



دانشگاه شاهرود

دانشکده فنی مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان: **نیروگاه خورشیدی**

استاد راهنما: دکتر سعید جلیل زاده

نگارش: مرزده قوامی

## فهرست مطالب

### فصل اول: انرژی خورشیدی و کاربردهای آن

|    |                                                          |
|----|----------------------------------------------------------|
| ۱  | مقدمه .....                                              |
| ۲  | تاریخچه .....                                            |
| ۳  | (۱-۱) منبع انرژی خورشیدی .....                           |
| ۷  | (۲-۱) سایت های تولید توان خورشیدی .....                  |
| ۸  | (۳-۱) کاربردهای انرژی خورشید .....                       |
| ۹  | (۱-۳-۱) کاربردهای غیر نیروگاهی انرژی حرارتی خورشید ..... |
| ۱۲ | (۲-۳-۱) کاربرد های نیروگاهی انرژی خورشید .....           |
| ۱۳ | (۴-۱) فن آوری های تولید برق خورشیدی .....                |
| ۱۴ | (۱-۴-۱) تولید برق حرارتی - خورشیدی .....                 |

### فصل دوم: نیروگاه های حرارتی خورشید و مزایای آن

|    |                                              |
|----|----------------------------------------------|
| ۱۷ | (۱-۲) انواع نیروگاه های حرارتی خورشیدی ..... |
| ۱۸ | (۱-۱-۲) آینه های سهموی تغار .....            |
| ۲۴ | (۲-۱-۲) برج های خورشیدی .....                |
| ۲۹ | (۳-۱-۲) کلکتورهای بشقابی خورشیدی .....       |
| ۳۰ | (۲-۲) مزایای نیروگاه های خورشیدی .....       |

## فصل سوم: پدیده ی فتوولتائیک و کاربردهای آن

|    |                                                                    |
|----|--------------------------------------------------------------------|
| ۳۴ | (۱-۳) تعریف سیستم فتوولتائیک.....                                  |
| ۳۴ | (۲-۳) وسایل فتوولتائیک.....                                        |
| ۳۶ | (۱-۲-۳) میزان تولید انرژی الکتریکی بوسیله یک سیستم فتوولتائیک..... |
| ۳۶ | (۲-۲-۳) فن آوری فتوولتائیک خورشیدی.....                            |
| ۳۷ | (۳-۳) باطری یا سلول خورشیدی.....                                   |
| ۳۸ | (۱-۳-۳) مواد سازنده ی سلول خورشیدی.....                            |
| ۳۹ | (۲-۳-۳) انواع پیل خورشیدی.....                                     |
| ۴۱ | (۳-۳-۳) ساخت پیل خورشیدی.....                                      |
| ۴۱ | (۴-۳) پانل های خورشیدی و مبدل های جریان.....                       |
| ۴۳ | (۱-۴-۳) وظیفه پنل های خورشیدی در سیستم فتوولتائیک.....             |
| ۴۴ | (۲-۴-۳) میزان تولید انرژی الکتریکی بوسیله یک سیستم فتوولتائیک..... |
| ۴۴ | (۵-۳) گسترش و چیدمان مجموعه پیل های خورشیدی.....                   |
| ۴۴ | (۱-۵-۳) ردیف های فتوولتائیک شبکه ای.....                           |
| ۴۵ | (۲-۵-۳) متمرکز کننده های خورشیدی.....                              |
| ۴۶ | (۳-۵-۳) ردیف های فتوولتائیک مسکونی.....                            |
| ۴۷ | (۶-۳) انواع کاربرد سیستم های فتوولتائیک.....                       |
| ۴۷ | (۱-۶-۳) تعریف سیستم های مستقل، متصل و هیبرید.....                  |
| ۴۸ | (۲-۶-۳) مقایسه سیستم های مستقل، متصل و هیبرید با یکدیگر.....       |
| ۴۸ | (۷-۳) مهمترین مزایا و معایب سیستم های فتوولتائیک.....              |
| ۴۸ | (۱-۷-۳) مزایا.....                                                 |
| ۴۸ | (۲-۷-۳) معایب.....                                                 |
| ۴۹ | (۸-۳) استفاده از سیستم های فتوولتائیک.....                         |

- ۴۹ ..... (۳-۹) تولید کننده مهم پنل‌های فتوولتائیک در دنیا
- ۵۰ ..... (۳-۱۰) آسیب پذیری دستگاه‌های PV
- ۵۰ ..... (۳-۱۱) جنبه ی اقتصادی سیستمها ی فتوولتائیک و موارد کاربرد اقتصادی آنها

## فصل چهارم: موقعیت جغرافیایی پروژه های نیروگاه انرژی های نو در ایران

- ۵۲ ..... (۴-۱) نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک طالقان
- ۵۳ ..... (۴-۲) نوع نیروگاه: خورشیدی با آینه های سهموی خطی - تحقیقاتی
- ۵۵ ..... (۴-۳) نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک سرکوبرمعلمان سمنان
- ۵۶ ..... (۴-۴) نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک واقع در درمید یزد
- ۵۷ ..... (۴-۵) روشنایی فتوولتائیک برق منطقه ای زنجان ، تبریز و قزوین
- ۵۹ ..... مراجع

انرژی خورشیدی و کاربردهای آن



رشد فزاینده ی جمعیت و مصرف تصاعدی انرژی در جهان با توجه به محدود بودن منابع تابع تأمین کننده ی انرژی ، از مسائل بحث برانگیز دولتمردان و محافل علمی پژوهشی است. از طرفی رقابت بر سر کسب منابع انرژی بیشتر ، کره ی خاکی را ناامن ساخته است. ناکار آمد بودن شیوه های سنتی به کار گیری انرژی ، سبب افزایش هزینه ها و تحدید محیط زیست شده و دانشمندان را بر آن داشته تا جایگزینی برای تأمین انرژی بیابند ، اما سازگار ساختن این منابع با سیستم فعلی مصرف انرژی جهانی ، هنوز با مشکلاتی همراه است. بررسی و حل آن ها حجم وسیعی از تحقیقات علمی جهان را در دهه های اخیر به خود اختصاص داده است.

تقریباً همه ی منابع انرژی تجدید پذیری که به صورت تناوبی در دسترس اند ، به خودی خود قابل حمل یا ذخیره سازی نیستند ، به همین دلیل نمی توانند به صورت سوخت، به ویژه در حمل و نقل مورد استفاده قرار گیرند. با توجه به محدود بودن ذخایر منابع فسیلی، استفاده از انرژی های تجدید پذیر، اجتناب ناپذیر خواهد بود و در صورت به کار گیری آن ها، می توان پیش بینی کرد که میزان CO<sub>2</sub> متصاعد شده از منابع سوخت های فسیلی، تا سال ۲۰۲۵م. به یک ششم نسبت به سال ۱۹۸۵م. کاهش یابد و این رقم تا سال ۲۰۵۰ به یک سوم و در سال ۲۱۰۰، به دو سوم برسد.

انرژی خورشیدی ، انرژی آزاد شده از پدیده ی جوش هسته ای در مرکز خورشید است. این انرژی منشاء سایر صورت های انرژی روی زمین (به جز انرژی هسته ای و انرژی زمین گرمایی) است . میزان تابش دریافتی کلیه ی نقاط جهان بسته به شرایط آب و هوایی و مختصات محلی و زمانی در مکان های مختلف ، متفاوت است.

ایران از مناطق بسیار مستعد برای بهره گیری از این انرژی است، به طوری که میزان تابش متوسط روزانه ی آفتاب به ۴ کیلووات ساعت بر متر مربع می رسد و متوسط تعداد ساعات آفتابی از ۲۸۰۰ ساعت در سال بیشتر است. نیروگاه های خورشیدی شامل نیروگاه دریافت کننده ی مرکزی، سهموی خطی و سیستم فتو ولتاییک و آبگرمکن های خورشیدی است.[۱]

## تاریخچه

شناخت انرژی خورشیدی و استفاده از آن برای منظوره‌های مختلف به زمان ماقبل تاریخ باز می‌گردد. شاید به دوران سفالگری، در آن هنگام روحانیون معابد به کمک جامه‌های بزرگ طلائی صیقل داده شده و اشعه خورشید، آتشدانهای محرابها را روشن می‌کردند. یکی از فراغه مصر معبدی ساخته بود که با طلوع خورشید درب آن باز و با غروب خورشید درب بسته می‌شد.

ولی مهم‌ترین روایتی که درباره استفاده از خورشید بیان شده داستان ارشمیدس دانشمند و مخترع بزرگ یونان قدیم می‌باشد که ناوگان روم را با استفاده از انرژی حرارتی خورشید به آتش کشید گفته می‌شود که ارشمیدس با نصب تعداد زیادی آئینه‌های کوچک مربعی شکل در کنار یکدیگر که روی یک پایه متحرک قرار داشته‌است اشعه خورشید را از راه دور روی کشتیهای رومیان متمرکز ساخته و به این ترتیب آنها را به آتش کشیده‌است. در ایران نیز معماری سنتی ایرانیان باستان نشان دهنده توجه خاص آنان در استفاده صحیح و مؤثر از انرژی خورشید در زمان‌های قدیم بوده‌است.

با وجود به آنکه انرژی خورشید و مزایای آن در قرون گذشته به خوبی شناخته شده بود ولی بالا بودن هزینه اولیه چنین سیستمهایی از یک طرف و عرضه نفت و گاز ارزان از طرف دیگر سد راه پیشرفت این سیستمها شده بود تا اینکه افزایش قیمت نفت در سال ۱۹۷۳ باعث شد که کشورهای پیشرفته صنعتی مجبور شدند به مسئله تولد انرژی از راههای دیگر (غیر از استفاده سوختهای فسیلی) توجه جدی‌تری نمایند. [۲]

### ۱-۱) منبع انرژی خورشیدی

انرژی خورشیدی بهترین منبع انرژی در اختیار زمین و ساکنان آن است. بدون آن هیچ زندگی وجود نخواهد داشت. این منبع انرژی است، که واکنش فتوسنتزی را برقرار می‌سازد. بدین ترتیب مسئول کلیه‌ی

جانداران زنده<sup>۱</sup> روی سطح زمین است و منشاء سوخت‌های فسیلی است؛ محصولات فتوسنتزی میلیون‌ها سال پیش، که امروزه به صورت مدفون در زیر سطح زمین قرار دارند. انرژی خورشیدی بادهای جهان را

<sup>۱</sup> - biomass

به وجود می‌آورد، آب را تبخیر می‌کند، که مسئول باران است. توان امواج و گرمای اقیانوس هر دو، حاصل در معرض خورشید بودن آنها هستند. در حقیقت جدا از انرژی هسته‌ای، انرژی زمین گرمایی و توان جزر و مدی، خورشیدی مسئول کلیه‌ی انواع انرژی است که توسط بشر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند.

کلیه‌ی این منابع مختلف انرژی که هر یک از خورشید گرفته شده‌اند، می‌توانند به منظور تولید برق مورد استفاده قرار گیرند. اما انرژی خورشیدی نیز می‌تواند مستقیماً برای تولید برق به کار رود. این امر می‌تواند به سادگی از طریق بهره‌برداری از گرمای موجود در تشعشع خورشید صورت بگیرد، اما انرژی برق می‌تواند به طور مستقیم با استفاده از یک وسیله الکترونیکی به نام پیل خورشیدی<sup>۲</sup> نیز تولید شود. هر دو روش مذکور به عنوان منابع تجدیدپذیر ارزشمند انرژی برق به شمار می‌روند.[۳]

قطر خورشید  $610 \times 39/1$  کیلومتر است و از گازهایی نظیر هیدروژن ( $8/86$  درصد) هلیوم ( $3$  درصد) و  $63$  عنصر دیگر که مهم‌ترین آنها اکسیژن، کربن، نئون و نیتروژن است، تشکیل شده‌است.

طبق برآوردهای علمی در حدود ۶۰۰۰ 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 ۳۳۳ هزار برابر وزن زمین است. این کره نورانی را می‌توان به عنوان منبع عظیم انرژی تا ۵ میلیارد سال آینده به حساب آورد. انرژی تشعشع یافته از خورشید حدود  $7\%$  نور ماوراء بنفش،  $47\%$  نور قابل رویت و  $46\%$  نور مادون قرمز است. محتوای انرژی آن در فاصله زمین از خورشید تقریباً برابر  $1/4 \text{ KW/m}^2$  می‌باشد. هر سال

حدود  $1500 \text{ TWh}$  میلیون انرژی خورشیدی به زمین می‌رسد.

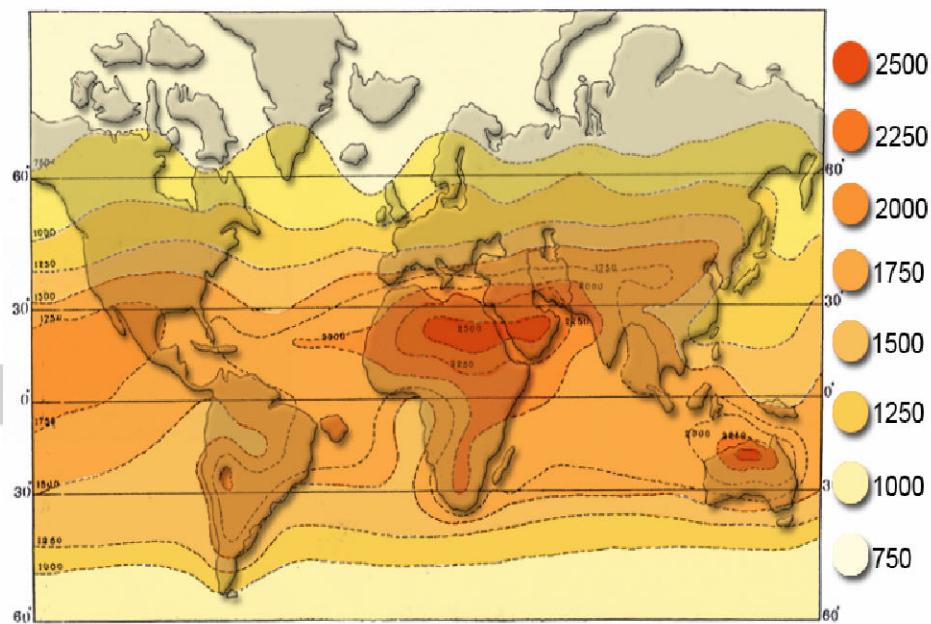
<sup>۲</sup> - Solar cell



همه‌ی این انرژی به سطح زمین نمی‌رسد. مقدار بیشترین از تشعشع ماوراء بنفش با طول موج کوتاه‌تر در جو زمین جذب می‌شود. بخار آب و دی‌اکسید کربن انرژی با طول موج بلندتر را به خود جذب می‌کنند، در حالی که ذرات گرد و غبار اشعه بیشتری را پخش و پراکنده کرده، مقداری از آن را به فضا بر می‌گردانند. ابرها نور را به فضا منعکس می‌کنند.

وقتی کلیه این عوامل دخالت داده شوند، حدود ۴۷٪ انرژی،  $700 \text{ TWh}$  میلیون واقعاً به سطح زمین می‌رسد. این رقم  $14000$  برابر انرژی مصرفی سالانه بشر، یعنی  $50000 \text{ TWh}$  می‌باشد. مقدار زیادی از این انرژی به اقیانوس‌ها تأمین شده و غیر قابل دستیابی است. حتی با وجود این، از طریق سیستم‌های تبدیل انرژی با بازده معقول، کمتر از ۱٪ سطح خشکی جهانی قادر خواهد بود، که انرژی کافی برای برآورد کردن تقاضای جهانی الکتریسیته  $15000 \text{ TWh}$  را فراهم نماید.

خورشید یک سیاره معمولی در میان میلیاردها ستاره کهکشان ما است\* درخشندگی خیره کننده خورشید فقط به علت نزدیکی به ما است\* نور خورشید ۸ دقیقه و ۱۸ ثانیه طول می‌کشد تا به زمین برسد. در صورتی که نور نزدیکترین ستاره بعدی حدود ۴ و نیم سال در راه است تا بما برسد.



Annual Solar Insolation of the World ( $\text{Kw,hr/M}^2$ )  
 نمودار تابش متوسط سالیانه خورشید بر نقاط مختلف کره زمین

شکل (۱-۱) [۴]

اجازه دهید که موارد را از یک دیدگاه عملی‌تر مورد بررسی قرار دهیم. گروهی از نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی در اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ در کالیفرنیا ساخته شدند. طراحی این نیروگاه‌ها بر مبنای یک تخمین ورودی انرژی خورشیدی  $2725 \text{ kWh/m}^2$  در هر سال بود. این رقم معادل با  $\text{GWh}$  ۲۲/۷۵ برای هر هکتار در هر سال می‌باشد. بر این اساس، با فرض یک بازده تبدیل انرژی ۱۰ درصدی، ۱۰ میلیون هکتار یا ۱۰۰۰۰۰ کیلومتر مربع از سطح زمین ( $316 \text{ km}$  در  $316 \text{ km}$ ). خواهد توانست انرژی کافی برای تأمین انرژی کل آمریکا را فراهم سازد.

ممکن است این سطح بزرگ به نظر برسد، اما تقاضای زیاد سختی نیست. چنین سطحی می‌تواند کاملاً به آسانی یافته شود، مخصوصاً اگر نواحی بیابانی مورد بهره‌برداری قرار گیرند. در حقیقت تولید برق خورشیدی نسبت به اکثر پروژه‌های نیروگاه آبی که دارای مخازن ذخیره آبی هستند، زمین کمتری اشغال

می‌کند. در واقع سطح زمین مورد نیاز بعضی از طرح‌های نیروگاه آبی می‌تواند، به بزرگی ۵۰ برابر یک پروژه خورشیدی نمونه با همان توان خروجی باشد. اما بر خلاف پتانسیل فوق‌العاده بالای آن، ظرفیت جهانی تولید الکتریسیته خورشیدی بسیار کوچک و کم است. طبق برآوردهای اتحادیه اروپا در سال ۱۹۹۵، احتمالاً کمتر از ۸۰۰ MW ظرفیت نصب شده (شامل کلیه انواع فن‌آوری‌های تولید برق خورشیدی) وجود داشته است. بین سال‌های ۱۹۹۵ و اواخر ۲۰۰۳، رقم تقریبی تولید پیل‌های خورشیدی حدود ۲۶۰۰ MW بود. با اندکی ظرفیت خورشیدی اضافی، کل ظرفیت جهانی تولیدی از خورشید ممکن است در ابتدای سال ۲۰۰۴ برابر ۳۴۰۰ MW باشد.

### (۱-۲) سایت‌های تولید توان خورشیدی

از نظر اصولی انرژی خورشیدی در هر جایی از کره زمین می‌تواند تولید شود، اما بعضی از مناطق از نواحی بهتر دیگر هستند. نقاطی که در آنها خورشید غالباً و به صورت منظم می‌تابد، نسبت به نواحی که در آنجا پوشش ابری غالب است، دارای ارجحیت هستند. هر چه نور خورشید با تابش قوی و پرنور باشد، توان خروجی بالاتر بوده و مزایای اقتصادی نیروگاه مولد بالاتر خواهند بود. بسیاری از کشورهای در حال

توسعه جهان، که در آنها تقاضای الکتریسیته روند رو به رشد سریع دارد، برای تولید برق خورشیدی شرایط خوبی دارند.

نیروگاه‌های خورشیدی مقادیر بسیار بالای زمین را اشغال نمی‌کنند، اما نسبت به نیروگاه سوخت فسیلی با سایز مشابه نیازمند چندین برابر فضا هستند. اما نیروگاه خورشیدی به منظور تولید برق ضرورتاً نیاز به سطوح زمین بزرگی که مجاور یکدیگر باشند، ندارند. صفحات (پانل‌های) خورشیدی را می‌توان

در واحدهای کوچک جمع و جور ساخت؛ به طوری که در ساختمان‌هایی جا سازی شوند، و بدین ترتیب تولید برق می‌تواند از فضاهای مورد استفاده برای اهداف دیگر به صورت مشترک استفاده کند.

این نوع تولید غیر متمرکز دارای مزایای زیادی است. در کالیفرنیا و جاهای دیگر، یک تقاضای پیک شبکه روزانه ناشی از استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع وجود دارد. با توجه به اینکه سیستم‌های تهویه مطبوع به منظور مقابله با گرمای ایجاد شده توسط خورشید مورد استفاده قرار می‌گیرند، لذا تولید الکتریسته خورشیدی غیر متمرکز بخوبی با چنین تقاضایی مطابقت می‌کند. تجزیه اخیر نشان داده است، که پانل‌های خورشیدی خانگی این تقاضای اضافی را از منازل که در آنها تجهیز شده‌اند، در نهایت به صفر می‌رسانند. [۵]

### (۱-۳) کاربردهای انرژی خورشید

در عصر حاضر از انرژی خورشیدی توسط سیستم‌های مختلف و برای مقاصد متفاوت استفاده و بهره‌گیری می‌شود که عبارت‌اند از:

۱- سیستم‌های فتوئیولوژیک: تغییراتی که در حیات و زیست گیاهان و جانداران به وسیله نور خورشید و فتوسنتز ایجاد می‌شود، فرآیند تجزیه کود حیوانات و استفاده از گاز آن.

۲- سیستم‌های فتوشیمیایی: تغییرات شیمیایی در اثر نور خورشید، الکترولیزهای نوری، سلول‌های فتولتائیک الکتروشیمی، تأسیسات تهیه هیدروژن.

۳- سیستم‌های فتولتائیک: تبدیل انرژی خورشید به انرژی الکتریکی، سلول‌های خورشیدی.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

[۱] <http://scientific-tala.blogfa.com/cat-۲.aspx>

[۲] رفیعی سخایی، نادر، " فن آوریهای تولید انرژی برق"، چاپ اول، تبریز، انتشارات ستوده، ۱۳۸۶

[۳] <http://www.tavanir.org.ir/farsi/default.asp>

[۴] هروی زاده، سارا، " انرژی و مواد اولیه"، ماهنامه بولتن بین الملل، رنوشته نامه شماره ۲۳، مهر ۱۳۸۳

[۵] "فتولتاییک ها به پایین می آیند"، نشریه ی سیستمهای مدرن توان (MPS)، ص ۳۰، جولای ۲۰۰۴

[۶] <http://fa.wikipedia.org/w/index>

[۷] <http://news.tavanir.org.ir/goto.php>

[۸] <http://www.energy.com/eflp/energy>

[۹] <http://bionuclear.mihanblog.com>

[۱۰] "تعیین مشخصه های فن آوری انرژی تجدید پذیر"، دپارتمان انرژی امریکا و انستیتو تحقیقات توان برقی، گزارش موضوعی ۱۰۹۴۹۶، سال ۱۹۹۷ [www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)

[۱۱] <http://www.moshaverniroo.com/INDEX.HTM>

[۱۲] دانشنامه ی رشد <http://physicstext.blogspot.com/search/label>

[۱۴] "توان گرمایی خورشیدی ۲۰۲۰"، صلح سبز، سال ۲۰۰۴

[۱۵] [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_radiation](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_radiation)

[۱۶] "آخرین های بازار فتولتاییک (pv)"، جهان انرژی تجدیدپذیر، جولای ۲۰۰۴

[۱۷] <http://www.suna.org.ir/default.asp>

[۱۸] <http://www.irna.ir/en/news>

/http://scientific-tala.blogfa.com[۱۹]

[۲۰] "انرژی خورشیدی" نشر سازمان انرژی های نو ایران « سانا »

http://news.moe.org.ir/vsnfim[۲۱]

