Archive OF SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir

Archive of SID

دهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی
۲۹ آبان لغایت ۱ آذر ۹۱ (تهران-ایران)

امکانسنجی فنی و اقتصادی احداث نیروگاه جزر و مد در سواحل جنوبی ایران (مطالعه موردی بندر ماهشهر)

حامد حسین زاده[۱] ، مریم حسین زاده[۲]

کلید واژه: انرژی جزر و مد،استحصال انرژی،ارزیابی اقتصادی، سواحل جنوب ایران،بندر ماهشهر

چکیده

یکی از مهمترین و قابل استفاده ترین منابع انرژ یهای تجدید پذیر استفاده از انرژی ناشی از جزر و مد دریاها و اقیانوسها می باشد. انرژی جزر و مد حاصل از نیروهای جاذبه ماه و خورشید است که نقش مهمی در تامین منابع انرژی و جایگزینی انرژی فسیلی دارد. این انرژی در اثر بالا آمدن و پایین رفتن سطح آب دریاها و اقیانوسها که بر اثر جزر و مد ایجاد میشود بوجود می آید. نیروگاههای جزر و مد طول عمر بالایی داشته و کمترین میزان آلودگی از لحاظ انتشار گازهای آلاینده را دارند. انرژی جزر و مد در نقاطی که ارتفاع بین جزر و مد زیاد است از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است. در تحقیق حاضر پتانسیل سنجی انرژی جزر و مد در سواحل جنوبی ایران علی الخصوص بندر ماهشهر همراه با ارائه معادلات تولید انرژی و تعیین ظرفیت نیروگاه بررسی شده و فرآیند اقتصادی نیروگاه مانند هزینه سرمایه گذاری و نرخ بازگشت سرمایه و ... مورد ارزیابی قرار میگیرد. بررسی ها نشان میدهد با توجه به پتانسیل بهره برداری استفاده از انرژی جزر ومد، در برخی از نقاط سواحل جنوبی کشور ضروری به نظر میرسد.

مقدمه

یکی از انواع انرژی های قابل استحصال در دریاها و اقیانوس ها انرژی ناشی از جزر و مد یا به اصطلاح انرژی کشندی می باشد. معمولاً بیشترین مقدار جزر و مد در کناره های سواحل رخ می دهد. با توجه به موقعیت استراتژیک کشور ایران و بهره گیری از کرانه های وسیع خلیج همیشه فارس، دریای خزر و دریاچه های بزرگ داخل کشور می توان از این فرصت به عنوان راهکاری مناسب و به صرفه برای استحصال انرژی استفاده کرد و با مطالعه روی جنبه های مختلف آن امکان سنجی بر فاکتورهای مثبت و منفی آن داشت. با استقرار نیروگاه هایی برای استحصال این انرژی می توان تا مدت ها انرژی پاک و ارزان بدست آورد[۱]. یک نمونه ی عملی و مهم استفاده از انرژی کشندی طرحی با قدرت کلی ۲۴۰ MW در فرانسه با نام La Rance است که روی مصب رودخانه رنس انجام شده است. انرژی تولیدی سالانه این نیروگاه، ۵۰۰ گیگا وات ساعت می باشد و این مقدار انرژی قادر است برق مورد نیاز ۲۴۰۰۰ خانوار را تامین کند[۲]. در سواحل خلیج فارس و دریای عمان بندر ماهشهر دارای بیشترین ارتفاع جزر و مد بوده و متوسط ارتفاع جزر و مد در دوره مورد مطالعه در این ایستگاه ۵/۵ متر است. مطالعات و اندازه گیری های نشان می دهد که شاید با اطمینان بتوان گفت این منطقه (بندر ماهشهر) یکی از بهترین محلهای مناسب از لحاظ ارتفاع جزر و مد برای اجرای پروژه های بهره گیری از انرژی جزر و مد در کل سواحل کشور می باشد که در این آبراهه آب در شبانه روز دو مرتبه در اثر جزر و مد وارد و خارج می شود.

[۱] - دبیر پژوهش/کارشناسی ارشد مهندسی انرژی - دانشکده فنی امام صادق (ع) بابل – En.hahs@yahoo.com
[۲] - مدرس دانشگاه/دانشجوی مقطع دکتری، اقتصاد - دانشگاه آزاد اسلامی – Mhs۲۶۲۰@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

انرژی جزرومد

در قرن یازدهم از انرژی جزر و مد در ساحل اقیانوس اطلس در فرانسه ، انگلستان و اسپانیا با قراردادن دستگاه هایی استفاده شد. اولین استفاده انسان از انرژی جزر و مد در این مناطق برای به حرکت در آوردن آسیابهای آبی بود. استفاده عملی از انرژی جزر و مد در ابعاد تجربی بزرگ در قرن نوزدهم ادامه داده شد. تأسیسات استفاده از انرژی جزر و مد در انگلستان ، آلمان ، ایتالیا، شوروی سابق و آمریکا بکار گرفتـه شـد. ماشـین های جزر و مدی قدیمی قسمت کوچکی از انرژی جزر و مد موجود را برای تولید انرژی مکانیکی فراهم می کردند. توان مکانیکی چنین ماشین هایی بین۳۰ تا ۱۰۰ کیلو وات بوده است. استفاده از انرژی جزر و مد برای تولید الکتریسته اخیراً پیشنهاد شده است[۳].

انرژی جزر و مد حاصل نیروهای جاذبه ماه و خورشید است. مقدار این نیرو وابسته به موقعیتهای مختلف سیستم ماه – زمین – خورشید تغییر می کند. نیروهای گرانشی مابین ماه و خورشید و زمین سبب بالا و پایین رفتن منظم آب اقیانوس ها در سراسر جهان گردیده که نتیجه آن امواج جزر و مدی می باشد. ماه نیرویی بیش از دو برابر نیرویی که خورشید بر امواج جزر و مد تأثیر می گذارد اعمال می کند. در نتیجه جزر و مد به وضوح تابعی است از گردش ماه به دور زمین. بالاترین مد زمانی رخ می دهد که خورشید و ماه نسبت به زمین در یک راستا قرار گیرند که در این حالت ماه کامل خواهد بود(شکل۱). بالاترین مد تقریبا هر دو هفته یک بار رخ می دهد و پائین ترین مد نیز که در ربع اول و سوم ماه میباشد را حداقل مد(neap) گویند . شرایط محلی ، طول ، عمق و شکل بستر نیز تاثیر بسیار زیادی روی تغییرات ارتفاع و زمان رخدادهای جزر و مد می گذارد بگونه ای که ممکن است جزر و مد یک بار در روز یا دو بار در روز رخ دهد.

شکل ۱) نحوه وقوع جزر و مد

شرایط لازم برای ایجاد تأسیسات تولید قدرت جزر ومدی

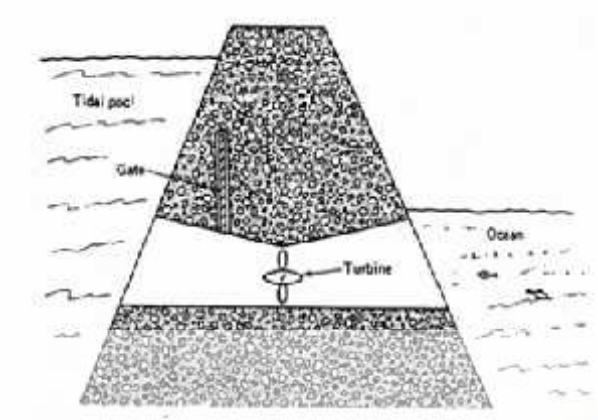
اولین لازمه ایجاد تأسیسات جزر و مدی در یک محل وجود اختلاف ارتفاع کافی بین جزر و مد می باشد که همانطور که اشاره شد، حداقل این اختلاف ارتفاع مورد نیاز برای تولیداقتصادی الکتریسیته با توجه به تکنولوژی موجود ۵ متر (۱۶ فوت) می باشد[۴]. البته در طراحی تأسیسات جزر و مدی علاوه بر اختلاف ارتفاع جزر و مد که با توان دوم در قدرت ایجاد شده مؤثر است پارامتر دیگری نیز اثر دارد که آن حجم آب جریان یافته در محل می باشد. در کنار پارامترهای فوق تقریباً تمام طرحهای موجود به یک خلیج یا کانال با دهانه باریک نیاز دارند بطوریکه دهانه آن را بطور اقتصادی بتوان سد کرد تا یک مخزن ذخیره آب ایجاد شود. این مخزن باید عمقش باندازه کافی زیاد باشد تا توربین در حالت مد در زیر آب قرارگیرد که این موضوع به شکل کانال یا خلیج و ترکیب زمینهای اطراف بستگی دارد.

سیستم ها و روشهای مختلف استفاده از انرژی جزر و مدی

امروزه چندین روش مختلف برای استخراج انرژی جزر و مدی ارائه شده است، ولی هنوز هم یکی از مهمترین مکانیزمها و در واقع مکانیزم اصلی استفاده از انرژی جزر و مدی عبارتست از ایجاد یک سد در مقابل آب دریا و استفاده از هد ایجاد شده در اثر اختلاف ارتفاع آب در حالت جزر و مد برای به حرکت درآوردن توربین می باشد که در شکل شماره (۲) طرح شماتیک این روش مشاهده می شود[۵]. در اکثر این طرحها از واحدهای هیدرولیکی با هد کم که روی رودخانه نصب می گردند استفاده می شود. شکل شماره (۲) شماتیک طرحهای جزر و مدی که از سد استفاده می کنند

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲) شماتیک طرح جزر و مد با استفاده از سد

همانطور که اشاره شد یکی از پارامترهای مؤثر در انتخاب روش استفاده از انرژی جزر و مدی زمینهای اطراف است که این انتخاب با توجه به ترکیب زمینها و هزینه های هر طرح و مزایای آن انجام می شود. تقسیم بندی روشهای مختلف این طرح بر اساس چگونگی ترکیب مخازن می باشد که به شرح زیر است:

- یک مخزن برای جزر(Single-Pool Ebb Tide)
- یک مخزن برای مد(Single-Pool Flood Tide)
- یک مخزن برای جزر و مد (دو راهه)(Single-Pool Two-Way Operation)
- دو مخزن یکی برای جزر و دیگری برای مد(Single-Pool Ebb-and Flood Tide)
- دو مخزن یکی بلند و دیگری کوتاه باسیستم یک طرفه("Single-Pool one way system "High and Low Pool)

مزایا و معایب نیروگاههای جزر و مد

باید رابطه بین مصرف و تولید هماهنگی وجود داشته باشد و این یکی از مسائل مهم تأسیسات تولید الکتریسته توسط جریان جزر و مد می باشد زیرا ممکن است حداکثر قدرت خروجی در زمان پیک مصرف نباشد و سیکل طبیعی خروجی تأسیسات با سیکل مصرف مطابقت نداشته باشد. یکی از مشکلات دیگر ناشی از این مسئله است که فقط نقاط خاصی در جهان دارای پتانسیل استفاده از انرژی جزر و مدی می باشد. این نقاط لزوماً درنزدیکی محلهای مصرف نمی باشد به همین دلیل مسئله انتقال قدرت تا محل مصرف یکی دیگر از مشکلات این طرحها است که برای حل این مشکل یکی از پیشنهادات این است که در محلهای مناسب تأسیسات کوچکی ایجاد شود تا مصرف همان منطقه تأمین شود. مسئله دیگر، نیاز به سرمایه گذاری اولیه زیاد برای ایجاد این تأسیسات می باشد که این امر بعلت لزوم احداث ظرفیتهای بالا در حال مقرون به صرفه شدن است. در کنار این مسائل اثرات محیطی این طرحها را نیز باید مد نظر داشت چرا که به علت بستن سد در دریا حرکت کشتی ها اختلال ایجاد می شود و همچنین این سدها باعث اثرات نامطلوب در زندگی ماهیها و دیگر موجودات دریایی می شوند و از طرفی وجود ماهیها می تواند روی کارکرد توربینها اثر بگذارد. یکی از راه حلهای پیشنهادی در این زمینه ساخت سدهای دریچه دار می باشد. یکی از مزایای نیروگاه جزرومد این است که می توان با تغییر مصرف در شبکه به سرعت این تاسیسات را با شرایط جدید تطبیق داد، در حالیکه در تاسیسات گرمایی مثل سیستم های بخار برای تغییر مقدار خروجی باید دبی بخار و یا دمای آنرا تغییر داد که مستلزم زمان نسبتا زیادی است و این نمی تواند پاسخگوی تغییرات ناگهانی مصرف شبکه باشد. مزیت دیگر انرژی جزر و مد قیمت تمام شده پائین آن است. قیمت آن در حدود ۰/۱ دلار بر کیلووات ساعت می باشد در حالیکه قیمت انرژی های خورشیدی در حدود ۰/۲ دلار بر کیلووات ساعت ، امواج در حدود ۰/۵ دلار بر کیلووات ساعت می باشد. بازده آن در امواج بالا ۸۰ ٪ و در امواج پائین حدود ۳۰ ٪ می باشد. در حالیکه در انرژی خورشیدی بازده بین ۵ تا ۲۰ درصد و در انرژی بادی بازده بین ۲۵ تا ۴۰ درصد می باشد[۳]. یکی از راه حل های پیشنهادی در این زمینه ساخت سدهای دریچه دار می باشد ، این سدها بگونه ای ساخته می شوند که وقتی سطح آب دو طرف معادل همدیگر شوند این دریچه ها باز شده و سیکل طبیعی ادامه پیدا می کند.

www.SID.ir

Archive of SID

پتانسیل انرژی جزر و مد درجهان

دربعضی نقاط جهان محلهای مناسبی برای استفاده از انرژی جزر و مدی مورد بررسی قرار گرفته است و امکاناتی برای توسعه آنها وجود دارد. بطور کلی برای استفاده از نیروگاههای جزر و مدی، به سرمایه گذاری کلان و زمان طولانی برای ساخت حوضچه های ذخیره ای جز رو مدی نیاز است. با توجه به تکنولوژی موجود برای استفاده اقتصادی از انرژی جزر و مدی، اختلاف جزر و مد ۵ الی۱۰ متر لازم است، که در جهان تاکنون حدود ۲۷ محل که شرایط مناسب را دارا می باشند شناسایی شده اند که تعدادی از آنها در جدول شماره ۱ و ۲ آورده شده اند:

جدول۱) ارتفاع جزر و مد در مکان های مختلف جهان[۶]

نام کشور	مکان	ارتفاع جزر و مد (متر)
کانادا	خلیج Fundy	۱۶/۲
انگلستان	مصب Severn	۱۴/۵
فرانسه	بندر Ganville	۱۴/۷
فرانسه	La Rance	۱۳/۵
آرژانتین	Puerto Rio Gallegos	۱۳/۳
روسیه	خلیج Mezen (دریای سفید)	۱۰
روسیه	Penzhinskaya Guba (دریای اختسک)	۱۳/۴

جدول۲) نیروگاه جزر و مد در کشور های مختلف[۷]

نام کشور	نام نیروگاه	هد متوسط (فوت)
فرانسه	Rance River	۲۷/۸
فرانسه	Saint Malo	–
ایالات متحده	Passamaquddy	۱۸/۱
کانادا	Hopewell	۱۸/۱
انگلستان	Servern River	۳۵
سواحل دریای سفید در روسیه	Murmask	–
ایالات متحده	Anapolis River	۲۴
آرژانتین	San Jose	۲۰

پتانسیل انرژی جزرومد درایران

با توجه به وجود سواحلی با طول بیش از ۱۴۰۰ کیلومتر در مناطق جنوبی، بیش از ۹۰۰ کیلومتر ساحل شمالی و سواحل برخی دریاچه ها، خورهای مستعد و ... در داخل کشور، ایران دارای موقعیت خوبی برای استحصال انرژی دریایی است[۸]. در این مقاله ایستگاههای جزر و مد در بنادر سواحل خلیج فارس و دریای عمان (حدود ۸ بندر بزرگ و کوچک) که در استانهای جنوبی کشور می باشند، در دوره زمانی ۱۲ ماهه سال ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار گرفته است. ایستگاههای که دارای بیشترین پتانسیل انرژی جزر و مد می باشند که در شکل شماره ۳ با یکدیگر مقایسه شده اند.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۳) میانگین سالانه پتانسیل انرژی جزر و مد دربنادر سواحل جنوبی کشور (واتساعت بر متر مربع)

موقعیت و پتانسیل بندر ماهشهر برای استفاده از انرژی جزر و مد

همانطور که گفته شد بندر ماهشهر از لحاظ ارتفاع جذر و مد بهترین نقطه برای استحصال انرژی در سواحل جنوبی کشور می باشد. این بندر با طول ساحل ۲۲۳/۴ کیلومتر در شمال غرب خلیج فارس و در استان خوزستان با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه واقع شده (شکل شماره ۴ منطقه مورد مطالعه را روی نقشه نشان می دهد) که دارای پتانسیل انرژی ۲۲/۸ واتساعت برمترمربع را دارد.

مشخصات سطح مورد مطالعه برای ساخت سد نیروگاه جزر و مد بشرح زیر است:

طول : ۶/۵ کیلومتر

عرض : ۲ کیلومتر

اختلاف جزر و مد : ۵/۵ متر

شکل٤) تصویر منطقه مورد مطالعه در جنوب کشور

اندازه گیری جزر و مد ۱۲ ماهه سال ۲۰۱۰ در بندر ماهشهر (برگرفته از مرکز هیدروگرافی ایران) در جدول شماره ۳ آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳) اندازه گیری جذر و مد در منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۰

ماههای سال	ماکزیمم ارتفاع	متوسط ارتفاع	مینیمم ارتفاع	مدت سیکل کامل (ساعت)	نوع سیکل
ژانویه	۵/۳	۵/۲	۰/۳۶	۱۴	جزر به مد
فوریه	۵/۷	۵/۲	۰/۵۶	۱۴	جزر به مد
مارس	۵/۸	۵/۷	۰/۸۸	۱۴	جزر به مد
آوریل	۵/۷	۵/۷	۰/۰۴	۱۳	جزر به مد
می	۵/۳	۵/۳	۰/۰۳	۱۳	جزر به مد
ژوئن	۵/۵	۵/۴	۰/۱۳	۱۲	جزر به مد
جولای	۵/۵	۵/۳	۰/۲۱	۱۲	مد به جزر
اگوست	۵/۷	۵/۲	۰/۵۵	۱۲	مد به جزر
سپتامبر	۵/۸	۵/۷	۰/۱۳	۱۳	مد به جزر
اکتبر	۵/۸	۵/۹	۰/۰۲	۱۳	مد به جزر
نوامبر	۵/۷	۵/۸	۰/۰۳	۱۴	مد به جزر
دسامبر	۵/۵	۵/۶	۰/۰۱	۱۴	مد به جزر

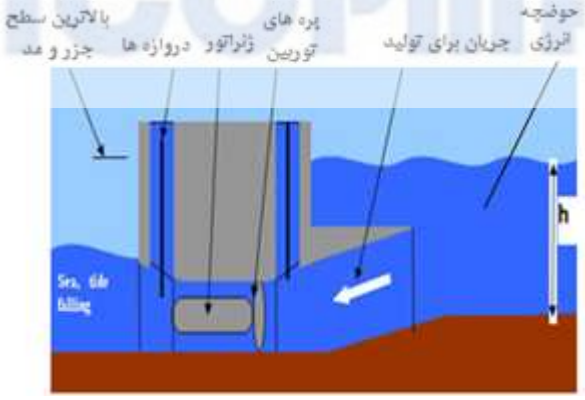
چگونگی استحصال انرژی دریایی

برای استحصال انرژی کشندی، قبل از تعیین موقعیت استقرار نیروگاه، باید به مواردی مثل انواع روش های استحصال این انرژی توجه کرد تا با توجه به موقعیت منطقه های مورد مطالعه بتوان بهترین عملکرد را ایجاد نمود. در حالت کلی می توان سه راه عملی و ساده برای استفاده از این انرژی را نام برد[۹].

۱- یک پره ی چرخان که در مسیر حرکت آب قرار می گیرد این روش برای مناطقی مناسب است که میزان ارتفاعی که در اثر جزر و مد ایجاد می شود زیاد نیست.

۲- ایجاد حوض با مسدود کردن خلیج حاصله از مصب رود یا خلیج اصلی توسط یک سد که روش مطمئن تر و نسبتا قدیمی تری است که با بالا آمدن آب از دریچه های کانالی حوضچه پر می شود و سپس دریچه ها بسته می شوند. بعد از فروکش مد سطح آب در پشت حوضچه کاهش یافته و یک هد آب در داخل وجود دارد. وقتی که سطح آب در حوضچه بالاتر از سطح آب دریاست، انرژی پتاسیل آب مسدود شده ی حوض با گذشتن از توربین مولد الکتریسته انرژی تولید می کند. این تکنیک قدیمی و نسبتًا کارآمد موسوم به تکنیک انرژی خروجی یک راهه حوض می باشد (شکل ۵) که در اکثر طرحهای مهم از آن استفاده می شود.

۳- طرح دیگر عبارت از یک حوض با دو راه است که تولید انرژی بر اثر حرکت آب از طرف دریا به حوض و از طرف حوض به دریا صورت می گیرد. با به کار بردن چنین دستگاهی انرژی بیشتری نسبت به طرح قبلی تولید می شود، اما توربین های طرح دو راهه بسیار بزرگتر و گران قیمت تر هستند و در مواردی باید به کار رود که ارتفاع جزر و مد بالاست.



شکل ۵) نحوه ی استفاده از انرژی جزر و مد دریا

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین ظرفیت نیروگاه

به منظور تعیین معادلات و روابط حاکم بر منبع انرژی جزر و مد، معادله برنولی در واقع مفید ترین و ضروری ترین رابطه می باشد[۱۰]، این رابطه بصورت زیر نمایش داده می شود:

$$Pressure\ Energy + Kinetic\ Energy + Potential\ Energy = Constant \quad (۱)$$

یا به عبارتی داریم:

$$P + \frac{U^2}{2g} + Z = Const \quad (۲)$$

که P فشار آب، U سرعت آب انتقال یافته در آثر جزر و مد و Z ارتفاع آب در اثر جز و مد می باشد. اگر بالاترین ارتفاع آب در اثر جزر و مد را d ، کمترین ارتفاع را h و اختلاف آنها را H بنامیم، رابطه بصورت زیر نوشته می شود:

$$P + \frac{U^2}{2g} + (d - h) = Const \quad (۳)$$

$$P = h = depth\ below\ the\ free\ surface$$

$$\frac{U^2}{2g} + d = Const \quad (۴)$$

اگر Q را حجم تخلیه آب از دریاچه نیروگاه جزر و مد به دریا در واحد ثانیه (متر مکعب بر ثانیه) و V را سرعت آب و d را ارتفاع آب در نظر بگیریم به رابطه زیر می رسیم:

$$Q = V.d \quad (۵)$$

با جایگذاری در رابطه اصلی خواهیم داشت:

$$\frac{Q^2}{2gd^2} + d = H \quad (۶)$$

$$Q^2 = (H - d)2gd^2 \quad (۷)$$

در نتیجه انرژی حاصل از جزر و مد برابر خواهد بود با:

$$E = K_1 * Q^2 \quad (۸)$$

K_1 به عنوان یک ثابت تعریف شده است.

با جایگذاری ثابت های K_1 و K_2 در رابطه انرژی استحصالی از جزر و مد به رابطه زیر می رسیم:

$$E = K_1 * (H - d)2gd^2 \quad (۹)$$

$$E = K_2 * (H - d)d^2 \quad (۱۰)$$

روابط و فرمول های محاسبه انرژی پتانسیل و توان تولیدی نیروگاه های جزر و مدی بصورت زیر می باشد[۱۱]:

(۱۱) انرژی پتانسیل (ژول ساعت) = ۲ * مساحت * دانسیته * شتاب جاذبه * مجذور اختلاف تراز جزر و مد

$$E = 2 * S * P * g * h^2$$

(۱۲) توان تولیدی (وات) = انرژی پتانسیل / (۳۶۰۰ * مدت ساعت یک سیکل)

(۱۳) توان قابل دستیابی = ٪۲۵ * توان قابل تولید

مساحت متوسط مربوط به سطح تعیین شده بیش از ۱۳ کیلومتر مربع بوده و متوسط ارتفاع جزر و مد ۵/۵ متر، فشار آب ورودی ۱۰۲۷ و شتاب گرانشی را ۹٫۸ در نظر می گیریم. با توجه به شرایط فیزیکی آبراهه مورد نظر، بهینه ترین سطح ۱۳ کیلومتر مربع می باشد که این سطح به عنوان سطح مبنای مطالعات مورد نظر می باشد که با این سطح می توان حدود ۴۰ مگاوات توان تولید کرد:

(۱۴) انرژی پتانسیل در آبراهه (ژول ساعت) = ۲ * (۲۰۰۰ * ۶۵۰۰) * ۱۰۲۷ * ۹/۸ * $(۵/۵)^۲$ = ۷۹۱۵۸۰۷/۹ * $۱۰^۶$

(۱۵) توان تولیدی (وات) = ۷۹۱۵۸۰۷/۹ * $۱۰^۶$ / (۱۳ * ۳۶۰۰) = ۱۶۹/۱۴ * $۱۰^۶$

(۱۶) توان قابل دستیابی =۱۶۹/۱۴ * $۱۰^۶$ * ٪۲۵ = ۴۲/۲ * $۱۰^۶$ ≈ ۴۰ * $۱۰^۶$

بنابراین انرژی تولید شده موجود در این ناحیه ۴۰ مگاوات خواهد بود که می توان بصورت ۴ واحد نیروگاهی هر کدام با ظرفیت ۱۰ مگاوات احداث و به شبکه سراسری برق وصل کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی اقتصادی فرآیند

از نقطه نظر اقتصادی، هزینه های بهره برداری از انرژی جزر و مد شامل هزینه های سرمایه گذاری اولیه و بهره برداری خواهد بود. هزینه سرمایه گذاری برای این گونه طرحها نسبت به خروجی قابل استفاده، در مقایسه با سایر نیروگاهها با سوخت فسیلی بالاتر می باشد. در فرآیند مذکور زمان بازگشت سرمایه به شدت به معماری حوضچه و مساحت آن وابسته است. اما از سویی دیگر، استحصال انرژی کشندی مانند سایر انرژی های تجدید پذیر، دارای هزینه های مربوط به تامین سوخت نیست، همچنین نیروگاههای انرژی جزر و مدی دارای طول عمر بالایی هستند و در مواردی ممکن است تا ابد کار کنند. باید توجه داشت که با توجه به مزایای زیست محیطی، تنوع کارکرد، ایمنی و پایداری که این طرح دارد می تواند به عنوان یک منبع تامین انرژی، اشتغال محلی و بومی ایجاد کند.

هزینه سرمایه گذاری$ ۱۰۰۰ به ازای هر کیلو وات ظرفیت تولیدی خواهد بود:

$$۴۰۰۰۰(kw) * ۱۰۰۰(\$) = ۴۰ * ۱۰^{۶}(\$) \quad (۱۷)$$

ساعات کارکرد نیروگاه در مدت یک سال ۲۰۰۰ ساعت می باشد:

$$۴۰۰۰۰(kw) * ۲۰۰۰\ (hr) = ۸۰ * ۱۰^{۶}(kwh) \quad (۱۸)$$

قیمت تمام شده برای عرضه برابر$ ۰/۱ به ازای هر کیلووات ساعت می باشد:

$$۸۰ * ۱۰^{۶}(kwh) * ۰/۱\ (\$) = ۸۰ * ۱۰^{۵}(\$) \quad (۱۹)$$

با در نظر گرفتن ۱۰٪ هزینه های عملیاتی و سایر هزینه های جاری سالانه، مقدار سود خالص برابر با:

$$۸۰ * ۱۰^{۵}(\$) - ۸ * ۱۰^{۵}(\$) = ۷۲ * ۱۰^{۵}(\$) \quad (۲۰)$$

دوره بازگشت سرمایه برحسب سال:

$$۴۰ * ۱۰^{۶}(\$) / ۷۲ * ۱۰^{۵}(\$) = ۵/۵۵ \quad (۲۱)$$

البته دوره بازگشت سرمایه بدون در نظر گرفتن دوره ساخت می باشد در واقع دوره بازگشت سرمایه از شروع تولید انرژی و عرضه آن به شبکه خواهد بود.

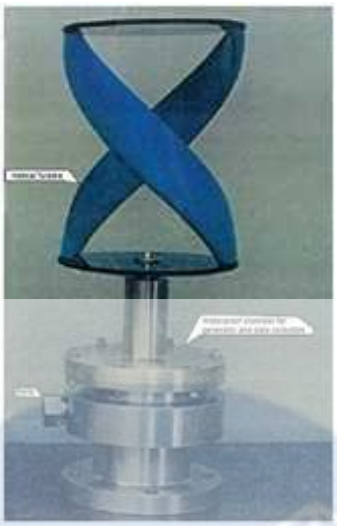
۱۲- نتیجه گیری

شاید باید بدنبال منابع جدید تکنولوژی کار آمد جهت رویارویی با بحران های حاصل از سوخت های فسیلی بود، بطوریکه هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ زیست محیطی قابل توجیه باشند. این منابع اگر چه هنوز به تکامل نرسیده اند ولی امید آن می رود که در قرن آتی جایگاه مناسب خویش را بیابند. در کل می توان گفت ساخت نیروگاه انرژی جزر و مد هزینه نسبتا بالایی دارد، اما قابلیت استفاده طولانی مدت و تولید انرژی ارزان این نیروگاهها باعث بالا رفتن اهمیت اقتصادی آن می شود. توان تولیدی بوسیله نیروگاههای جزر و مدی ارتباط بسیار زیادی به تغییرات ارتفاع جزر و مد و با مجذور ارتفاع نسبت دارد. ساختار نیروگاه باید بگونه ای باشد که توربین ها در نقاط با بیشترین ارتفاع جزر و مد نصب شوند تا نیروگاه در حالت بهینه توان تولید کند. در این مقاله با بررسی جزر و مد در منطقه بندر ماهشهر مشخص شد که در این منطقه هر روز دو بار جزر و مد رخ می دهد و پریود جزر و مد حدود ۱۳ ساعت است. با توجه به انجام محاسبات مربوط به انرژی پتانسیل حاصل از انتقال این حجم از آب، پتانسیل تولید توان با ظرفیت ۴۰ مگاوات به کمک توربین های دو جهته دارا می باشد. با احداث سد دریایی در منطقه می توان به کمک توربین های ۱۰ مگاواتی ، بالغ بر۴ واحد نیروگاه را بر روی سد مذکور احداث کرد. چنین پتانسیل عظیمی جهت تولید انرژی تجدیدپذیر، اگر بی نظیر نباشد، مطمئنا کم نظیر خواهد بود. هزینه احداث نیروگاه جزر و مدی با ظرفیت پیش بینی شده در این مقاله بر اساس تکنولوژیهای روز دنیا حدود ۴۰ میلیون دلار می باشد طبیعی است که استفاده از چنین ظرفیت ارزشمندی نیازمند سرمایه گذاری بخش های دولتی و خصوصی است. در صورت پایین بودن ارتفاع جزر و مد در مناطقی از خلیج فارس بهتر است به جای ساخت حوضچه از چرخاندن مستقیم پره توربین استفاده کرد تا مساله اقتصاد یتر باشد. در کشور ما به عنوان کشوری در حال توسعه بعلت نظام اقتصادی متکی به نفت، هنوز تمام این انرژی ها جایگاه خویش را نیافته اند ولی حرکاتی جدید در نقاط مختلف کشور در حال شکل گیری است که از آن جمله به نیروگاه بادی در خراسان و حمام های خورشیدی در نقاط دور از شبکه میتوان اشاره نمود.

یک نمونه از توربین دو منظوره برای استفاده از انرژی جزر و مد در شکل شماره ۶ و یک نمونه از نیروگاه موجود در جهان در شکل شماره ۷ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦) توربین دو منظور برای استفاده از انرژی جزر و مد[۱۲]

شکل۷) نیروگاه La Rance در فرانسه[۹]

مراجع

[۱]– زارعی محمودآبادی،ه،ویسه،س،(۱۳۹۰)، بررسی، پتانسیل و توان سنجی انرژی جزر و مدی و امواج، کنفرانس ملی بهره برداری از آب دریا

[۲]- Burnham, L., Johansson, T.B., Kelly, H., Reddy, A.K.N. and Williams, R.H. (Eds. ۱۹۹۳), renewable energy: sources for fuels and electricity, Island Press.

[۳]– رنجبر،ع،قره پتیان،گ،وجدانی،م.ص،(۱۳۹۰)، امکان سنجی احداث نیروگاه ۱۰۰ مگاواتی جزرومد در سواحل جنوبی ایران،بیست و ششمین کنفرانس بین المللی برق

[۴]– روحانی،ر،بارانی،غ،خانجانی،م،ج،(۱۳۷۸)، انرژی های تجدیدپذیر :استفاده از نیروی جزر و مد جهت تولید انرژی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

[۵]– شیرزادسیینی،اب،راحلی سلیمی،ج،حسین خواه سورکوهی،س،(۱۳۸۸)، مطالعه امکان سنجی احداث نیروگاه جریانی با استفاده از انرژی جزر و مد،هفتمین همایش ملی انرژی

[۶]– کرمی،ح،وافری،ب،(۱۳۸۸)، بررسی پتانسیل بهره گیری از انرژی کشندی در سواحل جزیر هی قشم، هفتمین همایش ملی انرژی

[۷]- Gorlov, A. M. (۲۰۰۱), tidal energy, lucid energy technologies, northeastern university, boston massachusetts, USA

[۸] – یعقوبی،ف،هاشمی،س.ح،(۱۳۸۰)، بررسی انواع سیستم های استحصال انرژی امواج و انتخاب سیستم های مناسب برای سواحل جنوبی ایران، شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس

[۹]- Bernshtein, L.B., (۱۹۹٦), tidal power plants, seoul: Korea ocean research and development institute (KORDI)

[۱۰]- Faten H. Fahmy, (۲۰۱۰), an optimum operation and mathematical model of tidal energy system at red sea area, international conference on chemistry and chemical engineering (ICCCE ۲۰۱۰).

[۱۱]- Hammons, T. J. (۱۹۹۳), tidal power, proceedings of the IEEE, [online], v۸۱, n۳, pp ٤۱۹–٤۳۳.

[۱۲]- Gorlov, A.M., (۱۹۹۸), turbines with a twist. In: kitzinger u and frankel eg, macro-engineering and the earth: world projects for the year ۲۰۰۰ and beyond, pp. ۱-۳٦. chichester: horwood publishing.

www.SID.ir

Archive of SID

Technical and Economic Feasibility Study of Tidal Power Plant Construction in Southern Coasts of Iran (Case Study: Mahshahr Port)

H. Hossein Zadeh
MS in Energy Engineering, Emam Sadeq Technical University
En.hahs@yahoo.com

M. Hossein Zadeh
Ph.D. Candidate in Economics, Islamic Azad University
Mhs2620@yahoo.com

Abstract:

One of the most important and useful sources of renewable energy is the one generated from tides in sea and ocean. Tidal power is the result of gravitational attraction exerted by moon and sun and has an important role in providing the energy sources and replacing the fossil energy. This energy is produced by ascending and descending of sea and oceans water level which is mainly because of tides. Tidal power plants are durable and produce the least pollution. Tidal energy is economic in places where the height between tides is high. The present study investigates the potential of tidal energy in southern coasts of Iran especially in Mahshahr Port and the energy production and plant capacity equations. Also, the economic processes of plant such as investment, ROI and etc. are evaluated. The investigations show that, considering the exploitation potential, using tidal energy seems necessary in some parts of southern coasts.

Key words: tidal power, power generation, economic assessment, southern coasts of Iran, Mahshahr port

www.SID.ir