بسم الله الرحمن الرحيم

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

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی مکانیک

گرایش تبدیل انرژی

عنوان پایان نامه

پیش بینی دبی بهینه کلکتور صفحه تخت خورشیدی با رویکرد استفاده از هوش مصنوعی

استاد راهنما:

دکتر فرزاد ویسی

استاد مشاور:

دکتر آرش احمدی

نگارش:

محمد زنجانی

بهمن ماه ۱۳۹۰

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی مکانیک

گرایش تبدیل انرژی

توسط دانشجو

محمد زنجانی

تحت عنوان

پیش بینی دبی بهینه کلکتور صفحه تخت خورشیدی با رویکرد استفاده از هوش مصنوعی

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۲۴ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه **عالی** به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنما : دکتر فرزاد ویسی	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء
۲- استاد مشاور : دکتر آرش احمدی	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء
۳- استاد داور داخل گروه : دکتر حبیب اله صفرزاده	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء
۴- استاد داور خارج از گروه : دکتر منصور لهونیان	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء

با سپاس ازسه وجود مقدس:

آنان که ناتوان شدند تا من به توانایی برسم...

موهایشان سپید شد تا روسفید شوم...

و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجودم و روشنگر راهم باشند...

پدرم

مادرم

استادم

تقدیم به پدر و مادر مهربانم

چکیده

امروزه به دلیل هزینه بالای حامل های انرژی، نیاز روز افزون به انرژی های نو برای جایگزینی سوخت های فسیلی احساس می شود. ارزان‌ترین و در دسترس‌ترین نوع این انرژی ها، انرژی خورشیدی است. در میان کاربرد های مختلف انرژی خورشیدی، تولید آبگرم مصرفی ساختمان ها، یکی از اقتصادی‌ترین روش های استفاده از انرژی خورشیدی محسوب می شود. از آنجا که تغییر تابش در طول روز یکی از پارامترهای غیرقابل کنترل است، باید ترتیبی اتخاذ شود تا امکان جذب بیشترین انرژی در تابش های مختلف فراهم شود. در این پایان نامه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، دبی بهینه کلکتور های صفحه تخت خورشیدی در تابش های مختلف به ازاء دبی های مختلف آبگرم خروجی از مخزن پیش بینی شده است. برای آموزش شبکه عصبی، از داده های تجربی که توسط یک دستگاه آبگرمکن صفحه تخت خورشیدی گردآوری شده، استفاده شده است. داده برداری ها برای ۷ دبی سیال مسیر کلکتور و ۴ دبی آبگرم خروجی از مخزن انجام شده است. در مجموع ۲۸ روز داده برداری برای ۲۸ حالت مختلف انجام شده است که ۶۷٪ داده های جمع آوری شده به آموزش شبکه و ۳۳٪ داده ها به تست شبکه عصبی اختصاص داده شده است. زمان، دمای محیط، دمای صفحه جاذب، تابش عمود بر سطح کلکتور، دبی سیال مسیر کلکتور و دبی آبگرم خروجی از مخزن به عنوان ورودی های شبکه و دمای سیال ورودی به کلکتور و دمای سیال خروجی از کلکتور به عنوان خروجی های شبکه در نظر گرفته شده اند. بیشینه خطای نسبی آموزش شبکه برابر ۲/۱۷٪ و بیشینه خطای نسبی تست شبکه برابر ۲/۱۰٪ شده است. با استفاده از مدل شبکه عصبی ارائه شده، دبی های بهینه کلکتور در تابش های مختلف به ازاء دبی های مختلف آبگرم خروجی از مخزن پیش بینی شده است. نتایج در دو حالت مختلف برای دبی ثابت آبگرم خروجی از مخزن و نیز دبی متغیر آبگرم خروجی از مخزن ارائه شده است. نشان داده شده است که با افزایش تابش، برای دستیابی به بازده ماکزیمم، دبی کلکتور نیز بایستی افزایش یابد. بعلاوه هر چه دبی آبگرم خروجی از مخزن افزایش یابد، ماکزیمم مقدار دبی بهینه کلکتور نیز افزایش می یابد. نتایج نشان می دهد که تغییر دبی کلکتور، بازده لحظه ای کلکتور را ۱۰/۹۵٪ و بازده متوسط کلکتور را ۲/۸۳٪ افزایش می دهد.

فهرست مطالب

فصل اول : آبگرمکن خورشیدی ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ انواع سیستم های آبگرمکن خورشیدی ۲

۱-۲-۱ سیستم های چرخش طبیعی (ترموسیفون) ۲

۱-۲-۲ آبگرمکن های جابجایی اجباری ۴

۱-۳ انواع گردآورنده های خورشیدی ۴

۱-۳-۱ کلکتور سهموی ۴

۱-۳-۲ کلکتور با لوله های خلأ ۵

۱-۳-۳ کلکتور صفحه تخت ۶

۱-۴ اجزاء آبگرمکن صفحه تخت خورشیدی ۶

۱-۴-۱ گردآورنده صفحه تخت ۷

۱-۴-۱-۱ اجزاء گردآورنده صفحه تخت ۷

۱-۴-۱-۱-۱ صفحه جاذب ۷

۱-۴-۱-۱-۲ سیال انتقال دهنده گرما (سیال عامل) ۱۰

۱-۴-۱-۱-۳ صفحات پوششی ۱۱

۱-۴-۱-۱-۴ قاب گردآورنده ۱۱

۱-۴-۲ مخزن ذخیره ۱۲

۱-۴-۳ مبدل گرمایی ۱۲

۱-۴-۴ عایق بندی حرارتی ۱۳

۱-۵ نحوه محاسبه تابش روی یک سطح شیب دار ۱۳

۱-۶ آنالیز انرژی کلکتور صفحه تخت خورشیدی ۱۵

۱-۶-۱ محاسبه ضریب کلی اتلاف حرارت ۱۶

۱-۶-۲ معادلات انرژی حاکم بر کلکتور خورشیدی ۱۹

۱-۷ آنالیز نوری کلکتور خورشیدی ۲۰

فصل دوم : مروری بر کارهای گذشته ۲۳

فصل سوم : معرفی مدل آزمایشگاهی ۳۰

۳-۱ معرفی مدل آزمایشگاهی ۳۱
۳-۲ تشریح عملکرد سیستم ۳۳
۳-۳ شرح اجزا سیستم آبگرمکن خورشیدی HL313 ..... ۳۵
۳-۳-۱ کلکتور ۳۵
۳-۳-۲ روتامتر ۳۶
۳-۳-۳ منبع انبساط ۳۷
۳-۳-۴ پمپ مسیر کلکتور ۳۸
۳-۳-۵ مبدل حرارتی ۳۸
۳-۳-۶ پمپ گرداننده آب از مخزن به داخل مبدل ۴۰
۳-۳-۷ مخزن ۴۰
۳-۳-۸ کنترلر ۴۱
۳-۴ تجهیزات اندازه گیری ۴۲
۳-۵ راه اندازی دستگاه ۴۳
۳-۶ استاندارد های آزمایش عملکرد آبگرمکن های خورشیدی ۴۳
۳-۶-۱ دقت و درستی ۴۴
۳-۶-۲ اندازه گیری جریان کلکتور ۴۴
۳-۶-۳ اندازه گیری دمای محیط ۴۴
۳-۶-۴ تابش خورشیدی ۴۵
۳-۷ شرح آزمایشات ۴۵
فصل چهارم : معرفی مدل شبکه عصبی مصنوعی ۴۷
۴-۱ معرفی شبکه عصبی مصنوعی ۴۸
۴-۱-۱ انواع شبکه های عصبی ۴۹
۴- ۱-۲ مدل نرون طبیعی ۵۱
۴-۱-۳ مدل نرون مصنوعی ۵۱
۴-۱-۴ توابع محرک ۵۴
۴-۲ معماری شبکه های عصبی ۵۶
۴-۳ تاریخچه شبکه های عصبی ۵۷

۴-۴ انتظارات از شبکه های عصبی ۵۸
۴-۵ قوانین یادگیری ۶۰
۴-۶ مزایا و معایب شبکه‌های عصبی ۶۰
۴-۷ الگوریتم پس انتشار خطا ۶۱
۴-۷-۱ معرفی الگوریتم پس انتشار خطا ۶۱
۴-۷-۲ محدودیت الگوریتم BP ۶۵
۴-۷-۳ تعمیم پذیری الگوریتم BP ۶۵
۴-۷-۴ نحوه انتخاب تعداد نرون های لایه های مخفی ۶۶
۴-۸ مدل شبکه عصبی آبگرمکن خورشیدی ۶۶
فصل پنجم : بررسی و تحلیل نتایج ۶۹
۵-۱ بررسی دقت شبکه عصبی آموزش داده شده ۷۰
۵-۲ بررسی اثر تغییر دبی کلکتور با تغییر تابش بر بازده کلکتور صفحه تخت ۸۰
۵-۳ پیش بینی دبی بهینه کلکتور برای مخزن با دبی متغیر ۹۴
نتیجه گیری ۹۹
پیشنهادات ۱۰۰
مراجع ۱۰۱

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱: آبگرمکن خورشیدی ترموسیفون ۳

شکل ۱-۲: آبگرمکن خورشیدی مدار بسته با سیستم جابجایی اجباری ۴

شکل ۱-۳: گرد آورنده سهموی ۵

شکل ۱-۴: گرد آورنده با لوله های خلأ ۶

شکل ۱-۵: گرد آورنده صفحه تخت ۶

شکل ۱-۶: انواع صفحات جاذب بکار رفته در آبگرمکن های خورشیدی ۸

شکل ۱-۷ : شبکه حرارتی برای یک کلکتور صفحه تخت با یک لایه پوششی: (الف) بر حسب مقاومت های هدایتی، جابجایی و تابشی؛ (ب) بر حسب مقاومت های بین صفحات ۱۶

شکل ۱-۸ : نمای کلی آبگرمکن پمپی صفحه تخت خورشیدی ۱۹

شکل ۱-۹: منحنی عملکرد کلکتور خورشیدی ۲۱

شکل ۳-۱ : گردآورنده دستگاه آبگرمکن خورشیدی HL313 ..... ۳۱

شکل ۳-۲: نمای پشت دستگاه آبگرمکن خورشیدی HL313 ..... ۳۲

شکل ۳-۳ : نمایی از بخش کنترلی و تجهیزات اندازه گیری دستگاه آبگرمکن خورشیدی HL313 ..... ۳۳

شکل ۳-۴ : شماتیک سیستم آبگرمکن خورشیدی HL313 ..... ۳۴

شکل ۳-۵ : نحوه عملکرد منبع انبساط HL313 ..... ۳۸

شکل ۳-۶ : مبدل حرارتی صفحه ای ۳۹

شکل ۳-۷ : کنترلر دستگاه HL313 ..... ۴۲

شکل ۴-۱ : مدل نرون طبیعی ۵۱

شکل ۴-۲ : مدل نرون تک ورودی ۵۲

شکل ۴-۳ : روند آموزش شبکه عصبی مصنوعی ۵۳

شکل ۴-۴ : تابع محرک خطی ۵۴

شکل ۴-۵ : تابع محرک آستانه دو مقداره حدی ۵۴

شکل ۴-۶ : تابع محرک Log sigmoid ۵۵

شکل ۴-۷ : تابع محرک Tan sigmoid ۵۵

شکل ۴-۸ : شبکه عصبی تک لایه ۵۶

شکل ۴-۹ : شبکه عصبی چند لایه ۵۷
شکل ۴-۱۰ : شماتیک مدل شبکه عصبی آبگرمکن خورشیدی ۶۸
شکل ۵-۱ : رگرسیون خطی داده های شبکه ۷۱
شکل ۵-۲: مقایسه دمای ورودی کلکتور بین خروجی شبکه عصبی و داده های تجربی برای دبی کلکتور ۸۰ L/h ۷۲
شکل ۵-۳: مقایسه دمای خروجی کلکتور بین خروجی شبکه عصبی و داده های تجربی برای دبی کلکتور L/h ۸۰ ..... ۷۲
شکل ۵-۴: مقایسه دمای ورودی کلکتور بین خروجی شبکه عصبی و داده های تجربی برای دبی کلکتور L/h ۲۰۰ ..... ۷۳
شکل ۵-۵: مقایسه دمای خروجی کلکتور بین خروجی های شبکه عصبی و داده های تجربی برای دبی ۲۰۰ L/h ۷۳
شکل ۵-۶: مقایسه دمای ورودی کلکتور بین خروجی شبکه عصبی و داده های تجربی برای دبی کلکتور L/h ۲۴۰ ..... ۷۴
شکل ۵-۷: مقایسه دمای خروجی کلکتور بین خروجی های شبکه عصبی و داده های تجربی برای دبی ۲۴۰ L/h ۷۴
شکل ۵-۸: مقایسه بازده محاسبه شده از خروجی های شبکه عصبی و داده های تجربی برای دبی کلکتور L/h ۸۰ ..... ۷۶
شکل ۵-۹: مقایسه بازده محاسبه شده از خروجی های شبکه عصبی و داده های تجربی برای دبی کلکتور L/h ۱۲۰ ..... ۷۶
شکل ۵-۱۰: مقایسه بازده محاسبه شده از خروجی های شبکه عصبی و داده های تجربی برای دبی کلکتور L/h ۱۶۰ ..... ۷۷
شکل ۵-۱۱: مقایسه منحنی عملکرد کلکتور به ازاء خروجی های شبکه عصبی و داده های تجربی در دبی L/h ۸۰ ..... ۷۸
شکل ۵-۱۲: مقایسه منحنی عملکرد کلکتور به ازاء خروجی های شبکه عصبی و داده های تجربی در دبی L/h ۱۲۰ ..... ۷۸
شکل ۵-۱۳: مقایسه منحنی عملکرد کلکتور به ازاء خروجی های شبکه عصبی و داده های تجربی در دبی L/h ۲۸۰ ..... ۷۹

شکل ۵-۱۴: نمودار بازده کلکتور به ازاء داده های تجربی بر حسب بازده کلکتور به ازاء خروجی های شبکه عصبی ۸۰

شکل ۵-۱۵: منحنی عملکرد کلکتور به ازاء خروجی های شبکه عصبی در حالت مخزن بدون بار و با بار L/h ۳۶ ..... ۸۱

شکل ۵-۱۶: نمودار عملکرد کلکتور به ازاء خروجی های شبکه عصبی برای مخزن بدون دبی خروجی ۸۳

شکل ۵-۱۷: نمودار بازده کلکتور بر حسب تابش به ازاء خروجی های شبکه عصبی برای مخزن بدون دبی خروجی ۸۳

شکل ۵-۱۸: منحنی عملکرد کلکتور به ازاء خروجی های شبکه عصبی برای دبی مخزن L/h ۱۸ ..... ۸۵

شکل ۵-۱۹: نمودار بازده کلکتور بر حسب تابش به ازاء خروجی های شبکه عصبی برای دبی مخزن L/h ۱۸ .. ۸۶

شکل ۵-۲۰: منحنی عملکرد کلکتور به ازاء خروجی های شبکه عصبی برای دبی مخزن L/h ۳۶ ..... ۸۸

شکل ۵-۲۱: نمودار بازده کلکتور بر حسب تابش به ازاء خروجی های شبکه عصبی برای دبی مخزن L/h ۳۶ .. ۸۹

شکل ۵-۲۲: منحنی عملکرد کلکتور به ازاء خروجی های شبکه عصبی برای دبی مخزن L/h ۵۴ ..... ۹۱

شکل ۵-۲۳: نمودار بازده کلکتور بر حسب تابش به ازاء خروجی های شبکه عصبی برای دبی مخزن L/h ۵۴ .. ۹۲

شکل ۵-۲۴ : متوسط مصرف ساعتی آبگرم در منازل مسکونی ۹۴

شکل ۵-۲۵: منحنی عملکرد کلکتور به ازاء خروجی های شبکه عصبی برای مخزن با دبی متغیر ۹۵

شکل ۵-۲۶: نمودار بازده کلکتور بر حسب تابش به ازاء خروجی های شبکه عصبی برای مخزن با دبی متغیر ... ۹۶

فهرست جداول

جدول ۳-۱ : مشخصات کلکتور HL313 ..... ۳۵

جدول ۳-۲ : مشخصات روتامتر HL313 ..... ۳۶

جدول ۳-۳ : مشخصات منبع انبساط HL313 ..... ۳۷

جدول ۳-۴ : مشخصات مبدل حرارتی HL313 ..... ۳۹

جدول ۳-۵ : مشخصات پمپ مسیر مخزن HL313 ..... ۴۰

جدول ۳-۶ : مشخصات مخزن HL313 ..... ۴۱

جدول ۳-۷ : دقت وسایل اندازه گیری ۴۴

جدول ۳-۸: حالت های مختلف آزمایش شده ۴۶

جدول ۵-۱: ماکزیمم و مینیمم خطای نسبی خروجی های شبکه عصبی ۷۰

جدول ۵-۲: مقادیر دبی بهینه کلکتور برای مخزن بدون دبی خروجی ۸۴

جدول ۵-۳: مقایسه پارامترهای دبی های مختلف کلکتور برای مخزن بدون دبی خروجی ۸۴

جدول ۵-۴: مقادیر دبی بهینه کلکتور برای دبی مخزن ۱۸ L/h ۸۷

جدول ۵-۵: مقایسه پارامترهای دبی های مختلف کلکتور برای دبی مخزن ۱۸ L/h ۸۷

جدول ۵-۶: مقادیر دبی بهینه کلکتور برای دبی مخزن ۳۶ L/h ۹۰

جدول ۵-۷: مقایسه پارامترهای دبی های مختلف کلکتور برای دبی مخزن ۳۶ L/h ۹۰

جدول ۵-۸: مقادیر دبی بهینه کلکتور برای دبی مخزن ۵۴ L/h ۹۳

جدول ۵-۹: مقایسه پارامترهای دبی های مختلف کلکتور برای دبی مخزن ۵۴ L/h ۹۳

جدول ۵-۱۰: مقادیر دبی بهینه کلکتور برای مخزن با دبی متغیر ۹۶

جدول ۵-۱۱: مقایسه پارامترهای دبی های مختلف کلکتور برای با دبی متغیر ۹۷

جدول ۵-۱۲: مقادیر دبی بهینه کلکتور در تابش های مختلف به ازاء دبی های مختلف مخزن ۹۸

فهرست علائم

A_{edge} ..... سطح کناره کلکتور، m^2

A_p ..... سطح دهانه کلکتور، m^2

b ..... پهنای جوش، m

C_b ..... کندوکتانس جوش

C_p ..... گرمای ویژه، J/kg.°C

F ..... بازده پره مستطیلی

F_R ..... فاکتور برداشت حرارت کلکتور

F'_R ..... فاکتور بازده کلکتور

g ..... شتاب گرانش، m/s^2

G_T ..... تابش عمود بر سطح کلکتور، W/m^2

$h_{c,p-c}$ ..... ضریب انتقال حرارت جابجایی بین پوشش شیشه ای و صفحه جاذب، $W/m^2.°C$

h_{fi} ..... ضریب انتقال حرارت جابجایی سیال درون کلکتور، $W/m^2.°C$

$h_{r,c-a}$ ..... ضریب انتقال حرارت تابشی بین پوشش شیشه ای و هوا، $W/m^2.°C$

$h_{r,p-c}$ ..... ضریب انتقال حرارت تابشی بین پوشش شیشه ای و صفحه جاذب، $W/m^2.°C$

h_w ..... ضریب انتقال حرارت جابجایی ناشی از وزش باد، $W/m^2.°C$

$\overline{H}_{Ob}$ ..... باریکه روزانه تابش بر یک رویه افقی، MJ/m^2

$\overline{H}_{OT}$ ..... متوسط تابش روزانه در خارج از جو بر یک رویه افقی، MJ/m^2

$\overline{H}_T$ ..... متوسط تابش کل افقی در یک ماه، MJ/m^2

$\overline{H}_{Tb}$ ..... متوسط تابش کل مستقیم در یک ماه، MJ/m^2

$\bar{H}_{Td}$ ..... متوسط تابش کل پخش در یک ماه، MJ/m^2

I_0 ..... مقدار ظاهری تابش دهی خورشیدی در خارج از جو، W/m^2

$\bar{I}_{Ob}$ ..... باریکه روزانه تابش بر یک رویه شیب دار، MJ/m^2

$\bar{I}_{OT}$ ..... کل تابش روزانه در خارج از جو بر یک رویه شیب دار رو به جنوب، MJ/m^2

$\bar{I}_T$ ..... متوسط روزانه تابش دریافتی گرد آورنده، MJ/m^2

k_a ..... ضریب هدایت حرارتی هوا، W/m.°C

k_b ..... ضریب هدایت حرارت (عایق پشت کلکتور/ جوش)، W/m.°C

k_e ..... ضریب هدایت حرارت عایق در کناره های کلکتور، W/m.°C

$\bar{K}_T$ ..... ضریب صافی

L ..... طول کلکتور، m

N ..... شمار روز در سال

Nu ..... عدد ناسلت

P_r ..... عدد پرانتل

Q_u ..... گرمای مفید جذب شده توسط کلکتور، W

R_1 ..... مقاومت حرارتی پوشش شیشه ای کلکتور، m^2.°C/W

R_2 ..... مقاومت حرارتی هوای بین سطح جاذب و پوشش شیشه ای، m^2.°C/W

R_3 ..... مقاومت هدایتی عایق پشت کلکتور، m^2.°C/W

R_4 ..... مقاومت حرارتی پشت کلکتور، m^2.°C/W

$\bar{R}$ ..... ضریب بالابری مربوط به مقدار ماهیانه متوسط روزانه کل تابش کل افقی

R_a ..... عدد رایلی

$\bar{R}_b$ ..... مؤلفه بالابری برای بالا بردن مؤلفه باریکه مستقیم کل تابش

t_c ..... ضخامت کلکتور، m

T_a ..... دمای محیط، °K

T_c ..... دمای پوشش شیشه ای، °K

T_i ..... دمای سیال ورودی به کلکتور، °C

T_o ..... دمای سیال خروجی از کلکتور، °C

T_{sky} ..... دمای معادل آسمان، °K

ΔT ..... اختلاف دمای صفحه جاذب و پوشش شیشه ای، °C

U_b ..... ضریب اتلاف حرارت از پشت کلکتور، $W/m^2.°C$

U_e ..... ضریب اتلاف حرارت جانبی کلکتور، $W/m^2.°C$

U_{edge} ..... ضریب هدایت حرارتی عایق اطراف کلکتور، $W/m^2.°C$

U_l ..... ضریب کلی اتلاف حرارت کلکتور، $W/m^2.°C$

U_t ..... ضریب اتلاف حرارت از جلو کلکتور، $W/m^2.°C$

V ..... سرعت وزش باد، m/s

W ..... عرض کلکتور، m

Z ..... سطح زیر منحنی عملکرد کلکتورخورشیدی

α ..... ضریب جذب صفحه جاذب

β ..... زاویه شیب گرد آورنده، degree

β' ..... ضریب تراکم پذیری، 1/°K

γ ..... ضخامت متوسط جوش، m

δ ..... زاویه میل، degree

δ_b ..... ضخامت عایق پشت کلکتور، m

ضخامت عایق در کناره های کلکتور، m ..... δ_e

ضریب تأثیر مبدل حرارتی ..... ε

ضریب پخش حرارتی پوشش شیشه ای ..... ε_c

ضریب پخش حرارتی صفحه جاذب ..... ε_p

بازده کلکتور خورشیدی ..... η

راستای عمود بر گردآورنده، degree ..... θ

ویسکوزیته سینماتیکی، m^2/s ..... υ

قابلیت تابندگی محیط اطراف ..... ρ

ضریب بولتزمن ..... σ

ضریب عبور پوشش شیشه ای ..... τ

عرض جغرافیایی، degree ..... φ

زاویه ساعت، degree ..... ω

زاویه ساعت طلوع یا غروب آفتاب برای یک گرد آورنده افقی، degree ..... ω_s

وقت غروب آفتاب بر رویه شیب دار، degree ..... $\widetilde{\omega}_s$

زاویه ساعت مربوط به طلوع یا غروب آفتاب برای یک گرد آورنده شیب دار، degree ..... ω_s'

فصل اول

آبگرمکن خورشیدي

۱-۱ مقدمه

کلکتور خورشیدی نوع خاصی از مبدل های حرارتی است که انرژی تابشی خورشید را به گرما تبدیل می کند. کلکتور خورشیدی از جنبه های مختلفی با بیشتر مبدل های حرارتی متداول، متفاوت است. مبدل های معمول، معمولاً یک انتقال سیال به سیال را با نرخ انتقال بالا انجام می دهند و تابش برای این مبدل ها یک فاکتور غیر مهم تلقی می شود. در کلکتور خورشیدی، انتقال انرژی از یک منبع انرژی تابشی با فاصله زیاد به یک سیال صورت می گیرد. شار تابشی دریافتی، در بهترین حالت، تقریباً W/m^2 ۱۱۰۰ است (بدون تمرکز نوری)، و آن هم متغیر است. محدوده طول موج از ۰/۳ تا ۳ میکرو متر است که بطور قابل ملاحظه ای کوتاه تر از تابش ساطع شده از بیشتر سطوح جذب کننده انرژی است. بنابراین تحلیل کلکتور های خورشیدی مشکلات منحصر بفردی شامل شار های کم و متغیر انرژی و اهمیت نسبتاً زیاد تابش را شامل می شود [۱].

۱-۲ انواع سیستم های آبگرمکن خورشیدی

۱-۲-۱ سیستم های چرخش طبیعی[1] (ترموسیفون)

با آنکه چندین دهه از ساخت نخستین آبگرمکن خورشیدی ترموسیفون می گذرد، اما با این حال یکی از تکنولوژی های برتر برای بکارگیری انرژی خورشید، استفاده از این نوع آبگرمکن ها می باشد. کارایی بالا، سهولت ساخت، عدم حضور قطعات متحرک و عدم نیاز به نگهداری باعث برتری آبگرمکن های ترموسیفون نسبت به نوع دیگر، یعنی آبگرمکن های جابجایی اجباری شده است. در آبگرمکن های خورشیدی چرخش طبیعی، مخزن ذخیره در ارتفاع مشخصی (۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر) نسبت به بالاترین قسمت گردآورنده قرار داده می شود تا از چرخش معکوس سیال در ساعاتی که تابش خورشید وجود ندارد، جلوگیری شود. نمونه ای از این نوع آبگرمکن در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.

در اوایل صبح، تابش خورشید باعث گرم شدن گردآورنده می شود. سیال گرم داخل آن با جابجایی طبیعی بالا رفته، به مخزن ذخیره دو جداره می رسد، گرمای خود را به آب داخل مخزن می دهد و سپس سیال سرد دوباره از پایین به داخل گردآورنده جاری می گردد. به این ترتیب چرخش طبیعی در جایی که

---

[1] Natural circulation water heater (thermosyphon)