



پژوهشگاه نیرو. گروه پژوهشی انرژی‌های تجدیدپذیر

برونداهای تخصصی

گروه پژوهشی انرژی‌های تجدیدپذیر

سال دوم، شماره ۳، تابستان ۱۳۹۶



جایگاه بررسی عملکردی استک پیل سوختی اکسید جامد پس از ۴۸ ساعت کار در گاز طبیعی برای

اولین بار در کشور در پژوهشگاه نیرو /

اصول شناسایی و طبقه بندی فناوریهای نوین حوزه انرژی زمین گرمایی در ایران (درخت فناوری)

طراحی و تحلیل مکانیزم حرکتی متمرکزکننده خورشیدی با موتور استرلینگ ۱۰ kW

Geothermal Energy

به نام خدا

گروه پژوهشی انرژی‌های تجدیدپذیر

صاحب‌امتیاز: پژوهشگاه نیرو

مدیرمسئول: شهریار بزرگمهری

سر دبیر: مهدی رحیمی تاکامی

مدیر اجرایی: مهدی رحیمی تاکامی

گرافیکست و صفحه‌آرا: حامد محبی

ویراستار: محمد گل محمد

عکس روی جلد: حامد محبی

اعضای هیئت تحریریه:

دکتر شهریار بزرگمهری، مهندس مهدی رحیمی تاکامی، مهندس نوید توسلی، مهندس مرتضی ترابی، دکتر حمید عبدلی، دکتر خالد آذری، دکتر داور ابراهیمی، مهندس جواد نورعلی، مهندس مهدی رضایی، مهندس علی هاشمی، مهندس حامد محبی، مهندس احسان لیوانی، مهندس محمد خلیج، مهندس مهدی اخلاقی، مهندس سینا سالمی، مهندس مرتضی ترابی، دکتر محمد گل محمد

همکاران این شماره:

همکاران گروه: دکتر شهریار بزرگمهری، مهندس مهدی رحیمی تاکامی، مهندس نوید توسلی، دکتر محمد گل محمد، مهندس حامد محبی

همکاران معاونت پژوهشی: دکتر حسنی مرزونی، نوشین فرودی

ناشر:

نشانی الکترونیکی: Energy@nri.ac.ir

نشانی: تهران، شهرک غرب، انتهای پونک باختری، پژوهشگاه نیرو، گروه انرژی‌های تجدیدپذیر

تلفن: ۰۲۱-۸۸۰۷۹۴۴۶

دورنگار: ۰۲۱-۸۸۳۶۱۶۰۳

اعضای هیئت داوران:

دکتر همایون کنعانی، مهندس مصطفی برزگر گردروباری، دکتر حمید عبدلی، مهندس علی هاشمی، و مهندس احسان لیوانی

اهداف و رویکرد:

«بروندادهای تخصصی گروه پژوهشی انرژی‌های تجدیدپذیر» با هدف فراهم آوردن بستری مناسب برای تبادل اطلاعات و انتشار مطالب مرتبط با این بخش در صنعت برق به صورت داخلی منتشر می شود.

این مجموعه از هرگونه پیشنهاد یا انتقاد برای هرچه بهتر شدن مطالب استقبال می کند و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع بلامانع است. مسئولیت مطالب، مقالات و پژوهش‌های درج شده بر عهده نویسندگان است.

۱	• سخن سردبیر
۲	• تولید ۳۰۰ روزه برق مصرفی کاستاریکا فقط با منابع انرژی تجدیدپذیر از ابتدای سال ۲۰۱۷
۵	• آشنایی با مؤسسه تحقیقاتی Fraunhofer ISE
۱۶	• جایگاه بررسی عملکردی استک پیل سوختی اکسید جامد پس از ۴۸ ساعت کار در گاز طبیعی برای اولین بار در کشور در پژوهشگاه نیرو
۲۵	• اصول شناسایی و طبقه بندی فناوریهای نوین حوزه انرژی زمین گرمایی در ایران (درخت فناوری)
۳۷	• طراحی و تحلیل مکانیزم حرکتی متمرکزکننده خورشیدی با موتور استرلینگ ۱۰ kW
۵۵	• کنفرانس انرژی بادی فراساحلی ۲۰۱۷
۵۶	• معرفی کتاب

سخن سردبیر

سال ۱۳۹۳ را شاید بتوان به عنوان یک سرآغاز در توسعه فناوری‌های مربوط به صنعت برق دانست؛ چرا که در آن سال، ۴۰ طرح مربوط به ۴۰ حوزه مختلف صنعت برق با هدف تهیه سند توسعه فناوری در بخش‌های مختلف صنعت برق با مدیریت و اجرای پژوهشگاه نیرو شروع به کار نموده است. در این میان، سند راهبرد ملی و نقشه‌راه توسعه فناوری انرژی خورشیدی را می‌توان یکی از شاخص‌ترین طرح‌ها نامید، چرا که با توسعه روزافزون این حوزه در دنیا ضرورت تهیه یک سند جامع با هدف توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی هر روز بیشتر احساس می‌شد.

این سند که تهیه آن از ابتدای سال ۱۳۹۳ آغاز گردید، تا شهریور ۱۳۹۴ ادامه یافت و در این مدت ۱۶ جلسه کمیته راهبری و ۱۲ جلسه کمیته تخصصی برگزار گردید آقای مهندس سالمی، مجری این سند، یکی از مهمترین نقاط قوت این سند را اعضای شرکت کننده در کمیته راهبری این سند اعلام نمودند، که عبارتند از آقایان دکتر صادق‌زاده معاون وزیر و رئیس سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق، دکتر ذبیحی دبیر ستاد توسعه فناوری لیزر، دکتر شعبانی‌کیا معاون فنی و اجرایی سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق، دکتر تقوی‌نیا عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف، دکتر سلیمانی اصل عضو هیئت علمی دانشگاه تهران، دکتر بهجت عضو هیئت علمی دانشگاه یزد و دکتر یعقوبی عضو هیئت علمی دانشگاه شیراز. شاید یکی از ضعف‌های سند کنونی را بتوان عدم همکاری با نهادهای بین‌المللی در هنگام تدوین دانست که به همین منظور مقرر گردیده است در ویرایش بعدی و به روز رسانی این سند از همکاری موسسه فرانسهوفر آلمان استفاده گردد. اجرای این سند که متولی آن مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی می‌باشد، از مهرماه ۱۳۹۶ آغاز گردیده است و با گذشت ۲ سال از اجرا، علیرغم منعقد شدن قراردادهای مربوط به بخش‌های مختلف به دلیل عدم تامین مالی، پیشرفت آن دچار کندی شده است، مسئله‌ای که می‌توان آن را به عنوان مهم‌ترین چالش این سند دانست.

مهدی رحیمی تاکامی
گروه انرژی‌های تجدیدپذیر

تولید ۳۰۰ روزه برق مصرفی کاستاریکا فقط با منابع انرژی تجدیدپذیر از ابتدای سال ۲۰۱۷

از اول ژانویه ۲۰۱۷ تاکنون، برق مصرفی ۳۰۰ روز کاستاریکا تماماً با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر تولید شده است که به این ترتیب این کشور توانست رکورد قبلی خود در سال ۲۰۱۵ را بشکند. در آن سال کاستاریکا توانست برق مصرفی ۲۹۹ روز خود را تماماً با منابع انرژی تجدیدپذیر تولید کند.

بنا بر گزارش مؤسسه برق کاستاریکا (ICE)، جمعیت ۵ میلیون نفری این کشور موفق شدند از ابتدای ماه می ۲۰۱۷ تاکنون، ۲۰۱ روز متوالی تولید برق تجدیدپذیر را به ثبت برسانند.

کاستاریکا هم اکنون ۹۹٪ برق مصرفی خود را از پنج منبع انرژی تجدیدپذیر تولید نماید: برق‌آبی (۷۸٪)، بادی (۱۰٪)، زمین‌گرمایی (۱۰٪)، و زیست‌توده و خورشیدی (جمعاً ۱٪). این در حالی است که به گفته اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده آمریکا، این کشور در سال ۲۰۱۶ تنها ۱۵٪ برق خود را از منابع انرژی تجدیدپذیر تولید کرده است. به طوری که زغال‌سنگ و گاز طبیعی با هم نزدیک به دو سوم برق تولیدی آمریکا و برق هسته‌ای نیز ۱۹٪ باقی مانده آن را تشکیل می‌دهند.

مشاور توسعه پاک کاستاریکا، دکتر مونیکا آرایا، می‌گوید که این موفقیت بزرگی است اما در عین حال اشاره می‌کند که همچنان در این زمینه یک تناقض پنهان وجود دارد و آن این که ۹۹٪ از برق مصرفی کاستاریکا از منابع انرژی تجدیدپذیر تأمین می‌شود و نه کل انرژی مصرفی این کشور (یعنی گاز مصرفی برای گرمایش یا پخت و پز و نیز سوخت مصرفی بخش حمل و نقل).



شکل (۱): سد و نیروگاه برقآبی رودخانه Reventazon در کاستاریکا [۱].

موفقیت کاستاریکا در تولید ۹۹٪ برق مصرفی خود از منابع تجدیدپذیر در حالی رقم می‌خورد که این کشور بیش از ۵٪ از تنوع زیستی و تنها ۰/۰۳٪ از مساحت خشکی بر روی زمین را به خود اختصاص داده است. از آن جایی که بخش بزرگی از تولید برق کاستاریکا توسط سدها (برق‌آبی) تأمین می‌گردد و ساخت سدها نیز خود اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی مانند تخریب حیات وحش، تغییر بستر طبیعی رودخانه‌ها و جابجایی

و مهاجرت جوامع محلی را در پی دارد، از این رو، افزایش سهم سایر منابع انرژی تجدیدپذیر مانند زمین‌گرمایی، خورشیدی و بادی می‌تواند از اثرات مخرب یاد شده بکاهد.



شکل (۲): پنل‌های خورشیدی در کاستاریکا [۱].

منبع

- [1] Embury-Dennis, T., (Nov. 2017). Costa Rica's electricity generated by renewable energy for 300 days in 2017. *Independent*. Retrieved from: <http://www.independent.co.uk/news/world/americas/costa-rica-electricity-renewable-energy-300-days-2017-record-wind-hydro-solar-water-a8069111.html>

آشنایی با مؤسسه تحقیقاتی Fraunhofer ISE [۱-۳]

تاریخچه

در سال ۱۹۴۹ یک سازمان تحقیقاتی کاربرد محور به نام Fraunhofer – Gesellschaft بنیان نهاده شد که وظیفه و هدف از تأسیس آن، انجام تحقیقات کاربردی بوده است. در حال حاضر، این سازمان از ۶۷ مؤسسه و واحد تحقیقاتی تشکیل شده است و دارای نزدیک به ۲۴۰۰۰ کارمند، دانشمند و مهندس واجد شرایط می باشد. بودجه سالانه این سازمان رقمی در حدود ۲/۱ میلیارد یورو می باشد که بیش از ۱/۸ میلیارد یورو آن از طریق قراردادهای تحقیقاتی تأمین می گردد. بیش از ۷۰٪ از گردش مالی قراردادهای تحقیقاتی این سازمان مربوط به عقد قرارداد با صنعت و همچنین پروژه‌های تحقیقاتی دولتی می باشد؛ و تقریباً ۳۰٪ آن توسط دولت فدرال آلمان و دولت‌های ایالتی آن کشور تأمین می شود. این بودجه‌ها امکان تمرکز و فعالیت سازمان را برای حل مشکلاتی که تا ۵ یا ۱۰ سال آینده موضوعیتی در صنعت و جامعه ندارند، ایجاد می کند.

Fraunhofer – Gesellschaft یک سازمان غیر انتفاعی شناخته شده است که نام آن از یک محقق مونیخی به نام Joseph von Fraunhofer (۱۸۲۶-۱۷۸۷ میلادی) گرفته شده است.

از میان ۶۷ مؤسسه و مرکز تحقیقاتی زیرمجموعه این سازمان، مؤسسه Fraunhofer – Gesellschaft یکی از مؤسسات مطرح در زمینه مطالعات و تحقیقات انرژی به ویژه خورشیدی به شمار می رود. مؤسسه Fraunhofer برای سیستم‌های انرژی خورشیدی (ISE)^۱ که در سال ۱۹۸۱ تأسیس شد، با بیش از

^۱ - Institute for Solar Energy Systems

۱۱۰۰ نفر پرسنل، بزرگترین مؤسسه تحقیقات انرژی خورشیدی در اروپا است. Fraunhofer ISE بنیادهای فناوریانه را در جهت دستیابی به بازدهی انرژی بالا بر اساس مبانی زیست‌محیطی در کشورهای صنعتی و در حال توسعه ایجاد می‌نماید. دفتر مرکزی این مؤسسه در شهر فرایبورگ آلمان واقع شده است (شکل ۱).



شکل (۱): دفتر مرکزی Fraunhofer ISE در فرایبورگ آلمان [۱].

هدف این مؤسسه تمرکز بر تحقیقات در زمینه تبدیل، بازدهی، توزیع و ذخیره انرژی است تا بدین طریق کاربرد فناوری‌های نوین در زمینه انرژی را توسعه دهد. این مؤسسه، بررسی و توسعه در زمینه مواد، سیستم‌ها و فرآیندها فعالیت می‌کند. به علاوه، این مؤسسه دستورالعمل‌های انجام آزمون و صدور گواهی^۱ را نیز ارائه

^۱ - Certification

می‌دهد. Fraunhofer ISE از زیرساخت‌های آزمایشگاهی عالی برخوردار است. این مؤسسه بسته به نظر کارفرما به انجام تحقیق جهت رسیدن به راه حل برای مسئله یا مشکل مورد نظر می‌پردازند. در نهایت، نتایج به پنج شکل مختلف زیر ارائه می‌گردد:

- ماده / فرآیند جدید
- نمونه اولیه^۱ / سری پایلوت
- ثبت اختراع / پروانه^۲
- نرم‌افزار / اپلیکیشن
- تحلیل مبتنی بر فناوری اندازه‌گیری / کنترل کیفیت
- مشورت / برنامه‌ریزی / مطالعه

مؤسسه Fraunhofer ISE ۸۴٪ منابع مالی خود را از طریق قراردادهای خود در زمینه تحقیقات کاربردی، توسعه و خدمات فناوری بالا تأمین می‌کند. این مؤسسه عضوی از یک شبکه متحد از همکاری‌های ملی و بین‌المللی مانند انجمن تحقیقاتی آلمان برای انرژی تجدیدپذیر (FVEE) و آژانس مراکز انرژی تجدیدپذیر اروپا (EUREC)^۳ است.

ساختار مالی سازمان Fraunhofer – Gesellschaft میان بودجه‌های عملیاتی و سرمایه‌گذاری تمایز قائل می‌شود. بودجه عملیاتی، هزینه‌های مربوط به پرسنل و مواد، درآمد خارجی و تأمین سرمایه سازمانی را در بر می‌گیرد. در سال ۲۰۱۶، بودجه عملیاتی مؤسسه Fraunhofer ISE برابر ۷۲/۹ میلیون یورو بود. به علاوه، این

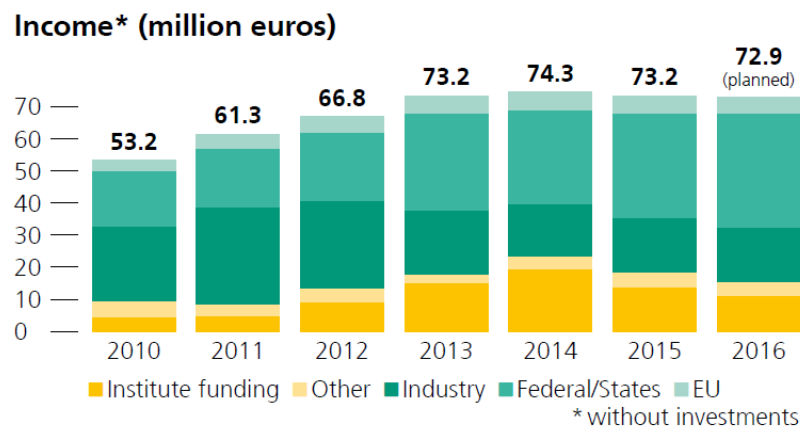
¹ - Prototype

² - License

³ - European Renewable Energy Centers

مؤسسه در سال ۲۰۱۶ سرمایه گذاری در حدود ۸/۲ میلیون یورو داشته است که شامل سرمایه‌گذاری برای ساخت بناها و ساختمان‌ها و برنامه محرک^۱ اقتصادی نمی‌گردد. در ۳۱ دسامبر ۲۰۱۶، تعداد کل پرسنل ۱۱۶۳ نفر بود که از این تعداد، ۱۲۴ نفر دانشجوی دکتری، ۱۱۵ نفر دانشجوی کارشناسی / کارشناسی ارشد، ۲۰ محقق و دانشمند مدعو، ۳۳ کارآموز^۲ و ۲۵۰ دستیار علمی^۳ بودند.

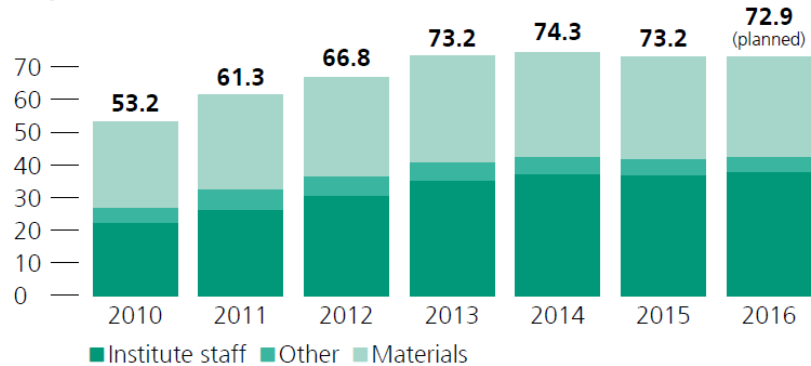
شکل‌های (۲)، (۳) و (۴) به ترتیب درآمد، هزینه و تعداد پرسنل مؤسسه Fraunhofer ISE را در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ نشان می‌دهد.



شکل (۱): نمودار درآمد مؤسسه Fraunhofer ISE ما بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ [۲].

1 - Stimulus
2 - Trainee
3 - Scientific Assistant

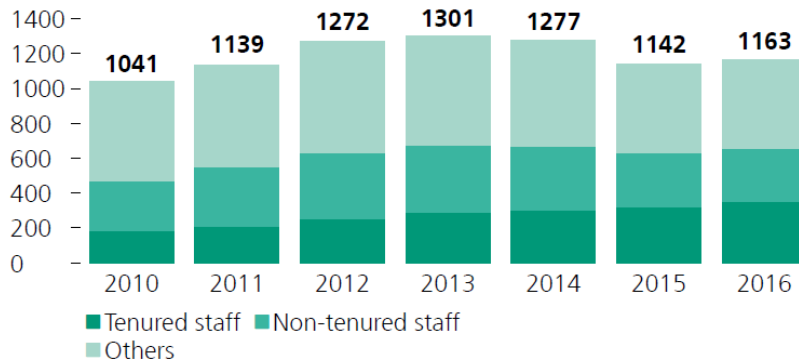
Expenditure* (million euros)



* without investments

شکل (۱): نمودار هزینه مؤسسه Fraunhofer ISE ما بین سال های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ [۲].

Personnel



شکل (۱): نمودار درآمد مؤسسه Fraunhofer ISE ما بین سال های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ [۲].

ساختار سازمانی

ساختار سازمانی Fraunhofer ISE (شکل ۵) جدا از سیستم اداری، خدمات فنی و واحدهای پرسنلی آن

تعریف شده است. ساختار سازمانی این مؤسسه از بخش‌های زیر تشکیل می‌شود:

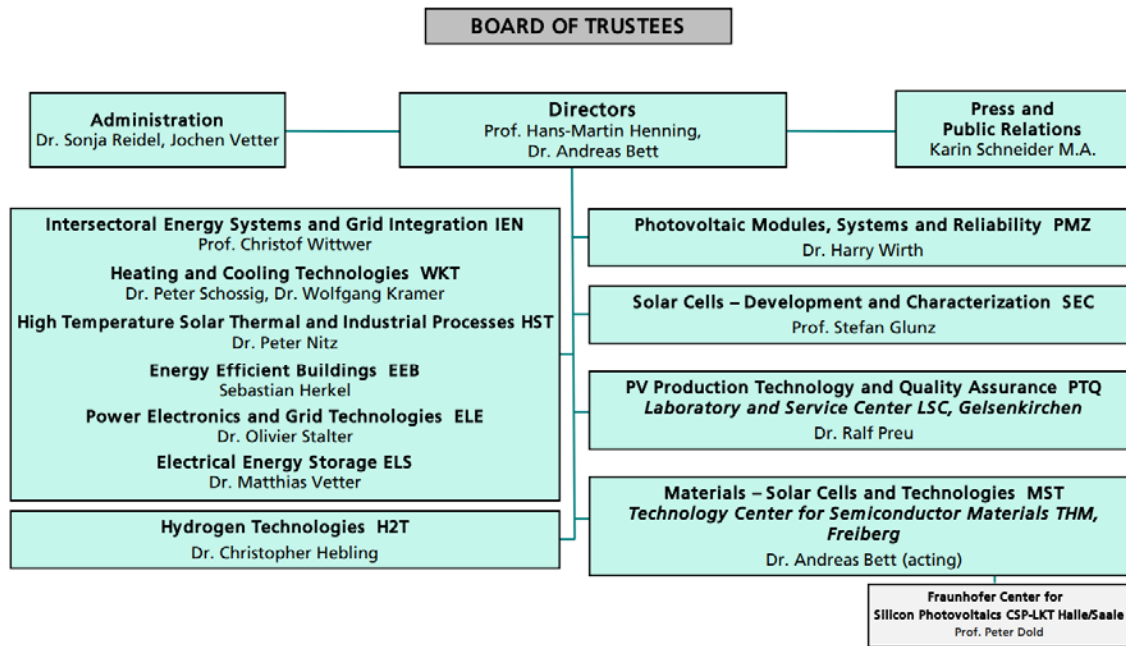
- سلول‌های خورشیدی - توسعه و مشخصه‌یابی

- فناوری تولید و تضمین کیفیت فوتولتائیک (PV)^۱
- فناوری‌های هیدروژنی
- مدول‌ها، سیستم‌ها و اطمینان‌پذیری فوتولتائیک
- مواد – سلول‌های خورشیدی و فناوری
- ساختمان‌های با بازدهی انرژی بالا
- فرآیندهای خورشیدی، حرارتی و صنعتی دمای بالا
- الکترونیک قدرت و فناوری شبکه توزیع
- سیستم‌های سازمانی میان‌بخشی^۲ و تجمیع^۳ شبکه
- ذخیره انرژی الکتریکی
- فناوری‌های گرمایشی و سرمایشی

^۱ - Photovoltaic

^۲ - Intersector

^۳ - Integration



Status: July 2017

© Fraunhofer

 Fraunhofer

شکل (۴): ساختار سازمانی مؤسسه Fraunhofer ISE [۱].

مؤسسه Fraunhofer ISE در پنج حوزه تجاری بازار- محور زیر حضور دارد:

- فوتولتائیک
- فناوری خورشیدی حرارتی
- فناوری انرژی ساختمان
- فناوری هیدروژن
- فناوری سیستم انرژی

هر یک از بخش‌های مذکور دارای واحدهای زیرمجموعه مختص خود هستند که به قرار زیر می‌باشد:

- فوتولتائیک

- فوتولتائیک‌های سیلیکونی

- فوتولتائیک‌های III-V و متمرکز کننده
- فناوری‌های فوتولتائیک نوظهور
- مدول‌ها و نیروگاه‌های فوتولتائیک

- فناوری خورشیدی حرارتی

- تحقیقات مواد و اپتیک
- جمع کننده‌های حرارتی^۱ و اجزاء
- مهندسی سیستم‌های حرارتی
- ذخیره حرارتی برای نیروگاه‌ها و صنعت
- پردازش آب^۲

- فناوری انرژی ساختمان

- جدا کننده‌های ساختمان^۳
- فناوری‌های ترمومکانیکی
- تولید هیدروژن از طریق الکترولیز آب
- سیستم‌های پیل سوختی

- فناوری سیستم انرژی

- الکترونیک قدرت

¹ - Thermal Collector

² - Water Treatment

³ - Building Envelope

- فناوری شبکه توزیع هوشمند
- تجمیع سیستم - الکتریسته، گرما، گاز
- سیستم‌های باتری برای کاربردهای ایستگاهی^۱ و قابل حمل^۲
- تحلیل سیستم انرژی



شکل (۵): بخش فوتولتائیک مؤسسه Fraunhofer ISE [۱].

واحدهای خدماتی^۳

واحدهای خدماتی مؤسسه Fraunhofer ISE عبارت است از آزمایشگاه‌های خدماتی که کل موضوعات تحقیقاتی تعریف شده در مؤسسه را پوشش می‌دهد و پشتیبانی می‌کند. در میان این آزمایشگاه‌ها، شش آزمایشگاه معتبر انجام تست و کالیبراسیون وجود دارد. آزمایشگاه‌های مذکور بسته به سیستم‌ها و تجهیزات خاص آزمون اندازه‌گیری خود خدماتی را به صنعت ارائه می‌دهند.

¹ - Stationary
² - Mobile
³ - Service Units

این آزمایشگاه‌ها به شرح زیر می‌باشند:

- آزمایشگاه کالیبراسیون سلول‌های فوتوولتائیک
- آزمایشگاه کالیبراسیون مدول‌های فوتوولتائیک
- آزمایشگاه تست مدول‌های فوتوولتائیک
- آزمایشگاه تست سیستم‌های خورشیدی حرارتی
- آزمایشگاه تست نماهای خورشیدی^۱
- آزمایشگاه تست الکترونیک قدرت
- آزمایشگاه خدماتی^۲ نیروگاه‌های فوتوولتائیک
- آزمایشگاه خدماتی باتری
- آزمایشگاه خدماتی انرژی هوشمند
- آزمایشگاه خدماتی جرقه و وسایل DC
- آزمایشگاه خدماتی پیل سوختی
- آزمایشگاه خدماتی پمپ حرارتی و چیلر
- آزمایشگاه خدماتی مواد ترمومکانیکی و متخلخل
- آزمایشگاه خدماتی مواد فاز متغیر^۳
- آزمایشگاه خدماتی واحدهای Air Handling

¹ - Solar Facades

² - Service Lab

³ - Phase Change Materials

- آزمایشگاه خدماتی مبدل‌های حرارتی

دفاتر غیر مرکزی و شرکت‌های وابسته

- مؤسسه Fraunhofer ISE به جز دفتر مرکزی خود در فرایبورگ آلمان، دارای دفاتر و شرکت‌های اقماری در سایر نقاط جهان نیز می‌باشد. این دفاتر و شرکت‌ها عبارتند از:
- آزمایشگاه و مرکز خدمات (LSC) در Gelsenkirchen آلمان
 - مرکز فرانوفر برای فوتوولتائیک‌های سیلیکونی (CSP) در Halle / Saale آلمان
 - مرکز فناوری برای مواد نیمه هادی (THM) در فرایبورگ آلمان
 - مرکز فرانوفر برای سیستم‌های انرژی پایدار (CSE) در بوستون امریکا
 - مرکز تحقیقات شیلی فرانوفر - مرکز فناوری‌های انرژی خورشیدی (FCR-CSET) در سانتیاگو شیلی.

منابع

- [1] Fraunhofer ISE. (November, 2017). Retrieved from: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/>
- [2] Fraunhofer ISE. (2017). Fraunhofer ISE - Annual report 2016/17. Retrieved from: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/annual_reports/fraunhofer-ise-annual-report-2016-2017.pdf
- [3] Fraunhofer ISE. (2017). Fraunhofer ISE - A Short Overview. Retrieved from: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/infomaterial/kurzportrait/Fraunhofer%20ISE%20-%20A%20Short%20Overview.pdf>

بررسی عملکردی استک پیل سوختی اکسید جامد پس از ۴۸ ساعت کار در گاز طبیعی برای اولین

بار در کشور در پژوهشگاه نیرو

(ارائه شده در چهارمین کنفرانس هیدروژن و پیل سوختی - اردیبهشت ماه ۱۳۹۶)

مرتضی ترابی^۱، حمید عبدلی^۱، شهریار بزرگمهری^۱، خالد آذری^۱، حامد محبی^۱، محمد گل محمدی^۱، مجید عمیدپور^۲، سید احمد موسوی^۳

چکیده: استک دو واحدی پیل سوختی اکسید جامد در این تحقیق ساخته و تست گردید. هدف کاربرد طولانی مدت پیل سوختی ارزان قیمت برای گاز طبیعی بعنوان سوخت می باشد. بهمین دلیل استک دو واحدی بر اساس طراحی جدید اتصال دهنده‌های ارزان قیمت و همچنین استفاده از مواد اولیه ارزان مورد بررسی قرار گرفت. استک در هیدروژن خالص در دبی‌های سوخت و اکسیژن 1000 ccm به بیشینه توان بیش از 30 وات در جریان 33 آمپر دست یافت. سپس گاز طبیعی تر با استفاده از ریفورمر داخلی و سیستم رطوبت زن مورد استفاده قرار گرفت و استک پس از گذشت 24 ساعت با افت فقط $1/4\%$ به کار خود در گاز طبیعی ادامه داد. در دبی گاز طبیعی مرطوب و اکسیژن 1000 ccm به بیشینه توان 32 وات در جریان 33 آمپر رسید. پس از 48 ساعت ماندگاری در گاز طبیعی مرطوب، توان به 34 وات در جریان 38 آمپر رسید.

کلمات کلیدی: استک؛ پیل سوختی اکسید جامد؛ اتصال دهنده‌ها؛ گاز طبیعی

^۱- گروه انرژی‌های تجدیدپذیر، پژوهشکده انرژی و محیط زیست، پژوهشگاه نیرو

^۲- پژوهشکده انرژی و محیط زیست، پژوهشگاه نیرو

^۳- سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)

۱- مقدمه

پیل‌های سوختی اکسید جامد (SOFC) به عنوان یکی از برجسته‌ترین ادوات تبدیل انرژی محسوب می‌شوند چراکه می‌توانند بطور مستقیم انرژی شیمیایی انواع مختلفی از سوخت‌ها را طی فرآیند الکتروشیمیایی با بازدهی بالا به الکتریسیته تبدیل کنند. در مقایسه با دیگر سیستم‌های پیل سوختی، SOFCها انعطاف بیشتری در مورد سوخت مصرفی دارند چرا که به طور داخلی می‌توانند گاز طبیعی یا هر سوخت دیگری را که به آند وارد می‌شود را تبدیل کنند [۱-۵]. یکی از چالش‌ها در مورد تجاری‌سازی آنها خلوص بالای هیدروژن مصرفی می‌باشد که هزینه تولید آن منجر به افزایش قیمت می‌شود. بنابراین اکسیداسیون سوخت‌های هیدروکربنی به طور مستقیم بر روی آندهای SOFC توسط بسیاری از محققین بررسی شده است [۶ و ۷]. آندهای SOFCها متشکل از سرامیک‌های پایه نیکل است که رسانایی الکتریکی بالایی داشته و اکتیویته اکسیداسیون هیدروژن به طور الکتروشیمیایی در آنها بسیار بالاست. نیکل در آند اثر کاتالیستی قوی در شکستن پیوندهای هیدروکربن دارد. این اتفاق منجر به بروز پدیده کک‌زایی بر روی سطح آند می‌شود که عملکرد الکتروشیمیایی پیل را به سرعت کاهش می‌دهد [۸-۱۱]. بنابراین ترکیب Ni-YSZ فقط وقتی قابل استفاده است که مقدار زیادی بخار به همراه سوخت وارد سیستم پیل شود تا اطمینان حاصل شود که رسوب کربن به حداقل رسیده و فرایند تبدیل سوخت بخوبی انجام شده است. در این مقاله ما با استفاده از بخار آب و تنظیم نسبت آن با گاز طبیعی توانستیم استک دو واحدی پیل سوختی اکسید جامد را به مدت ۴۸ ساعت با کارایی بالا تهیه کنیم و بدون ایجاد کربن و افت توان استک پیل سوختی به کار خود ادامه دهد.

۲- مواد و روش‌ها

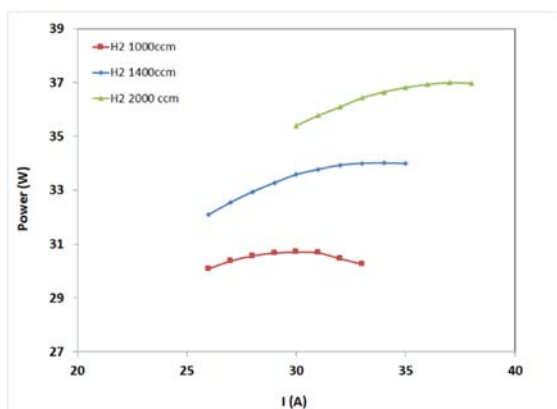
در این مرحله از استک دو واحدی (یعنی دو پیل در یک استک) استفاده گردید. پیل‌های ساخته شده بین اتصال‌دهنده‌ها قرار گرفته و فرآیند اتصال و سیل کردن انجام می‌شود. بدین منظور از خمیر نقره برای اتصال سطح کاتدی به اتصال‌دهنده‌های فولادی در سمت کاتد و از خمیر نیکل و مش نیکل برای اتصال سطح آندی به اتصال‌دهنده‌ها قسمت آندی استفاده گردید. اتصال‌دهنده‌ها از فولاد ۴۳۰ به روش تراشکاری ساخته شده اند. پس از تراشکاری و تهیه اتصال‌دهنده‌ها، سطح آن‌ها با استفاده از اسپینل منگنز کبالت با فرمول شیمیایی $MnCo_2O_4$ به روش اسپری تر پوشش داده می‌شود. پس از این مرحله، اتصال‌دهنده‌ها پوشش داده شده در کوره باکسی قابل سیل شدن بمدت ۱۲ ساعت در دمای $450^{\circ}C$ عملیات حرارتی می‌شود. سپس در جریان گاز هیدروژن رقیق (۵٪) طی ۳/۵ ساعت به دمای $800^{\circ}C$ رسیده و ۸ ساعت در این دما باقی می‌ماند و سپس به آرامی در کوره خنک می‌شود. سل اکسید جامد که بر روی آن خمیر نقره و نیکل اعمال شده است بین اتصال‌دهنده‌ها قرار می‌گیرد و برای آب‌بندی آن‌ها از سیلانتهای آلومینایی استفاده می‌شود.

کوره به آرامی تا دمای $800^{\circ}C$ گرم می‌شود درحالیکه استک در داخل کوره قرار دارد. پس از رسیدن به این دما، ابتدا گاز نیتروژن و سپس گاز هیدروژن رقیق (۵٪) به درون استک تزریق می‌شود. سپس بعد از تنظیم دبی و شرایط تزریق هیدروژن رقیق، استک بمدت ۲ ساعت در دبی 1600 ccm رها شد که پس از این مدت ولتاژ به $1/62$ ولت افزایش پیدا کرده بود. با تزریق اکسیژن با دبی 1000 ccm ، ولتاژ به $1/71$ ولت رسید. در این حالت تحت بار ۱ آمپر ولتاژ $1/23$ ولت می‌باشد. با کاهش دبی به هیدروژن خالص سوئیچ شد. پس از گذشت چند دقیقه ولتاژ مدار باز به $1/87$ ولت رسید. در ادامه تست‌های ولتامتری و کرونیپتانسیومتری برای

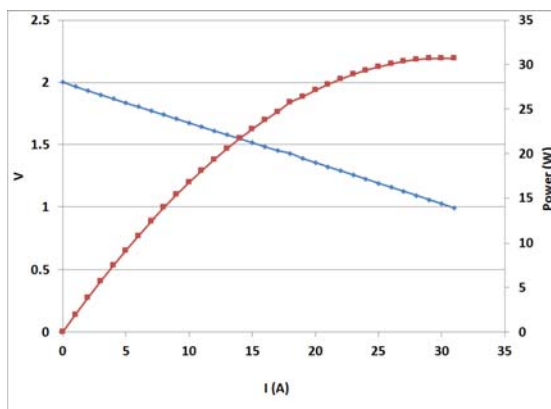
بررسی عملکرد استک مورد استفاده قرار گرفتند. تجهیزات مورد استفاده شامل واحد تزریق گاز ساخت شرکت Wonatech کره جنوبی و اتولب می‌باشند.

۳- نتایج و بحث

پس از گذشت زمان، در جریان اعمالی ۱۱ آمپر، OCV به ۱/۹۷ ولت رسیده است و در جریان اعمالی ۱۴ آمپر، OCV حدود ۱/۹۹۶ ولت می‌باشد که معادل حدود ۱ ولت بازای هر سل می‌باشد که بسیار نزدیک به مقدار تئوری می‌باشد. در این حالت تست IV انجام شد و توان ماکزیمم ۳۰/۷۲ وات در جریان ۳۳ آمپر بدست آمد (شکل ۱ الف). همچنین تست IV در دبی‌های بالاتر نشان داد که با افزایش دبی هیدروژن به ۲۰۰۰ ccm، توان به ۳۷ وات افزایش می‌یابد (شکل ۲ ب).



ب

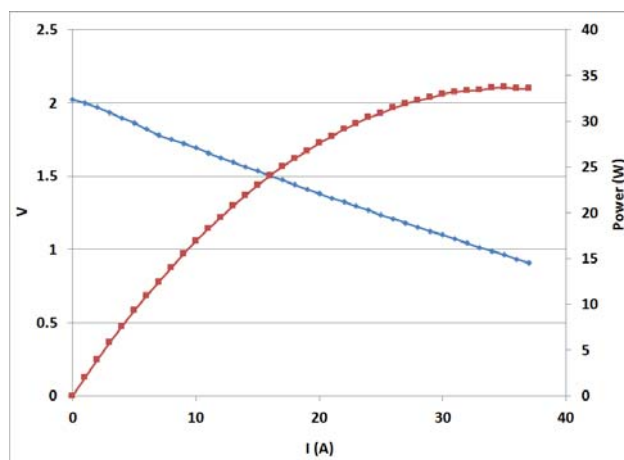


الف

شکل (۱): (الف) نمودار IV در هیدروژن با دبی ۱۰۰۰ ccm و اکسیژن ۱۰۰۰ ccm؛ (ب) نمودار تغییرات توان در دبی‌های مختلف هیدروژن.

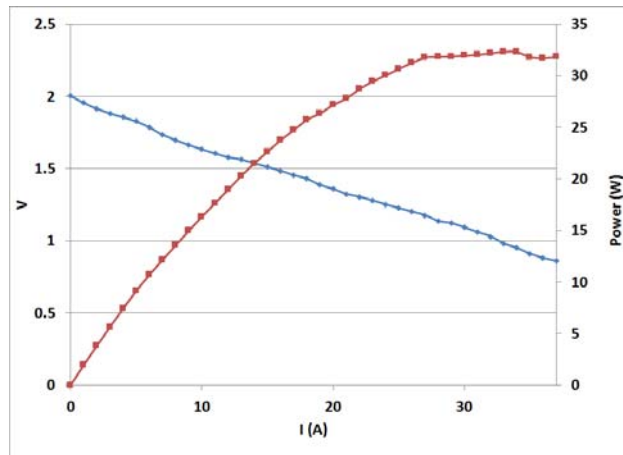
سپس استک تحت جریان ۲۲ آمپر قرار گرفت و دبی سوخت و هوا روی ۱۰۰۰ ccm تنظیم شد. در این حالت ولتاژ ۱/۲۹۸ ولت می‌باشد و بخار آب با دبی حدود ۲۰۰۰ ccm وارد سیستم گردید. سپس بر روی گاز طبیعی

سوئیچ شد ولتاژ به ۱/۳۸ ولت رسیده است. در اینحالت تست IV بر روی استک انجام رفت. توان ماکزیمم ۳۳/۷۴ وات و OCV حدود ۲/۰۲۴ ولت ثبت گردید (شکل ۲).



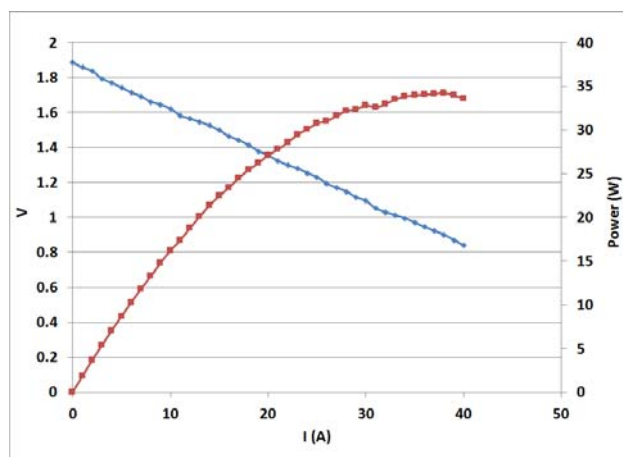
شکل (۲): نمودار IV در گاز طبیعی مرطوب با دبی ۱۰۰۰ ccm و اکسیژن ۱۰۰۰ ccm قبل از ۲۴ ساعت.

در نهایت و در پایان روز استک تحت جریان ۱۶ آمپر و دبی گاز طبیعی و اکسیژن هر دو ۶۰۰ ccm برای مدت ۲۴ ساعت رها شد در حالی که ولتاژ روی ۱/۴۲ تثبیت شده است. پس از گذشت حدود یک روز از تست همچنان عدد ثبت شده برای سیستم ۱/۴۲ ولت می باشد و سیستم بدون افتی همچنان در حال کار می باشد. در این حالت و پس از گذشت ۲۴ ساعت تست IV انجام گرفت. توان ماکزیمم ۳۲/۳۴ وات در جریان ۳۳ آمپر بدست آمد (شکل ۳).

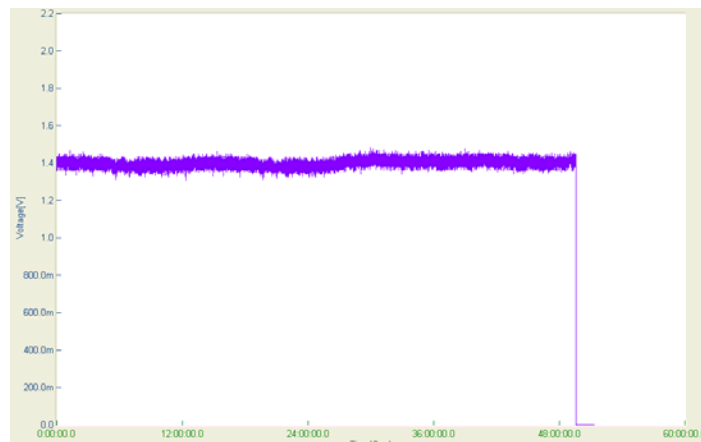


شکل (۳): نمودار IV در گاز طبیعی مرطوب با دبی ۱۰۰۰ ccm و اکسیژن ۱۰۰۰ ccm پس از ۲۴ ساعت ماندگاری در گاز طبیعی.

بعد از پایان ۲۴ ساعت اول دبی گاز طبیعی و اکسیژن بر روی ۴۰۰ ccm و بار ۱۴ آمپر قرار گرفت و ولتاژ ۱/۴ ولت تثبیت گردید. مجدداً تست برای ۲۴ ساعت دوم و رسیدن به ۴۸ ساعت کاری ادامه یافت. بعد از ۲۴ ساعت دوم و در پایان ۴۸ ساعت کاری، مشخص شد که ولتاژ در ۱/۳۸ ولت قرار داشته و افت ناچیزی را متحمل شده است (۱/۴٪). مجدداً تست IV در این شرایط انجام شد و در جریان ۳۸ آمپر به بیشینه توان خود یعنی ۳۴/۲۳ وات می‌رسد (شکل ۴) که نسبت به روز اول نیز با افزایش توان همراه است.



شکل (۴): نمودار IV در گاز طبیعی مرطوب با دبی ۱۰۰۰ ccm و اکسیژن ۱۰۰۰ ccm پس از ۴۸ ساعت ماندگاری در گاز طبیعی.



شکل (۵): نمودار V_t بعد از گذشت ۴۸ ساعت کار در گاز طبیعی مرطوب و هوا.

شکل (۶) نیز تصویر استک را بعد از باز کردن نشان می‌دهد که نشان از احیای کامل پیل‌ها دارد. همچنین اثر

خمیر نقره بر روی سطح کاتد بخوبی مشخص است.



شکل (۶): تصویر پیل‌های استک پس از باز کردن سیستم.

۴- نتیجه‌گیری

استفاده از بخار آب باعث می‌شود که از ایجاد کربن بر روی آند جلوگیری شود. در سیستم استک دو واحدی در این تحقیق از نسبت بخار آب به گاز طبیعی ۲ استفاده شد و ترکیب بخار آب با گاز طبیعی منجر به ریفرمینگ در جای گاز طبیعی در سطح آند و تبدیل آن به اکسید کربن و هیدروژن می‌شود. بدین ترتیب

سیستم استک دو واحدی پس از گذشت ۴۸ ساعت کاری با افت پتانسیل کمی همراه بوده و حتی توان بیشینه آن نیز افزایش داده است بطوری که توان استک از ۳۲ وات قبل از شروع تست طولانی مدت به بیش از ۳۴ وات پس از ۴۸ ساعت افزایش یافته است. بدین ترتیب می‌توان با استفاده از پوشش‌دهی اتصال‌دهنده‌ها، مقاومت آن‌ها را کاهش داده و با استفاده از مواد ارزان برای ساخت سل و اتصال‌دهنده و اجزای استک سیستم پیل سوختی اکسید جامدی را تهیه کرد که بتوان در آن از گاز طبیعی با بازدهی بالا استفاده کرد.

۵- جمع‌بندی

پوشش‌دهی اتصال‌دهنده‌ها با استفاده از مواد اسپینل، طراحی جدید اتصال‌دهنده‌ها، استفاده از مواد ارزان و حذف مواد گران قیمت مانند مش نقره به‌مراه تزریق بخار آب منجر به از بین رفتن رسوب کربن در سطح آند شده و می‌تواند کارایی بلند مدت استک را تضمین کند.

۶- مراجع

- [1] Hecht, E.S. (2005); "Methane reforming kinetics within a Ni-YSZ SOFC anode support"; Appl. Catal. A; Vol. 295; pp. 40-51.
- [2] Atkinson, A. (2004); "Advanced anodes for high-temperature fuel cells"; Nat. Mater.; Vol
- [3] Huang, B., Wang, S., Liu, R., Wen, T., (2007) "Preparation and performance characterization of the FeNi/ScSZ cermet anode for oxidation of ethanol fuel in SOFCs"; J. Power Sources; Vol. 167; pp. 288-294.
- [4] Douvartzides, S., Coutelieris, F., Demin, A., Tsiakaras, P. (2004); "Electricity from ethanol fed SOFCs: the expectations for sustainable development and technological benefits"; Int. J. Hydrogen Energy; Vol. 29; pp. 375-379.

- [5] Macedo, I., Seabra J., Silva J. (2008); "Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020"; Biomass Bioenergy; Vol. 32; pp. 582-595.
- [6] Cimenti M., Hill, J. (2009); "Direct utilization of ethanol on ceria based anodes for solid oxide fuel cells"; Asia-Pacific J. Chem. Eng.; Vol. 4; pp. 45-54.
- [7] Resini, C., Delgado, M., Presto, S. (2008); "Yttria-stabilized zirconia (YSZ) supported Ni-Co alloys (precursor of SOFC anodes) as catalysts for the steam reforming of ethanol"; Int. J. Hydrogen Energy; Vol. 33; pp. 3728-3735.
- [8] Mermelstein, J., Millan, M., Brandon, N. (2009); "The impact of carbon formation on Ni-YSZ anodes from biomass gasification model tars operating in dry conditions"; Chem. Eng. Sci.; Vol. 64; pp. 492-500.
- [9] Gavrielatos, I., Drakopoulos, V., Neophytides, S.G. (2008); "Carbon tolerant NiAu SOFC electrodes operating under internal steam reforming conditions"; J. Catal.; Vol. 259; pp. 75-84.
- [10] RosaL. (2009); "Mitigation of carbon deposits formation in intermediate temperature solid oxide fuel cells fed with dry methane by anode doping with barium"; J. Power Sources; Vol. 193; pp.160-164.
- [11] Baker, R. (1989); "Catalytic growth of carbon filaments"; Carbon; Vol. 27; pp. 315-323.

شناسایی و طبقه‌بندی فناوری‌های نوین حوزه انرژی زمین‌گرمایی در ایران (درخت فناوری)

(ارائه شده در سی‌امین کنفرانس بین‌المللی برق - آبان ماه ۱۳۹۴)

جواد نورعلی^۱، فائزه السادات شیخ‌الاسلامی^۱، داور ابراهیمی^۱، علی شفیعی^۲، اسماعیل اسماعیلی^۲

چکیده: انرژی زمین‌گرمایی، یکی از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر است که از انرژی حرارتی نهفته در اعماق زمین بدست می‌آید. از چند دهه قبل، فعالیت‌ها و اقداماتی در خصوص بهره‌مندی از منابع این انرژی در کشور صورت گرفته است. یکی از مهم‌ترین اقداماتی که به منظور توسعه کاربرد این انرژی در کشور می‌توان انجام داد، توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زمین‌گرمایی می‌باشد. بنابراین، در نخستین گام جهت توسعه فناوری‌های حوزه انرژی زمین‌گرمایی، شناسایی و طبقه‌بندی آنها می‌باشد. گروه انرژی‌های تجدیدپذیر پژوهشگاه با انجام پروژه‌های تحقیقاتی، به این موضوع پرداخت. نهایتاً پس از مطالعات و تحقیقات گسترده، مشخص شد که فناوری‌های حوزه انرژی زمین‌گرمایی به دو دسته فناوری‌های مرتبط با منابع زمین‌گرمایی عمیق و کم عمق تقسیم می‌گردند. فناوری‌های مرتبط با منابع عمیق خود به دو دسته فناوری‌های منابع هیدروترمال و فناوری‌های منابع زمین‌گرمایی پیشرفته (EGS) تقسیم می‌گردند. ضمناً فناوری‌های مرتبط با منابع کم عمق نیز همان فناوری سیستم‌های پمپ حرارتی زمین‌گرمایی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: زمین‌گرمایی، انرژی‌های نو، انرژی‌های تجدیدپذیر، درخت فناوری.

۱- مقدمه

انرژی زمین‌گرمایی، یک منبع انرژی پاک و پایدار است که از حرارت زمین بدست می‌آید. ذخایر این انرژی یا از حرارت اعماق کم زمین بدست می‌آیند (پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی) یا از حرارت آب داغ و سنگ‌های داغی که در چند کیلومتری زیر زمین واقع شده اند بدست می‌آیند. البته گاهی اوقات ممکن است ذخایر این

^۱ - گروه انرژی‌های تجدیدپذیر، پژوهشگاه انرژی و محیط زیست، پژوهشگاه نیرو، پست الکترونیک: jnouraliee@nri.ac.ir

^۲ - شرکت آتی اندیشان شریف

انرژی در اعماق بیشتر و در سنگ‌های مذابی (ماگما) که دارای درجه حرارت بسیار زیاد هستند وجود داشته باشد [۱]. به کمک این منبع انرژی، هم می‌توان برق تولید نمود و هم از انرژی حرارتی سیال زمین‌گرمایی جهت طرح‌های مختلف کاربرد مستقیم انرژی زمین‌گرمایی بهره برداری نمود. این طرح‌ها شامل گرمایش فضا (گلخانه-ها، منازل مسکونی- تجاری)، پرورش آبزیان، مجتمع‌های آب درمانی، ذوب یخ و برف جاده‌ها و معابر و غیره می‌باشد.

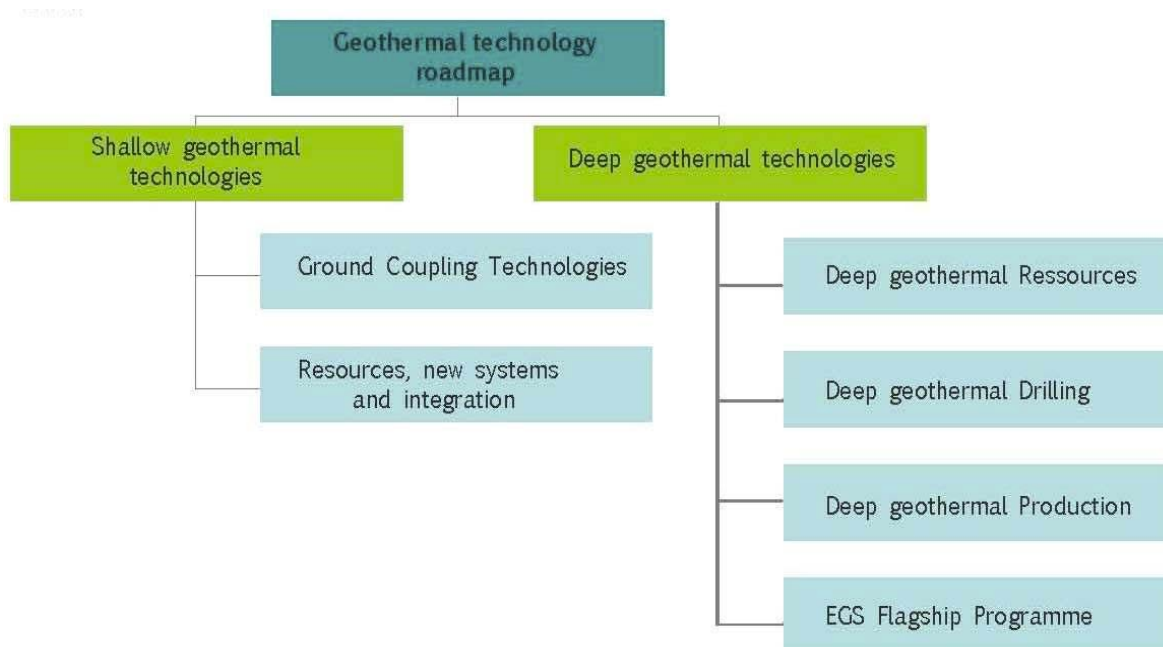
انرژی زمین‌گرمایی دارای مزایای خاص و منحصر به فردی نسبت به منابع انرژی متعارف و حتی سایر انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. از جمله مهمترین مزایای این منبع انرژی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: در دسترس بودن منبع به طور منظم، آلاینده‌گی بسیار کم، طول عمر بالای مخزن، قیمت تمام شده انرژی (LCOE) پایین، ضریب ظرفیت^۱ بالا [۲ و ۳].

علی‌رغم انجام پروژه‌های پژوهشی و اجرایی در حوزه انرژی زمین‌گرمایی در کشور و همچنین احداث نخستین نیروگاه زمین‌گرمایی کشور در منطقه مشکین شهر، تاکنون فناوری‌های مرتبط با این انرژی به طور جامع و یک‌پارچه در کشور مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. بنابراین، به منظور بررسی و طبقه‌بندی فناوری‌های حوزه انرژی زمین‌گرمایی گروه انرژی‌های تجدیدپذیر پژوهشگاه نیرو، اجرای طرحی پژوهشی را با همین مضمون در دستور کار خود قرار داده است که نتایج طرح مذکور به اختصار در این مقاله ارائه می‌گردد.

^۱- Capacity Factor

۲- تاریخچه

پس از بررسی پایگاه‌های اطلاع‌رسانی در شبکه اینترنت، مشخص گردید که هیچ یک از کشورهای فعال در حوزه انرژی زمین‌گرمایی، طبقه‌بندی فناوری‌های مرتبط با انرژی زمین‌گرمایی در کشور خود را منتشر ننموده‌اند. البته، مؤسسه Renewable Energy House در کشور بلژیک، فناوری‌های حوزه انرژی زمین-گرمایی را بر حسب عمق منبع زمین‌گرمایی طبقه‌بندی نموده است که در شکل (۱) نمایش داده شده است.



شکل (۱): نحوه تقسیم‌بندی فناوری‌های مرتبط با انرژی زمین‌گرمایی در کشورهای اتحادیه اروپا [۴].

پس از اجرای طرح هدفمندسازی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۹، مبحث انرژی‌های تجدیدپذیر بیش از گذشته مورد توجه دست‌اندرکاران مقوله انرژی در کشور، قرار گرفت. از بین انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی زمین-گرمایی برای عموم مردم و حتی محافل دانشگاهی و علمی نیز شناخته شده نیست. بنابراین، یکی از مهمترین

اقدامات به منظور شناخت و توسعه کاربرد این انرژی در کشور، فرهنگ سازی و آگاهی بخشی عموم مردم می‌باشد. بدیهی است که توسعه کاربرد انرژی زمین‌گرمایی در کشور مستلزم توسعه فناوری‌های مرتبط با این منبع انرژی می‌باشد. از آنجایی که جنبه‌های فناورانه انرژی زمین‌گرمایی حتی برای متخصصین مربوطه آن نیز در کشور ناشناخته بوده، لذا ضرورت بررسی فناوری حوزه انرژی زمین‌گرمایی و بالطبع گلوگاه‌های فناورانه آن به شدت در کشور احساس گردید.

بنابراین، طی سال گذشته، گروهی از خبرگان، صاحب‌نظران و پژوهشگران حوزه انرژی زمین‌گرمایی به مطالعه و تحقیق در این مقوله پرداختند که نتایج آن به صورت درخت فناوری انرژی زمین‌گرمایی ارائه می‌گردد.

۳- مدل‌های شناسایی فناوری

شناخت فناوری منجر به تعیین مرزهای دانشی می‌گردد. در ادبیات راه‌های مختلفی مانند تعیین نزدیکی میان حوزه‌های فناورانه با اندازه‌گیری فاصله‌ی فناورانه (Elinberg and Sjoberg, 1995; Granstrand and Jacobsson, 1991)، و برآورد حجم بازآموزی موردنیاز که متخصصان یک حوزه برای کار در سایر حوزه‌ها لازم دارند از طریق نظر خبرگان و تحلیل‌های کتاب‌سنجی و پتنت (Grupp, 1996)، برای شناسایی اجزای فناوری مورد مطالعه استفاده می‌گردد. در کنار این دو روش، در ادبیات مدیریت فناوری، حوزه‌ای به نام شناسایی فناوری وجود دارد که همین هدف شناخت فناوری را دنبال می‌کند. براساس هکس و ماجلوف (۱۹۹۶)، شناسایی فناوری می‌تواند علاوه بر شناخت فناوری، شامل یک ارزیابی اولیه به‌منظور حذف گزینه‌های نامربوط نیز باشد. این عمل باعث می‌گردد تا تعدادی از حوزه‌ها که ارزش راهبردی بیشتری دارند در

قدم‌های بعدی ارزیابی گردند و حوزه‌هایی با اثر بخشی کمتر از گردونه ارزیابی خارج گردند و در زمان و هزینه فرایند تدوین راهبرد صرفه‌جویی شود. با این تعریف، روش‌های فناوری را می‌توان به دو گروه تقسیم نمود: روش‌هایی که تنها به شناسایی لیست ساده از فناوری‌ها می‌پردازند. روش‌هایی که علاوه بر شناسایی، دست به ارزیابی اولیه و حذف فناوری‌های نامربوط نیز می‌زنند.

در ادبیات مدیریت فناوری، رویکردهای مختلفی برای شناسایی فناوری ارائه گردیده است (آراستی و باقری‌مقدم، ۲۰۱۰). در اینجا به توضیح مختصر روش‌ها و مقایسه میان آن پرداخته می‌شود. با توضیح هر روش و نیز انجام مقایسه میان آن‌ها می‌توان روش مناسب برای شناسایی زیرفناوری‌ها در فناوری‌های راهبردی را انتخاب نمود.

۳-۱- نگرش زنجیره ارزش فناوری

این روش توسط مایکل پورتر در سال ۱۹۸۵ ارائه گردیده است، او هر بنگاه را مجموعه‌ای از فعالیت‌هایی می‌داند که به منظور طراحی، تولید، بازاریابی، فروش و خدمات پس از فروش محصول یا خدمات انجام می‌شوند. این فعالیت‌ها به دو دسته فعالیت‌های اصلی و فعالیت‌های پشتیبانی تقسیم می‌شوند.

۳-۲- نگرش فرآیندی

فرآیند به صورت مجموعه‌ای از فعالیت‌ها تعریف می‌شود که ورودی را به خروجی تبدیل می‌کند. این تبدیل به منظور ایجاد نتایج ارزشمند برای مشتریان داخلی و خارجی صورت می‌پذیرد. فناوری در تمام فرآیندهای بنگاه که ورودی‌ها را به خروجی تبدیل کرده و برای مشتری ارزش‌آفرینی می‌کنند، به چشم می‌خورد.

در این میان، فناوری‌های راهبردی نیز فناوری‌هایی هستند که در فرآیندهای کلیدی بنگاه به‌کار رفته‌اند یا قابلیت استفاده را دارند. فرآیندهای کلیدی نیز فرآیندهایی هستند که بیشترین نقش را در موفقیت بنگاه دارا می‌باشند.

برای استفاده از این روش، در ابتدا زنجیره اصلی فرآیند شناسایی می‌شود و فرآیندهای کلیدی آن معین می‌گردد. از آنجا که هر فرآیند متشکل از چندین فعالیت می‌باشد، با شناسایی فناوری‌های مرتبط با هر فعالیت، می‌توان حوزه‌ی راهبردی را انتخاب نمود. جهت تکمیل شناسایی، شناخت فناوری‌های رقیبی که در هر فعالیت می‌توانند جایگزین فناوری فعلی باشند نیز به عمق شناسایی کمک شایانی می‌نماید.

۳-۳- نگرش نگاشت فناوری

عموماً از نگاشت فناوری در برنامه‌ریزی فناوری در سطح ملی استفاده می‌شود. برنامه‌ریزی فناوری به فهم عمیقی از فناوری‌ها و روند تغییرات آن نیاز دارد. رسم یک نگاشت به تصمیم‌گیران در بحث و تبادل نظر کمک می‌کند (Khalil, 2000b). نگاشت به صورت متنی یا گرافیکی به تعیین ارتباطات در میان فناوری‌ها کمک می‌کند. ترسیم نگاشت، یک راه ایده‌آل برای نمایش گرافیکی یا متنی از اجزاء، پیکربندی و ارتباطات بین اجزاء دانش مورد نظر بوده و موجب فهم دقیق‌تری از موضوع، حتی برای افراد نا آشنا، می‌شود. نگاشت فناوری معمولاً در سطح ملی و برای یک بخش یا حوزه فناوری یا صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در یک تعریف ساده عموماً یک نگاشت، شامل تعدادی گره و خط می‌باشد. هر گره می‌تواند بیانگر یک موضوع، مفهوم، فناوری، کاربرد یا هرگونه اطلاعات دیگر بوده و خطوط بین گره‌ها، ارتباط بین آنها را نشان

می‌دهد. یکی از مهمترین کاربردهای نگاشت فناوری برای مدیران، برنامه‌ریزان و مدیران تحقیق و توسعه، امکان شناسایی و تحلیل و تصمیم‌گیری بر روی فناوری مرتبط با فعالیت‌ها یا فرایندهای بنگاه، همچنین کنترل و ردیابی اثرات فناورانه آن‌ها بر محصولات و خدماتشان می‌باشد.

۴- طبقه‌بندی فناوری‌های حوزه انرژی زمین‌گرمایی

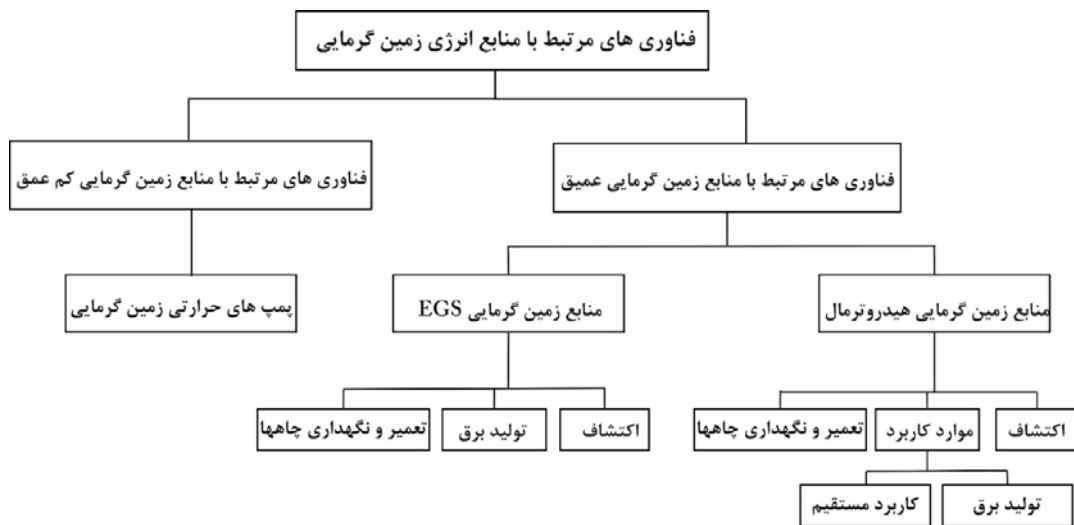
فناوری‌های حوزه انرژی زمین‌گرمایی، همانند انرژی‌های خورشیدی و زیست توده بسیار متنوع و گسترده می‌باشند. بنابراین، طبقه بندی آنها به سهولت انجام نمی‌شود. پس از جستجو و بررسی منابع و مستندات موجود، مشخص گردید که به جز یک مورد حتی کشورهای صاحب فناوری‌های انرژی زمین-گرمایی نیز شیوه تقسیم بندی خود را منتشر ننموده اند. از این رو کارشناسان مجری پروژه، خود اقدام به تقسیم بندی فناوری‌های مربوطه نمودند. به دنبال بررسی‌ها و تحقیقات فراوان روشن گردید که عمق منبع زمین‌گرمایی، مهمترین عاملی است که به کمک آن می‌توان فناوری‌های حوزه انرژی زمین‌گرمایی را تقسیم بندی نمود. بدین ترتیب، فناوری‌های زمین‌گرمایی به دو دسته کم عمق و عمیق تقسیم بندی شدند.

تقسیم بندی فناوری‌ها بر مبنای عمق ۲۰۰ متری از سطح زمین صورت پذیرفت. دلیل اصلی انتخاب این معیار، حداکثر عمق گمانه‌های حفر شده برای سیستم‌های پمپ حرارتی زمین‌گرمایی می‌باشد.

پس از انجام جستجوهای فراوان در مقالات، کتب و پایگاه‌های اینترنتی در خصوص عوامل طبقه بندی فناوری‌های زمین‌گرمایی، صرفاً در یکی از گزارش‌های بدست آمده، نموداری (شکل ۱) مشاهده شد که الگوی طبقه‌بندی آن بسیار شبیه به الگوی تهیه شده توسط پژوهشگاه نیرو بود.

۴-۱- معرفی درخت فناوری مرتبط با انرژی زمین‌گرمایی

پس از مطالعات، بررسی‌ها و رایزنی‌های به عمل آمده با خبرگان حوزه انرژی زمین‌گرمایی، نهایتاً فناوری‌های این حوزه به دو دسته فناوری‌های مرتبط با منابع عمیق زمین‌گرمایی و فناوری‌های مرتبط با منابع کم عمق تقسیم بندی شدند (شکل ۲).

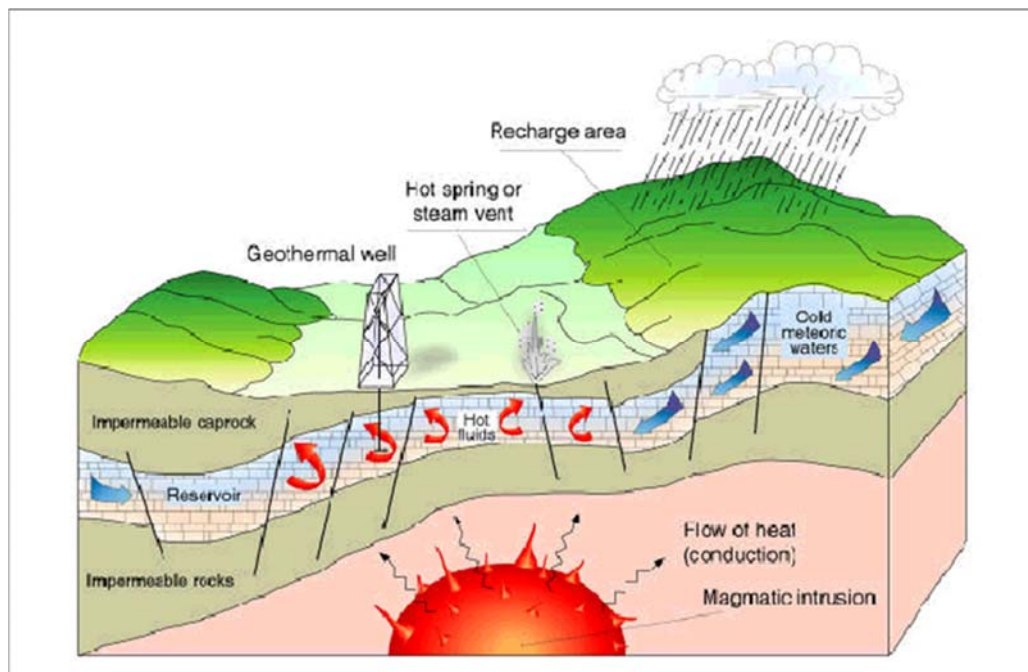


شکل (۲): طبقه‌بندی فناوری‌های مرتبط با انرژی زمین‌گرمایی

لازم به ذکر است که فناوری‌های مرتبط با منابع عمیق بسیار گسترده‌تر از فناوری‌های منابع کم عمق می‌باشند. در واقع، فناوری‌های حوزه منابع کم عمق، همان سیستم‌های پمپ حرارتی زمین‌گرمایی هستند.

۴-۱- فناوری‌های مرتبط با منابع زمین‌گرمایی عمیق

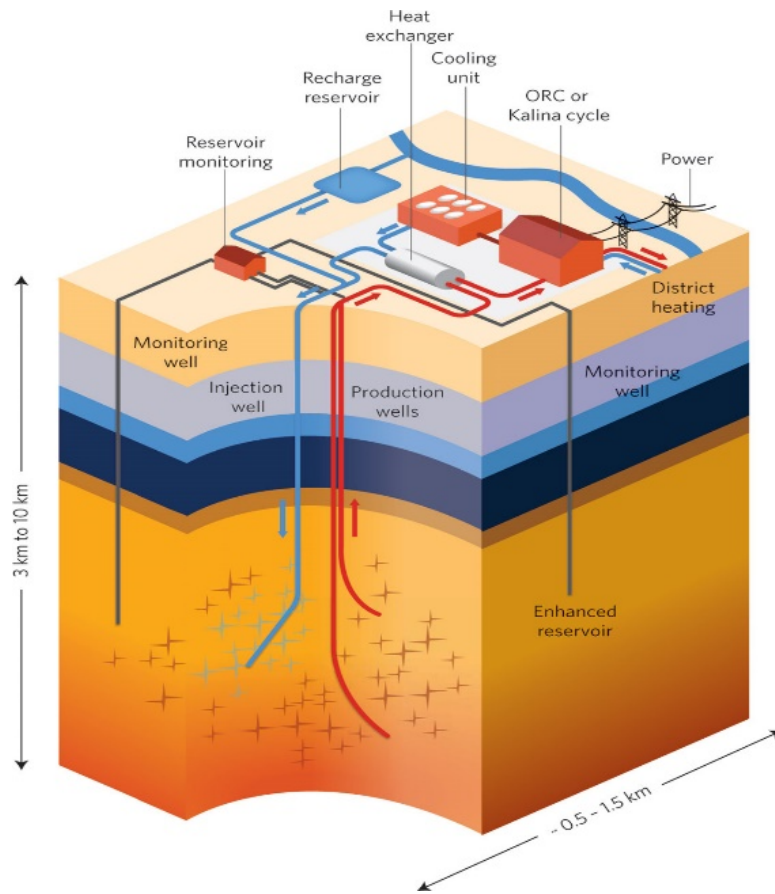
منابع زمین‌گرمایی عمیق به دو دسته عمده منابع هیدروترمال (گرمابی) و منابع توسعه یافته (Enhanced Geothermal Systems, EGS) تقسیم می‌شوند. منابع هیدروترمال، آن دسته از منابع انرژی زمین‌گرمایی هستند که دارای سیال داغ (آبداغ یا بخار یا مخلوطی از هر دو) بوده و با حفر چاه‌های تولیدی می‌توان از انرژی حرارتی یا جنبشی سیال آنها بهره‌برداری نمود (شکل ۳). اما، منابع زمین‌گرمایی توسعه یافته، منابعی هستند که به طور طبیعی و ذاتی فاقد سیال داغ می‌باشند. این دسته از منابع زمین‌گرمایی به طور طبیعی حرارت بالایی داشته و میزان نفوذپذیری ثانویه نیز در آنها بالا بوده و با تزریق آب به اعماق زمین، مخزن زمین‌گرمایی به طور مصنوعی در زیر زمین ایجاد می‌گردد. در واقع، در این دسته از منابع زمین‌گرمایی، آب بر اثر مجاورت با سنگ‌های داغ، به بخار تبدیل شده و از طریق چاه به سطح زمین راه می‌یابد (شکل ۴). همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌گردد، فناوری‌های حوزه منابع هیدروترمال خود به سه دسته اکتشاف، موارد کاربرد و تعمیر و نگهداری چاه‌ها تقسیم بندی می‌گردند. موارد کاربرد منابع هیدروترمال شامل تولید برق و کاربردهای مستقیم می‌شود. بدیهی است که هریک از زیرشاخه‌های فناوریانه یاد شده، خود به زیر فناوری‌های بسیار گسترده‌تری تقسیم بندی می‌گردند که به دلیل حجم زیاد آنها از ذکر جزئیات فناوری‌های مذکور خودداری می‌گردد.



شکل (۳): طرح شماتیک یک مخزن زمین‌گرمایی هیدروترمال ایده‌آل [۵].

۴-۲- فناوری‌های مرتبط با منابع زمین‌گرمایی کم‌عمق

منابع زمین‌گرمایی کم عمق نیز شامل سیستم پمپ‌های حرارتی می‌گردند که اساساً با منابع زمین‌گرمایی عمیق، تفاوت‌های بسیار زیادی دارند. در واقع، پمپ‌های حرارتی، سیستم‌های تهویه مطبوعی هستند که از ثابت بودن درجه حرارت در اعماق کم زمین بهره می‌برند. بنابراین، این سیستم‌ها را می‌توان در هر نقطه‌ای از کره زمین اجرا نمود.



شکل (۴): شمایی از یک سیستم زمین‌گرمایی پیشرفته EGS [۶].

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

با بررسی و تحقیق پیرامون فناوری‌های حوزه انرژی زمین‌گرمایی مشخص گردید که پژوهشگاه نیرو برای نخستین بار در کشور کلیه اجزای فناوری‌های حوزه انرژی زمین‌گرمایی را به صورت یک‌پارچه و مدون مورد بررسی قرار داده و دستاوردهای این بررسی را منتشر می‌نماید.

یادآور می‌گردد که درخت فناوری تهیه شده، مربوط به زمان حاضر بوده و در آینده نیاز به بازنگری مجدد دارد. دلیل این موضوع، تغییراتی است که احتمالاً در آینده در خصوص فناوری‌های حوزه انرژی زمین‌گرمایی رخ خواهد داد.

از آنجایی که تاکنون پتانسیل منابع زمین‌گرمایی کشور به طور کامل و جامع مشخص نشده است، بنابراین اجرای پروژه پتانسیل‌سنجی سراسری منابع زمین‌گرمایی در کشور قویاً پیشنهاد می‌گردد. بدون شک با اجرای این پروژه، با دقت و حساسیت بیشتری می‌توان در خصوص توسعه کاربرد و بالطبع توسعه فناوری‌های مرتبط با این حوزه انرژی در ایران، تصمیم‌سازی و سیاست‌گذاری نمود.

در حین بررسی فناوری‌های حوزه انرژی زمین‌گرمایی، مشخص گردید که در حال حاضر برنامه مدونی برای توسعه کاربرد این انرژی در کشور وجود ندارد. بنابراین، از آنجایی که توسعه فناوری‌های حوزه انرژی زمین‌گرمایی در ارتباط تنگاتنگ و مستقیم با توسعه کاربرد آن در کشور می‌باشد، مصرا نه پیشنهاد می‌گردد پروژه "ندوین سند راهبردی توسعه کاربرد انرژی زمین‌گرمایی در کشور" در اولین فرصت ممکن اجرایی گردد.

منابع

- [1] <http://www.renewableenergyworld.com/geothermal-energy/tech.html>.
- [2] Renewable Power Generation Costs in 2012: An Overview, IRENA, 2013, 92 pages
- [3] Renewable Energy and Jobs Annual Review 2014, IRENA, MAY 2014, 12 pages
- [4] Apostena, I. Berre, R. Bertani, C. Clausser, F. Jaudin, A. Kujbus, B. Sanner and J. Urchueguia. "Geothermal Technology Roadmap", 36pp, 2014.
- [5] Dickson, M.H., Fanelli, M., (1995) Geothermal Energy, John Wiley & Sons, New York.
- [6] S. Huang, "Geothermal Energy in China", Nature Clim

طراحی و تحلیل مکانیزم حرکتی متمرکزکننده خورشیدی با موتور استرلینگ ۱۰ kW

(ارائه شده در سی و یک امین کنفرانس بین‌المللی برق - آبان ماه ۱۳۹۵)

هومن گلچوبیان^۱، سید سعید ضیایی طباطبایی^۱، شهریار بزرگمهری^۱، مجید عمیدپور^۲

چکیده: این مقاله ارائه کننده نتیجه پژوهش‌هایی است که در مسیر طراحی و ساخت متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ ۱۰ کیلوواتی در پژوهشگاه نیرو در حال انجام است. طراحی مکانیزم حرکتی سیستم‌های ردیاب خورشیدی هدف کار حاضر می‌باشد. پس از مدل‌سازی سازه و تجهیزات متمرکزکننده خورشیدی و ارائه مدل طراحی شده در نرم‌افزار CATIA به طراحی و مدل‌سازی ۴ مکانیزم محرک پرداخته و مزایا و معایب هرکدام با توجه به مسائل مربوط به ایمنی، هزینه اجرا، محدوده حرکتی، تعمیر و نگهداری و سهولت اجرا بررسی شده است. سپس با انتخاب ۲ مکانیزم برتر تحلیل دینامیکی و شبیه‌سازی حرکتی دو مکانیزم انتخاب شده با استفاده از نرم‌افزارهای Working Model و Matlab انجام شد. در پایان با مقایسه نتایج تحلیل دینامیکی مکانیزم‌ها و مقایسه پارامترهایی چون مورد نیاز و بازه حرکتی، انتخاب مکانیزم نهایی صورت گرفت.

واژه‌های کلیدی: متمرکزکننده خورشید، موتور استرلینگ، مکانیزم محرک.

۱- مقدمه

در سال ۱۹۹۱ شرکت SBP اولین متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ ۹ kW خود را با نام DISTAL I برای تست بلند مدت بکار گرفت. این مجموعه از یک متمرکزکننده غشایی یکپارچه ۷/۵ متری و یک موتور استرلینگ ۹ kW تشکیل شده بود [۱]. در سال ۱۹۹۷ سه عدد متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با

^۱- گروه انرژی‌های تجدیدپذیر، پژوهشگاه انرژی و محیط زیست، پژوهشگاه نیرو

^۲- پژوهشگاه انرژی و محیط زیست، پژوهشگاه نیرو

موتور استرلینگ SBP10kW ساخته شد. این متمرکزکننده‌ها همانند سری DISTAL I بودند با این تفاوت که متمرکزکننده آنها با استفاده از روش‌های جوشکاری لیزری ساخته شده بود. همچنین سیستم ردیابی آنها بصورت سمتی-ارتفاعی با عملیات کنترلی کاملاً اتوماتیک ساخته شده بود و به همین علت نیاز به هیچگونه اصلاح خطای سمتی در طول روز نداشتند [۲]. متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ 10 kW – Garden Exhibition به عنوان یک نمونه آزمایشی در سایت Pforzheim در کشور آلمان و در سال ۱۹۹۲ راه اندازی شد. متمرکزکننده آن از تکنولوژی پوسته‌گشایی استفاده کرده و سیستم ردیابی آن سمتی-ارتفاعی بوده است. این متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ، بوسیله موتور بهینه شده V160 تجهیز شده است و اولین سیستمی می‌باشد که سیستم کنترلی آن نیمه-اتوماتیک می‌باشد [۳]. متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ 10 kW -EuroDish در اسپانیا و آلمان در سال ۲۰۰۰ از اولین متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ هستند که دارای متمرکزکننده کامپوزیتی فایبرگلس-پلاستیک می‌باشند. سیستم‌ها توسط موتور استرلینگ ارتقاء یافته و با سیستم کنترلی پیشرفته تجهیز شده‌اند [۴]. متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ 10 kW -EuroDish CESI که توسط شرکت آلمانی Schlaich-Beraermann and Partner ساخته شد در سال ۲۰۰۲ در میلان ایتالیا نصب شد و تا این لحظه در حال کار است. متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ در جلوی ساختمان Krick نزدیک شهر Wuerzburg آلمان ساخته شد. این سیستم بطور مستمر و موفقیت‌آمیزی تا کنون کار کرده است. شرکت SBP همچنین در خصوص طراحی متمرکزکننده سهمی برای پروژه متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ ۳ kW INFANIA با مهندسين آمريكايي همكاري داشته است و انواع تست‌ها (تست نور، تست خطا) را روی آن انجام داده است [۵]. گروه R&D شرکت SAIC با همکاری شرکت STM توانستند بر روی دومین متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور

استرلینگ مجهز به پوسته-غشائی کار کنند. این متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ مجهز به یک دریافت‌کننده لوله مستقیم و موتور STM 4-120 بود. خروجی این سیستم ۲۱,۶ kW با بازده ۲۴ درصد است. SAIC/STM تصمیم داشتند تا پنج نمونه از آنها را در جاهای مختلفی نصب نمایند [۱]. شرکت Stirling Energy Systems (SES) در سال ۱۹۹۶ با به ثبت رساندن حق مهندسی و طراحی در زمینه متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ را با داشتن ۳۰ سال تجربه مهندسی در شرکت‌های فورد، مک دونالد داگلاس و بوئینگ تاسیس شد [۶]. SES، شرکت تولیدکننده متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ بعد از مدتی کوتاهی مشارکت خود را با Sandia National Laboratories، آغاز نمود و با ساخت SunCatcher، پیشگام در ساخت نیروگاه‌های متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ (CSP) و تولید برق از خورشید گردید. متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ ۲۵ kW SunCatcher شرکت SES با بازده ۲۹,۴ ارائه می‌شود [۷]. تکنولوژی SunCatcher بدون نیاز به مصرف آب برای تولید قدرت، کمترین اثر زیست محیطی و بیشترین بازده در تولید برق پیشرفت‌های قاطع نسبت به دیگر شرکت‌های فعال در زمینه CSP داشته است. این شرکت اولین نیروگاه تولید برق ۱,۵ MW تجاری خود که از تکنولوژی SunCatcher بهره می‌برد را در سال ۲۰۱۰ میلادی در Peoria و Arizona با ۶۰ عدد متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ به راه انداخت. این شرکت دارای نمایندگی در Arizona – Scottsdale و سایت مهندسی آن در Sandia National Laboratories در ایالت نیو مکزیک است [۶]. این شرکت به عنوان شرکت دوقلو SES خودکفا در ساخت اجزاء برای انرژی خورشیدی است که از سیستم‌های خورشیدی SunCatcher استفاده می‌کند که توسط SES ساخته شده است. اولین پروژه این شرکت Maricopa Solar در سال ۲۰۱۰ میلادی در Arizona شروع به کار کرد [۸]. شرکت WGAssociates (WGA) از شرکت‌های کوچک در زمینه تولید متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ است که در سال ۱۹۸۳ میلادی در

تگزاس کار خود را آغاز کرد. از محصولات این شرکت می‌توان به متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ Test Bed Concentrators به قطر ۱۱ متر اشاره نمود که به مدت ۲۰ سال است که در Sandia کار می‌کند. دیگر کار آنها متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ ۲۵ kW با متمرکزکننده پوسته‌گشائی است که برای Sandia طراحی و ساخته شد [۹]. در ایران نیز تنها سیستم متمرکزکننده خورشیدی ساخته شده توسط پژوهشگاه نیرو بوده که توان تولید ۱۰ کیلووات را داشته و در سال ۲۰۰۳ در پژوهشگاه نیرو نصب شده است [۱۰].

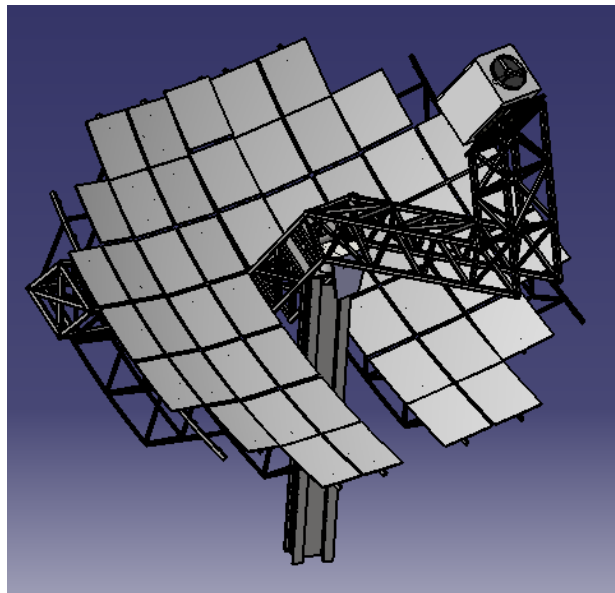
در مقاله حاضر به ارائه نتایج حاصل از طراحی، مدلسازی، تحلیل دینامیکی و شبیه‌سازی حرکتی انجام شده در مرحله ساخت مکانیزم‌های محرک پروژه ساخت متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ kW ۱۰ می‌پردازیم.

۲- مدلسازی متمرکزکننده

مدلسازی متمرکزکننده خورشیدی نقطه‌ای با موتور استرلینگ kW ۱۰ در نرم افزار CATIA انجام شده است. از ماژول‌های Part Design، Assembly Design و Generative Shape Design برای انجام مدلسازی استفاده شده است. در شکل ۱ نمایی از این مدلسازی ارائه شده است.

۳- طراحی مکانیزم‌های محرک

حرکت متمرکز کننده خورشیدی به منظور رصد خورشید در طول روز در قالب دو نوع حرکت سمتی و ارتفاعی انجام می‌گیرد. در واقع با یک حرکت دو درجه آزادی نیاز حرکتی دستگاه تامین می‌شود. حرکت سمتی توسط یک موتور و گیر بکس تامین شده ولی برای حرکت ارتفاعی باید بررسی بیشتری انجام داد تا با محدودیت‌های موجود (مانند محدودیت فضای نصب تجهیزات مکانیزم با توجه به سازه طراحی شده) مکانیزمی با عملکرد مناسب حاصل شود.



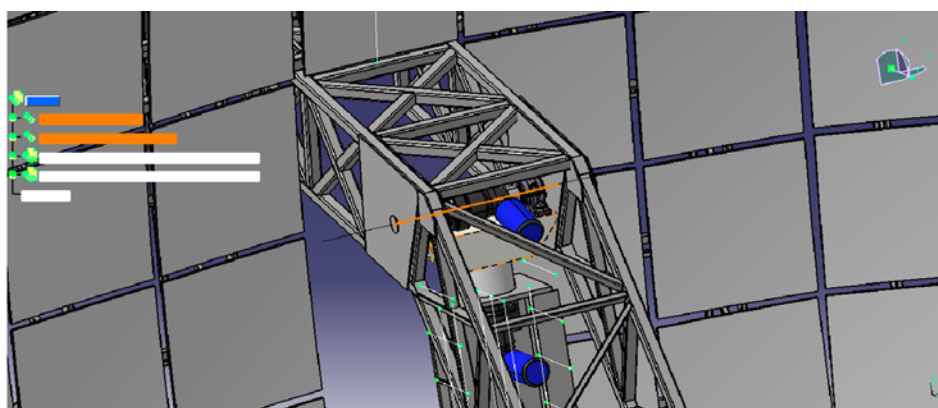
شکل (۱): مدلسازی متمرکزکننده خورشیدی با موتور استرلینگ در نرم‌افزار CATIA.

۳-۱- مکانیزم

حرکت ارتفاعی با استفاده از یک موتور و گیربکس نصب شده بر روی شفت انجام می‌گیرد. بدین صورت با استفاده از یک گیربکس با نسبت تبدیل مشخص حرکت دورانی موتور به شفت متمرکزکننده منتقل شده و زاویه ارتفاعی متمرکزکننده تنظیم می‌شود.

این شیوه حرکتی دارای مزایا و معایبی است. سادگی طراحی و اجرا و همچنین سادگی کنترل حرکت از مزایای این روش است. اما در عمل محدودیت فضا برای قرار دادن موتور و گیربکس اجرای آن را با مشکل مواجه می‌کند. همچنین مشکلات تعمیر و نگهداری این مکانیزم در صورت خرابی و حرکت نکردن گیربکس از مواردی است که باید در نظر گرفت.

همان طور که در شکل (۲) قابل مشاهده است حرکت سمتی یا آزیموس توسط موتور گیربکس انجام می‌گیرد و بررسی‌های انجام شده بیشتر بر روی چگونگی حرکت و طراحی مکانیزم ارتفاعی است.

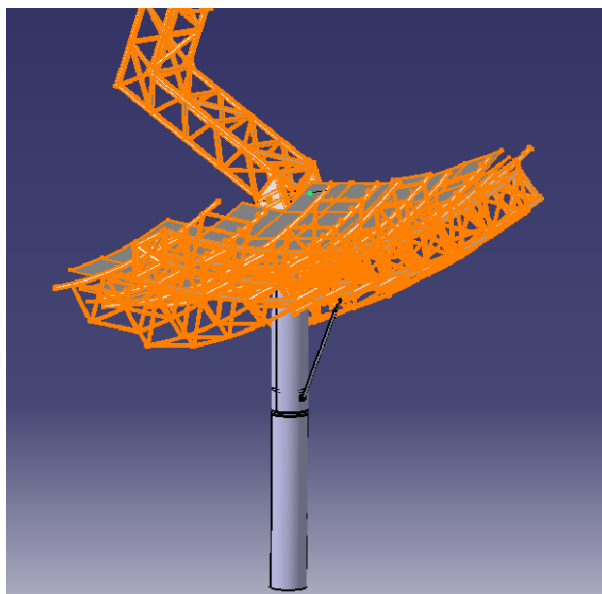


شکل (۲): مکانیزم شماره ۱.

۲-۳- مکانیزم ۲

حرکت ارتفاعی با استفاده از جک هیدرولیک نصب شده در میانه ستون انجام می‌گیرد که همان طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود نیمه بالایی ستون قابلیت دوران دارد. پایین‌تر آمدن جک و افزایش طول جک باعث کاهش گشتاور لازم برای دوران متمرکز کننده در جهت ارتفاعی شده و همچنین دسترسی به جک برای تعمیر و نگهداری راحت تر می‌شود. البته برای یافتن جکی با این ابعاد و مشخصات مورد نظر احتمالاً مشکلاتی

وجود خواهد داشت. در شکل (۳) نمایی از مدلسازی انجام شده از مکانیزم در نرم‌افزار CATIA ارائه شده است.



شکل (۳): مکانیزم شماره ۲.

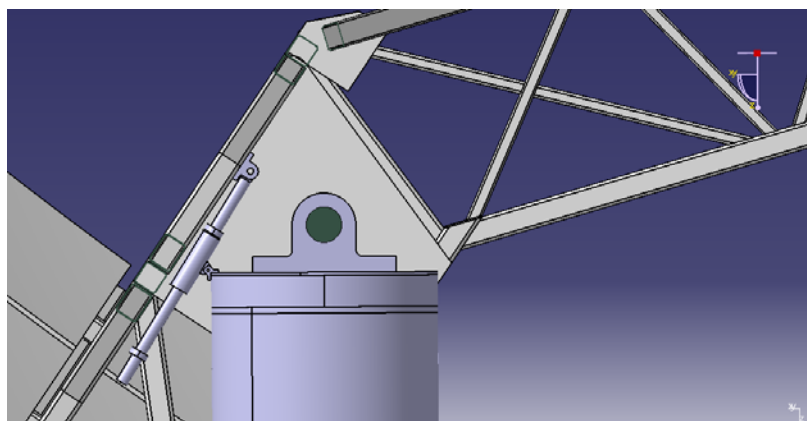
۳-۳- مکانیزم ۳

مکانیزم پیشنهادی بعدی که در شکل (۴) نشان داده شده است تنظیم حرکت ارتفاعی با استفاده از بال اسکرو در بالای ستون می‌باشد که استفاده از آن با توجه به محدودیت فضا در بالای ستون امکان‌پذیر می‌باشد. با این شیوه متمرکزکننده توانایی پیمایش زاویه‌ای معادل ۵۷ درجه را خواهد داشت که قابل قبول می‌باشد. با چشم‌پوشی از محدودیت زاویه دوران قابل پیمایش توسط این مکانیزم (که نتیجه‌اش کاهش توان دریافتی قابل ملاحظه‌ای نخواهد بود) می‌تواند انتخاب مناسبی برای تنظیم حرکت ارتفاعی متمرکزکننده باشد.

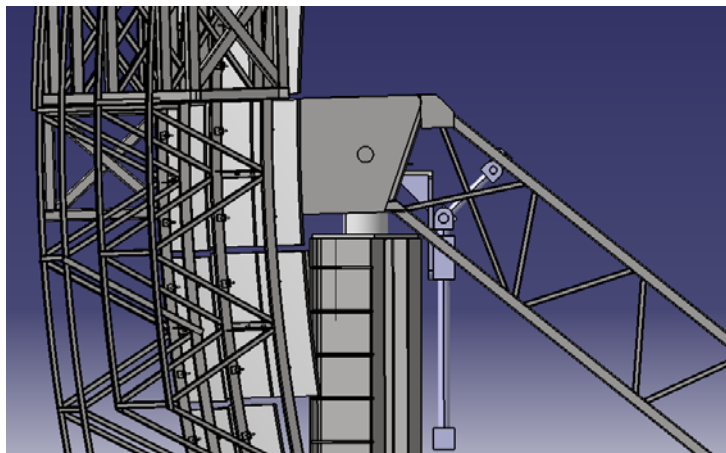
۴-۳- مکانیزم ۴

مکانیزم چهارم در واقع اصلاح شده مکانیزم قبلیست که ضعف محدودیت زاویه دوران آن با افزودن یک لینک با آن مرتفع شده است.

یکی از مشکلاتی که ما در مکانیزم ۳ با آن روبرو بودیم عدم توانایی آن برای رصد ۹۰ درجه کامل در حرکت ارتفاعی بود. علت این موضوع محدودیت فضای موجود بود که در زوایای پایین، شفت و در زوایای بیشتر، ستون و فضای بسته ایجاد شده توسط بازوی موتور استرلینگ عامل ایجاد محدودیت هستند. با توجه به مسائل عنوان شده هدف ارائه مکانیزمی بود که بتواند یک محدوده زاویه‌ای ۹۰ درجه را پوشش دهد. پس از بررسی‌های زیاد راهکار را در افزودن یک لینک بین بازوی بال اسکرو و دیش یافتیم تا بدین صورت امکان این افزایش محدوده دوران فراهم گردد. در شکل ۵ از این مکانیزم ارائه شده است.



شکل (۴): مکانیزم شماره ۳.



شکل (۵): مکانیزم شماره ۴.

در شکل (۵) مکان دیش در حالت افقی نشان داده شده است که در این حالت شفت بال‌اسکرو در پایین‌ترین حد خود قرار دارد که با حرکت این شفت به سمت بالا شاهد انتقال نیرو از طریق بازوی دوم به دیش بوده که گشتاور حاصل حول شفت دیش منجر به دوران آن شده و بدین صورت از فضای محدود داخل بازوی موتور استرلینگ حداکثر استفاده می‌شود به صورتی که نتیجه آن امکان رصد یک مسیر ۹۰ درجه‌ای برای متمرکزکننده است.

۴- ارزیابی ۴ مکانیزم ارائه شده

پس از بررسی هر چهار مکانیزم و مقایسه عملکرد و نقاط ضعف و قوت هر یک و در نظر گرفتن مسائل مربوط به ایمنی، ساخت، تعمیر و نگهداری و ... مکانیزم‌های ۳ و ۴ مکانیزم‌های پیشنهادی هستند که البته مکانیزم ۴ به دلایل عنوان شده مکانیزم کامل‌تری است.

در نهایت جدول (۱) تهیه شده است که در آن مکانیزم‌های چهارگانه بر اساس ایمنی، هزینه اجرا، محدوده حرکتی، رفع مشکل محدودیت فضای نصب، تعمیر و نگهداری و سهولت اجرا از ضعیف تا خیلی خوب با اعداد ۰ تا ۳ امتیازدهی شده‌اند و در نهایت گزینه پیشنهادی نهایی مشخص شد. مکانیزم ۴ با بازه حرکتی وسیعتر و داشتن تمامی مزایای مکانیزم ۳ و با صرف کمی هزینه برای افزایش یک بازوی حرکتی مکانیزم ۳ را کامل تر می‌کند.

جدول ۱: مقایسه مکانیزم‌های حرکتی.

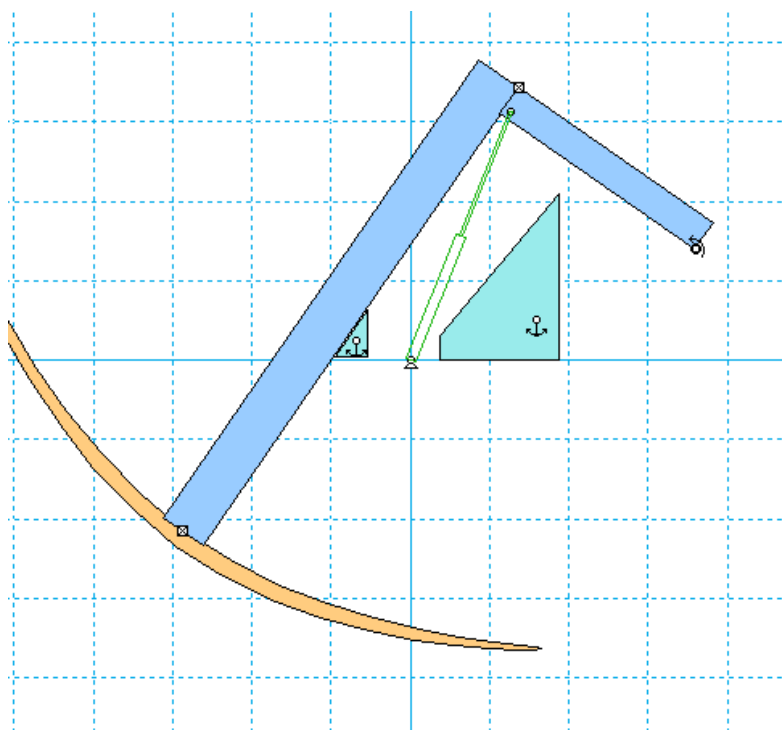
مکانیزم ۴	مکانیزم ۳	مکانیزم ۲	مکانیزم ۱	
خوب	خوب	خوب	ضعیف	ایمنی
متوسط	متوسط	متوسط	ضعیف	هزینه اجرا
خیلی خوب	خوب	ضعیف	خیلی خوب	محدوده حرکتی
متوسط	متوسط	متوسط	ضعیف	تعمیر و نگهداری
متوسط	خوب	متوسط	ضعیف	سهولت اجرا
۸	۸	۵	۳	جمع امتیازات

۴-۱- شبیه‌سازی حرکتی مکانیزم‌ها

شبیه‌سازی حرکتی مکانیزم در نرم‌افزار CATIA و همچنین در نرم‌افزار Working Model 2D انجام شده است. حرکت متمرکزکننده در دو نوع سمتی و ارتفاعی بوده که هدف از شبیه‌سازی ارائه نوع، کیفیت و

امکان‌پذیری حرکتها با مکانیزم‌های ارائه شده می‌باشد. شبیه‌سازی حرکتی برای دو مکانیزم ۳ و ۴ انجام شده است.

در شکل‌های (۶) و (۷) مکانیزم‌های ۳ و ۴ مدلسازی شده در نرم‌افزار Working Model 2D نشان داده شده است. شبیه‌سازی حرکت ارتفاعی متمرکزکننده به صورت دو بعدی در این نرم‌افزار انجام شده و مشخصات دینامیکی آن در بخش تحلیل دینامیکی ارائه شده است. در مدل نرم‌افزاری ارائه شده برای مکانیزم ۳ توسط دو بلوک در دو سمت جک محدوده حرکتی متمرکزکننده مشخص شده است. با قرار دادن گشتاوری معادل با مجموع گشتاور ایجاد شده توسط باد، اصطکاک یاتاقان‌ها و انحراف مرکز جرم از محور شفت در مفصل مدل شده گشتاور مخالف لحاظ شده است. همچنین با مدل کردن یک عملگر با سرعت ثابت، ورودی مساله را تعریف می‌کنیم.



شکل (۶): مکانیزم حرکتی مدلسازی شده (مکانیزم ۳) در نرم‌افزار Working Model 2D.

۴-۲- تحلیل دینامیکی مکانیزم‌های محرک

در تحلیل دینامیکی و شبیه‌سازی حرکتی مکانیزم‌های ۳ و ۴ از نرم‌افزارهای CATIA V5R21، Working model و Matlab R2015a استفاده شده است. از محیط Assembly Design نرم‌افزار CATIA برای بررسی اتصالات و امکان پذیری حرکت‌ها و بررسی ابعاد و اندازه‌گیری‌های مربوط به جرم استفاده شده است. نرم‌افزارهای Matlab و Working Model برای تحلیل نیروها و شبیه‌سازی دو بعدی حرکت متمرکزکننده به کار می‌رود.

تحلیل‌های صورت گرفته برای مکانیزم‌های ۳ و ۴ در نرم افزار Working Model و با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۲,۵ و سرعت‌های ۵۰ mm/s و ۲۰۰ برای جک انجام شده است که در شکل‌های (۸)، (۹)، (۱۰) و (۱۱) نتایج بررسی‌ها در مورد توان مورد نیاز و سرعت دورانی ارتفاعی متمرکزکننده در مدت زمان حرکت برای ۲ مکانیزم مورد نظر ارائه شده است.

در شکل (۱۲) تحلیل با در نظر گرفتن ضرایب اطمینان متفاوت ۲، ۲,۵ و ۳ و همچنین سرعت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ mm/s برای عملگر انجام شده است. نرم‌افزار استفاده شده برای این تحلیل و رسم نمودار Matlab R2015a می‌باشد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود ماکزیمم توان مورد نیاز در بیشترین زاویه بوده که مربوط به موقعیت افقی متمرکزکننده می‌باشد. همچنین با افزایش سرعت در نظر گرفته شده برای حرکت متمرکزکننده، توان مورد نیاز افزایش می‌یابد.

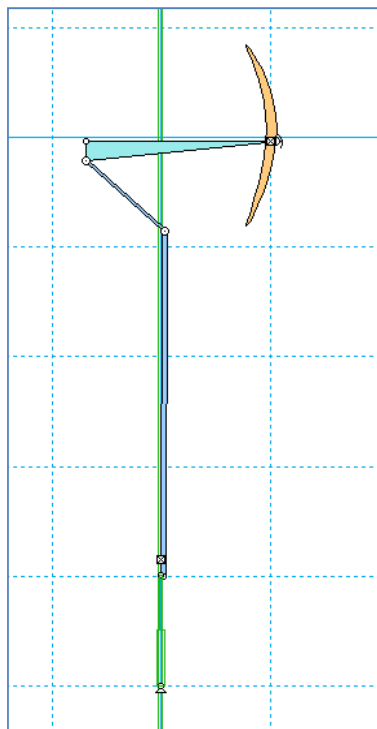
در شکل (۹) سرعت دورانی متمرکزکننده با مکانیزم ۳ ارائه شده است. این سرعت بر حسب زمان در محدوده حرکتی مکانیزم با سرعت ورودی ثابت ۵۰ mm/s محاسبه شده است.

در شکل (۱۰) نمودار توان جک برحسب زمان مربوط به مکانیزم ۴ برای سرعت 200 mm/s برای عملگر ارائه شده است.

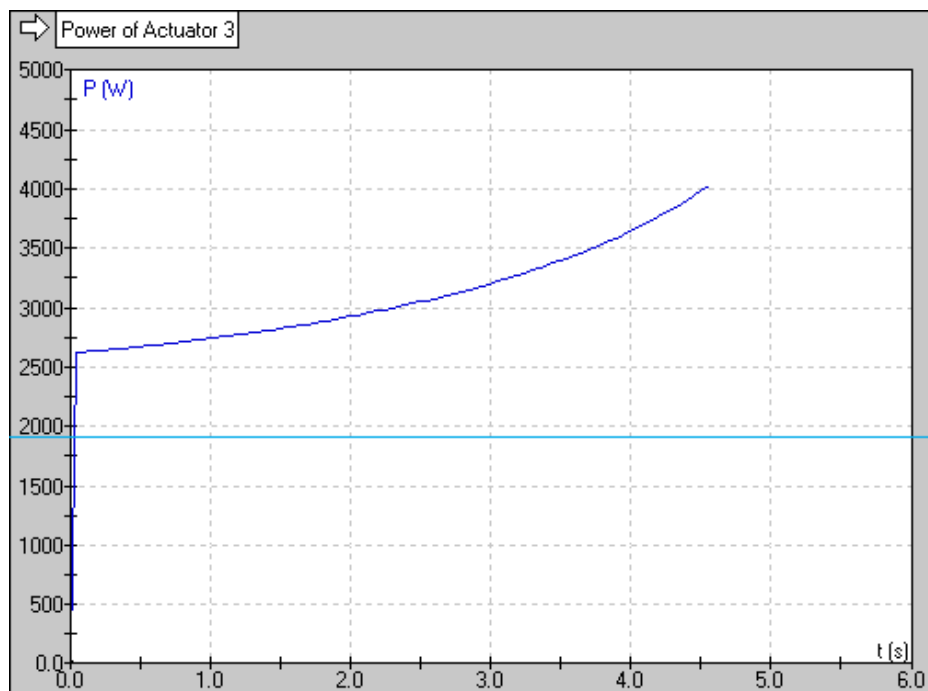
در شکل (۱۱) سرعت دورانی متمرکزکننده برای مکانیزم ۴ ارائه شده است. این سرعت بر حسب زمان در محدوده حرکتی مکانیزم با سرعت ورودی ثابت 200 mm/s محاسبه شده است.

همان‌طور که در شکل‌های (۸) و (۱۰) مشاهده می‌شود برای دو مکانیزم ارائه شده توان‌های متغیری مورد نیاز است. توان مورد نیاز در مکانیزم ۳ بسیار بیشتر از مکانیزم ۴ می‌باشد.

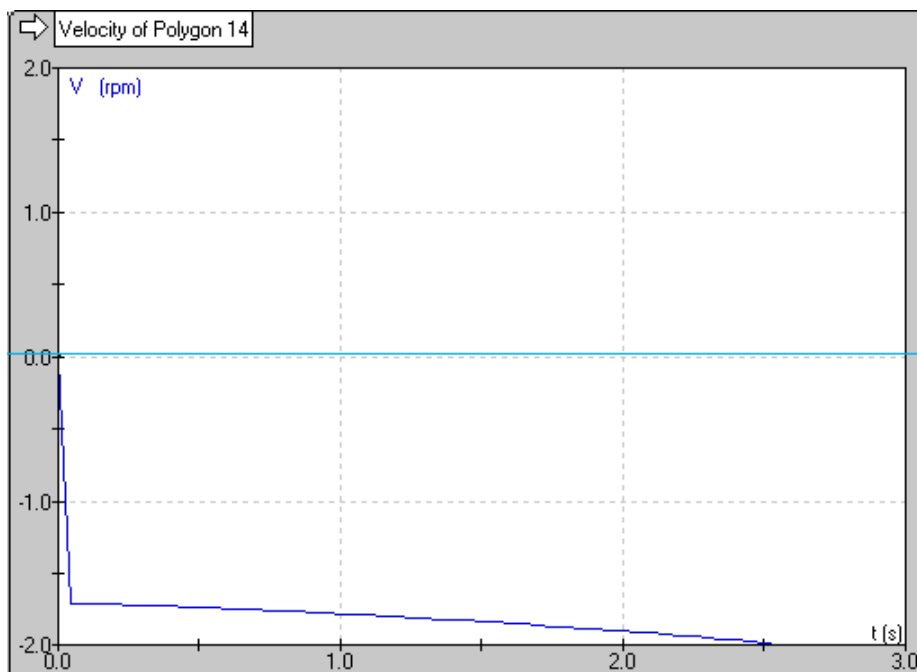
با مقایسه شکل‌های (۹) و (۱۱) مشاهده می‌شود که تغییرات سرعت دورانی در مکانیزم ۴ بیشتر بوده و لذا کنترل آن کمی سخت‌تر می‌گردد.



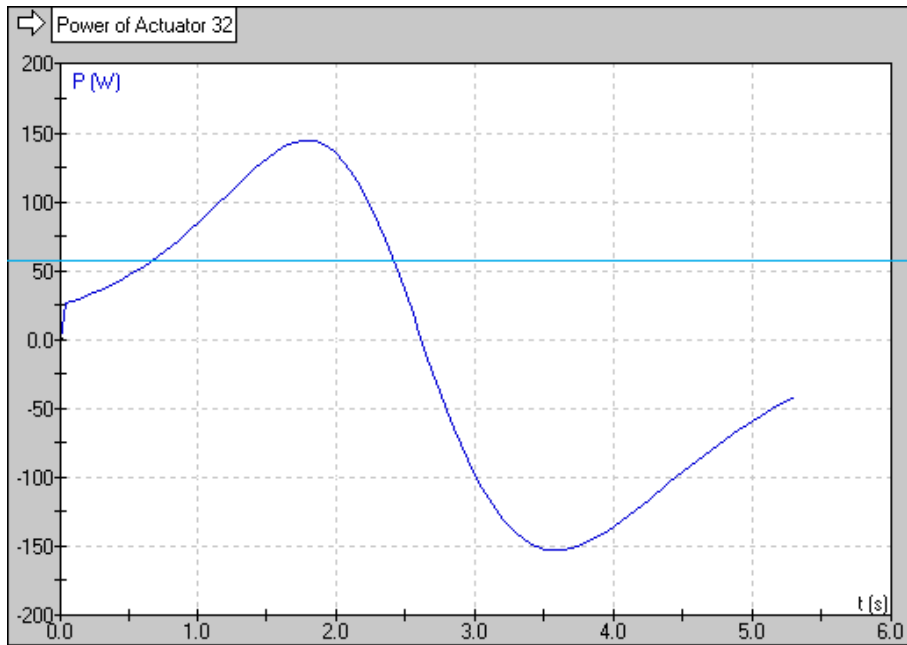
شکل (۷): مکانیزم حرکتی مدل‌سازی شده (مکانیزم ۴) به صورت دو بعدی در نرم‌افزار Working Model 2D.



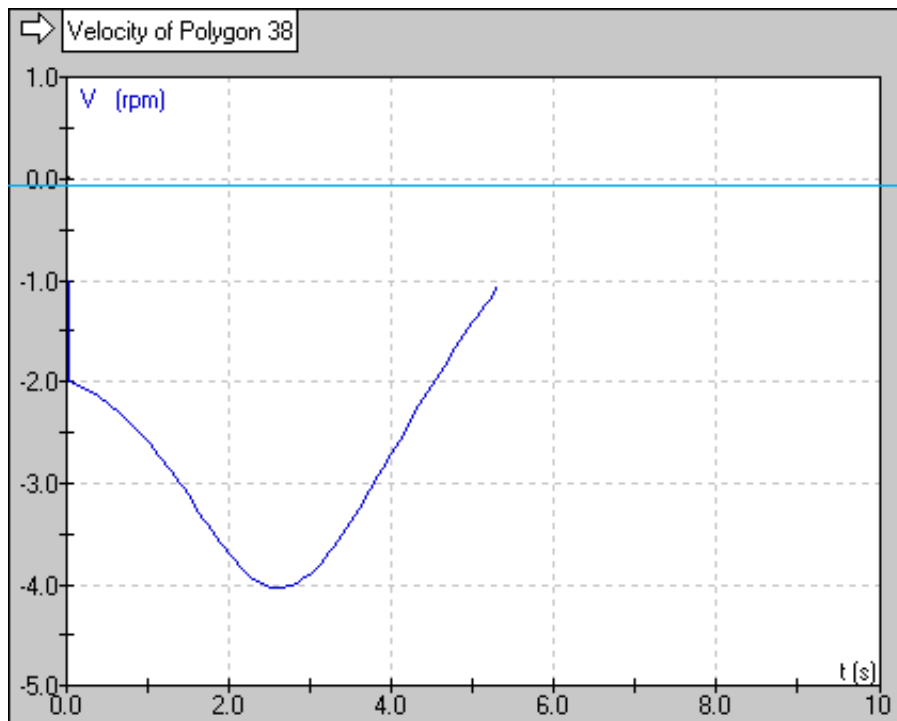
شکل (۸): نمودار توان عملگر بر حسب زمان در مکانیزم ۳.



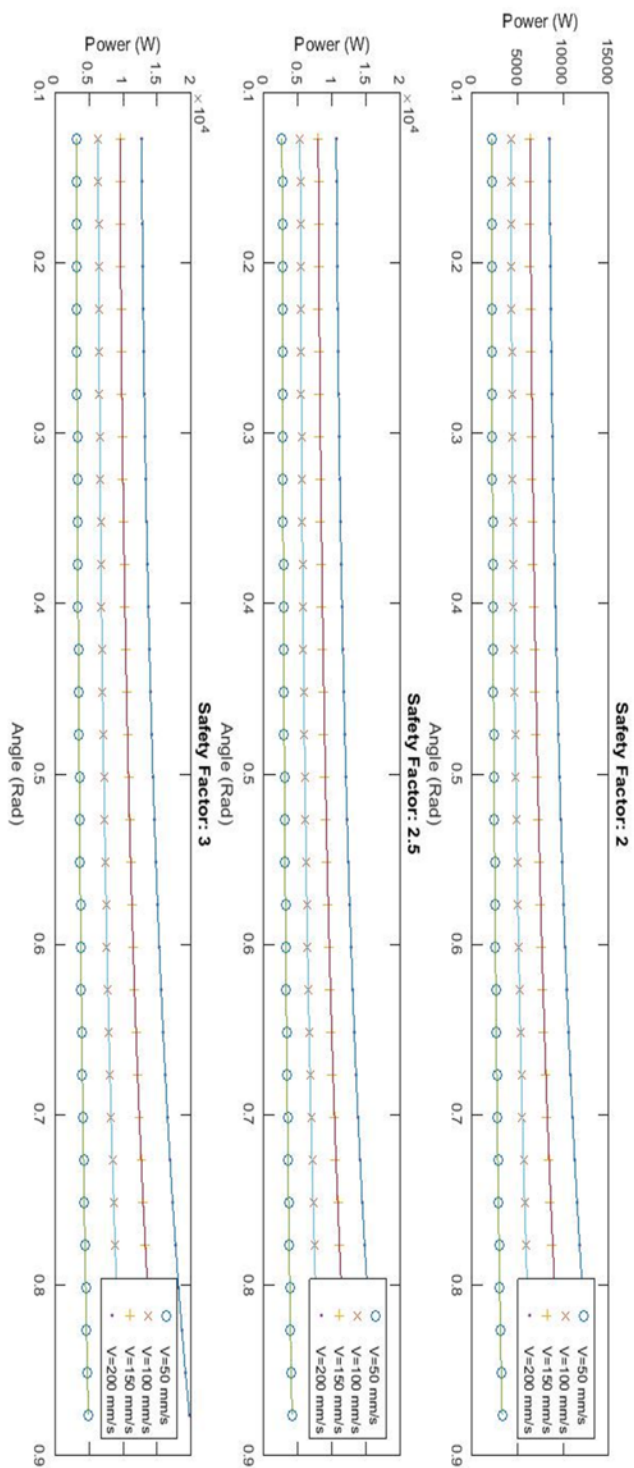
شکل (۹): سرعت دورانی متمرکزکننده بر حسب زمان در مکانیزم ۳ با سرعت ثابت 50 mm/s برای عملگر.



شکل (۱۰): نمودار توان جک برحسب زمان در مکانیزم ۴ با سرعت ۲۰۰ mm/s برای عملگر.



شکل (۱۱): سرعت دورانی متمرکزکننده بر حسب زمان در مکانیزم ۴ با سرعت ثابت ۲۰۰ mm/s برای عملگر.



شکل (۱۲): توان مورد نیاز در مکانیزم ۳ در ضرایب اطمینان و سرعت‌های متفاوت.

نتیجه‌گیری

در مقاله حاضر ۴ مکانیزم برای حرکت ارتفاعی متمرکزکننده ارائه شد. مکانیزم اول که با استفاده از موتور و گیربکس بوده دارای معایبی از منظر ایمنی و تعمیر و نگهداری می‌باشد. مکانیزم دوم هم با توجه به سازه طراحی و ساخته شده برای متمرکزکننده اجرایی نمی‌باشد. تحلیل دینامیکی و شبیه سازی حرکتی مکانیزم‌های ۳ و ۴ استفاده از مکانیزم ۴ را با توجه سازگاری بیشتر با محدودیت فضایی طرح و پوشش کاملتر بازه حرکتی متمرکزکننده و همچنین نیاز به توان پایین‌تر و مصرف انرژی کمتر برای جابه‌جایی سیستم و قابل قبول بودن از دیدگاه ایمنی، اقتصادی و تعمیر و نگهداری، انتخاب مناسب‌تری نشان می‌دهد.

قدردانی

از زحمات و حمایت‌های خانم مهندس سوسن داوری ریاست اسبق پژوهشکده انرژی و محیط زیست در راستای به ثمر رسیدن پروژه طراحی و ساخت متمرکزکننده خورشیدی با موتور استرلینگ ۱۰ kW تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- [1] Stine, W.B. and Diver, R.E, 1994, 'A Compendium of Solar Dish Stirling Technology', Report SAND94-7026, Sandia National Laboratories.
- [2] Robert Pitz Paal, SOLAR ENERGY CONVERSION AND PHOTOENERGY SYSTEMS – High Temperature Solar Concentrators, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS).
- [3] William B. Stine, Richard B. Diver, "A Compendium of Solar Dish/ Stirling Technology", Sandia National Laboratories Report, 1994.

- [4] Baumüller, A., Schmieder, E. (2001) Field test and market introduction of a 10 kW Stirling engine as CHP and solar module. Proceedings of the VDI-GET 10. International Stirling Engine Conference, Osnabrück.
- [5] <http://www.sbp.de>
- [6] www.stirlingenergy.com
- [7] Charles E. Andraka ,2008 ,COST/PERFORMANCE TRADEOFFS FOR REFLECTORS USED IN SOLAR CONCENTRATING DISH SYSTEMS , Proceedings of ES2008 Energy Sustainability 2008 August 10-14 ,2008 ,Jacksonville , Florida USA.
- [8] www.tesseractosolar.com
- [9] WGA,2008 ,INTRODUCTION TO WGAssociatesand SOLAR DISH/STIRLING POWER SYSTEMS
- [10] P. SALEH, S. BOZORGMEHRI, "DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE FIRST SOLAR DISH/STIRLING ENGINE SYSTEM IN IRAN WITH 10 kW ELECTRICAL POWER", 19th International Power System Conference, 2004.

کنفرانس انرژی بادی فراساحلی ۲۰۱۷

این کنفرانس با سازمان‌دهی مشترک WindEurope و RenewableUK طی روزهای ۶ تا ۸ ژوئن ۲۰۱۷ در شهر لندن، پایتخت انگلستان، برگزار گردید. برگزاری این رویداد سه روزه با حضور هزاران بازیگر اصلی و نوظهور در بخش انرژی بادی از سرتاسر جهان همراه بود. در نمایشگاهی که همزمان با این کنفرانس برگزار شد، شرکت‌های پیشرو نظیر زیمنس و MPI Offshore در بخش انرژی بادی حضور داشتند. در این کنفرانس، تغییرات، فناوری‌ها، فرصت‌ها و چالش‌های پیش روی بخش انرژی بادی فراساحلی مورد بررسی قرار گرفت.

ffshore
WIND ENERGY 2017
LONDON 6-8 JUNE

Co-organised by:
Wind
EUROPE

renewableUK

10,000
PARTICIPANTS

400
EXHIBITORS

30+
SESSIONS

منبع

(Dec. 2017). Retrieved from: <http://offshorewind2017.com/information/about-the-event/>

Title:

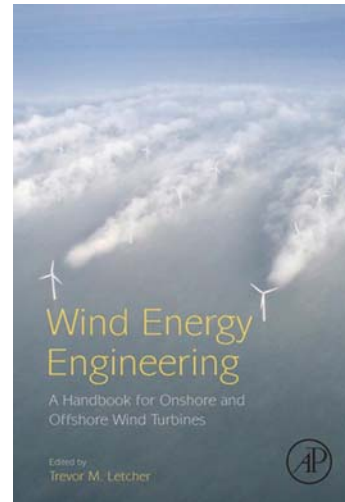
Wind Energy Engineering:
A Handbook for Onshore and Offshore Wind
Turbines

عنوان فارسی:

مهندسی انرژی باد: هندبوک توربین‌های بادی ساحلی و فراساحلی

سال انتشار: ۲۰۱۷

ناشر: Academic Press



این کتاب شامل ۶۲۲ صفحه می‌باشد و در ماه می ۲۰۱۷ به چاپ رسیده است. این نوشتار، کتابی به روز، جامع و تحقیق-محور در زمینه تمامی جنبه‌های مهندسی انرژی بادی است.

موارد کلیدی که در این کتاب به آن‌ها پرداخته شده است، عبارتند از:

- مبانی انرژی بادی از جمله محاسبات سرعت، نیرو و توان باد
- مبانی و اصول طراحی و ساخت توربین‌های بادی از جمله مسائل آیرودینامیکی، اندازه و بیشینه توان پره‌های توربین و اجزای توربین باد
- برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌های تولید برق توسط توربین‌های بادی
- مقایسه پتانسیل تولید و مصرف انرژی بادی ساحل و فراساحل
- مقایسه سرمایه‌گذاری‌های انجام گرفته در بخش انرژی بادی
- اثرات زیست‌محیطی انرژی بادی
- مدل‌سازی مالی و اقتصاد انرژی بادی
- مقررات موجود در زمینه انرژی بادی

