نیروگاههای برق آبی : مزایا،معایب و مقایسه آن با دیگر روشهای تولید انرژی

۱-مهدی خواجه پور

کارشناس ارشد مهندسی عمران آب - سازمان آب و برق خوزستان

ایمیل: mm.khajehpoor@yahoo.com - تلفن تماس ۰۹۱۶۶۱۲۲۷۴۲

۲- مسلم عارف پور

کارشناس ارشد سازه های آبی-شرکت مهندسین مشاور دزآب

۳- مسعود غیاثی

مدیرامورمهندسی رودخانه و سواحل-سازمان آب و برق خوزستان

چکیده:

نیروگاه های برق آبی یا هیدروالکتریسیته اصطلاحی است که به انرژی الکتریکی تولیدی از نیروی آب اطلاق می شود.در حال حاضر هیدروالکتریسیته چیزی در حدود ۷۱۵۰۰۰ مگاوات یا ۱۹ درصد (در سال ۲۰۰۳ شانزده درصد) از کل انرژی الکتریکی تولیدی جهان را پوشش می دهد.نیروی برق آبی همچنین ۶۳ درصد از انرژی الکتریکی تولیدی از منابع تجدیدپذیر را شامل می شود. بیشتر نیروگاه‌های برق-آبی انرژی مورد نیاز خود را از انرژی پتانسیل آب پشت یک سد تامین می‌کنند. در این حالت انرژی تولیدی از آب به حجم آب پشت سد و اختلاف ارتفاع بین منبع و محل خروج آب سد وابسته‌است. به این اختلاف ارتفاع، ارتفاع فشاری می‌گویند و آن را با "H" (مخفف Head) نمایش می‌دهند.""نیروگاه آب تلمبه‌ای""، نوعی دیگر از نیروگاه آبی است. وظیفه یک نیروگاه آب تلمبه‌ای پشتیبانی شبکه الکتریکی در ساعات اوج مصرف (ساعات پیک) است. از دیگر انواع نیروگاه‌های آبی می‌توان به نیروگاه‌های جزر و مدی اشاره کرد. همانطور که از نام این نیروگاه‌های مشخص است این نیروگاه‌ها نیروی مورد نیاز خود را از اختلاف ارتفاع آب در بین شبانه روز تامین می‌کنند.از مزایای نیروگاههای برق آبی میتوان به ملاحظات اقتصادی،انتشار ناچیز گاز های گلخانه ای و فعالیت های وابسته به آن را نام برد و از معایب آن می توان به آسیب رساندن به محیط زیست، انتشار گازهای گلخانه ای،جابجایی جمعیت و شکست سد اشاره نمود.

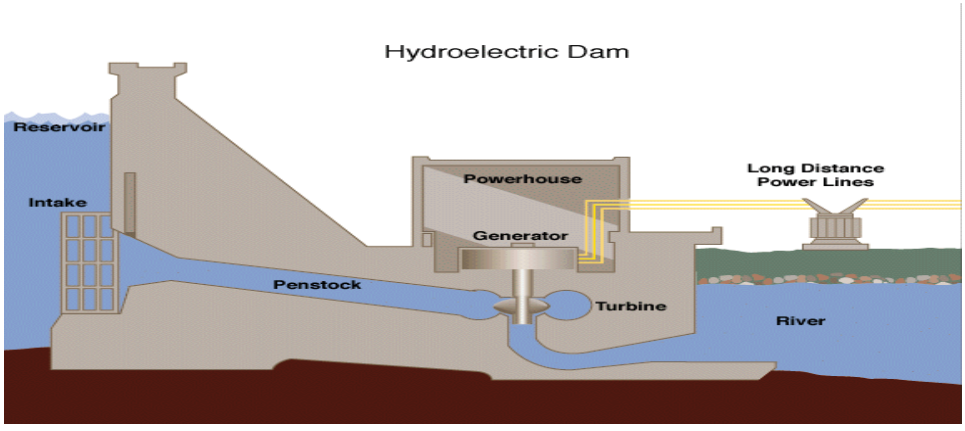
کلمات کلیدی : نیرو گاه های برق آبی،انرژی الکتریکی،سد،مزایا و معایب نیروگاه های برق آبی

۱-مقدمه:

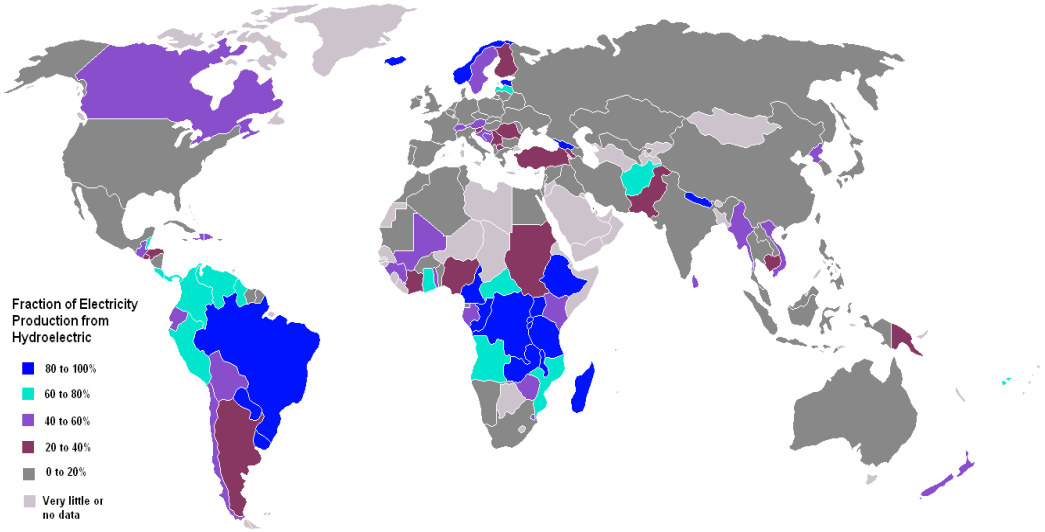
انواع نیروگاههای برق آبی:

۱- نیروگاههای برق آبی با ارتفاع فشاری : بیشتر نیروگاه‌های برق-آبی انرژی مورد نیاز خود را از انرژی پتانسیل آب پشت یک سد تامین می‌کنند. در این حالت انرژی تولیدی از آب به حجم آب پشت سد و اختلاف ارتفاع بین منبع و محل خروج آب سد وابسته‌است. به این اختلاف ارتفاع، ارتفاع فشاری می‌گویند و آن را با "H" (مخفف Head) نمایش می‌دهند. در واقع میزان انرژی پتانسیل آب با ارتفاع فشاری آن متناسب است. برای افزایش فاصله یا ارتفاع فشاری، آب معمولاً برای رسیدن به توربین آبی فاصله زیادی را در یک لوله بزرگ (penstock) طی می‌کند.۲- نیروگاه آب تلمبه‌ای نوعی دیگر از نیروگاه آبی است. وظیفه یک نیروگاه آب تلمبه‌ای پشتیبانی شبکه الکتریکی در ساعات اوج مصرف (ساعات پیک) است. این نیروگاه تنها آب را در ساعات مختلف بین دو سطح جابجا می‌کند. در ساعاتی که تقاضای برای انرژی الکتریکی پایین است با پمپ کردن آب به یک منبع مرتفع انرژی الکتریکی را به انرژی پتانسیل گرانشی تبدیل می‌کند. در زمان اوج مصرف آب دوباره از مخزن به سمت پایین جاری می‌شود و با چرخاندن توربین آبی موجب تولید برق و رفع نیاز شبکه می‌گردد. این نیروگاه‌ها با ایجاد تعادل در ساعات مختلف موجب بهبود ضریب بار شبکه و کاهش هزینه‌های تولید انرژی الکتریکی می‌شوند.۳- نیروگاه‌های آبی می‌توان به نیروگاه‌های جزر و مدی اشاره کرد. همانطور که از نام این نیروگاه‌های مشخص است این نیروگاه‌ها نیروی مورد نیاز خود را از اختلاف ارتفاع آب در بین شبانه روز تامین می‌کنند. منابع در این دسته از نیروگاه‌ها نسبت به بقیه کاملاً قابل پیشبینی هستند. این نیروگاه‌ها همچنین می‌توانند در مواقع اوج مصرف به عنوان پشتیبان شبکه عمل کنند.

شکل (۱) برشی از یک سد و نیروگاه آبی



شکل (۲)درصد استفاده از نیروگاه برق آبی در کشورهای مختلف جهان



۲-مواد و روش ها:

- **معادله:**

یک معادله ساده برای محاسبه تقریبی انرژی الکتریکی در یک نیروگاه برق آبی وجود دارد که به صورت زیر است:

$$p = h*r*k$$

در معادله بالا P توان خروجی در واحد وات، h ارتفاع فشاری در واحد متر، r میزان آب خارج شده در واحد مترمربع در ثانیه و K ضریب تبدیل در ۷۵۰۰ وات است (با پیش شرط راندمان ۷۶٪، شتاب ثقل ۹٫۸۱ متر بر مجذور ثانیه و آب تازه با چگالی ۱۰۰۰ کیلوگرم به ازای هر متر مربع. البته در توربین‌های بزرگ و پیشرفته راندمان معمولاً بالاتر این مقدار است و در توربین‌ها فرسوده این راندمان کمتر است).میزان تولید انرژی الکتریکی در یک نیروگاه آبی به شدت به میزان آب موجود وابسته‌است و در فصول مختلف میزان تولید می‌تواند به نسبت ۱۰ به ۱ متفاوت باشد.

- **سد:** سد دیواری محکم از سنگ وسیمان و یا ساروج است که به منظور مهار کردن آب در عرض دره یا میان دو کوه ایجاد می‌شود. برعکس خاکریزها که برای جلوگیری از ورود آب رودخانه یا دریا به مناطق اطراف ساخته می‌شوند در سدها هدف از مهار کردن آب استفاده از آن است.

-

شکل(۳) منبع آب پشت یک سد در لوگزامبورگ

سدها از نظر مشخصه‌های مختلف طبقه‌بندی می‌شوند این مشخصه‌ها معمولاً شامل:

* طول سد: از نظر طول سدهای با طول بیش از ۱۵ متر را سدهای بزرگ و سدهای با طول بیش از ۱۵۰ متر را سدهای بسیار بزرگ می‌نامند.

* هدف از احداث سد: اهداف ساخت یک سد می‌توانند متفاوت باشند به طوری که بسیاری از سدها بیشتر از یک هدف را دنبال می‌کنند این اهداف می‌توانند شامل آبیاری یا تامین آب مناطق شهری یا زمین‌های کشاورزی، تولید انرژی الکتریکی، ایجاد فضای تفریحی، کنترل سیل و... باشند.
* ساختار سد: از نظر ساختار، با توجه به مصالح مصرف شده یا تکنولوژی ساخت سدها باهم متفاوت هستند. سدها از نظر مصالح مصرف شده می‌توانند چوبی، خاکی یا بتنی باشند.

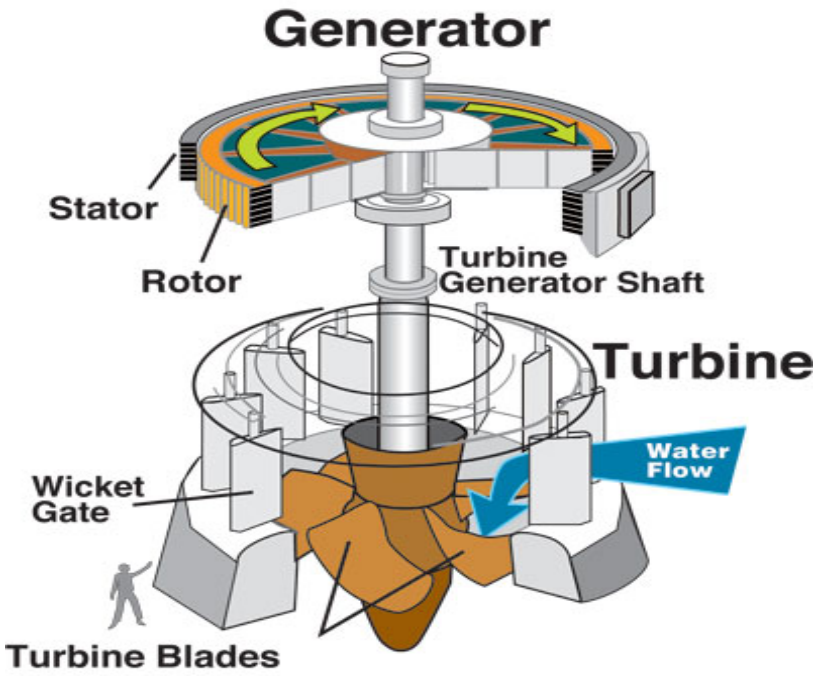
- مزایا :

۱- ملاحظات اقتصادی :بیشترین مزیت استفاده از نیروگاه‌ها آبی عدم نیاز به استفاده از سوخت‌ها و در نتیجه حذف هزینه‌های مربوط به تامین سوخت است. درواقع هزینه انرژی الکتریکی تولیدی در یک نیروگاه آبی تقریباً از تغییرات قیمت سوخت‌های فسیلی نظیر نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ مصون است. همچنین عمر متوسط نیروگاه‌های آبی در مقایسه با نیروگاه‌های گرمایی بیشتر است، به طوری که عمر برخی از نیروگاه‌های آبی که هم‌اکنون در حال استفاده هستند به ۵۰ تا ۱۰۰ سال پیش بازمی‌گردد. هزینه کار این نیروگاه‌ها در حالی که به صورت خودکار کار کنند کم است و بجز در موارد اضطراری به پرسنل زیادی در نیروگاه نیاز نخواهد بود.در موقعیت‌هایی که استفاده از سد چندین هدف را پوشش می‌دهد، ساخت یک نیروگاه آبی هزینه نسبتاً کمی را به هزینه‌های ساخت سد اضافه می‌کند. ایجاد یک نیروگاه هیمچنین می‌تواند هزینه‌های مربوط به ساخت سد را

جبران کند. برای مثال درآمد ناشی از فروش انرژی الکتریکی در سد «Three Gorges» که بزرگ‌ترین سد جهان است با فروش انرژی الکتریکی تولیدی در سد در طول ۵ تا ۷ سال جبران شده‌است.

۲- **انتشار کم گازهای گلخانه‌ای :** در صورتی که سوختی در نیروگاه سوخته نشود، دی اکسید کربن (که یک گاز کلخانه‌ای است) نیز در نیروگاه تولید نخواهد شد. البته در مراحل احداث نیروگاه مقدار ناچیزی گاز دی‌اکسید کربن تولید می‌شود که در مقابل میزان دی‌اکسید کربن تولیدی در نیروگاه‌های گرمایی که از سوخت‌های فسیلی برای تولید انرژی گرمایی استفاده می‌کنند بسیار ناچیزاست. البته در این نیروگاه‌ها بر اثر اجتماع آب پشت سد گازهایی متساعد می‌شود که در پایین به آنها اشاره شده‌است.

شکل(۴)یک توربین آبی وصل شده به یک مولد الکتریکی



۳- **فعالیت‌های وابسته :** آب ذخیره شده در پشت یک سد در واقع می‌تواند بخشی از امکانات مربوط به ورزش‌های آبی باشد و به این ترتیب می‌تواند به جاذبه‌ای برای گردشگران تبدیل شود. در برخی از کشورها از این آب برای پرورش موجودات آبزی مانند ماهی‌ها استفاده می‌شود به این ترتیب که در برخی سدها محیط‌های خاصی برای پرورش موجودات آبزی اختصاص یافته که همیشه از نظر داشتن آب پشتیبانی می‌شوند.

ـَ- معایب :

۱- **آسیب به محیط زیست:** پروژه‌های احداث سد معمولاً با تغییرات زیادی در اکوسیستم منطقه احداث سد همراه هستند. برای مثال تحقیقات نشان می‌دهد که سدهای ساخته شده در کرانه‌های [[اقیانوس اطلس]] و [[اقیانوس آرام]] در آمریکای شمالی از میزان ماهی‌های [[قزل‌آلا]]ی رودخانه‌ها به شدت کاسته‌است و این به دلیل جلوگیری سد از رسیدن ماهی‌ها به بالای رودخانه برای تخم‌گذاری است و این درحالی است که برای عبور این ماهی‌ها به بالای رودخانه محل‌های خاصی در سد در نظرگرفته شده‌است. همچنین ماهی‌های کوچک در طول مهاجرت از رودخانه به دریا در بین توربین‌ها آسیب می‌بینند که برای رفع این عیب نیز در قسمتی از سال ماهی‌ها را با قایق‌های کوچک به پایین رودخانه می‌برند. با تمام فعالیت‌هایی که برای ایجاد محیط مناسب برای ماهی‌ها انجام می‌شود بازهم با ساخت سد از میزان ماهی‌ها کاسته می‌شود. در کشورهایی مانند ایالات متحده بستن مسیر مهاجرت ماهی‌ها و دیگر موجودات آبزری به وسیله سد ممنوع است و حتماً باید برای عبور آنها تمهیداتی اندیشیده شود. به این ترتیب در برخی موارد سدها می‌توانند واقعاً برای ماهی‌ها آسیب رسان باشند که نمونه‌ای از آنها سد مارموت (Marmot Dam) در ایالات متحده‌است که عملیات حذف آن در ۲۰ اکتبر ۲۰۰۷ به پایان رسید. پس از تخریب این سد رودخانه برای اولین بار پس از۱۰۰ سال جریان آزاد خود را آغاز کرد. عملیات حذف این سد بزرگ‌ترین عملیات حذف سد در ایالات متحده بود.ایجاد سدها معمولاً باعث به وجود آمدن تغییراتی در قسمت‌های پایینی رودخانه می‌شوند. آب خروجی از توربین‌ها معمولاً حامل مقدار کمتری از رسوبات است و این خود باعث پاک شدن بستر رودخانه و از بین رفتن حاشیه‌های رودخانه می‌شود. به دلیل اینکه توربین‌ها معمولاً به نوبت کار می‌کنند نوساناتی در جریان آب خروجی ایجاد می‌شود که شدت فرسایش بستر رودخانه را افزایش می‌دهد. همچنین ظرفیت اکسیژن حل شده در آب به دلیل کار توربین‌ها کاهش می‌یابد چراکه آب خروجی توربین‌ها معمولاً گرمتر از آب ورودی آنهاست که این خود می‌تواند جان برخی گونه‌های حساس را به خطر بیاندازد. برخی دیگر از سدها برای افزایش ارتفاع فشار مسیر رودخانه را منحرف کرده و باعث عبور آب از مناطق پر شیب‌تر می‌شوند و به این ترتیب مسیر قبلی رودخانه را خشک می‌کنند. برای مثال در رودخانه‌های تپاکو (Tekapo) و پوکاکی (Pukaki) از این روش استفاده شده‌است که نه تنها موجب به خطر افتادن برخی گونه‌های موجودات آبزی شده بلکه پرندگان مهاجر منطقه را نیز به شدت در خطر قرار داده‌است.سدهای بسیار بسیار بزرگ مانند [[سد اسوان]] (در [[مصر]]) و [[سد سه‌دره]] (در [[چین]]) تغییرات زیادی را در بالا و پایین رودخانه به وجود می‌آورند.

۲- انتشار گازهای گلخانه‌ای : آب جمع شده در پشت سد در مناطق گرمسیری می‌تواند مقدار قابل توجهی از گاز [[متان]] و گاز [[دی‌اکسیدکربن]] را تولید کند. این گازها در اثر پوسیدگی قسمت‌های مختلف گیاهان و زباله‌هایی به وجود می‌آیند که از بالای رودخانه آمده‌اند و به وسیله باکتری‌های ناهوازی تجزیه می‌شوند. بیشتر گاز تولیدی در اثر پوسیدگی را گاز متان تشکیل می‌دهد که از نظر آثار گلخانه‌ای از دی‌اکسیدکربن خطرناک‌تر است.

براساس گزارش کمیسیون جهانی سدها، در سدهایی که منبع آنها نسبت به برق تولیدی آنها کوچک است (کمتر از ۱۰۰ وات به ازای هر مترمربع از آب) و درخت‌های اطراف مسیر رودخانه پاکسازی نشده‌اند، میزان گاز گلخانه‌ای تولیدی از یک نیروگاه گرمایی با سوخت نفت بیشتر است.

۳- جابجایی جمعیت :از دیگر معایب ساخت سدها، جابجایی جمعیت ساکن در مناطق زیر آب رفته توسط آب پشت سد است. این مناطق ممکن است شامل مناطقی باشد که از نظر فرهنگی یا اعتقادی دارای ارزش بالایی هستند و بدین ترتیب دلبستگی زیادی بین مردم ساکن با منطقه و آن منطقه خاص وجود دارد و به این ترتیب با بالا آمدن آب این مکان‌های تاریخی یا فرهنگی از بین خواهند رفت. از جمله سدهایی که در مراحل ساخت با این قبیل مشکلات روبه‌رو شدند می‌توان به [[سد سه‌دره]] یا سد کلاید اشاره کرد.

۴- **شکست سد** :شکسته شدن سدها گرچه به ندرت اتفاق می‌افتد اما خطری جدی و خطرناک است. برای نمونه می‌توان به شکسته شدن سد بانکیاو (Banqiao) در جنوب چین اشاره کرد که موجب کشته شدن ۱۷۱۰۰۰ تن و بی‌خانمان شدن حدود نیم میلیون نفر شد. همچنین سدها می‌توانند هدف خوبی برای دشمن در طول جنگ یا اقدامات خرابکارانه تروریست‌ها باشند. سدهای کوچک در این حملات کمتر آسیب رسان هستند. انتخاب محلی نامناسب برای احداث سد می‌تواند به فاجعه منجر شود، برای مثال می‌توان به سد واجنت (Vajont) در [[ایتالیا]] اشاره کرد که در سال ۱۹۶۳ موجب مرگ حدوداً ۲۰۰۰ نفر شد.

۵- انتشار گازهای گلخانه‌ای:آب جمع شده در پشت سد در مناطق گرمسیری می‌تواند مقدار قابل توجهی از گاز [[متان]] و گاز [[دی‌اکسیدکربن]] را تولید کند. این گازها در اثر پوسیدگی قسمت‌های مختلف گیاهان و زباله‌هایی به وجود می‌آیند که از بالای رودخانه آمده‌اند و به وسیله باکتری‌های ناهوازی تجزیه می‌شوند. بیشتر گاز تولیدی در اثر پوسیدگی را گاز متان تشکیل می‌دهد که از نظر آثار گلخانه‌ای از دی‌اکسیدکربن خطرناک‌تر است. براساس گزارش کمیسیون جهانی سدها، در سدهایی که منبع آنها نسبت به برق تولیدی آنها کوچک است (کمتر از ۱۰۰ وات به ازای هر مترمربع از آب) و درخت‌های اطراف مسیر رودخانه پاکسازی نشده‌اند، میزان گاز گلخانه‌ای تولیدی از یک نیروگاه گرمایی با سوخت نفت بیشتر است.

۶ - جابجایی جمعیت :از دیگر معایب ساخت سدها، جابجایی جمعیت ساکن در مناطق زیر آب رفته توسط آب پشت سد است. این مناطق ممکن است شامل مناطقی باشد که از نظر فرهنگی یا اعتقادی دارای ارزش بالایی هستند و بدین ترتیب دلبستگی زیادی بین مردم ساکن با منطقه و آن منطقه خاص وجود دارد و به این ترتیب با بالا آمدن آب این مکان‌های تاریخی یا فرهنگی از بین خواهند رفت. از جمله سدهایی که در مراحل ساخت با این قبیل مشکلات روبه‌رو شدند می‌توان به [[سد سه‌دره]] یا سد کلاید اشاره کرد.

۳- بحث و نتیجه گیری :

نیروی برق‌آبی با ایجاد انرژی الکتریکی بدون سوزاندن سوخت‌ها از ایجاد آلوده‌کننده‌های متصاعد شده از سوختن سوخت‌های فسیلی مانند دی‌اکسید گوگرد، اسید نیتریک، منواکسید کربن، گرد غبار و سرب (موجود در زغال

سنگ) جلوگیری می‌کند. همچنین هیدروالکتریسیته با از بین بردن ضرورت استفاده از سوخت‌هایی مانند زغال سنگ به طور غیرمستقیم خطرات ناشی از استخراج زغال سنگ را کاهش می‌دهد.در مقایسه با [[نیروگاه هسته‌ای]] این نیروگاه‌ها زباله هسته‌ای تولید نمی‌کنند. همچنین خطرات مربوط به تماس با اورانیوم در معادن یا نشت مواد هسته‌ای را نیز ندارند و برعکس اورانیوم در این دسته از نیروگاه‌ها از انرژی‌های تجدید پذیری استفاده می‌شود.در مقایسه با مولدهای بادی، منابع انرژی در نیروگاه‌های آبی خیلی قابل پیش‌بینی‌تر هستند. همچنین این نیروگاه‌ها می‌توانند ضریب بار شبکه را بهبود دهند و در زمان نیاز شروع به تولید انرژی الکتریکی کرده و به این ترتیب موجب تعدیل شبکه در طول ساعات پیک شوند.برعکس نیروگاه‌های گرمایی در نیروگاه‌های آبی زمان زیادی صرف مطالعات مربوط به سد می‌شود. معمولاً برای انجام دقیق محاسبات، داده‌های حدود ۵۰ سال از رفتارهای رودخانه برای انتخاب بهترین مکان احداث سد و روش ساخت آن لازم است. برعکس نیروگاه‌هایی که از سوخت‌ها برای تامین انرژی استفاده می‌کنند، مکان‌های مناسب برای احداث نیروگاه‌های آبی محدود هستند. همچنین بیشتر نیروگاه‌های آبی از مراکز تجمع جمعیت دور هستند و باید برای انتقال آنها نیز هزینه‌ای صرف کرد. از دیگر ضعف‌های این نیروگاه وابستگی شدید به میزان آب ورودی است و از آنجایکه میزان آب پشت سد به بارش‌ها وابسته‌است و در صورتیکه که میزان بارش برف و باران کاهش یابد میزان تولید انرژی الکتریکی نیز کاهش می‌یابد.

شکل(۵)تصویری از سد کارون ۳

۴-تقدیر و تشکر:

ازدفتر تحقیقات و استانداردهای شبکه های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان بعنوان حمایت کننده این مقاله کمال تشکر و قدردانی را داریم.

۵-منابع و ماخذ:

۱- مجموعه مقالات دومین همایش ملی سدونیروگاه برق آبی-شرکت مدیریت منابع آب ایران

۲- بررسی نیروگاههای آبی و اتمی در ایران و جهان-سیف اله رئوفی

۳- کتاب گاونر توربین های آبی-ترجمه مهندس مونا محمدی

4-Power system analysis and design. Elecsander rio georegian