بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی مکانیک

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

طراحی، ساخت و بررسی عملکرد تجربی آبگرمکن خورشیدی کلکتور- منبع ذخیره یکپارچه

استاد راهنما:

دکتر محمد رهنما

استاد مشاور:

دکتر مهران عامری

مولف:

رشید پناهی

شهریور ۱۳۹۰

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

بخش 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: رشید پناهی

استادراهنما: دکتر محمد رهنما

استاد مشاور: دکتر مهران عامری

داور۱:

داور۲:

نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاع:

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده:

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

تقدیم به مادرم

که روح آب است

و چشمان پدرم

که آینه آفتاب است

تشکر و قدردانی:

سپاس و ستایش حکیم راستین و دانای حقیقی را که رهتوشهٔ دانش در کوله بار اشرف آفریدگان خویش نهاد و با کرامت علم الاسماء او را شایستگی مقام خلیفه اللهی ارزانی داشت.

سپاس همه آنان را که خوشه چین خرمن معرفتشان بوده ام و آموخ‌تن را به گونه ای مدیون فضل و کرم آنانم.

سپاس پدر و مادرم ، دو چراغ فروزانی که در فروغ پر مهرشان درس ایمان وامید آموخته ام و همواره برایم مظهر پاکی، فداکاری و ایثارند.

سپاس ویژه استاد راهنمایم **جناب آقای دکتر محمد رهنما** که الگوی فروتنی و مهربانی و نیک سیرتی توأم با دانش و آگاهی است و هرگز مرا از خوان بی دریغ اندوخته های خویش محروم نگذاشته و رهین محبتهای پدرانه ایشان بوده و خواهم بود.

مراتب سپاسگزاری و قدر دانی بی پایان خود را از ارشادات و هدایت های استادانه **جناب آقای دکتر مهران عامری** که به عنوان مشاور این پایان نامه تحصیلی دستگیر و راهگشای اینجانب بودند می نمایم.

از درگاه حضرت حق عزت، سر بلندی و کامکاری این استادان فاضل و دانشمندان بزرگوار را خواهان و خواستارم.

چکیده:

یک نوع از آبگرمکنهای خورشیدی، کلکتور- منبع ذخیره یکپارچه است این آبگرمکن ساخته شده ساده ترین آبگرمکن خورشیدی می باشد. در این سیستم تانک ذخیره و کلکتور دو قسمت جدا از هم نیستند و یکی هستند. آب سرد به طور مستقیم به کلکتور متصل است و توسط خورشید گرم می شود . بر خلاف سیستمهای دیگر، تا زمانیکه مصرفی وجود نداشته باشد آب گرم داخل کلکتور باقی می ماند سپس به طور مستقیم از کلکتور مورد مصرف قرار می گیرد . این سیستم به منبع ذخیره بزرگتری (برای بالا بردن قابلیت جذب) نسبت به سیستمهای معمولی نیاز دارد، همین امر نیز از سیستم در برابر یخ زدگی محافظت می کند..

در این پژوهش یک دستگاه آبگرمکن خورشیدی کلکتور- منبع ذخیره یکپارچه طراحی و ساخته شده که نصب تجهیزاتی برآن زاویه آبگرمکن نسبت به زمین می تواند تغییر کند.

در بخشی از تحقیقات منعکس کننده های مختلفی(آلمینیوم، استیل و آینه) بر روی آبگرمکن نصب و آزمایش شد تا عملکرد حرارتی آنها ارزیابی گردد و نتیجه گرفته شد که منعکس کننده آینه در طول روز بازده حرارتی بهتری و آلمینیوم کمترین ضریب اتلاف حرارتی در طول شب را دارد.

همچنین عملکرد حرارتی آبگرمکن خورشیدی ساخته شده، در ماههای مختلف ارزیابی شد و راندمان و اتلاف حرارتی آن در ماههای مختلف مقایسه گردید و این نتیجه حاصل شد که با افزایش میزان تابش ورودی به سطح آبگرمکن بازده سیستم کاهش می یابد . بطوریکه بیشترین بازده در فصل بهار برای ماه فروردین و کمترین آن در فصل تابستان برای ماه تیر بوده است، در صورتیکه در ماه تیر بیشترین دریافتی تابش خورشیدی وجود داشته است.

کلیدواژه: آبگرمکن خورشیدی؛ آبگرمکن کلکتور- منبع ذخیره یکپارچه؛ متمرکز کننده سهموی

فهرست مطالب

عنوان ..... **صفحه**

فهرست جداول ..... ط

فهرست تصاویر ..... ی

فهرست علائم ..... م

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ای بر تقاضای انرژی ۲

۱-۲- کاربرد انرژی خورشیدی ۵

۱-۳- جایگاه انرژی خورشیدی در ایران ۶

۱-۴- آبگرمکنهای خورشیدی ۷

۱-۴-۱- سیستمهای Active ۷

۱-۴-۱-۱- مستقیم(Direct) ۸

۱-۴-۱-۲- غیر مستقیم(Indirect) ۸

۱-۴-۱-۳- برگشتی(Drain Back) ۹

۱-۴-۲- سیستمهای Passive ۱۰

۱-۴-۲-۱- ترموسیفون (Thermo-Siphon) ۱۰

۱-۴-۲-۲- کلکتور- منبع ذخیره یکپارچه ICS ۱۱

۱-۵ - مباحث لازم از انرژی خورشیدی ۱۲

فصل دوم: تاریخچه ۱۵

۲-۱- تاریخچه سیستمهای ICS ۱۶

۲-۲- زمینه های تحقیقاتی بر روی سیستمهایICS ۱۶

۲-۲-۱- منبع ۱۸

۲-۲-۲- شکل و اندازه منبع ۱۹

۲-۲-۳- پیکر بندی و ارتباط منبع ها ۲۰

۲-۲-۴- شیب و جهت قرار گرفتن منبعها ۲۱

۲-۲-۵- جنس منبع ۲۲
۲-۲-۶ - روکش دهانه ورودی سیستم (Glazing) ۲۳
۲-۲-۷ - منعکس کننده ها ۲۴
۲-۳ - تاریخچه تحقیقات قبلی ۲۷
فصل سوم: ساخت آبگرمکن خورشیدی کلکتور - منبع ذخیره یکپارچه ۳۱
۳-۱- مخزن ذخیره ۳۲
۳-۲- سازه آبگرمکن ومنعکس کننده ها ۳۲
۳-۲ - تعقیب کننده دستی خورشید ۴۰
فصل چهارم: آزمایشات و نتیجه گیری ۴۳
۴-۱ تجهیزات آزمایشگاهی ۴۴
۴-۲ مطالعات آزمایشگاهی ۴۶
۴-۳ نتایج آزمایشگاهی ۴۹
۴-۳-۱ عملکرد حرارتی منعکس کننده ها ۴۹
۴-۳-۲ عملکرد حرارتی سیستم در ماههای مختلف ۵۴
فصل پنجم: نتیجه گیری وپیشنهادات ۷۱
ضمیمه: نیروگاه خورشیدی شیراز ۷۳
مراجع ۷۷
چکیده انگلیسی ۷۹

فهرست جداول

جدول۳-۱ مشخصات اپتیکی آبگرمکن خورشیدی ۳۵

جدول ۳-۲ مشخصات کلی آبگرمکن ۴۱

جدول ۴-۱- مشخصات فنی دیتالاگر ۴۵

جدول ۴-۲ بازده میانگین روزانه منعکس کننده ها ۵۲

جدول ۴- ۳ ضریب اتلاف حرارتی شبانه برای منعکس کننده ها ۵۳

جدول ۴- ۴ مقادیر زاویه بهینه شیب سطح برای ماه های مختلف سال ۵۵

جدول ۴-۵ بازده میانگین روزانه سیستم در ماههای مختلف ۶۸

جدول ۴-۶ ضریب اتلاف حرارتی شبانه سیستم در ماههای مختلف ۶۸

فهرست تصاویر

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ وضعیت انرژی جهان از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۵۰ میلادی ۳

شکل۱-۲ نمونه هایی از کاربردهای غیر نیروگاهی انرژی خورشیدی ۵

شکل ۱-۳ نمونه هایی از کاربردهای نیروگاهی انرژی خورشیدی ۶

شکل ۱- ۴ نمایی از سیستم مستقیم ۸

شکل ۱- ۵ نمایی از سیستم غیر مستقیم آبگرمکن خورشیدی ۹

شکل ۱-۶ نمایی از سیستم ترموسیفون ۱۰

شکل ۱-۷ نمایی از سیستم کلکتور- منبع ذخیره یکپارچه ۱۱

شکل ۱-۸ نمایی کلی از یک کلکتور خورشیدی ۱۲

شکل۱-۹ زوایای مشخص کننده جهت و وضعیت صفحه و نیز زوایای مشخص کننده موقعیت خورشید [۱] ۱۳

شکل ۱-۱۰ زوایای اصلی عرض خغرافیایی، ساعت و میل [۲] ۱۴

شکل ۲-۱ برشی از یک آبگرمکن ICS ۱۷

شکل۲-۲ فرایند انتقال حرارت در یک آبگرمکن ICS ۱۸

شکل ۲-۳ شکل مقطع یک نمونه آبگرمکن خورشیدی با منبع دو تایی بررسی شده در[۸] ۲۱

شکل ۲-۴ نمونه های مختلفی از آبگرمکن خورشیدی بررسی شده در[۱۳-۷] ۲۶

شکل ۲-۵ سطح مقطع منعکس کننده های بررسی شده در[۲۲] ۲۸

شکل ۲-۶ نمونه آبگرمکن های ارایه شده در [۲۶] ۲۹

شکل ۳-۱ نمای مخزن ۳۲

شکل ۳-۲ هندسه منعکس کننده ها ۳۳

شکل ۳-۳ سازه آبگرمکن ۳۶

شکل ۳-۴ عایق بندی آبگرمکن ۳۶
شکل ۳-۵ نصب سنسورها ۳۷
شکل ۳-۶ اتصال مخزن به بدنه ۳۷
شکل۳-۷ منعکس کننده از جنس فویل آلمینیوم ۳۸
شکل ۳-۸ نصب صفحه شیشه ای ۳۹
شکل۳-۹ نصب شیر ورودی ۳۹
شکل۳- ۱۰ تعقیب کننده خورشیدی ۴۰
شکل۳- ۱۱ نمایی از آبگرمکن ۴۲
شکل ۴-۱ پیرانومتر به کاربرده شده برای اندازه گیری تشعشع ۴۴
شکل ۴-۲ نصب پیرانومتر موازی با آبگرمکن ۴۴
شکل ۴-۳ ترمومتر به کار برده شده برای ثبت دما ۴۵
شکل ۴-۴ نصب سنسورهای ترمومتر به آبگرمکن ۴۶
شکل ۴-۵ نمودار تغییرات دمایی برای سه روز متوالی درآزمایش بررسی منعکس کننده ۵۰
شکل ۴-۶ بازده میانگین روزانه در آزمایش منعکس کننده ها ۵۱
شکل ۴-۷ ضریب اتلاف حرارتی شبانه در آزمایش منعکس کننده ها ۵۱
شکل ۴-۸ نمودار تغییرات دمایی برای سه روز متوالی درماه فروردین ۵۶
شکل ۴-۹ بازده میانگین روزانه سیستم در ماه فروردین ۵۷
شکل ۴-۱۰ ضریب اتلاف حرارتی شبانه سیستم در ماه فروردین ۵۷
شکل ۴-۱۱ نمودار تغییرات دمایی برای سه روز متوالی درماه اردیبهشت ۵۸
شکل ۴-۱۲ بازده میانگین روزانه سیستم در ماه اردیبهشت ۵۹
شکل ۴-۱۳ ضریب اتلاف حرارتی سیستم شبانه در ماه اردیبهشت ۵۹
شکل ۴-۱۴ نمودار تغییرات دمایی برای سه روز متوالی درماه خرداد ۶۰
شکل ۴- ۱۵ بازده میانگین روزانه سیستم در ماه خرداد ۶۱

شکل۴- ۱۶ ضریب اتلاف حرارتی شبانه سیستم در ماه خرداد ۶۱
شکل ۴-۱۷ نمودار تغییرات دمایی برای سه روز متوالی درماه تیر ۶۲
شکل۴- ۱۸ بازده میانگین روزانه سیستم در ماه تیر ۶۳
شکل۴- ۱۹ ضریب اتلاف حرارتی شبانه سیستم در ماه تیر ۶۳
شکل ۴-۲۰ نمودار تغییرات دمایی برای سه روز متوالی درماه مرداد ۶۴
شکل۴- ۲۱ بازده میانگین روزانه سیستم در ماه مرداد ۶۵
شکل۴-۲۲ ضریب اتلاف حرارتی شبانه سیستم در ماه مرداد ۶۵
شکل ۴-۲۳ نمودار تغییرات دمایی برای سه روز متوالی درماه شهریور ۶۶
شکل۴- ۲۴ بازده میانگین روزانه سیستم در ماه شهریور ۶۷
شکل۴-۲۵ ضریب اتلاف حرارتی شبانه سیستم در ماه شهریور ۶۷
شکل ۴- ۲۶ بازده آبگرمکن در ماههای مختلف سال ۶۹
شکل الف طرح نیروگاه خورشیدی شیراز ۷۴
شکل ب مزرعه کلکتورهای نیروگاه خورشیدی شیراز ۷۴
شکل ج ساختار کلکتورهای سهموی خطی نیروگاه خورشیدی شیراز ۷۵
شکل د نمایی از مبدلهای حرارتی نیروگاه خورشیدی شیراز ۷۶

فهرست علائم

ضریب بیشترین بازده روزانه	A
مساحت سطح دریچه سیستم(m^2)	A_α
مساحت سطح جاذب(m^2)	A_r
ضریب اتلف حرارتی روزانه$(k^{-1}wm^{-2})$	B
گرادیان ضریب B $(k^{-2}w^2m^{-4})$	C
نسبت تمرکز	CR
گرمای ویژه آب$(KJKg^{-1}k^{-1})$	$C_{p,w}$
قطر مخزن ذخیره استوانه ای(m)	D_{T}
شدت تشعع ورودی به دریچه سیستم(wm^{-2})	G
میانگین تابش روزانه ورودی به دریچه سیستم(wm^{-2})	G_m
ضریب هدایت حرارتی	K
طول دریچه ورودی آبگرمکن	L_α
طول مخزن ذخیره(m)	L_T
جرم آب دورن مخزن(Kg)	M_w
مجموع تابش خورشیدی وارد برسیستم(J)	Q_R
گرما داده شده به آب مخزن ذخیره	Q_w
شعاع مخزن ذخیره استوانه ای(m)	R_T
زمان نقطه شروع(s)	t_i
زمان نقطه پایان(s)	t_f
دمای محیط(c°)	T_α
میانگین دمای آب درون مخزن ذخیره(c°)	T_{m}
میانگین دمای اولیه آب درون مخزن ذخیره(c°)	$T_{\mathrm{i,m}}$
میانگین دمای نهایی آب درون مخزن ذخیره(c°)	$T_{\mathrm{f,m}}$
اختلاف دما در طی روز(c°)	$T_{m,D}$

اختلاف دما در طی شب(c°)	$\Delta T_{m,N}$
بازه زمانی(s)	Δt
ضریب اتلاف حرارتی در طی شب(wk^{-1})	U_s
حجم مخزن ذخیره(m^3)	V_T
عرض دهانه سیستم(m)	W_α
مختصات محورX(m)	x
مختصات محورY(m)	y
علائم یونانی:	
ضریب جذب سطح جاذب	α_r
بازده میانگین روزانه	η_d
چگالی آب($kg\ m^{-3}$)	ρ
ضریب گذر نور از دریچه	τ
زاویه سهموی اول کلکتور(°)	ψ
بیشترین مقدار زاویهψ (°)	ψ_m
زاویه سهموی دوم کلکتور(°)	ψ'
بیشترین زاویه سهموی دوم کلکتور(°)	ψ'_m
زاویه گسترنده اول کلکتور(°)	ω
بیشترین مقدار زاویهω (°)	ω_m
زاویه گسترنده دوم کلکتور(°)	ω'
بیشترین مقدار زاویه ω' (°)	ω'_m

فصل اول

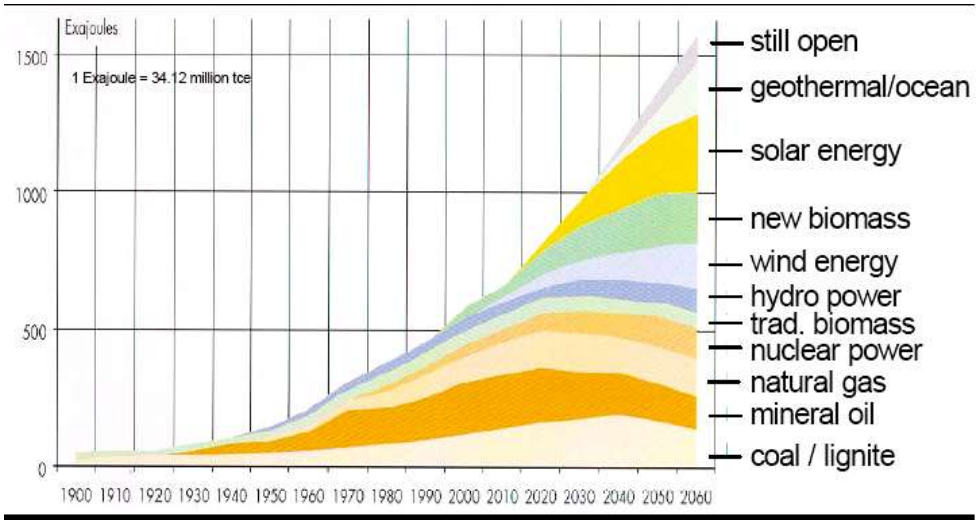
مقدمه

۱-۱ مقدمه ای بر تقاضای انرژی

با رشد جوامع و پیشرفت های صنعتی، مصرف سالیانه سوخت و انرژی رو به افزایش می باشد . محققان و دولتمردان در جهان این بار به انرژی های نو ، نه به عنوان یک انتخاب بلکه به عنوان یک ضرورت نگاه می کنند . منابع عادی سوخت (منابع تجدیدناپذیر) مشکلات زیست محیطی فراوانی ر ا همچون افزایش گرمای زمین، بارانهای اسیدی، آلودگی آبها، افزایش سریع زباله ها، تخریب محیط زیست، اتلاف منابع طبیعی و... ایجاد کرده اند. بی تردید یکی از مهمترین فعالیتهای کشورهای پیشرفته در کاهش مصرف انرژیهای که با آلوده کردن محیط همراه هستند، گسترش تکنولوژیه‌ایی است که از منابع تجدیدپذیر و نامحدود انرژی استفاده می کنند. این موضوع تاثیر فراوانی را هم بر اقتصاد و هم بر محیط زیست در پی خواهد داشت . بدین معنی که با استفاده از منابع تجدید پذیر انرژی از پایان منابع فسیلی سوخت جلوگیری شده و مضرات زیست محیطی آنها نیز ا یجاد نخواهد شد. با محدودیت منابع تامین کننده انرژی و مسائل زیست محیطی توجه به منابع دیگر انرژی طی دو دهه گذشته بیشتر شده و در این راستا استفاده از انرژی های تجدیدپذیر به منظور جایگزین نمودن آنها با سوخت های فسیلی و کاهش آلودگی بتدریج افزایش یافته است [۱].

امروزه یکی از مهمترین عوامل توسعه وپیشرفت کشورها علاوه بر داشتن نیروی انسانی متخصص دسترسی به منابع مختلف انرژی می باشد . انرژی موجود در طبیعت در انواع مختلف می باشد که می توان به انرژی سوخت های فسیلی، انرژی آبهای جاری، باد، خورشید و غیره اشاره نمود . بر مبنای آمارهای موجود مصرف انرژی در جهان در سال ۱۹۹۸ معادل ۳۳۸ اکسا ($۱۰^{۱۸}$) ژول بوده که ۸۱/۱ درصد آن از سوخت های فسیلی و بقیه از سایر منابع تامین شده است [۱]. در مقایسه با سایر منابع انرژی خورشیدی یکی از مهمترین منابع انرژ ی قابل استفاده بر روی کره زمین می باشد . مقدار این انرژی که دائما به سطح زمین میرسد در حدود ۱۷۳۰۰۰ بلیون کیلووات تخمین زده شده که تقریباً ۳۰۰۰ برابر مصرف کنونی جهان می باشد . اگرچه مقدار این انرژی که به سطح زمین میرسد فراوان است ولی نرخ آن در واحد سطح کم بوده و مشکل اصلی آن گردآوری و بکارگیری آن می باشد. در شکل ۱ وضعیت تقاضای انرژی جهان از سال ۱۸۵۰ تا ۲۰۶۰ میلادی نشان داده شده است. با توجه به این شکل بطور کلی استفاده از انرژی خورشیدی در آینده بطور چشمگیری افزایش خواهد یافت . همچنین استفاده از سوخت های فسیلی بر ای تولید انرژی روند کاهشی را طی می کند و این مساله

ضرورت سرمایه گذاری در مورد استفاده از انرژی خورشید را بیشتر تداعی می نماید [۲]. استفاده های صنعتی و مدرن انرژی خورشیدی از سالهای ۱۷۷۰ میلادی شروع شد. شاید جالبترین استفاده از آفتاب در کشف گاز اکسیژن صورت گر فته باشد. پریستلی در سال ۱۷۷۴ توانست نور خورشید را روی ظروف حاوی اکسید جیوه متمرکز نماید و گازی تولید کند که بعدها اکسیژن نام گرفت . آزمایشهای دیگری با استفاده از عدسیها و تمرکز نور خورشید توسط لاووازیه انجام شد . در سال ۱۸۷۲ اولین واحد خورشیدی جهت نمک زدایی آب دریا در شمال کشور شیلی ساخته شد . این واحد با سطح ۵۱۰۰ متر مربع می توانست حدود ۲۴ متر مکعب آب شیرین در روز تولید نماید.



شکل ۱-۱ وضعیت انرژی جهان از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۵۰ میلادی

از اوایل سالهای ۱۸۰۰ تعدادی متمرکز کننده خورشیدی جهت دستیابی به دماهای بالاتر و تولید بخار در فرانسه، آمریکا و مصر ساخته شد که در آنها از بخار حاصله برای راه اندازی ماشین های بخار و آبیاری استفاده می شد [۳]. با بحران انرژی سال ۱۹۷۳ توجه به کاربرد انرژی خورشید بالا گرفت و سرمایه گذاری های زیادی در غالب کشورهای جهان برای پژوهش و دستیابی به طرح های بهینه کاربردهای مختلف انرژی خورشیدی انجام پذیرفت[۴].

بهره گیری از انرژی خورشید در تاریخ تمدن انسانی سابقه ای کهن دارد. انرژی خورشیدی یکی ازاولین منابعی بود که انسان برای تامین گرما به آن روی آورد. انسان اولیه از مزایای غار و ایجاد دریچه هایی در برابر نور خورشید با هدف بهره گیری از تشعشع خورشید برای گرمایش آگاه بود.

دیر زمانی از آغاز حیات انسانی نگذشته بود که انسانها بسیاری از موادی که می توانستند حرارت خورشید را ذخیره کنند را کشف کردند. استفاده از خورشید و انرژی بی پایان آن دوش بدوش تکامل تمدن انسانی گسترش یافته و امکانات آن به تدریج شناخته می شد، و بدین ترتیب خورشید چون ابزاری در پیروزی انسان بر کره خاک بکار گرفته می شد. خورشید وسیله آتش افروختن، جوشاندن آب بود و انسان خیلی زود راه انعکاس و متمرکز کردن نور خورشید را برای کاربرد های بالا فرا گرفت.

سوخت های فسیلی بویژه در اوایل قرن بیستم به علت ارزانی فوق العاده آن نقش انرژی اصلی را درتمدن بشری بر عهده گرفت و تلاش برای بهره گیری از انرژی خورشیدی را مدتی متوقف کرد .اماپس از بحران انرژی بویژه در سالهای اخیر و یا مسایلی که بهره گیری از سوخت ها ی فسیلی از نظر اقتصادی فنی،محیط زیست و ... به وجود آورده اند بار دیگر مسئله انرژی خورشیدی و پژوهشهای علمی و فنی برای بکارگیری این انرژی و جایگزین کردن آن بجای سوخت های فسیلی و دیگر انرژی های پایان پذیر پرهزینه و ناسالم از نظر محیط زیست ، مطرح شد . بدین سان دستاوردهای مهم گذشتگان پس از یک دوران کوتاه وقفه برای دست یابی به روش های بهره برداری از انرژی های خورشیدی مجدداً مورد توجه قرار گرفته و تلاش برای تکامل آنها و ابداع روش های جدید ادامه یافته است

۱-۲ کاربرد انرژی خورشیدی

کاربرد انرژی خورشید را می توان به دو دسته نیروگاهی و غیر نیروگاهی تقسیم کرد . کاربردهای غیر نیروگاهی (شکل۱-۲) از انرژی حرارتی خورشید شامل موارد متعددی می باشد که اهم آنها عبارت‌اند از : آبگرمکن خورشیدی، سرمایش و گرمایش خورشیدی، آب شیرین کن خورشیدی، خشک کن خورشیدی، کوره‌های خورشیدی.

(الف) (ب)

شکل۱-۲ نمونه هایی از کاربردهای غیر نیروگاهی انرژی خورشیدی

در شکل ۱-۳ نمونه های مختلف دریافت کننده های انرژی خورشیدی آورده شده است.

(الف)

(ب)

(ج)

(د)

شکل ۱-۳ نمونه هایی از کاربردهای نیروگاهی انرژی خورشیدی

۱-۳ جایگاه انرژی خورشیدی در ایران

کشور ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و در منطقه ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نق اط جهان در بالاترین رده ها قرار دارد. میزان تابش خورشیدی در ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال تخمین زده شده است که البته بالاتر از میزان متوسط جهانی است . در ایران به طور متوسط سالیانه بیش از ۲۸۰ روزآفتابی گزارش شده است که بسیار قابل توجه است[۳].