موضوع:

تحلیل تجربی عملکرد سیستم یکپارچه کلکتور و مخزن آبگرمکن خورشیدی

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

استاد راهنما:
دکتر حسام طاهریان
دکتر مفید گرجی

نگارش:
فاما فولادی

دی 1387

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیر و تشکر

بر خود لازم می دانم از تمام کسانی که در انجام این پروژه یاریم کردند تقدیر و تشکر کنم، بخصوص:

آقای دکتر حسام طاهریان به خاطر راهنمایی ها و مشاوره های بسیار ارزشمندشان.

آقای دکتر مفید گرجی به علت تمامی کمک هایشان در انجام پروژه ام.

آقای نعمتی به خاطر کمک های دلسوزانه شان.

تقدیم به همسرم به خاطر تمامی پشتیبانی های بی دریغش

و

پدر و مادر عزیز و گرامیم

فهرست مطالب

فصل اول

۱-۱-مقدمه..... ۲

۱-۲-تاریخچه..... ۲

۱-۳-هندسه آسمان..... ۴

۱-۳-۱-خورشید..... ۴

۱-۳-۱-۱-ثابت خورشید..... 6

۱-۳-۱-۲-تغییرات تابش برون جوی خورشید..... 7

۱-۳-۲-مدار زمین..... 8

۱-۳-۳-آفتاب گیری در سطح زمین..... 9

۱-۴-کاربردهای انرژی خورشیدی..... 10

۱-۵-سیستم های گرمایش آب خورشیدی..... ۱۱

۱-۵-۱-سیستم های ترموسیفون..... ۱۱

۱-۵-۲-سیستم های جابجایی اجباری..... ۱۲

۱-۵-۳-سیستم های یکپارچه کلکتور و مخزن خورشیدی..... ۱۴

۱-۶-اجزاء تشکیل دهنده سیستم های یکپارچه کلکتور و مخزن خورشیدی..... 15

۱-۶-۱-مخزن ذخیره..... 15

۱-۶-۱-۱-اندازه و شکل مخزن..... 15

۱-۶-۱-۱-۱- مخازن ذخیره استوانه ای..... ۱۶

۱-۶-۱-۱-۲- مخازن ذخیره مسطح..... ۱۷

۱-۶-۱-۱-۳- مخازن ذخیره به فرم بالشتک پلاستیکی..... 18

۱-۶-۱-۲- نحوه قرارگیری،اتصال و تعداد مخازن.....19
۱-۶-۱-۳- جهت قرارگیری مخازن.....۲۰
۱-۶-۱-۴- جنس مخازن.....۲۱
۱-۶-۲- شیشه.....۲۲
۱-۶-۳- عایق.....۲۳
۱-۶-۴- منعکس کننده ها.....۲۴

فصل دوم

۲-۱- پیشینه موضوع.....۲۷
۲-۱-۱- مخزن.....۲۷
۲-۱-۱-۱-اندازه و شکل مخزن.....۲۷
۲-۱-۱-۲-تعداد، نحوه قرارگیری و اتصال مخازن.....۲۸
۲-۱-۱-۳-شیب و جهت قرارگیری مخازن.....۳۰
۲-۱-۱-۴-ماده سازنده مخزن.....۳۰
۲-۱-۱-۵-پوشش های طیفی انتخابی.....۳۲
۲-۱-۲-پوشش شیشه ای.....۳۲
۲-۱-۳-منعکس کننده ها.....۳۳
۲-۱-۴-عایق بندی.....۳۴
۲-۱-۴-۱-عایق مات.....۳۴
۲-۱-۴-۲-عایق شفاف.....۳۵
۲-۲-پتانسیل تابشی خورشید.....۳۶
۲-۳-تعریف مسئله.....۳۷

فصل سوم

۳-۱-مقدمه..... ۴۰

۳-۲-انتقال گرما در سیستم های یکپارچه کلکتور . و مخزن خورشیدی..... ۴۰

۳-۳-معادلات حاکم بر سیستم..... ۴۱

۳-۳-۱-معادله انرژی..... ۴۱

۳-۴-محاسبات آزمایش..... ۴۳

۳-۴-۱-راندمان متوسط روزانه سیستم..... ۴۳

۳-۴-۱-۱- تابش ورودی به سطح شیبدار..... ۴۴

۳-۴-۲- ضریب تلفات حرارتی در شب..... ۴۵

۳-۴-۳- زمان خورشیدی..... ۴۵

فصل چهارم

۴-۱- بستر آزمایش..... ۴۸

۴-۲- روند ساخت سیستم..... ۵۰

۴-۳- مشخصات فنی اجزاء..... ۵۴

۴-۴- آزمایشات..... ۵۵

۴-۴-۱- آزمایشات استاندارد برای تحلیل عملکرد سیستم..... ۵۶

۴-۴-۱-۱-عملکرد روزانه سیستم..... ۵۶

۴-۴-۱-۲-اتلافات حرارتی در شب..... ۵۷

۴-۴-۲-عملکرد روزانه سیستم در مصرف دائمی..... ۵۷

فصل پنجم

۵-۱-نتایج..... ۵۹

۵-۱-۱-پروفیل دمای آب..... ۵۹
۵-۱-۱-۱- راندمان متوسط کلکتور در طول روز..... ۶۷
۵-۱-۲- بررسی لایه بندی حرارتی آب در مخازن در اثر مصرف ناگهانی..... ۶۸
۵-۱-۳- تلفات حرارتی در شب..... ۷۶
۵-۱-۳-۱-ضریب تلفات حرارتی در شب..... ۸۱
۵-۱-۴-بررسی پروفیل دمایی کلکتور در مصرف دائمی..... ۸۳
۵-۲-مقایسه سیستم ICSSWH مورد مطالعه با مطالعات تجربی دیگران..... ۸۷
۵-۳-تحلیل اقتصادی..... ۹۳
۵-۳-۱-مقدار متوسط آب گرم مصرفی منازل مسکونی..... ۹۴
۵-۳-۲-محاسبه بار حرارتی آب گرم منزل مسکونی..... ۹۵
۵-۳-۳-محاسبه مصرف گاز طبیعی..... ۹۵
۵-۳-۴-محاسبه مقدار آب گرم خروجی متوسط روزانه از آب گرم کن خورشیدی مورد مطالعه..... ۹۵
۵-۳-۵-محاسبه مقدار صرفه جویی در مصرف سوخت فسیلی توسط آب گرم کن خورشیدی..... ۹۷
۵-۳-۶-محاسبه صرفه جویی ریالی برای مصرف کننده..... ۹۸

فصل ششم

۶-۱-جمع بندی نتایج..... ۱۰۱
۶-۲-پیشنهادات..... ۱۰۳

فهرست جداول

فصل چهارم

جدول ۴-۱- مشخصات هندسی و جنس اجزا کلکتور.....52

فصل پنجم

جدول ۵-۱-مشخصات آزمایشات برداشت استاندارد.....۷۱

جدول ۵-۲-مشخصات مواد اولیه و قیمت آنها.....۹۴

جدول ۵-۳-مقدار آب گرم خروجی از آبگرم کن در دبی های مختلف.....۹۵

جدول ۵-۴-مقدار آب گرم خروجی از آبگرم کن در روزهای مختلف.....۹۶

فهرست اشکال

فصل اول

شکل ۱-۱-ساختار شماتیک خورشید[۱]..... ۶

شکل ۱-۲-هندسه فضایی خورشید-زمین[۱].....۷

شکل ۱-۳- تغییرات فصلی زاویه تمایل محور چرخش زمین [۲].....۹

شکل ۱-۴- شار خورشیدی که به جو وارد می شود[۲].....۱۰

شکل ۱-۵- شکل شماتیک یک سیستم ترموسیفون]۲]..... ۱۲

شکل ۱-6- شکل شماتیک یک سیستم جابجایی اجباری[۲].....۱۴

شکل ۱-7- شکل شماتیک یک سیستم یکپارچه کلکتور و مخزن خورشیدی.....۱۵

شکل ۱-8-سیستم ICSSWH چند مخزنه استوانه ای[۳].....۱۷

شکل ۱-9- شماتیک مخازن مسطح مستطیلی و مثلثی[۳].....۱۸

شکل ۱-10-شماتیک مخزن ذخیره به فرم بالشتک پلاستیکی[۳].....۱۹
شکل ۱-11-فرم های مختلف قرار گیری مخازن در کنار یکدیگر[4].....۲۰
شکل ۱-12-طرز قرارگیری مخازن[۵].....۲۱
شکل ۱-13- برش مقطع یک سیستم ICSSWH با عایق های مات و شفاف[۳].....۲۴
شکل ۱-14- برش مقاطع دو سیستم ICSSWH افقی با منعکس کننده های سهموی مرکب (CPC) و پیچدار(Involute)[۵].....
۲۵..

فصل دوم

شکل ۲-۱- مقطع سیستم های دو مخزنه مورد مطالعه توسط ترایپاناگنوستوپولوس[۴].....۲۸
شکل ۲-۲- یک سیستم دو مخزنه با منعکس کننده CPC[۱۰].....۲۹
شکل ۲-۳- جزئیات مخزن ICS نگهدارنده گرما ساخته شده توسط اسمیت[14].....۳۱
شکل ۲-۴- جزئیات مخازن با عایق بندی های متفاوت مورد مطالعه اسمیت و همکاران[۲۱].....۳۴

فصل سوم

شکل ۳-۱-حجم کنترل..... ۴۱

شکل ۳-۱- فرایند های انتقال حرارت موجود در سیستم..... ۴۲

فصل چهارم

شکل ۴-۱- تصویر شماتیک دستگاه آزمایش از روبرو..... ۴۹

شکل ۴-۲- تصویر شماتیک دستگاه آزمایش از سمت راست..... ۴۹

شکل ۴-۳- تصویر دستگاه آزمایش..... ۵۰

شکل ۴-۴- تصویر شماتیک دستگاه آزمایش به همراه ادوات اندازه گیری..... ۵۴

شکل ۴-5- تصویر دیتالاگر *kipp&zonen* ایستگاه هواشناسی قراخیل..... ۵۵

فصل پنجم

شکل۵-۱-محل نصب ترموکوپل ها..... ۵۹

شکل۵-۲-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمن خورشیدی در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۳/۰۲..... ۶۰

شکل۵-۳-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۳/۰۹..... ۶۰

شکل۵-۴-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۳/۱۰..... ۶۱

شکل۵-۵-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۳/۱۲..... ۶۱

شکل۵-۶-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۳/۱۴..... ۶۲

شکل۵-۷-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۳/۱۵..... ۶۲

شکل۵-۸-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۵/۲۶..... ۶۳

شکل۵-۹-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۶/۰۱..... ۶۳

شکل۵-۱۰-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۸/۱۹..... ۶۴

شکل۵-۱۱-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۸/۲۷..... ۶۴

شکل۵-۱۲-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در روز نمونه
۲۰۰۸/۰۸/۲۸.....۶۵
شکل۵-۱۳-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در روز نمونه
۲۰۰۸/۰۸/۲۹.....۶۵
شکل۵-۱۴-منحنی تغییرات راندمان متوسط روزانه
سیستم.....۶۸
شکل۵-۱۵-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در تست غروب در روز نمونه
2۰۰۸/۰۳/۰2.....
۷۱
شکل۵-16-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در تست غروب در روز نمونه
۲۰۰۸/۰۳/15.....
۷۱
شکل۵-17-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در تست ظهر در روز نمونه
۲۰۰۸/۰۳/۱۶.....
۷۲
شکل۵-18-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در تست غروب در روز نمونه
۲۰۰۸/۰۳/۱۶.....
۷۲
شکل۵-19-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در تست ظهر در روز نمونه
۲۰۰۸/۰۵/۲۵.....
۷۳

شکل۵-20-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در تست غروب در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۵/۲۵.....
۷۳
شکل۵-21-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در تست غروب در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۵/۲۶.....
۷۴
شکل۵-22-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در تست غروب در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۶/۰۹.....
۷۴
شکل۵-23-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در تست ظهر در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۸/۱۸.....
۷۵
شکل۵-24-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در تست غروب در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۸/۱۸.....
۷۵
شکل۵-25-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در تست غروب در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۸/۱۹.....
۷۶
شکل۵-26-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در تست غروب در روز نمونه ۲۰۰۸/۰۸/۰۷.....
۷۶

شکل۵-۲۷-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در شب نمونه ۲۰۰۸/۰۳/۰۱.....۷۷

شکل۵-28-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در شب نمونه ۲۰۰۸/۰۳/۱۰.....۷۷

شکل۵-29-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در شب نمونه ۲۰۰۸/۰۳/۱۲.....۷۸

شکل۵-30-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در شب نمونه ۲۰۰۸/۰۳/۱۳.....۷۸

شکل۵-31-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در شب نمونه ۲۰۰۸/۰۳/۱۴.....۷۹

شکل۵-32-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در شب نمونه ۲۰۰۸/۰۳/۱۵.....۷۹

شکل۵-33-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در شب نمونه ۲۰۰۸/۰۳/۲۷.....۸۰

شکل۵-34-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در شب نمونه ۲۰۰۸/۰۳/۲۸.....۸۰

شکل۵-35-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در شب نمونه ۲۰۰۸/۰۳/۲۹.....۸۱

شکل۵-۳۶-منحنی تلفات حرارتی در طول شب بر حسب $T_{i,m} - T_{a,m}$.....۸۲

شکل۵-۳۷-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی درروز نمونه 2008/06/30.....۸۳

شکل۵-38-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی درروز نمونه ۲۰۰۸/۰۷/۰۲.....۸۴
شکل۵-39-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی درروز نمونه ۲۰۰۸/۰۷/۲۳.....۸۴
شکل۵-40-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی درروز نمونه ۲۰۰۸/۰۷/۲۷.....۸۵
شکل۵-41-منحنی تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی درروز نمونه ۲۰۰۸/۰۷/۲۸.....۸۵
شکل۵-۴۲-منحنی مقایسه تغییرات دمای نقاط مختلف آبگرمکن خورشیدی در دبی های مختلف.....۸۶
شکل۵-۴۳-مدل مقطع عرضی ICSSWH
مرجع[۳۳].....۸۸
شکل۵-۴۴-راندمان متوسط روزانه سیستم
مرجع[۳۳].....۸۹
شکل۵-۴۵-راندمان متوسط روزانه سیستم مورد
بررسی[۳۳].....۸۹
شکل۵-۴۶-ضریب تلفات حرارتی سیستم
مرجع[۳۳].....۹۰
شکل۵-۴۷-ضریب تلفات حرارتی سیستم مورد
بررسی[۳۳].....۹۰
شکل۵-۴۸-سیستم مرجع-DTS
A1[۴].....۹۱
شکل۵-۴۹-راندمان متوسط روزانه سیستم
مرجع[۴].....۹۲

شکل۵-۵۰-ضریب تلفات حرارتی سیستم

مرجع[۴].....۹۳

چکیده:

به علت کمبود وجود مطالعاتی تجربی بر روی آب گرم کن های خورشیدی یکپارچه با تعداد مخازن زیاد و همچنین عدم بررسی این آب گرم کن بسیار ارزان قیمت در ایران، آب گرم کن خورشیدی یکپارچه نمونه ای با توجه به شرایط هزینه ها در کشور ساخته شد و مورد بررسی قرار گرفت.

این آب گرم کن از ۸ عدد مخزن استوانه ای که بصورت افقی قرار گرفته اند و مجموعاً ۱۰۲ لیتر آب را در خود جای داده و بصورت سری بهم اتصال دارند تشکیل شده است. آزمایشاتی در فضای باز برای بررسی عملکرد سیستم در طول روز و شب انجام شده است. آزمایشات روزانه شامل تعدادی آزمایشات استاندارد ISO 9459 برای بررسی عملکرد سیستم در طول روز و در برداشت هایی ناگهانی برای بررسی میزان اختلاط آب سرد و گرم در زمان مصرف و همچنین آزمایشهایی با دبی دائمی در طول روز با حداقل دمای ۴۰ درجه سانتیگراد برای بررسی میزان لایه بندی حرارتی در حین مصرف، می شود. راندمان متوسط روزانه بدست آمد و با مطالعات تجربی دیگران روی سیستم های تک و دو مخزنه مقایسه شد.

در آزمایشات استاندارد شب، تلفات حرارتی سیستم بدست آمد و با تلفات حرارتی سیستم های دیگر در مطالعات تجربی دیگران مورد مقایسه قرار گرفت.

میزان صرفه جویی در مصرف سوخت فسیلی با استفاده از این سیستم در یک منزل مسکونی محاسبه شده تعداد سالهای برگشت هزینه اولیه محاسبه شد.

فصل اول

مقدمه