

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 کلکتورهای خورشیدی هوایی

---

مؤلف:

داوود بهره مند

استاد راهنما:

دکتر مهران عامری مهابادی

استاد مشاور:

دکتر سید حسین منصوری

آذرماه ۱۳۹۱



این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

**گروه مهندسی مکانیک**

**دانشکده فنی و مهندسی**

**دانشگاه شهید باهنر کرمان**

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: داوود بهره مند

استاد راهنما: آقای دکتر مهران عامری مهابادی

استاد مشاور: آقای دکتر سید حسین منصوری

دور ۱:

دور ۲:

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده:

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

## تقدیم به:

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی  
به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان  
است

به پاس قلب‌های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهمان به شجاعت

می‌گراید

و به پاس محبت‌های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند

این مجموعه را تقدیم می‌کنم به:

پدرم

به پاس سال‌ها تلاش، تا پیاموزم

مادرم

به پاس گذشت‌ها و دلسوزی‌ها، تا بیاسایم

و برادر عزیزم محمدرحیم بهره‌مند که در زندگی تحصیلی همواره همراه و مشوق من بوده است.

## تشکر و قدردانی:

خداوند را سپاس می‌گوییم که به من فرصت داد تا عمر خود را در راه تحصیل علم و دانش سپری کنم و همواره استادانی دلسوز و فرزانه بر سر راهم قرار داد تا در این راه دراز و بی پایان علم جویی، راهنمای راهم و تسکین آتش سیری ناپذیرم باشند. به امید آنکه به یاد خورشید تابان راهم، شمع کوچکی بر سر راه تشنگان دیگر باشم.

تشکر و قدردانی بی‌شمار را از استاد گرانقدر و بزرگوارم جناب آقای دکتر مهران عامری دارم که عاشقانه و دلسوزانه، با حوصله و متانت فراوان، در تهیه این پایان نامه مرا یاری نموده و از راهنمایی‌های خود محروم نساختند به طوری که بدون کمک‌های ایشان هرگز قادر به انجام این تحقیق نبوده‌ام. امیدوارم هر گونه کوتاهی و کاستی در تهیه این پایان نامه را بر من ببخشایند و همچنین از کمک‌های بی‌دریغ استاد عزیزم جناب آقای دکتر سید حسین منصوری تشکر و قدردانی می‌نمایم. از راهنمایی‌ها و کمک‌های ارزنده دوست عزیز آقای میثم غلام‌پور دانشجوی دکترای مهندسی مکانیک نیز که در انجام این پژوهش بسیار موثر بود تشکر و قدردانی می‌کنم.

## چکیده

در این مطالعه، سیستم کلکتور خورشیدی هوایی با یک و دو پوشش شیشه‌ای در حالت‌های جابجایی آزاد و اجباری مدل‌سازی شده است. این مدل‌سازی بر اساس حل تحلیلی معادلات تعادل انرژی اجزای مختلف گرمکن بوده است. مقایسه نتایج به دست آمده در کار حاضر با نتایج تجربی محققین دیگر مطابقت خوبی را نشان می‌دهد. تأثیر قرار دادن صفحه جاذب میانی و فین‌های طولی به شکل مستطیلی و مثلثی، زبری‌های V شکل، تغییر عمق کانال هوا، تغییر طول کلکتور، توان مصرفی فن و منحنی مشخصه آن بر روی مشخصات سیستم، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهند که کلکتور با دو پوشش شیشه‌ای عملکرد بهتری نسبت به کلکتور با یک پوشش شیشه‌ای دارد و از دیدگاه قوانین اول و دوم ترمودینامیک ترجیح داده می‌شود. کلکتور با فین مثلثی بازده انرژی و انرژی بیشتری نسبت به کلکتور با فین مستطیلی دارد و کلکتور با زبری V شکل دارای بازده انرژی و انرژی بیشتری نسبت به دیگر سیستم‌ها است. به علت افزایش توان مصرفی فن در عمق‌های پایین ممکن است بازده انرژی با وجود افزایش بازده انرژی منفی شود.

کلمات کلیدی: کلکتور خورشیدی هوایی، جابه‌جایی آزاد، جابه‌جایی اجباری، فین‌های طولی، قوانین اول و دوم ترمودینامیک

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان	
	<b>فصل اول: مقدمه</b>	
۱		
۲	انرژی تجدیدپذیر.....	۱-۱
۴	انرژی خورشیدی.....	۲-۱
۵	کاربردهای انرژی خورشیدی.....	۳-۱
۵	استفاده از انرژی حرارتی خورشید.....	۱-۳-۱
۵	کاربردهای نیروگاهی.....	۱-۱-۳-۱
۶	کاربردهای غیرنیروگاهی.....	۲-۱-۳-۱
۶	آبگرمکن و حمام خورشیدی.....	۱-۲-۱-۳-۱
۷	گرمایش و سرمایش ساختمان و تهویه مطبوع خورشیدی.....	۲-۲-۱-۳-۱
۷	آب شیرین کن خورشیدی.....	۳-۲-۱-۳-۱
۷	خشک کن خورشیدی.....	۴-۲-۱-۳-۱
۸	اجاق‌های خورشیدی.....	۵-۲-۱-۳-۱
۸	کوره خورشیدی.....	۶-۲-۱-۳-۱
۸	خانه‌های خورشیدی.....	۷-۲-۱-۳-۱
۹	سیستم‌های فتوولتاییک.....	۲-۳-۱
۱۰	هواگرمکن خورشیدی.....	۴-۱
۱۰	تحقیقات پیشین.....	۵-۱
۱۴	اهداف تحقیق.....	۶-۱
۱۵	<b>فصل دوم: سیستم‌های کلکتور خورشیدی هوایی</b>	
۱۶	مقدمه.....	۱-۲
۱۶	کلکتورهای خورشیدی.....	۲-۲
۱۷	کلکتورهای صفحه تخت.....	۱-۲-۲
۱۷	آبگرمکن‌های خورشیدی.....	۱-۱-۲-۲
۱۸	هواگرمکن خورشیدی.....	۲-۱-۲-۲
۲۱	مزایای سیستم‌های هواگرمکن خورشیدی.....	۳-۲
۲۱	معایب سیستم‌های هواگرمکن خورشیدی.....	۴-۲

۲۲	..... توصیف و دسته‌بندی هواگرمکن‌های خورشیدی	۵-۲
۲۳	..... نوع غیرمتخلخل	۱-۵-۲
۲۳	..... نوع متخلخل	۲-۵-۲
۲۴	..... فرضیات به کار گرفته شده در طراحی کلکتورهای خورشیدی	۶-۲
۲۴	..... تهویه طبیعی با کلکتورهای خورشیدی	۷-۲
۲۷	<b>فصل سوم: آنالیز انرژی و انرژی کلکتورهای خورشیدی</b>	
۲۸	..... مقدمه	۱-۳
۲۹	..... انرژی، انرژی و انرژی	۲-۳
۳۳	..... تجزیه و تحلیل انرژی	۳-۳
۳۵	..... تعادل جرم، انرژی، انرژی و انرژی	۴-۳
۳۷	..... راندمان‌های انرژی و انرژی	۵-۳
۳۷	..... پتانسیل بهبود انرژی	۶-۳
۳۸	..... برخی از پارامترهای ترمودینامیکی	۷-۳
۳۸	..... سیستم‌های انرژی خورشیدی	۸-۳
۳۹	..... بازده انرژی در سیستم‌های خورشیدی	۹-۳
۴۰	..... سیستم آبگرمکن خورشیدی	۱-۹-۳
۴۱	..... کلکتور خورشیدی هوایی	۲-۹-۳
۴۳	<b>فصل چهارم: محاسبه تابش خورشیدی و دمای محیط در هر ساعت</b>	
۴۴	..... مقدمه	۱-۴
۴۴	..... مباحث لازم از انرژی خورشیدی	۲-۴
۴۹	..... دمای هوای محیط	۳-۴
۵۰	<b>فصل پنجم: تعریف مساله و معادلات حاکم</b>	
۵۱	..... مقدمه	۱-۵
۵۳	..... معادلات بقای انرژی	۲-۵
۵۶	..... ضرایب اتلاف حرارتی	۳-۵
۵۷	..... ضرایب انتقال حرارت جابه‌جایی	۴-۵
۵۸	..... ضرایب انتقال حرارت تابشی	۵-۵
۶۰	..... محاسبه دبی گرمی	۶-۵



۶۰	..... جابه‌جایی آزاد.....	۱-۶-۵
۶۲	..... جابه‌جایی اجباری.....	۲-۶-۵
۶۴	..... بازده حرارتی.....	۷-۵
۶۴	..... بازده حرارتی موثر.....	۸-۵
۶۴	..... بازده حرارتی قانون دوم.....	۹-۵
۶۶	<b>فصل ششم: نتایج</b>	
۶۷	..... مقدمه.....	۱-۶
۶۷	..... الگوریتم حل.....	۲-۶
۶۷	..... اعتبار سنجی نتایج.....	۳-۶
۷۳	..... مطالعه موردی.....	۴-۶
۷۴	..... بررسی پارامترهای موثر بر عملکرد سیستم در حالت جابه‌جایی آزاد.....	۱-۴-۶
۷۵	..... بررسی تاثیر عمق کانال.....	۱-۱-۴-۶
۷۸	..... بررسی تاثیر طول کلکتور.....	۲-۱-۴-۶
۸۰	..... بررسی تاثیر شدت تابش خورشید.....	۳-۱-۴-۶
۸۱	..... بررسی تاثیر دمای محیط.....	۴-۱-۴-۶
۸۲	..... بررسی تاثیر سرعت باد.....	۵-۱-۴-۶
۸۳	..... بررسی تاثیر شیب کلکتور.....	۶-۱-۴-۶
۸۵	..... بررسی تاثیر پارامترهای موثر بر سیستم در حالت جابه‌جایی اجباری.....	۲-۴-۶
۸۵	..... بررسی تاثیر عدد رینولدز.....	۱-۲-۴-۶
۸۸	..... بررسی تاثیر عمق کانال.....	۲-۲-۴-۶
۸۹	..... بررسی تاثیر طول کلکتور.....	۳-۲-۴-۶
۹۰	..... بررسی تاثیر شدت تابش خورشید.....	۴-۲-۴-۶
۹۱	..... بررسی تاثیر دمای محیط.....	۵-۲-۴-۶
۹۲	..... مقایسه بازده‌های سیستم در حالت‌های جابه‌جایی آزاد و اجباری.....	۳-۴-۶
۹۲	..... بررسی تاثیر عمق کانال.....	۱-۳-۴-۶
۹۳	..... بررسی تاثیر طول کلکتور.....	۲-۳-۴-۶
۹۵	..... بررسی تاثیر فین.....	۴-۴-۶
۹۵	..... بررسی تاثیر عمق کانال.....	۱-۴-۴-۶

۹۷	..... بررسی تأثیر طول کلکتور.....	۲-۴-۴-۶
۹۹	..... بررسی تأثیر فین و زبری های V شکل.....	۵-۴-۶
۹۹	..... بررسی تأثیر عدد رینولدز.....	۱-۵-۴-۶
۱۰۱	..... بررسی تأثیر عمق کانال.....	۲-۵-۴-۶
۱۰۳	..... بررسی تأثیر طول کلکتور.....	۳-۵-۴-۶
	بررسی تأثیر هم‌زمان طول و عمق کلکتور بر عملکرد سیستم در حالت	۶-۴-۶
۱۰۵	..... جابه‌جایی آزاد.....	
۱۰۷	..... شبیه‌سازی سیستم با تابش واقعی.....	۷-۴-۶
۱۱۰	<b>فصل هفتم: نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات</b>	
۱۱۱	..... نتیجه‌گیری کلی.....	۱-۷
۱۱۳	..... پیشنهادات.....	۲-۷
۱۱۵	<b>فهرست منابع</b>	

### فهرست علائم

A	مساحت، $m^2$
$C_f$	ضریب تبدیل بازه‌های مختلف به یکدیگر
$C_p$	ظرفیت گرمایی ویژه در فشار ثابت، $J.Kg^{-1}.K^{-1}$
$C_v$	ظرفیت گرمایی ویژه در حجم ثابت، $J.Kg^{-1}.K^{-1}$
DC	جریان مستقیم
$d_H$	قطر هیرولیکی، $m$
$Ex$	اگزرژی، $W$
$f$	ضریب اصطکاک
$f_i$	فاکتور اگزژیکی
FIN	سیستم دارای فین
Gr	عدد گراشف
h	انتالپی، $J.Kg^{-1}$
H	عمق کانال، $m$

$H_{fin}$	ارتفاع فین، $m$
$h_c$	ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی، $W.K^{-1}.m^{-2}$
$h_{r,1-2}$	ضریب انتقال حرارت تشعشی بین سطوح ۱ و ۲، $W.K^{-1}.m^{-2}$
$h_w$	ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی باد، $W.K^{-1}.m^{-2}$
$I$	بازگشت ناپذیری، $W$
$I_b$	تشعشع ساعتی دریافتی مستقیم، $W.m^{-2}$
$I_d$	تشعشع ساعتی دریافتی پخش، $W.m^{-2}$
$I_r$	شدت تابش خورشیدی، $W.m^{-2}$
$IP$	پتانسیل بهبود آگزرژی، $W$
$k$	رسانایی حرارتی، $W.m^{-1}.K^{-1}$
$\bar{K}_T$	شاخص میانگین ضریب صافی هوا
$K_T$	ضریب صافی ساعتی
$L$	طول کانال عبور هوای سیستم، $m$
$\dot{m}$	دبی جرمی، $Kg.s^{-1}$
$n'$	شماره روز میلادی
$n$	دور عملکرد فن، $rpm$
$N$	تعداد پوشش شیشه‌ای کلکتور خورشیدی
$N_{fin}$	تعداد فین
$Nu$	عدد نوسلت
$p$	فشار مطلق، $Pa$
$Pr$	عدد پرائتل
$Q$	انرژی حرارتی، $W$
$Q_{fin}$	حرارت جابه‌جایی از فین، $W$
$Ra$	عدد رایلی
REF	سیستم بدون صفحه جاذب میانی و بدون فین
$Re$	عدد رینولدز
$S$	انترپی، $wk^{-1}$
$T$	دمای مطلق، $K$

$t$	زمان، $hour$
TMS	سیستم با صفحه جاذب میانی
$U_t$	ضریب اتلاف حرارتی بالایی، $W.K^{-1}.m^{-2}$
$U_b$	ضریب اتلاف حرارتی پایینی، $W.K^{-1}.m^{-2}$
$v$	سرعت، $m.s^{-1}$
$V$	ولتاژ، $V$
$V_\infty$	سرعت باد، $m.s^{-1}$
$W$	پهنای کانال سیستم مورد بررسی، $m$
$W_{fan}$	کار فن، $W$

### علائم یونانی

$\alpha$	ضریب جذب
$\alpha_s$	زاویه ارتفاع خورشید، degree
$\beta$	زاویه قرار گیری کلکتور نسبت به افق، degree
$\beta_{th}$	ضریب دمایی، $\frac{1}{k}$
$\gamma$	زاویه سمت الراس صفحه، degree
$\gamma_s$	زاویه سمت خورشید، degree
$\theta_z$	زاویه سمت الراس خورشید، degree
$\tau$	ضریب عبور
$\rho$	چگالی، $Kg.m^{-3}$
$\sigma$	ثابت استفان بولتزمن، $5.67 \times 10^{-8} W.m^{-2}.K^{-4}$
$\delta$	زاویه میل، degree
$\delta_{ins}$	ضخامت عایق حرارتی، $m$
$\omega$	زاویه ساعت، degree
$\varphi$	زاویه عرض جغرافیایی، degree
$\psi$	انگزرژی، $W$
$\varepsilon$	ضریب صدور
$\eta_i$	بازده انرژی (بازده قانون اول ترمودینامیک)

$\eta_{II}$	بازده انرژی (بازده قانون دوم ترمودینامیک)
$\eta_{eff}$	بازده حرارتی موثر
$\eta_f$	راندمان فین

### زیر نویس ها

$a$	محیط
$b$	سطح پایه
$c$	کلکتور
$ch$	کانال
$dest$	اتلافی
$f$	هوای عبوری از کانال
$g$	پوشش شیشه‌ای
$gen$	تولیدی
$in$	ورودی
$ins$	عایق حرارتی
$p$	سطح جاذب
$so$	خورشیدی
$st$	استاندارد
$total$	کلی
$u$	مفید
$out$	خروجی

### فهرست شکل‌ها:

#### فصل اول

- شکل ۱-۱: آینده جهانی مصرف انرژی ..... ۲
- شکل ۲-۱: روند رشد انرژی‌های تجدیدپذیر ..... ۳
- شکل ۳-۱: نقشه تابش خورشیدی جهان ..... ۴
- شکل ۴-۱: نیروگاه تولید برق خورشیدی ..... ۵

## فصل دوم

- شکل ۲-۱: دسته بندی کلکتورهای خورشیدی ..... ۱۶
- شکل ۲-۲: کلکتور صفحه تخت ..... ۱۷
- شکل ۲-۳: آبگرمکن خورشیدی ..... ۱۸
- شکل ۲-۴: طبقه بندی کلکتورهای خورشیدی هوایی ..... ۱۹
- شکل ۲-۵: منحنی عملکرد بهینه ..... ۱۹
- شکل ۲-۶: شکل های مختلف هواگرمکن و جریان هوا در آنها ..... ۲۰
- شکل ۲-۷: هواگرمکن های خورشیدی با سطح جاذب غیرمتخلخل ..... ۲۲
- شکل ۲-۸: هواگرمکن های خورشیدی با سطح جاذب متخلخل ..... ۲۴
- شکل ۲-۹: دلایل استفاده از سیستم های تهویه با دودکش خورشیدی ..... ۲۶

## فصل سوم

- شکل ۳-۱: تقاضای انرژی در سطوح کاربرد در منازل مسکونی در اروپا ..... ۲۸
- شکل ۳-۲: آگزرنژی مصرف می شود و انرژی تولید می شود. بازده عموماً به عنوان کسری از خروجی مطلوب بر ورودی مورد نیاز تعریف می شود ..... ۳۱
- شکل ۳-۳: یک نمونه آبگرمکن خورشیدی خانگی ..... ۴۰

## فصل چهارم

- شکل ۴-۱: نمایی کلی از یک کلکتور خورشیدی ..... ۴۴
- شکل ۴-۲: زوایای مشخص کننده جهت و وضعیت صفحه و نیز زوایای مشخص کننده موقعیت خورشید ..... ۴۵
- شکل ۴-۳: زاویه ساعت ( $\omega$ ) خورشید ..... ۴۶
- شکل ۴-۴: زوایای میل مثبت و منفی در تابستان و زمستان در نیم کره شمالی ..... ۴۶
- شکل ۴-۵: معادله ی زمان به عنوان انحراف زمان خورشیدی از زمان واقعی ..... ۴۹

## فصل پنجم

- شکل ۵-۱: حالات مختلف کلکتور با سطح جاذب صاف بررسی شده ..... ۵۲
- شکل ۵-۲: حالات مختلف کلکتور دارای فین بررسی شده ..... ۵۲
- شکل ۵-۳: سطح با زبری V شکل ..... ۵۳
- شکل ۵-۴: اجزای مختلف سیستم مورد بررسی و کلیه ضرایب انتقال حرارت ..... ۵۳
- شکل ۵-۵: نمایی از فین های مورد بررسی ..... ۵۹

- شکل ۵-۶: مقطع عرضی کلکتور خورشیدی هوایی..... ۶۱
- شکل ۵-۷: منحنی هد-دبی فن‌های به کار گرفته شده در سیستم مورد بررسی..... ۶۲
- فصل ششم**
- شکل ۶-۱: مقایسه نتایج مدل و نتایج تجربی برای کلکتور بدون سطح جاذب میانی و با دو پوشش شیشه‌ای و زاویه شیب ۲۱/۷۶ درجه..... ۶۸
- شکل ۶-۲: مقایسه نتایج مدل و نتایج تجربی برای کلکتور با سطح جاذب میانی و یک پوشش شیشه‌ای و زاویه شیب ۵ درجه..... ۷۰
- شکل ۶-۳: تغییرات بازده انرژی با تابش خورشیدی برای کلکتور بدون سطح جاذب میانی و با یک پوشش شیشه‌ای و زاویه شیب ۴۵ درجه..... ۷۱
- شکل ۶-۴: تغییرات عدد نوسلت بر حسب عدد رینولدز برای کلکتور با سطح جاذب میانی و یک پوشش شیشه‌ای و زاویه شیب ۶۰ درجه..... ۷۲
- شکل ۶-۵: تغییرات بازده انرژی بر حسب عدد رینولدز برای کلکتور با سطح جاذب میانی و یک پوشش شیشه‌ای و زاویه شیب ۳۰ درجه..... ۷۲
- شکل ۶-۶: میزان تابش رسیده به سطح کلکتور در ساعت‌های مختلف روز..... ۷۳
- شکل ۶-۷: تغییرات سرعت خروجی هوا با عمق کانال..... ۷۶
- شکل ۶-۸: تغییرات دمای خروجی هوا با عمق کانال..... ۷۶
- شکل ۶-۹: تغییرات بازده انرژی با عمق کانال..... ۷۷
- شکل ۶-۱۰: تغییرات بازده انرژی بر حسب عمق کانال..... ۷۸
- شکل ۶-۱۱: تغییرات سرعت هوای خروجی با طول کلکتور..... ۷۹
- شکل ۶-۱۲: تغییرات دمای هوای خروجی با طول کلکتور..... ۷۹
- شکل ۶-۱۳: تغییرات بازده انرژی با طول کلکتور..... ۸۰
- شکل ۶-۱۴: تغییرات بازده انرژی بر حسب طول کلکتور..... ۸۰
- شکل ۶-۱۵: تغییرات سرعت و دمای هوای خروجی با تابش خورشیدی..... ۸۱
- شکل ۶-۱۶: تغییرات بازده‌های انرژی و انرژی بر حسب تابش خورشیدی..... ۸۱
- شکل ۶-۱۷: تغییرات سرعت و دمای هوای خروجی با دمای محیط..... ۸۲
- شکل ۶-۱۸: تغییرات بازده‌های انرژی و انرژی بر حسب دمای محیط..... ۸۲
- شکل ۶-۱۹: تغییرات سرعت و دمای هوای خروجی با سرعت باد..... ۸۳
- شکل ۶-۲۰: تغییرات بازده‌های انرژی و انرژی بر حسب سرعت باد..... ۸۳

- شکل ۶-۲۱: تغییرات سرعت و دمای هوای خروجی با شیب کلکتور..... ۸۴
- شکل ۶-۲۲: تغییرات بازده‌های انرژی و انرژی با شیب کلکتور..... ۸۴
- شکل ۶-۲۳: تغییرات بازده انرژی با عدد رینولدز ..... ۸۵
- شکل ۶-۲۴: تغییرات بازده انرژی با عدد رینولدز..... ۸۶
- شکل ۶-۲۵: تغییرات انرژی با عدد رینولدز..... ۸۷
- شکل ۶-۲۶: تغییرات بازده (انرژی، موثر و انرژی) با عدد رینولدز برای سیستم با سطح جاذب  
میانی و دو پوشش شیشه‌ای..... ۸۷
- شکل ۶-۲۷: تغییرات بازده‌های انرژی و انرژی با عمق کانال برای کلکتور بدون سطح جاذب  
میانی و با یک پوشش شیشه‌ای..... ۸۸
- شکل ۶-۲۸: تغییرات بازده‌های انرژی و انرژی با عمق کانال..... ۸۹
- شکل ۶-۲۹: تغییرات بازده‌های انرژی و انرژی با طول کلکتور..... ۹۰
- شکل ۶-۳۰: تغییرات بازده‌های انرژی و انرژی با تابش خورشیدی..... ۹۱
- شکل ۶-۳۱: تغییرات بازده‌های انرژی و انرژی با دمای محیط..... ۹۱
- شکل ۶-۳۲: تغییرات بازده انرژی با عمق کانال در حالت‌های جابه‌جایی آزاد و اجباری..... ۹۲
- شکل ۶-۳۳: تغییرات بازده انرژی با عمق کانال در حالت‌های جابه‌جایی آزاد و اجباری..... ۹۳
- شکل ۶-۳۴: تغییرات بازده انرژی با طول کلکتور در حالت‌های جابه‌جایی آزاد و اجباری..... ۹۴
- شکل ۶-۳۵: تغییرات بازده انرژی با طول کلکتور در حالت‌های جابه‌جایی آزاد و اجباری..... ۹۴
- شکل ۶-۳۶: تغییرات بازده انرژی با عمق کانال ..... ۹۶
- شکل ۶-۳۷: تغییرات بازده انرژی با عمق کانال..... ۹۷
- شکل ۶-۳۸: تغییرات بازده انرژی با طول کلکتور..... ۹۸
- شکل ۶-۳۹: تغییرات بازده انرژی با طول کلکتور..... ۹۹
- شکل ۶-۴۰: تغییرات بازده انرژی با عدد رینولدز..... ۱۰۰
- شکل ۶-۴۱: تغییرات بازده انرژی با عدد رینولدز..... ۱۰۱
- شکل ۶-۴۲: تغییرات بازده انرژی با عمق کانال..... ۱۰۲
- شکل ۶-۴۳: تغییرات بازده انرژی با عمق کانال..... ۱۰۳
- شکل ۶-۴۴: تغییرات بازده انرژی با طول کلکتور..... ۱۰۴
- شکل ۶-۴۵: تغییرات بازده انرژی با طول کلکتور..... ۱۰۵
- شکل ۶-۴۶: تغییرات بازده انرژی با طول و عمق کلکتور ..... ۱۰۶



- شکل ۶-۴۷: تغییرات بازده انرژری با طول و عمق کلکتور..... ۱۰۶
- شکل ۶-۴۸: تغییرات دمای هوای خروجی و بازده انرژری با زمان (۲۷ جولای)..... ۱۰۷
- شکل ۶-۴۹: تغییرات بازده انرژری با زمان (روز و ساعت)..... ۱۰۸
- شکل ۶-۵۰: تغییرات بازده انرژری با زمان (روز و ساعت)..... ۱۰۹

## فهرست جداول

### فصل سوم

- جدول ۳-۱ صورت کسر (خروجی) و مخرج کسر (ورودی) بازده انرژری تابشی ارایه شده توسط سه محقق مختلف..... ۳۹
- جدول ۳-۲ مقایسه راندمان‌های انرژری و انرژری سیستم‌های کلکتور خورشیدی، فتوولتائیک و فتوولتائیک / حرارتی..... ۴۲

### فصل چهارم

- جدول ۴-۱ محاسبه  $n'$  برای روزهای مختلف میلادی..... ۴۸
- جدول ۴-۲ تغییرات شیب بهینه دودکش با عرض جغرافیایی..... ۴۹

### فصل ششم

- جدول ۶-۱ مقایسه نتایج کار حاضر با نتایج تئوری و تجربی برای کلکتور با یک پوشش شیشه‌ای..... ۶۹
- جدول ۶-۲ پارامترهای ثابت در نظر گرفته شده در مطالعه موردی..... ۷۳

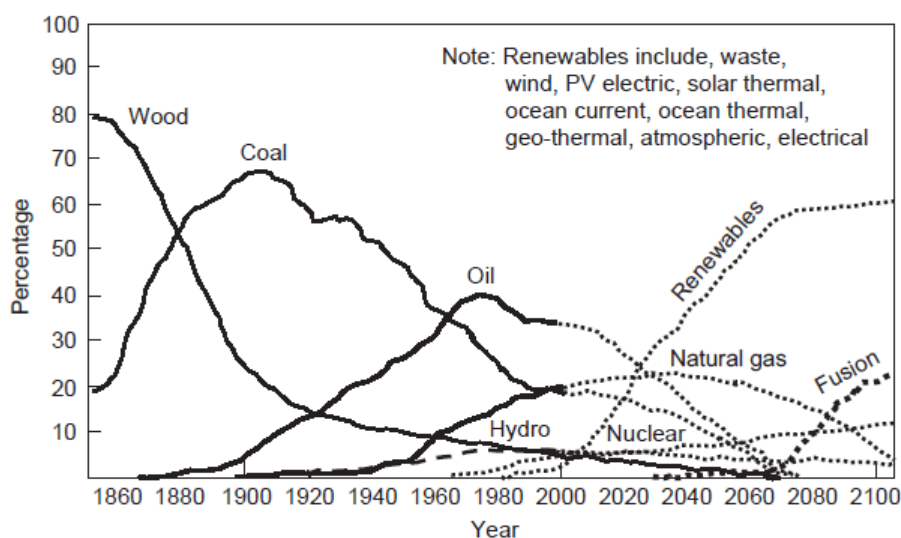
فصل اول

مقدمه

## ۱-۱- انرژی‌های تجدیدپذیر

با افزایش سریع جمعیت و ارتقای استانداردهای زندگی، جهان غرق در بحران مهمی به نام بحران انرژی شده است. اگر رشد جمعیت با همین سرعت افزایش یابد، شرایط از بد به بدتر تبدیل می‌شود. منابع انرژی چون زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی، با توجه به افزایش تقاضا، به سرعت در حال تمام شدن است، بنابراین نیاز به جستجو برای منابع دیگر انرژی است که بتواند این افزایش تقاضا را پاسخ دهد [۱].

طبق پیش بینی سازمان انرژی (IEA) با افزایش نیاز جهان به انرژی، در سال ۲۰۳۰ به میزان ۶۰ درصد ذخایر انرژی دچار کاهش خواهند شد. امروزه با توجه به افزایش بهای نفت و گاز و محدودیت منابع و همچنین مشکلات زیست محیطی و تغییرات اقلیمی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته است و لزوم بهره‌گیری از انرژی‌های پاک برای کاهش اثرات گازهای گلخانه‌ای و تاثیرات نامطلوب آن بر آب و هوا بیش از پیش آشکار شده است. به همین دلیل کشورهای مختلف به بهره‌برداری از انرژی‌های جدید ترغیب شده و برنامه ریزی‌های وسیعی را در این زمینه آغاز کرده‌اند. شکل ۱-۱ آینده‌ی جهانی مصرف انرژی را نشان می‌دهد. مطابق این شکل، انرژی‌های تجدیدپذیر از سال ۲۰۲۰ به بعد یکی از منابع پرکاربرد برای تامین انرژی خواهند بود [۲].

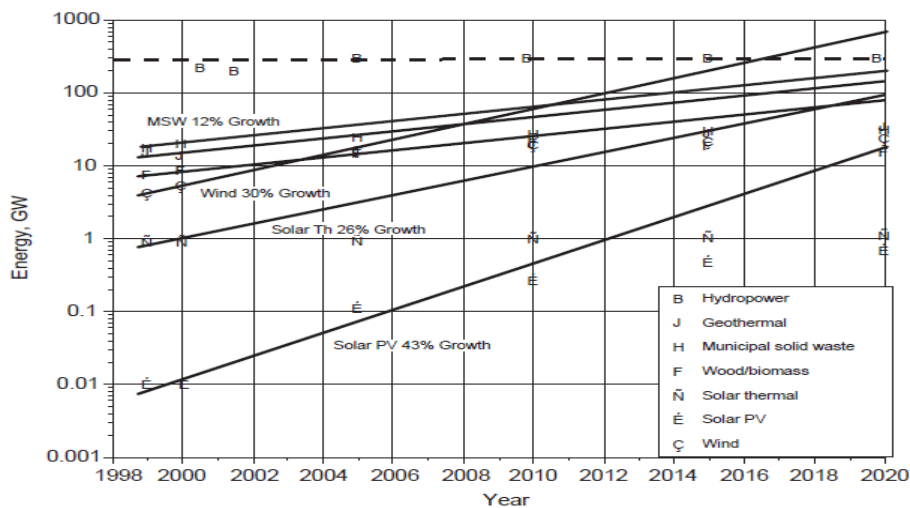


شکل ۱-۱: آینده جهانی مصرف انرژی [۲]

آشکار است که مشکل تامین انرژی باید به طور خیلی جدی‌تری مورد توجه قرار گیرد، به همین دلیل نیاز به انجام تحقیقات متمرکز در حوزه انرژی و بهینه سازی مصرف سوخت است. در مرحله اول این تحقیق باید بر روی سیاست‌های انرژی متمرکز شد، لذا نیاز به یک تلاش

همگانی در تمام سطوح مختلف جامعه برای ذخیره انرژی در برنامه کوتاه مدت می‌باشد. از طرف دیگر، برای یک برنامه بلند مدت می‌توان کشف منابع جدید انرژی و استفاده از انرژی های تجدید پذیر را مورد توجه قرار داد.

انرژی‌های تجدیدپذیر، منابع پیوسته و پایداری برای انرژی به شمار می‌روند، زیرا برخلاف سایر انرژی‌ها همچون انرژی‌های فسیلی خطر به اتمام رسیدن برای آنها دور از انتظار است. انرژی‌های تجدیدپذیر سازگاری بیشتری با محیط زیست دارند. سوخت‌های فسیلی مقادیر قابل توجهی از آلاینده‌ها را در جو کره زمین منتشر می‌کنند، در حالی که انتشار آلاینده‌ها از انرژی‌های تجدیدپذیر بسیار کم‌تر و گاهی نزدیک به صفر است. منابع مختلف برای انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارند، اما سرچشمه بنیادین انرژی‌های تجدیدپذیر، دو کانون اصلی می‌باشند که عبارتند از: زمین و خورشید. بعضی از منابع انرژی‌های تجدید پذیر به طور مستقیم به خورشید وابسته هستند و دیگر منابع از زمین به دست می‌آیند. در شکل ۱-۲ روند رشد انواع مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر نشان داده شده است [۲].



شکل ۱-۲: روند رشد انرژی‌های تجدید پذیر [۲]

از دوران باستان هر کسی که در روز آفتابی قدم بزند، می‌داند که خورشید توانایی تولید گرما را دارد. در سال ۱۸۳۹ ادmond بکرل دانشمند فرانسوی کشف نمود که نور خورشید توانایی تولید الکتریسیته را دارد (اثر فتوالکتریک). دانستن این دو موضوع در مورد توانایی تولید گرما و الکتریسیته توسط خورشید باعث طراحی و ساخت دستگاه‌های بی‌شماری برای در اختیار گرفتن انرژی خورشیدی شده است [۳]. در ادامه به تفصیل در مورد انرژی خورشیدی که یکی از مهمترین منابع تولید انرژی‌های نو و تجدید پذیر است، بحث خواهد شد.