بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی فیزیک

امکان سنجی استفاده از انرژی امواج و جزر و مد (منابع انرژی تجدیدپذیر) به منظور تولید انرژی الکتریکی در سواحل جنوبی ایران

استادان راهنما:

دکتر اسماعیل حسن‌زاده

دکتر فهیمه حسینی‌بالام

استاد مشاور:

حمید موسوی

پژوهشگر:

علی رشید

شهریور ماه ۱۳۸۹

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.

چکیده

گرم شدن زمین به علت سوخت‌های فسیلی دارای نتایجی از جمله تاثیر بر الگوی بارندگی، بالا آمدن آب دریاها و تاثیر متفاوت بر زندگی گیاهان، حیات وحش و انسان‌ها می‌باشد. همه این دلایل دانشمندان را به یافتن منابع تجدید پذیر، ترغیب می-نماید. منابع انرژی تجدیدپذیر به طور برجسته شامل انرژی باد، انرژی خورشیدی و در مقیاس کوچکتر انرژی برق‌آبی ، در حال گسترش می‌باشند. از مزایای انرژی امواج، عدم آلودگی به واسطه تولید گاز دی‌اکسیدکربن، فرصت‌های تجاری مشترک دریایی، حفظ منابع سوخت، کاهش خطرپذیری سوخت در آینده و افزایش تنوع در منابع تامین برق می‌باشد. با این وجود تناوبی بودن و وابستگی این منابع به شرایط آب و هوا، چالش برانگیز می‌باشد. صورت دیگری از انرژی‌های تجدیدپذیر که تاکنون علاقه مندی زیادی را به خود معطوف نموده است، انرژی امواج و جریان جزر ومدی می‌باشد. این منبع انرژی، پتانسیل بزرگی را از نظر کاربرد در مقیاس بزرگ دارا می‌باشد. زیرا قابل پیش بینی و پر قدرت است و بهترین راه کار برای تولید انرژی پاک در قرن بیست و یک می‌باشد. منابع انرژی دریایی در سواحل ایران شناسایی نشده‌اند، که این مطلب مشکل جدی بر سر راه توسعه این منابع انرژی می‌باشد و ما قصد داریم این بررسی را انجام دهیم. موضوع مورد مطالعه، امکان استخراج انرژی الکتریکی با استفاده از امواج دریا و انرژی جزر و مد به عنوان یکی از منابع تجدید پذیر انرژی در سواحل جنوبی کشور با هدف ایجاد نیروگاه آزمایشی و تعمیم آن در سواحل جنوبی کشور می‌باشد. ابتدا یک روش تجزیه و تحلیل آماری جهت تخمین توان الکتریکی امواج جزر و مد با استفاده از دامنه جزر و مد به کار گرفته شده‌است. سپس انرژی پتانسیل جزر ومدی و چگالی توان مربوطه محاسبه شده است. بیشترین توان جزر و مدی مربوط به خور موسی است. اساس کار تولید جریان الکتریکی از طریق نوسانگرهای ستونی، جذب کننده‌های نقطه‌ای و تور بین‌های زیر آبی می‌باشد. که باتوجه به زمان تناوب و ارتفاع موثر، میزان انرژی امواج برآورد شده‌است و سپس با توجه به شکل بستر، جهت باد و امواج، مکان‌های پیشنهادی جهت ایجاد نیروگاه مشخص شده‌است. نتایج نشانگر امکان استحصال چند صد کیلو وات برق در سال از این طرح می‌باشد. که چشم اندازی موفقیت آمیز برای تولید انرژی از منابع پایان ناپذیر می‌باشد.

کلید واژه ها: انرژی تجدید پذیر، جزر و مد، موج، توان الکتریکی، سواحل جنوبی ایران

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: منابع تجدیدپذیر انرژی

۱-۱ ضرورت منابع تجدیدپذیر انرژی ۱

۱-۱-۱ مجموعه فعالیت‌های انجام شده جهانی در عرصه انرژی امواج و جزر و مد ۴

۱-۲ انرژی‌های دریایی ۷

۱-۲-۱ انرژی امواج ۸

۱-۲-۲ انرژی جزر و مدی ۸

۱-۳ پیشینه تحقیق ۹

۱-۴ اهداف تحقیق ۱۰

۱-۵ اساس کار در انواع دستگاه‌های استحصال انرژی امواج ۱۰

۱-۵-۱ شناورها ۱۱

۱-۵-۲ نوسانگرستونی ۱۱

۱-۵-۳ پلامیس ۱۲

۱-۶ مفاهیم مهم ۱۲

فصل دوم: انرژی جزر و مد

۲-۱ تاریخچه ۱۴

۲-۲ تولید الکتریسیته با کمک نیروی جزر و مد ۱۵

۲-۲-۱ وضعیت کشورهای مختلف ۱۶

۲-۳ تولید الکتریسیته از جزر و مد در سواحل جنوبی‌کشور ۱۷

۲-۳-۱ بررسی منطقه بندر عباس ۱۹

۲-۳-۲ بررسی منطقه بوشهر ۲۱

۲-۳-۳ بررسی بندر امام ۲۵

۲-۳-۴ بررسی بندر ماهشهر ۲۷

۲-۳-۵ بررسی بندرگناوه ۲۹

۲-۳-۶ بررسی بندر لنگه ۳۱

عنوان **صفحه**

۲-۳-۷ بررسی بندر جاسک ۳۳
۲-۳-۸ بررسی بندر چابهار ۳۵
۲-۳-۹ بررسی بندر عسلویه ۳۷
۲-۳-۱۰ بررسی خور موسی ۳۹
۲-۳-۱۱ بررسی بندر هندیجان ۴۰
۲-۳-۱۲ هزینه راه اندازی یک سیستم توربین جزر و مدی ۴۲

فصل سوم: انرژی امواج

۳-۱ تاریخچه ۴۳
۳-۲ انرژی امواج ۴۴
۳-۳ تولید الکتریسیته با کمک نیروی امواج ۴۴
۳-۴ امکان سنجی استفاده از انرژی امواج در سواحل جنوبی کشور ۴۵
۳-۴-۱ مشخصه‌های امواج در منطقه عسلویه ۴۵
۳-۴-۲ جهت غالب امواج در منطقه عسلویه ۵۳
۳-۴-۳ نیروگاه پیشنهادی شماره یک عسلویه(نوسانگر ستونی) ۵۴
۳-۴-۴ نیروگاه پیشنهادی شماره دو عسلویه (شناور) ۵۶
۳-۴-۵ مشخصه‌های امواج در منطقه چابهار ۵۷
۳-۴-۶ جهت غالب امواج در منطقه چابهار ۶۲
۳-۴-۷ نیروگاه پیشنهادی شماره یک چابهار (نوسانگر ستونی) ۶۳
۳-۴-۸ نیروگاه پیشنهادی شماره دو چابهار (شناور) ۶۵
۳-۴-۹ هزینه‌های راه اندازی سیستم‌های استحصال انرژی امواج ۶۵

فصل چهارم: نتیجه‌گیری

۴-۱ انرژی امواج و جزر و مد ۶۷
۴-۲ مشخصات نیروگاه‌های پیشنهادی ۷۰
منابع و مآخذ ۷۲

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ شکل توربین جزر و مدی ۱۷
شکل ۲-۲ نمودار پنجاه ساعته جزر و مد بندر عباس ۱۹
شکل ۲-۳ نمودار ارتفاع جزر و مد بندر عباس ۲۰
شکل ۲-۴ نمودار انرژی جزر و مد بندر عباس ۲۰
شکل ۲-۵ شکل ماهواره‌ای بندر عباس ۲۱
شکل ۲-۶ نمودار ۷۲ ساعته جزر و مد بندر بوشهر ۲۱
شکل ۲-۷ نمودار ارتفاع جزر و مد بندر بوشهر ۲۲
شکل ۲-۸ نمودار انرژی جزر و مد بندر بوشهر ۲۲
شکل ۲-۹ شکل ماهواره‌ای بندر بوشهر ۲۳
شکل ۲-۱۰ شکل ماهواره‌ای بندر بوشهر ۲۳
شکل ۲-۱۱ نمودار ۷۲ ساعته جزر و مد بندرامام ۲۵
شکل ۲-۱۲ نمودار ارتفاع جزر و مد بندر امام ۲۶
شکل ۲-۱۳ نمودار انرژی جزر و مد بندر امام ۲۶
شکل ۲-۱۴ شکل ماهواره‌ای بندر امام ۲۷
شکل ۲-۱۵ نمودار ۷۲ ساعته جزر و مد بندر ماهشهر ۲۷
شکل ۲-۱۶ نمودار ارتفاع جزر و مد بندر ماهشهر ۲۸
شکل ۲-۱۷ نمودار انرژی جزر و مد بندر ماهشهر ۲۸
شکل ۲-۱۸ نمودار ۷۲ ساعته جزر و مد بندرگناوه ۲۹
شکل ۲-۱۹ نمودار ارتفاع جزر و مد بندرگناوه ۳۰
شکل ۲-۲۰ نمودار انرژی جزر و مد بندرگناوه ۳۰
شکل ۲-۲۱ شکل ماهواره‌ای بندرگناوه ۳۱
شکل ۲-۲۲ نمودار ۷۲ ساعته جزر و مد بندر لنگه ۳۱
شکل ۲-۲۳ نمودار ارتفاع جزر و مد بندر لنگه ۳۲
شکل ۲-۲۴ نمودار انرژی جزر و مد بندر لنگه ۳۲
شکل ۲-۲۵ شکل ماهواره‌ای بندر لنگه ۳۳

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۲۶ نمودار ۷۲ ساعته جزر و مد بندر جاسک ۳۳
شکل ۲-۲۷ نمودار ارتفاع جزر و مد بندر جاسک ۳۴
شکل ۲-۲۸ نمودار انرژی جزر و مد بندر جاسک ۳۴
شکل ۲-۲۹ شکل ماهواره‌ای بندر جاسک ۳۵
شکل ۲-۳۰ نمودار ۷۲ ساعته جزر و مد بندر چابهار ۳۵
شکل ۲-۳۱ نمودار ارتفاع جزر و مد بندر چابهار ۳۶
شکل ۲-۳۲ نمودار انرژی جزر و مد بندر چابهار ۳۶
شکل ۲-۳۳ شکل ماهواره‌ای بندر چابهار ۳۷
شکل ۲-۳۴ نمودار۷۲ ساعته جزر و مد عسلویه ۳۷
شکل ۲-۳۵ نمودار ارتفاع جزر و مد عسلویه ۳۸
شکل ۲-۳۶ نمودار انرژی جزر و مد عسلویه ۳۸
شکل ۲-۳۷ شکل ماهواره‌ای بندر عسلویه ۳۹
شکل ۲-۳۸ نمودار ۷۲ ساعته جزر و مد هندیجان ۴۰
شکل ۲-۳۹ نمودار ارتفاع جزر و مد هندیجان ۴۱
شکل ۲-۴۰ نمودار انرژی جزر و مد هندیجان ۴۱
شکل ۲-۴۱ شکل ماهواره‌ای بندر هندیجان ۴۲
شکل ۳-۱ شکل نوسانگر ستونی ۴۵
شکل ۳-۲ نمودار زمان تناوب موج عسلویه (جولای۲۰۰۷) ۴۷
شکل ۳-۳ نمودار ارتفاع موج عسلویه (جولای۲۰۰۷) ۴۷
شکل ۳-۴ نمودار انرژی موج عسلویه (جولای۲۰۰۷) ۴۷
شکل ۳-۵ نمودار زمان تناوب موج عسلویه (ژوئن۲۰۰۷) ۴۸
شکل ۳-۶ نمودار ارتفاع موج عسلویه (ژوئن۲۰۰۷) ۴۸
شکل ۳-۷ نمودار انرژی موج عسلویه (ژوئن۲۰۰۷) ۴۸
شکل ۳-۸ نمودار زمان تناوب موج عسلویه (می۲۰۰۷) ۴۹
شکل ۳-۹ نمودار ارتفاع موج عسلویه (می۲۰۰۷) ۴۹
شکل ۳-۱۰ نمودار انرژی موج عسلویه (می۲۰۰۷) ۴۹
شکل ۳-۱۱ نمودار زمان تناوب موج عسلویه (آوریل۲۰۰۷) ۵۰

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱۲ نمودار ارتفاع موج عسلویه (آوریل۲۰۰۷) ۵۰
شکل ۳-۱۳ نمودار انرژی موج عسلویه(آوریل۲۰۰۷) ۵۰
شکل ۳-۱۴ نمودار زمان تناوب موج عسلویه (مارس۲۰۰۷) ۵۱
شکل ۳-۱۵ نمودار ارتفاع موج عسلویه (مارس۲۰۰۷) ۵۱
شکل ۳-۱۶ نمودار انرژی موج عسلویه (مارس۲۰۰۷) ۵۱
شکل ۳-۱۷ نمودار زمان تناوب موج عسلویه (فوریه۲۰۰۷) ۵۲
شکل ۳-۱۸ نمودار ارتفاع موج عسلویه (فوریه۲۰۰۷) ۵۲
شکل ۳-۱۹ نمودار انرژی موج عسلویه (فوریه۲۰۰۷) ۵۲
شکل ۳-۲۰ نمودار سالانه توان فرودی امواج در منطقه عسلویه ۵۳
شکل ۳-۲۱ نمودار سالانه جهت غالب امواج در منطقه عسلویه ۵۳
شکل ۳-۲۲ نمودار سالانه فراوانی ارتفاع امواج در منطقه عسلویه ۵۴
شکل ۳-۲۳ نمودار سالانه فراوانی پریود پیک امواج در منطقه عسلویه ۵۴
شکل ۳-۲۴ نمودار سالانه وابستگی پریود و ارتفاع موثر امواج در منطقه عسلویه ۵۵
شکل ۳-۲۵ نمودار جذب توان توسط نوسانگر ستونی ۵۶
شکل ۳-۲۶ شکل مکان‌های پیشنهادی جهت ایجاد سایت نیروگاهی در منطقه عسلویه ۵۷
شکل ۳-۲۷ نمودار زمان تناوب موج چابهار (فوریه۲۰۰۷) ۵۷
شکل ۳-۲۸ نمودار ارتفاع موج چابهار (فوریه۲۰۰۷) ۵۸
شکل ۳-۲۹ نمودار انرژی موج چابهار (فوریه۲۰۰۷) ۵۸
شکل ۳-۳۰ نمودار زمان تناوب موج چابهار (مارس۲۰۰۷) ۵۸
شکل ۳-۳۱ نمودار ارتفاع موج چابهار (مارس۲۰۰۷) ۵۹
شکل ۳-۳۲ نمودار انرژی موج چابهار (مارس۲۰۰۷) ۵۹
شکل ۳-۳۳ نمودار زمان تناوب موج چابهار (آوریل۲۰۰۷) ۵۹
شکل ۳-۳۴ نمودار ارتفاع موج چابهار (آوریل۲۰۰۷) ۶۰
شکل ۳-۳۵ نمودار انرژی موج چابهار (آوریل۲۰۰۷) ۶۰
شکل ۳-۳۶ نمودار زمان تناوب موج چابهار (می۲۰۰۷) ۶۰
شکل ۳-۳۷ نمودار ارتفاع موج چابهار(می۲۰۰۷) ۶۱
شکل ۳-۳۸ نمودار انرژی موج چابهار (می۲۰۰۷) ۶۱

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۳۹ نمودار سالانه توان فرودی امواج در منطقه چابهار ۶۱
شکل ۳-۴۰ نمودار سالانه جهت غالب امواج در منطقه چابهار ۶۲
شکل ۳-۴۱ نمودار سالانه فراوانی ارتفاع امواج در منطقه چابهار ۶۳
شکل ۳-۴۲ نمودار سالانه فراوانی پریود پیک امواج در منطقه چابهار ۶۳
شکل ۳-۴۳ نمودار سالانه وابستگی پریود و ارتفاع موثر امواج در منطقه چابهار ۶۴
شکل ۳-۴۴ نمودار جذب توان توسط نوسانگر ستونی ۶۴
شکل ۳-۴۵ شکل سایت نیروگاهی شماره ۱ چابهار ۶۴
شکل ۳-۴۶ شکل سایت نیروگاهی شماره ۲ چابهار ۶۵
شکل ۴-۱ نمودار سالانه توان فرودی امواج در منطقه عسلویه ۶۹
شکل ۴-۲ نمودار سالانه توان فرودی امواج در منطقه چابهار ۷۰

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ جدول انرژی امواج و جزر و مد ۱۱
جدول ۲-۱ جدول هزینه‌های راه اندازی یک دستگاه توربین زیرآبی..... ۴۲
جدول ۳-۱ جدول هزینه‌های راه اندازی یک دستگاه نوسانگر ستونی..... ۶۵
جدول ۳-۲ جدول هزینه‌های راه اندازی یک سیستم شناور ۱۵عددی..... ۶۶
جدول ۴-۱ جدول انرژی پتانسیل امواج جزر و مد در سواحل جنوبی‌کشور..... ۶۸
جدول ۴-۲ جدول انرژی سالانه به تفکیک فصل‌های سال در سواحل جنوبی‌کشور..... ۶۹
جدول ۴-۳ جدول مشخصات امواج در نیروگاه‌های پیشنهادی در سواحل جنوبی‌کشور..... ۷۱
جدول ۴-۴ جدول مشخصات نیروگاه‌های پیشنهادی در سواحل جنوبی‌کشور..... ۷۱

فصل اول

منابع تجدید پذیر انرژی

۱-۱ ضرورت منابع تجدید پذیر انرژی

انرژی یک نیاز اساسی برای استمرار توسعه اقتصادی و تدارک و تامین رفاه وآسایش زندگی بشری‌است. براساس اعتقاد برخی از صاحب نظران، از سال‌ها پیش، بحران انرژی دیگری درشرف تکوین‌است. پیش‌بینی می‌شودکه دامنه تاثیرات این بحران، به مراتب وسیع‌تر از شوک نفتی در سال‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۷۳ باشد. این بحران تنها به تامین انرژی معطوف نیست، بلکه ترکیب پیچیده‌ای از مشکلات زیست محیطی را نیز شامل خواهد بود،که نه تنها کیفیت زندگی اجتماعی مدرن امروز، بلکه ادامه توسعه اقتصادی جهان را دچار مخاطره خواهدکرد.

این واقعیت که هم اکنون اثرات آن کمابیش مشهوداست، سیاست‌گزاران را به پیشنهاد موازین و سیاست‌هایی برای کنترل محیط زیست و پژوهشگران را به توسعه منابع انرژی‌کم آلاینده و تجدیدپذیری‌که توان نهفته برای جایگزینی با سیستم انرژی فعلی دارند ترغیب می‌کند. ولی اینها، تنها نیروهای محرکه‌ای نیستندکه توسعه تجدیدپذیرها و ضرورت انتقال به سیستم انرژی پایدار را در دستورکار قرار می‌دهند. نگرانی‌های ناشی از پایان‌پذیری سوخت‌های فسیلی، افزایش روزافزون مصرف انرژی، رشد جمعیت، مشکلات ناشی از مهاجرت و رشد بی‌رویه شهرنشینی، افزایش بیکاری، پیش‌بینی سقوط درآمدهای ناخالص جهانی و غیره، عوامل دیگری هستندکه توجه به منابع تجدیدپذیر و ضرورت جایگزینی را شدت می‌بخشند.

در هر حال استفاده از منابع انرژی فسیلی با رعایت ملاحظات زیست محیطی و نیز تلاش در جهت استفاده هر چه

بیشتر و بهتر از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و سوخت‌های جایگزین تجدیدپذیر، راه‌کارهای کلیدی در توسعه سیستم انرژی پایدار هستند. درهمین راستا به منظور تبدیل کارآی انرژی هر یک از منابع یاد شده به اشکال مناسب‌تر انرژی، شیوه‌های مبتکرانه‌ای لازم است که ضمن داشتن توجیه اقتصادی فنی با محیط زیست نیز سازگار باشند. لذا نیروگاه‌های دریایی ابداعی انقلابی در زمینه فن‌آوری تولید برق می‌باشند. انرژی دریایی یا اقیانوسی، یکی از انواع انرژی‌های تجدیدپذیراست که درکنار منابع دیگری نظیر انرژی خورشیدی و باد، مورد توجه قرارگرفته‌است. انرژی امواج و انرژی جزر و مد را می‌توان مهمترین زیر مجموعه‌های انرژی‌های دریایی به شمارآورد. به دلیل تفاوت‌های موجود در ویژگی‌ها و روش‌های فنی جذب آن‌ها، توسعه این دو منبع، راه متفاوت و مستقلی را طی‌کرده‌است. نیروگاه‌های جزر و مدی به دلیل مشابهت با نیروگاه‌های آبی و استفاده از فناوری آماده آن‌ها، به پیشرفت های سریعی نایل آمده‌اند.

که درکنار منابع دیگری نظیر انرژی خورشیدی و باد، مورد توجه قرار گرفته است. انرژی امواج و انرژی جزر و مد را می‌توان مهمترین زیر مجموعه‌های انرژی های دریایی به شمار آورد.

اما بروز مشکلات زیست محیطی باعث شده‌است‌که تحول و ایجاد تغییرات اساسی در روش‌کار ضروری شود که درنتیجه توسعه آن‌ها به روش قبل به رغم پیشرفت‌های ذکرشده، درعمل محدود شده‌است. نیروگاه‌های موجی از تنوع زیادی برخوردار هستند. برخی بر روی آب شناورند و برخی دیگر در ساحل نصب می شوند. همچنین نحوه درگیری آنها با امواج و در نتیجه نوع حرکتی‌که جذب می‌کنند با هم تفاوت بسیار دارند. علاوه برکارهای مطالعاتی، نمونه‌های-کوچکی نیز از برخی سیستم‌های موجی در نقاط مختلف جهان ساخته شده و مورد آزمایش قرارگرفته است.

امواج در اثر انتقال انرژی از باد به دریا به وجود می‌آیند. نرخ این انتقال انرژی بستگی به سرعت باد و نیز به مسافتی دارد که در طول آن باد با سطح آب در فعل و انفعال بوده است. موج ها به خاطر جرم آبی که نسبت به سطح متوسط دریا جا به جا شده، انرژی پتانسیل و به خاطر سرعت ذرات آب، انرژی جنبشی را با خود حمل می‌کنند. انرژی ذخیره شده از طریق اصطکاک و اغتشاش و با شدتی‌که بستگی به ویژگی امواج و عمق آب دارد، تلف می‌شود. موج های بزرگ درآب‌های عمیق انرژی خود را با کندی بسیار از دست می‌دهند، در نتیجه سیستم‌های امواج بسیار پیچیده هستند و اغلب هم از بادهای محلی و هم از توفان هایی‌که روزها قبل در دوردست اتفاق افتاده‌اند سرچشمه می‌گیرند.

امواج توسط ارتفاع، طول موج و دوره تناوبشان مشخص می‌شوند. قدرت امواج معمولاً بر حسب کیلووات بر متر بیان می‌شودکه نمایانگر شدت انتقال یا عبور انرژی از یک خط فرضی به طول یک متر و موازی با جبهه موج است. امروزه فناوری تولید انرژی از اموج اقیانوسها وجود دارد، به طوری که بیش از ۵۰۰ اختراع در این زمینه به ثبت رسیده است که از آنها به سه روش اصلی، استفاده از کانالی به شکل مخروط ناقص، استفاده از حرکت عمومی امواج اقیانوس توسط مکانیزم های گوناگون و استفاده از یک ستون نوسانی آب می توان اشاره‌کرد [۱].

جزر و مد دریا در اثر جاذبه ماه و خورشید به هنگام گردش زمین به وجود می‌آید. نیروی جاذبه ماه باعث ایجاد برآمدگی در آب ها شده و به علت گردش وضعی زمین این برآمدگی به سمت غرب جریان پیدا می‌کند، در نتیجه موج هایی با دوره ۱۲ ساعت و ۲۵ دقیقه ایجاد می‌شود که دامنه نوسان آنها در اقیانوس‌های بزرگ در حدود ۰/۵ متر است. اثر نیروی جاذبه خورشید نیز مشابه ولی ضغیف تراست و هر۱۲ ساعت یک مرتبه ظاهر می‌شود. به این ترتیب جزر و مد به صورت منظم در قالب امواج قمری رخ می‌دهد. بیشترین دامنه جزر و مد زمانی به وجود می‌آید که ماه و خورشید در یک راستا قرارگرفته باشند و برعکس هنگامی‌که آنها در بربیع باشند، این دامنه حداقل است. هنگامی‌که امواج جزر و مدی به سواحل و فلات قاره می‌رسند، دامنه آنها می‌تواند در اثر هجوم آب، قیفی شدن آبراه و ایجاد رزنانس به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد. مثلاً دامنه جزر و مد در نقاط مناسبی از کانادا به بیش از ۱۰ متر می‌رسد. به رغم پیچیدگی خاصی‌که در مورد جزر و مد وجود دارد پیش بینی و محاسبه دقیق آن در هر محل ممکن است[۱].

استحصال انرژی از جزر و مد در نقاطی‌عملی‌است‌که انرژی زیادی به صورت جزر و مدهای بزرگ درآنها متمرکز شده باشد و جغرافیای محل نیز برای احداث نیروگاه جزر و مدی سایت مناسبی فراهم‌کرده باشد. چنین مکان هایی در همه جا یافت نمی‌شوند. اما تا به حال تعداد نسبتاً زیادی شناسایی شده اند. در حال حاضر تعداد کمی نیروگاه جزر و مدی در جهان احداث شده است. نخستین و بزرگ ترین آنها که از نوع تک حوضچه ای و دو اثری بوده، با ظرفیت ۲٤۰ مگاوات در فرانسه تأسیس شده است‌که جنبه تجاری دارد. به غیر از آن، نیروگاه ۲۰ مگاواتی درکانادا، نیروگاه آزمایشی ٤۰۰ کیلوواتی در شوروی سابق و نیروگاه ۳/۲ مگاواتی در چین را می‌توان نام برد. همچنین چند ایستگاه کوچک چند منظوره در چین احداث شده است [۲].

تا چند وقت دیگر، نفت وگاز و سوخت‌های فسیلی دراختیار داریم و پس از تمام شدن انرژی فسیلی چه خواهیم-کرد؟ هر چند استفاده از انرژی هسته‌ای همچنان به عنوان یک‌گزینه مطرح است، اما در نهایت ذخیره اورانیوم هم تمام شدنی است.

پس از طرح موفق نیروگاه‌های بادی، دانشمندان اروپایی در نظر دارند انرژی امواج خروشان دریا را به برق تبدیل‌کنند. چندی پیش ۱۲ کشور اروپایی پیمانی به نام "تبدیل انرژی آب‌ها" امضا کرده‌اند و درحال حاضر این کشورها در این زمینه تحقیق می‌کنند[۲].

۱-۱-۱ مجموعه فعالیت‌های انجام شده جهانی در عرصه انرژی امواج و جزر و مد

طرح‌های متفاوتی برای عملی‌کردن این ایده، یعنی استفاده از انرژی امواج دریا در دست بررسی است. در این میان طرح نیروگاه شناورکه به تازگی توسط شرکت اسکاتلندی ارائه شده، توجه سرمایه‌گذاران بزرگ را به خود جلب کرده است.

نیروگاه شناورکه در مرحله آزمایشی موفق بوده است، نیروگاهی است‌که نیروی امواج دریا را به انرژی برق تبدیل می‌کند و سرمایه‌گذاران بزرگی روی این طرح سرمایه گذاری‌کرده‌اند. یکی از طراحان نیروگاه، پروژه را این‌طور تعریف می‌کند: چهار برگه کالباس را تصور کنید که روی سطح آب شناورند، ببینید وقتی موج به قسمت جلویی این ورقه‌ها می‌خورد، ورقه‌ها تا می‌شوند و بالا می‌روند.

آنچه که او به ورقه‌های کالباس تشبیه می‌کند، میله‌هایی از جنس فولاد و به طول ۳۰ متر هستندکه از وسط تا می‌شوند. این میله‌ها درون سیلندرهای مخصوصی قرار می‌گیرندکه مثل واگن‌های قطار، چهارتایی به هم متصل‌اند. امواج دریا، میله‌های فولادی را بالا و پایین می‌کند. در اصل مثل این است که پا را از زانو جمع و دوباره درازکنید و به این ترتیب از این بالا و پایین شدن مداوم، انرژی تولید می‌شود. لوله‌ها با امواج بالا و پایین می‌شوند و این حرکت مداوم، پیستون‌های هیدرولیکی سیلندرها را به کار می‌اندازد، درست مثل این‌که با صرف نفت، موتور هیدورلیک را به حرکت در آورده و برق تولیدکنید.

ظرفیت تولید این نیروگاه، درحال حاضر حدود ۲ مگاوات است. این پروژه در ابعاد بسیارکوچک آغاز شده است، اما در آینده نزدیک گسترش پیدا خواهدکرد. در مرحله بعد میله‌های فولادی چهارتایی درون سیلندرها، تبدیل به جفت‌های دوازده تایی خواهند شد و در مرحله تکمیلی سیلندرها، صد و ۱۰ تایی خواهند بود،که انرژی مورد نیاز حدود ۱۵ هزار خانواده را تأمین می‌کنند. بهره‌برداری از این نیروگاه که در پنج کیلومتري ساحل پرتغال در اقیانوس نصب شده، آغازشده است و برق تولیدی به ساحل ارسال می‌شود. نصب اولین نیروگاه شناور در پرتغال اتفاقی نبوده است. دولت پرتغال از این طرح حمایت می‌کند و تولید انبوه انرژی با صرف هزینه اندک، هدفی است که دولت پرتغال دنبال می‌کند. یکی ازکارکنان مرکز تحقیقاتی "انرژی امواج" در پرتغال، می‌گوید: حداکثر تا پنج سال آینده در پرتغال پنج نیروگاه ساخته خواهد شد،که پس از بررسی خطرات زیست محیطی این نوع نیروگاه‌ها، مکان‌های مناسب نصب آنها، مشخص خواهدشد[۲].

البته غیرازسواحل پرتغال، مکان‌های مناسبی برای نصب این نیروگاه‌ها وجود دارد، مثلاً سواحل اسپانیا، فرانسه، انگلیس و یا جنوب آفریقا یا آمریکایی جنوبی. در همین‌حال، مهندسان این نیروگاه درحال بررسی سواحل آمریکا به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی جهان هستند. محاسبه‌ها نشان می‌دهدکه امواج طوفانی دریا می‌توانند تا۳۰۰ گیگاوات برق تولیدکنند. روشن است‌که نیروگاه‌های شناور مانند نیروگاه‌های بادی به زودی جای خود را بازخواهندکرد. این طرح موفق‌تر از نیروگاه‌های بادی خواهد شد وآینده انرژی، مبتنی برنیروگاه‌های شناورخواهد بود.

محققان ژاپنی در راستای تلاش‌های ژاپن برای کاهش گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی، درحال تولید و توسعه ژنراتورهای تولید برق از امواج دریا هستند. پس از سه سال کار و تلاش مداوم توسط محققان ژاپنی، آزمایش

نخستین نمونه از ژنراتورهای تولید برق از امواج دریا را در اقیانوس آرام، در نزدیکی یکی از شهرهای این کشور، در غرب ژاپن‌آغاز شده است. ژنراتور شناور تولید برق از امواج دریا، به اندازه ۱۰ در۱۰ متر دارای یک دستگاه است‌که حرکات عمودی امواج را به حرکات چرخشی و برق تبدیل می‌کند.آنها درنظردارند تا با استفاده از این ژنراتورها ٤٥ کیلووات برق تولیدکنند،که بدین ترتیب این برق نیاز۳۰ تا٤۰ خانه را به طور هم‌زمان تامین می‌کند.

نسخه آزمایشی این نوع ژنراتور، آزمایش‌های لازم را در یک استخر شنا در غرب ژاپن آغاز کرده است. تلاش می-شود تا راه های باثباتی برای تولید برق و پیشگیری ژنراتور از تصادم با اشیای دیگر در آب یافته شود. ژاپنی‌ها به دنبال آغاز استفاده تجاری از این سیستم تولید برق، طی دو سال آینده می‌باشند. یکی از محققان یک شرکت ژاپنی می گوید، در حال حاضر بیش از ۲۰۰ شرکت خارجی در رقابت برای توسعه ژنراتورهای تولید برق از امواج دریا هستند [۲].

محققان درسراسرجهان، مطالعه برای تولید برق از امواج دریا را از دهه ۷۰ آغاز کرده اند و در این مدت آنها با مشکلات متعددی از جمله تولید برق با ظرفیت پایین و خوردگی تجهیزات بر اثر آب شور دریا روبرو بوده اند. با این حال توسعه اطلاعات و فناوری و مواد جدید، تولید برق از امواج را به عنوان یکی از منابع انرژی مناسب، در کنار انرژی خورشیدی و باد قرار داده است.

همچنین دانشمندان با الهام از ضربان نبض رگ‌های بدن، روش تازه‌ای را برای تولید ارزان قیمت انرژی برق از امواج دریا ابداع کرده‌اند. یک مارپلاستیکی غول‌پیکر در آب شناور می‌شود و انرژی اموج را به الکتریسیته تبدیل می‌کند. این ساخته جدید، قدمی دیگر در راه اقتصادی‌تر شدن انرژی است. نمونه‌ای هشت متری از این مار پلاستیکی که یک بیست و پنجم اندازه واقعی آن است، در حال حاضر آزمایش‌های لازم را در استخری واقع در بریتانیا می‌گذراند. نمونه اصلی این مار تا پنج سال آینده ساخته خواهد شد.

مهار انرژی امواج دریا، پیشنهاد بسیار قابل توجهی‌است، زیرا موج دریا بسیار پرانرژی تر از باد است، اما مشکلاتی که راه‌اندازی یک سیستم ارزان قیمت در محیط پرخطر دریا دارد، نیروی موج را همچنان از حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر دور نگه می‌دارد. تازه در سال گذشته بود که اولین مزرعه موج اقتصادی دنیا ، خارج ازمحدوده سواحل شمالی پرتغال آغاز به کارکرد [۲].

طرح‌های متنوع دیگری نیز در سراسر دنیا در حال آزمایش است، اما هیچ‌کدام به اندازه مار پلاستیکی عجیب و غریب نیست. این مار پلاستیکی با آب شیرین پر می‌شود تا آبزیان دریا را از خانه کردن درآن باز دارد. سپس از هر دو طرف بسته می‌شود تا مانند بادکنکی نیمه سخت بر سطح آب شناور بماند. این لوله از یک طرف مهار می‌شود. با عبور امواج در طول مار، فشاری در آن ایجاد می‌شودکه توسط آب درون آن منتقل می‌شود. این امر باعث می‌شودکه در قسمت‌هایی ازدیواره مارکه تحت فشار موج‌کم‌تری است، انبساط ایجاد شود. بدین ترتیب، موجی از برآمدگی‌ها در

دیواره آن ایجاد می‌شود که در طول آن حرکت می‌کند.

این امواج شبیه امواجی هستند که در سیستم گردش خون انسان دیده می‌شوند و می‌توان ضربان آن را در مچ دست و یا گردن حس کرد. وقتی هر برآمدگی به انتهای مار می‌رسد، توربینی را به گردش در می‌آورد که جریان الکتریکی تولید می‌کند. این مار از ماده‌ای برپایه پلاستیک ساخته‌شده،که پیش از این در ساخت شناورها استفاده می‌شد. شناورها جعبه‌های انعطاف‌پذیری بودند که با گازوئیل یا آب پر می‌شدند و برای حمل و نقل سریع و ارزان قیمت به دنبال کشتی ها کشیده می‌شدند.

مار پلاستیکی غیر از توربین، هیچ بخش متحرک دیگری ندارد و تنها چیزی‌که لازم دارد، مهاری است که آن را به کف اقیانوس می‌بندد. بنابراین هزینه‌های ساخت آن کم می‌شود. هم‌چنین نیازی به هزینه کردن برای نگهداری آن نیست، خصوصا که در شرایط دریایی، مشکلات مربوط به زنگ‌زدگی ، قابل دسترس بودن و هزینه‌های گزاف را ندارد.

مار پلاستیکی در ابعاد واقعی خود به طول ۲۰۰ متر، می‌تواند انرژی مورد نیاز یک هزار خانه معمولی را تامین کند. و به نسبت تمامی ابزارهای مربوط به انرژی امواج که در حال حاضر وجود دارند، انرژی بیشتری تولید می‌کند.کار روی این طرح را درسال ۲۰۰۷ آغاز و نخستین نمونه کوچک سال گذشته آزمایش شده است. اولین مار پلاستیکی در ابعاد واقعی می‌تواند در سال ۲۰۱٤ کار خود را آغاز کند [۲].

ممکن است مار پلاستیکی، سال‌ها در رقابت با دیگر فناوری‌ها مانند سیستم پلامیس (Pelamis system) عقب بماند. سیستم پلامیس در حال حاضر خارج از محدوده سواحل پرتغال کار خود را آغاز کرده است [۳].

علاوه بر انرژی جزر و مد و امواج، انرژی حرارتی اقیانوس‌ها یا دریاها که از اختلاف دمای آب های سطحی و آب های عمق ۱۰۰۰ متری دریاهای بزرگ استفاده کرده و یک سیکل کم راندمان و دما پایین ترمودینامیکی را بین این دو منبع حرارتی سرد و گرم برقرار می‌کند نیز مورد توجه و بهره برداری آزمایشی قرارگرفته است [۱].

۱-۲ انرژی‌های دریایی

انرژی دریایی یا اقیانوسی، یکی از انواع انرژی تجدید پذیراست، که درکنار منابع دیگر، نظیر انرژی خورشید و باد مورد توجه قرارگرفته است. نیروگاه‌های جزر ومدی به دلیل مشابهت با نیروگاه‌های آبی و استفاده از تکنولوژی آماده آن‌ها، به پیشرفت‌های سریعی نائل‌آمده‌اند. نیروگاه‌های موجی از تنوع بسیار زیادی برخوردار هستند. برخی بر روی آب شناورند و برخی دیگر در ساحل نصب می‌شوند. همچنین نحوه درگیری آنها با امواج و در نتیجه، نوع حرکتی که جذب می‌کنند باهم تفاوت بسیار دارد، درعین حال می‌توان گفت‌که سیستم‌های موجی در مجموع، هنوز به اندازه کافی تکامل پیدا نکرده اند و برای رسیدن به مرحله بهره برداری تجاری، راه درازی را در پیش دارند.

امواج دریا به هفت دسته قابل تقسیم هستند:

۱- امواج ناشی از باد (Wind waves)**:** شکل سطح دریا با وجود این امواج به صورت نامنظم است و امواج با قله ها و طول موج‌های مختلف ظاهر می‌شوند. درحالات مختلف دریا شکل این امواج را به صورت مجموعه توابع سینوسی و کسینوسی نوشته و عملیات میانگین‌گیری را در مورد آنها مطرح می‌سازیم. بهترین پارامتر قابل قبول در مورد این امواج ارتفاع موج است‌که به صورت میانگین ارتفاع از یک سوم مرتفع ترین امواج مشاهده شده در یک زمان ثابت اندازه گیری می‌شود. پریود این امواج بین۱ تا ۳۰ ثانیه است. نیروی جاذبه عامل کنترل کنندهٔ این امواج است.

۲- امواج مرده (Swell waves) : امواجی هستند که در غیاب بادهای محلی مشاهده می‌شوند و یا اینکه در محل مشاهده این امواج عامل بوجود آورندهٔ آنها وجود ندارد. پریود این امواج بین ۵ تا۳۰ ثانیه می‌باشد. دامنه این امواج در مقایسه با طول موج آنها کوچک است. عمده ترین امواج در دریای عمان این امواج هستندکه زیاد مشاهده می‌شوند.

۳- امواج موئینه (Capilary waves) : امواج کوچک تلاطمی هستندکه کاملا با امواج کوچک ناشی از باد متفاوتند. نیروی بوجود آورندهٔ آنها باد می باشد اما عامل کنترل کنندهٔ این امواج نیروی کشش سطحی آب است. پریود این امواج کمتر از ۰/۱ ثانیه است و در این امواج سرعت گروه بیشتر از سرعت موج است.

۴- امواج سیچ (Seiches waves) **:** به خاطر گردش زمین حول محورش آب به طور طبیعی نوسان دارد و اگر فرکانس این نوسانات با فرکانس تغییرات جوی یکسان شود، این امواج ایجاد می شود. پریود این امواج بین ۳۰ ثانیه تا ۵ دقیقه می باشد.

۵- امواج طوفان (Storm waves)**:** زمانی‌که باد روی سطح دریا می وزد، آب‌ها را در ساحل جمع کرده و سطح تراز دریا افزایش می یابد و در مکانی دیگر سطح تراز آب دریا کاهش می یابد و همین امر سبب ایجاد این امواج می‌گردد. پریود این امواج ۳۰ ثانیه تا ۵ دقیقه می باشد.

۶- امواج داخلی (Internal waves) : این امواج در داخل آب دریا در فصل مشترک دو محیط با چگالی‌های مختلف ایجاد می‌شود.

۷- امواج جزر و مدی (Tidal waves) : عامل بوجود آورنده این امواج نیروی جاذبه ماه، خورشید و سایر سیاره‌ها می باشد و نیروی کنترل‌کننده این امواج نیروی جاذبه و نیروی کوریولی است. پریود این امواج از ۱۲ ساعت بیشتر است[۴].

۱-۲-۱ انرژی امواج

امواج در اثر انتقال انرژی از باد به دریا، بوجود می‌آیند. نرخ این انتقال انرژی، بستگی به سرعت باد و نیز مسافتی

داردکه در طول آن باد با سطح آب در فعل و انفعال بوده است. موج‌ها به خاطر جرم آبی‌که نسبت به سطح متوسط دریا جابه‌جا شده، انرژی پتانسیل و به‌خاطر سرعت ذرات آب، انرژی جنبشی با خود حمل می‌کنند که انرژی ذخیره شده از طریق اصطکاک و اغتشاش، و با شدتی‌که بستگی به ویژگی امواج و عمق آب دارد، تلف می‌شود.

موج‌های بزرگ، درآب‌های عمیق، انرژی خود را با کندی بسیار، از دست می‌دهند، درنتیجه، سیستم‌های امواج، بسیار پیچیده هستند و اغلب، هم از بادهای محلی و هم، از طوفان‌هایی‌که روزها قبل در دور دست اتفاق افتاده اند، سرچشمه می‌گیرند.امواج، توسط ارتفاع، طول موج و دوره تناوبشان مشخص می‌شوند، قدرت امواج معمولا برحسب‌کیلووات بر متر بیان می‌شود، که نمایانگر شدت انتقال یا عبور انرژی از یک خط فرضی به طول یک متر و موازی با جبهه موج می-باشد.

۱-۲-۲ انرژی جزر و مدی

جزر و مد دریا در اثر جاذبه ماه و خورشید به هنگام گردش زمین بوجود می‌آید. نیروی جاذبه ماه باعث ایجاد برآمدگی در آب‌ها شده و بعلت گردش وضعی زمین این برآمدگی بسمت غرب جریان پیدا می‌کند. در نتیجه موج‌هایی با پریود ۱۲ ساعت و ۲۵ دقیقه ایجاد می‌شود که دامنه نوسان آن‌ها در اقیانوس‌های بزرگ در حدود ۰/۵ متر است. اثر نیروی جاذبه خورشید نیز، مشابه، ولی ضعیفتر است و هر ۱۲ ساعت، یک مرتبه ظاهر می‌شود. بدین ترتیب جزر و مد به صورت منظم در قالب امواج قمری رخ می‌دهد. هنگامی‌که امواج جزر و مدی به سواحل و فلات قاره می‌رسند، دامنه آنها می تواند در اثر هجوم آب، قیفی‌شدن آبراه و ایجاد تشدید به طور قابل ملاحظه ای افزایش یابد.

استحصال انرژی از جزر و مد در نقاطی‌عملی است‌که انرژی زیادی به صورت جزر و مدهای بزرگ درآن‌ها متمرکز شده باشد و بعلاوه جغرافیای محل نیز برای احداث نیروگاه جزر و مدی سایت مناسبی فراهم‌کرده باشد. چنین مکان‌هایی در همه جا یافت نمی‌شوند، اما تا به حال تعداد نسبتا زیادی شناسایی شده‌اند.

باتوجه به رابطه مستقیم توان موج با پریود بیشینه و توان دوم ارتفاع موثر، می‌توان توان امواج را محاسبه‌کرد. باتوجه به بازده یک دستگاه مبدل انرژی موج،کیلووات ساعت انرژی الکتریکی قابل تولید تخمین زده می‌شود. همچنین با توجه به رابطه انرژی جزر و مدی با چگالی آب دریا و ارتفاع آب در طول این پدیده و اثر شتاب‌گرانش زمین، می‌توان انرژی حاصل از این پدیده را جهت تولید توان الکتریکی تخمین زد. بیش از پانصد اختراع در زمینه دستگاه‌های مبدل انرژی موج به توان الکتریکی انجام‌شده است‌که عمدتا به دو دسته تقسیم می‌شوند، دسته اول‌که دارای ابعادکوچک تر از طول موج هستند و جذب کننده نقطه ای می‌باشند ودسته دوم که دارای ابعاد بزرگتر از طول موج هستند و به دو زیرگروه که