فهرست مطالب.....صفحه

مقدمه.....1

فصل اول: بررسی منابع

1-1- بحران انرژی در جهان.....3

1-2- انرژی خورشیدی.....5

۱-۲-۱- گرمایش خورشیدی فعال.....7

۱-۲-۲- موتورهای گرمایش خورشیدی.....7

۱-۲-۳- گرمایش خورشیدی غیرفعال.....7

۱-۲-٤- فراوانی و طبیعت پرتوی خورشیدی- طول موج‌های پرتوی خورشیدی.. 8

۱-۲-٥- تابش مستقیم و پراکنده.....9

۱-۲-٦- در دسترس بودن تابش خورشیدی.....9

1-3- انرژی فتوولتائیک.....10

1-4- جمع‌کننده‌های خورشیدی.....14

۱-٤-۱- انواع جمع‌کننده‌های خورشیدی.....15

۱-٤-۲- انتخاب شیشه.....18

۱-٤-۳- سازوکارهای اتلاف گرما.....19

۱-٤-٤- ارزش- U.....20

۱-٤-٥- انتخاب و محاسبه توان الکتریکی دمنده.....20

۱-٤-٦- محاسبه بازده جمع‌کننده خورشیدی.....21

۱-٤-۷- محاسبه میزان تابش انرژی خورشیدی در سطح جمع‌کننده.....22

1-5- سیستم‌های کنترلی.....26

فصل دوم: مواد و روش‌ها

2-1- قطعات سیستم کنترلی و کارکرد آن‌ها.....28

2-2- طراحی و ساخت سیستم کنترلی.....29

2-2-1- تغذیه مدار.....29

2-2-2- میکروکنترلر مورد استفاده.....35

2-2-3- سنسورهای دمایی.....40

2-2-4- مشخصات دمنده مورد استفاده.....41

2-2-5- نحوه نمونه‌گیری دما و عملکرد دمنده‌ها.....41

2-2-6- قسمت نرم افزاری مدار کنترلی.....45

2-3- جمع‌کننده مورد استفاده.....52

2-3-1- محاسبه بازده دمایی جمع‌کننده.....56

2-4- تحلیل آماری.....57

فصل سوم: نتایج و بحث

3-1- جداول ثبت داده‌های آزمایش.....58

3-2- ارزیابی میزان تابش.....62

3-3- تغییرات دما، دور دمنده و سرعت هوای خروجی.....63

3-4- تعیین رابطه تجربی بین سرعت هوا و دمای خروجی.....66

3-5- تعیین بازده دمایی جمع‌کننده.....68

نتیجه‌گیری.....70

پیشنهادات.....72

منابع مورد استفاده.....74

پیوست.....79

فهرست جداول و اشکال.....صفحه

جداول

جدول 1-1- خواص اپتیکی مواد مورد استفاده در شیشه و پلاستیک شفاف.....19

جدول 3-1- داده‌های آزمایش در تاریخ 1390/3/28.....58

جدول 3-2- داده‌های آزمایش در تاریخ 1390/3/29.....58

جدول 3-3- داده‌های آزمایش در تاریخ 1390/3/30.....59

جدول 3-4- داده‌های آزمایش در تاریخ 1390/3/31.....59

جدول 3-5- داده‌های آزمایش در تاریخ 1390/4/1.....60

جدول 3-6- داده‌های آزمایش در تاریخ 1390/4/2.....60

جدول 3-7- داده‌های آزمایش در تاریخ 1390/4/3.....61

جدول 3-8- میانگین داده‌ها در روزهای آزمایش.....62

جدول 3-9- میانگین مقادیر محاسبه شده در روزهای آزمایش.....68

اشکال

شکل 2-1- اشکال سیستم کنترلی با جعبه باز و بسته.....34

شکل 2-2- طرح‌واره جمع‌کننده خورشیدی و متعلقات سیستم کنترلی.....34

شکل 2-3- طرح‌واره سیستم کنترلی.....35

شکل 2-4- میکروکنترلر ATMega32 مورد استفاده.....36

شکل 2-5- طرح‌واره برش عرضی جمع‌کننده.....53

شکل 2-6- جمع‌کننده مجهز به سیستم کنترلی با منبع تغذیه PV.....53

شکل 2-7 الف- تابش‌سنج TES 1333.....55

شکل 2-7 ب- رطوبت‌سنج Testo 625.....55

شکل 2-7 ج- سرعت‌سنج YK-2004AH.....55

شکل 2-7 د- چشمی مادون قرمز.....55

شکل 3-1- میانگین تغییرات تابش در روزهای آزمایش.....63

شکل 3-2- میانگین تغییرات دما در جمع‌کننده.....64

شکل 3-3- میانگین تغییرات دور دمنده در جمع‌کننده.....65

شکل 3-4- میانگین تغییرات سرعت هوای خروجی در جمع‌کننده.....66

شکل 3-5- میانگین سرعت هوای خروجی نسبت به میانگین دمای هوای خروجی از جمع‌کننده...67

شکل 3-6- میانگین بازدهی جمع‌کننده در روزهای آزمایش.....69

مقدمه

زندگی روزمره مردم وابسته به تولید و مصرف انرژی است، لذا عرضه و تقاضای آن در جوامع بشری به طور مستمر رو به افزایش است. در حال حاضر77 درصد کل انرژی مصرفی جهان را سوخت‌های فسیلی تأمین می‌کنند که با تولید گازهای آلاینده وگلخانه‌ای در فرآیند احتراق و همچنین تخریب لایه ازن، محیط زیست را به شدت مورد تهدید قرار داده و موجب گرم شدن بیشتر دمای کره زمین می‌شوند (دپارتمان انرژی ایالات متحده آمریکا 2008). بنابراین به منظور حفظ محیط زیست توجه به انرژی‌های جایگزین (انرژی‌های نو) ضروری به نظر می‌رسد. آنچه همگان را به استفاده از انرژی‌های نو ترغیب می‌کند، محدودیت ذخایر فسیلی و اثرهای نامطلوب زیست محیطی پسماندهای آن‌ها، نوسان قیمت‌ها و بحران‌های انرژی است، و آنچه همگان را از جانشینی سریع انرژی‌های نو باز می‌دارد، بازده پایین آن‌ها در مقایسه با انرژی‌های فسیلی به علت موجود نبودن تکنولوژی‌های مناسب و پیشرفته، بالا بودن هزینه استفاده و تبدیل، آزمایشی بودن بسیاری از طرح‌ها و بی‌رغبتی دولت‌ها و صنایع به حمایت از آن‌هاست.

انرژی خورشیدی یکی از مهم‌ترین نوع انرژی‌های نو است. این انرژی به عنوان یک منبع انرژی تجدیدپذیر یکی از مهم‌ترین گزینه‌های جایگزین برای سوخت‌های فسیلی به شمار می‌آید که نگرانی‌های بشر را در مورد پایان‌پذیری، افزایش آلودگی‌های ناشی از تبدیل آن به انرژی‌های دیگر و غیره برطرف کرده است. از تاریخ شوک نفتی 1973 دول کشورهای توسعه‌یافته هزینه بسیار زیادی را صرف تحقیق و توسعه روی تکنولوژی‌های انرژی خورشیدی نموده‌اند. قسمت اعظم سرمایه‌گذاری در زمینه انرژی خورشیدی، به سمت تکنولوژی‌های نسبتاً پیشرفته جهت‌گیری داشته است. اگر چه باید تأکید نمود که

برخی از تکنولوژی‌های خورشیدی از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر می‌باشند، اما بسیاری از تکنولوژی‌های کارآمد از نظر بخش خصوصی به لحاظ سرمایه‌گذاری بیشتر غیرجذاب تلقی می‌شوند چرا که هنوز نیاز به سرمایه‌گذاری برای حصول به توسعه اقتصادی آن‌ها وجود دارد و از طرف دیگر عدم اطمینان از زمان بالقوه برگشت سرمایه نیز مطرح است. ظرفیت نصب‌شده تجمعی برق خورشیدی دنیا در کشورهای عضو برنامه سیستم‌های برق خورشیدی آژانس بین‌المللی انرژی در پایان سال 2002 میلادی با 34% افزایش نسبت به سال قبل از آن به 1330 مگاوات بالغ گشت. سه کشور ژاپن، آلمان و ایالات متحده بیشترین سهم برخورداری از این نوع سیستم‌ها را دارا بوده‌اند. در ژاپن سهم بخش‌های خانگی، عمومی و صنعتی از ظرفیت نصب شده تجمعی به ترتیب 87، 2/8 و 6/9 درصد بوده است (ویلیام و همکاران 1980). ایران یکی از مناطق مستعد برای بهره‌گیری از انرژی خورشیدی می‌باشد، به طوری که میزان تابش متوسط روزانه آفتاب معادل 1/5 تا 2 کیلووات ساعت بر متر مربع می‌رسد و متوسط ساعات آفتابی از 2800 ساعت در سال بیشتر است (سازمان انرژی‌های نو ایران 2010). هدف از این پایان‌نامه در نهایت استفاده بهینه از انرژی خورشیدی برای مصارف مختلف می‌باشد که در اینجا بدون هیچ استفاده‌ای از برق شهری سیستم کنترلی با استفاده از سلول‌های فتوولتائیک طراحی و ساخته شد. با توجه به نصب این سیستم بر روی جمع‌کننده توانستیم دمای خروجی جمع‌کننده را در محدوده‌های دمایی مورد نظر ثابت نگه داریم. که همین تثبیت دما نیز به نوبه خود باعث کاهش اتلاف انرژی در جمع‌کننده می‌گردد. به طور کلی می‌توان عنوان کاربردی ((مدیریت مصرف انرژی)) را برای این پایان‌نامه تعریف کرد که این مدیریت هم به استفاده از انرژی خورشیدی به جای سوخت‌های فسیلی جهت گرمایش و هم به کاهش اتلافات حرارتی در جمع‌کننده‌ها برمی‌گردد.

1-1- بحران انرژی در جهان

انرژی در سال‌های اخیر به علت پدیده‌ای که بحران جهانی انرژی نام گرفته، اهمیت زیادی کسب کرده است. هنگامی‌که نخستین بحران جهانی نفت ظاهر شد منطقه خلیج فارس30 درصد نیاز جهانی را تولید می‌کرد. سه موضوع مهم در این بحران که توجه به آن‌ها ابعاد مسئله را روشن و آشکار می‌سازد دخالت دارند (کمسیون انرژی اروپا 2001):

1- اوایل دهه 1970 آشکار شد که سوخت‌های فسیلی که از سال‌ها پیش پایه و اساس موازنه انرژی را در اقتصاد جهان تشکیل می‌داد، در آینده‌ای نه چندان دور تمام خواهد شد. در این زمان تناسب بین کشف ذخایر سوخت‌های فسیلی و رشد مصرف سوخت به هم خورد و محاسبات علمی چشم جهانیان را باز کرد که تا یک نسل دیگر این ذخایر به پایان خواهد رسید.

2- روی آوردن به انرژی‌های نو مستلزم صرف هزینه‌های کلانی است که برای کشورهای در حال توسعه که تا این اواخر بهای کمی برای انرژی می‌دادند، بسیار گران تمام می‌شود و این مسئله‌ای است که ابعاد آن نامشخص است.

3- تأثیر بحران انرژی بر جامعه به شدت ناموزون بوده است بدین معنی که هم کشورهای صنعتی و هم کشورهای رو به توسعه از این بحران به شدت متأثر شده‌اند اما اثر آن به کشورهای رو به توسعه بسیار محسوس‌تر بوده است به این معنی که این کشورها در اجرای برنامه‌های توسعه اقتصادی خود برای انرژی مجبورند بهای بیشتری از کشورهای صنعتی بپردازند. رفع این بحران جهانی بی‌شک جامعه

بین‌المللی را با مسئله همکاری یکپارچه مواجه می‌سازد. گام نهادن در این سیستم جدید انرژی پنج عامل مهم را به همراه دارد:

عامل اول: اجتناب‌ناپذیر بودن آن است. سهم نفت در این سیستم جدید انرژی چشم‌گیر خواهد بود ولی به تدریج نسبت آن کمتر خواهد شد و آن گاه سیستم مختلط جدیدی یعنی استفاده از سایر انرژی‌ها تواماً الزام‌آور خواهد شد.

عامل دوم: امکان‌پذیر بودن آن است. امروز دیگر نمی‌توان گفت دنیا فاقد منابع انرژی است بلکه منابع انرژی کافی وجود دارد و برای استفاده از آن در زمینه‌های دمنده و تولید به سرمایه‌گذاری نیاز است.

عامل سوم: این است که ورود به این مرحله یعنی بهره‌برداری از انرژی‌های نو بسیار پیچیده است، این پیچیدگی اصولاً ناشی از این است که جامعه انسانی در طول ده‌ها سال بهای سوخت‌های فسیلی را پایین نگه داشته است و حاضر نیست برای استفاده از سایر انرژی‌ها بهای بیشتری بپردازد و همچنین برای تحقق انتقال به این سیستم جدید انرژی سرمایه‌گذاری زیادی لازم است.

عامل چهارم: گذر به این سیستم جدید انرژی فوریت آن برای بخش‌های مختلف اقتصادی است. جهان به خصوص کشورهای پیشرفته راه‌هایی برای گذر به یک سیستم جدید انرژی خواهند یافت اما قضیه برای کشورهای در حال توسعه کاملاً متفاوت است.

عامل پنجم: این گذر که عامل اساسی محسوب می‌شود مربوط به جلوگیری از تلفات انرژی و نیز کارایی در استفاده از آن است.

بلمن (1989)، نگرانی فعلی درباره انرژی را ناشی از این واقعیت می‌داند، که منابع نفت و گاز که مهم‌ترین انواع انرژی هستند محدود و پایان‌پذیرند. به گفته او در حال حاضر 73 درصد مصرف جهانی انواع انرژی اولیه را نفت و گاز تشکیل می‌دهند. بحران انرژی در سال‌های اخیر، کشورهای جهان را بر آن داشته که با مسائل مربوط به انرژی، برخوردی متفاوت نمایند که در این میان جایگزینی انرژی‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر و از جمله انرژی خورشیدی به منظور کاهش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کنترل عرضه و تقاضای انرژی و کاهش انتشار گازهای آلاینده با استقبال فراوانی روبرو شده است.

بحران انرژی سال‌های 1970 و پی‌آمدهای ماندگار آن، بیشتر مردم را از آسیب‌پذیری اقتصاد متکی بر انرژی آگاه ساخته است. این بحران در هیچ بخشی از اقتصاد بیشتر از بخش کشاورزی آن، خود را نشان نداده است. در این بخش سود خالص حداقل بوده و افزایش قیمت سوخت‌های گازی و مایع می‌تواند اثرات زیان‌باری داشته باشد (جدیری قالیچه 1388).

1-2- انرژی خورشیدی

طبق گزارش سازمان انرژی‌های نو ایران (2010)، خورشید منبع عظیم انرژی بلکه سرآغاز حیات و منشاء تمام انرژی‌های دیگر است. در حدود 6000 میلیون سال از تولد این گوی آتشین می‌گذرد و در هر ثانیه 2/4 میلیون تن از جرم خورشید به انرژی تبدیل می‌شود. با توجه به وزن خورشید که حدود 333

هزار برابر وزن زمین است. این کره نورانی را می‌توان به عنوان منبع عظیم انرژی تا 5 میلیارد سال آینده به حساب آورد. خورشید از گازهایی نظیر هیدروژن (8/86 درصد) هلیوم (3 درصد) و 63 عنصر دیگر که مهم‌ترین آن‌ها اکسیژن، کربن، نئون و نیتروژن است تشکیل شده است. میزان دما در مرکز خورشید حدود 10 تا 14 میلیون درجه سانتیگراد می‌باشد که از سطح آن با حرارتی نزدیک به 5600 درجه و به صورت امواج الکترومغناطیسی در فضا منتشر می‌شود. زمین در فاصله 150 میلیون کیلومتری خورشید واقع است و 8 دقیقه و 18 ثانیه طول می‌کشد تا نور خورشید به زمین برسد. بنابراین سهم زمین در دریافت انرژی از خورشید میزان کمی از کل انرژی تابشی آن می‌باشد. حتی سوخت‌های فسیلی ذخیره شده در زمین، انرژی‌های باد، آبشار، امواج دریاها و بسیاری موارد دیگر از جمله نتایج همین انرژی دریافتی زمین از خورشید می‌باشد.

انرژی خورشید به طور مستقیم یا غیر مستقیم می‌تواند به دیگر اشکال انرژی تبدیل شود، همانند گرما و الکتریسیته. موانع اصلی استفاده از انرژی خورشیدی شامل متغیر و متناوب بودن میزان انرژی و توزیع بسیار وسیع آن است. انرژی خورشید برای گرمایش آب، استفاده دینامیکی، گرمایش فضایی ساختمان‌ها، خشک کردن تولیدات کشاورزی و تولید انرژی الکتریسیته مورد استفاده قرار می‌گیرد. شدت تابش خورشیدی روی یک سطح عمودی به اشعه‌های آفتاب در خارج اتمسفر زمین به عنوان ثابت خورشیدی (I_{sc}) شناخته می‌شود. هم‌اکنون مقدار قابل قبول برای I_{sc} ، $1353 W/m^2$ می‌باشد (استین 1985).

1-2-1- گرمایش خورشیدی فعال[1]

به جمع‌کننده‌های خورشیدی[2] منفرد، که اغلب روی پشت بام‌ها نصب شده و انرژی خورشیدی را جمع‌آوری می‌کند، اتلاق می‌شود. در اکثر موارد دارای جمع‌کننده‌های بسیار ساده بوده و گرمای ایجاد شده در دمای پایین (زیر ^{o}C 100) است (کالوگیرو 2004).

1-2-2- موتورهای گرمایش خورشیدی

چنانچه سامانه‌های گرمایش خورشیدی فعال بالا را با جمع‌کننده‌های پیچیده‌تر، برای ایجاد دماهای بالاتر به منظور راه‌اندازی توربین‌های بخار و ژنراتور برق، تجهیز کنند، ژنراتورهای توربینی خورشیدی به وجود می‌آیند. این‌ها نیز در انواع مختلف می‌توانند ساخته شوند، اما 90 درصد الکتریسیته گرمایشی خورشیدی جهان، از تنها نیروگاه در بیابان موهو[2] در کالیفرنیا به دست می‌آید (گائو 2007).

1-2-3- گرمایش خورشیدی غیرفعال[3]

گرمایش خورشیدی غیرفعال از دو حالت نزدیک به هم، تشکیل شده است (کالوگیرو 2004):

در حالت جزیی‌تر، به معنی جذب انرژی خورشیدی به طور مستقیم به داخل ساختمان برای کاهش انرژی گرمایشی فضای مسکونی (که به آن گرمایش هوا گفته می‌شود). سامانه‌های گرمایش

1 . Active

2. Solar Collector

2 . Mohave

3 . Passive

خورشیدی غیرفعال در اکثر موارد از چرخش هوای گرم، بدون استفاده از پمپ یا دمنده[1]، استفاده می‌کنند. در ضمن جمع‌کننده‌ها اغلب جزئی از خود ساختمان‌اند.

در حالت کلی‌تر، به معنای طراحی یک مجموعه ساختمانی با مصرف انرژی کم، که بتواند به طور مؤثری تقاضای انرژی را تا آنجا کم کند که یک سامانه کوچک خورشیدی غیرفعال بتواند کمک مؤثری در زمستان باشد. اگر چه ایجاد یک سیستم گرمایشی وسیع برای یک مصرف کننده بزرگ ممکن است جالب به نظر آید، اما چیزی را که در حقیقت باید در نظر داشت، عبارت از به حداقل رساندن کل سوخت فسیلی و در نتیجه به حداقل رساندن هزینه‌ها است.

1-2-4- فراوانی و طبیعت پرتوی خورشیدی- طول موج‌های پرتوی خورشیدی

خورشید در حقیقت مانند یک رآکتور گداخت (جوش هسته ای)[2] هسته‌ای است، که هیدروژن را با سرعتی معادل 4 میلیون تن در ثانیه به هلیوم، تبدیل می‌کند. دما در سطح خورشید که حدود 6000 درجه سلسیوس است، موجب تابش انرژی می‌شود. از این مقدار تابش به کره زمین 33/3% آن دوباره به فضا بازتاب می‌شود و بقیه، جذب کره زمین شده و سرانجام دوباره با طول موج بلند فروسرخ[3] به فضای بیکران فرستاده می‌شود. زمین همان مقدار انرژی را که دریافت می‌کند، دوباره تابش داده و در نتیجه در یک بالانس انرژی پایدار و دمایی مناسب برای زندگی، باقی می‌ماند. اگر چه ما پرتوی خورشید را به صورت نور سفید مشاهده می‌کنیم، ولی در واقع این نور شامل طیفی از طول موج‌های مختلف، از طول

1. Fan
2. Fusion
3. Infrared

موج‌های بلندتر فروسرخ (بلندتر از نور سرخ)، تا طول موج‌های کوتاه‌تر فرابنفش (کوتاه‌تر از بنفش) است. زمین که متوسط دمای آتمسفر آن ^{o}C 20- و متوسط دمای سطح آن ^{o}C 15 است، با طول موج بلند فروسرخ انرژی خود را به اعماق فضا گسیل می‌کند، جایی که دمای آن فقط چند درجه‌ای بالاتر از صفر مطلق، یعنی ^{o}C 273- است (چاپمن و همکاران 2001).

1-2-5- تابش مستقیم و پراکنده

وقتی که پرتوی خورشید به جو زمین برخورد می‌کند، مقداری از آن پراشیده می‌شود که بستگی به غلظت و ابری بودن هوا دارد. نسبتی از این نور پراکنده به زمین می‌رسد، اما بیشتر آن به صورت نور سفید پراشیده شده توسط ابرها، دیده می‌شوند. (نور آبی به دلیل داشتن طول موج کوتاه‌تر دارای بیشترین پراش بوده و آسمان را آبی می‌کند و در مقابل نور قرمز با طول موج بیشتر (پراش)، دارای کمترین پراش بوده و بنابراین خورشید در هنگام غروب یا طلوع قرمز و آسمان آبی است). چیزی که ما به آن آفتاب می‌گوییم، قسمتی از نور خورشید است که به طور مستقیم می‌تابد و به عنوان تابش مستقیم شناخته می‌شود. در یک روز شفاف چگالی انرژی آن برابر 1 کیلو وات بر متر مربع ($1\ kwm^{-2}$) است که به نام یک خورشید (1 Sun) برای مقاصد تست جمع‌کننده‌های خورشیدی به کار برده می‌شود (گلدمبرگ 2000).

1-2-6- در دسترس بودن تابش خورشیدی

پژوهش در انرژی خورشیدی ما را وادار به اندازه‌گیری دقیق منابع انرژی خورشیدی در روی کره

خاکی می‌کند. این امر با تابش‌سنج[1] انجام می‌شود. این دستگاه از سلول‌های ترموالکتریک کالیبره شده در زیر پوشش شیشه‌ای، تشکیل شده که دریچه آن به گنبد آسمان گشوده می‌شود. ولتاژی متناسب با انرژی نور تابیده شده به آن تولید می‌شود که سپس به صورت الکتریکی ضبط خواهد شد. بیشتر تابش‌سنج‌ها مجموع انرژی تابشی روی سطح افق را اندازه‌گیری می‌کنند، اما برای اندازه گیری‌های دقیق‌تر، تابش مستقیم و پراکنده از یکدیگر جدا می‌شوند و توسط محاسبات ریاضی می‌توان تابش روی سطوح عمودی و زاویه‌دار را محاسبه کرد. مجموع انرژی تابشی خورشیدی سالانه روی سطح افق، در نزدیکی استوا بیشترین مقدار را دارد که بالغ بر 2000 کیلوات ساعت بر مترمربع در سال ($kwhm^{-2}$ per year) می‌شود که در نواحی بیابانی بیشتر نیز خواهد شد (لانگریگ 1986).

1-3- انرژی فتوولتائیک

عبارت Photovoltaic، ترکیبی است از کلمه یونانی Photo، به معنی نور با Volt، که نام واحد نیروی الکتروموتیو یعنی نیرویی که موجب حرکت الکترون‌ها می‌شود. در واقع Volt نام فیزیکدان ایتالیایی Count Alessandro Volta، مخترع باتری است. بنابراین فوتوولتائیک تولید الکتریسیته از نور را انجام می‌دهد. کشف پدیده فتوولتائیک به فیزیکدان فرانسوی[2] نسبت داده می‌شود، که در سال 1839 با چاپ مقاله‌ای تجربیات خود را با باتری تر[3] ارائه کرد. او مشاهده کرد ولتاژ باتری وقتی که صفحات

1 . Solarimeter

2. Edmond Becquerel

3. Wet Cell

نقره‌ای آن تحت تابش نور خورشید قرار می‌گیرند، افزایش پیدا می‌کند. اما اولین گزارش از پدیده PV در یک ماده جامد در سال 1877 بود. در سال 1883 یک مهندس برق نیویورکی[1] یک سلول خورشیدی سلنیومی ساخت که از برخی جهات شبیه به سلول‌های خورشیدی سیلیکانی امروزی بود. این سلول تشکیل شده بود از یک پولک نازک سلنیوم که با یک توری از سیم‌های خیلی نازک طلا و یک ورق حفاظتی از شیشه پوشانده شده بود. اما سلول ساخت او خیلی کم بازده بود. انرژی فتوولتائیک تبدیل نور خورشید به الکتریسیته از طریق یک سلول فتوولتائیک (PV) می‌باشد، که به طور معمول یک سلول خورشیدی نامیده می‌شود. سلول خورشیدی یک ابزار غیر مکانیکی است که معمولاً از آلیاژ سیلیکون ساخته شده است. نور خورشید از فوتون‌ها یا ذرات انرژی خورشیدی ساخته شده است. این فوتون‌ها مقادیر متغیر انرژی را شامل می‌شوند که مشابه طول موج‌های متفاوت طیف‌های نوری هستند. وقتی فوتون‌ها به یک سلول فتوولتائیک برخورد می‌کنند، ممکن است منعکس شوند، مستقیم از میان آن عبور کنند و یا جذب شوند. فقط فوتون‌های جذب شده انرژی را برای تولید الکتریسیته فراهم می‌کنند. وقتی که نور خورشید کافی یا انرژی توسط جسم نیمه رسانا جذب شود، الکترون از اتم‌های جسم جابجا می‌شوند. رفتار خاص سطح جسم در طول ساختن باعث می‌شود سطح جلویی سلول برای الکترون‌های آزاد بیشتر پذیرش یابد. بنابراین الکترون‌ها به طور طبیعی به سطح مهاجرت می‌کنند. زمانی که الکترون‌ها موقعیت n را ترک می‌کنند سوراخ‌هایی شکل می‌گیرد. تعداد الکترون‌ها زیاد است، هر کدام یک بار منفی را حمل می‌کنند و به طرف جلو سطح سلول می‌روند، در نتیجه عدم توازن بار بین سلول‌های جلویی و سطوح عقبی شبیه قطب‌های مثبت و منفی یک باتری ایجاد می‌شود. وقتی که دو سطح از میان یک راه

1. Charles Edgar Fritts

داخلی مرتبط می‌شود، الکتریسیته جریان می‌یابد. سلول فتوولتائیک قاعده بلوک ساختمان یک سیستم PV است. سلول‌های انفرادی می‌توانند در اندازه‌هایی از حدود 1cm تا 10cm از این سو به آن سو متغیر باشند. با این وجود، توان 1 یا 2 وات تولید می‌کنند، که انرژی کافی برای بیشتر کاربردها نیست. برای اینکه بازده تولید انرژی افزایش یابد، سلول‌ها به طور الکتریکی به داخل هوای بسته یک مدول سخت مرتبط می‌شود. مدول‌ها می‌توانند بیشتر برای شکل‌گیری یک آرایش مرتبط شوند. اصطلاح آرایش به کل صفحه انرژی اشاره می‌کند، اگر چه آن از یک یا چند هزار مدول ساخته شده باشد، آن تعداد مدول‌های مورد نیاز می‌توانند به‌هم مرتبط شوند، برای اینکه اندازه آرایش مورد نیاز (تولید انرژی) را تشکیل دهند. اجزای یک آرایش فتوولتائیک به انرژی خورشید وابسته است. شرایط آب و هوایی (همانند ابر و مه)، تأثیر مهمی روی انرژی خورشیدی دریافت شده توسط یک آرایش PV دارد. موفقیت PV در فضا کاربردهای تجاری برای تکنولوژی آن تولید کرد. ساده‌ترین سیستم‌های فتوولتائیک، انرژی تعداد زیادی از ماشین حساب‌های کوچک و ساعت‌های مچی را که روزانه مورد استفاده قرار می‌گیرند، تأمین می‌کنند و همچنین بیشتر سیستم‌های پیچیده الکتریسیته را برای پمپاژ آب، انرژی ابزارهای ارتباطی، و حتی فراهم کردن الکتریسیته برای خانه را تولید می‌نمایند. بازدهی یک سلول خورشیدی عبارت از درصدی از انرژی خورشیدی تابیده به سطح آن به انرژی الکتریکی تبدیل شده است. بازدهی بهترین تک سلول خورشیدی سیلیکانی در حال حاضر به 24 درصد در شرایط آزمایشگاهی رسیده است. بهترین مدول PV سیلیکانی که در حال حاضر به طور تجاری در دسترس است دارای بازدهی 17 درصد بوده و انتظار می‌رود که در حدود 10 سال آینده این بازدهی به 20 درصد برسد. یک سلول PV معمولی فقط 1/5 وات توان تولید می‌کند، بنابراین برای به دست آوردن توان بیشتر، گروهی از سلول‌های PV را به یکدیگر وصل می‌کنند.

(پرتوی 1386).

دلایل اساسی برای کم بازده بودن سلول‌های فتوولتائیک زمانی آشکار شد، که در نیمه اول قرن بیستم فیزیکدانانی مانند پلانک و اینشتین دیدگاه جدیدی را برای طبیعت تابش و خواص بنیادین مواد، گشودند. در دهه 1950 اتفاق مهمی افتاد که حرکت نوین را برای توسعه سلول‌های خورشیدی پر بازده به وجود آورد. این اتفاق در آزمایشگاه‌های بل نیوجرسی آمریکا، افتاد که در آن تعدادی از دانشمندان و از جمله داریل چاپلین، کالوین فولر و جرالد پیرسون در حال پژوهش اثرات نور روی نیمه هادی‌ها بودند. نیمه هادی‌ها مواد غیر فلزی هستند، مثل ژرمانیم و سیلیکان که ویژگی‌های الکتریکی آن‌ها بین هادی‌ها که دارای مقاومت کم در برابر جریان الکتریکی هستند و عایق‌ها که جریان الکتریکی را تقریبا به طور کامل سد می‌کنند، قرار گرفته و به همین علت به آن‌ها نیمه‌هادی گفته می‌شود. حداکثر شدت تابش بر روی سطح زمین در یک روز آفتابی $I_{max}= 1100W/m^2$ می‌تواند باشد. بازده بهترین نیمه‌هادی فتوولتائیک برای پانل‌های خورشیدی بر پایه سیلیکون مونو کریستال تا 20% و بازده بهترین پانل‌های خورشیدی بر پایه سیلیکون پلی‌کریستال تا 15% گزارش شده است. بنابراین از یک متر مربع پانل خورشیدی حداکثر بین 160 تا 200 وات می‌توان توان دریافت کرد (پولک و لیبرا 2007).

کلثوم احمد (1994) هزینه‌های استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک را با روش‌های ارزش حال و چرخه عمر محاسبه کرد. نتایج حاصل از مطالعات انجام شده در این مقاله حاکی از آن است که هزینه‌های تکنولوژی فتوولتائیک در پانزده سال گذشته روند نزولی داشته است و این روند تا سال 2020 ادامه خواهد یافت.

شبانی و همکاران (1376) در مقاله‌ای ارزیابی فنی و اقتصادی نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک در ایران را با محاسبه میزان انرژی متوسط دریافتی با پانل‌های فتوولتائیک در مناطق آفتاب خیز کشور، با توجه به میزان انرژی قابل تولید، هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه، هزینه تولید برق با نیروگاه فتوولتائیک را با استفاده از روش هزینه معادل انرژی[1] محاسبه کرده‌اند. در این مقاله نتیجه‌گیری شده است که مناسب‌ترین مناطق برای احداث نیروگاه‌های فتوولتائیک در جنوب مرکزی کشور است. همچنین این نیروگاه‌ها برای مناطق دور افتاده با مصارف محدود که برق‌رسانی آن‌ها از طریق شبکه‌های برق بسیار پرهزینه و مشکل است، توصیه شده است.

1-4- جمع‌کننده‌های خورشیدی

جمع‌کننده‌های خورشیدی هوایی دستگاه‌های ساده‌ای برای گرمایش هوا با استفاده از انرژی خورشیدی هستند و در کاربردهای مختلفی برای محدود کردن دما تا زیر $60^{\circ}C$ به کار می‌روند مانند خشک کردن محصولات و گرمایش مکان ها (فرسن 2003).

جمع‌کننده‌های صفحه تخت به عنوان مبدل‌های انرژی تشعشعی خورشید به گرما می‌باشند که سیال مورد استفاده در آن‌ها برای کاربردشان مهم است. سیال مورد استفاده در آن‌ها 3 نوع است: آب، سیالات آلی و هوا (ممین 2002).

فناوری ساده، کاهش آلودگی هوا و محیط زیست و از همه مهم‌تر ذخیره شدن سوخت‌های فسیلی

1. Cost Equilibrium Energy

برای آینده، از دلایل لزوم استفاده از انرژی خورشیدی در کشور هستند. کشور ایران به دلیل واقع شدن در منطقه نیمه‌گرمسیری و خشک از تابش نور کافی برخوردار است، به همین دلیل استفاده از جمع‌کننده‌های خورشیدی در کشور توصیه می‌شود (آزاد و همکاران 1368).

زمردیان و وودز (2003) یک نمونه از جمع‌کننده‌های با پوشش پله‌ای و صفحه جاذب متخلخل را شبیه‌سازی و مورد آزمون قرار داده‌اند. طبق گزارش آن‌ها هوایی که تقریباً به صورت عمودی از لایه پوشش به طرف صفحه جاذب مکیده می‌شود باعث خنک شدن صفحه پوشش شده و تلفات همرفتی را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد.

کریم و هاولیدر (2004) یک نمونه از جمع‌کننده‌های صفحه تخت و صفحه پره‌دار را ساخته و آزمایش کردند. نتایج نشان داد که جمع‌کننده‌های صفحه تخت دارای کارائی پایین‌تری نسبت به نوع پره‌دار هستند و استفاده از پره‌ها توانست تا 10% افزایش دما ایجاد کند.

مختاری و سمار (1999) یک مطالعه تجربی بر روی جمع‌کننده خورشیدی در شرایط جریان طبیعی و اجباری انجام دادند. آن‌ها نشان دادند که در کنوکسیون طبیعی دمای هوای جمع‌کننده تا 75 درجه سانتیگراد به ازای دمای ورودی 25 و در کنوکسیون اجباری دما تا 53 درجه سانتیگراد به ازای دمای ورودی 27 رسید.

1-4-1- انواع جمع‌کننده‌های خورشیدی

همانند سامانه‌های انرژی خورشیدی که می‌تواند متنوع باشد، جمع‌کننده‌های خورشیدی نیز متنوع