

بسم الله الرحمن الرحيم

ارزیابی تجربی عملکرد کلکتور نمونه سهموی خطی و شبیه سازی
زمانمند حرارتی مزرعه کلکتورهای نیروگاه خورشیدی شیراز

بوسیله
غلامعلی کناری دیل

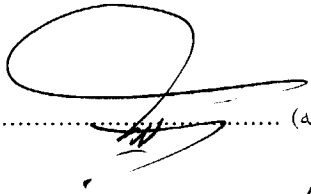
پایان نامه

ارائه شده به دانشکده تحصیلات تکمیلی بعنوان بخشی از فعالیت های
تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته
مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی
از
دانشگاه شیراز
شیراز، ایران

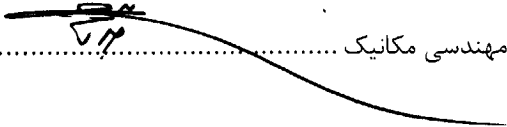
014581

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه : عالی
امضای اعضای کمیته پایان نامه:

.....

دکتر محمود یعقوبی ، استاد مهندسی مکانیک (رئیس کمیته)

.....

دکتر خسرو جعفرپور، استادیار مهندسی مکانیک

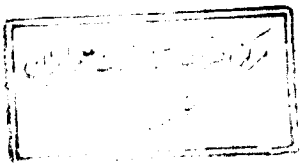
.....

دکتر علی اکبر گلنشان، استادیار مهندسی مکانیک

تقدیم به

پدرم سیاوش، مادرم فریده

و

خاله ام فرخنده



۳۱۳۷۹

سپاسگزاری

اکنون که به یاری خداوند متعال این پژوهش به پایان رسیده است، بر خود واجب می دانم از تمام بزرگوارانی که در راه فراگیری علم و دانش مرا یاری نموده اند قدردانی نمایم. در انجام این تحقیق از نقطه نظرات، همکاری و مساعدت استاد ارجمند آقای دکتر محمود یعقوبی بسیار بهره بردم. اعضای پروژه مهنیرو خصوصاً آقایان مهندس فرشید درودگر و اسمائیل بارونی در اتمام این پایان نامه مرا یاری نمودند. از زحمات این عزیزان صمیمانه تقدیر می نمایم.

همچنین مراتب تشکر و سپاسگزاری خود را از آقایان دکتر خسرو جعفرپور و علی اکبر گلنشان که در اتمام این تحقیق و در دوران تحصیل مرا یاری نموده اند، ابراز می دارم.

چکیده

ارزیابی تجربی عملکرد کلکتور نمونه سهموی خطی و شبیه سازی

زمانمند حرارتی مزرعه کلکتورهای نیروگاه خورشیدی شیراز

توسط

غلامعلی کناری دیل

نیروگاه خورشیدی شیراز، اولین نیروگاه خورشیدی است که در ایران طراحی و ساخته می شود. هدف از ساخت این نیروگاه پایلوت دستیابی به تکنولوژی ساخت نیروگاههای خورشیدی سهموی است، تا نتایج بدست آمده از عملکرد آن گامی جهت دستیابی به فناوری تولید برق از انرژی خورشیدی باشد و در آینده ایران که دارای شرایط بسیار مطلوبی جهت بهره گیری از انرژی خورشیدی است به عنوان یکی از صادر کنندگان این تکنولوژی شمرده شود. ظرفیت تولید برق نیروگاه شیراز 250 KW می باشد، که انرژی حرارتی مورد نیاز جهت تولید برق را توسط خورشید و از طریق ۴۸ کلکتور سهموی خورشیدی که در ۸ ردیف ۶ تایی نصب می شوند، تامین می کند.

قبل از ساخت نیروگاه، بررسی عملکرد یک نمونه از کلکتورهای آن امری ضروری می باشد تا بتوان کارکرد آنرا در شرایط مختلف آب و هوایی ارزیابی و از نتایج آن در بهینه سازی ساخت مزرعه کلکتورها استفاده نمود. برای این منظور یک کلکتور سهموی خورشیدی ساخته شد تا ضمن بررسی کارایی آن در روزهای مختلف، تکنولوژی ساخت قسمتهای مختلف آن نیز مورد آزمایش قرار گیرد و نواقص اجرایی آن برطرف شود. همچنین با شبیه سازی کامپیوتری کلکتور ساخته شده، عملکرد آن در روزهای مختلف سال بررسی شده و در مواردی که ساخت دوباره تجهیزات متحمل صرف هزینه های گزاف می شود، بهبود کارایی آن با رفع نواقص، از طریق آنالیز کامپیوتری نشان داده

شود. در نهایت با شبیه سازی حرارتی زمانمند سیکل مزرعه کلکتورهای نیروگاه خورشیدی، کارایی آن در روزهای مختلف سال با توجه به خصوصیات ساخت حالت بهینه شده ارزیابی شود.

با توجه به مراتب فوق موضوعات ذیل مورد تحقیق قرار گرفته است.

- ۱- ارزیابی عملکرد کلکتور نمونه ساخته شده در زمانهای مختلف
 - ۲- تعیین خطاها و نواقص پدید آمده در هنگام ساخت
 - ۳- کاهش خطاها و دستیابی به یک طرح بهینه عملی
 - ۴- تعیین پارامترها و خواص اپتیکی کلکتور از طریق آزمایش و یا برنامه کامپیوتری
 - ۵- شبیه سازی زمانمند کارکرد کلکتور بصورت غیر پایدار با تغییر شرایط محیطی
 - ۶- اعمال شرایط بهینه شده عملی و ارزیابی کارکرد کلکتور از طریق شبیه سازی کامپیوتری
 - ۷- بررسی کارکرد مزرعه کلکتورها در فصول مختلف سال با شرایط متفاوت
- نتایج نشان می دهد که در حال حاضر کلکتور سهموی ساخته شده فاصله زیادی با طراحی دارد و خواص اپتیکی مواد در حد مطلوب نمی باشد. ساخت کلکتورها با مواد موجود، سبب عدم کارایی نیروگاه می شود. با توجه به امکانات موجود کشور بهبود خواص اپتیکی و دستیابی به حداقل ممکن که کارایی سیستم با آنها میسر می باشد به شرح زیر است.

۱- افزایش ضریب انعکاس آینه ها از ۰/۴۷ به ۰/۹۰

۲- افزایش ضریب جذب لوله گیرنده از ۰/۷۴ به ۰/۹۰

۳- افزایش ضریب دریافت انرژی از ۰/۷۰ به ۰/۹۰

۴- افزایش ضریب عبور لوله شیشه ای از ۰/۸۲ به ۰/۹۰

۵- کاهش ضریب صدور لوله گیرنده از ۰/۴۵ به ۰/۲۰

با دستیابی به موارد فوق آنالیز شبیه سازی نشان می دهد که مزرعه کلکتورهای خورشیدی کارایی قابل قبولی در فصول مختلف سال دارد. البته برای دستیابی به کارایی

بهتر و جلوگیری از نوسان دما در اواخر فصل پاییز و زمستان استفاده از مخزن ذخیره انرژی و دیگ بخار (Boiler) کمکی لازم می باشد که این مهم در طراحی سیکل نیروگاه در نظر گرفته شده است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ک	فهرست جداول
ل	فهرست اشکال
ر	فهرست علائم اختصاری
۱	فصل اول- نیروگاههای خورشیدی
۱	۱-۱- مقدمه
۲	۲-۱- نیروگاه های خورشیدی
۳	۱-۲-۱- سیستمهای فتوولتاییک
۵	۲-۲-۱- سیستمهای حرارتی خورشیدی جهت تولید برق
۶	۱-۲-۲-۱- کلکتورهای سهموی خطی
۸	۲-۲-۲-۱- متمرکز کننده های بشقابک سهموی
۹	۳-۲-۲-۱- برج گیرنده مرکزی
۱۰	۴-۲-۲-۱- دودکش خورشیدی
	۳-۲-۱- سیستمهای تولید الکتریسیسته با استفاده از
۱۲	متمرکز کننده های خورشیدی در ایالات متحده
۱۳	۱-۳-۲-۱- کلکتورهای سهموی خورشیدی
۱۳	۲-۳-۲-۱- برج گیرنده مرکزی
۱۴	۳-۳-۲-۱- بشقابکهای سهموی
۱۴	۴-۳-۲-۱- مقایسه تکنولوژیهای حرارتی خورشیدی
۱۶	۳-۱- مروری بر تحقیقات گذشته

۱۹	۴-۱- هدف از تحقیق
۲۰	۵-۱- انرژی خورشیدی در سیستمهای آینده انرژی جهان
۲۳	فصل دوم- کلکتورهای سهموی خورشیدی
۲۳	۱-۲- مقدمه
۲۴	۲-۲- تحلیل اپتیکی
۲۶	۳-۲- خطاهای اپتیکی
۳۰	۴-۲- تحلیل حرارتی
۳۰	۵-۲- کلکتور سهموی خورشیدی مهرنیرو
۳۱	۱-۵-۲- آینه ها (پانلهای بازتابش نور خورشید)
۳۳	۲-۵-۲- لوله گیرنده انرژی
۳۴	۳-۵-۲- سیستم ردیابی خورشید
۳۵	۴-۵-۲- مشخصات کلکتور خورشیدی مهرنیرو
۳۶	۶-۲- کلکتورهای سهموی LUZ
	فصل سوم- ارزیابی عملکرد کلکتور و شبیه سازی حرارتی سیکل روغن
۳۸	
۳۸	۱-۳- مقدمه
۳۹	۲-۳- آزمایش و بهبود کارایی
۴۱	۱-۲-۳- تعیین زاویه برخورد اصلاحی
۴۲	۲-۲-۳- سازه کلکتور
۴۳	۳-۲-۳- سیستم هیدرومکانیکی ردیاب کلکتور مهرنیرو
۴۶	۳-۳- معادلات انتقال حرارت در لوله گیرنده انرژی
۴۸	۴-۳- تابش خورشید

۴۸	۳-۴-۱- مدل هاتل
۵۰	۳-۴-۲- مدل دانشیار
۵۰	۳-۵- دمای محیط
۵۱	۳-۶- ضرایب انتقال حرارت
۵۱	۳-۶-۱- ضریب انتقال حرارت میان لوله گیرنده انرژی و روغن
۵۲	۳-۶-۲- ضریب انتقال حرارت میان لوله گیرنده انرژی و محیط
۵۴	۳-۶-۳- ضریب انتقال حرارت میان لوله شیشه ای و محیط
	۳-۶-۴- ضریب انتقال حرارت میان لوله شیشه ای و لوله گیرنده
۵۵	انرژی
	۳-۷- معادلات انتقال حرارت در لوله های آکاردئونی و لوله های
۵۵	ارتباطی
۵۶	فصل چهارم-نتایج
۵۶	۴-۱- مقدمه
۵۷	۴-۲- بررسی روش حل معادلات انرژی
۵۸	۴-۲-۱- معادلات نیمه تجربی (۱)
۵۹	۴-۲-۲- معادلات نیمه تجربی (۲)
۶۱	۴-۳- آزمایشات و اندازه گیریها
۶۱	۴-۳-۱- ضریب انعکاس سطوح آینه ای
۶۲	۴-۳-۲- ضریب عبور لوله شیشه ای
۶۳	۴-۳-۳- بررسی خطاها در کلکتور خورشیدی مهرنیرو
۶۵	۴-۳-۴- عملکرد کلکتور خورشیدی مهرنیرو در روزهای مختلف
۷۱	۴-۴- بهبود خواص اپتیکی و تاثیر آن در عملکرد نیروگاه

۸۱	۴-۵- عملکرد کلکتور خورشیدی و مزرعه کلکتورها در روز متوسط هر ماه
۱۰۵	فصل پنجم- نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۰۵	۵-۱- مقدمه
۱۰۵	۵-۲- نتیجه گیری
۱۰۵	۵-۲-۱- ارزیابی عملکرد کلکتور خورشیدی در فصول مختلف سال
۱۰۶	۵-۲-۲- بهبود کارایی کلکتور خورشیدی
۱۰۶	۵-۲-۳- عملکرد مزرعه کلکتورهای خورشیدی در فصول مختلف سال
۱۰۷	۵-۳- پیشنهادات
۱۰۷	۵-۳-۱- تحقیق پیرامون عملکرد کلکتور خورشیدی
۱۰۹	۵-۳-۲- تحقیق پیرامون عملکرد نیروگاه خورشیدی
۱۱۰	مراجع چکیده و صفحه عنوان به انگلیسی

فهرست جداول

صفحه	جدول
۱۵	جدول ۱-۱- مشخصات متمرکزکننده های خورشیدی جهت تولید الکتریسیته
۲۹	جدول ۱-۲- خطاهای اپتیکی در کلکتورهای LUZ
۳۵	جدول ۲-۲- مشخصات طراحی کلکتور خورشیدی مهرنیرو
۳۶	جدول ۳-۲- مشخصات اجرایی کلکتور خورشیدی مهرنیرو
۳۷	جدول ۴-۲- مشخصات کلکتورهای خورشیدی LUZ
۵۱	جدول ۱-۳- متوسط ماهیانه دماهای ماکزیمم و مینیمم روزانه در شیراز
۷۹	جدول ۱-۴- خصوصیات اپتیکی بهینه کلکتورهای LUZ
۸۲	جدول ۲-۴- خواص اپتیکی بهینه
	جدول ۳-۴- ساعت راه اندازی و اتمام ردیابی برای کلکتور و مزرعه
۸۲	کلکتورهای خورشیدی
۱۰۷	جدول ۱-۵- عملکرد مزرعه کلکتورها در روز میانگین هر ماه

فهرست اشکال

شکل	صفحه
شکل ۱-۱- خورشید	۱
شکل ۲-۱- مزرعه کلکتورهای سهموی خورشیدی در مصر	۲
شکل ۳-۱- نمایی از سلولهای فتوولتاییک	۴
شکل ۴-۱- برشی از سلولهای فتوولتاییک	۴
شکل ۵-۱- نیروگاه خورشیدی فتوولتاییک در کالیفرنیا به ظرفیت ۶ MW	۶
شکل ۶-۱- کلکتورهای سهموی خطی	۷
شکل ۷-۱- کلکتورهای سهموی خطی، الف- با ردیابی تک محوره، ب- با ردیابی دو محوره	۷
شکل ۸-۱- متمرکز کننده های بشقابک سهموی	۹
شکل ۹-۱- برج گیرنده مرکزی	۱۰
شکل ۱۰-۱- دودکش خورشیدی	۱۱
شکل ۱۱-۱- قسمتهای اصلی دودکش خورشیدی	۱۲
شکل ۱۲-۱- وضعیت منابع انرژی جهت تامین نیازهای انرژی جهان	۲۱
شکل ۱۳-۱- میزان شدت تابش خورشید در کشور ایران	۲۲
شکل ۱-۲- قسمتهای تشکیل دهنده کلکتور سهموی خورشیدی	۲۳
شکل ۲-۲- سیکل ساده تولید الکتریسیته با استفاده از کلکتورهای سهموی	۲۴
شکل ۳-۲- زاویه بر خورد (IA) در کلکتورهای سهموی خورشیدی	۲۵
شکل ۴-۲- خطاهای اپتیکی در کلکتورهای سهموی خورشیدی	۲۷

- شکل ۲-۵- تصیر کلکتور خورشیدی مهرنیرو، الف- نمای پشت، ب- نمای
 ۳۱ روبرو
- شکل ۲-۶- طرح شماتیکی ازآینه های سهموی شکل
 ۳۲
- شکل ۲-۷- الف- نمای جانبی سازه کلکتور خورشیدی شیراز، ب- نمای بالای
 ۳۳ سازه کلکتور خورشیدی شیراز
- شکل ۲-۸- الف- شکل واقعی لوله گیرنده انرژی، ب- طرح شماتیکی از لوله
 ۳۴ گیرنده انرژی
- شکل ۲-۹- طرح شماتیکی از دیاگرام جریان در نیروگاههای SEGS
 ۳۶
- شکل ۳-۱- طرح شماتیکی از سیکل کلکتور خورشیدی
 ۳۷
- شکل ۳-۲- طرح شماتیکی از سیکل نیروگاه خورشیدی
 ۳۹
- شکل ۳-۳- الف- سازه کلکتور، لوله نگهدارنده (Tortion Bare) ب-خرپایی
 ۴۲
- شکل ۳-۴- کلکتور خورشیدی مهرنیرو
 ۴۳
- شکل ۳-۵- مکان هندسی حرکت جکهای کلکتور
 ۴۴
- شکل ۳-۶- گردش کلکتور توسط یک جک
 ۴۵
- شکل ۳-۷- طرح شماتیکی از رفت و برگشت سیلندر با استفاده از سویچهای
 ۴۵ حدی
- شکل ۳-۸- اتصال جکها به کلکتور (حالت فعلی)
 ۴۶
- شکل ۳-۹- اتصال سازه به کلکتور (حالت بهینه)
 ۴۶
- شکل ۳-۱۰- المانی از لوله گیرنده انرژی
 ۴۷
- شکل ۴-۱- تغییرات ضریب افت حرارتی لوله گیرنده انرژی با تغییرات دما و
 ۶۰ ضریب صدور لوله گیرنده

- شکل ۲-۴- تغییرات ضریب افت حرارتی لوله گیرنده انرژی برحسب تغییرات
 ۶۰ ضریب انتقال حرارت باد و دمای لوله
- شکل ۳-۴- ضریب انعکاس سطوح آینوی بر حسب طول موج
 ۶۲
- شکل ۴-۴- ضریب عبور لوله شیشه ای
 ۶۳
- شکل ۵-۴- ضریب دریافت برحسب نسبت تمرکز هندسی، خطاهای کلکتور و
 ۶۵ زاویه دور
- شکل ۶-۴- توزیع دمای روغن ورودی و خروجی از کلکتور، لوله شیشه ای و
 ۶۶ دمای محیط در ساعات مختلف روز ۲۶ مهرماه سال ۱۳۷۸
- شکل ۷-۴- شدت تابش مستقیم خورشید، زاویه برخورد اصلاحی، راندمان
 ۶۷ اپتیکی و راندمان حرارتی کلکتور خورشیدی در روز ۲۶ مهرماه سال ۱۳۷۸
- شکل ۸-۴- توزیع دمای روغن ورودی و خروجی از کلکتور، لوله شیشه ای و
 ۶۸ دمای محیط در ساعات مختلف روز ۳۰ تیرماه سال ۱۳۷۹
- شکل ۹-۴- شدت تابش مستقیم خورشید، زاویه برخورد اصلاحی، راندمان
 ۶۸ اپتیکی و راندمان حرارتی کلکتور خورشیدی در روز ۳۰ تیر ماه سال ۱۳۷۹
- شکل ۱۰-۴- توزیع دمای روغن ورودی و خروجی از کلکتور، لوله شیشه ای و
 ۶۹ دمای محیط در ساعات مختلف روز ۱۷ مرداد ماه سال ۱۳۷۹
- شکل ۱۱-۴- شدت تابش مستقیم خورشید، زاویه برخورد اصلاحی، راندمان
 ۶۹ اپتیکی و راندمان حرارتی کلکتور خورشیدی در روز ۱۷ مرداد ماه سال ۱۳۷۹
- شکل ۱۲-۴- توزیع دمای روغن ورودی و خروجی از کلکتور، لوله شیشه ای و
 ۷۰ دمای محیط در ساعات مختلف روز ۲۸ آبان ماه سال ۱۳۷۹
- شکل ۱۳-۴- شدت تابش مستقیم خورشید، زاویه برخورد اصلاحی، راندمان
 ۷۰ اپتیکی و راندمان حرارتی کلکتور خورشیدی در روز ۲۸ آبان ماه سال ۱۳۷۹

- شکل ۴-۱۴- توزیع دمای روغن ورودی و خروجی از کلکتور، لوله شیشه ای و دمای محیط در ساعات مختلف روز ۲۷ شهریور ماه سال ۱۳۷۹
۷۲
- شکل ۴-۱۵- شدت تابش مستقیم خورشید، زاویه برخورد اصلاحی، راندمان اپتیکی و راندمان حرارتی کلکتور خورشیدی در روز ۲۷ شهریور سال ۱۳۷۹
۷۳
- شکل ۴-۱۶- افت حرارتی از کلکتور خورشیدی و اختلاف دمای ایجاد شده میان روغن ورودی و خروجی از کلکتور برای سه حالت اندازه گیری شده (E)، محاسباتی از طریق اطلاعات ثبت شده (N) و محاسباتی با استفاده از رابطه دانشیار (D)
۷۳
- شکل ۴-۱۷- عملکرد مزرعه کلکتورهای خورشیدی بر اساس مشخصات جدول ۲-۳ و رابطه دانشیار در روز ۲۷ شهریور ماه
۷۴
- شکل ۴-۱۸- افزایش اختلاف دمای میان روغن ورودی و خروجی از کلکتور خورشیدی با افزایش ضریب جذب لوله گیرنده انرژی
۷۶
- شکل ۴-۱۹- افزایش اختلاف دمای میان روغن ورودی و خروجی از کلکتور خورشیدی با کاهش ضریب صدور لوله گیرنده انرژی
۷۶
- شکل ۴-۲۰- افزایش اختلاف دمای میان روغن ورودی و خروجی از کلکتور خورشیدی با افزایش ضریب انعکاس آینه ها
۷۷
- شکل ۴-۲۱- افزایش اختلاف دمای میان روغن ورودی و خروجی از کلکتور خورشیدی با افزایش ضریب عبور لوله شیشه ای
۷۷
- شکل ۴-۲۲- افزایش اختلاف دمای میان روغن ورودی و خروجی از کلکتور خورشیدی با افزایش ضریب دریافت
۷۸
- شکل ۴-۲۳- عملکرد کلکتور خورشیدی در روز ۲۷ شهریور ۷۹ بر اساس پارامترهای جدول ۴-۱
۸۰