

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی مکانیک

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک
گرایش تبدیل انرژی

آنالیز انرژی و انرژی کلکتور خورشیدی سهموی خطی

مؤلف :

محمد امیر اسکوروچی

استاد راهنما اول:

دکتر مهران عامری

استاد راهنما دوم:

دکتر محمد حسن صفاری پور

استاد مشاور :

دکتر مسعود حسینی سروری

آذرماه ۱۳۹۳

چکیده

در این مطالعه کلکتور خورشیدی سهموی خطی با پوشش و بدون پوشش شیشه‌ای مدل‌سازی شده است. این مدل‌سازی بر اساس حل تحلیلی معادلات تعادل انرژی برای اجزاء مختلف کلکتور می‌باشد. مقایسه نتایج بدست آمده در کار حاضر با نتایج پژوهش قبل مطابقت خوبی رانسان می‌دهد. در این پایان‌نامه تغییرات ضرایب صدور و جذب لوله جاذب بر منحنی توزیع دما در طول لوله کلکتور بررسی شده است. همچنین تغییرات دبی جرمی، تابش خورشیدی، دمای ورودی، دمای محیط و طول لوله کلکتور بر روی دمای خروجی سیال، از دیدگاه بازده انرژی (قانون اول ترمودینامیک) و بازده انرژی (قانون دوم ترمودینامیک) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. به علاوه در این تحقیق انرژی و انرژی منفی در شدت تشعشع‌های پایین (به هنگام طلوع و غروب آفتاب) بررسی شده است. در پایان به بررسی بازده‌های انرژی و انرژی در ساعت‌ها و روزهای مختلف سال در چیدمان‌های شرقی-غربی و شمالی-جنوبی در شهر کرمان برای کلکتور مورد نظر پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهند که در حالت با پوشش شیشه‌ای دمای خروجی از کلکتور، بازده انرژی و بازده انرژی برای هر دو سیال کاری آب و روغن انتقال حرارت نسبت به حالت بدون پوشش بیشتر است. افزایش تابش خورشیدی، طول لوله کلکتور و دمای ورودی منجر به افزایش بازده انرژی و افزایش دبی جرمی و دمای محیط منجر به کاهش بازده انرژی شده است. همچنین نتایج بیان می‌کنند که کلکتور در چیدمان شمالی-جنوبی عملکرد بهتری نسبت به چیدمان شرقی-غربی از دو دیدگاه انرژی و انرژی دارد.

کلمات کلیدی: کلکتور خورشیدی سهموی خطی، بازده انرژی، بازده انرژی، ردیابی

خورشید

فهرست مطالب

۱	فصل اول
۲-۱	تاریخچه و طبیعت انرژی خورشید
۳-۱	کاربردهای انرژی خورشیدی
۳-۱-۱	استفاده از انرژی حرارتی خورشید
۳-۱-۱-۱	کاربردهای نیرو گاهی
۳-۱-۲	کاربردهای غیر نیرو گاهی
۳-۱-۲-۱	آب گرمکن خورشیدی
۳-۱-۲-۲	گرمایش و سرمایش ساختمان
۳-۱-۳	آب شیرین کن خورشیدی
۳-۱-۳-۱	خشک کن خورشیدی
۳-۱-۳-۲	اجاق خورشیدی
۳-۱-۳-۳	کوره خورشیدی
۳-۲	فناوری های سیستمهای فتوولتائیک
۴-۱	تحقیقات پیشین
۵-۱	اهداف تحقیق
۱۶	فصل دوم
۱-۲	مقدمه
۲-۲	کلکتورهای خورشیدی
۱-۲-۲	کلکتورهای ثابت
۱-۱-۲-۲	کلکتورهای صفحه تخت
۲-۱-۲-۲	کلکتورهای سهموی مرکب ثابت
۳-۱-۲-۲	کلکتورهای لوله خلاء
۲-۲-۲	کلکتورهای دنبالکننده
۱-۲-۲-۲	کلکتورهای متمرکز کننده
۱-۱-۲-۲-۲	نیرو گاههای دریافت کننده مرکزی
۲-۱-۲-۲-۲	نیرو گاههای بشقابک سهموی
۳-۱-۲-۲-۲	نیرو گاههای سهموی خطی
۲۵	فصل سوم

۲۶	۱-۳-مقدمه
۲۶	۲-۳-انرژی، انرژی و انرژی
۲۷	۳-۳-سهمی و سهمی
۲۸	۳-۴-اجزاء تشکیل دهنده کلکتور سهمی خطی
۲۹	۳-۵-مکانیزم کارکرد کلکتور
۳۰	۳-۶-آنالیز انرژی کلکتور سهمی خطی
۳۱	۳-۶-۱-معادلات بقای انرژی
۳۲	۳-۶-۲-ضرایب اتلاف حرارتی:
۳۲	۳-۶-۳-ضرایب انتقال حرارت تشعشی:
۳۲	۳-۶-۴-ضرایب انتقال حرارت جابجایی
۳۳	۳-۶-۴-۱-ضریب انتقال حرارت جابجایی پوشش شیشه‌ای با محیط بیرون:
۳۳	۳-۶-۴-۲-ضریب انتقال حرارت جابجایی اجباری لوله جاذب با سیال داخل لوله
۳۳	۳-۶-۵-بازده حرارتی کلکتور
۳۵	۳-۷-آنالیز انرژی کلکتور سهمی خطی:
۳۸	۳-۸-بازده انرژی
۳۹	فصل چهارم
۴۰	۴-۱-مقدمه
۴۰	۴-۲-مباحث لازم از انرژی خورشیدی
۴۵	۴-۳-دمای هوای محیط
۴۵	۴-۴-اصول و نحوه دنبال کردن خورشید
۴۸	فصل پنجم
۴۹	۵-۱-مقدمه
۴۹	۵-۲-الگوریتم حل
۵۰	۵-۳-اعتبار سنجی نتایج
۵۱	۵-۴-بررسی صحت تعداد گره استفاده شده در المان بندی طول کلکتور
۵۱	۵-۵-مطالعه موردی
۵۱	۵-۵-۱-بررسی تاثیر پارامترهای موثر بر روی عملکرد کلکتور خورشیدی سهمی خطی با پوشش شیشه‌ای
۵۲	

۵۲.....	۱-۱-۵-۵- بررسی پارامترهای موثر بر روی منحنی توزیع دما.....
۵۴.....	۲-۱-۵-۵- بررسی پارامترهای موثر بر روی بازده قانون اول و دوم ترمودینامیک.....
۵۴.....	۱-۲-۱-۵-۵- بررسی تاثیر دبی جرمی.....
۵۷.....	۲-۲-۱-۵-۵- بررسی تاثیر شدت تابش خورشید.....
۵۹.....	۳-۲-۱-۵-۵- بررسی تاثیر دمای ورودی.....
۶۱.....	۴-۲-۱-۵-۵- بررسی تاثیر دمای محیط.....
۶۳.....	۵-۲-۱-۵-۵- بررسی تاثیر طول لوله کلکتور.....
۶۵.....	۲-۵-۵- بازده انرژی و انگرژی منفی.....
۶۸.....	۳-۵-۵- مقایسه کلکتور خورشیدی سهموی خطی در دو حالت با پوشش و بدون پوشش شیشه‌ای.....
۷۰.....	۶-۵- شبیه سازی سیستم با تابش واقعی.....
۷۰.....	۱-۶-۵- بررسی عملکرد سیستم در فصول سال.....
۸۰.....	۳-۶-۵- بررسی عملکرد سیستم با خطاهای دنبال کردن.....
۸۳.....	فصل ششم.....
۸۴.....	۱-۶- نتیجه گیری کلی.....
۸۵.....	۲-۶- پیشنهادات.....
۸۶.....	فهرست منابع.....

فهرست علائم

A	مساحت، m^2
A_f	ضریب هندسی
c_p	ظرفیت گرمایی، $j.kg^{-1}.K^{-1}$
D	قطر، m
E	انگرژی، W
F_R	ضریب برداشت
F'	فاکتور راندمان

f	فاصله کانونی، m
f_w	ضریب اصطکاک دیواره لوله
G_B	شدت تشعشع مستقیم، $W. m^{-2}$
h	زاویه ساعت، <i>degree</i>
h_c	ضریب انتقال حرارت جابجایی، $W. K^{-1}. m^{-2}$
h_p	ارتفاع سهمی، m
h_r	ضریب انتقال حرارت تشعشعی، $W. K^{-1}. m^{-2}$
h_{SS}	زاویه ساعت غروب آفتاب، <i>degree</i>
I	تشدت ساعته کل روی صفحه افقی، $j. m^{-2}$
I_B	تشدت ساعته مستقیم روی صفحه افقی، $j. m^{-2}$
I_D	تشدت ساعته پخش بر روی صفحه افقی، $j. m^{-2}$
k	ضریب انتقال حرارت هدایتی، $W. K^{-1}. m^{-1}$
\bar{K}_T	شاخص میانگین ماهیانه ضریب صافی هوا
k_t	ضریب صافی ساعته
L	طول لوله کلکتور، m
La	زاویه عرض جغرافیایی، <i>degree</i>
\dot{m}	دبی جرمی، $kg. s^{-1}$
Nu	عدد ناسلت
P	فشار مطلق، Pa
Pr	عدد پرائتل
Q	انرژی حرارتی، W
Re	عدد رینولدز
T	دمای مطلق، K
U	ضریب اتلاف حرارتی، $W. K^{-1}. m^{-2}$
V	سرعت، $m. s^{-1}$
V_∞	سرعت باد، $m. s^{-1}$
w_a	عرض دهانه کلکتور، m
z	زاویه سمت خورشید، <i>degree</i>
z_s	زاویه سمت الرأس صفحه، <i>degree</i>

علائم یونانی

α	ضریب جذب
α_s	زاویه ارتفاع خورشید، <i>degree</i>
β	زاویه قرار گیری کلکتور نسبت به افق، <i>degree</i>
γ	فاکتور رهگیری
φ	زاویه سمت الرأس خورشید، <i>degree</i>
φ_r	زاویه لبه، <i>degree</i>
τ	ضریب عبور
ρ	چگالی، $kg.m^{-3}$
ρ_{ref}	ضریب انعکاس
μ	ویسکوزیته، $N.s.m^{-2}$
σ	ثابت استفان بولتزمن، $5.67 \times 10^{-8} W.m^{-2}.k^{-4}$
δ	زاویه میل، <i>degree</i>
ε	ضریب صدور
η_E	بازده انرژری (بازده قانون دوم ترمودینامیک)
η_{pump}	بازده پمپ
η_{th}	بازده انرژری (بازده قانون اول ترمودینامیک)

زیر نویس ها

a	محیط
air	هوا
ave	متوسط
c	کلکتور
$change$	تغییرات
$cold$	سرد
des	تخریب
f	سیال
$f - i$	سیال به سطح داخلی لوله جاذب
$f - r$	سیال به جاذب
g	پوشش شیشه ای

<i>gi</i>	سطح داخلی پوشش شیشه ای
<i>go</i>	سطح خارجی پوشش شیشه ای
<i>go – a</i>	سطح بیرونی پوشش شیشه ای به محیط
<i>hot</i>	گرم
<i>i</i>	سطح داخلی لوله جاذب
<i>in</i>	ورودی به کلکتور
<i>loss</i>	اتلاف
<i>net</i>	خالص
<i>o</i>	سطح بیرونی لوله جاذب
<i>o – gi</i>	سطح بیرونی لوله جاذب به سطح داخلی پوشش شیشه ای
<i>opt</i>	نوری
<i>out</i>	خروجی از کلکتور
<i>ov</i>	کل
<i>pump</i>	پمپ
<i>r</i>	لوله جاذب
<i>r – a</i>	لوله جاذب به محیط
<i>r – sun</i>	لوله جاذب به خورشید
<i>sun</i>	خورشید
<i>u</i>	مفید

فهرست شکل‌ها

فصل اول

- شکل ۱-۱: نمونه ای از کاربرد خورشید در گذشته [۱] ۲
- شکل ۱-۲: تصویر خورشید به صورت گوی گداخته [۱] ۳
- شکل ۱-۳: تحولات هسته ای در مرکز خورشید [۱] ۳
- شکل ۱-۴: نیروگاه تولید برق خورشیدی [۳] ۵
- شکل ۱-۵: نمونه ای از یک آبگرمکن خورشیدی ۷
- شکل ۱-۶: آب شیرینکن خورشیدی [۱] ۹
- شکل ۱-۷: خشککن خورشیدی [۱] ۱۰
- شکل ۱-۸: اجاق خورشیدی بشقابی [۱] ۱۱

شکل ۹-۱: کوره خورشیدی [۱]..... ۱۲

شکل ۱۰-۱: فناوری فتوولتائیک و تولید برق [۱]..... ۱۳

فصل دوم

شکل ۱-۲: اجزاء مختلف کلکتور صفحه تخت [۱۶]..... ۱۸

شکل ۲-۲: انواع مختلف کلکتور سهموی مرکب ثابت [۱۷]..... ۱۸

شکل ۳-۲: اجزاء مختلف کلکتور لوله خلاء [۱۹]..... ۱۹

شکل ۴-۲: برج دریافت کننده مرکزی (هلیوستات) [۲۰]..... ۲۱

شکل ۵-۲: بشقابک سهموی متمرکز کننده [۲۰]..... ۲۲

شکل ۶-۲: اجزاء مختلف نیروگاه خورشیدی سهموی خطی [۲۰]..... ۲۴

شکل ۷-۲: نمونه ای از یک کلکتور سهموی خطی [۲۰]..... ۲۴

فصل سوم

شکل ۱-۳: تابش دسته پرتوهای موازی به آینه سهموی [۲۶]..... ۲۸

شکل ۲-۳: اجزاء تشکیل دهنده کلکتور سهموی خطی..... ۲۹

شکل ۳-۳: مسیر حرکت سیال در لوله جاذب از دید مقطع طولی..... ۲۹

شکل ۴-۳: نمایش مقطع عرضی کلکتور..... ۳۰

شکل ۵-۳: شبکه انتقال حرارت کلکتور سهموی خطی با پوشش..... ۳۱

فصل چهارم

شکل ۱-۴: نمایی کلی از یک کلکتور خورشیدی [۳۵]..... ۴۰

شکل ۲-۴: زوایای مشخص کننده جهت و وضعیت صفحه و نیز زوایای مشخص کننده موقعیت

خورشید [۱۵]..... ۴۱

شکل ۳-۴: زاویه ساعت (h) خورشید [۳۵]..... ۴۲

شکل ۴-۴: زوایای میل مثبت و منفی در تابستان و زمستان در نیمکره شمالی [۳۵]..... ۴۲

شکل ۵-۴: چینش شمالی-جنوبی و دنبال کردن از شرق تا غرب [۱۵]..... ۴۵

شکل ۶-۴: چینش شرقی-غربی [۱۵]..... ۴۶

شکل ۷-۴: مشخصات هندسی زاویه پذیرش..... ۴۷

فصل پنجم

شکل ۱-۵: اعتبار سنجی کار انجام شده با کار ریکاردو پادیللا [۱۴]..... ۵۱

شکل ۲-۵: بررسی تعداد گره استفاده شده در المان بندی..... ۵۱

شکل ۳-۵: مقایسه توزیع دما برای دو سیال کاری آب و روغن انتقال حرارت..... ۵۳

- شکل ۴-۵: تغییرات منحنی توزیع دما با ضریب صدور لوله جاذب ۵۳
- شکل ۵-۵: تغییرات منحنی توزیع دما با ضریب جذب لوله جاذب ۵۴
- شکل ۶-۵: تغییرات دمای خروجی با دبی جرمی برای دو سیال کاری آب و روغن انتقال حرارت ۵۵
- شکل ۷-۵: تغییرات بازده انرژی با دبی جرمی برای دو سیال آب و روغن انتقال حرارت ۵۵
- شکل ۸-۵: تغییرات بازده انرژی با دبی جرمی برای دو سیال کاری آب و روغن انتقال حرارت ۵۶
- شکل ۹-۵: سهم ترم های مختلف اتلاف، نشت و تخریب انرژی در تغییرات بازده انرژی بر حسب تغییر دبی جرمی برای سیال کاری روغن انتقال حرارت ۵۷
- شکل ۱۰-۵: تغییرات دمای خروجی با شدت تابش خورشیدی ۵۸
- شکل ۱۱-۵: تغییرات بازده انرژی با شدت تابش خورشیدی ۵۸
- شکل ۱۲-۵: تغییرات بازده انرژی با شدت تابش خورشیدی ۵۹
- شکل ۱۳-۵: تغییرات دمای خروجی بر حسب دمای ورودی ۶۰
- شکل ۱۴-۵: تغییرات بازده انرژی با دمای ورودی ۶۰
- شکل ۱۵-۵: تغییرات بازده انرژی با دمای ورودی ۶۱
- شکل ۱۶-۵: تغییرات دمای خروجی با دمای محیط ۶۲
- شکل ۱۷-۵: تغییرات بازده انرژی با دمای محیط ۶۲
- شکل ۱۸-۵: تغییرات بازده انرژی با دمای محیط ۶۳
- شکل ۱۹-۵: تغییرات دمای خروجی با طول کلکتور ۶۴
- شکل ۲۰-۵: تغییرات بازده انرژی با طول کلکتور ۶۴
- شکل ۲۱-۵: تغییرات بازده انرژی با طول کلکتور ۶۵
- شکل ۲۲-۵: اختلاف دمای ورود و خروج سیال بر حسب دمای ورودی در شدت تشعشع های پایین ۶۶
- شکل ۲۳-۵: تغییرات بازده انرژی با دمای ورودی در شدت تشعشع های پایین ۶۷
- شکل ۲۴-۵: تغییرات بازده انرژی با دمای ورودی در شدت تشعشع های پایین ۶۷
- شکل ۲۵-۵: سهم ترمهای مختلف اتلاف، نشت و تخریب انرژی بر روی بازده انرژی بر حسب دمای ورودی برای شدت تشعشع ۲۵ وات بر متر مربع ۶۸
- شکل ۲۶-۵: تغییرات دمای خروجی با دبی جرمی برای کلکتور در دو حالت با پوشش و بدون

- پوشش شیشه ای ۶۹
- شکل ۵-۲۷: تغییرات بازده انرژی با دبی جرمی برای کلکتور در دو حالت با پوشش و بدون پوشش شیشه ای ۶۹
- شکل ۵-۲۸: تغییرات بازده انرژی با دبی جرمی برای کلکتور در دو حالت با پوشش و بدون پوشش شیشه ای ۷۰
- شکل ۵-۲۹: تغییرات دمای خروجی با زمان برای شهر کرمان ۷۱
- شکل ۵-۳۰: تغییرات بازده انرژی با زمان برای شهر کرمان ۷۱
- شکل ۵-۳۱: تغییرات بازده انرژی با زمان برای شهر کرمان ۷۲
- شکل ۵-۳۳: تغییرات کسینوس زاویه برخورد با زمان برای شهر کرمان ۷۳
- شکل ۵-۳۴: تغییرات دمای خروجی با زمان برای دو چیدمان شمالی-جنوبی و شرقی-غربی در تابستان ۷۴
- شکل ۵-۳۵: تغییرات دمای خروجی با زمان برای دو چیدمان شمالی-جنوبی و شرقی-غربی در زمستان ۷۴
- شکل ۵-۳۶: تغییرات بازده انرژی با زمان برای دو چیدمان شمالی-جنوبی و شرقی-غربی در تابستان ۷۵
- شکل ۵-۳۷: تغییرات بازده انرژی با زمان برای دو چیدمان شمالی-جنوبی و شرقی-غربی در زمستان ۷۵
- شکل ۵-۳۸: تغییرات بازده انرژی با زمان برای دو چیدمان شمالی-جنوبی و شرقی-غربی در تابستان ۷۶
- شکل ۵-۳۹: تغییرات بازده انرژی با زمان برای دو چیدمان شمالی-جنوبی و شرقی-غربی در زمستان ۷۶
- شکل ۵-۴۰: تغییرات انرژی با زمان برای دو چیدمان شمالی-جنوبی و شرقی-غربی در تابستان ۷۷
- شکل ۵-۴۱: تغییرات انرژی با زمان برای دو چیدمان شمالی-جنوبی و شرقی-غربی در زمستان ۷۸
- شکل ۵-۴۲: تغییرات انرژی با زمان برای دو چیدمان شمالی-جنوبی و شرقی-غربی در تابستان ۷۸
- شکل ۵-۴۳: تغییرات انرژی با زمان برای دو چیدمان شمالی-جنوبی و شرقی-غربی در زمستان ۷۸

۷۹.....	
شکل ۴۴-۵ : تغییرات نسبت سطح از دست رفته به سطح کل کلکتور با زمان برای کلکتور LS-	۸۱.....
3 در تابستان (۲۹ تیر)	
شکل ۴۵-۵ : تغییرات نسبت سطح از دست رفته به سطح کل کلکتور با زمان برای کلکتور LS-3	۸۱.....
در زمستان (۲۸ دی).....	
شکل ۴۶-۵ : تغییرات بازده آگرژی با فاصله زمانیهای ردیابی در زمستان.....	۸۲.....

فهرست جدول ها

فصل پنجم

جدول ۱-۵: ابعاد و مشخصات هندسی اجزا کلکتور	۵۰.....
جدول ۲-۵ : خواص فیزیکی اجزا کلکتور.....	۵۰.....
جدول ۳-۵ : شرایط محیطی مورد استفاده.....	۵۰.....
جدول ۴-۵ : مقادیر انرژی و آگرژی کلکتور LS-3 برای چیدمان شمالی - جنوبی	۷۹.....
جدول ۵-۵ : مقادیر انرژی و آگرژی کلکتور LS-3 برای چیدمان شرقی - غربی	۸۰.....

فصل اول

مقدمه

۱-۱- انرژی‌های تجدید پذیر

یکی از موارد مهمی که در جهان امروز تأثیر بسیار زیادی بر روابط بین‌المللی و پیشرفت کشورها دارد تأمین انرژی مورد نیاز می‌باشد. در حال حاضر مهم‌ترین منابع تأمین انرژی که حدود ۹۰٪ انرژی مورد نیاز جهان را تأمین می‌نماید منابع انرژی فسیلی می‌باشد. این منابع که از آنها بعنوان منابع تجدیدناپذیر یاد می‌شود رو به اتمام بوده و قیمت آنها متأثر از اوضاع سیاسی و اقتصادی جهان می‌باشد و در حال حاضر روند صعودی را طی می‌نماید. علاوه بر این استفاده از این منابع انرژی به دلیل مسائلی چون عدم امنیت در مورد تأمین انرژی و ارزش فراوان این نوع سوخت‌ها از جمله در صنایع جانبی نفت و پتروشیمی و مهم‌تر از همه مسائل زیست‌محیطی ناشی از مصرف این سوخت‌ها که در حال حاضر به نوعی ایجاد مشکل در اکوسیستم کره زمین نموده است، توجه را به منابع دیگر تأمین انرژی معطوف گردانیده است. از آنجا که پیدا کردن منابع جایگزین تأمین‌کننده انرژی مورد نیاز بشر با توجه به افزایش جمعیت و تقاضا برای انرژی ضروری است توجه به منابع انرژی تجدیدپذیر که تمام نشدنی بوده و مشکلات ناشی از منابع فسیلی از قبیل افزایش دمای زمین و آلودگی‌های گازهای مضر را ندارد و مهم‌تر از همه انواع مختلف آن به صورت رایگان در اکثر مناطق جهان موجود است افزایش یافته و استفاده‌های مختلفی از انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح جهانی گردیده است [۱].

۱-۲- تاریخچه و طبیعت انرژی خورشید

کاربرد انرژی خورشیدی به قرن هفتم قبل از میلاد مسیح باز می‌گردد. از انرژی خورشیدی برای گرمایش، پخت و پز، روشنایی و روشن نمودن آتش استفاده می‌کردند. یونانیان و رومیان باستان معماری‌هایی را برای استفاده از نور و گرمایش انرژی خورشیدی در داخل ساختمان خود داشته‌اند [۱].



شکل ۱-۱: نمونه‌ای از کاربرد خورشید در گذشته [۱]

خورشید، گوی غول‌پیکر درخشانی در وسط منظومه شمسی و تأمین‌کننده نور، گرما و انرژی‌های

دیگر زمین است. تقریباً تمامی منابع انرژی روی زمین بوسیله خورشید تامین می‌گردد. فقط انرژی اتمی، انرژی داخل زمین و آن قسمتی از انرژی جذر و مد که بوسیله نیروی جاذبه ماه می‌باشد، بوسیله خورشید تامین نمی‌شود [۱].

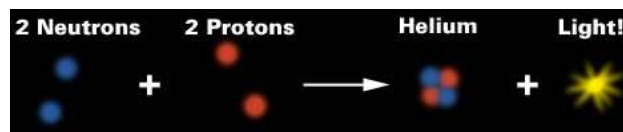


شکل ۱-۲: تصویر خورشید به صورت گویی گذاشته [۱]

انرژی خورشید به واسطه واکنش‌های ترکیبی اتمی در اعماق هسته آن تامین می‌شود. در یک واکنش ترکیبی دو هسته اتم با یکدیگر همراه شده و هسته‌ای جدید را به وجود می‌آورند. ترکیب هسته‌ای در مرکز خورشید به دلیل دما و تراکم فوق العاده زیاد می‌تواند صورت پذیرد. از آنجائی که بار ذرات مثبت است، تمایل به دفع یکدیگر دارند اما دما و تراکم هسته خورشید به قدری زیاد است که می‌تواند آنها را در کنار یکدیگر نگاه دارد.

رایج ترین ترکیب هسته‌ای در مرکز خورشید زنجیره پروتون-پروتون نام دارد. این فرایند زمانی انجام می‌گیرد که ساده‌ترین شکل از هسته‌های هیدروژن (دارای یک پروتون) در یک آن کنار هم قرار می‌گیرند. نخست، هسته‌ای متشکل از دو ذره به وجود می‌آید، سپس هسته‌ای با سه ذره و در نهایت هسته‌ای با چهار ذره شکل می‌گیرد. در این فرایند همچنین یک ذره الکتریکی خنثی به نام نوترینو پدیدار می‌گردد.

هسته نهایی شامل دو پروتون و دو نوترون است که در واقع هسته هلیوم می‌باشد. جرم این هسته به مقدار بسیار اندکی کمتر از جرم چهار پروتون است که هسته از آن تشکیل شده است. جرم از دست رفته به انرژی تبدیل شده است. این مقدار از انرژی به کمک فرمول مشهور فیزیکدان آلمانی، آلبرت اینشتین، $E=mc^2$ قابل محاسبه است. در این معادله E به معنای انرژی، m به معنای جرم و c به معنای سرعت نور است [۱].



شکل ۱-۳: تحولات هسته‌ای در مرکز خورشید [۱]

خورشید کره‌ای است که به طور کامل از گاز تشکیل شده و بخش بیشتر این گاز از نوعی می‌باشد که به نیروی مغناطیسی حساس است که دانشمندان به آن پلاسما می‌گویند. شعاع خورشید (فاصله بین مرکز تا سطح آن) حدود ۶۹۵,۵۰۰ کیلومتر، تقریباً ۱۰۹ برابر شعاع زمین است. دمای سطح خورشید ۵۸۰۰ درجه کلوین و دمای هسته خورشید بیش از ۱۵ میلیون درجه کلوین می‌باشد. جرم خورشید ۹۹,۸ درصد از جرم کل منظومه شمسی و ۳۳۳,۰۰۰ برابر جرم زمین است. میانگین چگالی آن حدود ۹۰ پوند در هر فوت مکعب و یا ۱,۴ گرم در هر سانتیمتر مکعب می‌باشد. این مقدار تقریباً معادل ۱,۴ برابر چگالی آب و کمتر از یک سوم میانگین چگالی زمین است. بیشتر اتم‌های خورشید، مانند اغلب ستارگان، اتم‌های عنصر شیمیایی هیدروژن است. بعد از هیدروژن، عنصر هلیوم در خورشید بسیار یافت می‌شود و بقیه جرم خورشید از اتم‌های هفت عنصر دیگر تشکیل شده است. به ازای هر ۱ میلیون اتم هیدروژن در کل خورشید، ۹۸,۰۰۰ اتم هلیوم، ۸۵۰ اتم اکسیژن، ۳۶۰ اتم کربن، ۱۲۰ اتم نئون، ۱۱۰ اتم نیتروژن، ۴۰ اتم منیزیم، ۳۵ اتم آهن و ۳۵ اتم سیلیکون وجود دارد. بنابراین حدوداً ۹۴ درصد از اتمها، هیدروژن و حدود ۰,۱ درصد اتم‌هایی غیر از هیدروژن و هلیوم می‌باشند. و اما از لحاظ جرمی هیدروژن که سبک‌ترین عنصر است ۷۳,۴۶ درصد، هلیوم ۲۴,۸۵ درصد، اکسیژن ۰,۷۷ درصد، کربن ۰,۲۹ درصد، آهن ۰,۱۶ درصد، گوگرد ۰,۱۲ درصد، نئون ۰,۱۲ درصد، نیتروژن ۰,۰۹ درصد، سیلیکون ۰,۰۷ درصد و منیزیم ۰,۰۵ درصد از کل جرم خورشید را به خود اختصاص داده‌اند. طبق برآوردهای علمی در حدود ۴,۵ بیلیون سال از تولد این گوی آتشین می‌گذرد و تا ۵ میلیارد سال آینده همچنان می‌توان آن را به عنوان یک منبع عظیم انرژی به حساب آورد [۱].

۱-۳- کاربردهای انرژی خورشیدی

امروزه از انرژی خورشیدی در سیستم‌های مختلف و برای مقاصد متفاوت استفاده و بهره‌گیری می‌شود که عبارتند از [۲]:

- ۱- استفاده از انرژی حرارتی خورشید برای مصارف خانگی، صنعتی و نیروگاهی
- ۲- تبدیل مستقیم نور حاصل از پرتوهای خورشید به الکتریسیته توسط تجهیزاتی به نام فتوولتائیک

۱-۳-۱- استفاده از انرژی حرارتی خورشید

این بخش از کاربردهای انرژی خورشیدی شامل دو گروه کاربردهای نیروگاهی و کاربردهای غیر نیروگاهی می‌شود.

۱-۳-۱-۱-کاربردهای نیرو گاهی

تأسیساتی که با استفاده از آن‌ها انرژی حرارتی جذب شده خورشید به الکتریسیته تبدیل می‌شود، نیروگاه حرارتی خورشیدی نامیده می‌شوند. در حقیقت انرژی حرارتی جذب شده از خورشید نقش انرژی حرارتی تأمین شده توسط بویلر در نیروگاه‌های با سوخت فسیلی را دارد. این تأسیسات بر اساس انواع متمرکز کننده‌های موجود و بر حسب اشکال هندسی متمرکز کننده‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- ۱- نیروگاه‌هایی که گیرنده آنها آینه‌های سهموی خطی هستند.
- ۲- نیروگاه‌هایی که گیرنده آنها در یک برج قرار دارد و نور خورشید توسط آینه‌های بزرگی به نام هلیوستات به آن منعکس می‌شود. (دریافت کننده مرکزی)
- ۳- نیروگاه‌هایی که گیرنده آنها بشقابی سهموی (دیش) است.
- ۴- دودکش‌های خورشیدی



شکل ۱-۴: نیروگاه تولید برق خورشیدی [۳]

بهرتر است بدانیم در هر نیروگاهی اعم از نیروگاه‌های آبی، نیروگاه‌های بخاری و نیروگاه‌های گازی برای تولید برق از ژنراتورهای الکتریکی استفاده می‌شود که با چرخیدن این ژنراتورها برق تولید می‌شود. این ژنراتورهای الکتریکی انرژی دورانی خود را از دستگاهی به نام توربین تأمین می‌کنند. بدین ترتیب می‌توان گفت که ژنراتورها انرژی جنبشی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. تأمین کننده انرژی جنبشی ژنراتورها، توربین‌ها هستند که انواع مختلف دارند. در

نیروگاه‌های بخاری توربین‌هایی وجود دارند که بخار با فشار و دمای بسیار بالا وارد آنها شده و موجب به گردش در آمدن پره‌های توربین می‌گردد. در نیروگاه‌های آبی که روی سدها نصب می‌شوند انرژی پتانسیل موجود در آب موجب به گردش در آمدن پره‌های توربین می‌شود.

بدین ترتیب می‌توان گفت در نیروگاه‌های آبی انرژی پتانسیل آب به انرژی جنبشی و سپس به الکتریکی تبدیل می‌شود، در نیروگاه‌های حرارتی بر اثر سوختن سوخت‌های فسیلی مانند مازوت، آب موجود در سیستم بسته نیروگاه داخل دیگ بخار (بویلر) به بخار تبدیل می‌شود و بدین ترتیب انرژی حرارتی به جنبشی و سپس به الکتریکی تبدیل می‌شود. در نیروگاه‌های گازی توربین‌هایی وجود دارد که بطور مستقیم بر اثر سوختن گاز به حرکت درآمده و ژنراتور را می‌گرداند و انرژی حرارتی به جنبشی و سپس به الکتریکی تبدیل می‌شود. و اما در نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی وظیفه اصلی بخش‌های خورشیدی تولید بخار مورد نیاز برای تغذیه توربین‌ها است یا به عبارت دیگر می‌توان گفت که این نوع نیروگاه‌ها شامل دو قسمت هستند:

۱- سیستم خورشیدی که پرتوهای خورشید را جذب کرده و با استفاده از حرارت جذب شده تولید بخار می‌نماید.

۲- سیستمی موسوم به سیستم سنتی که همانند دیگر نیروگاه‌های حرارتی بخار تولید شده را توسط توربین و ژنراتور به الکتریسیته تبدیل می‌کند.

۱-۳-۱-۲- کاربردهای غیر نیروگاهی

کاربردهای غیر نیروگاهی از انرژی حرارتی خورشید شامل موارد متعددی می‌باشد که اهم آنها عبارت‌اند از: آبگرمکن خورشیدی، سرمایش و گرمایش خورشیدی، آب شیرین‌کن خورشیدی، خشک‌کن خورشیدی، اجاق خورشیدی، کوره خورشیدی

۱-۳-۱-۲-۱- آب گرمکن خورشیدی

آبگرمکن‌ها اصلی‌ترین سیستم مورد استفاده در کاربردهای غیرنیروگاهی خورشیدی می‌باشند. همانطور که از نام آن پیداست برای گرم کردن آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. طرز کار یک آبگرمکن خورشیدی: آبگرمکن‌ها از سه بخش اصلی تشکیل می‌شوند که شامل: کلکتور، مدار لوله کشی، مخزن ذخیره حرارتی می‌باشند. در اغلب آبگرمکن‌های امروزی سیال عامل که محلول آب و ضد یخ است در یک سیکل بسته بین مخزن و کلکتور توسط مدار لوله کشی در جریان است. کلکتور انرژی حرارتی خورشید را جذب کرده و به سیال عامل منتقل می‌کند. سیال گرم شده به سمت منبع ذخیره حرکت کرده و در آنجا پس از عبور از یک مبدل حرارتی، گرمای خود

