بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

نیروگاه‌های تجدیدپذیر

مولف :

دکتر امیر قائدی

دانشیار دانشگاه

عضو هیات علمی گروه مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد داریون

انتشارات ارسطو

(سازمان چاپ و نشر ایران – ۱۴۰۳)

نسخه الکترونیکی این اثر در سایت سازمان چاپ و نشر ایران و اپلیکیشن کتاب رسان موجود می باشد

chaponashr.ir

سرشناسه : قائدی، امیر، ۱۳۶۳-
عنوان و نام پدیدآور : نیروگاه‌های تجدیدپذیر/ مولف امیر قائدی.
مشخصات نشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران) ، ۱۴۰۳.
مشخصات ظاهری : ۳۹۱ص.: مصور (رنگی)، جدول، نمودار (بخشی رنگی).
شابک : ۶-۳۱۶-۴۰۸-۶۲۲-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه: ص. ۳۵۴ - ۳۶۱.
موضوع : انرژی‌های پایان‌ناپذیر Renewable energy sources
نیروگاه‌ها Power-plants
نیروگاه‌های خورشیدی Solar power plants
نیروگاه‌های برق‌آبی Hydroelectric power plants
نیروگاه‌های حرارتی Heating plants
رده بندی کنگره : TJ۸۰۸
رده بندی دیویی : ۶۲۱/۰۴۲
شماره کتابشناسی ملی : ۹۷۶۶۰۷۷
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

نام کتاب : نیروگاه های تجدیدپذیر
مولف : امیر قائدی
ناشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)
صفحه آرایی، تنظیم و طرح جلد: پروانه مهاجر
تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : اول - ۱۴۰۳
چاپ : زبرجد
قیمت : ۳۹۱۰۰۰ تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب‌رسان :
https://chaponashr.ir/ketabresan
شابک : ۶-۳۱۶-۴۰۸-۶۲۲-۹۷۸
تلفن مرکز پخش : ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www. chaponashr. ir

سخـن مؤلف

این کتاب حاصل ۱۵ سال کار تحقیقاتی و تدریس مولف در دروس مرتبط با انرژیهای تجدیدپذیر دانشگاههای مختلف می باشد. به علاوه مولف در این سالها هم رساله دکتری خود و هم پایان نامه و رساله‌های تعداد زیادی از دانشجویان را به موضوع انرژیهای تجدیدپذیر اختصاص داده است که نتیجه آن چاپ و ارائه مقالات مختلف در مجلات معتبر ISI، مجلات علمی - پژوهشی و کنفرانسهای بین المللی و ملی بوده است. مطالب این کتاب حاصل جمع آوری مطالب آورده شده در این مقالات می‌باشد. مسلما به مانند هر کار علمی دیگر ممکن است در این کتاب مطالب مختلف به لحاظ نگارشی و علمی دارای نقصهایی باشد. لذا بسیار خوشحال خواهم شد که پژوهشگران نقصهای این کتاب را از طریق ایمیل amir_ghaedi_63@yahoo.com اعلام فرموده و جهت ارتقای سطح علمی این کتاب پیشنهادات ارزنده خود را ارسال فرمایند. امید که کتاب حاضر بتواند در زمینه کاربرد انرژیهای تجدیدپذیر در سیستمهای قدرت راهگشا باشد. تمامی فایلهای شبیه سازی مربوط به این کتاب که از طریق کدنویسی متلب (MATLAM mfile)صورت‌گرفته است موجود بوده و در صورت نیاز از طریق ایمیل در اختیار علاقه مندان به این مباحث قرار می گیرد.

تقدیم به

اگر مردم را رسم چنان است که با تقدیم تلاش هایشان به بزرگان به آنها تقرب جویند، شایسته است نخستین ثمره تحصیلم، پس از آن همه سال پیشکش متواضعانه ای باشد به نخستین معلمان زندگی ام

تقدیم به پدر، مادر، همسر و فرزندانم

و در پایان از جناب آقای علی محمد جهانبخشی و سرکار خانم مریم رویین تن

که ویراستاری این کتاب را انجام داده اند تشکر و قدردانی می نمایم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۱

فصل دوم: نیروگاه‌های بادی

۲-۱- انواع تکنولوژی‌های تولید برق در نیروگاه‌های بادی ۴

۲-۱-۱- نوع اول- نوع سرعت ثابت ۵

۲-۱-۲- نوع دوم- توربین با سرعت متغیر محدود مجهز به جعبه دنده چند مرحله‌ای ۵

۲-۱-۳- نوع سوم- نوع سرعت متغیر با مبدل الکترونیک قدرت جزئی ۶

۲-۱-۴- نوع چهارم-تکنولوژی سرعت متغیر با درایو مستقیم و مجهز به مبدل قدرت کامل ۷

۲-۱-۵-نوع پنجم-تکنولوژی‌سرعت‌متغیر با جعبه دنده یک‌مرحله‌ای و مبدل الکترونیک قدرت‌کامل .. ۹

۲-۱-۶-نوع ششم-تکنولوژی‌سرعت‌متغیر با جعبه‌دنده چندمرحله‌ای و مبدل‌الکترونیک قدرت‌کامل... ۱۰

۲-۱-۷-نوع هفتم- تکنولوژی سرعت متغیر با مبدل الکترونیک قدرت جزئی مجهز به ژنراتور القایی دو سو تغذیه شونده بدون جاروبک ۱۱

۲-۲- چگونگی تولید برق توسط نیروگاه‌های بادی ۱۲

۲-۳- تاثیر پراکندگی واحدهای بادی ۱۹

فصل سوم: نیروگاه‌های خورشیدی

۳-۱- مقدمه ۲۳

۳-۲- انواع نیروگاه‌های خورشیدی ۲۵

۳-۲-۱- سیستم های حرارتی خورشیدی ۲۶

۳-۲-۱-۱- متمرکزکننده خطی سهموی ۲۷

۳-۲-۱-۲- نیروگاه خورشیدی مجهز به رفلکتورهای فرسنل خطی ۲۸

۳-۲-۱-۳- بشقاب سهموی ۲۸

۳-۲-۱-۴- دریافت کننده مرکزی ۲۹

۳-۲-۱-۵- دودکش خورشیدی ۳۰

۳-۲-۲- سیستم های فتوولتاییک ۳۱

۳-۲-۲-۱- اساس کارکرد ۳۱
۳-۲-۲-۲- تاثیر سیستم‌های فتوولتاییک بر سیستم قدرت ۶۲
فصل چهارم: نیروگاه‌های اقیانوس
۴-۱- مقدمه ۹۴
۴-۲- نیروگاه حرارتی اقیانوس ۹۸
۴-۳- نیروگاه‌های جزرومدی ۱۱۳
۴-۳-۱- نیروگاه‌های جزر و مدی مخزنی ۱۱۴
۴-۳-۲- نیروگاه جزرومدی جریانی ۱۵۲
۴-۴- نیروگاه‌های امواج ۱۷۴
فصل پنجم: نیروگاه‌های آبی
۵-۱- مقدمه ۱۸۸
۵-۲- انواع نیروگاه‌های آبی ۱۹۱
فصل ششم: ریزشبکه‌های تجدیدپذیر
۶-۱- تعیین سیستم هیبرید مناسب از نیروگاه‌های تجدیدپذیر ۲۰۴
۶-۲- مطالعات برنامه‌ریزی و بهره‌برداری ریزشبکه تجدیدپذیر با حضور نیروگاه جزرومدی مخزنی. ۲۲۳
۶-۳- مطالعات ریزشبکه‌های تجدیدپذیر با در نظر گرفتن اثر قابلیت اطمینان ۲۶۴
۶-۴- ارزیابی قابلیت اطمینان نیروگاه‌های تجدیدپذیر به روش شبیه‌سازی مونت کارلو ۳۱۸
۶-۵-مطالعه بهره‌برداری ریزشبکه‌ها با حضور توربین‌های‌جزرومدی نوع جریانی‌و مبدل‌های امواج... ۳۳۳
مراجع و ماخذ..... ۳۵۴

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱- میزان ظرفیت نیروگاه‌های بادی در کشورهای مختلف جهان..... ۱۷
جدول ۲-۲- نیروگاه‌های بادی ایران..... ۱۸
جدول ۲-۳- مدل قابلیت اطمینان مزارع بادی..... ۲۰
جدول ۳-۱- زاویه شیب بهینه برای مناطق مختلف در فصول سال..... ۵۳
جدول ۳-۲- میزان چگالی انرژی دریافتی ماژول در طول سال..... ۵۳
جدول ۳-۳- میزان چگالی انرژی دریافتی ماژول در طول سال..... ۵۴
جدول ۳-۴- میزان چگالی انرژی دریافتی ماژول در طول سال..... ۵۴
جدول ۳-۵- قیمت انواع ماژول‌های خورشیدی موجود در بازار..... ۷۶
جدول ۳-۶- قیمت انواع مبدل‌های DC به DC..... ۷۶
جدول ۳-۷- قیمت انواع اینورترهای موجود در بازار..... ۷۷
جدول ۳-۸- قیمت اجزای مختلف ردیاب مکانیکی..... ۸۸
جدول ۳-۹- درصد تولید برق توسط انواع نیروگاه‌های مختلف در شبکه برق ایران ۸۰
جدول ۳-۱۰- میزان سوخت مصرفی نیروگاه‌های کشور در سال ۱۳۹۰ ..... ۸۰
جدول ۳-۱۱- میزان گاز دی اکسید کربن تولیدی با سوزاندن سوخت‌های فسیلی ۸۱
جدول ۳-۱۲- مقایسه گزینه‌های مختلف تأمین برق جزیره کیش برای مدت ۲۵ سال ۸۸
جدول ۳-۱۳- نتایج اعمال خوشه‌بندی به مزرعه خورشیدی ۳۰ مگاواتی بدون ردیاب..... ۹۱
جدول ۳-۱۴- نتایج اعمال خوشه‌بندی به مزرعه خورشیدی ۳۰ مگاواتی مجهز به ردیاب تک محوره. ۹۱
جدول ۳-۱۵- نتایج اعمال خوشه‌بندی به مزرعه خورشیدی ۳۰ مگاواتی مجهز به ردیاب دومحوره ۹۱
جدول ۴-۱- پروژه‌های مربوط به مبدل‌های انرژی گرمایی اقیانوس در جهان..... ۱۰۷
جدول ۴-۲- میزان انرژی تولیدی نیروگاه با سیال‌های کاری مختلف ۱۱۲
جدول ۴-۳- نیروگاه‌های جزرومدی ساخته شده و به بهره‌برداری رسیده..... ۱۲۷
جدول ۴-۴- مولفه‌های هارمونیکی مربوط به سری زمانی تغییرات جزرومد در منطقه باکانگا در سال ۲۰۱۲ ..... ۱۲۸
جدول۴-۵-انرژی تولیدی‌و مدت زمان تولید برق نیروگاه جزرومدی‌در سه حالت عملکرد نیروگاه.. ۱۳۴

جدول ۴-۶- نتیجه برنامه‌ریزی بهینه ۱۳۸
جدول ۴-۷- آنالیز حساسیت ۱۴۰
جدول ۴-۸- مشخصات نیروگاه جزرومدی مخزنی مورد مطالعه ۱۴۱
جدول ۴-۹- تعداد بهینه توربین‌ها در هر ۶ دقیقه از شبانه‌روز ۱۴۷
جدول ۴-۱۰- تعداد بهینه دریچه‌ها در هر ۶ دقیقه از شبانه‌روز ۱۴۹
جدول ۴-۱۱- مشخصات جریان آب و توده هوا ۱۵۶
جدول ۴-۱۲- چهار تکنولوژی تولید برق در مبدل‌های انرژی امواج ۱۸۰
جدول ۴-۱۳- هزینه مربوط به نیروگاه‌های امواج با ظرفیت مختلف با گذشت زمان ۱۸۶
جدول ۵-۱- توان نامی انواع نیروگاه‌های هیدرو ۱۹۱
جدول ۵-۲- توربین‌های مورد استفاده در نیروگاه‌های هیدرو میکرو ۱۹۳
جدول ۵-۳-بازده توربین مورداستفاده در نیروگاه هیدروکوچک بر حسب دبی آب عبوری از آن ... ۲۰۰
جدول ۵-۴- مقایسه نیروگاه‌های هیدرو کوچک، مینی و میکرو ۲۰۱
جدول ۶-۱- ماتریس توان نیروگاه امواج ۲۱۴
جدول ۶-۲- میانگین و انحراف معیار توان تولیدی ۱۰ حالت ۲۲۰
جدول ۶-۳- انرژی قطع شده و به هدر رفته سالانه مربوط به ۱۰ حالت ۲۲۳
جدول ۶-۴- رابطه بین حجم آب مخزن و ارتفاع آب درون آن ۲۴۲
جدول ۶-۵- نتیجه بهینه‌سازی ۲۴۲
جدول ۶-۶- هزینه‌ها و طول عمر هیدروپمپ‌ها ۲۴۵
جدول ۶-۷- مشخصات نیروگاه جزرومدی مخزنی مورد مطالعه ۲۴۸
جدول ۶-۸- مقایسه بهره‌برداری‌های مختلف نیروگاه جزرومدی نوع مخزنی ۲۵۳
جدول ۶-۹- مشخصات نیروگاه جزرومدی مخزنی مورد مطالعه ۲۵۵
جدول ۶-۱۰- نتایج بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم توده ذرات ۲۵۵
جدول ۶-۱۱- انرژی تولیدی نیروگاه جزرومدی مخزنی در حالت استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات ۲۵۵
جدول ۶-۱۲- پارامترهای اقتصادی سیستم فتوولتاییک و باتری‌ها ۲۵۸
جدول ۶-۱۳- مشخصات باتری‌ها ۲۵۸
جدول ۶-۱۴- پارامترهای اقتصادی برای انجام مطالعه برنامه‌ریزی ریزشبکه ۲۵۸
جدول ۶-۱۵- نتیجه برنامه‌ریزی بهینه در الگوریتم‌های مختلف ۲۵۸
جدول ۶-۱۶- مشخصات نیروگاه جزرومدی مخزنی مورد مطالعه ۲۵۹

جدول ۶-۱۷- مشخصات باتری ذخیره انرژی مورد استفاده در ریزشبکه..... ۲۶۲
جدول ۶-۱۸- مشخصات واحدهای مبتنی بر سوخت ۲۶۳
جدول ۶-۱۹- توان تولیدی هر کدام از واحدهای مبتنی بر سوخت و توان مبادله شده بین ریزشبکه و شبکه بالادست..... ۲۶۴
جدول ۶-۲۰- داده‌های اقتصادی واحدهای تولید و باتری‌ها..... ۳۰۸
جدول ۶-۲۱- مشخصات باتری‌ها..... ۳۰۸
جدول ۶-۲۲- مشخصات اقتصادی مطالعه برنامه‌ریزی..... ۳۰۸
جدول ۶-۲۳- متوسط زمان تعمیر تجهیزات ۳۰۹
جدول ۶-۲۴- نتایج حاصل از برنامه‌ریزی بهینه ریزشبکه مورد مطالعه ۳۱۱
جدول ۶-۲۵-داده‌های اقتصادی واحدهای تولید مبتنی بر سوخت ۳۱۶
جدول ۶-۲۶- مشخصات باتری‌ها..... ۳۱۷
جدول ۶-۲۷- بار و توان تولیدی هر کدام از واحدهای مبتنی بر سوخت در هر ساعت از شبانه‌روز ... ۳۱۷
جدول ۶-۲۸- نرخ خرابی و متوسط زمان تعمیر تجهیزات تشکیل دهنده نیروگاه صدف ۳۲۶
جدول ۶-۲۹- دسترس‌پذیری و دسترس‌ناپذیری تجهیزات تشکیل دهنده نیروگاه صدف..... ۳۲۶
جدول ۶-۳۰- مشخصات نیروگاه‌های سیستم تست روی بیلینتون ۳۲۸
جدول ۶-۳۱- مشخصات باسبارهای سیستم تست روی بیلینتون..... ۳۲۹
جدول ۶-۳۲- مشخصات خطوط انتقال سیستم تست روی بیلینتون ۳۲۹
جدول ۶-۳۳- دسترس‌پذیری نیروگاه‌های سیستم تست روی بیلینتون ۳۲۹
جدول ۶-۳۴- پیک بار هر هفته به صورت درصدی از پیک بار سالانه ۳۳۰
جدول ۶-۳۵- پیک بار روزانه به صورت درصدی از پیک بار هفتگی..... ۳۳۰
جدول ۶-۳۶- پیک بار هر ساعت به صورت درصدی از پیک بار روزانه ۳۳۰
جدول ۶-۳۷- ماتریس توان پلامیس ۷۵۰ کیلوواتی ۳۴۴
جدول ۶-۳۸- مقدار ضرایب هزینه واحدهای تولید پراکنده در توان تولیدی بر حسب مگاوات..... ۳۴۵
جدول ۶-۳۹- توان تولیدی واحدها تولید پراکنده ۳۴۷

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- رشد بار الکتریکی در کشور آمریکا ۱
شکل ۱-۲- روند رو به رشد انتشار کربن در جهان ۲
شکل ۱-۳- منابع تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای ۲
شکل ۱-۴- سهم کشورهای مختلف در آلودگی محیط زیست ۳
شکل ۲-۱- اجزای نیروگاه بادی سرعت ثابت ۵
شکل ۲-۲- اجزای تشکیل دهنده سیستم سرعت متغیر محدود ۵
شکل ۲-۳- اجزای تشکیل دهنده تکنولوژی سرعت متغیر با مبدل الکترونیک قدرت جزئی ۶
شکل ۲-۴- اجزای تشکیل‌دهنده تکنولوژی سرعت متغیر با درایو مستقیم مجهز به ژنراتور سنکرون با تحریک الکتریکی ۷
شکل۲-۵-اجزای تشکیل‌دهنده تکنولوژی سرعت متغیر با درایو مستقیم مجهز به ژنراتورسنکرون با مغناطیس‌دائم ۸
شکل۲-۶-اجزای تشکیل‌دهنده تکنولوژی سرعت متغیر با جعبه‌دنده یک مرحله‌ای و مبدل الکترونیک قدرت کامل ۹
شکل۲-۷- اجزای تشکیل دهنده تکنولوژی سرعت متغیر با جعبه دنده چند مرحله‌ای و مبدل الکترونیک قدرت کامل مجهز به ژنراتور سنکرون مغناطیس دائم ۱۰
شکل۲-۸- اجزای تشکیل دهنده تکنولوژی سرعت متغیر با جعبه دنده چند مرحله‌ای و مبدل الکترونیک قدرت کامل، مجهز به ژنراتور القایی قفس سنجابی ۱۱
شکل۲-۹- اجزای تشکیل دهنده تکنولوژی سرعت متغیر با مبدل الکترونیک قدرت جزئی مجهز به ژنراتور القایی دو سو تغذیه شونده بدون جاروبک ۱۱
شکل ۲-۱۰- منحنی توان توربین بادی ۱۲
شکل ۲-۱۱- توربین‌های بادی نصب شده در دریا ۱۴
شکل ۲-۱۲- روند رو به رشد نصب نیروگاه‌های بادی در جهان ۱۶
شکل ۲-۱۳- میزان ظرفیت واحدهای بادی جدید نصب شده در هر سال ۱۶
شکل ۲-۱۴- سهم کشورهای پیشرو در نصب نیروگاه‌های بادی در جهان ۱۷

شکل ۲-۱۵- اجزای تشکیل‌دهنده واحدهای بادی مبتنی بر تکنولوژی ژنراتورهای دو سو تغذیه شده . ۱۹
شکل ۲-۱۶- نمودار تابع هدف بر حسب تعداد کلاستر برای مزرعه بادی نصب شده در منجیل ۱۹
شکل ۲-۱۷- نمودار تابع هدف بر حسب تعداد کلاستر برای مزرعه بادی نصب شده در خواف ۲۰
شکل ۲-۱۸- متوسط قطعی بار بر حسب پیک بار ۲۱
شکل ۲-۱۹- متوسط انرژی تأمین نشده بر حسب پیک بار ۲۱
شکل ۲-۲۰- توزیع احتمال توان خروجی دو مزرعه بادی نصب شده در منجیل ۲۲
شکل ۲-۲۱- توزیع احتمال توان خروجی دو مزرعه بادی نصب شده در خواف..... ۲۲
شکل ۲-۲۲- توزیع احتمال توان خروجی دو مزرعه بادی نصب شده یکی در منجیل و دیگری ۲در خواف..... ۲۲
شکل ۳-۱- میزان انتشار گاز CO_2 به ازای تولید هر کیلووات ساعت برق از منابع مختلف انرژی بر حسب گرم ۲۳
شکل ۳-۲- روند رو به رشد ظرفیت نصب نیروگاه‌های فتوولتاییک ۲۴
شکل ۳-۳- یک نمونه مزرعه فتوولتاییک..... ۲۵
شکل ۳-۴- نیروگاه حرارتی خورشیدی مبتنی بر متمرکزکننده‌های خطی سهموی ۲۸
شکل ۳-۵- نیروگاه مجهز به رفلکتور فرسنل خطی ۲۸
شکل ۳-۶- نیروگاه بشقاب سهموی ۲۹
شکل ۳-۷- نیروگاه خورشیدی مبتنی بر دریافت کننده مرکزی..... ۳۰
شکل ۳-۸- یک نمونه دودکش خورشیدی..... ۳۱
شکل ۳-۹- اجزای تشکیل دهنده یک سیستم فتوولتاییک مستقل از شبکه..... ۳۲
شکل ۳-۱۰- سیستم فتوولتاییک و اجزای مختلف آن..... ۳۲
شکل ۳-۱۱- تولید برق توسط سلول خورشیدی..... ۳۴
شکل ۳-۱۲- تولید برق با جذب فوتون توسط سلول خورشیدی ۳۵
شکل ۳-۱۳- سلول، ماژول و آرایه خورشیدی..... ۳۶
شکل ۳-۱۴- اجزای مختلف یک سیستم فتوولتاییک..... ۳۶
شکل ۳-۱۵- مدار معادل یک سلول فتوولتاییک..... ۳۷
شکل ۳-۱۶- مشخصه جریان – ولتاژ یک دیود..... ۳۷
شکل ۳-۱۷- مشخصه جریان- ولتاژ یک سلول فتوولتاییک..... ۳۷
شکل ۳-۱۸- نمودار توان بر حسب جریان سیستم فتوولتاییک..... ۳۸
شکل ۳-۱۹ – درصد استفاده از سیستم فتوولتاییک در هر کدام از گروه‌های چهارگانه ۴۰

شکل ۳-۲۰ – ساختار یک مزرعه خورشیدی با ظرفیت بالا ۴۱
شکل ۳-۲۱- ساختار یک ماژول ۴۱
شکل ۳-۲۲– استفاده از سیستم فتوولتاییک به صورت تولید پراکنده ۴۲
شکل ۳-۲۳– سیستم هیبرید ۴۳
شکل ۳-۲۴– سیستم فتوولتاییک ایزوله ۴۳
شکل ۳-۲۵- تعیین موقعیت خورشید در آسمان به کمک زوایای اوج و قوس ۴۴
شکل ۳-۲۶- زوایای اوج و ارتفاع ۴۵
شکل ۳-۲۷- سنجش زاویه قوس از محور جنوبی ۴۵
شکل ۳-۲۸- مفهوم عرض جغرافیایی ۴۶
شکل ۳-۲۹- مفهوم طول جغرافیایی ۴۶
شکل ۳-۳۰- مسیر حرکت خورشید در ماه‌های مختلف سال ۴۷
شکل ۳-۳۱- مؤلفه‌های مماسی و عمودی تابش خورشید بر سطح زمین ۴۷
شکل ۳-۳۲- موقعیت خورشید و زاویه قوس آن ۴۸
شکل ۳-۳۳- نمایش یک بردار در مختصات کروی ۴۹
شکل ۳-۳۴- دستگاه مختصات جدید wyu ۵۰
شکل ۳-۳۵- تجزیه مؤلفه محور z تابش به مؤلفه‌های دستگاه مختصات جدید ۵۰
شکل ۳-۳۶- تجزیه مؤلفه محور x تابش به مؤلفه‌های دستگاه مختصات جدید ۵۱
شکل ۳-۳۷- درصد سیستم‌های فتوولتاییک نصب شده ماژول ثابت و مجهز به ردیاب ۵۲
شکل ۳-۳۸- زاویه میل خورشید در زمانی که نیمکره شمالی تابستان است ۵۵
شکل ۳-۳۹- زاویه میل خورشید در زمانی که نیمکره شمالی بهار و یا پاییز است ۵۵
شکل ۳-۴۰- زاویه میل خورشید در زمانی که نیمکره شمالی زمستان است ۵۶
شکل ۳-۴۱- تغییرات زاویه میل خورشید در طول یک سال ۵۶
شکل ۳-۴۲- میزان زاویه تابش خورشید در روزهای سال برای مناطق مختلف ۵۶
شکل ۳-۴۳- سیستم فتوولتاییک نوع ماژول ثابت ۵۷
شکل ۳-۴۴- سیستم فتوولتاییک مجهز به ردیاب‌های تک محوره و دو محوره ۵۷
شکل ۳-۴۵–مقایسه میزان‌انرژی دریافتی در روزهای مختلف‌سال برای انواع سیستم‌های فتوولتاییک.. ۵۸
شکل ۳-۴۶- تأثیر استفاده از سیستم ردیاب در بهبود تابش دریافتی ۵۹
شکل ۳-۴۷- شماتیک ردیاب نوع غیرفعال ۶۰
شکل ۳-۴۸- اساس کارکرد ردیاب مجهز به یک جفت سنسور نوری ۶۱

شکل ۳-۴۹- نمودار پیک بار جزیره کیش در سال ۱۳۹۰ به صورت ساعت به ساعت..... ۶۴
شکل ۳-۵۰- الگوی تابش خورشید در جزیره کیش در سال ۱۳۹۰ به صورت ساعت به ساعت..... ۶۴
شکل ۳-۵۱- میزان برق مورد نیاز جزیره کیش برای تغذیه بارها با احتساب تلفات شبکه توزیع ۶۵
شکل ۳-۵۲- نمودار بار ساعت به ساعت جزیره کیش در اول تیرماه ۶۵
شکل ۳-۵۳- نمودار بار ساعت به ساعت جزیره کیش در اول اسفندماه..... ۶۵
شکل ۳-۵۴- قیمت ساعت به ساعت برق خریداری شده توسط شرکت توزیع استان هرمزگان در طول سال ۱۳۹۰ ..... ۶۸
شکل ۳-۵۵- چگالی تابش دریافتی توسط یک ماژول ثابت با زاویه شیب ۲۶/۳۲ درجه ۶۹
شکل ۳-۵۶- میزان انرژی دریافتی توسط ماژول با زاویه ثابت رو به جنوب در روزهای مختلف سال.. ۶۹
شکل ۳-۵۷- تابش دریافتی ماژول مجهز به ردیاب تک محوره شرقی-غربی با زاویه ۲۶/۸ درجه رو به جنوب ۷۰
شکل ۳-۵۸- انرژی دریافتی یک ماژول مجهز به ردیاب تک محوره در روزهای مختلف سال..... ۷۱
شکل ۳-۵۹- انرژی دریافتی ماژول مجهز به ردیاب دو محوره در طول روزهای مختلف سال..... ۷۲
شکل ۳-۶۰- چگالی تابش دریافتی در یکی از روزهای فصل بهار ۷۲
شکل ۳-۶۱- چگالی تابش دریافتی در یکی از روزهای فصل تابستان ۷۳
شکل ۳-۶۲- چگالی تابش دریافتی در یکی از روزهای فصل پاییز ۷۳
شکل ۳-۶۳- چگالی تابش دریافتی در یکی از روزهای فصل زمستان ۷۳
شکل ۳-۶۴- نحوه قرار گرفتن ماژول‌ها و میزان سایه‌اندازی آن‌ها بر روی یکدیگر ۷۷
شکل ۳-۶۵- هزینه خرید برق در سال ۱۳۹۰ به صورت ساعت به ساعت..... ۸۳
شکل ۳-۶۶- هزینه تأمین بار بر حسب ظرفیت نیروگاه فتوولتاییک نصب شده..... ۸۴
شکل ۳-۶۷- هزینه تأمین بار بر حسب ظرفیت نیروگاه فتوولتاییک نصب شده با لحاظ نمودن قیمت واقعی برق ۸۴
شکل۳-۶۸-کاهش پیک بار توسط نیروگاه فتوولتاییک بدون‌ردیاب در برخی‌روزهای‌فصل زمستان... ۸۵
شکل۳-۶۹-کاهش پیک بار توسط نیروگاه فتوولتاییک بدون‌ردیاب در برخی روزهای‌فصل تابستان.. ۸۵
شکل ۳-۷۰- هزینه تأمین بار بر حسب ظرفیت نصب شده نیروگاه فتوولتاییک مجهز به ردیاب تک محوره ۸۶
شکل ۳-۷۱- کاهش پیک بار توسط نیروگاه فتوولتاییک مجهز به ردیاب تک محوره در برخی از روزهای تابستان ۸۶

شکل ۳-۷۲- کاهش پیک بار توسط نیروگاه فتوولتاییک مجهز به ردیاب تک محوره در برخی از روزهای زمستان ۸۶
شکل ۳-۷۳- هزینه تأمین بار بر حسب ظرفیت نصب شده نیروگاه فتوولتاییک مجهز به ردیاب دو محوره ۸۷
شکل ۳-۷۴- مقایسه گزینه‌های مختلف تأمین برق جزیره کیش ۸۸
شکل ۳-۷۵- کاهش پیک بار توسط نیروگاه فتوولتاییک مجهز به ردیاب تک محوره ۸۸
شکل ۳-۷۶- ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم قدرت شامل مزارع خورشیدی ۸۹
شکل ۳-۷۷- داده‌های تابش خورشید در جزیره قشم ۸۹
شکل ۳-۷۸- نمودار تابع هدف بر حسب تعداد کلاسترها برای مزرعه خورشیدی ۳۰ مگاواتی بدون ردیاب ۹۰
شکل ۳-۷۹- نمودار تابع هدف بر حسب تعداد کلاسترها برای مزرعه خورشیدی ۳۰ مگاواتی مجهز به ردیاب تک محوره ۹۰
شکل ۳-۸۰- نمودار تابع هدف بر حسب تعداد کلاسترها برای مزرعه خورشیدی ۳۰ مگاواتی مجهز به ردیاب دومحوره ۹۱
شکل ۳-۸۱- مقدار متوسط زمان قطع بار بر حسب پیک بار ۹۳
شکل ۳-۸۲- مقدار متوسط انرژی تأمین نشده بر حسب پیک بار ۹۳
شکل ۴-۱- پلامیس ۹۵
شکل ۴-۲- اژدهای موج ۹۵
شکل ۴-۳- توربین جزرومدی نوع جریانی ۹۶
شکل ۴-۴- نیروگاه جزرومدی نوع مخزنی لارنس فرانسه ۹۶
شکل ۴-۵- مبدل انرژی گرمایی اقیانوس ۹۷
شکل ۴-۶- مبدل انرژی گرمایی اقیانوس نوع سیکل بسته ۹۹
شکل ۴-۷- مبدل انرژی گرمایی اقیانوس نوع سیکل باز ۱۰۰
شکل ۴-۸- مبدل انرژی گرمایی اقیانوس نوع هیبرید ۱۰۱
شکل ۴-۹- مقایسه توان تولیدی مبدل انرژی گرمایی اقیانوس نوع سیکل بسته به ازای استفاده از سیال-های کاری مختلف ۱۰۲
شکل ۴-۱۰- سیکل ترمودینامیکی رانکین در مبدل انرژی گرمایی اقیانوس نوع سیکل بسته ۱۰۲
شکل ۴-۱۱- نمودار دما بر حسب انتروپی مربوط به سیکل ترمودینامیکی رانکین در مبدلهای انرژی گرمایی اقیانوس نوع سیکل بسته ۱۰۳

شکل ۴-۱۲- نیروگاه طراحی شده در منطقه هاوایی ۱۰۶
شکل ۴-۱۳- ساختار مبدل انرژی گرمایی اقیانوس نصب شده در هاوایی ۱۰۶
شکل ۴-۱۴- شماتیک یک نمونه مبدل انرژی گرمایی اقیانوس از بالا ۱۰۶
شکل ۴-۱۵- سیکل کاری مبدل انرژی گرمایی اقیانوس از نوع سیکل بسته ۱۰۷
شکل ۴-۱۶- ابعاد لوله‌های مورد استفاده در مبدل‌های انرژی گرمایی اقیانوس..... ۱۰۸
شکل ۴-۱۷- مبدل انرژی گرمایی اقیانوس نوع سیکل باز نصب شده در ساحل ۱۰۹
شکل ۴-۱۸- ساختار یک مبدل انرژی گرمایی اقیانوس شامل دو سازه ۱۰۹
شکل ۴-۱۹- پتانسیل احداث مبدل‌های انرژی گرمایی اقیانوس در جهان ۱۱۰
شکل ۴-۲۰- اطلس مبدل‌های انرژی گرمایی اقیانوس طراحی شده در جهان ۱۱۰
شکل ۴-۲۱- دمای آب عمق‌های مختلف اقیانوس‌ها در سه منطقه مختلف جهان..... ۱۱۰
شکل ۴-۲۲- دمای سطح اقیانوس در منطقه هاوایی امریکا در طول سال ۲۰۱۷ ..... ۱۱۱
شکل ۴-۲۳- توان تولیدی نیروگاه حرارتی اقیانوس با سیال کاری آمونیاک ۱۱۱
شکل ۴-۲۴- توان تولیدی نیروگاه حرارتی اقیانوس با سیال کاری R22 ..... ۱۱۲
شکل ۴-۲۵- توان تولیدی نیروگاه حرارتی اقیانوس با سیال کاری R134a..... ۱۱۲
شکل ۴-۲۶- هیستوگرام توان تولیدی نیروگاه حرارتی اقیانوس با سیال کاری آمونیاک..... ۱۱۳
شکل ۴-۲۷- پدیده جزر و مد ۱۱۴
شکل ۴-۲۸- طرح شماتیک استفاده از انرژی جزر و مد با ایجاد سد ۱۱۵
شکل ۴-۲۹- الف) شماتیک نیروگاه با یک مخزن برای جزر ب) نمودار سیکل کاری آن ۱۱۵
شکل ۴-۳۰- شماتیک نیروگاه با یک مخزن برای مد ۱۱۶
شکل ۴-۳۱- الف) شماتیک یک نیروگاه با مخزن دو طرفه ب) نمودار سیکل کاری ۱۱۷
شکل ۴-۳۲- شماتیک یک نیروگاه با دو مخزن یکی بلند و دیگری کوتاه..... ۱۱۸
شکل ۴-۳۳- شماتیک محل قرار گرفتن سد، دریا یا رودخانه و مخزن ذخیره در یک نیروگاه جزرومدی مخزنی..... ۱۱۹
شکل ۴-۳۴- محل قرار گرفتن توربین در دیواره بین مخزن و دریا ۱۱۹
شکل ۴-۳۵- سیستم تبدیل انرژی نیروگاه‌های جزرومدی مخزنی ۱۲۰
شکل ۴-۳۶- ارتفاع آب دریا و مخزن و زمان تولید برق در حالت تولید در جزر..... ۱۲۲
شکل ۴-۳۷- تغییر مدت زمان تولید برق در حالت تولید در جزر ۱۲۲
شکل ۴-۳۸- ارتفاع آب دریا و مخزن و زمان تولید برق در حالت تولید در مد ۱۲۳
شکل ۴-۳۹- توان تولیدی در نیروگاه‌های جزرومدی در شرایط تولید در مد ۱۲۴

شکل ۴-۴۰- ارتفاع آب دریا و مخزن و زمان تولید برق در حالت تولید دوطرفه..... ۱۲۵
شکل ۴-۴۱- تعبیه دریچه‌های اضافی به منظور تغییر بیشتر در ارتفاع آب مخزن ذخیره آب ۱۲۵
شکل ۴-۴۲- استفاده از پمپ به منظور افزایش توان تولیدی و مدت زمان تولید برق در نیروگاه جزرومدی با تولید ۱۲۶
شکل ۴-۴۳-ارتفاع آب‌دریا و مخزن و زمان تولیدبرق در حالت تولید دوطرفه در سیستم دو مخزنه.. ۱۲۶
شکل ۴-۴۴- نیروگاه جزرومدی دو مخزنه با تولید توان غیرصفر ۱۲۶
شکل ۴-۴۵- تغییر دامنه توان تولیدی و مدت زمان تولید برق در نیروگاه‌های جزرومدی مخزنی..... ۱۲۷
شکل ۴-۴۶- تغییرات جزرومد در رودخانه باکانگا در سال ۲۰۱۲..... ۱۲۹
شکل ۴-۴۷- رابطه بین حجم و ارتفاع آب در مخزن ذخیره..... ۱۳۰
شکل ۴-۴۸- ارتفاع جزرومد، ارتفاع آب درون مخزن و توان تولیدی نیروگاه جزرومدی مخزنی در حالت تولید در جزر..... ۱۳۱
شکل ۴-۴۹- توان خروجی نیروگاه جزرومدی در حالت تولید در جزر ۱۳۱
شکل۴-۵۰-ارتفاع جزرومد، ارتفاع آب‌درون مخزن و توان‌تولیدی نیروگاه جزرومدی مخزنی‌در حالت-تولید دو طرفه..... ۱۳۲
شکل ۴-۵۱- توان خروجی نیروگاه جزرومدی در حالت تولید دو طرفه..... ۱۳۲
شکل۴-۵۲- ارتفاع جزرومد، ارتفاع آب‌درون مخزن و توان تولیدی نیروگاه جزرومدی مخزنی در حالت تولید در مد ۱۳۳
شکل ۴-۵۳- توان خروجی نیروگاه جزرومدی در حالت تولید در مد ۱۳۳
شکل ۴-۵۴- مقایسه توان تولیدی نیروگاه جزرومدی در سه حالت بیان شده..... ۱۳۴
شکل ۴-۵۵- کاهش پیک بار توسط نیروگاه جزرومدی مخزنی در شرایط تولید در جزر..... ۱۳۵
شکل ۴-۵۶- کاهش پیک بار توسط نیروگاه جزرومدی مخزنی در شرایط تولید در مد ۱۳۵
شکل ۴-۵۷- کاهش پیک بار توسط نیروگاه جزرومدی مخزنی در شرایط تولید دوطرفه..... ۱۳۶
شکل ۴-۵۸- کاهش پیک بار توسط سه نوع نیروگاه جزرومدی مخزنی ۱۳۶
شکل ۴-۵۹- همگرایی الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات..... ۱۳۸
شکل ۴-۶۰- ارتفاع جزرومد، ارتفاع آب درون مخزن و توان تولیدی نیروگاه جزرومدی مخزنی در حالت تولید در جزر در حالت بهینه..... ۱۳۹
شکل ۴-۶۱- توان خروجی نیروگاه جزرومدی در حالت تولید در جزر در حالت بهینه..... ۱۳۹
شکل ۴-۶۲- نمودار انرژی تولیدی نیروگاه بر حسب تعداد توربین‌ها ۱۴۰
شکل ۴-۶۳- نمودار انرژی تولیدی نیروگاه بر حسب تعداد دریچه‌ها..... ۱۴۰

شکل ۴-۶۴- نمودار انرژی تولیدی نیروگاه بر حسب عرض دریچه‌ها ۱۴۰
شکل ۴-۶۵- نمودار انرژی تولیدی نیروگاه بر حسب قطر تیپ توربین‌ها ۱۴۱
شکل ۴-۶۶- نمودار انرژی تولیدی نیروگاه بر حسب قطر هاب توربین‌ها..... ۱۴۱
شکل ۴-۶۷- توان تولیدی نیروگاه جزرومدی نوع مخزنی در طول یک سال ۱۴۳
شکل ۴-۶۸- ارتفاع جزرومد در شبانه‌روز مورد مطالعه..... ۱۴۳
شکل ۴-۶۹- توان تولیدی نیرروگاه مخزنی در روز مورد مطالعه با عملکرد ۱۰ توربین و ۱۰ دریچه به صورت ثابت ۱۴۴
شکل ۴-۷۰- ارتفاع جزرومد و مخزن در روز مورد مطالعه با عملکرد ۱۰ توربین و ۱۰ دریچه به صورت ثابت..... ۱۴۴
شکل ۴-۷۱- توان تولیدی نیروگاه در روز مورد مطالعه با عملکرد ۶۰ توربین و ۶۰ دریچه به صورت ثابت..... ۱۴۵
شکل ۴-۷۲- ارتفاع آب جزرومد و ارتفاع آب درون مخزن ذخیره آب در نیروگاه جزرومدی مخزنی مورد مطالعه با عملکرد ۶۰ توربین و ۶۰ دریچه به صورت ثابت..... ۱۴۵
شکل ۴-۷۳- میزان انرژی تولیدی نیروگاه جزرومدی نوع مخزنی در شبانه‌روز مورد مطالعه در شرایطی که تعداد ثابت و برابری توربین و دریچه در نیروگاه باشد بر حسب تعداد توربین و دریچه‌ها..... ۱۴۶
شکل ۴-۷۴- نمودار تابع هدف بر حسب تعداد تکرار..... ۱۴۷
شکل ۴-۷۵- تعداد توربین‌های بهینه در هر ۶ دقیقه از زمان..... ۱۵۰
شکل ۴-۷۶- تعداد دریچه‌های بهینه در هر ۶ دقیقه از زمان ۱۵۰
شکل ۴-۷۷- توان تولیدی نیروگاه در شرایط بهینه..... ۱۵۱
شکل ۴-۷۸- توان تولیدی نیروگاه در سه حالت مطالعه شده..... ۱۵۱
شکل۴-۷۹-توان‌تولیدی‌ینروگاه در حالت‌بهینه و حالت‌تعداد توربین‌و دریچه‌ثابت و برابر با ۴۹عدد .. ۱۵۲
شکل ۴-۸۰- ارتفاع آب دریا و ارتفاع اب مخزن در شرایط بهره‌برداری بهینه ۱۵۲
شکل ۴-۸۱- تولید انرژی الکتریکی با استفاده از جریان‌های دریایی ناشی از جزر و مد..... ۱۵۳
شکل ۴-۸۲- نقشه مربوط به توزیع جریان‌های دریایی ۱۵۳
شکل ۴-۸۳- نمونه‌هایی از توربین جزرومدی نوع جریانی ۱۵۵
شکل ۴-۸۴- ساختار مورد استفاده جهت تولید برق از جریان‌های کرشیو..... ۱۵۵
شکل ۴-۸۵- توربین‌های مورد استفاده در مبدل جریان کرشیو..... ۱۵۶
شکل ۴-۸۶- مزرعه متشکل از توربین‌های جریان کرشیو..... ۱۵۶
شکل ۴-۸۷- ساختار توربین‌های کایرو ۱۵۷