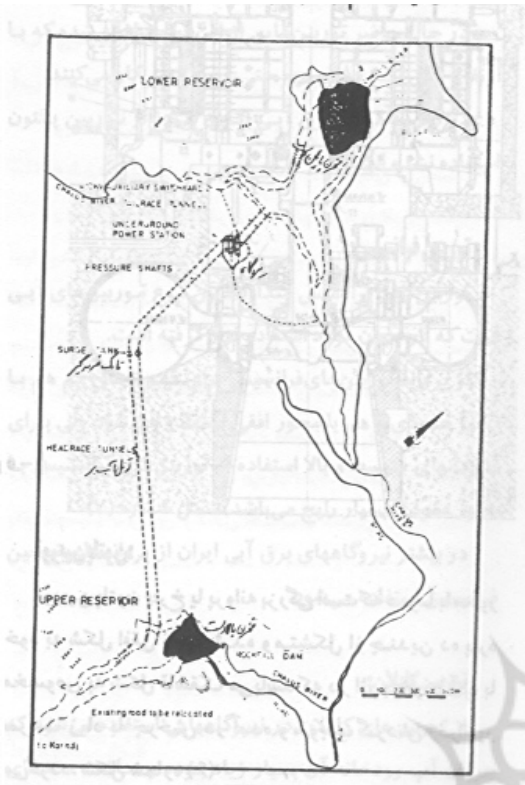
شكل شماره – ۳

مصرف‌انتقال داد (با ميله ترانسميسيون).

نيروگاههاى برق آبى:

نيروگاههاي برق آبي عموماً يا در كنار رودخانه‌هاي پر آب‌در زير آب بندهاي كوتاه يا سدها ايجاد مي‌شوند كه‌نيروگاههاي برق آبي معمولي را تشكيل مي‌دهند. در سال‌هاي‌اخير نوع سومي نيروگاه برق آبي جهت تامين برق ساعات‌پيك و همچنين كنترل فركانس رواج پيدا كرده است كه به آن‌نيروگاههاي تلمبه ذخيره‌اي گويند كه بر عكس نيروگاههاي‌برق آبي معمولي داراي دو مخزن ذخيره بالادست و پايين دست مي‌باشد.

شكل شماره (٤) طرح جانمايي شماتيك اوليه نيروگاه‌تلمبه ذخيره‌اي سياه بيشه را نشان مي‌دهد كه متاسفانه‌احداث آن نيمه تمام رها و متوقف شد.



شكل شماره – ۴

همانطور كه گفته شد نيروگاههاي تلمبه ذخيره‌اي از نظرتامين انرژي پيك، كنترل فركانس شبكه، بهبود راندمان‌نيروگاههاي بخاري چند منظوره بوده و از نظر كاري هم به قرارزير چند كاره مي‌باشد:

۱- در مواقع نياز و بطور خاص در ساعات پيك و هنگام‌بروز حادثه در واحدهاي شبكه و افت شديد فركانس، به‌شكل واحد توليد انرژي برق وارد مدار شده و نياز شبكه را به‌تناسب قدرت خود برطرف مي‌نمايد.

۲- در اواخر شب و هنگام عدم نياز شبكه به انرژي‌الكتريكي به شكل ايستگاه پمپاژ آب عمل نموده و آب را ازمخزن پايين دست به طرف مخزن بالادست ارسال مي نمايد.

۳- در مواقع كاركرد به شكل تلمبه نيز حالت تنظيم كننده‌فركانس را در مواقع اضطراري باقطع آن و حذف بار مصرفي‌آن از شبكه ميتوان از افت فركانس‌هاي شديد جلوگيري نمود.

در ضمن بدليل حجم كم مخازن ذخيره آب بالا دست وپايين دست اين نيروگاهها هزينه اجراي سدهاي مربوطه زيادنمي‌باشد.

نیروگاههای برق آبی و بخاری

در مقام مقايسه نيروگاههاي برق آبي با نيروگاههايحرارتي بخاري مي‌توان به موارد زير اشاره نمود:

جايگاه سد و مخزن ذخيره آب در نيروگاه برق آبي همان‌جايگاهي است كه ديگ بخار در نيروگاههاي حرارتي اشغال‌مي‌كند. با ذخيره آب در پشت سدها و بالارفتن ارتفاع آب درآنها به ايجاد فشار سيال روي پره‌هاي توربين كمك مي‌شود.

اگر هر ۱۰ متر ارتفاع آب كه معادل فشار يك كيلوگرم برسانتي‌متر مربع مي‌باشد را در نظر بگيريم به آساني ارتفاع آب۱٦٥ متري سد شهيدعباسپور را مي‌توان معادل فشار ٥/١٦كيلوگرم بر سانتي‌متر مربع در نظر گرفت و مي‌دانيم كه كارعمده ديگ‌هاي بخار نيز دادن انرژي حرارتي به آب و تبخيرآن و در نهايت بالابردن فشار آن مي‌باشد.

ماشين آبي نيز مشابه نيروگاههاي بخاري بنام توربين‌معروف مي‌باشد و انواع مختلف توربين‌هاي آبي كه كاربردزيادي در نيروگاههاي برق آبي دارند به قرار زير مي‌باشند:

۱- توربين سرعتي يا پلتون(۱)
۲- توربين فرانسيس(۲)
۳- توربين كاپلان(۳)

توربين پلتون براي نيروگاههاي با جريان كم آب و ارتفاع‌زياد بيشتر از ۵۰۰ متر و توربين فرانسيس براي نيروگاههاي

با دبي و ارتفاع متوسط و در آخر توربين‌هاي كاپلان را براي‌ارتفاعات كم (۱۰-۱۵) متر و دبي بسيار زياد بكار مي‌برند.

ژنراتور نيروگاههاي‌برق آبي بدليل دور كم توربين‌هاي آن‌از نظر قطر برخلاف نيروگاههاي حرارتي بسيار بزرگ بوده‌بطوري كه اگر بزرگترين قطر روتور ژنراتورهاي حرارتي به‌قدرت ٤۰۰ مگاوات و دور ۳۰۰۰ حداكثر يك متر باشد، قطرروتور توربين‌هاي آبي براي واحدهاي تا قدرت ۲۵۰ مگاوات‌حداقل ۵/۸ متر مي‌باشد.

بديهي است طول ژنراتورهاي نيروگاههاي حرارتي خيلي‌بيشتر از طول ژنراتور واحدهاي برق آبي مي‌باشد.

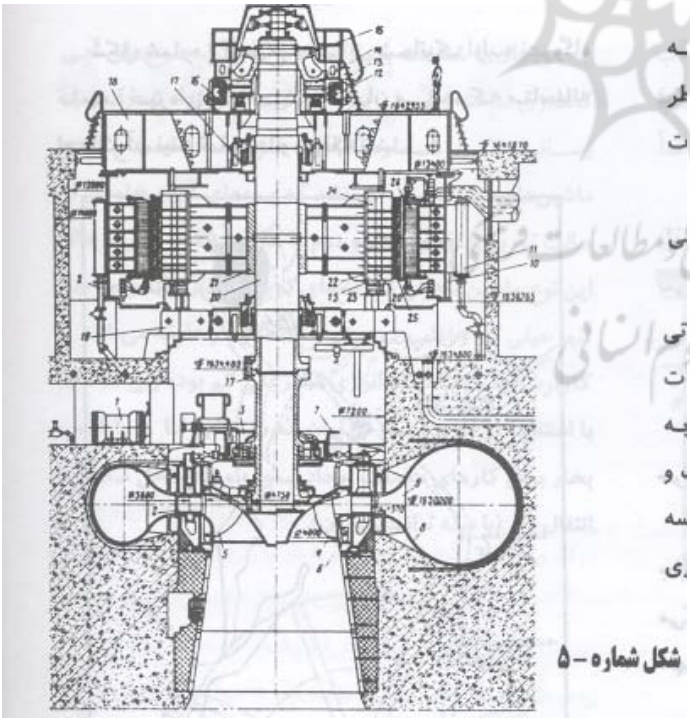
اختلاف عمده نيروگاههاي برق آبي با نيروگاههاي حرارتي‌بخاري مربوط به تجهيزات كمكي مي‌باشد كه به جرأت‌مي‌توان گفت كه اين تجهيزات در نيروگاههاي برق آبي به‌ميزان غيرقابل تصوري كم و شامل چند پمپ ساده آب وروغن مي‌باشد كه حداكثر مصرف آنها ۱/۰ درصد در مقايسه‌با ۷ درصد مصرف تجهيزات كمكي نيروگاههاي بخاري‌مي‌باشد.

نحوه كار توربين‌هاي آبي:

همانطور كه قبلا گفته شده آب با فشار لازم (ارتفاع تعبيه‌شده در پشت سد) همراه با سرعت پس از ورود به محفظه‌حلزوني و عبور از پره‌هاي ثابت هدايت كننده آب و شيرهاي‌كنترل (پره‌هاي تنظيم مقدار آب) وارد پروانه توربين(٤) شده،آن را به چرخش در مي‌آورد. آب پس از عبور از پروانه توربين‌انرژي خود را از دست داده، وارد كانال خروجي آب(۵) شده‌سپس به حوضچه آرامش يا حوضچه پاياب شده به دنباله‌رودخانه اصلي مي‌پيوندد.

در توربين‌هاي نوع پلتون كه عموماً براي ارتفاعات بيش از۵۰۰ متر و رودخانه و يا سدهاي با جريان آب نسبتاً كم درنظر گرفته مي‌شود آب از طريق افشانك‌هاي مخصوص(٦) باسرعت بسيار زياد به پره‌هاي قاشقي شكل پروانه برخوردكرده، انرژي جنبشي خود را به توربين داده، آن را به چرخش‌وامي‌دارد.

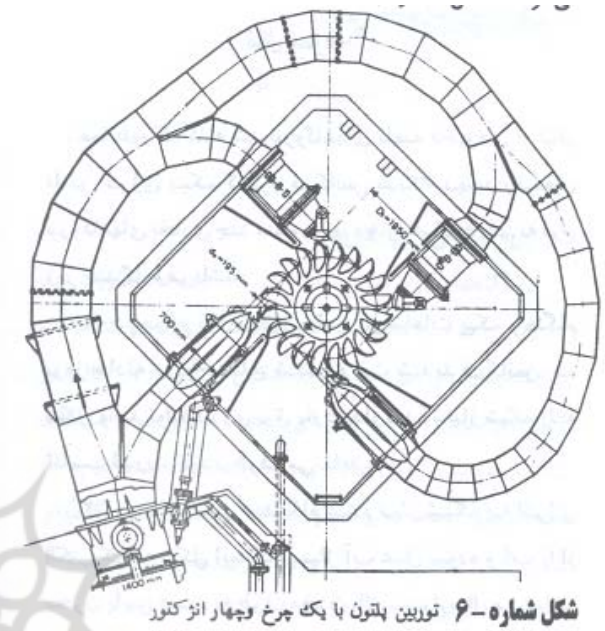
در تمام نيروگاههاي برق آبي توربين‌ها توسط كوپلينگ به‌روتور ژنراتور متصل بوده و نيروي مكانيكي توربين را به‌انرژي الكتريكي تبديل مي‌كند. شكل شماره (۵)



شكل شماره – ۵

توربين پلتون:

توربين پلتون چرخ يا پروانه بزرگي است كه عموماً با محورخود به شكل افقي نصب شده و متشكل از چنديـن ده پره‌مخصـوص بـه شـكل قاشـــقك مي‌باشد كه در اثـر برخـورد آب باسـرعت زيـاد بـه چرخش در آمده و موجـب گردش ژنراتورمـي‌گردد. شكل شماره (٦)



شكل شماره ـ ۶ توربين پلتون با يك چرخ وچهار انژكتور

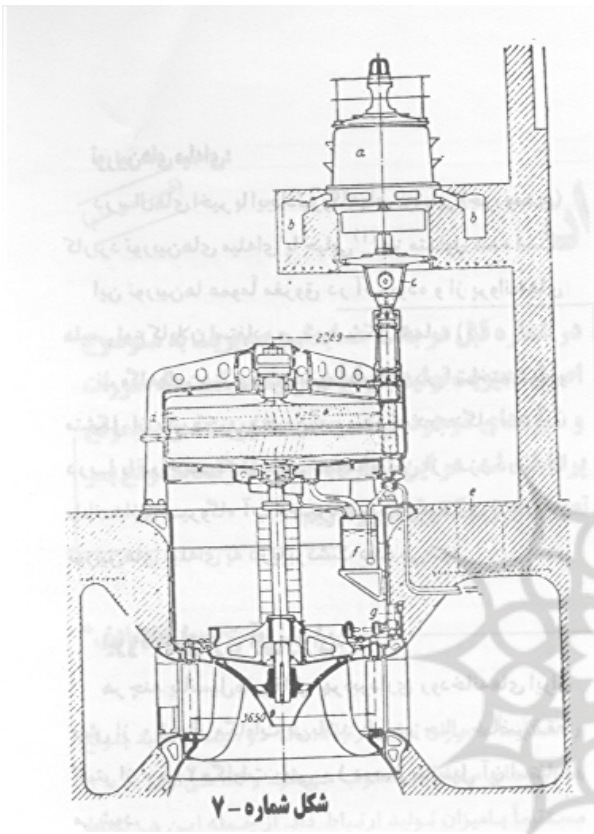
از اين پروانه‌ها در نيروگاههايي استفاده مي‌شود كـه فلـوي‌آب آن زيـاد نبـوده، برعكـــس ارتفـاع آب موجود در مخازن‌ذخيره آن بسيار زياد مي‌باشد.
در حـال حـاضر توربين‌هـايي از ايـن نـــوع سـاخته شده كه باارتفاع بيش از ۱۸۰۰ متر و حتي ۲۰۰۰ متر كار مي‌كنند.
در نـيروگاهـهاي بـرق آبـي ايـران هنـــوز از توربيـــن پلتون‌استفاده نشده است.

توربين فرانسيس:

توربين آبي فرانسيس متداول‌ترين نوع توربين‌هاي آبي‌است كه در جهان مـورد اسـتفاده قـرار گرفتـه اسـت.
از پروانه توربين‌هاي‌فرانسيس براي قدرت‌هاي كم هم بامحور عمودي و هم با محور افقي استفاده مي‌شـــود ولـــي براي‌قدرت‌هـــاي متوســـط و بـــالا استفاده از توربين‌هاي فرانسيس بامحور عمـودي بسيار رايج مي‌باشد. شكل شماره (٧)
در بيشتر نيروگاههاي برق آبي ايران از پروانه‌هاي توربين‌فرانسيس استفاده مي‌شود.

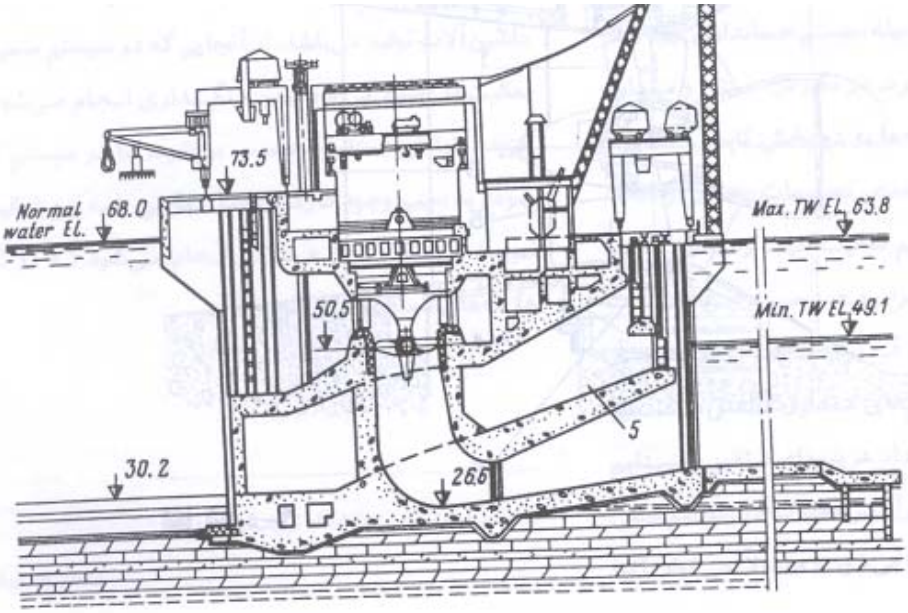
توربين كاپلان:

از توربين‌هـاي كـاپـلان در نـيروگاهـهايي اســتفاده مي‌شود كه‌جريان آب رودخانه آن بسيار زياد بـوده و سـاخت سـدهاي‌بزرگ بـراي ذخـــيره كـــردن آب غيراقتصادي باشد. در اين مورداز سدهاي كوچـك بـه شـكل آب بنـد و ارتفـاع چنـد ۱۰ مـتر وگاهـــي حتي زير ۱۰ متر استفاده مي‌شود.



شكل شماره ـ ۷

اين توربين‌ها عموماً به شكل عمودي نصب شـده و چـون‌پره‌هـاي آن مجـزا و روي مخـــروط انتـــهايي توربيـن نصـب مي‌شـودمي‌توان آن را قـابل تنظيـم نيز طراحي نمود.
راندمـان توربين‌هـاي كـاپـلان بدليـل قـابل تنظيـم بـودن‌پره‌هـاي آن در مقايسـه بـا توربين‌هـاي نـــوع ديگر بيشترمي‌باشد. شكل شماره (٨)



شکل شماره – ۸

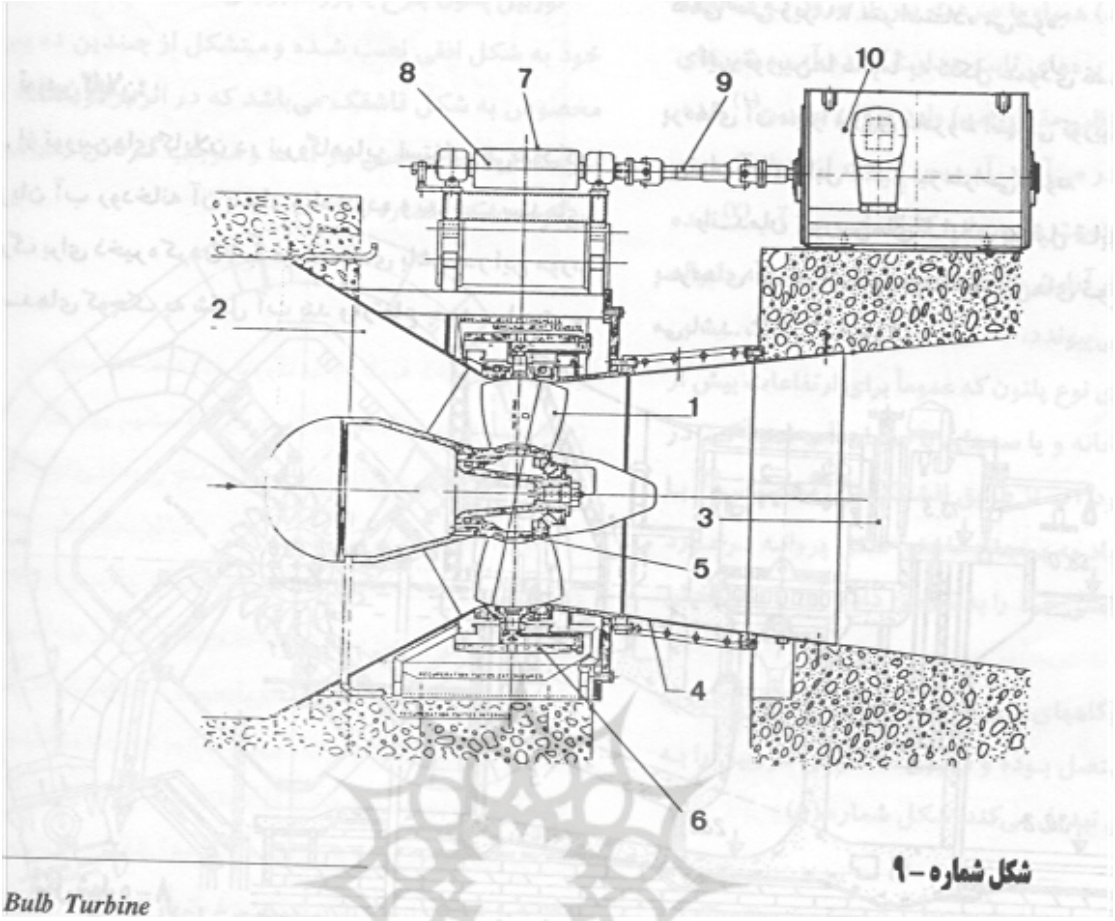
توربین‌های میله‌ای:

در سال‌هاي اخير با ايجادنيروگاه‌هاي برق‌آبي(جزرومدي)كاربرد توربين‌هاي ميله‌اي يا حبابي(۷) نيز متداول شده است.
اين توربين‌ها عموماً مغروق در آب بوده و از پروانه‌هاي‌هليس نوع كاپلان استفاده مي‌شود.
شكل شماره (۹)
نيروگاه‌هاي جزر و مدي عموماً در كنار دريا ساخته شده ومتشكل از يك مخزن ذخيره آب بوده كه در هنگام مد آب‌دريا را در خود نگاهداري نموده و پس از جزر دريا، باراه‌اندازي نيروگاه آب ذخيره شده در مخازن از طريق‌توربين‌هاي ميله‌اي به دريا برگشت داده مي‌شود.

نیروگاههای برق آبی ایران:

هر چند پتانسيل‌هاي قابل بهره‌برداري رودخانه‌هاي ايران‌بيش از ۲۰ هزار مگاوات مي‌باشد ولي در حال حاضر فقطكمتر از ۲۰۰۰ مگاوات يعني ۱۰ درصد پتانسيل آن استفاده‌مي‌شود.

بزرگترين نيروگاه برق آبي ايران نيروگاه شهيدعباسپورمي‌باشد كه داراي ٤ واحد توربين فرانسيس مي‌باشد كه‌قدرت هر يك از آنها حدود ۲۵۰ مگاوات در ارتفاع ١٦٥ مترآب مي‌باشد و ساليانه مي‌تواند حدود ۱۱ ميليارد مترمكعب‌آب را مورد استفاده قرار دهد.
كوچكترين نيروگاه برق آبي موجود وزارت نيرو در مهابادساخته شده است كه داراي دو واحد ۳ مگاواتي مي‌باشد.
در سال‌هاي گذشته طرحي به عنوان طرح تلمبه ذخيره‌اي‌سياه‌بيشه، توسط وزارت نيرو در دست اجرا بود كه بعداً بدليل‌اقتصادي نبودن متوقف گرديد، ولي در بعضي از موارد بدليل‌چند منظوره بودن طرحها و اشكال در كمي كردن بعضي ازمزاياي كيفي، طرح‌ها غيراقتصادي به حساب مي‌آيند، ودرست به همين دليل و ايجاد اشكال در توجيه آن طرح‌متوقف گرديد و شبكه تقريباً بزرگ سراسري برق كشورمان رابدون وسيله ضروري و قابل اطمينان تنظيم كننده مناسب‌فركانس قرار داده است.



شکل شماره – ۹

Bulb Turbine

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

---

۱) Pelton
۲) Franciss
۳) Kaplan
٤) Runner
٥) Draft Tube
٦) Injectors
۷) Bulb Turbine