

# منابع انرژی های تجدید پذیر

و استانداردهای سیستم های فتوولتائیک متصل به شبکه

نویسندگان:

دکتر علیرضا میادان

مهندس حامد کریمی





|                      |                                                                                                                       |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه              | سیادتان، علیرضا، ۱۳۵۷ -                                                                                               |
| عنوان و نام پدیدآور  | منابع انرژی های تجدید پذیر و استاندارد سازی سیستم های فتوولتائیک متصل به شبکه / نویسندگان علیرضا سیادتان، حامد کریمی. |
| مشخصات نشر           | تهران: آفتاب گیتی، ۱۳۹۷.                                                                                              |
| مشخصات ظاهری         | ۲۸۰ ص.                                                                                                                |
| شابک                 | ۳۲۰۰۰ ریال ۸-۱۶-۶۱۵۵-۶۲۲-۹۷۸                                                                                          |
| وضعیت فهرست نویسی    | فیا                                                                                                                   |
| موضوع                | برق -- سیستم های فتوولتایی                                                                                            |
| موضوع                | Photovoltaic power system                                                                                             |
| موضوع                | تولید برق از انرژی خورشیدی                                                                                            |
| موضوع                | Photovoltaic power generation                                                                                         |
| موضوع                | انرژی های پاک - پذیر                                                                                                  |
| موضوع                | Renewable energy sources                                                                                              |
| شناسه افزوده         | کریمی، حامد، ۱۳۵۷ -                                                                                                   |
| شناسه افزوده         | Siadat, Alireza                                                                                                       |
| شناسه افزوده         | انتشارات آفتاب                                                                                                        |
| رده بندی کنگره       | TK1۰۸۷                                                                                                                |
| رده بندی دیویی       | ۶۲۱/۳۱۲۴۴                                                                                                             |
| شماره کتاب شناسی ملی | ۵۲۱۸۱۹۳                                                                                                               |

موسسه فرهنگ انتشاراتی آفتاب گیتی

تهران. میدان انقلاب. بازار بزرگ کتاب. جلد ۲۲. نشر و پخش همراه ۰۹۱۲۳۳۴۲۳۶۲

عنوان: منابع انرژی های تجدید پذیر و استاندارد سازی سیستم های فتوولتائیک متصل به شبکه

نویسندگان: دکتر علیرضا سیادتان، مهندس حامد کریمی

صفحه آرای و تنظیم: راحله سادات عطایی

برایش: شورای بررسی موسسه فرهنگی انتشاراتی آفتاب گیتی

شر و پخش: موسسه فرهنگی انتشاراتی آفتاب گیتی

وبت چاپ: اول، ۱۳۹۷

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

چاپ: سازمان چاپ طهرانی

قیمت: ۲۲۰۰۰ تومان

شابک: ۸-۱۶-۶۱۵۵-۶۲۲-۹۷۸

ملکیت حقوق برای ناشر محفوظ است

## مقدمه مؤلفین کتاب حاضر:

- به نام آفریننده خورشید: منبع بی پایان نور و حرارت

- به نام آفریننده زمین: منبع اعظم حامل های انرژی و به ویژه زمین گرمایی

- به نام آفریننده باد و جزر و مد: منبع نهان انرژی های پاک

- به نام آفریننده هیدوژن: منبع افسانه تولید انرژی و برق

یکی از ضرورت های ادامه حیات بشر، بخصوص بشر امروزی، انرژی می باشد. بدون انرژی نه خانه ای گرم و سرد می شود و نه موتوری به حرکت در می آید. نه فضائی روشن می گردد و نه فرستنده و گیرنده ای کار می کند. به همین دلیل در زندگی به شیوه نوین، مصرف انرژی به شدت رو به افزایش است و روش های سنتی تولید نیرو، اولاً منجر به پایان یافتن حامل های انرژی شده، ثانیاً موجب خسارت به محیط زیست می گردد. هدف از نگارش این کتاب کاربرد انرژی های پاک و تجدیدپذیر است که به عنوان منابع بی پایان خدا دادی، و نحوه استفاده درست در سیستم های متصل به شبکه و مستقل از شبکه می باشد که می توان به عنوان یکی از مهم ترین راه کارها مطرح شود. بر اساس آمارها، نرخ افزایش سالیانه مصرف انرژی الکتریکی بر روی زمین برابر با  $2/6\%$  درصد در کشور های در حال توسعه معادل  $5\%$  درصد برآورد می شود که تقریباً دو برابر میانگین جهانی است. بر این اساس، توسعه دانش انرژی الکتریکی امری اجتناب ناپذیر می نماید. در حال حاضر، اغلب سیستم های تولید انرژی الکتریکی از منابع تجدید ناپذیر مانند سوخت های فسیلی و هسته ای برای تولید توان استفاده می کنند، ولی انتظار می رود انتشار آلاینده های زیست محیطی که در اثر استفاده از اینگونه منابع حاصل می شود بهره برداری از آنها را محدود نماید و بکارگیری نیروگاه های که مبتنی بر منابع انرژی های تجدید پذیر مانند خورشید و باد هستند افزایش یابد. از دهه ۱۹۸۰ تا کنون، هزینه اولیه تولید انرژی الکتریکی از پنجاهش تا هشتاد درصدی داشته است و امروزه هزینه به  $0/05$  دلار به ازای هر کیلو وات ساعت رسیده است. برای سیستم های خورشیدی فتوولتائیک، نرخ تولید انرژی در محدوده  $0/12$  الی  $0/15$  دلار به ازای هر کیلو وات ساعت می باشد که با پیشرفت تکنولوژی انتظار می رود روند نزولی مطلوبی طی کند. در کشورمان با توجه به وضعیت تابش خورشید و تعداد روز های آفتابی گزارش شده، استفاده از این انرژی در مصارف حرارتی و الکتریکی کاملاً توجیه پذیر بوده و می توان رفته رفته کشور عزیزمان را نسبت به منابع تجدید ناپذیر (فسیلی) و وابستگی به سایر کشورها با توجه به مسائل سیاسی مرتبط بی نیاز سازد. از آنجایی که استحصال و استفاده از این انرژی ها نیاز به شناخت کامل از آنها دارد و با توجه به خللی که در خصوص منابع کاربردی در سیستم های تجدید پذیر و برق خورشیدی (فتوولتائیک) در کشورمان احساس می شد مرا بر آن داشت تا آموخته ها و تجربیات خود را در زمینه انرژی های تجدید پذیر جمع آوری کرده و به نگارش در بیاورم تا شاید بتوان در ارتقای وضعیت پروژه های موجود در کشور و نحوه صحیح استفاده از این سیستم ها در آینده نقشی را ایفا کرد. انرژی مورد مصرف در زندگی بشری دارای شکل های مختلفی است که البته، مهم ترین آنها، الکتریسیته و حرارت می باشد. الکتریسیته از نظر حمل و نقل و نیز سهولت تبدیل به انواع

شکل های مختلف انرژی، رتبه اول را حائز است ولی همین انرژی پاک و پر مصرف، هم اشکالاتی دارد که مهم ترین آن، عدم امکان ذخیره سازی در مقیاس های صنعتی و تجاری و نیز بازده پایین تبدیل حامل های انرژی به الکتریسته می باشد. لازم به ذکر است که همکاران و دوستان بسیاری ما را در تالیف این اثر یاری داده اند که از همگی آن ها سپاسگزاریم. به خصوص از جناب آقای مهندس آرمان آذرخش، مهندس امیررضا بیر، مهندس ایمان حسین زاده، مهندس مهرداد لطفی، مهندس نیما سهیلی، مهندس احمد سوری، رضا آزادبخت، امید آزادبخت، خانم مهندس ساینا بهرام پور و سرکار خانم سمیرا کاظمی که در ویرایش این کتاب ما را یاری نموده اند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم. در انتها یادآور می شود هر گونه نظر، پرسش و انتقاد و پیشنهاد از سوی مؤلفین مورد استقبال می باشد و در چاپ و ویرایش آتی لحاظ خواهد شد.

علیرضا سیادتان

(siadatan@wtiau.ac.ir)

حامد کریمی

(h.karimi.ac.ir@gmail.com)

## فهرست مطالب

| صفحه | عنوان                                                            |
|------|------------------------------------------------------------------|
| ۲۳   | فصل اول: معرفی انرژی و موقعیت آن ها                              |
| ۲۴   | ۱-۱- تعاریف انرژی                                                |
| ۲۴   | ۱-۱-۱- انرژی اولیه                                               |
| ۲۴   | ۱-۱-۲- انرژی ثانویه                                              |
| ۲۴   | ۱-۱-۳- انرژی نهایی                                               |
| ۲۴   | ۱-۱-۴- شدت انرژی                                                 |
| ۲۴   | ۱-۱-۵- منابع انرژی جایگزین                                       |
| ۲۵   | ۱-۲- تبدیل انرژی                                                 |
| ۲۵   | ۱-۲-۱- تلفات انرژی                                               |
| ۲۵   | ۱-۲-۲- تلفات انتقال و توزیع                                      |
| ۲۵   | ۱-۲-۳- مصرف نهایی انرژی                                          |
| ۲۵   | ۱-۲-۴- مصرف نهایی غیر انرژی                                      |
| ۲۶   | ۱-۳- ممیزی انرژی                                                 |
| ۲۶   | ۱-۳-۱- تقاضای جهانی انرژی                                        |
| ۲۶   | ۱-۳-۲- انرژی و توسعه پایدار                                      |
| ۲۸   | ۱-۳-۳- اهمیت منابع تجدیدپذیر و فناوری آن ها برای توسعه ی پایداری |
| ۲۸   | ۱-۳-۴- فاکتور های لازم برای توسعه پایدار                         |
| ۲۸   | ۱-۳-۵- آگاهی مردم                                                |
| ۲۸   | ۱-۳-۶- اطلاعات                                                   |
| ۲۹   | ۱-۳-۷- آموزش زیست محیطی                                          |
| ۲۹   | ۱-۳-۸- استراتژی های جدید و ابتکاری در ارتباط با انرژی            |
| ۲۹   | ۱-۳-۹- سرمایه گذاری                                              |

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| ۴-۱- منابع انرژی تجدید پذیر.....                       | ۲۹ |
| ۱-۴-۱- مزایای انرژی های تجدید پذیر.....                | ۳۳ |
| ۲-۴-۱- قابلیت بالای تولید انرژی.....                   | ۳۳ |
| ۳-۴-۱- ایجاد مراکز تولید انرژی غیر متمرکز.....         | ۳۳ |
| ۴-۴-۱- عدم آلودگی محیط زیست.....                       | ۳۳ |
| ۵-۴-۱- کمک به مشکلات صنعت برق.....                     | ۳۴ |
| ۶-۴-۱- مشکلات منابع انرژی تجدید پذیر.....              | ۳۴ |
| ۷-۴-۱- محدودیت های زمانی مکانی.....                    | ۳۴ |
| ۸-۴-۱- منابع انرژی تجدید پذیر.....                     | ۳۶ |
| فصل دوم: نیروگاه های آبی.....                          | ۳۷ |
| ۱-۲- مقدمه.....                                        | ۳۸ |
| ۱-۱-۲- معایب نیروگاه های آبی.....                      | ۳۸ |
| ۲-۲- معیار های انتخاب محل نیروگاه.....                 | ۳۸ |
| ۳-۲- طبقه بندی نیروگاه های آبی.....                    | ۳۹ |
| ۱-۳-۲- نیروگاه های پیک بار.....                        | ۴۰ |
| ۲-۳-۲- نیروگاه های آبی با ارتفاع زیاد.....             | ۴۰ |
| ۳-۳-۲- نیروگاه آبی با ارتفاع متوسط.....                | ۴۱ |
| ۴-۳-۲- نیروگاه آبی با ارتفاع کم.....                   | ۴۱ |
| ۴-۲- طبقه بندی ماشین های هیدرومکانیکی (توربین ها)..... | ۴۲ |
| ۱-۴-۲- طبقه بندی بر اساس نوع جریان.....                | ۴۲ |
| ۲-۴-۲- طبقه بندی بر اساس عمل سیال.....                 | ۴۲ |
| ۵-۲- توربین چرخ پلتن.....                              | ۴۲ |
| ۱-۵-۲- تنظیم سرعت توربین پلتن.....                     | ۴۳ |
| ۶-۲- انواع توربین ها.....                              | ۴۴ |

|    |                                                     |
|----|-----------------------------------------------------|
| ۴۴ | ۱-۶-۲- توربین فرانسسیس                              |
| ۴۵ | ۲-۶-۲- تأسیسات توربین ها                            |
| ۴۶ | ۳-۶-۲- توربین کاپلان                                |
| ۴۶ | ۴-۶-۲- توربین پروپلر                                |
| ۴۷ | ۵-۶-۲- مقایسه توربین های کاپلان و فرانسسیس          |
| ۴۷ | ۷-۲- ارتباط ارتفاع سد با سرعت توربین                |
| ۴۸ | ۸-۲- حباب ها                                        |
| ۵۰ | فصل سوم: انرژی باد                                  |
| ۵۱ | ۱-۳- مقدمه                                          |
| ۵۱ | ۲-۳- انرژی باد                                      |
| ۵۲ | ۱-۲-۳- تاریخچه استفاده از انرژی باد                 |
| ۵۳ | ۲-۲-۳- منشأ باد                                     |
| ۵۴ | ۳-۲-۳- توزیع جهانی باد                              |
| ۵۵ | ۴-۲-۳- اندازه گیری پتانسیل انرژی باد                |
| ۵۵ | ۵-۲-۳- پتانسیل هواشناسی                             |
| ۵۵ | ۶-۲-۳- پتانسیل محلی                                 |
| ۵۵ | ۷-۲-۳- پتانسیل فنی                                  |
| ۵۵ | ۸-۲-۳- پتانسیل اقتصادی                              |
| ۵۵ | ۹-۲-۳- پتانسیل اجرایی                               |
| ۵۵ | ۱۰-۲-۳- قدرت باد                                    |
| ۵۶ | ۳-۳- روند تحولات تکنولوژی انرژی باد در سال های اخیر |
| ۵۶ | ۱-۳-۳- مزایای به رهبردارى از انرژی باد              |
| ۵۷ | ۲-۳-۳- آینده انرژی باد در ایران                     |
| ۵۷ | ۴-۳- پتانسیل سنجی سطحی انرژی باد                    |

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| ۱-۴-۳- پتانسیل سنجی چیست؟                            | ۵۷ |
| ۲-۴-۳- بادسنج ها و انواع آن ها                       | ۵۸ |
| ۳-۴-۳- پتانسیل باد در ایران                          | ۵۹ |
| ۴-۴-۳- نقشه ها و اطلس های موجود باد                  | ۶۱ |
| ۵-۳- استحصال انرژی از باد توسط توربین های بادی       | ۶۱ |
| ۱-۵-۳- انرژی بادی و توربین های بادی                  | ۶۱ |
| ۶-۳- انواع توربین های بادی                           | ۶۲ |
| ۱-۶-۳- انواع کاربرد توربین های بادی                  | ۶۴ |
| ۷-۳- توربین های بادی و ذخیره انرژی                   | ۶۶ |
| فصل چهارم: پمپ حرارتی و انرژی زمین گرمایی            | ۶۷ |
| ۲-۴- مقدمه                                           | ۶۸ |
| ۲-۴- پمپ حرارتی زمین گرمایی                          | ۶۹ |
| ۳-۴- پمپ حرارتی با سیستم تراکم بخار                  | ۷۰ |
| ۱-۳-۴- پمپ حرارتی با سیستم جذبی                      | ۷۰ |
| ۴-۴- تقسیم بندی بر اساس منبع                         | ۷۱ |
| ۱-۴-۴- پمپ های حرارتی با منبع هوایی                  | ۷۱ |
| ۲-۴-۴- پمپ حرارتی با منبع زمینی                      | ۷۴ |
| ۵-۴- انواع سیستم های پمپ حرارتی زمینی                | ۷۶ |
| ۱-۵-۴- کاربرد پمپ های حرارتی                         | ۷۸ |
| ۲-۵-۴- فواید زیست محیطی                              | ۷۹ |
| ۶-۴- مراحل انجام پروژه های هیت پمپ زمین گرمایی (GHP) | ۷۹ |
| ۱-۶-۴- برداشت اطلاعات                                | ۷۹ |
| ۲-۶-۴- طراحی                                         | ۸۰ |
| ۳-۶-۴- اجرا                                          | ۸۰ |

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| فصل پنجم: اثر جزر و مد .....                               | ۸۱ |
| ۱-۵- مقدمه .....                                           | ۸۲ |
| ۲-۵- مکانیسم تشکیل جزر و مد .....                          | ۸۲ |
| ۳-۵- ترکیب اثر ماه و خورشید بر روی جزر و مد .....          | ۸۳ |
| ۱-۳-۵- جزر و مد حداکثر .....                               | ۸۳ |
| ۲-۳-۵- جزر و مد حداقل .....                                | ۸۳ |
| ۴-۵- نسبت نیروهای مولد جزر و مد ماه و خورشید .....         | ۸۴ |
| ۵-۵- اثر اینرسی آب بر روی جزر و مد .....                   | ۸۶ |
| ۱-۵-۵- اثر عدم تقارن مدار زمین و ماه بر روی جزر و مد ..... | ۸۶ |
| ۲-۵-۵- سایر پارامترهای موثر در جزر و مد .....              | ۸۶ |
| ۳-۵-۵- کاربردهای جزر و مد .....                            | ۸۶ |
| ۶-۵- شرایط بهره برداری از نیروگاه جزر و مدی .....          | ۸۸ |
| ۱-۶-۵- شرایط مکان مناسب برای احداث نیروگاه جزر و مدی ..... | ۸۸ |
| ۲-۶-۵- کشورهای دارای پتانسیل جزر و مدی بالا .....          | ۸۹ |
| ۷-۵- عوامل موثر بر دامنه جزر و مد .....                    | ۹۱ |
| ۱-۷-۵- نکات اساسی طراحی نیروگاه های جزر و مدی .....        | ۹۱ |
| ۲-۷-۵- نحوه عملکرد نیروگاه جزر و مدی .....                 | ۹۱ |
| ۳-۷-۵- نحوه و تجهیزات آبیگری نیروگاه جزر و مدی .....       | ۹۲ |
| ۴-۷-۵- ساختن دایک .....                                    | ۹۳ |
| ۵-۷-۵- طراحی داخلی نیروگاه جزر و مدی .....                 | ۹۳ |
| ۶-۷-۵- طراحی محور توربین .....                             | ۹۳ |
| ۸-۵- نیروگاه جزر و مدی .....                               | ۹۴ |
| ۱-۸-۵- روش های مختلف تولید برق از انرژی جزر و مد .....     | ۹۴ |
| ۲-۸-۵- سیستم یک حوضچه ای .....                             | ۹۵ |

|                                                                       |        |     |
|-----------------------------------------------------------------------|--------|-----|
| سیستم یک حوضچه ای با جریان از سوی حوضچه به دریا.....                  | ۳-۸-۵  | ۹۵  |
| سیستم یک حوضچه ای با جریان از سوی دریا به حوضچه.....                  | ۴-۸-۵  | ۹۶  |
| سیستم دوطرفه حوضچه به دریا و بالعکس.....                              | ۵-۸-۵  | ۹۷  |
| سیستم دو حوضچه ای.....                                                | ۹-۵    | ۹۸  |
| سیستم ترکیبی شامل دو حوضچه.....                                       | ۱-۹-۵  | ۹۸  |
| نیروگاه های جزر و مدی در حالت تلمبه ذخیره ای.....                     | ۲-۹-۵  | ۹۹  |
| مزایا و معایب نیروگاه های جزر و مدی در حالت تلمبه ذخیره ای.....       | ۳-۹-۵  | ۱۰۰ |
| نیروگاه های جزر و مدی بهره برداری شده.....                            | ۱۰-۵   | ۱۰۱ |
| مشخصات نیروگاه جزر و مدی رفس در فرانسه.....                           | ۱-۱۰-۵ | ۱۰۱ |
| مشخصات نیروگاه جزر و مدی آنا رلیس ادا.....                            | ۲-۱۰-۵ | ۱۰۲ |
| بررسی سواحل ایران برای استفاده از انرژی جزر و مدی برای تولید برق..... | ۱۱-۵   | ۱۰۳ |
| مسائل زیست محیطی نیروگاه های جزر و مدی.....                           | ۱۲-۵   | ۱۰۴ |
| رسوبات.....                                                           | ۱-۱۲-۵ | ۱۰۵ |
| اثرات بر طبیعت.....                                                   | ۲-۱۲-۵ | ۱۰۵ |
| فصل ششم: انرژی زیست توده.....                                         | ۱۰۷    |     |
| مقدمه.....                                                            | ۱-۶    | ۱۰۸ |
| زیست توده چیست.....                                                   | ۲-۶    | ۱۱۰ |
| بیوگاز.....                                                           | ۳-۶    | ۱۱۱ |
| بیوگاز چیست.....                                                      | ۱-۳-۶  | ۱۱۱ |
| تولید بیوگاز.....                                                     | ۲-۳-۶  | ۱۱۱ |
| منابع زیست توده.....                                                  | ۴-۶    | ۱۱۲ |
| پسماند های جامد شهری.....                                             | ۱-۴-۶  | ۱۱۳ |
| زائدات کشاورزی و جنگلی.....                                           | ۲-۴-۶  | ۱۱۳ |
| فاضلاب های شهری.....                                                  | ۳-۴-۶  | ۱۱۴ |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| ۵-۶-۵- تاریخچه زیست توده.....                                              | ۱۱۴ |
| ۶-۶-۶- معرفی تکنولوژی های زیست توده.....                                   | ۱۱۵ |
| ۶-۶-۱- فرآیندهای ترموشیمیایی.....                                          | ۱۱۶ |
| ۶-۶-۲- احتراق مستقیم.....                                                  | ۱۱۷ |
| ۶-۶-۳- پیرولیز.....                                                        | ۱۱۸ |
| ۶-۶-۴- گازی کردن در دمای بسیار بالا.....                                   | ۱۱۹ |
| ۶-۶-۵- کربنیزه کردن.....                                                   | ۱۱۹ |
| ۶-۶-۶- مایع سازی کاتالیستی.....                                            | ۱۲۰ |
| ۶-۶-۷- فرآیندهای بیوشیمیایی.....                                           | ۱۲۰ |
| ۶-۷-۱- هضم بی هوازی.....                                                   | ۱۲۰ |
| ۶-۷-۲- هضم هوازی.....                                                      | ۱۲۰ |
| ۶-۸-۸- وضعیت بهره برداری از انرژی زیست توده در جهان ایران.....             | ۱۲۲ |
| ۶-۸-۱- بهره برداری نیروگاهی.....                                           | ۱۲۳ |
| ۶-۸-۲- مصارف غیر نیروگاهی زیست توده.....                                   | ۱۲۴ |
| ۶-۸-۳- تجربیات چند کشور پیشرو در خصوص زیست توده.....                       | ۱۲۵ |
| ۶-۸-۴- وضعیت بهره برداری از زیست توده در ایران.....                        | ۱۲۵ |
| ۶-۸-۵- تعیین پتانسیل کلی ایران.....                                        | ۱۲۶ |
| ۶-۹-۹- چشم انداز و رویکرد جهانی در خصوص زیست توده.....                     | ۱۲۶ |
| ۶-۹-۱- پیش بینی و وضعیت انرژی زیست توده تا سال ۲۰۴۰.....                   | ۱۲۷ |
| ۶-۹-۲- سناریو سیاست های پیشرفته بین المللی (API).....                      | ۱۲۷ |
| ۶-۹-۳- سناریو سیاست های پویای جاری (DCP).....                              | ۱۲۸ |
| ۶-۹-۴- پیش بینی جامعه اروپا.....                                           | ۱۲۸ |
| ۶-۱۰-۱- پیش بینی DLR برای ایران.....                                       | ۱۳۰ |
| ۶-۱۱-۱۱- وضعیت فعلی و آتی تولید برق و حرارت از زباله های شهری در جهان..... | ۱۳۱ |

|        |                                                                            |     |
|--------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| ۱-۱۱-۶ | تکنولوژی های مورد استفاده برای تولید انرژی (برق - حرارت) از زباله های شهری | ۱۳۲ |
| ۲-۱۱-۶ | تولید برق از دفنگاه زباله                                                  | ۱۳۲ |
| ۱۲-۶   | زباله سوز                                                                  | ۱۳۵ |
| ۱۳-۶   | امحاء زباله و تولید انرژی به روش پلاسما                                    | ۱۳۸ |
| ۱-۱۳-۶ | بیوگازهای زباله در هاضم های بزرگ                                           | ۱۳۹ |
| ۱۴-۶   | بحث پایانی                                                                 | ۱۴۰ |
|        | فصل هفتم: انرژی خورشیدی                                                    | ۱۴۱ |
| ۱-۷    | مقدمه                                                                      | ۱۴۲ |
| ۲-۷    | تاریخچه سیستم های فتوولتائیک                                               | ۱۴۳ |
| ۳-۷    | انواع سلول های خورشیدی و سیستم های فتوولتائیک                              | ۱۴۵ |
| ۱-۳-۷  | انواع سیستم های بزرگتر فتوولتائیک                                          | ۱۴۵ |
| ۲-۳-۷  | کاربردهای سلول های خورشیدی                                                 | ۱۴۷ |
| ۳-۳-۷  | مزایای سلول های خورشیدی                                                    | ۱۴۸ |
| ۴-۳-۷  | معایب سلول های خورشیدی                                                     | ۱۴۹ |
| ۴-۷    | عوامل طبیعی موثر بر عملکرد سلول ها                                         | ۱۵۰ |
| ۱-۴-۷  | نور خورشید                                                                 | ۱۵۰ |
| ۲-۴-۷  | سایه                                                                       | ۱۵۱ |
| ۳-۴-۷  | دما                                                                        | ۱۵۱ |
| ۴-۴-۷  | جریان باد                                                                  | ۱۵۱ |
| ۵-۴-۷  | برف                                                                        | ۱۵۱ |
| ۵-۷    | انواع سلول ها                                                              | ۱۵۲ |
| ۱-۵-۷  | سلول های مونوکریستالی                                                      | ۱۵۲ |
| ۲-۵-۷  | سلول های خورشیدی پلی کریستالی                                              | ۱۵۳ |
| ۳-۵-۷  | سلول های خورشیدی فیلم نازک                                                 | ۱۵۴ |

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ۴-۵-۷- سلول های خورشیدی پلیمری یا ارگانیک.....                                | ۱۵۵ |
| ۶-۷- نصب آرایه های خورشیدی.....                                               | ۱۵۷ |
| ۱-۶-۷- پارامترهای مهمی که در هنگام نصب آرایه ها بر سقف باید در نظر گرفت.....  | ۱۵۹ |
| ۲-۶-۷- قطع کننده و نمایشگرها.....                                             | ۱۶۰ |
| ۳-۶-۷- نحوه اتصال اجزای سیستم های فتوولتاییک.....                             | ۱۶۱ |
| ۷-۷- طبقه بندی تیپ سیستم های فتوولتاییک از لحاظ کاربردی.....                  | ۱۶۲ |
| ۱-۷-۷- سیستم های فتوولتاییک متصل به شبکه.....                                 | ۱۶۲ |
| ۲-۷-۷- سیستم های مستقل از شبکه سازه ای برق.....                               | ۱۶۵ |
| ۳-۷-۷- تعیین ابعاد آرایه فتوولتاییک.....                                      | ۱۶۶ |
| ۴-۷-۷- تعیین سیستم ذخیره ساز.....                                             | ۱۶۷ |
| ۵-۷-۷- دسترس پذیری.....                                                       | ۱۶۷ |
| ۶-۷-۷- ملاحظات سیستم های فتوولتاییک مستقل از شبکه با توجه به کاربری آنها..... | ۱۶۸ |
| ۷-۷-۷- سیستم های روشنایی فتوولتاییکی.....                                     | ۱۶۸ |
| ۸-۷-۷- پایش سیستم های فتوولتاییک.....                                         | ۱۷۰ |
| ۷-۸- اجزای سیستم فتوولتاییک.....                                              | ۱۷۰ |
| ۱-۸-۷- سیستم های دنبال کننده تابش خورشید.....                                 | ۱۷۰ |
| ۲-۸-۷- اینورتر یا مبدل های الکترونیک قدرت AC/DC.....                          | ۱۷۳ |
| ۳-۸-۷- ذخیره ساز.....                                                         | ۱۷۴ |
| ۴-۸-۷- سیستم های دنبال کننده حداکثر توان.....                                 | ۱۷۵ |
| ۵-۸-۷- سایر تجهیزات.....                                                      | ۱۷۶ |
| ۹-۷- سیستم های فتوولتاییک BIPV و BAPV.....                                    | ۱۷۶ |
| ۱-۹-۷- سیستم های BIPV.....                                                    | ۱۷۶ |
| ۲-۹-۷- مزایای سیستم های فتوولتاییک یکپارچه با ساختمان.....                    | ۱۷۷ |
| ۱۰-۷- انواع کاربرد سیستم های فتوولتاییک در بدنه خارجی ساختمان ها.....         | ۱۷۸ |

|     |                                                                       |
|-----|-----------------------------------------------------------------------|
| ۱۷۸ | ۷-۱۰-۱- سامانه های بام پوش .....                                      |
| ۱۷۸ | ۷-۱۰-۲- سامانه های نما پوش .....                                      |
| ۱۷۹ | ۷-۱۰-۳- سایه بان های فتوولتاییک .....                                 |
| ۱۸۰ | ۷-۱۰-۴- سیستم های BAPV .....                                          |
| ۱۸۰ | ۷-۱۰-۵- طراحی و پایداری .....                                         |
| ۱۸۰ | ۷-۱۱- طراحی سیستم های فتوولتاییک .....                                |
| ۱۸۱ | ۷-۱۱-۱- اصول طراحی سیستم های فتوولتاییک .....                         |
| ۱۸۲ | ۷-۱۱-۲- روند کلی طراحی سیستم های فتوولتاییک .....                     |
| ۱۸۴ | ۷-۱۱-۳- طراحی سیستم فتوولتاییک - مایلور تامین مصرف انرژی سالانه ..... |
| ۱۸۴ | ۷-۱۱-۴- طراحی سیستم فتوولتاییک با توجه به میزان فضای موجود .....      |
| ۱۸۵ | ۷-۱۱-۵- طراحی سیستم فتوولتاییک با توجه به بردجه وجود .....            |
| ۱۸۵ | ۷-۱۲- طراحی سیستم فتوولتاییک برای یک منزل مسکونی .....                |
| ۱۸۵ | ۷-۱۲-۱- تعیین مقادیر بار مصرفی .....                                  |
| ۱۸۶ | ۷-۱۲-۲- محاسبه تعداد پنل .....                                        |
| ۱۸۷ | ۷-۱۲-۳- تعیین تعداد باتری برای ذخیره انرژی .....                      |
| ۱۸۸ | ۷-۱۲-۴- تعیین مقدار شارژ کنترلر .....                                 |
| ۱۸۸ | ۷-۱۲-۵- محاسبه اینورتر .....                                          |
| ۱۸۹ | ۷-۱۲-۶- نحوه اتصالات .....                                            |
| ۱۹۱ | ۷-۱۲-۷- محاسبه پنل .....                                              |
| ۱۹۱ | ۷-۱۲-۸- محاسبه شارژ کنترلر .....                                      |
| ۱۹۲ | ۷-۱۲-۹- افت ولتاژ سیم .....                                           |
| ۱۹۳ | ۷-۱۲-۱۰- سیستم متصل به شبکه (On gride) .....                          |
| ۱۹۴ | ۷-۱۳- استاندارد سازی سیستم های فتوولتاییک متصل به شبکه .....          |
| ۱۹۴ | ۷-۱۳-۱- محدوده ی ولتاژ کاری سیستم های فتوولتاییک .....                |

|          |                                                                                   |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۹۵..... | ۷-۱۳-۲- ضریب توان                                                                 |
| ۱۹۶..... | ۷-۱۳-۳- کیفیت توان                                                                |
| ۱۹۶..... | ۷-۱۳-۴- محدوده مجاز فرکانس                                                        |
| ۱۹۷..... | ۷-۱۳-۵- اغتشاشات ولتاژ                                                            |
| ۱۹۷..... | ۷-۱۳-۶- هارمونیک ها                                                               |
| ۱۹۹..... | ۷-۱۳-۷- هارمونیک های یانی                                                         |
| ۲۰۰..... | ۷-۱۳-۸- فلیکر ولتاژ                                                               |
| ۲۰۰..... | ۷-۱۳-۹- عدم تعادل ولتاژ                                                           |
| ۲۰۱..... | ۷-۱۳-۱۰- ایمنی و حفاظت                                                            |
| ۲۰۱..... | ۷-۱۳-۱۱- جریان DC                                                                 |
| ۲۰۲..... | ۷-۱۳-۱۲- پرهیز از کارکرد جزیره ای                                                 |
| ۲۰۳..... | ۷-۱۳-۱۳- اغتشاشات فرکانس                                                          |
| ۲۰۳..... | ۷-۱۳-۱۴- اتصال مجدد سیستم فتوولتاییک به شبکه بعد از رفع خطای شبکه                 |
| ۲۰۳..... | ۷-۱۳-۱۵- حفاظت در مقابل موج ضربه                                                  |
| ۲۰۴..... | ۷-۱۳-۱۶- پایش عملکرد سیستم فتوولتاییک و تبادل اطلاعات                             |
| ۲۰۴..... | ۷-۱۳-۱۷- نکات اندازه گیری در پایش متغیر ها                                        |
| ۲۰۵..... | ۷-۱۴- مستندسازی، آزمون های راه اندازی و بازرسی سامانه های فتوولتاییک متصل به شبکه |
| ۲۰۵..... | ۷-۱۴-۱- داده های سامانه فتوولتاییک                                                |
| ۲۰۶..... | ۷-۱۴-۲- نقشه کشی                                                                  |
| ۲۰۷..... | فصل هشتم: استانداردهای بین المللی در سامانه های فتوولتاییک متصل به شبکه           |
| ۲۰۸..... | ۸-۱- استانداردهای لازم در سیستم های فتوولتاییک متصل به شبکه                       |
| ۲۰۸..... | ۸-۲- استانداردهای ملی (لازم الاجرا) در زمینه سامانه های فتوولتاییک متصل به شبکه   |
| ۲۰۸..... | ۸-۲-۱- استانداردهای سامانه های فتوولتاییک متصل به شبکه سراسری برق                 |
| ۲۱۰..... | ۸-۳- شرح موضوعی استانداردهای اعلام شده                                            |

|       |                                                            |    |
|-------|------------------------------------------------------------|----|
| ۴-۸   | استانداردهای بین المللی سامانه های فتوولتائیک متصل به شبکه | ۱۱ |
| ۱۴    | فصل هشتم: طراحی و ساخت سیستم کنترلی تعقیب کننده خورشیدی    | ۱۴ |
| ۱-۹   | مقدمه                                                      | ۱۵ |
| ۲-۹   | تاریخچه ی ردیاب خورشیدی                                    | ۱۵ |
| ۱-۲-۹ | ردیاب های فعال                                             | ۱۶ |
| ۲-۲-۹ | ردیاب های غیر فعال                                         | ۱۶ |
| ۳-۹   | دسته بندی ردیاب ها با توجه به محورهای آن ها                | ۱۶ |
| ۱-۳-۹ | ردیاب تک محوره                                             | ۱۶ |
| ۲-۳-۹ | ردیاب های تیلت                                             | ۱۷ |
| ۳-۳-۹ | ردیاب های آزیموتی                                          | ۱۷ |
| ۴-۳-۹ | ردیاب دو محوره                                             | ۱۷ |
| ۵-۳-۹ | ردیاب های دستی                                             | ۱۸ |
| ۴-۹   | اجزای تشکیل دهنده ی ردیاب                                  | ۱۸ |
| ۱-۴-۹ | بخش سنسور                                                  | ۱۹ |
| ۲-۴-۹ | مقاومت های نوری                                            | ۱۹ |
| ۳-۴-۹ | خطوط سولفید کادمیوم                                        | ۲۰ |
| ۴-۴-۹ | بخش کنترل                                                  | ۲۲ |
| ۵-۹   | بخش موتور                                                  | ۲۲ |
| ۱-۵-۹ | موتور دی سی (DC)                                           | ۲۳ |
| ۲-۵-۹ | سروو موتور                                                 | ۲۴ |
| ۳-۵-۹ | موتور استیپر                                               | ۲۵ |
| ۴-۵-۹ | موتور پیستونی                                              | ۲۶ |
| ۶-۹   | گزارش علمی پروژه طراحی و ساخت                              | ۲۶ |
| ۱-۶-۹ | مرور مقالات ارائه شده در سطح جهان                          | ۲۶ |

|     |                                                         |
|-----|---------------------------------------------------------|
| ۲۲۸ | ۲-۶-۹- سخت افزار                                        |
| ۲۲۹ | ۷-۹- طراحی سیستم                                        |
| ۲۳۰ | ۱-۷-۹- سنسور                                            |
| ۲۳۲ | ۲-۷-۹- واحد پردازش و کنترل                              |
| ۲۳۲ | ۸-۹- چرا پردازنده های PIC ؟                             |
| ۲۳۴ | ۱-۸-۹- مزایای پردازنده های PIC نسبت به پردازنده های AVR |
| ۲۳۵ | ۲-۸-۹- طراحی بر اساس جمعیت جغرافیایی                    |
| ۲۳۶ | ۳-۸-۹- ساختار کنترل کننده                               |
| ۲۳۹ | ۴-۸-۹- برنامه نویسی و انتقال آن به واحد کنترل           |
| ۲۴۰ | ۵-۸-۹- راه انداز موتور                                  |
| ۲۴۴ | ۶-۸-۹- توجیه فنی و اقتصادی                              |
| ۲۵۰ | ۷-۸-۹- توجیه اقتصادی                                    |
| ۲۵۱ | ۹-۹- مزایای سیستم های طراحی ساخته شده                   |